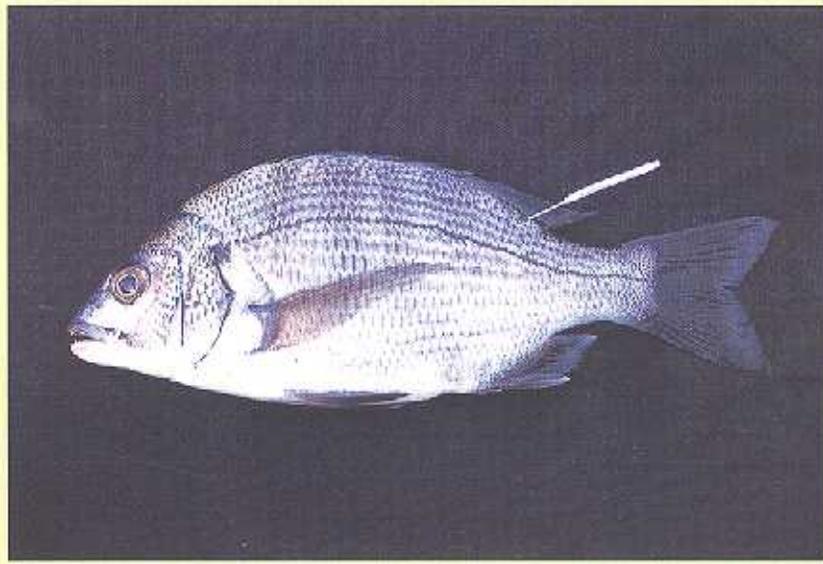


전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서

(1단계 2차년도 보고서)

Study on the Foundation-laying of Jeonnam Archipelago
Marine Ranching Program in Korea



주 관 연구 기관
한국해양연구원

농림수산식품자료실



0015112



해양수산부

MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES

전남 다도해형 바다목장
기반조성사업 연구용역 보고서
(1단계 2차년도 보고서)

Study on the Foundation-laying of Jeonnam
Archipelago Marine Ranching Program in
Korea

2004. 6

주관연구기관
한국해양연구원

해 양 수 산 부

전남 다도해형 바다목장
기반조성사업 연구용역 보고서
(1단계 2차년도 보고서)

Study on the Foundation-laying of Jeonnam
Archipelago Marine Ranching Program in
Korea

2004. 6

주관연구기관
한국해양연구원

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 "전남 다도해형 바다목장 기반조성 사업(2차년도) 연구용역" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004. 6.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

협동연구기관명 : 한국해양수산개발원

여수대학교, 한국연안환경생태연구소

총괄연구책임자 : 김 종 만(한국해양연구원)

세부연구책임자 : 어장조성분야

강 래 선(한국해양연구원)

어장조성(부유생태계)분야 윤 양 호(여수대학교)

어장조성(저서생태계)분야 홍 재 상(한국연안환경생태연구소)

자원조성분야 명 정 구(한국해양연구원)

이용관리분야 류 정 곤(한국해양수산개발원)

참여연구원 :

한국해양연구원

김종만 허형택 이순길 박철원 명정구 강래선 홍경표 노충환 최승민 박흥식 오승용 김민석
박용주 최희정 원기식 이학철 노봉호 장요순 조선형 박정호 백상규 윤선희 박찬홍 석봉출
권수재 추용식 김창환 이승훈 이광자 현상민 유이선 정기현 박은순 이주영 김현주 신필권
김정훈 홍석원 양찬규 최학선 홍기용 홍사영 장택수 김진하 최성권 안국전 김봉채 최복경
김병남 강충배 이민경 이기영 정웅식 이운호 최현우 김말섭 정태운 정종범 최원선

국립수산과학원

고태승 김대권 김영승 박성욱 김정배 고우진 이재성 정래홍 이영식 최용규 김종빈 윤장택
서미경 문경훈 양준혁 박용석 위종환 전임기 명정인 조재권 신윤경 박경현 정민민 윤성종
하동수 손맹현 김우진 박중연 박두원 이배익 황형규 오봉세 김진도 정춘구 박민우 정달상
이민우 김광재 이시우 최창우 신수현 윤용현 김철원 심두생 김진영 이용화 권기영 조은섭
오현주 김기현 조성환 차병열 최임호 강승용 김현주 유 준

한국해양수산개발원

류정곤 신영태 김정봉 정명생 조정희 강종호 이상민 안재현 임경희 김수현 김정협 정혜란
손정선

여수대학교

윤양호 한경호 서호영 김영옥 이성훈 윤성민 김춘철 김관석 황선영 신현호 손성배 김혜선
서성호 남정연 홍지선 김관석 유경희 황두진 이유언 김동언 서범석 이원교 최낙현 최상덕
윤호섭 한중석 고현정 김 정

한국연안환경생태연구소

홍재상 채진호 김영옥 유재원 김창수 박미라 한창훈 김정수 이수진 황규호

한국해양대학교

박한일

충남대학교

홍도천

경상대학교

김남길 오원록 배병석 신설호 조상대

순천향대학교

마채우

부경대학교

최설화 강용주 권대현 박경동 이해원 김정현 신현옥 태종완 강주석

요 약 문

I. 제 목

전남 다도해형 바다목장 기반조성 사업(2차년도) 연구용역

II. 연구개발의 목적 및 중요성

전남 여수 다도해형 바다목장은 2001년 후보지 선정과 더불어 작년도부터 본격적으로 사업을 시작하였다. 본 연구개발의 목적은 해양개발을 위한 첨단 관련기술의 국내 연구진에 의한 공동개발로 hardware나 software에 있어서 세계적으로 기술적 우위를 선점하는 것이며 나아가서는 통합 해양행정의 기반을 마련하여 산·학·연의 다양한 기술과 기능을 접목시킬 수 있는 명실상부한 전국 연안의 바다목장화사업 추진여건을 조성하는데 있다. 또한, 우리 국민이 선진 해양국민으로서의 자긍심을 갖도록 희망과 vision을 제시하고 전남 여수 다도해형 바다목장 사업이 원활히 추진되도록 하기 위한 기반을 조성하는 것이다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 사업은 여수 금오열도를 중심으로 한 전남 다도해형 시범 바다목장 조성을 위한 것으로 전남 다도해형 바다목장 건설을 위한 어장조성, 자원조성 및 바다목장 이용·관리 기술 개발로서 연구 내용은 다음과 같다.

어장조성분야

- 해양환경
- 해저 지형도 작성
- 동·식물플랑크톤
- 난자치어 및 어류군집 조사
- 저서생태계 연구
- 해중립 조성
- 인공어초 연구
- 부소과제 개발현황 조사 및 설계방향설립

자원조성분야

- 대상생물 생태연구

- 방류용 건강종묘생산
- 경제적인 중간 육성기술
- 구조물과 행동
- 자연 해중림용 해조 증식기술
- 방류기술 및 효과조사
- 자원 조사

이용관리분야

- 바다목장 이용·관리실태 조사
- 마스터플랜 수정보완
- 바다목장 이용관리체제의 구축
- 바다목장산 어획물 유통체계 구축
- 바다목장 종합계획 수립

IV. 연구결과

1. 어장조성기술

[해양환경]

수질환경

수온의 평균 변동범위는 10.46~24.51℃였고, 염분의 평균 변동범위는 30.83~33.87였다. 평균 수소이온농도의 변동범위는 7.89~8.18였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 나타났다. 평균 용존산소의 변동범위는 표층이 7.42~9.29mg/L였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 양호한 상태였다. 평균 부유물질의 변동범위는 3.10~6.28mg/L였다. 평균 화학적산소요구량의 변동범위는 1.17~1.77mg/ℓ였으며, 모든 정점에서 수질 3등급 이내로 나타났다. 평균 총질소의 변동범위는 0.207~0.273mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 1등급 이내로 양호하였다. 평균 총인의 변동범위는 표층이 0.011~0.031mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 2등급 이내였다. Cd, Cu, Pb, Zn의 평균값은 각각 0.09, 1.47, 0.23, 4.41μg/L로서 해역기준 이내로 양호하였다. 평균 TIL 변동범위는 5.12~5.52%였으며 수영만, 진해만 보다 낮았다. COD의 변동범위는 10.35~13.11 mg/g·dry이고, AVS의 변동범위는 0.07~0.110 mg/g·dry였다. Cd, Cu, Pb, Zn의 평균값은 각각 0.44, 10.99, 7.37, 83.66μg/kg로서 남해도 주변 및 남해동부 연안과 비슷하였다.

해저지형도

전남 다도해형 바다목장해역 전체에 대한 기존 수심자료와 인근 육지고도자료를 최대한 수집·처리하여 육-해저지형자료를 구축하였으며, 금오도-소부도 사이해역, 구몽암 해역 및 소리도 남부 월동장 해역에 대해서는 현장조사에 의한 정밀 해저자료를 획득하고 해저지형과 해저면 상태를 보다 상세하게 분석하였다. 해저지형자료는 인근 육지수치지형자료와 통합하고 2 차원 및 3 차원 지형도로 표현하였다.

해저지형특성상 연구지역은 육지에서 해저로 이어지는 연안의 급경사 저지대, 좁은 섬 지역사이의 빠르고 강한 유속에 기인한 깊은 해저골 지대, 북쪽의 한반도 남부 연안에서 연장된 수심 10m 이내의 평탄한 해저 지역, 연도 남쪽 및 동쪽의 최저지대, 개도 서쪽 외해 15m 이내의 넓고 완만한 천수심 지역 및 그 사이의 남북방향 경사지역 등 전체를 6개 지역으로 나누어 볼 수 있다. 연구지역에서 해저 급경사지역은 대부분 육지에 인접한 연안지역을 따라 나타나며 급경사면단에서는 지역적인 저지대를 형성하고 있다. 해저지형의 전반적인 변화경향은 금오열도를 중심으로 서부가 동부해역에 비해서 완만한 경사를 갖으며 남쪽으로 깊어진다. 대부분의 섬과 섬 사이 해역에서는 수로를 형성하고 있으며 주변해역에 비해 10-30m 깊은 수심을 보인다. 이 수로들의 수심은 20m에서 약 50m 정도이며 대두리도-금오도 및 개도-월호도 사이 해역의 금오수도와 월호수도에서 특히 깊은 수심을 보이고 있다. 수로나 암반돌출지역 등 일부지역을 제외하면 개도와 대두리도 북쪽 해역은 수심이 최대 20m 내외에서 북쪽의 한반도 연안으로 이어지면서 5m 내외로 점차 얕고 평탄해지는 경향을 보인다. 금오열도 서북부 외해지역은 완만하고 넓은 해저를 형성하고 있으며 수심도 15m 이하로 얕아진다. 이 해저평탄지역에서 연도 남쪽에 이르는 해역은 해저지형 구배가 커지며 수심은 최대 60m까지 깊어져서 본 연구지역에서 가장 깊은 해저를 이룬다.

다중빔정밀측심기를 이용하여 현장조사를 통하여 획득한 구몽암 주변 해역 및 금오도-소부도 사이 해역의 해저지형은 기존 자료와 비교할 수 없을 정도로 정밀한 모습을 보여준다. 구몽암의 해수면상 규모는 해수면의 높낮이에 따라 달라지겠지만 대략 길이 약 100m에 폭이 약 50m 정도를 인데 비해서 해저에서는 그 규모가 길이에 있어서 500m 내지 최대 1000m까지 연장된다. 구몽암의 해저 상부는 동서로 긴 타원형 모습을 나타내고 있으며 대체로 원형 경계를 갖는 수심 약 36m 지점에서부터 해저 퇴적층에 피복되기 시작한다. 이 수심을 기준으로 구몽암의 직경은 약 700m이다. 그러나 소규모 잔존 돌출암 반들은 구몽암을 중심으로 방사상으로 보다 멀리 연장된다. 이 연장 부분은 금오도의 연장부분과 연결되며 남쪽과 북서쪽으로도 500m 이상 더 연장되서 구몽암체의 최대 연장은 1000m를 훨씬 넘을 것으로 추정된다. 구몽암의 북쪽 지괴는 동서방향의 단층에 의하여 분리되며 약 5m 이상의 수직적 낙차를 보인다. 구몽암 주변 암반은 남북방향으로 선 구조를 갖는 절리형태를 나타내면서 발달하고 있는 반면에 구몽암에서 보다 멀리 떨어진

남쪽 지역에서는 괴상의 용암류 형태를 보여 준다. 구몽암 서쪽과 북쪽에서 연장되어 온 수심 약 36m의 평탄한 해저지형은 구몽암의 남동쪽 해저에서 급구배를 보이며 42 m까지 급격히 깊어진다. 해저면영상조사 결과 구몽암 주변 어초들은 주로 평탄한 니질 퇴적층 해저면 위에 설치되어 있는 것으로 밝혀졌다. 다중빔정밀측심기 측정에 의해 작성된 금오도와 안도 사이해역에서의 해저지형분포에 의하면 이 지역은 섬 인접 인접해저의 급격한 경사지역을 제외하고는 비교적 완만한 경사의 해저면을 나타내고 있다. 수심은 동쪽의 금오도-안도간 해저가 약 10m로 얇고 남서쪽의 외해로 나오면서 20m 이상까지 점차 깊어진다. 두 개의 완만한 해저 골은 북동동-남서서 방향으로 길게 발달하면서 금오도와 소부도 사이해역에 가까워질수록 만곡이 심해진다. 이와 같은 해저지형분포는 섬 사이가 좁아지면서 외해 쪽에서 유입되는 해수의 유속이 강해지는 것과 관련 있다.

바다목장 월동장 해역은 소리도 동부만 및 덕포지역을 제외하고는 연안에서 가파른 육지지형과 접하고 있는 반면에 외해쪽으로는 보다 완만하다. 같은 연안지역 해저경사지역에서도 육지지형과 바로 연결되는 수심 약 30m까지가 훨씬 경사가 심하다.

소리도 남서쪽 외해는 수심이 40m에서 60m까지 깊어지며 거의 동-서 방향의 깊은 해저골을 이루고 있다. 해저골의 깊이와 방향은 해저면이 강한 조류나 해류에 의해서 침식 받았음을 지시한다. 소리도 남동쪽 연안해저지형은 완만하게 외해로 깊어지며 외해쪽에 거의 남-북방향의 해저골이 나타난다. 이 해저골은 북쪽에서 남쪽으로 깊어지며 남단에서 수심은 약 50m에 이른다. 이 해저골의 북쪽 해저는 암반돌출부 한 곳을 제외하면 상대적으로 얇은 35-40m 정도의 수심을 갖으며 완만한 기복을 나타내고 있다. 소리도 동측은 변화가 적고 완만한 반면에 소리도 남서쪽 해저는 굴곡이 많고 외해 쪽의 수심도 깊은 편이다. 이와 같은 지형특성은 큰 파도에너지로 인해서 해저면 침식이 많이 일어난 결과로 해석된다.

해저면 영상 자료를 해석한 결과 소리도 연안 해저는 지역적으로 암반으로 이루어져 있으며 파도에너지의 증가로 연흔구조가 잘 발달되어 있다. 소리도 남쪽 해저가 암반이나 자갈 등으로 이루어져 있는 반면에 동쪽해저는 모래나 뿔 퇴적물이 우세하게 발달하고 있다. 해저면의 매질은 인근 육지 지질분포와 매우 밀접한 관련을 갖는 것으로 나타나고 있다. 소리도 연안 안쪽의 연흔은 해안선에 거의 평행한 방향으로 길게 골을 가지고 있으며 이를 형성시킨 파도나 해조류의 방향은 남남동으로 보인다. 연흔은 이와 같이 해안 가까운 곳에 발달하고 있는 데 이는 이 지역이 파도에너지가 외해보다 강해지는 곳이기 때문이다. 보다 약간 더 외해쪽의 골과 골 사이가 긴 연흔 구조는 거의 동쪽 혹은 남동동 방향의 조류나 해류의 영향을 받은 것으로 추정된다. 이와 같은 연흔구조는 해저 침식 방향을 지시하며 이 방향은 동-서로 분포하고 있는 해저골의 형성과도 관련이 있다. 소리도 남쪽의 보다 외해쪽은 산발적인 잔류 암초 및 침식이 많이 이루어져 거의 평평해진 암반 해저 모습이 나타나고 있다. 이 지역은 해수의 침식이 상대적으로 강했던 지역으로 사료

된다. 소리도 동측해저는 소리도 남서쪽 해저와 다른 특징을 보여준다. 연안 가까운 해저는 육지로부터 연장되어 온 암반이 괴상으로 나타나거나 침식된 후 소규모로 나타나고 있으며 뚜렷한 연흔구조를 간직하고 있다. 소리도 동측 연안해저 가까운 곳에서 나타나는 암반을 제외하면 외해쪽은 거의 모래나 뿔 퇴적물로 덮여 있다. 소리도 동측해역의 북부 해저면은 교란되지 않은 반면, 남쪽 해저면은 복잡한 흔적들로 교란되어 있다. 이와 같은 해저면 굽힌 흔적들은 주로 어로활동과 관련된 것으로 기존 정치망들이 설치되어 있는 북쪽지역에 비해서 남쪽지역에서 저인망 등 어로활동이 활발했음을 지시해 준다.

퇴적물

바다목장화 지역 표층퇴적물에 대한 입도분석결과 연구지역 퇴적상은 mud를 주로하는 퇴적상과 sand 및 gravel이 포함된 퇴적환경을 보이는 지역으로 뚜렷한 대상분포를 보이고 있다. 공간적으로 연구지역 북동쪽으로는 세립질 퇴적물이 분포하고 있으면 남서쪽으로는 gravel이 포함된 조립질 퇴적물 혹은 퇴적물이 거의 존재하지 않은 rocky bottom으로 이루어져 있다. 퇴적물중 유기물 함량은 니질 퇴적물에서 수 % 이내로 함유되어 있으며 탄산염 함량은 유기물이 높게 나타나는 소리도 우측에서 20-30%가량 포함된 것으로 나타났으며 그 외 지역은 수 %로 비교적 낮게 나타났다. 유기물의 기원을 지시하는 C/N 비에 근거해 볼 때 소리도로부터 다소의 유기물이 유입되었음을 지시하고 있다. 또한 퇴적물중 황화수소 함량은 최소 1- 161ppm사이에 나타나고 있으며, 오염의 기준을 나타내는 200 ppm이하를 보이고 있어, 현재상태로는 오염된 것으로 판단하기는 어렵다. 니질 퇴적상에서 얻어진 2개의 주상시료 퇴적물에서는 비교적 균질한 니질 퇴적물이 연속적으로 퇴적되었음을 지시하고 있으며, 간헐적으로 육지기원 유기물이 유입된 것으로 나타났다. 1% 이내의 유기물함량과 수 %이내의 탄산염 함량을 보이고 있다. 추후 ^{210}Pb 방법에 의해 퇴적물을 측정하여 퇴적속도 등을 측정할 필요가 있다.

[생태계 특성]

식물플랑크톤 군집

2003년도 바다목장 해역에 출현한 식물플랑크톤은 총 145종류로 규조류 104종, 편모조류 41종으로 매우 다양한 종구성을 보였으며 규조류에 의한 종구성이 대부분을 차지하였다. 표층과 10m 수층에서 출현종수와 현존량은 유사하여 상층부(0-10m) 수괴의 혼합이 용이하였다. 11월 추계에 출현종수(118종), 현존량(1.5×10^5 cells/L)과 다양성 지수(2.9)가 타 계절보다 높게 측정되었다. 하계에는 다양한 *Chaetoceros*속의 규조류와 와편모조류 *Cochlodinium*이 함께 우점하였으며 편모조류의 분포가 타 계절보다 발달되어 있었다. 추계에는 저수온기에 출현하는 종류 *Asterionellopsis glacialis*와 함께 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia pungens*가 우점하였다. *Skeletonema costatum*과

*Thalassiosira subtilis*는 동계에도 지속적인 우점을 보였으며 저서성 규조류 *Paralia sulcata*의 동계 우점으로 수괴 혼합의 특성이 암시되었다.

식물플랑크톤 생물량

바다 목장 해역은 다양한 수괴의 영향을 받고 있으며, 특히 여름과 가을에 그 경향은 뚜렷하였으며, 겨울은 전 해역에서 수평·연직적으로 잘 혼합된 양상을 나타내었다. 그에 따라 식물플랑크톤 생물량에 의한 잠재생산력도 매우 높았다.

미소동물플랑크톤(섬모충류) 군집

2003년도 섬모충플랑크톤의 총 출현종수는 35종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 21종, 소모류가 13종, 독립영양성 섬모충 *Mesodinium rubrum* 1종으로 구성되어 있었다. 하계와 추계는 동계보다 다양하게 약 30여종이 출현하였으며 유종섬모충류의 종조성이 소모류 보다 다양하였다. 섬모충플랑크톤의 개체수는 추계에 가장 높은 약 2,000cells/L의 개체수를 보여 식물플랑크톤의 현존량과 매우 유사한 계절별 변화를 나타냈다. 하계에는 대표적 연안종인 유종섬모충 *Tintinnopsis beroidea*와 소형 소모류 *Lohmaniella oviformis*가 추계와 동계에는 저수온기에 주로 출현하는 *Strombidium conicum*과 저서성인 *Stenosemella nivalis*가 우점적 출현을 보였다.

대형동물플랑크톤 군집

바다목장화 해역에 우점하는 동물플랑크톤 분류군은 야광충, 해파리류, 요각류, 화살벌레류, 유생류 등으로 그들의 출현 비율은 계절적인 차이를 보였다. 여름철에는 요각류, 화살벌레류, 유생류 순으로, 가을과 겨울철에는 요각류, 유생류, 화살벌레류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현개체수는 가을철에 가장 높았으며(평균 453ind./m³), 여름철에 가장 낮았다(평균 60ind./m³). 종다양도 또한 가을철에 가장 높았으며, 여름철에 가장 낮았다. 이처럼 여름철에 동물플랑크톤 출현개체수와 종다양도가 낮게 나타난 이유는 육수영향으로 인한 저염화에 기인할 수 있다. 군집분석 결과는 2개의 정점군으로 구분할 수 있었으며, 이는 수괴분석 결과와 매우 유사하였다. 한편, 수중집어등에 의한 동물플랑크톤 유인효과는 미미한 것으로 나타났다. 2003년도 섬모충플랑크톤의 총 출현종수는 35종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 21종, 요각류 군집을 주로 하는 후생 대형동물플랑크톤 군집에서 우점하는 분류군은 야광충, 해파리류, 요각류, 화살벌레류, 유생류 등으로 조성 비율은 계절적인 차이를 보였다. 여름철에는 유생류, 요각류, 야광충 순으로 우점하였으며, 가을철에는 요각류, 화살벌레류, 관해파리류 순으로, 겨울철에는 요각류, 유생류, 화살벌레류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현 개체수는 가을철에 가장 높았으며(평균 615ind./m³), 겨울철에 가장 낮았다(평균 95ind./m³). 종 다양도 또한 가을에 가장 높았으며, 겨울

에 가장 낮았고, 군집분석 결과는 2개의 정점군으로 구분할 수 있었다.

저서동물 군집

전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 대상해역에서 대형저서동물군집의 구조와 변동양상을 파악하기 위하여 2003년 8월, 12월, 2004년 2월에 각각 12개 정점에서 현장 조사를 수행하였다. 3회의 조사기간 동안 채집된 저서동물은 총 310종이었으며, 평균밀도는 2038개체/m², 평균생체량은 219.7g/m²였다. 주성분 분석(principal component analysis)을 통하여 저서동물 310종의 생물 변수간에 관계를 성립하게 하는 공통인자(주성분)를 찾아내었다. 제1주성분(Axis 1)과 제2주성분(Axis 2)은 전체 데이터에 대하여 61.8%의 설명력을 갖는 것으로 나타났으며, 그 중에서 인자 부하량의 절대치가 큰 24개의 저서동물을 선별하여 추가 분석에 이용하였다. 이들은 모두 밀도를 기준으로 선별된 우점종 목록에 포함되었다. 주성분분석을 통해 축약된 24개 생물변수를 가지고 이에 대응하는 정점과 환경변수를 파악하기 위하여 정준대응분석(canonical correspondence analysis)을 하였다. 분석에 사용된 5개의 환경변수는 퇴적물의 역질함량, 실트함량, 분급도, 강열감량, 수심이며 이 가운데 실트함량과 분급도가 저서동물 군집구조에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 우점종 조성을 보면 지속적인 최우점종 신타래갯지렁이류(*Tharyx spp.*), 버들갯지렁이류(*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)와 최근에 상위 우점종으로 선정된 접시조개류(*Moerella sp.*), 아기반투명조개(*Theora fragilis*)와 같은 저서동물은 퇴적물 내 유기물함량이 지나치게 높은 환경(organic enriched environment)에서 전형적으로 출현하는 생물들이다. 따라서 '유기물오염의 지표종'으로서 이들의 밀도를 지속적 감시해야 할 필요가 있다. 향후 바다목장 사업의 과정에서 가두리양식과 같이 직접적으로 저층의 유기물오염을 가중시키는 방법은 되도록 회피하되, 꼭 필요한 경우 저층 퇴적물의 조성을 신중히 고려하여 실트함량이 적고 역질 또는 사질함량이 높은 장소가 선정되어야 저층의 과도한 유기물축적을 경감시킬 것으로 보인다. 저서동물 군집의 밀도 및 생체량 기준의 다양도 비율로 생태계의 건강도를 판단하는 SEP 지수 산출치에 의하면 각 조사시기의 평균이 모두 0.6 이하로 환경 스트레스가 비교적 낮은 건강한 상태에 속했다. 2차 저서동물 군집의 연간 생산력을 추정하였으며, 5.209 ~ 48.371gAFDW/m²/year의 범위를 나타내었다. 높은 생산력이 추정된 곳은 안도와 소리도 주변의 정점들이므로 나타났다. 생산력을 조절하는 요인을 추정하기 위한 중회귀 분석이 수행되었으며, 유의한 모형(p=0.003)이 진단되었다. 이로부터 조사 해역의 공간적 범위에서는 퇴적물의 분급도가 불량한 곳에서 저서동물 군집의 2차 생산력이 높을 것으로 예측되었다.

어류 군집의 섭식 생태

전남 다도해 바다목장 해역 주변 어류 군집의 섭식 생태를 조사하기 위하여 2002년

11월, 2003년 1월과 9월 그리고 12월 그리고 2004년 1월과 2월에 채집된 어류 표본을 대상으로 위 내용물 분석을 수행하였다. 총 46종 194개체가 채집되었으며, 해당 기간의 우점종은 전갱이(*Trachurus japonicus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*)였다. 높은 출현 빈도를 나타낸 종들은 감성돔(*Acanthopagrus schelegeli*), 베도라치(*Pholis nebulosa*), 송어(*Mugil cephalus*) 그리고 붕장어(*C. myriaster*) 등인 것으로 조사되었다. 출현 종수와 개체수는 상대적으로 따뜻한 시기(가을철)에 높은 것으로 나타났다. 시기에 따른 변동 패턴은 주변 해역에서 연구 사례의 것과 유사한 것으로 나타났다. 46종에 속하는 119개체의 위 내용물을 관찰하였고 이로부터 72개의 먹이생물 분류군이 동정되었다. 먹이 생물의 상위 분류군별 조성은 95% 유의 수준에서 조사 시기마다 다른 것으로 볼 수 있었다. 출현 빈도의 측면에서 중요한 먹이 생물종과 이들의 주요 서식처 리스트를 작성하였다. 종류를 알 수 없는 어류와 다모류가 관찰 빈도의 측면에서 가장 높은 중요성을 갖는 먹이었다. 이외의 중요한 먹이 생물들로는 망둑어류, 단각류(*Oedicerotidae* spp., *Jassa falcata*, *Caprella* spp.), 곤쟁이류 그리고 새우류(*Leptochela gracilis*, 보리새우류, 딱총새우류 그리고 *Palaemon macrodactylus*) 등이었다. 높은 출현 빈도를 갖는 종들의 대부분은 이동성 갑각류(즉 단각류와 새우류)였다. 종간 섭식 지위를 추정, 비교하였으며, 높은 값이 관찰된 종류는 양태(*Platycephalus indicus*), 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*), 쌍둥가리돔(*Parapercis sexfasciatus*) 그리고 가오리류(*Rajidae* sp.) 등이었다. 감성돔(*A. schelegeli*)은 좁은 범위의 섭식 지위를 갖는 것으로 추정되었다. 주성분 분석의 결과는 어류의 먹이생물 서식처에 대한 주된 선호 경향을 나타내었다. 산포도 내 어류 개체들의 유사한 위치는 섭식 지위의 유사도 또는 중복도(degree of overlap)를 반영하였다. 같은 종에 속하는 개체들은 상대적으로 좁은 산포 범위를 나타내었고, 이는 어류들의 섭식 특성과 선호도가 시간에 따라 크게 변하지 않음을 지시하는 것으로 해석되었다. Trophic links와 집중도(서식처 별 trophic link수의 비율)를 통하여 섭이장을 분석하였다. 시기별 섭식 패턴의 변화는 trophic links의 풍부한 정도와 집중도의 변화에 기인하는 것으로 추정되었다. 약 2년간 관찰된 집중도의 패턴으로부터 바다목장 해역 주변의 암반과 benthopelagic 서식처가 주요한 급이장으로서의 기능을 수행하는 것이 파악되었다. 조사 결과에 근거하여, 어류의 생산력을 강화하기 위한 서식처의 관리 계획이나 복원 등을 제안하고 토의하였다.

어란 및 자치어 분포

본 연구는 여수시 금오도 연안 해역에 각각 5개의 정점을 정하여 2003년 6월부터 2004년 5월까지 浮遊性卵 및 仔稚魚를 조사한 결과 浮遊性卵은 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 엘통이, 동갈양태속 어류, 망둑어과 어류, 참서대 및 기타 등 총 10개 분류군으로 분류되었다.

금오도 연안에서 浮遊性卵의 총출현량은 56,478립/1,000m³이며, 그 중 멸치란이 56,163

립/1,000m³으로 총출현량의 98.92%를 차지하여 최우점 하였다. 2003년 8월 조사시에는 총 6개 분류군 56,103립/1,000m³이 출현하여 조사기간 중 가장 많은 종수와 출현이 나타났고, 2004년 1월에 총 2립/1,000m³이 출현하여 조사기간 중 출현량과 출현종수가 가장 적게 나타났다.

본 조사에서 출현한 仔稚魚는 총 6目 19科 25種 1,896개체/1,000m³로, 월별로는 8월 조사시에 1,457개체/1,000m³가 출현하여 가장 많이 출현하였고, 2004년 1월 조사시에는 13개체/1,000m³가 출현하여 가장 적은 개체가 출현하였다.

여수시 금오도 연안에서 채집된 仔稚魚의 월별 종 다양도지수(H')는 1.2502~2.0852으로 2003년 8월에 가장 높게 나타났으며, 2004년 4월에 가장 낮은 값으로 나타났다. 균등도 지수는 0.6978~0.9170으로 1월에 가장 높게 나타났고, 4월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.4681~0.7665로 4월에 가장 높았고, 8월에 낮은 값이 나타났다

仔稚魚의 정점별 종 다양도지수(H)는 1.7450~2.2307로, St. 3에서 가장 높은 값으로 나타났고, St. 2에서 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.6612~0.7461로, St. 3에서 비교적 높은 값을 보였고, St. 2에서 낮은 값을 보였다. 우점도 지수는 0.4250~0.6123으로 St. 2에서 높았고, St. 1에서 낮은 값을 나타내어 다양도 지수와 균등도 지수와는 반대 경향으로 나타났다.

어류상

본 연구는 여수시 금오도 연안 해역에 각각 5개의 정점을 정하여 2003년 6월부터 2004년 5월까지 어류상을 조사한 결과이다.

금오도 주변에 채집된 어류는 총 12目 33科 48種, 1,850개체/1,000m³로서, 그중 농어목(Perciformes)이 12科 17種으로 가장 많았고, 다음으로는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)이 6科 10種, 청어목(Clupeiformes)이 3科 7種으로 이들 3목이 포함된 어류가 34種으로 전체 개체수의 70.8%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났으며, 科별로 가장 다양하게 출현한 어류는 저서어종인 멸치科(Engraulidae)가 4種, 망둑어科(Gobiidae)가 3種이 출현하였다. 월별로는 10월에 979개체/1,000m³로 조사기간 중 출현 빈도가 가장 높았고, 1월에 145개체/1,000m³로 출현빈도가 가장 낮게 나타났다.

어류의 월별 종 다양도 지수(H')는 2003년 8월에 2.741로 가장 높게 나타났으며, 10월에 2.253으로 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 2004년 1월에 0.903으로 가장 높게 나타났으며, 10월에 0.662로 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 10월에 0.468로 가장 높게 나타났고, 1월에 0.324로 가장 낮게 나타났다.

어시장에서 조사된 種은 총 9目 30科 47種으로 이들 중 농어목이 12科 18種으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로는 쏨뱅이목이 4科 7種이 출현하였으며, 다음으로는 가자미목이 3科 6種이 출현하는 양상을 보였다.

해조군집

전남 다도해 바다목장 해역에서의 해조군집조사를 위해 2003년 하계(8월)와 추계(11월)에 걸쳐 4개 조사지점을 조사하였다. 출현한 해조류는 총 26종으로 녹조류 5종, 갈조류 6종, 홍조류 15종이었다. 출현종수는 지점별로 유의한 차이가 있으며, 계절별로도 유의한 차이가 있었다. 이 결과는 조사된 4개 지점에서의 출현종수가 시공간적으로 유의하게 변화함을 나타내고 있다. 조사된 두 계절의 해조류의 풍도(피도, %)는 53% 이내였다. 조사지점의 풍도는 지점별로 유의한 차이가 있으나, 계절별로는 유의한 차이가 없었다. 해조류의 피도와 출현종수는 수심증가에 따라 급격히 감소하였다. 대부분의 조사지점에서 해조류의 분포하한은 수심 9m로 나타났다. 조사해역에서의 우점종(피도 2% 이상)은 못가사리(*Gelidium amansii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 붉은까막살(*Carpopeltis cornea*), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*)으로 나타났다.

[해중림 조성 기술]

2002년에 시작된 전남다도해바다목장사업의 한 부분으로 어류 또는 무척추동물의 서식지인 해중림 조성에 관한 효율적 방법을 연구해 왔다. 해중림을 효율적으로 조성하기 위해 다음과 같은 체계적으로 연구가 필요하다. 첫째 바다목장해역의 해조군집을 광범위하게 조사함으로써 해중림을 이룰 수 있는 해조류의 선정, 둘째 이들 해조류의 생물학적 특성과 생태(생활사, 성장양상, 번식주기, 공간분포, 개체군 동태 등) 파악, 셋째 이들 해조류가 해중림에 적합한 종인가에 대한 평가, 넷째 이들 해조류의 종묘생산 및 이식하는 방법결정, 다섯 번째 해중림 조성의 최적 장소의 선정, 여섯 번째 조성된 해조장의 효과검정, 그리고 마지막으로 조성된 해중림의 지속적 관리 및 보전 방법이 이에 해당한다. 금번 사업기간 중에는 1) 해조군집 광역조사, 2) 대상종 조사, 3) 적지선정 기초조사, 그리고 4) 종묘생산에 관한 기술을 주요 연구내용으로 삼았고, 특히 대상해역에 대한 해조군집의 광역조사를 통해 해중림 조성의 대상종이 될 수 있는 대형 갈조류의 inventory 작성에 주력하였다. 또한 해조류의 분포에 미칠 수 있는 여러 가지 무생물학적 환경요인(광량, 기질의 configuration, 탁도, 영양염 등)을 분석하고 조사된 해조군집특성과 연관하여 해석함으로써 이 해역에서 해중림 조성을 위한 적지선정의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

[인공어초 연구]

강제어초는 2단으로 제작되어 있으며, 어초 하단부와 상단부의 높이가 각각 4m로 전체 8m 높이의 인공어초이다. 어초해역의 수심은 소조시 20m 정도이며, 수중에서 어초상부의 가시거리는 0.5~1m 정도이었으나 어초바닥은 전혀 사물을 구별할 수가 없었다. 어

초하단부는 빨속 약 100cm 깊이에 침하되어 있었다. 육교형어초는 2개 또는 3개씩 5~10m 간격으로 배열되어 투하된 어초 수에 비하여 비교적 넓은 면적을 차지하고 있었으며, 투하 해역의 수심은 12m, 가지거리는 1m 이상 되었다. 반구형어초 투하해역은 소리도 조간대와 인접하여 수심이 8~14m로 경사져 있으며, 일부 어초는 겹쳐지거나 또는 뒤집혀져 있으나 대부분이 정상적으로 배열되어 있었다. 가지거리는 3m 이상으로 인공어초 효과조사 해역 가운데 가장 양호한 곳이었다. 사각어초의 투하해역 수심은 22~24m이었고, 가지거리는 제로상태이었으며, 어초배열은 2~3단의 피리밋형태로 놓여있었다.

인공어초의 효과조사를 3계절에 걸쳐 수행한 결과, 어초별 어류의 위집량은 강제어초에서 가장 많았으며, 반구형어초, 육교형어초, 사각어초 순으로 나타났다. 계절별로는 하계의 위집량이 가장 많았고, 반구형어초는 오히려 추계가 많은 것으로 나타났다.

인공어초 종류별 저서동물의 생물량은 육교형어초가 3회 평균 5,297.2g/m²으로 가장 많았으며, 사각어초, 강제어초 그리고 반구형어초 순으로 나타났다.

삼중자망을 이용한 3계절의 어획시험 결과 강제어초 시설해역에서의 어획량은 37마리, 대조구인 비시설 해역은 23마리, 자연초에서는 37마리가 채포되었다. 생물량은 강제어초 시설해역에서 15,796g이었으며, 비시설해역과 자연초에서 어획된 양은 각각 4,623g과 6,420g으로 강제어초 시설해역의 어획효과가 2~3배 높은 것으로 나타났다.

자망의 망목 크기별 어획시험 결과 어획량은 51mm의 자망이 70마리로 가장 많았으나 전갱이, 달강어, 볼락 등 소형어류가 대부분을 차지하였다. 생물량에 의한 망목별 어획량은 57mm의 자망에서 64마리(9,410g)로 가장 많았으며, 그 다음은 69mm의 자망에서 60마리에 8,278g이 어획되었다. 소형어류를 대상으로 어획시험을 실시할 경우에는 망목 51mm의 자망을 이용하는 것이 효과적이며, 전체 어류를 대상으로 효과조사를 실시할 경우에는 57mm와 69mm의 자망을 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

[소파제]

본 연구의 목표는 바다목장을 형성하기 적정 부소파제의 설계기술을 개발하는 것으로써, 본 보고서는 1차년도 과제의 최종 보고서이며 수행된 연구내용은 다음과 같다. 먼저 부소파제의 개발현황 조사를 수행하였는데, 연구 및 개발이 가장 활발한 일본의 개발사례를 조사하였다. 외국사례를 참고로 하여 설계방향을 검토하였는데, 설계조건과 설계과정을 설정하였다. 부소파제 설계 개념으로는 부소파제 평면배치와 부체의 단면형상, 그리고 계류라인의 배치에 관하여 연구를 수행하였다. 또한, 현재 고려되어지는 부소파제의 형식을 제시하였다. 부소파제의 거동특성과 소파효율을 파악하기 위하여 부체와 계류시스템으로 나누어, 각각 구조요소에 대한 기본적인 거동해석을 수행하였다.

먼저 부체거동 해석에서는 유한수심 선형파이론에 근거한 3차원 및 2차원 경계요소법을 사용하여 부소파제의 운동, 표류력 및 파고해석을 수행하는 기법을 소개하고 상자형

부소파제에 대한 수치실험을 수행하여 본 기법의 효용성을 보였다. 부소파제의 16개 단면에 대한 투과율 및 반사율을 구하여 다양한 형상의 부소파제의 성능추정을 예측하기 위한 기본자료로 제시하였다. 한편 진동수주(OWC)의 운동 및 공기챔버효과를 통하여 파에너지를 흡수하는 BBDB 형 부소파제의 반사율 및 투과율을 해석하는 기법을 소개하였다. 본 연구에서 다룬 BBDB 형상의 부소파제는 일반적인 계류상태에서 상자형 부소파제보다 소파효과가 덜한 것을 알 수 있었다. 본 BBDB 형상의 부소파제가 파일이나 특별한 계류장치에 의해 파중에 고정되었을때 강력한 소파효과를 발휘하는 것이 수치실험에 의해 보여졌다. 다음은 여수 바다목장용 부소파제의 계류시스템을 설계하였다. 해양의 부체를 계류시키는 계류삭 및 앵커의 일반적인 특성을 알아보았다. 다음으로 현수선이론에 의한 계류삭의 정적해석 방법을 소개하였다. 그리고 상부부체의 운동에 대한 계류삭의 동적거동을 해석하기 위하여 계류삭에 대한 3차원 동적 지배방정식을 소개하였고, 이 방정식을 유한 차분법으로 푸는 수치해석 기법을 소개하였다. 정적 및 동적해석을 통하여 여수 바다목장 부소파제 계류삭의 장력을 추정하였고 이를 통하여 계류삭 및 앵커의 제원과 제작가격을 산정하였다.

P.E 재질로 구성된 부소파제 모형 개발을 위하여 새로운 형상의 부소파제를 개발하였다. 이에 대한 성능 실험을 수행하였는데, 유의주기 5초 유의파고 1m 파랑에 대해서는 소파성능이 양호하였다. 그러나, 주기가 길어지면서 소파성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 향후 보다 많은 경우와 다양한 형상에 대한 연구를 통하여 최적의 부소파제 개발이 요구된다. 또한, 부소파제 설치 및 운용에 대한 자세한 연구가 필요하다.

2. 자원조성기술

[방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법]

방류용 우량종묘 판정법 연구

유전학적 특성 조사 비교: 자연산 3개 해역과 1개 양식산 집단에서 수집한 감성돔 치어에 대한 유전적 다양성과 구조를 5개 microsatellite 유전자좌를 사용하여 분석하였다. 또한 감성돔 친어에 대해서도 유전적 다양성을 조사하였다. 본 연구에 사용된 5개 microsatellite 유전자좌 모두는 모든 지역에서 다양하였다. 자연산과 양식산 감성돔 치어들의 대립유전자 빈도는 서로 비슷한 경향을 보였고, 양식집단에서는 단일 대립유전자좌가 존재하여 이것들은 양식집단 특이 마커로 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 자연산 지역에서의 유전자좌당 평균 대립유전자수는 12.6-14.2개였고, 평균 관찰치 이형접합률은 0.747-0.777 이었던 반면 양식산 집단은 각각 12.8개와 0.728이었다. 이들 지역간의 F_{ST} 수치는 높은 편이었으며, 유전적 거리 또한 이런 결과와 유사한 수치를 보였다. 이런 결과는 지역간의 지리학적 차이가 존재하며 서로 유전적 분화가 일어나고 있음을 나타낸다.

감성돔 친어와 치어의 대립유전자 빈도는 상당한 차이를 보였으며 그리고 유전적 다양성에서도 약간의 차이를 보였다. 그러나 현재 우리나라 감성돔의 친어와 치어들은 유전적으로 다양성이 높음을 알 수 있었다. 따라서 유전적 다양성 측면에서 자원증강을 위한 방류용 친어는 자연산을 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

형태학적 특성 조사 비교: 실험에 사용된 시험어는 인공산 어미에서 종묘 생산한 치어를 육상수조에서 사육(TASG), 인공산 어미에서 종묘 생산한 치어를 가두리에서 사육(CASG), 자연산 어미에서 종묘 생산한 치어(WSG), 자연산 치어(WG)를 사용하였다.

감성돔의 등지느러미의 수는 IX~XII, 10~13개이고, 배지느러미의 수는 I, 5개로 나타났고, 뒷지느러미는 II~III, 6~10개였으며, 가슴지느러미의 수는 14~17개였고, 꼬리지느러미의 수는 16~21개, 옆줄 비늘 수는 47~57개로 나타났다. 감성돔의 등지느러미 극조를 비교한 결과, TASG구에서 IX~XI개로 XI개가 76.3%, CASG구에서는 X~XII개로 그중 XI개가 90.0%, WSG구는 X~XII개로 XI개가 66.7%로 나타났고, WG구에서는 X~XI개로 XI개가 66.7%나타났으며, WG구가 개수의 폭이 가장 적었다. 감성돔의 배지느러미의 수는 모든 구간에서 I, 5개로 나타났고, 뒷지느러미의 가시는 II~III개로 나타났으며, TASG구에서는 II~III개였으나, 다른 실험구에서는 III개만 나타났다. 전장에 대한 체장, 항문장, 두장, 체고, 체중, 안경은 양식산보다 자연상태에서 채집된 자치어들이 상대성장에서 고른 분포를 나타내었다.

감성돔의 새파수는 11~17개로 나타났으며, 가장 많이 나타난 개수는 13~15개였고, WG구인 자연산 치어에서 가장 안정적으로 나타났다. 실험구별 감성돔 자치어의 척추골수는 22개에서 25개까지의 범위로 나타났으며, 자연산 치어인 WG구에서 척추골수가 24~25개로 양식산보다 1~2개 많은 것으로 나타났다. 내부 골격 형질을 관찰한 결과 두개골(cranium), 견대부(shoulder girdle) 및 미골부(caudal skeleton)에서는 차이점이 없었으나, 척추골(vertebrae)에서 골격의 형태적인 차이점이 나타났다. 척추골이 기형인 척추만곡의 경우 TASG구가 26%로 가장 많이 나타났고, 다음으로 CASG구에 23%, WSG구에 16%, 자연상태에서 채집된 WG는 9%로 가장 적은 개체가 나타났다.

생화학적 특성 조사 비교: 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 치어 및 자연산 치어는 비만도, 수분함량, 조회분, 수용성 단백질 함량비율은 차이가 없었으나, 간중량지수, 지질량, triglyceride량, free fatty acid량은 인공산 치어가 자연산 치어보다 높은 것으로 나타나 인공산 치어는 자연산 치어에 비해 에너지 축적면에서 생존에 유리한 것으로 사료되었다. 한편, RNA/DNA비, ACPase 비활성량은 인공산 치어가 자연산 치어보다 높은 것으로 나타나 인공산 치어는 체내 물질의 합성 및 분해가 자연산 치어에 비해 많이 반복되고 있어 대사효율이 낮은 것으로 검토되었다. 인공산 어미유래와 자연산 어미 유래

치어는 생화학적 특성 조사 결과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

바다목장 해역내에서 채집한 자연산 감성돔 치어와 인공산 어미 유래 치어 및 자연산 어미 유래 치어에 대하여 혈청 생화학적 분석을 통한 혈액학적 특성 비교를 실시하였다. 각 그룹별 감성돔 치어의 혈액에서 혈청을 분리하여 albumin (ALB), alkaline phosphatase (ALP), blood urea nitrogen (BUN), γ -glutamyltransferase (GGT), glucose (GLU), glutamate oxaloacetate transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), triglyceride (TG), total protein (TP) 및 uric acid (UA) 함량 등을 측정 비교하였다. 그룹별 감성돔 치어 혈액의 혈청 내 생화학적 분석 결과, 바다목장 해역 내에서 채집한 자연산 치어와 여수시험장에서 어미 유래별로 인공종묘 생산되어 양성된 치어들과의 혈액학적 성상은 항목별로 어느 정도 차이를 나타낸 부분이 있었으나 방류용 종묘에 대한 기준을 제시할 만큼의 뚜렷한 차이를 보인 것이라고 판단하기 어려우며, 여수시험장에서 인위 생산된 감성돔 치어들이 어미 유래와 상관없이 사육관리에 따른 혈액학적 성상이 비슷한 것으로 보아 사육 관리가 동일한 조건에서는 치어의 체내 대사생리도 변이의 폭이 좁아진다는 사실을 입증할 수 있었다. 따라서 향후에는 건강한 방류용 종묘를 생산할 수 있는 정형화된 인공종묘생산 및 양성기술을 확립·보급하는 것이 연안 자원조성에 중요한 부분을 차지할 것으로 사료된다.

생리학적 특성 조사 비교: 감성돔 종묘에 따른 산소소비율과 먹이섭취율은 수온과 조도에 관계없이 인공종묘 생산된 감성돔 종묘에 비하여 자연에서 포획된 종묘에서 현저히 높게 나타났으며, 자연산 유래 및 양식산 유래의 종묘간에는 뚜렷한 차이는 없었다. 먹이섭취율은 종묘생산 된 치어에 비하여 자연에서 포획한 종묘에서 현저히 높게 나타났다($p < 0.05$). 조도에 의한 영향은 인공종묘 생산된 치어의 경우 암의 조건이 길었던 시험구에서 높게 나타나 조도에 의한 영향이 뚜렷하였다.

감성돔 종묘의 동화효율은 수온 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 $66.6 \sim 87.7\%$ 였으며, $13 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서는 $79.1 \sim 83.5\%$ 으로 수온간에 유의한 차이는 없었다($p < 0.05$). 한편 조도의 영향은 12L:12D에서 $70.3 \sim 83.5\%$, 10L:14D에서는 $66.6 \sim 87.7\%$ 으로 유의한 차이는 없었으나 암의 조건이 길었던 시험구에서 다소 높은 것으로 나타났다.

마취 농도별 마취 및 회복시간 및 100ppm 농도에서 침지시간별 회복 조사 결과 자연산 감성돔 치어는 안정된 회복시간과 높은 생존율을 나타내었다. 또한 마취후 공기 중 노출 및 공기중 노출시간만을 달리하여 감성돔 치어의 회복시간을 조사한 결과에서도 자연산 치어는 인공산 치어보다 높은 생존율과 빠른 회복을 보였다. 따라서 자연산 치어는 인공산 치어보다 마취와 공기중 노출과 같은 스트레스를 잘 극복하는 것으로 판명되었다. 한편 인공산 어미유래와 자연산 어미 유래 치어는 마취 및 노출내성 결과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

병리학적 특성 조사 비교: 여수시험장에서 보유중인 감성돔 친어들은 감성돔에 있어 매우 심각한 피해를 유발하는 이리도바이러스와 노다바이러스에 대하여 감염되어 있지 않음을 확인할 수 있었다. 그리고 자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교 결과, 자연산 및 인공산 감성돔 치어에서 병리학적 특성의 대부분 차이점은 없었다.

방류용 우량종묘 생산방법 연구

친어유래별 감성돔 사육시험: 총 채란량은 육상수조에서의 산란경험이 있는 인공산 친어가 자연산 친어보다 월등히 많았으나, 부상란 비율, 침강란 비율 및 수정률은 차이가 없었다. 난경은 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란의 난경이 약간 큰 것으로 나타났다. 인공산 및 자연산 어미유래의 자치어 사육기간 중 수온 및 염분농도의 차이는 없었으며, 성장 및 생존율의 차이는 나타나지 않았다. 따라서 인공적인 사육 환경에 보다 적응한 인공산 친어는 자연산 친어 보다 수정란을 쉽게 확보 할 수 있다는 장점을 지니며, 종묘생산 기술개발 면에서는 자연산 유래와 차이가 없는 것으로 판명되었다.

황점볼락 친어관리: 황점볼락 어미관리는 가두리와 실내수조에서 실시하였는데, 가두리 수온조건은 8.9~23.5℃였으며, 실내수조는 7.3~23.2℃로서 겨울철 최저수온이 가두리에 비해 다소 낮았다. 특히 가두리는 여름철 수온이 25℃이상 상승하지 않고, 겨울철은 7℃이하로 하강하지 않아 황점볼락 어미사육에 적합하였다. 자어의 출산은 2003년 12월 9일부터 2004년 1월 29일까지 총 12마리의 가두리 사육어미에서 관찰되었고, 출산율은 14.1%였다. 총 출산 자어수는 379,000마리였으며, 어미 1마리당 출산량은 약 32,000마리였다.

자치어 사육실험은 수조크기별 실험에서 60일까지 사육한 결과 성장은 소형수조에서 전장 15.3±1.3 mm, 대형수조에서 18.9±1.4 mm였으며, 생존율은 각각 15.3%, 56.3%로서 대형수조에서 양호한 결과를 보였다.

[중간육성 기술]

요각류를 포함한 갑각류 유생이 많이 출현한 11월에는 점등구이 동물플랑크톤 양이 비점등구에 비하여 2.7배 이상 높아 뚜렷한 점등 효과가 나타났으나, 비주광성 패류유생이 많이 출현한 12월과 1월에는 점등효과가 상대적으로 적었다. 점등효과는 점등 후 3시간이 지난 21:00부터 뚜렷해지기 시작하여 24:00에 최고조에 달하였으며 여명이 가까워지면 대부분 소실되었다.

중간육성 중인 감성돔 치어는 점등효과로 모여든 동물플랑크톤 중 비교적 크기가 큰 종류를 선택적으로 섭이하였다. 개체가 성장함에 따라 위 자체의 무게는 증가하지만 위 내용물의 양적 증가는 발견되는 않아, 위 내용물은 개체의 크기보다는 계절에 따른 먹이

량, 먹이선택성 및 섭이량 변화에 따른 좌우되는 것으로 생각된다.

[음향순치 기술]

감성돔은 유관표어로서 수중음에 아주 민감한 어종이다. 부화 후 30 mm까지 성장한 치어를 크기 4×4×4 m인 소분할 가두리를 4개 연결한 중간 육성용 가두리에 수용하여 수중음을 방성하면서 급이하여 음향 순치를 시작한다. 음향 순치용 수중음은 300 Hz의 구형 파이며, 중간 육성 가두리에서의 방성 음압은 120 dB(re μPa), 바다목장에서 방류어의 보호 관리용 음향 순치 음압은 147 dB이다. 1 s 주기로 0.3 s 동안 방성하고 0.7 s 동안 중지하는 동작을 9분 동안 반복하면서 급이한다.

감성돔은 학습음에 대해서 음향 순치 시작 후 4일째부터 반응을 보이기 시작하여 7일 후에는 현저하게 약 50%가 반응하였으며, 16일 후에는 100% 반응을 보였다. 감성돔은 200 Hz의 수중음에 잘 반응하지만, 주변 해역의 배경 잡음을 고려하여 순치음은 300 Hz의 것을 사용하고 있다. 학습음의 기억 기간은 3개월 정도이며, 4개월 이상 학습음을 들려주지 않으면 학습 효과가 사라진다.

중간 육성 수조에서 음향 순치에 의하여 100 mm까지 성장한 감성돔을 바다목장에 방류하여 관리한다. 감성돔이 최소한도로 지각할 수 있는 음압은 94~99 dB로 추정된다.

[대상 생물의 방류 기술]

감성돔의 인공종묘생산과정을 거치는 과정에서 자연산과 다른 환경적인 차이에서 나타나는 특징을 찾아 방류어와 자연산 감성돔의 구별방법을 모색하고자 하였다. 외형적 특징 가운데 인공종묘생산과정에서 비늘에 나타나는 형태적 특징을 양식어 또는 방류어의 특징으로 규정하고 비늘판독법으로써의 타당성을 검토하고자 한다.

감성돔 어체의 부위별 비늘의 특성을 관찰한 결과, 두부쪽 비늘은 상하로 긴 형태를 보였으며, 미병부로 갈수록 좌우의 폭이 넓어지는 형태를 보였고, 가슴지느러미에 덮이는 부위와 배쪽 부위는 방추형으로 전형적인 빗비늘 형태를 나타내었다. D부위의 비늘은 크기가 가장 컸으며, 가슴지느러미에 의해 보호받는 부위로써 비늘 탈락의 우려가 가장 적으며 전형적인 빗비늘의 형태를 갖추고 있어 비늘의 특성 검정 시 가장 적합한 부위로 평가되었다. 비늘에 있어 중심점 또는 중심판의 형성 유무를 기준으로한 관찰에서 자연산 감성돔의 비늘은 75% 이상이 중심점을 가지고 있었으며, 방류산 감성돔의 비늘은 중심점 없이 80% 이상이 중심판을 형성하는 것이 관찰되었다.

방류한 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* 치어의 환경적응 능력을 평가하기 위하여 3곳의 정점을 정하고, 1개월간 추적연구를 수행하며, 해상 가두리에서 양식중인 감성돔과 비교하였다. 시료의 채집은 낚시에 의하였으며, 성장율, 먹이 섭취패턴, 체성분의 변화를 조

사하였다. 채집된 감성돔은 전체가 방류어 이었으며 성장패턴은 양식산과 동일한 경향이 있었다. 섭취한 먹이는 배합사료, 생사료, 낚시용 크릴 먹이밥, 소형패류, 해조류, 소형갑각류 등 다양한 먹이 섭취의 패턴을 보였다. 전어체 분석결과 조지방 함량은 방류 후 20일 이후부터 양식산 보다 유의적으로 낮게 나타났으나, 조단백질 함량의 경우 방류어와 양식산이 동일한 경향이였다.

[대상 생물의 생태 및 행동연구]

여수 바다목장의 주 대상어종은 감성돔, 돌돔, 볼락 및 황점볼락 등이 있고, 감성돔과 돌돔은 2003년 인공 종묘 생산된 치어들이 바다목장 해역 내에 방류되었다. 그러나 이 대상종에 대한 양식적인 측면에서 많은 연구들이 진행되어 오고 있지만, 자연 상태에서의 이동, 성장, 행동 등의 생태적인 연구들은 그다지 많지 않다. 여수 바다목장 해역 내에 방류 효과를 높이고 나아가 획기적인 자원 증대를 꾀하기 위해 초기의 감성돔 치어의 행동 패턴을 비롯하여 자연 상태에서의 대상종에 대한 행동을 관찰 조사하였다.

다이빙에 통한 자원 조사시 각 정점에서 관찰된 감성돔의 서식 생태에 대한 자료를 취합하여 분석하였고, 특히 월동 기간 중 감성돔이 자주 출현한다는 금오도의 용머리 해안에서 이 종이 은신하는 암반의 형태를 분석하였다. 감성돔은 어린것 일수록 수 백마리씩 떼를 지어 다니고 성장함에 따라 소수의 개체로 몰려다닌다고 추정된다. 또한 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 가지며 이런 터널형 바위 아래에서 몇 마리씩 모여 월동한다. 그리고 기존에 시설된 수중 구조물과 지금까지 통영 바다목장에 설치, 실험된 구조물에서 얻어진 감성돔과 볼락류의 행동 습성 연구를 통해서 여수 바다목장에 맞은 실험 구조물을 설계, 투하하여 조사하였다. 이야포에서 관찰된 감성돔들은 바위에서 1 m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와도 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 매우 예민한 습성을 보여주었다.

여수 바다목장에서 자연산 감성돔(시험어)의 회유경로를 규명하기 위하여 시험어 4마리의 이동범위를 음향 텔레메트리 기법으로 측정하는 실험을 행하였다. 수술에 의해 소형 평거(69kHz, $\phi 9 \times L 24$ mm)를 체내에 tagging 한 시험어는 하루 밤 동안의 회복기를 거쳐 어획장소 주변에 방류되었고 방류 즉시 음향 추적을 실시하였다. 2004년 4월 2일 10:35부터 방류한 시험어는 4월 22일 06:20까지는 일부 또는 대부분이 방류한 해역의 주변에서 머물렀으나 그 이후 시간대부터는 어디론가 이동하였음을 알 수 있었다. 5~30 m 수층에서 5 m 간격으로 측정된 수온의 연직분포를 보면 2004년 4월 29일의 층별 수온과 평균 수온은 2004년 4월 8일의 것보다 각각 1.4~3.0°C, 1.9°C 높게 나타났고, 10 m 수층에서의 수온 변화가 3.0°C로 가장 컸다. DO의 경우에는 각각 0.1~0.6 mg/l, 0.4 mg/l 낮게 나타났고, 10 m 수층까지는 DO의 변화폭이 0.1 mg/l 이하였으나 15 m 이심에서는 0.4~0.6 mg/l이었다. 시험어는 대체로 평균 수온이 13.0°C 이상으로 되는 소조기에 연안으로 이동

하였을 것으로 생각된다.

[해중림 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사]

여수 바다목장의 소리도, 금오도 일대 해역과 인공어초 시설지에서 해조생태를 조사하였고, 조장 조성용 해조의 탐색을 수행하였다. 1차년도 조사에서 나타난 것처럼 바다목장 대상해역은 각각의 정점에 따라 해조상이 다르게 나타난다. 소리도 연안 소룡단 일대의 조하대에서는 녹조류 4종, 갈조류 10종, 홍조류 15종 등 총 29종이 채집 동정되었다.

조하대 해조류의 종 다양성은 높지 않으나 바다목장 조성을 통해 주변에 자생하는 해조류와 인공적인 해조장 해조류의 친화도를 높일 수 있는 해조장 조성 후보지로 판단된다. 이와 같은 결과로 보면 이 정점에는 감태 및 큰잎모자반과 같은 대형 다년생 갈조류의 종사를 감아주거나 이식하는 방법으로 해조장을 조성하면 좋을 것으로 생각되어 먼저 감태를 채묘하여 그종사를 감아주는 방법을 채택하였다.

이번 2차년도 조사에서 바다목장 해역인 소리도 연안은 같은 소룡단 해역 주변에서도 해저지형에 따라 갯녹음(백화)현상이 매우 심각하고 조하대 상부의 암반에 서식하는 몇몇종을 제외하면 극히 빈약한 해조상을 나타내는 곳도 있음을 알 수 있었다.

현장 이식 후 약 46일간 성장한 미야베모자반은 겨우 눈에 보일 정도로 성장이 둔화되어 불과 4.4mm정도 밖에 자라지 않았으며 감태의 경우 더욱 더 성장이 느려 불과 3.1mm에 지나지 않았다. 이 같은 결과는 강제어초가 투하된 안도연안은 수심은 높지 않으나 상대적으로 투명도가 낮아 해중림 해조류의 성장에 불리한 요소로 작용한데서 비롯되는 것으로 나타났다. 이는 이와는 달리 투명도가 높은 소리도연안과 같은 조건의 대조구에서 같은 종의 해조류를 이식한 결과 약 5배 이상으로 빠른 성장결과를 나타낸 것에서도 알 수 있다.

따라서 안도연안에 투하된 강제어초에서는 효과적인 해중림 조성이 상당히 어려울 것으로 관측된다. 그러나 소리도 소룡단 일대에서는 감태나 모자반류 특히 미야베모자반이나 큰잎모자반의 종사를 감아주거나 이식해주면 해조장조성에 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

[자원조사]

어구조사

본 연구에서는 현재의 자원량과 바다목장화 사업후의 자원량을 비교 할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 실시되었으며 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여, 출현종, 출현량, 우점종, 종다양도 및 균등도를 확인하고, 어구별 어획량을 살펴본다.

어류 채집은 삼중자망과 통발에 의해 이루어졌으며, 금오도와 부도에서 실시하였다. 통발에 의해 출현한 어류는 총 5목 20과 24종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 노래미,

자리돔, 용치놀래기, 쥐노래미순이었다. 11월에 출현 종수와 출현 개체수가 가장 많았다. 삼중자망에 의해 채집된 어류는 총 5목 24과 28종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 노래미, 각시서대였다. 이각망에 의해 채집된 어류는 27종으로 우점한 종은 감성돔, 숭어, 전어, 조피볼락, 볼락순이었다.

감성돔의 어구에 의한 조사지점에서 추정된 어획능률은 0.0566이었으며, 초기 자원미수는 약 543미로 추정되었다.

어탐조사

수중음향 이용한 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하는 방법은 연근해 및 원양 자원 조사의 대표적인 방법 가운데 하나이다. 이 방법은 음향 시스템 구축 및 관련 전문가 양성의 초기 단계에 많은 비용과 시간이 소요되지만 전통적인 어구 채집 방법에 비해 비용대 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 많은 일본, 노르웨이 등 수산 선진국에서 사용하고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 음향 조사의 장점을 이용하여 여수 바다목장해역인 금오도 및 소리도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 기존의 자연 상태에서 서식하고 있는 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 2003년 5월과 9월, 2004년 2월에 실시하였다.

여름 조사에서는 고밀도 어군이 금오도 서쪽해역에 폭넓게 탐지되었으며, 가을 조사에는 안도 서쪽과 개도 남동 해역에서 국소적으로 고밀도의 어군이 관찰되었다. 한편, 겨울 조사에는 여름과 가을보다 어군밀도가 현격하게 적게 관찰되었다.

현재 바다목장 조성의 초기 단계에서 바다목장 해역에 있어서의 전반적인 생물자원(어류 및 플랑크톤)의 분포를 어탐을 이용하여 조사하고 있으며, 이와 병행하여 2004년 2월부터 특정어종(바다목장 대상어종; 감성돔 등)에 대한 분포를 추적하기 위하여 잠수조사 정점에서의 정밀조사를 실시하였다. 향후 잠수정점에 있어서 다이버와 어구에 의한 어종확인조사를 실시하고 이를 토대로 한 대상어종의 생물량을 추정하고자 하며, 고밀도 어군이 분포하는 해역에 있어서의 어종확인을 위한 조사를 병행(수중카메라 등)을 추진하고자 한다.

잠수조사

잠수조사는 바다목장 해역의 전반적인 연안 및 해저 지형을 분석하였으며, 그 중 비교적 수산 어종의 자원량이 많거나 해역의 범위를 정하는 데 있어 수중 생태 조사가 필요한 곳을 중심으로 이루어 졌다. 안도에서 2003년 6월과 2004년 1월 조사에서 관찰된 어종은 총 29종이었고, 금오도에서 2003년 7월부터 9월까지 이루어진 조사에서는 총 23종이 확인되었다. 주요 어종의 출현 양상을 살펴보면, 정착성 볼락은 전 조사 정점 및 계절에

출현하였고 감성돔은 2번, 돌돔은 3번의 조사에서 확인되었다. 안도는 금오도보다 투명도가 높아 비교적 잠수 조사가 용이한 편이고 수산 자원도 다양하고 풍부한 편이기 때문에 앞으로 고정적인 정점을 두어 정기적인 조사를 계속 실시할 예정이다. 안도 해역에서 조사된 어종 중에서 주요 수산어종의 자원량을 살펴보면, 조사면적을 100 m²로 환산해보면 6월 조사에서 볼락이 93.58~128.98개체로 가장 많았고 뱅에돔이 9.74~14.9개체로 조사되었다. 1월에는 볼락이 56.25개체, 감성돔이 1.54마리로 조사되었다. 또한 여수 바다목장 해역 내에 시설된 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링을 실시하였다. 안도 해역의 시험용 강제어초에서는 총 12종의 어류가 조사되었고 계절에 따른 어류 군집의 변화가 극심한 곳으로 추정되었다. 금오도, 소항도 및 소리도에 설치된 세라믹 어초에서는 2004년 1, 4월 조사에서 0~3종의 적은 어종만이 확인되었고, 볼락의 개체수는 증가하는 경향을 나타내었으나 어초의 설치 때문인지는 파악하기 힘들고 향후 수온이 상승하는 여름, 가을 조사를 통해 정착성인 볼락류를 비롯한 감성돔, 돌돔 등의 주요 대상 어종의 출현 양상 및 어초 구조물에 대한 행동 습성을 파악할 예정이다.

이각망 실태 및 개선방안

전라남도 여수시 금오도 연안에 위치한 이각망 어장을 이용하여, 2003년 5월부터 2004년 4월까지 12개월 동안 매월 1회씩 정점 2곳에서 채집 분석하였다.

이각망에 의해 채집된 어류는 총 11목 35과 53종으로 총 개체수와 총 생체량은 각각 2,388개체, 392.13 kg이 채집되어 농어목이 15과 23종으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 쏨뱅이목이 5과 8종, 가자미목이 3과 5종으로 이들 3목에 포함된 어류가 총 31종으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다.

조사기간 중 가장 우점한 종은 감성돔으로 244개체(19.00 kg)가 출현하였고, 다음으로 전어가 182개체(9.53 kg), 열동가리돔이 161개체(1.69 kg)로 우점하는 종으로 나타났다.

본 연구에서는 금오도 연안에서 이각망에 의해 채집된 어류 중 우점종인 감성돔의 별도 체장, 체중 조사를 실시하였다. 그 결과 감성돔은 5월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 1월에 다시 작은 개체들이 출현하는 것으로 나타났다.

금오도 연안 이각망의 허가어업은 우학에 1곳, 연도 2곳, 두모 6곳, 심장 7곳, 안도 8곳 및 유송 13곳이다.

유전자원 조사: 전남 여수 바다목장 해역에 방류된 어류에 대한 유전적 특성 규명 및 향후 방류로 인한 자연 생태계 내의 genetic impact를 감시하기 위하여 방류용 종묘와 자연집단의 감성돔 및 돌돔을 대상으로 방류한 그들의 유전학적 특성을 분석하기 위한 1차적인 접근방법으로 RAPD 분석 실시하였다. 분석에 이용한 30개의 primer 중 12개의 primer에서 다형현상을 나타내는 DNA 단편을 확인하였다. 향후 RAPD 및 mt-DNA 분

석을 통하여 감성돔 및 돌돔 자연집단과 방류집단간의 차이 분석이 가능할 것으로 판단되며, 지속적으로 유전적 특성에 관한 data 축적이 필요하다.

방류현황

본 과제 수행 기간 동안 바다목장 대상 해역 내 방류한 종묘는 돌돔, 감성돔, 불락, 황점불락 그리고 전복의 5종으로서 마리수는 각각 295,000마리, 810,000마리, 50,000마리, 45,000마리 그리고 3,000마리로서 총 1,203,000마리였다. 이중 이번 사업기간 중 방류한 어종은 돌돔, 감성돔, 불락으로서 방류 마리수는 각각 270,000마리, 380,000마리 그리고 50,000마리로서 총 700,000마리였다.

3. 바다목장 이용 · 관리 기술

조사대상지역에 총어가수는 10,005호이며 어가인구는 36,644명이다. 123개 어촌계가 있다. 어촌계 어업인들의 1년평균 어획량은 2,389.44kg인 것으로 추정되었다.

전남 다도해형 바다목장 해역 어촌계의 어업경영실태를 파악하기 위하여 어촌계 계장과 어업인을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사지역의 연안어선어업중 외출낚시어업(복합어업)의 경우 대부분이 고용인이 없는 어업인이 가족 혹은 혼자만의 노동력으로 경영을 유지하고 있었으며, 대부분의 어업인들이 가두리 양식을 병행하고 있었다. 외출낚시를 주업으로 하는 어업인의 1년 어업생산액은 19,040천원이었으며, 어로비와 생활비를 포함한 지출비는 15,138천원으로 어업이익은 3,902천원으로 조사되었다.

유어낚시객에 대한 설문조사는 바다목장 사업 전·후의 이용도 및 어촌의 수입증가와 여수시의 관광사업에 대한 비교, 분석을 하기 위한 기초자료로 사용하기 위하여 조사되었다. 유어낚시의 간접효과는 낚시객의 1회 출조시 소비자 잉여는 47천원으로 추정되었다. 관광에 대한 경제적 가치 추정 방법 또한 바다낚시 추정방법과 동일하다. 분석결과 관광객의 1회 방문시 소비자 잉여는 67천원으로 추정되었다.

목표어종이 감성돔 및 돌돔 등 돔류이기 때문에 바다목장의 해역범위는 매우 넓다. 즉 대상어종의 회유경로 및 자원의 서식형태에 따라 치어성육장, 육성장 및 월동장을 조성하고 이 해역을 보호수면으로 지정하여야 할 필요가 있다.

수산자원관리수면은 육성수면과 달리 지정목적 범위 안에서 관리 · 이용규정을 정하여 관리하여야 한다. 또한 보호수면과는 달리 어업인에게 입어를 허용하는 것이 가능하다는 점에서 바다목장에 적합한 수면이라 할 수 있다.

관리운영협의회의 주체는 정부, 지자체, 연구진, 업계 및 어업인들의 협의체로 구성된다. 운영위원회의 소요경비 부분은 시범사업 실시기간 중에는 전남다도해형 바다목장사업 추진 연구기관, 어업인 및 해당 행정기관이 공동 부담한다. 이용관리권의 이양 후에는

실질적으로 바다목장을 관리하고 수익을 창출하는 어업인들이 부담하는 것을 전제로 한다.

이용관리조직의 구성은 바다목장의 관리에 관한 관련기관간의 상호 협조 및 정보 교환을 통하여 바다목장사업의 원활한 추진과 바다목장의 효율적인 관리 및 자율관리어업 체제로의 정착을 도모하는 것이다. 이를 위하여 어업인들이 주축이 되어 구성하는 바다목장 자율관리어업위원회와 민관학연으로 구성된 바다목장 관리운영협의회를 구성할 필요가 있다.

여수바다목장의 수산물의 유통형태는 주로 돌산읍 군내활어위판장에서 위판하는 형태로 유통경로가 단일화되어있어 유통체계구축의 장점으로 볼 수 있다. 여수바다목장 어획물의 브랜드 가능성은 상당히 높게 평가되고 있다. 특히 품질 면에서의 차별화가 가격보다 다소 높게 나타났다.

전남다도해형 바다목장의 총면적은 203km²(20,300ha)이고, 바다면적은 약 151km²(15,100ha)로 개도, 월호도, 화태도, 대횡간도를 북쪽 경계로 하여 금오도, 안도, 연도를 잇는 해역이다.

전남 다도해형 바다목장의 해역을 총 3개의 보호수역으로 구분하였다. 보호수역1은 중간육성장이 있는 곳으로 감성돔의 산란지인 나발도와 대두라도, 화태도, 월호도와 금오도 북쪽지역을 선정하였다. 보호수역2는 감성돔의 회유지인 금오도 남동쪽부터 안도 일대까지를 지정하였다. 마지막으로 보호수역3은 감성돔의 월동장인 소리도 남동쪽 해안이다.

연구개발투자는 환경관리 및 개선, 어장조성, 자원증대 및 바다목장 이용·관리 분야 등으로 구분된다.

2005년에 자원량과 지속적 어획량은 20톤 그리고 10톤이다. 여수바다목장 사업이 종료되는 2008년에는 자원량은 180톤 그리고 어획량 90톤이다. 최대자원량 수준은 8,493톤이고 이때 어획가능량은 4,246톤으로 추정되었다.

바다목장사업이 성공하기 위해서는 바다목장 이용관리가 제대로 이뤄져야 한다. 본 연구에서 제안한 보호수면 설치 및 수산자원관리수면 지정은 합리적인 바다목장 이용관리를 위한 최소한의 조치이다. 따라서 여수시와 전남도는 조속히 이러한 조치가 취해질 수 있도록 하여야한다. 또한 어업인들에게도 충분히 홍보 그리고 지도하여야 한다.

V. 연구결과의 활용계획

1단계 2차년도의 연구결과는 1단계 1차년도에서 개발된 기술을 실험해역에서 적용하기 위해 향상된 적용기술을 개발하였다. 본 연구 개발 결과는 2단계 사업의 원활한 수행에 기초자료로 사용할 것이다.

SUMMARY

I. Title

Study on the Foundation-laying of Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program in Korea

II. Significance and Objectives of the Study

The productivity of inshore fishery has been continuously decreasing in Korea. Thus it is time to adopt aggressive resource management methods which can maximize economic profits while increasing the productivity of fishing grounds.

Even if a project funded by marine ranching budgets has technical feasibility, it cannot be operated if it lacks economic viability. Therefore this study intends to establish investment plans in socioeconomic terms on the basis of scientific information and diagnose the operational feasibility by conducting socioeconomic feasibility analysis as well as pursue effective operations by proposing institutional improvement plans.

III. Content and Scope of the Study

1. Improvement of habitat
 - Marine environment
 - Seabed topography
 - Phytoplankton and zooplankton
 - Egg, larva, juvenile and fish fauna
 - Benthic ecosystem
 - Seaweed
 - Artificial reef
 - Floating breaker

2. Annexation and management of fish stock

- Production and determination methods of seed for releasing
 - Nursing techniques of target fish
 - Acoustic conditioning techniques
 - Releasing techniques
 - Ecology and Behavior pattern of target fishes
 - Seed production and transplantation of seaweeds for constructing an artificial seaweed bed
 - Resources estimation
3. Use and management of Marine Ranching
- Present status of use and management for marine ranching
 - Master plan of marine ranching
 - Constitution of management system

IV. Results

A. Improvement of Habitat

[Marine Environment]

Water quality and sediment properties

The water quality and sediment properties were investigated to elucidate the suitable candidate area of marine ranching in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

Average temperature ranges from 10.46 to 24.51°C and Average salinity ranges from 30.83 to 33.87 in this study. Average pH ranges from 7.89 to 8.18 and lower than degree 2 of the seawater quality standard at all stations. DO concentrations were lower than degree 2 of the seawater quality standard at all stations. Average COD is between 1.17 and 1.77mg/L and lower than degree 3 of the seawater quality standard at all stations. Average TN ranges from 0.207 to 0.273mg/L and lower than degree 1 of the seawater quality standard except some stations. Average TP ranges from 0.011 to 0.031mg/L and lower than degree 2 of the seawater quality standard except some stations. Average concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn in seawater were 0.09, 1.47, 0.23, 4.41μg/L, respectively and lower than the seawater quality standard. Average TIL

ranges from 5.12 to 5.52% in this study. Average concentration of COD ranges from 10.35 to 13.11mg/g · dry wt in this study. Average concentration of AVS ranges from 0.07 to 0.11 mg/g · dry wt. The average concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn in the sediments were 0.44, 10.99, 7.37, 83.66 mg/kg, respectively and nearly similar to Namhaedo and Southeastern coastal area of Korea.

Seabed topography

This study gathers and analyzes topography data including marine and land data of the marine ranching area in Jeonnam Archipelago, and also acquires precise seabed bathymetry data and images using multi-beam echo sounder and side-scan sonar. We finally complete and interpret two dimensional and three dimensional topography map covering marine and land.

The Jeonnam Archipelago area can be zoned as six areas based on different topographic characters: (1) a nearshore area approaching toward land with a steep slope and relatively deep sea bottom, (2) a deep submarine channel area formed by fast and strong current between islands, (3) a relatively flat and shallow northern area extended from the southern Korean Peninsula with less than 10 m in water depth, (4) the deepest area in the south and east of the Yeondo, (5) a broad and gentle sea bottom area with less than 15 m in water depth, west of the Gaedo, and (6) a steep slope area between west of the Gaedo and deep water area off Yeondo. A steep slope sea bed is apparent along the shore extending land, and local depression is located at the foot of the slope. The seabed topography as a whole tends to deepen from north to south, and the west of the Geumo island chain is relatively gentler than the east. The channels are common between islands and 10-30 m deeper than surroundings. The channels range from 20 m to 50 m in water depth, and show a particularly deep water depth in the Geumo channel between Daedurido and Geumodo, and the Wolho channel between Gaedo and Wolhodo. Besides channel and rugged rocky area the northern part of Gaedo and Daedurido is shallowing and flattening up to 5 m toward southern coast of Korean Peninsula. Seabed in the area northwesterly far from Geumo island chain is gentle and generally shallow less than 15 m in water depth. A steep slope of the seabed begins at the southern margin of this shallow area and continues to south of the Yeondo.

Seabed topography in the Gumongam and Geumodo-Sobudo area was mapped using a precise multichannel echo-sounder. The topography map produced from

multi-beam echo-sounding data shows exceedingly detailed seabed reliefs. The Gumongam has a underwater dimension of 500 to 1000 m in length, even if it is exposed above a sea level with only a length of 100 m and a width of 50 m. Top of the Gumongam has a east-westerly long ellipse shape, and at about 36 m water depth a boundary shape of the Gumongam is changed to a circle of 700 m diameter. The narrow and ruggy rock outcrops radially extend outside from the margin of the circle shape Gumongam boundary. From these extension total extension of Gumongam is estimated as longer than 1000m in diameter. Gumongam is divided into two blocks by a east-west fault with a vertical drop of greater than 5 m. The seabed is steeply sloping from flat bottom of about 36 m in water depth around Gumongam to 42 m toward southeast. Side-scanning image reveals that artificial reefs are well settled on muddy sea bottom around Gumongam. Geumodo-Sobudo area is characterized by sea bottom with a gentle slope except for near island with steep gradient. Sea bed is shallow in between Geumodo and Sobudo, and deepened towards southwest ranging 10 m to 20 m. Two shallow troughs extend in NEE-SWW direction, and has a sharp curvature toward area between two islands. This pattern relates with a strong current flowing in from outer sea to the area narrowing between islands.

Marine ranching area around Sorido is gently deepened from the coast to the outer sea, while the seabed near the coast contacts with a steep slope from land except Dongbu and Dukpo bays. The steep seabed near the coast is extended to a water depth of 30 m. The outer sea southwest of Sorido deepens from 40 m to 60 m in water depth with a east-west trending broad channel which indicates a erosion by a strong current. The east of Sorido gradually deepens southeastwards. The channel runs from north to south reaching about 50 m water depth at the southern part. The northern area of this channel is relatively shallower than the southern area with a water depth of 35-40 m and a gentle relief except a rocky area.

Seabed side-scan images in the nearshore of Sorido show that seabed is partly covered by rock, and characterized by ripple marks occurred by a strong wave energy. Seabed of the southern sea of Sorido mainly consists of rock and gravel, while a sand or a mud prevails in eastern sea of Sorido. Such seabed materials are closely related with those in an adjacent land area. The ripple marks near the shore run parallel to the coast, which indicates an action of a wave or a current from SSE direction. The ripple marks in the deep channel to the outer sea are printed from a wave action or strong current from the east or NEE. The outer sea off the south of

Sorido is fairly flat with a rocky bottom indicating a strong erosion. In the nearshore to the east of Sorido rocky bottom and ripple marks are generally shown, while the outer sea is covered by a sand or a mud (largely mud). The side scan images show that the seabottom in the southern part of the eastern sea of Sorido is scratched by fishing tools or anchors, which is indicative of more active fisheries activities.

Significant zonal distribution of surface sediment is recognized in the sea ranching area. Fine sediment, almost mud sediment is distributed in the northeast part of the sea ranching area, whereas southwest part of the study area is composed of coarse sediment including gravel or/and show rocky bottom. Organic carbon of the sediment shows less than few %, and carbonate content varies 20-30% in the mud sediment. C/N ratio of the organic matter show that some part of organic matter is derived from the neighboring land area. The content of hydrogen sulfide ranges 1 to 161 ppm, showing that study area is not significantly polluted on the based of environmental criteria of hydrogen sulfide, which is generally 200 ppm. Two gravity core sediment indicates that mud sediment has been deposited in continue. And also organic matters of the gravity core were provided from neighboring land area. More detailed investigation is necessary to understanding depositional environment and to evaluate the environmental changes in sea ranching area.

[Characteristics of Marine Ecosystem]

Phytoplankton community

A total of 145 species representing 104 diatoms, 41 flagellate species were identified from the phytoplankton community in the marine ranching area. The majority of phytoplankton species was in the diatom group. There is no significant difference on the species number at the surface and the 10m depth water. Little variation in the species number and standing crops between the surface and 10m layer reflected the upper water column was well mixed. Higher species number (118 sps.), standing crops (1.5×10^5 cells/L), and diversity index (2.9) were measured in autumn, November 2003.

Various diatom species in genus *Chaetoceros* and a dinoflagellate *Cochlodinium* in summer and *Asterionellopsis glacialis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subtilis*, and *Pseudonitzschia pungens* in autumn were dominant. Flagellate including dinoflagellates distribution was well developed in summer. Oceanic species occurred frequently in autumn *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira subtilis* showed continuously dominant

until winter. Abundant *Paralia sulcata*, a benthic diatom, in winter reflected the water column was mixed well.

Phytoplankton biomass

Marine ranching areas was effected by various water mass, such as, Tsushima warm current, Yellow Sea bottom cold water, coastal waters of Chinese continent and coastal waters of Korean continent in seasonally. Especially, it was marked in summer, while very mixed in winter. Therefore, the potential primary production by chlorophyll a concentration was very high in all year round.

Microzooplankton (Ciliate) community

A total of 35 ciliate species was observed, consisting of 21 tintinnids, 13 oligotrichs and a autotrophic ciliate, *Mesodinium rubrum*. Higher species number was recorded in summer and autumn.

The species composition of tintinnids was diverse. Ciliate abundance increased to ca. 2,000 cells/L in autumn and displayed a similar seasonal pattern with phytoplankton community. A representative neritic species *Tintinnopsis beroidea* and a tiny oligotrich *Lohmaniella oviformis* occurred dominantly. In autumn and winter a cold water species *Strombidium conicum* and a benthic tintinnid *Stenosemella nivalis* were relatively abundant.

Metazooplankton community

Of macrozooplankton, *Noctiluca scintillans*, cnidarians, copepods, chaetognaths, and larvae etc were dominant in the study area, but they had a seasonal difference in their composition. In summer copepods were predominant and chaetognaths and larvae were also abundant. However, in autumn and winter larvae were more abundant than chaetognaths. Individuals of zooplankton were highest in autumn (mean 453 ind./m³), while those were lowest in summer (mean 60 ind./m³).

Species diversity also was highest in autumn and lowest in summer. In summer the low abundance and species diversity may be caused from low salinity after continuously heavy rainfall. This study area can be divided into two station groups: the northern part of Geumodo and the southern one. Luring effect of zooplankton by a underwater light was insignificant.

Macrobenthic community

Macrobenthic fauna in Jeonnam archipelago marine ranching area in the southern coast of Korea were sampled at 36 subtidal stations to monitor changes in benthic community structure during August 2003 to February 2004 at seasonal intervals. Total 310 taxa were collected and their mean abundance and biomass were 2038 inds. · m⁻², 219.7 g in wet weight · m⁻² respectively. PCA (principal component analysis), one of the best known variable reduction methods, was performed to find principal common factors among 310 species variables. In the result of PCA, the first and second axis explained about 62% of the species data and 24 species variables loaded high value on the axis were selected for further analysis. CCA (canonical correspondence analysis) was performed to select the major environmental variable that maximizes the dispersion of the species scores, with 24 reduced species variables and 5 environmental variables, i.e. gravel content, silt content, sorting value, ignition loss, and depth. The CCA result showed that silt content and sorting value were the most important factors in controlling spatio-temporal patterns of the community. Continuous dominant species, i.e. polychaete *Tharyx spp.*, *Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis* and recently increased bivalve *Moerella sp.*, *Theora fragilis* were the typical organisms occurred in the heavily organic-enriched sediments. Thus, these should be continually monitored as indicator species of the organic pollution. SEP (Shannon-Weaver evenness proportion) index was employed to assess an ecological status of the community health. What the average of each season was around 0.6 indicated that the benthic communities were under low environmental stress so far. Annual production of macrobenthic community was estimated by empirical model. Estimates ranged from 5.209 ~ 48.371 gAFDW/m²/year. Higher production was observed at stations around Ando and Sorido. Multiple regression analysis was performed to relate possible abiotic to macrobenthos production. Significant relationship was observed (p=0.003) and, at this spatial scales, higher production could be predicted in areas with higher sorting value of surface sediment.

Visiting species and gut content analysis

To investigate the feeding ecology of fish community in Jeonnam archipelago marine ranching area, gut content analysis was performed on the samples obtained in Nov. 2002, Jan. Sept. and Dec. in 2003 and Jan. and Feb. 2004. A total of 46 species and 194 individuals were sampled. During the period, dominant species in terms of

abundance were jack mackerel (*Trachurus japonicus*), conger eel (*Conger myriaster*) and sea bass (*Lateolabrax maculatus*). Higher frequencies were observed in black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), tidepool gunnel (*Pholis nebulosa*), striped mullet (*Mugil cephalus*) and conger eel (*C. myriaster*). Fish species number and abundances were higher in warmer season. This temporal variation was similar to those reported in and around the study area. Diets of 119 individuals belonging to 46 species were observed and 72 prey taxa were identified from the study. Taxonomical composition of preys along the sampling time was found different at significance level of 95%. Important prey species in terms of frequency and their primary habitats were listed. Unidentifiable fishes and polychaetes were found as the most important prey items. Other important preys were gobiid fishes, amphipods (*Oedicerotidae* spp., *Jassa falcata*, *Caprella* spp.), mysids and shrimps (*Leptochela gracilis*, *Penaeidea* spp., *Alpheidae* spp., and *Palaemon macrodactylus*, etc). Most of the higher ranked prey items were mobile crustaceans (i.e., amphipods and shrimps). Feeding niches were estimated and compared among species. Higher index values were observed in bartail flathead, *Platycephalus indicus*, pinkgray goby, *Chaeturichthys hexanema*, *Parapercis sexfasciatus* and Rajiidae sp. Black sea bream, *A. schlegeli* was presumed to have a relatively narrower niche. Results of principal component analysis suggested the major preference of fishes to prey habitat. Similar position of fish individuals in the scattering diagram reflected similarity or overlapping degree of food niches. The narrow scattering pattern of individuals belonging to a fish species indicated its consistent feeding behavior and preference for the prey along time. Feeding grounds were analyzed by trophic links and concentricity (relative number of trophic links). Variation in the trophic patterns was due to temporal changes in abundance of trophic links and concentricities. Concentricity patterns observed for about two years suggested that rocky and benthopelagic habitats in and around the marine ranching area function as important feeding grounds. Based on the result, management plans or restoration of a habitats for the enhancement of fish production were suggested and discussed.

Egg, larva and juvenile

The present study was conducted to investigate ichthyoplanktons and fish fauna in coastal waters of Geumodo from June, 2003 to May, 2004.

The collected planktonic eggs were identified such as *Engraulis japonicus*, *Konosirus punctatus*, *Sardinops melanostictus*, *Hypodytes rubripinnis*, *Sillago sihama*, *Maurdicus*

muelleri, *Callionymus* spp., Gobiidae spp., *Cynoglossus joyneri* and unknown etc.

In the coastal of Geumodo, Yeosu, the planktonic eggs were caught 56,478 ind./1,000m³. which was 56,103 ind./1,000m³ in August, 2003 and 2 ind./1,000m³ in January, 2004. The collected larvae and juveniles were 1,896 ind./1,000m³ identified into 25 species, 19 families and 6 orders, which was 1,457 ind./1,000m³ in August, 2003 and 13 ind./1,000m³ in January, 2004.

In the coastal of Geumodo, Yeosu, the diversity index of the larvae and juveniles was 0.9557~2.0137, which was the highest in August, 2003. The evenness index of them was 0.6978~0.9170, which was the highest in January, 2004 and the lowest in April, 2004 and the dominance index of them was 0.4681~0.7665, which was the highest in April, 2004 and the lowest in August, 2003.

Fish fauna

The present study was conducted to investigate fish fauna in coastal waters of Geumodo from June, 2003 to May, 2004.

In the coastal of Geumodo, Yeosu, the fishes were caught 1,850 ind./1,000m³. The most dominant orders were Perciformes, Scorpaeniformes and Clupeiformes, which accounted for 70.8% of the total and the most dominant families were Engraulidae and Gobiidae, each represented by 7 species. which was 979 ind./1,000m³ in October, 2003 and 145 ind./1,000m³ in January, 2004.

In the coastal of Geumodo, Yeosu, the diversity index of the fishes was 2.253~2.741, which was the highest in August, 2003. The evenness index of them was 0.622~0.903, which was the highest in January, 2004 and the lowest in October, 2003 and the dominance index of them was 0.324~0.468, which was the highest in October, 2003 and the lowest in January, 2004.

The present study was conducted to investigate fish fauna at fish market of Gunae-ri and Seokyo-dong from June, 2003 to May, 2004. The collected fishes were the total, identified into 9 orders, 30 families and 47 species. The most dominant orders were Perciformes, Scorpaeniformes and Pleuronectiformes.

Seaweed

Patterns of distribution and abundance of seaweed species in the four subtidal habitats along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea of Korea were investigated in August and November 2003. 26 species including 5 of Chlorophyta, 6 of

Phaeophyta and 15 of Rhodophyta were collected. Species diversity (i.e. number of species) of habitats was significantly different between seasons and habitats, suggesting that there would be a great spatial and temporal variation in species diversity of the subtidal habitat in this area. In both season, the abundance (i.e. bottom cover) of seaweed species in the 4 habitats was < 53%. The abundance of seaweed species was significantly different between habitats, whereas the difference between seasons was not significant. The vertical extent of seaweed community in the four habitats was < 9m in depth. The dominant seaweed species of the four habitats were *Gelidium amansii*, *Corallina pilulifera*, *Amphiroa dilatata*, *Carpopeltis cornea*, *Sargassum sagamianum*, *Gracilaria textorii* and *Sargassum micracanthum*.

[Subtidal algal forests]

As a part of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program started in 1998, we have been developing an efficient method to construct subtidal algal forests, which will play an important role as habitats for fishes and invertebrates. Construction of subtidal algal forests encompass followings: 1) making an inventory of large brown algae likely to be used as algal forests, 2) identification of biology and ecology of the brown algae, 3) evaluating the fitness of the brown algae as fish habitat, 4) developing the technique on the seed production and transplant of the brown algae, 5) selecting the best sites for the deployment of artificial reefs, 6) investigation on the distribution and abundance of the seaweeds and sessile animal assemblages on the artificial reefs, and 7) management of artificial reefs once constructed in our ranching area.

Here we investigated patterns of distribution of seaweeds and abiotic factors in the 30 subtidal habitats along the coast of the Marine Ranching area and suggested the possible species and sites for the construction of subtidal marine forests. In addition, we also discussed which data should be supplemented in next research years for more efficient construction of seaweed forests in the ranching area.

[Artificial reefs]

In order to examine the effects four kinds of artificial reefs, we had investigated individuals and biomass of fishes and benthos from steel reef, overbridge reefs, semispherical reefs and squar reefs by SCUBA and gill nets from August, 2003 to February. The steel reef consisted of two layers 8 m in height, which each upper part and lower one was 4 m in height, respectively. The water depth of the area was 20 m at neap tide, and a visible range of the upper part was 0.5~1.0 m, but the reef

bottom could not distinguished things. The reef lower part sunk into mud about 100 cm depth. The overbridge reefs arranged two or three in 5-10 m intervals. The water depth of dropping area was 12 m and the visible range was more than 1 m. Semispherical reefs was near by littoral zone of Sori-island and inclined with 8-14 m in water depth. Although some reefs was overlap or overturn, the majority of them was normally arranged and visible range was higher than 3 m. The square reef area was 22-24 m in depth, 0 m in visible range and reef arrangement was put in pyramid form of 2-3 layers.

In the results of the effective investigation of artificial reefs for 3 seasons, the fishes community of artificial reefs was the most abundant in the steel reef, and then occupied the semispherical reefs, the overbridge reefs and the square reef in order. Seasonally, swarming quantity was maximum in Summer whereas the semispherical reef showed maximum in Fall. The benthic biomass of overbridge reefs had 5,297.2 g/m², and then showed square rees, steel reef and semispherical reefs in order.

As the result of fishery investigation with the gill nets for 3 seasons, the catch fluctuation were arrested 37 at the steel reef area and natural reef, respectively, and 23 at contrast area. The biomass of steel reef area was 15,796 g, but at the contrast area and the natural reef were 4,623 g and 6,420 g, respectively. The biomass of steel reef had 2~3 times higher than contrast area and natural reef.

From examine to catch fishes different from the net meshes, the mesh size of 51 mm was many most with 70, but all of them were small-size fishes, *Trachurus japonicus*, *Lepidotrigla microptera* and *Sebastes inermis*. The catch fishes of 57mm nets were 64 (9,410 g), and 69 mm nets 60 (8,278 g). If we want catch small-sized fishes to the case fishing experiment, the object mesh size 51 mm is effective to use the net. Whole fishes to the case which will execute an effective investigation in the object 57 mm and 69 mm it selects the net and it is desirable to use.

[Floating breaker]

This study aims at the development of design technique of a floating breakwater for the marine ranching program. The development status of a floating breaker in Japan that has the most advanced technology for design and construction of it is surveyed. The condition and procedure for the design of it are proposed. The plain arrangement of a floater and the arrangement of mooring line are studied. The dynamic analyses for the floater and mooring line are preliminarily carried out to

assure the effective breaking of incident wave and the safety of the floating breaker.

Firstly the numerical analysis of floating breakwater is carried out. Numerical tests on the motions, drift forces, transmission and reflection coefficients of floating breakwaters in water of finite depth are carried out by making use of the boundary element method based on the linear wave theory. The transmission and reflection coefficients of 16 sections of caisson-type breakwaters are presented in order to satisfy the eventual basic design requirement. The motions, transmission and reflection coefficients of a BBDB-type breakwater are also presented taking account of fluctuating air pressure in the air chamber above the oscillation water column(OWC). The waveheight attenuation efficiency of the present floating BBDB-type breakwater is lower than the caisson-type breakwater. It will be necessary to find an optimum shape of the OWC and the floating body. Secondly, floating breakwater mooring system for Yeo-su sea-farm is designed. General characteristics of mooring line and anchor for mooring a floating breakwater is introduced. Next catenary theory for static analysis of mooring line is described. In order to analyse dynamic behaviour of a mooring line, three dimensional governing equation of a mooring line is developed and a numerical method is employed. In the numerical methods, finite difference scheme is used for space discrimination and Newton-Raphson method is adopted for time integration. Tension and excursion of a mooring line of a floating breakwater for Yeo-su sea-farm is decided by static and dynamic analysis. Based on the analysis, the dimension and cost of mooring line and anchor are estimated.

New designed floating breakwater made of Polyethelener is developed. Model experiment in order to test its capability is performed in ocean engineering basin. Good capability to break the incident wave in the 5 second of period and 1 m of height is shown.

The results of this study will contribute to the design and construction of the floating breakwater. The study for the installation and employment of the floating breakwater is deeply needed, and the specified design through more exact numerical analysis will be also done.

B. Annexation and management of fish stock

[Production and determination methods of seed for releasing]

Analysis method

Genetic characteristics

Genetic diversity and structure in juvenile black sea bream *Acanthopagrus schlegeli* collected from 3 natural locations and a cultured population were examined using 5 microsatellite loci. Genetic diversity in broodstock black sea bream was also assayed. All of 5 microsatellite loci used in this study were variable in all samples. Alleles frequency of wild and cultured samples showed a similar tendency. Unique alleles were found in juveniles of cultured population, and these are likely to be useful as cultured-specific marker. In the wild locations the average number of alleles per locus was 12.6-14.2, and the average observed heterozygosity was 0.747-0.777. In contrast, these values in cultured population were 12.8 and 0.728, respectively. The pairwise F_{st} indicated high levels of gene differentiation among locations. Genetic distance showed a similar tendency to the results of the pairwise F_{st} estimates. These indicate the existence of geographic divergence among locations, and genetic differentiation is happening. Allele frequency between broodstock and juvenile black sea bream showed a significant difference, and a few difference of genetic diversity. However, both broodstocks and juveniles black sea bream in Korean have a high genetic diversity at present. Therefore, from a viewpoint of genetic diversity broodstocks for release are likely to be desirable to use wild black sea bream in stock enhancement programs.

Morphological characteristics

The treatments and control used for morphological comparisons in this experiment are following as ; Indoor tank rearing of the juveniles from artificial spawner (TASG group), cage rearing of the juveniles from artificial spawner (CASG group), rearing of the juveniles from wild spawner (WSG group), collection of the wild juveniles(WG group).

The fin formula of black sea bream was D. IX~XII, 10~13; V. I, 5; A. II~III, 6~10; P. 14~17; C. 16~21. Spinous rays of dorsal fin were IX~XI and XI was accounted for 76.3% in the experimental group TASG. It was X~XII and XI was accounted for 90.0% in the group CASG. It was X~XII and XI was accounted for 66.7% in the group WSG. It was X~XI and XI was accounted for 66.7% in the group WG. Ventral fin rays were I, 5 in the all groups. Spinous rays of anal fin were II~III, and the group TASG revealed almost III and another groups revealed only III. The relative growth of body length, anal length, head length, body height and eye diameter to total length in the control revealed even distribution of the relative

growth more than the treatments.

Numbers of the gill rakers of black sea bream were 11~17. The almost individuals revealed 13~15 and it was the stablest in the group D. Numbers of the vertebra were 22~25. The group D revealed 24~25, which was 1~2 more than the cultivated individuals. Cranium, shoulder girdle and caudal skeleton of black sea bream in the all groups were same, but differentiation of vertebrae revealed such as vertebrae malformation. Its abnormal rates were 26%(A), 23%(B), 16%(C) and 9%(D), respectively, and it was the lowest in group D.

Biochemical characteristics

The two juveniles of from wild and artificial spawner group and juvenile of wild capture group did not show any differences in condition factor, moist content, ash content, and water-soluble protein rate, while hatchery population showed higher in the hepatosomatic index, lipid content, triglyceride weight and free fatty acid weight than juvenile of wild capture group. From this results be considered juveniles of hatchery group have a good energy stock condition fro survival compared than juvenile of wild capture group.

On the other hand hatchery population showed higher in the ratio of RNA/DNA, and ACPase specific activity than juveniles of wild capture group. From these facts be guessed juveniles of hatchery group have a more cellular synthesis and catabolism occurs than juveniles of wild capture and juveniles of hatchery group got low metabolism rate than juveniles of wild capture group.

To investigate the difference of hemochemical parameters in juveniles of black sea bream in three different group(WG, juvenile of wild capture group; WSG, juvenile of wild spawner group; ASG, juvenile of artificial spawner group), each group of juvenile were comparatively determined in terms of hemochemical parameters, albumin (ALB), alkaline phosphatase (ALP), blood urea nitrogen (BUN), γ -glutamyltransferase (GGT), glucose (GLU), gultamate oxaloacetate transaminase (GOT), gultamic pyruvic transaminase (GPT), triglyceride (TG), total protein (TP) and uric acid (UA) in serum of blood. Generally, most of hemochemical parameters in serum except the GLU and GOT showed the higher values in wild captured group than juveniles of wild and artificial spawner groups. Difference values of parameters in these groups are may be due to different growth condition, inhabitant and artificial rearing. But, these results are not suitable to suggest the selective criterion of fish for

stock enhancement. There is no difference in values of hemochemical parameters of juveniles between wild spawner group and artificial spawner group. These results indicate that physiological metabolism of juveniles from other adults sources are not different severely in the similar rearing condition. Therefore, establishment of typical rearing system to produce the healthy juvenile for sea ranching is highly recommended.

Physiological characteristics

The oxygen consumption and feeding rate of black sea bream were higher in captured wild juveniles than in cultured seeds independent of the temperature and illumination condition, and there was no difference between juveniles from wild parents and ones from cultivated parents.

Feeding rate of wild black sea bream was higher than cultured ones ($p < 0.05$). Especially feeding rate of cultured black sea bream was affected by illumination intensity (10L:14D) and feeding rates was increased in 10L:14D.

Assimilation efficiency (AE) in the temperature $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and $13 \pm 0.5^\circ\text{C}$ were 66.6~87.7% and 79.1~83.5% respectively and AE of the 12L:12D and 10L:14D were 70.3~83.5% and 66.6~87.7% respectively. These result showed no difference between experimental temperatures and illumination intensity in the juvenile rearing.

The juveniles of wild capture group of black sea bream showed higher tolerance against anesthetic and exposure tolerance to air. The juveniles of wild capture group submerged in 100 ppm agent revealed higher recovery and survival. The fish were also resistant against dry exposure after the anesthetization. From this results be considered juveniles of hatchery group have week condition of the anesthetization, recovery and resistance to the dry exposure than juveniles of wild capture group. The maternal origins of the juveniles did not affect the anesthetization, recovery, and resistance to the dry exposure.

Pathological characteristics

We were confirmed that black sea bream reared in Yosu Marine Hatchery was not infected with iridovirus and nodavirus, the causative agents in serious viral diseases of black sea bream. The study results of pathological characteristic indicated that there was almost no difference between wild juvenile and cultured black sea bream.

Production method

Culture experiment of black sea bream with broodstock origin

The artificial spawner acclimated to previous spawning in the hatchery showed higher fecundity over wild ones. The offspring qualities, as floating rate, sinking rate, and fertilization eggs investigated as selective criteria of the eggs, were not different between each juvenile group from produced the two broodstock origin. However, the artificial spawner produced a little bigger eggs in diameter over wild one. In the present study, growth and survival of juveniles in ambient water temperature and salinity were not different in both wild and artificial group. From these results be considered maternal origins did not affected in the respect of development of larval and juvenile culture technique but artificial spawner showed a good conditions of fecundity than wild spawner.

The broodstock management of *Sebastes oblongus*

The broodstocks were cultured in the net cage and the indoor tank, and water temperature condition for culture period were 8.9~23.5°C and 7.3~23.2°C, respectively. The culture condition in the net cage were favorable for the species by never exceeding 25°C during summer and by never declining 7°C during winter. Only 12 broodstocks (14.1% of the total broodstocks) birthed 379,000 larvae, showing the birth of 32,000 larvae per a spawner from December 9, 2003 to January 29, 2004.

The larvae reared using 3 ton and 30 ton indoor tanks for 60 days. At the end of the experiments, total length of the juveniles were 15.3±1.3 mm and 18.9±1.4 mm and survival rates were 15.3% and 56.3%, respectively.

[Nursing techniques of target fish]

The effect of zooplankton aggregation by night illumination was well proved by 2.7 times higher population numbers of zooplankton under illuminated sector than non-illuminated sector in November. However, as blooming of negative phototactic bivalves larvae, the effect was relatively diminished in December and January. The highest effect was observed around midnight and became dwindle just before the dawn.

Intermediate nursing black porgy showed a strong selective feeding behavior on the larger zooplankton which were aggregated by illumination. The stomach weight increased with the growth of the porgy, but the amount of stomach contents were not

coin side to the size of stomach. It seemed that the amount of stomach contents were closer to seasonal variation of food organisms and feeding habit of the porgy than the size of fish.

[Acoustic conditioning techniques]

Black sea bream is a fish with swim bladder and sensitive to underwater sound. Small fry grown up to 30 *mm* after hatching is accepted in the fish preserve for farming of which size is 4×4×4 *m*. This midterm rearing and cultivating fish preserves for farming are connected with 4 parts each other. The young of fishes are conditioned with underwater sound and baits. The underwater sound for acoustic conditioning is a square wave with 300 *Hz*. Acoustic conditioning sound pressure level is 120 *dB(re μPa)* in the midterm rearing and cultivating fish preserves, and is 147 *dB* in the marine ranching for the protection and control of stocking with fish. Sound which is switched on during 0.3 *s* and switched off during 0.7 *s* is projected to condition the fish with bait by a period of 1 *s*.

Black sea bream responds to the conditioning sound in the fourth day from the starting acoustic conditioning day. The fishes respond to the conditioning sound up to 50% after seventh day and up to 100% after the sixteenth day from the starting acoustic conditioning day. The fishes respond to 200 *Hz* underwater sound respectively. Underwater sound with 300 *Hz* is suitable to acoustic conditioning considering of the ambient noise in the marine ranching. Duration of the memory for conditioning sound is approximately 3 months, and the effects of the conditioning will be disappeared without the conditioning sound.

Fishes which are grown up to 100 *mm* in the midterm rearing and cultivating fish preserves is stocked and controlled with underwater sound and bait in the marine ranching. Auditory threshold of fishes is presumed to 94~99 *dB* from the ability of distinguishing between conditioned sound and ambient noise.

[Releasing techniques]

This study investigated on differences between released black seabream and natural black seabream. Therefore we considered morphological character of fish scale. D region scale of fish body is most suitable region. The ratio of focus and central plate

on scale of natural black seabream is more than 75%, but The ratio of Central plate without focus of released fish is more than 80%.

This search mentioned in comparison between released and sea cage in fry of black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* for evaluation of environment adaptation ability. Fish released coast of Wolhodo, Gamakman, Jeonnam in September, 2003. The fry of black sea bream released in three different places and it has been pursued fish for a month. Growth rate, food intake pattern, and whole body composition have been investigated.

Captured black sea bream was all of released fish. Growth rate was not significantly difference between released and culture fish. Intake food patterns were commercial feeds, raw fish, krill for fishing, small shell fish or crustacean, and sea weeds. The results of whole body analysis in released fish, crude lipid levels was significantly lower than those of cultured fish. Crude protein levels was not significantly difference between released and culture fish. Therefore, this released fish in this area showed smoothly early adaptation. Also, this results give information for continuation of released fish in this area.

[Ecology and Behavior pattern of target fishes]

Black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* and striped beakperch, *Oplgenathus fasciatus* are target fish of the marine ranching program in Yeosu. Nevertheless, ecological data about migration, growth and behavior of this species are very poor.

The Behavior pattern of juvenile *Acanthopagrus schlegeli* and *Sebastes oblongus* artificially produced at hatchery were observed at indoor aquarium. The oxygen consumption rate of *Oplgenathus fasciatus*, according to variation of the temperature and photoperiod, is investigated. In case of 24h light, oxygen consumption rate is 523.4 mgO₂/kg fish/hr, 606.4mgO₂/kg fish/hr, 791.0mgO₂/kg fish/hr and 1077.4mgO₂/kg fish/hr at 10, 15, 20 and 25°C of water temperature, respectively. In case of 25°C, oxygen consumption rate is 1077.4 mgO₂/kg fish/hr, 937.2 mgO₂/kg fish/hr and 879.9 mgO₂/kg fish/hr at 24L:0D, 12L:12D and 0L:24D of photoperiod, respectively.

Juveniles of black seabream were not shown any behavior response to the underwater objects. After 2-3 days, some juveniles were swimming and stayed near PVC plate located bottom and under the leaf type plastic object which floated at surface and middle layer in aquarium.

Juveniles black seabream are make schooling more than several hundreds, but adult

black seabream is not big group. Black seabream residence only tunnel-type space, having escape route.

As a prior step to study the route of the migration or the movement of the black seabream in marine ranching program, an experiment was performed to measure the movement ranges of four wild black seabream by the acoustic telemetry on 1 to 22 April 2004. The sonic tagged test fishes by the surgical insertion were rest in the water tank for one night and released around the caught area. The movements of the fish were monitored right after the release with six VR2 receivers. The results obtained were as follows:

1. A part or most of the test fish released at 10:35 on 2 April 2004 were stayed around the released area until the fish moved somewhere after 06:20 on 22 April 2004.

2. The water temperature measured by 5 m-water layer from sea surface to 30 m deep and the temperature averaged by layer on 29 April 2004 were higher 1.4~3.0°C, 1.9°C, respectively than those one measured on 8 April 2004. The increase of the temperature in 10 m layer from 8 April to 29 April was higher than others layer. In the case of the dissolved oxygen (DO), the DO measured by layer and averaged by layer on 29 April were lower 0.1~0.6 mg/l, 0.4 mg/l, respectively than measured on 8 April. The variation width of the DO from the sea surface to 10 m layer was less than 0.1 mg/l, but it was 0.4~0.6 mg/l at the depth layer of 10 to 30 m.

3. It was considered that the test fishes were moved to the coastal area in the neap tide when the average water temperature was higher than 13.0°C.

[Seed production and transplantation of seaweeds for constructing an artificial seaweed bed]

The present work was carried out to research the marine algae of Sorido and to produce the seed of *Sargassum miyabei* and *Ecklonia cava*.

Total 29 species were identified in Sorido. The transplanted *Ecklonia cava* (1.5 mm in mean blade length) on artificial reef grew into the young sporophytes (4.6 mm in mean blade length after 46 days) at Ando in Yeosu.

In the transplanted *Sargassum miyabei* on the artificial reef, the plants of 3.0mm in mean plant length grew into the plants of 7.4 mm after 46 days.

Growth of the transplanted *Sargassum miyabei* was higher than that of *Ecklonia cava*.

[Resources estimation]

Estimation by fishing gear

This study was conducted to compare the potential difference in the amount of fisheries resources between present time and after marine ranching program. Number of species, biomass, dominant species, indices of species diversity and evenness, and catch per fishing gear was investigated to understand the resource structure in the present time.

Fish were collected by three fishing gear, gill net, fish pots and set net in the coastal waters off Geumodo and Ando.

Five Order, 20 Families and 24 species of fish were recorded by pot in the study period: The dominant species were *Sebastes inermis*, *Hexagrammos otakii*, *Chromis notata*, *Halichoeres poecilopterus*. Five Order, 24 Families and 28 species was collected by gill net and *Sebastes inermis* and *Hexagrammos otakii* dominated. 27 species were collected by set nets: *Acanthopagrus schlegeli*, *Mugil cephalus* and *Konosirus punctatus* dominated.

Fishing efficiency estimated by fishing gear in study point was 0.0566, initial stock was estimated at 543.

Estimation by hydroacoustics

The hydroacoustic methods which is one of the famous methods to estimate biomass and distribution of the fisheries resource in the coast and ocean. It is necessarily many cost and time to construct of the systems and educate the specialist at the first step. It has been used in the fisheries advanced nation like Japan and Norway, because it is efficient more than other methods as fishing gear.

The acoustic survey carried out in the Dolsando and Geumodo to understand spatial distribution and strength of the fisheries resources around prearranged marine ranching area in Yeosu, were conducted on 28-29 May 2003, 3-4 September 2003, and 10-11 February 2004.

The very higher patches at may survey found a wide area at western part of the Geumodo, and these patches found at southeastern part of the Gaedo and the western part of the Ando locally at september survey. On the other hand, the very higher patches at february survey not founded. The results of primary research are provide that data of distribution of fisheries resource and characteristic in the first step of marine ranching program.

Estimation by SCUBA diving

To determine the boundary of marine ranching area in Yeosu, the investigation carried out by the SCUBA diving research from June 2003 to January 2004.

29 fish species appeared at 6 stations in Ando and 23 species showed at 4 stations in Geumodo. Some species, such as *Sebastes inermis* and *Chromis notatus*, observed at the several sites during 4 season, however the other species, including *Epinephelus akaara* and *Stephandolepis cirrhifer*, found up only 1 station. Ando is located in central part of marine ranching area. Water transparency is more clean and clear than that of Geumodo, therefore, we will fix stations and carry out the periodical investigation. In consideration to the fisheries species, *Sebastes inermis*, *Acanthopagrus schlegeli*, *Girella punctata* and *Oplegnathus fasciatus* are showed at Ando and Geumodo.

In contrasted to the natural bottom, we investigated several types of artificial reefs. Total 12 fish species attracted to the steel artificial reefs, but there aren't any fishes in winter. Coastal waters around artificial reefs undergo very severely change.

Both sides fyke net fishery

The present study was collected by both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo from May 2003 to April 2004.

The collected fishes were 2,388 individuals (392.13kg) of the total, identified into 11 orders, 35 families and 53 species. The most dominant order fish was Perciformes comprising 23 species, 15 families, followed Scorpaeniformes comprising 8 species, 5 families, Pleuronectiformes comprising 5 species, 3 Families. These 3 orders constituted 67.9% of the total collected fish.

The most dominant species was *Acanthopagrus schlegeli* accounted for 244 individuals (19.00 kg) of the total, followed by *Konosirus punctatus* 182 individuals (9.53 kg), *Apogon lineatus* 161 individuals (1.69 kg).

The present study researched the body length and weight of *Acanthopagrus schlegeli* which the dominant species in the collected fishes by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo. Then, we found that the Body length and weight of *Acanthopagrus schlegeli* increase more and more from May and in January the small individual begins to appear again.

Fishery licence of both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo was Uhak (1), Yeondo (2), Dumo (2), Shimjang (7), Ando (8) and Yushong (13).

Genetic resources management

For the genetic identification and genetic monitoring on the released fish into marine ranching area, as a first step, we analyzed random amplified polymorphic DNA (RAPD) in black seabream and parrot fish released. In this preliminary study, we established 12 useful random primers with polymorphic DNA fragments in these species. To find effective markers for genetic monitoring on ranching area, it is highly recommended that continuous accumulation of genetic data of released fish every year is necessary.

Status of release

The status of juveniles of marine organisms released in Jeonnam marine ranching area were total 5 species and 1,203,000 individuals during the marine ranching program.

The species and number of juveniles released were 295,000 fish of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*), 810,000 fish of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), 50,000 fish of dark-banded rockfish (*Sebastes inermis*), 45,000 fish of oblong rockfish (*Sebastes oblongus*) and 3,000 individuals of abalone (*Haliotis gigantea*), respectively. Among them above mentioned, juveniles of marine organisms released for the current studies were total 700,000 individuals, 270,000 fish of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*), 380,000 fish of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), 50,000 fish of dark-banded rockfish (*Sebastes inermis*), respectively.

C. Utilization and Management of Marine Ranching

The total number of fishing households and fishermen in marine ranching area are 10,005 and 36,644, respectively. Also there are 123 fishing cooperatives. The fisherman's average landing is estimated 2,389 Kg per year.

The survey was conducted to investigate the actual conditions of fishery management in marine ranching areas. In case of pole and line fishery, most are doing oneself fishing activity. And they run cage-aquaculture simultaneously. The net profit of fishermen from of pole and line fishery is 3.9 million won. Another survey for recreational fishing was conducted to get information of tourist's expenditures. Using the travel cost model, the indirect effects (=consumer surplus) of recreational angler is estimated 47 thousand won per trip. Also the indirect effect of sightseeing is

67 thousand won per trip.

Because the target species are sea breams such as black porgy and rock bream, marine ranching area is very wide. The Fishery Management Area system is able to fish in marine ranching area. So it is suitable for management of marine ranching area, instead of the Protected Area system. Also, it is necessary to build the self-regulation committee for managing marine ranching business. Committee for administration and operation includes central government officer, local government officer, researcher, industry and fishermen. In the beginning stage, institute, fishermen and local government bear the expense of that steering committees. After transfer of utilization right of management, fishermen who get the benefit from marine ranching business bear the expense.

The marketing system of Yeosu marine ranching has very simple. So, it is very advantage for future marketing on marine ranching fishes. Brand possibility of marine ranching fishes is estimated fairly high. Specially, differentiation in quality aspect showed quantity high than price.

Yeosu marine ranching area is about 203km² (20,300ha) and sea area is about 151km² (15,100ha) boarding Wolhodo, Hwataedo, Daehoenggando in north side. The marine ranching area is divided by 3 sub-areas by intermediate breeding, migratory route, and wintering ground.

The investment for research and development fall into four divisions, such as environmental improvement, fishing ground furtherance, resource enhancement and marine ranching use and utilization. The sustainable stock size will be 20 M/T in 2005 and the sustainable catch will be 10 M/T in same year. In 2008 the sustainable stock size will be 180 M/T and sustainable is 90M/T.

To be successful marine ranching business, the reasonable and sustainable use of marine ranching resources is essential.

V. Suggestions for Applications

Through the study of second year in first step of "Study on the Foundation-laying of Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program in Korea", we developed more sophisticate technologies and methodologies on this study field and confirmed some desirable results. This result may aid in smooth achievement of continue research forward,

and ultimately, plan to utilize for successful target achievement of on the sea ranch program in our country.

목 차

표목차	lix
그림목차	lxxvii
제 1 장 서론	1
제 2 장 생태계 특성	5
제 1 절 해양환경	5
1. 서론	5
2. 재료 및 방법	8
가. 수질환경조사	8
나. 퇴적물환경조사	9
다. 해저지형 및 해저면 특성	10
라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성	22
3. 결과 및 토의	25
가. 수질환경	25
나. 퇴적물환경	34
다. 해저지형 및 해저면 특성	38
라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성	85
제 2 절 생태계 특성	97
1. 서론	97
2. 재료 및 방법	99
가. 식물플랑크톤 군집	99
나. 식물플랑크톤 생물량	100
다. 미소 동물플랑크톤 군집	101
라. 대형 동물플랑크톤 군집	101
마. 저서동물 군집	102
바. Visiting species와 위 내용물 분석	107
사. 어란 및 자치어 분포	108
아. 어류상 조사	109
자. 해조류	110
3. 결과 및 토의	110
가. 식물플랑크톤 군집	110
나. 식물플랑크톤 생물량	141

다. 미소(섬모충) 동물플랑크톤 군집	147
라. 대형 동물플랑크톤 군집	158
마. 저서동물 군집	171
바. Visiting species와 위 내용물 분석	209
사. 어란 및 자치어 분포	226
아. 어류상 조사	233
자. 해조류	241
참고문헌	253
제 3 장 어장조성기술	257
제 1 절 해중립 조성기술	257
1. 서론	257
2. 재료 및 방법	259
가. 해조군집 광역조사	259
나. 대상종 선정	260
다. 적지선정 기초조사	260
라. 종묘생산기술연구	262
3. 결과 및 토의	262
가. 해조군집 광역조사	262
나. 대상종 선정	273
다. 적지선정 기초조사	278
라. 종묘생산기술연구	284
제 2 절 인공어초연구	288
1. 서론	288
2. 재료 및 방법	288
3. 결과 및 토의	290
가. 어초 종류별 서식생물상	290
나. 어초어장의 어획효과	302
다. 자망의 망목크기별 어획량	302
라. 인공어초 모델개발	307
제 3 절 소파제	317
1. 서론	317
2. 재료 및 방법	320
가. 부소파제 개발현황 조사 및 설계방향 검토	320
나. 적정 부소파제의 개념설계	328

다. 부소파제의 거동해석	333
라. 부소파제 설치해역 검토를 위한 여수 주변 해역 현장 조사	411
마. 부소파제의 신행 부채 개발을 위한 수리실험	413
3. 결과 및 토의	421
참고문헌	424

제 4 장 자원조성기술 427

제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법 427

1. 서론	427
2. 재료 및 방법	430
가. 방류용 우량종묘 판정법 연구	430
나. 방류용 우량종묘 생산방법 연구	437
3. 결과 및 토의	439
가. 방류용 우량종묘 판정법 연구	439
나. 방류용 우량종묘 생산방법 연구	495

제 2 절 중간육성 기술 504

1. 서론	504
2. 재료 및 방법	505
가. 육상중간육성	505
나. 해상중간육성	505
3. 결과 및 토의	507
가. 육상중간육성	507
나. 해상중간육성	508

제 3 절 음향 순치 기술 521

1. 서론	521
2. 재료 및 방법	521
3. 결과 및 토의	521

제 4 절 대상 생물의 방류 기술 525

1. 서론	525
2. 재료 및 방법	526
가. 방류어의 성장 특성	526
나. 방류 감성돔 치어의 먹이습성과 환경적응	530
3. 결과 및 토의	532
가. 방류어의 성장 특성	532

나. 방류 감성돔 치어의 먹이습성과 환경적응	549
제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구	556
1. 서론	556
2. 재료 및 방법	556
가. 방류어의 생태	556
나. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동발달	559
다. 수조내 행동특성	560
라. 자연 상태에서의 행동 특성 조사	560
마. 감성돔의 이동 범위 조사	561
3. 결과 및 토의	564
가. 감성돔의 생태	564
나. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동발달	570
다. 수조내 행동특성	570
라. 자연 상태에서의 행동 특성 조사	572
마. 감성돔의 이동 범위 조사	577
제 6 절 해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사	582
1. 서론	582
2. 재료 및 방법	583
3. 결과 및 토의	584
가. 목장 해역의 해조류 특성	584
나. 종묘 생산, 이식 및 효과조사	586
제 7 절 자원조사	591
1. 서론	591
2. 재료 및 방법	592
가. 어구조사	592
나. 어탐조사	594
다. 잠수조사	596
라. 이각망 실태 및 개선방안	597
마. 유전자원 조사	599
3. 결과 및 토의	600
가. 어구조사	600
나. 어탐조사	609
다. 잠수조사	613
라. 이각망 실태 및 개선방안	631
마. 유전자원 조사	645

제 8 절 요약 및 결론	647
참고문헌	654
제 5 장 바다목장 이용·관리 기술	667
제 1 절 서론	667
제 2 절 바다목장 이용관리 실태조사	669
1. 수산업 실태	669
가. 어업인구 및 어선세력	669
나. 어업인허가	672
다. 수산생산 기반시설 및 수산물가공	677
라. 어촌계	680
2. 바다목장 이용관리 실태	686
가. 어획실태	686
나. 바다목장해역 이용실태	687
3. 어업경영실태	688
가. 조사개요	688
나. 어업경영	690
다. 어가수지	693
제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사	694
1. 유어낚시	694
가. 조사 대상 및 방법	694
나. 조사 결과	694
2. 관광	699
제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축	705
1. 문제점 및 개선방향	705
가. 문제점	705
나. 개선방향	706
2. 보호수면 지정	707
가. 필요성 및 범위	707
나. 보호수면 지정 관리방안	709
3. 수산자원관리수면 지정	709
가. 필요성 및 목적	709
나. 관리수면 지정 절차	710
다. 관리수면 이용·관리	711

4. 이용관리체제 구축	712
5. 상시 감시감독 체제 구축	713
가. 필요성 및 목적	713
나. 운영방법	714
6. 어업인 교육, 홍보 및 지도방안	714
가. 어업인 홍보방안	714
나. 어업인 교육방안	715
다. 어업인 지도방안	715
제 5 절 바다목장산 어획물의 유통체제 분석 및 구축방안	716
1. 여수지역의 활어유통 현황	716
2. 활어유통실태 분석	718
가. 활선어의 취급추이와 유통경로	718
나. 전문 판매장의 필요성	723
다. 소결	723
3. 시장에서의 경쟁력 평가(가격 및 품질)	724
가. 경쟁력 평가	724
나. 소결	728
제 6 절 전남 다도해형 바다목장 수정 마스터플랜	729
1. 수역범위	729
2. 투자계획	730
가. 투자대상	730
나. 사업별 투자규모	731
3. 경제성 분석	742
가. 직접효과	742
나. 간접효과	745
다. 경제성 분석	747
제 7 절 결론	749
참고문헌	750
부록	751
부록	769

Contents

List of Tables	lxvii
List of Figures	lxxxix
Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. Characteristics of Marine Ecosystem	5
Section 1. Marine Environment	5
1. Introduction	5
2. Materials and Methods	8
A. Water Quality	8
B. Sediment properties	9
C. Seabed Topography and Conditions	10
D. Sedimentary Environments and Geochemical Characteristic of Sediment of Marine Ranching Area	22
3. Results and Discussion	25
A. Water Quality	25
B. Sediment properties	34
C. Seabed Topography and Conditions	38
D. Sedimentary Environments and Geochemical Characteristic of Sediment of Marine Ranching Area	85
Section 2. Characteristics of Marine Ecosystem	97
1. Introduction	97
2. Material and methods	99
A. Phytoplankton community	99
B. Phytoplankton biomass	100
C. Microzooplankton (Ciliate) community	101
D. MetaZooplankton	101
E. Macrobenthic community	102
F. Visiting species and gut content analysis	107
G. Observation of Egg, larva and juvenile	108
H. Observation of fish fauna	109
I. Seaweed	110
2. Results and Discussion	110
A. Phytoplankton community	110

B. Phytoplankton biomass	141
C. Microzooplankton (Ciliate) community	147
D. Zooplankton	158
E. Macrobenthic community	171
F. Visiting species and gut content analysis	209
G. Distribution of Egg, larva and juvenile	226
H. Fish fauna	233
I. Seaweed	241
References	253
Chapter 3. Habitat enhancement	257
Section 1. Subtidal algal forests	257
1. Introduction	257
2. Materials and methods	259
A. Large-scale survey on the subtidal seaweed community	259
B. Evaluation of the fitness of the brown algae as fish habitat	260
C. Selecting the best sites for the deployment of artificial reefs	260
D. Investigation of seed production	262
3. Results and discussion	262
A. Large-scale survey on the subtidal seaweed community	262
B. Evaluation of the fitness of the brown algae as fish habitat	273
C. Selecting the best sites for the deployment of artificial reefs	278
D. Investigation of seed production	284
Section 2. Artificial reefs	288
1. Introduction	288
2. Materials and Methods	288
3. Results and Discussion	290
A. Biotic Community	290
B. Effects of fishery at artificial reefs	302
C. Biomass of fishes different from net meshes	302
D. Model development of artificial reefs	307
Section 3. Floating breaker	317
1. Introduction	317
2. Materials and methods	320
A. Survey for development status and examination for design of floating breaker	320
B. Concept design of suitable floating breaker	328

C. Dynamic analysis of floating breaker in numerical method	333
D. Survey and observation for examination of installation site at real sea around Yeosu	411
E. Experimental study for the development of new designed floating breakwater	413
3. Results and discussion	421
References	424

Chapter 4. Annexation of fish stock and management 427

Section 1. Production and determination methods of seed for releasing 427

1. Introduction	427
2. Materials and methods	430
A. Determination methods of seed for releasing	430
B. Production methods of seed for releasing	437
3. Results and discussions	439
A. Determination methods of seed for releasing	439
B. Production methods of seed for releasing	495

Section 2. Nursing techniques of target fish 504

1. Introduction	504
2. Materials and methods	505
A. Inland nursing techniques	505
B. Sea cage nursing techniques	505
3. Results and discussion	507
A. Inland nursing techniques	507
B. Sea cage nursing techniques	508

Section 3. Underwater acoustic conditioning technology 521

1. Introduction	521
2. Materials and methods	521
3. Results and discussion	521

Section 4. Seed releasing and evaluation of target fish 525

1. Introduction	525
2. Materials and methods	526
A. Growth characteristic of released fish	526
B. Feeding habit and acclimation of juvenile released black seabream	530
3. Results and discussion	532

A. Growth characteristic of released fish	532
B. Feeding habit and acclimation of juvenile released black seabream	549
Section 5. Ecology and behavioral pattern of target fish	556
1. Introduction	556
2. Materials and methods	556
A. Ecology of released fish	556
B. Behavioral pattern against artificial objects in early life stage	559
C. Behavioral pattern in aquarium	560
D. Investigation of behavioral characteristic in wild	560
E. Movement extents of black sea bream	561
3. Results and discussion	564
A. Ecology of released fish	564
B. Behavioral pattern against artificial objects in early life stage	570
C. Behavioral pattern in aquarium	570
D. Investigation of behavioral characteristic in wild	572
E. Movement extents of black sea bream	577
Section 6. Seed production and transplantation of seaweeds for constructing an artificial seaweed bed	582
1. Introduction	582
2. Materials and methods	583
3. Results and discussion	584
A. Algae characteristic at marine ranching area	584
B. Algal-seed production, transplantation for artificial seaweed bed	586
Section 7. Resources estimation	591
1. Introduction	591
2. Materials and methods	592
A. Estimation of fishing gear	592
B. Hydroacoustic survey	594
C. Estimation by SCUBA diving	596
D. Status and improvement of both sides fyke net fishery	597
E. Genetic resources management	599
3. Results and discussion	600
A. Estimation of fishing gear	600
B. Hydroacoustic survey	609
C. Estimation by SCUBA diving	613
D. Status and improvement of both sides fyke net fishery	631

E. Genetic resources management	645
Section 8. Summary and conclusion	647
Reference	654
Chapter 5. Use and management of marine ranching	667
Section 1. Introduction	667
Section 2. Survey on the actual condition of use and management of marine ranching	669
1. Actual condition of fisheries	669
A. Number of fisherman and fishing effect	669
B. Fishing license	672
C. Infra structure	677
D. Fishing cooperatives	680
2. Actual condition of use and management of marine ranching	686
A. Landing	686
B. Actual condition of fishing activities in marine ranching area	687
3. Fishery management	688
A. Survey	688
B. Fishery management	690
C. Net profit	693
Section 3. Survey of recreational fishing are tourism	694
1. Recreational fishing	694
A. Survey target and method	694
B. Survey results	694
2. Tourism	699
Section 4. Constractaing system on use and management of marine ranching	705
1. Problem and improvement trend	705
A. Problems	705
B. Improvement trend	706
2. Assigning protected area	707
A. Necessity and scope protected	707
B. Management of protected area	709
3. Assigning fishery resource management area	709

A. Necessity and purposes	709
B. Procedure of assigning fishery resource management area	710
C. Use and management of management area	711
4. Constructing of use and management system	712
5. Monitoring and surveillance	713
A. Necessity and purposes	713
B. Management	714
6. Education and advertisement	714
A. Way of advertisement for fisherman	714
B. Way education for fisherman	715
C. Way of guide for fisherman	715
Section 5. Analysis at marketing	716
1. Status of live fish marketing	716
2. Analysis of live fish marketing	718
A. Way at marketing and handling	718
B. Necessity of special lived market	723
C. Conclusion	723
3. Competitive analysis in market	724
A. Competitive evaluation	724
B. Conclusion	728
Section 6. Modeling masterplan of Jeonnam Archipelago Marine	
Ranching Program	729
1. Area	729
2. Investment	730
A. Investment target	730
B. Scale and investment	731
3. Analysis in economic effect	742
A. Direct effect	742
B. Indirect effect	745
C. Analysis in economic effect	747
Section 7. Conclusion	749
References	750
Appendix	751
Appendix	769

표 목 차

표 2-1-1. 다중빔 음향 측심에 사용된 주요 장비 제원	15
표 2-1-2. 퇴적물시료채취 위치와 저질종류	22
표 2-1-3. 금오도 주변해역에서의 해수 수질농도 변화	26
표 2-1-4. 금오도 주변해역의 2003년 8월 수질 농도 분포	27
표 2-1-5. 금오도 주변해역의 2003년 11월 수질 농도 분포	27
표 2-1-6. 금오도 주변해역의 2004년 1월 수질 농도 분포	28
표 2-1-7. 금오도 주변해역의 2004년 4월 수질 농도 분포	28
표 2-1-8. 금오도 주변해역의 계절별 해수 중금속 농도 변화	29
표 2-1-9. 금오도 주변해역의 2003년 8월 중금속 농도	30
표 2-1-10. 금오도 주변해역의 2003년 11월 중금속 농도 분포	30
표 2-1-11. 금오도 주변해역에서의 퇴적물 농도 변화	34
표 2-1-12. 표층 퇴적물의 TIL, COD, AVS의 농도분포	35
표 2-1-13. 금오도 주변해역에서의 퇴적물 중금속 농도 변화	35
표 2-1-14. 금오도 주변해역의 2003년 8월 중금속 농도	36
표 2-1-15. 퇴적물 취득 위치와 수심	61
표 2-1-16. 입도분석 결과	91
표 2-1-17. 유기물, 탄산염 분석결과	93
표 2-2-1. 플랑크톤 현장조사 일시, 정점 수 및 조사항목	99
표 2-2-2. 대형저서동물의 동물군별 명칭과 축약 코드명	103
표 2-2-3. 주요 저서동물군의 생산력에 대한 연간평균생체량과 개체평균중량과의 관계를 표현한 다중회귀 모형	106
표 2-2-4. 하계 바다목장 해역의 표층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	113
표 2-2-5. 하계 바다목장 해역의 10m층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	115
표 2-2-6. 추계 바다목장 해역의 표층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	118
표 2-2-7. 추계 바다목장 해역의 10m층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	120
표 2-2-8. 동계 바다목장 해역의 표층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	124
표 2-2-9. 동계 바다목장 해역의 10m층 식물플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	125
표 2-2-10. 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 우점종의 시기별 변화	140
표 2-2-11. 계절 및 수심에 따른 다도해 바다목장 해역의 Chl-a 농도 변화	142
표 2-2-12. 하계 바다목장 해역의 표층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	148
표 2-2-13. 하계 바다목장 해역의 10m층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	149
표 2-2-14. 추계 바다목장 해역의 표층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	151
표 2-2-15. 추계 바다목장 해역의 10m층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	152
표 2-2-16. 동계 바다목장 해역의 표층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	153

표 2-2-17. 동계 바다목장 해역의 10m층 섬모충플랑크톤 정점별 출현종과 현존량	154
표 2-2-18. 다도해 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤	156
표 2-2-19. 여름 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량	161
표 2-2-20. 가을 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량	162
표 2-2-21. 겨울 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량	163
표 2-2-22. 바다목장해역에서 군집분석에 의해 분류된 각 정점 그룹의 특성	168
표 2-2-23. 바다목장해역의 동물플랑크톤 군집구조분석에 의한 우점종과 출현 비율	168
표 2-2-24. 집어등 효과에 따른 동물플랑크톤의 종조성과 현존량	169
표 2-2-25. 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 계절별 출현량	170
표 2-2-26. 저서동물의 동물군별 출현밀도(2003년 8월)	173
표 2-2-27. 저서동물의 동물군별 생체량(2003년 8월)	174
표 2-2-28. 저서동물의 동물군별 출현밀도(2003년 12월)	175
표 2-2-29. 저서동물의 동물군별 생체량(2003년 12월)	176
표 2-2-30. 저서동물의 동물군별 출현밀도(2004년 2월)	177
표 2-2-31. 저서동물의 동물군별 생체량(2004년 2월)	178
표 2-2-32. 밀도 기준 저서동물 우점종(2003년 8월)	181
표 2-2-33. 생체량 기준 저서동물 우점종(2003년 8월)	182
표 2-2-34. 밀도 기준 저서동물 우점종(2003년 12월)	183
표 2-2-35. 생체량 기준 저서동물 우점종(2003년 12월)	184
표 2-2-36. 밀도 기준 저서동물 우점종(2004년 2월)	185
표 2-2-37. 생체량 기준 저서동물 우점종(2004년 2월)	186
표 2-2-38. 각 정점별 생태학적 제 지수(2003년 8월)	188
표 2-2-39. 각 정점별 생태학적 제 지수(2003년 12월)	188
표 2-2-40. 각 정점별 생태학적 제 지수(2004년 2월)	189
표 2-2-41. 주성분분석을 이용한 저서동물군집 변수의 축약	193
표 2-2-42. 개체수를 기준으로 선별된 저서동물 상위 우점종	194
표 2-2-43. 정준대응분석에 사용된 환경변수	195
표 2-2-44. 정준대응분석을 통한 저서동물군집의 주요 환경변수 파악	196
표 2-2-45. 조사시기별 저서동물 상위 우점종 비교	200
표 2-2-46. 조사해역에서 관찰된 저서동물 출현종의 생산력 기여도 순위	204
표 2-2-47. 1, 2차년도 대형저서동물 생산력의 차이에 대한 일원분산분석 결과	206
표 2-2-48. 환경요인, 저서동물 다양도 및 저서동물 생산력 추정치간 상관관계	207
표 2-2-49. 저서동물 생산력과 환경요인 간의 회귀분석 결과와 분산분석표	208
표 2-2-50. 시기별 먹이 생물의 동물군별 빈도 분포	211
표 2-2-51. 먹이 생물의 종별 개체수와 빈도 분포 그리고 추정 서식처	212
표 2-2-52. 주성분 분석의 결과 요약	218
표 2-2-53. 주성분 분석에서 어류 개체의 식별을 위한 codes	219

표 2-2-54. 여수 금오도 연안의 부유성난	227
표 2-2-55. 여수 금오도 연안의 월별 자치어 분포	228
표 2-2-56. 여수 금오도 연안의 정점별 자치어 분포	230
표 2-2-57. 여수 금오도 연안의 월별 어류분포	234
표 2-2-58. 여수 금오도 연안의 정점별 어류분포	236
표 2-2-59. 군내리 어시장 조사	242
표 2-2-60. 4개 조사지점에서 출현한 해조류의 목록	244
표 2-2-61. 4개 조사지점에서 출현한 해조류의 분류군별 출현종수	245
표 2-2-62. 4개 조사지점의 출현종수에 대한 분산분석	245
표 2-2-63. 4개 조사지점 해조류의 피도에 대한 분산분석	246
표 2-2-64. 4개 조사지점에서 해조류의 종류별 피도	249
표 3-1-1. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 1~10)	263
표 3-1-2. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 11~20)	265
표 3-1-3. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 21~30)	267
표 3-1-4. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 우점종	269
표 3-1-5. 전남 다도해 바다목장 해역에 분포하는 해중립용 대형 갈조류의 목록	273
표 3-1-6. 미역, 곱피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 최대광합성률	275
표 3-1-7. 미역, 곱피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 엽면적지수	276
표 3-1-8. 미역, 곱피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 표면에 서식하는 부착동물	277
표 3-1-9. 미역, 곱피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 섭식동물	277
표 3-1-10. 미역, 곱피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 보상광도	282
표 3-1-11. 조사된 30개 지점에서의 해수 중의 광량분포	283
표 3-1-12. 4단계 수온에서 배양된 포자의 발아율에 대한 분산분석	284
표 3-1-13. 4단계 수온에서 배양된 배우체의 성장률 분산분석	285
표 3-1-14. 4단계 광량에서 배양된 포자의 발아율에 대한 분산분석	286
표 3-1-15. 4단계 광량에서 배양된 배우체의 성장률에 대한 분산분석	287
표 3-2-1. 강제어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수	291
표 3-2-2. 강제어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량	292
표 3-2-3. 육교형어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수	294
표 3-2-4. 육교형어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량	295
표 3-2-5. 반구형어초 시설해역의 계절별 어류 출현종 수	297
표 3-2-6. 반구형어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량	298
표 3-2-7. 사각어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수	300
표 3-2-8. 사각어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량	301
표 3-2-9. 어초별·계절별 어류의 위집량(출현수)	301
표 3-2-10. 어초별·계절별 저서동물의 생물량	302
표 3-2-11. 강제어초 시설해역과 비 시설해역의 삼중자망에 의한 어획량	303

표 3-2-12. 2003년 8월 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과	304
표 3-2-13. 2003년 11월 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과	305
표 3-2-14. 2004년 2월 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과	306
표 3-2-15. 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과	307
표 3-3-1. 일본에서의 부소파제 설치 사례(부잔교식)	320
표 3-3-2. 일본에서의 부소파제 설치 사례(카터너리 계류방식)	321
표 3-3-3. 일본 전국어항협회 지정 상업용 부소파제의 형상 및 특징	322
표 3-3-4. 미야자키 현에 적용된 부소파제 개요	323
표 3-3-5. 가고시마 현에 적용된 부소파제 개요	324
표 3-3-6. 후쿠이현에 적용된 부소파제 개요	324
표 3-3-7. 애히메현에 적용된 부소파제 개요	325
표 3-3-8. 부소파제 수치모형 제원	337
표 3-3-9. 부가질량계수	338
표 3-3-10. 파 감쇠계수	338
표 3-3-11. 파 기진력계수	338
표 3-3-12. 시간평균 파 표류력계수	339
표 3-3-13. 부소파제 운동응답	339
표 3-3-14. 2차원 부소파제 수치모형 제원	345
표 3-3-15. 16개 부소파제에 적용된 유의파고 및 유의주기	362
표 3-3-16. BBDB형 부소파제 제원	368
표 3-3-17. 일반적인 계류사의 재료 및 특징	373
표 3-3-18. 계류방식의 종류별 특징	374
표 3-3-19. 앵커의 특징 비교	376
표 3-3-20. 환경조건 및 입력자료	396
표 3-3-21. 체인의 물성치(한국선급)	398
표 3-3-22. 해석대상 체인 물성치	399
표 3-3-23. 정적상태에서의 체인 장력 해석결과	399
표 3-3-24. 설계대상 체인 및 앵커의 물성치와 설계치	410
표 3-3-25. 설계 대상 체인 및 앵커의 가격	411
표 3-3-26. 여수 인근의 국가지정 어항	412
표 3-3-27. 여수 주변 항 설계 조건	412
표 3-3-28. 금오열도 주변 관측 결과	415
표 3-3-29. 불규칙파 규현조건	420
표 4-1-1. 유전적 다양성 분석에 이용된 시료	431
표 4-1-2. 감성돔 다형 microsatellite의 특징들과 primer 염기서열	432
표 4-1-3. 감성돔 치어 4개 지역들에 대한 5개 microsatellite 유전자좌에서 추정된 sample 크기, 대립유전자수, 관찰치 이형접합률, 기대치 이형접합률과	

	FIS 값	446
표 4-1-4.	감성돔 치어 4개 지역의 FST의 상호비교	448
표 4-1-5.	5개 microsatellite 유전자좌의 빈도에서 얻어진 Ds (Nei, 1972) 표준 유전적거리 matrix	449
표 4-1-6.	실험구별 지느러미와 옆줄 비늘 수	457
표 4-1-7.	실험구별 등지느러미 가시 수의 빈도	458
표 4-1-8.	실험구별 등지느러미 줄기 수의 빈도	458
표 4-1-9.	실험구별 뒷지느러미 줄기 수의 빈도	458
표 4-1-10.	실험구별 가슴지느러미 줄기 수의 빈도	459
표 4-1-11.	실험구별 꼬리지느러미 줄기 수의 빈도	459
표 4-1-12.	실험구별 옆줄 수의 빈도	460
표 4-1-13.	실험구별 감성돔 치어의 새파수	465
표 4-1-14.	실험구별 감성돔 치어의 척추골 수	465
표 4-1-15.	실험구별 감성돔 치어의 담기골 수	466
표 4-1-16.	실험구별 척추만곡인 감성돔의 빈도	471
표 4-1-17.	감성돔 치어의 생물학적 특성 조사 결과	472
표 4-1-18.	감성돔 치어 근육의 일반 체성분 조사 결과	472
표 4-1-19.	시험구별 감성돔 치어의 수용성단백질 비율 조사 결과	476
표 4-1-20.	시험구별 감성돔 치어 근육의 지질 조성 분석 결과	479
표 4-1-21.	감성돔 종묘의 수온과 조도에 따른 동화효율	488
표 4-1-22.	MS-222 농도별 감성돔 치어의 마취 및 회복시간	489
표 4-1-23.	MS-222 100ppm에서 침지시간별 감성돔 치어의 회복시간	490
표 4-1-24.	감성돔 치어의 MS 222 100ppm 농도에서 3분간 침지 후 공기 노출 시간별 회복시간	491
표 4-1-25.	감성돔 치어의 공기중 노출시간별 회복시간	493
표 4-1-26.	자연산 치어와 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성	495
표 4-1-27.	인공산 어미유래 감성돔의 채란결과	496
표 4-1-28.	자연산 어미유래 감성돔의 채란 결과	497
표 4-1-29.	인공산 및 자연산 어미유래 감성돔의 부상란 난경 측정 결과	497
표 4-1-30.	황점볼락 친어관리 결과	499
표 4-1-31.	황점볼락 어미의 자어 출산 결과	501
표 4-2-1.	점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2003. 11)	511
표 4-2-2.	점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2003. 12)	512
표 4-2-3.	점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 1)	513
표 4-2-4.	점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 2)	514
표 4-2-5.	점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 3)	515
표 4-2-6.	야간점등구에서 중간육성 중인 감성돔의 월별 위 내용물 조성	518

표 4-4-1.	월별 이각망 조사 정점	528
표 4-5-1.	어류통과식별장치의 제원	561
표 4-5-2.	사용한 초음파 펄서의 제원	562
표 4-5-3.	실험에 사용한 시험어	563
표 4-5-4.	어류통과식별장치의 날짜별 배치 상황	564
표 4-5-5.	수온, 광주기 변화에 따른 돌돔 치어의 용존산소 소모율	569
표 4-5-6.	삼부도 세라믹어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	576
표 4-5-7.	안도 시험어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	576
표 4-6-1.	소리도 연안 소룡단 일대의 해조류	587
표 4-7-1.	DT-5000 계량어군탐지기의 제원	596
표 4-7-2.	여수에서 통발로 채집된 어류의 월별 양상	600
표 4-7-3.	여수해역에서 통발로 채집된 어류의 출현량과 종조성	602
표 4-7-4.	여수에서 자망으로 채집된 어류의 월별 양상	604
표 4-7-5.	여수해역에서 자망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성	605
표 4-7-6.	여수에서 이각망으로 채집된 어류의 월별 양상	607
표 4-7-7.	여수해역에서 이각망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성	608
표 4-7-8.	전남 바다목장 해역내의 안도에서 확인된 어종	616
표 4-7-9.	안도 정점 A에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	618
표 4-7-10.	안도 정점 B에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	619
표 4-7-11.	안도 정점 C에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	620
표 4-7-12.	안도 정점 D에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	621
표 4-7-13.	안도 정점 E에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	622
표 4-7-14.	안도 정점 F에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	623
표 4-7-15.	안도 주변 해역의 주요 수산어종 자원량	624
표 4-7-16.	전남 바다목장 해역내의 금오도에서 확인된 어종	625
표 4-7-17.	금오도 정점 1에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	626
표 4-7-18.	금오도 정점 2에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	627
표 4-7-19.	금오도 정점 3에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	628
표 4-7-20.	금오도 정점 4에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	629
표 4-7-21.	안도 강제어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	630
표 4-7-22.	세라믹어초에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위	631
표 4-7-23.	금오도 연안 해역 각망 어업 현황	634
표 4-7-24.	금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 분류군	637
표 4-7-25.	금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 종조성	639
표 4-7-26.	방류 감성돔의 유전특성 분석에 이용한 random primer	645
표 5-2-1.	여수지역 전체 어가 및 어가인구 현황	669
표 5-2-2.	해역내 23개 어촌계 어가 및 어업인구 현황	670

표 5-2-3.	어선보유현황	671
표 5-2-4.	근해어업허가 현황	673
표 5-2-5.	연안허가, 구획어업, 신고어업 건수 현황	674
표 5-2-6.	어업의 소유자별 어업권 현황 및 면적	675
표 5-2-7.	항별 어항시설 현황	678
표 5-2-8.	여수지역 수산물 가공품 생산량	679
표 5-2-9.	여수지역 수산물 유통·보급시설 현황	680
표 5-2-10.	어촌계의 발전수준	681
표 5-2-11.	어업인 후계인력 현황	682
표 5-2-12.	바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황	683
표 5-2-13.	바다목장 권역내 어촌계의 어선현황	684
표 5-2-14.	바다목장 권역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득	685
표 5-2-15.	바다목장 권역내 1일 출하시 어획종 및 어획량	686
표 5-2-16.	자산 및 부채 현황	691
표 5-2-17.	주요 재무지표	692
표 5-3-1.	낚시비용	698
표 5-3-2.	여행경비	702
표 5-4-1.	바다목장관리운영협의회	713
표 5-5-1.	여수관내 위탁판매 시설의 현황	717
표 5-5-2.	설문지 회수 현황	718
표 5-5-3.	여수관내의 활어소매점 등의 취급 어종	719
표 5-6-1.	전남 다도해형 바다목장 시범사업 추진단계	732
표 5-6-2.	재원별 연도별 투자계획	733
표 5-6-3.	어장조성 시설투자계획	734
표 5-6-4.	자원증대 시설투자계획	735
표 5-6-5.	주요 시설투자 물량	735
표 5-6-6.	어종별 종묘방류비 단가	736
표 5-6-7.	어종별 종묘방류량 및 비용	736
표 5-3-8.	연구개발 투자계획	737
표 5-6-9.	환경관리 및 개선분야 연구개발 추진일정	738
표 5-6-10.	어장조성분야 연구개발 추진일정	739
표 5-6-11.	자원증대분야 연구개발 추진일정	740
표 5-6-12.	바다목장 이용관리분야 연구개발 추진일정	741
표 5-6-13.	어종별 출하크기 및 가격	742
표 5-6-14.	어종별 자원량 및 어획량	744
표 5-6-15.	최소 직접효과	744
표 5-6-16.	최대 직접효과	745

표 5-6-17. 최소 간접효과	747
표 5-6-18. 시나리오별 경제적 타당성 분석	748

List of Tables

Table 2-1-1. The main components of multi-beam echo sounder	15
Table 2-1-2. The positions of sediment sampling stations and sediment types	22
Table 2-1-3. Ranges and mean values of water quality in the coastal area of Geumodo	26
Table 2-1-4. Water quality in the coastal area of Geumodo, in August 2003	27
Table 2-1-5. Water quality in the coastal area of Geumodo, in November 2003	27
Table 2-1-6. Water quality in the coastal area of Geumodo, in January 2004	28
Table 2-1-7. Water quality in the coastal area of Geumodo, in April 2004	28
Table 2-1-8. Ranges and mean values of water quality in the coastal area of Geumodo	29
Table 2-1-9. Water quality in the coastal area of Geumodo, in August 2003	30
Table 2-1-10. Water quality in the coastal area of Geumodo, in November 2003	30
Table 2-1-11. Ranges and values of at sediments in the coastal area of Geumodo ..	34
Table 2-1-12. Concentrations of TIL, COD, AVS at surface sediment in the coastal area of Geumodo	35
Table 2-1-13. Ranges and values of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo	35
Table 2-1-14. Concentrations of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo, in August 2003	36
Table 2-1-15. Sampling location and Water depth	61
Table 2-1-16. Analytical results of the grain analysis	91
Table 2-1-17. Analytical results of organic matter and biogenic carbonate	93
Table 2-2-1. Sampling date, station numbers and survey items	99
Table 2-2-2. Alphabetically-abbreviated codes used for classifying taxon	103
Table 2-2-3. Multiple linear regression of macrobenthic production of the main taxonomic groups on mean annual biomass and mean individual weight	106
Table 2-2-4. List of phytoplankton species and standing crops at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003	113
Table 2-2-5. List of phytoplankton species and standing crops at the 10m layer in marine ranching area in the summer, August 2003	115
Table 2-2-6. List of phytoplankton species and standing crops at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003	118
Table 2-2-7. List of phytoplankton species and standing crops at the 10m layer in marine ranching area in the autumn, November 2003	120

Table 2-2-8. List of phytoplankton species and standing crops at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004	124
Table 2-2-9. List of phytoplankton species and standing crops at the 10m layer in marine ranching area in the winter, January 2004	125
Table 2-2-10. Temporal variation of dominant phytoplankton species in marine ranching area	140
Table 2-2-11. The seasonal changes of chlorophyll a concentration	142
Table 2-2-12. List of ciliate plankton species and abundances at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003	148
Table 2-2-13. List of ciliate plankton species and abundances at the 10m layer in marine ranching area in the summer, August 2003	149
Table 2-2-14. List of ciliate plankton species and abundances at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003	151
Table 2-2-15. List of ciliate plankton species and abundances at the 10m layer in marine ranching area in the autumn, November 2003	152
Table 2-2-16. List of ciliate plankton species and abundances at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004	153
Table 2-2-17. List of ciliate plankton species and abundances at the 10m layer in marine ranching area in the winter, January 2004	154
Table 2-2-18. Temporal variation of dominant ciliate plankton species in marine ranching area	156
Table 2-2-19. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in summer	161
Table 2-2-20. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in autumn	162
Table 2-2-21. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in winter	163
Table 2-2-22. A characteristics of each station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas	168
Table 2-2-23. The dominant species and occurrence rates of zooplankton by cluster analysis in the marine ranching areas	168
Table 2-2-24. List and abundance of zooplankton on effect of underwater light	169
Table 2-2-25. Seasonal abundance of zooplankton in marine ranching area	170
Table 2-2-26. Abundance of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Aug. 2003)	173
Table 2-2-27. Biomass of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Aug. 2003)	174
Table 2-2-28. Abundance of the macrobenthos classified by the taxonomic	

group (Dec. 2003)	175
Table 2-2-29. Biomass of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Dec. 2003)	176
Table 2-2-30. Abundance of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Feb. 2004)	177
Table 2-2-31. Biomass of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Feb. 2004)	178
Table 2-2-32. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Aug. 2003) ..	181
Table 2-2-33. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Aug. 2003)	182
Table 2-2-34. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Dec. 2003) ..	183
Table 2-2-35. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Dec. 2003)	184
Table 2-2-36. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Feb. 2004) ..	185
Table 2-2-37. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Feb. 2004)	186
Table 2-2-38. Ecological indices of each station in Aug. 2003	188
Table 2-2-39. Ecological indices of each station in Dec. 2003	188
Table 2-2-40. Ecological indices of each station in Feb. 2004	189
Table 2-2-41. Variable reduction of the benthic community used by PCA	193
Table 2-2-42. Dominant macrobenthic species ordered by abundance	194
Table 2-2-43. Environmental variables incorporated in CCA	195
Table 2-2-44. Major causal factors selected by CCA in macrobenthic communities ..	196
Table 2-2-45. Comparison of the dominant macrobenthic species of each survey ..	200
Table 2-2-46. Rank of the macrobenthic species with respect to contribution in the production observed in the study area	204
Table 2-2-47. One-way ANOVA on the macrobenthic production between the 1st and 2nd year of study	206
Table 2-2-48. Correlation between abiotic factors, species diversity and macrobenthic production	207
Table 2-2-49. Result of regression analysis between the macrobenthic production and the environmental data and its ANOVA	208
Table 2-2-50. Frequency distribution of prey taxa among sampling periods	211
Table 2-2-51. Abundance and frequency distribution of prey species and their estimated habitats	212
Table 2-2-52. Summary of the result of principal component analysis	218
Table 2-2-53. Codes for discrimination of fishes individuals in PCA diagram	219
Table 2-2-54. The planktonic egg of fish caught off Geumodo, Yeosu	227
Table 2-2-55. Mean abundance of fish larvae and juveniles in coastal waters of Geumodo, Yeosu	228
Table 2-2-56. Mean abundance of fish larvae and juveniles collected at	

each station in coastal waters of Geumodo, Yeosu	230
Table 2-2-57. Mean abundance of fishes in coastal waters of Geumodo, Yeosu	234
Table 2-2-58. Mean abundance of fishes collected at each station in coastal waters of Geumodo, Yeosu	236
Table 2-2-59. Investigation of the fisheries products market loched in Gunnae-ri	242
Table 2-2-60. List of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	244
Table 2-2-61. The number of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	245
Table 2-2-62. ANOVA for the number of species of the four sites	245
Table 2-2-63. ANOVA for the bottom cover of the four sites	246
Table 2-2-64. The bottom cover of each seaweed species in the four sites	249
Table 3-1-1. Abundance of seaweed species in the sites (S1-S10) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	263
Table 3-1-2. Abundance of seaweed species in the sites (S11-S20) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	265
Table 3-1-3. Abundance of seaweed species in the sites (S21-S30) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	267
Table 3-1-4. Dominant species of the subtidal seaweed community of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea, Korea	269
Table 3-1-5. Inventory of large brown algae the construction of submarine forests	273
Table 3-1-6. Maximum photosynthetic rates of <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Myagropsis myagroides</i> and <i>Sargassum horneri</i>	275
Table 3-1-7. Leaf area index (LAI) of <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Myagropsis myagroide</i> and <i>Sargassum horneri</i>	276
Table 3-1-8. Epiphytic sessile animals on the frond of <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Myagropsis myagroides</i> and <i>Sargassum horneri</i>	277
Table 3-1-9. Herbivorous animals relying on <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Myagropsis myagroides</i> and <i>Sargassum horneri</i>	277
Table 3-1-10. Light intensity at the compensation point of <i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Ecklonia stolonifera</i> , <i>Myagropsis myagroides</i> and <i>Sargassum horneri</i>	282
Table 3-1-11. Vertical distribution of quantum irradiance around the 30 sites along the coast of Jeonnam Archipelago Marine Ranching area	283
Table 3-1-12. ANOVA for spore settlement under the four different temperatures	284
Table 3-1-13. ANOVA for growth of female gametophytes under the four different temperatures	285
Table 3-1-14. ANOVA for spore settlement under the four different irradiances	286
Table 3-1-15. ANOVA for growth of gametophytes under the four different	

	irradiances	287
Table 3-2-1.	Species composition of fishes different from seasons at steel reef area ..	291
Table 3-2-2.	Biomass of benthic animals different from seasons at steel reef area ·	292
Table 3-2-3.	Species composition of fishes different from seasons at overbridge reef area	294
Table 3-2-4.	Biomass of benthic animals different from seasons at overbridge reef area	295
Table 3-2-5.	Species composition of fishes different from seasons at semispherical reef area	297
Table 3-2-6.	Biomass of benthic animals different from seasons at semispherical reef area	298
Table 3-2-7.	Species composition of fishes different from seasons at square reef area	300
Table 3-2-8.	Biomass of benthic animals different from seasons at square reef area	301
Table 3-2-9.	Numbers of fishes gathered at artificial reefs different from seasons ·	301
Table 3-2-10.	Biomass of benthic animals attached at artificial reefs different from seasons	302
Table 3-2-11.	Biomass of fishes caught at steel reef, contrast and natural rock by gill nets	303
Table 3-2-12.	Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in August, 2003	304
Table 3-2-13.	Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in November, 2003	305
Table 3-2-14.	Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in February, 2003	306
Table 3-2-15.	Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different net mesh	307
Table 3-3-1.	Installation of float breaker in Japan (float pier type)	320
Table 3-3-2.	Installation of float breaker in Japan (catenary mooring type)	321
Table 3-3-3.	Configuration and properties of commercial float breaker in Japan ···	322
Table 3-3-4.	Introduction for float breaker in Miyajaki Hyun	323
Table 3-3-5.	Introduction for float breaker in Gagoshima Hyun	324
Table 3-3-6.	Introduction for float breaker in Hukui Hyun	324
Table 3-3-7.	Introduction for float breaker in Eime Hyun	325
Table 3-3-8.	Principal particulars of caisson-type breakwater	337
Table 3-3-9.	Added-mass coefficients	338
Table 3-3-10.	Wave damping coefficients	338

Table 3-3-11. Wave excitation coefficients	338
Table 3-3-12. Time-mean wave drift coefficients	339
Table 3-3-13. Motion responses of floating breakwater	339
Table 3-2-14. Principal particulars of caisson-type breakwater	345
Table 3-3-15. Significant waveheights and periods for 16 breakwaters	362
Table 3-3-16. Principal particulars of a BBDB-type breakwater in meters	368
Table 3-3-17. Material and characteristics of general mooring line	373
Table 3-3-18. Characteristics of each mooring line	374
Table 3-3-19. Comparison of anchor characteristics	376
Table 3-3-20. Environmental condition and input data	396
Table 3-3-21. Property of general chain	398
Table 3-3-22. Property of design objected chain for analysis	399
Table 3-3-23. Tension results in static conditions	399
Table 3-3-24. Property and dimension of design objected chain and anchor	410
Table 3-3-25. Cost of design objected chain and anchor	411
Table 3-3-26. Fishing port near Yeosu	412
Table 3-3-27. Design conditions for ports near Yeosu	412
Table 3-3-28. Survey results near Geumo Yeoldo	415
Table 3-3-29. Irregular wave condition	420
Table 4-1-1. Samples employed in analysis of genetic diversity	431
Table 4-1-2. Primer sequences and some characteristics of polymorphic microsatellite in black sea bream	432
Table 4-1-3. Sample size, number of alleles, observed heterozygosity, expected heterozygosity, and FIS values at the 5 microsatellite loci assessed for the four locations of juvenile black sea bream	446
Table 4-1-4. Pairwise comparison of FST in four locations of juvenile black sea bream	448
Table 4-1-5. Ds (Nei, 1972) standard genetic distance matrix obtained from the frequencies of 5 microsatellite loci	449
Table 4-1-6. Counting of fin and lateral line scale of each experiment group	457
Table 4-1-7. Counting of dorsal fin spinous of each experiment group	458
Table 4-1-8. Counting of dorsal fin soft ray of each experiment group	458
Table 4-1-9. Counting of anal fin ray of each experiment group	458
Table 4-1-10. Counting of pectoral fin ray of each experiment group	459
Table 4-1-11. Counting of caudal fin ray of each experiment group	459
Table 4-1-12. Counting of lateral line scale of each experiment group	460
Table 4-1-13. Counting of gill raker of black sea bream in each experiment group	465

Table 4-1-14. Counting of vertebrae of black sea bream in each experiment group	465
Table 4-1-15. Counting of pterygiophores of black sea bream in each experiment ..	466
Table 4-1-16. Frequency of vertebrae a curve of black sea bream in each experiment group	471
Table 4-1-17. Comparison of biological characteristics of black sea bream	472
Table 4-1-18. Comparison of proximate composition of black sea bream in muscle ..	472
Table 4-1-19. Comparison of water soluble protein ratio of black sea bream in each experiment group	476
Table 4-1-20. Fatty acids composition in muscle of black sea bream in each experiment group	479
Table 4-1-21. Assimilation efficiency of each black sea bream with the temperature and intensity of illumination	488
Table 4-1-22. Time to anesthetization and recovery of black sea bream by different MS-222 concentration	489
Table 4-1-23. Recovery and survival rate of black sea bream at 100mg/l MS-222 by immersion time	490
Table 4-1-24. Recovery and survival rate of black sea bream after anesthesia at 100mg/l MS-222 for 3 minutes by different exposed to air	491
Table 4-1-25. Recovery and survival rate of black sea bream exposed to air without anesthesia	493
Table 4-1-26. Pathological characteristic between juvenile of wild and cultured black sea bream	495
Table 4-1-27. Results of egg spawning of black sea bream in artificial spawner group	496
Table 4-1-28. Results of egg spawning of black sea bream in wild spawner group ..	497
Table 4-1-29. Results of egg size of black sea bream in artificial and wild spawner group of eggs	497
Table 4-1-30. Results of cultured spawner of <i>Sebastes oblongus</i>	499
Table 4-1-31. Birth results from matured female of <i>Sebastes oblongus</i>	501
Table 4-2-1. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2003. 11)	511
Table 4-2-2. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2003. 12)	512
Table 4-2-3. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 1)	513
Table 4-2-4. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 2)	514

Table 4-2-5.	Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 3)	515
Table 4-2-6.	Monthly variation of stomach content of black sea bream (<i>Acanthopagrus schlegeli</i>) during intermediate nursing under illumination condition (2003. 11-2004. 3)	518
Table 4-4-1.	Survey station of sampling cage	528
Table 4-5-1.	Specifications of the automatic monitoring receiver	561
Table 4-5-2.	Specifications of ultrasonic pingers used in from 1 to 30 April 2004 ·	562
Table 4-5-3.	Test fishes used on from 1 to 30 April 2004	563
Table 4-5-4.	Status of VR2 receivers arrangement by the day	564
Table 4-5-5.	Effects of temperature and photoperiod on oxygen consumption rate (mgO ₂ /kg fish/hr) of rock bream, <i>Oplegnathus fasciatus</i>	569
Table 4-5-6.	Number of species and individuals, total length of fish species at ceramic artificial reefs in Sambudo (July, 2003)	576
Table 4-5-7.	Number of species and individuals, total length of fish species at experimental artificial reefs in Ando (April, 2004)	576
Table 4-6-1.	Subtidal marine algae of Sorido	587
Table 4-7-1.	System parameters of the quantitative echo sounder (DT-5000) used in experiment	596
Table 4-7-2.	The list of fishes caught by pots in the coastal of Yeosu	600
Table 4-7-3.	Appearance and Composition of fishes by pots collected in coastal Yeosu	602
Table 4-7-4.	The list of fishes caught by gill nets in the coastal of Yeosu	604
Table 4-7-5.	Appearance and Composition of fishes by gill nets collected in coastal Yeosu	605
Table 4-7-6.	The list of fishes caught by both sides fyke net in the coastal of Yeosu	607
Table 4-7-7.	Appearance and Composition of fishes by both sides fyke net collected in coastal Yeosu	608
Table 4-7-8.	Fish species observed at the marine ranching area in Ando, Yeosu ·	616
Table 4-7-9.	Total length, number of individuals and fish species at St. A in Ando, Yeosu	618
Table 4-7-10.	Total length, number of individuals and fish species at St. B in Ando, Yeosu	619
Table 4-7-11.	Total length, number of individuals and fish species at St. C in Ando, Yeosu	620
Table 4-7-12.	Total length, number of individuals and fish species at St. D in Ando, Yeosu	621

Table 4-7-13. Total length, number of individuals and fish species at St. E in Ando, Yeosu	622
Table 4-7-14. Total length, number of individuals and fish species at St. F in Ando, Yeosu	623
Table 4-7-15. Total length, number of individuals of fisheries species in Ando, Yeosu	624
Table 4-7-16. Fish species observed at the marine ranching area in Geumodo, Yeosu	625
Table 4-7-17. Total length, number of individuals and fish species at St. 1 in Geumodo, Yeosu	626
Table 4-7-18. Total length, number of individuals and fish species at St. 2 in Geumodo, Yeosu	627
Table 4-7-19. Total length, number of individuals and fish species at St. 3 in Geumodo, Yeosu	628
Table 4-7-20. Total length, number of individuals and fish species at St. 4 in Geumodo, Yeosu	629
Table 4-7-21. Total length, number of individuals and fish species at the steel artificial reef in Ando, Yeosu	630
Table 4-7-22. Number of species and individuals, total length at the ceramic artificial reefs in Yeosu	631
Table 4-7-23. Present state of cornea fishery in coastal water of Geumodo	634
Table 4-7-24. Number of orders, families and species of fishes collected by both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo	637
Table 4-7-25. Species composition of fish collected with a both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo	639
Table 4-7-26. Primers and primer sequences used for the detection of polymorphisms in black sea bream	645
Table 5-2-1. Fishing household and fishing population of candidate areas	669
Table 5-2-2. Magnitude of fisherman in total population	670
Table 5-2-3. Fishing vessels	671
Table 5-2-4. Number of fishing licenses in off-shore fishery	673
Table 5-2-5. Number of fishing licenses of inshore fishery and reporting fishery ..	674
Table 5-2-6. Size and state of fishing rights	675
Table 5-2-7. Status of fishing ports	678
Table 5-2-8. Production of fishery produce	679
Table 5-2-9. Marketing infra structure	680
Table 5-2-10. Level of Fishing cooperatives	681
Table 5-2-11. Main power of young fisherman	682

Table 5-2-12. Fishing rights of fishing cooperatives in marine ranching	683
Table 5-2-13. fishing vessels	684
Table 5-2-14. Landing are average income in marine ranching area	685
Table 5-2-15. Fisher and catch one day fishing trip	686
Table 5-2-16. Assets and debts	691
Table 5-2-17. Financial indices	692
Table 5-3-1. Cost of fishing	698
Table 5-3-2. Travel cost	702
Table 5-4-1. Jeonnam Archipelago Marine Ranching management community	713
Table 5-5-1. Status of facilities for consignment sale Yeosu	717
Table 5-5-2. Number of returned surveies	718
Table 5-5-3. Species sold in retail market	719
Table 5-6-1. Implementation plan for Jeonnam archipelago marine ranching pilot program	732
Table 5-6-2. Investment plan by funding source and annual	733
Table 5-6-3. Investment plan for fishing grounds	734
Table 5-6-4. Investment plan for resource enhancement facilities	735
Table 5-6-5. Investment for main facilities	735
Table 5-6-6. Juveniles releasing price by species	736
Table 5-6-7. Juveniles releasing quantity and price by species	736
Table 5-3-8. Investment plan for R&D	737
Table 5-6-9. R&D schedule of environment management and improvement	738
Table 5-6-10. R&D schedule of fishing grounds creation	739
Table 5-6-11. R&D schedule of resource enhancement	740
Table 5-6-12. R&D schedule of marine ranching use and management	741
Table 5-6-13. Marketing size and price by species	742
Table 5-6-14. Stocks and catch and price by species	744
Table 5-6-15. Minimum direct effect	744
Table 5-6-16. Maximum direct effect	745
Table 5-6-17. Minimum indirect effect	747
Table 5-6-18. Results of economic analysis by scenario	748

그림 목 차

그림 2-1-1.	전남 다도해형 바다목장화 예정해역	6
그림 2-1-2.	소리도 주변 해역 조사구역도	7
그림 2-1-3.	조사해역 개황도 및 조사 정점 위치도	9
그림 2-1-4.	Trimble DGPS 안테나	11
그림 2-1-5.	DGPS 운영 및 항해관리 컴퓨터	12
그림 2-1-6.	음향측심기 수심기록모습	13
그림 2-1-7.	소리도 지역 측심 조사측선	13
그림 2-1-8.	다중빔 음향 측심장비 구성도	14
그림 2-1-9.	다중빔 음향트랜스듀서를 배 옆에 부착하여 예인하는 모습	16
그림 2-1-10.	다중빔 음향자료 현장 실시간 자료획득 모습	16
그림 2-1-11.	사이드스캔소나 조사개념도	17
그림 2-1-12.	사이드스캔소나 수중 예인체와 사이드스캔 소나 원치	18
그림 2-1-13.	해저면영상조사 기록시스템 및 모니터	18
그림 2-1-14.	소리도 지역 해저면 영상 조사측선	19
그림 2-1-15.	해저면영상조사시 모니터화면에 실시간 나타난 암반 모습	20
그림 2-1-16.	그랩을 이용한 퇴적물 시료 채취 모습	20
그림 2-1-17.	그래비티 코어를 이용한 퇴적물 시료 채취 모습	21
그림 2-1-18.	소리도 지역의 퇴적물 시료 채취 지점	21
그림 2-1-19.	연구지역에 대한 시료 채취지점	23
그림 2-1-20.	금오도 주변 해역에서 표층 해수의 COD분포	31
그림 2-1-21.	여수 금오도 주변 해역에서 표층 해수의 TN분포	32
그림 2-1-22.	여수 금오도 주변 해역에서 표층 해수의 TP분포	33
그림 2-1-23.	여수 금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 TIL, COD의 분포	36
그림 2-1-24.	여수 금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 중금속 농도 분포	37
그림 2-1-25.	수심 디지털이징을 위한 해도의 예	39
그림 2-1-26.	국립수산과학원 남해수산연구소에서 관측한 수심자료 분포	39
그림 2-1-27.	전남 다도해형 바다목장화 예정지역 해저-육지통합 등고선도	40
그림 2-1-28.	전남 다도해형 바다목장화 예정지역 해저-육지통합 음영 기복도	41
그림 2-1-29.	남쪽에서 본 바다목장화지역 3차원 지형	42
그림 2-1-30.	남서쪽에서 본 바다목장화지역 3차원 지형	43
그림 2-1-31.	북서쪽에서 본 바다목장화지역 3차원 지형	44
그림 2-1-32.	RTS2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정	45
그림 2-1-33.	GRID2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정	46
그림 2-1-34.	Viewer 출력화면	47
그림 2-1-35.	조정/복사(fix/copy) 출력화면	47

그림 2-1-36. 구몽암 지역 해저-육지 2차원 등고선도	50
그림 2-1-37. 구몽암 지역 해저-육지 2차원 음영기복도	51
그림 2-1-38. 남쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3차원 입체지형 모습	52
그림 2-1-39. 남서쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3차원 입체지형 모습	53
그림 2-1-40. 북서쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3차원 입체지형 모습	54
그림 2-1-41. 기존자료로 작성한 구몽암 지역 해저-육지 3차원 입체지형	55
그림 2-1-42. 다중빔 정밀 음향 측심기 실측 자료에 의한 해저지형과 기존 자료에 의한 해저지형의 비교	56
그림 2-1-43. 구몽암 지역 해저면영상조사 측선 및 주요 해저면영상	57
그림 2-1-44. 구몽암 서측해역 그림 2-1-36의 구역 1에서의 해저면 영상 모습	58
그림 2-1-45. 구몽암 남쪽해역 그림 2-1-36의 구역 2에서의 해저면 영상 모습	59
그림 2-1-46. 구몽암 남단해역 그림 2-1-36의 구역 5에서의 해저면 영상 모습	60
그림 2-1-47. 구몽암 남서쪽해역 그림 2-1-36의 구역 4에서의 해저면 영상 모습	67
그림 2-1-48. 구몽암 서측해역 그림 2-1-36의 구역 7에서의 해저면 영상모습	68
그림 2-1-49. 구역 3, 6, 8의 해저면영상에서 나타난 어초 모습	69
그림 2-1-50. 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 2 차원 지형분포	70
그림 2-1-51. 남남서쪽에서 본 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 3차원 지형	71
그림 2-1-52. 남서쪽 상공에서 본 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 3차원 지형	72
그림 2-1-53. 소리도 남부 해역 2차원 해저지형 분포도	73
그림 2-1-54. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남남동에서 본 모습)	74
그림 2-1-55. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남서쪽에서 본 모습)	74
그림 2-1-56. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남동쪽에서 본 모습)	75
그림 2-1-57. 소리도 해역 해저면 영상조사 측선도	75
그림 2-1-58. 소리도 A 측선에서의 Side-Scan 영상	76
그림 2-1-59. 소리도 B 측선에서의 Side-Scan 영상	77
그림 2-1-60. 소리도 C 측선에서의 Side-Scan 영상	78
그림 2-1-61. 소리도 D 측선에서의 Side-Scan 영상	79
그림 2-1-62. 소리도 E 측선에서의 Side-Scan 영상	80
그림 2-1-63. 소리도 F 측선에서의 Side-Scan 영상	81
그림 2-1-64. 소리도 G 측선에서의 Side-Scan 영상	82
그림 2-1-65. 소리도 H 측선에서의 Side-Scan 영상	82
그림 2-1-66. 소리도 I 측선에서의 Side-Scan 영상	83
그림 2-1-67. 소리도 J 측선에서의 Side-Scan 영상	83
그림 2-1-68. 소리도 k 측선에서의 Side-Scan 영상	84
그림 2-1-69. 소리도 L 측선에서의 Side-Scan 영상	84
그림 2-1-70. 표층퇴적물에 대한 퇴적상	86
그림 2-1-71. 입도분석 결과. 퇴적물 평균입도와 분급도, 왜도, 첨도와와의 관계	87
그림 2-1-72. 충유기탄소의 공간적 분포	89

그림 2-1-73. 탄산염의 공간분포	90
그림 2-1-74. 총유기탄소 vs. 전 질소	92
그림 2-1-75. 표층퇴적물에 대한 황화수소 함량	94
그림 2-1-76. GC 1에 대한 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도, 총유기탄소, 탄산염 함량의 수직 변화	95
그림 2-1-77. GC 2에 대한 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도, 총유기탄소, 탄산염 함량의 수직 변화	96
그림 2-2-1. 조사해역 개황도 및 플랑크톤 조사 정점 위치도	100
그림 2-2-2. 여수연안의 어류, 난·자치어 조사 정점도	102
그림 2-2-3. 저서동물군집 조사 정점도	108
그림 2-2-4. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점	111
그림 2-2-5. 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	112
그림 2-2-6. 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	117
그림 2-2-7. 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	123
그림 2-2-8. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량	127
그림 2-2-9. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 편모조류의 현존량	128
그림 2-2-10. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 표층 식물플랑크톤 현존량	129
그림 2-2-11. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 편모조류의 현존량	129
그림 2-2-12. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량	130
그림 2-2-13. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 편모조류의 현존량	130
그림 2-2-14. 2003년 8월 하계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	131
그림 2-2-15. 2003년 8월 하계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	132
그림 2-2-16. 2003년 11월 추계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	133
그림 2-2-17. 2003년 11월 추계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	134
그림 2-2-18. 2004년 1월 동계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	134
그림 2-2-19. 2004년 1월 동계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율	135
그림 2-2-20. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	136
그림 2-2-21. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	136
그림 2-2-22. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	137
그림 2-2-23. 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수의 시기별 변화	138
그림 2-2-24. 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집 다양성 지수의 시기별 변화	138
그림 2-2-25. 2003년도 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량의 계절적 변화	139
그림 2-2-26. 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량의 시기적 변화	141
그림 2-2-27. 다도해 바다목장해역 수층별 Chl-a 농도의 계절변화	142
그림 2-2-28. 여름 다도해 바다목장해역 수층별 Chl-a 농도의 수평분포	143
그림 2-2-29. 가을 다도해 바다목장해역 수층별 Chl-a 농도의 수평분포	144
그림 2-2-30. 겨울 다도해 바다목장해역 수층별 Chl-a 농도의 수평분포	145
그림 2-2-31. 봄 다도해 바다목장해역 수층별 Chl-a 농도의 수평분포	146

그림 2-2-32. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	147
그림 2-2-33. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	150
그림 2-2-34. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	153
그림 2-2-35. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	155
그림 2-2-36. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	155
그림 2-2-37. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	156
그림 2-2-38. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 출현종수의 시기별 변화	157
그림 2-2-39. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수 시기별 변화	158
그림 2-2-40. 여름 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율	159
그림 2-2-41. 가을 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율	159
그림 2-2-42. 겨울 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율	160
그림 2-2-43. 여름철의 정점간 군집분석	165
그림 2-2-44. 가을철의 정점간 군집분석	165
그림 2-2-45. 겨울철의 정점간 군집분석	166
그림 2-2-46. 여름철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포	166
그림 2-2-47. 가을철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포	167
그림 2-2-48. 겨울철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포	167
그림 2-2-49. 시간에 따른 저서동물 평균 개체수의 변화	190
그림 2-2-50. 시간에 따른 저서동물 평균 생체량의 변화	190
그림 2-2-51. 시간에 따른 저서동물 평균 종수의 변화	191
그림 2-2-52. 시간에 따른 저서동물 평균 다양도의 변화	191
그림 2-2-53. 저서동물군집의 공간분포와 환경요인과의 대응관계	197
그림 2-2-54. 집괴분석에 의해 3개 집단으로 구분된 저서동물군집	198
그림 2-2-55. 각 조사시기별 저서환경의 SEP 지수	201
그림 2-2-56. 조사 해역 대형 저서동물 군집의 2차 생산력	202
그림 2-2-57. 정점별 대형저서동물 연간생산량	203
그림 2-2-58. 생산력이 높은 대형저서동물의 지역별 분포	205
그림 2-2-59. 1차 조사년도와 2차 조사년도의 대형저서동물 생산력 비교	206
그림 2-2-60. 어종별 섭식 지위의 평균 너비	215
그림 2-2-61. 우점종의 전장 분포	217
그림 2-2-62. 먹이 생물의 서식처와 어류 자료를 바탕으로 수행한 주성분 분석결과 ..	220
그림 2-2-63. 어류의 섭식 장소에 대한 분석 결과	222
그림 2-2-64. Trophic links의 집중도 패턴을 바탕으로 수행한 MDS 결과	225
그림 2-2-65. 여수 금오도연안 자치어의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수	231
그림 2-2-66. 여수 금오도 연안의 자치어 월별 유사도	232
그림 2-2-67. 여수 금오도연안 자치어의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수 ..	232
그림 2-2-68. 자치어 정점별 유사도	233
그림 2-2-69. 여수 금오도 연안 어류의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수	239

그림 2-2-70. 여수 금오도 연안 어류의 월별 유사도	239
그림 2-2-71. 여수 금오도 연안 어류의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수	240
그림 2-2-72. 여수 금오도 연안 어류의 정점별 유사도	241
그림 2-2-73. 4개 조사지점 해조류의 풍도	246
그림 2-2-74. 4개 조사지점에서 해조류의 피도와 종수의 수직변화(2003년 8월)	247
그림 2-2-75. 4개 조사지점에서 해조류의 피도와 종수의 수직변화(2003년 11월)	248
그림 2-2-76. 4개 조사지점에서 주요 우점종의 피도의 수직변화(2003년 8월)	250
그림 2-2-77. 4개 조사지점에서 주요 우점종의 피도의 수직변화(2003년 11월)	251
그림 2-2-78. 조사지점간의 유사도 분석	252
그림 3-1-1. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점	259
그림 3-1-2. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 풍도 및 출현종수의 수직변화	270
그림 3-1-3. 조사지점별 출현하는 해조류의 종수, 피도, 수직분포범위	271
그림 3-1-4. 조사지점간의 유사도 분석	272
그림 3-1-5. 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 엽장과 중량의 월별변화	274
그림 3-1-6. 30개 조사지점을 둘러싼 무생물학적 환경요인의 공간변동	278
그림 3-1-7. 조사된 30개 지점의 종수, 풍도, 그리고 수직분포와 무생물학적 환경과의 관계에 대한 주성분분석	280
그림 3-1-8. 대형 갈조류의 분포와 무생물학적 환경과의 관계에 대한 주성분분석	281
그림 3-1-9. 2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 대상으로 10 μ E·m-2S-1에서 수온 4단계로 배양하여 얻은 발아율	284
그림 3-1-10. 2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 접종한 후 10 μ E·m-2S-1에서 수온 4단계로 2주간 배양하여 관찰한 암배우체의 세포수	285
그림 3-1-11. 수온 15°C 광량 4단계에서 곰피 포자의 발아율	286
그림 3-1-12. 수온 15°C 광량 4단계에서 곰피 배우체의 성장	287
그림 3-2-1. 인공어초어장 조사위치도	289
그림 3-2-2. 어군탐지기에 나타난 강제어초의 형태	290
그림 3-2-3. 어군탐지기에 나타난 육교형어초의 형태	293
그림 3-2-4. 어군탐지기에 나타난 반구형어초의 형태	296
그림 3-2-5. 어군탐지기에 나타난 사각어초의 형태	299
그림 3-3-1. 부소파제의 전형적인 형상 및 구성	317
그림 3-3-2. 부소파제의 활용 사례	318
그림 3-3-3. 고정식 소파제와 부소파제의 수심에 따른 건설비 비교	319
그림 3-3-4. 부소파제 설계를 위한 설계조건	326
그림 3-3-5. 부소파제 설계 과정	327
그림 3-3-6. 부소파제의 설계 개념	328
그림 3-3-7. 부소파제의 부체 평면배치	329

그림 3-3-8. 부소파제의 계류라인 평면배치	329
그림 3-3-9. 부체의 단면 구조형식 종류	330
그림 3-3-10. 부소파제의 개념설계 대상 모델	331
그림 3-3-11. 이동식 부소파제의 운용 개념	332
그림 3-3-12. 좌표계	334
그림 3-3-13. 상자형 부소파제 수치모형	337
그림 3-3-14. 계류점의 수평변위 진폭, 주기 10초 파고 10m	340
그림 3-3-15. 계류점의 수직변위 진폭, 주기 10초 파고 10m	340
그림 3-3-16. 계류점의 수평변위 진폭, 주기 5초 파고 1m	341
그림 3-3-17. 계류점의 수직변위 진폭, 주기 5초 파고 1m	341
그림 3-3-18. 2차원 좌표계	342
그림 3-3-19. 부유식 BW1 투과율 및 반사율	346
그림 3-3-20. 부유식 BW2 투과율 및 반사율	346
그림 3-3-21. 부유식 BW3 투과율 및 반사율	347
그림 3-3-22. 부유식 BW4 투과율 및 반사율	347
그림 3-3-23. 부유식 BW5 투과율 및 반사율	348
그림 3-3-24. 부유식 BW6 투과율 및 반사율	348
그림 3-3-25. 부유식 BW7 투과율 및 반사율	349
그림 3-3-26. 부유식 BW8 투과율 및 반사율	349
그림 3-3-27. 부유식 BW9 투과율 및 반사율	350
그림 3-3-28. 부유식 BW10 투과율 및 반사율	350
그림 3-3-29. 부유식 BW11 투과율 및 반사율	351
그림 3-3-30. 부유식 BW12 투과율 및 반사율	351
그림 3-3-31. 부유식 BW13 투과율 및 반사율	352
그림 3-3-32. 부유식 BW1 투과율 및 반사율	352
그림 3-3-33. 부유식 BW15 투과율 및 반사율	353
그림 3-3-34. 부유식 BW16 투과율 및 반사율	353
그림 3-3-35. 고정식 BW1 투과율 및 반사율	354
그림 3-3-36. 고정식 BW2 투과율 및 반사율	354
그림 3-3-37. 고정식 BW3 투과율 및 반사율	355
그림 3-3-38. 고정식 BW4 투과율 및 반사율	355
그림 3-3-39. 고정식 BW5 투과율 및 반사율	356
그림 3-3-40. 고정식 BW6 투과율 및 반사율	356
그림 3-3-41. 고정식 BW7 투과율 및 반사율	357
그림 3-3-42. 고정식 BW8 투과율 및 반사율	357
그림 3-3-43. 고정식 BW9 투과율 및 반사율	358
그림 3-3-44. 고정식 BW10 투과율 및 반사율	358
그림 3-3-45. 고정식 BW11 투과율 및 반사율	359

그림 3-3-46. 고정식 BW12 투과율 및 반사율	359
그림 3-3-47. 고정식 BW13 투과율 및 반사율	360
그림 3-3-48. 고정식 BW14 투과율 및 반사율	360
그림 3-3-49. 고정식 BW15 투과율 및 반사율	361
그림 3-3-50. 고정식 BW16 투과율 및 반사율	361
그림 3-3-51. BW6의 수평계류변위	363
그림 3-3-52. BW6의 수직계류변위	363
그림 3-3-53. 좌표계 및 BBDB형 부소파제	365
그림 3-3-54. 상자형 부소파제 반사 및 투과계수	369
그림 3-3-55. BBDB형 부소파제 전후동요 진폭비	369
그림 3-3-56. BBDB형 부소파제 상하동요 진폭비	370
그림 3-3-57. BBDB형 부소파제 횡요 진폭비	370
그림 3-3-58. BBDB형 부소파제 투과율	371
그림 3-3-59. 고정식 BBDB형 소파제 투과율	371
그림 3-3-60. 부소파제의 구성	372
그림 3-3-61. 계류방식	374
그림 3-3-62. 임베드먼트앵커의 종류	376
그림 3-3-63. 특수앵커의 종류	376
그림 3-3-64. 현수선 곡선	377
그림 3-3-65. 수평이동량과 장력	378
그림 3-3-66. 다점계류 시스템의 장력	379
그림 3-3-67. 다점계류시스템의 변위와 수평장력	380
그림 3-3-68. 오일러 좌표변환계	381
그림 3-3-69. 자유 물체도표	385
그림 3-3-70. 계류시스템의 설계 순서도	394
그림 3-3-71. 정적 계류특성곡선	395
그림 3-3-72. 설계 대상 계류삭 형상	397
그림 3-3-73. 정적해석에 의한 계류삭 형상	400
그림 3-3-74. 결합가진 1의 수직 및 수평방향 시간 이력	402
그림 3-3-75. 결합가진 1에 대한 세 체인의 장력 이력곡선	404
그림 3-3-76. 결합가진 2의 수직 및 수평방향 시간 이력	405
그림 3-3-77. 결합가진 2에 대한 세 체인의 장력 이력곡선	406
그림 3-3-78. 결합가진 3의 수직 및 수평방향 시간 이력	407
그림 3-3-79. 결합가진 3에 대한 세 체인의 장력 이력곡선	408
그림 3-3-80. 웨이트가 부착된 계류시스템의 단면도	409
그림 3-3-81. CASE 2의 앵커링 지점에서의 수평장력변화	410
그림 3-3-82. 금오열도 주변 해역	414
그림 3-3-83. 고려되는 신형 부소파제 3차원 형상	415

그림 3-3-84. 신형 부채 모델의 확대된 모습	416
그림 3-3-85. 신형 모델의 도면	416
그림 3-3-86. 신형 부소파제 모형 제작 장면	418
그림 3-3-87. 해양공학수조 도면	419
그림 3-3-88. 해양공학수조 전경	419
그림 3-3-89. 수리모형 실험 구성도	421
그림 4-1-1. 감성돔 부위별 측정	433
그림 4-1-2. 이리도바이러스 유전자의 PCR 증폭을 위하여 사용한 primer 배열	436
그림 4-1-3. 노다바이러스 유전자의 RT-PCR 증폭에 사용한 primer 배열	437
그림 4-1-4. 각 지역 감성돔 치어들의 Acs 1 유전자좌에서 대립유전자 분포	440
그림 4-1-5. 각 지역 감성돔 치어들의 Acs 3 유전자좌에서 대립유전자 분포	441
그림 4-1-6. 각 지역 감성돔 치어들의 Acs 4 유전자좌에서 대립유전자 분포	443
그림 4-1-7. 각 지역 감성돔 치어들의 Acs 6 유전자좌에서 대립유전자 분포	444
그림 4-1-8. 각 지역 감성돔 치어들의 Acs 9 유전자좌에서 대립유전자 분포	445
그림 4-1-9. 각 지역 감성돔 치어들의 평균대립유전자 수(A) 평균 이형접합률(B)	447
그림 4-1-10. Nei's (1972) Ds 거리를 근거로 하여 감성돔 치어 4개 지역간의 유전적 유연관계를 보여주는 UPGMA dendrogram	449
그림 4-1-11. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 Acs 1 유전자좌에서 대립유전자 분포	451
그림 4-1-12. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 Acs 3 유전자좌에서 대립유전자 분포	452
그림 4-1-13. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 Acs 4 유전자좌에서 대립유전자 분포	453
그림 4-1-14. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 Acs 6 유전자좌에서 대립유전자 분포	454
그림 4-1-15. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 Acs 9 유전자좌에서 대립유전자 분포	455
그림 4-1-16. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 평균대립유전자수(A) 평균이형접합률(B)	456
그림 4-1-17. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체장(SL)의 관계	462
그림 4-1-18. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 항문장(PaL)의 관계	462
그림 4-1-19. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 두장(HD)의 관계	463
그림 4-1-20. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체고(BD)의 관계	463
그림 4-1-21. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체중(BW)의 관계	464
그림 4-1-22. 실험구별 감성돔 치어의 두장(HD)과 안경(ED)의 관계	464
그림 4-1-23. 감성돔 치어의 두개골	467
그림 4-1-24. 감성돔 치어의 견대부 골격	468
그림 4-1-25. 감성돔 치어의 척추골	469

그림 4-1-26. 감성돔 치어의 미골부	469
그림 4-1-27. 기형인 감성돔 척추골의 형태(A형)	470
그림 4-1-28. 기형인 감성돔 척추골의 형태(B형)	470
그림 4-1-29. 시험구별 감성돔 치어 간의 RNA/DNA 비	473
그림 4-1-30. 시험구별 감성돔 치어 근육의 RNA/DNA 비	474
그림 4-1-31. 시험구별 감성돔 치어 간의 ACPase 비활성	474
그림 4-1-32. 시험구별 감성돔 치어 근육의 ACPase 비활성	475
그림 4-1-33. 시험구별 감성돔 치어 간의 triglyceride 함량	477
그림 4-1-34. 시험구별 감성돔 치어 근육의 triglyceride 함량	477
그림 4-1-35. 시험구별 감성돔 치어 간의 free fatty acid 함량	477
그림 4-1-36. 시험구별 감성돔 치어 근육의 free fatty acid 함량	478
그림 4-1-37. 감성돔 치어의 혈청 내 알부민 농도	479
그림 4-1-38. 감성돔 치어의 혈청 내 alkaline phosphatase 농도	480
그림 4-1-39. 감성돔 치어의 혈청 내 요소질소의 농도	480
그림 4-1-40. 감성돔 치어의 혈청 내 GGT 농도	481
그림 4-1-41. 감성돔 치어의 혈청 내 글루코스의 농도	482
그림 4-1-42. 감성돔 치어의 혈청내 GOT의 농도	482
그림 4-1-43. 감성돔 치어의 혈청내 GPT의 농도	483
그림 4-1-44. 감성돔 치어의 혈청내 중성지방의 농도	484
그림 4-1-45. 감성돔 치어의 혈청내 총단백질의 농도	484
그림 4-1-46. 감성돔 치어의 혈청내 요산의 농도	485
그림 4-1-47. 수온과 조도에 따른 감성돔 종묘의 산소소비율 변화	486
그림 4-1-48. 수온과 조도에 따른 감성돔 종묘의 먹이섭취율 변화	487
그림 4-1-49. 이리도바이러스에 대한 PCR 산물의 전기영동 결과	494
그림 4-1-50. 노다바이러스에 대한 RT-PCR 산물의 전기영동 결과	494
그림 4-1-51. 감성돔 치어의 성장	498
그림 4-1-52. 소형수조와 대형수조에서 황점볼락 자치어의 성장	501
그림 4-1-53. 소형수조와 대형수조에서 황점볼락 자치어의 생존율	502
그림 4-1-54. 대량 종묘생산에서 황점볼락 자치어의 성장과 생존	503
그림 4-2-1. 감성돔 중간육성의 성장도	508
그림 4-2-2. 점등 및 비점등구의 월별 동물플랑크톤 조성비	510
그림 4-2-3. 야간점등구와 비점등구의 감성돔 성장 비교	516
그림 4-2-4. 야간점등구에 중간육성 중인 감성돔의 위 무게 변화	519
그림 4-2-5. 야간점등구에 중간육성 중인 감성돔의 위 내용물 무게 변화	520
그림 4-3-1. 구형파의 모양	522
그림 4-3-2. 수중음 방성 방법	523
그림 4-3-3. 동작 시퀀스(타임 차트)	523
그림 4-4-1. 감성돔 방류해역 및 조사정점	527

그림 4-4-2.	채집해역의 이각망 사진	527
그림 4-4-3.	아가미 절단법에 의해 표지 방류된 감성돔	529
그림 4-4-4.	감성돔에 있어 측정 비늘의 6 부위	529
그림 4-4-5.	감성돔 비늘의 측정	530
그림 4-4-6.	감성돔의 측정 부위	531
그림 4-4-7.	감성돔 방류해역 및 조사정점	531
그림 4-4-8.	감성돔 비늘의 부위별 비늘의 형태	532
그림 4-4-9.	감성돔의 비늘에 있어 완성골과 미성골의 비율	534
그림 4-4-10.	비늘의 중심점과 중심관의 형성 비율	534
그림 4-4-11.	비늘의 폭에 대한 중심관의 크기 비	535
그림 4-4-12.	감성돔 비늘의 높이/폭 비(D 부위)	536
그림 4-4-13.	자연산 감성돔 비늘의 특징	537
그림 4-4-14.	양식산 감성돔 비늘의 특징	538
그림 4-4-15.	방류 감성돔 비늘 사진	539
그림 4-4-16.	체장에 대한 어체중과의 상관관계	541
그림 4-4-17.	체중에 대한 체고의 상관관계	541
그림 4-4-18.	체장에 대한 항문장의 상관관계	542
그림 4-4-19.	체장에 대한 등지느러미의 상관관계	542
그림 4-4-20.	체장에 대한 배지느러미의 상관관계	543
그림 4-4-21.	체장에 대한 가슴지느러미의 상관관계	543
그림 4-4-22.	체장에 대한 뒷지느러미의 상관관계	544
그림 4-4-23.	체장에 대한 꼬리지느러미의 상관관계	544
그림 4-4-24.	체장에 대한 두장의 상관관계	545
그림 4-4-25.	체장에 대한 미병고의 상관관계	545
그림 4-4-26.	체장에 대한 미병장의 길이 비	546
그림 4-4-27.	두장에 대한 눈의 상관관계	546
그림 4-4-28.	두장에 대한 주둥이 폭과의 상관관계	547
그림 4-4-29.	감성돔 자연산 및 방류어의 월별 출현 비율	548
그림 4-4-30.	감성돔 치어 및 성어의 월별 출현 동향	550
그림 4-4-31.	조사기간 동안의 해수 수온의 변화	553
그림 4-4-32.	감성돔의 체성장의 변화	554
그림 4-4-33.	조사 정점별 장내 먹이의 출현 비율	554
그림 4-4-34.	방류 및 양식산 감성돔 전 어체의 지방 함량의 변화	555
그림 4-4-35.	방류 및 양식산 감성돔 전 어체의 단백질 함량의 변화	555
그림 4-5-1.	산소 소비량 측정 시설	559
그림 4-5-2.	어류통과식별장치의 배치	563
그림 4-5-3.	실험용 구조물에 대한 감성돔 치어의 행동	571
그림 4-5-4.	실험용 구조물에 대한 황점볼락 치어의 행동	573

그림 4-5-5.	감성돔의 나이에 따른 서식 수층 및 자연 암반과의 관계	574
그림 4-5-6.	2003년 전남 바다목장 어초 시설지	575
그림 4-5-7.	돔형 복합 강제어초 모형	577
그림 4-5-8.	사다리꼴 복합 강제어초 모형	577
그림 4-5-9.	실험해역의 수심 분포	578
그림 4-5-10.	시험어 4미의 이동범위	579
그림 4-5-11.	시험어의 존재유무를 탐색한 위치	580
그림 4-5-12.	수온과 용존산소의 연직분포	581
그림 4-6-1.	인공 종묘생산과정 및 현장이식	585
그림 4-6-2.	소리도 남부 소룡단의 해중림 해조류	588
그림 4-6-3.	감태종묘의 배양, 이식 및 효과조사	589
그림 4-6-4.	안도연안의 강제어초에 이식한 해중림 해조류의 생장	590
그림 4-7-1.	여수 해역의 채집 정점 모식도	593
그림 4-7-2.	전남 바다목장해역에서 잠수조사위치와 음향조사선	595
그림 4-7-3.	계측시스템의 구성	595
그림 4-7-4.	전남 바다목장 해역내의 잠수 조사 정점	597
그림 4-7-5.	금오도 연안 해역의 이각망에 의해 채집한 어류의 조사정점	598
그림 4-7-6.	이각망어구의 모식도	599
그림 4-7-7.	여수에서 통발로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화	601
그림 4-7-8.	여수에서 자망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화	603
그림 4-7-9.	전남 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 5월 어군분포도	610
그림 4-7-10.	전남 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 9월 어군분포도	610
그림 4-7-11.	전남 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 2월 어군분포도	611
그림 4-7-12.	2월에 잠수정점에 있어서의 어군의 분포	612
그림 4-7-13.	금오도 연안 해역의 수온과 염분의 월별 변동	632
그림 4-7-14.	금오도에 분포하고 있는 이각망 현황	633
그림 4-7-15.	금오도 연안 각망 위치별 어업허가건수	636
그림 4-7-16.	금오도 연안 해역에서 이각망에 채집된 월별 어류의 개체수와 생체량	638
그림 4-7-17.	금오도 연안의 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성 1	642
그림 4-7-18.	금오도 연안의 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성 2	643
그림 4-7-19.	금오도 연안의 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성 3	644
그림 4-7-20.	방류 감성돔의 RAPD 특성 I	646
그림 4-7-21.	방류 감성돔의 RAPD 특성 II	646
그림 5-2-1.	어류별 산지가격	687
그림 5-2-2.	외출낚시어업의 어종별 어획비율	690
그림 5-3-1.	연령별 방문자 현황	694
그림 5-3-2.	월평균소득별 방문자 현황	695
그림 5-3-3.	주로 출조하는 지역	695

그림 5-3-4.	출조장소	696
그림 5-3-5.	시간투자	697
그림 5-3-6.	금액투자	697
그림 5-3-7.	어획량에 따른 해역 방문	699
그림 5-3-8.	여수지역 여행의 주목적	700
그림 5-3-9.	여수지역 숙박여행시 숙박장소	701
그림 5-3-10.	교통수단별 방문자 현황	702
그림 5-3-11.	직업별 방문자 현황	703
그림 5-3-12.	월평균 소득별 방문자 현황	704
그림 5-3-13.	지역별 방문자 현황	704
그림 5-4-1.	전남다도해형 바다목장의 보호수면 지정도	708
그림 5-5-1.	군내 활어위판장의 입지	717
그림 5-5-2.	여수관내 활어 소매점의 유형별 활선어 취급 추이	720
그림 5-5-3.	활어의 구입경로	720
그림 5-5-4.	선어의 구입경로	721
그림 5-5-5.	구매방법의 선택이유	722
그림 5-5-6.	활어구매시의 가격결정 방법	722
그림 5-5-7.	여수관내 횃거리 전문 판매장의 이용 의사	723
그림 5-5-8.	여수관내 횃거리 전문 판매장이 갖추어야 할 점(복수응답)	724
그림 5-5-9.	여수바다목장 어획물의 브랜드화 판매시의 구매의사	725
그림 5-5-10.	여수바다목장 브랜드 활선어의 차별화 가능성(품질과 가격)	725
그림 5-5-11.	공급계약 체결시의 수락여부	726
그림 5-5-12.	자연산, 양식산, 목장산등 3종의 어류 품질 예상 평가	727
그림 5-6-1.	전남다도해형 바다목장 수역범위	729

List of Figures

Fig. 2-1-1. Marine ranching area map	6
Fig. 2-1-2. Survey area map surrounding Sorido	7
Fig. 2-1-3. Maps showing sampling stations	9
Fig. 2-1-4. Trimble DGPS antenna	11
Fig. 2-1-5. Computer for DGPS and navigation control	12
Fig. 2-1-6. A sample record of single beam echo sounder	13
Fig. 2-1-7. Bathymetry survey tracks in Sorido area	13
Fig. 2-1-8. Schematic illustration of multi-beam echo sounder	14
Fig. 2-1-9. Multi-beam echo sounder transducer mounted on the side of the survey vessel	16
Fig. 2-1-10. Multi-beam echo sounder operation in survey vessel	16
Fig. 2-1-11. Schematic illustration of side scan sonar survey	17
Fig. 2-1-12. Side scan sonar tow fish and signal cable winch	18
Fig. 2-1-13. Side scan sonar recording system and monitor	18
Fig. 2-1-14. Side scan sonar Survey tracks in Sorido area	19
Fig. 2-1-15. Rocks in side scan sonar image	20
Fig. 2-1-16. A photograph of sediment grab sampling	20
Fig. 2-1-17. A photograph of sediment gravity core sampling	21
Fig. 2-1-18. Location map of sediment sampling	21
Fig. 2-1-19. Sampling points of the study area	23
Fig. 2-1-20. The temporal variations of COD at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea	31
Fig. 2-1-21. The temporal variations of TN at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea	32
Fig. 2-1-22. The temporal variations of TP at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea	33
Fig. 2-1-23. The temporal variations of TIL and COD concentrations at surface sediments in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea	36
Fig. 2-1-24. The temporal variations of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea	37
Fig. 2-1-25. A sample nautical chart	39
Fig. 2-1-26. Location map of echo sounding data obtained by SSFI	39
Fig. 2-1-27. Contour map of marine ranching area	40
Fig. 2-1-28. Shade relief map of marine ranching area	41
Fig. 2-1-29. 3D map of marine ranching area (south view)	42

Fig. 2-1-30. 3D map of marine ranching area (south west view)	43
Fig. 2-1-31. 3D map of marine ranching area (north west view)	44
Fig. 2-1-32. Multi-beam echo sounder data processing program, RTS2000	45
Fig. 2-1-33. Multi-beam echo sounder data processing program, GRID2000	46
Fig. 2-1-34. Side scan sonar data processing program, Viewer	47
Fig. 2-1-35. Side scan sonar data processing program, Fix/Copy	47
Fig. 2-1-36. Contour map of Gumongam area	50
Fig. 2-1-37. Shade relief map of Gumongam area	51
Fig. 2-1-38. 3D topography of Gumongam area viewing from south	52
Fig. 2-1-39. 3D topography of Gumongam area viewing from south west	53
Fig. 2-1-40. 3D topography of Gumongam area viewing from north west	54
Fig. 2-1-41. 3D topography map using existed data in Gumongam area	55
Fig. 2-1-42. Contour map made from multi-beam echo sounder survey and contour map using existed data	56
Fig. 2-1-43. Side scan sonar survey tracks in Gumongam area and remarkable image locations	57
Fig. 2-1-44. Side scan sonar image of area-1 (see Fig. 2-1-36)	58
Fig. 2-1-45. Side scan sonar image of area-2 (see Fig. 2-1-36)	59
Fig. 2-1-46. Side scan sonar image of area-5 (see Fig. 2-1-36)	60
Fig. 2-1-47. Side scan sonar image of area-4 (see Fig. 2-1-36)	67
Fig. 2-1-48. Side scan sonar image of area-7 (see Fig. 2-1-36)	68
Fig. 2-1-49. Side scan sonar image in area-3, 6 and 8 showing artificial reef (see Fig. 2-1-36)	69
Fig. 2-1-50. Contour map of topography between Geumodo and Sobudo	70
Fig. 2-1-51. 3D topography of Geumodo-Sobudo area viewing from south south west	71
Fig. 2-1-52. 3D topography of Geumodo-Sobudo area viewing from south west	72
Fig. 2-1-53. Bathymetry contour map of southern area of Sorido	73
Fig. 2-1-54. 3-D seabed topography of Southern area of Sorido (SSE View)	74
Fig. 2-1-55. 3-D seabed topography of Southern area of Sorido (SW View)	74
Fig. 2-1-56. 3-D seabed topography of Southern area of Sorido (SE View)	75
Fig. 2-1-57. Side-scan survey tracks in the Sorido area	75
Fig. 2-1-58. A side scan image of location A	76
Fig. 2-1-59. A side scan image of location B	77
Fig. 2-1-60. A side scan image of location C	78
Fig. 2-1-61. A side scan image of location D	79
Fig. 2-1-62. A side scan image of location E	80
Fig. 2-1-63. A side scan image of location F	81

Fig. 2-1-64. A side scan image of location G	82
Fig. 2-1-65. A side scan image of location H	82
Fig. 2-1-66. A side scan image of location I	83
Fig. 2-1-67. A side scan image of location J	83
Fig. 2-1-68. A side scan image of location K	84
Fig. 2-1-69. A side scan image of location L	84
Fig. 2-1-70. Sediment facies of the surface sediment	86
Fig. 2-1-71. Result of grain-size analysis	87
Fig. 2-1-72. Spatial distribution of organic carbon of the surface sediment	89
Fig. 2-1-73. Spatial variation of calcium carbonate	90
Fig. 2-1-74. Total organic carbon (TOC) vs. total nitrogen	92
Fig. 2-1-75. H ₂ S content of the surface sediment	94
Fig. 2-1-76. Vertical variation of Mz, St.De, Skewness, Kurtosis, TOC, CaCO ₃ , and C/N ratio of the organic matters on the GC1	95
Fig. 2-1-77. Vertical variation of Mz, St.De, Skewness, Kurtosis, TOC, CaCO ₃ , and C/N ratio of the organic matters on the GC2	96
Fig. 2-2-1. Maps showing sampling stations for plankton communities	100
Fig. 2-2-2. Maps showing sampling stations of macrobenthos	102
Fig. 2-2-3. Map showing the study areas in coastal waters of Geumodo, Yosu	108
Fig. 2-2-4. Location of sampling sites for the investigation of subtidal macroalgal community in the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area	111
Fig. 2-2-5. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the summer, August 2003	112
Fig. 2-2-6. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the autumn, November 2003	117
Fig. 2-2-7. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the winter, January 2004	123
Fig. 2-2-8. Standing crops of phytoplankton in marine ranching area in the summer, August 2003	127
Fig. 2-2-9. Standing crops of flagellates in marine ranching area in the summer, August 2003	128
Fig. 2-2-10. Standing crops of phytoplankton in marine ranching area in the autumn, November 2003	129
Fig. 2-2-11. Standing crops of flagellates in marine ranching area in the autumn, November 2003	129
Fig. 2-2-12. Standing crops of phytoplankton in marine ranching area in the winter, January 2004	130
Fig. 2-2-13. Standing crops of flagellates in marine ranching area in the	

winter, January 2004	130
Fig. 2-2-14. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003	131
Fig. 2-2-15. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the summer, August 2003	132
Fig. 2-2-16. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003	133
Fig. 2-2-17. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the autumn, November 2003 ..	134
Fig. 2-2-18. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004	134
Fig. 2-2-19. Relative abundances of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the winter, January 2004	135
Fig. 2-2-20. Diversity index of phytoplankton community in marine ranching area in the summer, August 2003	136
Fig. 2-2-21. Diversity index of phytoplankton community in marine ranching area in the autumn, November 2003	136
Fig. 2-2-22. Diversity index of phytoplankton community in marine ranching area in the winter, January 2004	137
Fig. 2-2-23. Temporal variation of phytoplankton species number in marine ranching area	138
Fig. 2-2-24. Temporal variation of phytoplankton species diversity in marine ranching area	138
Fig. 2-2-25. Seasonal variation of phytoplankton standing crops in marine ranching area in 2003/2004	139
Fig. 2-2-26. Temporal variation of phytoplankton standing crops in marine ranching area	141
Fig. 2-2-27. Seasonal variations of chlorophyll a in marine ranching area	142
Fig. 2-2-28. Horizontal distributions of chlorophyll a at each depth in summer	143
Fig. 2-2-29. Horizontal distributions of chlorophyll a at each depth in autumn	144
Fig. 2-2-30. Horizontal distributions of chlorophyll a at each depth in winter	145
Fig. 2-2-31. Horizontal distributions of chlorophyll a at each depth in spring	146
Fig. 2-2-32. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the summer, August 2003	147
Fig. 2-2-33. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the autumn, November 2003	150
Fig. 2-2-34. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the winter, January 2004	153

Fig. 2-2-35. Abundances of ciliate plankton in marine ranching area in the summer, August 2003	155
Fig. 2-2-36. Abundances of ciliate plankton in marine ranching area in the autumn, November 2003	155
Fig. 2-2-37. Abundances of ciliate plankton in marine ranching area in the winter, January 2004	156
Fig. 2-2-38. Temporal variation of ciliate plankton species number in marine ranching area	157
Fig. 2-2-39. Temporal variation of ciliate plankton abundances in marine ranching area	158
Fig. 2-2-40. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in summer	159
Fig. 2-2-41. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in autumn	159
Fig. 2-2-42. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in winter	160
Fig. 2-2-43. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in summer	165
Fig. 2-2-44. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in autumn	165
Fig. 2-2-45. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in winter	166
Fig. 2-2-46. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in summer	166
Fig. 2-2-47. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in autumn	167
Fig. 2-2-48. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in winter	167
Fig. 2-2-49. Mean abundance of the macrobenthos in each survey	190
Fig. 2-2-50. Mean biomass of the macrobenthos in each survey	190
Fig. 2-2-51. Mean species number of the macrobenthos in each survey	191
Fig. 2-2-52. Mean species diversity of the macrobenthos in each survey	191
Fig. 2-2-53. Spatial distribution of the benthic community stations and its correspondence with environmental factors	197
Fig. 2-2-54. 3 groups of macrobenthic communities resulted by cluster analysis	198
Fig. 2-2-55. SEP index of each season	201
Fig. 2-2-56. Secondary production of macrofaunal communities of the study area	202
Fig. 2-2-57. Annual macrobenthic production levels in each station	203

Fig. 2-2-58. Spatial distribution of the high productive macrobenthos	205
Fig. 2-2-59. Comparison of the macrobenthic production between the first and second year of the survey	206
Fig. 2-2-60. Comparisons of average breadth in feeding niche among species	215
Fig. 2-2-61. Size distribution of total length dominant species	217
Fig. 2-2-62. Result of PCA performed on matrix of fishes-habitats of prey species	220
Fig. 2-2-63. Result of the analysis on the feeding ground of fishes	222
Fig. 2-2-64. Result of MDS performed on the concentrating pattern of trophic links	225
Fig. 2-2-65. Monthly diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu	231
Fig. 2-2-66. Monthly similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu	232
Fig. 2-2-67. Stations diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu	232
Fig. 2-2-68. Stations similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu	233
Fig. 2-2-69. Monthly diversity, evenness and dominance in coastal waters of around Geumodo, Yeosu	239
Fig. 2-2-70. Monthly similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu	239
Fig. 2-2-71. Stations diversity, evenness and dominance in coastal waters of around Geumodo, Yeosu	240
Fig. 2-2-72. Stations similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu	241
Fig. 2-2-73. Abundance of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea	246
Fig. 2-2-74. Vertical variations in the bottom cover and diversity of seaweed species in the 4 sites. Data were in August 2003	247
Fig. 2-2-75. Vertical variations in the bottom cover and diversity of seaweed species in the 4 sites. Data were in November 2003	248
Fig. 2-2-76. Vertical variations in the bottom cover of dominant seaweed species in the 4 sites. Data were in August 2003	250
Fig. 2-2-77. Vertical variations in the bottom cover of dominant seaweed species in the 4 sites. Data were in November 2003	251
Fig. 2-2-78. Cluster analysis and nMDS ordinations of the 4 sites based on Bray-Curtis similarities among sites	252
Fig. 3-1-1. Location of sampling sites for the investigation of the subtidal macroalgal community in the marine ranching area	259
Fig. 3-1-2. Vertical variations in abundance and diversity of seaweed species in the subtidal community of the Jeonnam Archipelago Marine	

	Ranching area, South Sea, Korea	270
Fig. 3-1-3.	No. of species, abundance and vertical extent of seaweed species in the 30 sites along the coast of Jeonnam Archipelago Marine Ranching area	271
Fig. 3-1-4	Cluster analysis and nMDS ordinations of the 30 sites based on Bray-Curtis similarities among sites	272
Fig. 3-1-5.	Seasonal changes in frond length and weight of four large brown algae	274
Fig. 3-1-6.	Spatial variation in abiotic factors surrounding the 30 sites	278
Fig. 3-1-7.	Principal components analysis on the number of species, abundance and vertical extent of the 30 sites	280
Fig. 3-1-8.	Principal components analysis on the distribution of some large brown algae	281
Fig. 3-1-9.	Spore settlement rate of <i>Ecklonia stolonifera</i> under a temperature array ·	284
Fig. 3-1-10.	Number of cells of <i>Ecklonia stolonifera</i> female gametophytes under a temperature array	285
Fig. 3-1-11.	Spore settlement rate under a light array	286
Fig. 3-1-12.	Number of cells of <i>Ecklonia stolonifera</i> gametophytes under a light array	287
Fig. 3-2-1.	Map showing the sampling sites of artificial reefs at marine ranching area in Yeosu	289
Fig. 3-2-2.	Steel reef investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder	290
Fig. 3-2-3.	Overbridge reefs investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder	293
Fig. 3-2-4.	Semispherical reefs investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder	296
Fig. 3-2-5.	Square reefs Investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder	299
Fig. 3-3-1.	Schematic configuration of floating breakwater	317
Fig. 3-3-2.	Applications of floating breaker	318
Fig. 3-3-3.	Comparison of construction cost between a fixed breaker and float breaker with water depth	319
Fig. 3-3-4.	Design condition for float breaker	326
Fig. 3-3-5.	Design procedure for float breaker	327
Fig. 3-3-6.	Design concept for float breaker	328
Fig. 3-3-7.	Plain arrangement for float breaker	329
Fig. 3-3-8.	Arrangement of mooring line for float breaker	329

Fig. 3-3-9. Section type of floater	330
Fig. 3-3-10. New model concept for float breaker	331
Fig. 3-3-11. Employment concept for movable float breaker	332
Fig. 3-3-12. Definition sketch	334
Fig. 3-3-13. Panel representation of a quarter of the wetted surface of the floating breakwater	337
Fig. 3-3-14. Amplitude of horizontal displacement of mooring point, Period 10 sec. Waveheight=10m	340
Fig. 3-3-15. Amplitude of vertical displacement of mooring point, Period 10 sec. waveheight=10m	340
Fig. 3-3-16. Amplitude of horizontal displacement of mooring point, Period 5 sec. Waveheight=1m	341
Fig. 3-3-17. Amplitude of vertical displacement of mooring point, Period 5 sec. Waveheight=1m	341
Fig. 3-3-18. Definition sketch for two-dimensional analysis	342
Fig. 3-3-19. Farfield wave amplitude ratios of floating BW1	346
Fig. 3-3-20. Farfield wave amplitude ratios of floating BW2	346
Fig. 3-3-21. Farfield wave amplitude ratios of floating BW3	347
Fig. 3-3-22. Farfield wave amplitude ratios of floating BW4	347
Fig. 3-3-23. Farfield wave amplitude ratios of floating BW5	348
Fig. 3-3-24. Farfield wave amplitude ratios of floating BW6	348
Fig. 3-3-25. Farfield wave amplitude ratios of floating BW7	349
Fig. 3-3-26. Farfield wave amplitude ratios of floating BW8	349
Fig. 3-3-27. Farfield wave amplitude ratios of floating BW9	350
Fig. 3-3-28. Farfield wave amplitude ratios of floating BW10	350
Fig. 3-3-29. Farfield wave amplitude ratios of floating BW11	351
Fig. 3-3-30. Farfield wave amplitude ratios of floating BW12	351
Fig. 3-3-31. Farfield wave amplitude ratios of floating BW13	352
Fig. 3-3-32. Farfield wave amplitude ratios of floating BW14	352
Fig. 3-3-33. Farfield wave amplitude ratios of floating BW15	353
Fig. 3-3-34. Farfield wave amplitude ratios of floating BW16	353
Fig. 3-3-35. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW1	354
Fig. 3-3-36. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW2	354
Fig. 3-3-37. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW3	355
Fig. 3-3-38. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW4	355
Fig. 3-3-39. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW5	356
Fig. 3-3-40. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW6	356
Fig. 3-3-41. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW7	357

Fig. 3-3-42. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW8	357
Fig. 3-3-43. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW9	358
Fig. 3-3-44. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW10	358
Fig. 3-3-45. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW11	359
Fig. 3-3-46. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW12	359
Fig. 3-3-47. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW13	360
Fig. 3-3-48. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW14	360
Fig. 3-3-49. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW15	361
Fig. 3-3-50. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW16	361
Fig. 3-3-51. Horizontal displacement of BW6's mooring point	363
Fig. 3-3-52. Vertical displacement of BW6's mooring point	363
Fig. 3-3-53. Definition sketch of a BBDB-type breakwater	365
Fig. 3-3-54. Reflection and transmission coefficients of caisson-type breakwater	369
Fig. 3-3-55. Sway amplitude ratio of BBDB-type breakwater	369
Fig. 3-3-56. Heave amplitude ratio of BBDB-type breakwater	370
Fig. 3-3-57. Roll amplitude ratio of BBDB-type breakwater	370
Fig. 3-3-58. Transmission coefficient of floating BBDB-type breakwater	371
Fig. 3-3-59. Transmission coefficient for fixed BBDB breakwater	371
Fig. 3-3-60. Organization of floating breakwater mooring system	372
Fig. 3-3-61. Types of mooring system	374
Fig. 3-3-62. Embedment anchor types	376
Fig. 3-3-63. Special anchor types	376
Fig. 3-3-64. Catenary curve	377
Fig. 3-3-65. Horizontal movement distance and tension	378
Fig. 3-3-66. Tension of multi mooring system	379
Fig. 3-3-67. Displacement and horizontal tension of multi mooring system	380
Fig. 3-3-68. Coordinate systems and Euler rotation sequence	381
Fig. 3-3-69. Free body diagram	385
Fig. 3-3-70. Design procedure for mooring system	394
Fig. 3-3-71. Static configuration of mooring line	395
Fig. 3-3-72. Configuration of design objected mooring line	397
Fig. 3-3-73. Chain configuration by static analysis	400
Fig. 3-3-74. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 1	402
Fig. 3-3-75. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 1	404
Fig. 3-3-76. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 2	405

Fig. 3-3-77. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 2	406
Fig. 3-3-78. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 3	407
Fig. 3-3-79. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 3	408
Fig. 3-3-80. Configuration of mooring system with weight	409
Fig. 3-3-81. Horizontal tension variation at anchoring point	410
Fig. 3-3-82. Sea area near Geumo Yeoldo	414
Fig. 3-3-83. Model of new designed floating breakwater in 3-D	415
Fig. 3-3-84. Magnified configuration of new designed model	416
Fig. 3-3-85. Drawing of new designed model	416
Fig. 3-3-86. Construction of new designed floating breakwater mode	418
Fig. 3-3-87. Drawing of ocean engineering basin	419
Fig. 3-3-88. Ocean engineering basin	419
Fig. 3-3-89. Experiment scheme	421
Fig. 4-1-1. Diagram showing the black sea bream, <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	433
Fig. 4-1-2. Primer sequences used for PCR amplification of iridovirus gene	436
Fig. 4-1-3. Primer sequences used for RT-PCR amplification of nodavirus gene	437
Fig. 4-1-4. Allele distributions at the Acs 1 locus in each location of juvenile black sea bream	440
Fig. 4-1-5. Allele distributions at the Acs 3 locus in each location of juvenile black sea bream	441
Fig. 4-1-6. Allele distributions at the Acs 4 locus in each location of juvenile black sea bream	443
Fig. 4-1-7. Allele distributions at the Acs 6 locus in each location of juvenile black sea bream	444
Fig. 4-1-8. Allele distributions at the Acs 9 locus in each location of juvenile black sea bream	445
Fig. 4-1-9. Average number of alleles (A) and average heterozygosity (B) in each location of juvenile black sea bream	447
Fig. 4-1-10. UPGMA dendrogram showing the genetic relationships among four locations of juvenile black sea bream, based on Nei's (1972) Ds distances calculated using five microsatellite loci	449
Fig. 4-1-11. Allele distributions at the Acs 1 locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	451
Fig. 4-1-12. Allele distributions at the Acs 3 locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	452

Fig. 4-1-13. Allele distributions at the Acs 4 locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	453
Fig. 4-1-14. Allele distributions at the Acs 6 locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	454
Fig. 4-1-15. Allele distributions at the Acs 9 locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	455
Fig. 4-1-16. Average number of alleles (A) and average heterozygosity (B) in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream	456
Fig. 4-1-17. Relationship between standard length (SL) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group	462
Fig. 4-1-18. Relationship between preanus length (PaL) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group	462
Fig. 4-1-19. Relationship between head length (HD) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group	463
Fig. 4-1-20. Relationship between body depth (BD) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group	463
Fig. 4-1-21. Relationship between body weight (BW) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group	464
Fig. 4-1-22. Relationship between eye diameter (ED) and head length (HD) of black sea bream in each experiment group	464
Fig. 4-1-23. Features in cranium of black sea bream	467
Fig. 4-1-24. Shoulder girdle of black sea bream	468
Fig. 4-1-25. Lateral view of vertebrae of black sea bream	469
Fig. 4-1-26. Lateral view of caudal fin skeleton of black sea bream	469
Fig. 4-1-27. Malformation of vertebrae in black sea bream (A type)	470
Fig. 4-1-28. Malformation of vertebrae in black sea bream (B type)	470
Fig. 4-1-29. Changes of RNA/DNA ratio in liver of black sea bream in each experiment group	473
Fig. 4-1-30. Changes of RNA/DNA ratio in muscle of black sea bream in each experiment group	474
Fig. 4-1-31. Changes of ACPase specific activity in liver of black sea bream in each experiment group	474
Fig. 4-1-32. Changes of ACPase specific activity in muscle of black sea bream in each experiment group	475
Fig. 4-1-33. Changes of triglyceride in liver of black sea bream in each experiment group	477
Fig. 4-1-34. Changes of triglyceride in muscle of black sea bream in each experiment group	477

Fig. 4-1-35. Changes of free fatty acid of in liver black sea bream in each experiment group	477
Fig. 4-1-36. Changes of free fatty acid in muscle of black sea bream in each experiment group	478
Fig. 4-1-37. Values of albumin in serum of black sea bream in each experiment group	479
Fig. 4-1-38. Values of ALP in serum of black sea bream in each experiment group ..	480
Fig. 4-1-39. Values of BUN in serum of black sea bream in each experiment group ..	480
Fig. 4-1-40. Values of GGT in serum of black sea bream in each experiment group ..	481
Fig. 4-1-41. Values of GLU in serum of black sea bream in each experiment group ..	482
Fig. 4-1-42. Values of GOT in serum of black sea bream in each experiment group ..	482
Fig. 4-1-43. Values of GPT in serum of black sea bream in each experiment group ..	483
Fig. 4-1-44. Values of TG in serum of black sea bream in each experiment group ..	484
Fig. 4-1-45. Values of TP in serum of black sea bream in each experiment group ..	484
Fig. 4-1-46. Values of UA in serum of black sea bream in each experiment group ..	485
Fig. 4-1-47. Changes of Oxygen consumption rates in black sea bream with temperature and intensity of illumination	486
Fig. 4-1-48. Changes of food rates in black sea bream with temperature and intensity of illumination	487
Fig. 4-1-49. Agarose gel electrophoresis of PCR products from genomes of iridovirus	494
Fig. 4-1-50. Agarose gel electrophoresis of RT-PCR products from genomes of nodavirus	494
Fig. 4-1-51. Growth in total length of black sea bream	498
Fig. 4-1-52. Growth in total length of <i>Sebastes oblongus</i> larvae reared under small scale and large scale tank	501
Fig. 4-1-53. Survival rate of <i>Sebastes oblongus</i> larvae reared under small scale and large scale tank	502
Fig. 4-1-54. Total length and survival of <i>Sebastes oblongus</i> larvae during the mass seed production trial	503
Fig. 4-2-1. A rate of growth of <i>Acanthopagrus schlegeli</i> under nursing condition	508
Fig. 4-2-2. Comparison of zooplankton composition between illuminated and non-illuminated condition	510
Fig. 4-2-3. Comparison of growth of <i>Acanthopagrus schlegeli</i> between illuminated and non-illuminated condition during intermediate nursing	516
Fig. 4-2-4. Growth stomach of black sea bream (<i>Acanthopagrus schlegeli</i>) during intermediate nursing under illumination condition	519
Fig. 4-2-5. Weight of stomach content of black sea bream (<i>Acanthopagrus</i>	

<i>schlegeli</i>) during intermediate nursing under illumination condition	520
Fig. 4-3-1. Shape of a square wave	522
Fig. 4-3-2. Method of underwater sound projection for acoustic conditioning	523
Fig. 4-3-3. Time chart of motions for a automatic acoustic feeding system	523
Fig. 4-4-1. Location of releasing area of black sea bream seeds and sampling station	527
Fig. 4-4-2. Sampling cage in releasing area	527
Fig. 4-4-3. Cut operculum of black sea bream for the mark	529
Fig. 4-4-4. 6 section of scale on black sea bream	529
Fig. 4-4-5. Scale of black sea bream	530
Fig. 4-4-6. Parts of calculation on black sea bream	531
Fig. 4-4-7. Location of releasing area of black sea bream seeds and sampling site ..	531
Fig. 4-4-8. Scale shape by region on black sea bream	532
Fig. 4-4-9. The ratio of completed and incomplete grooved on scale of black seabream	534
Fig. 4-4-10. The ratio of focus and central plate on scale of black sea bream	534
Fig. 4-4-11. The relation of central plate by scale width on black sea bream	535
Fig. 4-4-12. The ratio of scale height by scale width on black sea bream	536
Fig. 4-4-13. Characteristic of scale on wild black sea bream	537
Fig. 4-4-14. Characteristic of scale on cultured black sea bream	538
Fig. 4-4-15. Characteristic of scale on released black sea bream	539
Fig. 4-4-16. The relation of body weight and body length	541
Fig. 4-4-17. The relation of body height and body length	541
Fig. 4-4-18. The relation of pectoral fin length and body length	542
Fig. 4-4-19. The relation of dorsal fin length and body length	542
Fig. 4-4-20. The relation of ventral fin length and body length	543
Fig. 4-4-21. The relation of pectoral fin length and body length	543
Fig. 4-4-22. The relation of anal fin length and body length	544
Fig. 4-4-23. The relation of caudal fin length and body length	544
Fig. 4-4-24. The relation of head length and body length	545
Fig. 4-4-25. The relation of caudal peduncle height and body length	545
Fig. 4-4-26. The relation of caudal peduncle length and body length	546
Fig. 4-4-27. The relation of eye length and Head length	546
Fig. 4-4-28. The relation of snout length and head length	547
Fig. 4-4-29. The occurrence rates of wild and released black sea bream	548
Fig. 4-4-30. The occurrence tendency on young and adult black sea bream during monthly	550
Fig. 4-4-31. Change in water temperature	553

Fig. 4-4-32. Growth of body weight and total length into released black sea bream	554
Fig. 4-4-33. Change in feeds in the intestine of released black sea bream	554
Fig. 4-4-34. Change in lipid level of black sea bream between released and culture fish.	555
Fig. 4-4-35. Change in protein level of black sea bream between released and culture fish	555
Fig. 4-5-1. Schematic diagrams of oxygen consumption measuring system in the laboratory	559
Fig. 4-5-2. Arrangement of the VR2 receivers used in from 1 to 30 April 2004	563
Fig. 4-5-3. The artificial object tested for behavior pattern of young black sea bream in aquarium	571
Fig. 4-5-4. Behavior pattern of young oblong rockfish <i>Sebastes oblongus</i> at the artificial object in aquarium	573
Fig. 4-5-5. Distribution pattern by the age of black sea bream <i>Acanthopagrus schlegeli</i> at coast of marine ranching area	574
Fig. 4-5-6. Site for the artificial reefs in marine ranching area	575
Fig. 4-5-7. Shape of Dome-type complex steel artificial reef	577
Fig. 4-5-8. Shape of Trapezoid-type complex steel artificial reef	577
Fig. 4-5-9. Distribution of the seabad depth in experimental area measured from October 2003 to February 2004	578
Fig. 4-5-10. Movement range of four test fishes measured in from 2 to 22 April 2004	579
Fig. 4-5-11. Locations for searching the test fish and for oceanographic observation points on 29 April 2004	580
Fig. 4-5-12. Vertical distribution of the water temperature and dissolved oxygen	581
Fig. 4-6-1. Procedure for the artificial seed production and transplantation of <i>Ecklonia cava</i>	585
Fig. 4-6-2. Natyral seaweed bed of Soryongdan in southern Sorido	588
Fig. 4-6-3. Culture and transplantation of <i>Ecklonia cava</i>	589
Fig. 4-6-4. growth of the transplanted seaweeds on the top of artificial reef	590
Fig. 4-7-1. Map showing the sampling area in the coastal Yeosu	593
Fig. 4-7-2. Survey line and investigated location by scuba diving at the marine ranching area in Yeosu	595
Fig. 4-7-3. Block diagram of the experiment system	595
Fig. 4-7-4. Map of study stations at the marine ranching area in Yeosu	597
Fig. 4-7-5. Map showing the sampling area by both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo	598
Fig. 4-7-6. Schematic diagram of both sides fyke net	599

Fig. 4-7-7. Changes of number and biomass of species caught by pots in the coastal of Yeosu	601
Fig. 4-7-8. Changes of number and biomass of species caught by gill nets in the coastal of Yeosu	603
Fig. 4-7-9. Horizontal distribution of the volume backscattering strength (SV) for survey on may at the marine ranching area in Yeosu	610
Fig. 4-7-10. Horizontal distribution of the volume backscattering strength (SV) for survey on september at the marine ranching area	610
Fig. 4-7-11. Horizontal distribution of the volume backscattering strength (SV) for survey on february at the marine ranching area	611
Fig. 4-7-12. Echogram of higher patches and vertical distribution for survey on february at the investigated location by scuba diving point	612
Fig. 4-7-13. Monthly fluctuation of mean water temperature and salinity of Geumodo coastal waters	632
Fig. 4-7-14. Distribution of both sides fyke net in Geumodo	633
Fig. 4-7-15. Fishery licence of both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo	636
Fig. 4-7-16. Monthly variation in number of individuals and biomass of the fish collected with a both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo	638
Fig. 4-7-17. Body length and weight frequency distribution of <i>Acanthopagrus schlegeli</i> by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo 1	642
Fig. 4-7-18. Body length and weight frequency distribution of <i>Acanthopagrus schlegeli</i> by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo 2	643
Fig. 4-7-19. Body length and weight frequency distribution of <i>Acanthopagrus schlegeli</i> by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo 3	644
Fig. 4-7-20. RAPD profiles for the detection of polymorphisms in black seabream by using random primers OPA-01, OPA-05 ,OPA-07, OPB-08, OPB-09, and OPB-13. M, 100bp Plus DNA Ladder	646
Fig. 4-7-21. RAPD profiles for the detection of polymorphisms in black seabream by using random primers OPC-01, OPC-13 ,OPC-15, OPC-19, OPE-12 and OPE-19. M, 100bp Plus DNA Ladder	646
Fig. 5-2-1. Price	687
Fig. 5-2-2. Percent of main target fishes in one-string angling fishery	690
Fig. 5-3-1. Age	694
Fig. 5-3-2. Monthly average income	695
Fig. 5-3-3. Major fishing site	695
Fig. 5-3-4. Major fishing mode	696

Fig. 5-3-5. Time	697
Fig. 5-3-6. Investment	697
Fig. 5-3-7. A visitor of Jeonnam Archipelago Marine Ranching	699
Fig. 5-3-8. Purpose of travel	700
Fig. 5-3-9. A lodging place	701
Fig. 5-3-10. Rate of visitor by transportation methods	702
Fig. 5-3-11. Rate of visitor by occupation	703
Fig. 5-3-12. Monthly average income	704
Fig. 5-3-13. Rate of visitor by local area	704
Fig. 5-4-1. Area of protected area	708
Fig. 5-5-1. Location of live fish market	717
Fig. 5-5-2. Trend of various types of line fishes carried by retail market in Yeosu	720
Fig. 5-5-3. Purchasing route for live fishes	720
Fig. 5-5-4. Purchasing route for fresh fishes	721
Fig. 5-5-5. Selection of cashing method	722
Fig. 5-5-6. Way of deciding price when purchasing live fishes	722
Fig. 5-5-7. Willing-to-use of specialized market for raw fish in Yeosu	723
Fig. 5-5-8. Requirement of specialized market for raw fish in Yeosu	724
Fig. 5-5-9. Willing-to-buy of the brandes fishes from market ranching	725
Fig. 5-5-10. Possibility of discrimination for brandes fishes from marine ranching ..	725
Fig. 5-5-11. Contract of supply agreement	726
Fig. 5-5-12. Expectation analysis for fish quality for fishes, farmed fishes and marine ranching fishes	727
Fig. 5-6-1. Area of Jeonnam Archipelago Marine Ranching	729

제 1 장 서 론

제 1 장 서론

인구증가와 소득향상으로 수산물 수요는 증가하고 있으나, 200해리 신 해양 질서에 따른 어장의 축소 및 수산자원 고갈 등으로 단위면적당 생산량이 감소하고 있어 연안 어장은 점차 황폐화되어가는 추세이다. 바다목장화 사업은 연안 바다에 인공어초, 인조해조장 등을 시설하여 해양생물에게 서식공간을 제공하고 훈련된 수산종묘를 방류하여 해역 내 수산자원을 증대시키는 한편, 목장의 해양환경을 자동적으로 조사하면서 생산 잠재력을 유지하고 최대한의 지속적 생산을 도모하여 안정적인 수산물 공급체계를 구축하는데 그 목적이 있다. 또한 바다목장화 사업을 통하여 우리 바다의 종합적인 이용-관리 체계를 확립하고, 효율적인 자원관리 및 수산물의 지속적인 생산을 통한 어업인 소득향상을 도모할 뿐만 아니라 양식업, 연안수산업 및 해양건축, 토목 등 관련 산업의 육성 및 기술발전을 촉진하고, 1차 산업 중심의 수산업을 해양공학 및 생명공학 등과 연계한 고부가가치 산업으로 발전시켜 경쟁력 있는 어업기반을 구축하게 된다.

전 세계의 각 연안국이 바다를 자국 영토의 일부로 인식하고 있는 현재 우리나라의 연안의 생물자원은 우리들의 고급 수산 단백질 공급원으로서가 아니라 앞으로 후손에게 물려줄 유산의 하나인 것이다. 지난 수십 년간 남획과 연안 오염으로 말미암아 연근해의 수산 자원이 고갈되어 와 일부 생물 종은 심각한 현상을 들어내고 있는 실정이지만 최근 새로운 해양 질서의 정립과 함께 원양 어장은 축소되어 국민들의 수산물에 대한 수요는 점차 증가하고 있어 국내 수산업의 존립 기반마저 흔들리고 있는 실정이다.

지구상의 바다에 살고 있는 해양생물 자원은 대부분 인류가 이용할 수 있는 것이고 또 지금까지의 이용 가능한 목적 생물(수산생물)의 수가 적다고는 하지만 연안 생태계 내에서는 환경과 생물, 생물과 생물 서로간의 밀접한 관계를 갖고 있어 미래의 새로운 자원을 개발하고 그 자원의 지속적인 생산을 위해서는 보다 종합적인 연구 사업 수행이 요구되었다.

가까운 일본에서는 60년대부터 연안목장화 사업을 시작하여 환경 제어, 어초 제작, 음향급이 시스템 개발 등 다양한 분야의 기술을 접목하여 80년대에는 20여 개소에 달하는 해양목장을 운영 중에 있으며, 2000년대에는 1,200만 톤의 수산물 생산을 목표로 투자 계획을 세워놓고 있다. 한편, 유럽의 노르웨이에서는 60년대 대서양연어를 대상으로 목장화 사업을 시작으로 80년대에 들어와서는 대구, 바다가재 등을 대상으로 사업을 추진 중에 있다. 그 외에도 미국, 뉴질랜드, 중국 등지에서도 인류의 마지막 자원 보고인 바다의 생산력을 최대한 이용하려는 노력의 하나로 바다목장화 사업을 계획, 추진 중에 있다.

우리나라에서는 1970년대 연근해 어업진흥계획을 시작으로 80년대에는 연안 어장 바다목장화 사업(1982-89)을 추진한 바 있으며 인공 어초 시설, 인공 종묘 방류, 증양식 어

업 개발, 내수면 어업 촉진 및 어장 환경 보전 등에 필요한 여러 가지 사업을 지방자치단체 중심으로 추진하고 있다. 그러나 이러한 사업은 대부분 산발적으로 이루어져 왔으며 많은 부분이 어촌 정비 사업에 치우쳐져 있어 종합적인 계획 아래 연안의 잠재력 증진이란 목표에는 달하여 있지 못한 실정이다.

이러한 시점에서 1998년 통영 해역으로부터 시작된 바다목장화 사업은 바다에서의 수산물 생산 자체를 제조업적 생산시스템의 개념으로 이해하는 한편 지금까지의 단순한 채포(catching), 또는 양식(culture)이 아니라 계획적 생산과 기업적 경영시스템 개념 하에 발전시키려는 종합적인 연구 사업으로서 앞으로 우리나라 연안의 생산력을 회복하고 환경친화적인 연안 어업을 활성화하여 어민 소득 증대에도 기여할 수 있는 유일한 방법으로 생각된다.

즉, 현재의 증·양식 사업보다 해양 생물자원의 지속 가능한 높은 생산력 유지와 이용을 고도화하기 위한 해양 공학 등의 기술을 활용한 바다 생산 잠재력을 되살리려는 연구가 바로 바다목장화 사업인 것이다.

따라서, 본 연구는 인구 증가와 소득 향상으로 수산물의 수요는 증가 추세에 있으나 새로운 국제 어업질서의 재편과 수산자원의 남획 및 공유수면의 매립, 간척 등에 따른 어장의 축소와 해양 환경오염 심화 등으로 어업 생산성과 채산성이 차츰 낮아지고 있어 연안 수산자원의 감소 현상을 극복할 수 있는 수산물 생산기반의 구축을 위해 연안에 수산생물의 인공적 산란, 서식장을 제공하고 우량 수산 종묘를 방류하여 어획에 이르기까지 인위적인 통제, 관리를 통해 해양환경을 보호하면서 수산물 생산을 지속적, 안정적으로 확보, 공급할 수 있도록 함에 있다.

2001년에 후보지 조사를 거쳐 선정된 여수 앞 바다 금오열도를 중심으로 한 전남 다도해형 바다목장사업은 2002년부터 본격적인 연구 사업을 시작하여 우리나라에서는 두 번째 시범 바다목장 사업으로 2008년까지의 장기 사업 추진을 위한 연구사업이다. 여기에는 어장조성, 자원조성 및 이용·관리의 세 분야로 나누어 추진하고 있다.

본 연구는 1단계 2차년도 사업으로 연구기간은 2003년 6월부터 2004년 6월까지이며 연구 내용은 아래와 같다. 연구는 어장조성기술개발, 자원조성기술개발, 이용·관리연구로 나누고 추진되었다.

우선 어장 조성기술개발에서는 대상해역 내 표층, 저층에서의 수온, 염분, pH, DO, SS, COD, T-N, T-P, 중금속을 조사하는 일반 수질조사와 퇴적물의 강열감량, COD, 산화발성황화물, Cd, Cu, Pb, Zn의 중금속 거동을 조사하는 저서환경조사가 포함되었다. 그리고 생태계 관련조사로 동·식물플랑크톤 종 조성, 우점 종 파악, 현존량측정, 시·공간적 변동 양상 및 특성 파악, Chlorophyll-a 농도의 시·공간적 분포 특성 파악, 난치자어 및 어류상을 조사하는 부유·유형생태계 조사, 저서동물의 군집, 저서동물 군집의 2차 생산력, 어류의 위 내용물 분석을 통한 섭식장 파악을 조사한 저서생태계 조사가 실시되

었다.

또한 어장조성을 위해 다중빔 및 단빔 정밀측심기를 이용한 조사 해역의 정밀 해저 수심을 측량, 정밀 2차원, 3차원 해저지형도 작성, 해중림 조성을 위한 해조의 군빔특성, 대상종 선정, 적지 선정 기초조사, 종묘생산 기술연구, 인공어초 연구를 위한 어초 종류별 서식 생물상 조사, 어획실험, 인공어초 모델 개발 그리고 부소과제 연구로 부소과제 개발 현황 조사 및 설계방향 수립, 적정 부소과제의 개념설계 및 기초 실험, 부소과제 설치 및 운영에 대한 타당성을 검토하였다.

자원 조성 기술개발에서는 대상 생물 생태연구를 위해 감성돔의 회유, 성장 파악을 위한 현장 조사와 산란장, 성육장 및 월동장 조사를 하였다. 그리고 방류용 종묘 특성 판별 기술 개발 및 방류용 우량 종묘 생산방법 개발을 통한 방류용 건강 종묘생산 기술을 개발하였고 방류용 종묘의 중간 육성 기술 개발을 위해 종묘 특성을 파악하고 해상가두리에서의 야간점등에 의한 중간육성 실험을 하였다. 또한 감성돔 방류 종묘의 음향 순치 기술 개발을 위해 종묘의 섭이음 연구를 위한 실험용 음향간이급이기를 제작 설계하였다. 자연 해중림 증대 위해 목장해역의 주요 해조류 특성 파악과 대상 해조류의 종묘생산을 병행하였다. 방류 종묘의 발육단계에 따른 구조물에 대한 반응 개시시기와 반응형태, 주 대상 어종의 실내 수조에서의 행동실험 및 자연 생태계에서의 고행 구조물에 대한 행동 특성을 파악함으로써 구조물에 대한 행동연구를 실시하였다. 방류가 이루어진 후 방류어의 행동특성, 방류 후의 이동조사를 또한 방류기술 연구와 함께 통발, 자망 등과 같은 어구에 의한 자원조사, 어탐에 의한 수중 대상종 판별 및 현장조사 그리고 잠수에 의한 자원 조사를 실시해 방류에 의한 자원 조성 정도를 파악하였다.

바다목장 이용, 관리 연구 부분에서는 목장 지역의 어업경영 실태 및 어가수지, 어획 실태, 유어낚시, 관광이용 조사를 통한 바다목장 이용, 관리실태를 조사하였다. 또한 전남 바다목장의 시설 및 연구계획 수립과 바다목장 모델의 수정, 투자계획 및 재원조달 계획을 통한 전체적인 마스터플랜의 수정 보완을 하였다. 또한 수산자원관리수면의 지정·운영 방안, 수산자원관리수면 이용·관리실태 조사, 어업인 자율관리위원회 운영, 관리운영 협의회 구성 및 운영, 그리고 어업인 교육 및 지도를 실시하여 바다목장 이용관리체제를 구축하였고 어획물 유통실태 조사를 통한 바다목장산 어획물 유통체계를 구축 중에 있다.

그리고 본 사업 기간 동안 세라믹 어초 등 인공어초, 간이음향급이기, 중간육성부대시설이 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 투하되었으며, 불락, 돌돔, 감성돔 등 70만 마리의 우량 종묘가 목장 해역 내에 방류되었다.

제 2 장 생태계 특성

제 1 절 해양환경

제 2 절 생태계특성

참고문헌

제 2 장 생태계 특성

제 1 절 해양환경

1. 서론

연안해역의 지속적 이용과 해양생물의 종 다양성 확보 및 어업인의 소득증대와 풍요로운 어촌건설을 위해서는 연안어장 환경의 체계적인 조사 및 관리를 통한 효율적인 이용이 필요한 실정이다. 종전의 연근해 어장 이용방식의 장점을 살리고 최첨단 과학기술을 도입한 미래형 어업모델 개발이 필요하며 이를 위하여 바다목장의 조성은 필수적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 다도해형 바다목장 조성사업에 필요한 대상 해역의 해양환경의 시·공간적 변동특성을 파악하고, 수질환경과 퇴적물 환경을 정량적으로 파악하기 위해서 바다목장 조성사업 대상해역을 중심으로 일련의 조사를 실시하여 비교 분석하였다.

바다목장화 조성을 위한 선행연구 및 후속관리를 위해서는 어장조성시설 타당성 검토를 비롯해서 대상해역의 저서생태, 생물생산력, 해수순환, 부유물이동, 해저퇴적물 및 해수의 오염원과 그 이동경로 파악, 어장조성 전후 해양환경변화 등 다중 환경요소에 대한 정밀한 조사와 장기적인 예측지수를 개발하는 것이 필요하다. 대부분의 해양환경요소는 해저지형을 매개로 변화하며 환경요소의 변화양상을 측정, 분석 혹은 예측 모델링을 위해서는 일차적 전제가 해저지형 자료일 것이다. 해저지형의 중요성은 어장 조성전에 모든 어장의 설계와 배치에서 뿐만 아니라 해양에서 필연적으로 수반되는 해저의 변형에 대한 어장조건의 변화를 모니터링하는 데도 매우 중요한 요소로 작용할 것이다. 그러므로 가능한한 해저지형 자료는 보다 정밀하게 구축하고 맵핑하는 것이 필요하며 더불어 디지털 자료구축을 통하여 다른 환경요소와의 통합활용을 위한 자료로서 제공되어야만 할 것이다.

본 연구는 해저지형자료가 갖는 이와 같은 중요성을 인식하고 바다목장화 조성에 유용하게 활용될 수 있도록 전남 다도해형 바다목장화 예정해역(그림 2-1-1) 해저지형자료를 체계적으로 구축하고 맵핑하는 데 목표를 두고 있다. 정확한 해양환경 변화 관리 및 예측과 바다목장화 구축 및 안전한 시설관리를 위해서는 정밀한 해저지형자료 확보 노력이 전제되어야 한다. 이러한 차원에서 본 연구에서는 다중빔음향측심기를 정밀한 현장 해저지형조사 및 자료처리와 그래픽기법 적용을 통한 활용방안 연구를 바다목장화 예정지역 중 율동장인 소리도 남부 해역을 중심으로 실시하였다(그림 2-1-2). 또한 바다목장화해역이 대부분 육지에 연해 있으므로 해저지형환경은 육지와 밀접하게 연계되며, 이에 따라서 육지와 해양을 통합하는 지형자료가 필요하다.

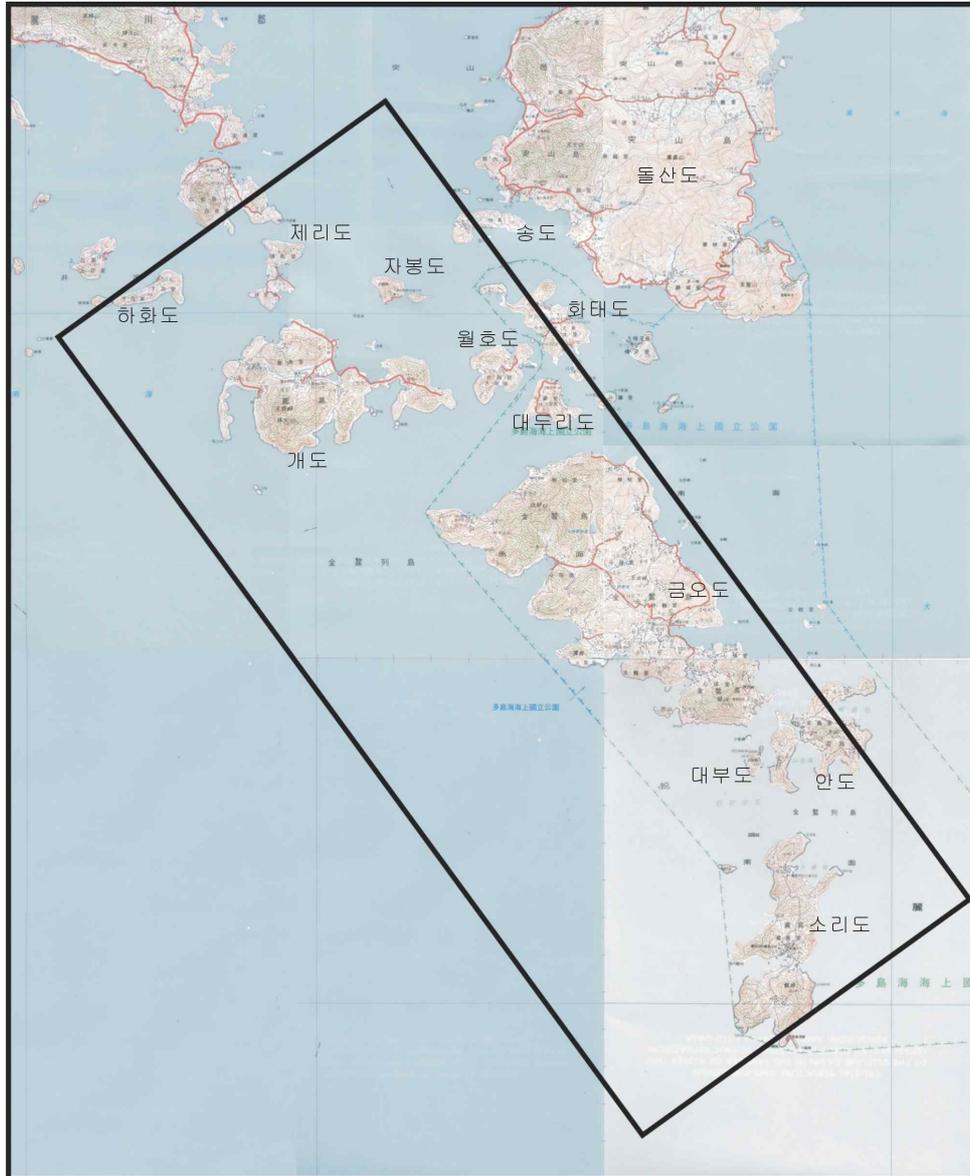


그림 2-1-2. 전남 다도해형 바다목장화 해역.

Fig. 2-1-1. Marine ranching area map.

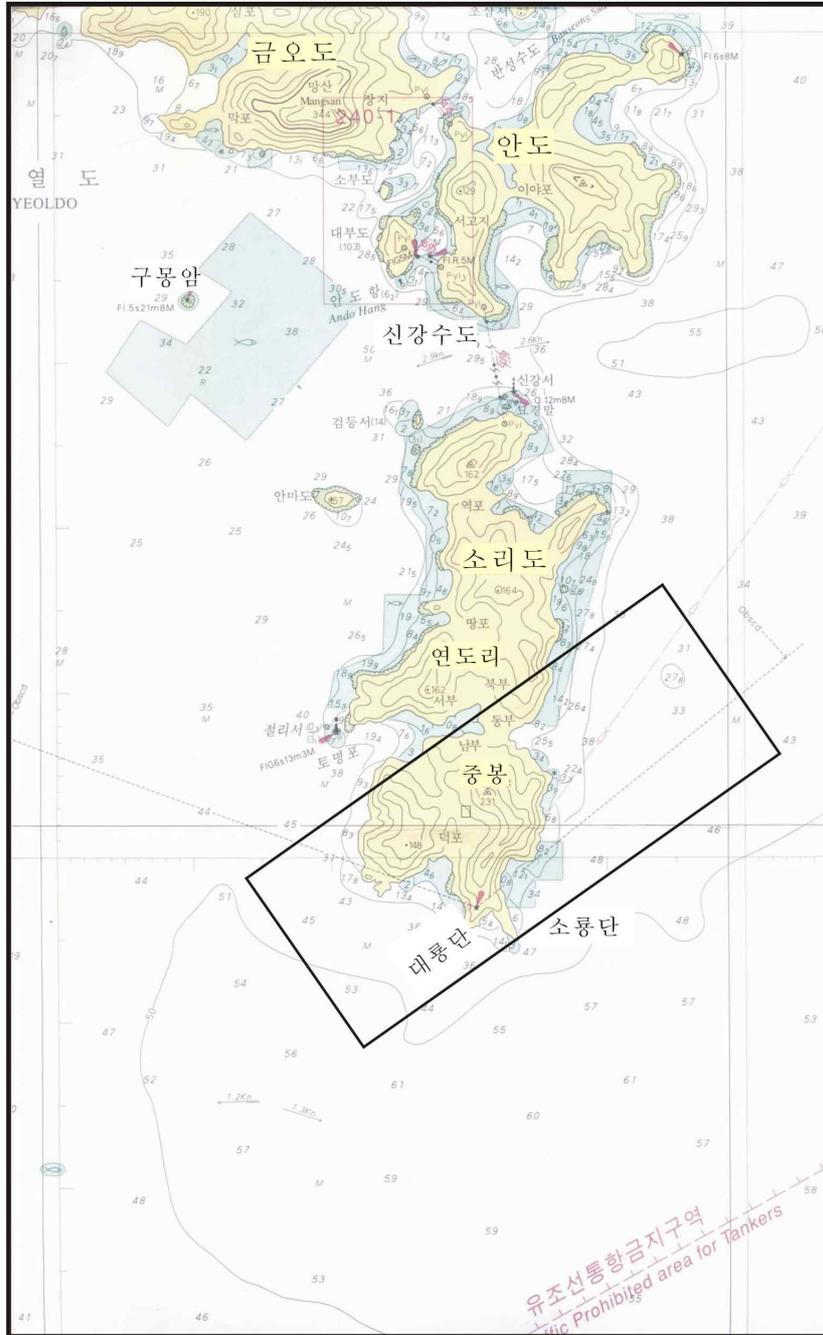


그림 2-1-2. 소리도 주변 해역 조사구역도.

Fig. 2-1-2. Survey area map surrounding Sorido.

이를 위해서 본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화해역(권역1안)내 육상수치지도를 분석하고 디지털화 하였으며 해저지형과 결합하여 3 차원적 지형분포도를 작성할 것이다. 또한 해저면 상태 및 저질 특성 분석을 위하여 해저면영상조사와 퇴적물채취도 실시하였다.

해양의 저질 퇴적물은 수계내에서 입자들의 이동결과 뿐만 아니라 생물학적 요인에 의한 생산력변화 등과 같은 여러 현상들이 종합적으로 나타난 결과라고 할 수 있다. 그러므로 저질 퇴적물의 특성은 궁극적으로 퇴적물 형성과 결부된 퇴적환경을 지시하고 있으며, 퇴적환경을 둘러싼 여러 환경요인은 다시 어류를 포함한 모든 생물의 성장에 중요한 영향을 미친다. 따라서 동식물의 안식처로서 저질환경 변화를 초래하는 여러 요인들의 변화를 밝히고 그 원인분석을 하는 것은 바다목장화 지역의 퇴적환경을 규명하는 관점에서 대단히 중요한 연구라 할 수 있다.

일반적으로 저질환경은 지화학적, 생물학적, 물리학적 세 요인과 밀접하게 관계되지만, 지질학적, 퇴적학적 관점에서 어류의 서식과 밀접히 관계되는 것은 퇴적물의 조성이라 할 수 있다. 그 외에는 퇴적물의 조성과 저질환경에 영향을 미치는 퇴적물중의 유기물함량, 황화수소 함량, 퇴적물의 공급과 관계되는 부유물질의 함량 및 부유물질에 포함된 총탄소(total carbon)함량, 퇴적물중의 중금속 농도 등을 들 수 있다.

상기와 같은 점을 고려하여 본 연구과제는 바다 목장화 사업의 1차 년도 연구로 동 지역의 일반적인 해양 지질학적 저질 특성과 저질 특성을 지배하는 여러가지 퇴적학적, 지화학적 인자를 조사하여 저질의 퇴적학적, 지화학적 환경을 고찰하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 수질환경조사

여수주변연안해역에 대하여 12개 정점을 선정하여 2003년 8월, 11월 및 2004년 1월, 4월 현장조사 및 시료를 채취하였다(그림 2-1-3). 표층해수는 수심 0.3m에서, 저층해수는 바닥에서 1m상층에서 채수하였다. 조사는 여수대학교와 공동으로 이루어 졌으며, 수온, 염분은 Submersible Fluorometer(Alec Co., ACL 1151-D)의 결과를 이용하였다. 수소이온 농도(pH)는 Orion(Model 525)을 이용하였고, 용존산소(DO)는 윙클러-아지드화 나트륨 적정법을 이용하였다. 부유물질(SS)은 해수 500mL를 유리섬유 여과지(GF/F filter, ϕ 47mm)로 여과한 후 여과 전후의 무게차이로 측정하였다(해양수산부, 2002). 화학적산소요구량(COD)은 일정량의 시료에 알칼리성 과망간산칼륨용액을 첨가하고 60분간 가열하였다. 요오드화칼륨용액을 첨가하고 방냉 후 티오황산나트륨용액으로 적정하였다. 총질소(TN)는 시료 20mL에 0.075M NaOH 1L에 K₂S₂O₈ 10g과 H₃BO₃ 6g을 첨가한 산화용액 10mL을 첨가하고 120°C에서 30분간 가열 분해한 후 Cu-Cd 칼럼을 이용한 아질산환원법으로 분석하였다. 총인(TP)은 시료 50mL에 4% 과황산칼륨용액 10mL을 첨가하고 120°C에서 30분간 가열 분해한 후 Ascorbic acid를 사용한 몰리브덴청법으로 분석하였다. 해수중의 미량금속원소는 0.45 μ m인 여과지로 여과한 후 질산을 첨가하여 pH를 2이하로 조절하여 냉장 보관하였다. 실험실에서 냉장보관된 500mL의 해수를 정제된 암모늄 아세트를 첨가하

여 pH 4로 조절한후 APDC/DDDC을 첨가하여, 클로로포름으로 추출한 후 원자흡광광도계(Varian. Model Spectraa 880)로 측정하였다(해양수산부, 2002).

나. 퇴적물환경조사

표층 퇴적물을 2003년 8월, 2004년 1월에 여수주변연안에 대하여 11개 정점에 대하여 Grab 채취기(면적; 0.1m²)로 채취하였다(그림 2-1-3).

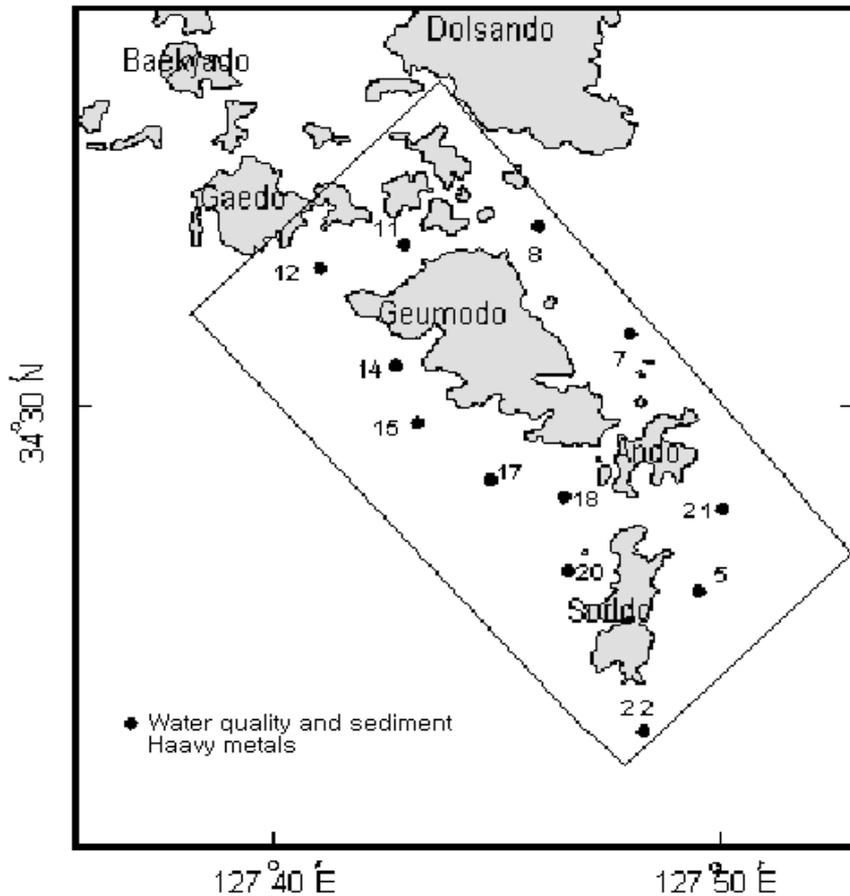


그림 2-1-3. 조사해역 개황도 및 조사 정점 위치도.

Fig. 2-1-3. Maps showing sampling stations.

강열감량(total ignition loss, TIL)은 건조한 시료를 막자사발에서 곱게 분쇄한 후 건조 시료 약 10g을 550℃에서 2시간 동안 회화시켜 회화 전후의 무게차이로부터 계산하였다. 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD)은 퇴적물 습시료 약 1g을 취한 후 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량하였다. 산휘발성황화물(acid volatile sulfide, AVS)함량은 퇴적물 습시료 약 1g을 취한 다음 검지관법으로 정량하였다. 미량금속원소는 곱게 분

왜한 퇴적물 시료를 건조시킨 다음 일정량(약 0.2g)을 취하여 50mL 테프론 분해용기 (teflon bomb)에 옹긴 다음 혼합산(HF 6mL+HNO₃ 3mL+HClO₄ 2mL)을 첨가하여 완전 분해시킨 후 일정 부피로 희석한 다음 원자흡광광도계(Varian. Model Spectraa 55)로 측정하였다(해양수산부, 2002).

다. 해저지형 및 해저면 특성

(1) 현장조사

(가) 조사개요

본 연구를 위하여 월동장 해역인 소리도 남단해역을 중심으로 약 5×2km 지역 범위내에서 조사를 실시하였다(그림 2-1-2). 2004년 2월 18일과 19일 양일간에는 그랩과 중력시추기를 이용한 퇴적물 시료 채취를 실시하였으며, 2004년 2월 24일부터 2월 27일까지 4일 동안은 소리도 주변해역에 대한 수심조사, 해저면영상조사를 실시하였다. 본 조사에서는 수심조사를 위하여 단빔 및 다중빔 음향측심기를 사용하였으며, 해저면영상조사에는 사이드스캔소나를 사용하였다. 퇴적물채취를 위해서 그랩 샘플러 및 그레비티 코어를 사용하였다. 해양조사시 조사선 위치측정을 위하여 DGPS 및 항해관리시스템을 설치하여 운영하였다.

멀티빔 수심 측량은 소리도 섬 가까이 수심변화가 심한 지역을 중심으로 약 100m의 간격으로 40개의 측선을 설정하였고, 단빔 수심 측량은 소리도지역중 섬에서 비교적 먼 거리에 있고 평탄한 지역을 중심으로 약 50~75m 간격의 측선 54개를 설정, 조사하였다(그림2-1-7).

(나) 해상위치관측

① 위치측정시스템 개요

알고 있는 고정지점의 좌표값과 GPS 에서 관측되는 좌표값의 차이를 연속적으로 보정해 주는 시스템이 DGPS 이다. 일반적으로 한 대의 GPS만으로 한 지점에서 연속적으로 수신된 위치자료를 수신하는 경우 동일한 지점임에도 불구하고 관측값이 일정하지 않고 현위치를 중심으로 분산되어 분포하며 그 오차가 최대 250m까지로 알려져 있는데 DGPS 시스템을 이용하면 오차를 30cm 이내로 줄일 수 있다.

DGPS 시스템의 구성요소는 기준국(RS : Reference Station), 중앙관리소(CS : Control Station), 이용범위감시국(CMS: Coverage Monitor Station), 통신망(Communication Network)으로 구성되어있다. 기준국(RS)은 추적 가능한 모든 위성의 의사거리 보정치 등을 계산하여 송신장치(중파송신기, 안테나 등)를 통해 방송하고, 또한 IM(Integrity Monitor)를 이용하여 DGPS 보정데이터가 한계치를 벗어날 경우 메시지를 중앙관리소에 전달하는 역할을 한다. 중앙관리소는(CS)는 기준국, 송신국(MSK Station), 감시국의 운영

상태를 원격 감시 및 통제한다. 이용범위감시국(CMS)은 해당기준국으로부터 일정거리 떨어진 지점에서 신호전계강도, SNR등을 측정하고, 통신망으로는 기준국(송신장치포함), 감시국과 중앙관리소간 전용회선 또는 공중전화망(PSTN)을 이용한다.

우리나라에는 해양수산부 DGPS시스템과 한전 DGPS시스템이 있는데, 해양수산부에서 운영하고 있는 DGPS시스템은 서해안의 팔미도, 어청도, 동해안의 장기곶 등이며 해안전역을 포괄할 수 있도록 총 8개의 기준국과 8개의 원격 감시국이 설치되었다. 또한 대전에는 기준국과 원격 감시국을 감시하고 원격 제어하는 중앙 관제센터가 설치되어 운영되고 있다. 한전의 DGPS기준국은 1998년 봄에 전국 4곳의 전력소에 설치되었고, 위치는 성남, 제천, 남원, 대구에 위치하고 있으며, 제천 데이터는 무상공개중이다.

② 연구선 위치 관측

해상조사시 연구선의 위치를 측정하고 계획된 측선으로 유도하기 위하여 Trimble사에서 만든 DGPS(Pro-XR)를 이용하였고 항해유도 프로그램이 내장된 컴퓨터를 연결하여 사용하였다(그림 2-1-4). 이 시스템은 계획된 측선을 모니터에 띄워주게 되어 있으며 연구선은 표시된 항적을 따라 운항할 수 있다. 보정된 정밀위치 자료는 일 초 단위 시간간격으로 수신되어 DGPS 운영컴퓨터에 입력된다(그림2-1-5).



그림 2-1-4. Trimble DGPS 안테나.

Fig. 2-1-4. Trimble DGPS antenna.



그림 2-1-5. DGPS 운영 및 항해관리 컴퓨터.

Fig. 2-1-5. Computer for DGPS and navigation control.

(다) 단빔(single-beam) 수심측량

수심측량은 RESON 사의 Echo-Sounder(Precision Survey Fathometer) 모델 NAVISOUND 210형을 사용하였으며, 중심주파수 210kHz 송·수파기와 열감응기록 방식의 레코더로 구성된다(그림 2-1-6). 음파발·수신기(Transceiver)는 연구선인 태진호(10톤급) 우현에 고정 부착하였으며, 위치는 해수면부터 약 70cm 아래이다. 최대측심 가능심도는 200m까지로서 천해용 정밀음향측심기(Precision Depth Recorder, PDR)로 분류되며 선체 바로 아래 연직방향에 대한 수심만 측정된다. 본 장비는 디지털형으로서 기록지로도 측정자료를 송출할 수 있을 뿐만 아니라, 개인용컴퓨터에 연결하여 측정값을 기록할 수도 있다. 따라서 측정기록지를 다시 독취하여 전산기에 입력하는 과정에서 발생하는 오류를 방지할 수 있다는 장점이 있다. 계수화된 측정자료가 화일형식으로 기록되므로 곧 바로 자료처리 및 도면작업을 할 수 있다(그림 2-1-7).

디지털 측정자료는 연구선 위치자료와 함께 일 초 간격으로 컴퓨터에 자동 실시간 기록하였다.

(라) 다중빔(multi-beam) 수심측량

본 연구에서는 연구선에 수직방향으로 해저면에 주사(swath)하여, 한번의 송수신(ping)으로 2000개 이상의 다중 음향자료를 동시에 얻을 수 있는 다중빔 음향 측심기(multi-beam Echo-Sounder)를 사용하였다.



그림 2-1-6. 음향측심기 수심기록모습.

Fig. 2-1-6. A sample record of single beam echo sounder.

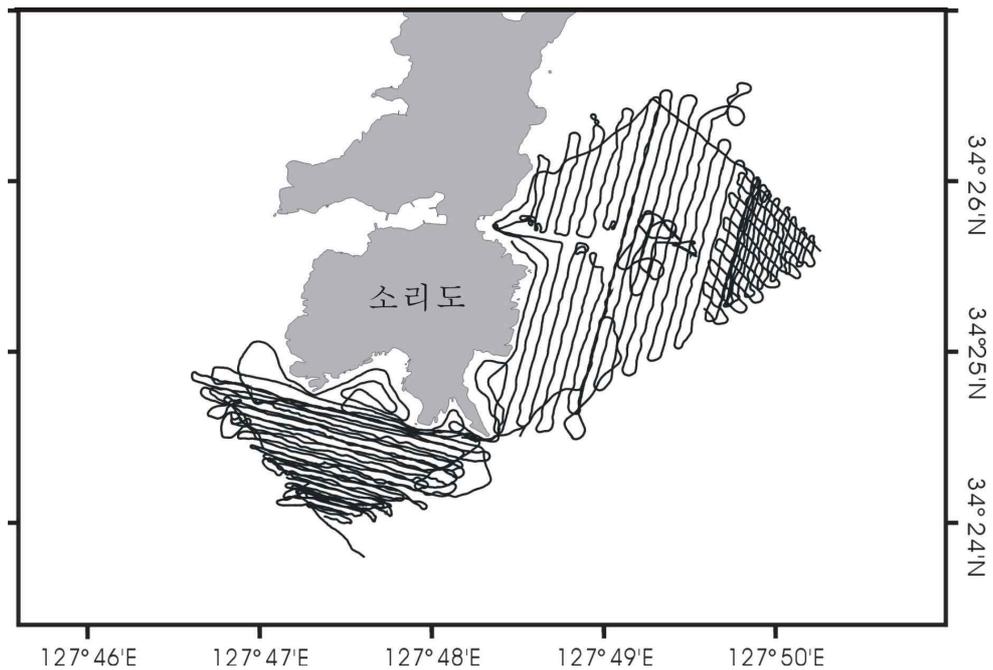


그림 2-1-7. 소리도 지역 측심 조사측선.

Fig. 2-1-7. Bathymetry survey tracks in Sorido area.

이 다중빔 음향측심기는 연구선의 운동을 감지할 수 있는 모션(motion) 센서(TSS, model DMS05)와 정확한 위치 선정을 위한 DGPS(Trimble, DSM12), 방위 측정기인 자이로(gyro) 센서(SG Brown, model TSS Meridian) 및 수심을 측정을 위해 음원을 발사하고 수신하는 트랜스듀서(transducer) (SEA, Submetrix 2000)로 구성되어 있다(그림 2-1-8).

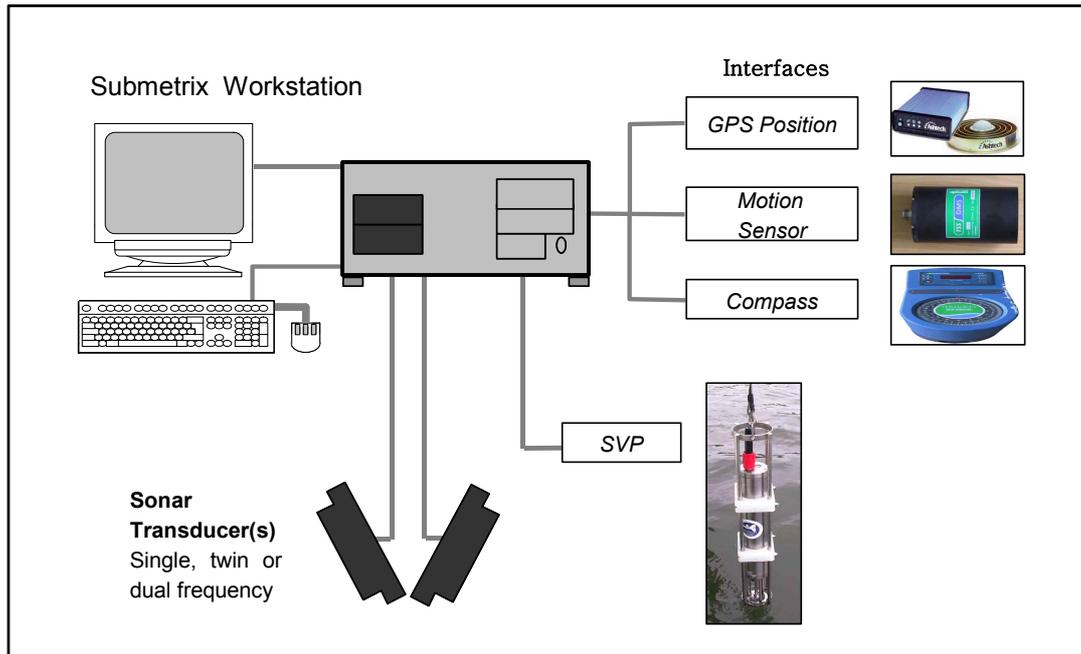


그림 2-1-8. 다중빔 음향 측심장비 구성도.

Fig. 2-1-8. Schematic illustration of multi-beam echo sounder.

이 다중빔 정밀 음향 측심기는 다중빔을 이용하여 수심의 10~15배에 해당하는 지형을 동시에 그리고 세밀하게 관측할 수 있다. 다중빔 음향측심 시스템은 위치자료의 운용, 음파 신호의 제어, 센서로부터 수신된 히브, 룰, 피치 정보와 음속정보의 실시간 처리를 통해 현장자료를 취득한다. 이렇게 획득된 자료는 정확도와 신뢰도를 높이기 위해 항해 자료 보정, 음속 보정, 빔 좌표 계산과 분리, 오측심 자료 제거, 조석 보정 등의 후처리 과정을 거치게 된다. 표 2-1-1는 다중빔 음향측심에 사용된 주요 장비들의 제원을 나타낸다.

음파가 연구선의 선수방향에 수직방향으로 해저면에서 반사되는 지점을 정확하게 계측해야 하므로 연구선의 정확한 위치결정 뿐 아니라 연구선의 선수 방향에 대한 정밀한 관측이 필수적이다. 자이로 센서는 자이로 스코프(scope)의 특성과 지구회전운동, 아울러 중력 상호 작용에 의해 지구의 자전극의 방향을 알 수 있는 장비로 자이로를 선체에 고정하면 자전극에 대한 정확한 선수 방향을 알 수 있다. 이를 위하여 조사시 자이로를 이

용하여 매순간 변화하는 선수 방향을 계측한 후 통합 측위 시스템에 입력하여 정확한 해상위치를 결정하였다. 정밀한 자료를 획득하기 위해서는 연구선의 수평위치 보정이 반드시 선행되어야 한다. 연구선의 수평위치를 보정하기 위해서는 Roll, Heave, Pitch 등의 선박의 움직임을 관측해야 하는데 영국의 TSS사 모션센서 관측을 통해 선박의 움직임을 관측하고 보정을 실시하였다.

표 2-1-1. 다중빔 음향 측심에 사용된 주요 장비 제원.

Table 2-1-1. The main components of multi-beam echo sounder.

장비명	제작사	모델명
DGPS	미국, trimble사	DSM-12
Sound Velocity Profiler	영국, Valeport사	650 MK2 SVP
multi-beam Echo-Sounder	영국, SEA사	Submetrix 2000(234kHz)
Gyro Compass	영국, SG Brown	TSS Meridian
Motion senser	영국, TSS사	TSS DMSO5

다중빔 음향 측심 자료는 특정주파수(234kHz)의 음파를 발생시켜, 수신기로 되돌아올 때까지의 시간 및 음속의 전달 속도를 이용하여 특정지점의 수심으로 계산하는 원리를 이용한다. 따라서 해양에서 음파를 이용한 측심 조사시 수온, 염분, 압력에 따라 변화되는 음속의 정밀한 관측이 반드시 요구된다. 해수에서 음파 속도를 V , 음파가 되돌아오는데 걸리는 왕복거리를 D , 시간을 t 라고 할 때, 수심 d 는 다음과 같다.

$$d = \frac{V \times t}{2}$$

다중빔 음향 측심 시스템은 정밀한 수평위치 결과를 획득하기 위해 위성측위기(DGPS), 자이로센서, 선박 거동센서, 수중음속측정기(sound velocity profiler) 등을 통합하여 운영한 후 다중빔 음향트랜스듀서에서 선수 방향에 직각으로 음파를 발생시켜 해저면에 반사되는 지점을 계측하게 된다. 음향트랜스듀서는 선박의 선수, 혹은 배 옆, 배 밑에 부착 될 수 있는데 본 조사시에는 배 옆에 부착하였다(그림 2-1-9). 송수파기의 사용주파수는 234kHz이며, 최대 관측 가능한 수심은 100m까지로, 수심에 따라 관측범위가 달라지는데 수심의 최대 15배에 해당되는 해저면을 동시에 측량할 수 있다.



그림 2-1-9. 다중빔 음향트랜스듀서를 배 옆에 부착하여 예인하는 모습.

Fig. 2-1-9. Multi-beam echo sounder transducer mounted on the side of survey vessel.

다중빔 정밀 음향 측심기에 의한 측심범위는 수심에 따라 결정되므로 사전에 대상해역의 기존 수심자료를 참조하였다. 조사측선은 소리도 섬 가까이의 수심변화가 심한 지역을 중심으로 약 100m의 간격으로 40개 설정하였다. 그림 2-1-10는 다중빔 음향측심기의 본체 컴퓨터에서 나타내어지는 자료획득 장면이다.

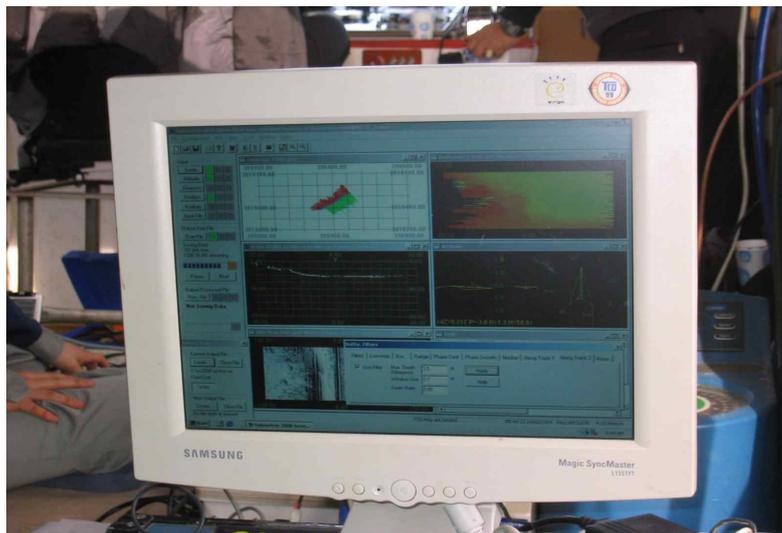


그림 2-1-10. 다중빔 음향자료 현장 실시간 자료획득 모습.

Fig. 2-1-10. Multi-beam echo sounder operation in survey vessel.

(마) 해저면영상조사

사이드스캔소나(Side Scan Sonar)를 이용하는 해저면 조사방법은 수심이나 해저지층조사와 같이 수직단면을 조사하여 해저지형이나 해저면 하부의 지층구조를 조사하는 방법과는 달리 해저면을 평면적으로 조사하여 마치 항공사진을 촬영하듯이 해저면의 형태를 표현하게 된다(그림 2-1-11). 이번 조사에 사용된 사이드스캔소나는 영국 C-Max의 CM800 모델로서 수중예인체(tow-fish)와 윈치(그림 2-1-12), 제어 메인 컴퓨터, 광자기디스크(Magnetic Optical diskette) 및 모니터로 구성되어 있다(그림 2-1-13). 평면적 개념의 자료처리를 위하여 64MB이상의 메모리를 갖는 개인용 컴퓨터를 이용하여 모자이크된 해저면 조사자료의 도면화 작업을 수행하게 된다.

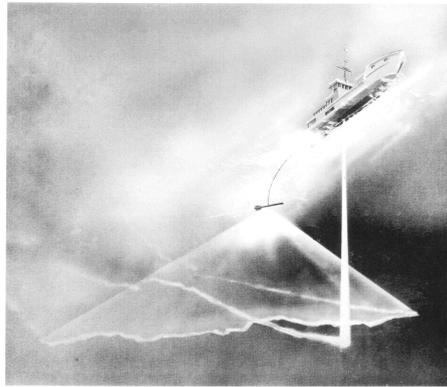


그림 2-1-11. 사이드스캔소나 조사개념도.

Fig. 2-1-11. Schematic illustration of side scan sonar survey.

수중예인체는 대개 두 개의 주파수를 사용할 수 있는데, 고주파수는 세밀한 영상조사를 위한 것이고, 저주파수는 광역조사를 위한 것이다. 이번 조사에 사용된 CM800 수중예인체의 경우 102kHz의 저주파수와 325kHz의 고주파수로 작동되는 가변주파수 시스템이다. 102kHz의 저주파수는 대형의 목표물을 찾고자 할 때, 혹은 개략적인 광역 조사를 위하여 사용되며, 325kHz의 고주파수는 고해상의 영상을 얻고자 할 때 사용한다.

이번 조사시에는 수중 예인체에 연결된 예인 케이블을 수심과 해저지형에 적합한 심도로 예인하면서 좌우에 각각 설치된 두 개의 소나변환기(sonar transducer)를 통하여 고주파 음원(325kHz)을 송수신 하도록 하였다. 제어 메인 컴퓨터에서는 수중예인체의 전원전압과 트리거 신호를 발생시키며 기록계는 수신된 음향신호를 화상신호로 변환하여 해저면에 관한 정보를 2 차원 영상으로 도출하게 된다.

수중예인체는 좌우에 각각 트랜스듀서가 설치되어 있으며 여기에서 부채꼴 모양의 빔을 사용하여 음파를 송수신 하게 된다. 이 빔은 연구선의 진행방향에 대한 수직방향의 across-track에 대해서는 50° 정도로 해저면에 대한 정보를 최대한 많이 얻도록 되어있다.

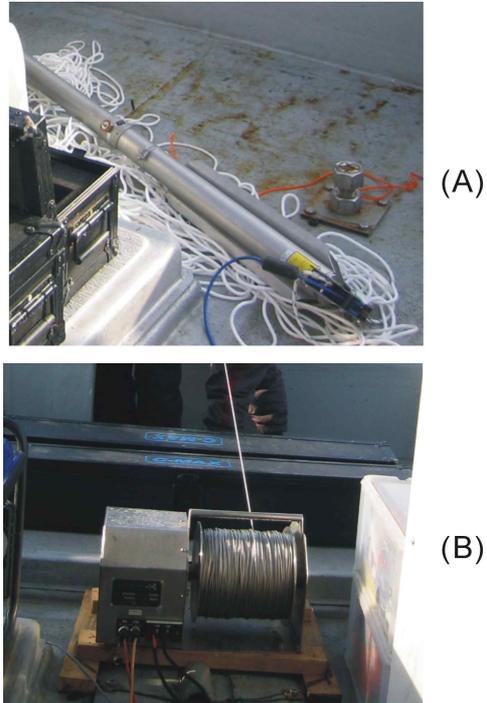


그림 2-1-12. (A) 사이드스캔소나 수중예인체와 (B) 사이드스캔 소나 윈치.
 Fig. 2-1-12. (A) side scan sonar tow fish and (B) signal cable winch.

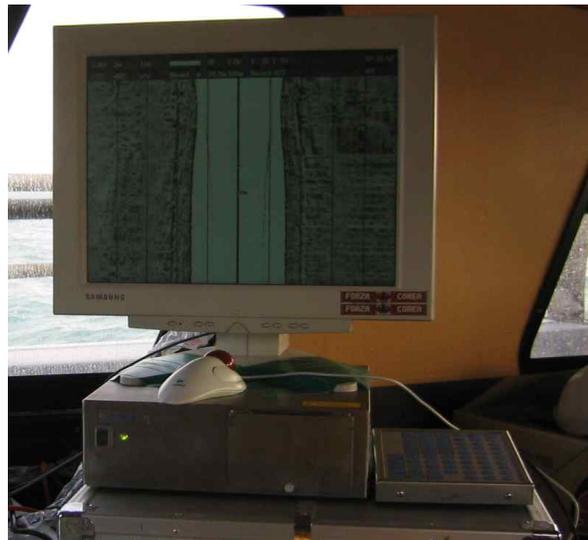


그림 2-1-13. 해저면영상조사 기록시스템 및 모니터.
 Fig. 2-1-13. Side scan sonar recording system and monitor.

또한 진행방향과 평행한 측선에 대해서는 $1-2^{\circ}$ 정도로 하여 지향성을 크게 하고 송신되는 음파의 에너지를 원하는 방향에 집중적으로 전파하여 단위 면적당 에너지를 증가시키고 수신시 원하는 방향에서만 되돌아오는 신호를 수신하므로 다른 방향에서 되돌아오는 잡

음신호를 감소시킬 수 있다.

이와 같이 여러 주사각도로부터 반사된 음향에너지는 그 후방산란강도에 따라 16 회색음영의 화상신호로 변환되어 기록계에 표현되므로 직접적으로 해저면에 분포하는 물질들의 크기, 형태, 그리고 위치 등을 확인 할 수 있다. 예를 들어, 노출된 암반, 침몰된 선박, 침식 받아 고화된 퇴적층 등은 강한 반사강도를 보이므로 기록계에 검은 색으로 표현된다. 반면에 빨층과 같이 부드러운 퇴적물에서 반사된 음파는 밝은 색으로 표현된다.

영상기록계에 표현된 조사기록의 위치는 수중예인체의 위치로 연구선의 위치와는 항상 차이가 있다. 그러므로 수중예인체의 위치보정 과정을 거쳐 조사기록을 해석해야 한다. 수중 예인체의 위치보정은 연구선의 속도, 예인 케이블의 방출길이에 따라 고도변화가 생기며 이에 따라 해수면과 케이블이 이루는 경사거리 보정이 필요하다.

여기서 영상 기록계에 표현된 조사기록의 위치는 수중 예인체의 위치로 연구선의 위치와는 항상 차이가 있다. 수중 예인체는 조사선의 속도 및 예인 케이블의 방출길이에 따라 고도변화가 생기며 이에 따라 해수면과 케이블이 이루는 경사거리 보정이 필요하다. 일반적으로 연구선 후미에서 일정한 거리를 두고 수중에서 예인되는 수중예인체의 위치는 연구선에 설치된 GPS에서 수신되는 매 초의 항적좌표를 이용하여 일차적으로 보정하고 계수화된 해저면 조사기록에서 수중예인체의 정밀위치를 다시 추출하는 과정을 거침으로써 보다 정확하게 보정한다.

측면주사범위는 수심에 따라 변하기 때문에 수중예인체의 양면 음파발신수부의 주사각(Slant Angle)을 자동으로 조절하도록 하고 양쪽으로 75m씩(총 주사범위 150m)을 유지하여 30개의 측선을 조사하였다(그림 2-1-14). 따라서 주사범위 75m이내의 해저면은 중첩되어 양쪽 측선에서 주사되는 음향영상자료를 획득하였다(그림 2-1-15).

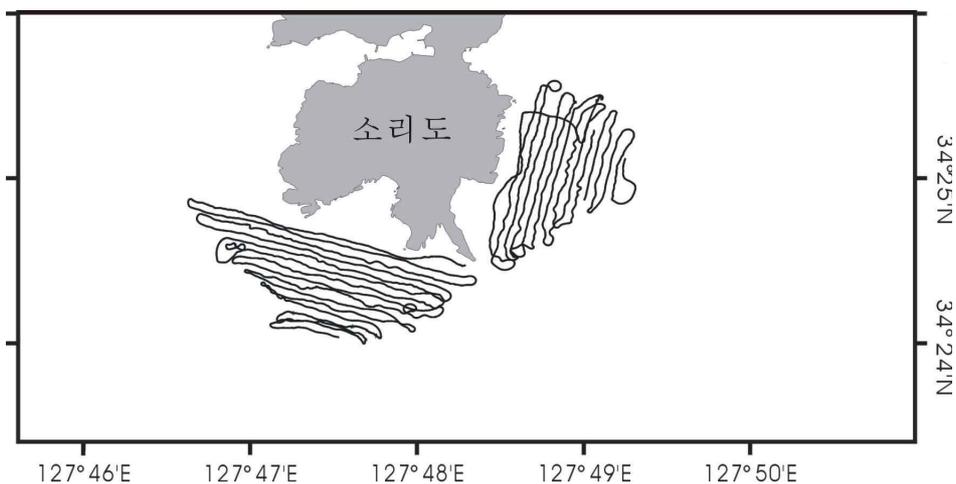


그림 2-1-14. 소리도 지역 해저면 영상 조사측선.

Fig. 2-1-14. Side scan sonar survey tracks in Sorido area.

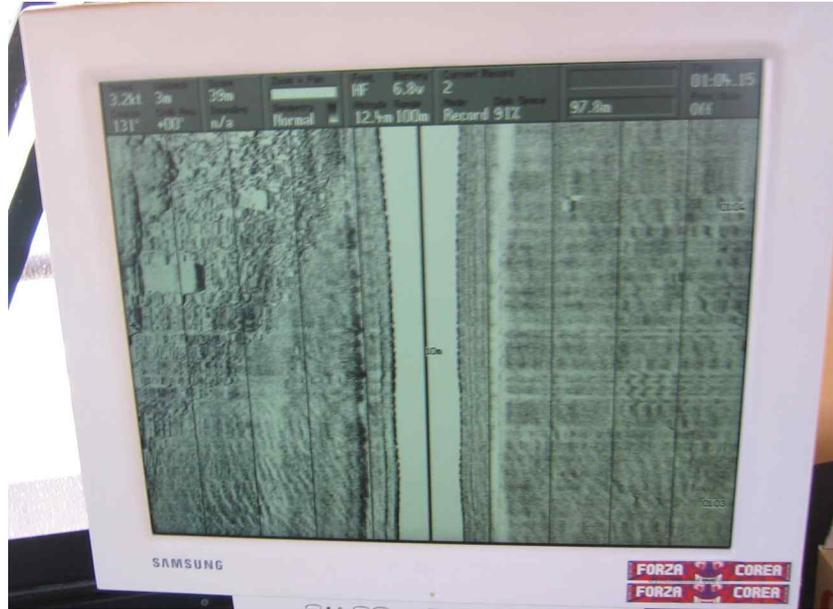


그림 2-1-15. 해저면영상조사시 모니터화면에 실시간 나타난 암반 모습.

Fig. 2-1-15. Rocks in side scan sonar image.

(바) 퇴적물 시료 채취

해저면영상조사의 결과를 검증과 해저면의 저질분석을 위하여 23 지점에서 그랩 채취, 2지점에서 중력시추 등 총 25개 지점의 퇴적물 시료를 소리도 조사 지역내에서 채취하였다(그림 2-1-16, 그림 2-1-17, 그림 2-1-18). 이에 대한 상세한 기술은 제 2절에서 다루어질 것이다.



그림 2-1-16. 그랩을 이용한 퇴적물 시료 채취 모습.

Fig. 2-1-16. A photograph of sediment grab sampling.

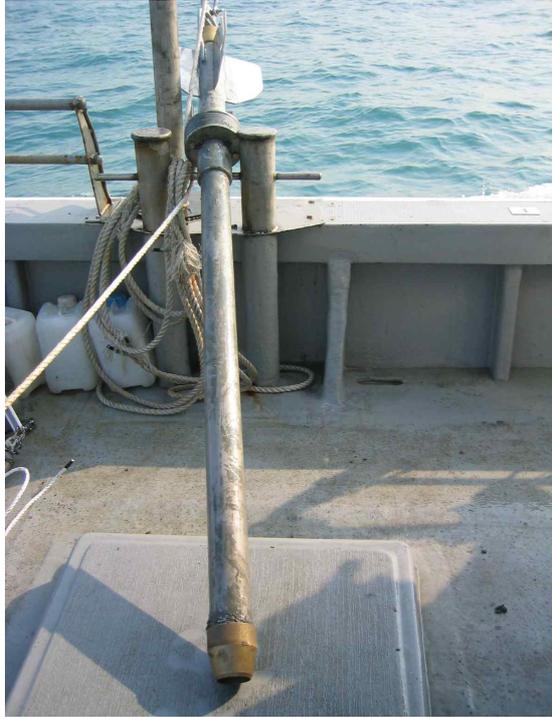


그림 2-1-17. 그래비티 코어를 이용한 퇴적물 시료 채취 모습.
 Fig. 2-1-17. A photograph of sediment gravity core sampling.

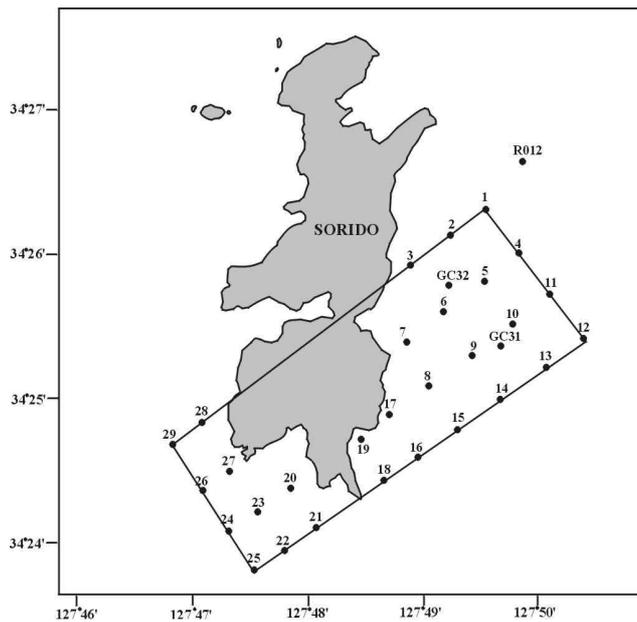


그림 2-1-18. 소리도 지역의 퇴적물 시료 채취 지점.
 Fig. 2-1-18. Location map of sediment sampling.

라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성

(1) 표층퇴적물

표층퇴적물의 특성을 파악하기 위하여 2004년 2월 18~19일 양일간에 그랩 채취기 (grab sampler)를 이용하여 30개점에서 표층퇴적물을 채취하였다(그림 2-1-19, 표 2-1-2).

표 2-1-2. 퇴적물 취득 위치와 수심

Table 2-1-2. Sampling location and Water depth

Station No.	Location		Depth(m)
	E	N	
1	127.82570	34.43853	33
2	127.82061	34.43541	34
3	127.81509	34.43193	36
4	127.83123	34.43294	38
5	127.82570	34.42982	36
6	127.81995	34.42634	39
7	127.81409	34.42295	41
8	127.81785	34.41800	46
9	127.82382	34.42158	42
10	127.82979	34.42497	42
11	127.83543	34.42845	42
12	127.83996	34.42341	48
13	127.83421	34.42029	48
14	127.82791	34.41672	50
15	127.82161	34.41342	50
16	127.81597	34.41031	52
17	127.81221	34.41470	46
18	127.81133	34.40746	51
19	127.80823	34.41186	42
20	127.79817	34.40646	38
21	127.80160	34.40206	54
22	127.79684	34.39949	54
23	127.79320	34.40389	43
24	127.78899	34.40151	60
25	127.79231	34.39693	61
26	127.78524	34.40637	50
27	127.78922	34.40847	47
28	127.78512	34.41406	41
29	127.78059	34.41159	49
GC31	127.82813	34.42258	46
GC32	127.82072	34.42927	39
R012			36

또한 추후 퇴적환경변화와 오염의 역사를 추적하기 위하여 2개 지점에 대해 자유낙하식 중력코아(gravity core)를 이용하여 퇴적물을 채취하였다. 표층퇴적물 채취는 그림을 해저

면에 낙하시켜 선상으로 끌어올린 후 교란이 없다고 판단되는 부분에서 깊이 약 2cm 이
 내의 표층 퇴적물만을 시료봉지에 담아 실험실로 운반하여 분석하였다. 실험실에서는 동
 일한 시료에 대해 퇴적물의 입도(grain-size) 특성, 유기탄소 함량(organic carbon
 content), 탄산염 함량(carbonate content), 황화수소(H₂S) 함량 등을 분석하였다.

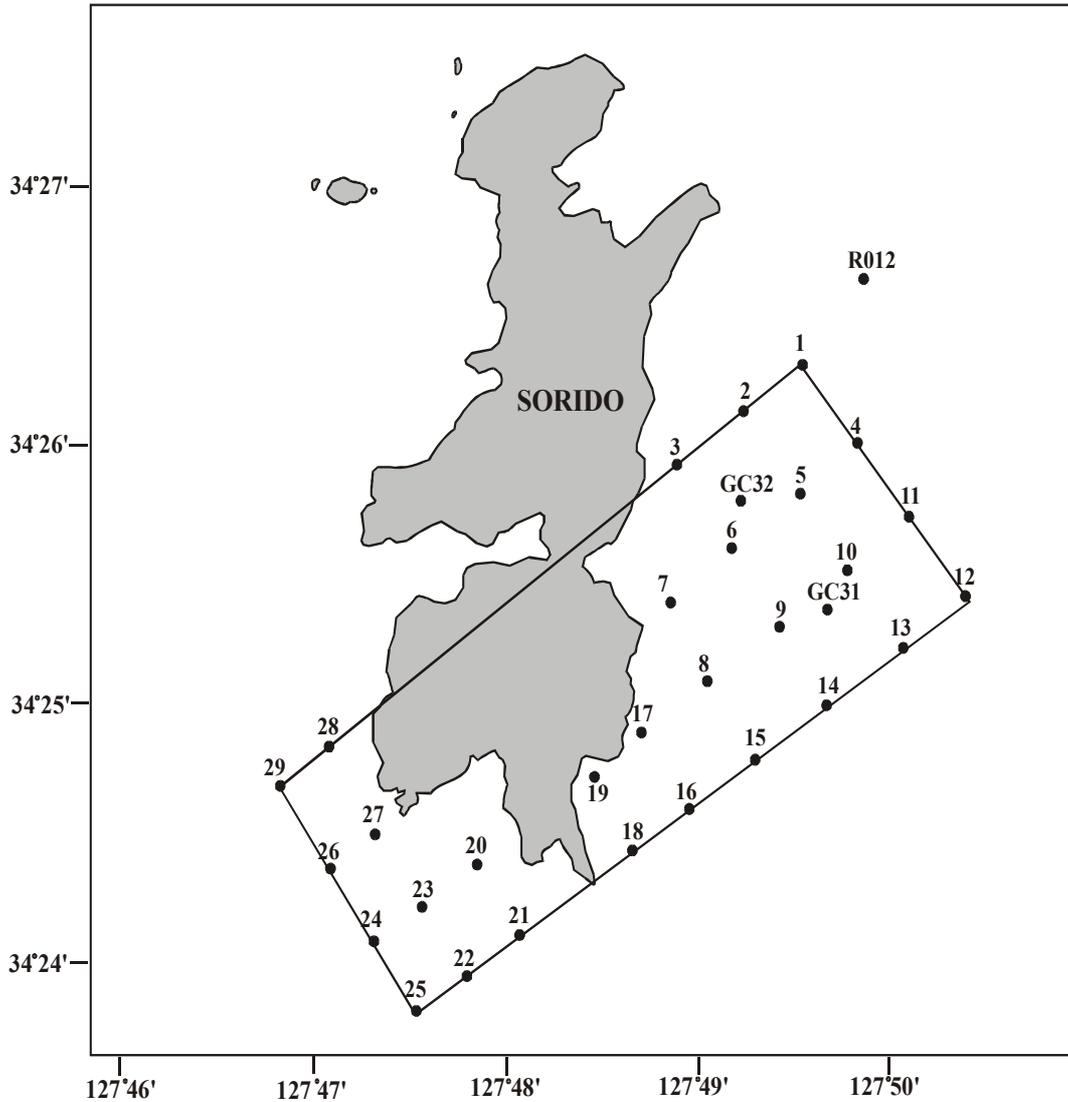


그림 2-1-19. 연구지역에 대한 시료 채취지점. GC는 중력식 코아채취지점, R은 참고지점.
 Fig. 2-1-19. Sampling points of the study area. GC is gravity core and R indicate
 reference position.

(가) 입도분석

그랩 채취기로 채취된 표층퇴적물은 실험실로 옮긴 후 과산화수소(H₂O₂)와 염산(HCl)
 으로 유기물과 탄산염을 제거한 후 습식채질(wet sieving)에 의해 입경 4 ϕ (62 μ m)를 기준

으로 조립질(coarse) 퇴적물과 세립질(fine) 퇴적물 입자를 구분하였다. 4 ϕ 이하의 조립질 입자는 건식체질(dry sieving)에 의해 무게 백분율을 구하였고, 4 ϕ 이상의 세립질 시료는 전체를 대표하는 2g 정도를 취해 300ml의 0.1% 확산제 용액에 넣고 균일하게 분산시킨 후 자동 입도 분석기(Sedigraph 5100)로 분석하였다. 퇴적상 분류는 Folk and Ward(1957) 방법에 의해 분류했으며 그 외 각 입도의 특성을 나타내는 조직변수(textural parameters)인 평균입도(mean grain size), 분급도(sorting or standard deviation), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis)는 통계처리 후 그 값을 계산했다. 퇴적상 분류는 Fork and Ward(1957) 방법에 따랐다.

(나) 유기탄소 및 탄산염 함량

표층 퇴적물에 대한 총 유기탄소(total organic carbon; TOC) 및 탄산염(biogenic carbonate) 함량은 한국해양연구원 남해연구소가 보유하고 있는 CHNS 분석기(EA1112)를 이용하여 분석하였다. 실험실로 옮기고 잘 건조시킨 퇴적물을 곱게 분말화(powdered)하여 다시 일정시간 건조시킨 후 수 십 mg을 취해 총 탄소와 총 질소(total nitrogen)를 직접 측정하였다. 총 유기탄소(total organic carbon; TOC)는 동일한 시료에 대해 1N의 약한 염산으로 무기탄소(inorganic carbon)를 제거한 후 같은 방법에 의해 분석하였다. 생물기원 탄산염 함량(biogenic carbonate contents)은 TOC 분석이 끝난 후 이미 분석한 TC와의 함량차이에 의해 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$\text{탄산염 함량(\%)} = [\text{TC (\%)} - \text{TOC (\%)}] \times 8.33.$$

(다) 황화수소 함량

퇴적물속에 포함된 황화수소 함량(H₂S)은 유기물함량이나 퇴적물중의 화학적 산소요구량(COD) 등과 더불어 저서환경이나 오염의 정도를 지시하는 것으로 알려져 있다(일본수산자원 보호협회, 1980; 현 등, 2002). 이 연구에서는 퇴적물 중 황화수소 함량은 검지관법을 이용하여 측정하였다.

일정량의 퇴적물을 황화수소 발생기에 넣고 18 N의 황산을 가스발생기에 첨가하여 발생하는 황화수소량을 가스 채취기를 이용하여 직접 측정하였다. 이 연구에서는 건조시료(dry sample)와 습식시료(wet sample)에 대해 2번씩 황화수소량을 측정한 후, 다음과 같은 보정법으로 계산하였다.

퇴적물중의 황화수소 함량(ppm or mg/g):

$$S(\text{mg}) = \text{검지관에 검출된 양 (환산값)} \times [S2 / (S1 \times S3)]$$

S1: H₂S 발생용 습식값, S2: 건조용 청평값, S3: 중량측정 값

3. 결과 및 토의

가. 수질환경

수질조사를 년 4회 조사하여 결과를 표 2-1-3~7과 그림 2-1-20~22에 나타내었다. 연간 수온의 분포범위를 보면 2003년 8월은 표층이 23.25~25.50℃(평균 24.51℃), 저층이 18.53~23.16℃(평균 21.96℃)로 2002년 8월의 평균 수온인 표층 25.57℃, 저층 25.06℃보다 낮았다. 2003년 11월은 표층이 16.44~17.13℃(평균 16.71℃), 저층이 15.81~16.97℃(평균 16.20℃)이었으며, 2004년 1월은 표층이 10.03~11.17℃(평균 10.46℃), 저층이 10.04~10.60℃(평균 10.32℃)였고, 4월은 표층이 10.89~12.37℃(평균 11.35℃), 저층이 10.80~13.16℃(평균 11.80℃)였다. 연간 염분의 분포범위를 보면 2003년 8월은 표층이 30.55~31.03(평균 30.83), 저층이 31.12~32.78(평균 31.70)이고 정점 8, 12에서 비교적 낮게 나타났다. 11월은 표층이 32.14~32.53(평균 32.42), 저층이 32.53~34.15(평균 33.29)이었으며, 2004년 1월은 표층이 33.20~33.39(평균 33.28), 저층이 33.22~33.33(평균 33.27)였고, 4월은 표층이 33.49~34.35(평균 33.87), 저층이 33.69~34.55(평균 34.06)였다.

연간 pH의 평균농도를 보면 2003년 8월은 표층이 8.18, 저층이 8.17이고 11월은 표층이 7.99, 저층이 8.01이었으며, 2004년 1월은 표층이 7.99, 저층이 7.98였고, 4월은 표층이 7.89, 저층이 7.91였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준(6.5~8.5) 이내였다. 연간 용존산소의 평균농도를 보면 2003년 8월은 표층이 7.42mg/L, 저층이 7.24mg/L이고 11월은 표층이 8.29mg/L, 저층이 7.91mg/L이었으며, 2004년 1월은 표층이 9.29mg/L, 저층이 9.29mg/L였고, 4월은 표층이 9.04mg/L, 저층이 9.09mg/L였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준(5mg/L이상) 이내로 양호한 상태였다.

연간 부유물질의 평균농도를 보면 2003년 8월은 표층이 3.10mg/L, 저층이 4.35mg/L이었고, 정점 18의 저층에서 1.40mg/ℓ로 낮게 나타났다. 11월은 표층이 5.03mg/L, 저층이 5.22mg/L이었으며, 2004년 1월은 표층이 3.10mg/L, 저층이 4.35mg/L였고, 4월은 표층이 6.28mg/L, 저층이 7.22mg/L이었다.

연간 화학적 산소요구량의 분포범위를 보면 2003년 8월은 표층이 1.30~3.10mg/L(평균 1.77mg/L), 저층이 1.20~2.86mg/L(평균 1.68mg/L)로 2002년 8월의 평균 화학적 산소요구량인 표층 1.76mg/L, 저층 1.73mg/L과 비슷한 농도를 나타내었다. 2003년 11월은 표층이 0.94~1.68mg/L(평균 1.27mg/L), 저층이 0.82~1.36mg/L(평균 1.04mg/L)이었으며, 2004년 1월은 표층이 0.73~1.83mg/L(평균 1.19mg/L), 저층이 0.87~1.29mg/L(평균 1.08mg/L)였고, 4월은 표층이 0.73~2.00mg/L(평균 1.17mg/L), 저층이 0.69~1.56mg/L(평균 1.06mg/L)였으며, 모든 정점에서 수질 3등급(4mg/L이하)이내로 나타났다.

연간 총질소의 분포범위를 보면 2003년 8월은 표층이 0.139~0.270mg/L(평균 0.207mg/L), 저층이 0.118~0.270mg/L(평균 0.186mg/L)로 2002년 8월의 평균 총질소인 표층 0.186mg/L, 저층 0.185mg/L과 비슷한 농도를 나타내었다. 2003년 11월은 표층이 0.164~0.266mg

/L(평균 0.216mg/L), 저층이 0.153~0.262mg/L(평균 0.194mg/L)이었으며, 2004년 1월은 표층이 0.212~0.344mg/L(평균 0.252mg/L), 저층이 0.219~0.270mg/L(평균 0.243mg/L)였고, 4월은 표층이 0.201~0.340mg/L(평균 0.273mg/L), 저층이 0.193~0.301mg/L(평균 0.245mg/L)였으며, 일부정점을 제외하고 수질 1등급(0.3mg/L이하) 이내로 양호하였다.

연간 총인의 분포범위를 보면 2003년 8월은 표층이 0.003~0.017mg/L(평균 0.011mg/L), 저층이 0.003~0.018mg/L(평균 0.010mg/L)로 2002년 8월의 평균 총인인 표층 0.047mg/L, 저층 0.045mg/L보다 낮은 농도를 나타내었다. 2003년 11월은 표층이 0.020~0.031mg/L(평균 0.024mg/L), 저층이 0.018~0.033mg/L(평균 0.024mg/L)이었으며, 2004년 1월은 표층이 0.027~0.036mg/L(평균 0.031mg/L), 저층이 0.026~0.037mg/L(평균 0.032mg/L)였고, 4월은 표층이 0.015~0.026mg/L(평균 0.019mg/L), 저층이 0.013~0.033mg/L(평균 0.020mg/L)였으며, 모든 정점에서 수질 2등급(0.05mg/L이하) 이내 이었다.

표 2-1-3. 금오도 주변해역에서의 해수 수질농도 변화

Table 2-1-3. Ranges and mean values of water quality in the coastal area of Geumodo

Parameters Month	Temp(°C)		Sal		pH		DO (mg/L)		SS (mg/L)		COD (mg/L)		TN (mg/L)		TP (mg/L)		
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	
Aug. 2002	Min.	24.51	23.51	28.17	28.19	7.66	7.78	6.15	5.53	5.40	4.60	0.86	1.03	0.168	0.157	0.020	0.025
	Max.	26.52	26.17	30.80	31.02	8.23	8.19	7.72	7.48	12.91	20.00	2.95	2.70	0.208	0.239	0.069	0.061
	Avg.	25.57	25.06	29.88	30.08	8.11	8.08	7.05	6.81	8.63	8.58	1.76	1.73	0.186	0.185	0.047	0.045
Aug. 2003	Min.	23.25	18.53	30.55	31.12	8.13	8.14	7.10	6.68	1.60	1.40	1.30	1.20	0.139	0.118	0.003	0.003
	Max.	25.50	23.16	31.03	32.78	8.24	8.23	7.70	7.93	11.80	10.60	3.10	2.86	0.270	0.270	0.017	0.018
	Avg.	24.51	21.96	30.83	31.70	8.18	8.17	7.42	7.24	3.10	4.35	1.77	1.68	0.207	0.186	0.011	0.010
Nov. 2003	Min.	16.44	15.81	32.14	32.53	7.96	7.98	7.63	7.11	2.80	2.20	0.94	0.82	0.164	0.153	0.020	0.018
	Max.	17.13	16.97	32.53	34.15	8.04	8.04	8.65	8.56	8.80	8.60	1.68	1.36	0.266	0.262	0.031	0.033
	Avg.	16.71	16.20	32.42	33.29	7.99	8.01	8.29	7.91	5.03	5.22	1.27	1.04	0.216	0.194	0.024	0.024
Jan. 2004	Min.	10.03	10.04	33.20	33.22	7.96	7.93	8.82	8.92	1.60	1.40	0.73	0.87	0.212	0.219	0.027	0.026
	Max.	11.17	10.60	33.39	33.33	8.08	8.03	9.45	9.64	11.80	10.60	1.83	1.29	0.344	0.270	0.036	0.037
	Avg.	10.46	10.32	33.28	33.27	7.99	7.98	9.29	9.29	3.10	4.35	1.19	1.08	0.252	0.243	0.031	0.032
Apr. 2004	Min.	10.89	10.80	33.49	33.69	7.86	7.88	8.28	8.62	3.00	3.00	0.73	0.69	0.201	0.193	0.015	0.013
	Max.	12.37	13.16	34.35	34.55	7.93	7.95	9.75	9.65	9.20	9.80	2.00	1.56	0.340	0.301	0.026	0.033
	Avg.	11.35	11.80	33.87	34.06	7.89	7.91	9.04	9.09	6.28	7.22	1.17	1.06	0.273	0.245	0.019	0.020

표 2-1-4. 금오도 주변해역의 2003년 8월 수질 농도 분포

Table 2-1-4. Water quality in the coastal area of Geumodo, in August 2003

St. NO.	Temp (°C)		Sal		pH		DO		SS		COD (mg/L)		TN		TP	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	25.50	21.95	30.89	31.84	8.17	8.20	7.48	7.93	2.4	2.6	1.55	1.60	0.265	0.165	0.014	0.007
7	24.36	22.90	30.78	31.53	8.17	8.16	7.25	6.98	2.2	3.2	3.10	1.54	0.207	0.230	0.014	0.013
8	23.95	21.55	30.55	31.35	8.18	8.14	7.46	6.68	2.6	2.2	1.90	1.20	0.270	0.270	0.017	0.016
11	23.25	23.01	31.03	31.21	8.13	8.14	7.10	6.68	2.0	9.4	1.42	1.46	0.230	0.244	0.013	0.017
12	24.62	23.10	30.56	31.12	8.13	8.14	7.26	6.98	11.8	10.6	1.57	1.76	0.220	0.204	0.016	0.018
14	24.36	23.16	30.87	31.39	8.23	8.19	7.36	7.33	2.2	5.4	2.05	2.86	0.255	0.156	0.010	0.009
15	23.76	22.94	30.97	31.47	8.19	8.18	7.57	7.22	1.6	3.4	1.31	1.82	0.175	0.171	0.009	0.011
17	24.77	22.76	30.66	31.59	8.17	8.16	7.70	7.29	2.6	4.0	1.55	1.47	0.192	0.167	0.012	0.009
18	24.12	22.26	31.02	31.73	8.14	8.18	7.30	7.28	2.6	1.4	1.30	1.36	0.139	0.195	0.004	0.005
20	24.91	22.35	30.97	31.72	8.17	8.18	7.51	7.42	3.2	4.4	2.45	1.44	0.193	0.174	0.009	0.007
21	25.33	19.00	30.86	32.69	8.24	8.23	7.60	7.60	1.6	2.8	1.65	2.13	0.175	0.118	0.003	0.003
22	25.13	18.53	30.79	32.78	8.24	8.17	7.41	7.51	2.4	2.8	1.36	1.57	0.162	0.138	0.006	0.008

표 2-1-5. 금오도 주변해역의 2003년 11월 수질 농도 분포

Table 2-1-5. Water quality in the coastal area of Geumodo, in November 2003

St. NO.	Temp (°C)		Sal		pH		DO		SS		COD (mg/L)		TN		TP	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	16.50	15.93	32.39	34.00	7.99	8.01	8.65	8.47	8.8	3.8	1.41	0.94	0.239	0.153	0.020	0.020
7	17.13	16.02	32.44	33.61	7.96	7.98	8.53	8.25	4.4	8.6	1.33	1.04	0.207	0.179	0.027	0.021
8	17.00	16.97	32.50	32.53	7.98	7.98	7.84	7.65	8.6	7.6	1.10	0.96	0.219	0.214	0.031	0.030
11	17.02	16.88	32.50	32.57	7.98	7.99	8.14	7.96	5.8	6.8	1.07	1.17	0.223	0.230	0.023	0.028
12	16.96	16.38	32.53	32.74	7.98	7.98	7.63	7.63	7.8	7.4	0.99	0.82	0.257	0.201	0.030	0.033
14	16.44	16.24	32.40	32.84	7.96	8.01	8.15	7.41	2.8	2.2	1.63	1.36	0.218	0.197	0.021	0.018
15	16.46	15.99	32.35	33.07	8.00	8.00	8.41	7.11	3.2	4.6	1.68	0.98	0.194	0.262	0.020	0.024
17	16.57	16.08	32.50	33.08	7.99	8.02	8.25	7.95	3.6	3.2	0.99	1.07	0.266	0.174	0.024	0.023
18	16.66	16.09	32.52	33.11	8.01	8.00	8.27	7.73	3.8	5.4	0.94	1.07	0.220	0.182	0.022	0.022
20	16.62	15.81	32.14	33.74	8.04	8.04	8.62	7.92	3.4	3.2	1.49	0.99	0.166	0.178	0.020	0.021
21	16.58	15.99	32.45	34.06	8.01	8.04	8.43	8.28	4.0	5.8	1.07	1.18	0.164	0.159	0.022	0.019
22	16.55	15.97	32.36	34.15	8.00	8.04	8.57	8.56	4.2	4.0	1.49	0.93	0.217	0.195	0.028	0.029

표 2-1-6. 금오도 주변해역의 2004년 1월 수질 농도 분포

Table 2-1-6. Water quality in the coastal area of Geumodo, in January 2004

St. NO.	Temp (°C)		Sal		pH		DO		SS		COD (mg/L)		TN		TP	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	10.89	10.18	33.33	33.22	7.98	8.00	9.30	9.27	2.4	2.6	1.03	1.02	0.226	0.250	0.029	0.026
7	10.41	10.41	33.24	33.26	7.99	8.03	9.37	9.33	2.2	3.2	0.73	0.87	0.236	0.246	0.031	0.032
8	10.35	10.33	33.29	33.29	8.00	7.98	9.45	9.23	2.6	2.2	0.87	1.11	0.231	0.223	0.034	0.035
11	10.32	10.23	33.30	33.31	7.97	7.93	8.82	8.92	2.0	9.4	1.37	0.90	0.256	0.241	0.036	0.037
12	10.44	10.27	33.30	33.32	7.99	8.00	9.26	9.36	11.8	10.6	1.83	1.29	0.229	0.270	0.034	0.037
14	10.60	10.60	33.30	33.33	7.98	7.99	9.33	9.13	2.2	5.4	1.38	1.06	0.344	0.219	0.028	0.028
15	10.38	10.36	33.25	33.26	7.96	7.97	9.33	9.30	1.6	3.4	1.27	1.26	0.250	0.235	0.031	0.034
17	10.20	10.53	33.20	33.31	8.00	7.98	9.40	9.64	2.6	4.0	0.98	1.27	0.230	0.241	0.030	0.032
18	10.35	10.34	33.25	33.25	7.98	7.98	9.39	9.37	2.6	1.4	1.45	0.90	0.277	0.248	0.029	0.033
20	10.03	10.04	33.22	33.23	7.98	7.98	9.33	9.42	3.2	4.4	1.32	1.05	0.263	0.242	0.030	0.032
21	10.34	10.30	33.25	33.25	8.08	7.98	9.36	9.13	1.6	2.8	1.10	1.29	0.266	0.255	0.033	0.033
22	11.17	10.19	33.39	33.23	8.01	7.98	9.19	9.39	2.4	2.8	0.92	0.98	0.212	0.247	0.027	0.028

표 2-1-7. 금오도 주변해역의 2004년 4월 수질 농도 분포

Table 2-1-7. Water quality in the coastal area of Geumodo, in April 2004

St. NO.	Temp (°C)		Sal		pH		DO		SS		COD (mg/L)		TN		TP	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	12.08	12.65	34.35	34.38	7.92	7.91	8.76	8.92	6.0	3.6	0.73	0.69	0.234	0.234	0.016	0.021
7	11.18	11.72	33.49	34.06	7.92	7.93	9.75	9.54	5.4	8.0	2.00	1.27	0.201	0.193	0.016	0.013
8	11.20	11.19	33.64	33.69	7.87	7.89	9.20	9.11	3.0	7.8	1.27	1.14	0.271	0.250	0.022	0.017
11	11.16	11.16	33.68	33.69	7.89	7.89	9.43	9.26	3.4	6.4	1.35	1.19	0.306	0.253	0.026	0.033
12	11.21	11.19	33.70	33.70	7.87	7.88	9.17	9.65	6.2	7.8	1.41	1.38	0.259	0.254	0.021	0.018
14	10.89	10.80	33.73	33.79	7.86	7.90	9.26	9.49	3.6	3.0	1.11	1.56	0.300	0.255	0.018	0.032
15	10.92	10.99	33.80	33.85	7.87	7.89	8.95	8.98	8.4	9.0	1.01	0.95	0.235	0.250	0.022	0.017
17	11.08	12.14	33.86	34.19	7.92	7.91	9.16	8.91	8.0	9.6	0.95	0.95	0.250	0.242	0.016	0.022
18	11.15	11.65	33.91	34.10	7.87	7.90	8.89	8.91	7.6	9.8	0.90	0.92	0.233	0.301	0.018	0.019
20	10.91	12.40	33.84	34.30	7.88	7.90	8.28	8.96	9.2	5.2	1.32	0.95	0.307	0.238	0.019	0.019
21	12.37	13.16	34.25	34.55	7.93	7.95	8.79	8.62	7.2	6.8	0.90	0.93	0.338	0.248	0.015	0.020
22	12.09	12.59	34.18	34.36	7.89	7.91	8.81	8.78	7.4	9.6	1.08	0.82	0.340	0.221	0.020	0.013

중금속조사 결과를 표 2-1-8~10에 나타내었다. 해수에 대한 중금속의 농도를 살펴보면 Cd의 경우 2003년 8월은 표층 0.04~0.12 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.09 $\mu\text{g/L}$), 저층 0.05~0.15 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.09 $\mu\text{g/L}$)였으며, 11월은 표층 0.06~0.12 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.09 $\mu\text{g/L}$), 저층 0.04~0.14 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.09 $\mu\text{g/L}$)이며, 해역기준 0.01mg/l 보다 상당히 낮아 아주 양호하였다. Cu의 경우 2003년 8월은 표층 0.68~4.89 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.74 $\mu\text{g/L}$), 저층 0.79~7.58 $\mu\text{g/L}$ (평균 4.01 $\mu\text{g/L}$)였으며, 11월은 표층 0.81~2.20 $\mu\text{g/L}$ (평균 1.19 $\mu\text{g/L}$), 저층 2.85~9.00 $\mu\text{g/L}$ (평균 6.08 $\mu\text{g/L}$)이며, 해역기준(0.02mg/L)이내로 아주 양호하였다. Pb의 경우 2003년 8월은 표층 0.06~0.31 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.16 $\mu\text{g/L}$), 저층 0.09~0.92 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.27 $\mu\text{g/L}$)였으며, 11월은 표층 0.05~0.62 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.29 $\mu\text{g/L}$), 저층 0.20~0.86 $\mu\text{g/L}$ (평균 0.43 $\mu\text{g/L}$)이며, 해역기준(0.05mg/L)이내로 아주 양호하였다. Zn의 경우 2003년 8월은 표층 1.81~11.50 $\mu\text{g/L}$ (평균 5.13 $\mu\text{g/L}$), 저층 1.81~10.06 $\mu\text{g/L}$ (평균 5.72 $\mu\text{g/L}$)였으며, 11월은 표층 1.19~10.82 $\mu\text{g/L}$ (평균 3.69 $\mu\text{g/L}$), 저층 3.31~17.38 $\mu\text{g/L}$ (평균 10.38 $\mu\text{g/L}$)이며, 해역기준(0.1mg/L)이내로 아주 양호하였다. 통영, 여수항(남해수산연구소, 2002)과 비교해보면, 모든 항목에서 통영 및 여수항과 비슷한 수준이었다.

표 2-1-8. 금오도 주변해역의 계절별 해수 중금속 농도 변화

Table 2-1-8. Ranges and mean values of water quality in the coastal area of Geumodo

Parameters	Cd (ppb)		Cu (ppb)		Pb (ppb)		Zn (ppb)		
	S	B	S	B	S	B	S	B	
Aug. 2002	Min.	0.02	-	2.33	-	0.12	-	0.89	-
	Max.	0.06	-	4.41	-	0.40	-	1.20	-
	Avg.	0.03	-	3.65	-	0.24	-	1.20	-
Aug. 2003	Min.	0.04	0.05	0.68	0.79	0.06	0.09	1.81	1.81
	Max.	0.12	0.15	4.89	7.58	0.31	0.92	11.50	10.06
	Avg.	0.09	0.09	1.74	4.01	0.16	0.27	5.13	5.72
Nov. 2003	Min.	0.06	0.04	0.81	2.85	0.05	0.20	1.19	3.31
	Max.	0.12	0.14	2.20	9.00	0.62	0.86	10.82	17.38
	Avg.	0.09	0.09	1.19	6.08	0.29	0.43	3.69	10.38

표 2-1-9. 금오도 주변해역의 2003년 8월 중금속 농도

Table 2-1-9. Water quality in the coastal area of Geumodo, in August 2003

St. NO.	Cd (ppb)		Cu (ppb)		Pb (ppb)		Zn (ppb)	
	S	B	S	B	S	B	S	B
5	0.06	0.05	2.15	2.41	0.11	0.14	9.90	7.79
7	0.10	0.05	0.98	6.21	0.10	0.13	11.50	9.83
8	0.04	0.09	4.04	3.98	0.06	0.14	2.87	10.06
11	0.10	0.10	0.68	6.51	0.07	0.34	5.06	5.06
12	0.09	0.15	1.27	0.96	0.07	0.21	6.28	3.55
14	0.10	0.07	4.89	6.40	0.10	0.09	2.19	1.83
15	0.12	0.13	0.86	0.79	0.17	0.18	3.30	4.73
17	0.10	0.10	0.98	1.17	0.22	0.21	2.93	7.28
18	0.09	0.10	2.04	7.58	0.13	0.30	3.88	2.73
20	0.10	0.10	0.80	1.11	0.31	0.32	7.38	5.33
21	0.07	0.10	0.79	6.26	0.26	0.26	1.81	1.81
22	0.08	0.08	1.45	4.81	0.24	0.92	4.52	8.71

표 2-1-10. 금오도 주변해역의 2003년 11월 중금속 농도 분포

Table 2-1-10. Water quality in the coastal area of Geumodo, in November 2003

St. NO.	Cd (ppb)		Cu (ppb)		Pb (ppb)		Zn (ppb)	
	S	B	S	B	S	B	S	B
5	0.12	0.14	1.18	8.61	0.46	0.55	3.31	3.31
7	0.10	0.08	1.65	5.18	0.41	0.20	3.42	13.63
8	0.11	0.11	0.94	8.95	0.30	0.64	3.27	17.38
11	0.11	0.10	0.95	2.85	0.33	0.33	6.87	11.67
12	0.10	0.10	1.54	4.12	0.62	0.86	3.74	8.88
14	0.08	0.07	1.09	4.43	0.44	0.44	3.48	8.29
15	0.07	0.06	1.04	3.70	0.11	0.23	1.83	6.52
17	0.07	0.04	0.93	5.85	0.17	0.33	1.26	9.12
18	0.07	0.08	0.81	4.82	0.23	0.33	2.96	7.39
20	0.08	0.10	1.03	7.72	0.10	0.39	2.14	15.77
21	0.06	0.07	0.99	9.00	0.05	0.52	1.19	11.94
22	0.09	0.08	2.20	7.72	0.42	0.36	10.82	10.68

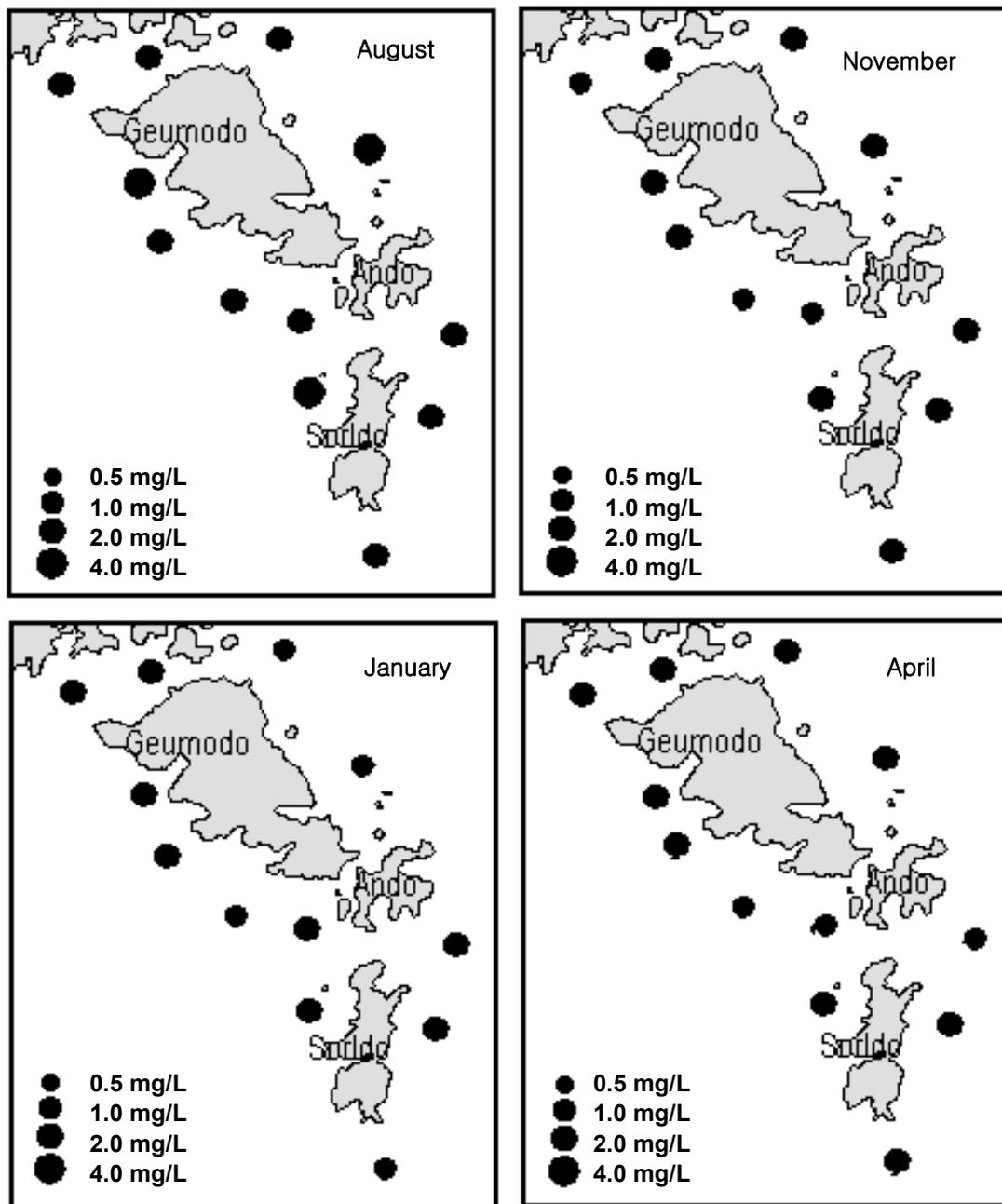


그림 2-1-20. 금오도 주변 해역에서 표층 해수의 COD분포.

Fig. 2-1-20. The temporal variations of COD at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

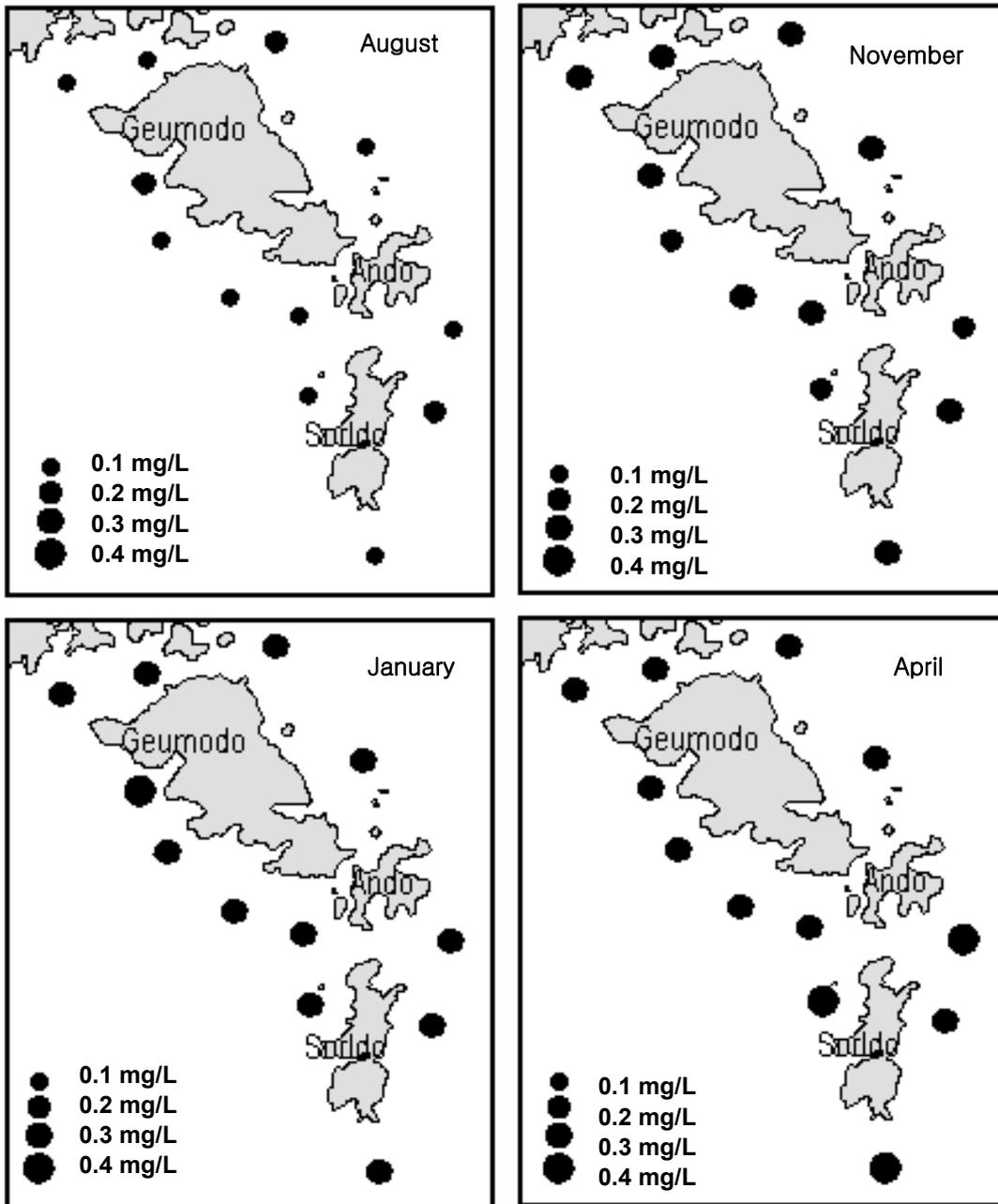


그림 2-1-21. 여수 금오도 주변 해역에서 표층 해수의 TN분포.

Fig. 2-1-21. The temporal variations of TN at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

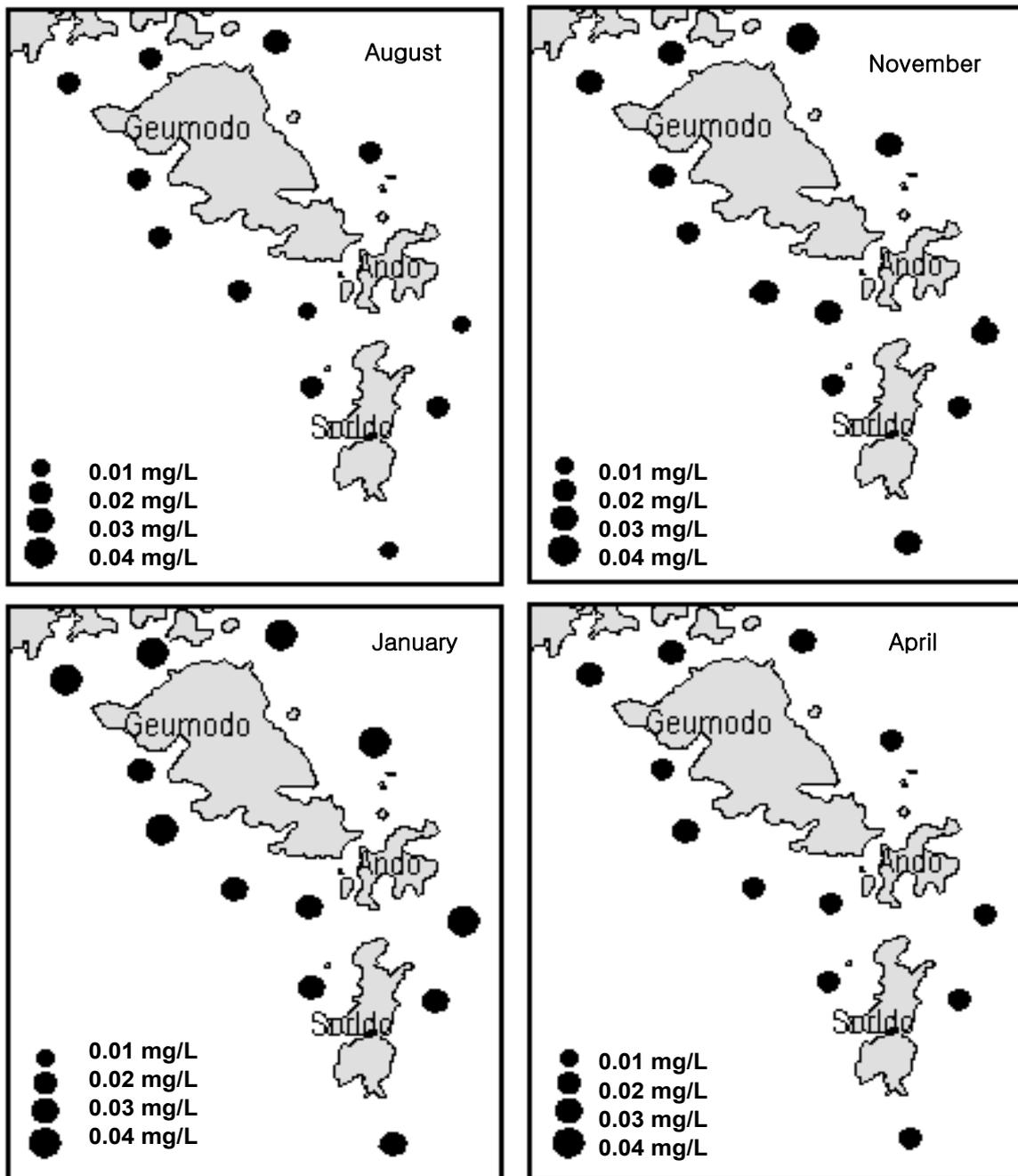


그림 2-1-22. 여수 금오도 주변 해역에서 표층 해수의 TP분포.

Fig. 2-1-22. The temporal variations of TP at surface water in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

나. 퇴적물 환경

퇴적물의 TIL, COD, AVS의 농도를 표 2-1-11~12에 나타내었다. 2003년 8월의 경우 TIL의 농도분포를 보면 3.95~7.73%(평균 5.52%)로, 5번 정점에서 다소 높게 나타났다. COD의 농도는 5.09~15.86mg/g · dry wt(평균 10.35mg/g · dry wt)였으며 정점별로는 정점 5, 8, 12에서 높게 나타났으며, 정점 18에서 가장 낮게 나타났다. AVS의 농도는 0.02~0.30mg/g · dry wt(평균 0.11mg/g · dry wt)로서 2002년 8월의 농도와 비슷한 값을 나타냈다. 2004년 1월의 경우 TIL의 농도분포를 보면 3.68~6.45%(평균 5.12%), COD의 농도는 4.21~18.64mg/g · dry wt(평균 13.11mg/g · dry wt)였으며, AVS의 농도는 0.01~0.19mg/g · dry wt(평균 0.07mg/g · dry wt)로 나타났다.

표층 퇴적물에 대한 중금속조사 결과를 표 2-1-13에 나타내었다. 2003년 8월의 표층 퇴적물의 중금속 농도를 살펴보면 Cd의 경우 0.33~0.53mg/kg(평균 0.44mg/kg)이고 Cu의 경우 3.11~15.56mg/kg(평균 10.99mg/kg)이며, Pb의 경우 3.74~8.60mg/kg(평균 7.37mg/kg), Zn의 경우 44.53~101.31mg/kg(평균 83.66mg/kg)으로 나타났다. 2002년 8월의 결과와 비교하면 Cu, Pb의 농도는 낮아진 반면 Zn은 평균 농도값이 조금 높게 나타났다. 수영만(양과 김, 1994)의 조사결과 Cd, Cu, Pb, Zn의 평균 농도가 각각 0.51~1.88, 20.5~31.1, 30.1~52.2, 94~137.8mg/kg로 보고되었으며, 이번 조사 결과와 비교하면, 수영만보다 금오도 주변에서 전 항목이 약간 낮은 값이다. Cd는 남해도 주변에서 0.20~0.59mg/kg, Cu는 남해동부연안에서 10~48mg/kg(평균 18mg/kg), Pb의 경우 남해동부연안에서 14~49mg/kg(평균 28mg/kg), Zn의 경우 79~187mg/kg(평균 111mg/kg)였으며(Paka et al., 1998; 이와 한, 1978) 이번 조사결과는 이들 해역과 비슷한 수준 이었다.

표 2-1-11. 금오도 주변해역에서의 퇴적물 농도 변화

Table 2-1-11. Ranges and values of at sediments in the coastal area of Geumodo

Parameters	TIL	COD	AVS	
Month	(%)	(mg/g)	(mg/g)	
Aug. 2002	Min.	3.30	6.57	0.00
	Max.	6.68	14.51	0.06
	Avg.	5.27	10.23	0.01
Aug. 2003	Min.	3.95	5.09	0.02
	Max.	7.73	15.86	0.30
	Avg.	5.52	10.35	0.11
Jan. 2004	Min.	3.68	4.21	0.01
	Max.	6.45	18.64	0.19
	Avg.	5.12	13.11	0.07

표 2-1-12. 표층 퇴적물의 TIL, COD, AVS의 농도분포

Table 2-1-12. Concentrations of TIL, COD, AVS at surface sediment in the coastal area of Geumodo

St.	August(2003)			January(2004)		
	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
5	7.73	15.86	0.06	5.70	15.42	0.03
7	6.58	9.00	0.16	6.01	17.69	0.19
8	5.98	14.98	0.30	5.86	15.37	0.13
11	4.84	7.37	0.03	4.81	5.96	0.02
12	5.48	14.81	0.18	4.41	15.25	0.08
14	3.95	9.03	0.07	4.06	10.07	0.06
15	4.37	7.51	0.02	3.68	8.24	0.02
17	5.68	10.82	0.22	6.45	18.64	0.04
18	4.73	5.09	0.02	4.24	4.21	0.01
20	5.58	9.67	0.02	5.29	15.08	0.05
21	5.81	9.68	0.10	5.78	18.31	0.02

표 2-1-13. 금오도 주변해역에서의 퇴적물 중금속 농도 변화

Table 2-1-13. Ranges and values of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo

Parameters	Cd	Cu	Pb	Zn	
Month	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	
Aug. 2002	Min.	0.05	16.00	15.19	28.06
	Max.	0.78	49.00	63.76	77.34
	Avg.	0.20	29.40	30.34	60.97
Aug. 2003	Min.	0.33	3.11	3.74	44.53
	Max.	0.53	15.56	8.60	101.31
	Avg.	0.44	10.99	7.37	83.66

표 2-1-14. 금오도 주변해역의 2003년 8월 중금속 농도

Table 2-1-14. Concentrations of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo, in August 2003

St. NO.	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
5	0.46	14.78	7.78	97.78
7	0.41	14.75	7.45	101.31
8	0.42	15.56	7.68	95.80
11	0.35	10.37	6.39	76.63
12	0.44	12.13	8.40	90.96
14	0.51	7.05	8.38	68.72
15	0.48	9.50	8.52	78.19
17	0.48	12.08	8.60	87.92
18	0.33	3.11	3.74	44.53
20	0.53	12.66	6.17	96.94
21	0.46	8.90	8.02	81.53

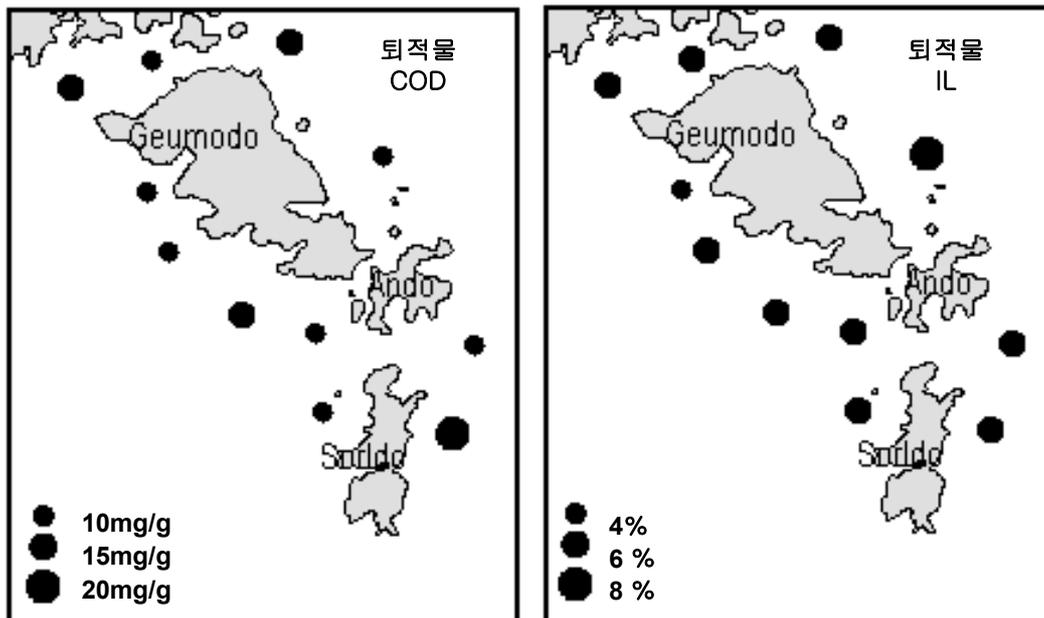


그림 2-1-23. 여수 금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 TIL, COD의 분포.

Fig. 2-1-23. The temporal variations of TIL and COD concentrations at surface sediments in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

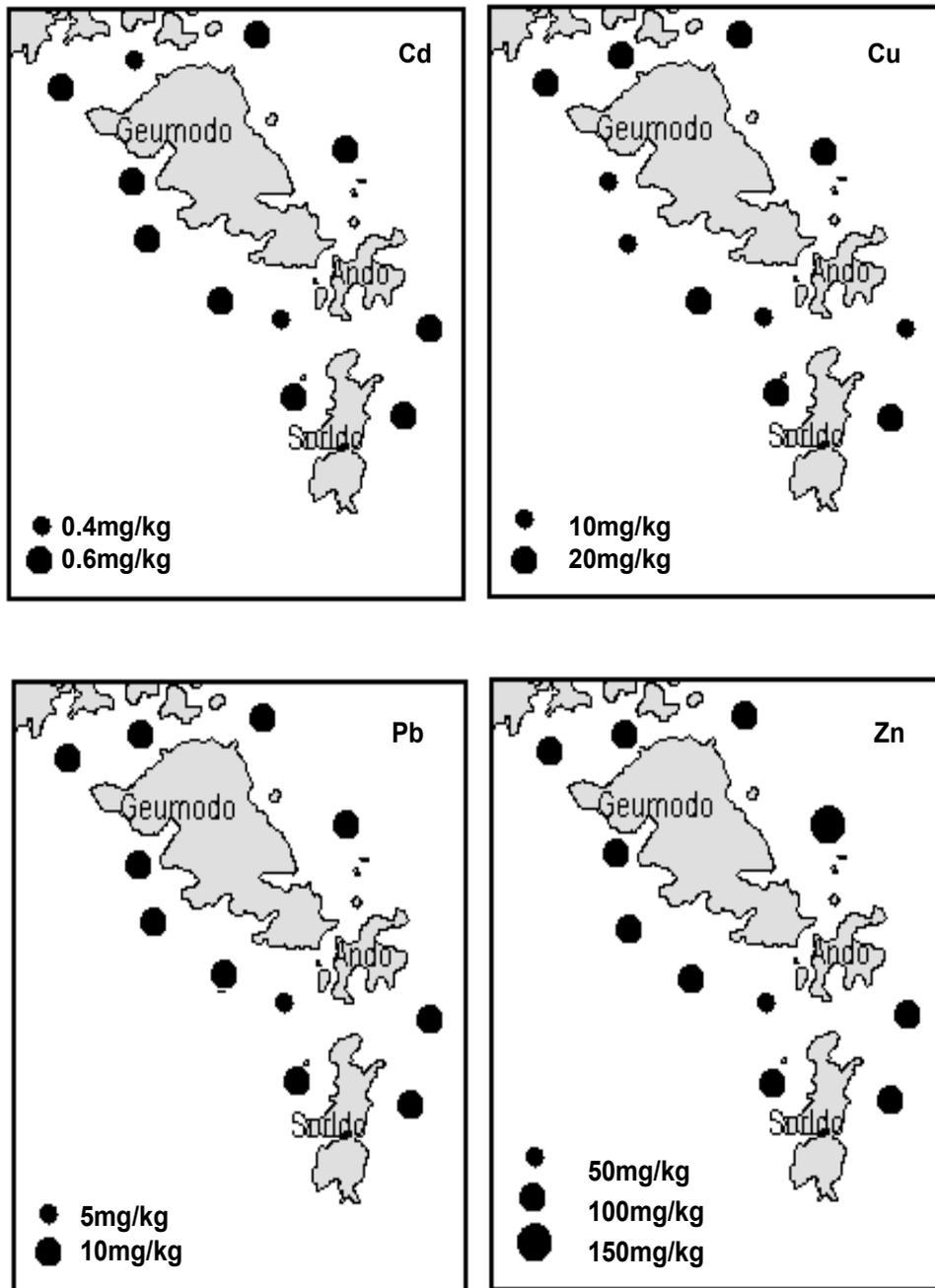


그림 2-1-24. 여수 금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 중금속 농도 분포.

Fig. 2-1-24. The temporal variations of heavy metals at surface sediment in the coastal area of Geumodo, South Sea of Korea.

다. 해저지형 및 해저면 특성

(1) 기존자료 통합처리

전남 다도해형 바다목장화 해역 전체에 대한 개략적인 육지-해저 지형을 파악하기 위하여 해도에 표기되어 있는 수심자료와 기존 조사에서 자료를 활용하였다. 정밀 수심측정 자료가 없는 상황에서 해저지형자료 구축을 위한 첫 번째 단계는 기존 해도에 표시된 수심자료를 읽어내는 방법이다. 이를 위하여 연구지역내 모든 해도상의 수심자료를 수치화하여 컴퓨터에 입력 처리하였다. 해도(그림 2-1-25)에서 수심표시 지점의 위치와 수심을 디지털이저를 통해서 독취한 후 컴퓨터에 수록하고 일반 직각좌표계에서 WGS-84 좌표계로 변환하였다. 해도의 수심자료는 그림 2-1-25에서 보는 바와 같이 수심변화가 많은 육지주변 해역과 도서사이에서는 100~200m 간격, 수심변화가 적은 외해지역에서는 1000~2000m 간격으로 표시되어 있다. 수치화에 사용된 해도는 2000년 국립해양조사원에서 발행한 축척 1 : 50,000의 나로열도부근 도엽(도엽번호 240)이다. 해도자료와 함께 국립수산물과학원 남해수산물연구소에서 조사한 280지점의 수심자료(그림 2-1-26)도 함께 취합하였다.

한편 해저지형과 인근의 육지지형의 연속성을 파악하기 위하여 1 : 25,000 수치지형도에서 등고수치값을 추출하였다. 일반적으로 도면화된 지형도와 달리 수치지도는 자료처리를 통하여 위치와 고도를 수치화할 수 있기 때문에 인접한 해저지형자료와 통합이 가능하다. 이 자료처리를 위해서 GIS 프로그램을 사용하였으며 자료처리는 좌표계변환(TM->WGS84)을 포함한다.

해도자료 및 기존 조사자료와 육지수치지형자료를 통합처리한 후 작성한 등고선도는 각각 그림 2-1-27, 그림 2-1-28과 같다. 등고선도는 급구배의 육지지형에서 완만한 해저지형으로의 변화 모습을 잘 나타내주고 있다. 이와 같은 지형분포는 그림 2-1-29와 같은 3차원 지형도에 의해서 보다 입체적으로 표현할 수 있다.

3차원 지형도는 보는 각도와 높이를 자유롭게 변화시키면서 지형을 표현하고 분석할 수 있다. 그림 2-1-30은 남서쪽에서, 그림 2-1-31는 북서쪽의 상공에서 본 연구지역의 입체적인 육지 및 해저 지형을 보여준다. 그러나 불충분한 기존 수심자료인하여 연구지역의 해저지형을 정밀하게 표현하는 데는 아직 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 월동장인 소리도 남부해역에 대하여 단빔 및 다중빔 정밀 측심기를 이용하여 해저지형을 정밀 조사하였다.

(2) 위치 및 단빔 수심자료처리

DGPS 자료와 단빔 수심자료는 해상조사시 노트북 컴퓨터에 1초 간격으로 통합되어 들어온다. 이때 단빔 수심 자료는 연구선의 속도가 아주 빠르거나 심하게 회전 또는 흔들릴 경우 센서에서 송신된 음파가 해저면에 도달했다가 돌아오는 파를 받지 못하여



그림 2-1-25. 수심 디지털이징을 위한 해도의 예.

Fig. 2-1-25. A sample nautical chart.

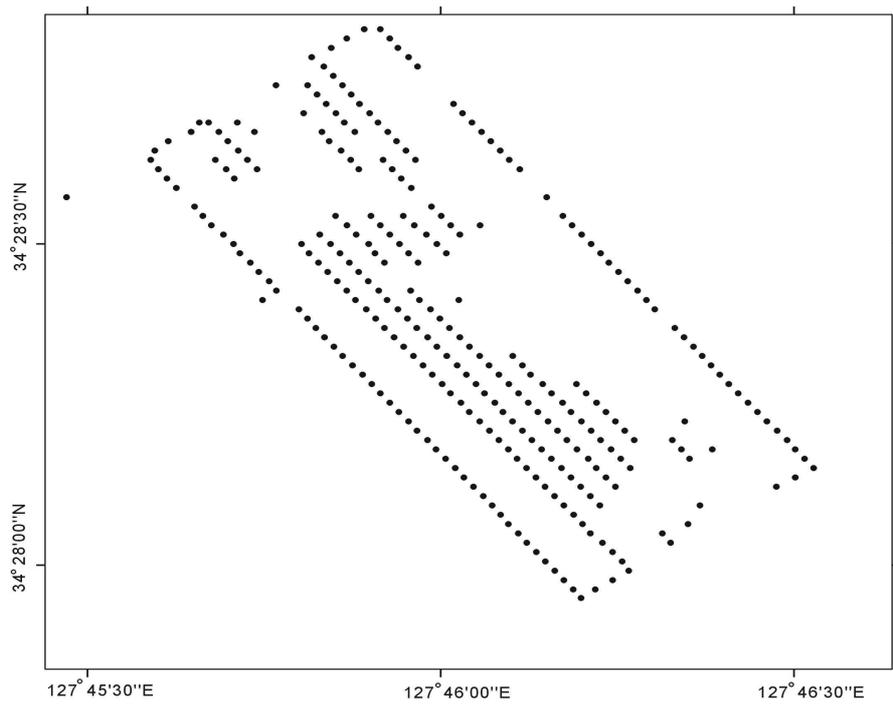


그림 2-1-26. 국립수산과학원 남해수산연구소에서 관측한 수심자료 분포.

Fig. 2-1-26. Location map of echo sounding data obtained by SSFI.

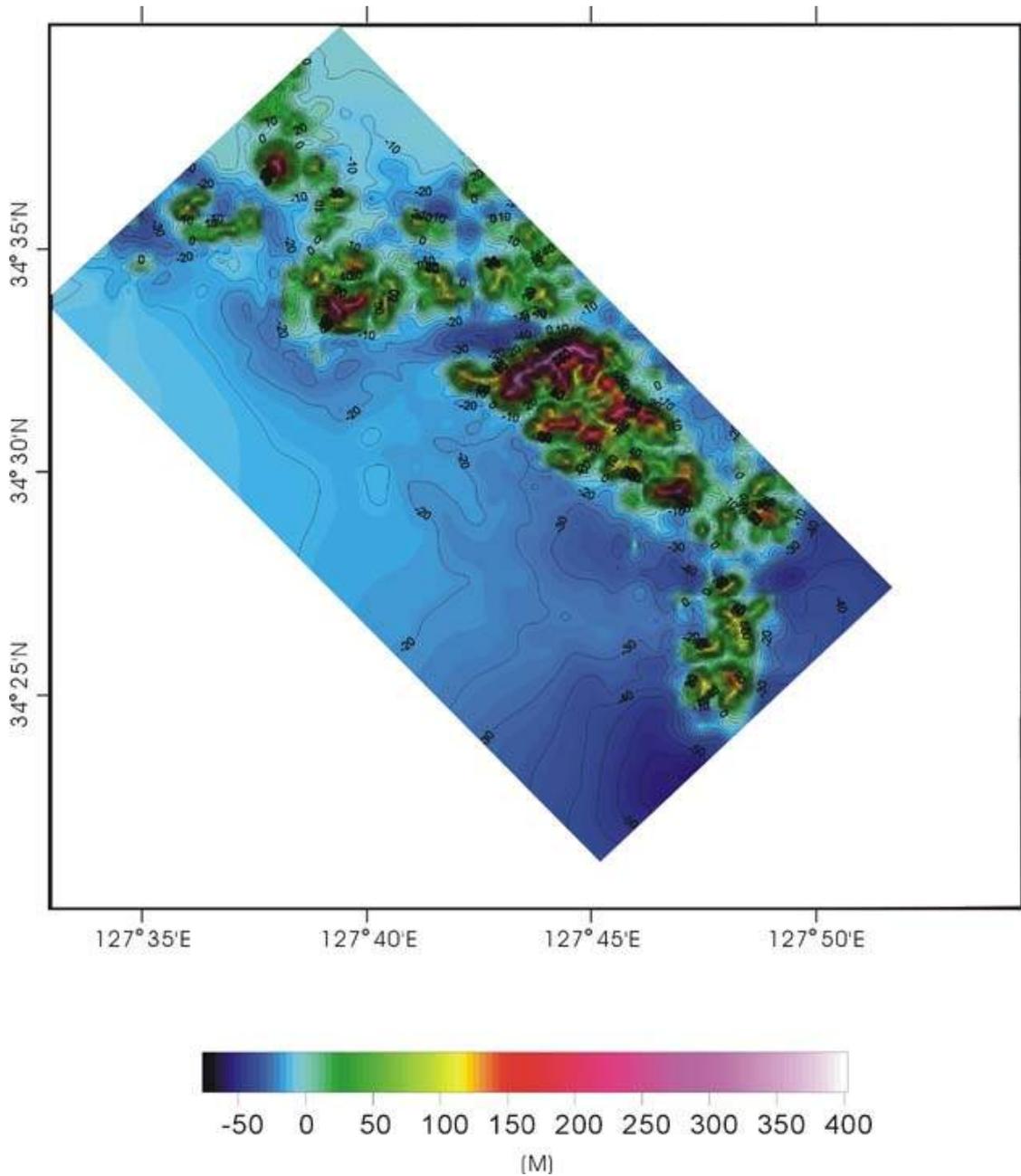


그림 2-1-27. 전남 다도해형 바다목장지역 해저-육지통합 등고선도.
 Fig. 2-1-27. Contour map of marine ranching area.

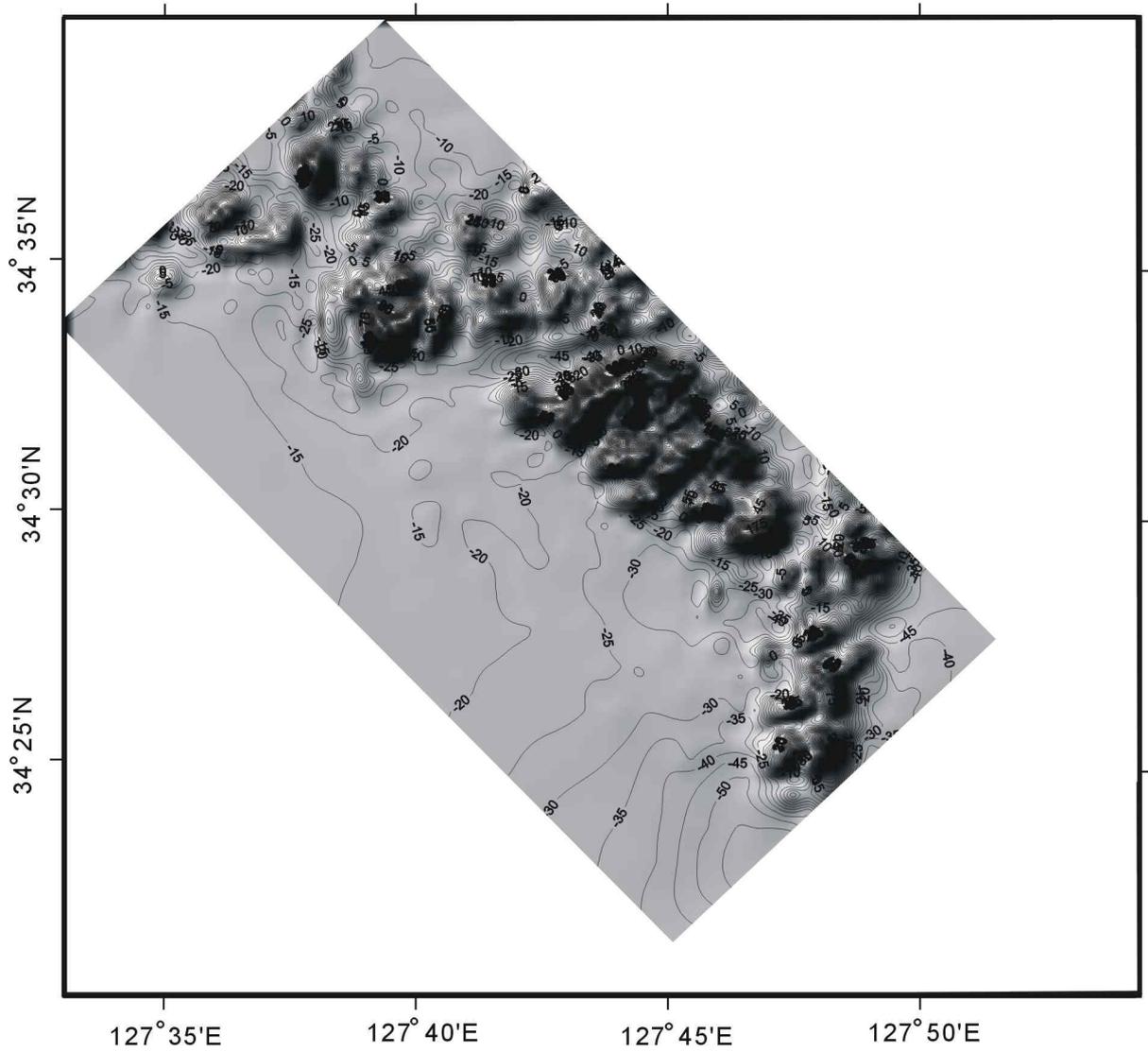


그림 2-1-28. 전남 다도해형 바다목장지역 해저-육지통합 음영 기복도.

Fig. 2-1-28. Shade relief map of marine ranching area.

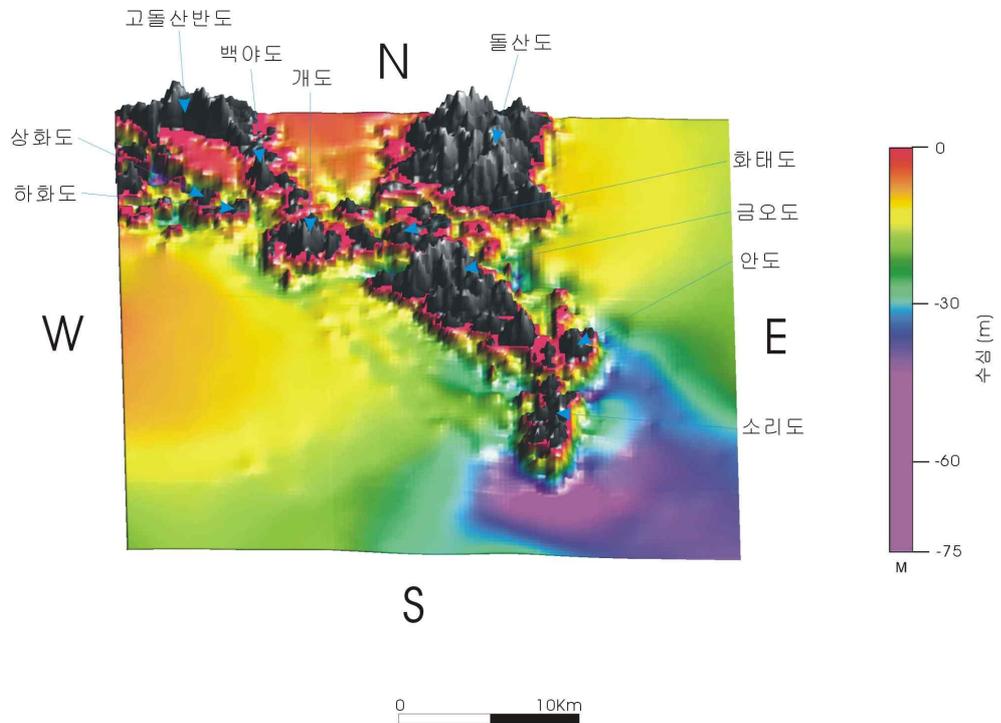


그림 2-1-29. 남쪽에서 본 바다목장화지역 3 차원 지형.
 Fig. 2-1-29. 3D map of marine ranching area (south view).

오류가 있는 자료가 나타나는 경우가 있다. 이런 오류 자료를 보정하여 사용하였고 위치 자료는 자체 프로그램을 이용하여 도(°)단위로 환산하여 사용하였다.

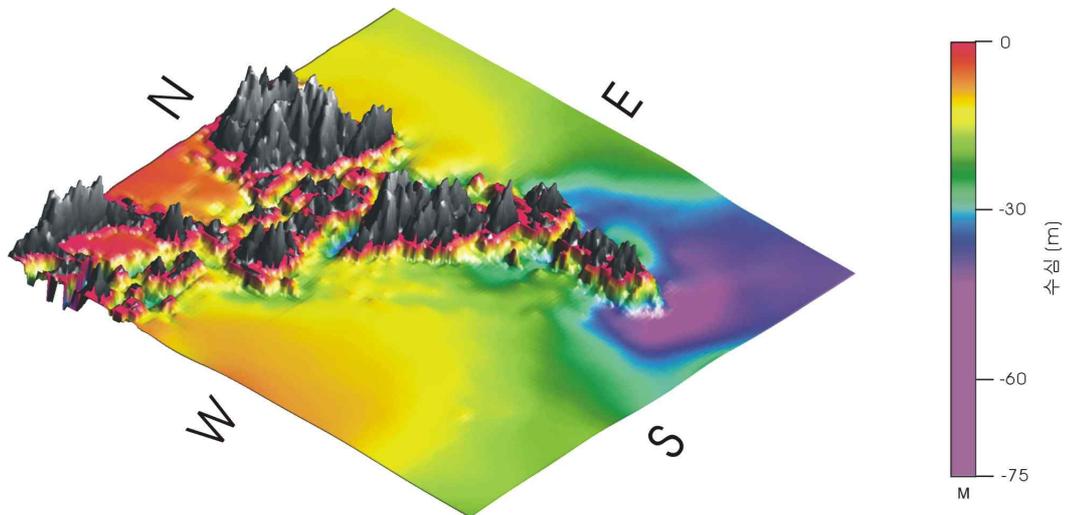


그림 2-1-30. 남서쪽에서 본 바다목장화지역 3 차원 지형.
 Fig. 2-1-30. 3D map of marine ranching area (south west view).

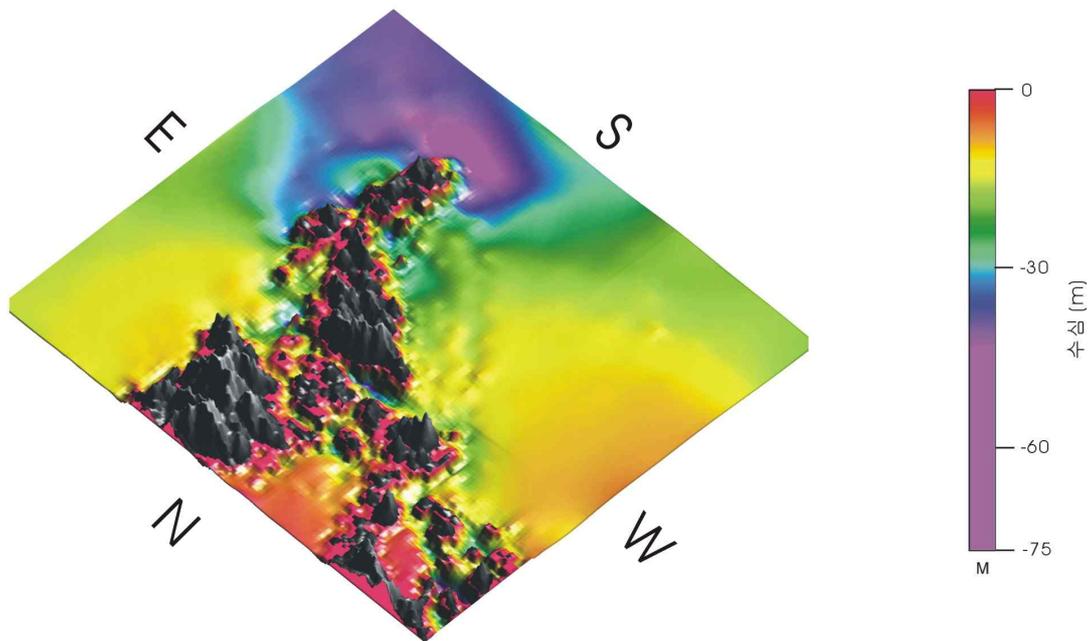


그림 2-1-31. 북서쪽에서 본 바다목장화지역 3 차원 지형.
 Fig. 2-1-31. 3D map of marine ranching area (north west view).

(3) 다중빔 수심자료처리

다중빔 자료에 대한 조석보정은 국립해양조사원의 여수지역 조석표를 사용하여 보정하였다. 지형자료의 도면화를 위하여 음파의 송수신 위치는 동시 표현이 가능한 점장도법(Conformal Transverse Mercator)에 의한 Easting, Northing 값으로 변환한 후 이용하였다.

다중빔 음향 측심기는 음향트랜스듀서에서 음파를 발생시켜, 수신기로 되돌아올 때까지의 시간과 음속의 전달 속도를 이용하여 수심을 계산하기 때문에 자료 획득과 동시에 많은 잡음들이 입력된다. 따라서 RTS2000 프로그램을 이용하여 적절히 필터링 하였으며, 실제 해저지형과 반사 잡음들을 분리시켜 보정하였다(그림 2-1-32). 각 빔의 고유한 위치 값을 갖는 보정된 수심 자료파일들은 무작위 점 사상(Point Topology)으로 산재되어 있는 빔 자료를 임의의 단위영역으로 변환하는 격자화 과정을 거쳐야 한다. 본 조사시에는 GRID 2000 프로그램을 이용하여 해저지형 자료를 격자화하였다. 전체 측심자료의 모자이크를 위하여 격자간격을 3m로 설정하였다(그림 2-1-33). 또한 이 프로그램을 이용하여 오류데이터를 뽑아내고, 서로 다른 측선간의 데이터를 상호 보완 시켜주었으며 UTM 좌표계상의 Easting, Northing, 수심 값으로 추출하고 WGS84 좌표계 값으로 변환하여 주었다.

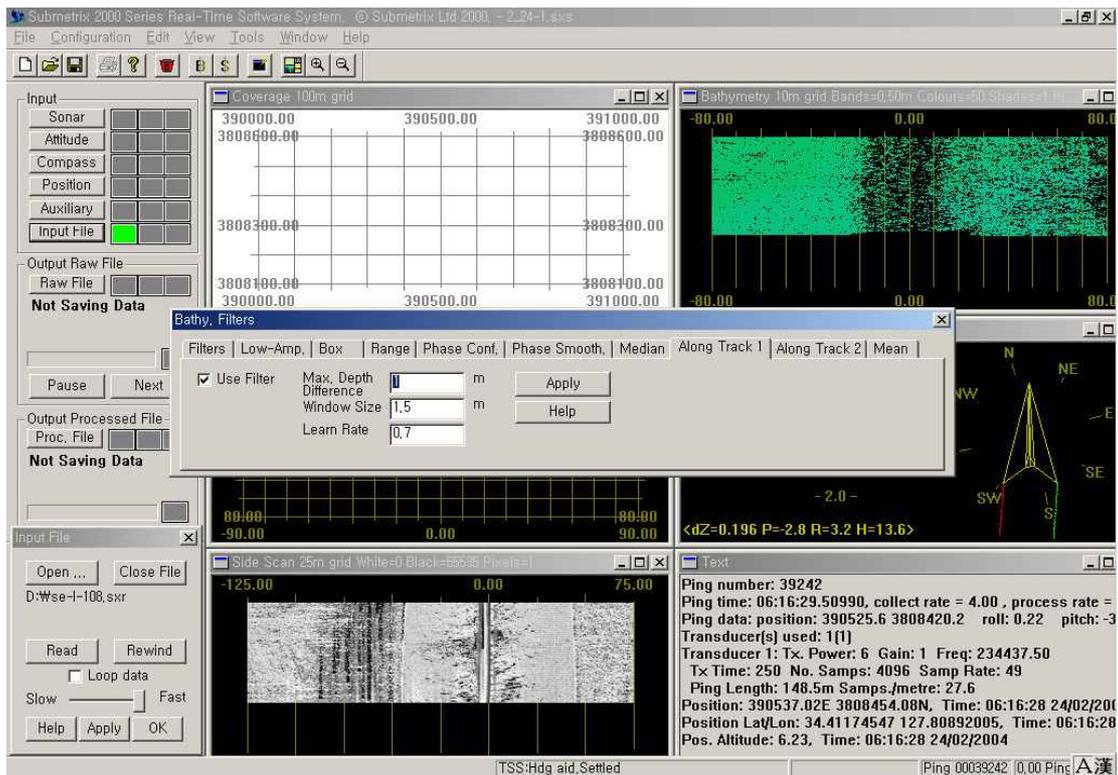


그림 2-1-32. RTS2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정.

Fig. 2-1-32. Multi-beam echo sounder data processing program, RTS 2000.

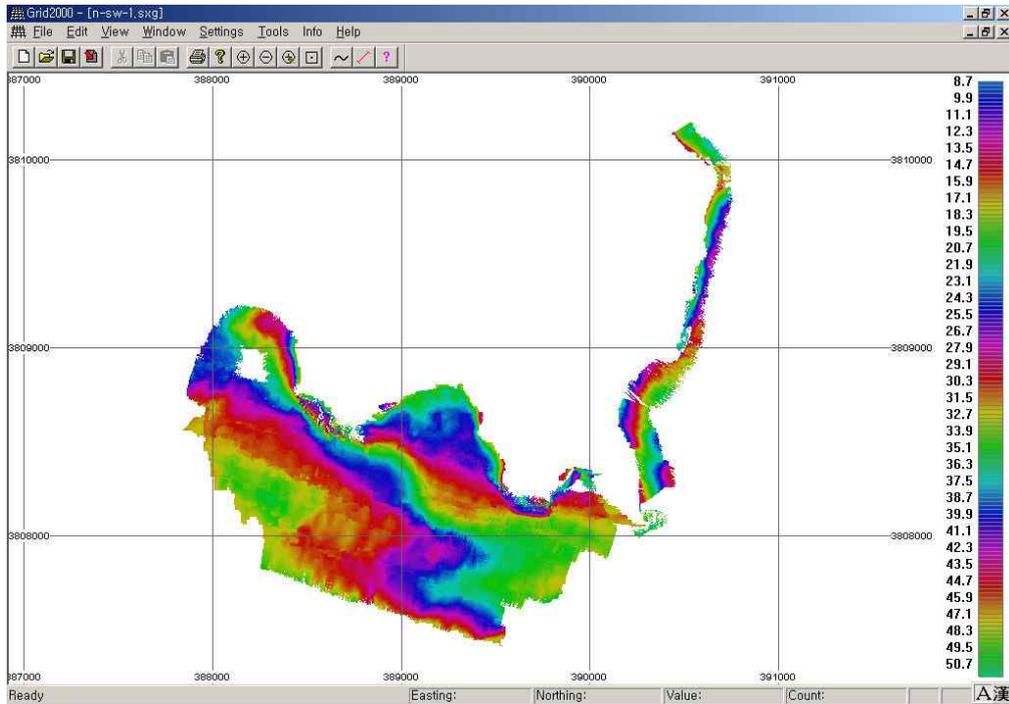


그림 2-1-33. GRID2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정.
 Fig. 2-1-33. Multi-beam echo sounder data processing program, GRID2000.

(4) 해저면 영상 조사 자료 처리

모자이크는 인접한 측선들로부터 여러 장의 영상들을 연결시키는 작업을 말한다. 이를 위해서는 연속된 일련의 측선들로부터 만들어진 기록들이 필요하며, 각 기록들을 인접 측선으로부터의 기록과 세심하게 대비시키는 작업이 필요하다. 또한 모자이크 작업을 위해서는 균일한 양질의 자료를 얻는 것과 조사 중의 정확한 항적시스템 기록이 필수적이다.

대부분의 모자이크작업은 현장에서 만들어지지 않는다. 그러므로 현장자료는 디지털 보관장치인 magneto-optical drive(MO drive)에 반드시 저장되어야 한다. 이 장치에는 획득된 모든 조사 자료 및 조사 수행시의 항적기록이 저장된다. 현장 작업이 끝난 후에 그 자료는 다시 가공되고, 최종 영상 조합 작업에 사용된다. 기본자료처리를 위해서는 Octopus 프로그램이 사용되었다. 여러 다른 형태의 데이터를 보는 데는 Viewer 프로그램이 이용되었다(그림 2-1-34).

획득된 자료의 조정/복사를 및 위해 Utilities 프로그램이 이용되었다. 이 프로그램을 이용해 데이터의 질을 높여 주고, 해저면 위에 대한 보정 및 화면 출력 이미지의 화질을 개선한다(그림 2-1-35). 또한 모자이크처리에 필수적인 항적시스템기록 자료를 추출할 수 있게 해준다. Utilities 프로그램의 또 다른 주요 기능은 조사측선 편집기능이다. 모자이크를 하기 전에 불량데이터를 포함한 조사측선 및 중복 조사측선 등은 양질의 모자이크 결

과를 얻기 위해 사전에 편집되어야 한다.



그림 2-1-34. Viewer 출력화면.

Fig. 2-1-34. Side scan sonar data processing program, Viewer.

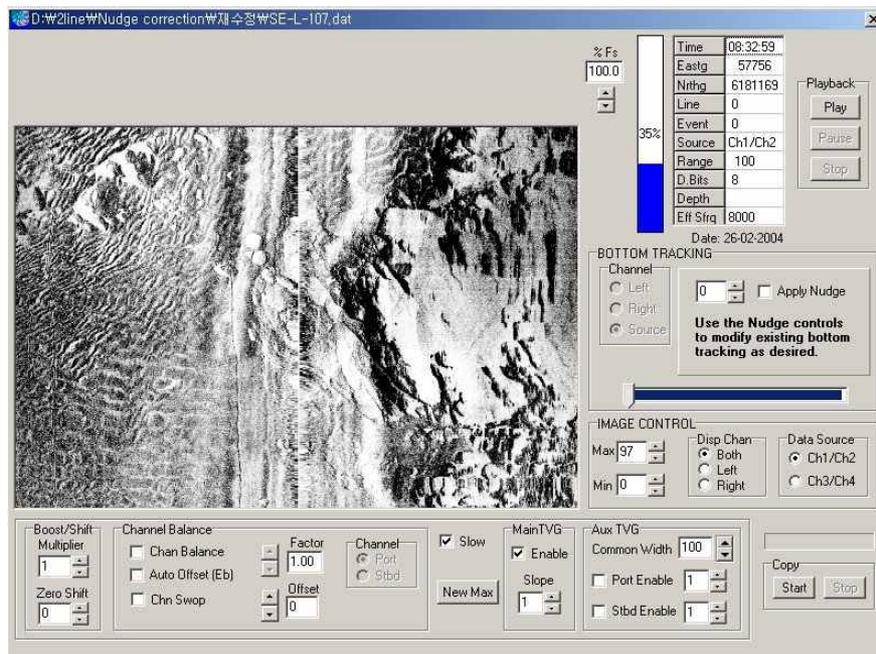


그림 2-1-35. 조정/복사(fix/copy) 출력화면.

Fig. 2-1-35. Side scan sonar data processing program, Fix/Copy.

고화질의 모자이크처리를 위해서는 정확한 항적시스템이 필수적이다. 본 조사에는 1m 이내의 오차를 갖는 DGPS 항적장치와 Hawk Eyes 항적시스템이 이용되었으며 이 항적시스템에 의해 미리 계획된 조사측선을 따라 조사가 수행되었다.

실제 모자이크작업의 첫 번째 과정은 측면주사자료와 동일한 척도의 항적도면을 만드는 것이다. 예를 들어 300m 주사역(range)으로 기록된 자료를 이용해 만든 최종 모자이크도면에서 실제 주사역 300m가 도면상에서는 3 cm에 해당된다면 1 : 10,000 축적의 항적도면이 필요하게 된다. 모자이크를 만드는 마지막 과정은 해저면영상조사 자료들을 항해측선과 항적위치 표시에 맞추어 항적도면에 정렬시키는 것이다.

(5) 결과 및 토의

(가) 전남 다도해형 바다목장화 전 해역 개략 해저 지형

본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화지역 전체에 대한 개략적인 해저지형을 파악하기 위하여 기존 해양자료(해도 및 기존 등수심도) 및 육지수치지형자료들을 수치화하고 통합처리하였으며, 도면화하였다.

그림 2-1-27에서 2-1-31까지의 2차원 및 3차원 지형도는 전남다도해 바다목장화 해역의 육-해저 지형발달 양상을 보여준다. 해저지형의 전반적인 변화경향은 금오열도를 중심으로 서부가 동부해역에 비해서 완만한 경사를 갖는다. 대부분의 섬과 섬 사이 해역에서는 수로를 형성하고 있으며 주변해역에 비해 깊은 수심을 보인다. 수로나 암반돌출지역 등 일부지역을 제외하면 금오열도의 북쪽인 백야도, 제리도, 자봉도, 송도, 돌산도로 둘러싸인 해역은 수심이 최대 20m 내외에서 북쪽으로 가면서 5m 내외로 점차 얕아지는 경향을 보인다. 금오열도 서부지역은 섬 주변에서 육지지형과 연계되어 급한 사면을 나타내고 있으나 외해로 가면서 기복이 적은 완만한 해저를 형성하고 있으며 수심은 북서부 하화도 전방해상에서부터 남쪽의 소부도 전방해상까지 15m에서 약 30m까지 점차 깊어진다. 소부도 전방해상에서 연도 남쪽에 이르는 해역은 해저지형 구배가 커지며 수심은 최대 60m까지 깊어져서 본 연구지역에서 가장 깊은 해저를 이루고 있다. 금오열도 서부해역의 해저지형 발달의 특징은 금오도 중간지역 북쪽이 해안선에 평행한 등수심선을 이루고 있는 반면에 그 남쪽은 등수심선이 해안선에 거의 직각되게 발달하고 있는 것이다. 이와 같은 해저지형의 발달 특성은 남쪽이 북쪽 지역에 비해서 남쪽에서 유입·유출되는 강한 해수유동으로 퇴적물의 침식과 퇴적작용이 많이 일어나는 반면에 북쪽지역은 안정된 해수유동에 따라 기존에 형성된 해저 지형의 형태를 그대로 유지하는 것과 관련이 있다.

금오열도를 잇는 대부분의 섬과 섬 사이에는 해수가 드나드는 수로나 해저골이 형성되어 있으며 이 수로들은 주변에 비해 깊은 해저골을 형성하고 있다. 이 수로들에서는 20m에서 약 50m까지 수심을 보이며 대두리도-금오도 및 개도-월호도 사이 해역의 금오수

도와 월호수도에서 특히 깊은 해저수심을 보이고 있다. 금오열도 및 그 북쪽 섬 지역은 해저지형의 변화가 심하여 불규칙한 해수 유동을 유발하며 곳곳에 용승과 와류가 존재한다(해양수산부, 2002). 해수유동의 세기는 지형적인 영향으로 이와 같은 수로지역에서 상대적으로 크게 나타나고 있으며 지역에 따라서 깊고 좁은 수로는 발산류 형태의 해수유동의 원인이 되고 있다. 해수유동은 해저침식결과를 가져오고 해저지형변화는 해수유동을 변화시킴으로 두 가지 환경요인이 서로 상호작용을 일으킨다. 그러므로 바다목장화 해역의 해양환경 분석 및 모니터링에 중요한 요소로 작용하는 해수유동과 조석에너지 산정 및 정확한 모델링과 예측을 위해서도 정밀한 해저지형자료의 구축이 요구되고 있다.

(나) 구몽암 및 소부도-금오도 간 해역 해저 특성

그림 2-1-36에서 그림 2-1-40까지는 다중빔정밀측심기를 이용하여 구몽암 주변해역에서 획득한 수심자료를 이용하여 작성한 2차원 및 3차원 해저지형도를 보여준다. 특히 3차원 지형도는 마치 해수를 퍼낸 후 상공에서 전망한 것과 같이 사실감 있게 구몽암 및 주변해저의 모습을 나타내고 있다. 이 구몽암 해역 조사지역내 기존자료는 육상 수치지형자료 및 해도상에 있는 5 점 정도의 수심자료와 남해수산연구소에서 제공한 수 점의 자료가 전부이다. 이와 같은 기존 자료만으로 해저지형도를 만들면 그림 2-1-41와 그림 2-1-42 같이 정밀한 해저 지형의 모습과 상당히 달라진다. 이와 같은 해저지형자료의 부족은 해저지형자료를 기본자료로 활용하는 많은 바다목장관련 해양환경분석 및 예측과 시설설치 및 유지관리를 위한 설계 등 결과에 큰 차이를 초래할 수 있다.

본 연구에서 다중빔정밀측심기를 이용하여 획득·처리한 구몽암 주변 해저지형은 해도상에서 표현하는 것로부터 예측하기 어려울 정도로 해저규모가 크고 복잡한 기복으로 이루어져 있음을 알 수 있다. 구몽암의 해수면상 규모는 해수면의 높낮이에 따라 달라지겠지만 대략 길이 약 100m에 폭이 약 50m 정도 인데 비해서 해저에서는 그 규모가 길이에 있어서 500m 내지 최대 1000m까지 확장되고 있다. 구몽암은 처음 생성당시 직경이 1000m 이상되는 섬이었으나 해수의 침식 등에 의해서 삭박되어 현재의 모습으로 변형된 것으로 판단된다. 구몽암의 해저상부는 동서로 긴 타원형 모습을 나타내고 있으며 대체로 원형 경계를 갖는 수심 약 36m 지점에서부터 해저 퇴적층에 피복되기 시작한다. 이 수심을 기준으로 구몽암의 직경은 약 700m이다. 그러나 암반이 잔존 돌출된 부분은 남쪽, 북쪽과 동쪽으로 좁고 길게 연장되어 있는 모습이 특이하게 나타난다. 구몽암체의 사면지역과 해저연장지역에서는 수 m 높이의 돌기들이 다수 분포한다. 구몽암 주변 암반은 남북방향으로 선구조를 갖는 절리형태를 나타내면서 발달하고 있는 반면에(그림 2-1-43, 그림 2-1-44, 그림 2-1-45), 구몽암에서 보다 멀리 떨어진 남쪽 지역에서는 괴상의 용암류 형태를 보여 준다(그림 2-1-46). 구몽암 북동쪽 금오도에서 연장·발달되어 온 앞은 해저지형이 외해쪽으로 약 5m 정도 낙차를 갖는 해저단구를 형성하고 있다. 구몽암

북쪽지역의 동서방향의 대규모 단층에 의해서 북쪽지괴가 차별 침강되어 있음을 볼 수 있다(그림 2-1-40). 구몽암 서쪽과 북쪽에서 연장되어 온 수심 약 36m의 평탄한 해저지형은 구몽암의 남동쪽 해저에서 급구배를 보이며 42m까지 급격히 깊어진다.

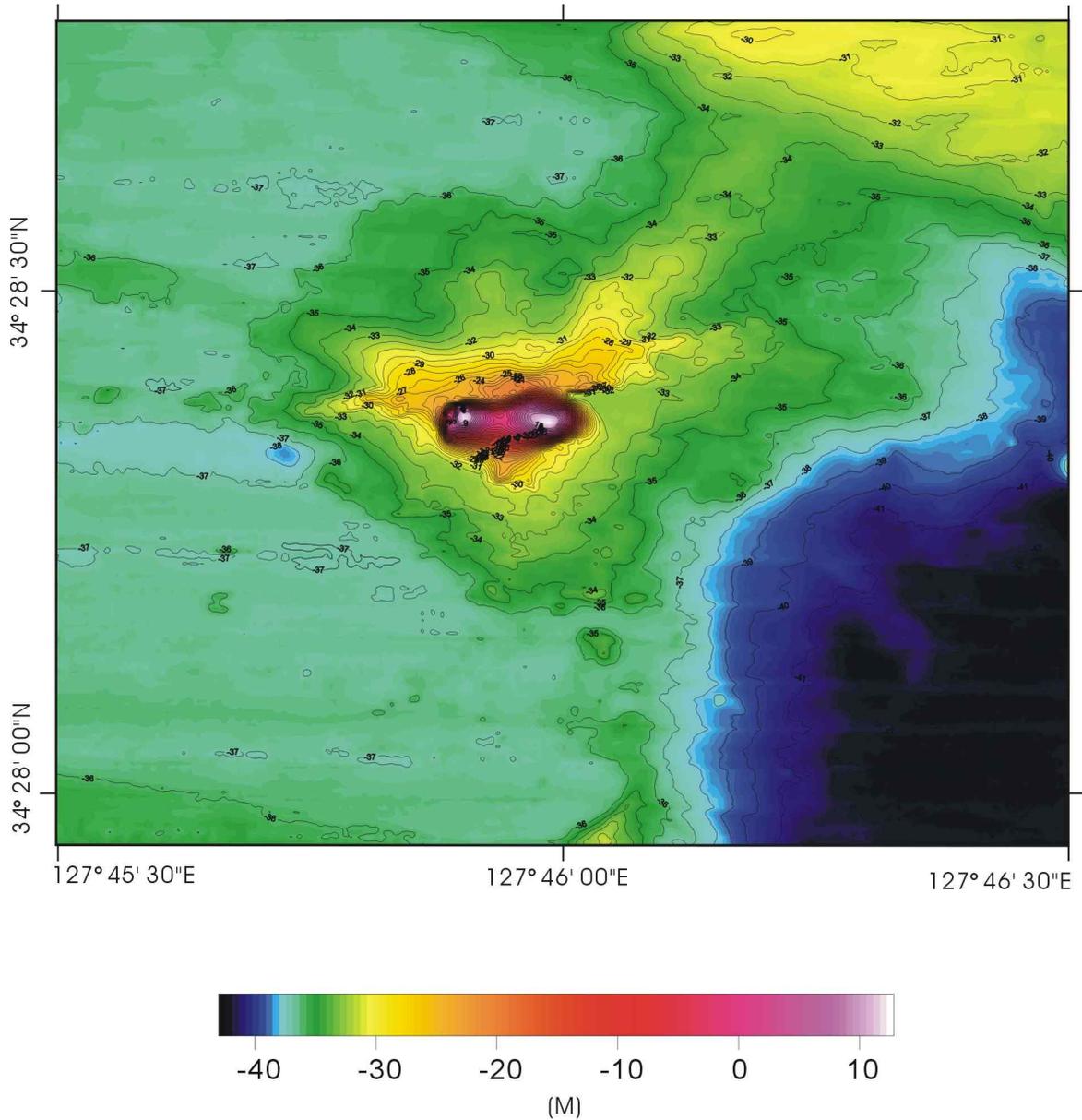


그림 2-1-36. 구몽암 지역 해저-육지 2 차원 등고선도.
 Fig. 2-1-36. Contour map of Gumongam area.

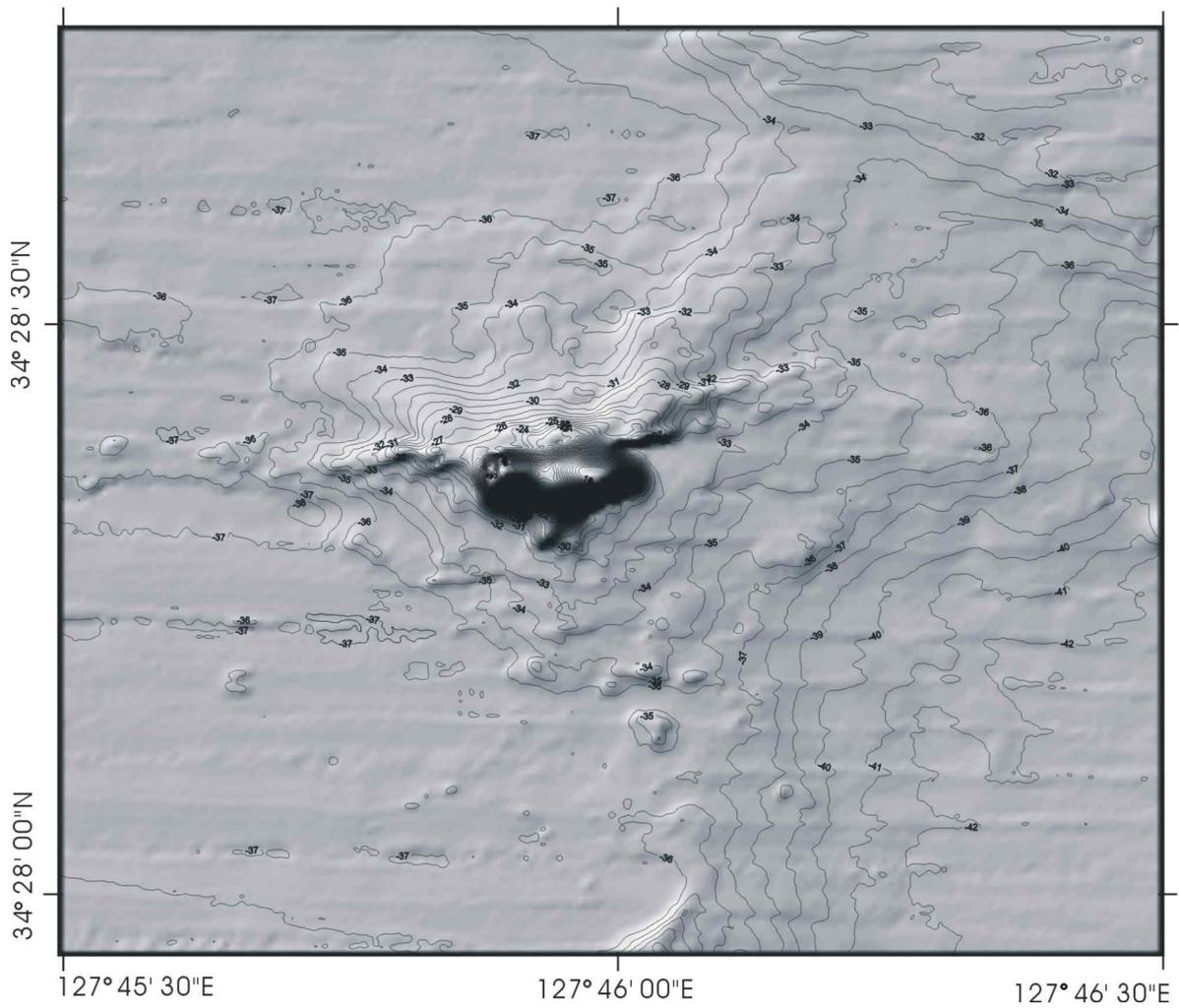


그림 2-1-37. 구몽암 지역 해저-육지 2 차원 음영기록도.

Fig. 2-1-37. Shade relief map of Gumongam area.

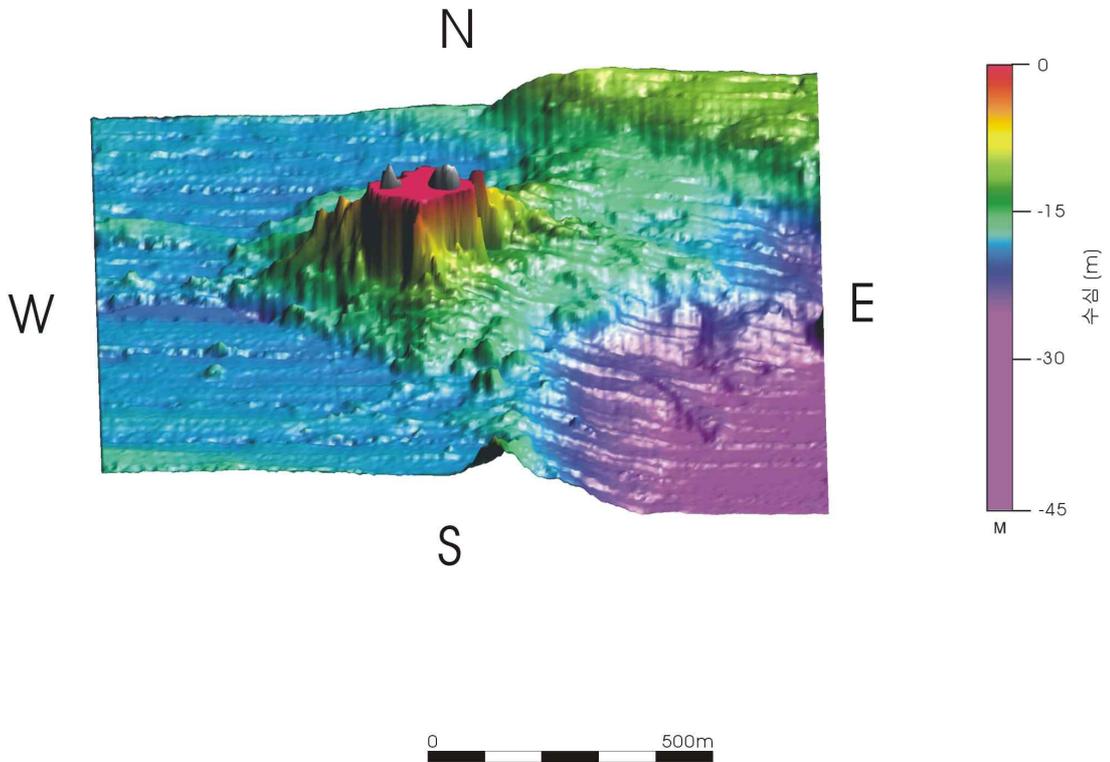


그림 2-1-38. 남쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3 차원 입체지형 모습.
 Fig. 2-1-38. 3D topography of Gumongam area viewing from south.

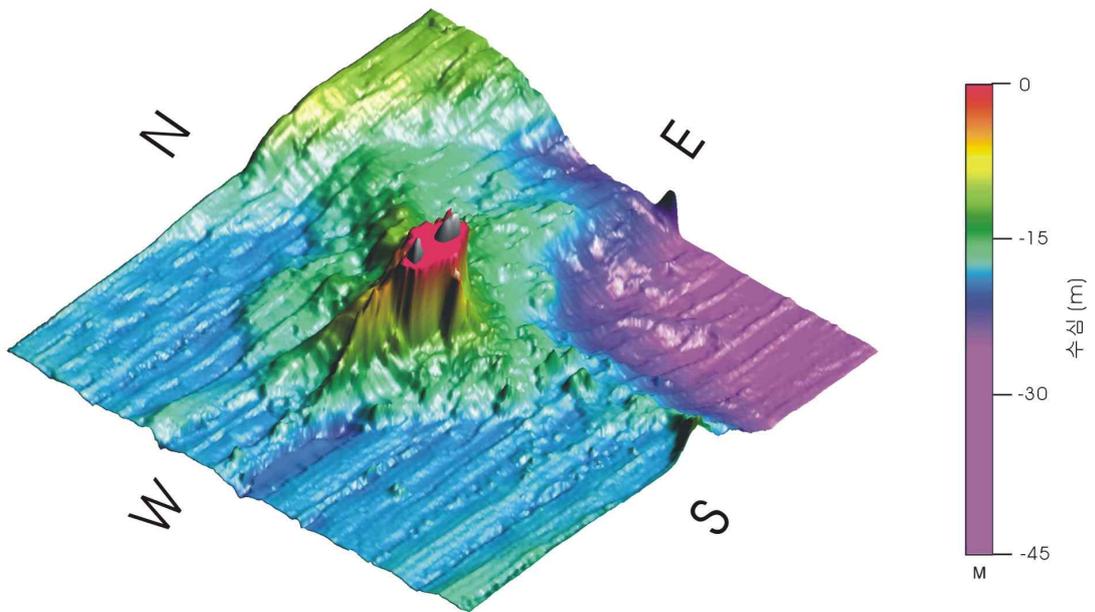
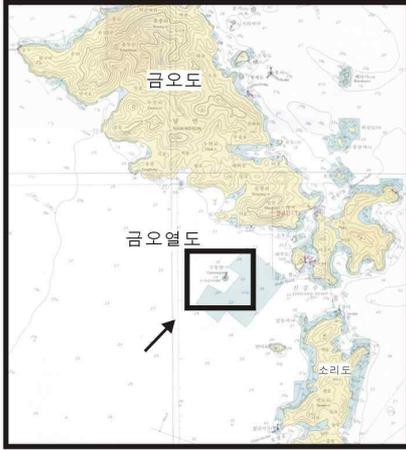


그림 2-1-39. 남서쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3 차원 입체지형 모습.
 Fig. 2-1-39. 3D topography of Gumongam area viewing from south west.

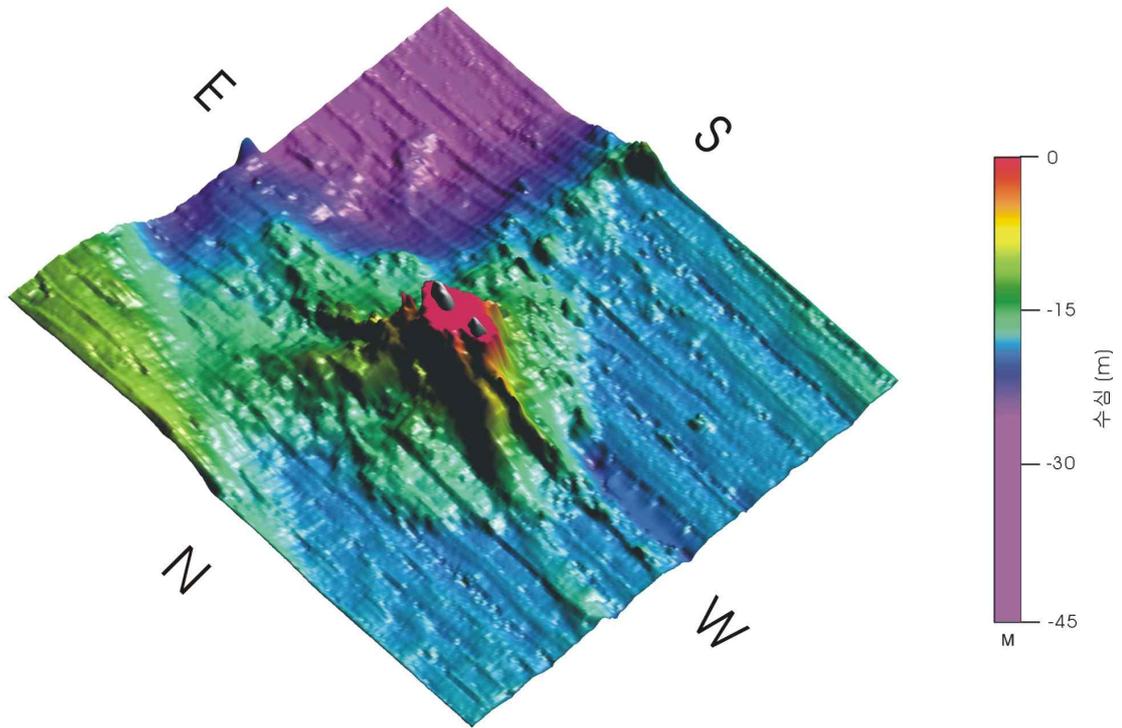


그림 2-1-40. 북서쪽에서 본 구몽암 지역 해저-육지 3 차원 입체지형 모습.
 Fig. 2-1-40. 3D topography of Gumongam area viewing from north west.

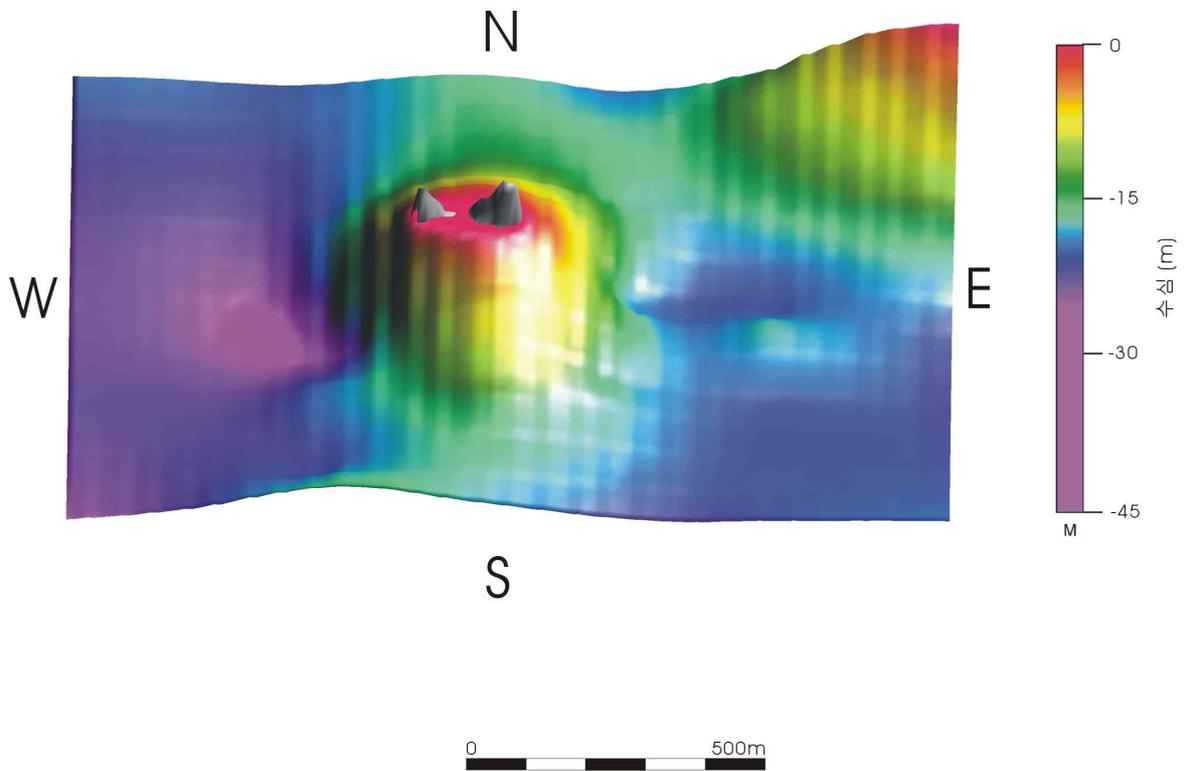
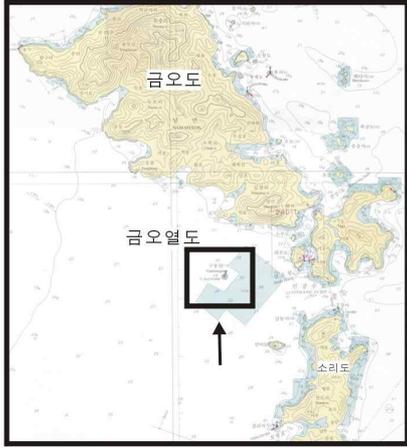


그림 2-1-41. 기존자료로 작성한 구몽암 지역 해저-육지 3 차원 입체지형.
 Fig. 2-1-41. 3D topography map using existed data in Gumongam area.

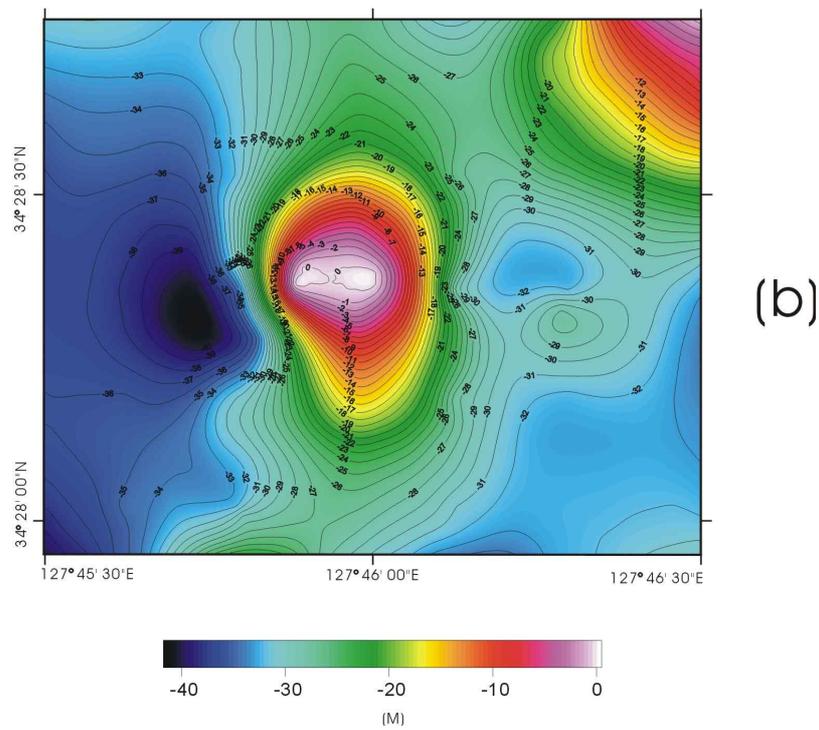
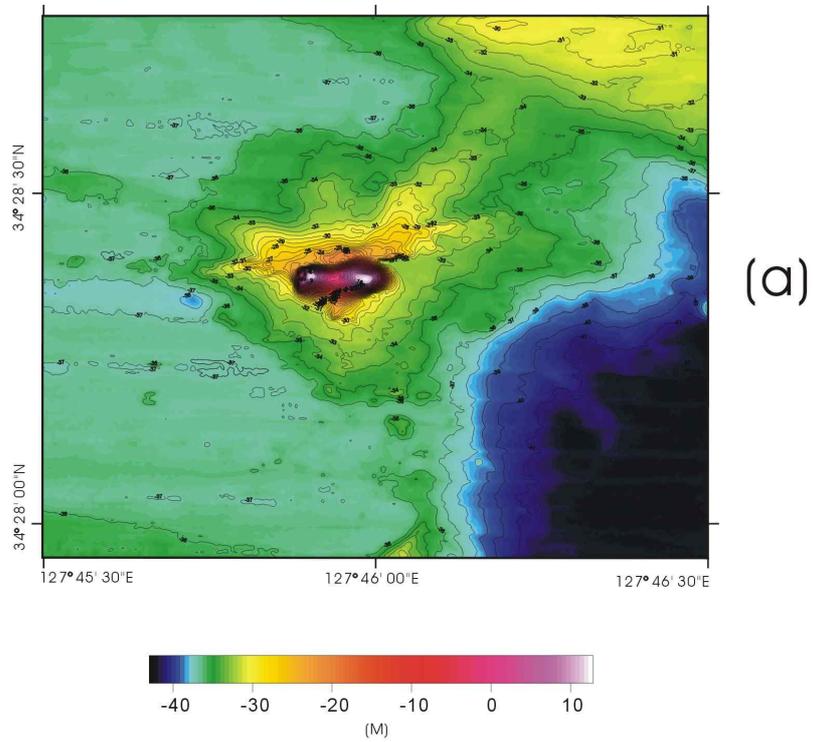


그림 2-1-42. (a) 다중빔 정밀 음향 측심기 실측 자료에 의한 해저지형과
(b) 기존 자료에 의한 해저지형의 비교.

Fig. 2-1-42. (a) Contour map made from multi-beam echo sounder survey and
(b) contour map using existed data.

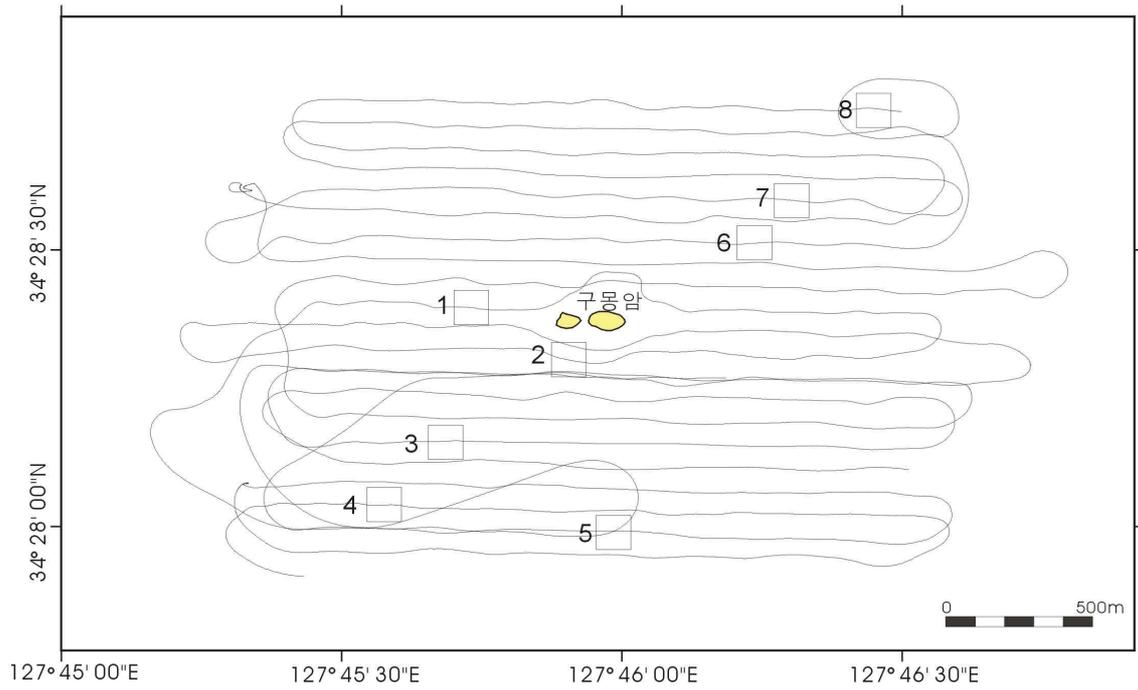


그림 2-1-43. 구몽암 지역 해저면영상조사 측선 및 주요 해저면영상.

Fig. 2-1-43. Side scan sonar survey tracks in Gumongam area and remarkable image locations.



그림 2-1-44. 구몽암 서측해역 그림 2-1-36의 구역 1에서의 해저면 영상 모습.

Fig. 2-1-44. Side scan sonar image of area-1 (see Fig. 2-1-36).

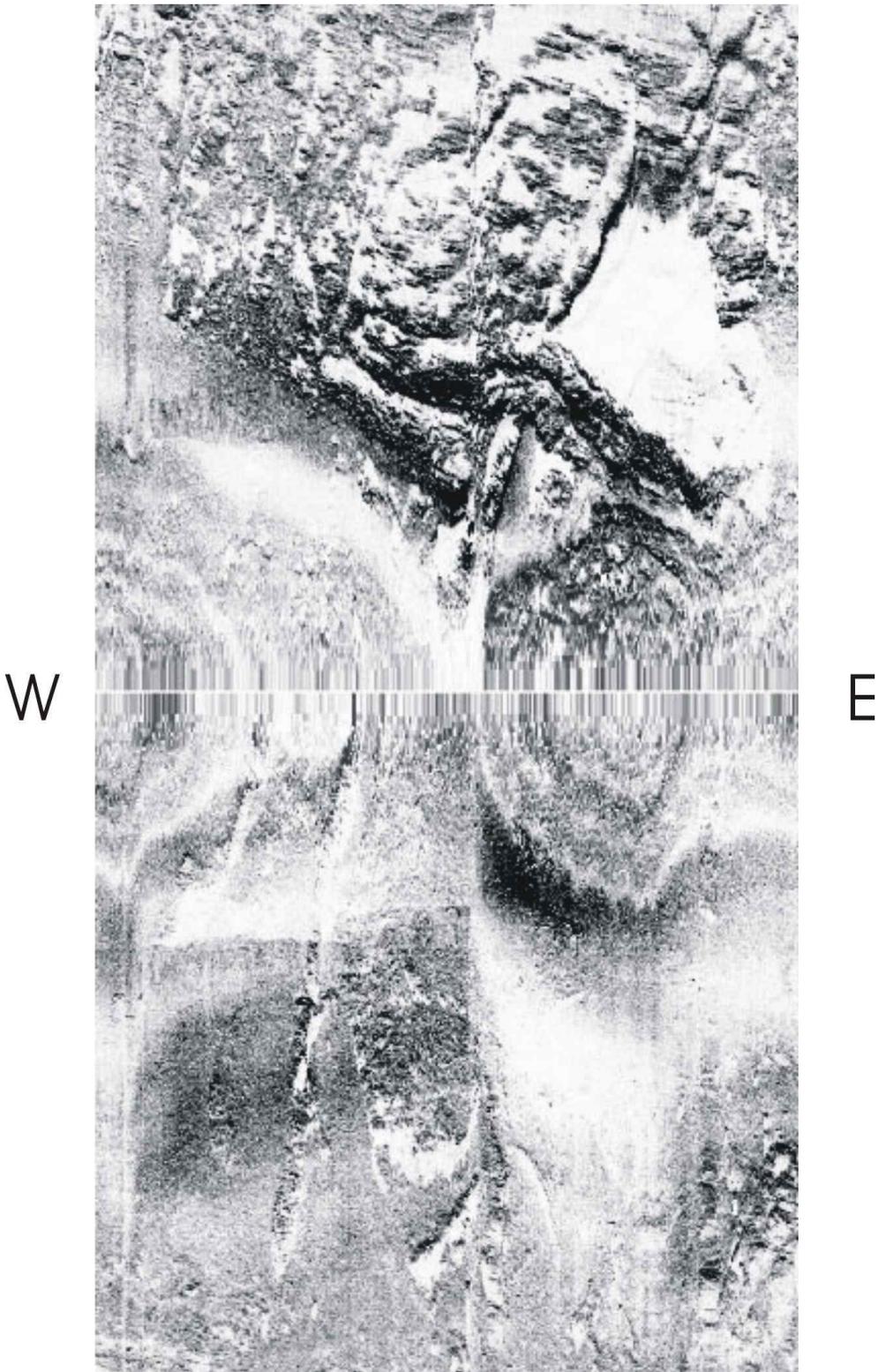


그림 2-1-45. 구룡암 남쪽해역 그림 2-1-36의 구역 2에서의 해저면 영상 모습.
Fig. 2-1-45. Side scan sonar image of area-2 (see Fig. 2-1-36).



그림 2-1-46. 구룡암 남단해역 그림 2-1-36의 구역 5에의 해저면 영상 모습.
Fig. 2-1-46. Side scan sonar image of area-5 (see Fig. 2-1-36).

구몽암 주변 해저에는 해수면상에 돌출되어 있는 암초에 비해서 규모가 훨씬 큰 암체가 연장 발달하고 있으며 그 연장은 해수면상 노출되어 있는 암체 규모보다 약 10배 이상 크다. 구몽암의 해저 연장부분은 구몽암이 생성후 침식에 견디어 잔존된 부분으로 파악된다. 구몽암 주변은 구몽암으로부터 연장 발달된 해저 암반들이 끝나는 지점으로부터 그 외곽 쪽 해저는 주로 니질인 퇴적물들이 분포한다. 이와 같은 퇴적물 분포는 퇴적물 채취(표 2-1-15)와 해저면영상자료에서 확인된다(그림 2-1-47, 그림 2-1-48). 해저면영상자료에서는 특히 구몽암 주변 해저에 설치되어 있는 어초의 존재가 뚜렷이 파악되었다(그림 2-1-50). 이 어초들은 모두 니질 퇴적층의 해저면에 설치되어 있었으며 어초의 형태로 미루어 주로 사각어초인 것으로 판단된다.

표 2-1-15. 퇴적물시료채취 위치와 저질종류

Table 2-1-15. Location of sediment sample acquisition and sediment type

샘플 NO.	위 도	경 도	저질샘플
1	34°28.7635 '	127°46.5400 '	니질
2	34°28.7809 '	127°46.2065 '	패각니질
3	34°28.7769 '	127°45.7800 '	니질
4	34°28.7785 '	127°45.4819 '	니질
5	34°27.9106 '	127°45.5016 '	니질
6	34°27.9529 '	127°46.4992 '	니질
7	34°28.2203 '	127°46.1881 '	암반
8	34°28.5243 '	127°46.2047 '	암반

금오도와 소부도 사이해역에서의 해저지형은 다중빔정밀측심기 측정자료에 의해서 인근 육지지형과 함께 2 차원 및 3 차원 지형도로 자세히 표현되었다(그림 2-1-51, 그림 2-1-52, 그림 2-1-53). 금오도-소부도 사이해역은 섬 인접해저의 급격한 경사지역을 제외하고는 비교적 완만한 경사의 해저면을 나타내고 있다.

금오열도의 다른 지역과 마찬가지로 파식 등에 의해서 육지 쪽이 침식되어 가파른 경사를 유지하고 있는 반면에 육지에서 떨어져 나온 퇴적물들이 퇴적되고 해수유동으로 이동하여 완만한 해저를 이루고 있다. 수심은 동쪽의 금오도-소부도간 해저가 약 10m로 얇고 서쪽의 외해로 나오면서 20m 이상까지 점차 깊어진다. 금오도와 소부도 사이해역 쪽으로 가까워질수록 해저면은 보다 평탄해진다. 본 해역은 두 개의 완만한 해저 골이 북동동-남서서 방향으로 길게 발달하고 있는 것이 특징이며 북쪽의 해저골이 좀 더 서쪽으로 연장되고 있다. 본 지역은 금오도와 소부도사이에 형성되어 있는 얇은 해저로 인하여 해수유동의 영향을 크게 받지 않은 지역으로 해석된다.

(다) 소리도 남쪽해역(월동장) 해저 특성

다중빔 및 단빔 측심조사결과 획득한 수심자료 분석과 도면화 작업으로부터 얻은 월동장해역의 2차원 및 3차원 해저지형 분포는 그림 2-1-53에서 2-1-56과 같다. 바다목장 월동장 해역은 소리도 동부만 및 덕포지역을 제외하고는 가파른 육지지형과 접하고 있다. 따라서 이들 경사가 급한 육지에 면에 있는 연안해저는 먼 외해에 비해 가파른 경사를 유지하고 있으며 해안 가까운 연안 해저는 약 40m까지 깊어진다. 같은 연안지역 해저경사지역에서도 육지지형과 바로 연결되는 수심 약 30m까지가 훨씬 경사가 심하다. 지역적으로는 소리도 남쪽 연안해저가 동측 연안해저에 비해서 경사가 심하다. 그러나 만으로 이루어져 있는 덕포나 동부앞은 완만한 해저면을 갖는다. 소리도 남쪽의 소룡단과 대룡단 연장해역은 주변 해저에 비해서 상대적으로 얕으며 특히 대룡단 연장해저는 절단되어 급경사로 깊어지는 반면 소룡단 연장해저는 육지의 지형이 해저로 길고 얇게 연장되어 나와 있음을 볼 수 있다. 소리도 남서쪽 외해는 수심이 40m에서 60m까지 깊어지며 거의 동-서 방향의 깊은 해저골을 이루고 있다. 해저골의 깊이와 방향은 해저면이 강한 조류나 해류에 의해서 침식받았음을 지시한다. 소리도 남동쪽 연안해저지형은 완만하게 외해로 깊어지며 외해쪽에 거의 남-북방향의 해저골이 나타난다. 이 해저골은 북쪽에서 남쪽으로 깊어지며 남단에서 수심은 약 50m에 이른다. 이 해저골의 북쪽 해저는 암반돌출부 한 곳을 제외하면 상대적으로 얕은 35~40m 정도의 수심을 갖으며 완만한 기복을 나타내고 있다. 소리도 월동장 해저의 지형모습은 3차원 입체 해저지형도에서 보다 잘 나타나고 있다. 3차원 해저지형을 여러 위치에서 본 결과 소리도 동측이 소리도 남서쪽해저에 비해서 변화가 적고 완만하게 나타난다. 반면에 소리도 남쪽 해저는 굴곡이 많고 외해쪽의 수심도 깊은 편이다. 이와 같은 지형특성은 큰 파도에너지로 인해서 해저면 침식이 많이 일어난 결과로 해석된다.

해저면 영상조사는 소리도 남서 해역 및 동측해역에서 실시되었다. 그림 2-1-58에서 2-1-69까지는 해저면 영상조사 결과 얻은 기록 중 특징적인 것들을 보여준다. 우선 소리도 남서해역에서 5개의 영상자료를 제시한다. 이 자료 중 소리도 연안 가까운 지역에 있는 A, B 측선(그림 2-1-58, 2-1-59) 영상을 보자. A 측선은 대룡단 남서쪽 해저에 해당하는 데 이 곳 해저영상의 특징은 뚜렷한 연흔이다. 이 연흔은 해안선에 거의 평행한 방향으로 길게 골을 가지고 있으며 이를 형성시킨 조류·해류 또는 파도의 방향은 남남동으로 보인다. 연흔은 이와 같이 해안 가까운 곳에 발달하고 있는 데 이는 이 지역이 파도에너지가 외해보다 강해지는 곳이기 때문이다. B 측선 지역은 대룡단의 해저 연장 부분이다. 이 곳은 대룡단의 암반 지형이 파도 등에 의해서 침식되거나 포락되고 남은 흔적이 해저바닥에 남아있다. 육지쪽으로 침식되고 잔류된 암반 사이로 모래등이 얇게 덮여 있는 모습을 볼 수 있다. 그 외해는 주로 자갈이나 모래 등으로 이루어져 있는 것으로 해석된다. 그림 2-1-57의 C 측선(그림 2-1-60) 지역은 해안에서 조사지역 중앙쪽으로 멀리 떨어

진 곳으로서 이곳은 모래 및 평평한 암반 해저위 곳곳에 돌출된 암반들이 나타나고 있다. 그보다 약간 더 외해쪽의 측선 E 지역(그림 2-1-62)에서도 역시 암반 돌출 지역이 나타나고 있으나 이 지역 주변에서는 연안 가까운 곳에 비해 골과 골 사이가 긴 연흔 구조가 잘 나타나고 있다. 이 연흔구조는 거의 동쪽 혹은 남동동 방향의 조류나 해류의 영향을 받은 것으로 추정된다. 이와 같은 연흔구조는 해저 침식 방향을 지시하며 이 방향은 동서로 분포하고 있는 해저골의 형성과도 관련이 있다. 소라도 남쪽의 보다 외해쪽 측선인 F 측선(그림 2-1-63)에서는 산발적인 잔류 암초 및 침식이 많이 이루어져 거의 평평해진 암반해저 모습이 나타나고 있다. 이 지역은 해수의 침식이 상대적으로 강했던 지역으로 사료된다.

소라도 동측해저는 소라도 남서쪽 해저와 다른 특징을 보여준다. 연안 가까운 측선인 G, H, I 측선(그림 2-1-64, 2-1-65, 2-1-66)의 해저는 육지로부터 연장되어온 암반이 괴상으로 나타나거나 침식된 후 소규모로 나타나고 있으며 뚜렷한 연흔구조를 간직하고 있다. 암반이 해저로 많이 뺏어 있는 곳은 측선 I 지역이며 해안에서 먼 측선 G 지역 해저는 소규모 암반을 제외하면 모래나 뺧 퇴적물로 덮여 있고 연흔 구조가 잘 발달되어 있다. 보다 동쪽으로 외해쪽으로의 측선인 J, K, L 측선(그림 2-1-67, 2-1-68, 2-1-69)은 모두 전형적인 뺧 퇴적물로 이루어져 있다. 이와 같은 해저면 퇴적물 특성은 그림 2-1-70 표층퇴적물 분포도에서도 잘 확인할 수 있다. 3 개의 측선 지역중 북쪽 측선이 J 측선 지역 해저에는 교란되지 않은 해저면이 나타나는 반면, 남쪽인 측선 K, 측선 L 지역은 해저면이 복잡한 굽힌 흔적들과 폐기물로 보이는 물체들로 교란되어 있다. 이와 같은 해저면 굽힌 흔적들은 주로 어로활동과 관련된 것으로 기존 정치망들이 설치되어 있는 북쪽지역에 비해서 남쪽지역에서 저인망 등 어로활동이 활발했음을 지시해 준다.

(5) 요약 및 결론

전남 다도해형 바다목장해역 전체에 대한 기존 수심자료와 인근 육지고도자료를 최대한 수집·처리하여 육-해저지형자료를 구축하였으며, 금오도-소부도 사이해역, 구몽암 해역 및 소라도 남부 월동장 해역에 대해서는 현장조사에 의한 정밀 해저자료를 획득하고 해저지형과 해저면 상태를 보다 상세하게 분석하였다. 해저지형자료는 인근 육지수치지형자료와 통합하고 2차원 및 3차원 지형도로 표현하였다.

해저지형특성상 연구지역은 육지에서 해저로 이어지는 연안의 급경사 저지대, 좁은 섬 지역사이의 빠르고 강한 유속에 기인한 깊은 해저골 지대, 북쪽의 한반도 남부 연안에서 연장된 수심 10m 이내의 평탄한 해저 지역, 연도 남쪽 및 동쪽의 최저지대, 개도 서쪽 외해 15m 이내의 넓고 완만한 천수심 지역 및 그 사이의 남북방향 경사지역 등 전체를 6개 지역으로 나누어 볼 수 있다. 연구지역에서 해저 급경사지역은 대부분 육지에 인접한 연안지역을 따라 나타나며 급경사면단에서는 지역적인 저지대를 형성하고 있다. 해저지

형의 전반적인 변화경향은 금오열도를 중심으로 서부가 동부해역에 비해서 완만한 경사를 갖으며 남쪽으로 깊어진다. 대부분의 섬과 섬 사이 해역에서는 수로를 형성하고 있으며 주변해역에 비해 10~30m 깊은 수심을 보인다. 이 수로들의 수심은 20m에서 약 50m 정도이며 대두리도-금오도 및 개도-월호도 사이 해역의 금오수도와 월호수도에서 특히 깊은 수심을 보이고 있다. 수로나 암반돌출지역 등 일부지역을 제외하면 개도와 대두리도 북쪽 해역은 수심이 최대 20m 내외에서 북쪽의 한반도 연안으로 이어지면서 5m 내외로 점차 얕고 평탄해지는 경향을 보인다. 금오열도 서북부 외해지역은 완만하고 넓은 해저를 형성하고 있으며 수심도 15m 이하로 얕아진다. 이 해저평탄지역에서 연도 남쪽에 이르는 해역은 해저지형 구배가 커지며 수심은 최대 60m까지 깊어져서 본 연구지역에서 가장 깊은 해저를 이룬다.

다중빔정밀측심기를 이용하여 현장조사를 통하여 획득한 구몽암 주변 해역 및 금오도-소부도 사이 해역의 해저지형은 기존 자료와 비교할 수 없을 정도로 정밀한 모습을 보여준다. 구몽암의 해수면상 규모는 해수면의 높낮이에 따라 달라지겠지만 대략 길이 약 100m에 폭이 약 50m 정도를 인데 비해서 해저에서는 그 규모가 길이에 있어서 500 m 내지 최대 1000m까지 연장된다. 구몽암의 해저 상부는 동서로 긴 타원형 모습을 나타내고 있으며 대체로 원형 경계를 갖는 수심 약 36m 지점에서부터 해저 퇴적층에 피복되기 시작한다. 이 수심을 기준으로 구몽암의 직경은 약 700m이다. 그러나 소규모 잔존 돌출 암반들은 구몽암을 중심으로 방사상으로 보다 멀리 연장된다. 이 연장 부분은 금오도의 연장부분과 연결되며 남쪽과 북서쪽으로도 500m 이상 더 연장되서 구몽암체의 최대 연장은 1000m를 훨씬 넘을 것으로 추정된다. 구몽암의 북쪽 지괴는 동서방향의 단층에 의하여 분리되며 약 5m 이상의 수직적 낙차를 보인다. 구몽암 주변 암반은 남북방향으로 선구조를 갖는 절리형태를 나타내면서 발달하고 있는 반면에 구몽암에서 보다 멀리 떨어진 남쪽 지역에서는 괴상의 용암류 형태를 보여 준다. 구몽암 서쪽과 북쪽에서 연장되어 온 수심 약 36 m의 평탄한 해저지형은 구몽암의 남동쪽 해저에서 급구배를 보이며 42 m까지 급격히 깊어진다. 해저면영상조사 결과 구몽암 주변 어초들은 주로 평탄한 니질 퇴적층 해저면 위에 설치되어 있는 것으로 밝혀졌다. 다중빔정밀측심기 측정에 의해 작성된 금오도와 안도 사이해역에서의 해저지형분포에 의하면 이 지역은 섬 인접 인접해저의 급격한 경사지역을 제외하고는 비교적 완만한 경사의 해저면을 나타내고 있다. 수심은 동쪽의 금오도-안도간 해저가 약 10m로 얕고 남서쪽의 외해로 나오면서 20m 이상까지 점차 깊어진다. 두 개의 완만한 해저 골은 북동동-남서서 방향으로 길게 발달하면서 금오도와 소부도 사이해역에 가까워질수록 만곡이 심해진다. 이와 같은 해저지형분포는 섬 사이가 좁아지면서 외해 쪽에서 유입되는 해수의 유속이 강해지는 것과 관련 있다.

바다목장 월동장 해역은 소리도 동부만 및 덕포지역을 제외하고는 연안에서 가파른 육지지형과 접하고 있는 반면에 외해쪽으로는 보다 완만하다. 같은 연안지역 해저경사지

역에서도 육지지형과 바로 연결되는 수심 약 30m까지가 훨씬 경사가 심하다.

소리도 남서쪽 외해는 수심이 40m에서 60m까지 깊어지며 거의 동-서 방향의 깊은 해저골을 이루고 있다. 해저골의 깊이와 방향은 해저면이 강한 조류나 해류에 의해서 침식 받았음을 지시한다. 소리도 남동쪽 연안해저지형은 완만하게 외해로 깊어지며 외해쪽에 거의 남-북방향의 해저골이 나타난다. 이 해저골은 북쪽에서 남쪽으로 깊어지며 남단에서 수심은 약 50m에 이른다. 이 해저골의 북쪽 해저는 암반돌출부 한 곳을 제외하면 상대적으로 얕은 35~40m 정도의 수심을 갖으며 완만한 기복을 나타내고 있다. 소리도 동측은 변화가 적고 완만한 반면에 소리도 남서쪽 해저는 굴곡이 많고 외해 쪽의 수심도 깊은 편이다. 이와 같은 지형특성은 큰 파도에너지로 인해서 해저면 침식이 많이 일어난 결과로 해석된다.

해저면 영상 자료를 해석한 결과 소리도 연안 해저는 지역적으로 암반으로 이루어져 있으며 파도에너지의 증가로 연흔구조가 잘 발달되어 있다. 소리도 남쪽 해저가 암반이나 자갈 등으로 이루어져 있는 반면에 동쪽해저는 모래나 땀 퇴적물이 우세하게 발달하고 있다. 해저면의 매질은 인근 육지 지질분포와 매우 밀접한 관련을 갖는 것으로 나타나고 있다. 소리도 연안 안쪽의 연흔은 해안선에 거의 평행한 방향으로 길게 골을 가지고 있으며 이를 형성시킨 파도나 해조류의 방향은 남남동으로 보인다. 연흔은 이와 같이 해안 가까운 곳에 발달하고 있는 데 이는 이 지역이 파도에너지가 외해보다 강해지는 곳이기 때문이다. 보다 약간 더 외해쪽의 골과 골 사이가 긴 연흔 구조는 거의 동쪽 혹은 남동동 방향의 조류나 해류의 영향을 받은 것으로 추정된다. 이와 같은 연흔구조는 해저 침식 방향을 지시하며 이 방향은 동-서로 분포하고 있는 해저골의 형성과도 관련이 있다. 소리도 남쪽의 보다 외해쪽은 산발적인 잔류 암초 및 침식이 많이 이루어져 거의 평평해진 암반 해저 모습이 나타나고 있다. 이 지역은 해수의 침식이 상대적으로 강했던 지역으로 사료된다. 소리도 동측해저는 소리도 남서쪽 해저와 다른 특징을 보여준다. 연안 가까운 해저는 육지로부터 연장되어 온 암반이 괴상으로 나타나거나 침식된 후 소규모로 나타나고 있으며 뚜렷한 연흔구조를 간직하고 있다. 소리도 동측 연안해저 가까운 곳에서 나타나는 암반을 제외하면 외해쪽은 거의 모래나 땀 퇴적물로 덮여 있다. 소리도 동측해역의 북부 해저면은 교란되지 않은 반면, 남쪽 해저면은 복잡한 흔적들로 교란되어 있다. 이와 같은 해저면 굽힌 흔적들은 주로 어로활동과 관련된 것으로 기존 정치망들이 설치되어 있는 북쪽지역에 비해서 남쪽지역에서 저인망 등 어로활동이 활발했음을 지시해 준다.

해양환경변화예측 모델링의 필수 요구 자료는 해저지형자료가 될 것이다. 이러한 차원에서 대부분의 생태환경요인에 직간접적으로 관련성을 가지고 있는 해저지형변화 특성에 대한 정밀한 자료확보와 정확한 활용이 필요하다. 전남 다도해형 목장화 해역 바다목장화 지구의 기존 육지 및 해양의 가용 지형자료를 활용하여 해저-육지통합지형자료 구축하고 2 차원 및 3 차원 지형도로 표현·분석한 결과 대상지역 전반에 대한 해저지형의 경향을

파악할 수 있었다. 구몽암 해역 및 금오도-소부도 사이 해역과 바다목장 월동장 해역에 대한 정밀 해저지형조사 및 해저면 특성조사를 통하여 각 해역의 해저환경 특성이 보다 상세하게 제시되었으며 향후 바다목장화지역의 해양환경 예측 및 모니터링과 목장화 시설 설치 및 유지관리를 위한 자료로 준비되었다. 이와 같은 해저 지형 및 해저면 특성 자료는 향후 해저매질특성과의 결합 분석을 통해서 바다목장 조성을 위한 기반요소자료로 보다 체계화 될 것이며 장기적 차원의 해양환경예측모니터링과 목장시설의 유지관리 차원도 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 해저의 지형학적 특성 및 육지와 연계성과 해안선 특징 분석과 관련된다. 이와 같은 해저지형 및 해안선 특징 등은 궁극적으로 해수유동, 오염확산경로, 해저면 저질, 생태환경, 활동어종과약 등 다양한 해저환경 및 자원분포와 관련되어 있으며 어초, 해중립 등 바다목장시설의 설치 및 안정도와 어초어장의 생산성 등에 연계되어 있다. 예를 들면 어초의 시설규모가 동일하다 할지라도 수심, 어초시설 높이, 어초간 거리 등에 따라 어초어장의 생산성이 달라진다(해양수산부, 2002). 어초에서 어군의 체류시간은 계절에 따라 변하므로 정확한 해저지형을 파악하고 천해에서 심해로 어초를 배치한다면 어기를 연장할 수 있게 된다. 그러므로 최적 바다목장조성지역의 선정시 고려되는 다양한 환경요인 중 하나인 해저지형특성의 적절한 활용을 제안한다.

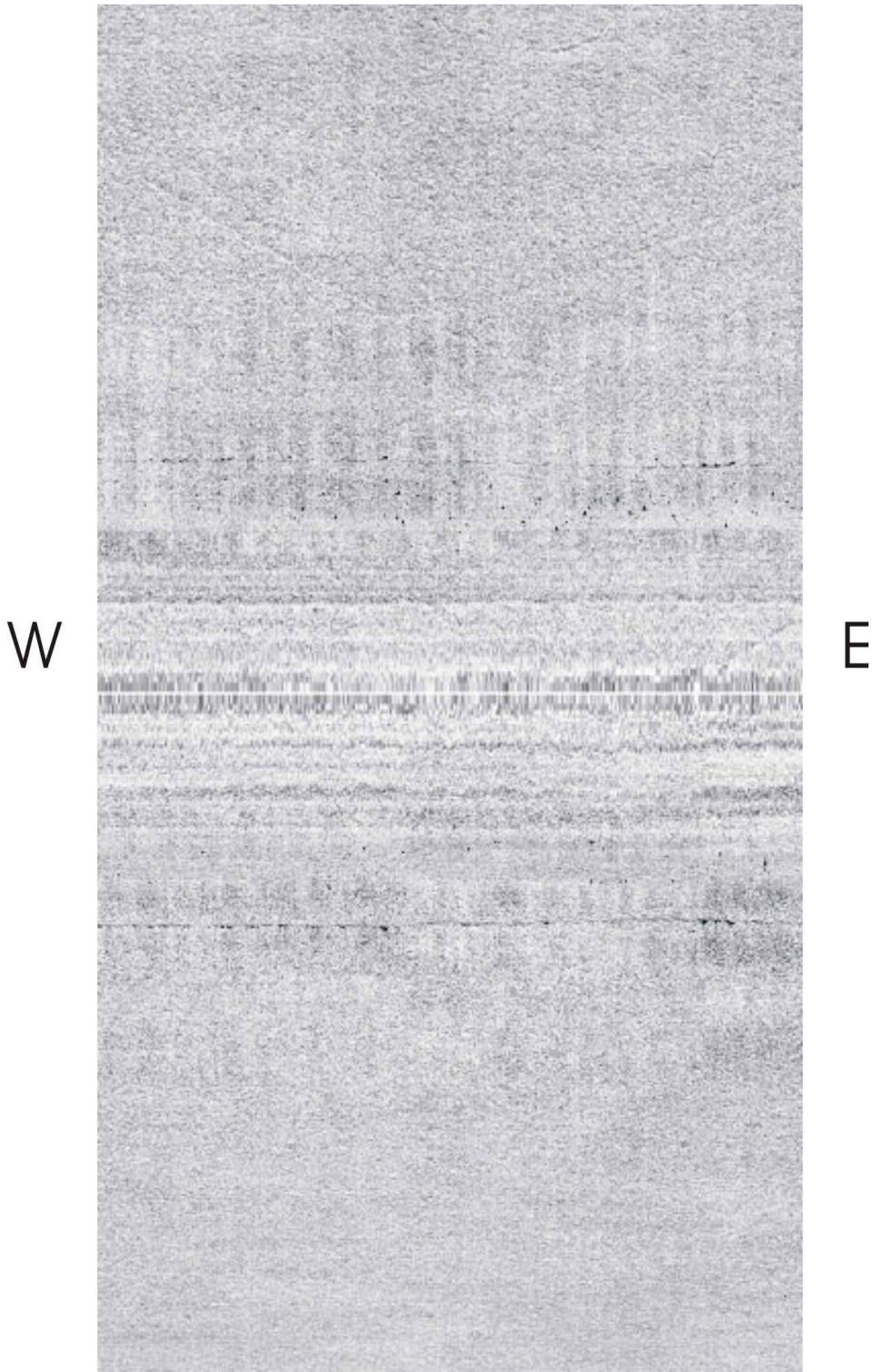


그림 2-1-47. 구룡암 남서쪽해역 그림 2-1-36의 구역 4에서의 해저면 영상 모습.
Fig. 2-1-47. Side scan sonar image of area-4 (see Fig. 2-1-36).

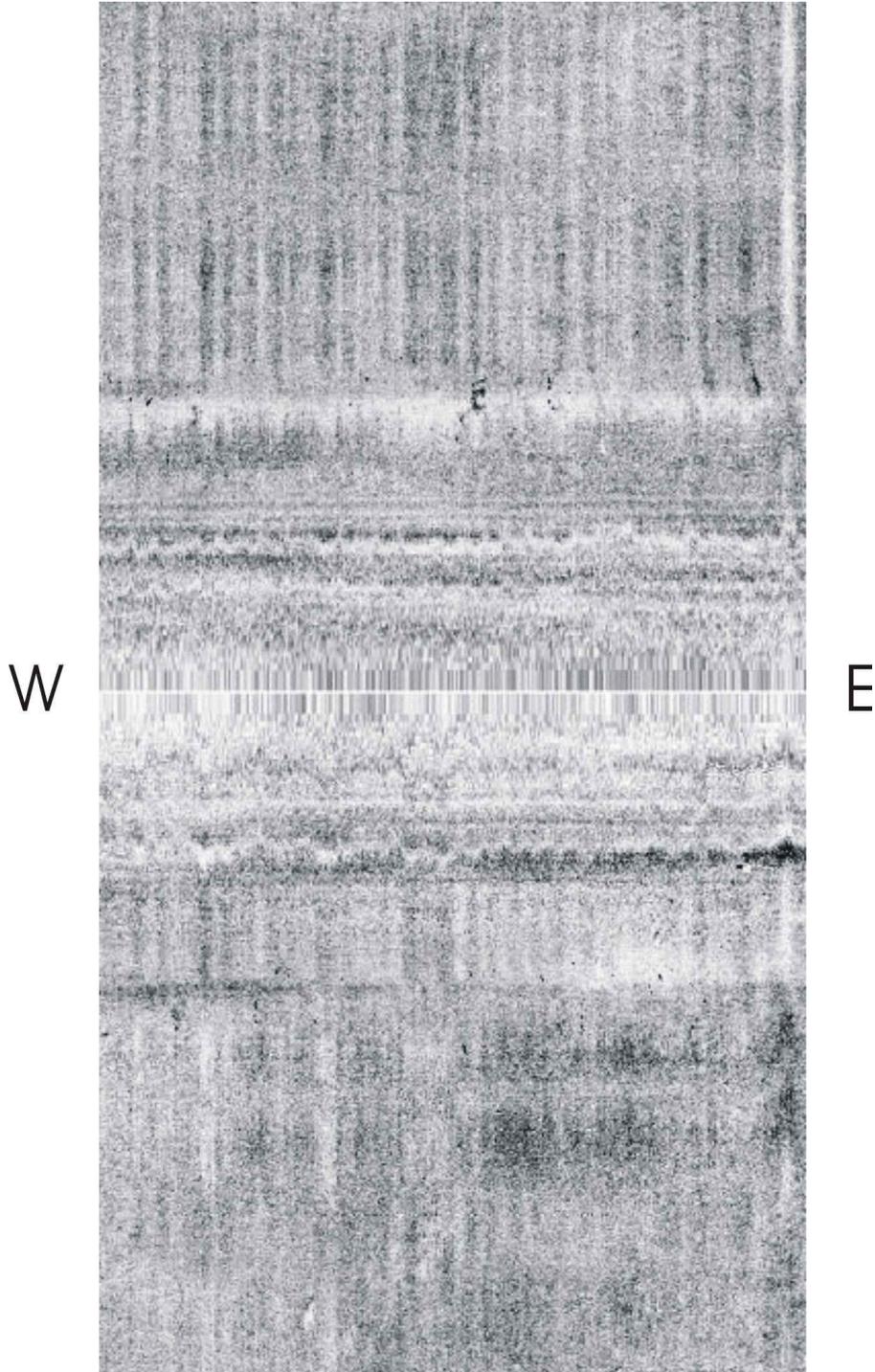
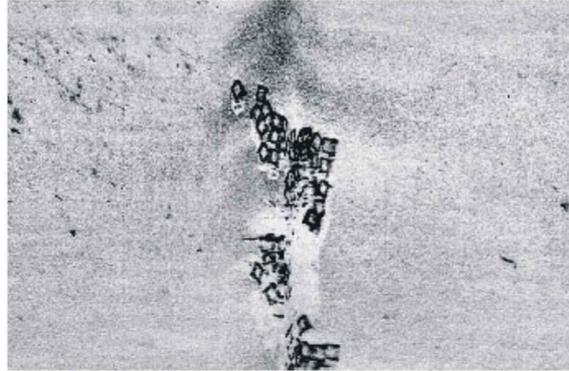


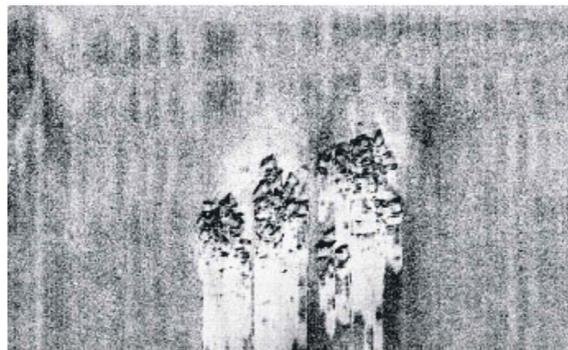
그림 2-1-48. 구몽암 서측해역 그림 2-1-36의 구역 7에서의 해저면 영상 모습.
Fig. 2-1-48. Side scan sonar image of area-7 (see Fig. 2-1-36).



(a)



(b)



(c)

그림 2-1-49. 구역 3, 6, 8의 해저면영상에서 나타난 어초 모습(그림 2-1-36 참조).
Fig. 2-1-49. Side scan sonar image in area-3, 6 and 8 showing artificial reef
(see Fig. 2-1-36).

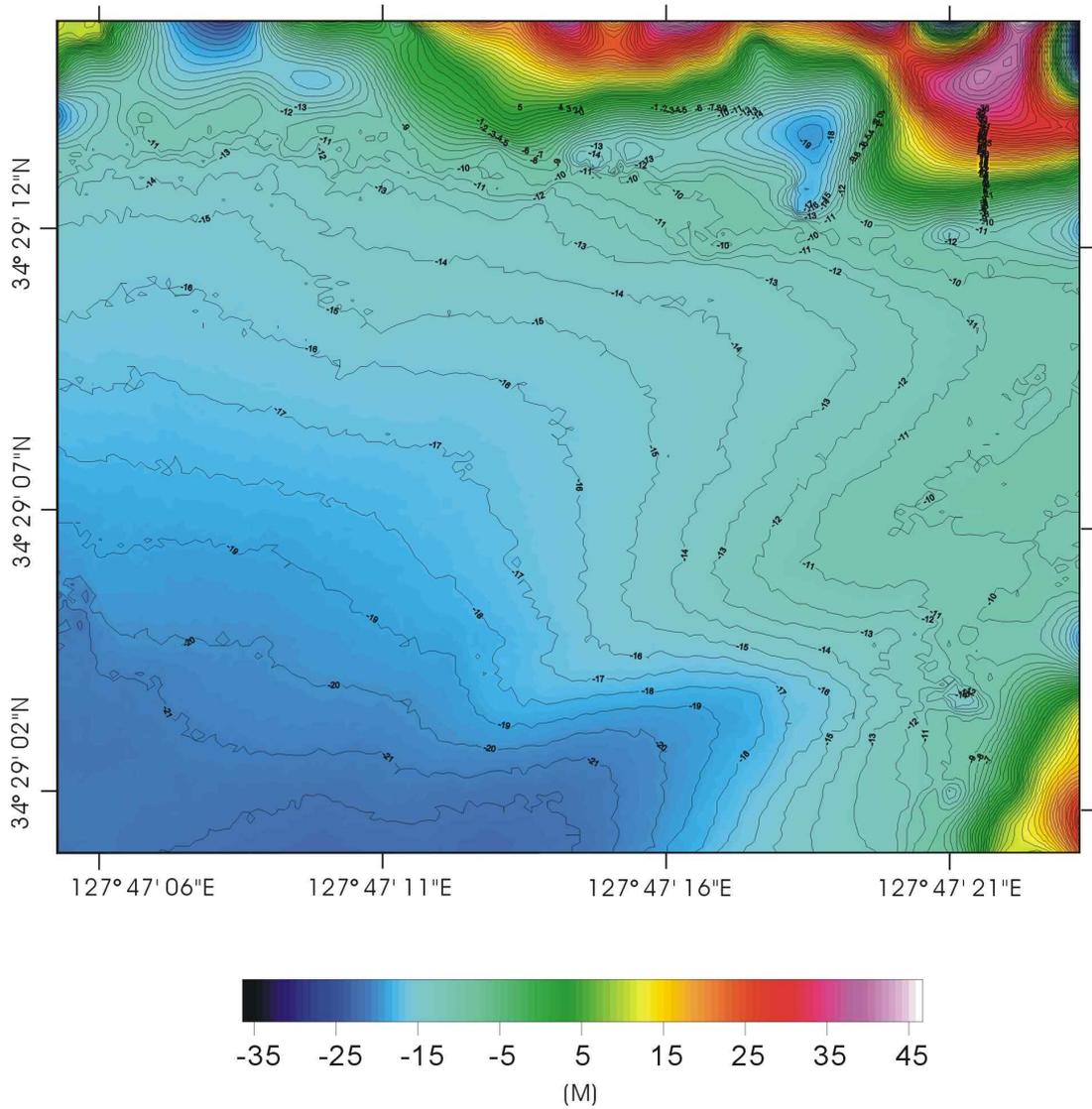


그림 2-1-50. 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 2 차원 지형분포.

Fig. 2-1-50. Contour map of topography between Geumdo and Sobudo.

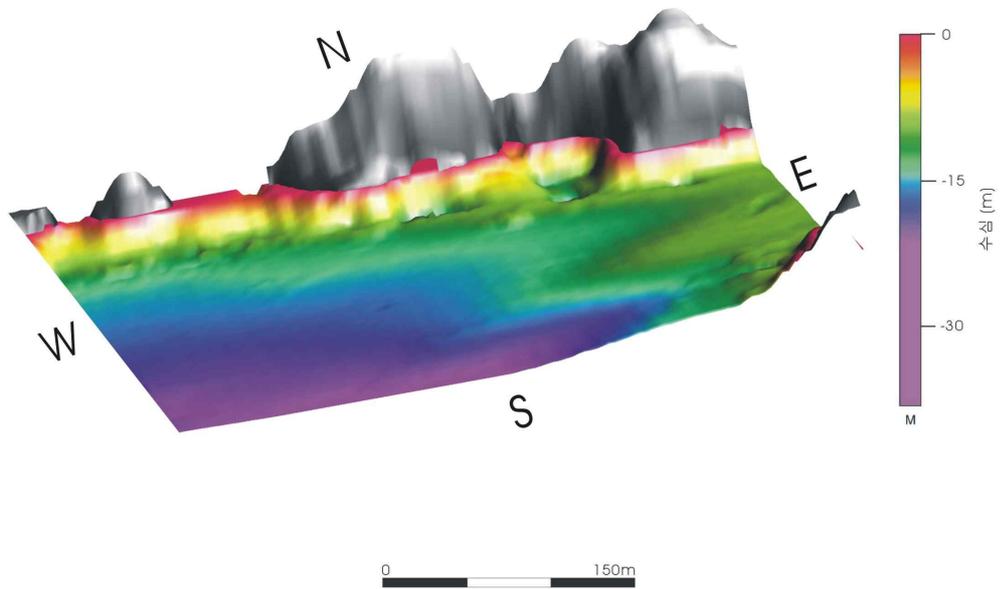


그림 2-1-51. 남남서쪽에서 본 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 3 차원 지형.

Fig. 2-1-51. 3D topography of Geumdo-Sobudo area viewing from south south west.

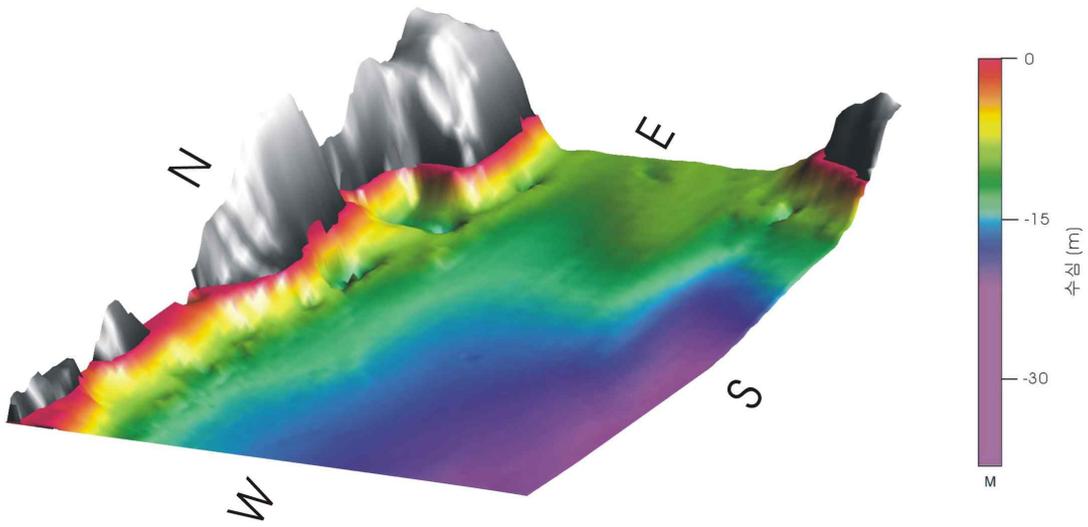


그림 2-1-52. 남서쪽 상공에서 본 금오도-소부도 사이 해역 해저-육지 3 차원 지형.
 Fig. 2-1-52. 3D topography of Geumdo-Sobudo area viewing from south west.

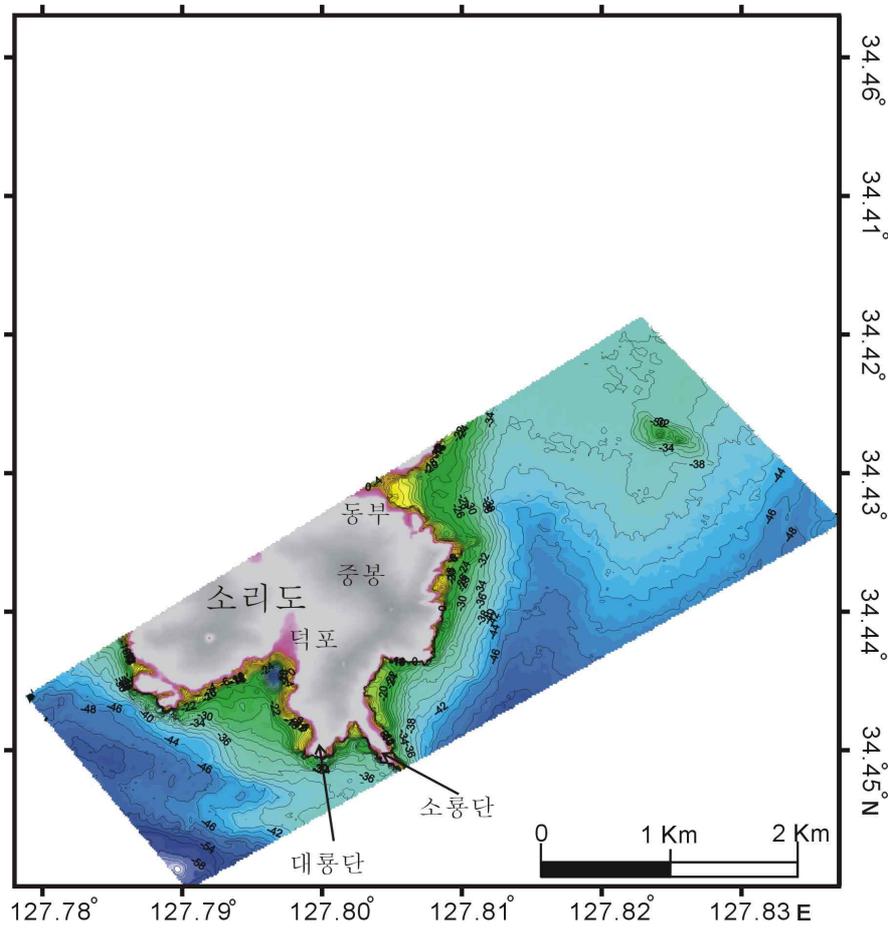


그림 2-1-53. 소리도 남부 해역 2차원 해저지형 분포도.

Fig. 2-1-53. Bathymetry contour map of southern area of Sorido.

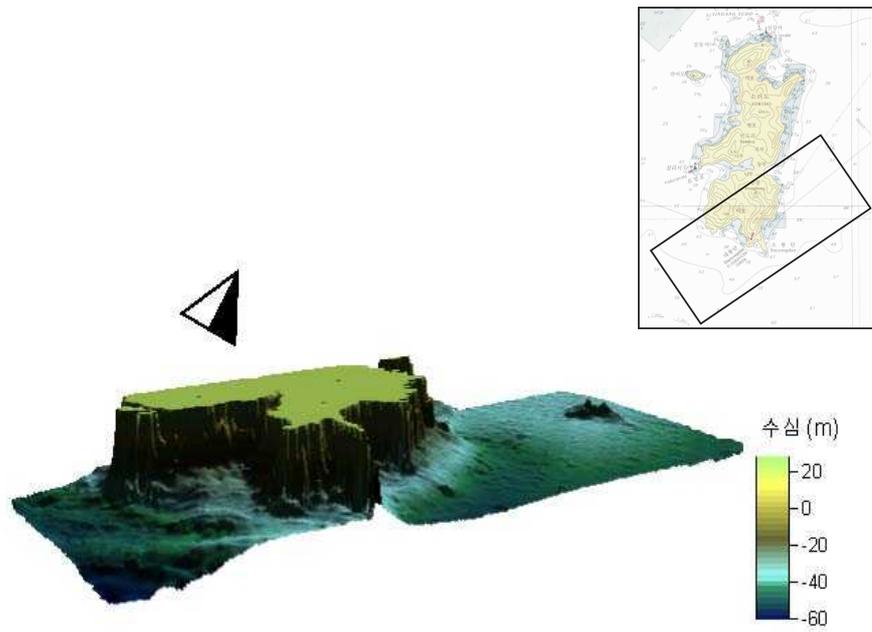


그림 2-1-54. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남남동에서 본 모습).

Fig. 2-1-54. 3-D seabed topography of southern area of Sorido (SSE View).

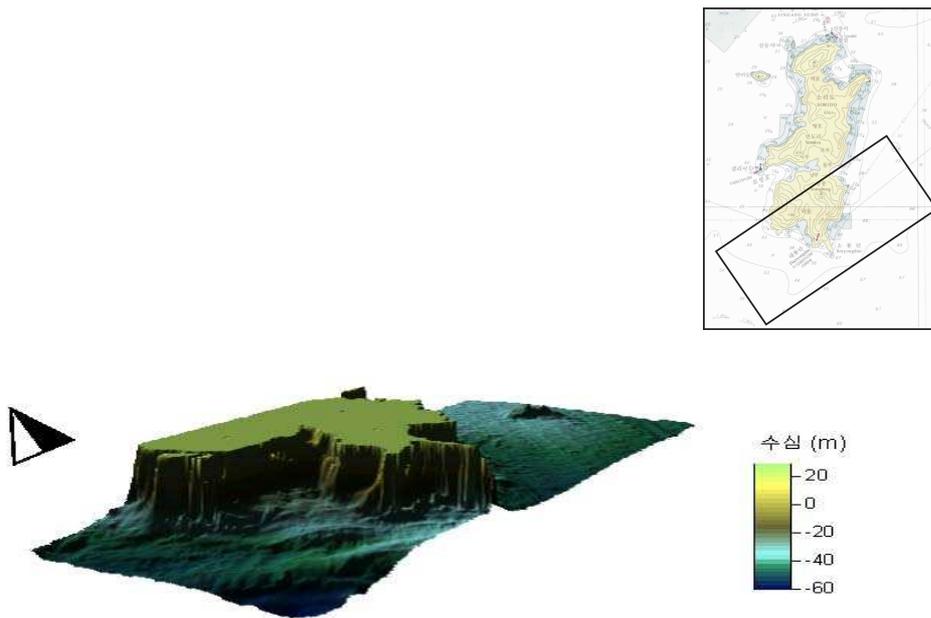


그림 2-1-55. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남서쪽에서 본 모습).

Fig. 2-1-55. 3-D seabed topography of southern area of Sorido (SW View).

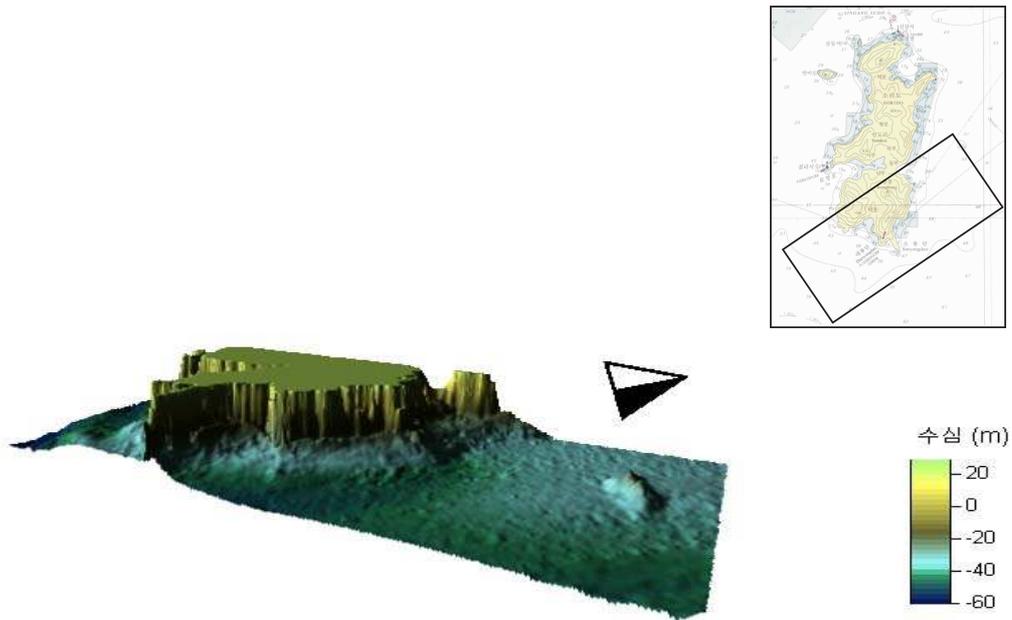


그림 2-1-56. 소리도 남부 해역 3차원 해저지형도(남동쪽에서 본 모습).
 Fig. 2-1-56. 3-D seabed topography of southern area of Sorido (SE View).

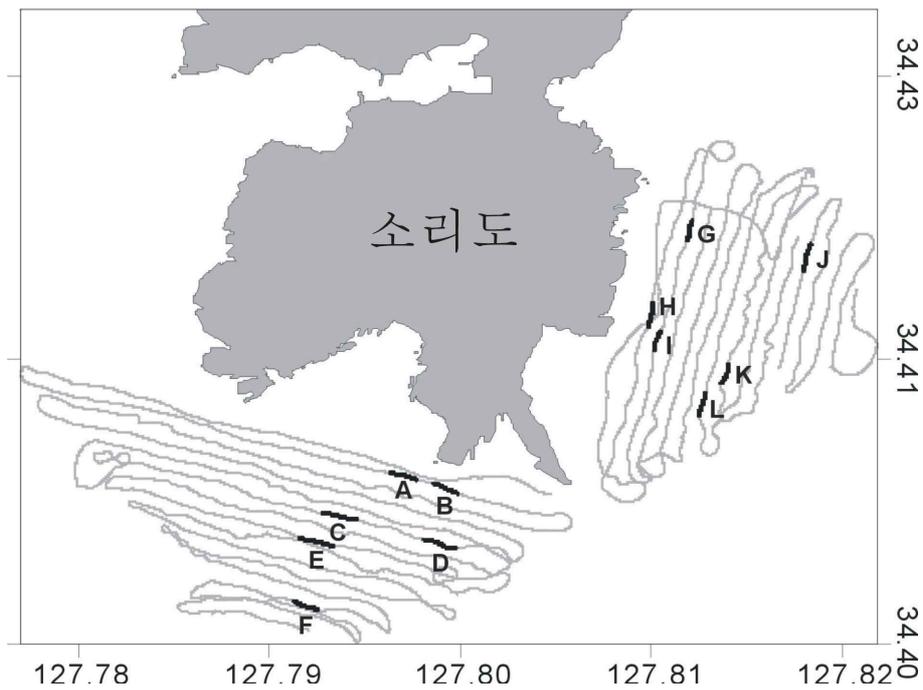


그림 2-1-57. 소리도 해역 해저면 영상조사 측선도.
 Fig. 2-1-57. Side-scan survey tracks in the Sorido area.

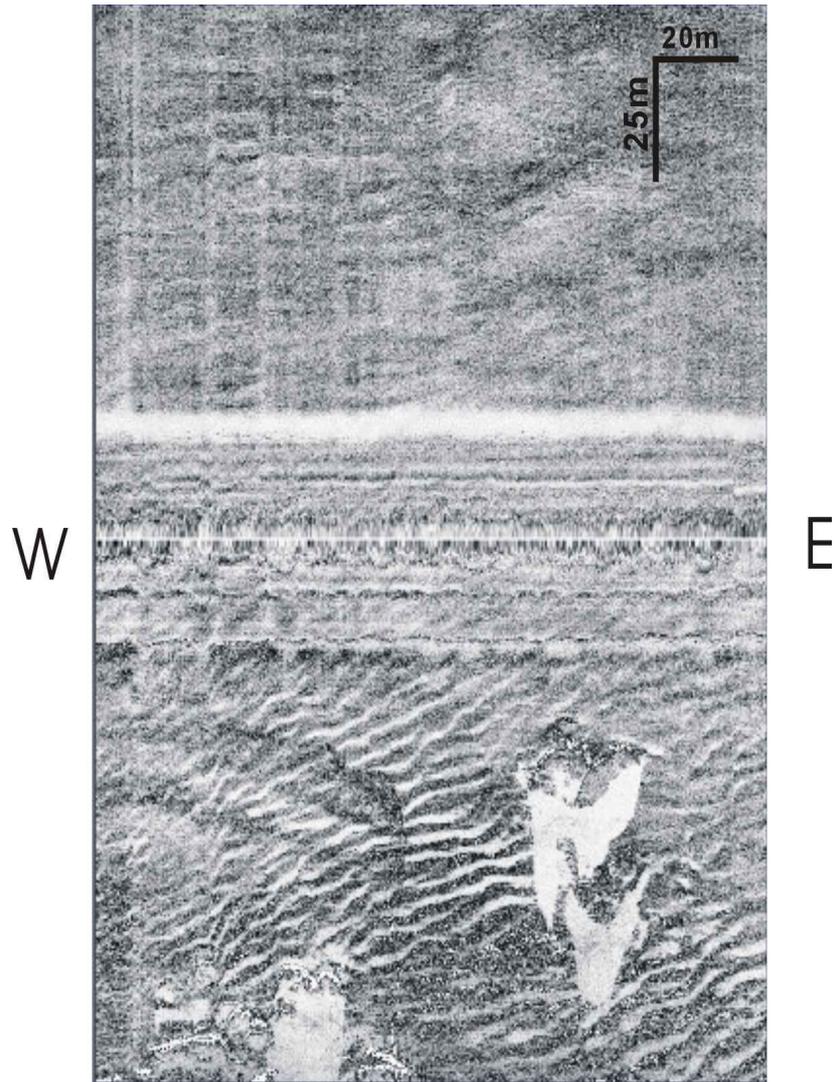


그림 2-1-58. 소리도 A 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-58. A side scan image of location A (see Fig. 2-1-57 for location).

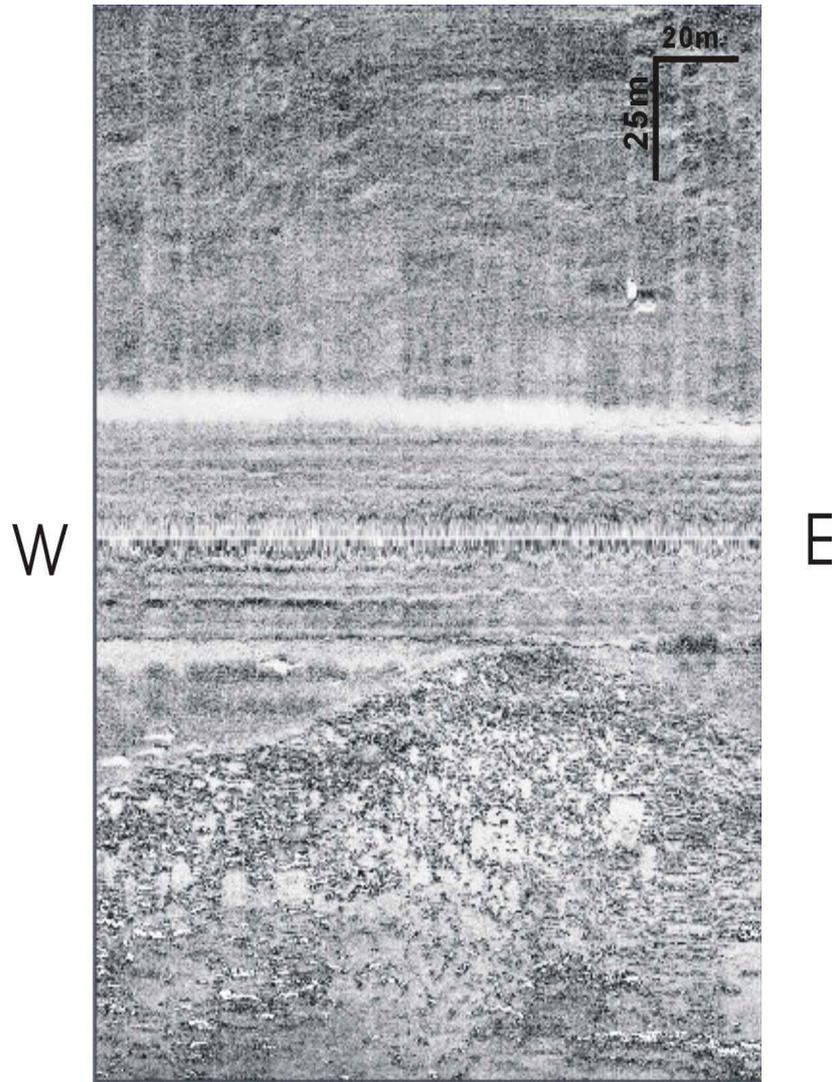


그림 2-1-59. 소리도 B 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-59. A side scan image of location B (see Fig. 2-1-57 for location).

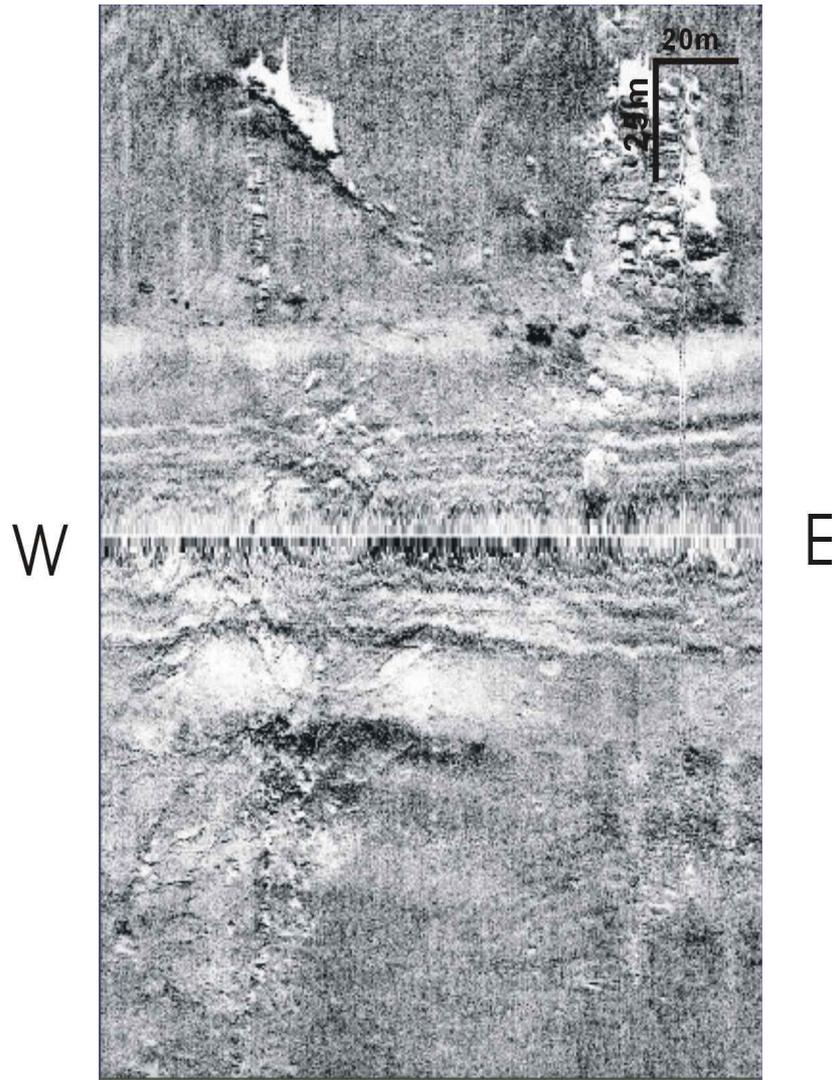


그림 2-1-60. 소리도 C 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-60. A side scan image of location C (see Fig. 2-1-57 for location).

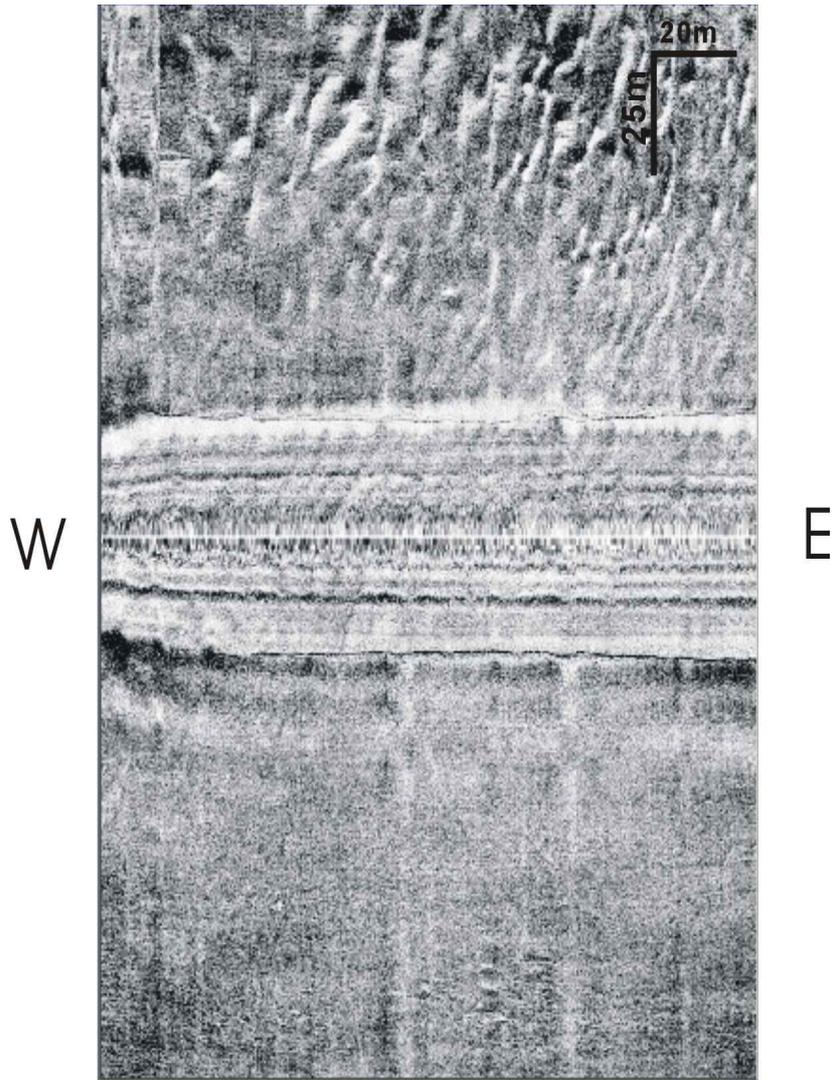


그림 2-1-61. 소리도 D 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-61. A side scan image of location D (see Fig. 2-1-57 for location).

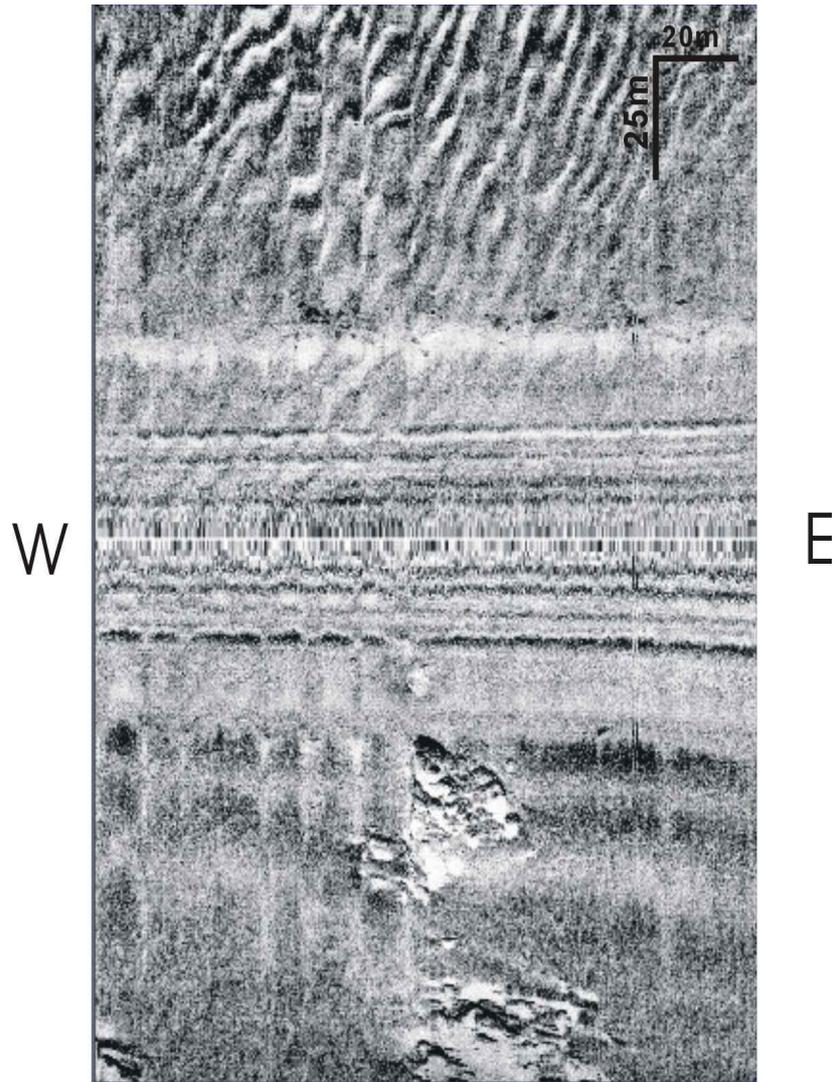


그림 2-1-62. 소리도 E 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-62. A side scan image of location E (see Fig. 2-1-57 for location).

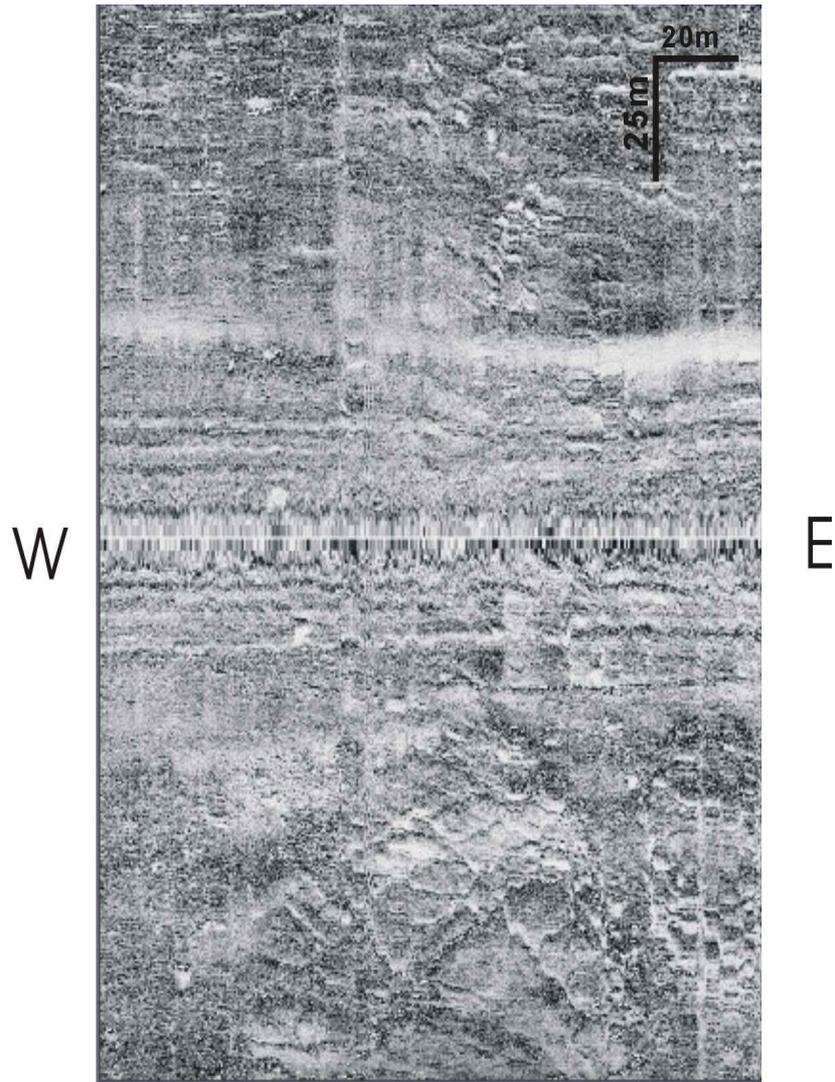


그림 2-1-63. 소리도 F 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
Fig. 2-1-63. A side scan image of location F (see Fig. 2-1-57 for location).



그림 2-1-64. 소리도 G 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-64. A side scan image of location G (see Fig. 2-1-57 for location).

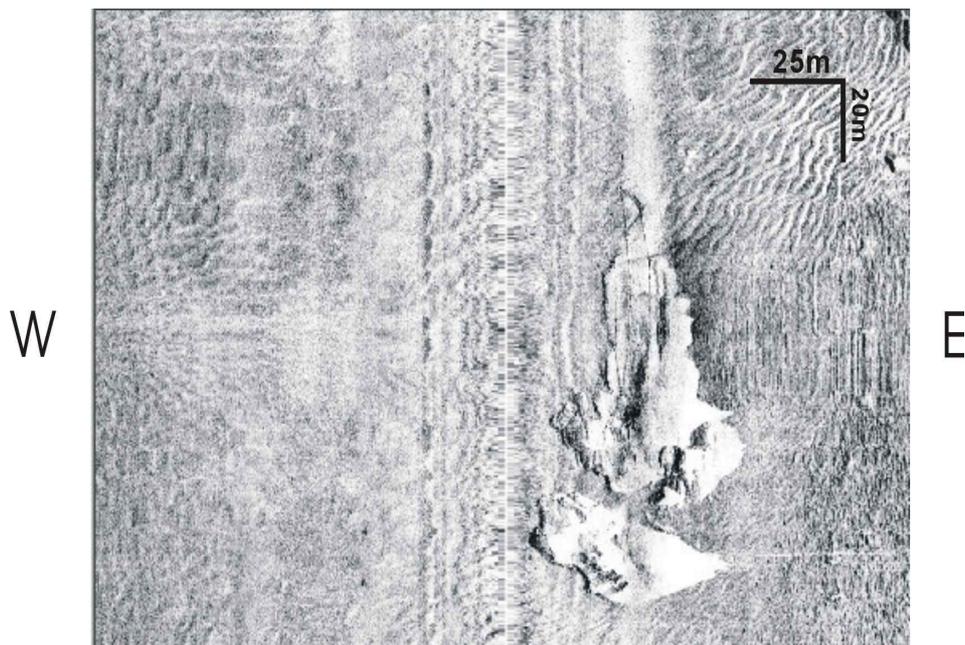


그림 2-1-65. 소리도 H 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-65. A side scan image of location H (see Fig. 2-1-57 for location).

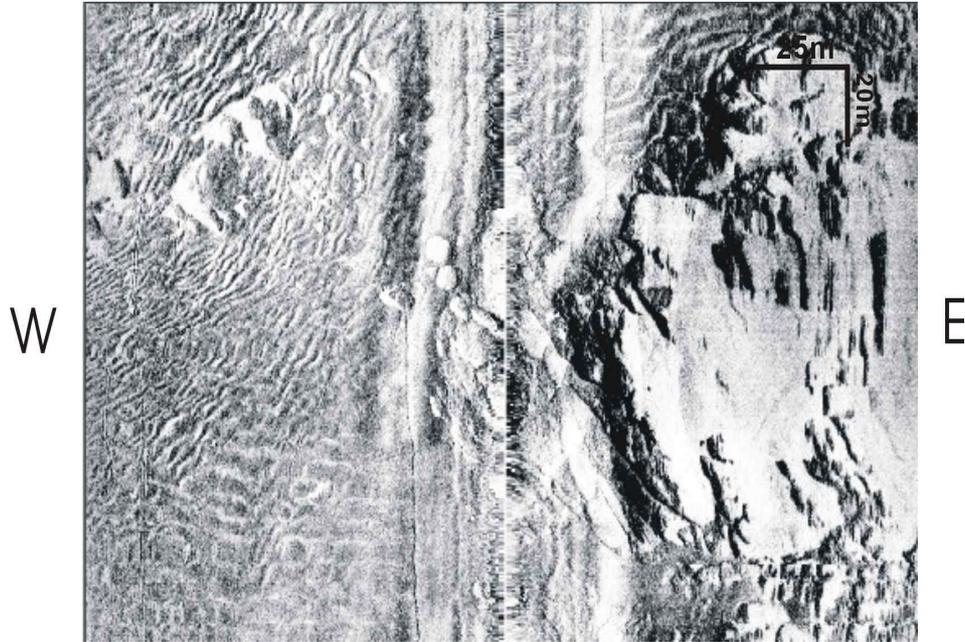


그림 2-1-66. 소리도 I 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-66. A side scan image of location I (see Fig. 2-1-57 for location).

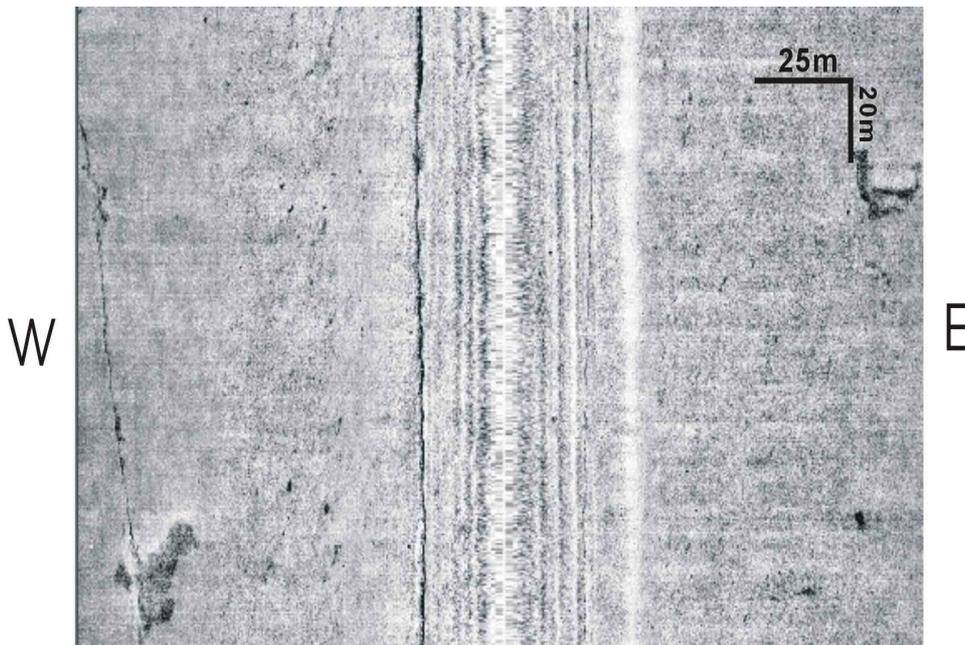


그림 2-1-67. 소리도 J 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-67. A side scan image of location J (see Fig. 2-1-57 for location).

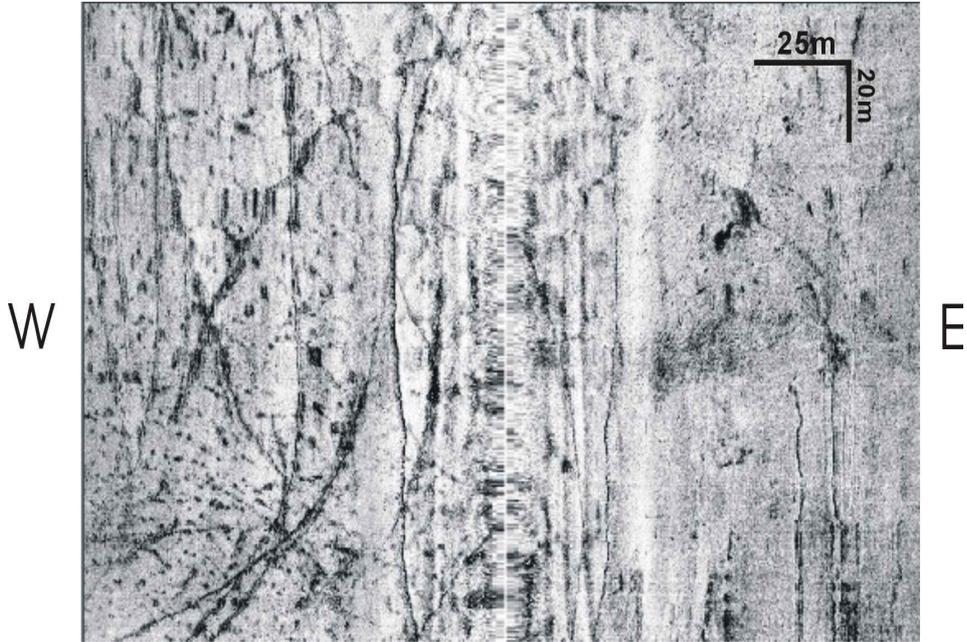


그림 2-1-68. 소리도 K 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-68. A side scan image of location K (see Fig. 2-1-57 for location).

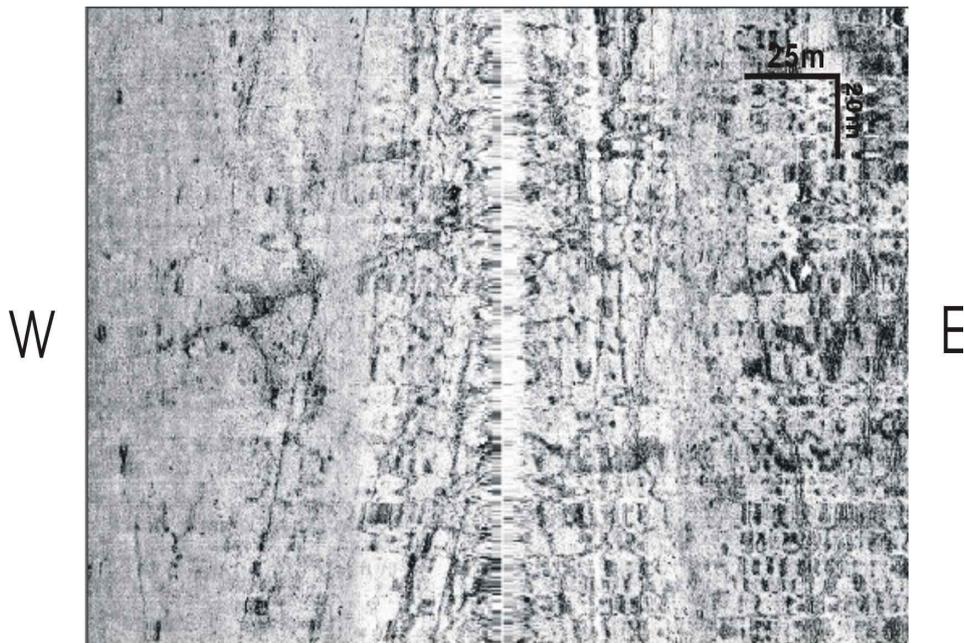


그림 2-1-69. 소리도 L 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-57).
 Fig. 2-1-69. A side scan image of location L (see Fig. 2-1-57 for location).

라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성

(1) 표층퇴적물

(가) 입도특성 및 분포

조사 지역내 표층 퇴적물의 퇴적물 형태(sediment type)별 분포형태를 그림 2-1-70 및 표 2-1-16에 표시하였다. 입도분석 결과 나타난 조사지역 표층퇴적물의 평균입도(mean grain size)는 gravel의 입도인 -3.44Φ 에서 clay질 퇴적물의 입도인 8.1Φ 까지 변화하고 있다(표 2-1-16). 비교적 좁은 연구범위임에도 불구하고 연구지역의 북서쪽에서는 뚜렷하게 mud질 퇴적물이 분포하고 있으며, 남서쪽 지역에서는 gravel를 다량으로 함유하는 gravelly sand나 rocky bottom으로 이루어지고 있다(그림 2-1-70). 전체 30개의 조사 지점 중에서 Mud질(M)과 sandy Mud(sM)은 16개 지점을 차지하고 있으며 대부분이 연구지역 북동쪽에 위치하고 있다. 이와 이웃하여 gravel이 다소 포함된 mud질 퇴적물이 분포하고 있으며 연구지역 남서쪽으로는 shell fragment가 다량으로 포함되어 있는 gravel질 퇴적물이 분포하고 있다. 전체적으로 뚜렷한 대상분포(zonal distribution)를 보이고 있는 것이 연구지역 표층퇴적물의 분포특성이며 퇴적상으로는 Mud(M), gM(gravelly mud), sG(sandy gravel) or G(gravel) 과 S(sandy) 상으로 나눌 수 있었다(그림 2-1-70).

입도분석 결과 나타난 각각의 조직변수(textural parameters; 분급도: sorting, 왜도: skewness, 첨도: kurtosis)의 변화를 평균입도와 대비하여 그림 2-1-71에 표시하였다. 입도의 분포양상(분산)을 지시하는 분급도(sorting)는 전체적으로 약 0.5~5사이에서 변화하고 있으며 분산이 높게 나타나고 있다(그림 2-1-71). 이와 같은 분급도의 변화는 극히 좋지 않은 분급(very poorly sorted)을 가지는 퇴적물임을 지시하는 것으로 다양한 크기의 입도를 가지는 퇴적물이 혼재되어 있음을 지시하고 있다. 특히 fine silt질이 나타나는 퇴적물에서는 분급이 높게 나타나고 있으며 gravel이나 clay질 퇴적물이 분포하는 곳에서는 좁은 분산을 이루고 있음을 지시하고 있다. 왜도값은 음의 왜도(negative skewness)와 양의 왜도(positive skewness)값을 동시에 갖고 있는 것으로 나타났다(그림 2-1-71). 왜도값이 +인 것은 조립질 입자쪽으로 분산을 이루고 있으며 -인 것은 세립질 입자쪽으로 분산을 형성하고 있음을 의미한다. 전체적으로는 강한 음의 왜도(very negative skewness)값을 보이고 있는(-0.5~-1.5) 세립질 퇴적물과 높은 양의 왜도값을 보이는 조립질 퇴적물이 다양하게 나타나고 있으며 이와 같은 사실은 평균입도에 나타난 결과와 잘 일치하고 있다. 첨도(kurtosis)는 퇴적물의 분산이 얼마나 좁은 확률범위에 존재하고 있는 가를 지시한다. 즉 첨도 값이 크면 클수록 거의 비슷한 입경을 가지는 입자가 집중적으로 분포하고 있음을 지시한다. 이 연구에서는 첨도가 1에서 최대 50 가까이 나타나고 있어 상당히 돌출(very leptokurtic) 한 것으로 나타났다(그림 2-1-71). 즉 gravel이 나타나는 시료와 세립질 퇴적물이 집중적으로 분포하고 있는 시료에서는 높게 나타나고 있다.

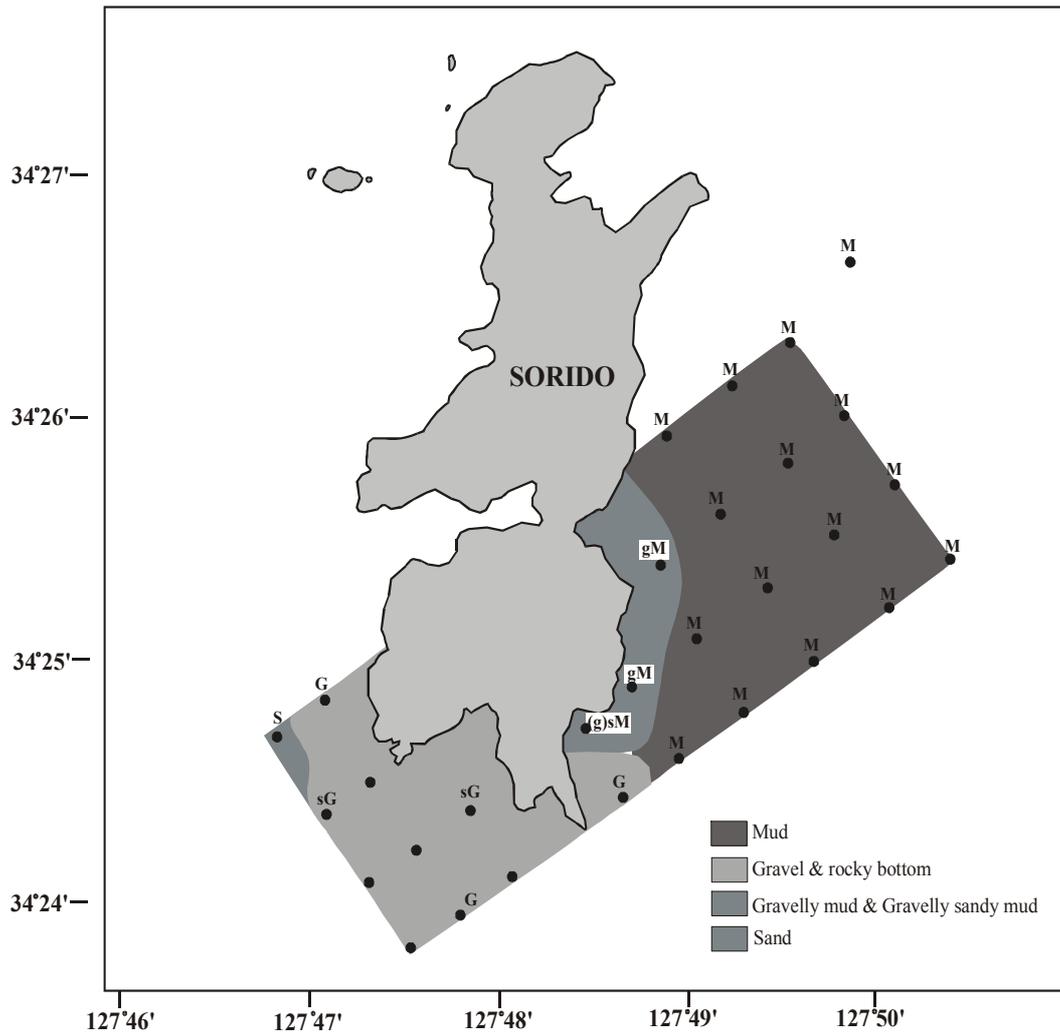


그림 2-1-70. 표층퇴적물에 대한 퇴적상(4형태의 퇴적상이 나타났다).

Fig. 2-1-70. Sediment facies of the surface sediment. Four sedimentary facies are recognized with distinctive zonal distribution.

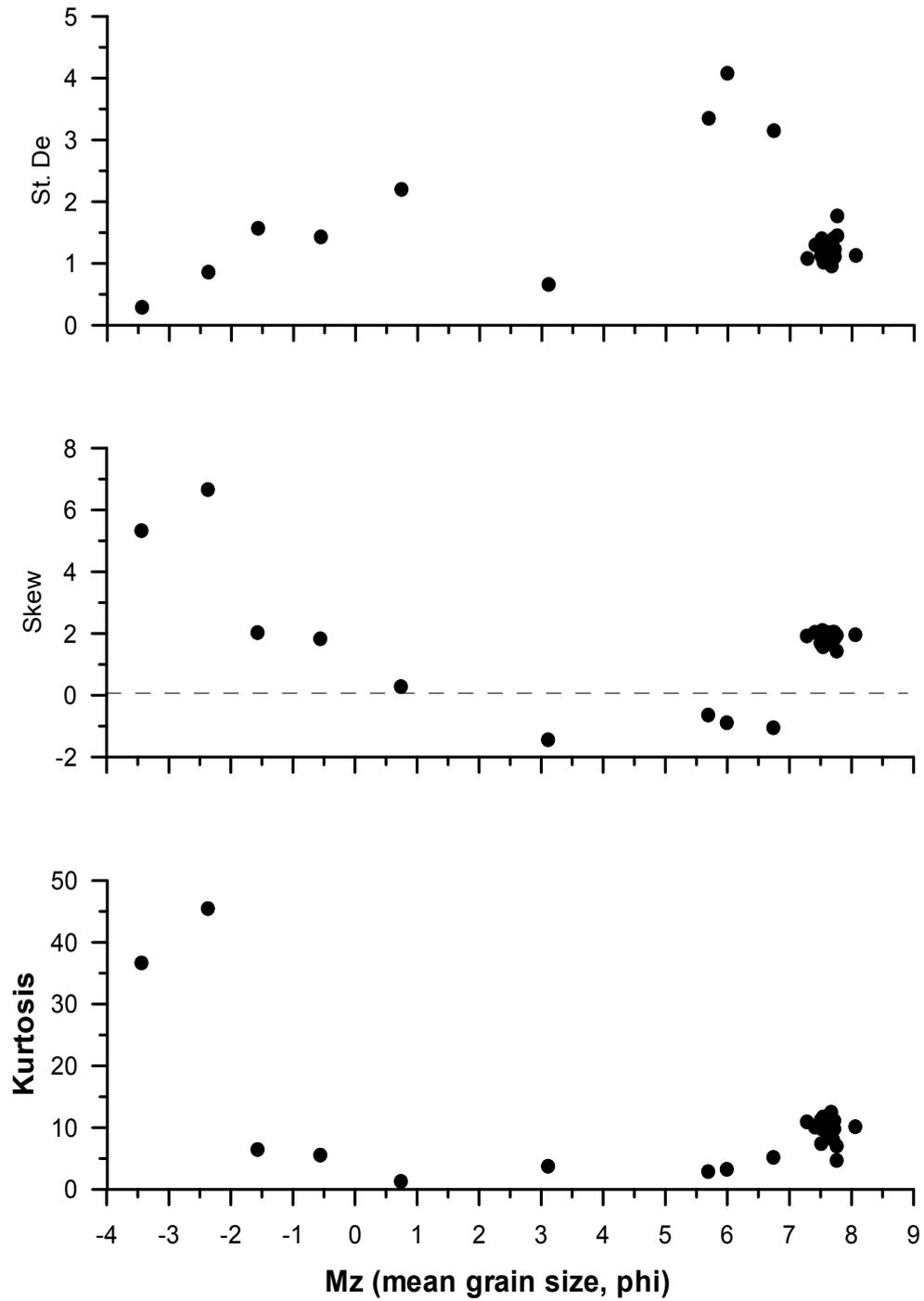


그림 2-1-71. 입도분석 결과. 퇴적물 평균입도와 분급도, 왜도, 첨도와의 관계.

Fig. 2-1-71. Result of grain-size analysis. The relationship between mean grain size and textural parameters; sorting, skewness, and kurtosis are shown.

(나) 유기탄소 및 탄산염

분석된 총 18개의 표층퇴적물에 대한 유기물 함량과 탄산염 함량을 표 2-1-16에 총괄하여 표시하였다. 분석된 시료중에서 가장 높은 TOC 함량은 약 2.8%로 나타났고 가장 낮은 함량은 0.63%로 나타났다. 또한 총 탄소와 총 유기탄소와의 함량차에 의해 계산된 탄산염 함량은 최고 30.6%에서 최저 0.2%까지로 채취된 지점에 따라서 수 십 배 정도의 차이를 보이고 있다(표 2-1-17). 유기탄소의 공간적 분포는 mud질 퇴적물이 분포하는 지역에서 대부분 1% 전후의 값을 보이고 있지만 육지와 인접한 부분에서는 다소 높은 2-3% 값을 보이고 있다(그림 2-1-72). 공간적인 탄산염 함량 변화는 유기탄소의 공간적 분포와 유사한 분포형태를 보이고 있다(그림 2-1-73). 소리도와 인접한 지점에서는 20-10% 전후의 값을 보이다가 바깥쪽으로는 3% 전후의 값을 보이고 있는 특징을 보인다.

해저 퇴적물중에 포함된 유기탄소나 탄산염 함량을 조절하는 요인으로는 표층에서의 생물생산 정도, 유기탄소 및 탄산염의 보존증가 또는 인근 대륙에서부터의 대륙기원 공급 등을 들 수 있다. 또한 퇴적물 속에 보존된 유기물의 특성을 지시하는 총 유기탄소에 (TOC) 대한 총 질소(TN)의 비(C/N ratio)는 여러 형태의 유기물의 특성을 밝힐 뿐만 아니라 유기물의 기원을 구분하는데 이용된다(Muller, 1977; Stein, 1991). 일반적으로 해양 환경에서 생물생산에 의해 생성된 유기물은 C/N비가 10이하를 보이고, 인근 대륙에서 유입된 유기물인 경우에는 C/N비가 10이상 높게 나타난다. 이 연구결과 나타난 유기물의 특성에서 C/N비는 약 6-50사이에서 변화하고 있으며 세 지점(정점 7, 17, 19)에서 10 이상을 보이고 있다(그림 2-1-74; 표 2-1-17). 따라서 이 연구결과 나타난 C/N비로 유기물의 특성을 판단한다면 이 연구지역 퇴적물중의 유기물 해양환경에서 해양생물에 의해 생성된 유기물과 인근 육지에서 유입된 유기물이 혼재되어 있는 것으로 해석 할 수 있다. 유기탄소의 C/N비가 10이상을 보이는 세 정점은 gM 혹은 (g)sM퇴적상을 보이는 지역으로 소리도를 오른쪽으로 인접하고 있으며 높은 유기물함량을 보이는 지역으로 소리도로부터 유기물이 유입되어 왔음을 지시하고 있다고 해석된다. 또한 유기물에 대한 C/N비에 근거 한다면 이 연구결과 인근 소리도에서 유래된 유기물과 현장에서 생물생산 등에 의해 형성된 유기물이 혼재되어 있는 것으로 확인되었으나 유기물오염 등과 같이 심각하게 오염된 것으로는 판단하기 어렵다. 앞으로 이 지역에서 퇴적물중의 유기탄소 함량이 어떻게 해양학적 혹은 지구과학적 요인에 의해 조절되고 있는지는 좀 더 자세한 조사를 필요로 한다.

일반적으로 퇴적물중 유기물 함량이나 중금속 농도는 퇴적물 입도와 좋은 상관관계를 보인다(Forstner and Wittmann, 1981). 그러나 이 연구에서는 유기물을 측정할 시료수가 한정적이며 일부 시료에서는 입도분석이 수행되지 않아 이러한 고찰은 추후 현장시료를 추가해서 검토해야 할 것으로 생각된다. 또한 퇴적환경을 유추하는데 총 유기탄소에 대한 총 황량(C/S ratio)은 자주 이용되는 방법이다.

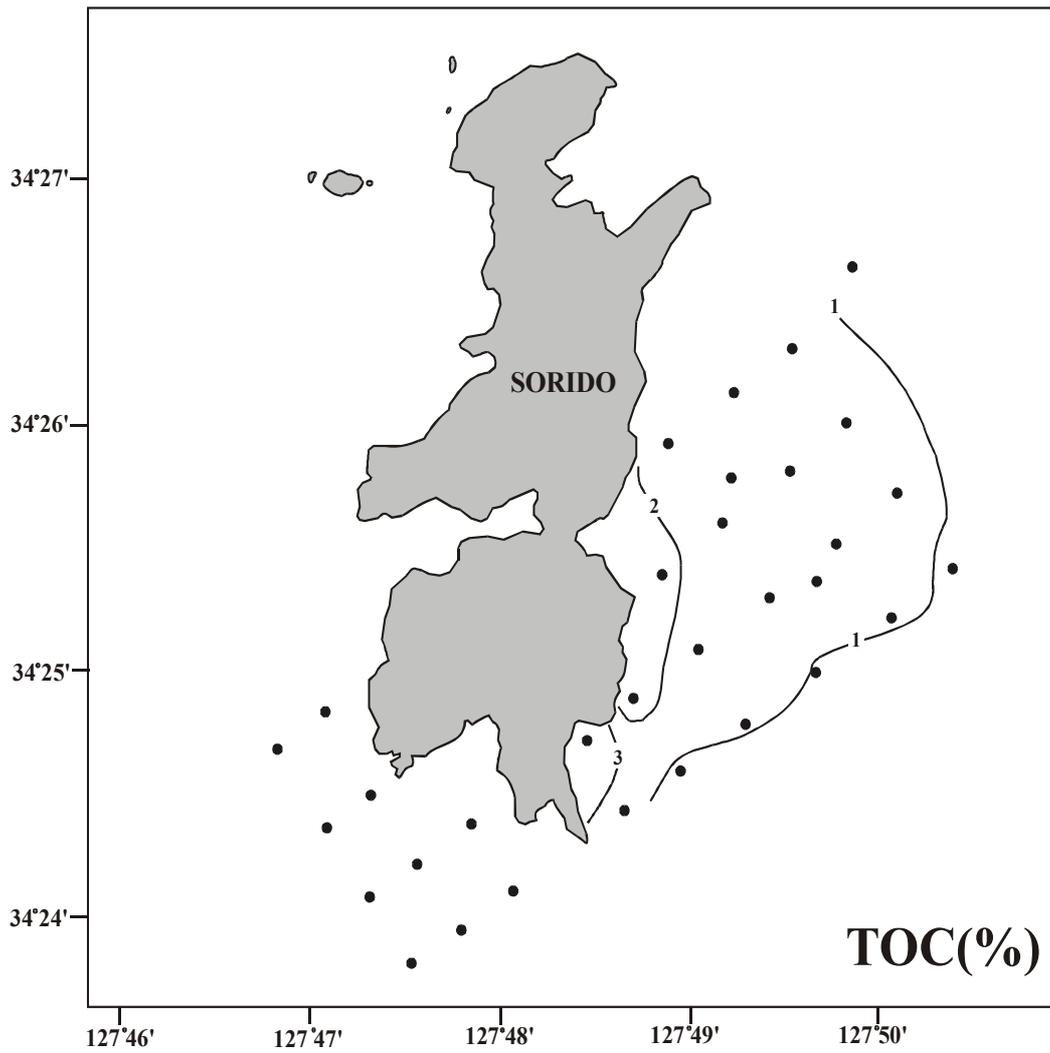


그림 2-1-72. 총유기탄소의 공간적 분포.

Fig. 2-1-72. Spatial distribution of organic carbon of the surface sediment.

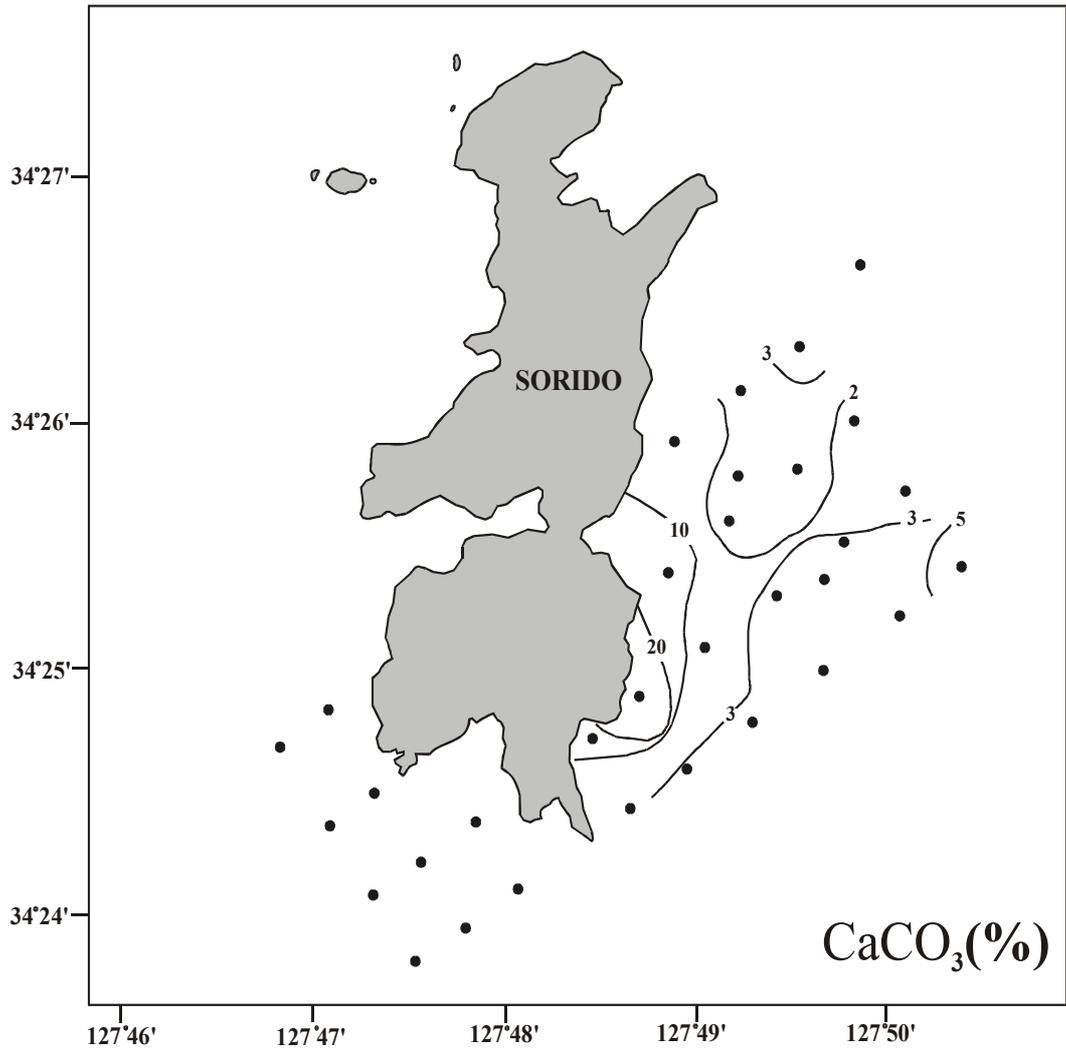


그림 2-1-73. 탄산염의 공간분포.

Fig. 2-1-73. Spatial variation of calcium carbonate (%).

표 2-1-16. 입도분석 결과

Table 2-1-16. Analytical results of the grain analysis

Station No.	Composition(%)				Sed. Type	Statistical Parameters			
	Gra.	Sand	Silt	Clay		MZ(Phi)	St. De.	Skew.	Kurt.
1			90.60	9.40	M	7.28	1.08	1.92	10.94
2			75.91	24.09	M	7.76	1.77	1.43	4.69
3			80.82	19.18	M	7.76	1.45	1.94	7.02
4			81.71	18.29	M	7.70	1.40	2.04	8.08
5			85.84	14.16	M	7.51	1.40	1.66	7.42
6			87.90	12.10	M	7.53	1.29	2.10	9.75
7	5.23	7.22	72.31	15.23	gM	6.74	3.15	-1.05	5.19
8			77.43	22.57	M	7.72	1.23	2.04	9.79
9		0.25	84.88	14.87	M	7.50	1.13	1.70	11.17
10			82.18	17.82	M	7.63	1.31	2.03	8.50
11			84.76	15.24	M	7.54	1.14	2.05	11.09
12			72.40	27.60	M	7.67	1.05	1.68	10.97
13			50.91	49.09	M	8.06	1.13	1.96	10.15
14			74.10	25.90	M	7.67	0.96	1.65	12.50
15		0.22	73.28	26.50	M	7.72	1.11	1.82	11.14
16		0.12	89.45	10.43	M	7.41	1.30	2.04	10.09
17	14.55	5.96	64.31	15.18	gM	5.99	4.08	-0.89	3.25
18									
19	4.64	24.08	60.58	10.69	(g)sM	5.69	3.35	-0.64	2.89
20	54.55	45.45			sG	-0.56	1.43	1.83	5.56
21									
22	99.84	0.16			G	-3.44	0.29	5.33	36.67
23									
24									
25									
26	39.71	60.29			sG	0.74	2.2	0.28	1.31
27									
28	97.86	2.14			G	-2.37	0.86	6.66	45.47
29		100			S	3.11	0.66	-1.44	3.75
30									
GC31									
GC32									
R012			80	20	M	7.54	1.02	1.57	11.73

일반적인 해양환경에서는 유기탄소함량과 총황의 함량은 정의 상관관계(positive relationship)를 가지며 거의 일정한 C/S비(약 2.8)를 보인다(Leventhal, 1983; Berner, 1984). 이 연구에서는 총 황(total sulfur)량이 측정된 시료가 많지 않아 정량적인 관계를 고찰하지는 않았지만 추후 현장 시료를 추가하여 장기적으로 퇴적환경이 어떻게 변화하고 있는지 추적할 필요가 있다.

(다) 황화수소

퇴적물중의 황화수소(H_2S)량은 유기물 함량 및 화학적 산소요구량(COD) 등과 더불어 퇴적물의 건강상태를 평가할 수 있는 가장 대표적인 요소로서 자주 사용되고 있다. 표층 퇴적물에 대해 황화수소 함량을 측정한 결과 최고 값은 정점 13에서 161ppm로 나타났고 최소값은 정점 3에서 1.3ppm으로 나타났다(표 2-1-17). 공간적으로 조사된 황화수소 함량을 그림 2-1-75에 표시하였다. 한편 퇴적물중 황화수소 값은 종종 퇴적물의 건강도를 판단하는 기준으로 사용되고 있다. 퇴적물중 200ppm이상을 초과하는 것은 부영양화의 기준으로 삼고 있으며(일본 수산자원 보호협회, 1980), 이는 생물학적으로 생물이 살기 어려운 환경을 의미한다. 이 연구에서는 황화수소의 부영양도 기준값(200ppm)과 연구결과 표층퇴적물에 나타나는 황화수소값을 비교해 볼 때, 이 연구에서 나타난 황화수소 값은 부영양도 기준값을 훨씬 밑도는 값으로 나타났다. 따라서 현재의 상태로 판단한다면 동 연구지역 퇴적물은 최소한 크게 오염되지 않은 상태임을 지시하고 있다. 이와 같은 부가적인 연구는 표층퇴적물이나 표층직하 퇴적물에서 황화수소가 검출되는 자료 및 추가로 수행되어야 할 중금속 농도 등과 결부시켜 저질의 건강도를 판단하는데 유익한 자료가 될 것이다.

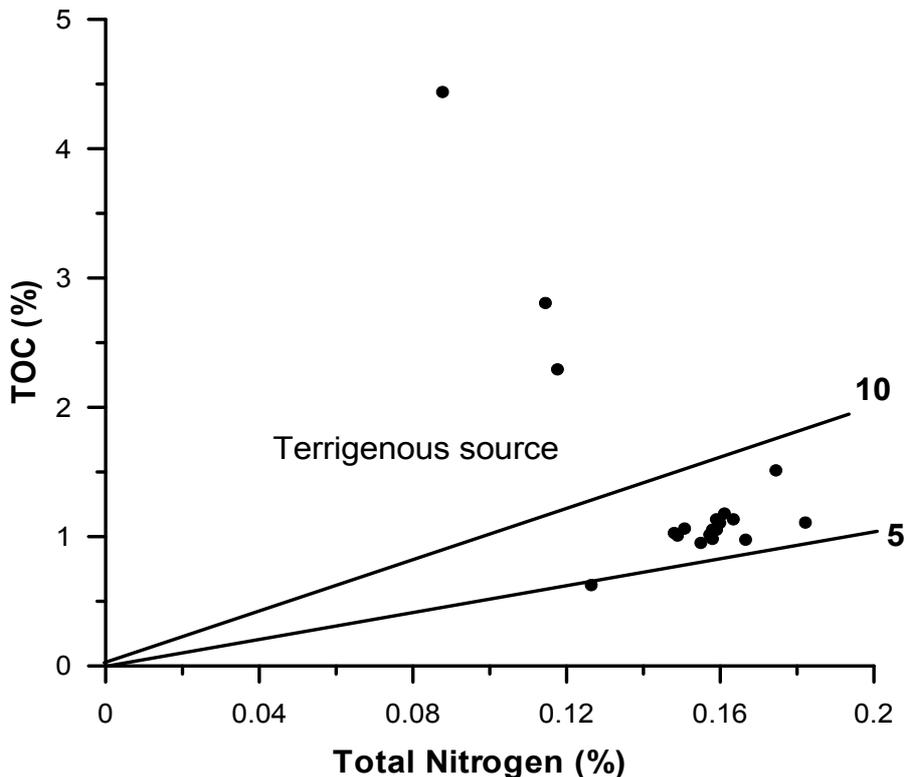


그림 2-1-74. 총유기탄소 vs. 전 질소(몇 개의 지점에서 육원성 유기물이 나타났다).

Fig. 2-1-74. Total organic carbon (TOC) vs. total nitrogen. Terrigenous organic carbon is recognized in the several sediment samples.

표 2-1-17. 유기물, 탄산염 분석결과

Table 2-1-17. Analytical results of organic matter and biogenic carbonate

Station No.	TC (%)	TN (%)	TS (%)	O.Carbon (%)	O.nitrogen (%)	O.sulfer (%)	CaCO ₃ (%)	C/N ratio	C/S ratio	H ₂ S (ppm)
1	1.40	0.15	0.27	1.01	0.10	0.34	3.27	6.77	3.80	13.0
2	1.42	0.16	0.29	1.11	1.85	0.30	2.62	6.92	3.75	2.6
3	1.40	0.15	0.00	1.03	1.46	0.31	3.11	6.95		1.3
4	1.47	0.16	0.00	1.18	1.24	0.27	2.47	7.32		90.2
5	1.45	0.16	0.00	1.13	1.18	0.26	2.66	6.94		10.2
6	1.44	0.16	0.27	1.13	1.00	0.25	2.51	7.13	4.24	2.4
7	4.70	0.11	0.21	2.81	0.12	0.04	15.75	24.52	13.12	4.7
8	1.44	0.18	0.29	1.11	0.93	0.23	2.77	6.09	3.78	25.9
9	1.49	0.16	0.46	1.05	0.13	0.31	3.66	6.62	2.27	50.8
10	1.49	0.15	0.29	1.06	0.12	0.31	3.60	7.05	3.63	82.2
11	1.53	0.17	0.26	1.51	0.18	0.48	0.18	8.67	5.82	91.5
12	1.28	0.13	0.21	0.63	0.06	0.19	5.46	4.95	3.00	28.1
13	1.46	0.16	0.13	1.05	0.11	0.30	3.36	6.67	7.99	161.4
14	1.39	0.15	0.10	0.95	0.09	0.31	3.63	6.14	9.32	30.6
15	1.47	0.16	0.10	1.02	0.09	0.28	3.81	6.46	10.58	23.9
16	1.37	0.17	0.16	0.98	0.10	0.29	3.29	5.86	6.13	82.3
17	5.97	0.12	0.07	2.29	0.13	0.08	30.67	19.50	31.89	18.3
18										
19	6.77	0.09	0.08	4.44	0.09	0.00	19.46	50.61	58.97	22.0
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
GC31										
GC32										
R012	1.41	0.16	0.12	0.98	0.11	0.29	3.59	6.22	8.38	4.5

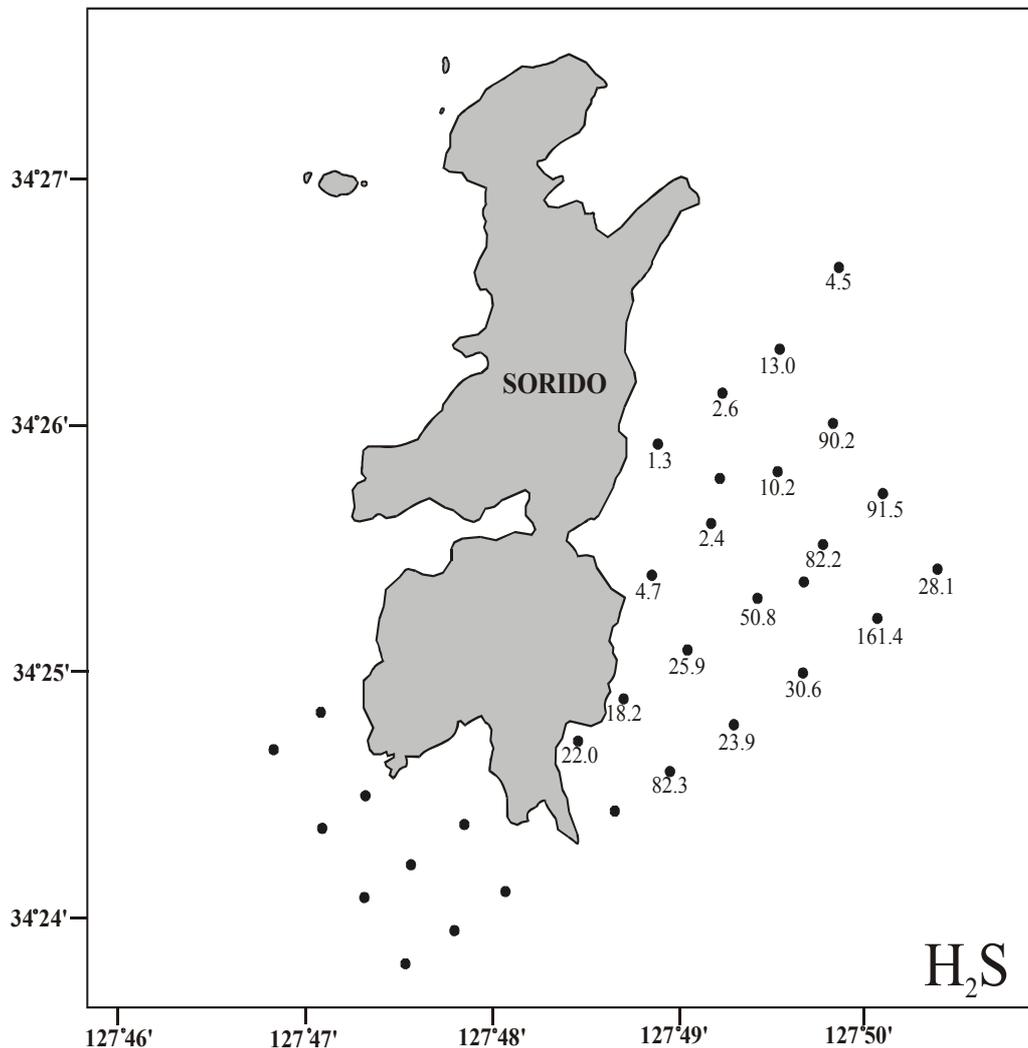


그림 2-1-75. 표층퇴적물에 대한 황화수소 함량.

Fig. 2-1-75. H₂S content of the surface sediment. Figures near black points indicate value of hydrogen sulfide content.

(2) 주상시료 퇴적물

(가) GC 1

주상시료 깊이 약 130cm에 대한 분석결과를 종합하여 그림 2-1-76에 표시하였다. 이 주상시료는 연구지역 북동쪽 mud퇴적상에서 얻어졌으며 수직적으로 평균입도가 7.5-8.5 사이의 니질 퇴적물로 이루어졌다. 왜도는 음의왜도를 보이고 있어 상대적으로 세립질 퇴적물임을 지시하고 있다. 유기탄소 함량은 0.7-0.8%의 범위를 보이고 있으며 탄산염 함량은 4-10 %범위를 보이고 있다(그림 2-1-76). 유기물의 기원을 지시하는 C/N ratio는 일부 시료(최상부 및 100cm 구간)에서 10 이상을 보이고 있어 인근 육지기원 유기물이 퇴적당

시 유입되었음을 지시하고 있다.

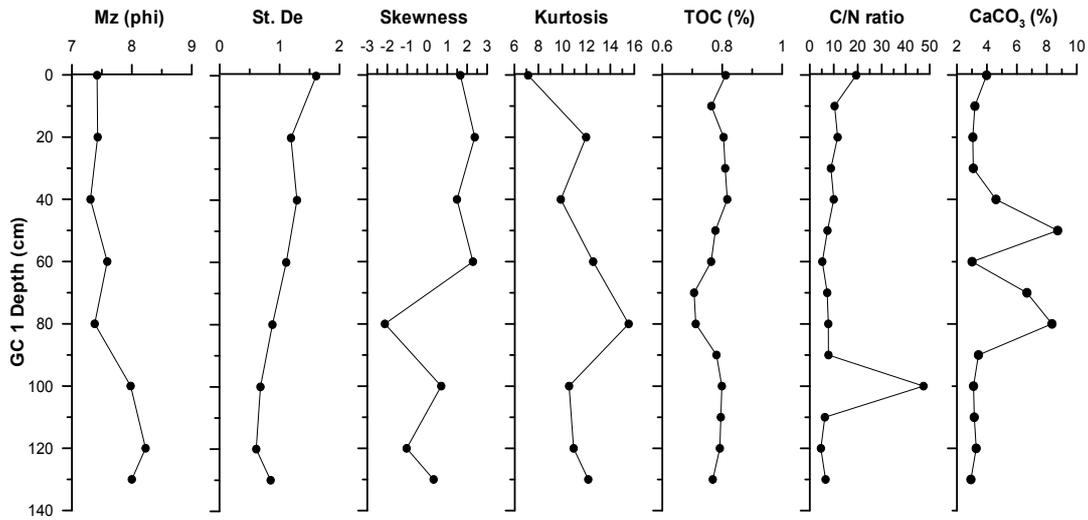


그림 2-1-76. GC 1에 대한 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도, 총유기탄소, 탄산염 함량의 수직 변화.

Fig. 2-1-76. Vertical variation of Mz, St.De, Skewness, Kurtosis, TOC, CaCO₃, and C/N ratio of the organic matters on the GC 1.

(나) GC 2

입도분석결과 주상시료 퇴적물에 대한 평균입도가 약 7.5-9phi로 나타나고 있어 수직적으로 균질한 니질퇴적물로 구성되어 있음을 지시하고 있다(그림 2-1-77). 유기탄소 함량은 약 0.8% 전후의 값을, 탄산염함량은 3-5%를 보이고 있다. 유기물의 기원을 지시하는 C/N 비는 심도 약 20cm에서 10 이상을 보이고 있어 이 퇴적물이 퇴적되는 시기에는 육원성 유기물이 유입되었음을 지시하고 있다. 추후 ²¹⁰Pb에 의해 퇴적속도를 측정하여 퇴적률을 계산함과 동시에 육원성 유기물이 유입되는 시기에 대한 연대측정 및 동 연구지역의 퇴적환경을 유추할 필요가 있다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서 수행된 다도해형 바다목장화 연구지역에 대한 퇴적학적, 지화학적 연구결과는 다음과 같다. 입도분석결과 연구지역 퇴적상은 mud를 주로 하는 퇴적상과 sand 및 gravel이 포함된 지층환경을 보이는 지역으로 뚜렷한 대상분포를 보이고 있다. 공간적으로 연구지역 북동쪽으로는 세립질 퇴적물이 분포하고 있으며 남서쪽으로는 gravel이 포함된 조립질 퇴적물 혹은 퇴적물이 거의 존재하지 않은 rocky bottom으로 이루어져 있다.

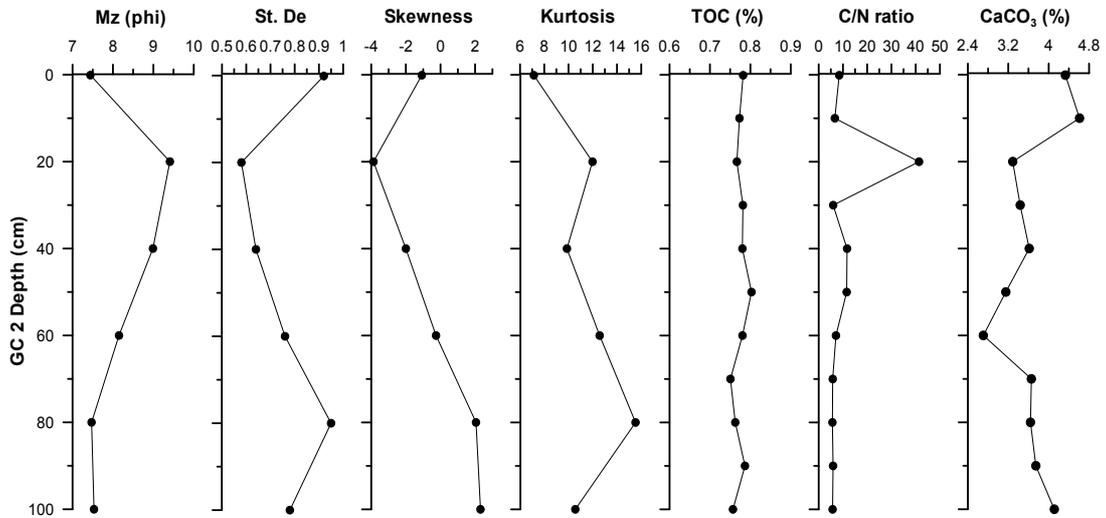


그림 2-1-77. GC 2에 대한 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도, 총유기탄소, 탄산염 함량의 수직변화.

Fig. 2-1-77. Vertical variation of Mz, St.De, Skewness, Kurtosis, TOC, CaCO₃, and C/N ratio of the organic matters.

퇴적물중 유기물 함량은 니질 퇴적물에서 수 % 이내로 함유되어 있으며 유기물의 C/N 비에 근거해 볼 때 소리도로부터 다소의 유기물이 유입되었음을 지시하고 있다. 또한 탄산염 함량은 유기물이 높게 나타나는 소리도 우측에서 20~30%가량 포함된 것으로 나타났으며 그 외 지역은 수 %로 비교적 낮게 나타났다. 퇴적물중 황화수소 함량은 최소 1~161ppm사이에 나타나고 있으며, 오염의 기준을 나타내는 200ppm이하를 보이고 있어, 현재상태로는 오염된 것으로 판단하기는 어렵다. 추후 퇴적물중 중금속 농도 등을 측정하여 장기적으로 지화학적 인자들의 거동을 모니터링 할 필요가 있다.

니질 퇴적상에서 얻어진 2개의 주상시료 퇴적물에서는 비교적 균질한 니질 퇴적물이 연속적으로 퇴적되었음을 지시하고 있으며, 간헐적으로 육지기원 유기물이 유입된 것으로 나타났고, 1% 이내의 유기물함량과 수 %이내의 탄산염 함량을 보이고 있다. 추후 ²¹⁰Pb 방법에 의해 퇴적률을 측정하여 퇴적속도 등을 측정할 필요가 있다.

제 2 절 생태계특성

1. 서론

전남 다도해 바다목장 해역은 여수시 화정면과 남면일원인 가막만 남부해역에서 금오도와 연도를 포함하는 약 180km²의 해역으로 남해 중앙부에 위치하여, 남해연안해역 중에서도 계절에 따라 대마난류, 중국대륙 연안수, 한국 연안수 등 다양한 수괴의 영향을 받는 곳으로 매우 복잡한 해양환경 특성을 나타낸다(김과 노, 1994; 김 등, 1998). 또한 이와 같은 해양환경 특성은 해역 생태구조에도 영향을 주어 계절에 따라 특성을 달리하는 생태구조를 나타낸다.

특히 표영 생태계는 이들 수괴특성에 가장 민감하게 반응하게 된다. 다도해 바다목장 해역의 표영 생태계 조사는 식물플랑크톤 군집조사, 식물플랑크톤 생물량(Chlorophyll *a*)에 의한 기초생산 잠재능력 조사, 미소 동물플랑크톤(섬모충) 군집조사 및 대형 동물플랑크톤 군집조사 등 크게 4개의 세부테마로 구성되어 있다.

식물플랑크톤은 해양생태계에서 먹이사슬의 근간을 이루는 일차생산자로, 연안해역의 해양환경 특성이나 생태구조 파악을 위해서는 반드시 포함되어야 하는 조사 항목이며, 섬모충을 중심으로 하는 미소 동물플랑크톤 군집은 식물플랑크톤과 동물플랑크톤의 중간단계에서 효율적인 에너지의 전달자로 최근에는 해양생태계내의 미세 먹이망을 이해하는데 매우 중요하게 인식되고 있다. 해양생태계의 저차 영양단계에서 근간을 이루는 식물플랑크톤과 섬모충플랑크톤에 관한 연구는 수중 생태계의 구조와 기능을 파악하는데 기초 자료를 제공할 뿐 아니라 각종 해양생물자원의 개발은 물론 수질오염 등의 현실적인 문제와도 밀접한 관계를 가지고 있어 해양환경에 대한 올바른 평가와 이해를 위해 이들에 대한 연구는 필수적으로 선행되어야 한다.

또한, 동물플랑크톤은 해양생태계 먹이망의 이차생산자로서 일차생산자인 식물플랑크톤을 먹고, 보다 상위 영양단계에 속하는 어패류, 어류 등의 먹이가 됨으로써 해양생태계를 유지하는 중요한 중간 고리 역할을 담당하고 있다. 그러므로 어류 등의 유용생물자원의 보다 정확한 자원량 평가를 위해서는 동물플랑크톤 구성 생물들의 종조성, 분포, 먹이 습성 및 출현 양상, 그리고 생물량에 대한 자료의 축적이 무엇보다 중요하다.

어류와 저서동물 군집 간 상호 작용의 파악은 최적의 목장화 사업 수행과 관리에 필수적인 정보라 할 수 있겠다. 상호 작용의 파악의 큰 축은 어류의 섭식 생태에 대한 이해이며, 이는 주로 위 내용물에 대한 연구를 중심으로 하고 있다. 국외의 경우 다양한 어류와 무척추 동물을 대상으로 이들의 섭이 습성과 섭이장에 대한 결과(Darracott, 1977; Bowman *et al.*, 2000; Oh, 2001)가 제시되고 있다. 현재까지 국내에서는 어류의 위 내용물에 대한 분석의 연구 사례가 많지 않으며, 주로 광양만의 잘피밭에 서식하는 어류를 대

상으로 섭식 생태를 분석한 허와 곽(1997, 1998 등), 동해안의 해조장의 어류 군집을 대상으로 분석한 동해수산연구소(2002)의 연구 그리고 최근 인천 연안의 갯벌을 이용하는 어류 군집의 위 내용물을 분석한 서(2003) 등이 있다.

본 연구에서는 바다목장 해역에 출현하는 어류의 섭식 특성에 대한 정보를 얻는 것을 주 목적으로 하고 있다. 조사 해역에서 채집된 어류의 위 내용물을 분석하여 (1) 어류 섭식지위를 어종 간 비교하고 (2) 어종에 따른 먹이 생물 선호도의 패턴을 파악하며 그리고 (3) 어류의 섭이장으로 주요한 기능을 담당하는 서식처 유형은 무엇인지 등에 대한 정보를 제공할 것이다.

최근 들어 연안역의 저서동물 군집에 대한 다양한 기능이 밝혀지고 있다. 높은 생물 다양성이나 서식 특성으로 오염의 판정에 중요한 기준이 됨은 이미 잘 알려진 사실이며 국내 연안의 환경 변화를 모니터링에 있어 중요한 항목 가운데 하나로 자리 잡아 가고 있다. 최근에는 생물 생산을 바탕으로 오염 물질의 정화 기능을 추정하기도 하며 산업적인 측면에서 어류의 먹이 자원으로의 중요성에 대한 평가도 이루어지고 있다. 물론 어떠한 생태계의 구성 요소든지 시스템 내에서 중요한 기능을 수행하며 각 생태계 구성원 간 상호 의존적인 관계도 매우 중요한 것임은 설명할 필요가 없다. 그러나 생태계의 실제적 이용이나 관리는 이러한 기능이나 관계에 대한 이해를 전제조건으로 한다. 본 연구에서는 이해의 전 단계에 반드시 알고 있어야 할 저서동물군집의 분포와 밀도(distribution and abundance), 구조의 변동, 이차생산력의 추정을 목적으로 하고 있다.

우리 나라에서는 1970년부터 부유성난 및 자치어 분포에 관한 연구가 시작된 이후(임 등, 1970), 제주도 북방 함덕 연안(고 등, 1991), 월성주변 해역(차 등, 1991), 여자만(유 등, 1993), 군산 연안(유와 최, 1993), 남해 창선 해협(김, 1993), 광양만(차와 박, 1994), 한국 동해남부 해역(김과 강, 1995), 광양만 묘도 해역(한 등, 1998), 완도 보길도 연안(한, 1999), 여수 가막만 연안(한, 1999), 전남 강진만 연안(박, 2002), 고흥 녹동연안(신, 2002) 및 진도 연안(임, 2002) 등의 주로 만이나 부분적인 연안과 해역을 중심으로 이루어지고 있다.

어류상에 관한 연구는 여수 돌산도 연안(신, 2001), 거문도주변 해역(추, 2001), 전남 강진만 연안(나, 2002), 광양만 묘도 해역(한 등, 1998) 및 광양만(오, 2003) 등의 주로 만이나 부분적인 연안과 해역을 중심으로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 바다목장 대상해역인 금오도 연안에 출현하는 어류의 부유성난 및 자치어 분포 특징 및 종조성 조사, 자원생물학적 연구와 바다목장화 기초연구의 일환으로 표준넷트로 채집되는 어류의 종조성과 지역별 어류의 군집구조를 분석하였으며, 어시장 조사를 병행하였다.

이와 같이 본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장 조성사업을 위한 기반조성 연구의 일환으로 대상해역의 생태계 특성을 파악하기 위하여 기초생산력 조사와 식물플랑크톤

및 동물플랑크톤 군집 등 부유생태계 조사, 적조생물에 대한 조사, 저서동물 군집 및 어란·자치어를 포함한 어류상과 계절별 Visiting species와 위 내용물 조사, 그리고 대상해역의 암반에 서식하는 해조류 군집에 대한 조사를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 식물플랑크톤 군집

표영 생태계 전반의 내용을 파악하기 위한 현장조사는 계절조사를 원칙으로 하여 4회 조사하였다(표 2-2-1). 즉, 세부적인 조사 내용 및 정점에 대해서는 각 항목에서 기술하지만, 플랑크톤 관련 항목의 조사는 다도해 바다목장 해역 내의 12개 정점을 대상으로 실시하였다(그림 2-2-1).

표 2-2-1. 플랑크톤 현장조사 일시, 정점 수 및 조사항목

Table 2-2-1. Sampling date, station numbers and survey items

Date	No. of Station	Items	Remarks
2003. 08. 19	12	Plankton communities	
2003. 11. 05	12	Plankton communities	
2004. 01. 09	12	Plankton communities	
2004. 04. 02	12	Plankton communities	
2004. 4. 16/17	1	Phototaxis of zooplankton	Anchoring

식물플랑크톤의 표본 채집과 검경 시료를 위해 전남 다도해형 바다목장 예정 해역 내 12개의 정점을 선정하여, Van Dorn 채수기로 표층과 10m 수층으로 구분하여 채수하였다. 채집된 해수시료는 300ml용 폴리에틸렌 표본병에 넣어 중성포르마린으로 최종농도가 0.4%되도록 현장에서 고정되었다(Thronsen, 1978). 실험실에서 고정된 해수시료의 250ml를 취하여 공경(pore size)이 5.0 μ m, 직경이 47mm인 박막여과지가 장착된 여과기를 이용하여, 자연낙하방법에 의하여 최종농도가 5ml되도록 농축하여 검경 시료로 사용하였다(飯塚, 1986). 정량분석을 위하여 농축된 시료를 균일하게 희석한 후 0.1ml를 취하여 Sedgwick Rafter 계수판에 넣고 광학현미경(Zeiss, Axioplan)의 200배에서 계수한 후 해수의 단위체적당 세포수를 플랑크톤 현존량으로 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료를 적당량 slide glass위에 놓고 400~1000배 하에서 검정·동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 Cupp(1943), Dodge(1982), 山路(1991), Chihara and Murano(1996), Tomas (1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

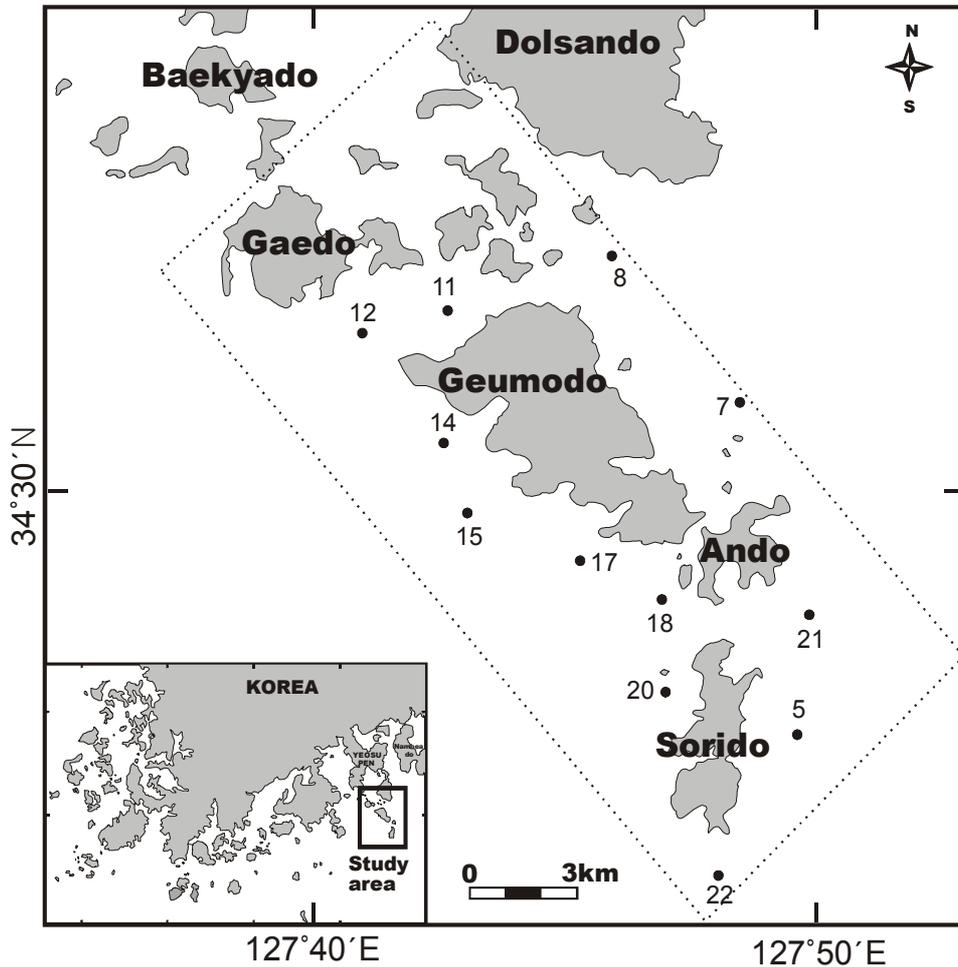


그림 2-2-1. 조사해역 개황도 및 플랑크톤 조사 정점 위치도.

Fig. 2-2-1. Maps showing the sampling stations for plankton communities.

우점종의 선별은 전체 현존량의 10% 이상 세포밀도를 보인 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 정점의 식물플랑크톤 현존량 중에서 어떠한 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제 1 우점종으로 하였다.

나. 식물플랑크톤 생물량

기초생산력을 간접적으로 파악하기 위한 식물플랑크톤 생물량 조사는 형광센서가 부착되어 있는 Submersible Fluorometer(Alec Co., ACL 1151-D)를 이용하여 그림 2-2-1의 12개 정점의 표층에서 저층까지 연속 측정하여 약 1m 간격으로 정리, 분석하였다. 다만 엽록소(Chlorophyll a 농도)의 경우 형광 센서에 의해 얻어진 측정값의 보정을 위해서 일부 정점의 표층에서 해수 500ml를 여과하여 분광광도법, 즉 박막여과지(pore size: 0.45 μ m, diameter: 47mm)가 장착된 여과기를 이용하여 흡인 여과시킨 후, 여과 포집된 박막여과지

를 90%의 아세톤을 용매로 추출시킨 다음, 원심분리기로 분리(3,000rpm, 15min.)된 상등액을 UV 분광광도계(Mecasys Co Ltd., Optizen 2120UV)에 의해 비색 측정하는 방법에 의해 얻어진 값으로 보정하여 측정값으로 하였다(SCOR -unesco, 1966).

다. 미소 동물플랑크톤 군집

섬모충류를 주로 하는 미소 동물플랑크톤 군집의 조사방법은 식물플랑크톤과 동일한 방법에 의해 실시하였다. 또한, 식물플랑크톤 및 미소동물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 종 다양성 지수(species diversity index: H')를 Shannon and Weaver(1963)의 아래 식을 따라 계산하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[-\frac{N_i}{N} \cdot \ell_n \frac{N_i}{N} \right] \quad [2-1]$$

(N: 식물플랑크톤 현존량, n : 각각의 종이 차지하는 세포수)

라. 동물플랑크톤 군집

동물플랑크톤 채집은 전남 다도해 바다목장 해역인 금오도를 중심으로 가막만 총 12개 정점(그림 2-2-1과 표 2-2-1 참조)에서 계절적으로 실시하였다. 조사 해역 동물플랑크톤 채집은 NORPAC네트(망목 320 μ m, 망구 45cm)를 이용하여 1m/sec의 속도로 수직 인망 하였다. 또한, 수중집어등 효과를 파악하기 위해 봄철(4월) 일몰과 일출, 21:40, 00:40에 2.0 kw의 수중집어등을 금오도 바다목장화 설치 후보지 동편의 수심 17m인 곳에서 실시하였다. 수중집어등에서 동물플랑크톤 채집은 광도계의 값이 0이 되는 수심에서 표층까지, 그리고 수중집어등의 영향을 받지 않는 대조구에서는 해저면에서 표층까지 수직채집 하였다. 채집된 시료는 즉시 선상에서 중성포르말린을 사용하여 5%가 되도록 고정하였다. 정량분석을 위하여 네트 망구에 유속계(Hydro-Bios model 438110)를 부착하여 여과해수량을 측정하였다. 종조성 및 개체수의 조사에 시료의 분할이 필요할 때는 Folsom식 분할기를 이용하여 1/2-1/8까지 분할한 후, Bogorov계수판에서 해부현미경(Olympus SZ40)을 사용하여 종수준까지 동정한 하였으며, 계수하여 1m³당 개체수(indiv./m³)로 환산하였다.

동물플랑크톤을 동정할 때 보다 세밀한 관찰이 필요한 경우는 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경(Nikon Axioptip) 하에서 관찰하였다. 동물플랑크톤 군집의 종다양성을 비교 분석하기 위한 다양성 지수는 [2-1]식에 의해 계산하였다. 그리고 군집구조 분석은 출현 개체수를 log₁₀+1로 변환한 후, 통계프로그램 SPSS(version 7.0)를 이용하여 실시하였다.

마. 저서동물 군집

(1) 조사 시기 및 정점

조사해역 대형저서동물군집의 구조와 변동양상을 파악하기 위하여 2003년 8월, 12월, 2004년 2월에 각각 12개 정점에서 현장 조사를 수행하였다(그림 2-2-2).

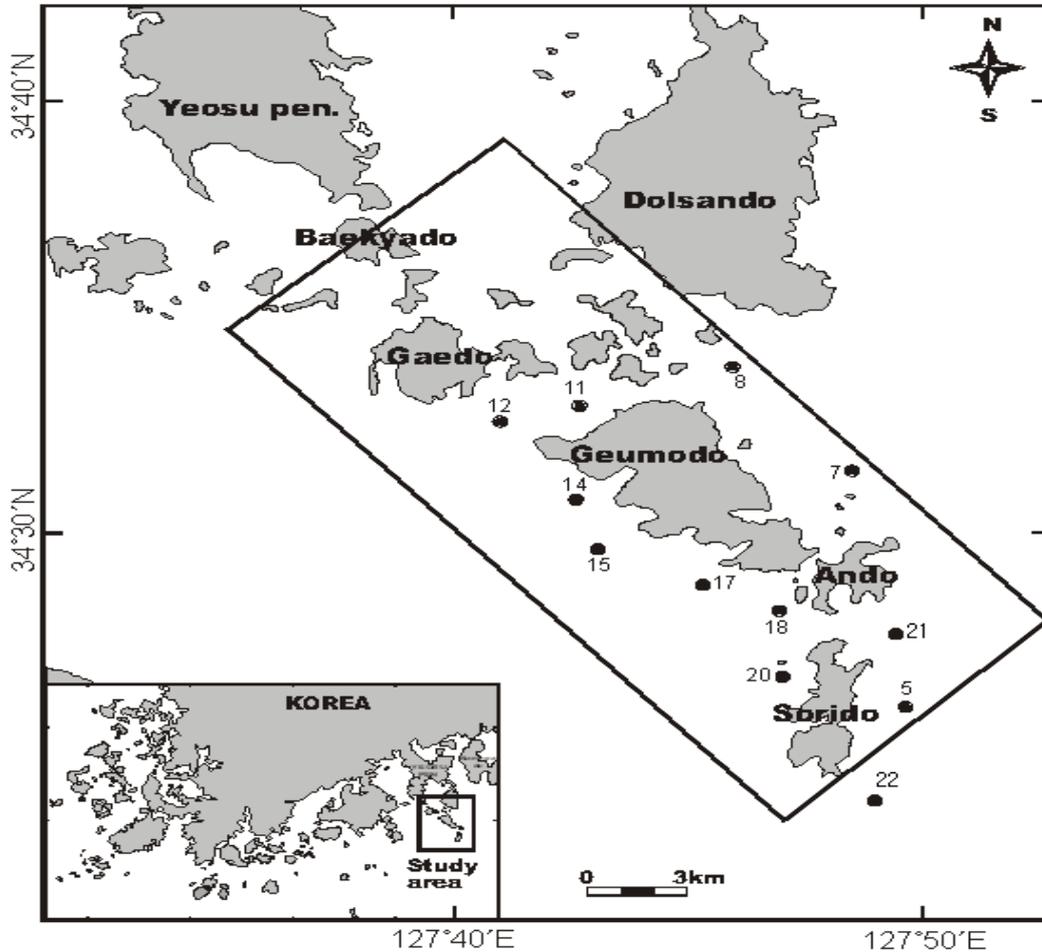


그림 2-2-2. 저서동물군집 조사 정점도.

Fig. 2-2-2. Maps showing sampling stations of macrobenthos.

(2) 저서동물 및 퇴적물자료 획득

저서동물의 채집에는 정량 채니기인 van Veen grab 을 사용하였으며, 매 정점마다 1 회씩(채집면적, 0.1m²) 채집하였다. 대형저서동물은 현장에서 그물눈 크기 1mm인 체(sieve) 를 이용하여 퇴적물과 분리하였으며, 농도 10%의 중성 포르말린으로 고정하였다. 생물 동정은 실험실에서 각 동물군별(표 2-2-2)로 선별한 후 해부현미경과 고배율 광학현미경 을 사용하여 종 수준(species level)까지 이루어졌다.

저서동물의 분포에 큰 영향을 미치는 퇴적물 특성을 파악하기 위하여 저서동물과 동시

에 채집된 정점별 표층퇴적물 표본을 입도분석하여 역질함량, 사질함량, 니질함량, 실트질 함량, 평균 입도(median grain size, ϕ), 분급도(ϕ)를 측정하였으며, 퇴적물의 유형은 Folk (1968)가 제시한 기준에 따라 분류하였다. 퇴적물 내 유기물함량은 강열감량법(total ignition loss, %)으로 간접측정하였으며, 처리방법은 저질 시료를 건조하여 0.01mm체로 걸러내고 이 가운데 2g을 600℃에서 2시간 동안 가열한 후 그 무게의 손실량을 백분율로 표시하였으며, 2회 측정결과의 평균값을 이용하였다.

표 2-2-2. 대형저서동물의 동물군별 명칭과 축약 코드명

Table 2-2-2. Alphabetically-abbreviated codes used for classifying taxon

Code	Taxon(Phylum; Class; Order)
APol	Annelida Polychaeta
MPo	Mollusca Polyplacophora
MGs	Mollusca Gastropoda
MSc	Mollusca Scaphopoda
MBi	Mollusca Bivalvia
Pyc	Pycnogonida
COs	Crustacea Ostracoda
CCi	Crustacea Cirripedia
CLe	Crustacea Leptostraca
CTa	Crustacea Tanaidacea
CCu	Crustacea Cumacea
CMy	Crustacea Mysidacea
CIIs	Crustacea Isopoda
CAM	Crustacea Amphipoda
CDM	Crustacea Decapoda Macrura
CDA	Crustacea Decapoda Anomura
CDB	Crustacea Decapoda Brachyura
CSt	Crustacea Stomatopoda
ECr	Echinodermata Crinoidea
EAs	Echinodermata Asteroidea
EOp	Echinodermata Ophiuroidea
EEc	Echinodermata Echinoidea
EHo	Echinodermata Holothuroidea
Pis	Chordata Pisces
Others	Cnidaria, Anthozoa; Plathelminthes; Nemertinea; Sipunculida; Echiurida, Protocordata, Ascidiacea, etc.

(3) 생물통계분석

생물통계분석을 위한 자료는 기본적으로 단위면적(1m²)당 종별 개체수와 생체량(wet weight in gram, gWWt)의 형태를 갖도록 환산하였다.

(가) 다양도 지수

다양도지수 H'(Shannon and Wiener, 1949)는 아래 식에 의거하여 계산하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$$

s : 출현종수

P_i : 총 출현 개체수(N)에 대한 i 번째 종의 개체수 (n_i)의 비율 (n_i/N)

(나) 주성분분석(PCA; principal component analysis)

조사해역의 저서동물군집은 3회에 걸친 조사를 통해 36개 정점에서 총 310 종에 이르는 생물이 채집되어 처리해야 할 정보량이 방대하다. 따라서 계절의 이질성을 동시에 고려하면서 군집의 구조를 직관적으로 이해하기 위해서는 정보를 통계적으로 압축해내는 다변량분석이 요구된다. 저서동물 개별 종들이 변수로서 이들 상호간에는 독립·종속 관계가 설정되어 있지 않거나 설정이 어려우며, 변수가 개체수와 같은 양적 데이터 이므로 모든 변수간에 상관계수를 산출할 수 있는 가장 기본적인 다변량해석법인 주성분분석을 사용하였고, 310종의 생물 변수간에 관계를 성립하게 하는 공통인자(주성분)를 찾아내었다. 높은 설명력을 갖는 주성분이 선택되면 그 중에서 인자 부하량의 절대치가 큰(여기서는 0.1 이상) 변수를 선별해 내는 방식으로 변수를 축약하였다. PCA에 이용된 자료는 자연로그함수로 변환시켰다.

(다) 정준대응분석(canonical correspondence analysis)

주성분분석을 통해 축약된 24개 생물변수를 가지고 이에 대응하는 정점과 환경변수를 파악하기 위하여 정준대응분석(canonical correspondence analysis)을 하였다. 정준대응분석은 분할표 자료의 행과 열 범주를 저차원 공간상의 점들로 동시에 나타내어 어느 행과 열범주가 서로 관련을 맺고 있는지를 기하학적으로 나타낸다는 점에서 대응분석(correspondence analysis)과 동일하다. 그러나 다른 배열기법(ordination methods)과는 달리 생물자료 속에 나타난 중요한 경향과 환경자료를 비교함에 있어, 환경자료를 분석에 직접 포함시키는 direct gradient analysis로서 최근에 생태학분야에서 매우 널리 사용되는 분석기법이다. 분석에 사용된 6개의 환경변수는 역질함량(gravel content), 실트함량(silt content), 분급도(sorting), 강열감량(Ignition loss; IL), 수심(depth), 종 다양도지수(diversity index; H')이며 자료는 분석에 앞서 자연로그함수로 변환 하였다.

(라) 집괴분석(cluster analysis)

주성분분석에 의해 축약된 자료를 사용하여 변수 간에 어느 변수가 가까운 관계에 있고, 동일 군집에 속하는지 수상도를 통해 시각적으로 파악하도록 도와주는 집괴분석(cluster analysis)을 하였다. 분석결과가 몇몇 상위 우점종에 의해 지나치게 좌우되지 않도록 분석에 앞서 원자료를 $\log_e(x+1)$ 변환시켰다. 그룹을 묶어나가는 방법으로는 minimum variance clustering method를 택하였으며, 유사도(similarity) 계산은 Squared Euclidean Distance(Ludwig and Reynold, 1988)를 사용하였다.

$$\text{Squared Euclidean Distance (SED}_{ij}) = \sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2$$

(x_{ik} : i 군집의 k 종의 개체수; x_{jk} : j 군집의 k 종의 개체)

(4) SEP(Shannon-Wiener evenness proportion) index

생물군집에 반영된 스트레스의 정도를 하나의 지수로 표현하여 환경의 상태를 진단하는 SEP(Shannon-Wiener evenness proportion) index를 계산하였다. 이는 McManus and Pauly(1990)가 개발한 것으로 생체량 기준의 균등도 또는 다양도지수를 밀도 기준의 균등도 또는 다양도 지수로 나누어 계산한다. Wilson and Jeffrey(1994)가 SEP지수의 효용성을 검정하였으며, 생태계의 질을 평가하는 데에 적절한 것이라고 보고되었다. Pearson (1975)의 data를 이용하여 보정되었는데, 이들에 따르면 0.5 주변의 값은 unstressed sites를, 2.5 주변값은 stressed sites임을 지시하는 것으로 설명하였다.

(5) 저서동물군집의 이차생산력 추정

2003년 8월과 12월, 그리고 2004년 2월의 3회 조사에서 출현한 저서동물의 개체수와 생체량을 Thomas Brey(1990)가 제시한 다중회귀 모형에 적용하여 군집의 2차 생산력을 추정하였다. 본 모형은 주로 북위 30~70° 사이의 온대해역과 수심 0~50m 범위의 연안 서식처에서 수행된 다양한 저서군집연구를 바탕으로 생산력(P)에 대한 연간평균생체량(\bar{B})과 개체평균중량(W)과의 관계를 추정한 것이다. 구체적인 다중회귀 모형과 용어에 대한 설명은 아래의 표 2-2-3에 나타냈다. 또한, 기존의 측정된 개체군의 습중량(gWWt)을 회분제거건조중량(ash free dry weight)으로 전환하기 위하여 Rumohr *et al.*(1987), Brey *et al.*(1988) 등이 제시한 전환계수를 이용하였으며, 계수가 제시되지 않은 그룹, 예를 들어 Acanthocephala(구두동물), Brachiopoda(완족동물), Platyhelminthes(편형동물), Phcnogonida(바다거미류), Sipunculoidea(성구동물) 등에 포함된 소수 종들은 생산력(P) 추정에서 제외하였다.

또한, 1차와 2차 년도에 추정된 저서동물 군집의 2차 생산력을 조절하는 요인을 추정하기 위하여 수심(m), 표층 퇴적물의 중위수 입도(ϕ), 분급도 그리고 강열감량(%)을 독립

변수로, 군집 생산력을 종속 변수로 하여 다중 회귀 분석을 수행하였다. 회귀 분석 전 단계에서 환경 요인과 다양성 지수 그리고 생산력 추정치간 선형적인 관계를 파악하기 위하여 상관관계(Pearson's product-moment correlation) 분석을 수행하였다. 회귀 분석 과정에서 적절한 차수의 모형을 선택하기 위하여 Mallows' C_p 추정치를 사용하였다. 모형의 차수 결정은 x 축을 차수, y 축을 C_p 값으로 하는 그래프를 그린 후 직선 $y=x$ 에서 크게 이탈하지 않으면서 작은 값을 가질 때의 x 축의 값으로 하였다. 단, 독립 변수로 사용된 환경 자료들은 1차와 2차 년도에 측정된 모든 자료를 각각 평균하여 분석에 이용하였다.

표 2-2-3. 주요 저서동물군의 생산력 (P)에 대한 연간평균생체량 (\bar{B})과 개체평균중량 (W)과의 관계를 표현한 다중회귀 모형(Thomas Brey, 1990)

Table 2-2-3. Multiple linear regression of macrobenthic production (P) of the main taxonomic groups on mean annual biomass (\bar{B}) and mean individual weight (W) (Thomas Brey, 1990)

Model : $_{10}\log(P) = a + b_1 * _{10}\log(B) + b_2 * _{10}\log(W)$					
		\bar{B} : mean annual biomass [gAFDW m^{-2}]			
		W : mean individual weight [gAFDW]			
		P : annual production [gAFDW $m^{-2} y^{-1}$]			
		P/B : annual P/B-ratio [y^{-1}]			
	Coefficients	95% interval	Probability of error	R ²	
Mollusca	a	-0.591		0.869	
	b ₁	1.030	±0.065		<0.0001
	b ₂	-0.283	±0.057		<0.0001
Polychaeta	a	-0.018		0.861	
	b ₁	1.022	±0.116		<0.0001
	b ₂	-0.116	±0.081		<0.0057
Crustacea	a	-0.614		0.913	
	b ₁	1.022	±0.081		<0.0001
	b ₂	-0.360	±0.098		<0.0001
Total	a	-0.473		0.851	
	b ₁	1.007	±0.050		<0.0001
	b ₂	-0.274	±0.041		<0.0001

바. Visiting species와 위 내용물 분석

연구 해역의 저서동물 군집과 영향을 주고받을 수 있는 포식자의 조성과 이들의 섭식 생태를 파악하기 위한 시료는 여수대 한경호 교수의 협조를 얻어 제공된 채집물로부터 취하였다. 채집 위치와 도구 등에 관한 정보는 본 보고서의 어류상 조사 분야의 연구 보고서를 참조하기 바란다. 분석에 사용된 시료는 2002년 11월과 2003년 1월, 9월, 12월 그리고 2004년 1월과 2월, 총 6회에 걸쳐 채집되었다. 현장 채집물의 sub-sample을 대상으로 대략적인 포식자의 조성을 파악하였고, 각 개체의 위장을 절개하여 먹이 내용물의 표본을 취하였으며, abundance가 높은 종류의 경우에는 일부 시료로부터 표본을 취하였다.

포식자의 섭식 생태에 관한 연구에서는 2002년 11월과 2003년 9월에 인근 광양만에서 채집된 시료(여수대 제공)까지 포함하였다. 이는 광양만의 출현종이 본 연구 대상해역에서 서식할 가능성이 높으며, 제한된 시기 내에서 다른 서식 조건하의 어류상과의 비교가 섭식 생태에 대한 이해를 도울 것으로 판단되었기 때문이다.

어류의 위에서 추출된 표본을 해부 현미경 하에서 관찰함으로써 먹이 생물을 가능한 분류군 수준까지 동정하였다. 대부분의 경우 소화가 많이 진행된 상태였으므로 먹이 생물의 개체수를 계수하는 것이 불가능 한 경우 신체 일부 기관의 개수 등을 바탕으로 이를 추정하였다.

어류의 위 내용물 database를 작성하였으며, 먹이 생물의 위장 내 관찰 빈도와 개체수를 동물군 별 또는 종별로 관찰하였다. 어류의 섭식 지위(feeding niche)의 넓은 정도 또는 너비를 추정하였으며, species diversity index로도 알려진 Shannon-Wiener index를 바탕으로 하였다. 섭식 지위의 너비의 신뢰도를 높이기 위하여 동일한 시기 내의 각 개체별로 추정된 값들을 종별로 평균하여 시기별 그리고 종별로 비교하였다. 위 내용물이 관찰된 어류 중 시료의 개수가 충분한 종들의 경우 평균 체장을 측정하였으며, 섭식 지위와의 상관 관계(Pearson's product-moment correlation)를 추정하였다.

어류가 섭식한 먹이를 서식처 별로 구분하였으며 이는 조사 해역의 환경 특성 (연구 해역의 표층 퇴적물은 니질이 우세하며 일부에서 니질-약질 혼합 퇴적상이 나타남)과 최근 3 년간의 연구 해역의 저서동물 database 그리고 기타 문헌 자료 등을 고려한 것이다. 미동정 먹이 생물과 서식처가 불분명한 생물은 분석에서 제외하였으며, 이러한 이유로 누락된 먹이 생물은 총 72 종류 가운데 10 종류였다. 이를 바탕으로 어류 개체-먹이 생물의 서식처-관찰 빈도의 matrix를 작성하였고 다변량 분석의 ordination 기법의 하나인 PCA (주성분 분석, Principal component analysis)를 적용하여 섭식 패턴에 대한 분석을 수행하였다.

조사 해역 내의 주요 섭식장과 이에 집중되는 정도를 파악하기 위하여 위장 내에서 관찰된 먹이 생물의 서식처와 어류를 화살표로 연결하여 trophic links를 나타내었으며, 각 시기별 trophic links의 개수와 서식처에 집중된 links의 개수를 이용하여 서식처에 대

한 집중도를 추정하였다. 시기별 집중도의 변화 패턴을 요약하기 위하여 서식처별 집중도로부터 유사도(Bray-Curtis percent similarity) 추정하였으며 이를 바탕으로 ordination 기법의 하나인 MDS(Multi-dimensional scaling) 분석을 수행하였다.

사. 어란 및 자치어 분포 조사

본 연구를 위하여 여수시 금오도 연안 해역에 5개의 정점을 정하여 2003년 6월부터 2004년 5월까지 계절별로 총 8회 실시하였다(그림 2-2-3).

(1) 어란 및 자치어

부유성난과 자치어의 채집은 RN 80Net(망구 직경 80cm, 측장 320cm, 망목 0.34mm)를 사용하였고, 정량적 분석을 위하여 네트의 입구에 유량계(General oceanics. Inc.)를 부착하였으며, 예망 속도는 약 1Knot로 10분간 예망하였다.

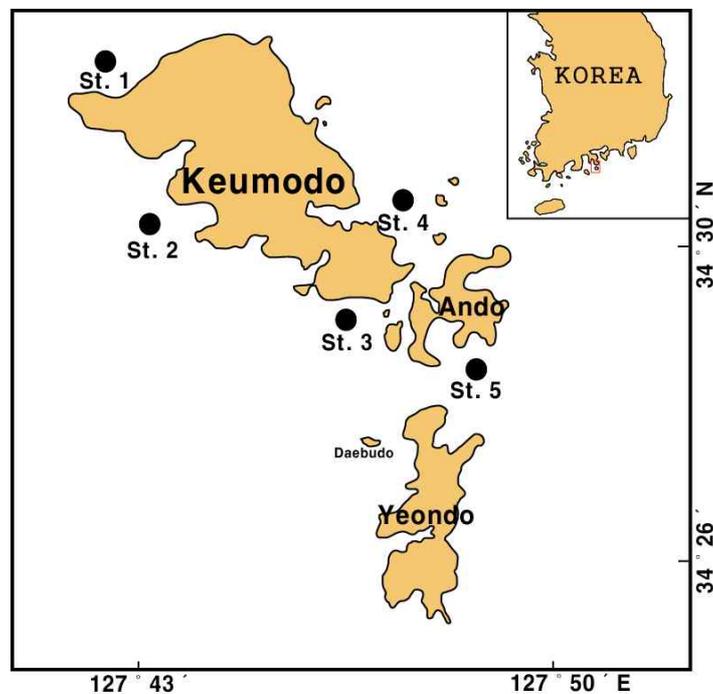


그림 2-2-3. 여수 연안의 어류, 난·자치어 조사 정점.

Fig. 2-2-3. Map showing the study areas in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

채집에 관한 일반적인 사항들은 Smith and Richardson(1977)에 따랐으며, 채집한 표본은 선상에서 10% 중성 포르말린으로 고정된 후 실험실에서 중별로 동정하여 종조성 및 목록을 작성하였다. 채집된 종의 분류는 Okiyama(1988)에 따랐으며, *Scartella cristata*의 국

명은 한과 황(2003)에 따랐다.

(2) 군집구조 분석

군집 구조 분석을 위해 종 다양도(Shannon and Wiener, 1963), 우점도(Simpson, 1949) 및 균등도(Pielou, 1966) 지수를 구하였다. 유사도는 Rescaled Distance Cluster Combine (Pianka, 1973)으로 거리를 구한 다음 가중평균 결합법에 의해 수지도(Dendrogram)를 작성하였다. 군집 구조 분석을 위한 식은 다음과 같다.

$$\text{종 다양도 지수} : H = -\sum P_i \times \ln(P_i)$$

P: i번째 種의 점유율

$$\text{우점도 지수} : D = (Y_1 + Y_2)/Y$$

Y: 총개체수

Y₁: 첫번째 우점종의 개체수

Y₂: 두 번째 우점종의 개체수

$$\text{균등도 지수} : J = H/\ln(S)$$

아. 어류상 조사

본 연구를 위하여 여수시 금오도 연안 해역에 5개의 정점을 정하여 2003년 6월부터 2004년 5월까지 계절별로 총 4회 실시하였고(그림 2-2-1), 어시장 조사도 병행하였다.

(1) 어류상

소형 Trawl 어망의 규격은 전개그물 길이 12m, 고기가 들어가게 하여 잡는 끌그물의 길이 8m로써 전체 그물의 길이는 20m이고, 그물의 전개범위는 3.0×1.5m였으며, 그물코의 크기는 14절 그물을 사용하였다. 그리고, 어망의 예인속도는 1Knot였다.

어류의 1회 채집면적은 1,390m²였고, 채집 정리된 출현량은 1,000m²로 환산하였으며, 조사된 재료는 조사 시기별로 평균하여 정리하였다.

어획된 종의 분류는 정(1977), 김(1981), 김 등(2002)에 따랐으며, 분류체계 및 학명은 Nelson (1994)과 한국동물분류학회(1997)에 따랐다.

(2) 군집구조 분석

군집 구조 분석을 위해 종 다양도(Shannon and Wiener, 1963), 우점도(Simpson, 1949) 및 균등도(Pielou, 1966) 지수를 구하였다. 유사도는 Rescaled Distance Cluster Combine (Pianka, 1973)으로 거리를 구한 다음 가중평균 결합법에 의해 수지도(Dendrogram)를 작성하였다. 군집 구조 분석을 위한 식은 다음과 같다.

종 다양도 지수 : $H = -\sum P_i \times \ln(P_i)$

P: i번째 종의 점유율

우점도 지수 : $D = (Y_1 + Y_2)/Y$

Y: 총개체수

Y₁: 첫번째 우점종의 개체수

Y₂: 두 번째 우점종의 개체수

균등도 지수 : $J = H/\ln(S)$

(3) 어시장 조사

전라남도 여수시 돌산도 군내리 소재 어시장과 여수시 소재 서시장에서 매달 2회씩 시장의 어류를 조사하였다.

자. 해조류

전남 다도해 바다목장 해역에서의 해조군집조사를 위해 2003년 하계(8월)와 추계(11월)에 걸쳐 4개 조사지점을 조사하였다(그림 2-2-4). 각 조사지점에서는 하나의 line transect를 설치하였고, 조고의 기준면(datum) 이하 수심 1, 3, 5, 7, 9m에 존재하는 해조류(Crustose coralline algae 제외)의 피도를 조사하였다. 피도는 50×50cm의 방형구를 이용하여 조사하였다. 각 수심에서는 설치된 line transect 양측에 수심별로 2개의 방형구를 설치하고, 얻어진 자료를 평균하였다.

4개 조사지점의 출현종수와 풍도(피도)의 시공간적 차이를 알고자 분산분석(Two-way ANOVA)를 실시하였다. 분산분석에 앞서서는 분산의 균질성(homogeneity of variance)을 Bartlett's test로 검정하였다. 피도는 분석에 앞서 arcsine으로 변환하였다. 자료 분석은 Minitab v13으로 실시하였다.

각 조사지점간의 유사성과 조사해역에서의 해조류의 분포특성을 분석하기 위해 cluster analysis와 nonmetric multidimensional scaling(nMDS) analysis를 실시하였다. 사용된 자료는 각 조사지점에서 나타난 종별 피도이며, 종별 피도는 각 수심별로 얻어진 종별 피도를 평균하여 구하였다. 조사지점 간 유사도는 Bray-Curtis similarity로써 구하였다. Cluster analysis에서는 group-average technique를 이용하였다. 자료는 Primer v5로써 분석하였다.

3. 결과 및 토의

가. 식물플랑크톤 군집

(1) 종조성

2003년 8월 하계 조사결과 식물플랑크톤은 총 72종류가 출현하였으며 규조류 59종, 와

편모조류 24종, 기타 편모조류가 4종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 70종류, 수심 10m의 저층에서는 총 72종류로 표층과 저층의 출현종수는 큰 차이를 보이지 않았다.

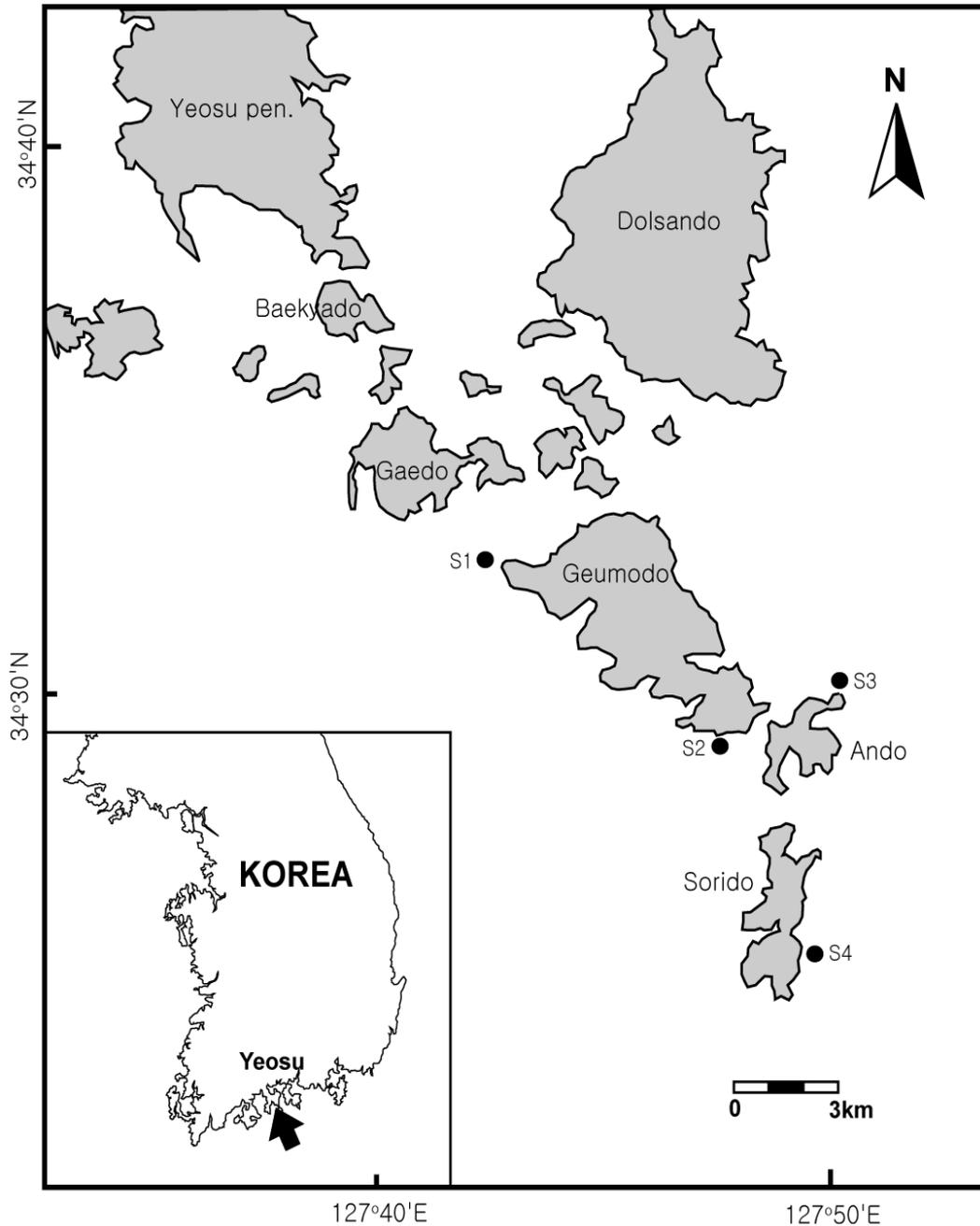


그림 2-2-4. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점.

Fig. 2-2-4. Location of sampling sites for the investigation of the subtidal macroalgal community in the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area.

각 정점별로 표층에서는 18-33종류가 저층에서는 18-33종류가 출현하여 정점별 출현종수도 표층과 저층의 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 대부분의 정점에서 표층이 저층보다 다양한

종구성을 보였으며 규조류는 저층에서 편모조류는 표층에서 보다 다양하게 분포하였다(그림 2-2-5).

대부분의 출현종은 온대 연안해역에 분포하는 종류로 구성되어 있었고, 규조류 중 *Chaetoceros*속에 속하는 종류가 다양하게 출현하여 고수온기의 특징을 반영하고 있었다. 외양성 난류종도 규조류 *Bacteriastrum hyalinum*, *Dactyliosolen phuketensis*, *Hemiaulus hauckii*, *Helicotheca tamesis*, 와편모조류 *Ceratium breve*, *Ceratium pentagonum* 등이 낮은 빈도로 출현하여 외양수의 영향을 나타내고 있었다. 유해성 적조생물인 와편모조류 *Cochlodinium* sp.가 정점 5에서 은편모조류 *Cryptomonas* sp.가 정점 22에서 편모조류의 발달을 보였다 (표 2-2-4(표층)와 표 2-2-5(10m 층)).

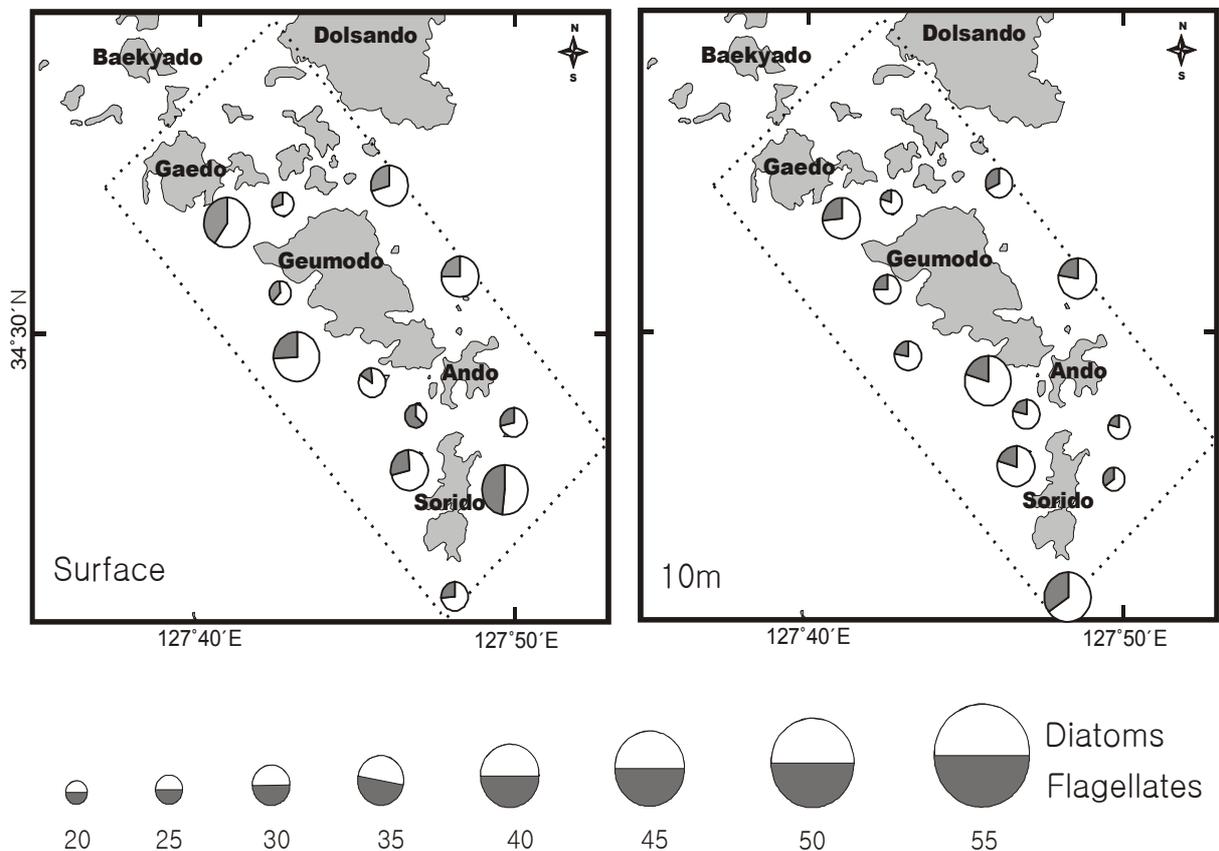


그림 2-2-5. 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-5. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the summer, August 2003.

표 2-2-4. 하계 다도해 목장 해역의 표층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-4. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	-	0.2
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	2.8	0.2	-	-	0.2	-	0.4	0.2	0.2	-	-	0.2
<i>Cerataulina dentata</i>	-	-	0.6	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	2.4	1.0	4.0	-	2.0	1.4	2.8	-	-	2.8	0.4	0.8
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2.0	11.2	51.8	4.8	-	-	-	2.4	-	12.6	-	1.6
<i>Chaetoceros compressus</i>	2.2	9.8	10.2	-	1.0	1.0	1.2	2.4	0.6	29.8	11.4	3.0
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-	0.6	0.8	0.2	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	0.8	2.4	47.4	4.0	22.8	-	11.6	5.6	7.6	9.4	6.8	0.8
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	0.4	3.4	-	0.6	0.8	0.8	2.6	1.4	1.6	1.4	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	2.4	2.8	0.6	-	-	0.6	0.8	0.6	0.6	0.4	1.4	-
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	-	-	-	-	0.6	0.4	0.8	-	0.8	1.4	1.2	-
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	-	5.6	16.2	-	9.8	7.8	4.4	3.6	2.4	26.8	4.4	2.6
<i>Chaetoceros vanheurckii</i>	-	-	-	0.8	-	-	0.8	1.8	-	1.4	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	0.6	-	-	0.8	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.4	1.8	0.4	2.4	2.8	1.2	1.8	2.4	1.0	2.4	1.8	0.8
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Detonula pumila</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	-	-	0.2	0.8	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Guinardia flaccida</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	2.0	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	4.2
<i>Helicotheca tamesis</i>	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lauderia annulata</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	0.8	-	1.6	-	-	1.0	5.6	3.2	0.6	0.4	-	-
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.4	0.2	-	-
<i>Nitzschia littoralis</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Odontella longicruris</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1.0	1.2	1.4	-	1.8	0.6	1.4	2.4	0.4	1.8	0.4	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	-	-	0.4	0.6	-	-	-	-	0.6	-	-
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.6	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudosolenia calca-avis</i>	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	0.4	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Skeletonema costatum</i>	0.8	0.8	-	0.8	2.8	2.2	-	-	-	0.8	1.2	-
<i>Stephanodiscus turris</i>	-	-	-	-	3.2	-	0.4	0.6	-	2.2	-	-
<i>Surirella</i> sp	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-

표 2-2-4. 계속

Table 2-2-4. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1.2	0.6	1.2	0.8	2.0	0.6	0.4	0.8	0.2	2.4	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	0.2	0.4	0.2	-	0.2	-	0.4	-	0.8	-	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	0.4	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
Dinoflagellates												
<i>Ceratium breve</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Ceratium furca</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Ceratium fusus</i>	0.2	0.4	5.4	0.6	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-
<i>Ceratium pentagonum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	0.2	-	0.2	-	-	0.4	1.4	1.4	-	0.4	-	0.6
<i>Cochlodinium</i> sp.	15.8	1.2	2.8	1.2	0.2	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	1.0	0.4	0.2	-	0.4	-	1.4	1.2	-	0.4	1.2	1.8
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	2.6	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	1.0	-	0.4	-	0.2	5.8
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Prorocentrum dentatum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	0.2	-	0.2	0.2	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	0.6	1.4	0.6	0.2	0.4	0.0	0.4	0.2	0.2	-	-	0.6
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.2	-	-	0.4	0.2	0.2	0.4	-	-	0.6	0.4	1.0
<i>Protoperdinium brevipes</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium oblongum</i>	0.4	-	-	-	0.4	-	0.4	-	-	-	-	0.4
<i>Protoperdinium pallidum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium pellucidum</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Protoperdinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.4
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.4	0.2	0.4	-	0.2	-	0.2	0.4	-	0.4	0.8	1.6
Others												
<i>Cryptomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.0
<i>Dictyoca speculum</i>	0.8	2.2	8.6	1.2	2.0	5.4	3.0	8.8	0.6	1.2	0.2	0.2
<i>Dictyoca fibula</i>	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ebria tripartita</i>	-	-	1.0	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	31	28	30	20	32	18	31	25	19	27	21	23
Total standing crops (cells/l)	44.4	46.2	161.2	19.6	58.2	24.8	45.2	42.8	19.0	102.4	34.6	84.0

표 2-2-5. 하계 다도해 목장 해역의 10m 층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-5. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the summer, August 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Amphiprora gigantea</i>	-	-	-	0.2	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1.0	-	-	-	-	-	-	0.2	-	1.4	-	0.4
<i>Cerataulina dentata</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	1.2	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	3.2	3.0	1.2	2.0	0.8	-	2.2	-	1.4	0.4	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2.0	2.4	6.0	1.4	-	0.8	5.2	3.6	0.0	2.8	-	0.8
<i>Chaetoceros compressus</i>	1.4	3.2	0.8	2.6	-	5.8	3.4	5.4	7.4	23.2	4.4	10.2
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	0.4	-	-	0.2	-	0.2	0.6	-	0.2	0.6	0.6
<i>Chaetoceros debilis</i>	0.6	2.8	18.2	4.0	6.8	7.4	11.0	29.8	12.4	12.0	1.0	5.6
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0.6	1.8	0.8	0.6	1.8	4.8	0.4	3.4	1.2	3.6	-	1.2
<i>Chaetoceros didymus</i>	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4	-	0.2	0.4	0.4	2.4	0.6	1.0
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	-	1.4	0.0	-	1.2	-	0.6	-	0.8	-	-	0.6
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	5.4	7.4	-	5.6	11.4	14.4	18.8	6.6	10.4	3.4	6.8	-
<i>Chaetoceros pendulus</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros subsecundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	-	-	-	0.6	0.6	-	3.2	4.6	-	-	-	1.8
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.8	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.2	2.0	1.0	1.4	1.6	2.8	2.0	6.8	2.6	1.4	2.0	2.8
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	0.8	-	0.6
<i>Detonula pumila</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	-	0.2	0.2	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	0.4	1.6	-	-	-	-	-
<i>Guinardia delicatula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Guinardia flaccida</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4
<i>Helicotheca tamesis</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.4	-	0.6	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	-	2.4	-	-	-	0.8	-	2.2	0.4	-	-	-
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	-	0.6	-	0.2	-	0.2	0.2	0.2
<i>Nitzschia sigma</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	0.4	0.2	-
<i>Odontella longicuris</i>	-	0.4	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	2.4	0.4	0.8	-	-	-	-	-	2.6
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	0.2	0.4	0.4	0.4	1.6	0.4	-	2.2	0.4	0.6	0.6	0.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	0.2	-	0.6	-	-
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudosolenia calca-avis</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-

표 2-2-5. 계속

Table 2-2-5. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Skeletonema costatum</i>	1.0	-	0.4	3.0	2.2	0.6	-	1.4	1.0	-	0.8	1.2
<i>Stephanodiscus turris</i>	-	-	-	-	1.2	-	-	0.8	0.2	-	0.6	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	-	0.6	1.8	2.0	0.6	-	1.2	1.0	-	1.2	1.0	0.4
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.2	0.2	-	-	0.4	0.4	-	0.2	-	0.8	0.4	0.4
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	-	-	-	0.4	-	-	0.4	0.4	-	-	-
<i>Trachyneis asperata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
Dinoflagellates												
<i>Ceratium fusus</i>	-	0.4	2.2	0.4	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.2	-	0.4
<i>Ceratium lineatum</i>	-	-	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	0.8	-	0.4	-	0.8	-	0.2	-	-	-
<i>Cochlodinium</i> sp.	1.0	1.2	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	0.2
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	0.4	0.4	0.4	0.2	0.6
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Phalacroma mitra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	1.2	1.6	0.8	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	0.4
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4
<i>Protopericdinium bipes</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium brevipes</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium depressum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium pellucidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	0.2
<i>Protopericdinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2
Others												
<i>Dictyoca speculum</i>	0.8	1.4	2.2	1.2	0.6	1.6	0.2	5.2	1.0	0.2	0.2	1.2
<i>Dictyoca fibula</i>	0.2	-	0.4	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2
<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-
Total number of species	20	26	22	19	30	24	22	33	23	28	18	32
Total standing crops (cells/l)	18.6	33.2	46.6	24.0	29.8	41.2	48.4	93.2	39.2	66.2	17.4	45.6

2003년 11월 추계결과 식물플랑크톤은 총 118종류가 출현하였으며 규조류 87종, 와편모조류 28종, 기타 편모조류가 3종류로 구성되었다. 표층은 총 109종류, 수심 10m의 저층에서는 총 105종류가 관찰되었으며 정점별 출현종수 표층에서는 39-56종류가 저층에서는 36-60종류가 출현하여 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다. 정점 5에서 보다 다양한 종수가 관찰되었으며 정점 8에서 상대적 적은 종수를 보였다(그림 2-2-6).

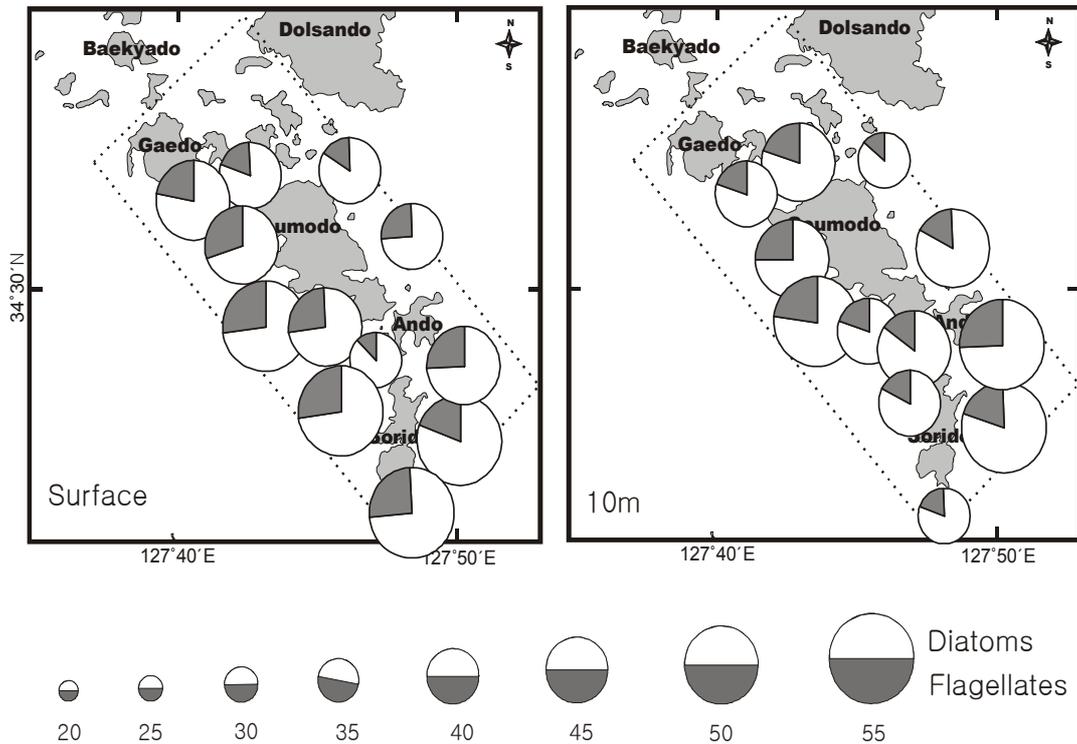


그림 2-2-6. 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-6. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the autumn, November 2003.

규조류 중 *Proboscia alata*, *Pseudoguinaridia recta*, *Pseudosolenia calca-avis*, *Rhizosolenia styliformis*, *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia robusta*와 같은 외양성 난류종의 종구성이 증가하여 추계의 경우 하계보다 외양수의 영향을 크게 나타내었다. 와편모조류의 분포는 하계보다 약화되어 낮은 빈도로 산발적인 출현을 보였으며 유글레나류의 증가가 정점 22에서 관찰되어 하계와 동일하게 추계에도 정점 22에서 편모조류의 분포가 발달되었다(표 2-2-6과 표 2-2-7).

표 2-2-6. 추계 다도해 목장 해역의 표층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-6. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	-	-	-	0.6	0.4	-	-	0.2	-	-	-
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	0.2	-	0.6	-	0.8	0.2	0.4	-	-	0.8	-
<i>Amphiprora</i> sp.	-	-	0.8	-	0.4	-	0.2	-	0.2	0.2	0.4	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	22.6	15.0	10.8	16.4	7.2	27.6	31.8	28.0	10.6	24.8	35.6	38.2
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	-	-	-	-	7.0	-	-	-	-	-
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0.4	1.6	-	-	-	-	0.8	-	0.2	-	-	-
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	0.6	3.6	-	0.8	0.8	4.0	6.2	2.6	15.4	9.0	8.2
<i>Chaetoceros brevis</i>	-	-	-	1.4	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	1.2	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	-	0.8
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	0.8	-	0.2	-	-	1.2	-	-	0.2	-	0.4
<i>Chaetoceros debilis</i>	0.6	9.4	1.2	3.0	1.2	2.8	5.6	1.2	9.8	5.0	10.6	17.8
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0.8	-	-	-	0.6	-	2.8	1.6	-	0.8	1.4	0.4
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	1.8	0.6	2.0
<i>Chaetoceros eibonii</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	0.4	-	0.6	1.6	-
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
<i>Chaetoceros radicans</i>	-	-	-	1.2	0.8	1.0	-	0.6	3.2	-	-	2.4
<i>Chaetoceros socialis</i>	3.6	-	-	-	-	-	0.8	-	-	0.8	-	-
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	2.4	10.0	3.2	-	5.0	-	-	-	2.0	-	10.8	3.4
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	9.6	-	-	0.8	1.8	1.0	0.4	0.4	-	1.6	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.6	-	-	-	-	-	1.2	2.0	-	0.0	-	0.8
<i>Corethron criophilum</i>	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus jonecianus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.2	-	-	0.6	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2
<i>Cyclotella</i> sp.	0.2	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	13.8	9.0	2.0	2.6	2.8	3.8	3.8	3.0	3.0	10.2	9.2	8.4
<i>Dactylosolen phuketensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	3.6	-	-	-	0.0
<i>Detonula pumila</i>	0.8	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	0.2	0.4	-	0.2	-	1.0	-	0.2	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	3.2	2.4	0.4	1.6	1.8	1.4	0.8	2.6	1.2	4.4	6.2	4.4
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Guinardia flaccida</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0.4	1.0	-	-	-	0.4	0.8	0.6	0.4	1.8	0.8	0.6
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicotheca tamesis</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	1.0	-	2.0	-	0.4
<i>Leptocylindrus minimus</i>	-	1.4	2.0	1.2	0.8	-	1.0	1.2	0.4	1.4	-	-
<i>Lithodesmium variabile</i>	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-

표 2-2-6. 계속

Table 2-2-6. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-
<i>Navicular distans</i>	0.2	-	0.2	-	0.4	-	0.2	-	0.6	0.4	0.4	0.2
<i>Navicular</i> sp.	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	-	0.4	0.2	0.2	-
<i>Nitzschia</i> sp.	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella longicurris</i>	2.2	9.0	12.0	4.0	9.0	7.0	5.8	10.4	7.2	6.2	5.2	8.6
<i>Odontella sinensis</i>	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	-	0.4	-	0.4
<i>Paralia sulcata</i>	1.0	1.2	-	-	2.4	0.8	-	0.4	-	-	-	-
<i>Planktoniella blanda</i>	0.2	1.2	1.0	0.8	1.0	1.0	0.8	0.4	1.2	1.4	1.8	2.8
<i>Pleurosigma affine</i>	0.6	0.6	0.8	0.2	-	0.2	0.8	0.4	0.6	0.6	1.2	1.0
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.4	-	0.4	0.2	0.2	-	-	-	0.4	0.2	-	0.2
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoguinaridia recta</i>	-	1.2	-	-	-	0.4	-	-	0.4	-	-	0.8
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	4.8	-	1.2	0.8	2.2	0.6	1.4	2.4	4.8	5.4	4.0	7.0
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	19.0	9.6	3.8	9.2	7.0	6.0	16.4	17.8	15.6	30.4	28.8	44.6
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	2.0	1.8	1.0	3.6	2.0	2.2	1.4	6.2	7.6	11.0	5.8	6.8
<i>Pseudosolenia calca-avis</i>	0.4	0.2	0.2	0.2	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	1.8	1.2	1.2	1.2	0.8	1.0	2.8	1.6	2.0	2.2	3.8	3.6
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.4	-	0.2
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	2.0	0.4	0.8	0.2	0.8	-	0.6	0.8	0.2	1.2	0.6	0.8
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-
<i>Rhizosolenia robusta</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia simplex</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	24.0	12.4	3.2	3.6	7.0	10.6	11.8	19.6	10.8	20.2	26.2	24.8
<i>Stephanopyxis turris</i>	8.2	8.2	1.8	4.2	5.2	5.6	8.6	8.0	7.0	8.4	7.0	9.2
<i>Surirella</i> sp.	0.2	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	5.4	10.6	4.4	7.0	11.6	6.4	3.6	3.0	4.4	6.2	13.6	11.4
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	0.2	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira curviseriata</i>	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	1.0	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	-	0.6	0.2	0.4	-	0.2	-	0.6	-	0.2	-
<i>Thalassiosira lineata</i>	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	0.4	-	-	-	-	0.8	0.2	0.4	0.4	1.8	-	0.4
<i>Thalassiosira subtilis</i>	13.8	13.4	16.2	14.0	15.8	5.8	10.2	7.4	9.0	22.8	36.0	25.4
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2.8	2.8	1.8	1.2	5.6	2.8	3.4	7.8	2.2	4.2	5.6	6.4
<i>Trachyneis asperata</i>	0.2	-	-	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	-	0.4	0.2	0.2
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium fraterculus</i>	0.4	-	-	-	1.2	0.8	0.4	0.6	-	1.0	-	1.2
<i>Ceratium furca</i>	0.4	0.4	-	0.6	0.2	0.2	0.2	-	-	0.4	0.6	0.4
<i>Ceratium fusus</i>	0.2	0.2	0.2	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-
<i>Ceratium lineatum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Ceratium trichoceros</i>	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-

표 2-2-6. 계속

Table 2-2-6. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Dinophysis caudata</i>	-	0.4	-	-	-	0.4	0.2	0.2	-	0.4	-	0.4
<i>Gonyaulax polygramma</i>	0.2	-	-	0.4	-	0.4	-	0.2	-	0.4	0.2	1.4
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	0.4	-	0.2	0.4	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2
<i>Gymnodinium sp.</i>	-	0.2	-	-	-	-	0.4	-	0.4	0.2	-	0.2
<i>Gyrodinium sp.</i>	-	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyphyxis oxytoxoides</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Phalacroma rotundatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Prorocentrum dentatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	0.2	-	0.2	-	0.2
<i>Prorocentrum micans</i>	-	-	-	0.4	0.2	0.6	0.4	0.2	-	0.6	-	0.2
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2
<i>Protoperidinium brevipes</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium conicum</i>	-	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Protoperidinium leonis</i>	-	-	-	0.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i>	-	-	-	-	-	0.4	0.4	-	-	-	-	0.2
<i>Protoperidinium pallidum</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	0.2	-	0.2	-	0.4	0.2	0.4	-	0.6	0.2	0.2
<i>Protoperidinium sp.</i>	0.2	-	-	-	0.2	0.4	0.6	-	-	0.2	0.4	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.4	0.6	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	-	0.2	-	-	-	0.4	0.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6
<i>Dictyocha fibula</i>	0.2	-	-	-	0.4	0.6	0.6	-	-	0.6	0.2	0.2
<i>Eutreptiella sp.</i>	1.4	2.4	0.6	0.4	0.4	1.0	1.4	0.2	0.4	1.8	1.2	6.4
Total number of species	56	44	42	44	48	49	55	49	39	55	46	54
Total standing crops (cells/l)	167.4	134.0	80.2	85.4	102.0	99.8	140.6	146.4	111.4	205.8	233.4	258.2

표 2-2-7. 추계 다도해 목장 해역의 10m 층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-7. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the autumn, November 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Actinocyclus sp.</i>	-	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	-	-	0.4	-	0.2	-
<i>Actinoptychus senarius</i>	0.2	-	-	1.4	-	-	0.2	1.2	-	0.8	2.0	-
<i>Amphiprora sp.</i>	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	23.0	6.8	12.6	10.0	16.6	37.0	27.2	22.4	12.0	55.0	39.6	16.2
<i>Aulacoseira granulata</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2	-	-	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-	0.4	-	-	0.4	-	-	-	-	-	1.4	-
<i>Cerataulina dentata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	5.2	1.0	1.2	1.4	-	1.2	5.6	6.0	0.4	15.8	8.4	1.6
<i>Chaetoceros brevis</i>	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	3.0	-	-	-	3.6	-	2.4	1.2	1.6	0.6	0.6	-

표 2-2-7. 계속

Table 2-2-7. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Chaetoceros danicus</i>	1.0	-	0.4	0.2	-	0.6	0.2	-	-	-	0.6	0.4
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	4.0	4.4	5.0	2.4	2.8	2.6	11.2	13.4	9.6	8.8	9.8
<i>Chaetoceros decipiens</i>	2.4	-	-	0.4	-	0.8	-	0.8	-	-	-	0.8
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	0.6	-	-
<i>Chaetoceros eibonii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	-	1.0	0.8
<i>Chaetoceros gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Chaetoceros lauderii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros radicans</i>	-	-	-	-	-	-	2.8	-	3.4	-	-	-
<i>Chaetoceros socialis</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	8.4	1.4	-	-	-	1.6	1.2	-	15.8	7.4	7.4	6.0
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	1.0	6.2	-	-	3.6	-	0.8	1.2	-	1.6	1.8	0.8
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.6	-	2.4	-	-	-
<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	0.2	0.4	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.4	0.2	-	0.2	-	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Cyclotella</i> sp.	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	12.8	4.6	4.0	2.4	3.0	6.6	7.6	4.2	1.6	14.4	10.2	3.6
<i>Dactylosolen phuketensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Detonula pumila</i>	1.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	1.6	1.4	1.2	1.0	2.4	3.2	2.6	2.2	3.4	3.8	2.6	1.4
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	0.2	0.2	-	2.6	0.4	0.8	0.2	-	-	-
<i>Guinardia flaccida</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0.4	0.2	-	-	0.8	0.8	-	0.2	0.8	1.0	0.4	0.6
<i>Helicotheca tamesis</i>	1.0	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.6	-	-	0.4	1.2	1.2	-	0.8	-	-	0.8	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	-	-	0.2	0.8	0.6	-	1.4	1.2	0.6	-	1.4	0.8
<i>Lithodesmium variabile</i>	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Navicular distans</i>	0.4	-	0.6	0.2	0.2	0.4	0.2	0.6	0.4	0.6	0.8	-
<i>Navicular</i> sp.	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.2	0.4	0.6	-	0.2	-	0.4	0.8	0.4	-
<i>Nitzschia</i> sp.	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella longicruris</i>	2.0	17.4	7.6	10.8	11.8	8.6	3.4	9.8	12.8	7.6	5.8	3.6
<i>Odontella sinensis</i>	0.2	-	0.2	-	0.2	-	0.6	-	-	0.6	0.4	0.6
<i>Paralia sulcata</i>	2.2	0.8	1.0	1.4	-	-	1.0	0.6	1.2	-	-	-
<i>Planktoniella blanda</i>	0.4	1.0	1.0	0.8	0.8	1.2	0.8	1.0	1.2	2.6	1.4	1.2
<i>Pleurosigma affine</i>	0.2	0.4	0.4	0.6	0.2	0.2	0.6	0.2	0.6	0.6	0.6	1.2
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.4	0.6	0.2	-	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	0.4	-	0.4	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-
<i>Proboscia alata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoguinardia recta</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1.8	0.6	0.4	0.4	0.4	1.8	0.8	10.6	7.6	4.8	5.0	1.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	30.6	8.4	6.0	3.4	2.2	11.4	16.2	15.6	11.4	38.4	29.8	9.4
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1.8	1.8	1.6	1.6	1.2	4.0	3.8	3.8	3.0	8.8	9.0	6.6

표 2-2-7. 계속

Table 2-2-7. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	0.6	1.2	0.6	1.2	1.2	1.8	3.0	2.2	2.6	4.6	2.8	2.2
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	0.2	-	0.2	0.2	0.4	-	-	0.4	0.2	0.4	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	3.6	0.6	0.8	1.0	1.2	2.4	1.4	0.6	1.6	1.8	1.4	1.6
<i>Roperia tessellata</i>	-	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Skeletonema costatum</i>	26.6	32.0	11.4	6.0	23.4	25.8	49.4	13.8	17.8	32.6	34.4	3.2
<i>Stephanopyxis turris</i>	4.2	8.6	3.2	6.8	3.8	6.8	8.4	6.0	4.0	12.6	11.0	6.2
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	4.6	11.6	10.0	8.8	14.0	14.8	7.6	16.0	12.0	12.0	6.2	8.8
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira curviseriata</i>	1.0	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	0.4	0.6
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	0.2	0.4	1.0	0.6	0.2	-	0.4	-	-	-	-
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	0.4	0.2	0.4	1.4	0.4	0.2	0.4	0.6	-	1.6	0.4	0.8
<i>Thalassiosira subtilis</i>	29.6	7.2	16.0	18.8	22.2	39.2	22.0	10.2	16.0	57.0	26.8	19.6
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	7.0	2.6	3.0	5.8	7.6	6.2	5.0	5.2	4.0	7.6	9.8	6.2
<i>Trachyneis asperata</i>	0.2	0.6	0.4	0.2	0.6	-	-	0.4	0.8	1.2	0.6	0.2
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium fraterculus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.4
<i>Ceratium furca</i>	0.2	0.4	0.2	-	0.2	-	0.8	0.4	0.2	0.2	-	-
<i>Ceratium fusus</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Gonyaulax polygramma</i>	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	0.4	-	0.4	0.2
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-	-	-	0.2	-	-
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.4	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	0.4	0.4	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	0.2
<i>Oxyphyxis oxytoxoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Phalacroma rotundatum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Prorocentrum micans</i>	1.0	-	-	-	0.2	0.2	-	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Protopericdinium brevipes</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium conicum</i>	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium leonis</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Protopericdinium oblongum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Protopericdinium pallidum</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.4	-	0.2	-
<i>Protopericdinium pellucidum</i>	-	-	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	-	0.8	-
<i>Protopericdinium</i> sp.	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	0.4	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella spinifera</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.4	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.2	0.4	-
<i>Dictyocha fibula</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	0.2	0.4
<i>Eutreptiella</i> sp.	2.0	1.0	-	0.2	0.8	0.6	1.2	0.4	1.2	0.8	2.2	2.6
Total number of species	60	46	36	49	45	48	51	44	46	44	55	40
Total standing crops (cells/l)	198.0	128.0	91.2	98.0	132.4	189.8	186.4	155.2	161.8	310.4	242.0	121.8

2004년 1월 동계의 경우 식물플랑크톤은 67종류가 출현하였으며 규조류 57종, 와편모조류 7종, 기타 편모조류가 3종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 61종류, 수심 10m의 저층에서는 총 55종류가 관찰되어 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다. 각 정점별로 표층에서는 18-35종류가 저층에서는 13-39종류가 출현하여 정점별 출현종수도 수층별 차이를 보이지 않았다. 추계와 반대로 정점 5에서 가장 단순한 구성을 보인 반면 정점 8에서 가장 다양한 종구성으로 정점별 차이를 보였다(그림 2-2-7). 규조류 중 저수온기에 출현하는 *Asterionellopsis glacialis*와 저서성인 *Paralia sulcata*가 전체 정점에서 고르게 출현하였으며 외양성 한류종인 *Corethron criophilum*도 낮은 빈도로 관찰되어 동계의 계절적 특성이 나타났다. 와편모조류를 포함한 편모조류의 분포는 매우 약화되었다(표 2-2-8과 표 2-2-9).

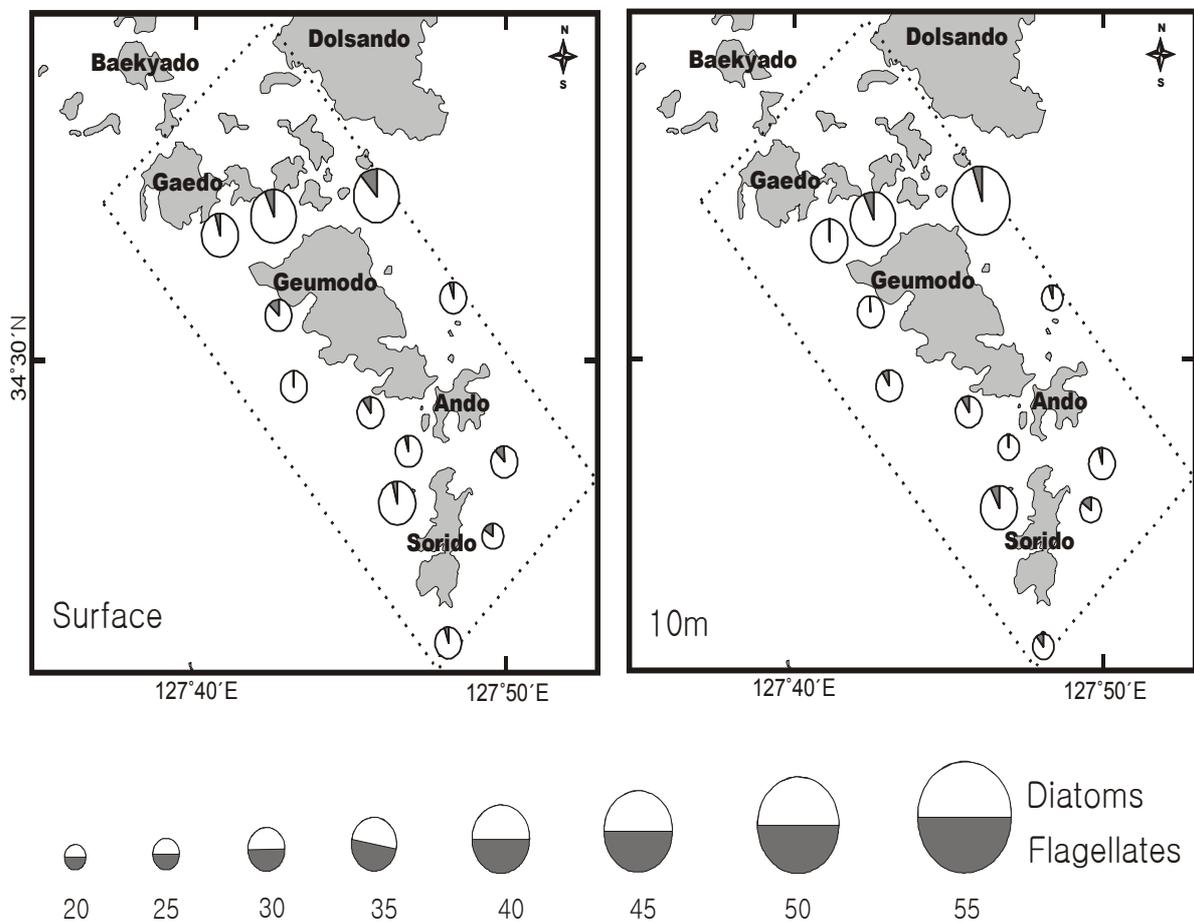


그림 2-2-7. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-7. Number of phytoplankton species in marine ranching area in the winter, January 2004.

표 2-2-8. 동계 다도해 목장 해역의 표층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-8. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Achnanthes brevipes</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	-	1.2	1.2	0.2	0.4	2.4	1.2	0.8	0.8	1.4	0.8
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	0.6	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-	0.2	-
<i>Amphiprora</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	4.0	1.0	5.6	11.6	5.6	2.0	-	0.4	0.8	3.2	0.2	-
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aulacoseira granulata</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	4.6	2.4	0.8	0.8	-	-	-	-	3.0	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	3.0	-	-	-	-	-	-	0.8	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	0.2	-	0.2	0.6	0.2	-	0.2	-	-	0.4	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	3.8	-	8.6	1.6	-	-	-	-	1.6	1.2	0.8
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	-	2.2	-	-	-	-	-	1.0	-	1.0
<i>Chaetoceros socialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	-	-
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	-	-	1.4	-	0.8	-	-	-	-	1.2	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus granii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Coscinodiscus nodulifer</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	-	0.4	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Cyclotella</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	5.0	0.8	1.8	0.8	0.6	0.6	0.2	0.8	0.6	0.6	0.4	1.4
<i>Detonula pumila</i>	-	-	1.6	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	0.2	0.2	-	-	0.4	-	-	-	0.4	-	0.2
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-
<i>Hyalodiscus stelliger</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Licmorpha</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Navicular distans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.2	-	1.0	0.2	-	0.6	0.8	0.4	0.8	-	-	0.2
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.4	0.4	-	-	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	0.2	-	-	1.0	0.2	0.2	-	-	0.2
<i>Odontella longicruris</i>	0.6	-	0.2	0.6	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-
<i>Paralia sulcata</i>	5.8	12.8	11.2	12.2	3.6	11.4	9.2	12.2	10.0	7.4	18.4	1.4
<i>Planktoniella blanda</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Pleurosigma normanni</i>	0.4	0.2	0.6	0.4	-	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.6
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	3.6	0.6	4.2	0.2	0.8	-	-	-	0.2	-	-	0.2
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	-	-	1.0	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.6	-	0.4	0.4
<i>Skeletonema costatum</i>	4.2	1.6	82.0	49.6	25.0	13.8	5.6	2.0	0.8	7.6	-	12.6
<i>Stephanopyxis turris</i>	0.4	-	0.8	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-

표 2-2-8. 계속

Table 2-2-8. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Surirella</i> sp.	-	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	0.4
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.4	1.2	14.4	22.8	13.8	3.0	1.0	3.6	2.0	9.0	2.4	1.0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.6	0.2	1.4	0.6	0.4	0.4	0.8	0.8	1.8	2.0	0.6	1.0
<i>Thalassiosira lineata</i>	-	0.6	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	-	-	1.2	0.8	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	-	0.6	1.4	0.4	-	0.2	0.6	0.2	0.2	-	-
<i>Thalassiosira subtilis</i>	8.2	2.6	4.8	5.6	4.2	4.8	7.0	2.8	7.4	5.4	4.8	4.6
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	2.8	2.2	2.6	2.4	2.4	1.2	3.2	2.2	1.4	3.0
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>Trachyneis asperata</i>	-	0.2	0.8	0.4	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ceratium fusus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Dictyocha fibula</i>	0.2	-	0.2	0.2	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	1.0	0.2	0.4	-	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-
Total number of species	18	20	35	31	26	23	23	21	25	26	25	23
Total standing crops (cells/l)	36.0	28.0	147.2	130.2	63.6	43.4	33.6	28.4	32.8	46.0	38.8	31.2

표 2-2-9. 동계 다도해 목장 해역의 10m 층 식물플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-9. List of phytoplankton species and standing crops (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the winter, January 2004

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	-	1.2	1.2	1.0	0.8	1.8	1.4	0.8	1.4	1.4	1.4
<i>Actinopterychus senarius</i>	-	0.4	0.2	0.8	0.6	0.4	0.2	0.4	-	0.6	-	0.2
<i>Amphiprora</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	1.6	-	7.2	6.2	3.8	-	0.8	1.8	1.2	4.6	2.0	0.6
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	2.2	2.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	1.6	0.8	0.6	-	-	1.0	-	-	0.2	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	1.0	0.6	-	2.4	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	0.4	0.2	0.6	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	-	3.4	4.2	2.8	-	1.4	-	-	2.8	6.0	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	0.8	0.8	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	1.4	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus nodulifer</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.2	0.4
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	0.2	0.2	-	0.4	0.2	0.2	-	0.4	0.6	-	-

표 2-2-9. 계속

Table 2-2-9. Continued

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	4.2	0.4	0.6	0.4	0.6	0.8	1.0	0.4	1.4	0.4	0.6	0.4
<i>Diploneis splendida</i>	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	-	-	-	0.2	-	0.2	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	0.8	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hyalodiscus stelliger</i>	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Licmorpha</i> sp.	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Navicular</i> sp.	0.2	0.2	0.2	0.6	-	-	0.6	0.4	0.4	0.2	0.4	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.6	0.2	0.6	0.2	-	0.2	0.4	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	1.0	0.2	-	-	-	0.2
<i>Odontella longicruris</i>	-	-	0.2	1.4	1.2	-	0.2	-	-	0.8	0.4	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.2	-
<i>Paralia sulcata</i>	3.6	30.4	5.0	0.8	2.6	6.4	9.4	9.2	9.6	12.2	29.6	6.2
<i>Planktoniella blanda</i>	-	0.2	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	-	0.6	0.2	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0.2	0.6	2.0	0.6	0.8	0.2	-	0.6	-	0.4	1.0	-
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	-	-	2.6	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-	-	0.4	0.2	-	0.2
<i>Skeletonema costatum</i>	2.8	-	71.4	47.0	45.4	5.0	1.6	2.2	4.0	10.0	1.6	-
<i>Stephanopyxis turris</i>	-	0.2	0.4	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Surirella</i> sp.	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.8	3.0	16.4	21.2	22.6	1.6	2.6	1.2	3.8	3.2	5.2	3.0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.4	0.4	1.2	2.0	0.2	0.4	1.2	1.4	1.4	2.0	1.2	1.2
<i>Thalassiosira lineata</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	0.4	1.2	0.6	0.2	-	-	-	-	0.4	0.8	0.8
<i>Thalassiosira subtilis</i>	4.8	-	2.0	3.0	3.0	1.6	3.0	2.0	2.4	4.0	7.4	7.6
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	1.8	1.6	2.4	1.2	0.6	2.4	5.6	3.0	2.6	2.2
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	0.2	-	-
<i>Trachyneis asperata</i>	-	-	-	-	-	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	-	-
<i>Triceratium alternans</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-
<i>Ceratium lineatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Protoperdinium</i> sp.	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.2	-	-
<i>Dictyocha fibula</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	13	18	39	31	26	23	23	22	18	27	24	19
Total standing crops (cells/l)	20.6	38.2	128.4	99.0	92.6	24.0	27.6	26.8	32.8	50.2	62.8	26.0

그리고 2004년 4월 봄철 조사결과에 대해서는 현장조사계절과 보고서 작성 시점의 중복되고 있기에 2004년도 보고서에서 최종 결과분석 결과를 삽입하여 종합 검토한다.

(2) 현존량

하계 식물플랑크톤의 현존량은 $3 \times 10^4 \sim 1.6 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 종조성의 결과와 같이 현존량도 정점 8을 제외한 대부분의 정점에서 표층과 10m 수층의 차이는 뚜렷하지 않았다. 정점 8의 표층에서 가장 높은 현존량 1.6×10^5 cells/L이 기록되었고(그림 2-2-8), 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 와편모조류는 정점 5에서는 *Cochlodinium* sp. 정점 22에서는 *Cryptomonas* sp.의 증가로 10^4 cells/L 이상을 보이거나 대부분의 정점에서 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하였다(그림 2-2-9).

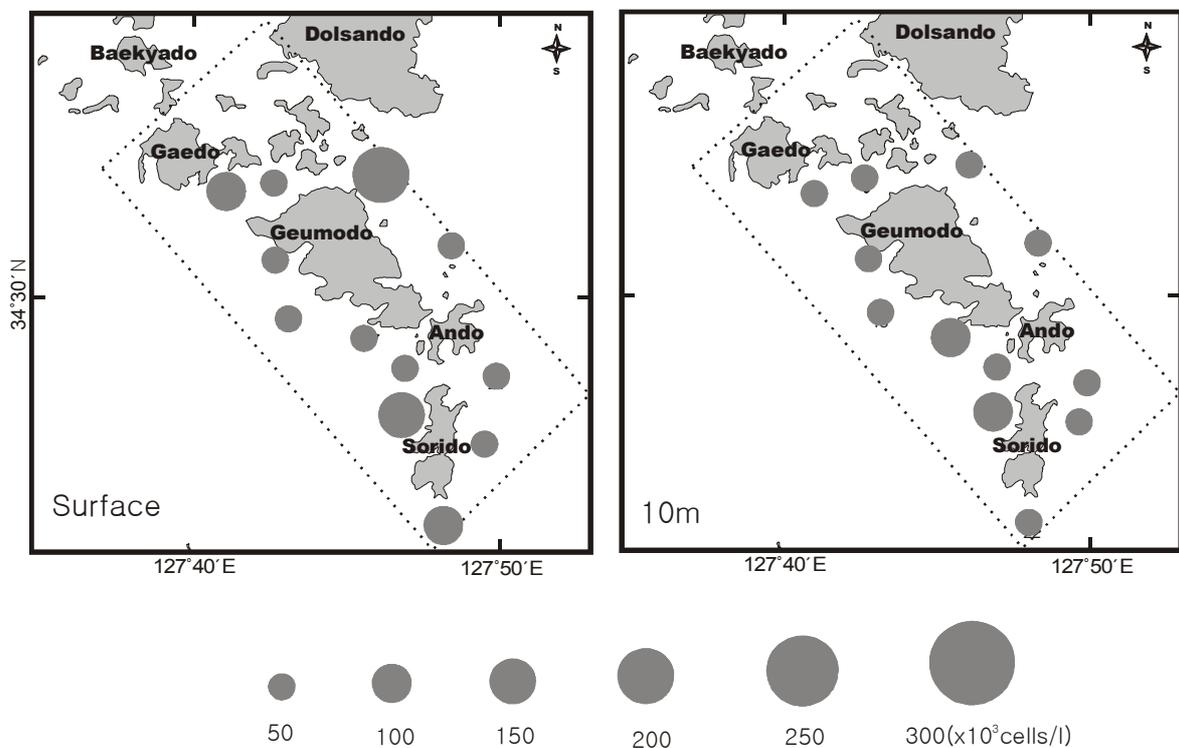


그림 2-2-8. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L).

Fig. 2-2-8. Standing crops (cells/L) of phytoplankton in marine ranching area in the summer, August 2003.

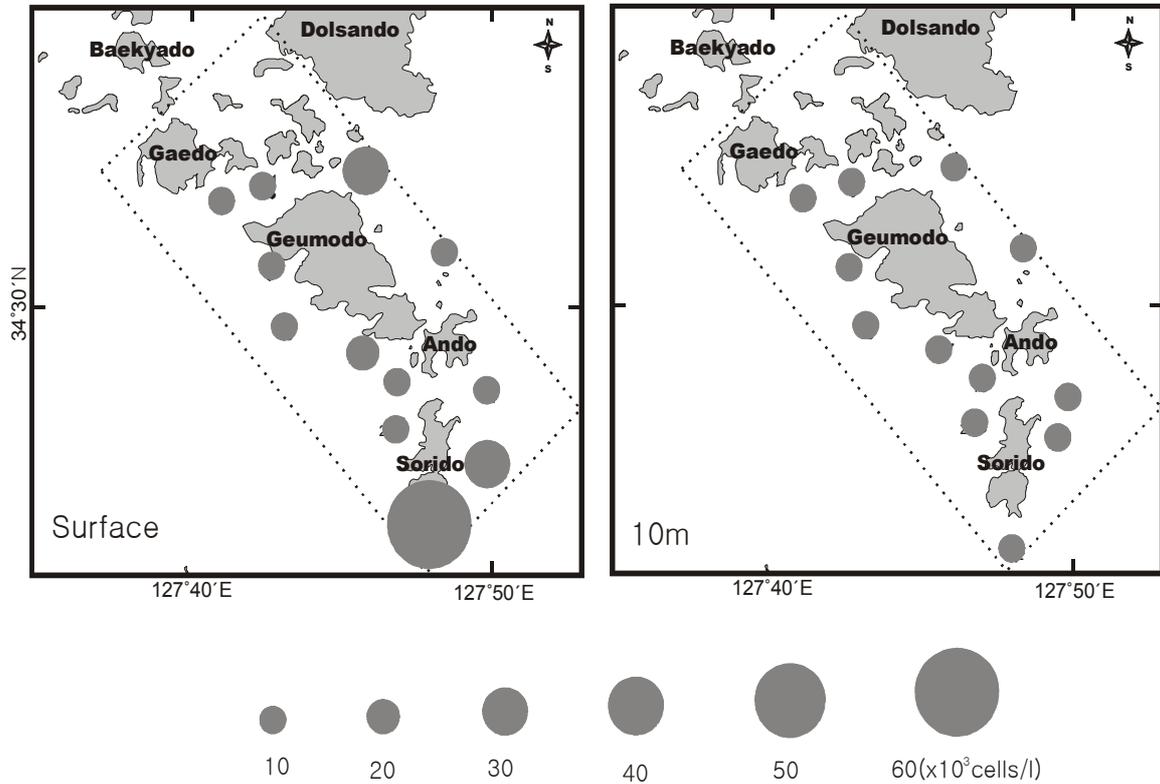


그림 2-2-9. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 편모조류 현존량(cells/L).

Fig. 2-2-9. Standing crops (cells/L) of flagellates in marine ranching area in the summer, August 2003.

추계 식물플랑크톤의 현존량은 $8 \times 10^4 \sim 3 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 정점 22를 제외한 대부분의 정점에서 10m 층이 표층보다 높은 현존량을 보였다. 정점 8에서 가장 낮은 현존량이 정점 20의 10m 층에서 최고 현존량이 기록되었다(그림 2-2-10). 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 편모조류는 하계와 유사하게 정점 22의 표층에서 10^4 cells/L 이상으로 증가하였으나 대부분의 정점에서 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하였다(그림 2-2-11).

동계 식물플랑크톤의 현존량은 $2 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 표층과 10m 층의 현존량은 유사한 패턴의 정점별 변화를 보였다. 추계의 결과와 달리 정점 8, 11, 12에서 10^5 cells/L 이상의 상대적 높은 현존량이 측정되었으며 나머지 정점은 유사한 수준으로 분포하였다(그림 2-2-12). 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 편모조류는 모든 정점에서 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하고 있었다(그림 2-2-13).

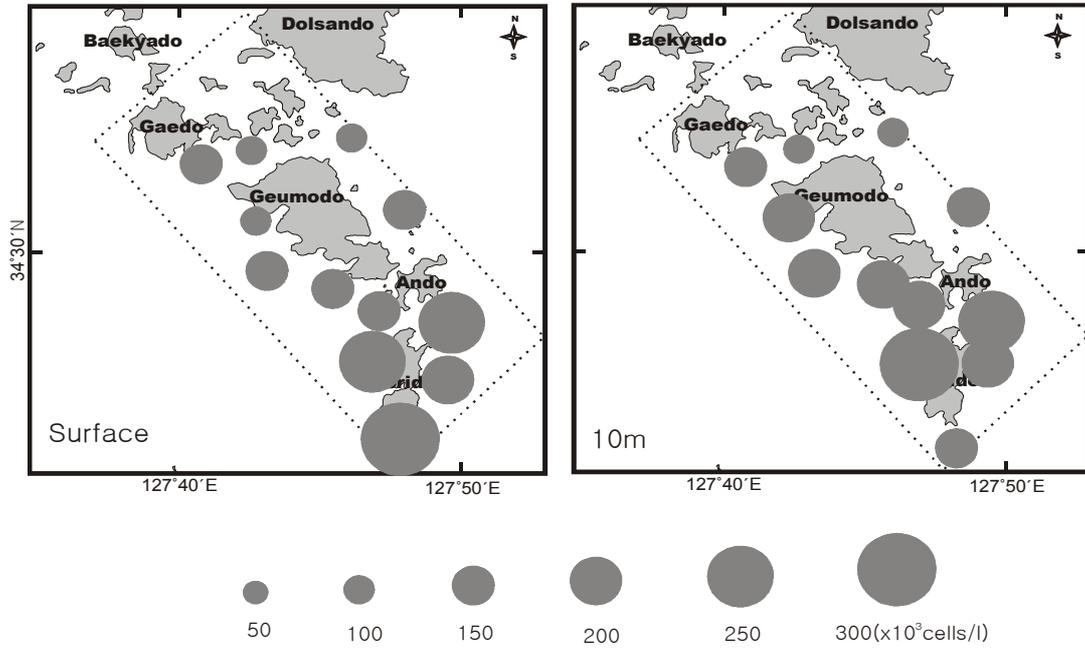


그림 2-2-10. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L).

Fig. 2-210. Standing crops (cells/L) of phytoplankton in marine ranching area in the autumn, November 2003.

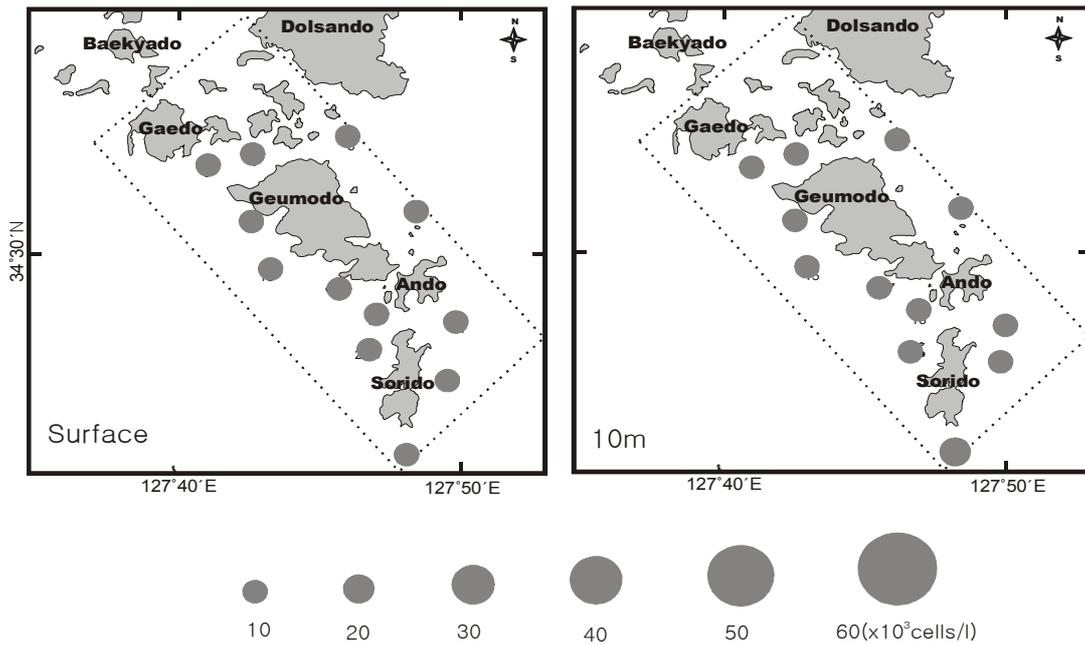


그림 2-2-11. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 편모조류의 현존량(cells/L).

Fig. 2-2-11. Standing crops (cells/L) of flagellates in marine ranching area in the autumn, November 2003.

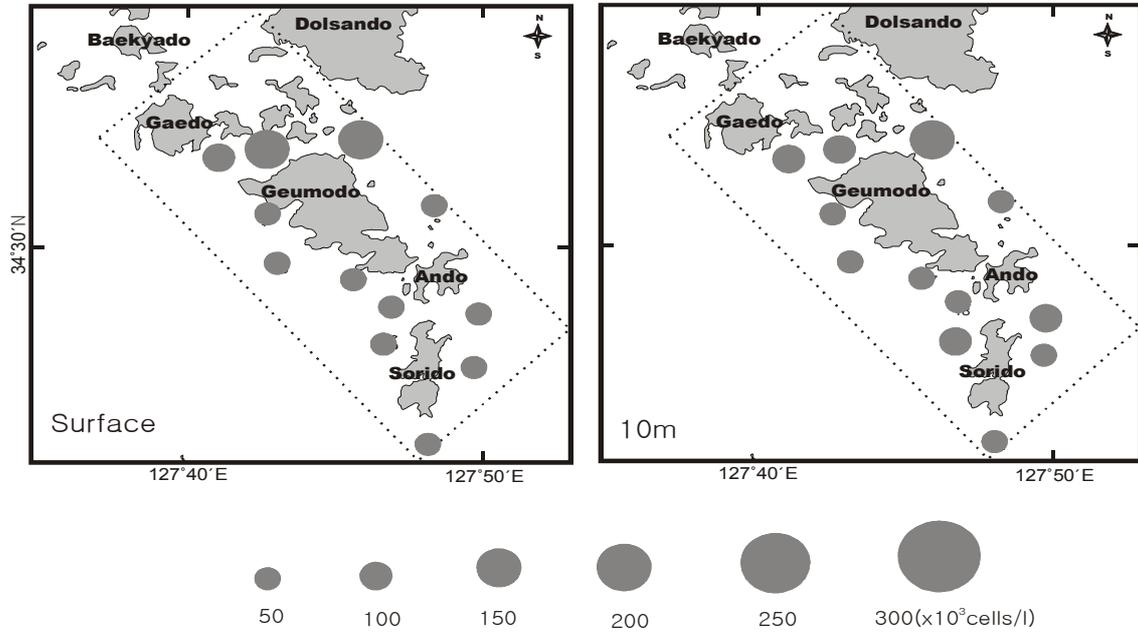


그림 2-2-12. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤의 현존량(cells/L).

Fig. 2-2-12. Standing crops (cells/L) of phytoplankton in marine ranching area in the winter, January 2004.

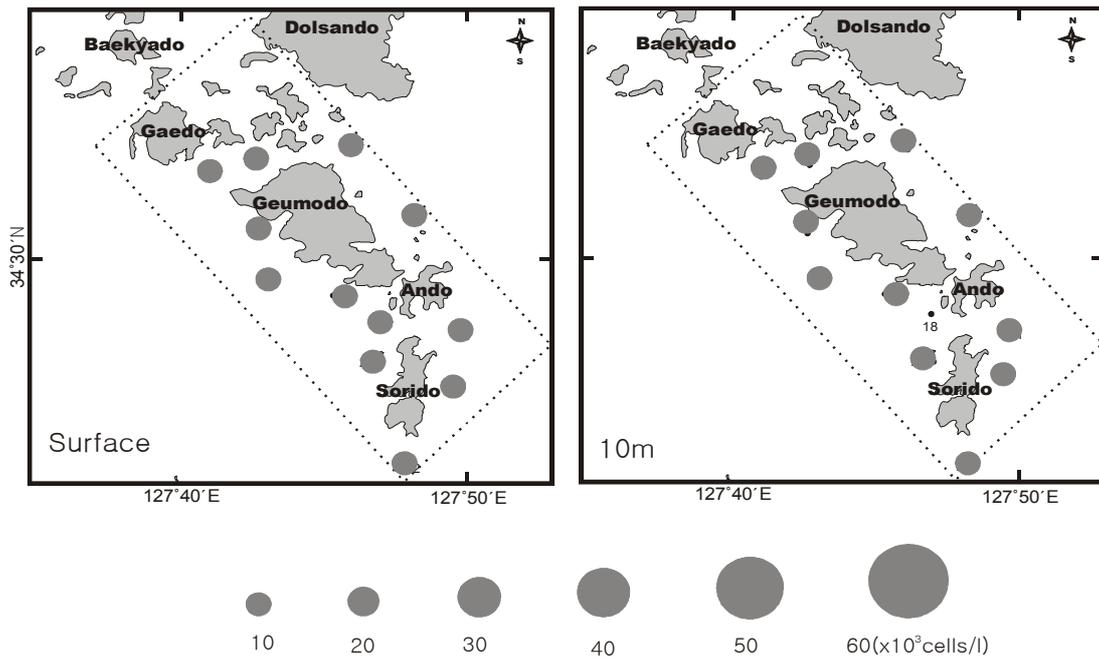


그림 2-2-13. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 편모조류의 현존량(cells/L).

Fig. 2-2-13. Standing crops (cells/L) of flagellates in marine ranching area in the winter, January 2004.

(3) 우점종

하계를 대표하는 우점종은 *Chaetoceros*속이 다양하게, *Chaetoceros debilis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Chaetoceros compressus* 그리고 유해성 와편모조류인 *Cochlodinium* sp.가 출현하였다. 종조성과 현존량의 결과와 같이 표층과 저층의 우점종은 분포도 수심별 차이를 보이지 않았다. 표층의 경우, 정점 5에서는 *Cochlodinium* sp.가 36%로 가장 우점하였으며 정점 7, 8, 11에서는 *Chaetoceros curvisetus*, 정점 14에서는 *Chaetoceros pseudocurvisetus*, 정점 20과 21에서는 *Chaetoceros compressus*가 그리고 나머지 정점은 *Chaetoceros debilis*가 각각 높은 우점율을 보여 정점간에 우점종의 구성이 다소 복잡하게 변화하였으나(그림 2-2-14), 저층의 경우는 *Chaetoceros debilis*와 *Chaetoceros pseudocurvisetus*가 차례로 우점을 보였으며 정점 20, 21, 22에서 *Chaetoceros debilis*의 우점율은 감소하나 대신 *Chaetoceros compressus*의 우점율이 증가하였다(그림 2-2-15).

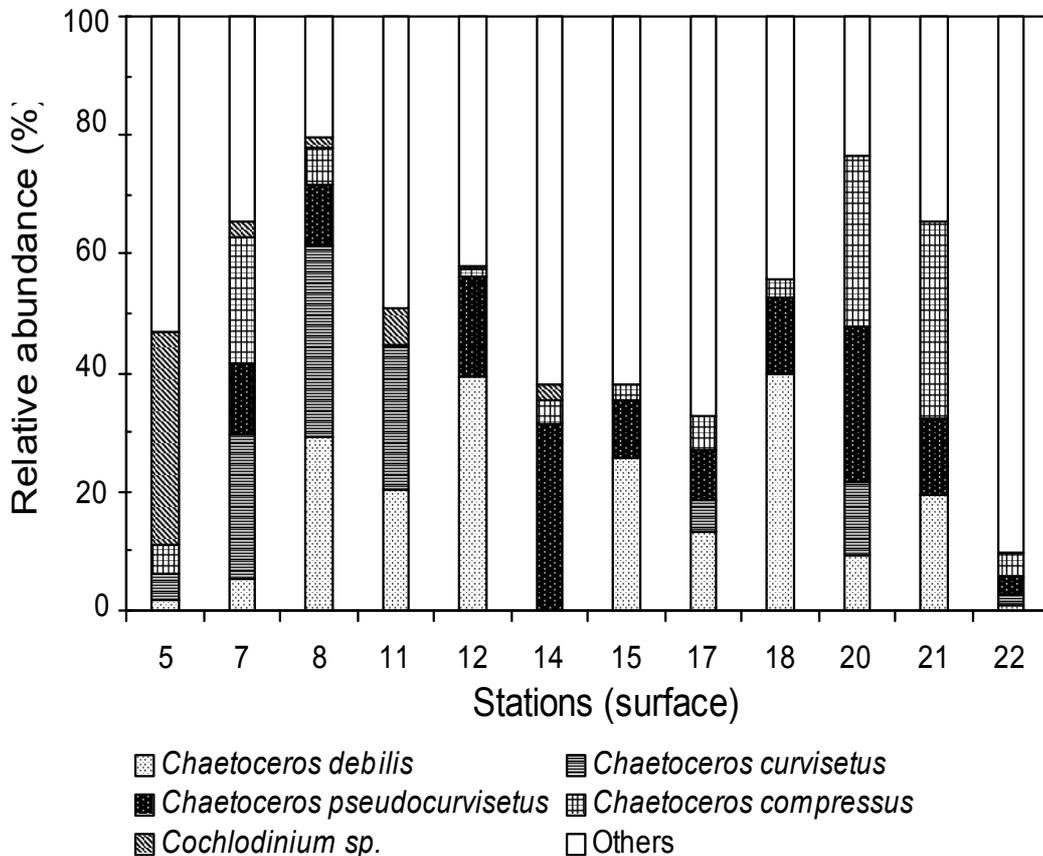


그림 2-2-14. 2003년 8월 하계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).

Fig. 2-2-14. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003.

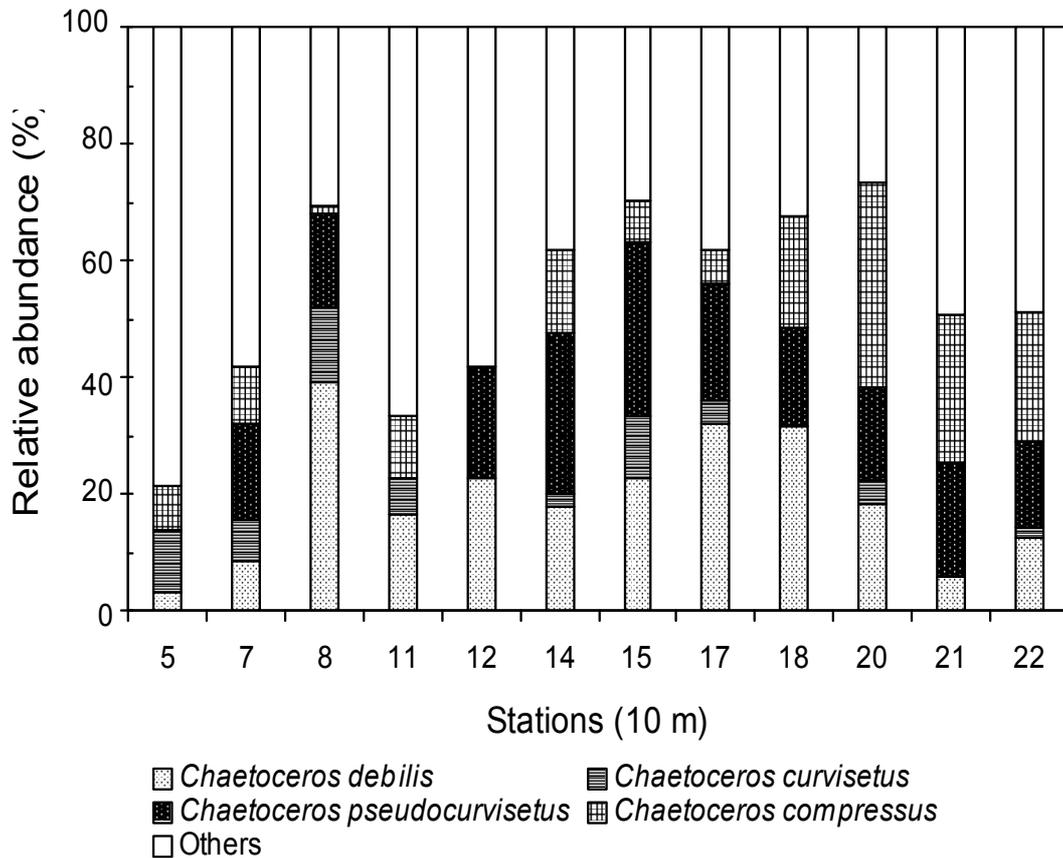


그림 2-2-15. 2003년 8월 하계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).
 Fig. 2-2-15. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the summer, August 2003.

2003년 11월 추계를 대표하는 우점종은 *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia pungens*, *Skeletonema costatum*가 출현하였다. 종조성과 현존량의 결과와 같이 표층과 10m층의 우점종 분포도 수심별 차이는 뚜렷하지 않았다. 각 우점종이 차지하는 우점율은 타시기에 비해 낮아 우점종의 편중 분포는 약화되어 있었다. 표층의 경우, *Asterionellopsis glacialis*가 5~19%의 상대적 높은 우점율을 보였으며 각 우점종의 우점율의 변화는 크지 않아 비교적 고른 분포를 보였다(그림 2-2-16). 10m 수층의 경우는 *Thalassiosira subtilis*와 *Skeletonema costatum*의 분포가 표층보다 다소 발달되나 표층과 유사하게 정점별 차이는 크지 않았다(그림 2-2-17). 따라서, 추계 11월의 경우 조사수역의 우점종 분포는 균일한 수평, 수직분포를 나타내고 있었다.

2004년 1월 동계를 대표하는 우점종은 *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira subtilis*, *Thalassionema nitzschoides*가 출현하였다. 정점 7과 22를 제외한 대부분의 정점에서 표층과 10m 층의 우점종 분포도 수심별 차이는 뚜렷하지 않았다.

*Skeletonema costatum*는 정점 8, 11, 12에서 상대적 높은 우점을 보인 반면 나머지 정점에서는 *Paralia sulcata*의 높은 우점을 보였다. 특히, 정점 7의 10m에서는 80%의 극우점을 보였다(그림 2-2-18과 그림 2-2-19). 이 밖에 *Thalassiosira subtilis*는 저서성 규조류 *Paralia sulcata*와 *Thalassionema nitzschoides*는 *Skeletonema costatum*의 유사한 정점별 우점율의 변화를 나타내었다. 따라서 동계 1월의 경우 조사수역의 우점종 분포는 수평적 차이를 보인다고 할 수 있다.

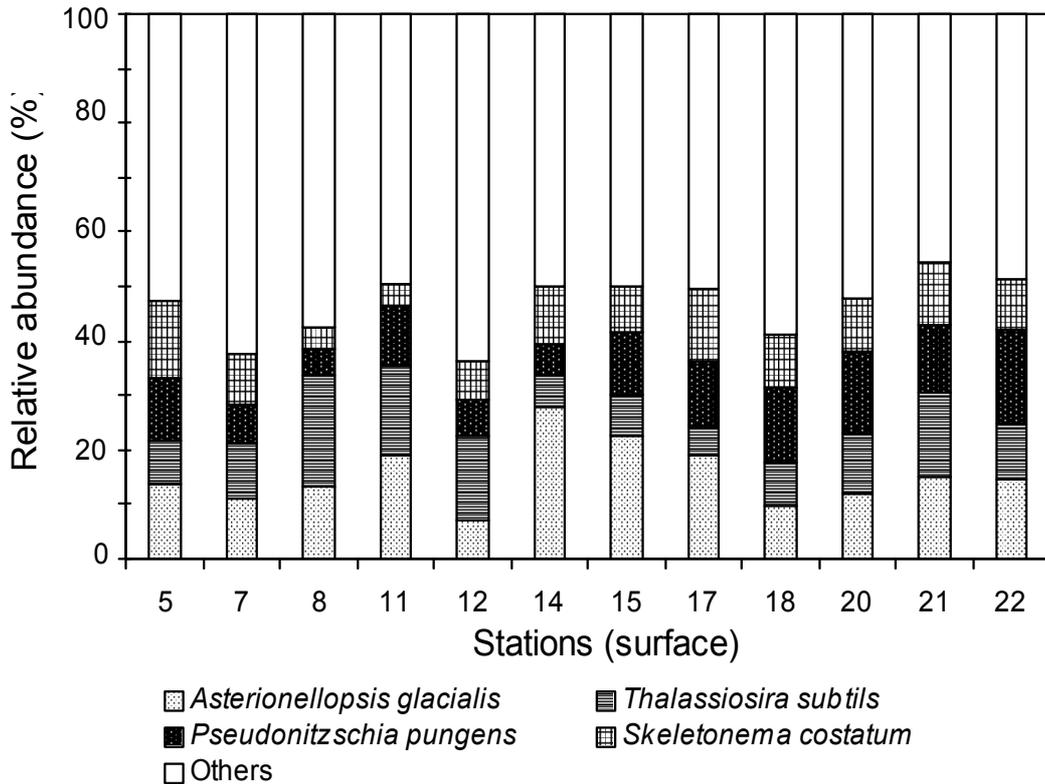


그림 2-2-16. 2003년 11월 추계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).

Fig. 2-2-16. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003.

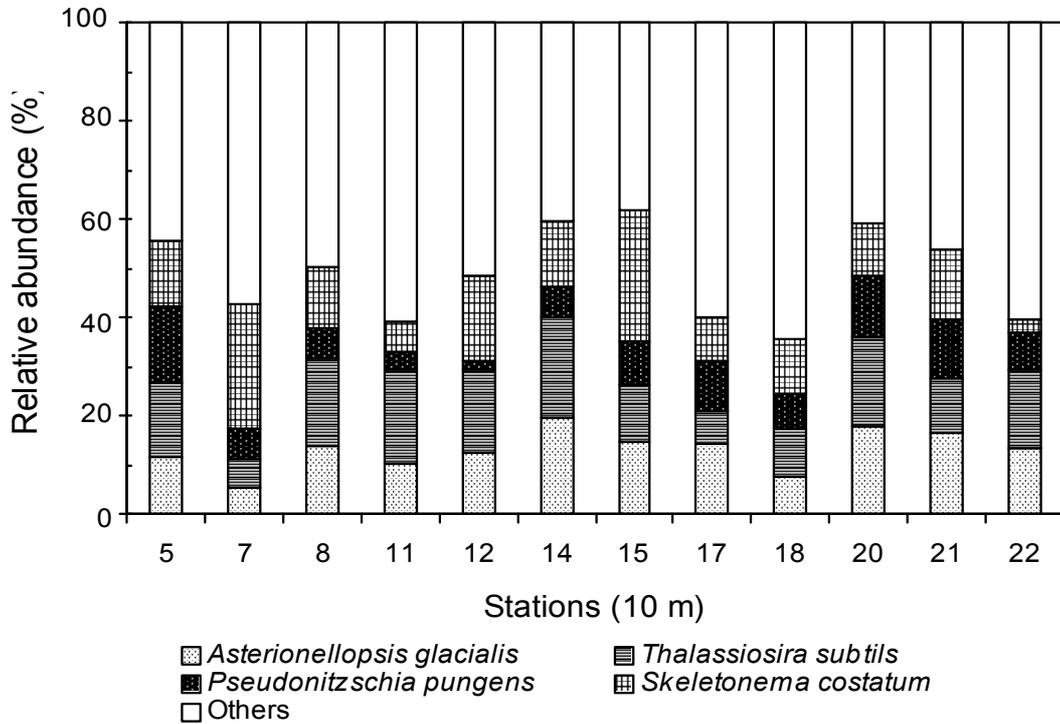


그림 2-2-17. 2003년 11월 추계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).
 Fig. 2-2-17. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the autumn, November 2003.

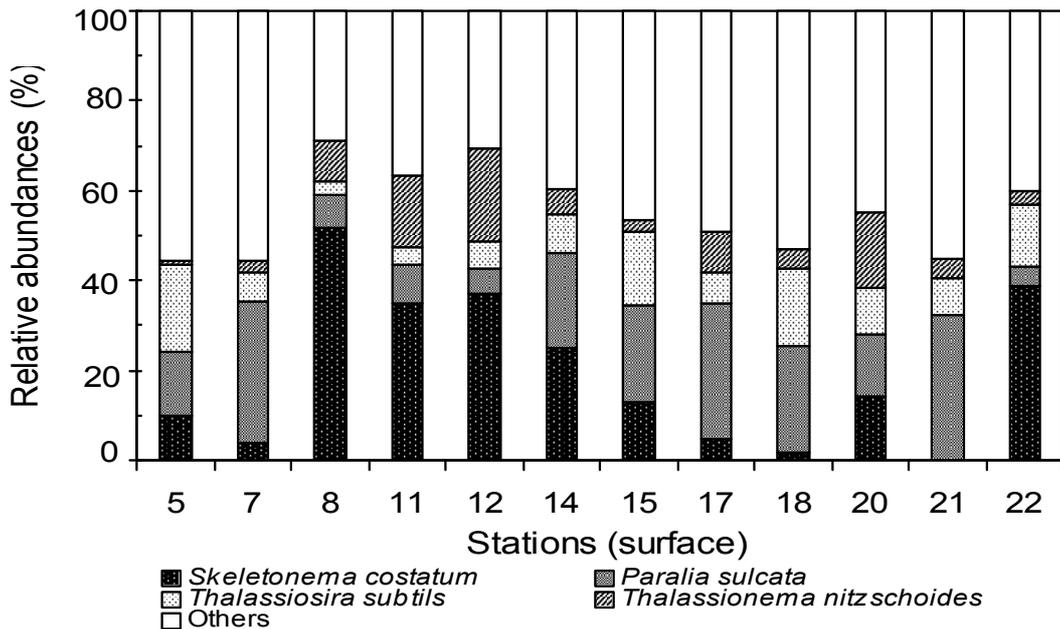


그림 2-2-18. 2004년 1월 동계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).
 Fig. 2-2-18. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004.

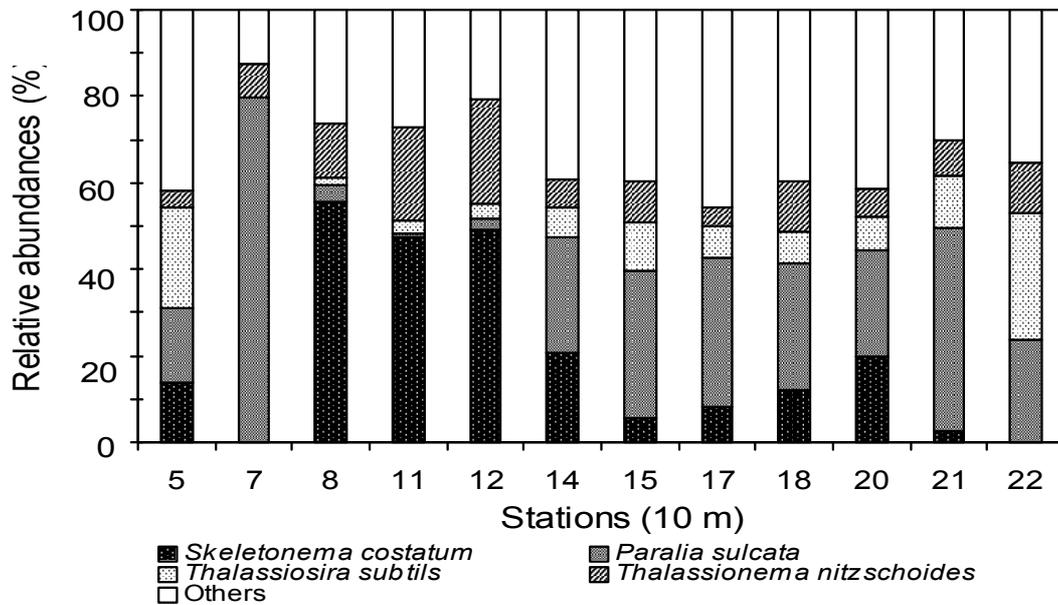


그림 2-2-19. 2004년 1월 동계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비율(%).

Fig. 2-2-19. Relative abundances (%) of dominant phytoplankton species at the 10m depth water in marine ranching area in the winter, January 2004.

(4) 종다양성

2003년 8월 하계 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 출현종수가 타정점에 비해 적었던 표층의 정점 11과 14는 22에서 2.0 이하의 비교적 낮은 값이 측정되었으며 정점 22에서는 저층이 표층보다 월등히 높은 다양성을 나타내었다. 측정된 다양성지수는 2.0~3.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다(그림 2-2-20).

2003년 11월 추계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 출현종수가 타정점에 비해 적었던 표층의 정점 11과 14는 22에서 2.0 이하의 비교적 낮은 값이 측정되었으며 정점 22에서는 저층이 표층보다 월등히 높은 다양성을 나타내었다. 측정된 다양성지수는 2.0-3.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다(그림 2-2-21).

2004년 1월 동계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 출현종수가 타정점에 비해 적었던 표층의 정점 11과 14는 22에서 2.0 이하의 비교적 낮은 값이 측정되었으며 정점 22에서는 저층이 표층보다 월등히 높은 다양성을 나타내었다. 측정된 다양성지수는 2.0~3.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다(그림 2-2-22).

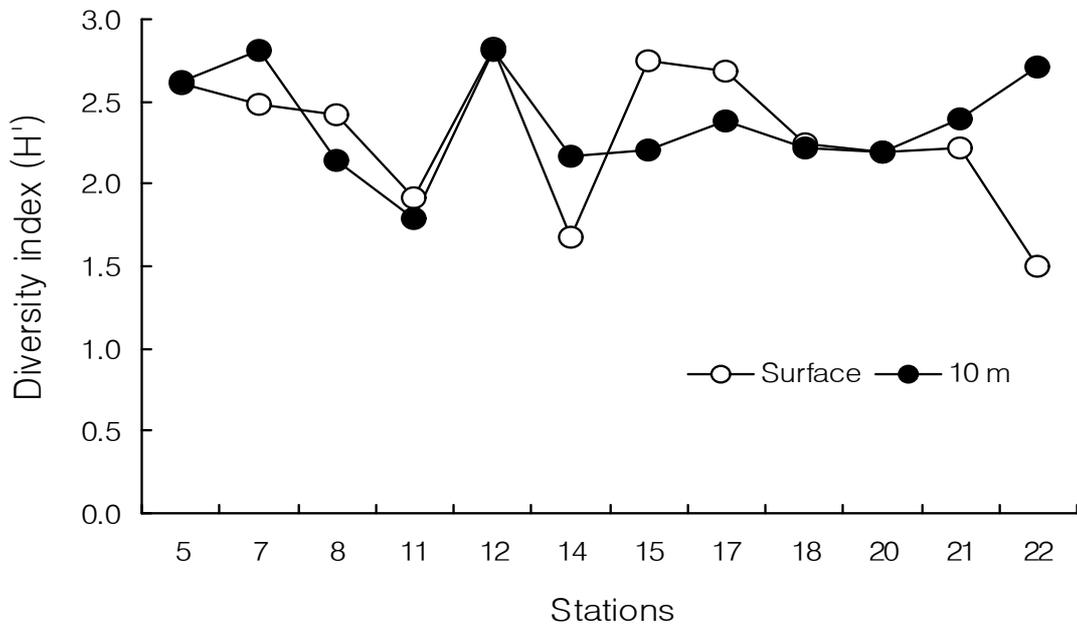


그림 2-2-20. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.
 Fig. 2-2-20. Diversity index (H') of phytoplankton community in marine ranching area in the summer, August 2003.

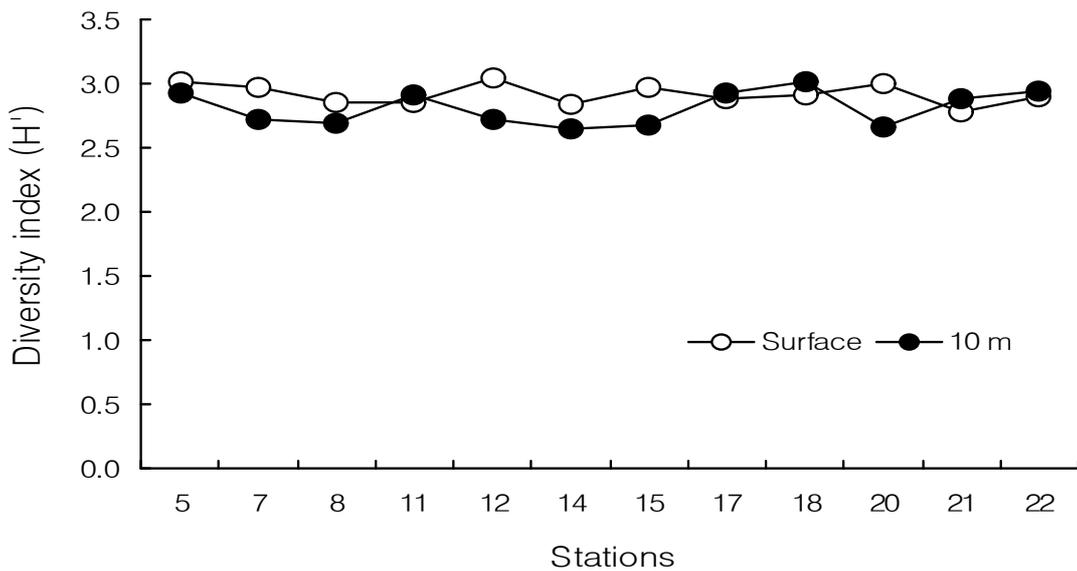


그림 2-2-21. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.
 Fig. 2-2-21. Diversity index (H') of phytoplankton community in marine ranching area in the autumn, November 2003.

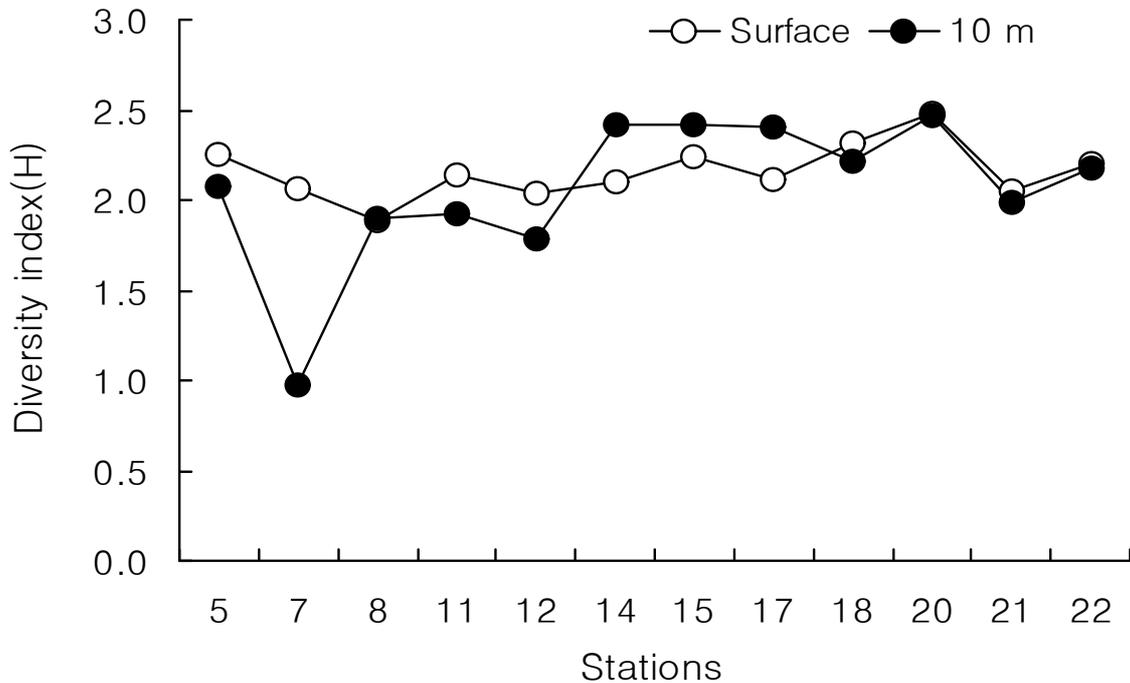


그림 2-2-22. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.
 Fig. 2-2-22. Diversity index (H') of phytoplankton community in marine ranching area in the winter, January 2004.

(5) 계절변화

2003년 8월 하계와 2003년 11월 추계 그리고 2004년 1월 동계의 조사결과를 비교하면 다음과 같다.

2003년도 전체 조사시기를 통해 식물플랑크톤은 총 출현종수는 145종류가 출현하였으며 규조류가 104종, 와편모조류가 36종 기타 편모조류가 5종으로 구성되어 있었다. 하계, 추계와 동계의 세 시기 모두 식물플랑크톤의 총 출현종수는 표층과 10m 수층에서 차이를 보이지 않아 조사수역은 수괴의 혼합이 용이한 수역으로 판단된다. 11월 추계의 경우 100종 이상의 출현종수로 하계와 동계보다 다양한 종구성이 관찰되었다(그림 2-2-23). 평균 다양성 지수의 시기별 변화도 출현종수의 결과를 반영하여 추계 11월에 약 3.0으로 증가하여 식물플랑크톤 군집은 다양한 수준이었으나 하계와 동계는 2.0-2.5의 값으로 약단순의 수준을 보였다(그림 2-2-24).

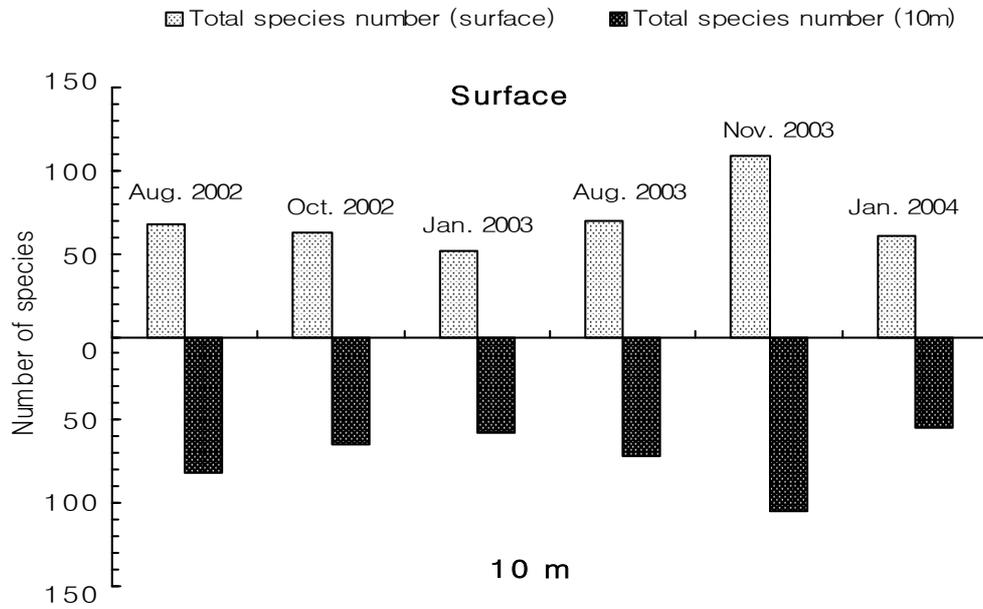


그림 2-2-23. 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수의 시기별 변화.

Fig. 2-2-23. Temporal variation of phytoplankton species number in marine ranching area.

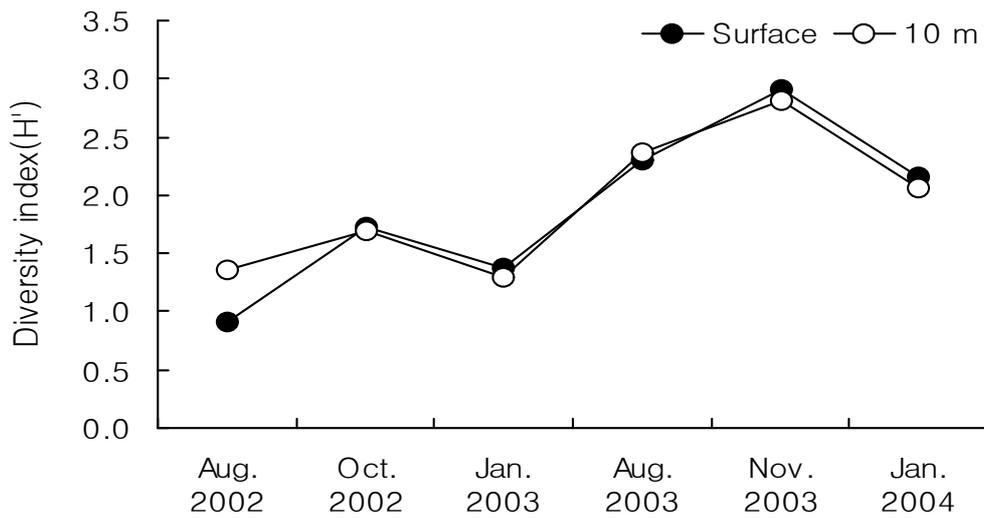


그림 2-2-24. 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집 다양성 지수의 시기별 변화.

Fig. 2-2-24. Temporal variation of phytoplankton species diversity in marine ranching area.

식물플랑크톤 평균 현존량도 표층과 수심 10m의 차이는 보이지 않았으며 11월 추계에 하계와 동계에 비해 3배 정도 증가하여 출현종수의 결과와 유사하였다. 저수온기인 동계에도 조사수역은 평균 5×10^4 cells/L의 현존량으로 하계와 유사한 수준으로 분포하였다 (그림 2-2-25)

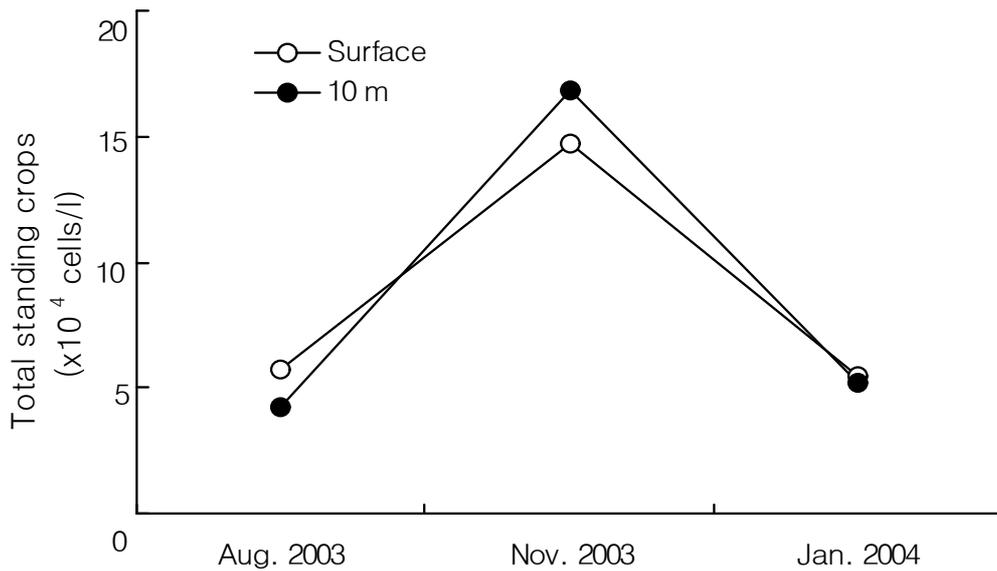


그림 2-2-25. 2003년도 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L)의 계절적 변화.

Fig. 2-2-25. Seasonal variation of phytoplankton standing crops in marine ranching area in 2003/2004.

우점종의 경우 2003년 8월 하계에는 규조류 *Chaetoceros*속의 다양한 종류와 와편모조류 *Cochlodinium*이 함께 우점하여 다양한 우점종이 분포하였다. 2003년 11월 추계에는 저수온기에 우점하는 *Asterionellopsis glacialis*와 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia pungens*가 함께 우점하여 하계의 우점종과는 차이를 보였으며 2004년 1월 동계에는 추계에 이어 *Skeletonema costatum*과 *Thalassiosira subtilis*는 지속적인 우점을 보였으며 특히 *Skeletonema costatum*은 50% 이상의 높은 우점율로 저서성 규조류 *Paralia sulcata*와 함께 분포의 발달을 보여 타 시기보다 수괴의 원활한 혼합을 암시하고 있었다 (표 2-2-10).

표 2-2-10. 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 우점종의 시기별 변화

Table 2-2-10. Temporal variation of dominant phytoplankton species in marine ranching area

Dominant species	Aug. 2002	Oct. 2002	Jan. 2003	Aug. 2003	Nov. 2003	Jan. 2004
<i>Skeletonema costatum</i>	**		*		*	**
<i>Chaetoceros</i> sp.	*					
<i>Gymnodinium/Cochlodinium</i>	*			*		
<i>Chaetoceros tortissimus</i>		**				
<i>Thalassiosira subtilis</i>		*			*	*
<i>Eucampia zodiacus</i>			**			
<i>Paralia sulcata</i>			*			**
<i>Chaetoceros debilis</i>				*		
<i>Chaetoceros curvisetus</i>				*		
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>				*		
<i>Chaetoceros compressus</i>				*		
<i>Asterionellopsis glacialis</i>					*	
<i>Pseudonitzschia pungens</i>					*	
<i>Thalassionema nitzschoides</i>						*

** : >50 %, * : 10-50 %

(6) 연변화

2002년 8월, 10월과 2003년 1월의 1차년도 조사결과와 2003년 8월, 11월 2004년 1월의 당해연도 결과를 비교하면 다음과 같다.

식물플랑크톤 출현종수의 경우 2002년도에는 137종이 기록되었으며 규조류가 104종, 와편모조류가 33종으로 구성되어 있었으며 2003년도에는 총 145종이 관찰되었고 이 중 규조류가 104종, 와편모조류가 36종, 기타 편모조류 5종으로 구성되어 있었다. 따라서, 식물플랑크톤 출현종수는 2002년과 2003년도에 유사하였으며 각 분류군의 출현종수의 조성도 큰 차이를 보이지 않았다. 하계와 동계는 두 년도가 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나 추계의 경우 2002년에 비해 2003년에 40여종 증가하여 다양한 종구성을 보였다. 따라서 다양성지수도 2002년에는 1.0에서 2.0사이로 식물플랑크톤 군집은 단순한 수준이었으나 2003년도에는 지수값이 2.0~3.0으로 다양성이 증가하였다.

식물플랑크톤 현존량의 경우 2002년 하계는 10^6 cells/L이상의 대발생 수준으로 높은 현존량을 보였으나 2003년 하계의 경우 5×10^6 cells/L로 2002년과는 큰 차이를 보였다. 하계와 같이 동계의 경우도 2003년 1월이 2004년 1월보다 약 5배 정도 높은 현존량을 기록하였다. 추계의 경우는 2002년보다 2003년에 약 5배 정도 증가하여 연변화는 계절별 다른 양상을 보였다(그림 2-2-26).

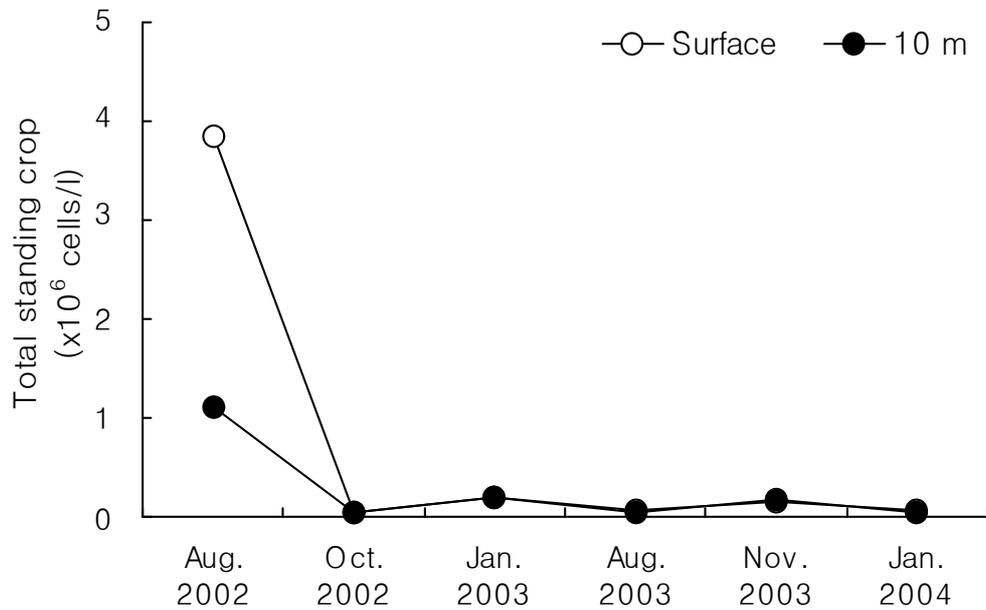


그림 2-2-26. 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L)의 시기적 변화.

Fig. 2-2-26. Temporal variation of phytoplankton standing crops in marine ranching area.

우점종의 연변화의 경우 하계 8월에는 2002년과 2003년 하계에 유해성 적조 원인생물인 와편모조류 *Gymnodinium*과 *Cochlodinium*의 우점적 분포는 유사하였으나 *Skeletonema costatum*의 50% 이상의 극우점이 관찰된 2002년과 달리 2003년 하계에는 다양한 *Chaetoceros* 종류의 우점으로 차이를 보였다. 추계의 경우 2002년에는 저수온기에 주로 출현하는 *Chaetoceros tortissimus*가 50% 이상의 극우점을 보였으나 2003년도에는 관찰되지 않아 큰 차이를 보였다. 동계의 경우 2003년에는 *Eucampia zodiacus*가 극우점을 보였으나 2004년에는 *Skeletonema costatum*과 *Paralia sulcata*가 극우점으로 제 1 우점종의 연변화를 보였다(표 2-2-10). 따라서 조사수역은 계절적 우점종의 천이는 뚜렷하나 연도별 우점종의 구성이 다르게 출현하였다.

나. 식물플랑크톤 생물량(Chlorophyll a)

(1) 계절변화

다도해 바다목장 해역에서 측정된 Chl-*a* 농도를 계절 및 수층별로 구분하여 변동 범위를 표 2-2-11에 나타내었다. 표로부터 표층의 경우, Chl-*a*는 0.66mg/m³에서 5.19mg/m³로 변화하여 2002년에 비해서는 변동 폭이 매우 안정되게 나타났다. 계절적으로는 봄이 1.08mg/m³에서 3.34mg/m³범위에서 1.89±0.59mg/m³의 변동을, 여름이 2.04mg/m³에서 4.30mg/m³ 범위에서 3.12±0.69mg/m³의 변동을, 가을은 3.05mg/m³에서 5.19mg/m³범위에서 4.00±0.60mg

/m³의 변동, 그리고 겨울은 0.66mg/m³에서 3.49mg/m³범위에서 1.82±0.88mg/m³의 변동 양상을 나타내어, 가을이 가장 높은 농도를 보이거나 변동 폭은 겨울이 가장 크게 나타났다(표 2-2-11). 이는 2002년 조사 시 여름과 가을에 높은 생물량에 정점 간에 큰 차이를 보였던 것과는 다른 내용이나 바다목장 해역은 늦여름에서 이른 가을에 발생하는 와편모조류 적조생물량에 의해 극단적인 Chl-a 농도를 보이기 때문이라 판단되었다. 수층별로는 여름과 가을은 수심에 따른 Chl-a 농도가 크게 변화하지 않으나, 겨울과 봄은 수심이 증가에 따라 Chl-a 농도도 증가하는 경향을 보이는데 이는 남해 천해의 연안 및 내만의 전형적으로 보여 지는 특성(윤, 2001)으로 볼 수 있다(그림 2-2-27).

표 2-2-11. 계절 및 수심에 따른 다도해 바다목장 해역의 Chl-a 농도 변화(mg/m³)

Table 2-2-11. The seasonal changes of chlorophyll a concentration

Depth (m)	Summer, 2003				Autumn, 2003				Winter, 2003				Spring, 2004			
	Min.	M	Max.	SD												
0	2.04	3.12	4.30	0.69	3.05	4.00	5.19	0.60	0.66	1.82	3.49	0.88	1.08	1.89	3.34	0.59
5	2.04	3.71	4.96	0.90	3.37	4.06	5.19	0.51	0.86	2.28	3.81	0.93	1.37	2.38	3.85	0.86
20	2.31	3.11	5.22	0.93	3.11	4.03	5.44	0.63	0.86	2.69	6.17	1.47	4.52	2.63	5.08	1.11
B-1	2.57	4.68	7.08	1.34	3.37	6.23	9.85	1.84	1.45	3.58	7.54	1.81	1.81	2.77	3.85	0.72

Min. = Minimum, M = Mean, Max. = Maximum, SD = Standard Deviation

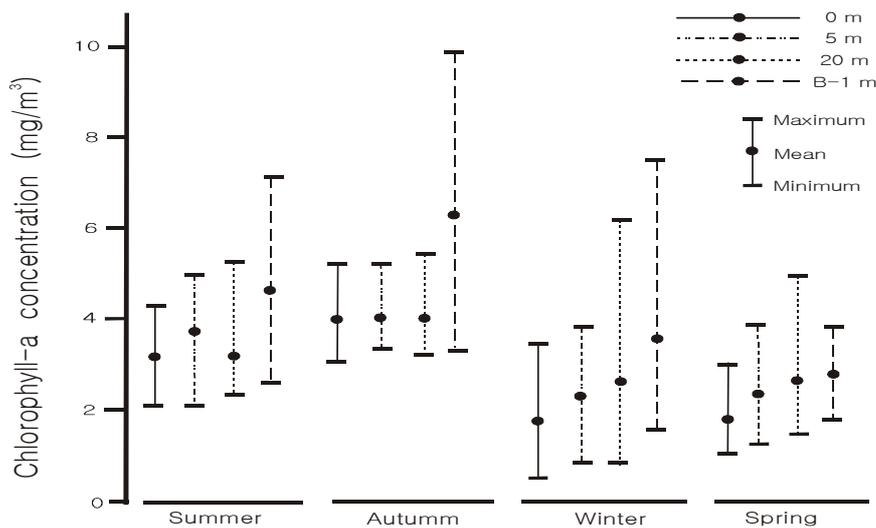


그림 2-2-27. 다도해 바다목장해역의 수층별 Chl-a 농도의 계절변화.

Fig. 2-2-27. Seasonal variations of chlorophyll a in marine ranching area.

다만, 저층으로 갈수록 생물량이 높아지는 현상은 수심이 낮은 내만 해역에서 흔히 관찰될 수 있는 현상이나(Wafar *et al.*, 1983), 바다 목장 해역에서의 현상이 실제 생물량에 의한 결과인지 현탁물에 의해 발생할 수 있는 기계적인 오차인지에 대해서는 더욱 검토를 해야 할 내용(윤 등, 2001)이나, 2003년 조사에서는 측정기계의 특성에 의해 해저표층 퇴적층에서 재 부유 되는 부유물질의 영향에서 오는 결과로 판단하였다.

(2) 공간변화

다도해 바다목장 해역에서 측정된 Chl-*a* 농도의 공간적인 분포 경향은 여름의 경우, 표층은 금오도 조, 우의 바다목장 중앙부 해역에서 4.0mg/m³ 내외의 농도로 높고, 금오도 남단에서 안도, 연도 인근해역 및 금오도 북서단의 금오수도 인근해역에서 3.0mg/m³ 내외로 낮은 농도를 나타내었다. 5m 이심의 수층에서도 절대적 농도의 차이는 다소 차이가 있지만, 전체적인 분포 경향은 표층과 유사하였다(그림 2-2-28).

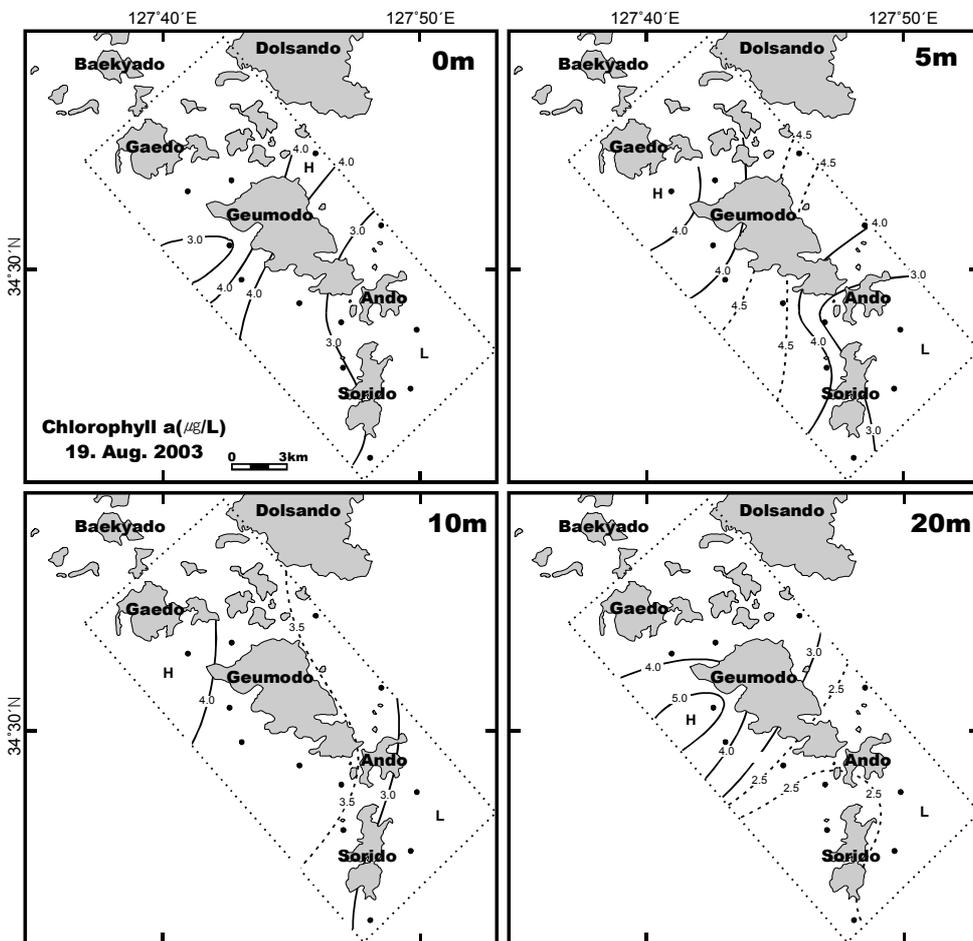


그림 2-2-28. 여름 다도해 바다목장해역의 수층별 Chl-*a* 농도의 수평분포.

Fig. 2-2-28. Horizontal distributions of chlorophyll *a* at each depth in summer.

가을은, 표층의 경우 금오도를 포함하는 바다목장 북서 해역에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로 상대적으로 낮은 농도를 나타내었으며, 소리도 인근해역인 남동해역과 보돌 바다에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 비교적 높은 농도를 나타내었다. 5m 수층은 표층과 유사한 경향을 보였으나, 10m 수층에서는 금오도를 중심으로 동. 서로 구획하는 경향을 보여, 금오도 동측 여수해만 해역에서 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로 낮고 보돌 바다 및 소리도 서측에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로 높은 생물량을 나타내었다. 20m 수층은 금오도 북단의 금오수도에서 $4.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로 높고, 소리도 남단에서 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 비교적 낮은 식물플랑크톤 생물량을 나타내었다(그림 2-2-29).

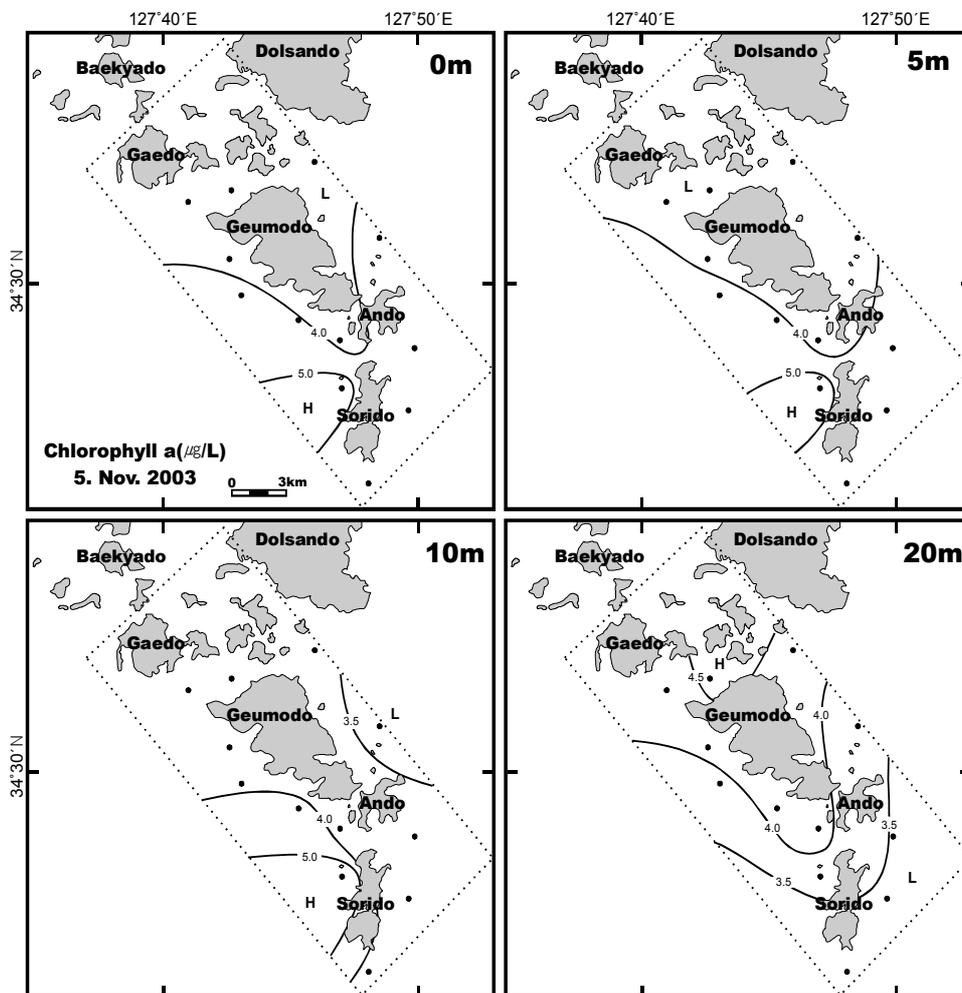


그림 2-2-29. 가을 다도해 바다목장해역의 수층별 Chl-a 농도의 수평분포.

Fig. 2-2-29. Horizontal distributions of chlorophyll *a* at each depth in autumn.

겨울은 연직혼합이 활발하여 층별 차이 없이 비교적 균일한 분포 특성을 보이지만 저층으로 갈수록 식물플랑크톤 생물량은 다소 높아지는 경향을 나타내었다. 특히 겨울은 공간적으로도 수층에 관계없이 가막만 내만해역에 가까운 금오수도 인근해역에서 비교적 높은 Chl-a 농도를 보이는 반면, 외해역에 접하고 있는 소리도 인근해역에서 상대적으로 낮은 Chl-a 농도를 나타내었다. 즉 표층과 5m 수층에서는 금오수도 인근에서 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 생물량을 나타내는 반면, 소리도 남방해역에서는 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 낮은 생물량을 보였다. 10m와 20m 수층에서는 금오도 인근에서 표층보다도 높은 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 생물량을 보이는 반면, 소리도 인근해역은 표층과 유사한 경향을 나타내었다(그림 2-2-30).

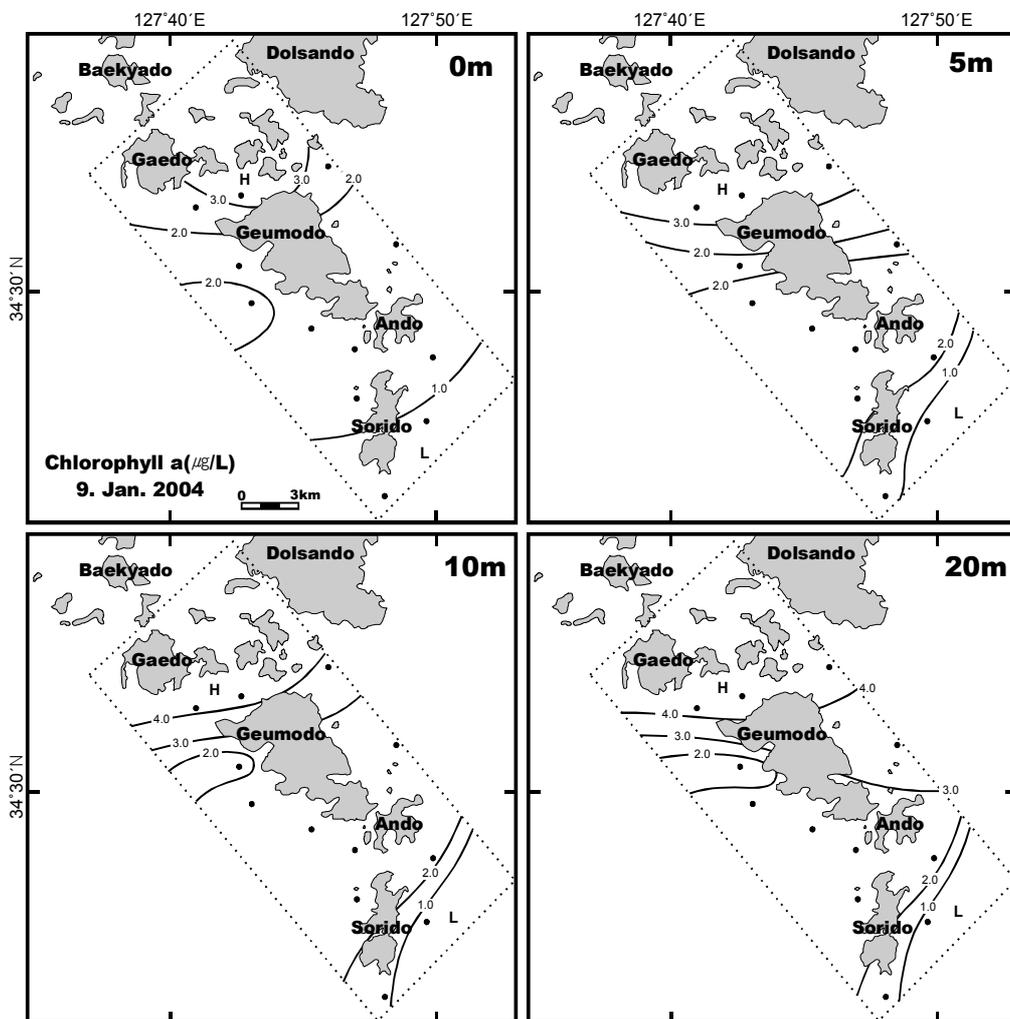


그림 2-2-30. 겨울 다도해 바다목장해역의 수층별 Chl-a 농도의 수평분포.

Fig. 2-2-30. Horizontal distributions of chlorophyll *a* at each depth in winter.

봄은 기타 계절과는 달리 전반적으로 금오도 북쪽과 북동해역인 광양만 해수영향을 비교적 강하게 받는 해역에서 높고, 금오도 남단과 보돌 바다 일원에서 상대적으로 낮은 생물량을 나타내었다. 즉, 표층과 5m 수층에서는 금오수도와 돌산 남단에서 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 상대적으로 높은 생물량을 보이는 반면, 금오도 남단인 안도, 소리도 인근해역에서 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 낮은 생물량을 나타내었다. 10m와 20m 수층에서도 생물량의 절대값은 다소 차이가 있으나, 분포경향은 표층과 유사하였으며 단지 광양만 영향의 해수로 보여지는 수형의 금오도 북서단의 보돌 바다까지 확장되는 경향을 나타내었다(그림 2-2-31).

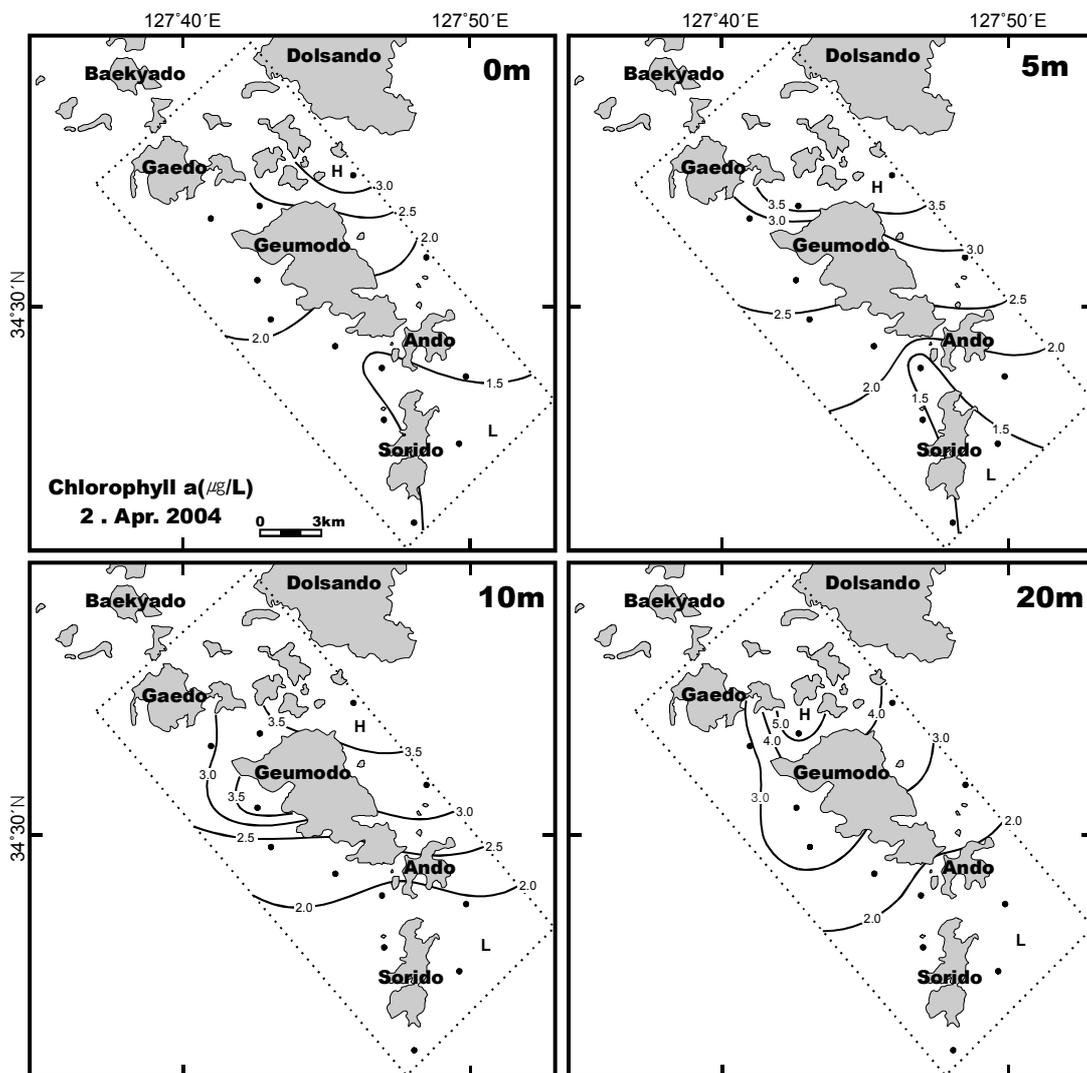


그림 2-2-31. 봄 다도해 바다목장해역의 수층별 Chl-a 농도의 수평분포.

Fig. 2-2-31. Horizontal distributions of chlorophyll a at each depth in spring.

다. 섬모충플랑크톤 군집

(1) 종조성

2003년 8월 하계 전남바다목장 해역의 섬모충 플랑크톤은 총 29종류가 출현하였으며 유충섬모충류(tintinnids) 19종과 소모류(oligotrichs) 9종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 표층에서는 총 25종류, 수심 10m에서는 23종류로 수층에 따른 전체 출현종수의 차이는 볼 수 없었으나 정점별 출현종수의 경우 정점 5, 7, 8은 표층에서 보다 다양한 종구성을 보였다. 정점 20에서 가장 적은 종수가 관찰되었으며 정점 5의 표층에서 가장 다양한 종구성을 보였다(그림 2-2-32). 유충섬모충류는 연안역의 대표적 종류로 알려진 *Tintinnopsis beroidea*를 비롯한 *Tintinnopsis* 속의 종류와 *Amphorides amphora*, *Amphorellopsis acuta*, *Epiplocytilis undella*, *Eutintinnus frankoi*와 같은 외양성 난류종도 낮은 빈도로 관찰되었다(표 2-2-12와 표 2-2-13). 오야시오의 지표종으로 언급되는 냉수종인 *Acanthostomella norvegica*가 정점 21과 22의 저층에서 관찰되어 이들 정점의 수괴는 다른 정점과 분리될 가능성이 암시되었다.

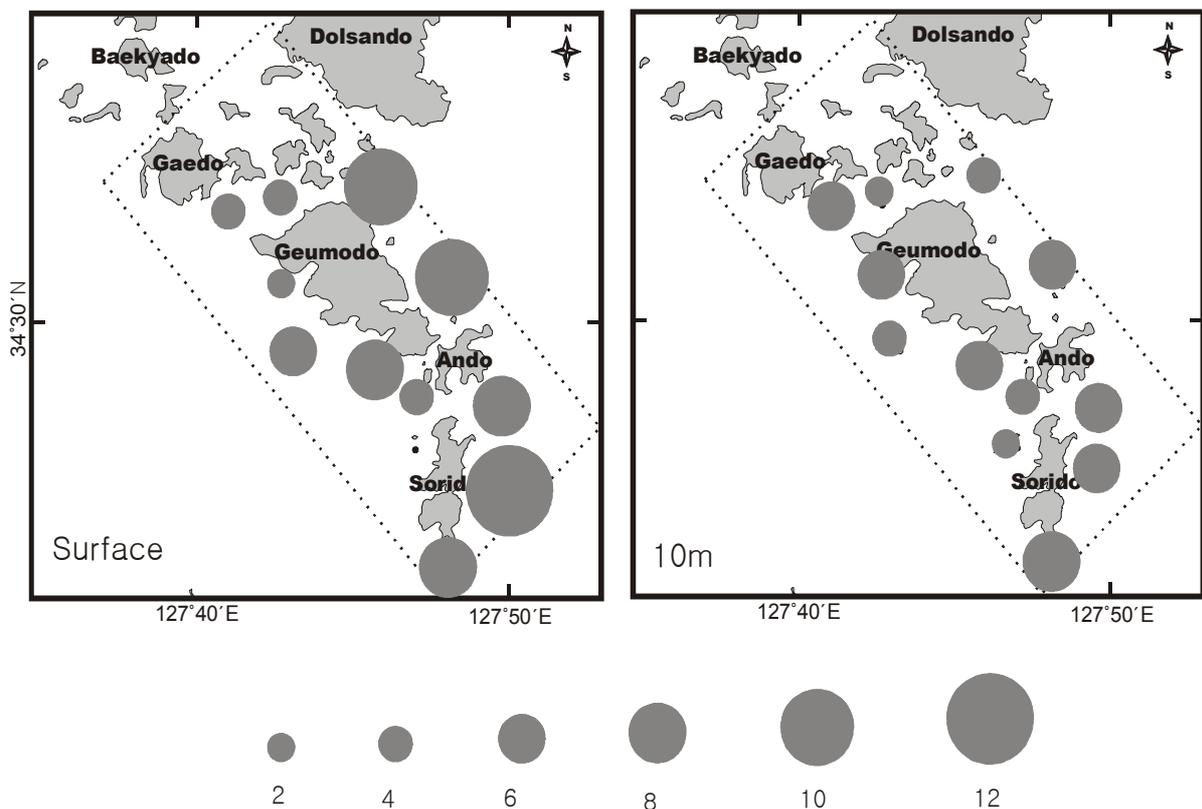


그림 2-2-32. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-32. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the summer, August 2003.

표 2-2-12. 하계 다도해 목장 해역의 표층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-12. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the summer, August 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Amphorellopsis acuta</i>	0.2	0.6	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amphorides amphora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Epiplocylis undella</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus fraknoi</i>	0.2	-	-	-	-	-	0.2	0.4	0.2	-	0.2	0.2
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Favella ehrenbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Helicostomella subulata</i>	-	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leprotintinnus neriticus</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Salpingella laminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Tintidinium muscicola</i>	0.4	-	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2	-	-	0.2	0.2
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.4	-	0.2	0.2	0.4	-	0.4	-	-	-	0.4	0.6
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis directa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Tintinnopsis nana</i>	0.4	-	0.2	-	-	-	0.4	2.2	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	0.4	-	0.4	-	-	-	0.2	0.6	-	-	0.8	0.2
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidiium sp</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.8	-
<i>Strombidiium conicum</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidiium cornucopiae</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Strombidiium sulcatum</i>	0.4	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidiium sp.</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.2	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Total number of species	11	9	10	3	4	2	6	8	3	0	8	8
Total abundance (cells/l)	3.2	2.2	2.2	0.6	1.0	.04	1.6	4.2	0.6	0	3.0	2.2

표 2-2-13. 하계 다도해 목장 해역의 10m 층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-13. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the summer, August 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Acanthostomella norvegica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Amphorellopsis acuta</i>	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epiplocylis undella</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus fraknoi</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.4
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Helicostomella subulata</i>	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leprotintinnus neriticus</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintidinium muscicola</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.4	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	-	0.2	0.4
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis directa</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis nana</i>	0.4	-	-	-	-	-	0.2	0.8	0.2	-	-	-
<i>Tintinnopsis parvula</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis toctaninensis</i>	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	0.4	0.2	-	-	0.2	0.4	0.2	0.2	-	-	0.4	0.6
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4
<i>Strombidium</i> sp	-	0.4	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	5	6	3	4	5	5	4	5	4	2	7	6
Total abundance (cells/l)	1.6	1.4	0.6	0.8	1.0	1.2	0.8	1.8	0.8	0.4	1.8	2.2

추계 섬모충플랑크톤은 총 30종류가 출현하여 하계와 유사하였으며 유종섬모충류17종과 소모류 12종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 표층에서는 총 27종류, 10m 층에서는 22종류로 수층에 따른 전체 출현종수에 큰 차이는 없었으나 정점 12의 경우 표층에 비해 10m 층의 출현종수는 큰 폭의 감소를 보였다(그림 2-2-33). 유종섬모충류는 연안역의 대표적 종류로 알려진 소형종인 *Stenosemella nivalis*를 비롯한 *Tintinnopsis* 속의 종류가 높은 빈도로 출현하였으며 외양성 난류종인 *Amphorides amphora*, *Amphorellopsis acuta*, *Ascampbeliella urceolata*도 산발적인 출현이 확인되어 외양수의 영향이 암시되었다(표 2-2-14와 표 2-2-15).

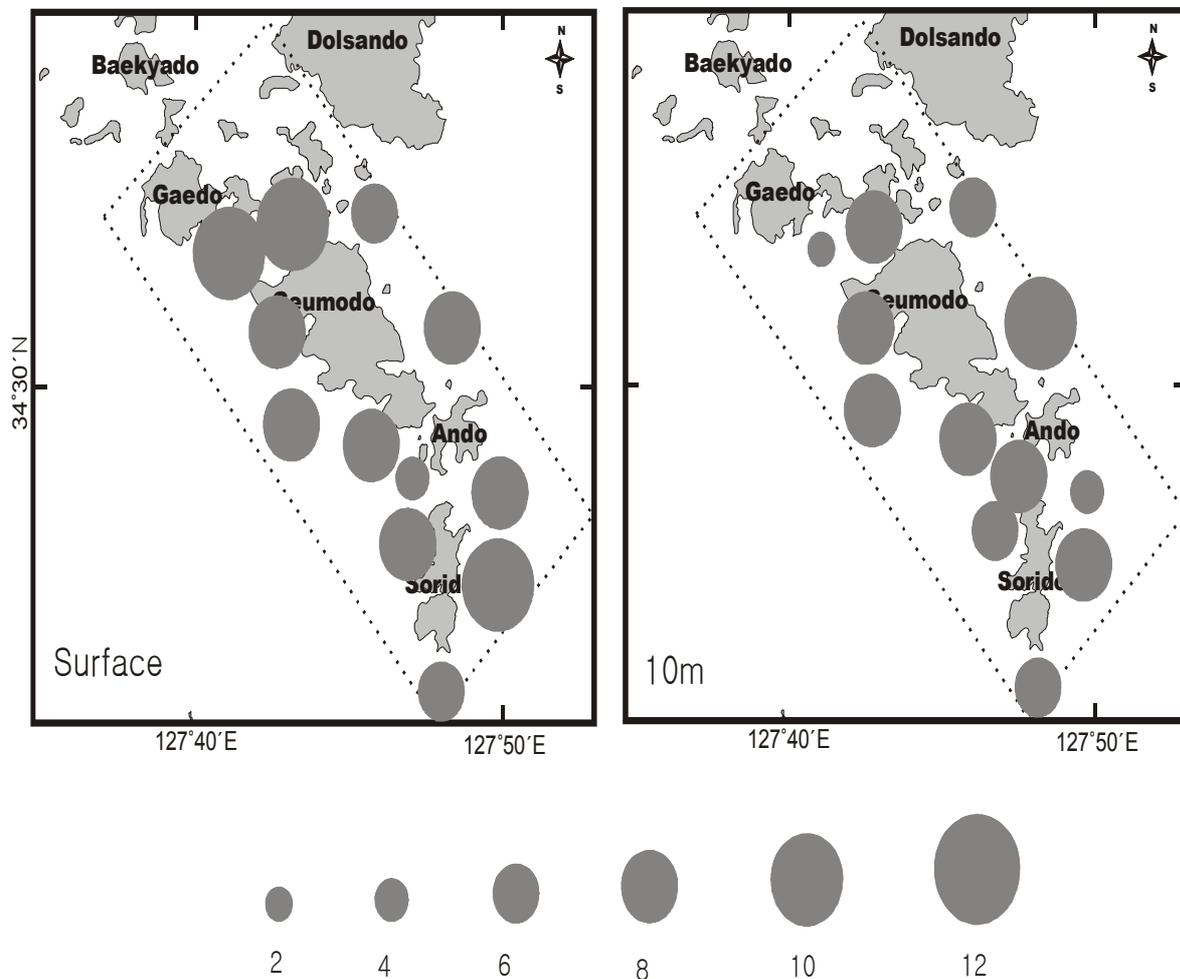


그림 2-2-33. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-33. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the autumn, November 2003.

표 2-2-14. 추계 다도해 목장 해역의 표층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-14. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the autumn, November 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Amphorellopsis acuta</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Amphorides amphora</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascampbeliella urceolata</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Helicostomella subulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Leprotintinnus neriticus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Stenosemella nivalis</i>	0.2	0.4	0.4	0.8	1.2	0.8	0.8	0.4	0.4	-	0.2	-
<i>Stenosemella ventricosa</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintidinium balechi</i>	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.2	0.4	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	0.4	0.2
<i>Tintinnopsis nana</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>	0.6	0.4	-	0.2	0.4	-	-	0.4	-	0.2	0.4	0.2
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	-	0.2	0.2	0.2	-	0.2	0.4	0.2	-	0.2	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.4	-	0.4
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Strombidium</i> sp	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	0.4
<i>Strombidium acutum</i>	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	0.6	0.6	0.2	0.6	0.4	1.0	0.4	-	-	0.2	0.2	-
<i>Strombidium cornucopiae</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	0.2	0.2
<i>Strombidium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	0.2	0.4	0.2
<i>Tontonia simplicidens</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Others												
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	9	7	6	10	10	8	7	8	3	7	6	8
Total abundance (cells/l)	2.8	2.6	1.4	3.2	3.4	3.0	3.0	2.0	0.8	1.6	1.8	2.0

표 2-2-15. 추계 다도해 목장 해역의 10m 층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-15. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the autumn, November 2003

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Amphorellopsis acuta</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Codonellopsis morchella</i>	-	-	0.2	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Salpingella laminata</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stenosemella nivalis</i>	-	0.6	0.6	1.0	1.4	1.6	0.6	1.0	0.2	0.4	0.4	-
<i>Tintidinium balechi</i>	-	-	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	0.4	0.2
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.4	0.4	0.4	0.2	-	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis parvula</i>	-	0.2	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>	-	0.2	0.2	0.4	-	-	0.2	0.2	-	0.2	0.6	0.2
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.8	0.2	0.4	0.2	-
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	0.0	0.2	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Strombiledium sp</i>	0.2	0.6	-	0.2	-	0.4	0.2	0.2	0.4	-	-	0.2
<i>Strombidium acutum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium capitatum</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Strombidium conicum</i>	0.6	0.4	-	-	-	0.8	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.2
<i>Strombidium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-
<i>Tontonia gracilima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
Total number of species	7	9	6	7	1	7	8	7	7	6	6	4
Total abundance (cells/l)	2.0	3.0	1.8	2.4	1.4	3.6	2.4	2.8	1.8	1.6	2.0	0.8

동계 섬모충플랑크톤은 총 15종류가 출현하여 추계에 비해 크게 감소하였으며 유종섬모충류 7종과 소모류 7종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 표층에서는 총 6종류, 10m 층에서는 12종류로 10m 수층에서 보다 다양한 종구성을 보였다. 정점별 출현종수는 3종 이하로 매우 단순하여 큰 차이를 볼 수 없었다(그림 2-2-34). 유종섬모충류는 연안역의 대표적 종류로 알려진 *Tintinnopsis* 속의 종류와 소모류는 *Strombidium* 속의 종류가 다

양하였으나 모두 정점별 수심별 산발적인 출현으로 동계를 대표하는 종의 언급은 어려웠다(표 2-2-16과 표 2-2-17).

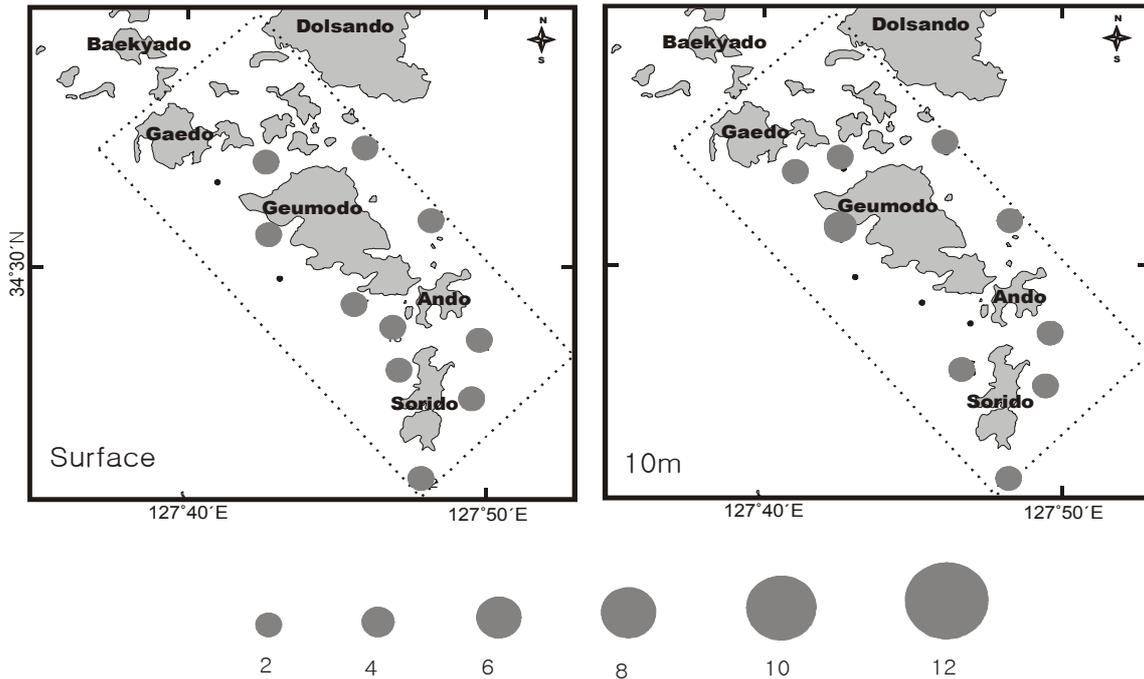


그림 2-2-34. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

Fig. 2-2-34. Number of ciliate plankton species in marine ranching area in the winter, January 2004.

표 2-2-16. 동계 다도해 목장 해역의 표층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량

Table 2-2-16. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the surface water in marine ranching area in the winter, January 2004

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Stenosemella nivalis</i>	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stenosemella ventricosa</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	0.2
<i>Strombidium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
Others												
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.2	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	0.2	-
Total number of species	2	1	1	2	0	2	0	2	2	1	1	1
Total abundance (cells/l)	0.4	0.2	0.2	0.4	0.0	0.8	0.0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2

표 2-2-17. 동계 다도해 목장 해역의 10m 층 섬모충 플랑크톤의 종조성과 현존량
 Table 2-2-17. List of ciliate plankton species and abundance (cells/L) at the 10m layer in marine ranching area in the winter, January 2004

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Stenosemella nivalis</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintidinium balechi</i>	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis directa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Tintinnopsis parvula</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Strombidinopsis acuminata</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sp</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium capitatum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Total number of species	2	1	2	2	2	3	1	0	0	2	0	1
Total abundance (cells/l)	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2

그리고 2004년 4월 봄철 조사결과에 대해서는 현장조사계절과 보고서 작성 시점의 중복되고 있기에 2004년도 보고서에서 최종 결과분석 결과를 삽입하여 종합 검토한다.

(2) 개체수

하계 섬모충플랑크톤의 개체수는 5,000cells/l이하로 분포하였으며 정점 20에서는 출현 종수와 함께 개체수도 최저치를 보인 반면 정점 17에서는 *Tintinnopsis nana*의 개체수 증가로 가장 높은 밀도가 측정되었다(그림 2-2-35).

추계 섬모충플랑크톤의 개체수는 4,000cells/l이하로 분포하였으며 정점 12의 경우 출현종수의 결과와 유사하게 표층과 10m 층의 개체수도 차이를 보였다. 표층의 경우 정점 8과 18에서 두드러진 감소를 보이나 10m 층의 경우 정점별 소폭의 증감이 되풀이 되었다(그림 2-2-36).

동계는 섬모충플랑크톤의 개체수가 1,000cells/l이하로 매우 낮은 생물량으로 분포하였으며 계수 한계 이하의 낮은 경우도 있어 정확히 정점별 수심별 비교가 어려운 시기였다(그림 2-2-37).

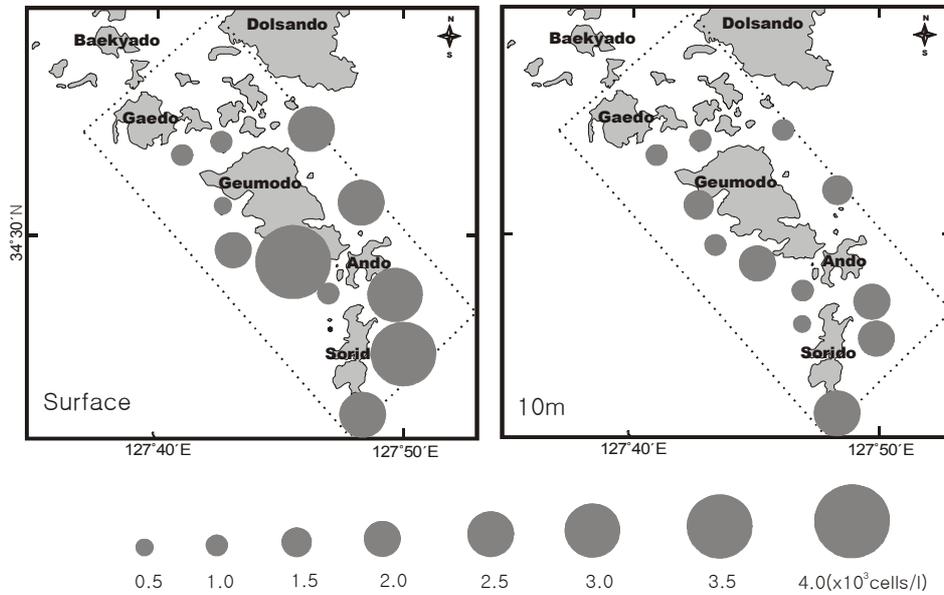


그림 2-2-35. 2003년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수(cells/L).

Fig. 2-2-35. Abundances (cells/L) of ciliate plankton in marine ranching area in the summer, August 2003.

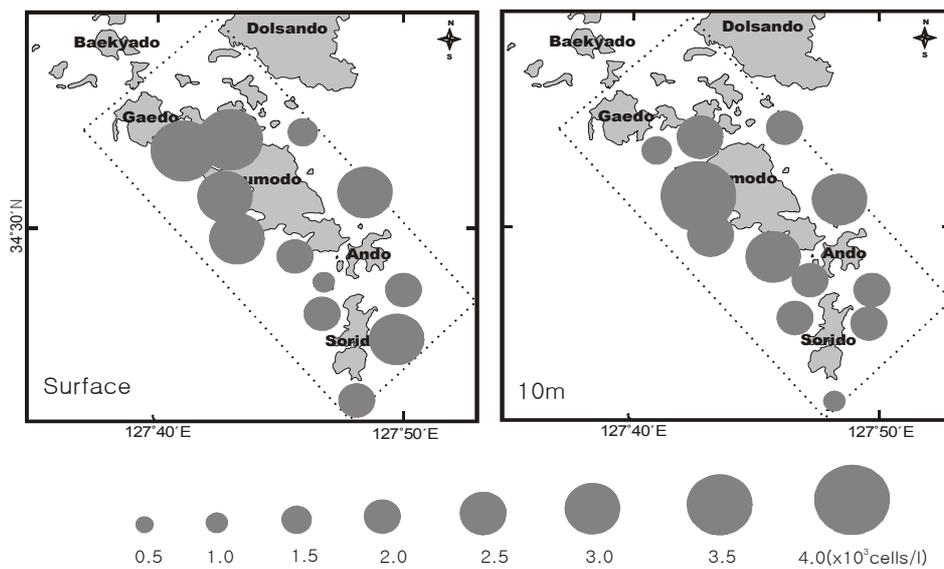


그림 2-2-36. 2003년 11월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수(cells/L).

Fig. 2-2-36. Abundances (cells/L) of ciliate plankton in marine ranching area in the autumn, November 2003.

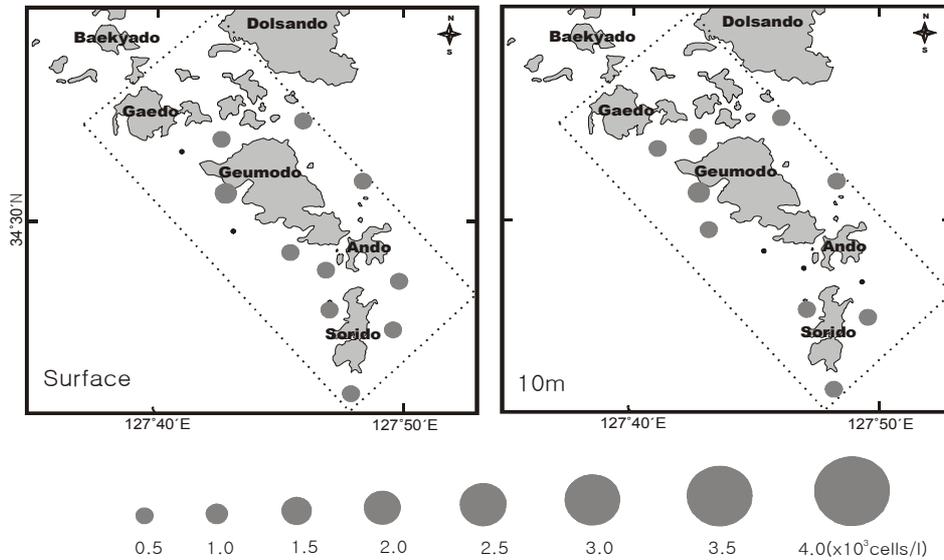


그림 2-2-37. 2004년 1월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수(cells/L).

Fig. 2-2-37. Abundances (cells/L) of ciliate plankton in marine ranching area in the winter, January 2004.

(3) 우점종

섬모충플랑크톤 낮은 개체수로 우점종으로 정확한 언급은 어려우나 2003년 하계에는 연안역을 대표하는 *Tintinnopsis beroidea*와 *Lohmaniella oviformis*가 관찰되었으며 추계에는 1,000-5,000cells/L의 범위로 저수온기에 주로 출현하는 *Strombidium conicum*과 *Stenosemella nivalis*가 우점하였으며 동계에는 *Strombidium conicum*이 추계에 이어 지속적인 분포를 보이나 개체수는 1,000 cells/L 이하로 감소하였다(표 2-2-18).

표 2-2-18. 다도해 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 우점종의 시기별 변화

Fig. 2-2-18. Temporal variation of dominant ciliate plankton species in marine ranching area

Dominant species	Aug. 2002	Oct. 2002	Jan. 2003	Aug. 2003	Nov. 2003	Jan. 2004
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	**	-	-	-		
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	*					
<i>Lohmaniella oviformis</i>	*			-		
<i>Strombidium conicum</i>		-			*	-
<i>Codonellopsis morchella</i>		-				
<i>Stenosemella nivalis</i>					*	

** : >5,000 cells/L, * : 5,000-1000 cells/L, - : <1000 cells/L

(4) 계절 및 연변화

섬모충플랑크톤의 출현종수는 2002년도 전체시기에 37종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 25종, 소모류가 11종, 기타 1종으로 구성되어 있었고, 2003년도에는 전체시기에 35종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 21종, 소모류가 13종, 기타 1종으로 구성되어 있었다. 두 해의 전체 출현종수와 분류군의 조성도 유사하였다. 2003년 하계와 추계는 동계보다 다양하게 약 30여종이 출현하였으며 유종섬모충류의 종조성이 소모류보다 다양하였다. 하계와 동계의 출현종수의 연변화는 크지 않았으나 추계의 경우 2002년 보다 2003년에 큰 폭으로 증가하여 식물플랑크톤 출현종수의 결과와 일치하였다(그림 2-2-38).

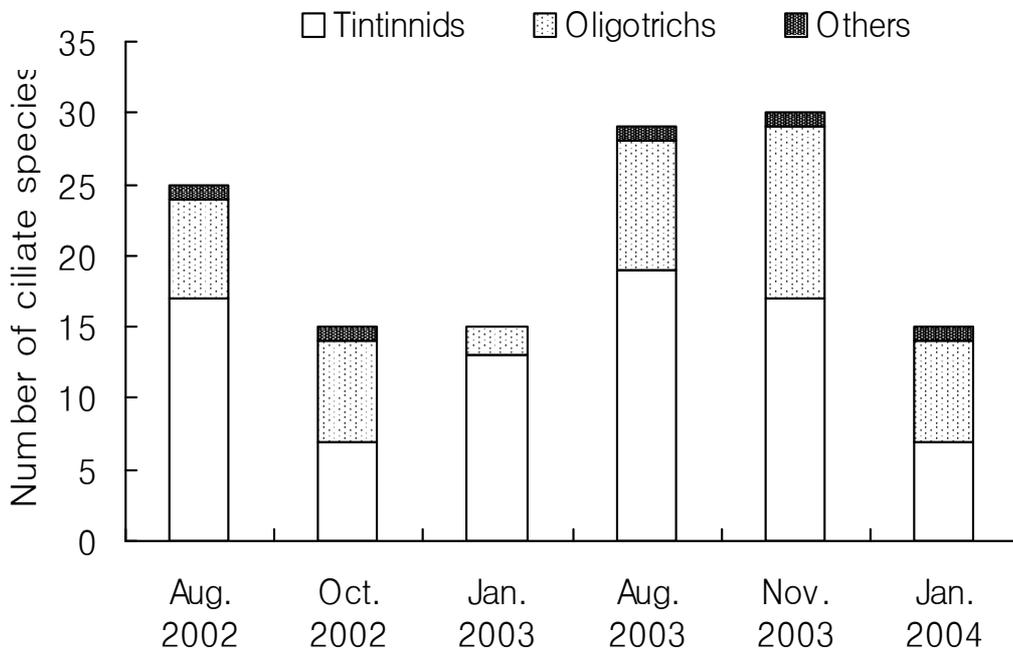


그림 2-2-38. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 출현종수의 시기별 변화.

Fig. 2-2-38. Temporal variation of ciliate plankton species number in marine ranching area.

섬모충플랑크톤의 개체수의 계절변화를 보면 2003년도의 경우 식물플랑크톤과 유사하게 추계에 가장 높은 약 2,000cells/L의 개체수를 보였다. 연변화의 경우 2002년에는 하계 8월에 표층의 경우 3,500cells/L의 최대치를 기록하나 추계와 동계에는 500cells/L 이하로 크게 감소하여 2003년의 개체수 변화와 차이를 보였다. 따라서 섬모충플랑크톤의 개체수는 식물플랑크톤의 현존량과 매우 유사한 시기별 변화 패턴을 나타냈다(그림 2-2-39).

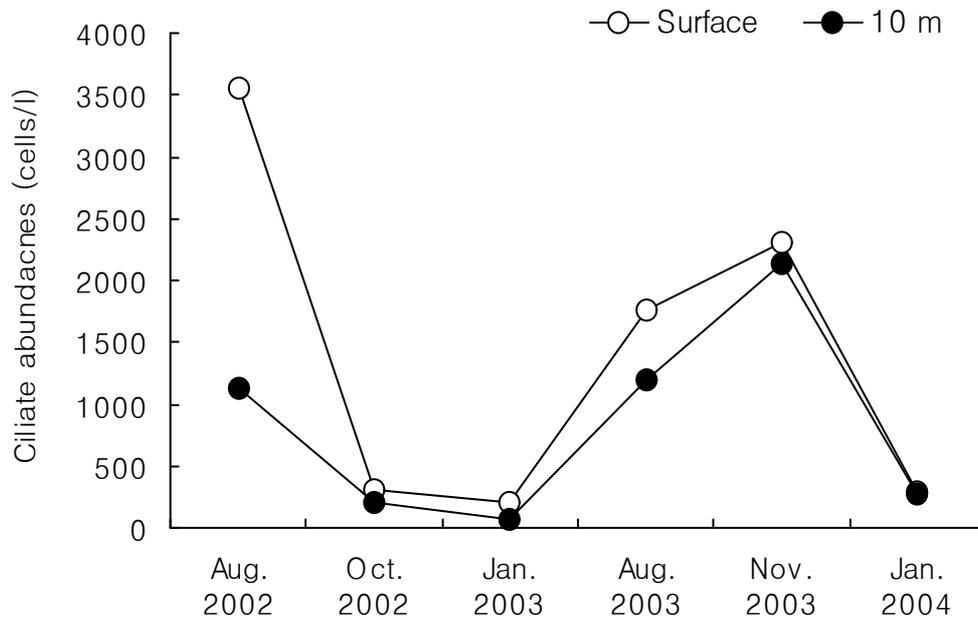


그림 2-2-39. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 개체수(cells/L)의 시기별 변화.

Fig. 2-2-39. Number of Fig. 31. Temporal variation of ciliate plankton abundances (cells/L) in marine ranching area.

우점종의 경우 2002년과 2003년 모두 *Tintinnopsis beroidea*와 *Lohmaniella oviformis*의 우점이 동일하게 관찰되었다. *Tintinnopsis beroidea*의 경우 2002년에 5,000cells/L 이상의 높은 개체수로 분포하여 정량적인 차이를 보였다. 추계의 경우 두 해 모두 *Strombidium conicum*이 우점하였으나 2003년에 보다 높은 개체수로 분포하였으며 동계에는 두 해 모두 낮은 개체수로 우점종의 비교가 어려웠다(표 2-2-18).

라. 대형동물플랑크톤 군집

(1) 동물플랑크톤 주요분류군의 출현 비율

금오도 바다목장 주변해역에서 출현하는 동물플랑크톤의 주요 분류군을 살펴보면, 야광충, 요각류, 화살벌레류, 각 종 유생류 등으로 구성 비율은 조사정점과 계절에 따라 많은 차이를 보였다. 여름철인 8월의 주요 동물플랑크톤 분류군의 구성 비율은 화살벌레류가 평균 16.7%였으며(정점간 3.3~77.3%), 요각류가 평균 20.8%(정점간 5.8~46.0%), 십각류 유생을 포함한 유생류가 17.7%(정점간 4.2~43.5%) 순으로 우점하였다(그림 2-2-40). 가을철인 11월에 야광충은 1%이하의 극히 낮은 구성율을 보였고 주요 분류군의 구성 비율에서는 요각류와 유생의 비율이 각각 47.9%(정점간 범위 35.6~63.5%)와 18.4%(정점간 범위 8.9~31.2%)로 대폭 증가하는 양상을 보였다(그림 2-2-41). 겨울철인 1월에는 가을철에

출현하던 해파리류가 거의 출현하지 않았으며, 요각류가 전 해역에 걸쳐 44% 이상의 높은 조성 비율을 나타냈다. 또한 유생류의 조성 비율도 평균 21.1%(정점간 범위 8.8~35.5%)로 상대적으로 높아졌다(그림 2-2-42).

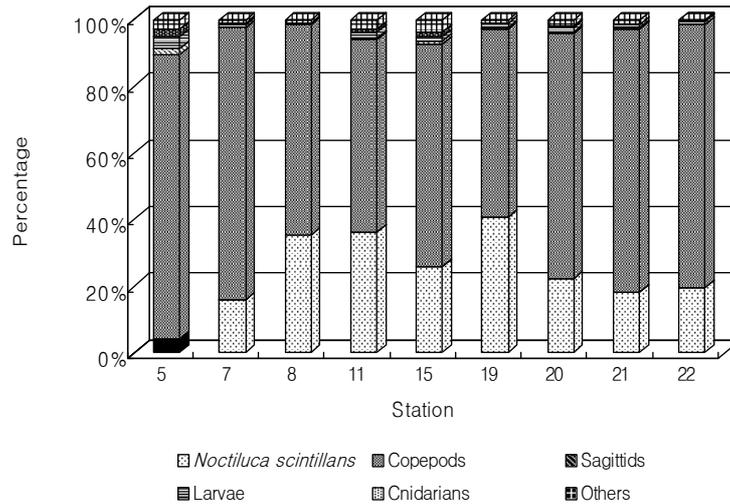


그림 2-2-40. 여름 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율(%).
 Fig. 2-2-40. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in Summer.

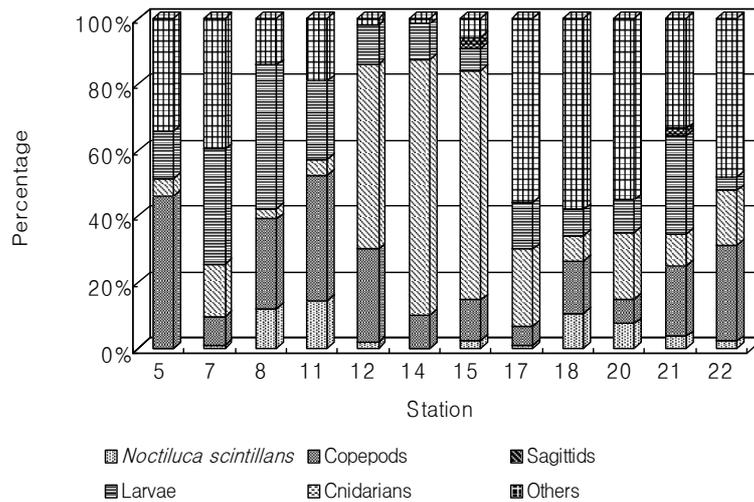


그림 2-2-41. 가을 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율(%).
 Fig. 2-2-41. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in Autumn.

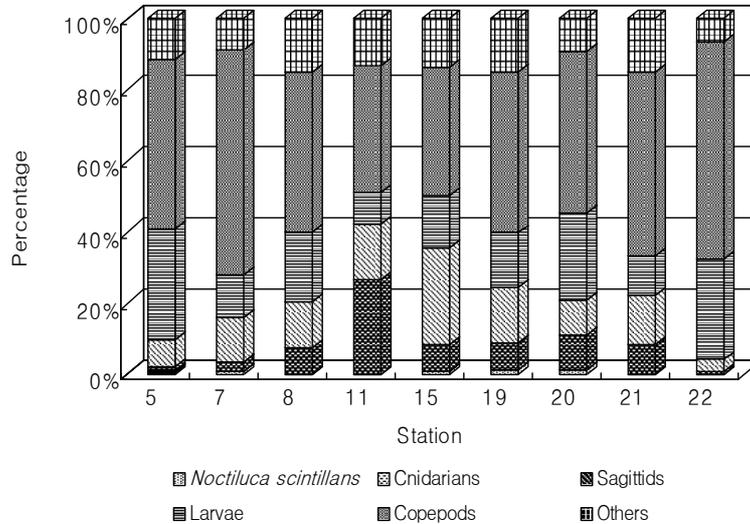


그림 2-2-42. 겨울 바다목장 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 조성비율(%).

Fig. 2-2-42. The changes of relative abundance of the major zooplankton at the each stations in the marine ranching areas in Winter.

(2) 동물플랑크톤의 현존량 및 종조성

동물플랑크톤의 계절에 따른 출현 개체수는 여름철인 8월에는 60indiv./m³(15~101 indiv./m³)로 가장 낮은 출현량을 보인 반면(표 2-2-19), 가을철인 11월에 평균 453 indiv./m³(34~2295indiv./m³)로 가장 높았다(표 2-2-20). 특히, 정점 22번에서는 난치자와 요각류 후기유생(copepodite)이 대량 출현하여 조사기간 중 가장 높은 출현량을 보였다(2295indiv./m³). 겨울철인 1월에는 평균 110indiv./m³(14~288indiv./m³)가 출현하였다.

계절에 따른 주요 출현종을 살펴보면, 여름철에는 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 적은 개체수(<5indiv./m³)이지만 모든 정점에서 고른 분포양상을 보였고, 요각류인 *Acartia pacifica*, *Tortanus forcipatus*, *Paracalanus parvus* s. l., 화살벌레류인 *Sagitta crassa*, 십각류 유생등이 우점하였다. 가을철에는 야광충인 *Noctiluca scintillans*의 출현 개체수가 현저하게 감소한 반면, 여름철에 거의 출현하지 않았던 관해파리류와 빗살무늬해파리가 모든 정점에서 우점하였다. 요각류의 경우 *A. erythraea*, *Paracalanus parvus* s. l., *Centropages abdominalis*, *Corycaeus affinis*, 화살벌레류인 *S. crassa*, *S. enflata*, 거미불가사리 유생인 *Ophiopluteus larvae* 가 우점하였다. 십각류 유생은 여름철에 비해서 다소 낮은 출현개체수를 보였지만 여전히 우점 분류군이였다. 겨울철에는 요각류인 *A. omorii*, *Centropages abdominalis*, *Paracalanus parvus* s. l., *Corycaeus affinis* 이외에 화살벌레류인 *S. crassa*, 십각류 유생, 다모류 유생, 거미불가사리 유생 등이 우점 분류군이였다.

조사기간 동안의 정점별 종 다양도의 범위를 살펴보면, 여름철에는 0.99(정점 14)~2.51(정점 21), 가을철에는 1.75(정점 22)~2.55(정점 8), 겨울철에는 1.85(정점 22)~2.72(정

점 15)로 계절간 커다란 차이를 보이지 않았으나, 계절에 따른 조사정점간의 차이는 여름철에 가장 높게 나타났다.

표 2-2-19. 여름 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량

Table 2-2-19. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in summer (indiv./m³)

Species	Station											
	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Noctiluca scintillans</i>		1	9	2	1		1	1	3	7	2	1
unidentified siphonophorid sp							2				1	
unidentified stomatopoid sp.									1	5	1	
<i>Acartia pacifica</i>	19	3	2		1		1	1	1		5	4
<i>A. erythraea</i>					1		1					
<i>A. sp.</i>												1
<i>Centropages abdominalis</i>									1		3	3
<i>Corycaeus affinis</i>					1		1			2		
<i>Labidocera rotunda</i>							1					
<i>Labidocera acuta</i>				4			2		1	2		3
<i>Lucicutia sp.</i>				2						1		
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1			2	2	1			1			1	
<i>Tortanus forcipatus</i>		2	9	1	7	3	5	3	1	2	1	1
<i>Oithona sp.</i>									1			1
<i>Sagitta crassa</i>	2	14	2	1	19	54	45	19	1	17		3
<i>Sagitta enflata</i>		1					1		1	2	5	8
<i>Lucifer sp.</i>	6	8	4					1	1	15	5	4
unidentified Dololium spp.	6						2		8	10	8	4
unidentified Decapod sp.		2										
unidentified Cidaroid sp.	4	1				1	1	42	1	20	4	23
unidentified Ostracods					1							
unidentified Amphipods		1										
Decapod larvae	5	26	32	4	4	5	2	9	2	10	11	
Cirriped larvae			1									
<i>Oikopleura dioica</i>				2				3			5	
<i>Podon avirostris</i>				1			1					
Gastropod larvae							1					
Bivalve larvae						2	1					
Polycheat larvae	1	1				1	1	2				
Euphausiid larvae											5	3
Fish eggs and larvae	1	28	11	4		1	1	2	5	5	1	3
Copepodites	1	2	3	1		1	1					7
Total abundance (indiv./m³)	46	94	78	15	34	70	65	84	27	101	59	65

표 2-2-20. 가을 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량

Table 2-2-20. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in autumn (indiv./m³)

Species	Station									
	5	7	8	11	15	18	20	21	22	
<i>Noctiluca scintillans</i>	4	2				4	3			
unidentified siphonophorid sp	28	5	8	3	17	21	39	16	68	
unidentified Trachymedusae	1	6	2	3	6	2	3	4	22	
<i>A. erythraea</i>	7	2	1		4	1	3	4	10	
<i>A. sp.</i>		1			3	2	1	1	5	
<i>Centropages abdominalis</i>	3	2	1	4		2				
<i>Corycaeus affinis</i>	15	15	8	1	9	16	6	14	36	
<i>Eucalanus subcrassus</i>	2		2	1	1			2		
<i>Morminilla sp.</i>	2				1			1		
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	71	105	16	7	35	73	41	81	391	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		6					1			
<i>Tortanus forcipatus</i>		2								
<i>Oithona sp.</i>		2								
<i>Sagitta crassa</i>	14	23	9	5	33	12	8	8	17	
<i>Sagitta enflata</i>	18	11	5	2	22	28	11	28	56	
unidentified Ostracoids		1				2		2		
unidentified Amphipods	6		1	1	1			3	12	
Decapod larvae	5	14	2		6	2	8	3	10	
unidentified Mysids	1					2				
Cirriped larvae	4	2	4	1	6	4	4	2		
Gastropod larvae							4			
Bivalve larvae							12			
Polycheat larvae	7	6	2		3	10	3	3	15	
Euphausiid larvae	3	7	4	1	6	7	11	4	5	
<i>Oikopleura dioica</i>	12	5	5	2	10	19	3	18	56	
<i>Ophiopluteus</i> larvae	23	5	9	2	9	14	3	8	58	
<i>Podon polyphemoides</i>				1	1					
<i>Penilia avirostris</i>	2				1	2	3	4	19	
Nematoda					2		4			
Fish eggs and larvae	94					4	5	8	564	
Copepod nauplii	1		12				3		10	
Copepodites	103	43	17	2	20	21	39	24	934	
Total abundance (indiv./m³)	429	262	98	34	195	249	214	245	2295	

표 2-2-21. 겨울 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤 종조성과 현존량

Table 2-2-21. List and abundance of zooplankton at each station of marine ranching area in winter (indiv./m³)

Station										
Species	5	7	8	11	15	18	20	21	22	
<i>Noctiluca scintillans</i>	2	6	1	3	3	1	1	12	4	
unidentified siphonophorid sp	2									
<i>A. omorii</i>	3	8	2	8	2	2	7	29	20	
<i>A. sp.</i>	1									
<i>Centropages abdominalis</i>	2	5		4				2	6	
<i>Corycaeus affinis</i>	12	5	1	7	1	2	4	12	8	
<i>Morminilla sp.</i>		1								
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	8	39	2	70	21	15	4	98	98	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		3		4						
<i>Tortanus forcipatus</i>	2			3						
<i>Oithona sp.</i>	2			1				2		
<i>Sagitta crassa</i>	9	8	1	18	9	2	6	34	22	
unidentified Ostracods				3			1	7	8	
unidentified Amphipods				1				10		
Decapod larvae	2	2	1	6	1	1		5	4	
unidentified Mysids		1								
Cirriped larvae		2		3				5		
Bivalve larvae								31		
Polycheat larvae	6	6	1		2	2	1	7	8	
Euphausiid larvae	2								1	
<i>Oikopleura dioica</i>	2	2		1					1	
<i>Ophiopluteus</i> larvae	15	2	2		2	4	4	12	17	
<i>Podon polyphemoides</i>				1				10		
<i>Penilia avirostris</i>	2									
unidentified Nematods				1						
unidentified Cumaceans		1								
Fish eggs and larvae							1	5		
Copepodites	4	17	1	12	3	2	1	7	7	
Total abundance (indiv./m³)	77	99	14	144	43	32	31	288	208	

(3) 집괴분석

2003년 8월, 11월, 그리고 2004년 1월에 전남 금오도 바다목장화 해역의 9~12개 정점에 대한 조사정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위하여 동물플랑크톤 및 요각류의 분류군 개체수를 자연 log 변환한 후, Euclidian distance를 구하여 집괴분석을 실시하였다. 집괴분석 결과 나타난 수지도에서는 전 조사기간 중 대략 2개의 정점군으로 나눌 수 있었으며(그림 2-2-43에서 그림 2-2-45), 이를 바다 목장 지역에 표시한 결과는 각각 그림 2-2-46, 그림 2-2-47 및 그림 2-2-48과 같다.

여름에 A 정점군은 가막만 남쪽수로와 소리도 남서쪽 해역으로 구성되었고, B 정점군은 이를 제외한 안도 남서부쪽을 포함하였다. 가을철에는 금오도와 소리도를 중심으로 한 A 정점군과 소리도 북동쪽 해역인 B 정점군으로 양분되었으나, 가을철의 A 정점군이 여름철에 비해 남쪽으로 더욱 확장된 형태를 취하였다. 겨울철에는 금오도 남서쪽과 북동쪽 해역으로 구성된 A 정점군과 금오도 중앙부 해역인 B 정점군으로 양분되었다. 이의 집괴분석 결과를 토대로 각 조사시기별, 정점군별 군집특성을 살펴보면 표 3과 같다. 여름철에 A 정점군과 B 정점군 사이의 출현 분류군 수, 출현량은 거의 비슷하였으나, 종 다양도 지수(H)는 B 정점군에서 높았다(표 2-2-22). 우점종의 출현비율에서는 육식성인 *Sagitta crassa*가 A 정점군에서 43.2%로 절대 우점하였으며, 이 밖에 입자식자인 *Acartia pacifica*와 십각류 유생이 상대적으로 높은 출현 비율을 보였다(표 2-2-23). 그러나, B 정점군에서는 육식자인 *S. crassa*의 출현 비율이 상대적으로 감소한 반면, 육식자인 게 유생의 비율이 높아졌다. 입자식자로는 *Acartia pacifica*과 야광충(*Noctiluca scintillans*)의 출현 비율이 상대적으로 높았다(표 2-2-23, 그림 2-2-43과 그림 2-2-46 참조).

가을에는 A 정점군의 종 다양도 지수가 B 정점군에 비해서 다소 높게 나타난 반면, 출현량에서는 5.2배 정도 낮게 나타난다(표 2-2-22). 특히, A 정점군에서는 연안역에 광범위하게 출현하는 입자식자인 *Paracalanus parvus* s. l.가 상대적으로 우점한 반면에, B 정점군에서는 요각류 후기유생인 copepodite와 어류의 난치자가 각각 35.9%와 22.2%로서 높은 출현 비율을 보였다(표 2-2-23, 그림 2-2-44과 그림 2-2-47 참조).

겨울에는 A 정점군이 B 정점군에 비해 출현종 수와 출현량은 낮게 나타났으나, 종 다양도 지수와 우점종의 출현양상은 두 정점군에서 거의 비슷하게 나타났다. 입자식자인 *P. parvus* s. l.와 *A. omorii*의 비율은 두 정점군에서 거의 비슷하게 나타났으나, 육식자의 출현 양상은 다소 차이가 있었다. 즉, A 정점군에서는 십각류 유생이 육식자로서 높은 생태적 지위를 유지하였으나, B 정점군에서는 *S. crassa*가 그 지위를 차지하였다(그림 2-2-45와 그림 2-2-48 참조).

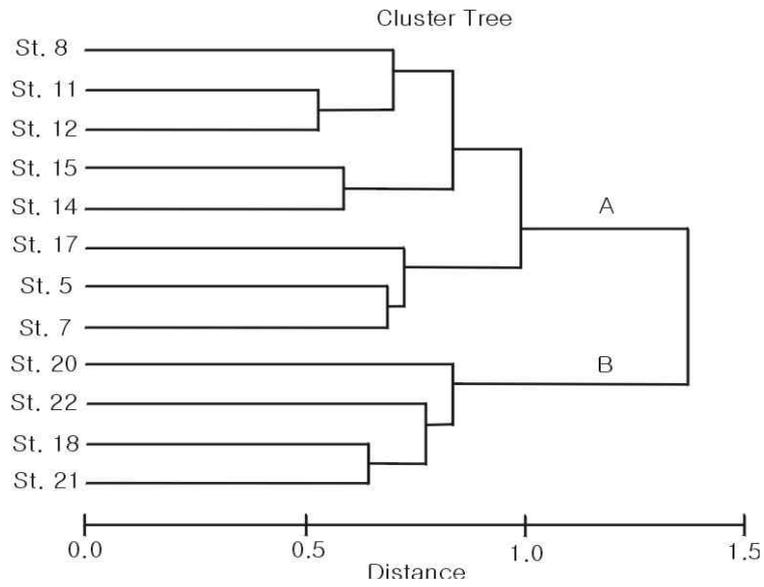


그림 2-2-43 여름철(8월)의 정점간 군집분석.

Fig. 2-2-43. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in summer.

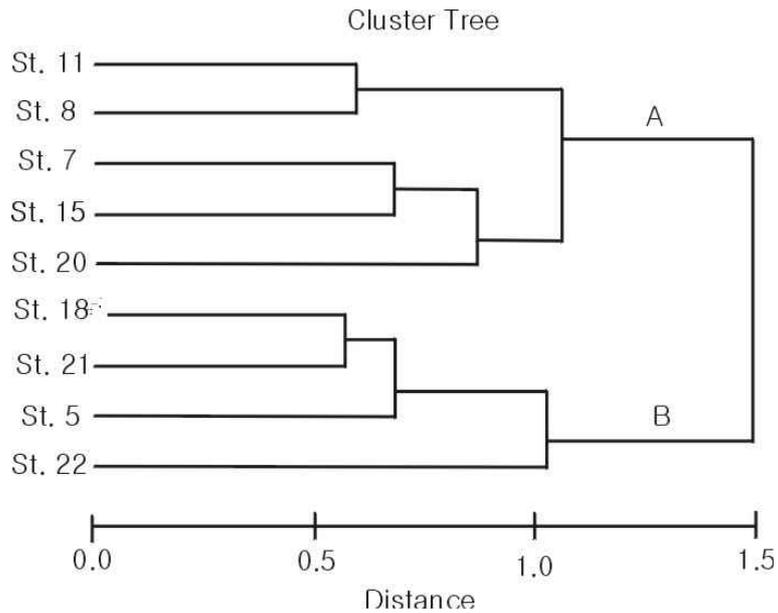


그림 2-2-44. 가을철(11월)의 정점간 군집분석.

Fig. 2-2-44. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in autumn.

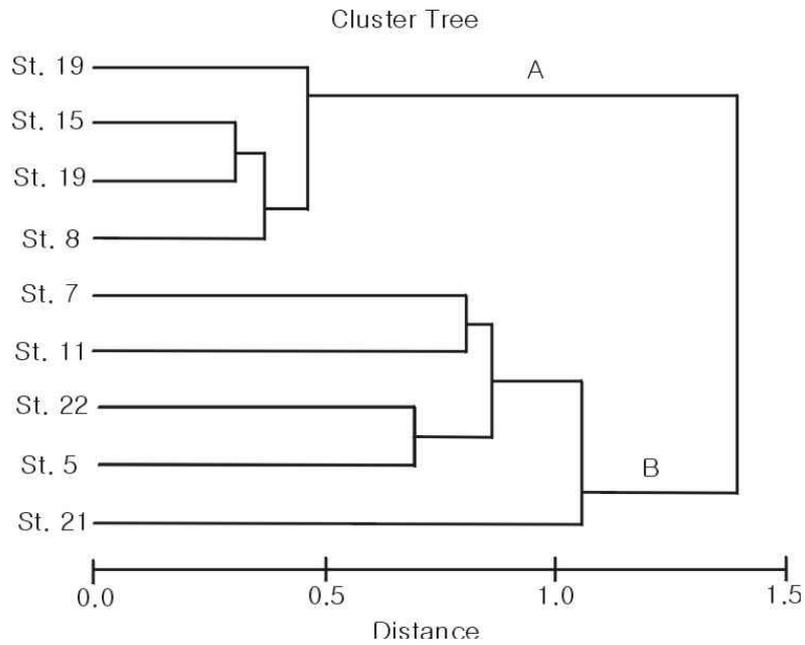


그림 2-2-45. 겨울철(1월)의 정점간 군집분석.

Fig. 2-2-45. The results of cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in winter.

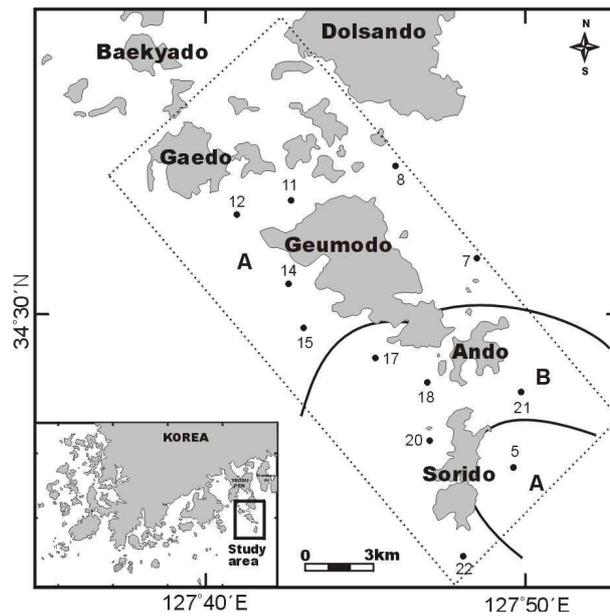


그림 2-2-46. 여름철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포.

Fig. 2-2-46. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in summer.

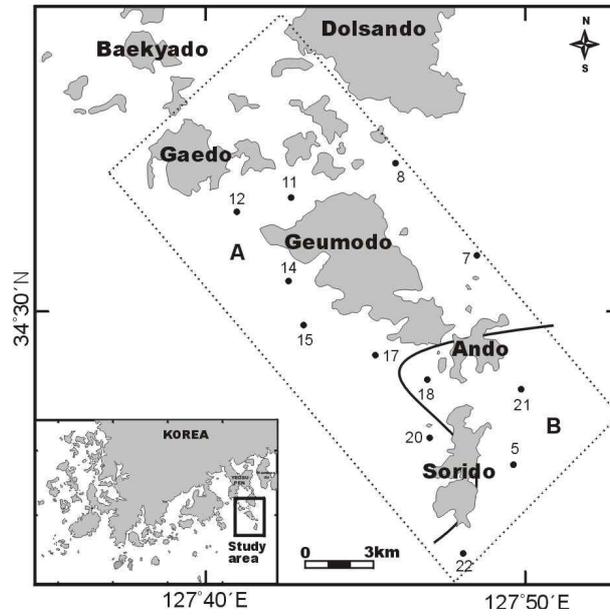


그림 2-2-47. 가을철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포.

Fig. 2-2-47. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in autumn.

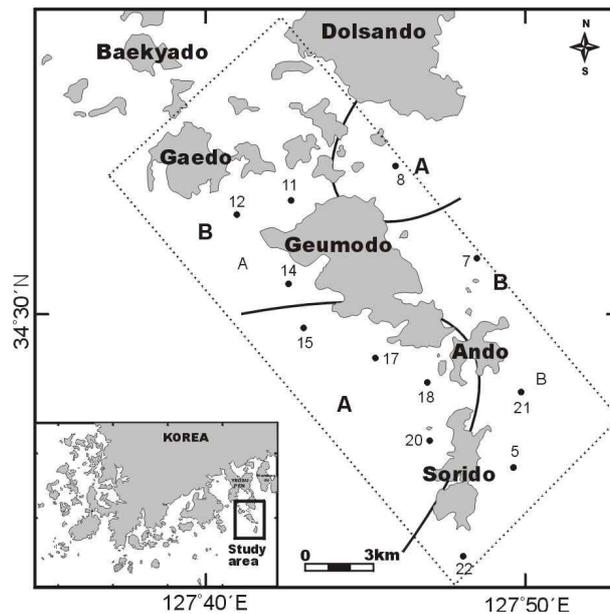


그림 2-2-48. 가을철 집괴분석에 의하여 구분된 정점군의 공간분포.

Fig. 2-2-48. The spatial distribution of station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas in autumn.

표 2-2-22. 바다목장해역에서 군집분석에 의해 분류된 각 정점 그룹의 특성

Table 2-2-22. A characteristics of each station group by cluster analysis with zooplankton in the marine ranching areas

Season Ec	Summer				Autumn				Winter			
	2002		2003		2002		2003		2002		2003	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
No. of Station	4	5	8	4	4	4	5	4	4	5	4	5
No. of Species or taxon	20.5 ±2.9	22.8 ±0.8	11.4±2.77	14.0±1.41	27.3 ±5.0	27.8 ±3.8	19.8±2.86	20.8±2.06	15.0 ±1.2	14.2 ±2.3	9.25 ±0.5	16.0 ±1.73
Abundance (ind./ m ³)	509.5 ±183.7	616.5 ±362.4	60.1 ±26.32	61.3 ±29.56	852 ±223.5	852 ±223.5	166.1 ±84.01	811.9 ±992.30	141.7 ±24.7	57.3 ±14.0	31.9 ±13.3	172.6 ±84.7
Diversity (H')	1.96 ±0.56	2.23 ±0.25	1.62 ±0.36	2.33 ±0.12	2.2 ±0.10	2.2 ±0.10	2.44 ±0.17	2.23 ±0.33	1.6 ±0.07	1.6 ±0.1	2.38 ±0.36	2.25 ±0.28

* EC : Ecological characteristic, No : Number, St. : Station

표 2-2-23. 바다목장해역의 동물플랑크톤 군집구조분석에 의한 우점종과 출현비율

Table 2-2-23. The dominant species and occurrence ratio of zooplankton by cluster analysis in the marine ranching areas

Dominant species	Summer		Dominant species	Autumn		Dominant species	Winter	
	Dominance			Dominance			Dominance	
	A	B		A	B		A	B
<i>N. scintillans</i>	4.1	13.8	Siphonophorid	12.5	4.3	<i>N. scintillans</i>	6.1	3.9
<i>A. pacifica</i>	7.4	10.1	<i>A. erythraea</i>	2.9	0.7	<i>A. omorii</i>	13.3	13.8
<i>T. forcipatus</i>	8.3	6.6	<i>P. parvus</i> s. l.	30.8	20.5	<i>P. parvus</i> s. l.	40.5	45.6
<i>S. crassa</i>	43.2	21.8	Copepodite	18.1	35.9	<i>Corycaeus affinis</i>	8.7	6.9
Decapod larvae	24.1	33.1	<i>S. crassa</i>	11.8	1.7	Copepodite	7.8	6.9
Fish eggs and larvae	12.5	14.2	<i>S. enflata</i>	10.1	4.3	<i>S. crassa</i>	2.8	13.1
			Decapod larvae	4.4	6.5	Decapod larvae	17.5	2.7
			<i>Oikoplura dolica</i>	3.5	3.1	<i>Ophiopluteus</i> larvae	3.0	6.7
			<i>Ophiopluteus</i> larvae	4.1	3.4			
			Fish eggs and larvae	1.2	22.2			

(4) 수중집어등 설치시 동물플랑크톤 종조성 및 출현량

바다 목장화 해역내의 동물플랑크톤 유집 효과를 파악하기 위해 수중집어등 주위(실협구)와 전등 빛이 전혀 영향을 미치는 곳(대조구)을 설정하여 21:40과 00:40에 실시하였다. 또한, 수중집어등 설치가 필요 없는 시간대인 일몰 전 19:00분과 일출 전 08:00의 동물플랑크톤 출현량과 비교하였다(표 2-2-24). 첫 조사 시간인 일몰 전 19:00에 동물플랑크톤 출현량은 1635indiv./m³였으며, 주 구성종은 요각류인 *Acartia omorii*, *Calanus* spp.,

Paracalanus parvus s. l., *Oithona* sp.와 야광충인 *Noctiluca scintillans*였다. 수중집어등 설치 후 2시간 후 동물플랑크톤의 생물량은 실험구와 대조구에서 각각 1566indiv./m³과 1557 indiv./m³로 커다란 차이는 보이지 않았으나 관수모류와 개형충류 만은 실험구에서 높게 나타났다. 5시간 40분 후에는 대조구의 동물플랑크톤의 출현량은 커다란 차이가 나타나지 않은 반면, 실험구의 동물플랑크톤 생물량은 오히려 14배 이상 급속히 감소하였다. 이와 같은 현상은 수중집어등에 의해 유인된 소형어류등에 의한 포식에 기인한 결과일 수 있다. 그러나 수중집어등에 유인되는 동물플랑크톤의 대부분이 부유성 요각류들로 구성되어 있고, 단각류, 쿠마류 등과 같은 저서생물이 거의 출현하지 않은 점을 감안하면, 비교적 수심이 깊은 바다목장화 해역내에서의 수중집어등 효과는 미미할 것으로 생각된다.

표 2-2-24. 집어등 효과에 따른 동물플랑크톤의 종조성과 출현량

Table 2-2-24. List and abundance of zooplankton on effect of underwater light

Species	19:00		21:40		0:40		08:00	
	Control	Control	Underwater light	Control	Underwater light	Control	Control	
<i>Noctiluca scintillans</i>	76	22	50	27	0		2	
unidentified Siphonophorid sp	9	8	75	3	0		2	
unidentified Trachymedusae	0	1	3	7	0		0	
<i>Acartia omorii</i>	108	32	34	48	3		50	
<i>Centropages abdominalis</i>	3	24	3	5	0		4	
<i>Corycaeus affinis</i>	3	1	0	2	0		6	
<i>Calanus</i> spp.	525	303	460	490	36		277	
<i>Euchaeta rimana</i>	19	5	25	0	1		4	
<i>Labidocera rotunda</i>	0	0	0	2	0		0	
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	801	993	758	729	60		411	
Harpacticoid sp.	0	1	12	3	0		0	
<i>Oithona</i> sp.	44	81	25	24	3		29	
<i>Sagitta crassa</i>	5	3	6	2	1		4	
Ostracod sp.	3	4	59	17	0		4	
Decapod larvae	9	3	3	17	0		4	
undentified Mysiids	0	0	3	0	0		0	
Cirriped larvae	2	3	0	0	0		0	
Bivalve larvae	0	8	0	2	0		0	
Gastropod larvae	6	28	3	0	0		0	
Polychaet larve	5	1	6	0	0		0	
Euphausia larvae and eggs	8	5	16	45	3		29	
<i>Euphausia pacifica</i>	0	20	0	0	0		0	
<i>Oikopleura dioica</i>	8	5	9	5	1		8	
<i>Ophiopluteus</i> larvae	0	0	6	0	0		0	
Cumacean	0	3	0	0	0		0	
Fish larvae	0	3	9	0	0		0	
Total avundance (indiv./mm ³)	1635	1557	1566	1428	109		837	

(5) 바다 목장화 해역내의 동물플랑크톤 출현량 연변동

목장화 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 출현량은 계절적으로 뚜렷한 연변동을 보였다(표 2-2-25). 2002년도에는 여름철에 따개비와 십각류 등을 포함한 유생류, 요각류, 화살벌레류 순으로, 가을철에는 요각류, 화살벌레류, 관수모류 순으로, 겨울철에는 요각류와 십각류를 포함한 유생류 순으로 우점종이 변화하였다. 그러나, 2003년에는 여름철에 화살벌레류, 유생류, 요각류 순으로, 가을과 겨울철에 요각류, 유생류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현량은 여름철을 제외한 가을과 겨울철에는 전년도와 커다란 차이를 보이지 않았다. 다만, 2003년도 여름철에 동물플랑크톤 출현량은 전년도에 비해 50배 이상 낮은 평균 <math> <60\text{indiv./m}^3 </math>로 낮게 나타났다. 그러나, 이러한 차이는 연간 생물량의 차이라기 보다는 2003년도의 여름철 채집이 장기간의 강수가 집중된 뒤 이루어짐으로서 주변의 육수가 해양에 대량으로 유입이 되어 조사해역의 저염화를 초래한 결과로 보인다. 이러한 사실은 금오도 바다 목장화 해역이 여름철에 강수가 집중되면 섬진강과 주변의 육수로부터 유입되는 육수에 의한 저염화에 영향을 받을 수 있음을 시사하고 있다.

표 2-2-25. 바다목장해역에 출현하는 동물플랑크톤의 계절별 출현량

Table 2-2-25. Seasonal abundance of zooplankton in marine ranching area

Taxa	Year	2002											
		Summer				Autumn				Winter			
		Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%
<i>Noctiluca scintillans</i>		82	523	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnidarians		56	213	4	10	72	258	19	12	0	0	0	0
Copopods		137	553	18	24	363	693	122	59	66	124	24	70
Chaetognaths		100	262	38	18	95	137	40	15	6	14	2	7
Larvae		148	279	53	26	58	109	22	9	14	32	7	15
Others		46	86	24	8	28	48	11	5	8	14	1	8
Total		569	1916	137	100	615	1245	214	100	95	184	34	100

Taxa	Year	2003											
		Summer				Autumn				Winter			
		Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%
<i>Noctiluca scintillans</i>		2	9	0	4	2	4	0	0	4	12	1	3
Cnidarians		0	2	0	0	14	22	5	3	0	2	0	0
Copopods		11	21	4	18	251	1393	15	55	67	153	7	61
Chaetognaths		16	54	1	27	35	73	6	8	12	34	1	11
Larvae		11	33	2	19	110	652	4	24	21	69	6	19
Others		20	54	1	33	42	156	6	9	6	26	0	6
Total		60	173	8	100	453	2300	36	100	110	296	15	100

* Max : Maximum, Min : Minimum

마. 저서동물 군집

(1) 동물군별 밀도와 생체량의 공간분포

(가) 2003년 8월 조사결과

정점별로 동물군의 밀도를 표 2-2-26에 나타내었다. 12개 정점에서 202 종의 저서동물이 총 27,540개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 930~5,180개체/m²의 변동 범위(평균 2,295개체/m²)를 나타내었다. 환형동물 다모류(APol)와 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 밀도가 높게 조사된 정점 11에서 최대값이, 그리고 정점 20에서 최소값이 관찰되었다.

동물군별로는 전 정점에서 채집된 환형동물 다모류(APol)가 64.0%(17,630개체)로 가장 높은 비중을 나타냈으며, 특히 정점 8, 11, 18에서 높은 출현밀도를 나타내었다. 일부 정점(정점 5, 7, 15, 17)을 제외한 8개 정점에서 채집된 극피동물 거미불가사리류(EOp)는 3,370개체가 채집되어 12.2%의 비중을 점유하였다. 연체동물 이매패류(MBi)와 갑각류 단각류(CAm)는 각기 2,800개체(10.2%), 1,620개체(5.9%)가 출현하였다.

정점별로 동물군의 생체량을 표 2-2-27에 나타내었다. 12개 정점에서 총 3451.471g 으로 측정되었다. 정점별 생체량은 17.24~1034.038g/m²의 변동 범위(평균 287.623g/m²)를 나타내었다. 극피동물 성게류(EEc)의 생체량 기여도가 높은 정점 14에서 최대값이, 그리고 정점 21에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 극피동물 거미불가사리류(EOp)가 총 1209.07g 생체량이 측정되어 가장 높은 비중인 35.0%를 점유하였다. 다음은 정점 14에서 관찰된 극피동물 성게류(EEc)가 1009.71g의 생체량으로 29.3%의 비중을 나타냈다. 8개 정점(정점 11, 17, 21, 22를 제외한 정점들)에서 채집된 연체동물 복족류(MGs)는 662.504g, 19.2%로 조사되었다. 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 이매패류(MBi)는 각기 7.8% (268.648g) 그리고 6.1%(210.558g)의 비중을 점유하였다.

(나) 2003년 12월 조사결과

정점별로 동물군의 밀도를 표 2-2-28에 나타내었다. 12개 정점에서 183종의 저서동물이 총 22,760개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 80~5,300개체/m²의 폭넓은 변동 범위(평균 1,897개체/m²)를 나타내었다.

환형동물 다모류(APol)의 밀도가 높게 조사된 정점 11에서 최대값이, 그리고 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류(MGs)만이 출현한 정점 7에서 최소값이 관찰되었다.

동물군 별로는 전 정점에서 채집된 환형동물 다모류(APol)가 15,190 개체가 채집되어 66.7%의 가장 높은 비중을 나타냈다. 본 동물군은 특히 정점 11, 18에서 높은 출현밀도를, 정점 7과 20에서 낮은 밀도를 나타냈다. 정점 7을 제외한 11개 정점에서 채집된 연체동물 이매패류(MBi)는 3,430 개체로 15.1%의 비중을 점유하였다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 갑각류 단각류(CAm)는 각기 1,430 개체(6.3%) 그리고 1,370 개체(6.0%)가 조사되었다.

정점별로 동물군의 생체량을 표 2-2-29에 나타내었다. 12개 정점에서 총 2515.168g이 측정되었다. 정점별 생체량은 1.128~688.564g/m²의 변동 범위(평균 209.597g/m²)를 나타내었다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 생체량 기여도가 높은 정점 18에서 최대값이, 그리고 정점 7에서 최소값이 관찰되었다.

동물군 별로 살펴보면 정점 14, 20, 21에서 출현한 극피동물 성게류(EEc)는 총 1009.09g 생체량이 측정되어 가장 높은 비중인 40.1%를 점유하였다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)는 517.83g 생체량으로 20.6%의 비중을 나타냈다. 연체동물 이매패류(MBi)는 320.054g 생체량이 측정되어 12.7%의 비중을 차지하였으며, 환형동물 다모류(APol)는 9.8%(246.836g)의 비중을 점유하였다.

(다) 2004년 2월 조사결과

정점별로 동물군의 밀도를 표 2-2-30에 나타내었다. 12개 정점에서 175종의 저서동물이 총 23,070 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 760~4,050개체/m²의 변동 범위(평균 1,923 개체/m²)를 나타내었다. 환형동물 다모류(APol)의 밀도가 높게 조사된 정점 11에서 최대값이, 그리고 정점 17에서 최소값이 관찰되었다.

동물군 별로는 전 정점에서 채집된 환형동물 다모류(APol)가 총 14,490 개체가 조사되어 최고 비중인 62.8%를 점유하였다. 다모류는 특히 정점 11과 18에서 높은 밀도를 보였다. 전 정점에서 채집된 이매패류(MBi)는 4,150 개체(18.0%)가 관찰되었으며, 특히 정점 7과 8에 집중되어 나타났다. 갑각류 단각류(CAm)와 극피동물 거미불가사리류(EOp)는 각기 1,810개체(7.8%) 그리고 1,080개체(4.7%)가 출현하였다.

표 2-2-31에 2004년 2월 조사결과를 정점별 동물군별 생체량으로 나타내었다. 12개 정점에서 총 1939.784g이 측정되었다. 정점별 생체량은 22.51~634.934g/m²의 변동 범위(평균 161.649g/m²)를 나타내었다. 극피동물 성게류(EEc)의 생체량 기여도가 높은 정점 20에서 최대값이, 그리고 정점 21에서 최소값이 관찰되었다.

동물군 별로 가장 높은 비중을 점유한 동물군은 극피동물 성게류(EEc)인 것으로 조사되었다. 이 동물군은 정점 14, 20, 22에서 총 822.94g 생체량이 측정되어 42.4%를 점유하였다. 다음은 정점 5와 17을 제외한 10개 정점에서 관찰된 극피동물 거미불가사리류(EOp)가 511.78g의 생체량으로 26.4%의 비중을 나타냈다. 환형동물 다모류(APol), 기타동물군(Others) 그리고 연체동물 이매패류(MBi)는 각기 11.3%(219.18g), 5.2%(101.198g) 그리고 5.1%(99.53g)의 비중을 점유하였다.

표 2-2-26. 저서동물의 동물군별 출현밀도(개체/㎡)(2003년 8월)

Table 2-2-26. Abundance (inds./㎡) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Aug. 2003)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	1290	1500	3080	2720	1040	1080	890	1230	2620	450	1380	350	17630
CAm	40	20	190	310	120	250	60	20	480	90		40	1620
CCu			200	180					200				580
CDA			30		30				10	10			80
CDB		10	40	10									60
CDM	20	10	10		10	10			40	10			110
CIs			20	40		20			20			20	120
CLe									10				10
CMy				10									10
COs				10									10
EEc						30							30
EHo				10					10			10	30
EOp			280	1340	20	10			500	10	70	1140	3370
MBi	250	210	260	440	240	380	70	150	150	290	360		2800
MGs	20	20	80		40	10	30		100	20			320
MPo			20						10				30
MSc					10								10
Others	20	30	200	110	10	70	40	30	40	50	80	30	710
Pyc												10	10
Total	1640	1800	4410	5180	1520	1860	1090	1430	4190	930	1890	1600	27540

표 2-2-27. 저서동물의 동물군별 생체량(g/m²)(2003년 8월)

Table 2-2-27. Biomass (g/m²) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Aug. 2003)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	11.07	29.08	90.51	16.31	9.79	5.25	9.97	19.49	58.25	5.624	10.9	2.41	268.65
CAm	0.01	0.08	0.11	0.17	0.11	0.32	0.19	0.02	0.54	0.19		0.29	2.03
CCu			0.21	0.162					0.24				0.61
CDA			1.18		6.59				0.05	0.06			7.88
CDB		0.07	3.12	0.03									3.22
CDM	0.18	0.17	0.02		0.08	0.02			1.28	0.16			1.91
CI _s			0.03	0.05		0.04			0.06			0.11	0.29
CLe									0.02				0.02
CMy				0.02									0.02
CO _s				0.004									0.004
EEc						1009.71							1009.71
EHo				0.48					29.19			13.94	43.61
EOp			1.35	71.15	0.66	0.09			256.08	9.38	2.14	868.22	1209.07
MBi	96.63	7.76	16.59	28.39	9.57	13.78	6.68	20.44	5.7	1.62	3.4		210.55
MG _s	0.08	0.36	133.15		0.09	0.36	14.87		513.2	0.39			662.50
MPo			0.2						0.67				0.87
MSc					0.01								0.01
Others	0.61	0.18	3.37	8.10	6.6	4.47	0.3	0.3	0.6	0.89	0.8	4.26	30.48
Pyc												0.01	0.01
Total	108.58	37.7	249.85	124.86	33.5	1034.03	32.01	40.25	865.87	18.314	17.24	889.23	3451.47

표 2-2-28. 저서동물의 동물군별 출현밀도(개체/㎡)(2003년 12월)

Table 2-2-28. Abundance (inds./m²) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Dec. 2003)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	850	70	380	3960	710	700	1250	320	3570	290	1350	1740	15190
CAm	50		60	420	220	140	130	20	160	100	20	50	1370
CCu				20					50				70
CDA									10		10	10	30
CDB	10			10	10				20	10			60
CDM				10	20				30				60
ClS				20									20
CMy									10				10
CTa				10									10
EEc						20				10	10		40
EHo					10	10			40			20	80
EOp				420		20	10		930	30		20	1430
MBi	590		610	310	840	150	320	60	240	30	230	50	3430
MGs		10	40	10	20	10	10		20	60	50	30	260
Others	30		10	110	20	80	60	50	120	90	70	60	700
Total	1530	80	1100	5300	1850	1130	1780	450	5200	620	1740	1980	22760

표 2-2-29. 저서동물의 동물군별 생체량(g/m²)(2003년 12월)

Table 2-2-29. Biomass (g/m²) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Dec. 2003)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	17.39	1.118	2.526	34	7.96	5.97	23.02	4.192	69.52	22.46	52.514	6.166	246.836
CAm	0.028		0.044	0.298	0.534	0.058	0.078	0.02	0.094	0.034	0.014	0.06	1.262
CCu				0.01					0.04				0.05
CDA									9.01		3.46	0.21	12.68
CDB	2.17			2.35	0.19				23.24	1.21			29.16
CDM				1.08	18.19				0.5				19.77
CIs				0.12									0.12
CMy									0.01				0.01
CTa				0.03									0.03
EEc						395.29				487.96	125.84		1009.09
EHo					0.07	96.4			17.9			0.27	114.64
EOp				26.45		11.79	0.06		460.44	18.94		0.15	517.83
MBi	3.104		32.204	5.05	2.93	0.53	22.264	2.76	4.86	64.274	181.924	0.154	320.054
MGs		0.01	0.784	0.05	3.32	17.45	3.03		84.12	0.08	60.884	0.294	170.022
Others	0.06		0.05	0.654	0.19	0.94	0.66	0.48	18.83	1.06	18.32	32.37	73.614
Total	22.752	1.128	35.608	70.092	33.384	528.428	49.112	7.452	688.564	596.018	442.956	39.674	2515.168

표 2-2-30. 저서동물의 동물군별 출현밀도(개체/㎡)(2004년 2월)

Table 2-2-30. Abundance (inds./㎡) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Feb. 2004)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	680	1680	760	3190	1130	820	840	460	2730	620	720	860	14490
CAm	20	150	40	260	80	160	220	30	200	180	20	450	1810
CCu	10	60	80	70	100	10	20		30				380
CDA	20				10					10			40
CDB		20			10				10				40
CDM					10		10				10	10	40
CI _s					10	10			20				40
CO _s									10				10
EEc						10				40		10	60
EHo		10							10				20
EOp		40	10	10	10	20	10		680	40	20	240	1080
MBi	240	630	1040	440	460	300	350	160	320	70	20	120	4150
MG _s		10	90	20	70	20	60	60	10	20	10	10	380
MPo									10				10
Others	60	70	20	60	20	30	10	50	80	60	30	30	520
Total	1030	2670	2040	4050	1910	1380	1520	760	4110	1040	830	1730	23070

표 2-2-31. 저서동물의 동물군별 생체량(g/m²)(2004년 2월)

Table 2-2-31. Biomass (g/m²) of the macrobenthos classified by the taxonomic group (Feb. 2004)

Taxon	St.5	St.7	St.8	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	Total
APol	31.22	13.66	5.95	38.08	14.72	7.55	10.14	26.19	29.15	24.97	10.19	7.36	219.18
CAm	0.004	0.114	0.114	0.81	0.11	0.53	0.39	0.01	0.58	0.48	0.02	0.54	3.702
CCu	0.004	0.03	0.06	0.06	0.07	0.004	0.01		0.06				0.298
CDA	9.914				0.37					0.05			10.334
CDB		8.49			0.76				0.39				9.64
CDM					3.8		0.6				7.41	0.23	12.04
CI _s					1.45	0.01			0.08				1.54
CO _s									0.02				0.02
EEc						217.66				605.13		0.15	822.94
EHo		41.59							32.3				73.89
EOp		23.55	0.01	0.47	4.98	7.05	0.16		303.03	1.97	0.43	170.13	511.78
MBi	1.084	3.268	32.564	7.33	1.93	12.49	13.47	22.51	3.71	0.66	0.42	0.094	99.53
MG _s		0.03	11.244	0.11	12.35	9.24	0.624	0.27	34.82	1.39	3.5	0.004	73.582
MPo									0.11				0.11
Others	0.99	1.85	0.29	1.61	0.17	1.42	0.05	0.324	93.19	0.284	0.54	0.48	101.198
Total	43.216	92.582	50.232	48.47	40.71	255.954	25.444	49.304	497.44	634.934	22.51	178.988	1939.784

(2) 우점종

표 2-2-32에 2003년 8월의 조하대 서식 저서동물 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol)의 *Magelona japonica*로 조사되었다. 본 종은 9개 정점(정점 8, 18, 22를 제외한 정점)에서 2,910개체가 채집되어 10.6%의 비중을 차지하였다. 상위 2위는 역시 환형동물 다모류(APol)의 *Tharyx* spp.로 전 정점에서 총 2,030 개체(7.4%)가 출현하였다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Amphioplus megapomus*와 *Ophiopholis mirabilis*는 각기 1,720 개체(6.2%) 그리고 1,270 개체(4.6%)로 상위 3위와 4위를 차지하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 저서동물에는 환형동물 다모류(APol)가 6종으로 가장 다양하게 출현하였다. 그 외에는 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 연체동물 이매패류(MBi)가 각기 2종씩 포함되었으며, 상위 우점종 10종들이 전체 50.8%의 비중을 점유하였다.

표 2-2-33에 2003년 8월의 조하대 서식 저서동물 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*로 나타났다. 본 종은 정점 14에서 총 1009.71g 생체량이 측정되었으며, 전체 29.3%의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 다음으로는 정점 18과 22에서 조사된 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*가 전체 26.7%(920.03g) 비중을 차지하였다. 상위 3위를 차지한 종은 연체동물 복족류(MGs)의 *Siphonalia fuscolineata*로 492.4g(14.3%)의 생체량이 정점 18에서 채집되었다. 상위 4위와 5위를 기록한 종들은 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophioplocus japonicus*와 연체동물 복족류(MGs)의 *Volutharpa ampullacea perryi*로 각각 5.8% (201.3g)와 3.9%(134.14g)의 비중을 차지하였다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지 랭크된 동물군들에는 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 성게류(EEc)가 4종, 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs) 그리고 환형동물 다모류(APol)가 2종씩 포함되었다. 앞에서 언급한 생체량 우점종 10종들은 전체 생체량의 88.6%를 차지하였다.

표 2-2-34에 2003년 12월의 조하대 서식 저서동물 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol)의 *Tharyx* spp.로 조사되었다. 본 종은 정점 5를 제외한 11개 정점에서 3,520 개체가 채집되어 15.5%의 비중을 차지하였다. 상위 2위는 환형동물 다모류(APol)의 *Magelona japonica*로 정점 7과 18을 제외한 10개 정점에서 총 2,280 개체가 출현하여 10.0%의 비중을 점유하였다. 연체동물 이매패류(MBi)의 *Theora fragilis*는 9개 정점(정점 7, 11, 18을 제외한 정점들)에서 1,620 개체(7.1%)가 채집되어 상위 3위를 기록하였다. 환형동물 다모류(APol)의 *Cirrophorus armatus*와 연체동물 이매패류(MBi)의 *Moerella* sp.는 각기 4.13%(940 개체) 그리고 4.09%(930 개체)로 상위 4위와 5위를 차지하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 저서동물에는 환형동물 다모류(APol)가 7종, 연체동물 이매패류(MBi)와 극피동물 거미불가사리류(EOp)가 각기 2종 그리고 1종씩 포함되었으며, 이 상위 10 종들은 전체 56.5%의 비중을 점유하였다.

표 2-2-35에 2003년 12월의 조하대 서식 저서동물 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*로 조사되었다. 본 종은 정점 14, 20, 21에서 총 1009.09g 생체량이 측정되었으며, 전체 40.1%의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 상위 2위를 차지한 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*는 정점 18에서 281.37g의 생체량이 측정되어 11.2%의 비중을 점유하였다. 연체동물 이매패류(MBi)의 *Acila divaricata*와 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Amphioplus ancistrotus*는 각기 9.8%(245.38g) 그리고 4.3%(107.71g)의 비중으로 상위 3위와 4위를 기록하였다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군들을 살펴보면 극피동물 거미불가사리류(EOp), 성게류(EEc)와 해삼류(EHo)가 5종으로 가장 다양한 것으로 조사되었다. 그 외에는 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs)가 각기 2종씩 그리고 환형동물 다모류(APol)가 1종 포함되었다. 위의 생체량 기준 우점종 상위 10 위까지의 종들은 전체 생체량의 80.4%를 차지하였다.

표 2-2-36에 2004년 2월의 조하대 서식 저서동물의 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol)의 *Tharyx* spp.로 나타났다. 본 종은 전 정점에서 3,210 개체가 채집되어 13.9%의 비중을 차지하였다. 상위 2위는 환형동물 다모류(APol)의 *Magelona japonica*로 10개 정점(정점 18, 22를 제외한 정점)에서 총 2,670 개체가 채집되어 11.6%의 비중을 점유하였으며, 특히 정점 11에서 높은 밀도로 출현하였다. 상위 3~5위를 점유한 종들은 모두 연체동물 이매패류(MBi)인 것으로 조사되었다. 이 종들은 *Moerella* sp., *Theora fragilis* 그리고 *Raetellops pulchella*로 각기 5.6%(1,290 개체), 4.8%(1,100 개체) 그리고 4.6%(1,070 개체)의 비중을 점유하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군을 살펴보면 환형동물 다모류(APol)가 6종, 연체동물 이매패류(MBi)와 갑각류 단각류(CAm)가 각기 3종 그리고 1종씩 포함되었으며, 이 상위 10 종들은 전체 56.3%의 비중을 점유하였다.

표 2-2-37에 2004년 2월의 조하대 서식 저서동물의 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*인 것으로 조사되었다. 본 종은 정점 14와 20에서 총 822.79g 생체량이 측정되어 전체 42.4%의 최고 비중값을 보였다. 상위 2~4위를 기록한 종들은 모두 극피동물 거미불가사리류(EOp)에 포함되는 종들이었다. 이 종들은 *Ophiothrix exigua*, *Ophiopholis mirabilis* 그리고 *Ophioplocus japonicus*로 각기 191.26g(9.9%), 175.26g(9.0%) 그리고 98.17g(5.1%)의 생체량이 정점 18과 22에서 측정되었다. 환형동물 다모류(APol)의 *Sternaspis scutata*는 정점 12를 제외한 11개 정점에서 75.02g, 3.9%의 비중을 점유하여 상위 5위에 랭크되었다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군들을 살펴보면 극피동물 거미불가사리류(EOp), 성게류(EEc)와 해삼류(EHo)가 6종으로 가장 다양한 것으로 조사되었다. 그 외에는 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs), 환형동물 다모류(APol) 그리고 기타동물군(Others)이 1종씩

포함되었다. 위의 생체량 기준 우점종 상위 10 위까지의 종들은 전체 생체량의 82.6%를 차지하였다.

표 2-2-32. 밀도 기준 저서동물 우점종(2003년 8월)

Table 2-2-32. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Aug. 2003)

Order	Taxon	Species name	Tot. abundance	percent	cum. percent
1	APol	<i>Magelona japonica</i>	2910	10.6%	10.6%
2	APol	<i>Tharyx</i> spp.	2030	7.4%	17.9%
3	EOp	<i>Amphioptus megapomus</i>	1720	6.2%	24.2%
4	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	1270	4.6%	28.8%
5	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	1180	4.3%	33.1%
6	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	1140	4.1%	37.2%
7	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	1110	4.0%	41.2%
8	APol	<i>Polydora</i> spp.	900	3.3%	44.5%
8	MBi	<i>Theora fragilis</i>	900	3.3%	47.8%
10	MBi	<i>Moerella</i> sp.	830	3.0%	50.8%
11	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	660	2.4%	53.2%
12	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	640	2.3%	55.5%
13	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	530	1.9%	57.4%
14	APol	<i>Polyodontes</i> sp.	410	1.5%	58.9%
15	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	360	1.3%	60.2%
15	APol	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	360	1.3%	61.5%
15	MBi	<i>Nipponomysella</i> sp.	360	1.3%	62.9%
18	CAm	<i>Maera serratipalma</i>	330	1.2%	64.1%
19	APol	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	320	1.2%	65.2%
20	APol	<i>Ampharete arctica</i>	290	1.1%	66.3%
20	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	290	1.1%	67.3%
20	CCu	<i>Bodotria carinata</i>	290	1.1%	68.4%
23	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	270	1.0%	69.4%
24	APol	<i>Glycera chirori</i>	260	0.94%	70.3%
25	CAm	<i>Eriopisella sechellensis</i>	250	0.91%	71.2%
26	APol	<i>Prionospio ehlersi</i>	230	0.8%	72.0%
27	APol	Harmothoinae spp.	200	0.7%	72.8%
27	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	200	0.7%	73.5%
29	APol	<i>Amaeana occidentalis</i>	180	0.7%	74.1%
29	APol	<i>Paraprionospio pinnata</i>	180	0.7%	74.8%
29	CCu	<i>Gynodiastylis rotundicaudata</i>	180	0.7%	75.5%

표 2-2-33. 생체량 기준 저서동물 우점종(2003년 8월)

Table 2-2-33. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Aug. 2003)

Order	Taxon	Species name	Tot. biomass(g)	percent	cum. percent
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	1009.71	29.3%	29.3%
2	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	920.03	26.7%	55.9%
3	MGs	<i>Siphonalia fuscolineata</i>	492.4	14.3%	70.2%
4	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	201.3	5.8%	76.0%
5	MGs	<i>Volutharpa ampullacea perryi</i>	134.14	3.9%	79.9%
6	MBi	<i>Acila mirabilis</i>	96.3	2.8%	82.7%
7	APol	<i>Amphitrite japonica</i>	71.01	2.1%	84.7%
8	MBi	<i>Moerella</i> sp.	49.944	1.4%	86.2%
9	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	46.34	1.3%	87.5%
10	APol	<i>Tharyx</i> spp.	36.35	1.1%	88.6%
11	EHo	<i>Lipotrapeza japonicus</i>	29.19	0.85%	89.4%
12	EOp	<i>Amphiura</i> sp.	27.26	0.79%	90.2%
13	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	25.99	0.75%	91.0%
14	APol	<i>Magelona japonica</i>	21.76	0.63%	91.6%
15	MGs	<i>Ophiodermella miyatensis</i>	19.72	0.57%	92.2%
16	MBi	<i>Nipponomysella</i> sp.	18.14	0.53%	92.7%
17	MGs	<i>Zeuxis castus</i>	15.86	0.46%	93.2%
18	EHo	<i>Pentacta doliolum</i>	13.94	0.40%	93.6%
19	MBi	<i>Angulus vestaloides</i>	12.67	0.37%	93.9%
20	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	11.35	0.33%	94.3%
21	APol	<i>Notomastus latericeus</i>	10.1	0.29%	94.6%
22	MBi	<i>Abra</i> cf. <i>soyoeae</i>	9.61	0.28%	94.8%
23	EOp	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	9.49	0.27%	95.1%
24	Others	<i>Lineus</i> sp.	9.02	0.26%	95.4%
25	APol	<i>Travisia japonica</i>	8.04	0.23%	95.6%
26	APol	<i>Glycera chirori</i>	7.94	0.23%	95.8%
27	Others	<i>Phascolosoma</i> sp.	7.14	0.21%	96.0%
28	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	6.56	0.19%	96.2%
29	CDA	<i>Raphidopus ciliatus</i>	6.11	0.18%	96.4%
30	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	5.94	0.17%	96.6%

표 2-2-34. 밀도 기준 저서동물 우점종(2003년 12월)

Table 2-2-34. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Dec. 2003)

Order	Taxon	Species name	Tot. abundance	percent	cum. percent
1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	3520	15.5%	15.5%
2	APol	<i>Magelona japonica</i>	2280	10.0%	25.5%
3	MBi	<i>Theora fragilis</i>	1620	7.1%	32.6%
4	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	940	4.1%	36.7%
5	MBi	<i>Moerella</i> sp.	930	4.1%	40.8%
6	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	890	3.9%	44.7%
7	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	800	3.5%	48.2%
8	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	680	3.0%	51.2%
9	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	620	2.7%	54.0%
10	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	580	2.5%	56.5%
11	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	540	2.4%	58.9%
12	APol	<i>Ampharete arctica</i>	410	1.8%	60.7%
13	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	370	1.63%	62.3%
14	CAM	<i>Eriopisella sechellensis</i>	360	1.58%	63.9%
15	APol	<i>Polyodontes</i> sp.	340	1.5%	65.4%
16	APol	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	330	1.4%	66.8%
17	Others	<i>Acanthocephala</i> spp.	300	1.32%	68.1%
18	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	290	1.27%	69.4%
19	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	250	1.10%	70.5%
20	APol	<i>Paraonis gracilis</i>	240	1.05%	71.6%
21	APol	<i>Glycera chirori</i>	230	1.0%	72.6%
22	MBi	<i>Clementia papyracea</i>	200	0.9%	73.5%
23	CAM	Priscomilitaridae sp.	190	0.8%	74.3%
24	APol	<i>Melinna elisabethae</i>	170	0.7%	75.0%
25	APol	<i>Heterospio sinica</i>	150	0.7%	75.7%
25	APol	<i>Pista</i> sp.	150	0.7%	76.4%
27	EOP	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	140	0.62%	77.0%
27	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	140	0.62%	77.6%
29	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	130	0.57%	78.2%
29	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	130	0.57%	78.7%
29	Others	Nemertinea sp.	130	0.57%	79.3%

표 2-2-35. 생체량 기준 저서동물 우점종(2003년 12월)

Table 2-2-35. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Dec. 2003)

Order	Taxon	Species name	Tot. biomass(g)	percent	cum. percent
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	1009.09	40.1%	40.1%
2	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	281.37	11.2%	51.3%
3	MBi	<i>Acila divaricata</i>	245.38	9.8%	61.1%
4	EOp	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	107.71	4.3%	65.3%
5	MGs	<i>Siphonalia spadicea</i>	107.42	4.3%	69.6%
6	EHo	<i>Lipotrabeza japonicus</i>	96.4	3.8%	73.4%
7	MBi	<i>Moerella</i> sp.	50.81	2.0%	75.5%
8	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	46.23	1.8%	77.3%
9	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	41.17	1.6%	78.9%
10	MGs	<i>Syclaphera spengleriana</i>	37.07	1.5%	80.4%
11	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	36.05	1.43%	81.9%
12	APol	<i>Tharyx</i> spp.	34.17	1.36%	83.2%
13	Others	<i>Phascolion</i> spp.	32.73	1.30%	84.5%
14	Others	<i>Paranthus sociatus</i>	32.19	1.28%	85.8%
15	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	28.7	1.1%	86.9%
16	APol	<i>Magelona japonica</i>	25.704	1.02%	88.0%
17	APol	<i>Glycera onomichiensis</i>	23.99	0.95%	88.9%
18	APol	<i>Pista</i> sp.	23.95	0.95%	89.9%
19	MGs	<i>Nassarius castus</i>	20.76	0.8%	90.7%
20	CDB	<i>Cancer gibbosulus</i>	19.36	0.8%	91.5%
21	CDM	<i>Alpheus japonicus</i>	18.19	0.72%	92.2%
22	EHo	<i>Phyllophorus hypsipyrge</i>	17.48	0.69%	92.9%
23	APol	<i>Loimia medusa</i>	17.45	0.69%	93.6%
24	MBi	<i>Theora fragilis</i>	12.964	0.52%	94.1%
25	EOp	<i>Amphioplus squamata</i>	11.79	0.47%	94.6%
26	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	9.33	0.37%	94.9%
27	CDA	<i>Pagurus</i> sp.	9.22	0.37%	95.3%
28	APol	<i>Glycera chirori</i>	8.02	0.32%	95.6%
29	APol	<i>Travisia pupa</i>	7.08	0.28%	95.9%
30	APol	<i>Cistenides okudai</i>	7.02	0.28%	96.2%

표 2-2-36. 밀도 기준 저서동물 우점종(2004년 2월)

Table 2-2-36. Dominant macrobenthic species ordered by abundance (Feb. 2004)

Order	Taxon	Species name	Tot. abundance	percent	cum. percent
1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	3210	13.9%	13.9%
2	APol	<i>Magelona japonica</i>	2670	11.6%	25.5%
3	MBi	<i>Moerella</i> sp.	1290	5.6%	31.1%
4	MBi	<i>Theora fragilis</i>	1100	4.8%	35.8%
5	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	1070	4.6%	40.5%
6	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	900	3.9%	44.4%
7	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	800	3.5%	47.9%
8	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	760	3.3%	51.1%
9	CAM	<i>Corophium sinense</i>	600	2.6%	53.7%
10	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	580	2.5%	56.3%
11	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	560	2.4%	58.7%
12	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	540	2.3%	61.0%
13	CAM	<i>Eriopisella sechellensis</i>	400	1.7%	62.8%
14	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	340	1.5%	64.2%
15	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	330	1.4%	65.7%
15	CCu	<i>Iphinoe tenera</i>	330	1.4%	67.1%
17	APol	<i>Glycera chirori</i>	310	1.34%	68.4%
17	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	310	1.34%	69.8%
19	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	300	1.30%	71.1%
20	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	290	1.26%	72.3%
21	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	260	1.1%	73.5%
22	APol	<i>Paraprionospio pinnata</i>	200	0.9%	74.3%
23	Others	<i>Lineus</i> sp.	190	0.82%	75.2%
24	APol	<i>Capitella capitata</i>	180	0.78%	75.9%
25	APol	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	170	0.74%	76.7%
25	Others	Nemertinea sp.	170	0.74%	77.4%
27	APol	<i>Aglaophamus lobatus</i>	160	0.69%	78.1%
28	APol	<i>Ampharete arctica</i>	140	0.6%	78.7%
28	APol	<i>Cabira pilargiformis japonica</i>	140	0.6%	79.3%
28	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	140	0.6%	79.9%
28	APol	Harmothoinae spp.	140	0.6%	80.5%
28	APol	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	140	0.6%	81.1%

표 2-2-37. 생체량 기준 저서동물 우점종(2004년 2월)

Table 2-2-37. Dominant macrobenthic species ordered by biomass (Feb. 2004)

Order	Taxon	Species name	Tot. biomass(g)	percent	cum. percent
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	822.79	42.4%	42.4%
2	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	191.26	9.9%	52.3%
3	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	175.26	9.0%	61.3%
4	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	98.17	5.1%	66.4%
5	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	75.02	3.9%	70.2%
6	MBi	<i>Moerella</i> sp.	66.36	3.4%	73.7%
7	Others	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	60.41	3.1%	76.8%
8	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	41.59	2.1%	78.9%
9	MGs	<i>Siphonalia spadicea</i>	38.32	2.0%	80.9%
10	EHo	<i>Lipotrapeza japonicus</i>	32.3	1.7%	82.6%
11	APol	<i>Magelona japonica</i>	31.52	1.62%	84.2%
12	APol	<i>Tharyx</i> spp.	30.08	1.55%	85.7%
13	MGs	<i>Nassarius castus</i>	28.41	1.5%	87.2%
14	Others	<i>Phascolion</i> spp.	23.11	1.19%	88.4%
15	EOp	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	22.96	1.18%	89.6%
16	APol	<i>Glycera chirori</i>	18.67	1.0%	90.5%
17	MBi	<i>Nitidotellina</i> sp.	18.07	0.9%	91.5%
18	EOp	<i>Amphioplus squamata</i>	12.26	0.6%	92.1%
19	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	10.38	0.54%	92.6%
20	CDA	<i>Diogenes edwardsii</i>	9.91	0.51%	93.1%
21	Others	<i>Paranthus sociatus</i>	9.07	0.47%	93.6%
22	CDB	<i>Eucrate crenata</i>	7.72	0.40%	94.0%
23	MBi	<i>Theora fragilis</i>	7.57	0.39%	94.4%
24	CDM	<i>Crangon affinis</i>	7.41	0.38%	94.8%
25	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	6.18	0.32%	95.1%
26	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	5.7	0.29%	95.4%
27	Others	<i>Lineus</i> sp.	5.52	0.28%	95.7%
28	APol	<i>Notomastus latericeus</i>	5.49	0.28%	96.0%
29	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	4.79	0.25%	96.2%
30	CDM	<i>Alpheus japonicus</i>	4.4	0.23%	96.4%

(3) 생태학적 제지수

표 2-2-38에 2003년 8월의 정점별 생태학적 제지수를 나타내었다. 다양도 지수 (diversity index)는 1.637~3.428의 변동 범위를 나타내었다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였지만 정점 22를 제외한 전 정점이 대체로 높은 값으로 나타났다. 균등도(evenness)는 0.522~0.838의 변동 범위를 보였다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 14에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 23~84의 비교적 넓은 변동 범위를 보였다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였다. 2003년 8월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.820, 0.758 그리고 45종인 것으로 나타났다.

표 2-2-39에 2003년 12월의 정점별 생태학적 제지수를 나타내었다. 다양도 지수 (diversity index)는 1.906~3.273의 변동 범위를 나타내었다. 정점 7에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였지만 정점 7을 제외한 전 정점이 대체로 높은 값을 보였다. 균등도(evenness)는 0.654~0.980의 변동 범위를 나타냈으며, 정점 21에서 최저값을, 그리고 정점 7에서 최고값을 기록하였다. 출현 종수(Number of species)는 7~73의 넓은 변동 범위를 나타냈다. 정점 7에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였다. 2003년 12월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.700, 0.786 그리고 37종인 것으로 나타났다.

표 2-2-40에 2004년 2월의 정점별 생태학적 제지수를 나타내었다. 다양도 지수 (diversity index)는 2.361~3.166의 변동 범위를 나타내었다. 정점 21에서 최저값, 그리고 정점 18에서 최고값이 관찰되었지만, 전 정점이 높은 값을 기록하였다. 균등도(evenness)는 0.683~0.855의 변동 범위를 보였다. 정점 11에서 최저값을, 그리고 정점 20에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 21~66의 변동 범위를 보였으며, 정점 21에서 최저값을, 그리고 정점 18에서 최고값을 기록하였다. 2004년 2월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.873, 0.786 그리고 41종인 것으로 나타났다.

(4) 저서동물의 밀도, 생체량, 종수의 시간적 변동

그림 2-2-49에 저서동물의 조사 시기별 평균 밀도를 도시하였다. 이 그림은 2002년 9월부터 2004년 2월까지 5회 조사에서 얻어진 저서동물의 정점당 평균 개체수를 나타낸 것이다. 조사 수역의 평균 개체수는 2002년 9월에서 2003년 1월에 다소 큰 폭으로 증가하였으며, 그 이후 평균 개체수는 별다른 변동을 보이지 않았다. 2003년 1월에 관찰된 증가는 다모류(APol), 단각류(CAm) 그리고 이매패류(MBi)의 개체수 증가에 기인하였다. 동물군별로 살펴보면 2003년 1월 이후 다모류(APol)의 개체수는 소폭으로 꾸준한 감소가 관찰되고 있으며, 이매패류(MBi)는 2002년 9월부터 계속적으로 개체수가 증가하고 있다.

표 2-2-38. 각 정점별 생태학적 제지수(2003년 8월)

Table 2-2-38. Ecological indices of each station in Aug. 2003

Sample	Diversity	Evenness	Num. Spec.
St. 5	2.450	0.735	28
St. 7	2.631	0.740	35
St. 8	3.428	0.778	82
St.11	3.427	0.773	84
St.12	3.106	0.831	42
St.14	3.278	0.838	50
St.15	2.795	0.830	29
St.17	2.031	0.623	26
St.18	3.243	0.769	68
St.20	2.778	0.834	28
St.21	3.031	0.822	40
St.22	1.637	0.522	23
Average	2.820	0.758	45

표 2-2-39. 각 정점별 생태학적 제지수(2003년 12월)

Table 2-2-39. Ecological indices of each station in Dec. 2003

Sample	Diversity	Evenness	Num. Spec.
St. 5	2.237	0.679	27
St. 7	1.906	0.980	7
St. 8	2.616	0.777	29
St.11	3.273	0.763	73
St.12	2.608	0.734	35
St.14	2.969	0.849	33
St.15	2.961	0.782	44
St.17	2.263	0.783	18
St.18	3.048	0.728	66
St.20	3.203	0.916	33
St.21	2.324	0.654	35
St.22	2.990	0.786	45
Average	2.700	0.786	37

표 2-2-40. 각 정점별 생태학적 체지수(2004년 2월)

Table 2-2-40. Ecological indices of each station in Feb. 2004

Sample	Diversity	Evenness	Num. Spec.
St. 7	3.130	0.800	50
St. 8	2.782	0.727	46
St.11	2.616	0.683	46
St.12	3.021	0.798	44
St.14	3.026	0.820	40
St.15	3.151	0.818	47
St.17	2.674	0.831	25
St.18	3.166	0.756	66
St.20	3.131	0.855	39
St.21	2.361	0.776	21
St.22	3.040	0.803	44
Average	2.873	0.786	41

그림 2-2-50에 조사 시기별 평균 생체량을 도시하였으며, 그림 2-2-3와 같은 방법으로 수행하였다. 2002년 9월부터 2003년 8월까지의 평균 생체량은 꾸준히 증가하여 2003년 8월에 최고값을 보였으며, 그 후에는 소폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 2003년 1월에는 극피동물 성게류(EEc)와 해삼류(EHo)의 생체량이 높게 측정되어 평균 생체량이 2002년 9월의 값과 비교하여 증가하였다. 2003년 8월 조사에서는 극피동물 성게류(EEc)가 새롭게 높은 생체량으로 출현하였고, 극피동물 거미불가사리류(EOp) 그리고 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs)의 생체량이 큰 폭으로 증가하여 5회 조사에서 최고값을 기록하였다. 2003년 12월과 2004년 2월에는 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs)의 생체량이 다소 감소하면서 평균 생체량이 감소하는 결과를 보였다.

그림 2-2-51에 조사 시기별 평균 종수를 도시하였다. 총 5회 조사에서 2003년 1월에 최고값인 48종을, 2002년 9월에 최소값인 30종을 기록하였지만, 평균 종수는 큰 차이를 보이지 않았다. 2003년 1월에는 다른 조사시기보다 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류(MGs)의 종수가 다양하게 출현한 결과 최고 종수를 기록하였다. 조사된 저서동물의 동물군별로 살펴보면 큰 변동은 보이지 않았다. 다만 2002년 9월에서 2003년 1월 이후 극

피동물의 종수가 증가하였고, 그 종수가 유지되고 있다. 그리고 환형동물 다모류(APol)는 2003년 1월에 가장 높은 종수를 보였다.

그림 2-2-52에 조사 시기별 평균 다양도 지수를 도시하였다. 총 5회 조사에서 2003년 1월에 최고값인 3.067을, 2002년 9월에 최소값인 2.662를 기록하였지만, 큰 차이를 보이지 않았으며, 각각의 평균 다양도 지수값은 높은 값에 포함된다고 할 수 있다.

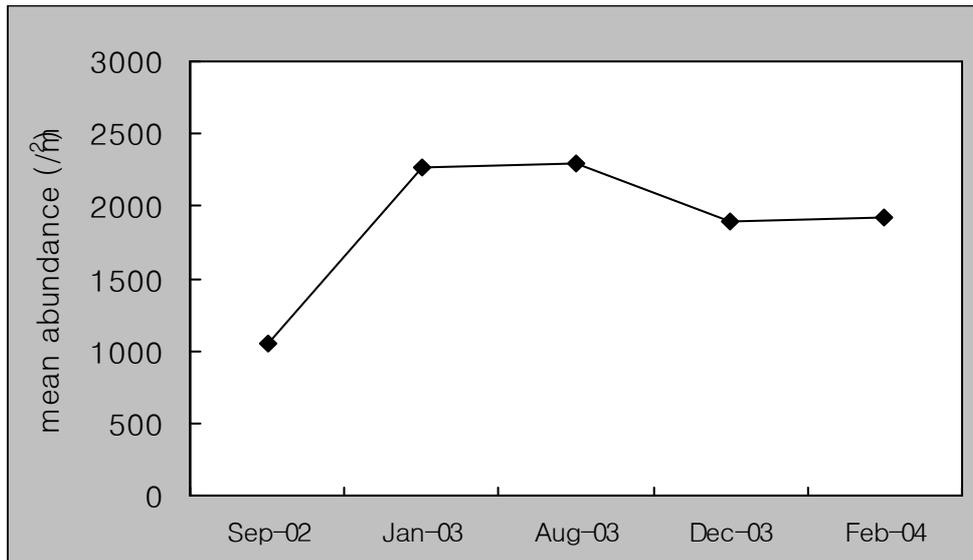


그림 2-2-49. 시간에 따른 저서동물 평균 개체수(/m²)의 변화.

Fig. 2-2-49. Mean abundance (/m²) of the macrobenthos in each survey.

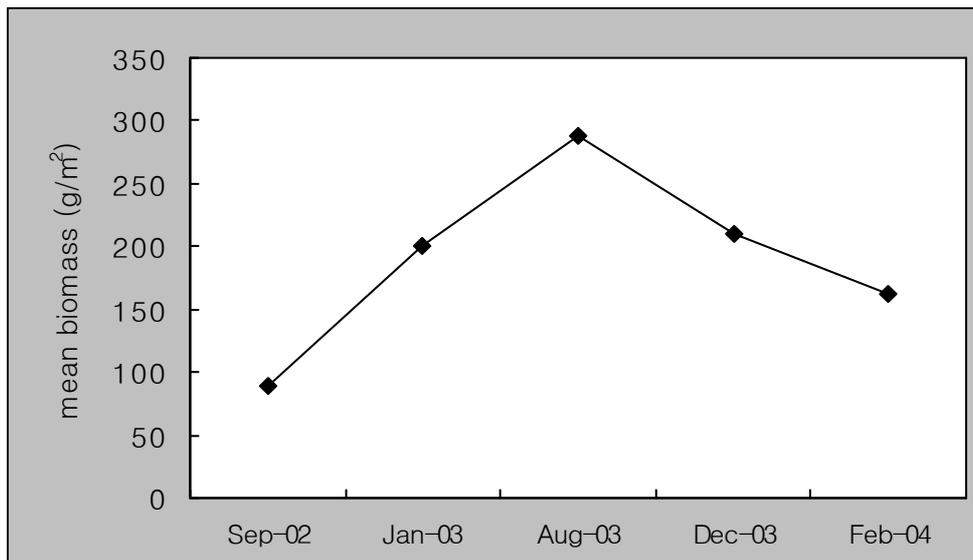


그림 2-2-50. 시간에 따른 저서동물 평균 생체량(g/m²)의 변화.

Fig. 2-2-50. Mean biomass (g/m²) of the macrobenthos in each survey.

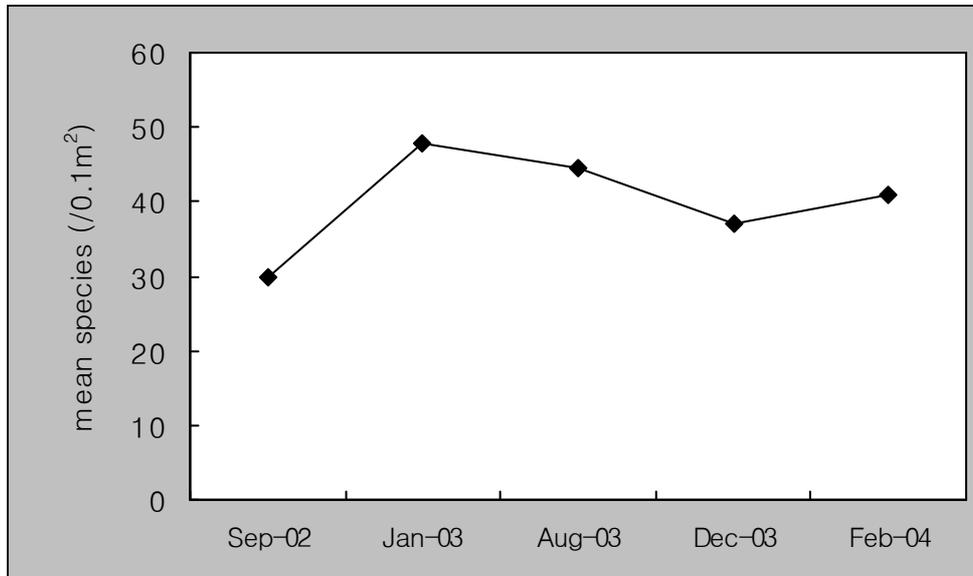


그림 2-2-51. 시간에 따른 저서동물 평균 종수(0.1m²)의 변화.

Fig. 2-2-51. Mean species number (0.1m²) of the macrobenthos in each survey.

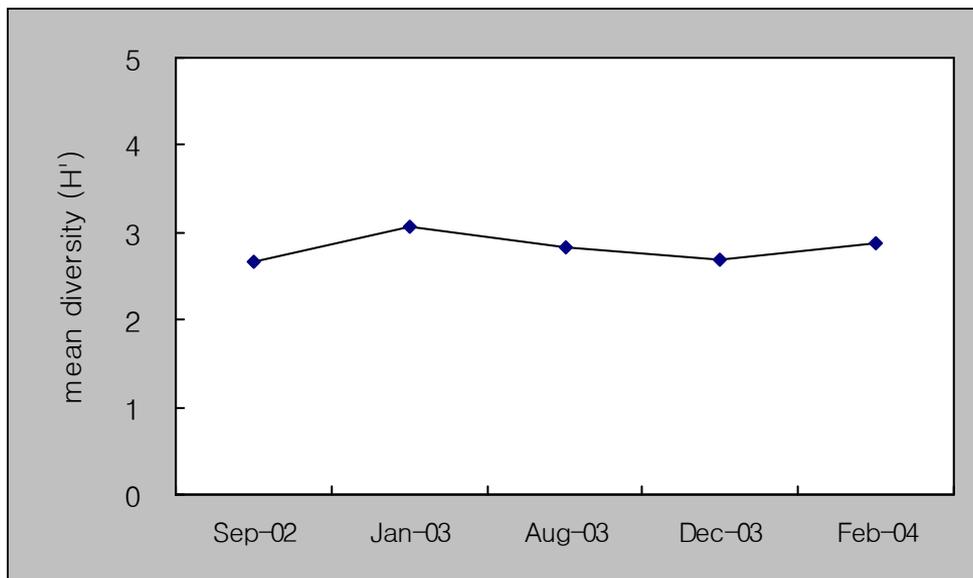


그림 2-2-52. 시간에 따른 저서동물 평균 다양도의 변화.

Fig. 2-2-52. Mean species diversity (H') of the macrobenthos in each survey.

(5) 저서동물 군집구조 분석

(가) 주성분분석에 의한 변수축약

본 2차년도 조사에서는 조사해역의 해저면에 서식하는 저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여 해역을 대표하는 12개 정점을 선정하고 각 계절별로 2003년 8월, 12월, 2004년 2월에 저서동물을 채집하였다. 조사해역의 저서동물군집은 총 310 종에 이르는 대량의 변

수로 이루어진 집단으로 처리해야 할 정보량이 방대하여 군집의 구조를 직관적으로 이해하기 위해서는 정보를 통계적으로 압축해내는 다변량분석이 요구된다. 저서동물군집의 개별 종들이 변수이고, 이들 상호간에는 독립·종속 관계가 설정되어 있지 않거나 설정이 어렵다. 또한 변수가 개체수와 같은 양적 데이터 이므로 모든 변수간에 상관계수를 산출할 수 있는 경우이므로, 가장 기본적인 다변량해석법인 주성분분석을 사용하기로 한다.

주성분분석(principal component analysis)을 통하여 3회 조사기간 동안 36개 정점에서 채집된 저서동물 310종의 생물 변수간에 관계를 성립하게 하는 공통인자(주성분)를 찾아내는 시도를 하였다(표 2-2-41). 분석결과 제1주성분(Axis 1)과 제2주성분(Axis 2)은 전체 데이터의 61.8%를 표현하여 비교적 높은 설명력을 갖는 것으로 나타났으며, 그 중에서 인자 부하량의 절대치가 큰(여기서는 0.1 이상) 24개의 변수를 선별해 내었다. 제1주성분의 상위에 적재되어있는 실타래갯지렁이류(*Tharyx* spp.), 버들갯지렁이류(*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)와 접시조개류(*Moerella* sp.), 아기반투명조개(*Theora fragilis*) 등은 유기물이 과다한(organic enrichment) 서식처에서 전형적으로 출현하는 저서동물로서 조사해역의 저서환경을 가늠해 볼 수 있는 의미 있는 정보이다. 한편 주성분분석을 통해 축약된 24종의 저서동물은 조사 기간 중 전 정점에서 채집된 자료를 종합하여 밀도를 기준으로 우점종을 선별했을 경우 전체 개체수의 상위 70%를 차지하는 우점종 목록과도 거의 일치하고 있다(표 2-2-42).

(나) 환경요인과의 관계 (정준대응분석)

주성분분석을 통해 축약된 24개 생물변수를 가지고 이에 대응하는 정점과 환경변수를 파악하기 위하여 정준대응분석(canonical correspondence analysis)을 하였다. 정준대응분석은 분할표 자료의 행과 열 범주를 저차원 공간상의 점들로 동시에 나타내어 어느 행과 열범주가 서로 관련을 맺고 있는지를 기하학적으로 나타낸다는 점에서 대응분석(correspondence analysis)과 동일하다. 그러나 다른 배열기법(ordination methods)과는 달리 생물자료 속에 나타난 중요한 경향과 환경자료를 비교함에 있어, 환경자료를 분석에 직접 포함시키는 direct gradient analysis로서 최근에 생태학분야에서 매우 널리 사용되는 분석기법이다. 분석에 사용된 6개의 환경변수는 역질함량(gravel), 실트함량(silt), 분급도(sorting), 강열감량(IL), 수심(depth), 종 다양도지수(diversity)이며, 각 조사시기별 측정값을 표 2-2-43에 정리하였다. 분석결과 6개의 환경변수 가운데 실트함량과 분급도가 생물분포에 가장 많은 영향을 미치고 있고, 다음으로는 역질함량과 종 다양도에 의해 군집이 구별되는 것으로 나타났다(표 2-2-44). 대응분석그림(그림 2-2-53)을 보면 저서동물군집은 제1축(횡축)의 영향력에 따라 크게 우측의 정점군(정점 8, 11, 18, 22)과 좌측의 나머지 정점군으로 구별되며, 이러한 결과에 대응하는 변수는 일차적으로 퇴적물의 실트함량(silt)과 분급도(sorting)임을 알 수 있다.

표 2-2-41. 주성분분석을 이용한 저서동물군집 변수의 축약

Table 2-2-41. Variable reduction of the benthic community used by PCA

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS				
Analysing 310 variables x 36 cases				
Data square-root transformed				
Tolerance of eigenanalysis set at 1E-7				
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	995.179	300.169	129.718	89.303
Percentage	47.473	14.319	6.188	4.26
Cum. Percentage	47.473	61.793	67.981	72.241
PCA variable loadings				
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
<i>Tharyx spp.</i>	0.471	-0.162	0.202	-0.263
<i>Magelona japonica</i>	0.389	0.437	-0.048	-0.148
<i>Moerella sp.</i>	0.235	0.251	-0.08	0.118
<i>Theora fragilis</i>	0.233	0.298	0.049	0.185
<i>Sternaspis scutata</i>	0.216	0.207	0.157	0.111
<i>Sigambra tentaculat</i>	0.202	-0.118	0.109	-0.051
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0.2	-0.001	-0.263	0.138
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.187	-0.253	-0.019	0.251
<i>Amphioplus megapomus</i>	0.173	-0.307	-0.249	-0.113
<i>Cirrophorus armatus</i>	0.168	-0.26	0.282	0.031
<i>Heteromastus filiformis</i>	0.159	-0.009	0.235	0.116
<i>Chaetozone setosa</i>	0.149	-0.165	0.111	-0.194
<i>Glycera chirori</i>	0.142	-0.007	-0.008	0.06
<i>Raetellops pulchell</i>	0.121	0.092	-0.101	-0.063
<i>Ampharete arctica</i>	0.12	-0.03	-0.184	-0.15
<i>Paralacydonia parad</i>	0.116	-0.075	-0.148	-0.086
<i>Glycinde gurjanovae</i>	0.116	0.001	-0.104	0.164
<i>Ophiopholis mirabil</i>	0.076	-0.197	0.316	0.179
<i>Eriopisella sechell</i>	0.093	0.128	-0.039	0.005
<i>Polyodontes sp.</i>	0.075	-0.147	-0.065	-0.154
<i>Ophiothrix exigua</i>	0.052	-0.129	0.173	0.029
<i>Chrysopetalum occid</i>	0.056	-0.131	-0.132	-0.04
<i>Harmothoinae spp.</i>	0.061	-0.107	-0.019	0.117
<i>Bodotria carinata</i>	0.054	-0.135	-0.06	0.058

표 2-2-42. 개체수를 기준으로 선별된 저서동물 상위 우점종(2003년 8월, 12월, 2004년 2월에 각각 12개 정점에서 채집된 자료를 통합)

Table 2-2-42. Dominant macrobenthic species ordered by abundance. (Each of the data from 12 stations during Aug. 2003 to Feb. 2004 was pooled)

Order	Species name	Tot. abund.	Mean density(/ m ²)	Percent	Cum. Per.
1	<i>Tharyx spp.</i>	8760	243	11.94	11.94
2	<i>Magelona japonica</i>	7860	218	10.71	22.65
3	<i>Theora fragilis</i>	3620	101	4.93	27.58
4	<i>Moerella sp.</i>	3050	85	4.16	31.74
5	<i>Sternaspis scutata</i>	2970	83	4.05	35.79
6	<i>Amphipolus megapomus</i>	2610	73	3.56	39.35
7	<i>Cirrophorus armatus</i>	2380	66	3.24	42.59
8	<i>Mediomastus californiensis</i>	2270	63	3.09	45.68
9	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	2190	61	2.98	48.66
10	<i>Sigambra tentaculata</i>	2020	56	2.75	51.41
11	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	1940	54	2.64	54.05
12	<i>Chaetozone setosa</i>	1470	41	2	56.05
13	<i>Heteromastus filiformis</i>	1410	39	1.92	57.97
14	<i>Raetellops pulchella</i>	1350	38	1.84	59.81
15	<i>Eriopisella sechellensis</i>	1010	28	1.38	61.19
16	<i>Polydora spp.</i>	930	26	1.27	62.46
17	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	860	24	1.17	63.63
18	<i>Ampharete arctica</i>	840	23	1.14	64.77
19	<i>Glycinde gurjanovae</i>	820	23	1.12	65.89
20	<i>Glycera chirori</i>	800	22	1.09	66.98
21	<i>Polyodontes sp.</i>	790	22	1.08	68.06
22	<i>Corophium sinense</i>	740	21	1.01	69.07
23	<i>Ophiothrix exigua</i>	580	16	0.79	69.86
24	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	540	15	0.74	70.6

표 2-2-43. 정준대응분석에 사용된 환경변수

Table 2-2-43. Environmental variables incorporated in CCA (canonical correspondence analysis)

Date	station	gravel (%)	silt (%)	median grain (Φ)	sorting value (Φ)	Ignition loss (%)	depth (m)	diversity (H')
Aug. 2003	5	0	56.73	7.59	1.78	4.42	36.3	2.45
	7	0	67.6	6.42	2.12	4.02	24	2.63
	8	1.38	41.57	6.27	3.66	5.12	19.6	3.42
	11	9.7	38.09	4.81	3.56	2.57	32.4	3.43
	12	0	73.46	5.87	2.06	2.46	18.1	3.11
	14	0	65.39	5.8	2.29	3.36	22.2	3.28
	15	0	80.17	5.4	1.79	2.3	29	2.8
	17	0	60.86	7.39	1.9	3.73	34.8	2.03
	18	5.22	39.36	7.33	3.74	3.15	32.5	3.24
	20	0	57.2	7.49	1.99	4.55	28	2.78
	21	0	49.97	6.63	2.98	4.35	39.7	3.03
22	5.2	44.91	7.42	3.23	2.49	52.4	1.64	
Dec. 2003	5	0	67.61	6.84	2.06	6.17	36.5	2.24
	7	0	66.57	7.1	1.78	5.08	39	1.91
	8	0	71.23	6.7	1.74	4.39	33	2.62
	11	9.91	40.16	5.65	4.03	3.76	34	3.27
	12	0	64.02	6.94	2	2.9	17.5	2.61
	14	0	73.45	5.72	2.05	3.06	22	2.97
	15	0	75.55	6.06	1.93	2.73	29	2.96
	17	0	68.87	6.89	1.86	3.82	26.5	2.26
	18	5.59	31.73	6.89	4.13	4.75	32	3.05
	20	0	66.23	6.98	1.91	5.18	27.5	3.2
	21	0	66.86	6.99	1.93	4.39	43	2.32
22	0	68.7	7.02	1.67	3.31	50.5	2.99	
Feb. 2004	5	0	59.71	7.7	1.52	7.12	36	2.38
	7	0	63.93	7.34	1.88	7.36	25.6	3.13
	8	4.66	51.89	6.67	3.78	8.95	19.5	2.78
	11	16.92	38.44	4.25	4.03	7.12	30.5	2.62
	12	0	77.84	6.39	1.87	4.22	18.3	3.02
	14	0	73.7	5.97	1.74	2.8	20	3.03
	15	0	77.33	4.86	1.48	2.35	28	3.15
	17	0	54.35	7.84	1.79	6.78	36.4	2.67
	18	7	53.69	6.83	2.87	5.8	34	3.17
	20	0	51.76	7.91	1.45	7.5	28.5	3.13
	21	0	55.82	7.17	2.95	7.13	39.5	2.36
22	32.79	50.87	6.04	3.84	5.86	53	3.04	

표 2-2-44. 정준대응분석을 통한 저서동물군집의 주요 환경변수 파악

Table 2-2-44. Major causal factors selected by CCA in macrobenthic communities

CANONICAL CORRESPONDENCE ANALYSIS			
Analysing 6 variables x 36 cases			
Data log(e) transformed			
Tolerance of eigenanalysis set at 1E-7			
Scores scaled by species			
Variable	Weighted mean	Weighted SD	Inflation Factor
gravel	3.25	5.944	2.411
silt	57.215	14.031	5.289
sorting	2.602	0.921	6.637
IL	4.512	1.731	1.226
Depth	30.811	8.625	1.6
Div	2.899	0.386	1.397
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.217	0.09	0.047
Percentage	25.513	10.588	5.534
Cum. Percentage	25.513	36.101	41.636
Cum.Constr.Percentage	56.638	80.142	92.428
Spec.-env. correlations	0.879	0.895	0.763
Biplot scores for env. variables			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
gravel	0.556	0.193	0.554
silt	-0.873	-0.153	0.031
sorting	0.854	0.006	0.255
IL	-0.074	0.34	-0.395
Depth	0.339	0.845	-0.012
Div	0.496	-0.724	-0.218

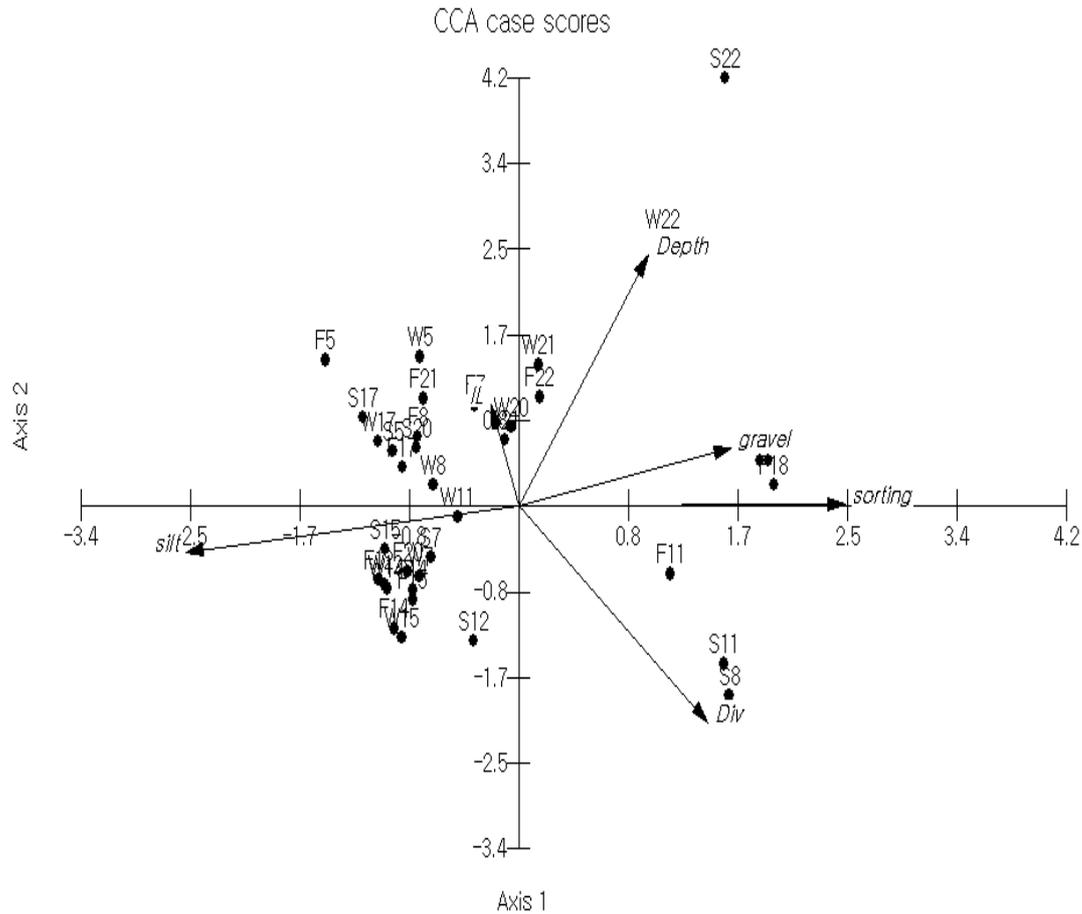


그림 2-2-53. 저서동물군집의 공간분포와 환경요인 -퇴적물의 실트함량(silt), 역질함량(gravel), 분급도(sorting), 강열감량(IL), 수심(Depth), 종다양성지수(Div)-와의 대응관계.

Fig. 2-2-53. Spatial distribution of the benthic community stations and its correspondence with environmental factors such as silt, gravel content and sorting value of the sediment, ignition loss (IL), depth and species diversity index (Div). (S, F and W letters in the data label denote a survey season of summer, fall and winter respectively).

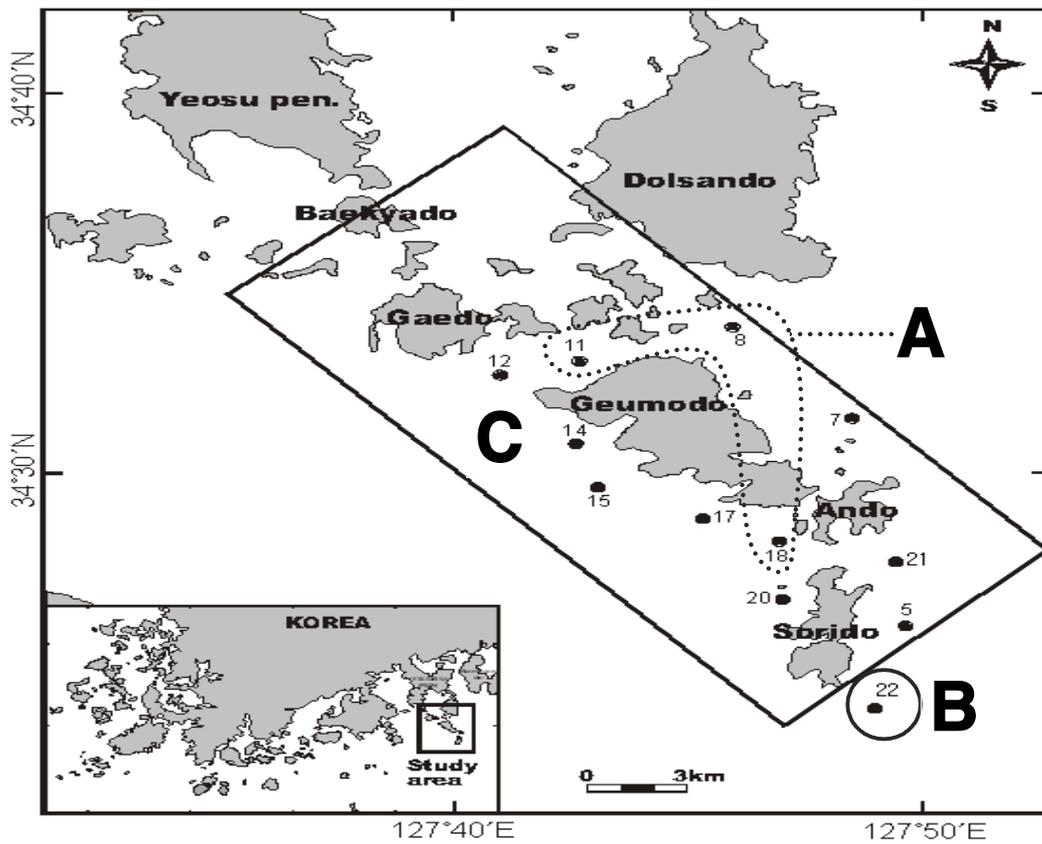
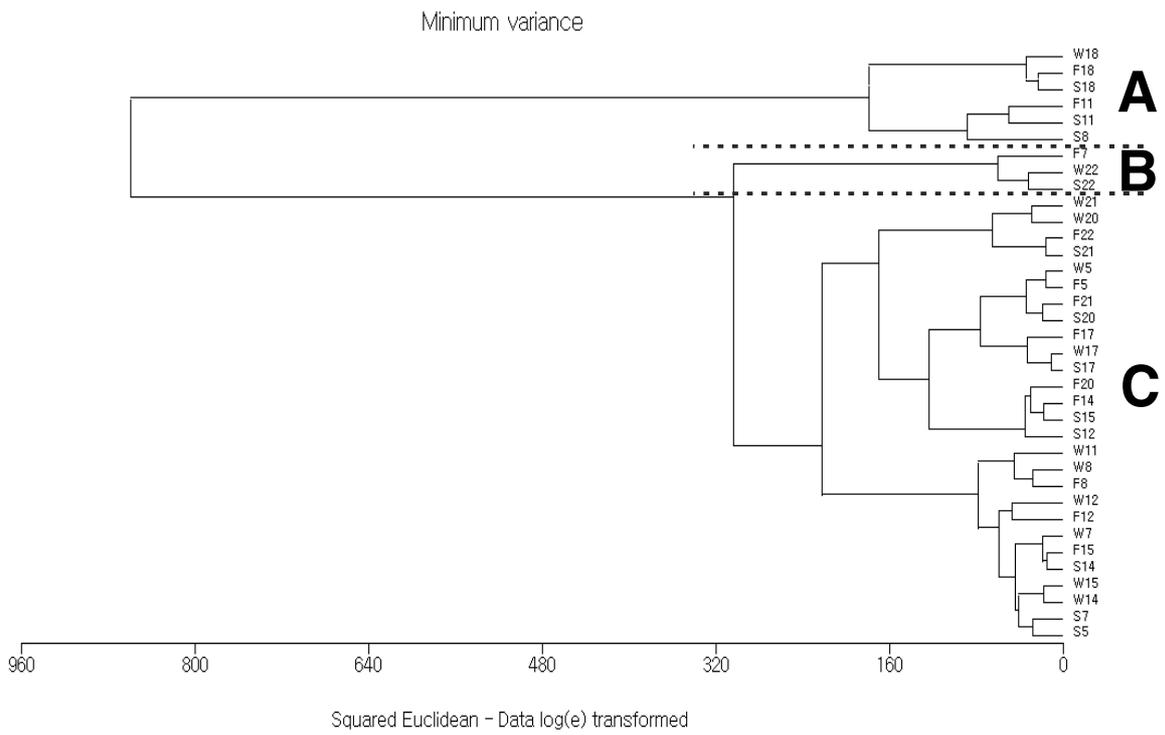


그림 2-2-54. 집괴분석에 의해 3개 집단으로 구분된 저서동물군집.

Fig. 2-2-54. 3 groups of macrobenthic communities resulted by cluster analysis.

이차적으로 우측 정점군 가운데 정점 18과 11지역은 퇴적물의 역질함량(gravel)이 높은 특성이 반영되었으며, 정점 8과 11 지역은 시기적으로 하계에 높은 종다양성(Div)을 갖은 특징으로 인해 구분되었다. 정점 22지역은 깊은 수심에 의해 다른 군집들과 구별되는 특성을 보였다. 반면에 좌측에 밀집 배열된 나머지 정점군은 계절의 영향 보다는 퇴적물 내 실트함량이 가장 중요한 군집의 조절인자인 것으로 나타났다. 이와 같이 3개의 집단으로 구분되는 정준대응분석 결과는 변수 간에 어느 변수가 가까운 관계에 있고, 동일군집에 속하는지 수상도를 통해 시각적으로 파악하도록 도와주는 집괴분석(cluster analysis)의 결과와도 일치한다. 그림 2-2-54에서 정점군 S18, F18, W18, S11, F11, S8이 동일군집으로 분류되고, 정점군 F7, S22, W22가 또 하나의 동일군집에 속하며, 나머지 정점군이 동일군집으로 나뉘어 알 수 있다.

(다) 우점종 조성의 변화

저서동물 상위 우점종의 조성이 시간에 따라 변화가 있었는지 파악하기 위하여 기 조사자료와 비교하였다(표 2-2-45). 2001년 8월의 자료(해양수산부, 2002)는 전남 바다목장 후보지 선정을 위해 조사된 것으로 조사위치가 돌산도-금오도-개도 주변해역에 25개 정점이 편중되어 있다. 2002년 9월 자료는 본 사업 1차년도 결과로서 조사위치는 백야도-개도-금오도-안도-소리도를 둘러싼 넓은 지역에 20개 정점이 분포한다. 2003년 1월 조사부터는 조사범위가 개도 이남으로 다소 축소되고 조사정점도 12개로 축소되었다. 조사 자료의 상호비교를 위해 우점종의 개체수를 1m² 단위면적 당 밀도로 환산하였다. 실타래갯지렁이류인 *Tharyx* spp. (*Tharyx multifilis*, *Tharyx* sp. 포함)는 밀도에 다소 변동이 있지만 조사초기부터 현재까지 최우점종의 위치를 유지하고 있었으며, 양손갯지렁이(*Magelona japonica*)는 조사초기엔 27개체/m²의 밀도로 서열 9위에 기록되었으나 2003년 이후로 밀도가 증가하여 평균 164~243개체/m²의 밀도로 서열 1~2위를 다투는 극우점종이 되었다. 또한 접시조개류(*Moerella* sp.)와 아기반투명조개(*Theora fragilis*)도 조사 초기엔 밀도가 미미하였으나 최근에 밀도가 증가하여 우점종으로 구분되었다. 반면에 거미불가사리 *Amphipolus megapomus*는 2002년 9월과 2003년 8월에 각각 서열 4위(51개체/m²)와 3위(143개체/m²)에 기록되었으나 점차 밀도가 감소하여 2004년 2월엔 17위(26개체/m²)로 밀려났다. 그러나 단순한 계절 변동일 가능성도 배제할 수 없으므로 지속적인 관찰이 요구된다. 최근의 조사에서 상위 우점종으로 선정된 실타래갯지렁이류(*Tharyx* spp.), 버들갯지렁이류(*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)와 접시조개류(*Moerella* sp.), 아기반투명조개(*Theora fragilis*)와 같은 저서동물은 퇴적물 내 유기물함량이 지나치게 높은 환경(organic enriched environment)에서 전형적으로 출현하는 생물들이다. 따라서 '유기물오염의 지표종'으로서 이들의 밀도를 지속적 감시해야 할 필요가 있으며, 향후 바다목장 사업의 과정에서 가두리양식과 같이 직접적으로 저층의 유기물오염을 가중시키는 방법은

표 2-2-45. 조사시기별 저서동물 상위 우점종 비교(Aug. 2001-Feb. 2004)

Table 2-2-45. Comparison of the dominant macrobenthic species of each survey.

Time	Rank	Taxon	Species	Mean±stdev. (inds./m ²)	%	Cum. %
Aug. 2001 (MOMAF,2 002)	1	APol	<i>Tharyx multifilis</i>	1324±1923	55.92	55.92
	2	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	145±294	6.13	62.05
	3	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	77±117	3.26	65.31
	4	APol	<i>Tharyx</i> sp.	44±70	1.87	67.18
	5	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	33±48	1.41	68.59
	6	CAM	<i>Maera pacifica</i>	32±143	1.35	69.94
Sep. 2002	1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	168±358	15.98	15.98
	2	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	80±189	7.61	23.59
	3	APol	<i>Magelona japonica</i>	58±61	5.52	29.10
	4	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	51±194	4.80	33.90
	5	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	47±74	4.42	38.33
	6	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	40±91	3.76	42.08
Jan. 2003	1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	293±370	12.93	12.93
	2	APol	<i>Magelona japonica</i>	164±148	7.23	20.16
	3	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	136±184	6.02	26.18
	4	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	95±115	4.22	30.40
	5	APol	<i>Aedicira</i> sp.	90±172	3.98	34.38
	6	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	79±149	3.49	37.87
Aug. 2003	1	APol	<i>Magelona japonica</i>	243±230	10.57	10.57
	2	APol	<i>Tharyx</i> spp.	169±213	7.37	17.94
	3	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	143±362	6.25	24.19
	4	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	106±297	4.61	28.8
	5	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	98±96	4.28	33.08
	6	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	95±30	4.14	37.22
Dec. 2003	1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	293±487	15.47	15.47
	2	APol	<i>Magelona japonica</i>	190±191	10.02	25.49
	3	MBi	<i>Theora fragilis</i>	135±204	7.12	32.61
	4	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	78±174	4.13	36.74
	5	MBi	<i>Moerella</i> sp.	78±106	4.09	40.83
	6	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	74±121	3.91	44.74
Feb. 2004	1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	268±376	13.91	13.91
	2	APol	<i>Magelona japonica</i>	223±245	11.57	25.48
	3	MBi	<i>Moerella</i> sp.	108±100	5.59	31.07
	4	MBi	<i>Theora fragilis</i>	92±73	4.77	35.84
	5	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	89±189	4.64	40.48
	6	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	75±97	3.9	44.38

회피하되, 반드시 필요한 경우에만 적지선정 시 퇴적물조성이 실트함량이 적고 역질 또는 사질함량이 높은 장소를 고려해야 저층의 과도한 유기물축적을 경감시킬 것으로 보인다.

(6) 저서생태계의 건강도

저서동물군집의 밀도 및 생체량 기준의 다양도 비율로서 생태계의 건강도를 판단하는 SEP 지수를 계산한 결과(그림 2-2-55), 장소에 따라 다소 차이는 있으나 하계-추계-동계 조사시기별 평균은 각각 0.59, 0.58, 0.57로 낮아 평균적으로는 건강한 환경상태에 속했다. 공간적으로는 대체로 정점 8, 14, 20, 22 지역이 낮은 값을 나타내 상대적으로 건강한 저서환경인 것으로 추정되었다. 일부 정점에서는 1 주변의 높은 값도 관찰되었다.

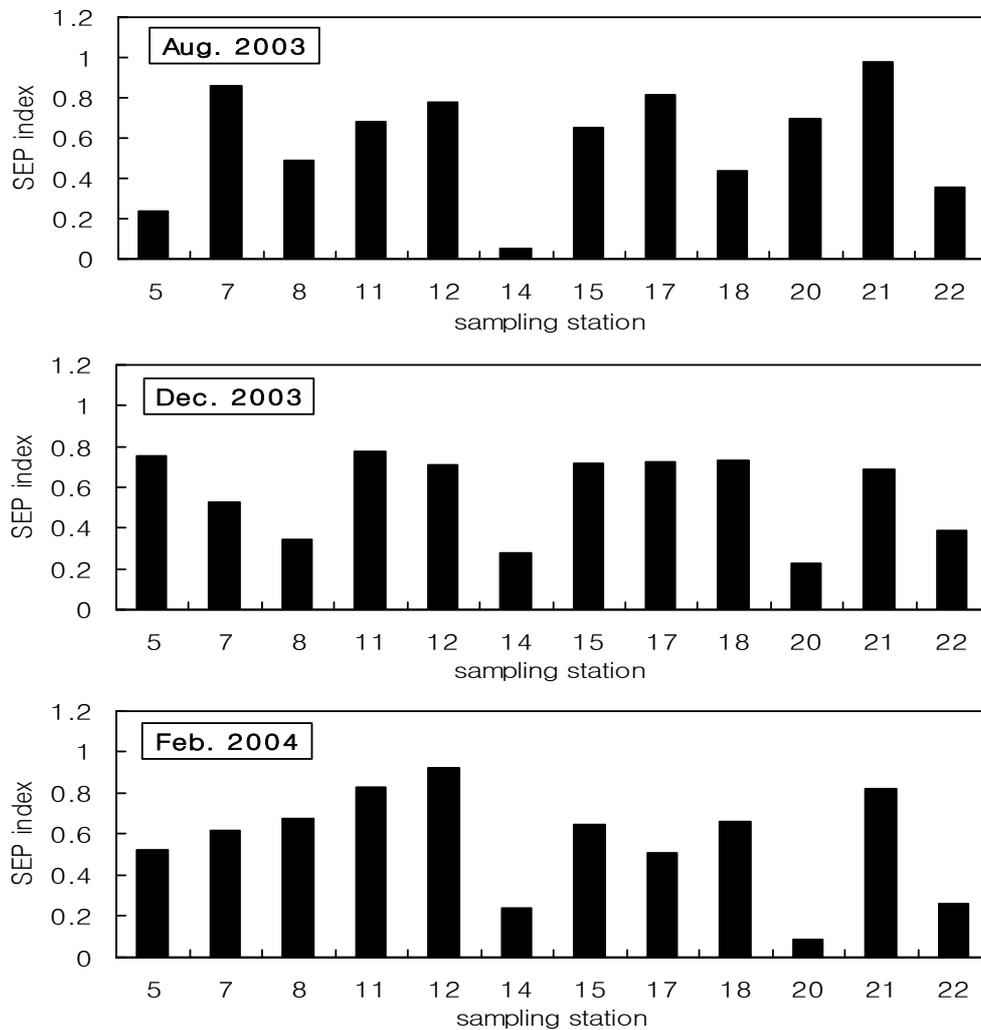


그림 2-2-55. 각 조사시기별 저서환경의 SEP 지수.

Fig. 2-2-55. SEP (Shannon-Wiener evenness proportion) index of each season.

(7) 저서동물 군집의 2차 생산력

(가) 저서군집 2차 생산력의 분포

2003년 8월과 12월, 그리고 2004년 2월의 3회 조사가 이루어진 정점 5부터 22까지의 12개 정점 군집 자료를 바탕으로 2차 생산량을 추정한 결과를 그림 2-2-56에 나타내었다. 추정된 생산력(P)의 정점별 분포는 5.209~48.371gAFDW m²y⁻¹의 범위로 정점 간 차이가 큰 것으로 나타났으며, 13.499gAFDW m²y⁻¹의 평균값을 나타냈다. 지역별로는 안도 근처의 정점 18에서 가장 높은 값을 기록하였으며, 가장 남측에 위치한 소리도 남단의 정점 22에서는 24.330gAFDWm²y⁻¹의 생산력을 나타냈다. 이들 두 곳을 제외한 나머지 지역들의 생산력 추정치는 5.209~14.034gAFDWm²y⁻¹의 범위를 보였으며, 평균 8.928gAFDW m²y⁻¹로 나타났다. 생산력 추정치의 각 지역별 분포는 그림 2-2-57에 제시하였다.

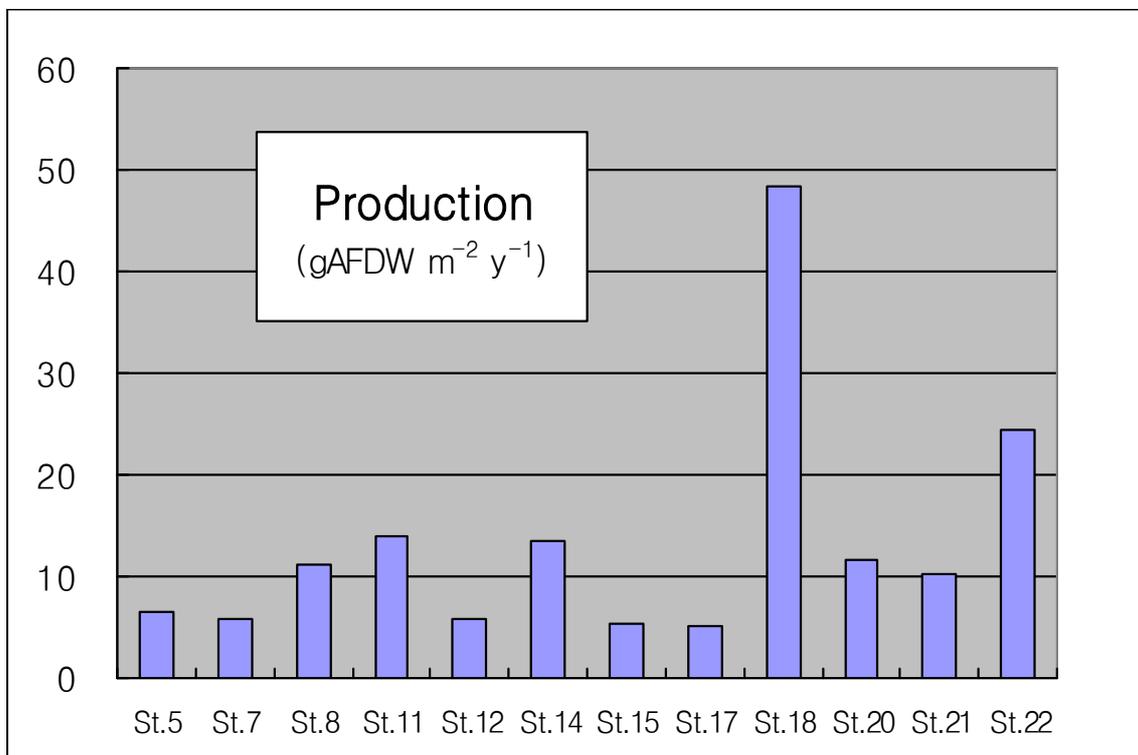


그림 2-2-56. 조사 해역 대형 저서동물 군집의 2차 생산력.

Fig. 2-2-56. Secondary production of macrofaunal communities of the study area.

앞서 Thomas Brey(1990)의 모형을 통하여 추정된 생산력(P) 값은 조사 기간동안 관찰된 모든 개체군의 생산력 추정치를 합산한 값이다. 따라서 생산력 값은 결국 해당 지역 저서동물 군집의 종 조성을 반영한다. 그렇다면 본 연구 지역의 생산력 에는 어떤 종들이 기여를 했으며, 이들은 지역별로 어떤 분포 특성을 보였는지 살펴본다. 표 2-2-46에 추정된 생산력 합산 값이 조사해역 총 생산력의 1% 이상의 기여도를 보인 저서동물 출현종

의 순위를 나타냈다. 상기 조사에서 출현한 저서동물 중 1% 이상의 생산력 기여도를 나타낸 종은 총 20종으로 나타났으며, 이들은 총 생산력의 약 77%의 비중을 차지하였다.

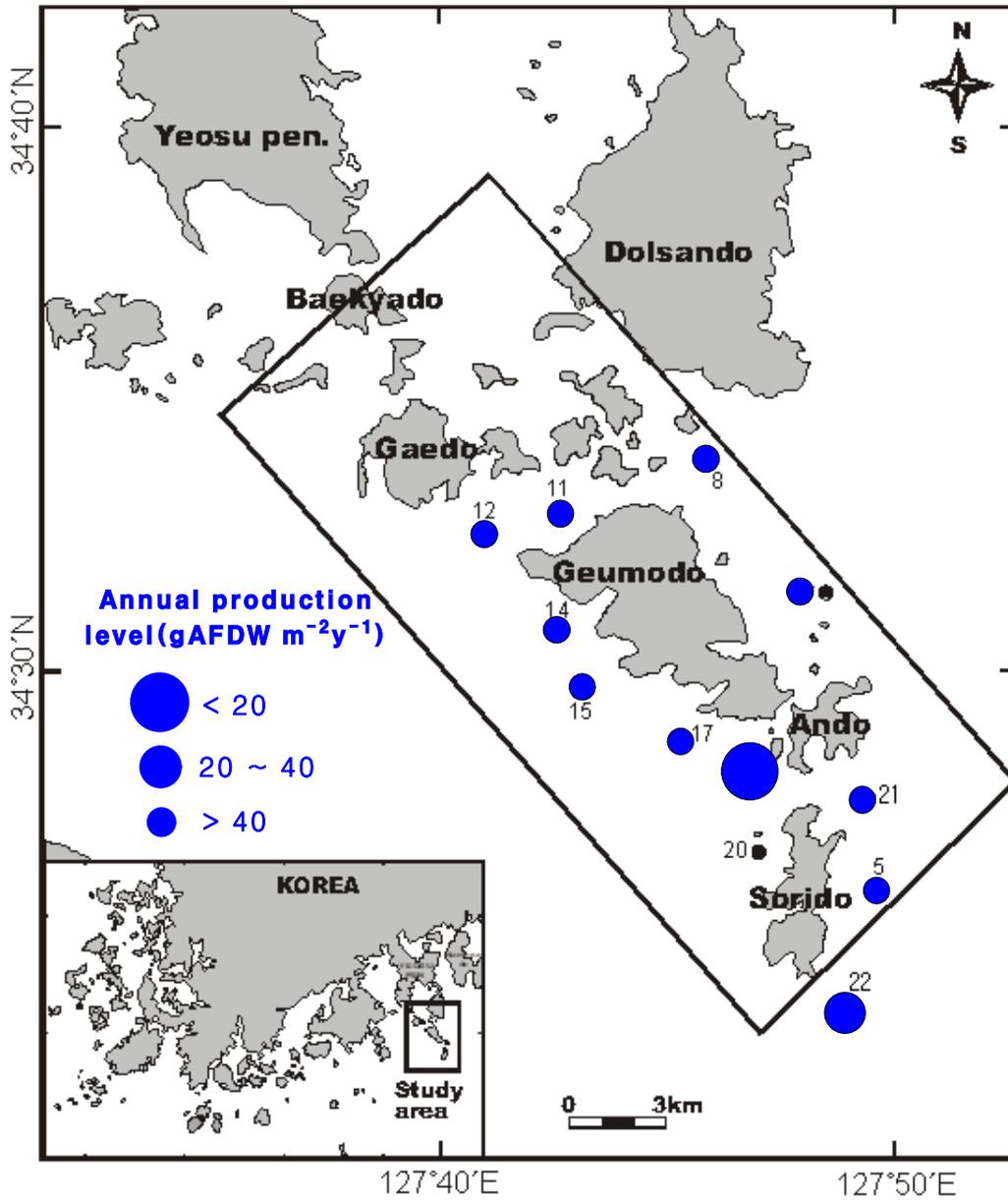


그림 2-2-57. 정점별 대형저서동물 연간생산량.

Fig. 2-2-57. Annual macrobenthic production levels in each station.

전반적으로 극피동물의 거미불가사리류(EOp)와 성게류(EEc)의 비중이 큰 것으로 나타났으며, 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류(MGs) 역시 높은 기여도를 나타냈다. 가장 높은 생산력을 기록한 종은 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*로 나타났으

며, 이들은 총 30.169gAFDW의 생체량으로 18.6%의 비중을 나타냈다. 또한, 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*는 9.4%(15.258gAFDW), 다모류(APol)의 *Sternaspis scutata*와 *Tharyx* spp., 그리고 *Magelona japonica*는 각각 7.2%, 5.9%, 4.7%의 비중을 차지하였다.

표 2-2-46. 조사해역에서 관찰된 저서동물 출현종의 생산력 기여도 순위

Table 2-2-46. Rank of the macrobenthic species with respect to contribution in the production observed in the study area

Rank	Taxon	종명	Total(gAFDW)	%
1	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	30.169	18.6
2	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	15.258	9.4
3	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	11.626	7.2
4	APol	<i>Tharyx</i> spp.	9.579	5.9
5	APol	<i>Magelona japonica</i>	7.647	4.7
6	MGs	<i>Siphonalia fuscolineata</i>	6.125	3.8
7	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	6.008	3.7
8	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	5.092	3.1
9	APol	<i>Amphitrite japonica</i>	4.517	2.8
10	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	4.172	2.6
11	MBi	<i>Moerella</i> sp.	3.604	2.2
12	APol	<i>Glycera chirori</i>	3.014	1.9
13	EOp	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	2.935	1.8
14	APol	<i>Glycera onomichiensis</i>	2.311	1.4
15	EHo	<i>Lipotrabeza japonicus</i>	2.237	1.4
16	MGs	<i>Siphonalia spadicea</i>	2.151	1.3
17	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	2.103	1.3
18	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	1.965	1.2
19	APol	<i>Pista</i> sp.	1.951	1.2
20	MBi	<i>Acila divaricata</i>	1.762	1.1

이외에도 복족류(MGs)의 *Siphonalia fuscolineata*, 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiothrix exigua*, *Ophioplocus japonicus*, *Amphioplus megapomus*, 다모류(APol)의 *Amphitrite japonica* 등이 높은 기여도를 보인 종으로 관찰되었다. 이들은 일반적으로 개체 당 생체량이 높으며, 혹은 이와 더불어 역시 높은 서식밀도의 특성을 보이는 개체군으로 구분된다. 이들의

정점별 분포를 살펴보면, *Ophiopholis mirabilis*는 가장 높은 생산력을 보인 안도 서쪽의 정점 18과 소리도 남쪽의 정점 22에서 높은 비중을 나타냈으며, *Schizaster lacunosus*는 금모도 서쪽의 정점 14와 소리도 북서쪽의 정점 20에서, *Sternaspis scutata*는 소리도 동쪽의 정점 5와 북동쪽의 정점 21, 그리고 금모도의 동쪽 정점 7과 남쪽의 정점 17에서 높은 비중을 차지한 것으로 나타나, 출현종 가운데에서 가장 폭 넓은 지역에 걸쳐 높은 생산력을 기록한 것으로 나타났다. 이외에도 금모도 북쪽의 정점 8과 11에서는 *Tharyx* spp.가, 금모도 서쪽의 정점 12와 15에서는 *Siphonalia fuscolineata*가 높은 비중을 차지한 것으로 나타났다(그림 2-2-58).

1차와 2차 조사로부터 얻어진 저서군집 생산력(P)의 평균값의 차이를 그림 2-2-59에 나타냈으며, 양 조사의 차이에 대한 분산분석 결과를 표 2-2-47에 나타냈다. 1차 조사의 저서군집 생산력은 평균 $7.869\text{gAFDWm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 로 나타났으며, 2차 조사에서는 $13.499\text{gAFDWm}^{-2}\text{y}^{-1}$ 로 2차 조사의 결과가 1차에서보다 약 2배정도 높은 것으로 나타났다. 하지만 양 조사 간 생산력의 평균의 차이에 대한 분산분석 결과에서는 검정통계량이 기각역보다 작게 나타남으로써 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타났다. 따라서 결과적으로 저서군집 생산력은 양 조사에서 차이가 없는 것으로 판단할 수 있다. 이렇듯 생산력 평균값의 절대치는 약 2배정도 2차 조사에서 높게 나타난 반면, 분산분석 결과에서는 차이가 없는 것으로 나타난 것은 2차 조사의 분산 값이 매우 크게 나타났기 때문이다.

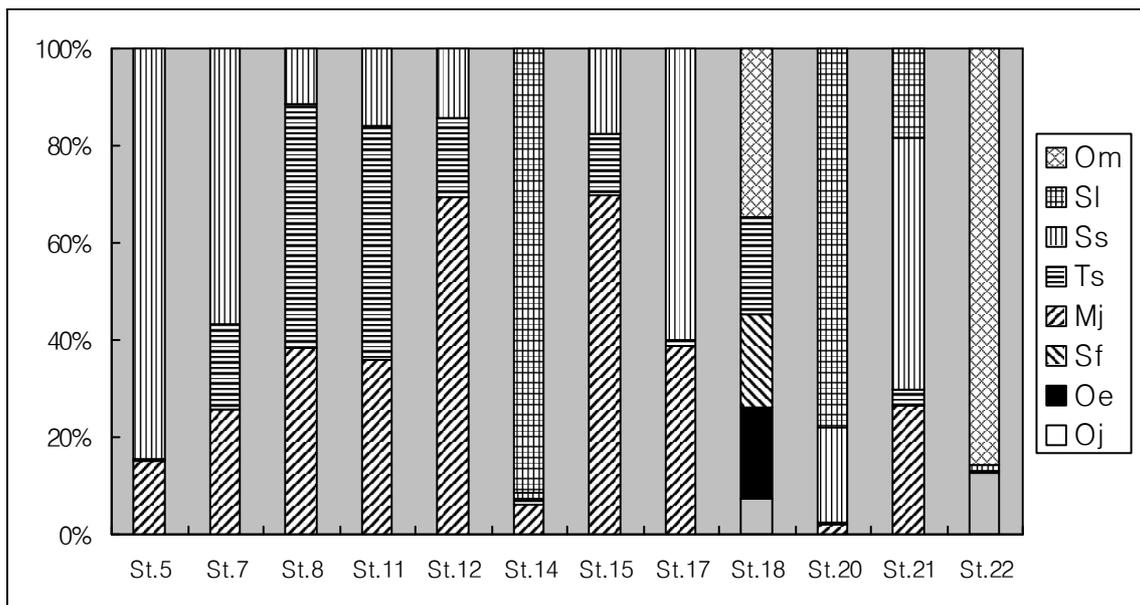


그림 2-2-58. 생산력이 높은 대형저서동물의 지역별 분포.

Fig. 2-2-58. Spatial distribution of the high productive macrobenthos (Om-*Ophiopholis mirabilis*, Sl-*Schizaster lacunosus*, Ss-*Sternaspis scutata*, Ts-*Tharyx* spp., Mj-*Magelona japonica*, Sf-*Siphonalia fuscolineata*, Oe-*Ophiothrix exigua*, Oj-*Ophiopholis mirabilis*).

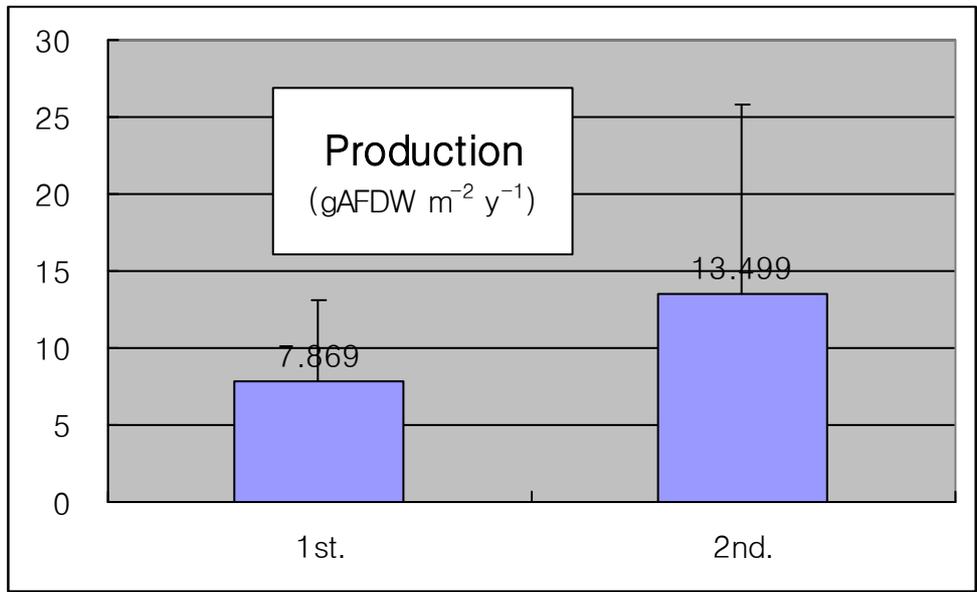


그림 2-2-59. 1차 조사년도와 2차 조사년도의 대형저서동물 생산력 비교.

Fig. 2-2-59. Comparison of the macrobenthic production between the first and second year of the survey.

표 2-2-47. 1차년도와 2차년도 대형저서동물 생산력의 차이에 대한 일원분산분석 결과
Table 2-2-47. One-way ANOVA on the macrobenthic production between the 1st and 2nd year of study

Analysis of Variance for data					
Source	DF	SS	MS	F	P
Treatment	1	181.9	181.9	1.98	0.174
Error	21	1932.4	92		
Total	22	2114.3			

(나) 생산력 조절 요인의 추정

표 2-2-48에 환경 요인들과 다양도 지수 그리고 생산력의 상관관계 추정치를 제시하였다. 생산력과 높은 상관관계를 나타낸 변수는 퇴적물의 분급도($r=0.648$)인 것으로 나타났다. 이외에 유의한 상관관계는 다양도 지수-퇴적물의 중위수 입도 간($r=-0.587$)에서 관찰되었다. 주어진 자료 내에서 다양도 지수와 생산력 간에는 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 분급도와 평균 또는 중위수 입도는 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타나나 상관관계 추정치로부터 이들 둘 간의 관계는 독립적인 것으로 판단할 수 있었다.

표 2-2-48. 환경요인과 저서동물 다양도 그리고 저서동물 생산력 추정치 간 상관관계

Table 2-2-48. Correlation between abiotic factors, species diversity and macrobenthic production

	Depth	Median	Sorting	Ignition loss	H'
Median	0.304				
p-value	0.158				
Sorting	0.414	-0.238			
p-value	0.05	0.274			
Ignition loss	0.346	0.087	0.287		
p-value	0.106	0.694	0.184		
H'	-0.325	-0.587	0.333	0.022	
p-value	0.13	0.003	0.12	0.922	
Production	0.405	0.053	0.648	0.185	0.346
p-value	0.055	0.812	0.001	0.399	0.106

생산력과 환경 요인 간 중회귀 분석 결과를 표 2-2-49에 나타내었다. Mallows' C_p 값으로부터 수심과 퇴적물의 분급도가 포함된 모형이 적합한 것으로 판단되었다. 모형의 결정 계수는 44.3%이며 유의 수준은 p-value 0.003인 것으로 나타났다. 2개 독립 변수들 가운데 2차 생산력에 대하여 높은 설명력을 갖는 변수는 분급도(p=0.005)인 것으로 추정되었다. 수심의 경우에는 유의한 설명력을 갖지 않는 것으로 나타났다.

저서군집의 2차 생산력 추정치를 살펴본 결과, 두 가지의 특징이 나타났다. 첫째, 1차와 2차 조사 간에 생산력에 있어서 통계학적으로는 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 나타났지만, 그 추정치의 분산 범위에 있어서는 다소 큰 차이를 보였다. 그러나 이는 1차 조사에서는 거의 출현하지 않았지만 2차 조사의 일부 정점에서 높은 서식밀도와 생체량을 나타낸 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*의 출현에 의하여 야기된 현상이다. 현재까지 본 종의 생리·생태적 특성에 대해서 알려진 바는 거의 없다. 일반적으로는 작은 몸체 크기에 짧은 수명을 갖는 r-strategy-selective species의 생산력이 높을 것이다. 따라서 k-strategy-selective species라고 할 수 있는 *O. mirabilis*에 의해 높은 군집 생산력이 추정된 것은 다소 특이한 현상이라 할 수 있다. 이는 동일한 생활전략을 갖는 이매패류에 의해 높은 군집 생산력이 추정된 Mitri *et al.*(2001)의 연구 사례와 유사한 것이라 할 수 있다. 다만 그들이 해석한 바와 같이 이러한 생물상이 안정적인 생산력과 기능(예를 들어, 높은 생체량에 비해 낮은 산소 요구량으로 많은 양의 유기물 흡수)을 유지할 지는 지켜봐야 할 것이다.

표 2-2-49. 저서동물 생산력과 환경요인 간의 회귀분석 결과와 분산분석표

Table 2-2-49. Result of regression analysis between the macrobenthic production and the environmental data and its ANOVA

Regression Analysis: P (production) versus Depth, sorting					
The regression equation is					
P = - 9.36 + 0.191 Depth + 7.14 Sorting					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	-9.359	6.084	-1.54	0.140	
Depth	0.191	0.212	0.90	0.378	
Sorting	7.139	2.257	3.16	0.005	
S = 7.674	R-Sq = 44.30%		R-Sq(adj)= 38.70%		
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	936.38	468.19	7.95	0.003
Residual Error	20	1177.89	58.89		
Total	22	2114.27			
Source	DF	Seq SS			
Depth	1	347.25			
Sorting	1	589.13			

두 번째로, 저서군집 생산력을 조절하는 요인으로는 분급도가 유의한 설명력을 가지는 것으로 나타났는데, 이는 생산력에 높은 기여도를 보인 *Ophiopholis mirabilis*가 출현한 지역의 환경적인 특성을 반영한 결과로 추정된다. 현재까지 알려진 생산력 조절 요인은, Tumbiolo and Downing(1994)이 제시한 바와 같이, 부영양화의 정도(과영양화된 Chesapeake Bay의 생산력이 그들이 제시한 모형에 의해서 추정된 값보다 평균 약 60% 높게 나타났다)나 수온, 수심 등이다. 먹이의 양이나 수온 등은 생물의 대사와 밀접한 요인을 가지므로 기계적 관계를 갖는 생산력 조절 요인으로 추정될 수 있으나 분급도는 생물의 대사에 영향을 줄 만한 요소가 아니다. 따라서 모형의 결과를 액면대로 받아들여 분급도를 생산력의 높낮이를 결정하는 요인(causal factor)으로 보는 것은 무리가 있으며, 조사 해석의 범위 내에서 생산력을 조절하는 요인과 상관 관계에 있는 correlative agents의 하나로 보는 것이 바람직할 것이다. 조사 해석의 범위 내라는 가정이 무리한 것인지 또는 타당한 것인지는 다년간의 모형 연구를 통하여 안정적인 결과가 제시되는 가를 점검해 봄으로써 대략적으로 파악될 수 있는 것이다. 현재로서는 이러한 모형을 통하여 퇴적물의 분급도가 높은 곳이 2차 생산력이 높을 것이라고 예측하는 정도로 활용하는 것이 타당하다.

바. Visiting species와 위 내용물

(1) 포식자 군집의 조성

(가) 종조성

조사해역과 광양만에서 어류의 위내용물 분석을 위해 2002년 11월부터 2004년 2월 사이 6회에 걸쳐 채집된 어류는 총 46종이었다. 이 중 우점종은 전갱이(*Trachurus japonicus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*)였으며, 숭어(*Mugil cephalus*), 문치가자미(*Limanda yakohomae*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 전어(*Konosirus punctatus*) 등도 비교적 많이 채집되었다. 그 외에 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 베도라치(*Pholis nebulosa*), 문절망둑(*Acanthogobius flvimanus*), 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 미역치(*Hypodytes rubripinnis*), 양태(*Platycephalus indicus*), 보리멸(*Sillago sihama*), 전어(*Konosirus punctatus*), 청어(*Clupea pallasii*), 민태(*Johnius grypotos*), 박대(*Cynoglossus semilaevis*), 개서대(*Cynoglossus robustus*), 성대(*Chelidonichthy spinosus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 병어(*Pampus argenteus*), 참복(*Takifugu chinensis*), 쌍동가리돔(*Parapercis sexfasciatus*), 쏨뱅이(*Sebastiscus marmoratus*), 아귀(*Lophiomus setigerus*) 등이 채집되었다.

총 6회 채집기간 중 가장 많은 빈도(4회)로 출현한 종은 감성돔(*A. schlegelii*), 베도라치(*P. nebulosa*), 숭어(*M. cephalus*), 붕장어(*C. myriaster*)였다. 이들의 출현 시기는 2003년 9월을 포함하여 2003년과 2004년 겨울인 1월과 12월 그리고 2월에 출현하였다. 총 3회의 출현빈도를 보인 어종은 보라물메기(*L. megacephalus*), 양태(*P. indicus*), 전갱이(*T. japonicus*), 전어(*K. punctatus*), 점농어(*L. maculatus*)였다. 이 중 보라물메기는 2003년 12월부터 2004년 2월 사이 겨울에만 출현하였으며, 나머지 종들은 여름인 2003년 9월을 포함하여 가을과 겨울에 출현하였다. 그 외 종들은 1-2회의 출현빈도를 보였는데 상당수 종들이 여름에 속하는 2003년 9월과 겨울에 속하는 시기에 출현하여 상당수 종들이 연중 출현할 것으로 생각된다.

(나) 시기별 변동

조사 시기별 출현종수는 2003년 9월에 23종으로 가장 다양했으며, 2003년 1월에 4종으로 가장 단조로웠다. 그 외 시기에서는 11-15종으로 비슷했다. 출현 개체수도 2003년 9월에 53개체로 가장 많았으며, 2003년 1월에 4개체로 가장 적었다. 그 외 시기에서는 22-46개체의 범위를 보였다. 채집시기가 계절조사 형태로 이루어지지 않았으나 출현종수와 개체수에서 모두 여름에 높고 겨울에 낮은 양상을 보였다. 이와 같이 겨울에 생물량이 감소하고 여름에 증가하는 것은 광양만(허와 곽, 1997), 안골만(이 등, 2000), 고흥반도(한 등, 2001) 등 어류군집 연구에서 공통적으로 나타나는 특징이다. 이것은 온대 해역에서 일반적으로 나타나는 현상(이, 1998)으로 수온이 낮은 겨울에 회유성 어종들이 월동을 위해

비교적 수심이 깊은 곳으로 이동하고 수온이 상승하는 봄과 여름에 산란과 성장을 위해 연안으로 회유하기 때문이다(허와 곽, 1997). 따라서 본 조사해역에서 어류군집에 의한 포식압은 여름에 증가하고 겨울에 감소 할 것으로 생각된다.

(2) 섭식 생태

(가) 위 내용물의 조성

총 46종, 194 개체의 어류 가운데 75개체가 공복 상태였으며 119 개체의 위장에서 먹이 생물이 발견되었다. 119 개체의 위 내용물을 바탕으로 표 2-2-50에 조사 시기에 따른 위장 내 먹이 생물군 별 빈도 분포를 분할표(contingency table)로 나타내었다. 적합도 검정을 실시한 결과 카이-제곱 통계량은 자유도 80, 95%에 해당하는 60.392를 크게 넘는 107.946인 것으로 나타나 시기별 위 내용물의 동물군 조성에 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 있었다. 따라서 어류가 섭식하는 위 내용물의 동물군은 조사 시기마다 차이가 있는 것으로 추정할 수 있었다.

유의한 시기별 차이에 기여한 위 내용물의 동물군은 2004년 1월의 만각류(CCi), 2003년 9월의 집게류(CDA) 그리고 2003년 12월의 기타 동물군(others) 등이다.

표 2-2-50에서는 전 시기에 걸쳐 높은 빈도를 나타낸 동물군을 찾아볼 수 있다. 높은 빈도를 나타낸 동물군은 갑각류의 단각류(총 45회 출현), 어류(44회), 다모류(30회), 새우류(30회) 등인 것으로 나타났다. 나머지의 경우 갑각류에 속하는 동물군이 높은 빈도를 나타내었다. 조사 해역 어류의 주요 먹이 자원은 갑각류인 것으로 추정할 수 있었으며, 이는 갑각류가 어류의 주요 자원이라고 언급한 Arendt *et al.*(2001)의 연구와 일치하는 것이다.

표 2-2-51에 어류의 위에서 관찰된 먹이 생물의 종별 또는 분류가 가능한 수준의 분류군 별 빈도수를 나타내었다. 가장 높은 빈도를 나타낸 동물군은 어류인 것(11.76%)으로 나타났다. 이들은 종 수준의 동정이 불가능한 상태였다. 다음은 다모류인 것으로 나타났으며 이들 역시 동정에 어려움이 있었다. 10%와 8.4%의 빈도를 나타낸 3위와 5위의 먹이 생물은 망둑어류(Gobiidae spp.)와 멸치(*Engraulis japonica*)인 것으로 나타났다. 4위부터 그 아래는 대부분 무척추 저서생물인 것으로 나타났고, 상위에서는 갑각류의 중요성이 높은 것으로 나타났다.

저서생물의 경우 암반 기질과 니질 퇴적상 그리고 자갈과 빨이 혼재하는 퇴적상 등으로 서식처를 구분할 수 있었으며, 후자의 퇴적상 보다는 암반 기질과 니질 퇴적상에서 주로 출현하는 생물들로 구성되었음을 알 수 있었다. 암반 기질에 서식하는 저서생물의 경우에는 주로 해조류와 연관된 분포를 갖는 종들이었다(예를 들어, *Jassa falcata*, *Caprella* spp., *Aoridae* spp., *Gammaropsis* spp. 등).

표 2-2-50. 시기별 먹이 생물의 동물군별 빈도 분포

Table 2-2-50. Frequency distribution of prey taxa among sampling periods

	2002-11	2003-01	2003-09	2003-12	2004-01	2004-02	Total
Algae		1	2	1		3	7
APol	18		7	5			30
CAm	24	1	4	1	2	13	45
CCi					1*		1
CCo	3						3
CDA			2*				2
CDB	1		1	1		1	4
CDM	9	2	3	4	3	9	30
CIs	2		1				3
CMy	2			2	1	1	6
CSt	3		1	1			5
EOp			1	1			2
MBi	8		3	1		1	13
MCe	1		1	1			3
MGs	2		2			1	5
Others			1	2*			3
Pis	22	2	5	5	6	4	44

※ * denotes significant contribution to seasonal differences of prey composition.

Taxon codes: Algae-macroalgae, APol-polychaetes, CAm-amphipoda, CCi-cirripedia, CCo-copepoda, CDA-Anomura, CDB-Brachyura, CDM-Macrura, CIs-Isopoda, CMy-Mysidacea, CSt-Stomatopoda, EOp-Ophiuroidea, MBi-Bivalvia, MCe-Cephalopoda, MGs-Gastropoda, Others-miscellaneous taxa and Pis-pisces.

(나) 섭식 지위의 너비

어류 위 내용물의 다양성(trophic diversity)을 통하여 어류 종별 그리고 조사 시기별 섭식 지위의 너비를 관찰하였다(그림 2-2-60). 이러한 분석을 통하여 어류를 generalist와 specialist로 구분하는 것이 가능할 것으로 기대되었다. 그림에서 막대는 trophic diversity를 나타낸 것이며, 0값은 위 내용물이 한 종으로 구성되어 다양도가 계산되지 않은 경우이다. 2002년 11월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*)인 것으로 나타났다. 다음은 개서대(*Cynoglossus robustus*), 민태(*Johnius grypotus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*) 등인 것으로 나타났다. 2003년 1월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 양태 (*Platycephalus indicus*)인 것으로 나타났다. 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)와 붕장어(*Conger myriaster*)의 섭식 지위는 매우 좁은 것으로 나타났다. 2003년 9월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 쌍동가리돔(*Parapercis sexfasciatus*)인 것으로 나타났다. 다음은 샛돔(*Psenopsis anomala*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*) 등인 것으로 나타났다.

표 2-2-51. 먹이 생물의 종별 개체수와 빈도 분포 그리고 추정 서식처

Table 2-2-51. Abundance and frequency distribution of prey species and their estimated habitats

Rank	Taxon	Prey species	N	F (%)	Benthic -Pelagic	Benthic Habitat type
1	Pis	Pisces unid. spp.	14	11.76%	?	
2	APol	Polychaeta unid. spp.	17	10.92%	Benthic	?
3	Pis	Gobiidae spp.	16	10.08%	Benthic	?
4	CAM	Oedicerotidae spp.	119	8.40%	Benthic	Mud
4	Pis	<i>Engraulis japonica</i>	10	8.40%	Pelagic	
5	CAM	Gammaridea spp.	30	5.88%	Benthic	?
6	CMy	Mysidacea spp.	30	5.04%	Benthic-pelagic	
7	CAM	<i>Jassa falcata</i>	12	4.20%	Benthic	Rock
7	CDM	<i>Leptocheila gracilis</i>	12	4.20%	Benthic	Mud
7	CDM	Penaeidea spp.	8	4.20%	Benthic-pelagic	
7	CDM	Alpheidae spp.	6	4.20%	Benthic	Gravel & mud
7	CSt	<i>Oratosquilla oratoria</i>	6	4.20%	Benthic	Mud
7	Algae	Algae unid. sp.	5	4.20%	Benthic	Rock
7	CAM	<i>Caprella</i> spp.	5	4.20%	Benthic	Rock
7	CDM	Macrura unid. spp.	5	4.20%	Benthic-pelagic	
7	Pis	Fish eggs	5	4.20%	Benthic	Rock
7	MBi	Bivalvia unid. spp.	4	4.20%	Benthic	?
17	CDM	<i>Palaemon macrodactylus</i>	7	3.36%	Benthic-pelagic	
17	APol	Polychaeta larvae	6	3.36%	Pelagic	
17	CAM	Melitidae sp.	4	3.36%	Benthic	Mud
20	MBi	<i>Theora fragilis</i>	155	2.52%	Benthic	Mud
20	Pis	Clupeidae sp.	12	2.52%	Pelagic	
20	CDM	<i>Crangon affinis</i>	7	2.52%	Benthic-pelagic	
20	APol	Glyceridae spp.	3	2.52%	Benthic	Mud
24	CCo	<i>Microsetella rosea</i>	532	1.68%	Pelagic	
24	CAM	Aoridae spp.	45	1.68%	Benthic	Rock
24	CDM	<i>Latreutes mucronatus</i>	8	1.68%	Benthic-pelagic	
24	MBi	<i>Musculista senhousia</i>	8	1.68%	Benthic	Mud
24	CAM	<i>Gammaropsis</i> spp.	7	1.68%	Benthic	Rock
24	MCE	<i>Euprymna morsei</i>	4	1.68%	Benthic	Rock
24	CI	Isopoda sp.	3	1.68%	Benthic	Rock
24	APol	?Nephtyidae sp.	2	1.68%	Benthic	Mud
24	APol	Eunicidae sp.	2	1.68%	Benthic	Rock
24	APol	Terebellidae unid. sp.	2	1.68%	Benthic	Mud

※ Taxon codes: Algae-macroalgae, APol-polychaetes, CAM-amphipoda, CCI-cirripedia, CCo-copepoda, CDA-Anomura, CDB-Brachyura, CDM-Macrura, CI-Isopoda, CMy-Mysidacea, CSt-Stomatopoda, EOp-Ophiuroidea, MBi-Bivalvia, MCE-Cephalopoda, MGs-Gastropoda, Others-miscellaneous taxa and Pis-pisces.

표 2-2-51. 계속

Table 2-2-51. Continued

Rank	Taxon	Prey species	N	F (%)	Benthic -Pelagic	Benthic Habitat type
34	CCo	Copepoda spp.	300	0.84%	Pelagic	
34	CAM	<i>Corophium sinense</i>	110	0.84%	Benthic	Mud
34	CAM	<i>Erichthonius</i> sp.	17	0.84%	Benthic	Rock
34	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	3	0.84%	Benthic	Gravel & mud
34	CAM	<i>Corophium acherusicum</i>	2	0.84%	Benthic	Rock
34	CDB	<i>Charybdis japonica</i>	2	0.84%	Benthic-pelagic	
34	MBi	<i>Nucula tenuis</i>	2	0.84%	Benthic	Mud
34	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	2	0.84%	Benthic	Mud
34	MGs	?Retusiidae sp.	2	0.84%	Benthic	Mud
34	MGs	Gastropoda unid. sp.	2	0.84%	Benthic	?
34	APol	Goniadidae sp.	1	0.84%	Benthic	Mud
34	APol	<i>Lumbrineris</i> spp.	1	0.84%	Benthic	Mud
34	APol	Nereidae sp.	1	0.84%	Benthic	?
34	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	1	0.84%	Benthic	Mud
34	CAM	?Leucothoidae sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>	1	0.84%	Benthic	Mud
34	CAM	Hyperiididae spp.	1	0.84%	Pelagic	
34	CAM	Liljeborgidae sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	CAM	Lysianassidae sp.	1	0.84%	Benthic	?
34	CAM	<i>Synchelidium</i> sp.	1	0.84%	Benthic	Mud
34	CCi	Cirripedia unid. sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	CDA	Anomura unid. sp.	1	0.84%	Benthic	?
34	CDA	<i>Diogenes edwardsii</i>	1	0.84%	Benthic	Gravel & mud
34	CDB	Crab unid. sp.	1	0.84%	Benthic	?
34	CDB	<i>Ilyoplax pingi</i>	1	0.84%	Benthic	Mud
34	CDB	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>	1	0.84%	Benthic	Mud
34	CDM	<i>Latreutes planirostris</i>	1	0.84%	Benthic-pelagic	
34	CI	<i>Janiropsis longiantennata</i>	1	0.84%	Benthic	Rock
34	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	1	0.84%	Benthic	Gravel & mud
34	MBi	Mytilidae unid. sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	MBi	<i>Ruditapes phillipinarum</i>	1	0.84%	Benthic	Mud
34	MCE	<i>Loligo japonica</i>	1	0.84%	Pelagic	
34	MGs	<i>Crepidula onyx</i>	1	0.84%	Benthic	Rock
34	MGs	<i>Littoraria</i> sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	MGs	Nudibranchia unid. sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	Others	Anthopleura sp.	1	0.84%	Benthic	Rock
34	Others	<i>Micrura</i> sp.	1	0.84%	Benthic	Mud
34	Others	Nemertinea unid. sp.	1	0.84%	Benthic	Mud

감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 섭식 지위는 2003년 9월에도 매우 좁은 것으로 관찰되었다. 2003년 12월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 가오리류(Rajidae sp.)인 것으로 나타났다. 다음은 점농어(*Lateolabrax maculatus*)와 보구치(*Argyrosomus argentatus*)의 순인 것으로 나타났다. 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 섭식 지위는 역시 좁은 것으로 관찰되었다. 2004년 1월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 전갱이(*Trachurus japonicus*)인 것으로 나타났다. 이들을 제외한 나머지 어류는 매우 좁은 섭식 지위를 나타내었다. 2004년 2월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 망상어(*Ditrema temminckii*), 보라물메기(*Liparis megacephalus*), 솜뱅이(*Sebasticus marmoratus*), 노래미(*Hexagrammos agrammus*) 등이며 이들은 동일한 수준의 섭식 지위의 너비를 나타내었다. 다음은 양태(*Platycephalus indicus*)와 베도라치(*Pholis nebulosa*) 등인 것으로 나타났다.

조사 기간 중 2003년 1월과 2004년 1월에는 대부분의 어류의 섭식 지위가 좁거나 공복 상태인 것으로 나타났다. 이러한 것이 계절적인 현상인지는 현재로는 알 수 없다. 양태(*P. indicus*)의 경우 지속적으로 비교적 넓은 섭식 지위를 나타낸 반면 감성돔(*A. schlegelii*)의 것은 좁은 것으로 관찰되었다. 허와 곽(1998)의 연구에 의하면 감성돔의 유어(SL~7cm)는 광양만의 잘피밭에서 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 나타났다. 일반적으로 성어의 경우는 섭식 지위가 넓으므로 본 연구와 허와 곽(1998)의 것의 차이는 채집 방법의 차이(전자의 경우 정치망이며 후자는 트롤 사용)에 기인하는 편 가능성에 무게를 둘 수도 있다. 그러나 동일한 채집 조건 내에서 상대적인 지위의 넓고 좁음을 비교하는 데에는 문제가 없을 것으로 보인다. 위 내용물에 근거한 섭식 장소는 암반인 것으로 추정되었다. 이는 감성돔의 위장 내 해조류 파편의 관찰에 근거한 것이다. 허와 곽(1998)의 연구에서도 잘피나 해조류의 파편이 감성돔의 위장 내에서 관찰되었다. 기질의 종류를 규명할 수는 없더라도 동시에 위장 내에서 출현한 *Caprella*나 바위게(*Hemigrapsus penicillatus*), 그리고 딱총새우류(*Alpheus brevicristatus*)의 출현에 근거하면 암반 위의 해조류가 풍부한 환경이나 자갈들로 이루어진 서식처가 이들의 주된 급이장인 것으로 추정할 수 있다. 본 연구로부터 섭식 지위가 넓은 것으로 추정된 어류들은 빨이나 니질과 약질이 혼재하는 퇴적물, 암반 등지의 보다 다양한 유형의 서식처에서 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 나타났다.

본 연구에서의 섭식 지위의 너비 차이는 이러한 패턴을 반영하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 다른 어류들에 비해 상대적으로 specialist인 것으로 분류될 수 있을 것으로 추정된다. 다양한 조사 시기 동안 출현한 위 내용물 분석 대상 개체들의 전장(total length)을 그림 2-2-61에 나타내었다. 대상 어류의 종 간 크기는 차이가 있는 것으로 나타났으나 다양한 시기의 자료가 포함되었음에도 불구하고 개체군 내 크기의 분포 범위는 넓지 않은 것으로 나타났다.

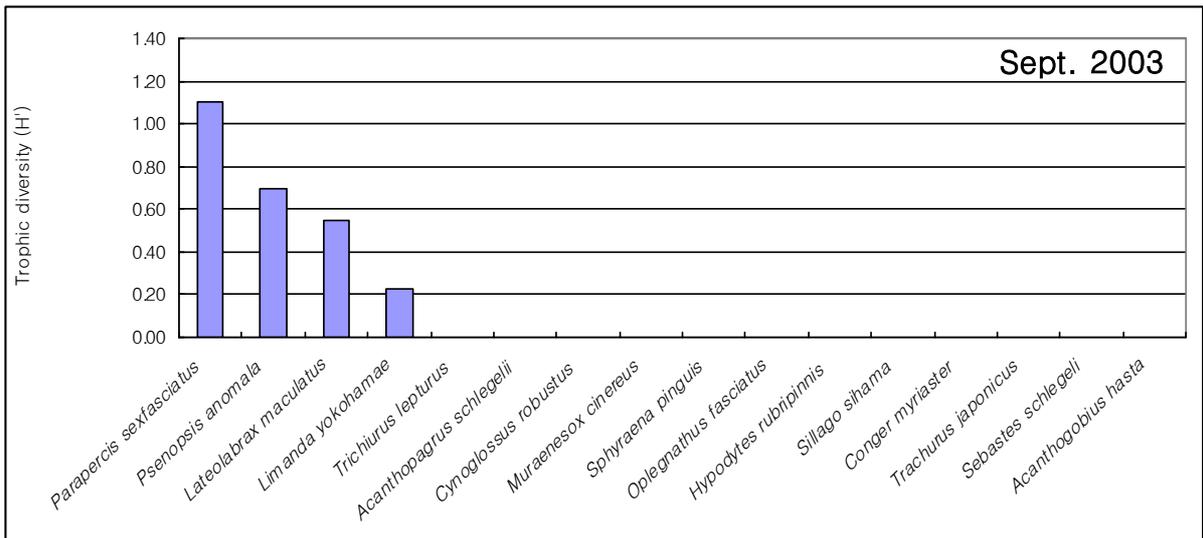
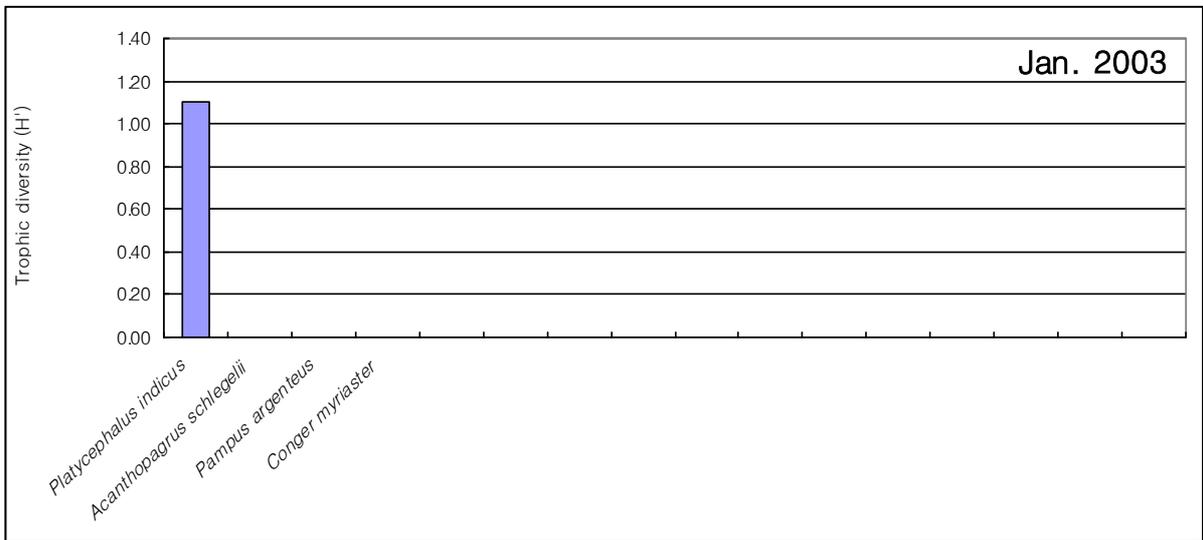
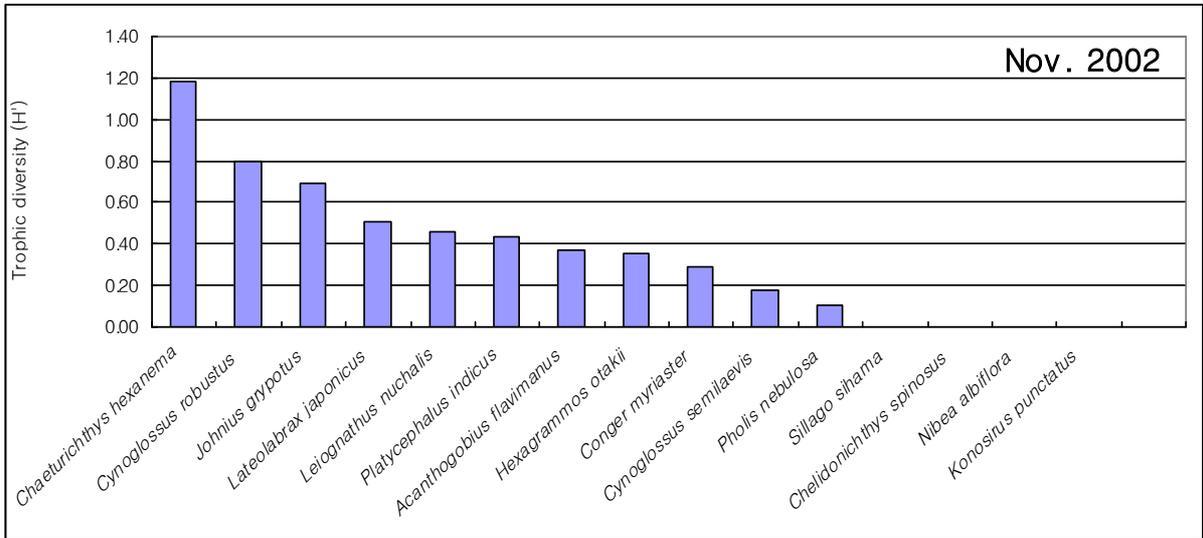


그림 2-2-60. 어종별 섭식 지위(feeding niche)의 평균 너비.

Fig. 2-2-60. Comparisons of average breadth in feeding niche among species.

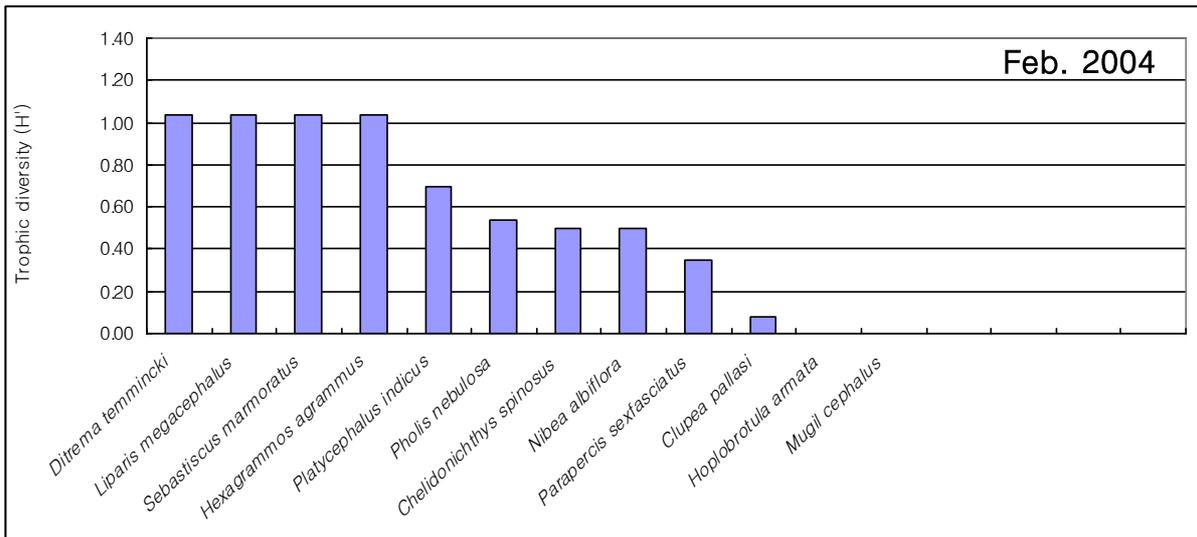
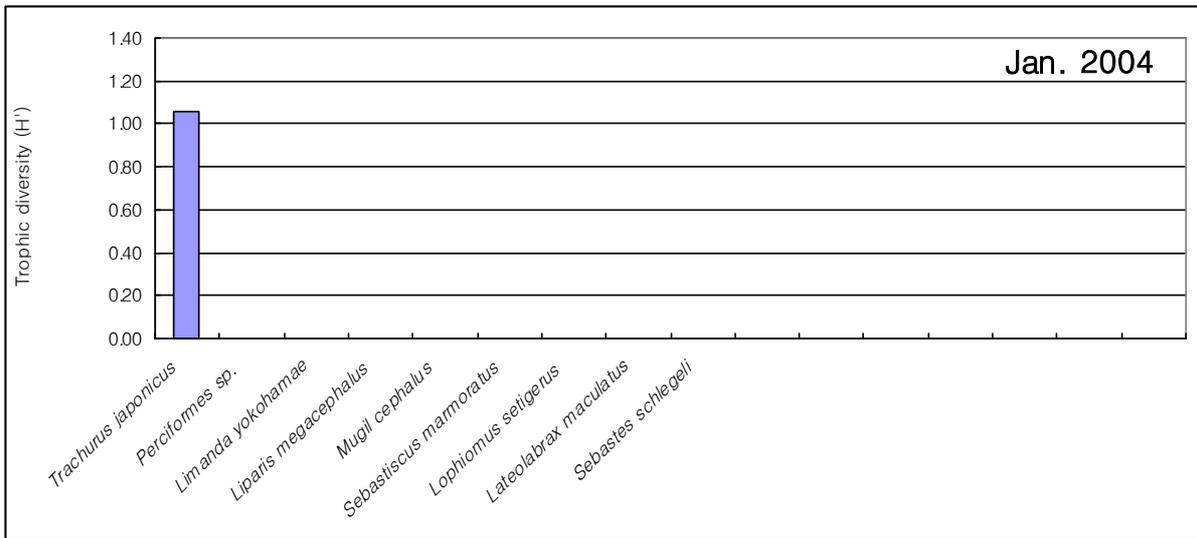
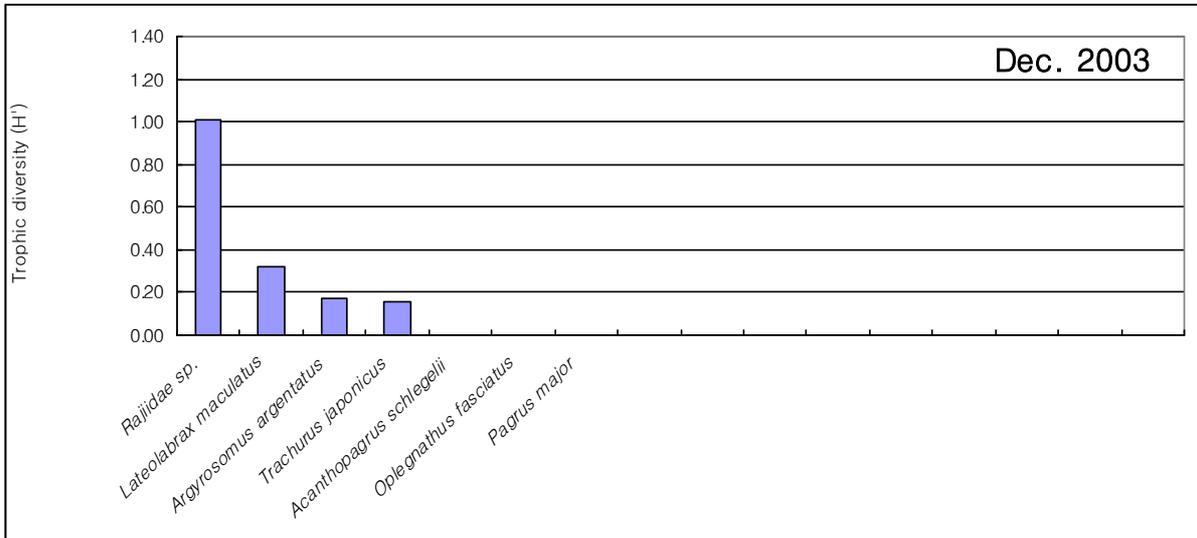


그림 2-2-60. 계속.

Fig. 2-2-60. Continued.

이로부터 어류의 성체만이 위 내용물의 분석에 포함되었음을 알 수 있다. 일부 종(도화망둑, *C. hexanema*와 붕장어, *C. myriaster*)의 경우 전장과 추정된 섭식 지위 간 상관관계를 살펴보았으나 유의한 관계는 없는 것으로 나타났다(각각 $p=0.508, 0.471$).

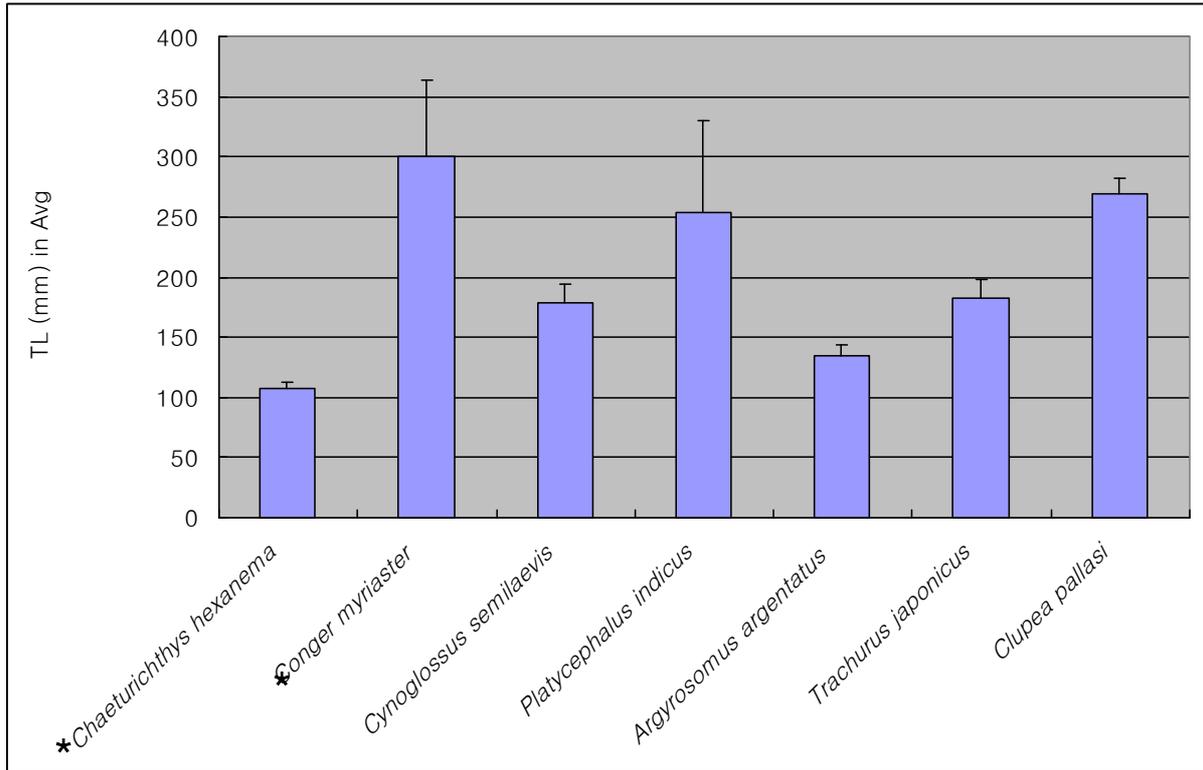


그림 2-2-61. 우점종의 전장 분포(mm)-일부 종(*)의 개체의 크기는 섭식 지위와 비교되었다.

Fig. 2-2-61. Size distribution of total length dominant species-Body Size of some species (*) were compared with their niche breadths.

(다) 섭식 유형

약 3년에 걸쳐 조사 작성된 database와 먹이 생물의 추정 서식처(표 2-2-51 참조; 5개로 분류, pelagic, benthopelagic, rock, mud and gravel and mud bottom 등) 자료를 바탕으로 주성분 분석(principal component analysis)을 수행하였으며 결과의 요약표를 표 2-2-52에 나타내었다.

자료로부터 2개의 정보를 담은 축을 추출하였다. 제 1 주성분 축은 자료가 갖는 총 분산의 약 43%의 정보를 갖는 것으로 나타났으며, 제 2 주성분 축은 약 28%의 정보를 갖는 것으로 나타났다. 2개의 축은 총 71%의 분산을 설명하는 것으로 나타나 그림 2-2-4의 결과에서 5개의 차원(즉 서식처)을 2개의 차원으로 축소(reduction of dimension)한 것이 적절하였음을 판단할 수 있었다.

표 2-2-52. 주성분 분석 (principal component analysis)의 결과 요약

Table 2-2-52. Summary of the result of principal component analysis

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS		
Imported data		
Analysing 5 variables x 24 cases		
Tolerance of eigenanalysis set at 1E-7		
Eigenvalues		
	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues	1.194	0.783
Percentage	42.649	27.958
Cum. Percentage	42.649	70.607

객체(cases)로서 총 119 개의 어류 개체가 주성분 분석에 포함될 수 있었으나 약 95개체가 동일한 분포 양상을 나타내어 이들 가운데 산포 패턴이 겹치지 않도록 24개체만을 분석에 포함하였다. 분석에서 생략된 나머지 개체들은 동일한 출현 양상을 갖는 종들 주변에 설명선과 함께 나타내었다(그림 2-2-62). 표 2-2-53는 그림 2-2-61의 객체(어류) 식별 코드를 찾아볼 수 있도록 하기 위한 것이다.

그림 2-2-62에서 화살표는 주요 서식처의 방향성을 나타낸 것이다. 우측에 위치하는 객체들은 주로 암반 기질(rock)과 니질 퇴적상(mud)에서 섭식을 행한 개체를 나타내며 좌측의 상단은 benthopelagic(BP) 특성을 갖는 먹이를 섭식한 개체들이다. 하단은 니질과 약질이 혼재하는 퇴적상(G & M)과 pelagic한 특성의 먹이를 섭식한 개체들이다. 도화망둑(Chahex)이 우측의 상단과 중간에 분포한 것은 이들이 니질 퇴적상에 분포하는 먹이들(예를 들어 *Nephtyidae* sp., *Sternaspis scutata*, *Oedicerotidae* spp., *Raetellops pulchella* 등)와 함께 해조류와 관계되어 분포하는 먹이(예를 들어 *Caprella* spp., *Corophium acherusicum* 등)나 암반에 분포하는 복족류(*Littoraria* sp.)등을 섭식하였기 때문이다. 이들의 위장에서는 곤쟁이류(Mysidacea spp.)과 같은 저층과 부유성을 동시에 나타내는 먹이 생물도 관찰되었다. Benthopelagic(BP) 특성을 갖는 먹이를 섭식한 개체들로는 조피볼락(Sebsch2)과 가오리류(Rajisp1)와 청어(Clupal2) 등인 것으로 나타났다. 조피볼락의 위에서는 새우류(Macrura unid. spp.)와 청어류(Clupeidae sp.) 등이 관찰되었으며, 가오리류의 위에서는 역시 돛대기새우(*Leptochela gracilis*)와 *Palaemon macrodactylus* 그리고 곤쟁이류(Mysidacea spp.) 등이 관찰되었다. 청어의 경우에도 역시 유사한 위 내용물(*L. gracilis*, 새우류 *Macrura unid. spp.*, *Mysidacea* spp.)과 특이하게도 어류의 난피가 관찰되었다. 이들 세 종은 먹이의 overlapping 정도가 높은 것으로 나타났으며, 조피볼락의 경우 동일한 급이장에서 섭식을 행하는 청어류를 먹이 생물로 이용하는 것으로 추정되었다.

니질과 약질이 혼재하는 퇴적상(G & M)과 pelagic한 특성의 먹이를 섭식한 개체들은

표 2-2-53. 주성분 분석에서 어류 개체의 식별을 위한 codes

Table 2-2-53. Codes for discrimination of fishes individuals in PCA diagram

Scientific name	Korean	Code	Scientific name	Korean	Code
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문질망둑	Acafla1	<i>Lateolabrax maculatus</i>	점농어	Latmac1
		Acafla3			Latmac10
		Acafla4			Latmac11
<i>Acanthogobius hasta</i>	풀망둑	Acahas1			Latmac3
<i>Acanthopagurus schlegelii</i>	감성돔	Acasch1			Latmac4
		Acasch2			Latmac5
<i>Argyrosomus argentatus</i>	보구치	Acasch4	<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치	Leinuc3
		Acasch6			Leinuc4
		Argarg1			Leinuc5
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	도화망둑	Argarg2	<i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미	Limyok1
		Argarg3			Limyok3
		Argarg4			Limyok7
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	도화망둑	Chahex1			Limyok8
		Chahex2	<i>Liparis megacephalus</i>	보라물메기	Lipmeg1
		Chahex3			Lipmeg3
		Chahex4			Lipmeg4
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	성대	Chahex5	<i>Lophiomus setigerus</i>	아귀	Lopset1
		Chespi1			Lopset5
<i>Clupea pallasii</i>	청어	Chespi2	<i>Mugil cephalus</i>	송어	Mugcep1
		Clupa1			Mugcep8
<i>Conger myriaster</i>	붕장어	Clupa2	<i>Muraenesox cinereus</i>	갯장어	Murcin1
		Clupa3			Murcin2
		Clupa4	<i>Nibea albiflora</i>	수조기	Nibalb1
		Conmyr1	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	Oplfas1
		Conmyr10			Oplfas2
		Conmyr11			Oplfas3
		Conmyr12			Oplfas7
<i>Cynoglossus robustus</i>	개서대	Conmyr13	<i>Pagrus major</i>	참돔	Pagmaj1
		Conmyr14	<i>Pampus argenteus</i>	병어	Pamarg1
		Conmyr15	<i>Parapercis sextasciatus</i>	쌍둥가리돔	Parsex1
		Conmyr16			Parsex2
		Conmyr2			Parsex3
		Conmyr4	Perciformes sp.	돔류	Percsp5
		Conmyr5	<i>Pholis nebulosa</i>	베도라치	Phoneb1
		Conmyr6			Phoneb2
		Conmyr7			Phoneb3
		Conmyr8	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	Plaind1
<i>Cynoglossus semilaevis</i>	박대	Conmyr9			Plaind2
		Cynrob1			Plaind3
		Cynrob2			Plaind4
		Cynrob3			Plaind5
		Cynrob4			Plaind6
		Cynsem1	<i>Psenopsis anomala</i>	셋돔	Pseano1
<i>Ditrema temmincki</i>	망상어	Cynsem2			Pseano2
		Cynsem3	Rajiidae sp.	가오리류	Rajisp1
		Cynsem4	<i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락	Sebsch1
		Dittem3			Sebsch2
<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	Hexagr1	<i>Sebasticus marmoratus</i>	솜뱅이	Sebmar2
<i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미	Hexota1			Sebmar5
		Hexota2	<i>Sillago sihama</i>	보리멸	Silsih1
<i>Hoplobrotula armata</i>	붉은메기	Hexota3			Silsih2
		Hoparm1	<i>Sphyaena pinguis</i>	꼬치고기	Sphpin1
		Hyprub2	<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이	Trajap10
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	Hyprub3			Trajap14
<i>Johnius grypotus</i>	민태	Johgry1			Trajap15
		Konpun6			Trajap5
<i>Konosirus punctatus</i>	전어	Konpun7			Trajap6
		Konpun8			Trajap8
		Latjap3			Trajap9
<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	Latjap3	<i>Trichiurus lepturus</i>	갈치	Trilep2

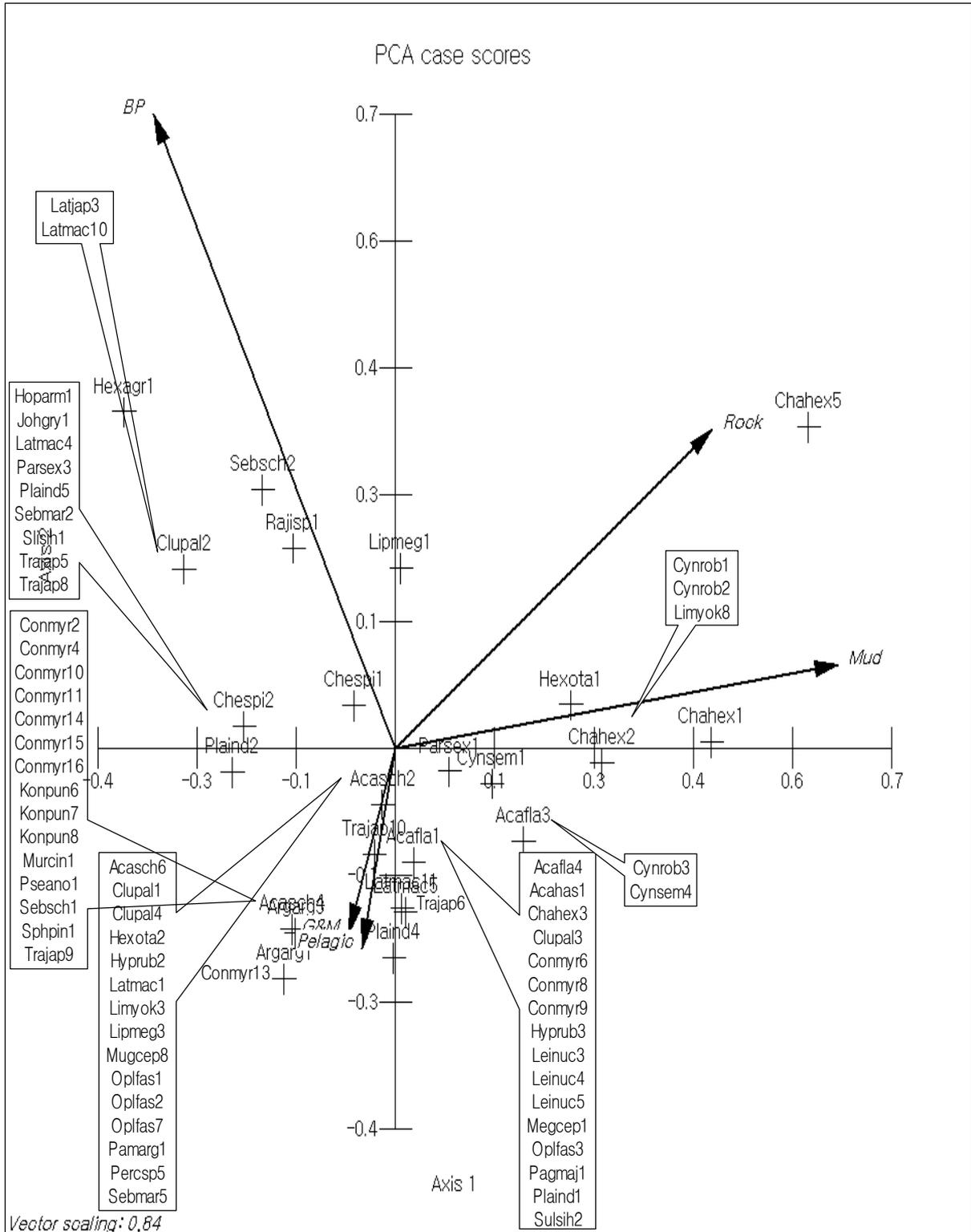


그림 2-2-62. 먹이 생물의 서식처와 어류 자료를 바탕으로 수행한 주성분 분석 결과.
 Fig. 2-2-62. Result of PCA performed on matrix of fishes-habitats of prey species.

붕장어(Conmyr13)와 보구치(Argarg1) 그리고 양태(Plaind4) 등이다. 붕장어의 위에서는 멸치(*Engraulis japonica*)와 오징어류(*Loligo japonica*) 그리고 망둑어류 등이 높은 빈도로 관찰되었으며, 일부 개체의 위에서는 니질 퇴적상에 분포하는 갯가재(*Oratosquilla oratoria*)와 니약질 혼합 퇴적상에서 주로 출현하는 딱총새우류(Alpheidae spp.)가 관찰되었다. 보구치의 경우에는 유영 단계의 것으로 보이는 다모류의 유생과 딱총새우류, 멸치 그리고 동정이 불가능한 어류 등이 관찰되었다. 양태의 경우에는 니질에 서식하는 단각류(*Synchelidium* sp.) 이외에 앞서 언급한 개체들과 마찬가지로 딱총새우류(Alpheidae spp.)와 보리새우류(Penaeidae spp.) 갯가재(*O. oratoria*), 멸치, 망둑어류 그리고 동정이 불가능한 어류 등이 관찰되었다.

이상의 주성분 분석 결과에 대한 해석으로부터 산포도의 유사한 위치에 놓인 객체(어류)들은 유사한 먹이 습성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 주성분 분석 결과는 섭식 지위의 overlapping 정도를 반영하는 것으로도 볼 수 있었다. 한편 많은 수의 어류가 좌측과 하단에 산포하는 것으로 나타나 수주(BP와 Pelagic)에서 섭식하는 것으로 추정되었으며, 같은 종 내의 개체들은 산포도 내에서 유사한 위치에 분포하는 것으로 나타났다(예를 들어, 붕장어, Conmyr 2~16, 문절망둑, Chahex 1~5). 다양한 조사 시기에 걸쳐 동일한 종 내의 개체들 간 극단적인 서식처에 위치하지 않는 것으로 나타난 것은 일차적으로 이들이 일정한 먹이선택의 범위를 갖기 때문으로 볼 수 있으며, 좁은 지리적 범위의 서식처 내에서 서식하거나 성체의 경우 계절에 따른 이동을 하더라도 선호하는 먹이가 존재하는 급이장에서 크게 이탈하지 않는 범위 내에 분포하는 가능성을 반영하는 것으로도 해석될 수 있다.

이러한 관점에서 잘피밭에서 어류의 위 내용물에 관한 연구를 수행한 허와 곽(1997, 1998외 다수)의 결과를 보면, 다양한 시기(월별로 1년간)에 다양한 어종(감성돔, 망둑어류, 불낙, 붕장어, 베도라치 등)을 대상으로 위 내용물을 분석한 결과 비록 IRI에서 나타난 선호하는 먹이는 다소 차이가 있을 수 있으나 대체로 잘피밭의 갑각류를 집중적으로 섭식하였다는 점에서 위에 제시한 가설의 가능성, 즉 주요 섭이장에서 연중 집중적으로 서식하며 섭식 활동을 행하는 어류가 많음을 추정해 볼 수 있다. 물론 많은 수의 주요 어종을 보유, 육성하며 다양한 기능을 수행하는 잘피밭과 같은 서식처는 연안 생태계에서도 예외적인 특성과 기능의 서식처라고 할 수 있는 곳이다. 본 연구 결과에서 파악된 먹이 생물의 서식처 특성을 허와 곽(1997, 1998외 다수)의 관찰된 위 내용물 자료에 적용하면 잘피밭은 니질 서식 저서동물의 현존량이 매우 높고 잘피에 부착하여 서식하는 epiphytes(주로 단각류의 *Caprella*류)와 pelagic과 benthopelagic prey components들이 높은 현존량을 나타내기 때문에 specialists는 물론 다양한 먹이를 섭식하는, 즉 섭식 지위가 넓은 generalists에게도 훌륭한 급이처인 것으로 볼 수 있다.

(라) 섭식장소 분석

Food web 분석을 통하여 어류 군집의 섭식 장소를 파악하기 위한 시도를 행하였다 (그림 2-2-63). 각 종별(총 46종 118개체 대상)로 먹이의 위장 내 관찰 빈도에 근거하여 섭식 장소를 trophic links로 나타내었으며 이들의 집중도를 파악하기 위하여 서식처 별로 links의 개수를 파악하여 비율로 나타내었다.

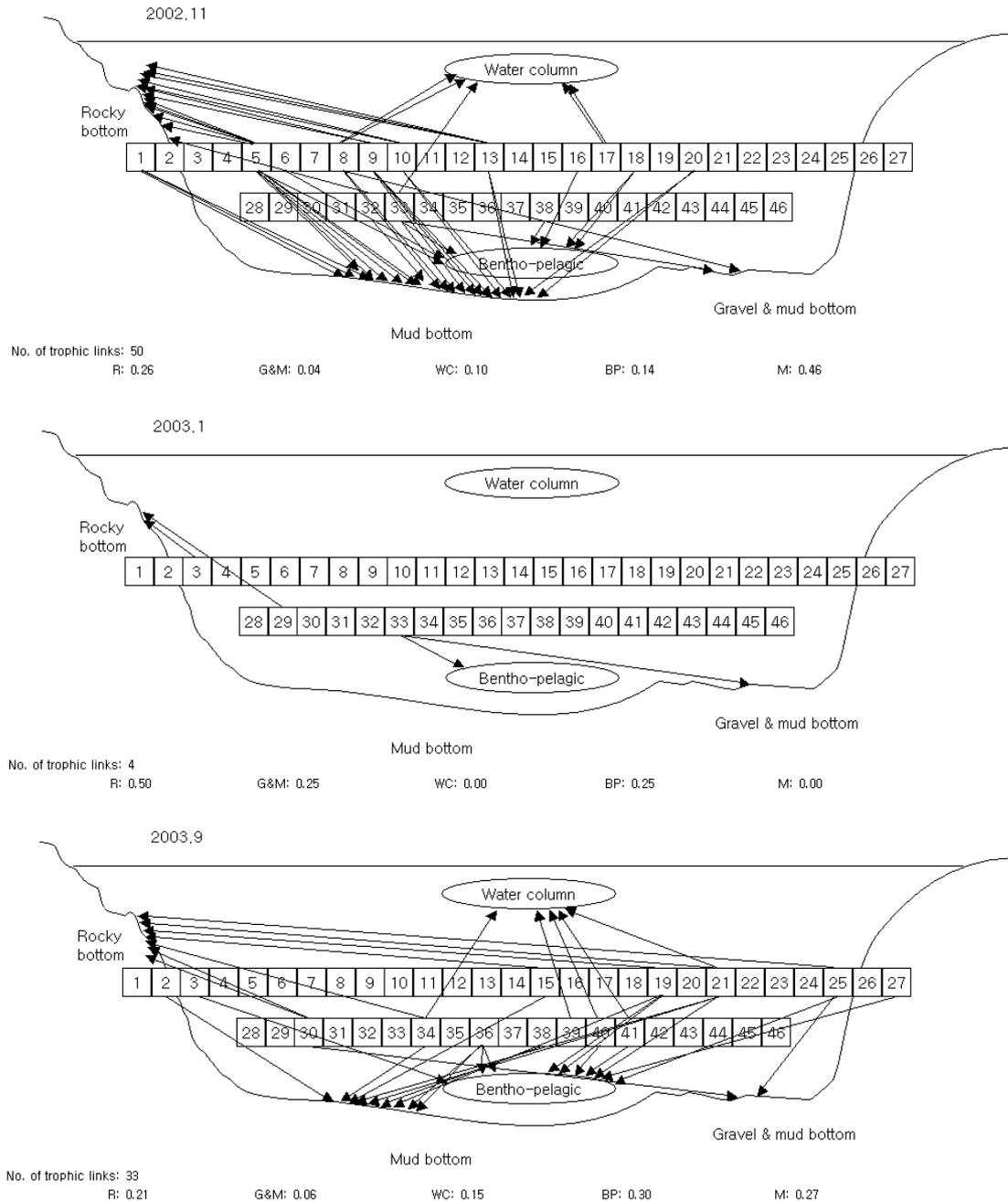


그림 2-2-63. 어류의 섭식 장소에 대한 분석 결과.

Fig. 2-2-63. Result of the analysis on the feeding ground of fishes.

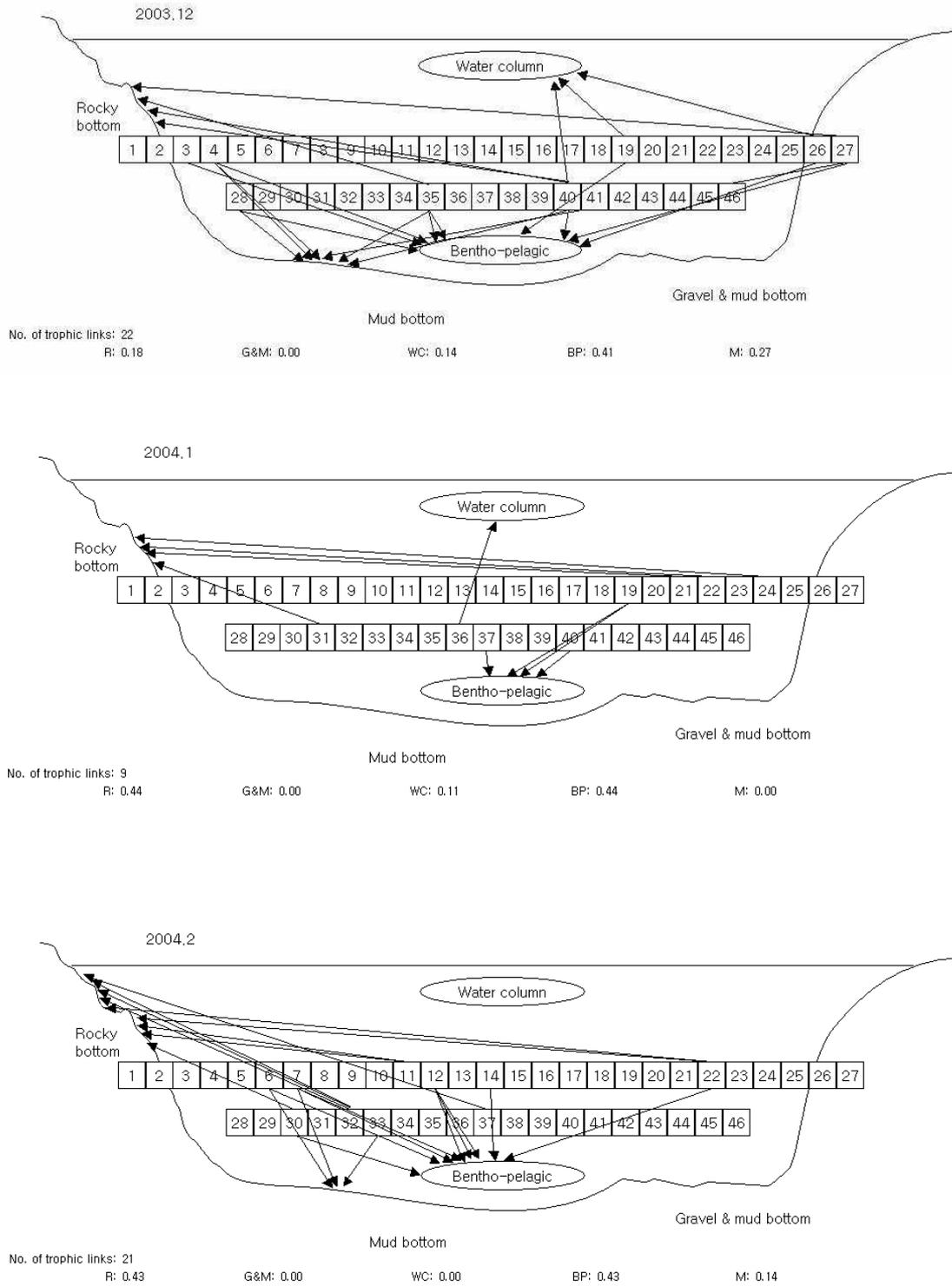


그림 2-2-63. 계속.

Fig. 2-2-63. Continued.

2002년 11월의 경우 총 50개의 trophic links가 관찰되었으며 니질 퇴적상(M)에 46%, 암반 기질(R)에 26%, BP(benthopelagic)에 14%, WC(water column)에 10% 그리고 니질-약질 혼합 퇴적상 G & M)에 4%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2003년 1월의 경우 총 4개의 trophic links가 관찰되었으며 암반 기질에 50%, BP(benthopelagic)와 니질-약질 혼합 퇴적상 G & M)에 각각 25%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2003년 9월의 경우 총 33개의 trophic links가 관찰되었으며 BP(benthopelagic)에 30%, 니질 퇴적상(M)에 27%, 암반 기질(R)에 21%, WC(water column)에 15% 그리고 니질-약질 혼합 퇴적상 G & M)에 6%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2003년 12월의 경우 총 22개의 trophic links가 관찰되었으며 BP(benthopelagic)에 41%, 니질 퇴적상(M)에 27%, 암반 기질(R)에 18%, 그리고 WC(water column)에 14%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2004년 1월의 경우 총 9개의 trophic links가 관찰되었으며 BP(benthopelagic)와 암반 기질(R)에 각각 44%, 그리고 WC(water column)에 11%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2004년 2월의 경우 총 21개의 trophic links가 관찰되었으며 암반 기질(R)과 BP(benthopelagic)에 각각 43%, 니질 퇴적상(M)에 14%가 집중되는 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

2003년 1월과 2004년 1월에 trophic links의 개수가 적은 것으로 나타난 것은 앞서 언급한 바와 같이 공복 개체수가 다수로 발견된 것에 기인하는 현상이다. Trophic links의 집중도에 근거하면 평균적으로 암반과 BP에 각각 34%와 33%가 집중되어 가장 높은 이용도를 나타낸 서식처이다. 각 시기별로 출현 종 구성에 차이가 있는 것으로 관찰되었으며, 이러한 것이 trophic links 집중도의 시기에 따른 변화의 요인인 것으로 판단된다.

그림 2-2-64에 trophic links의 집중도 패턴을 바탕으로 수행한 MDS 결과를 제시하였다. 우선 MDS 결과에서 객체의 유사도 간 왜곡의 정도를 반영하는 stress가 0.01로 나타나 왜곡의 정도는 매우 낮은 것으로 판단할 수 있었다. 그림은 조사 시기별 집중도의 패턴이 좌우로 나뉘는 것을 나타내는데 이는 일차적으로 trophic links의 풍부한 정도를 반영하는 것으로 보인다. 또 다른 특징으로는 좌측에 산포된 조사 시기의 것(Jan-03, Feb-04, Jan-04)에서는 암반에서 높은 집중도(0.43-0.50)가 관찰된 반면 우측의 것(Nov-02, Sep-03, Dec-03)에서는 니질 퇴적상에서 높은 집중도(0.27-0.46)가 관찰되었다는 것이다. 하단에 분포한 4개 조사 시기(Sep-03, Dec-03, Jan-04, Feb-04)에서는 BP에서 비교적 높은 집중도(0.30-0.44)가 관찰되었다. 어류 군집의 섭식장소 분석 결과로부터 조사 해역 내 다양한 어종의 주요 급이장과 이것의 시기별 변화 양상을 파악할 수 있었다. 물론 시기별 변화 양상은 자료의 질과 채집 방법 그리고 표본의 양에 따라 편의의 가능성이 제기되었으므로

좀더 많은 기간의 관찰이 필요한 상태라고 할 수 있다. 니질 서식처가 주요 급이장인 것으로 추정되었던 지난 1차 년도의 조사 결과와는 달리 1-2차 년도의 분석 결과에서는 암반과 benthopelagic 서식처의 중요성이 부각되었다. 암반 서식처에서는 미소 갑각류가 높은 빈도로 어류에게 이용되는 주요 먹이원이며, benthopelagic의 경우 새우류가 주요 먹이원인 것으로 조사되었다. 동해의 인공조성 해조장에서 수행된 연구(동해수산연구소, 2002)나 최근 인천 연안의 갯벌에서 수행된 연구(서, 2003)에서도 이러한 갑각류가 주요 먹이 자원인 것으로 추정되었으며, 먹이 생물과 포식자의 몸체 크기가 양의 상관관계를 가짐(Oh *et al.*, 2001)에 근거하면, 비록 본 연구에서는 성체의 어류만이 연구 대상이었으나, 미소 갑각류는 nurslings에게도 주요 먹이원일 것으로 추정된다.

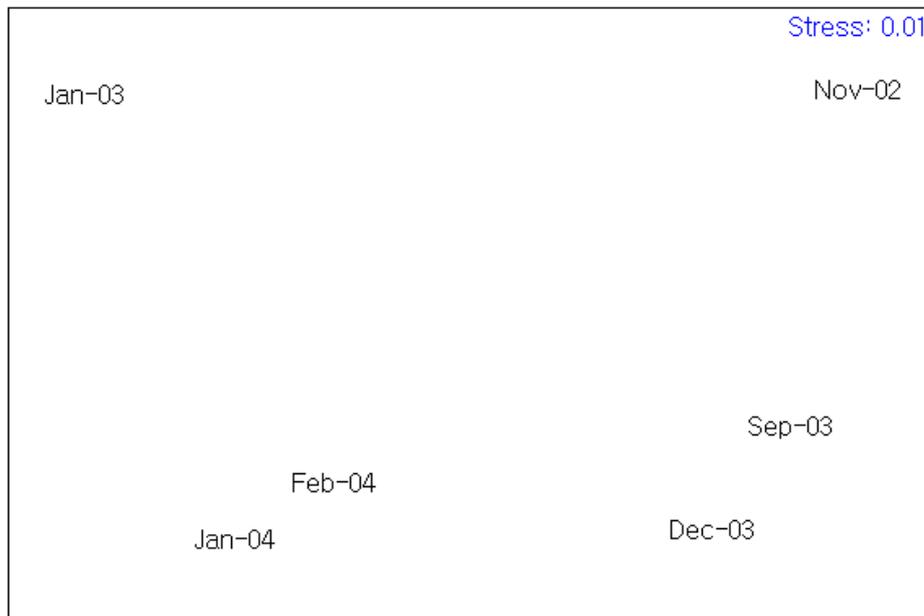


그림 2-2-64. Trophic links의 집중도 패턴을 바탕으로 수행한 MDS 결과.

Fig. 2-2-64. Result of MDS performed on the concentrating pattern of trophic links.

일반적으로 암반에 서식하는 어류의 주요 먹이 생물은 어초 시설에서도 높은 현존량으로 관찰된다. 어초 시설은 니질 퇴적상으로 단순화되어 있는 바다목장 해역 저서 환경의 공간적 이질성(spatial heterogeneity)과 먹이 생물의 현존량 증가(인천광역시 시설 어초의 경우 주변 연성 기질에 비해 20배 이상 밀도 증가)에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 먹이 생물의 풍부함이 어류 자원을 결정짓는 중요한 요인 가운데 하나라는 관

점에서 어초의 시설과 더불어 행해져야 할 것이 잘피밭의 복원이나 현존하는 잘피밭에 대한 적절한 관리와 보존일 것이다. 이러한 시도가 조사 해역 주변 천해 니질 퇴적물 서식처의 생산력을 끌어올리는 데에 있어 필수적인 방안일 것이라는 데에는 이견이나 부차적인 설명이 필요치 않다(Zimmerman *et al.*, 1984; Gleason, 1986). 현재 복원이 활발하게 수행되고 있는 미국의 북서부 연안역에서는 단순한 물리적 서식처의 조성보다는 생태학적인 기능에 초점을 맞추는 것으로 복원의 방향이 바뀌고 있으며, 복원 대상이 되는 서식처의 중요한 속성 가운데 하나가 어류의 먹이 자원이다(Siemenstad and Thom, 1992). 본 연구를 통하여 바다목장 해역 내 어류의 주요 먹이 생물과 급이장을 파악할 수 있었으며, 이에 근거하여 본 연구진은 인공적인 급이장과 어초의 시설 외에 바다목장 해역의 어류 생산력을 높이기 위한 방법으로 잘피밭의 보존 또는 복원을 제안한다.

사. 어란 및 자치어 분포

(1) 부유성 어란 및 자치어

본 조사 해역인 여수시 금오도 연안에 출현한 부유성난은 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 엘통이, 동갈양태속 어류, 망둑어과 어류, 참서대 및 기타 등 총 10개 분류군으로 분류되었다.

금오도 연안에서 부유성난의 총출현량은 56,478립/1,000m³이며, 그 중 멸치난이 56,163립/1,000m³으로 총출현량의 98.92%를 차지하여 최우점 하였다(표 2-2-54).

2003년 8월 조사시에는 총 6개 분류군 56,103립/1,000m³이 출현하여 조사기간 중 가장 많은 종수와 출현이 나타났다. 그 중 멸치난이 55,816립/1,000m³이 출현하여 출현량의 99.5%를 차지하여 가장 우점 하였다.

10월에는 총 4개 분류군 255립/1,000m³이 출현하였고, 그 중 멸치난이 155립/1,000m³이 출현하여 출현량의 60.78%를 차지하여 가장 우점 하였으며, 다음으로 참서대와 동갈양태속 어류가 각각 48립/1,000m³, 27립/1,000m³이 출현하여 출현량의 18.8%, 10.6%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

2004년 1월에는 총 2립/1,000m³이 출현하였고, 출현종은 기타 난만이 출현하여 조사기간 중 출현량과 출현종수가 가장 적게 나타났다.

4월에는 5개 분류군 118립/1,000m³이 출현하였고, 그 중 멸치난과 기타난이 각각 32립/1,000m³이 출현하여 출현량의 27.1%를 차지하여 가장 우점 하였으며, 다음으로 망둑어과 어류가 26립/1,000m³이 출현하여 출현량의 22.0%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

본 조사에서 출현한 자치어는 총 6목 19과 25종 1,896개체/1,000m³로, 월별로는 8월 조사시에 총 4목 15과 18종 1,457개체/1,000m³가 출현하여 출현종수와 출현빈도가 가장 높게 나타났다. 그 중 멸치가 487개체/1,000m³로 8월 출현량의 33.4%를 차지하여 가장 우점 하였고, 다음으로 보리멸이 195개체/1,000m³로 8월 출현량의 13.4%, 주둥치가 161개체

/1,000m³로 11.1%, 갈기베도라치가 151개체/1,000m³로 10.4%, 전어가 129개체/1,000m³ 출현하여 8.1%, 망둑어과 어류가 123개체/1,000m³로 7.7%를 차지하였다.

표 2-2-54. 여수 금오도연안의 부유성난(ind./1,000m³)

Table 2-2-54. The planktonic egg of fish caught off Geumodo, Yeosu (ind./1,000m³)

Species	Month				Total
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.	
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	55,816	155	-	32	56,003
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	-	-	-	13	13
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	15	15
미역치 <i>Hypodytes rubripinmis</i>	210	-	-	-	210
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	42	-	-	-	42
엘퉁이 <i>Maurdicus muelleri</i>	24	-	-	-	24
동갈양태속 어류 <i>Callionymus</i> spp.	3	27	-	-	30
망둑어과 어류 Gobiidae spp.	-	-	-	26	26
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	48	-	-	48
Unknown spp.	8	25	2	32	67
Total	56,103	255	2	118	56,478
Number of species	6	4	1	5	10

10월 조사 시에는 총 5목 10과 12종 199개체/1,000m³로 그 중 멸치가 81개체/1,000m³로 10월 출현량의 40.7%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 청베도라치가 37개체/1,000m³로 18.6%, 망둑어과 어류가 28개체/1,000m³로 14.1%를 차지하여 이 해역에 많이 분포하는 종들로 나타났다.

2004년 1월 조사 시에는 총 2목 4과 4종 13개체/1,000m³가 출현하여 가장 적은 개체가 출현하였고, 그 중 쥐노래미가 6개체/1,000m³로 1월 출현량의 46.2%를 차지하여 가장 우점 하였다.

4월 조사 시에는 총 2목 5과 6종 227개체/1,000m³로 그 중 멸치가 132개체/1,000m³로 4월 출현량의 58.1%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 전어가 42개체/1,000m³로 18.5%, 망둑어과 어류가 23개체/1,000m³로 10.1%, 동갈양태속 어류가 16개체/1,000m³로 7.0%를 차지하여 이 해역에 많이 분포하는 종들로 나타났다(표 2-2-55).

본 해역에서 정착성 어종은 주둥치, 양태, 동갈양태속 어류, 앞동갈베도라치, 청베도라치, 황줄베도라치, 갈기베도라치 및 망둑어과 어류 등으로 총 8종이 출현하였다.

표 2-2-55. 여수 금오도 연안의 월별 자치어 분포(ind./1,000m³)

Table 2-2-55. Mean abundance of fish larvae and juveniles in coastal waters of Geu modo, Yeosu (ind./1,000m³)

Species	Month					Total
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	487	81	-	132	700	
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	119	-	-	42	161	
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	3	3	
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	6	-	-	6	
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>	5	-	-	-	5	
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	7	1	-	-	8	
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	24	-	-	-	24	
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	53	14	-	-	67	
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	6	-	6	
노래미 <i>H. agrammus</i>	-	-	3	-	3	
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	195	3	-	-	198	
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	161	-	-	-	161	
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	21	-	-	-	21	
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	3	-	-	-	3	
황줄베도라치 <i>Phodymenichthys dolichogaster</i>	3	-	-	-	3	
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	7	-	-	-	7	
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>	-	-	-	11	11	
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	111	8	2	-	121	
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	37	-	-	37	
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	151	9	-	-	160	
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	3	5	-	16	24	
망둑어과어류 Gobiidae	100	28	2	23	153	
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	2	-	-	-	2	
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	5	4	-	-	9	
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	3	-	-	3	
Total	1,457	199	13	227	1,896	
Number of species	18	12	4	6	25	

조사정점별로는 St. 1에서는 총 6목 16과 21종으로 가장 다양한 종이 출현하였으며, 개체수도 644개체/1,000m³로 전체 정점별 개체수의 33.4%로 나타나 가장 높은 출현빈도를 나타내었다. 그 중 멸치가 179개체/1,000m³로 St. 1 출현개체수의 28.3%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 보리멸이 90개체/1,000m³로 St. 1 출현개체수의 14.2%, 주둥치가 83개체/1,000m³, 전어가 73개체/1,000m³를 나타내 우점종으로 나타났다(표 2-2-56).

St. 2에서는 총 3목 12과 14종이 출현하였고, 개체수는 276개체/1,000m³로 전체 정점별 개체수의 14.6%를 차지하였다. St. 2에서의 총 출현개체수 중 멸치가 123개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 44.6%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 보리멸이 46개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 16.7%, 망둑어과 어류가 45개체/1,000m³로 16.3%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

St. 3에서는 총 4목 15과 18종으로 399개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 21.0%를 차지하였다. 그 중 멸치가 145개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 36.3%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 갈기베도라치가 42개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 10.5%, 주둥치가 36개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 9.0%, 전어와 보리멸이 각각 32개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 8.0%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

St. 4에서는 총 3목 13과 15종으로 334개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 17.6%를 차지하였다. 그 중 멸치가 136개체/1,000m³로 St. 4 출현개체수의 40.7%를 차지하여 가장 우점하였으며, 다음으로 주둥치가 42개체/1,000m³로 St. 4 출현개체수의 12.6%, 보리멸이 39개체/1,000m³로 St. 4 출현개체수의 11.7%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

St. 5에서는 총 4목 19과 25종으로 254개체가 출현하였고, 전체 개체수의 13.4%를 차지하여 출현종과 출현빈도가 가장 낮게 나타났다. 그 중 멸치가 117개체/1,000m³로 St. 5 출현개체수의 46.1%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 망둑어과 어류가 38개체/1,000m³로 St. 5 출현개체수의 15.0%, 보리멸이 29개체/1,000m³로 St. 5 출현개체수의 11.4%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

(2) 균집구조

2003년 6월부터 2004년 5월까지 금오도 연안에서 채집되었던 자치어의 월별 종 다양도지수(H')는 1.2502~2.0852로, 2003년 8월에 가장 높게 나타났으며, 2004년 4월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

균등도 지수는 0.6978~0.9170으로 1월에 가장 높게 나타났고, 4월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.4681~0.7665로 4월에 가장 높았고, 8월에 낮은 값을 나타나 우점도 지수와는 비슷하였으나, 다양도 지수와는 반대 경향으로 나타났다(그림 2-2-65).

표 2-2-56. 여수 금오도 연안의 정점별 자치어 분포(ind./1,000m³)

Table 2-2-56. Mean abundance of fish larvae and juveniles collected at each station in coastal waters of Geumodo, Yeosu (ind./1,000m³)

Species	Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Total	Dominance (%)
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>		179	123	145	136	117	700	36.9
전어 <i>Konosirus punctatus</i>		73	18	32	25	13	161	8.5
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>		1	-	2	-	-	3	0.2
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>		2	-	1	-	3	6	0.3
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>		5	-	-	-	-	5	0.3
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>		-	2	1	3	2	8	0.4
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>		-	11	-	-	13	24	1.3
양태 <i>Platycephalus indicus</i>		26	4	10	9	18	67	3.5
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>		2	-	4	-	-	6	0.3
노래미 <i>H. agrammus</i>		1	2	-	-	-	3	0.2
보리멸 <i>sillago japonica</i>		52	46	32	39	29	198	10.4
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>		83	-	36	42	-	161	8.5
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>		12	-	9	-	-	21	1.1
자리돔 <i>Chromis notatus</i>		-	1	-	2	-	3	0.2
황줄베도라치 <i>Phodymenichthys dolichogaster</i>		3	-	-	-	-	3	0.2
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>		5	-	2	-	-	7	0.4
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>		2	1	5	2	1	11	0.6
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>		41	10	32	25	13	121	6.4
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>		12	7	9	5	4	37	2.0
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>		90	2	42	26	-	160	8.4
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.		3	4	8	6	3	24	1.3
망둑어과어류 Gobiidae		34	45	28	8	38	153	8.1
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.		-	-	-	2	-	2	0.1
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>		4	-	1	4	-	9	0.5
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>		3	-	-	-	-	3	0.2
Total		633	276	399	334	254	1,896	100.0
Number of species		21	14	18	15	12	25	

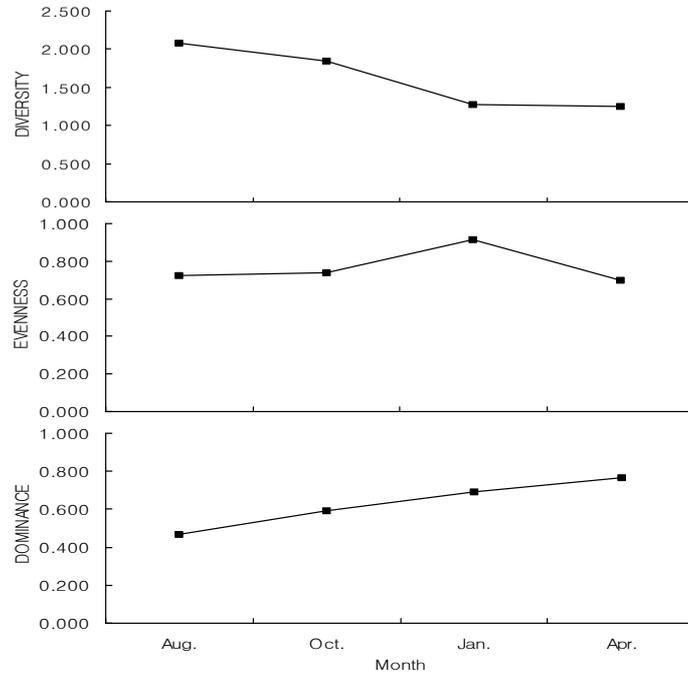


그림 2-2-65. 여수 금오도연안 자치어의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

Fig. 2-2-65. Monthly diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

자치어의 월별 군집의 유사도를 보면, 2003년 8월과 10월에는 멸치, 보리멸, 주둥치, 청베도라치, 갈기베도라치 및 망둑어과 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.013으로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였으며, 다음으로 2003년 8월과 2004년 4월에 멸치, 전어 및 망둑어과 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 상대거리차가 0.242로 유집되어, 월별 군집상에 차이가 있었다. 그리고 2003년 8월과 2004년 1월에는 상대거리차가 0.342로 군집상에 차이를 보였다(그림 2-2-66).

조사정점별 종 다양도지수(H')는 1.7450~2.2307로, St. 3에서 가장 높은 값으로 나타났고, St. 2에서 낮게 나타났다(그림 2-2-67).

종 균등도 지수는 0.6612~0.7461로, St. 3에서 비교적 높은 값을 보였고, St. 2에서 낮은 값을 보여 출현종수와 개체수의 변화가 비슷한 양상을 보였다.

우점도 지수는 0.4250~0.6123으로 St. 2에서 높았고, St. 1에서 낮은 값을 나타내어 다양도 지수와 균등도 지수와는 반대 경향으로 나타났다.

정점별 군집의 유사도(그림 2-2-68)를 보면, 멸치, 전어, 보리멸, 주둥치, 갈기베도라치 및 동갈양태속 어류 등의 출현종이 비슷하여 St. 2와 St. 5에서 0.053의 상대거리차이를 보여 군집상이 유사하였고, 다음은 St. 2와 St. 4에서 0.198로 비교적 적은 상대거리 차이를 보였으며, St. 1과 St. 2에서 0.351의 상대거리 차이를 보였다.

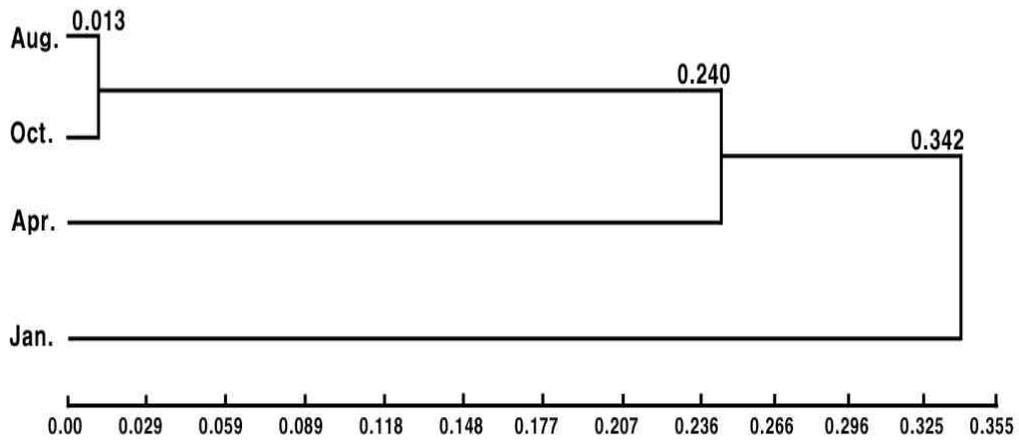


그림 2-2-66. 여수 금오도 연안의 자치어 월별 유사도.

Fig. 2-2-66. Monthly similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

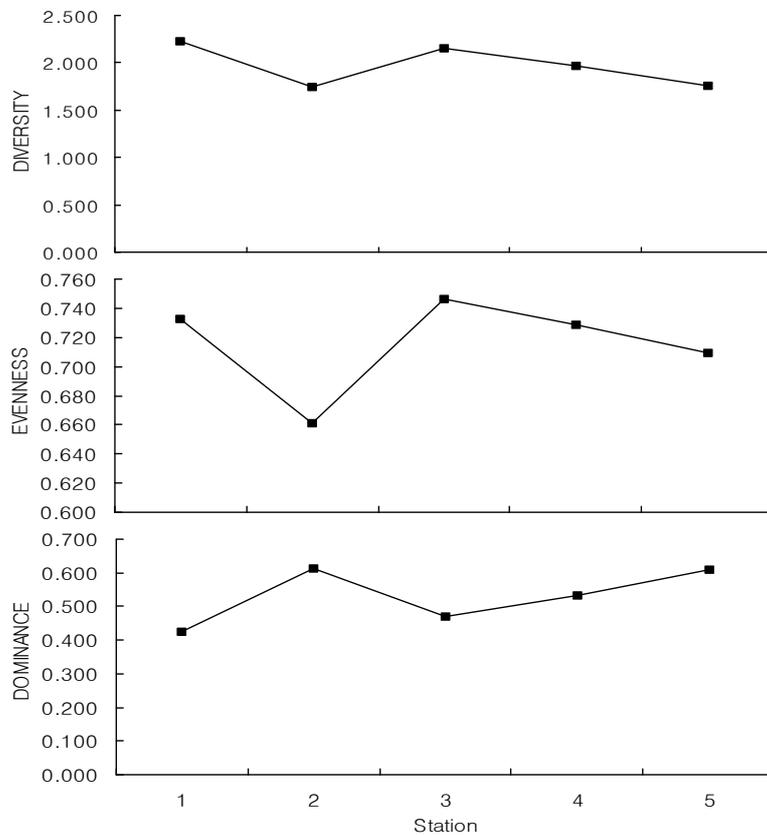


그림 2-2-67. 여수 금오도연안 자치어의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

Fig. 2-2-67. Stations diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

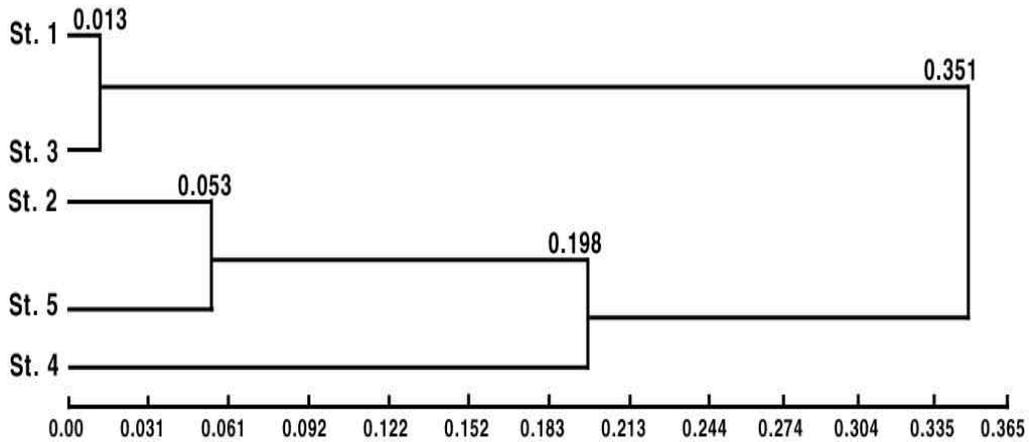


그림 2-2-68. 자치어 정점별 유사도.

Fig. 2-2-68. Stations similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

아. 어류상

(1) 어류 종조성

금오도 주변에 채집된 어류는 총 12목 33과 48종, 1,850개체/1,000m³로서, 그중 농어목(Perciformes)이 12과 17종으로 가장 많았고, 다음으로는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)이 6과 10종, 청어목(Clupeiformes)이 3과 7종으로 이들 3목이 포함된 어류가 34종으로 전체 개체수의 70.8%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났으며, 과별로 가장 다양하게 출현한 어류는 저서어종인 멸치과(Engraulidae)가 4종, 망둑어과(Gobiidae)가 3종이 출현하였다(표 2-2-57).

금오도 주변의 월별 어류 종조성은 표 2-2-66과 같으며, 8월에 출현한 어류는 총 11목 28과 42종, 575개체/1,000m³로 조사기간 중 31.1% 출현하였고, 그 중에 주둥치가 181개체/1,000m³, 8월 출현개체수의 31.5%로 가장 우점 하였으며, 다음으로 조피볼락이 72개체/1,000m³로 8월 출현개체수의 12.5%, 도화망둑이 43개체/1,000m³로 8월 출현개체수의 7.5% 출현하였다.

10월에는 총 8목 20과 30종 979개체/1,000m³로 조사기간 중 전체 개체수의 52.9%를 차지하여 출현 빈도가 가장 높았고, 그 중 주둥치가 292개체/1,000m³로 10월 출현개체수의 29.8%로 가장 우점한 종으로 나타났고, 다음으로는 참돔이 119개체/1,000m³로, 10월 출현개체수의 12.2%, 전어가 108개체/1,000m³로 10월 출현개체수의 11.0% 출현하였다.

1월에는 총 6목 11과 14종 145개체/1,000m³로 조사기간 중 전체 개체수의 7.8%를 차지하여 출현빈도가 가장 낮게 나타났고, 그 중에 멸치가 26개체/1,000m³로 1월 출현개체수의 17.9%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 아가씨물메기와 주둥치가 각각 21개체/1,000m³가 출현하여 1월 출현개체수의 14.5%가 나타내었다.

4월에는 총 4목 15과 18종 151개체/1,000m³가 출현하여 조사 기간 중 전체 출현개체수의 8.2%를 차지하였고, 그 중 전어가 34개체/1,000m³로 4월 출현개체수의 22.5%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 주둥치가 26개체/1,000m³로 4월 출현개체수의 17.2%를 차지하였다.

본 조사 해역에 출현한 어류 중 붕장어, 반지, 전어, 주둥치, 문치가자미가 월마다 출현하는 것으로 조사되었고, 정어리, 엘퉁이, 그물메기, 줄비늘치, 성대, 밑달갱이, 넙치, 참서대는 8월에만 출현하였으며, 병어는 10월에만 출현하는 종으로 조사되었다.

금오도의 조사 정점별로는 St. 1에서 총 10목 24과 37종 419개체/1,000m³가 출현하여, 전체 개체수의 22.6%를 차지하였다(표 2-2-57). 그 중 조피볼락이 115개체/1,000m³개체로 St. 1 출현개체수의 27.47%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로는 주둥치가 54개체/1,000m³로 St. 1 출현개체수의 12.9%, 전어가 34개체/1,000m³로 St. 1 출현개체수의 8.1%로 우점하였다(표 2-2-58).

St. 2에서는 총 7목 22과 33종 327개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 17.7%를 차지하였다.

표 2-2-57. 여수 금오도연안의 월별 어류분포(ind./1,000m³)

Table 2-2-57. Mean abundance of fishes in coastal waters of Geumodo, Yeosu (ind./1,000m³)

Species	Month				Total	Dominance (%)
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.		
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	3	1	-	-	4	0.2
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	21	30	-	-	51	2.8
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	34	4	2	3	43	2.3
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	34	12	6	-	52	2.8
반지 <i>Setipinna taty</i>	5	3	8	13	29	1.6
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	7	3	-	5	15	0.8
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	4	2	-	6	12	0.6
준치 <i>Ilisha elongata</i>	3	-	14	8	25	1.4
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	2	108	26	34	170	9.2
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	10	-	-	-	10	0.5
엘퉁이 <i>Maurolicus muelleri</i>	1	1	-	-	2	0.1
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	-	-	9	-	9	0.5
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	2	-	-	-	2	0.1
숭어 <i>Mugil cephalus</i>	6	3	-	-	9	0.5
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	4	-	-	-	4	0.2

표 2-2-57. 계속

Table 2-2-57. Continued

Species	Month				Total	Dominance (%)
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.		
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	7	20	-	-	27	1.5
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	72	292	-	-	364	19.7
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	1	-	-	-	1	0.1
밑달갱이 <i>Sepioidotrigla abyssalis</i>	4	-	-	-	4	0.2
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	3	-	3	2	8	0.4
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorfii</i>	-	-	-	3	3	0.2
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	3	-	7	4	14	0.8
노래미 <i>H. agrammus</i>	5	-	10	-	15	0.8
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	-	-	21	12	33	1.8
폼치 <i>L. tanakai</i>	-	-	13	3	16	0.9
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	10	61	-	-	71	3.8
점농어 <i>L. maculatus</i>	2	38	-	-	40	2.2
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	2	3	-	-	5	0.3
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	181	66	21	26	294	15.9
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	9	166	-	-	175	9.5
참돔 <i>Pagrus major</i>	5	119	-	-	124	6.7
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	10	4	-	-	14	0.8
민태 <i>Johnius grypotus</i>	1	14	-	4	19	1.0
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	5	1	-	-	6	0.3
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	-	5	5	0.3
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	4	2	-	-	6	0.3
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	8	1	-	-	9	0.5
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	43	3	-	13	59	3.2
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	6	5	-	-	11	0.6
꼬치고기 <i>Sphyræna pinguis</i>	3	-	-	-	3	0.2
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	11	6	-	-	17	0.9
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	5	-	-	5	0.3
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	3	-	-	-	3	0.2
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	3	3	2	3	11	0.6
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	18	2	-	-	20	1.1
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	3	1	-	5	9	0.5
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	1	-	-	-	1	0.1
복섬 <i>Takifugu niphobes</i>	16	-	3	2	21	1.1
Total	575	979	145	151	1,850	100.0
Number of species	42	30	14	18	48	

표 2-2-58. 여수 금오도 연안의 정점별 어류분포(ind./1,000m³)

Table 2-2-58. Mean abundance of fishes collected at each station in coastal waters of Geumodo, Yeosu (ind./1,000m³)

Species	Station					Total	Dominance (%)
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5		
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	-	-	-	1	3	4	0.2
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	15	9	8	10	9	51	2.8
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	14	6	8	13	2	43	2.3
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	19	9	13	6	5	52	2.8
반지 <i>Setipinna taty</i>	3	5	13	6	2	29	1.6
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	2	3	3	4	3	15	0.8
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	3	2	4	-	3	12	0.6
준치 <i>Ilisha elongata</i>	4	2	11	5	3	25	1.4
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	34	21	55	32	28	170	9.2
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	2	-	5	-	3	10	0.5
앨통이 <i>Maurolicus muelleri</i>	2	-	-	-	-	2	0.1
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	4	-	3	2	-	9	0.5
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	-	-	-	2	-	2	0.1
송어 <i>Mugil cephalus</i>	4	3	-	1	1	9	0.5
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	1	-	2	1	-	4	0.2
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	11	2	7	7	-	27	1.5
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	115	45	39	80	85	364	19.7
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	1	-	-	-	-	1	0.1
밑달갱이 <i>Sepioidotrigla abyssalis</i>	2	-	2	-	-	4	0.2
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	2	3	1	2	8	0.4
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorfii</i>	-	1	2	-	-	3	0.2
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	2	3	6	1	2	14	0.8
노래미 <i>H. agrammus</i>	2	3	6	4	-	15	0.8
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	5	7	12	5	4	33	1.8
폼치 <i>L. tanakai</i>	3	5	-	8	-	16	0.9

표 2-2-58. 계속

Table 2-2-58. Continued

Species	Station					Total	Dominance (%)
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5		
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	17	11	13	20	10	71	3.8
점농어 <i>L. maculatus</i>	9	6	13	4	8	40	2.2
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	1	-	3	1	-	5	0.3
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	54	74	82	52	32	294	15.9
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	23	37	45	31	39	175	9.5
참돔 <i>Pagrus major</i>	23	34	20	28	19	124	6.7
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	4	1	2	2	5	14	0.8
민태 <i>Johnius grypotus</i>	7	2	4	5	1	19	1.0
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	1	2	-	3	6	0.3
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	3	2	-	5	0.3
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	1	3	-	2	-	6	0.3
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	-	2	-	-	7	9	0.5
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	13	11	13	6	16	59	3.2
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	1	-	6	3	1	11	0.6
꼬치고기 <i>Sphyræna pinguis</i>	-	-	-	3	-	3	0.2
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	6	2	3	-	6	17	0.9
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	3	2	-	5	0.3
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	-	-	-	3	-	3	0.2
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	3	1	5	-	2	11	0.6
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	2	5	6	4	3	20	1.1
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	3	4	-	2	-	9	0.5
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	-	-	-	1	1	0.1
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	4	5	5	4	3	21	1.1
Total	419	327	430	363	311	1850	100.0
Number of species	37	33	36	37	31	48	

그 중 주둥치가 74개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 22.6%를 차지하여 가장 우점하였으며, 다음으로 조피볼락이 45개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 13.8%, 감성돔이 37개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 11.35, 참돔이 34개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 10.4%를 차지하여 우점하였다.

St. 3에서는 총 8목 25과 36종 430개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 23.2%를 차지하여 가장 많은 종이 출현하였다. 그 중 주둥치가 82개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 19.1%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 감성돔이 45개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 10.5%를 차지하여 우점하였다.

St. 3에서는 총 8목 25과 36종 430개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 23.2%를 차지하여 가장 많은 종이 출현하였다. 그 중 주둥치가 82개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 19.1%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 감성돔이 45개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 10.5%를 차지하여 우점하였다.

St. 4에서는 총 11목 27과 37종 363개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 19.6%를 차지하였다. 그 중 조피볼락이 802개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 22.0%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 주둥치가 52개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 14.3%를 차지하여 우점하였다.

St. 5에서는 총 8목 21과 31종 311개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 16.8%를 차지하여 가장 적은 종이 출현하였다. 그 중 조피볼락이 85개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 27.3%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 감성돔이 39개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 12.5%, 주둥치가 32개체/1,000m³로 St. 3 출현개체수의 10.3%를 차지하여 우점하였다. 금오도 주변 정점별로는 여러 종이 고루 분포하는 것을 알 수 있었다.

(2) 군집구조

조사지역의 생물학적 특성인 월별 종다양도, 균등도, 우점도 지수는 그림 2-2-69와 같다. 월별 종 다양도 지수(H')는 2.253~2.741로 출현종수가 비교적 많은 2003년 8월에 가장 높게 나타났으며, 10월에 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.622~0.903으로 2004년 1월에 가장 높게 나타났으며, 10월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.324~0.468로 10월에 가장 높게 나타났고, 1월에 0.324로 가장 낮게 나타났으며, 균등도 지수와는 반대의 경향으로 나타났다. 금오도 주변의 어류의 월별 군집의 유사도를 보면, 2003년 8월과 10월에는 조피볼락, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.021로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였다. 다음으로 2004년 1월과 4월에 전어, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.171로 유집되어, 월별 군집상에 약간의 차이가 있었다. 그리고 8월과 1월에는 우점종과 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.537로 군집상에 차이가 가장 컸다(그림 2-2-70).

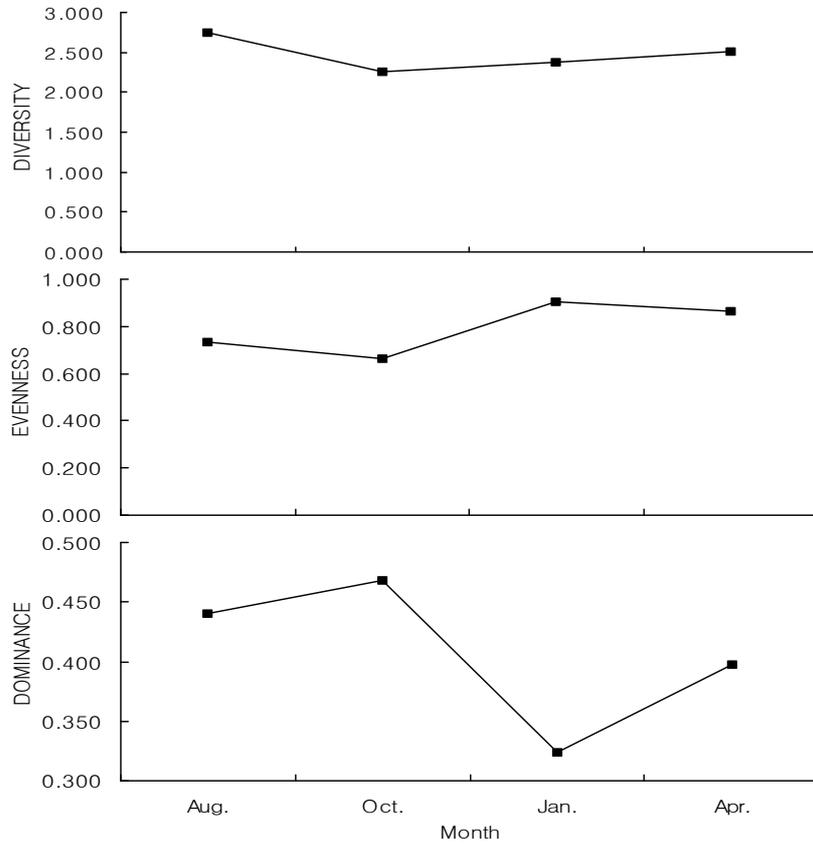


그림 2-2-69. 여수 금오도연안 어류의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

Fig. 2-2-69. Monthly diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

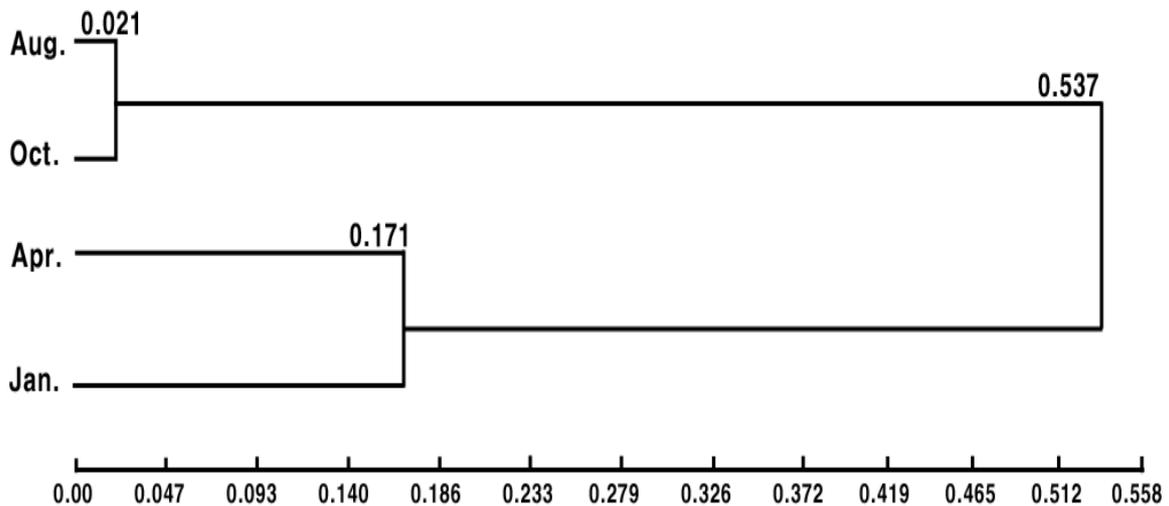


그림 2-2-70. 여수 금오도 연안 어류의 월별 유사도.

Fig. 2-2-70. Monthly similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

정점별 종 다양도 지수(H')는 St. 4에서 2.814로 가장 높게 나타났고, 다음으로는 St. 1에서 2.762로 나타났으나, St. 5에서는 2.641로 가장 낮게 나타났다

균등도 지수는 St. 3에서 0.827로 가장 높게 나타났고, St. 1에서는 0.765로 가장 낮게 나타났지다. 우점도는 St. 1에서 0.403으로 가장 높게 나타났고, St. 3에서 0.319로 가장 낮게 나타나 다양도 지수와는 유사한 경향을 보였으나 균등도 지수와는 반대경향을 보였다(그림 2-2-71).

금오도 주변의 어류의 정점별 군집의 유사도는 St. 1과 St. 3의 상대거리차가 0.008로 낮은 유사도를 나타내어, 매우 유사한 군집구조를 보였으며, St. 2와 St. 5의 상대거리차가 0.016으로 낮아 유사한 군집구조를 보였으며, St. 1과 St. 2는 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.201로 군집상의 차이가 가장 컸다(그림 2-2-72).

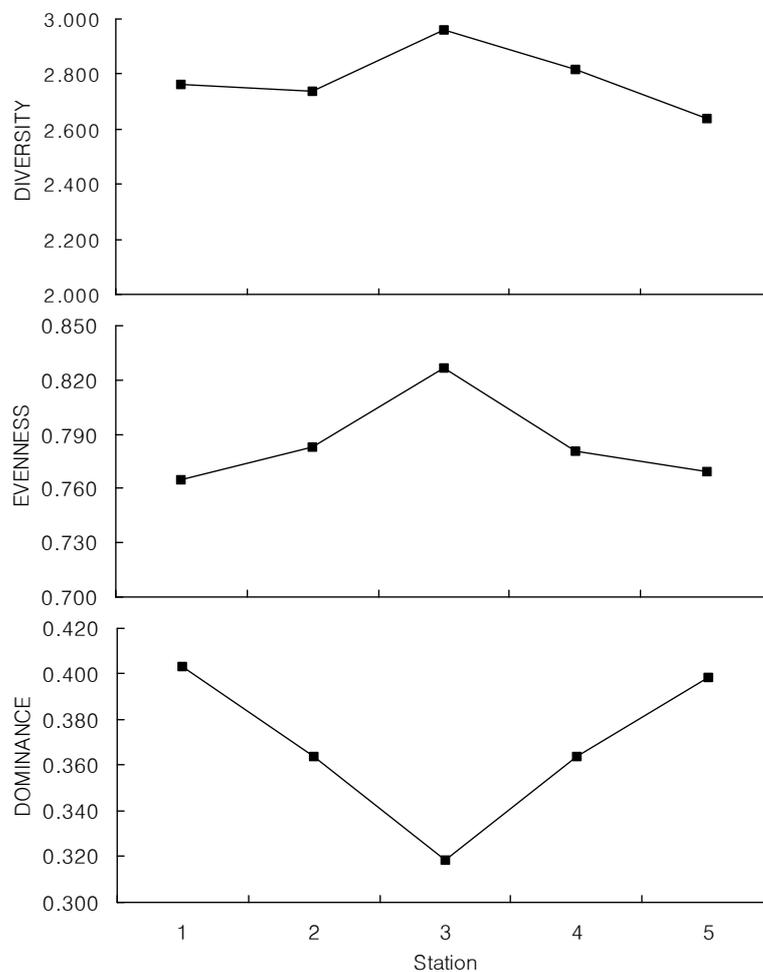


그림 2-2-71. 여수 금오도연안 어류의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

Fig. 2-2-71. Stations diversity, evenness and dominance index in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

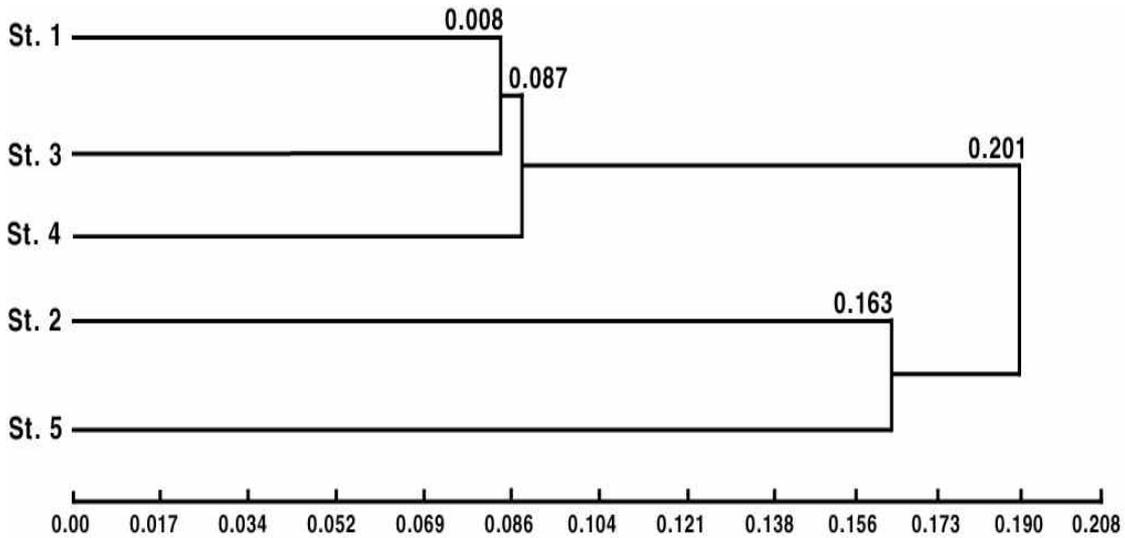


그림 2-2-72. 여수 금오도 연안 어류의 정점별 유사도.

Fig. 2-2-72. Stations similarity in coastal waters of Geumodo, Yeosu.

(3) 어시장 어류 종조성

본 조사는 전남 여수시 돌산읍 군내리 어시장과 여수시 서시장에서 월 2회 어류를 조사하였고, 결과는 다음과 같다(표 2-2-59).

어시장에서 조사된 종은 대부분 정치망어업이나 이각망어업, 자망어업을 통해 어획된 종들이었으며, 산업 종으로 가치 있는 종들이었다. 조사 기간동안 모두 출현한 종은 총 93과 47종으로 이들 중 농어목이 12과 18종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로는 쏨뱅이목이 4과 7종이 출현하였으며, 다음으로는 가자미목이 3과 6종이 출현하는 양상을 보였다. 과별로 보면 송어과 어류가 3종, 고등어과 어류가 3종, 가자미과 어류가 3종, 참복과 어류가 3종으로 가장 많이 출현하였고, 월별로 보면 9월에 35종으로 가장 많은 종이 출현하였으나, 1월에는 22종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 본 조사기간 동안 계속 출현한 종은 준치, 송어, 조피볼락, 넙치가 출현하였고, 많은 양이 출현한 종은 멸치, 준치, 전어, 조피볼락 이었다.

자. 해조류

조사된 4개 지점에서 출현한 해조류의 목록은 표 2-2-60과 같다. 4개 조사지점에서 두 계절에 걸쳐 출현한 종수는 총 26종으로 녹조류 5종, 갈조류 6종, 홍조류 15종이었다(표 2-2-61). 하계(2003년 8월)에는 지점 1(S1)에서 9종, 지점 2(S2)에서 15종, 지점 3(S3)에서 13종, 그리고 지점 4(S4)에서 14종이 출현하였다. 추계(2003년 11월)에는 지점 1(S1)에서 9종, 지점 2(S2)에서 14종, 지점 3(S3)에서 11종, 그리고 지점 4(S4)에서 11종이 출현하였다.

표 2-2-59. 군내리 어시장 조사

Table 2-2-59. Investigation of the fisheries products market located in Gunnae-ri

Species	Month											
	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
두툽상어 <i>Scyliorhinus torazame</i>	-	-	+	+	++	++	+	-	-	+	-	
홍어 <i>Raja kenoei</i>	-	-	-	-	+	+	+		+	+		
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	+	++	+++	++	+	+	-	-	-	-	-	
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	++	++	+++	++	++	+	+	+	+	+	-	
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	-	+++	+++	+++	+++	++	++			++	-	
준치 <i>Ilisha elongata</i>	+	++	+++	++	+	++	+	+	++	+	+	
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	+	+	++	+++	+++	++	-	+	+	-	+	
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
등줄송어 <i>Chelon affinis</i>	-	-	-	++	+	+	+	+	-	-	+	
가송어 <i>Chelon haematocheila</i>	-	+	++	+	+	-	+	+	-	-	+	
송어 <i>Mugil cephalus</i>	+	++	+	+	+	+	++	+	+	++	++	
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	+	++	+	++	+	-	+	+	+	-	+	
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	+	++	+++	+++	+	+	++	+	+	++	+	
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	+	-	-	+	-	++	+	+	++	+	
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	+	-	-	+	+	+	++	+	++	++	-	
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	
꼼치 <i>Liparis tanakai</i>	-	-	-	-	+	++	+++	-	+	+++	-	
물미거지 <i>Crystallias matsushimae</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	+	-	++	+++	+	-	-	-	+	-	+	
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	-	-	++	++	+	-	-	-	-	+	-	
능성어 <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	+	++	+++	+++	++	-	-	+	+	-	+	
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>		++	++	++	+	+	+		++	++		

+ : 100ind below,

++ : 100~300ind below,

+++ : 300ind above

표 2-2-59. 계속

Table 2-2-59. Continued

Species	Month											
	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	+	++	+	-	+	+	-	-	-	-	
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	+	+	+++	+++	+	+	+	-	+	+	-	
참돔 <i>Pagrus major</i>	-	+	+++	++	+	++	+	-	-	+	-	
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	+	++	++	-	-	+	+	+	-	-	+	
참조기 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	
돌돔 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	-	++	+	-	+	-	-	-	-	+	
문절망둑 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	-	-	+	+	++	+	++	+	-	+	-	
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	+	+	+	++	++	++	+	-	-	+	+	
줄삼치 <i>Sarda orientalis</i>	-	-	+	-	+	+	++	+	++	++	-	
고등어 <i>Scomber japonicus</i>	+	+	++	+++	+++	++	-	+	-	-	+	
삼치 <i>Scomberomorus niphonius</i>	++	+	+	+	-	-	+	+	++	++	+	
병어 <i>Pampus argenteus</i>	+	++	++	+	+	-	-	-	-	-	-	
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	+	+	++	+	-	-	-	-	-	-	-	
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	+	+	+	++	+	+	++	+	++	+	+	
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	
돌가자미 <i>Kareius bicoloratus</i>	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	+	++	++	+	+	-	-	+	+	-	+	
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	+	-	-	-	+	++	++	-	-	+	+	
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	+	-	-	-	-	++	++	-	+	+	+	
쥐치 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	+	-	-	-	-	++	++	-	+	+	+	
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	
자주복 <i>Takifugu rubripes</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+-	+	+	
No. of species	29	27	33	35	31	32	31	22	25	28	25	

+ : 100ind below,

++ : 100~300ind below,

+++ : 300ind above

표 2-2-60. 4개 조사지점에서 출현한 해조류의 목록

Table 2-2-60. List of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea

Site/Season	S1		S2		S3		S4	
	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov
Chlorophyta								
<i>Ulva japonica</i>			+	+			+	+
<i>Ulva pertusa</i>			+	+			+	
<i>Codium adhaerens</i>			+					
<i>Codium divaricatum</i>					+	+		
<i>Codium fragile</i>					+	+	+	+
Phaeophyta								
<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+	+	+			
<i>Dictyopteris prolifera</i>	+	+	+	+				+
<i>Dictyota dichotoma</i>	+	+	+	+				
<i>Sargassum micracanthum</i>					+	+	+	+
<i>Sargassum ringgoldianum</i>							+	+
<i>Sargassum sagamianum</i>	+	+	+	+				
Rhodophyta								
<i>Gelidium amansii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Amphiroa dilatata</i>			+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa sp.</i>	+	+						
<i>Carpopeltis cornea</i>			+	+	+	+		+
<i>Carpopeltis crispata</i>							+	
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Callophyllis adnata</i>		+						
<i>Plocamium telfairiae</i>					+	+		
<i>Gracilaria textorii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chodrus crispus</i>			+	+	+	+	+	
<i>Gigartina tenella</i>							+	+
<i>Rhodymenia intricata</i>			+	+				
<i>Lomentaria catenata</i>							+	
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>					+			

표 2-2-61. 4개 조사지점에서 출현한 해조류의 분류군별 출현종수

Table 2-2-61. The number of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea

Site/Season	S1		S2		S3		S4		Total
	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	
Chlorophyta	0	0	3	2	2	2	3	2	5
Phaeophyta	4	3	4	4	2	1	2	3	6
Rhodophyta	5	6	8	8	9	8	9	6	15
Total	9	9	15	14	13	11	14	11	26

4개 조사지점의 출현종수의 시공간적 차이를 알고자 분산분석(Two-way ANOVA)를 실시한 결과는 표 2-2-62와 같다. 출현종수는 지점별로 유의한 차이가 있으며, 계절별로도 유의한 차이가 있었다. 이 결과는 조사된 4개 지점에서의 출현종수가 시공간적으로 유의하게 변화함을 나타내고 있다.

표 2-2-62. 4개 조사지점의 출현종수에 대한 분산분석

Table 2-2-62. ANOVA for the number of species of the four sites

Source of variation	df	MS	F
Site	3	16.92	16.92***
Season	1	6.25	6.25*
Site × Season	3	1.58	1.58ns
Error	8	1.00	
Transformation		None	
Bartlett's test		Statistic : -0.265	P = 1.000

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

조사된 4개 조사지점에서의 해조류의 풍도(피도, %)는 그림 2-2-73과 같다. 하계(2003년 8월)의 피도는 52% 이내였으며, 추계(2003년 11월)의 피도는 53% 이내였다. 하계와 추계 두 계절 모두에 걸쳐 지점 2에서의 풍도가 가장 높았으며, 지점 1에서 가장 낮았다.

4개 조사지점의 풍도의 시공간적 차이를 알고자 분산분석(Two-way ANOVA)를 실시한 결과는 표 2-2-63과 같다. 풍도는 지점별로 유의한 차이가 있으나, 계절별로는 유의한 차이가 없었다.

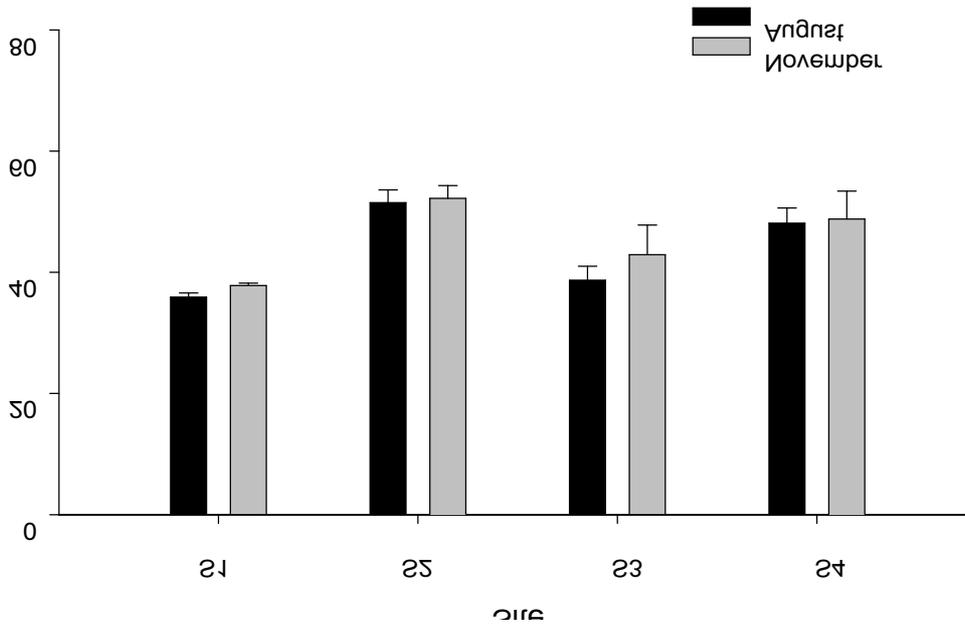


그림 2-2-73. 4개 조사지점 해조류의 풍도.

Fig. 2-2-73. Abundance (bottom cover) of seaweed species in the 4 sites along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea.

표 2-2-63. 4개 조사지점 해조류의 피도에 대한 분산분석

Table 2-2-63. ANOVA for the bottom cover of the four sites

Source of variation	df	MS	F
Site	3	62.83	11.49**
Season	1	4.62	0.85ns
Site × Season	3	0.98	0.18ns
Error	8	5.47	
Transformation		Arcsine	
Bartlett's test		Statistic : 4.770	P = 0.688

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

4개 조사지점에서 해조류의 피도와 출현종수의 수직변화는 그림 2-2-74~75와 같다. 두 계절 모두에 걸쳐 해조류의 피도와 출현종수는 수심증가에 따라 급격히 감소하였다. 지점 1, 2, 4에서는 해조류가 수심 9m까지 출현하였고, 지점 3에서는 수심 5m까지만 해조류가 출현하였다.

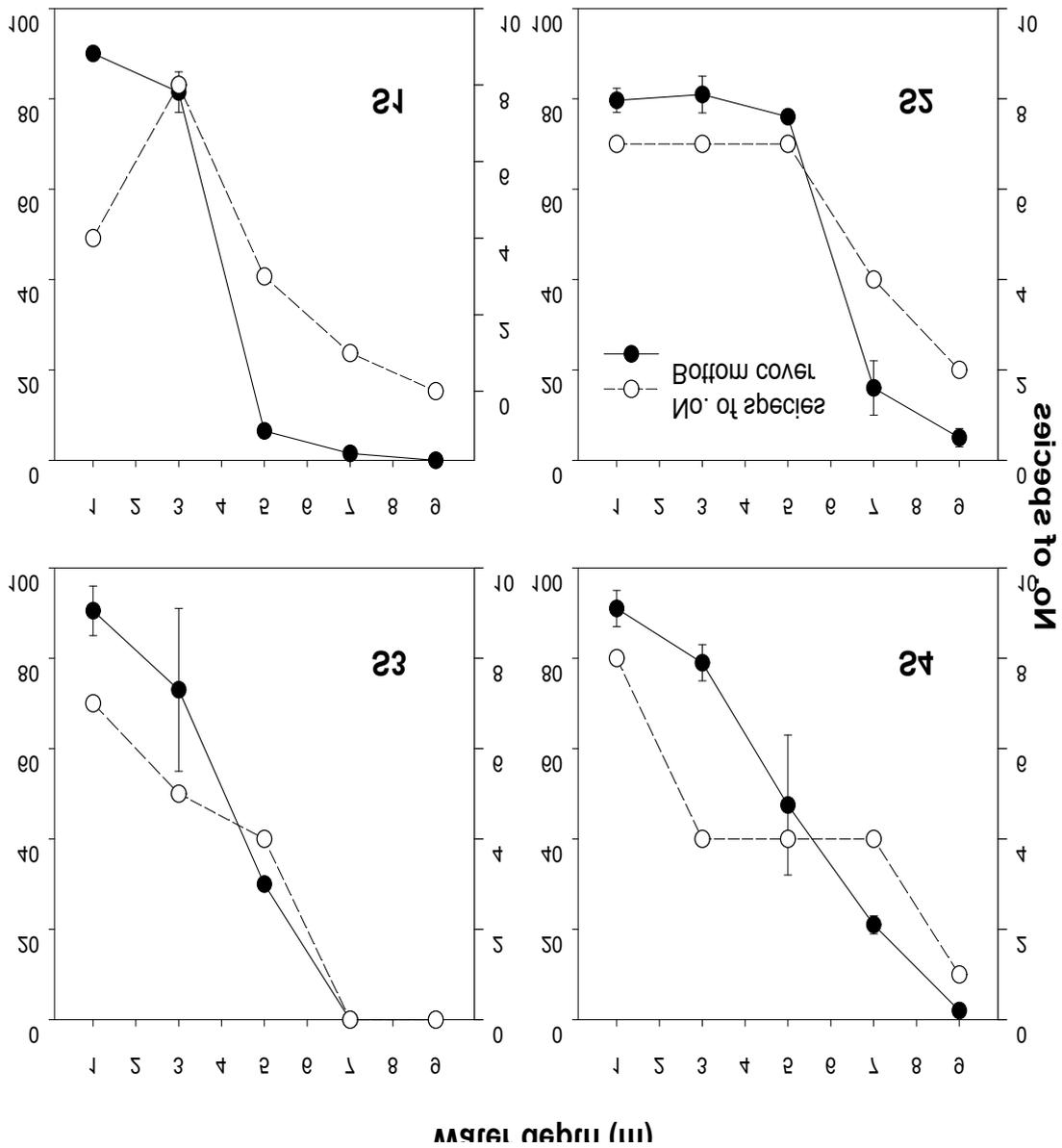


그림 2-2-74. 4개 조사지점에서 해조류의 피도(%)와 종수의 수직변화(2003년 8월).

Fig. 2-2-74. Vertical variations in the bottom cover and diversity (No. of species) of seaweed species in the 4 sites. Data were in August 2003.

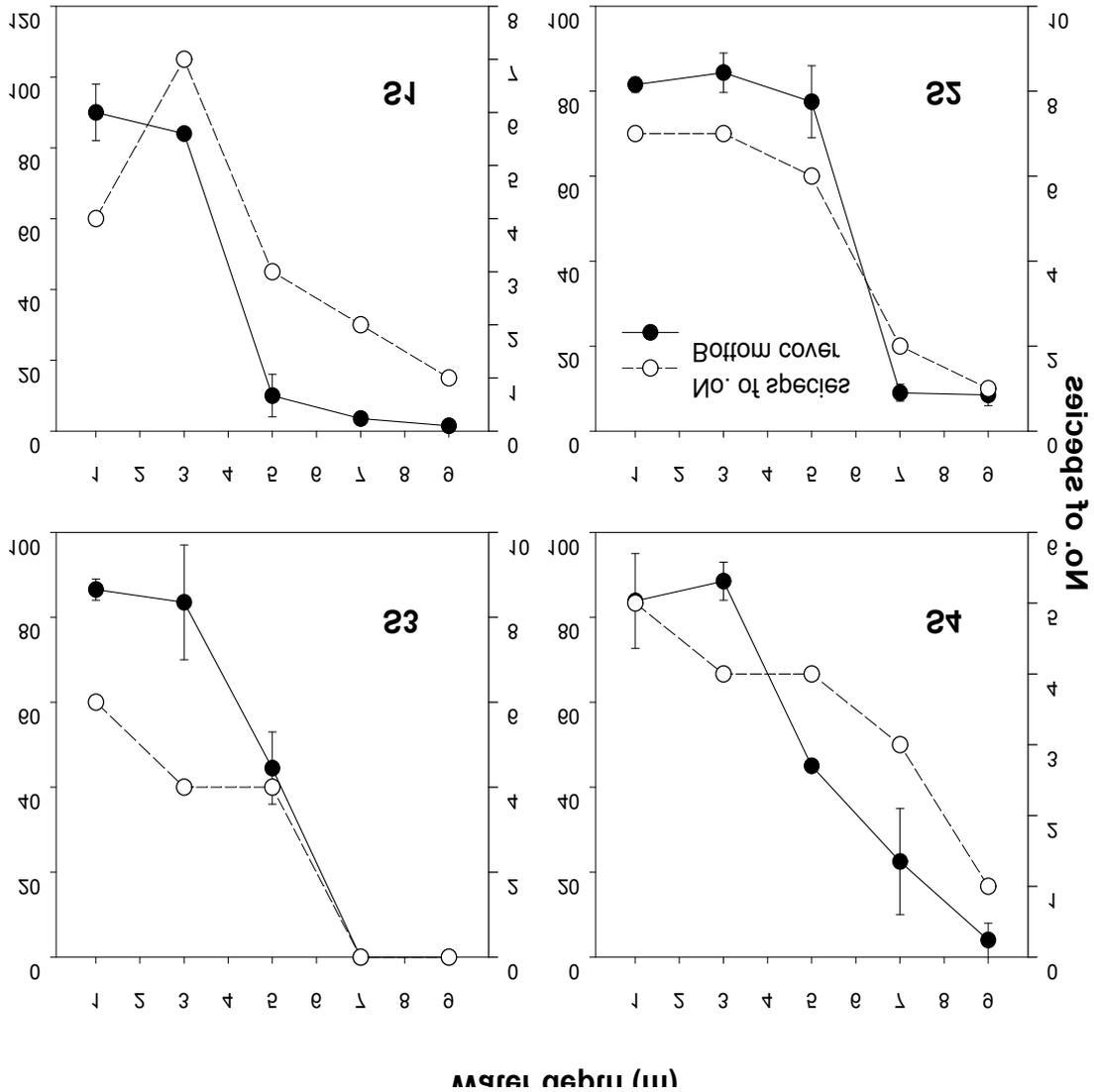


그림 2-2-75. 4개 조사지점에서 해조류의 피도(%)와 종수의 수직변화(2003년 11월).

Fig. 2-2-75. Vertical variations in the bottom cover and diversity (No. of species) of seaweed species in the 4 sites. Data were in November 2003.

4개 조사지점에서 출현한 해조류의 종류별 피도는 표 2-2-64와 같다. 두 계절 모두를 종합해 볼 때, 피도가 가장 높은 해조류는 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 붉은까막살(*Carpopeltis cornea*), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*)이었고, 그 외의 종은 2.0미만의 피도를 보였다.

표 2-2-64. 4개 조사지점에서 해조류의 종류별 피도

Table 2-2-64. The bottom cover (%) of each seaweed species in the four sites

Site/Season	S1		S2		S3		S4		AVG
	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	
<i>Gelidium amansii</i>	9.0	8.7	14.1	13.4	10.5	11.5	2.9	11.8	10.2
<i>Corallina pilulifera</i>	11.5	9.0	6.3	8.3	11.4	11.2	8.8	0.0	8.3
<i>Amphiroa dilatata</i>	0.0	0.0	3.5	3.5	5.5	7.3	21.3	14.1	6.9
<i>Carpopeltis cornea</i>	0.0	0.0	11.2	10.7	0.1	0.2	0.0	3.8	3.3
<i>Sargassum sagamianum</i>	5.0	13.3	3.7	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
<i>Gracilaria textorii</i>	0.4	0.9	5.3	5.8	0.4	1.6	2.1	3.3	2.5
<i>Sargassum micracanthum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	5.7	3.0	3.9	2.0
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	0.2	0.7	0.1	0.1	2.5	3.6	1.2	5.2	1.7
<i>Dictyopteris prolifera</i>	1.3	3.2	0.4	1.3	0.0	0.0	0.0	4.6	1.3
<i>Undaria pinnatifida</i>	6.0	0.0	0.4	0.3	2.3	0.0	0.0	0.0	1.1
<i>Rhodymenia intricata</i>	0.0	0.0	4.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
<i>Amphiroa</i> sp.	1.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
<i>Ulva pertusa</i>	0.0	0.0	1.3	0.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3
<i>Ulva japonica</i>	0.0	0.0	0.3	0.9	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.3
<i>Chodrus crispus</i>	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.4	0.7	0.0	0.2
<i>Dictyota dichotoma</i>	1.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Gigartina tenella</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.8	0.2
<i>Plocamium telfairiae</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8	0.0	0.0	0.2
<i>Codium fragile</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.6	0.1
<i>Lomentaria catenata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1
<i>Codium divaricatum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.1
<i>Sargassum ringgoldianum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1
<i>Callophyllis adnata</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Codium adhaerens</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Carpopeltis crispata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4개 조사지점에서 주요 우점종의 피도의 수직변화는 그림 2-2-76~77과 같다. 피도의 수직변화는 조사지점에 따라 많은 차이를 보이며, 또 종에 따라 분포하는 수심이 다를 수 있다. 각 조사지점간의 유사성과 조사해역에서의 해조류의 분포특성을 분석하기 위해 cluster analysis와 nonmetric multidimensional scaling(nMDS) analysis를 한 결과는 2-2-78a, b와 같다. 지점 1, 2, 3의 경우에는 계절 간 유사도가 70% 내외로 대단히 높았다. 지점 1과 2의 유사도는 60% 이상이였으며, 지점 3과 4의 유사도는 50% 이상이었다. nMDS 또한 지점 1, 2, 3에서의 계절 간 유사도가 매우 높다는 것을 보이고 있으며, 지점 간에는 크게 유사하지 않음을 보이고 있다.

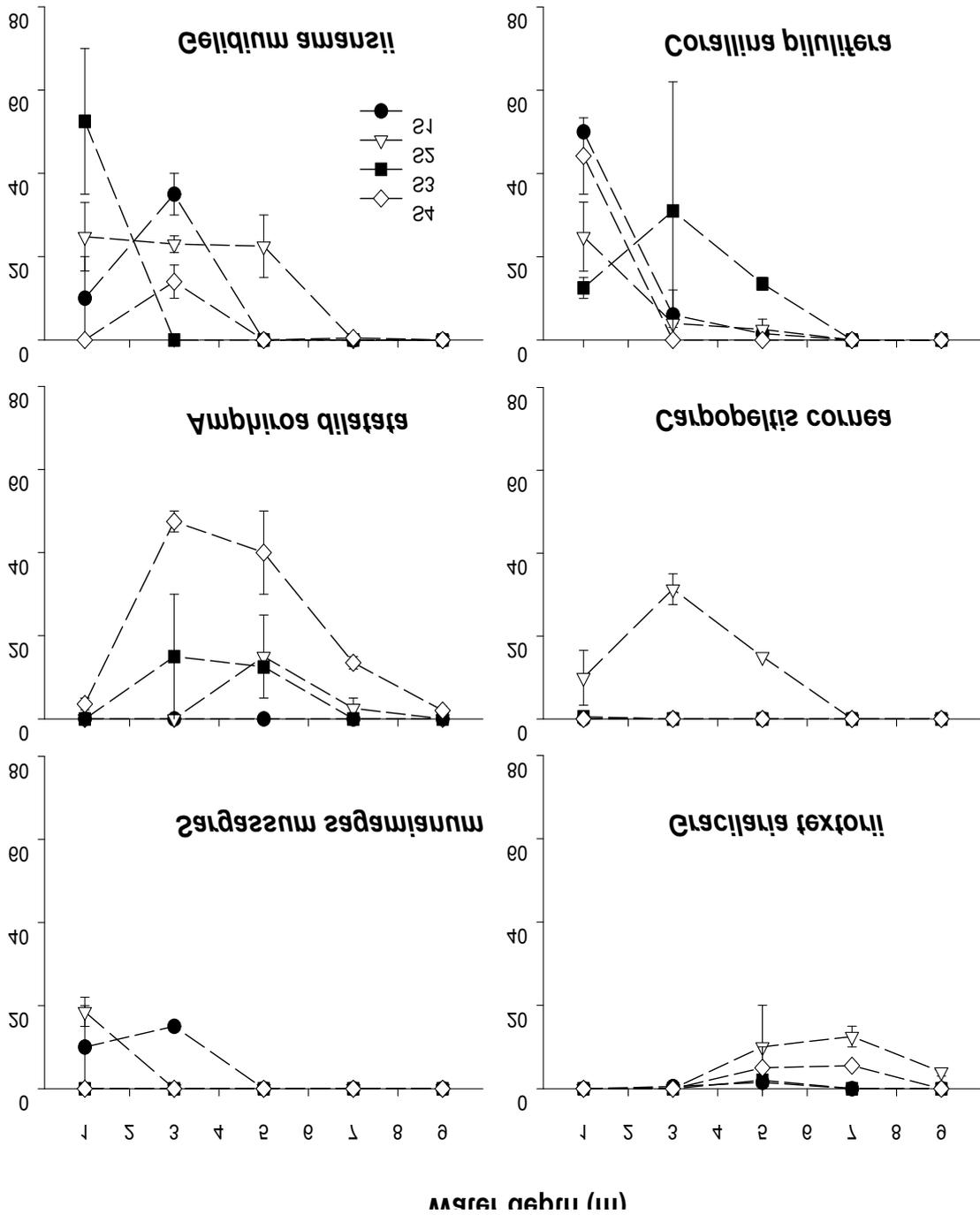


그림 2-2-76. 4개 조사지점에서 주요 우점종의 피도의 수직변화(2003년 8월).

Fig. 2-2-76. Vertical variations in the bottom cover of dominant seaweed species in the 4 sites. Data were in August 2003.

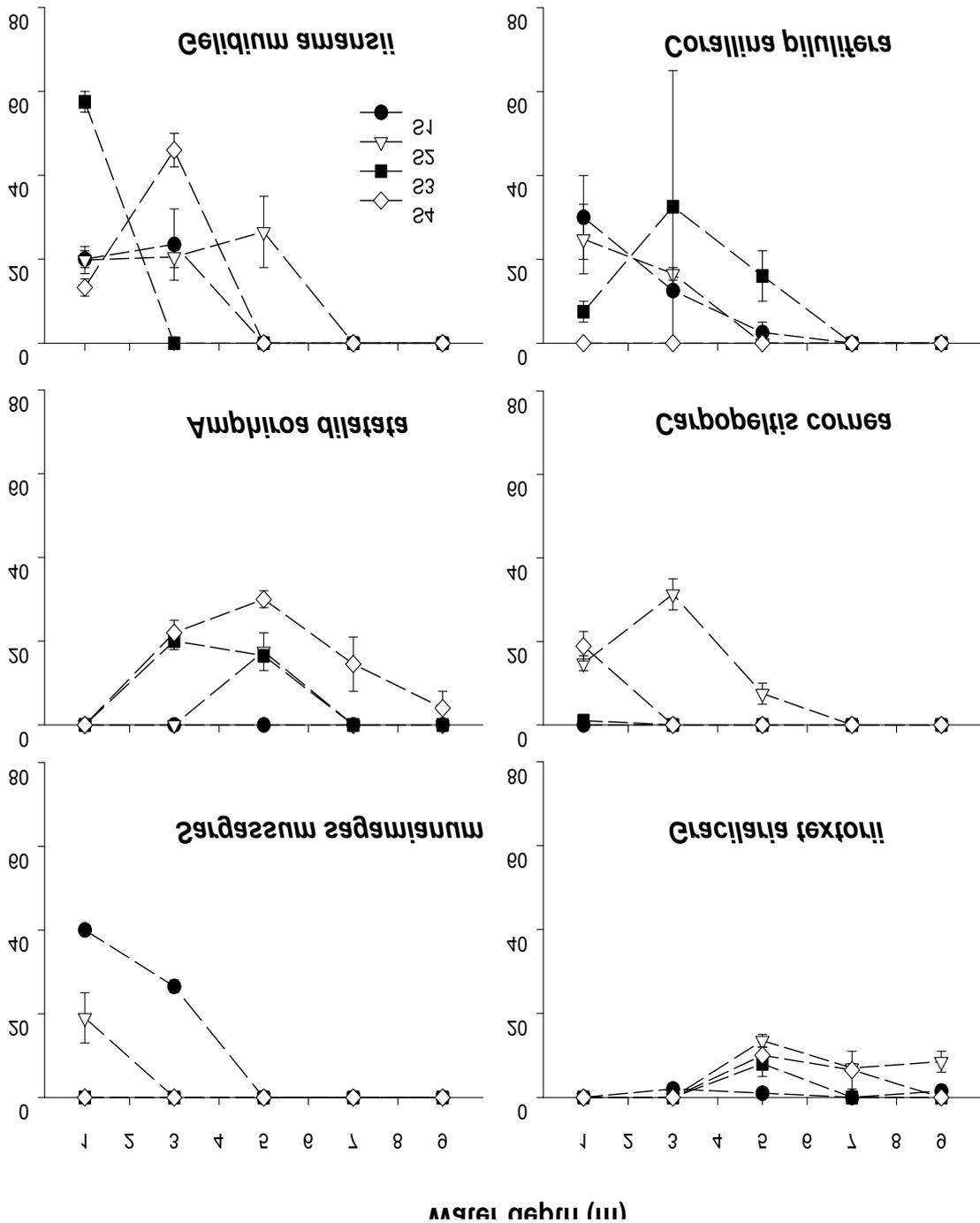


그림 2-2-77. 4개 조사지점에서 주요 우점종의 피도의 수직변화(2003년 11월).

Fig. 2-2-77. Vertical variations in the bottom cover of dominant seaweed species in the 4 sites. Data were in November 2003.

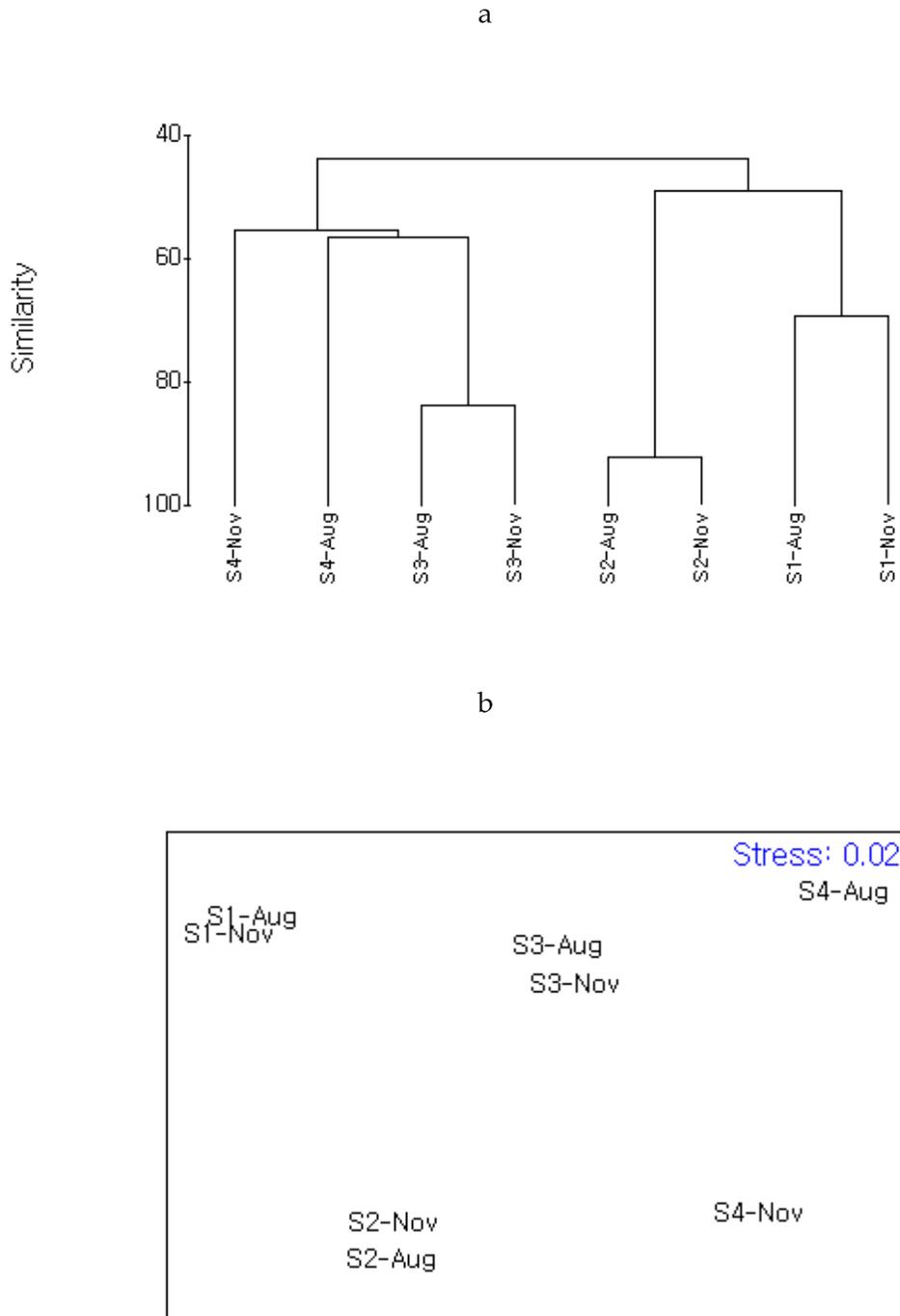


그림 2-2-78. 조사지점간의 유사도 분석(a, cluster analysis; b, nMDS).

Fig. 2-2-78. Cluster analysis (a) and nMDS ordinations (b) of the 4 sites based on Bray-Curtis similarities among sites.

참고문헌

- Arendt, M.D., J.E. Olney and J.A. Lucy. 2001. Stomach content analysis of cobia *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. *Fish. Bull.*, 99: 665-670.
- Bowman, R.E., C.E. Stillwell, W.L. Michaels and M.D. Grosslein. 2000. Food of Northwest Atlantic fishes and two common species of squid. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-155, 137pp.
- Berner, R.A. 1984. Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochimica, Cosmochimica Acta*, 48: 605-618.
- Brey, T. 1990. Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforsch.* 32: 239-343.
- Clarke, K.R. and R.M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Bourne Press Ltd., Bournemouth, U.K.
- Darracott, A. 1977. Availability, morphometrics, feeding and breeding activity of a multi-species, demersal fish stock of the western Indian Ocean. *J. Fish. Biol.*, 10: 1-16.
- Folk, R.L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hamphill's, Austin, Texas, 170pp.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- Forstner, U. and G.T.W. Wittmann. 1981. Metal pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag, New York, 486pp.
- Gleason, D.F. 1986. Utilization of salt marsh plants by postlarval brown shrimp: carbon assimilation rates and food preferences. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 151-158.
- Leventhal, J.S. 1983. An interpretation of carbon and sulfur relationship in Black Sea sediments as indicator of environments of deposition. *Geochimica, Cosmochimica Acta*, 47: 133-137.
- Lie, U. 1968. A quantitative study of benthic infauna in Puget Sound, Washington, USA, in 1963-64. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders*, 14: 229-556.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology: A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, Inc., New York, 337pp.
- McManus, J.W. and Pauly D. 1990. Measuring ecological stress: variations on a theme by R.M. Warwick. *Mar. Biol.*, 106: 305-308

- Mistri, M., Rossi, R. and Fano, E.A. 2001. Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish Lagoon (Sacca di Goro, north-eastern Italy)
- Muller, P.J. 1977. C/N ratio in Pacific deep-sea sediments: effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compounds sorbed by clay, *Geochimica, Cosmochimica Acta*, 41: 765-776.
- Oh, C.W., R.G. Hartnoll and R.D.M. Nash. 2001. Feeding ecology of the common shrimp *Crangon crangon* in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 214: 211-223.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana, 125pp.
- Siemenstad, C.A. and R.M. Thom. 1992. Restoring wetland habitats in urbanized Pacific Northwest estuaries. *In* G.W. Thayer (ed.), *Restoring the nation's marine environment*. A Maryland Sea Grant Book, College Park, Maryland, p. 423-472.
- Stein, R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. *In*: *Lecture Notes in Earth Science*, edited by Somdev, B. et al., Springer Verlag, Berlin, 217pp.
- Tumiolo, M.L. and Downing, J.A. 1994. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. *Marine Ecology Progress Series*, 114: 165-174.
- Zimmerman, R.J., T. Minello and G. Zamora. 1984. Selection by *Penaeus aztecus* for vegetated habitats in a Galveston Bay salt marsh. *Fish. Bull. U.S.*, 84: 325-336.
- 동해수산연구소. 2002. 해조장 동물상 변화 및 조식동물 연구. 국립수산과학원 동해수산연구소, 163pp.
- 서인수. 2003. 인천 갯벌 저서생물의 군집 구조와 먹이망. 인하대학교 이학박사학위 청구 논문, 273pp.
- 이태원. 1998. 천수만 어류의 종조성 변화. *한수지*, 31(5): 645-664.
- 이태원 · 문형태 · 황학빈 · 허성희 · 김대지. 2000. 남해 안골만 잘피밭 어류 종조성의 계절 변동. *한수지*, 33(5): 439-447.
- 일본 수산지원 보호협회, 1980. 수질오탁 조사지침, 256-257pp.
- 한경호 · 양근석 · 진동수 · 유동재 · 오성현 · 황동식, 2001, 고흥반도 주변 해역에 분포하는 어류의 종조성 및 계절변동. *한어지*, 13(2): 143-157.
- 허성희 · 광석남. 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동. *한어지*, 9(2): 202-219.
- 허성희 · 광석남. 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*)의 식성. *한*

어지, 9(2): 221-227.

허성희 · 광석남. 1998. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*) 유어의
식성. 한어지, 10(2): 168-175.

해양수산부. 2002. 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서. 813pp.

제 3 장 어장조성기술

제 1 절 해중림 조성기술

제 2 절 인공어초 연구

제 3 절 소파제

참고문헌

제 3 장 어장조성기술

제 1 절 해중림 조성기술

1. 서론

연안 생태계에서 해조류는 계의 주요한 일차 생산자로서 물질순환의 중심을 이루고 있을 뿐만 아니라, 어류 또는 무척추동물을 포함한 다양한 분류군의 서식공간으로서 군집의 이차생산력을 높이는 역할을 하고 있다. 그러므로 바다목장과 같이 생태계를 효율적으로 이용하고자 하는 사업에 있어서는 인위적으로 해중림 조성에 노력해 왔다. 해중림 조성에 있어 대상이 되는 종은 주로 대형 갈조류들이다. 이들은 첫째 상대성장률이 큼으로 인해 단위 시간당 물질생산력이 높아 해당 생태계에 필요한 물질을 상대적으로 많이 제공하며, 둘째 개체의 크기가 큼으로 인해, 모여 살 경우 큰 숲을 이루어 주요 수산자원이 되는 어류에게 포식자로부터 숨어 있을 공간을 제공해 주며, 셋째 개체의 형태구조가 복잡함으로 인해 표면부착생물의 착생율을 증가시켜 생물종의 다양성 증대 및 이를 먹이로 삼는 어류의 생물량 증대를 유도한다.

해중림을 보다 효율적으로 조성하기 위해서는 체계적인 연구 흐름이 필요하며, 연구의 흐름은 다음과 같이 일곱 단계로 구분할 수 있다. 첫 단계는 바다목장해역의 해조군집을 광범위하게 조사함으로써 군집 구성종 중에서 해중림을 이룰 수 있는 대형 갈조류의 목록을 작성하는 것이다. 두 번째는 목록된 각 종의 생물학적 특성과 생태(생활사, 성장양상, 번식주기, 공간분포, 개체군 동태 등)를 명확히 밝히기 위해 많은 자료를 수집하여야 하고, 이를 다음 단계에서 논의될 여러 기준에 의한 대상종 결정에 반영하여야 한다. 세 번째는 이들 대형 갈조류 중에서도 특히 어떤 것이 기능적 또는 경제적으로 해중림 조성에 적합한가를 결정하는 것이다. 기능적 측면에서, 어떤 종이 일차생산자로서, 동물의 부착기질로서, 그리고 먹이로서 보다 효율적으로 기능 할 것인가 하는 점과 또 canopy 형성에 의한 빛 차단 정도를 조사하고 이를 자연에서의 실제 밀도와 연관하여 어떤 종이 어류의 은닉장소로서 보다 좋을 것인가가 중요하다. 경제적 측면에서, 어떤 종이 가장 빠른 시간 내에 숲을 형성하는 가를 파악하여 조성에 소요되는 시간과 노력을 단축하여야 하며, 이를 위해서는 각 종의 성장률을 파악하는 것이 중요하다. 마찬가지로 개체군 동태와 타 생물과의 경쟁에 따른 천이양상 등을 파악하여 어떤 종이 가장 오랫동안 숲으로 지속되는 가를 알고, 조성 후 유지비용 및 노력을 줄일 수 있는 쪽으로 유도하는 것이 중요하다. 네 번째는 해중림 조성방법을 마련하는 것이다. 어초 등 해중림 조성용 시설물을 투입하여 이후 단순히 자연채묘에 의해 해중림이 형성되기를 기대하기보다는 해당 종을

실내에서 종묘생산하여 이식하는 방법이 보다 효율적이기 때문에 종묘생산과 이식에 관한 기술체제를 확립하여야 한다. 또한 이식된 해조류가 보다 효과적으로 자라게 하기 위해 또는 보다 많은 양의 어류가 모여들게 하기 위해 어초 등의 시설물을 효율적으로 설계하고 배열하는 방법을 구축하여야 한다. 다섯 번째는 최적의 설치장소를 선정하는 것으로 이를 위해서는 생물학적 또는 무생물학적 요소를 다각적으로 고려하여야 한다. 즉 시설물을 투입하고자 하는 후보지의 수심, 탁도, 퇴적양상, 해수유동, 암반형태 등의 환경특성을 면밀히 검토하고, 이를 목록된 종의 분포특성과 대비하여 적지를 판정한다. 가능하다면 부착관 실험 등을 통해 시간과 수심에 따른 생물군집의 천이양상을 예측하고, 이를 투입시기와 투입장소의 결정에 반영시켜야 할 것이다. 또한 적지 중에는 실제 많은 종류의 대형 갈조류가 서식하고 있을 수 있기 때문에 이런 곳에 굳이 해중림을 조성할 이유는 없다. 그러므로 목장해역에서 목록된 대형 갈조류가 실제 어떠한 유형으로 분포하는지 또는 어느 정도의 양이 존재하는지를 면밀히 분석하여 지리정보화(GIS)한 후, 향후 동 해역에서 어느 정도의 인위적인 해중림이 조성되어야 할 것인지를 나타내는 최적배치도를 결정하여야 한다. 여섯 번째는 조성된 해중림의 효과검정으로 조성 전에 비해 조성후의 생물군집의 다양성 변화와 유용 수산생물의 생산량 증대를 비교·분석하여 문제가 있다면 어떤 점에서 그 문제가 발생하는지를 분석하고, 이를 문제가 발생한 단계로 다시 적용하는 것이다. 끝으로 일곱 번째는 조성된 해중림을 어떻게 관리하고 그 기능을 지속적으로 보전하는 가를 알아야 할 것이다.

바다목장을 위한 해중림 조성은 통영해역에서 수년 간 실시되었고, 이를 통해 많은 자료들이 확보되어 이 자료들의 많은 부분이 전남 다도해형 바다목장해역에 적용될 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 우선적으로 통영해역과 전남 다도해형 바다목장해역 간에는 환경특성이 다르고, 이로 인해 생태계의 구조가 다르다. 해조군집 역시 많은 차이가 있다. 통영의 경우에는 여러 종류의 대형 갈조류가 조하대에서 우점하나, 전남 다도해형 바다목장해역에서는 그렇지 못하다. 그러므로 동 해역에서의 효율적인 해중림 조성사업을 위해서는 해조군집에 대한 광역조사가 반드시 실시되어야 하며, 이를 통해 얻어진 자료들은 대형 갈조류의 목록작성, 적지판정 및 최적배치도 작성 등에 이용되어야만 할 것이다.

1단계 2차년도에 속하는 금년도에는 (1) 해조군집 광역조사, (2) 대상종 조사, (3) 적지 선정 기초조사, 그리고 (4) 종묘생산에 관한 기술을 주요 연구내용으로 삼았고, 특히 대상해역에 대한 해조군집의 광역조사를 통해 해중림 조성의 대상종이 될 수 있는 대형 갈조류의 inventory 작성에 주력하였다. 또한 해조류의 분포에 미칠 수 있는 여러 가지 무생물학적 환경요인(광량, 기질의 configuration, 탁도, 영양염 등)을 분석하고 조사된 해조군집특성과 연관하여 해석함으로써 이 해역에서 해중림 조성을 위한 적지선정의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 해조군집 광역조사

전남 다도해 바다목장 해역에서의 해조군집 광역조사를 위해 2003년 8월부터 9월까지 30개 조사지점(그림 3-1-1)을 조사하였다. 각 조사시점에서는 하나의 line transect를 설치하였고, 조고의 기준면(datum) 이하 수심 1, 3, 5, 7, 9m에 존재하는 해조류(Crustose coralline algae 제외)의 피도를 조사하였다. 피도는 50×50cm의 방형구를 이용하여 조사하였다. 각 수심에서는 설치된 line transect 양측에 수심별로 2개의 방형구를 설치하고, 얻어진 자료를 평균하였다.

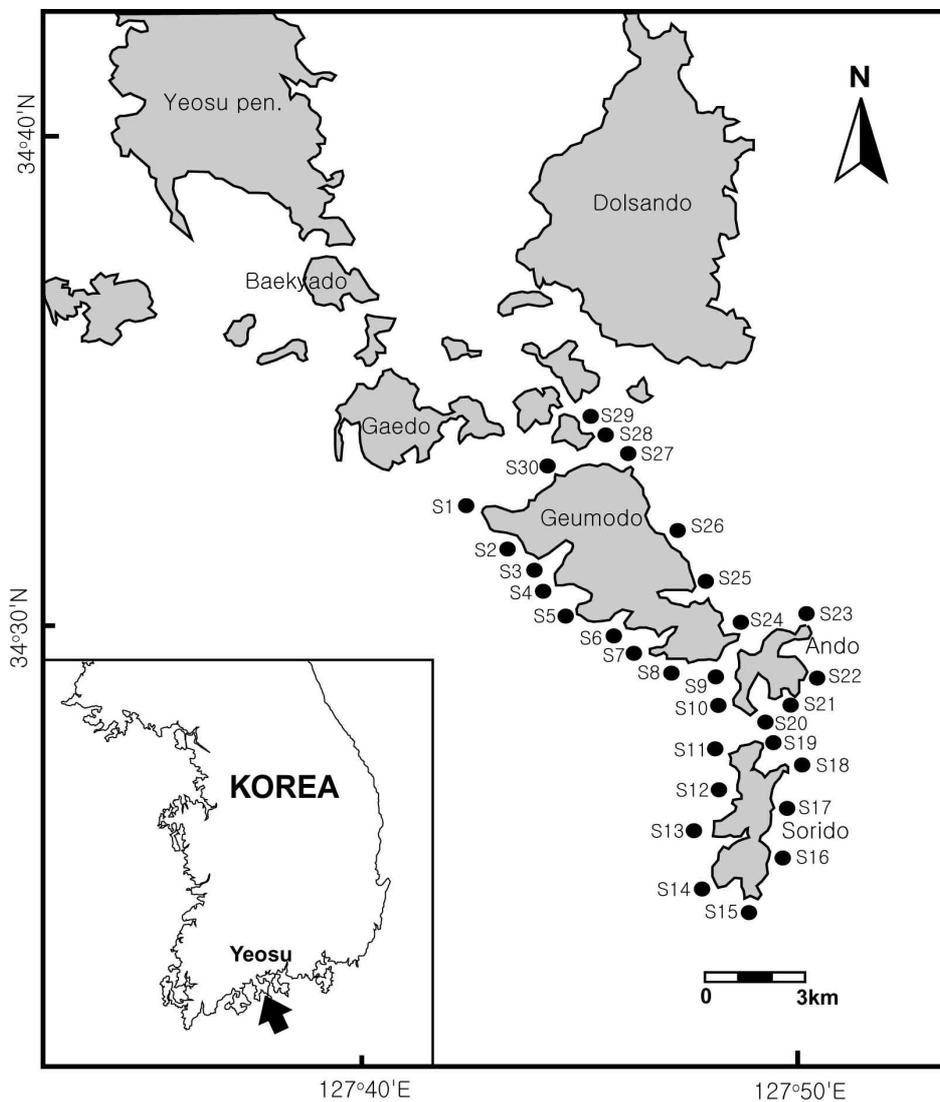


그림 3-1-1. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점.

Fig. 3-1-1. Location of sampling sites for the investigation of the subtidal macroalgal community in the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area.

각 조사지점간의 유사성과 조사해역에서의 해조류의 분포특성을 분석하기 위해 cluster analysis와 nonmetric multidimensional scaling(nMDS) analysis를 실시하였다. 사용된 자료는 각 조사지점에서 나타난 종별 피도이며, 종별 피도는 각 수심별로 얻어진 종별 피도를 평균하여 구하였다. 조사지점 간 유사도는 극우점하는 종의 영향을 줄이기 위해 자료를 fourth root로 변화하여 Bray-Curtis similarity로써 구하였다. Cluster analysis에서는 group-average technique를 이용하였다. 자료는 Primer v5로써 분석하였다.

나. 대상종 선정

해조군집의 광역조사에서 나타난 결과를 토대로 해중림 대상종이 될 수 있는 대형 갈조류의 목록(inventory)을 작성하였다. 한편 광역조사는 해조류의 생물량이 가장 줄어드는 하계(2003년 8~9월)에 실시되었기 때문에 다른 계절에 분포할 수 있는 대형 갈조류를 파악하기에는 미흡한 점이 있다. 그러므로 제 2장 2절 생물군집 특성에 나타난 해조류분야 중 2004년 5월 초에 4개 지점(그림 3-1-1의 S1, 9, 16, 23)을 대상으로 조사한 결과를 활용함으로써 광역조사의 미비점을 보완하였다.

목록된 대형 갈조류 중에서 미역(*Undaria pinnatifida*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)의 개체군 동태를 이해하기 위해 엽장과 중량의 월별변화를 제시하였다. 전남 다도해 바다목장해역에서 이들 해조류의 생태에 관해 조사한 자료가 대단히 빈약하기 때문에 통영바다목장 해역의 자연군집에서 얻어진 결과를 활용하여 이들 갈조류의 엽장과 중량의 월별변화를 분석하였다.

해중림 조성 시 경제적/생태적 측면에서의 조성효과 분석을 위한 기초자료(예: 엽면적 지수, 부착생물의 종류와 양, 일차생산력 등) 역시 통영바다목장 해역에서 얻어진 결과를 이용하여 분석하였다.

다. 적지선정 기초조사

해중림 조성 적지선정을 위한 기초조사로서 그림 3-1-1에 나타난 30개 지점의 무생물학적 환경요인을 조사하였고, 이를 조사된 해조군집특성(종수, 풍도, 수직분포)과 연관하여 해석하였다. 또한 주요 해조류의 보상광도와 해역의 광량분포특성 및 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포를 조사하였다.

(1) 무생물학적 환경요인

무생물학적 환경요인으로 수온, 염분, 용존산소, 영양염(NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), 부유물질(suspended sediment), 광량분포, 그리고 기질의 특성(substratum configuration)을 조사하였다. 조사는 2003년 11월에 실시되었다. 수온, 염분, 용존산소, 영양염, 그리고 부유물질은 매 조사지점에서 표층과 저층으로 구분하여 조사하였다. 해수중의 영양염은 자동

수질분석기(Flow Injection Analysis; Model: QuikChem8000, USA)를 이용하여 분석하였다. 광량은 매 조사지점에서 cosine-corrected underwater PAR sensors (LiCor LI-1400)을 이용하여 표층과 수심 3, 6m에서 3분간의 photosynthetic photon flux density를 누적하여 측정 후, 소광계수(k)를 Beer-Lambert expression($I_z = I_s \times e^{-kz}$)으로 구하였다. 기질의 특성은 해조류가 부착할 수 있는 암반기질의 분포깊이(vertical extent)와 기질의 경사를 의미하여, 이를 조사하기 위해 매 조사지점에서는 해안선으로부터 10m 떨어진 지점에서 해안선을 따라 약 20m 길이의 수심을 측정하였다. 수심은 선박에 부착된 echo sound를 이용하여 조사하였다. 조사 후에는 조석표를 이용하여 조고의 기준면 이하 값으로 보정하였다.

(2) 무생물학적 환경과 해조군집특성과의 상관

해조군집의 종수, 풍도, 수직분포 또는 주요 대형 갈조류의 분포와 무생물학적 환경과의 관계를 주성분분석(principal component analysis, PCA)으로 분석하였다. 무생물학적 환경요인이 서로 다른 단위로 측정되었기 때문에 PCA는 correlation matrix로 수행되었다. PCA에서는 Eigenvalue가 1.9보다 큰 주성분만을 추렸고, 이를 varimax technique로 사용하여 변화시켰다. 자료의 성격을 보다 쉽게 파악할 수 있도록 각 주성분에 대한 변수의 loading vector와 site score를 동시에 나타내는 biplot을 도시하였다. biplot에서 각 변수의 벡터가 0도를 이룰 경우에는 대단히 높은 양의 상관관, 90도를 이룰 경우에는 상관이 전혀 없음을, 그리고 180도를 이룰 경우에는 매우 높은 음의 상관관을 나타낸다.

(3) 주요 해조류의 보상광도

2004년 1월부터 3월까지 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 광합성 특성을 분석하였다. 광합성률은 산소명암병(light and dark bottle oxygen method)으로 측정하였다. 채집한 시료를 투명한 배양용기에 넣고, 해수를 채워 여러 광도에서 1시간 배양하였다. 배양광도는 LI COR-1400 광량계로 측정하였다. 배양 후에는 시료를 들어내고, 배양용기 내에서 일어난 산소량의 감소를 측정하였다. 호흡량은 시료를 빛이 차단된 용기에 투입하고, 1시간 배양하여 용존산소의 변화를 측정하였다. 용존산소량은 DO meter(model: YSI-200)와 Winkler법 두 가지를 이용하여 측정하였다. 사용한 시료는 실험실로 운반하여 70~80°C에서 48시간 건조하여 건조량을 측정하였다. 광합성률과 호흡률은 $\text{mg O}_2 \cdot \text{gdw}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 나타내었고, 배양용기 내 산소량의 변화는 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$P_n = (\text{water volume} \times (\text{final } [O_2] - \text{initial } [O_2])) / (\text{incubation period} \times \text{blade weight})$$

시료의 P-I 특성에 있어 광저해 현상이 없었기 때문에 자료를 Webb *et al.*(1974)의 광

합성 모델에 적합시켜 P-I 매개변수를 구하였고, 비선형회귀의 유의성은 분산분석(ANOVA)으로 검정하였다.

$$P_g = P_{gmax} \cdot (1 - \exp[-I/I_k])$$

여기서 P_g 는 총광합성량, P_{gmax} 는 포화광도에서의 최대 총광합성량, I 는 광량($\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$), 그리고 I_k 는 포화광량을 나타낸다.

보상광도는 위 식에서 P_g 가 호흡량일 때의 I 값이 된다.

(4) 해역의 광량분포특성

2003년 11월 현장에서 조사된 light attenuation coefficient(k)를 토대로 각 지점에서 수심 1, 3, 5, 7, 9m에 투과될 수 있는 광량을 계산하였다. 해수면에 도달하는 빛의 양(I_s)은 11월 중 한낮에 해수면에 도달하는 대략적인 빛의 양($2000 \mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)으로 보았다.

(5) 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포

해조류가 분포할 수 있는 암반의 공간분포는 해조군집 광역조사에서 나타난 각 지점별 해조류의 분포 하한과 주요 대형 갈조류의 보상광도 및 해역의 광량분포 특성으로 개략적으로 추정하였다.

라. 종묘생산기술연구

종묘생산기술은 곰피를 대상으로 실시되었다. 2003년 10월에 통영 연안에서 채집된 성숙한 곰피로부터 포자를 받아 배우체와 어린 포자체를 발달시켰고, 이 과정(포자의 착생율, 암배우체의 발아율)에 미치는 수온과 광량의 영향을 조사하였다. 배양 시 수온조건은 5, 10, 15, 20°C 이었고, 광량은 5, 10, 20, 40 $\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 이었다.

포자의 착생율과 암배우체의 발아율은 One-way ANOVA로 분석하였다. 분산분석에 앞서서는 분산의 균질성(homogeneity of variance)을 Bartlett's test로 검정하였다. 필요할 경우에는 자료를 arcsine 또는 fourth root로 변환하였다. 집단 간의 유의성은 Turkey multiple comparison으로 검정하였다. 자료 분석은 Minitab v13으로 실시하였다.

3. 결과

가. 해조군집 광역조사

30개 조사지점에서 조사된 해조류(crustose coralline algae 제외)는 녹조류 6종, 갈조류 10종, 그리고 홍조류 21종으로 총 37종이었고, 이들의 수심별 풍도(bottom cover, %)는 표 3-1-1~3과 같다.

표 3-1-1. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 1~10)

Table 3-1-1. Abundance (bottom cover, %) of seaweed species in the sites (S1-S10) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea

Species/Depth	Site									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 1m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>										
<i>Amphiroa dilatata</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>				8	30	15	7	1	15	10
<i>Carpopeltis crispata</i>										
<i>Chondrus crispus</i>					3			1		1
<i>Cladophora</i> sp.										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>	50	30	38	63	25	15	37	46	22	25
<i>Dictyopteris prolifera</i>					15	8	9			
<i>Dictyota dichotoma</i>			1		4				1	1
<i>Gelidium amansii</i>	10		20		8	10			30	25
<i>Gigartina tenella</i>							1	14		
<i>Hypnea charoides</i>							1		2	
<i>Lomentaria catenata</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>						2	2	3	5	1
<i>Pterocladia capillacea</i>					8					
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum sagamianum</i>	10	40	1		5	30	28	33	25	11
<i>Ulva pertusa</i>										
<i>Undaria pinnatifida</i>	20		30	25			12			12
Total	90	70	89	95	97	79	97	98	99	84
Depth of 3m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>					1					
<i>Amphiroa dilatata</i>				20	8	48	33			
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>			18		10	20	13	8	34	31
<i>Chondrus crispus</i>			3				3	1	23	
<i>Codium divaricatum</i>										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>		55	26	8	15	20	13	7	10	
<i>Dictyopteris prolifera</i>	3	16	1	1	2	4				
<i>Dictyota dichotoma</i>	3		1		3					
<i>Ecklonia cava</i>						1				
<i>Ecklonia stolonifera</i>										
<i>Gelidium amansii</i>	35			10	13	2	31	40	18	13
<i>Gigartina tenella</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>	1				10		1			
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	1		1			3	1	2	5	
<i>Padina arborescens</i>										
<i>Plocamium telfairiae</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>			12							
<i>Rhodymenia intricata</i>										11
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Sargassum ringgoldianum</i>										
<i>Sargassum sagamianum</i>	8		35	8						
<i>Ulva pertusa</i>						1		1		1
<i>Ulva japonica</i>					11					
<i>Undaria pinnatifida</i>	10			8	1				8	1
Total	59	71	95	53	71	98	93	57	97	56

표 3-1-1. 계속

Table 3-1-1. Continued

Species/Depth	Site									
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 5m										
<i>Amphiroa dilatata</i>				5	23	55	58			15
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Amphiroa</i> sp.		7								
<i>Carpopeltis cornea</i>					14	18	5	10	37	15
<i>Chondrus crispus</i>					1		5		8	
<i>Cladophora</i> sp.										
<i>Codium adhaerens</i>										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>		3				3				3
<i>Dictyota dichotoma</i>										
<i>Ecklonia cava</i>							1			
<i>Gelidium amansii</i>					8		8		29	23
<i>Gigartina tenella</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>		1		1	8	5	1	8	1	10
<i>Grateloupia turuturu</i>							1			
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>						3			3	
<i>Plocanium telfairiae</i>					3					
<i>Polysiphonia</i> sp.										
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Rhodomenia intricata</i>										10
<i>Sargassum micracanthum</i>								5		
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva pertusa</i>										
<i>Ulva japonica</i>				1	15		1			1
<i>Undaria pinnatifida</i>							1			
Total	0	10	0	7	70	83	79	23	77	76
Depth of 7m										
<i>Amphiroa dilatata</i>						25	3		18	3
<i>Amphiroa</i> sp.		3			1					
<i>Callophyllis adnata</i>		1								
<i>Carpopeltis cornea</i>									18	
<i>Chondrus crispus</i>									1	
<i>Corallina pilulifera</i>						1				
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Gelidium amansii</i>							1		33	
<i>Gracilaria textorii</i>				1	13	15	4	6	1	13
<i>Grateloupia turuturu</i>				1						
<i>Plocanium telfairiae</i>						1				
<i>Polysiphonia</i> sp.										
<i>Rhodomenia intricata</i>									1	1
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva japonica</i>				1	1		1			1
Total	0	4	0	2	15	42	8	6	70	16
Depth of 9m										
<i>Amphiroa dilatata</i>						5	2		8	
<i>Amphiroa</i> sp.									9	
<i>Callophyllis adnata</i>										
<i>Codium adhaerens</i>										1
<i>Corallina pilulifera</i>										
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Gelidium amansii</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>		2			3	5	5		1	4
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva japonica</i>										
Total	0	2	0	0	3	10	7	0	18	5

표 3-1-2. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 11~20)

Table 3-1-2. Abundance (bottom cover, %) of seaweed species in the sites (S11-S20) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea

Species/Depth	Site									
	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 1m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>										
<i>Amphiroa dilatata</i>					3		4			
<i>Carpopeltis cornea</i>					1	18		19	22	29
<i>Carpopeltis crispata</i>					8	5	3			
<i>Chondrus crispus</i>			10	4	1	2	4		5	
<i>Cladophora</i> sp.										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>			39	28	30	46	44		16	33
<i>Dictyopteris prolifera</i>						11	23	22		
<i>Dictyota dichotoma</i>						5			3	
<i>Gelidium amansii</i>	58	65		4				13	20	29
<i>Gigartina tenella</i>			1	17	6	3	3	4		
<i>Hypnea charoides</i>										
<i>Lomentaria catenata</i>							4			
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	1		5	4	1	8	6	26		
<i>Pterocladia capillacea</i>	14		5	11					20	3
<i>Sargassum micracanthum</i>		2								
<i>Sargassum sagamianum</i>	1	3	12	26	43				8	
<i>Ulva pertusa</i>							2		1	
<i>Undaria pinnatifida</i>			17							
Total	72	69	90	93	91	98	91	84	95	93
Depth of 3m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>										
<i>Amphiroa dilatata</i>					14		48			6
<i>Amphiroa beauvoisii</i>						3				
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>			23	18	28	2			4	34
<i>Chondrus crispus</i>	1									
<i>Codium divaricatum</i>										
<i>Codium fragile</i>						2				
<i>Corallina pilulifera</i>		12	6	25	12	1				
<i>Dictyopteris prolifera</i>			5			15		1		
<i>Dictyota dichotoma</i>			3		1	8				
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Ecklonia stolonifera</i>										
<i>Gelidium amansii</i>	24	55	16	30	11			55	30	38
<i>Gigartina tenella</i>				3	12					
<i>Gracilaria textorii</i>										
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>			12	25		2				
<i>Padina arborescens</i>										1
<i>Plocamium telfairiae</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>					4					
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum micracanthum</i>		27					15			
<i>Sargassum piluliferum</i>				1						
<i>Sargassum ringgoldianum</i>							3			
<i>Sargassum sagamianum</i>					14					16
<i>Ulva pertusa</i>	1								20	
<i>Ulva japonica</i>										
<i>Undaria pinnatifida</i>			17							
Total	25	93	82	101	95	31	65	56	55	95

표 3-1-2. 계속

Table 3-1-2. Continued

Species/Depth	Site									
	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 5m										
<i>Amphiroa dilatata</i>		30	35	21	27		40	1		8
<i>Amphiroa beauvoisii</i>						14				
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Carpopeltis cornea</i>				19	54					18
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Cladophora</i> sp.										
<i>Codium adhaerens</i>						2				
<i>Codium fragile</i>							1			
<i>Corallina pilulifera</i>		20	8	10	1					
<i>Dictyota dichotoma</i>										
<i>Ecklonia cava</i>		7								
<i>Gelidium amansii</i>	10	10	18	4	1					57
<i>Gigartina tenella</i>					1					
<i>Gracilaria textorii</i>			15		1		5			
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>				10						
<i>Plocamium telfairiae</i>										
<i>Polysiphonia</i> sp.						11				
<i>Pterocladia capillacea</i>					3					
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum micracanthum</i>		15								
<i>Sargassum piluliferum</i>				26						
<i>Ulva pertusa</i>										
<i>Ulva japonica</i>			1	0			1			
<i>Undaria pinnatifida</i>										
Total	10	82	76	90	87	27	47	1	0	82
Depth of 7m										
<i>Amphiroa dilatata</i>		38	20	3	19		8			
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Callophyllis adnata</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>										14
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>				1						
<i>Ecklonia cava</i>				8						
<i>Gelidium amansii</i>			1		16		1			30
<i>Gracilaria textorii</i>			18		11		3			
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Plocamium telfairiae</i>										
<i>Polysiphonia</i> sp.						3				
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum piluliferum</i>				58	12					
<i>Ulva japonica</i>			4	1	1		1			
Total	0	38	43	69	60	3	11	0	0	44
Depth of 9m										
<i>Amphiroa dilatata</i>		15	8	20	4					
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Callophyllis adnata</i>										
<i>Codium adhaerens</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>				9						
<i>Ecklonia cava</i>				1						
<i>Gelidium amansii</i>					2					
<i>Gracilaria textorii</i>			1	13	5					
<i>Sargassum piluliferum</i>				20						
<i>Ulva japonica</i>			1		1					
Total	0	15	9	62	12	0	0	0	0	0

표 3-1-3. 광역조사에서 나타난 조사지점별 출현종의 풍도(지점 21~30)

Table 3-1-3. Abundance (bottom cover, %) of seaweed species in the sites (S21-S30) along the coast of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea Korea

Species/Depth	Site									
	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Depth of 1m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>							6	2	9	
<i>Amphiroa dilatata</i>	6	1								
<i>Carpopeltis cornea</i>	12		1	9	12					
<i>Carpopeltis crispata</i>										
<i>Chondrus crispus</i>		3	1	6	6			36		
<i>Cladophora</i> sp.	1									
<i>Codium fragile</i>			1							
<i>Corallina pilulifera</i>	43	90	13	39	33	29	16			23
<i>Dictyopteris prolifera</i>										
<i>Dictyota dichotoma</i>										
<i>Gelidium amansii</i>			35			14	11	9		18
<i>Gigartina tenella</i>	1			9	19		11			
<i>Hypnea charoides</i>										
<i>Lomentaria catenata</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	32		5	12	7			3	1	
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum sagamianum</i>				16	9					
<i>Ulva pertusa</i>	2					19	31	48	36	40
<i>Undaria pinnatifida</i>			10			6				
Total	96	94	64	90	86	68	74	98	46	81
Depth of 3m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>							1		20	
<i>Amphiroa dilatata</i>	5	65	15		2					
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>			8							
<i>Carpopeltis cornea</i>	64			20			1			
<i>Chondrus crispus</i>		1		0						
<i>Codium divaricatum</i>			1							
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>			28		10		3			10
<i>Dictyopteris prolifera</i>					6					
<i>Dictyota dichotoma</i>	2									
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Ecklonia stolonifera</i>								33		
<i>Gelidium amansii</i>				52	44	55	2		13	25
<i>Gigartina tenella</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>							27	14		
<i>Grateloupia turuturu</i>							1		3	3
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	2			7			3			
<i>Padina arborescens</i>										
<i>Plocamium telfairiae</i>							4		10	8
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Rhodymenia intricata</i>							2	25		
<i>Sargassum micracanthum</i>			10							18
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Sargassum ringgoldianum</i>										
<i>Sargassum sagamianum</i>										
<i>Ulva pertusa</i>	1	1				4	11		29	2
<i>Ulva japonica</i>										13
<i>Undaria pinnatifida</i>					23	16				
Total	74	66	61	80	84	75	54	72	75	80

표 3-1-3. 계속

Table 3-1-3. Continued

Species/Depth	Site									
	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Depth of 5m										
<i>Amphiroa dilatata</i>	3	43		1	33					
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Carpopeltis cornea</i>	17	8		27						
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Cladophora</i> sp.	5									
<i>Codium adhaerens</i>										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>			8							
<i>Dictyota dichotoma</i>		2								
<i>Ecklonia cava</i>	1									
<i>Gelidium amansii</i>	2					3	1			5
<i>Gigartina tenella</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>	3	5	1		8	4	35	42	25	5
<i>Grateloupiia turuturu</i>									3	
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>										
<i>Plocamium telfairiae</i>			1				5			
<i>Polysiphonia</i> sp.										
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva pertusa</i>							8		11	19
<i>Ulva japonica</i>						3				
<i>Undaria pinnatifida</i>										
Total	31	57	9	28	40	9	49	42	38	29
Depth of 7m										
<i>Amphiroa dilatata</i>		23			9					
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Callophyllis adnata</i>								1		
<i>Carpopeltis cornea</i>										
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>										
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Gelidium amansii</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>	4	2			6	10	2		13	
<i>Grateloupiia turuturu</i>									1	1
<i>Plocamium telfairiae</i>										
<i>Polysiphonia</i> sp.										
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva japonica</i>										
Total	4	24	0	0	15	10	2	1	14	1
Depth of 9m										
<i>Amphiroa dilatata</i>					1					
<i>Amphiroa</i> sp.										
<i>Callophyllis adnata</i>					1					
<i>Codium adhaerens</i>										
<i>Corallina pilulifera</i>										
<i>Ecklonia cava</i>										
<i>Gelidium amansii</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>					4				1	
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva japonica</i>										
Total	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0

30개의 각 조사지점에서 조사된 각 종의 피도를 수심별로 평균하고, 수심별 자료를 pooling하여 평균을 구한 결과는 표 3-1-4와 같다. 이 값을 우점종을 나타내는 지표로 이용할 경우, 해당지역의 우점종은 *Gelidium amansii*, *Corallina pilulifera*, *Amphiroa dilatata*, *Carpopeltis cornea* 등이다. 이들 해조류는 turf-forming algae로 해중립 조성을 위해서는 부적절한 종이다. 해중립 조성에 적합한 대형 갈조류로는 *Ecklonia cava*, *Ecklonia stolonifera*, *Sargassum micracanthum*, *Sargassum piluliferum* 등이나, 이들의 피도는 대단히 낮다.

표 3-1-4. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 우점종

Table 3-1-4. Dominant species of the subtidal seaweed community of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea, Korea

Species	Depth					AVG
	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	
<i>Gelidium amansii</i>	12.58	20.38	5.86	2.70	0.07	8.32
<i>Corallina pilulifera</i>	29.01	8.59	1.77	0.05	0.28	7.94
<i>Amphiroa dilatata</i>	0.44	8.74	13.18	5.50	2.07	5.99
<i>Carpopeltis cornea</i>	6.89	10.90	8.03	1.05		5.37
<i>Gracilaria textorii</i>		1.70	6.03	3.97	1.38	2.62
<i>Sargassum sagamianum</i>	9.98	2.68				2.53
<i>Ulva pertusa</i>	5.93	2.35	1.23			1.90
<i>Undaria pinnatifida</i>	4.36	2.73	0.02			1.42
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	4.01	2.04	0.50			1.31
<i>Dictyopteris prolifera</i>	2.95	1.72				0.93
<i>Chondrus crispus</i>	2.69	1.00	0.43	0.02		0.83
<i>Sargassum piluliferum</i>		0.02	0.87	2.33	0.67	0.78
<i>Gigartina tenella</i>	2.94	0.49	0.03			0.69
<i>Sargassum micracanthum</i>	0.05	2.33	0.66			0.61
<i>Pterocladia capillacea</i>	1.98	0.51	0.08			0.51
<i>Ulva japonica</i>		0.80	0.75	0.28	0.05	0.38
<i>Rhodymenia intricata</i>		1.28	0.33	0.05		0.33
<i>Acrosorium flabellatum</i>	0.56	0.72				0.26
<i>Dictyota dichotoma</i>	0.45	0.61	0.05			0.22
<i>Ecklonia stolonifera</i>		1.10				0.22
<i>Plocamium telfairiae</i>		0.71	0.28	0.02		0.20
<i>Amphiroa</i> sp.			0.22	0.12	0.30	0.13
<i>Ecklonia cava</i>		0.03	0.27	0.25	0.02	0.11
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		0.08	0.47			0.11
<i>Carpopeltis crispata</i>	0.49					0.10
<i>Polysiphonia</i> sp.			0.37	0.08		0.09
<i>Grateloupia turuturu</i>		0.25	0.10	0.07		0.08
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>		0.25				0.05
<i>Cladophora</i> sp.	0.02		0.18			0.04
<i>Lomentaria catenata</i>	0.12					0.02
<i>Codium adhaerens</i>			0.07		0.03	0.02
<i>Codium fragile</i>	0.02	0.05	0.03			0.02
<i>Sargassum ringgoldianum</i>		0.08				0.02
<i>Hypnea charoides</i>	0.08					0.02
<i>Callophyllis adnata</i>				0.05	0.02	0.01
<i>Codium divaricatum</i>		0.03				0.01
<i>Padina arborescens</i>		0.02				0.00

30개의 각 조사지점에서 조사된 수심별 피도와 출현종수를 평균한 결과는 그림 3-1-2와 같다. 피도는 수심 1m에서 가장 높았고, 수심이 깊어질수록 지속적으로 감소하였다. 출현종의 수 또한 수심이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

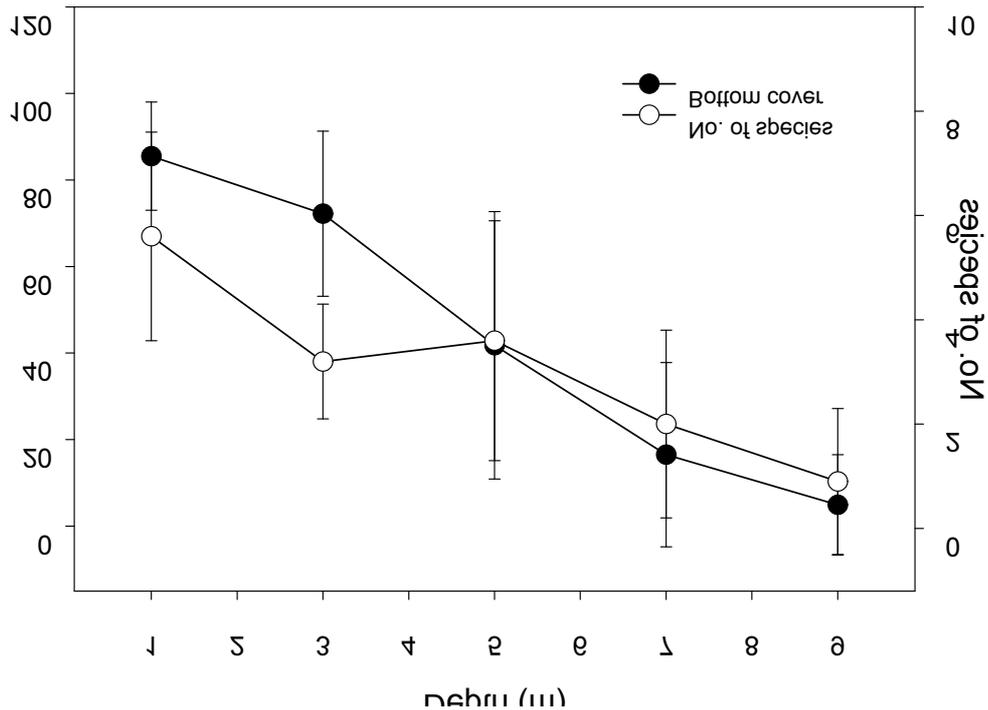


그림 3-1-2. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 피도 및 출현종수의 수직변화.

Fig. 3-1-2. Vertical variations in abundance (bottom cover) and diversity (number of species) of seaweed species in the subtidal community of the Jeonnam Archipelago Marine Ranching area, South Sea, Korea.

각 조사지점에서 출현하는 해조류의 종수, 피도, 그리고 해조류가 분포하는 수직적 범위는 그림 3-1-3과 같다. 출현종수는 6~15종, 피도는 21.4~82.7%, 그리고 수직분포 범위는 3~9m으로 지점 간에 변이가 매우 컸다. 각 조사지점간의 유사성과 조사해역에서의 해조류의 분포특성을 분석하기 위해 cluster analysis와 nonmetric multidimensional scaling(nMDS) analysis를 실시한 결과는 그림 3-1-4a, b와 같다. 우선 그림 3-1-4a에서 유사도 약 60%이상 수준에서 지점 1, 3, 14, 15, 8, 24, 9, 10, 5, 6, 4, 7, 13, 25가 하나의 무리로 분류될 수 있음을 나타내었다. 즉 이들 지점은 그 대부분이 금오도, 안도, 소리도 서쪽에 위치하는 것들로 군집을 구성하는 종과 각 종의 생물량이 매우 유사하다는 것을 나타내는 동시에, 다른 조사지점과는 구성종과 구성종의 생물량이 다르다는 것을 나타낸다.

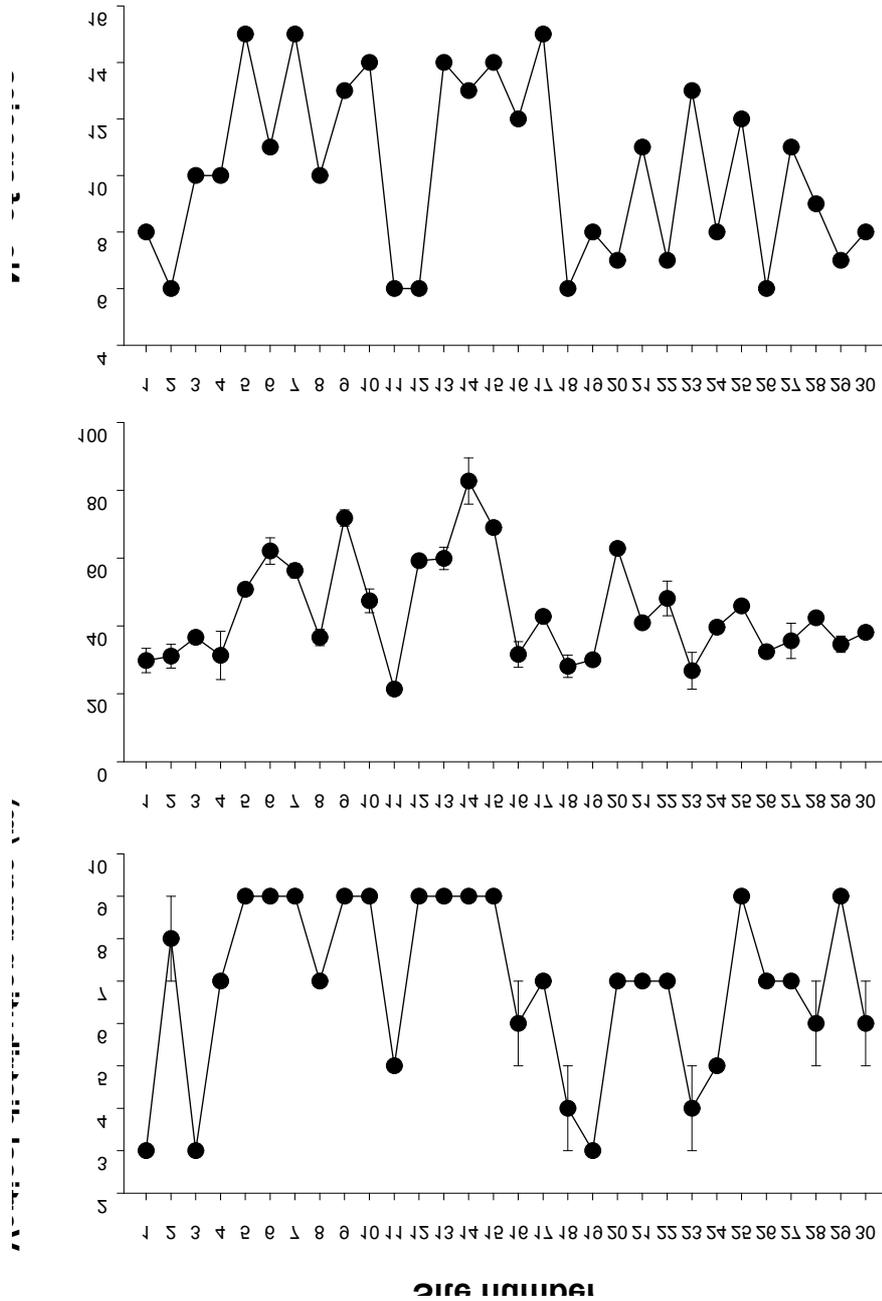


그림 3-1-3. 조사지점별 출현하는 해조류의 종수, 피도, 수직분포범위.

Fig. 3-1-3. No. of species, abundance and vertical extent of seaweed species in the 30 sites along the coast of Jeonnam Archipelago Marine Ranching area.

nMDS(그림 3-1-4b) 역시 이들 조사지점이 유사도가 매우 큼으로 인해 한 무리로 묶여 있음을 보여주고, 다른 지점과는 다소간의 거리가 존재함을 보여주고 있다. 이렇듯 조사지점간의 차이는 각 지점을 둘러싼 환경의 차이에 의한 것으로 볼 수 있다.

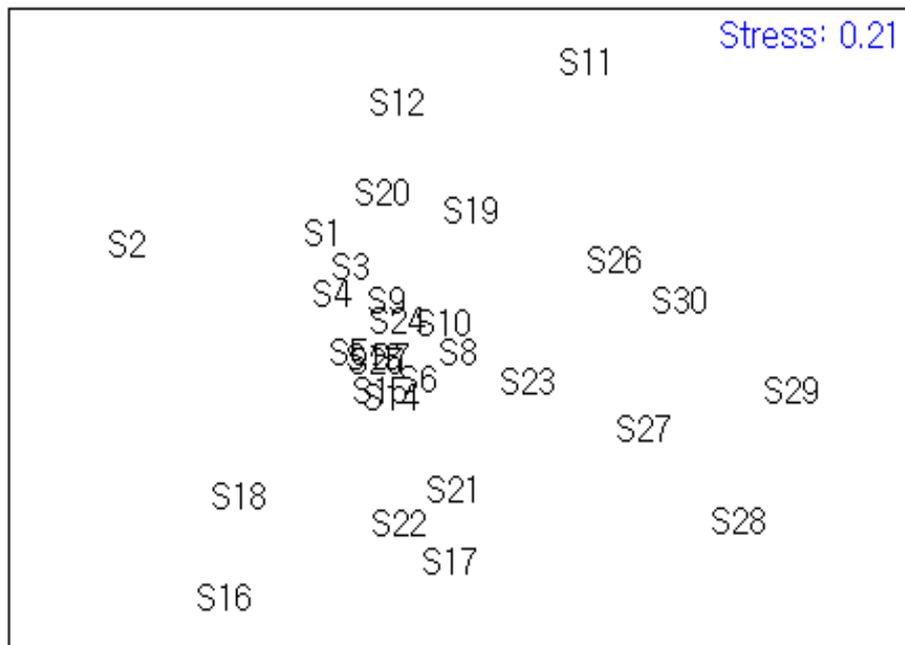
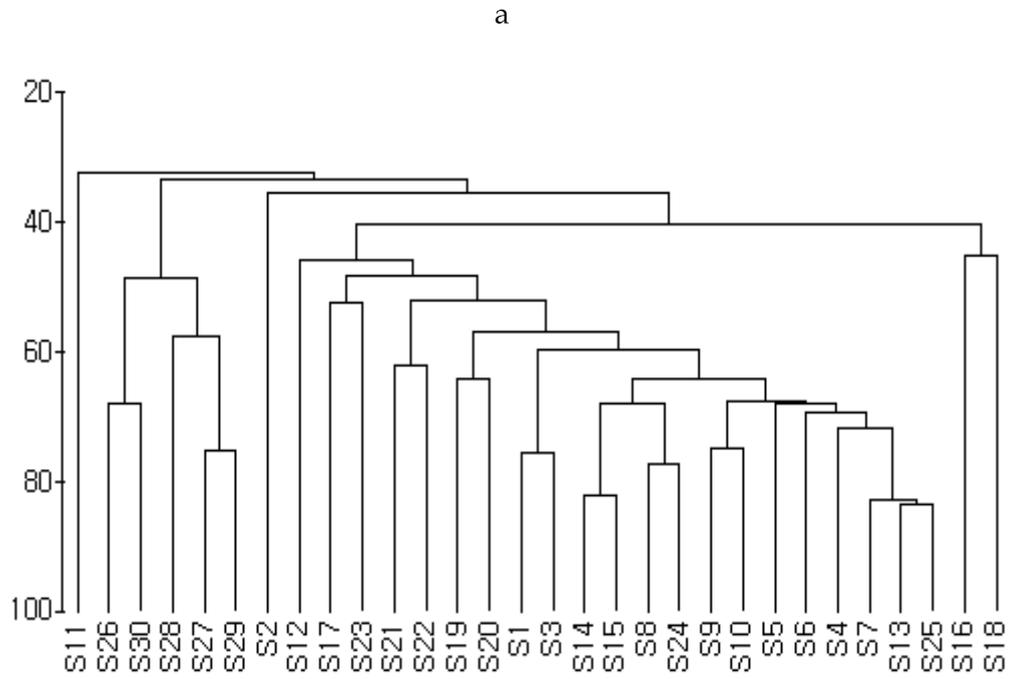


그림 3-1-4. 조사지점간의 유사도 분석(a, cluster analysis; b, nMDS).

Fig. 3-1-4 Cluster analysis (a) and nMDS ordinations (b) of the 30 sites based on Bray-Curtis similarities among sites. Raw data were fourth root transformed.

나. 대상종 선정

전남 다도해 목장에서 분포하는 여러 종류의 해조류 중에서 해중림을 조성할 수 있을 크기의 해조류는 미역(*Undaria pinnatifida*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 감태(*Ecklonia cava*), 큰잎모자반(*Sargassum ringgoldianum*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 그리고 팽생이모자반(*Sargassum horneri*) 8종이었다. 외톨개모자반과 팽생이모자반은 해조군집 광역조사에서는 관찰되지 않았지만, 제 2장 2절에 기술된 생물군집 특성조사(2004년 5월)에서 관찰되었다. 해중림 조성 대상종의 분류학적 위치와 학명은 표 3-1-5와 같다.

표 3-1-5. 전남 다도해바다목장 해역에 분포하는 해중림용 대형 갈조류의 목록

Table 3-1-5. Inventory of large brown algae for the construction of submarine forests

Species name	Korean name	Classification	
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	Phaeophyta Phaeophyceae Laminariales Alariaceae	갈조식물문 갈조강 다시마목 미역과
<i>Ecklonia cava</i>	감태	Phaeophyta Phaeophyceae Laminariales Laminariaceae	갈조식물문 갈조강 다시마목 다시마과
<i>Ecklonia stolonifera</i>	곰피	Phaeophyta Phaeophyceae Laminariales Laminariaceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 개모자반과
<i>Myagropsis myagroides</i>	외톨개모자반	Phaeophyta Phaeophyceae Fucales Cystoseiraceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 모자반과
<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	Phaeophyta Phaeophyceae Fucales Sargassaceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 모자반과
<i>Sargassum micracanthum</i>	잔가시모자반	Phaeophyta Phaeophyceae Fucales Sargassaceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 모자반과
<i>Sargassum piluliferum</i>	구슬모자반	Phaeophyta Phaeophyceae Fucales Sargassaceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 모자반과
<i>Sargassum ringgoldianum</i>	큰잎모자반	Phaeophyta Phaeophyceae Fucales Sargassaceae	갈조식물문 갈조강 모자반목 모자반과

통영 연안의 자료를 이용하여 나타낸 미역(*U. pinnatifida*), 곰피(*E. stolonifera*), 외톨개모자반(*M. myagroides*), 팽생이모자반(*S. horneri*)의 엽장과 중량의 월별변화는 그림 3-1-5와 같다.

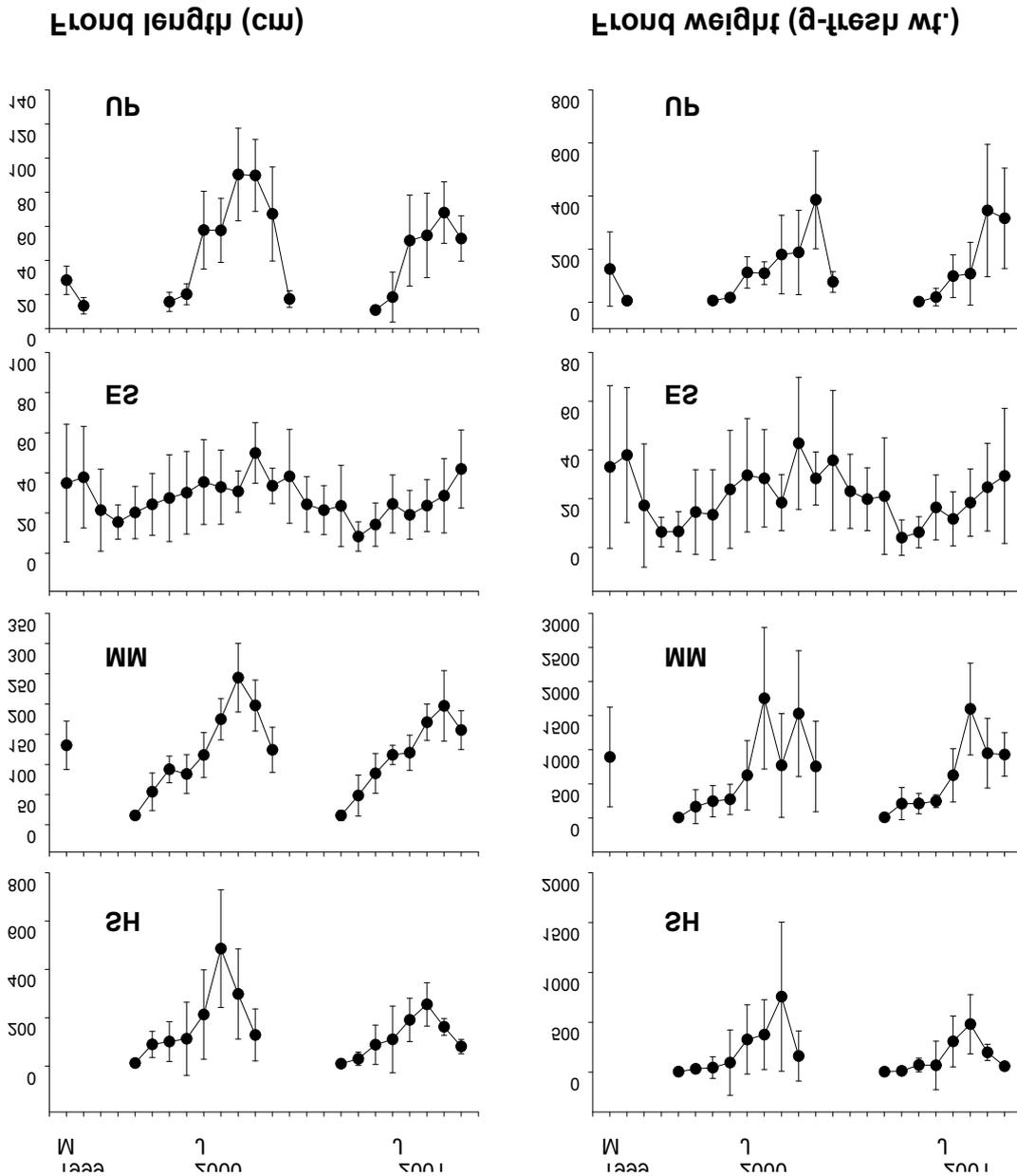


그림 3-1-5. 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 엽장과 중량의 월별변화.

Fig. 3-1-5. Seasonal changes in frond length and weight of four large brown algae. (UP: *Undaria pinnatifida*, ES: *Ecklonia stolonifera*, MM: *Myagropsis myagroides*, and SH: *Sargassum horneri*).

미역과 팽생이모자반은 단년생으로 일년 중 출현하는 기간이 특정한 계절(9월부터 이듬해 4월)에 제한됨을 볼 수 있다. 반면 곰피는 길이와 중량에 있어 계절적 변화를 보이긴 하지만 연중 출현함을 볼 수 있다. 외톨개모자반은 다년생이며, 본 자료는 생식세포(propagules)로부터 새로이 가입한 개체들의 크기변화를 나타낸 것이다. 실제 다년생을 포함하는 개체군 동태를 볼 때 여름철에는 생식세포의 방출로 인해 개체의 크기가 줄어들으나 연중 출현한다.

미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반으로 해중립을 조성할 때 경제적/생태적 측면에서 조성효과를 분석하기 위한 기초자료(예: 엽면적 지수, 부착생물의 종류와 양, 일차생산력 등)를 제시한 결과는 표 3-1-6~9와 같다. 각 종이 일차생산자로서 가지는 물질생산력을 비교하기 위해 구한 최대광합성률(P_{max})은 미역이 가장 높고, 그 다음으로 팽생이모자반으로 높았다(표 3-1-6). 곰피와 외톨개모자반은 각각 1.49~6.57mg O₂/g-dry wt/hr 및 0.34~19.78mg O₂/g-dry wt/hr의 값으로 유사하였다.

표 3-1-6. 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 최대광합성률

Table 3-1-6. Maximum photosynthetic rates of *Undaria pinnatifida* (UP), *Ecklonia stolonifera* (ES), *Myagropsis myagroides* (MM) and *Sargassum horneri* (SH)

Month	Maximum photosynthetic rates(mg O ₂ /g-dry wt/hr)			
	UP	ES	MM	SH
Jan	15.78	6.07	1.09	4.07
Feb	14.86	9.40	3.29	12.94
Mar	38.31	2.03	1.02	13.44
Apr		3.88		5.19
May	10.46	4.02		
Jun	12.35	1.49		
Jul		3.38		
Aug		3.38	0.34	
Oct			4.57	18.54
Nov			5.53	8.79
Dec	110.21	6.57	19.78	56.82

미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반이 어패류가 선호하는 은닉공간으로서의 갖는 기능성을 비교하기 위해 수관(canopy)의 형성에 의한 빛 차단 정도를 엽면적 지수를 통해 정량적으로 조사하였다(표 3-1-7). 다시마과에 속하는 미역과 곰피의 경우 부착기, 줄기, 엽상부로 그 형태가 단순하기 때문에 상호비교하기가 용이하다. 미역의 엽면적지수

(LAI)가 곰피에 비해 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다. 반면 모자반목에 속하는 외톨개모자반과 팽생이모자반의 체형은 다시마과 식물과 많이 다르다. 외톨개모자반은 월년하는 뿌리와 줄기부가 있고, 매년 소가지가 달린 주축(main branch)이 여러 개 자라난다. 반면 팽생이모자반은 단년생으로 해마다 자라나는 하나의 주축에 여러 개의 소가지가 있고, 소가지에 다시 곁가지가 밀생하여 형성되어 있다. 그러므로 다시마목 식물과 동일한 방법으로 엽면적으로 측정하기 곤란하다. 그러나 이들은 엽장에 비례하여 가지의 수가 형성되고, 이들이 엽면적지수를 결정하는 주요 요소이기 때문에 단순히 엽장으로서도 엽면적지수를 개략적으로 가늠할 수 있다. 이 가정을 토대로 볼 때, 엽면적지수가 가장 높은 종은 팽생이모자반, 외톨개모자반, 미역 그리고 곰피의 순임을 알 수 있다.

표 3-1-7. 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 엽면적지수

Table 3-1-7. Leaf area index (LAI) of *Undaria pinnatifida* (UP), *Ecklonia stolonifera* (ES), *Myagropsis myagroides* (MM) and *Sargassum horneri* (SH). LAI was estimated on the basis of frond length, width and stipe length during the growth season of the four species

Parameters	Maximum photosynthetic rates (mg O ₂ /g-dry wt/hr)			
	UP	ES	MM	SH
Frond length (cm)	90.4	49.9	243.5	486.6
Frond width (cm)	45.2	14.0	-	-
Stipe length (cm)	21.2	18.2	-	-
LAI	0.087	0.013	-	-

미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반이 동물의 부착기질로서 보다 효율적으로 기능할 것인가에 대한 정량적 평가에 앞서 정성적인 조사의 하나로 각 종이 동물의 부착기질로 착생시킬 수 있는 부착동물의 종류를 파악한 결과는 표 3-1-8과 같다. 대개의 해조류들이 성장기간 중에는 생리적 화학물질을 방출하여 부착생물이 착생하는 것을 억제시키나 엽체가 노성해질수록 이러한 물질의 분비량이 줄어들어 부착생물의 착생물이 높아진다. 따라서 대개의 부착동물은 엽체가 노성해지는 시기에 관찰되는 것들이다. 엽체에 부착동물을 가장 많이 갖는 종은 외톨개모자반(총 10종)이며, 곰피가 5종, 그리고 미역과 팽생이모자반이 각 1종이었다. 외톨개모자반에 많은 표면부착동물들이 서식할 수 있는 것은 이들이 단년생으로 해를 넘겨 살아갈 수 있는 줄기와 1차가지가 있어 이곳이 부착동물의 좋은 착생기질로 작용하기 때문이다.

표 3-1-8. 미역, 곰피, 외틀개모자반, 팽생이모자반의 표면에서 서식하는 부착동물

Table 3-1-8. Epiphytic sessile animals on the frond of *Undaria pinnatifida* (UP), *Ecklonia stolonifera* (ES), *Myagropsis myagroides* (MM) and *Sargassum horneri* (SH)

Species	UP	ES	MM	SH
<i>Tubellaria</i> sp.			+	
<i>Tubilliphora continua</i>			+	
<i>Bryozoan</i> sp.		+	+	
<i>Serpula vermicularis</i>		+		
<i>Dexiospira foraminosus</i>			+	
<i>Mytilus edulis</i>		+		
<i>Balanus trionus</i>		+		
<i>Caprellidae</i> sp.			+	
<i>Gammaridae</i> sp.			+	
<i>Hydrozoa</i> sp.	+	+	+	+
Sponge			+	
<i>Halosynthia roretzi</i>			+	
<i>Ampithoe</i> sp.			+	

미역, 곰피, 외틀개모자반, 팽생이모자반을 먹이로 삼는 초식동물의 종류를 파악한 결과는 표 3-1-9와 같다. 대부분의 해조류가 가입된 직후에는 개체크기가 작아 거의 모든 초식동물에 의해 섭식될 수 있으나, 자라면서 크기가 증가하여 이러한 초식압에서 벗어날 수 있다. 여기서 기술된 동물은 이 네 종의 해조류가 일정한 크기에 도달한 이후에도 이들을 섭식하는 종들이다. 열거된 8종의 초식동물 중에서 미역과 곰피를 먹는 종은 7종이며, 외틀개모자반과 팽생이모자반을 섭식하는 종은 각 1종에 불과하다.

표 3-1-9. 미역, 곰피, 외틀개모자반, 팽생이모자반의 섭식동물

Table 3-1-9. Herbivorous animals relying on *Undaria pinnatifida* (UP), *Ecklonia stolonifera* (ES), *Myagropsis myagroides* (MM) and *Sargassum horneri* (SH)

Species	Korean name	UP	ES	MM	SH
<i>Haliotis discus</i>	전복	+	+		
<i>Anthocidaris crassipina</i>	보라성게	+	+		
<i>Pseudocentrotus depressus</i>	분홍성게	+	+		
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게	+	+		
<i>Chlorostoma lischkei</i>	밤고둥	+	+		
<i>Caprella equilibra</i>	대벌레			+	+
<i>Homalopoma nocturum</i>	팔알고둥	+	+		
<i>Batillus cornutus</i>	소라	+	+		
<i>Omphalius rusticus</i>	보말고둥	+	+		

다. 적지선정 기초조사

(1) 무생물학적 환경요인

해중립 조성 적지선정을 위한 기초조사로서 30개 지점의 무생물학적 환경요인을 조사한 결과는 그림 3-1-6과 같다. 조사된 수온, 염분, 총질소량, 부유물질, 소광계수 그리고 기질특성(해안에서 10m 떨어진 곳의 수심)은 조사지점간 많은 변이를 보였다.

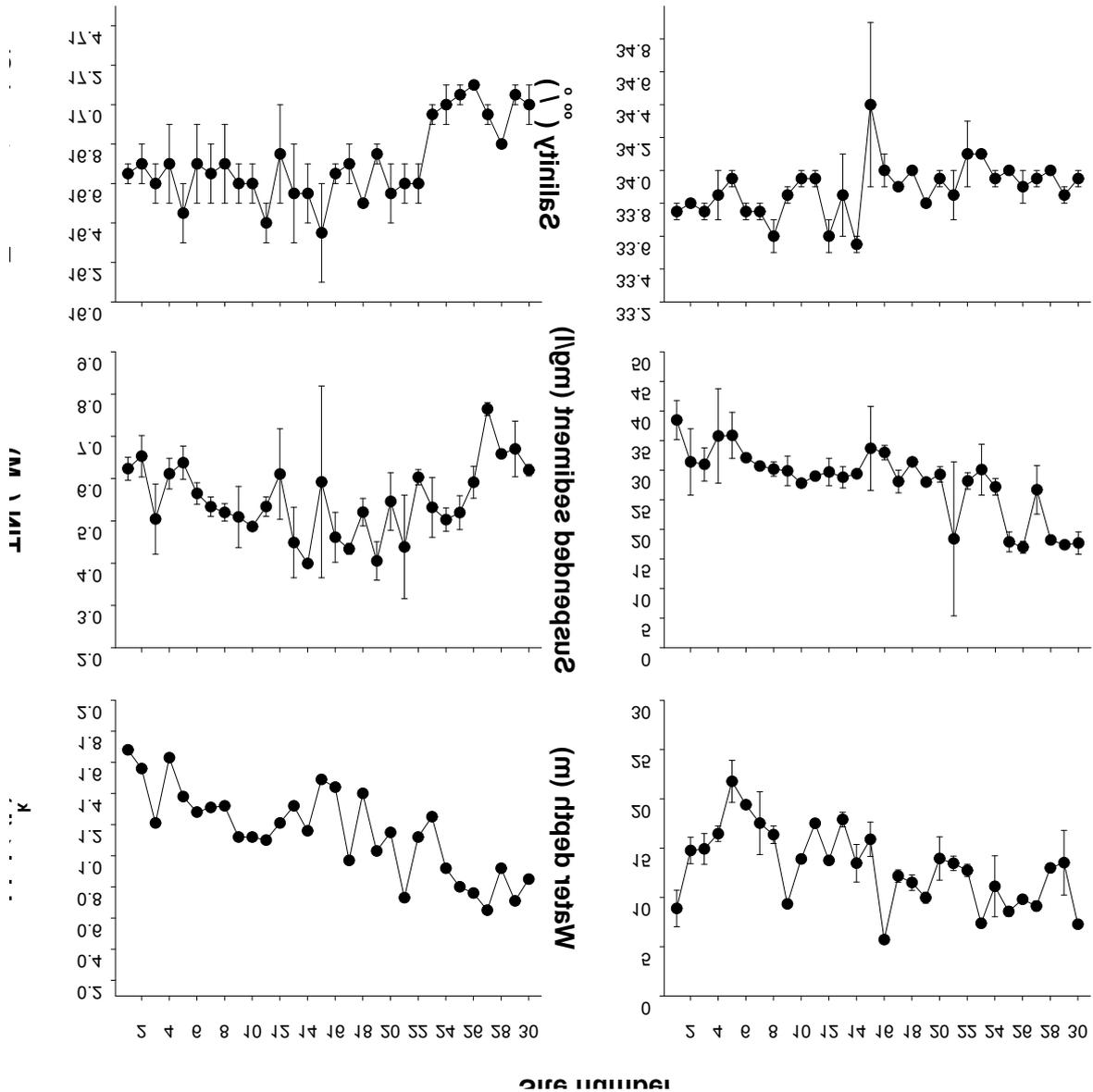


그림 3-1-6. 30개 조사지점을 둘러싼 무생물학적 환경요인의 공간변동.

Fig. 3-1-6. Spatial variation in abiotic factors surrounding the 30 sites. Values indicate the mean and ± 1 SE (vertical line).

특히 금오도, 안도, 소리도로 이어지는 다도해 바다목장 해역의 서쪽 연안의 부유물질, 소광계수 그리고 수심은 동쪽 연안에 비해 높은 값을 보였고, 반면 수온 및 염분은 동쪽 연안에서 높은 값을 보였다. 이러한 차이는 황해 연안에서 기원되는 차고 염분도가 낮은 연안수와 남해 동쪽 연안에서 우세한 고염분의 대마난류 두 해류의 hydrodynamics에 의하기 때문이다.

앞서 그림 3-1-4에서는 각 조사지점간의 유사성과 조사해역에서의 해조류의 분포특성을 분석하기 위해 fourth root로 변형된 자료를 이용하여 cluster analysis와 nonmetric multidimensional scaling(nMDS) analysis를 실시하였고, 금오도, 안도, 소리도로 이어지는 다도해 바다목장 해역의 서쪽 연안의 해조군집이 다른 조사지점과는 구성종과 구성종의 생물량이 크게 다르다고 설명한 바 있다. 해조군집의 이러한 공간적 차이는 이들에 미치는 수온, 염분, 탁도 등의 무생물학적 환경요인의 공간변이와 매우 잘 일치함을 나타낸다.

(2) 무생물학적 환경과 해조군집특성과의 상관

조사된 30개 지점의 해조군집의 종수, 풍도, 수직분포와 무생물학적 환경과의 관계를 주성분분석(PCA)으로 분석한 결과는 그림 3-1-7과 같다. 금오도 동쪽 연안에 위치한 지점 24~30은 수온과 높은 양의 상관을 보이는 곳(수온이 높은 곳)이며 염분 또는 총질소량과도 다소 양의 상관을 갖는 곳(다소 높은 곳)이다. 또한 이 지점들은 부유물질이나 소광계수와는 높은 음의 상관(상대적으로 낮은 곳)을 가진다. 그렇지만 이들 지점에서의 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위는 보통의 수준에 해당한다(거의 상관을 갖지 않는다). 금오도, 안도, 소리도로 이어지는 다도해 목장해역의 서쪽 연안에 위치한 지점 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14가 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위와 양의 상관(높은 값)을 가지며, 조사된 여러 무생물학적 환경요인 중 수심과 가장 높은 상관을 갖는다. 비록 도시된 두 개의 주성분(축 x, y)이 총 변이의 약 54% 밖에 설명할 수 없지만, 이 결과는 본 조사해역에서 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위를 지배하는 주요 요인이 수심이라는 것을 제시하고 있다. 대형 갈조류(*Ecklonia cava*, *Ecklonia stolonifera*, *Sargassum micracanthum*, *Sargassum piluliferum*, *Undaria pinnatifida*)의 분포와 무생물학적 환경과의 관계를 주성분분석(PCA)으로 분석한 결과는 그림 3-1-8과 같다. 관심 있는 것은 대형 갈조류는 어떤 환경요인과 어떤 상관을 갖는가와 어떠한 환경을 지닌 지점에서 출현하는가이다. 감태(*Ecklonia cava*)와 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*)은 염분과 총질소량과 음의 상관을 가지며, 출현하는 곳은 소리도 남서쪽의 지점 12 및 14이다. 곶피(*Ecklonia stolonifera*)는 수온과는 약한 양의 상관을 그리고 수심과는 약한 음의 상관을 가진다. 그러나 도시된 두 개의 주성분(축 x, y)이 총 변이의 45%만을 설명하지 못하며, 이는 대형 갈조류의 분포에 대한 자료가 부족하기 때문이었다. 향후 조사에서는 대형 갈조류의 분포에 대한 정밀한 조사가 필요하며, 이를 통해서만이 적지선정의 정밀성을 기할 수 있다고 판단된다.

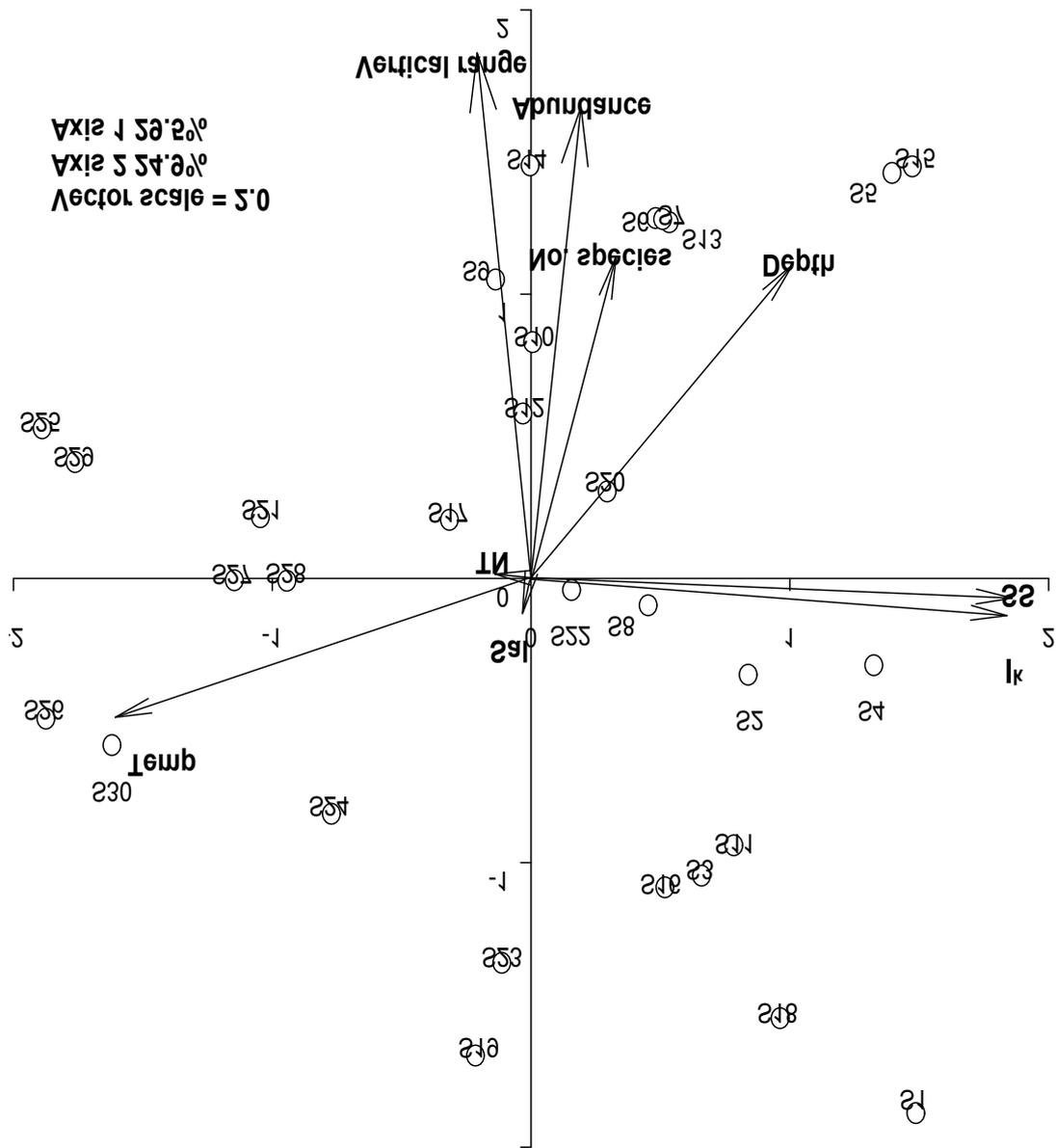


그림 3-1-7. 조사된 30개 지점의 종수, 풍도, 그리고 수직분포와 무생물학적 환경과의 관계에 대한 주성분분석(PCA).

Fig. 3-1-7. Principal components analysis on the number of species, abundance and vertical extent of the 30 sites. A biplot of variable loading vectors and site scores on the two principle components.

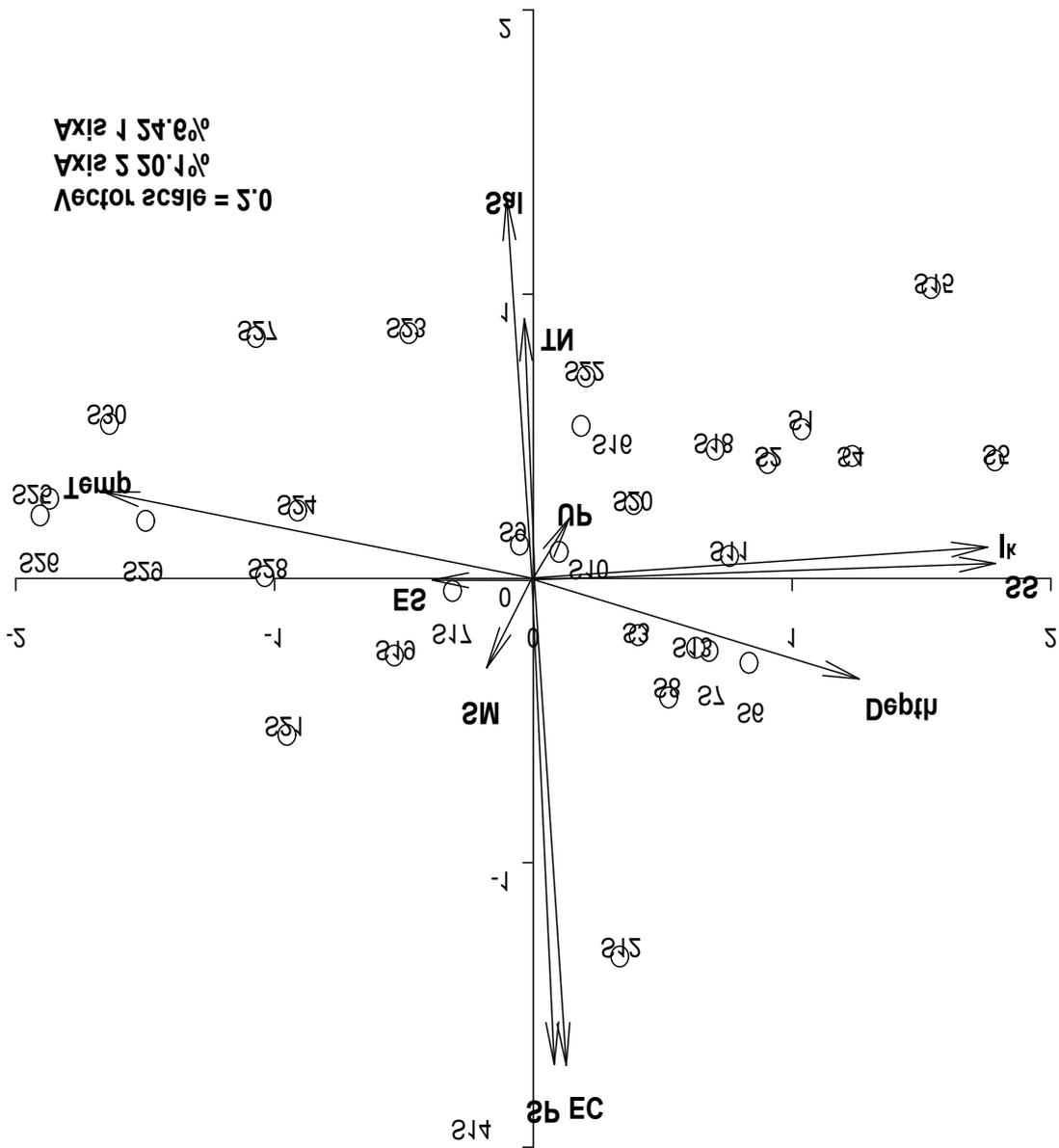


그림 3-1-8. 대형 갈조류의 분포와 무생물학적 환경과의 관계에 대한 주성분분석 (PCA).
 Fig. 3-1-8. Principal components analysis on the distribution of some large brown algae (*Ecklonia cav.* EC, *Ecklonia stolonifera* ES, *Sargassum micracanthum* SM, *Sargassum piluliferum* SP, *Undaria pinnatifida* UP) along the 30 sites. A biplot of variable loading vectors and site scores on the two principle components.

(3) 주요 해조류의 보상광도

2004년 1월부터 3월까지 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 광합성 특성을 분석하여 구한 각 종의 보상광도(I_c)는 표 3-1-10와 같다. 미역(*Undaria pinnatifida*)의 경우에는 0.15~0.49 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 곰피(*Ecklonia stolonifera*)는 1.48~23.86 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*)은 11.22~42.06 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 그리고 팽생이모자반은 2.28~9.28 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 범위로 나타났다.

표 3-1-10. 미역, 곰피, 외톨개모자반, 팽생이모자반의 보상광도

Table 3-1-10. Light intensity at the compensation point of *Undaria pinnatifida*, *Ecklonia stolonifera*, *Myagropsis myagroides* and *Sargassum horneri*

Date	Species	P _{gmax}	I _k	r ²	P	α	Respi	I _c
Jan. 2004	<i>Undaria pinnatifida</i>	15.78	14.09	0.936	<0.01	0.071	0.50	0.45
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	6.07	6.97	0.489	<0.01	0.143	1.19	1.52
	<i>Myagropsis myagroides</i>	1.09	16.41	0.854	<0.01	0.061	0.54	11.22
	<i>Sargassum horneri</i>	4.07	96.60	0.851	<0.01	0.010	0.37	9.21
Feb. 2004	<i>Undaria pinnatifida</i>	14.86	7.60	0.705	<0.01	0.132	0.18	0.09
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	9.40	10.82	0.791	<0.01	0.093	1.20	1.48
	<i>Myagropsis myagroides</i>	3.29	38.40	0.968	<0.01	0.026	1.09	15.45
	<i>Sargassum horneri</i>	12.94	50.59	0.898	<0.01	0.020	0.57	2.28
Mar. 2004	<i>Undaria pinnatifida</i>	38.31	23.45	0.678	<0.01	0.043	0.25	0.15
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	2.03	36.72	0.832	<0.01	0.027	0.97	23.86
	<i>Myagropsis myagroides</i>	1.02	50.02	0.679	<0.01	0.020	0.58	42.06
	<i>Sargassum horneri</i>	13.44	88.98	0.810	<0.01	0.011	0.64	4.34

(4) 해역의 광량분포특성

2003년 11월 현장에서 조사된 light attenuation coefficient(k)를 토대로 각 지점에서 구한 수심 1, 3, 5, 7, 9m에 투과될 수 있는 광량은 표 3-1-11과 같다. 각 수심별로 도달할 수 있는 광량은 조사지점에 따라 많은 차이가 있으며, 수심 5m에 도달하는 양은 0.45~77.55 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 수심 7m에서는 0.02~21.13 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 그리고 수심 9m에서는 10 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이내이다.

(5) 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포

해조군집 광역조사에서 나타난 각 지점별 해조류의 분포 하한과 주요 대형 갈조류의 보상광도 및 해역의 광량분포 특성으로 개략적으로 추정된 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포는 바다목장 해역을 따라 수심 약 7m 이내라 추측되며, 그 면적은 30개 지점에서 조사된 기질의 경사도를 고려하여 추정될 수 있다(참조: 각 지점에서 수심은 일률적으로 해안에서 10m 벗어난 곳에서 측정되었음).

표 3-1-11. 조사된 30개 지점에서의 해수 중의 광량분포

Table 3-1-11. Vertical distribution of quantum irradiance ($\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) around the 30 sites along the coast of Jeonnam Archipelago Marine Ranching area

Site	k	Depth(m)				
		1m	3m	5m	7m	9m
S1	1.68	372.75	12.95	0.45	0.02	0.00
S2	1.56	420.27	18.56	0.82	0.04	0.00
S3	1.21	596.39	53.03	4.72	0.42	0.04
S4	1.63	391.86	15.04	0.58	0.02	0.00
S5	1.38	503.16	31.85	2.02	0.13	0.01
S6	1.28	556.07	42.99	3.32	0.26	0.02
S7	1.31	539.64	39.29	2.86	0.21	0.02
S8	1.32	534.27	38.13	2.72	0.19	0.01
S9	1.12	652.56	69.47	7.40	0.79	0.08
S10	1.12	652.56	69.47	7.40	0.79	0.08
S11	1.10	665.74	73.77	8.17	0.91	0.10
S12	1.21	596.39	53.03	4.72	0.42	0.04
S13	1.32	534.27	38.13	2.72	0.19	0.01
S14	1.16	626.97	61.61	6.06	0.60	0.06
S15	1.49	450.75	22.89	1.16	0.06	0.00
S16	1.44	473.86	26.60	1.49	0.08	0.00
S17	0.97	758.17	108.95	15.66	2.25	0.32
S18	1.40	493.19	29.99	1.82	0.11	0.01
S19	1.03	714.01	91.00	11.60	1.48	0.19
S20	1.15	633.27	63.49	6.37	0.64	0.06
S21	0.73	963.82	223.83	51.98	12.07	2.80
S22	1.12	652.56	69.47	7.40	0.79	0.08
S23	1.25	573.01	47.04	3.86	0.32	0.03
S24	0.92	797.04	126.58	20.10	3.19	0.51
S25	0.80	898.66	181.44	36.63	7.40	1.49
S26	0.76	935.33	204.57	44.74	9.79	2.14
S27	0.65	1044.09	284.55	77.55	21.13	5.76
S28	0.92	797.04	126.58	20.10	3.19	0.51
S29	0.71	983.29	237.67	57.45	13.89	3.36
S30	0.85	854.83	156.16	28.53	5.21	0.95

라. 종묘생산기술연구

2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 발아율을 조사한 결과는 그림 3-1-9와 같다. 발아율은 접종 3일후 조사되었다. 발아율은 수온 간 뚜렷한 차이가 있으며 (One-way ANOVA: $P < 0.001$), 수온 5°C에서의 발아율은 10, 15, 20°C에 비해 유의하게 낮았다(Turkey multiple comparison)(표 3-1-12).

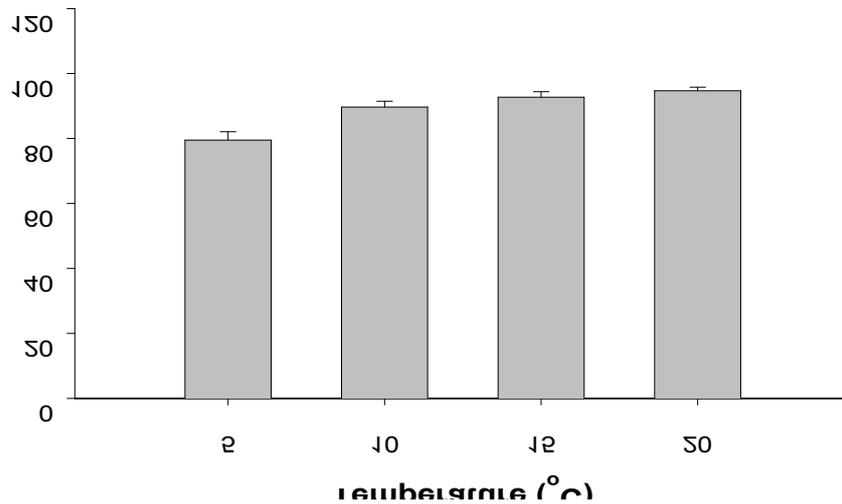


그림 3-1-9. 2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 대상으로 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)로 배양하여 얻은 발아율(±1 SE).

Fig. 3-1-9. Spore settlement rate (±1 SE) of *Ecklonia stolonifera* under a temperature array (5, 10, 15, 20°C). Spores were cultivated under the light condition of $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$.

표 3-1-12. 4단계 수온에서 배양된 포자의 발아율에 대한 분산분석

Table 3-1-12. ANOVA for spore settlement under the four different temperatures

Source of variation	df	MS	F
Temperature	3	218.3	11.98***
Error	20	18.2	
Transformation		Arcsine	
Bartlett's test		Statistic : 0.558	$P = 0.906$
Turkey multiple comparison		$5^\circ\text{C} < 10^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$	

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

2003년 10월에 성숙한 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 별도로 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 2주간 배양하여 관찰한 암배우체의 성장상태(세포수)는 그림 3-1-10과 같다. 암배우체의 세포수는 수온 간 뚜렷한 차이가 있으며(One-way ANOVA: $P < 0.001$), 수온 5°C보다는 10°C에서, 10°C보다는 15°C와 20°C에서의 세포수가 유의하게 높았다(Turkey multiple comparison)(표 3-1-13).

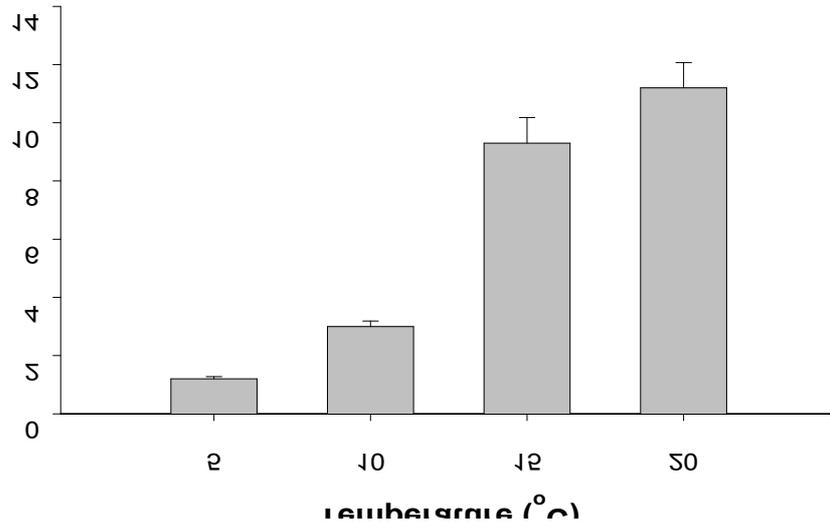


그림 3-1-10. 2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 접종한 후 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)로 2주간 배양하여 관찰한 암배우체의 세포수.

Fig. 3-1-10. Number of cells of *Ecklonia stolonifera* female gametophytes (± 1 SE) under a temperature array (5, 10, 15, 20°C). Gametophytes were cultivated for 2 weeks under the light condition of $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$.

표 3-1-13. 4단계 수온에서 배양된 배우체의 성장률 분산분석

Table 3-1-13. ANOVA for growth of female gametophytes under the four different temperatures

Source of variation	df	MS	F
Temperature	3	0.81332	133.04***
Error	20	0.00611	
Transformation		Fourth root	
Bartlett's test		Statistic : 1.352	$P = 0.286$
Turkey multiple comparison		$5^\circ\text{C} < 10^\circ\text{C} < 15^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$	

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 수온 15°C 에서 광량 4단계($5, 10, 20, 40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)에서 발아율을 조사한 결과는 그림 3-1-11과 같다. 발아율은 접종 3일후 조사되었다. 발아율은 광량 간 뚜렷한 차이가 없으며(One-way ANOVA: $P > 0.05$)(표 3-1-14).

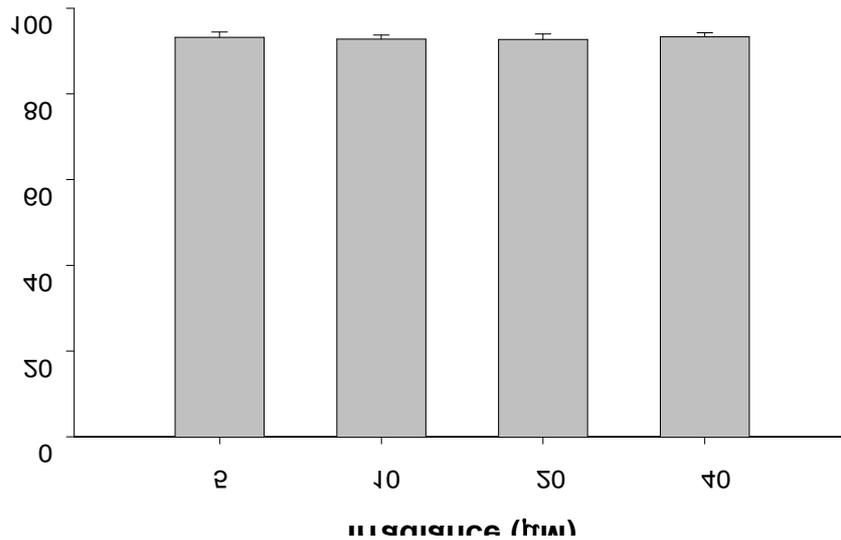


그림 3-1-11. 수온 15°C 광량 4단계($5, 10, 20, 40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)에서 곰피포자의 발아율.
 Fig. 3-1-11. Spore settlement rate (± 1 SE) under a light array ($5, 10, 20, 40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$). Spores were cultivated under 15°C for three days.

표 3-1-14. 4단계 광량에서 배양된 포자의 발아율에 대한 분산분석

Table 3-1-14. ANOVA for spore settlement under the four different irradiances

Source of variation	df	MS	F
Temperature	3	0.72	0.07ns
Error	20	9.66	
Transformation		Arcsine	
Bartlett's test		Statistic : 0.646	$P = 0.886$
Turkey multiple comparison		$5\mu\text{M}=10\mu\text{M}=20\mu\text{M}=40\mu\text{M}$	

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

2003년 10월에 성숙한 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 별도로 수온 15°C 에서 광량 4단계($5, 10, 20, 40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)에서 2주간 배양하여 관찰한 암배우체의 성장상태(세포수)는 그림 3-1-12와 같다. 암배우체의 세포수는 광량 간 뚜렷한

차이가 있으며(One-way ANOVA: $P < 0.001$), 5 μM 에서의 세포수가 가장 적었고, 40 μM 보다는 10~20 μM 에서의 세포수가 많았다(Turkey multiple comparison)(표 3-1-15).

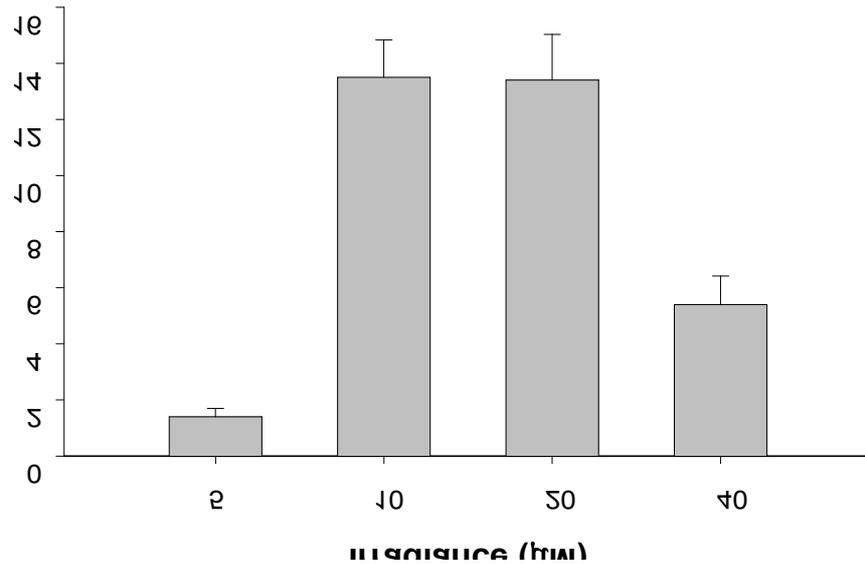


그림 3-1-12. 수온 15°C 광량 4단계(5, 10, 20, 40 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)에서 곰피 배우체의 성장.
 Fig. 3-1-12. Number of cells of *Ecklonia stolonifera* gametophytes (± 1 SE) under a light array (5, 10, 20, 40 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$). Gametophytes were cultivated under 15°C for two weeks.

표 3-1-15. 4단계 광량에서 배양된 배우체의 성장률에 대한 분산분석
 Table 3-1-15. ANOVA for growth of gametophytes under the four different irradiances

Source of variation	df	MS	F
Temperature	3	0.9640	47.58***
Error	20	0.0203	
Transformation		Fourth root	
Bartlett's test		Statistic : 0.646	$P = 0.886$
Turkey multiple comparison		5 μM <40 μM <10 μM =20 μM	

ns not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

제 2 절 인공어초 연구

1. 서론

바다목장이란 고도의 관리수단을 이용해 해조장 조성이나 인공어초 시설, 어패류의 방류 등을 통해 최적의 관리상태 하에서 생산량을 극대화시키는 이른바 환경 친화적이고 자원관리형 어업생산 방식이라 할 수 있다. 바다목장의 최종목표는 수 많은 어·패류와 해양생물이 공존하면서 증식을 지속해 나가는 복합형 배양관리 시스템을 구축하는 사업으로 이를 위해서는 대상 해양생물의 전 생활사를 통해 최적의 서식장소를 제공해 주어야 한다. 여기에 제공되는 한 방법으로 바다목장 해역에 적합한 인공어초의 개발과 배치 기술 개발은 바다목장 사업의 중요 구성요소의 하나이다. 인공어초에 의한 어장조성 효과에 관해서는 많은 연구자들에 의해 오래 전부터 연구(小川, 1968; 川名, 1959; 柿元, 1966)되어 왔으며, 우리나라에서는 1976년 전남 여수시에 시설된 사각어초 어장에서 어획효과 조사를 시작한 이래 이후 지속적인 어초어장의 생산효과에 대한 연구(국립수산과학원; 1992, 1995)가 진행되어 왔다. 최근에 들어서는 인공어초 시설어장의 생산효과를 입증하기 위한 연구보다는 인공어초 어장의 생산성 증대를 목적으로 소재 다양화(세라믹, 슬래그, 강제 등)와 목적하는 대상 어종의 생태적 특성을 고려한 인공어초 개발에 연구역량을 집중하고 있다. 따라서 본 연구는 전남 다도해형 바다목장 조성 해역내에 기 투하된 인공어초 어장의 생태적 특성을 구명하여 바다목장 조성을 위한 인공어초 모형개발에 주안점을 두었다.

2. 재료 및 방법

조사에 이용된 인공어초 어장은 전남 여수시 금오도 주변해역의 1995년부터 2001년까지 시설된 강제어초 1종과 콘크리트어초 3종을 대상으로 2003년 8월(하계), 11월(추계), 2004년 2월(동계)에 걸쳐 계절별로 실시하였다(그림 3-2-1). 조사는 잠수에 의해 인공어초에 서식하는 유영동물과 저서생물을 대상으로 실시하였으며, 저서생물은 50×50cm 방형구를 이용, 인공어초에 부착한 대형 무척추동물을 채집하여 출현종 및 생물량을 조사하였다. 위집어종 조사는 잠수부의 육안관찰과 VTR 촬영자료, 수중사진 자료를 종합하여 위집된 어종과 어종별 위집 개체수를 파악하였다. 인공어초 시설어장의 어획효과를 파악하기 위한 어획비교 시험은 2001년 여수시 남면 우학리 지선 수심 20m에 시설된 강제어초를 대상으로 하여 3회에 걸쳐 어초어장과 자연초, 비교구 등 3개 어장에 대하여 삼중자망을 이용하여 조사하였다. 조사에 이용된 삼중자망은 길이 70m, 높이 3m 규격으로 어장별로 3폭씩 사용하였고, 일몰 전후 시간을 이용해 투망하고, 익일 일출시간을 기해 양망하였다. 어획된 생물은 종별로 구분하여 현장에서 크기, 중량 등을 측정하고 폭당 어획량

을 비교하였다. 자망의 망목 크기별 어획성능시험을 위하여 망목 크기를 51mm, 57mm, 69mm, 75mm, 90mm, 105mm, 120mm의 7단계로 구분하고, 금오도 해역의 자연초에서 3 계절에 걸쳐 망목별 2폭씩 투망하여 조사하였다. 전남 다도해형 바다목장에 적합한 인공 어초 모델은 강제어초 4종류를 개발하여 특허출원을 위한 준비 중에 있다.

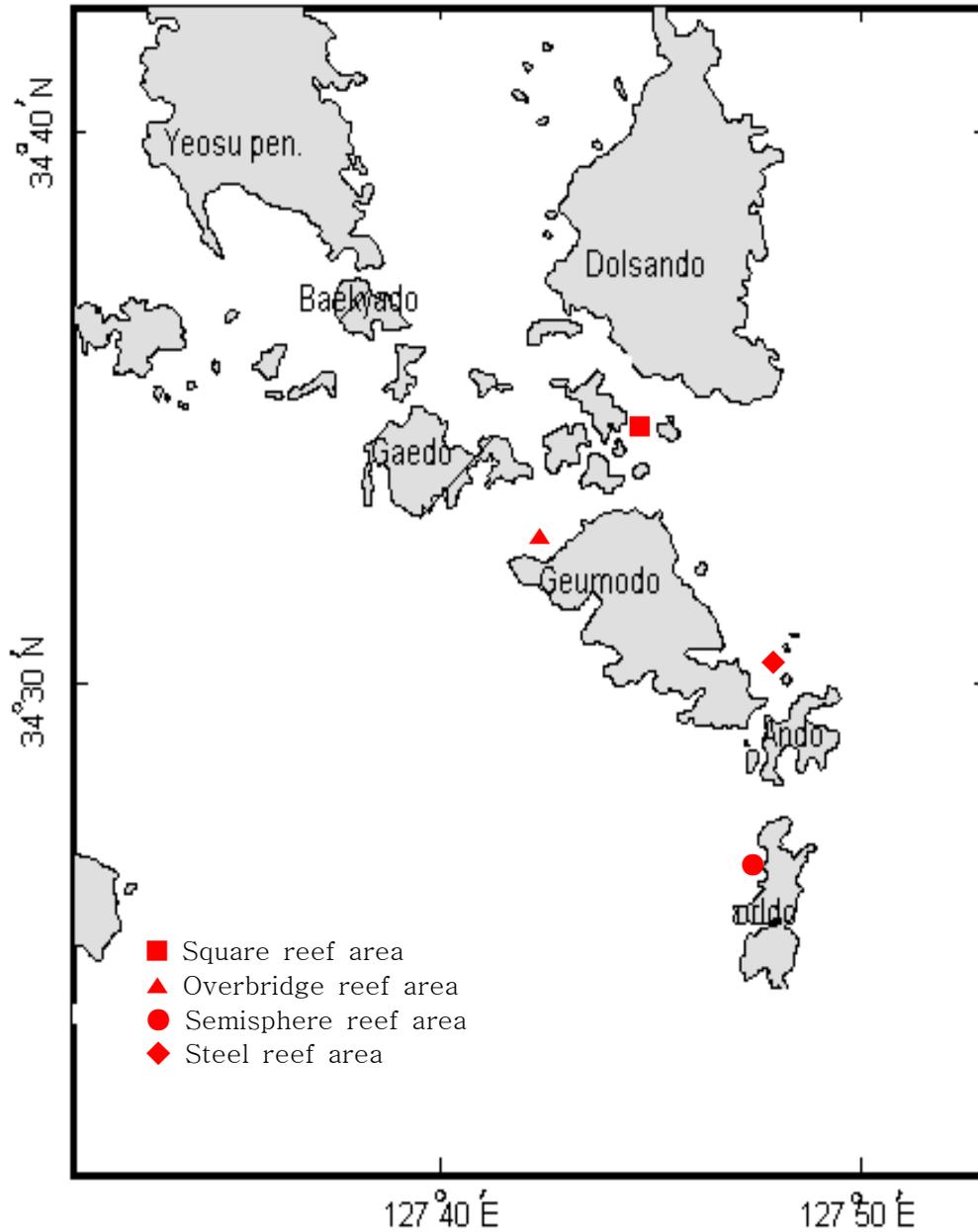


그림 3-2-1. 인공어초어장 조사위치도.

Fig. 3-2-1. Map showing the sampling sites of artificial reefs at marine ranching area in Yeosu.

3. 결과 및 토의

가. 어초 종류별 서식생물상

(1) 강제어초

강제어초 해역의 수심은 소조시 20m 정도이며, 어초 하단부와 상단부의 높이가 각각 4m로 전체 8m 높이의 어초로서 수중에서 어초상부의 가시거리는 0.5~1m 정도이었으나 어초바닥은 전혀 사물을 구별할 수가 없었다(그림 3-2-2). 어초표면에는 약 5mm 두께의 니질이 쌓여있고, 생물체가 부착하지 않은 곳에는 산화되어 적갈색을 나타내고 있었다. 어초 하단부는 빨속 약 100cm 깊이에 침하되어 있었다.

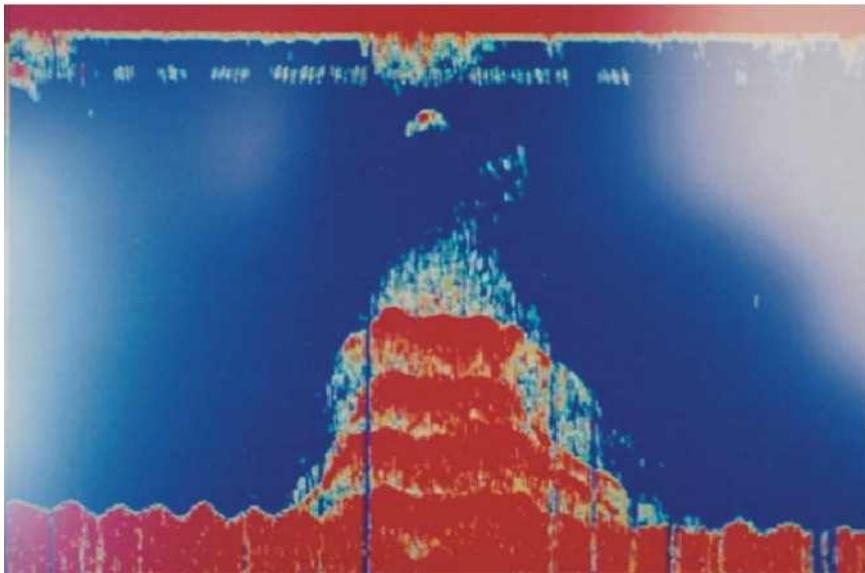


그림 3-2-2. 어군탐지기에 나타난 강제어초의 형태.

Fig. 3-2-2. Steel reef investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder.

어류의 출현종은 총 23종으로, 하계와 추계가 각각 14종과 15종으로 비슷한 반면 동계는 4종으로 매우 적게 나타났다(표 3-2-1). 하계에는 볼락, 황점볼락, 미역치, 줄도화돔, 전갱이 등이 200마리 이상 군집을 형성하여 어초주위에 위집하였으며, 고급어종인 참돔, 돌돔, 감성돔, 농어 등도 관찰되어 어초로서 그 기능이 높다고 할 수 있었다. 추계에는 하계에 출현하지 않았던 물메기, 달강어, 양태 등이 출현하여 어종의 다양성을 보여주었으나, 동계에는 4종만이 출현하여 계절별 차이가 크게 나타났다. 3계절 모두 출현한 종은 조피볼락으로 20~30cm 크기의 5~10마리가 지속해서 관찰되었다. 돔류는 체장이 20~25cm이었으며, 동계에 출현하지 않은 것은 여수해역의 수온이 낮기 때문에 다른 곳으로 이동한 것으로 추정된다. 제주도와 전남 거문도 해역에서 주로 서식하는 자리돔이 추계에 어초주변에 위집한 것은 특이하였다.

표 3-2-1. 강제어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

Table 3-2-1. Species composition of fishes different from seasons at steel reef area

종 명	학 명	계 절		
		하계 (체장, cm)	추계 (체장, cm)	동계 (체장, cm)
볼 락	<i>Sebastes inermis</i>	250 (15-20)	35 (15-20)	
황 점 볼 락	<i>Sebastes oblongus</i>	250 (15-20)		
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	250 (5-7)		5 (5-7)
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>		25 (10-15)	
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (20-25)	1 (50)	
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	30 (20-30)	1 (25)	
돌 돔	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	18 (20-25)	9 (20-23)	
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	290 (5-7)	150 (5-7)	
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	10 (20-25)	10 (20)	
전 갱 이	<i>Trachurus japonicus</i>	200 (10-15)		
조 피 볼 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	10 (25-30)	5 (20-25)	6 (30-40)
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	4 (10-15)	15 (10)	
농 어	<i>Lateolabrax japonicus</i>	4 (25)		
감 성 돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	5 (20-25)		
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	55 (15-20)		
물 메 기	<i>Liparis tessellatus</i>		6 (30-40)	
달 강 어	<i>Lepidotrigla microptera</i>		5 (25-35)	
군 평 선 이	<i>Hapalogency mucronatus</i>		1 (25)	
넙 치	<i>Paralichthys oliaceus</i>		1 (35)	
양 태	<i>Platycephalus indicus</i>		6 (25-40)	
쭈 기 미	<i>Inimicus japonicus</i>		1 (15)	
문치가자미	<i>Limanda yokohamae</i>			2 (25-30)
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>			2 (15-20)
출 현 종 수		14	15	4

* ()은 어류의 체장

강제어초 전면적의 70% 이상 저서동물이 부착하고 있었으며, 출현종은 환형동물 1종, 해면동물 1종, 척삭동물 5종, 절지동물 8종, 극피동물 8종, 연체동물 8종으로 모두 31종이 분류·동정되었다(표 3-2-2). 계절별로는 하계에 17종, 추계 7종, 동계 18종이었으며, 추계의 출현종 수가 적게 나타난 것은 시료채집 정점에 기인한 것으로 사료된다.

표 3-2-2. 강제어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

Table 3-2-2. Biomass of benthic animals different from seasons at steel reef area(unit: g/m²)

분 류 군	종 명	계 절		
		하 계	추 계	동 계
연 체 동 물	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			8.5
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)	25.5		75.0
	<i>Rapana venosa</i> (피빨고둥)	105.7		198.9
	<i>Cerastoma furnieri</i> (세빨고둥)	3.8		
	<i>Reishia luteostoma</i> (고둥류)			40.9
	<i>Reishia bronni</i> (두드럭고둥)		16.6	
	<i>Pinctada fucata</i> (진주조개)		38.8	
	Columbellidae unid. (무룩류)	1.3		
극 피 동 물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)		61.6	121.2
	<i>Solaster uchidai</i> (우치다햇넙불가사리)			301.3
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			10.0
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)	47.4	37.5	34.2
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			1.5
	<i>Ophioplocus Japonicus</i> (왜곱슬거미불가사리)	1.0		
	<i>Tennopleurus hardwicki</i> (하드윅분지성게)			15.5
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (말뚝성게)	9.7		
절 지 동 물	<i>Pisidia serratifrons</i>			2.5
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			10.6
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			4.6
	<i>Oratosquilla oratoria</i> (갯가재)	45.1		
	Barnacle unid. (따개비류)	186.0		
	<i>Cancer japonicus</i> (은행게)	4.8		
	<i>Scyra compressipes</i> Stimpson (납작빨게)	10.8		
	<i>Pachycheles stevensii</i> Stimpson (게붙이)	9.5		
척 색 동 물	<i>Asciacea</i> unid. sp.			45.4
	<i>Stylea clava</i> (미더덕)	95.4		19.4
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쉥이)	92.4	20.4	54.4
	<i>Pyura</i> sp.			221.1
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게멍게)	2,506.7	887.6	92.6
해 면 동 물	Sponge unid. (해면류)	320.0	35.1	
환 형 동 물	Polychaeta unid. (갯지렁이류)	1.44		
합 계 (출현종수)		3,466.5 (17종)	1,097.6 (7종)	1,257.6 (18종)

이동성 동물로서는 별불가사리, 우치다불가사리, 아무르불가사리 등이 우점종으로 나타나고 있었고, 말뚝성게도 1m 간격으로 관찰되었다. 고착성 동물로서는 릿테르게멍게, 우렁쉥이, 미더덕, 두드럭고둥, 진주담치, 장미산호, 백색의 해면동물이 우점종으로 서식하고 있었으며, 어초바닥 주변에는 피뿔고둥, 말뚝성게, 별불가사리가 관찰되었다. 계절별 생물량은 하계에 3,466.5g/m²으로 가장 많았으며, 추계와 동계는 비슷하게 나타났다.

(2) 육교형어초

어초투하 해역의 수심은 12m, 가시거리는 1m 이상 되었으며, 어초는 2개 또는 3개씩 5~10m 간격으로 배열되어 투하된 어초 수에 비하여 비교적 넓은 면적을 차지하고 있었다(그림 3-2-3).

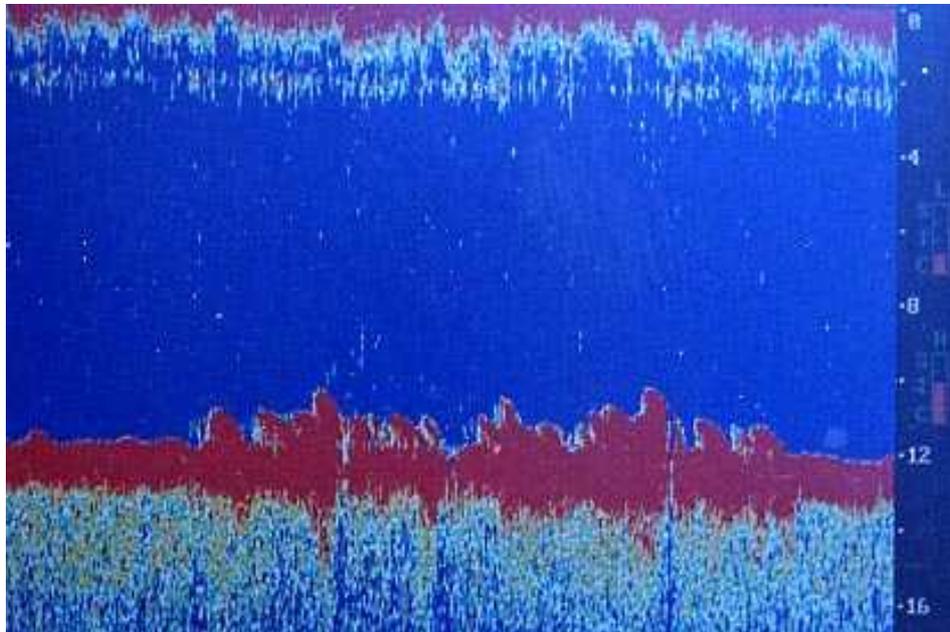


그림 3-2-3. 어군탐지기에 나타난 육교형어초의 형태.

Fig. 3-2-3. Overbridge reefs investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder.

어류의 출현종은 14종으로, 하계에 12종이 출현하여 대부분을 차지하고 있었으며, 추계와 동계에 각각 3종과 1종으로 급감하였다. 어류의 군집을 형성한 종은 볼락과 줄도화돔이었으나, 추계 이후 줄도화돔은 관찰되지 않았다. 하계에 나타나지 않았던 돌돔과 감성돔이 추계에 관찰되었으며, 희귀어종인 붉바리가 관찰된 것은 주목할 만 하다.

표 3-2-3. 육교형어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

Table 3-2-3. Species composition of fishes different from seasons at overbridge reef area

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
용 치 놀 래 기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	15 (15-20)		
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	40 (15-20)	20 (15-20)	
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	2 (5-7)		
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (10-15)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2 (15-20)		
돌 돔	<i>Oplegnathus fasciatus</i>		7 (20-25)	
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	125 (3-7)		
붉 바 리	<i>Epinephelus akaara</i>	1 (25)		
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	8 (15-20)		
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>	2 (25-30)		2 (25-30)
조 피 불 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	1 (20)		
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	3 (10-15)		
감 성 돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		3 (20-25)	
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	4 (7-10)		
출 현 종 수		12	3	1

* ()은 어류의 체장

육교형어초에 착생한 저서동물은 자포동물 2종, 환형동물 1종, 척삭동물 3종, 절지동물 6종, 극피동물 7종, 연체동물 11종으로 모두 31종이 출현하였다(표 3-2-4). 하계에 21종으로 가장 많이 출현하였으며, 추계와 동계에는 각각 5종과 14종이 출현하였다. 어초표면의 이동성 저서동물은 짧은가시거미불가사리, 별불가사리, 아무르불가사리가 우점종으로 출현하고 있었으며, 동계에는 보라성게가 어초당 1~2마리 정도 서식하고 있었고, 피빨고등과 해삼이 각각 1마리씩 관찰되었다.

표 3-2-4. 육교형어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

Table 3-2-4. Biomass of benthic animals different from seasons at overbridge reef area (unit: g/m²)

분 류 군	종 명	계 절		
		하 계	추 계	동 계
연 체 동 물	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)	0.2		0.1
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)			0.01
	<i>Ceratosomaournieri</i> (세빨고둥)	16.7		
	<i>Murex siratus</i> (날개빨고둥)	13.5		
	<i>Ergalatax contractus</i> (담빨고둥)	3.7		
	<i>Colliostoma unicum</i> (방석고둥)	5.3		
	<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i> (팽이고둥)	1.8		
	Montfortula unid.(삿갓조개류)	17.7		
	<i>Ostrea denselamellosa</i> (토굴)	816.7	634.5	
	Columbellidae unid. (무룩류)	1.4		
	<i>Liolophura japonica</i> (군부)	1.8		
극 피 동 물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)	172.0	184.2	30.9
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)		41.3	
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)	1.6		2.5
	<i>Strongylocentrotus nudus</i> (둥근성게)			0.6
	<i>Comanthus sp.</i> (갯고사리류)			20.7
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (말뚝성게)	3.0		
	<i>Anthocidaris crassispina</i> (보라성게)			1.0
	<i>Stichopus japonicus</i> (돌기해삼)			83.5
절 지 동 물	<i>Pisidia serratifrons</i>			4.2
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			8.6
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			1.2
	Barnacle unid. (따개비류)	1,071.0		
	<i>Cancer japonicus</i> (은행게)	4.0		
	<i>Scyra compressipes</i> Stimpsom (납작빨게)	1.9		
척 색 동 물	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)	826.5	2,630.4	565.9
	<i>Pyura sp.</i>			310.9
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게명게)	1,950.6	5,129.4	1,275.7
환 형 동 물	Polychaeta unid. (갯지렁이류)	5.8		
자 포 동 물	Hydrozoa unid. (히드라류)	47.5		
	Coralline algae (석회조류)	3.2		
합 계 (출현종수)		4,965.9 (21종)	8,619.8 (5종)	2,305.8 (14종)

고착성 동물은 릿테르게명게가 3~8마리/m² 이상 서식하여 산업적으로 중요성을 가지고 있었으며, 우렁쟁이도 1~3마리/m² 이상 관찰되어 명게류가 서식하기에 좋은 환경이라고 사료되었다. 어초주변에서 토굴이 하계와 추계에 걸쳐 많이 채집되었으며, 진주담치도 드물게 관찰되었으며, 나머지 어초표면에는 작은 따개비류가 착생하여 군집을 이루고 있었다. 어초바닥 주위에는 반지락 패각들이 대량으로 쌓여있었으며, 이것은 조류에 의해 운반해온 것으로 추정되었다. 계절별 생물량은 추계에 8,619.8g/m²으로 하계와 동계에 비해 각각 2배와 3배 정도 많은 양이었으며, 추계의 명게류가 대량으로 채집된 결과였다.

(3) 반구형어초

어초투여 해역은 소리도 조간대와 인접하여 수심이 8~14m로 경사져 있으며, 일부 어초는 겹쳐지거나 또는 뒤집어져 있었으나 대부분이 정상적으로 배열되어 있었다. 가시거리는 3m 이상으로 인공어초 효과조사 해역 가운데 가장 양호한 곳이었다. 어초표면에는 따개비류가 부착하여 매우 거칠고, 무절산호조류가 착생하여 적갈색을 나타내는 어초가 많았다. 반구형어초는 해조장을 조성하기 위한 것이지만 해중림을 조성하는 해조류는 관찰되지 않았다. 어초에 따라서는 니질이 3mm 이상 침적되어 해조류 성장을 어렵게 만들고 있었다.

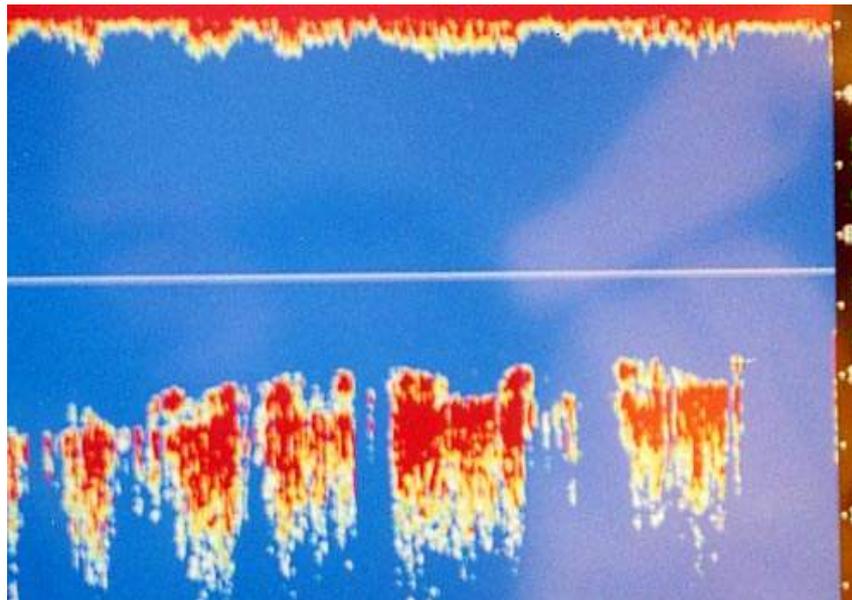


그림 3-2-4. 어군탐지기에 나타난 반구형어초의 형태.

Fig. 3-2-4. Semispherical reefs investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder.

어류의 출현종은 총 14종으로 하계에 모든 종이 출현하였으며, 추계와 동계에 각각 3종과 1종으로 나타나 급감하였다(표 3-2-5). 출현종 가운데 볼락, 미역치, 자리돔, 줄도화돔 등은 50마리 이상 군집을 이루고 있었고, 볼락과 자리돔은 추계에도 계속 관찰되었다. 하계에 용치놀래기와 인상어가 25마리 이상 위집효과를 나타낸 것도 특이하였다. 그러나 계절별 출현종수의 변화가 심하고 그 양도 매우 적어서 계절에 따라 이동하는 개체군이 많은 것 같다.

표 3-2-5. 반구형어초 시설해역의 계절별 어류 출현종 수

Table 3-2-5. Species composition of fishes different from seasons at semispherical reef area

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
용 치 놀 래 기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	28 (15-20)	5 (15-20)	
고 생 놀 래 기	<i>Thalassma cupido</i>	1 (15)		
볼 락	<i>Sebastes inermis</i>	90 (15-25)	250 (15-25)	2 (15-25)
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	55 (5-7)		
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>	90 (5-15)	250 (5-15)	
참 돔	<i>Pagrus major</i>	4 (20-25)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2 (20-25)		
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	150 (5-7)		
붉 바 리	<i>Epinephelus akaara</i>	1 (20)		
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	1 (20)		
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>	3 (15-20)		
조 피 볼 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	1 (25)		
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	6 (15-20)		
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	25 (10-15)		
출 현 종 수		14	3	1

* ()은 어류의 체장

어초에 착생한 저서동물은 척색동물 4종, 절지동물 7종, 극피동물 6종, 연체동물 9종으로 모두 26종이 분류되었다(표 3-2-6). 계절별로는 동계에 18종으로 가장 많이 출현하였고, 하계와 추계에 각각 9종과 5종이 나타났다. 어초표면에는 별불가사리와 아무르불가사리가 어초당 4~12마리 정도 서식하여 해적생물로서의 심각성을 말해주고 있었으며, 두드럭고둥 또는 작은 피빨고둥 패각속에 살고있는 얼룩참집게들이 어초상부에 30~50개체/m² 정도 모여서 군집을 이루고 있었다. 어초내부에는 릿테르게멍게와 미더덕이 혼생하여

표 3-2-6. 반구형어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

Table 3-2-6. Biomass of benthic animals different from seasons at semispherical reef area (unit: g/m²)

분류군	종명	계절		
		하계	추계	동계
연체동물	<i>Ostrea circumpicta</i> (태생굴)			1.0
	<i>Crassostrea nipponica</i> (굴류)			0.09
	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			5.1
	<i>Septifer (Mytilisepta) keenae</i> Nomura(격판담치)	1.6		
	<i>Ceratostoma burnetti</i> (입빨고둥)			203.5
	<i>Ceratostoma furnieri</i> (세빨고둥)		297.4	
	<i>Ergalatax contractus</i> (탐빨고둥)	7.0		
	<i>Batillus cornutus</i> (소라)			49.9
	<i>Reishia luteostoma</i> (고둥류)		118.3	
극피동물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)	231.5	144.1	83.6
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			60.6
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)	75.3		
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			0.2
	<i>Strongylocentrotus nudus</i> (둥근성게)			40.7
	<i>Stichopus japonicus</i> (돌기해삼)			142.3
절지동물	<i>Pagurus cf. similis</i> (얼룩참집게)			186.7
	<i>Pisidia serratifrons</i>			0.2
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			0.7
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			3.5
	Barnacle unid. (따개비류)	655.4		
	<i>Pachycheles stevensii</i> Stimpson (게붙이)	0.2		
	<i>Pisidia serratifrons</i> Stimpson (알통게붙이)	0.03		
척색동물	<i>Stylea clava</i> (미더덕)	35.7	2.8	4.0
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)			50.9
	<i>Pyura sp.</i>			23.1
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게멍게)	48.2	96.7	185.2
합계 (출현종수)		1,054.9 (9종)	659.3 (5종)	1,041.3 (18종)

우점종으로 서식하고 있었으며, 우렁쉥이는 어초당 2~4개체, 보라성게는 1~3마리 정도 관찰되었다. 그 외에 입빨고둥, 세빨고둥 등 고등류가 관찰되었으며, 동계에는 해삼이 어초당 1~3마리 정도 서식하고 있었고, 드물게 소라도 관찰되었다. 계절별 생물량은 하계와 동계가 각각 1,054.9g/m²과 1,041.3g/m²으로 비슷하였으나 추계에는 659.3g/m²으로 적게 나타났다.

(4) 사각어초

어초투하 해역의 수심은 22~24m이었고, 가지거리는 제로상태였으며, 어초배열은 2~3단의 피라밋형태로 비교적 양호하게 놓여 있었다. 어초표면에는 90% 이상 부착생물로 덮혀 있었고, 홍조류인 넓은흐늘풀(*Scinaia latifrons*)이 어초 전체에 10~20cm 크기로 생장하고 있었으며, 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*)도 어초마다 착생하고 있었다.

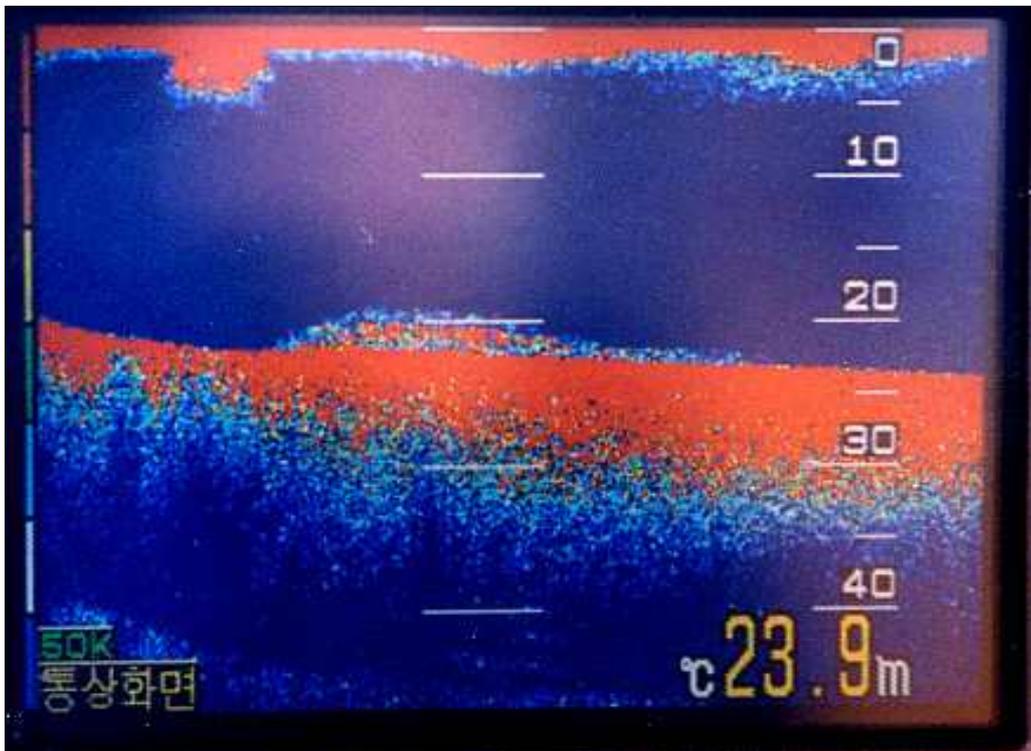


그림 3-2-5. 어군탐지기에 나타난 사각어초의 형태.

Fig. 3-2-5. Square reefs investigating the effects of fishery by the ecosound fish finder.

어류의 출현종은 8종으로 하계에 6종이었으며, 추계와 동계가 각각 2종으로 나타났다. 어초주위에 군집을 형성한 어류는 없었으며, 하계에 자리돔 6마리가 전부였다(표 3-2-7).

표 3-2-7. 사각어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

Table 3-2-7. Species composition of fishes different from seasons at square reef area

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	1 (15)	1 (15)	
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	3 (5-7)		
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>	6 (10-15)		
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (15-25)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	1 (25)		
솜 뱅 이	<i>Sebastiscus marmoratus</i>			1 (15-20)
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>		3 (20-25)	1 (15-20)
조 피 불 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	4 (30-40)		
출 현 종 수		6	2	2

어초에 착생한 저서동물은 척색동물 4종, 절지동물 4종, 극피동물 5종, 연체동물 5종으로 모두 18종이었으며, 추계와 동계에 각각 5종과 16종으로 나타났다(표 3-2-8). 추계에는 릿테르계멍게와 우렁쉥이가 우점종으로 나타났으며, 그 이외의 어초표면에는 대부분이 따개비류가 덮고 있었다. 동계에는 릿테르계멍게를 포함하여 우렁쉥이와 미더덕이 우점종으로 출현하고 있었다. 어초바닥에는 털담치류와 진주담치가 많이 서식하고 있었으며, 이를 포식하는 피빨고둥, 별불가사리, 아무르불가사리가 대량으로 관찰되었다. 계절별 생물량은 추계에 8,379.2g/m²이었으나 동계에는 1,036.0g/m²으로 그 차가 크게 나타났으며, 이는 채집정점에 따른 결과라고 사료된다.

이상의 결과로부터 인공어초 어장에서의 계절별 어류의 위집량은 표 9와 같다. 어초별 어류의 위집량은 강제어초에서 1,665마리로 가장 많았으며, 반구형어초, 육교형어초, 사각어초 순으로 나타났다. 계절별로는 하계의 위집량이 가장 많았고, 반구형어초는 오히려 추계가 많은 것으로 나타났다. 또한 강제어초의 추계 위집량 보다 반구형어초의 것이 많게 나타났으며, 이러한 결과는 반구형어초의 시설해역이 위도상 제일 남쪽에 위치한 데 기인한 것으로 보인다.

표 3-2-8. 사각어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

Table 3-2-8. Biomass of benthic animals different from seasons at square reef area (unit: g/m²)

분 류 군	종 명	계 절		
		8	11	2
연 체 동 물	<i>Ostrea circumpicta</i> (태생굴)			7.5
	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			276.9
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)			132.7
	<i>Agriodesma navicula</i>			39.6
	<i>Ceratostoma burnetti</i> (입빨고둥)			2.3
극 피 동 물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)		21.8	
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			60.2
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			8.5
	<i>Cucumaria cf. chronhjelmi</i> (오각광삼)			56.8
	<i>Temnopleurus hardwicki</i> (하드윅분지성게)			1.3
절 지 동 물	<i>Pagurus cf. similis</i> (얼룩참집게)			0.1
	<i>Pisidia serratifrons</i>			5.6
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			9.7
	Barnacle unid. (따개비류)		3589.1	
척 색 동 물	<i>Stylea clava</i> (미더덕)		9.1	23.9
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)		135.3	50.3
	<i>Pyura sp.</i>			51.6
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게멍게)		4623.9	309.0
합 계 (출현종수)		-	8,379.2 (5종)	1,036.0 (16종)

표 3-2-9. 어초별 · 계절별 어류의 위집량(출현수)

Table 3-2-9. Numbers of fishes gathered at artificial reefs different from seasons

구 분		강제어초	육교형어초	반구형어초	사각어초
계 절	하 계	1379	206	457	18
	추 계	271	30	505	4
	동 계	15	2	2	2
합 계		1,665	238	964	24

인공어초 종류별 저서동물의 생물량은 육교형어초가 3회에 걸친 총량이 15,891.5g/3m²으로 가장 많았으며, 사각어초는 하계의 자료가 누락된 상태에서도 9,415.2g/2m²이었으며, 그 다음은 강제어초와 반구형어초 순으로 나타났다(표 3-2-10). 반구형어초의 저서동물 생물량이 적은 것은 어초표면에 작은 따개비류가 밀생하여 기인된 것으로 보인다.

표 3-2-10. 어초별 · 계절별 저서동물의 생물량(단위: gβm²)

Table 3-2-10. Biomass of benthic animals attached at artificial reefs different from seasons (unit: gβm²)

구 분		강제어초	육교형어초	반구형어초	사각어초
계 절	하 계	3,466.5	4,965.9	1,054.9	-
	추 계	1,097.6	8,619.8	659.3	8,379.2
	동 계	1,257.6	2,305.8	1,041.3	1,036.0
합 계		5,821.7	15,891.5	2,755.5	9,415.2

나. 어초어장의 어획효과

삼중자망을 이용한 어획시험 결과 강제어초 시설해역에서의 어획량은 하계에 놓어 4마리에 불과하였으나, 비시설 해역에서는 도다리, 서대, 보구치 등 15마리가 어획되었으며, 자연초에서는 말쥐치, 볼락, 참돔, 쏘뱅이 등 7종 16마리가 어획되었다(표 3-2-11). 추계에는 강제어초 시설해역에서 조피볼락, 물메기 등 8종 25마리가 어획된 반면, 비시설해역은 6마리, 자연초는 15마리가 어획됨으로 어초해역의 어획효과가 높은 것으로 나타났다. 동계에는 강제어초 시설해역에서 조피볼락, 문치가자미, 노래미 3종 8마리가 어획되었으나, 비시설해역과 자연초에서는 각각 2마리와 6마리가 어획되었다. 3계절의 생물량은 강제어초 시설해역에서 15,796g이었으며, 비시설해역과 자연초에서 어획된 양은 각각 4,623g과 6,420g으로 강제어초 시설해역의 어획효과가 2~3배 높은 것으로 나타났다.

다. 자망의 망목크기별 어획량

전남 여수시 금오도 해역의 자연초에서 망목 선택성을 하계의 조사결과 표 3-2-12와 같았다. 자망의 망목별 어획량은 망목 69mm의 자망에서 15마리로 가장 많이 어획되었고, 어종 수는 57mm의 자망에서 6종이 어획되었다. 망목 크기 75mm와 51mm의 자망에서는 각각 10마리와 3마리가 어획되었으며, 망목 90mm 이상의 자망에서는 어획량이 전무하였다.

추계의 결과는 표 3-2-13과 같이 가장 많이 어획된 자망은 망목 57mm이었으며, 어종 수 12종류에 55마리가 어획되었다. 그 다음은 69mm, 51mm, 75mm의 망목 순이었으며, 하계와 마찬가지로 망목 90mm 이상의 자망에서는 어획되지 않았다.

동계는 51mm의 망목에서 가장 많이 어획되었으며, 어종 수는 7종류에 25마리가 어획되었다. 그 다음은 90mm와 75mm로 각각 5마리와 4마리가 어획되었다. 하계와 추계에 많이 어획되었던 57mm와 69mm의 자망에서는 각각 2마리와 1마리밖에 어획되지 않았으며, 망목 120mm의 자망에서는 전혀 어획된 것이 없었다.

표 3-2-11. 강제어초 시설해역과 비 시설해역의 삼중자망에 의한 어획량(단위: g)

Table 3-2-11. Biomass of fishes caught at steel reef, contrast and natural rock by gill nets (unit: g)

종 명	하 계			추 계			동 계		
	시설	비시설	자연초	시설	비시설	자연초	시설	비시설	자연초
<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)			3 (280)	4 (810)					
<i>Stephanolepis cirrifer</i> (쥐치)			1 (105)			1 (140)			
<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)					4 (160)	1 (60)		1 (50)	
<i>Sebastes schlegeli</i> (조피볼락)				5 (1405)		1 (350)	4 (1746)		
<i>Sebastes inermis</i> (볼락)			2 (105)			1 (60)			
<i>Pagrus major</i> (참돔)			2 (330)						
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	4 (695)								
<i>Sillago sihama</i> (보리멸)			1 (70)			1 (50)			
<i>Sebastiscus marmoratus</i> (솜뱅이)			6 (665)						
<i>Liparis tessellatus</i> (물메기)				6 (8300)	2 (2700)				
<i>Lepidotrigla microptera</i> (달강어)				5 (555)		1 (90)			
<i>Haplogency mucronatus</i> (균평선이)				1 (120)					
<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)				1 (400)					
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)			1 (450)	2 (640)		2 (620)			
<i>Inimicus japonicus</i> (쭈기미)				1 (400)					
<i>Limanda yokohamae</i> (문치가자미)							2 (475)	1 (470)	3 (775)
<i>Pseudopleuronectes schrencki</i> (점가자미)						1 (130)			
<i>Pleuronichthys cornutus</i> (도다리)		2 (290)							2 (290)
<i>Agrammus agrammus</i> (노래미)							2 (250)		1 (650)
<i>Soleidae</i> sp. (서대)		4 (443)							
<i>Cynoglossus semilaevis</i> (참서대)						2 (260)			
<i>Argyrosomus argenteus</i> (보구치)		9 (510)				2 (60)			
<i>Inimicus japonicus</i> (쭈기미)						2 (880)			
합 계 (생물량)	4 (695)	15 (1,243)	16 (2,005)	25 (12,630)	6 (2,860)	15 (2,700)	8 (2,471)	2 (520)	6 (1,715)

표 3-2-12. 2003년 8월 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과(단위: 마리, g)

Table 3-2-12. Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in August, 2003 (unit: N, g)

종 명	망목크기(mesh size)													
	51mm		57mm		69mm		75mm		90mm		105mm		120mm	
	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량
<i>Sebastes inermis</i> (볼락)			1	130										
<i>Pagrus major</i> (참돔)	2	180	1	95			1	180						
<i>Epinephelus akaara</i> (붉바리)			1	145										
<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)			2	235	6	698	2	145						
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)			1	230										
<i>Pararistipoma trilineatum</i> (벤자리)	1	80												
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)			1	230										
<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)					9	1335	6	980						
<i>Seriola quinqueradiata</i> (부시리)							1	480						
합 계	3	260	7	1065	15	2033	10	1785						

표 3-2-13. 2003년 11월 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과(단위: 마리, g)

Table 3-2-13. Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in November, 2003 (unit: N, g)

종 명	망목크기(mesh size)													
	51mm		57mm		69mm		75mm		90mm		105mm		120mm	
	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량
<i>Pagrus major</i> (참돔)	2	220	5	720	2	540	1	100						
<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)					1	80								
<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)	14	720	15	670	11	385	9	440						
<i>Sebastes schlegeli</i> (조피볼락)			2	540	1	180	4	850						
<i>Stephandepis cirrhifer</i> (쥐치)					2	110								
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)			8	1890	9	2400	3	490						
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)	1	65					2	800						
<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)							1	160						
<i>Lepidotrigla microptera</i> (달강어)	15	1250	7	540	3	245								
<i>Sillago sihama</i> (보리멸)							1	50						
<i>Paralichthys oliaceus</i> (넙치)	1	200	2	420										
<i>Pseudopleuronectes schrencki</i> (점가자미)	1	90	2	210										
<i>Coldalabis saira</i> (꽁치)	3	1100	8	2450	3	1140								
<i>Argyrosomus argentanus</i> (보구치)	1	90	1	160	1	210								
<i>Saurida undosquamis</i> (매통이)	3	1100												
<i>Scomber japonicus</i> (고등어)			1	160										
<i>Zebrias fasciatus</i> (노랑각시서대)			2	100										
<i>Psenopsis anomala</i> (샛돔)	1	70	2	110	11	760								
<i>Konosirus punctatus</i> (전어)							1	90						
합 계	42	4905	55	8130	44	6050	22	2980						

표 3-2-14. 2004년 2월 자연초에서의 자망 망목크기별 어획효과(단위: 마리, g)

Table 3-2-14. Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different from net meshes in February, 2003 (unit: n, g)

종 명	망목크기(mesh size)													
	51mm		57mm		69mm		75mm		90mm		105mm		120mm	
	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량
<i>Sebastes inermis</i> (불락)	12	1149	1	105			1	40	1	45				
<i>Agrammus agrammus</i> (노래미)	2	255					1	370	1	570				
<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)	1	80												
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	3	250												
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)									1	50				
<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)	5	300					1	95	2	144				
<i>Sericla quinqueradiata</i> (부시리)			1	110	1	195								
<i>Thrissa kammalensis</i> (칭멸)	1	15												
<i>Scorpaena onaria</i> (점감펍)	1	150												
<i>Lophionus setigerus</i> (아귀)							1	1150						
<i>Chelidonichthys spinosus</i> (성대)											1	100		
합 계	25	2199	2	215	1	195	4	1655	5	809	1	100		

이상의 결과에서 여수 바다목장 조성 예정지 주변에 서식하는 어류의 망목 선택성은 51mm 망목이 70마리로 가장 많았으나 전갱이, 달강어, 불락 등 소형어류가 대부분을 차지하였다(표 3-2-15). 생물량에 의한 망목별 어획량은 57mm의 망목에서 출현수 64마리에 9,410g으로 가장 많았으며, 그 다음은 69mm의 자망에서 출현수 60마리에 8,278g이 어획되었다. 망목 75mm의 자망은 출현수와 생물량에서 큰 차가 발생하였으며, 망목 90mm 이상의 자망에서는 동계에만 적은 양이 어획되었다. 따라서 소형어류를 대상으로 어획시험을 실시할 경우에는 망목 51mm의 자망을 이용하는 것이 효과적이며, 전체 어류를 대상으로 효과조사를 실시할 경우에는 57mm와 69mm의 자망을 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

표 3-2-15. 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과

Table 3-2-15. Numbers and biomass of fishes caught at natural rock different net meshes

계 절	망목 크기(mesh size)													
	51mm		57mm		69mm		75mm		90mm		105mm		120mm	
	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량
하 계	3	260	7	1065	15	2033	10	1785						
추 계	42	4905	55	8130	44	6050	22	2980						
동 계	25	2199	2	215	1	195	4	1655	5	809	1	100		
합 계	70	7,364	64	9,410	60	8,278	36	6,420	5	809	1	100		

라. 인공어초 모델개발

(1) 개발어초

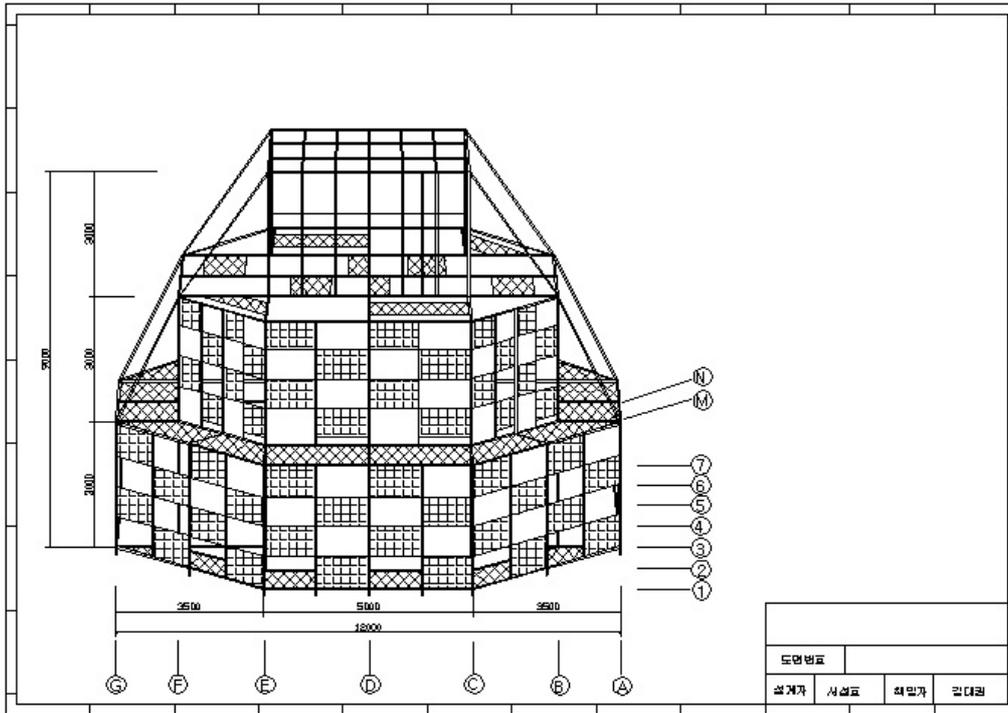
여수 바다목장화사업의 일환으로 계획된 새로운 형태의 인공어초 모델개발은 해역의 특성을 감안한 방향으로 계획되었다. 이번에 개발된 인공어초는 회유성어종과 정착성어종, 그리고 패류 및 멍게류 등을 한꺼번에 위집할 수 있는 다목적강제어초와 외적으로부터 유치어를 보호할 수 있는 기능을 가진 점보강제어초이다. 이번에 개발된 이 두가지 어초의 가장 큰 특징은 남해안 및 서해안의 연약지반에 시설할 수 있도록 저판의 접지압분포를 고려한 형태를 가지고 있는 것으로서 이러한 형태의 저판 기능을 가진 인공어초의 개발을 통하여 서·남해안의 연약지반에도 인공어초어장을 조성할 수 있으리라 생각된다. 또한, 어초의 재질이 강재로 이루어져 있어서 비교적 대형으로 제작되어 1ea의 시설로도 한 개의 어초군을 이룰 수 있어서 기존에 소형어초로서 어초군을 이루도록 시설될 때의 시설시의 문제점을 극복할 수 있을 것이며, 이러한 형태의 대형어초는 기존의 해양수산부의 인공어초 지침과도 잘 맞는 것이라 생각된다.

이와 같이 보다 적극적인 어초개발을 통하여 해역의 특성에 맞는 인공어초를 개발하는 것이 인공어초 어장을 보다 효율적으로 조성할 수 있을 것이다.

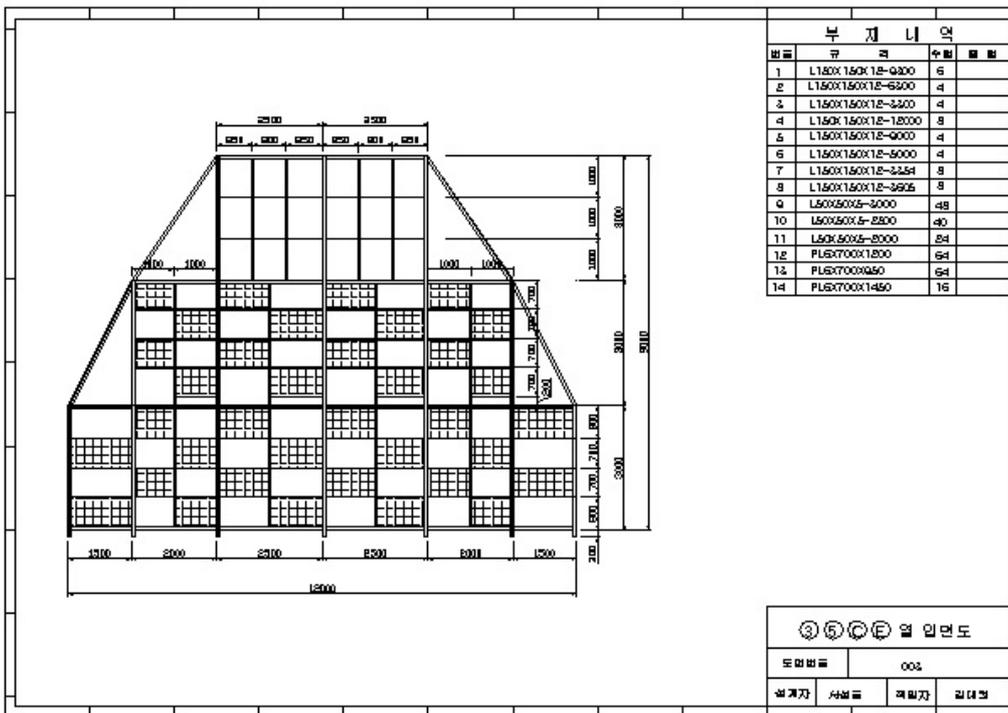
개발어초의 제원

	다목적강제어초	점보강제어초
중량	47ton	40ton
전용적	806m ³	555m ³
실용적	5.98m ³	5.03m ³
공용적	800m ³	550m ³
크기	12m×12m×9m	12m×12m×9m
형태	정팔각형	십자형

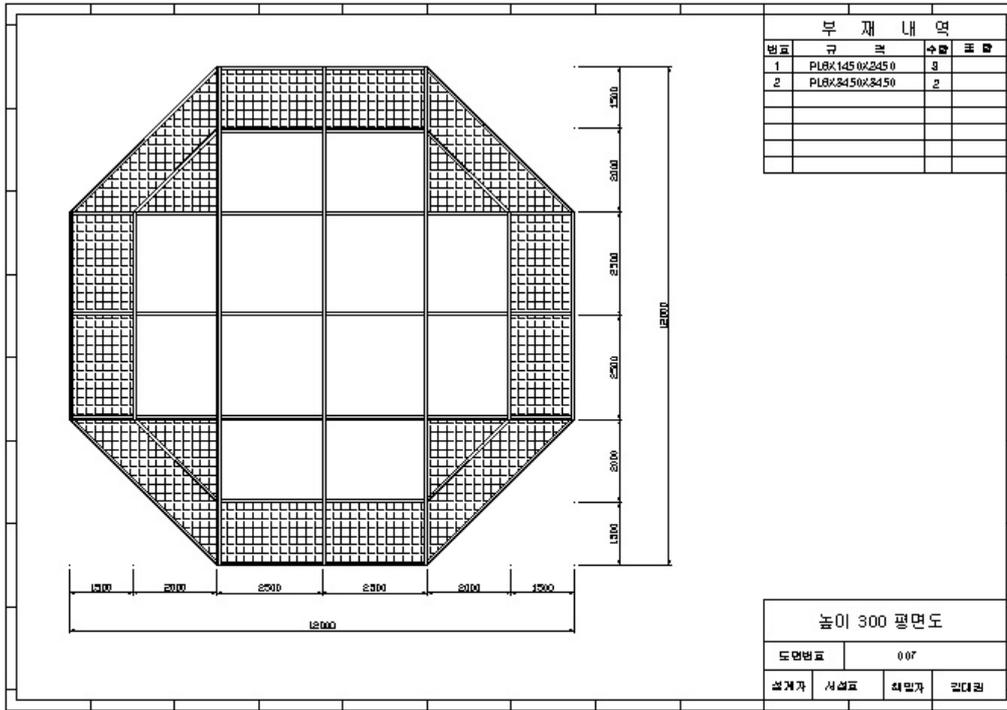
(가) 다목적강제어초 도면



사시도

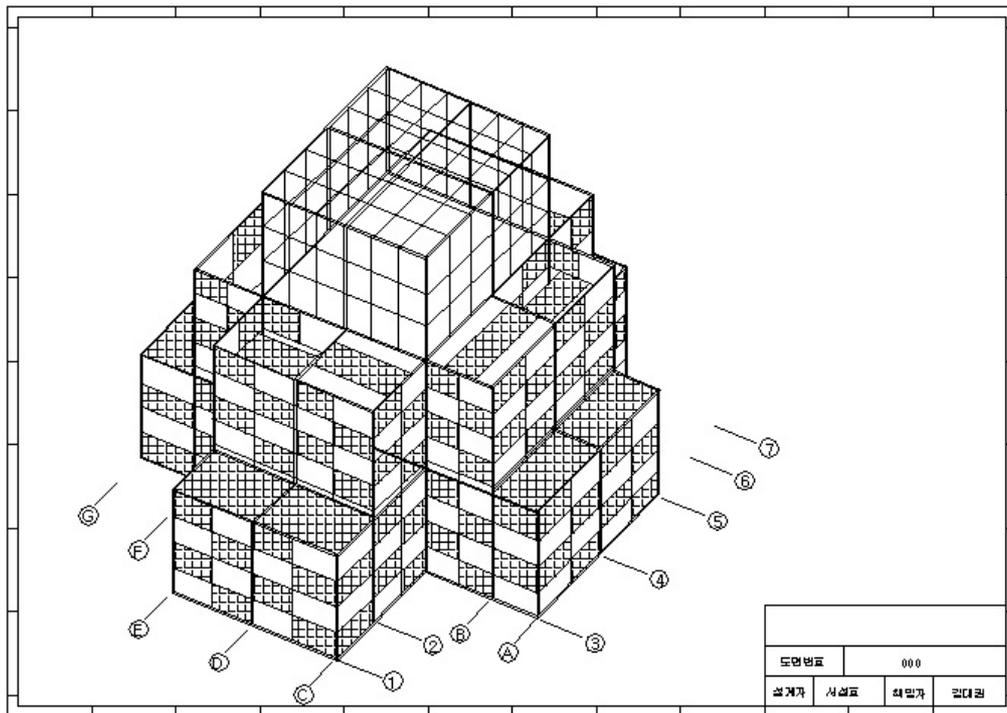


측면도

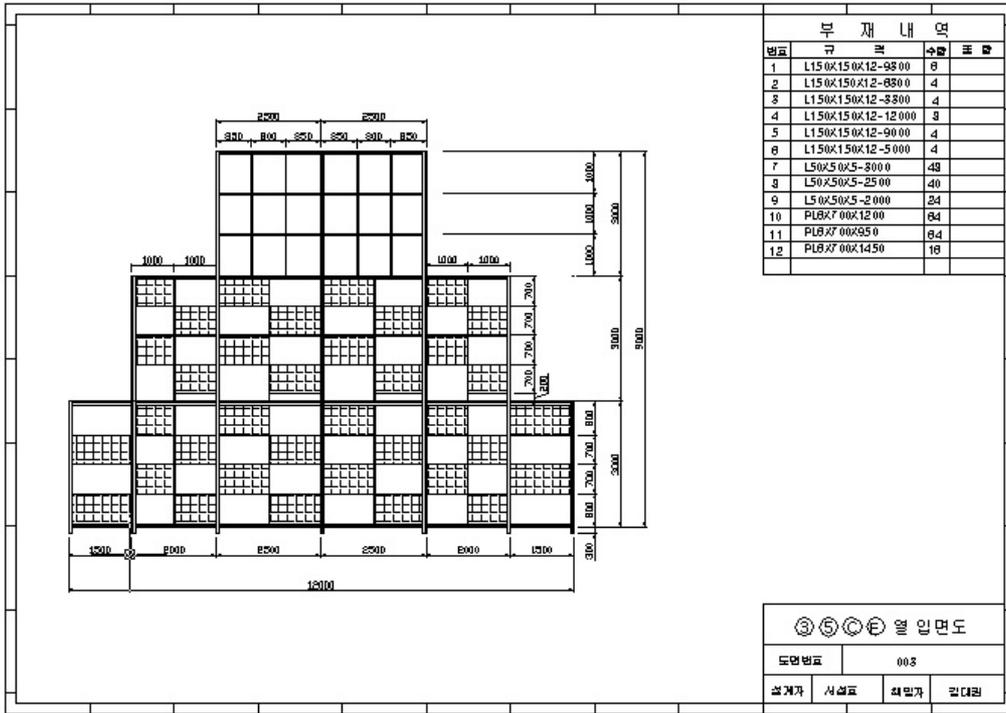


저면도

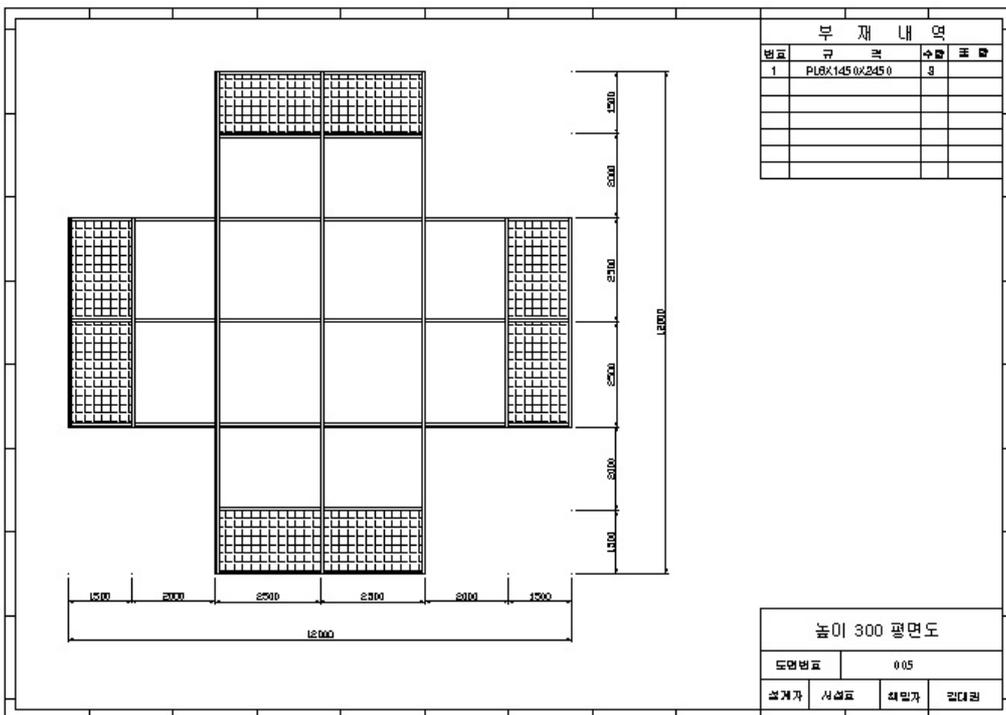
(나) 점보강제어초 도면



사시도



사시도



저면도

(2) 개발어초의 안정계산

	다목적강제어초	점보강제어초
중량(W)	47ton	40ton
차영면적(A)	66m ²	66m ²
실용적(V)	6m ³	5.1m ³

다목적강제어초와 점보강제어초가 시설된 해역은 수심 20m 내외의 비교적 평탄한 해역으로서 안정성 해역에 사용된 인자들은 그 해역에서 발생할 수 있는 최악의 조건을 가정하여 계산하였다.

(가) 다목적강제어초의 안정계산

<설계조건>

충파파고 $H_0 = 8\text{m}$, $T = 10\text{sec}$, 해저구배 1/50, 설치수심 $h=18\text{m}$, $K_r = 0.95$, $K_d = 0.95$, $K_f = 0.95$, $K_s = 0.95$, $K_b = 1$, $n = 3$ 분할하고, $U_H = 2\text{m/sec}$, $K = 1.6$ 으로 한다.

① 파고, 주기

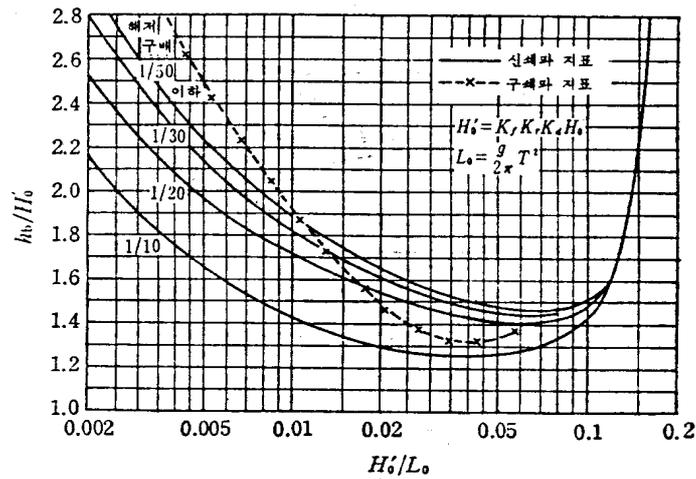
$$\text{sol) } L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2 = \frac{9.8}{2\pi} \times 10^2 = 156\text{m}$$

$$H_0/L_0 = \frac{8}{156} = 0.051 \text{ 이므로 3분할 일 때의 } D_i \text{ 값을 표 1.에서 구할 수 있다.}$$

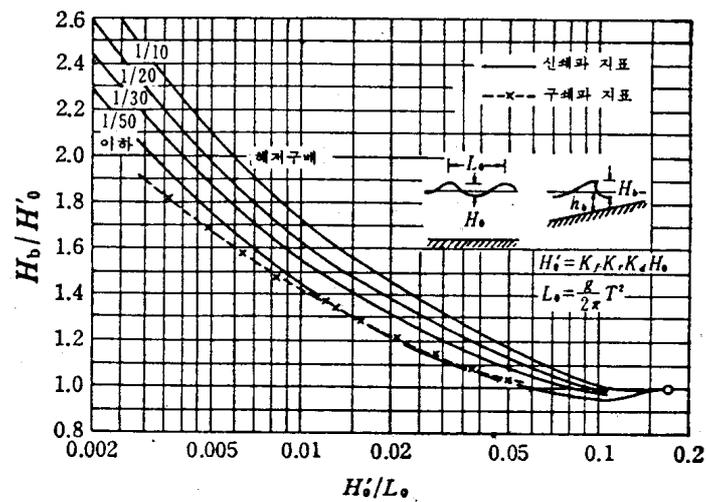
$$\begin{aligned} H &= \sqrt{\sum_{i=1}^n D_i (K_{ri} \cdot K_{di} \cdot K_{fi})^2 \cdot K_s \cdot K_b \cdot H_0} \\ &= \sqrt{0.26(0.95 \times 0.95 \times 0.95)^2 + 0.48(0.95 \times 0.95 \times 0.95)^2 + 0.26(0.95 \times 0.95 \times 0.95)^2} \\ &\quad \times 0.95 \times 1 \times 8 = 6.5\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0' &= \sqrt{\sum_{i=1}^n D_i (K_{ri} \cdot K_{di})^2 \cdot H_0} \\ &= \sqrt{0.26(0.95 \times 0.95)^2 + 0.48(0.95 \times 0.95)^2 + 0.26(0.95 \times 0.95)^2} \cdot 8 = 7.22\text{m} \end{aligned}$$

∴ $H_0' / L_0 = 7.22 / 156 = 0.046$ 이므로 Goda의 쇄파수심 및 쇄파파고의 그림에 의하여 구하면 $H_b / H_0' = 1.13$, $h_b / H_0' = 1.5$



※ 쇄파수심(Goda. 1970)



※ 쇄파파고(Goda. 1970)

쇄파수심 $H_b = 1.5 \times H_0' = 1.5 \times 7.22 = 10.83 \text{ m}$

쇄파파고 $H_b = 1.13 \times H_0' = 1.13 \times 7.22 = 8.16 \text{ m}$

그러므로, 설치수심이 쇄파대 < 10.83 m < 비쇄파대 이다.

② 조유속

○ 표면유속으로 추산

$$U_z = K U_H \left(\frac{D}{h} \right)^{1/7} = 1.6 \times 2 \times \left(\frac{9}{20} \right)^{1/7} = 2.85 \text{ m/sec}$$

○ 파와 흐름이 공존하는 경우에는 식(5)에 의하여 구한다(파고 및 주기는 앞의 파고 계산 예를 그대로 적용).

$$\theta = \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} = 90^\circ \text{ 라 가정}$$

$$U_m = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh(2\pi D/L)}{\sinh(2\pi h/L)} = \frac{\pi \times 6.5}{10} \times \frac{\cosh(2\pi \times 9 / 116.71)}{\sinh(2\pi \times 20 / 116.71)} = 1.76 \text{ m/sec}$$

$$U_1 = U_m \sin \theta = 1.76 \times \sin 90^\circ = 1.76 \text{ m/sec}$$

$$U = U_z + U_1 = 2.85 + 1.76 = 4.61 \text{ m/sec}$$

③ 유체력에 따른 안정계산

○ 비 쇄파대에서의 유체력 (강제시험어초 수심 20 m 설치)

※ $h = 20 \text{ m} > H_b = 10.83 \text{ m}$ 이므로 비쇄파대이다.

$$F_D = C_D A \frac{W_0}{2g} U_m^2 = 1.7 \times 66 \times \frac{1.03}{2 \times 9.8} \times 1.76^2 = 18.26 \text{ Ton}$$

※ C_D 의 값은 각형어초이므로 1.7을 사용한다.

$$F_M = C_M V \frac{W_0}{g} \frac{2\pi}{T} U_m = 2 \times 6 \times \frac{1.03}{9.8} \times \frac{2\pi}{10} \times 1.76 = 1.4 \text{ Ton}$$

※ C_M 는 $C_M = C_{MA} + 1 = 2$ 이다.

$$2F_D < F_M \text{의 경우 } F = F_M$$

$$2F_D > F_M \text{의 경우 } F = F_D + \frac{F_M^2}{4F_D}$$

$$\therefore F = 18.26 + \frac{1.4^2}{4 \times 18.26} = 18.29 \text{ Ton}$$

④ 안정계산

○ 활동이 생기지 않을 조건

$$W = 47 \text{ Ton} \quad \text{사력지반 } \mu = 0.6$$

$$W > \frac{F}{\mu \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right)} = \frac{18.29}{0.6 \left(\frac{7.85}{1.03} - 1 \right)} = 4.61 \text{ Ton}$$

$W (= 47\text{Ton}) > 4.61 \text{ Ton}$ 이므로 안정

○ 전도되지 않기 위한 조건

$$W > \frac{F}{\frac{\sigma}{\rho} - 1} \frac{I_A}{I_V} = \frac{18.29}{\frac{7.85}{1.03} - 1} \frac{3.01}{5.99} = 1.39 \text{ Ton}$$

$W (= 47\text{Ton}) > 1.39 \text{ Ton}$ 이므로 안정

(나) 점보강제어초의 안정계산

<설계조건>

충파파고 $H_0 = 8 \text{ m}$, $T = 10 \text{ sec}$, 해저구배 1/50, 설치수심 $h=18\text{m}$, $K_r = 0.95$,
 $K_d = 0.95$, $K_f = 0.95$, $K_s = 0.95$, $K_b = 1$, $n = 3$ 분할하고, $U_H = 2 \text{ m/sec}$,
 $K = 1.6$ 으로 한다.

① 파고, 주기

해역에의 파고, 주기에 대한 계산을 앞에서의 다목적강제어초에 대한 계산과 동일하므로 여기서는 생략한다.

② 조유속

○ 표면유속으로 추산

$$U_z = K U_H \left(\frac{D}{h} \right)^{1/7} = 1.6 \times 2 \times \left(\frac{9}{20} \right)^{1/7} = 2.85 \text{ m/sec}$$

○ 파와 흐름이 공존하는 경우에는 식(5)에 의하여 구한다. (파고 및 주기는 앞의 파고 계산 예를 그대로 적용)

$$\theta = \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} = 90^\circ \text{ 라 가정}$$

$$U_m = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh(2\pi D/L)}{\sinh(2\pi h/L)} = \frac{\pi \times 6.5}{10} \times \frac{\cosh(2\pi \times 9/116.71)}{\sinh(2\pi \times 20/116.71)} = 1.76 \text{ m/sec}$$

$$U_1 = U_m \sin \theta = 1.76 \times \sin 90^\circ = 1.76 \text{ m/sec}$$

$$U = U_z + U_1 = 2.85 + 1.76 = 4.61 \text{ m/sec}$$

③ 유체력에 따른 안정계산

○ 비 쇄파대에서의 유체력 (강제시험어초 수심 18m 설치)

※ $h = 20 \text{ m} > H_b = 10.83 \text{ m}$ 이므로 비쇄파대이다.

$$F_D = C_D A \frac{W_0}{2g} U_m^2 = 1.7 \times 66 \times \frac{1.03}{2 \times 9.8} \times 1.76^2 = 18.26 \text{ Ton}$$

※ C_D 의 값은 각형어초이므로 1.7을 사용한다.

$$F_M = C_M V \frac{W_0}{g} \frac{2\pi}{T} U_m = 2 \times 5.1 \times \frac{1.03}{9.8} \times \frac{2\pi}{10} \times 1.76 = 1.19 \text{ Ton}$$

※ C_M 는 $C_M = C_{MA} + 1 = 2$ 이다.

$$2F_D < F_M \text{의 경우 } F = F_M$$

$$2F_D > F_M \text{의 경우 } F = F_D + \frac{F_M^2}{4F_D}$$

$$\therefore F = 18.26 + \frac{1.19^2}{4 \times 18.26} = 18.28 \text{ Ton}$$

④ 안정계산

○ 활동이 생기지 않을 조건

$$W = 40 \text{ Ton} \quad \text{사력지반 } \mu = 0.6$$

$$W > \frac{F}{\mu \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right)} = \frac{18.28}{0.6 \left(\frac{7.85}{1.03} - 1 \right)} = 4.6 \text{ Ton}$$

$W (= 40 \text{ Ton}) > 4.6 \text{ Ton}$ 이므로 안정

○ 전도되지 않기 위한 조건

$$W > \frac{F}{\frac{\sigma}{\rho} - 1} \frac{I_A}{I_V} = \frac{18.28}{\frac{7.85}{1.03} - 1} \frac{3.09}{5.91} = 1.44 \text{ Ton}$$

$W (= 40\text{Ton}) > 1.44 \text{ Ton}$ 이므로 안정

제 3 절 소파제

1. 서론

소파제는 해역 보호를 위하여 파랑에너지를 소산시키는 구조물을 의미하는 것으로써, 일반적으로 방파제로 알려져 있다. 소파제는 크게 고정식 소파제(중력식 소파제)와 부유식 소파제(이하 부소파제)로 나누어진다. 고정식 소파제는 소파용 구조물이 해저면에 직접적으로 고정되어 있는 경우이며, 부소파제는 방파제 기능을 수행하는 구조물이 해수면 위에 떠 있는 경우를 의미한다.

그림 3-3-1에서는 부소파제의 전체적인 모양 및 구성을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 부소파제는 소파기능을 담당하는 부체와 부체를 일정위치에 유지시키는 계류시스템으로 구성된다. 계류시스템은 다시 계류라인과 앵커로 구성된다.

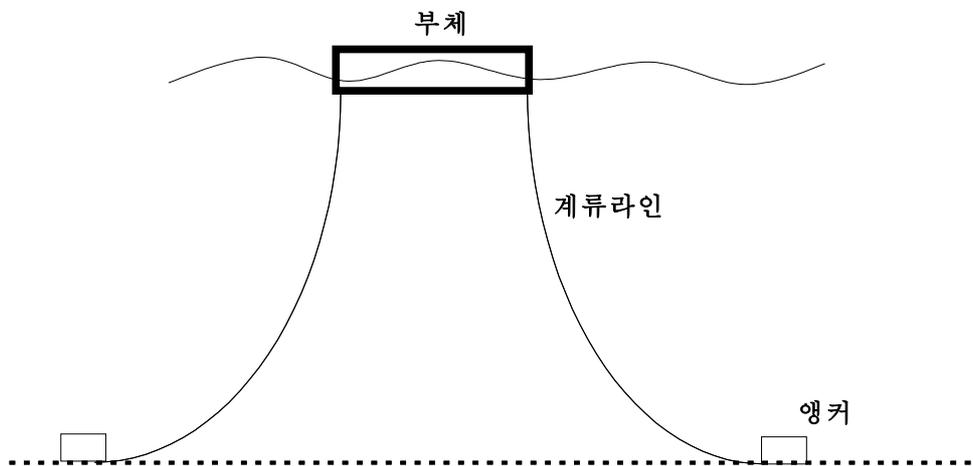


그림 3-3-1. 부소파제의 전형적인 형상 및 구성.

Fig. 3-3-1. Schematic configuration of floating breakwater.

부소파제는 다양한 분야에서 활용될 수 있는데, 그림 3-3-2에서는 그 예를 보여주고 있다. 다양한 활용분야가 있는데, 특히 양식장 보호, 어항 및 항만 보호, 그리고 해양공간 파랑제어 등에 많이 이용되고 있다.

소파제의 시설 비용은 소파제의 설치 수심이 점점 깊어짐에 따라서 증가하게 되었는데, 그림 3-3-3에 그 근거를 보여주고 있다. 그림 3-3-3에서 볼 수 있는 바와 같이 소파제의 설치 수심이 약 10m 이상이 되면 고정식 소파제의 설치비용은 급격히 증가하는 반면에 부소파제는 수심이 깊어지더라도 건설비용이 완만하게 증가하게 있는 것을 알 수 있다.



(a) 부잔교



(b) 양식장 보호



(c) 어항 및 항만보호



(d) 해양공사 파랑제어



(e) 증양식공간



(f) 위락시설(뉴시터)

그림 3-3-2. 부소파제의 활용 사례.

Fig. 3-3-2. Applications of floating breaker.

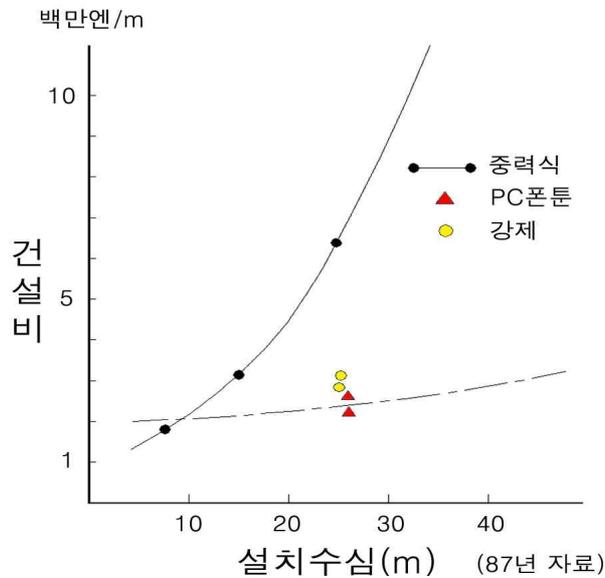


그림 3-3-3. 고정식 소파제와 부소파제의 수심에 따른 건설비 비교.

Fig. 3-3-3. Comparison of construction cost between a fixed breaker and float breaker with water depth.

부소파제는 수심에 따른 경제비용면에서 본 장점 외에도 다음과 같은 다양한 장점을 가지고 있다. 그 첫째는 대수심 및 연약지반에 적용가능하다는 것이다. 수심이 깊어지면 고정식 소파제는 필요한 체적과 강도가 매우 증가하게 되는 반면에 부소파제는 계류라인의 길이만 증가하게 된다. 또한 해저지반이 연약지반일 경우에 고정식 소파제는 구조물의 침하문제 때문에 설치의 어려움이 있으나 부소파제는 지반의 영향을 받지 않는다. 둘째는 해수교환형으로써 친환경적이다. 고정식 소파제는 구조물 설치로 인하여 항내정온도는 유지할 수 있을지라도 구조물 배후에 해수 흐름이 자유롭지 못하기 때문에 소파제 항내의 해역이 수질이 악화될 가능성이 있으나, 부소파제는 부체 아래로 해수 유동이 자유롭기 때문에 구조물 설치 후에도 수질을 보존할 수 있는 장점이 있다. 셋째는 지진에 대한 피해가 적으며, 넷째는 고정식 소파제에 비하여 시공이 간단하다는 장점이 있다. 다섯째로 설명될 수 있는 부소파제의 장점은 이동이 가능하다는 것이다. 특정 목적을 위하여 부소파제의 위치를 이동해야 할 경우에는 계류라인만 분리시킨다면 이동이 가능하기 때문에 매우 효율적이다. 이 외에도 부소파제를 이용한다면 소파제 외의 다양한 용도로 이용할 수 있다. 즉, 부소파제 자체를 양식장으로 활용하거나 혹은 관광목적의 낚시터로 이용될 수도 있다.

이상과 같이 언급한 부소파제의 특징을 종합해 볼 때, 특정 해역 혹은 수산 시설을 보호하기 위해서 부소파제를 적용한다면 해역정온도 유지와 함께 해수유동이 원활하게 유지될 수 있기 때문에 매우 효과적인 기능을 수행할 수 있을 것이다. 또한 부소파제 자체

를 양식장 기능으로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서, 본 연구에서는 바다목장을 건설하기 위한 해역을 조성하고, 양식장 기능으로도 활용할 수 있는 부소파제를 건설하기 위한 연구를 수행한다. 본 보고서는 1차년도 연구 내용으로써 부소파제의 전반적인 개념설계를 수행한다. 개념설계를 위해서 먼저 외국의 개발 사례를 조사하며, 개념설계된 부소파제의 특성을 파악하기 위해서 부체와 계류시스템에 대한 동적거동해석을 수행한다. 또한 여수 주변 해역에 조사 및 분석을 통하여 적당한 부소파제 설치지점 및 바다목장화 지점을 결정하게 된다.

2. 재료 및 방법

가. 부소파제 개발현황 조사 및 설계방향 검토

(1) 일본에서의 부소파제 개발

(가) 개발 현황

표 3-3-1. 일본에서의 부소파제 설치 사례(부잔교식)

Table 3-3-1. Installation of float breaker in Japan (float pier type)

현 명	어항명	사업년도	설치조건 등					비고
			수심 (m)	설계파 (m)	연장 (m)	부체제원 (m)	재질	
이와테	釜石	1979-1980	15-18	1.5	140(40×3)	40×8×4.5	강재	
히로시마	音戸	1951-1978	5-14	1.5	253(21×11)	21×7×4.5	RC	2지구
야마구치	通	1959-1961	19-13	(1.8)	72(21×3)	"	"	
애히메	九島	1966-1976	5-20	1.0	300(21×12)	"	"	5지구
애히메	魚泊	1979-1982	5-30	1.2	287(21×12)	"	"	4지구
애히메	神崎	1973-1974	10-20	1.0	30(21)	"	"	
애히메	平浦	1970-1974	5-20	1.0	48(21×2)	"	"	
애히메	蔣淵	1974-1979	5-21	1.0	48(21×2)	"	"	
애히메	奥浦	1970	15-20	1.3	49(21×2)	"	"	
애히메	大良	1971	11-20	1.5	26(21)	"	"	
애히메	尻貝	1962-1984	7-30	0.9	104(21×4)	"	"	
애히메	國永	1973-1980	7-19	1.0	60(21×2)	"	"	
애히메	風鳴	1973-1974	8-13	1.0	53(21)	"	"	
애히메	須下	1967-1974	7-32	1.3	146(21×5)	"	"	3지구

앞 절에서 언급한 바와 같이 부소파제는 다양한 장점을 가졌음에도 불구하고, 우리나라에서는 이에 대한 다양한 기술 부족으로 아직까지 설계 및 시공한 사례가 없다. 부소파제는 주로 일본에서 많이 개발되어 왔는데, 주로 민간회사를 중심으로 어항뿐만 아니라

해역과랑조건이 보다 약조건인 해역에도 설치 가능한 새로운 형식의 부방파제 연구 및 개발에 많은 투자를 하고 있다. 현재 일본에는 전국 21개 지자체, 100여개소 이상에 설치하고 있다. 표 3-3-1 및 3-3-2에서는 일본에서 부소파제를 연구한 이래 1987년까지 개발된 사례를 설명하고 있다.

표 3-3-2. 일본에서의 부소파제 설치 사례(카터너리 계류방식)

Table 3-3-2. Installation of float breaker in Japan (catenary mooring type)

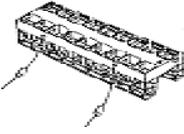
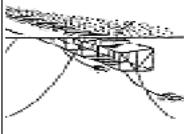
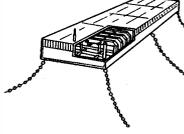
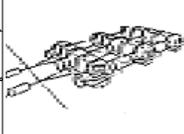
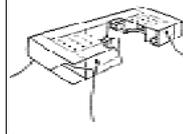
현 명	어항명	사업년도	설치조건 등					비고
			수심 (m)	설계파 (m)	연장 (m)	부체제원 (m)	재질	
시즈오카	靜浦	1986-1987	25-40	2.8	108(50×2)	50×8.5×5.8	강재	
미에	方座浦	1978-1980	5-19	1.4	72(40, 30)	40×10×2.1 30×10×2.1	PC hybrid	
미에	三木浦	1986	5-18	0.8	65(65)	65×10×3	"	
시마네	浦郷	1986-1987	23-28	1.2	215(50×4)	50×9×2.7	"	
애히메	魚泊	1986	20-30	1.4	45(40)	40×10×3.5	RC	
애히메	喜路	1984-1985	15-30	1.8	90(40×2)	40×13×3.5	"	
애히메	結出	1985-1986	10-20	1.2	25(20)	20×7×3.8	"	
애히메	嘉島嘉島	1983-1984	10-20	2.0	51(21×2)	21×7×4.5	강재	
		1986	20-30	2.0	51(21×2)	21×6.1×2.35		
애히메	豊島	1983-1984	12-18	1.7	40(40)	40×10×3.5	RC	
나가사키	靑島	1984-1986	28-33	1.8	128(40×3)	40×6×2.6	강재	
나가사키	水崎	1986-1987	20-40	1.4	145(45×3)	45×4.2×2	"	

표 3-3-1은 계류시설로서 부잔교구조를 부방파제에 적용한 사례들이다. 설계파고는 1.5m로 적고, 구조는 강재로 된 하나의 예를 제외하고는 모두 RC폰툰 방식이며, 그의 체원도 동일한 규격으로 되어 있다. 1975년 이후에는 부체동요를 고려한 카터너리(catenary 방식)이 개발되어 고파랑 해역에의 적용과 부체의 대형화가 가능하게 되었다. 표 3-3-2는 카터너리 계류방식으로 설계된 사례들이다. 그 이후에 신형의 부방파제 구조가 개발되었는데, 강재 및 PC Hybrid 구조로 경량화 되었고, 부체의 전체 길이도 증가하게 되었다.

1990년대부터는 일본 전국어항협회에서 부소파제 모델 5종을 발표하여 표준화하여 왔다. 표 3-3-3에서는 일본에서 표준화하여 사용하고 있는 5가지 모델과 그 특징을 보여주는데, 소파원리, 사용재질, 그리고 기본형식에 따라서 5가지 형태로 나누어졌다. 또한 부소파제를 개발하여 일본 각 지역에 보급해 온 부소파제 제작사들은 '일본부소파제협회'를 조직하여, 다목적 용도로 적용될 수 있고 한층 성능이 개선된 부소파제를 제작하고 있다.

표 3-3-3. 일본 전국어항협회 지정 상업용 부소파제의 형상 및 특징

Table 3-3-3. Configuration and properties of commercial float breaker in Japan

형식	A	B	C	D	E
개요도					
소파원리	반사방식	쇄파방식	반사방식	공명방식	공명방식
기본형식	삼중Barrier형	경사판형	폰툰형	동요제어형	공기제어형
사용재질	강재	강재	Hybrid (PC+강재)	강재	강재

최근 들어 부소파제는 수심이 깊은 곳에 설치되었으며, 최대 75m 수심에 설치한 사례가 있다. 그러나 부소파제는 너울과 같은 장주기 성분은 소파하기 어려운 성질이 있는데, 현재는 주기가 8초가 한계로 알려져 있다. 가장 높은 소파대상파는 유의파고 3.6m로 알려져 있다. 극한 해양환경에 대해서 구조적 안정성을 가지는 것이 중요한데 초대파고 12.5m로 설계된 사례가 있다. 일본에서 만들어진 부소파제는 주로 소파대상파의 주기는 약 3~5초, 파고는 유의파고로 1~2m인 사례가 많은 것으로 알려져 있다. 그 이유는 양식어장의 작은 활어조 등 양식시설물들은 파랑의 장주기성분보다 주기 5초 이하의 단주기 성분이 훨씬 위험하며, 또 급이등 어장관리 입장에서 볼 때 10톤 이하의 어장관리선은 rolling 주기 5초 이하, pitching 주기 3초 이하의 진동주기에서 공진하기 때문이다.

일본에서는 양식장 보호용 부소파제 외에도 어장환경정비용, 천해어장개발사업용, 어항보호용 등 다양하게 적용되고 있다.

(나) 설치 및 시공 사례

① 미야자키 현

미야자키현 남포지구는 급경사로 이루어진 리앗식 해안의 만으로서, 천해어장개발사업의 일환으로 설치하는 부소파제는 IHI가 외양형 부소파제로 개발한 것이다. 설계 파고는

12.5m, 주기 13s, 풍속 40m/s로 설계되었다. 소파대상파고는 파고 2.0m, 주기 8초이다. 표 3-3-4는 미야자키 현에 적용된 부소파제의 개요를 설명하고 있다.

표 3-3-4. 미야자키 현에 적용된 부소파제 개요

Table 3-3-4. Introduction for float breaker in Miyajaki Hyun

공사명		남포지구 천해어장조성공사			
설치년도		1982 - 1983			
설치장소		미야자키현 연강시 웅야강정 지선			
총연장(기수)		265m(5기)			
구조제원 (1기당)	형식	외양형			
	부체	LL15-25형 : 15mW×9.6mH×25mL LL15-40형 : 15mW×9.6mH×40mL			
	강중	LL15-25형 : 320톤 LL15-40형 : 469톤			
설계조건	소파대상파	파향	파고(m)	주기(초)	파장(m)
	구조설계파	SE,SSE	2.0	8.0	88.7
		SE,SSE	12.5	13.0	165.5
	정온도	파고 2m를 1m 이하로(투과율 50%)			
	해저조건	수심 17 ~ 20m, 사층			
	풍속	40m/s			
	조류	0.6m/s			
설계수명	15년				

② 가고시마 현

가고시마현 동정은 1967년에 양식을 처음 시작하였으며, 1981년에 정온해역을 확대하고 양식생산량을 증대시키기 위해 이형블럭 소파제 옆에 추가로 FRP제 부소파제를 설치하였으며, 기초 어장에 추가하여 34ha의 신규 어장을 조성하였다. 부소파제 조성 후 방어 및 참돔의 양식 생산량이 증대되었으며, 지금은 양식을 특화하여 방어만을 주로 양식하여 출하하고 있다. 한편 처음에 설치한 FRP제 부소파제는 태풍에 의해 로프 및 본체가 파손 또는 노후화가 되어 1997년~1998년에 내부수류진동형 강제 부소파제(9mW×3.9mD×46mL) 3기로 교체되었다. 표 3-3-5는 가고시마 현에 설치된 부소파제의 개요를 설명하고 있다.

③ 후쿠이 현

후쿠이현의 최서단에 리아스식 해안으로 이루어진 고빈정은 자주복, 방어, 참돔 등을 양식하고 있는데, 특히 양식복을 이용한 복요리가 지방특색으로 관광객 유치에 크게 도움

이 되고 있다. 겨울철의 파랑, 수질 및 저질 등의 양식장 환경악화에 따른 문제점을 해결하기 위하여 1990~1993년에 중력식 소파제(25m) 및 부소파제(228m)를 해역 외곽에 설치하였으며, 이로 인하여 조성된 신규어장의 면적은 약 13ha 정도이다. 양식규모는 양식장 조성전과 비교하면 약 5배 내지 10정도 증가되었다. 표 3-3-6은 후쿠이현에 적용된 부소파제의 개요에 대해서 설명하고 있다.

표 3-3-5. 가고시마 현에 적용된 부소파제 개요

Table 3-3-5. Introduction for float breaker in Gagoshima Hyun

공사명		폐곶지구 천해어장조성공사			
설치년도		1981 - 1982			
설치장소		가고시마현 동정 폐곶			
총연장(기수)		160m			
구조제원 (1기당)	형식	BS-107 / Bridge Stone			
	부체	7mW×2mH×10mL			
	강중	4 톤			
설계조건		파향	파고(m)	주기(초)	파장(m)
	소파대상파	SE	2.1	4.3	
	구조설계파	SE	3.6	5.7	
	정온도	투과율 50%			
	해저조건	수심 30m, 점토 및 실트			
	풍속2	40m/s			
	조류	0.3m/s			

표 3-3-6. 후쿠이현에 적용된 부소파제 개요

Table 3-3-6. Introduction for float breaker in Hukui Hyun

공사명		고빈지구 양식장조성공사			
설치년도		1990 - 1993			
설치장소		후쿠이현 대반군 고빈정			
총연장(기수)		228m(3기), 간격 12m			
구조제원 (1기당)	형식	장파장형			
	부체	14.5mW×7.6mH×68mL			
	강중	583톤			
설계조건		파향	파고(m)	주기(초)	파장(m)
	소파대상파	NNW	2.0	8.0	88.7
	구조설계파	N	1.4	6.0	53.8
		N	3.9	11.7	213.5
	정온도	투과율0.6			
	해저조건	수심 30m, 사질층			
	풍속	28m/s			
조류	0.5m/s				
설계수명	20년				

④ 에히메현 팔번빈시

에히메현 팔번빈시는 1994년 1995년, 삼정조선의 PC hybrid형 부소파제 9기를 처음에 는 양식장 보호를 위하여 설치하였지만, 주민의견을 반영하여 레스토랑이 있는 전망대와 부소파제를 잇는 교량, 부소파제 곁에 유료낚시를 즐길 수 있는 가두리들을 병행 설치하였다. 이를 복합적으로 연계활용하여 주민들이 주말에 방문할 수 있는 친해양적 시설 'Sea road 八幡浜'을 만들어 관광어촌을 구현하고 있다. 표 3-3-7은 에히메현에 적용된 부소파제 개요에 대하여 설명하고 있다.

표 3-3-7. 에히메현에 적용된 부소파제 개요

Table 3-3-7. Introduction for float breaker in Eime Hyun

공사명		전포지구 부소파제 설치공사			
설치년도		1994 - 1995			
설치장소		에원현 팔번빈시			
총연장(기수)		400m(9기), 간격 5m			
구조제원 (1기당)	형식	반나형, 삼정조선			
	부체	6mW×3.5mH×40mL			
	강중	강중 39.4톤, 콘크리트체적 215.7m ³			
설계조건		파향	파고(m)	주기(초)	파장(m)
	소파대상파	NNW	2.0	8.0	88.7
	구조설계파	N	1.4	6.0	53.8
		N	3.9	11.7	213.5
	정온도	투과율0.6			
	해저조건	수심 30m, 사질층			
	풍속	28m/s			
	조류	0.5m/s			
설계수명	20년				

(2) 설계방향 검토

(가) 설계 조건

부소파제를 일정 해역에 설치하기 위해서는 먼저 특정한 설치지점이 선정되어야 한다. 설치 지점을 선정 시에는 여러 가지 설계외력 조건과 사회·경제적 조건 등을 고려하여야 한다. 그림 3-3-4에서는 부소파제를 설계 할 때 고려되어야 하는 조건들을 보여주고 있다. 먼저 설계 외력조건은 해양환경조건을 의미하는데, 바람, 파랑, 조위, 유속, 해저지질 등과 같은 조건이 있다. 이와 같은 외력조건들은 부소파제의 구조적인 안정성 관점에서 볼 때 매우 중요한 요소로서, 부소파제의 작업조건(operation condition)과 생존조건(survival condition)으로 나누어져 고려되어 진다. 또한 구조물의 기대수명을 고려하여 재현주기에 해당하는 설계조건을 선정해야 한다.

부소파제 설계 시에는 설계외력을 고려하는 외력환경조건 외에도 사회 및 경제적 조건을 고려해야 한다. 사회 및 경제적 조건을 고려할 때에는 부소파제가 어떤 목적으로 적용될 것인지를 고려하여야 하며, 목적에서 필요로 하는 부소파제의 규모와 여러 가지 특성들을 결정해야 한다. 부소파의 건설로 인하여 주변 어항 혹은 해역에 어떤 영향을 미치게 되는지 고려해야 하며, 부소파제의 건설로 인하여 소요되는 경비와 얻어지는 경제적 이익을 고려하는 경제적 손익을 평가해야 한다.

이상과 같이 설계외력조건과 사회 및 경제적 조건을 동시에 고려하여 최적의 조건에 해당하는 곳에 부소파제 설치지점을 선정하게 되는데, 이 때 선정되는 적지는 바다목장을 건설하기에 적당한 지점이어야 하며 부소파제의 설치운영이 가능한 해역이어야 한다. 또한 여러 가지 연계시스템을 활용할 수 있는 해역을 선정해야 한다.

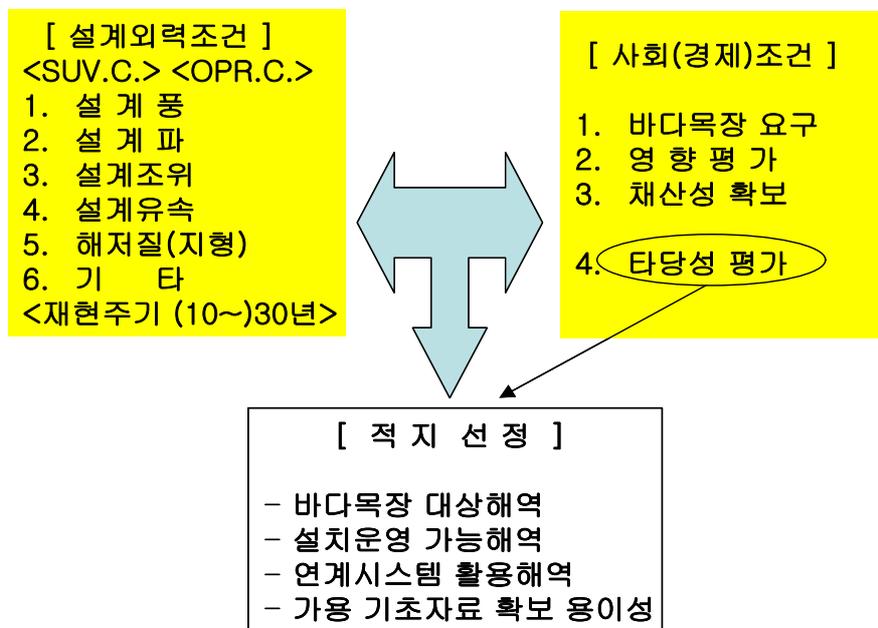


그림 3-3-4. 부소파제 설계를 위한 설계조건.

Fig. 3-3-4. Design condition for float breaker.

(나) 설계 과정

부소파제 설계는 크게 4단계 과정을 거치게 되는데, 그 과정은 타당성 조사, 기본계획 수립, 실시설계, 그리고 마지막으로 제작 및 시공하게 된다(그림 3-3-5). 먼저 타당성 조사에서는 앞 절에서 설명한 각종 설계 외력 조건 및 사회 경제적 조건, 그리고 외해어장개발 정책 등을 고려하게 된다. 부소파제 건설이 사회 및 경제적 요구 조건을 만족하는지, 그리고 부소파제 건설과 주변 어장개발 정책에 얼마나 부합하는지를 고려하여 부소파제 건설에 대한 타당성을 조사하는 과정이 부소파제 설계의 첫 번째 과정이다.

타당성이 확인된 후에는 기본 계획을 수립하게 되는데, 이 과정에서는 기본적인 부소파제의 활용 및 관리방안을 고려하여 구조역학 및 유체역학적인 관점에서 해석을 수행하게 된다. 즉, 타당성 조사 및 적지선정에서 결정된 부소파제 설치 예정 지점에 대하여 설계조건들을 설정해야 한다. 설계조건들이 결정되면 이 조건에 대하여 부소파제가 안전하도록 부체와 계류시스템을 설계하게 된다. 여기서, 부체는 소파의 기능을 수행할 수 있도록 성능해석이 수행되어야 하며, 이와 더불어 부체 자체가 해양환경하중에 대하여 안전할 수 있도록 구조해석을 수행해야 한다. 부소파제 성능해석에서는 파랑이 부소파제를 통과한 후에 에너지가 소멸될 수 있도록 최적의 형상 및 소재를 적용해야 한다. 계류시스템 또한 구조해석을 수행하여 계류시스템의 형상 및 장력을 사전에 충분히 추정하여 열악한 해양 상태에서 계류라인이 절단되는 사고를 방지해야 하며, 최적의 설계조건을 만족하기 위해서 계류계 형식 등을 결정하게 된다.

기본계획이 수립되면 성능해석, 제작성, 시공성 등을 고려하여 실시설계를 수행하며, 이를 바탕으로 부소파제를 제작 및 시공하게 된다. 부소파제를 설계하는 과정에서는 그 기능성, 구조적 안정성, 시공성 등도 중요하지만, 제작 및 설치 후의 사후 관리 및 활용성도 충분히 고려되어야 한다.

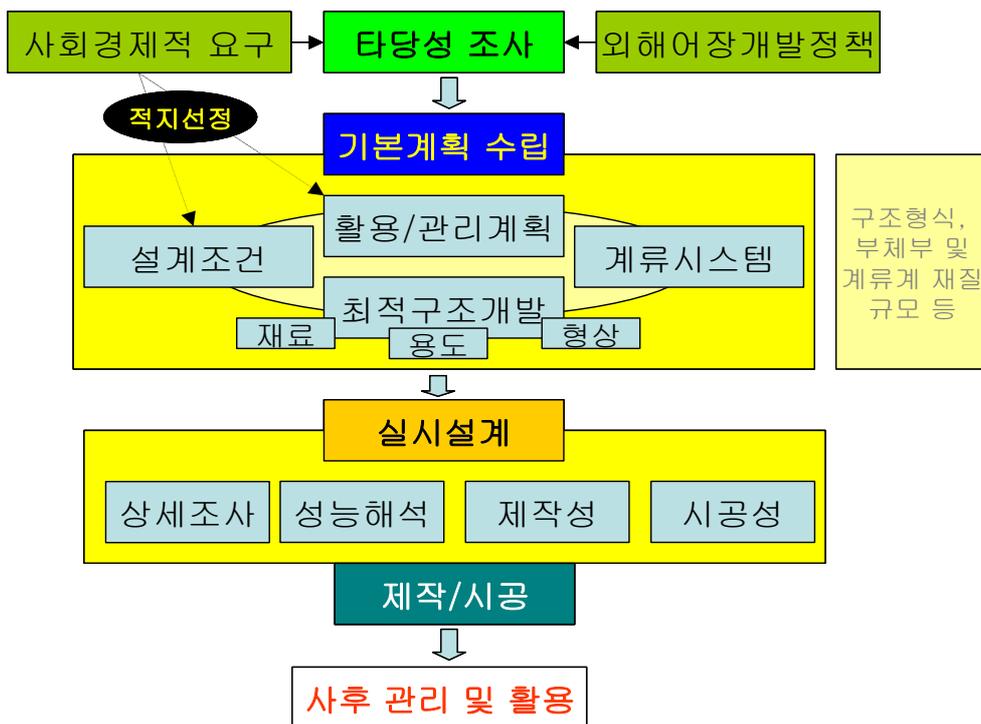


그림 3-3-5. 부소파제 설계 과정.

Fig. 3-3-5. Design procedure for float breaker.

나. 적정 부소파제의 개념설계

(1) 설계 개념

본 연구에서 수행하는 부소파제는 전남 여수해역 바다목장을 건설을 위한 기반조성이 일환으로 수행되어 진다. 따라서 본 연구에서 설계하고자 하는 부소파제는 그림 3-3-6에서 보여주는 바와 같은 3가지 설계 개념을 가진다. 첫째는 바다목장을 건설하기 위하여 항내 정온도를 유지할 수 있는 부소파제를 건설하는 것이다. 부소파제를 설치하고자 하는 부근 해역에 대한 외력환경을 고려하여, 설계외력환경을 제어할 수 있는 부소파제를 설계한다. 특히 파랑을 제어하는 것이 가장 중요한 역할인데, 파랑을 적절히 제어하기 위해서는 부소파제의 단면형상을 최적의 형상이 되도록 해야 한다. 또한 부소파제의 배치 방식에 따라서 소파성능이 결정되기 때문에 다양한 부소파제 배치 형태를 고려하여 최적의 조건이 되도록 설계해야 한다. 부소파제는 항내정온도를 유지하는 기능 이외에 부소파제 자체가 내파성 가두리로서의 역할도 수행하게 된다. 따라서 부소파제를 내파성 가두리로 활용했을 때 사육 생물/시설의 안전화 및 품질/작업성 향상에 대해서도 고려되어야 한다.

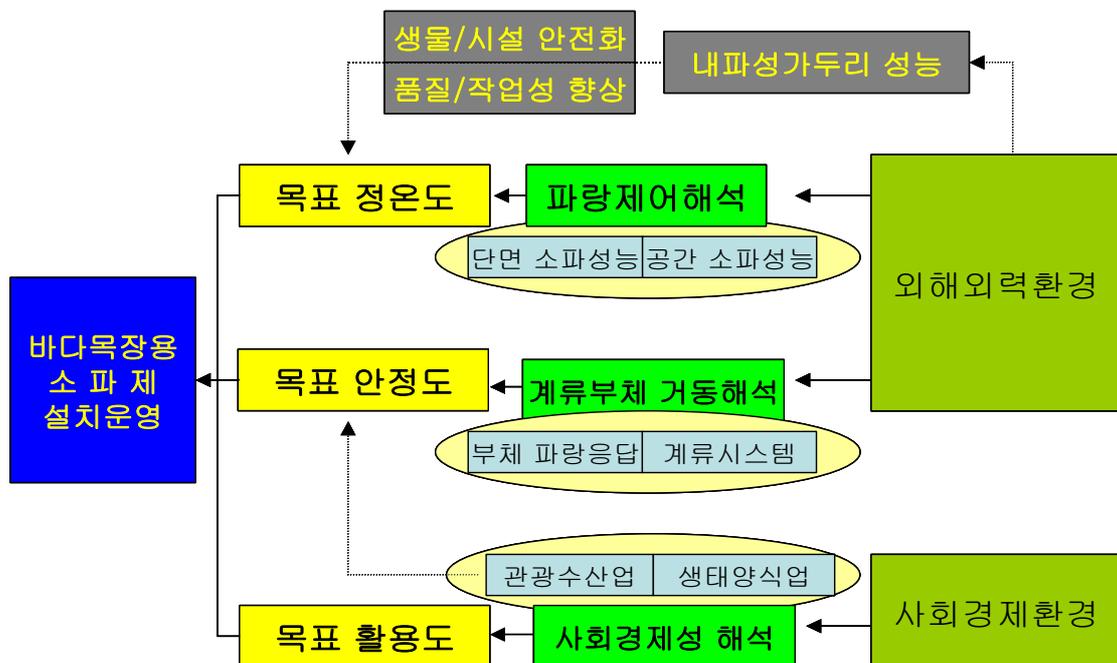


그림 3-3-6. 부소파제의 설계 개념.

Fig. 3-3-6. Design concept for float breaker.

첫째로 고려되어지는 부소파제의 설계 개념은 안정성을 가지는 것이다. 부소파제는 설치 해역에서 폭풍과 같은 열악한 해양환경에 노출되어서 그 안정성을 잃을 수 있으므로, 이에 대한 정적 및 동적 구조해석을 수행하여 사고를 방지할 수 있어야 한다. 이에 대한

해석은 부채 파랑응답과 계류시스템의 장력 및 거동해석으로 나누어지는데, 두 해석을 수행한 후에는 통합된 해석이 이루어져한다. 정온도 유지와 안정도 유지를 위해서는 수치해석적 혹은 이론적인 해석도 필요하지만, 실험적 연구를 통하여 보다 현실적인 설계를 수행할 수 있다.

둘째로 고려되는 부소파제의 설계 개념은 부소파제 건설을 통한 사회 및 경제적 활용도를 높이는 것이다. 부소파제를 이용하여 주변 바다목장을 찾는 관광객들에게 새로운 관광지로 이용될 수 있도록 하며, 바다 낚시터로 활용될 수 있도록 설계 개념을 도입한다.

(2) 부소파제 평면배치에 따른 부소파제 형식

부소파제는 설치 시에 어떻게 배치하느냐에 따라 그 성능이 달라지게 된다. 배치는 크게 직렬배치와 이층배치 2가지 종류로 나누어지는데, 그림 3-3-7에서는 두 가지 배치 방법을 보여주고 있다.

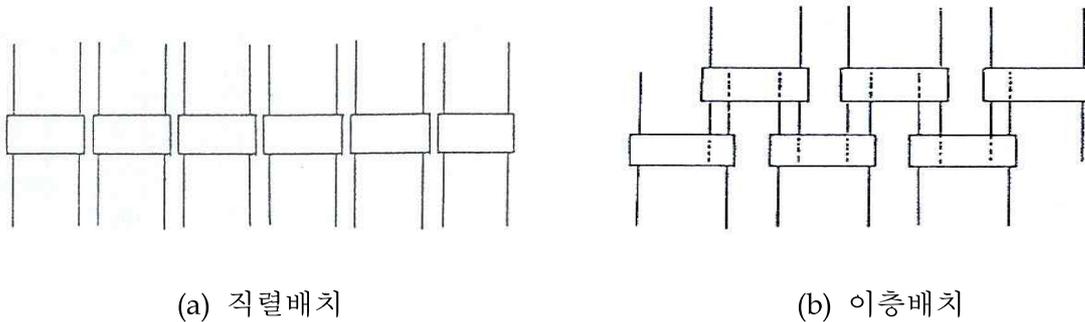


그림 3-3-7. 부소파제의 부채 평면배치.

Fig. 3-3-7. Plain arrangement for float breaker.

따라서 위의 두 가지 방법에 따른 투과율을 해석하기 위하여 수치해석적 연구 또는 실험적 연구를 선행하여 평면배치에 따른 부소파제의 성능해석을 수행해야 하는데, 다양한 입사각에 따른 해석이 필요하다.

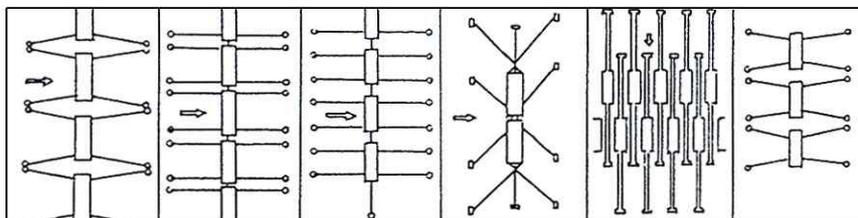


그림 3-3-8. 부소파제의 계류라인 평면배치.

Fig. 3-3-8. Arrangement of mooring line for float breaker.

그림 3-3-8은 직렬배치와 이층배치를 했을 때 계류라인의 배치를 보여주고 있다. 계류라인 배치 또한 최소한의 장력이 작용하도록 최적설계가 이루어져야 한다. 계류라인 배치에서는 파랑의 입사각에 따른 계류라인에 작용하는 장력이 다르게 나타날 수 있으므로 이를 고려한 해석을 수행해야 한다.

(3) 부체의 단면(구조형식)

부소파제의 형상을 선정할 때 고려되어야 하는 것은 소파효과가 크고 제작이 간단할 것, 평면배치 및 계류계가 복잡하지 않을 것 및 월파가 적을 것 등이다. 이상을 고려하여 부방파제의 기본형상으로 월파방지용의 공극을 설치한 구형이 이용될 수 있다.

그림 3-3-9에서는 부체의 단면 구조형식 종류를 보여주고 있다. 그림(a)는 side float형(SF형)으로서 부체의 전후부에 부력부를 두고 가운데에 공극을 설치하여 월파하는 파를 모으는 구조이다. (b)는 center float형(CF형)으로 부력부를 중앙부에 추가해서 두었으며, 그 전후에 공극을 설치한 것이다. 가장 단순한 형태의(c) 형은 직사각형이다.

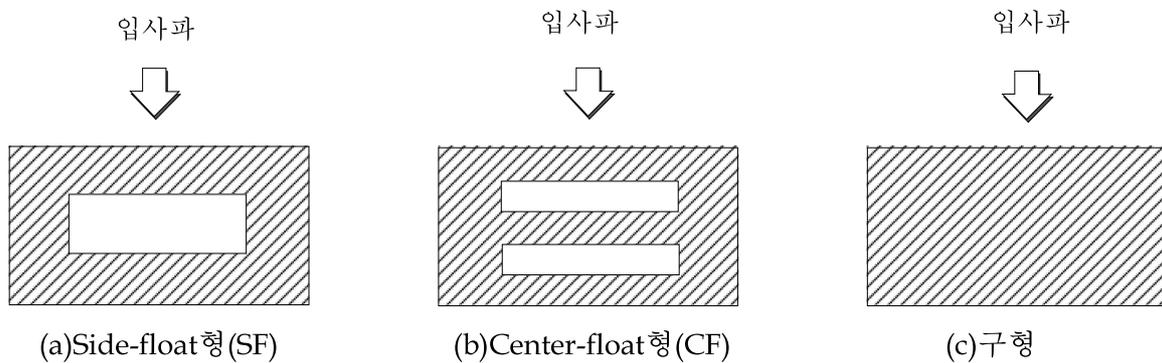


그림 3-3-9. 부체의 단면 구조형식 종류.

Fig. 3-3-9. Section type of floater.

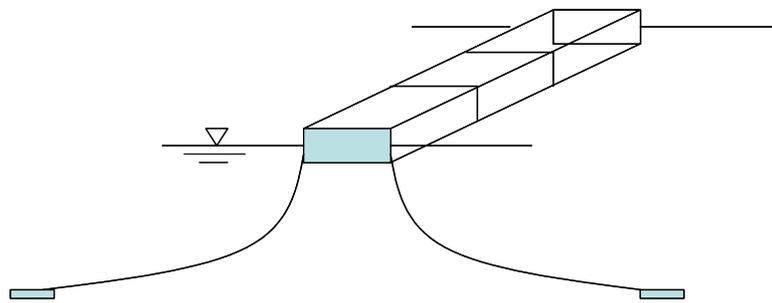
단면구조형식을 선정하기 위해서도 부력부의 길이, 공극의 크기 등에 따른 성능 평가를 수행하여 최적의 설계 조건을 찾아야 한다. 이 때 설계파의 제원에 따라 성능이 다르게 나타날 수 있으므로, 설치 예정 지역의 설계파를 고려한 해석이 수행되어야 한다.

(4) 고려되어지는 부소파제 형식

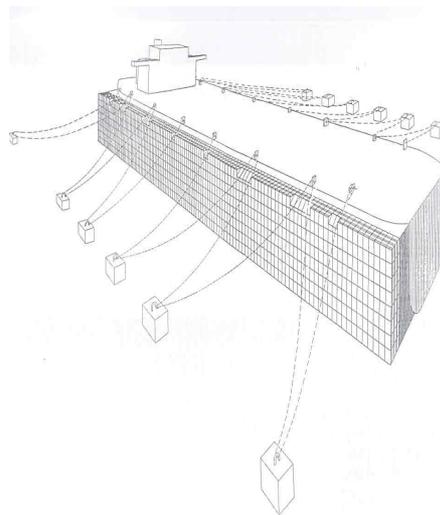
현재 고안되고 있는 부소파제는 크게 두 분야로 나누어 질 수 있는데, 그 첫째는 상자형이며 둘째는 선박형이다(그림 3-3-10). 상자형은 단순한 직육면체 상자형태를 나타내는 것으로써, 단면 구조 형식은 앞 절에서 설명한 SF 및 CF 방법 중에서 설계파에 대해서 최고의 성능을 가지는 구조형식을 채택하게 된다(그림 3-3-10(a)). 각 구조형식에 대한 성능 평가를 하기 위해서는 다음 절에서 소개하게 될 수치해석적 연구를 수행하며, 이와 더

불어 수리모형 시험을 수행하게 된다. 부소파제의 성능해석에서는 입사파랑에 대한 소파제의 폭, 흘수, 높이 등 다양한 변수들의 영향을 고려하여, 투과율에 대한 검증을 수행하게 된다. 또한 부소파제 자체가 내파성 가두리 양식장으로서의 역할도 수행하게 되기 때문에, 부소파제 자체의 거동도 중요한 설계요인이 된다. 해양파랑에 의해서 부소파제가 과도하게 운동한다면 이것은 곧 양식어류의 생산성 저하로 갈 수 있기 때문에 부소파제의 거동은 중요한 설계요소가 된다.

둘째로 고려되어지는 부소파제 형태는 선박형 부소파제이다(그림 3-3-10(b)). 이것은 이전에 사용되어지고 있는 중고선박을 개조하여 부소파제 기능을 수행하도록 하는 개념이다. 선박형 부소파제에서는 적당한 중고선박의 선택이 매우 중요하다. 비록 중고선박일지라도 가격이 수십억대에 달하기 때문에 경제성 평가가 가장 중요한 요소이다. 경제성 평가를 통하여 타당성만 입증된다면 적정 선박에 대한 내부개조를 통하여 부소파로 이용할 수 있으며, 특히 안정성이 뛰어난 특성을 가지게 된다.



(a) 상자형 부소파제



(b) 선박형 부소파제

그림 3-3-10. 부소파제의 개념설계 대상 모델.

Fig. 3-3-10. New model concept for float breaker.

(5) 부소파제 운용 개념

고정식 소파제에 비하여 부소파제의 가장 큰 특징 중의 하나가 이동이 가능하다는 것이기 때문에 부소파제의 운용개념을 이를 고려하여 정립할 수 있다. 물론 이러한 운용 개념은 해역환경이나 운용목적에 따라 달라질 수 있지만 그림 3-3-11과 같이 일정 해역에 계류하여 부소파제의 주기능을 발휘하게 하거나 이동하여 부기능을 발휘하게 하는 운용 개념을 생각할 수 있다. 예를 들어, 바다목장이 조성되면 부소파제는 바다목장을 보호하기 위해서 일정해역에 계류라인을 이용하여 계류된다. 그러나 파랑이 낮은 계절 동안에 특수한 목적으로 이동이 필요할 경우에는 부소파제의 본체로부터 계류시스템을 분리시켜 계류라인은 적정한 방법을 통하여 해상에 위치시키고, 본체는 이동을 시도할 수도 있다. 이와 같은 운용개념은 상자형과 선박형 부소파제에 모두 적용 가능한데, 특히 선박형이 예항성 및 이동성 면에서 뛰어나기 때문에 보다 유리할 것으로 판단된다.

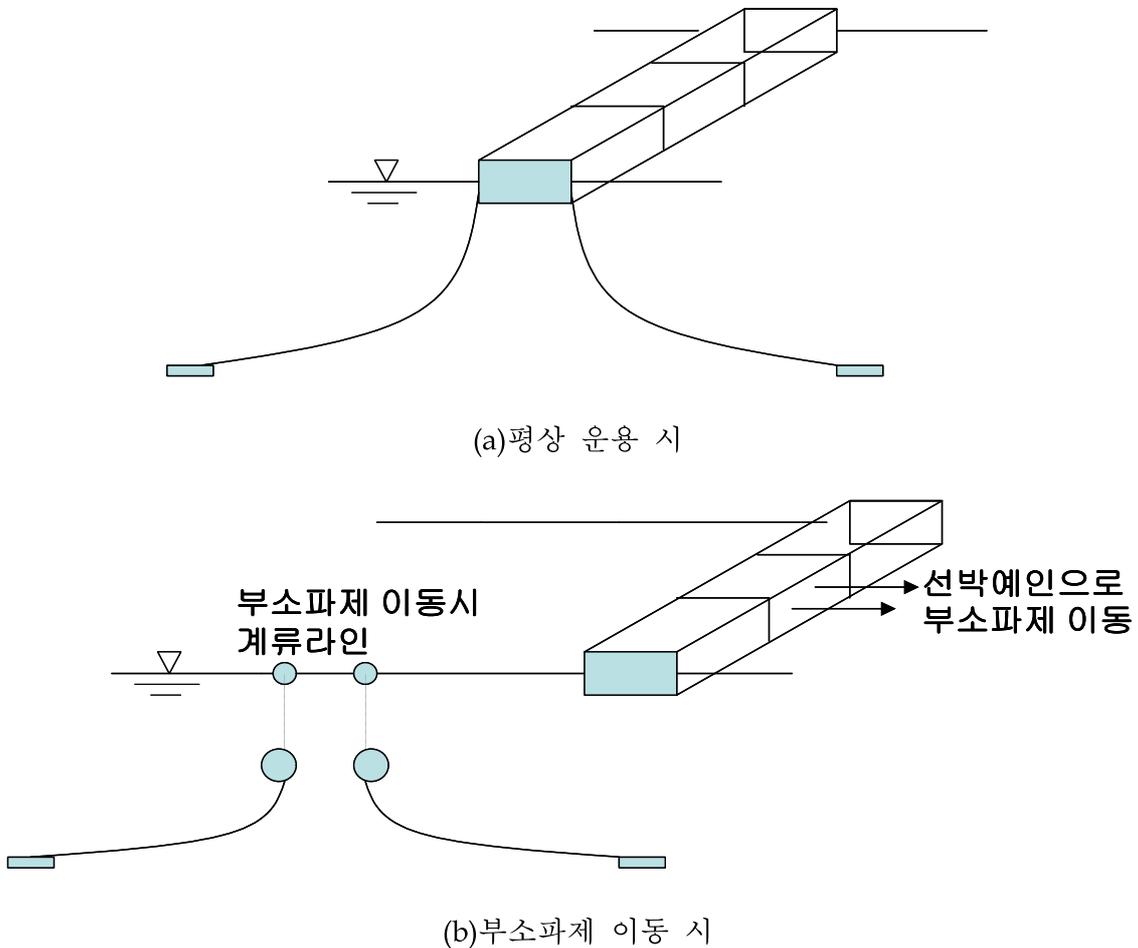


그림 3-3-11. 이동식 부소파제의 운용 개념.

Fig. 3-3-11. Employment concept for movable float breaker.

다. 부소파제의 거동해석

(1) 부체거동해석

(가) 연구의 배경

전남 바다목장 대상해역의 파 특성에 적합한 부유식 소파제의 성능추정을 위하여 선형파이론에 근거한 부소파제 소파성능 해석기법을 사용한다. 부소파제는 일반적으로 수심 20m 이상이며 파고가 상대적으로 작은 해역에 설치된다. 부소파제는 파 중에 계류된 선체와 같이 입사파에 의하여 기진되어 6자유도 운동을 하므로 방사파와 산란파를 발생시킨다. 소파제의 경우에는 이 3가지 파의 합은 소파제 전면으로 반사되어 나가는 반사파와 배후로 투과되는 투과파로 구분한다. 파 에너지 보존법칙에 의하여 반사파와 투과파 에너지의 합은 입사파의 에너지와 같으므로 반사파가 클수록 투과파가 작아지며 이것이 우수한 성능의 소파제이다. 본 연구에서는 유한수심 2차원 및 3차원 방사/산란파문제의 해법 - Green 적분방정식(경계요소법) - 에 입각한 소파제 성능해석 전용프로그램을 개발하고 이를 사용하여 수치모형에 대한 검증을 한다.

(나) 3차원 부소파제 성능해석

그림 3-3-12에서 보는바와 같이 균일한 수심 h 인 해역에서 $z=0$ 면을 정수면과 일치시킨 오른손 직각좌표계 (x, y, z) 에서 양의 x 방향으로 진행하는 입사파 중에 부소파제가 계류시스템에 의하여 평균위치를 유지하며 6자유도 조화운동을 하고 있다. 비점성 유체, 비회전성 유동을 가정하면 속도포텐셜 $\Phi = \text{Re}\{\Psi e^{-i\omega t}\}$ 로부터 유체속도 $\vec{v} = \nabla\Phi$ 를 구할 수 있다. 입사파 포텐셜 Ψ_0 와 부소파제에 의한 산란파 Ψ_r 및 방사파 포텐셜의 합이다. Ψ_0 는 다음식으로 주어진다.

$$\Psi_0 = -\frac{a_0\omega}{m_0} \frac{\cosh m_0(z+h)}{\sinh m_0 h} e^{im_0(x \cos\beta + y \sin\beta)} \quad (3-3-1)$$

$$m_0 \tanh m_0 h = k_0, \quad k_0 = \frac{\omega^2}{g} \quad (3-3-2)$$

위에서 m_0 는 유한수심에서의 파수(wavenumber)이다.

방사파 포텐셜 Ψ_R 은 물체운동의 복소 진폭 a_k ($k=1, 2, \dots, 6$)와 각각의 운동에 관련된 단위 포텐셜 Ψ_k ($k=1, 2, \dots, 6$)의 곱의 합으로 표시할 수 있다.

$$\Psi_R = -i\omega \sum_{k=1}^6 a_k \Psi_k \quad (3-3-3)$$

부소파제의 운동에 의한 방사파 및 산란파 포텐셜 $\psi_k(k=1,2,\dots,6)$ 및 ψ_7 의 부소파제 접수면 S 상 경계조건은

$$\frac{\partial \psi_k}{\partial n_0} = N_k, \text{ for } k=1,2,\dots,6 \quad (3-3-4)$$

여기서 N_k 는 다음과 같은 접수면에서의 generalized normal 성분이다.

$$N_k = \vec{e}_k \cdot \vec{n}_0, \text{ for } k=1,2,3 \quad (3-3-5)$$

$$N_k = (\vec{e}_{k-3} \times \overrightarrow{O_C P}) \cdot \vec{n}_0, \text{ for } k=4,5,6 \quad (3-3-6)$$

$$N_7 = -\frac{\partial \psi_D}{\partial n_0} \quad (3-3-7)$$

위에서 O_C 는 부소파제 회전운동의 중심이다.

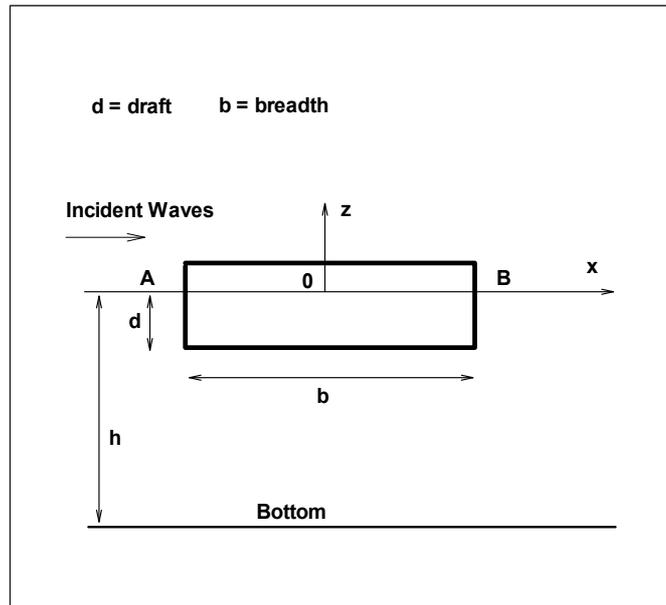


그림 3-3-12. 좌표계.

Fig. 3-3-12. Definition sketch.

포텐셜은 지배방정식과 자유표면, 해저면 및 무한원방 경계조건을 만족시키는 Kelvin 형 Green 함수 $G(P, M)$ 를 사용하여 다음과 같은 Green 적분방정식의 해로부터 구할 수 있다(Guevel *et al.*, 1978).

$$\frac{\Psi_k(P)}{2} + \int \int_S \Psi_k(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n_M} ds = \int \int_S \frac{\partial \Psi_k}{\partial n_0} G(P, M) ds, P \text{ on } S \quad (3-3-8)$$

한편 적분방정식에 도입된 Kelvin 형 Green 함수로 인한 특이파수 현상을 제거하려면 (3-3-8)식에 (3-3-9)식이 추가된 over-determined 형태의 improved Green integral equation을 사용하여야 한다(Hong, 1987)(Hong and Lee, 1999).

$$\int \int_S \Psi_k(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n_M} ds = \int \int_S \frac{\partial \Psi_k}{\partial n_0} G(P, M) ds, P \text{ on } W \quad (3-3-9)$$

여기서 W 는 물체의 수선면이다. 연립적분 방정식 (3-3-8), (3-3-9)은 적절한 이산화에 의하여 선형 대수방정식으로 변환되어 쉽게 풀릴 수 있다.

부소파제의 복소 운동진폭 $a_k (k=1, 2, \dots, 6)$ 는 다음과 같은 주파수 영역 운동방정식의 해로 얻어진다.

$$\sum_{k=1}^6 \left\{ \frac{M_s}{\rho h^2} I_{jk} + [CM_{jk} + i(CA_{jk} + B_{jk}')] - \frac{R_{jk}^1}{k_0 h} - K_{jk} \right\} \cdot a_k = -CF_j, j=1, 2, \dots, 6 \quad (3-3-10)$$

여기서 I_{jk} , R_{jk}^1 , B_{jk} 및 K_{jk} 는 각각 부소파제의 관성계수, 복원력계수, 계류 감쇄계수 및 계류 복원력계수이다. 파 기진력계수 CF_j 는

$$CF_j = \frac{-i}{a_0 \omega h^2} \int \int_S \Psi_j N_j ds, j=1, 2, \dots, 6 \quad (3-3-11)$$

부가 질량계수 CM_{jk} 와 파 감쇄계수 CA_{jk} 는

$$CM_{jk} + CA_{jk} = -\frac{1}{h^2} \int \int_S \Psi_k N_j ds, j=1, 2, \dots, 6 \quad (3-3-12)$$

파 중에 계류된 부유 구조물에 작용하는 수평방향 시간평균 표류력은 다음과 같은 near-field formula의 파 주기에 대한 시간평균으로 구하여 진다(Pinkster and van Oortmerssen, 1977).

$$\vec{F}_d = -\frac{\rho g}{2} \int_W \zeta_R^2 \vec{n}_0 dl + \rho \int \int_{S_0} \left[\frac{1}{2} v^2 + \vec{D} \cdot \nabla \left(\frac{\partial \Phi}{\partial t} \right) \right] \vec{n}_0 ds + \vec{\Theta} \times \vec{F}_{inertia} \quad (3-3-13)$$

여기서 자유표면의 높이는 수선의 평균위치에서 다음과 같이 계산된다.

$$\zeta_R = \frac{i\omega}{g} \Psi - \vec{D} \cdot \vec{e}_2 \quad (3-3-14)$$

위에서 \vec{D} 는 수선에 위치한 선체표면상 1점의 운동변위이다.

$$\vec{D}(M_0) = \vec{a} + \vec{\Theta} \times \overline{O_C M_0} \quad (3-3-15)$$

$$\vec{a} = \sum_{k=1}^3 a_k \vec{e}_k, \quad \vec{\Theta} = \sum_{k=4}^6 a_k \vec{e}_{k-3} \quad (3-3-16)$$

적분방정식과 운동방정식의 해로부터 포텐셜 값을 구할 수 있고 이로부터 부소파제의 전,후에서의 파고를 직접 구할 수 있다.

한편 무한원방 파고 n^∞ 는 산란파 및 방사파에 관련된 3차원 유한수심 Kochin function $H(\theta)$ 를 사용하여 구할 수 있다.

$$n^\infty = n_0 + n_p \quad (3-3-17)$$

$$n_0 = -ia_0 \frac{k_0}{m_0} \frac{\cosh M_0}{\sinh M_0} e^{im_0(x \cos \beta + y \sin \beta)} \quad (3-3-18)$$

$$n_p^\infty = i \frac{\omega}{g} \lim_{r \rightarrow \infty} \Psi_p(z=0) \quad (3-3-19)$$

$$H(\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1}{\sinh M_0} \iint_S \left\{ [(\Psi_R + \Psi_T) \frac{\partial}{\partial n} - \frac{\partial(\Psi_R + \Psi_T)}{\partial n}] \cosh m_0(z+h) e^{-im_0(x \cos \theta + y \sin \theta)} \right\} ds \quad (3-3-20)$$

$$\psi_p = \sqrt{8\pi m_0} \frac{K_0^2}{M_0(M_0^2 - K_0^2 + K_0)} \frac{\cosh m_0(z+h)}{\sinh M_0} \quad (3-3-21)$$

$$e^{i(m_0 \sqrt{x^2+y^2} + \frac{\pi}{4})} \frac{1}{\sqrt{r}} H(\theta)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (3-3-22)$$

그림 3-3-12에 보인 바와 같은 단면형상을 갖는 상자형 부유체를 부소파제의 수치모델로 채택하였다. 제원은 다음 표와 같다.

표 3-3-8. 부소파제 수치모형 제원

Table 3-3-8. Principal particulars of caisson-type breakwater

L	draft	breadth	z _G	R _x	R _y	R _z
40m	4.5m	20m	-2m	13m	6m	13m

위에서 L은 파진행방향에 수직인 부소파제의 길이이고 R_x, R_y, R_z는 각각 x,y,z 축 주위의 관성반경이다. 유한수심 3차원 포텐셜 유동의 해석은 매 주파수마다 상당한 계산시간이 걸리며 특히 상자형 부유체이고 파진행방향에 수직인 부소파제의 길이L이 긴 경우는 2차원 해석결과가 3차원 것과 비슷하므로 보통 2차원 해석에 의존한다. 여기서는 입사파의 주기 T=5 초 및 15초에 대하여 입사각이 0인 경우에 대한 유한수심 3차원 해석결과를 소개한다. 수치모델의 접수면은 다음 그림과 같이 이산화되었다.

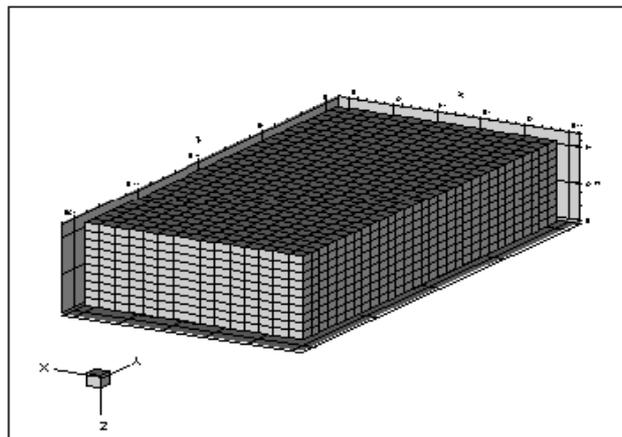


그림 3-3-13. 상자형 부소파제 수치모형.

Fig. 3-3-13. Panel representation of a quarter of the wetted surface of the floating breakwater.

부가 질량계수 CM_{jk} , 파 감쇠계수 CA_{jk} 및 파 기진력계수 CF_j 는 다음 표와 같다.

표 3-3-9. 부가질량계수

Table 3-3-9. Added-mass coefficients

	T=15 sec.	T=5 sec.
CM_{11}	5.938441E-01	1.704648E-01
CM_{22}	2.648603E-01	1.629185E-01
CM_{33}	2.255089E+00	1.437828E+00
CM_{44}	4.786538E-01	3.271980E-01
CM_{55}	7.690460E-02	5.562166E-02
CM_{66}	1.302476E-01	1.391147E-01
CM_{15}	9.341326E-02	-6.349574E-03
CM_{24}	-1.436164E-01	6.303807E-03

표 3-3-10. 파 감쇠계수

Table 3-3-10. Wave damping coefficients

	T=15 sec.	T=5 sec.
CA_{11}	3.711063E-02	8.341941E-01
CA_{22}	2.057720E-02	4.072619E-01
CA_{33}	9.583019E-01	5.082639E-01
CA_{44}	2.964758E-02	1.078070E-01
CA_{55}	2.641082E-03	1.686098E-02
CA_{66}	2.076949E-04	2.260754E-01
CA_{15}	9.960862E-03	1.179763E-01
CA_{24}	-2.471128E-02	-1.473551E-01

표 3-3-11. 파 기진력계수

Table 3-3-11. Wave excitation coefficients

	T=15 sec.	T=5 sec.
CF_{11}	-1.172693E+00 -4.179092E-02	-2.001002E-01 4.053824E-02
CF_{22}	-7.245347E-01 -4.231913E+00	-1.390087E-01 -1.325879E-02
CF_{33}	-3.164101E-01 -1.108055E-02	-3.117280E-02 5.785808E-03

x 방향의 시간평균 파 표류력 계수는 다음과 같다.

표 3-3-12. 시간평균 파 표류력계수

Table 3-3-12. Time-mean wave drift coefficients

	T=15 sec.	T=5 sec.
$F_x / \rho g a_0^2 h$	-2.032119E-05	1.418995E+00

부소파제 운동은 다음과 같다.

표 3-3-13. 부소파제 운동응답

Table 3-3-13. Motion responses of floating breakwater

	T=15 sec.	T=5 sec.
a_1/a_0	1.673373E+00 -4.225881E-05	2.240793E-01 -2.431531E-01
a_3/a_0	3.514878E-03 -1.024994E+00	2.795606E-01 -4.703081E-02
$a_5/(a_0 k_0)$	-1.028322E+00 1.616321E-05	3.902533E-01 -3.642487E-01

한편 부소파제 상의 1점 M_0 를 계류점이라하면 여기서의 변위는 부소파제 운동과 회전 중심으로부터의 거리를 사용하여 다음과 같이 얻어진다.

$$\vec{A}(M_0) = \vec{a} + \vec{\theta} \times \overline{O_c M_0}$$

부소파제 전면 하단 모서리를 계류점이라 하면 이곳의 수평 및 수직 변위의 진폭은 다음 그림3-3-14~17에서와 같다.

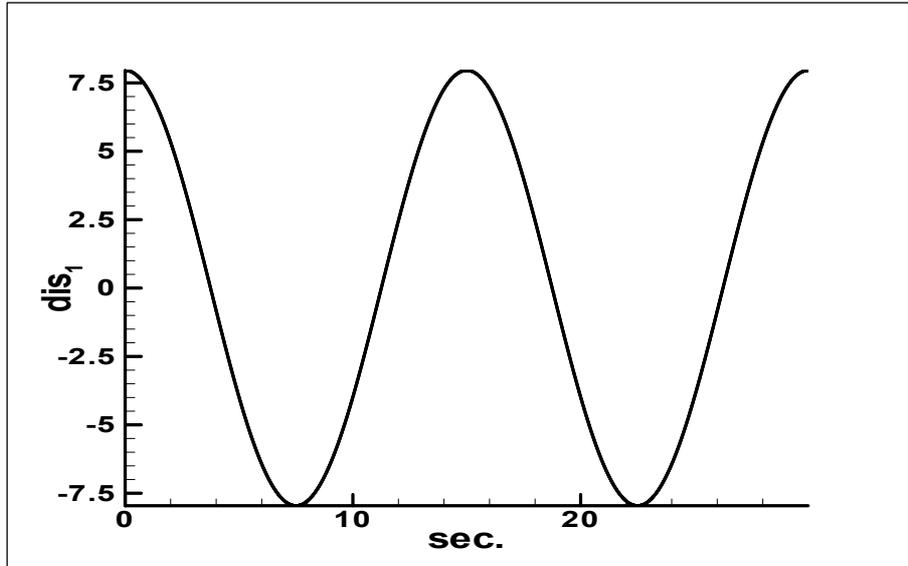


그림 3-3-14. 계류점의 수평변위 진폭, 주기 10초 파고 10m.

Fig. 3-3-14. Amplitude of horizontal displacement of mooring point, Period 10 sec.
Waveheight=10m.

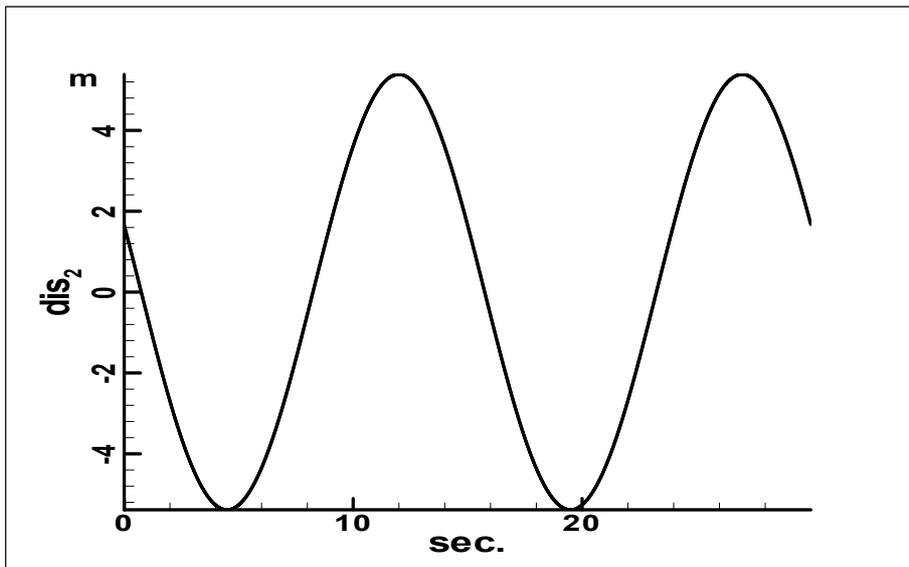


그림 3-3-15. 계류점의 수직변위 진폭, 주기 10초 파고 10m.

Fig. 3-3-15. Amplitude of vertical displacement of mooring point, Period 10 sec.
waveheight=10m.

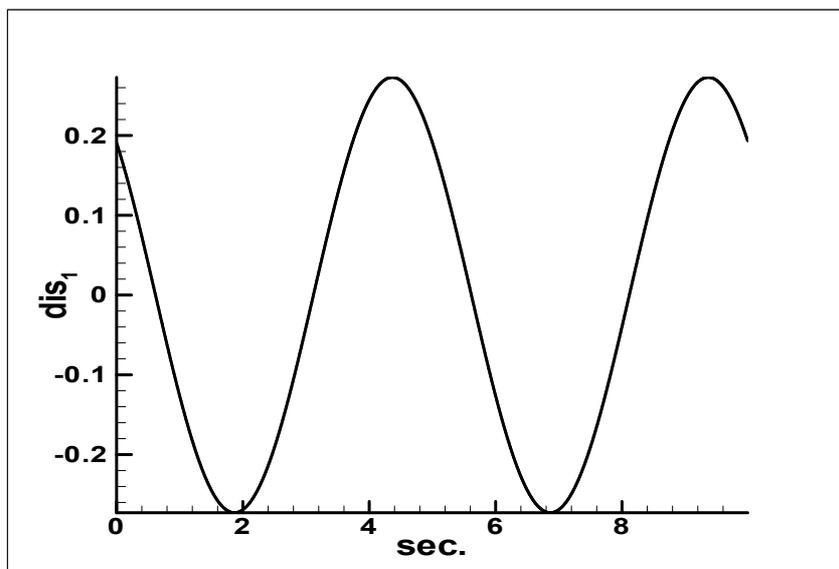


그림 3-3-16. 계류점의 수평변위 진폭, 주기 5초 파고 1m.

Fig. 3-3-16. Amplitude of horizontal displacement of mooring point, Period 5 sec.
Waveheight=1m.

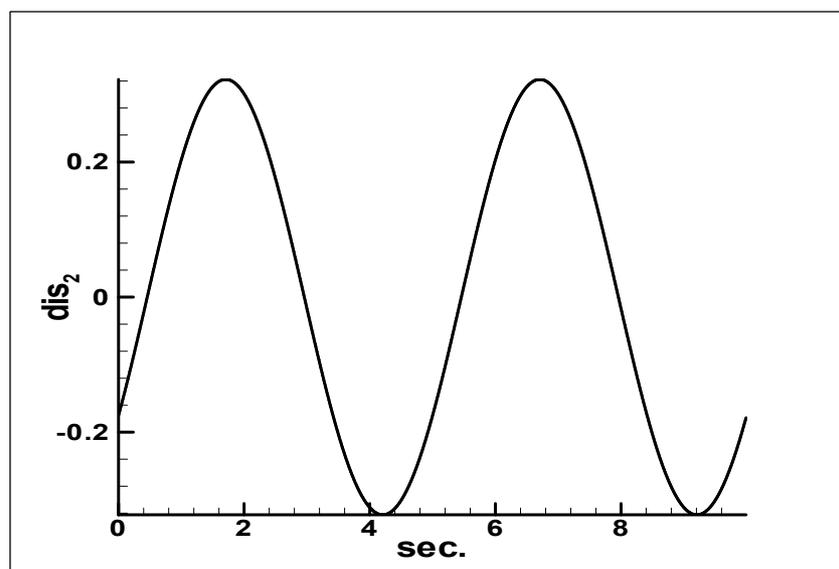


그림 3-3-17. 계류점의 수직변위 진폭, 주기 5초 파고 1m.

Fig. 3-3-17. Amplitude of vertical displacement of mooring point, Period 5 sec.
Waveheight=1m.

(다) 2차원 부소파제 성능해석

그림 3-1-18에 보인바와 같이 균일한 수심 h 인 해역에서 $y=0$ 면을 정수면과 일치시킨 오른손 직각좌표계 (x, y) 에서 양의 x 방향으로 진행하는 입사파 중에 부소파제가 평균위치를 기준으로 운동하고 있다. 비점성 유체, 비회전성 유동을 가정하면 속도포텐셜 $\Phi = Re(\Psi e^{-i\omega t})$ 는 입사파 포텐셜 Ψ_0 와 산란파 및 방사파 포텐셜의 합이다. Ψ_0 는 다음식으로 주어진다.

$$\Psi_0 = -\frac{a_0\omega}{m_0} \frac{\cosh m_0(y+h)}{\sinh m_0 h} e^{im_0 x} \quad (3-3-23)$$

$$m_0 \tanh m_0 h = k_0, \quad k_0 = \frac{\omega^2}{g} \quad (3-3-24)$$

위에서 m_0 는 유한수심에서의 파수이다.

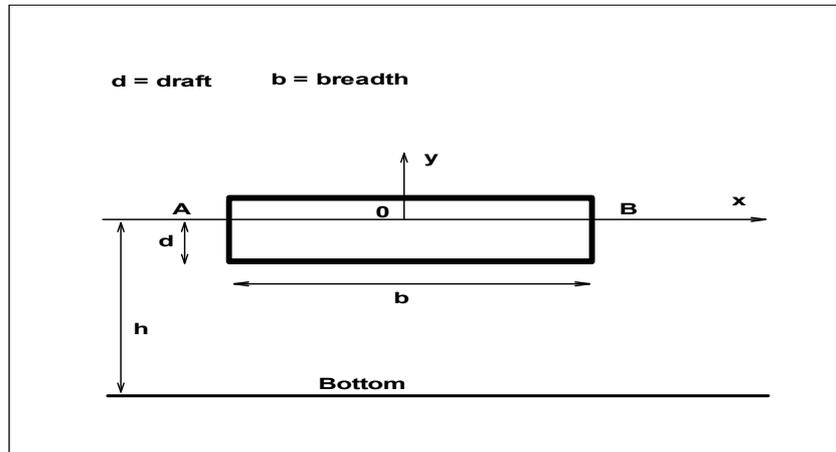


그림 3-3-18. 2차원 좌표계.

Fig. 3-3-18. Definition sketch for two-dimensional analysis.

부유체는 입사파에 의하여 기진되어 원 진동수 ω 로 미소진폭 단순조화운동을 한다. 접수면 및 밖을 향한 법선 벡터를 각각 S_0, \vec{n}_0 라하고 S_0 와 평면 $y=0$ 가 만나는 점을 부유체의 홀수선 W 라 한다. 부유체의 3자유도운동은 다음과 같다.

$$\vec{a} = a_1 \vec{e}_1 + a_2 \vec{e}_2, \quad \vec{\theta} = a_3 \vec{e}_3 \quad (3-3-25)$$

산란파 Ψ_4 및 방사파 Ψ_R 을 구하면 비정상 유동의 전체 포텐셜 Ψ 는 다음과 같다.

$$\Psi = \Psi_0 + \Psi_4 + \Psi_R \quad (3-3-26)$$

$$\Psi_R = -i\omega \sum_{k=1}^3 a_k \Psi_k \quad (3-3-27)$$

$$-k_0 \Psi + \frac{\partial \Psi}{\partial y} = 0 \quad (3-3-28)$$

이외 잘 알려져 있는 산란-방사파 문제 경계조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \Psi_k}{\partial n_0} = N_k \text{ for } k=1,2,3,4 \text{ on } S_0 \quad (3-3-29)$$

$$N_k = \vec{e}_k \cdot \vec{n}_0 \text{ for } k=1,2 \quad (3-3-30)$$

$$N_3 = (\vec{e}_3 \times \overrightarrow{OCM}) \cdot \vec{n}_0, N_4 = -\frac{\partial \Psi_0}{\partial n_0} \quad (3-3-31)$$

유체내부영역에 걸쳐 포텐셜과 유한수심 Kelvin형 Green 함수 K (Clément 1979)에 Green정리를 적용하면 Ψ_k 에 관한 다음 Green적분방정식을 얻는다.

$$\frac{\Psi_k(P)}{2} + \int_{S_0} \Psi_k(M) \frac{\partial K(P, M)}{\partial n_M} ds = \int_{S_0} \frac{\partial \Psi_k(M)}{\partial n_M} K(P, M) ds, \quad (3-3-32)$$

$P \text{ on } S_0 \cup W$

부소파제의 운동은 통상적인 부유구조물에 작용하는 힘 및 모멘트의 평형조건식인 주파수 영역 운동방정식으로부터 얻는다.

$$\sum_{k=1}^3 [-\omega^2 m I_{jk} - \rho L^2 \omega^2 (M_{jk} + i B_{jk}) + \rho g L R_{jk}] a_j = \rho a_0 \omega^2 L^2 F_j \quad j=1,2,3 \quad (3-3-33)$$

위에서 m , I_{jk} , R_{jk} , M_{jk} , B_{jk} 및 F_j 는 각각 잘 알려져 있는 부유구조물의 질량, 관성 계수, 복원력계수, 부가질량계수, 파 감쇠계수 및 파 기진력계수이며 L 은 구조물의 특성길

이다.

양의 x 방향으로 진행하는 입사파 중에 있는 부유체에서 무한원방 $x = -\infty$ 에서의 산란파에 의한 반사계수를 R_4 , 방사파의 각 성분에 의한 반사계수를 $R_k (k=1,2,3)$ 라 하고, $x = +\infty$ 에서의 산란파 및 방사파에 의한 투과계수를 T_4 및 $T_k (k=1,2,3)$ 로 표시하면

$$R_k = \frac{K_0^2}{(M_0^2 - K_0^2 + K_0)} H_k(\pi), k = 1, 2, 3, 4 \quad (3-3-34)$$

$$T_k = \frac{K_0^2}{(M_0^2 - K_0^2 + K_0)} H_k(0), k = 1, 2, 3, 4 \quad (3-3-35)$$

위에서 $H(\theta)$ 는 2차원 유한수심 Kochin function이다.

$$H_k(\theta) = - \int_{S_0} \left(\frac{\partial \Psi_k(M)}{\partial n_M} - \Psi_k \frac{\partial}{\partial n} \right) \frac{\cosh M_0(Y+1)}{\sinh M_0} e^{-i M_0 X \cos \theta} dL, \quad (3-3-36)$$

$k=1,2,3,4$

부소파체에 의한 반사계수 R 및 투과계수 T 는 다음 식으로 주어진다.

$$R = -R_4 + i \sum_{k=1}^3 A_k R_k \quad (3-3-37)$$

$$T = -i - T_4 + i \sum_{k=1}^3 A_k T_k \quad (3-3-38)$$

위에서 A_k 는 입사파진폭으로 무차원화된 부소파체의 복소운동진폭이다.

불규칙 입사파는 성분파의 주파수 ω 에 따라 파의 진폭 즉 파에너지가 다르다. 불규칙 입사파의 스펙트럼은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 일본의 연안에서 많이 사용되는 two-parameter wave spectrum인 개선형 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 사용한다. 불규칙파의 유의파고를 $H_{1/3}$, 유의주기 $T_{1/3}$ 이라하면 상기 스펙트럼은 다음과 같다.

$$S(\omega) = 0.205 (2\pi)^5 H_{1/3}^2 T_{1/3}^{-4} \omega^{-5} \exp\{-0.75 (2\pi)^4 [T_{1/3} \omega]^{-4}\} \quad (3-3-39)$$

부소파제 운동의 시계열은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$a_k(t) = \int_0^\infty a_k(\omega) \sqrt{2S(\omega)} d\omega, k=1,2, \dots, 6 \quad (3-3-40)$$

위에서 $a_k(\omega)$ 는 주파수영역 운동응답이다.

계류점의 불규칙파중 수평 및 수직변위의 시계열 ($\xi_k(t), k=1,2$)는 다음 식으로 구한다.

$$\xi_k(t) = \int_0^\infty \xi_k(\omega) \sqrt{2S(\omega)} d\omega, k=1,2 \quad (3-3-41)$$

$$\xi_1(\omega) = a_1(\omega) - a_3(\omega)(y_m - y_{O_c}) \quad (3-3-42)$$

$$\xi_2(\omega) = a_2(\omega) + a_3(\omega)(x_m - x_{O_c}) \quad (3-3-43)$$

위에서 (x_{O_c}, y_{O_c}) 와 (x_m, y_m) 는 각각 부소파제 회전중심 및 계류점의 좌표이다.

그림 3-1-12에 보인 바와 같은 직사각형 단면형상을 갖는 부소파제의 제원, 무게중심 Y_G 와 횡요관성반경 R_G 는 표 3-3-14와 같다.

표 3-3-14. 2차원 부소파제 수치모형 제원

Table 3-3-14. Principal particulars of caisson-type breakwater

	Beam(m)	draft(m)	R_G (m)	Y_G (m)
BW1	10	6	4.48	-2
BW2	20	6	7.31	-2
BW3	30	6	10.44	-2
BW4	40	6	13.67	-2
BW5	10	4.5	4.02	-1.5
BW6	20	4.5	7.04	-1.5
BW7	30	4.5	10.25	-1.5
BW8	40	4.5	13.52	-1.5
BW9	10	3	3.66	-1
BW10	20	3	6.83	-1
BW11	30	3	10.11	-1
BW12	40	3	13.42	-1
BW13	10	9	5.6	-3.6
BW14	20	9	8.043285	-3
BW15	30	9	10.96586	-3
BW16	40	9	14.07223	-3

수심 $h=20\text{m}$ 인 경우 부소파제의 폭 B 와 홀수 d 에 따른 부소파제 운동, 반사율과 투과율 및 불규칙파중 계류변위 등을 입사파 주기 $T=3\text{sec.} - 15\text{sec.}$ 에 걸쳐 계산하였다.

투과율과 반사율은 부소파제에 계류장치의 외력이 작용하지 않는 순수 부유상태인 경우와 부소파제가 파일등에 의하여 해상에 고정되었을 경우의 양자에 대하여 계산하였다.

① 부유식

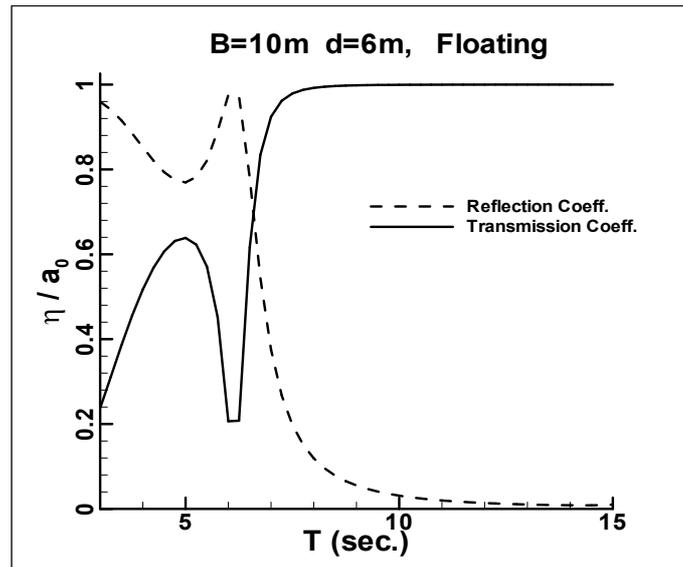


그림 3-3-19. 부유식 BW1 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-19. Farfield wave amplitude ratios of floating BW1.

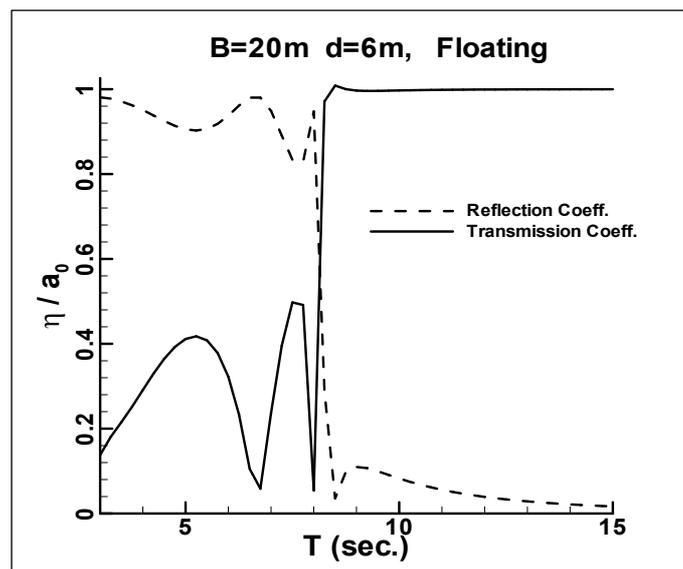


그림 3-3-20. 부유식 BW2 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-20. Farfield wave amplitude ratios of floating BW2.

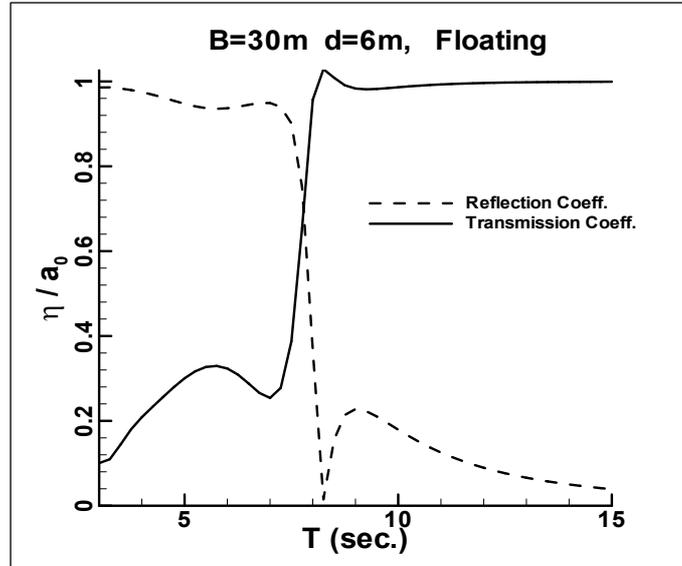


그림 3-3-21. 부유식 BW3 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-21. Farfield wave amplitude ratios of floating BW3.

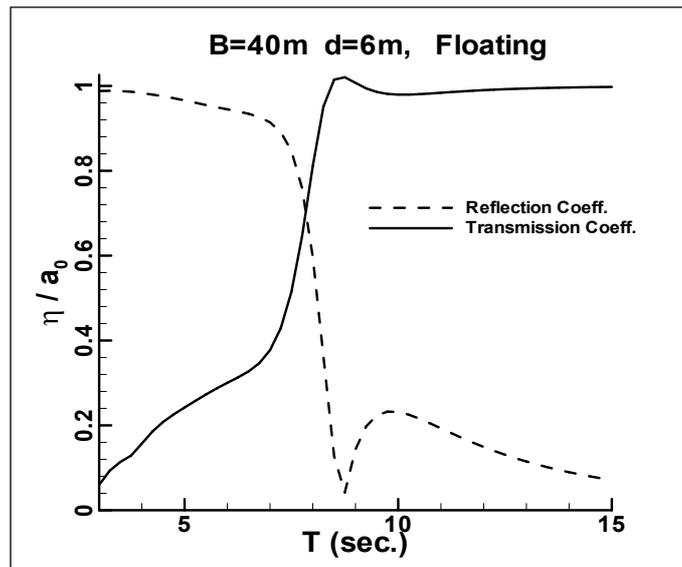


그림 3-3-22. 부유식 BW4 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-22. Farfield wave amplitude ratios of floating BW4.

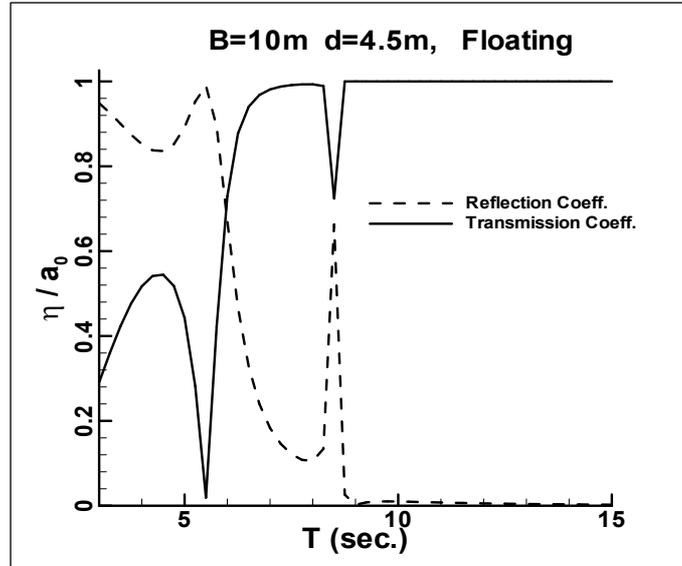


그림 3-3-23. 부유식 BW5 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-23. Farfield wave amplitude ratios of floating BW5.

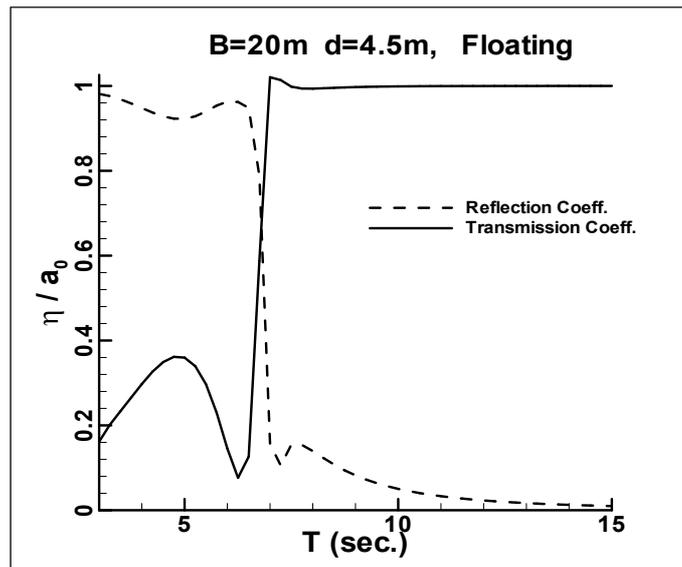


그림 3-3-24. 부유식 BW6 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-24. Farfield wave amplitude ratios of floating BW6.

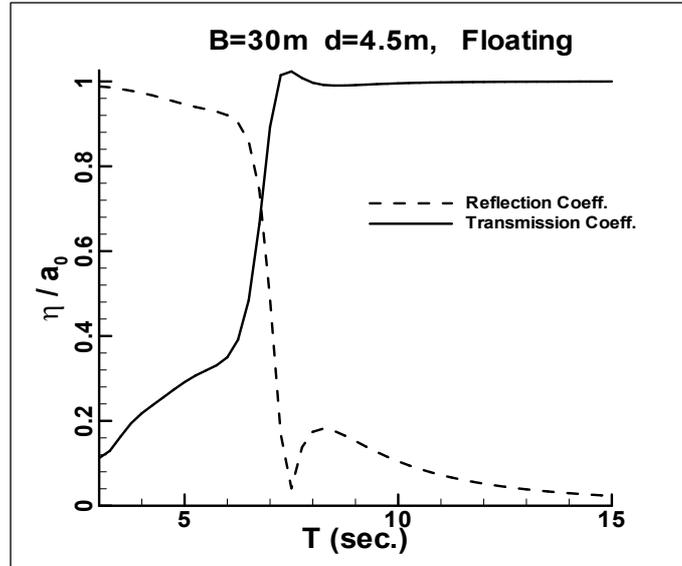


그림 3-3-25. 부유식 BW7 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-25. Farfield wave amplitude ratios of floating BW7.

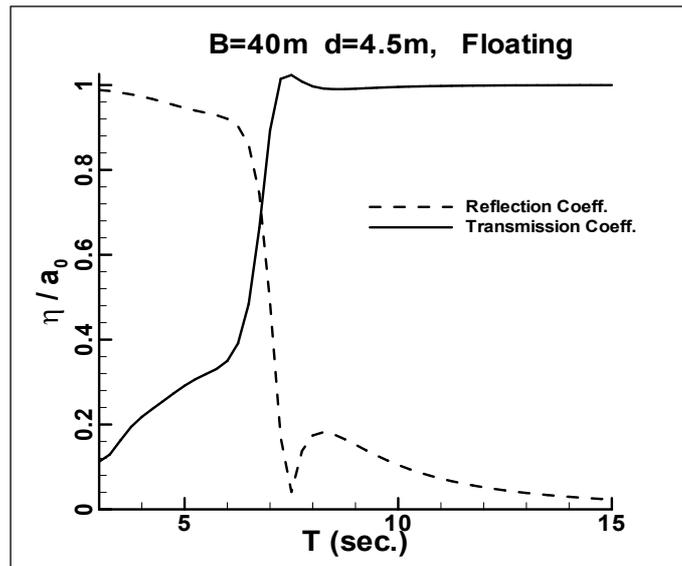


그림 3-3-26. 부유식 BW8 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-26. Farfield wave amplitude ratios of floating BW8.

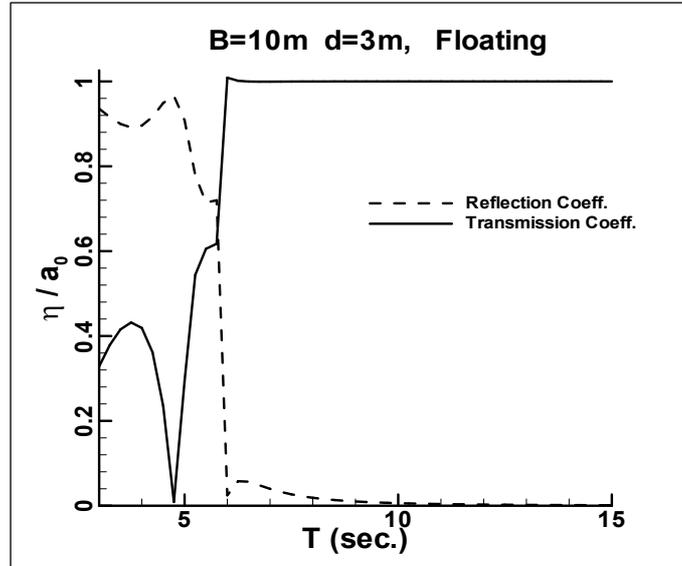


그림 3-3-27. 부유식 BW9 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-27. Farfield wave amplitude ratios of floating BW9.

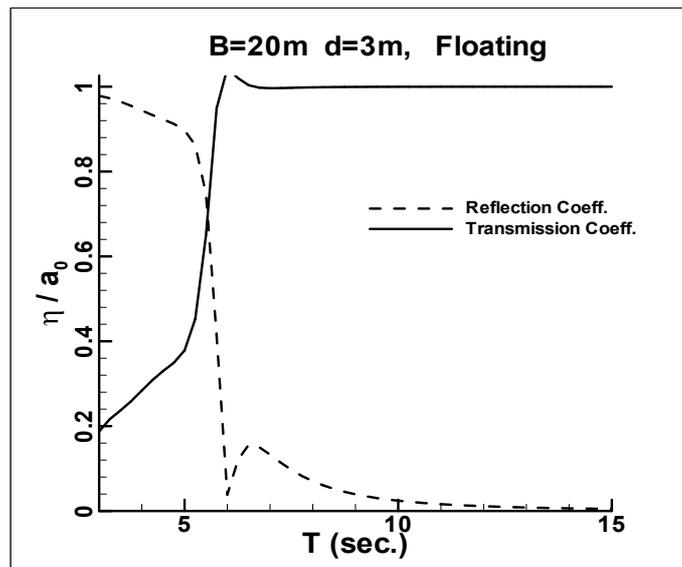


그림 3-3-28. 부유식 BW10 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-28. Farfield wave amplitude ratios of floating BW10.

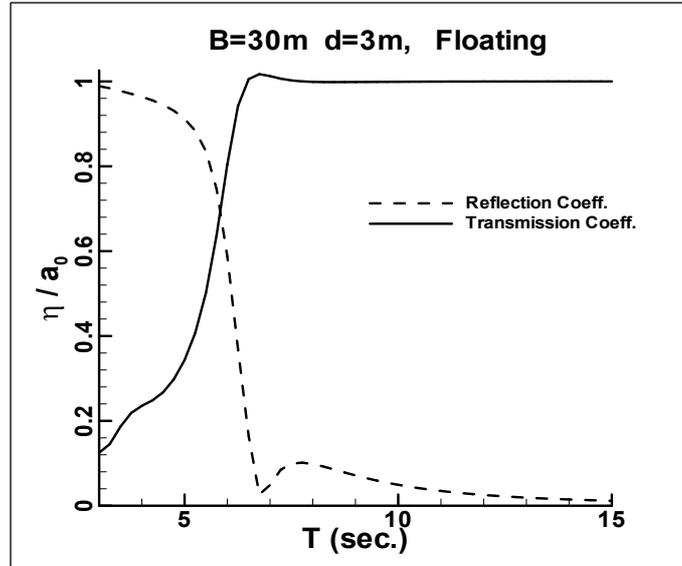


그림 3-3-29. 부유식 BW11 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-29. Farfield wave amplitude ratios of floating BW11.

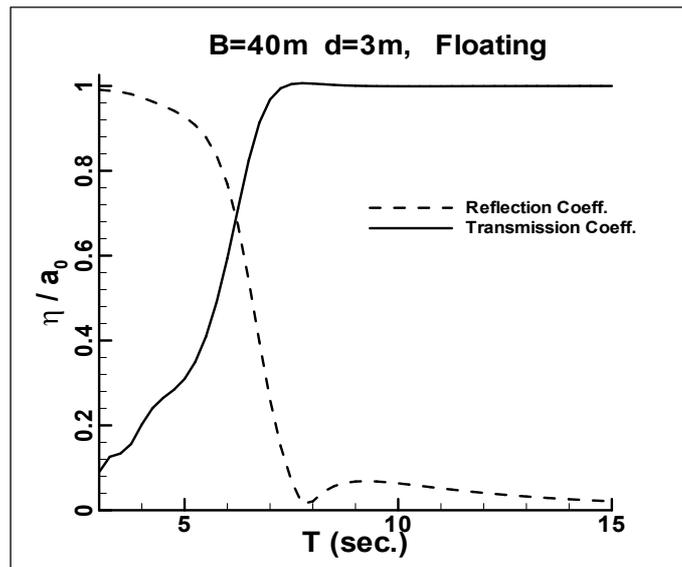


그림 3-3-30. 부유식 BW12 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-30. Farfield wave amplitude ratios of floating BW12.

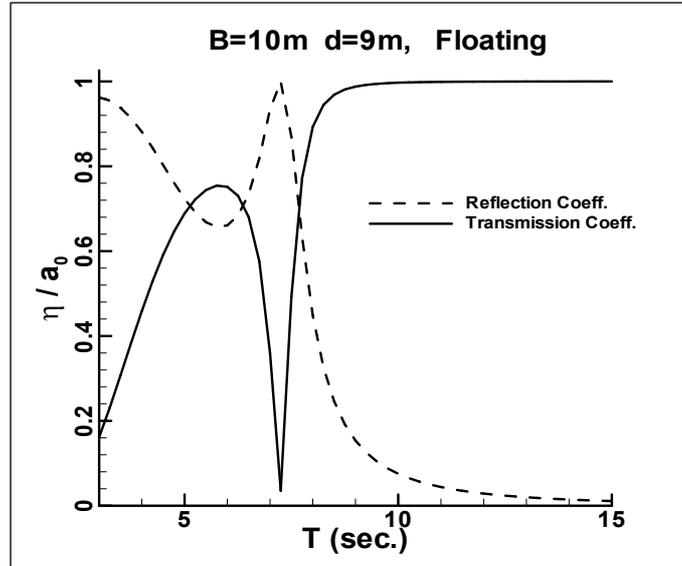


그림 3-3-31. 부유식 BW13 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-31. Farfield wave amplitude ratios of floating BW13.

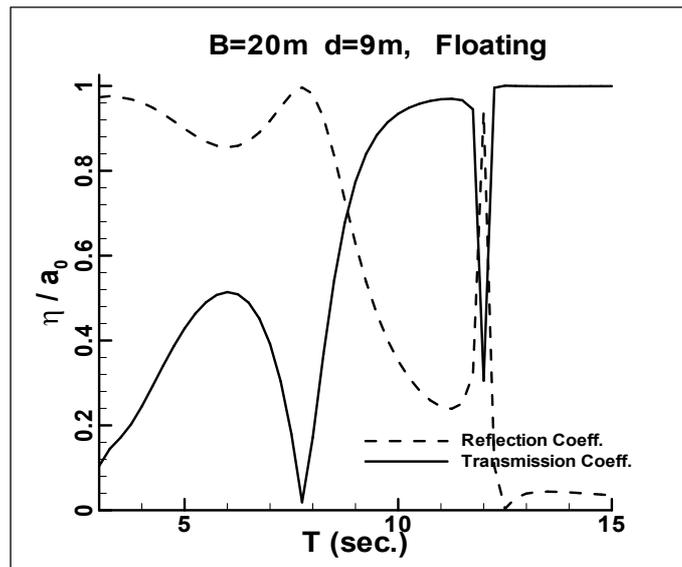


그림 3-3-32. 부유식 BW1 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-32. Farfield wave amplitude ratios of floating BW14.

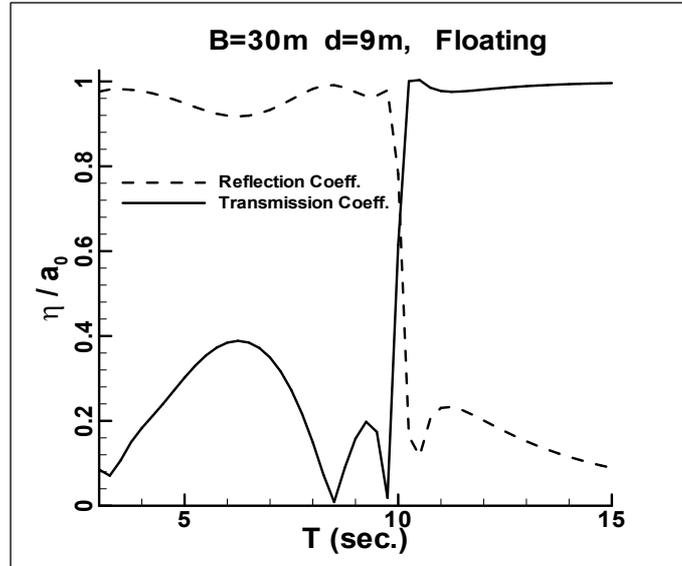


그림 3-3-33. 부유식 BW15 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-33. Farfield wave amplitude ratios of floating BW15.

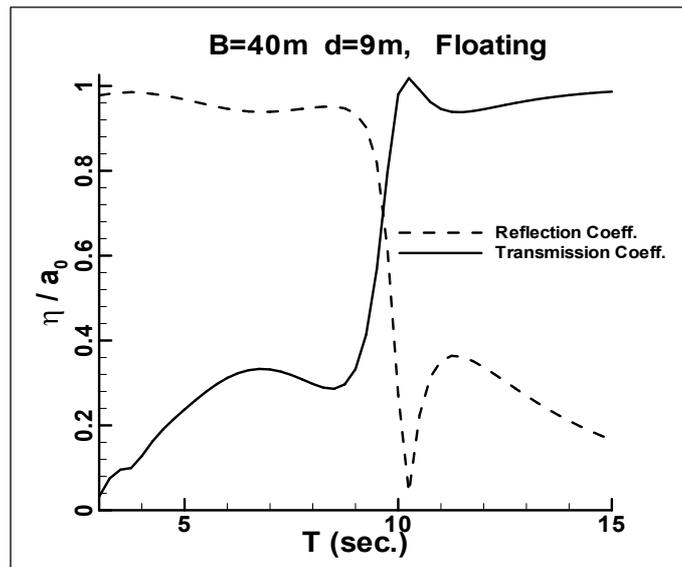


그림 3-3-34. 부유식 BW16 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-34. Farfield wave amplitude ratios of floating BW16.

② 고정식

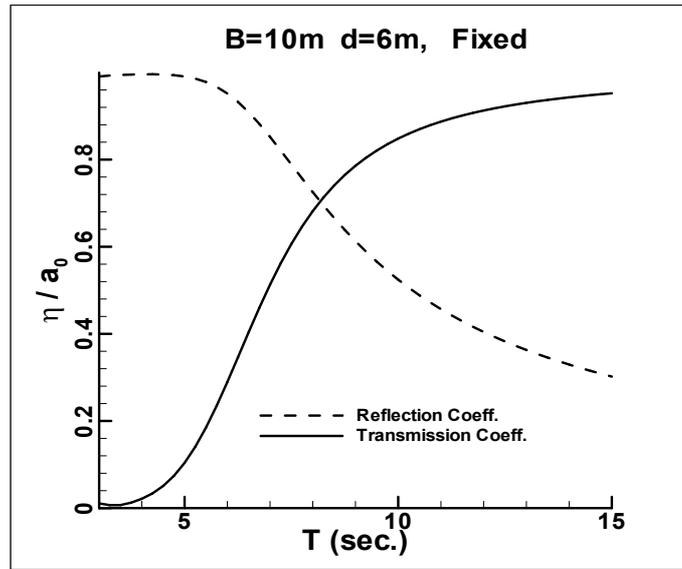


그림 3-3-35. 고정식 BW1 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-35. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW1.

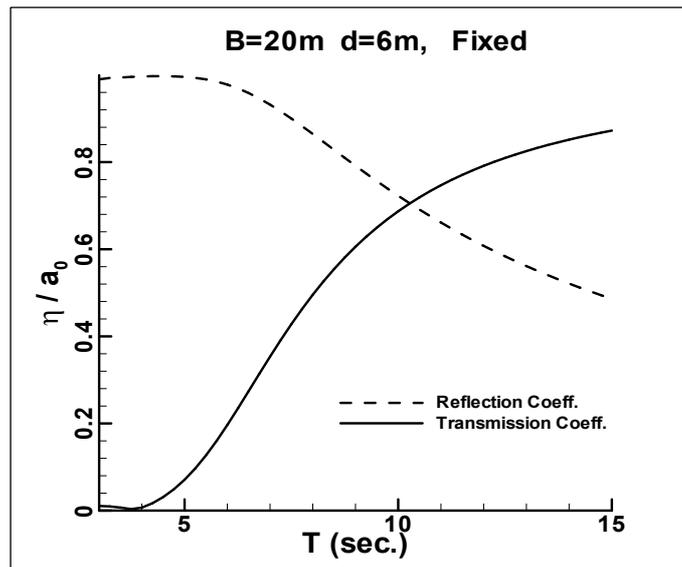


그림 3-3-36. 고정식 BW2 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-36. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW2.

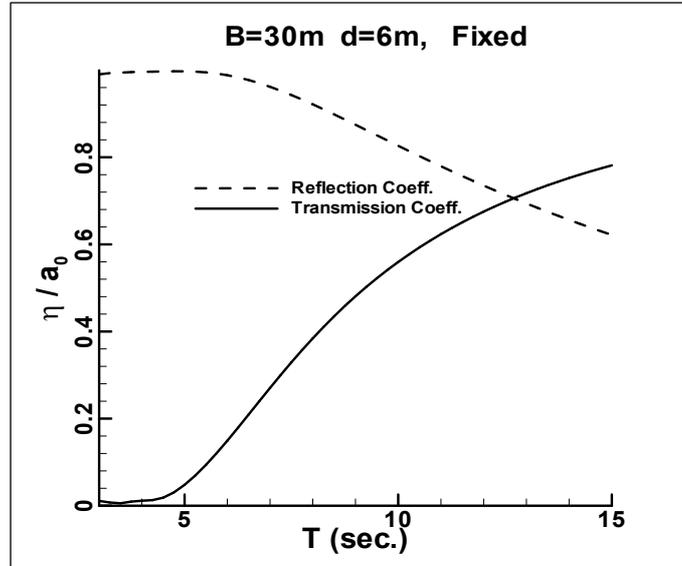


그림 3-3-37. 고정식 BW3 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-37. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW3.

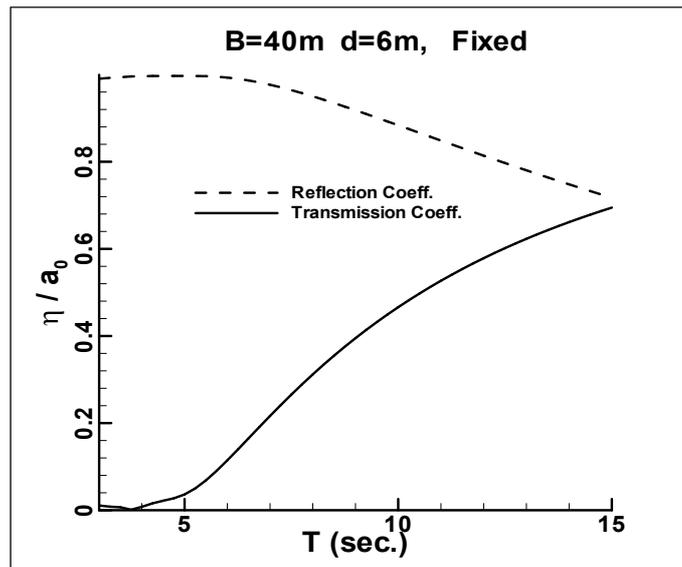


그림 3-3-38. 고정식 BW4 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-38. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW4.

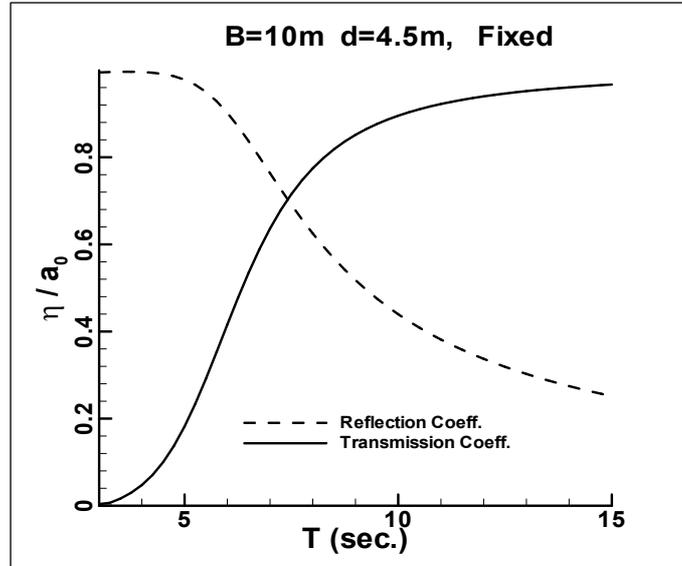


그림 3-3-39. 고정식 BW5 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-39. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW5.

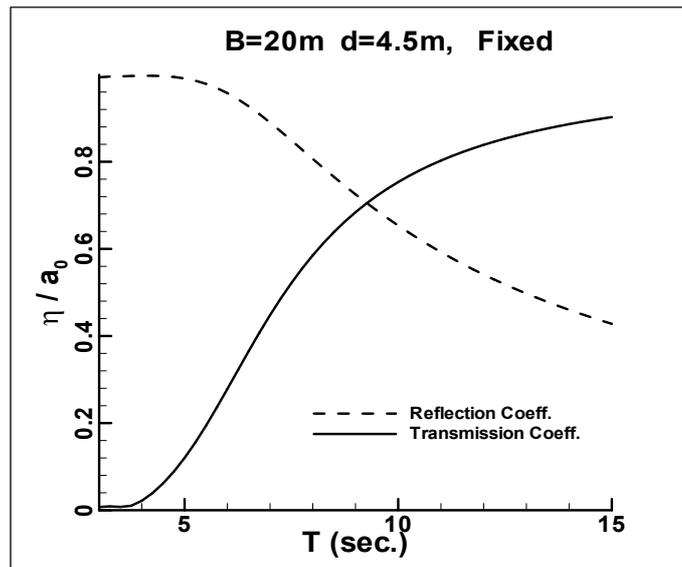


그림 3-3-40. 고정식 BW6 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-40. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW6.

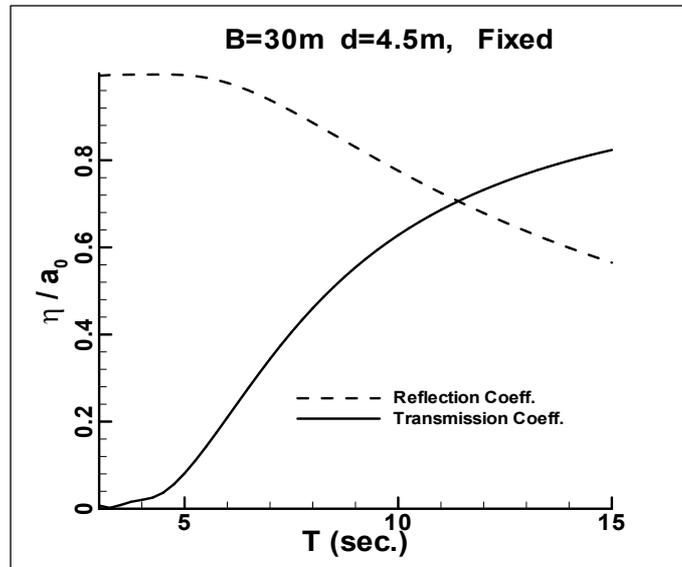


그림 3-3-41. 고정식 BW7 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-41. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW7.

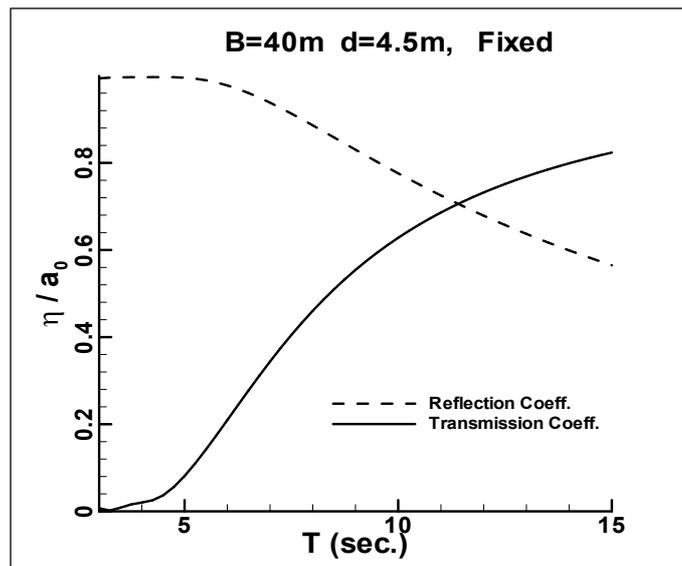


그림 3-3-42. 고정식 BW8 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-42. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW8.

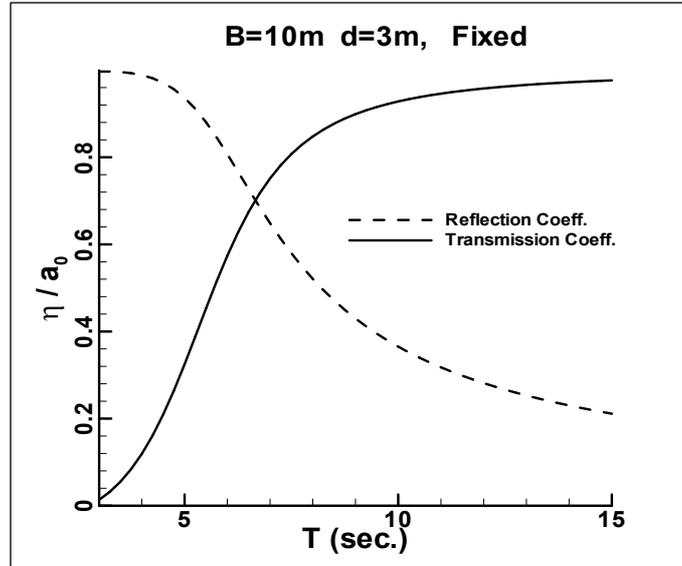


그림 3-3-43. 고정식 BW9 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-43. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW9.

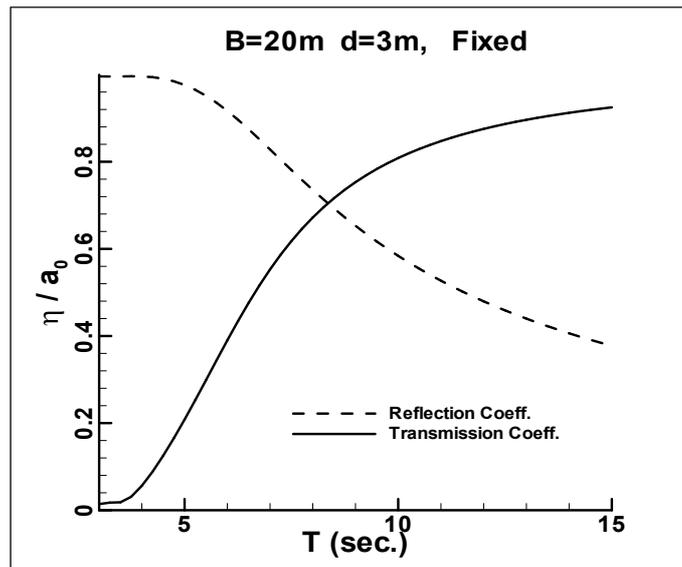


그림 3-3-44. 고정식 BW10 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-44. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW10.

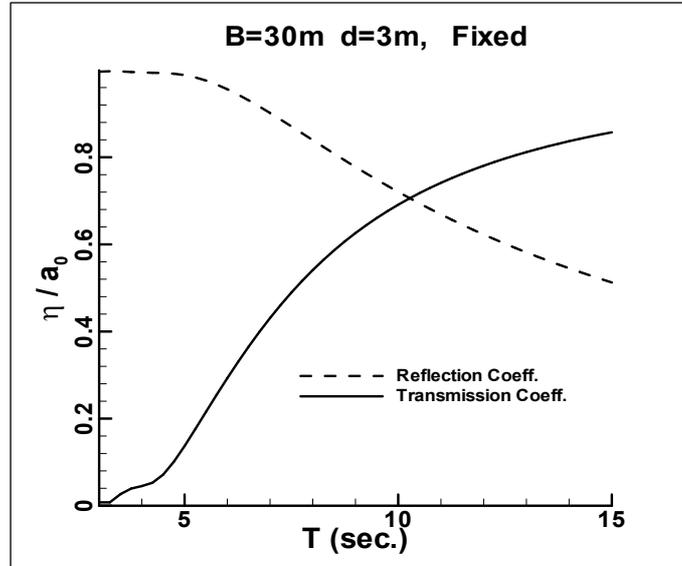


그림 3-3-45. 고정식 BW11 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-45. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW11.

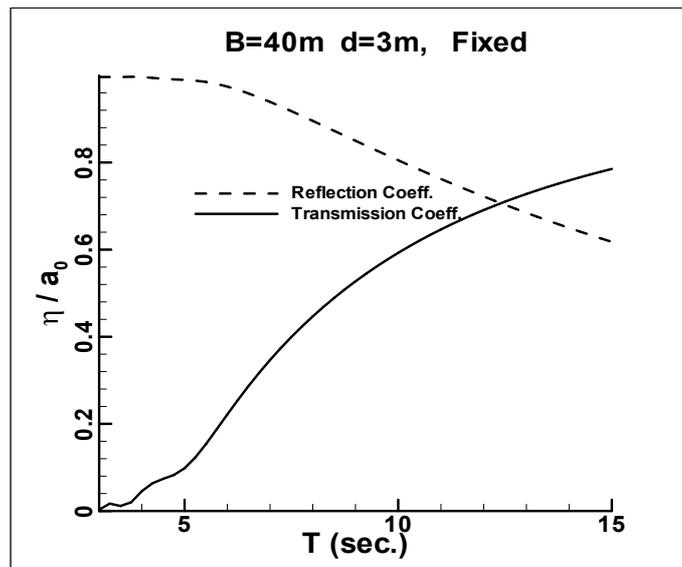


그림 3-3-46. 고정식 BW12 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-46. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW12.

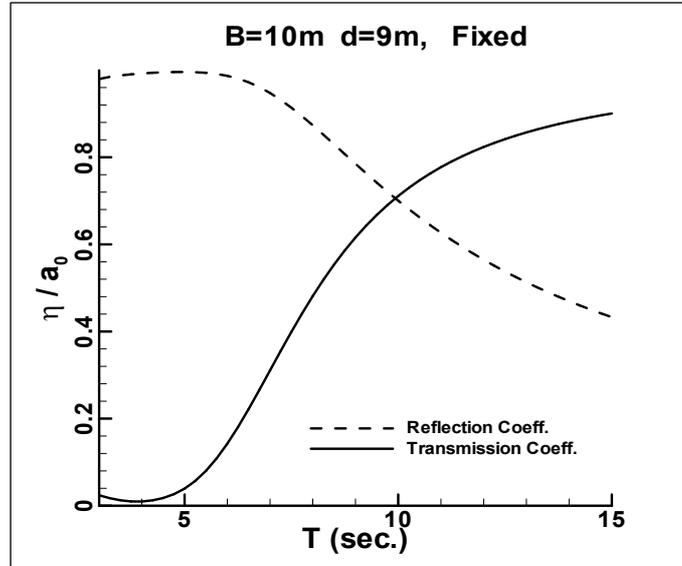


그림 3-3-47. 고정식 BW13 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-47. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW13.

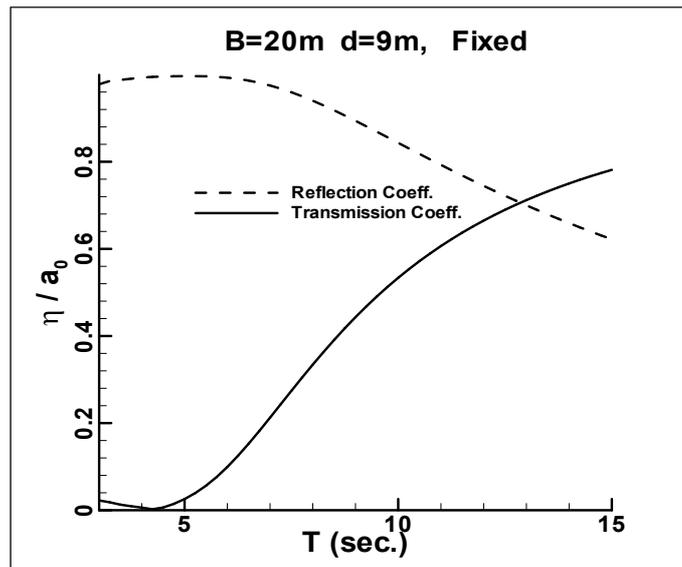


그림 3-3-48. 고정식 BW14 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-48. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW14.

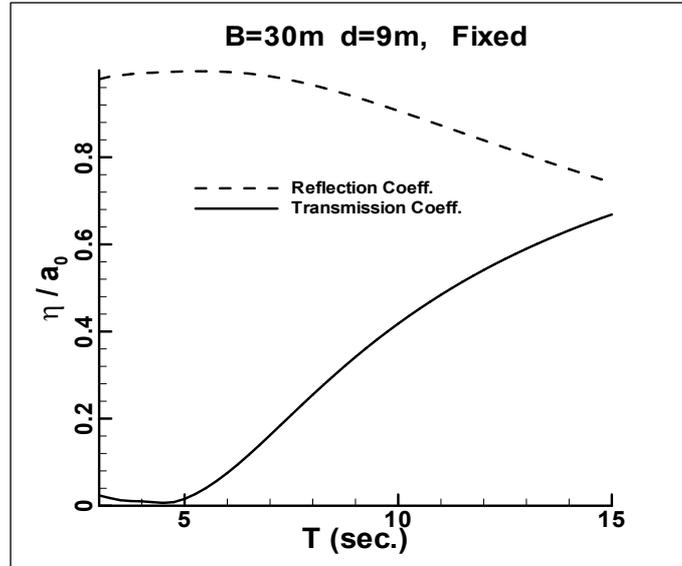


그림 3-3-49. 고정식 BW15 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-49. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW15.

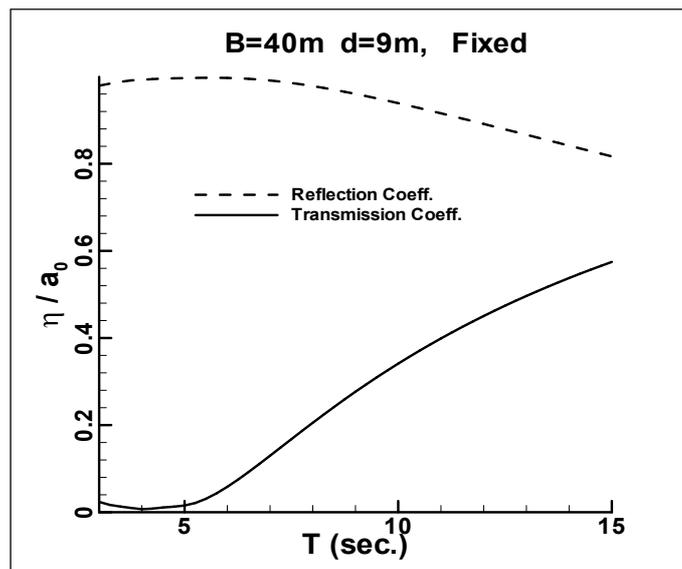


그림 3-3-50. 고정식 BW16 투과율 및 반사율.

Fig. 3-3-50. Farfield wave amplitude ratios of fixed BW16.

개선형 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 사용하여 불규칙파 중 운동응답의 시계열

과 부소파제 하단 모서리의 수평 및 수직변위의 시계열 ($\xi_k(t)$, $k=1,2$)을 구하였다.

16개 부소파제에 적용된 Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼의 유의파고 $H_{1/3}$ 및 유의주기 $T_{1/3}$ 은 표 3-3-12와 같다.

표 3-3-15. 16개 부소파제에 적용된 유의파고 및 유의주기

Table 3-3-15. Significant waveheights and periods for 16 breakwaters

	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (m)
BW1	6.5	2.2
BW2	8	3
BW3	7.6	2.8
BW4	7.5	2.7
BW5	5.8	1.9
BW6	6.8	2.4
BW7	5.7	1.8
BW8	6.5	2.2
BW9	5.2	1.6
BW10	5.2	1.6
BW11	5.5	1.7
BW12	5.8	1.9
BW13	10	3
BW14	13	4
BW15	15	5
BW16	15	7

시간간격은 0.01초로하여 $t=0$ 에서 $t=600$ 초까지 구하였다. 데이터 파일이 방대하여 BW6(20m×4.5m)의 계류변위만 다음 그림에 표시하고 나머지는 별첨 디스켓에 수록하였다.

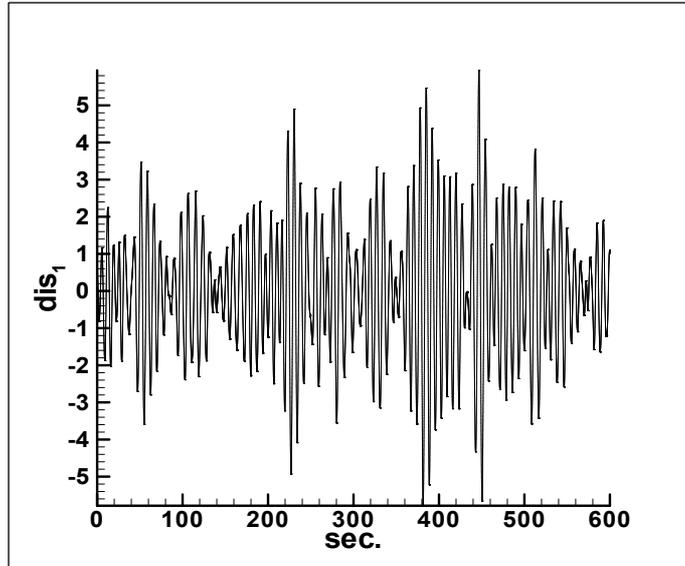


그림 3-3-51. BW6 의 수평계류변위.

Fig. 3-3-51. Horizontal displacement of BW6's mooring point.

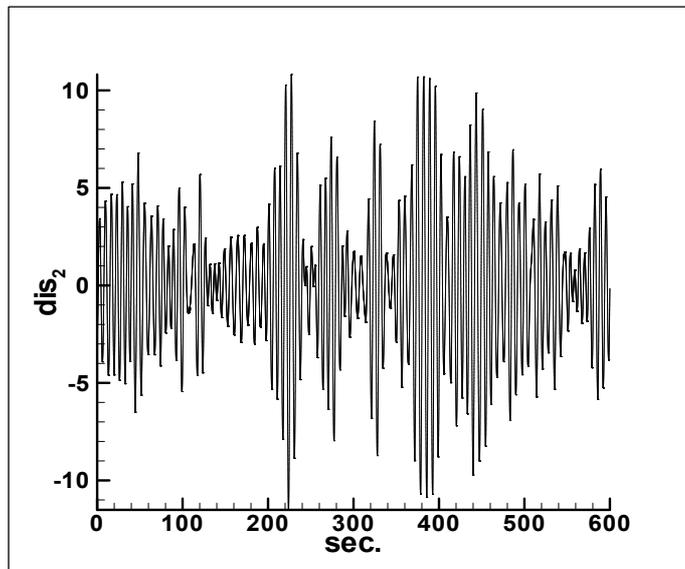


그림 3-3-52. BW6의 수직계류변위.

Fig. 3-3-52. Vertical displacement of BW6's mooring point.

(라) BBDB형 부소파제 성능해석

진동수주(OWC)가 설치된 부유식 구조물을 소파장치로 활용하는 방안은 일본에서 초 대형 부유 구조물의 유탄성 응답 감소(Shigemitsu *et al.* 2001) 또는 해양목장의 작업성능 향상 등을 위하여 연구된 바 있으며 국내에서도 마산 원전항 부소파제 설계에 적용된 바

있다. 한편 OWC의 형상이 L자인 BBDB(Backward Bent Duct Buoy)는 Masuda(1987)에 의하여 고안되었고 특정 주파수 구간에서 진행파 방향과 반대의 파 표류력(reverse drift force)이 발생함이 실험적으로 입증된 바 있다(McCormick et Sheehan 1992). 본 논문에서는 파 에너지 흡수성능이 우수한 BBDB를 부소파제로 사용할 경우 무한원방 방사파와 산란파를 압력강하면에 의한 파에너지 흡수를 고려하여 해석하는 방법을 소개하고 수치계산결과도 표시하였다. 그림 3-3-53과 같이 L자형 덕트(backward bent duct)가 수면하에 있고 덕트를 띄워주는 부력체(Buoyancy module)는 상자형 구조물로서 덕트 상부에 설치된다. 내부에 위치한 OWC 상부 공기 챔버에 압력강하를 발생시키는 공기덕트가 있다. OWC가 설치된 부유식 구조물의 파중 3자유도 운동응답은 접수면에 작용하는 압력의 적분에 의하여 구해지는 부가질량계수, 파 감쇠계수, 파 기진력 계수에 더하여 OWC 공기 챔버 내부의 변동 기압이 내부면에 작용하는데 따른 힘 및 모멘트도 고려하여 구하였다. 유체압력 및 기체압력은 모두 압력강하 파라미터가 고려된 값이다.

그림 3-3-55에 보인바와 같이 균일한 수심 h 인 해역에서 $y=0$ 면을 정수면과 일치시킨 오른손 직각좌표계 (x, y) 에서 양의 x 방향으로 진행하는 입사파 중에 부소파제가 평균위치를 기준으로 운동하고 있다. 비점성 유체, 비회전성 유동을 가정하면 속도포텐셜 $\Phi = Re\{\Psi e^{-i\omega t}\}$ 는 입사파 포텐셜 Ψ_0 와 산란파 및 방사파 포텐셜의 합이다. Ψ_0 는 다음식으로 주어진다.

$$\Psi_0 = -\frac{a_0\omega}{m_0} \frac{\cosh m_0(y+h)}{\sinh m_0 h} e^{im_0 x} \quad (3-3-44)$$

$$m_0 \tanh m_0 h = k_0, \quad k_0 = \frac{\omega^2}{g} \quad (3-3-45)$$

위에서 m_0 는 유한수심에서의 파수이다.

부유체는 입사파에 의하여 기진되어 원 진동수 ω 로 미소진폭 단순조화운동을 한다. 접수면 및 밖을 향한 법선 벡터를 각각 S_0, \vec{n}_0 라하고 S_0 와 평면 $y=0$ 가 만나는 점을 부유체의 흡수선 W 라 한다. 부유체의 3자유도운동은 다음과 같다.

$$\vec{a} = a_1 \vec{e}_1 + a_2 \vec{e}_2, \quad \vec{\Theta} = a_3 \vec{e}_3 \quad (3-3-46)$$

산란파 ψ_4 및 방사파 ψ_R 을 구하면 비정상 유동의 전체 포텐셜 Ψ 는 다음과 같다.

$$\Psi = \Psi_0 + \Psi_4 + \Psi_R \quad (3-3-47)$$

$$\Psi_R = -i\omega \sum_{k=1}^3 a_k \Psi_k \quad (3-3-48)$$

산란파 및 방사파 포텐셜은 각각 파력흡수용 챔버 내부의 자유표면 변동압력에 기인한 속도포텐셜을 포함하여야 한다. 외부 대기압을 0이라 하고 덕트를 통과하는 수직 상방향 기류의 유속을 U_d 라 할 때 챔버내부 기압 p_C 와 U_d 사이에 다음 관계식을 가정한다.

$$0 - p_C = -\gamma \times U_d \quad (3-3-49)$$

여기서 γ 는 압력강하 파라미터로서 실험에 의하여 결정될 수 있다. U_d 는 다음 식으로 표시된다.

$$U_d = \frac{1}{A_d} \int_{F_i} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} + i\omega \vec{D} \cdot \vec{e}_2 \right) ds \quad (3-3-50)$$

위에서 A_d 는 F_i 의 단면적, \vec{D} 는 평균위치가 F_i 와 일치하는 평면의 운동변위이다.

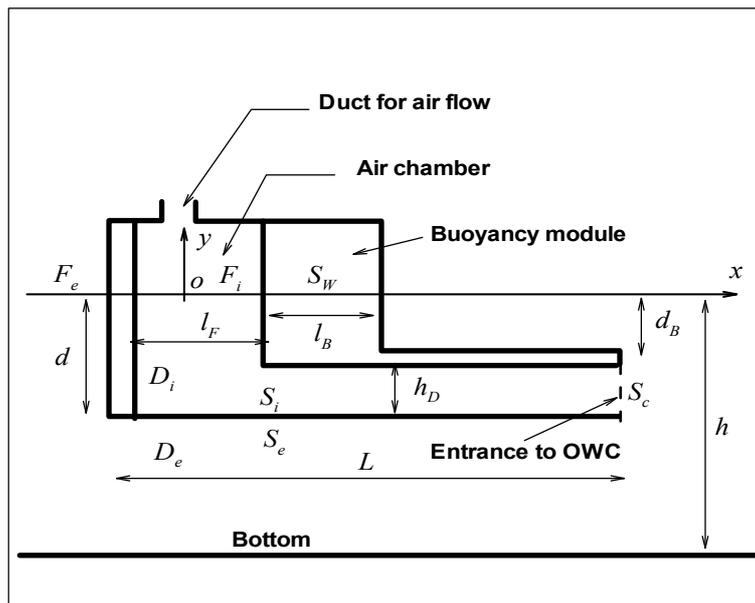


그림 3-3-53. 좌표계 및 BBDB형 부소파제.

Fig. 3-3-53. Definition sketch of a BBDB-type breakwater.

이로부터 다음의 선형 자유표면조건이 도출된다.

$$-k_0\Psi + \frac{\partial\Psi}{\partial y} = \begin{cases} 0 & \text{on } F_e \\ \alpha U_d & \text{on } F_i \end{cases} \quad (3-3-51)$$

여기서 $\alpha = \frac{i\omega\gamma}{\rho g}$ 는 무차원 압력강하 파라메터이다.

이외의 경계조건은 잘 알려져 있는 산란-방사파 문제와 동일하다.

$$\frac{\partial\Psi_k}{\partial n_0} = N_k \text{ for } k=1,2,3,4 \text{ on } S_0 \quad (3-3-52)$$

$$N_k = \vec{e}_k \cdot \vec{n}_0 \text{ for } k=1,2 \quad (3-3-53)$$

$$N_3 = (\vec{e}_3 \times \vec{OM}) \cdot \vec{n}_0, N_4 = -\frac{\partial\Psi_0}{\partial n_0} \quad (3-3-54)$$

S_c 를 경계로 내부영역 D_i 와 외부영역 D_e 에 각각 Green정리를 적용하면 ψ_k 에 관한 다음 Green적분방정식을 얻는다(홍, 1991).

$$\frac{\psi_k(P)}{2} - \int_{S_i \cup S_c \cup F_i} \psi_k(M) \frac{\partial G_o(P, M)}{\partial n_M} ds = - \int_{S_i \cup S_c \cup F_i} \frac{\partial \psi_k(M)}{\partial n_M} G_o(P, M) ds, \quad (3-3-55)$$

$P \text{ on } S_i \cup S_c \cup F_i$

$$\frac{\psi_k(P)}{2} + \int_{S_e \cup S_c} \psi_k(M) \frac{\partial K(P, M)}{\partial n_M} ds = \int_{S_e \cup S_c} \frac{\partial \psi_k(M)}{\partial n_M} K(P, M) ds, \quad (3-3-56)$$

$P \text{ on } S_e \cup S_c$

위에서 G_0 및 K 는 각각 Rankine 및 Kelvin Green 함수이다(Clément, 1979)이고 S_e 및 S_i 는 각각 외부 및 내부 영역의 유체와 BBDB의 접수면이다.

경계면 S_c 에서의 정합조건은 다음과 같다.

$$\psi_k(P^-) = \psi_k(P^+), \quad \frac{\partial \psi_k(P^-)}{\partial n_P} = \frac{\partial \psi_k(P^+)}{\partial n_P} \quad (3-3-57)$$

적분 방정식(3-3-55), (3-3-56)을 경계조건(3-3-51) 및 정합조건과 연립하여 이산화하면 내, 외부영역이 연성된 선형대수방정식으로 변환되어 풀릴 수 있다(Hong *et al.*, 2004). BBDB가 넓은 수선면을 가지므로(3-3-56) 식에 도입된 Kelvin Green 함수로 인한 특이파수 현상을 제거하려면(3-3-56) 식을 over-determined 형태의 improved Green integral equation으로 바꾸어 풀어야한다(Hong and Lee, 1999).

부소파체의 운동은 통상적인 부유구조물에 작용하는 힘 및 모멘트의 평형조건식에 OWC 챔버에 기인한 외력을 더한 주파수 영역 운동방정식으로부터 얻는다.

$$\sum_{k=1}^3 [-\omega^2 m I_{jk} - \rho L^2 \omega^2 (M_{jk} + i B_{jk} + N_{jk}^C) + \rho g L R_{jk}] a_j = \rho a_0 \omega^2 L^2 (F_j + F_j^C) \quad (3-3-58)$$

$, j=1, 2, 3$

위에서 N_{jk}^C 및 F_j^C 가 OWC 챔버 내부 공기압에 의한 외력이고 m , I_{jk} , R_{jk} , M_{jk} , B_{jk} 및 F_j 는 각각 잘 알려져 있는 부유구조물의 질량, 관성계수, 복원력계수, 부가질량계수, 파 감쇠계수 및 파 기진력계수이며 L 은 구조물의 특성길이이다.

양의 x 방향으로 진행하는 입사파 중에 있는 부유체에서 무한원방 $x = -\infty$ 에서의 산란파에 의한 반사계수를 R_4 , 방사파의 각 성분에 의한 반사계수를 $R_k (k=1, 2, 3)$ 라 하고, $x = +\infty$ 에서의 산란파 및 방사파에 의한 투과계수를 T_4 및 $T_k (k=1, 2, 3)$ 로 표시하면

$$R_k = \frac{K_0^2}{(M_0^2 - K_0^2 + K_0)} H_k(\pi), \quad k=1, 2, 3, 4 \quad (3-3-59)$$

$$T_k = \frac{K_0^2}{(M_0^2 - K_0^2 + K_0)} H_k(0), \quad k=1, 2, 3, 4 \quad (3-3-60)$$

위에서 $H(\theta)$ 는 2차원 유한수심 Kochin function이다.

$$H_k(\theta) = - \int_{S_c \cup S_c} \left(\frac{\partial \psi_k(M)}{\partial n_M} - \psi_k \frac{\partial}{\partial n} \right) \frac{\cosh M_0(Y+1)}{\sinh M_0} e^{-i M_0 X \cos \theta} dL, \quad (3-3-61)$$

$k=1, 2, 3, 4$

위에서 일반적인 부유체의 경우와 달리 $H(\theta)$ 의 적분이 s_c 즉 외부영역의 유체와 BBDB의 접수면 및 s_c 에서 행하여졌다. 그러므로 일반적인 부유체의 경우에 성립하는 generalized Haskind relations는 성립되지 않는다.

이를 사용하여 BBDB형 부소파제에 의한 반사계수 R 및 투과계수 T 가 다음 식으로 구하여진다.

$$R = -R_4 + i \sum_{k=1}^3 A_k R_k \quad (3-3-62)$$

$$T = -i - T_4 + i \sum_{k=1}^3 A_k T_k \quad (3-3-63)$$

위에서 A_k 는 입사파진폭으로 무차원화된 부소파제의 복소운동진폭이다.

그림 3-3-55에 보인 바와 같은 형상을 갖는 BBDB형 부소파제 제원은 표 3-3-16과 같다.

표 3-3-16. BBDB형 부소파제 제원

Table 3-3-16. Principal particulars of a BBDB-type breakwater in meters

L	d	d _B	l _B	l _F	h _D
20	9	5	4	4	2

해역의 수심은 20m 이고 $x = -\infty$ 에서 파가 입사하는 경우를 다루었다. 유한수심에 해당하는 선형파 주기 3초-15초 구간에서 제계산이 수행되었다.

그림 3-3-54에 폭 10m, 흘수 9m인 상자형 부소파제에 대한 투과 및 산란 계수를 본 BBDB형 부소파제의 성능과 비교하기 위하여 표시하였다. 그림 3-3-56~그림 3-3-57에 BBDB의 운동을 표시하였다. 압력강하 파라미터 γ 가 커짐에 따라 운동이 감소됨을 보여 준다. 그림 3-3-58에 부소파제의 투과계수를 표시하였다. 그림 3-3-59에는 부소파제가 파일에 의해 고정된 경우의 투과계수를 표시하였다.

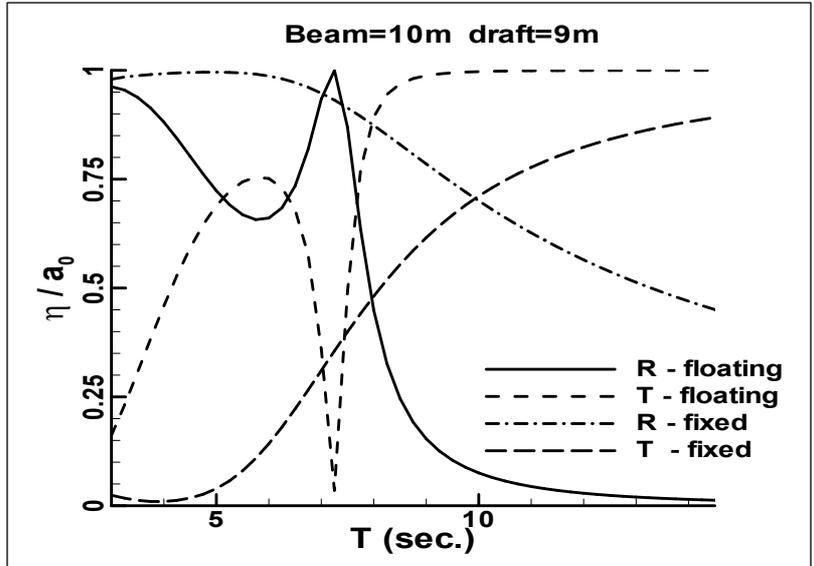


그림 3-3-54. 상자형 부소파제 반사 및 투과계수.

Fig. 3-3-54. Reflection and transmission coefficients of caisson-type breakwater.

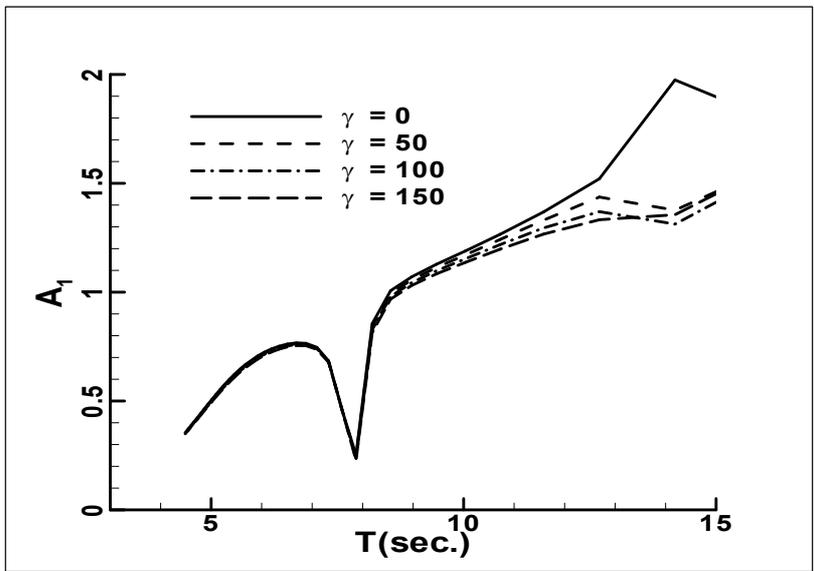


그림 3-3-55. BBDB형 부소파제 전후동요 진폭비.

Fig. 3-3-55. Sway amplitude ratio of BBDB-type breakwater.

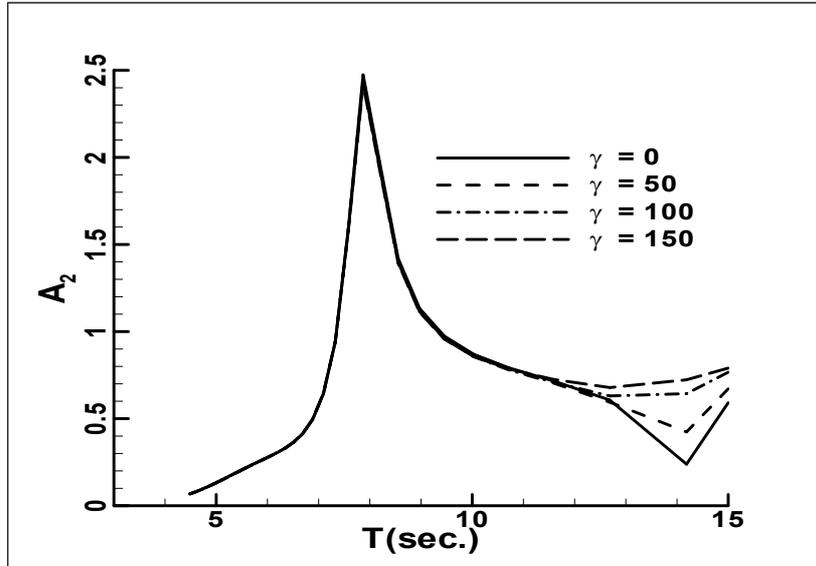


그림 3-3-56. BBDB형 부소파제 상하동요 진폭비.

Fig. 3-3-56. Heave amplitude ratio of BBDB-type breakwater.

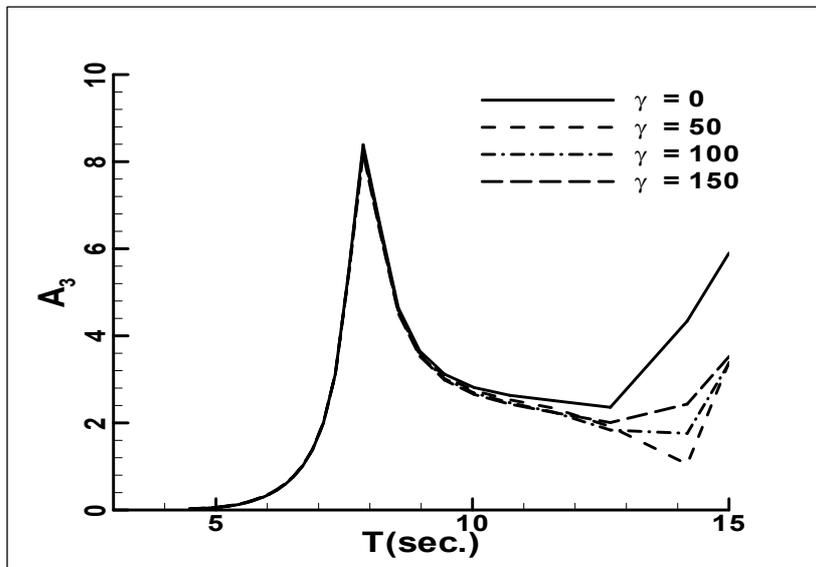


그림 3-3-57. BBDB형 부소파제 횡요 진폭비.

Fig. 3-3-57. Roll amplitude ratio of BBDB-type breakwater.

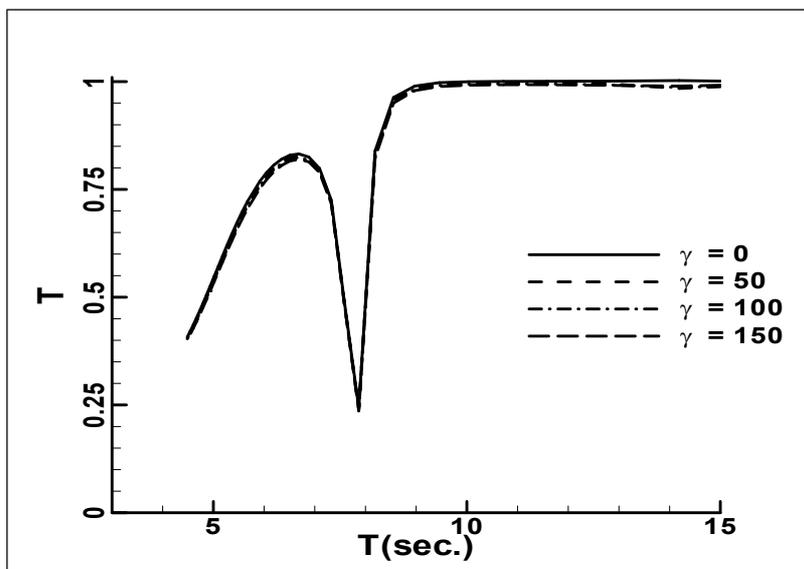


그림 3-3-58. BBDB형 부소파제 투과율.

Fig. 3-3-58. Transmission coefficient of floating BBDB-type breakwater.

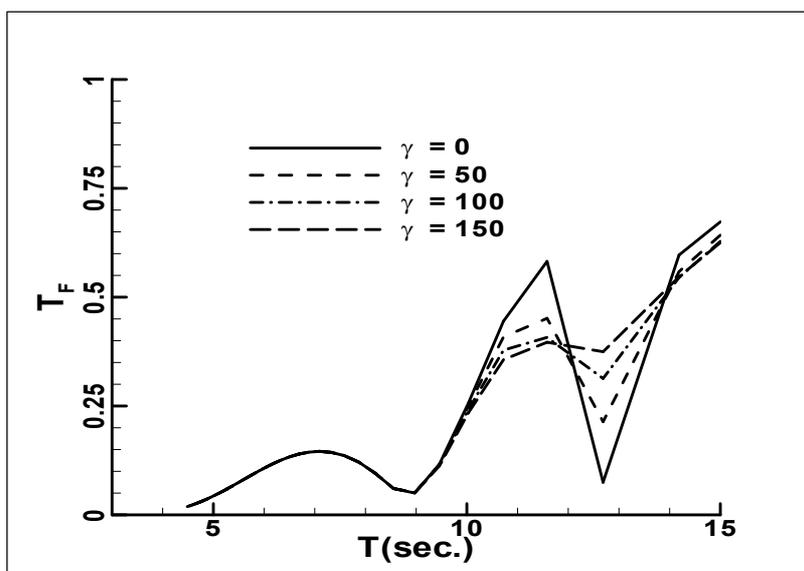


그림 3-3-59. 고정식 BBDB형 소파제 투과율.

Fig. 3-3-59. Transmission coefficient for fixed BBDB breakwater.

(2) 계류라인 거동 해석

(가) 서론

바다에 가두리를 설치하여 양식하는 기존의 방법과는 달리 바다의 일정 부분에 인공 어초, 바다숲(해조장)을 설치하여 어장을 조성하고 조건반사에 길들여진 물고기를 방류하

여 목장내에서 성육시키면서 필요한 양만 잡아들이는 울타리 없는 새로운 어업생산 방식을 바다목장이라고 하는데 이는 잡는 어업에서 기르는 어업으로 수산업의 패러다임을 전환할 수 있는 중요한 대안이다. 일본을 비롯한 수산 선진국에서는 우리나라보다 일찍부터 바다목장 사업을 시작하여 현재에는 실용화되어 있는 상황이다. 일본은 1985년에 큐슈지방 오이타현에 5곳을 건설하는 등 모두 20여 곳에 바다목장을 건설해 운영하고 있으며, 미국도 1995년부터 태평양 바다를 중심으로 참다랑어 바다목장을 건설하고 있다. 우리나라도 통영연안에 시범사업을 시작하였으며 여수, 제주도, 서해 연안에 대대적인 바다목장 조성을 계획하고 있다.

바다목장은 여러 요소로 구성되어 있다. 이 중에서 가장 중요한 요소 중의 하나는 외해에서 오는 파도를 막아 바다목장 안쪽의 정온을 유지하는 부소파제(뜸형 소파제라고도 함) 이다. 부소파제는 파도를 막아 바다목장의 안정성을 확보하는 직접적인 역할 이외에도 어업 생산성을 증가시키는 간접적인 효과도 크다.

부소파제는 파도를 직접 막는 상부의 부체, 부체를 일정한 위치에 유지시키는 계류삭과 계류삭을 지탱시키는 앵커로 구성된다(그림 3-3-60).

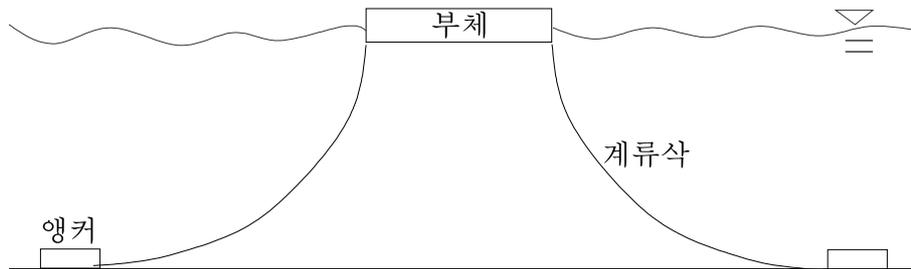


그림 3-3-60. 부소파제의 구성.

Fig. 3-3-60. Organization of floating breakwater mooring system.

부소파제에서 계류삭과 앵커를 통틀어서 계류시스템이라고 하는데 이는 부소파제의 안정성을 좌우하는 중요한 역할을 한다. 열악한 해양환경에서도 부소파제를 안전하게 기능을 유지하기 위해서는 계류삭에 걸리는 장력을 정확하게 계산하고 이를 충분히 견딜 수 있는 강도를 갖는 계류삭과 앵커를 선정할 필요가 있다.

본 연구에서는 부소파제를 일정한 위치에 유지시키는 계류시스템의 안전성을 확보할 수 있는 해석기법을 수립하고 여수연안에 설치될 바다목장에 사용될 부소파제의 계류시스템을 설계하고자 한다.

본 보고서에서는 우선 계류삭 및 앵커의 종류 및 각각의 장단점 등을 소개한다. 다음으로는 여수 바다목장 부소파제에 적용될 계류삭을 이완계류방식이라고 생각하고 이에

적용되는 카테너리(catenary) 계류해석 기법 (현수선 이론이라고도 한다) 을 소개한다. 카테너리 계류해석에서는 일점계류뿐만 아니라 다점계류 해석에 대해서도 소개한다. 카테너리계류해석 기법은 계류삭의 정적해석만 가능하므로 상부부체의 수평 및 수직방향 동요에 대한 계류삭의 동적거동을 해석하기 위해서는 수치해석 기법이 필요하다. 그 다음으로는 상부부체의 계류삭의 거동을 해석하기 위하여 유한차분법에 의거한 수치해석 기법을 소개한다. 마지막으로 여수 바다목장 부소과제에 실제로 적용될 계류시스템을 설계하고자 한다. 먼저 설계과정을 소개하고 계류삭의 장력을 추정한다. 이를 통하여 계류삭 및 앵커의 제원 및 가격을 결정한다.

(나) 계류시스템 개요

① 계류삭

계류삭으로는 체인, 와이어로프, 인공섬유가 주로 쓰이며 수심에 따라 달리 적용 된다. 예로서 수심이 얕은 경우에는 체인이 주로 쓰이며 수심이 깊은 곳에서는 세 가지가 결합되어 쓰인다.

와이어로프(강삭이라고도 함) 및 체인은 해수에 의한 부식과 움직임에 따른 마모에 강한 탄소강을 주로 사용하며 합금류는 수명을 예측할 수 없으므로 잘 사용하지 않는다. 또 앵커와 접속하여 해저와 접촉하는 부분에는 와이어로프 또는 체인을 사용한다. 표 3-3-17은 일반적인 계류삭의 재료 및 특징을 보여주고 있다.

표 3-3-17. 일반적인 계류삭의 재료 및 특징

Table 3-3-17. Material and characteristics of general mooring line

종 류	품 명	강 도 (kgf/mm ²)	신 도 (%)	비 중
금속	철	135~195	1.0	7.8
	스텐인리스	130~180	0.5	7.93
인공섬유	지방족 폴리아미드계(나일론)	61.6~84.1	18	1.14
	폴리에스테르계(테트론)	47.2~102	10~18	1.38
	폴리에틸렌계(교렉스 등)	54.4~104	12~15	0.96
	폴리프로필렌계(단라인파이렌 등)	45~57.3	12~22	0.91
	방향족 폴리아미드계(Kevlar 등)	298~313	4.0~4.4	1.44~1.39
	전방향족 폴리에스테르계(벡트란)	330	3.8	1.41
	초고분자량 폴리에틸렌계(테크미론 등)	302	4	0.96

또한 계류삭은 계류형식에 따라 3가지 방식, 즉 긴장계류방식, S자 반전 계류 방식, 이완 계류 방식이 적용된다. 긴장 계류 방식은 상부 부력체에 의한 부력과 바닥 앵커에 의해 계류삭을 거의 연직방향으로 전개하는 계류 방식으로 계류 위치 정밀도가 안정하다. S자 반전 계류 방식은 중간 부체를 계류삭 중간하부 또는 그 상부에 달아 현수선모양으로 중간을 반전하게 하는 계류 방식으로 부체의 동요 영향이 하부에 전달되지 않도록 한다. 길이가 긴 경우 태풍시 반전부분의 안정성이 없다는 단점이 있으며 주로 해양관측 부이에 사용된다.

이완 계류 방식은 계류삭의 길이를 크게 하여 현수선 모양이 되게 한 계류방식으로 부체부의 안정을 위해 부체하부에 평형추를 두기도 한다.

그림 3-3-61는 계류삭의 형상에 따른 분류방식을 보여주고 있으며 표 3-3-18은 각 형상별 특징을 보여주고 있다.

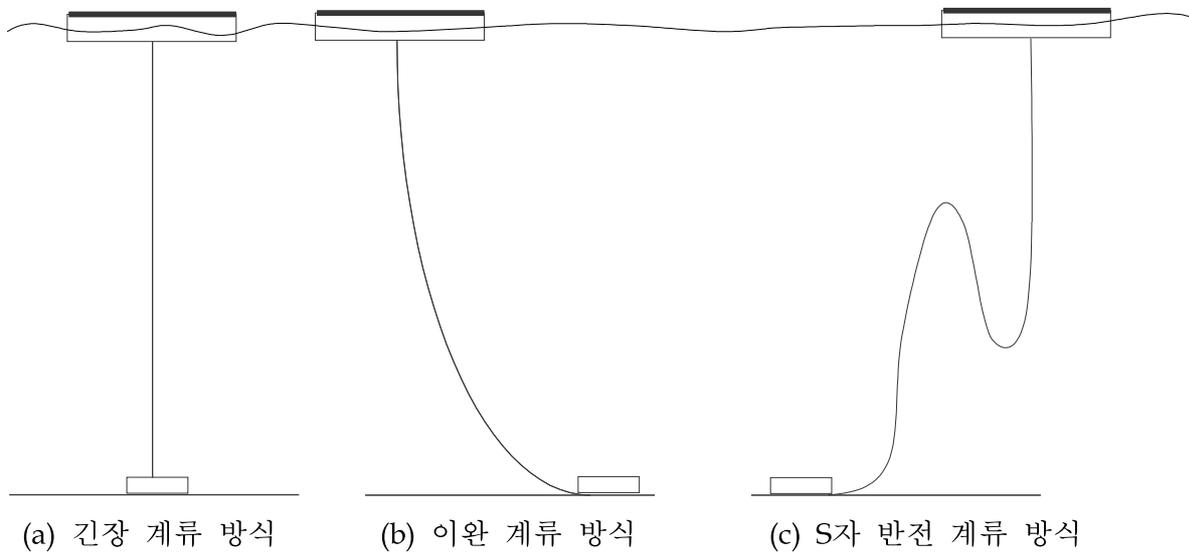


그림 3-3-61. 계류방식.

Fig. 3-3-61. Types of mooring system.

표 3-3-18. 계류방식의 종류별 특징

Table 3-3-18. Characteristics of each mooring line

종류	긴장계류방식	이완계류방식	S자 반전계류방식
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 계류위치 정밀도가 우수함 - 상부부체의 침강이 일어날 수 있음 - 계류삭에 큰 장력이 걸림 	<ul style="list-style-type: none"> - 파랑에 의한 상부부체의 동요를 계류삭에서 차단 시킴 - 주로 얕은 수심에서 사용 	<ul style="list-style-type: none"> - 상부 부체의 동요를 흡수 하여 하부 계류삭 및 앵커에 차단시킴 - 태풍 시에 부체의 수평 이동이 심함

② 앵커(anchor)

계류삭을 해저 바닥에 매어두는 역할을 하는 앵커는 계류삭의 하단 끝에 위치하며, 해저 특성과 계류삭의 부하에 따라 다양한 형태의 앵커가 사용된다. 일반적으로 중력앵커(Deadweight anchor), 임베드먼트 앵커(Embedment anchor), 특수앵커 3종류가 있다.

앵커는 해저 특성과 계류삭의 부하에 의해 결정되는데 일반적으로 중력식 앵커와 임베드먼트 앵커가 많이 쓰인다.

중력앵커는 철 덩어리, 단순모양의 콘크리트, 앵커 체인 묶음 등이 사용되며 수직의 당김에 대한 저항이 좋고 가격이 저렴하다. 중소규모의 시스템이나 중저층 계류에 종종 사용된다.

임베드먼트앵커는 계류삭이 끌리면서 앵커가 땅 속으로 파고들기 때문에 우수한 기능을 가지고 있으나 가격이 비싸고 바닥이 단단한 해저 지형에는 사용할 수 없는 단점이 있다. 임베드먼트 앵커에도 여러 종류가 있으며 선택 결정은 해저 바닥의 특성과 앵커의 타입에 의해 결정된다. 임베드먼트 앵커 종류는 navy stockless형, stato형, danforth형, boss형, mushroom형 등이 있으며 그림 3-3-62에서 그 형상을 보여주고 있다. 일반적으로 stato형과 danforth형이 많이 쓰인다.

특수앵커는 주로 강한 해류가 흐르거나 바닥에서의 계류삭의 각도가 큰 경우 수직과 수평의 두 방향 당김에 저항하기 위해 사용한다. 그림 3-3-63은 특수앵커의 타입별 형상을 부여주고 있다.

대부분의 경우에는 각 계류삭에 1개의 앵커가 사용되고 있으며 대형의 해양구조물인 경우에 앵커 1개의 무게는 파괴력이 큰 경우 15~20ton이다.

해양구조물의 경우와 같이 계류역할이 중요한 경우에는 선박용의 스톡리스앵커(stockless anchor) 대신에 단위중량당 파괴력(把地力, anchor holding power, AHP)이 큰 앵커가 사용되고 있다.

앵커에 요구되는 파괴력은 앵커지점에서의 계류삭 최대 장력에 비해 1배 이상이 되도록 한다. 해저에 계류삭의 일부가 닿아 있을 경우의 앵커의 파괴력은 해저의 지질에 따라 다르지만 대략 다음식으로 표현된다(대한조선학회, 2003).

$$P = k_a W + k_c L \omega \quad (3-3-63)$$

여기서, P : 파괴력

W : 앵커의 해수중 무게

k_a : 앵커의 파괴력 계수 (5~10)

k_c : 앵커 체인의 파괴력 계수 (1.5~3)

ω : 해수중 체인의 단위길이당 무게

L: 해저에 닿아 있는 체인의 길이

흔히 많이 사용되는 중력식앵커와 임베드먼트 앵커의 특징을 요약 정리하면 표3-3-19과 같다.

표 3-3-19. 앵커의 특징 비교

Table 3-3-19. Comparison of anchor characteristics

종류	중력식 앵커	임베드먼트 앵커
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 해저 바닥이 빨리 이루어져 있는 경우 점성력이 크므로 효과적이다. - 수직 당김에 대한 효율이 좋다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 일정한 해류에 의한 수평력이 작용할 경우 효과가 크다. - 조류와 같이 방향이 바뀌는 흐름이나 수직력이 작용할 경우에는 앵커가 쉽게 빠진다.
경제성	- 제작이 용이하고 제작비가 저렴 하다.	- 제작 가격이 비싸다.

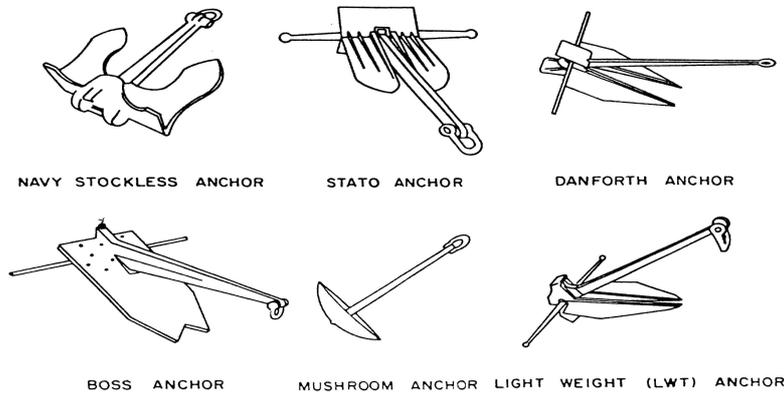


그림 3-3-62. 임베드먼트앵커의 종류.

Fig. 3-3-62. Embedment anchor types.

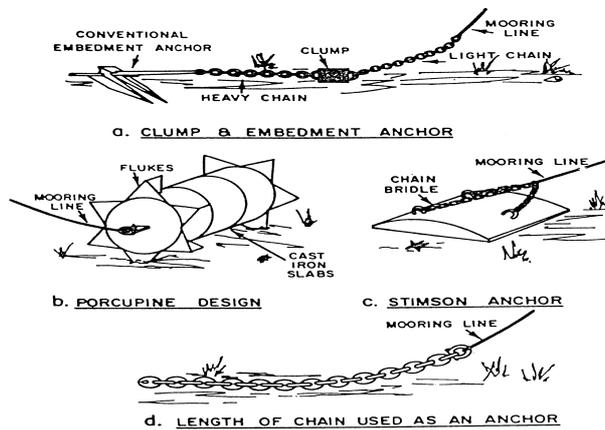


그림 3-3-63. 특수앵커의 종류.

Fig. 3-3-63. Special anchor types.

(다) 계류사의 정적 이론해석

체인이나 와이어로프에 의해 계류된 부체가 바람이나 파랑, 조류 등의 외력에 의해 이동되었을 때 계류시스템에 걸리는 장력, 형상 등을 현수선(catenary)이론으로 계산하는 방법을 소개한다.

① 단일 계류사의 해석

단일 계류사의 장력을 현수선 식에 의해 표시하면 다음과 같다. 계류사의 단위길이 당 중량은 균일하고 또 자중에 의한 계류사의 인장과 조류, 해류에 의한 항력은 무시한다.

㉞ 현수선 식

계류사의 하단부가 해저면과 수평으로 접해있는 경우 그림 3-3-64 의 현수선은 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{Z^2 + 2aZ} \\
 Z &= a(\cosh \frac{X}{a} - 1) \\
 X &= a \cosh^{-1}(\frac{Z}{a} + 1) \\
 T &= T_H^2 + (\omega S)^2
 \end{aligned}
 \tag{3-3-64}$$

여기서 S : 현수선 부분의 길이

ω : 계류사의 단위길이 당 수중중량

T: 장력

T_H : 수평장력

$a = T_H / \omega$

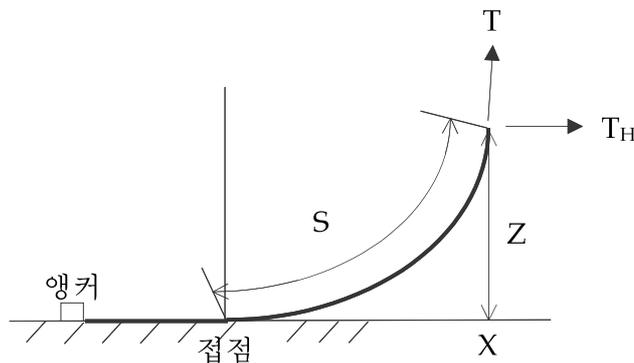


그림 3-3-64. 현수선 곡선.
Fig. 3-3-64. Catenary curve.

㉔ 부체의 이동량과 계류사의 장력

부체가 외력에 의해 ΔX 만큼 이동했을 때 ΔX 는 다음 식으로 나타내어진다(그림 3-3-65 참조).

$$\Delta X = (X - X_0) - (S - S_0) \quad (3-3-65)$$

여기서 $S = S_0 + \Delta S$ 이다. 다음으로 X , X_0 , S , S_0 와 계류사의 장력사이의 관계식은 (3-3-64)식을 변형시켜 다음과 같이 된다.

$$X = \left(\frac{T}{W} - Z \right) \cosh^{-1} \left(\frac{T}{T - wZ} \right)$$

$$X_0 = \left(\frac{T_0}{W} - Z \right) \cosh^{-1} \left(\frac{T_0}{T_0 - wZ} \right)$$

$$S = \sqrt{\frac{2ZT}{w} - Z^2}$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{2ZT_0}{w} - Z^2} \quad (3-3-66)$$

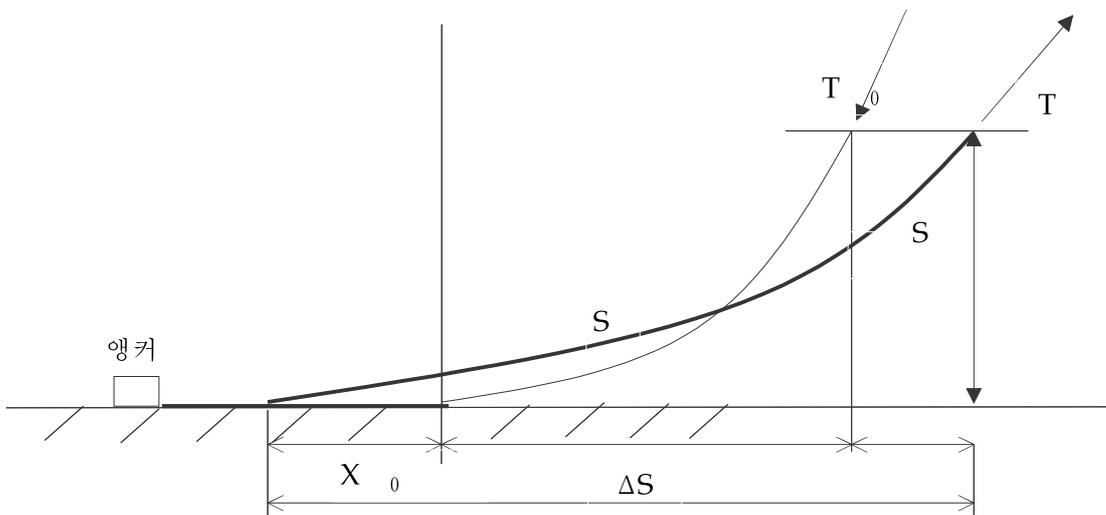


그림 3-3-65. 수평 이동량과 장력.

Fig. 3-3-65. Horizontal movement distance and tension.

(3.3.65)식과 (3.3.66)식으로부터 초기장력 T_0 와 부체의 수평이동량 ΔX 가 얻어지면 계류사의 장력 T 가 계산된다. 또 부체에 가해지는 외력에 의해 계류사에 생기는 수평장력

T_H (=계류복원력)는 T 가 구해지면 (3-3-65)식으로부터 계산된다.

② 복수 계류삭의 장력

㉞ 2계류삭의 장력

계류삭의 최소단위인 2개에 대해서 계류삭에 생가는 수평장력은 앞과 같은 방법으로 계산된다. 즉 초기장력 T_0 수평이동량 ΔX 를 설정하면 바람이 부는 쪽의 계류삭 장력 T_1 과 바람 아래쪽의 계류삭 장력 T_2 가 구해진다. 그림 3-3-66의 T_1, T_2 로부터 T_{H1}, T_{H2} 를 계산하면 계류시스템에 발생하는 조합된 수평장력은 $F_H = T_{H1} - T_{H2}$ 가 된다. 단 바람 아래쪽의 계류삭은 슬랙(slack)이 0이다.

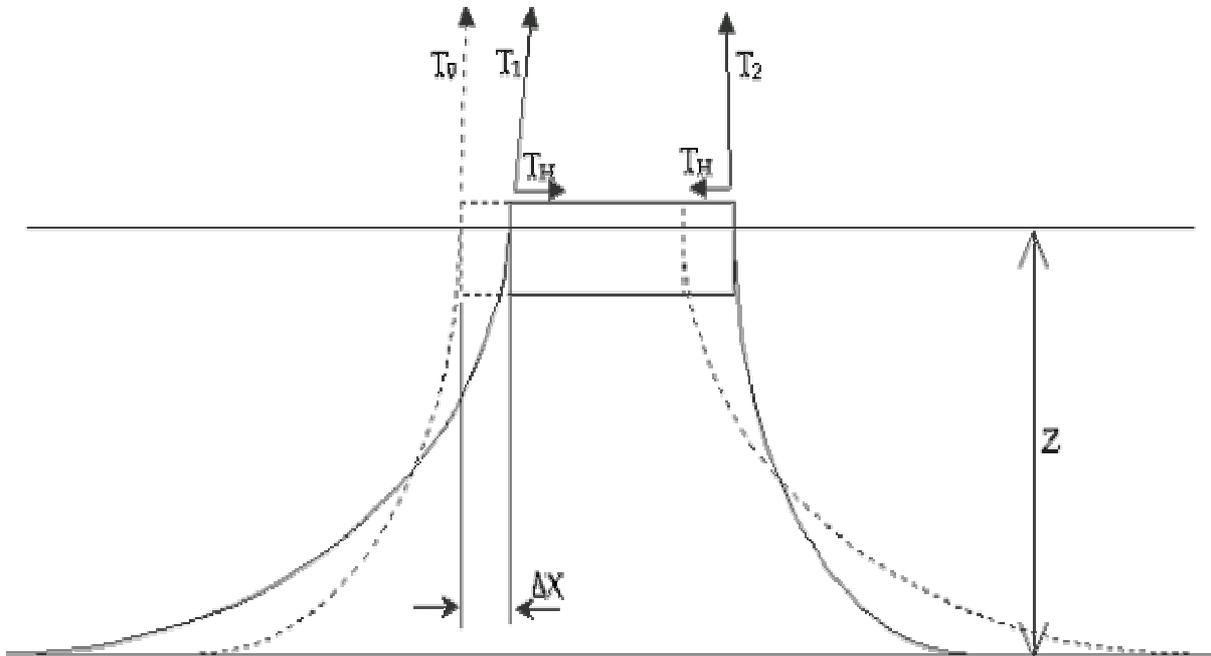


그림 3-3-66. 다점계류 시스템의 장력.

Fig. 3-3-66. Tension of multi mooring system.

㉟ 다점계류 시스템의 장력

다점계류 시스템의 수평장력은 2계류삭의 수평장력을 벡터적으로 합성하여 구한다. 예를 들면 그림 3-3-67에 보여주는 8점계류 시스템에서 F_H 를 계류시스템의 합계장력, F_{H1}, F_{H2} 를 각각 30, 60방향의 2계류삭의 수평장력이라 하면 F_H 는 다음 식으로 표현된다.

$$F_H = 2[F_{H1}(\Delta X \cos 30) \cos 30 + F_{H2}(\Delta X \cos 60) \cos 60] \quad (3-3-67)$$

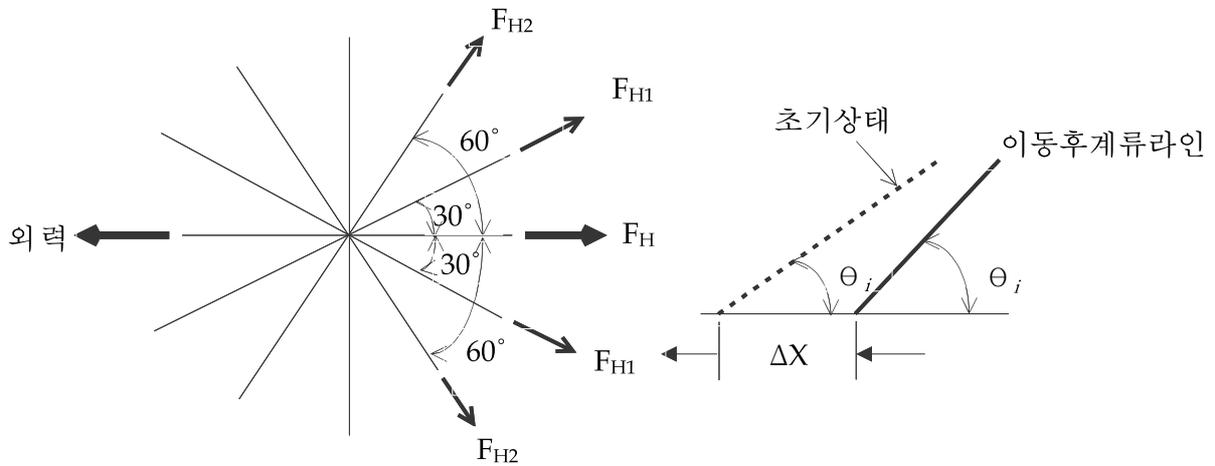


그림 3-3-67. 다점계류시스템의 변위와 수평장력.

Fig. 3-3-67. Displacement and horizontal tension of multi mooring system.

여기서 $F_{H1}(\Delta X \cos 30)$, $F_{H2}(\Delta X \cos 60)$ 는 수평이동량이 각각 $\Delta X \cos 30$, $\Delta X \cos 60$ 일때 2류계류라인의 수평장력이다. 단 부체의 이동량이 계류삭의 길이에 비해서 작으므로 $\theta(i = 30, 60)$ 는 이동 후에도 초기상태와 같다고 생각한다.

이상과 같이 부체의 변위에 의해 생기는 다점계류 시스템의 최대장력과 수평장력이 계산된다.

(라) 계류삭의 수치해석

본 장에서는 일점계류삭의 동적거동해석을 위해 계류삭에 대한 3차원 지배방정식 및 수치해석 기법을 소개한다. 먼저 좌표계에 대해 살펴보고, 다음으로 계류삭에 작용하는 하중성분, 최종 지배방정식, 수치해석 기법을 알아본다.

① 좌표계의 정의

본 연구에서는 그림 3-3-68와 같은 Euler 3차원 좌표계를 사용하였다.

Lagrangian 좌표계 x, y, z 와 전체 좌표계 X, Y, Z 사이의 변환은 오일러 각(Euler angle)을 통하여 수행된다. Fig. 3-3-68에서 보듯이 먼저 Z 축에 대하여 ϕ 만큼 회전하면 $X'Y'Z'$ 좌표계로 변환된다. 그 후에 Y' 축을 중심으로 θ 만큼 회전하면 $tY'Z'$ 좌표계로 변환되고 마지막으로 t 축을 중심으로 ψ 만큼 회전하면 tnb 좌표계로 변환된다.

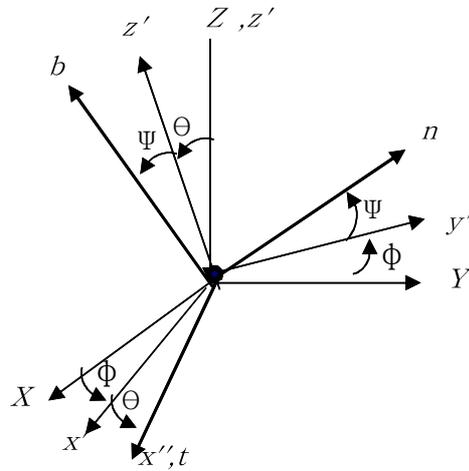


그림 3-3-68. 오일러 좌표변환계.

Fig. 3-3-68. Coordinate systems and Euler rotation sequence.

ϕ : Z 축을 중심으로 회전한 각도

θ : Y' 축을 중심으로 회전한 각도

ψ : t 축을 중심으로 회전한 각도

이 좌표계에 대한 변환은 다음 공식을 통하여 수행된다.

$$\begin{pmatrix} t \\ n \\ b \end{pmatrix} = L \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (3-3-68)$$

여기서

$$L = \begin{bmatrix} \cos\theta \cdot \cos\phi & \cos\theta \cdot \sin\phi & -\sin\theta \\ -\sin\phi \cdot \cos\psi + \sin\theta \cdot \cos\phi \cdot \sin\psi & \cos\phi \cdot \cos\psi + \sin\theta \cdot \sin\phi \cdot \sin\psi & \cos\theta \cdot \sin\psi \\ \cos\phi \cdot \sin\psi + \sin\theta \cdot \cos\phi \cdot \cos\psi & -\cos\phi \cdot \sin\psi + \sin\theta \cdot \sin\phi \cdot \cos\psi & \cos\theta \cdot \cos\psi \end{bmatrix} \quad (3-3-69)$$

만약 계류사의 접선방향(t 방향)의 비틀을 무시한다면 다음과 같다.

$$L = \begin{bmatrix} \cos\theta \cdot \cos\phi & \cos\theta \cdot \sin\phi & -\sin\theta \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ \cos\phi \cdot \sin\theta & \sin\theta \cdot \sin\phi & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (3-3-70)$$

그리고, 국부적 곡률 성분은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}\Omega_t &= -\frac{\partial\phi}{\partial s} \sin\theta \\ \Omega_n &= \frac{\partial\theta}{\partial s} \\ \Omega_b &= \frac{\partial\phi}{\partial s} \cos\theta\end{aligned}\tag{3-3-71}$$

여기서 Ω_t 은 Ω_b 과 θ 의 항으로 표현되므로, 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\Omega_t = -\Omega_b \tan\theta\tag{3-3-72}$$

위와 유사하게 국부좌표계에서 각속도 벡터성분도 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}\omega_t &= -\frac{\partial\phi}{\partial t} \sin\theta \\ \omega_n &= \frac{\partial\theta}{\partial t} \\ \omega_b &= \frac{\partial\phi}{\partial t} \cos\theta\end{aligned}\tag{3-3-73}$$

㉔ 계류삭에 작용하는 하중성분

계류삭이 물 속에 있을 때는 계류삭 자체의 자중과 부력, 그리고 해양환경에 의한 동수력학적 하중을 받게 된다. 동수력학적 하중은 다시 항력(drag force)과 부가질량력(added mass force)으로 나눌 수 있다.

㉕ 자중과 부력

계류삭의 변형도(e)를 다음과 같이 정의한다.

$$e = \lim_{\delta s \rightarrow 0} \frac{\delta s' - \delta s}{\delta s} = \frac{ds'}{ds} - 1\tag{3-3-74}$$

여기서, s = 계류삭의 길이

s' = 늘어난 후의 계류삭의 길이

이 때 계류삭이 탄성재료라면 Hook의 법칙을 만족하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$e = \frac{T}{AE} \quad (3-3-75)$$

여기서, T : 인장력 (Tension)

E : 탄성계수 (Modulus of elasticity)

A : 계류삭의 단면적 (Area of mooring line)

물 속에 있는 모든 물체는 물체표면에 중력 반대방향(연직방향)의 수압, 즉 부력을 받게 되는데, 이 힘은 물에 잠겨 있는 부분의 물체와 같은 부피의 물의 무게와 같고, 그 작용선은 물체의 물 속 부분의 중심을 지나며 위쪽으로 작용한다. 부력을 단위길이 당 힘으로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_B(1 + e) = \rho_w g A \quad (3-3-76)$$

여기서, F_B = 단위길이당 작용하는 부력

ρ_w = 물의 밀도

g = 중력 가속도

A = 계류삭의 단면적

위와 같은 부력의 영향으로 계류삭의 수중중량은 자체중량에서 부력을 뺀 값이 된다. 공기중에서 계류삭의 중량을

$$w = mg \quad (3-3-77)$$

라고 하면, 계류삭의 유효중량 w_0 는 다음과 같다.

$$w_0 = (m - \rho_w A)g \quad (3-3-78)$$

계류삭에 작용하는 유효중량의 성분을 오일러각을 이용해 국부좌표계로 표현하면 다음과 같다.

$$\vec{R}_w(1 + e) = -w_0 \vec{k} = w_0 (n_1 \vec{t} + n_2 \vec{n} + n_3 \vec{b}) \quad (3-3-79)$$

여기서, $n_1 = -\cos\phi\cos\theta$

$$n_2 = \sin\phi$$

$$n_3 = -\cos\phi\sin\theta$$

㉔ 동수력학적 하중성분

본 연구에서 다루는 계류삭의 직경은 파장에 비해 매우 작은 영역($D/L < 0.2$)에 속함으로 모리슨 방정식을 사용한다.

모리슨 방정식을 사용하기 위해선 먼저, 유체의 속도성분을 각 방향으로 나누어야 한다. 본 연구에선 상대속도 개념을 적용했는데, 국부좌표계에서의 계류삭의 각 방향 속도성분을 각각 v_t, v_n, v_b 라 하고, 유체입자의 각 방향 속도성분을 각각 u_t, u_n, u_b 라고 표시하면 각 방향의 상대속도는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$v_{1r} = v_t - u_t$$

$$v_{2r} = v_n - u_n \tag{3-3-80}$$

$$v_{3r} = v_b - u_b$$

각 방향으로 작용하는 항력을 벡터로 나타내면 아래와 같이 나타낸다.

$$\overrightarrow{R_d}(1+e) = R_{d1}\hat{t} + R_{d2}\hat{n} + R_{d3}\hat{b} \tag{3-3-81}$$

$$\text{여기서, } R_{d1} = -\frac{1}{2}\rho_w d\pi C_{d1} v_{1r} |v_{1r}| (1+e)^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{d2} = -\frac{1}{2}\rho_w d\pi C_{d2} v_{2r} \sqrt{v_{2r}^2 + v_{3r}^2} (1+e)^{\frac{1}{2}}$$

$$R_{d3} = -\frac{1}{2}\rho_w d\pi C_{d3} v_{3r} \sqrt{v_{2r}^2 + v_{3r}^2} (1+e)^{\frac{1}{2}}$$

위 식에서 C_{d1}, C_{d2}, C_{d3} 는 각 방향 항력계수를 나타내는데, 양 법선 방향의 항력은 연성효과를 고려하였다. 모리슨 방정식을 적용할 때 유체력계수를 적절히 선정해야 하는데, 유체력계수는 보통 구조물의 직경, Re, KC 등의 영향을 받는다.

③ 지배방정식

계류삭 미소요소에 대한 자유물체도는 그림 3-3-69 와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 우리가 알고자 하는 미지수는 총 10개가 된다. 그림 3-3-69에 나타나 있는

$T, S_n, S_b, v_t, v_n, v_b, \Omega_n, \Omega_b$ 와 그림 3-3-71에 나타나 있는 ϕ, θ 이다. 본 연구에선 비틀림의 영향을 무시하였기 때문에 ψ, Ω_t 성분은 고려하지 않았다.

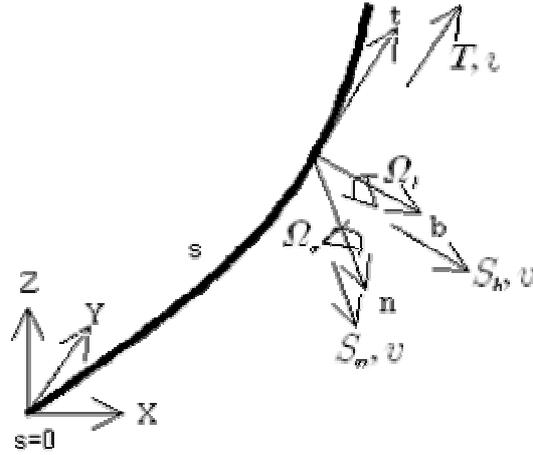


그림 3-3-69. 자유 물체도표.

Fig. 3-3-69. Free body diagram.

10개의 미지수 $T, S_n, S_b, v_t, v_n, v_b, \phi, \theta, \Omega_n, \Omega_b$ 에 대한 지배방정식을 얻기 위해선 10개의 방정식이 필요하다. 본 절에서는 운동방정식, 모멘트 평형방정식, 적합조건식, 곡률관계를 이용하여 지배방정식을 소개한다. 운동방정식을 통해 T, S_n, S_b 에 대한 식을 얻을 수 있고, 모멘트 평형방정식을 통해 Ω_n, Ω_b 를 얻을 수 있다. 또, 적합조건식을 통해서 v_t, v_n, v_b 를 얻을 수 있고, 마지막으로 곡률 관계를 통해서 ϕ, θ 를 얻을 수 있다.

㉔ 운동방정식

지배방정식은 늘어나지 않은 미소요소 ds 와 늘어난 미소요소 ds' 에 대하여 고려한다. 비틀림을 무시하고, 지배방정식을 3방향 성분으로 나타내면 각각 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 m\left(\frac{\partial v_t}{\partial t} + v_b \frac{\partial \theta}{\partial t} - v_n \frac{\partial \phi}{\partial t} \cos \theta\right) &= \frac{\partial T}{\partial s} + S_b \Omega_n - S_n \Omega_b + w_0 n_1 + R_{d1} \\
 m\left(\frac{\partial v_n}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial t} (v_t \cos \theta + v_b \sin \theta)\right) + m_a \frac{\partial v_{2r}}{\partial t} &= \frac{\partial S_n}{\partial s} - \Omega_b (T + S_b \tan \theta) + w_0 n_2 + R_{d2} \\
 m\left(\frac{\partial v_b}{\partial t} - v_n \frac{\partial \phi}{\partial t} \sin \theta - v_t \frac{\partial \theta}{\partial t}\right) + m_a \frac{\partial v_{3r}}{\partial t} &= \frac{\partial S_b}{\partial s} - S_n \Omega_b \tan \theta - T \Omega_n + w_0 n_3 + R_{d3}
 \end{aligned}
 \tag{3-3-82}$$

㉔ 모멘트 평형방정식

탄성계수(Young modulus)를 E, 단면 2차 모멘트(sectional second moment)를 I라 정의한다. 비틀림을 무시하기 때문에 접선방향 모멘트식은 무시하고 정리하면 다음 식과 같이 재정리된다.

$$EI \frac{\partial \Omega_n}{\partial S} = \Omega_b^2 EI \tan \Theta - S_b (1 + e)^3$$

$$EI \frac{\partial \Omega_b}{\partial S} = -\Omega_n \Omega_b EI \tan \Theta - S_n (1 + e)^3 \quad (3-3-83)$$

㉕ 적합조건식

계류삭의 속도, 방향, 변형율에 관계하는 적합관계는 인접하는 계류삭 요소 사이에서 적합성을 만족해야 한다. 그러나 변형율이 0인 경우의 적합조건이란 계류삭 길이가 보존된다는 것이다.

방향별로 구분하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial v_t}{\partial S} + \Omega_n v_b - \Omega_b v_n = \frac{1}{EA} \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{\partial v_n}{\partial S} - \Omega_b (v_t + v_b \tan \Theta) = -\left(1 + \frac{1}{EA}\right) \frac{\partial \Phi}{\partial t} \cos \Theta \quad (3-3-84)$$

$$\frac{\partial v_b}{\partial S} - \Omega_b v_n \tan \Theta - \Omega_n v_t = -\left(1 + \frac{1}{EA}\right) \frac{\partial \Theta}{\partial t}$$

곡률의 정의에 의하여 다음의 두 식을 얻을 수 있다.

$$\Omega_n = \frac{\partial \Theta}{\partial S}$$

$$\Omega_b = \frac{\partial \Phi}{\partial S} \cos \Theta \quad (3-3-85)$$

이상과 같이 운동방정식(뉴턴의 제 2법칙), 모멘트 평형방정식, 적합조건식, 곡률 관계를 이용하여 10개의 지배방정식을 구하였다. 이 10개의 지배방정식을 정리하면 다음과 같다.

$$m \left(\frac{\partial v_t}{\partial t} + v_b \frac{\partial \Theta}{\partial t} - v_n \frac{\partial \Phi}{\partial t} \cos \Theta \right) = \frac{\partial T}{\partial S} + S_b \Omega_n - S_n \Omega_b + w_0 n_1 + R_{dl}$$

$$m\left(\frac{\partial v_n}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial t}(v_t \cos \theta + v_b \sin \theta)\right) + m_a \frac{\partial v_{2r}}{\partial t} = \frac{\partial S_n}{\partial s} - \Omega_b(T + S_b \tan \theta) + w_0 n_2 + R_{d2}$$

$$m\left(\frac{\partial v_b}{\partial t} - v_n \frac{\partial \phi}{\partial t} \sin \theta - v_t \frac{\partial \theta}{\partial t}\right) + m_a \frac{\partial v_{3r}}{\partial t} = \frac{\partial S_b}{\partial s} - S_n \Omega_b \tan \theta - T \Omega_n + w_0 n_3 + R_{d3}$$

$$\frac{\partial v_t}{\partial s} + \Omega_n v_b - \Omega_b v_n = \frac{1}{EA} \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{\partial v_n}{\partial s} - \Omega_b(v_t + v_b \tan \theta) = -\left(1 + \frac{1}{EA}\right) \frac{\partial \phi}{\partial t} \cos \theta$$

$$\frac{\partial v_b}{\partial s} - \Omega_b v_n \tan \theta - \Omega_n v_t = -\left(1 + \frac{1}{EA}\right) \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

$$\Omega_b = \frac{\partial \phi}{\partial s} \cos \theta$$

$$\Omega_n = \frac{\partial \theta}{\partial s}$$

$$EI \frac{\partial \Omega_n}{\partial s} = \Omega_b^2 EI \tan \theta - S_b(1+e)^3$$

$$EI \frac{\partial \Omega_b}{\partial s} = -\Omega_n \Omega_b EI \tan \theta - S_n(1+e)^3$$

④ 수치해석 기법

본 절에서는 앞에서 얻은 지배방정식을 풀어보도록 한다. 지배방정식을 푸는 방법에는 크게 이론적인 방법과 수치해석적인 방법이 있다. 이론적인 방법은 일반해를 얻을 수 있지만 복잡한 해석을 하는데는 한계가 뒤따른다. 반면 수치해석적인 방법은 일반해를 얻을 수 없지만 복잡하고 좀 더 현실적인 문제에 접근할 수 있다.

지배방정식을 수치해석으로 푸는 방법은 여러 가지가 있지만, 본 연구에선 유한차분법(Finite Difference Method)을 이용하기로 한다. 보통 구조해석 분야엔 유한차분법과 유한요소법(Finite Element Method)을 많이 사용하고 있다.

유한요소법은 해석 대상을 유한개의 특정 유한요소로 나눈 후 특정 등가의 식을 에너지 최소화 원리에 의해서 풀이하는 방법이다. 이 방법은 비틀강성, 굽힘강성 등 여러 요소들을 모두 고려할 수 있고 정확한 해석 결과를 얻을 수 있으나 긴 계산시간이 필요하다. 반면 유한차분법은 유한개의 정방격자를 이용해서 특정 미분방정식을 유한차분 근사식에 의해 대수방정식으로 변환 후 풀이하는 방법이다. 이 방법은 모델내의 변수 및 하중 처리가 쉽고, 계산시간이 유한요소법에 비해 짧다.

유한차분법에서 시간적분법은 양해법(Explicit Method)과 음해법(Implicit Method)으로 나눌 수 있다. 양해법은 시간과 공간의 조건에 따라서 안정하기도 하고 불안정하기도 하지만 음해법은 조건에 상관없이 항상 안정하기 때문에 본 연구에선 음해법을 사용하였다. 또, 유한차분법에는 전진, 중앙 및 후진 차분법이 있다. 각각의 방법에는 서로 장단점이

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & m & 0 & 0 & -mv_n \cos\Theta & mV_b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m+m_a & 0 & mv_t \cos\Theta + mV_b \sin\Theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m+m_a & -mv_n \sin\Theta & -mV_t & 0 & 0 \\ 1/EA & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(1+T/EA)\cos\Theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -(1+T/EA) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

위 식은 Δs 만큼 나누어져서 n 개의 노드(node)로 이산화 되고, 그 후에 Δt 만큼의 시간간격으로 나누어진다. 위 식은 노드 j 와 $j+1$ 사이, 그리고 시간 i 와 $i+1$ 사이의 중앙점에 서풀어진다. 하나의 벡터 \vec{Y} 에 대한 편미분을 중앙차분으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Y}{\partial t} &= \frac{Y_j^{i+1} - Y_j^i}{\Delta t} \\
\frac{\partial Y}{\partial s} &= \frac{Y_{j+1}^i - Y_j^i}{\Delta s}
\end{aligned} \tag{3-3-87}$$

위와 같은 방법으로 식(3-3-86)을 전개하여 $j+1/2$ 와 $i+1/2$ 에서 방정식을 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
& [M_{j+1}^{i+1} + M_j^{i+1}] \frac{Y_{j+1}^{i+1} - Y_j^{i+1}}{\Delta s} + [M_{j+1}^i + M_j^i] \frac{Y_{j+1}^i - Y_j^i}{\Delta s} = \\
& [N_{j+1}^{i+1} + N_{j+1}^i] \frac{Y_{j+1}^{i+1} - Y_{j+1}^i}{\Delta t} + [N_j^{i+1} + N_j^i] \frac{Y_j^{i+1} - Y_j^i}{\Delta t} + \\
& Q_{j+1}^{i+1} + Q_j^{i+1} + Q_{j+1}^i + Q_j^i
\end{aligned} \tag{3-3-88}$$

위의 방정식은 $10(n-1)$ 개의 방정식이 된다. 하지만 미지수는 총 $10n$ 개 이므로 10 개의 또 다른 방정식이 필요한데, 이것은 경계조건을 이용해서 구한다.

계류삭의 하부 끝단($s=0$)은 앵커로 고정되어 있기 때문에 3방향 속도성분이 0이 된다. 그리고, 국부곡률 역시 0이 된다. 따라서 다음의 5개 경계조건을 얻을 수 있다.

$$v_t(t, 0) = 0$$

$$v_n(t, 0) = 0$$

$$v_b(t, 0) = 0 \quad (3-3-89)$$

$$EI\Omega_n(t, 0) = 0$$

$$EI\Omega_b(t, 0) = 0$$

반면에 상부끝단(s=L)에서는 계류삭이 부채와 연결되어 있으므로, 계류삭의 속도는 부채의 속도로 알 수 있다. 또, 하부끝단과 마찬가지로 모멘트가 0이다. 그래서 상부끝단도 다음의 5개 경계조건을 얻을 수 있다.

$$v_t(t, L) = V_t$$

$$v_n(t, L) = V_n$$

$$v_b(t, L) = V_b \quad (3-3-90)$$

$$EI\Omega_n(t, L) = 0$$

$$EI\Omega_b(t, L) = 0$$

따라서, 지배방정식에서 구한 $10(n-1)$ 개의 방정식과 10개의 경계조건을 이용해서 총 $10n$ 개의 미지수를 구하게 된다.

⊕ 비선형 방정식을 풀기 위한 Newton-Raphson 방법

Newton-Raphson 방법은 $f(x) = 0$ 방정식에서 $f(x)$ 의 미분을 이용하여 빠르게 x 를 계산할 수 있는 방법이다.

어떤 실수 r 이 함수 f 를 0이 되도록 하는 값이라고 하면, x 는 r 의 근사화라고 할 수 있다. 만약 f'' 이 존재하고 연속이라면 테일러 급수(Taylor's series)에 의해서 다음과 같이 표현된다.

$$f(r) = f(x+h) = f(x) + hf'(x) = 0 \quad (3-3-91)$$

여기서, $h = r - x$

위 식에서 2차 Order항 이하를 무시하였다. 여기서, $h = -f(x)/f'(x)$ 로 된다. x 가 r 로 근사화한다면, $x - f(x)/f'(x)$ 는 r 로 더 가까이 간다. Newton-Raphson 방법은 r 의 x_0 를 추정함으로써 시작하고, 다음과 같이 정의한다.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (3-3-92)$$

방정식이 2개이고, 미지수도 2개인 경우를 생각해 보자. 각각의 미지수를 x_1, x_2 라고 두면 다음과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2) = 0 \\ f_2(x_1, x_2) = 0 \end{cases} \quad (3-3-93)$$

두 변수에 대하여 Taylor Series를 통해서 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{cases} f_1(x_1 + h_1, x_2 + h_2) \approx f_1(x_1, x_2) + h_1 \frac{\partial f_1}{\partial x_1} + h_2 \frac{\partial f_1}{\partial x_2} = 0 \\ f_2(x_1 + h_1, x_2 + h_2) \approx f_2(x_1, x_2) + h_1 \frac{\partial f_2}{\partial x_1} + h_2 \frac{\partial f_2}{\partial x_2} = 0 \end{cases} \quad (3-3-94)$$

위 식에서 h_1 과 h_2 는 f_1, f_2 의 편미분 계수가 되는데, 여기서 아래 식과 같은 자코비안 행렬을 도입한다.

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \end{bmatrix} \quad (3-3-95)$$

(3-3-94)식에서 계수 h_1, h_2 의 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \end{bmatrix} = -J^{-1} \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2) \\ f_2(x_1, x_2) \end{bmatrix} \quad (3-3-96)$$

따라서 두 개의 변수가 있는 두 개의 비선형 방정식을 풀기 위한 Newton-Raphson 방법은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_1^{(k+1)} \\ x_2^{(k+1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^{(k)} \\ x_2^{(k)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1^{(k)} \\ h_2^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3-3-97)$$

본 연구에선 미지수를 10개로 잡고 지배방정식도 10개로 유도하였기 때문에 다변수-다방정식 Newton-Raphson 방법을 채택해야 하는데, 이 경우도 앞에서 살펴본 경우와 같이 풀면 된다. 이 때 한 절점에 대한 자코비안 방정식은 아래와 같이 10×10 행렬로 이루어진다.

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_{10}} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_{10}} \\ & & \dots & \\ & & & \dots \\ \frac{\partial f_{10}}{\partial x_1} & \frac{\partial f_{10}}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_{10}}{\partial x_{10}} \end{bmatrix} \quad (3-3-98)$$

여기서, $f_i (i=1 \sim 10)$ 는 지배방정식 10개를 의미하며, $x_i (i=1 \sim 10)$ 는 각 변수 $T, S_n, S_b, v_t, v_n, v_b, \phi, \theta, \Omega_n, \Omega_b$ 를 의미한다.

f_i 는 최종지배방정식을 다음과 같이 $f(x)=0$ 의 함수 형태로 나타낸 것이다.

$$\frac{\partial T}{\partial S} - m \left(\frac{\partial v_t}{\partial t} + v_b \frac{\partial \theta}{\partial t} - v_n \frac{\partial \phi}{\partial t} \cos \theta \right) + (S_b \Omega_n - S_n \Omega_b + w_0 n_1 + R_{a1}) = 0$$

$$\frac{\partial S_n}{\partial S} - m \left(\frac{\partial v_n}{\partial t} + \frac{\partial \phi}{\partial t} (v_t \cos \theta + v_b \sin \theta) \right) - m_a \frac{\partial v_{2r}}{\partial t} + \Omega_b (T + S_b \tan \theta) + w_0 n_2 + R_{a2} = 0$$

$$\frac{\partial S_b}{\partial S} - m \left(\frac{\partial v_b}{\partial t} - v_n \frac{\partial \phi}{\partial t} \sin \theta - v_t \frac{\partial \theta}{\partial t} \right) + m_a \frac{\partial v_{3r}}{\partial t} - S_n \Omega_b \tan \theta - T \Omega_n + w_0 n_3 + R_{a3} = 0$$

$$\frac{\partial v_t}{\partial S} - \frac{1}{EA} \frac{\partial T}{\partial t} + \Omega_n v_b - \Omega_b v_n = 0$$

$$\frac{\partial v_n}{\partial S} + \left(1 + \frac{1}{EA} \right) \frac{\partial \phi}{\partial t} \cos \theta - \Omega_b (v_t + v_b \tan \theta) = 0$$

$$\frac{\partial v_b}{\partial S} + \left(1 + \frac{1}{EA} \right) \frac{\partial \theta}{\partial t} - \Omega_b v_n \tan \theta - \Omega_n v_t = 0$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial S} \cos \theta - \Omega_b = 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial S} - \Omega_n = 0$$

$$EI \frac{\partial \Omega_n}{\partial s} - \Omega_n^2 EI \tan \theta + S_b (1+e)^3 = 0$$

$$EI \frac{\partial \Omega_b}{\partial s} + \Omega_n \Omega_b EI \tan \theta + S_n (1+e)^3 = 0$$

한 절점에 대한 자코비안을 구한 뒤 전체 절점에 대한 자코비안으로 조합을 한다. 그리고, 식(3-11)과 같이 풀면 된다. 즉, 증분치는 자코비안과 함수 ($f(x)=0$)와의 곱으로써 표현된다. 여기서 함수 ($f(x)=0$)는 시간과 공간에 대한 중앙차분법으로 변환해서 풀이한다. 전체 자코비안은 블록 대각(block diagonal)형태로 이루어지는데, 행렬의 처음 5×10 행렬과 마지막 5×10 행렬은 경계조건을 이용해서 풀이하게 된다. 각 시간에서의 프로그램의 알고리즘을 살펴보면, 먼저 Y^{i-1} , Y^i 를 외삽(extrapolating)하여 Y^{i+1} 값을 추정한다. 다음으로, 식(3-3-98)에 의거해 선형방정식에서 증분치를 찾아 처음 가정한 수렴 범위 내에 들어오면 다음 시간으로 넘어가고, 아니면 $Y^{i+1} + \Delta Y \rightarrow Y^{i+1}$ 를 취하고 계속 반복한다. 이 때, 수렴치 판별은 노름(Norm)값을 이용하였다. 노름의 종류로는 l_2 노름과 l_∞ 노름이 있는데, 본 논문에서는 l_2 노름을 이용하였다.

(마) 계류시스템 설계

① 계류시스템의 설계순서

먼저 체인 계류시스템의 일반적인 설계순서를 간략히 설명한다. 계류시스템 설계의 주안점은 외력에 의한 부체의 수평이동량을 허용치 이내로 제한하거나 계류삭이 파단되지 않는 계류삭의 장력을 구하는 것이며 이로부터 계류삭, 앵커의 주요 제원이 결정된다.

계류삭에 걸리는 장력 및 계류 복원력은 일반적으로 정적해석법(그림 3-3-70)를 사용하여 구한다. 계류삭에 걸리는 장력의 계산은 현수선(懸垂線, catenary)방식을 사용하는 것이 가장 간단하지만, 좀 더 엄밀한 계산이 요구되는 경우에는 차분법, 매트릭스 변위법 등을 사용한다.

- 계류삭의 개수, 계류 형식을 가정한다.

- 정적 계류특성곡선을 작성한다. 이 곡선은 부체에 가하는 외력과 부체의 변위량 사이에 관계 및 최대 장력이 발생하는 라인에 대해서 부체 변위량과 계류삭 정력 사이의 관계를 나타낸 것이다(그림 3-3-71). 외력과 균형을 이루는 계류삭의 장력(=계류 복원력, restoring force)은 단독 계류삭의 정적 특성을 벡터 합성하여 얻는다.

계류삭의 특성은 초기장력의 설정에 따라 크게 변한다. 즉 초기장력을 작게 하면 변위에 의한 계류삭 장력의 급격한 증가는 없으나 부체의 이동량은 크게 된다. 역으로 초기장력을 크게 하면 부체의 이동은 작게 되나 라인장력이 크게 된다. 따라서 그 계류 시스템에 알맞은 초기장력을 어떻게 설정할 것인가가 중요한 문제이다. 주어진 설계조건에 대해

서 다음과 같이 정상외력(定常外力, 즉 풍하중, 조류력, 파표류력)을 계산한다.

▷ 풍하중(wind force) : 풍동실험을 하거나 혹은 다음 식을 사용한다.

$$F_w = 1/2\rho C_D C_H V^2 A \quad (3-3-99)$$

여기서, ρ :공기의 밀도

C_D : 항력계수

C_H : 높이에 따른 수정계수

V : 풍속

A : 투영면적

풍하중의 계산에 사용되는 풍속에 대해서는 각 설계규정에 최소치가 규정되어 있다.

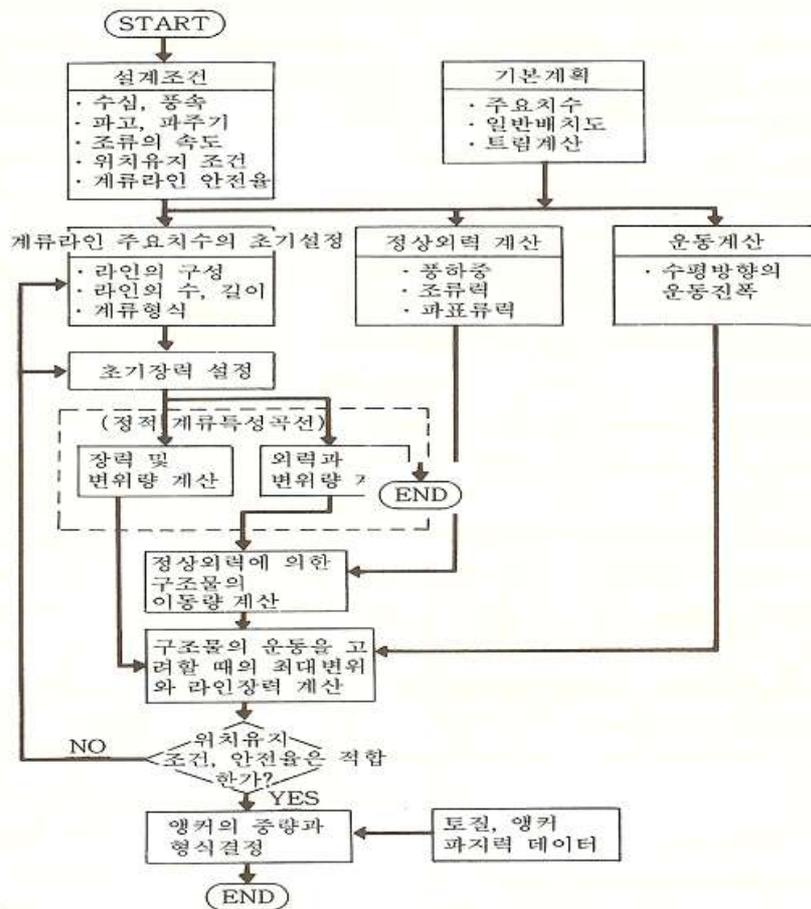


그림 3-3-70. 계류시스템의 설계 순서도.

Fig. 3-3-70. Design procedure for mooring system.

▷ 조류력(current force):수조실험을 수행하거나 혹은 다음의 이론식에 의해 구한다.

$$F_c = 1/2\rho_w C_D V^2 A \quad (3-3-100)$$

여기서 ρ_w : 해수의 밀도
 C_D : 저항계수
 V : 유속(바람에 항력에 의한 취송류 포함)
 A : 투영면적

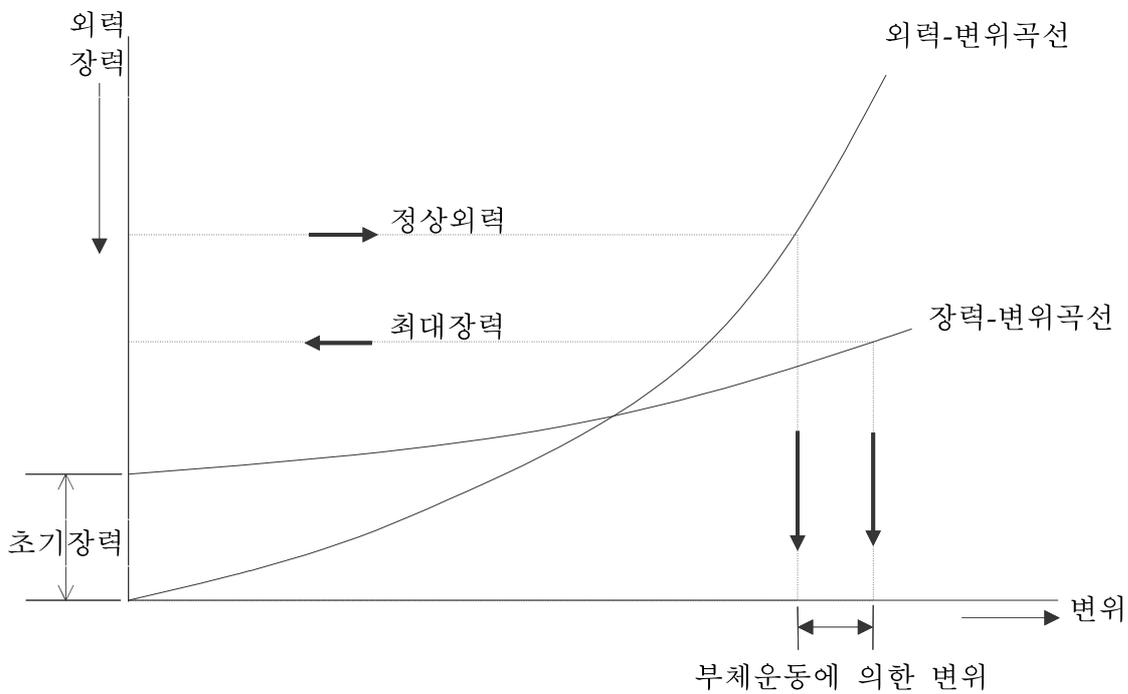


그림 3-3-71. 정적 계류특성곡선.

Fig. 3-3-71. Static configuration of mooring line.

▷ 파표류력(wave drift force): 수조실험이나 혹은 이론계산에 의해서 구한다. 파표류력은 보통 다음 식으로 표현된다.

$$F_{DF} = 0.5R\rho_w g \xi^2 L \quad (3.3.101)$$

여기서 ρ_w : 해수의 밀도
 R : 표류력 계수
 ξ : 입사파의 진폭
 L : 부체의 길이

- 부체운동에 따른 수평이동(sway, surge, yaw)을 수조실험이나 이론계산을 통해 구한다.

- 앞에서 구한 정상외력과 부체운동에 의한 수평이동량을 가지고, 계류특성곡선을 사용해서 그림 3-3-11에 나타낸 순서에 따라 최대의 라인장력과 최대수평이동량을 구해서 안전율과 수평 이동량이 허용치 이내에 있음을 확인한다.

- 계류삭의 최소 길이

계류삭을 풀어주는 데 필요한 최소 길이는 계류삭에 최대 장력이 발생했을 때에도 앵커지점에서 상항력이 발생하지 않도록 한다는 조건으로부터 결정한다.

㉔ 여수 바다목장 부소파제용 계류시스템 설계

앞에서 전개한 계류삭의 해석 및 설계 방법을 바탕으로 여수 바다목장용 부소파제의 계류시스템의 제원을 결정하고자 한다. 먼저 정적해석 방법을 통해 계류삭의 초기형상을 얻고 그것을 동적해석의 초기형상으로 사용하여 계류삭에 걸리는 최대장력을 계산하여 적절한 크기의 계류삭 제원을 결정한다. 또한 선정된 제원을 근거로 하여 실제 소요되는 비용도 결정하고자 한다.

㉕ 환경조건 및 입력자료

계류삭을 설계하는데 필요한 환경조건 및 입력자료는 표 3-3-20와 같다. 부체의 형상은 직육면체로 가정하였으며 정상 표류력은 앞에서 설명한 부체의 운동에 대한 해석결과로부터 얻었다.

표 3-3-20. 환경조건 및 입력자료

Table 3-3-20. Environmental condition and input data

잠수부분의 부체의 크기	폭(B)x높이(D)x길이(L) = 20x4.5x40(m ³)
해수밀도	1026(kg/m ³)
해류속도	1(m/s)
흘수(Draft)	4.5(m)
부체의 항력계수	1.5
수심	30(m)
계산된 정상표류력(Drift Force)	75.66(kN)
해류에 의한 부체의 항력(Drag force)	138.51(kN)

㉖ 정적해석에 의한 계류삭의 설계

수심이 30m인 여수 앞바다에 흘수 이하 수심이 25.5m인 위치에 계류 체인이 설치되

는 형상을 단순화 시켜보면 아래의 그림과 같다. 본 연구에서는 하나의 소파제에 2개의 체인을 설치하는 것으로 가정하였다. 표 3-3-20에서 볼 수 있듯이 하나의 부체가 파도 및 해류에 의해 받는 전체 하중은 214.2kN이다. 이 값은 파도와 해류의 진행방향이 일치하는 경우로서 최악의 상황을 가정한 것이다. 따라서 하나의 계류삭이 상부 끝단에서 받는 수평방향 힘은 전체 힘의 반으로서 107kN이다. 이 힘에 대해 계류삭의 정적해석을 수행하였다.

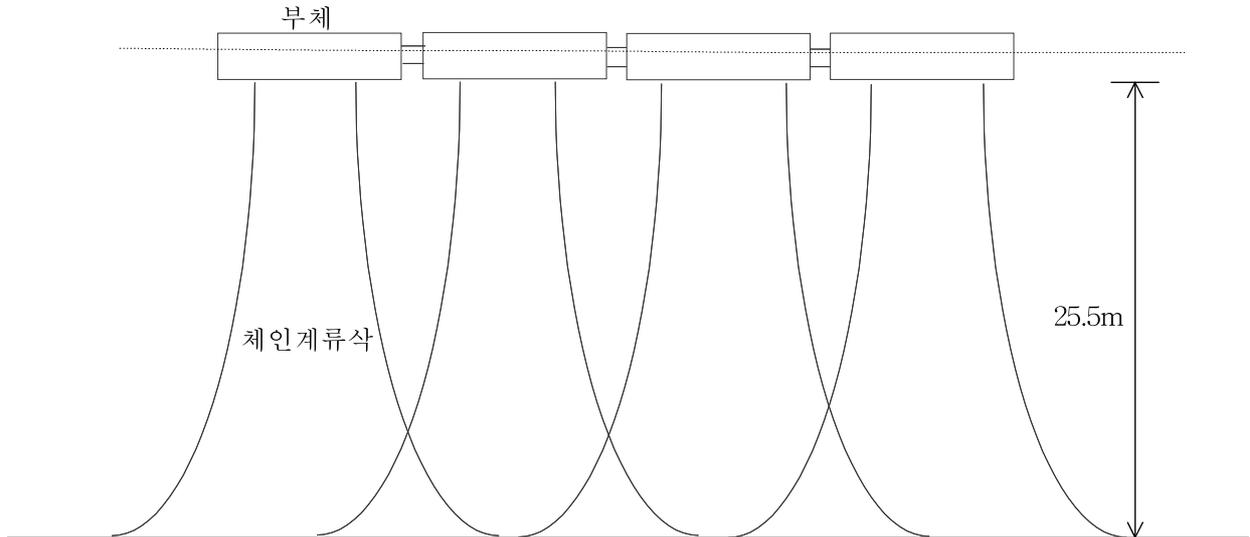


그림 3-3-72. 설계 대상 계류삭 형상.

Fig. 3-3-72. Configuration of design objected mooring line.

표 3-3-21에서 볼 수 있듯이 체인은 여러 종류가 있다(한국선급 홈페이지). 표에서 볼 수 있듯이 체인의 치수에 따라 단위 길이 당 무게, 파단강도 등 특성치가 주어지며 체인의 강도에 따라 제1종(KSBC 31), 제2종(KSBC 50), 제3종(KSBC 70)으로 나누어져 있다. 또한 스테드(stud)의 유무에 따라 스테드체인(stud chain)과 스테드리스(studless chain)으로 나뉘어진다. 본 연구에서는 스테드가 잇는 체인을 사용하고자 한다. 어느 것이나 강도의 특정치는 내력시험하중(절단하중의 약 70%)으로 표시한 값으로 사용할 수 있으며 안전율을 1.5배 정도로 택한다. 체인의 경년변화는 마모와 부식이며 부식속도는 0.15~0.3mm/년 정도이다.

본 연구에서는 표 3-3-21에 주어지 여러 치수에 대해 표 3-3-22에 주어지 6가지를 선정하여 정적해석을 수행한다. 그 중에서 다시 3가지를 선정하여 동적해석을 수행하고 최종 두가지를 설계 대상으로 선정한다. 아래의 표 3-3-22는 먼저 선정된 6가지 경우의 체인 물성치를 보여준다. 호칭지름은 링크의 지름을 의미한다.

표 3-3-21. 체인의 물성치(한국선급)

Table 3-3-21. Property of general chain

호칭지름 d (mm)	스터드붙이체인							스터드가 없는 체인		
	제 1 종 체 인		제 2 종 체 인		제 3 종 체 인		체인 1 m의 질량 (kg)	절단시험 하중 (kN)	내력시험 하중 (kN)	체인 1 m의 질량 (kg)
	절단시험 하중 (kN)	내력시험 하중 (kN)	절단시험 하중 (kN)	내력시험 하중 (kN)	절단시험 하중 (kN)	내력시험 하중 (kN)				
12.5	66	46	92	66	132	92	3,422	58	29	3,40
14	82	56	116	82	165	116	4,292	72	36	4,26
16	107	76	150	107	216	150	5,606	95	47	5,56
17.5	127	89	179	127	256	179	6,707	113	57	6,66
19	150	105	211	150	301	211	7,906	133	67	7,84
20.5	175	123	244	175	349	244	9,203	155	78	9,14
22	200	140	280	200	401	280	10,60	178	89	10,52
24	237	167	332	237	476	332	12,61	213	107	12,52
26	278	194	389	278	556	389	14,80	250	125	14,72
28	321	225	449	321	642	449	17,17	290	145	17,08
30	368	257	514	368	753	514	19,71	332	174	19,60
32	417	291	589	417	833	589	22,43	379	189	22,28
34	468	328	655	468	973	655	25,32	428	214	25,16
36	523	366	732	523	1050	732	28,38	480	239	28,20
38	581	406	812	581	1160	812	31,62	533	267	31,44
40	640	448	896	640	1280	896	35,04	591	296	34,80
42	703	492	981	703	1400	981	38,63	652	327	38,40
44	769	538	1080	769	1540	1080	42,40	716	358	42,00
46	837	585	1170	837	1680	1170	46,34	783	391	46,00
48	908	635	1270	908	1810	1270	50,46	852	426	50,00
50	981	686	1370	981	1960	1370	54,75	925	462	54,40
52	1060	739	1480	1060	2110	1480	59,22			
54	1140	794	1590	1140	2270	1590	63,86			
56	1220	851	1710	1220	2430	1710	68,68			
58	1290	909	1810	1290	2600	1810	73,67			
60	1380	969	1940	1380	2770	1940	78,84			
62	1470	1030	2060	1470	2940	2060	84,18			
64	1560	1100	2190	1560	3130	2190	89,70			
66	1660	1160	2310	1660	3300	2310	95,40			
68	1750	1230	2450	1750	3500	2450	101,3			
70	1840	1290	2580	1840	3690	2580	107,3			
73	1990	1390	2790	1990	3990	2790	116,7			
76	2150	1500	3010	2150	4300	3010	126,5			
78	2260	1580	3160	2260	4500	3160	133,2			
81	2410	1690	3380	2410	4820	3380	143,7			
84	2580	1800	3610	2580	5160	3610	154,5			
87	2750	1920	3850	2750	5500	3850	165,8			
90	2920	2050	4090	2920	5840	4090	177,4			
92	3040	2130	4260	3040	6080	4260	185,4			
95	3290	2260	4510	3230	6440	4510	197,6			
97	3340	2340	4680	3340	6690	4680	206,1			
98	3400	2380	4770	3400	6820	4770	210,3			
100	3530	2470	4940	3530	7060	4940	219,0			
102	3660	2560	5120	3660	7320	5120	227,8			
105	3850	2700	5390	3850	7700	5390	241,4			
107	3980	2790	5570	3980	7960	5570	250,7			
108	4040	2830	5660	4040	8090	5660	255,4			
111	4250	2970	5940	4250	8480	5940	269,8			
114	4440	3110	6230	4440	8890	6230	284,6			
117	4650	3260	6510	4650	9300	6510	299,8			
120	4850	3400	6810	4850	9720	6810	315,4			
122	5000	3500	7000	5000	9990	7000	326,0			

표 3-3-22에 주어진 입력치를 이용하여 현수선 이론에 의한 계류삭의 정적해석을 수행하면 표 3-3-23과 같은 결과치를 얻을 수 있다. 예상할 수 있듯이 단위 길이 당 무게가 클수록 이출거리가 짧아진다. 그리고 상부 끝단에서의 장력 값이 파단강도에 비해 훨씬 작기 때문에 정적인 측면에서는 모두 안정한 것으로 판단된다.

표 3-3-22. 해석대상 체인 물성치

Table 3-3-22. Property of design objected chain for analysis

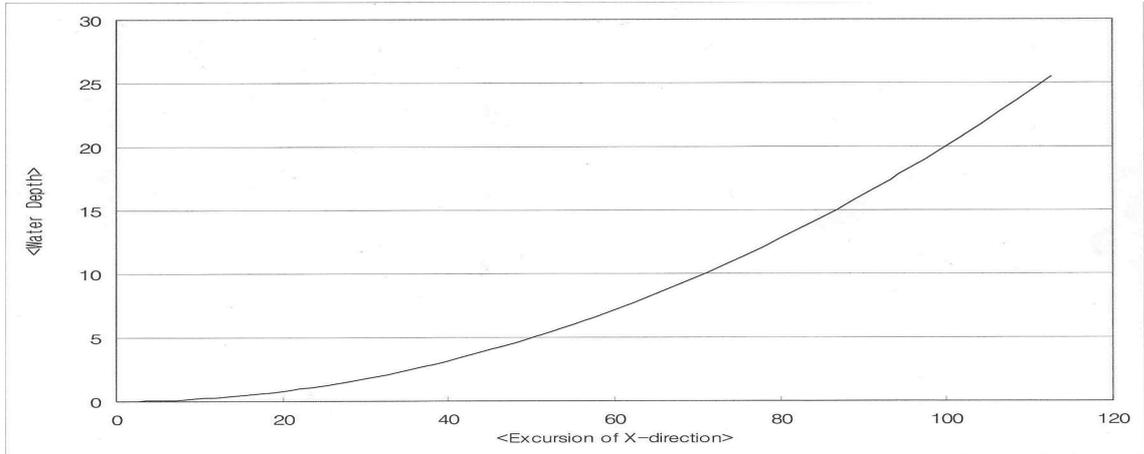
CASE number	호칭지름(m)	체인 단위길이 당 무게(N/m)	파단강도(KN)
1	0.05	537	686
2	0.06	773	969
3	0.07	1053	1290
4	0.081	1410	1690
5	0.09	1740	2050
6	0.1	2148	2470

표 3-3-23. 정적상태에서의 체인 장력 해석결과

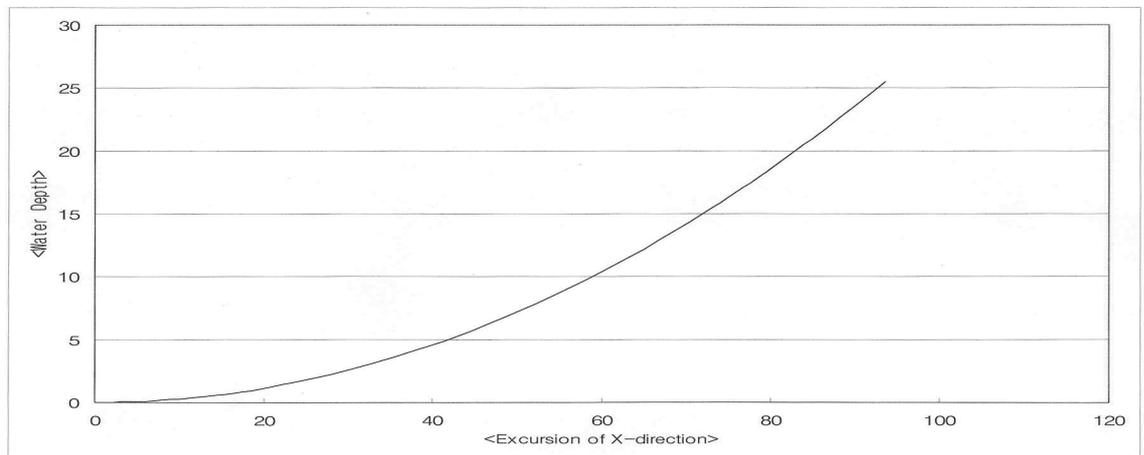
Table 3-3-23. Tension results in static conditions

CASE number	Excursion in X-direction(m)	상부끝단에서의 정적 장력(KN)
1	112.62	151.22
2	93.52	159.50
3	79.83	170.89
4	68.63	188.51
5	61.48	208.92
6	55.02	241.92

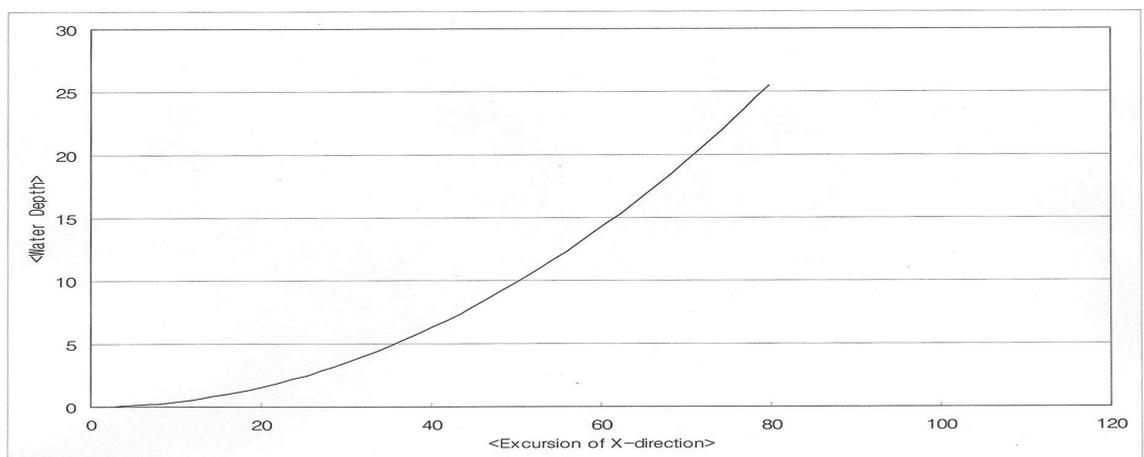
그리고 각 케이스별 체인의 형상을 그래프로 나타내면 다음과 같다.



(a) CASE 1



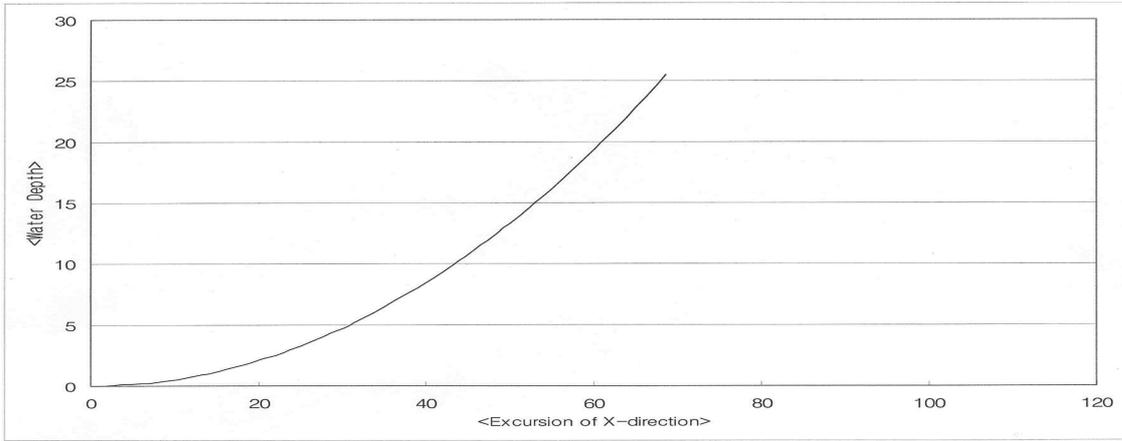
(b) CASE 2



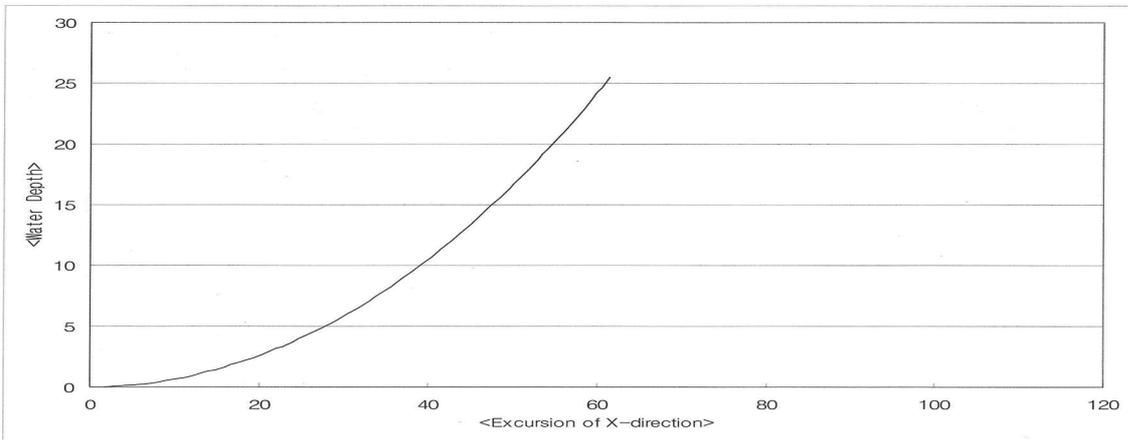
(c) CASE 3

그림 3-3-73. 정적해석에 의한 계류삭 형상.

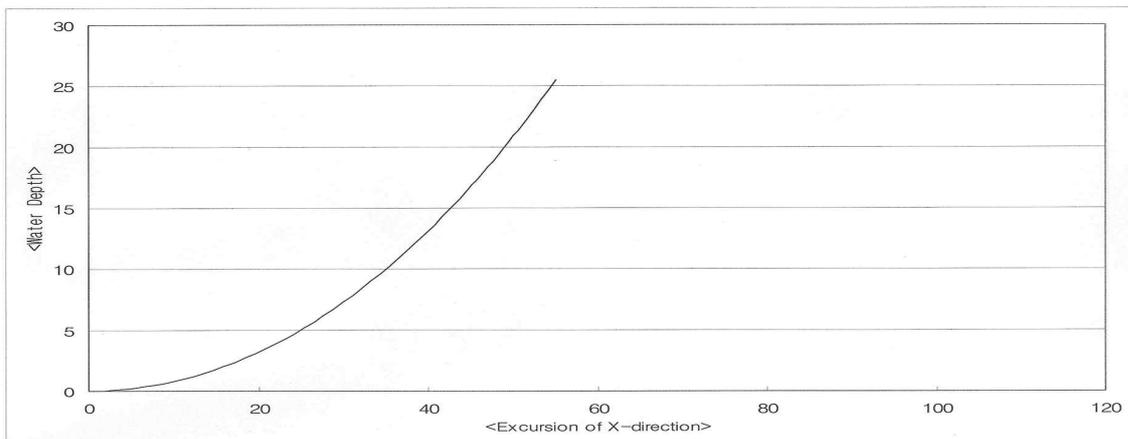
Fig. 3-3-73. Chain configuration by static analysis.



(d) CASE 4



(e) CASE 5



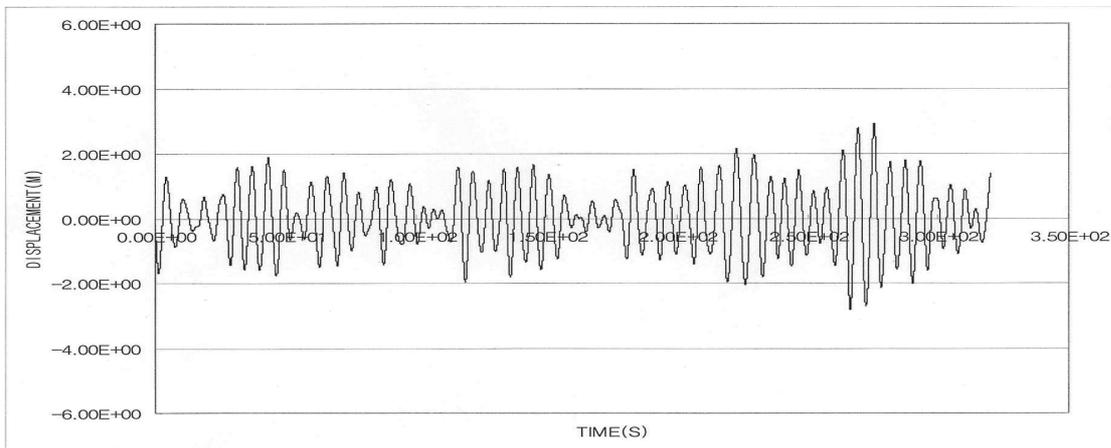
(f) case 6

그림 3-3-73. 계속.

Fig. 3-3-73. Continued.

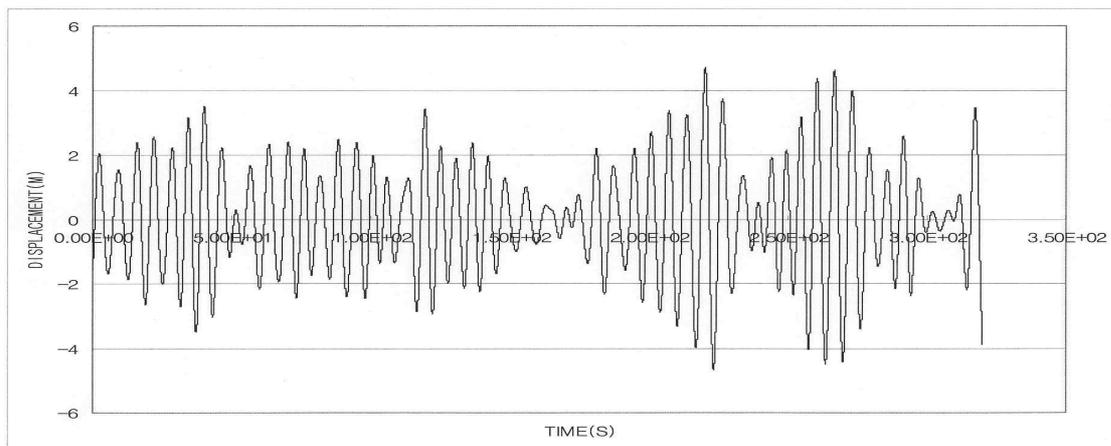
㉔ 동적해석에 의한 계류삭의 설계

앞에서 설명한 수치해석 기법을 이용하여 계류삭의 동적거동을 알아보았다. 먼저 계류삭의 정적해석에 의해 얻어진 계류삭의 형상을 초기 형상 입력치로 적용하였다. 다음으로 부체의 운동에 관한 해석으로부터 얻어진 계류삭 끝단에서의 수직 및 수평방향의 변위를 입력치로 사용하였다. 계류삭 끝단에서 가하는 강제가진은 불규칙한 형태이며 수직변위(heave)와 수평변위(sway)가 결합되어 작용한다. 결합된 가진은 여러 가지 형태가 있으나 가진 진폭이 큰 3가지 종류에 대해 동적해석을 수행한다. 이 가진들을 편의상 결합가진 1, 2, 3,으로 분류한다. 해석 대상 체인은 CASE 2, CASE 4, CASE 6 의 세 종류이므로 해석할 경우는 총 9가지가 된다.



(a) 수직방향 가진의 시간 이력

(a) Time histories of vertical displacements for combined excitation 1



(b) 수평방향 가진의 시간 이력

(b) Time histories of horizontal displacements for combined excitation 1

그림 3-3-74. 결합가진 1의 수직 및 수평방향 시간 이력.

Fig. 3-3-74. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 1.

첫 번째인 결합가진 1의 변동은 다음 그림 3-3-74와 같다. 이를 살펴보면 대략 수직변위가 2m 내외이고 수평변위는 4m 내외이다.

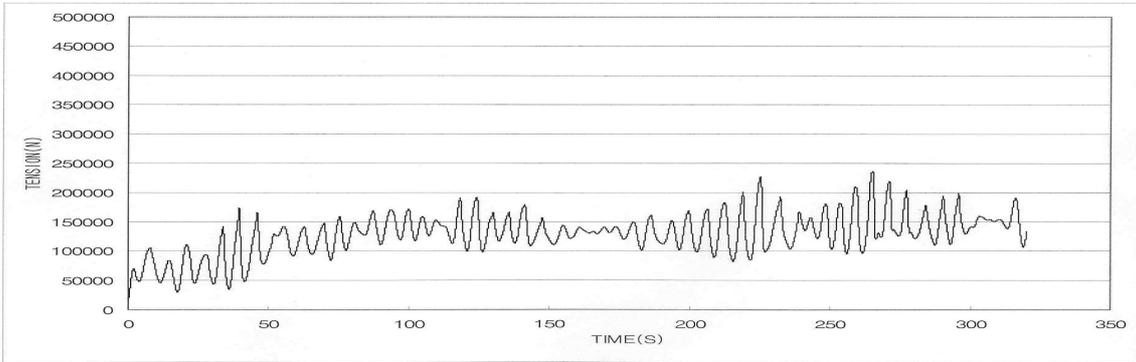
수직 및 수평방향의 변위를 계류삭의 끝단에 작용시키면 장력값의 시간이력을 개발된 프로그램을 통해 다음과 같이 구할 수 있다.

위에서 계산된 동적인 장력값을 살펴보면 3가지 경우 모두 200초 후에 정상적인 값을 보여주고 있으며 CASE 2 계류삭의 경우 240KN, CASE 4 계류삭의 경우 330KN, CASE 6 계류삭의 경우 400KN의 최대 장력값을 보여준다. 이것들은 표 3-3-22에서 볼 수 있듯이 모두 각각의 파단강도에 아주 못 미치는 매우 안전한 값을 알 수 있다.

다음으로 두 번째 결합가진에 대한 각 계류삭의 장력변화를 살펴본다. 아래 그림은 결합가진 2의 시간 이력을 보여주고 있다. 결합가진 2의 크기를 보면 대략 수직변위가 4m 내외이고 수평변위는 6m 내외이고 결합가진 1보다 각각 2m씩 더 큰 변위를 보여주고 있다.

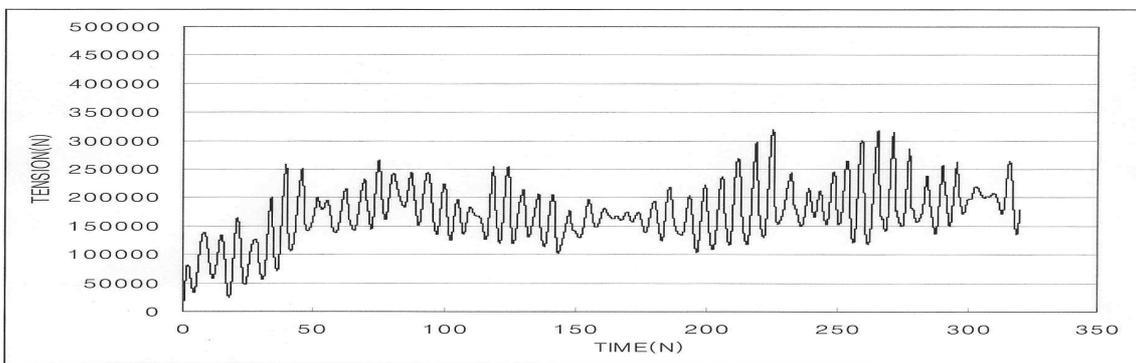
각 계류삭의 동적인 장력값을 살펴보면 3가지 모두 앞에서와 마찬가지로 200초가 지나서 정상적인 값을 보여주며 CASE 2 계류삭의 경우 240KN, CASE 4 계류삭의 경우 330KN, CASE6 계류삭의 경우 450KN의 최대 장력값을 보여준다. 또한 그림에서 볼 수 있듯이 장력값의 진폭이 전반적으로 증가한 것을 알 수 있다. 이 값들 역시 표 3-3-22에 보여진 3종류의 계류삭 각각의 파단강도에 못 미치는 매우 안전한 값임을 알 수 있다.

마지막으로 결합가진의 진폭이 증가한 경우에 대한 해석을 살펴보기로 한다. 아래 그림은 결합가진 3의 수직 및 수평방향 가진의 시간 이력을 보여주고 있다. 결합가진 3의 입력치를 살펴보면 대략 수직변위가 8m 내외이고 수평변위는 10m 내외이고 결합가진 1의 입력치 보다 각각 4m 씩 더 큰 변위를 보여 주었다.



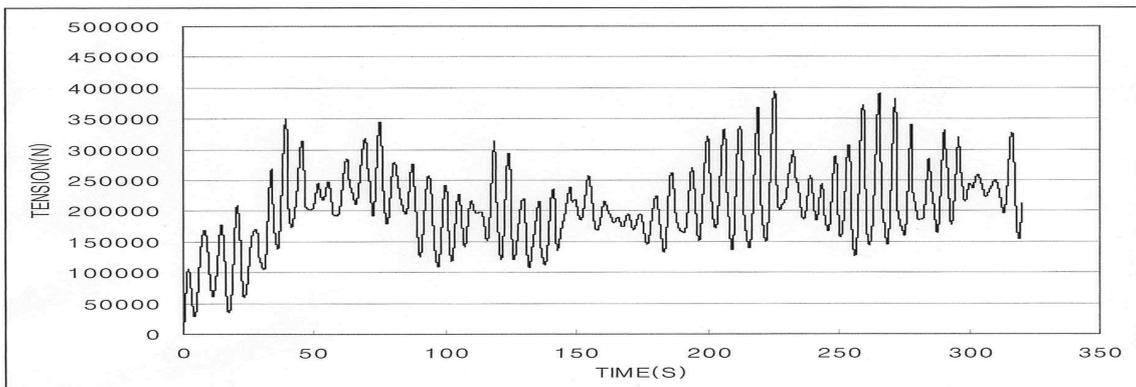
(a) CASE 2 체인일 경우(Dia = 0.06m)

(a) Time histories of tension of CASE 2 mooring lines by combined excitation 1 (Dia = 0.06m)



(b) CASE 4 체인일 경우(Dia = 0.081)

(b) Time histories of tension of CASE 4 mooring lines by combined excitation 1 (Dia = 0.081m)

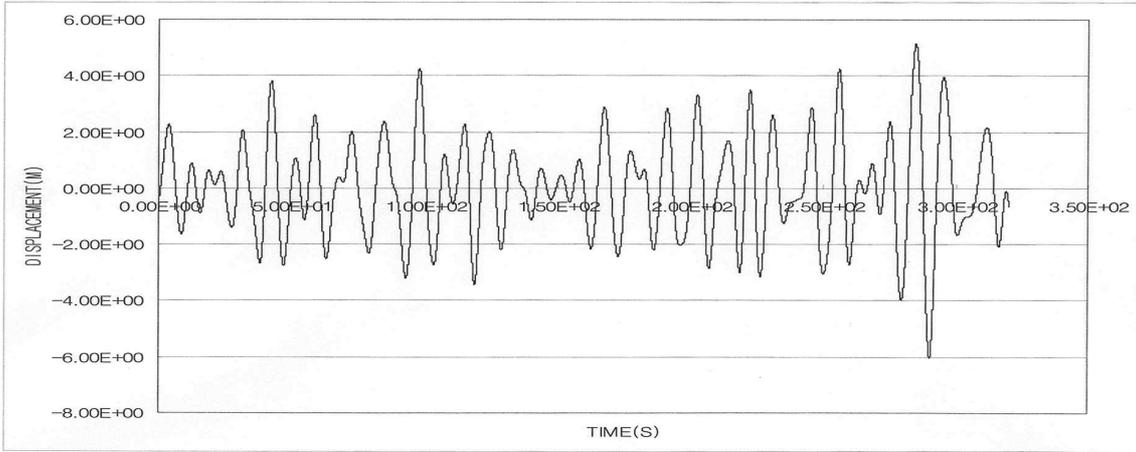


(c) CASE 6 체인일 경우(Dia = 0.1m)

(c) Time histories of tension of CASE 6 mooring lines by combined excitation 1 (Dia = 0.1m)

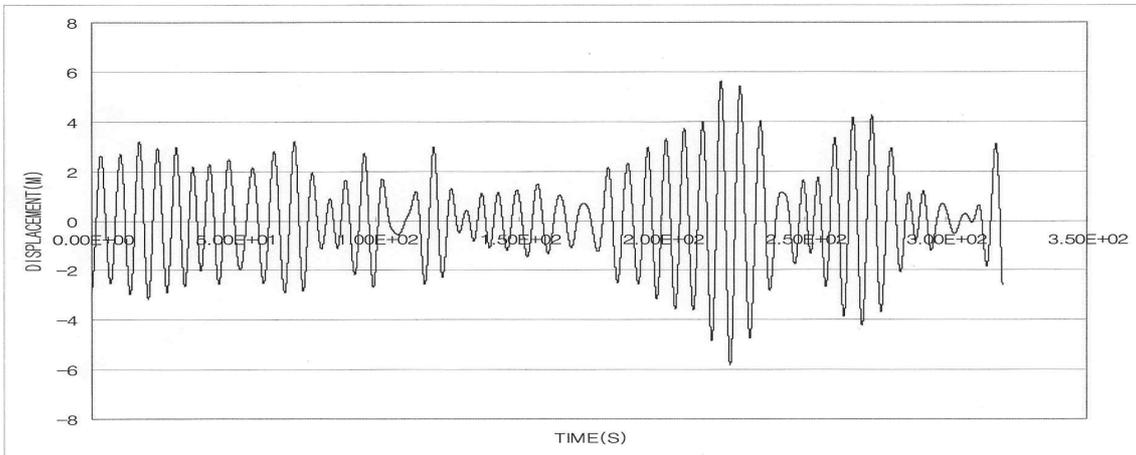
그림 3-3-75. 결함가진 1에 대한 세 체인의 장력 이력곡선.

Fig. 3-3-75. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 1.



(a) 수직방향 가진의 시간 이력

(a) Time histories of vertical displacements for combined excitation 2



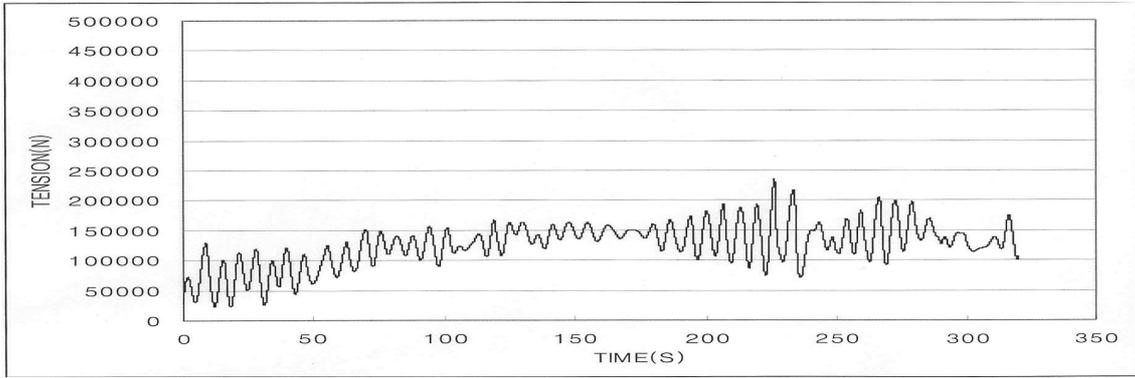
(b) 수평방향 가진의 시간 이력

(b) Time histories of horizontal displacements for combined excitation 2

그림 3-3-76. 결합가진 2의 수직 및 수평방향 시간 이력.

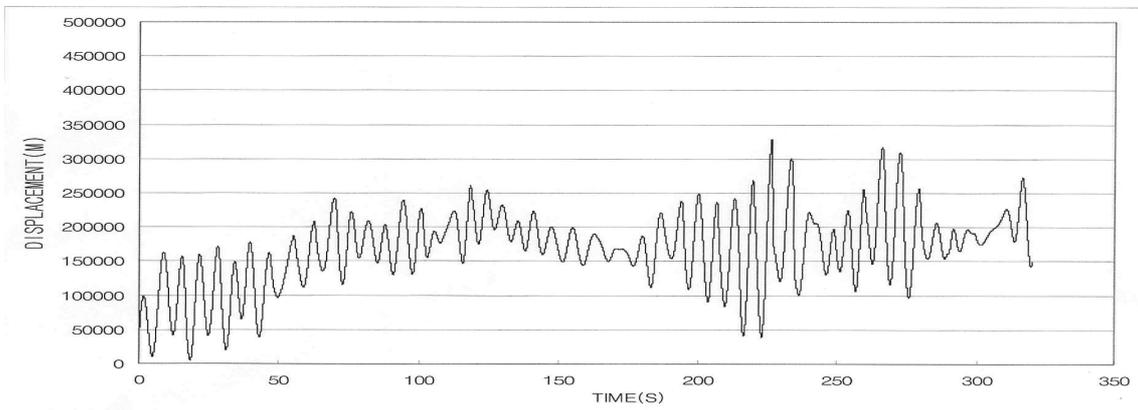
Fig. 3-3-76. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 2.

위에 주어진 수직 및 수평방향 가진에 대한 계류삭의 장력 변화를 구하면 아래의 그림과 같다.



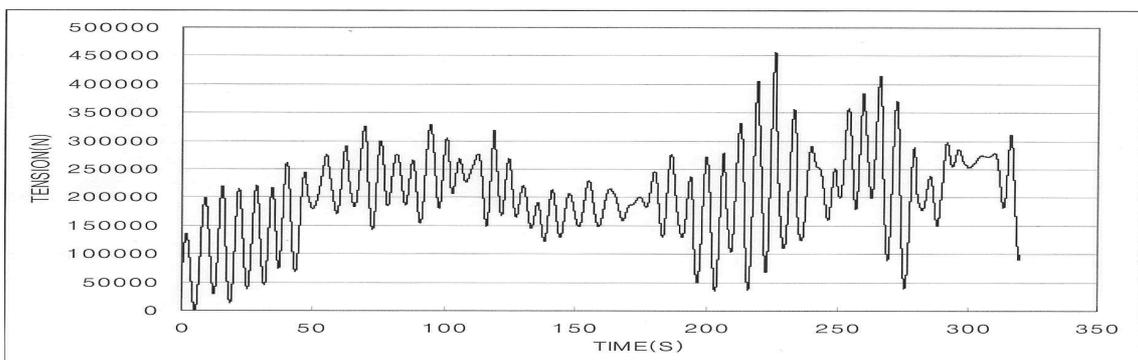
(a) CASE 2 체인일 경우(Dia = 0.06m)

(a) Time histories of tension of CASE 2 mooring lines by combined excitation 2 (Dia = 0.06m)



(b) CASE 4 체인일 경우(Dia = 0.081m)

(b) Time histories of tension of CASE 4 mooring lines by combined excitation 2 (Dia = 0.081m)

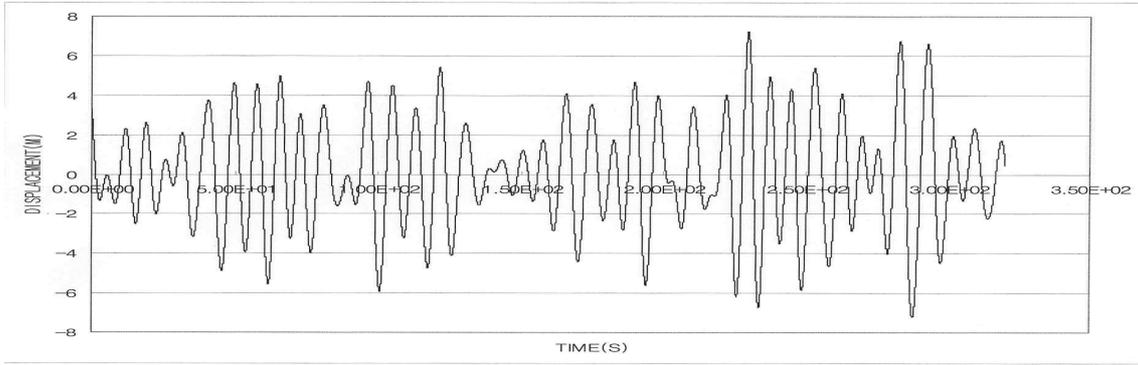


(c) CASE 6 체인일 경우(Dia = 0.1m)

(c) Time histories of tension of CASE 6 mooring lines by combined excitation 2 (Dia = 0.1m)

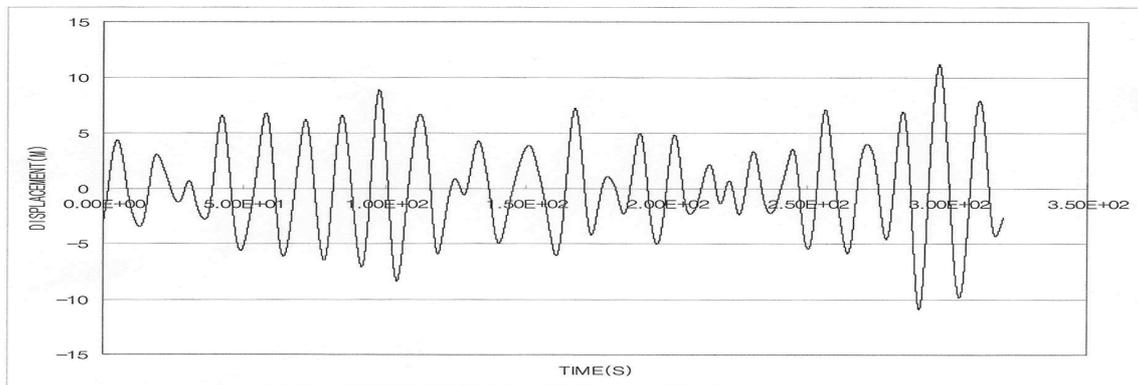
그림 3-3-77. 결합가진 2에 대한 세 체인의 장력 이력곡선.

Fig. 3-3-77. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 2.



(a) 수직방향 가진의 시간 이력

(a) Time histories of vertical displacements for combined excitation 3



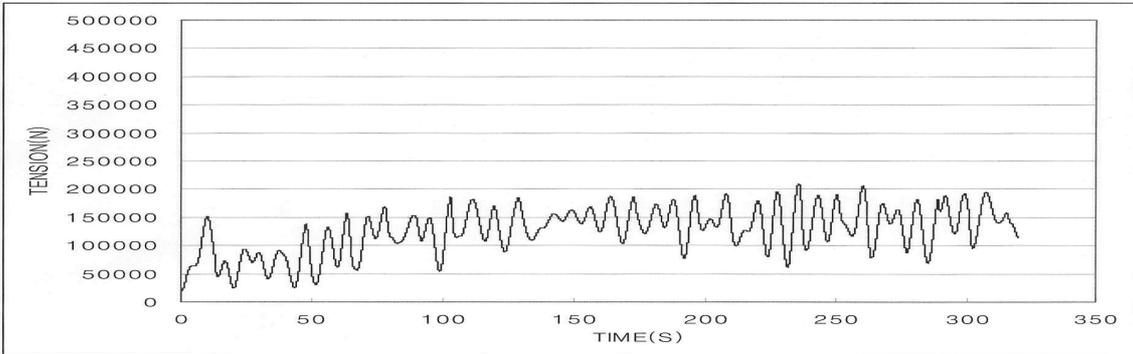
(b) 수평방향 가진의 시간 이력

(b) Time histories of horizontal displacements for combined excitation 3

그림 3-3-78. 결합가진 3의 수직 및 수평방향 시간 이력.

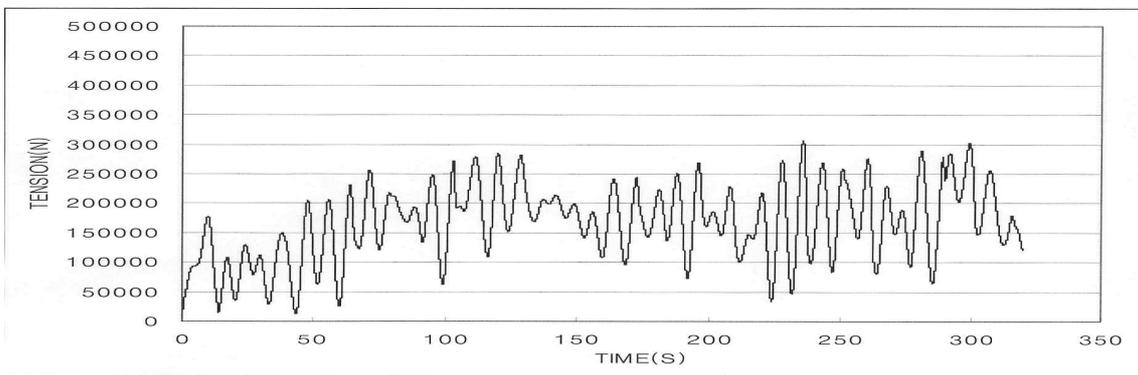
Fig. 3-3-78. Time histories of vertical and horizontal displacements for combined excitation 3.

위에 주어진 가진에 대한 계류삭의 장력값을 구하면 아래 그림과 같다.



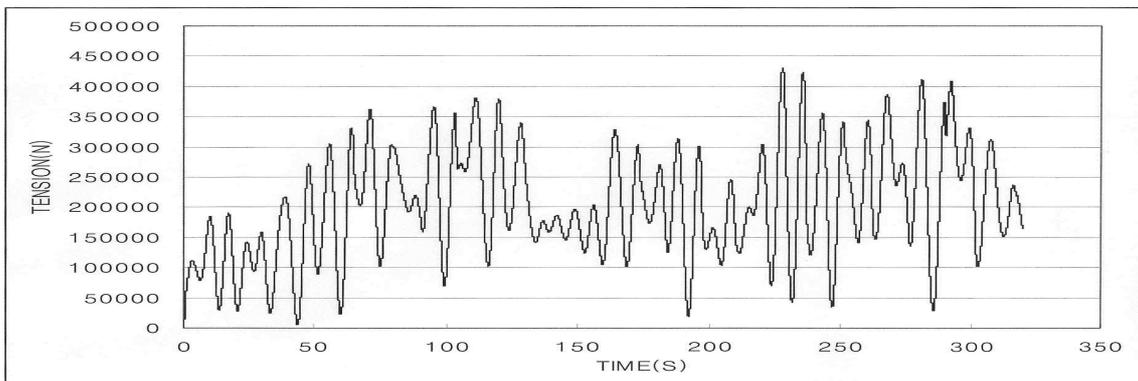
(a) CASE 2 체인일 경우(Dia = 0.06m)

(a) Time histories of tension of case 2 mooring lines by combined excitation 3 (Dia = 0.06m)



(b) CASE 4 체인일 경우(Dia = 0.081m)

(b) Time histories of tension of case 4 mooring lines by combined excitation 3 (Dia = 0.081m)



(c) CASE 6 체인일 경우(Dia = 0.1m)

(c) Time histories of tension of case 6 mooring lines by combined excitation 3 (Dia = 0.1m)

그림 3-3-79. 결합가진 3에 대한 세 체인의 장력 이력곡선.

Fig. 3-3-79. Time histories of tension of three mooring lines by combined excitation 3.

각각의 동적인 장력값을 살펴보면 3가지 그림 모두 앞에서와는 달리 230초가 지나서 정상적인 값들을 보여주고 있으며 CASE 2 계류삭의 경우 200KN, CASE 4 계류삭의 경우 300KN, CASE 6 계류삭의 경우 430KN의 최대 장력값을 가진다. 이들 값 역시 표 3-3-22에 있는 3종류의 계류삭의 파단강도에 못 미치는 매우 안전한 값을 알 수 있다.

CASE 2, CASE 4, CASE 6 세 경우 모두 장력 값은 안전하다. 그러나 CASE 2, CASE 4, CASE 6 체인 모두 단위 길이 당 무게가 아주 커서 취급하기가 어렵다. 3 가지 경우 중에서 단위 길이 당 무게가 가장 가벼운 CASE 2를 설계 대상으로 선정하는 것이 바람직하다. 그러나 표 3-3-23에서 볼 수 있듯이 CASE2의 경우 이출거리가 상대적으로 크다. 이출거리가 크면 부소과제 주변에서의 어로활동이나 선박의 항행에 지장을 준다. 위에서 계산한 이출거리나 장력은 태풍과 같은 극한 해양환경 하중 하에서의 계산결과이다. 그러나 평소와 같이 해상상태가 나쁘지 않으면 이출거리를 줄여서 유지할 필요가 있다. 체인의 중간에 웨이트를 달면 이출거리를 작게 된다. 웨이트의 크기는 앵커의 반정도의 무게, 위치는 아래 그림과 같이 체인의 중간 길이에 설치하면 좋을 것이다.

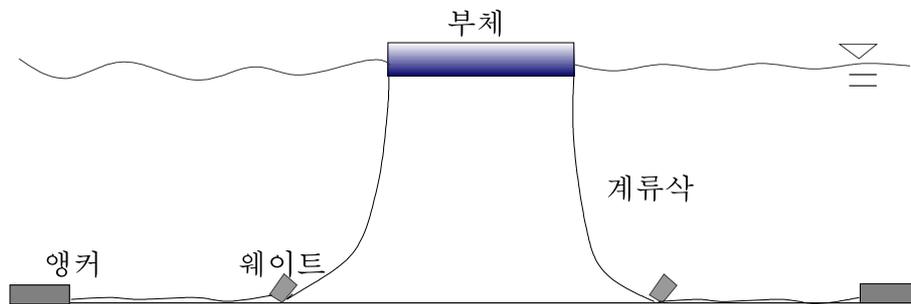


그림 3-3-80. 웨이트가 부착된 계류시스템의 단면도.

Fig. 3-3-80. Configuration of mooring system with weight.

㉔ 앵커의 설계

앵커는 일반적으로 중력식(deadweight)앵커와 임베드먼트앵커가 가장 많이 쓰이며 각 앵커마다 장단점이 있다. 임베드먼트앵커는 가격이 비싸고 바닥이 단단한 해저 지형에는 사용할 수 없는 단점이 있으나 계류삭이 끌리면서 앵커가 땅 속으로 파고들기 때문에 우수한 기능을 가지고 있다. 여수 해안은 해저 바닥이 단단하지 않으므로 본 과제에서는 우수한 기능을 가지고 있는 임베드먼트 앵커를 사용한다. 임베드먼트 앵커중에서 더욱 기능이 우수한 스톡크가 있는 앵커를 선택한다.

앞의 식(3-3-63)에 주어진 파괴력 공식을 이용하여 소요 앵커의 중량을 결정하고자 한다. 먼저 앵커링 지점의 계류삭의 장력을 구한다. 아래의 그림은 CASE 2의 조건에 대한

앵커링 지점의 장력을 프로그램으로 구한 결과치이다.

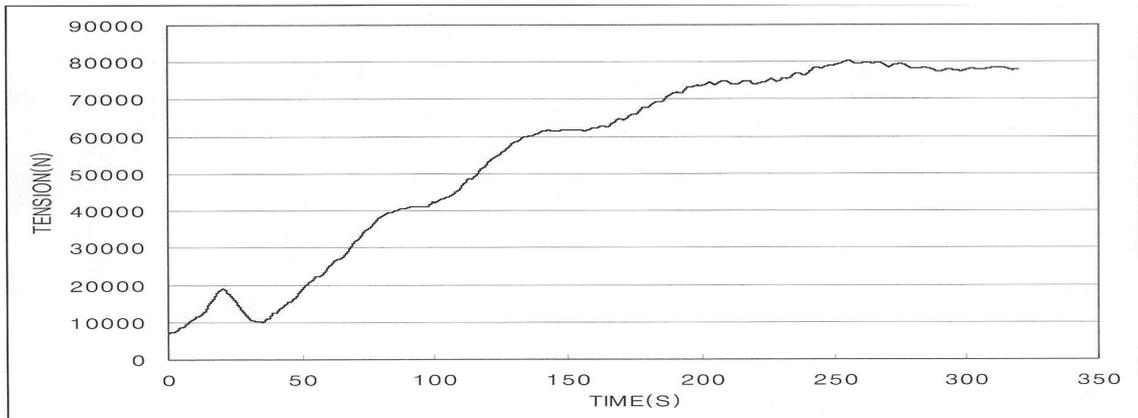


그림 3-3-81. CASE 2의 앵커링 지점에서의 수평장력변화.

Fig. 3-3-81. Horizontal tension variation at anchoring point.

위 그림으로부터 CASE 2에서는 최대 수평장력이 대략 80kN 정도의 힘이 작용하는 것을 알 수 있다. CASE 2의 계류삭을 사용한다면 식(3-3-63)으로부터 16kN, 즉 1.63톤의 앵커 중량이 필요하다. 본 계산에서는 보수적인 계산을 위해 바닥에 놓인 체인이 없다고 보았으며 앵커의 파괴력 계수도 가장 작은 값인 5를 택하였다.

㉔ 계류삭 및 앵커 제원 및 가격 산정

체인의 여러 물성치중에서 1차로 선택된 6가지 체인 중에서 다시 최종 관심대상 체인인 CASE 2를 선정하고 이것의 물성치와 계류시스템의 설계치를 정리하면 다음과 같다.

표 3-3-24. 설계대상 체인 및 앵커의 물성치와 설계치

Table 3-3-24. Property and dimension of design objected chain and anchor

Case No.		CASE 2
설계항목	호칭지름	0.06m
	물성치	체인 단위길이 당 무게
	파단강도	773N/m
설계치	수평방향의 이출거리	969kN
	하나의 체인 소요길이	91.8m
	최대장력값/파단강도	98.0m
	앵커부분에서의 최대 수평장력	159.5kN/969kN
	소요 앵커 중량	80kN
		16kN(1.63ton)

이를 바탕으로 하나의 체인 및 앵커의 가격을 산정하면 다음 표와 같다.

표 3-3-25. 설계 대상 체인 및 앵커의 가격

Table 3-3-25. Cost of design objected chain and anchor

Case number	호칭지름(m)	체인 하나의 소요길이(m)	단위 길이당 체인가격 (만원/m)	하나의 체인가격 (만원)	하나의 앵커가격 (만원)
2	0.06	98	12.7	1,24.5	300

(바) 결론

본 연구에서는 여수바다목장 건설을 위한 부소파제용 계류시스템을 설계하기 위하여 해양의 부체를 계류시키는 계류삭 및 앵커의 일반적인 특성을 알아보았다. 다음으로 현수선이론에 의한 계류삭의 정적해석 방법을 소개하였다. 그리고 상부부체의 운동에 대한 계류삭의 동적거동을 해석하기 위하여 계류삭에 대한 3차원 동적지배방정식을 소개하였고, 이 방정식을 유한 차분법으로 풀이하는 수치해석 기법을 소개하였다. 정적 및 동적해석을 통하여 여수 바다목장 부소파제 계류삭의 장력을 추정하였고 이를 통하여 계류삭 및 앵커의 제원을 결정하였다. 본 연구에서는 계류삭의 재료로서는 체인을 선택하였으며 하나의 부소파제 한쪽 면에 두개의 체인이 부착된다고 가정하였다. 앵커로서는 스톡크가 있는 임베드먼트 앵커가 타당하다고 판단하였다.

본 연구를 통하여 결정된 하나의 체인 및 앵커의 제원을 살펴보면 호칭 지름이 6cm 인 체인을 선정하였으며 이 때 최대 장력값은 파단강도에 비해 아주 작으므로 안전하다. 소요되는 체인의 길이는 98m정도가 필요하다. 또한 앵커점에서 부소파제까지의 이출거리는 각각 91.8m가 된다. 이출거리를 줄이기 위해서 상부 끝단으로부터 약 50m 지점에 0.8톤 정도의 웨이트를 달 필요가 있다. 또한 앵커의 무게를 보면 16kN(1.63톤)의 임베드먼트 앵커가 필요함을 알 수 있다.

향후 과제로는 상부부체와 계류삭의 상호작용을 고려한 연성해석을 통하여 보다 정확한 체인의 장력을 추정할 필요가 있다.

라. 부소파제 설치해역 검토를 위한 여수 주변 해역 현장 조사

현재 전남해역 바다목장화를 위하여 고려되어지고 있는 해역은 전라남도 여수 앞바다 금오열도를 중심으로 한 전남 다도해 해역이다. 그림. 3-3-82은 금오열도 주변 해역을 보여주고 있다. 여수 인근에 위치한 국가지정 어항은 표 3-3-26와 같으며, 대표적인 몇 개의 항의 설계 조건을 살펴보면 표 3-3-27과 같다. 이 중에서도 금오열도 부근에 위치한 어항

은 안도가 있는데 안도항에 대한 설계조건을 살펴보면, 설계파고가 5.1m이며 설계주기가 12초이다. 이 설계파는 남서쪽에서 발달하는 바람에 의해서 형성되는 것으로, 안도 남서쪽에 대한 해양환경조건이 된다.

표 3-3-26. 여수 인근의 국가지정 어항

Table 3-3-26. Fishing port near Yuosu

항종	항명	위치	
		읍,면,동	리,마을
제1종 어항	국동어항	국동	국동
	돌산항	돌산읍	돌산읍 군내
제2종 어항	계동항	돌산읍	평사리
	죽포항	돌산읍	죽포리 두문포
	소율항	돌산읍	율림리 소율
	성두항	돌산읍	금성리 성두
	세포항	화양면	안포리 세포
	횡간항	남면	횡간리 대횡간
	우학항	남면	우학리
	심포항	남면	심장리 심포
	함구미항	남면	유승리 함구미
	연도항	남면	연도리
	직포항	남면	두모리 직포
	호령항	화정면	개도리
	손죽항	삼산면	손죽리
	의성항	삼산면	손죽리 의성
	서도항	삼산면	서도리 장손
제3종 어항	안도항	남면	남면 서고지
	낭도항	화정	화정 여산
	초도항	삼산	삼산 대동

표 3-3-27. 여수 주변 항 설계 조건

Table 3-3-27. Design conditions for ports near Yeosu

구 분	국동항	낭도항	돌산항	안도항	초도항
설계풍	Max. W.: 37.75m/sec Gust : 69.675m/sec				
설계파	1.07m 3.2sec SE	5.0m 13sec SSE	1.2m 3.0sec W	5.1m 12sec SSW	2.6m 5.6sec NW
설계유속	Flood: 71.5cm/sec Ebb : 54.1cm/sec				
설계조위	3.3m	3.5m	3.3m	3.3m	3.2m

그러나, 안도 북동쪽은 주변이 섬으로 둘러싸여있기 때문에 그다지 큰 파랑이 발생하지 않을 것이며, 단지 북동쪽에서 발생하는 내륙풍에 의한 영향을 받을 것으로 예상된다. 여수 주변 해역에서 설계유속은 약 50~70cm/s 로 나타났다.

금오열도 주변 해역을 보다 자세히 조사하기 위해서 2003년 10월 26일 14:00시부터 18:00시 까지 용선하여 주변해역을 관측하였다. 현장 관측에서는 부소파제 및 바다목장화 건설 적지를 선정하기 위하여 인근 어항에 내려서 여러 가지 주변 상황을 살펴보았으며, 그림 3-3-82에 나타나는 5개의 지점에 대하여 유속계를 사용하여 유속을 측정하였다. 표 3-3-28에서는 5개의 유속측정 지점에 대한 자료를 보여준다. 관측결과를 살펴보면 5개 지점에 대한 유속은 거의 0.1~0.2m/s로 나타났는데, 이것은 여수 인근 항 설계조건에 비하면 아주 작은 값이다. 그 이유는 관측을 수행한 시간이 거의 정조기 때 이었으므로 유속이 크게 나타나지 않았기 때문이다. 수심은 15~27m로 비교적 깊게 나타났다. 위의 5개 지점에서 4번과 5번 지점은 수심이 20m 이상이며, 특히 심해역에 직접적으로 노출된 곳으로 태풍과 같은 열악한 환경에서 부소파제의 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 적절한 위치가 아니라고 판단된다. 이에 비하여 2번 및 3번 지점은 주변이 작은 섬으로 보호되고 있으며, 수심도 적절하다고 판단된다. 또한 부소파제 건설로 인하여 넓은 해역을 바다목장화를 위한 해역으로 확보할 수 있을 것으로 기대되는 지역이다. 부소파제 건설을 위한 최적의 위치를 선정하기 위해서는 향후 장기적인 관측을 수행하고, 많은 자료를 검토해야 할 것이다.

마. 부소파제의 신형 부체 개발을 위한 수리실험

앞 절에서는 폰툰형 부체 및 BBDB 형 부체에 관한 성능을 수치해석적 연구를 통하여 해석하였다. 그러나 부체의 재질을 PE(폴리에틸렌)을 사용하면서 보다 우수한 성능을 발휘하기 위해서는 새로운 개념의 부체 개발이 요구되어 진다. 따라서 PE 재질을 사용하여 제작이 가능한 새로운 형태의 부체에 대한 형상을 개발하여, 이에 대한 성능평가를 위해서 수조실험을 수행하였다.

(1) 신형 부체 형상

부체의 형상은 앞에서 언급한 바와 같이 소파 원리에 따라서 반사형, 경사형, 공기제어형 등 다양한 종류가 있는데, 본 연구에서는 경사형 소파제를 응용하여 입사파랑의 에너지를 소산시킬 수 있는 형상을 개발하였다. 아래의 그림은 새롭게 고안되는 부소파제의 전체적인 형상을 보여준다. 부소파제는 외경 60mm 파이프를 연결시켜서 제작하였으며, 파이프가 연결된 내부 공간에는 시트(sheet)를 입사되는 파랑에 대하여 경사지게 설치하여 입사되는 파랑을 차단할 수 있도록 설계하였다. 내부 공간에 설치되는 시트는 각각 교차되도록 제작하여 소파성능을 높이고자 하였다.

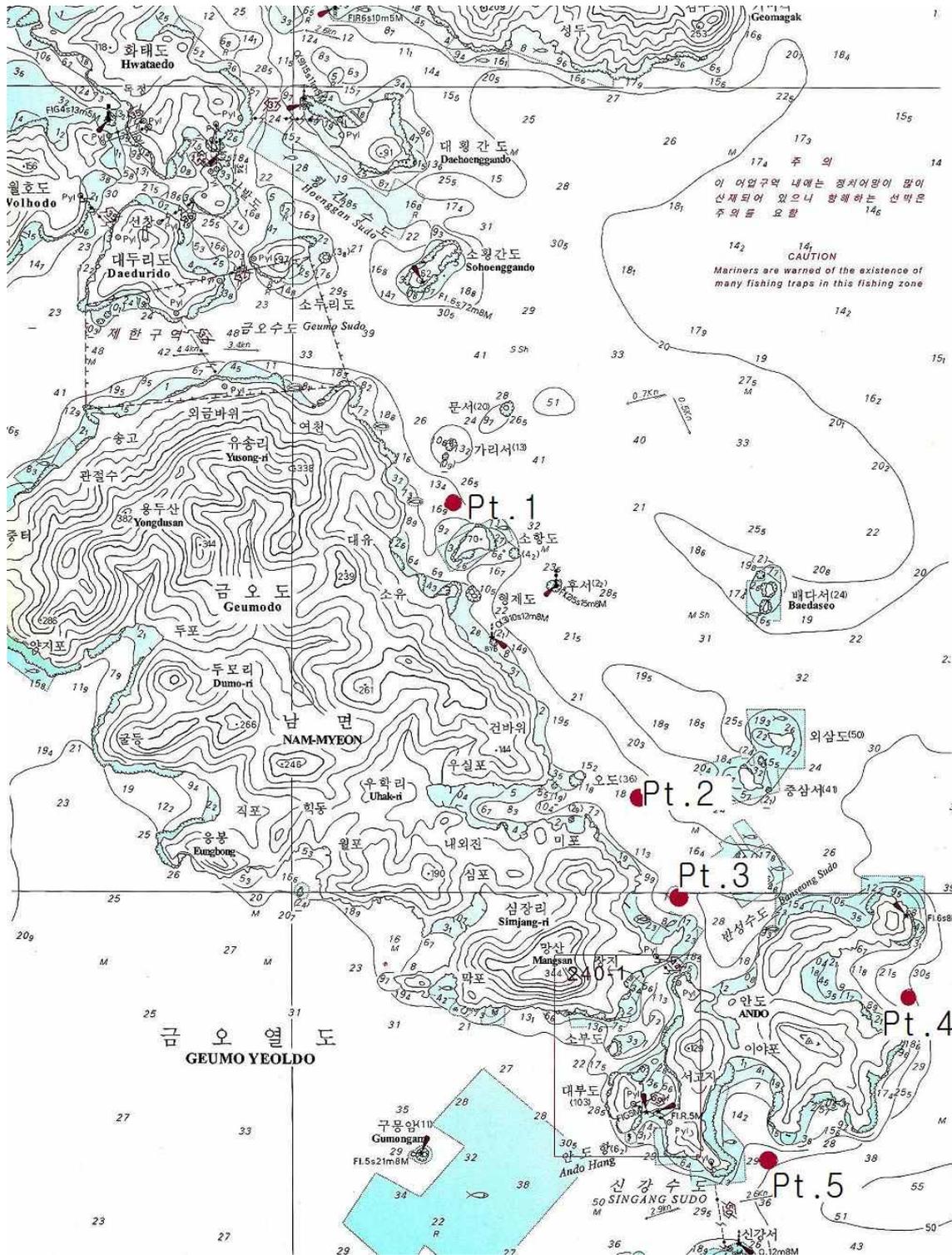


그림 3-3-82. 금오열도 주변 해역.

Fig. 3-3-82. Sea area near Geumo Yeoldo.

표 3-3-28. 금오열도 주변 관측 결과

Table 3-3-28. Survey results near Geumo Yeoldo

위치	좌표	수심(m)	유속(m/s)
Pt. 1	3432.275' 12746.272'	22	0.15
Pt. 2	3430.543' 12747.534'	20	0.1
Pt. 3	3429.982' 12748.114'	15	0.2
Pt. 4	3429.359' 12749.629'	26	0.15
Pt. 5	3428.234' 12748.649'	27	0.15

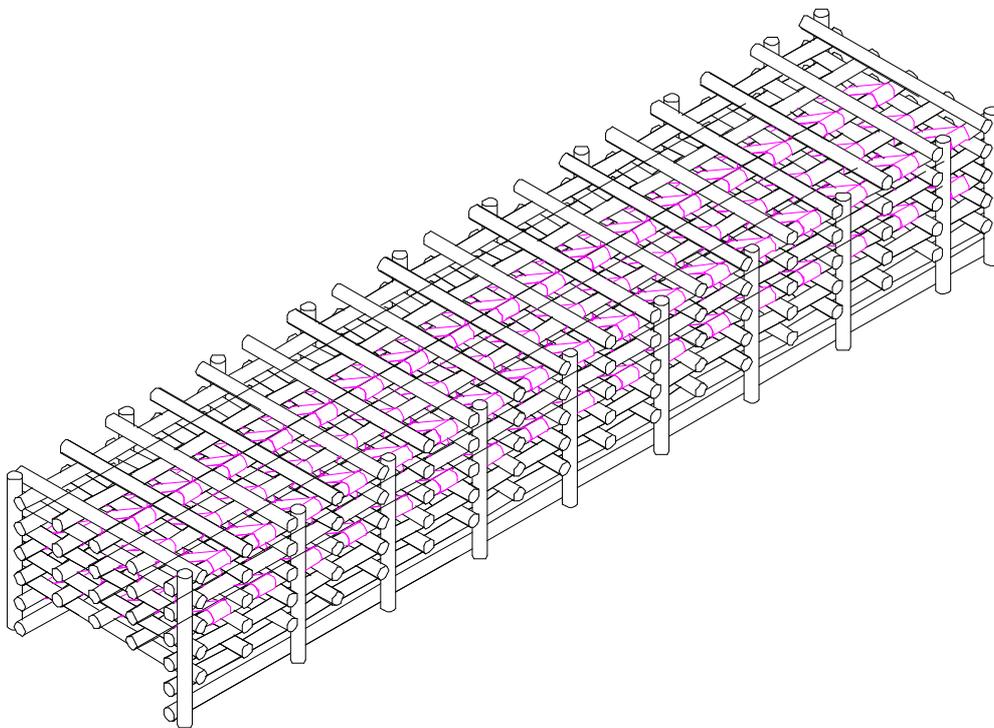


그림 3-3-83. 고려되는 신형 부소파제 3차원 형상.

Fig. 3-3-83. Model of new designed floating breakwater in 3-D.

그림 3-3-84에서는 시트의 연결 상태를 보다 자세히 확인할 수 있도록 신형 모델의 확대된 모양을 보여주고 있으며, 그림 3-3-85에서는 신형 모델의 도면을 보여준다.

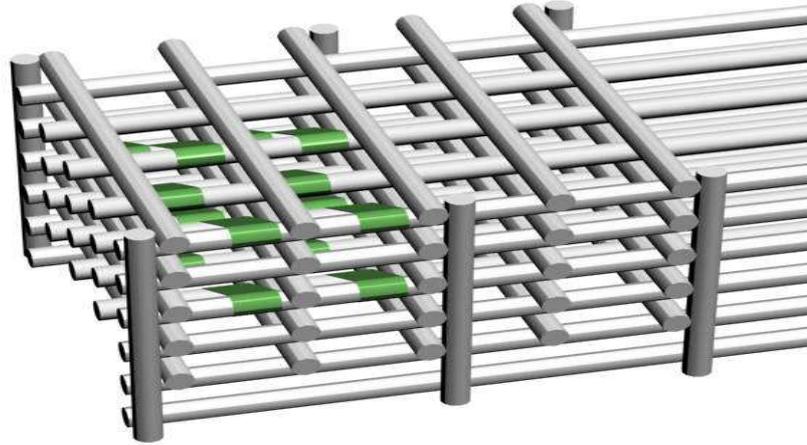
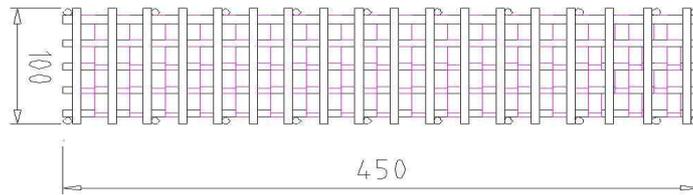
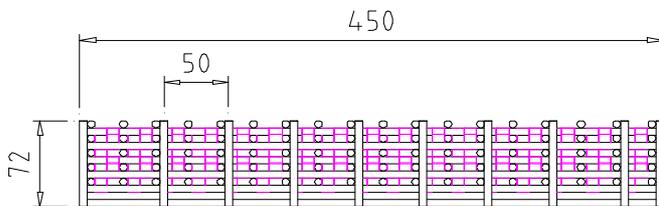


그림 3-3-84. 신형 부체 모델의 확대된 모습.

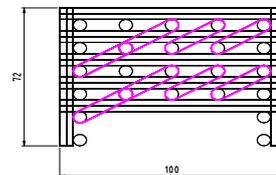
Fig. 3-3-84. Magnified configuration of new designed model.



(a) 평면도



(b) 정면도



(c) 측면도

그림 3-3-85. 신형 모델의 도면.

Fig. 3-3-85. Drawing of new designed model.

수리실험을 위하여 1/10의 축척으로 모형을 제작하였다. 따라서, 실험의 부체는 전체 길이가 45m, 폭이 10m, 전체 높이가 7.2m가 된다. 파이프는 외경 60cm 재원을 사용하게 되며, 시트는 폭 80cm 재원을 사용하게 된다.

모형 제작에서 PE 파이프가 연결되는 지점에는 스텐서스를 이용하여 포인트 용접을 하여 충분한 접합강도를 가질 수 있도록 하였다. 부체의 상부 3단은 충분한 부력을 유지하기 위하여 파이프의 끝단에 캡을 부착하였다.

(2) 해양공학 수조

본 실험은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 보유하고 있는 3차원 해양공학 수조에서 수행되어졌다. 해양공학 수조는 수조바닥 효과를 느끼지 않고 수평면에 운동을 할 수 있는 것을 고려하여 최종적으로 수조의 총길이를 68.8m, 폭 37.2m, 최대수심을 4.5m로 결정하였다(그림 3-3-86).

해양공학 수조에 설치된 조파장치는 규칙파, 불규칙파, 사파, 다방향파 등 다양한 형태의 실험역과 재현이 가능하다. 이를 통하여 각종 선형, 비선형 파랑현상의 연구뿐 아니라 파랑 중에서의 선박의 내항성능, 조종성능, 안정성 및 전복, 동적 위치 유지성능, 자유항주 시험의 수행과 다양한 해양구조물의 이송, 설치, 운동 시험 등을 수행할 수 있다. 조파장치는 또한 수중기술과 해양오염 방지기술에 관한 시험 등 실험역과의 재현이 필수적인 각종 연구에 필수적인 장비이다.

해양공학수조의 조파장치는 방향성을 갖는 파랑을 생성하기 위하여 독자적으로 제어되는 다수의 조파판으로 이루어져 있다. 각각의 조파판은 폭이 0.5m, 길이가 2m이며, 0.0m에서 3.5m까지 수심방향의 위치변경이 가능하도록 5개의 연직위치 고정틀이 설치되어 있다. 조파판은 수조의 폭 30m 구간과 길이 56m 구간에 각각 60개와 112개를 L자형으로 설치하도록 설계되어 있다.

조파장치는 기계장치, 구동장치, 제어장치 및 소프트웨어로 구성되어 있다. 파랑의 생성과정을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 수조 남쪽에 위치한 제어실 컴퓨터에 설치된 CHC (Canadian Hydraulics Center)의 수조 운용 프로그램 GEDAP에 의해 제어신호를 생성, 이를 수조 북쪽 북도에 설치되어 각각 16개의 조파판을 제어 할 수 있는 6대의 전동 제어기에 전달한다. 또한 수조 북쪽에는 전동기의 하드웨어 제어용 제어상자 11개가 설치되어 있으며, 이들 각각은 8개의 보조 전동기를 제어하게 된다. 전동기 제어기에 전달된 파랑 생성 신호는 조파기의 상단에 설치되어 있는 보조 전동기를 작동하고, 볼 스크류 구동기를 구동시켜, 조파판을 전후 방향으로 작동하게 한다. 한편 시스템을 제어하기 위한 원격제어 콘솔이 제어실 내에 설치되어 있다. 조파장치는 조파판 뒷면에 물이 존재하는 wet-back 시스템을 채택하였다.



(a) 파이프



(b) 서스밴드



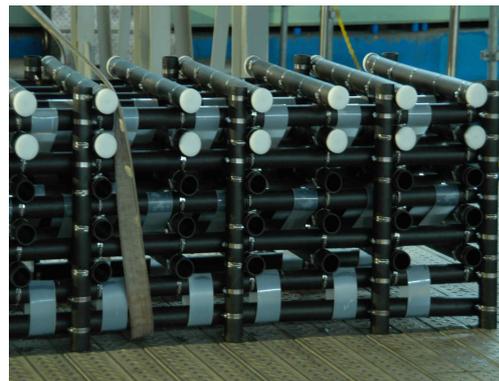
(c) 시트와 서스밴드를 이용한 파이프 연결



(d) 파이프 연결하는 모습



(e) 개발된 신형 부체 형상



(f) 부체의 형상

그림 3-3-86. 신형 부소파제 모형 제작 장면.

Fig. 3-3-86. Construction of new designed floating breakwater mode.

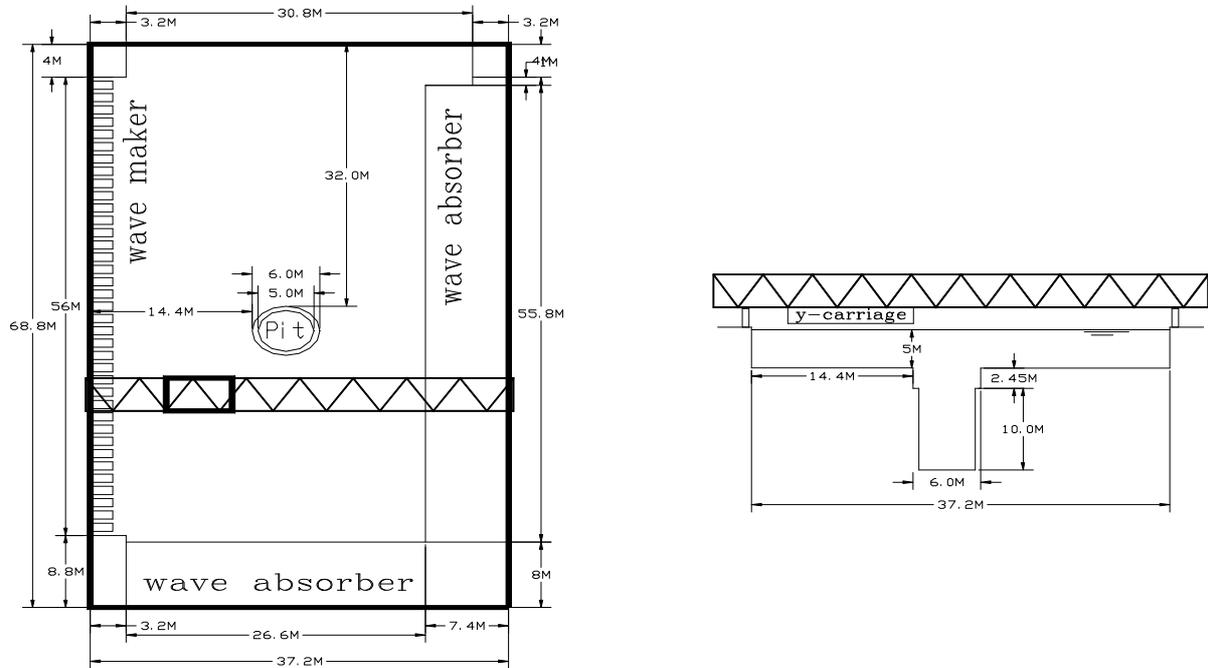


그림 3-3-87. 해양공학수조 도면.

Fig. 3-3-87. Drawing of ocean engineering basin.



그림 3-3-88. 해양공학수조 전경.

Fig. 3-3-88. Ocean engineering basin.

조파장치의 구동에는 단위 조파판당 최대 5.4kW의 전력이 소요되어 L자형 조파장치가 모두 설치될 경우 약 930kW의 전력이 소요되며 이를 고려한 배전반이 조파장치 근처에 설치되어 있다.

해양공학수조에서 대상으로 하고 있는 해양구조물 및 선박은 실제 해상에서 주기가 5

초~20초에 이르는 성분파랑의 영향을 주로 받는다. 따라서 모형 축척비를 최대 1/20~최소 1/80로 하면 조파장치는 주기가 0.56~4.5초에 이르는 성분파를 생성할 수 있어야 한다. 이에 따라 조파장치는 주기 0.5~5.0초에 이르는 파랑의 재현이 가능하도록 설계되었으며, 파고는 주기 2.6초~최대 0.8m까지 재현이 가능하다. 또한 다방향 조파장치는 생성되는 파랑의 정밀도 및 최대 파고를 고려할 때 0.5~4.5m의 수심에서 운용이 가능하다.

(3) 실험조건

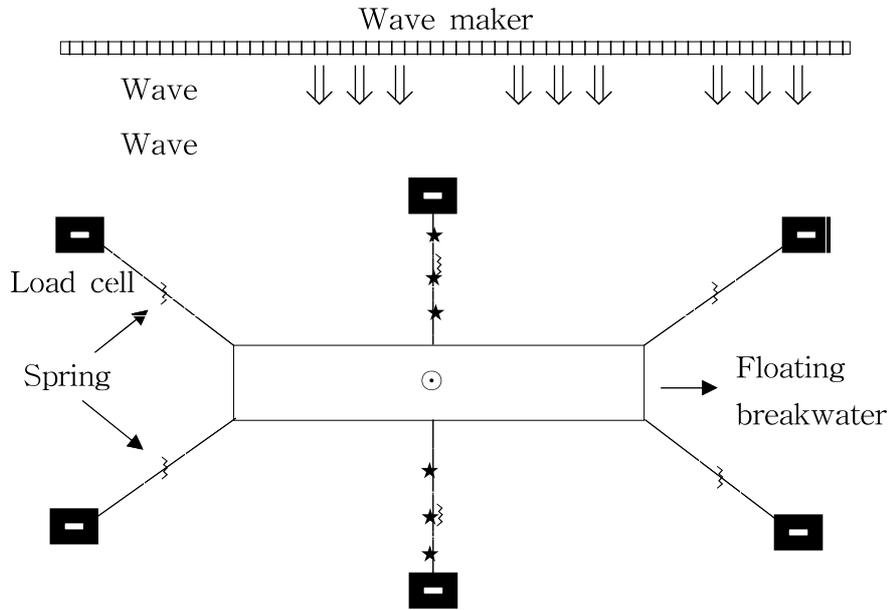
실험은 개발된 모형을 구속장치에 의해서 일정 위치에 계류시킨 후, 파랑을 작용시켜서 개발된 부체의 성능을 평가하였다. 파랑 조건은 크게 2가지로 나누어지는데, 부체의 기본 운동특성을 파악하기 위하여 규칙파와 실제 소파성능을 평가하기 위한 불규칙파로 구성된다. 규칙파는 일정주기와 파고로 구성된 파랑을 여러 가지 경우로 구성하였으며, 불규칙파는 2가지의 운용조건에 대하여 구동시켰다. 표 3-3-29에서는 불규칙파 구동조건을 보여주고 있는데, 유의주기 5초와 유의파고 1m인 조건에 대하여 실험을 수행하였다. 또한 이보다 약간 열악한 조건에 대해서도 실험을 수행하였다. 불규칙 조건에 대해서도 생존조건(survival condition) 실험을 수행하고자 하였으나, 본 해양공학수조 특성상 파랑 재현이 불가능하였다.

표 3-3-29. 불규칙파 구현조건

Table 3-3-29. Irregular wave condition

	Operation condition I		Operation Condition II	
	Period(s)	Height(m)	Period(s)	Height(m)
Proto	5	1	8	2
Model	1.58	0.1	2.53	0.2

수리모형실험의 구성은 그림 3-3-89에서 설명되어진다. 입사파와 반사파의 성분을 분해하기 위해서 부소파제 전면에 3개의 파고계를 설치하였으며, 투과파 성분을 측정하기 위하여 부소파제 후면에 3개의 파고계를 설치하였다. 부체의 계류는 해수면 상에서 수평으로 강제 수속시켰으며, 계류선 중간에 스프링을 설치하고 끝단에 20kgf 용량의 하중측정장치(load cell)를 설치하여 파랑 하중을 측정하고자 하였다. 부체의 거동을 측정하기 위하여 부체 가운데 부분에 운동센서를 설치하였다.



- ★ : Wave gauge
- ⊙ : Motion sense

그림 3-3-89. 수리모형 실험 구성도.

Fig. 3-3-89. Experiment scheme.

(4) 실험 결과

규칙파와 불규칙파로 나누어서 실험을 수행하였는데, 특히 실제 현상과 유사하게 나타나는 불규칙파 중에서 부소파제의 성능을 파악하는데 중점을 두었다.

운용조건 2가지 경우를 살펴본다면 주기 5초, 파고 1m인 경우에는 소파성능이 매우 양호하게 나타났다. 그러나, 파주기가 길어지면서 소파성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이것은 실제 현장에서 파랑 주기가 8초 이상의 파랑이 왔을 때에는 부소파제의 역할이 감소된다는 것을 알 수 있었다. 이에 대한 보다 자세한 내용을 파악하기 위해서는 향후 이에 대한 다양한 실험을 통하여 성능을 확인하고, 형상 변경을 통하여 소파성능을 개선할 수 있어야 할 것이다.

3. 결과 및 토의

전남 바다목장의 효율적 조성 및 안정된 관리를 위한 기능시설의 하나로서 부소파제가 검토되고 있다. 이를 위한 기초적 연구로서 개발방향 정립과 개념 설계를 목적으로 1차년도 연구가 진행되고 있다. 현재까지는 사례조사 및 분석, 대상해역 환경조사, 설계절차 및 해석방안 등을 검토하였다. 그 결과를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

부소파제의 개발 사례에 대해서는 가장 활발하게 진행되어 온 일본의 사례를 중심으

로 살펴보았다. 일본은 1950년 이래로 많은 종류와 수의 부소파제를 개발하여 시공하고 있는데, 현재는 다양한 종류의 기술을 도입하여 신개념의 부소파제를 사용하고 있다. 부소파제의 설계조건, 설계개념 및 설계 절차에 대해서 살펴보았으며, 배치계획 및 운용개념 등에 관하여 조사하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 상자형과 선박형의 부소파제에 대한 설계 개념을 검토하고 있다.

부소파제의 안정성과 성능을 평가하기 위해서는 부체와 계류라인에 대한 거동해석 및 구조해석이 필요하다. 본 연구에서는 그 기초과정으로 각 구조체의 거동에 대한 지배방정식을 수립하였으며, 이를 풀이하기 위한 수치해석적 방법을 제시하였다. 또 이를 바탕으로 기본적인 해석을 수행하고 있다.

먼저 부체해석에서는 유한수심 선형파이론에 근거한 3차원 경계요소법을 사용하여 부소파제의 운동, 표류력 및 파고해석을 수행하는 기법을 소개하였다. 상자형 부소파제에 대한 수치실험을 수행하여 본 기법의 효용성을 보였다. 부소파제의 성능을 나타내는 반사율 및 투과율은 보통 유한수심 선형파이론에 근거한 2차원 경계요소법을 사용하여 구하므로 본 연구에서 2차원 기법을 소개하고 수치실험도 수행하였다. 2차원 기법으로 상자형 부소파제의 16개 단면에 대한 투과율 및 반사율을 구하였다. 이러한 수치실험 결과는 다양한 형상의 부소파제의 성능추정을 예측하기위한 기본자료로 활용될 수 있다. 진동수주(OWC)의 운동 및 공기챔버효과를 통하여 파에너지를 흡수하는 BBDB 형 부소파제의 반사율 및 투과율을 해석하는 기법을 소개하였다. 본 연구에서 다른 BBDB 형상의 부소파제는 일반적인 계류상태에서 상자형 부소파제보다 소파효과가 덜한 것을 알 수 있었다. 그 이유는 공기챔버 효과가 부유상태에서 발휘되기 어렵기 때문이다. 따라서 공기챔버효과를 극대화 하기위한 OWC 및 부력체의 형상개선이 필요하다.

한편 본 BBDB 형상의 부소파제가 파일이나 특별한 계류장치에 의해 파중에 고정되었을 때 강력한 소파효과를 발휘하는 것이 수치실험에 의해 보여졌다. 따라서 파중 운동이 작은 초대형 부유식 해상구조물과 결합하여 사용할 경우 소파효과가 클 것으로 판단되며 또한 천해역에서도 고정식 BBDB를 소파제로 활용할 수 있을 것이다. 부소파제의 성능은 초기설계단계에서 다양한 단면형상에 대한 2차원기법으로 예측이 가능하다. 그러나 최종 성능은 3차원 기법 및 해양수조에서의 모형실험을 통하여 확인하여야 할 것이다.

계류라인 해석에서는 여수바다목장용 부소파제용 계류시스템을 설계하기 위하여 해양의 부체를 계류시키는 계류삭 및 앵커의 일반적인 특성을 알아보았다. 다음으로 현수선이론에 의한 계류삭의 정적해석 방법을 소개하였다. 그리고 상부부체의 운동에 대한 계류삭의 동적거동을 해석하기 위하여 계류삭에 대한 3차원 동적지배방정식을 소개하였고, 이 방정식을 유한 차분법으로 푸는 수치해석 기법을 소개하였다. 정적 및 동적해석을 통하여 여수 바다목장 부소파제 계류삭의 장력을 추정하였고 이를 통하여 계류삭 및 앵커의 제원을 결정하였다. 본 연구에서는 계류삭의 재료로서는 체인을 선택하였으며 하나의 부소

파제에 두개의 체인이 부착된다고 가정하였다. 앵커로서는 스톡크가 있는 임베드먼트 앵커가 타당하다고 판단하였다.

본 연구를 통하여 결정된 하나의 체인 및 앵커의 제원을 살펴보면 호칭 지름이 6cm 인 체인을 선정하였으며 이 때 최대장력값은 파단강도에 비해 아주 작으므로 안전하다. 소요되는 체인의 길이는 98m정도가 필요하다. 또한 앵커점에서 부소파제까지의 이출거리는 각각 91.8m가 된다. 이출거리를 줄이기 위해서 상부 끝단으로부터 약 50m 지점에 0.8톤 정도의 웨이트를 달 필요가 있다. 또한 앵커의 무게를 보면 16kN(1.63톤)의 임베드먼트 앵커가 필요함을 알 수 있다.

부소파제를 설치하기 위한 대상해역의 선정을 위한 기초적 검토를 수행하였다. 여수 주변 어항의 상황을 조사하였으며, 주변해역 해양환경 조건에 대하여 조사하였다. 안도를 중심으로 볼 때, 남쪽 바다는 태풍의 영향을 심각하게 받을 수 있음을 알 수 있었고, 안정성과 경제성을 고려하여 안도 북쪽 등의 적정한 해역을 선정하는 것이 필요할 것으로 판단되었다. 이를 위해서는 2차년도에 설계파랑의 수치시뮬레이션 및 지속적 해양환경관측을 통하여 부소파제의 설치 및 소파기능에 대한 조사 분석이 병행되어야 할 것이다.

부소파제를 P.E 재질로 만든다는 가정 하에서 이 재질에 적합한 형상 연구를 수행하였으며, 이에 근거하여 수리실험을 수행하였다. 수리모형실험은 해양시스템안전연구소 해양공학수조에서 수행되었으며, 실험의 주 대상은 입사파의 에너지 감소에 있었다. 규칙파에 의한 신행 부체 모델의 기본 특성을 파악하였으며, 실제 현상과 유사하게 나타나는 불규칙파 중의 부체 소파 성능을 파악하였다. 실험 결과 파랑 주기가 5초, 파고가 1m인 경우에는 신행 부체의 소파성능이 양호하였으나, 주기가 길어지면서 소파성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 향후 이에 대한 보다 많은 경우의 실험과 형상 변형을 통하여 성능을 개선할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Berteaux H.O. 1976. Buoy Engineering. Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, Massachusetts.
- Braja M. Das. 1995. Principles of Geotechnical Engineering.
- Chakrabarti S.K. 1987. Hydrodynamics of Offshore Structures. Computational Mechanics Publications.
- Clément, Alain. 1979. Contribution à l'étude théorique et expérimentale des mouvement de corps flottant induit par une houle régulière en profondeur finie uniforme. Thèse de Docteur-Ingénieur, l'ENSM de Nantes, France.
- Faltinsen O.M. 원저, 권순홍, 부성윤, 최항순 공역. 2000. 해양환경하중.
- Guevel, P., Daubisse, J. C. et Delhommeau, G. 1978. Oscillations des corps flottants soumis aux action de la houle, Bulletin de l'Association Technique Maritime et Aéronautique, Vol. 78
- Hong, D.C. 1987. On the Improved Green Integral Equation applied to the Water-Wave Radiation-Diffraction Problem. Jour. SNA of Korea, 24(1).
- Hong, D.C. and Lee, C.S. 1999. A B-Spline Higher Order Panel Method Applied to the Radiation Wave Problem for a 2-D Body Oscillating on the Free Surface. SOTEC, 3(4): 1-14.
- Hong, D.C., Hong, S.Y. and Hong, S.W. 2004. Numerical Study of the Motions and Drift Force of a Floating OWC Device. Ocean Engineering, 31: 139-164.
- Masuda, Y. 1987. Experiences in pneumatic wave energy conversion. Utilization of ocean waves ASCE, 1-33.
- McCormick, M.E. and Sheehan, W.E. 1992. Positive Drift of Backward-Bent Duct Barge. J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE 118(1): 106-111
- Patel M.H. 1989. Dynamics of Offshore Structures. University College, London.
- Pinkster, J.A. and van Oortmerssen, G. 1977. Computation of the first and second order wave forces on oscillating bodies in regular waves. Proc. 2nd Internat. Conf. Num. Ship Hydrodynamics, Univ. of California, Berkeley. U.S.A.
- Shigemitsu, H., Ogata, T., Kobayashi, H., Inoue, K., Fukuoka, T. and Takaoki, T. 2001. Feasibility study of reducing wave load on pontoon-type Mega-Float structure. Proceedings of 20th OMAE, Rio de Janeiro.
- Smith I.M. and Griffiths D.V. 1982. Programming The Finite Element Method. WILEY.

- Webb, W.L., M. Newton and D. Starr. 1974. Carbon dioxide exchange of *Alnus rubra* a Mathematical model. *Oecologia*, 17: 281-291.
- 川名 武. 1959. 魚礁の漁場學的考察. 水産資源, 5(2): 27-37.
- 小川 良徳. 1968. 人工魚礁と魚付き. 水産増殖臨時号, 7: 3-21
- 柿元 皓. 1966. 人工魚礁の效果範圍について. 水産増殖, 14(4): 181-189
- 菊地省吾・浮 永久・秋山和未・鬼頭鈞. 1975. アワビ餌料藻類の造林技術開發. 淺海域における増養殖漁場の開發に關する綜合研究. 東北水研研究資料集, 10-31.
- 국립수산진흥원. 1976. 인공어초 투입해역의 어획효과조사. 수진사업보고, 32: 87-111.
- 국립수산진흥원. 1992. 한국연안 인공어초의 자원조성 효과에 관한 연구. 수진사업보고, 95: 1~89.
- 국립수산진흥원. 1995. 인공어초 어장 기본조사 자료집, 1-191.
- 김대권・강용진・하동수・이창훈・손명호・장대수・윤장택. 1999. 시험어초 효과조사 최종보고서. 제주도용역조사보고서, 1-71.
- ECOR일본위원회. 1980. 부소파제개발에 관한 케이스 스터디의 현황.
- 포스코건설. 2003. 부소파의 파랑제어 해석법과 기술개발사례 및 설치현황조사.
- (주)해강 부설해강기술개발연구소. 1996. 부소파제의 설계를 위한 수치모형개발연구.
- 석문식 외. 연근해역에서 해황모니터링 시스템 연구 한국해양연구소, 1990.
- 신종계・이용신・조성욱(Logan D.I. 원저). 1998. Logan의 유한 요소법 첫걸음. 시그마프레스.
- 유홍선 외. 1996. 해양공학의 기초지식. 동명사.
- 일본심해기술협회. 1993. 해양 관측 부이 시스템의 조사 보고서.
- 조규남・이우섭. 1997. 해양 관측용 부이의 개념 설계 연구. 한국해양공학회 1997년도 춘계학술대회, 202-208.
- 홍도천. 1991. 진동수주의 증폭에 관한 연구. 선박해양기술, 제6호.
- 홍도천・김현주. 1999. Hybrid적분방정식을 사용한 Flap-Harbor 복합체 파 에너지 흡수 효율추정. 한국해양공학회지, 14(2): 1-6.
- 해양수산부. 2001. 표준형 (등)부표 개발에 관한 연구.
- <http://www.krs.co.kr/Kor/html/rules/KR-Rules6/KOREAN/PART14/CHAPT8/K0408010.HTML>

제 4 장 자원조성기술

제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법

제 2 절 중간육성기술

제 3 절 음향순치기술

제 4 절 대상 생물의 방류 기술

제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구

제 6 절 해중림 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

제 7 절 자원조사

제 8 절 요약 및 결론

참고문헌

제 4 장 자원조성기술

제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법

1. 서론

우리나라 수산업의 발전 양상을 보면 1990년대에 접어들면서 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환과 연안자원조성의 지속적 이용을 위한 국가적 차원에서 인공종묘생산에 의한 대량 종묘방류사업이 꾸준히 지속되어 오고 있는데, 최근의 경향은 지자체나 민간 단체에서도 자원조성에 대한 관심이 고조되면서 방류사업에 동참하고 있다. 방류자원은 천연자원과 유전적 다양성 측면에서 다양한 자원을 이용하여야 하나 우리나라에서는 양식용 친어로부터 생산된 종묘를 무분별하게 방류하고 있는 실정이다. 바다목장 조성용 자원 조성 대상생물의 방류를 통하여 자원조성 효과를 극대화하기 위해서는 대상종의 지리적 환경에 대한 생태적 적응력을 지닌 천연 치어의 특성을 파악하고, 다양한 인위적 기술을 통해 생산된 방류용 인공종묘 치어의 특성을 조사하여 바다목장 대상해역에 방류된 치어가 효율적으로 적응하게 함으로써 초기 생존율 및 자연자원 가입율을 높일 수 있는 세분화된 종묘생산 기술개발이 필요하다. 그러나 우리나라의 초기 방류사업은 방류 대상종의 생리적 특성이나 지리적 환경 특성을 고려하지 않고 방류 종묘의 양적 증대에만 치중하여 대상 어종에 대한 방류효과 및 생태계에 미치는 영향 등의 많은 분야의 검증이 이루어지지 않고 많았을 뿐만 아니라, 방류된 치어의 초기 생존이나 이후 서식환경에 대한 적응력을 향상시킬 수 있는 제반 기술요소에 대한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 자연상태에서 생산된 자연산 방류 대상종 치어와 어미유래별로 인위 생산된 치어를 대상으로 병리학적 조사 및 다양한 특성 등을 분석하여 방류어종의 질적 검토에 대한 기준을 모색함으로써 우량종묘 판정 및 생물자원 증대의 효과를 제고할 수 있는 기초 자료를 제시하고자 한다.

우리나라에서는 감소하는 수산생물자원의 회복 및 증대를 위하여 1980년대부터 인공어패류 종묘를 전 연안에 방류하고 있으며, 본 연구의 대상종인 감성돔의 경우 1985년부터 방류사업을 시작하여 2001년까지 1,538천 마리를 방류하여 왔다. 우리나라의 방류사업은 양식에 의해 생산된 인공종묘를 이용하여 왔으며, 이들 인공종묘는 한정된 어미에서 생산된 것이다. 양식에 사용되는 어미에서 생산된 인공종묘는 천연집단에 비해 유전적으로 다양성이 낮은 것으로 알려져 있으며, 이런 종묘의 방류는 천연집단과 혼합하여 재생산이 될 경우 천연집단의 다양성에 영향을 미칠 수 있다. Norris(2000)는 방류 연어가 천연집단의 유효한 집단 크기를 크게 감소시켰다는 결과로 보아, 방류된 인공종묘가 살아남

아 천연집단과 혼합함으로 발생할 수 있는 유전적 다양성의 변화에 관한 연구는 매우 중요하다. 또한 유전적 다양성이 낮은 개체들은 환경에 대한 저항 능력이 저하될 수 있어 천연집단에서의 생존은 점차 감소될 것이다. 그래서 방류하고자 하는 집단은 유전자 다양성 측면에서 보면 천연집단과 유사한 집단을 만들어 방류하는 것이 중요하다. 방류용 종묘를 대상으로 유전적 다양성 연구는 지금까지는 아주 미미한 수준에 그치고 있으나 점차 방류에서 유전적 다양성 문제는 갈수록 중요성이 증대되고 있다. 유전적 다양성 연구에 많이 이용되고 있는 microsatellite DNA는 2~수 개의 염기를 한 단위로 하여 반복 배열된 영역으로 염색체 전역에 골고루 존재하고 있으며, 개체간 유전적 차이를 분석할 수 있을 정도로 분석능력이 매우 높다. 이 마커는 양식종묘의 유전적 정보 파악, 산란에 필요한 최소 집단 확인, 경제형질유전자와 탐색을 위한 유전자지도 작성, 수산생물의 집단 분석, 방류종묘의 방류 후 어장에서의 유전적 모니터링 및 방류효과 조사 등에 이용되고 있다(Liu and Dunham, 1998; Young *et al.*, 1998; Perez-Enriquez *et al.*, 2001). 본 연구에서는 microsatellite marker를 이용하여 우리나라 연안에 서식하는 자연산 치어를 수집하여 지역간 유전자 다양성을 조사하고, 이런 자연산 치어가 양식산 치어와 다양성 측면에서 어떤 차이가 있는지를 조사하였다. 방류에 이용될 어미는 자연산을 이용하는 것이 가장 좋으나 자연산 어미는 수집하는데 상당한 어려움이 있고, 수조에서 적응하는 데에도 많은 시간이 걸린다는 단점을 가지고 있다. 양식산 어미는 적응이 잘 되어 있어 산란을 제어하기가 쉽고, 먹이 공급이 용이하다는 장점을 가지고 있으나 유전적 다양성이 낮다는 단점을 가지고 있다. 그러나 우리나라의 감성돔 양식은 역사가 그다지 길지 않아 유전적 다양성이 크게 감소되지 않았을 것으로 추정된다. 따라서 양식산과 자연산의 유전적 다양성을 조사하여 앞으로 방류용 종묘생산용 어미로 사용할 집단을 선정하는 것은 매우 중요한 연구라 생각한다.

방류용 종묘생산에 있어서 생화학적 특성 조사는 최근 어류에 있어서도 생화학적인 체성분을 분석하여 성장 및 발육상태를 파악하는 실험이 *Gadus morhua*(Buckley, 1981), *Oncorhynchus keta*(中野 等, 1985a, 1985b), *Clupea pallasii*(福田 等, 1986a; 福田 1988), *Pleuronectes schrenki*(福田 等, 1986b), *Caranx delicatissimus*(Takii *et al.*, 1994) 등에서 행하여져 그 결과 핵산비(RNA/DNA)는 성장 또는 기아에 대한 지표로서(Bulow, 1970; Haines, 1973), 또한 어류의 건강성의 평가 방법으로(Buckley and Lough, 1987; 森岡, 1993) 이용되어지고 있다.

또한 핵산비의 Trypsin, Pepsin, Myosin B ATPase, Acid phosphatase, Alkali phosphatase 등의 효소 활성과 같은 기능적 체성분 및 유리지방산, 중성지방과 같은 에너지 성분을 조사하여 사육어의 질을 평가하는 중요한 지표로 활용되고 있으며(李, 1988; 中野 等, 1989, 1993; 津村·山本), 마취 및 공기노출과 같은 stress를 가함으로서 종묘의 건강도를 판정하는 방법이 보고 되어지고 있다(Carrasco *et al.*, 1984; 丸山, 1986; 北島,

1993).

생리학적 특성 조사의 필요성은 수서동물은 여러 가지 기능을 수행하기 위하여 에너지를 필요로 하며, 이러한 에너지는 주로 섭취한 먹이의 산화(oxidation)를 통해서 얻는다. 호흡은 에너지 대사를 위하여 산화에 필요한 산소를 제공하는 것으로 어류의 호흡대사 측정의 지표로서 산소소비율을 이용하고 있다. 그러므로 어류의 산소소비율의 측정에 의해 어류의 생리적 상태를 알 수 있으며, 환경조건에 따라 어류가 어떻게 변화하는지를 알 수 있다. 동물의 대사에 영향을 미치는 내적 생리적 요인은 개체의 크기, 연령, 발생단계, 영양상태, 먹이의 조성, 스트레스의 정도, 온도에 대한 순응의 정도 및 활동상태 등이며, 외적 요인은 일주기, 계절변화 및 수조 내 호흡가스의 농도변화 등이 있다 (Grodzinski, *et al.*, 1975).

양식어류의 대사 및 동화효율과 관련된 연구는 넙치(Kim, 1994, Malloy and Targett, 1991)와 조피볼락(Kim, 1995, Chin *et al.*, 1998) 등에서 주로 이루어졌으며, 그 외에는 Robbittfish, *Siganus spins*(Bryan, 1975), 초식성 어류인 Zebraperch(Sturm and Horn, 1998), 그리고 harp seals, *Phoca groenlandica*(Lawson *et al.*, 1997) 등에서 다양한 먹이에 따른 동화효율 및 소화관 형태 등을 다루고 있다. 따라서 본 연구는 어미유래별 감성돔 종묘에 따라 산소소비율, 먹이섭취율 및 체내동화효율을 측정하여 양식 및 자연산 종묘간의 생리적 특징을 알아보았다.

수중환경 내에 있어 어류에 피해를 입힐 가능성이 높은 바이러스는 세균보다 적은 수로 수중에 분포하지만 세균에 비하여 열악한 환경에서도 오래 생존할 수 있고, 적은 수로도 어체에 대한 감염의 가능성이 높다. 또한, 바이러스성 질병을 겪은 어류는 대개 체내에 해당 바이러스를 보유하고 있어 계속적으로 질병을 일으킬 수 있는 전이체로서 작용할 수 있음을 보고 되고 있어 바이러스 질병에 의한 피해는 지속적으로 증가할 수 있음을 제시하고 있다. 현재 돔류에 있어 심각한 피해를 주고 있는 바이러스성 질병은 바이러스성 신경괴사증과 이리도바이러스병을 들 수 있다. 이리도바이러스병은 수온이 20℃를 넘는 여름부터 가을에 걸친 고수온기에 발생한다. 외견적으로는 뚜렷한 증상을 나타내지 않지만 빈사어의 대부분은 비장이 비대해지고 안구돌출과 출혈, 장출혈 등의 증상을 나타낸다. 원인 바이러스는 이리도바이러스과에 속하는 120~140nm 크기의 정이십면체 DNA 바이러스이다. 바이러스성 신경괴사증은 1990년대 후반부터 우리나라에 발생하기 시작하였으며 돔류 이외에도 넙치, 능성어 등의 어종에 발병되고 있다. 병어는 힘없이 유영하거나 선회 등의 비정상적인 유영행동을 보이며 뇌나 신경세포에 출혈 및 괴사를 일으킨다. 원인바이러스는 노다바이러스로서 외막이 없고, 정이십면체의 모양을 가지며 직경 25~30nm의 바이러스로 단일가닥 RNA 바이러스이다. 따라서 감성돔 친어와 방류용 종묘에 대한 바이러스 역학조사를 실시하여 궁극적으로 검증된 방류용 virus-free 종묘의 확보가 바다목장 해역으로의 질병 유입 및 확산 방지를 통한 방류효과의 극대화에 기여할 것으로

로 여겨 바이러스성 질병 확산 방지 및 방역대책을 수립하기 위한 연구의 기초자료로서 이용하고자 하였다. 또한, 인공산 감성돔이 방류되었을 경우 바다목장 해역내의 수계에 미치는 영향을 분석하기 위하여 자연산과 인공산 감성돔의 병리학적 특성 비교를 통하여 병리학적 관점에서의 차이점을 규명하고자 하였다.

종묘생산기술개발에 관한 연구는 남해안의 수심 50m 이내인 바닥의 해조류가 있는 모래질이거나, 암초지대인 연안에 서식하며 경제성이 높은 품종인 감성돔과 정착성어종인 황점볼락을 대상으로 종묘 방류에 의한 효율적인 자원 조성 기술을 최종 목표로, 2차년도인 올해는 감성돔 종묘의 어미유래에 따른 종묘를 생산하였다.

또한 멸종위기종인 황점볼락의 자원회복을 위하여서는 황점볼락 어미의 지속적이고 안정적인 종 보존과 출산율을 향상시키기 위해 실내수조와 병행하여 가두리 사육시험을 실시하였다. 황점볼락 어미의 가두리 사육의 필요성은 1997년부터 여수시험장 실내수조에 서 황점볼락을 사육하면서 관찰한 결과 실내에서는 교미, 수정이 불안정하여 매년 정상적인 출산이 이루어지지 않거나, 일부 성숙한 난모 세포가 흡수되는 경향을 보였으나, 가두리에서 관리한 어미에 있어서는 정상적인 출산을 보였기 때문이다. 또한 자연산 어미를 지속적으로 확보하여 기존의 어미집단에 가입함으로써 출산율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

이와 같이 본 연구는 전남 다도해형 바다목장 해역에 방류할 대상어종의 우량성을 판정할 수 있는 기법을 개발하기 위하여 자연산과 인공산의 유전적 다양성을 조사하고, 외부형태 및 내부형태를 조사, 비교하였으며, 동화효율 및 대사변화, 마취 및 노출내성 등을 조사하고, 바이러스에 감염되지 않은 무병종묘의 생산을 위한 병리학적 특성 등의 연구를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 방류용 우량종묘 판정법 연구

(1) 유전학적 특성조사 비교

(가) 감성돔 시료 및 DNA 분리

본 연구에 사용한 시료는 표 4-1-1에 나타내었다. 동해 자연산 치어(EWJ)는 속초 연안에서, 서해 자연산 치어(WWJ)는 부안 지역 근처 연안에서, 남해 자연산 치어(SWJ)는 전남 여수 돌산 연안에서 수집하였으며, 양식산 치어(CJ)는 여수시험장에서 종묘 생산한 것을 이용하였다. 자연산 친어는 전남 여수 연안에서, 양식산 친어는 여수시험장에서 사육하고 있는 것을 이용하였다. Genomic DNA는 Asahida *et al.*(1996)의 방법에 따라 TNEs-urea buffer(8M urea: 10mM Tris-HCl, pH 7.5: 125 mM NaCl: 10mM EDTA: 1% SDS)를 사용하여 가습지느러미에서 분리하였다. Spectrophotometer를 이용하여 DNA의 순도를 측정 후 순수한 DNA만 분석에 이용하였다.

표 4-1-1. 유전적 다양성 분석에 이용된 시료

Table 4-1-1. Samples employed in analysis of genetic diversity

Sample name(Abbreviation)	Date sampled	No. of individuals
East Wild Juvenile(EWJ)	Nov, 2003	66
West Wild Juvenile(WWJ)	Oct, 2003	103
South Wild Juvenile(SWJ)	Oct, 2003	95
Cultured Juvenile(CJ)	Oct, 2003	80
Wild Broodstock(WB)	Jan, 2004	73
Cultured Broodstock(CB)	Jan, 2002	103

(나) PCR 증폭 및 다형 분석

감성돔 치어 및 친어의 유전적 다양성을 분석하는데 5개 microsatellite(*Acs 1*, *Acs3*, *Acs5*, *Acs 6*, *Acs 9*) DNA를 사용하였다(표 4-1-2). 각 개체의 유전자형을 조사하기 위하여 PCR을 수행하였으며, PCR 반응은 5pmol 각 primer set, 200 μ M dNTP, 10mM Tris-HCl(pH 8.3), 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂, 0.5U AmpliTaq Gold(Applied Biosystems) 또는 f-Taq(Solgent), 50ng DNA template가 포함된 총 15 μ l 혼합액에서 MJ-210gradient thermal cycler를 이용하여 수행하였다. 각 primer pair의 forward primer를 6-FAM, HEX, 또는 NED 형광 dye(Applied Biosystems)를 표지로 붙였다. PCR 조건은 처음 95 $^{\circ}$ C에서 15분간 DNA를 변성하고 그 다음 95 $^{\circ}$ C에서 20초간 denaturation, 각 primer의 annealing 온도에서 40초간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 1분간 elongation하여 각각 30회 반복한 후, 최종 DNA 합성을 72 $^{\circ}$ C에서 15분간 하였다. 증폭된 fluorescent PCR 산물을 1:10~1:20 희석하여 size marker, deionized formamide와 혼합한 후 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 반응한 후 ABI 3100 DNA sequencer(Perkin-Elmer)로 확인하였다. Fluorescent peak data는 Genescan(version 3.7)와 Genotyper(version 3.7) software program(Perkin-Elmer)으로 분석하였다.

(다) 통계분석

각 유전자좌(locus)의 각 집단에서의 대립유전자 빈도, 관찰치 이형접합률(H_o), 기대치 이형접합률(H_e)은 Cervus version 2.0 software package를 이용하여 계산하였다. 각 유전자좌의 각 집단에 대한 Hardy-Weinberg equilibrium(HWE)을 추정하기 위하여 Markov-chain 방법을 이용한 Fisher's exact test와 유사한 test에 의해 관찰치 유전자형 빈도와 기대치 유전자형 빈도를 서로 비교하였다. 사용한 Markov-chain parameter들은 100,000 steps와 10,000 dememorization 이었다. 또한 집단안에서 HWE 이탈을 조사하기 위하여 F_{IS} 수치를 측정하여

표 4-1-2. 감성돔 다형 microsatellite의 특징들과 primer 염기서열

Table 4-1-2. Primer sequences and some characteristics of polymorphic microsatellite in black sea bream

Locus	Repeat motif	Sequence(5'→3')	Annealing temp.(°C)	Size range (bp)
<i>Acs 1</i>	(CA) ₁₃	F: 5'-TTGCAGCAGATGGGTTTCAGA-3' R: 5'-GGTCATCTGTATCGACGACT-3'	61	102-128
<i>Acs 3</i>	(CA) ₁₆	F: 5'-GGACCCATATGGCTGTCAAA-3' R: 5'-TTTATGAGCGACCCTGAGTC-3'	60	71-129
<i>Acs 5</i>	(CA) ₁₇	F: 5'-CACCAGTCCAACTTAGCTCT-3' R: 5'-GGAGGGATTGAGATGAAGAT-3'	60	87-133
<i>Acs 6</i>	(GT) ₁₂	F: 5'-GTCTGACATCATGCTCTGAG-3' R: 5'-ACAACCGTCTTCTTCTTACG-3'	58	89-115
<i>Acs 9</i>	(CA) ₂₁	F: 5'-GAACTGACAGTAGTGAAGTGG-3' R: 5'-GTGCTGCAGTTTATATCTGC-3'	58	69-117

random allelic permutation 과정(최소 10,000 permutation)으로 유의성을 검정하였다(Weir and Cokerham, 1984). 집단 유전적 구조를 파악하기 위하여 모든 가능한 집단 조합으로 pairwise F_{ST} 수치를 측정하였으며(Slatkin, 1995), pairwise F_{ST} 수치에 대한 유전적 검정은 random allelic permutation 과정으로 조사했다. 이런 통계학적 분석은 Genepop 3 software package를 이용하였다. 집단간 유전적 유연관계는 Nei's standard genetic distance(D_S ; Nei, 1972)를 근거로 하여 UPGMA 방법으로 계통수를 만들어 분석하였다. Bootstrap 수치는 유전자좌 모두를 이용하여 1000번 bootstrap resampling으로 계산하였으며, 이런 과정들은 TFGA 프로그램을 사용하였다.

(2) 형태학적 특성조사 비교

(가) 시험어

조사에 사용된 표본의 감성돔 전장은 3.2~8.2cm 사이인 개체를 대상으로 조사하였다. 표본의 종류는 인공산 어미에서 획득한 종묘를 육상콘크리트에서 사육하는 치어(TL: 4.7~8.2cm, n=80, 이하 TASG구), 인공산 어미에서 획득한 종묘를 가두리에서 사육한 치어(TL: 3.4~7.2cm, n=30, 이하 CASG구), 자연산 어미에서 획득한 종묘를 사육한 인공산 치어(TL: 4.0~7.3cm, n=113, 이하 WSG구) 및 자연에서 채집된 치어(TL: 3.2~7.5cm, n=30, 이하 WG구)를 사용하였다.

(나) 조사항목

외부 형태 비교를 위하여 계수형질은 등, 가슴, 뒷지느러미 및 꼬리지느러미 줄기수를 계수하였고, 계측형질은 1/20mm vernier caliper를 사용하여 전장(TL), 가랑이체장(FL), 체장(SL), 항문장(PaL), 두장(HD), 안경(ED), 체고(BD) 등을 측정하였다(그림 4-1-1).

내부 형태 비교는 새파, 척추골 및 담기골의 수를 계수 비교하였고, 두개골, 척추골, 견대부 골격 및 미골의 골격 비교를 통하여 어종간의 차이점을 유출하였다.

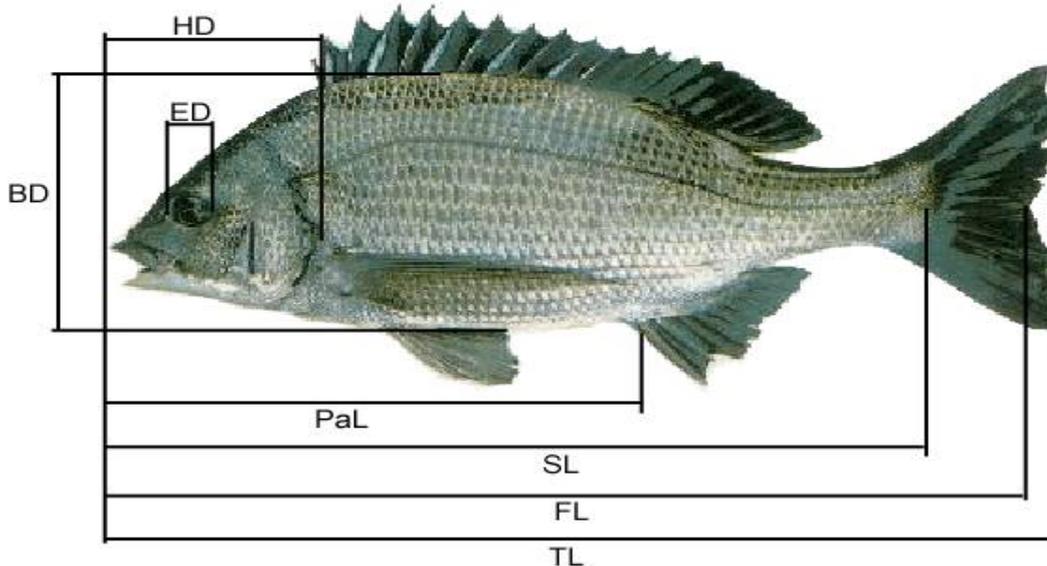


그림 4-1-1. 감성돔 부위별 측정.

Fig. 4-1-1. Diagram showing the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. BD, body depth; ED, eye diameter; FL, fork length; HD, head depth; PaL, preanal length; SL, standard length; TL, total length.

(3) 생화학적 특성조사 비교

(가) 시험어

인공산 종묘는 여수수산시험장에서 2003년 5월 채란하여 생산한 인공산 어미유래 종묘(전장 6.98 ± 0.38 cm, 체중 5.57 ± 1.05 g, N=20) 및 자연산 어미유래 종묘(전장 7.03 ± 0.64 cm, 체중 6.01 ± 1.66 g, N=20)이며, 자연산 종묘는 2003년 9월 여수 앞바다에서 수집한 종묘(전장 7.03 ± 0.56 cm, 체중 5.96 ± 1.83 g, N=20)로 안식향산 에틸 50ppm으로 마취한 뒤 동결하여 -75°C 에서 약 2개월간 보존한 시료이다.

혈청학적 분석에 사용된 인공산 종묘는 여수수산시험장에서 2003년 5월 채란하여 생산한 인공산 어미 유래 치어(전장 6.9 ± 0.4 cm, 체중 5.4 ± 1.0 g) 및 자연산 어미 유래 치어(전장 7.0 ± 0.6 cm, 체중 6.0 ± 1.7 g)이며, 자연산 종묘는 2003년 9월 바다목장 해역내에서 채집한 종묘(전장 6.9 ± 0.3 cm, 체중 5.5 ± 1.1 g)로 혈액학적 특성 분석에 사용하였다.

(나) 생화학적 특성 조사

DNA량, RNA량, 단백질량, 효소활성량을 측정하기 위한 시료는 해동 후 해부하여 간 중량을 측정하고 복강내지방조직의 유무를 관찰한 후, 간 및 근육 조직을 절취하여 Potter-Elevehjem 형 homogenize로 조직 중량의 8~10배량의 0.25M sucrose, 1mM EDTA, 20mM Tris-HCl용액(pH 7.5)으로 갈아서, 작성한 균질액을 이용하여 DNA량, RNA량, 총단백질량을 측정하였다. 수용성단백질량, Acid phosphatase(ACPase) 측정은 균질액을 4°C 700×g에 20분간 원심분리하여 그 상액을 이용하여 분석하였다.

DNA량 및 RNA량의 정량은 STS 변법(中野, 1988)로, 총단백질량 및 수용성단백질량은 Lowry법(Lowry *et al.*, 1955)으로 하였다. ACPase 활성은, 효소액 50 μ l, 10mM p-nitrophenolphosphate 50 μ l, 0.5N 초산완충액(pH 3.5) 0.1ml, 증류수 0.3ml에 시료를 20분간 반응시킨후, 0.1N NaOH 2ml로 반응을 정지하여, 유리된 p-nitrophenol량을 흡광도 400nm에서 측정하였다.

지질량의 측정은 시료를 에탄올-에테르(3:1) 혼액중에 넣어, Potter-Elevehjem 형 homogenize로 갈아서 균질액을 4°C 700×g에 20분간 원심분리하여 그 상액을 이용하여 분석하였다. 지질의 분석은 triglyceride, free fatty acid에 대해서, 각각 아산제약의 Cleantech TG-S 및 일본상사(주)의 Nescauto NEFA kit-U 시판 효소법 Kit를 이용하여 함유량을 구하였다.

일반체성분의 분석은 7~10마리의 근육 시료를 모아서 AOAC(1995)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 법, 회분은 건식회화법으로 분석하였으며, 지방산 조성 비율은 Iatroscan TH-10으로 측정하였다.

혈청 생화학적 분석을 통한 혈액학적 특성 비교는 각 그룹별 감성돔 치어 중 양호한 건강상태를 보이는 개체를 대상으로 미정맥을 통하여 1회용 멸균 주사기로 채혈하고 혈액을 3,000rpm에서 15분간 원심분리한 후 혈청을 분리하여 분석에 사용하였다. 조사항목은 albumin, alkaline phosphatase, blood urea nitrogen, γ -glutamyltransferase, glucose, glutamate oxaloacetate transaminase, glutamic pyruvic transaminase, triglyceride, total protein, uric acid 등이며, 각 항목별 분석은 Fuji dry-chem 3500(Fujifilm)을 이용하였다.

(4) 생리학적 특성 조사 비교

(가) 동화효율 및 대사비교

실험에 사용된 종묘는 자연산 감성돔의 어미에서 종묘생산 된 종묘(전장 5.84±0.82cm, 전중 4.5±1.92g)와 양식산 어미에서 생산한 종묘(전장 5.46±0.75cm, 전중 4.0±1.97g), 그리고 여수해역에서 직접 포획한 자연산 종묘(전장 10.1±1.56cm, 전중 26.3±11.85g)였다. 각 실험 그룹별 종묘는 실험 시작하기 전 5일 동안 실내 수조에서 생사료(곤쟁이 및 배도라치 섞인 것)를 공급하면서 순응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험조건은 23±0.5°C와 13±

0.5℃, 일반해수(염분 33.5ppt)와 조도 12L:12D 및 10L:14D에서 산소소비율, 먹이섭취율 및 체내 동화효율을 측정하였다. 실내의 조도는 암실에서 타이머를 이용하여 조절하였다. 산소소비율의 측정은 산소검량기(YSI 5000)를 사용하여 실험전후의 용존산소의 차로써 측정하였다. 치어의 먹이섭취율은 먹이공급 전후의 차이로써 측정하였으며, 동화효율은 먹이로 공급한 생사료와 감성돔 종묘의 배출 분 질소 함량을 지표로 하여 Durbin and Durbin(1981)의 방법을 이용하여 다음과 같은 식에 의해 구하였다.

$$\% \text{ Assimilation} = (\text{Food N} - \text{Faeces N} / \text{Food N}) \times 100$$

(나) 마취 및 노출 내성비교

① 시험어

실험용 인공산 종묘는 여수수산시험장에서 생산한 인공산 어미유래 치어(전장 5.0±0.5cm, 체중 1.4±0.4g)와 전장 6.4±0.8cm, 체중 4.8±2.3g) 및 자연산 어미유래 치어(전장 5.2±0.4cm, 체중 2.1±0.6g)와 전장 6.6±0.4cm, 체중 3.9±1.3g)를 이용하여 수온 25℃에서 어류용 마취제인 MS-222를 사용하여 stress에 대한 내성 측정의 한 항목으로서 마취 조건에 따른 내성을 조사하였고, 공기 중 노출 조건에 따른 stress 내성을 조사하였다. 또한 여수 인근 연안에서 포획한 자연산 종묘(전장 7.3±0.6cm, 체중 7.1±2.2g)를 대상으로 마취 및 노출 조건에 따른 내성을 비교하였다.

② 마취제 농도별 마취 및 회복시간 조사

마취제 농도별 실험은 시험어의 행동 관찰이 용이한 원형 유리수조에 해수를 5,000ml 채운 후 MS-222 100ppm, 200ppm과 400ppm의 농도로 조절하고, 각 실험구별로 8~10마리의 치어를 침지 시켜 마취되는 시간과 마취에서 회복되는 시간을 조사하였다. 완전마취 시기는 Siwicki(1984)의 기준에 의거하여 어류의 몸체가 한쪽으로 눕고 아가미뚜껑의 움직임이 불규칙적이며 거의 정지되는 순간으로 정하였다.

③ 마취제 침지 시간별 회복시간 조사

마취제 침지 시간별 회복시간 조사는 MS-222의 농도가 100ppm 되도록 조절한 후 감성돔 종묘 8~10마리씩을 침지시간을 3분 간격으로 12분까지 달리하여 침지 시킨 후 실험어를 꺼내어 회복조에 투입하여 통기시키면서 회복에 걸리는 시간을 조사하였다.

④ 마취 후 공기중 노출시간에 따른 회복시간 조사

MS-222 100ppm에 마취시킨 뒤 종묘를 공기 중의 방치 시간을 달리한 후 회복 시간을 조사 실험은 실험구 당 감성돔 종묘 8~10마리씩을 MS-222 100ppm에 3분간 마취시킨 후 공기 중에 꺼내어 해수로 습하게 적신 면 타올 위에서 3분 간격으로 12분까지 방

치한 후 회복조로 옮겨 회복시간을 조사하였다.

⑤ 공기출 노출시간에 따른 회복시간 조사

공기 중 노출 내성은 실험어를 마취시키지 않고 해수를 적신 면 타올을 덮어씌우고 각 시험구 당 8~10마리씩 3분 간격으로 12분까지 방치한 후 회복조에 넣어 회복에 걸리는 시간과 생존율을 조사하였다.

(5) 병리학적 특성 조사 비교

(가) 친어의 바이러스 보균 여부 진단

이리도바이러스 검출을 위해서는 여수시험장에 보유중인 감성돔 친어의 가슴지느러미에서 분리된 DNA를 사용하였다. PCR을 이용한 바이러스의 검출에 사용할 DNA는 DNA isolation kit(Bioneer Co.)를 이용하여 분리하였다. 분리된 핵산(DNA)은 단계의 실험을 위해 1.5% agarose gel을 이용한 전기영동을 실시한 후, UV-transilluminator 상에서 순도와 양을 확인하였다. Primer는 Inouye 등이 제시한 DNA 서열로부터 디자인한 primer를 사용하였으며(그림 4-1-2), 반응조건은 우선 94℃에서 5분간 predenature 시킨 후 94℃ 30초간 denature, 58℃ 45초간 annealing, 72℃ 45초간 extension 반응을 30 cycles를 진행시키고, 72℃ 5분간 postextension을 시키고, 여기서 얻은 PCR product는 1.5% agarose gel을 이용하여 약 690bp에서 그 특이 밴드를 확인하였다.

GCGGTGTAATATAGCCGTGA

TGGTACACAGAGGCGTCGTA

그림 4-1-2. 이리도바이러스 유전자의 PCR 증폭을 위하여 사용한 primer 배열.

Fig. 4-1-2. Primer sequences used for PCR amplification of iridovirus gene.

노다바이러스의 검출을 위해서 여수시험장에 보유중인 감성돔 친어의 가슴지느러미에서 분리된 RNA를 사용하였다. PCR을 이용한 바이러스의 검출에 사용할 RNA는 RNA isolation kit(Bioneer Co.)를 이용하여 분리하였다. 분리된 핵산은 다음 단계의 실험을 위해 1.5% agarose gel을 이용한 전기영동을 실시한 후, UV-transilluminator 상에서 순도와 양을 확인하였다. 추출된 RNA를 70℃에서 10분간 변성시킨 후 즉시 얼음위에서 냉각시키고, 여기에 Oligo(dT) 15 primer와 reverse transcription mixtuer를 넣어 전체 20 μ l내의 조성을 50mM Tris-HCl, pH 8.3, 75mM KCl, 3mM MgCl₂, 0.5mM dNTPs, 10mM DTT, 10 units reverse transcriptase(GibcoBRL Co.)가 되게 하였다. 역전사 반응은 42℃에서 50

분간 실시하였고 70℃에서 15분간 처리하여 잔존 효소활성을 제거하였으며, 이와 같은 처리로 얻어진 cDNA를 PCR의 주형으로 이용하였다. Primer는 Nishizawa 등이 제시한 SJNNV의 부분 RNA 서열로부터 디자인된 primer를 사용하였으며(그림 4-1-3), PCR 반응은 100pM 의 각 primer, 0.2mM dNTPs, 1U Taq DNA polymerase, 2.5mM MgCl₂이 포함된 혼합물에 합성된 cDNA 1μl를 첨가하여 실시하였다. 반응조건은 우선 95℃에서 5분간 predenature 시킨 후 95℃ 1분간 denature, 58℃ 1분간 annealing, 72℃ 1분간 extension 반응을 30 cycles를 진행시키고, 72℃ 5분간 postextension을 시키고, 여기서 얻은 PCR product는 1.5% agarose gel을 이용하여 약 396bp에서 그 특이 밴드를 확인하였다.

CGTGTCAGTCATGTGTCGCT

AGAAGTGGGCACAACACTGAGC

그림 4-1-3. 노다바이러스 유전자의 RT-PCR 증폭에 사용한 primer 배열.

Fig. 4-1-3. Primer sequences used for RT-PCR amplification of nodavirus gene.

(나) 자연산과 방류용 우랑종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교

바다목장 해역내의 자연산 감성돔과 여수수산종묘시험장에서 양성중인 인공산 친어 유래와 자연산 친어 유래의 감성돔에서의 병리학적 특성 비교를 위하여 분기별로 각각의 시료를 채집하여 기생충, 세균, 바이러스 등의 질병원인생물을 분리하였다. 병원 기생충의 분리를 위하여 각각의 시료의 아가미와 체표조직을 떼어 내어 입체 현미경 및 광학 현미경으로 기생충 유무를 관찰하였다. 병원 세균의 분리를 위하여 시료의 간, 신장 및 비장 부위를 TSA 배지에 도말하여 25℃에 24~48시간 배양한 후, 순수분리하고 API Kit (bioMerieux)를 이용하여 분리 검색하였다. 바이러스의 분리는 상기의 방법대로 실시하였다.

나. 방류용 우랑종묘 생산방법 연구

(1) 어미유래별 감성돔 사육시험

(가) 친어 및 채란

본 시험에 사용한 인공산 친어는 여수시험장에서 사육관리 중인 전장 23.0~37.2cm, 체중 218~1,120g 190마리이었으며, 자연산 친어는 2003년 4월 여수연안에서 구입한 전장 24.6~31.2cm, 체중 254~530g 110마리이었다. 채란 수조는 수심 1.5m의 50톤 사각콘크리트 수조를 사용하였으며, 인공산 친어의 자연 산란은 4월 28일(수온 14.6℃) 부터 자연산

친어의 산란은 5월 4일(수온 14.9℃) 시작되었다. 채란은 산란량이 증가한 5월 8일부터 6월 25일까지 실시되었으며, 5월 8일부터 5월 20일까지 채란된 수정란을 이용하여 자치어 사육에 사용하였다.

수정란의 조사는 5월 11일부터 5월 20일까지 자연산 및 인공산 어미유래 친어에서 채란된 부상란에 대해 각각 10회를 측정하였으며, 부상란의 난경은 동기간 중 각각 3회 측정하였다. 산란량과 부상란의 조사는 0.5~2.0ℓ 메스실린더를 이용하여 측정하였으며, 난경은 만능투영기(Nikon V-12A)의 25배 배율에서 장축 및 단축을 계측하였다. 수정란은 약 100립 정도의 부상란을 입체현미경으로 관찰하여 산출하였다.

(나) 자치어사육

자치어 사육은 40톤 용량의 원형 콘크리트 수조를 사용하였으며, 부화 후 5일간은 지수식으로, 이후는 종묘의 성장에 맞추어 1일 20~400% 여과해수로 환수하였다. 수조 바닥의 찌꺼기 청소는 부화 1주일 후부터 매일 실시하였으며, 사육수내의 배양 클로렐라의 첨가는 부화 후 30일까지 사육수 1ml 당 50~100만 개체가 유지되도록 공급하였다.

먹이의 공급은 해산 클로렐라로 영양 강화한 로티퍼를 부화 2일후부터 사육수 1ml 당 3~10개체를 50일간 공급하였으며, 부화 30일 후부터는 알테미아 노플리스를 20일간 공급하였다. 미립자사료는 부화 20일부터 성장에 맞춰 입자크기를 조절하면서 공급하였다. 성장의 조사는 사육 초기는 1주일간격으로 이후는 2주일 간격으로 전장을 측정하여 분석하였고, 생존율의 조사는 사육시험 종료시 생산된 종묘량을 계수하여 측정하였다.

(2) 황점볼락 친어관리

(가) 친어 사육 및 확보

시험어는 6×6×3.5m 가두리에 200마리(전장 23.9~28.8cm, 체중 148~826g)를 수용하였다. 황점볼락 사육을 위한 가두리는 전남 여수시 돌산읍 군내리 송도 지선에 위치하며, 임대기간은 2003년 9월 1일부터 2004년 5월 31일이고, 가두리 규격은 6×6×3.5m, 1대를 임대하였다. 가두리 시설 장소는 겨울철 수온이 대부분 7℃이하로 하강하지 않을 뿐 만 아니라 여름철 적조피해에 비교적 안전한 장소이고, 육상으로부터 거리가 짧아 수시로 관찰이 용이하여 선정하였다. 실내수조는 사육어와 자연산을 구분하여 각각 30톤 및 10톤 콘크리트 수조에 238마리(자연산 38마리)를 수용하여 사육하였다. 먹이는 모이스트펠렛을 1일 1회 공급하였고, 실내수조에서는 연중 자연해수에 의한 유수식 사육을 실시하였으며, 가두리의 어미 건강도 및 어체 측정은 1개월마다 실시하였다. 가두리와 실내수조에서의 환경측정은 수온, 비중을 매일 오전 10시에 측정하였다. 어미 구입은 여수시 남면 화태리 연안에서 통발어업에 의해 어획된 자연산 어미를 확보하였다.

(나) 출산량 조사

사육어는 2003년 11월 중순부터 매 주 어미 상태를 관찰하면서 배가 부르고, 성숙상태가 양호한 어미를 선별하여 실험수조에 수용하였다. 선별한 어미는 실내사육어, 가두리사육어, 자연산으로 구분하여 1톤 및 2톤 원형 FRP수조에서 개체당 출산량을 조사하였다. 실험용 어미는 총 85마리(실내산 30마리, 가두리산 50마리, 자연산 5마리)였으며, 크기는 전장 22.5~28.9cm, 체중 356~864g이었다.

(다) 종묘생산 기초연구

수조크기별 사육 실험은 소형수조(3.5톤 FRP)와 대형수조(30톤 원형 콘크리트)를 이용하여 2003년 12월 9일부터 2004년 2월 8일까지 60일간 실시하였다. 먹이는 산출 후 1일째부터 rotifer를 공급하여 26일까지 공급하였으며, *Artemia*는 부화 10일째부터 로티퍼와 혼합 공급하여 50일까지 공급하였다. 배합사료는 5일째부터 미립자사료(150 μ m)를 시작으로 성장함에 따라 크기를 증가시켜 주면서 실험 종료시까지 공급하였다. 대량종묘생산 시험은 2004년 1월 1일부터 4월 1일까지 92일간 30톤 원형 콘크리트 수조에서 실시하였다. 먹이는 수조크기별 실험에서와 동일한 공급체계를 유지하였고, rotifer는 산출 후 1일째부터 25일까지 공급하였고, *Artemia*는 10일째부터 65일까지 다소 공급기간을 연장하였으며, 배합사료는 7일째부터 공급하기 시작하였다. 성장도 조사는 시험구별로 각각 20마리씩 무작위 샘플하여 10일 간격으로 측정하였다.

3. 결과 및 토의

가. 방류용 우량종묘 판정법 연구

(1) 유전학적 특성조사 비교

(가) 지역별 감성돔 치어의 유전적 다양성 조사

지역별 자연산 치어들에 대하여 5개 microsatellite loci를 사용하여 유전적 다양성을 조사하였다. 각 지역별 자연산 치어들에서 5개 유전자좌의 대립유전자 빈도를 조사한 결과 *Acs 1* 유전자좌에서는 119bp가 주 대립유전자이었으며, 이 대립유전자의 빈도는 지역별마다 비슷하였다. 이외에 117, 121, 123bp 대립유전자의 빈도도 각 지역마다 유사한 빈도를 나타내었다(그림 4-1-4). *Acs 3* 유전자좌에서는 90, 92, 94bp 대립유전자가 주 대립유전자이었으며, 이들의 빈도는 지역간에 비슷한 양상을 보였다. 서해 자연산 치어는 양식산 치어와 비슷한 경향을 보였으며, 동해 자연산 치어는 남해산 치어와 유사한 경향을 보였다. 또한 양식산은 특이하게도 대립유전자의 빈도 분포 경향이 남해산과 유사하였다(그림 4-1-5). *Acs 4* 유전자좌에서는 63, 65, 67bp 대립유전자가 주 대립유전자 이었으며, 남해산과 양식산에서는 69bp 대립유전자가 주 대립유전자이었다. 그러나 동해산과 서해산은 69bp 대립유전자의 빈도는 상당히 낮은 수치를 나타내어 이 대립 유전자는 이들 집단

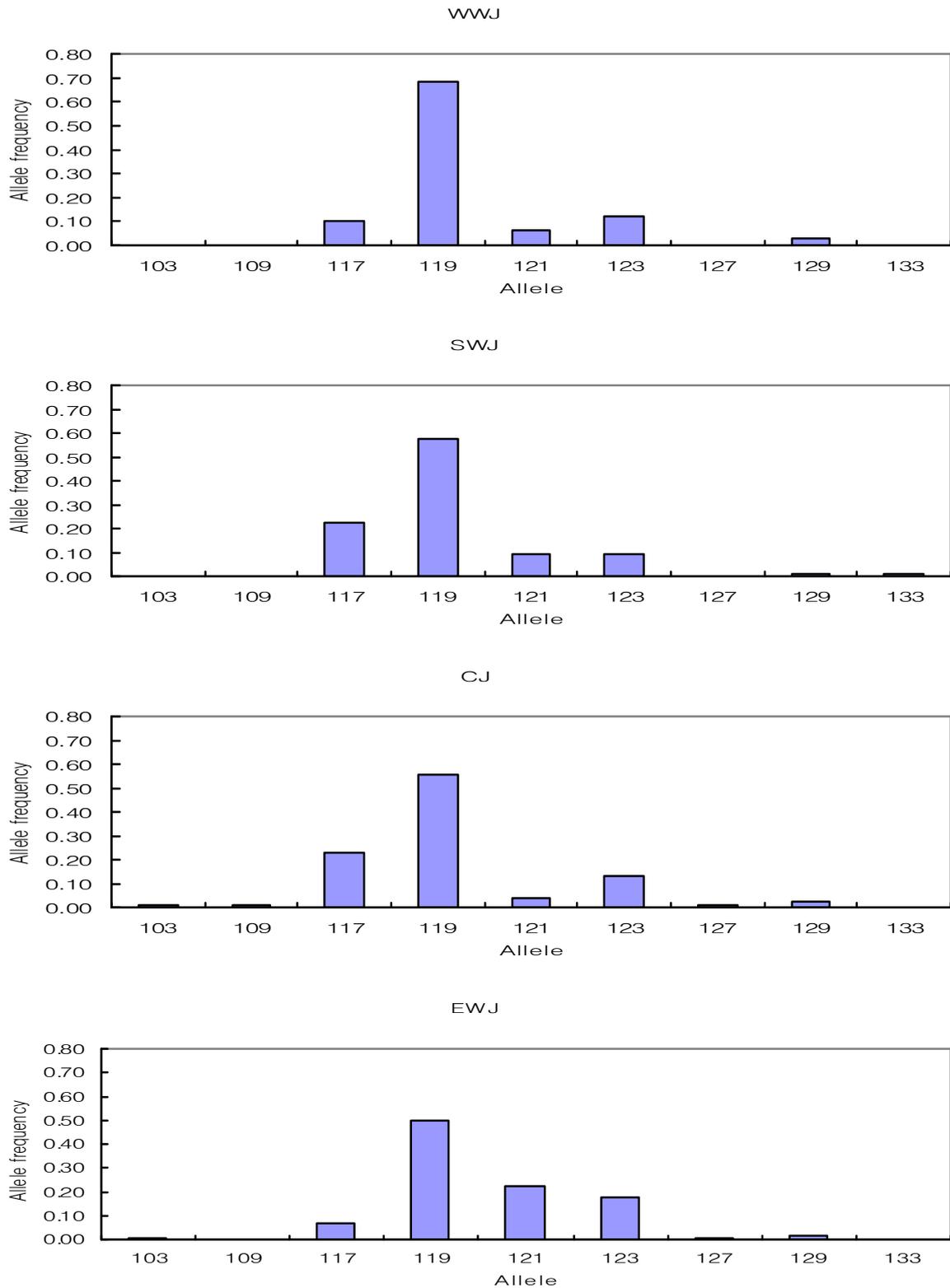


그림 4-1-4. 각 지역 감성돔 치어들의 *Acs 1* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-4. Allele distributions at the *Acs 1* locus in each location of juvenile black sea bream.

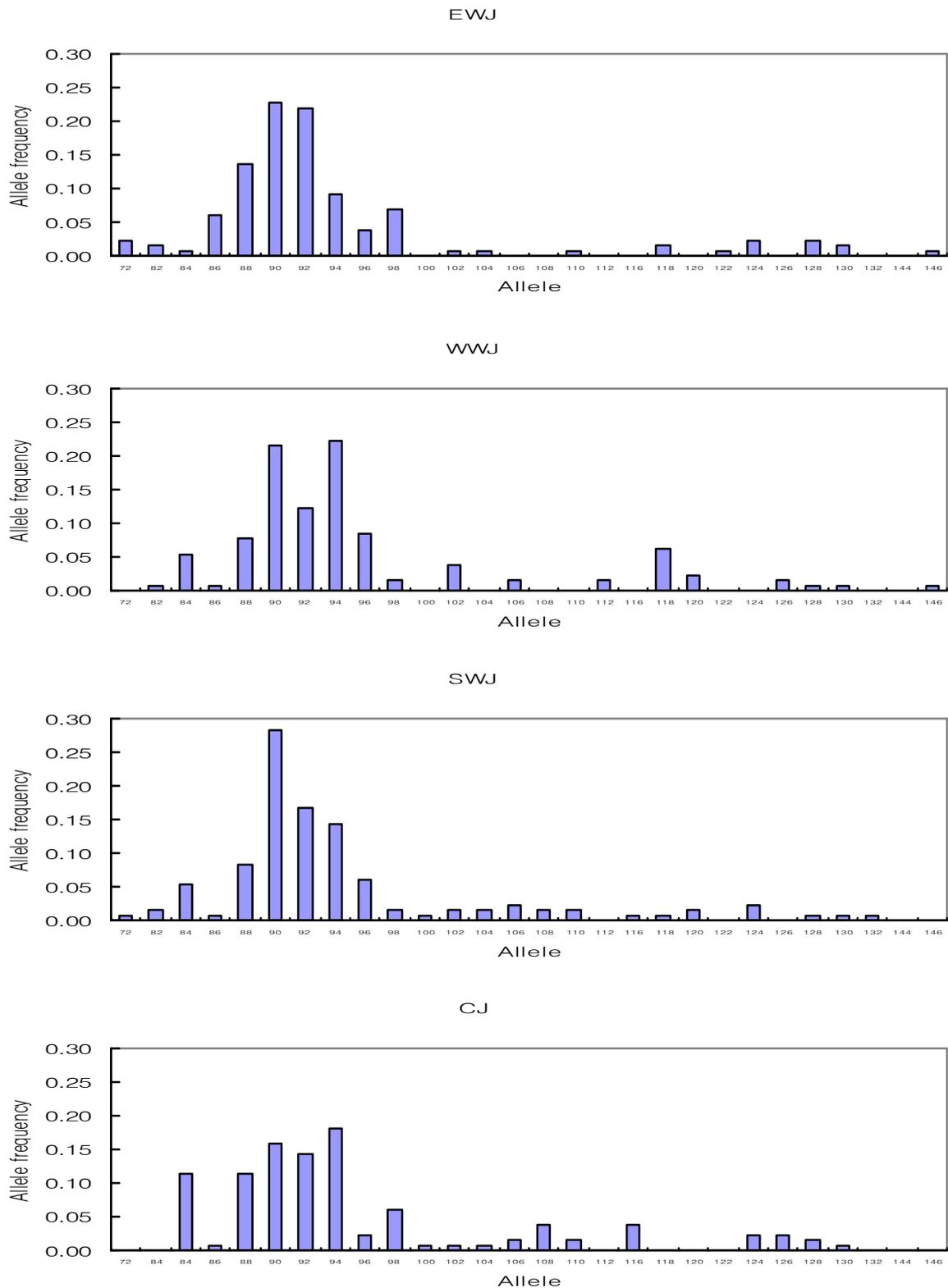


그림 4-1-5. 각 지역 감성돔 치어들의 *Acs 3* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-5. Allele distributions at the *Acs 3* locus in each location of juvenile black sea bream.

을 구분할 수 있는 마커로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 대립유전자들의 빈도 분포는 동해산과 서해산이, 그리고 남해산과 양식산이 비슷한 경향을 보였다(그림 4-1-6). *Acs 6* 유전자좌에서는 94bp만이 주 대립유전자였으며, 지역간 대립유전자 빈도의 분포는 비슷한 경향을 보였다. 동해산에서 114와 116bp 대립유전자는 다른 지역 치어에서 보다 빈도가 약간 높게 나타났다(그림 4-1-7). *Acs 9* 유전자좌에서는 전체적으로 빈도가 높은 대립유전자가 많았으며, 주 대립 유전자의 지역별 분포는 비슷하였으나 빈도에서는 지역마다 차이가 있었다. 동해산에서는 81bp가, 서해산에서는 85bp가, 남해산에서는 81bp가, 양식산에서는 87bp가 주 대립유전자이었다. 또한 대립유전자 빈도 분포에서는 서해산과 남해산이 비슷한 경향을 보였으며, 특히 양식산은 다른 지역과 다른 경향을 보였다. 양식산의 137과 139bp 대립유전자는 양식산에서만 분포하여 양식산 특이 마커로 사용될 수 있을 것이다(그림 4-1-8).

각 유전자좌에서 지역별의 유전적 다양성을 표 4-1-3에 나타내었으며, 모든 유전자좌들은 모든 지역에서 다양하였으며, 유전적 다양성은 유전자좌에 따라 달랐다. 특히 *Acs 3* 과 *Acs 9* 유전자좌는 대립유전자의 수와 heterozygosity가 매우 높았다. 특히 *Acs 9* 유전자좌는 20개 이상의 대립유전자 수와 0.9 이상의 기대치 이형접합률을 나타내어 유전자좌 중에서 가장 높은 다양성을 보였다. 각 지역들에서 유전자좌당 평균대립유전자 수는 12.6~14.2개 였으며, 양식산은 12.8개로 동해산과 서해산 자연산 치어와 유사하며 대체로 높은 수치를 나타내었다. 이것은 아직도 우리나라 양식산 감성돔은 근친교배에 의한 유전적 다양성의 감소가 야기되지 않았음을 시사한다.

자연산 감성돔 치어들의 평균 관찰치 이형접합률은 0.747~0.777이었고, 평균 기대치 이형접합률은 0.763~0.789로 동해산 지역이 가장 높았으나 대체로 비슷한 수치를 보였다. 양식산은 대립 유전자 수(12.8개)와 평균 관찰치 및 기대치 이형접합률(각각 0.728과 0.767)이 자연산보다 약간 낮게 나타났으며, 이것은 제한된 어미 집단에서 양식이 되었기 때문인 것으로 추정하나, 아직까지는 유전적 다양성이 대체로 높았다. 또한 이런 결과는 양식산 감성돔이 산란에 관여하는 어미수가 대체적으로 많음을 나타내고, 그리고 아직까지 우리나라 감성돔 양식집단이 근친교배가 일어나지 않았음을 암시한다. 유전적 다양성의 지표로 사용되는 대립유전자 수와 이형접합률의 수치(그림 4-1-9)로 보면 대립 유전자 수에서는 남해산이 가장 높았고(14.2개), 이형접합률의 수치로 보면 동해산이 가장 높게 나타났다. 대체로 양식산은 이 두 수치에서 낮게 나타났으며 서해산과 유사하였다. 각 유전자좌에서 각 집단에 대한 관찰치 이형접합률(H_o)과 기대치 이형접합률(H_e)의 불일치, 즉 HWE 이탈을 보이는 경우는 동해산의 *Acs 3* 유전자좌(H_o 0.742; H_e 0.867)와 양식산의 *Acs 6* 유전자좌(H_o 0.485; H_e 0.5802)를 제외하고는 거의 없었다. 동해산의 이런 이탈은 임의 변이(random variation)에 의한 것으로 추정되며, 양식산에서의 이탈은 제한된 어미수에 의한 교배로 이형접합률의 감소에 의한 것으로 추정된다.

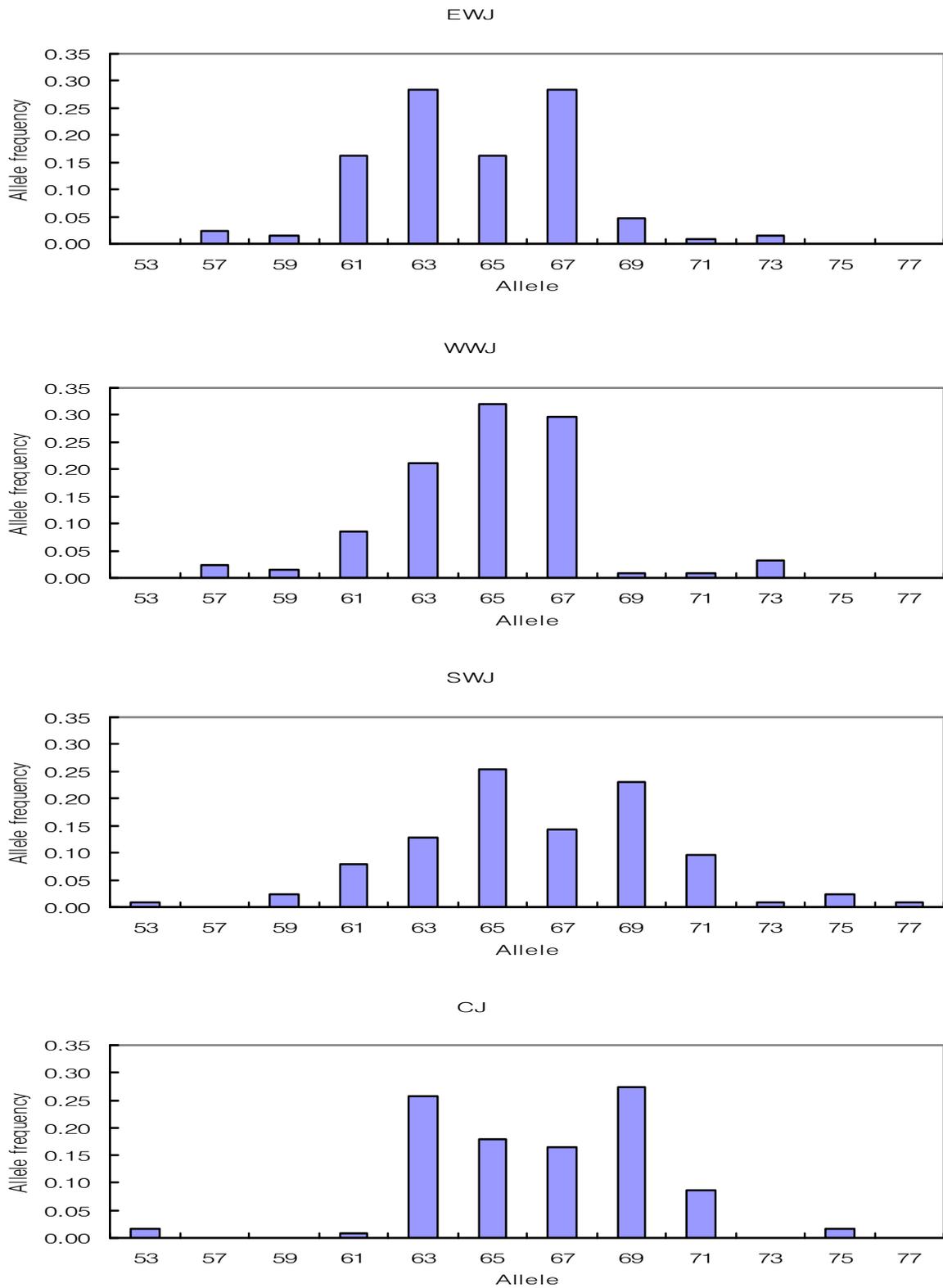


그림 4-1-6. 각 지역 감성돔 치어들의 *Acs 4* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-6. Allele distributions at the *Acs 4* locus in each location of juvenile black sea bream.

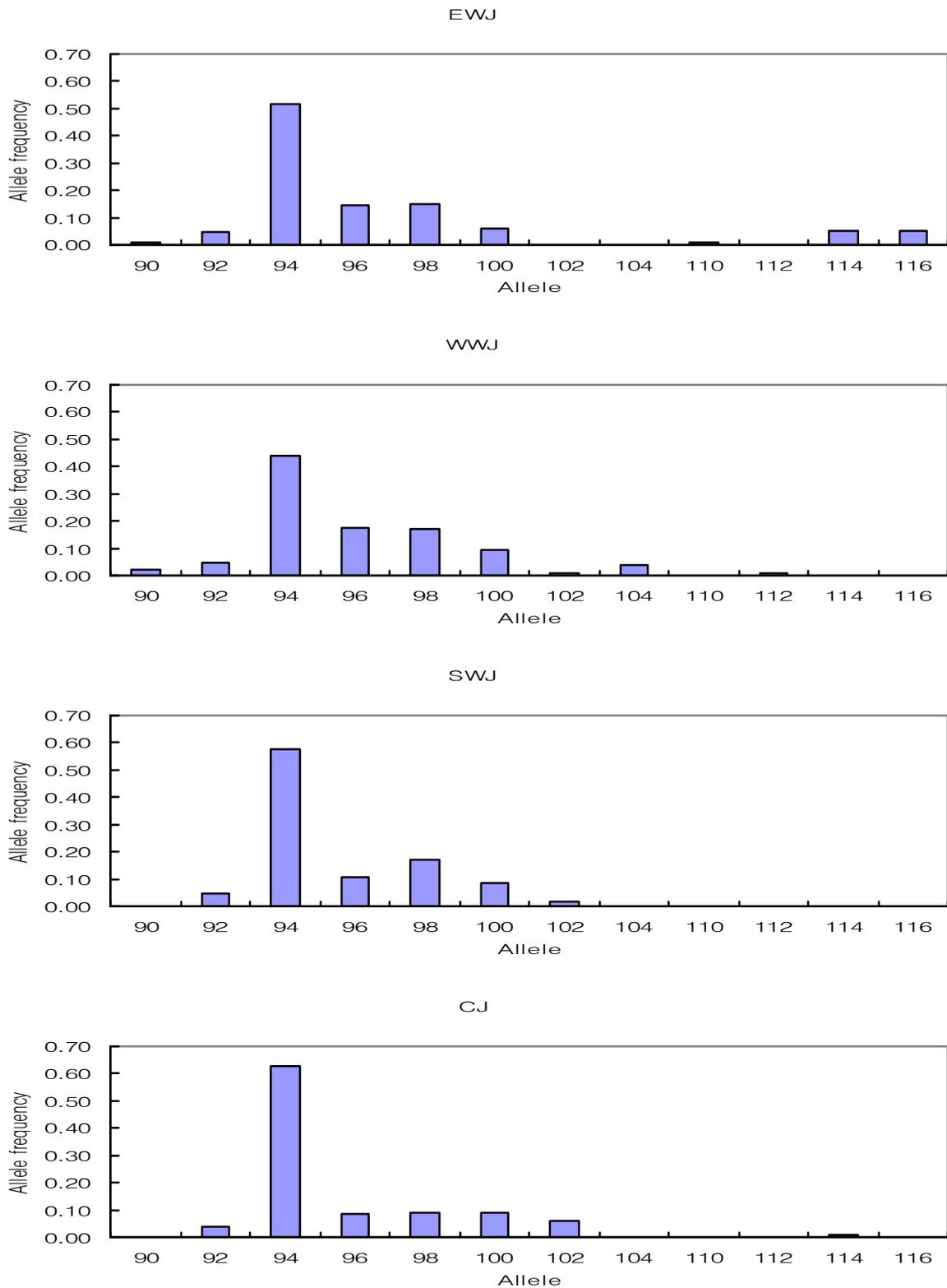


그림 4-1-7. 각 지역 감성돔 치어들의 *Acs 6* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-7. Allele distributions at the *Acs 6* locus in each location of juvenile black sea bream.

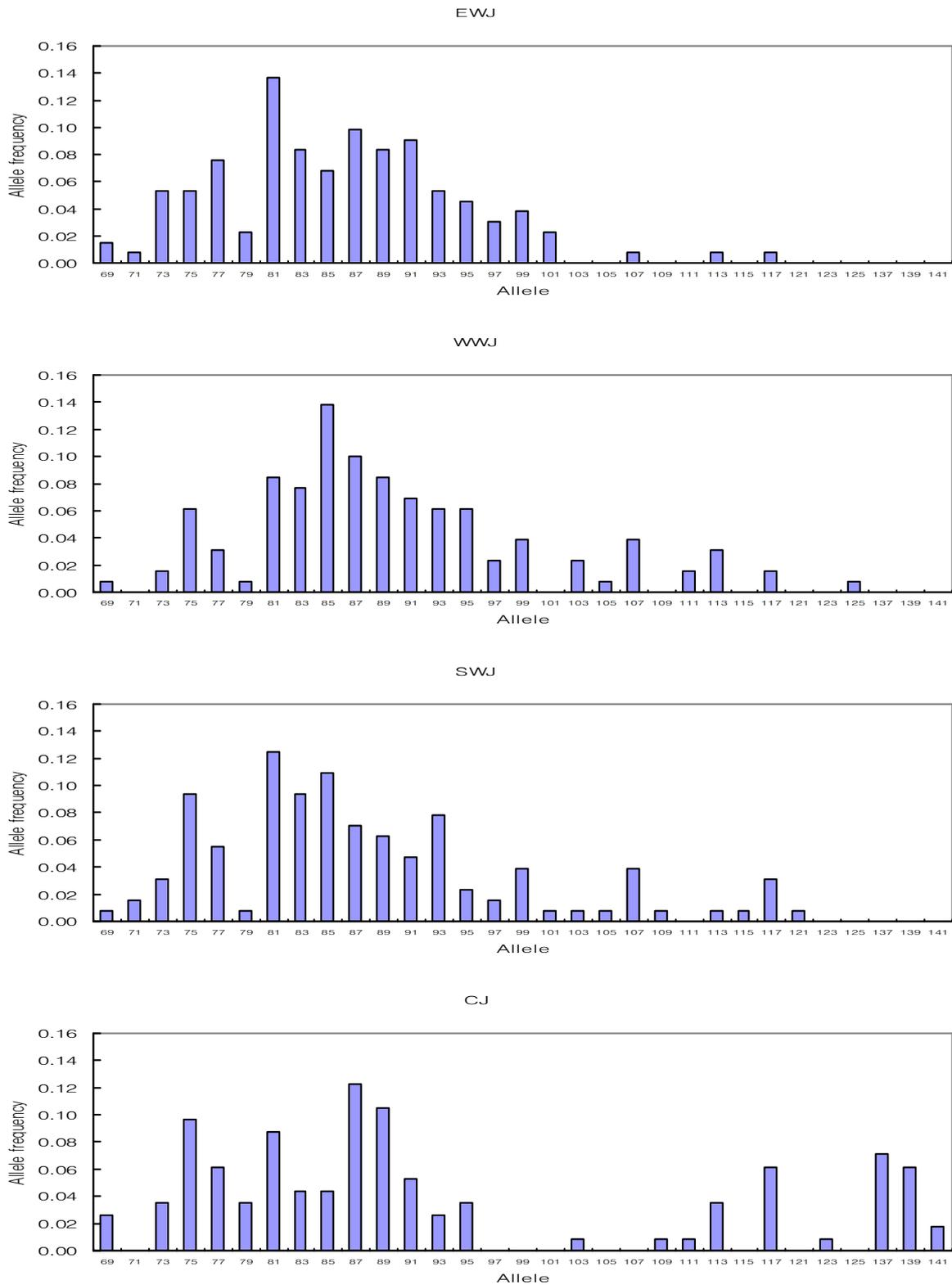


그림 4-1-8. 각 지역 감성돔 치어들의 *Acs 9* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-8. Allele distributions at the *Acs 9* locus in each location of juvenile black sea bream.

표 4-1-3. 감성돔 치어 4개 지역들에 대한 5개 microsatellite 유전자좌에서 추정된 sample 크기(N), 대립유전자수(A), 관찰치 이형접합률(Ho), 기대치 이형접합률(He)과 F_{IS} 값

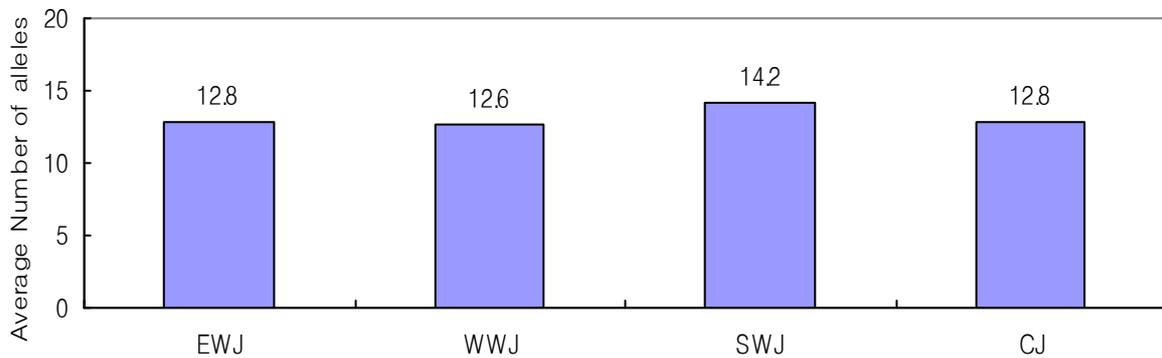
Table 4-1-3. Sample size (N), number of alleles (A), observed heterozygosity (Ho), expected heterozygosity (He), and F_{IS} values at the 5 microsatellite loci assessed for the four locations of juvenile black sea bream

Locus		Sample name			
		EWJ	WWJ	SWJ	CJ
Acs 1	<i>N</i>	65	65	65	65
	<i>A</i>	7	5	6	8
	<i>Ho</i>	0.708	0.538	0.569	0.600
	<i>He</i>	0.669	0.505	0.605	0.626
	<i>P</i>	0.037	0.900	0.563	0.479
	<i>F_{IS}</i>	-0.058	-0.066	0.059	0.041
Acs 3	<i>N</i>	65	65	65	65
	<i>A</i>	19	18	23	19
	<i>Ho</i>	0.742	0.877	0.833	0.894
	<i>He</i>	0.867*	0.872	0.863	0.893
	<i>P</i>	0.008*	0.270	0.885	0.493
	<i>F_{IS}</i>	0.145	-0.005	0.035	-0.001
Acs 4	<i>N</i>	65	65	65	65
	<i>A</i>	9	9	11	8
	<i>Ho</i>	0.769	0.734	0.825	0.766
	<i>He</i>	0.789	0.761	0.836	0.798
	<i>P</i>	0.954	0.868	0.088	0.082
	<i>F_{IS}</i>	0.025	0.036	0.013	0.041
Acs 6	<i>N</i>	65	65	65	65
	<i>A</i>	9	9	6	7
	<i>Ho</i>	0.712	0.662	0.646	0.485
	<i>He</i>	0.687	0.741	0.622	0.580*
	<i>P</i>	0.823	0.304	0.578	0.001
	<i>F_{IS}</i>	-0.036	0.108	-0.039	0.166
Acs 9	<i>N</i>	65	65	65	65
	<i>A</i>	20	22	25	22
	<i>Ho</i>	0.955	0.923	0.969	0.895
	<i>He</i>	0.932	0.935	0.935	0.940
	<i>P</i>	0.746	0.345	0.486	0.203
	<i>F_{IS}</i>	-0.025	0.013	-0.036	0.048
Mean	<i>A</i>	12.8	12.6	14.2	12.8
	<i>Ho</i>	0.777	0.747	0.768	0.728
	<i>He</i>	0.789	0.763	0.772	0.767
	<i>Ho/He</i>	0.985	0.979	0.995	0.949*
	<i>OverallF_{IS}</i>	0.066	0.664	0.553	0.007

¹P is the exact P value estimated by a test analogous to the Fisher's exact test in the Markov-chain method. Significant HWE departures for each locus was determined by adding *P<0.01.

한 집단 안에서 비임의교배에 의한 이형접합률의 감소를 측정하는 근교계수인 F_{IS} 수치는 이런 경우에 유의적인 차이가 있었다($p < 0.01$). 각 지역에서 F_{IS} 평균 수치로 보면 양식산의 경우에 이형접합률의 감소가 유의적 차이를 보였다($p < 0.01$). 양식산의 경우는 위에서 언급한 바와 같이 제한된 어미수에 의한 교배로 이형접합률의 감소가 원인인 것으로 판단되나, 아직까지는 감소정도가 작은 것으로 추정된다. 우리나라 감성돔의 유전적 다양성은 대체로 일본 감성돔의 유전적 다양성과 유사하였으나, 대체로 우리나라의 감성돔이 유전적으로 약간 높게 나타났다(Jeong *et al.*, 2003).

(A)



(B)

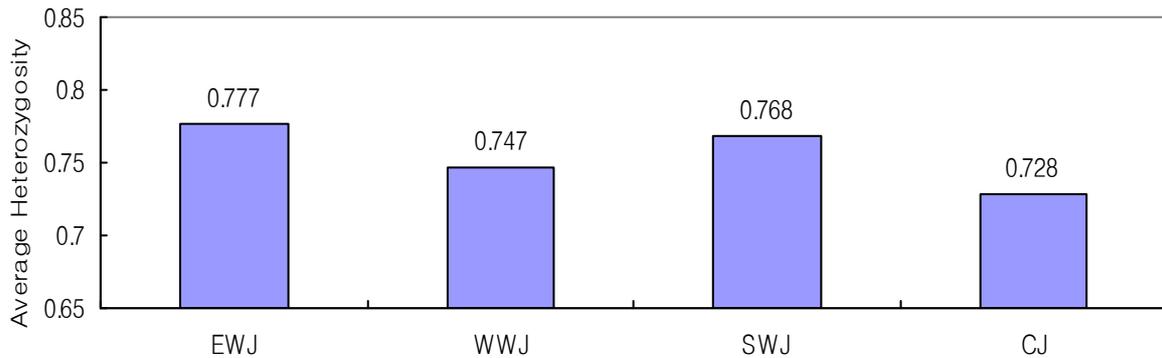


그림 4-1-9. 각 지역 감성돔 치어들의 평균대립유전자 수(A) 평균 이형접합률(B).

Fig. 4-1-9. Average number of alleles (A) and average heterozygosity (B) in each location of juvenile black sea bream.

(나) 자연산과 양식산 감성돔 치어의 유전적 구조

집단 분화에 의해 야기되는 아집단내의 이형접합률의 감소정도를 나타내는 근교계수인 F_{ST} 수치를 지역간에 비교하여 표 4-1-4에 나타내었다. Pairwise F_{ST} 수치는 서해산과

양식산간이 가장 높은 수치(0.0263)를 보였으며, 남해 자연산과 양식산이 가장 낮은 수치(0.0052)를 보였다. 서해산과 양식산간의 높은 수치는 이들 지역들은 유전적으로 서로 다름을 의미하거나 양식산이 이형접합체의 감소가 점차적으로 진행되고 있음을 의미한다. 남해 자연산과 양식산이 수치가 낮은 것은 유전적 조성에서 아주 유사하여 하나의 지역 집단으로 간주하여도 무방하다는 것을 의미한다. 또한 우리나라 감성돔 자연산들은 지역간에 뚜렷한 유전적 차이를 보이며, 지역간 분화가 일어날 수 있을 만큼 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 또한 다른 자연산은 양식산과도 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$).

집단간 유전적 거리와 유연관계를 각각 그림 4-1-10과 표 4-1-5에 나타내었다. Nei (1972)의 standard genetic distance(Ds) 수치는 서해산과 양식산간이 가장 높게 나타났으며, 남해산과 양식산간이 가장 낮게 나타났다. 자연산간의 수치는 일본산 감성돔과 여수 지역간의 수치(0.13~0.24) 보다는 낮으나 일본지역간의 수치와는 거의 유사하였다(Jeong et al., 2003). Genetic distance(Ds) 수치를 근거로 하여 UPGMA 방법으로 dendrogram한 결과, 양식산과 남해산 그룹과 동해산과 서해산 그룹으로 구분되었다. 이런 결과로 보아 우리나라 감성돔 집단은 동해, 서해, 남해 3개 지역간에 분화가 일어나고 있어 서로 다른 지역으로 보는 것이 타당할 것으로 판단된다.

표 4-1-4. 감성돔 치어 4개 지역의 F_{ST} 의 상호비교

Table 4-1-4. Pairwise comparison of F_{ST} in four locations of juvenile black sea bream

	EWJ	WWJ	SWJ	CJ
EWJ	-			
WWJ	0.0149*	-		
SWJ	0.0175*	0.0151*	-	
CJ	0.0237*	0.0263*	0.0052*	-

F_{ST} values significantly greater than zero, based on random allelic permutation testing, are noted by adding * $P < 0.05$.

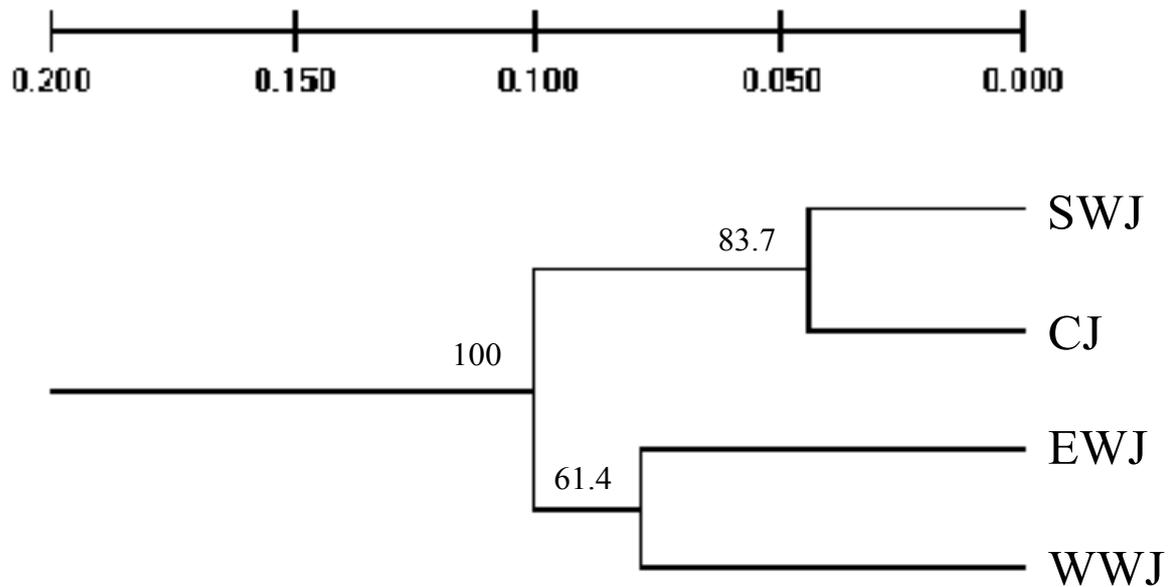


그림 4-1-10. Nei's(1972) Ds 거리를 근거로 하여 감성돔 치어 4개 지역간의 유전적 유
연관계를 보여주는 UPGMA dendrogram. 각 중심점에 나타낸 수치는
1,000 bootstrap 반복에 의해 만들어지는 계통수의 횡수를 퍼센트를 나타
낸 것이다.

Fig. 4-1-10. UPGMA dendrogram showing the genetic relationships among four
locations of juvenile black sea bream, based on Nei's (1972) Ds
distances calculated using five microsatellite loci. Values at the nodes
represent bootstrap support in percent over 1000 replications of
resampled loci.

표 4-1-5. 5개 microsatellite 유전자좌의 빈도에서 얻어진 Ds(Nei, 1972) 표준 유전적
거리 matrix

Table 4-1-5. Ds (Nei, 1972) standard genetic distance matrix obtained from the
frequencies of 5 microsatellite loci

	EWJ	WWJ	SWJ	CJ
EWJ	-			
WWJ	0.0787	-		
SWJ	0.0920	0.0775	-	
CJ	0.1158	0.1183	0.0442	-

(다) 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 유전적 다양성

자연산과 양식산 친어와 치어들의 유전적 다양성을 5개 microsatellite loci를 사용하여 조사하였다. 5개 유전자좌의 대립유전자 빈도를 조사한 결과, *Acs 1* 유전자좌에서 자연산과 양식산 치어에서는 119bp가 주 대립유전자인 반면, 자연산과 양식산 친어에서는 123 bp가 주 대립유전자이었다. 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다(그림 4-1-11). *Acs 3* 유전자좌에서 주 대립유전자는 자연산과 양식산의 친어와 치어에 따라 차이가 있었으며, 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다(그림 4-1-12). *Acs 4* 유전자좌에서는 69bp가 모든 시료에서 주 대립유전자이었으며, 대립유전자의 빈도 분포도 역시 모든 시료에서 비슷한 양상이었다(그림 4-1-13). *Acs 6* 유전자좌에서 자연산과 양식산 치어에서는 94bp가 주 대립유전자인 반면, 자연산과 양식산 친어에서는 96bp가 주 대립유전자이었다. 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다(그림 4-1-14). *Acs 9* 유전자좌에서 주 대립유전자와 빈도 분포는 자연산과 양식산의 친어와 치어에 따라 차이가 있었다(그림 4-1-15). 자연산과 양식산 친어 및 치어의 평균 대립유전자 수와 이형접합률을 비교한 결과, 자연산 치어와 양식산 친어의 대립 유전자 수가 14.2개로 가장 많았으며, 양식산 치어가 12.8개로 가장 적었다. 그러나 전체적으로는 비슷한 수치였다. 또한 평균 이형접합률에서는 자연산(친어와 치어가 각각 0.751과 0.768)이 양식산(친어와 치어가 각각 0.734과 0.728)보다 높았으며, 양식산 친어는 치어보다 높았다(그림 4-1-16). 이것으로 보아 유전적 다양성을 나타내는 지표로는 이형접합률이 대립유전자 수보다 좋을 것으로 판단된다. 그리고 우리나라 양식산 감성돔은 자연산에 비해 유전적 다양성이 약간 낮으나 현재로는 근친교배에 의한 동형접합체의 증가가 일어났다고 말하기는 어려울 것으로 판단된다. 따라서 자원증강을 위한 방류용 친어는 자연산을 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

(2) 형태학적 특성조사 비교

(가) 외부 형태 비교

① 계수 형질

인공산과 자연산 감성돔의 계수 비교는 인공산 어미에서 종묘생산하여 실내수조에서 사육한 치어(TASG)와 가두리에서 사육한 치어(CASG), 자연산 어미에서 종묘생산한 치어(WSG), 자연에서 채집한 치어(WG) 4개의 실험구의 치어에서 등지느러미 가시와 줄기, 배지느러미 가시와 줄기, 및 뒷지느러미 가시와 줄기를 계수하였으며, 꼬리지느러미, 가슴지느러미, 옆줄 비늘수를 계수·비교하였다.

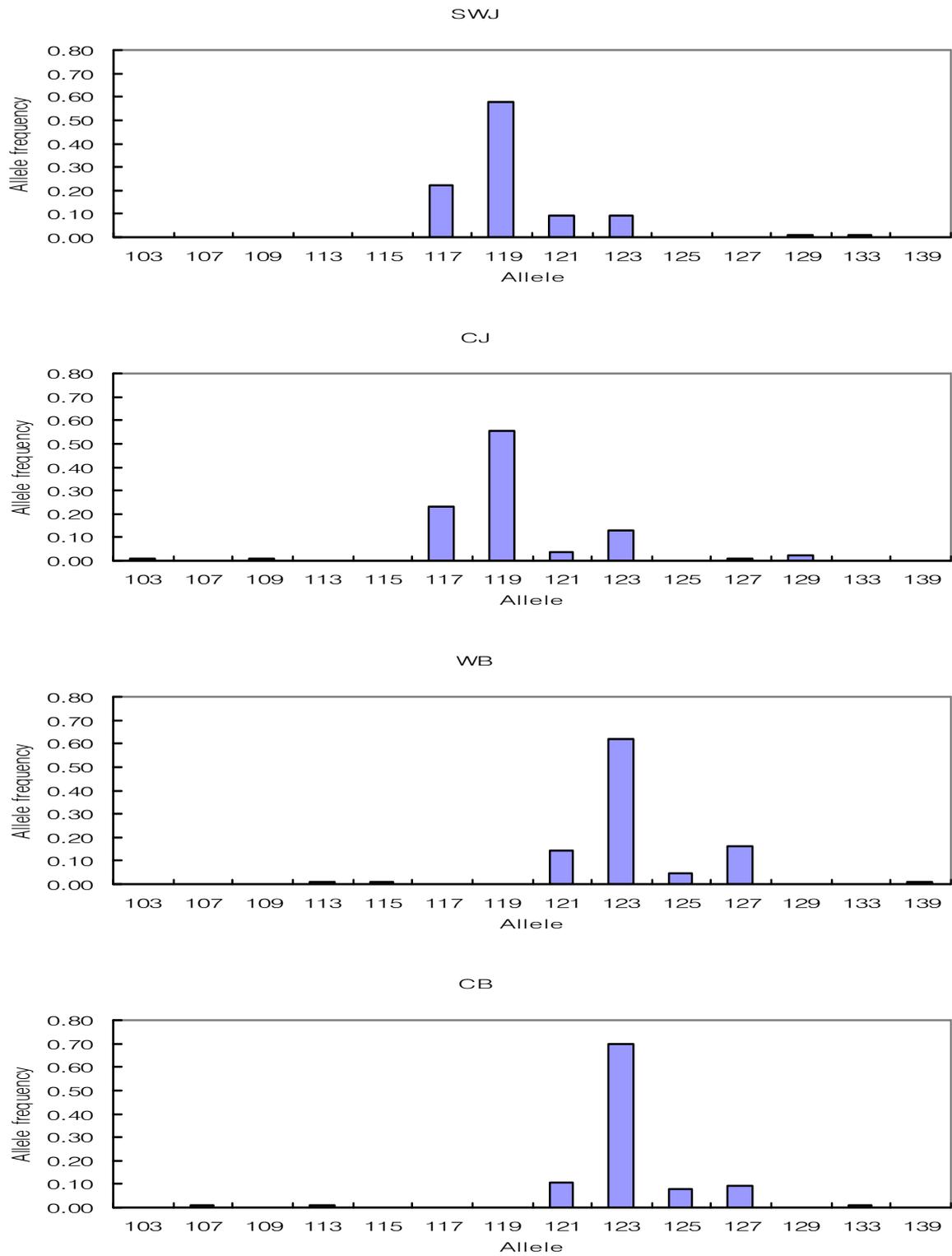


그림 4-1-11. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 *Acs 1* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-11. Allele distributions at the *Acs 1* locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

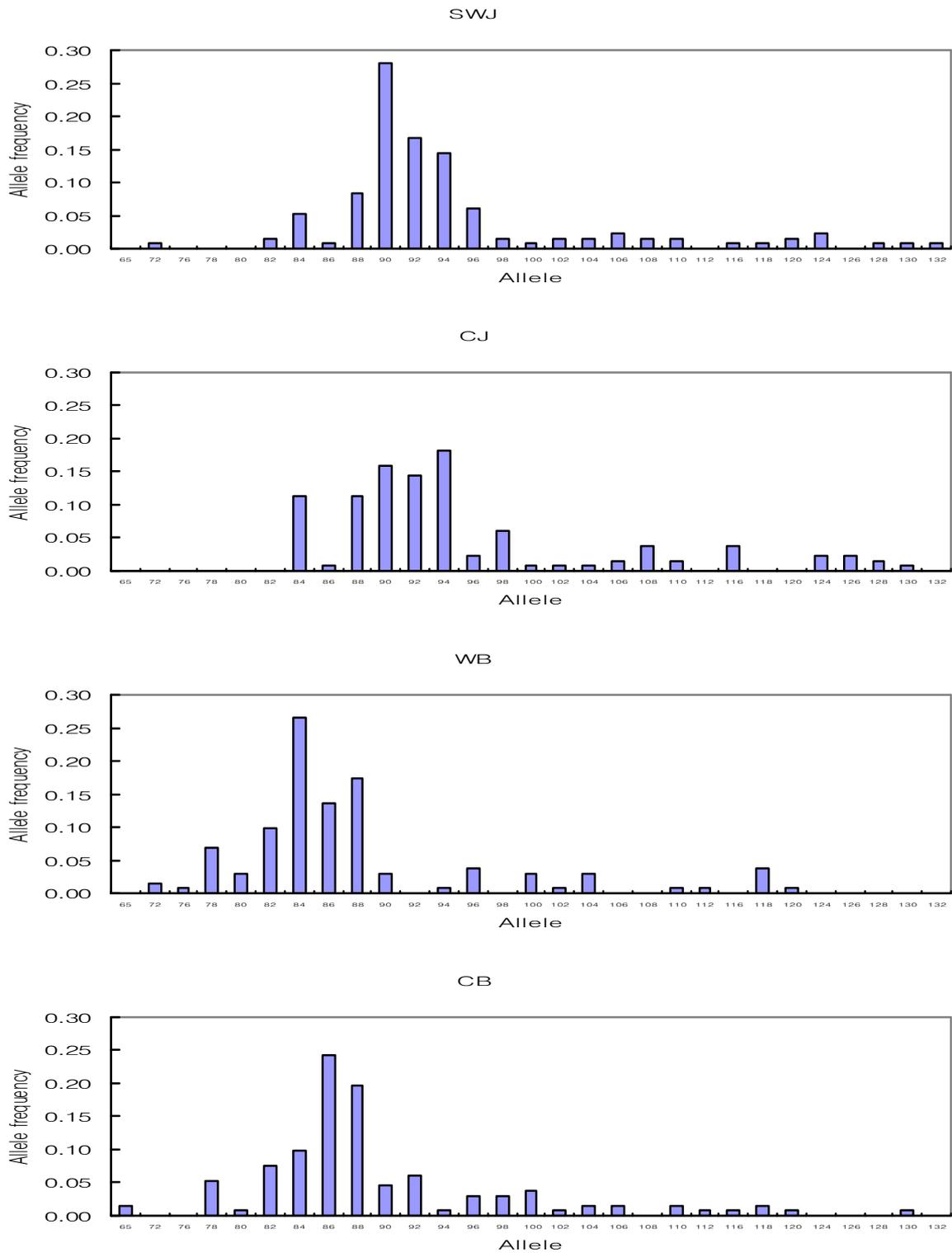


그림 4-1-12. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 *Acs 3* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-12. Allele distributions at the *Acs 3* locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

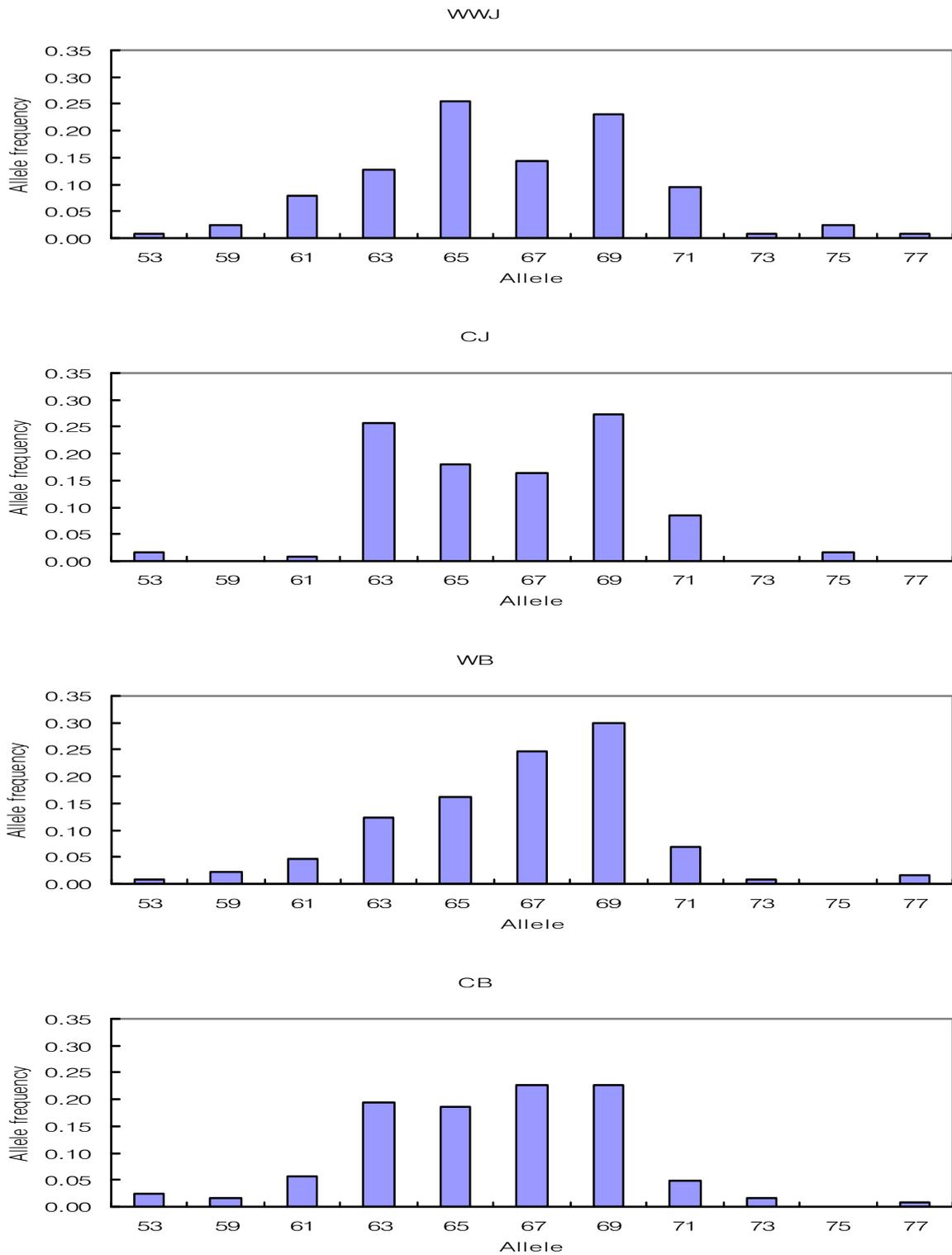


그림 4-1-13. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 *Acs 4* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-13. Allele distributions at the *Acs 4* locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

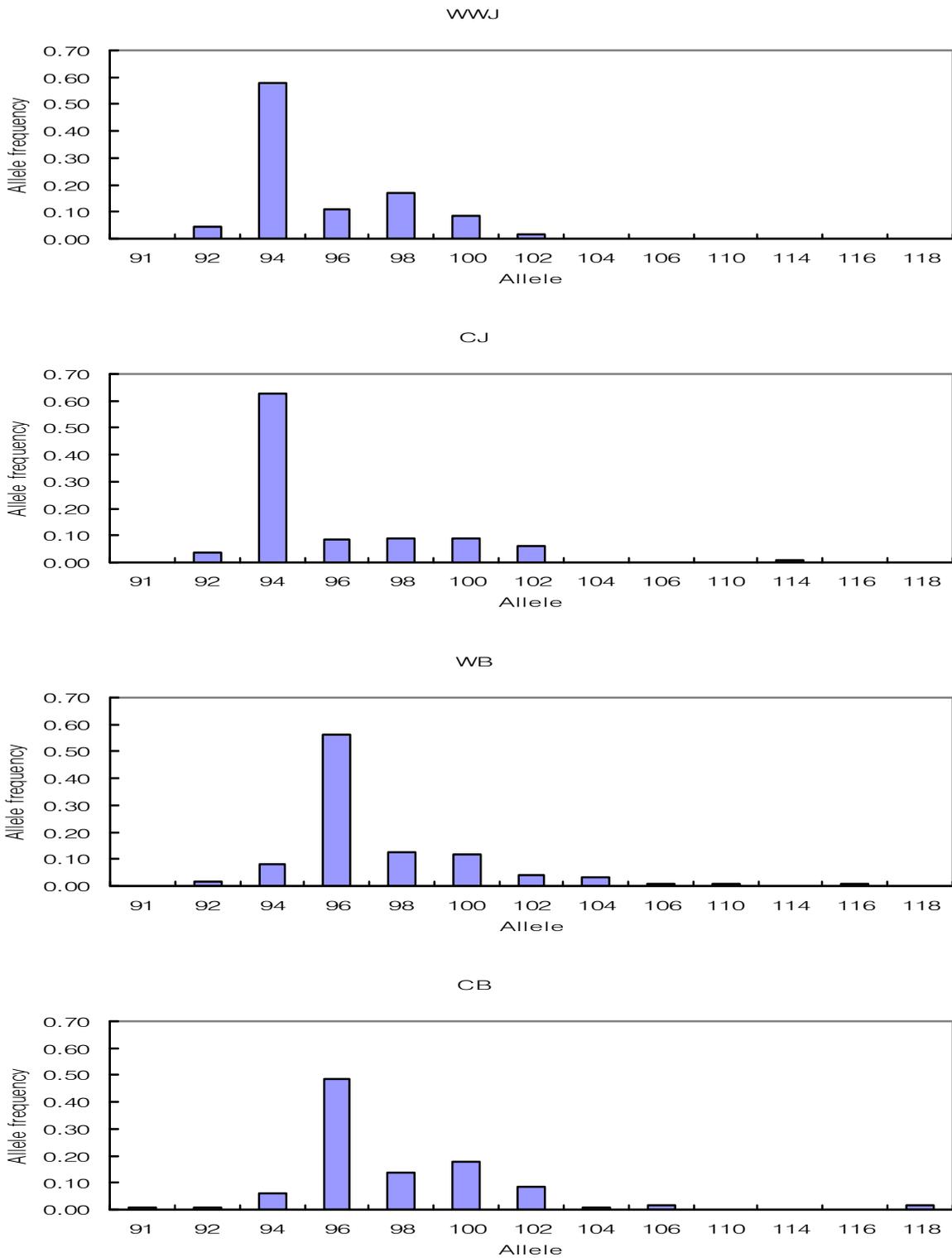


그림 4-1-14. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 *Acs 6* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-14. Allele distributions at the *Acs 6* locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

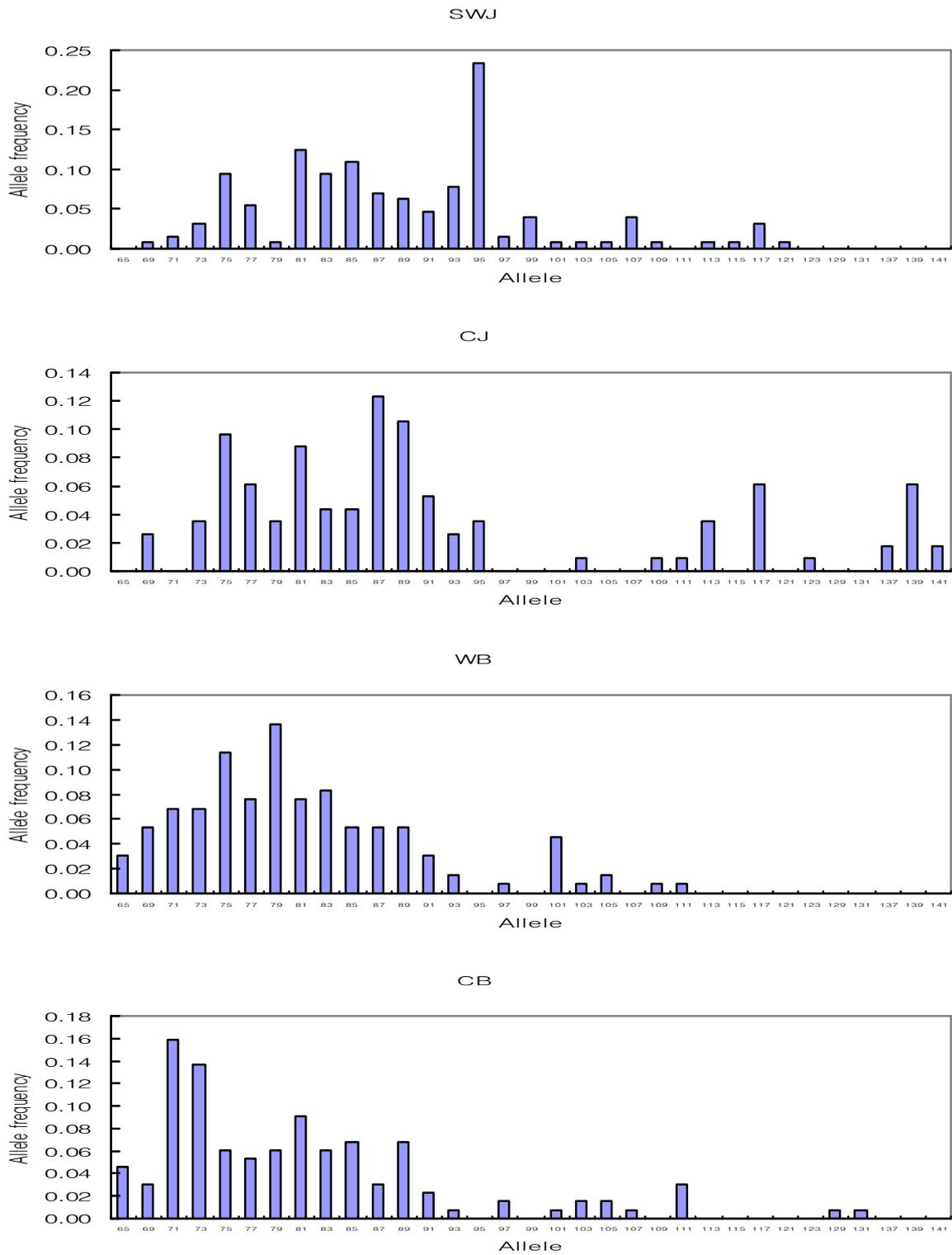
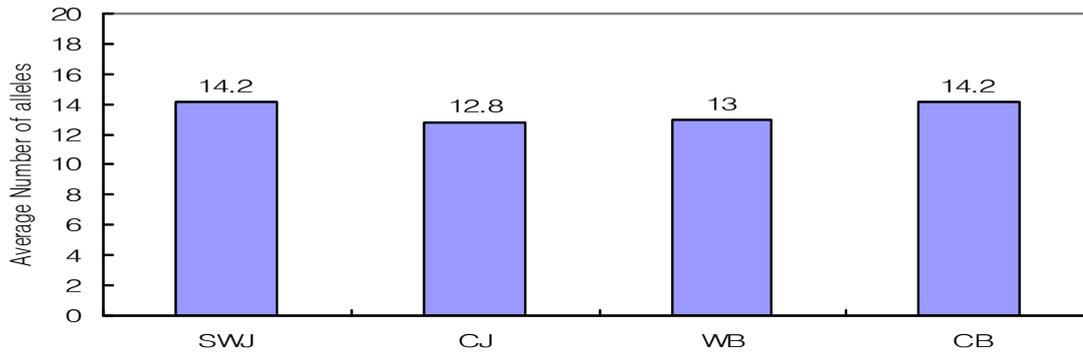


그림 4-1-15. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 *Acs 9* 유전자좌에서 대립유전자 분포.

Fig. 4-1-15. Allele distributions at the *Acs 9* locus in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

(A)



(B)

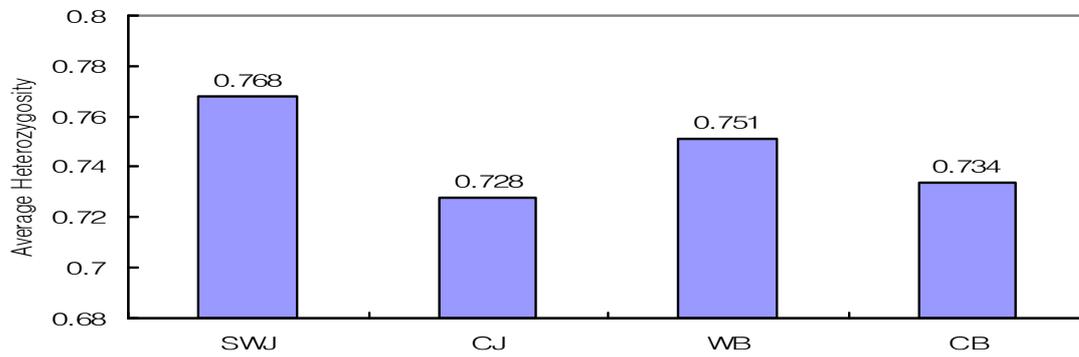


그림 4-1-16. 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 평균대립유전자수(A) 평균이형 접합률(B).

Fig. 4-1-16. Average number of alleles (A) and average heterozygosity (B) in broodstock and juvenile of wild and cultured black sea bream.

그 결과 감성돔의 등지느러미의 수는 IX~XII, 10~13개이고, 배지느러미의 수는 I, 5개로 나타났고, 뒷지느러미는 II~III, 6~10개였으며, 가슴지느러미의 수는 14~17개였고, 꼬리지느러미의 수는 16~21개, 옆줄 비늘 수는 47~57개로 나타났다(표 4-1-6).

표 4-1-6 실험구별 지느러미와 옆줄 비늘 수

Table 4-1-6. Counting of fin and lateral line scale of each experiment group

Counting	Experiment group	TASG	CASG	WSG	WG
	Dorsal fin	spinous ray	IX ~ XI	X ~ XII	X ~ XII
	soft ray	10~12	10~12	10~13	11~12
Ventral fin	spinous ray	I	I	I	I
	soft ray	5	5	5	5
Anal fin	spinous ray	II ~ III	III	III	III
	soft ray	6~9	7~9	7~10	7~9
	Pectoral fin	14~16	14~16	15~16	15~17
	Caudal fin	16~21	16~18	16~20	18~21
	Scales of lateral line	47~57	47~53	46~57	50~53

TASG, indoor tank rearing of juveniles from artificial spawner group; CASG, net cage rearing of juveniles from artificial spawner; WSG, juveniles from wild spawner group; WG, juveniles of wild capture group

감성돔의 등지느러미 가시는 TASG구에서 IX~XI, 10~12개로 XI개가 76.3%로 가장 많이 나타났고, X개가 20.0%로 많았으며, 줄기는 10~11개가 91.3%로 대부분을 차지하였다. CASG구에서 등지느러미 가시는 X~XII, 10~12개로 나타났고, 그 중 XI개가 90.0%를 차지하였으며, 줄기는 10~11개가 88.6%로 대부분을 차지하였다. WSG구의 등지느러미는 X~XII, 10~13개로 가시는 XI개가 66.7%, X개가 33.3%로 나타났고, 줄기는 12개가 76.7%, 11개가 23.3%로 나타나 WG구에서 개수의 폭이 가장 적었다(표 4-1-7, 8).

감성돔의 배지느러미의 수는 모든 구간에서 I, 5개로 나타났고, 뒷지느러미의 가시는 II~III개로 나타났으며, TASG구에서는 III개가 대부분을, 다른 구에서는 III개만 나타났다.

감성돔의 뒷지느러미의 줄기는 TASG구에서는 6~9개로 8개가 63.8%를 차지하였고, 9개, 7개가 각각 17.5%, 15.0%를 차지하였다. CASG구에서는 8개가 70.0%를 9개가 23.3%로 나타났고, WSG구에서는 8~9개가 91.2%를, WG구에서는 8개가 63.3%를 차지하여 대부분의 감성돔 뒷지느러미 줄기는 8개로 나타났다(표 4-1-9).

표 4-1-7. 실험구별 등지느러미 가시 수의 빈도

Table 4-1-7. Counting of dorsal fin spinous of each experiment group

Experiment group / Spinous ray	TASG	CASG	WSG	WG
IX	3.8	-	-	-
X	20.0	6.7	8.0	33.3
XI	76.3	90.0	85.0	66.7
XII	-	3.3	7.1	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

표 4-1-8. 실험구별 등지느러미 줄기 수의 빈도

Table 4-1-8. Counting of dorsal fin soft ray of each experiment group

Experiment group / Soft ray	TASG	CASG	WSG	WG
10	48.8	13.3	12.4	-
11	42.5	53.3	56.6	23.3
12	8.8	33.3	30.1	76.7
13	-	-	0.9	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

표 4-1-9. 실험구별 뒷지느러미 줄기 수의 빈도

Table 4-1-9. Counting of anal fin ray of each experiment group

Experiment group / No. of rays	TASG	CASG	WSG	WG
6	3.8	-	-	-
7	15.0	6.7	1.8	23.3
8	63.8	70.0	47.8	63.3
9	17.5	23.3	43.4	13.3
10	-	-	7.1	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

감성돔의 가슴지느러미는 14~17개로 나타났지만, TASG구에서는 16개가 55.3%, 15개가 41.3%를 차지하여 대부분을 차지하였고, CASG구에서는 16개가 66.7%를, 15개가 26.7%를 차지하였으며, WSG구에서는 15~16개가 100.0%를, WG구에서는 16개가 90.0%를 차지하여 감성돔의 가슴지느러미 수는 15~16개가 가장 많이 나타났으며, WSG구에서 개수의 폭이 가장 적었다(표 4-1-10).

표 4-1-10. 실험구별 가슴지느러미 줄기 수의 빈도

Table 4-1-10. Counting of pectoral fin ray of each experiment group

No. of rays \ Experiment group	TASG	CASG	WSG	WG
14	3.8	6.7	-	-
15	41.3	26.7	42.5	6.7
16	55.0	66.7	57.5	90.0
17	-	-	-	3.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

감성돔의 꼬리지느러미 줄기 수는 16~21개로 나타났지만, TASG구에서는 17~18개가 82.6%를 차지하여 대부분을 차지하였고, CASG구에서는 17~18개가 90.0%를, WSG구에서는 18개가 39.8%, 17개, 19개가 각각 29.2%, 26.5%로 나타났으며, WG구에서는 18개가 50.0%, 20개가 43.3%로 나타났다(표 4-1-11).

표 4-1-11. 실험구별 꼬리지느러미 줄기 수의 빈도

Table 4-1-11. Counting of caudal fin ray of each experiment group

No. of rays \ Experiment group	TASG	CASG	WSG	WG
16	3.8	10.0	2.7	-
17	38.8	60.0	29.2	-
18	43.8	30.0	39.8	50.0
19	5.0	-	26.5	6.7
20	5.0	-	1.8	43.3
21	3.8	-	-	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

감성돔의 옆줄 비늘 수는 47~57개로 나타났지만, TASG구에서는 52개가 25.0%, 50개가 21.3%, 51개가 20.0%를 차지하여 대부분을 차지하였고, CASG구에서는 49개가 20.0%를, 50~52개가 각각 16.7%를 차지하였으며, WSG구에서는 51개가 17.7%, 50, 53개가 14.2%를, 52개가 13.3%를 차지하였고, WG구에서는 50~52개가 93.3%를 차지하여, WG구에서 개수의 폭이 가장 적었다(표 4-1-12).

표 4-1-12. 실험구별 옆줄 수의 빈도

Table 4-1-12. Counting of lateral line scale of each experiment group

No. of lateral lines \ Experiment group	TASG	CASG	WSG	WG
47	3.8	6.7	8.8	-
48	6.3	13.3	8.0	-
49	8.8	20.0	8.8	-
50	21.3	16.7	14.2	46.7
51	20.0	16.7	17.7	16.7
52	25.0	16.7	13.3	30.0
53	10.0	10.0	14.2	6.7
54	2.5	-	4.4	-
55	-	-	7.1	-
56	1.3	-	-	-
57	1.3	-	3.5	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

(2) 계측 형질

측정 부분은 전장(TL), 가랑이체장(FL), 체장(SL), 항문장(PaL), 두장(HL), 안경(ED), 체고(BD), 체중(BW)을 계측하여 전장(TL)에 대한 체장(SL), 항문장(PaL), 두장(HL), 안경(ED), 체고(BD), 체중(BW)의 비, 두장(HD)에 대한 안경(ED)의 비를 나타내었다.

전장(TL)-체장(SL) : 전장에 대한 체장의 상대성장식은 TASG구의 $SL = 0.9085TL^{0.9329}$, $R^2 = 0.9223$ 이고 CASG구의 $SL = 0.8045TL^{1.0082}$, $R^2 = 0.9829$ 이었으며, WSG구의 성장식은 $SL = 0.7982TL^{0.998}$, $R^2 = 0.9742$ 이고, WG구는 $SL = 0.8029TL^{0.9889}$, $R^2 = 0.9953$ 로 경사와 위치 모두에서 유사하게 나타났지만, WG구와 가장 유사한 것은 CASG구에서 사육한 것이 가장 근접하였다(그림 4-1-17).

전장(TL)-항문장(PaL) : 전장에 대한 항문장의 상대성장식은 TASG구의 $PaL = 0.5184$

TL^{0.9911}, R²=0.9162 이고, CASG구의 성장식은 PaL=0.6644TL^{0.8587}, R²=0.8599 이었으며, WSG구의 성장식은 PaL=0.4718TL^{1.0675}, R²=0.299 이고, WG구는 PaL=0.4608TL^{1.0639}, R²=0.9688 로 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구의 경사가 가장 많이 기울어져 있으며, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다(그림 4-1-18).

전장(TL)-두장(HD) : 전장에 대한 두장의 상대성장식은 TASG구의 HD= 0.2862TL^{0.969}, R²=0.9028 이고, CASG구는 HD=0.3455TL^{0.8717}, R²=0.9389 이었으며, WSG구의 성장식은 HD=0.3042TL^{0.9457}, R²=0.8861 이고, WG구는 HD=0.4006TL^{0.7928}, R²=0.9365 로 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다(그림 4-1-19).

전장(TL)-체고(BD) : 전장에 대한 체고의 상대성장식은 TASG구의 BD= 2.3581TL^{1.1883}, R²=0.2179 이고, CASG구는 BD=2.5586TL^{1.1088}, R²=0.9576 이었으며, WSG구의 성장식은 BD=2.8854TL^{1.036}, R²=0.9115 이고, WG구는 BD=2.6024TL^{1.1027}, R²=0.9838 로 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 CASG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다(그림 4-1-20).

전장(TL)-체중(BW) : 전장에 대한 체중의 상대성장식은 TASG구의 BW= 0.0087 TL^{3.2675}, R²=0.9668 이고, CASG구는 BW=0.0199TL^{2.8081}, R²=0.8585 이었으며, WSG구의 성장식은 BW=0.0587TL^{2.2356}, R²=0.7797 이고, WG는 BW=0.0098TL^{3.2135}, R²=0.9913 로 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 TASG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다(그림 4-1-21).

두장(HD)-안경(ED) : 두장에 대한 안경의 상대성장식은 TASG구의 ED= 3.3694 HD^{0.7312}, R²=0.6055 이고, CASG구는 ED=3.9072HD^{0.5131}, R²=0.669 이었으며, WSG구의 성장식은 ED=4.2269HD^{0.558}, R²=0.6206 이고, WG구는 ED=3.2099HD^{0.861}, R²=0.8413 로 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다(그림 4-1-22).

(나) 내부 형태 비교

① 계수 형질

감성돔의 새파수는 11~17개로 나타났으며, 가장 많이 나타난 갯수는 13~15개였고, WG구인 자연산 치어에서 가장 안정적으로 나타난 것을 알 수 있었다(표 4-1-13). 그 중 TASG구에서 11개(6.7%)나 17개(3.3%)의 새파 수를 가진 개체가 나타나 다른 구와 차이점을 보였다. 실험구별 감성돔 자치어의 척추골 수는 22개에서 25개까지의 범위로 나타났 다. 그 중 TASG구만이 22개인 개체가 출현하였고, CASG구와 WSG구는 23~24개의 개체가 대부분을 차지하였으며, 자연산 치어인 WG구에서는 척추골 수가 24~25개가 가장 많이 출현하였다(표 4-1-14).

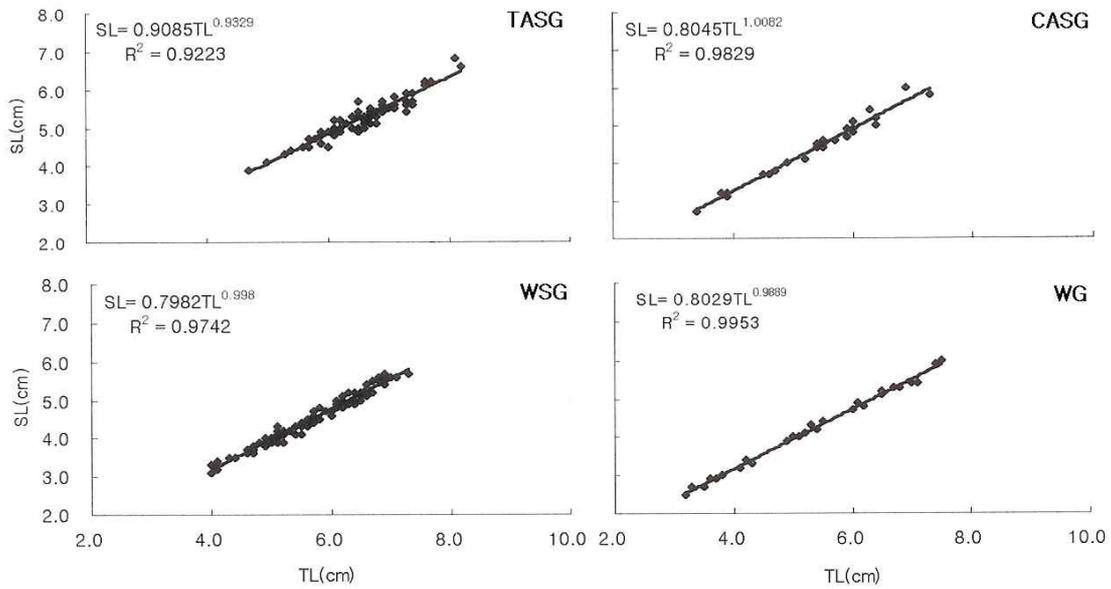


그림 4-1-17. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체장(SL)의 관계.

Fig. 4-1-17. Relationship between standard length (SL) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group. TASG, indoor tank rearing of juveniles from artificial spawner group; CASG, net cage rearing of juveniles from artificial spawner; WSG, juveniles from wild spawner group; WG, juveniles of wild capture group.

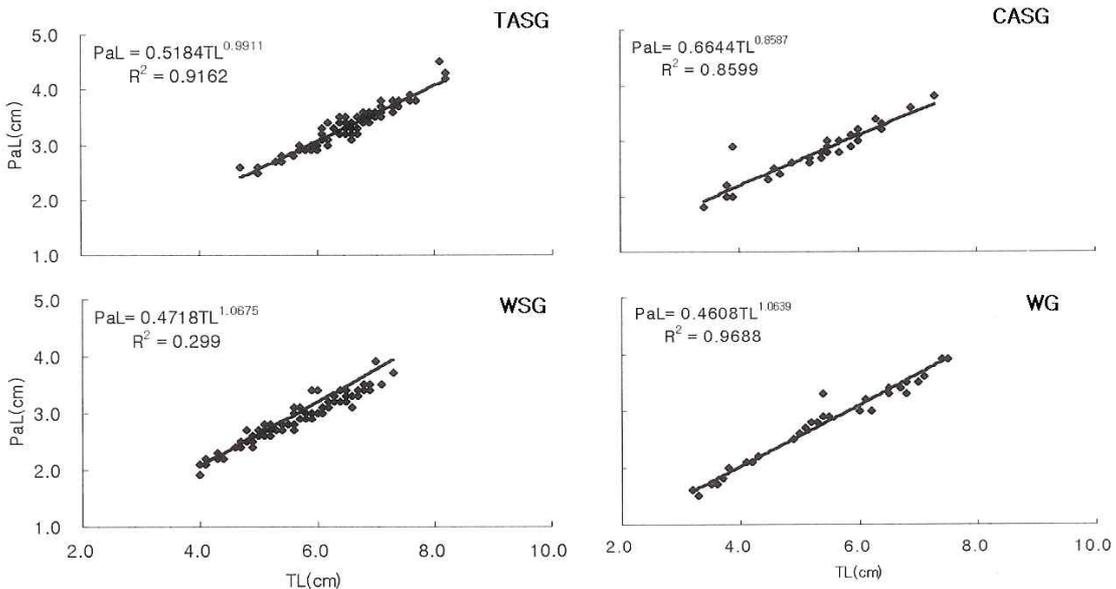


그림 4-1-18. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 항문장(PaL)의 관계.

Fig. 4-1-18. Relationship between preanus length (PaL) and total length (TL) black sea bream in each experiment group.

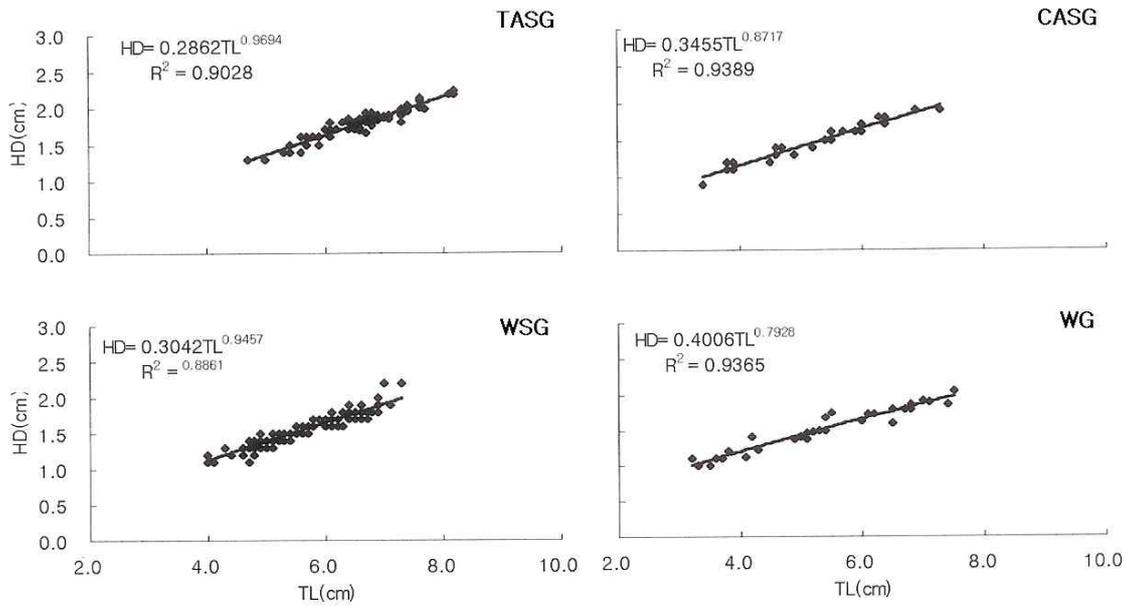


그림 4-1-19. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 두장(HD)의 관계.

Fig. 4-1-19. Relationship between head length (HD) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group.

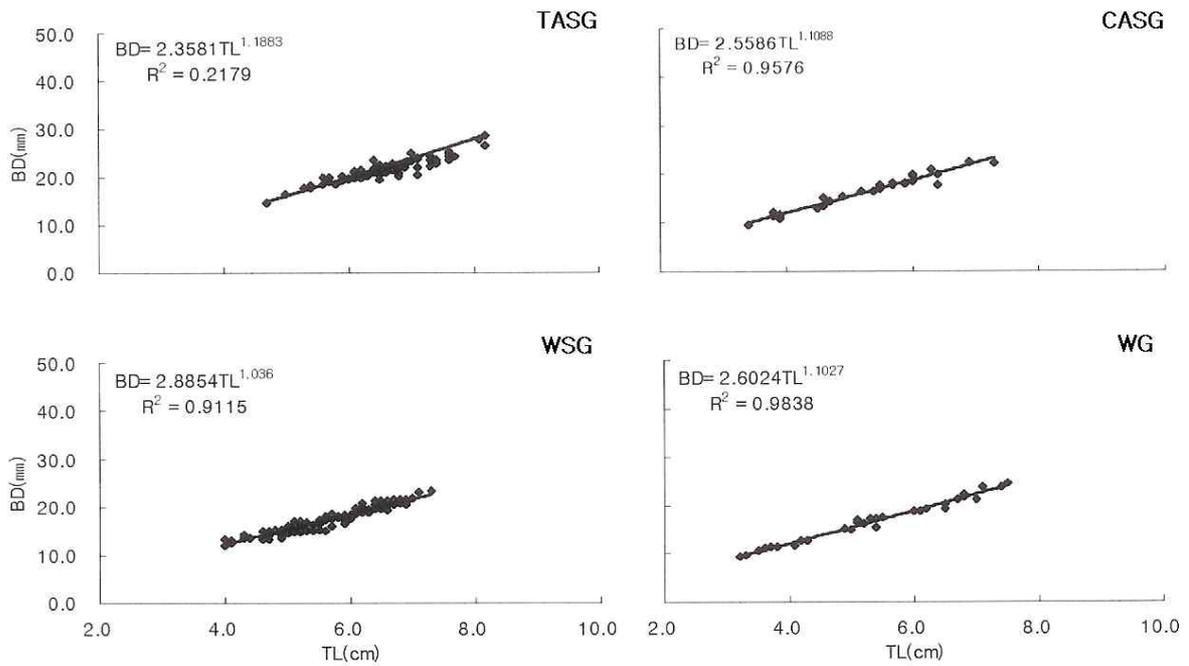


그림 4-1-20. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체고(BD)의 관계.

Fig. 4-1-20. Relationship between body depth (BD) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group.

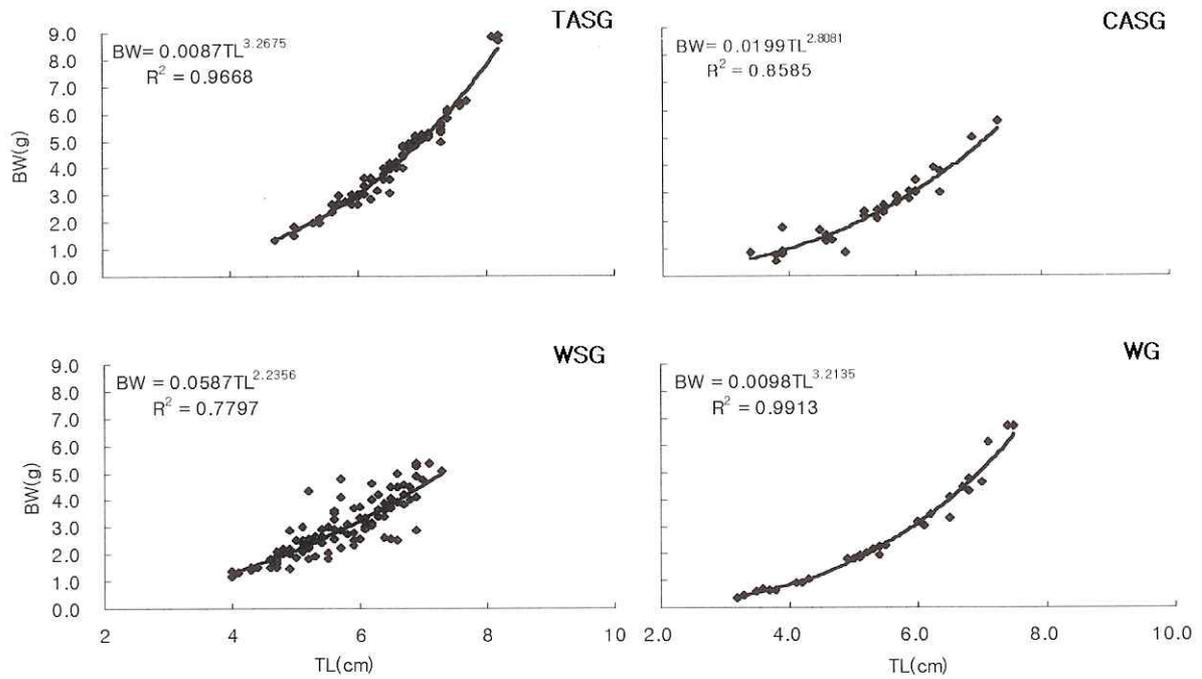


그림 4-1-21. 실험구별 감성돔 치어의 전장(TL)과 체중(BW)의 관계.

Fig. 4-1-21. Relationship between body weight (BW) and total length (TL) of black sea bream in each experiment group.

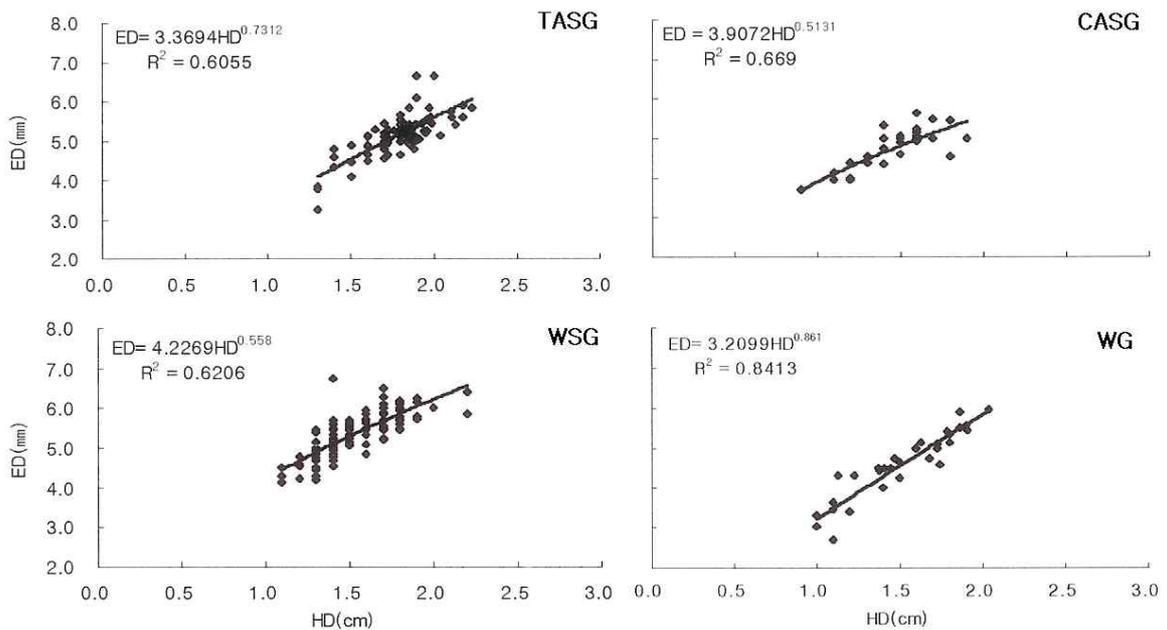


그림 4-1-22. 실험구별 감성돔 치어의 두장(HD)과 안경(ED)의 관계.

Fig. 4-1-22. Relationship between eye diameter (ED) and head length (HD) of black sea bream in each experiment group.

표 4-1-13. 실험구별 감성돔 치어의 새파수[단위: %(마리수)]

Table 4-1-13. Counting of gill raker of black sea bream in each experiment group
[unit: %(number)]

Experiment group \ No. of gill raker	No. of gill raker						
	11	12	13	14	15	16	17
TASG	6.7(4)	10.0(6)	26.7(16)	30.0(18)	16.7(10)	6.7(4)	3.3(2)
CASG	-	13.3(8)	33.3(20)	26.7(16)	16.7(10)	10.0(6)	-
WSG	-	4.3(3)	34.8(21)	34.8(21)	17.4(10)	8.7(5)	-
WG	-	6.7(4)	16.7(10)	63.3(38)	10.0(6)	3.3(2)	-

표 4-1-14. 실험구별 감성돔 치어의 척추골 수[단위 : %(마리수)]

Table 4-1-14. Counting of vertebrae of black sea bream in each experiment group
[unit: %(number)]

Experiment group \ Number of lateral lines	Number of vertebrae			
	22	23	24	25
TASG	3.6(2)	57.1(32)	37.5(21)	1.8(1)
CASG	-	46.4(26)	42.9(24)	10.7(6)
WSG	-	53.5(30)	42.9(24)	3.6(2)
WG	-	10.7(6)	57.1(32)	32.2(18)

담기골은 지느러미를 지지하는 역할을 하며, 그 중 등지느러미 담기골의 경우 지느러미 줄기를 갖지 않는 유리 신경간극은 3개가 있었고, 이를 포함한 등지느러미의 담기골식은 대부분이 0*123111111112223으로 담기골 수는 24개로 나타났다. 그러나 담기골 수는 TASG구에서 23개인 개체도 나타났고, 전 구간에서 25개인 개체가 2~4마리가 나타났다. 뒷지느러미를 지지하는 뒷지느러미 담기골 식은 대부분 10*2111221으로 담기골 수는 10개로 나타났지만, 11개인 개체도 나타났다(표 4-1-15).

표 4-1-15. 실험구별 감성돔 치어의 담기골 수[단위 : %(마리수)]

Table 4-1-15. Counting of pterygiophores of black sea bream in each experiment group [unit: %(number)]

Experiment group	Dosal fin pterygiophores			Anal fin pterygiophores	
	23	24	25	10	11
TASG	1.8(1)	91.1(51)	7.1(4)	78.6(44)	21.4(12)
CASG	-	92.9(52)	7.1(4)	71.4(40)	28.6(16)
WSG	-	96.4(54)	3.6(2)	76.8(43)	23.2(13)
WG	-	96.4(54)	3.6(2)	75.0(42)	25.0(14)

② 골격 형질

내부 골격 형질 관찰을 위하여 감성돔의 치어를 Park and Kim(1984)의 염색법으로 염색한 후, 두개골(cranium), 견대부(shoulder girdle), 척추골(vertebrae) 및 미골부(caudal skeleton) 등으로 분리하여 스케치한 결과, 모든 실험구에서 척추골을 제외한 다른 골격의 형태적인 차이점은 없었으며, 그 형태는 다음과 같았다.

㉠ 두개골

두개골은 서골(vomer), 사골(ethmoid), 액골(frontal), 전액골(prefrontal), 설이골(sphenotic), 기저설골(basisphenoid), 익설골(alisphenoid), 부설골(parasphenoid), 노정골(parietal), 전이골(prootic), 상이골(epiotic), 익이골(pterotic), 상후두골(supraoccipital), 외후두골(exoccipital) 및 기저후두골(basioccipital)으로 이루어져 있었으며, 그 중 서골, 액골, 부설골, 기저설골, 상후두골을 제외한 골격은 쌍으로 이루어져 있었다(그림 4-1-23).

㉡ 견대골

견대부(shoulder girdle)는 가슴지느러미를 지지하는 골격으로 단단하고 특히 쇄골(cleithrum)이 길게 연장되어 있었다. 쇄골의 상단에는 상쇄골(supracleithrum)이 접합되어 있으며, 중간부근에는 2개의 후쇄골(postcleithrum)과 오혜골(coracoid), 견갑골(scapula), 사출골(actinosts)이 연결되어 있고, 두부 측선계와 연결되어 있는 후측두골은 상쇄골에 접합되어 있었다(그림 4-1-24).

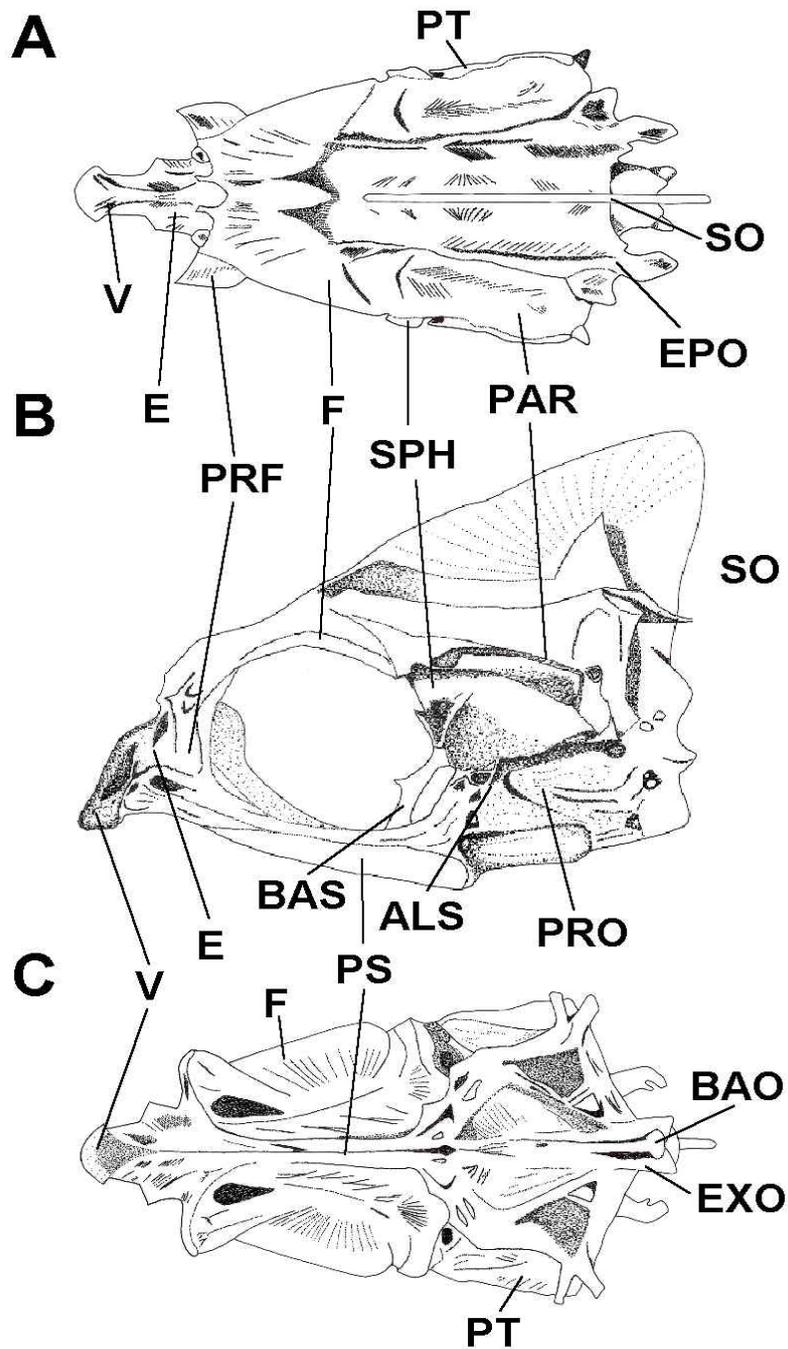


그림 4-1-23. 감성돔 치어의 두개골.

Fig. 4-1-23. Features in cranium of black sea bream (A: dorsal view; B: lateral view; C: ventral view). ALS, alisphenoid; BAO, basioccipital; BAS, basisphenoid; E, ethmoid; EPO, epiotic; EXO, exoccipital; F, frontal; PAR, parietal; PRF, prefrontal; PS, parasphenoid; PRO, prootic; PT, pterotic; SO, supraoccipital; SPH, sphenotic; V, vomer. Scale bar = 10.0 mm.

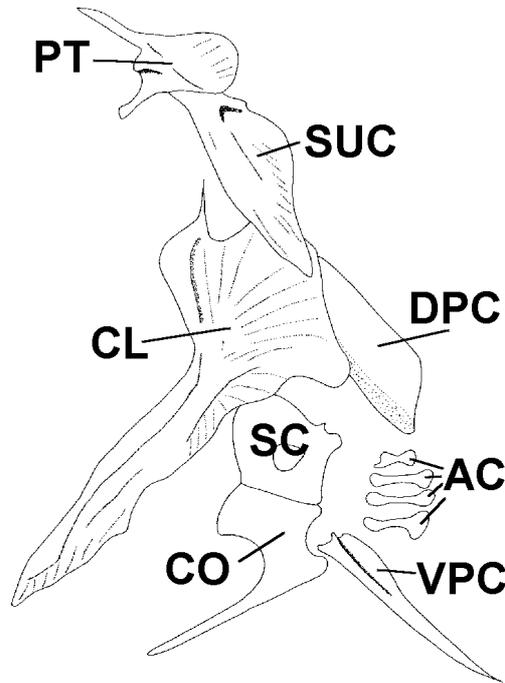


그림 4-1-24. 감성돔 치어의 견대부 골격.

Fig. 4-1-24. Shoulder girdle of black sea bream. AC, actinosts; CL, cleithrum; CO, coracoid; DPC, dorsal postcleithrum; PT, posttemporal; SC, scapula; SUC, supracleithrum; VPC, ventral postcleithrum.

㊤ 척추골 및 미골부

척추골은 두개골의 기저후두골 뒤 끝에 붙은 제 1추골에서 몸통까지의 복추골과 꼬리 부분의 미추골로 나누어진다(그림 4-1-25).

복추골에는 신경극과 측돌기가 형성되어 있었으며, 미추골에는 신경극과 피부극이 발달되어 있었다. 또한 제 1, 제 2, 제 3 유리신경간극이 두부 뒤쪽에 위치하고 있으며, 제 1 유리신경간극의 위치는 제 1척추골 앞쪽에 위치하였고, 제 2, 제 3 유리신경간극의 위치는 제 1, 제 2 척추골 사이에 2개가 위치하고 있었다.

꼬리지느러미를 지지하기 위하여 서로 몇 개의 골편이 굳게 융합되어 있는 구조로, 마지막 척추골이 휘어진 상태에서 지지하고 있었다(그림 4-1-26).

미골은 미부봉상골(urostyle), 상미축골(epural), 하미축골(hypural), 준하미축골(parhypural)로 구성되어 있으며, 하미축골은 위쪽에 3개, 아래쪽에 2개가 위치하고 있었다.

척추골이 기형인 척추만곡의 경우 TASG구에서 측정한 개체의 26%가 기형으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 CASG구에 23%, WSG구에 16%, 자연상태에서 채집된 WG구는 9%로 가장 적은 개체가 나타났다(표 4-1-16).

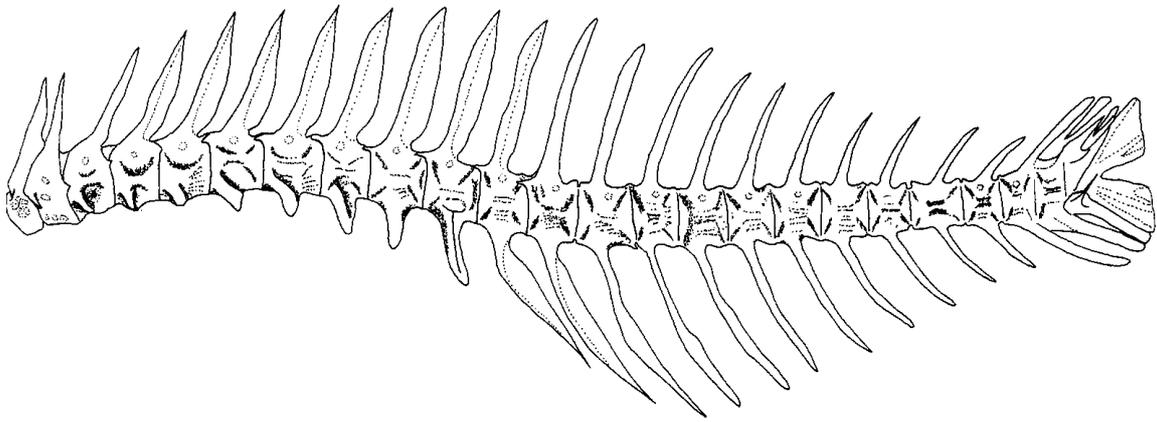


그림 4-1-25. 감성돔 치어의 척추골.

Fig. 4-1-25. Lateral view of vertebrae of black sea bream.

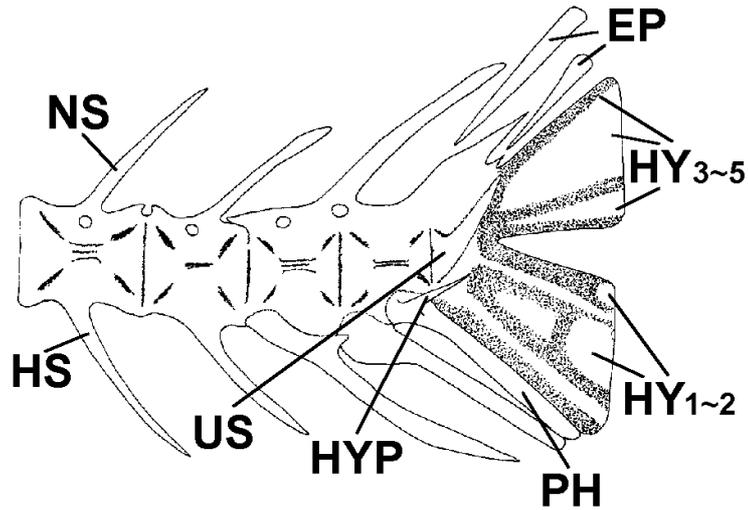


그림 4-1-26. 감성돔 치어의 미골부.

Fig. 4-1-26. Lateral view of caudal fin skeleton of black sea bream. EP, epural; HS, haemal spine; HY, hypural; HYP, hypurapophysis; NS, neural spine; PH, parhypural; US, urostyle.

그리고 척추만곡된 감성돔 치어는 척추가 한번 꺾인 개체(A형, 표 4-1-16, 그림 4-1-27)와 두번 꺾인 개체(B형, 표 4-1-16, 그림 4-1-28)가 있었으며, 기형의 대부분은 척추가 한번 꺾인 개체가 주종을 이루었다.

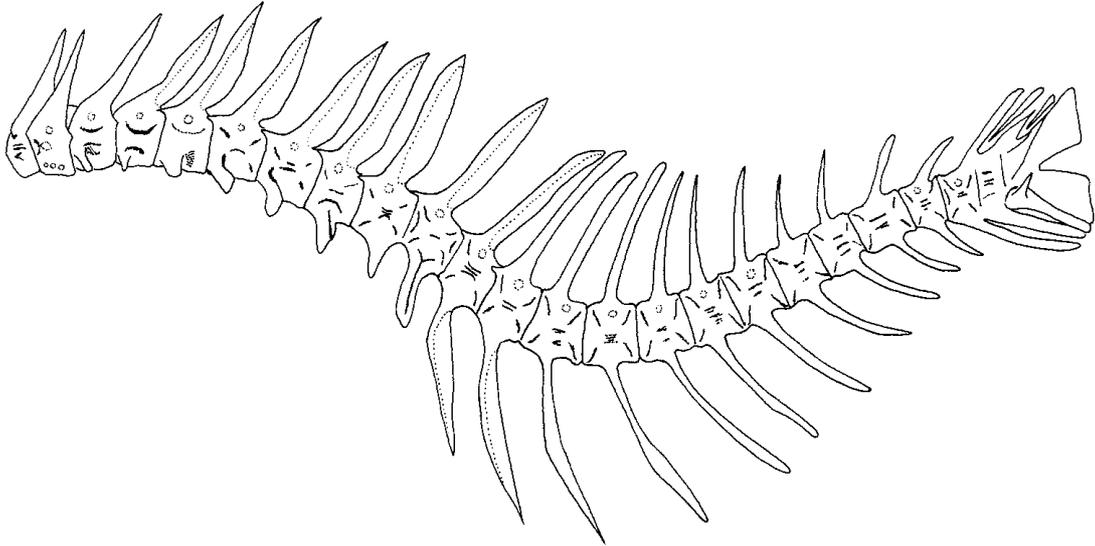


그림 4-1-27. 기형인 감성돔의 척추골 형태(A형).

Fig. 4-1-27. Malformation of vertebrae in black sea bream (A type).

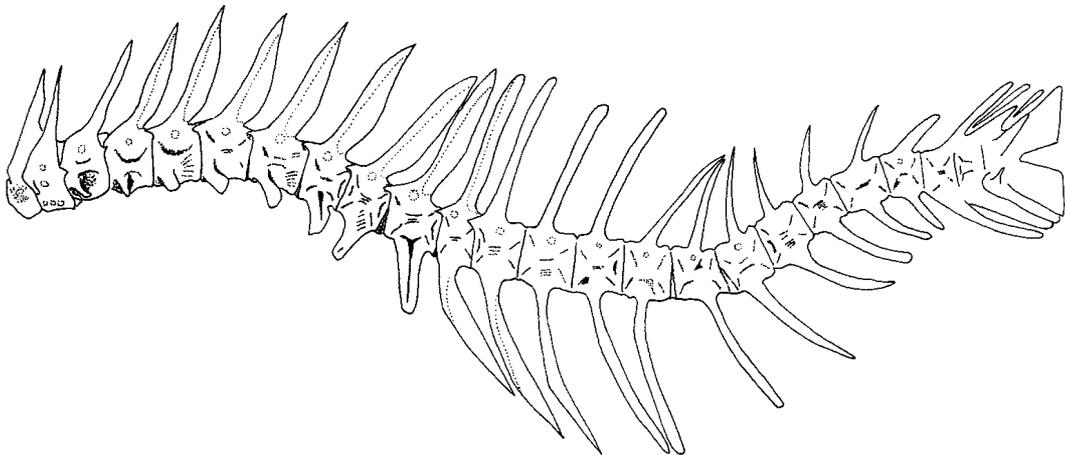


그림 4-1-28. 기형인 감성돔의 척추골 형태(B형).

Fig. 4-1-28. Malformation of vertebrae in black sea bream (B type).

표 4-1-16. 실험구별 척추만곡인 감성돔의 빈도

Table 4-1-16. Frequency of vertebrae a curve of black sea bream in each experiment group

Experiment group	TASG	CASG	WSG	WG
Position Vertebrate				
1. Malformation of vertebrate				
가. Once the fold(A type)				
12 an ordinal	7	5	4	5
13 an ordinal	5	5	3	2
14 an ordinal	2	3	0	0
15 an ordinal	4	4	4	0
나. Twice the fold(B type)				
8 · 16 an ordinal	4	2	2	1
8 · 17 an ordinal	1	1	2	0
10 · 16 an ordinal	3	3	1	1
2. Normal	74	77	84	91
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

(3) 생화학적 특성조사 비교

(가) 생물학적 성장 조사 및 일반 체성분 분석

인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어와 자연산 치어의 생물학적 성장 비교 결과를 표 4-1-17에 나타내었다. 비만도(Condition factor, 체중/체장(mm)³×10⁶)는 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어가 32.55±3.17, 33.14±3.39로 자연산(32.32±3.04)과 차이가 나타나지 않았으나, 간중량지수(Hepatosomatic index, 간취장중량/체중×10²)는 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어가 1.94±0.40, 1.72±0.40로 자연산(1.32±0.28)보다 다소 높게 나타났다. 한편 복강내 지방조직은 Yamasida *et al.*(1996)의 결과와 달리 인공산 및 자연산 치어 모두에서 검출되지 않아, 사육방식 및 자연산의 서식 해역에 따라 그 결과가 변화함을 알 수 있었다. 감성돔 치어 근육의 일반 체성분 분석 결과 수분함량은 자연산 치어가 79.7%, 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어가 79.9%, 79.4%로, 조회분 함량은 자연산 치어가 1.6%, 인공산 어미유래 치어가 1.5%, 자연산 어미유래 치어가 1.6%로 차이가 나타나지 않았다. 그러나 표 4-1-18과 같이 건조중량에 대한 조단백질량은 자연산 치어가 92.3%로 인공산 어미유래 치어 87.4%, 자연산 어미유래 치어 88.9%보다 높게 나타났으며, 지질량은 자연산치어가 7.9%로 인공산 어미유래 치어 11.0%, 자연산 어미유래 치어 8.6% 보다 낮게 나타났다. 이를 간중량지수 결과와 관련지어 고찰하면 자연산 치어는 인공산 치어보다 에너지원의 축적면에서는 생존에 유리하지 못하는 조건에 있는 것으로 생각되어진다.

표 4-1-17. 감성돔 치어의 생물학적 특성 조사 결과

Table 4-1-17. Comparison of biological characteristics of black sea bream

	ASG ^a	WSG ^b	WG ^c
Mean body weight(g)	5.57±1.05	6.01±1.66	5.96±1.83
Mean total body length(cm)	6.98±0.38	7.03±0.64	7.03±0.56
Mean standard body length(cm)	5.54±0.34	5.64±0.57	5.65±0.55
Condition factor	32.55±3.17	33.14±3.39	32.32±3.04
Hepatosomatic index(%)	1.94±0.40	1.72±0.40	1.32±0.28
Intraperitoneal fat body ratio(%)	-	-	-

ASG^a, juvenile from artificial spawner group; WSG^b, juvenile from wild spawner group; WG^c, juvenile from wild capture group

표 4-1-18. 감성돔 치어 근육의 일반 체성분 조사 결과

Table 4-1-18. Comparison of proximate composition of black sea bream in muscle

	ASG	WSG	WG
Crude protein weight/dry body weight(%)	87.4	88.9	92.3
Lipid weight/dry body weight(%)	11.0	8.6	7.9

(나) 핵산비와 ACPase 비활성

일반적으로 동물조직에 있어서 체세포당 DNA량은 종에 따라서 일정하며, 생리적 조건 등에 따라서 변화가 없다는 점에서 DNA량의 측정치는 여러 동물을 비롯한 어류에 있어서 세포 수의 지표로 사용된다(中川, 1982; 中野 等, 1985a; 福田 等, 1986a). 한편, 동물 조직에서 단백질의 합성을 조절하는 RNA는 세포내 단백질 합성 상태에 따라 그 양이 달라진다. 즉, 단백질 합성이 활발한 조직에서는 RNA의 양이 증가하여 대량의 RNA가 함유되게 된다(田中, 黒田, 1981). 이러한 사실로부터 RNA/DNA 비(핵산비)는 세포의 생리 대사 상태에 따라 달라지며 또한 세포의 단백 합성 능력의 지표로서 이용되고 있다(Buckley, 1981; 中野 等, 1985a; 福田 等, 1986a).

한편, ACPase는 단백질 대사 회전을 조사에 사용되는 라이소자임 표지 효소(江上, 1980)인 점에서 세포내 인산화합물의 분해 속도에 대한 지표로 이용(中野, 1985b)되고 있어 핵산비로부터 세포내 합성기능과 ACPase 비활성량으로 세포내 분해기능에 대한 흐름

을 유추하여 해석하고자 한다.

간에서의 RNA/DNA비는 그림 4-1-29와 같이 자연산 치어는 평균이 3.10인데 반해 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 각각 4.96, 4.88로 높게 나타나, 조피볼락, 방어(이, 1994)와 동일하게 인공산 치어의 핵산비가 자연산 치어보다 높다는 동일한 결과를 나타내었다. 따라서 간 세포에서의 단백질 합성은 자연산에 비해 인공산 치어가 많이 합성되고 있으며, 인공산 어미유래와 자연산 어미유래의 치어에서는 그 기능의 큰 차이가 없는 것으로 시사되어진다.

그러나 근육조직의 RNA/DNA비는 자연산 치어가 평균 4.99로 가장 낮았으나 자연산 어미유래 치어(평균 5.28)와는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 인공산 어미유래 치어는 평균 5.77로 이들 두 집단보다 높아 근육내의 단백질 합성능은 인공산 어미유래 감성돔 치어가 가장 높은 것으로 나타났다(그림 4-1-30).

간에서의 ACPase 비활성은 그림 4-1-31과 같이 자연산 치어는 비활성량 평균치가 30.74 μ mole/min./mg protein인데 반해 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 각각 51.22, 48.04 μ mole/min./mg protein로 높게 나타나, 간세포에서의 인산화합물의 분해는 자연산에 비해 인공산 치어가 많이 분해 되고 있으며, 인공산 어미유래와 자연산 어미유래의 치어에서는 그 기능의 큰 차이는 없는 것으로 생각되어진다.

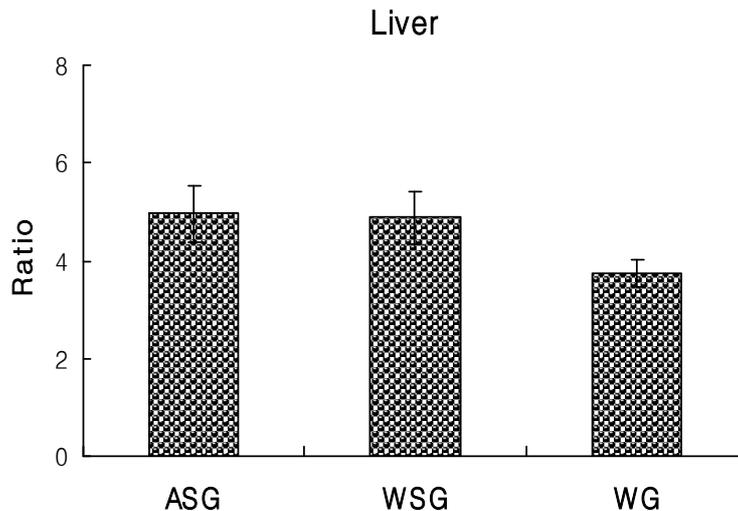


그림 4-1-29. 시험구별 감성돔 치어 간의 RNA/DNA 비.

Fig. 4-1-29. Changes of RNA/DNA ratio in liver of black sea bream in each experiment group. ASG, juvenile from artificial spawner group; WSG, juvenile from wild spawner group; WG, juvenile from wild capture group.

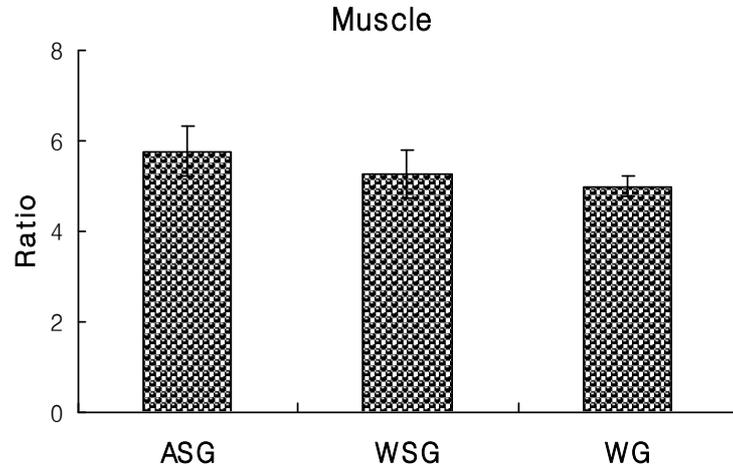


그림 4-1-30. 시험구별 감성돔 치어 근육의 RNA/DNA 비.

Fig. 4-1-30. Changes of RNA/DNA ratio in muscle of black sea bream in each experiment group.

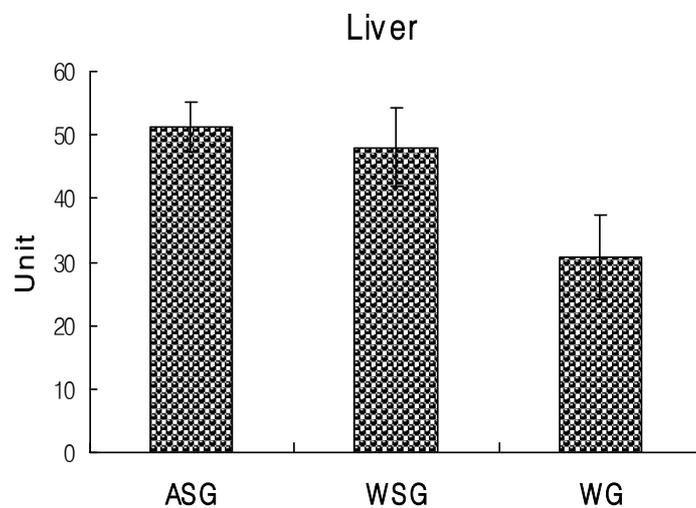


그림 4-1-31. 시험구별 감성돔 치어 간의 ACPase 비활성.

Fig. 4-1-31. Changes of ACPase specific activity in liver of black sea bream in each experiment group. Unit= $\mu\text{mole}/\text{min.}/\text{mg protein}$.

근육에서 ACPase 비활성은 그림 4-1-32와 같이 자연산 치어는 비활성량 평균치가 $4.81\mu\text{mole}/\text{min.}/\text{mg protein}$ 인데 반해 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 각각 21.90 , $19.66\mu\text{mole}/\text{min.}/\text{mg protein}$ 로 높게 나타나, 간세포에서와 동일하게 인산화합물의 분해는 자연산에 비해 인공산 치어가 많이 분해 되고 있으며, 인공산 어미유래와 자연산 어미유래의 치어에서는 그 기능의 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

이(1994)는 방어의 천연 종묘와 인공 종묘의 생화학적 체성분을 분석한 결과 자연에서 엄격하게 선별되어 생존 능력이 높은 천연종묘는 인공산 종묘 보다 대사회전율이 낮아

필요 없는 에너지소모가 적은 것으로 보고하고 있다. 본 결과에서도 감성돔 자연산 치어는 인공산 치어 보다 낮은 핵산비와 ACPase 비활성량을 나타내 자연산 치어는 안정된 에너지 이용체계를 가지고 있다는 점이 시사되어진다.

한편, 간조직은 근육조직보다 약 2배정도의 높은 ACPase 비활성량을 지니고 있는 것으로 나타났으나, 이는 에너지의 축적 및 효소액의 분비 등 다양한 기능을 가진 간 조직의 특성을 반영한 것으로 시사되어진다.

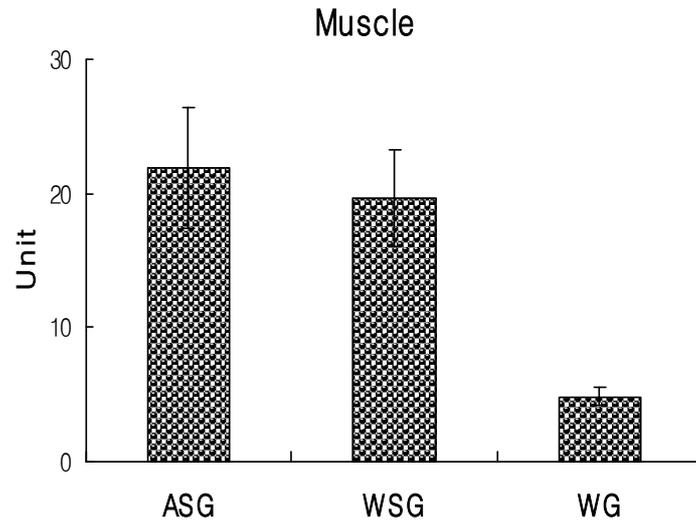


그림 4-1-32. 시험구별 감성돔 치어 근육의 ACPase 비활성.

Fig. 4-1-32. Changes of ACPase specific activity in muscle of black sea bream in each experiment group.

(다) 단백질 및 지질 조성

단백질은 몸을 구성하는 주요한 구성성분으로 근육, 심장 등 수축계, 알부민 등과 같은 수송계, 효소계, 면역계 등에 다양하게 분포하고 있다. 수용성 단백질은 면역계, 운송계, 효소계, 호르몬 등의 주요한 구성 성분으로 발육초기 및 기아시에는 에너지원으로 사용되기에(이, 1994) 어류의 건강도 평가에도 이용되고 있다(中野 等, 1985a; 福田 等, 1986a).

간에서의 수용성 단백질량 비율(수용성단백질량/총단백질량×100)은 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 치어 및 자연산 치어가 각각 51.1±5.4%, 53.5±11.6%, 52.7±12.3% 차이가 없는 것으로 나타났다. 근육에서의 수용성 단백질 비율은 자연산 치어가 19.4±3.0%로 자연산 어미유래 치어 24.8±3.3%보다 약간 낮게 나타났으나(표 4-1-19), 자연산 어미유래 치어와 인공산 어미유래 치어(22.7±2.8%)와의 차이는 나타나지 않았다. 이상의 결과로 보아 수용성 단백질의 에너지 이용면에서 인공산 어미유래 치어와 자연산 어미유래 치어의 특성은 없는 것으로 생각되어진다.

표 4-1-19. 시험구별 감성돔 치어의 수용성단백질 비율(%) 조사 결과

Table 4-1-19. Comparison of water soluble protein ratio (%) of black sea bream in each experiment group

	ASG ^a	WSG ^b	WG ^c
Liver	51.1±5.4	53.5±11.6	52.7±12.3
Muscle	22.7±2.8	24.8±3.3	19.4±3.0

지질은 중요한 에너지원으로, 구조적인 면에서 크게 단순 지질과 복합 지질로 나눌 수 있다. 전자는 triglyceride 등과 같은 중성지질로서 에너지원이며 후자는 인지질(phospholipid), 당지질(glycolipid) 등과 같이 생체막의 중요한 구성 성분이다(井上, 1992). 일반적으로 어류 성어의 중성지질은 소화관 내·외부의 지방조직, 간 그리고 근육에 축적되며, 저서성 어류에서는 간에 많으며, 유영이 활발한 회유성 어류는 근육에 많은 경향이 보인다(座間, 1976; 福田, 1988). 한편 triglyceride와 free fatty acid와의 관계를 살펴보면 triglyceride는 diglyceride → monoglyceride → free fatty acid로 변화하는 경로가 있으며, free fatty acid는 직접 에너지로 이용되어지는 것으로 알려져 있다(Conn, 1988).

간과 근육에서의 triglyceride량은 인공산 어미유래 치어가 각각 12.31 μ g/mg liver, 2.70 μ g/mg muscle로 자연산 어미유래 치어(10.40 μ g/mg liver, 2.22 μ g/mg muscle)와는 큰 차이를 나타내지 않았다(그림 4-1-33, 34). 그러나 인공산 치어는 자연산 치어(5.99 μ g/mg liver, 1.27 μ g/mg muscle)에 비해 1.7~2.1배의 triglyceride량을 많이 지니는 것으로 나타났다. 앞서 생물학적 특성 조사 결과 인공산 치어는 간중량지수가 높았기에 자연산 치어에 비해 간이 량적으로 증가됨과 동시에 본 결과로부터는 에너지원으로 축적되는 질적으로도 증가되어 있음이 시사되어진다. 이는 인공산 치어는 자연산 치어에 비해 먹이 섭취 방법이 안정되고 현재 개발된 사료의 질적 향상 등에 의한 원인에서 오는 것으로 생각되어 진다.

간과 근육에서의 free fatty acid량은 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어가 각각 2.41 μ g/mg liver, 0.52 μ g/mg muscle 및 2.17 μ g/mg liver, 0.42 μ g/mg muscle로 큰 차이를 나타내지 않았다(그림 4-1-35, 36). 그러나 자연산 치어 각각 1.85 μ g/mg liver, 0.29 μ g/mg muscle로 나타나 인공산 치어는 자연산 치어에 비해 1.2~1.8배의 free fatty acid량을 많아 직접 에너지원으로 이용되는 지질이 많은 것으로 나타났다. 이는 인공산 치어는 축적된 지질 에너지원이 자연산 치어보다 많기에 에너지원으로 직접 이용되는 지질의 량 또한 많은 것인지를, 혹은 앞서 ACPase 비활성량의 변화와 동일한 결과로 보아 비효율적인 에너지 대사 체계에서 기인이 된 것이지는 앞으로 연구가 진행될 필요성이 있는 것으로 생각된다.

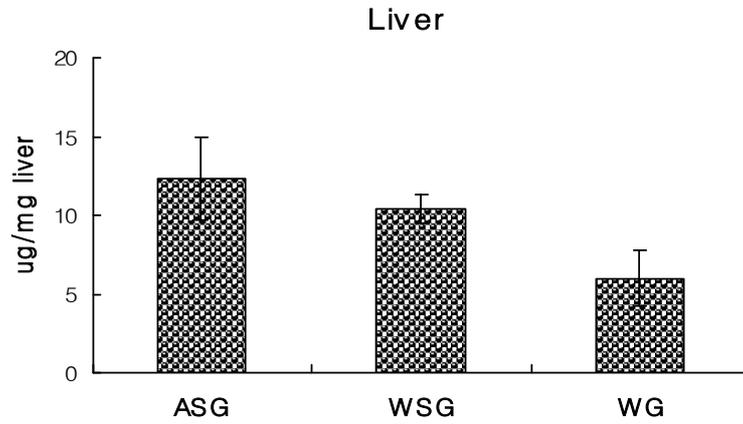


그림 4-1-33. 시험구별 감성돔 치어 간의 triglyceride 함량.

Fig. 4-1-33. Changes of triglyceride in liver of black sea bream in each experiment group.

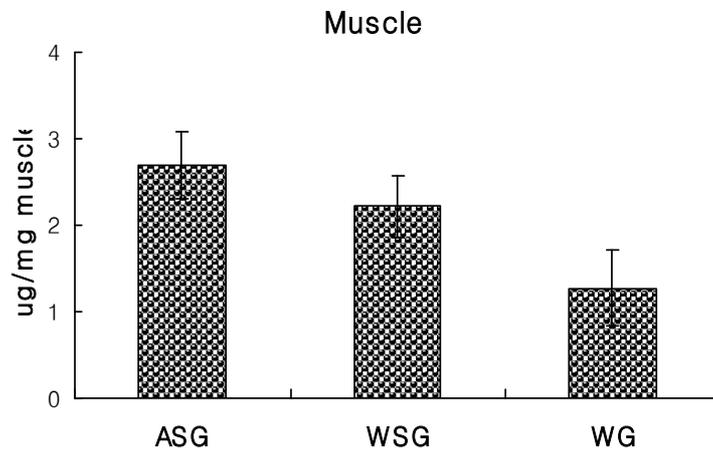


그림 4-1-34. 시험구별 감성돔 치어 근육의 triglyceride 함량.

Fig. 4-1-34. Changes of triglyceride in muscle of black sea bream in each experiment group.

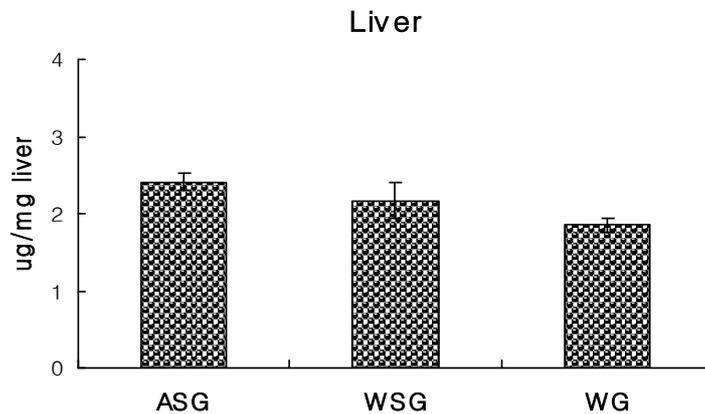


그림 4-1-35. 시험구별 감성돔 치어 간의 free fatty acid 함량.

Fig. 4-1-35. Changes of free fatty acid of in liver black sea bream in each experiment group.

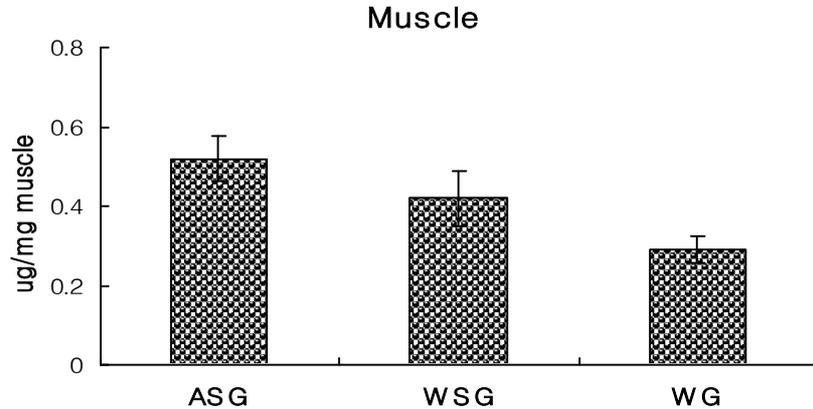


그림 4-1-36. 시험구별 감성돔 치어 근육의 free fatty acid 함량.

Fig. 4-1-36. Changes of free fatty acid in muscle of black sea bream in each experiment group.

감성돔 치어 근육의 지질 조성 분석 결과는 표 4-1-20에 나타난 것과 같이 자연산 치어와 인공산 치어는 상당히 다른 것으로 나타났으며, 인공산 어미유래 치어와 자연산 어미유래치어도 Heneicosanoic acid, Tricosanoic acid에서는 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 Nakagawa(2000)가 일본 히로시마 근해의 자연산과 인공산 치어(전장 2cm)를 분석한 결과 필수 지방산인 DHA, EPA의 함량이 인공산 치어에서 상당히 낮게 검출되어 먹이 공급에 대한 개선의 필요성을 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 EPA 및 DHA는 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어 큰 차이가 없었으며, 인공산 치어 모두 자연산과 동일한 수준 또는 그 이상의 함량을 지니고 있음이 밝혀졌다.

(라) 혈청학적 특성

각 그룹별 감성돔 치어에 대한 혈청내 ALB(albumin) 농도를 그림 4-1-37에 나타내었다. 알부민은 혈청내 주요 단백질로 간에서 합성되며 체내에 영양 단백 보급원으로 유용하게 사용되고 있다. 혈청 ALB 함량이 높을 때는 영양 과다나 혈액 농축의 경우를 제외하고는 임상학적으로 큰 의미가 없으며 ALB 함량이 낮은 경우에는 기아에 의해 단백질의 섭취가 적거나 기생충 감염에 의한 단백질 물질의 외부적 소모 등을 추정 할 수 있는 중요한 단서가 되기도 한다. 본 연구에서 각 그룹별 혈청 ALB 함량은 자연산 감성돔 치어에서 $1.1 \pm 0.05 \text{g/dl}$ 로 가장 높은 수치를 나타내었고, 어미 유래별 양식산 감성돔 치어에서는 자연산 어미 유래구가 $0.6 \pm 0.03 \text{g/dl}$, 인공산 어미 유래구가 $0.6 \pm 0.07 \text{g/dl}$ 로 유의할만한 차이를 나타내지 않았다. 본 실험에서 자연산 치어 그룹이 ALB 함량이 높게 나타난 것으로 보아 자연 서식장에서 다양한 영양분을 흡수하고 그 영양분을 유지하는 능력이 발달된 것으로 판단된다.

표 4-1-20. 시험구별 감성돔 치어 근육의 지질 조성 분석 결과

Table 4-1-20. Fatty acids composition in muscle of black sea bream in each experiment group

	ASG(%)	WSG(%)	WG(%)
Myristic acid	1.66	1.26	1.42
Palmitic acid	21.84	19.16	18.60
Palmitoleic acid	2.83	2.07	2.93
Stearic acid	6.82	6.03	7.99
Oleic, Elaidic acid	20.57	12.73	8.01
Linoleic acid	5.26	4.16	1.36
Eicosadienoic acid	1.81	2.26	2.20
Arachidonic acid	1.28	1.32	5.88
Heneicosanoic acid	1.91	6.61	6.36
EPA	9.04	9.08	9.76
Tricosanoic acid	2.13	9.39	9.29
Lignoceric acid	3.17	2.41	3.91
DHA	16.49	18.05	13.23

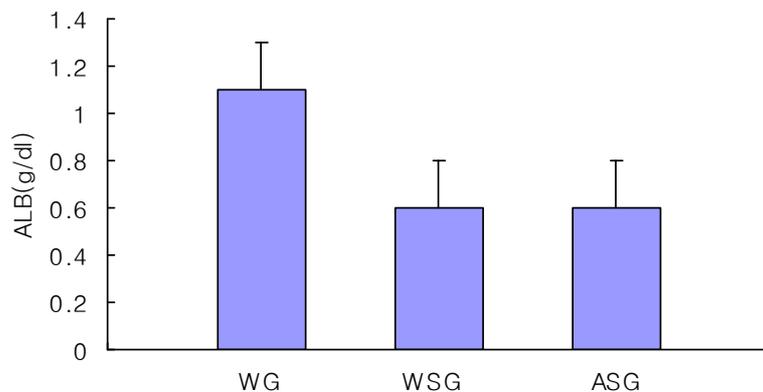


그림 4-1-37. 감성돔 치어의 혈청 내 알부민 농도.

Fig. 4-1-37. Values of albumin in serum of black sea bream in each experiment group.

ALP(alkaline phosphatase)는 생체내 광범위하게 거의 모든 조직내에 분포하는 효소로 간기능 이상 등 특정 부위의 이상시 혈중에 수치가 급격히 상승하는 것으로 알려져 있으며, 각 그룹별 감성돔 치어에 대한 ALP 수치는 그림 4-1-38에 나타내었다. 자연산 감성돔 치어 그룹에서 에서 $82.1 \pm 7.2 \text{ IU} / \ell$ 로 가장 높은 수치를 나타내었고 자연산 및 인공산 어미유래 치어 그룹에서 각각 $57.3 \pm 5.0 \text{ IU} / \ell$, $41.2 \pm 4.1 \text{ IU} / \ell$ 로 낮은 수치를 보이는 것은 안정된 사육환경에서 기인된 것으로 사료된다.

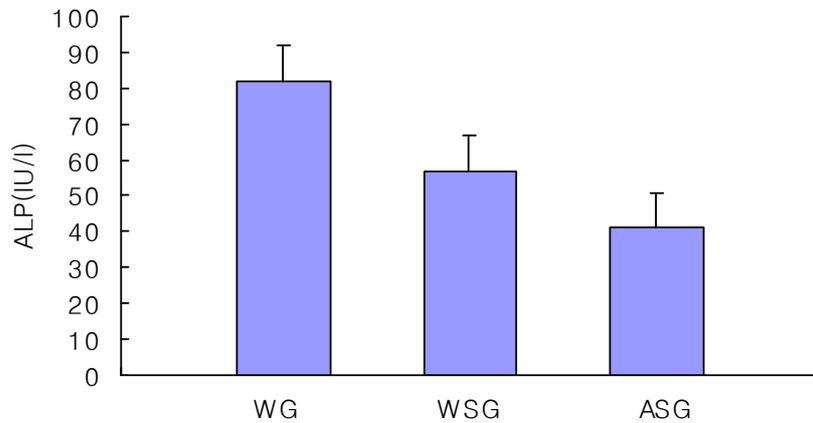


그림 4-1-38. 감성돔 치어의 혈청 내 alkaline phosphatase 농도.

Fig. 4-1-38. Values of ALP (alkaline phosphatase) in serum of black sea bream in each experiment group.

혈액 내 요소질소(BUN, blood urea nitrogen)는 아미노산의 탈아미노반응으로 생성된 암모니아로 아가미 기능 장애나 신장 기능이 정상화되지 않는 체조건일 때 높은 수치를 나타내는데 기준치 이상일 때는 신장 기능의 이상을 나타내고 수치가 감소되었을 때는 단백질 결핍과 간 장애 등 사료의 영양학적인 결함을 추정할 수 있다. 방어의 경우 어분이 부족하거나 결여되어 있는 사료를 공급하였을 때 요소질소, 크레아틴, ALP가 높은 값을 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 각 그룹별 감성돔 치어의 BUN 농도를 그림 4-1-39에 나타내었다. BUN 수치는 자연산 치어에서 $5.5 \pm 1.5 \text{ mg/dl}$ 로 가장 높았으나 변이가 심하였고, 인공산 및 자연산 어미 유래군에서는 각각 $3.0 \pm 0.4 \text{ mg/dl}$ 와 $3.3 \pm 0.7 \text{ mg/dl}$ 로 유의할만한 차이를 나타내지 않았다.

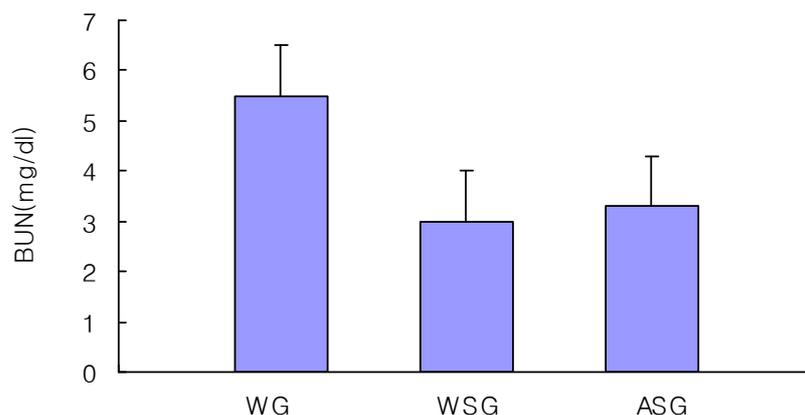


그림 4-1-39. 감성돔 치어의 혈청 내 요소질소의 농도.

Fig. 4-1-39. Values of BUN (blood urea nitrogen) in serum of black sea bream in each experiment group.

GGT(γ -glutamyl transterase)는 γ -glutamyl기를 다른 아미노산 또는 peptide로 전이시키는 효소로 정상치 이상일 때는 만성 간염으로 판단할 수 있는데 자연에서 채집된 감성돔 치어에서 $12.4 \pm 1.7 \text{IU}/\ell$ 가장 높은 수치를 나타내었고 자연산 어미 유래 치어 그룹 $7.2 \pm 0.8 \text{IU}/\ell$, 인공산 어미 유래 치어 그룹 $5.1 \pm 0.7 \text{IU}/\ell$ 순으로 낮은 수치를 나타내었다(그림 4-1-40). 위의 각 그룹별 GGT 값에 대해서 간의 건강성 정도를 파악할 수 있는 수치의 판단근거가 마련되어있지 않아 금후 어류의 성장환경에 대한 차이에 따른 GGT 값의 변화에 대한 전반적인 검토가 이루어져야 될 것이다.

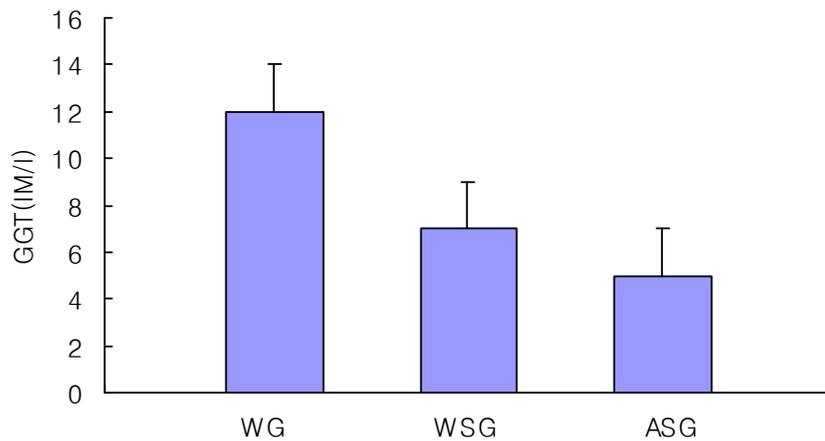


그림 4-1-40. 감성돔 치어의 혈청 내 GGT 농도.

Fig. 4-1-40. Values of GGT (γ -glutamyl transterase) in serum of black sea bream in each experiment group.

각 그룹별 감성돔 치어에 대한 혈청내 글루코스(GLU, glucose) 농도를 그림 4-1-41에 나타내었다. GLU는 세포의 에너지원으로 기본적인 세포대사의 중요한 지표가 되는데 혈액내 GLU는 간, 내분비선, 중추신경과 자율신경 계통의 미묘한 균형에 의해서 평형을 유지하는데 영양과다 및 화농성 질환 상태를 나타내는 개체의 경우 수치가 상승되고 기아, 기타 영양장애 및 병리적 질환 등에 의해 수치가 감소하는 경향이 있다. 본 연구결과, GLU 수치는 인공산 어미 유래 감성돔 치어에서 $108.7 \pm 3.7 \text{mg}/\text{dl}$ 로 높게 나타났고, 자연산 치어에서 $110.2 \pm 5.4 \text{mg}/\text{dl}$, 자연산 어미 유래 치어에서 $117.4 \pm 4.1 \text{mg}/\text{dl}$ 순으로 낮게 나타났으나 각 그룹별에 대한 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

각 그룹별 감성돔 치어의 혈청내 GOT와 GTP 농도를 그림 4-1-42와 4-1-43에 나타내었다. GOT(gultamate oxaloacetate transaminase)는 간과 심장에 고농도로 존재하여 세포장애 정도에 민감히 반응하는 효소로서 간 장애나 심장 기능의 이상이 있을 때는 수치가 상승하는 것으로 알려져 있다. 각 구간별 GOT 수치는 자연산 치어 $15.8 \pm 1.8 \text{IU}/\ell$, 인공산 어미 유래 치어 $17.2 \pm 1.2 \text{IU}/\ell$, 자연산 어미 유래 치어 $13.9 \pm 1.5 \text{IU}/\ell$ 로 3구간 모두

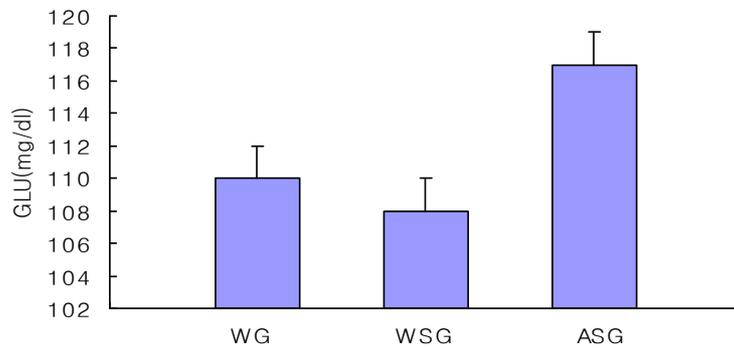


그림 4-1-41. 감성돔 치어의 혈청 내 글루코스의 농도.

Fig. 4-1-41. Values of GLU (glucose) in serum of black sea bream in each experiment group.

유의할만한 차이를 나타내지 않았다. GPT(gultamic pyruvic transaminase) 역시 간세포 이상에 의해 빠르게 증가하는 효소로서 간 질환 특히 간세포 괴사의 표지자로 이용되고 있는데 자연산 감성돔 치어에서 GPT 수치가 $18.1 \pm 1.2 \text{ IU/l}$ 로 다른 구에 비해 유의하게 높게 나타났고, 자연산 및 인공산 어미 유래 감성돔 치어에서는 각각 $7.9 \pm 0.8 \text{ IU/l}$, $8.2 \pm 0.7 \text{ IU/l}$ 로 낮게 나타났으며 이들 두 구간 사이에서는 유의할만한 차이는 나타나지 않았다. GOT와 GPT는 아미노기 전이반응을 촉매하는 효소의 총칭으로 간에 많이 분포되어 있고 간 손상시 혈액에 용이하게 확산되기 때문에 위와 같이 간질환 유무판단에 일반적으로 사용하고 있는데 본 연구에서 자연산 감성돔 치어에서 GOT는 다른 그룹과 별다른 차이를 보이지 않았고 GPT 수치가 높게 나온 현상에 대해서는 자연에서 채집되는 과정과 운송 시의 handling에 대한 스트레스적인 반응인지의 여부에 대해서는 향후 좀 더 세밀한 연구 분석이 필요한 것으로 사료된다.

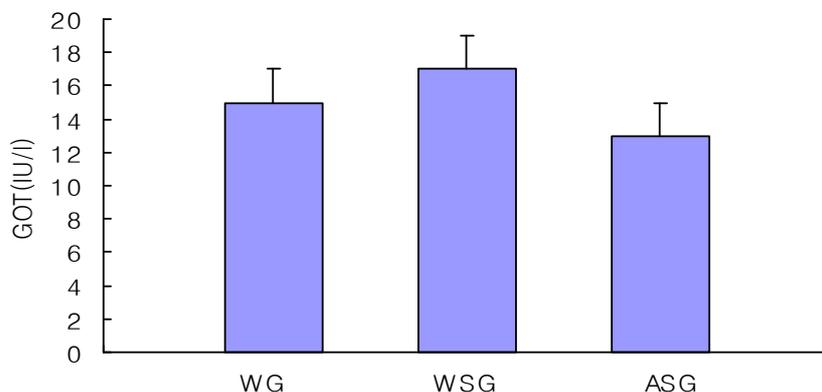


그림 4-1-42. 감성돔 치어의 혈청내 GOT의 농도.

Fig. 4-1-42. Values of GOT (gultamate oxaloacetate transaminase) in serum of black sea bream in each experiment group.

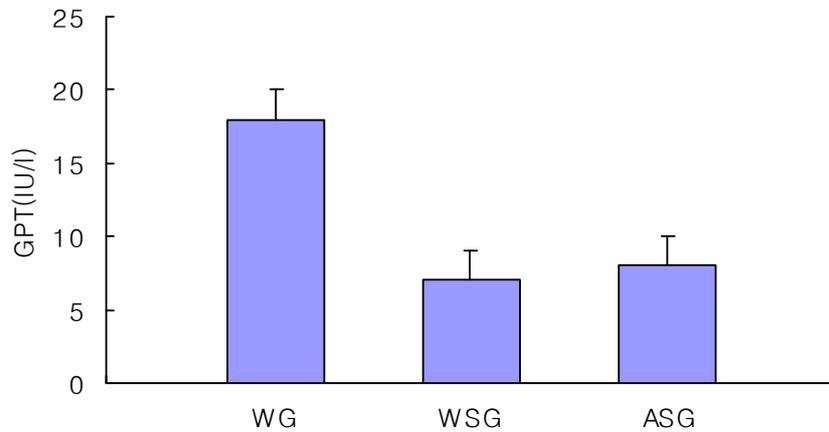


그림 4-1-43. 감성돔 치어의 혈청내 GPT의 농도.

Fig. 4-1-43. Values of GPT (gultamic pyruvic transaminase) in serum of black sea bream in each experiment group.

각 그룹별 감성돔 치어의 TG(triglyceride)와 TP(total protein)는 측정치를 그림 4-1-44와 4-1-45에 나타내었다. TG는 지방섭이량, 소화능력 등에 대한 측정에 이용되는 성분으로 고 영양 상태에서는 수치가 상승하고, 영양장애 시에는 수치가 낮게 측정된다. 본 연구 결과, 자연에서 채집된 감성돔 치어에서 $306.2 \pm 50.5 \text{ mg/dl}$ 로 가장 높은 TG 수치를 나타내었고 인공산 어미 유래 치어 $260.2 \pm 59.5 \text{ mg/dl}$, 자연산 어미 유래 치어 $238.4 \pm 40.8 \text{ mg/dl}$ 순으로 낮은 수치를 나타내었다. TP는 체내 전반적으로 분포하고 각 기관들의 기능성 측정 등에 이용되며, 체내 고단백 상태시 수치가 상승되고 영양장애시에는 감소된다. 자연산 감성돔 치어의 TP 수치는 $4.3 \pm 0.4 \text{ mg/dl}$ 로 가장 높게 나타나고, 자연산 및 인공산 어미 유래 감성돔 치어에서는 각각 $2.4 \pm 0.8 \text{ mg/dl}$, $2.3 \pm 0.5 \text{ mg/dl}$ 로 낮게 나타났으며 두 구간사이에 유의할 만한 차이는 나타나지 않았다.

UA(uric acid)는 핵산중 퓨린 염기의 최종 대사산물로서 대사이상측정에 이용되는데 자연산 감성돔 치어의 UA 수치가 $0.3 \pm 0.02 \text{ mg/dl}$ 로 가장 높게 나타나고, 자연산 및 인공산 어미 유래 감성돔 치어에서는 각각 $0.1 \pm 0.01 \text{ mg/dl}$, $0.1 \pm 0.02 \text{ mg/dl}$ 로 모두 낮게 나타났다 (그림 4-1-46).

위와 같이 각 그룹별 감성돔 치어 혈액의 혈청내 생화학적 분석 결과 바다목장 해역 내에서 채집한 자연산 치어와 여수시험장에서 양성된 치어들과의 혈액학적 성상은 항목별로 어느 정도 차이를 나타낸 부분이 있었으나 방류용 종묘에 대한 기준을 제시할 만큼의 뚜렷한 차이를 보인 것이라고 판단하기 어려우며, 여수시험장에서 인위 생산된 감성돔 치어들이 친어유래와 상관없이 사육관리에 따른 혈액학적 성상이 비슷한 것으로 보아 어미의 종류와 상관없이 사육 관리가 동일한 조건에서는 체내 대사생리도 변이의 폭이 좁아진다

는 사실을 입증할 수 있었다. 따라서 향후에는 건강한 방류용 종묘를 생산할 수 있는 정형화된 적정 기술을 확립·보급하는 것이 가장 중요한 부분이라고 사료된다.

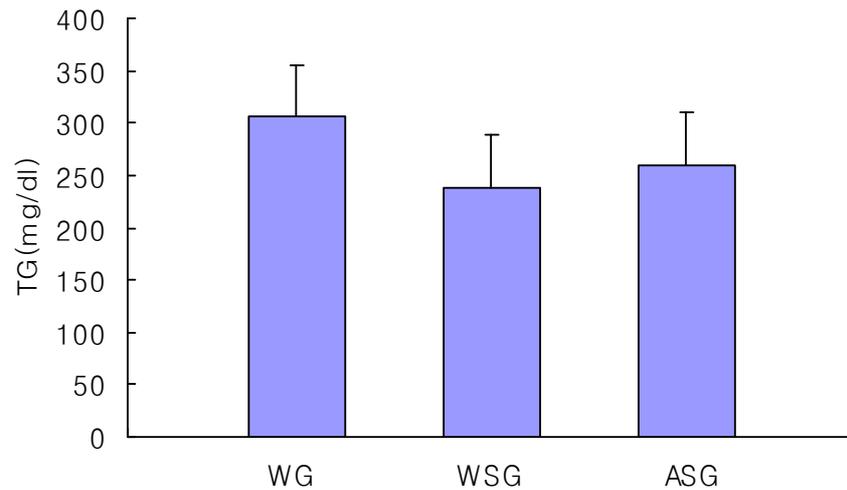


그림 4-1-44. 감성돔 치어의 혈청내 중성지방의 농도.

Fig. 4-1-44. Values of TG (triglyceride) in serum of black sea bream in each experiment group.

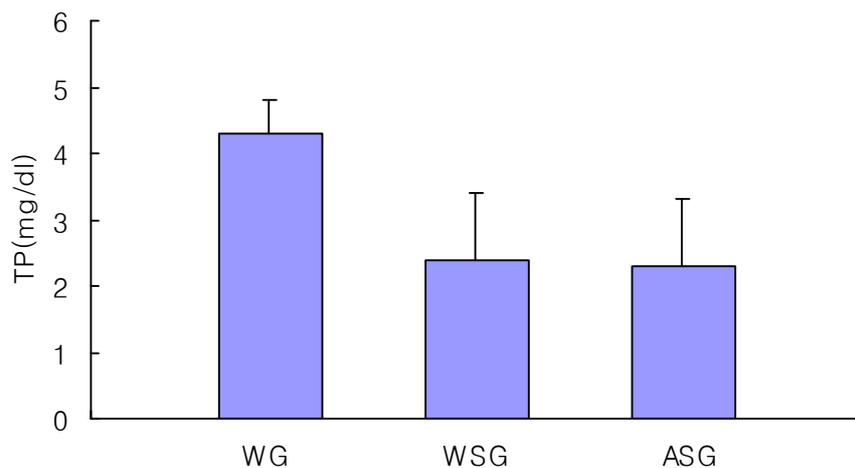


그림 4-1-45. 감성돔 치어의 혈청내 총단백질의 농도.

Fig. 4-1-45. Values of TP (total protein) in serum of black sea bream in each experiment group.

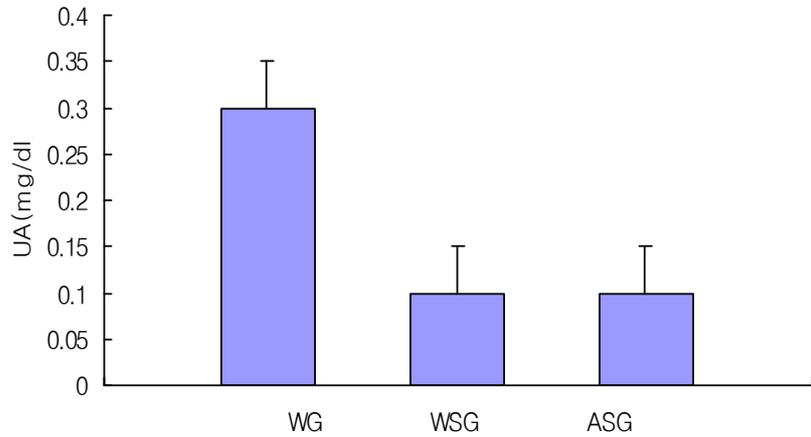


그림 4-1-46. 감성돔 치어의 혈청내 요산의 농도.

Fig. 4-1-46. Values of UA (uric acid) in serum of black sea bream in each experiment group.

(4) 생리학적 특성 조사 비교

(가) 동화효율 및 대사 비교

① 호흡률

감성돔 종묘에 따른 산소소비율은 모든 실험수온과 조도에서 인공종묘 생산된 감성돔 종묘에 비하여 자연에서 포획된 종묘에서 현저히 높게 나타났으며, 자연산 유래 및 양식산 유래의 종묘간에는 뚜렷한 차이는 없었다($p < 0.05$). 한편 조도에 의한 영향은 두 수온구에서 암의 조건이 길었던 시험구에서 산소소비율이 높게 나타났으며, 자연산에서 포획한 종묘에서 역시 산소소비율이 높게 나타났다(그림 4-1-47).

② 먹이섭취율

감성돔 종묘의 먹이섭취율은 산소소비율 경우와 마찬가지로 종묘생산된 치어에 비하여 자연에서 포획한 종묘에서 현저히 높게 나타났으며($p < 0.05$), 수온 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 활발하였다. 조도에 의한 영향은 인공 종묘생산된 치어의 경우 암의 조건이 길었던 시험구에서 현저히 높게 나타나 조도에 의한 영향이 뚜렷하였다. 그러나 자연에서 포획된 개체의 경우는 암의 조건이 짧았던 시험구에서 다소 높았으나 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$, 그림 4-1-48).

③ 동화효율

감성돔 종묘의 동화효율은 수온 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 66.6~87.7%였으며, $13 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서는 79.1~83.5%으로 수온간에 유의한 차이는 없었다($p < 0.05$). 한편 조도의 영향은 12L:12D에서

70.3~83.5%, 10L:14D에서는 66.6~87.7%으로 유의한 차이는 없었으나 암의 조건이 길었던 시험구에서 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 종묘의 그룹간에는 자연에서 포획된 치어의 경우 87.7~80.9%, 자연산 어미유래 치어의 경우 66.6~80.3% 그리고 양식산 어미유래 치어의 경우는 70.3~83.5%으로 자연산에서 포획된 치어에서 가장 높았다(표 4-1-21).

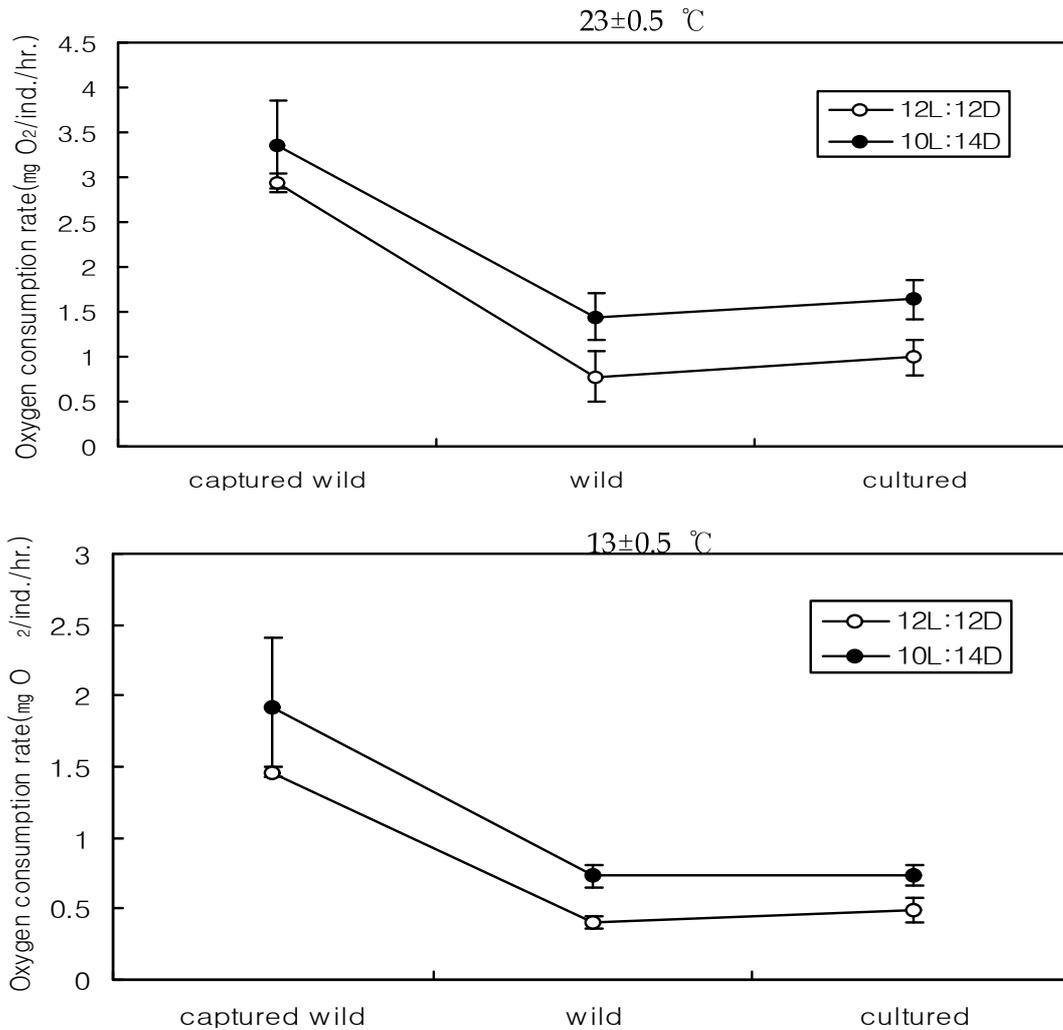


그림 4-1-47. 수온과 조도에 따른 감성돔 종묘의 산소소비율 변화.

Fig. 4-1-47. Changes of Oxygen consumption rates in black sea bream with temperature and intensity of illumination.

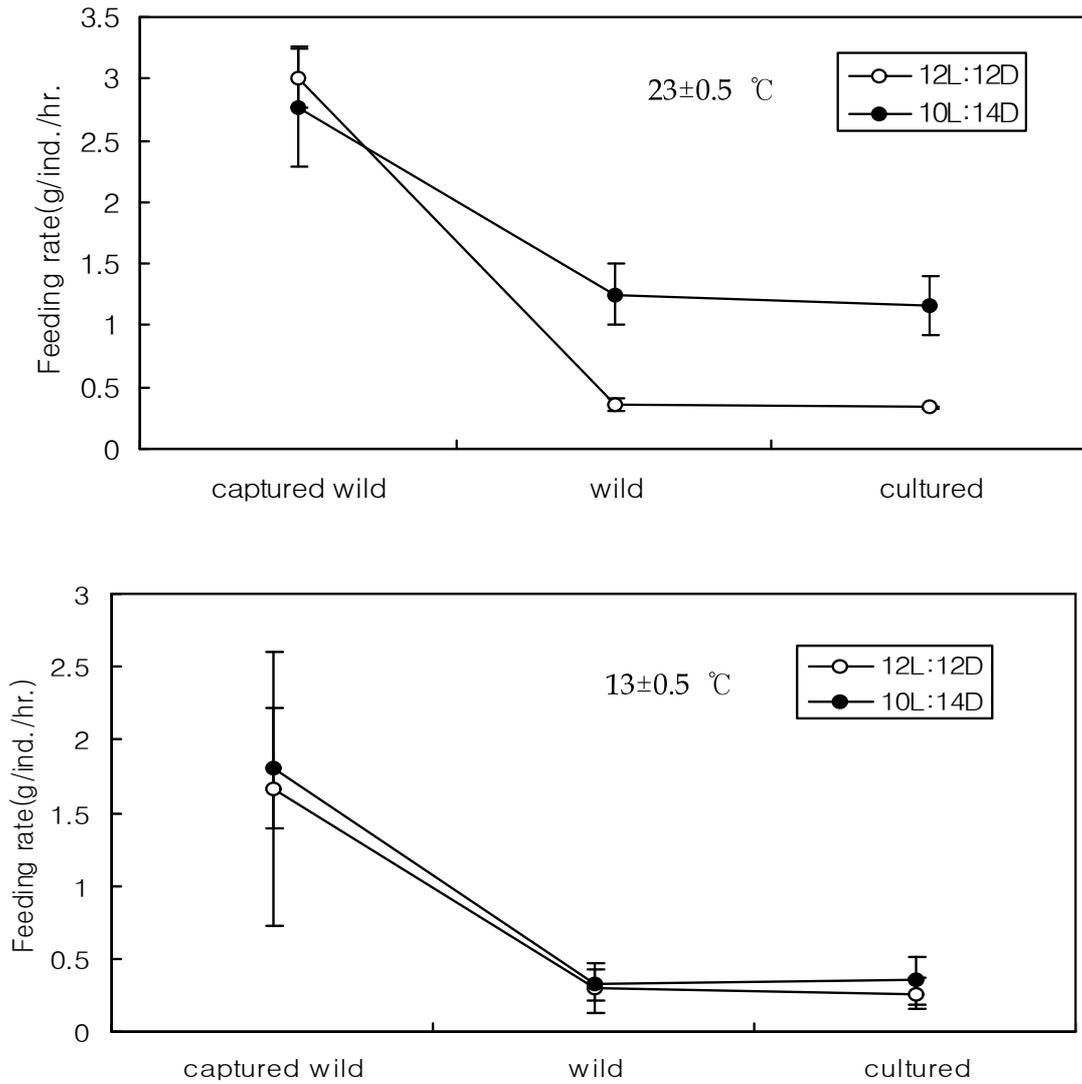


그림 4-1-48. 수온과 조도에 따른 감성돔 종묘의 먹이섭취율 변화.

Fig. 4-1-48. Changes of food rates in black sea bream with temperature and intensity of illumination.

표 4-1-21. 감성돔 종묘의 수온과 조도에 따른 동화효율

Table 4-1-21. Assimilation efficiency of each black sea bream with the temperature and intensity of illumination

Temp. (°C)	Group	Food N content(%)	Feces N content(%)	Assimilation efficiency(%)	
23	12L:12D	captured wild		1.74±0.05	83.4
		wild	10.50±0.05	2.25±0.24	78.6
		cultured		3.12±0.05	70.3
	10L:14D	captured wild		1.29±0.00	87.7
		wild	10.50±0.05	3.51±0.08	66.6
		cultured		2.88±0.08	72.6
13	12L:12D	captured wild		2.01±0.29	80.9
		wild	10.50±0.05	2.07±0.06	80.3
		cultured		1.78±0.04	83.5
	10L:14D	captured wild		1.89±0.02	82.0
		wild	10.50±0.05	2.11±0.17	79.9
		cultured		2.19±0.30	79.1

(나) 마취 및 노출내성 비교

① 마취제 농도별 마취 및 회복시간 조사

감성돔 전장 7cm 시험어의 인공산 어미유래 치어 및 자연산 어미유래 치어와 자연산 감성돔 치어를 대상으로 마취제 농도별로 마취시간과 회복시간을 조사한 결과 마취제 MS-222 100, 200, 400ppm에서 인공산 어미유래 감성돔 치어와 자연산 어미유래 감성돔 치어의 평균 마취시간은 각각 170±45초와 150±44초, 55±23초와 36±13초 및 20±4초와 8±2초가 소요되었으나, 자연산 치어의 평균 마취시간은 각각 177±7초, 65±6초와 26±3초로 인공산 치어보다 마취되는데 시간이 더 걸리는 것으로 나타났다(표 4-1-22).

회복에 걸리는 평균 시간은 각 시험구 모두 마취제 농도가 높을수록 길어지는 경향을 나타내었으며, 마취되는데 시간이 길게 나타난 자연산 치어가 100, 200ppm에서는 각각 113±25초, 136±15초로 회복시간 또한 긴 것으로 나타났다. 400ppm 농도에서는 자연산 유래의 치어가 70%로 낮은 생존율과 292±99초의 긴 회복 시간을 보였으며, 자연산 치어와 인공산 어미유래 치어는 큰 차이를 나타내지 않았다.

전장 크기별 마취시간은 MS-222 100ppm 농도에서는 개체 크기가 작을수록 마취시간은 단축되어지나, 200ppm 이상의 농도에서는 큰 차이를 나타나지 않았다. 회복시간 및 생존율은 마취제 MS-222 100, 200ppm 농도에서는 차이가 없었으나, 400ppm에서는 작은 개체일수록 낮은 생존율과 긴 회복 시간을 보였다.

표 4-1-22. MS-222 농도별 감성돔 치어의 마취 및 회복시간

Table 4-1-22. Time to anesthetization and recovery of black sea bream by different MS-222 concentration

MS-222 (ppm)	Total length	Group	Time to		Recovery		Survival rate(%)
			anesthetization				
			range (sec)	mean±sd (sec)	range (sec)	mean±sd (sec)	
100	7cm	ASG ^a	112~240	170±45	33~69	51±12	100
		WSG ^b	110~236	150±44	36~87	62±19	100
		WG ^c	165~185	177±7	85~161	113±25	100
	5cm	ASG	68~128	92±11	48~106	79±17	100
		WSG	42~97	67±24	38~72	51±11	100
		ASG	35~86	55±23	47~309	129±87	100
200	7cm	WSG	20~65	36±13	83~170	109±27	100
		WG	55~72	65±6	104~149	136±15	100
		ASG	44~61	55±6	48~286	112±20	100
	5cm	WSG	21~38	29±6	23~200	93±55	100
		ASG	14~25	20±4	81~360	155±83	90
		WSG	6~11	8±2	188~424	292±111	70
400	7cm	WG	22~28	26±3	174~242	193±33	90
		ASG	18~24	21±2	-	-	0
		WSG	10~21	15±4	146~566	424±53	40

ASG^a, juvenile from artificial spawner group; WSG^b, juvenile from wild spawner group; WG^c, juvenile from wild capture group

② MS-222 100ppm 농도에서 침지시간별 회복시험

MS-222 마취제에 전장 7cm의 인공산 어미유래, 자연산 어미유래 치어와 자연산 감성돔 치어의 침지 시간을 달리하여 회복시간을 조사한 결과는 표 4-1-23과 같다. 인공산 어미유래 감성돔 치어의 마취제 침지 후 평균 회복시간은 침지시간 3, 6, 9, 12분 실험구에서 각각 45±21초, 77±34초, 172±140초, 170±21초로 3~9분까지는 침지시간이 길어질수록 회복시간이 길어지나 9~12분에서는 차이가 나타나지 않았다. 그러나 생존율은 침지시간 3, 6, 9분 실험구에서 각각 100%, 90%, 70%로 서서히 감소하였으나, 12분 시험구는 30%로 급격히 감소하는 결과를 보여 인공산 어미유래 감성돔 치어는 MS-222 100ppm 농도에서 12분까지 마취하는 것은 대부분의 개체에게 견딜 수 없는 스트레스로 작용하는 것이 시사되어졌다.

표 4-1-23. MS-222 100ppm에서 침지시간별 감성돔 치어의 회복시간

Table 4-1-23. Recovery and survival rate of black sea bream at 100mg/l MS-222 by immersion time

Immersion time (min)	Total length	Group	Recovery		Survival rate (%)
			range (sec)	mean±sd (sec)	
3	7cm	ASG	25~77	45±21	100
		WSG	21~67	46±18	80
		WG	71~199	132±37	100
	5cm	ASG	17~105	55±27	100
		WSG	45~131	76±28	100
		WG	42~134	77±34	90
6	7cm	WSG	47~251	146±99	70
		WG	73~191	107±39	100
		ASG	67~137	95±28	50
	5cm	WSG	115~352	257±112	40
		ASG	34~407	172±140	70
		WG	90~180	121±51	30
9	7cm	WG	58~312	140±96	75
		ASG	90	90	10
		WSG	-	-	0
	5cm	ASG	151~193	170±21	30
		WSG	-	-	0
		WG	63~218	131±61	89
12	7cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
	5cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0

자연산 어미유래 감성돔 치어의 마취제 침지 후 평균 회복시간은 침지시간 3, 6, 9 분 실험구에서 각각 46±18초, 146±99초, 121±51초로 3~6분까지는 침지시간이 길어질수록 회복시간도 길어지는 것으로 나타났다. 생존율은 침지시간 3, 6분 실험구에서 각각 80%, 70%로 서서히 감소하였으나, 9분 실험구에서는 30%로 급격히 감소하였으며, 12분 시험구는 전 개체가 회복되지 않아 MS-222 100ppm 농도에서 마취시간 6분 이상에서는 인공산 어미유래 종묘보다 마취에 대한 스트레스에 현저하게 약한 것으로 나타났다.

반면, 자연산 감성돔 치어는 침지시간과 관계없이 107~140초 범위의 안정된 회복시간과 75~100%의 높은 생존율을 나타내어 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어보다 MS-222 100ppm 농도의 마취에 대한 스트레스를 가장 잘 극복한다는 결과가 나타났다.

한편 전장 크기별 MS-222 100ppm 농도에서 마취 후 회복은 침지시간 3분에서는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 6분 이상에서는 전장 5cm 시험어는 50%이하의 낮은 생존율을, 9분이상 침지시간에는 90% 이상의 개체가 폐사하는 것으로 나타났다.

③ MS-222 100ppm 농도에서 3분간 침지후 공기 중 노출시간에 따른 회복시험

감성돔 전장 7cm 인공산 어미유래, 자연산 어미유래 감성돔 치어와 자연산 감성돔 치어를 MS-222 100ppm 용액에 3분간 침지후 공기중 노출시간을 달리하여 회복시간을 조사한 결과는 표 4-1-24와 같다. 3분과 6분 공기 중 노출에 따른 인공산 어미유래와 자연산 감성돔 치어의 평균 회복시간은 각각 53±26초, 83±53초와 74±28초, 100±72초로 큰 차이를 나타내지 않았으나, 자연산 어미유래 감성돔 치어는 149±151초와 323±195초로 회복시간이 2.0~3.2배 더 소요되는 것으로 나타났다. 한편, 생존율은 자연산 감성돔 치어는 3~12분 공기 중 노출 시간동안 89% 이상의 높은 생존율을 보였으나, 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어를 마취 후 6분 공기 노출시, 각각 70%, 30%로, 9분이상에서는 전개체가 폐사하는 낮은 회복율을 나타내었다.

표 4-1-24. 감성돔 치어의 MS 222 100ppm 농도에서 3분간 침지 후 공기 노출 시간별 회복시간

Table 4-1-24. Recovery and survival rate of black sea bream after anesthesia at 100 mg/l MS-222 for 3 minutes by different exposed to air

Exposed to air(min)	Total length	Group	Recovery time		Survival rate (%)
			range (sec)	mean±sd (sec)	
3	7cm	ASG	26~85	53±26	90
		WSG	26~497	149±151	100
		WG	52~137	74±28	100
	5cm	ASG	56~215	108±46	90
		WSG	97~611	322±180	70
		WG	51~252	100±72	100
6	7cm	ASG	48~182	83±53	70
		WSG	117~504	323±195	30
		WG	51~252	100±72	100
	5cm	ASG	65~181	123±82	20
		WSG	338~339	339±0.7	20
		WG	50~527	152±159	100
9	7cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
		WG	50~527	152±159	100
	5cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
		WG	68~825	281±283	89
12	7cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
		WG	68~825	281±283	89
	5cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
		WG	-	-	0

한편 전장 크기별 MS-222 100ppm 용액에 3분간 침지후 공기중 노출시간을 달리하여 회복시간을 조사한 결과는 표 4-1-24과 같이 전장 5cm 시험어는 전장 7cm 시험어에 비해 공기노출 6분까지는 긴 회복시간과 낮은 생존율을, 9분 이상에서는 전 개체가 폐사하는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 자연산 치어와 인공산 어미유래 치어는 MS-222 100ppm 용액에 3분간 침지후 공기중 노출시간을 달리하였을 때 받는 스트레스에 대한 회복 차이가 3분까지는 경미하나, 이후는 자연산 치어에 비해 인공산 치어가 회복이 어렵게 나타나는 것이 시사되어졌다. 또한 인공산 어미유래 치어와 자연산 어미유래 치어는 공기중 노출시간 6분까지는 인공산 어미유래 치어가 자연산 어미유래 치어보다 스트레스에 대한 양호한 회복을 보였으나, 9분 이후의 긴 공기중 노출 시간에는 두 집단 모두 스트레스를 극복하지 못하는 결과가 나타나, MS-222 100ppm 농도에서 침지시간별 회복시험 결과와 동일하게 마취 및 공기 노출과 같은 스트레스에 자연산 치어가 잘 극복한다는 결과로 사료되었다.

④ 공기중 노출시간에 따른 회복시험

감성돔 전장 7cm 시험어를 마취시키지 않고 공기중 노출시간만을 달리하여 감성돔 치어의 회복시간을 조사한 결과는 표 4-1-25와 같다. 3분간 공기중 노출시에는 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 치어 및 자연산 치어의 평균 회복시간은 각각 1 ± 1 초, 15 ± 23 초와 5 ± 8 초이었으며, 생존율은 각 집단 모두 100%로 차이를 보이지 않았다. 그러나 6분간 공기중 노출시에는 자연산 치어와 인공산 어미유래 치어의 평균회복시간 및 생존율이 각각 22 ± 43 초와 17 ± 23 초, 90%와 89%로 유사하였으나, 자연산 어미유래 치어는 166 ± 169 초 및 50%로 앞의 두 집단 보다 폐사개체가 현저하게 증가되며, 회복시간이 길어지는 결과가 나타났다. 9분 및 12분간 공기노출시 자연산 치어의 평균회복시간 및 생존율은 각각 200 ± 345 초와 206 ± 165 초, 89%와 89%인 반면 인공산 어미유래의 치어는 각각 259 ± 102 초와 720 ± 85 초, 70%와 20%로 나타나, 자연산 치어에 비해 낮은 생존율과 1.3~3.4배 긴 회복시간을 나타내었다. 이상의 결과로부터 인공산 치어는 자연산 치어보다 공기 노출 시간이 길어짐에 따라 회복시간이 길어지며, 폐사하는 개체가 증가하는 것이 시사되어졌다.

한편 인공산 전장 5cm 치어는 전장 7cm 시험어에 비해 공기노출 3분까지는 회복시간의 차이는 나타나지 않았으나, 6분에서는 긴 회복시간을 보였으며, 9분부터 폐사하는 개체가 급격히 늘어나, 마취 내성과 동일하게 전장이 작을수록 공기중 노출내성이 약하다는 사실이 나타났다.

표 4-1-25. 감성돔 치어의 공기중 노출시간별 회복시간

Table 4-1-25. Recovery and survival rate of black sea bream exposed to air without anesthesia

Exposed to air(min)	Total length	Group	Recovery time		Survival rate (%)
			range (sec)	mean±sd (sec)	
3	7cm	ASG	1~3	1±1	100
		WSG	1~64	15±23	100
		WG	1~24	5±8	100
	5cm	ASG	3~113	38.7±39.6	100
		WSG	6~545	140±196	90
		WG	3~60	17±23	90
6	7cm	WSG	3~419	166±169	50
		WG	1~118	22±43	89
		ASG	14~331	124±142.4	60
	5cm	WSG	716~960	838±173	20
		ASG	127~360	259±102	70
		WG	6~161	88±66	60
9	7cm	WG	2~960	200±345	89
		ASG	437	437	10
		WSG	730	730	10
	5cm	ASG	660~780	720±85	20
		WSG	-	-	0
		WG	15~435	206±165	89
12	7cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0
	5cm	ASG	-	-	0
		WSG	-	-	0

(5) 병리학적 특성 조사 비교

(가) 친어의 바이러스 보균 여부 진단

이리도 바이러스의 감염을 확인하고자 감성돔 친어의 가슴지느러미를 통해 제작된 바이러스 샘플 200 μ l에서 DNA를 추출한 다음, 상기의 Primer set을 사용하여 PCR을 행하였다. 여기서 얻어진 PCR 산물을 1.5% Agarose gel에서 확인한 결과, 약 690bp에서 나타나는 이리도바이러스의 특이밴드는 전체 시료 모두 검출되지 않아 이리도바이러스에 감염되지 않았음을 확인할 수 있었다(그림 4-1-49).

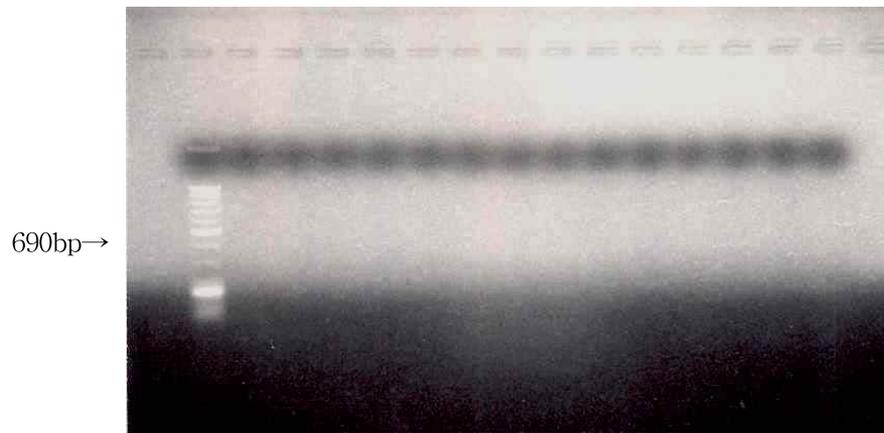


그림 4-1-49. 이리도바이러스에 대한 PCR 산물의 전기영동 결과.

Fig. 4-1-49. Agarose gel electrophoresis of PCR products from genomes of iridovirus.

노다바이러스의 감염을 확인하고자 감성돔 친어의 가슴지느러미를 통해 제작된 바이러스 샘플 200 μ l에서 RNA를 추출한 다음, 상기의 Primer set을 사용하여 RT-PCR을 행하였다. 여기서 얻어진 PCR 산물을 1.5% Agarose gel에서 확인한 결과, 약 396bp에서 특이 밴드를 확인할 수 있었다(그림 4-1-50).

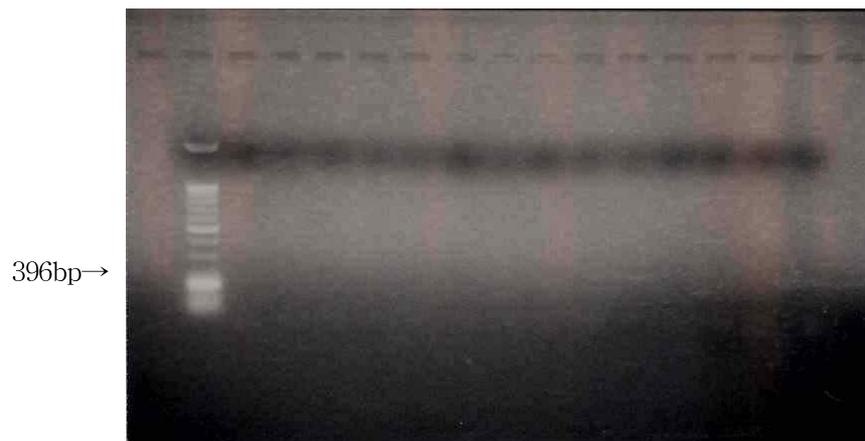


그림 4-1-50. 노다바이러스에 대한 RT-PCR 산물의 전기영동 결과.

Fig. 4-1-50. Agarose gel electrophoresis of RT-PCR products from genomes of nodavirus.

상기의 결과에 따라 여수시험장에서 보유중인 감성돔 친어들은 감성돔에 있어 심각한 피해를 유발하는 이리도바이러스와 노다바이러스에 대하여 감염되어 있지 않음을 확인할 수 있었다. 추후에도 이 모집단에 포함되는 감성돔 친어들에 대해서도 이들 바이러스에 대한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

(나) 자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교

자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병원성 기생충 검사 결과, 바다목장 해역내의 자연산 감성돔 치어와 여수수산종묘시험장에서 인위 생산된 양식산 어미, 자연산 어미 유래 감성돔 치어에서 기생충 감염은 관찰되지 않았다.

각 group별 감성돔 치어에 대한 세균 검사 결과, 자연에서 채집된 감성돔 치어에서는 *Pasteulla pneumo*, *Vibrio sp.*, *Moraxella*, *Alteromonas*가 분리되었으며 양식산 및 자연산 어미 유래 감성돔 치어에서는 *Escherichia coli*, *Vibrio sp.*, *Moraxella*, *Alteromonas*가 분리되었으나 모든 group에서 감성돔에 특이적인 질병을 일으킬만한 병원성 세균은 분리되지 않았다. 각 group별 감성돔 치어에 대한 바이러스 검사 결과, 바다목장 해역내의 자연산 감성돔 치어와 여수수산종묘시험장에서 인위 생산된 양식산 어미, 자연산 어미 유래 감성돔 치어에서 이리도바이러스와 노다바이러스의 감염은 확인되지 않았다.

자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교 결과, 자연산 및 인공산 감성돔 치어에서 병리학적 특성의 대부분 유사하였으나 자연산 감성돔 치어에서는 *Escherichia coli*가, 인공산 감성돔 치어에서는 *Pasteulla pneumo*가 특이적으로 분리되었으나 이는 방류용 종묘의 경우 사료급이에 따른 차이로 설명되어 진다(표 4-1-26).

표 4-1-26. 자연산 치어와 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성

Table 4-1-26. Pathological characteristic between juvenile of wild and cultured black sea bream

Group	Parasite	Bacteria	Virus
Juvenile of wild capture group	Not detect	<i>Pasteulla pneumo</i> , <i>Vibrio sp.</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Alteromonas</i>	Not detect
Juvenile of artificial spawner group	Not detect	<i>Escherichia coli</i> , <i>Vibrio sp.</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Alteromonas</i>	Not detect
Juvenile of wild spawner group	Not detect	<i>Escherichia coli</i> , <i>Vibrio sp.</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Alteromonas</i>	Not detect

나. 방류용 우량종묘 생산방법 연구

(1) 어미 유래별 감성돔 사육시험

(가) 채란

인공산 유래 및 자연산 유래 친어의 총 채란량, 부상란 비율, 침강란 비율, 수정률을

표 4-1-27, 4-1-28에 나타내었다. 총 채란량은 개체 크기가 크며 육상수조에서의 산란경험이 있는 인공산 친어에서는 시험기간동안 1일 270~1,800ml, 1일 평균 채란량이 965ml로 다량으로 채란이 된 반면, 자연산 친어에서는 1일 30~120ml, 1일 평균 채란량이 65ml로 인공산 친어에 비해 1/15 적은 양이 채란되었다. 본 시험에 사용한 친어 마리수는 자연산 친어(110마리)에 비해 인공산 친어(190마리)가 수적으로 많았지만 그 비율이 2배를 넘지 않았으며, 체중 또한 자연산이 254~530g, 인공산이 218~1,120g로 그 비율이 약 2배 정도인 것을 고려하면, 육상수조에 안정되게 사육 순치된 인공산 친어가 채란에는 용이하다고 생각되어졌다. 한편 총 채란량에 대한 부상란 비율, 침강란 비율 및 수정란은 인공산 친어의 것이 각각 72.9±9.3%, 27.1±9.3%, 99.0±1.8%로, 자연산 72.4±9.0%, 27.6±9.0%, 97.1±2.7%와 차이가 나지 않았다.

표 4-1-27. 인공산 어미유래 감성돔의 채란결과

Table 4-1-27. Results of egg spawning of black sea bream in artificial spawner group

Days of sampling	Total spawning eggs (ml)	Floating eggs rate(%)	Submerged eggs rate(%)	Fertilization rate(%)
5. 11	850	82.4	17.6	98.4
5. 12	1,800	77.8	22.2	94.9
5. 13	1,500	60.0	40.0	97.0
5. 14	1,050	57.1	42.9	100.0
5. 15	1,080	83.3	16.7	100.0
5. 16	1,300	69.2	30.8	100.0
5. 17	600	83.3	16.7	100.0
5. 18.	650	69.2	30.8	100.0
5. 19	550	72.7	27.3	100.0
5. 20	270	74.1	25.9	100.0
Mean	965	72.9	27.1	99.0

인공산 어미유래와 자연산 유래의 친어의 부상란의 난경은 표 4-1-29와 같이 인공산 유래 친어의 부상란 난경은 장축 0.86±0.02mm, 단축 0.85±0.02mm로 나타났으며, 자연산 유래의 친어의 부상란은 장축 0.85±0.03mm, 단축 0.83±0.03mm로 나타나 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란의 난경이 약간 크며, 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란이 자연산 친어에서 채란된 부상란 보다 원형에 가까운 것으로 나타났다.

표 4-1-28. 자연산 어미유래 감성돔의 채란 결과

Table 4-1-28. Results of egg spawning of black sea bream in wild spawner group

Days of sampling	Total eggs vol. (ml)	Floating eggs rate(%)	Submerged eggs rate(%)	Fertilization rate(%)
5. 11	30	66.7	33.3	93.0
5. 12	30	66.7	33.3	95.0
5. 13	90	77.8	22.2	95.0
5. 14	60	83.3	16.7	99.0
5. 15	120	83.3	16.7	99.0
5. 16	80	62.5	37.5	100.0
5. 17	40	75.0	25.0	100.0
5. 18.	60	66.7	33.3	100.0
5. 19	85	82.4	17.6	100.0
5. 20	50	60.0	40.0	100.0
Mean	65	72.4	27.6	98.1

표 4-1-29. 인공산 및 자연산 어미유래 감성돔의 부상란 난경 측정 결과

Table 4-1-29. Results of egg size of black sea bream in artificial and wild spawner group of eggs

Days of sampling	Eggs of artificial spawner group(mm)		Eggs of wild spawner group(mm)	
	major axis (mean±sd)	minor axis (mean±sd)	major axis (mean±sd)	minor axis (mean±sd)
5. 11	0.86±0.01	0.84±0.01	0.84±0.03	0.82±0.03
5. 14	0.87±0.03	0.86±0.02	0.85±0.02	0.84±0.01
5. 20	0.86±0.02	0.85±0.02	0.86±0.03	0.84±0.03
Mean	0.86±0.02	0.85±0.02	0.85±0.03	0.83±0.03

(나) 자치어 사육

인공산 및 자연산 어미유래의 자치어 사육기간 중 사육환경조사 결과 수온은 17.4~25.3℃, 염분농도는 23.2~30.9ppt 범위로 차이는 나타나지 않았다.

인공산 어미유래 부화자어는 전장 2.24±0.07mm, 체장 2.09±0.06mm로, 자연산 어미유래 부화자어(전장 2.18±0.08mm, 체장 2.08±0.07mm)와 크기 차이는 없었다. 부화 7일에는 인공산 어미유래가 전장 3.69±0.28mm, 체장 3.48±0.27mm로 자연산 어미유래가 전장 3.72±0.26mm, 체장 3.50±0.26mm로, 84일에는 인공산 어미유래가 전장 70.35±3.69mm, 체장 58.01±5.40mm로 자연산 어미유래가 전장 68.28±4.05mm, 체장 57.78±5.38mm로 성장의 차이는 나타나지 않았다(그림 4-1-51). 또한 시험종료 일령 84일의 생존율은 인공산 어미유래 치어가 24.5±5.3%, 자연산 어미유래 치어가 21.2±6.5%로 생존율 차이 또한 나타나지 않았다.

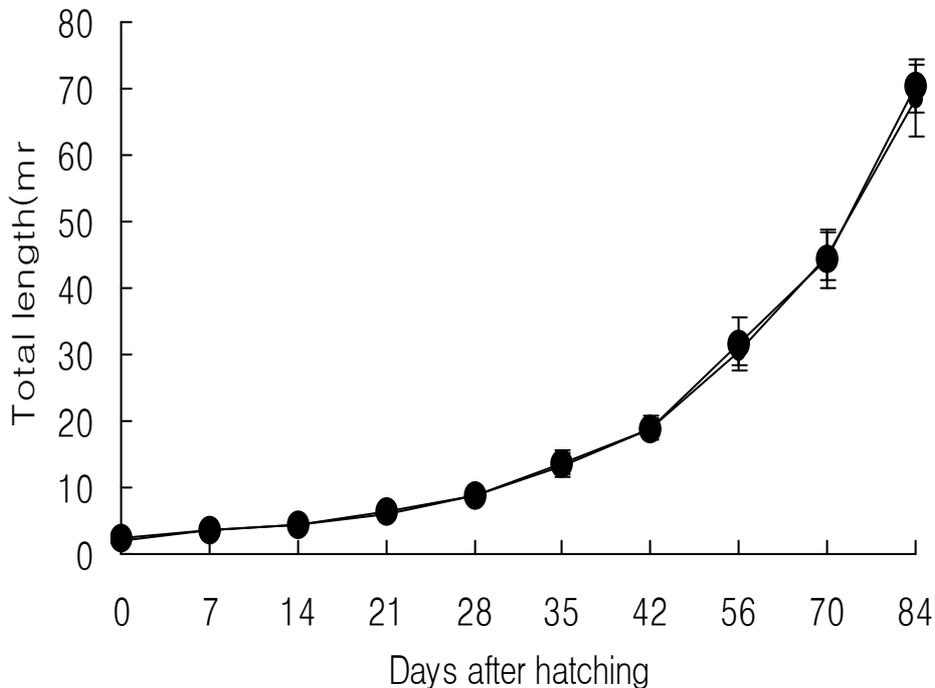


그림 4-1-51. 감성돔 치어의 성장(전장).

Fig. 4-1-51. Growth in total length of black sea bream. ▲, juvenile of artificial spawner group ; ●, juvenile of wild spawner group.

(2) 황점볼락 친어관리

(가) 친어관리

황점볼락 친어의 출산율 향상을 위한 목적으로 가두리를 임대하여 2003년 9월부터 2004년 3월까지 사육 관리한 결과는 표 4-1-30과 같다.

표 4-1-30. 황점블락 친어관리 결과

Table 4-1-30. Results of cultured spawner of *Sebastes oblongus*

Date	Division	W.T (°C)	Salinity (ppt)	Amount of food (day, g)	Dead	Survival	Body weight (g)
'03, 9	Net cage	23.5	29.7	1,500	15	185	148~826
	Tank	23.2	29.1	2,500	85	115	135~658
10	Net cage	21.8	32.0	3,500	2	183	193~795
	Tank	19.6	31.0	2,500	0	115	141~598
11	Net cage	19.5	33.3	4,000	0	183	215~889
	Tank	18.0	31.5	3,000	0	115	135~660
12	Net cage	11.8	33.6	2,800	0	183	231~945
	Tank	10.1	32.4	2,300	2	113	145~815
'04, 1	Net cage	8.9	33.9	2,400	2	181	228~819
	Tank	7.3	32.1	2,600	1	112	151~816
2	Net cage	9.2	34.0	2,200	0	181	185~715
	Tank	8.0	32.9	1,500	0	112	138~680
3	Net cage	10.3	34.1	2,100	0	181	178~735
	Tank	9.6	33.7	1,800	0	112	129~660

가두리에서 어미를 사육하는 동안의 사육환경은 수온 8.9~23.5°C, 염분 29.7~34.1ppt였다. 특히, 임대한 돌산읍 송도지선 가두리는 2002년부터 임대하여 관리하면서 관찰한 결과 여름철에 수온이 25°C 이상 상승하지 않아 고수온기에 폐사 발생률이 낮아 피해를 최소화 할 수 있었다. 또한 사면이 섬으로 둘러싸여 태풍에도 안전하고, 특히 여름철 남해안 어류양식장에 대량폐사를 유발하는 적조피해도 거의 없어 황점블락 어미를 관리하는데 적합한 장소로 판단된다. 사육기간 중 먹이공급은 모이스트펠렛을 1일 1회 오전에 공급하였으며, 공급량은 1,500~4,000g이었다. 실내수조에서는 겨울철 최저수온이 1월에 평균 7.3°C로서 가두리에 비해 다소 낮았다. 수온이 10°C로 하강하는 12월부터는 섭이량이 감소하는 경향을 보였다. 사육 중 폐사 개체는 9월중 태풍 '매미'의 영향으로 인하여 양수라인 및 사육수조의 파손으로 실내사육어에서 대량폐사가 발생하였으며, 12~1월에 출산기간 중 정상적으로 자어를 출산하지 못해 생식공의 파열과 산출 후 체력 약화로 인하여 일부 폐사가 관찰되었다. 따라서 3월말까지의 생존율은 실내수조가 47.1%, 가두리 사육어에서 90.5%였다. 체중은 실내수조와 가두리에서 12월까지의 어느 정도 증가추세를 보이지만 1월에 암컷에서 출산을 마치고 급격히 감소하는 경향을 보였다.

자연산 어미확보는 여수시 남면 화태리 연안에서 통발에 의해 어획한 후 약 2개월간 가두리에서 순치 사육한 어미 39마리를 구입하여 실내수조에 수용하였다. 크기는 전장 25.5~38.6cm, 체중 600~860g이었다.

(나) 출산량 조사

출산용 황점볼락 어미는 가두리 사육어, 실내수조 사육어 및 자연산 암컷 중에서 복부가 팽만된 것을 수조로 옮겨 2003년 12월부터 출산량을 조사하였다.

자어의 출산은 2003년 12월 9일부터 2004년 1월 29일까지 총 12마리의 가두리 사육어미에서 관찰되어 출산율은 14.1%로서 2002년도 12%에 비해 다소 높게 나타났다. 이러한 현상은 2002년도 어미의 암·수 성비는 3 : 1로서 암컷에 비해 수컷이 절대적인 수적 열세를 보였지만 2003년도에는 암·수 성비를 2 : 1로 유지함으로써 출산율이 다소 향상된 것으로 판단된다. 그렇지만 실내 사육어에 있어서는 수조의 형태와 크기를 달리하여 다양한 조건에서 사육하면서 출산율을 관찰하였으나 전혀 출산이 이루어지지 않아 어미 관리는 반드시 가두리에서 실시되어야 할 것으로 사료된다(표 4-1-31). 총 출산 자어 수는 379,000마리였으며, 어미 1마리 당 출산량은 약 31,583마리였다. 출산에 참여한 일부 어미는 미 수정된 알과 자어를 동시에 산란하는 경우도 있었다. 2002년도 황점볼락 산출현황은 산출기간은 12월 14일부터 1월 11일까지로 본 시험에 비해 산출기간이 단축되었으며, 어미 1마리 당 출산량은 약 22,000마리로서 다소 감소하였다. 결과적으로 황점볼락은 실내수조에 계속 사육한 어미에서는 정상적인 교미와 수정이 이루어지지 않는 것으로 확인되었으며, 가두리에서 관리한 어미에 있어서도 성비 불균형이 심화되어 정상적인 교미가 불가능하여 출산율의 저조를 초래하였다고 판단된다. 따라서 황점볼락의 성분화에 대한 기초적인 연구와 더불어 생식생태에 관한 조직학적인 연구가 수반되어야 할 것이다.

(다) 종묘생산 기초연구

황점볼락 자치어를 수조크기별로 소형수조(3.5톤 수조)와 대형수조(30톤)의 실험구로 구분하여 60일간 자치어의 성장과 생존율을 비교한 결과는 그림 4-1-52, 4-1-53과 같다. 사육기간 동안 수온은 12.3~13.4℃, 염분은 32.1~33.8ppt였다. 수조크기별 성장은 실험 개시시 두 실험구에서 전장이 7.2~7.3mm였는데, 일령 10일째까지 소형수조에서 8.3±0.4mm, 대형수조가 8.7±0.4mm로 큰 차이를 보이지 않았으나, 일령 20일째부터 성장차이를 보이기 시작하였다. 실험 종료시인 일령 60일째에는 소형수조에서 15.3±1.3mm였고, 대형수조에서 18.9±1.4mm로서 성장차이가 다소 증가하였다(그림 4-1-52). 생존율은 일령 10일째에 소형수조에서 75.1%, 대형수조에서 80.3%로서 약간 대형수조에서 높았으나, 점차 사육일수가 경과함에 따라 소형수조에서 대량폐사가 발생하였다. 일령 20일째 소형수조에서 생존율은 45.6%로 급격한 감소를 보였으며, 30일째에는 소형수조에서 15.3%, 대형수조에서 56.3%로서 뚜렷한 생존율의 변화를 보여주고 있다(그림 4-1-53). 이러한 결과는 황점볼락의 행동특성상 치어기에 접어들면서 성어의 특징인 수조 저면이나 어두운 곳으로 은신하는 행동 양상을 보인다. 그런데 소형수조에서는 수조의 수심이 극히 낮고, 은신할 수 있는 환경이 조성되지 않아 성장함에 따라 섭이가 부진하고, 수조에 적응하지 못하여 일

령 20일 이후부터 급격한 폐사가 발생했다. 따라서 황점볼락의 치어사육에 있어 사육수조는 30톤 이상 대형의 수조에서 수심은 1.5m이상 유지되어야 하고, 성장함에 따라 보다 강한 은신성이 나타나기 때문에 인위적으로 은신처를 제공하여 준다면 보다 안정된 사육이 가능할 것으로 판단된다.

표 4-1-31. 황점볼락 어미의 자어 출산 결과

Table 4-1-31. Birth results from matured female of *Sebastes oblongus*

Female No.	Birth date	Total length (cm)	Body weight(g)		No. of larvae	Water temperature (°C)	Remark
			Before birth	After birth			
1	2003 12. 9	31.5	775	565	31,000	11.9	Cultured fish in the net cage
2	12. 10	28.5	730	580	25,000	11.4	
3	12. 20	27.9	690	512	33,000	9.3	
4	12. 30	28.5	745	495	38,000	8.5	
5	12. 30	26.9	680	520	23,000	8.5	
6	2004 1. 1	28.8	763	525	41,000	8.2	
7	1. 1	32.6	890	678	43,000	8.2	
8	1. 15	33.5	945	736	36,000	8.0	
9	1. 18	30.5	725	620	21,000	7.9	
10	1. 20	31.7	752	504	37,000	7.8	
11	1. 22	28.7	736	526	32,000	7.4	
12	1. 29	29.7	739	612	19,000	7.4	
Mean		29.92	766.45	569.18	32,727.27	8.83	

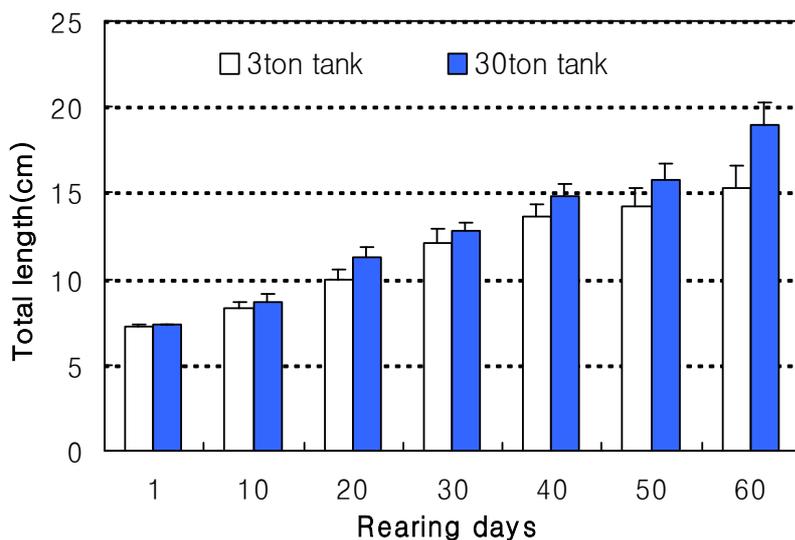


그림 4-1-52. 소형수조와 대형수조에서 황점볼락 자치어의 성장.

Fig. 4-1-52. Growth in total length of *Sebastes oblongus* larvae reared under small scale and large scale tank.

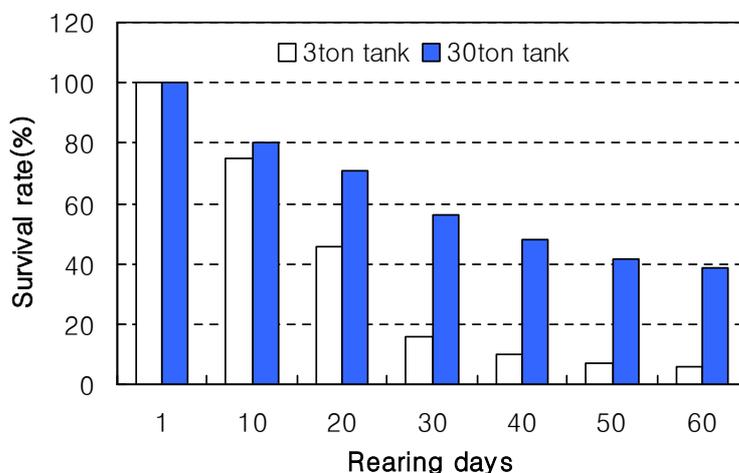


그림 4-1-53. 소형수조와 대형수조에서 황점볼락 자치어의 생존율.

Fig. 4-1-53. Survival rate of *Sebastes oblongus* larvae reared under small scale and large scale tank.

대량 종묘생산은 100일간 자치어를 사육하면서 성장과 생존율을 조사한 결과는 그림 4-1-54와 같다. 사육환경은 수온조건은 9.8~13.8℃, 염분은 32.4~33.8ppt였다. 자어는 일령 1일째부터 rotifer를 정상적으로 섭식하였으며, 일령 10일째까지 전장은 9.3±0.4mm로 성장하였으며, 생존율은 81.6%로서 비정상적인 출산으로 인하여 일부 기형어가 출현하여 폐사 개체수가 증가하였다. 일령 40일째에 전장은 14.2±0.7mm로 증가하였으며, 생존율은 42.3%로 급격하게 감소되는 경향을 보였으나, 점차 생물먹이인 rotifer의 의존 비율이 낮아지고 대부분 배합사료로 먹이전환이 완료되면서 대량 폐사는 발생하지 않았다. 특히, 황점볼락의 종묘생산에 있어 초기 폐사는 생물먹이 공급단계인 30일 전후에서 거의 50% 이상 발생하는 점으로 미루어 보아 rotifer와 *Artemia*의 영양결핍에서 기인한 것으로 판단된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 황점볼락 자치어의 영양요구량을 충족시킬 수 있도록 먹이생물에 대한 충분한 영양강화가 필요할 것으로 사료된다. 실험 종료시에는 전장이 33.1±3.3mm였고, 생존율은 30.8%로서 비교적 높게 나타났다. 황점볼락은 겨울철 저수온기에 자어를 산출하기 때문에 사육 적정수온의 파악은 자·치어의 성장 및 생존율 향상을 위해 중요하다. 한편, 황점볼락 자·치어 사육에서 가온하지 않고 자연해수(수온 7.6~11.8℃)를 유수시켜 사육한 결과 40일째 전장 11.58±0.94mm였으며, 생존율은 6.3%로 극히 저조하였으나, 수온을 11.8~15.6℃로 가온하여 사육한 결과 성장과 생존율은 각각 23.28±1.33mm, 43.5%로 나타나 가온해수로 사육한 결과가 훨씬 효과적이라는 사실을 알 수 있었다(김, 1994). 따라서 황점볼락의 종묘생산의 성패를 좌우하는 요인은 먹이생물의 영양강화와 적당한 수온조건의 유지가 중요하다고 판단되어 수온 등 다양한 사육조건에 관한 구체적인 연구가 추진되어야 할 것이다.

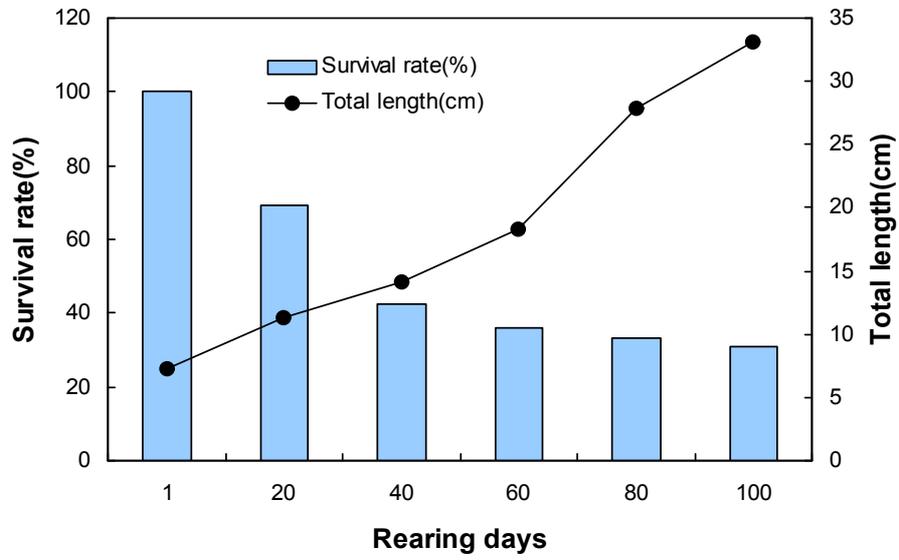


그림 4-1-54. 대량 종묘생산에서 황점볼락 자치어의 성장과 생존.

Fig. 4-1-54. Total length and survival of *Sebastes oblongus* larvae during the mass seed production trial.

제 2 절 중간육성기술

1. 서론

중간육성은 인공적으로 생산된 어류종묘를 자연 상태에 방류하였을 경우 생존율과 성장률을 향상시켜줌과 아울러 어획률을 향상시켜주기 위하여 실시되는 육성과정이다. 인공적으로 생산된 종묘는 태어나서부터 인위적으로 조성된 환경과 먹이에 길들여져 있다. 어류양식의 경우 가두리에 어류를 수용하여 인위적 먹이를 공급하여 어류를 성장시키는 것이기 때문에 인공산 어류종묘를 배양장에서 해상가두리에 직접 수용하여 양식하여도 큰 문제가 없다.

그러나 인공산 어류종묘를 자연 상태에 직접 방류할 경우, 급변한 환경과 색이능력 부족 즉, 방류된 어류종묘가 유일하게 섭이할 수 있는 동물플랑크톤 및 유영성 소형 갑각류를 탐색하고 섭이할 수 있는 능력이 없다. 이에 더하여 포식자로부터 도피할 수 있는 능력도 갖추지 못하고 있기 때문에 사망률이 높아진다. 따라서, 자원첨가 효율을 향상시키기 위해서는 어류종묘의 방류 이전에 일련의 훈련과정을 거쳐 어류종묘의 크기, 건강도, 색이능력 등 자연 상태에서 생존에 필수적인 기능을 배양해 주어야 한다. 다시 하면, 중간육성은 인공산 어류종묘를 자원첨가용 방류에 적합한 종묘로 육성하는 과정이라 할 수 있다.

종묘생산업자의 관점에서 보면, 고밀도 집약적으로 생산한 종묘는 성장함에 따라 한정된 시설에서는 모두 수용할 수 없게 되므로 별도의 시설로 종묘를 분산하여 생산단가를 절감할 수 있는 간편하고 집약적인 중간육성 시설을 선호한다. 한편, 방류를 실시하는 주체에서 보면, 방류 후의 생산율을 높이기 위해 섭이 및 도피능력의 향상, 천연환경에의 순화 등을 기대할 수 있는 대규모 시설에서 조방적 중간육성을 요구한다. 따라서, 중간육성기술 개발에서는 이처럼 모순되는 요구를 함께 충족시킬 수 있는 방향으로 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

바다목장 사업의 일환으로 방류되는 자원첨가용 어류종묘의 중간육성은 육상수조에서의 중간육성과 해상 가두리에서의 중간육성 부분으로 나눌 수 있다. 육상수조에서의 중간육성은 종묘의 건강성 유지, 고른 성장 유도, 우수 혈통 종묘 확보 등 종묘의 품질을 높이기 위한 것이며, 해상 중간육성은 방류 직전의 우량종묘에 자연에서 생존할 수 있는 능력을 주입하는 것이다. 또한 방류에 의한 자원첨가는 어장조성, 자원관리, 환경관리 등 바다목장의 제반 관건 내용과 조화를 이루어야 한다.

자원 증대사업으로 추진하고 있는 종묘방류사업의 보다 효율적인 추진을 위하여 중간육성의 필요성이 인정되어 왔고 통영 바다목장 사업에서는 야간 점등을 이용한 중간육성으로 큰 효과를 얻고 있다. 따라서 감성돔을 첫 대상으로 시도하는 전남 다도해형 바다목

장사업에서도 야간 점등을 이용한 중간육성기술을 개발하는데 주력하였다.

전남 다도해형 바다목장의 주 대상종은 감성돔이다. 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)은 도미과에 속하는 연안성 어류로서 우리나라 서·남해, 일본 홋카이도 이남, 황해, 동중국해에 분포하고, 수심 50m 이내인 바닥에 해조류가 있는 모래질이나 암초지대에 주로 서식하며, 계절에 따라 회유하지만 이동범위는 그다지 크지 않다. 이 종은 웅성선숙어로 4~5년생부터 암·수로 분리되며 5~6월에 산란하는 어종이다. 맛이 좋아 횃감, 구이 등 명절 제수용품으로 널리 이용되며 낚시동호인들에게 최고로 인기 있는 어류이나, 자원이 날로 고갈되고 있어 자원첨가의 주 대상어종으로 선정되었다.

아직까지 대량 종묘생산에는 이르지 못하였으나, 최근 여수 연안을 중심으로 종묘생산 기술이 많이 향상되고 있으며, 인공종묘를 이용하는 가두리 양식장이 증가 일로에 있다.

2. 재료 및 방법

가. 육상 중간육성

시험어는 2003년 여수대학교 수산증양식 연구센터에서 생산된 감성돔 치어(체장 5.2 ± 0.5 cm, 체중 2.0 ± 0.2 g)를 사용하였으며, 2003년 8월 1일부터 2003년 9월 23일까지 53일간 중간육성하였다. 시험수조는 감성돔 종묘생산에 이용되었던 사각수조($6 \times 6 \times 0.8$ m, 10회전/1일, 30톤) 15개를 사용하였다.

시험어는 수조 당 3만 미씩을 수용하여 여과해수를 주수하여 유수식으로 사육하였으며, 먹이공급은 시판용 dry pellet(protein함량 40%)를 1일 2회 포식량의 80%를 기준으로 공급하였고, 성장도 조사는 10일 간격으로 전장과 체중을 측정하였다.

나. 해상 중간육성

(1) 해상가두리

전남 여수시 돌산 횡간도 서쪽 두라리와 소두라리 사이에 설치된 전남 다도해형 바다목장 시설을 이용하였다.

실험용 가두리 크기는 6×12 m로, 가두리 4칸을 사용하였으며 가두리 한 칸 당 감성돔 치어 1만 7천 마리씩 9월 25일 수용하였다.

(2) 해양환경조사

조사해역의 해황을 파악하기 위하여 각 조사시기별 CTD를 이용하여 표층과 저층의 수온과 염분, DO를 측정하였다. 영양염류는 표층과 저층의 해수를 현장에서 500ml의 폴리에틸렌 표본병에 넣어 실험실로 운반 후 측정하였다.

(3) 가두리 내의 먹이생물(점등효과)

야간 점등에 의한 동물플랑크톤 운집효과 판정을 위하여 점등구와 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상을 조사하였다. 점등구는 500W 메탈할라이드전구를 수면에서 약 0.5m 높이로 중간육성 가두리에 설치하여 일몰부터 일출까지 점등하였으며, 비점등구는 중간육성 가두리에 인접한 해역으로 인위적인 조명효과가 없는 곳을 택하였다.

동물플랑크톤 조사는 2003년 11월부터 2004년 3월까지 월별로 18:00시부터 3시간 간격으로 익일 06:00까지 실시하였다. 동물플랑크톤 시료는 Kitahara 플랑크톤망(구경 30cm, 망목 330 μ m)를 사용하여 저층에서 표층까지 균등하게 예망하여 채집하였으며, 동물플랑크톤의 불균등 분포에 의한 오차를 줄이기 위하여 정점별 3~5회 반복 실시하였다. 채집된 시료는 현장에서 500ml 폴리에틸렌 병에 넣고 4% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다(UNESCO, 1976). 여과수량은 망구에 설치한 flowmeter(Hydro-bios, Model 438-110)의 회전수를 기준으로 정량화하였다.

정량분석은 folsom 타입의 분할기구로 균등하게 분할한 시료 가운데 일정량(1/8~1/2)을 bogorove 계수판에 넣고 해부현미경(Olympus, SZ 40)에서 각 동물군에 따라 계수하였다. 이를 5회 이상 반복하여 단위체적당의 개체수(ind./m³)로 환산하였다. 정성분석은 시료를 동물군에 따라 분리하고 각 동물군은 속 또는 종까지 동정하였다.

(4) 위 내용물 분석

위 내용물 분석을 위한 공시어류는 약 10g 급 중간육성용 인공산 감성돔 치어를 사용하였다. 공시어는 4×2×2m 크기의 실험용 가두리에 10,000마리를 수용하였으며, 매일 20마리를 무작위 채집하여 위 내용물을 조사하였다. 실험의 목적에 따라 인위적인 굶이는 중지하였으며, 야간점등으로 운집된 동물플랑크톤이 유일한 먹이원이었다.

채집된 어류는 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서 전장과 전중을 측정 후 위를 분리 절개하여 위 내용물을 채취하여 해부현미경 아래에서 분리 및 동정하였다. 위 내용물 중 우점종은 가중한 한 종 수준까지 동정하였으며, 그 외의 먹이생물은 과 혹은 목 단위까지 분류하였다.

먹이의 내용물에 대한 선택성 즉 출현 빈도를 수치적으로 평가하기 위하여 먹이생물의 출현빈도(%)는 아래와 같이 분석하였다.

- 출현빈도(Frequency of occurrence, %)

$$N_i/N_t \times 100$$

N_i : 특정 먹이생물을 섭이한 개체

N_t : 총 먹이생물 조사 개체

3. 결과 및 고찰

가. 육상 중간육성

사육실험기간동안의 사육수온이 최저 24℃에서 최고 26℃였으며, pH는 최저 8.01에서 최고 8.18, DO는 최저 7.2에서 최고 7.8로 사육 기간 중의 환경요인의 변화는 크지 않았다.

9월중에 태풍 매미의 영향으로 담수의 유입으로 인한 pH나 DO의 감소는 액화산소 등의 공급으로 일정하게 유지시키면서 사육하였다.

감성돔 치어의 성장은 사육실험시의 체장 5.2±0.5cm, 체중 2.0±0.2g에서 종료 시 전장 9.5±0.8cm, 체중 10.5±0.6g로 53일간의 사육에 전장 4.8±0.8cm, 체중 8.6±0.5g으로 성장하였으며, 사육기간 중에 9월중에 성장이 다른 기간에 다소 낮은 것은 태풍 매미의 영향으로 환경상태가 좋지 않았던 영향으로 사료된다(그림 4-2-1).

자원조성을 위해서는 대량의 종묘를 생산하여 방류하는 것이 필요한 만큼, 방류후의 높은 재포율이 요구된다. 이 때문에 생산한 치어를 더욱 생육시켜 방류효과가 높아지는 크기까지 육성하는 것이 필요하며 이것을 중간육성이라 한다. 중간육성 개시시의 종묘 크기는 장소 및 육성방법에 따라 다르며 일정하지 않다. 중간육성에는 대형 사육수조 외에 그물활어조, 그물칸막이, 수하식 바구니 등이 사용되는데 전복, 보리새우, 꽃게 등에서는 유치자어를 보호 육성시설에 방류하여 자연수역에의 방류에 적합한 크기까지 보호하는 방법도 이용되고 있다.

실제 방류크기는 생물의 생태 및 방류 장소의 자연환경에 따라 다르지만 지금까지의 경험 및 방류 실험을 통하여 일정한 표준치를 얻었다. 예를 들면 전복에서는 3~4cm, 참돔이나 넙치와 같이 방류사이즈가 해가 갈수록 대형화되고 있는 것도 있다. 그러나 방류 크기 결정에는 방류종묘의 자연 수역에서의 생산율과 방류종묘의 생산능력을 고려할 필요가 있다. 즉 대형 종묘일수록 생산율이 높은 경향을 볼 수 있으나 대형크기로 육성하기 위해서는 중간육성 단계에서의 비용 및 노력도 많이 들기 때문에 대량으로 종묘를 생산하는 것이 어려워진다. 중간육성과 방류를 효율적으로 실시하기 위해서는 방류효과를 충분히 기대할 수 있는 최소의 크기를 확인하는 것이 필요하다. 또한, 방류종묘에는 크기 뿐만 아니라, 예를 들면 자연환경에서의 적응능력 질적인 조건을 갖추고 있을 것이 요구된다. 인위적인 환경에서 기른 종묘는 자연환경에서의 포식행동 및 도피행동의 둔함 등 환경에의 적응력 저하가 원인으로 초기에 감도가 크다는 것이 밝혀져 있다. 방류해역에 위망을 설치하여 그 안에서 1주일 정도가 단기간 순치하는 것만으로 재포율이 2.5배가 된 도토리현 수산시험장의 결과는 금후 방류의 방향을 시사하는 것으로서 흥미를 끌고 있다. 중간육성의 한 방법으로서 종묘의 대형화는 육상수조에서 행하고, 질 향상을 목적으로 자연에 가까운 환경 아래에서 단기간 순치 하는 방식이 각지에서 점차 실시되고 있으며, 그 성과가 주목된다. 이 밖에 주의가 필요한 것으로서 방류시기가 있다. 일본에서의 연어방

류사업은 100년 이상의 역사를 갖지만 성어가 회귀하여 이들의 어획량이 급속히 증가한 것은 1970년대로서 비교적 최근의 일이며, 이는 방류용 연어의 크기가 대형화한 사유도 있지만, 연어의 방류시기 조절에 따른 현상으로 판명되고 있다. 즉, 대형 연어의 방류를 위하여 1개월 이상에 걸친 육상사육 기간만큼 방류시기가 늦어짐으로써 연안지역의 수온 상승 및 먹이생물의 조건이 방류된 연어 치어의 생산에 좋은 영향을 미쳤다고 판단되고 있다. 참돔의 경우 인공채란시기에 따라 종묘생산이 지연될 경우, 참돔 치어가 방류크기에 달하는 시기가 되면 수온이 상승하여 해조류들이 줄어들고, *Zostera* 등도 고갈된다. 이는 방류어의 천연산 먹이생물이 줄어드는 것을 의미할 뿐만 아니라 방류어가 포식자의 공격으로부터 자신을 방어하고 은신할 장소가 감소하는 것을 의미한다. 따라서, 방류어의 생존율을 향상시키기 위해서는 가능하다면 자연 생태계의 여건 변화를 감안하여 방류시기를 조정하는 것이 바람직하다.

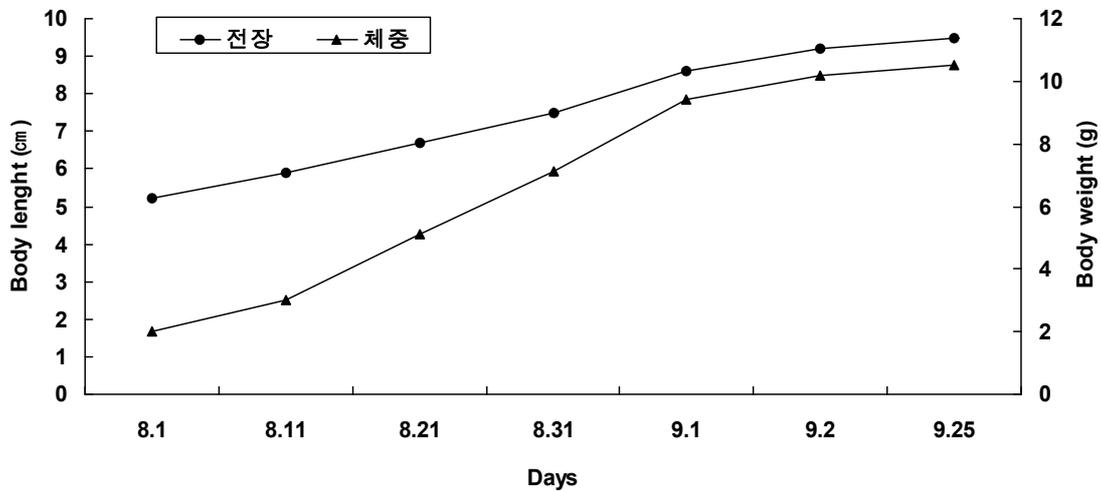


그림 4-2-1. 감성돔 중간육성의 성장도.

Fig. 4-2-1. A rate of growth of *Acanthopagrus schlegeli* under nursing condition.

나. 해상 중간육성

(1) 해양환경

바다목장 해역에서 조사기간 동안 CTD를 이용하여 관측된 수온은 17.4~21.8℃의 범위로 비교적 일정한 범위를 나타내었으며, 예년에 비해 다소 낮은 값을 나타내었다. 염분은 31.4~31.8psu.의 범위로 수온과 달리 예년과 유사한 양상을 나타내었다. 현재 가두리가 위치한 횡간도 서쪽 두라리와 소두라리 사이는 비교적 수심이 깊고, 조류소통이 원활하여 기초생산력이 높아, 어류(감성돔)의 먹이가 되는 동물성플랑크톤의 종조성과 양이 풍부한 해역이다.

(2) 가두리 내의 먹이생물 조성(점등효과)

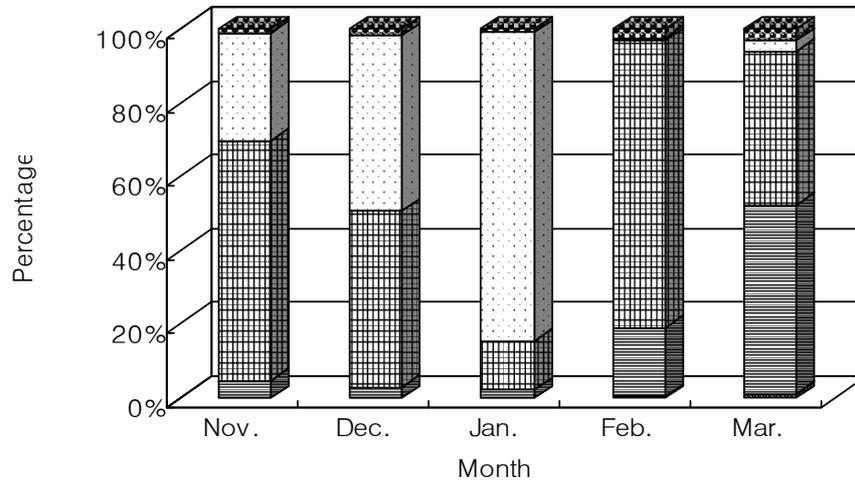
중간육성 가두리 설치해역에 9월 과 10월에 출현하는 동물플랑크톤 중 방류용 감성돔 종묘의 먹이생물로 유효한 종은 단각류에 속하는 *Paracalanus parvus*, *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Acartia pacifica* 그리고 화살벌레의 일종인 *Sagitta crassa*, *S. enflata*의 6종이었다. 점등 실험이 시작된 11월에 들어서도, 이들 먹이생물이 꾸준히 출현하였다.

점등구와 비점등구의 일반적 동물플랑크톤 출현양상을 보면, 두 지역 모두 요각류가 우점으로 나타났으며, 그 다음은 기타 해양생물의 유생들이었다. 요각류는 전기간 40% 이상의 조성비를 나타내었는데, 점등구에서의 비점등구에 비하여 10% 정도 높았다(그림 4-2-2). 한편, 기타 해양생물의 유생은 11월과 12월에는 비점등구의 조성이 높았지만, 1월에는 비점등구에서 40% 내외를 나타낸 반면 점등구에서는 85% 이상으로 명확한 주광성 반응을 확인 할 수 있었다.

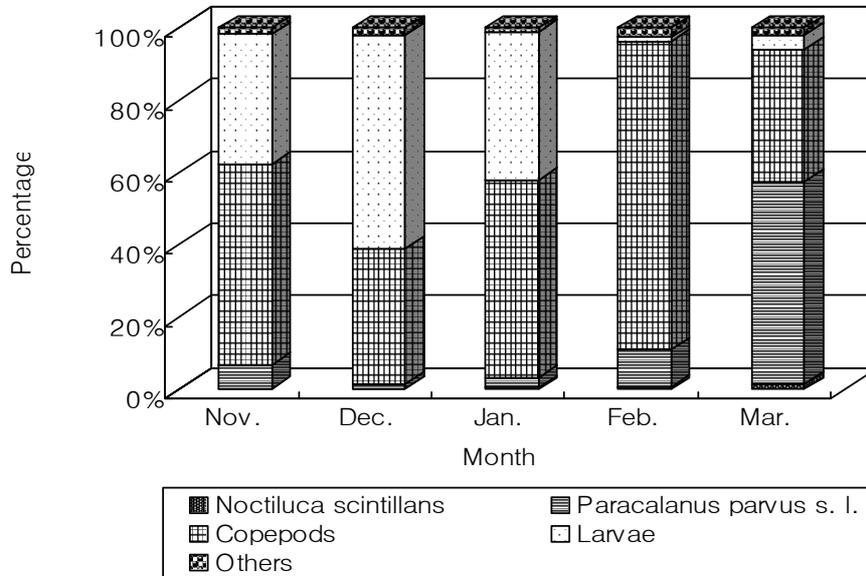
월별 동물플랑크톤의 출현양상을 보면 11월에는 유생 및 미동정 분류군 15종을 포함하여 29종이 출현하였다. *Paracalanus parvus* s. l., *Oithona* sp., Harpacticoids, Copepodites 등이 우점으로 출현하였다. 동물플랑크톤의 출현양상은 명확한 일주기성을 보여주고 있었다. 점등 후 3시간부터 비점등구에 비해 점등구에서 많은 양의 플랑크톤이 운집되었으며, 점등 후 6시간이 경과한 24:00 경에는 비점등구의 3,235개체수/m³에 비하여 2.7배나 많은 8,784개체수/m³의 동물플랑크톤이 운집하였다(표 4-2-1). 12월에는 유생 및 미동정 분류군 18종을 포함하여 31종이 출현하였으며(표 4-2-2), 유생 및 미동정 분류군 22종을 포함하여 36종이 출현하여(표 4-2-3) 점차 유생의 출현율이 증가하였다. 우점종은 11월과 유사하여 *Paracalanus parvus* s. l.를 비롯한 *Oithona* sp. Harpacticoids, Copepod nauplii, Copepodites등이 많이 출현하였으나, 출현량은 점등구와 비점등구가 비슷한 수준으로 뚜렷한 점등 효과를 검증하기 어려웠다. 2월에 들어 유생 및 미동정 분류군 23종을 포함하여 36종이 출현하였으며, *Paracalanus parvus* s. l., *Oithona* sp., Harpacticoids, Copepod nauplii, Copepodites를 비롯하여, *Acartia omorii*, *Centropages abdominalis*, *Calanus sinicus*등도 고르게 출현하였다(표 4-2-4). 2월에는 가시적인 점등효과가 관찰되었으며, 3월에 들어 점등효과가 뚜렷하게 나타나기 시작하였다(표 4-2-5).

본 조사기간 동안 출현한 이매패류 유생은 점등효과 관정에 많은 영향을 주었다. 특히, 12월과 1월에 다량으로 출현한 이매패류 유생은 비주광성으로 비점등구에 더 많이 출현하였다. 또한, 우리나라 남해에 연중 분포하는 비주광성인 야광충(*Noctiluca scintillans*)이 많이 출현하였다. 그러나, 먹이생물로 중요한 요각류 및 기타 소형갑각류 및 갑각류 유생은 모두 주광성을 나타내어 점등효과가 입증되었다.

양식용 종묘와 방류용 종묘는 요구되는 특성이 다르다. 양식용 종묘는 빠른 성장을 위하여 높은 비만도와 낮은 도피성으로 에너지 소비량이 적어야 한다. 그러나 방류용 종묘는 비만도가 낮아 기아에 잘 견딜수 있어야 하며, 도피성이 커 해적생물에 잘 피식되지



Artificially illuminated conditions(night)



Non-illuminated condition(night)

그림 4-2-2. 점등 및 비점등구의 월별 동물플랑크톤 조성비(2003. 11~2004. 3).

Fig. 4-2-2. Comparison of zooplankton composition between illuminated and non-illuminated condition (2003. 11~2004. 3).

표 4-2-1. 접등 및 비접등구의 동물플랑크톤 출현양상(2003. 11)

Table 4-2-1. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2003. 11)

Taxon	Time	18:00	21:00		24:00		03:00		06:00
	Sun set	C	L	C	L	C	L	Sun rise	
<i>Noctiluca scintillans</i>		3	0	0	14	0	4	0	0
unidentified		3	3	6	3	15	17	0	0
Siphonophorids									
unidentified		3	0	0	0	0	0	4	0
Trachymedusae sp.									
<i>Acartia pacifica</i>		0	1	0	3	0	0	0	0
<i>Calanus sinicus</i>		2	1	3	7	0	0	0	0
<i>Calanopia thompsoni</i>		0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudodiaptomu marinus</i>		0	1	6	7	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.		35	49	320	175	404	352	407	19
<i>Hemicyclops japonicus</i>		0	1	6	7	15	8	4	0
<i>Oithona</i> sp.		0	89	249	147	343	117	264	149
<i>Coeyceaus affinis</i>		2	15	75	21	38	96	34	19
unidentified									
Harpacticoids		0	164	87	377	1708	1292	1346	833
Copepod nauplii		3	32	727	116	214	109	71	609
Copepodites		5	695	1811	1277	4453	767	3284	820
unidentified Amphipods		2	1	6	3	0	8	4	0
<i>Sagitta crassa</i>		5	68	12	21	153	13	21	12
<i>Sagitta enflata</i>		3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oikopleura dioica</i>		2	3	0	7	23	8	4	12
Decapod larvae		2	0	0	0	0	0	0	0
Euphausiid larvae		2	7	28	21	23	25	8	0
Shrimps		3	0	0	0	0	0	0	0
Polycheate larvae		14	31	40	45	137	55	25	6
Bivalve larvae		22	1061	4129	815	1022	1086	331	149
Gastropod larvae		0	4	87	10	31	38	96	0
Crippled larvae		0	35	276	147	175	105	159	19
Ostracoda		0	3	12	0	15	4	0	0
<i>Ophiopleuteus</i> larvae		3	0	0	14	15	4	8	12
<i>Penilla avirostris</i>		0	1	0	0	0	0	0	0
Fish eggs		0	1	0	0	0	0	4	0
Total indiv./m ³		112	2297	7881	3235	8784	4,108	6,070	2659

C : Non-illuminated, L : illuminated

표 4-2-2. 점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2003. 12)

Table 4-2-2. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2003. 12)

Taxon	Time	18:00	21:00		24:00		03:00		06:00
	Sun set	C	L	C	L	C	L	Sun rise	
<i>Noctiluca scmtillms</i>		0	0	0	0	0	82	0	0
unidentfited		0	0	0	0	0	13	0	0
Siphonophorids									
<i>Acartia omorri</i>		0	0	0	0	0	0	0	25
<i>Acartia pacifica</i>		0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Calanus simicus</i>		25	16	62	62	46	38	0	42
<i>Calanopia thompsoni</i>		0	0	0	14	0	6	0	0
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.		73	244	298	438	702	285	494	344
<i>Pseudodiaptonus marinus</i>		0	16	0	21	0	0	0	17
<i>Hemicyalops japonicus</i>		6	0	0	7	46	13	0	8
<i>Oithona</i> sp.		1105	1337	1665	2044	2636	117	1481	738
<i>Corycaeus affinis</i>		76	70	50	48	61	57	17	34
unidentified									
Harpacticoids		1253	844	1218	1281	1705	201	937	805
Copepod nauplii		551	2614	2995	2059	2643	722	319	1199
Copepodite		1573	2920	4308	4514	7936	2887	1032	3011
<i>Sagitta crassa</i>		9	38	62	21	137	89	17	25
<i>Sagitta anflata</i>		0	0	0	48	0	0	0	0
Decapod larvae		0	0	0	21	0	13	0	0
Crippped larvae		13	0	0	96	46	19	8	17
Euphansiid larvae		0	0	0	21	31	0	0	0
<i>Ophiopleuteus</i> larvae		13	16	25	48	61	32	17	0
unidentified Amphipods		6	0	12	1089	366	228	25	34
<i>Oikopleura dioica</i>		9	11	37	34	46	25	8	25
Polyoheate larvae		16	38	99	0	61	19	17	17
Bivalve larvae		11027	15417	7418	25910	11545	6248	1199	285
Shrimps		0	0	0	0	0	0	0	17
Ostracoids		9	11	0	21	31	32	0	0
Gastropod larvae		0	0	0	0	0	82	0	17
<i>Penilla avirostris</i>		0	0	0	0	3	0	0	0
Nematods		0	5	0	0	0	0	0	0
Cumacea		0	0	0	7	0	0	0	0
Fish egg and larvae		0	0	0	0	2	0	0	0
Total indiv./m ³		15766	23,597	18,249	37,804	28,104	11,208	5,571	6,663

C : Non-illuminated, L : illuminated

표 4-2-3. 점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 1)

Table 4-2-3. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 1)

Taxon	Time	18:00	21:00		24:00		03:00		06:00
		Sun set	C	L	C	L	C	L	Sun rise
<i>Noctiluca scmtillms</i>		9	27	50	14	107	19	17	42
undentified Siphonophorids		6	0	0	0	0	0	0	0
undentified Trychymedusae sp.		0	0	0	0	0	13	0	0
<i>Acartia omorii</i>		13	38	75	41	76	63	176	101
<i>Acartia pacifica</i>		3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>		9	22	12	21	0	13	0	8
<i>Tortanus forcipatus</i>		6	0	12	14	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1		38	249	559	520	808	117	437	344
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		0	16	0	21	0	0	8	0
<i>Centropages abdominalis</i>		9	22	12	21	0	13	0	8
<i>Labidocera rotunda</i>		0	0	0	0	0	0	8	0
<i>Morminilla</i> sp.		0	5	0	0	0	0	8	0
<i>Corycaeus affins</i>		3	60	298	41	76	146	67	25
<i>Oithona</i> sp.		6	0	0	7	0	13	0	8
undentified Harpacticoids		3	0	0	0	0	0	8	0
Copepod nauplii		6	130	2908	233	427	165	143	822
Copepodite		9	2781	7245	2554	8906	1158	6568	1107
<i>Sagitta crassa</i>		0	0	0	14	15	0	34	25
Ostracoids		0	0	0	7	0	0	0	34
undentified Amphipods		0	5	0	0	0	6	0	0
undentified Isopods		9	11	25	27	31	32	8	17
Decapod zoea and mysids		9	11	12	7	0	0	0	0
<i>Oikoplura dolica</i>		0	0	0	7	0	0	0	34
<i>Poclon polyphemoides</i>		6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penilia avirostris</i>		0	11	12	14	0	0	0	17
Cirriped nauplii and cyprii		9	11	25	27	31	32	8	17
Decapod zoea and mysids		0	0	0	0	0	0	8	0
Gastropod larvae		0	0	0	0	0	0	0	109
Bivalve larvae		11027	15417	7418	25910	11545	6248	1199	285
Polycheat larvae		9	0	12	0	0	0	0	0
Euphausiid larvae		0	5	0	0	0	0	0	0
Mysids		60	11	62	0	61	114	117	42
<i>Ophiopluteus</i> larvae		0	0	0	7	0	0	0	0
Nematods		0	5	0	0	0	6	0	0
Cumacea		0	0	0	0	0	0	25	17
Fish eggs and larvae		16	81	37	62	107	63	34	25
Total indiv./m ³		11271	18918	18776	29566	22189	8,158	8,839	3087

C : Non-illuminated, L : illuminated

표 4-2-4. 점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 2)

Table 4-2-4. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 2)

Taxon	Time	18:00	21:00		24:00		03:00		06:00
	Sun set	C	L	C	L	C	L	Sun rise	
<i>Noctiluca scintillans</i>		86	221	424	198	6	14	43	26
undentified Siphonophorids		90	0	0	63	60	35	53	36
unidentified Trychomedusae sp.		30	156	156	42	120	17	35	0
<i>Acartia omorii</i>		225	1326	2237	606	1023	832	1007	2110
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1		1396	4836	12639	1631	1625	2131	4485	6365
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		0	39	156	42	0	0	0	0
<i>Centropages abdominalis</i>		30	1248	1456	439	963	230	988	822
<i>Calanus sinicus</i>		210	468	1092	167	391	159	295	465
<i>C. pacificus</i>		0	0	0	0	60	69	159	250
<i>Euchaeta rimana</i>		45	39	0	0	0	35	18	107
<i>Eurytemora affinis</i>		0	0	104	0	0	0	0	0
<i>Corycaeus affins</i>		150	702	208	105	211	69	106	322
<i>Oithona</i> sp.		931	1911	1196	572	627	416	300	751
undentified Harpacticoids		15	0	0	0	60	52	35	36
Copepod nauplii		30	22774	20025	2990	1746	4055	3408	4827
Copepodite		901	14000	14927	4140	3950	2755	4485	12659
<i>Sagitta crassa</i>		45	39	104	63	120	52	35	72
<i>Sagitta enflata</i>		30	39	0	0	30	0	0	0
undentified Ostracoid sp.		45	156	104	125	150	35	71	72
undentified Amphipod sp.		0	0	0	21	0	0	35	36
Decapod zoea and mysids		15	117	0	146	120	52	88	107
<i>Oikoplura dolica</i>		0	195	364	272	331	121	300	465
<i>Podon polyphemoides</i>		30	117	52	0	0	0	0	0
<i>Penilia avirostris</i>		45	156	260	146	60	35	0	0
Cirriped nauplii and cyprii		120	156	0	0	0	0	0	0
Gastropod larvae		0	0	0	125	60	87	53	0
Polycheat larvae		30	156	156	42	30	69	35	36
Euphausiid larvae		0	0	0	0	0	52	71	72
Fish eggs and larvae		0	195	104	63	0	0	18	72
Total indiv./m ³		4500	49045	55765	11,935	11,743	11,372	16,105	29706

C : Non-illuminated, L : illuminated

표 4-2-5. 점등 및 비점등구의 동물플랑크톤 출현양상(2004. 3)

Table 4-2-5. Occurrence of zooplanktons depend on illumination conditions (2004. 3)

Taxon	Time	21:00		24:00		03:00		06:00
	18:00 Sun set	C	L	C	L	C	L	Sun rise
Noctiluca scintillans	1054	437	546	775	122	26	119	205
unidentified Siphonophorids	132	164	819	97	122	26	26	34
unidentified Trachymedusae sp.	0	27	34	194	0	0	0	0
<i>Acartia omorii</i>	1494	375	655	976	1356	213	626	298
<i>Centropages abdominalis</i>	44	491	34	145	61	52	34	111
<i>Corycaeus affinis</i>	44	27	0	48	0	78	0	51
<i>Labidocera rotunda</i>	0	0	0	48	0	0	17	26
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	11116	8322	20027	20633	20253	3583	5113	4911
<i>Calanus sinicus</i>	7293	5048	6057	12200	13852	3444	3982	7640
<i>Euchaeta rimana</i>	264	109	273	0	366	52	119	111
unidentified Harpacticoids	0	27	136	0	97	0	34	51
<i>Oithona</i> sp.	615	1637	273	678	976	365	1236	836
<i>Sagitta crassa</i>	66	55	68	48	244	52	60	43
Ostracod sp.	44	82	648	484	183	52	102	128
unidentified Amphipods	33	89	60	157	168	137	145	51
unidentified Mysiids	0	0	34	0	0	0	26	0
Decapod larvae	132	55	34	484	61	52	43	196
Cirriped larvae	22	55	0	0	0	0	0	0
Bivalve larvae	0	164	0	48	0	0	119	452
Polychaet larvae	66	27	68	0	0	0	0	0
Euphausia larvae	110	109	171	1259	854	365	367	196
<i>Oikopleura dolica</i>	110	109	102	145	244	104	119	179
Ophiopluteus larvae	0	0	68	0	0	0	0	0
Cumacean	0	55	0	0	0	0	0	0
Gastropod larvae	88	573	34	0	0	0	0	0
<i>Euphausia pacifica</i>	0	409	0	0	0	0	26	9
Fish larvae	0	55	102	0	61	0	0	0
Total indiv./m ³	22725	18,446	30,141	38419	38,959	8,601	12313	15527

C : Non-illuminated, L : illuminated

않고 환경에 대한 내구성이 커야 한다. 그러므로 이러한 특성을 지닌 건강종묘를 방류하여야 자원조성 효과를 증대시킬 수 있다. 즉, 자연산 먹이생물의 능동적 섭이가 가능한 인공종묘를 생산하여 방류하는 것이 필요하며, 여기에 중간육성의 주안점을 두어야 한다. 동물성플랑크톤의 행동 및 이동은 다른 요인에 비해 빛에 대한 반응이 많이 거론되어 왔는데(Ringelberg, 1995; Forward, 1988), 이는 그 만큼 빛이 중요성을 내포하고 있는 것이라 볼 수 있다. 배 위나 수중에서 불을 밝히면 그 빛이 수중으로 투과되어 2차 생산자인 동물성플랑크톤이나 어류의 시각을 자극하므로, 주광성의 개체들은 불빛 가까이로 모이게 되고 비주광성의 개체들은 불빛에서 멀어지게 된다. 주광성 동물플랑크톤의 특성을 이용한 야간점등은 방류용 종묘를 자연상태에 가까운 조건에서 중간육성할 수 있는 최적 방법으로 이미 통영해역의 바다목장화 개발연구(한국해양연구원 2003)에서 필요성이 인정되었으며, 전남 다도해형 바다목장에서도 효과적으로 사용할 수 있으리라 생각된다.

(3) 해상 중간육성

감성돔 치어의 해상 중간육성 성장 결과를 그림 4-2-3에 나타내었다. 2003년 10월 평균 무게 13.3g의 감성돔 치어를 수용하여 야간 점등한 실험구와 비점등 실험구인 대조구 사이에 성장 차이를 보였다.

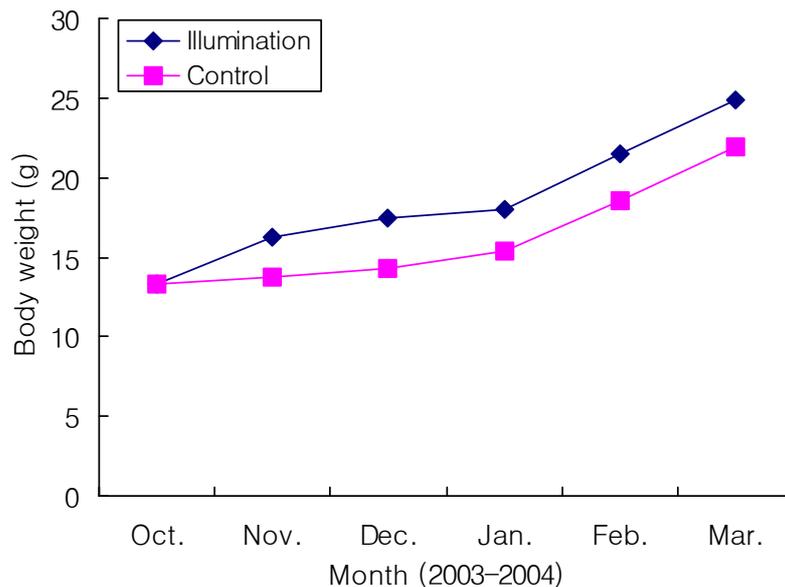


그림 4-2-3. 야간점등구와 비점등구의 감성돔 성장 비교(2003. 10-2004. 3).

Fig. 4-2-3. Comparison of growth of *Acanthopagrus schlegeli* between illuminated and non-illuminated condition during intermediate nursing (2003. 10-2004. 3).

중간육성 5개월 후인 2004년 3월에는 점등구의 감성돔 치어의 무게는 24.9g인 반면 대조구는 21.9g으로써 야간점등의 효과를 알 수 있었다. 전반적인 성장률인 낮은 것은 배합사료를 일체 공급하지 않고 먹이생물에 의해서만 사육하였으며, 또한 겨울철 월동기에 의한 성장 저하 현상인 것으로 사료된다. 하지만 기온이 올라가기 시작하는 2월과 3월의 성장률이 겨울철 성장률보다 훨씬 높은 것을 알 수 있었다.

(4) 위 내용물 분석

전남 다도해형 바다목장사업의 주 대상종은 감성돔이다. 자원조성용 방류를 위하여 중간육성 중인 감성돔 종묘를 대상으로 야간 점등실험과 연계하여 위 내용물 조사를 실시하였다. 위 내용물의 출현 빈도를 살펴보면, 겨울철인 1월과 2월에 먹이의 종류 수나 수량이 다소 적은 반면 수온이 상승하는 3월에는 전 개체가 대부분 활발한 섭이 활동을 하며, 많은 먹이 생물 중에 특정한 종류를 목표로 강한 선택성을 나타내고 있었다. 부유성 요각류인 *Paracalanus parvus* s. l.과 *Oithona* sp., Copepodite등이 11월과 12월에 걸쳐 주종을 이루며 출현하다가 개체가 조금씩 성장하는 1월과 2월을 거쳐 3월에는 어란과 어류 유생, zoea 유생, 곤쟁이류 및 단각류의 비율이 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다(표 4-2-6). 이러한 결과는 같은 시기에 점등효과로 모여든 종류 중 비교적 크기가 큰 종류를 선택적으로 섭이한 결과로 생각되며, 개체의 성장에 필요한 체내 단백질의 수요를 대부분 이들 대형 먹이생물에 의존하고 있음을 암시해 준다. 즉, 성장중인 어린 개체는 큰 먹이를 선택함으로 보다 효과적으로 필요한 에너지를 얻는다는 보고와 일치하고 있다(Hunter, 1981; Wainwright and Richard, 1995; Brodeur, 1998).

한편, 1월과 2월에는 위가 비어있는 개체가 많았는데 이시기에 낮은 수온으로 섭식활동이 저하로 위가 비어 있는 비율이 높아진 것으로 생각된다. 본 연구에 사용된 감성돔 개체와 크기가 비슷한 체장의 경우 자연상태에서도 개체의 크기가 증가하면서 단각류 및 십각류가 주 먹이가 되는 것으로 보고되고 있다(Huh and Kwak, 1998; Nip *et al.*, 2003). 이러한 연구결과는 본 연구에서도 나타나고 있는 것으로 상당히 미미한 수준이며, 전 조사기간에 걸쳐 요각류가 우점적인 먹이생물이었다.

먹이생물의 종조성과 출현양은 해역에 따른 여러 환경요인과 생물학적 요인 등에 의하여 변하므로 이들 개개 요인의 직접적인 영향을 고찰하여 결론을 내리기는 대단히 어렵다. 그러나 본 위 내용물 조사를 통하여 추측가능한 요인으로는 중간육성 중인 감성돔이 가두리 안에서 점등에 의해 모여든 한정된 먹이만을 섭이할 수 있었다는 점이다.

또한 본 연구가 수행된 중간육성장 해역은 지형적 요인으로 조류의 속도가 매우 급격한 해역으로, 점등으로 인한 동물플랑크톤이 운집하기 어려웠던 점도 고려해야 할 것이다.

표 4-2-6. 야간점등구에서 중간육성 중인 감성돔의 월별 위 내용물 조성(2003. 11~2004. 3)

Table 4-2-6. Monthly variation of stomach content of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) during intermediate nursing under illumination condition (2003. 11~2004. 3)

Season	Food item	Frequency of occurrence
		(%)
November	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	79.3
	<i>Oithona</i> sp.	60.2
	Copepodite	57.1
	Harpacticoids	54.9
	Copepod nauplii	38.2
December	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	80.8
	<i>Oithona</i> sp.	67.3
	Copepodite	51.7
	Copepod nauplii	29.3
	Harpacticoids	37.0
January	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	24.5
	Copepodite	17.0
	<i>Acartia omorii</i>	12.0
	Fish eggs and larvae	11.0
February	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	47.5
	<i>Oithona</i> sp.	21.4
	Decapod zoea and mysid	20.8
March	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	52.6
	<i>Calanus sinicus</i>	17.0
	<i>Oithona</i> sp.	13.5
	Amphipods	11.2
	Decapod larvae	8.7

짧은 실험기간이었지만 실험 중 공시어가 성장함에 따라 위 무게가 약간 증가한 것을 알 수 있다(그림 4-2-4). 개체가 성장함에 따라 위 자체의 무게가 증가하는 현상은 당연한 사실이다. 그러나 실험기간 중 나타난 특이적 현상은 위가 성장하여도 위 내용물의 양적 증가는 발견되는 않는 점이다(그림 4-2-5). 즉, 감성돔의 위 내용물의 양은 조피볼락의 경우(한국해양연구원 2003)와 같이 최소한 종묘단계의 경우 개체의 크기보다는 계절에 따른 먹이량의 변화, 먹이선택성 변화 및 섭이량 변화에 따른 좌우되는 것으로 생각된다.

자원조성용으로 방류되는 어류종묘는 자연상태에 가까운 건강한 개체이어야 방류효과를 증대시킬 수 있다는 것은 주지의 사실이다. 지금까지의 결과를 종합해 볼 때 야간점등은 인공사료에 길들여진 양식산 어류종묘를 종 유래의 자연적 섭이본능을 부분적으로 되살려 주어 방류후의 생존 및 성장률을 향상시킬 수 있는 최적의 방법으로 생각된다. 또한, 야간점등은 부수적인 효과로 어류의 고밀도 가두리 양식에 있어 자연산 먹이의 공급 비율을 높여줌으로 상대적으로 인공사료의 소모량을 줄여 환경친화적 어류양식 실현에 일익을 담당할 수 있으리라 생각된다.

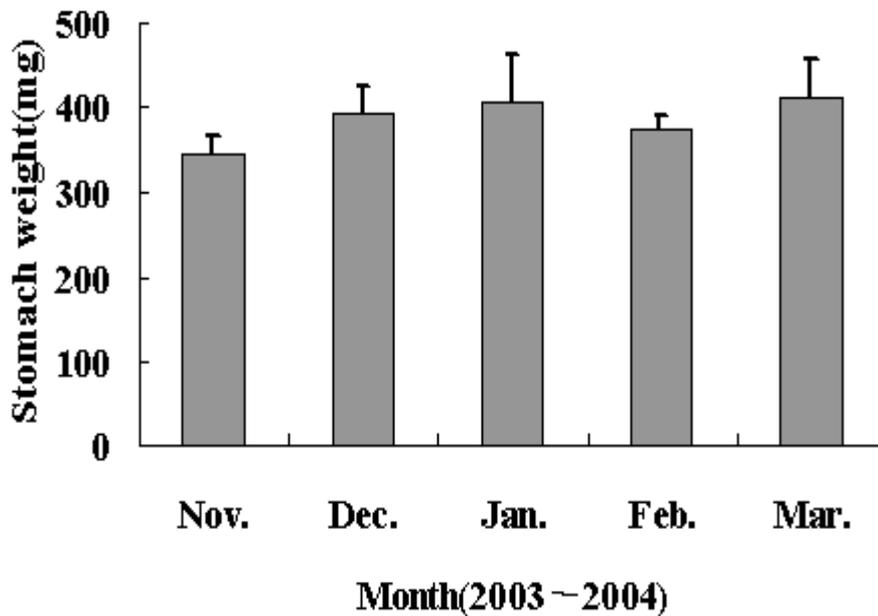


그림 4-2-4. 야간점등구에 중간육성 중인 감성돔의 위 무게 변화(2003. 11~2004. 3).

Fig. 4-2-4. Growth stomach of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) during intermediate nursing under illumination condition (2003. 11~2004. 3).

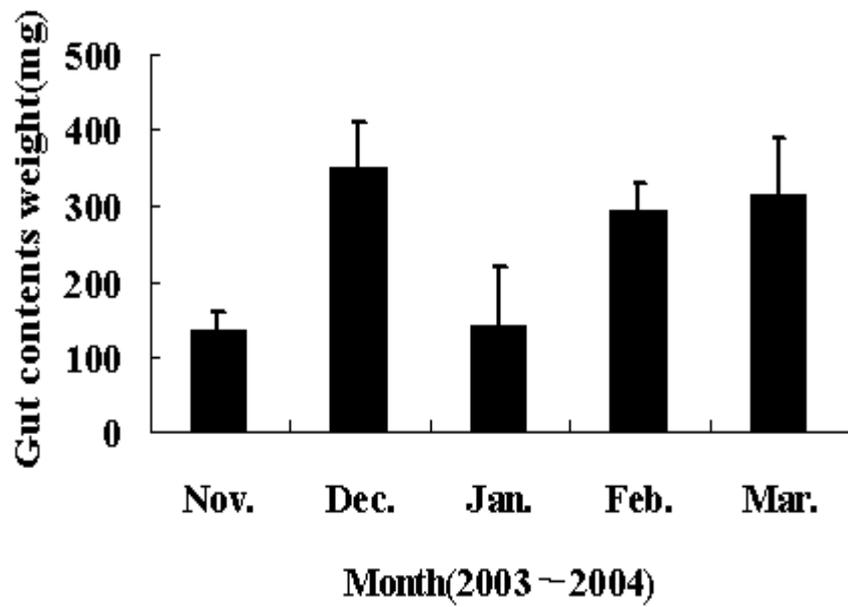


그림 4-2-5. 야간점등구에 중간육성 중인 감성돔의 위 내용물 무게 변화(2003. 11~2004. 3).

Fig. 4-2-5. Weight of stomach content of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) during intermediate nursing under illumination condition (2003. 11~2004. 3).

제 3 절 음향순치기술

1. 서론

우리나라의 전남 다도해형 바다목장에서 음향순치의 대상 어종으로 선정되어 있는 감성돔을 바다목장에서 효율적으로 음향순치 시키려면 전남 여수 연안을 포함하는 우리나라 해양환경 여건에 맞는 바다목장화에 관한 기초적인 기술 축적이 필요하다. 바다목장에서 어류의 음향순치에 관한 연구는 광범위한 연구 분야가 요구되는 바다목장 사업의 일부분을 차지하는 것으로서, 사업에 요구되는 제반 기반 조성과 어류의 청각 등에 관련된 기초연구가 병행되어야만 바다목장에서의 음향순치의 성과를 기대할 수 있는데 정확한 자료 축적을 위하여 이러한 실험규모의 연구를 수행할 수 있는 간이 음향급이기의 개발이 필요한 시점이다.

따라서 2003년도 사업 추진에 있어 이 연구 분야에서는 전남 다도해형 바다목장 사업의 주 대상 어종 중의 하나인 감성돔의 음향순치 실험을 위하여 해상가두리에서 실험하기에 적당한 크기의 국산 음향급이기를 개발하기 위한 설계도 완성이 목표이다.

2. 재료 및 방법

2004년 사업 수행시 소형 가두리에서 pilot 규모로 실험할 수 있는 국산 소형 음향급이기의 설계도를 제작하기 위하여 기본 설계를 작성 중에 있다.

3. 결과 및 고찰

음향 급이기 타이머 및 앰프 설계: 음향 자동 급이기는 미리 설정된 시각에 방성과 급이를 하는 장치이며, 그 제어 시스템은 다음과 같다.

① 구형파 발생 장치

- 주파수 : 300 Hz 구형파
- 전원 : DC 24V
- 앰프의 입력 단자와 연결할 수 있는 출력 단자
- 오디오용 RCY 케이블 사용

② 앰프 제어 장치

- 출력 : RMS 200W
- 출력 채널 : 모노 1채널
- 임피던스 : 4Ω

- 전원 : DC 24V
- 전원 스위치
- 전원 표시등(초소형)
- 출력 눈금
- 볼륨 조절기
- 구형파 발생 장치에서 출력된 신호를 수신할 수 있는 입력 단자
- 신호를 수중스피커로 출력할 수 있는 단자
- 고급형 방수 케이스(구형파 발생 보드와 앰프를 한 개의 케이스에 수납)

③ 타이머

- 전원: DC 24V
- 조작 장치: 주 전원, 구형파 발생 보드, 앰프, 급이기의 먹이 확산 장치 제어 모터, 급이기의 개시 동작 제어 모터
- 디지털 타이머 사용(24시간 단위 설정 가능)
- 타이머로 그림 2, 3의 동작 시퀀스 조작 기능
- 방수 박스 안에 수납

④ 음향 급이 장치 시퀀스 제어(동작 타임 차트)

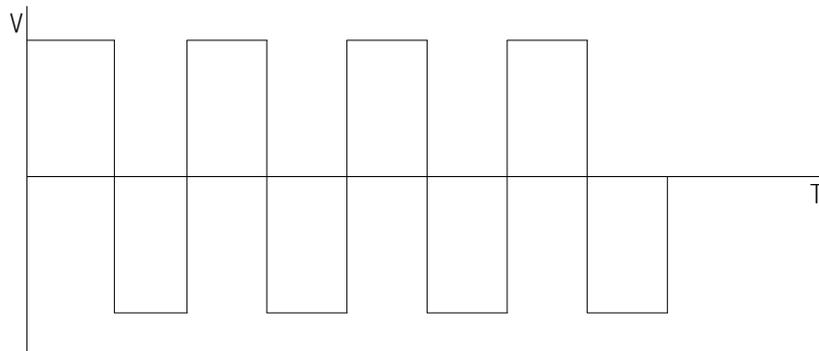


그림 4-3-1. 구형파의 모양.

Fig. 4-3-1. Shape of a square wave.

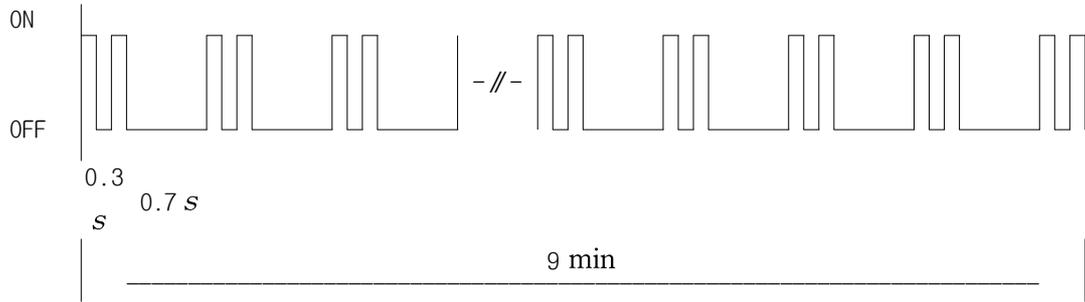
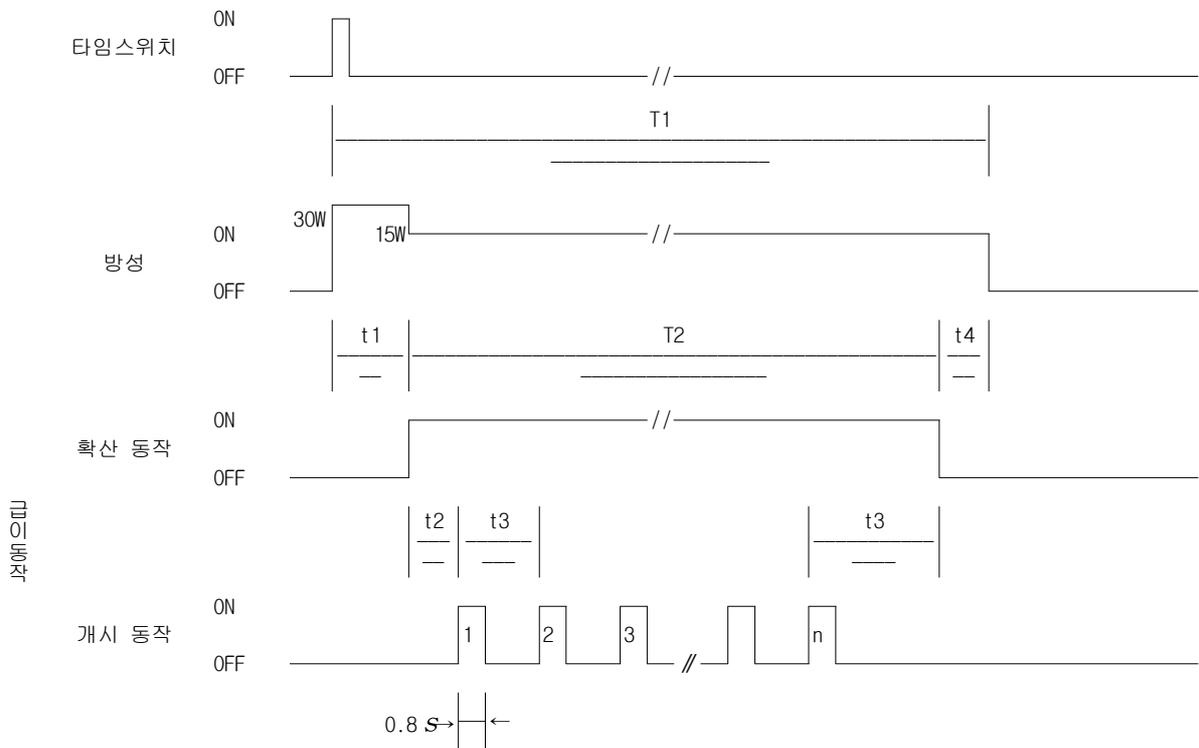


그림 4-3-2. 수중음 방성 방법.

Fig. 4-3-2. Method of underwater sound projection for acoustic conditioning.



- T1 : 방성 시간
T2 : 급이 동작 시간
t1 : 방성~확산 시간차 15, 30, 45, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420 S
t2 : 확산~확산 시간차 10 S
t3 : 투이 간격 5, 10, 15 S
t4 : 급이 종료~방성 종료 시간차 1 S
n : 투이 횟수(셔터 25, 50, 100 g용) 10~80, 10단위
그림 4-3-2의 방성 방법에 따라서 1초 간격으로 방성음을 ON 0.3s, OFF 0.7s 반복

그림 4-3-3. 동작 시퀀스(타임 차트).

Fig. 4-3-3. Time chart of motions for a automatic acoustic feeding system.

⑤ 가변 저항 볼륨 스위치

- 수중 스피커 출력용 앰프 볼륨 조절: DC 24V
- 확산 동작용 모터(DC 24V, 24W, 0.6A) 속도(전압) 제어
- 흡퍼의 토출기 모터(DC 24V, 24W, 0.6A) 속도(전압) 제어

그 외 조건:

- ① 일반적인 방수 케이스 안에 앰프 및 제너레이터 보드, 타이머 등을 수납
- ② 타이머의 통상적인 표시는 시, 분, 초
- ③ 시퀀스 타임을 정할 때는 선택 스위치에 의하여 시, 분, 초 단위로 표시한 후 현재 시각 타이머로 복귀
- ④ 각 설정 값을 디스플레이 화면에 표시

위의 사양으로 2004년 국산화된 소형 실험용 음향급이기를 제작을 목표로 기본 설계도를 작성하고 있다.

제 4 절 대상 생물의 방류 기술

1. 서론

연안 수산 자원의 격감에도 불구하고 양식어업은 기술개발과 더불어 생산량이 급증하고 있으며, 수산업 발전의 주축을 이루면서 양질의 단백질원 공급으로 국민의 식생활을 개선에 기여하며 연안 자원 조성의 목적으로 많은 양이 수계로 방류되어지고 있다. 양식용 종묘는 성장이 좋으며, 질병에 강하며, 사람에게 익숙하며, 취급이나 스트레스에 강하는 등의 조건이 필요하며, 극단적으로 높은 생존율에 외관상 상태가 양호하면 충분하다고 판단한다. 이에 대해 방류용 종묘는 형태적 이상이 없어야 하며 기초 대사량이 적고 기능적인 발달이 필요하며 생리·생화학적으로 건강하여야 하며 종의 특징적 행동과 도피행동과 회귀성이 강한 것이 요구된다. 인위적 수산자원 증식의 필요성과 양식기술의 향상에 따라 인공종묘생산에 의한 어패류가 대량으로 연안에 방류되고 있으나, 자연생태계에 투입된 이후에 있어 재생산력과 경제성에 대한 평가 및 방류효과의 평가는 방류사업에 있어 주된 관심사이다(Nielsen, 1992).

국내 연안자원에 대한 방류효과조사는 참전복 *Haliotis discus*, 대하 *Fenneropenaeus chinensis*, 꽃게 *Portuns trituberculatus*, 넙치 *Paralichthys olivaceus* 및 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 등에 대해 수행되었다(Noh *et al.*, 1999). 치어의 방류사업이 본격적으로 시행되면서 1999년에는 약 2,300만 마리가 방류되었으며, 방류효과에 대해서도 긍정적 평가가 보고되고 있다(Sung, 1998). 국제적으로도 자원증식의 중요성이 인식되면서 방류자원의 효율적 관리와 효과검정을 위하여 표지방류에 의한 연구가 진행되고 있다(Parker *et al.*, 1990; Norris *et al.*, 2000). 경우에 따라서 많은 양을 방류했음에도 불구하고 효과가 향상되지 않는 요인으로서 방류종묘의 질적인 문제, 방류 방법상의 문제, 불법어업 등이 거론되고 있으며, 피포식에 의한 감모율이 높은 것으로 지적되고 있다(Nakano, 1993). 특히 방류환경은 적응환경으로서 뿐만 아니라 은신처로써의 역할과 먹이공급장의 역할을 하는 곳이므로 방류어의 초기 적응을 위한 중요한 요소로 평가된다(Tsukamoto *et al.*, 1990). 이러한 것은 방류효과를 극대화시킬 수 있는 중요한 요소가 되며, 이를 위해서는 방류환경에 대한 정확한 이해와 방류어의 생물학적 특성에 따른 환경적응의 패턴을 이해할 필요가 있다.

자연산과 양식산에 대한 체성분의 비교연구는 다수의 연구자들에 의해 생물학적 특성이 연구되어져왔다(Suyama *et al.*, 1977; Ohshima *et al.*, 1983; Saeki and Kumagai, 1984; Lee *et al.*, 2000). 그러나 방류어에 대한 연구는 방법론적인 어려움으로 인해 방류 후 활동반경이 제한된 상태의 연구와 단기적인 연구결과만이 얻어져 왔다(Nakano, 1993). 한편 어류의 비늘은 나무의 나이테와 같이 발생초기부터 형성되는 운문에 의해 성장 이력이

나타나며, 이를 이용하여 형태와 구조차이로 어류의 계통분류에 활용하며(Lagler *et al.*, 1962), 연령산정이나 생활사 성장도 측정으로 사용하기도 한다(Van Oosten, 1957; Mosher, 1968; Barber and Walker, 1988).

수산자원의 격감과 양식기술의 향상에 따라 인공종묘생산에 의한 어패류가 대량으로 연안에 방류되고 있으며, 자연생태계에 투입된 이후에 있어 재생산력과 방류효과의 평가는 방류사업의 주된 관심사이다(Nielsen, 1992). 특히 방류환경은 은신처와 먹이 공급장의 역할로써 방류어의 초기적응에 중요한 요소로 평가되어 초기감모의 원인 및 재생산성에 큰 영향을 미치게 된다(Tsukamoto *et al.*, 1990; Tetsuya *et al.*, 1993; Yoo *et al.*, 2003).

본 연구에서는 감성돔의 비늘의 특성을 이용하여 양식산, 자연산 및 방류어를 판별할 수 있는 요소를 규정하고, 감성돔의 형태적 비교와 방류 해역에서의 감성돔 출현을 추적하여 년 중 출현 동향을 분석하고자 한다. 또한 감성돔 치어를 2003년 9월 전남 가막만에 방류한 후 1 개월 간 방류해역을 중심으로 방류어를 채포하여 방류어의 출현빈도를 조사하고 장내용물의 특성과 양적변동을 측정하여, 연안역에 방류한 감성돔의 먹이습성과 환경적응의 능력을 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 방류어의 성장 특성

(1) 조사정점 및 조사방법

방류해역에서의 감성돔의 월별 변동과 성장 단계에 따른 체형의 변화를 보기 위하여 방류해역의 중심에 이각망을 시설하고 매월 방류어와 동일 연령의 감성돔을 채집하였다. 방류 감성돔은 인공 종묘 생산되어진 감성돔 치어를 2002년 10월 9일에 여수시 남면, 라발도, 대두리도와 월호도, 화정면 개도 일대 지선에 아가미 절단에 의한 표지 방류한 후 2002년 11월부터 2003년 10까지 매월 정기적으로 이각망 채집을 통해 방류어와 자연산을 동시에 채집하였다(그림 4-4-1). 이각망은 여수시 남면 월호도 남쪽 지선에 설치하여 채집하였다(그림 4-4-2).

감성돔 치어와 성어군의 월별 출현 동향을 조사하기 위하여 금오열도를 중심으로 금오도권, 화태도권, 돌산도 외권, 고돌산도권으로 4 분하고 이각망 조사정점 18 개소를 설정하고 현장 탐문조사를 실시하였다(표 4-4-1).

(2) 비늘의 측정

실험에 사용된 양식산 시료는 가막만 내의 해상가두리에서 양성중인 개체(평균체장 15.47 ± 1.08 cm, 평균체중 130.73 ± 27.49 g, $n=20$)를 사용하였다. 자연산 시료는 복제주군 추자군도에서 낚시로 잡은 개체(평균체장 16.01 ± 1.15 cm, 평균체중 136.91 ± 29.37 g, $n=10$)를 사용하였다.

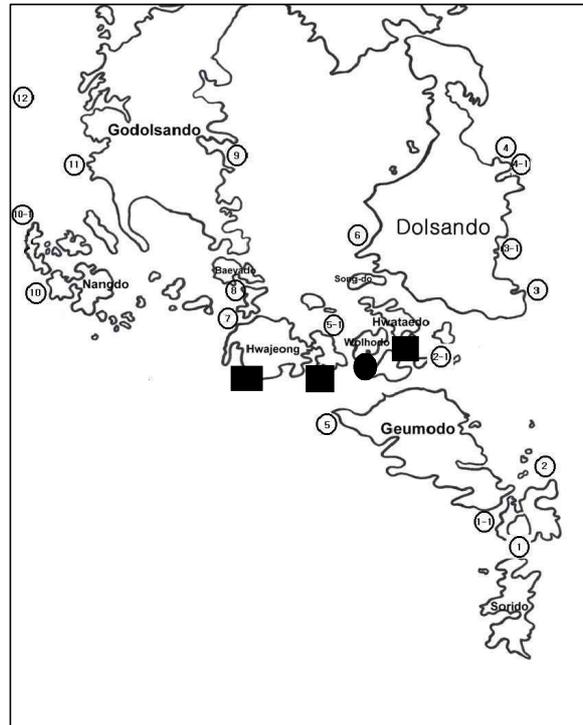


그림 4-4-1. 감성돔 방류해역 및 조사정점. (■; 방류 해역, ●; 이각망 채집 정점, ○; 이각망 탐문조사 정점)

Fig. 4-4-1. Location of releasing area of black sea bream seeds and sampling station.



그림 4-4-2. 채집해역의 이각망 사진.

Fig. 4-4-2. Sampling cage in releasing area.

표 4-4-1. 월별 이각망 조사 정점

Table 4-4-1. Survey station of sampling cage

Division	Site number	Area name
Geumodo	1	Ando
	1-1	Uhacri
	2	Yeondo
	5	Hamgumi
Hwataedo	2-1	Hweungando
	5-1	Gaedo Wolhang
	6	Geumcheun
Dolsando	3	Impo
	3-1	Bangucpo
	4	Uduri
	4-1	Gaedong
Godolsando	7	Gaedo Hwasan
	8	Jaerido
	9	Najin
	10	Nangdo
	10-1	Jeockumdo
	11	Jangsuri
12	Yejado	
Total		18

방류어는 여수대학교 수산증양식연구센터에서 인공종묘생산 되어 아가미 절단법에 의해 표지 방류되어진 감성돔을 월호도(방류사업 지정지)에 시설한 이각망 채집(평균체장 17.26±1.80cm, 평균체중 166.23±56.08g, n=7) 한 어체를 사용하였다(그림 4-4-3).

방류 감성돔의 성장에 특성을 조사하기 위하여 먼저 방류어가 자연산과 구분되어지는 형태적 특성의 판독을 실시하였다. 형태적 특성 가운데 비늘의 형성이 자연산과 양식산에 따라 특징지어지는 것에 착안하여 감성돔을 측선을 중심으로 6등분하고 부위별로 비늘을 채취하여 형태별 특성을 측정하였다. 채집 부위는 그림 4-4-4에 나타내었으며 비늘의 측정 부위의 구분은 그림 4-4-5에 나타내었다.

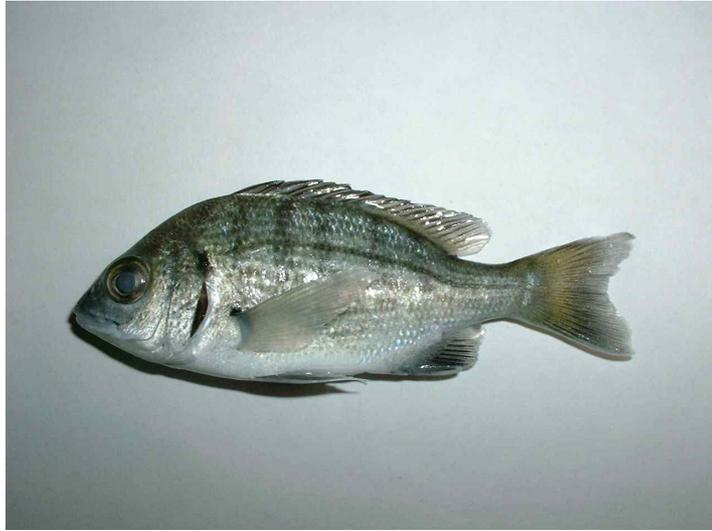


그림 4-4-3. 아가미 절단법에 의해 표지 방류된 감성돔.
 Fig. 4-4-3. Cut operculum of black sea bream for the mark.

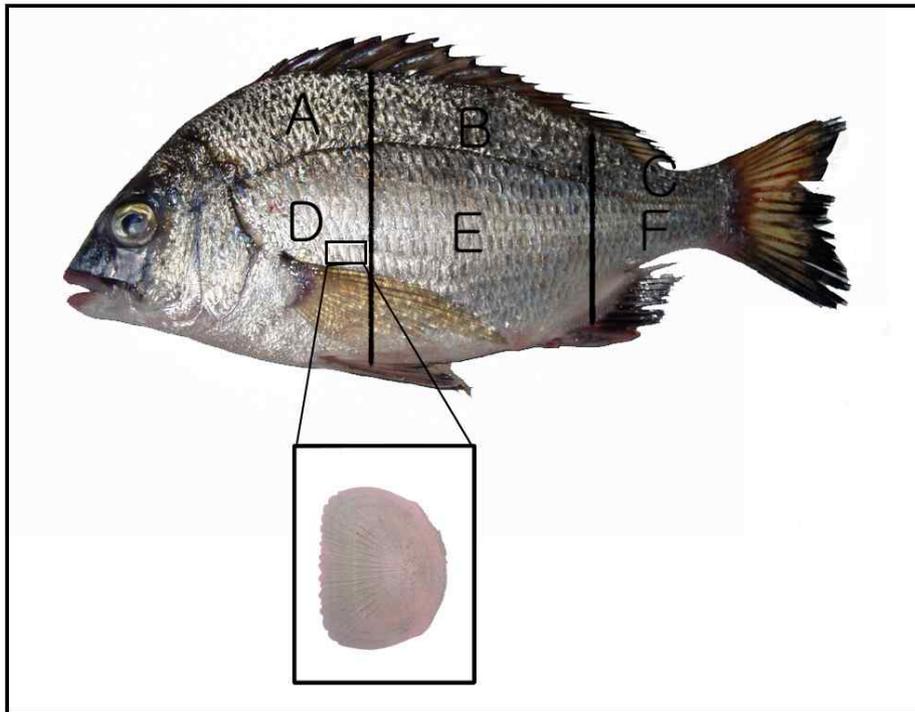


그림 4-4-4. 감성돔에 있어 측정 비늘의 6 부위.
 Fig. 4-4-4. 6 section of scale on black sea bream.

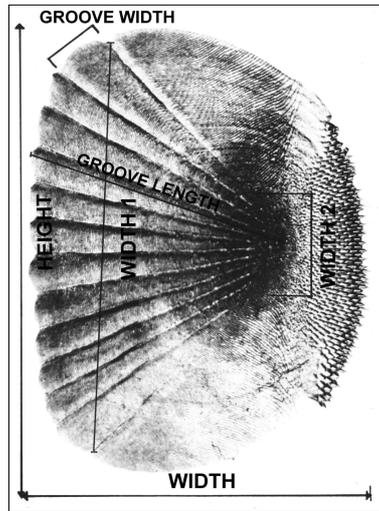


그림 4-4-5. 감성돔 비늘의 측정.

Fig. 4-4-5. Scale of black sea bream.

(3) 어체의 측정

방류 감성돔의 형태적 특성을 분석하기 위하여 감성돔 양식산, 방류어 및 자연산을 채집하여 각 부위를 측정하고 이를 비례수치로 나타내었다(그림 4-4-6).

나. 방류 감성돔 치어의 먹이습성과 환경적응

인공 종묘 생산된 감성돔 치어(평균전장 10.4±1.1cm)를 전남 가막만 내 월호도를 중심으로 2003년 9월 25일에 40만 마리를 방류하였으며, 방류시 기온은 25℃, 수온은 22.5℃로 맑은 해상 날씨였다. 월호도를 중심으로 3개의 정점(그림 4-4-7)을 두고 이동식 사각 통발을 이용하여 방류 후 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30 일째로 총 8회 채집을 실시하였다. 방류 해역 가운데 조사 정점 A는 가두리 양식장이 집중되어 있는 해역이며, C는 양식장이 없는 외양형으로 낚시인의 출현이 빈번한 곳이며, B는 A와 C의 중간해역의 특징을 갖는 해역을 선정하였다.

채집된 감성돔은 10% 포르말린에 고정한 후 1 개월간의 체성장을 추적하였으며, 자연산과 방류어의 구별은 비늘관독법에 의하였다(유 등, 2004). 장내용물은 해부현미경하에서 분류하였으며, 포식량 측정은 드라이 오븐기 60℃에서 12시간 건조 후 측정하였다.

각 정점에서 채포된 어체는 일반성분 분석을 위해 실험어 전체를 분석 전까지 -70℃에 냉동보관하였으며, 먹이에 의한 영향을 최소화하기 위하여 전어체 가운데 위와 장을 제거하여 분석에 사용하였다. 조단백질은 Kjeldahl법에 의한 질소정량법(N×6.25)으로, 수분은 분쇄한 샘플들을 125℃에서 2시간 건조했으며, 회분은 전기회화로를 사용하여 600℃에서 3시간동안 태운 후 정량 분석하였다(AOAC, 1995). 그리고 지방함량은 soxhlet 추출법(ether 추출법)으로 분석하였다.

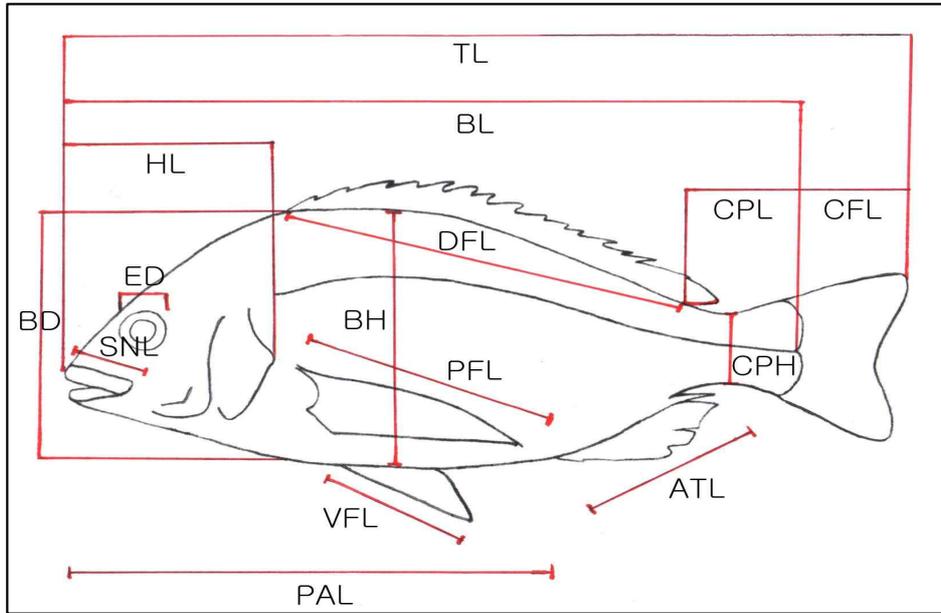


그림 4-4-6. 감성돔의 측정 부위.

Fig. 4-4-6. Parts of calculation on black sea bream. (TL; total length, BL; body length, BH; body high, BD; body depth, CPH; caudal peduncle high, HL; head length, ED; eye diameter, IOW; interorbital width, DFL; dorsal fin length, PFL; pectoral fin length, VFL; ventral fin length, AFL; anal fin length, CFL; caudal fin length)



그림 4-4-7. 감성돔 방류해역 및 조사정점.

Fig. 4-4-7. Location of releasing area of black sea bream seeds and sampling site.

3. 결과 및 토의

가. 방류어의 성장 특성

(1) 비늘의 특성에 의한 감성돔의 양식, 방류 및 자연산 판별

감성돔 비늘의 부위별 특성을 분석하기 위하여 북제주군 추자도에서 자연산 감성돔을 낚시에 의해 채포하였으며, 측선을 기준으로 6 등분으로 구획을 정하고 비늘의 형태적 특성을 비교하였다(그림 4-4-8).

감성돔의 비늘은 전형적인 빗비늘의 형태이나 부위에 따라 3 가지의 형태적 차이로 나타났다. 부위 A와 B는 높이가 낮고 폭이 긴 방추형 형태를 보이며 C와 F는 높이가 낮고 폭이 긴 직사각형 형태를 나타내었으며, D와 E는 전형적인 방추형 빗비늘의 형태를 보였다. 어체의 위치에 따라 비늘 높이의 변화가 심한 반면 폭은 큰 변화 없이 일정한 값을 유지하였다. 어체 앞쪽의 비늘은 폭보다는 높이의 비가 커서 상하 긴 형태를 나타내었으며 미병부 쪽으로 갈수록 전후로 긴 형태를 나타내었다.

자연산 비늘은 부위별 형태는 크기와 형태에 다소의 차이가 있었으나, 골과 골마루의 간격이 균일하며, 중심점과 극이 선명하게 나타나는 공통적인 특성이 있었다.

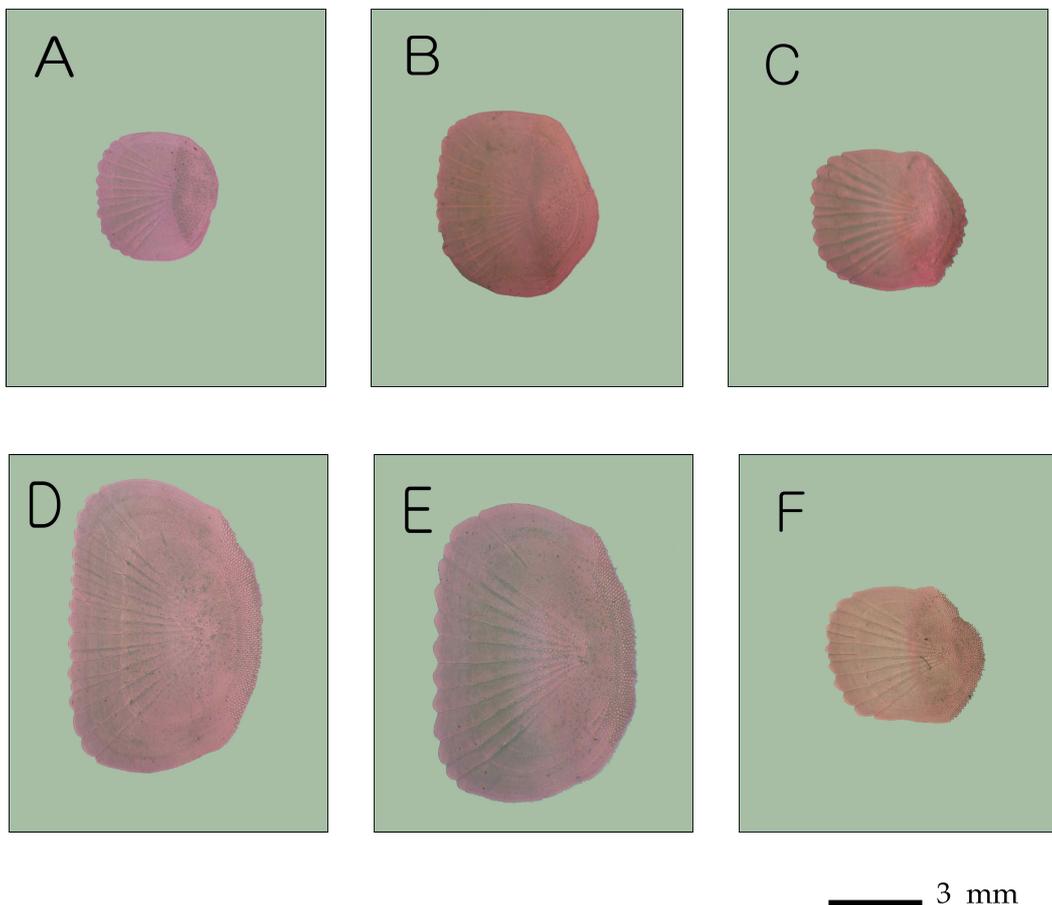


그림 4-4-8. 감성돔 비늘의 부위별 비늘의 형태.

Fig. 4-4-8. Scale shape by region on black sea bream.

비늘의 골 형성은 외곽부터 중심부까지 선명하게 이어진 완성골(completed groove)과 미완성 또는 내부의 별도의 골이 형성되는 미성골(incomplete groove)로 구분되어 진다. 감성돔 양식, 자연산 및 방류어에 대한 골의 특성을 완성골과 미성골로 구분하여 출현 비로 나타내었다(그림 4-4-9).

양식산은 A와 B의 부위만이 80%의 완성골이 있었으며, C, D, E, F 부위에서는 50% 이상 미성골이 차지하고 있었다. 자연산은 전체의 부위에서 85% 이상의 완성골을 나타내었으며, 방류어에서도 전체 부위의 85% 이상이 완성골을 차지하고 있었다.

양식산에서 미성골의 출현이 많은 것에 대해 원인을 알 수 없지만 골의 흐름이나 외형적 특성으로 보아 영양적인 불균형에 의해 비늘의 형성에 필요한 미량영양소 결핍에 의한 원인과 고밀도 사육에 의한 비늘의 손상으로 추측되어 진다. 양식산에 있어 골의 불균형적인 현상은 양식산 감성돔의 특성을 규정지을 수 있는 요소로 판단되어 질 수 있다.

자연산 감성돔의 비늘은 중심점(focus)으로부터 골이 방사형으로 뻗쳐져 있으나 양식산 감성돔의 비늘은 중심점이 없이 중심판이 넓게 형성되어 있는 것이 관찰되었다. 중심점 또는 중심판의 형성유무로써 감성돔 양식산, 자연산 및 방류어의 비늘 형태를 관찰하였다(그림 4-4-10).

양식산 비늘은 A의 부위에 약 20% 정도 중심점을 갖춘 비늘이 있었으나, 나머지 부위에서는 중심점이 전혀 나타나지 않고 중심판이 크게 형성되어 있었다. 자연산은 A, B, C, D, E의 부위에서 75% 이상이 중심점을 가지고 있었으며, 꼬리지느러미가 있는 F 부위에서는 약 45% 만이 중심점을 가지고 있었다. 중심점이 없고 중심판이 나타나는 것은 비늘의 탈락에 의한 재생 비늘일 경우 중심점이 나타나지 않게 된다. 특히 F 부위는 사질 이거나 암초지대에 서식하며 해조류를 바위 사이로 유명하면서 해조류를 먹이로 삼는 감성돔의 특성상 미병장 부위와 복부 부위의 비늘이 훼손된 것으로 보여진다. 이에 대해 Kwon *et al.*(1994)은 자연산 어류의 비늘에 있어 복부 쪽 비늘의 훼손률이 높다고 보고한 바 있다. 방류어의 경우 A, B, C, E, F의 부위에서는 일부의 중심점이 있는 부위도 있었으나 약 85% 가량이 중심점이 없는 중심판을 갖고 있었으며 D의 부위에서는 중심점이 전혀 나타나지 않았다.

따라서 중심점과 중심판의 유무는 자연산과 방류어를 구분 짓는 중요한 키의 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 비늘의 채취에 의해 75%이상에서 중심점이 나타나면 자연산으로서 규정할 수 있으며, 중심점이 20%이하에서 나타나면 방류어로 규정할 수 있을 것으로 판단된다.

특히 각 부위의 대한 비늘의 특성을 평가한 결과 D는 전체 부위에서 비늘의 크기가 크며, 가슴지느러미에 의해 보호받는 부위로서 외부환경의 영향을 적게 받아 탈락의 우려가 가장 적으며 전형적인 빗비늘의 형태를 갖추고 있으므로 양식산, 자연산 및 방류어의 특성을 가장 명확히 구별 지을 수 있는 부위로 D가 가장 적합한 것으로 판단되어 진다.

이후 비늘의 특성에 의해 양식산, 자연산 및 방류어의 구별은 비늘 D 부위의 것으로 하였다.

비늘의 중심판의 특성을 명확히 구분 짓기 위하여 양식산, 자연산 및 방류어에 있어 중심판의 크기를 총 길이에 대한 비례로 나타내었다(그림 4-4-11).

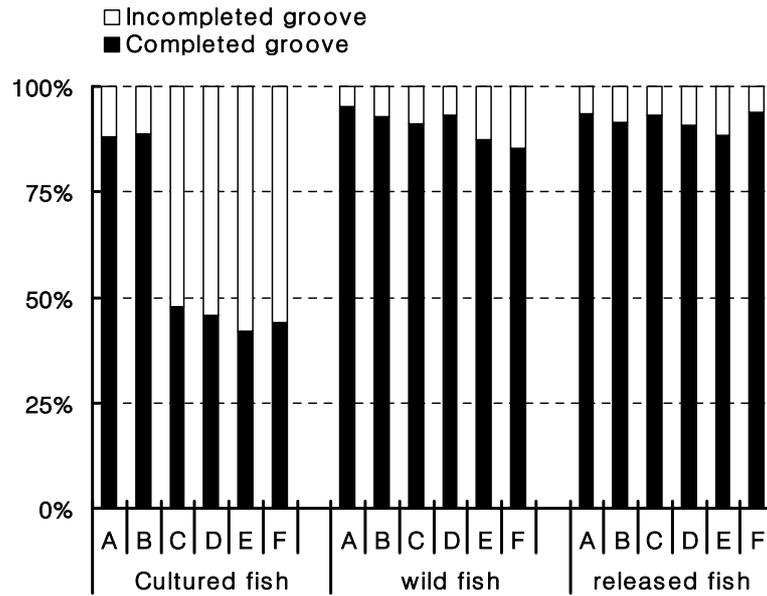


그림 4-4-9. 감성돔의 비늘에 있어 완성골과 미성골의 비율.

Fig. 4-4-9. The ratio of completed and incomplete grooved on scale of black sea bream.

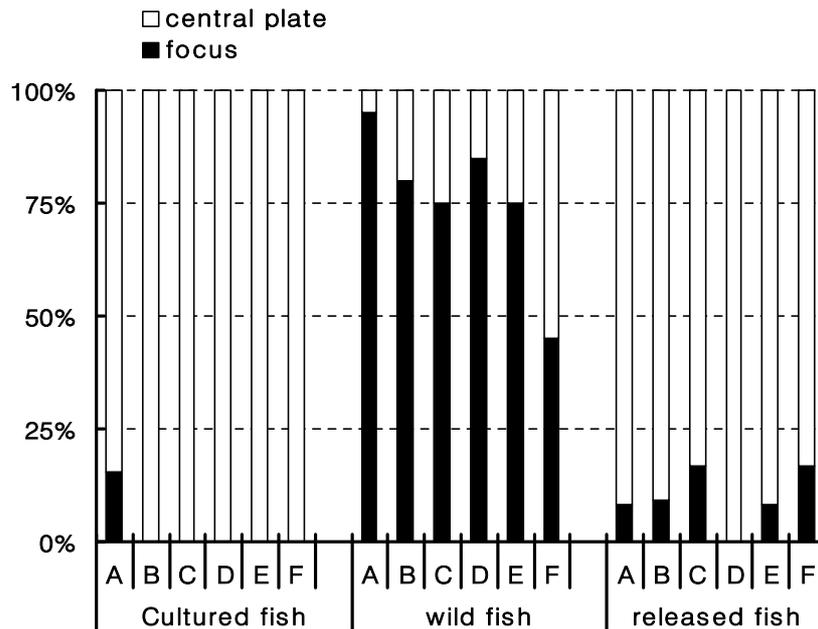
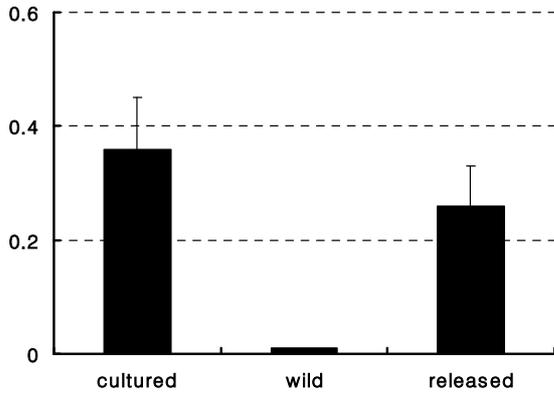
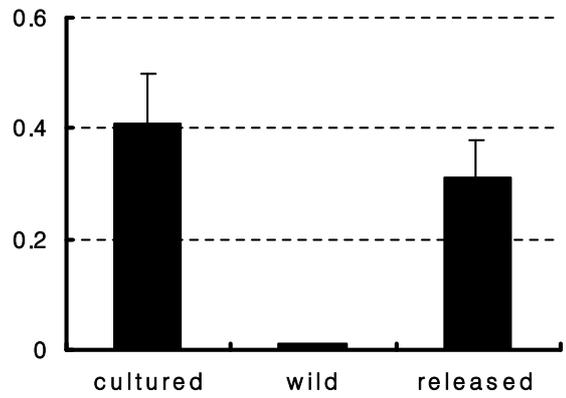


그림 4-4-10. 비늘의 중심점과 중심판의 형성 비율.

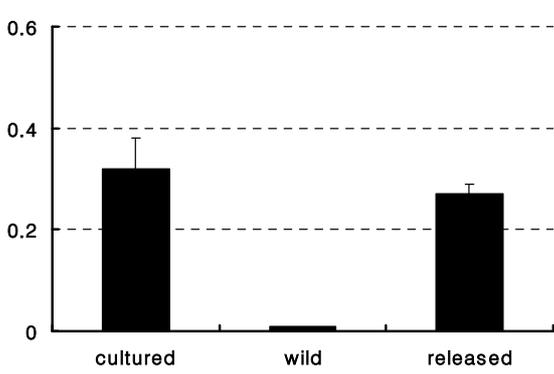
Fig. 4-4-10. The ratio of focus and central plate on scale of black sea bream.



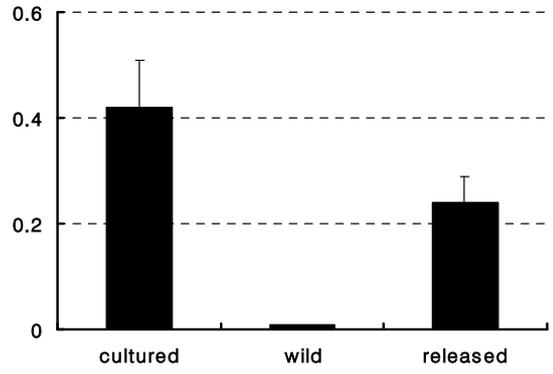
(A)



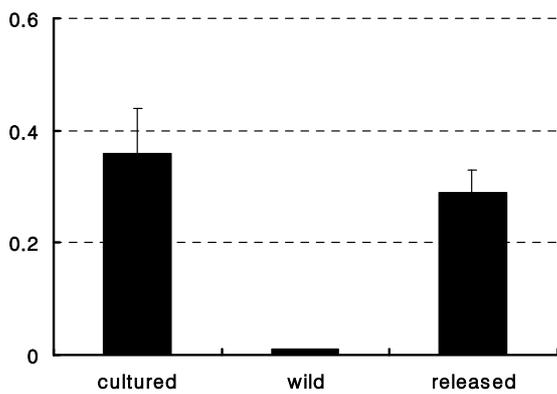
(B)



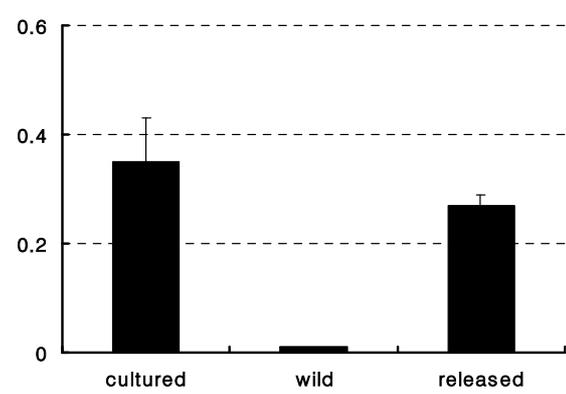
(C)



(D)



(E)



(F)

그림 4-4-11. 비늘의 폭에 대한 중심판의 크기 비.

Fig. 4-4-11. The relation of central plate by scale width on black sea bream.

양식산의 중심판은 부위에 따라 A가 0.36, B가 0.41, C가 0.32, D가 0.42, E가 0.36, F가 0.35로써 폭에 대해 약 35%의 크기 면적을 가지고 있었으며, 방류어는 A가 0.26, B가 0.31, C가 0.27, D가 0.24, E가 0.29, F가 0.27로써 비늘의 폭에 대해 약 27%의 크기 면적을 가지고 있었다. 자연산은 중심점과 거의 동일시되어 1% 미만으로 측정되었다. 특히 비늘의 대표성을 가지는 D 부위의 경우 양식산 0.42에 비해 방류어는 0.24로써 양식산이 약 2배의 크기 면적을 가지는 것으로 나타나, 자연산과 방류어의 판별에 중요한 요소로써 확정지을 수 있다.

감성돔 비늘의 크기를 양식산, 자연산 및 방류어 비늘의 폭에 대한 높이의 비로써 비교하였다(그림 4-4-12). 각 부위에 있어 양식, 자연산 및 방류어의 비례적인 형태는 차이가 없는 것으로 나타나 가로/세로 비에 의한 판별은 의미가 없는 것으로 판단된다.

감성돔 비늘에 있어 양식산, 자연산 및 방류어의 형태적 특성을 사진 그림으로 나타내었다. 자연산은 부채꼴형의 바른 외형과 선명한 골을 보이며 골 간격도 균일하고 중심점을 가지고 있고 극의 형성도 선명하게 나타나며 2년산의 연륜이 선명하게 나타나고 있다(그림 4-4-13).

이에 비해 양식산은 부채꼴형보다는 사각형에 가까운 형태를 보이며 골의 형성과 골 간격이 불균일한 형태를 보이며 미성골의 형성이 심하며, 중심판의 형성이 전체 길이의 절반이상을 차지하고 극의 형성이 미약하게 보이며 연륜도 선명하지 못하다(그림 4-4-13).

한편, 방류어의 비늘은 어느 정도 자연산과 양식산과의 중간적인 형태를 나타내었다. 외형은 부채꼴과 사각형의 중간이며, 골의 형성과 골간 간격도 양식산보다는 균일한 형태를 보이고 있으며 미성골의 형성이 드물며 중심판의 크기도 양식산의 절반 가량이고 극의 형성도 자연산보다는 미약하나 양식산보다는 선명하게 나타났다(그림 4-4-14).

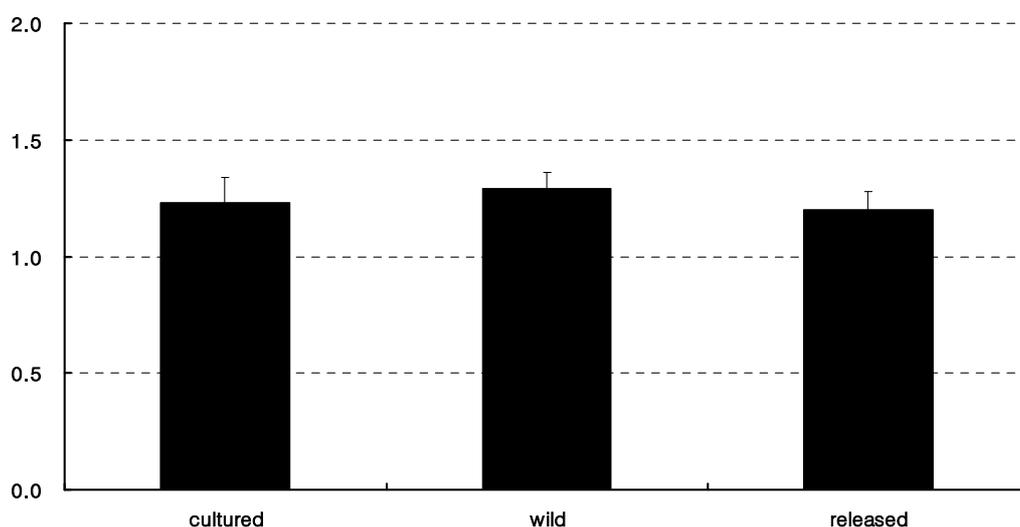


그림 4-4-12. 감성돔 비늘의 높이/폭 비(D 부위).

Fig. 4-4-12. The ratio of scale height by scale width on black seabream (region D).

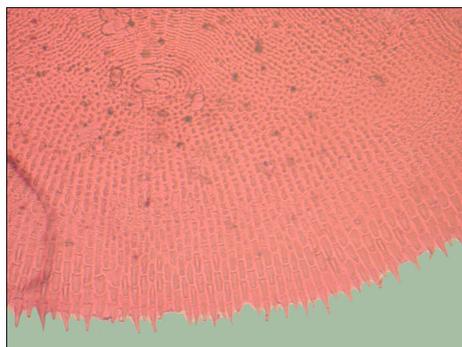
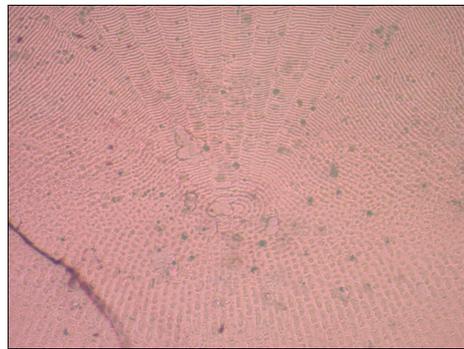
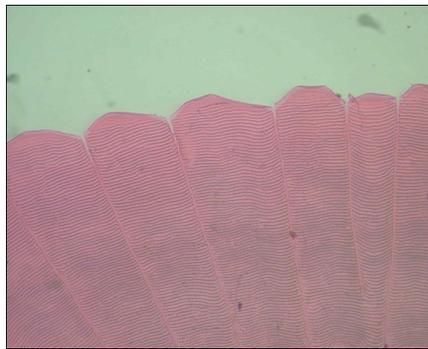


그림 4-4-13. 자연산 감성돔 비늘의 특징.

Fig. 4-4-13. Characteristic of scale on wild black sea bream.

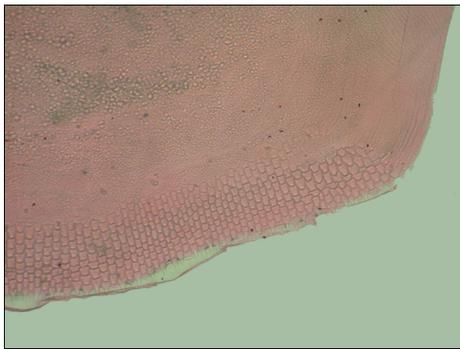


그림 4-4-14. 양식산 감성돔 비늘의 특성.

Fig. 4-4-14. Characteristic of scale on cultured black sea bream.

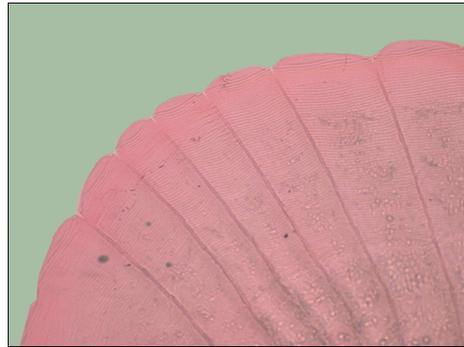
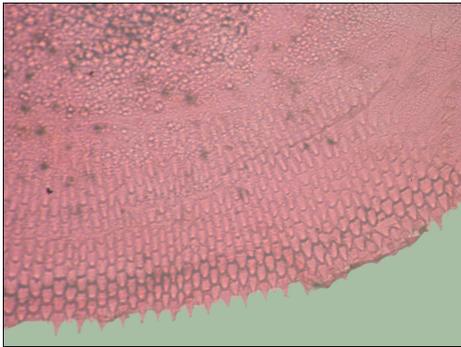


그림 4-4-15. 방류 감성돔 비늘 사진.

Fig. 4-4-15. Characteristic of scale on released black sea bream.

(2) 감성돔 양식, 자연산 및 방류어의 체성장 특성

방류 감성돔의 체성장의 특성을 조사하기 위하여 방류해역에 이각망을 시설하고 매월 채집을 하고 어체장의 성장에 따라 양식산과 자연산을 비교하였다.

체장(body length)에 대한 어체중(body weight)의 비례를 그림 4-4-16에 나타내었다. 자연산과 방류어는 유사한 체성장을 보였으나 양식산은 체장에 대해 체중의 비율이 유의적으로 높게 나타나 어체중의 증중률이 높은 것으로 나타났다.

체장에 대한 체고(body height)의 비는 양식산, 자연산 및 방류어 모두 유의적인 차이가 없이 유사한 경향의 성장을 보였다(그림 4-4-17).

체장에 대한 향문장(pectoral fin length, PAL)까지는 양식산, 자연산 및 방류어 모두 유의적인 차이가 없이 유사한 경향의 성장을 보였다(그림 4-4-18).

체장에 대한 등지느러미(dorsal fin length, DFL)의 길이 비는 양식산과 자연산이 유사한 길이 인 것에 비해 방류어는 유의적으로 성장은 늦어 등지느러미가 상대적으로 짧은 것으로 나타났다(그림 4-4-19).

체장에 대한 배지느러미(ventral fin length, VFL)의 길이 비는 양식과 자연산이 유사한 길이 인 것에 비해 방류어는 유의적으로 빠른 성장을 보여 배지느러미가 긴 것으로 나타났다(그림 4-4-20).

체장에 대한 가슴지느러미(pectoral fin length, PFL)의 길이비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다(그림 4-4-21).

체장에 대한 뒷지느러미(anal fin length, AFL)의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다(그림 4-4-22).

체장에 대한 꼬리지느러미(caudal fin length, CFL)의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다(그림 4-4-23).

체장에 대한 두장(head length, HL)의 비는 양식과 방류어간에는 유의적인 차이가 없었으나 양식산과 자연산간에는 유의적인 차이를 나타내어 양식산의 두장이 큰 것으로 나타났다(그림 4-4-24).

체장에 대한 미병고(caudal peduncle height, CPH)의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다(그림 4-4-25).

체장에 대한 미병장(caudal peduncle length, CPL)의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다(그림 4-4-26).

두장(head length)에 대한 눈의 크기는 양식산이 성장할수록 다소 크게 나타났으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 4-4-27).

두장에 대한 주둥이폭(snout length)의 길이는 양식, 자연산 및 방류어에 있어 유의적인 차이가 없이 유사한 경향으로 나타났다(그림 4-4-28).

감성돔의 성장 단계에 따른 외형적 특성을 회귀직선으로 나타내었으나, 양식산은 체중

에서 방류어는 등지느러미와 배지느러미의 길이비에서 유의적인 차이를 보였다. 등지느러미와 배지느러미의 길이 특성은 방류어에서만 나타나는 강한 특징이나 그 원인에 대해서는 알 수 없으며 추가적인 조사가 요망된다.

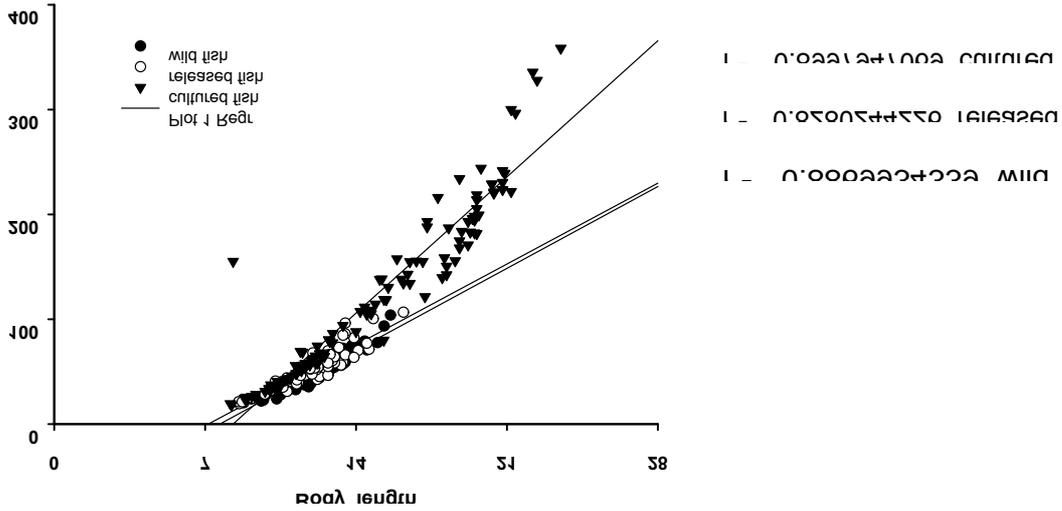


그림 4-4-16. 체장에 대한 어체중과의 상관관계.

Fig. 4-4-16. The relation of body weight and body length.

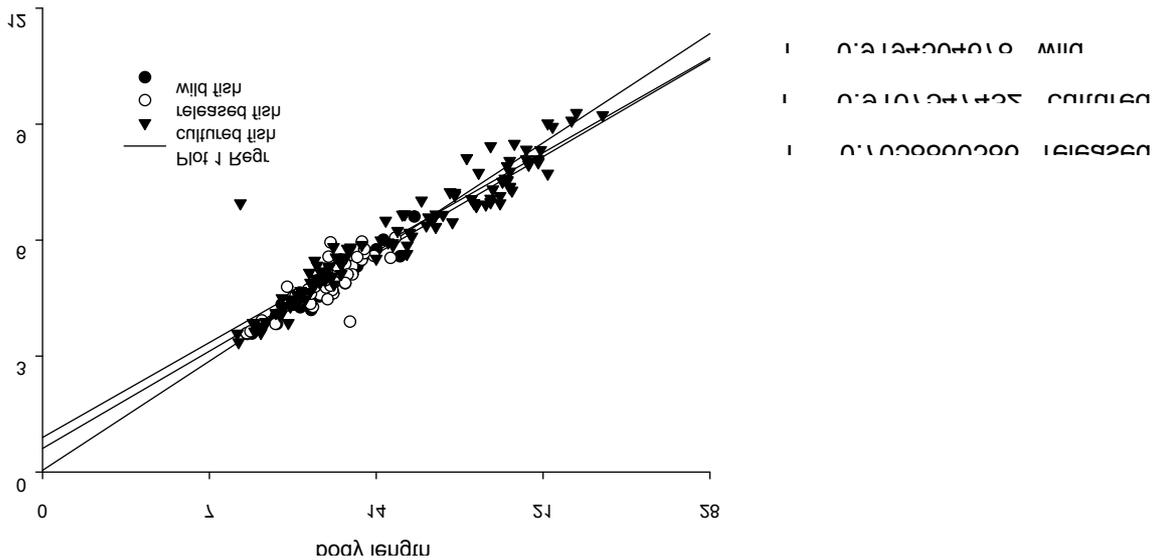


그림 4-4-17. 체중에 대한 체고의 상관관계.

Fig. 4-4-17. The relation of body height and body length.

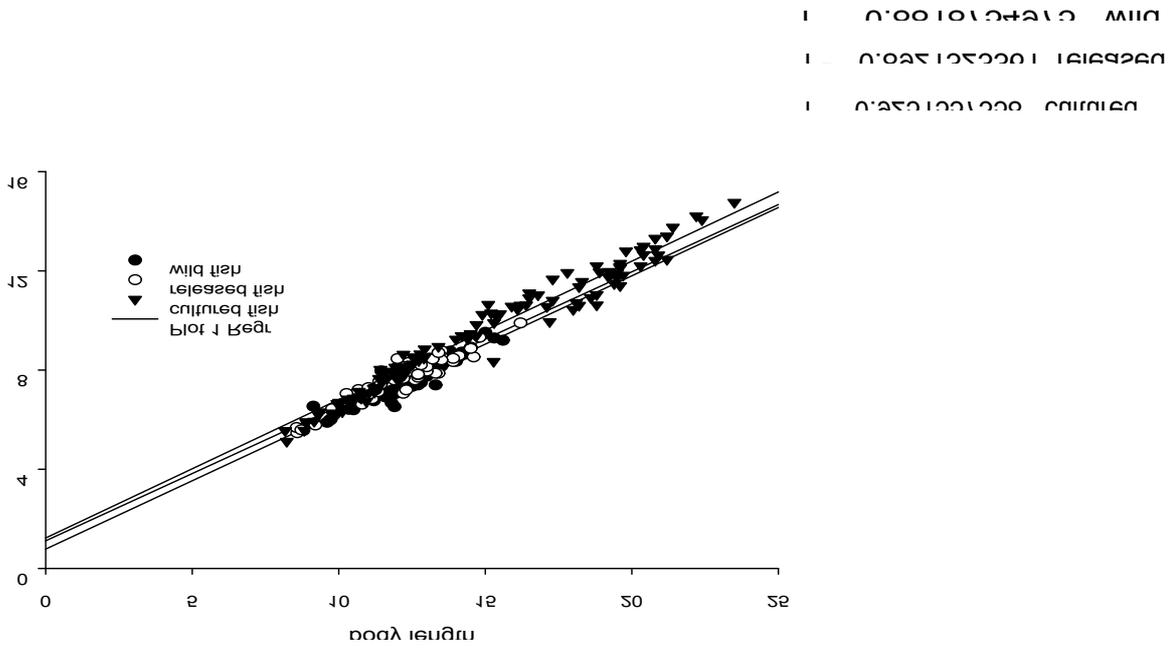


그림 4-4-18. 체장에 대한 항문장의 상관관계.

Fig. 4-4-18. The relation of pectoral fin length and body length.

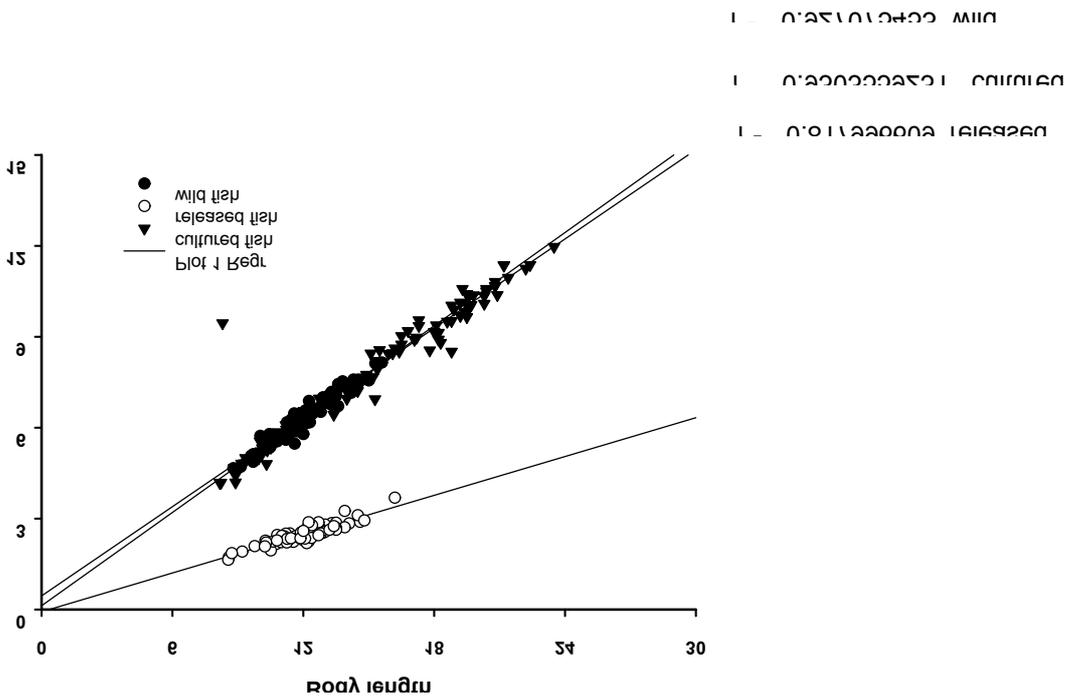


그림 4-4-19. 체장에 대한 등지느러미의 상관관계.

Fig. 4-4-19. The relation of dorsal fin length and body length.

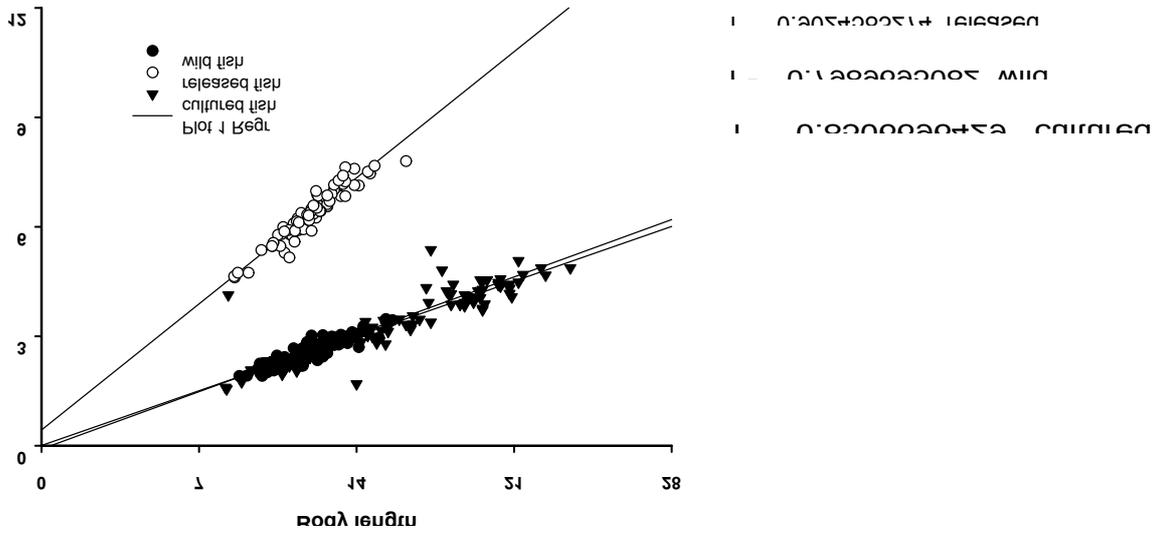


그림 4-4-20. 체장에 대한 배지느러미의 상관관계.

Fig. 4-4-20. The relation of ventral fin length and body length.

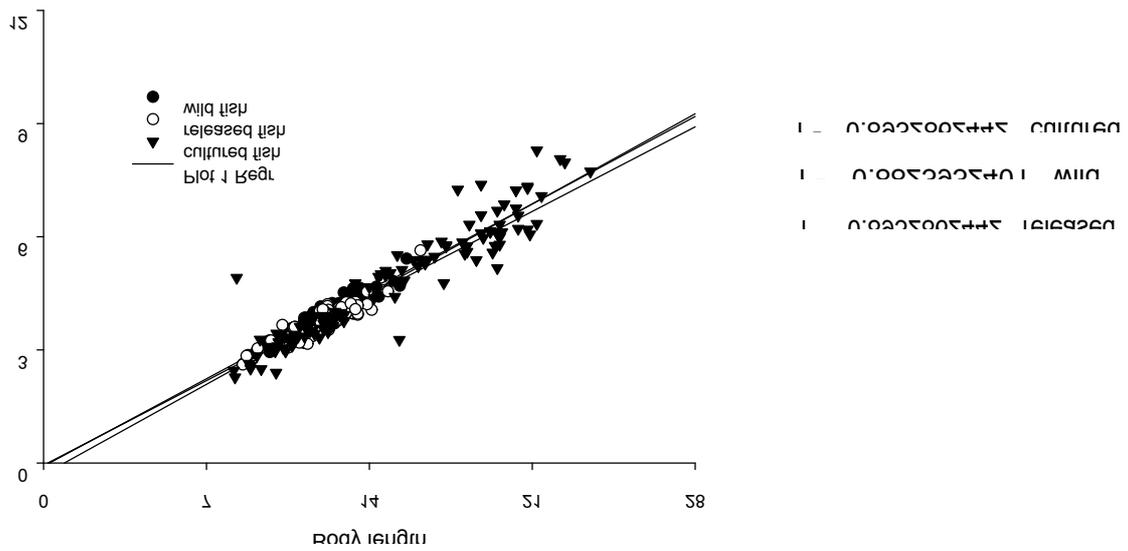


그림 4-4-21. 체장에 대한 가슴지느러미의 상관관계.

Fig. 4-4-21. The relation of pectoral fin length and body length.

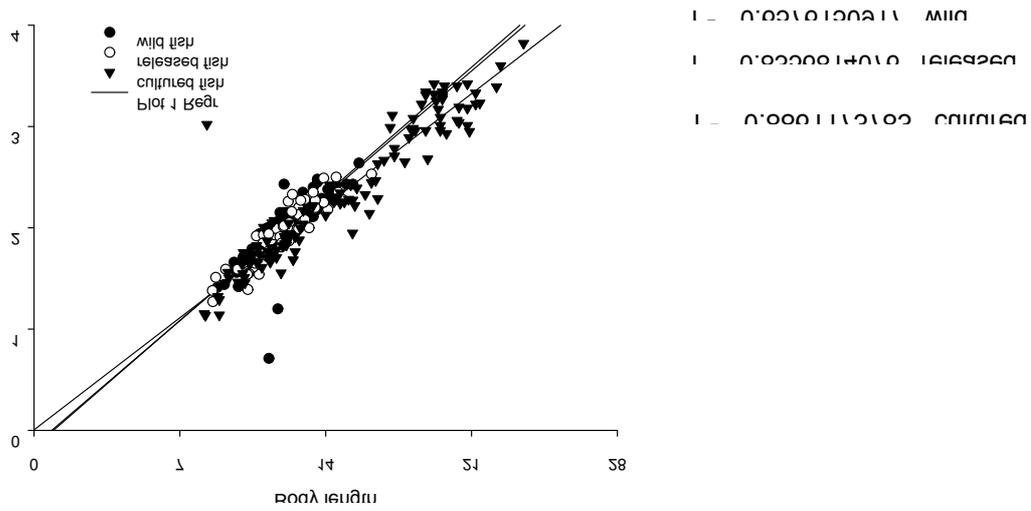


그림 4-4-22. 체장에 대한 뒷지느러미의 상관관계.

Fig. 4-4-22. The relation of anal fin length and body length.

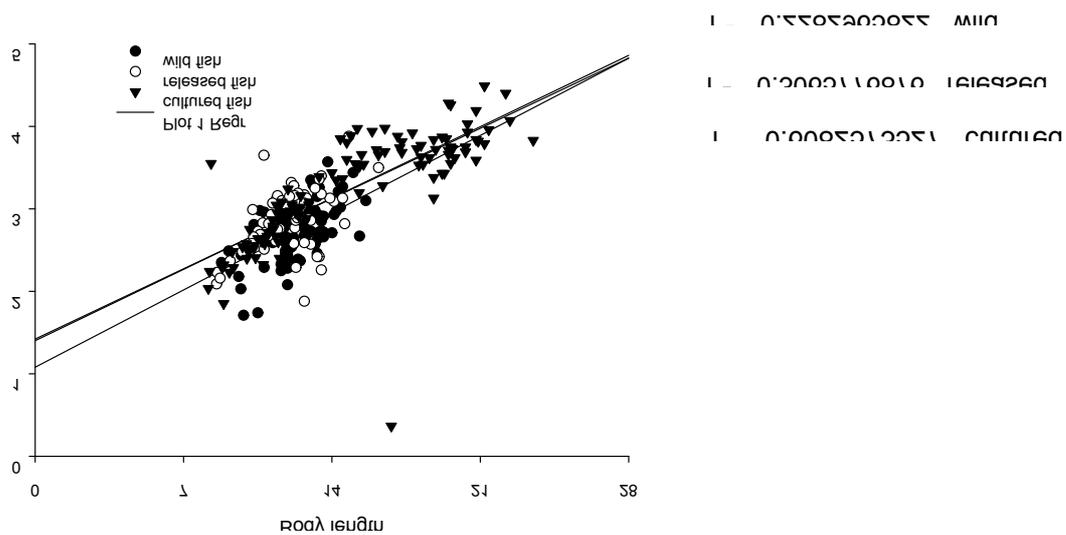


그림 4-4-23. 체장에 대한 꼬리지느러미의 상관관계.

Fig. 4-4-23. The relation of caudal fin length and body length.

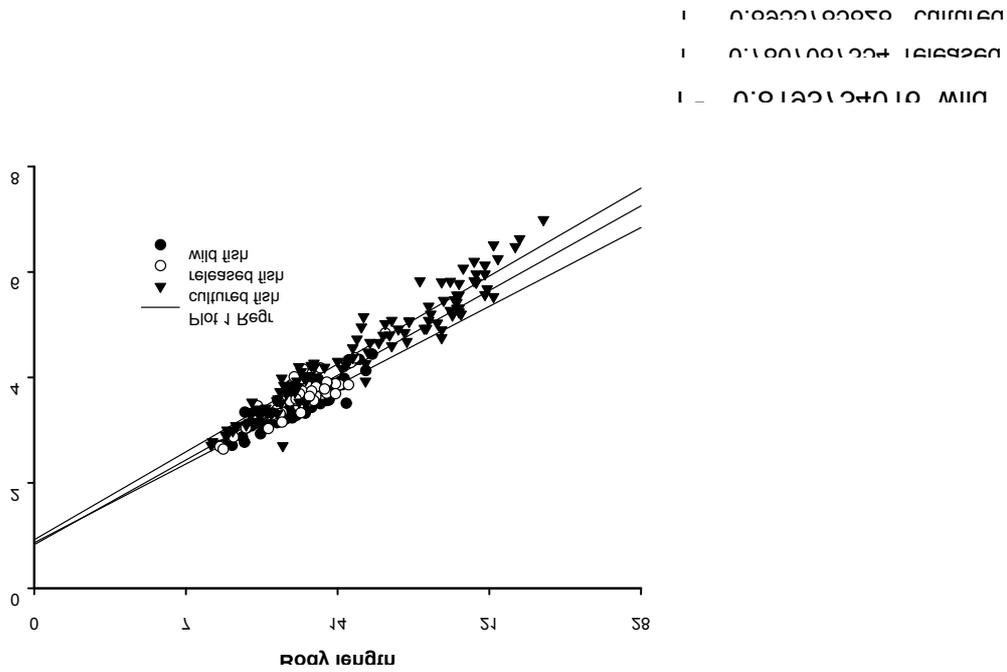


그림 4-4-24. 체장에 대한 두장의 상관관계.

Fig. 4-4-24. The relation of head length and body length.

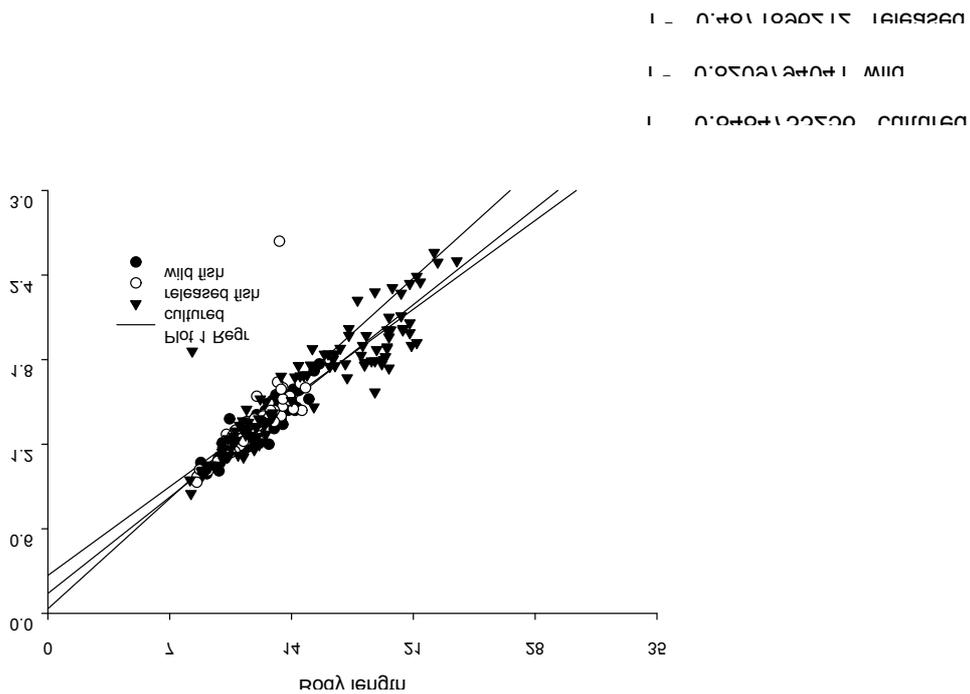


그림 4-4-25. 체장에 대한 미병고의 상관관계.

Fig. 4-4-25. The relation of caudal peduncle height and body length.

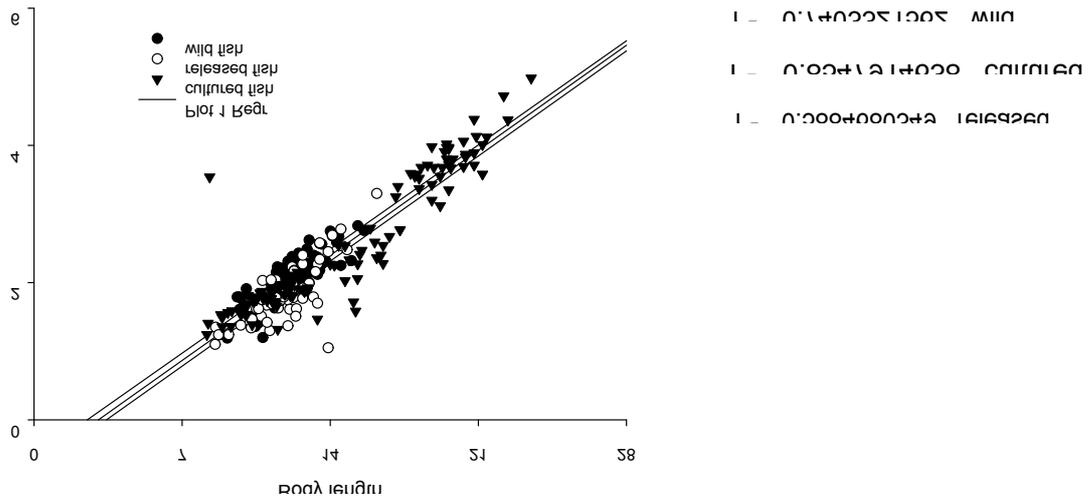


그림 4-4-26. 체장에 대한 미병장의 길이 비.

Fig. 4-4-26. The relation of caudal peduncle length and body length.

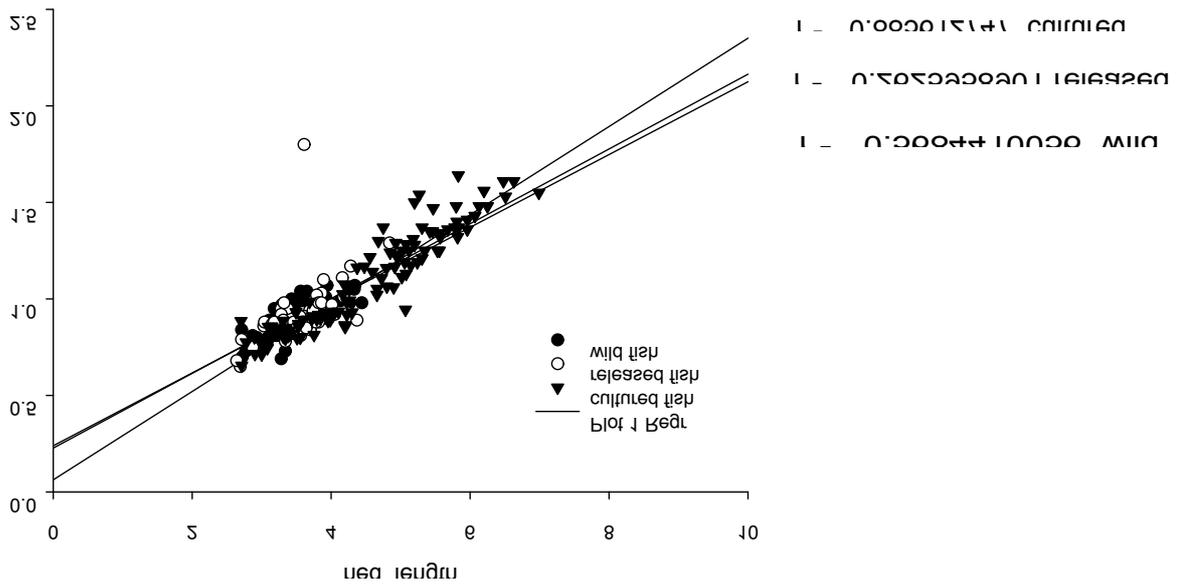


그림 4-4-27. 두장에 대한 눈의 상관관계.

Fig. 4-4-27. The relation of eye length and head length.

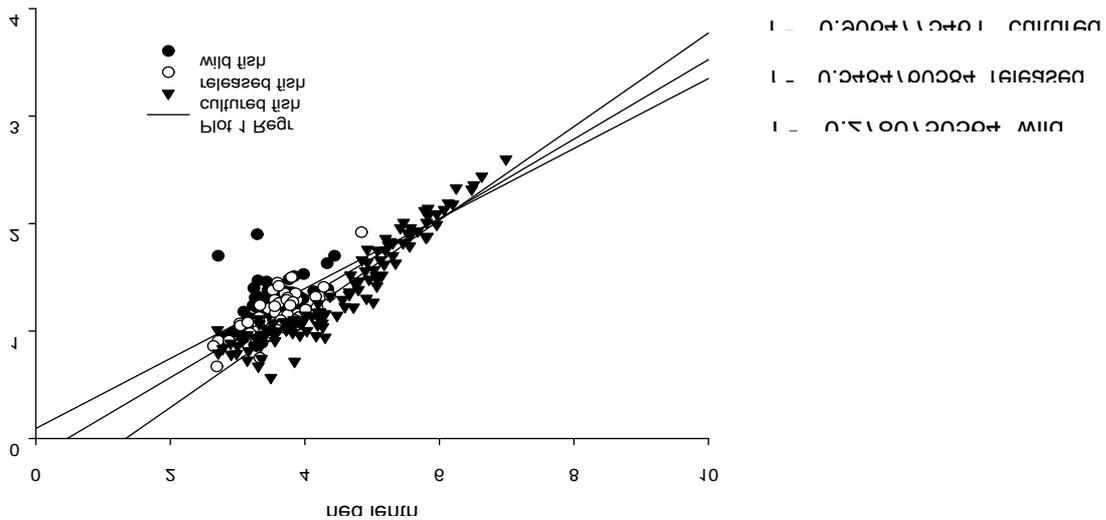


그림 4-4-28. 두장에 대한 주둥이 폭과의 상관관계.

Fig. 4-4-28. The relation of snout length and head length.

(3) 방류지의 이각망에서 채포된 방류 및 자연산 감성돔의 월별 출현비율

2002년 9월 방류지를 중심으로 감성돔 치어를 방류한 후 월호도 남부지선에 이각망을 시설하고 매월 감성돔을 채집하여 자연산과 방류어의 출현비율을 조사하였다(그림 4-4-29).

방류를 실시하고 한달 후 10월에는 채포된 감성돔 가운데 93%의 방류어이었으며, 11월에는 방류어가 57% 출현하였고, 12월에는 방류어가 86%가 출현하였으나 12월의 채포 미수가 7마리로 적은 수이었다. 1월에는 70마리가 채포된 가운데 20%가 방류어이었으며, 2월에는 감성돔이 전혀 채포되지 않았다. 3월에는 10마리가 채포 되었으나 전체가 자연산으로 나타났으며, 4월에는 70%가 방류어였으며, 5월에는 방류어가 43% 차지하였으며, 6월에는 방류어가 72% 차지하였으며, 7월에는 방류어가 50% 차지하였으며, 8월에는 67% 차지하였으며, 9월에는 태풍으로 인해 조사가 되지 못하였고, 10월에는 방류어가 70%를 차지하였다.

본 조사의 정점인 월호도는 겨울철 수온이 약 10℃를 유지하는 해역으로서 근년 연안 수온 상승과 더불어 연 중 감성돔이 출현하는 해역으로 알려져 있다.

감성돔이 방류된 후 12월까지의 50% 이상이 채포되다가 1월에 격감하고 2월과 3월에 출현하지 않는 것은 수온대를 따라 남쪽으로 회유하여 나간 것으로 판단하기보다는 동절기에는 월호도와 금오도를 중심으로 저층의 안정된 곳이 은신하고 있다가 3월부터 출현하여 활동하는 것으로 판단된다. 이는 3월부터 채포된 감성돔이 이후 평균 60%의 안정적

인 비율로 체포되어 지는 것으로 보아 외양으로의 회유보다는 방류 후에 방류해역을 중심으로 서식하는 것으로 추측되어 진다.

결론적으로 방류어가 월동기를 지난 시점에서 50% 이상의 비율로써 자연계에서 재체포 되어진다는 것은 주목하여야 할 방류 성적으로 생각된다.

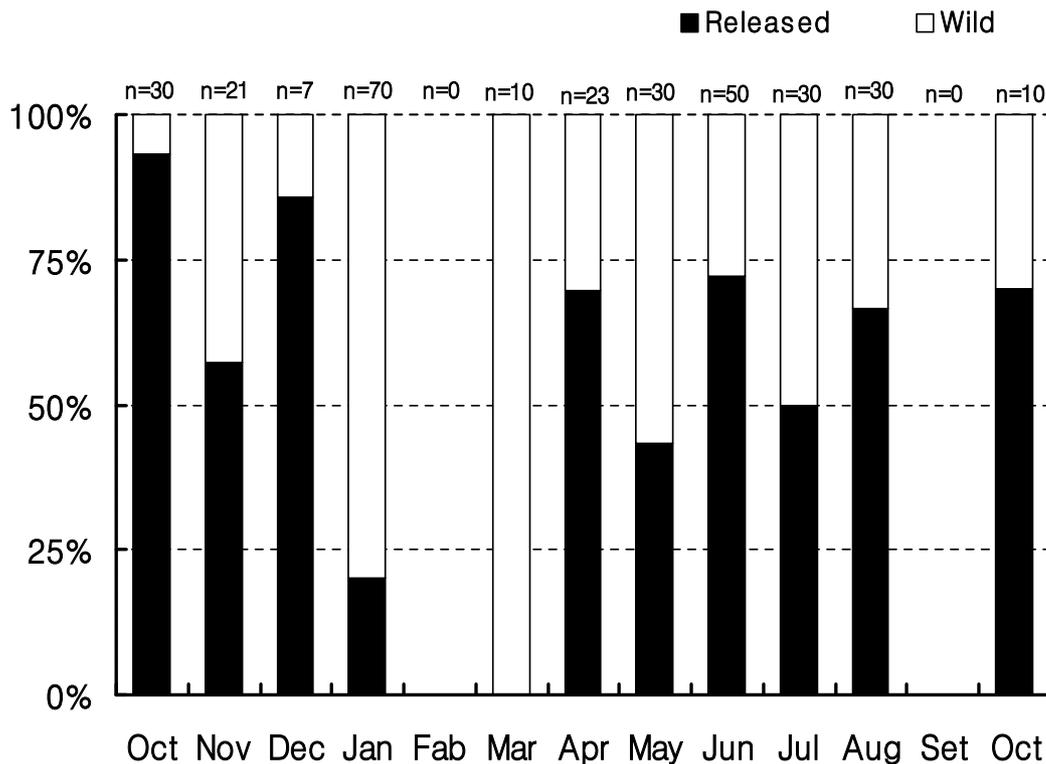


그림 4-4-29. 감성돔 자연산 및 방류어의 월별 출현 비율.

Fig. 4-4-29. The occurrence rates of wild and released black sea bream.

(4) 감성돔 치어와 성어의 월별 출현 동향

금오열도를 중심으로 여자만과 가막만에 출현하는 감성돔을 산란 당해연도로서 1년 미만의 100g 이하 치어군과 산란에 참여하는 1kg 이상의 성어군으로 나누어 각 해역에서의 이각망 조사를 실시하였다. 조사지역을 금오도권, 화태도권, 돌산도권 및 고돌산도권으로 구분하여 월별 치어와 성어의 출현 동향을 그림으로 나타내었다(그림 4-4-30). 조사방법은 이각망이 설치된 18개의 정점에 대해 현장탐문조사에 의하여 얻어진 결과이다.

1월에는 치어와 성어군 모두 화태도권과 금오도 아래쪽에 출현하였으며, 2월에도 동일한 분포로 나타났다(그림 4-4-30, A, B). 3월에 치어군은 화태도와 금호도를 중심으로 출현하는 것에 비해, 성어군은 돌산도와 고돌산도를 중심으로 확대되는 출현 경향을 보이며

돌산도 외곽을 따라 광양만으로 진입하는 모습을 보였다(그림 4-4-30, C). 4월에 치어는 화태도와 금오도를 중심으로 돌산도 외곽으로 출현하였으며, 성어는 화태도와 금오열도를 따라 고돌도산 전체적으로 나타났으며 돌산도 외곽에서도 많은 양이 채포되어 것으로 조사되었다(그림 4-4-30, D). 5월에는 치어군의 활동반경이 금오도, 화태도, 고돌산도 및 돌산도 외곽까지 전체적으로 분포하였으며, 성어는 4월 이후 모든 정점에서 채포되는 것으로 나타났다(그림 4-4-30, E). 6월에는 치어군과 성어군 모두 금오도, 화태도, 고돌산도 및 돌산도 전체적으로 출현하는 것으로 나타나, 이후 7월, 8월, 9월까지 동일한 경향의 활동 범위를 나타내고 있었다(그림 4-4-30, F, G, H, I). 10월까지도 치어군은 전체적인 분포 경향은 하절기와 유사하였으나, 성어군은 돌산도 외곽에서 점차 남쪽으로 하강하는 경향을 보였다(그림 4-4-30, J). 11월에는 치어군이 화태도와 금오도를 중심으로 돌산도 남쪽 외곽까지 출현하였으나, 성어군은 화태도와 금오도 남쪽으로 하강하여 출현하는 경향을 나타내었다. 12월에는 1월과 동일하게 치어군과 성어군 모두 화태도와 금오도를 중심으로 출현하고 있었으나 채포되는 양은 극히 적은 것으로 조사되었다.

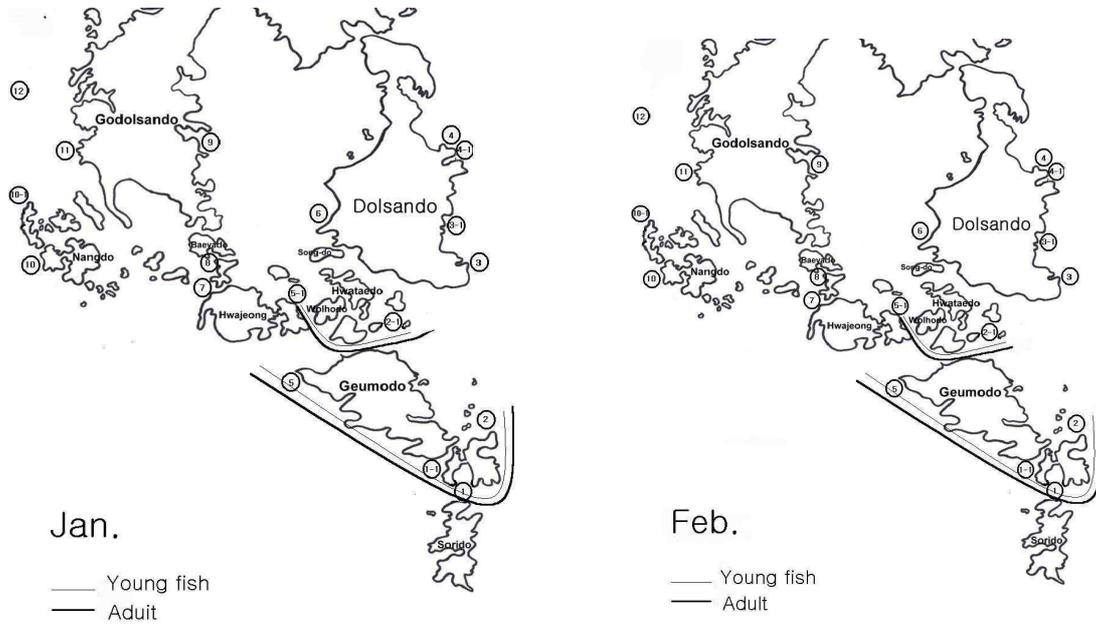
따라서 치어군과 성어군은 화태도와 금오도를 중심으로 연중 서식하고 있는 것으로 나타났으며, 3월부터는 성어군이 먼저 북상하는 하고 10월부터는 성어군이 먼저 남하하는 경향을 보였다. 이에 비해 치어군은 북상시기와 남하시기가 성어에 비해 1~2개월 가량 늦은 것으로 나타났다. 이러한 회유의 형태는 감성돔이 동절기에 거문도까지 남하하여 월동한 후 춘기에 금오열도를 따라 북상한다는 일반적인 언급들과는 상이한 결과를 보였다. 감성돔의 회유반경과 방류어의 회유반경에 대해 보다 적극적인 조사가 요망된다.

나. 방류 감성돔 치어의 먹이 습성과 환경적응

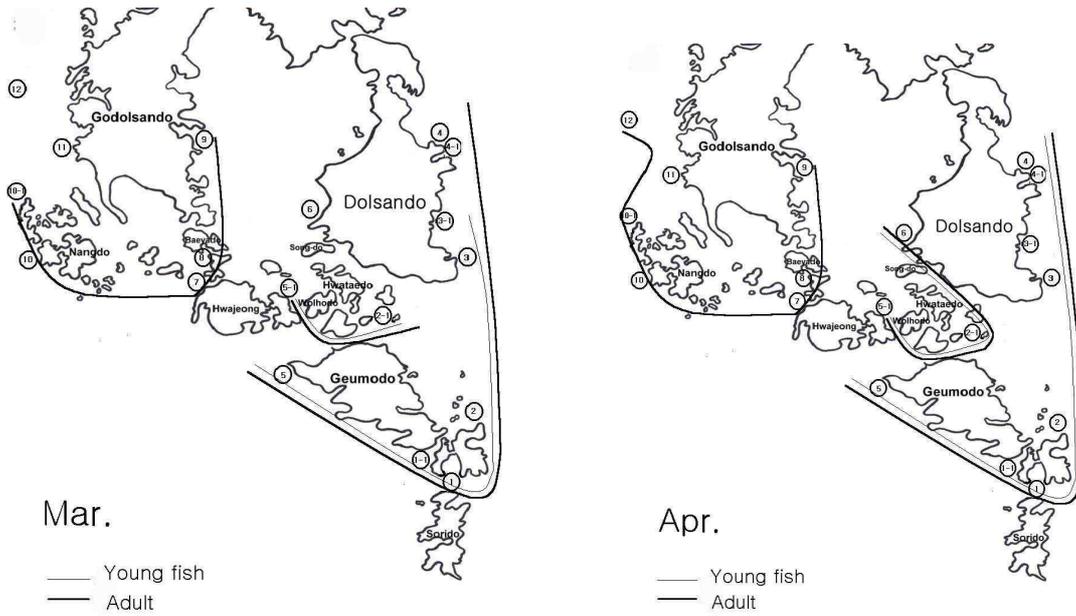
조사기간 30일 동안의 해수 수온은 22.4℃에서 점차 하강하며 30일 째에는 18℃로써 감성돔의 적정 수온대가 형성되었다(그림 4-4-31). 각 정점별 정점에서 채집된 감성돔을 비늘 판독법(유 등, 2004)에 따라 관찰한 결과 채집된 전체가 인공종묘생산에 의하여 생산되고 방류된 어체임이 판정되어 자연산 감성돔에 대한 비교결과는 얻지 못하였다.

방류어의 성장패턴을 보기 위하여 어체중과 전장에 대한 패턴을 측정하였다(그림 4-4-32). 방류 후 15일째까지는 정체의 경향을 보였으나, 20일째부터는 어체중과 전장 모두 성장하는 경향을 나타내어 환경적인 면에서의 적응이 15일 이후에부터 정상적인 성장으로 나타나는 것으로 판단된다.

방류 후 평균적인 먹이 습성의 패턴을 나타내었다(그림 4-4-33). 감성돔의 먹이 습성은 잡식성의 식성을 나타내는 바와 같이 채집된 방류어의 장내에서는 배합사료, 생사료 및 낚시용 떡밥으로 이용되는 크릴 등의 인공먹이가 약 50%의 비중을 차지하고, 조개류, 새우류, 해조류 등의 자연산 먹이가 약 40%를 차지하고 있었다. 채집된 감성돔의 먹이 포식 개체비율은 1일째 정점 A가 100%, 정점 B가 83.5%, 정점 C가 75%이었으며, 10일령 이후에서



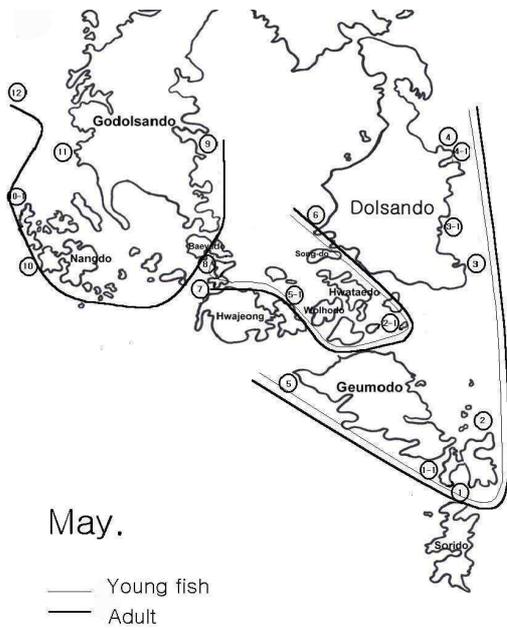
(A) The occurrence tendency on January. (B) The occurrence tendency on February.



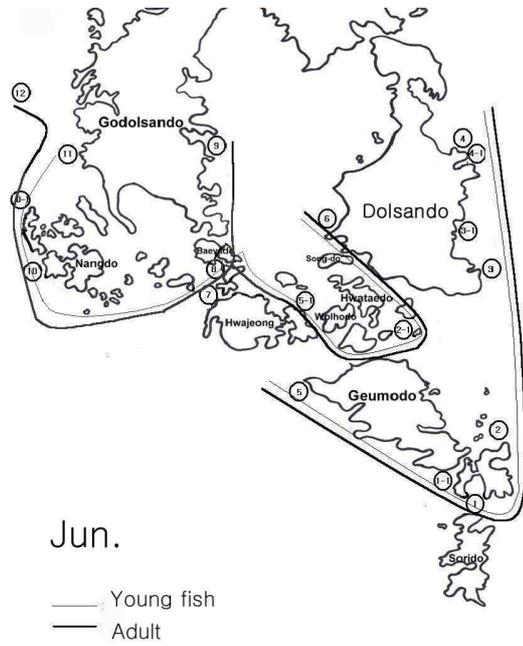
(C) The occurrence tendency on March. (D) The occurrence tendency on April.

그림 4-4-30. 감성돔 치어 및 성어의 월별 출현 동향.

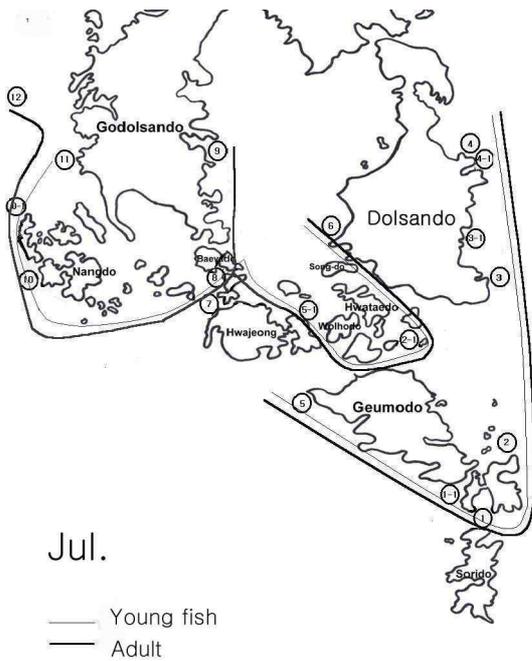
Fig. 4-4-30. The occurrence tendency on young and adult black sea bream during monthly.



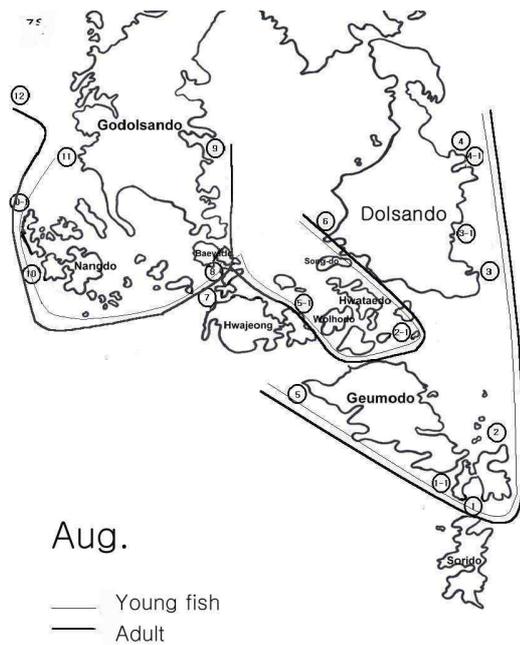
(E) The occurrence tendency on May.



(F) The occurrence tendency on June.

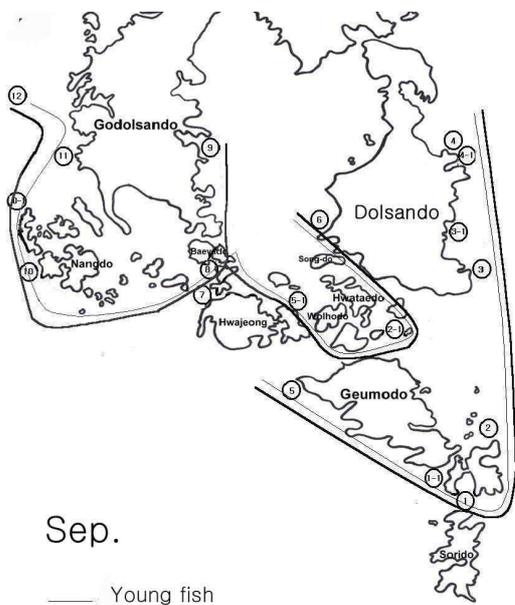


(G) The occurrence tendency on July.



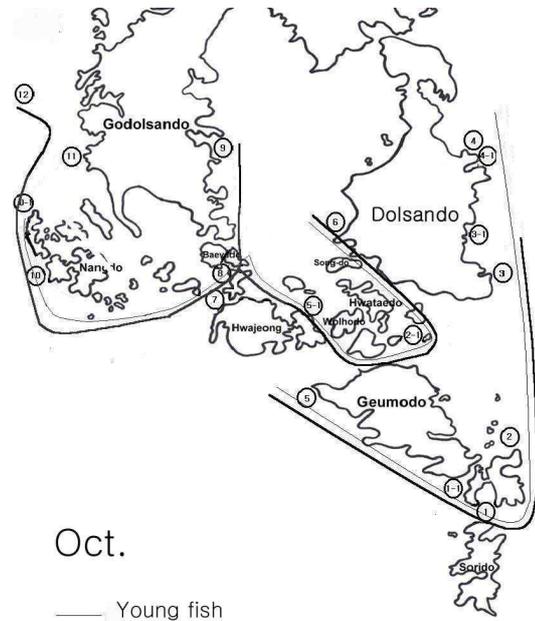
(H) The occurrence tendency on August.

그림 4-4-30. 계속.
Fig. 4-4-30. Continued.



Sep.

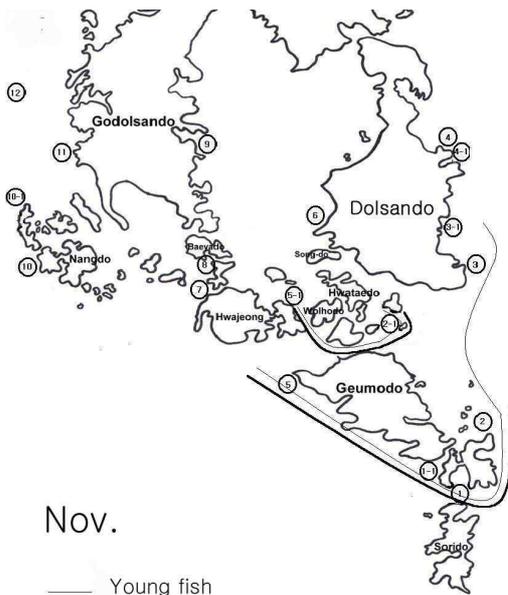
— Young fish
 — Adult



Oct.

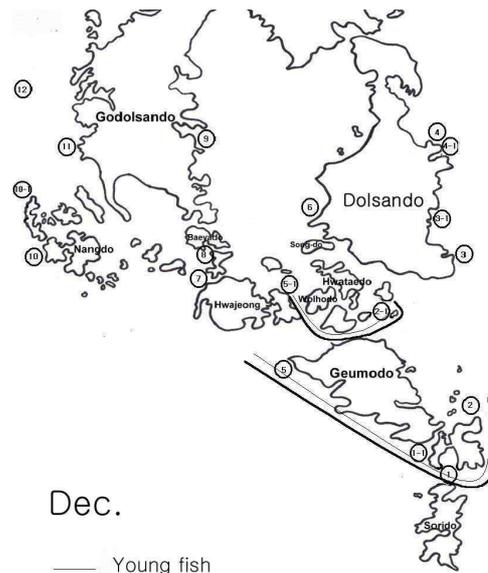
— Young fish
 — Adult

(I) The occurrence tendency on September. (J) The occurrence tendency on October.



Nov.

— Young fish
 — Adult



Dec.

— Young fish
 — Adult

(K) The occurrence tendency on November. (L) The occurrence tendency on December.

그림 4-4-30. 계속.

Fig. 4-4-30. Continued.

는 전체적으로 90%이상의 포식개체비율을 보여 안정적인 먹이섭취 능력을 나타내었다. 장 내용물은 낚시 미끼용 크릴새우와 떡밥이 정점 A가 29.2%, B가 54.2%, C가 73.6% 가장 많이 양이 관찰되었으며, 그 외 홍합, 고둥, 파래 등의 해조류, 생사료 및 배합사료 등이 관찰되었다. 방류 감성돔은 유입된 인공먹이에 우선적인 포식 습성을 가지고 있으며 시간이 지나면서 점차 자연계의 먹이를 포식하게 되는 먹이습성의 경향을 보였다.

방류어에 있어 체지방 함량의 변화는 20일째까지 유의적인 변화는 없었으나 30일째에 다소 증가하는 경향을 보였으며, 가두리 양식 감성돔은 10일째까지 변화가 없었으나, 20일째부터 현저히 증가하는 경향을 보여 체지방은 환경적인 변화에 민감하게 변화하는 것을 보였다(그림 4-4-34). 방류어에 있어 단백질 함량은 방류전, 방류어 및 가두리 양식어에 있어 모두 약 17%로 유의적인 차이가 없이 안정적인 체 함량 변화를 나타내었다(그림 4-4-35).

이러한 결과는 낚시인이 방류해역에서 낚시용 미끼와 집어용 떡밥이 다량으로 뿌려진 것과 인근 가두리양식장에서 유입된 사료원이 먹이로써 활용되어 진 것에 기인한 것으로 방류환경에 많은 영향을 받고 있는 것으로 판단되어 진다. 2002년 7월 동일해역에서 행하여진 감성돔 방류어의 추적연구에서 나타난 자연산과 방류어의 비율에 비하여 방류어가 절대적인 비율을 차지하게 된 것은 안정적인 방류해역의 선정의 결과로 평가되어 진다.

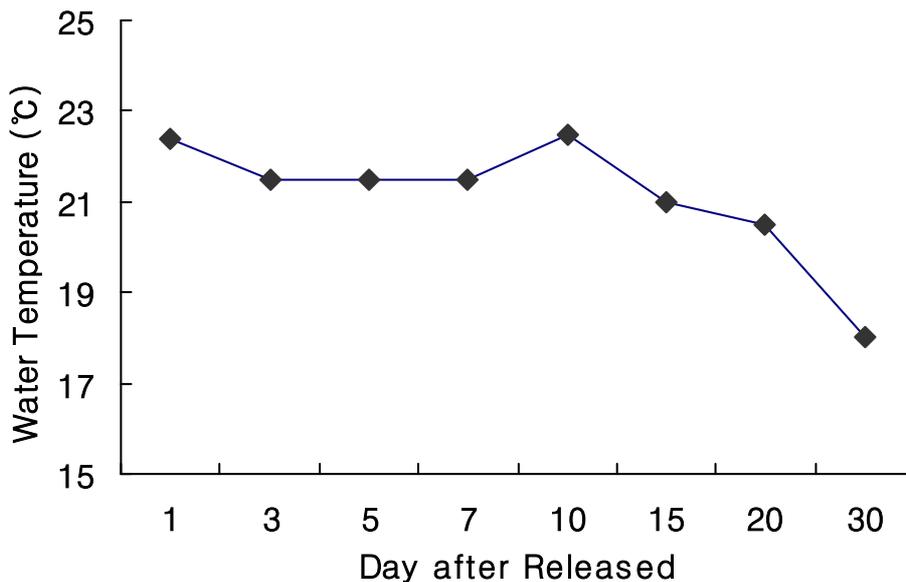


그림 4-4-31. 조사기간 동안의 해수 수온의 변화.

Fig. 4-4-31. Change in water temperature.

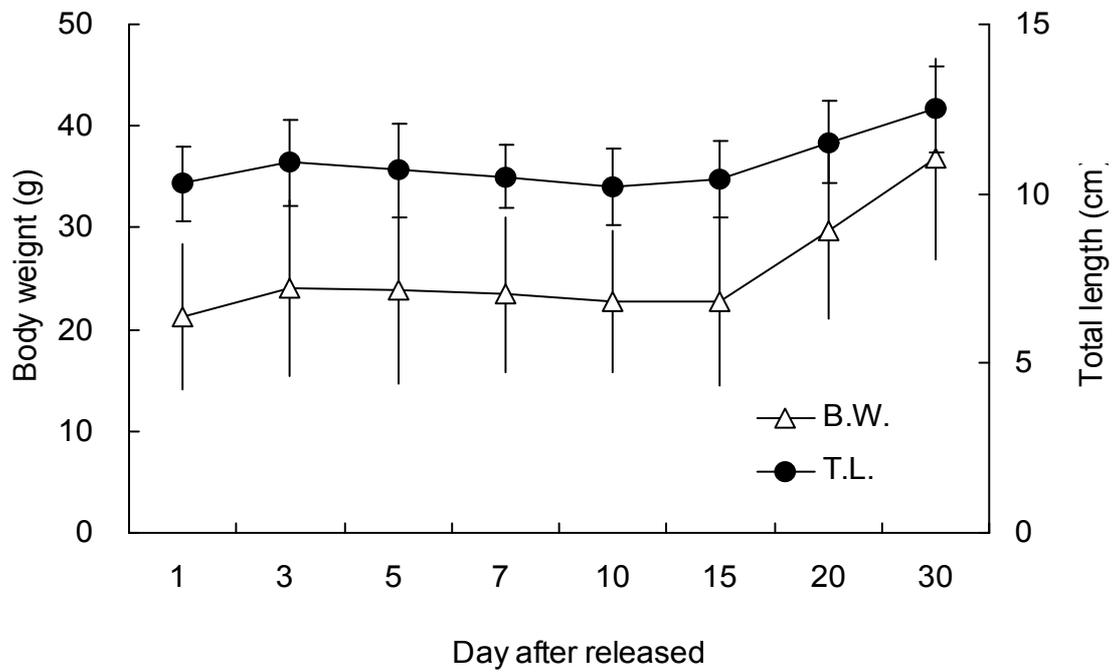


그림 4-4-32. 감성돔의 체성장의 변화.

Fig. 4-4-32. Growth of body weight and total length into released black sea bream.

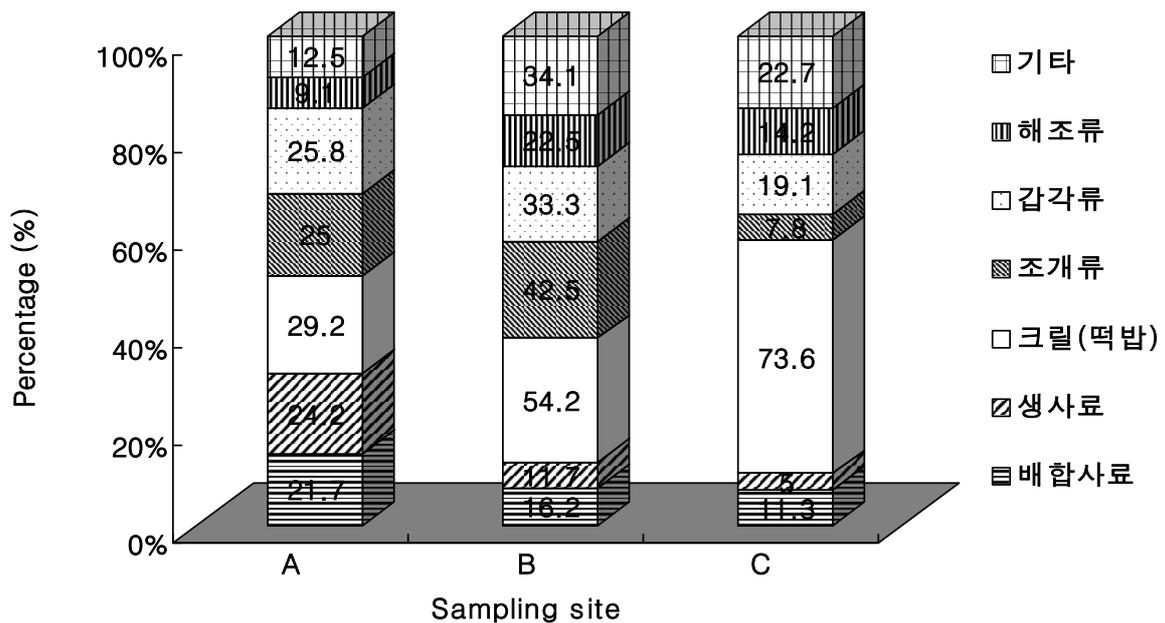


그림 4-4-33. 조사 정점별 장내 먹이의 출현 비율.

Fig. 4-4-33. Change in feeds in the intestine of released black sea bream.

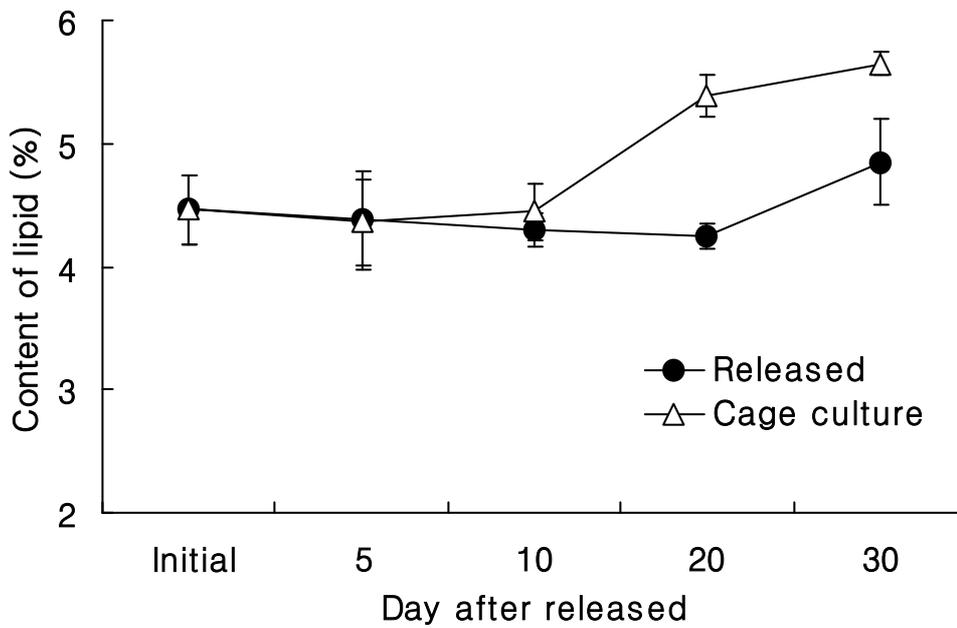


그림 4-4-34. 방류 및 양식산 감성돔 전어체의 지방 함량의 변화.

Fig. 4-4-34. Change in lipid level (g/100g fish) of black sea bream between released and culture fish.

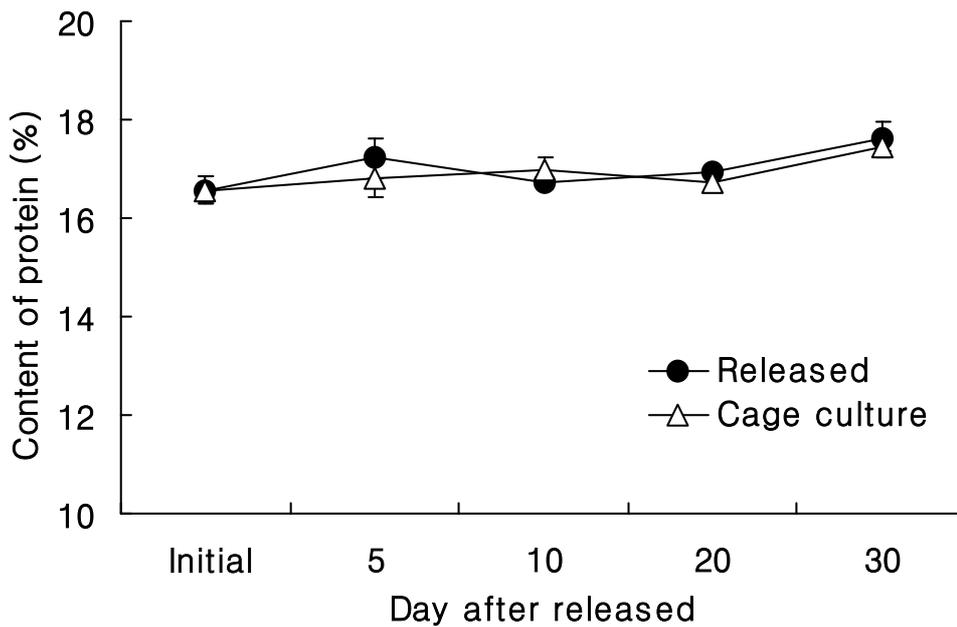


그림 4-4-35. 방류 및 양식산 감성돔 전어체의 단백질 함량의 변화.

Fig. 4-4-35. Change in protein level (g/100g fish) of black sea bream between released and culture fish.

제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구

1. 서론

2001년부터 본격적으로 시작된 전남 다도해형 바다목장의 주 대상 어종은 우선 감성돔을 들 수 있으며 그 외 돌돔, 볼락, 황점볼락이 있다. 감성돔과 돌돔은 2003년 인공종묘 생산된 치어들이 바다목장해역에 방류되었다. 그러나 이들 대상종에 대한 연구는 양식 대상종으로서 많은 연구들이 진행되어 오고 있으나 여수를 중심으로 한 남해안에서의 이동, 성장, 행동 등 생태적인 자료 축적은 그다지 많지 않은 실정이다.

특히, 감성돔은 연안에서 가장 많은 자원량이 확인되는 돔 종류이고 전국 바다낚시동호인들로부터 가장 인기 있는 어종임에도 불구하고 이 종의 행동 습성이나 회유로 역시 아직은 밝혀져 있지 않은 실정이다.

전남 다도해형 바다목장 해역 내에 방류효과를 높이고 나아가 앞으로의 획기적인 자원 증대를 위하여 초기의 감성돔 치어의 행동 발달을 비롯하여 자연계에서의 감성돔, 돌돔, 볼락 등에 대한 행동을 관찰 조사하고 있다. 수조 및 수중관찰 시 감성돔, 돌돔 등 몇몇 어종들의 행동 습성에 대해서 조사 중에 있다. 전남 다도해형 바다목장에서의 자연산 감성돔의 회유경로를 구명하기 위한 목적으로 감성돔의 이동범위를 음향 텔레메트리로 측정하는 실험을 수행하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 방류어의 생태

(1) 감성돔

감성돔과 생태에 대한 연구는 1차 년도에 이어 지금까지의 문헌을 참조하여 추가 정리 중에 있으며 감성돔 회유로 및 이동 범위에 대한 연구는 지금까지 축적된 자료 분석 외에 표식 방류에 의한 방류어 추적과 자연산 감성돔을 대상으로 현지 어업 장소(이각망, 낚시 등)와 목장 해역 내에 방문하는 낚시인들을 대상으로 조사 추적 중에 있다.

(2) 돌돔

돌돔의 생태에 대한 연구는 지금까지의 문헌을 참조하여 추가 정리 중에 있으며, 생리 생태특성 중의 중요한 어류의 호흡대사 측정의 지표로서 산소소비율을 알아보기 위하여 다음과 같은 방법을 이용하였다.

(가) 실험어

실험어는 해상 가두리에서 사육 중인 돌돔 치어를 사용하였으며, 기초 대사량을 측정

하기 한 달 전에 실내 수조로 옮겨와 예비 사육을 거쳐 실내에 순치시킨 다음 산소 소비량을 측정하였고, 실험 시작 3일 전부터 절식시켰다. 실험어는 MS-222로 마취시켜 무게를 측정한 다음 실험 장치에 수용하였다. 실험어의 체중은 $21.5 \pm 1.9\text{g}$ 이었으며, 실험 챔버에 각각 5마리씩 3반복 수용하여 실험에 이용하였다. 실험 기간 동안 사육수의 pH는 8.1 ± 0.1 , 염분은 $34.0 \pm 0.5\text{‰}$ 로 유지하였다.

(나) 실험 장치

기초 산소 소비량을 측정하기 위해 연속적으로 물이 흘러나가고 다시 재이용할 수 있도록 고안된 김(1999, 그림 4-5-1)의 시스템을 이용하였다. 유입수와 실험어를 수용한 호흡실 및 대조구 배출수의 산소량을 측정하여 산소 소비량을 조사하였다.

① 호흡실

실험에 사용된 호흡실은 두께가 8mm의 아크릴로 제작하였다. 가로 45mm, 세로 250mm, 높이가 150mm인 직육면체 형태로 제작하였으며, 호흡실의 윗 부분은 공기가 새어 들어가거나 누수를 막기 위해 고무 밴드를 삽입한 후 뚜껑을 덮어 밀봉하였다. 그리고 호흡실 내에 물과 함께 들어간 공기를 빼내기 위해 직경 6mm의 구멍을 한쪽 부분에 뚫고 투명 비닐 관에 소형 밸브를 연결하여 사용하였다. 호흡실로 들어가는 유입수는 10mm의 관을 연결시키고 그 끝 부분은 막고 작은 구멍을 뚫어 유입수가 고르게 확산되도록 하였다. 흘러나온 물은 100mm(W)×100mm(L)×60mm(H)의 측정실로 들어가도록 하였다. 측정실의 위쪽 부분에는 지름 67mm의 구멍을 뚫어 산소 probe를 연결하였고, 산소 probe 연결 부위에 누수 및 공기가 새어 들어가는 것을 방지하기 위해 고무 링을 밀착시켜 밀봉하였다. 그리고 측정실 내에 유입된 공기 방울은 호흡실에 사용한 것과 동일한 방법으로 제거하였다.

② 산소 측정 시설

용존산소의 측정은 산소 측정 전극과 Multi Data Logger System(Oxyguard, Denmark)을 사용하여 측정하였다. 호흡실의 유입수와 배출수의 용존 산소량은 산소 probe를 통해 매 5분마다 측정하였고, $\mu\text{Log VL 100 Software}$ 를 이용하여 측정 시간의 간격을 설정하였다. 설정된 프로그램에 맞게 5분 간격으로 측정된 산소량은 산소 측정 판넬을 통해 Data Logger에 저장한 후 자료를 프로그램을 통해 다운로드 받아 분석에 이용하였다.

③ 물의 공급과 환경 조절

실험 장치는 저수 탱크(reservoir), 공급 탱크(head tank), 카드리지 필터, 자외선 살균

기 그리고 호흡실로 이루어진 간단한 순환 여과 시스템을 이용하였다. 170L의 저수 탱크에서 순환 펌프(PB-36-E-D, &W, 1/20HP, 한일)를 통해 양수되어 저수 탱크와 동일 용량인 공급 탱크로 가게 되고, 이것은 호흡실을 거쳐 다시 저수 탱크로 흐르도록 설계하였다(그림 4-5-1). 공급 탱크에는 자동 온도 조절 장치가 연결되어 있는 히터와 냉각기를 이용하여 실험 수온을 유지하였고, 95% 이상의 산소 포화도를 유지하기 위해 2-3개의 에어스톤을 블로워에 연결하여 설치, 사용하였다. 또한 저수 탱크에는 양수되어 공급 탱크로 들어가기 전에 1 μ m의 카트리지 필터 2개를 연속적으로 거치도록 하여 입자성 부유물질의 영향을 최소화하였고, 시스템 내에 미생물에 의한 미량의 산소 소비를 줄이기 위해 유수식 자외선 살균기(Model: P301, 처리 용량 3ton/hr, 삼지통상)를 통과하여 재 순환하도록 하였다. 호흡실을 거쳐 나간 물은 산소 probe를 통과하도록 하였고, 물의 흐름은 평균 57.3 \pm 0.5L/hr를 유지하였다.

(다) 실험 방법

① 수온에 따른 용존산소 소비량 측정

돌돔 치어의 사육 수온에 따른 용존산소 소비량 변화를 알아보기 위해 10 $^{\circ}$ C, 15 $^{\circ}$ C, 20 $^{\circ}$ C 및 25 $^{\circ}$ C에서 용존산소 소비량을 조사하였다. 각 어류는 실험 장치에 수용하기 전 각각의 수온 조건에 충분히 적응시키기 위해 일주일간 순치시킨 후 실험에 이용하였다.

② 광주기 변화에 따른 용존산소 소비량 측정

광주기 변화에 따른 용존산소 소비량 변화를 알아보기 위해 각각의 수온 조건에 대해 광주기 조건을 24L:0D, 12L:12D 그리고 0L:24D로 변화시켜 매 조건마다 용존 산소 소비량을 측정하였으며, 각각의 구간은 측정 시작 전 2일간 같은 광주기 조건에 순치시킨 다음 측정하였다. 암조건은 임의로 제작된 암막 장치를 이용하여 인위적으로 광주기를 조절하였다.

③ 용존산소 소비율의 계산

돌돔 치어의 용존산소 소비율(mg O₂/kg fish/hr)은 Leung *et al.*(1999)이 보고한 방법과 같이 어류가 수용되지 않은 대조구와 연계하여 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{산소 소비율 (mg O}_2\text{/kg fish/hr)} = \{(C_0 - C_1)Q_1 - (C_c - C_1)Q_2\} / W$$

여기서, C₁ = 유입수의 용존산소 농도(mg O₂/L)

C₀ = 실험 수조 배출수의 용존산소 농도(mg O₂/L)

C_c = 대조구 배출수의 용존산소 농도(mg O₂/L)

Q₁ = 실험 수조를 지나가는 시간당 유량(L/hr)

Q_2 = 대조구를 지나가는 시간당 유량(L/hr), W = 어체중(kg)

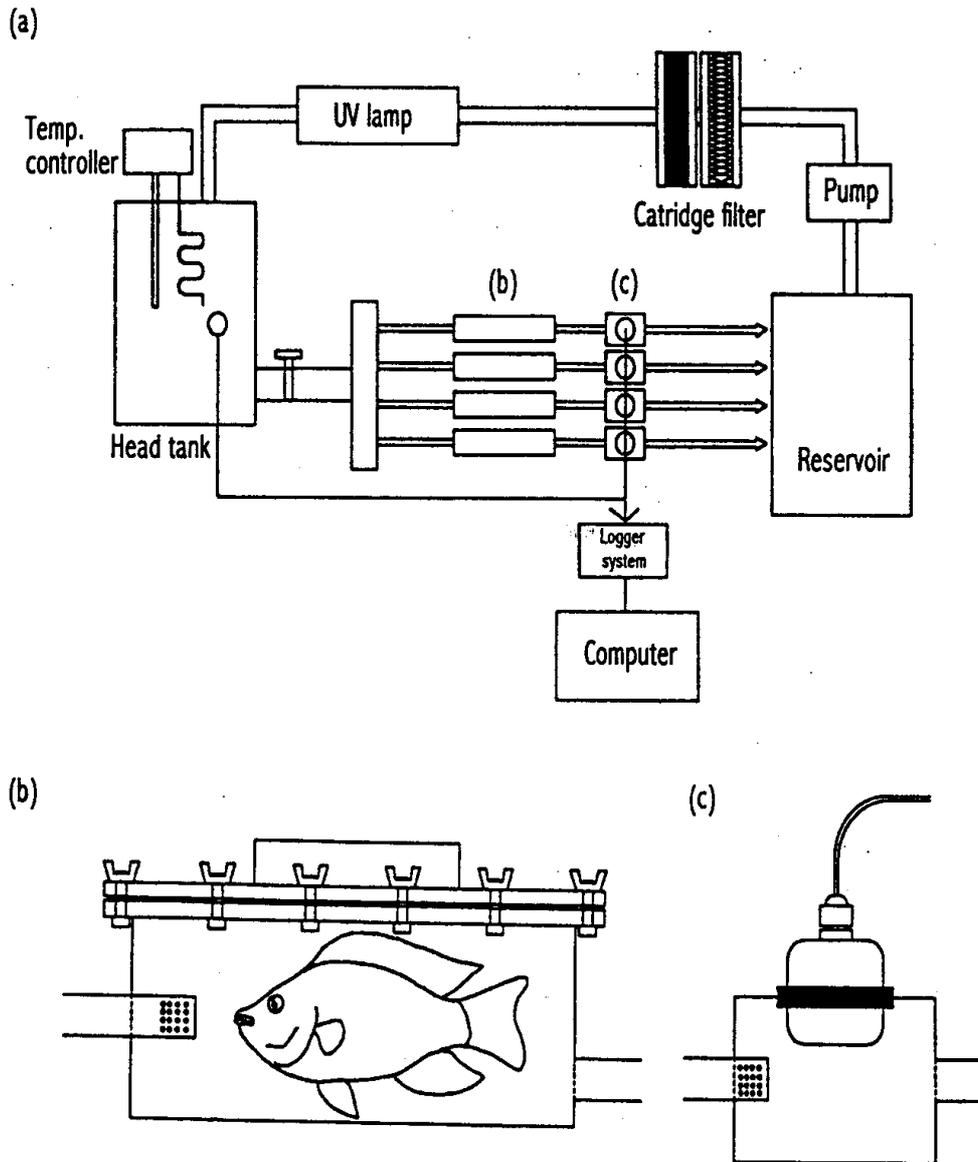


그림 4-5-1. 산소 소비량 측정 시설. (a) 전체 시스템 (b) 어류 호흡실 (c) 용존산소 측정실.

Fig. 4-5-1. Schematic diagrams of oxygen consumption measuring system in the laboratory. (a) whole respirometer system; (b) fish chamber; (c) dissolved oxygen measurement chamber.

나. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시시기 및 행동 발달
2004년도 종묘 생산 시 재 실험 계획이다.

다. 수조 내 행동 특성

(1) 감성돔

감성돔 초기 발육과정에서의 행동 실험은 경남수산자원연구소의 어류 종묘생산 연구동의 실내 수조에서 실시하였다. 이번 실험에 사용된 감성돔은 2003년 3월초 전장 $32 \pm 5.1\text{cm}$ 전후의 어미로부터 산란된 수정란을 부화 사육한 일령이 100일 전후인 치어였다. 실험어는 전장이 $4.74 \pm 0.47\text{cm}$ 전후인 건강한 개체 400마리였다.

실험에 사용한 수중구조물은 두께 2mm인 합판과 $4 \times 4\text{cm}$ 크기의 각목을 연결하여 각층의 높이를 25cm로 하고 3단의 계단형 모형 실험 어초($2 \times 2 \times 0.75\text{m}$)로 콘크리트사각수조 ($5 \times 5 \times 1.2\text{m}$, 수심 0.9m) 바닥에 설치하였다.

실험 시 사육환경은 수온 $18.4 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 염분 33.5‰, 용존산소 $7.4 \pm 0.8\text{mg}/\ell$, 환수량 4회전/day였다. 종묘 생산 시 1일 5회 이상 배합사료를 투여하여 사람과의 교감을 주는 것과는 달리, 실험 시작 전 일주일을 굶긴 후 1일 1회(오전10:00) 시판용 냉동 코페포다를 양과 망에 넣어 유입수가 공급되는 주수구 앞에 메달아 양과 망 사이로 냉동 코페포다를 흘러보내는 방식으로 먹이를 공급하여 사람과의 교감을 최대한 억제하였다.

(2) 황점볼락

황점볼락의 초기 발육과정에서의 행동 실험은 경남수산자원연구소의 어류 종묘생산 연구동에서 실시했으며, 실험에 사용된 치어는 인공 종묘 생산된 전장 $5.43 \pm 0.43\text{cm}$ 전후인 500마리였다. 실험은 콘크리트사각수조($5 \times 5 \times 1.2\text{m}$, 수심 0.9m)에서 실시하였으며 실험 대상 어류의 행동을 보기 위한 구조물은 2mm 합판과 $4 \times 4\text{cm}$ 각목을 연결하여 각층의 높이를 25cm로 하여 3단의 계단형 소형 실험 어초($2 \times 2 \times 0.75\text{m}$)를 만들어 콘크리트 수조 내에 설치했다.

실험에 사용된 황점볼락 종묘는 인공 부화시킨 것으로 부화 후 15일 전·후부터 배합사료에 순치시켰다. 실험어는 수조에 수용한 후 1일 2회 참돔의 난과 알테미아나 유생을 먹이로 공급하였다. 실험 시 사육환경은 수온 $19.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분 33.5‰, 용존산소 $7.4 \pm 0.6\text{mg}/\ell$, 환수량은 4회전/day였다.

라. 자연 상태에서의 행동 특성 조사

(1) 자연 암반

전남 다도해형 바다목장해역의 다이빙을 통한 자원 조사 시 금오도, 안도, 소리도의 각 정점에서 관찰된 감성돔의 서식 생태에 대한 자료를 취합하여 분석하였다. 특히 최근 월동기간 중 감성돔이 자주 출현하였다는 금오도 북서쪽연안인 용머리에서 수중조사를 통하여 감성돔이 은신하는 암반의 형태를 분석하였다. 조사는 자원 조사와 동시에 이루어졌으며 수중에서 기록, 스케치 및 촬영을 병행하였다.

(2) 어초

(가) 삼부도 세라믹 어초와 안도 강제어초

소삼부도 연안의 수심 24m에 설치된 세라믹어초(일반어초)를 대상으로 어류 군집을 조사하였다. 또, 안도 북동쪽에 위치한 초삼서 부근 해역에 설치된 실험용 강제어초에서 동일한 방법으로 조사하였다.

(나) 시험어초

지금까지 통영 바다목장해역에 설치, 실험된 구조물에서 얻어진 감성돔, 볼락류의 행동 습성 연구를 토대로 전남 다도해형 바다목장에 맞는 실험 구조물을 설계하였다. 이 시험어초를 2003년 12월에 안도 이아포만 내에 투하하여 어류 군집구조와 행동 양상을 조사하였다.

마. 감성돔의 이동 범위 조사

(1) 해저지형 측정

어류의 이동경로 추정이나 어류통과식별장치의 배치 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 실험해역의 해저지형을 조사할 필요가 있다. 해저지형은 측량용 음향측심기, DGPS 수신기, 측량용 소프트웨어 등으로 구성하는 해저지형측정시스템을 사용하여 측정하였다.

(2) 어류통과식별장치

어류통과식별장치(Vemco, VR2)는 무지향성수파기, 초음파수신기로 구성되며, 초음파 핑거(pinger)를 부착한 시험어가 유효수신범위(반경 500m)를 드나든 것을 자동으로 기록(일시, 핑거의 식별번호 등)하는 장치이다. 어류통과식별장치의 제원은 표 4-5-1과 같다.

표 4-5-1. 어류통과식별장치의 제원

Table 4-5-1. Specifications of the automatic monitoring receiver

Equipment		Specifications
Single channel receiver(Vemco, VR2)	Frequency	69 kHz
	Detectable range	Typically 500m
	Data buffer	2 MB(300,000 detections)
	Multi-target monitoring	Up to 65,000 coded pingers
	Battery life	15 months with a 3.6 V D-cell lithium battery

(3) 초음파 핑거 및 시험어

실험에 사용한 초음파 핑거의 제원은 표 4-5-2와 같다. 사용한 핑거는 모두 coded type으로 하여 VR2 수신기만으로 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 핑거의 크기는 $\phi 9 \times L 24\text{mm}$, 음원음압레벨은 139dB(re 1 μ Pa at 1m)이었다. 핑거의 건전지 수명은 3개월 이상 이면서 방류어를 탐색하거나 위치를 측정할 때에도 편리하게 사용할 수 있도록 식별번호 (ID)의 정보를 담고 있는 펄스군의 발생 간격이 10~30sec인 것을 선택하였다.

표 4-5-2. 사용한 초음파 핑거의 제원(2004년 4월 1일~4월 30일)

Table 4-5-2. Specifications of ultrasonic pingers used in from 1 to 30 April 2004

Type	Model	Frequency (kHz)	ID	Sync (ms)	Bin size (ms)	battery life(days)	Weight in water(g)
Coded	V8SC-1L-R256	69.0	10	401.2	22.3	112	2.6
Coded	V8SC-1L-R256	69.0	12	401.2	22.3	112	2.6
Coded	V8SC-1L-R256	69.0	19	401.2	22.3	112	2.6
Coded	V8SC-1L-R256	69.0	20	401.2	22.3	112	2.6

시험어는 2004년 3월 31일에 전남 다도해형 바다목장해역의 대부도 방파제 주변에서 외출낚시에 의해 어획된 총 4미의 자연산 감성돔이었고, 체장은 22.5~34.0cm이었다. 초음파 핑거를 시험어에 부착시키는 데에는 크게 체외 tagging법(Holland *et. al.*, 1985; Matthews, 1990, 1992; Shin, 1992)과 체내 tagging법(Colavecchia, 1998; Starr *et. al.*, 2000; Mitamura *et. al.*, 2002)으로 나눌 수 있는 데, 본 연구에서는 핑거의 자연 탈락율과 핑거로 인한 유체저항의 증가를 최소화시키기 위해 체내 tagging을 사용하였다. 조사선박의 수조(물칸)에 넣어 둔 시험어를 뜰채로 한 마리씩 잡아내어 마취조(바닷물 7리터에 보통 MS-222로 알려진 어류용 마취제를 0.7g 녹인 수조)에서 마취시켰다. 마취에는 약 2분 소요되었다. 마취시킨 시험어는 젖은 흰색수건을 깔아둔 평탄한 수술대 위에 누이고 복부를 제외한 전신을 젖은 흰색 수건으로 덮은 후 체장 및 전장을 측정하였다. 핑거는 시험어의 복강 부분을 수술용 메스로 1cm 전후로 절개하여 삽입하였다. 절개부위는 인체 수술용 봉합실로 봉합하고 봉합한 부분을 요오드딘크로 소독한 다음 조사선박의 수조에서 20시간 정도 안정시켰다. 마취에 소요된 시간을 제외하면 수술에 소요된 시간은 5분 정도 이었으며, 수술 후 사망한 시험어는 없었다. 실험에 사용한 시험어의 크기와 식별번호, 방류시간 등은 표 4-5-3과 같다.

시험어의 방류는 2004년 4월 2일 10:35~11:32에 이루어졌고 방류장소는 어획장소로부터 각각 180m와 380m 떨어진 지점 R1과 R2에 방류하였다. 방류할 때의 시험어의 상태

는 외관상 매우 양호하였다.

(4) 어류통과식별장치의 배치

2004년 4월 2일에 방류한 시험어 4마의 이동범위 및 이동경로를 측정하기 위한 어류 통과식별장치는 그림 4-5-2과 같이 배치하였다. 그림에서 C는 시험어를 어획한 장소이고 R1과 R2는 각각 방류한 장소를 나타낸다. #1~#6은 어류통과식별장치를 설치한 site의 번호이다.

표 4-5-3. 실험에 사용한 시험어(2004년 4월 1일~4월 30일)

Table 4-5-3. Test fishes used on from 1 to 30 April 2004

ID of pinger	TL(cm)	BL(cm)	Tagged by surgical			Released	
			Date	Time	Date	Time	Location
10	35.0	30.0	2004.4.1	13:25~13:31	2004.4.2	10:35	R1
12	40.0	34.0	2004.4.1	13:35~13:40	2004.4.2	10:35	R1
19	30.5	26.0	2004.4.1	13:45~13:50	2004.4.2	11:32	R2
20	27.0	22.5	2004.4.1	13:55~14:00	2004.4.2	11:32	R2

Note) TL is total length of the test fish, BL, body length.

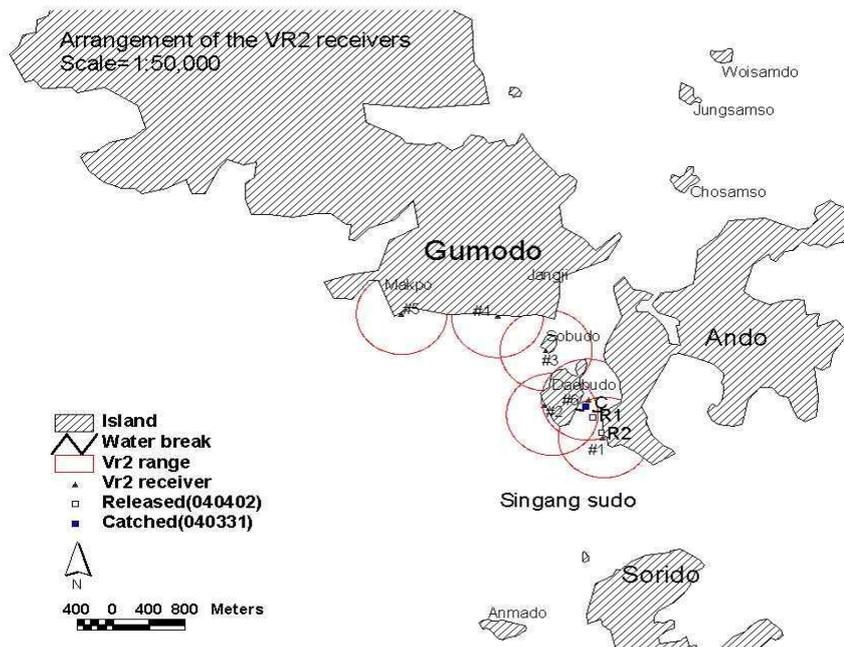


그림 4-5-2. 어류통과식별장치의 배치(2004년 4월 2일~4월 8일).

Fig. 4-5-2. Arrangement of the VR2 receivers used in from 1 to 30 April 2004.

어류통과식별장치의 배치는 방류한 시험어의 대략적인 이동상황을 청음방식 어류추적 시스템(Vemco, VR60)으로 조사한 후에 실시하였다. 이 장치의 날짜별로 배치 상황을 정리하면 표 4-5-4와 같다.

표 4-5-4. 어류통과식별장치의 날짜별 배치 상황

Table 4-5-4. Status of VR2 receivers arrangement by the day

No.	Date	ID of VR2	Position	Remarks
1	2 April 2004	3268	34°28.41 ' N 127°47.75 ' E	12~13m depth of water
2	3 April 2004	3258	34°28.58 ' N 127°47.40 ' E	3~14m depth of water
3	4 April 2004	3263	34°29.00 ' N 127°47.35 ' E	10m depth of water
4	4 April 2004	3260	34°28.67 ' N 127°47.65 ' E	Aquaculture cage
5	8 April 2004	3261	34°29.24 ' N 127°47.00 ' E	8m depth of water
6	8 April 2004	3489	34°29.25 ' N 127°46.31 ' E	12m depth of water

위치 어류통과식별장치는 원터치형 스테인레스 샤클을 이용하여 약 2m 길이의 로우프의 중간에 매단 다음 그 로우프의 양 끝에는 콘크리트 닻과 부자를 연결하여 해저에 설치하였으며, 설치 수심은 8~14m이었다. 장치의 회수를 용이하게 하기 위하여 어류통과식별장치에는 별도의 초음파 송신기를 부착시켰다.

(5) 해양환경요소의 측정

어류의 이동에 영향을 미치거나 어류의 이동을 해석하는 데 필요한 수온, 용존산소 등의 연직분포를 구하기 위해 유향유속계(Aanderaa, RCM9)를 사용하였으며, 이 장치에는 유향과 유속뿐 아니라 수온, 압력, 전도도, 탁도, 용존산소를 측정할 수 있는 센서를 구비하고 있다.

3. 결과 및 토의

가. 방류어의 생태

(1) 감성돔

감성돔의 성장을 살펴보면 대략 1년 12~15cm, 2년에 19~21cm, 3년에 23~26cm, 4년

에 40cm, 5년에 30~35cm, 7년에 37cm, 9년에 40cm 전후로 성장하며 최대체장은 60~70cm에 달한다. 성장은 계절 등에 의해 다르고, 6~12월의 기간은 성장이 대체로 양호하고, 1~5월에는 성장이 좋지 않다. 또한, 성별로는 암컷이 가장 좋고, 다음에 암수동체인 개체이며 수컷 성장이 가장 좋지 않는 것으로 나타났다(서해구수산청연구소, 1986).

산란기는 3~7월 사이로 산란장은 바닥이 자갈, 펄, 모래질이거나 암초지대인 연안에 주로 서식한다. 최소성숙체장은 수컷(2년어)은 체장 17cm, 암컷에서 20cm(체중 236g) 정도이지만, 대부분이 성숙하는 것은 5~6세어로 되면서부터이다. 산란 수온은 14.5~22.0℃, 염분농도 17.3~18.5‰ 사이이다. 산란은 1회로 끝나는 것이 아니라 다회 산란하는 종이며, 1회 산란기간 내에 수십 회의 방란을 행한다.

감성돔은 성전환하는 어종인데 유어기에는 모두 수컷이고, 그 후 암수 양성(자웅동체)로 변한다. 성장함에 따라서 생식선의 난소부분 또는 정소부분의 어느 한쪽이 퇴화하여 암컷 또는 수컷으로 성 분화가 나타난다. 웅성선숙(雄性先熟)으로 된 경우는 대부분은 암컷으로 된다. 수컷으로의 기능을 가지는 개체의 최소형은 체장 17cm(체중 145g), 암컷의 최소형은 체장 19.4cm(체중 236g)이다. 유어는 모두 암컷이고, 체장 10cm를 넘게 되면 정자형성이 일어나지만, 한편 정소의 내측을 종주하는 가운데 빈 두터운 주머니의 가운데에 난세포가 출현하게 된다. 15~25cm사이의 어체는 전형적인 자웅동체형으로 된다. 성의 분화는 20cm 쯤에서 시작되어 25~30cm에서 끝난다.

연령별로 보면 2~3년어까지는 자웅동체이고, 3년어의 50%가 성숙한 정소를 가진다. 3~4년어는 자웅이 분리된 이외에 자웅동체로서 수컷으로서의 기능을 가지는 것이라도 미숙한 형태 있으며, 완전히 암수로 분리되는 경우는 4~5년어로 되었을 때이다. 성으로 분화된 경우도 암컷이 우세하고, 양성개체로서는 수컷의 기능을 가지는 것이 암컷 성보다도 많다. 양성개체는 암컷으로서의 기능이 없으므로 성비를 보면, 1세어는 단연 수컷이 많고, 2세어 이상에서는 암컷이 우세하게 된다.

식성: 감성돔은 잡식성으로서 어린 것(10~70mm)들은 주로 단각류, 게류 및 새우류등을 섭이하며, 그 외에 복족류, 갯지렁이류, 요각류, 등각류 등도 소량씩 섭이한다. 성장함에 따라 먹이 생물은 변하는데, 체장이 작은 감성돔은 옆새우류, 갯지렁이류 및 복족류를 주로 먹으나 체장이 증가하면서부터 앞의 먹이생물들의 내용물은 점점 줄어들고 반면에 게류 및 새우류가 차지하는 비율이 높아진다(허, 1998).

회유: 감성돔의 이동과 회유에 관해서는 상세히 잘 조사되어 있지 않다. 특히 여름과 겨울철 수온 변화가 큰 남해안에서의 자료는 거의 없는 실정이다. 지금까지 문헌 자료에 의하면 육지와 연한 연안의 소규모적인 이동과 계절적으로 겨울철에 깊은 바다로 이동한다는 것이 알려져 있다.

또한, 일정지역에 붙어사는 군(불박이)과 이동군(회유개체군)이 알려져 있는데, 전자는 암초 지역 등에 붙어서 생활하지만, 후자는 만 내외의 깊은 곳을 주 서식장으로 하고, 산

란기에 암초와 연안의 얕은 곳으로 작은 무리를 이루어 이동한다(柳谷, 1979).

한편, 군산지역의 감성돔 유어의 출현을 조사한 것을 살펴보면, 부유성 치어는 6월 초순에 출현하여 6월말부터 8월초까지 군산 연안의 천해역에 몰려와 성장하는 것으로 나타났다. 유어가 천해역에 처음 출현하는 6월 하순의 크기는 전장 12.7~26.7mm, 7월 중순에는 19.9~51.4mm, 7월 말에는 24.8~75.0mm, 8월 중순에 63.3~79.6mm가 잡혔다. 8월 중순 이후에는 천해역에서는 유어가 채집되지 않고 고군산열도 부근의 낭장망에서 100mm 이상의 개체들이 채포되었다. 따라서 전장 70mm를 넘게 되는 8월 이후에는 천해역에서 외해쪽으로 이동하는 성장하는 것으로 생각된다(최, 1996).

회유에 관한 전반적인 사항은 방류어의 표식을 확인하고 신고해 오는 자료와 어장을 대상으로 한 자체 조사 자료를 축적하면서 분석할 예정이다.

(2) 돌돔

돌돔은 학명이 *Oplegnathus fasciatus*(Temminck and Schlegel, 1844)이며 지방에 따라 시마다이(경남, 부산), 줄돔, 아홉동가리, 갯돔(제주도) 등의 이름을 가지고 있는 고급어종이다. 영어권에서는 striped beakperch, 일본에서는 돌돔이란 뜻으로 '이시다이'라 부른다.

형태: 몸은 긴 타원형으로 체고가 높으며 측편한다. 입은 작아 위턱의 뒤끝 부분이 눈 아래에 도달하지 않는다. 양턱의 이빨은 단단한 새의 부리모양이다. 비늘은 작은 빗비늘이다. 체색은 청색을 띤 연한 흑색으로 몸에는 7줄의 분명한 흑색 가로띠가 있으나, 성장함에 따라 주둥이 부분을 제외하고는 점차 불분명해진다.

등지느러미 줄기수(D)는 XI-XII, 17~18이며 뒷지느러미(A) 줄기수는 III, 12~13, 배지느러미 줄기수(P₂), I, 5이며, 옆줄 비늘수(LL), 98장이다.

우리나라, 일본, 중국, 대만 연안에 서식한다. 전장 60~70cm까지 자란다.

돌돔 속 어류는 우리나라에서 1속 2종이 알려져 있으며 두 종에 대한 검색표를 나타내면 다음과 같다.

* 돌돔 속 어류의 종 검색표

a1. 몸에는 일곱 줄의 흑색 가로 띠가 있다. 그러나 노성어인 수컷의 경우에는 흑색 가로 띠는 불분명하게 되고, 단지 주둥이 주위만 검게 된다(암컷은 흑색 가로 띠가 그대로 남아있다). 등지느러미 연조 수는 17~18개이다. 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*

a2. 몸에는 흑갈색 반점이 짙게 분포한다. 그러나 노성어인 수컷의 경우에는 흑갈색 반점이 사라지며, 주둥이 주위는 희게 변한다(암컷의 경우는 흑갈색 반점이 남아있다). 등지느러미 연조수는 15~16개이다. 강담돔, *Oplegnathus punctatus*

발생 부화: 돌돔의 수정란은 거의 구형으로 무색투명한 분리부성란으로 난황위에는 한

개의 유구를 가지며, 난황의 표면에 구열이 나타난다. 2세의 친어의 난경은 0.82~0.94 mm(평균 0.80mm), 유구경은 0.20±0.01mm로 나타나며, 5세의 친어의 난경은 0.90~0.98 mm(평균 0.94mm), 유구경은 0.23±0.01mm로 친어의 나이가 많을수록 평균 난경과 유구경이 크다.

수온 22.2℃에서 수정란은 약 25분 후에 배반이 형성되고 50분 후에는 2세포기, 1시간 30분 후에는 4세포기에 이른다. 이어서 16시간 후에는 포배가 형성되어 포배기에 달하며, 16시간 50분 후에는 차츰 배반이 난황의 2/3를 덮어 내려와 배환이 형성되기 시작하여 낭배기에 이른다.

19시간 40분 후에는 배체가 완성되고 근절이 4개정도 형성되며, Kupffer's포가 출현한다. 23시간 후에는 안구에 렌즈가 형성되기 시작되면서 Kupffer's포가 소실되고 근절은 12개로 증가하며, 유구에 흑색소포가 출현하고 뇌의 분화가 일어난다.

30시간 50분 후에는 심장박동이 활발해지기 시작하면서 배체가 움직이기 시작하고 유구의 유색소포가 수지상으로 변형되며, 이석이 완전히 분화하고 막지느러미가 넓어지며 심장 주위부터 혈관이 난황에 분포하기 시작한다.

34시간 30분 후에는 체표면의 흑색소포도 수지상으로 변화하고 근절은 24개로 증가되며, 복부의 흑색소포는 줄고 황색소포가 늘며 난황에는 혈관이 많이 분포한다. 이어서 36-37시간 후 미부의 근절과 막지느러미를 심하게 움직이며 난막을 뚫고 처음으로 부화하기 시작한다.

부화에 소요된 시간은 사육수온에 따라서 다소 차이가 있는 것을 볼 수 있다.

부화 직후의 자어는 전장 1.59~1.82mm(평균 1.75mm)로 난황의 앞쪽에 1개의 유구가 존재하며 난황은 크고, 항문은 전장의 1/2보다 약간 후반부에 위치한다. 흑색소포는 유구 위에 수지상으로 5~6개가 나타나고, 후두부 및 복부에도 수개 산재하며, 복부에는 황색소포가 나타난다. 특히 등 쪽의 막지느러미 위에는 이 시기에만 잠시 흑색소포가 7~8개가 나타났다가 사라지는 특징을 보인다. 근절수는 10+17=27개이며. 입과 항문은 열려있지 않다.

부화 3일째의 자어는 전장 2.75~3.17mm(평균 2.32mm)로 난황은 거의 흡수되고 소화관 앞쪽에 위치하는 유구는 아직 남아있다. 입과 항문 및 비공이 완전히 열리며, 막상의 가슴지느러미는 더욱 발달하고 흑색소포가 눈에도 착색되기 시작하고, 두정부에 2-3개, 새개부 위쪽, 복부, 꼬리의 앞쪽 등에도 수 개 분포한다.

부화 14일째의 자어는 전장 4.13~4.67mm(평균 4.49mm)로 두부가 몸에 비해 매우 커지고 막상의 등지느러미가 융기하기 시작하며, 척색 말단이 위로 굽어지고 흑색소포는 후두부쪽에서부터 점차 증가하기 시작한다.

부화 24일째의 자어는 전장 8.52~9.21mm(평균 8.90mm)로 전새개골에 3~4개의 극이 형성되기 시작하고 등지느러미 줄기 8개, 뒤지느러미 줄기 7개, 꼬리지느러미 줄기 15개,

가슴지느러미 줄기 6개가 형성되며, 배지느러미 원기가 출현하기 시작한다. 주둥이 부분에 흑색소포가 처음으로 출현하고 꼬리지느러미 기저부와 항문주위에도 흑색소포가 출현하기 시작한다. 그리고 척색 말단은 45°로 완만히 굽어지게 된다.

부화 28일째의 개체에서는 전장이 9.96~10.42mm(평균 10.24mm)로, 새개부 아래쪽에 새개골이 거의 완성되고, D. XI~XI-18, A. III-11, V. 4, C. 9+9, P. 14로서 이 시기에 모든 지느러미의 형성이 완료되어 치어기에 달한다. 흑색소포가 현저히 증가하여 체측에 반문이 형성되어 나타나기 시작하는 단계로 등지느러미 앞쪽에 약 5~7개, 배지느러미에 약 4~5개의 흑색 반문이 착색되어 있고, 이 시기에 두정부와 몸통 중앙에서 처음으로 돌돔 특유의 7개의 가로띠 중에서 2개의 체측반문이 형성된다.

부화 후 37일째 전장 약 16.13~18.19mm(평균 16.70mm)의 치어는 체측의 반문은 7줄의 가로띠가 형성되고 체고가 높고 측편 되어져 체형과 반문이 성어와 닮아있다. 비늘은 점차 옆줄을 따라 형성되기 시작하고 이빨이 악골과 전상악골에 나타나지만 아직 석회질화 되어있지는 않다.

산란기: 4~7월로서 양식돌돔의 최소 성숙체장은 수컷에서는 가랑이체장 13.3cm(만 1년), 암컷에서는 23.8cm(만 2년)이다. 수컷은 만 2년에서 군성숙도가 100%로 되지만. 암컷에서는 만 3년이 지나도 83% 밖에 지나지 않는다.

성장: 인공 부화된 돌돔에 어육을 투여해서 4년간 사육한 결과에 의하면, 만 1년에 평균 가랑이체장 19.7cm, 평균체장 198.6g으로 성장하고, 2년에 25.8cm, 497.0g, 3년에 27.5cm, 622.0g, 4년에 28.5cm, 664.0g으로 성장한다. 또한, 체중의 증가는 사육수온 및 성숙에 관계가 매우 깊다. 즉, 산란과 매우 관계가 없는 당세어 및 1세어의 비만도는 수온에 의해 섭이활동과 관련해서, 7~11월 걸쳐서 현저히 증가하고, 12월에서 익월 보름까지는 적다. 암수 모두 성숙하는 2년어 이상의 비만도는 산란후의 8~9월에 적고, 그 후, 크게 되지만 겨울철의 저수온기를 넘기면 다시 적게 된다.

식성: 표층역에서 유영하는 전장 10~30mm에서는 소형의 갑각류를 포식하고, 이빨이 석회화하고 나서부터는 대형의 갑각류를 잘 먹게 된다. 다시 전장 10cm 이상으로 성장하게 되면, 잡식성이 강하게 되고, 갯지렁이류와 해조류를 먹고, 전장 5cm 이상의 것은 성계나 소라종류 등과 같은 저서 부착성 동물을 포식하는 경우로 된다.

(가) 돌돔의 산소 소비율

① 수온 변화에 따른 산소 소비량

돌돔 치어의 수온 변화에 따른 용존산소 소비율을 표 4-5-5에 나타내었다. 실험이 이루어진 모든 광주기 조건에 대하여 용존산소 소비율은 수온 상승에 따라 증가하는 것으로 나타나 24시간 연속 명기 조건의 경우, 수온이 10℃, 15℃, 20℃ 그리고 25℃로 상승함에 따라 시간당 용존산소 소비율은 각각 523.4mgO₂/kg fish/hr, 606.4mg O₂/kg fish/hr,

791.0mgO₂/kg fish/hr 그리고 1077.4mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 10℃ 때 용존산소 소비율에 비해 25℃ 때의 용존산소 소비율이 약 2.1배 높은 결과를 보였다. 12시간 명기와 12시간 암기 조건의 경우, 수온이 10℃, 15℃, 20℃ 그리고 25℃로 변화함에 따라 각각 325.6mgO₂/kg fish/hr, 412.5mgO₂/kg fish/hr, 631.9mgO₂/kg fish/hr 그리고 937.2 mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 10℃에 비해 25℃ 때의 용존산소 소비율이 약 2.9배 높은 결과를 보였다. 24시간 암기 조건의 경우, 수온이 10℃, 15℃, 20℃ 그리고 25℃로 변화함에 따라 각각 202.1mgO₂/kg fish/hr, 306.7mgO₂/kg fish/hr, 336.7mgO₂/kg fish/hr 그리고 879.9mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 10℃에 비해 25℃ 때의 용존산소 소비율이 약 4.4배 높은 결과를 보였다.

② 광주기 변화에 따른 산소 소비량

돌돔 치어의 광주기 변화에 따른 용존산소 소비율을 표 4-5-5에 나타내었다. 실험이 이루어진 모든 수온 조건에 대해 용존산소 소비율은 24시간 명기 조건이 가장 높았으며, 12시간 명기와 12시간 암기 그리고 24시간 암기 조건 순으로 나타났다.

표 4-5-5. 수온, 광주기 변화에 따른 돌돔 치어의 용존산소 소모율

Table. 4-5-5. Effects of temperature and photoperiod on oxygen consumption rate (mgO₂/kg fish/hr) of rock bream, *Oplegnathus fasciatus*

Photoperiod Temperature(℃)	24L : 0D	12L : 12D	0L : 24D
	10	523.42±28.17	325.55±30.08
15	606.38±61.19	412.54±18.60	306.74±17.92
20	791.03±34.06	631.89±19.14	336.71±19.16
25	1077.41±60.79	937.19±53.57	879.93±66.81

수온 10℃의 경우, 24시간 명기, 12시간 명기와 12시간 암기, 그리고 24시간 암기 조건에 대해 용존산소 소비율은 각각 523.4mgO₂/kg fish/hr, 325.6mgO₂/kg fish/hr 그리고 202.1mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 24시간 명기 조건이 24시간 암기 조건에 비해 약 2.6배 높은 것으로 나타났다. 수온 15℃의 경우, 24시간 명기, 12시간 명기와 12시간 암기, 그리고 24시간 암기 조건에 대해 용존산소 소비율은 각각 606.4mgO₂/kg fish/hr, 412.5 mgO₂/kg fish/hr 그리고 306.7mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 24시간 명기 조건이 24시간 암기 조건에 비해 약 2.0배 높은 것으로 나타났다. 수온 20℃의 경우, 24시간 명기, 12시간 명기와 12시간 암기, 그리고 24시간 암기 조건에 대해 용존산소 소비율은 각각 791.0

mgO₂/kg fish/hr, 631.9mgO₂/kg fish/hr 그리고 336.7mgO₂/kg fish/hr으로 나타나 24시간 명기 조건이 24시간 암기 조건에 비해 약 2.3배 높은 것으로 나타났다. 수온 25℃의 경우, 24시간 명기, 12시간 명기와 12시간 암기, 그리고 24시간 암기 조건에 대해 용존산소 소비율은 각각 1077.4mgO₂/kg fish/hr, 937.2mgO₂/kg fish/hr 그리고 879.9mg O₂/kg fish/hr으로 나타나 24시간 명기 조건이 24시간 암기 조건에 비해 약 1.2배 높은 것으로 나타났다.

나. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시시기 및 행동 발달

2004년도 방류어류의 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 행동 실험 계획 현재 추진 중에 있으며, 볼락, 감성돔, 황점볼락의 초기 발육단계 과정에서 구조물에 대한 부착성 및 주축성과 공간 인식능력을 조사하기 위하여 실내 사육수조 내에 구조물을 설치하여 행동 발달 양식을 관찰하기로 했다.

볼락, 감성돔, 황점볼락의 구조물에 대한 행동반응을 보기 위해 해수 순환여과시스템으로 실험 수조가 설치된 한국해양연구원 사육조 내에서 실시하기로 했다.

실험에 사용될 구조물은 가로, 세로 각각 30cm의 PVC 평판을 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm로 각각 간격을 두고 세워 두 종류의 구조물로 만들었으며, 두 종류의 구조물 중 하나는 세워진 평판위에 덮개를 씌워 그늘지게 만들었으며, 다른 하나의 구조물은 덮개가 없이 평판만 세워 각각의 구조물에 대한 치어의 부착성, 주축성 그리고 공간 인식능력을 조사하기로 했다.

1년생 볼락의 가두리 내에서의 군집 행동과 구조물에 대한 부착성과 공간 인식능력을 조사하기 위하여 2004년 5월 10일부터 한국해양연구소 통영 가두리 시험어장의 6×6×5m 그물 가두리 내에 구조물을 설치하여 행동발달 양식을 관찰하기로 했다. 실험에 사용될 구조물은 가로100cm, 세로70cm의 PVC 평판을 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 70cm로 각각 간격을 두고 세워 두 종류의 구조물로 만들었으며, 두 종류의 구조물 중 하나는 세워진 평판위에 덮개를 씌워 그늘지게 만들었으며, 다른 하나의 구조물은 덮개가 없이 평판만 세워 각각의 구조물에 대한 1년생 볼락의 부착성과 공간 인식능력을 조사하기로 했다.

다. 수조 내 행동 특성

(1) 감성돔

감성돔 치어(전장 4.74±0.47cm 전후)를 처음 수조에 수용했을 때 대부분의 감성돔 치어는 구조물(소형 실험 어초)에서 멀리 떨어진 수조의 구석진 곳 바닥에 몇 개의 그룹으로 모여 잘 움직이지 않는 행동을 보였다. 수용 5일 후 400마리 중 약 25마리 정도가 3단의 구조물 중 2단에서 고루 흩어져 유영하는 모습을 관찰 할 수 있었으나, 대부분의 감성돔 치어는 구조물 외의 수조 바닥이나 중층에 고루 퍼져 소규모의 군집을 이루면서 활동

으로 유영하는 행동을 하고 있었으며, 구조물을 인식하는 행동은 볼 수 없었다. 그러나 실험 수조를 외부로부터 충격을 가하면 감성돔 치어 대부분이 인공 구조물로 들어가는 현상을 보이기도 했다.

실험시작 후 30일이 지난 후부터 구조물에 대한 반응을 보이기 시작했는데, 저녁이 되어 어둠이 밀려오면 수조 전체적으로 소규모 집단이 바닥이나 중층을 움직이다가 아침이 되어 햇살이 떠오르면 구조물 속으로 들어가는 행동을 보이기 시작하였다. 이 시기부터 실험에 사용된 감성돔 치어가 구조물을 인식하는 비율이 약 90% 정도로 추정되었다. 구조물 속으로 들어간 감성돔 치어들은 대부분 구조물 바닥에 붙어 있는 행동을 하고 있으며, 구조물 밖에 있는 감성돔 치어는 중층으로 유영하는 모습을 관찰 할 수 있었다(그림 4-5-3).

실험에서 나타난 결과로 미루어 감성돔 치어들은 시간이 지날수록 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 뚜렷한 행동은 관찰되지 않았다, 이러한 결과는 실험어의 크기가 구조물에 대한 반응을 나타내기에 작은 개체였는지 또는 감성돔의 행동 특성 때문인지에 대한 추가 실험이 요구되었다.



그림 4-5-3. 실험용 구조물에 대한 감성돔 치어의 행동.

Fig. 4-5-3. The artificial object tested for behavior pattern of young black seabream in aquarium.

(2) 황점볼락

황점볼락은 우리나라 남부 연안의 얕은 수심의 해조류가 범무하는 암초지대에 서식하는 정착성 어류로 초기 부유자어기(5~20mm)가 나타나는 11월말이나 1월 소형 갑각류나 단각류 등을 먹으면서 부유 생활을 하다가 치어기(2~6cm)가 되면 연안의 암초나 갈조지대를 은신처로 삼아 요각류, 단각류, 소형 동물 플랑크톤을 먹이로 하며 성장하는 어류로 체색은 담황색 바탕에 3~4줄의 부정형 가로띠가 있으며 눈가에는 방사형 검은띠를 가지는 어류로 통영 및 남해안 연안 역 주변 암초해역에서 흔히 볼 수 있는 정착성 어류다.

전남 다도해형 바다목장 사업 주 대상어종의 주 대상어종의 하나이고 여수 인근해역에서 가장 잘 번식하는 어종으로 알려진 황점볼락의 치어기 때 수중 구조물에 대하여 어떠한 반응과 행동을 나타내는가를 관찰하였다.

실험 개시 시 사육수조 내 대부분의 개체들은 수조 바닥에 배를 대고 가라앉아 잘 움직이지 않으며 모형 어초인 구조물 속으로 들어가는 개체들은 몇 마리 되지 않을 정도였다. 실험 일수가 지날수록 모형 어초에 반응을 보이기 시작하는 개체가 늘어났는데 이들 대부분은 어초와 수조 바닥이나 구조물을 지지하고 있는 합판 위, 합판을 지지하는 각목 위에 앉아 있는 행동을 보였다.

황점볼락은 볼락이나 감성돔처럼 무리를 지어 움직이거나 모이는 행동은 없었으나 각 개체들이 콘크리트 수조 바닥이나 합판, 구조물을 지지하고 있는 지지각목 위에서 배쪽을 붙이고 거의 움직이지 않는 행동을 보였다. 또, 감성돔, 볼락 치어는 사람의 인기척이라든지 콘크리트 수조를 두드리는 등 외부충격이 가해지면 무리가 흩어져 어초 속으로 들어가버리는 반응을 보이는데, 황점볼락은 대부분은 어초 내에 있어 외부 충격에도 민감히 반응하지 않고 그 자세 그대로 구조물에 앉아있는 모습을 나타내었다.

수중 구조물에 대한 인식으로 구조물 주변이나 속으로 들어오는 개체들은 실험 후 계속적으로 조금씩 늘어 실험 시작 후 20일 이후는 약 65%정도가 구조물 속에서 무리를 짓지 않고 느리게 움직이면서 구조물에 앉아있는 모습을 볼 수 있었다(그림 4-5-4).

이번 실험에서 나타나는 사육조 내에서의 황점볼락의 움직임은 먹이포식 행위를 할 때가 아니면 거의 움직임 없어 볼락류 중에서도 활동성이 적고 정착성이 강한 특성을 가진 종으로 판단되었다.

라. 자연 상태에서의 행동 특성 조사

(1) 자연 암반

통영바다목장해역에서 지금까지 관찰된 감성돔의 행동 습성을 종합해 보면, 10cm전후의 감성돔 방류어들은 10~20마리씩 무리 지어 수심 5~10m의 연안 암반주위, 연명 선착장 부근 1~5m 연안에서 때를 지어 유영하고 있었다.



그림 4-5-4. 실험용 구조물에 대한 황점볼락 치어의 행동.

Fig. 4-5-4. Behavior pattern of young oblong rockfish *Sebastes oblongus* at the artificial object in aquarium.

주야간 행동습성을 보면 주간에는 활발히 떼지어 유영하다가 야간에는 수심 6~10m의 사패질 바닥에 몸을 가까이 붙이고 개체간 거리를 약 40~50cm 유지한 채 바닥 근처에 앉아 휴식을 취하였다. 전장이 30~40cm급 감성돔도 주간에는 어초 주위에 출현하거나 바닥 가까운 수층을 유영하다가 야간에는 일부 개체들이 활발한 먹이 섭이활동을 하는 반면 일부 개체들은 암반 가까이 몸을 붙이고 휴식을 취하는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 주야간 행동 패턴은 실내 수조 내에서 행동을 관찰한 결과와도 일치하는 것으로서 관찰 대상이 된 감성돔 1세어는 주로 주간에 무리 지어 먹이 활동을 하며 야간에는 전부는 아니겠지만 많은 개체들이 바닥 가까이 흩어져 휴식을 취한다고 볼 수 있겠다(그림 4-5-5).

전남 다도해형 바다목장해역에서의 수중 조사시 관찰된 감성돔은 어린것일수록 수 백 마리씩 떼를 지어 다니는 것을 보이며 성장함에 따라 무리의 크기는 작아지는 것으로 추정되었다. 금오도 용머리해역에서 감성돔이 은신하는 바위의 생김새는 수심 13~18m에 있는 직경이 약 4~5m인 커다란 바위가 쌓인 형이었으며 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 알 수 있다. 즉, 특히 겨울철 저수온기에는 바위가 쌓여 있으면서 뒤쪽 통로가 열려있는 '터널형 바위' 아래에 몇 마리씩 모여 은신하는 것으로 볼 수 있다.

안도 이야포에서 관찰된 감성돔들은 조사 당시 바위에서 약 1m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와는 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 행동을 보여 수중 촬영 시 카메라 앞으로 모여드는 볼락이나 조피볼락과는 매우 다른 예민한 행동 습성을 보여주었다.

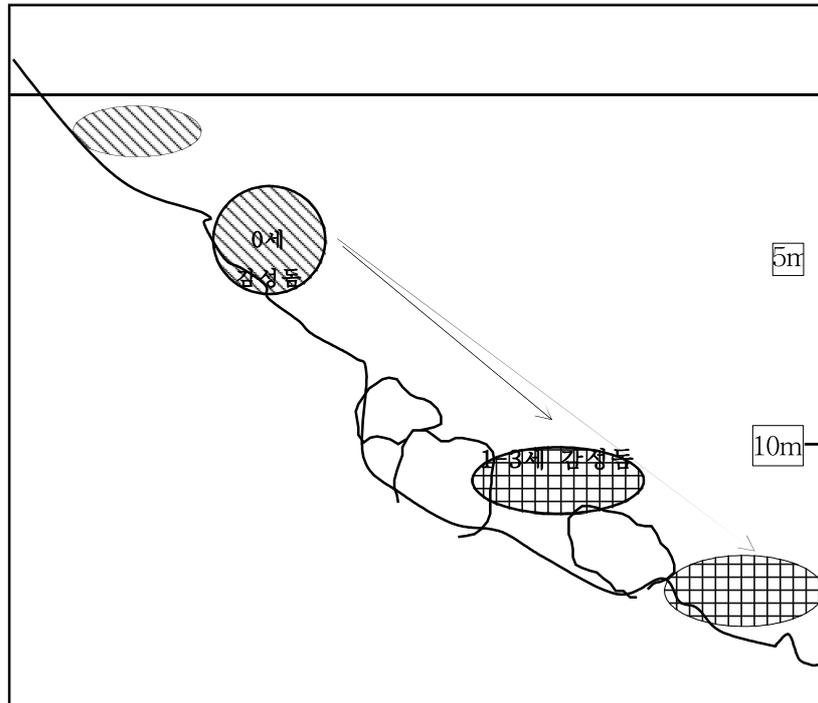


그림 4-5-5. 감성돔의 나이에 따른 서식 수층 및 자연 암반과의 관계

Fig. 4-5-5. Distribution pattern by the age of black seabream *Acanthopagrus schlegeli* at coast of marine ranching area.

(2) 어초

(가) 삼부도 세라믹 어초와 안도 강제어초

삼부도 연안의 수심 20m에 설치된 세라믹어초(일반어초)를 대상으로 어류 군집을 조사하였다. 조사 당시 출현한 어종은 표 4-5-6와 같으며 말쥐치, 인상어, 볼락 등이 관찰되었으며 특히 아열대 어종의 일종인 줄도화돔 떼가 확인되었다. 말쥐치는 어초에 부착한 생물들을 뜯어 먹고 있었으며 전장 12~15cm의 볼락들은 세라믹 어초의 내부, 상부 세라믹부근과 어초와 어초사이의 좁은 공간에 밀집 분포하는 특성을 보였다. 또한, 안도 북동쪽에 위치한 초삼서(돌섬) 부근 해역에 설치된 실험용 강제어초에서는 볼볼락과 말쥐치, 능성어 등이 어초 구조 내에서 확인되었으나 감성돔은 어초 내에서 계속 머물지 않고 어초 주위를 어슬렁거리며 돌아다니고 있었다. 감성돔은 계절에 따라 행동 반경이 다르고 특히 전남해역에서는 남북으로 그 회유가 커서 향후 동계의 월동 해역 예정지(그림

4-5-6)를 포함하여 지속적인 관찰을 실시할 예정이다.

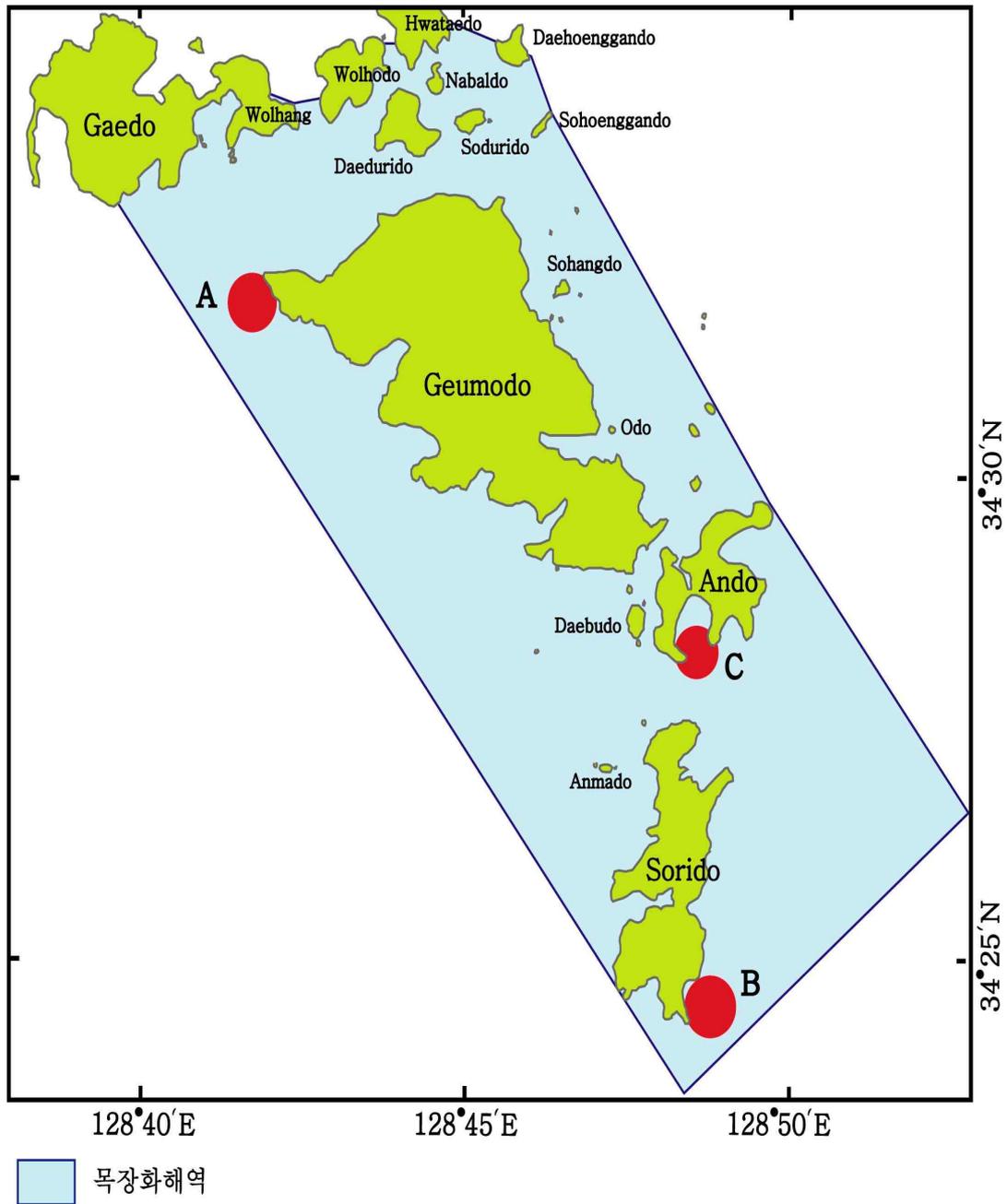


그림 4-5-6. 2003년 전남 다도해형 바다목장 어초 시설지(A: 금오도 용머리 세라믹 어초, B: 소리도 소룡단 세라믹 어초, C: 안도 이야포만 시험 어초).

Fig. 4-5-6. Site for the artificial reefs in marine ranching area.

표 4-5-6. 삼부도 세라믹어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 7월)

Table 4-5-6. Number of species and individuals, total length of fish species at ceramic artificial reefs in Sambudo (July, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	6	1
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	12~15	30~50
3	<i>Sebasticus marmoratus</i>	솜뱅이	-	-
4	<i>Scorpaena miosstoma</i>	쭈굴감펍	15	1
5	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	20	1
6	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	-	-
7	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	12~15	5
8	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	-	-
9	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	15	1
10	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	8	1
11	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔	5	1000
12	<i>Microcanthus strigatus</i>	범돔	12~15	30~50
13	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	15	100
14	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	-	-
15	<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치	15~20	10

(나) 시험어초

안도 이야포만 내의 수심 15m에 설치된 시험어초 2기(그림 4-5-7, 4-5-8)를 2004년 4월에 수중 생태 조사를 하였다(그림 4-5-6, AR. 4). 조사시 수온은 14℃였고 부유물질로 인해 시야는 흐렸다. 어초의 높이는 4m 였고 바닥은 안도의 수중 자연 암반이 이어지고 돌들이 많은 곳이었다. 이 조사에서는 25cm 크기의 조피불락 1마리가 어초의 H빔 구조물에서 관찰되었다(표 4-5-7). 따라서 감성돔을 비롯한 주요 수산어종이 유집하기에는 아직 수온이 낮아서 다른 어류들은 관찰하지 못하였지만 수온이 상승하면 어종 및 개체수가 증가할 것이다. 또한 어초의 위치 또한 어류들이 선호하는 바위틈이나 돌들의 자연초와 연결되어 있기 때문에 주요 수산어종이 조사될 것이다.

표 4-5-7. 안도 시험어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2004년 4월)

Table 4-5-7. Number of species and individuals, total length of fish species at experimental artificial reefs in Ando (April, 2004)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Sebastes schlegeli</i>	조피불락	25	1

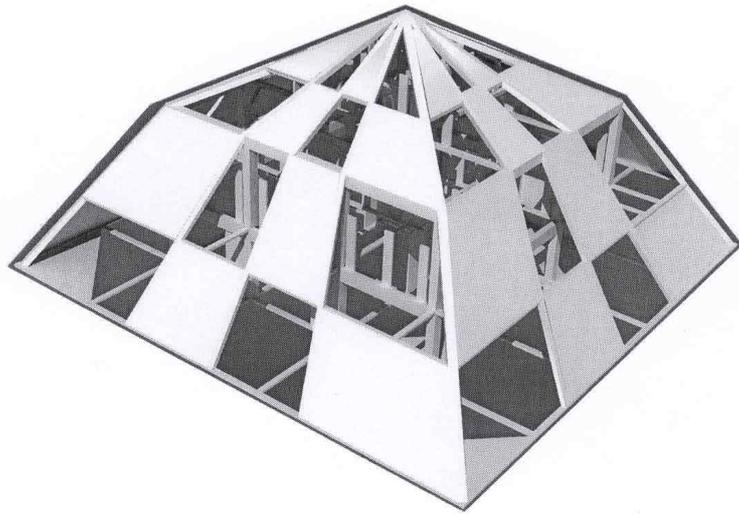


그림 4-5-7. 돔형 복합 강제어초 모형.

Fig. 4-5-7. Shape of Dome-type complex steel artificial reef.

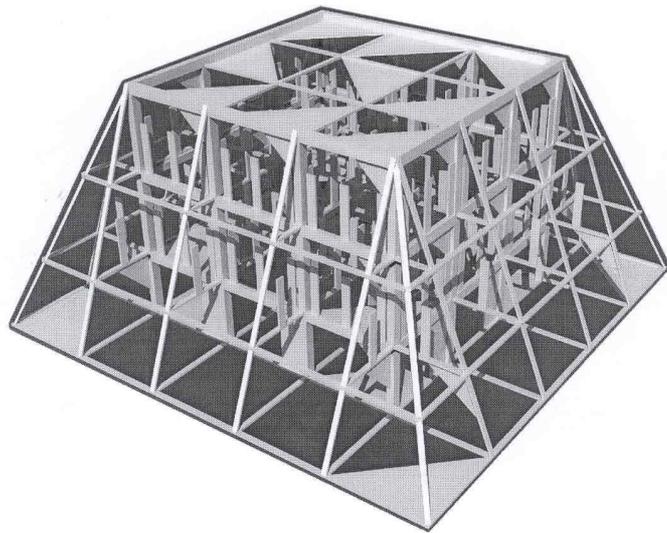


그림 4-5-8. 사다리꼴 복합 강제어초 모형.

Fig. 4-5-8. Shape of Trapezoid-type complex steel artificial reef.

마. 감성돔의 이동 범위 조사

(1) 실험해역의 해저지형

2003년 10월에서 2004년 2월에 걸쳐 5일간 측정한 실험해역의 해저지형(수심 분포)는

그림 4-5-9와 같다. 그림에서 (-)의 값으로 표기된 숫자는 해저의 수심을 나타내며 등심선 간격은 5.0m이다.

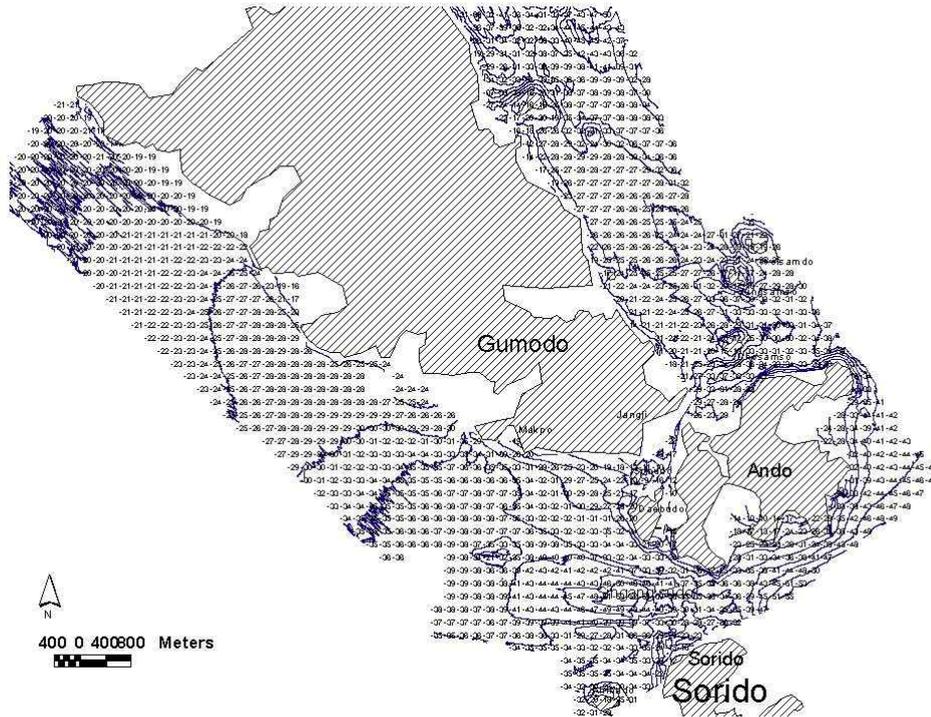


그림 4-5-9. 실험해역의 수심 분포(2003년 10월~2004년 2월).

Fig. 4-5-9. Distribution of the seabed depth in experimental area measured from October 2003 to February 2004.

(2) 시험어의 이동범위

2004년 4월 2일 방류한 시험어가 2004년 4월 22일까지 이동한 범위를 측정한 결과는 그림 4-5-10과 같다. 2004년 4월 29일 6개의 어류통과식별장치를 회수하고자 하였으나 잠수결과 시야가 너무 어두워 회수에 실패하였다. 다만, 가두리에 설치하여 두었던 4번 수신기만 회수하였고 이 수신기의 기록을 분석하여 본 결과 ID 20번의 시험어는 4월 21일 11:31까지, ID 19번의 시험어는 4월 22일 06:20까지 대부도 방파제 부근에서 체류하였음을 수신기록으로부터 알 수 있었다. 4월 2일 방류 후부터 4월 8일까지 VR2 수신기와 VR60 수신기를 사용하여 조사한 결과 ID 19번, 20번 시험어는 주로 대부도 방파제 입구 부근의 테트라포드 주변에서, 나머지 2마리의 시험어는 이 방파제의 바깥쪽에 머물고 있음을 확인한 바 있다. 그러나 2004년 4월 22일 06:20 이후부터는 전혀 수신기록이 없는 것으로 보면 시험어가 어디론가 이동을 하였거나 어획되었을 가능성이 있다. 2004년 4월 2

일부터 4월 29일에 걸쳐 수 회 측정된 수온의 연직분포를 보면 어획되었을 가능성보다는 이동하였을 가능성이 높다고 생각된다. 수온의 연직분포에 대하여는 뒤에 기술하는 (3) 해양환경요소 측정에서 언급하였다. 현지 어민과의 인터뷰에 의하면 평일에도 많이 오던 낚시하는 사람들이 4월 21일경부터는 거의 오지 않았다고 하며, 이것은 4월 20일을 전후하여 자연계에 서식하던 감성돔 무리가 수온의 상승과 더불어 연안으로 이동하였을 가능성을 시사한다고 볼 수 있다.

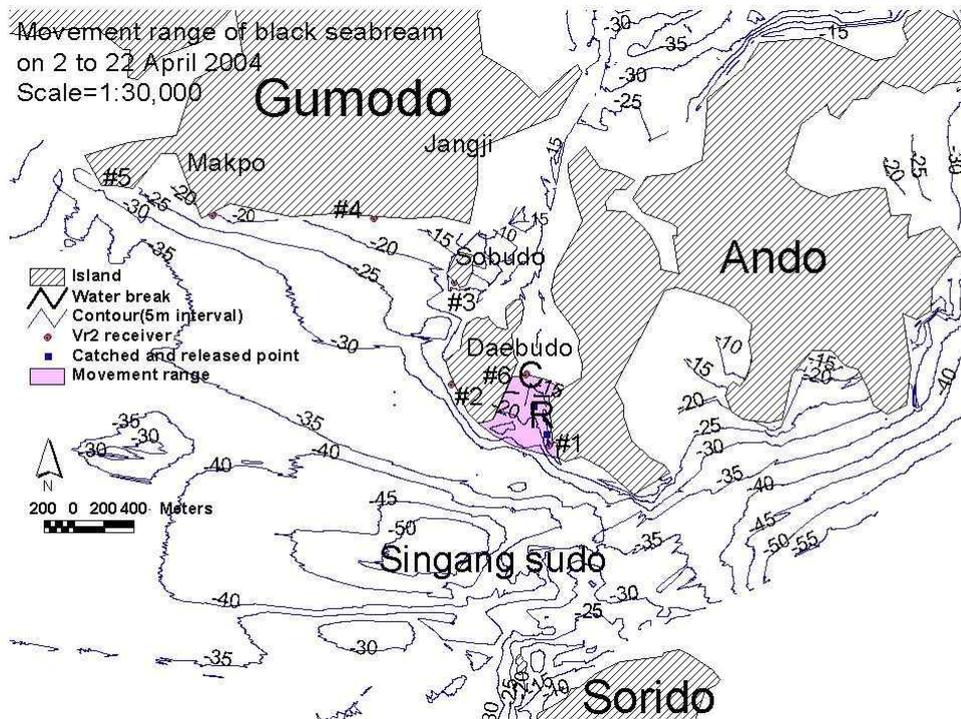


그림 4-5-10. 시험어 4마의 이동범위(2004년 4월 2일~4월 22일).

Fig. 4-5-10. Movement range of four test fishes measured in from 2 to 22 April 2004.

2004년 4월 29일 시험어의 이동 가능성을 쫓아 대부도의 서안에서 금오도의 용머리까지 시험어의 유무를 어류통과식별장치를 사용하여 조사하여 보았으나 시험어의 존재를 확인할 수 없었다. 어류통과식별장치를 약 10m 수층까지 내려 3~5분간 수신한 위치를 기점하면 그림 4-5-11와 같다. 점선으로 표기한 반경 500m 원의 중심은 수면에서 현수한 어류통과식별장치의 위치이다.

시험어의 이동경로를 보다 확실하게 알기 위해서는 해저에 설치한 어류통과식별장치의 회수가 필요하므로 수중 시야가 확보되는 대로 장치의 회수를 재차 시도할 예정이다.

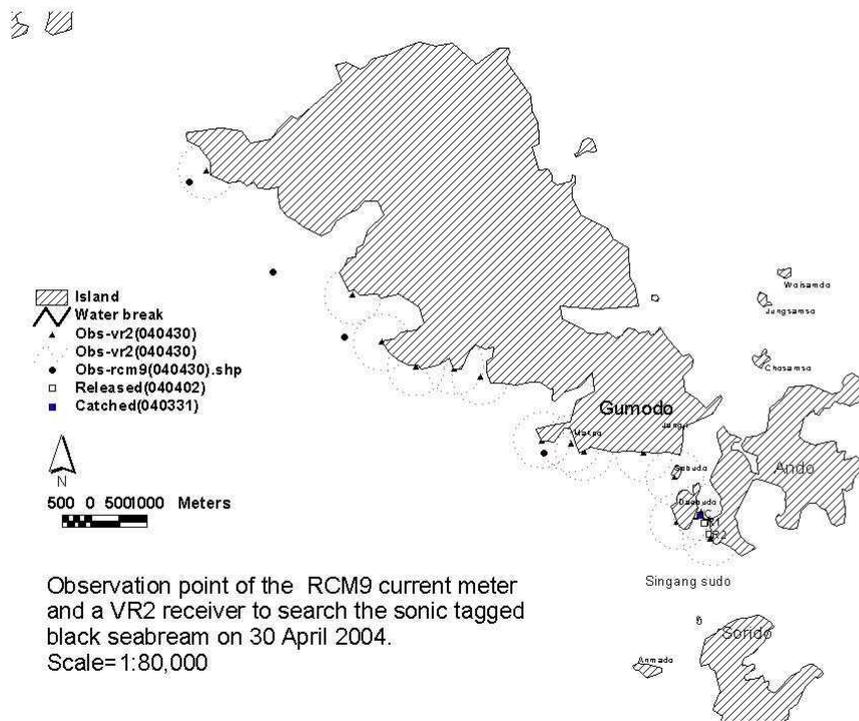


그림 4-5-11. 시험어의 존재유무를 탐색한 위치(2004년 4월 29일).

Fig. 4-5-11. Locations for searching the test fish and for oceanographic observation points on 29 April 2004. The black solid triangle, the dotted circle and the black solid circle denote the location of the VR2 receiver, the available range of the VR2 receiver and the oceanographic observation points, respectively.

(3) 해양환경요소의 측정

2004년 4월 2일~4월 30일 실험 수역에서 측정한 수온과 용존산소(DO)의 연직분포를 나타내면 각각 그림 4-5-12의 (a), (b)와 같다. 5~30m 수층에서 5m 간격으로 측정한 수온의 연직분포를 보면 2004년 4월 29일의 층별 수온과 평균 수온은 2004년 4월 8일의 것보다 각각 1.4~3.0°C, 1.9°C 높게 나타났고, 10m 수층에서의 수온의 변화폭이 3.0°C로 가장 컸다. 2004년 4월 2일과 4월 4일, 4월 8일, 4월 29일의 연직방향의 평균수온은 각각 11.6°C, 12.0°C, 12.1°C, 14.0°C이었다. 이 값을 이용하여 일수(x)와 수온(y)의 회귀식을 구하면 $y=0.0858x+11.50(R^2=0.989)$ 이므로 2004년 4월 20일의 5~30m 수층의 평균 수온은 13.2°C로 추정된다. 시험어는 대체로 연안의 평균 수온이 13.0°C 이상으로 되는 소조기에 연안으로 이동하였을 것으로 생각된다. 5~30m 수층에서 5m 간격으로 측정한 DO의 연직분포를 보면 2004년 4월 29일의 층별 DO값과 평균 DO값은 2004년 4월 8일의 것보다 각각 0.1~0.6

mg/l, 0.4mg/l 낮게 나타났다. 10m 수층까지는 DO의 변화폭이 0.1mg/l 이하였으나 15 m 이심에서는 그 변화폭이 0.4~0.6mg/l이었다.

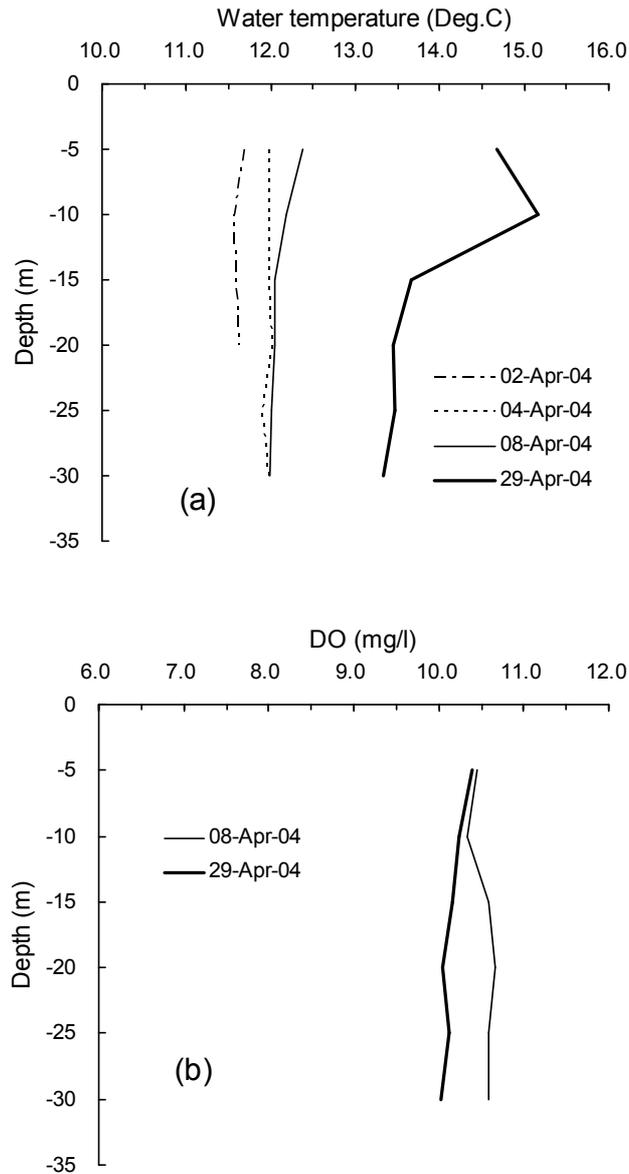


그림 4-5-12. 수온과 용존산소의 연직분포.

Fig. 4-5-12. Vertical distribution of the water temperature and dissolved oxygen (DO).

제 6 절 해중림 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

1. 서론

전남 다도해형 바다목장 해역의 중심해역인 소리도 연안에 대한 해조류의 생태에 대한 조사는 이루어지지 않고 있으나 인근의 돌산도(Sohn *et al.*, 1982)와 거문도의 해조사원에 대한 연구는 이미 보고된 바 있다(Koh, 1990). 이 밖에도 여수 주변해역의 해조상과 관련한 연구로는 오동도의 해조군락(송, 1971)과 오천리와 신금리의 해조군락(손, 1975)에 대한 연구보고가 있다.

갈조류 모자반과(Sargassaceae, Phaeophyta)속하는 대형 해조류들은 저조선 부근에서 점심대 상부에 걸쳐 큰 군락을 이루고 있으며, 이 군락은 해중림을 조성하여 어류나 그 밖의 수산 동물 특히 난, 치·자어의 생육장으로서 생태적으로 매우 중요한 역할을 수행한다.

연안 해역의 암초 지대에서 해중림을 구성하는 모자반과는 개모자반과(Cystoseiraceae)의 *Cocophora* 및 *Myagropsis* 그리고 모자반과(Sargassaceae)의 *Hizikia* 및 *Sargassum*속(剛村, 1936; Kang, 1966; 齊藤, 1980) 등이 있지만 이중 수산업상 중요한 종은 모자반 외 10여종이다(大野, 1981; 梅崎·有山, 1981).

모자반류의 개체군 또는 군락에 영향을 미치는 환경 요인은 일차적으로 수온 변화와 지반 형태(Sideman and Mathieson, 1983; Umezaki, 1983) 등이나, 영양염 및 조석의 차등도 복합적으로 작용하며, 또 생육 밀도에 따라서도 개체 또는 개체군의 생장에 영향을 미치게 된다(Spepherd and Womersley, 1981). 또한 이들의 계절적 성장 변화는 수온, 영양염류, 용존산소 및 일사량 등의 수중 분포를 변동하게 하는 국소 환경을 조절하기도 한다(Komatsu *et al.*, 1982). 따라서 서식 지역에 따른 환경 변화의 차이는 모자반류의 생장에 큰 영향을 주는 것으로 생각되어 진다.

모자반에 관한 생태학적 연구로는 지충이(*Sargassum thunbergii*)(Umezaki, 1974), 쌍발이모자반(*S. patens*), 큰열매모자반(*S. macrocarpum*)(Yamada and Taniguchi, 1978), *S. pteropleuron* (O'Neal, 1979), *S. patens*, 미야베모자반(*S. miyabei*), 팽생이모자반(*S. horneri*)(Umezaki, 1981, 1983, 1984), *S. polyceratum*(Breeman, 1987), *S. okamurae*(Ohno, 1987), *S. horneri*(Yamada, 1988), 배양에 관한 연구로는 구슬모자반(*S. piluliferum*)(Ohno, 1979), *S. horneri*, *S. muticum*(Yamauchi, 1984) 등을 대상으로 이루어져 왔다.

그러나 우리나라에서는 모자반목(Fucales)의 배양에 관한 연구(유, 1975) 및 해운대 연안산 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*)의 생태에 관한 연구(Lee and kang, 1977)가 있을 뿐 이들에 대한 기초 연구는 전무한 실정이다.

이번 2차년도 조사에서 전남 다도해형 바다목장 대상 해역인 소리도와 금오열도의 해

조상은 섬의 위치에 따라 갯녹음해역과 해조상이 풍부한 해역, 종다양성은 떨어지나 대형 갈조류가 풍부한 해역 등 해조상이 다양하게 변화하고 있다는 사실을 알게 되었다. 특히 소리도 남부 소룡단 지역은 남해안의 전형적인 해중림 해조류인 감태군락과 큰잎모자반 군락이 발달해 있기 때문에 이들 해역은 두 종과 같은 다시마목해조와 모자반목 해조류의 번식조장을 통한 해조장 조성이 적합한 것으로 판단된다. 반면 금오열도의 내만쪽에 위치한 해역에서는 지난 1차년도에 제기한 미야베모자반이나 팽생이모자반에 의한 해조장 조성이 적합한 것으로 판단된다. 따라서 이들 해역을 하나의 광역권으로 하였을 때 인공어초의 투하대상 지역에 따라 소해역별로 해조장 조성용 대상해조를 달리해야 할 것으로 생각되었다.

현재까지 전남 다도해형 바다목장 후보지인 여수시 소리도, 금오도 일대에서 후보 해역과 인공어초 투하예정지에서 해조생태를 조사하였고, 조장 조성용 해조의 탐색을 수행하였다. 1차년도의 조사에서 나타난 것처럼 바다목장 대상해역은 각각의 정점에 따라 해조상이 다르게 나타난다. 지난해 조사한 소리도의 중북부 일부해역에서는 갯녹음이 심한 반면, 소리도 남단의 소룡단 일대는 남해안의 전형적인 남방계 해조류인 감태와 큰잎모자반이 우점하며 해조숲을 이루고 있으며 이밖에도 초식자를 배제시키는 그물바탕말과 해조류 및 소형홍조 등 다양한 해조류가 서식, 분포하고 있다. 조하대 해조류의 종 다양성은 높지 않으나 바다목장 조성을 통해 주변에 자생하는 해조류와 인공적인 해조장 해조류의 친화도를 높일 수 있는 해조장 조성 후보지로 판단된다. 이와 같은 결과로 보면 이 정점에는 감태 및 큰잎모자반과 같은 대형 다년생 갈조류의 종사를 감아주거나 이식하는 방법으로 해조장을 조성하면 좋을 것으로 생각된다.

그러나 이번에 새로운 강제어초가 투하되고 이식 및 효과조사가 이루어질 안도연안은 수심 약 15m내외로 탁도가 매우 높고 시야가 흐릴 뿐만 아니라 인근의 암반에는 해조류가 거의 서식하지 않는 갯녹음해역인 것으로 나타나 종묘생산한 해조류의 이식효과가 불투명한 곳으로 예상되는 곳임을 지적해 두고자 한다.

2. 재료 및 방법

문헌조사를 통하여 전남 다도해형 바다목장 해역 인근의 돌산도와 오동도에 대한 해조류를 탐색하고 바다목장 중심지역인 소리도연안의 조하대에 서식하는 해조류에 대한 수중조사를 실시하였다.

종묘생산용 해조로서는 다년생으로 소리도 소룡단 주변 조하대에 대량으로 서식하고 있는 감태를 대상으로 하였다. 감태는 해중림을 구성하는 전형적인 대형해조로서 많은 연구자들에 의해 해중림 조성용 대상해조로서 이용되어 왔다.

본 연구에 사용한 감태는 2003년 11월 8일 경남 통영시 한산면 홍도연안에 대량으로 번식하는 개체군을 채집한 후, 경남 고성에 소재하고 있는 부경대학교 수산기술센터로 옮

겨 부착기와 줄기부를 제거하고(그림 4-6-1, a), 하룻밤을 그늘에서 음건시킨 후(그림 4-6-1, b) 크레모나사, 팜사, 전복양성용 파판, 참나무로 엮은 소형어초 등 다양한 부착기질을 재료로 하여 자연채광 조건하에서 유주자를 채묘하였다(그림 4-6-1, c).

채묘는 5톤용 사각 콘크리트 수조에 음건한 감태의 모조를 넣어주고 해수를 주수하여 유주자의 방출을 유도한 후, 다른 수조의 해수속에서 3일간 침적시켜 기질로부터 용출되는 수용성성분을 우려낸 부착기질을 넣어 유주자를 부착시켰다. 채묘 1시간 후 모조를 전부 들어내고 새로운 여과해수로 환수해준 후 자연채광 조건에서 종묘배양을 실시하였다(그림 4-6-1, d).

채묘한 종사는 2004년 3월 12일 새벽 대형 비닐봉투에 넣은 후 밀봉하여 어초 투하당일 아침 강제어초 투하예정 해역(그림 4-6-1, e)으로 운반한 후 강제어초 투하직전인 당일 저녁에 팜사에 채묘한 종묘를 강제어초의 상부에 연승식으로 엮어 매어준 후 투하하였다(그림 4-6-1, f).

이후 강제어초에 두 종류의 해중립 해조를 이식한 안도 현장에서 약 15일간의 간격으로 현장조사를 실시하여 생육상태를 확인하고 약 30cm의 길이로 채묘연을 잘라 실험실로 운반하여 현미경 및 육안적인 관찰과 함과 동시에 약 30개체의 유아를 무작위로 추출하여 측정하여 평균하여 나타내었다.

3. 결과 및 토의

가. 목장해역의 해조류 특성

소리도에서 채집 동정된 해조류의 목록은 표 4-6-1과 같다. 소리도 연안 소룡단 일대의 조하대에서는 녹조류 4종, 갈조류 10종, 홍조류 15종 등 총 29종이 채집 동정되었다.

현재까지 전남 다도해형 바다목장 후보지인 여수시 소리도, 금오도 일대에서 후보지역과 인공어초 투하예정지에서 해조생태를 조사하였고, 조장 조성용 해조의 탐색을 수행하였다. 1차년도 조사에서 나타난 것처럼 바다목장 대상해역은 각각의 정점에 따라 해조상이 다르게 나타난다. 지난해 조사한 소리도의 중북부 일부해역에서는 갯녹음이 심한 반면, 소리도 남단의 소룡단 일대는 남해안의 전형적인 남방계 해조류인 감태(그림 4-6-2, a)와 큰잎모자반균락(그림 4-6-2, b)이 우점하며 해조숲을 이루고 있으며 이밖에도 초식자를 배제시키는 그물바탕말과 해조류 및 소형홍조 등 다양한 해조류가 서식, 분포하고 있다(그림 4-6-2, c). 조하대 해조류의 종 다양성은 높지 않으나 바다목장 조성을 통해 주변에 자생하는 해조류와 인공적인 해조장 해조류의 친화도를 높일 수 있는 해조장 조성 후보지로 판단된다. 이와 같은 결과로 보면 이 정점에는 감태 및 큰잎모자반과 같은 대형 다년생 갈조류의 종사를 감아주거나 이식하는 방법으로 해조장을 조성하면 좋을 것으로 생각되어 먼저 감태를 채묘하여 그 종사를 감아주는 방법을 채택하였다.

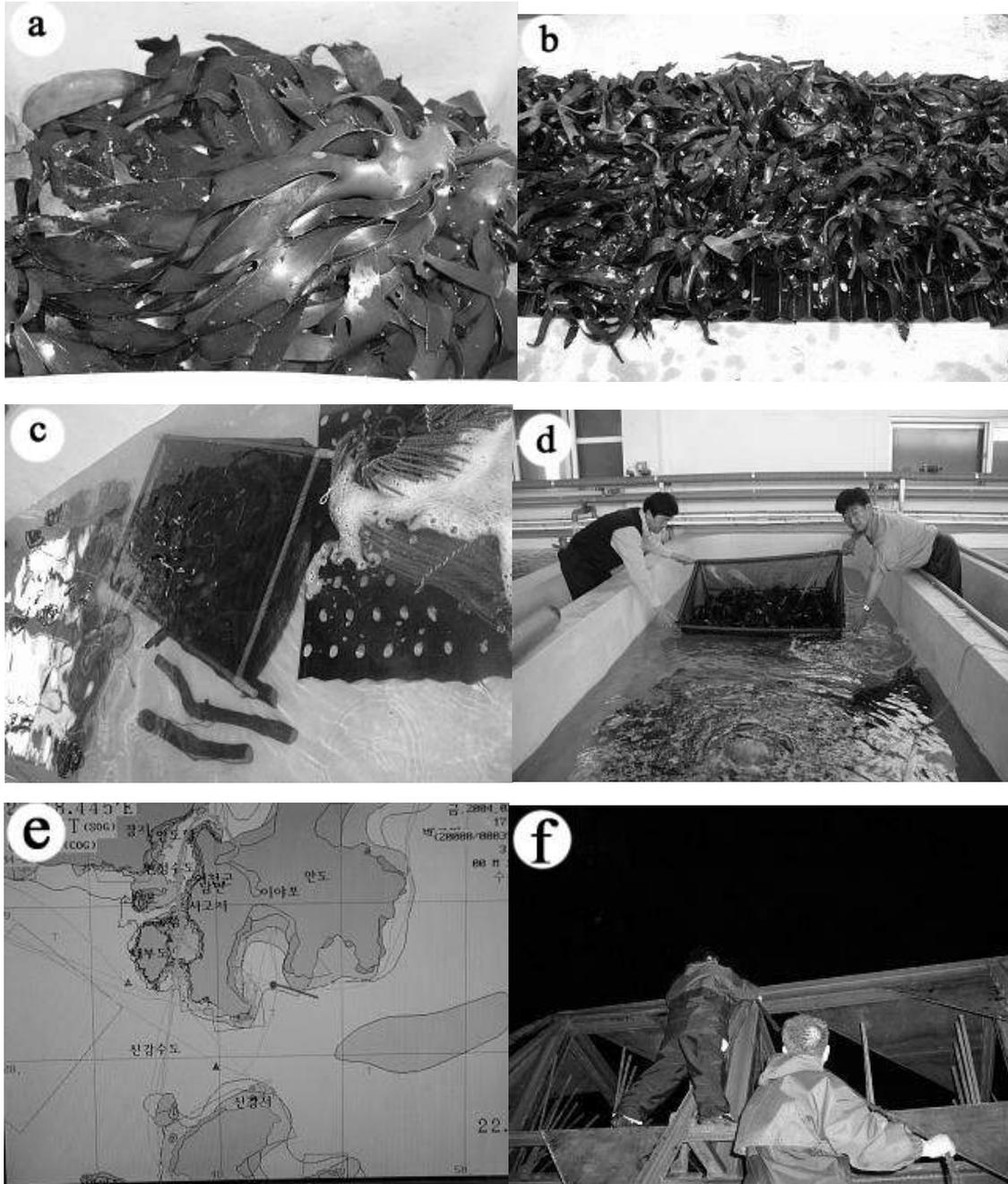


그림 4-6-1. 인공 종묘생산과정 및 현장이식. (a) 성숙한 모조준비, (b) 음건, (c) 다양한 종류의 기질, (d) 모조제거, (e) 어초투하해역, (F) 현장이식

Fig. 4-6-1. Procedure for the artificial seed production and transplantation of *Ecklonia cava*. (a) preparation of matured thalli, (b) drying the thalli in the shade, (c) various substrata, (d) removing the thalli from water tank, (e) the area of artificial reefs, (f) ransplanted *Ecklonia cava* on the surface of artificial reef.

이번 2차년도 조사에서 바다목장 해역인 소리도 연안은 같은 소룡단 해역 주변에서도 해저지형에 따라 갯녹음(백화)현상이 매우 심각하고 조하대 상부의 암반에 서식하는 몇몇 종을 제외하면 극히 빈약한 해조상을 나타내는 곳도 있음을 알 수 있었다(그림 4-6-2, d). 조하대의 상부에는 툯(*Hizikia fusiformis*)과 지층이(*Sargassum thunbergii*)가 우점하며 그 아래쪽 수직벽으로는 무절산호조가 넓게 번무하여 극상상태에 있음을 관찰 할 수 있었다. 그 아래쪽의 평평한 암반에는 산호조가 극상상태에 이른 평원으로 되어 있으며 이러한 산호조 평원주변에서는 해조류의 생육을 전혀 관찰할 수 없었다. 이러한 지리적 특성을 나타내는 곳은 다른 곳과 달리 수심 4~7m의 경사가 완만한 수직벽에서는 감태 및 큰잎모자반, 그물바탕말군락이 우점하는 형태로 다양한 해조류군락이 발달하고 수심 10m이하의 평평한 암반지대에서는 갯녹음에 가까운 해조상을 나타내는 독특한 해조류의 식생구조를 나타내고 있어서 이곳에서는 군락이 훼손되었다가 그후 다시 복원되는 천이와 회복이 교대로 일어나는 특성을 가진 해역이 아닌가 추정되었다.

또한 시험 강제어초의 투하해역인 안도연안은 대체로 탁도가 높고 시야가 흐려 해조가 생육하기에 부적합한 환경으로 판단되며 특히 인근의 암반해역에서 해조류의 착생이나 서식을 확인할 수 없었고 성계에 의한 갯녹음이 확산되고 있는 것으로 나타났다. 반면 금오열도의 남단은 소형 일년생 및 다년생 해조가 우점하고 있으나 식생의 풍도나 종 다양성은 매우 낮다. 이러한 이유는 이 지역이 다른 곳에 비해 탁도가 높을 뿐만 아니라 암반의 표면에 많은 부유고형물이 침착한데서 나타난 것으로 추정되었다.

나. 종묘생산, 이식 및 효과조사

채묘한 감태의 유주자는 약 2주일 후부터 생란기와 조정기를 형성하였고 약 1개월 후에는 대부분이 어린 아포체 상태로 발아하였다(그림 4-6-3, a). 실내배양하에서 발아한 아포체는 2개월 후 약 10cm로 자랐으며(그림 4-6-3, b), 팜사와 나일론 로우프를 기질로 채묘한 종사들을 가이식한 채묘연에서도 평균 약 3~5mm로 성장하였다(그림 4-6-3, c). 이렇게 채묘한 채묘연을 현장에 운반하여(그림 4-6-3, d) 이식한 감태(그림 4-6-3, e)와 미야베모자반(그림 4-6-3, f)을 관찰한 결과를 그림 4-6-4에 나타내었다.

전남 다도해형 바다목장 해역인 전남 여수시 안도에 투하된 강제어초에 이식한 후 약 15일간의 간격으로 4회에 걸쳐 조사한 결과 감태와 미야베모자반의 생장은 육안으로 확인할 수 없을 정도로 매우 느린 것으로 나타났다. 현장 이식 후 약 46일간 성장한 미야베모자반은 겨우 눈에 보일 정도로 성장이 둔화되어 불과 4.4mm정도 밖에 자라지 않았으며 감태의 경우 더욱 더 성장이 느려 불과 3.1mm에 지나지 않았다. 이 같은 결과는 강제어초가 투하된 안도연안은 수심은 높지 않으나 상대적으로 투명도가 낮아 해중립 해조류의 성장에 불리한 요소로 작용한데서 비롯되는 것으로 나타났다. 이는 이와는 달리 투명도가 높은 대조구에서 같은 종의 해조류를 이식한 결과 약 5배 이상으로 빠른 성장결

과를 나타낸 것에서도 알 수 있다.

따라서 안도연안에 투하된 강제어초에서는 효과적인 해중립 조성이 상당히 어려울 것으로 관측된다. 그러나 소리도 소룡단 일대에서는 감태나 모자반류 특히 미야베모자반이나 큰잎모자반의 종사를 감아주거나 이식해주면 해조장조성에 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

표 4-6-1. 소리도 연안 소룡단 일대의 해조류

Table 4-6-1. Subtidal marine algae of Sorido

종의 목록
<i>Acrosorium yendoi</i>
<i>Amphiroa dilatata</i>
<i>Carpopeltis affinis</i>
<i>Codium adhaerens</i>
<i>C. fragile</i>
<i>Corallina pilulifera</i>
<i>Desmarestia viridis</i>
<i>Dictyopteris divaricata</i>
<i>Enteromorpha compressa</i>
<i>Ecklonia cava</i>
<i>Gelidium amansii</i>
<i>G. divaricatum</i>
<i>Gigartina intermedia</i>
<i>Grateloupia imbricata</i>
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>
<i>Hizikia fusiforme</i>
<i>Lithophyllum</i> sp.
<i>Lomentaria catenata</i>
<i>Melobesioides</i>
<i>Porphyra tenera</i>
<i>P. suborbiculata</i> f. <i>suborbiculata</i>
<i>Sargassum horneri</i>
<i>S. miyabei</i>
<i>S. ringgoldianum</i>
<i>S. thunbergii</i>
<i>S. sagamianum</i>
<i>Symphycladia latiuscula</i>
<i>Ulva pertusa</i>
<i>Undaria pinnatifida</i>

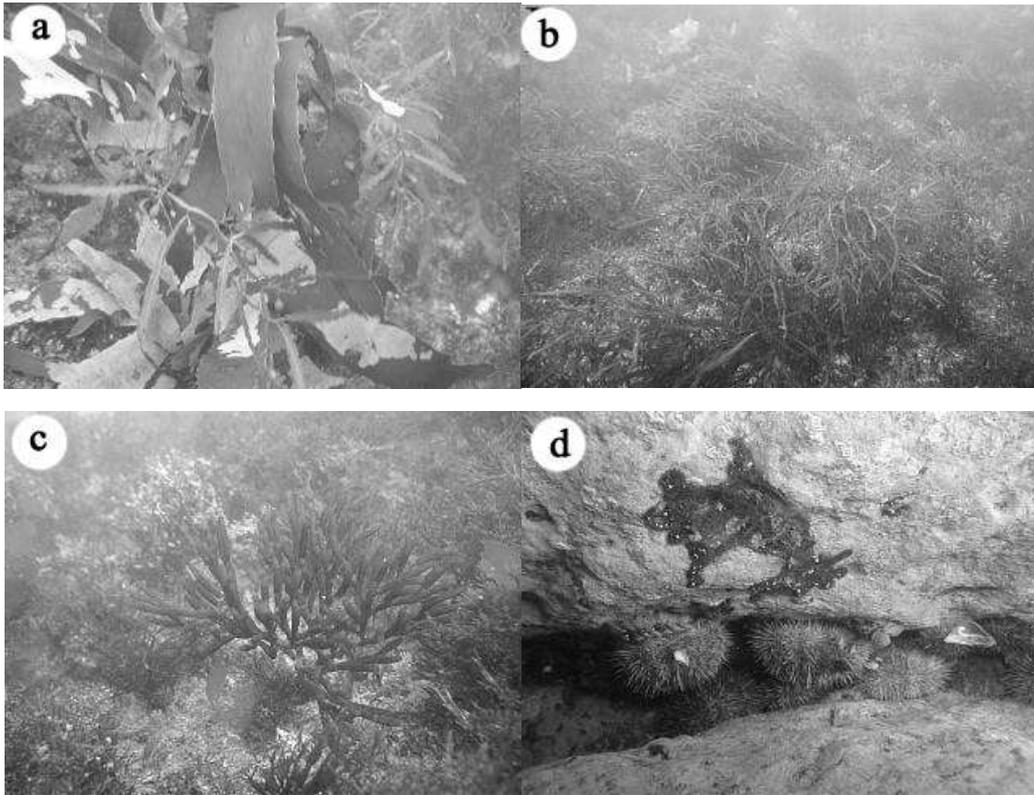


그림 4-6-2. 소리도 남부 소룡단의 해중림 해조류. (a) 감태 군락, (b) 큰잎모자반 군락, (c) 다양한 조하대의 해조군집, (d) 갯녹음 암반.

Fig. 4-6-2. Natural seaweed bed of Soryongdan in southern Sorido. (a) *E. cava* population, (b) *Sargassum ringgoldianum* population in the subtidal zone, (c) marine algal community in the subtidal zone, (d) barren ground in rocky bottom.

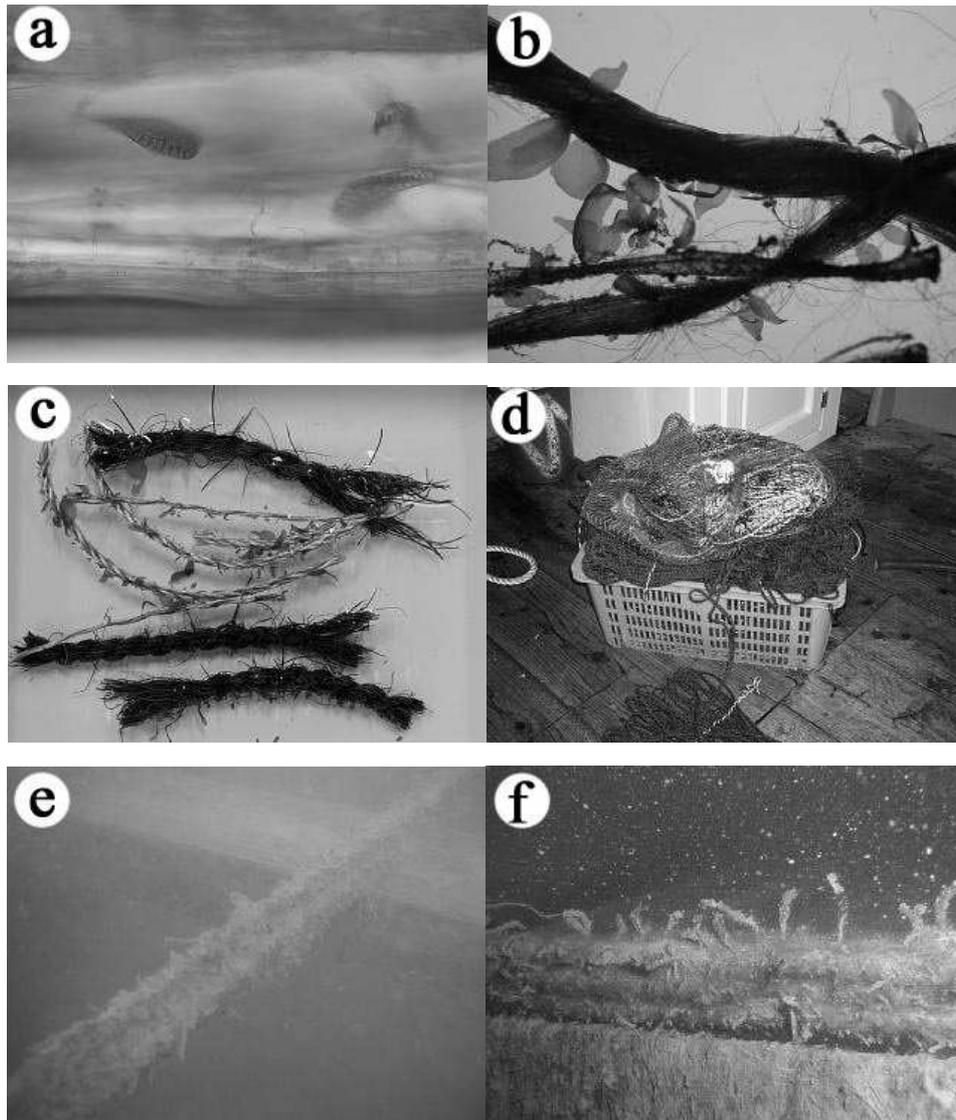


그림 4-6-3. 감태종묘의 배양, 이식 및 효과조사. (a) 발아한 아포체, (b) 엽장 약 6mm의 유엽, (c) 가이식한 종사, (d) 이식할 채묘연의 현장운반, (e) 강제어초에 감아 넣은 후 1개월 후의 감태종묘, (F) 강제어초위에서 발아, 성장한 미야베모자반.

Fig. 4-6-3. Culture and transplantation of *Ecklonia cava*. (a) developed young sporophytes, (b) young thalli of 6mm in length, (c) preliminary transplanted seed, (d) carrying of cultured seed, (e) transplanted *Ecklonia cava* on the top of artificial reefs, (f) transplanted *Sargassum miyabei* on the surface of artificial reef.

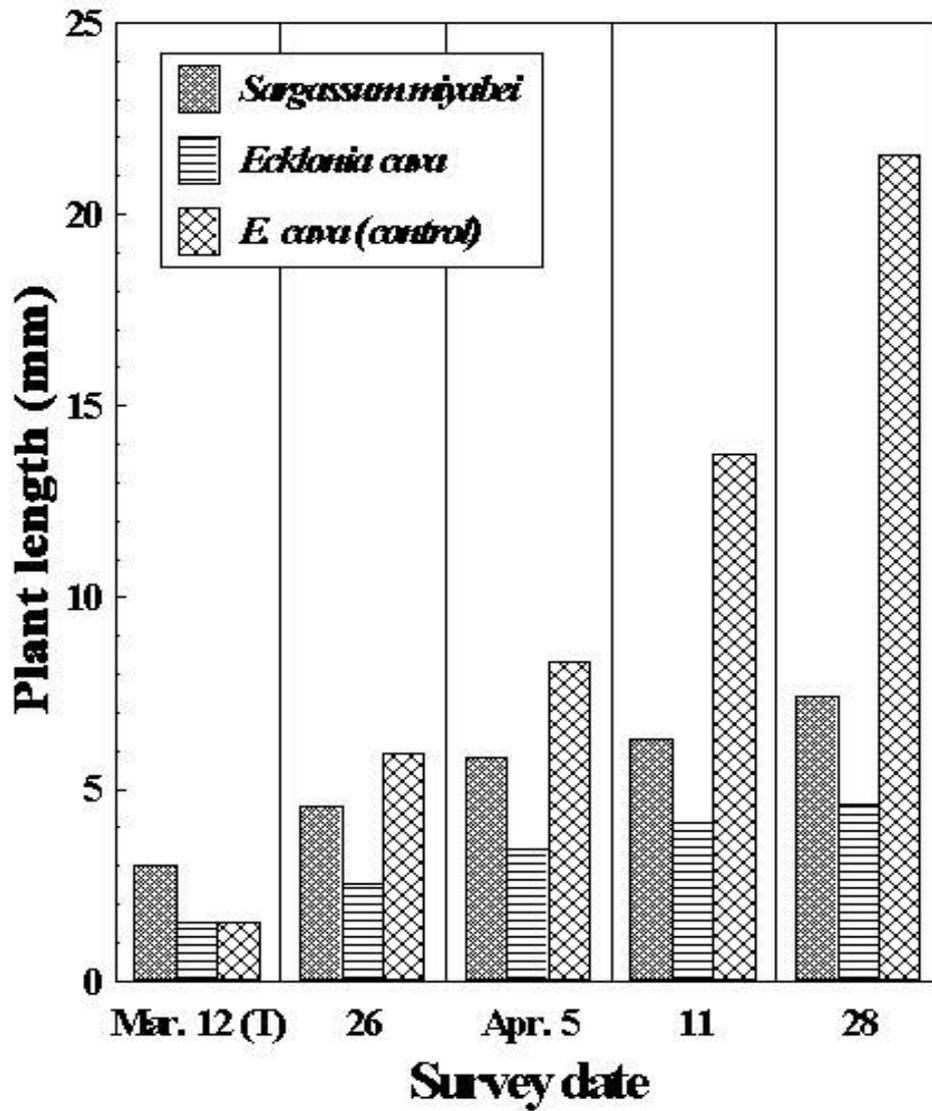


그림 4-6-4. 안도연안의 강제어초에 이식한 해중립 해조류의 성장.

Fig. 4-6-4. growth of the transplanted seaweeds on the top of artificial reef.

제 7 절 자원조사

1. 서론

전남 다도해형 바다목장 내에서의 어구에 의한 자원량 조사를 하였으며, 수중음향을 이용한 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하였다. 이와 같은 방법은 연근해 및 원양 자원 조사의 대표적인 방법 가운데 하나이다. 이 방법은 음향 시스템 구축 및 관련 전문가 양성의 초기 단계에 많은 비용과 시간이 소요되지만 전통적인 어구 채집 방법에 비해 비용대 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 많은 일본, 노르웨이 등 수산 선진국에서 사용하고 있다.

최근 배타적 경제수역(EEZ) 발효로 인해 자국의 수산자원을 보호하기 위한 자원량 조사에서 음향 조사 기법은 표준화된 방법으로 사용되고 있다. 또한 연근해 자원의 고갈로 인한 원양 어장의 개척 과정에서 자국 어선의 진출 이전에 어구 조사 기법과 더불어 과학적인 음향 조사 기법을 이용하고 있다. 이와 같이 원양의 새로운 어장 개척이나 연근해 수산 자원 조사에서 자원의 현재 상황을 파악하기 위한 수단으로 광범위하게 이용되고 있는 음향 조사 기법은 바다 목장 조성지에 대한 기본 조사에서도 응용이 가능하다.

일정 해역에 바다 목장을 조성하기 위하여 어류를 방류하기 이전에 해역 내에서 기존에 분포하고 있는 수산자원의 현 상황을 사전에 파악해야만 향후 방류한 자원의 관리 및 방류 효과를 예측하는 것이 가능하다. 또한 바다 목장에 어류를 방류하기 이전에 실시하는 수산 자원의 중요 분포 위치 파악은 자연 상태에서 어류의 최적 서식처로 판단할 수 있으므로 이러한 예비 분포 조사는 바다 목장에서 최적의 방류 위치를 간접적으로 나타내 줄 수 있다. 음향을 이용한 조사는 어구 및 잠수 조사와 같은 직접적인 조사 방법에서 규명하기 어려운 많은 장점을 가지고 있으나 간접적인 조사 방법 가운데 하나이므로 이 방법의 장점을 보완하기 위해서는 직접적인 조사를 병행하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 이와 같은 음향 조사의 장점을 이용하여 바다 목장 해역의 인근인 돌산도 및 금오도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 기존의 자연 상태에서 서식하고 있는 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 실시하였다. 이러한 예비 조사 결과는 본격적인 바다 목장화 시작 단계에서 현재의 수산자원 분포 위치 및 분포 특성에 대한 자료를 제공할 것이다.

전남 다도해형 바다목장 사업의 2차년도 사업 진행은 1차 연도(2002년)에 이어 해역 내 감성돔, 돌돔, 황점볼락, 볼락 등 대상 어종의 실 해역 내 자원량을 추정하기 위하여 통발, 자망, 이각망 등 일반 어구에 의한 어구조사, 어탐조사 및 잠수조사를 해 오고 있다.

2002년도부터 방류해 온 감성돔, 돌돔을 대상으로 전남 다도해형 바다 목장에서의 현

재의 자원 상태와 목장사업이 진행해 나가는 과정에서의 주요 수산 자원의 변화를 추적 조사하기 위한 자원조사가 목장 전 해역을 대상으로 이루어지고 있다. 또, 감성돔을 비롯한 주 대상어종들의 행동 습성을 파악하고 그에 알맞은 구조를 결정하여 인공어초를 개발, 설치할 목적으로 기존 설치된 어초의 현장 분석을 통하여 새로운 타입의 어초를 개발 중에 있다.

자원량 조사는 주로 바다목장 해역 내 설치된 실험용 구조물 등 어초 주변과 자연 암반정점을 중심으로 자원 변동에 대한 조사가 실시되었다. 자원량을 조사하기 위해서는 어획자료를 이용하는 코호트 분석법, 단위 노력당 어획량, 표지 방류법 등의 간접적인 방법이 있으나, 전남 다도해형 바다목장에서는 현재 기초 자원량을 추정하기 위하여 통영바다목장에서의 추정 방법과 동일하게 일반 어구, 어탐기 및 잠수에 의한 조사를 실시하고 있다. 대상어의 서식생태가 각각 달라 하나의 방법으로 정확한 자원량을 추정하는 것은 어려울지 모르지만 현재까지 사용되고 있는 방법을 서로 보완하면서 다양한 방법으로 추정하면 자연 근사치에 가까운 자원량 추정이 가능할 것으로 생각된다.

한편, 올해 시설될 어초의 투하해역 결정을 위한 지금까지 축적된 자료를 분석하고 실험해역에서의 수중 생태 조사를 통하여 감성돔의 산란, 성육장, 월동장 등 목적별로 해역을 조사해 오고 있다.

우리나라 남해의 수심은 40~200m 범위의 천해로 황해와 동중국해, 동해에 연결되는 해류와 수괴가 상존하며, 연안수의 세력에 영향을 받는 특징을 가지고 있다. 그 중 금오도는 우리나라의 남해 중앙에 위치하고 있는 도서로서 면적이 26.99km²이고, 주변에 유인도 10곳, 무인도가 21곳으로 계절에 따라 대마난류, 중국대륙 연안수 등 다양한 수괴의 영향을 받는 곳으로 어족 번식상 최적의 해양환경을 갖추고 있어 다양한 종류의 어류가 서식, 분포하는 천혜의 어장이다. 이각망 어업은 합정어구류 중 고리테그물류에 속하며, 4각형의 헛통 양측에 비탈그물을 달고 그 끝에 각기 자루그물을 설치하여 길그물에 의해 유도된 어군이 자루그물로 잘 들어 갈 수 있도록 한 것이다(국립수산과학원, 1987). 이번 조사는 금오도 연안의 이각망에 포획된 어류의 자원생물학적 연구와 환경영향평가의 일환으로 어류상을 조사하였기에 보고한다.

2. 재료 및 방법

가. 어구조사

본 조사에서는 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여 출현종, 출현량, 우점종, 종다양도 및 균등도의 항목을 확인하고 어구별 어획량을 살펴보았다.

자원 조사를 위한 시료의 채집은 금오도 심포마을 남서쪽 앞바다와 부도 남쪽 앞바다에서 실시하였으며(그림 4-7-1), 암반이 있는 연안해역에 적절한 어구인 통발과 삼중자망의 두 어구를 사용하였다. 어구는 매월 1회 오후 5시경에 투망하여 익일 오전 9시경에 인

망하였다. 통발은 규격이 지름 31.2cm, 길이 58cm, 망목 24절인 원통형 통발을 각 정점별로 40개씩 설치하였고, 삼중자망은 길이 150m, 너비 1m, 망목 7cm인 규격을 정점별로 사용하였다.

채집된 시료는 Ice Box에 냉장보존 하여 실험실로 운반한 뒤, 각 어체별 전장과 체장은 1mm까지, 체중은 0.1g까지 측정하였다. 종 동정은 정(1977), Masuda *et al.*(1984), Nakabo(2000), 김 등(1994) 및 김 등(2001)을 참고하였으며 분류체계 및 학명은 Nelson (1994)과 해양연구소(2000)에 따랐다.

그리고 어구를 통한 초기자원량을 추정하기 위하여 Lesile 모델을 이용하였다. 관계식은 다음과 같다

$$\frac{Ct}{ft} = qNo - qKt$$

cT 는 t 시간 간격 동안의 어획량, ft 는 t 시간 간격 동안의 어획노력량, q 는 t 시간 간격 동안의 어획능률, N 는 t 시간 간격동안 의 평균 자원량이다.

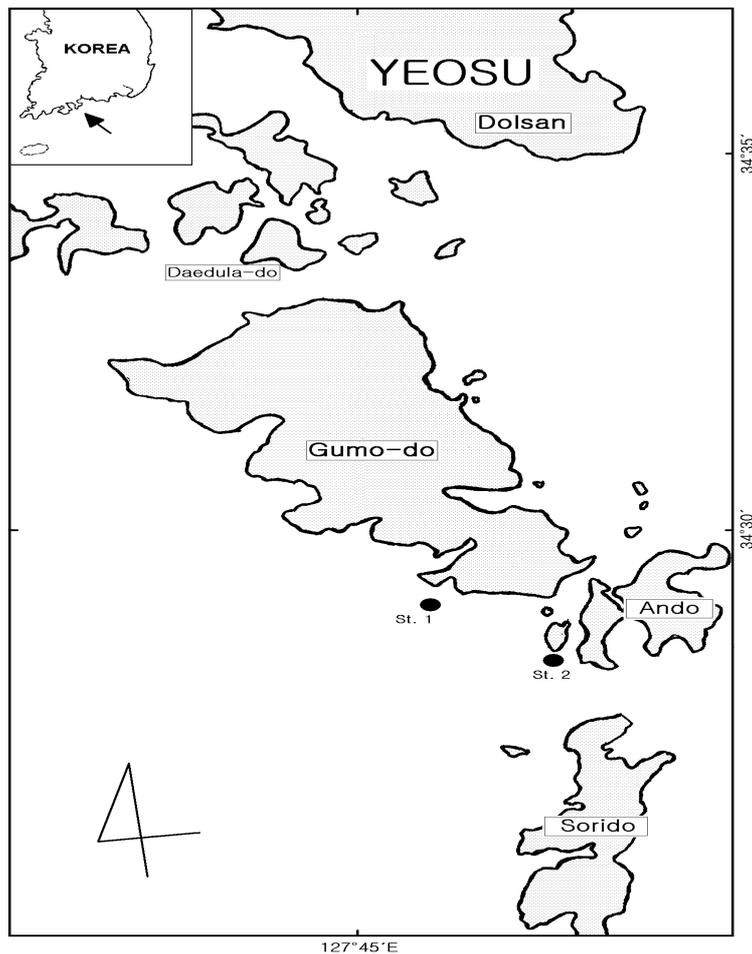


그림 4-7-1. 여수 해역의 채집 정점 모식도.

Fig. 4-7-1. Map showing the sampling area in the coastal Yeosu.

나. 어탐조사

2001년 후보지 조사를 거쳐 선정된 여수 앞 바다 금오열도를 중심으로 하여 여수 바다목장해역에서 계절별 자원분포 및 특성을 파악하기 위하여 2003년 5월, 2003년 9월, 2004년 2월에 각각 음향을 이용하여 자원 조사를 실시하였다.

바다목장해역에서 그림 4-7-2과 같이 조사선(survey line)을 설계하여 조사정선을 따라 어업생물의 주요 분포위치와 분포밀도를 검토하였다. 그림에서 ●으로 나타낸 지점은 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 1단계 1차년도에 잠수조사를 시행하였던 지점(해양수산부, 2003)으로 2월에만 음향을 이용하여 정밀조사를 실시하였다.

그림 4-7-3는 계측시스템의 구성을 나타낸 것이다. 계측시스템은 체적후방산란강도(volume backscattering strength: SV)를 계측하기 위하여 200kHz 듀얼빔 방식 진동자(DT4-200-06-01, BioSonics), 송수신기 및 지시기(DT-5000, BioSonic), 신호처리(Notebook computer, IBM), GPS(GP50, mark-3)로 구성하였으며, 송수신부에서 GPS 데이터 및 SV 등의 데이터를 RS-232C 인터페이스를 통하여 연속적으로 컴퓨터 하드디스크에 수록하였다. 수조에서 수록한 데이터는 오프라인으로 실험실에서 재생하여 에코데이터 분석 소프트웨어(EchoView 3.00, SonarData)를 이용하여 처리하였다.

어군의 에코에 대해 거리향을 보정하여 출력한 전압은

$$E^2 = K^2 s_v \quad (10)$$

$$K^2 = (K_T G_T)^2 \Psi \left(\frac{c\tau}{2} \right) \quad (11)$$

$$s_v = nts \quad (12)$$

$$K_T = PMG \quad (13)$$

가 된다(Furusawa *et al.*, 1993). 여기서 K 는 군체 에코의 계수, s_v 는 체적후방산란강도의 선형치, K_T 는 송파음압 P , 수파감도 M , 증폭율 G 의 보정에 의해 정해지는 종합적인 송수신계수, G_T 는 $20 \log r$ 의 보정에 의해 정해지는 거리향 보정(time varied gain: TVG) 계수, Ψ 는 등가지향각, c 는 음속, τ 는 펄스폭, n 은 어군의 분포밀도, ts 는 TS (target strength)의 선형치이다. 따라서 ts 를 알고 있다면, E 를 계측하여 K 를 보정함으로써 어군의 분포밀도 n 을 구할수 있다. 여기에서 주의해야 될 것은 K 항중의 Ψ 이다. 이것은 어군의 분포 범위가 어군탐지기의 빔의 넓이보다 큰 것을 전제로 계산된다. 따라서 어군탐지기를 이용한 평균 SV의 계측은 에코적분 방식을 사용한다.

수직방향의 집합평균과 수평방향의 적분층을 정한 후 거리보정(time varied gain: TVG)을 하여 출력한 전압 E 에 평균처리를 하여 평균체적후방산란강도 $\langle s_v \rangle$ 를 구하면,

$$\langle s_v \rangle = \frac{1}{K^2} \frac{1}{r_w} \int_r^{r+r_w} \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E^2 \right) dr \quad (14)$$

이 된다. 여기서 집합평균은 m , 적분층은 r 에서 $r+r_w$ 로 하였으며, 이때 어군탐지기에 사

용된 파라미터값은 표 4-7-1과 같다.

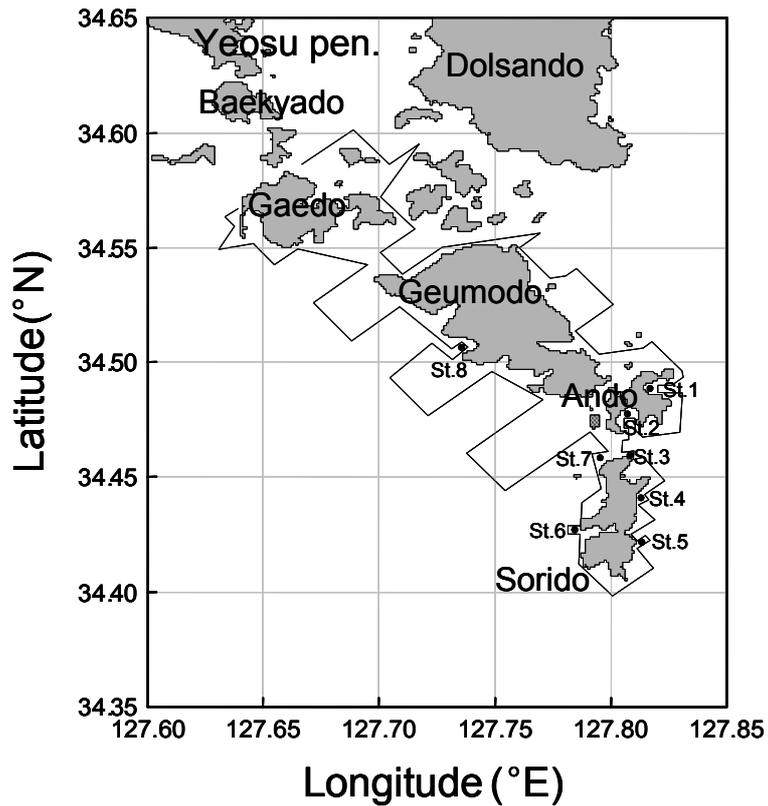


그림 4-7-2. 전남 다도해형 바다목장해역에서 잠수조사위치와 음향조사선.

Fig. 4-7-2. Survey line and investigated location by scuba diving at the marine ranching area in Yeosu.

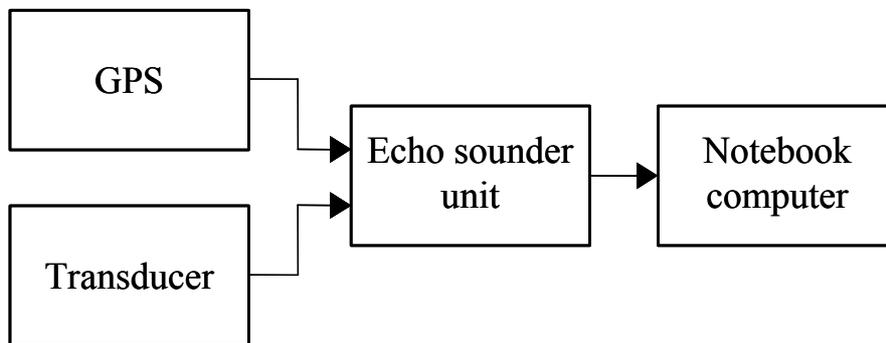


그림 4-7-3. 계측시스템의 구성.

Fig. 4-7-3. Block diagram of the experiment system.

표 4-7-1. DT-5000 계량어군탐지기의 제원

Table 4-7-1. System parameters of the quantitative echo sounder (DT-5000) used in experiment

Items	Parameters
Beam type	dual beam
Frequency	200kHz
Transmit source level	224.3dB(dB re μ Pa/V at 1m)
Receive sensitivity	-54.4dB(dB re V/ μ Pa)
TVG	20 log r
Beam pattern factor	0.001163 sr
Beam width	6.5 \times 6.5 by 14.5 \times 14.5 degrees circular
Pulse rate	1pps
Pulse width	0.4ms
Absorption coefficient	0.004528 dB/m
Salinity	29.4psu
Water temperature	24 $^{\circ}$ C
Threshold	-70dB squared
Noise floor	-143.3dB

어군탐지기의 진동자는 조사선박의 중앙 현측에 지지대를 이용하여 수심 1m 되는 곳에 고정하였다. 조사선박의 선속은 사용 주파수가 고주파이고 진동자의 수심이 얇아 해수와 진동면이 마찰에 의해 발생하는 공기방울의 영향이 있을 수 있으므로 이를 최소화하기 위하여 6~8knot로 일정하게 유지하였다. 또한 조사선박에 의한 진동 및 전원잡음을 제거하기 위하여 조사선박과 분리된 자체 전원(배터리)을 이용하여 데이터를 수집하였다.

수신된 음향 자료는 표층 부근에서 발생하는 캐비테이션 잡음, 공기방울 잡음과 중층에서의 전원 잡음, 저층에 설치된 해양구조물의 신호 등 모든 잡음을 에코그램에서 제거하여 어류에 의한 신호만을 추출하였다.

다. 잠수조사

현재 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 서식하고 있는 감성돔, 볼락 등의 주요 수산 어종들을 잠수 조사를 통해서 다양성과 자원량을 추정해 보기 위해서 2003년 6월과 2004년 1월에 안도에 여섯 군데의 정점을 조사하였다. 또한 2003년 7월, 8월 및 9월에 걸쳐 각각 금오도의 정점 1, 정점 4 및 정점 2, 3을 조사하였다. 수중 조사 정점은, 섬의 동서 남북 방향성과 만, 수직벽, 혹은 수중여 등의 해저 지형을 기준으로 하여 정하였다(그림 4-7-4).

또한 같은 해역내의 수중 구조물에서의 자원량을 조사하기 위해, 2003년 9월에는 안도 동북쪽 연안에 시설되어 있는 강제어초에서 수중 자원 조사를 실시하였다(그림 4-7-4).

조사는 각 정점의 연안 환경 및 해저 지형을 어탐과 육안으로 파악하였고, 조사는 잠수 조사시 수중에서 종의 마리수, 특징 및 서식 생태를 관찰 노트하였고 동정에 확인이 필요한 종은 조사시에 병행한 수중 촬영에 의한 슬라이드 사진과 수중비디오 촬영본을 재검토하여 도감과 대조하는 형식을 택하였다. 어류의 분류 체계는 한국동물분류학회(1997)와 Nelson (1994), 국명은 한국어도보(鄭, 1977)를 기준으로 하였으며 검색은 Masuda *et al.* (1984) 및 Nakabo (1993)를 참조하였다.

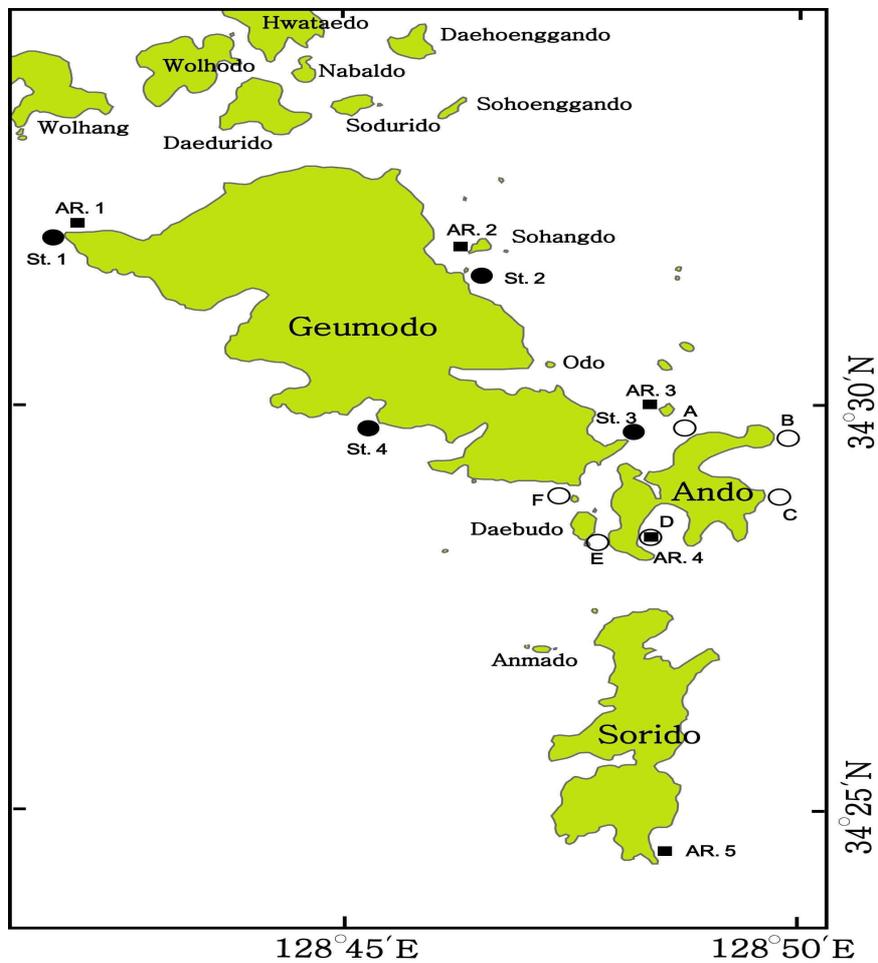


그림 4-7-4. 전남 다도해형 바다목장 해역내의 잠수 조사 정점.

Fig. 4-7-4. Map of study stations at the marine ranching area in Yeosu. Ando; A~F, Geumodo; St. 1~4, AR(Artificial reefs); 1~5.

라. 이각망 실태 및 개선방안

본 연구는 2003년 5월부터 익년 4월까지 12개월 동안 전라남도 여수시 금오도 연안에

위치한 이각망 어장을 이용하였으며(그림 4-7-5, 6), 기존 자료와 더불어 매월 1회씩 정점 2곳에서 채집 분석하여 어류의 종조성을 관찰하였다.

(1) 환경 조사

조사해역의 수온과 염분 농도를 T-S meter(type MC5)기로 수심 5 m층을 조사하였다.

(2) 이각망 실태 조사

금오도 연안의 이각망 어업 실태를 파악하기 위하여 여수 시청 해양수산과의 허가 어업 자료와 금오도 주변을 직접 돌면서 이각망의 현황을 조사하였다.

(3) 어류목록 및 종조성 조사

이각망 어장 2정점에 어획된 어류 중 어획량이 많은 종은 일부를 추출하여 전체량으로 환산하였으며, 단일개체 또는 몇 개체만이 어획되는 경우에는 전 개체를 채집하여 실험실로 운반한 후 종별 개체수를 측정하여 종조성 및 목록을 작성하였다.

어획한 종의 동정은 정(1977), Masuda *et al.*(1984), Nakabo *et al.*(1993) 및 김 등(1994)에 따랐으며, 분류체계 및 학명은 Nelson(1994)과 한국동물분류학회(1997)에 따랐다. 채집된 어류를 월별로 출현종수, 개체수를 산출하여 양적인 변동을 비교하였다.

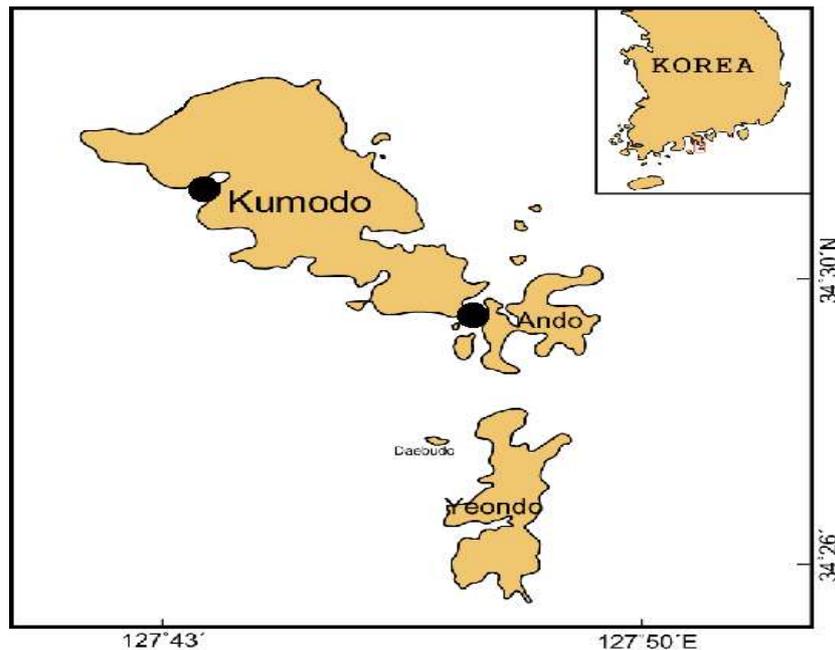


그림 4-7-5. 금오도 연안 해역의 이각망에 의해 채집한 어류의 조사정점.

Fig. 4-7-5. Map showing the sampling area by both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumdo.

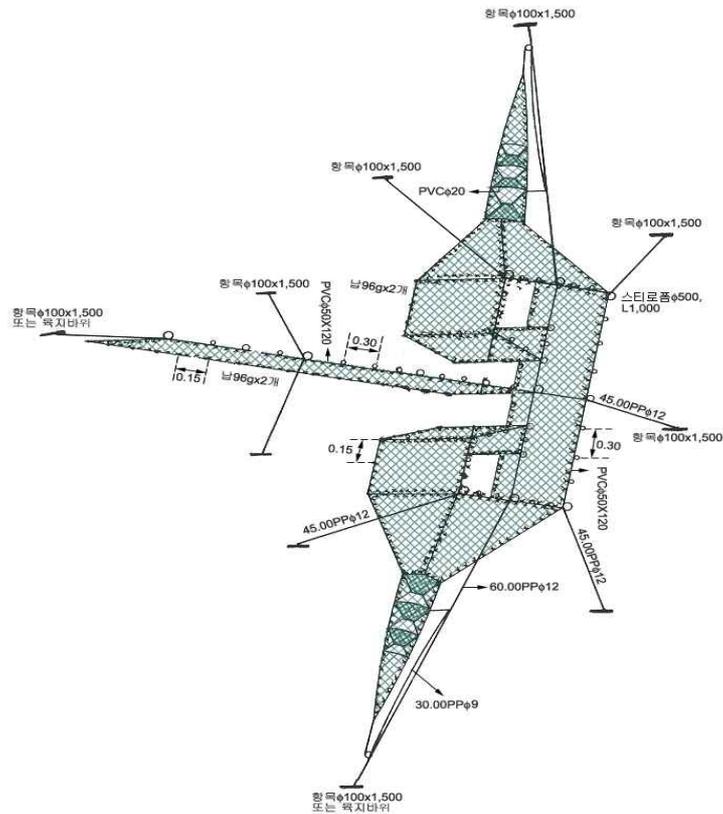


그림 4-7-6. 이각망어구의 모식도.

Fig. 4-7-6. Schematic diagram of both sides fyke net.

마. 유전자원조사

2003년도에 전남 다도해형 바다목장에 방류한 감성돔 종묘 96개체, 돌돔 종묘 96개체를 표본으로 취하였다. 감성돔 및 돌돔의 근육조직으로부터 Blin 및 Stafford의 방법(1976)을 다소 변형하여 genomic DNA를 분리하였다. 조직 30mg에 lysis buffer [10mM Tris-HCl pH7.5, 125mM NaCl, 10mM EDTA, 0.5% SDS, 5M Urea, 0.1mg/ml proteinase K]를 첨가하여 용해한 후, *Accuprep*[®] Genomic DNA Extraction Kit(Bioneer Co., Korea)의 column을 이용하여 정제하였다. 분리·정제한 genomic DNA는 전기영동으로 확인한 후, *NanoDrop*[®] ND-1000 Spectrophotometer(*NanoDrop Technologies*, USA)를 사용하여 농도를 측정하였으며, -80℃에 보관하였다. 감성돔 및 돌돔 각 개체의 DNA 시료를 *Operon Technologies* 사(USA)의 , RAPD primer 염기서열을 근거로 하여 합성한 10-mer의 random primer를 이용하여 분석하였다. Genomic DNA 50 ng을 random primer 20 pM과 *Ex Taq* DNA polymerase (*TaKaRa Co.*, Japan) 1U을 사용하여 증폭하였으며, 94℃에서 5분간 변성시켜 94℃에서 1분, 40℃에서 1분, 72℃에서 2분 동안 40회 반응시켰다 (PTC-200, *MJ Research*, USA). 증폭산물은 1.5% agarose gel 전기영동으로 확인하였으며, 다형을 나타내는 DNA 단편을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 어구조사

(1) 출현종 및 출현량

(가)통발

본 조사에서 총 5목 20과 24종이 출현하였으며 그 중 볼락이 연중 매월 출현하였고 노래미, 쥐노래미도 연중 계속적인 출현을 보였다. 그리고 자리돔은 6월부터 3월까지 연속적으로 출현하였다. 다음으로 용치놀래기, 황놀래기, 조피볼락 등이 많은 출현을 보였다. 반면에 쏨뱅이, 참돔, 돌돔, 띠볼락은 조사기간 동안 1회 출현하였다(표 4-7-2).

표 4-7-2. 여수에서 통발로 채집된 어류의 월별 양상

Table 4-7-2. The list of fishes caught by pots in the coastal of Yeosu

Species	Month											
	Apr. 2003	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan. 2004	Feb.	Mar.
<i>Conger myriaster</i>	●	●						●				●
<i>Sebastes inermis</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Hexagrammos otakii</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	●											
<i>Sebastes schlegeli</i>		●	●	●				●			●	
<i>Hexagrammos agrammus</i>		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Chromis notata</i>			●	●	●	●	●	●	●	●		●
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		●	●	●	●	●	●					
<i>Takifugu pardalis</i>			●	●								
<i>Pseudolabrus japonicus</i>				●	●	●	●		●	●		
<i>Sebastes marmoratus</i>						●						
<i>Sebastes zonatus</i>						●						
<i>Epinephelus akaara</i>						●		●				
<i>Sillago sihama</i>							●					
<i>Neoditrema ransonneti</i>							●			●		
<i>Pagrus major</i>								●				
<i>Oplegnathus fasciatus</i>								●				
<i>Stephanolepis cirrifer</i>								●				
<i>Girella punctata</i>									●			●
<i>Pseudoblennius cottoides</i>									●	●		●
<i>Neoditrema ransonneti</i>									●			
<i>Ditrema temmincki</i>										●		●
<i>Takifugu niphobles</i>										●		

통발로 채집된 어류의 월별 생체량과 출현개체수를 살펴보면 생체량은 10월에 3,551.12g으로 가장 많은 양이 채집되었고 9월, 11월, 12월, 3월에 1,853.69~2,079.35g 사이의 비슷한 출현량을 보였다. 가장 적은 생체량이 채집된 달은 7월로 1,261.5g이었다. 출현 개체수는 2004년 2월에 69개체가 채집되었고 2003년 3월에 6개체로 가장 작은 개체수가 출현하였다. 개체수의 월별 변화는 2003년 4월에서 2004년 3월까지 증가하는 경향을 보였다(그림 4-7-7).

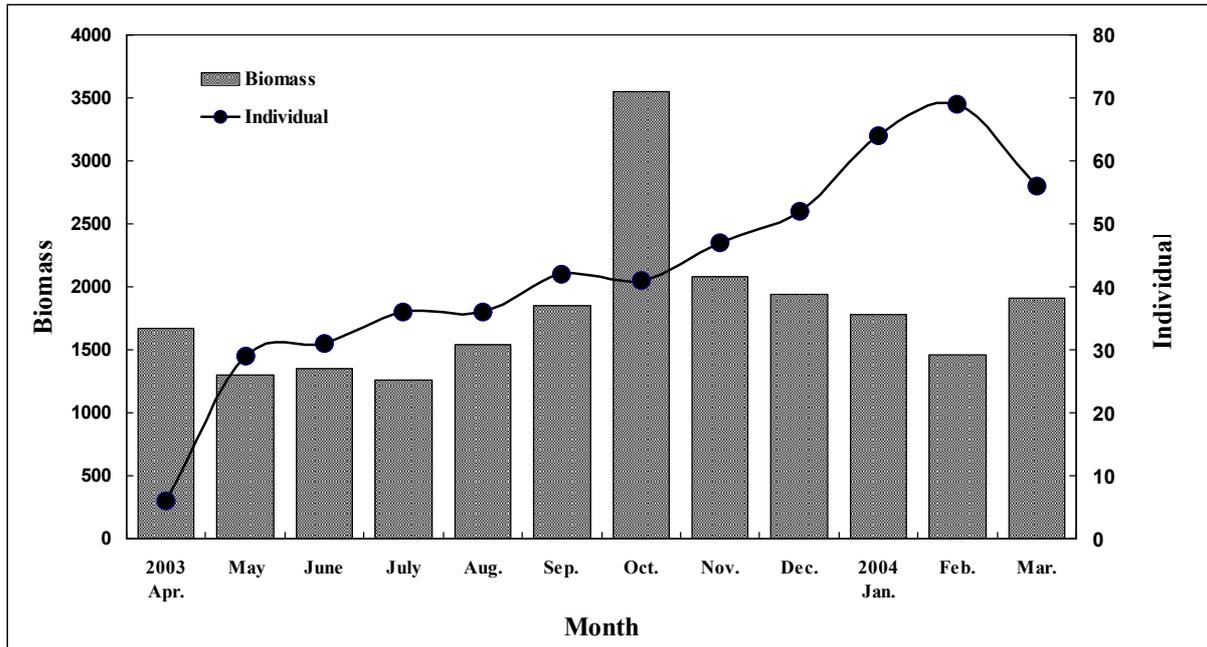


그림 4-7-7. 여수에서 통발로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

Fig. 4-7-7. Changes of number and biomass of species caught by pots in the coastal of Yeosu.

2003년 3월에 다른 조사일 보다 상대적으로 적은 생체량과 개체수가 나타난 것은 조사 당시의 기상이 좋지 않았기 때문이다. 생체량과 개체수의 월별 변화 양상은 유사하지 않았다. 또한 10월에 많은 생체량을 나타낸 것은 불락의 출현이 다른 조사일보다 높았기 때문이다.

조사기간 동안의 각 출현어종의 전체 개체수에서 살펴보면 불락이 225개체로 전체 50.23%를 차지하여 우점하였고, 다음으로 노래미가 53개체(11.99%), 자리돔이 34개체(7.69%), 용치놀래기가 32개체(7.24%), 쥐노래미가 26개체(5.88%)순으로 우점하였다. 띠불락, 돌돔, 뱅에돔 등은 1개씩 출현하여 가장 적은 출현을 보였다. 생체량으로 살펴보면 역시 불락이 5,366.7g으로 전체 생체량의 30.56%를 차지하여 우점하였다. 그 다음 순으로 노래미가 3,088.02g(17.58%), 쥐노래미가 2,248.71g(12.81%), 용치놀래기가 1,555.82g(8.86%), 조피불락이 808.4g(4.60%)으로 우점하였다. 그리고 능성어가 15.9g(0.09%)으로 가장 적은 출현으로 보였다(표 4-7-3).

표 4-7-3. 여수해역에서 통발로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Table 4-7-3. Appearance and Composition of fishes by pots collected in coastal Yeosu

Species	Month	Biomass		Individual	
		Biobass(g)	Percentage	individual	Percentage
<i>Conger myriaster</i>		156.28	0.89	3	0.68
<i>Sebastes inermis</i>		5366.7	30.56	225	50.23
<i>Hexagrammos otakii</i>		2248.71	12.81	26	5.88
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		15.9	0.09	1	0.23
<i>Sebastes schlegeli</i>		808.4	4.60	8	1.81
<i>Hexagrammos agrammus</i>		3088.02	17.58	53	11.99
<i>Chromis notata</i>		1098.6	6.26	34	7.69
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		1555.82	8.86	32	7.24
<i>Takifugu pardalis</i>		65.49	0.37	1	0.23
<i>Pseudolabrus japonicus</i>		449.33	2.56	7	1.58
<i>Sebastiscus marmoratus</i>		100	0.57	1	0.23
<i>Sebastes zonatus</i>		49.3	0.28	1	0.23
<i>Epinephelus akaara</i>		48.6	0.28	1	0.23
<i>Sillago sihama</i>		183.87	1.05	3	0.68
<i>Neoditrema ransonneti</i>		174.56	0.99	4	0.90
<i>Pagrus major</i>		214.32	1.22	4	0.90
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		54.96	0.31	1	0.23
<i>Epinephelus akaara</i>		307.21	1.75	4	0.90
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		550.85	3.14	3	0.68
<i>Girella punctata</i>		53.07	0.30	1	0.23
<i>Pseudoblennius cottoides</i>		180.05	1.03	4	0.90
<i>Neoditrema ransonneti</i>		66.34	0.38	13	2.94
<i>Ditrema temmincki</i>		130.66	0.74	3	0.68
<i>Takifugu niphobles</i>		512.31	2.92	9	2.04

(나) 삼중자망

삼중자망에서 어획된 어류는 총 5목 24과 28종이 출현 하였다. 그 중 노래미와 볼락이 3월을 제외하고 전 기간 동안 출현하였다. 그리고 쏨뱅이, 문치가자미가 조사기간 중 6개월에 걸쳐 출현하였다. 줄복은 겨울에서 초봄까지 5개월간 출현하였고 감성돔은 6월과 9월, 10월에 채집되었다. 쭈기미, 양태, 참서대, 붉바리, 돌돔, 장갱이 등은 조사기간 동안 1회 출현하였다(표 4-7-4).

월별 출현개체수와 생체량을 살펴보면 월별 변화양상은 서로 비슷하였다. 출현 개체수는 1월에 31개체로 가장 많았고 다음으로 12월에 29개체, 9월에 25개체, 10월에 24개체, 11월에 21개체순으로 출현하였고 가장 적은 개체수 출현은 2003년 3월로 13개체였다. 생체량은 11월에 4,704.12g으로 가장 많았고 다음으로 1월에 4385.17g, 2월에 4,062.78g, 6월에 3,178.41g순으로 나타났고 가장 적은 생체량을 나타낸 달은 2003년 3월에 1,741g이었다(그림 4-7-8).

조사 기간동안 자망으로 채집된 어류의 우점도를 살펴보면 출현 개체수는 볼락이 53개로 25.36%를 차지하여 우점하였고 다음으로 노래미가 39개체(18.66%), 망상어가 14개체(6.70%), 각시서대가 13개체(6.22%)순으로 우점하였다. 감성돔은 3개체가 출현하여 1.44%를 차지하였고 개볼락, 장갱이, 보리멸이 1개체씩 출현하여 0.48%를 차지하였다. 생체량은 노래미가 7,891.31g으로 24.31%로 우점하였고 다음으로 볼락이 5,435.25g(16.74%), 문치가자미가 2,055.83g(6.33%), 감성돔이 1,576.51g(4.86%), 망상어가 1,468.86g(4.53%)로 우점하였다(표 4-7-5).

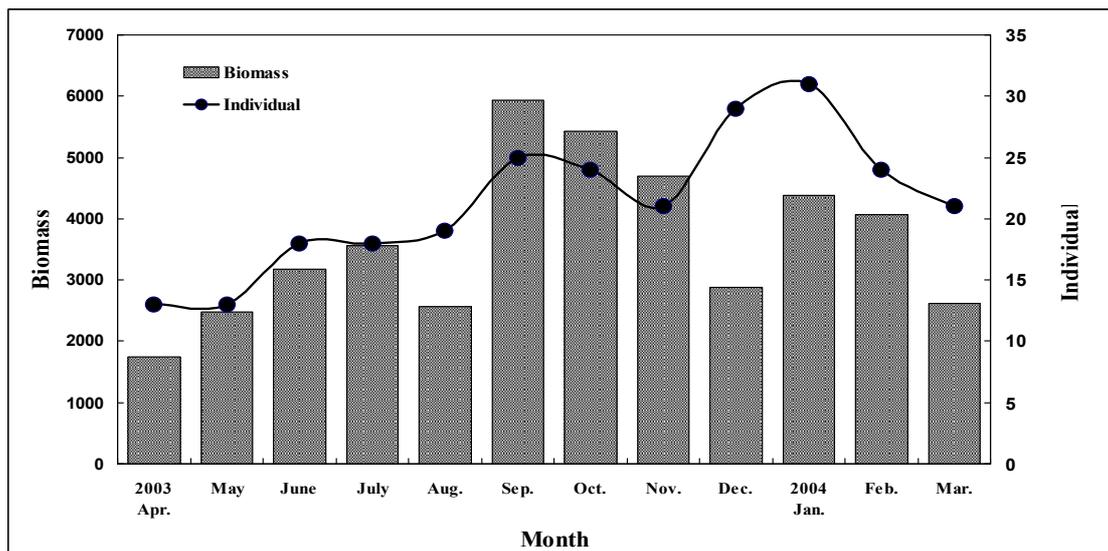


그림 4-7-8. 여수에서 자망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

Fig. 4-7-8. Changes of number and biomass of species caught by gill nets in the coastal of Yeosu

표 4-7-4. 여수에서 자망으로 채집된 어류의 월별 양상

Table 4-7-4. The list of fishes caught by gill nets in the coastal of Yeosu

Species	Month												
	Apr. 2003	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan. 2004	Feb.	Mar.	
<i>Sebastes marmoratus</i>	●		●		●					●		●	●
<i>Hexagrammos otakii</i>	●		●		●	●			●	●	●	●	●
<i>Hexagrammos agrammus</i>	●				●								
<i>Limanda yokohamae</i>	●				●	●			●	●	●		
<i>Neoditrema ransonneti</i>	●									●	●		
<i>Sebastes schlegeli</i>	●				●				●	●			
<i>Sebastes inermis</i>	●		●		●	●			●	●	●	●	●
<i>Pleronichthys cornutus</i>	●									●			
<i>Sebastes pachycephalus</i>			●										
<i>Ditrema temmincki</i>			●						●		●	●	●
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>			●			●			●				
<i>Pseudaesopia japonica</i>			●		●	●							
<i>Chirolophis japonicus</i>			●						●				
<i>Inimicus japonicus</i>					●								
<i>Platycephalus indicus</i>						●							
<i>Cynoglossus joyneri</i>						●							
<i>Epinephelus akaara</i>						●							
<i>Kyphosus bigibbus</i>						●							
<i>Oplegnathus fasciatus</i>									●		●		
<i>Lateolabrax japonicus</i>									●		●		●
<i>Pagrus major</i>									●	●			
<i>Girella punctata</i>										●			●
<i>Trachurus japonicus</i>										●			
<i>Chelidonichthys spinosus</i>											●		
<i>Sebastes longispinis</i>											●		●
<i>Sebastes pachycephalus</i>												●	
<i>Stichaeus grigorjewi</i>												●	
<i>Sillago sihama</i>													●

표 4-7-5. 여수해역에서 자망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Table 4-7-5. Appearance and Composition of fishes by gill nets collected in coastal Yeosu

Species	Month	Biomass		Individual	
		Biobass(g)	Percentage	individual	Percentage
<i>Sebastes marmoratus</i>		1055.04	3.25	9	4.31
<i>Hexagrammos otakii</i>		7891.31	24.31	39	18.66
<i>Hexagrammos agrammus</i>		587.49	1.81	5	2.39
<i>Limanda yokohamae</i>		2055.83	6.33	12	5.74
<i>Neoditrema ransonneti</i>		558.04	1.72	7	3.35
<i>Sebastes schlegeli</i>		2292.59	7.06	9	4.31
<i>Sebastes inermis</i>		5435.25	16.74	53	25.36
<i>Pleronichthys cornutus</i>		324.14	1.00	2	0.96
<i>Sebastes pachycephalus</i>		351.87	1.08	2	0.96
<i>Ditrema temmincki</i>		1468.86	4.53	14	6.70
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>		1576.51	4.86	3	1.44
<i>Pseudaesopia japonica</i>		1011.88	3.12	13	6.22
<i>Chirolophis japonicus</i>		401.07	1.24	2	0.96
<i>Inimicus japonicus</i>		115.80	0.36	1	0.48
<i>Platycephalus indicus</i>		2898.00	8.93	11	5.26
<i>Cynoglossus joyneri</i>		112.00	0.35	1	0.48
<i>Epinephelus akaara</i>		222.10	0.68	2	0.96
<i>Kyphosus bigibbus</i>		184.50	0.57	1	0.48
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		316.29	0.97	2	0.96
<i>Lateolabrax japonicus</i>		1626.07	5.01	6	2.87
<i>Pagrus major</i>		442.14	1.36	3	1.44
<i>Girella punctata</i>		164.62	0.51	2	0.96
<i>Trachurus japonicus</i>		208.35	0.64	2	0.96
<i>Chelidonichthys spinosus</i>		309.84	0.95	3	1.44
<i>Sebastes longispinis</i>		152.03	0.47	2	0.96
<i>Sebastes pachycephalus</i>		177.70	0.55	1	0.48
<i>Stichaeus grigorjewi</i>		396.85	1.22	1	0.48
<i>Sillago sihama</i>		124.37	0.38	1	0.48

(다) 이각망

본 조사에서 이각망에서 출현한 어류는 27종으로 그 중 감성돔이 전 기간동안 출현하였다. 송어, 전어, 조피볼락, 볼락, 주둥치, 전갱이 등도 연간 연속적인 출현을 나타내었다. 쥐노래미, 방어등 은 비교적 적은 기간동안 나타났다(표 4-7-6).

이각망에서 채집된 어류의 종조성과 우점도를 살펴보면 출현 개체수에서는 다른 어구에 비하여 극 우점하는 종은 없었고 감성돔이 275개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 16.29%를 차지하여 우점하였고 다음으로 송어가 190개체 11.26%를 그리고 전어가 178개체 10.55%를 나타내었다. 주둥치, 농어, 전갱이, 점농어, 아귀 등이 비교적 많은 부분을 차지하였다. 생체량은 송어가 100.89kg으로 36.80%로 우점하였고 다음으로 농어가 46.99kg(17.14%), 아귀가 22.65kg(8.26%), 감성돔이 19.93kg(7.27%)순으로 우점하였다(표 4-7-7).

(라) 감성돔 자원조사

조사지점에서 감성돔의 노력당 어획량자료를 이용하여 자원량을 추정하였다. 다음은 어획개체수를 사용하여 추정한 것이다.

조사일(t)	어획개체수(Ct)	Ct/2	Kt
1	21	10.5	10.5
2	7	3.5	24.5
3	6	3	31
4	87	43.5	77.5
5	60	30	151
6	29	14.5	195.5
7	10	5	215
8	7	3.5	223.5
9	3	1.5	228.5
10	2	1	231
11	20	10	242
12	23	11.5	36.5

여기서, Leslie 모델로 추정된 어획능률은 0.0566이었으며, 초기 자원미수는 약 543미로 추정되었다.

표 4-7-6. 여수에서 이각망으로 채집된 어류의 월별 양상

Table 4-7-6. The list of fishes caught by both sides fyke net in the coastal of Yeosu

Species	Month	Apr. 2003	May	Jun.	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan. 2004	Feb.	Mar.
<i>Konosirus punctatus</i>		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
<i>Lophiomus setigerus</i>		●			●				●	●	●	●	●
<i>Mugil cephalus</i>		●	●	●	●	●	●	●				●	●
<i>Chelidonichthys spinosus</i>					●						●		
<i>Sebastes inermis</i>		●	●	●	●	●			●		●	●	●
<i>Sebastes schlegeli</i>		●		●	●	●	●	●	●		●	●	
<i>Platycephalus indicus</i>			●		●	●	●	●	●				
<i>Hexagrammos agrammus</i>		●						●	●				
<i>Hexagrammos otakii</i>		●				●			●		●		
<i>Lateolabrax japonicus</i>		●	●	●	●	●	●	●	●		●		
<i>Lateolabrax latus</i>			●	●	●	●	●	●	●		●	●	
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Leiognathus nuchalis</i>			●	●	●	●	●	●	●		●		●
<i>Pagrus major</i>					●			●	●	●			
<i>Seriola quinqueradiata</i>			●		●								
<i>Trachurus japonicus</i>			●	●	●	●	●	●	●	●	●		
<i>Oplegnathus fasciatus</i>							●	●		●			
<i>Ditrema temmincki</i>		●	●	●	●		●	●				●	●
<i>Cryptocentrus filifer</i>			●			●	●	●					
<i>Chaeturichthys hexanema</i>		●						●	●				
<i>Paralichthys olivaceus</i>		●					●	●					
<i>Kareius bicoloratus</i>								●	●	●			
<i>Limanda yokohamae</i>		●		●		●			●		●	●	●
<i>Cynoglossus joyneri</i>			●				●		●				
<i>Cynoglossus robustus</i>				●		●	●						
<i>Thamnaconus modestus</i>		●			●	●	●	●			●		
<i>Takifugu niphobles</i>		●	●	●	●	●	●	●					

표 4-7-7. 여수해역에서 이각망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Table 4-7-7. Appearance and Composition of fishes by both sides fyke net collected in coastal Yeosu

Species	Month	Biomass		Individual	
		Biobass(kg)	Percentage	individual	Percentage
<i>Konosirus punctatus</i>		8.89	3.24	178	10.55
<i>Lophiomus setigerus</i>		22.65	8.26	59	3.50
<i>Mugil cephalus</i>		100.89	36.80	190	11.26
<i>Chelidonichthys spinosus</i>		0.23	0.08	2	0.12
<i>Sebastes inermis</i>		1.34	0.49	21	1.24
<i>Sebastes schlegeli</i>		4.59	1.67	43	2.55
<i>Platycephalus indicus</i>		5.69	2.08	35	2.07
<i>Hexagrammos agrammus</i>		6.02	2.20	31	1.84
<i>Hexagrammos otakii</i>		1.07	0.39	18	1.07
<i>Lateolabrax japonicus</i>		46.99	17.14	105	6.22
<i>Lateolabrax latus</i>		15.40	5.62	148	8.77
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>		19.93	7.27	275	16.29
<i>Leiognathus nuchalis</i>		1.52	0.55	118	6.99
<i>Pagrus major</i>		2.52	0.92	11	0.65
<i>Seriola quinqueradiata</i>		7.00	2.55	10	0.59
<i>Trachurus japonicus</i>		4.58	1.67	114	6.75
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		3.90	1.42	21	1.24
<i>Ditrema temmincki</i>		4.96	1.81	67	3.97
<i>Cryptocentrus filifer</i>		0.15	0.05	8	0.47
<i>Chaeturichthys hexanema</i>		0.32	0.12	18	1.07
<i>Paralichthys olivaceus</i>		1.87	0.68	4	0.24
<i>Kareius bicoloratus</i>		2.40	0.88	14	0.83
<i>Limanda yokohamae</i>		5.62	2.05	42	2.49
<i>Cynoglossus joyneri</i>		0.83	0.30	14	0.83
<i>Cynoglossus robustus</i>		2.34	0.85	24	1.42
<i>Thamnaconus modestus</i>		0.60	0.22	7	0.41
<i>Takifugu niphobles</i>		1.84	0.67	111	6.58

다음은 어획량을 자료로 하여 초기자원량을 추정하였다.

조사일(t)	어획개체수(Ct)	Ct/2	Kt
1	249	124.5	124.5
2	33	16.5	265.5
3	58	29	311
4	410	205	545
5	485	242.5	992.5
6	253	126.5	1361.5
7	100	50	1538
8	70	35	1623
9	50	25	1683
10	43	21.5	1729.5
11	95	47.5	1798.5
12	147	73.5	261.5

여기서, Leslie 모델로 추정된 어획능률은 0.0582이었으며, 초기 자원량은 약 3872.68 g로 추정되었다.

나. 어탐조사

(1) 2003년 5월 음향조사

음향조사는 2003년 5월 28-29일 양일간에 걸쳐 실시하였다. 조사정선을 따라 얻은 에코데이터와 지리정보(GPS의 경위도)를 이용하여 어군의 체적후방산란강도(SV)를 그림 4-7-9에 나타내었다. 그림에서 고밀도 어군은 금오도 서쪽, 특히 남서해역에 높은 밀도의 어군이 많이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 그때의 SV 분포는 -60dB~-53dB로 나타나 풍부한 어족자원이 분포하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 2003년 9월 음향조사

음향조사는 2003년 9월 3-4일 양일간에 걸쳐 실시하였으며, 어군의 체적후방산란강도(SV)는 그림 4-7-10와 같다. 그림에서 어군은 금오도 동쪽이 서쪽에 비교하여 폭넓게 분포하는 것으로 나타났으며, 그때의 SV는 -80dB~-70dB로 나타났다. 한편 국소적으로 고밀도 어군이 출현한 해역은 개도 남동 및 안도의 서쪽해역에서 관찰되었다. 이때의 Sv는 각각 -55dB~-50dB, -68dB~-60dB로 나타났다.

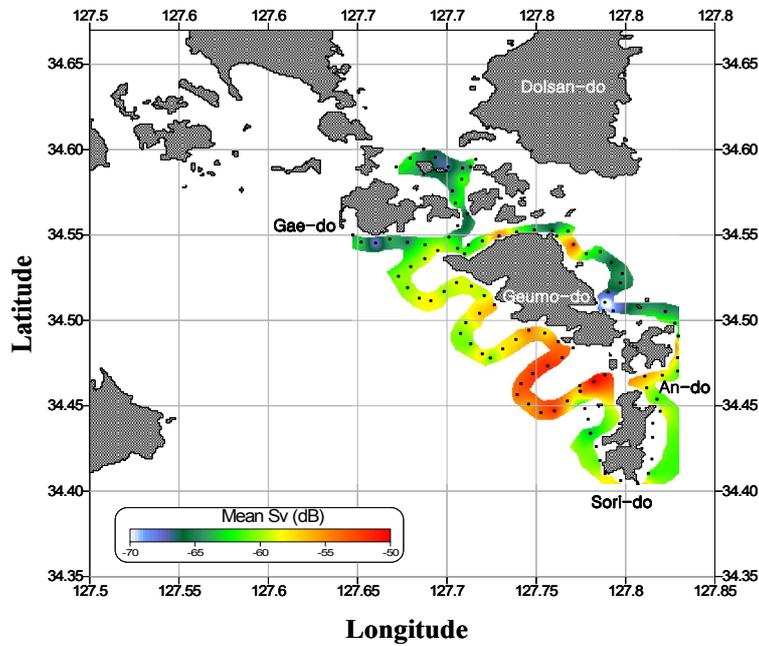


그림 4-7-9. 전남 다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 5월 어군 분포도(전수층 평균).

Fig. 4-7-9. Horizontal distribution of the volume backscattering strength (SV) for survey on may at the marine ranching area in Yeosu.

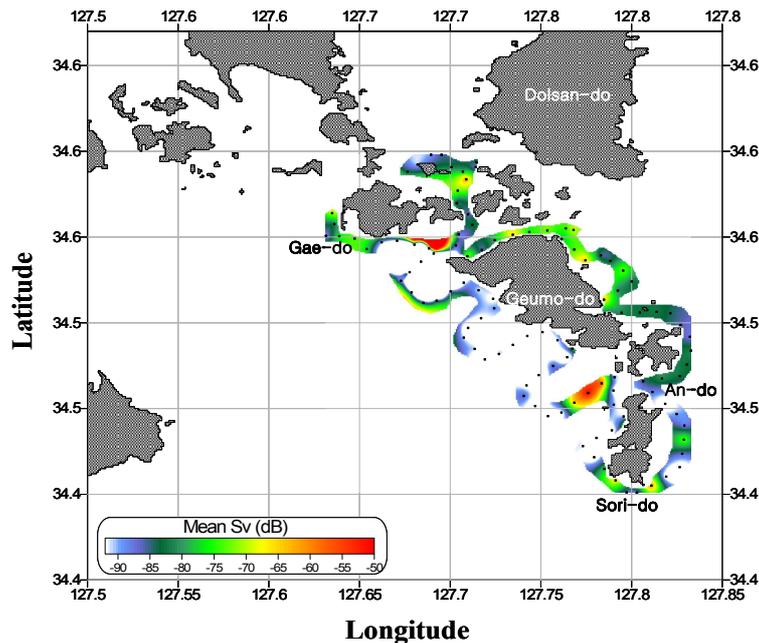


그림 4-7-10. 전남 다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 9월의 어군 분포도(전수층 평균).

Fig. 4-7-10. Horizontal distribution of the volume backscattering strength(SV) for survey on september at the marine ranching area.

(3) 2004년 2월 음향조사

음향조사는 2004년 2월 10-11일 양일간에 걸쳐 실시하였으며, 어군의 체적후방산란강도(SV)는 그림 4-7-11와 같다. 그림에서 고밀도 어군은 개도의 남쪽과 소리도의 동쪽해역에 분포하고 있었으나, 5월과 9월에 비해 밀도가 현저하게 적게 분포하고 있음을 알 수 있었다. 그림 4-7-12은 잠수에 의한 자원조사 지역에서의 어군탐지기의 조사결과를 나타낸 것이다. 소리도의 북쪽지점인 St. 3과 서쪽지점인 St. 6과 7, 금오도의 서쪽지점인 St. 8에서는 다소 어군이 출현하였으나 2월에는 그 밀도가 현저히 적게 분포하고 있었다.

2003년 5월과 9월, 2004년 2월의 3회에 걸쳐 같은 해역에 있어서의 어군의 분포를 체적산란강도(SV)를 이용하여 파악한 결과, 5월에는 전체적으로 고르게 어군이 분포하였으며, 특히 금오도 남서쪽에 고밀도의 어군이 관찰되었다. 9월에는 안도 서쪽과 개도 해역에서 국소적으로 고밀도의 어군이 관찰되었으나, 전체적으로 5월에 비하여 어군의 분포가 적어진 것을 관찰할 수 있었다.

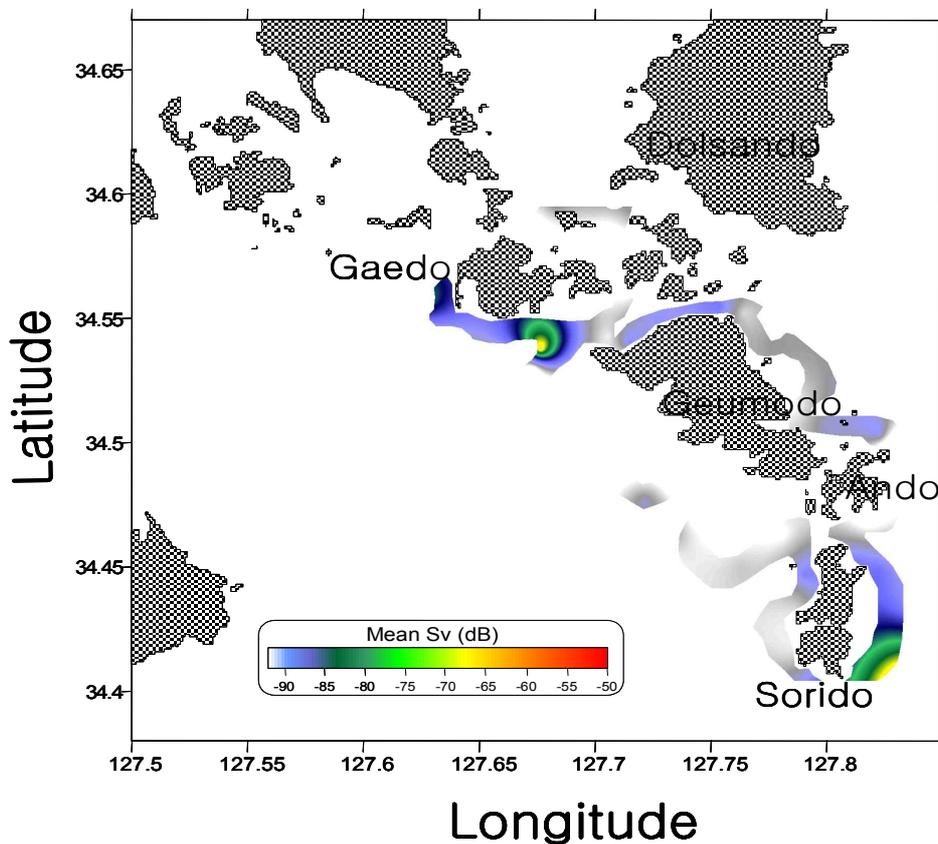


그림 4-7-11. 전남 다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 2월의 어군분포도(전수층 평균).

Fig. 4-7-11. Horizontal distribution of the volume backscattering strength (SV) for survey on february at the marine ranching area.

한편 2월에는 개도의 남쪽과 소리도의 동쪽해역에 다소 농밀한 어군이 분포하고 있었으나, 5월과 9월에 비해 밀도가 현저하게 적게 분포하고 있음을 알 수 있었다.

금후 춘계의 조사를 통하여 같은 해역에 있어서 계량어군탐지시스템을 이용한 어군의 계절별 분포를 파악한다. 향후 계량어군탐지시스템에 의한 음향조사와 더불어 잠수 및 ROV를 이용한 시·광학적 조사방법을 병행하여, 같은 해역에서의 수산자원의 분포를 파악하는 방법의 정도를 개선할 필요가 있다. 끝으로 본 연구와 같이 바다목장사업에 의한 수산자원조성전의 이 해역에 있어서의 자원분포상황을 조사하는 것은 향후 바다목장이 조성되는 단계에서 수산자원 분포 위치 및 분포특성을 파악하는데 중요한 자료로 활용될 것이다.

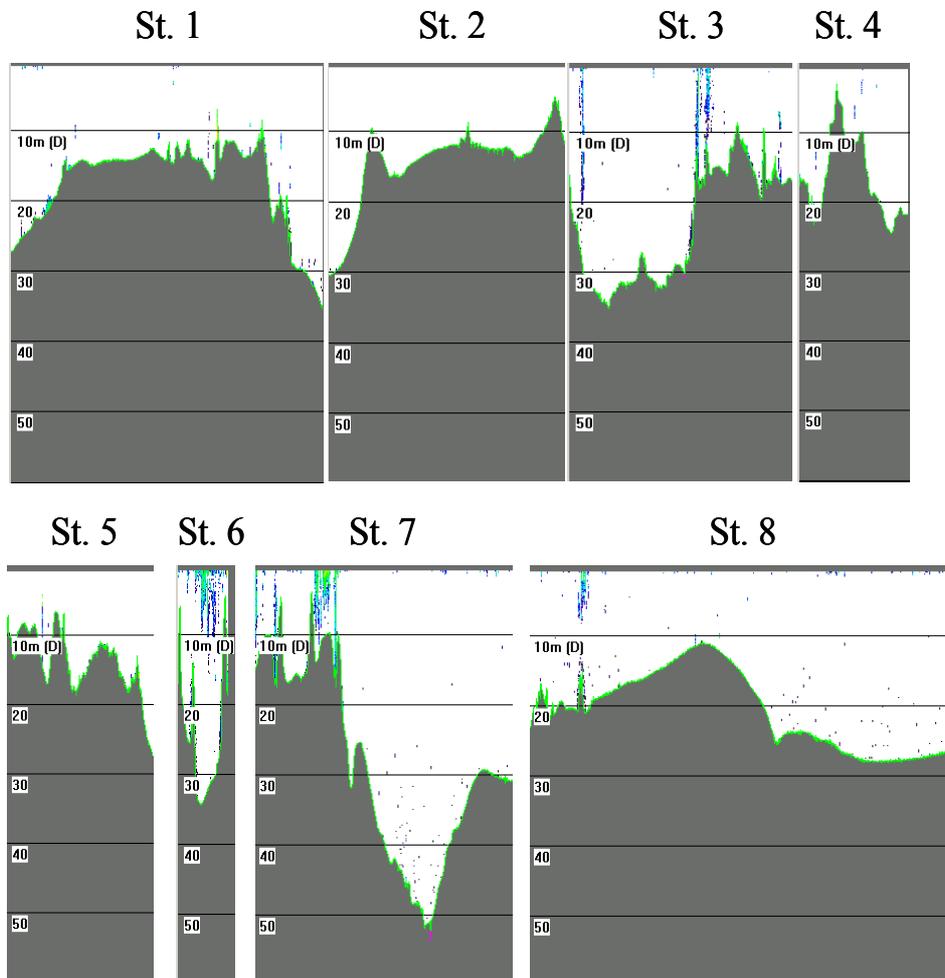


그림 4-7-12. 2월에 잠수정점에 있어서의 어군의 분포.

Fig. 4-7-12. Echogram of higher patches and vertical distribution for survey on february at the investigated location by scuba diving point.

(4) 문제점 및 개선 방향

어군탐지기에 의한 조사와 동시에 샘플링기구(어구)에 의한 채집이 이루어져 출현 어종에 대한 데이터의 직접적 수집이 필요하다. 또한 동해역의 생태학적 환경요소로서 동식물 플랑크톤의 분포특성으로 파악할 필요성이 있다. 일반적으로 어군탐지기는 38kHz, 120kHz, 200kHz의 다주파수를 이용하여 데이터를 수집할 경우, 대상생물의 크기에 따라 특정주파수에서 잘 반사되는 특성을 가지고 있다. 예를 들면 어류의 경우는 38kHz에서 잘 반사되어 나타나고, 동물 플랑크톤의 경우는 120kHz나 200kHz의 주파수에서 잘 반사되어 나타난다. 이러한 물리적 특성을 고려한 어탐조사가 선행되어야 한다고 생각한다. 그러나 현 상태는 조사선의 규모, 장비 설치상의 문제점 등으로 인하여, 200kHz 단일주파수만을 이용하여 데이터를 수집하였다.

현재 바다목장 조성의 초기 단계에서 바다목장 해역에 있어서의 전반적인 생물자원(어류 및 플랑크톤)의 분포를 어탐을 이용하여 조사하고 있으며, 이와 병행하여 2004년 2월부터 특정어종(바다목장 대상어종; 감성돔 등)에 대한 분포를 추적하기 위하여 잠수조사 정점에서의 정밀조사를 실시하였다. 향후 잠수정점에 있어서 다이버와 어구에 의한 어종확인조사를 실시하고 이를 토대로 한 대상어종의 생물량을 추정하고자 하며, 고밀도 어군이 분포하는 지역에 있어서의 어종확인을 위한 조사를 병행(수중카메라 등)을 추진하고자 한다.

다. 잠수조사

전남 다도해형 목장 해역의 전반적인 연안 환경 및 해저 지형을 어탐으로 분석하였으며, 그 중 비교적 수산 어종의 자원량이 많거나 바다목장 해역의 범위를 정하는데 있어 수중생태조사가 필요할 것으로 판단된 곳을 중심으로 수중조사를 실시하였다.

2003년 6월과 2004년 1월에 안도의 여섯 정점에서 관찰된 어종은 총 29종이었고, 2003년 7월부터 9월까지 금오도의 네 정점에서 확인된 어종은 총 23종이었다. 전체적으로는 총 18과 35종이었고, 분류체계별로 어종 목록을 정리하면 다음과 같다. 안도와 금오도의 두 곳 중 한 곳에서만 출현한 종은 어명 옆에 표기하였다.

Order Scorpaeniformes 양볼락목

Family Scorpaenidae 양볼락과

1. *Hypodytes rubripinnis* (Temminck et Schlegel) 미역치
2. *Sebastes inermis* Cuvier 볼락
3. *Sebastes schlegeli* Hilgendorf 조피볼락^{안도}
4. *Sebastes thompsoni* (Jordan et Hubbs) 불볼락^{안도}
5. *Sebastes vulpes* Steindachner et Döderlein 누루시볼락^{안도}
6. *Sebasticus marmoratus* (Cuvier) 솜뱅이^{금오도}

Family Platycephalidae 양태과

7. *Platycephalus indicus* (Linnaeus) 양태

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

8. *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel) 노래미

9. *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 쥐노래미

Family Cottidae 독중개과

10. *Pseudoblennius cottoides* (Richardson) 가시망둑^{안도}

Order Perciformes 농어목

Family Serranidae 바리과

11. *Epinephleus akaara* (Temminck et Schlegel) 붉바리

12. *Epinephleus bruneus* Bloch 자마리^{금오도}

13. *Epinephleus septemfasciatus* (Thunberg) 능성어^{안도}

Family Sillaginidae 보리멸과

14. *Silago* sp. 보리멸류^{안도}

Family Carangidae 전갱이과

15. *Seriola dumerili* (Risso) 잭방어^{금오도}

Family Sparidae 도미과

16. *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker) 감성돔

Family Kyphosidae 황줄감정어과

17. *Girella punctata* Gray 벵에돔

Family Oplegnathidae 돌돔과

18. *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel) 돌돔

Family Embiotocidae 망상어과

19. *Ditrema temnicki* Bleeker 망상어^{금오도}

20. *Neoditrema ransonneti* Steindachner 인상어

Family Pomacentridae 자리돔과

21. *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel) 자리돔

Family Labridae 놀래기과

22. *Halichoeres poecilopterus* (Temminck et Schlegel) 용치놀래기

23. *Halichoeres tenuispinnis* Günther 놀래기

24. *Pseudolabrus japonicus* (Houttuyn) 황놀래기

25. *Semicossyphus reticulatus* (Valenciennes) 흑돔

Family Pinguipedidae 양동미리과

26. *Paraperis sexfasciata* (Temminck et Schlegel) 쌍둥가리^{안도}

Family Tripterygiidae 먹도라치과

27. *Enneapterygius theostomus* (Jordan et Seale) 가막베도라치^{안도}

Family Blenniidae 청베도라치과

28. *Petroscirtes breviceps* (Valenciennes) 두줄베도라치^{금오도}

Family Gobiidae 망둑어과

- 29. *Istigobius hoshinonis* (Tanaka) 비단망둑^{금오도}
- 30. *Pterogobius elapoides* (Günther) 일곱동갈망둑
- 31. *Sagamia geneionema* (Hilgendorf) 바닥문절
- 32. *Cryptocentrus filifer* (Valenciennes) 실망둑
- 33. Gobiidae sp. 망둑류^{안도}

Order Tetraodontiformes 복어목

Family Monacanthidae 쥐치과

- 34. *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck et Schlegel) 쥐치
- 35. *Rudarius ercodes* Jordan et Fowler 그물코쥐치^{안도}

(1) 안도

안도의 일반적인 해안 환경 및 해저 지형에 대해서 살펴보면, 안도의 동쪽과 남쪽은 큰 암반, 수중여가 있는 해안이 있고 그 사이를 수심이 얇은 만으로 형성되어 있다. 이 두 암초대에는 바위가 잘 형성되고 주요 수산 어종이 많이 출현한다. 섬의 서편에는 대부도, 소부도와 마주보고 있는데 수심이 얇고 바위가 잘 발달하지 않아 밋밋한 해안을 형성하며 가두리 양식장들이 설치되어 있다. 그리고 안도의 북쪽은 암반이 잘 발달하지 않아 밋밋하고 20~30m 수심에서 펠로 이어지며 연안에는 마을이 형성되어 있다.

수중 조사가 이루어진 여섯 정점 중에서 정점 A~C는 바위, 수중여가 잘 발달한 곳이고 정점 D는 만, 정점 E는 방파제, 정점 F는 수심이 얇은 곳이라고 할 수 있다.

2003년 6월과 2004년 1월에 실시한 안도의 여섯 정점에서 수중 조사에 의해 확인된 어종은 총 29종이었다. 정점별로는, 안도의 가장 북쪽에 위치한 정점 A(반성수도)에서 2번의 조사를 통해서 가장 많은 21종이 확인되었다. 섬 남쪽의 정점 D(이야포)에서 2번 조사에서 16종이 관찰되었다. 그 다음으로 안도의 서쪽에 위치한 정점 B(동고지)와 정점 C(칼바위)이 12종이 출현하였다. 안도의 동쪽에 있는 소부도와 금오도 사이의 정점 F(소부도)에서 10종이 확인되었다. 마지막으로 정점 E(대부도)에서는 2004년 1월 조사에서 7종이 확인되었다(표 4-7-8).

출현 어종 중에서 모든 정점에서 출현한 어종은 볼락, 미역치, 자리돔의 3종이고, 단 1군데에서만 확인된 어종은 조피볼락, 붉바리, 일곱동갈망둑 및 그물코쥐치 등의 11종이다. 계절별로 살펴보면 미역치, 볼락 및 자리돔 등은 연중 정착해서 서식하였다. 어류를 서식 환경과 행동 패턴을 크게 3가지로 나누어 보면, 뱀에돔이나 감성돔같이 물체에 은신하지 않고 개방된 중층에서 유영하는 그룹, 볼락, 놀래기류, 노래미류 같이 바위나 굴 주위에서 서식하는 그룹, 마지막으로 양태, 바닥문절, 실망둑 등의 모래 바닥에서 은신처를 마련하는 그룹으로 나눌 수 있다.

표 4-7-8. 전남 바다목장 해역내의 안도에서 확인된 어종(2003년 6월, 2004년 1월)

Table 4-7-8. Fish species observed at the marine ranching area in Ando, Yeosu (June, 2003 and January, 2004)

No.	Scientific name	Korean name	Station											
			A		B		C		D		E		F	
			June	Jan.	June	June	June	Jan.	Jan.	June				
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	○	○	○	○	○			○	○			
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
3	<i>Sebastes schlegeli</i>	조피불락	○											
4	<i>Sebastes thompsoni</i>	불불락				○	○							
5	<i>Sebastes vulpes</i>	누루시불락		○										
6	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	○		○						○			
7	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	○	○	○		○							
8	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미		○	○			○	○		○			
9	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	○											
10	<i>Epinephelus akaara</i>	붉바리	○											
11	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	○		○		○							
12	<i>Silago</i> sp.	보리멸류	○											
13	<i>Girella punctata</i>	벵에돔	○		○	○	○							
14	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔	○							○				
15	<i>Oplegnathus faciatus</i>	돌돔				○	○				○			
16	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어				○	○							
17	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
18	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	○		○	○	○				○			
19	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	○		○	○	○				○			
20	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	○		○	○								
21	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	○		○	○				○	○			
22	<i>Parapercis sexfasciata</i>	쌍동가리				○								
23	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	가막베도라치						○						
24	<i>Pterogobius elapoides</i>	일곱동갈망둑					○							
25	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절					○				○			
26	<i>Cryptocentrus filifer</i>	실망둑	○											
27	Gobiidae sp.	망둑류		○										
28	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	○					○						
29	<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치								○				
Total			18	7	12	12	13	5	7	10				
			21		12	12	16		7	10				

주요 수산 어종에 대해 살펴보면, 불락류 중에서는 무리를 이룬 전장 8~12cm의 불락과 3cm정도의 불불락 새끼들이 조사되었다. 뱅에돔은 4군데 정점에서, 돌돔은 3곳에서 출현하였다. 또한 조사시 수온이 18℃정도로서 그 전 조사 때보다 높아져서 붉바리, 능성어, 쥐치같이 난류성 어종들이 출현하였고, 전남 다도해형 바다목장의 주 대상어종인 감성돔이 두 정점에서 발견되었다. 자리돔과 인상어는 수 백 마리씩 함께 무리를 짓고 놀래기류 역시 몇 마리씩 무리를 지어 같이 유영하였다.

정점 A: 이 조사 정점은 안도의 북쪽 끝에 위치하고, 반성수도를 사이로 조삼서를 바라보고 있다. 조사시에 탁도는 3~5m 정도였다. 수중 관찰에 의한 해저 지형은, 모래 바닥으로서 수심 6.4m에서부터 편평하게 점차 깊어지고, 수심 7~9m에 걸쳐 수 십기의 반구형 어초가 설치되어 있었다. 중층에는 20~30cm 크기의 뱅에돔 무리와 30~40cm급의 감성돔이 관찰되었고, 반구형 어초에는 불락, 놀래기류, 노래미류 등이 출현하였다. 붉바리와 능성어 같은 고급 어종도 적은 개체수가 조사되었다. 그리고 모래 바닥에는 보리멸류, 양태 및 실망돔 같은 종들이 서식하였다. 2004년 1월 조사에서는 수온 10℃였고 조사면적은 대략 50m²이다. 주요 어류의 출현 양상은 7~18cm 크기의 불락이 약 30마리, 20cm 크기의 누루시 불락이 1개체 관찰되었다(표 4-7-9).

다른 정점들과 비교해서 이곳은 21종으로서 가장 많은 어종이 조사되었다. 이것은 어초에 의한 어류의 위집 효과와 더불어 모래 바닥에 서식하는 종들이 합쳐졌기 때문이라고 추정된다. 또한 전남 다도해형 바다목장의 주 대상어류인 감성돔이 이곳에서 발견되었기 때문에 추후 조사가 필요한 곳이다.

정점 B: 이 정점은 동고지라고 불리며, 안도의 서쪽 끝에 위치하고 바위가 잘 발달한 곳이다. 조사시에 탁도는 수심 15m 위로는 5m 정도였지만, 그 이하의 수심에서는 2~3m 정도로 저층에서 시야가 흐렸다. 조사면적은 약 150m²으로 추정되었다. 수중 조사에 의한 해저 지형은, 수면에서 수심 14m까지는 수직 격벽으로 이루어져 밋밋하지만 수심 14~17 m까지는 크고 작은 바위들이 잘 형성되어 있었다. 그 이하의 수심에서는 모래질과 작은 자갈로 이루어진 편평한 바닥이 펼쳐졌다.

이곳의 어류의 출현 양상을 살펴보면, 수심 10m 정도에서 수 백 마리의 자리돔과 불락이 함께 무리를 이루었고, 뱅에돔이 개방된 중층을 유영하였지만 다른 어류들은 잘 관찰되지 않았다. 다양한 크기의 용치놀래기, 놀래기, 황놀래기 및 흑돔 등은 바위나 암반이 잘 발달한 곳에서 몇 마리씩 무리를 지었고, 노래미류와 미역치는 어떤 물체에 기대어 있었다. 그리고 모래질로 이루어진 바닥에는 양태들이 보호색을 띠고 숨어 있었다(표 4-7-10).

표 4-7-9. 안도 정점 A에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 6월, 2004년 1월)

Table 4-7-9. Total length, number of individuals and fish species at St. A in Ando, Yeosu (June, 2003 and January, 2004)

No.	Scientific name	Korean name	June		January	
			TL(cm)	No. of indi.	TL(cm)	No. of indi.
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	30~50	5~9	15
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	8~12	100~130	7~9, 18	30, 2
3	<i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락	20	1		
4	<i>Sebastes vulpes</i>	누루시볼락			20	1
5	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	25	1		
6	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	12~16, 10~12	2, 3	15	1
7	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미			12	1
8	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	5	1		
9	<i>Epinephleus akaara</i>	붉바리	15	1		
10	<i>Epinephleus septemfasciatus</i>	능성어	12	1		
11	<i>Silago</i> sp.	보리멸류	18	1		
12	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	20~30	30~50		
13	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔	40~45, 30	2, 2		
14	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10	70~100	10~15	30
15	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	20, 10~15, 5~10	1, 20~50, 30~50		
16	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	15	3		
17	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	15~20	5		
18	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	20	1		
19	<i>Cryptocentrus filifer</i>	실망둑	10~12	3		
20	Gobiidae sp.	망둑어류			5	1
21	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	5	3		

표 4-7-10. 안도 정점 B에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 6월)

Table 4-7-10. Total length, number of individuals and fish species at St. B in Ando, Yeosu (June, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	50~70
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	10~15, 5~8	80~100, 30
3	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	25~35	3
4	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	15~20	1
5	<i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미	10~15, 20	3, 5
6	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	10	1
7	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	15~20	3
8	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	8~10, 5~8	100~120, 100
9	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~15, 8~10	2, 5
10	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	10~15, 8~10	3, 7~10
11	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	10~15	4
12	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	30, 20, 10	1, 3, 1

정점 C: 이 정점은 칼바위라고 불리며, 안도의 서남쪽에 위치하고 동고지와 마주 하고 있다. 또한 암반이 잘 발달하고 평소에도 낚시꾼들이 많이 몰리는 곳이다. 조사시에 탁도는 2~3m 정도였고 조사면적은 100m² 정도로 추정된다. 해저 지형에 대해 살펴본 결과, 수심 22m까지 가파르고 밋밋한 직벽이 형성되어 있었다. 그리고 수심 15m 아래로는 큰 골이 형성되어 편평한 암반 위에 바위들이 많이 있었다.

골 바깥쪽을 따라서 10cm 전후의 자리돔과 인상어가 무리를 짓고 있었고, 골의 더 안 쪽으로는 전장 3m 내외의 불불락 새끼들이 수 백 마리 무리가 조사되었다. 그리고 바위 틈 사이에서 불락, 놀래기류, 흑돔 등이 몇 마리씩 발견되었다(표 4-7-11).

표 4-7-11. 안도 정점 C에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 6월)

Table 4-7-11. Total length, number of individuals and fish species at St. C in Ando, Yeosu (June, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	60~80
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	15, 10~12	3, 30~50
3	<i>Sebastes thompsoni</i>	불불락	3	300~500
4	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	15	3
5	<i>Oplegnathus faciatu</i>	돌돔	20	1
6	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	10	100~150
7	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10~12, 6~8	80~100, 300~500
8	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~15	15~20
9	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	10~15	10~15
10	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	18, 10~15	5, 10~15
11	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	50	1
12	<i>Parapercis sexfasciata</i>	쌍동가리	8	1

정점 D: 안도의 남쪽에 위치한 이야포만에서 수중 조사를 실시하였다. 이곳은 만의 지형이기 때문에, 다른 조사 정점의 경우 대부분 암초가 잘 발달된 곳이라는 것을 고려해 보면 좋은 비교 대상이 될 수 있다. 조사시에 탁도는 2~5m 정도였고 수심이 얇아 질수록 시야가 좋았다. 수심 4m 정도의 해저 지형은, 편평한 암반이 있고 그 위에 작은 돌들이 많았다. 그리고 수심 9~12m에서는 크기가 3m에 이르는 큰 바위가 잘 형성되었고 14.6m에서 모래 바닥이었다. 수심 3m 부근에서 자리돔과 인상어 무리와 벙에돔과 돌돔이 소수 관찰되었다. 6m 정도에서는 해조류가 전혀 없었고 보라성게 새끼들이 많았다. 또한 바닥문질, 놀래기류, 노래미가 바위 밑이나 사이의 은신처에서 유명하였다(표 4-7-12).

2004년 1월에는 이야포만의 동편에서 조사를 실시하였다. 수온은 10℃, 시야는 1m가량 되었고 총 이동거리는 40m 정도로서 조사 면적은 40m²정도이다. 수심 4~10m까지 돌이 잘 발달하지만 큰 굴이나 바위는 별로 없었다. 군데군데 테트라포트 잔해들이 있었고

백화 현상이 나타났다. 전장 7~15cm의 볼락 11마리와 18cm 크기의 쥐노래미가 1개체 조사되었다.

표 4-7-12. 안도 정점 D에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 6월, 2004년 1월)

Table 4-7-12. Total length, number of individuals and fish species at St. D in Ando, Yeosu (June, 2003 and January, 2004)

No.	Scientific name	Korean name	June		January	
			TL(cm)	No. of indi.	TL(cm)	No. of indi.
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	80~100		
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	12~15, 8~12	7~10, 60~80	7~9, 15	8, 3
3	<i>Sebastes thompsoni</i>	불볼락	3	3		
4	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	10~15, 8~10	1, 3		
5	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미			18	1
6	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	10	1		
7	<i>Girella punctata</i>	벵에돔	15	2		
8	<i>Oplegnathus faciatus</i>	돌돔	8	1		
9	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	8~10	50~70		
10	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10~12, 6~8	20~30, 100~120	10	1
11	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~15	15~20		
12	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	10~15	5		
13	<i>Enneapterygius etheostomus</i>	가막베도라치			6	1
14	<i>Pterogobius elapoides</i>	일곱동갈망둑	7~10	2		
15	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	8~10, 5~8	10~15, 10~15		
16	<i>Stephanolepis cirrifer</i>	쥐치			10	1

정점 E: 이 정점은 안도의 서쪽에 있는 대부도의 방파제 위치이다. 이 곳은 다른 정점과 달리 인공 구조물로서 테트라포트가 놓여진 틈 사이 사이에 많은 어종들이 조사되었다. 조사시 시야는 1m 정도였고 수온은 10℃였다. 수심 3~16m 범위의 테트라포트에서 조사를 실시하였는데, 수심 3~5m에서 감태와 모자반류가 무성히 잘 발달해 있었다. 또한 흑돔 치어가 틈 사이에서 겨울을 나고 있었으며, 27~30cm의 감성돔 2마리와 7~18

cm 크기의 불락이 30마리 가량 관찰되었다(표 4-7-13). 따라서 여수 바다목장의 주 대상 종인 감성돔이 인공 구조물에서 관찰되어 앞으로 인공 어초 시설에 대해서 효과가 검증 될 수 있을 것으로 기대된다.

표 4-7-13. 안도 정점 E에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2004년 1월)

Table 4-7-13. Total length, number of individuals and fish species at St. E in Ando, Yeosu (January, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~9	30
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	7~9, 15~20	12, 18
3	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	28	1
4	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	12~15	3
5	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔	27~30	2
6	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	5~24	2
7	<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	5	1

정점 F: 이 정점은 안도에서 서쪽으로 조금 떨어진 소부도의 북쪽 해안에서 금오도 사이의 위치한다. 인접한 대부도는 해저 지형이 밋밋하고 바위가 발달하지 않은 반면 소부도는 수심이 얇고 바위가 잘 발달한다. 수면에서 수심 8m까지는 완만하게 암반이 형성되고 8m 수심에서 편평하게 넓은 암반이 형성되어 있고, 12m 수심에서는 모래 바닥에 크고 작은 바위가 발달되어 있었고 특히 불가사리가 많이 발견되었다.

수심 8~10m에서 돌돔, 흑돔, 자리돔 및 불락 등이 무리 혹은 소수의 개체로 유영하고, 그 이하 수심의 바위틈 사이에서 놀래기류, 쥐노래미 등이 관찰되었다. 또한 모래 바닥에서 바닥문절과 양태가 확인되었다(표 4-7-14).

안도 해역에서 조사된 어종 중에서 주요 수산어종으로는 불락, 감성돔, 뱅에돔 및 돌돔이 있다. 2003년 6월 조사에서는 전장 5~15cm의 불락이 다섯 정점 모두 출현하였고, 개체수는 365~503마리로 조사되었다. 감성돔은 정점 A에서만 출현하였고, 전장 30~45cm가 4마리 관찰되었다. 뱅에돔은 경우, 정점 F를 제외한 4곳에서 조사되었고 전장 15~20cm 급의 38~58마리가 조사되었다. 마지막으로 돌돔은 정점 C, D 및 F에서 전장 8~20cm 각각 한 마리씩만 관찰되었다. 2003년 6월 조사에서 다섯 정점의 조사 면적을 모두 합치면 약 390m²정도 되었다.

표 4-7-14. 안도 정점 F에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 6월)

Table 4-7-14. Total length, number of individuals and fish species at St. F in Ando, Yeosu (June, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	50~80
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	15, 8~12	5~10, 50~80
3	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	35	1
4	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	20, 10~15	1, 5
5	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	20	1
6	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10~12, 6~8	2, 30~50
7	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	15, 8~10	8~10, 80~100
8	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	15~18, 10~15	5, 15~20
9	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	35, 10~15	1, 3
10	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	8~10	3

따라서 출현 개체수를 정량화 시켜 단위 면적(100m²)당 개체수로 환산해보면, 불락이 93.58~128.98개체로 가장 많았고 멩에돔이 9.74~14.9개체였다(표 4-7-15).

2004년 1월에 이루어진 3번 조사에는 전 정점에서 불락이 출현하였고, 전장 7~18cm 범위로 약 73개체가 조사되었다. 또한 정점 E의 방파제 테트라포트 틈새에서 월동중인 27~30cm 크기의 감성돔이 2마리 관찰되었다. 이 3번의 조사 면적은 총 130m²였고, 따라서 100m²당 출현 개체수로 환산해보면, 불락은 56.15개체, 감성돔은 1.54개체로 조사되었다. 그리고 멩에돔과 돌돔은 관찰되지 않았다(표 4-7-15).

안도는 전남 다도해형 바다목장 해역 내 가운데에 위치한 섬으로 금오도보다 투명도가 높아 비교적 잠수조사가 용이한 편이고 수산자원도 다양하면서 풍부한 것으로 알려진 섬이기 때문에 향후 바다목장을 진행하면서 자원 평가를 위한 고정 정점을 정해두고 주기적인 조사를 실시할 예정이다.

(2) 금오도

금오도의 일반적인 해안 환경 및 해저 지형에 대해서 살펴보면, 금오도의 서편과 동편은 뚜렷한 차이점을 가진다. 금오도의 서쪽은 비교적 바위, 여, 돌등이 잘 발달하여 각종 어류들의 서식처가 많고, 감성돔 등의 회유성 어종들이 자연초에 반응하기 때문에 낚시꾼

들이 많이 모인다. 그러나 동쪽은 단조로운 해저 지형을 가지고 수심 10m 이하의 수심에서는 모래 바닥으로 연결되어 밋밋하다. 따라서 이곳은 낚시꾼이나 다이버들이 별로 없다.

표 4-7-15. 안도 주변 해역의 주요 수산어종 자원량

Table 4-7-15. Total length, number of individuals of fisheries species in Ando, Yeosu

Date	June 2003		
Total investigation area(m ²)	390m ²		
	TL(cm)	Total No. of Indi.	No. of Indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	5~15	365~503	93.58~128.98
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	30~45	4	1.03
<i>Girella punctata</i>	15~30	38~58	9.74~14.9
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	8~20	3	0.77

Date	January 2004		
Total investigation area(m ²)	130m ²		
	TL(cm)	Total No. of Indi.	No. of Indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	7~18	73	56.15
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	27~30	2	1.54
<i>Girella punctata</i>	-	-	-
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	-	-	-

2003년 7월부터 9월에 걸쳐 실시한 금오도 네 정점에서 수중 조사에 의해 확인된 어종은 총 23종이었다. 정점별로는, 금오도의 가장 서쪽에 위치한 정점 1(용머리)에서 11종이 조사되었고, 섬의 동쪽 중간쯤에 위치한 정점 2(형제도)에서 가장 적은 9종이 출현하였다. 그리고 정점 3(동남단)은 금오도의 최동남 끝에 위치하며 15종의 가장 많은 어종이 출현하였다. 마지막으로 정점 4(월포)는 섬의 서편 중간에 위치하며 이곳에서는 10종이 조사되었다.

출현 어종 중에서 모든 정점에서 출현한 어종은 불락과 용치놀래기의 2종이었고, 미역치, 인상어 및 놀래기는 세 정점에서 확인되었다. 그리고 단 1군데에서만 확인된 어종은 쏘뱅이, 노래미, 자바리 등의 9종이었다. 어종을 서식 환경과 행동 패턴을 크게 3가지로 나누어 보면, 갯방어나 감성돔같이 물체에 은신하지 않고 개방된 중층에서 유평하는 그룹, 불락, 놀래기류, 노래미류 같이 바위나 굴 주위에서 서식하는 그룹, 마지막으로 양태, 비단망둑 등의 모래 바닥에서 은신처를 마련하는 그룹으로 나눌 수 있다.

주요 수산 어종에 대해 살펴보면, 연안 정착성 어종인 불락이 금오도의 전 정점에서

모두 출현하였다. 그리고 붉바리와 자바리 등의 바리류가 각각 한 정점에서 나타났으며, 감성돔과 돌돔이 역시 한 정점에서만 출현하였다. 그 외, 인상어, 자리돔, 놀래기류는 비교적 많이 출현하였고, 두줄베도라치와 비단망둑이 조사되었다(표 4-7-16).

표 4-7-16. 전남 다도해형 바다목장 해역내의 금오도에서 확인된 어종(2003년 7~9월)
Table 4-7-16. Fish species observed at the marine ranching area in Geumodo, Yeosu (July~September, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Station			
			St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	○		○	○
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	○	○	○	○
3	<i>Sebasticus marmoratus</i>	솜뱅이	○			
4	<i>Platycephalus indicus</i>	양태			○	○
5	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미		○		
6	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	○	○		○
7	<i>Epinephleus akaara</i>	붉바리	○			
8	<i>Epinephleus bruneus</i>	자바리			○	
9	<i>Seriola dumerili</i>	젯방어			○	
10	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	○		○	
11	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔		○		
12	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	○			
13	<i>Ditrema temmicki</i>	망상어		○	○	
14	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어		○	○	○
15	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	○		○	○
16	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	○	○	○	○
17	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기		○	○	○
18	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	○			○
19	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	○		○	
20	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치		○	○	
21	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절				○
22	<i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑			○	
23	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치			○	
Total			11	9	15	10

정점 1: 이 조사 정점은 금오도의 서쪽 끝인 용머리에 위치한다. 조사시 투명도는 2~3m로서 부니가 많아서 시야가 좋지 않았다. 수심 18m부근에서는 편평한 암반이 이어지다가 11 m에서는 암반, 돌틈, 여들이 잘 발달되어 있었다.

조사 정점에서의 투명도가 낮은 관계로 보다 상세한 조사가 어려운 점이 있었으나 15~20cm 크기의 불락 3마리와 20cm의 쏘뱅이 2마리가 확인되었다. 또한 수심 11m의 돌 사이로 유영하는 15cm 크기의 붉바리를 1마리와 25cm급 돌돔 1마리가 관찰되었다. 특히 이곳은 늦가을에서 겨울까지 감성돔이 바위굴에 반응하며 많이 서식하는 곳으로 주기적인 조사를 통하여 암반 지역에서의 감성돔의 행동 특성을 관찰하기에 적합한 곳으로 판단되었다(표 4-7-17).

표 4-7-17. 금오도 정점 1에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 7월)

Table 4-7-17. Total length, number of individuals and fish species at St. 1 in Geumodo, Yeosu (July, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	8~10	10
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	15~20	3
3	<i>Sebasticus marmoratus</i>	쏘뱅이	20	2
4	<i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미	8~15	5
5	<i>Epinephelus akaara</i>	붉바리	15	1
6	<i>Oplegnathus faciatius</i>	돌돔	25	1
7	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	25	1
8	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10~15	5
9	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~20	20
10	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	8~12	10
11	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	8~12	2

정점 2: 이 정점은 금오도 동쪽의 형제도와 후서 사이에 위치한다. 투명도는 2~3m로 탁하였고 이동거리는 70m로서 총 140~210m²에 걸쳐 조사하였다. 수심 11m에서 입수하여 연안 암반쪽으로 올라가며 3m까지 관찰하였는데, 10.5m 아래로는 모래 바닥이었다. 수심 8m에는 편평한 암반이 발달하고 암반 위에는 부니가 내려앉아 있었고, 5m에서도 편평한 암반 위에 돌이 많고, 이 수심부터 비로소 모자반이나 다른 홍조류들이 조금 분포

하였다.

이 정점에서는 주로 놀래기류, 망상어 및 인상어 등이 관찰되어 어류상이 빈약하였다. 수심 5m에서 8cm 크기의 감성돔 치어 3마리와 15cm의 볼락 2마리가 관찰되었다(표 4-7-18).

표 4-7-18. 금오도 정점 2에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 9월)

Table 4-7-18. Total length, number of individuals and fish species at St. 2 in Geumodo, Yeosu (September, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	15	2
2	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	10	1
3	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	15~20	2
4	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔	8	3
5	<i>Ditrema temmicki</i>	망상어	12	50
6	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	6~10	30
7	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	12~15, 5~10	100~120, 30
8	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	10~15	5
9	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치	6	2

정점 3: 이 정점은 금오도의 최남동쪽에서 반성수도와 접한 곳이다. 투명도는 2~3m 정도로서 탁하였고 이동거리는 50m로서 총 100~150 m²에 걸쳐 조사하였다. 수심 7.5m에서 입수하여 연안 암반 쪽으로 올라가며 수심 1m까지 관찰하였다. 7.5m에는 모래바닥에 돌이 군데군데 위치하고, 6m에는 크고 작은 돌들이, 3.3m에서는 포개진 돌이 많았다.

어류의 출현 양상을 살펴보면, 수심 7.5m의 모래바닥에는 쥐치, 비단망둑 및 양태가 관찰되었고 수심 3.3m의 포개진 돌 틈에서는 15cm 크기의 벵에돔이 반응하였고, 상층에는 잿방어와 인상어가 유영하였다(표 4-7-19).

표 4-7-19. 금오도 정점 3에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 9월)

Table 4-7-19. Total length, number of individuals and fish species at St. 3 in Geumodo, Yeosu (September, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5	5
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	15, 5	5, 5
3	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	40	1
4	<i>Epinephelus bruneus</i>	자바리	12	1
5	<i>Seriola dumerili</i>	갯망어	25	3
6	<i>Girella punctata</i>	벵에돔	15~18, 12	2, 50
7	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10~12	50
8	<i>Ditrema temmicki</i>	망상어	15	5
9	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	5~8	500
10	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	8~15	120~150
11	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	12~15	25
12	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	15	1
13	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치	6	2
14	<i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑	8	1
15	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	3	1

정점 4: 이 정점은 금오도 서쪽의 월포 앞 여에 위치한다. 조사시 투명도는 3~4m 정도였고 조사거리는, 여를 돌아서 100m 정도로서 조사면적은 300~400m²이었다. 해저 지형을 살펴보면, 수심 12m 아래로는 모래 바닥이었고 9~11m 사이에 바위 틈새나 굴들이 잘 발달하였다. 또한 수심 8m에서는 여러 개의 붕오리가 형성되어 있었다.

주요 어류의 출현 양상은, 전장 8~10cm의 불락이 주로 직벽에 20~30마리씩 무리를 지었고 좀 더 큰 15cm급의 불락 10마리 정도가 바위틈이나 굴 틈에 숨어서 무리를 이루었다. 모래바닥에는 양태와 바닥문절이, 바위 위나 틈에서는 놀래기류, 자리돔 및 쥐노래미가 서식하였다(표 4-7-20).

표 4-7-20. 금오도 정점 4에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 8월)

Table 4-7-20. Total length, number of individuals and fish species at St. 4 in Geumodo, Yeosu (August, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	6	3
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	8~10, 15	120~150, 10
3	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	12~15	3
4	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	35	1
5	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	6	30
6	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	10	4
7	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	12~15	80
8	<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	놀래기	10~15	10
9	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	10~15	10
10	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	6	2

(2) 수중 구조물

전남 다도해형 바다목장 해역내 각종 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링은 이번 년도부터 시작하였다. 여러 구조물에서의 어류 출현 현황, 어류상 및 자원 조성 현황을 조사한 결과를 계속 보완하는 방법으로 취합하여 정리하였다.

(가) 강제어초

2003년 6월에 이루어진 안도 다섯 정점의 암반이나 만 등의 자연적인 해저 지형 조사와 비교하기 위해서 같은 안도 해역에 2001년 설치된 강제어초에 대하여 출현 어종과 자원량을 2003년 9월에 조사하였다(그림 4-7-4, AR. 3).

이곳은 안도의 동북부 해역에 위치한 초삼서란 이름을 가진 돌섬 연안으로 수심은 18m이고 바닥은 편평한 니질 바닥이었다. 조사 당시 수온은 23℃였다. 어초 형태는 2단으로 된 강제어초로서 최대 바닥은 20m, 첫 번째 단은 17m였고 꼭대기는 수심 12.5m에 위치하였다.

총 12종의 어류가 조사되었는데, 어초 안쪽에는 주로 불락류가, 바깥쪽에는 꼬치고기류, 전갱이 및 줄도화돔이 관찰되었다. 또한 35cm 크기의 참돔과 15~20cm 크기의 돌돔이 어초에 반응하였고, 중층에는 전장 6~10cm의 전갱이와 꼬치고기류 새끼들이 무리를 지어 유평하고 있었다. 참고로 이 어초의 동계조사에서는 단 한종의 어류도 발견되지 않

아 이 해역이 계절에 따른 어류 군집의 변화가 극심한 해역으로 짐작되었다(표 4-7-21).

표 4-7-21. 안도 강제어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 9월)

Table 4-7-21. Total length, number of individuals and fish species at the steel artificial reef in Ando, Yeosu (September, 2003)

No.	Scientific name	Korean name	Range of TL(cm)	No. of individuals
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5	20
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	12~15	100
3	<i>Sebastes schlegeli</i>	조피불락	25	1
4	<i>Sebastes thompsoni</i>	불불락	15	100
5	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	10~15	2
6	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔	8~10	-
7	<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이	6~10	1000 ↑
8	<i>Pagrus major</i>	참돔	35	1
9	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	15~20	8
10	<i>Ditrema temmicki</i>	망상어	15	5
11	<i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	6~10	10
12	<i>Sphyraena</i> sp.	꼬치고기류	6~8	100

(나) 세라믹어초

전남 다도해형 바다목장 해역내의 금오도, 소항도 및 소리도에 설치된 세라믹 어초에서 수중 조사를 통하여 어류상 및 자원 조성 현황을 2004년 1월과 4월에 모니터링하였다(그림 4-7-4, AR. 1~2, AR. 5). 소리도 남동쪽 소룡단에 설치된 세라믹어초 1월 조사시 수온은 10~11°C였고, 어초는 수심 18~22m 사이의 돌 바닥위에 설치되어 있었다. 세라믹 판 위에는 가는 니질이 덮혀 있었고 13~16cm 범위의 불락 2마리와 5~9cm 크기의 미역치 2마리가 관찰되었다. 또한 4월 조사에서는 수온이 14°C였고 세라믹 판위에 2~3 cm 크기의 따개비가 붙기 시작하였다. 어류의 출현 양상은 11~15 cm 크기의 불락이 8마리, 불불락이 1마리 관찰되었다. 두 번의 조사결과로 미루어 소리도 남동단에 설치된 세라믹 어초에는 부착생물이 붙지 않았으며 수온도 낮아 전반적으로 어류가 많이 모이지 않았던 것으로 판단되었다.

불락은 개체수가 증가하는 경향을 나타내었으나 어초의 설치에 따른 증가로는 보기 어려울 정도였으며 인근 암반에 서식하고 있던 개체들의 출현으로 보였다. 향후 수온이

상승하는 여름, 가을 조사를 통해 정착성이 강한 볼락류를 비롯하여 이동이 강한 감성돔, 돌돔 등의 주요 대상어종의 출현 양상 및 어초 구조물에 대한 행동 습성을 파악할 예정이다.

금오도 용머리에 시설된 세라믹 어초에서는 1월 조사시 수온은 9℃였고, 어초는 수심 11m의 사패질 저질위에 설치되어 있었다. 당시 어초의 철제 구조물은 녹 쓸기 시작하였고 어류는 관찰되지 않았다. 또한 금오도 동편 소항도에 설치된 세라믹 어초 1월 조사시 수온은 10℃였고 수심 10m의 고운 펄 바닥에 설치되었다. 이 어초에서는 6cm 크기의 망둑어류 1마리만 조사되었다(표 4-7-22).

표 4-7-22. 세라믹어초에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위

Table 4-7-22. Number of species and individuals, total length at the ceramic artificial reefs in Yeosu

No.	Scientific name	Korean name	Sorido		Geumodo		Sohangdo	
			January		April		January	
			TL	No.	TL	No.	TL	No.
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~9	2	8	1		
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	13~16	2	11~15	8		
3	<i>Sebastes thompsoni</i>	불볼락			12	1		
4	Gobiidae sp.	망둑어류					6	1

라. 이각망 실태 및 개선 방안

(1) 환경

(가) 수온

금오도 연안 이각망 어장에서의 월별 수온 분포를 조사한 결과 5월에 17.5℃에서 6월에 19.4℃로 점차 수온이 상승하여 8월에 25.7℃였고, 9월부터는 24.5℃, 10월에 19.8℃로 하강하기 시작하여, 익년 2월에 6.2℃로 최저 수온을 보였으며, 3월부터는 다시 상승하여 4월에 13.1℃를 나타내었다(그림 4-7-13).

(나) 염분

월별 염분 분포는 5월에 32.3‰를 보였고, 그 후 6월부터는 점차 수치가 떨어져 8월에 29.0‰로 하강하기 시작하였으나 9월부터 상승하기 시작하여 1월에 33.2‰로 가장 높은 염분 농도를 보였으며, 다시 염분 수치가 떨어져 3월과 4월에 31.0‰과 31.1‰을 나타내었다(그림 4-7-13).

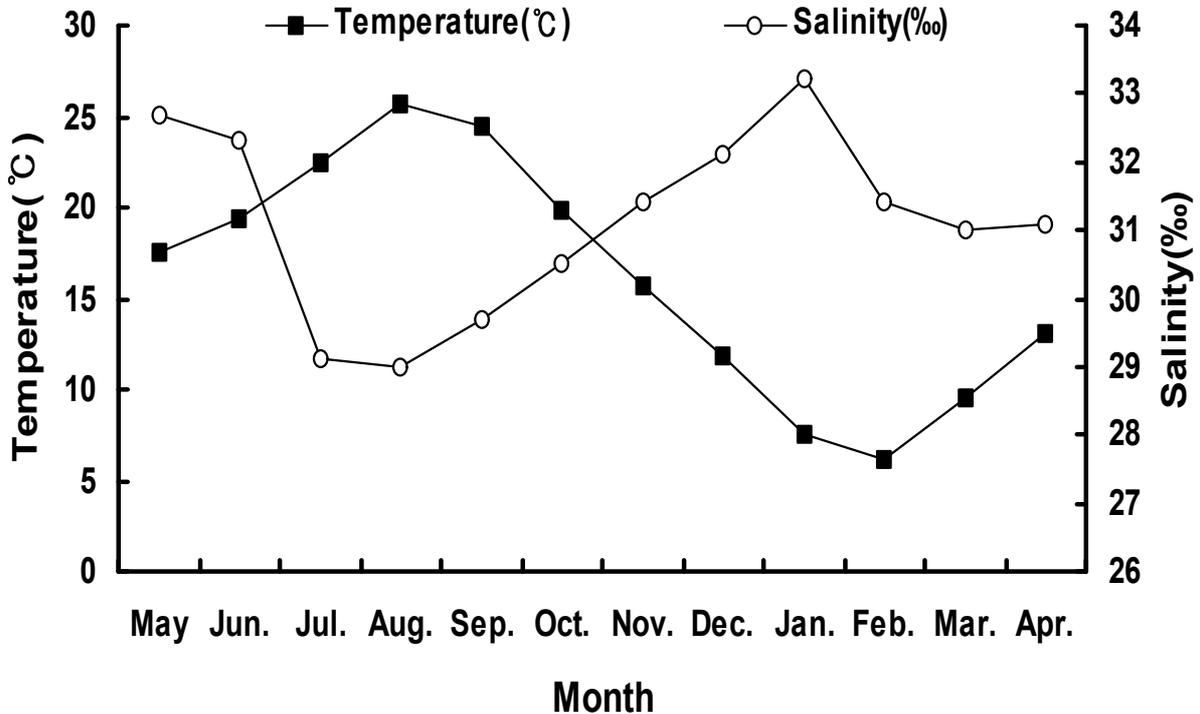


그림 4-7-13. 금오도 연안 해역의 수온과 염분의 월별 변동('03, 5~'04, 4).

Fig. 4-7-13. Monthly fluctuation of mean water temperature and salinity of Geumodo coastal waters(May '03~ Apr. '04).

(2) 금오도 연안 이각망 실태

현재 금오도 연안에 분포하고 있는 이각망은 양지포부터 굴등 부근에 6곳의 이각망이 어장이 있고, 형제도 앞 먼목 부근에 3곳의 어장과 더불어 금어도 연안 전 지역에 어장이 분포하고 있었다(그림 4-7-14).

이들 허가 어장들의 어선번호, 허가번호, 허가기간 등 각망 어업의 현황은 표 4-7-23에 상세히 기재되어져 있다. 금오도 연안 어장들은 자루그물에 채포된 채포물의 운송을 위한 어선은 모두 디젤을 사용하고 있었으며, 그림 4-7-14에 기재 되어지지 않은 허가어업이 8건이 있었다.

즉 금오도 연안 이각망의 위치별 어업 허가건수는 우학에 1곳, 연도 2곳, 두모 6곳, 심장7곳, 안도 8곳, 유송 13곳 및 두모 6곳으로 유송에 각망 어업이 밀집되어져 있는 것을 알 수 있었다(그림 4-7-15).

그리고 허가를 받지 않고 어업을 하는 무허가 이각망 어장의 경우 조사기간 동안 특정 장소에 꾸준히 있는 경우가 없었으며, 그 수 또한 일정치 않아 본 내용에서는 기재하지 않았다.

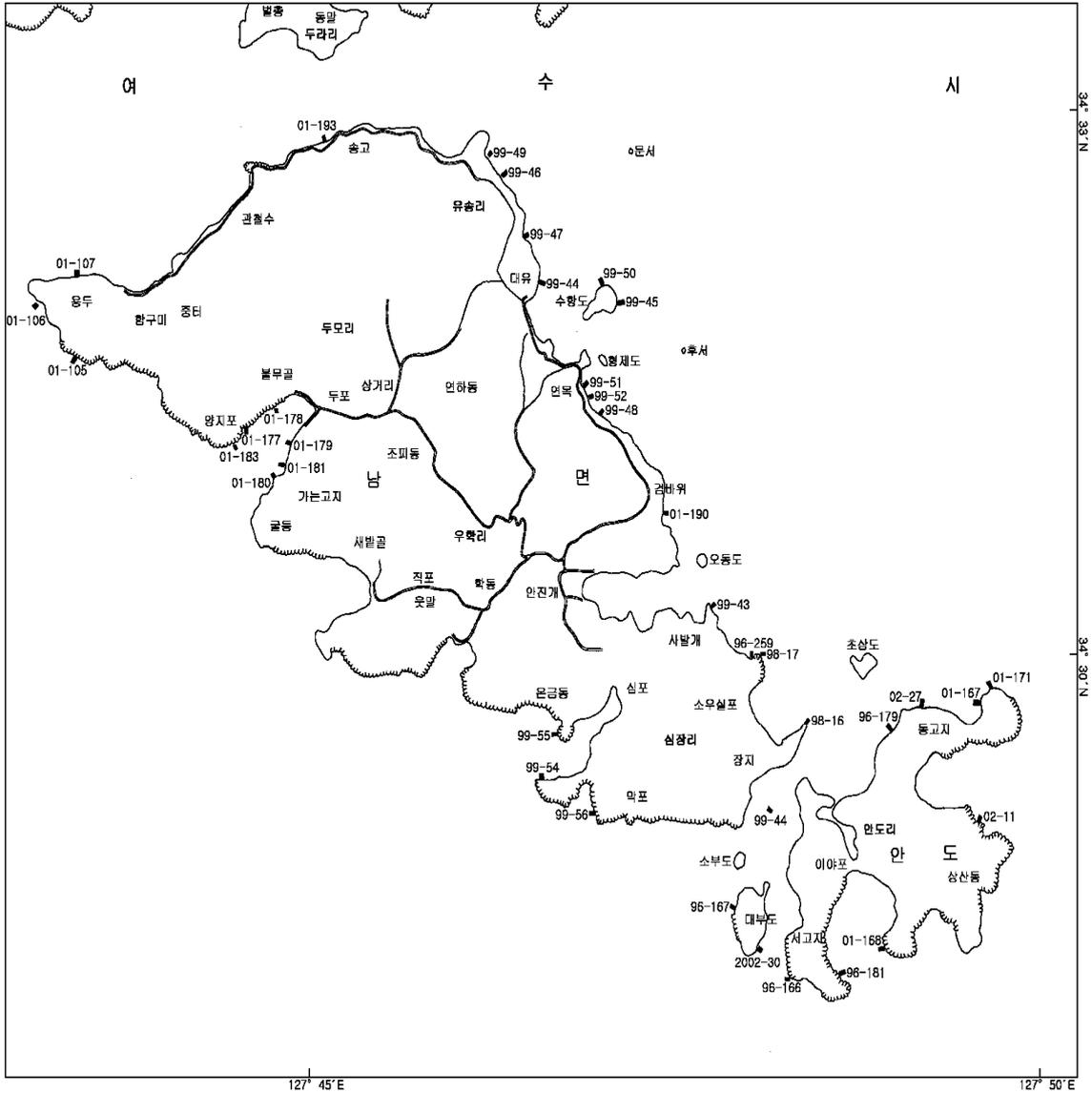


그림 4-7-14. 금오도에 분포하고 있는 이각망 현황.

Fig. 4-7-14. Distribution of both sides fyke net in Geumdo.

표 4-7-23. 금오도 연안 해역 각망 어업 현황

Table 4-7-23. Present state of cornea fishery in coastal water of Geumodo

허가번호	어구명칭	채포물	지역	위치	허가기간	어선번호	선명	선질	톤수	기관	마력	주소	성명	비고
1998-014	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 연도	1998.6.13 2003.6.12	9906015- 6461309	조일	FRP	4.93	육)디젤	316	남면 연도 217-1	김명옥	지도에 없음
2001-182	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 연도	2001.7.30 2006.7.29	9906015- 6461309	조일	FRP	4.93	디젤	316	남면 연도 217-1	김명옥	지도에 없음
1998-016	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1998.7.25 2003.7.24	9606019- 6467501	남성	FRP	1.53	육)디젤	144	남면 심장 168	강영주	
1999-043	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1999.5.31 2004.5.30	9601030- 6467507	동해	FRP	4.02	육)디젤	230	남면 심장 385	김성식	
1999-054	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1999.6.18 2004.6.17	9612078- 6467507	일성 2	FRP	1.23	육)디젤	105	남면 심장 874	진종환	
1999-055	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1999.6.18 2004.6.17	9712194- 6467504	중훈	FRP	1.98	육)디젤	197	남면 심장 889	김종신	
1999-056	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1999.6.18 2004.6.17	9611448- 6467501	선진	FRP	1.92	육)디젤	185	남면 심장 619-2	김연평	
1999-062	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	1999.11.25 2004.11.24	9607032- 6467502	재윤	FRP	1.42	육)디젤	75	남면 심장 655	송기천	지도에 없음
2001-138	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 심장	2001.5.23 2006.5.22	9606018- 6467502	홍해	FRP	1.46	육)디젤	90	남면 심장 91-2	김석봉	지도에 없음
1999-044	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606009- 6467503	태석	FRP	0.66	육)디젤		남면 유송 227	김석태	
1999-045	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606008- 6467504	동영	FRP	1.47	육)디젤		남면 유송 221	배명동	
1999-046	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606005- 6467507	운석	FRP	1	육)디젤		남면 유송 225	황석순	
1999-048	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606007- 6467505	조일	FRP	1.06	육)디젤		남면 유송 157	한경복	
1999-049	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9506001- 6461901	광성	FRP	4.94	육)디젤		남면 유송 487	오길용	
1999-050	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606004- 6467508	한성	FRP	1.21	육)디젤		남면 유송 219-1	한기성	
1999-052	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	1999.6.14 2004.6.13	9606003- 6467509	성길	FRP	1.56	육)디젤		남면 유송 159	배춘성	
2000-033	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	2000.12.23 2005.12.22	9803132- 6467505	성길	목	2.50	육)디젤	139	남면 유송 153	배홍길	지도에 없음
2001-105	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	2001.4.9 2006.4.8	9604010- 6467504	길성	FRP	1.16	육)디젤	63	남면 유송 1057	이성록	
2001-106	각망	숭어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	2001.4.9 2006.4.8	9604011- 6467501	영덕	FRP	1.14	육)디젤	69	남면 유송 1168	김사실	

표 4-7-23. 계속

Table 4-7-23. Continued

허가번호	어구명칭	채포물	지역	위치	허가기간	어선번호	선명	선질	톤수	기관	마력	주소	성명	비고
2001-107	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	2001.4.9 2006.4.8	9711222- 6467501	한일	FRP	1.53	육)디젤	72	남면 유송 1047-1	이형우	
2001-130	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유송	2001.4.17 2006.4.16	0008019- 6461308	봉성	FRP	3.43	육)디젤	165	남면 유송 241	황용순	지도에 없음
2001-193	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 유성	2001.10.18 2006.10.17	9611462- 6467503	태영	FRP	1.33	육)디젤	100	남면 유송 638	김문자	
2001-190	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 우학	2001.8.29 2004.8.28	9612108- 6467500	경준	FRP	2.02	육)디젤	133	남면 우학 933	김수인	
2001-139	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2001.5.23 2006.5.22	9509016- 6467500	소리	FRP	1.42	육)디젤	85	남면 안도 893	최채병	
2001-167	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2001.6.22 2006.6.21	0201013- 6461304	대길	FRP	1.79	육)디젤	150	남면 안도 39-2	김평옥	지도에 없음
2001-168	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2001.6.22 2006.6.21	9606035- 6467501	선영	목	1.51	육)디젤	47	남면 안도 980-2	최기선	
2001-171	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2001.6.25 2006.6.24	9506059- 6467505	금성	목	2.01	육)디젤	69	남면 안도 886	황계후	
2002-011	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2002.3.12 2007.3.11	9606036- 6467500	2광 성	목	1.74	육)디젤	69	남면 안도 820	박성자	
2002-027	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2002.6.18 2007.6.17	9711247- 6467502	재길	FRP	1.20	육)디젤	150	남면 안도 875	홍재기	
2002-030	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2002.11.5.	9710178- 6468909	진영	FRP	3.11	디젤	186	남면 안도 1188-20	서정남	
2002-031	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 안도	2002.12.16.	9701244- 6467506	창경	FRP	2.27	디젤	251	남면 안도 911	박창균	지도에 없음
2001-177	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.8.23 2006.8.22	9608111- 6467504	대일	FRP	1.1	육)디젤	59	남면 두모 1442	김기두	
2001-178	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.8.23 2006.8.22	9608113- 6467502	대성	FRP	1.88	육)디젤	133	남면 두모 1209	고종길	
2001-179	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.8.23 2006.8.22	9608114- 6467501	승안	목	0.66	디젤		남면 두모 1454	고일량	
2001-180	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.8.23 2006.8.22	9608112- 6467503	성진	FRP	1.53	육)디젤	72	남면 두모 1568-4	오원채	
2001-181	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.9.4 2006.9.3	9611232- 6467501	서광	FRP	1.21	육)디젤	100	남면 두모 1202	이 청	
2001-183	각망	송어.농어.돔 오징어.잡어	남면	남면 두모	2001.8.23 2006.8.22	9608110- 6467505	양덕	FRP	1.12	디젤	49	남면 두모 1586	박정래	

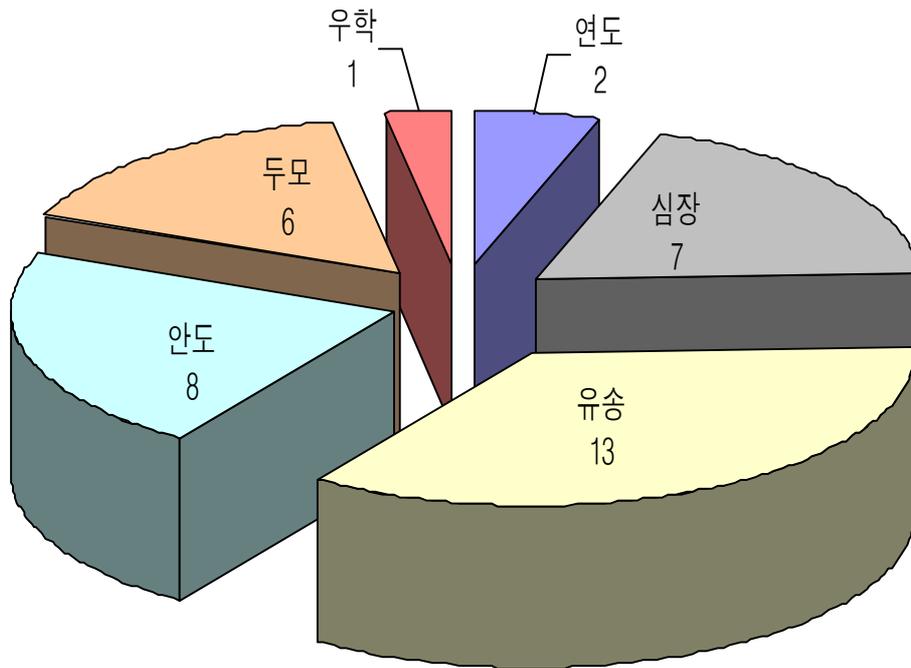


그림 4-7-15. 금오도 연안 각망 위치별 어업허가건수.

Fig. 4-7-15. Fishery licence of both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo.

(2) 어류목록 및 종조성

어류는 총 1강 11목 35과 53종으로 총개체수와 총생체량은 각각 2,388개체, 392.13kg으로 이들의 월별 출현 개체수와 생체량은 표 4-7-25에 나타내었다. 채집된 어류 중 농어목(Perciformes)이 15과 23종으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)이 5과 8종, 가자미목(Pleuronectiformes)이 3과 5종으로 이들 3목에 포함된 어류가 총 31종으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다(표 4-7-24).

과별로 보면 참복과(Tetraodontidae) 어류가 4종으로 가장 많이 출현하였고, 청어과(Clupeidae), 민어과(Sciaenidae)과 3종으로 다음으로 우점하는 과로 나타났다.

금오도 연안에서 채집된 어류의 월별 출현량을 보면, 6월에는 7목 18과 22종으로 개체수는 377개체, 생체량은 30.46kg으로 가장 많은 개체수가 출현하였고(그림 4-7-16), 이달에 우점한 종은 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)이 87개체, 4.10kg으로 가장 우점하였으며, 다음으로 열동가리돔(*Apogon lineatus*)이 48개체, 0.42kg, 보구치(*Argyrosomus argentatus*)가 43개체 1.79kg 순으로 나타났다.

표 4-7-24. 금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 분류군('03. 5~'04. 4)

Table 4-7-24. Number of orders, families and species of fishes collected by both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo (May '03~Apr. '04)

Class	Orders	Families	Species
Actinoerygii	Anguilliformes	2	2
	Clupeiformes	2	4
	Aulopiformes	1	1
	Lampridiformes	1	1
	Gadiformes	1	1
	Lophiiformes	1	2
	Mugiliformes	1	1
	Scorpaeniformes	5	8
	Perciformes	15	23
	Pleuronectiforme	3	5
Tetrodontiformes	2	5	
Total	11	35	53

12월에는 6목 15과 20종으로 160개체에 비해 생체량은 95.13kg 이 나타났다. 이는 겨울철에 아가씨물메기(*Liparis agassizii*)와 꼼치(*Liparis tanakai*)의 출현으로 생체량이 크게 증가하는 것을 보여주었다. 우점종으로는 꼼치가 52개체로 21.6%, 아가씨물메기가 22개체로 18.5%, 밴댕이(*Sardinella zunasi*)가 7개체로 16.1%를 차지하여 우점하였다.

2월에는 6목 10과 10종으로 64개체, 8.49kg 이 나타나 가장 적은 개체수와 생체량을 보여주었다. 이달에는 청어(*Clupea pallasii*)가 36개체, 3.42kg으로 가장 우점하였으며, 다음은 송어(*Mugil cephalus*)가 6개체, 3.14kg, 문치가자미(*Limanda yokohamae*)가 6개체, 0.73kg으로 우점하였다.

이 조사 기간 중에 개체수의 경우 100개체 이상 출현한 어종은 감성돔, 전어(*Konosirus punctatus*), 열동가리돔, 점농어(*Lateolabrax maculatus*), 보구치, 송어, 갈치(*Trichiurus lepturus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 복섬(*Takifugu niphobles*) 및 전갱이(*Trachurus japonicu*)로 이 10종이 1639개체로 전 출현개체의 68.6%를 차지하여 우점종으로 나타났으며, 50개체 이상 출현한 어종은 꼼치, 조피볼락(*Sebastes schlegeli*), 노래미(*Hexagrammos agrammus*) 및 덕대(*Pampus echinogaster*)로 나타났으며, 이들 5종이 241개체로 전 개체수의 10.1%를 차지하였다.

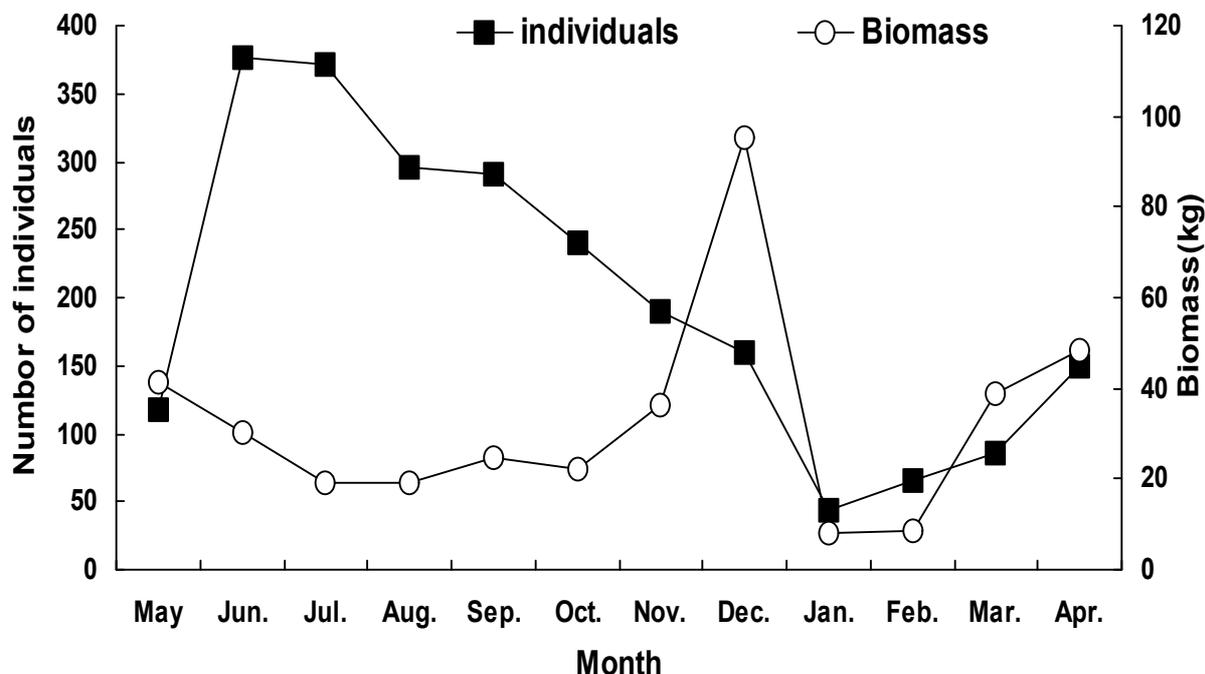


그림 4-7-16. 금오도 연안 해역에서 이각망에 채집된 월별 어류의 개체수와 생체량.

Fig. 4-7-16. Monthly variation in number of individuals and biomass of the fish collected with a both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo.

조사 기간 중 개체수가 10개체 이하 출현한 종은 보리멸(*Sillago sihama*), 방어(*Seriola quinqueradiata*), 실망둑(*Cryptocentrus filifer*), 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 청멸(*Thryssa kammalensis*), 꼬치고기(*Sphyræna pinguis*), 참돔(*Pagrus major*), 수조기(*Nibea albiflora*), 줄복(*Takifugu pardalis*), 황아귀(*Lophius litulon*), 성대(*Chelidonichthys spinosus*), 부세(*Pseudosciaena crocea*), 인상어(*Neoditrema ransonneti*), 병어(*Pampus argenteus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 그물메기(*Neobythites sivicolus*), 줄비늘치(*Coleorhynchus multispinulosus*), 날매통이(*Saurida elongata*), 흑밀복(*Lagocephalus gloveri*), 자주복(*Takifugu rubripes*)이 출현하였다.

감성돔의 출현빈도는 전 조사 기간 동안 가장 많은 개체수가 나타났으며, 이는 방류사업을 통하여 개체수가 증가되었다고 보아진다.

금오도 연안에서 이각망에 의해 채집된 어류 중 우점종이었던 감성돔은 별도로 체장·체중 조사(빈도)를 실시하였다(그림 4-7-17, 18, 19).

그 결과 5월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 1월에 다시 작은 개체들이 출현하는 것으로 나타났다. 즉 감성돔의 체장·체중 조성을 통하여 1월부터 작은 개체수가 나타나 점점 개체수와 체중의 평균에 비례하여 증가되는 것을 확연히 알 수 있었다.

표 4-7-25. 금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 종조성('03. 5~'04. 4)

Table 4-7-25. Species composition of fish collected with a both sides fyke net fishery in coastal waters of Geumodo (Mar. '03~Apr. '04)

Species (korean name)	May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
<i>Muraenesax cinereus</i> (갯장어)			1	0.15	2	0.3	4	0.1	6	0.23			2	0.63												15	1.55	
<i>Conger myriaster</i> (붕장어)					1	0.0	3	0.0	6	0.17	8	0.24	6	0.21													24	0.77
<i>Thryssa kammalensis</i> (칭멸)															5	0.14											5	0.14
<i>Konosirus punctatus</i> (전어)	4	0.08	42	1.98	15	0.9	7	0.4	18	1.03	52	2.81	12	0.48			4	0.11		13	0.88	15	0.81	182	9.53			
<i>Clupea pallasii</i> (칭어)																	8	0.67	36	3.42						44	4.09	
<i>Sardinella zunasi</i> (밴댕이)															14	0.11											14	0.11
<i>Neobythites sivicolus</i> (그물메기)																			1	0.02						1	0.02	
<i>Coleorhynchus ultispinulosus</i> (줄비늘치)																	1	0.03								1	0.03	
<i>Lophius litulon</i> (황아귀)													2	0.62													2	0.62
<i>Lophiomus setigerus</i> (아귀)											9	2.11	3	1.35	2	0.98	4	1.56			1	4.00				19	10.00	
<i>Saurida elongata</i> (날매둥이)													1	0.35												1	0.35	
<i>Mugil cephalus</i> (중어)	40	27.94	12	5.8	3	1.4	3	0.7	7	1.21			3	0.84			1	0.06	6	3.14	15	7.61	48	20.95	138	69.72		
<i>Chelidonichthys spinosus</i> (성대)				1	0.08										1	0.15											2	0.23
<i>Sebastes inermis</i> (블락)	1	0.05	1	0.06	3	0.1					5	0.44			10	1.23			2	0.03	2	0.13	1	0.08	25	2.18		
<i>Sebastes schlegelii</i> (조피블락)	4	0.89	4	0.78	1	0.0	3	0.4	15	1.07	8	0.74	12	2.46	8	0.74	4	0.37			3	1.92	3	0.35	65	9.81		
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)	2	0.26	5	0.31	6	0.7	8	1.4	5	1.69	3	0.91	4	0.86									4	0.29	37	6.56		
<i>Hexagrammos agrammus</i> (노래미)									9	1.76	21	4.18	24	3.86													54	9.80
<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)				1	0.0						4	0.65	8	1.21													13	1.90
<i>Liparis agassizii</i> (아가씨물메기)															21	28.41	1	1.32					1	0.4	23	30.13		
<i>Liparis tanakai</i> (폼치)													12	14.26	53	52.43	2	2.41	1	0.13							68	69.23
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	15	8.4	26	6.06	12	1.3	10	1.71	15	3.62	7	1.9	4	0.86	3	0.62					20	20.6	21	21.86	133	66.95		
<i>Lateolabrax maculatus</i> (점농어)	8	0.89	42	6.19	21	2.0	23	1.5	25	1.7	10	0.74	6	0.47	8	1.07	4	0.68					8	0.59	155	15.89		
<i>Apogon lineatus</i> (얼돔가리돔)	2	0.02	48	0.42	72	0.8	23	0.2	16	0.13																	161	1.69
<i>Sillago sihama</i> (보리멸)				2	0.1	3	0.0	4	0.09																		9	0.27

표 4-7-25. 계속

Table 4-7-25. Continued

Species (korean name)	Month		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
<i>Seriola</i>																														
<i>quinqueradiata</i> (방어)			7	1.2																			3	0.57	10	1.77				
<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)			5	0.02	2	0.03	12	0.66	41	1.64	10	0.25	9	0.55	8	0.52					5	0.26	13	0.52	105	4.45				
<i>Leiognathus nuchalis</i> (주둥치)	4	0.05	15	0.05	8	0.03	21	0.06	38	0.67	13	0.23	10	0.24	5	0.07			3	0.09			2	0.03	119	1.52				
<i>Pagrus major</i> (참돔)			1	0.05							2	0.41	1	0.82												4	1.28			
<i>Acanthopagrus</i>																														
<i>schlegeli</i> (감성돔)	6	0.33	87	4.1	60	4.85	29	2.53	14	1.33	7	0.7	4	0.86	4	0.82	11	0.55	4	0.51	8	1.35	1	1.07	244	19.00				
<i>Argyrosomus</i>																														
<i>argentatus</i> (보구치)	10	0.24	43	1.79	31	1.45	26	2.05	19	1.57					12	0.29	5	0.69							6	0.25	152	8.33		
<i>Nibea albiflora</i> (수조기)							2	0.28						2	0.78											4	1.06			
<i>Pseudosciaena crocea</i> (부세)															2	0.86											2	0.86		
<i>Oplegnathus</i>																														
<i>fasciatus</i> (돌돔)							7	0.65	1	0.11					6	1.42											14	2.18		
<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)	3	0.14	12	0.14			1	0.15	1	0.1											1	0.12	4	0.23	10	0.94	1	0.05	33	1.87
<i>Neoditrema</i>																														
<i>ransonneti</i> (인상어)																							2	0.13			2	0.13		
<i>Cryptocentrus filifer</i> (실망돔)	5	0.28			1	0.01	2	0.02	4	0.06																1	0.05	13	0.42	
<i>Chaeturichthys</i>																														
<i>hexanema</i> (도화망둑)									3	0.03	12	0.24	8	0.17	4	0.06					2	0.02					29	0.52		
<i>Sphyræna pinguis</i> (포치고기)					1	0.1			2	0.22	2	0.15															5	0.47		
<i>Trichiurus lepturus</i> (갈치)					26	0.73	30	1.41	8	0.8	42	1.43	31	1.28													137	5.65		
<i>Scomber japonicus</i> (고등어)			1	0.5							13	0.67															14	1.17		
<i>Psenopsis anomala</i> (셋돔)			21	0.31	13	0.2	10	0.8	1	0.08	1	0.08															46	1.47		
<i>Pampus argenteus</i> (병어)																					2	0.19					2	0.19		
<i>Pampus echinogaster</i> (턱대)	2	0.03	1	0.41	10	0.83	23	1.97	9	3.65	2	0.92														7	0.09	54	7.90	
<i>Paralichthys</i>																														
<i>olivaceus</i> (넙치)							1	0.11	1	0.11																	2	0.22		
<i>Kareius bicoloratus</i> (돌가자미)									3	0.61	8	1.38			2	0.53	1	0.16									14	2.68		
<i>Limanda yokohamae</i> (문치가자미)	5	1.05			1	0.04					4	0.58	3	0.53	4	6.4	2	0.17	6	0.73	3	0.77				28	10.27			
<i>Cynoglossus joyneri</i> (참서대)							5	0.46			6	0.12														3	0.21	14	0.79	
<i>Cynoglossus</i>																														
<i>robustus</i> (개서대)	3	0.35			10	1.5	13	0.73																			26	2.58		

표 4-7-25. 계속

Table 4-7-25. Continued

Species (korean name)	May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		Total		
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	
<i>Thamnaconus modestus</i> (말퀴치)			1	0.02	1	0.02	2	0.07	1	0.04						1	0.21									6	0.36
<i>Lagocephalus gloveri</i> (흑밀복)											1	0.8														1	0.80
<i>Takifugu niphobes</i> (복섬)	4	0.16	1	0.04	69	1.02	24	0.36	6	0.1	4	0.08	3	0.09										2	0.05	113	1.90
<i>Takifugu rubripes</i> (자주복)																1	0.24									1	0.24
<i>Takifugu pardalis</i> (졸복)																1	0.11				2	0.37				3	0.48
Total	118	41.16	377	30.46	372	18.99	295	19.16	291	24.49	241	22.09	190	36.35	160	95.53	44	8.21	65	8.49	86	38.98	149	48.22	2270	350.97	
Number of species	17		22		25		26		28		24		26		20		13		10		13		18		53		

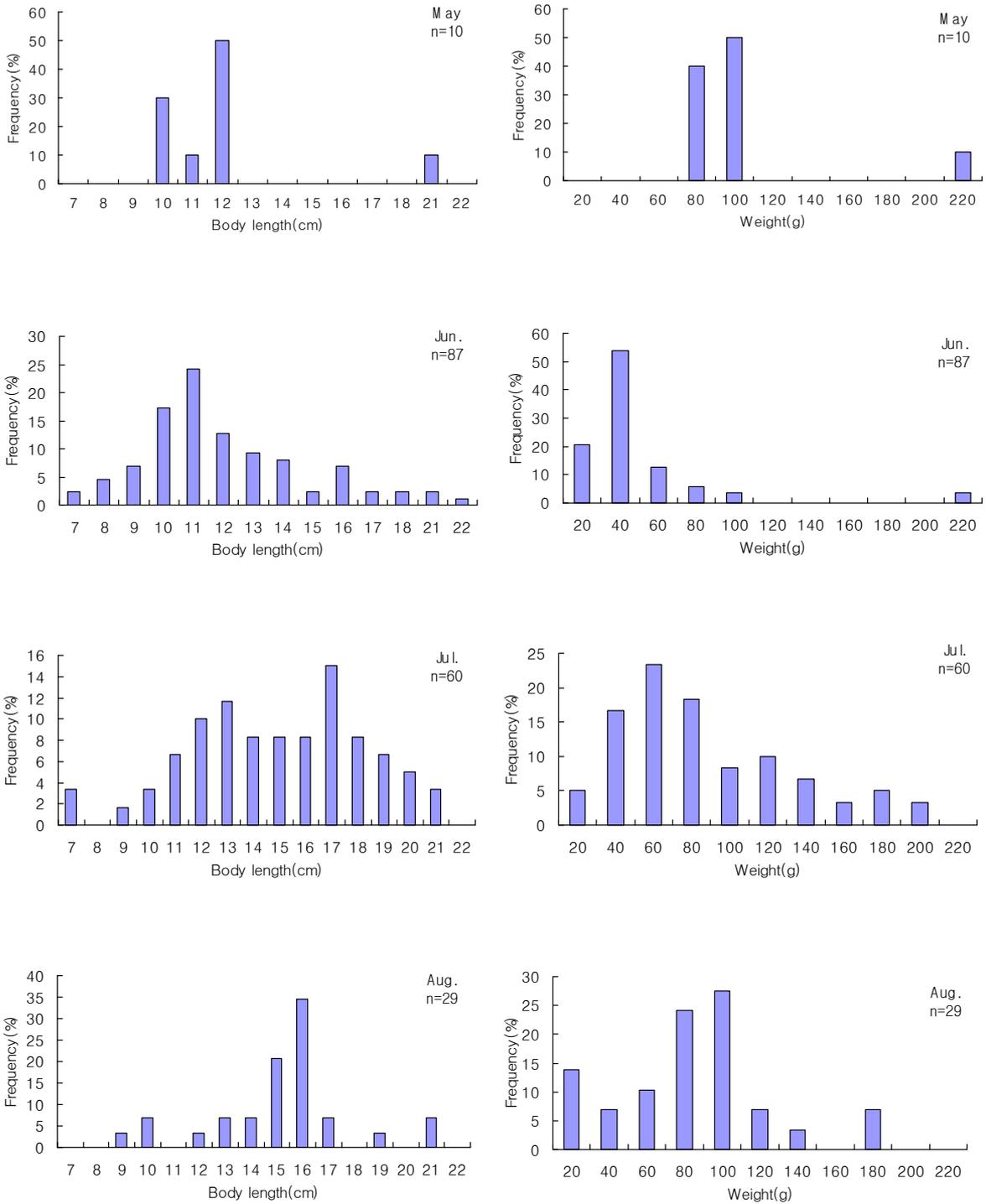


그림 4-7-17. 금오도 연안 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성('03. 5~'04. 4) 1
 Fig. 4-7-17. Body length and weight frequency distribution of *Acanthopagrus schlegeli* by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo (May '03~Apr. '04) 1

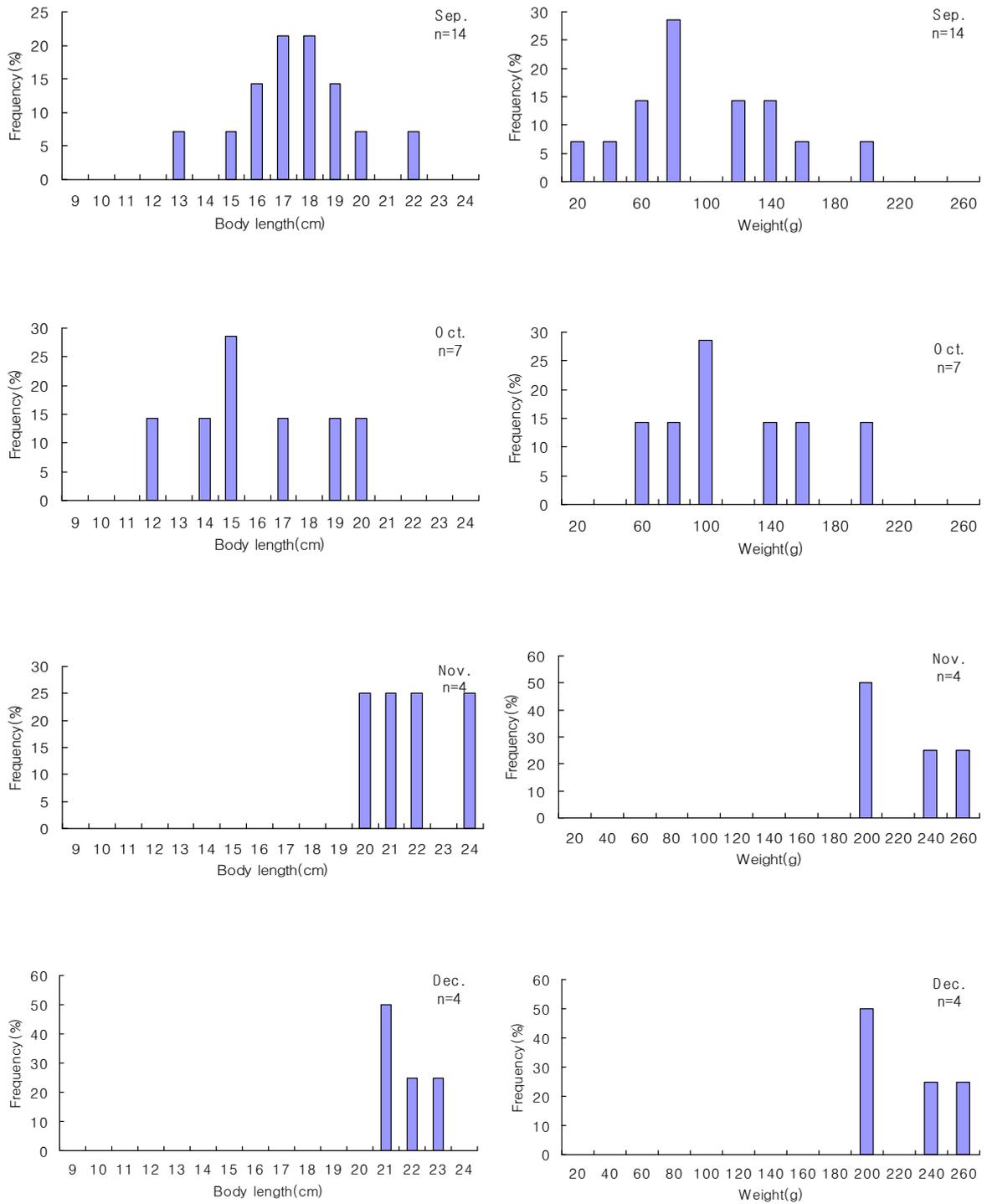


그림 4-7-18. 금오도 연안 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성('03. 5~'04. 4) 2
 Fig. 4-7-18. Body length and weight frequency distribution of *Acanthopagrus schlegeli* by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo (May '03~Apr. '04) 2

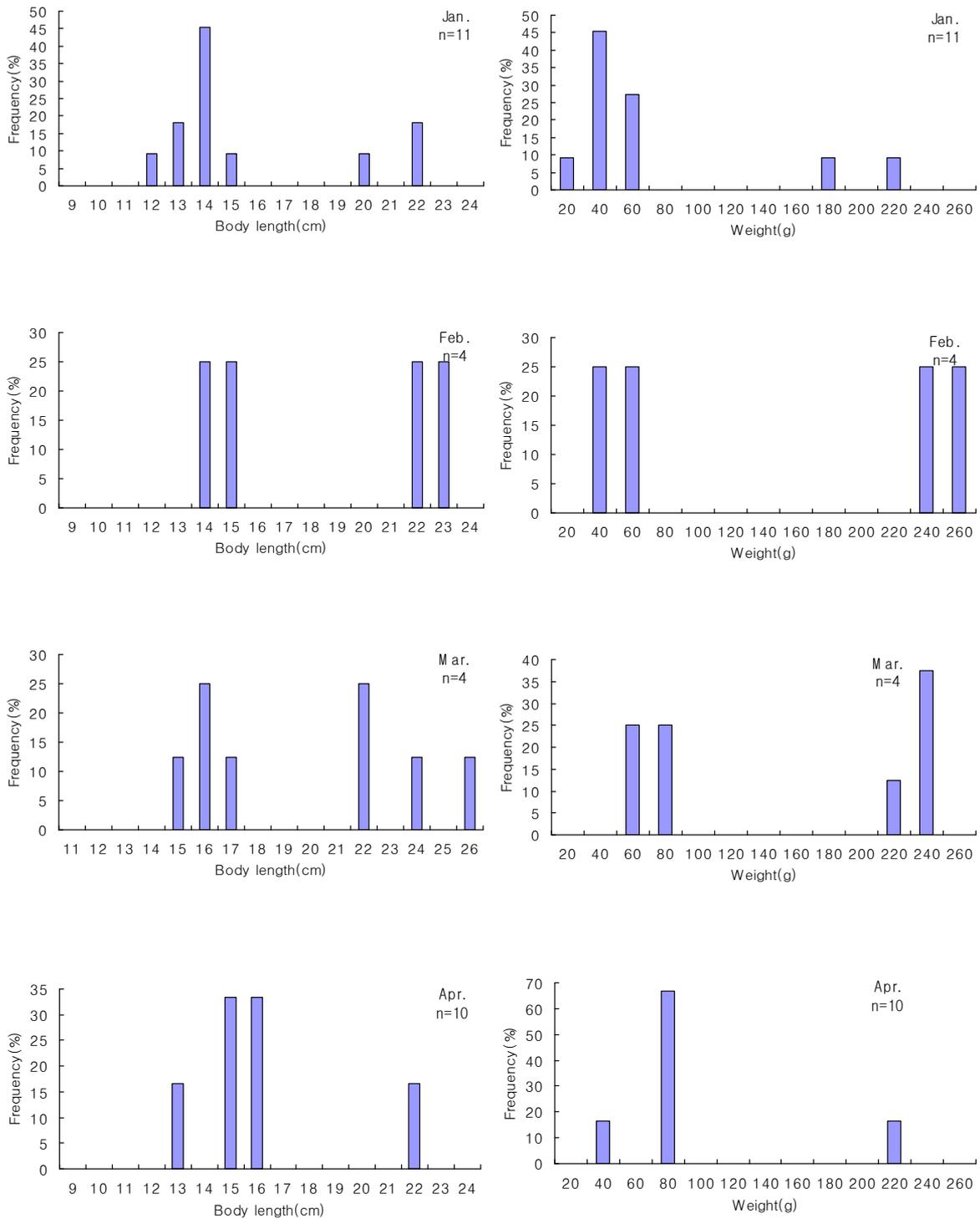


그림 4-7-19. 금오도 연안 이각망에 채집된 감성돔의 체장·체중 조성('03. 5~'04. 4) 3
 Fig. 4-7-19. Body length and weight frequency distribution of *Acanthopagrus schlegeli* by fyke net fishery in coastal waters of Geumodo (May '03~ Apr. '04) 3

마. 유전자원조사

방류해역의 gene impact를 monitoring 하고, 방류한 감성돔 및 돌돔의 유전학적 특성을 분석하기 위한 1차적인 접근 방법으로 RAPD 분석 실시하였다. 감성돔의 근육으로부터 분리·정제한 96개체의 genomic DNA 시료를 10-mer로 이루어진 30개의 random primer를 사용하여 각 집단의 유전적 특성을 분석한 결과, 12개의 primer에 대해서 표 4-7-26에 나타낸 바와 같이 다형을 보이는 DNA 단편을 확인하였다(그림 4-7-20, 21). 본 연구의 방류종묘 감성돔 RAPD 분석에서 설정한 random primer의 annealing 온도인 40°C를 36°C로 변경하여 재분석이 요구된다. Random primer의 비특이성을 최대한 줄이기 위한 PCR 조건 선택으로, 비특이적인 band는 최소화 하였지만, 다형성을 나타낼 수 있는 DNA 단편을 최대한으로 확보하지는 못하였기 때문이다. 감성돔 방류집단은 RAPD 분석을 통하여 집단간 및 개체간 차이를 나타낸 DNA 단편을 회수하여 염기서열 분석 중에 있으며, 돌돔 방류집단은 근육조직으로부터 genomic DNA를 추출한 후, RAPD 분석중에 있다. 이 후의 연구에서는 감성돔 종묘집단과 자연집단의 유전적 특성을 파악하기 위하여, mitochondrial DNA를 분석하고자 한다. Mitochondrial DNA 분석에는 cytochrome b 유전자 및 D-loop 영역을 PCR-RFLP 분석과 염기서열을 비교분석하고자 한다. 돌돔 방류 집단 역시 RAPD 분석을 실시하여, 자연집단과의 유전적 특성을 비교하고, 돌돔에서 보고된 mitochondrial ND2 유전자(GenBank Accession no. AB096641)를 분석하고자 한다. 이와 같은 유전적 특성분석을 통하여 확보된 data는 자연집단의 감성돔 및 돌돔의 유전적 특성 뿐 아니라, 방류종묘의 유전적 특성 변화 등을 알 수 있도록 하며, 방류종묘 구분에도 이용가능하리라 판단된다. 또한 방류후 대상해역의 genetic impact 평가를 위해 중요한 자료가 될 것으로 판단된다.

표 4-7-26. 방류 감성돔의 유전특성 분석에 이용한 random primer

Table 4-7-26. Primers and primer sequences used for the detection of poly-morphisms in black seabream

Primer	Sequence	No. of total bands	No. of polymorphic bands
OPA-01	5'-CAGGCCCTTC-3'	14	9
OPA-05	5'-AGGGGTCTTG-3'	10	5
OPA-07	5'-GAAACGGGTG-3'	16	7
OPB-08	5'-GTCCACACGG-3'	17	9
OPB-09	5'-TGGGGGACTC-3'	11	4
OPB-13	5'-TTCCCCCGCT-3'	6	4
OPC-01	5'-TTCGAGCCAG-3'	13	4
OPC-13	5'-AAGCCTCGTC-3'	12	4
OPC-15	5'-GACGGATCAG-3'	14	5
OPC-19	5'-GTTGCCAGCC-3'	13	3
OPE-12	5'-TTATCGCCCC-3'	6	4
OPE-19	5'-ACGGCGTATG-3'	11	4

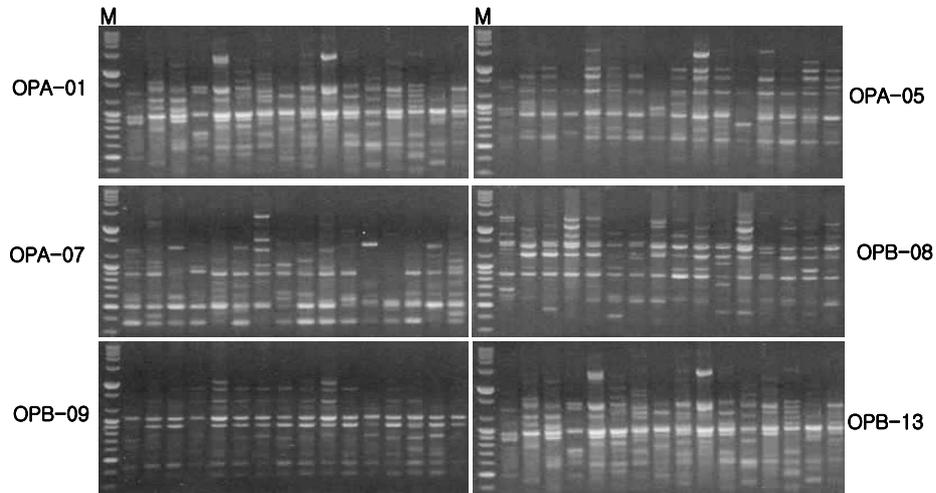


그림 4-7-20. 방류 감성돔의 RAPD 특성 I.

Fig. 4-7-20. RAPD profiles for the detection of polymorphisms in black seabream by using random primers OPA-01, OPA-05, OPA-07, OPB-08, OPB-09, and OPB-13. M, 100bp *Plus* DNA Ladder.

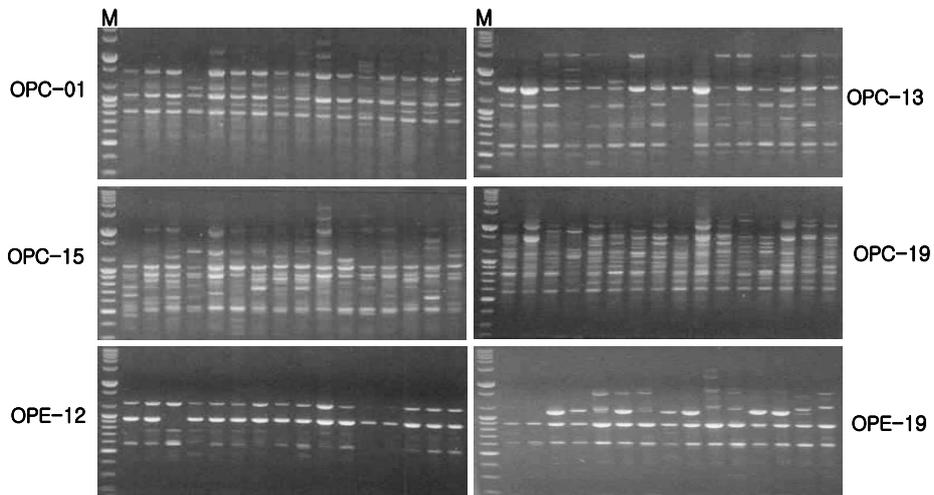


그림 4-7-21. 방류 감성돔의 RAPD 특성 II.

Fig. 4-7-21. RAPD profiles for the detection of polymorphisms in black seabream by using random primers OPC-01, OPC-13, OPC-15, OPC-19, OPE-12 and OPE-19. M, 100bp *Plus* DNA Ladder.

제 8 절 요약 및 결론

전남 다도해형 바다목장 1단계 2차년도(2004년도) 사업 중 자원 조성분야의 세부 분야별 요약과 결론은 다음과 같다.

1. 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법

· 방류용 우량종묘 판정법 연구

유전학적 특성 조사 비교: 자연산 3개 해역과 1개 양식산 집단에서 수집한 감성돔 치어에 대한 유전적 다양성과 구조를 5개 microsatellite 유전자좌를 사용하여 분석하였다. 또한 감성돔 친어에 대해서도 유전적 다양성을 조사하였다. 본 연구에 사용된 5개 microsatellite 유전자좌 모두는 모든 해역에서 다양하였다. 자연산과 양식산 감성돔 치어들의 대립유전자 빈도는 서로 비슷한 경향을 보였고, 양식집단에서는 단일 대립유전자좌가 존재하여 이것들은 양식집단 특이 마커로 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 감성돔 친어와 치어의 대립유전자 빈도는 상당한 차이를 보였으며 그리고 유전적 다양성에서도 약간의 차이를 보였다. 그러나 현재 우리나라 감성돔의 친어와 치어들은 유전적으로 다양성이 높음을 알 수 있었다.

형태학적 특성 조사 비교: 실험에 사용된 시험어는 인공산 어미에서 종묘 생산한 치어를 육상수조에서 사육(TASG), 인공산 어미에서 종묘 생산한 치어를 가두리에서 사육(CASG), 자연산 어미에서 종묘생산한 치어(WSG), 자연산 치어(WG)를 사용하였다.

전장에 대한 체장, 항문장, 두장, 체고, 체중, 안경은 양식산보다 자연상태에서 채집된 자치어들이 상대성장에서 고른 분포를 나타내었다.

실험구별 감성돔 자치어의 척추골 수는 22개에서 25개까지의 범위로 나타났으며, 자연산 치어인 WG구에서 척추골수가 24~25개로 양식산보다 1~2개 많은 것으로 나타났다. 내부 골격 형질을 관찰한 결과 두개골, 견대부 및 미골부에서는 차이점이 없었으나, 척추골에서 골격의 형태적인 차이점이 나타났다. 척추골이 기형인 척추만곡의 경우 TASG구가 26%로 가장 많이 나타났고, 다음으로 CASG구에 23%, WSG구에 16%, 자연상태에서 채집된 WG는 9%로 가장 적은 개체가 나타났다.

생화학적 특성 조사 비교: 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 치어 및 자연산 치어는 비만도, 수분함량, 조회분, 수용성 단백질 함량비율은 차이가 없었으나, 간중량지수, 지질량, triglyceride량, free fatty acid량은 인공산 치어가 자연산 치어보다 높은 것으로 나타났다. 한편, RNA/DNA비, ACPase 비활성량은 인공산 치어가 자연산 치어보다 높은

것으로 나타났다. 인공산 어미유래와 자연산 어미 유래 치어는 생화학적 특성 조사 결과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

자연산 감성돔 치어와 인공산 어미 유래 치어 및 자연산 어미 유래 치어에 대하여 혈청 생화학적 분석을 통한 혈액학적 특성 비교를 실시하였다. 자연산 치어와 여수시험장에서 어미 유래별로 인공종묘 생산되어 양성된 치어들과의 혈액학적 성상은 항목별로 어느 정도 차이를 나타낸 부분이 있었으나 방류용 종묘에 대한 기준을 제시할 만큼의 뚜렷한 차이를 보인 것이라고 판단하기 어려우며, 감성돔 치어들이 사육관리가 동일한 조건에서는 치어의 체내 대사생리도 변이의 폭이 좁아진다는 사실을 입증할 수 있었다.

생리학적 특성 조사 비교: 감성돔 종묘에 따른 산소소비율과 먹이섭취율은 수온과 조도에 관계없이 인공종묘 생산된 감성돔 종묘에 비하여 자연에서 포획된 종묘에서 현저히 높게 나타났으며, 자연산 유래 및 양식산 유래의 종묘간에는 뚜렷한 차이는 없었다.

먹이섭취율은 종묘생산 된 치어에 비하여 자연에서 포획한 종묘에서 현저히 높게 나타났다. 조도에 의한 영향은 인공종묘 생산된 치어의 경우 암의 조건이 길었던 시험구에서 높게 나타나 조도에 의한 영향이 뚜렷하였다.

감성돔 종묘의 동화효율은 수온간에 유의한 차이는 없었다. 마취 농도별 마취 및 회복 시간 및 100ppm 농도에서 침지시간별 회복 조사 결과 자연산 감성돔 치어는 안정된 회복시간과 높은 생존율을 나타내었다. 따라서 자연산 치어는 인공산 치어보다 마취와 공기 중 노출과 같은 스트레스를 잘 극복하는 것으로 판명되었다. 한편 인공산 어미유래와 자연산 어미 유래 치어는 마취 및 노출내성 결과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

병리학적 특성 조사 비교: 여수시험장에서 보유중인 감성돔 친어들은 감성돔에 있어 매우 심각한 피해를 유발하는 이리도바이러스와 노다바이러스에 대하여 감염되어 있지 않음을 확인할 수 있었다. 그리고 자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교 결과, 자연산 및 인공산 감성돔 치어에서 병리학적 특성의 대부분 차이점은 없었다.

· 방류용 우량종묘 생산방법 연구

친어유래별 감성돔 사육시험: 총 채란량은 육상수조에서의 산란경험이 있는 인공산 친어가 자연산 친어보다 월등히 많았으나, 부상란 비율, 침강란 비율 및 수정률은 차이가 없었다. 난경은 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란의 난경이 약간 큰 것으로 나타났다. 인공산 및 자연산 어미유래의 자치어 사육기간 중 수온 및 염분농도의 차이는 없었으며, 성장 및 생존율의 차이는 나타나지 않았다.

황점블락 친어관리: 황점블락 어미관리는 가두리와 실내수조에서 실시하였는데, 가두

리 수온조건은 8.9~23.5℃였으며, 실내수조는 7.3~23.2℃로서 겨울철 최저수온이 가두리에 비해 다소 낮았다. 특히 가두리는 여름철 수온이 25℃이상 상승하지 않고, 겨울철은 7℃이하로 하강하지 않아 어미사육에 적합하였다. 자어의 출산은 2003년 12월 9일부터 2004년 1월 29일까지 총 12마리의 가두리 사육어미에서 관찰되었고, 출산율은 14.1%였다. 총 출산자어수는 379,000마리였으며, 어미 1마리당 출산량은 약 32,000마리였다.

자치어 사육실험은 수조크기별 실험에서 60일까지 사육한 결과 성장은 소형수조에서 전장 15.3±1.3mm, 대형수조에서 18.9±1.4mm였으며, 생존율은 각각 15.3%, 56.3%로서 대형수조에서 양호한 결과를 보였다.

2. 중간육성 기술

요각류를 포함한 갑각류 유생이 많이 출현한 11월에는 점등구이 동물플랑크톤 양이 비점등구에 비하여 2.7배 이상 높아 뚜렷한 점등 효과가 나타났으나, 비주광성 패류유생이 많이 출현한 12월과 1월에는 점등효과가 상대적으로 적었다. 점등효과는 점등 후 3시간이 지난 21:00부터 뚜렷해지기 시작하여 24:00에 최고조에 달하였으며 여명이 가까워지면 대부분 소실되었다.

중간육성 중인 감성돔 치어는 점등효과로 모여든 동물플랑크톤 중 비교적 크기가 큰 종류를 선택적으로 섭이하였다. 개체가 성장함에 따라 위 자체의 무게는 증가하지만 위 내용물의 양적 증가는 발견되는 않아, 위 내용물은 개체의 크기보다는 계절에 따른 먹이량, 먹이선택성 및 섭이량 변화에 따른 좌우되는 것으로 생각된다.

3. 음향순치 기술

어류의 음향 순치에 관한 연구는 광범위한 바다목장 사업의 일부분을 차지하며, 사업에 요구되는 제반 기반 조성과 어류의 청각 등에 관련된 기초 연구가 병행되어야만 효과를 기대할 수 있는데 정확한 자료 축적을 위해서 이러한 실험 규모의 연구를 수행할 수 있는 간이 음향 급이기의 개발이 필요하다. 따라서 올해 국산화된 소형 실험용 음향급이기 제작을 목표로 설계도를 작성하고 있다.

4. 대상 생물의 방류 기술

방류어의 성장 특성: 감성돔 어체의 부위별 비늘의 특성을 관찰한 결과, 두부쪽 비늘은 상하로 긴 형태를 보였으며, 미병부로 갈수록 좌우의 폭이 넓어지는 형태를 보였고, 가슴지느러미에 덮이는 부위와 배쪽 부위는 방추형으로 전형적인 빗비늘 형태를 나타내었다. D부위의 비늘은 크기가 가장 컸으며, 가슴지느러미에 의해 보호받는 부위로서 비늘 탈락의 우려가 가장 적으며 전형적인 빗비늘의 형태를 갖추고 있어 비늘의 특성 검정

시 가장 적합한 부위로 평가되었다. 비늘에 있어 중심점 또는 중심판의 형성 유무를 기준으로 한 관찰에서 자연산 감성돔의 비늘은 75% 이상이 중심점을 가지고 있었으며, 방류산 감성돔의 비늘은 중심점 없이 80%이상이 중심판을 형성하는 것이 관찰되었다.

방류 감성돔 치어의 먹이습성과 환경적응: 방류한 감성돔 치어의 환경적응 능력을 평가하기 위하여 3곳의 정점을 정하고, 1개월간 추적연구를 수행하며, 해상 가두리에서 양식중인 감성돔과 비교하였다. 채집된 감성돔은 전체가 방류어 이었으며 성장패턴은 양식산과 동일한 경향이였다. 섭취한 먹이는 배합사료, 생사료, 낚시용 크릴 먹이밥, 소형패류, 해조류, 소형갑각류 등 다양한 먹이 섭취의 패턴을 보였다. 전어체 분석결과 조지방 함량은 방류 후 20일 이후부터 양식산 보다 유의적으로 낮게 나타났으나, 조단백질 함량의 경우 방류어와 양식산이 동일한 경향이였다.

5. 대상 생물의 생태 및 행동연구

전남 다도해형 바다목장의 주 대상어종은 감성돔, 돌돔, 볼락 및 황점볼락 등이 있지만 이런 종들에 대한, 바다목장 해역내에 방류 효과를 높이고 나아가 획기적인 자원 증대를 꾀하기 위해 초기의 감성돔 치어의 행동 패턴을 비롯하여 자연 상태에서의 대상종에 대한 행동을 관찰 조사하였다.

방류어의 생태: 감성돔의 이동과 회유에 관해서는 상세히 조사되어 있지 않다. 지금까지의 자료로는 육지와 가까운 연안의 소규모적인 이동과 계절적으로 깊은 바다로 이동하는 것이 알려져 있다. 돌돔 치어의 수온 변화에 따른 용존 산소 소비율은 24시간 연속 명기 조건의 경우, 10℃ 때 용존산소 소비율에 비해 25℃ 때의 용존산소 소비율이 약 2.1배 높은 결과를 보였다. 또한 수온 10℃의 경우, 24시간 명기 조건이 24시간 암기 조건에 비해 약 2.6배 높은 것으로 나타났다.

초기 생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시시기 및 행동발달: 감성돔과 황점볼락의 초기 발육단계 과정에서 구조물에 대한 치어의 부착성, 주축성 그리고 공간 인식능력을 조사하기위해 실내 사육수조 내에 가로, 세로 각각 30cm의 PVC 평판을 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm로 각각 간격을 두고 세워 두 종류의 구조물로 만들었으며, 구조물 중 하나는 세워진 평판위에 덮개를 씌우고 다른 하나의 구조물은 덮개가 없이 평판만 세워진 구조물을 만들었다. 1년생 볼락의 구조물에 대한 반응 개시시기 및 행동발달계획을 보기 위해 가두리 내에서의 군집 행동과 구조물에 대한 부착성과 공간 인식능력을 조사하기 위하여 가두리 시험어장의 6×6×5m 그물 가두리 가로100cm, 세로70cm의 PVC 평판을 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 70cm로 각각 간격을 두고 세워 두 종류의 구조물로 만

들었으며, 구조물 중 하나는 세워진 평판위에 덮개를 씌우고 다른 하나의 구조물은 덮개가 없이 평판만 세워진 구조물을 만들었다.

수조내 행동특성: 감성돔 치어를 수조에 수용하여 관찰한 결과, 감성돔 치어들은 시간이 지날수록 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 뚜렷한 행동은 관찰되지 않았다. 그러나 황점볼락의 경우 대부분은 어초 내에 있어 외부 충격에도 민감하게 반응하지 않고 정착성이 강한 종이었다.

자연 상태에서의 행동 특성: 감성돔은 어린것 일수록 수 백마리 씩 떼를 지어 다니고 성장함에 따라 소수의 개체로 몰려다닌다고 추정된다. 또한 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 가지며 이런 터널형 바위 아래에서 몇 마리씩 모여 활동한다. 감성돔과 볼락류의 행동 습성 연구를 통해서 전남 다도해형 바다목장에 맞은 실험 구조물을 설계, 투하하여 조사하였다. 이야포에서 관찰된 감성돔들은 바위에서 1m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와도 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 매우 예민한 습성을 보여주었다.

감성돔의 이동 범위: 자연산 감성돔 회유경로를 구명하기 위하여 시험어 4마리의 이동 범위를 음향 텔레메트리 기법으로 측정하는 실험을 행하였다. 2004년 4월 2일 10:35부터 방류한 시험어는 4월 22일 06:20까지는 일부 또는 대부분이 방류한 해역의 주변에서 머물렀으나 그 이후 시간대부터는 어디론가 이동하였다. 시험어는 대체로 평균 수온이 13.0℃ 이상으로 되는 소조기에 연안으로 이동하였을 것으로 생각된다.

6. 해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

바다목장 해역의 해조류 특성: 소리도, 금오도 일대와 인공어초 시설지에서 해조생태를 조사하였고, 조장 조성용 해조의 탐색을 수행하였다. 소리도 연안 소룡단 일대의 조하대에서는 녹조류 4종, 갈조류 10종, 홍조류 15종 등 총 29종이 채집 동정되었다. 조하대 해조류의 종 다양성은 높지 않으나 바다목장 조성을 통해 주변에 자생하는 해조류와 인공적인 해조장 해조류의 친화도를 높일 수 있는 해조장 조성 후보지로 판단된다. 소리도 연안은 같은 소룡단 해역 주변에서도 해저지형에 따라 갯녹음(백화)현상이 매우 심각하고 조하대 상부의 암반에 서식하는 몇몇 종을 제외하면 극히 빈약한 해조상을 나타내는 곳도 있음을 알 수 있었다.

종묘생산, 이식 및 효과조사: 현장 이식 후 약 46일간 성장한 미야베모자반은 겨우 눈에 보일 정도로 성장이 둔화되어 불과 4.4mm정도 밖에 자라지 않았으며 감태의 경우

더욱 더 성장이 느려 불과 3.1mm에 지나지 않았다.

따라서 안도연안에 투하된 강제어초에서는 효과적인 해중립 조성이 상당히 어려울 것으로 관측된다. 그러나 소리도 소룡단 일대에서는 감태나 모자반류 특히 미야베모자반이나 큰잎모자반의 종사를 감아주거나 이식해주면 해조장조성에 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

7. 자원조사

자원 조사는 바다목장 해역내의 현재 자원량과 바다목장 사업후의 자원량의 변화를 비교하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 실시되며 다양한 어구들, 즉 일반 어구, 정치망, 어탐 및 잠수조사를 병행하였다. 또한 해역내의 이각망 어업의 실태와 개선방안에 대해 살펴보았다.

어구조사: 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여, 출현종, 출현량, 우점종, 종다양도 및 균등도를 확인하고, 어구별 어획량을 살펴보았다. 어류 채집은 삼중자망과 통발에 의해 이루어졌으며, 금오도와 부도에서 실시하였다. 통발에 의해 출현한 어류는 총 5목 20과 24종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 노래미, 자리돔, 용치놀래기, 쥐노래미순이었다. 11월에 출현 종수와 출현 개체수가 가장 많았다. 삼중자망에 의해 채집된 어류는 총 5목 24과 28종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 노래미, 각시서대였다. 이각망에 의해 채집된 어류는 27종으로 우점한 종은 감성돔, 송어, 전어, 조피볼락, 볼락순이었다.

감성돔의 어구에 의한 조사지점에서 추정된 어획능률은 0.0566이었으며, 초기 자원미수는 약 543미로 추정되었다.

어탐조사: 수중음향 이용한 바다목장 해역내에서 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하였다. 여름 조사에서는 고밀도 어군이 금오도 서쪽해역에 폭넓게 탐지되었으며, 가을 조사에는 안도 서쪽과 개도 남동 해역에서 국소적으로 고밀도의 어군이 관찰되었다. 한편, 겨울 조사에는 여름과 가을보다 어군밀도가 현격하게 적게 관찰되었다.

현재 바다목장 조성의 초기 단계에서 바다목장 해역에 있어서의 전반적인 생물자원의 분포를 어탐을 이용하여 조사하고 있으며, 이와 병행하여 2004년 2월부터 주 대상종 등에 대한 분포를 추적하기 위하여 잠수조사 정점에서의 정밀조사를 실시하였다.

잠수조사: 바다목장 해역의 전반적인 연안 및 해저 지형을 분석하였으며, 그 중 비교적 수산 어종의 자원량이 많거나 해역의 범위를 정하는 데 있어 수중 생태 조사가 필요한 곳을 중심으로 이루어 졌다. 안도에서 관찰된 어종은 총 29종이었고, 금오도에서 총

23종이 확인되었다. 주요 어종의 출현 양상을 살펴보면, 정착성 볼락은 전 조사 정점 및 계절에 출현하였고 감성돔은 2번, 돌돔은 3번의 조사에서 확인되었다. 안도는 금오도보다 투명도가 높아 비교적 잠수 조사가 용이한 편이고 수산 자원도 다양하고 풍부한 편이기 때문에 앞으로 고정적인 정점을 두어 정기적인 조사를 계속 실시할 예정이다. 안도 해역에서 조사된 어종 중에서 주요 수산어종의 자원량을 살펴보면, 볼락이 93.58~128.98개체(/100m²)로 가장 많았다. 또한 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 시설된 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링을 실시하였다. 안도 해역의 시험용 강제어초에서는 총 12종의 어류가 조사되었고 계절에 따른 어류 군집의 변화가 극심한 곳으로 추정되었다.

이각망 실태 및 개선방안: 금오도 연안에 위치한 이각망 어장에서 채집된 어류는 총 11목 35과 53종으로, 총 개체수와 총 생체량은 각각 2,388개체, 392.13kg이 조사되었다. 농어목이 15과 23종으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 썸뱅이목이 5과 8종, 가자미목이 3과 5종으로 이들 3목에 포함된 어류가 총 31종으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다.

조사기간 중 가장 우점한 종은 감성돔으로 244개체(19.00kg)가 출현하였고, 다음으로는 전어가 182개체(9.53kg), 열동가리돔이 161개체(1.69kg)로 우점하는 종으로 나타났다.

본 연구에서는 금오도 연안에서 이각망에 의해 채집된 어류 중 우점종인 감성돔의 별도 체장, 체중 조사를 실시하였다. 그 결과 감성돔은 5월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 1월에 다시 작은 개체들이 출현하는 것으로 나타났다.

금오도 연안 이각망의 허가어업은 우학에 1곳, 연도 2곳, 두모 6곳, 심장 7곳, 안도 8곳 및 유송 13곳이다.

유전자원 조사: 전남 다도해형 바다목장 해역에 방류된 어류에 대한 유전적 특성 규명 및 향후 방류로 인한 자연 생태계 내의 genetic impact를 감시하기 위하여 방류용 종묘와 자연집단의 감성돔 및 돌돔을 대상으로 방류한 그들의 유전학적 특성을 분석하기 위한 1차적인 접근방법으로 RAPD 분석 실시하였다. 분석에 이용한 30개의 primer 중 12개의 primer에서 다형현상을 나타내는 DNA 단편을 확인하였다. 향후 RAPD 및 mtDNA 분석을 통하여 감성돔 및 돌돔 자연집단과 방류집단간의 차이 분석이 가능할 것으로 판단되며, 지속적으로 유전적 특성에 관한 data 축적이 필요하다.

참고문헌

- Almatar, S.M. 1984. Effects of acute changes in temperature and salinity on the oxygen uptake of larvae of herring (*Cleupea harengus*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Mar. Biol., 80: 117-124.
- Asahida, T., T. Kobayashi, K. Saitoh and I. Nakayama. 1996. Tissue preservation and total DNA extraction from fish stored at ambient temperature using buffers containing high concentration of urea. Fisheries Sci., 62: 727-730.
- Barder, W.E. and R.J. Walker. 1988. Circuli spacing and annulus formation: is there more than meets the eye? The case of sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. J. Fish Biol., 32: 237-245.
- Barton, B.A. and R.E. Peter. 1982. Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to Various transport conditions, anaesthesia, and cold shock
- Blin, N. and Stafford, D. W. 1976. A general method for isolation of high molecular weight DNA from eukaryotes. Nucleic Acids Res. 3: 2303-2308.
- Brodeur, R.D., 1998 Prey selection by age-0 walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in nearshore waters of the Gulf of Alaska. Env. Biol. Fish. 51: 175-186.k. J. of Fish Biol., 20: 39-51.
- Bryan, P.G. 1975. Food habits, functional digestive morphology, and assimilation efficiency of the rabbitfish *Siganus spinus* (Pisces, Siganidae) on Guam. Pacific Sci., 29(3): 267-277.
- Buckley, L.J. 1981. Biochemical Changes during on Cod (*Gadus morhua* L.) and Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) Larvae. Rapp. P. -v. Réun. Cons. int. Explor. Mer., 178: 547-552.
- Buckley, L.J. and R.G. Lough. 1987. Recent Growth, Biochemical Composition, and Prey Field of larval Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and Atlantic Cod (*Gadus morhua*) on Georges Bank. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44: 14-25.
- Bulow, F.J. 1970. RNA-DNA ratios as indicators of recent growth rates of fish. J. Fish. Board Can., 27: 2343-2349.
- Carrasco, S., H. Sumano and R. Navahro-Fierro. 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as anaesthetic in fish. Aquaculture, 41: 395-398.
- Chin, P.Y., K. Shin, J.S. Lee and H.G. Kim. 1998. Biological study on the increment of

- survival rate during early life cycle in the Rockfish, II. Energy budget of the larvae and juveniles stages. Korean J. Ichthyol., 10(1): 106-114.
- Colavecchia, M., C. Katopodis, R. Goosney, D.A. Scruton and R.S. McKinley, 1998. Measurement of burst swimming performance in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using digital telemetry. Regul. Revers: Res. Mgmt., 14: 41-51.
- Conn, E.E., R.K. Stumpu, G. Bruening and R.H. Doi. 1988. Outlines of biochemistry (5 ed). 367pp.
- Durbin, E.G. and A.G. Durbin. 1981. Assimilation efficiency and nitrogen excretion of a filter feeding planktivore, the Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Pisces: Clupeidae). Fish. Bull, 79: 601-616.
- Ede, A.J. and A.M. Crawford. 1995. Mutations in the sequence flanking the microsatellite at the KAP locus prevent the amplification of some alleles. Anim. Genet., 26: 43-44.
- Forward Jr., R.B., 1988. Diel vertical migration: zooplankton photobiology and behaviour. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 26: 361-393.
- Furusawa, M., Y. Takao, K. Sawada, T. Okubo and K. Yamatani. 1993. Versatile echo sounding system using dual beam. Nippon Suisan Gakkaishi, 59: 967-980.
- Gerlotto, F., C. Bercy and B. Bordeau. 1989. Echo integration survey around offshore oil extraction platforms off Cameroon: observations of the repulsive effect on fish of some artificially emitted sounds. Proceedings of the Institute of Acoustics, 19: 79-88.
- Grodzinski, W., R.Z. Klekowski, A. Duncan. 1975. Methods for ecological bioenergetics. Blackwell scientific publications. Oxford London Edinburgh Melbourne. 109pp.
- Haines, T.A. 1973. An evaluation of RNA-DNA ratio as a measure of long term growth in fish populations. J. Fish. Res. Bd. Can., 30: 195-199.
- Holland, K., R. Brill, S. Ferguson, R. Shang and R. Yost. 1985. A small vessel techniques for tracking pelagic fish. Mar. Fish. Rev., 47(4): 26-32.
- Honma, Y. and E. Noda. 1987. Droplets from the Sado Marine Biological Station, Niigata University-I. Some Fish Anomalies. Rep. Sado Mar. Biol. Stat., Niigata Univ., 17: 21-32.
- Hunter, J.R., 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. pp. 33-79. In: R. Laker (ed.) Marine Fish Larvae Morphology, Ecology and Relation to Fisheries, Washington Sea Grant Program, University of Washington Press,

Seattle & London.

- Hur, S.H. and S.N. Kwak. 1998. Feeding habits of juvenile *Acanthopagrus schlegeli* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol. 10(2): 168-175.
- Inouye, K., K. Yamano, T. Maeno, K. Nakajima, S. Matsuoka, Y. Wada and M. Sorimachi, 1992. Iridovirus infection of cultured red sea bream, *Pagrus major*. Fish Pathol., 27: 19-27.
- Jackson, S. 1986. Assimilation efficiency of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctalis*) fed different prey. Comp. Biochem. Physiol. -A. 85A, 2: 301-303.
- Jeong, D.S., T. Umino, K. Kuroda, M. Hayashi, H. Nakagawa, J.C. Kang, K. Morishima and K. Arai. 2003. Genetic divergence and population structure of black sea bream *Acanthopagrus schlegeli* inferred from microsatellite analysis. Fish. Sci., 69: 896-902.
- Kain, J.M. 1971. The biology of *Laminaria hyperborea*. 6. Some Norwegian populations. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 51: 387-408.
- Kang, D.H. 2002. Characteristics of acoustic target strength of Red seabream (*Pagrus major*) and Rockfish (*Sebastes schlegeli*). Ph.D. Thesis, Hanyang University.
- Kang, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea, Bull. Pusan Fish. Coll., 7(1, 2): 1-125.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1990. Oxygen consumption and nitrogenous excretion of starved Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1891.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono. 1991. Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57: 2059-2064.
- Kim, C.H. and P. Chin. 1995. Composition in juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 4: 412-420.
- Kim, H.Y. 1994. Metabolism, energy budget and nitrogen balance of the left-eye flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*. Ph. D. thesis, Nat. Fish. Univ. Pusan. 54 pp.
- Kitajima, C., G. Hayashida, M. Shimozaki, and T. Watanabe. 1985. Reductive Effect of Micro-banded Diet on Occurrence of Color Anomaly in Hatchery-reared Flounder, *Paralichthys olivaceus*. Bulletin of Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, 11: 29-31.

- Koh, N.P. 1990. An ecological study on resources of marine plants in Geomundo islands. Korean J. Phycol., 5: 1-37.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach and R.R. Miller. 1962. Ichthyology. John Wiley & Sons, Inc. New York and London, 108-119.
- Laurence, G.C. 1977. A bioenergetic model for the analysis of feeding and survival potential of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* larvae during the period hatching to metamorphosis. Fish. Bull., 75: 529-546.
- Lawson, J.W., E.H. Miller, E. Noseworthy. 1997. Variation in assimilation efficiency of captive harp seals (*Phoca groenlandica*) on different diets. Can. J. Zool. Rev., 75(8): 1285-1291.
- Lee, H.Y., M.W. Park and I.G. Jeon. 2000. Comparison of nutritional characteristics between wild and cultured juvenile black rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Korean Fish. Soc. 33: 137-142.
- Lee, J.J. and S. Rho. 1987. Studies on the seedling production of the black porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky). Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 11: 1-20.
- Lee, J.J. and S. Rho. 1988. Studies on the aquaculture of the black porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky) by the closed recirculating filtration system. I. Filtration effect and growth. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 12: 9-17.
- Lee, J.J., S. Rho and U.S. Jo. 1988. Studies on the aquaculture of the black porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky) by the closed recirculating filtration system. II. Gonadal development and structure. Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., 12: 19-28.
- Leung, K.M.Y., J.C.W. Chu and R.S.S. Wu. 1999. Effects of body weight, water temperature and ration size on ammonia excretion by the areolated grouper (*Epinephelus areolatus*) and mangrove snapper (*Lutjanus argentimaculatus*). Aquaculture, 170, 215-227.
- Liu, Z.J. and R.A. Dunham. 1998. Genetic linkage and QTL mapping of ictalurid catfish. Ala. Agric. Exp. Stn. Bull., 321: 1-19.
- Lowry, O.H., N.J. Rosenberough, A.R. Farr and R.J. Randall. 1955. Protein measurement with folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 192: 265-275.
- MacLennan, D.N. and E.J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series, 5.
- Malloy, K.D. and T.E. Targett. 1991. Feeding growth and survival of juvenile summer

- flounder *Paralichthys dentatus*, Experimental analysis of the effects of temperature and salinity. Mar. Ecol. Prog. Ser., 72(3): 213-223.
- Massee, K.C., M.B. Rust, R.W. Hardy and R.S. Stickney. 1995. The effectiveness of tricaine, quinaldine sulfate and metomidate as anesthetics for larval fish. Aquaculture, 134: 351-359.
- Masuda, H.K, Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Toshino. 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, 439pp.
- Matthews, K.R. 1990. A telemetric study of the home ranges and homming routes of copper and quillback rockfishes on shallow rocky reefs. Can. J. Zool., 68: 2243-2250.
- Matthews, K.R. 1992. A telemetric study of the home ranges and homming routes of lingcod *Ophiodon elongatus* on shallow rocky reefs off Vancouver Island, British Columbia. Fish. Bull., 90: 784-790.
- Mattson, N.S. and T.H. Riple. 1989. Metomidate, a better anesthetic for cod, *Gadus Morhua* in comparison with benzocaine, MS-222, chlorobutanol, and phenozyethanol. Aquaculture, 83: 89-94.
- Mattson, M.T., B.R. Friedman, D.J. Dunning and Q.E. Ross. 1990. Magnetic tag detection efficiency for Hudson river striped bass. Ame. Fish. Soc. Symp., 7: 304-310.
- Mitamura, H., N. Arai, W. Sakamoto, Y. Mitsunaga, T. Maruo, Y. Mukai, K. Nakamura, M. Sasaki and Y. Yoneda. 2002. Evidence of homing of black rockfish *Sebastes inermis* using biotelemetry. Fish. Sci., 68: 1189-1196.
- Mosher, K. 1968. Photographic atlas of sockeye salmon scales. Fish. Bull., 67: 243-280.
- Moss, B. 1974. Attachment and germination of the zygotes of *Pelvetia canaliculata* (L.) Decn. et thur. (Phaeophyta, Fucales). Phycologia, 13: 317-322.
- Mukai, H. 1976. Mollusks on the thalli of *Sargassum serratifolium*. Jap. J. Malac. (VENUS), 35(3): 119-133.
- Murai, T. and M. R. Catacutan. 1981. Effect of 20-phenoxy ethanol and MS-222 on milkfish fingerlings, *Chanos chanos* as anesthetic agents. O. Res. Rep. Aquacult. Dep. Southeast Asian Fish. Dev. Cent., 5: 19-21.
- Muroga, K. 1995. Viral and bacterial diseases in larval and juvenile marine fish and shellfish. a review. Fish Pathol., 30: 71-85.
- Nakabo, T. 2000. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. Tokai Univ. Press.

- Tokyo, 1748pp.
- Nakafawa, H., T. Umino, H. Marehiko, S. Toshiyuki, O. Kenji. 2000. Changes in biochemical composition of Sea Bream released at 20 mm size in Daio Bay, Hiroshima. *Suisanzoshoku.*, 48(4): 643-648.
- Nakamura, K. and H. Iida. 1986. Relationship Albinism and Riboflavin Amount in Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 52(7): 1275-1279.
- Nakano, H. 1993. Valuation Basis of Artificial Fish Fry. In: *Condition of Healthy Seedling and Technics of Culture*, Kitasima, C. ed., Kouseigaku, Tokyo, 9-18.
- Nakkenn, O. and O. A. Ulltang. 1983. Comparison of the reliability of acoustic estimates of fish stock abundance and estimates obtained by other assessment methods in the northeast Atlantic. *FAO Fish. Rep.*, 300: 249-261.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *Am. Nat.*, 106: 283-292.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the world* (3rd ed.). John Wiley and Sons. New York, 600 pp.
- Nielsen L.A. 1992. *Methods of Marking Fish and Shellfish.*, Ame. Fish. Soc. Pre., Maryland, USA. 208pp.
- Nishizawa, T., K. Mori, M. Furuhashi, T. Nakai, I. Furusawa, K. Muroga. 1995. Comparison of the coat protein genes of five fish nodaviruses, the causative agents of viral nervous necrosis in marine fish. *J. Gen. Virol.*, 76: 1563-1569.
- Noh, C.H., H.J. Choi, Y.J. Park, K.P. Hong, C.W. Park and J.G. Myoung. 1999. Method for marking scales of juvenile black rockfish by immersion three chemicals. *J. Aquacult.*, 12: 237-245.
- Norris, A.T., D.G. Bradley and E.P. Cunningham. 2000. Parentage and relatedness determination in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) using microsatellite markers. *Aquacult.*, 182: 73-83.
- Novacek, I. 1984. Development and Phenology of *Eklonia radiata*. at two depths in Goat Island Bay. *New Zealand Marine Biology*, 81: 189-197.
- Ohshima, T., H.S. Wada and C. Koisumi. 1983. comparison of lipids between cultured and wild sea breams. *Bull. japan. Soc. Sci. Fish.*, 49: 1405-1409.
- Parke, M. 1948. Studies on British Laminariaceae. 1. Growth in *Laminaria saccharina*(L.) Lamour. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 27: 651-709.
- Parker, N.C., A.E. Giorgi, R.C. Heidinger, D.B. Jester, Jr., E.C. Prince and G.A. Winans. 1990. Fish-marking techniques. *Ame. Fish. Soc. Sym.*, 7, Bethesda,

- Maryland. 125pp.
- Perez-Enriquez, R., M. Takemura, K. Tabata and N. Taniguchi. 2001. Genetic diversity of red sea bream *Pagrus major* in western Japan in relation to stock enhancement. *Fish. Sci.*, 67: 71-78.
- Pielou, E.C. 1976. *Mathematical ecology*. 2nd ed., John Wiley and Sons. Incy. Nova Scotia, 385pp.
- Ringelberg J., 1995. Changes in light intensity and diel vertical migration: modelling light-mediated mechanism. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2199-2222.
- Rust, M.B., R.W. Hardy and R.R. Stickney. 1993. A new method for force-feeding larval fish. *Aquaculture*, 116: 341-352.
- Saeki, K and H. Kumagai. 1984. Seasonal variations in nutritive components for wild and cultured puffers *Fugu rubripes*. *Bull. japan. Soc. Sci. Fish.*, 50: 125-127.
- Schreck, C.B. and P.B. Moyle. 1990. *Methods for Fish biology*. American fisheries society. 395-396.
- Seikai, T. 1985a. Influence of Feeding Periods of Brazilian Artemia during Larval Development of Hatchery-reared Flounder *Paralichthys olivaceus* on the Appearance of Albinism. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 51(4): 521-527.
- Seikai, T. 1985b. Reduction in Occurrence Frequency of Albinism in Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus* Hatchery-reared on Wild Zooplankton. *Bull. Jap. Soci. Sci. Fish.*, 51(8): 1261-1267.
- Seikai, T., J.B. Tanangonan and M. Tanka. 1986. Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the laboratory. *Ball. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52: 977-982.
- Seikai, T., M. Shimozaki and T. Watanabe. 1987. Estimate of Larval Stage Determining the Appearance of Albinism in Hatchery-reared Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(7): 1107-1114.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois press. Urbana, 125pp.
- Shin, H.O. 1992. Ultrasonic tracking of movements of striped jack (*Caranx delicatissimus*) in the Nunoura Bay, Japan. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 28(4): 347-359.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. *Nature*, 163; 1-688.
- Siwicki, A. 1984. New anesthetic for fish. *Aquaculture*, 38: 171-176.
- Slatkin, M. 1995. A measure of population subdivision based on microsatellite alleles

- frequencies. *Genetics*, 139: 457-462.
- Smit, G.L., J. Hattingh and A.P. Burger. 1979. Hematological assessment of the effects of the anaesthetic MS 222 in natural and neutralized form in three freshwater species: intraspecies differences. *Journal of Fish Biology*, 5: 645-653.
- Sohn, C.H., I.K. Lee and J.W. Kang. 1982. Benthic marine algae of Dolsan island in the Southern coast of Korea. *Publ. Inst. Mar. Sci. NFUB*, 14: 37-50.
- Son, M.H., M.W. Park, J.I. Myeong, D.J. Kim, B.H. Kim, O.T. Jo and I.G. Jeon. 2001. Anaesthetic tolerance of juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli*, produced for wild stock enhancement. *Ocean Pol. Res.*, 23: 285-290.
- Stanley, D.R. and C.A. Wilson. 1991. Factors affecting the abundance of selected fishes near petroleum platforms in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Bulletin*, 89: 149-159.
- Stanley, D.R. and C.A. Wilson. 1996. Abundance of fishes associated with a petroleum platform as measured with dual-beam hydroacoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 473-475.
- Starr, R.M., J.H. Heine and K.A. Johnson. 2000. Techniques for tagging and tracking deepwater rockfishes. *N. Am. J. Fish. Soc.*, 20: 597-609.
- Sturm, E.A. and M.H. Horn. 1988. Food habits, gut morphology and assimilation efficiency of the zebraperch *Hermosilla azurea*, an herbivorous kyphosid fish of temperate marine waters. *Mar. Biol.*, 132(3): 515-522.
- Sung, K.B. 1998. Artificial propagation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Korea. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 1: 375-379.
- Suyama, M., T. Hirano and N. Okada. 1977. Quality of wild and cultured ayu- I. On the proximate composition free amino acids and related compounds. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 43: 535-540.
- Takao, Y. and M. Furusawa. 1996. Dual-beam echo integration method for precise acoustic surveys. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 351-358.
- Takii K., M. Seoka, O. Takaoka, S. Furuta, M. Nakamura, H. Kumai. 1994. Chemical Composition, RNA and DNA Contents, and Alkaline Phosphatase Activity with Growth of Striped Jack Larvae through Juveniles. *Fisheries Science*, 60(1): 73-76.
- Tetsuya, U., M. Otsu and M. Takaba. 1993. Some Characteristics of Runty Fish Appearing in Seed Production of red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(6): 925-928.
- Tsukamoto, K., S. Masuda, M. Endo and O. Otake. 1990. Behavioural Characteristics of the Ayu, *Plecoglossus altivelis*, as predictive indicators for stocking effectiveness

- in river. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56: 1177-1186.
- Tony H.M., W.Y. Ho and C.K. Wong. 2003. Feeding ecology of larval and juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*) and Japanese seaperch (*Lateolabrax japonicus*) in Tolo harbour, Hong Kong. *Env. Biol. Fish.* 66: 197-209.
- Umezaki, I. 1983. Ecological studies of *Sargassum miyabei* Yendo in Maizuru bay Japan sea. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 49: 1825-1834.
- UNESCO/SCOR. 1966. Determination of photosynthetic pigment. In, Determination of photosynthetic pigment in seawater. Paris. UNESCO (ed). p. 10-18.
- Van Oosten, J. 1957. The skin and scales in the physiology of fishes. Vol. 1. Academic Press. London. 207-244.
- Wainwright, P.C. and B.A. Richard. 1995. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. *Env. Biol. Fish.* 44: 97-113.
- Weir, B.S. and C.C. Cockerham. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38: 1357-1370.
- Yamasida, H., T. Umino, S. Nakahara, K. Okada and H. Nakagawa. 1996. Comparison of biochemical characteristics between hatchery-produced and wild Black Sea Bream. *Nippon Suisan gakkaishi*, 62(1): 89-93.
- Yoo, J.H., D.J. Hwang, Y.H. Yoon, G.S. Jeong and H.J. Go. 2003. Initial Adaptation of Released Black Sea Bream, *Acanthopagrus schlegeli* in Gamak Bay, Southern Coast in Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* 36(4): 365-371.
- Yoshida, T. 1960. On the growth rings found in the root of *Sargassum ringgoldianum* Harvey (Fucales). *Bull. J. Soci. Sci. Fisheries*, 26: 673-677.
- Yoshida, T., T. Sawada and M. Higaki. 1963. *Sargassum* vegetation growing in the sea around Tssyazaki North Kyushu Japan. *Paci. Sci.*, 17: 135-144.
- Young, W.P., P.A. Wheeler, V.H. Coryell, P. Keim and G.H. Thorgaard. 1998. A detailed linkage map of rainbow trout produced using doubled haploids. *Genetics*, 148: 839-850.
- 剛村金太郎. 1936. 日本海藻誌. 内田老鶴圃. 東京, 310-311.
- 江上信雄. 1980. エイジングの生物學. 日本發生生物學編. 岩波書店, 119pp.
- 谷口和也・山田悦正. 1978. 能登飯田灣の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. *日水研報告*, 29: 239-253.
- 吉田忠生. 1973. 宮城縣松島灣の寒風沃島 周邊における海藻群落について. えびの高原野外生物實驗室. 九州大. 1: 19-24.
- 吉田忠生. 1963. 流れ藻の分布と移動に関する研究. *東北水研報*, 23: 141-186.

- 大野正夫. 1981. 藻場・海中林. 水産学シリーズ 38. 日本水産学会論, 163pp.
- 落合明・田中克. 1986. 新版魚類学(上). 恒星社厚生閣, 1140pp.
- 梅崎 勇・有山啓之. 1981. 藻場(ガラモ場)の生態の総合的研究. ホンダワラ科植物群落について. 昭和55年度文部省科学研究費補助金(総合研究A) 研究成果報告書, 2-7.
- 木元新版作. 1976. 生態学研究法講座 14, 動物群集研究法 I, 多様性と種類組成. 共立(株). 192pp.
- 名進一・新原義昭・松谷實・武井文雄. 1981. 利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態. 北海道立水産試報, 23: 53-64.
- 福田雄明・中野廣・山本和久. 1986a. ニシンの發育初期における本成分の変化. 北大水産業報, 37(1): 30-37.
- 福田雄明・矢野豊・中野廣・榎山元彦. 1986b. クロガシラガレイ稚仔魚の成長にともなうタンパク質と核酸量の変化. 日本水産学会誌, 52(6): 951-955.
- 福田雄明. 1988. ニシン稚子魚の發育課程-生化学的手法を用いた發育の推定. 栽培技研, 17(1): 69-80.
- 森岡伸介. 1993. 碎波帯におけるサバヒ一仔魚の生態. 東京水産大学博士論文, 155pp.
- 李培翼. 1988. マコガレイ *Limanda yokohamae* 仔稚魚の生化学的・形態的变化にもとづく發育段階. 東京水産大学修士論文, 45pp.
- 李培翼. 1994. ブリの初期發育に關する魚の形態學的・生化学的研究. 東京水産大学博士論文, 200pp.
- 林田文郎. 1977. 海中林構成種カジメの年齢と生長について. 日水誌, 43(9): 1043-1051.
- 田中久・黒田行昭. 1981. 細胞の老化. 公立出版. 東京, 27pp.
- 井上圭三. 1992. 脂質總論. “脂質の化学と生化学”. 日本化学会編. 学会出版センター. 東京, 3-18.
- 中野廣・安藤義秀・白旗總一郎. 1985a. 成長に伴うサケ稚魚の總タンパク質, RNAおよびDNAの変化. 北水研報告, 50: 71-77.
- 中野廣・安藤義秀・白旗總一郎. 1985b. 成長に伴うサケ稚魚の酸性プロテアーゼ活性の変化. 北水研報告, 50: 83-85.
- 中野廣. 1988. 稚仔魚研究のため核酸の定量法. 海洋と生物, 54: 23-26.
- 中野廣・小野木博一・大橋誠之・丸山敬悟. 1989. マダイの空中乾出時の生化学的变化に關する研究-粗放的生産魚と集約的生産魚との比較-1. 栽培技研, 17(2): 107-113.
- 中野廣. 1993. 種苗の評価基準. “水産学シリーズ 93 放流魚の健苗性と育成技術”. 恒星社厚生閣. 東京, 9-18.
- 中川一郎. 1982. 妊娠期及び授乳期の栄養が子(仔)の發育, 發達及び生存日數に及ぼす影響. 栄養食糧, 35: 323-331.

- 座間宏一. 1976. 脂質. “水産學シリーズ 13 白身の魚と赤身の魚”. 恒星社厚生閣. 東京, 53-97.
- 津村誠一·山本義久. 1993. 飼育方法と健苗性. “水産學シリーズ 93 放流魚の健苗性と育成技術” 恒星社厚生閣. 東京, 84-93.
- 齊藤雄之助. 1980. 瀬戸内海およびその周邊海域におけるホンダワラ科海藻類の分布について. 南西水研報, 12: 51-68.
- 黒倉壽. 1992. 健苗性試験としての耐性試験. 平成4年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース 仔稚魚期の發育シリーズ 7, 日裁漁協, 13pp.
- 국립수산과학원. 1987. 어구분류 및 각부명칭. 태화출판사, 209pp.
- 김승현. 1994. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 산출생태와 자·치어 사육. 부산수산대학 석사학위논문, 51pp.
- 김용억. 1981. 한국연근해 어난·치어 도감. 부산수산대학 해양과학연구소. 109pp.
- 김용억·명정구·김영섭·한경호·강충배·김진구. 2001. 한국해산어류도감. 한글. 부산, 382pp.
- 김용억·김용문·김영섭. 1994. 한국근해 유용어류도감. 국립수산진흥원. 부산, 299pp.
- 나해춘. 2002. 전남 강진만 연안에 분포하는 어류의 종조성 및 계절변동. 여수대학교 수산과학과 석사학위논문, 45pp.
- 변순규·김병학·한석중·문영봉. 1995. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 출산과 자치어 사육. 수진연구보고, 53: 81-88.
- 손철현. 1975. 오천리와 신금리의 해조군락. 여수수전논문집, 9: 1-5.
- 손철현. 1976. 소횡간도의 해조상과 해조군락(예보). 여수수전논문집. 10: 47-50.
- 송상호. 1971. 오동도의 해조군락. 한국수산학회지, 4: 105-112.
- 신상수. 2001. 여수 돌산도 연안 정치망 어장에 출현한 어류군집의 종조성 및 양적 변동. 여수대학교 수산과학과 석사학위논문, 45pp.
- 오봉세. 2002. 감성돔 자원조성을 위한 한·일 연구자간 세미나자료집. 남해수산연구소 여수수산종묘시험장, 1-15.
- 오성현. 2003. 광양만의 어류 종조성 및 군집구조 변화. 여수대학교 수산과학과 박사학위논문, 220pp.
- 유봉석·최윤. 1993. 군산 연안 어류의 군집 변동. 한국어류학회지, 5(2): 194-207.
- 유순애. 1975. 한국산 Fucales목(갈조류)의 분류학적 특성에 대하여. 서울대 석사학위논문. 145pp.
- 이순길·김용억·명정구·김종만. 2000. 한국산어명집. 정인사. 서울, 222pp.
- 이종화·강제원. 1977. 해운대 연안산 외톨개모자반, *Myagropsis myagroides*(갈조류)의 생태. 부산수대 해연보, 10: 33-40.
- 이충렬. 1996. 천수만 어류의 종조성 변화. 한국수산학회지, 29(1): 71-83.

- 장영진·임한규·변순규. 1995. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 성숙과 생식주기. 한국양식학 회지, 8(1): 31-46.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. 서울, 727pp.
- 정준기·정순운·이태웅·최동림. 1994. Lidocaine이 잉어(*Cyprinus carpio*)의 혈액성상에 미치는 영향. J. Fish Pathol., 7: 53-62.
- 추은경. 2001. 거문도 주변해역의 어류 종조성 및 계절 변동. 여수대학교 수산과학과 석사 학위논문, 59pp.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 서울, 489pp.
- 한국해양연구원, 2003. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서. 해양수산부, BSPM 175-00-1532-3. 708pp.
- 한경호·윤연미·양한춘. 1998. 광양만 묘도해역의 어류 군집의 종조성 및 양적변동. 여수 대학교 논문집, 13(2): 1025-1046.
- 해양수산부. 1999. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서. BSPM 99021-00-1203-3. 902pp.
- 해양수산부. 2000. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서(II) (1단계 최종 보고서). BSPM00065-00-1284-3. 829pp.
- 해양수산부. 전남 다도해형 바다목장 기반조성 사업 연구용역 보고서. 2003. BSPM 176-00-1531-3. 603pp.
- 황형규·오봉세·김진도·변순규·황성일. 2001. 황점볼락 종묘생산보급. 남해수산연구소사업 보고서, 268-285.

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서론

제 2 절 바다목장 이용관리 실태 조사

제 3 절 유어낙시 및 관광실태 조사

제 4 절 바다목장 이용관리 체제 구축

제 5 절 바다목장산 어획물의 유통체제 분석 및 구축 방안

제 6 절 전남 다도해형 바다목장 수정 마스터플랜

제 7 절 결론

참고문헌

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서 론

바다목장사업의 목표달성을 위해서는 적극적인 수산자원의 조성 및 철저한 사회경제적 분석 또한 투자계획 수립을 통해 사업투자효과를 높일 수 있으며, 바다목장조성사업의 효율적 추진체계와 더불어 합리적인 이용 · 관리방안이 제시되어 향후 지속될 지역별 바다목장사업을 효과적으로 추진할 수 있는 바탕이 마련되어야 한다.

본 장에서는 우선 바다목장 이용관리 실태에 대하여 투자실적과 어업자원조성 실적을 분류하여 정리하였고, 수산업 실태항목에서는 어업인구 및 어선세력, 수산생산 기반시설 및 어장인허가 그리고 어촌계에 대하여 조사 및 분석하였다. 또한 바다목장 이용관리 실태는 어획실태와 유어낚시 실태로 구분하여 정리하였고, 어업경영실태는 조사개요와 어업경영 그리고 어가수지로 나누어서 조사하였다. 여수 다도해 바다목장 마스터플랜 수정안은 수역범위와 바다목장 모델, 투자계획으로 나누어서 정리하였으며, 바다목장 이용관리체제구축에서는 보호수면 지정과, 수산자원관리수면 지정, 어업인 자율관리위원회 구성 그리고 어업인 홍보로 나누어서 정리하였다. 바다목장산 어획물 유통체계 구축에서는 유통실태 현황과 그에 따른 분석, 시장경쟁력 평가와 유통체계 구축이라는 4가지 항목으로 정리하였다. 마지막으로 유어낚시 및 관광이용 실태는 직 · 간접적인 효과를 분석하여 정리하였다.

본 보고서에서는 어획량을 대상 어종별 최대자원량의 추정결과를 기초로 MSY를 추정하여 계산하였고, 어종별 어가는 회귀분석으로, 비용은 수익성 분석결과를 기초로 추정하였다. 이 외에도 어업인, 여수시민 및 대도시민을 대상으로 설문조사를 바탕으로 여행비용법을 이용하여 레저 · 관광 편익추정을 실시하였다. 이러한 경영실태 분석결과는 추후 바다목장이 완전히 조성된 후 사업성을 평가할 때 유용하게 사용될 것이다.

다음으로는 전남 다도해형 바다목장 마스터플랜의 재수립을 위하여 우선 사회경제적 사전 타당성 분석결과를 토대로 사업모델 및 범위를 설정한 후 사업주체 범위 및 역할을 설정하는 등 사업주체 선정기준을 마련하여 한해동안 실행한 후 나타난 문제점들을 수렴하여 마스터플랜을 재수하였다. 또한 각종 정부의 관련계획과 연계하여 사업비 조달 및 정부투자방안을 수립하였다.

바다목장 이용관리체제구축을 위해서는 전남 다도해형 바다목장 인근의 어업인들을 중심으로 하고 행정적 또는 기술적 자문을 위해 국립수산물과학원 남해수산연구소, 전라남도, 여수시 및 여수지방해양수산청의 관련 공무원이 참여하는 “전남 다도해형 바다목장

자율관리위원회”를 구성·운영하도록 하였으며, 어업인의 자율적인 참여를 유도하기 위해서 “공동관리위원회”를 운영방안을 마련하여 “공동관리위원회”를 구성하였으며, 바다목장 구역 내에 보호수면을 지정하도록 하기 위하여 초기단계인 수산자원관리수면으로 지정하여 사업을 진행하였다. 한편, 어업인을 대상으로 바다목장에 대한 홍보물을 제작하여 어업인에게 바다목장에 대한 홍보를 진행하였으며, 설명회, 보고회를 통하여 어업인에게 바다목장의 진행상황 등을 알려주고, 바다목장의 취지를 교육하였다 .

바다목장산 어획물 유통체계 구축은 바다목장 어획물의 부가가치 제고를 위하여 유통체계를 분석하고 상품화계획을 수립하는 방안으로 연구가 진행되었으며, 먼저 바다목장산 어획물의 지역별 유통실태와 전국적 유통실태를 조사하였으며, 어획물의 취급추이와 구매형태 그리고 가격에 대한 조사를 진행하였다.

제 2 절 바다목장 이용관리 실태조사

1. 수산업 실태

2003년도에는 여수바다목장 사회적, 경제적 요인을 분석하여 기초자료로 이용하였다. 이용관리 실태조사는 바다목장 해역지역의 어촌계에 대하여 직접설문조사를 이용하여 수산업실태, 어장이용실태 그리고 어업경영실태 등을 조사하였다. 조사대상지역인 여수는 총어가수가 10,005호이며 36,644명이 어업에 종사하고 있으며 총123개 어촌계가 있다. 중전남 다도해형 바다목장의 권역안에 속해있는 어촌계는 23개이며, 권역에 포함되어 있는 어촌계는 우학, 직원포, 두모, 함구미, 송고, 대소여, 심미, 장지, 두라, 나발, 화태, 안도, 서고지, 연도, 역포, 황간, 월호, 자봉, 신흥, 월항, 화산, 호전, 여석어촌계 등이다.

또한 도서 수는 317개로 이 중에서 유인도는 49개이며, 무인도는 전남에 존재하는 전체 1,969개의 무인도중 약 16%에 해당하는 268개의 무인도를 가지고 있다. 여수지역의 총 해안선 길이는 905km로서 육지부가 160.25km, 도서부가 745.62km로서 전체 전남 6,431km의 14%를 차지하고 있다.

가. 어업인구 및 어선세력

(1) 어가수

어가수의 현황을 보면 여수지역 전체 100,917가구수의 약 9.9%에 해당하는 10,005호이며 어가인구는 전체의 310,350명의 11.8%에 해당하는 36,644명이 어업에 종사하고 있다 (표 5-2-1 참조). 그 중에서 23개 어촌계에서 해당하는 어가수는 전체 가구수의 2.0%에 해당하는 1,559가구로 이 비율은 전체 여수권의 총어가수인 10,005호의 약 15.5%를 차지하게 된다.

표 5-2-1. 여수지역 전체 어가 및 어가인구 현황

Table 5-2-1. Marine household and fishing population of candidate areas

구 분	가구			어업인구		
	전체가구	전체어가	해역내 어가	전체인구	어업인구	해역내 인구
단위(명)	100,917	10,005	1,559	310,350	36,644	4,861

자료 : 2003년 수협 어촌계현황 통계자료, <http://www.yeosu.go.kr/2003.12.31일> 현황

(2) 어업인구

여수지역에는 읍촌을 포함하여 총 36,644명의 어업인구가 123개 어촌계에 분포하고 있다. 이 중에서 바다목장 후보지해역에서 어업활동을 하고 있는 어업인구는 23개 어촌계에

총 4,861명이 후보해역의 어촌계에 분포하며, 전체 어업인구의 36,644명의 약 13.3%를 차지하고 있다(표 5-2-2 참조).

23개 어촌계중 어가의 비중이 가장 높은 어촌계는 74가구가 전부 어가인 서고지, 54가구가 전부 어가인 신흥, 37가구가 전부 어가인 여석으로 가구에 따른 어가의 비중이 100%를 보였다. 어업인구도 서고지, 신흥, 여석이 100%의 비중을 보였다. 어가의 비중이 가장 낮은 어촌계는 우학으로 전체 107가구 중 어가는 29.9%에 해당하는 32가구였다.

표 5-2-2. 해역내 23개 어촌계 어가 및 어업인구 현황

Table 5-2-2. Magnitude of fisherman in total population

어 촌 계	가 구(호)			인 구(명)		
	전 체	어 가	비중(%)	전 체	어 업	비중(%)
우 학	107	32	29.9	331	94	28.1
직원포	64	53	82.8	169	128	75.7
두 모	92	90	97.8	259	196	75.7
합구미	37	30	81.1	91	74	81.3
송 고	43	35	81.4	137	118	86.1
대소여	124	101	81.5	348	292	83.9
심 미	64	55	85.9	196	160	81.6
장 지	41	36	87.8	131	119	90.8
두 라	67	60	89.5	194	173	89.2
나 발	34	34	100	102	102	100
화 태	164	153	93.3	636	566	88.9
횡 간	83	66	79.5	291	241	82.8
안 도	162	132	81.5	552	428	77.5
서고지	74	74	100	223	223	100
연 도	121	95	78.5	554	342	61.7
역 포	77	75	97.4	254	248	97.6
월 호	94	83	88.3	284	262	92.3
자 봉	35	31	88.6	81	74	91.4
화 산	173	142	82.1	593	464	78.2
신 흥	54	54	100	178	178	100
호 전	68	48	70.6	197	140	71.1
여 석	37	37	100	104	104	100
월 향	49	43	87.8	145	135	93.1
합 계	1,854	1,559	84.1	6,050	4,861	80.0

자료 : 2003년 어촌계현황, 수협중앙회

(3) 어선세력

여수지역의 전체 어선수는 동력선 6,698척과 무동력선 321척을 포함하여 총 7,019척이

다. 표5-2-3은 여수지역의 총 어선세력을 톤수별, 지역별로 분류한 것이다.

표 5-2-3. 어선보유현황

Table 5-2-3. Fishing vessels of candidate areas

(단위 : 척, 톤)

구분	계	무동력	동 력							
			소계	1톤미만	1~5	5~10	10~20	20~50	50~100	100~
총어선수	7,019	321	6,698	1,174	4,376	812	77	135	119	5
총톤수	28,252	302	37,950	819	15,316	6,090	970	4,010	9,425	1,320
돌산읍	1,170	69	1,101	111	808	146	18	16	2	
소라면	79	2	77	25	41	11				
울촌면	390	23	367	117	215	34			1	
화양면	366	25	597	153	366	72	1	5		
남 면	783	36	747	104	507	129	2	2	3	
화정면	589	78	781	281	462	35	2	1		
삼산면	370	2	368	6	279	72	6	3	2	
동문동	119		119	3	75	19	3	13	6	
한려동	23		23	1	19	1		1		1
중앙동	77		77	3	37	17	2	13	5	
충무동	49		49	2	17	13	4	6	6	1
광림동	47		47	3	31	9			4	
서강동	32		32	1	15	5	1	1	9	
대교동	197		197	9	92	45	10	16	24	1
국 동	220		220	6	84	72	11	23	22	2
월호동	430		430	18	312	63	12	16	9	
여서동	66		66	3	34	12	1	8	8	
문수동	53		53		32	8	1	5	7	
미평동	15		15		11	2	1		1	
둔덕동	6		6		2	1			3	
만덕동	100		100	14	75	5	1	3	2	
쌍봉동	136	1	135	10	109	12	1	3		
시전동	125	16	109	21	81	5			2	
여천동	18		18	1	12	2			3	
주삼동	1		1		1					
삼일동	502	68	494	163	320	11				
묘도동	470	1	469	119	339	11				

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 현황 통계자료

광양만권 보상어선 807척 미말소(묘도 402, 삼일 159, 울촌 245)

무동력선을 제외한 동력선 6,698척의 총톤수는 37,950톤이다. 어선척수별, 톤수별로 분류하여 보면 1톤 미만이 전체의 17.5%인 1,174척이었고 총톤수는 2.2%인 819톤이었으며, 1톤이상~5톤미만은 가장 높은 65.3%인 4,376척이었으며 총톤수는 40.3%인 15,316톤이었

다. 5톤이상~10톤미만의 경우 어선척수는 전체의 12.1%인 812척에 총톤수는 16%인 6,090톤이었다. 10톤이상~20톤미만의 어선척수는 1.1%인 77척에 총톤수는 2.6%인 970톤이었다. 20톤이상~50톤미만은 2.0%인 135척에 총톤수는 11%인 4,010톤이었고, 50톤이상~100톤미만의 어선수는 1.8%인 119척에 총톤수는 24.8%인 9,425톤이었다. 100톤이상의 어선수는 0.1%인 5척이었으며 총톤수는 3.5%인 1,320톤이었다.

어선수는 전년도에 비하여 1톤미만의 경우 53척이 감소했고, 1~5톤이 가장 많은 82척이 증가했으며, 5~10톤은 18척이 증가, 50~100톤은 43척이 감소했고, 100톤 이상은 전년도에 비하여 3척이 감소한 것으로 조사되었다. 총 어선수는 전년도에 비하여 107척이 증가되었다.

나. 어업인허가

전남 다도해형 바다목장 여수권역내의 어업인허가 건수는 2003년 말을 기준으로 조사를 하였다. 어업인허가는 3가지로 구분하여 조사를 하였는데 근해어업허가 현황, 연안허가, 구획어업, 신고어업 현황, 어업의 종류별, 품종별, 소유자별 어업권 현황에 대해서 조사를 하였다.

여수 전지역의 어업허가 건수는 총 9,149건이면 이 중에서 연안어업허가가 차지하는 비중이 가장 높은데, 전체어업허가 건수의 61%에 해당하는 5,578건이고, 그 다음으로 신고어업허가 건수가 전체의 35.2%인 3,224건이며, 마지막으로 근해어업허가 건수는 3.8%인 347건으로 조사되었다.

(1) 근해어업허가 현황

근해어업허가 현황은 표 5-2-4와 같이 2001년부터 2003년도까지를 서로 비교하였다. 먼저 전체 어업의 허가건수에 대해서 알아보면, 2001년도의 허가건수는 347건에서 2002년도에는 267건으로 80건이 줄어들었으며, 2002년도에 비하여 2003년도에는 296건으로 29건이 늘어난 것으로 조사되었다.

어업허가현황을 보면 대형기선저인망 중 외끌이어업은 2001년말 28건에서 2002년도 10건으로 줄었다가, 2003년도는 12건이 다시 늘어나서 22건이 허가가 되었으며, 쌍끌이어업의 경우는 2001년도 8건에서 2002년말 4건으로 줄어들었다. 다시 2003년말에 8건이 허가된 것으로 조사되었다.

중형기선 저인망 어업에서는 서남해구 외끌이기저가 2001년도 26건에서 2002년도 10건으로 줄어들었다. 2003년도에 다시 22건으로 늘어났으며, 서남해구 상끌이기저는 2001년 13건에서 2002년 9건으로 줄어들었다. 2003년말에는 다시 13건으로 늘어났다.

근해채낚기어업의 경우 2001년도와 2003년도의 허가건수가 19건으로 같았으며, 기선저인망어업은 2001, 2002년도에 비하여 2003년도에는 1건이 늘어나 15건으로 조사되었다.

근해유자망의 경우는 2003년도에 전년도에 비하여 4건이 줄어든 28건으로 조사되었으며, 근해봉수망의 경우는 2001년도에 비하여 2003년도는 38건이 줄어든 52건으로 조사되었다.

어업허가현황에서는 전년도에는 허가된 일이 없다가 2003년도에 새롭게 허가된 어업이 있는데, 근해선망어업 1건과, 운반업 9건이 새롭게 허가가 되었다.

표 5-2-4. 근해어업허가 현황

Table 5-2-4. Number of fishing licenses in off-shore fishence

어업의 종류	어업의 명칭	2001년말 허가건수	2002년말 허가건수	2003년말 허가건수
합 계		347	267	296
대형기선저인망	소 계	36	14	27
	외끌이	28	10	19
	쌍끌이	8	4	8
중형기선저인망	소 계	39	19	35
	서남해구외끌이기저	26	10	22
	서남해구쌍끌이기저	13	9	13
	근해채낚기	19	18	19
	기선저인망	14	14	15
	근해유자망	32	32	28
	근해안강망	90	55	52
	근해봉수망	4	4	5
	잠수기	51	51	55
	근해통발	35	30	28
	근해연승	31	30	22
	근해선망			1

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 통계자료 현황

(2) 연안허가, 구획어업, 신고어업 현황

표 5-2-5에 의하면 연안어업, 신고어업 그리고 구획어업에 대한 허가 건수는 전반기말에 총 9,517건으로 작년에 비하여 66건 늘어난 것으로 조사되었는데, 그 중에서 연안어업의 허가건수는 5,354건으로 총 허가건수의 56.3%를 차지하고 있으며, 신고어업의 허가건수는 3,192건으로 전체의 33.5%를 차지하고 있다. 구획어업의 경우는 정치성 구획어업과 이동성 구획어업으로 나누어서 조사를 진행하였는데, 정치성 구획어업의 경우 493건이었

고, 이동성 구획어업의 경우는 358건으로 집계되었으며, 낚시 어선업의 경우 전년도 101건에서 19건이 늘어난 120건으로 조사되었다.

기간말 연안어업 유효건수는 복합이 3,485, 자망 786, 통발 381, 개량안강망 2, 양조망 40, 들망 41건으로 총 4,735건이었고, 신고어업은 맨손어업 3,192건, 나잡어업 174건으로 총 3,366건으로 조사되었다. 정치성 구획어업은 각망이 299, 낭장망 194건으로 493건이 유효한 것으로 조사되었으며, 이동성 구획어업의 경우는 형망이 48건, 새우조망이 292건으로 총 340건이 유효한 것으로 조사되었으며, 낚시어선업의 경우는 137건으로 조사되었다. 기간말 유효건수의 총 건수는 9,071건으로 전년도의 9,653건에서 582건이 줄어든 것으로 조사되었다.

표 5-2-5. 연안허가, 구획어업, 신고어업 건수 현황

Table 5-2-5. Number of fishing licience of inshare fishence and reporting fishence

구분	어업의 명칭	전반기말 유효건수		기간 중 적용건수		기간 중 소멸건수		기간말 유효건수	
		(반년간)	(반년간)	(반년간)	(반년간)	(반년간)	(반년간)	(반년간)	(반년간)
연안 어업	복합	3,825	3,825	1,486	1,486	1,826	1,826	3,485	3,485
	자망	981	981	341	341	536	536	786	786
	통발	456	456	126	126	201	201	381	381
	개량안강망	3	3			1	1	2	2
	양조망	48	48	11	11	19	19	40	40
	들망	41	41	13	13	13	13	41	41
	초망								
소계	5,354	5,354	1,977	1,977	2,596	2,596	4,735	4,735	
신고 어업	맨손어업	3,034		458		300		3,192	
	나잡어업	158		27		11		174	
	소계	3,192		485		311		3,366	
정치성 구획어업	각망	299	299	7	7	7	7	299	299
	낭장망	194	194	46	46	46	46	194	194
	소계	493	493	53	53	53	53	493	493
이동성 구획어업	형망	66	66	1	1	19	19	48	48
	새우조망	292	292					292	292
	소계	358	358	1	1	19	19	340	340
낚시 어선업		120	120	78	78	61	61	137	137
합 계		9,517	9,517	2,594	2,594	3,040	3,040	9,071	9,071

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

(3) 어업의 소유자별 어업권 현황

표5-2-6은 어업의 소유자별 어업권 현황 및 면적에 대하여 설명하고 있다. 소유자별 어업은 크게 어촌계, 수협, 협업, 개인, 영어법인 등의 5가지로 소유자별 어업권 현황을 나누어 볼 수 있다.

표 5-2-6. 어업의 소유자별 어업권 현황 및 면적

Table 5-2-6. Size and state of fishing rights

(면적 : ha)

소유자별, 어업별	적지 면적	계		어촌계		수협		협업		개인		영어법인			
		건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적		
총 계	27,420	1,064	14,551.135	683	11,237.555	4	33.4	209	2,013.5	166	1,255.18	2	11.5		
계	11,790	774	6,406.72	438	3,762.74	3	17.4	201	1,857.25	130	754.83	2	11.5		
양 식 어 업	해 조 류	소계	1,000	21	92	20	91				1	1			
		김	200												
		미역	400	4	40	4	40								
		돛	200												
		다시마	100	15	43	14	42				1	1			
		참모자반	100	2	9	2	9								
	패 류	소계	10,260	660	5,913.72	354	3,354.04	1	5	181	1,797.15	122	746.03	2	11.5
		굴	바닥	40											
			수하	1,610	102	965.3	5	47			73	812.5	24	104.8	
		반지락	420	2	12.8	2	12.8								
		고막	380	5	35					2	16	3	19		
		피조개	1,520	130	965.48	48	373.1	1	5	39	317.95	42	257.73	2	11.5
		새고막	4,815	350	3,554.6	239	2,599.3			61	609.8	50	345.5		
		전 복	바닥	320	10	33.74	10	33.74							
			수하	155	10	24	10	24							
		홍합	465	48	316.8	40	263.9			5	33.9	3	19		
		가리비	105	1	6					1	6				
		전복,진주	430												
		어 류	소계	5,300	81	273.2	52	192.9	2	12.4	20	60.4	7	7.8	
			어 류	가두리	430	72	236.2	44	157.9	2	12.4	19	58.1	7	7.8
축계식															
우렁챙이	100	9	37	8	35			1	2						
복 합	소계		10	102.8	10	102.8									
	다시마,전복		7	76.8	7	76.8									
	다시마,미역		3	26	3	26									
협 동	소계		2	25	2	25									
	고막		2	25	2	25									
정치망 어업	1,390	44	656.6							8	156.25	36	500.35		
마을어업	14,240	246	7,487.815	245	7,471.815	1	16								

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

어촌계의 소유에 대한 어업권 현황의 건수는 총 683건으로 면적은 11,237.555ha이며

이 건수는 전년도 614건에 비하여 69건이 늘어난 것으로 조사되었다. 전체 어촌계의 허가 건수에서 양식어업의 허가건수와 면적은 438건에 면적은 3,762.74ha이며, 전년도에 비하여 허가건수는 10건이 늘었으며, 면적은 7.33ha 늘어난 것으로 조사되었다. 이 중에서 해조류의 허가건수는 20건에 91ha의 면적으로 전년도와 변화가 없고, 패류의 허가건수는 354건에 면적은 354.04ha로 전년도에 비하여 허가건수는 17건이 줄어들었으며, 면적은 133.73ha가 줄어들었다. 어류의 허가건수는 51건에 면적은 192.9ha로서 전년도에 비하여 허가건수는 23건이 늘었으며 면적은 107.9ha가 늘어난 것으로 조사되었다. 복합양식의 경우는 10건에 면적은 102.8ha로 전년도에 비하여 허가건수는 4건이 증가했으며, 면적은 29ha가 증가한 것으로 조사되었다. 협동양식의 경우는 2건에 면적은 25ha로 전년도와 변화가 없는 것으로 조사되었으며, 정치망 어업에 대한 허가건수와 면적은 없으며, 마을어업의 허가건수는 245건에 면적은 7,471.815ha로 허가건수는 9건이 증가했으며, 면적은 221.315ha가 증가한 것으로 조사되었다. 또한 전복·진주양식에 대한 허가 건수는 없는 것으로 조사되었다.

수협 소유에 대한 어업권 현황의 건수는 총 4건으로 면적은 33.4ha이며, 수협의 경우 허가건수는 전년도에 비해 20건이 줄어들었으며, 면적은 107.6ha가 줄어든 것으로 조사되었다. 전체 어촌계의 허가건수에서 양식어업의 허가건수와 면적은 3건에 면적은 17.4ha로 조사되었으며, 이 중 해조류의 허가건수는 없으며, 패류의 허가건수는 1건에 면적은 5ha이다. 어류의 허가건수는 2건에 면적은 12.4ha이며, 복합양식의 경우도 허가건수는 없다. 협동양식의 경우에도 허가건수는 없다. 수협의 경우에는 정치망 어업에 대한 허가건수는 없으며, 마을어업의 경우 1건에 16ha의 허가건수가 있으며, 전복·진주양식에 대한 허가 건수는 없는 것으로 조사되었다.

협업의 소유에 대한 어업권 현황의 건수는 총 209건으로 면적은 2,013.5ha로 전년도와 비교하여 허가건수는 변화가 없지만, 면적은 3.38ha가 증가한 것으로 조사되었다. 전체 협업의 허가건수에서 양식어업의 허가건수와 면적은 201건에 면적은 1,857.25ha이며, 전년도와 비교하여 면적이 5.05ha 증가하였다. 이 중에서 해조류의 허가건수는 없고, 패류의 허가건수는 181건에 면적은 1,797.15ha로 전년도에 비하여 허가건수는 2건이 증가하였고, 면적은 5.5ha가 증가한 것으로 조사되었다. 어류의 허가건수는 20건에 면적은 60.4ha로 전년도에 비하여 3건이 감소하였고, 면적은 0.15ha가 감소한 것으로 조사되었다. 복합양식의 경우와 협동양식의 경우에는 허가건수는 없다. 협업의 경우에는 정치망 어업에 대한 허가건수가 8건이며, 면적은 156.25ha로 조사되었으며 전년도에 비하여 1건의 허가건수가 감소한 것으로 조사되었다. 마을어업 및 전복·진주양식에 대한 허가 건수는 없는 것으로 조사되었다.

개인의 소유에 대한 어업권 현황은 전체 허가건수 166건에 면적은 1,255.18ha인데 전년도에 비하여 허가건수는 6건이 증가했으며, 면적은 21.13ha가 증가한 것으로 조사되었

다. 그 중에서 양식어업은 130건에 면적은 754.83ha로 전년도에 비해 허가건수는 5건이 증가했으며, 면적은 12.7ha가 증가하였다. 이중 해조류의 허가는 전년도에는 없었지만 올해는 1건의 허가건수가 있었으며, 면적은 1ha로 조사되었다. 또한 패류의 허가건수는 122건에 면적은 746.03ha로 전년도에 비하여 5건이 증가하였고, 면적은 12.9ha가 증가하였다. 어류의 허가건수는 7건에 면적은 7.8ha로 조사되었는데, 전년도에 비하여 허가건수는 1건이 줄어들었으며, 면적은 1.2ha가 줄어든 것으로 조사되었다. 복합양식의 경우와 협동양식의 경우에는 허가건수는 없다. 개인의 경우에는 정치망 어업에 대한 허가건수는 36건에, 면적은 500.35ha로 조사되었으며 전년도에 비하여 면적은 335.67ha가 증가한 것으로 조사되었다. 다음으로 마을어업과 전복·진주양식에 대한 허가 건수는 없는 것으로 조사되었다.

영어법인의 소유에 대한 어업권 현황은 전체 허가건수 2건에 면적은 11.5ha인데 전년도에 비하여 면적만 7ha가 감소한 것으로 조사되었다. 그 중에서 양식어업은 2건에 면적은 11.5ha로 전년도에 비해 면적만 7ha가 감소하였다. 이중 해조류의 허가건수는 없었으며, 패류의 허가건수만 2건에 11.5ha의 면적만 가지는 것으로 조사되었다. 어류의 허가건수 및 복합양식의 경우와 협동양식의 경우에는 허가건수는 없다. 정치망 어업에 대한 허가건수와 마을어업의 허가건수, 전복·진주양식에 대한 허가 건수는 없는 것으로 조사되었는데, 전년도에는 정치망 어업이 35건에 491.92ha가 있는 것으로 조사된 것에 반하여 올해는 정치망 어업의 허가건수와 면적은 없는 것으로 조사되었다.

전체적으로 볼 때 전체 면적중 적지면적이 가장 큰 비중을 차지하는 어업은 전체면적의 43%에 달하는 11.790ha인 양식어업이었고 양식어업 중에서도 가장 작은 면적을 차지하고 있는 것은 0.84%를 차지하는 우렁챙이 어업으로 조사되었다. 양식어업중 가장 많은 면적을 차지하는 어업은 패류가 가장 높은 10,260ha로 양식어업의 87%에 해당하고 있고, 가장 적은 적지면적을 차지하는 양식어업은 어류로 4.5%를 차지하고 있다. 허가건수가 가장 많은 어업은 양식어업으로 전체 1,065건중에 73.1%인 778건이며, 양식어업중에 가장 많은 허가건수를 차지하는 것은 양식어업 778건중에 84.9%를 차지하는 패류양식으로 661건이고, 가장 작은 허가건수는 0.3%를 차지하는 협동어업으로 2건이었다. 또한 전체적으로 가장 작은 허가건수는 협동어업으로 전체의 0.2%를 차지하는 2건이다.

전년도와 비교하여 보면 어업의 소유자별 어업권 현황 및 면적은 크게 변하지 않았는데, 다만 수협이 경우가 전년도에 비하여 허가건수와 면적이 크게 줄어든 것으로 조사되었다.

다. 수산생산 기반시설 및 수산물가공

(1) 수산생산 기반시설

여수지역의 수산생산 기반시설로는 어항시설이 196개소이며, 총 길이는 47.310m이다.

전체 어항시설중 국가어항이 6개, 지방어항이 13개, 어촌정주어항이 177개인데, 이 숫자는 전체 전남의 어항시설 1,080개의 약 18%에 해당한다. 또한 항만은 2개소가 있는데, 여수항의 경우는 무역항으로서, 거문도항의 경우는 연안항으로 이용되고 있다.

표 5-2-7. 항별 어항시설 현황

Table 5-2-7. Status of fishing ports

(단위 : m, 백만원)

구분 항종별	항명	지정일	기 시 설								2002 계획	
			계	선착	방파	물양	호안	파제	돌제	선양	시설	사업
국 가 어 항	6개		5,874		1,492	3,076	294	472	460	80		2,000
	국동	79. 1	3,217		-	2,337	120	250	460	50	물양	2,000
	돌산	95. 12	681		155	465	31			30	완료	
	안도	71. 12	588		195	250	143				물양 외2종	2,000
	연도	99. 1	6		6							
	초도	90. 11	824		800	24						
	남도	90. 11	558		336			222			방파 파제	3,500
지 방 어 항	13개		4,083	1,181	1,592	601	709					
	계동	73. 12	496	40	186		270				방파	700
	죽포	72. 3	484	260	134	90					방파	700
	소울	73. 12	335	28	45	75	187					
	성두	72. 3	278	20	158	100						
	횡간	75. 8	516	132	261		123					
	우학	75. 8	474	215	147	112					방파	700
	심포	75. 8	298	144	154							
	함구미	72. 3	151	86	65							
	손죽	95. 8	276	75	97	104						
	의성	73. 12	294	102	72	120						
	서도	72. 3	280	79	72		129					
	호령	75. 8	148		148							
세포	72. 3	53		53								

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003. 12. 31일 현재

수산생산 기반시설에 해당하는 어항수(1종항제외), 선착장, 물량장, 위판장을 살펴보면 다음과 같다. 여수권은 2개의 1종어항(국동항, 돌산항)이 있고, 13개의 2종어항(성두, 죽도, 계동, 소울, 함구미, 횡간, 무학, 심포, 호령, 서도, 의성, 손죽, 세도)이 있으며, 4개의 3종어항(안도, 조도, 남도, 연도)가 있다(표 5-2-4 참조). 어선당 선착장의 길이는 24.2m이고, 어선당 물량장 면적은 7.7m²이다. 어선위판장 및 기타시설에 대한 면적은 5.67m²이다. 위

에 언급한 수산생산 기반시설은 23개 어촌계를 위한 생산기반시설이 아니라, 여수지역 전체 어업인을 위한 기반시설이다.

전체 바다의 면적은 전남의 26,650km²의 13%에 해당하는 3,366.4ha이며, 갯벌의 현황은 65.9km²이다. 표 5-2-4의 경우는 전남 바다목장이 포함되어 있는 여수전체의 국가어항 및 지방어항의 시설현황이다. 어항의 기시설은 선착장, 방파제, 물양장, 호안, 파제제, 돌제, 선양장의 7가지로 나누어서 조사를 하였으며, 2002년도 계획을 비교하여 삼입하였다.

해역내의 국가어항중 안도어항은 2002년도 계획상 물양장 외 2종과 그에 따른 사업비 2,000백만원이 계획되어 있으며, 지방어항에는 우학어항에 방파제 건설계획과 사업비로는 700백만원이 수립되어 있다.

(2) 여수지역 수산물 가공품 생산량

다음 표 5-2-8는 여수지역 수산물 가공품 생산량을 2001년과 2002년을 서로 비교한 것이다. 전체 총수는 2001년도에 33,644 M/T 였으며, 금액은 94,568 백만원으로 조사되었는데, 2002년도에는 전체 물량이 34,746 M/T로 전년도에 비하여 약 3%정도 늘었으며, 금액으로는 9%가량 증가한 103,895백만원으로 조사되었다.

2002년도에는 전년도에 비하여 자건품, 염장품, 냉동품 등이 감소가 되었는데, 그 외 기타 수량은 상당히 증가한 것으로 조사되었으면, 조미가공의 경우 수량은 조사가 되지 않았고, 금액만 약간 증가한 것으로 조사되었다.

가장 많이 감소한 수산물 가공품은 염장품으로 전년도가 906 M/T 에서 2002년도에는 20 M/T로 약 40배 가량의 물량감소가 있었다.

표 5-2-8. 여수지역 수산물 가공품 생산량

Table 5-2-8. Production of fishery produce

(단위 : M/T, 백만원)

구 분	2001년		2002년	
	수 량	금 액	수 량	금 액
자 건 품	7,518	32,303	7,369	29,476
염 장 품	906	2,526	20	120
냉 동 품	22,442	44,455	15,897	29,588
염 제 품	400	3,221	4,800	28,800
조미가공	1,349	9,942		10,431
기 타	1,031	2,118	6,660	5,479
합 계	33,646	94,568	34,746	103,895

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2002년12월 31일 현황 통계자료

표 5-2-9는 여수지역의 수산물 유통·보급시설 현황을 나타내고 있다. 전체 유통·보

급시설 업체는 58개로 이중에서 냉동·냉장업이 54개 업체이며, 어간유가공업체가 1개, 젓갈·절임가공 업체가 2개, 건제품가공 업체는 1개로 조사되었다. 전체의 생산능력은 4,378.739(T/D)로 조사되었으며, 생산능력 중 냉동·냉장업이 4,293.339(T/D)로 여수전체의 생산능력의 98%이상 되는 것으로 조사되었다. 냉동·냉장업 중에서도 저빙업의 생산능력이 가장 높게 조사되었는데, 전체의 77.3%를 차지하는 것으로 조사되었다. 또한 동결업의 생산능력은 579.7(T/D), 냉장업의 생산능력은 44.639(T/D)로, 제빙업은 283(T/D)로 조사되었다. 반면에 전체 유통·보급시설 중에 가장 낮은 생산능력은 어간유가공업으로 1개의 업체가 전체의 0.0001%인 0.4(T/D)를 생산되는 것으로 조사되었다.

그 외에는 젓갈·절임가공 업체가 2개에 생산능력은 82.5(T/D)로, 건제품가공 업체가 1개에 생산능력은 2.5(T/D)로 조사되었다.

표 5-2-9. 여수지역 수산물 유통·보급시설 현황

Table 5-2-9. Marketing infra structure

(단위 : T/D)

총계	냉동·냉장업					어간유가공업		젓갈·절임 가공		건제품가공	
	업체수	생산능력				업체수	생산 능력	업체수	생산 능력	업체수	생산 능력
		동결	냉장	제빙	저빙						
58	55	579.7	44.639	283	3,386	1	0.4	2	82.5	1	2.5

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

라. 어촌계

(1) 여수지역 전체 어촌계수

여수지역에는 2003년 12월을 기준으로 볼 때, 총123개의 어촌계가 있다. 주로 돌산읍, 소라면, 율촌면, 화양면, 남면, 화정면, 삼산면, 동문동, 한려동, 중앙동, 충무동, 광림동, 서강동, 대교동, 국동, 월호동, 여서동, 문수동, 미평동, 둔덕동, 만덕동, 쌍봉동, 시전동, 여천동, 주삼동, 삼일동, 묘도동등 27군데의 동, 면에 산재해 있다.

(2) 해역내 어촌계원중 어선어업자 비율

23개 어촌계의 총 가구수 대비 어가수 현황을 보면 총 1,864가구 중 1,559가구가 어업에 종사하는 가구로써 전체 가구의 83.6%를 차지하고 있다. 또한 어업인구는 6,050명중 80.0%를 차지하는 4,861명이 어업에 종사하고 있다. 여기서 어가수를 비교하여 보았는데, 어가수 비중이 높을수록 해당권역을 관리할 수 있는 인적자원이 풍부하다는 점이 장점으로

로 작용할 수 있기 때문이다.

(3) 어촌계 발전수준

어촌계 발전수준은 수산업협동조합중앙회에서 발간하는 어촌계 현황(2003)에서 복지, 자립, 성장단계로 구분하고 있다. 어촌계가 가장 잘 발전한 단계인 복지수준을 기준으로 볼 때, 바다목장 지역내의 23개 어촌계의 발전정도를 표 5-2-10에서 나타내고 있다. 발전정도를 비율별로 보면, 자립의 단계가 47.7%인 11개의 어촌계였고, 성장의 단계가 전체의 43.7%에 해당하는 10개의 어촌계였다. 또한 복지의 경우는 전체의 8.6%에 해당하는 2개의 어촌계가 있었다. 총23개의 어촌계 중에서 자립이상의 어촌계가 13개로 56.5%의 비율을 보이고 있다.

여수지역 전체적으로 자립이상의 발전된 어촌계는 전체 123개 어촌계의 49%인 60개의 어촌계가 있으며, 바다목장 권역내에 들어있는 어촌계의 비율은 전체의 자립이상의 어촌계에 21.7%이다.

표 5-2-10. 어촌계의 발전수준

Table 5-2-10. Level of marine organization

(단위: 개소, %)

구 분	발 전 단 계		
	복 지	자 립	성 장
어촌계 수	2	11	10
어촌계비율(%)	8.6	47.7	43.7

(4) 어업인 후계인력 현황

어업인 후계자 선정인원은 2002년 이전에는 여수시 전체 547명이었으며, 2003년 21명이 추가적으로 선정되어, 지금 현재 568명이다. 2003년 현재까지 전체 어업인후계자 현황 중 사고인원은 전체의 26.8%에 해당하는 152명이었으며, 관리인원은 73.2%에 해당하는 395명으로 조사되었다.

여수에서 가장 많은 어업인 후계자인력 현황을 보유하고 있는 곳은 돌산읍으로 전체의 21.3%에 해당하는 121명이고, 서강동, 만덕동, 여천동, 묘도동의 경우는 가장 적은 0.2%인 1명씩이었고, 한려동, 광림동, 문수동, 미평동, 둔덕동, 주삼동의 경우에는 어업인 후계자가 1명도 없었다.

여수 바다목장 해역내에 포함되는 화정면의 경우 568명의 17.1%를 차지하는 97명이었으며, 남면의 경우에도 마찬가지로 전체의 17.3%에 해당하는 98명의 어업인 후계자가 있다. 남면의 경우 2002년도 이전까지는 92명의 어업인 후계자가 있었지만, 2003년도에 6명

이 추가되어 98명의 후계자를 보유하고 있는 상태이며, 화정면의 경우 95명을 보유하고 있는 상태에서 2003년도에 2명이 추가가 되어 현재는 97명의 어업인 후계자를 보유하고 있다. 전체 여수의 어업인 후계인력 현황은 표 5-2-11과 같다.

표 5-2-11. 어업인 후계인력 현황

Table 5-2-11. Main power of young fisherman

(단위 : 명)

구분, 읍·면·동별	어업인 후계자 선정인원				
	2002년 이전	2003년	사고인원	관리인원	소 계
합 계	547	21	152	395	568
돌산읍	115	6	30	85	121
소라면	18		6	12	18
울촌면	23		8	15	23
화양면	63	1	18	45	64
남 면	92	6	25	67	98
화정면	95	2	23	72	97
삼산면	71	3	25	46	74
동문동	2		2	0	2
한려동					
중앙동	2		1	1	2
충무동	2			2	2
광림동					
서강동	1		1	0	1
대교동	6	1	1	5	7
국 동	4		2	2	4
월호동	37	2	8	29	39
여서동	1			1	1
문수동					
미평동					
둔덕동					
만덕동	1			1	1
쌍봉동	3			3	3
시전동	7		1	6	7
여천동	1			1	1
주삼동					
삼일동	2			2	2
묘도동	1		1	0	1

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

(5) 바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황

바다목장 권역내에 있는 23개의 어촌계내의 어업권 현황에 대해서 표 5-2-12에서 설명하고 있다. 전체 어업권현황은 해조류양식이 11건으로 전년도의 12건에 비하여 1건이 감

소했으며, 면적은 135ha로 전년도에 비하여 10ha감소된 것으로 조사되었다. 패류양식은 52건에 649ha의 면적으로 전년도와 비교하여 건수는 같지만 면적만 5ha 감소하였다. 다음으로 어류등 양식은 36건으로 전년도의 33건에 비하여 3건이 증가하였으며, 면적은 156ha로 전년도에 비하여 22ha 증가된 것으로 조사되었다. 마을어업은 34건에 985ha로 전년도와 틀려진 것이 없다.

표 5-2-12. 바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황

Table 5-2-12. Fishing rights of marine organization in marine ranching

(단위 : ha)

어촌계 명	어업권현황(ha)							
	해조류 양식		패류 양식		어류등 양식		마을어업	
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적
우 학			1	5			1	10
직원포			3	62			2	50
두 모	2	29	3	66			1	60
함구미	2	13	1	5			1	42
송 고			2	12	2	5	1	23
대소여			1	2			4	68
심 미	2	3	3	69	2	4	2	60
장 지	2	60	1	20	1	1	2	58
두 라			3	7	2	12	1	16
나 발	1	4			3	8	2	29
화 태			1	1	7	36	2	56
횡 간			1	7	2	10	1	17
안 도			3	63	2	9	4	163
서고지			4	80	1	1	3	24
연 도			4	73			2	110
역 포			4	50			1	59
월 호			1	21	5	25	1	30
자 봉			5	34	1	4	1	40
화 산			2	31	3	20	1	20
신 흥			1	1	3	15		
호 전	1	16					1	50
여 석			3	22	1	1		
월 향	1	10	5	18	1	5		
합 계	11	135	52	649	36	156	34	985

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

23개 어촌계에서, 허가건수가 가장 많은 어업은 52건인 패류양식 이었고, 어업 허가 면적이 가장 큰 어업은 마을어업으로 985ha이다. 해조류양식 어업권현황은 여수지역의 전체 양식현황 중에 가장 큰 건수인 전체 12건 중에 11건이 권역내의 어촌계에서 진행되고 있다. 어촌계 별로 보면 장지가 해조류양식의 면적이 가장 넓은 60ha의 어업권을 가

지고 있으며, 패류양식의 경우 서고지가 가장 넓은 면적인 80ha의 어업권을 가지고 있다. 어류 양식은 화태가 36ha로 가장 넓은 면적을 가지고 있으며, 마을어업의 경우는 안도가 가장 넓은 163ha의 면적에 어업권을 가지고 있다.

(6) 해역내 어선세력

해역내 어촌계의 어선세력 현황은 표 5-2-13과 같다.

표 5-2-13. 바다목장 권역내 어촌계의 어선현황

Table 5-2-13. Magnitude of fisherman in total fishing vessels

(단위 : 척)

어촌계	어선세력		
	무동력	동 력	합 계
우 학	2	23	25
직원포	1	16	17
두 모	2	11	13
함구미	1	24	25
송 고	4	26	30
대소여	2	63	65
심 미	2	29	31
장 지	1	24	25
두 라	4	60	64
나 발	3	27	30
화 태	5	129	134
횡 간	3	61	64
안 도	3	78	81
서고지		34	34
연 도	1	86	87
역 포	2	52	54
월 호	8	69	77
자 봉	4	27	31
화 산	11	92	103
신 흥	3	38	41
호 전	2	42	44
여 석	1	32	33
월 향	2	47	49
합 계	67	1,090	1,157

자 료 : 2003년 어촌계현황, 수협중앙회

먼저 어선 척수가 가장 적은 곳은 두모로 총 13척이 있고, 가장 많은 어선세력을 보유하고 있는 어촌계는 화태로 총 1,157척의 11.6%를 차지하는 화태어촌계이다. 또한 화태어촌계는 동력선이 전체 1,090척중 11.8%인 129척의 어선을 보유하고 있으며, 무동력선을 가장 많이 보유하고 있는 어촌계는 해역전체 67척의 16.4%인 11척을 차지하고 있는 화산어촌계이다. 또한 무동력선이 전혀 없는 어촌계는 서고지 어촌계로 조사되었다.

(7) 해역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득

우선 어촌계 어가의 평균소득은 전체 어촌계의 어가 평균소득인 19,149천원 보다 적은 18,800천원으로 조사되었다. 또한 여수전체 수산물생산실적 물량이 58,713톤인데 해역내 어촌계의 수산물생산실적은 전체의 14.6%에 해당하는 8,561톤으로 조사되었다. 수산물생산실적이 가장 높은 어촌계는 화태로 해역총합인 8,561톤의 14.9%에 해당하는 1,273톤이었으며 가장 낮은 곳은 함구미로 0.7%에 해당하는 63톤의 생산실적을 보이고 있다.

생산금액은 전체 183,225백만원인데, 이 중에서 해역내 어촌계에서 생산하는 금액은 24.4%를 차지하는 44,790백만원으로 조사되었다.

표 5-2-14. 바다목장 권역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득

Table 5-2-14. Landing are average income in marine ranching area

(단위 : 톤, 천원)

어촌계	해역내 어촌계 생산실적			어촌계	해역내 어촌계 생산실적		
	생산물량	금액(백만원)	평균소득		생산물량	금액(백만원)	평균소득
우 학	107	653	17,827	안 도	416	2,796	20,307
직원포	181	712	15,709	서고지	258	1,612	18,690
두 모	314	1,105	17,901	연 도	567	2,807	22,304
함구미	63	1,029	23,072	역 포	425	2,094	24,097
송 고	274	1,044	17,019	월 호	527	3,164	17,603
대소여	741	1,098	20,423	자 봉	157	747	15,300
심 미	218	1,182	20,085	화 산	822	3,933	16,901
장 지	175	1,071	19,073	신 흥	207	1,687	18,288
두 라	468	2,810	17,096	호 전	184	797	17,034
나 발	205	1,172	18,079	여 석	271	993	18,232
화 태	1,273	7,640	16,042	월 향	350	2,496	19,218
횡 간	358	2,148	22,094				
합 계	8,561	44,790	19,149	평 균	372	1,030	18,800

자 료 : 2003년 어촌계현황, 수협중앙회

2. 바다목장 이용관리 실태

가. 어획실태

(1) 어종

바다목장 해역내 어획은 참돔, 볼락, 조피볼락, 감성돔, 돌돔, 숭어, 방어, 삼치, 농어, 장어, 기타어종으로 나누어서 어획량을 비교하여 보았다.

표 5-2-15는 전남 다도해형 바다목장 해역에서 평균 1회 출어당 어획된 어획량을 나타내는 것으로 평균적으로 해역내에서 가장 많이 어획된 어종은 장어로 10.4kg의 어획량을 보였으며, 다음으로 조피볼락이 7.8kg의 어획량을 보였다. 다음은 농어와 감성돔으로 약 6kg의 어획량을 나타내었다. 방어와, 삼치의 경우는 잘 어획되지 않아서, 어획량을 측정하기가 쉽지 않았지만, 방어는 약 3kg, 삼치는 4.2kg이 어획되는 것으로 조사되었으며 가장 어획량이 낮은 어종은 돌돔으로 약 1.8kg이 어획되는 것으로 설문조사 되었다.

전남 다도해형 바다목장의 주어종인 감성돔의 경우는 6.0kg의 어획량을 보이고 있는 것으로 조사되었으며, 어촌계 어업인들의 1년평균 어획량은 2,389.44kg인 것으로 추정되었다.

표 5-2-15. 바다목장 권역내 1일 출하시 어획종 및 어획량

Table 5-2-15. Fisher and catch one day fishing trip

(단위 : kg)

어종	참돔	볼락	조피볼락	감성돔	돌돔	숭어	방어	삼치	농어	장어	기타
어획량	5.2	4.8	7.8	6.0	1.8	4.8	3	4.2	6.0	10.4	5.7

(2) 어종별 가격

그림 5-2-1은 전남 다도해형 바다목장의 11가지 외출낚시 주요어종을 선정하여 판매금액을 설문조사한 결과를 보이고 있는데, 먼저 참돔의 경우는 11,000~12,000원의 가격대를 보였으며, 볼락은 11,000원대의 가격을 보였다. 조피볼락의 경우 8,000~9,000원대, 감성돔의 경우 12,000원대, 돌돔의 경우 12,000원대, 숭어는 500원대, 방어는 4,000원대, 삼치는 8,000원대, 농어의 경우는 8,000원~9,000원대, 장어의 경우는 5,000원~6,000원대의 가격대를 보이는 것으로 조사되었다.

삼치의 경우는 어획량이 그리 많지를 않아서 현지판매의 정확한 가격대를 알 수가 없었으며, 그 외 기타 어종은 가격대가 3,000원~10,000원대까지 다양하게 조사되었다.

참돔이나 돌돔의 경우는 워낙 가격차이가 심하고 어획이 잘되지를 않아 가격대를 알기가 힘들었다. 또한 외출낚시어업은 주업보다 부업의 비율이 더 높아 70% : 30%의 비율을 보였으며, 한달에 평균적으로 10~14회 정도 출어를 한 것으로 설문조사 되었다.

외줄낙시어업을 통하여 1년 평균 수입은 1년 동안 한달에 12번씩 출어한 것으로 추정하여 계산한 결과 약 13,000천원으로 조사되었다. 외줄낙시어업의 경우 어촌계의 전체적인 생산량은 데이터 부족으로 인하여 추정하기가 불가능하므로 직접설문조사에 의해 조사된 어업인들의 생산량을 추정하여 전체생산량을 추정하였다.

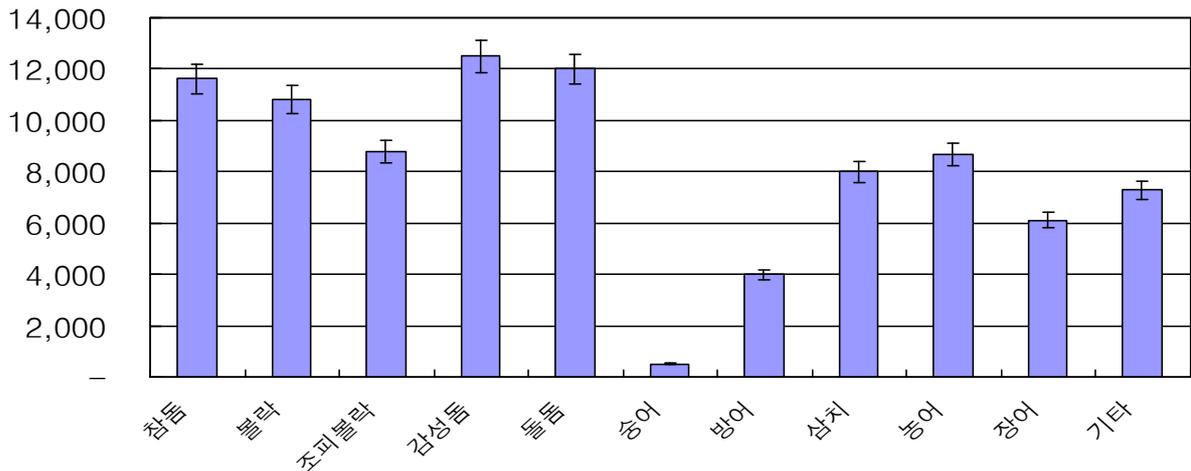


그림 5-2-1. 어류별 산지가격

Fig. 5-2-1. Cost a price level

나. 바다목장해역 이용실태

바다목장 해역내의 이용관리 실태는 본격적으로 이루어지지 않고 있는 상황이다. 현재 유어낙시객, 전문적으로 치어만을 어획하는 어업인들 그리고 불법이각망, 불법어선 등 해역내에 많은 이용관리에 어려움이 나타나고 있다.

즉 바다목장해역의 생산 및 자원관리과정에서 나타나는 문제점은 대략 6가지 원인을 들 수 있겠는데, 업종간 경합, 자원남획, 불법어업 등이 있다. 특히 외줄낙시어업과 대상어가 비슷한 자망어업, 낙시객, 통발어업 등이 외줄낙시어업과 경합할 수 있다는 것이다.

첫째, 자망어업의 경우 외줄낙시어업과 대상어종이 경합될 뿐 아니라 폐어망이 인공어초 등 자원조성시설을 둘러싸므로 자원조성에도 영향을 크게 미칠 수 있으며, 어획강도가 상대적으로 높아 조성자원을 일시에 감소시켜버릴 우려가 있다.

둘째, 낙시객의 경우 이전에는 낙시객들이 대부분 지역에서 숙식을 해결하고 낙시에 소요되는 대부분의 물품을 구입하므로 지역 경제에 어느 정도 도움이 되었으나 지금은 출조시 대부분의 물품을 미리 준비하고, 지역에서는 낙시선을 이용하는 정도가 대부분으로 지역경제에 도움이 되지 못하고 있는 실정이다. 또한 이들은 감성돔, 참돔, 볼락 등 고급어를 대상으로 어획을 하고 있어 외줄낙시어업과 어종경합이 발생하고 있으며, 과도한 밀집 사용에 의한 바다의 오염, 낙시과정에서 투기되거나 유실되는 낚에 의한 환경오

업 등의 문제가 발생하고 있는 상황으로 어업인들이 이들을 어장과 자원에 대한 경쟁자로 인식하는 경향이 증대되고 있는 현실이다.

셋째, 통발의 경우는 치어에 대한 선별적 조업이 불가능하기 때문에 어업인 스스로가 통발에 든 유치자어를 방류하여야 함에도 불구하고 어획과 판매가 이루어지고 있다. 게다가 바다목장에서 종묘방류시에 양식어업자들이 통발을 사용해 치어를 잡아 가두리에 입식하거나 양식장에 치어로 판매하는 경우가 많고, 조업과정에서 발생할 수밖에 없는 폐통발로 인한 폐해가 있다.

넷째, 정치망과 각망 등 정치성 구획어업의 경우로 어구가 지선에서부터 설치되고 있는데, 지선은 치어의 성육장 구실을 하고 있기 때문에 치어가 이들 어구에 어획될 수밖에 없으며 어획된 치어가 재방류되지 않고 시장에서 판매되고 있다.

다섯째, 불락의 경우 체포금지체장이 15cm 이하로 수산자원보호령 10조에서 규정하고 있음에도 불구하고 시장에서 판매되고 있으며, 선어상태로 시장에서 판매되고 있는 불락의 경우는 대부분이 규정 이하의 체장으로 자연산도 상당수 판매되고 있다.

여섯째, 바다목장 해역외 어업인 이용실태로 바다목장사업으로 인하여 자원조성이 잘 이루어짐에 따라 바다목장 해역외의 어업인들이 단속을 피해 주로 야간에 바다목장 보호수역에서 불법어업을 하고 있다. 또한 어업을 목적으로 하는 어선들 외에 유어낚시를 즐기기 위한 낚시꾼들의 이용도 많은데, 이들은 아직까지 동 해역이 바다목장 해역임을 정확히 알지 못하고 있으며 보호수면이 지정되어 있다는 사실은 더더욱 알지 못하고 있다.

전남 다도해형 바다목장인 여수해역에 유어낚시 실태는 여수지역을 방문한 유어 낚시객이 주로 찾는 낚시 포인트는 갯바위로 감성돔과 불락을 주로 어획하고 있으며, 배를 타고 금오도 일대와 화태도 일대에서 어획을 하는 선상낚시 또한 여수해역을 찾는 유어낚시객이 자리하는 장소이다.

갯바위나 선상낚시에서 낚시를 하는 이유나 좋은 점은 조과에 대한 기대가 크다는 것이 낚시객의 주된 이유였으며, 여수지역 낚시의 좋은 점이 무엇인가에 대한 결과로 풍부한 어획량, 어종이 많다, 낚시가 용이하므로 여수지역을 찾는다고 조사되었다.

현재 여수에서는 한해 약 650,000명~700,000명 정도의 유어낚시객이 방문을 한다. 또한 낚시접포수는 2003년 12월 현황으로 약 110개가 산재하고 있으면, 유어선수는 137척이 등록되어 있다.

3. 어업경영실태

가. 조사개요

(1) 조사대상 및 방법

전남 다도해형 바다목장 해역 어촌계의 어업경영실태를 파악하기 위하여 어촌계 계장과 계장을 통한 무작위 선출된 어업인을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 선출된 어업인

들은 외출낚시를 주업·부업으로 하는 어업인들 이었으며, 현지조사원들을 통한 어업인 면접조사와 연구원 현지방문을 통한 어업인 면접조사를 병행 실시하여 어업경영실태를 조사하였다.

조사에 사용된 설문지는 부록에 첨부되어 있다.

(2) 분석대상 및 방법

어촌계 계장을 통한 어촌계 전체의 어촌계원 수, 어업현황 등에 대하여 조사를 진행하였으며, 어업현황은 어촌계내의 어선어업과 마을어업의 어가종류 및 허가건수, 허가면적 등을 조사하였다. 또한 어선어업의 경우 외줄, 연승, 통발, 기타 등의 4가지 허가로 분류하여 각각의 어업인수와 어선척수를 조사하였으며, 어종별 주어기 그리고 어장의 위치에 대하여 조사를 진행하였다. 분석대상은 전남 다도해형 바다목장 해역내의 23개 어촌계의 어업인이며, 어촌계 계장을 통해 설문 받은 내용은 그 어촌계의 정확한 어촌계원 수, 어업현황 그리고 어선어업과 마을어업의 허가종류 및 허가건수, 면적 등을 조사하였으며 어촌계내의 정치어업, 양식어업, 기타(낚시어선 등)에 대한 현황을 조사하였다. 또한 어촌계 어업인들중 외출낚시를 전업으로 하거나 겸업으로 하는 어가에 대한 설문조사를 병행하여 실시하였으며, 어업경영실태 와 어가경영상태 그리고 어가손익현황, 어업비용 그리고 어가경제를 조사하기 위한 설문내용은 다음과 같다.

첫째, 어업의 허가명칭과 어기기간, 소유하고 있는 어선의 선령, 톤수, 선질, 동력여부, 구입가격, 구입 년 월일을 조사했고, 기관의 형식, 어구, 어로방비 등에 관한 수량과 구입 가격에 대한 조사를 했다.

둘째, 자산 및 부채현황에 대해 2004년도 말을 기준 조사를 진행하였으며, 내용은 현재 자신이 유용할 수 있는 유동자산이 현금, 예금, 외상 매출금을 포함해서 어느 정도나 되는지에 대한 조사를 진행했으며, 또한 부채를 정부지원자금, 일반자금, 사채의 3가지 형식으로 나누어서 자금명, 차입기관, 차입금액, 차입시기, 상환시기에 대한 조사를 했다.

셋째, 어업의 손익현황에 대한 조사를 진행했으며 이 조사목록에는 10개의 어종에 따라 바다목장 대상지역 내와 대상지역 외 생산량을 조사하였으며, 판매방법은 상인판매, 수협위판장, 도매시장, 가공공장, 직접판매, 횃집판매, 기타의 방법 중에 판매를 어떻게 하고 있는지에 대한 %비율을 조사하였다.

넷째, 어업비용 조사는 출어비용, 인건비, 판매관리비, 일반관리비, 어업의 비용 등의 5가지 항목으로 나누어서 조사를 하였다. 각각의 항목은 데이터의 정확성을 높이기 위하여 3~4개의 세부항목을 추가시켜 조사를 진행하였다.

다섯째, 어가경제를 알아보기 위한 조사로 어가경제조사를 하였는데, 어업수입과 농업 그리고 기타겸업, 사업 외 수입의 항목을 가진 어업의 수입 그리고 가계지출에 대한 조사를 진행하였다. 또한 경영자료조사는 어업인들 개개인의 부채비율, 매출액 어업 이익률,

자본생산성 등을 조사했다.

나. 어업경영

(1) 현황

조사지역의 연안어선어업중 외줄낚시어업(복합어업)의 경우 대부분이 고용인이 없는 어업인이 가족 혹은 혼자만의 노동력으로 경영을 유지하고 있었으며, 대부분의 어업인들이 가두리 양식을 병행하고 있었다.

어획되는 어종의 가격대는 참돔의 경우는 11,000~12,000원의 가격대를 보였으며, 볼락은 11,000원대의 가격을 보였다. 조피볼락의 경우 8,000원~9,000원대, 감성돔의 경우 12,000원대, 돌돔의 경우 12,000원대, 송어는 500원대, 방어는 4,000원대, 삼치는 8,000원대, 농어의 경우는 8,000원~9000원대, 장어의 경우는 5,000원~6,000원대의 가격대를 보이는 것으로 조사되었다. 삼치의 경우는 어획량이 그리 많지를 않아서 현지판매의 정확한 가격대를 알 수가 없었으며, 그 외 기타 어종은 가격대가 3,000원~10,000원대까지 가격의 변동이 있다는 것을 알 수 있었다.

그림 5-2-2의 경우는 외줄낚시어업의 전체 어획량 중에서 어종에 따른 어획량이 과연 어느 정도나 되는지를 나타낸 것으로 평균전체 생산량을 100%로 놓았을 때 어종별 생산량을 비율로 보여주고 있다.

참돔의 경우 0%에 가까운 비율을 보였으며, 가장 많이 어획되는 우럭의 경우 25.2%, 다음으로 감성돔이 17.2%, 송어가 14%, 삼치가 12.4%, 농어가 약 11%, 장어는 11.1%, 볼락의 경우가 약 8%의 비율을 나타냈다. 참돔과 방어 그리고 돌돔의 경우는 어획량이 너무 적어서 금년 설문조사에서는 생산량을 파악하지 못했다.

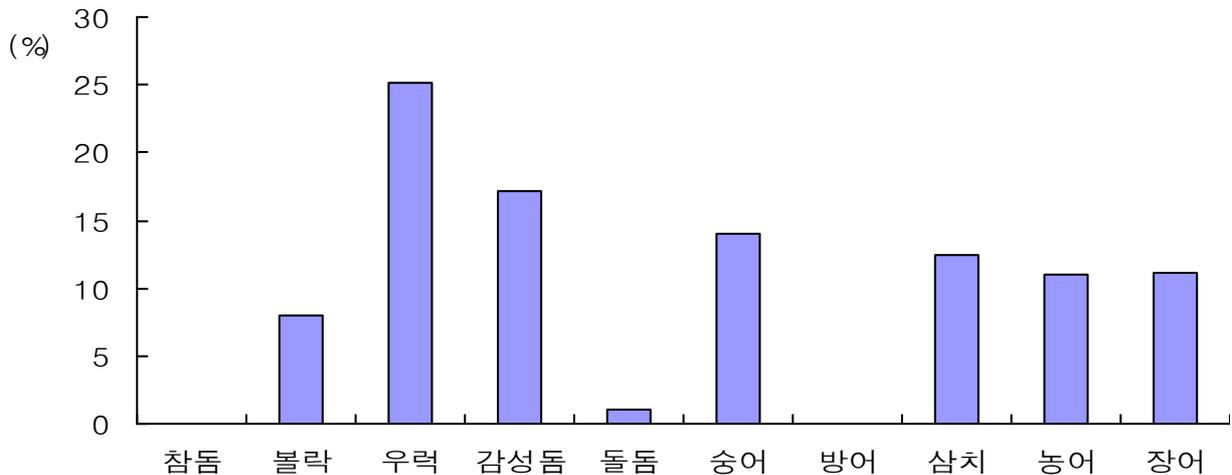


그림 5-2-2. 외줄낚시어업의 어종별 어획비율

Fig. 5-2-2. Percent of main target fishes in one-string angling fishery

(2) 자산, 부채 및 손익현황

본 항목은 바다목장 권역내의 어업인들에 대한 경영실태와 경영지표분석을 위한 기초 자료로 사용하기 위하여 해역내 어업인들을 대상으로 설문조사를 하였다.

표 5-2-16은 어업인의 자산을 고정자산과 유동자산으로 나누었으며, 부채도 마찬가지로 고정부채와 유동부채로 나누어서 어업인의 경영의 상태를 알아보았다. 자산 및 부채의 현황은 2002년도와 2003년도를 서로 비교하여 보았는데, 먼저 고정자산의 경우는 2002년도에 10,893천원에서 2003년도에는 19,249천원으로 증가한 것에 반하여 유동자산은 15,455천원에서 3,409천원으로 약 12,046천원이 감소된 것으로 조사되었다. 총 자산의 합계는 2002년도에 26,348천원에서 2003년도에는 22,658천원으로 3,690천원이 감소된 것으로 조사되었다.

다음은 어업인들의 부채로 고정부채는 2002년도에 17,773천원에서 14,735천원으로 약 3,037천원이 감소되었으며, 유동부채도 마찬가지로 전년도에 38,036천원에서 25,786천원이 감소된 12,250천원으로 조사되어, 총부채의 합계는 전년도에 55,809천원에서 26,986천원으로 28,823천원이 감소되었다.

표 5-2-16. 자산 및 부채 현황

Table 5-2-16. Assets and debts

(단위 : 천원)

구 분	고정자산	유동자산	자산합계	고정부채	유동부채	부채합계
2002	10,893	15,455	26,348	17,773	38,036	55,809
2003	19,249	3,409	22,658	14,736	12,250	26,986

(가) 외출낚시를 주업으로 하는 어업인

외출낚시를 주업으로 하는 어업인의 일년 어업생산액은 19,040천원이었으며, 어로비와 생활비를 포함한 지출비는 15,138천원으로 어업이익은 3,902천원으로 조사되었다.

해역내 어업인들중 외출낚시를 주업으로 삼고 있는 어업인들의 수가 적고, 조사대상자가 65세 이상으로 나이가 많아서 정확한 어업생산액과 지출비 등에 관하여 잘 기억을 하지 못하는 현실이었으며, 이와 같은 이유로 많은 양의 설문을 받지 못하였다.

(나) 외출낚시를 겸업으로 하는 어업인

외출낚시 이외에 양식업과 농업을 겸업으로 하는 어업인의 합계를 평균으로 내었으며, 겸업을 하는 어업인의 평균금액은 15,866천원으로 조사되었는데, 이 금액은 전년도의 10,200천원보다 5,666천원이 증가한 것이다. 이 금액은 여수시 전체 어업인의 19,018천원

보다 3,152천원이 적은 금액이다. 또한 지출비용은 어로 및 양식(농업)을 포함한 금액으로 총 지출비용은 평균 17,454천원으로 조사되었다.

(3) 경영지표분석

재무지표 분석은 어가경영체의 재무건전성을 파악하기 위해 실시하였으며 이러한 분석은 여수바다목장의 조성과정에서 나타날 것으로 기대되는 어획량 증대 등의 효과가 어가경영체에 어떠한 영향을 주는지를 분석하기 위해 2002년부터 실시하고 있다.

분석에 사용되는 재무지표는 일반적으로 경영체 분석에 사용되는 유동성비율, 안정성비율, 손익관계비율, 활동성관계비율의 4가지를 이용하였다.

유동성비율은 단기채무에 대한 경영체의 지급능력을 측정하는 방법으로 사용되며, 자기자본비율과 유동비율을 분석하였다.

안정성비율은 경영체가 장기적인 관점에서 시장여건변화 등의 경제여건변화에 대응할 수 있는 능력을 가지고 있는지를 분석하는 것으로 고정비율과 부채비율, 차입금의존도 등 세 가지 항목으로 분석을 실시하였다.

손익관계비율은 수익성을 분석하기 위한 지표로 이용하는데 일정기간 동안의 경영성과를 측정하고 그 성과의 원인을 분석, 검토하기 위한 항목이다. 이를 위해 총자본어업이익율과 자기자본순이익율, 매출액어업이익율에 대한 분석을 실시하였다.

활동성관계비율은 자산과 자본의 회전율을 분석하는 것으로 투하된 자본이 기간중 얼마나 활발하게 운용되었는가를 나타내는 비율로서 수익성비율과 관계가 있으며 회전율이 높을수록 자본의 이용도가 높다.

표 5-2-17. 주요 재무지표

Table 5-2-17. Financial indices

구 분		2002년	2003년
유동성비율	자기자본비율	(-197.3)	(-81.8)
	유동비율	40.6	27.8
안정성비율	고정비율	(-21.0)	(-103.8)
	부채비율	(-107.4)	(-145.6)
	차입금의존도	211.8	119.1
손익관계비율	총자본어업이익율	85.5	62.7
	자기자본순이익율	(-43.3)	(-76.7)
	매출액어업이익율	70.4	60.8
활동성관계비율	총자본회전율	1.2	1.0
	고정자산회전율	2.9	1.2

주요재무지표를 보면 (-)로 표시된 항목들이 있는데 이는 자본이 “-” 상태이 있기 때문에 나타나는 현상으로 이를 분석수치로 사용하기는 어렵다. 이 때문에 일반적으로 나타나는 수산업에 있어서의 재무비율의 특징인 고정비율이 높다는 것도 매우 낮게 나타나고 있어 자본이 “-”인 현상에 의해 재무지표의 왜곡이 심하다는 사실을 알 수 있다.

2003년 동 해역에서의 활동성 비율 역시 2002년보다 낮게 나타나 어업수익 또는 어업소득이 감소하고 있다는 사실을 알 수 있게 해 준다. 자기자본비율이 “-”인 상태가 커지는 것도 이러한 현상을 보여주는 것으로 재무지표 전체를 보았을 때 동해역에서의 어가경영체의 경영상태 악화가 심화되고 있다는 사실을 알 수 있다.

따라서 이러한 시기에 어업경영의 회복을 위해 시작된 동 사업이 시작된 것은 여수바다목장 해역 어가경영에 있어서는 무척이나 다행스러운 일이라 할 수 있을 것이다.

다. 어가수지

어가수지는 어업인의 전체소득에 대하여 어가수로 나누어서 평균을 구한 것으로 소득에 대한 것은 먼저 어가당 평균소득, 어가당 평균어업소득, 어선어업 가구당 평균 어선어업 소득으로 구분하여 결과를 내었으며, 이 자료는 2003년도 수협 어촌계 현황의 자료를 사용하였다.

또한 여수지역 전체 어가수의 평균소득과 바다목장 후보지 권역의 23개 어촌계의 소득을 비교하여, 평가하였다.

(1) 어가당 평균소득

수협에서 발간한 2003년도 어촌계 통계자료에서 여수권역의 123개 어촌계의 소득의 합계는 2,385,093천원이었고, 호당 평균소득은 19,391천원이다.

여수권역의 123개 어촌계에서 어획되는 전체 물량은 약 64,859(kg)으로 전년도의 77,586(kg)에서 약 12,727(kg)이 감소한 것으로 조사되었으며, 금액은 176,309백만원으로 전년도의 208,981백만원에서 약 32,672백만원이 감소한 것으로 조사되었다. 이 중에서 바다목장 권역내에 있는 23개 어촌계에서 어획되는 물량은 전체 여수의 물량에 11.9%에 해당하는 7,722(kg)이었으며, 금액은 전체 금액의 24.2%를 차지하는 43,626백만원으로 조사되었다.

(2) 어가당 평균 어업소득

어선어업수입과 양식어업의 수입을 합친 어가당 평균어업 소득은 10,908천원이었다. 그러나 어선어업 가구당 평균 어선어업소득은 12,050천원으로 어가당 평균 어업소득보다 1,142천원이 더 많은 것으로 조사되었다. 이는 겸업양식어가의 양식소득이 감소한 데 기인하는 것으로 여겨진다.

제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사

1. 유어낚시

가. 조사대상 및 방법

전남 다도해형 바다목장 지역의 유어낚시객에 대한 설문조사는 바다목장 사업 전·후의 이용도 및 어촌의 수입증가와 여수시의 관광사업에 대한 비교, 분석을 하기 위한 기초자료로 사용하기 위하여 조사되었다. 또한 관광객과 유어낚시객의 소비자 잉여를 추정하기 위한 자료로 사용된다.

설문조사는 여수지역의 지역적 특성과 설문내용을 감안하여 연구진과 현지 조사원에 의하여 1대1 직접면담식으로 진행되었으며, 설문지의 내용은 여행비용법을 분석하기 위한 여러 가지 변수인 응답자의 월평균소득, 여행시간과 비용, 체재시간, 연간방문횟수 등과 나이, 출조지역, 낚시에 대한 여가비율, 출조형태, 낚시여행비용, 바다목장의 인지도 등에 대한 추가조사를 실시하였다.

나. 조사결과

(1) 낚시객 현황

낚시객 현황에 대한 조사는 낚시객의 평균연령과 월평균소득에 대하여 조사를 실행하였다. 먼저 여수지역을 찾는 유어낚시객의 평균연령을 알아보는 조사로서, 그림 5-3-1에서 보는바와 같이 낚시객의 가장 많은 비율을 차지하고 있는 연령대는 31세 이상 40세 이하로 나타났다.

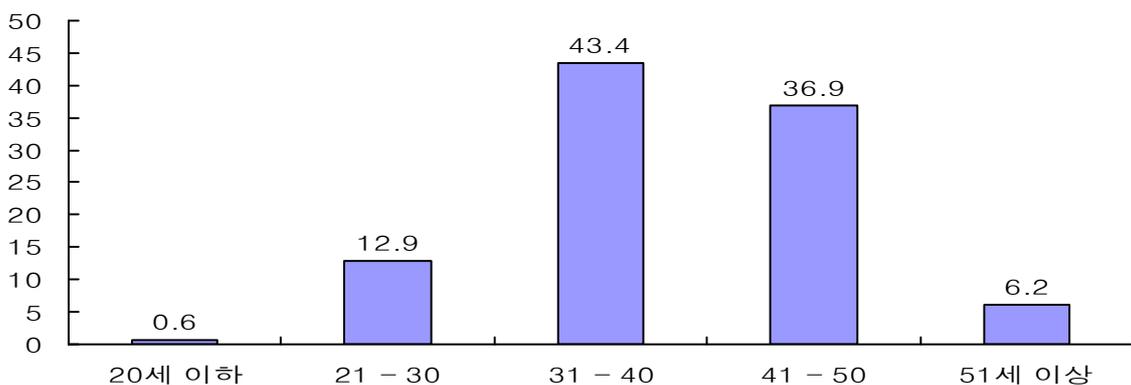


그림 5-3-1. 연령별 방문자 현황.

Fig. 5-3-1. The rate of visitor by age.

이 연령대는 전체 884명중 43.4%를 차지하는 384명으로 조사되었으며, 그 다음은 41세이상 50대미만으로 전체의 36.9%를 차지하는 326명, 21세이상 30대미만은 12.9%를 차

지하는 114명, 51세이상은 6.2%인 55명, 20세 이하는 0.65를 차지하는 5명으로 조사되었다.

다음은 월평균소득에 대하여 조사한 항목으로 주5일제 근무가 시행되고, 과연 어느 정도의 소득을 가진 사람이 낚시를 다니는지에 대한 조사로서 실행되었는데, 본 항목의 설문조사 결과는 그림 5-3-2에서 잘 나타나있다.

월평균 소득은 전체 응답자 896명중, 200이상 300이하가 47.4%인 425명이 응답을 했으며, 100이상 200미만이 25%인 224명, 300이상 400이하가 15.4%인 138명, 100이하가 7.8%인 70명, 400이상이 전체의 4.4%인 39명으로 조사되었다.

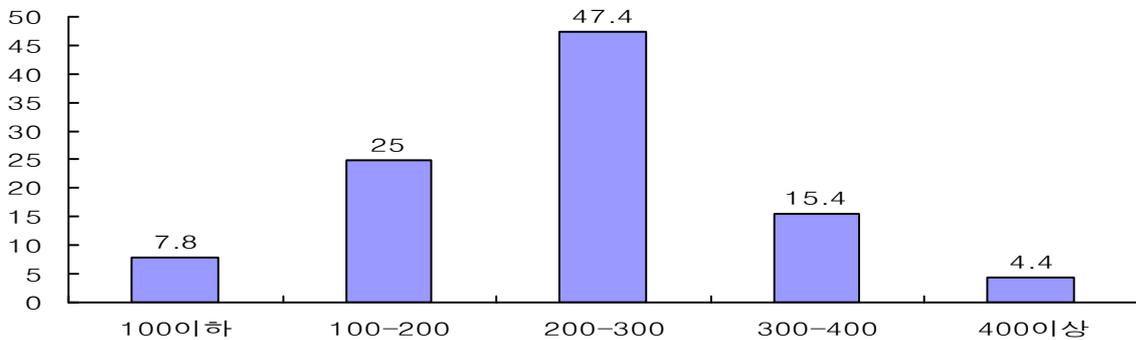


그림 5-3-2. 월평균소득별 방문자 현황.

Fig. 5-3-2. The rate of visitor by monthly average income.

(2) 출조형태

출조형태는 출조지역과 유어낚시 출조 그리고 어획되는 어종 등의 3가지 세부항목을 조사하였다. 먼저 출조지역에 대한 조사는 그림 5-3-3에서 보듯이 주로 출조하는 출조지역을 여수라고 응답한 비율이 전체 838명의 63%에 해당하는 526명이 응답을 하였고, 다른 지역이라고 응답한 비율은 37%인 312명이 응답을 하였다.

또한 그림 5-3-4에서 보는바와 같이 낚시객이 주로 찾는 낚시 포인트는 갯바위로 전체 871명중 76%를 차지하는 660명이 응답을 했고, 선상낚시는 20%인 176명이 응답을 했다.

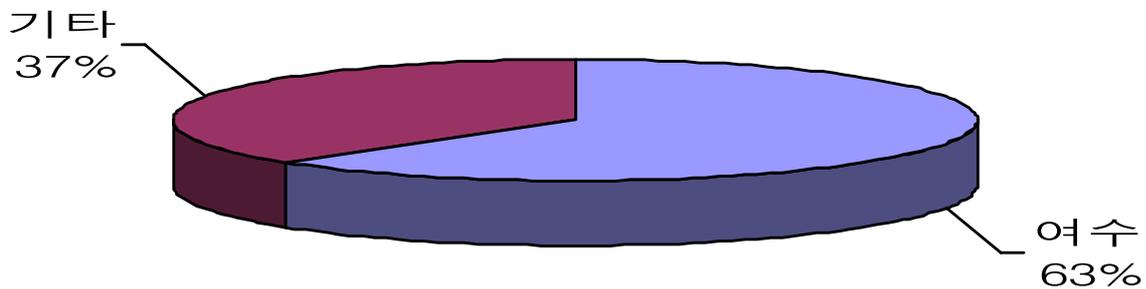


그림 5-3-3. 주로 출조하는 지역.

Fig. 5-3-3. Major fishing area.

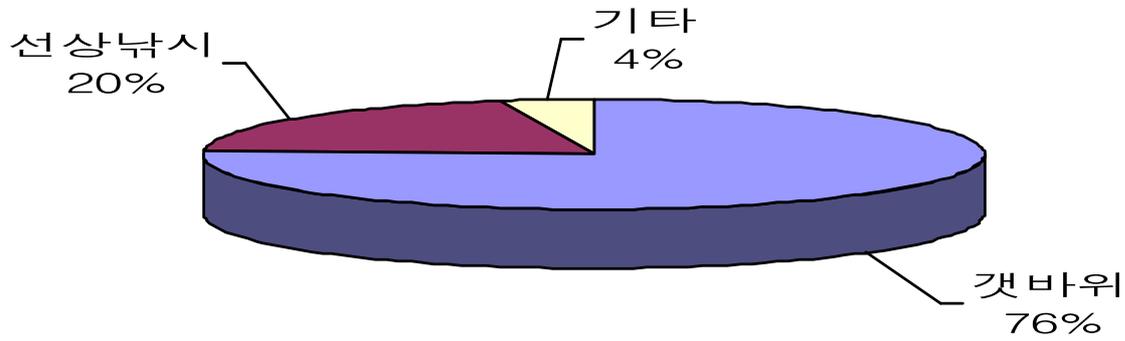


그림 5-3-4. 출조장소.

Fig. 5-3-4. Major fishing mode.

갯바위나 선상낚시에서 낚시를 하는 이유나 좋은 점은 조과에 대한 기대가 크다는 것이 낚시객의 주된 이유였으며, 낚시여행 결정에 가장 중요한 요소가 무엇이냐고 묻는 설문에서는 조과에 대한 기대, 시간적인 여유, 친목, 비용절약, 스트레스 해소, 편의시설 등의 설치가 가장 중요한 요소라고 대부분의 낚시객이 응답을 하였다.

또한 여수지역 낚시의 좋은 점이 무엇인지에 대한 설문조사 결과 응답자의 대부분이 많은 양의 조과, 주위환경이 좋다, 어종이 많다, 낚시가 용이하다, 거리가 가깝다고 응답을 하였다. 여수지역에서 주로 잡히는 어종은 감성돔, 돌돔, 도다리, 놀래미, 우럭, 농어, 장어, 도다리, 광어, 조피볼락 등으로 조사되었다. 또한 1회 출조시 어획되는 마리수는 약 4.85마리이며, 어획량은 약 1.74kg으로 조사되었다.

(3) 낚시비용

본 항목은 낚시에 대한 투자 그리고 낚시비용 등의 2가지 항목을 조사하였는데, 먼저 1년 여가생활중 낚시에 대한 시간투자 비율을 설문조사 한 결과는 그림 5-3-5와 같다. 전체 893명의 응답자중 여가생활에 낚시를 20%이하로 투자한다고 응답한 비율이 31.4%인 280명이 응답을 했고, 다음으로 21%이상 40%이하라고 응답한 비율은 22.5%인 201명, 41%이상 60%미만이라고 응답한 비율은 24.9%인 222명이 응답을 했다. 61%이상 80%미만이라고 응답한 비율은 전체의 13.5%인 121명이었고, 81%이상이라고 응답한 비율도 전체의 7.2%에 해당하는 64명이었다.

다음은 여가생활에 대한 낚시의 금액투자에 대한 조사로 조사결과는 그림 5-3-6과 같다. 전체 금액의 20%이하를 투자한다고 응답한 비율은 전체 877명중 38.9%에 해당하는 341명이었고, 21%이상 40%이하를 투자한다고 응답한 비율은 21.1%인 185명, 41%이상 60%미만은 23.5%인 206명, 61%이상 80%미만은 11.9%인 105명이었다. 마지막으로 81%이상의 금액을 투자한다고 응답한 비율은 전체의 4.6%인 40명으로조사되었다.

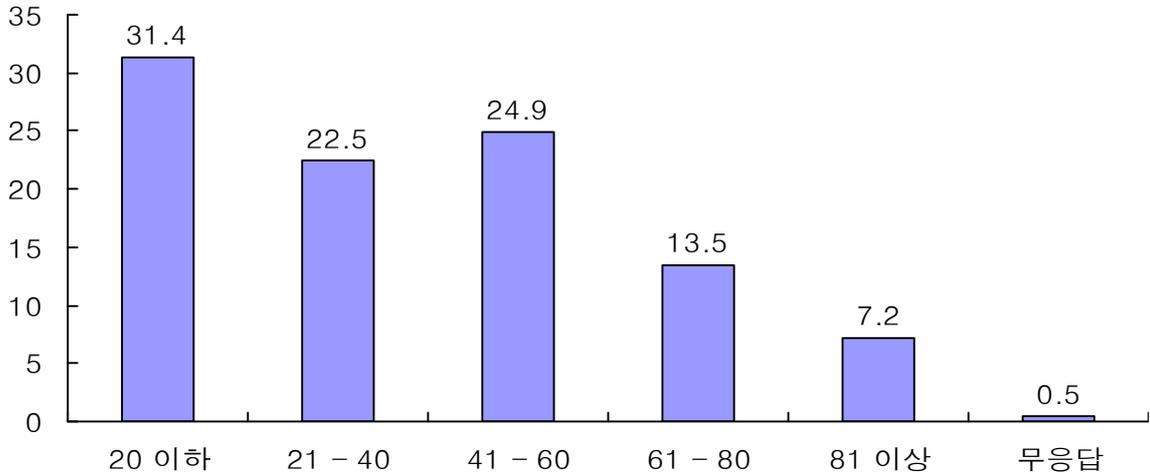


그림 5-3-5. 시간투자.

Fig. 5-3-5. An investor of an amount of time.

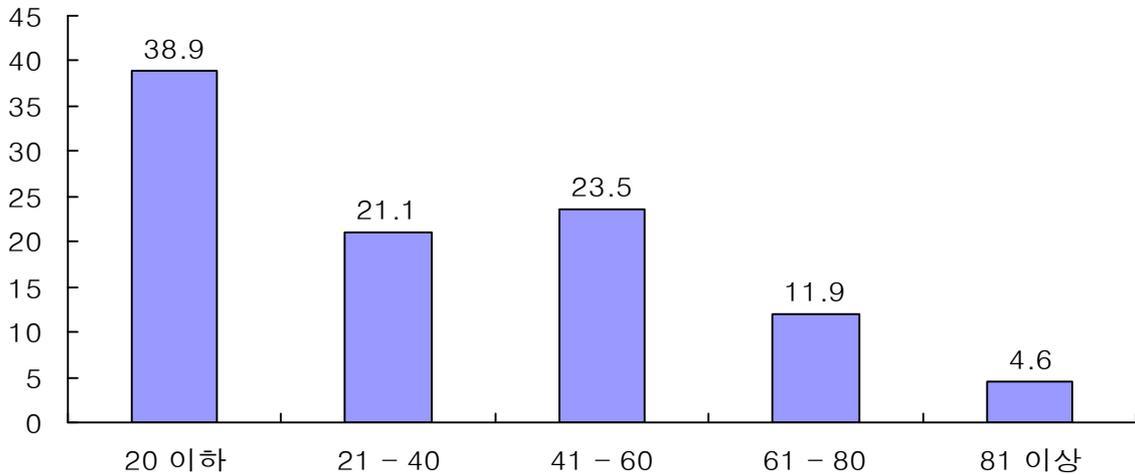


그림 5-3-6. 금액투자.

Fig. 5-3-6. An investor of an amount of money.

낚시비용에 관한 조사는 동반여행객수, 동반유형, 총비용 등의 3가지 소항목을 가지고 조사를 진행했으며, 총비용의 경우 교통비, 식비, 숙박비, 낚시배 임대, 기타 잡비 등의 5가지 세부항목을 추가하여 조사를 진행하였다.

먼저 동반여행객수는 637명이 본항목에 응답을 하였는데, 2인 이하가 18.1%인 115명, 3인 - 4인이 42.7%로서 가장 많은 272명이었고, 5인 - 6인이 19.6%인 125명, 7인 - 8인은 7.4%인 47명 그리고 마지막으로 8인 이상이라고 응답한 비율이 전체의 11.9%인 76명으로 조사되었다.

다음으로 동반유형은 가족, 낚시회, 동호회, 친구, 기타의 5가지 유형을 가지고 총 702명을 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 설문조사 결과 가족과 같이 왔다가 14.7%인

103명, 낚시회가 17.5%인 123명, 동호회는 23.1%인 162명으로 조사되었고, 가장 많은 비율을 보인 친구와 같이 왔다는 응답자는 전체의 39.4%를 차지하는 277명, 그 외로 혼자 왔다 등의 응답을 한 비율은 전체의 5.3%에 해당하는 37명으로 조사되었다.

마지막으로 전체 640명을 대상으로 설문조사한 낚시에 대한 총비용은 표 5-3-1과 같이 조사되었는데,

표 5-3-1. 낚시비용

Table 5-3-1. Cost of fishing

(단위 : 만원)						
구분	총비용	교통비	식비	숙박비	낚시배임대	기타 잡비
합계금액	6,956.8	1,875.2	1,580.8	2,016	2,073.6	1,945.6
1인 평균	10.87	2.93	2.47	3.15	3.24	3.04

여수지역 낚시 출조 형태는 연간 출조 횟수, 낚시여행 타입, 출조시 평균기간, 출발지에서 현지까지 총 여행시간, 교통수단 등의 5가지 세부항목을 가지고 조사를 실행했다.

먼저 전체 857명의 응답자를 대상으로 한 연간 출조 횟수에 대한 조사결과 10회 이하가 43.9%인 376명이 응답을 했으며, 11회 이상 20회 미만이라고 응답한 비율은 25.3%인 217명, 21회 이상 30회 미만은 13.9%인 119명, 31회 이상 50회 미만은 9.1%인 78명, 51회 이상이라고 응답한 비율은 7.8%인 67명으로 조사되었다.

다음으로 전체 885명의 응답자를 대상으로 한 낚시 여행타입은 단체가 81.7%인 723명으로 조사되었으며, 개인이라고 응답한 비율은 18.3%인 162명으로 조사되었다.

1회 출조시 평균기간에 대한 조사는 전체 응답자 820명을 대상으로 하였으며, 당일인 35.4%인 290명, 2일이 61.8%로서 가장 많은 507명이 응답을 하였고, 3일의 경우는 2.8%인 23명이 응답을 하였다.

총여행시간에 대한 조사결과 응답자 879명중 1시간이 15.4%인 135명, 2시간이 21%인 185명, 3시간이 18.1%인 159명, 4시간이 20.6%인 181명 그리고 4시간 이상이 24.9%인 219명으로 조사되었다.

마지막으로 현지까지 타고온 교통수단에 대한 설문조사 결과 본 항목의 응답자 874명 중 자가용을 이용했다고 응답한 비율이 85.5%인 747명으로 조사되었고, 낚시점의 단체버스가 9.1%인 80명, 렌터카가 1%인 9명, 항공기가 0.3%인 3명, 기타는 4.1%인 35명이었다.

(4) 바다목장 이용의지

현재 여수해역에서 잡는 어획량이 2배정도 늘어난다면, 과연 몇 회나 더 여수해역을 방문하는가에 대한 조사로서 총 786명의 응답자를 대상으로 설문조사를 실시하였다.

다음 그림 5-3-7은 이 조사에 대한 결과로서 연간 5번 이하로 응답한 비율은 전체의 48.6%를 차지하는 382명, 6번 이상 10번 미만은 27.9%인 219명, 11번 이상 15번 미만은 2.5%인 20명, 16번 이상 20번 미만은 6.9%인 54명으로 조사되었으며, 20번 이상이라고 응답한 비율도 14.1%인 111명으로 조사되었다.

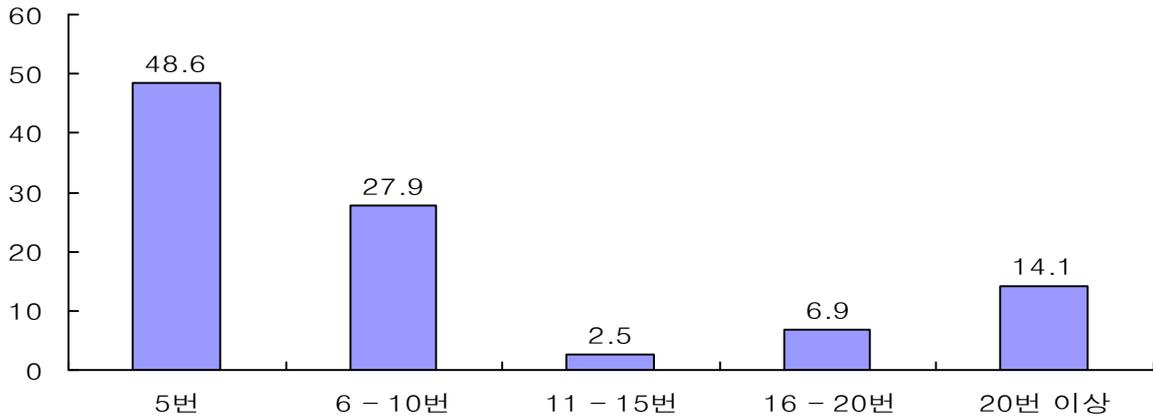


그림 5-3-7. 어획량에 따른 해역 방문.

Fig. 5-3-7. A visitor of Jeonnam Archipelago Marine Ranching.

(5) 바다목장 인지도

낚시객들이 여수에서 진행되는 바다목장 사업에 대해서 얼마나 알고 있는가에 대한 것으로 조사한 것으로 총 880명의 유어낚시객을 대상으로 설문조사를 진행하였는데, 그 결과 전체의 39.9%인 351명이 알고 있다고 응답을 했으며, 잘 모르겠다고 응답한 비율은 60.1%인 529명이 응답을 하였다. 바다목장을 알고 있다고 응답한 응답자는 여수인근의 도시에 사는 낚시객으로 여수와 지리적으로 많이 떨어진 지역의 낚시객 특히 내륙지방에 있는 낚시객들은 대다수가 여수 바다목장에 대하여 모르고 있다.

또한 여수바다목장의 해역이 어디인지에 대한 낚시객의 인지도에 관한 것을 설문조사 하였는데, 전체의 17.6%가 알고 있다고 응답을 한 것에 반하여 82.4%가 모르고 있는 것으로 조사되었다. 여수에서 바다목장 사업을 한다는 것을 아는 낚시객들도 바다목장 해역이 어디인지에 대해서는 잘 모르고 있는 상황으로 앞으로 시설투자 사업이 진행되면, 유어 낚시객에 대한 충분한 홍보를 해야 할 것이다.

2. 관광

여수지역을 찾는 관광객에 대한 설문조사는 바다목장사업 전·후에 대하여 관광객의 현황 그리고 바다목장에 대한 관광객의 인지와 바다목장의 관광자원에 가치를 평가하기 위하여 조사원과 관광객의 1대 1면접방식에 의하여 설문조사를 실시하여 분석하였다.

현재 전남 다도해형 바다목장은 1차년도 마지막 사업이 끝난 상태이면, 내년부터 본격적인 설비투자가 진행되는데, 이와 같은 상황에서 바다목장사업 실시전의 현황을 조사하여 기본 정보와 자료를 축적하기 위한 조사로 매우 중요한 조사라고 할 수 있다.

금년도에는 평일, 연휴, 주말을 각각 조사하였으며, 금년의 경우도 전년도와 마찬가지로 바다목장 사업이 본격적인 실시는 안되었지만, 실시후에 효과를 분석하기 위하여 금년도에는 전해에 비하여 보다 많은 설문조사를 실시하였다.

또한 바다목장사업은 사업 시작하기전과 사업시행 그리고 사업이 완료된 이후의 관광이용에 대한 현황을 알아서 자료를 축적하여 서로 비교해보는 것이 매우 중요한 일이라 하겠다. 또한 시계열(Time series) 분석을 위해서는 매년 이와 같은 종류의 조사는 필수적이라 하겠다. 본 설문조사는 여수를 찾는 관광객의 유형, 비용, 거주지, 월평균소득 등을 포함하고 있으며, 설문지는 뒤에 첨부자료로 첨부하였다.

(1) 관광현황

본항목은 여수지역 관광경험, 여행의 목적 그리고 여행의 유형 등의 3가지 세부항목을 가지고 설문조사를 하였다.

첫째, 여수지역을 처음 찾는 관광객에 대한 설문조사에서 총 684명의 응답자중 43.4%를 차지하고 있는 297명이 처음이라고 응답을 했으며, 전에도 여수지역을 방문했다는 응답자는 전체의 56.6%를 차지하고 있는 387명이 응답을 했다.

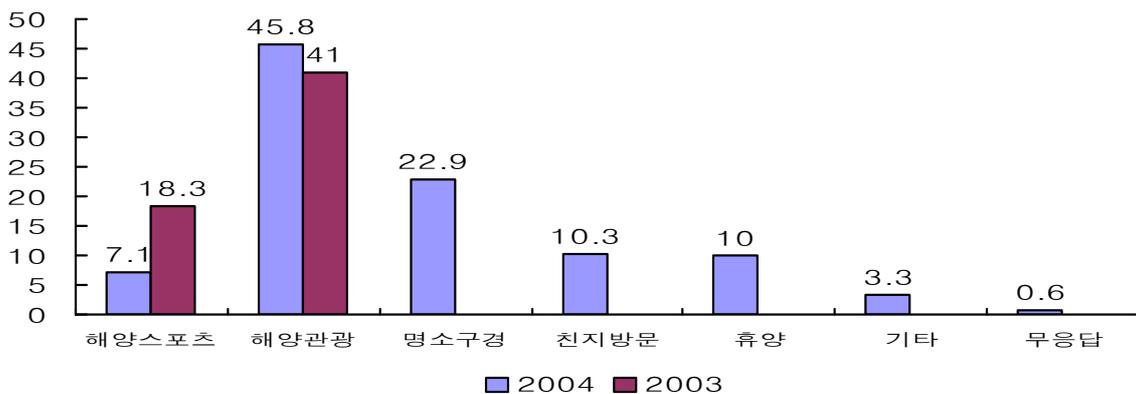


그림 5-3-8. 여수지역 여행의 주목적.

Fig. 5-3-8. Purpose of travel.

두번째, 여행의 주목적을 묻은 문항으로 해양스포츠 및 낚시 등의 레저·스포츠 여행, 해양자연경관구경, 명소구경, 친지 및 친구방문, 휴양 혹은 오락·유흥을 위한 여행, 기타 등의 총 6가지 문항을 가지고 설문조사를 실시했으며, 설문조사 결과 해양자연경관 구경이 전체 1079명의 45.9%를 차지하는 495명이 응답을 했고, 그 뒤로, 명소구경이 22.9%를

차지하는 246명이 응답을 했다.(그림 5-3-8 참조)

본 항목을 전년도와 비교하여 보면 해양스포츠의 경우 전년도에는 18.3%의 비율을 차지했는데, 금년의 경우는 7.1%로 약 11.2%의 비율이 줄어들었으며, 해양관광의 경우 전년도에 41%를 차지하고 있었으나, 금년에는 45.8%를 차지하고 있어서 약 4.8%의 증가율을 보이고 있다.

세번째로 여수여행이 당일여행인지, 숙박여행인지에 대한 조사를 통하여 여수를 찾는 관광객의 여행유형을 조사를 실행하였는데, 숙박을 한다고 응답한 비율이 전체 685명중 53.7%를 차지하는 368명이 응답을 했으며, 당일여행이라고 응답한 비율은 전체의 43.4%를 차지하는 297명이 응답을 했다. 잘 모르겠다고 응답하거나, 무응답을 한 비율은 전체의 2.9%인 20명이 응답을 했다. 전년도에 비하여 숙박여행의 비율이 15.7%가 증가하였고, 당일여행의 비율은 18.6%가 감소하였다.

숙박여행의 경우 여수지역에서 숙박을 한다고 응답한 비율이 약 70%로 조사되었는데, 여수숙박여행의 비율이 적은 이유는 관광지가 적다는 것이 가장 큰 문제라고 할 수 있다. 현재 여수지역의 관광지는 향일암, 오동도, 만성리, 흥국사 등으로 근처의 다른 지역에 비하여 상당히 적은 관광지를 보유하고 있다. 또한 숙박시설에 대한 투자가 해양엑스포 유치 실패이후에 많이 줄어들어 숙박시설의 부족도 이유로 들 수 있겠다.

그림 5-3-9는 여수에서 숙박할 숙박시설을 조사한 것으로 호텔, 여관, 콘도, 민박, 여인숙, 친구나 친척집, 야영 등의 7가지 숙박시설을 놓고 조사한 것으로 전체 686명중에 호텔을 숙박시설로 이용한다고 대답한 비율이 전체의 53.6%를 차지하고 있으며, 여관의 경우 42.4%인 291명이 응답을 하였다.

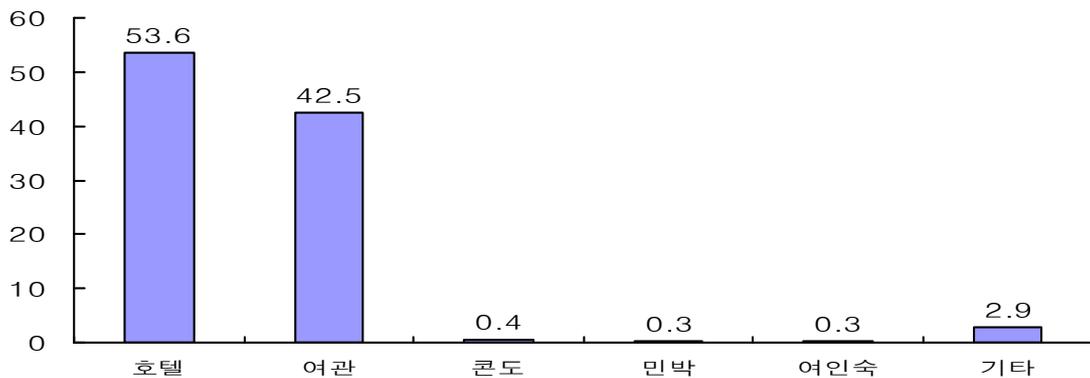


그림 5-3-9. 여수지역 숙박여행시 숙박장소.

Fig. 5-3-9. A lodging charge.

(2) 여행비용

본항목은 지역경제에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 매우 중요한 항목으로 여행경

비 그리고 교통수단에 대한 조사를 진행하였다.

먼저 표 5-3-2의 경우는 여행경비에 대한 결과로 총 674명에게 설문조사를 실시하여서 분석한 것으로 이번 여행에서 소비되는 예상금액은 약 5,263만원이며, 현재까지 지출된 금액은 2,655만원으로 조사되었다. 하지만 실질적으로 남은 여행기간동안에 지출이 예상되는 금액은 3,262만원으로 조사되어, 여행 전에 예상한 여행금액인 5,263만원보다 약 654만원정도가 초과되었다는 것을 알 수 있다.

다음은 1인당 하루 평균여행비용 분석으로 처음에 평균적으로 예상했던 여행비용은 7.81만원에서 현재까지 지출된 경비가 3.94만원으로 조사되었으며 앞으로 추가적으로 지출이 예상되는 비용은 4.84만원으로 0.97만원이 처음 예상했던 여행비용보다 추가되었다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 총 여행비용중에 가장 높은 비율을 차지하는 것은 교통비이고 다음은 음식비 그리고 기타잡비 마지막 숙박비로 조사되었다.

표 5-3-2. 여행경비

Table 5-3-2. A travel outlay of money

(단위 : 만원)

	총 여행경비	현재까지 지출경비	추가경비	교통비	숙박비	음식비	기 타
합 계	5,263	2,655	3,262	1,860	505	1,617	1,199
평 균	7.81	3.94	4.84	2.76	0.75	2.4	1.78

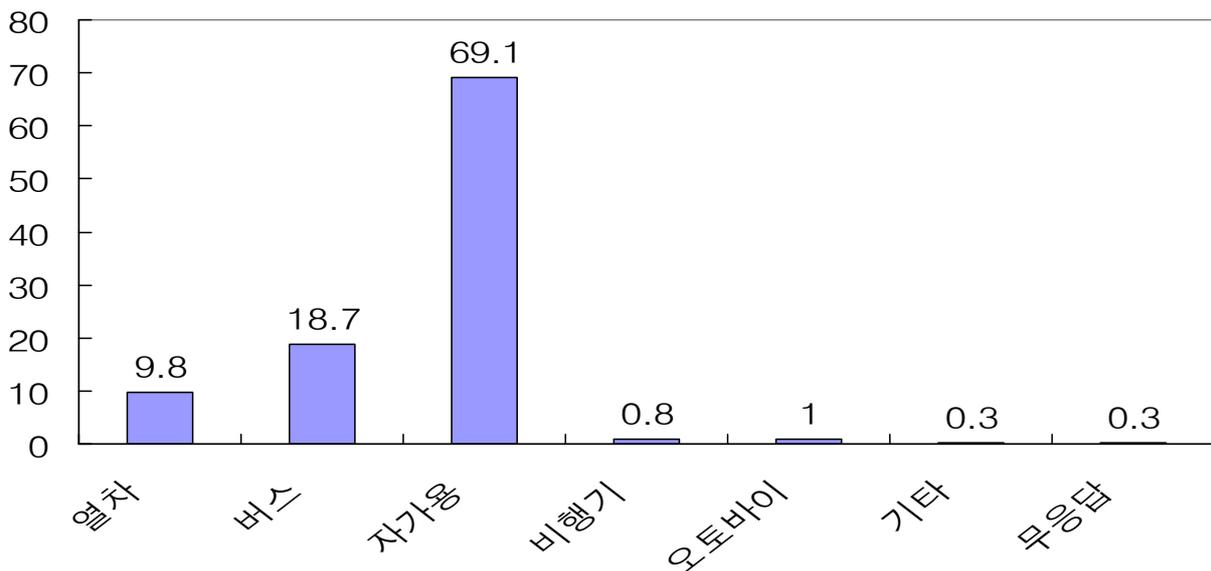


그림 5-3-10. 교통수단별 방문자 현황.

Fig. 5-3-10. The rate of visitor by transportation methods.

다음으로 여수지역을 방문할 때 이용했던 교통수단을 조사한 것으로 열차, 고속·시의 버스, 자가용, 비행기 등의 5가지 교통수단을 대상으로 조사를 했으면, 조사결과 자가용이 가장 높은 전체의 711명의 응답자중 69.1%가 응답을 하였고, 그 다음으로 고속·시의 버스가 18.7%인 133명이 응답을 하였다. 다음으로 전체의 9.8%인 70명이 열차를 이용했다고 응답했으며, 비행기의 경우 0.8%인 6명이 응답을 하였다.

(3) 관광유형

본 항목은 여행자 직업, 월평균 소득 그리고 거주지 등의 3가지 항목을 가지고 설문조사를 실시하였다.

첫째, 그림 5-3-11의 경우는 여수지역을 방문한 관광객의 직업을 조사한 것으로 전체 685명의 설문조사로 분석을 하였는데, 여행자 직업의 경우 회사원이 전체의 21.9%를 차지하는 150명이 응답을 했으며, 그 다음으로 자영업이 18.7%를 차지하는 128명이 응답을 했다. 자유전문직은 14.2%인 97명, 공무원은 10.4%인 71명, 주부는 8.5%인 58명, 일용직이 5.5%인 38명, 무직이 5.8%인 40명, 기타직업이 10.7%인 73명, 무응답이 전체의 4.3%인 30명이었다.

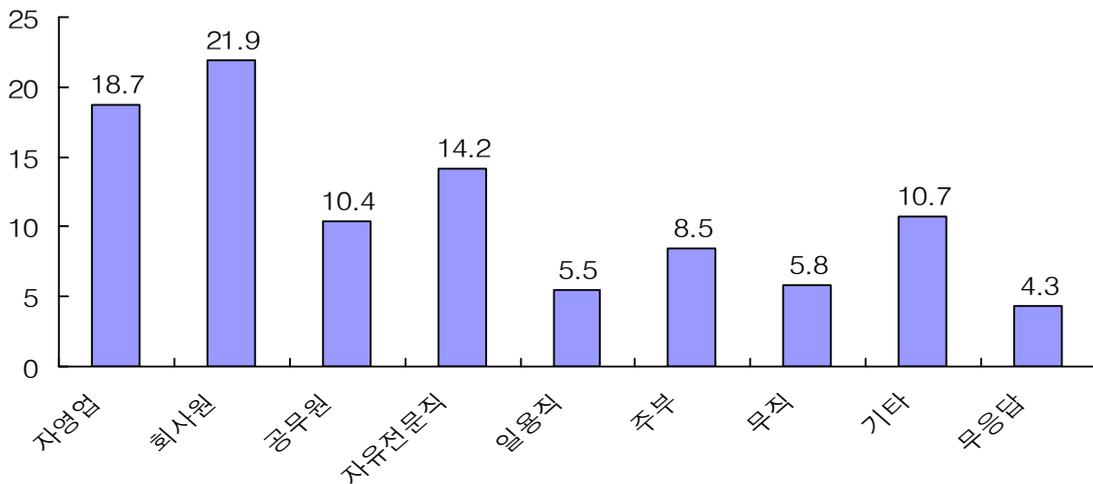


그림 5-3-11. 직업별 방문자 현황.

Fig. 5-3-11. The rate of visitor by occupation.

두 번째로 월평균 소득별 방문자 현황에 대한 조사결과 자료로 그림 5-3-12와 같은 결과가 나타났다. 전체 682명중에 150만원 이상 200만원 이하라고 응답한 응답자수는 22.9%를 차지하는 156명이었고, 그 다음으로 200이상-250미만이 20.7%인 141명, 100만원 이하가 20.5%인 140명으로 조사되었다. 다음으로 100이상 150미만이 10.6%인 72명으로 나타났다. 또한 400만원 이상이라고 응답한 응답자도 전체의 1.5%에 해당하는 10명으로

조사되었다.

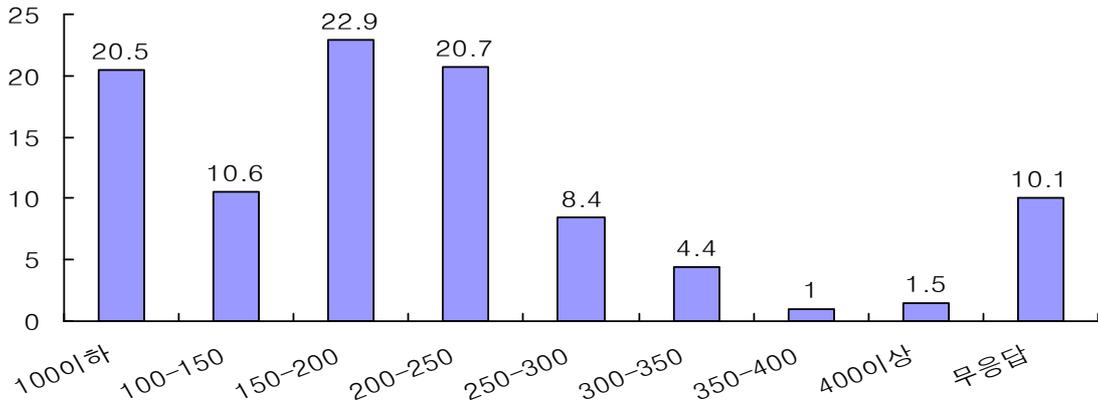


그림 5-3-12. 월평균 소득별 방문자 현황.

Fig. 5-3-12. The rate of visitor by monthly average income.

세 번째, 거주지에 대한 설문조사 결과를 그림 5-3-13에서 나타내고 있는데 설문조사 결과 여수지역과 상당히 거리상으로 인접해 있는 광주·전남지역에서 찾아온 관광객의 숫자가 전체의 31.8%를 차지하고 있다. 다음으로 서울·경기가 22.3%를 차지하고 있으며, 부산·경남이 15.5%, 전북이 14.9%, 대전·충북이 7.5%, 대구·경북이 3.4%, 충남이 3.3%, 강원이 0.5%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

관광객 거주지에 대한 설문조사 결과 여수와 인접해 있는 광주, 전남, 부산 및 경남지역에서 찾아온 관광객의 비율이 전체의 47.3%로서 전년도의 56%보다 약 8.7%가량이 감소했으며, 서울·경기와 같이 먼 곳에 있는 지역에서 찾아온 비율이 전년도의 20.4%에서 금년에는 22.3%로 약 1.9% 증가한 것으로 조사되었다.

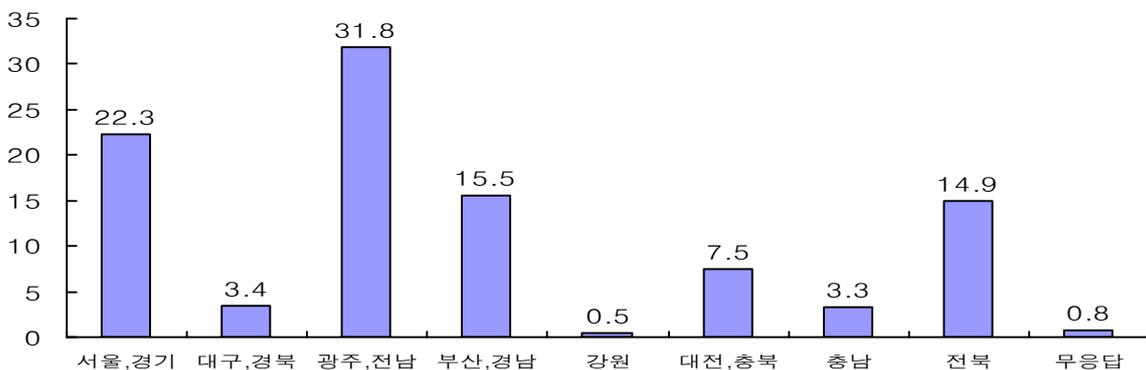


그림 5-3-13. 지역별 방문자 현황.

Fig. 5-3-13. The rate of visitor by local area.

제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축

1. 문제점 및 개선방향

가. 문제점

현재 여수 바다목장해역은 전술한 바와 같이 다수의 어업과 유어낚시객들이 경합적으로 이용하고 있는 것으로 파악되었다.

이로 문제점으로는 첫째 다수의 이각망이 바다목장 해역내에 설치되어 있어 바다목장 조성에 커다란 걸림돌로 작용하고 있다는 것이다. 즉 바다목장 조성을 위하여 대량으로 종묘를 중간육성하여 방류할 계획이나 방류후 이각망에 상당수가 어획될 것으로 예상되고 있다. 따라서 자원조성을 위하여 종묘를 방류한 효과가 크게 떨어질 것이라는 문제점이 있다. 특히 어구가 지선에서부터 설치되어 있는데, 지선은 치어의 성육장 구실을 하고 있기 때문에 치어가 이들 어구에 어획될 수밖에 없고, 이들 자원이 재방류되지 않고 시장에서 판매되고 있다. 특히 불락의 경우 체포금지체장이 15cm 이하로 수산자원보호령 10조에서 규정하고 있음에도 불구하고 시장에서 판매되고 있으며, 선어상태로 시장에서 판매되고 있는 불락의 경우는 대부분이 규정 이하의 체장으로 양식산이 아닌 자연산도 상당수 판매되고 있는 실정이다.

둘째는 자망어업으로 인한 문제점을 지적할 수 있다. 자망어업은 외줄낚시어업과 대상어종이 경합될 뿐 아니라 폐어망이 인공어초 등 자원조성시설을 둘러싸므로 자원조성에도 영향을 크게 미칠 수 있다. 또한 어획강도가 상대적으로 높아 조성자원효과를 크게 떨어뜨릴 수 있다는 것이다.

셋째는 유어낚시로 인해 발생할 수 있는 문제점이다. 전남 바다목장 해역 특히 소리도 부근은 남해안에서 가장 유명한 낚시터이자 연간 약 70만 출조가 행해지고 있는 곳이다. 과거에는 낚시객들이 대부분 이 지역에서 숙식을 해결하고 낚시에 소요되는 대부분의 물품을 구입하므로 지역 경제에 어느 정도 도움이 되기도 하였다. 그러나 최근에는 출조시 대부분의 물품을 미리 준비하고, 이 지역에서는 낚시선을 이용하는 정도에 그치고 있다. 따라서 지역경제에도 큰 도움을 주지 못하여 어업인 및 지역주민과의 마찰이 일어나고 있다. 또한 낚시객들이 주로 감성돔, 참돔, 불락 등 고급어를 어획하고 어종경합이 발생하고 있으며, 과도한 밭밥 사용에 의한 오염, 낚시과정에서 투기되거나 유실되는 낚에 의한 환경오염 등의 문제가 발생하고 있다. 심지어 일부는 갯바위에 자라는 해조를 채취해 가져가는 경우까지 있어 어업인들이 이들을 어장과 자원에 대한 경쟁자로 인식하는 경향이 증대되고 있다.

넷째는 통발에 의한 문제점이다. 통발은 치어에 대한 선별적 조업이 불가능하기 때문에 어업인 스스로가 통발에 든 유치자어를 방류하여야 함에도 불구하고 어획과 판매가

이루어지고 있다. 게다가 바다목장에서 종묘방류시에 양식어업자들이 통발을 사용해 치어를 잡아 가두리에 입식하거나 양식장에 치어로 판매하는 경우가 많고, 또한 조업과정에서 발생할 수밖에 없는 폐통발로 인한 폐해가 있다.

다섯째는 다수 어업인들의 바다목장에서 경쟁적인 조업으로 인한 폐해 가능성이다. 아직 전남 바다목장의 경우에는 보호수면이라든가 수산자원관리수면이 지정되어 있지 않기 때문에 정당하게 허가나 신고를 득하여 어업을 할 경우 이를 제재할 방법이 없다. 그러나 이러한 제한수면이 설정된다 하더라도 통영바다목장의 예에서 보듯이 바다목장조성이 어느 정도 이뤄지면 인근 어업인들보다는 바다목장 해역외의 어업인들이 단속을 피해 주로 야간에 불법어업을 할 가능성이 많다는 것이다.

나. 개선방향

이상과 같은 문제점을 해결하기 위한 개선방향으로서 첫째는 전남 바다목장해역 전체를 수산자원관리수면으로 지정하는 한편 중점 시설해역에 대해서는 보호수면을 설치할 필요가 있다. 즉 바다목장사업을 추진중이거나 추진할 계획인 수면에 대해서는 ‘기르는 어업육성법’에 의하여 수산자원관리수면을 지정하도록 되어 있기 때문에 조속히 관리수면을 지정하여 어업을 제한하여야 할 것이다. 또한 중점 시설해역에 대해서는 통영에서와 마찬가지로 보호수면을 설치하여 전면 어업을 금지시켜야 한다.

둘째, 이각망 등 정치성구획어업에 대한 근본적인 해결이 있어야 한다. 원천적으로는 바다목장해역에서는 동 어업을 할 수 없도록 하여야 할 것이다. 그러나 보호수면 내지는 수산자원관리수면을 지정한다 할지라도 기존에 허가를 득하여 어업을 하고 있기 때문에 어업유효기간이 만료되기 전까지는 행정처분이 불가능하다. 또한 법적으로나 행정적으로는 가능하다 할지라도 어촌의 소득원의 풍흉 및 어업인들의 경제적 수준에 따라서는 단기간에 이를 해결하기는 어렵다고 할 수 있다. 따라서 여수시와 업계가 협의하에 바다목장 해역 밖으로 이설하는 방안도 적극 검토하여야 할 것이다.

셋째, 바다목장 이용관리를 위한 어업인들의 조직체가 조기에 구성되어야 할 것이다. 우선 23개 어촌계가 전남 바다목장 자율관리어업위원회를 구성하여 해당 지역 어업인들에 대한 교육, 홍보, 지도와 더불어 바다목장사업 추진에 협조할 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 민관학연 전남 바다목장관리운영협의회를 구성·운영하여야 할 것이다.

넷째, 보호수면 및 수산자원관리수면이 지정되면 바다목장 감시감독체제를 구축하여 실질적인 관리가 이뤄질 수 있도록 하여야 할 것이다. 이를 위하여 통영에서 보듯이 상시관리원을 여수해경청, 여수시의 어업감시감독 체제를 강화하여야 할 것이다.

2. 보호수면 지정

가. 필요성 및 범위

전남 바다목장 해역에 보호수면을 지정할 필요성은 바다목장 해역을 보호수면으로 지정하여 방류된 치어를 보호함으로써 수산자원의 조성과 바다목장 사업의 효율적인 추진을 도모하고자 하는 것이다.

전남 바다목장의 경우 해역범위는 목표어종이 감성돔 및 돌돔 등 돔류이기 때문에 넓지 않으면 안된다. 또한 감성돔의 경우 동 해역에서의 회유경로가 계절에 따라 안쪽으로 부터 바깥쪽으로 이동하는 형상을 보이고 있다. 따라서 통영과 같이 하나의 해역만을 보호수면으로 지정하기가 어렵다. 즉 대상어종의 회유경로 및 자원의 서식형태에 따라 치어성육장, 육성장 및 월동장을 조성하고 이 해역을 보호수면으로 지정하여야 할 필요가 있다고 보았다. 그 이유는 첫째, 치어육성장은 개도, 월호도, 대두리도로 쌓인 금오도 남단 해역으로 봄철 내만으로 돌아온 감성돔 어미가 산란을 하고 나면 알에서 부화된 치어들이 비교적 영양이 풍부한 연안 가까운 이 해역에 머물면서 초기 성장을 하는 곳으로 추정되는 해역이기 때문이다. 현재 바다목장에 방류되는 감성돔, 돌돔 종묘는 대부분은 이 해역에서 이루어지고 있으며 동시에 이 해역에서부터 방류 종묘의 이동, 성장을 추적 조사 중에 있는 해역이기도 하다.

둘째, 육성장은 여수바다목장 해역에서 감성돔이 가장 오래동안 머물면서 성장 할 수 있는 해역을 선정하였다. 금오열도의 중심에 속하는 안도를 둘러싸고 있는 해역이며 외삼서, 중삼서, 초삼서, 대부도, 소부도 등 크고 작은 섬들이 유기를 지난 미성어들의 성육장으로서 조건을 잘 갖추고 있고 적절한 인공어초의 배치가 되면 목장 해역 내 집중적인 성육장 조건을 갖춘 곳이기도 하다.

셋째, 월동장은 소리도 남단 주변 해역으로 연안의 직벽 발달이 좋아 연안 수심이 20-30m로 깊고 40m 이상 대수심을 포함하고 있는 곳으로 금오열도에서는 최남단에 속하여 난류의 영향이 가장 강한 곳이기도 하다. 또 연안 수중에는 크고 작은 암초가 잘 발달하여 있고 해조류와 함께 풍부한 부착 생물들이 서식하고 있는 곳이므로 이 해역은 겨울철에 남하한 감성돔 떼가 월동하기에 적합한 해역으로 추정되는 곳이기도 하다.

치어성육장은 그림 5-4-1에서 보는 바와 같이 개도, 금오도, 대두리도와 월항으로 둘러싸인 해역 779.4ha이다. 즉 다음과 같이 6개 지점을 연결한 해역을 치어육성장 보호수면 범위로 한다.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ① N 34°32' 48", E 127°40' 24" | ② N 34°33' 52", E 127°42' 15" |
| ③ N 34°33' 54", E 127°42' 47" | ④ N 34°33' 38", E 127°43' 28" |
| ⑤ N 34°32' 58", E 127°43' 29" | ⑥ N 34°32' 22", E 127°42' 03" |

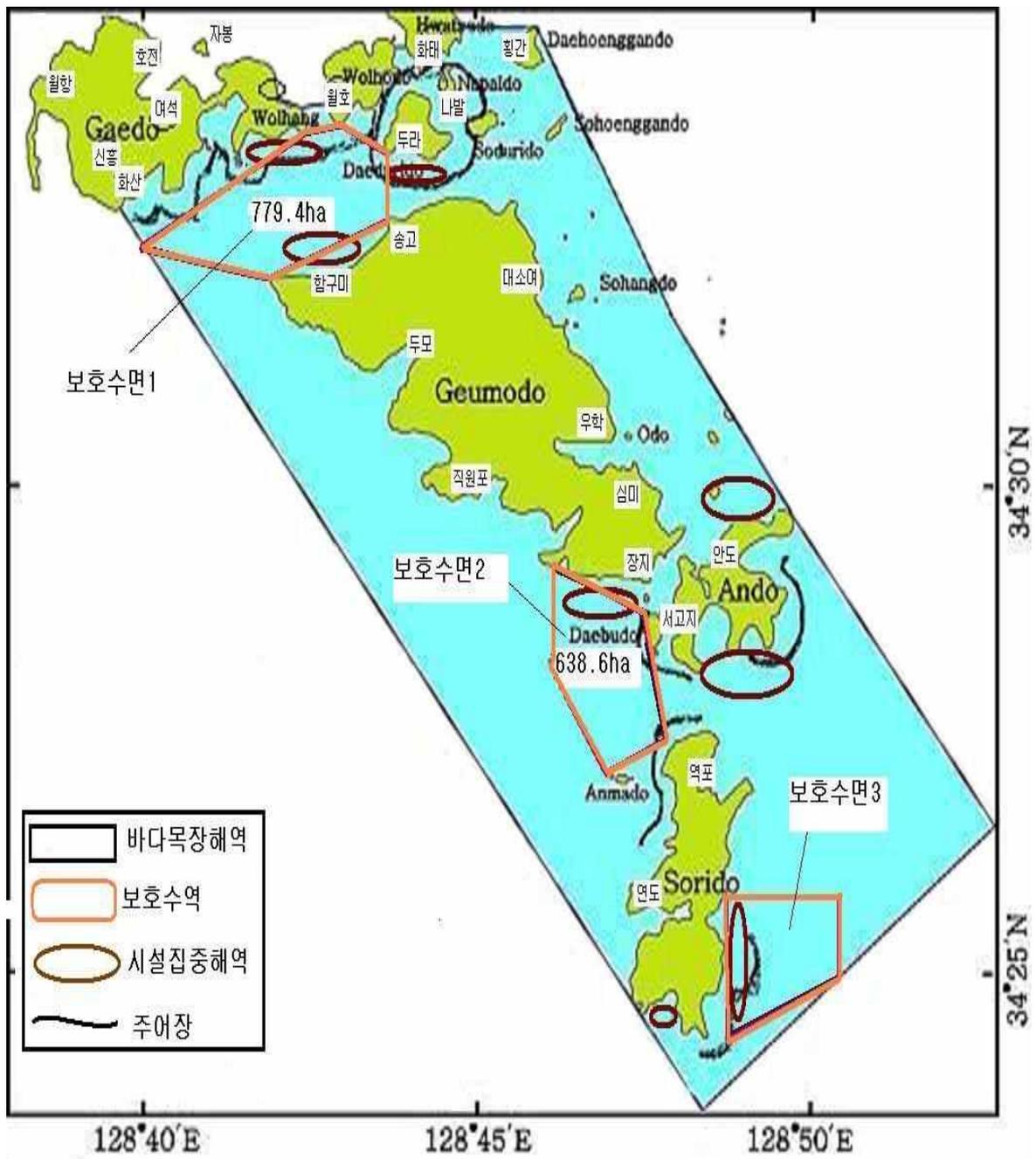


그림 5-4-1. 전남 다도해형 바다목장의 보호수면 지정도.

Fig. 5-4-1. The surface of water protection.

두 번째 육성장은 감성돔의 회유지인 금오도 서남쪽부터 안도 일대까지를 지정하는 방안이다. 즉 다음과 같이 6개의 지점을 연결한 638.6ha를 육성장 보호수면 범위로 한다.

① N 34°29' 21", E 127°46' 00"	② N 34°28' 51", E 127°47' 24"
③ N 34°28' 30", E 127°47' 27"	④ N 34°27' 39", E 127°47' 37"
⑤ N 34°37' 08, E 127°47' 16"	⑥ N 34°28' 23", E 127°45' 56"

마지막으로 월동장은 소리도 남동쪽 해역 294.4ha를 지정하는 방안이다. 즉 소리도 남동쪽으로부터 4개 지점을 연결한 해역을 월동장 보호수면으로 지정하는 것이다.

① N 34°25' 54", E 127°48' 35"	② N 34°25' 47", E 127°50' 02"
③ N 34°25' 33", E 127°49' 58"	④ N 34°24' 34", E 127°48' 36"

이와 같이 3개 보호수면을 지정할 경우 전체 면적은 1,712.4ha로써 전체 바다목장면적 15,000ha의 약 11%가 보호수면이 될 수 있을 것이다.

나. 보호수면 지정 관리방안

보호수면은 수산업법 제67조에서 규정하고 있으며 수산동식물의 산란·수산동식물의 종묘발생이나 치어(稚魚)의 성장을 위하여 적합하다고 인정한 시·도지사의 신청에 의해 해양수산부장관이 지정한 수면으로, 보호수면 안에서는 일체의 어로행위가 금지된다.

따라서 보호수면을 지정하기 위해서는 통영에서와 마찬가지로 전남도지사가 보호수면 지정절차에 따라 해양수산부장관에게 보호수면 지정을 신청하고, 해양수산부에서 이를 지정하여 고시하여야 할 것이다.

보호수면에서는 수산업법 제97조에 의하여 관리자의 승인을 얻지 않고는 일체의 공사를 할 수 없고 어로행위가 전면 금지된다. 만일 이를 어길 때에는 500만원 이하의 과태료가 부과되도록 하고 있다.

전남 바다목장 보호수면에서의 보호대상 수산동식물은 바다목장 조성을 위하여 방류되었거나 방류될 감성돔, 돌돔, 황점볼락 및 볼락이 될 것이다. 관리자는 전남남도지사가 된다. 물론 전남도지사는 여수시장에게 그 관리를 위임할 수 있을 것이다.

보호수면의 관리를 위하여 우선 전남도 및 여수시에서는 보호수면임을 알 수 있도록 하기 위하여 보호수면의 위치를 알 수 있는 입간판과 부표를 바다에 설치하여야 하고 전남도와 여수시 어업감독공무원 및 여수해경에서는 이를 철저히 감시하여야 할 것이다.

3. 수산자원관리수면 지정

가. 필요성 및 목적

수산자원관리수면(이하 '관리수면'이라 함)을 지정하여야 할 필요성은 크게 세 가지로

나누어 고찰할 수 있다. 첫째는 성공적인 바다목장의 조성을 위한 것이다. 바다목장은 어장과 자원을 인위적으로 조성하여 자원을 증대시키고, 자원상태에 맞게 이용함으로써 지속적으로 어업수익을 얻고자 하는 것이다. 따라서 어장과 자원을 조성하기 위한 시설투자 및 연구개발 기간이 상당히 소요되고, 완전한 바다목장이 조성되는데는 더 많은 시간이 필요하다는 것이다. 그런데 바다목장 조성기간 중에 과도한 어획을 하거나 시설물을 훼손하는 행위를 할 경우 어장 및 자원조성을 이루어질 수 없다. 따라서 바다목장이 완전히 조성될 때까지는 관리수역을 지역하여 철저하게 해역을 관리할 필요가 있다.

둘째는 효율적인 바다목장의 관리를 위한 것이다. 바다목장 조성과정에서의 바다목장 관리가 주로 바다목장의 성공적인 조성이 목표이고, 바다목장 조성후의 관리는 바다목장의 기능을 떨어뜨리지 않도록 이용하기 위한 것이다. 그럼으로 바다목장 조성정도에 따라 조성된 수산자원을 적절하게 이용하여야 하고, 시설물의 보호관리도 요구된다. 따라서 효율적인 바다목장의 관리를 위하여 수산자원관리수면을 지정하여 운용할 필요가 있다.

셋째는 법적인 관리의무사항 이행의 필요성이다. 2002년 제정되고 2003년 7월에 발효한 「기르는어업육성법」 제2조, 제9조, 제10조, 제11조에서는 바다목장을 조성중이거나 조성할 해역에 대해서는 수산자원관리수면을 지정하여 관리하도록 되어 있다. 그러나 동법에서 관리수면 지정에 관한 구체적인 사항을 규정하지 않음으로써 그 동안 관리수면을 지정하지 못했다. 그러나 2004년 3월 해양수산부에서 '수산자원관리수면에관한업무처리요령(이하 '요령'이라 함)'을 제정하여 각 시·도에 시달한 바 있어 관리수면 지정을 위한 법률시행의 근거가 미흡하나마 마련되었다고 할 수 있다. 따라서 각 시·도에서는 2004년 4월 1일부터 바다목장 사업 시행 수역에 대하여 수산자원관리수면을 지정하여 관리하여야 하여야 한다.

나. 관리수면 지정 절차

관리수면은 「기르는어업육성법」(이하 '법'이라 함)에 의하면 수산자원의 효율적인 관리·이용을 위하여 인공어초 또는 바다목장 시설물을 설치하였거나 설치할 예정인 수면(법 제10조제1항)이라고 정의하고 있다. 그 지정목적은 수산자원의 효율적 관리·이용(법 제10조제1항)이고, 지정권자는 시·도지사(법 제10조제1항)이다.

관리자는 시·도지사(법 제10조제2항)이고 관리방법은 관리자가 관리·이용규정을 정하여 관리하도록 되어 있다(법 제10조제2항). 지정절차 및 해제절차는 시·도지사가 관계중앙행정기관장 협의 → 시·도지사 신청 → 해양수산부장관 승인 → 고시(법 제10조제3항 내지 제5항)의 순서로 되어 있다. 관리수면에서는 시·도지사 허가를 받아야만 매립, 준설 등 행위가 가능하고(법 제11조제1항), 수산동식물 포획·채취는 관리·이용 규정에 의해서만 가능하다(법 제11조제2항).

한편 2004년 3월에 시달한 에 의하면 시·도지사가 관리수면을 지정하기 위해서는 다

음과 같은 사항을 검토하도록 하고 있다. 즉 첫째, 관리수면 지정에 있어 법령에 상충·저촉 여부를 검토하고, 관할 시장·군수·구청장 의견 및 국립수산물과학원의 자원상태 등에 대한 의견을 청문하도록 되어 있다(요령 Ⅱ-2). 둘째는 관련 수산업협동조합·어촌계 및 어업인 등의 의견서를 첨부(지자체장 수렴, 요령 Ⅱ-4)하도록 되어 있다. 셋째, 시·도지사는 대상수면에 대해 인공위성위치측정장비(DGPS) 등 첨단장비를 활용한 실태를 조사한 후 기초자치단체장에게 의견을 요청하도록 하였다(요령 Ⅱ-5).

따라서 전남도에서는 이상의 관리수면 지정절차에 따라 전남 바다목장 해역을 관리수면으로 지정하여야 할 것이다. 그 대상해역은 그림 4-4-1에서와 같이 15,000hark 될 것이나, 보호수면을 지정되면 이를 제외한 수역이 전남바다목장 관리수면이 될 것이다.

다. 관리수면 이용·관리

관리수면을 이용하게 할 경우에 고려할 사항은 요령에서 규정하고 있다. 이에 따르면 첫째, 시·도지사는 바다목장 시설의 기능 유지와 시설물에 장애를 일으키지 않는 범위 내에서 자원상태를 고려한 어구·어법을 이용하여 관리수면내의 수산동식물을 포획·채취하게 할 수 있도록 하여야 한다. 둘째는 관리수면을 이용할 수 있는 어업인 등 구체적인 사항은 지역별·해역별 여건과 자원상태를 고려하여 시·도지사가 관리수면별로 다르게 정할 수 있도록 하였다.

그러나 전술한 바와 같이 관리수면을 이용하게 하고자 할 때에는 시·도지사가 관리수면 관리·이용 규정을 정하여 할 수 있도록 하고 있다. 요령에서는 관리수면 관리·이용규정에서 정할 사항을 제시하고 있는데 그 내용은 다음과 같다.

- ① 관리수면의 위치, 구역도, 면적 및 지정기간에 관한 사항
- ② 관리수면의 관리자에 관한 사항
- ③ 어업인 등으로 하여금 관리수면을 이용하게 하는 경우 이용 대상자, 이용범위, 이용기간, 이용 가능한 어구·어법 및 어업의 종류 등 관리수면에서의 허용된 어업행위에 관한 사항
- ④ 관리수면 이용자의 준수사항에 관한 사항
- ⑤ 관리수면에서 제한 또는 금지에 관한 사항
- ⑥ 관리수면 관리·이용규정 위반자의 조치에 관한 사항
- ⑦ 기타 관리수면 지정목적 달성을 위해 각종 법령을 위반하지 않는 범위 내에 관리 또한 관리수면의 관리자는 원칙적으로 시·도지사이고 기초자치단체장에게 위임할 수 없도록 되어 있다, 다만 관리수면의 효율적인 관리를 위해 기초자치단체장의 협조를 얻어 관리하는 것은 가능할 것으로 보인다.

바다목장이나 인공어초어장이 대부분 기초자치단체장이 관할하는 수역에 설치되어 있고, 그 이용자가 시·도 단위가 아닌 시·군·구 단위임을 고려한다면 너무 제한된 규정이라 할 수 있다. 따라서 수역에 따라서 관리수면 지정 및 관리자를 기초자치단체장도 가능하도록 하고, 시·도지사가 지정한 경우에는 기초자치단체장에서 관리를 위임할 수 있도록 개정되어야 할 것이다.

한편 모든 인공어초어장 및 바다목장을 조성중이거나 계획중인 수역에 대해서 관리수면을 반드시 지정하여 관리하도록 한 조항도 너무 비현실적이다. 지금과 같은 바다목장사업이 경우는 규모도 크고 이에 대한 관심도 높기 때문에 성공적인 바다목장 조성을 위하여 필요하다 할 것이다. 그러나 추후 지자체에서 실시하는 소규모 바다목장이라든가 단순히 계획된 수면에 대해서도 반드시 관리수면을 지정하여야 한다는 것은 어렵다. 따라서 이러한 수면에 대해서는 자치단체장의 판단에 의하여 할 수 있도록 법을 개정할 필요가 있다.

전남 바다목장 관리수면의 지정기간은 동 사업이 추진될 2008년까지를 원칙으로 하고 추후 바다목장 자원상태, 이용관리상의 문제점 등을 감안하여 기간을 연장하는 것이 바람직하다. 또한 관리수면에서의 제한사항으로는 어구어법 및 어업, 입어자, 어획량, 입어선박 척수, 금지채장, 산란장 및 산란기 금어 등이 있을 수 있다. 그러나 이러한 규제사항은 바다목장 조성실적에 따라 자원상태 및 어업인들의 이용·관리 실태 등을 고려하여 조정하여야 할 것이다.

4. 이용관리체제 구축

이용관리조직의 구성은 바다목장의 관리에 관한 관련기관간의 상호 협조 및 정보 교환을 통하여 바다목장사업의 원활한 추진과 바다목장의 효율적인 관리 및 자율관리어업체제로의 정착을 도모하는 것이다.

이를 위하여 어업인들이 주축이 되어 구성하는 바다목장 자율관리어업위원회와 민관학연으로 구성된 바다목장 관리운영협의회를 구성할 필요가 있다.

바다목장 자율관리어업위원회는 - 기존의 하향식 어업관리체제와 달리 어업인 스스로가 어업의 관리자이면서 이용자로서, 자원관리와 어업관리 등 어업행위 전반에 대해 규율을 정하고 실천하는 자율관리 실천조직을 말한다. 이 조직의 주체는 전남 바다목장 인근의 어촌의 어업인들의 조직인 어촌계로 하여금 담당하게 하는 것이 가장 바람직할 것이다. 물론 어촌별로 바다목장 이용·관리에 적합한 별도의 조직이 존재하면 그런 조직이 주체가 될 수도 있으나, 현재는 이러한 기능을 할 수 있는 조직으로는 어촌계가 가장 유리할 것이다.

바다목장 관리운영협의회의 구성목적은 첫째, 바다목장 조성관련 현안, 이용·관리 이양을 위한 사전준비 및 평가, 합리적인 바다목장 이용·관리방안 등을 제시하는 것이다.

둘째는 자율관리어업체제로의 전환을 위한 기반을 마련하고, 향후 계속될 지역별 바다목장사업을 효율적으로 추진할 수 있는 방향을 제시하고자 하는 것이다. 구성원은 통영에서와 마찬가지로 표 4-4-1과 같이 관계, 학계, 업계 및 어업인 대표가 될 수 있을 것이다.

표 5-4-1. 바다목장관리운영협의회

Table 5-4-1. Jeonnam Archipelago Marine Ranching management council

구분	소속	직위	역할
관계	전라남도	어업생산과장	지도, 단속, 행정지원
"	여수시	해양개발과장	"
"	여수수산기술관리소	소장	지도, 교육, 홍보
"	광주지방검찰청	검찰청장	지도, 단속
학계	한국해양연구원	연구책임자	교육, 홍보, 감시
"	한국해양수산개발원	연구책임자	"
"	국립수산진흥원	양식환경연구소 소장	기술지도
업계	여수수협	지도과장	지도, 교육, 홍보
어업인	우학 어촌계	계장	감시, 어업인 교육 홍보
"	직원포 어촌계	"	"
"	두모 어촌계	"	"
"	합구미 어촌계	"	"
"	송고 어촌계	"	"
"	대소여 어촌계	"	"
"	심미 어촌계	"	"
"	장지 어촌계	"	"
"	두라 어촌계	"	"
"	나발 어촌계	"	"
"	화태 어촌계	"	"
"	안도 어촌계	"	"
"	서고지 어촌계	"	"
"	연도 어촌계	"	"
"	역포 어촌계	"	"
"	황간 어촌계	"	"
"	월호 어촌계	"	"
"	자봉 어촌계	"	"
"	신흥 어촌계	"	"
"	월항 어촌계	"	"
"	화산 어촌계	"	"
"	호전 어촌계	"	"
"	여석 어촌계	"	"
합계		30 명	

5. 상시 감시감독 체제 구축

가. 필요성 및 목적

현재 바다목장수역 내에서 일어나는 불법어업에 대한 단속권은 여수시와 통영경찰서

에서 가지고 있으나 24시간 경비가 요구되는 실정상 이들 인력의 부족으로 인해 수역 내 상시단속이 이루어지지 못하고 신고가 있어도 해당 수역에 도착하기까지 많은 시간이 소요된다.

특히 전남 다도해형 바다목장은 섬이 많아 전체 해역에 대한 관찰이 어렵고, 특히 최근에는 야간에 이루어지는 불법어업이 크게 증가하고 있고 이를 단속할 수 있는 인력이 부족한 실정이다. 따라서 유급감시원을 고용하여 해역에 대한 감시·감독을 상시화 하는 등 전문인력에 의한 지속적인 감시체제가 구축될 필요가 있다.

목적은 바다목장에 조성된 유용수산자원에 대한 이용을 적절히 통제·관리함으로써 수산물을 지속적이고 안정적으로 공급할 수 있는 생산기반을 구축하고 향후 바다목장 이용·관리체제가 어업인의 자율관리를 통해 운용될 수 있도록 하기 위한 것이다.

나. 운영방법

상시관리원은 유급 고용원으로서 약 2명 정도가 필요할 것으로 보인다. 그러나 전남 바다목장의 경우 그 범위가 넓고 보호수면이 3개 지정될 경우에는 그 이상의 인원이 필요할지도 모른다. 따라서 인원은 바다목장 조성 및 이용관리실태를 관찰한 후 정하는 것이 바람직할 것이다.

상시 감시감독을 위한 관리원 인건비 및 제경비는 원칙적으로 여수시나 전남도가 부담하여야 할 것이다. 그러나 동 사업이 시범사업임을 고려하여 동 사업기간 동안에는 전남 다도해형 바다목장사업비에서 담당하는 것도 가능할 것이다.

관리원의 활동해역 관리수면 및 보호수면이 될 것이며, 감시감독 시간은 주야 24시간이 되어야 할 것이다. 관리원 근무지는 전남 다도해형 바다목장 시험어장내의 관리사 또는 중간육성장이 적절하고, 감시원에 대한 관리는 동 연구개발사업 주관기관 또는 여수시가 담당하여야 할 것이다. 감시에 필요한 장비는 감시선박, 통신장비, 안전장비, 단속장비(카메라 및 VTR 등) 등이다.

상시단속체제의 관리운영에 관한 세부사항은 별도의 규정을 두거나 또는 바다목장 이용관리규정을 따르도록 하면 되고, 효율적인 감시감독체제 구축을 위하여 유관기관과의 협조체제 구축도 필요할 것이다.

6. 어업인 교육, 홍보 및 지도방안

가. 어업인 홍보방안

바다목장에 관한 홍보 및 어업인 자율관리위원회를 위한 어촌계 계장과의 회의를 7월 15일 금오도 남면 면사무에서 개최하였으며, 11월7일 여수시청에서 시청담당자와 어촌계 계장들 어업인들을 대상으로 현재까지 진행된 바다목장 사업과 자율관리위원회 운영에

대한 토론회를 개최하였다.

어업인 홍보방안은 크게 4가지 방법을 사용할 수 있겠는데, 그중 첫 번째가 설문조사를 실시할 때 바다목장 홍보유인물을 같이 배포하는 것이고, 둘째 통영과 같이 먼저 시작하여 자원증대의 효과가 나타난 바다목장사업지역에 어업인들의 견학을 실시하여 어업인들이 눈으로 보아서 자원증대의 효과를 볼 수 있게 해야 한다. 셋째 어업인 홍보와 더불어 유어낚시객, 관광객 등에 대한 바다목장 홍보대책을 강구중에 있으면, 넷째로 최근 전남바다목장, 동·서·제주형바다목장사업이 진행되고 있어 홍보효과가 높은 편이며, 별도로 자원관리수면과 자율관리위원회 구성 등을 위한 어업인 홍보와 연구진과 어업인들의 회의가 추진중에 있다.

나. 어업인 교육방안

본 사업의 성패는 기술, 예산, 행정 등의 기능도 중요하지만, 실질적으로 바다목장을 이용하는 어업인들의 의식이 가장 중요하다고 할 수 있다. 그러므로 전남 다도해형 바다목장내의 어업인들에게 우선적으로 바다목장의 해역임을 인식시켜야 하고, 또한 자원증대를 위한 국가사업이라는 것을 먼저 인식시켜야 하겠다. 또한 권역내의 23개 어촌계 어업인들에게는 자신이 주인이라는 생각을 가지고, 불법어업을 하지 않도록 계속해서 주지시키고, 어촌계 회의를 통해 바다목장사업의 진행상황을 수시로 알려주면서 어업인들의 의견을 수렴하여 바다목장 사업이 더욱 번창할 수 있도록 해야 하겠다. 또한 정부, 시·군 관계자, 연구자, 학계에서 어업인들에게 바다목장에 대하여 교육을 시켜야 하며, 실질적 이용자인 어업인들과 합심하여야 사업을 진행해야 한다.

다른 한편으로는 바다목장 사업이 먼저 시작된 국내의 선진사례를 방문하여 현장체험을 통한 교육이 필요하고 방송, 언론매체 및 간담회 등을 통하여 홍보도 이루어져야 한다.

다. 어업인 지도방안

먼저 어업인들에게 바다목장사업의 필요성을 주지시켜야 하겠다. 연안의 수산자원이 고갈되어 있는 상황에서 바다목장의 설치는 고갈된 자원을 증대시킬 수 있는 방안이라는 것을 인식시켜야 하면 그리고 연안어장의 오염을 방지하는 방안으로 바다목장사업을 실시하는 것, 새로운 어업시스템 도입으로 인하여 수산물의 수급안정에 기여한다는 것을 어민들에게 인식시켜야 한다. 하지만 실질적인 목장의 이용자인 어업인들이 무분별하게 자원을 남획하게 된다면, 바다목장사업을 진행할 필요가 없게된다. 이러한 사실들을 학계, 시·군 관계자, 연구자들이 해역을 방문하여 간담회 등을 진행하면서 어업인들에게 계속해서 주지시켜야 하겠다.

제 5 절 바다목장산 어획물의 유통체제 분석 및 구축방안

1. 여수지역의 활어유통 현황

감성돔을 주된 목표 어종으로 조성되는 여수바다목장은 제1단계사업으로 기반조성사업이 추진되고 있다. 기반조성단계에서 벌써부터 유통체제구축 운운하는 것은 성급하다고 볼 수도 있지만, 유통체제의 구축이 전제되지 않은 바다목장의 조성은 공허한 메아리로 끝날 수도 있다. 시장에서 소비자가 원하지 않는 혹은 소비자가 받아들일 수 없는 상품은 존재가치를 상실하게 되고, 설혹 시장에서 받아들여진다고 할지라도 대책의 여부와 질에 따라 그 부가가치가 크게 달라질 수 있기 때문이다.

통영바다목장을 필두로 시작된 바다목장 시범사업은 바다목장의 일반적 적용에 앞선 시범무대라는 점에서 이 유통체제구축 또한 동일한 성격에서 접근될 필요가 있다. 이하에서는 여수바다목장의 특징을 중심으로 통영바다목장과 비교해 가면서 동 바다목장에 맞는 유통체제의 구축에 대해 언급해 보고자 한다.

이 절에서는 여수지역의 활어유통현황을 알아보고, 횃집 등을 대상으로 한 설문결과를 토대로 유통실태를 분석하고자 한다. 또한 상기의 결과를 바탕으로 여수바다목장 수산물의 부가가치 제고와 브랜드 구축을 위한 마케팅전략기획서(상품화 계획서)를 작성해보고자 한다.

여수바다목장을 위시한 인접수면에서 어획되는 수산물은 기본적으로 여수관내를 중심으로 유통되며, 주된 어업형태는 복합어업(연승어업)이다. 어획되는 어종은 장어가 가장 많으며, 다음이 조피볼락, 볼락, 감성돔, 농어, 참돔, 돌돔 등의 순이다. 바다목장의 주된 목표종인 감성돔의 경우는 4번째이지만 감성돔 이외에도 돌돔과 황점볼락, 볼락 등이 있으므로 대체적으로 일치된다.

여수바다목장의 보호수면 인접수면에서 어획되는 수산물의 유통형태는 두 가지 유형으로 나누어 볼 수 있다. 하나는 돌산읍 군내리의 활어위판장에서 위판하는 형태로 여수목장은 위판율이 상당히 높아서 거의 대부분을 차지한다. 두 번째는 인근어항에서 양륙하여 상인(물차)에게 판매하는 형태이지만 위판장의 이용에 비하여 점유율이 낮아 유통경로로서의 의미는 크지 않다. 따라서 여수바다목장의 경우는 유통경로가 단일화되어있다고 보아도 무방하므로 유통체제구축의 장점으로 볼 수 있다.

여수관내에는 여수수협을 위시한 4개 수협에서 6개 위판시설을 운영하고 있다. 이중 활어위판장은 여수수협의 돌산읍 군내활어위판장이 있으며, 제3.4구 잠수기수협의 경우는 활어 중에서도 패류를 중심으로 하고 있다. 나머지 여수수협 3개소와 울촌수협 1개소는 선어위판장이다.

결국 여수관내에서 연안복합어업 어획물을 거래할만한 적당한 거래장소로서는 여수수

협의 군내활어위판장이 유일하다.

표 5-5-1. 여수관내 위탁판매 시설의 현황

Table 5-5-1. The present status of facilities for consignment sale Yeosu

구분	시설형태	취급부류	입지
여수수협(4개소)	본소 위판장	선어. 기타	여수시 봉산동 100-7
	남산 위판장	선어. 기타	여수시남산동 4
	남면 위판장	선어. 기타	여수시남면안도리 1131-3
	군내 활어위판장	활어	여수시돌산읍군내리 555-12
울촌수협	조화 위판장	선어. 기타	여수시울촌면조화리 260-3
제3.4구 잠수기수협	위판장	패류. 기타	여수시 도천동
서남해수어류양식수협	없음	-	-



그림 5-5-1. 군내 활어위판장의 입지.

Fig. 5-5-1. Location of Gunnae Fisheries Cooperatives Market.

바다목장 어획물 위판시 여수 관내에 활어위판장이 있고, 이를 대부분의 어업인들이 활용하고 있다는 측면에서 바람직하기는 하다. 그러나 여기에서 한가지 문제가 있는데, 이는 상품화를 추진할 경우의 곤란성이다. 현재 활어위판장에서 위판을 할 경우에는 단순

히 위판 후 판매하는 기능밖에 없기 때문에 가공 등의 차별화가 곤란하고, 품질관리가 어려운 측면이 있다. 따라서 여수수협과 공동으로 이 상품화를 추진하거나 별도의 판매 및 가공시설을 두어 추진하는 방안이 있을 수 있다. 현 상태에서는 여수수협과의 협력을 통한 상품화가 좀 더 경제적이고, 현실성이 있을 것으로 추정된다.

2. 활어유통실태 분석

본 설문조사는 여수바다목장의 어획물 유통체계를 구축하고, 브랜드구축을 통한 부가 가치를 제고하기 위한 사전실태조사의 목적으로 행해졌다. 여수관내에서 목장 인근해역 수산물의 유통실태를 조사하고, 목장 생산 수산물에 대한 인식, 향후 사용에 대한 의향 등을 분석하기 위한 것이다. 유통실태조사는 설문지를 작성하여 테스트과정(여수, 예비조사)을 거쳤으며, 테스트 결과를 가지고 수정 후 여수지역의 활어소매점 등을 대상으로 본 조사를 실시하였다. 표본은 무작위추출방식으로 선정하였으며, 조사원들이 직접면접방식으로 조사하였다.

설문지는 총 100부를 배부하였으나, 회수는 65부에 그쳐 65%의 회수율을 나타내었다. 배부처의 유형은 횃집과 일반음식점, 포장마차가 있으나 횃집 이외에는 표본수가 적어 횃집으로만 특정하여 분석하였다. 분석방법은 설문지의 설계 상 통계분석이 곤란하므로 단순집계방식으로 분석하였다.

표 5-5-2. 설문지 회수 현황

Table 5-5-2. Number of returned survey

배부처	배부설문지수	회수설문수	회수율
활어소매점(횃집)	70	59	84.3%
기타(일반음식점, 포장마차 등)	30	6	20.0%
합계	100	65	65.0%

회수된 응답자의 구성을 보면, 총 65명 중 59명, 90.8%가 일반적인 횃집이며, 9.2%가 일반음식점과 포장마차 등이었다.

가. 활선어의 취급추이와 유통경로

여수관내의 활어소매점 등에서 취급하는 어종을 자연산 활선어, 수입 및 양식 활어의 4가지로 구분하여 살펴본 결과, 광어는 모두 취급하는 것으로 나타났다. 활어에서는 참돔, 농어의 두 어종을 자연산과 양식산, 수입산 모두 취급하고 있었으며, 자연산 및 양식산 활어의 공통어종으로는 조피볼락, 볼락이 있으며, 수입산은 취급하지 않는 것으로 나타났

다. 이외 수입산에서는 점성어가 있으며, 자연산 선어에서는 병어, 삼치, 민어, 자연산 활어에서는 감성돔, 도다리, 돌돔, 놀래미, 줄돔, 도다리, 송어를 독자적으로 취급하고 있었다.

표 5-5-3. 여수관내의 활어소매점 등의 취급 어종

Table 5-5-3. Species sold in retail market

구분		어종명			
		공통어종 1	공통어종2	공통어종3	기타어종
자연산	활어	광어	참돔, 농어	조피볼락, 볼락	감성돔, 도다리, 돌돔, 놀래미, 줄돔, 도다리, 송어
	선어	광어	-	-	병어, 삼치, 민어
양식산	활어	광어	참돔, 농어	조피볼락, 볼락	-
수입산	활어	광어	참돔, 농어	-	점성어

주된 취급어종은 자연산 활어에서는 농어, 참돔, 광어의 순으로 많이 취급하고 있었으며, 선어는 삼치, 양식활어에서는 광어, 돔, 농어, 조피볼락의 순이었다. 수입산에서는 참돔이 다소 많은 것으로 나타났다.

다음으로 여수관내 활어 소매점에서 취급하고 있는 활·선어의 취급 추이를 유형별로 알아보면 다음 그림 5-5-2와 같다. 가장 많이 취급되고 있는 형태는 양식산 활어로 2003년에 49.1%를 차지하고 있었으며, 다음으로 많은 것이 자연산 활어로 45.5%였다. 자연산 선어는 4.1%, 수입산 활어는 1.3%로 일부만 취급하고 있는 것으로 나타났다.

유형별 연도별 취급추이를 보면, 자연산 활어는 2000년에 취급비율 49.3%였던 것이 이후 점차 감소하여 2003년에는 약 45.5%로 지속적으로 감소하고 있으나 그 추세는 다소 완만하다. 양식산 활어는 2000년에 44.0%를 취급하였으나, 2003년에는 49.1%로 증가하였다. 추세는 2000년 이후 계속 증가세이며 그 추세는 완만하다. 을 정점으로 다소 감소추세이기는 하지만 큰 변화는 없다. 다음으로 자연산 선어는 4.1%로 거의 변화가 없으며, 수입산 활어는 2000년에 2.7%를 취급하였으나 2003년에는 1.3%로 지속적으로 감소하고 있다.

전반적으로 자연산 활어가 다소 감소하고, 그 자리를 양식산 선어가 대체하는 형태로 변화되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 이러한 경향관계는 근소한 차이로 나타나고 있어 향후 바다목장산 활선어의 공급여하에 따라 다소 변화될 가능성을 충분히 내포하고 있다. 특히 선어의 이용율이 떨어지는 것은 조사대상이 주로 활어횃집인 것으로 미루어 실제사용량과는 다소 거리가 있어 보인다. 그리고 수입산 활어의 이용비율이 아주 낮은 것은 의외의 결과로 보이며, 이는 산지의 특성상 자연산 및 양식산 활어가 저렴한 가격에 충분히 공급되고 있기 때문으로 보인다.

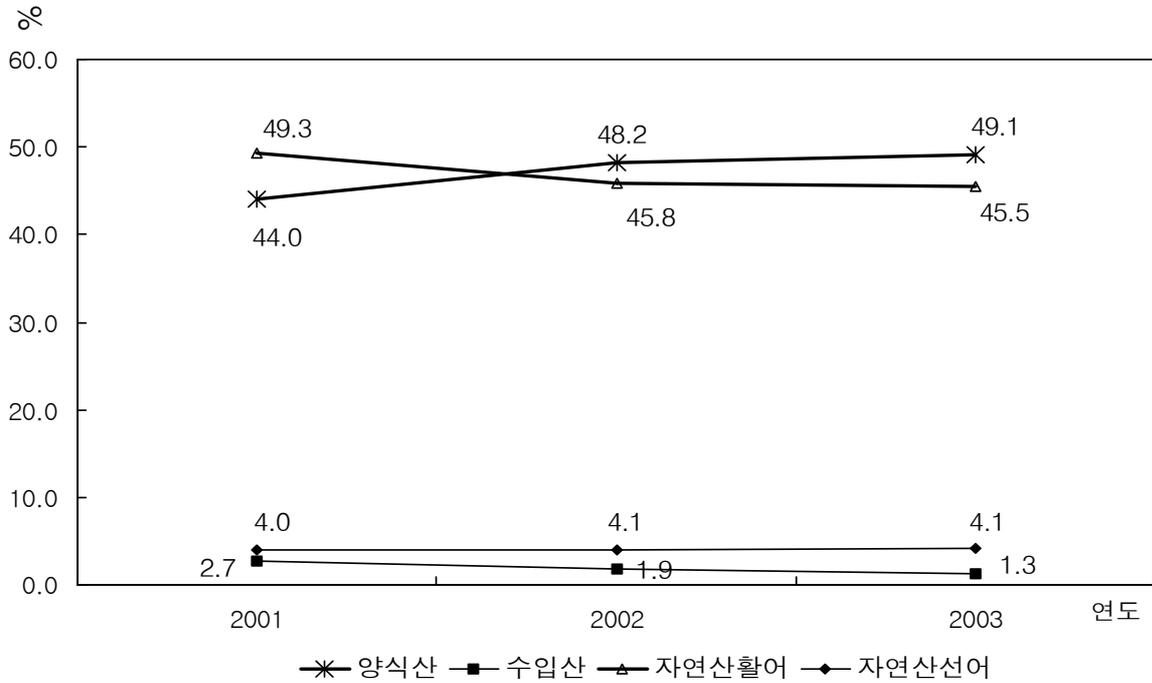


그림 5-5-2. 여수관내 활어 소매점의 유형별 활선어 취급 추이.

Fig. 5-5-2. Trend of various types of line fishes carried by retail market in Yeosu.

다음으로 활어의 구입경로를 살펴보면 그림 5-5-3과 같다. 수협 위판장의 중매인에게 구입하는 경우가 가장 많으며, 이는 자연산 활어를 대부분 군내활어위판장에서 위판하기 때문으로 보인다. 활어상인(활어운반차)에서 구입하는 경우는 20.2%로 두 번째로 많고, 시장 등을 이용하는 경우는 모두 9.2%이다.

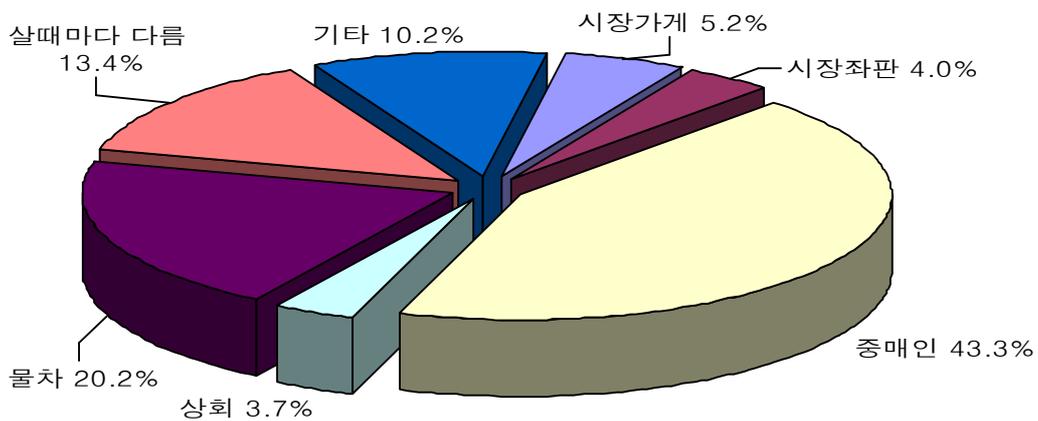


그림 5-5-3. 활어의 구입경로.

Fig. 5-5-3. Purchasing route for live fishes.

그리고 단일 구매처보다는 다양한 구매처를 이용하는 경우가 13.2%이며, 그 원인은 가격이 안정적이지 못해서 또는 신선도와 물량확보 때문인 것으로 나타났다. 기타는 자가생산 혹은 직접 구매하는 경우로 10.2%로 나타났다. 직접구매는 소매점이 직접 어업인들과 교섭하는 직거래의 형태이다.

다음으로 선어의 구입경로를 살펴보면 그림 5-5-4와 같다. 기타가 가장 많아 42.5%나 되며, 다음이 수협 위판장의 중매인에게 구입하는 경우로 41.3%이다. 이는 직거래나 자가생산인 경우가 많기 때문이며, 이는 산지라는 특성이 나타난 것이다. 수협중매인에게 선어를 구입하는 비율이 높은 것은 자연산 활어와 마찬가지로 위판장의 위판비율이 높기 때문이다. 그리고 선어의 경우는 재래시장을 통해 구매하는 비율도 높은 데 총 15%에 달하며, 특히 시장좌판을 이용하는 경우가 12.5%에 이른다. 물차 1.3%는 물차상인들이 활어공급시에 같이 공급하는 경우이다.

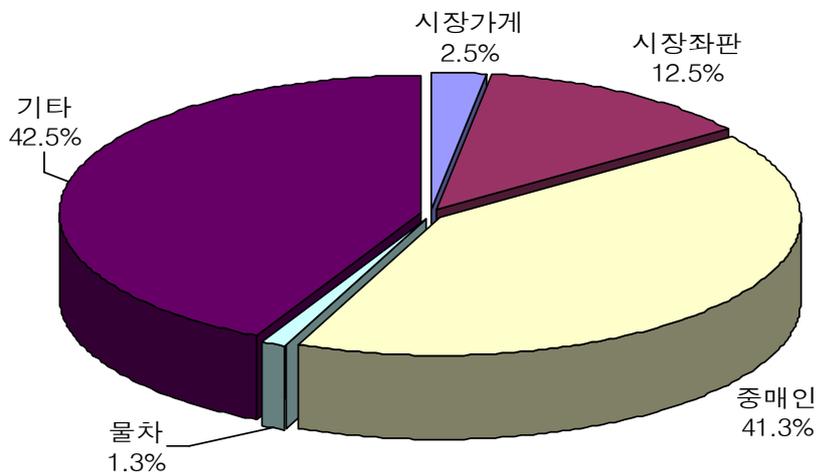


그림 5-5-4. 선어의 구입경로.

Fig. 5-5-4. Purchasing route for fresh fishes.

이상에서 살펴본 바와 같이 활선어 모두 위판장의 이용비율이 높아 어업인들의 위판비율이 높은 점과 일치하는 결과를 보여주고 있다. 그리고 양식활어의 경우는 위판이 경의 없고 물차거래가 많기 때문에 위판장을 이용하는 경우는 없다. 따라서 자연산은 위판장, 양식이나 수입산은 물차거래로 양극화되어 있다고 보아도 무방할 것이다.

다음으로 상기의 활선어 구매방법을 선택한 이유에 대한 설문을 나타낸 것이 그림 5-5-5이다. 가장 많은 응답을 보인 것은 구매가 쉽기 때문으로 55.4%였다. 다음으로 많은 것이 품질로 26.8%, 저렴한 가격이 8.9%로 나타났다. 이러한 결과는 활어소매점들이 가격이나 품질보다는 구매의 편의성에 더 큰 비중을 두고 있음을 나타내며, 가격과 품질의 양자를 비교했을 경우는 가격보다 품질을 우선시하는 것으로 나타났다.

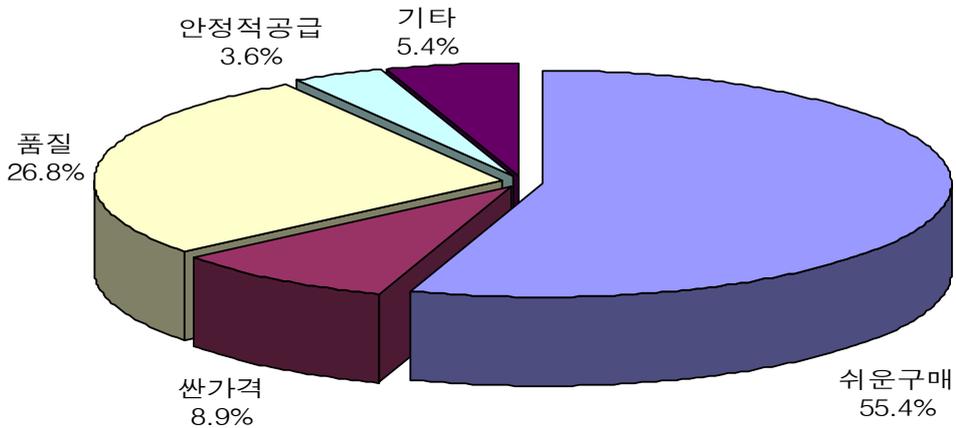


그림 5-5-5. 구매방법의 선택이유.

Fig. 5-5-5. Selection of cashing method.

다음으로 활어구매시의 가격결정 방법에 대한 설문결과를 나타낸 것이 그림 5-5-6이다. 가격결정요인에서 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것은 흥정구매로 42.4%이며, 다음으로 많은 것이 시장가격기준으로 39.4%였다.

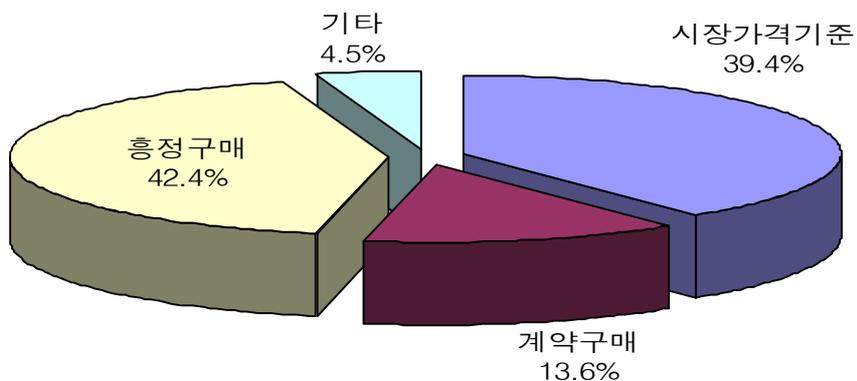


그림 5-5-6. 활어구매시의 가격결정 방법.

Fig. 5-5-6. The way of deciding price when purchasing live fishes.

계약구매는 13.6%, 기타는 4.5%로서 자가생산이다. 이 경우 시장가격이란 활어위판장 혹은 도매시장의 활어시세를 의미하기도 하지만 중간유통업자들이 제시하는 가격을 의미하기도 한다. 왜냐하면 이들 중간유통업자들이 시장가격을 파악하여 정보를 제공해주기 때문이며, 이로 인해 가격이 왜곡될 위험도 있다. 흥정구매가 다소 높은 것은 활어소매점들이 중간유통업자들이 제시하는 가격을 그대로 수용하는 것보다는 가격결정에 적극적으로 개입하고 있음을 의미한다.

나. 전문 판매장의 필요성

이하의 설문은 향후 여수바다목장의 판매활성화를 위하여 전문판매장을 만들 경우를 가정한 것이다. 전문판매장의 형태는 아직 특정 지을 수가 없으므로 활어위판장(혹은 직매장)의 형태로 설문을 하였다. 횡거리 전문 판매장의 이용 의사는 총 응답자 65명중 86.2%인 56명이 이용의사가 있는 것으로 응답하였다(그림 5-5-7 참조).

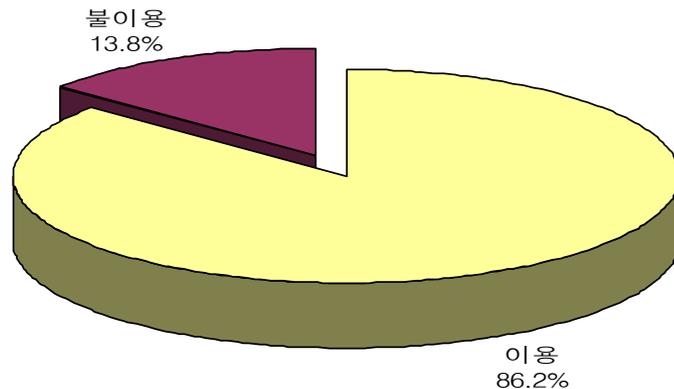


그림 5-5-7. 여수관내 횡거리 전문 판매장의 이용 의사.

Fig. 5-5-7. Willing-to-use of specialized market for raw fish in Yeosu.

횡거리 전문 판매장이 갖추어야 할 사항에 대한 설문에서는 총 응답수의 46.4%가 저렴한 가격으로 응답하여 가격에 대한 관심이 높았다(그림 5-5-8 참조). 다음으로 응답수가 많은 것은 품질이 좋을 것으로 24.6%, 가까운 거리 혹은 편리한 교통편이 10.1%로 응답하여 구매에 대한 편의성에 관심이 많음을 보여주고 있다. 이와는 반대로 배달서비스의 경우는 1.4%밖에 응답이 없어 다소 수고스럽더라도 직접 거래하여 비용을 낮추는 것에 더 관심이 많음을 보여주고 있다. 그리고 위생적인 처리시설과 안정적인 공급은 7.2%로 동일한 응답비율을 보이고 있었다.

이러한 응답결과는 여수바다목장의 어획물 판매를 위한 판매장소의 확보를 위해 저렴한 가격과 높은 품질의 수산물공급이라는 측면이 중시되어야 함을 보이고 있다. 결국 품질은 높더라도 가격은 기존의 것과 동일하거나 더 저렴하기를 원하는 것으로 나타나 품질에 대한 인식이 다소 미비함으로 보여주고 있어 품질차별화에 대한 적극적인 마케팅 노력이 가미되어야 함을 의미하는 것으로 볼 수 있다.

다. 소결

이상에서 살펴본 여수관내의 유통실태는 활어 산지유통의 전형적인 형태와는 달리 자연산 활어의 이용비율이 높고 양식산과 거의 비슷한 점유율을 보이고 있어 통영과는 다른 결과로 보여진다. 또한 어업인들의 위판장 이용비율이 높아 위판장을 통한 구매비중도

덜달아 높다는 특징을 보여주고 있다. 이는 통영지역이 자연산활어의 유통에서 물차나 시장좌판판매 등과 같은 낙후된 모습을 보여주는 것과 비교된다.

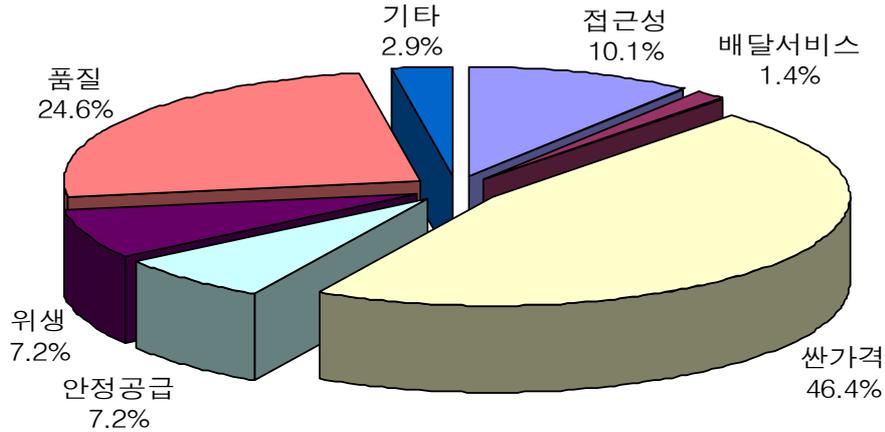


그림 5-5-8. 여수관내 횃거리 전문 판매장이 갖추어야 할 점(복수응답).

Fig. 5-5-8. Requirement of specialized market for raw fish in Yeosu.

이용형태는 자연산 활어의 비율이 낮아지면서 양식활어의 비중이 다소 높아지고 있으나 아직까지는 그리 큰 차이는 없으며, 구매결정요인은 구매의 편의성과 품질에 많은 비중을 두고 있었다. 가격결정에 대한 권한(가격교섭력)은 소매점들이 적극적으로 개입하려는 성향이 통영지역에 비해 높았으며, 횃거리 전문 활어판매장에 대한 필요성은 아주 높았다. 또한 판매장이 갖추어야 할 점으로 저렴한 가격과 품질의 비중이 높게 나타났다.

전체적으로 유통구조가 안정되어 있고, 소매점들의 가격교섭력이 중간유통업자와 비슷한 정도로 보인다. 그러나 품질보다는 가격에 너무 치우친 성향을 보이고 있다.

3. 시장에서의 경쟁력 평가(가격 및 품질)

가. 경쟁력 평가

여기에서는 앞의 설문결과 중에서 브랜드와 품질 및 가격에 대한 평가만을 별도로 구분하여 제시하였다. 이는 앞서의 실태나 판매장소와 같은 부분과는 그 의미가 다르고 향후 마케팅 전략계획을 수립하기 위한 기초가 되기 때문이다. 또한 이번 조사에서는 여수 지역만을 대상으로 하였으나, 여수바다목장의 어획물을 전국적으로 유통시키기 위하여 전국적인 조사를 실시할 필요가 있으므로 연계성을 확보하기 위하여 별도로 제시하였다. 먼저 브랜드화에 대한 설문을 보면 다음의 그림 5-5-9와 같다.

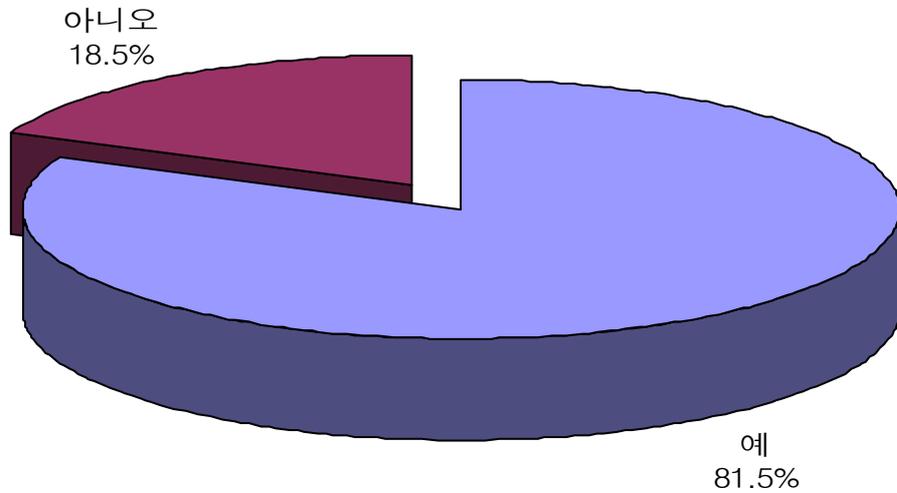


그림 5-5-9. 여수바다목장 어획물의 브랜드화 판매시의 구매의사.

Fig. 5-5-9. Willing-to-buy of the brandes fishes from market ranching.

여수바다목장에서 생산되는 활, 선어를 브랜드화 해서 판매한다면 구매할 의향이 있는지에 대한 설문에서는 81.5%가 긍정적으로 응답하여 여수바다목장 어획물에 관심이 많음을 보여주고 있다.

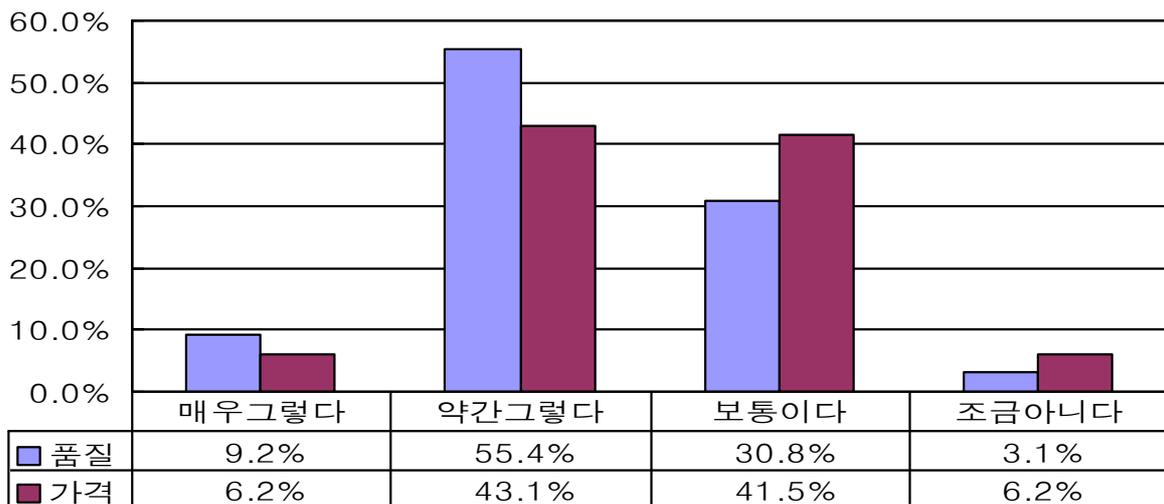


그림 5-5-10. 여수바다목장 브랜드 활선어의 차별화 가능성(품질과 가격).

Fig. 5-5-10. Possibility of discrimination for brandes fishes from marine ranching.

다음으로 여수바다목장의 브랜드로 출하되는 활·선어가 자연산 혹은 양식산과 품질과 가격에서 차별화될 수 있는지에 대한 설문결과를 나타낸 것이 그림 5-5-10이다. 먼저

품질에서의 차별화를 살펴보면, 총 응답자 65명중 9.2%가 아주 긍정적인 것으로 응답하였으며, 다소 긍정적인 응답을 한 것은 55.4%였다. 30.8%는 보통으로 응답하였다. 그러나 부정적으로 응답한 비율은 3.1%에 불과하였으며, 아주 부정적인 응답은 없었다. 전체적으로 품질평가에서는 여수바다목장 어획물의 브랜드 가치가 있는 것으로 나타났지만, 통영에 비해서는 그 인식이 다소 낮았다. 이는 여수바다목장이 아직 기반조성단계여서 홍보효과가 적었기 때문인 것으로 보인다.

가격에서의 차별화는 총 응답자 65명중 6.2%가 아주 긍정적인 것으로 응답하였으며, 다소 긍정적인 응답을 한 것은 43.1%였다. 41.5%는 보통으로 응답하였다. 부정적으로 응답한 비율은 6.2%로 전체적으로 가격에서도 여수바다목장 어획물의 브랜드 가치가 있는 것으로 나타났다. 그러나 통영과 마찬가지로 품질보다는 가격에서의 브랜드가치가 다소 취약한 것으로 나타났다.

다음으로 여수바다목장 수산물 취급점으로 공급계약을 체결한다면 응할 의향이 있는지에 대한 설문결과를 나타낸 것이 다음의 그림 5-5-11이다. 이 문항은 브랜드화와 관련하여 공급계약을 체결하는 방식을 고려한 것으로 일본의 경우는 사가노세키어협회의 세키사바(고등어)와 세키아지(전갱이)의 사례가 있다.

설문결과는 아주 긍정적인 경우와 다소 긍정적인 경우가 각각 11.1%와 42.9%로 총 응답수의 54.0%인 것으로 나타났다. 보통으로 응답하여 향후 관망하겠다는 응답이 38.1%였으며, 부정적으로 응답한 수는 7.9%로 나타났다. 전체적으로 긍정이 부정보다 다소 많기는 하지만, 다소 유동적인 응답을 보이고 있다.

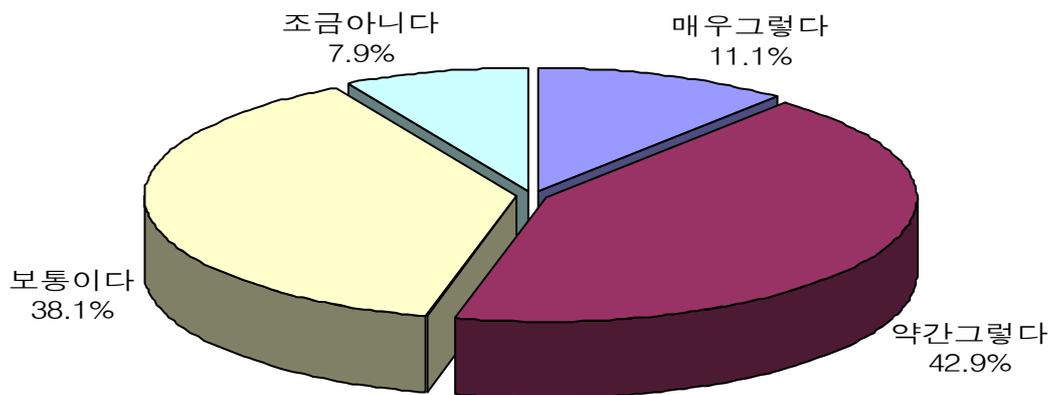


그림 5-5-11. 공급계약 체결시의 수락여부.
 Fig. 5-5-11. Contract of supply agreement.

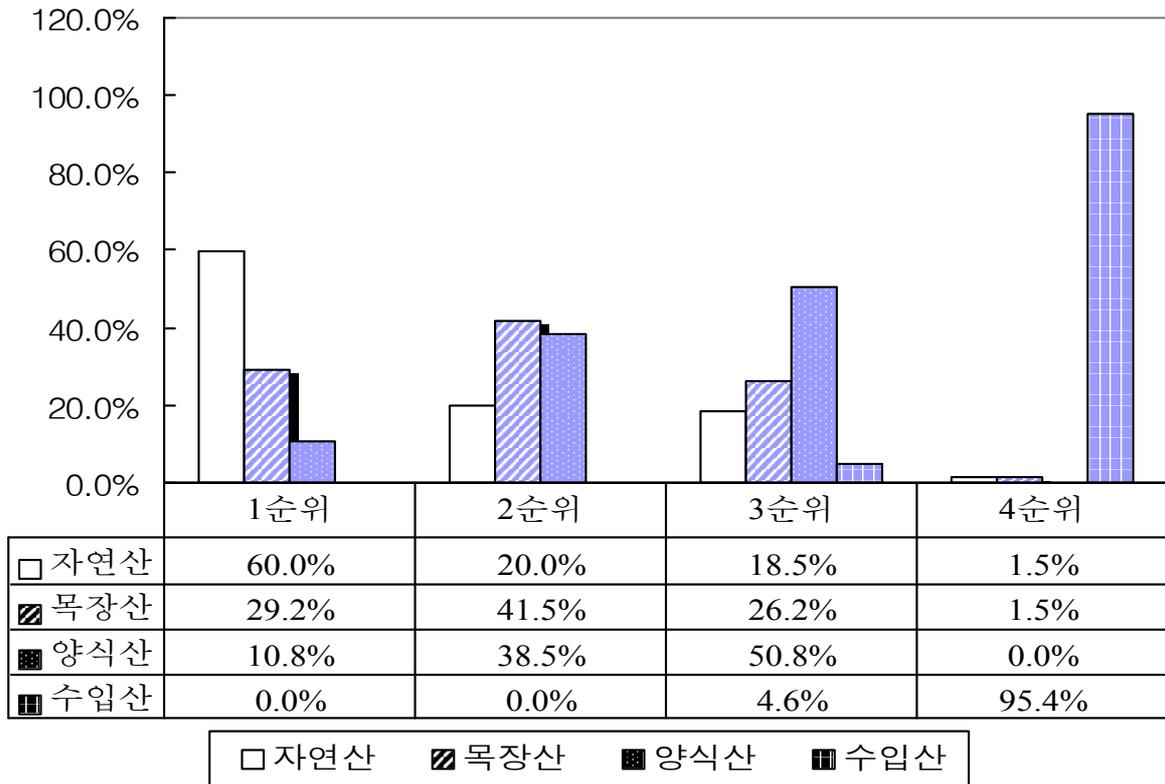


그림 5-5-12. 자연산, 양식산, 목장산 등 3종의 어류 품질 예상 평가.

Fig. 5-5-12. Expectation analysis for fish quality for fishes, farmed fishes and marine ranching fishes.

마지막으로 자연산, 양식산, 목장산 등 3종의 어류 품질에 대한 소매점들의 예상 평가를 집계한 것이 그림 5-5-12이다. 이 설문 항목은 향후 여수바다목장 어획물의 마케팅 개념과 브랜드화 및 홍보를 위한 핵심요건의 추출을 위한 것이다. 즉 표적시장과 가격설정, 이미지 구축을 위한 것이다.

설문결과는 2순위의 경우 자연산이 총 응답수의 60.0%가 응답하여 가장 품질면에서 높게 평가하는 것으로 나타났으며, 목장산이 29.2%, 양식산이 10.8%로 응답하였다. 2순위는 자연산이 20.0%, 41.5%로 응답하여 목장산이 2순위로 나타났고, 3순위는 50.8%가 응답한 양식산이, 4순위는 95.4%가 응답한 수입산으로 나타났다.

전체적으로 자연산의 품질이 가장 좋은 것으로 인식하고 있으며, 다음이 목장산이다. 양식산이 세 번째이며 수입산이 가장 품질이 좋지 않은 것으로 응답하고 있다. 설문조사 결과 나타난 이들 품질의 우열에 대한 인식관계는 다음과 같다.

자연산수산물 > 바다목장산수산물 > 양식수산물 > 수입수산물

응답자들이 품질우열을 결정한 이유를 보면, 자연산의 경우는 고객이 선호하기 때문이라는 응답이 가장 많았으며 무조건적인 선호, 품질과 시선도의 우수성 등의 응답이 있었다. 목장산의 경우는 자연산과 비슷하여, 위생품질면에서 우수성을 들고 있으며, 자연산보다 우수할 것이라는 의견도 있었다. 그러나 가격이 비쌀 것 같다는 우려도 있었다. 또한 목장산의 경우는 일부는 자연산과 비슷한 것으로 일부는 양식산과 비슷한 것으로 인식하는 어중간한 형태로 보는 응답자가 많았다. 양식산의 경우는 항생제 문제를 많이 언급하고 있었고, 취급의 용이성에서 선호하는 경향이 많았다.

나. 소결

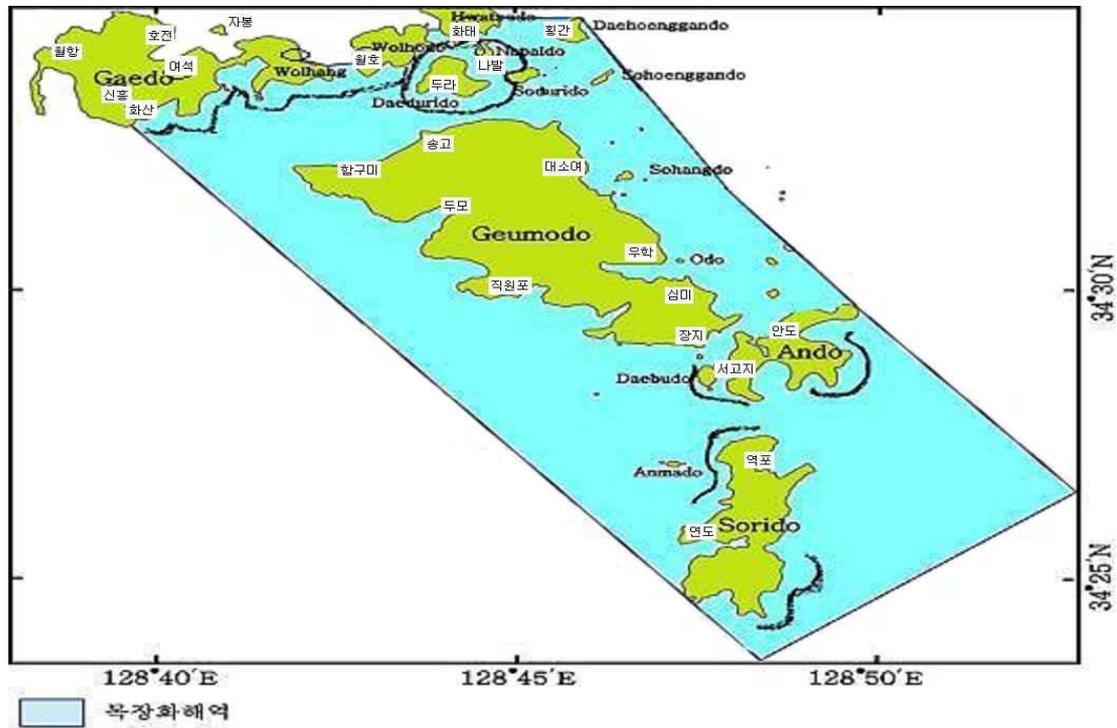
이상에서 살펴본 여수바다목장 어획물의 브랜드 가능성은 상당히 높게 평가되고 있는 것으로 나타났다. 특히 품질 면에서의 차별화가 가격보다 다소 높게 나타났다. 그러나 공급계약체결의 경우 다소 미진한 응답을 보여주고 있으며, 품질에 대한 사전평가에서는 자연산 수산물보다 못하고, 양식수산물과 수입산 수산물보다는 높다는 평가를 하고 있었다. 이러한 결과는 여수바다목장에서 어획되는 수산물이 실제로 판매될 경우에 자연산 활·선어보다 낮은 가격대를 형성할 가능성을 나타내는 것으로 제대로 된 평가라고 보기는 힘들다.

결국 여수바다목장에서 가장 가까이 있는 여수관내의 소매점들의 평가부터 이렇게 낮다면, 향후 어가 수익에 직결될 수 있는 어업인 수취가격의 제고나 부가가치 향상에 걸림돌이 될 수 있으므로 여기에 대한 대책이 시급히 필요하다.

제 6 절 전남 다도해형 바다목장 수정 마스터플랜

1. 수역범위

전남 다도해형 바다목장의 수역범위는 2002년 기본계획 수립시와 동일하다. 바다목장 면적이 넓어 관리상 어려움이 있다는 의견이 있어 다각도로 검토하였다. 그러나 바다목장 조성의 취지상 이 해역에서 가장 우점하는 감성돔을 목표어종으로 하는 한 동 어종의 생물생태적 특성 및 계절적 이동경로를 고려할 때 종전대로 하는 것이 바람직하다는 결론이었다. 따라서 그림 5-6-1에서와 같이 전남 바다목장 총면적은 203km²(20,300ha)이고, 바다면적은 약 151km²(15,100ha)로 개도, 월호도, 화태도, 대항간도를 북쪽 경계로 하여 금오도, 안도, 연도를 잇는 해역으로 한다.



① 위도 34 33'23", 경도 12738'55"	⑥ 위도 3434'57", 경도 12744'38"
② 위도 3434' 5", 경도 12742'12"	⑦ 위도 3434'55", 경도 12745'45"
③ 위도 3434' 7", 경도 12742'38"	⑧ 위도 3434' 0", 경도 12746'12"
④ 위도 3434'42", 경도 12743'37"	⑨ 위도 3429'58", 경도 12749'27"
⑤ 위도 3434'47", 경도 12743'47"	⑩ 위도 3426'24", 경도 12752'59"
	⑪ 위도 3423'40", 경도 12740'21"

그림 5-6-1. 전남 다도해형 바다목장 수역범위.

Fig. 5-6-1. The sea area of Jeonnam Archipelago Marine Ranching.

따라서 전남 다도해형 바다목장 인문지리적 범위는 바다목장과 인접한 23개 어촌계 관할구역으로 한다. 또한 4절에서 본 바와 같이 3개의 보호수면을 설정하는 방안을 추가하였다.

2. 투자계획

가. 투자대상

전남 다도해형 바다목장 사업은 국가 시범사업으로서 R&D사업이면서 실제로 바다목장을 조성하는 투자사업의 성격을 가지고 있는데, 그 성격상 투자대상은 R&D 투자와 시설 투자로 구분할 수 있다.

시설투자는 수산자원학적인 관점에서 목표 어종이 서식하는 해역의 환경수용력을 늘리거나 자원을 첨가하는 것을 주요 사업의 쟁점으로 한다. 그러므로 수산자원학적인 관점에서는 크게 환경수용력을 늘리는 어장조성사업과 직접 가입량을 늘리는 종묘방류 등과 같은 자원조성사업으로 구별할 수 있다.

어장조성사업으로는 어장환경을 개선하는 시설, 해류를 변경하거나 차단하는 시설 및 수산자원이 산란하고, 성장하는데 적합한 환경을 만들어 주는 시설로 크게 3가지로 대별될 수 있다. 첫째, 어장환경 개선시설은 해양환경 생태계를 모니터링하고 위험수위에 달할 때 이를 신속히 파악하여 조치를 취할 수 있도록 하는 시설이 있으며, 그 대표적인 것이 환경모니터링을 위한 관측시설 및 장비가 있다. 둘째, 해류를 변경하거나 차단하는 시설은 바다목장 목표 어종이 치어상태에서 성어에 이를 때까지 안전하게 서식할 수 있는 상태를 만들어 주기 위한 편의시설로, 치어가 서식하여야 할 공간의 해류가 너무 급하게 흐른다던가 할 경우에 인위적인 시설물을 설치하여 이를 차단하거나 해류를 변경시켜 주는 시설이다. 이러한 시설로는 해류변경 차단장치, 수권차단장치 및 소파제 등이 있다. 마지막으로 목표 어종의 산란, 성장 등에 적합한 공간을 만들어 주는 시설로서 인공어초와 해조장 시설이 대표적이다. 전남 다도해형 바다목장에서 목표로 하는 어종의 품질이 뛰어나고 먹이가 풍부하더라도 이들이 안착할 장소가 없으면 서식공간으로서는 부적합하기 때문에 산란, 성장에 적합한 환경을 만들어 주는 것이라고 할 수 있다.

다음은 어종을 방류하여 가입자원량을 늘리는 자원조성사업을 목표로 한다. 바다목장에서의 방류는 일반방류와 같이 일정 크기의 종묘를 방류하는 것이 아니다. 또한 자연생태에서도 사망률이 낮으면서 성장도 빠르고, 멀리 도망가지 않도록 사전에 훈련을 시켜 방류하는 것이 가장 큰 특징이다. 이를 위해서는 우선 중간육성을 위한 가두리 양식장이 필요하고, 훈련을 위한 급이시스템이 필요하다. 급이시스템은 여러 가지 방법이 있지만 현재 가장 널리 사용하는 방법은 음향을 급이시 훈련시키는 음향 급이시스템이다.

이상의 시설투자사업설비 외에도 시범바다목장을 조성하기 위해서는 많은 연구개발이 요구된다. 연구개발투자는 크게 4가지로 분류되는데 환경관리 및 개선, 어장조성, 자원증

대 및 바다목장 이용·관리 분야로 구분할 수 있다.

첫째, 환경관리 및 개선분야는 바다목장 해역의 환경을 보전하고 개선하기 위한 것으로서 크게 환경조사와 생태계에 대한 특성분석이 있으며, 환경조사분야에서는 일반적인 수질, 퇴적 환경, 해저 지형 및 해수 순환 등에 관한 조사를 실시하여 바다목장 조성을 위한 각종 시설물이 설치에 필요한 정보를 제공함과 동시에 바다목장 조성에 따른 환경 특성의 변화를 비교 분석할 수 있도록 하는 것이다. 생태계에 대한 특성 분석분야에서는 미생물, 플랑크톤, 어류, 저서동물 및 해조류의 특성을 조사 분석하여 목표 어종의 서식환경에 적합한가를 판정하고, 적합하지 않을 경우 이를 보완하는 시설물의 설치 등 개선시설을 할 수 있도록 하는 것이다.

둘째, 어장조성분야는 목표어종이 산란·서식할 수 있는 시설물을 설치하여 환경수용력을 증대시키는 것이다. 이를 위한 주요 연구분야로서는 인공어초, 해중립, 소파제 및 환경모니터링 및 급이시스템 등이 있다.

셋째, 자원증대 분야는 목표로 하는 어종의 자원을 증대하기 위한 분야로서 방류용 우량종묘 생산 및 판별, 중간육성기술, 음향순치기술, 대상생물의 방류기술, 대상생물의 생태 및 행동 연구, 해중립 조성종 생산, 자원조사 및 평가 등이 있다.

넷째, 위의 3가지 연구분야는 대부분 생물학, 공학, 생태학 등 자연과학적인 연구분야인 반면에 바다목장 이용·관리분야는 사회과학적인 연구분야로서 바다목장 후보지 선정 조사 및 평가, 바다목장사업 마스터플랜 수립, 바다목장 이용관리 실태조사, 바다목장 이용관리 체제 구축 및 운영, 바다목장산 어획물 유통체계 구축, 바다목장 종합계획 수립 등이 주요 연구내용이 된다.

나. 사업별 투자규모

(1) 분야별 재원별 투자계획

전남 다도해형 바다목장 시범사업의 투자계획 수립의 기준은 2001년 연구에서 수립한 기본계획에 의하여 수립하였으며, 2002년에 수립된 마스터플랜을 2003년도에 구체적으로 연구하여 마스터플랜을 수정하게 되었다.

2001년 연구수립의 기본계획으로는 첫째, 전남 다도해형 바다목장 모델에 적합하도록 한다는 것이다. 둘째는 이미 수립된 정부의 바다목장사업 마스터플랜에 부합시킨다. 셋째는 연구개발투자는 국가 투자를 원칙으로 하고 시설투자는 국가외에 지자체, 어업인 및 민간기업의 투자를 유도한다. 넷째는 사업추진단계에 따라 연차별 및 분야별 투자액을 배정한다.¹⁾ 다섯째는 기집행된 2001년 정부 투자액과 2002년 연구결과를 고려하여 연차별 투자계획을 조정한다는 것이다.

1) 해양수산부, 2002, 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서, 798p.

사업추진단계는 크게 3단계로서 구분하였으며 그 내용은 표5-3-2와 같다. 총 사업기간은 8년으로 하고 1단계는 후보지 선정 및 바다목장 기반조성 단계기간으로 사업년도는 2001~2003년까지, 2단계는 바다목장 조성단계 기간으로 2004~2007년, 3단계는 사후관리 및 효과분석 단계기간으로 2008년으로 구분하였다.

표 5-6-1. 전남 다도해형 바다목장 시범사업 추진단계

Table 5-6-1. Implementation plan for Jeonnam archipelago marine ranching pilot program

구 분	1단계	2단계	3단계
기 간	2001-2003	2004-2007	2008
목 표	후보지 선정 및 바다목장 기반조성	바다목장 조성	사후관리 및 효과분석
주 요 내 용	• 해역환경 특성조사	• 모니터링시스템 운용에 의한 환경관리	• 환경 및 생태계 동태 파악
	• 어장조성 기반조사	• 시설물 실행역 투입 및 어장조성	• 바다목장시설의 관리 및 효과조사
	• 대상생물 생리생태조사	• 방류 및 생물군집변화 조사	• 방류종의 자원관리 및 재생산 조사
	• 후보지 선정, 기본계획 수립 및 사전 경제성 평가	• 바다목장 이용관리방안 수립 및 관리실태 조사	• 바다목장 종합계획 수립 및 사후 투자효과 분석

자료 : 해양수산부, 2002, 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서, 797p.

다만 2003년도에는 2002년에 수립한 마스터플랜대로 투자비를 확보하지 못함으로써 불가피하게 연차별 투자계획을 변경하지 않을 수 없었다. 즉 사업종료시점인 2008년에는 시설투자를 하지 않고 연구개발만 하도록 되어 있었으나, 자원확보가 어려워 2008년도에도 시설투자를 하도록 재편하였다.

따라서 연차별로는 기반조성 단계인 1단계(2001~2003년)가 4,266백만원으로 총 투자비의 12%이고, 실질적인 바다목장 조성기간인 2단계(2004~2007년)에는 총 투자비의 71%인 25,549백만원을 투자하도록 하였다. 그리고 마지막 3단계(2008년)에는 총 투자비의 17%인 6,025백만원을 투자하도록 하여 2단계 예산을 3단계로 이전하였다(표 4-6-2 참조).

그러나 재원별 전체 투자규모는 표 4-6-2에서 보는 바와 같이 2002년과 동일하다. 즉 총 투자액은 35,800백만원이고, 국가가 30,700백만원, 지자체가 3,300백만원, 어업인이 600백만원, 민간기업이 1,200백만원이다.

분야별 투자규모는 시설투자비를 증가시켜 종전 23,454백만원에서 25,168백만원으로

약 70%를 점하도록 하였고, 나머지 30%인 10,632백만원은 연구개발비로 변경하였다. 시설투자비의 재원은 국가가 20,068백만원, 지자체가 3,300백만, 어업인이 600백만원, 민간기업이 1,200백만원이고, 연구개발비는 전액 국가가 투자하는 것으로 하였다.

표 5-6-2. 재원별 연도별 투자계획

Table 5-6-2. Investment plan by funding source and annual

(단위 : 백만원)

분야	재원	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
합계	합계	35,800	486	1,010	2,730	3,435	7,170	7,344	7,600	6,025
	국가	30,700	486	990	2,700	6,100	6,274	6,500	6,700	4,950
	지자체	3,300	-	-	-	650	650	650	670	680
	어업인	600	-	20	30	85	120	120	130	95
	민간	1,200	-	-	-	-	300	300	300	300
시설투자	소계	25,168	-	310	734	1,735	5,670	5,844	6,100	4,775
	국가	20,068	-	290	704	1,000	4,600	4,774	5,000	3,700
	지자체	3,300	-	-	-	650	650	650	670	680
	어업인	600	-	20	30	85	120	120	130	95
	민간	1,200	-	-	-	-	300	300	300	300
연구개발	소계	10,632	486	700	1,996	1,700	1,500	1,500	1,500	1,250
	국가	10,632	486	700	1,996	1,700	1,500	1,500	1,500	1,250

(2) 시설투자 투자계획

시설투자는 크게 어장조성과 자원증대로 구분하였다. 어장조성 시설의 내용은 전기한 바와 같이 인공어초, 해조장, 소파제, 환경모니터링 및 급이시스템, 육상관측시스템, 유어 낚시터 조성 등이다. 한편 자원증대를 위한 투자는 종묘방류, 중간육성 시설인 내파성 가두리 시설 및 바다목장 관리시설 등이다.

어장조성 시설투자 규모는 표 5-6-3에서 보는 바와 같이 16,334백만원으로 국가가 12,104백만원, 지자체가 3,030백만원, 민간이 1,200백만원을 투자하도록 하였다. 지자체와 민간은 인공어초에 투자하는 것으로 하였다.

자원증대를 위한 시설투자는 표 5-6-4에서 보는 바와 같이 8,834백만원으로 2002년 투자계획보다 증가하였고, 재원별로는 국가 7,964백만원, 지자체 270백만원 및 어업인 600백만원이다. 투자내역별로 보면 종묘의 중간육성 및 방류투자가 8,220백만원으로 대부분을 차지하고, 중간육성용 내파성 가두리 시설비가 214백만원 그리고 바다목장관리설비가 400백만원이다.

주요 시설투자 물량을 보면 표 5-6-5에서 보는 바와 같이 인공어초가 118,000m³이고,

해조장이 8,250m³, 소파제가 160세트, 종묘방류가 13,615천미 그리고 내파성 가두리가 10조이다.

인공어초는 유도용, 치어용 및 어획용으로 구분하여 설치할 예정이며, 종묘는 2002년부터 2008년까지 지속적으로 방류할 계획이다.

표 5-6-3. 어장조성 시설투자계획

Table 5-6-3. Investment plan for fishing grounds creation facilities

(단위 : 백만원)

구 분	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
□ 합 계	16,334	0	0	280	1,200	3,700	3,824	4,000	3,330
- 국 가	12,104	0	0	280	600	2,800	2,924	3,100	2,400
- 지자체	3,030	0	0	0	600	600	600	600	630
- 어업인	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- 민 간	1,200	0	0	0	0	300	300	300	300
□ 인공어초	11,800	0	0	230	900	2,750	2,790	2,900	2,230
- 유도용(국가)	2,350	0	0	230	300	450	470	500	400
- 치어용(국가)	2,300	0	0	0	0	700	600	600	400
- 어획용(국가)	2,920	0	0	0	0	700	820	900	500
- 어획용(지자체)	3,030	0	0	0	600	600	600	600	630
- 어획용(민간)	1,200	0	0	0	0	300	300	300	300
□ 해조장	1,650	0	0	0	50	400	400	400	400
- 해조초	1,650	0	0	0	50	400	400	400	400
□ 해류제어 구조물	800	0	0	0	0	200	200	200	200
□ 환경모니터링 및 급이시스템	634	0	0	50	250	250	84	0	0
- 급이 및 음향장치	234	0	0	50	50	50	84	0	0
- 환경등 계측장치	100	0	0	0	50	50	0	0	0
- 제어시스템	100	0	0	0	50	50	0	0	0
- 전기시스템	100	0	0	0	50	50	0	0	0
- 브이 등 구조물 제작	100	0	0	0	50	50	0	0	0
□ 육상관측통제시스템	450	0	0	0	0	100	150	100	100
- 수신부	100	0	0	0	0	50	50	0	0
- 정보제어처리	200	0	0	0	0	50	50	50	50
- 운용시스템	150	0	0	0	0	0	50	50	50
□ 유료낚시터	1,000	0	0	0	0	0	200	400	400

표 5-6-4. 자원증대 시설투자계획

Table 5-6-4. Investment plan for resource enhancement facilities

(단위 : 백만원)

구 분	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
□ 합 계	8,834	0	310	454	535	1,970	2,020	2,100	1,445
- 국 가	7,964	0	290	424	400	1,800	1,850	1,900	1,300
- 지자체	270	0	0	0	50	50	50	70	50
- 어업인	600	0	20	30	85	120	120	130	95
- 민 간	0	0	0	0	0	0	0	0	0
□ 중간육성 및 방류	8,220	0	170	380	535	1,870	1,920	2,000	1,345
- 국가	7,350	0	150	350	400	1,700	1,750	1,800	1,200
- 지자체	270	0	0	0	50	50	50	70	50
- 어업인	600	0	20	30	85	120	120	130	95
□ 내파성가두리	214	0	140	74	0	0	0	0	0
□ 바다목장관리시설	400	0	0	0	0	100	100	100	100

표 5-6-5. 주요 시설투자 물량

Table 5-6-5. Investment quantity for main facilities

시설내역	단위	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
□ 인공어초	m ³	118,000	0	0	2,300	9,000	27,500	27,900	29,000	22,300
- 유도용(국가)	"	23,500	0	0	2,300	3,000	4,500	4,700	5,000	4,000
- 치어용(국가)	"	23,000	0	0	0	0	7,000	6,000	6,000	4,000
- 어획용(국가)	"	29,200	0	0	0	0	7,000	8,200	9,000	5,000
- 어획용(지자체)	"	30,300	0	0	0	6,000	6,000	6,000	6,000	6,300
- 어획용(민간)	"	12,000	0	0	0	0	3,000	3,000	3,000	3,000
□ 해조장	"	8,250	0	0	0	250	2,000	2,000	2,000	2,000
□ 소파제	세트	160	0	0	0	0	40	40	40	40
□ 종묘방류	천미	13,615	0	500	700	1,000	3,000	3,100	3,235	2,080
□ 내파성가두리	조	10	0	7	3	0	0	0	0	0

종묘의 단가는 종묘비, 중간육성 사료비 및 방류인건비로 구분된다. 종묘단가 산출은 기준단가보다 약 25% 상향책정하였는데 이는 종묘를 구입하여 방류할 때까지 자연폐사가 있기 때문이다(표 5-6-6 참조). 어종별 종묘비와 방류량은 표 5-6-7과 같다.

표 5-6-6. 어종별 종묘방류비 단가

Table 5-6-6. Juveniles releasing price by species

(단위 : 원)

구 분		황점볼락	볼 락	감성돔	돌 돔
종묘비	기준단가	280	280	250	400
	조정단가	350	350	300	500
사료비	기준단가	96	96	96	96
	조정단가	120	120	120	120
인건비	기준단가	32	32	32	32
	조정단가	40	40	40	40

표 5-6-7. 어종별 종묘방류량 및 비용

Table 5-6-7. Juveniles releasing quantity and price by species

(단위 : 백만원, 천마리)

구 분	합 계	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
□ 합 계	7,950	170	380	485	1,820	1,870	1,930	1,295
- 종묘비	5,457	150	267	320	1,250	1,290	1,320	860
- 사료비	1,893	0	83	80	450	460	480	340
- 인건비	600	20	30	85	120	120	130	95
- 방류량	13,615	500	700	1,000	3,000	3,100	3,235	2,080
□ 황점볼락	965	0	0	90	185	235	295	160
- 종묘비	630	0	0	30	130	170	200	100
- 사료비	220	0	0	10	40	50	70	50
- 인건비	115	0	0	50	15	15	25	10
- 방류량	1,605	0	0	100	300	400	535	270
□ 볼락	1,528	0	28	90	365	365	365	315
- 종묘비	1,027	0	17	60	250	250	250	200
- 사료비	386	0	6	20	90	90	90	90
- 인건비	115	0	5	10	25	25	25	25
- 방류량	2,920	0	50	200	700	700	700	570
□ 감성돔	2,445	170	175	180	540	540	540	300
- 종묘비	1,635	150	115	130	350	350	350	190
- 사료비	605	0	45	30	150	150	150	80
- 인건비	205	20	15	20	40	40	40	30
- 방류량	4,930	500	380	500	1,000	1,000	1,000	550
□ 돌돔	3,012	0	177	125	730	730	730	520
- 종묘비	2,165	0	135	100	520	520	520	370
- 사료비	682	0	32	20	170	170	170	120
- 인건비	165	0	10	5	40	40	40	30
- 방류량	4,160	0	270	200	1,000	1,000	1,000	690

(3) 연구개발 투자계획

연구개발투자는 크게 환경관리 및 개선, 어장조성, 자원증대, 바다목장 이용관리분야로 나누어 투자하는 것을 기본으로 하였다. 연구분야별 연구내역 및 투자규모는 표 5-6-8과 같이 10,632백만원으로서 2002년 마스터플랜시보다 감소하였다.

표 5-3-8. 연구개발 투자계획

Table 5-3-8. Investment plan for R&D

(단위 : 백만원)

분야	연구내용	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
합계		10,632	486	700	1,996	1,700	1,500	1,500	1,500	1,250
환경 관리	소 계	1,653	176	211	216	200	200	200	200	250
	환경조사	772	76	98	98	100	100	100	100	100
	생태계특성분석	881	100	113	118	100	100	100	100	150
어 장 조 성	소 계	1,559	30	39	280	310	200	200	200	300
	인공어초	479	10	39	80	100	50	50	50	100
	해중림	460	10	0	100	100	50	50	50	100
	소과제	250	0	0	0	50	50	50	50	50
	환경모니터링 및 급이시스템	370	10	0	100	60	50	50	50	50
자 원 증 대	소 계	5,935	195	350	1,300	990	900	900	900	400
	우량종묘 생산 및 판별	740	20	50	200	150	100	100	100	20
	중간육성기술	593	10	33	130	100	100	100	100	20
	음향순치기술	368	25	33	70	70	50	50	50	20
	대상생물의 방류기술	864	20	34	180	150	150	150	150	30
	대상생물 생태 및 행동 연구	1,210	50	100	410	170	150	150	150	30
	해중림 조성종 생산	730	50	50	200	100	100	100	100	30
	자원조사 및 평가	1,430	20	50	110	250	250	250	250	250
이 용 관 리	소 계	1,485	85	100	200	200	200	200	200	300
	후보지 선정 조사 및 평가	85	85	0	0	0	0	0	0	0
	마스터플랜 수립	70	0	40	30	0	0	0	0	0
	이용관리 실태조사	430	0	40	80	70	70	60	60	50
	이용관리체제 구축 및 운영	390	0	20	60	70	70	60	60	50
	유통체계 구축 및 운영	210	0	0	20	30	30	40	40	50
	바다목장 종합계획 수립	300	0	0	10	30	30	40	40	150

(4) 연구개발 추진일정

연구개발 추진일정은 사업시행 초기년도인 2001년부터 마지막 년도인 2008년까지 계획을 세웠으며 각 분야별 세부연구추진 계획은 표 5-6-9에서 표 5-6-12와 같다. 2002년과

비교하여 금년도 마스터플랜 수립에서는 연구내용을 보다 세분화하였고, 추진일정을 전체적으로 투자계획의 변경에 따라 재조정하였다.

환경관리 및 개선분야의 1차적인 목적은 바다목장해역의 환경을 관리하고 개선하기 위한 각종 자료를 수집하는 것이다. 최종적으로는 현재 바다목장해역의 환경수용력을 추정하고, 향후 바다목장 조성으로 인하여 최대로 증대시킬 수 있는 환경수용력이 얼마인가를 알고자 하는 것이다. 이를 위하여 환경조사, 해저지형도 작성, 해수순환모델 및 생물군집 특성조사를 지속적으로 실시하게 된다(표 5-6-9 참조).

표 5-6-9. 환경관리 및 개선분야 연구개발 추진일정

Table 5-6-9. R&D schedule of environment management and improvement

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<input type="checkbox"/> 환경조사								
· 일반수질								
· 저질환경								
<input type="checkbox"/> 해저지형도								
· 2·3차 지형도 작성								
· 해저지형도와 환경자료 결합								
<input type="checkbox"/> 해수순환모델								
· 해수유동조사								
· 수치모델링								
<input type="checkbox"/> 생물군집 특성조사								
· 미생물								
· 동식물 프랑크톤								
· 저서동물								
· 해조류								
· 난치자어 및 성어								
<input type="checkbox"/> 환경수용력 추정								
· 생태계관리 모델링								
· 수치모델링								

어장조성분야는 크게 인공어초, 해중림, 소파제, 환경·급이시스템으로 분류된다. 동 연구목적은 어장조성을 위한 각종 시설물을 설치하는데 필요한 조건을 찾아내고, 해당 해역에 적합한 시설물의 종류, 규모, 형태 등을 결정하는 설계를 하는 것이다. 나아가서 시설물의 효과를 분석하고 유지보수 및 관리를 위한 방안 등을 마련하는 것이 본 연구의 목적이라 할 수 있다. 따라서 이미 연구되었거나 사용중인 시설물에 대해서는 동 해역에 맞게 응용하는 연구가 대부분이라 할 수 있다(표 5-6-10 참조).

표 5-6-10. 어장조성분야 연구개발 추진일정

Table 5-6-10. R&D schedule of fishing grounds creation

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<input type="checkbox"/> 인공어초								
· 기존 인공어초시설상태 파악								
· 투입적지 선정								
· 어초설계								
· 어초 서식지 모델개발								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 해중립								
· 대상종 및 적지선정								
· 대상종 생태특성 파악								
· 해중립 적합도 판정								
· 종묘생산·이식 및 어초설계								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 소파제								
· 개발현황 분석								
· 해양환경 어장분포특성 파악								
· 기본설계 및 안정성 분석								
· 실시설계 및 현장투입								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 환경·급이시스템								
· 개발현황 분석								
· 시스템 설계								
· 안정성 검토								
· 효과분석 및 관리								

자원증대분야는 자원을 첨가하여 자원증대를 꾀하는 한편 자원이 얼마만큼 어떻게 조성되었는가를 파악하는 등 자원량을 평가하여 지속가능한 어획수준을 제시하는 것이다. 이를 위하여 방류용 우량종묘의 생산이 우선 필요한데 이는 어종이 다르기 때문에 계속해서 연구되어야 할 부분이라 할 수 있다. 둘째는 방류전에 중간육성을 통하여 생존율을 높이는 기술을 개발하는 것이 필요한데 이를 위해서는 야간점등 등에 의한 중간육성과 음향순치를 통한 중간육성 등의 연구가 필요하다.

다음으로는 방류기술개발로서 이는 동 해역에 적합한 방류어 크기, 방류량, 방류 장소 등을 정하고, 방류어가 어디로 회유하는지 등을 파악하는 것이다. 그리고 최종적으로는 방류효과조사를 실시하여 자원량 평가자료로 활용할 수 있도록 한다.

한편 방류어가 어장조성 시설물에 잘 부착할 수 있는 설계를 할 수 있도록 하기 위하여 생태 및 행동에 관한 연구가 수행되며, 해중립 조성종의 생산기술도 개발하게 된다. 마지막으로 어장조성과 자원증대를 통하여 목표로 한 자원이 얼마나 증대되었는가를 과학적으로 평가하는 연구가 이뤄진다(표 5-6-11 참조).

표 5-6-11. 자원증대분야 연구개발 추진일정

Table 5-6-11. R&D schedule of resource enhancement

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<input type="checkbox"/> 방류용 우량종묘 생산 및 판별								
· 종별 종묘특성 및 판정기술								
· 생산환경조건별 생산기술								
· 건묘대량생산								
<input type="checkbox"/> 중간육성기술								
· 야간점등 환경조건조절 기술								
· 먹이생물 및 어장환경조사								
· 위 내용물분석								
· 점등 효과 분석 및 평가								
<input type="checkbox"/> 음향순치기술								
· 수중음 및 식이음 분석								
· 음향기기 설계 및 제작								
· 설치 및 운영기술								
· 효과분석 및 관리								
<input type="checkbox"/> 대상생물의 방류기술								
· 표지방법 기술								
· 종별 적정 방류크기 조사								
· 방류어의 이동 및 성장								
· 방류효과 조사								
<input type="checkbox"/> 대상생물의 생태 및 행동연구								
· 초기 행동발달 및 특성								
· 구조물에 대한 군집형태								
· 종별 상호관계								
· 방류자원의 군집 특성								
<input type="checkbox"/> 해중립 조성종 생산								
· 해조 생태 및 대상종 선정								
· 생산 및 이식기술								
· 효과 조사 및 관리								
<input type="checkbox"/> 자원조사 및 평가								
· 자원조사(어탐,어구,잠수)								
· 유전자원조사								
· 자원평가 및 관리모델 개발								

바다목장 이용관리분야의 연구목적은 바다목장 사업이 경제적으로 가치있는 사업이 될 수 있게 하기 위한 방안을 제시하는 것과 바다목장의 이용관리 방안을 수립하는 것이 주요 연구라 할 수 있다(표 5-6-12 참조).

표 5-6-12. 바다목장 이용관리분야 연구개발 추진일정

Table 5-6-12. R&D schedule of marine ranching use and management

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
□ 후보지 선정 조사 및 평가								
· 인문사회 여건조사								
· 후보지 선정 평가								
· 기본계획 수립								
□ 바다목장 마스터플랜수립								
· 사회경제 여건조사								
· 모델설정 및 추진방향 수립								
· 직접효과 분석								
· 간접효과 분석								
· 투자계획 및 재원조달 계획 수립								
· 사회경제적 타당성 분석								
□ 바다목장 이용관리 실태조사								
· 바다목장 이용실태조사								
· 바다목장 관리실태조사								
· 어획실태 조사								
· 유어낚시 및 관광이용 조사								
· 어업경영실태 및 어가수지 조사								
□ 바다목장 이용관리체제 구축 및 운영								
· 보호수면 및 관리수면 지정방안 연구								
· 수산자원관리수면 이용관리실태 조사								
· 어업인 자율관리 위원회 구성 및 운영								
· 관리운영협의회 구성 및 운영								
· 모니터링체제 구축 및 운영								
· 어업인 홍보, 교육 및 지도								
□ 바다목장산 어획물 유통체제 구축								
· 어획물 유통실태 조사								
· 바다목장산 마케팅 전략기획								
· 바다목장산 어획물 브랜드화								
· 유통판매 시설계획 수립 및 운영								
· 자율 출하조직 구성 및 운영								
□ 바다목장 종합계획 수립								
· 이용관리권 이양계획 수립								
· 이용관리권 이양 시범사업실시								
· 이용관리권 이양에 관한 평가								
· 바다목장 사후 투자효과분석								

이용관리분야 연구항목은 크게 후보지 선정, 마스터플랜 수립, 바다목장 이용관리실태 조사, 바다목장 이용관리체제 구축, 바다목장산 어획물 유통체제 구축 및 경제적 효과분석 등 종합계획 수립으로 구분할 수 있다. 전남의 경우 후보지 선정은 2001년에 실시하였고, 사전 타당성 분석 및 마스터플랜 수립은 2002년과 2003년에 실시하였다. 기타 사항에 대해서는 지속적으로 조사분석하여 바다목장 조성후의 효과와 비교분석할 수 있는 근거

를 마련함과 아울러 가장 실현가능한 이용 및 관리방안을 수립하는 것이라 할 수 있다.

2. 경제성 분석

가. 직접효과

(1) 분석방법

바다목장으로 인한 직접효과는 바다목장에 조성된 어업자원을 상업적으로 이용하는 어업효과를 말한다. 어업효과는 지속적 어획량에다 어가를 곱하여 구한다.

지속적 어획량은 방류와 어장조성 등을 통하여 목표어종의 자원량이 증가함에 따라 매년의 최대지속적 생산량(MSY)만을 어획하여 자원의 남획을 방지한다는 가정하에 산출하였다. 자원 증가량을 추정하기 위하여 각 어종별 자원특성에 따라 생존율을 달리하여 재생산력을 계산하였다.

즉 황점볼락의 방류어 생존율은 $0.4(1년) \times 0.4(2년) \times 0.5(3년)$ 으로 하였고, 방류어가 성어가 되어 산란하는 산란량은 $친어수 \times 0.5(암수) \times 2만미(미당 산란량) \times 0.5(정상산란율)$ 로 하였으며, 방류어가 산란한 후 성어진 산란성어의 생존율은 $0.005(1년) \times 0.2(2년) \times 0.3(3년)$ 으로 하였다.

볼락의 방류어 생존율은 $0.4(1년) \times 0.4(2년) \times 0.5(3년)$ 으로 하였고, 방류어가 성어가 되어 산란하는 산란량은 $친어수 \times 0.5(암수) \times 5만미(미당 산란량) \times 0.5(정상산란율)$ 로 하였으며, 방류어가 산란한 후 성어진 산란성어의 생존율은 $0.005(1년) \times 0.2(2년) \times 0.3(3년)$ 으로 하고 2사이클부터 3년째 생존율을 0.2로 하였다.

표 5-6-13. 어종별 출하크기 및 가격

Table 5-6-13. Marketing size and price by species

구 분		황점볼락	볼 락	감성돔	돌 돔
출하 크기(g)		500	150	500	600
가격(원/kg)	최 소	20,000	15,000	15,000	25,000
	최 대	30,000	20,000	25,000	30,000

한편 감성돔과 돌돔의 방류어 생존율은 $0.4(1년) \times 0.4(년) \times 0.5(3년)$ 으로 하였고, 방류어가 성어가 되어 산란하는 산란량은 $친어수 \times 0.2(암수) \times 15만미(미당 산란량) \times 0.5(정상산란율)$ 로 하였고, 방류어가 산란한 후 성어진 산란성어의 생존율은 볼락류보다 낮게 산정하였는데 이는 볼락류보다 회유반경이 넓기 때문이다. 따라서 산란어 생존율은 $0.004(1년) \times 0.2(2년) \times 0.3(3년)$ 으로 하고 2사이클부터 3년째는 0.2로 하였다.

어가는 각 어종별 최대와 최소가격을 현지조사를 통하여 산출하였고, 이를 지속적으로

적용하였다. 정확한 분석을 위해서는 미래의 어가를 추정하여야 하나 이는 너무나 불확실하고, 비용요인에서도 현재의 단가를 적용하기 때문에 큰 무리가 없다고 판단하였다. 어종별 출하크기와 최소 및 최대 어가는 표 5-6-13과 같다.

어업비용은 고정비와 변동비로 구분하여 분석하였는데, 대상어업을 낚시어업으로 한정하여 현지조사 결과를 기초로 분석하였다. 고정비는 어선의 감가상각비와 어선 유지보수비로 구분하였는데, 어선은 5톤 미만 FRP선으로 신조가격을 2,000만원으로 하였고, 내구년수는 20년으로 하였다. 따라서 감가상각비는 2,000만원을 20년 내구년수로 나누어서 산출하였다. 한편 어선 유지보수비는 어선신조가격의 5%로 계산하였다. 변동비는 상각기간은 어업에 소요되는 경비로서 여러 비용항목으로 구분하여 계산할 수도 있으나 낚시어업은 비교적 단순하기 때문에 자가인건비를 포함하여 어업수익의 약 35%로 하였다.

따라서 직접효과는 매년의 어업수익(어획량×어가) - 어업비용(고정비+변동비)로 산출하였다. 다만 출어척수는 두 가지 기준에 의하여 결정하였다. 첫째는 어업이익율이 61~63% 수준을 유지할 수 있는 어선수만을 투입한다는 것이고, 둘째는 매년의 최대 어획비율에다 총 어선척수를 곱하여 투입척수를 정하였다. 매년의 최대 어획비율은 자원량이 최대가 되는 해, 즉 어획량이 최대가 되는 해를 기준년도로 하여 매년의 어획가능량을 나누어 산출하였다. 이는 바다목장이 조성되는 정도만큼만 어획한다는 원칙을 따른 것이다. 한편 총 어선척수는 현재의 여수바다목장 인근 어촌계의 연안어선수 1,300척을 기준으로 하였다.

(2) 분석결과

종묘방류는 2002년부터 일부 실시되었으나 실제 어획이 가능한 시기는 방류후 3년이 경과한 2005년부터 가능하기 때문에 어종별 자원량 및 어획량을 산출하였다. 그 결과 표 5-6-14에서 보는 바와 같이 2005년 자원량은 20톤, 어획량은 10톤이고, 여수바다목장 사업이 종료되는 2008년에는 자원량 180톤, 어획량 90톤이다.

종묘방류와 어장조성 등을 통하여 자원량은 기하급수적으로 증가하여 2021년에는 최대가 되고 그 이상 증가하지 않고 유지되는 것으로 분석되었다. 최대 자원량 수준은 8,493톤이고 이때 어획가능량은 4,246톤으로 추정되었다. 어종별로는 황점볼락의 자원량은 97톤, 어획량은 49톤이고, 볼락은 653톤에 326톤, 감성돔은 3,806톤에 1,903톤, 그리고 돌돔은 3,947톤에 1,968톤으로 추정되었다.

직접효과는 전술한 바와 같이 어획량, 어가 및 어업비용에 의하여 결정된다. 표 5-6-15와 표 5-6-16은 여수바다목장사업의 최소직접효과 결과를 보여주고 있다. 2005년 어업수익은 150,000천원에서 최대 250,000천원이고, 이입이익은 최소 91,377천원에서 최대 156,377천원이었다. 연간 조업척수는 2005년 3척에서 자원증가에 따라 점차 증대시켜 2021년에는 1,300척이 투입될 수 있을 것으로 분석되었다.

표 5-6-14. 어종별 자원량 및 어획량

Table 5-6-14. Stocks and catch and price by species

구 분	자원량					어획량				
	합 계	황점 불락	불 락	감성돔	돌 돔	합 계	황점 불락	불 락	감성돔	돌 돔
2005	20	0	0	20	0	10	0	0	10	0
2006	29	0	1	15	13	14	0	0	8	6
2007	36	4	2	20	10	18	2	1	10	5
2008	180	12	8	112	48	90	6	4	56	24
2009	233	16	11	112	95	117	8	5	56	47
2010	239	27	17	112	83	120	14	9	56	41
2011	612	29	38	339	206	306	14	19	169	103
2012	689	29	37	339	285	345	14	19	169	142
2013	690	41	54	339	256	345	21	27	169	128
2014	1,342	43	104	661	534	671	22	52	330	267
2015	1,480	43	93	661	683	740	22	46	330	342
2016	1,640	62	135	760	683	820	31	68	380	342
2017	3,193	65	261	1,586	1,281	1,597	32	131	793	641
2018	3,523	65	232	1,586	1,640	1,762	32	116	793	820
2019	3,895	92	338	1,825	1,640	1,948	46	169	912	820
2020	6,196	97	653	3,806	1,640	3,098	49	326	1,903	820
2021	8,493	97	653	3,806	3,937	4,246	49	326	1,903	1,968

표 5-6-15. 최소 직접효과

Table 5-6-15. Minimum direct effect

(단위 : 천원, 척)

연 도	어업수익	어업비용	어업이익	어업 이익율	척 당 어업수익	척 당 어업이익	연간조업 척수
2005	150,000	58,623	91,377	0.61	48,996	29,847	3
2006	280,500	106,980	173,520	0.62	63,715	39,414	4
2007	328,000	125,821	202,179	0.62	59,520	36,688	6
2008	1,623,000	623,280	999,720	0.62	58,773	36,202	28
2009	2,263,075	863,503	1,399,572	0.62	63,368	39,189	36
2010	2,276,500	870,055	1,406,445	0.62	62,131	38,385	37
2011	5,690,550	2,179,014	3,511,536	0.62	60,757	37,492	94
2012	6,667,118	2,544,582	4,122,536	0.62	63,168	39,059	106
2013	6,553,800	2,504,965	4,048,835	0.62	62,082	38,353	106
2014	12,845,304	4,906,814	7,938,490	0.62	62,514	38,634	205
2015	14,627,230	5,572,712	9,054,518	0.62	64,553	39,960	227
2016	15,874,632	6,058,339	9,816,293	0.62	63,218	39,092	251
2017	30,518,230	11,658,972	18,859,257	0.62	62,436	38,583	489
2018	34,786,161	13,253,731	21,532,430	0.62	64,504	39,928	539
2019	37,645,517	14,368,400	23,277,116	0.62	63,139	39,040	596
2020	54,915,514	21,117,380	33,798,134	0.62	57,899	35,634	948
2021	83,620,773	31,867,271	51,753,503	0.62	64,324	39,810	1,300

여수바다목장 사업이 종료되는 2008년의 어업수익은 최소 1,623,000천원에서 최대 2,384,000천원으로 나타났고, 어업이익은 최소 999,720천원에서 1,494,370천원이었다. 한편 자원량이 최대가 되는 2021년에는 어업수익이 최소 836억원에서 최대 1,146억원에 이르고, 어업이익은 최소 518억원에서 최대 719억원인 것으로 추정되었다.

개별 어가의 소득이라 할 수 있는 어선 척당 어업이익은 2005년에는 최소 약 3,000만원에서 최대 5,100만원에 달했다. 2008년에는 최소 3,600만원에서 최대 5,400만원이고, 2021년에는 최소 4,000만원에서 5,500만원에 달했다.

이러한 척당 어업이익은 자가인건비를 포함하고 있고, 조업일수는 150여 일에 불과하기 때문에 계획대로 바다목장이 조성된다면 어가소득은 훨씬 커질 것으로 예상할 수 있다. 즉 바다목장이 아닌 해역에서 어업소득을 올릴 수 있고, 어업의 소득도 기대할 수 있기 때문이다.

표 5-6-16. 최대 직접효과

Table 5-6-16. Maximum direct effect.

(단위 : 천원, 척)

연 도	어업수익	어업비용	어업이익	어업 이익율	척 당 어업수익	척 당 어업이익	연간조업 척 수
2005	250,000	93,623	156,377	0.63	81,659	51,078	3
2006	390,400	145,445	244,955	0.63	88,678	55,641	4
2007	478,000	178,321	299,679	0.63	86,740	54,381	6
2008	2,384,000	889,630	1,494,370	0.63	86,331	54,115	28
2009	3,166,340	1,179,646	1,986,694	0.63	88,660	55,629	36
2010	3,223,400	1,201,470	2,021,930	0.63	87,975	55,184	37
2011	8,139,200	3,036,041	5,103,159	0.63	86,901	54,486	94
2012	9,309,866	3,469,544	5,840,322	0.63	88,207	55,335	106
2013	9,227,660	3,440,816	5,786,844	0.63	87,410	54,817	106
2014	17,961,120	6,697,350	11,263,770	0.63	87,411	54,817	205
2015	20,087,843	7,483,927	12,603,916	0.63	88,652	55,624	227
2016	22,030,628	8,212,938	13,817,690	0.63	87,733	55,027	251
2017	42,627,888	15,897,353	26,730,535	0.63	87,210	54,686	489
2018	47,720,437	17,780,727	29,939,709	0.63	88,488	55,517	539
2019	52,176,233	19,454,151	32,722,082	0.63	87,510	54,881	596
2020	80,164,187	29,954,415	50,209,772	0.63	84,519	52,937	948
2021	114,610,498	42,713,674	71,896,824	0.63	88,162	55,305	1,300

나. 간접효과

(1) 분석방법

바다목장사업으로 인한 간접효과는 크게 유어낚시효과와 관광효과로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 바다낚시의 경제적 가치를 추정하기 위해 2003년부터 3월부터 2004년 1월

까지 설문조사가 실시되었다. 총 895명이 조사되었으나 주요 출조 지역이 여수 아닌 사람 그리고 분석에 필요한 항목이 누락 혹은 질문에 대해 터무니없게 높게 대답한 사람 등은 분석에서 제외하였다. 따라서 185명만 분석 대상으로 하였다.

1차년도 분석과는 달리 바다낚시의 수요 함수 도출시 한 항목을 추가하였다. 즉 바다 낚시객의 취미 생활 중 바다낚시가 차지하는 비중(바다낚시에 소용되는 비용/ 총 여가활동에 소용되는 비용)이다. 일반적으로 바다낚시가 차지하는 비중이 높은 사람은 여행횟수가 많을 것이고 반대로 비중이 적으면 여행 횟수가 적을 것으로 가정하였다.

한편 관광에 대한 경제적 가치 추정 방법 또한 바다낚시 추정방법과 동일하다. 설문조사는 2003년 10월과 2004년 1월에 걸쳐 4번 이루어졌다. 총 685명을 조사하였으나 여수 방문목적이 친적집이나 친지방문을 겸한 여행 그리고 처음으로 여수를 방문한 사람은 분석에서 제외하였다.

이상과 같이 여행자비용법에 의한 분석을 위하여 설문조사를 실시하였고, 세미로그함수와 최소자승법을 이용하여 유어낚시객 및 관광객의 소비자 잉여를 추정하였다.

그러나 여수바다목장의 경우는 주로 어로형으로서 특별히 관광을 목적으로 여수바다목장을 방문하는 경우가 드물기 때문에 관광객 소비자 잉여는 추정은 하되 간접효과 추정에는 사용하지 않았다. 따라서 총간접효과는 유어낚시객 소비자 잉여에다 여수바다목장 이용 유어객수에 의하여 추정하였다. 여수를 방문하는 유어낚시 출조수는 700,000회이고, 이중 여수바다목장해역을 이용하는 비율은 약 90%에 이르렀다. 따라서 유어낚시 소비자 잉여에다 여수 방문 유어낚시 출조수를 곱하면 연간 약 296억원의 효과가 있는 것으로 추정된다. 그러나 이러한 효과는 현재 여수바다목장 해역이 바다목장 조성과 관계없이 낚시하기에 좋은 조건을 가지고 있기 때문에 나타난 것이라 할 수 있다. 그럼으로 바다목장 조성으로 인한 간접효과는 총간접효과에다 매년의 최대 어획비율을 곱하여 산출하였다.

(2) 분석결과

여수 유어낚시 소비자 잉여를 산출하기 위하여 추정된 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 53.57 - 3.40 TC_i + 0.37 Avidity_i$$

(7.95) (5.63)

$$R\text{-squared} = 0.36$$

여기서 V_i 는 각 각의 낚시객의 연간 방문 횟수를 나타내고 TC_i 는 낚시여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. $Avidity$ 는 각 각의 낚시객의 총 여가활동에 소요되는 비용 중에 바다낚시로 인해 소요되는 비용의 비율을 나타낸다. 낚시객의 1회 출조시 소비자 잉

여는 47천원으로 추정되었다.

한편 관광객의 소비자 잉여를 추정하기 위한 수요 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 11.52 - 0.76 TC_i \quad (5.51)$$

$$R\text{-squared} = 0.30$$

여기서 V_i 는 각 각의 관광객의 연간 방문 횟수를 나타내고 TC_i 는 관광여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. 관광객의 1회 여수방문시 소비자 잉여는 67천원으로 추정되었다.

간접효과를 추정하기 위하여 매년의 어획비율에다 총간접효과를 곱하여 추정된 간접효과는 표 5-6-17과 같다. 즉 2005년에는 70백만원, 2008년에는 629백만원이지만, 최대가 되는 2021년에는 연간 296억원의 간접효과가 있을 것으로 추정되었다.

표 5-6-17. 최소 간접효과

Table 5-6-17. Minimum indirect effect

(단위 : 백만원)

연 도	매년어업생산비율	간접효과
2005	0.0024	70
2006	0.0034	100
2007	0.0042	126
2008	0.0212	629
2009	0.0275	813
2010	0.0282	835
2011	0.0720	2,133
2012	0.0812	2,404
2013	0.0812	2,405
2014	0.1581	4,680
2015	0.1743	5,161
2016	0.1932	5,719
2017	0.3760	11,133
2018	0.4148	12,283
2019	0.4586	13,580
2020	0.7296	21,603
2021	1.0000	29,610

다. 경제성 분석

(1) 분석방법

전남다도해 바다목장의 경제적 타당성 분석은 크게 8가지 시나리오로 분석하였다. 우

선 직접효과와 직간접효과로 구분하고, 어가에 따라 최소와 최대로 구분하며, 할인율을 5%와 3%로 적용하였다.

경제성 분석은 세 가지 기법을 활용하였다. 즉 순현재가치(Net Present Value: NPV), 내부수익율(Internal Rate of Return: IRR) 그리고 투자회수기간(Payback Period) 평가법을 활용하여 분석하였다. 분석기간은 바다목장 시설물의 내구년수인 50년으로 하였다. 한편 NPV를 추정하기 위한 할인율은 3%와 5%로 구분하여 평가하였다.

분석에 사용된 총편익은 직접효과인 어업수익과 간접효과이고, 총비용은 고정비인 시설투자비, 연구개발비, 어업고정비와 변동비인 어업비용과 바다목장 시설유지보수비로 구성하였다. 바다목장 유지보수비는 총편익의 약 5%로 하였다.

(2) 분석결과

각 시나리오별 분석 결과는 표 5-6-18과 같다. 투자에 대한 경제적 효과가 얼마인가를 나타내는 순현재가치는 모든 시나리오가 “+”를 나타내고 있음으로 어떤 시나리오에 의한 투자를 선택하듯이 경제적으로는 문제가 없는 것으로 나타났다.

내부수익율도 모두 최소 19.78%에서 최대 23.58%로 대단히 양호하였고, 투자회수기간도 13년에서 16년으로 나타났다. 그러나 통영의 예에서 보듯이 바다목장조성에 대한 투자와 노력여하에 따라서는 더 큰 효과가 나타날 수도 있을 것으로 여겨진다. 각 시나리오별 현금흐름분석표는 부록에 제시하였다.

표 5-6-18. 시나리오별 경제적 타당성 분석

Table 5-6-18. Results of economic analysis by scenario

(단위 : 억원, %, 년)

구 분	최소 직접효과		최대 직접효과		최소 직간접효과		최대 직간접효과	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
할인율	5%	3%	5%	3%	5%	5%	5%	5%
순현재가치(NPV)	3,049	5,641	4,369	7,993	3,570	6,571	4,889	8,923
내부수익율(IRR)	19.78		22.64		20.97		23.58	
투자회수기간	16		15		14		13	

제 7 절 결 론

전남 다도해형 바다목장사업은 통영과 더불어 남해안 다도해 특성을 활용한 바다목장 사업이다. 2001년도 전남 다도해형 바다목장사업 후보지로 선정되고 2002년 1년의 연구를 하였으나 너무나 범위가 넓고, 대상어종이 통영의 조피볼락이나 볼락과는 달리 회유성이 강하여 마스터플랜의 전면 수정이 요구되었다. 더욱이 통영바다목장사업에서 그랬듯이 계획대로 투자가 이뤄지지 않아 사업의 지연가능성이 높아 졌다.

이러한 현실을 감안하여 금년도 연구에서는 기본적인 사업추진 체계는 유지하되 실현 가능성을 높이기 위하여 2008년에도 시설투자가 이뤄지는 투자계획 수정을 하였다.

그리고 2002년 사전 경제성 분석서 보다는 많은 정보를 가지고 경제성을 분석한 결과 경제적 타당성이 있는 것으로 평가되어 사업추진에는 큰 어려움이 없을 것으로 여겨진다. 다만 전남다도해 바다목장사업이 성공하기 위해서는 여러 가지 요인들이 있겠지만, 가장 우려되는 부분은 계획기간내에 의도된 투자가 제대로 이뤄질 것이다. 또한 바다목장 조성을 위하여 규제를 할 경우 어업인들이 잘 따라줄 것인가이다. 특히 이각망의 조기 이설 및 재허가 불허와 같은 조치는 단지 어업인들만의 의식문제가 아닌 제도적 행정적인 문제이기도 하기 때문에 각별한 노력이 요구된다 하겠다.

한편 연구진들은 금년도에 수립한 바다목장 마스터플랜에 근거한 연구추진 일정에 따라 중복연구 없이 가시적인 효과를 거둘 수 있는 연구를 수행하여야 할 것이다. 많은 기관이 협동으로 추진하는 사업이다 보니 자칫 협동체제가 잘 가동하지 않을 경우에는 실패할 수도 있다. 따라서 각 기관간, 연구 분야간에 많은 의견교환을 통해 공통의 목표를 가져야 할 필요가 있다.

또한 동 연구개발사업의 계약 및 수행의 문제점을 지적하지 않을 수 없다. 2003년 동 연구과제의 계약이 2003년 중순에 체결되어 2004년 중순에 마무리되게 됨으로써 6개월 이상 지연되고 있다. 따라서 연차별 계획대로 추진되기가 어렵고, 4계절 조사를 주로 하는 동 사업의 성격상 조사연구가 어려운 경우도 있다. 따라서 2004년에는 연구기간을 단축시켜서라도 연말로 연구를 종료하고 이듬해 연구를 연초부터 시행할 수 있도록 조정할 필요가 있다.

마지막으로 바다목장사업이 성공적으로 추진되기 위해서는 바다목장 이용관리가 제대로 이뤄져야 한다. 본 연구에서 제안한 보호수면 설치 및 수산자원관리수면 지정은 합리적인 바다목장 이용관리를 위한 최소한의 조치라 할 수 있다. 따라서 여수시와 전남도는 조속히 이러한 조치가 취해질 수 있도록 하여야 할 것이며, 어업인들에게도 충분히 홍보하고 지도하여야 하는 것은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

참고문헌

- Berkes, F., 1986, "local-level Management and Commons Problem : A Comparative Study of Turkish Coastal Fisheries", *Marine Poly*, Vol. 10, pp.215-229.
- Couper, A. D. and H D Smith, 1997, "The Development of Fishermen-based Polices", *Marine Policy*, Vol. 21, No. 2, pp.111-119.
- D. Whitmarsh, 1998, Socio-economic implications of alternative fisheries management strategies, Research Paper 133, CEMARE, University of Portsmouth.
- D. Whitmarsh, 2000, Economic analysis of marine ranching, Proceedings of the International Symposium on Marine Ranching Toward 21st Centry, MOMAF, ROK
- Jentoft, S., 1989, "Fisheries Co-management : Delegating Government Responsibility to Fishermen's Organizations", *Marine Policy*, Vol. 13, No. 2, pp.137-154.
- H. Pickering, 1999, Marine ranching:A Legal Perspective, *Ocean Developement Law*, Vol. 30, 161-190pp.
- Jentoft, S. ,2000, "The Community:a Missing Link of Fisheries Management", *Marine Policy*, Vol. 24, No. 1, pp.53-59.
- Townsend, R., 1995, "Fisheries Self-governance : Corporate or Cooperative Structures?", *Marine Policy* Vol. 19, No. 1, pp.39-45.
- 農林水産技術會議事務局, 1991, 海洋牧場, 恒星社 厚生閣, 617pp.
- 勝谷礎, 1996, 海洋牧場の現状と展望, 海洋牧場國際シンポジウム石川, 1-27pp.
- 平山信夫, 1996, 資源管理型漁業, 成山堂西店, 237pp.
- 해양수산부, 1998, '98통영해역의 바다목장 연구개발용역사업 보고서, 813-913pp.
- 해양수산부, 1998, 연안 통합관리체제구축을 위한 조사연구용역(II) 부록편, 81pp.
- 해양수산부, 1998, 해양수산통계연보, 1090-1115pp.
- 해양수산부, 1999, '99통영해역의 바다목장화 개발용역사업 보고서, 749-813pp.
- 해양수산부, 2000, '통영해역의 바다목장화 개발용역사업 보고서(1단계 최종보고서)' , 749-813pp.
- 해양수산부, 2001, '어업자원관리 중장기 종합계획 수립에 관한 연구' , 399-444pp.
- 해양수산부, 2002, '전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업 보고서' , 745-807pp.

<부록 1> 전남바다목장지역 어류유통 실태조사

전남바다목장지역

어류유통 실태조사표

본 조사는 “전남 다도해형의 바다목장화 개발연구” 라는 연구용역과 관련하여 해양수산부의 의뢰를 받아 한국해양수산개발원 수산어촌연구센터가 주관하여 실시하는 것입니다.

이번 조사의 결과는 전남 다도해형 바다목장 개발사업의 추진방향을 결정하고, 바다목장사업의 발전방향을 수립하기 위한 자료로서 사용될 것이며, 여러분의 의견이 적극 반영될 수 있도록 노력하겠습니다.

보다 정확한 자료가 수집될 수 있도록 협조해 주시면 감사하겠습니다. 아울러 본 조사는 **개인에 관한 사항을 일체 밝히지 않으며** 본 연구목적에만 사용되므로 응답자에게는 아무런 영향도 미치지 않을 것임을 약속드립니다.

2003. 11.

한국해양수산개발원장

※ 설문에 관한 문의

연구위원 류정곤 02-424-6014, 책임연구원 강종호 02-2105-2848

성명		소속	
연락처		주소	



한국해양수산개발원 수산어촌
KOREA MARITIME INSTITUTE 연구센터

1. 귀 점포의 유형은 무엇입니까.

2. 귀 점포의 최근 3년간의 매출액과 수산물 구입액을 알려주십시오.

		1999년	2000년	2001년
매출액		원	원	원
수산물 구입액	양식산	%	%	%
	자연산 활어	%	%	%
	자연산 선어	%	%	%

3. 귀 점포에서 주로 구매하는 어종은 무엇입니까.

	어종
양식산	
자연산 활어	
자연산 선어	

4. 취급어종 중 활어 구입경로

- ① 시장 가게에서 구입(시장) ② 시장좌판에서 구입(시장)
 ③ 중매인에게 구입 ④ 일반 상회에서 구입
 ⑤ 활어운반차(물차)에서 구입 ⑥ 살때마다 다름
 ⑥ 기타 : _____

① 시장 가게에서 구입	%	② 시장좌판에서 구입	%
③ 중매인에게 구입	%	④ 일반 상회에서 구입	%
⑤ 활어운반차(물차)에서 구입	%	⑥ 살때마다 다름	%
⑥ 기타 :	%		

5. 취급어종 중 선어 구입경로

- ① 시장 가게에서 구입(시장) ② 시장좌판에서 구입(시장)
 ③ 중매인에게 구입 ④ 일반 상회에서 구입
 ⑤ 활어운반차(물차)에서 구입 ⑥ 살때마다 다름
 ⑥ 기타 : _____

① 시장 가게에서 구입	%	② 시장좌판에서 구입	%
③ 중매인에게 구입	%	④ 일반 상회에서 구입	%
⑤ 활어운반차(물차)에서 구입	%	⑥ 살때마다 다름	%
⑥ 기타 :	%		

6. 위의 구매형태를 정하게 된 이유는 무엇입니까.(복수응답 가능 2개)

- ① 쉽게 구매할 수 있어서 ② 가격이 싸서
 ③ 물건이 좋아서 ④ 공급이 안정적이어서
 ⑤ 기타 : _____

7. 활어 구매단가는 어떻게 결정이 되고 있습니까

- ① 시장가격 기준 구매 ② 계약 구매(일정기간의 단가를 고정)
 ③ 흥정구매 ④ 기타 : _____

8. 선어 구매단가는 어떻게 결정이 되고 있습니까

- ① 시장가격 기준 구매 ② 계약 구매(일정기간의 단가를 고정)
 ③ 흥정구매 ④ 기타 : _____

9. 귀 점포의 사업 초기 투자규모를 적어주십시오.

항 목		금액(백만원)
총투자비	자 담	
	용 자	은 행
		기 타
시설투자비 (구분하지 않아도 됨)	실내 인테리어	
	주 방	
	수 족 관	
임 대 료	전 세	
	월 세	
권 리 금		
기타 투자비용(물차 등)		

10. 귀 점포의 사업규모를 적어주십시오.

○ 매장면적	(층) 총(_____평)
○ 종업원	① 정직원 : _____명
	② 임시직 : _____명
○ 1일 내방객수	①(일일_____명) ② (월_____명)
○ 매출액	① 1일 평균 : _____천원
	② 한달 평균 : _____천원

11. 귀 점포(매장)의 생산성에 관한 지표(2001년도)를 알아보기 위한 물음입니다. 아래의 표에 적어 주십시오.

항 목		금액(천원)	항 목		금액(천원)
인 건 비	정직원		조세공과		
	임시직				
종업원수			감가상각비		
판 매 비			지급이자		
관 리 비			상품구입비	수산물	
매장임대료				기타	

12. 귀 점포(매장)의 손익관계(2001년도)를 알아보기 위한 물음입니다. 아래의 표에 적어 주십시오.

항 목	금액(천원)	항 목	금액(천원)
영업이익		순 이 익	
매 출 액		총 비 용	

13. 여수관내에 횡거리 전문위판장(혹은 직판장)이 생기면 이용하실 의향이 있으십니까

① 예 ② 아니오

14. 횡거리 전문위판장(혹은 직판장)에서 가장 필요한 것은 무엇이라 생각하십니까.

- ① 가까운 곳에 있거나 교통이 편할 것 ② 배달이 가능할 것
 ③ 가격이 싸질 것 ④ 안정적인 공급이 가능할 것
 ⑤ 위생적인 처리시설 ⑥ 품질이 좋을 것
 ⑦ 기타 : _____

15. 『전남 다도해형 바다목장』에서 생산되는 활·선어를 브랜드화 해서 판매한다면 구매하실 의향이 있으십니까.

① 예 ② 아니오

16. 『전남 다도해형 바다목장』의 브랜드로 출하되는 활선어가 다른 자연산 혹은 양식산과 품질과 가격에서 차별화 될 수 있다고 보십니까.

	매우그렇다	약간그렇다	보통이다	조금 아니다	매우 아니다
16-1. 품질					
16-2. 가격					

17. 『전남 다도해형 바다목장』 수산물 취급점으로 공급계약을 체결한다면 응하실 의향이 있으십니까.(공급점 간판제공, 별도 수수료 없음, 물량공급만 일정기간 동안 계약)

매우그렇다	약간그렇다	보통이다	조금 아니다	매우 아니다

<부록 2> 어가경제 및 경영실태조사표

지역코드	
표본코드	
어업코드	
년 월	2003 년 월
조사자	

_____어업 어가경제 및 경영실태조사표



한국해양수산개발원 수산어촌
KOREA MARITIME INSTITUTE 연구센터

I. 경영실태조사

1. 일반현황

1) 허가명칭							
2) 허가기간							
3) 어선은 어떠한 것을 가지고 계십니까							
구 분	용 도	톤 수	선 령	선 질	동력여부	구입년월	구입가격
1번째							
2번째							
4) 기관은 어떠한 것을 가지고 계십니까							
구 분	수 량	마 력 수	구 입 년 월	구입가격			
5) 어업에 필요한 장비는 어떠한 것을 가지고 계십니까							
어로장비명	수 량	규 격	구 입 년 월	구입가격			
6) 어업에 사용하시는 어구에는 어떠한 것이 있습니까(총비용)							
어 구 명	수 량	규 격	구 입 년 월	구입가격			

2. 자산 및 부채현황

1. 자산 및 부채 현황(2002년말 현재 기준)

가) 유동자산

구분	금액(천원)
○ 현금, 예금	
○ 외상매출금	
○ 기타	

나) 부채

구분	자금명	차입기관	차입금액	차입시기	상환시기
1. 정부지원					
어선건조 등 시설자금					
영어자금					
2. 일반자금					
3. 사채					

주 : 정부지원은 농수협, 중소기업은행 등에서 지원하는 저리의 정부 정책자금을 말함.

3. 손익현황

1) 어업수익

어종명		참돔	볼락	조피볼락	감성돔	돌돔	송어	방어	삼치	농어	장어	기타
생산량 (kg)	대상지역내											
	대상지역외											
판매액 (원)	수량 (파는 단위)											
	단가											
	금액											

2) 판매방법

구분 품종	판매방법(%로 기입)						
	상인판매	수협위판장	도매시장	가공공장	직접판매	횃집판매	기타
합계							

3) 주어기

4) 겸업 여부

주업(), 부업()

부업이면 수입의 몇 %정도입니까?

2) 어업비용

1. 출어비용		수량	규격	단가(원)	금액(천원)
○ 선구비					
○ 연료비					
○ 수리비					
○ 기타					
2. 인건비	필요인원	필요일수	월급(일당)	기타수당 ²⁾	금액(천원)
○ 정규직(고용)					
○ 일용직 ³⁾					
○ 가족(본인포함)					
3. 판매관리비		산정기준	단가	금액(천원)	
○ 판매수수료					
○ 운반비					
○ 기타					
4. 일반관리비		월소요금액	금액(천원)		
○ 조세(소득세 등)					
○ 공과금 ⁴⁾					
○ 유지보수비					
○ 기타					
5. 어업외비용					
6. 합계					

II. 어가경제조사

1. 가계수입

구 분	어 업 수 입			어 업 외 수 입		
	어 로	양 식	기 타	농 업	기타겸업	사업외수입

2. 가계지출

구 분	어 업 지 출			어 업 외 지 출			생활비
	어 로	양 식	기 타	농 업	기타겸업	사업외지출	

III. 인적사항

● 성별 : ① _____ 남 ② _____ 여

● 귀하의 연령은? (만 _____ 세)

● 거주지(주소)? _____

● 연락처 : (_____) - (휴대폰)

<부록 3> 여수지역 유어낚시 실태조사표

여수지역

유어낚시 실태조사표

본 조사는 “여수 해역의 바다목장화 개발연구” 라는 연구용역과 관련하여 해양수산부의 의뢰를 받아 한국해양수산개발원 수산어촌연구센터가 주관하여 실시하는 것입니다.

이번 조사의 결과는 여수지역 바다목장 개발사업의 추진방향을 결정하고, 바다목장사업의 발전방향을 수립하기 위한 자료로서 사용될 것이며, 여러분들의 의견이 적극 반영될 수 있도록 노력하겠습니다.

보다 정확한 자료가 수집될 수 있도록 협조해 주시면 감사하겠습니다. 아울러 본 조사는 **개인에 관한 사항을 일체 밝히지 않으며** 본 연구목적에만 사용되므로 응답자에게는 아무런 영향도 미치지 않을 것임을 약속드립니다.

2004. 1.

한국해양수산개발원장

※ 설문에 관한 문의

연구위원 류정곤 , 책임연구원 이상민 02-2105-2854

설문장소	
설문시간	
설문자	

수 산 어 촌 연 구 센 터



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

12. 다음은 이번 낚시의 여행비용에 대한 질문입니다.

동반여행객수	() 명
동반유형	가족, 낚사회, 동호회, 친구, 기타()
※ 총비용	()원
- 교통비	()원
- 식비	()원
- 숙박비	()원, 1박당 단가()원 × ()박
- 숙박형태	무박, 민박, 여관, 호텔, 콘도, 기타()
- 낚시배 임대(시간당)	()원
- 기타잡비(미끼대 등)	()원

- * 1인당 비용을 알고 계시면 1인당 비용을 적어주시고, 만약에 확실히 모르신다면 총여행객 기준으로 작성을 해 주십시오.
- * 설문자는 1인당 비용인지, 총여행객 기준비용인지에 대하여 표시하여 주시기 바랍니다.

13. 낚시하는데 소요되는 시간은 어느정도입니까 . _____ 시간
14. 주로 어획되는 어종은 무엇입니까 .
15. 평균 1회 출조시 어획하는 물고기는 어느정도 입니까 . _____ 마리 _____ Kg
16. 만약에 여수에서 현재 잡는 물고기수 보다 2배 정도 더 잡힌다면 낚시여행을 몇 번이나 더 오실 것 같으십니까 . _____ 번
17. 바다목장에 대해 들어 보신 적이 있으십니까 . 예(), 아니오()
18. 여수의 바다목장 해역이 어디인지 알고 계십니까 . 예(), 아니오()
19. 1998년~2003년에 여수 바다목장 해역에서 낚시를 해 보신 적이 있으십니까 .
예(), 아니오()
20. 여수에 바다목장을 만든 이후 혜택(=잡는 물고기 수 증가)을 받고 있다고 생각하십니까 . 예(), 아니오()
21. 여수지역 출조시 가장 필요한 편의시설은 무엇입니까 .
(1) _____ (2) _____ (3) _____

※ 협조해 주셔서 감사합니다. 귀하의 의견은 우리나라 바다목장사업 추진에 큰 도움이 될 것입니다.

<부록 4> 여수바다목장 투자효과 현금흐름분석표

1. 최소직접효과 현금흐름분석

(단위 : 백만원)

구분	편익			비용			편익	
	합계	어업편익	간접편익	합계	고정비	변동비	순편익	순편익누계
2001	0	0	0	486	486	0	-486	-486
2002	0	0	0	1,010	1,010	0	-1,010	-1,496
2003	0	0	0	2,730	2,730	0	-2,730	-4,226
2004	0	0	0	3,435	3,435	0	-3,435	-7,661
2005	150	150	0	7,229	7,176	53	-7,079	-14,740
2006	281	281	0	7,451	7,353	98	-7,170	-21,910
2007	328	328	0	7,726	7,611	115	-7,398	-29,308
2008	1,623	1,623	0	6,648	6,080	568	-5,025	-34,333
2009	2,263	2,263	0	864	71	792	1,400	-32,934
2010	2,277	2,277	0	984	73	911	1,293	-31,641
2011	5,691	5,691	0	2,464	187	2,276	3,227	-28,414
2012	6,667	6,667	0	2,878	211	2,667	3,789	-24,625
2013	6,554	6,554	0	2,833	211	2,622	3,721	-20,904
2014	12,845	12,845	0	5,549	411	5,138	7,296	-13,607
2015	14,627	14,627	0	6,304	453	5,851	8,323	-5,284
2016	15,875	15,875	0	6,852	502	6,350	9,023	3,738
2017	30,518	30,518	0	13,185	978	12,207	17,333	21,072
2018	34,786	34,786	0	14,993	1,079	13,914	19,793	40,865
2019	37,646	37,646	0	16,251	1,192	15,058	21,395	62,260
2020	54,916	54,916	0	23,863	1,897	21,966	31,052	93,312
2021	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	140,884
2022	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	188,457
2023	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	236,029
2024	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	283,602
2025	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	331,174
2026	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	378,747
2027	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	426,319
2028	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	473,892
2029	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	521,464
2030	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	569,037
2031	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	616,609
2032	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	664,181
2033	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	711,754
2034	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	759,326
2035	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	806,899
2036	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	854,471
2037	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	902,044
2038	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	949,616
2039	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	997,189
2040	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,044,761
2041	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,092,334
2042	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,139,906
2043	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,187,479
2044	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,235,051
2045	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,282,624
2046	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,330,196
2047	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,377,768
2048	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,425,341
2049	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,472,913
2050	83,621	83,621	0	36,048	2,600	33,448	47,572	1,520,486

2. 최대직접효과 현금흐름분석

(단위 : 백만원)

구분	편익			비용			편익	
	합계	어업편익	간접편익	합계	고정비	변동비	순편익	순편익누계
2001	0	0	0	486	486	0	-486	-486
2002	0	0	0	1,320	1,010	310	-1,010	-1,496
2003	0	0	0	3,464	2,730	734	-2,730	-4,226
2004	0	0	0	5,170	3,435	1,735	-3,435	-7,661
2005	250	250	0	12,846	7,176	5,670	-7,014	-14,675
2006	390	390	0	13,197	7,353	5,844	-7,099	-21,774
2007	478	478	0	13,711	7,611	6,100	-7,300	-29,074
2008	2,384	2,384	0	10,855	6,080	4,775	-4,531	-33,605
2009	3,166	3,166	0	71	71	0	1,987	-31,618
2010	3,223	3,223	0	73	73	0	1,861	-29,757
2011	8,139	8,139	0	187	187	0	4,696	-25,061
2012	9,310	9,310	0	211	211	0	5,375	-19,686
2013	9,228	9,228	0	211	211	0	5,325	-14,361
2014	17,961	17,961	0	411	411	0	10,366	-3,995
2015	20,088	20,088	0	453	453	0	11,600	7,605
2016	22,031	22,031	0	502	502	0	12,716	20,321
2017	42,628	42,628	0	978	978	0	24,599	44,920
2018	47,720	47,720	0	1,079	1,079	0	27,554	72,474
2019	52,176	52,176	0	1,192	1,192	0	30,113	102,587
2020	80,164	80,164	0	1,897	1,897	0	46,202	148,788
2021	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	214,955
2022	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	281,121
2023	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	347,287
2024	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	413,454
2025	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	479,620
2026	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	545,786
2027	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	611,952
2028	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	678,119
2029	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	744,285
2030	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	810,451
2031	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	876,618
2032	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	942,784
2033	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,008,950
2034	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,075,117
2035	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,141,283
2036	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,207,449
2037	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,273,615
2038	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,339,782
2039	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,405,948
2040	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,472,114
2041	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,538,281
2042	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,604,447
2043	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,670,613
2044	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,736,780
2045	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,802,946
2046	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,869,112
2047	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	1,935,278
2048	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	2,001,445
2049	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	2,067,611
2050	114,610	114,610	0	2,600	2,600	0	66,166	2,133,777

3. 최소직간접효과 현금흐름분석

(단위 : 백만원)

구분	편익			비용			편익	
	합계	어업편익	간접편익	합계	고정비	변동비	순편익	순편익누계
2001	0	0	0	486	486	0	-486	-486
2002	0	0	0	1,320	1,010	310	-1,010	-1,496
2003	0	0	0	3,464	2,730	734	-2,730	-4,226
2004	0	0	0	5,170	3,435	1,735	-3,435	-7,661
2005	220	150	70	12,846	7,176	5,670	-7,058	-14,719
2006	381	281	100	13,197	7,353	5,844	-7,140	-21,859
2007	454	328	126	13,711	7,611	6,100	-7,360	-29,219
2008	2,252	1,623	629	10,855	6,080	4,775	-4,837	-34,056
2009	3,077	2,263	813	71	71	0	1,644	-32,412
2010	3,111	2,277	835	73	73	0	1,501	-30,911
2011	7,824	5,691	2,133	187	187	0	3,760	-27,151
2012	9,071	6,667	2,404	211	211	0	4,390	-22,760
2013	8,958	6,554	2,405	211	211	0	4,322	-18,438
2014	17,525	12,845	4,680	411	411	0	8,466	-9,972
2015	19,788	14,627	5,161	453	453	0	9,613	-359
2016	21,594	15,875	5,719	502	502	0	10,452	10,094
2017	41,651	30,518	11,133	978	978	0	20,117	30,211
2018	47,069	34,786	12,283	1,079	1,079	0	22,864	53,075
2019	51,226	37,646	13,580	1,192	1,192	0	24,790	77,864
2020	76,519	54,916	21,603	1,897	1,897	0	36,453	114,318
2021	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	169,293
2022	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	224,268
2023	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	279,243
2024	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	334,218
2025	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	389,192
2026	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	444,167
2027	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	499,142
2028	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	554,117
2029	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	609,092
2030	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	664,067
2031	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	719,042
2032	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	774,017
2033	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	828,992
2034	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	883,967
2035	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	938,942
2036	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	993,917
2037	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,048,892
2038	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,103,867
2039	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,158,842
2040	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,213,817
2041	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,268,792
2042	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,323,767
2043	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,378,742
2044	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,433,717
2045	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,488,692
2046	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,543,667
2047	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,598,642
2048	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,653,617
2049	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,708,592
2050	113,231	83,621	29,610	2,600	2,600	0	54,975	1,763,567

4. 최대직간접효과 현금흐름분석

(단위 : 백만원)

구분	편익			비용			편익	
	합계	어업편익	간접편익	합계	고정비	변동비	순편익	순편익누계
2001	0	0	0	486	486	0	-486	-486
2002	0	0	0	1,320	1,010	310	-1,010	-1,496
2003	0	0	0	3,464	2,730	734	-2,730	-4,226
2004	0	0	0	5,170	3,435	1,735	-3,435	-7,661
2005	320	250	70	12,846	7,176	5,670	-6,993	-14,654
2006	491	390	100	13,197	7,353	5,844	-7,069	-21,723
2007	604	478	126	13,711	7,611	6,100	-7,263	-28,985
2008	3,013	2,384	629	10,855	6,080	4,775	-4,342	-33,327
2009	3,980	3,166	813	71	71	0	2,231	-31,097
2010	4,058	3,223	835	73	73	0	2,069	-29,027
2011	10,273	8,139	2,133	187	187	0	5,230	-23,798
2012	11,714	9,310	2,404	211	211	0	5,976	-17,822
2013	11,632	9,228	2,405	211	211	0	5,927	-11,895
2014	22,641	17,961	4,680	411	411	0	11,536	-359
2015	25,249	20,088	5,161	453	453	0	12,890	12,530
2016	27,750	22,031	5,719	502	502	0	14,146	26,676
2017	53,761	42,628	11,133	978	978	0	27,382	54,059
2018	60,004	47,720	12,283	1,079	1,079	0	30,625	84,683
2019	65,757	52,176	13,580	1,192	1,192	0	33,508	118,192
2020	101,768	80,164	21,603	1,897	1,897	0	51,602	169,794
2021	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	243,363
2022	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	316,932
2023	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	390,501
2024	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	464,069
2025	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	537,638
2026	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	611,207
2027	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	684,776
2028	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	758,344
2029	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	831,913
2030	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	905,482
2031	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	979,051
2032	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,052,620
2033	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,126,188
2034	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,199,757
2035	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,273,326
2036	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,346,895
2037	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,420,464
2038	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,494,032
2039	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,567,601
2040	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,641,170
2041	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,714,739
2042	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,788,308
2043	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,861,876
2044	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	1,935,445
2045	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,009,014
2046	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,082,583
2047	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,156,152
2048	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,229,720
2049	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,303,289
2050	144,220	114,610	29,610	2,600	2,600	0	73,569	2,376,858