

GOVP1200517078
01080945

637.32
8-2
V.2.p.1

BSPM301-00-1661-3

전남 다도해형 바다목장화 개발 연구용역 보고서 (2단계 1차년도 보고서)

Studies on the Development of Jeonnam
Archipelago Marine Ranching Program in Korea

주 관 연구 기관
한국해양연구원



해양수산부
MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES



제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 "전남 다도해형 바다목장화 개발(2단계 1차년도) 연구용역" 과제
의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 6.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

협동연구기관명 : 한국해양수산개발원

여수대학교, 부경대학교

한국연안환경생태연구소

총괄연구책임자 : 김 종 만(한국해양연구원)

세부연구책임자 : 어장조성분야

강 래 선(한국해양연구원)

자원조성분야

명 정 구(한국해양연구원)

이용관리분야

류 정 곤(한국해양수산개발원)

참여연구원 :

한국해양연구원

김종만 이순길 박철원 명정구 강래선 홍경표 노충환 박홍식 강돈혁 오승용 백상규 김민석
박용주 최희정 이학철 노봉호 장요순 조선형 박정호 김지영 김봉채 최복경 최현우 김원수
이윤호 이용국 김성렬 석봉출 장남도 우한준 신동혁 장 석 최승민 허형택 강충배 이민경
이기영 정응식 박찬홍 추용식 현상민 김창환 유이선 박은순 이승훈 김은경 이광자 박수진
김말섭 정태운 정종범 최원선 김병남 최설화 곽준영 팽우현 박유현 이은혜

국립수산과학원

이용화 김진영 김정배 유 준 권기영 박중현 이영식 조은섭 최용규 오현주 김주일 김성태
황선도 서영일 박정임 이상룡 정나영 김종희 김대권 윤장택 조성환 차병열 서성호 정영희
최임호 문경훈 강승용 김현주 정정애 김상도 박경은 최임호 김현주

한국해양수산개발원

류정곤 신영태 최성애 조정희 강종호 김대영 안재현 임경희 김수현 김정철 정혜란 이승진
전희성 나미애

여수대학교

윤양호 한경호 서호영 김영옥 김대일 이성훈 신현호 박영균 박은옥 윤성민 김준철 김관석
황선영 황두진 손용욱 김은호 정병인 최상덕 이시우 정관식 고현정 강경훈 정성권 이희원
박성철 이수희 김양수 김홍범 박인수 이준규 김 정 서태호

한국연안환경생태연구소

홍재상 유재원 김영옥 이평강 이행필 김창수 이창근 박미라 한창훈 김정수 이현정 김효진
이수진 원선희 이권상 손미정

경상대학교

김남길 김승오 장재길 신설호 김영훈

부경대학교

장창익 윤상철 이만우 이선길 나종현 박희원 신현옥 태종완 강주석 강용주 박경동 이해원

김정현 강경아 이정규 권대현

천하제일사료

유진형

오양엔지니어링

신기철 송지석 신동엽

요 약 문

I. 제 목

전남 다도해형 바다목장화 개발(2단계 1차년도) 연구용역

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 인구수의 증가와 증대된 인구수로 인한 수산물 요구량 증가는 해양의 생물·무생물학적 환경의 질 저하를 일으키는 중요한 압박요인이다. 따라서 훼손된 해양환경을 복원하고, 연안으로부터의 수산물 생산을 증대시키기 위해서는 바다목장사업이 필수적이다. 바다목장을 실행하기 위해서는 많은 과학적 정보가 필요하며, 이러한 정보들로 현재의 어업자원현황, 자원의 감소원인, 대상종 및 대상종과 밀접한 관련을 갖는 종들의 생태특성 및 유전적 특성, 자원조성규모와 관련된 환경수용력, 그리고 예상되는 기대수익 및 사업의 부수적 효과 등을 들 수 있다. 또한 사업실시를 위한 계획수립 단계에서는 바다목장이 생태계 및 어가소득에 어떠한 영향을 미치며, 그 실질적 영향이 무엇인지를 정밀히 파악하고 예측하여야 할 것이다.

전남 여수 다도해형 바다목장은 2001년 후보지 선정을 기점으로 2002년부터 본격적으로 진행되었다. 본 연구의 목적은 어류 서식지를 개선하고, 목장 대상종의 생산과 과학적 방류를 통해 목장해역의 어업생산력을 증대시키는 것이다. 이를 위해 목장해역의 이화학적 환경특성을 모니터링하며, 생물군집의 특성과 주요종의 생산력을 파악하고, 생태계 모델을 통해 환경수용력을 추정하며, 다양한 종류의 어초와 해중립을 조성하여 어류 서식지를 개선하고, 종묘생산과 체계적 방류를 실시하며, 자원량의 변동을 해석하고, 이로 인한 효과와 이익을 평가하고 있다. 연구의 최종목표는 이 해역의 바다목장을 위한 과학적 근거자료를 생산하고, 생산된 자료가 정부의 행정적 실행을 위해 사용되도록 하는 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
- 생태계 모델
- 해중립 조성
- 인공어초 연구

자원조성분야

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

이용관리분야

- 바다목장 이용·관리실태 조사
- 유어낚시 및 관광실태 조사
- 바다목장 이용관리체제 구축
- 바다목장산 어획물 유통체제 구축 및 분석
- 바다목장 경제적 효과분석

IV. 연구결과

1. 생태계 특성

해양환경

수질·퇴적환경

수온의 평균 변동범위는 9.14~23.55℃였고, 염분의 평균 변동범위는 30.38~34.12‰였다. 평균 수소이온농도의 변동범위는 8.09~8.41였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 나타났다. 평균 용존산소의 변동범위는 표층이 5.42~9.70mg/L였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 양호한 상태였다. 평균 부유물질의 변동범위는 3.80~5.40mg

/L였다. 평균 화학적산소요구량의 변동범위는 0.49~1.38mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 2등급 이내였다. 평균 총질소의 변동범위는 0.122~0.386 mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 1등급 이내로 양호하였다. 평균 총인의 변동범위는 0.012~0.038mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 2등급 이내였다. 평균 TIL 변동범위는 5.06~6.48%였다. COD의 평균 변동범위는 8.75~12.69mg/g·dry이고, AVS의 평균 변동범위는 0.03~0.05mg/g·dry였다. TOC의 평균 변동범위는 0.30~0.32%이고, TON의 평균 변동범위는 0.05~0.06%였다.

해저지형

전남 다도해형 바다목장해역 중 안도주변해역에 대하여 다중빔 정밀 음향측심기와 사이드 스캔 소나를 이용하여 수심조사와 해저면 영상조사를 실시하였다. 해저지형자료는 2003년 구몽암과 소부도에서 수행된 수심자료와 인근 육지수치지형자료와 통합하여 2 차원 및 3 차원 지형도로 표현하였다.

연구지역은 육지에서 해저로 이어지는 연안의 급경사 저지대 및 해안의 급경사면과 안도와 소리도 사이의 신강수도를 중심으로 한 빠르고 강한 유속에 기인한 깊은 해저골 지대, 북쪽의 작은 섬들로 이루어진 완만한 수심의 지형과 안도 남동쪽으로 점차 수심이 깊어지면서 외해와 이어지는 지역적인 지형의 특성을 보인다. 특히 금오도와 안도사이의 수심 10~20m 의 얇은 수심변화를 보이며 이 지역은 양식장이 많이 분포하고 있다. 신강수도의 수심은 최대 약 53m로 주위에 비해 깊은 수심을 나타내는데 이는 강한 조류의 영향으로 생각된다. 섬 주위의 해안은 큰 파도에너지에 의한 침식에 의해 급경사면을 이루고 있다. 해저면 영상 자료를 해석한 결과 소리도 북동부해역 중 소리도 인접 지역은 소리도에서 연장된 암반이 나타나고 있으며 파도 등에 의한 침식작용으로 암석 등 테일러스가 존재하고 있고 신강수도 중심부의 니질 퇴적물에서는 조류와 파도에너지의 영향으로 남서방향의 연흔구조가 발달하고 있다. 이 신강수도 지역은 곳곳에서 인공어초의 군락이 관찰되고 있으며 인공어초는 주로 니질 퇴적물위에 놓여있다.

대부분의 생태환경요인에 직간접적으로 관련성을 가지고 있는 해저지형변화 특성에 대한 정밀한 자료확보와 정확한 활용이 필요하며 이런 자료들은 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 바다복장 조성을 위한 기반요소자료로 보다 체계화 될 것이며 보다 장기적 차원의 해양환경 예측모니터링과 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, 활동어종파악 등 다양한 해저환경 및 자원분포와 관련되어 있으며 어초, 해

중립 등 바다목장시설의 설치 및 안정도와 어초어장의 생산성 등에 연계되어 있다. 일례를 들면 어초의 시설규모가 동일하다할 지라도 수심, 어초시설 높이, 어초간 거리 등에 따라 어초어장의 생산성이 달라진다. 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.

해저퇴적물의 퇴적환경과 지화학적 특성

바다목장화 사업 3년차인 이 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화 지역에서 32개 지역에서 표층퇴적물을 채취했으며 2개 지역에서 주상시료를 채취하였다. 표층퇴적물에 대한 퇴적학적 조사결과 연구지역은 4개의 퇴적상으로 대별되었다. 금오도 주변에서는 비교적 세립질이 퇴적물이 분포하고 있는 반면, 안도 지역에서는 조립질이 퇴적물이 분포하고 있으며 금오도와 안도 사이 지역에서는 역질이 포함된 조립질 퇴적물이 분포하고 있다. 따라서 해저 생물이 서식하기에 양호한 퇴적환경을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

표층퇴적물에 대한 유기물을 조사해본 결과 유기탄소는 대부분이 경우 1% 전후의 값을 보이고 있으며(최고 3.54, 최저 0.46%) 탄산염 함량은 최고 66.2%에서 최저 3.46% 사이에서 변화하고 있다. 유기물의 기원을 지시하는 유기탄소에 대한 전탄소의 비(C/N ratio)는 10 이상을 보이는 지역이 다수 나타나고 있어 연구지역 표층퇴적물층의 유기물은 현장에서 생성된 유기물과 인근 육지에서 유입된 유기물이 혼재하고 있는 것으로 판단된다. 또한 해저의 오염상태를 지시할 수 있는 황화수소 함량은 0.5~232.5ppm사이 나타나고 있으며 오염기준이 되는 200ppm 이상 되는 지역은 전 연구지역에서 한곳에 불과하여 전체적으로 생물의 서식하는데 부적합하다고는 할 수 없다.

생물군집 특성

식물플랑크톤

2004년도 바다목장 해역에 출현한 식물플랑크톤은 총 109종류로 규조류 77종, 와편모조류 27종, 기타 편모조류 5종으로 매우 다양한 종구성을 보였으며 규조류에 의한 종구성이 대부분을 차지하였다. 표층과 10m 수층에서 출현종수와 현존량은 유사하여 상층부(0~10m) 수괴 혼합의 용이함이 암시되었다. 8월 하계에 출현종수(72종), 현존량(4×10^4 cells/L)과 다양성 지수(2.2)가 타 계절보다 높게 측정되었다. 우점종의 경우 춘계에는 규조류 *Eucampia zodiacus*, 하계에는 와편모조류 *Cochlodinium*과 함께 *Gonyaulax polygramma* 그리고 규조류 *Dactyliosolen fragilissimus*가 우점하였고, 추계와 동계에는 낮은 현존량으로 우점종의 의미는 약화되나 *Thalassiosira* sp.와 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskioldii*가 각각 우점하여 우점종의 계절적 변화가 뚜렷하였다.

바다 목장 해역은 다양한 수피의 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.

동물플랑크톤

2004년도 섬모충플랑크톤의 총 출현종수는 24종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 9종, 소모류가 11종, 기타 4종으로 구성되어 있었다. 하계와 동계에 보다 다양한 종구성을 보였다. 섬모충플랑크톤의 개체수는 1,000cells/L 이하로 전해년도에 비해 감소하였으며 하계에 상대적 높은 개체수를 보여 식물플랑크톤의 현존량과 매우 유사한 계절별 변화를 나타냈다. 춘계에 *Tintinnopsis beroidea*, *Strombidium conicum*, 하계에 *Helicostomella longa*와 *Amphorellopsis acuta*, *Lohmaniella oviformis*와 *L. spiralis*가 상대적 높은 빈도로 출현하였으며 추계에는 *Stenosemella nivalis*, *Tintinnidium muscicola*, *Tintinnidium balechi*와 같은 연안역 혼탁한 수역에 주로 분포하는 종류가 관찰되었고 동계에는 *Tintinnopsis baltica*와 *Tintinnopsis lohmanii*와 같은 저수온기에 분포하는 종류가 출현하여 뚜렷한 계절성을 보였다. 2002~2004년의 바다목장화 해역에 우점하는 동물플랑크톤 분류군은 야광충, 해파리류, 요각류, 화살벌레류, 유생류 등으로 그들의 출현 비율은 계절적인 차이를 보였다. 2002년 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, 겨울에 가장 낮았다. 군집분석 결과는 2개의 정점군으로 구분할 수 있었으며, 이는 수피분석 결과와 매우 유사하였다. 2003년 여름철에는 요각류, 화살벌레류, 유생류 순으로, 가을과 겨울철에는 요각류, 유생류, 화살벌레류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현 개체수는 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 수피분석 결과와 매우 유사하였다. 한편, 수중집어등에 의한 동물플랑크톤 유인효과는 미미한 것으로 나타났다. 2004년 봄철과 겨울철에는 요각류, 야광충이, 여름철에는 야광충과 지각류가, 가을철에는 요각류와 화살벌레류가 동물플랑크톤생물량의 대부분을 차지하였다. 동물플랑크톤 출현개체수는 봄철에 가장 높았으며(평균 6,476ind./m³), 가을철에 가장 낮았다(평균 374ind./m³). 종다양도 또한 가을철에 가장 높았으며, 여름철에 가장 낮았다. 이처럼 여름철에 종다양도 지수가 낮게 나타난 이유는 야광충과 지각류의 대량 번식 때문으로 사료된다. 군집분석 결과는 크게 2개의 정점군으로 나뉘어 지는데, 이는 이 지역의 동물플랑크톤의 출현양상이 수피의 특성

을 반영하기 때문에 여겨진다.

저서동물

전남바다목장 해역에서 2004년 4월부터 2005년 3월까지 계절별로 대형저서동물의 군집구조를 조사한 결과 총 476종, 195,880 개체, 15299g(습중량)의 대형저서동물이 채집되었다. 계절별 평균 종수, 개체수, 생체량은 동계에 높았다. 밀도 기준의 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol) *Lumbrineris longifolia*였고, 생체량 기준의 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc) *Schizaster lacunosus*였다.

대형저서동물의 종수, 밀도, 생체량 및 다양도의 시간적 변동을 관찰하기 위하여 2002년 9월부터 2005년 3월까지 공통적으로 조사가 이루어진 7개 정점의 자료를 분석하였다. 분석 결과 모든 항목이 증가 패턴을 보였으며 이는 조사 해역의 부영양화 상태와 관련된 것으로 보이긴 하나 기회성이 강한 종들로의 대체가 관찰되지 않고 기존 오염 지시종의 밀도는 감소하는 것으로 나타나 스트레스가 심화되는 상태는 아닌 것으로 판단되었다.

주성분분석과 집괴분석을 통해 군집구조를 살펴본 결과, 크게 3개의 생물군집으로 구분되었으며, 특히 잘피밭 저서동물군집은 다른 정점들과는 뚜렷하게 구별되었다. 정준대응분석결과, 대형저서동물의 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 퇴적물의 필함량과 수심이였다. 우점종의 조성은 지난 3년간 크게 달라지지 않았으며, 상위 우점종의 밀도 또한 급격한 증가 또는 감소는 없었다. 7종의 갯지렁이(*Tharyx spp*, *Cirrophorus armatus*, *Magelona japonica*, *Sigambra tentaculata*, *Lumbrineris cruzensis*, *Sternaspis scutata*, *Mediomastus californiensis*)는 상위 10위 우점종에 항상 속해있었다.

ISEP index를 이용하여 바다목장 해역의 생태계 건강도를 진단, 추정하였다. 2002년 9월부터 2005년 3월까지의 표본을 대상으로 조사 시기별(월별) 그리고 연도별로 추정한 결과 바다목장 해역의 환경 상태는 시간에 따라 안정적인 패턴을 나타내었으며, B+등급(전국 연안역의 상위 70분위수 이상)에 해당하는 것으로 추정되었다.

저서동물의 이차생산력을 추정한 결과, 추정된 생산력(P)의 정점별 분포는 2.327~63.177gAFDW $m^{-2}y^{-1}$ (평균 17.985gAFDW $m^{-2}y^{-1}$)의 범위로 정점 간 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 지역별로는 안도 서쪽해역과 금오도 상부의 해역에서 높은 생산력이 관찰되었으며, 해초서식처의 생산력은 나머지 지역의 평균값보다 미미하게 높은 것으로 추정되었다. 본 조사해역에 있어서의 이차생산력은 시간의 흐름에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 생체량의 비중이 큰 종들의 전반적인 증가에 기인한 현상으로 추정된다.

감성돔의 섭식 생태를 이해하기 위하여 광양만 잘피밭과 금오도 주변에서 채집된 96개체의 표본을 분석하였다. 광양만의 잘피밭에서는 유어가 일년 중 7, 8월에만 회유하여 섭식, 성장한 후 다른 곳으로 이동하는 것으로 나타났다. 이곳에서의 주요 먹이원은 단각류 *Caprella spp*인 것으로 나타났다. 금오도 주변에서는 성어가 채집되었으며, 유어에 비

해 갑각류의 중요도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며, 다양한 생물군을 섭식하는 것으로 나타났고, 잘피가 주요 먹이원 중의 하나인 것으로 조사되었다. 바다목장 해역에 서식하는 감성돔에게 있어서 잘피밭은 매우 중요한 서식처인 것으로 파악되었다.

어류

본 연구는 여수시 금오도 연안 해역에 각각 5개의 정점을 정하여 2004년 8월부터 2005년 6월까지 부유성난 및 자치어, 어류상을 조사한 결과이다. 조사기간 동안 채집된 부유성난은 총 9개 분류군이 출현하여, 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 망둑어과 어류, 참서대 및 기타 등으로 분류되었다.

자치어는 총 5목 18과 24종, 2,602개체/1,000m³가 출현하였다. 조사시기별로 8월 조사시에 2,067개체/1,000m³가 출현하여 가장 많이 출현하였고, 2월 조사시에는 28개체/1,000m³가 출현하여 가장 적은 개체가 출현하였다. 여수시 금오도 연안에서 채집된 자치어의 월별 종 다양도지수(H')는 0.9948~2.0850으로 2004년 11월에 가장 높고, 2005년 5월에 가장 낮은 값을 나타냈으며, 균등도 지수는 0.6181~0.9743로 2월에 가장 높고, 5월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 우점도 지수는 0.3731~0.8627로 5월에 가장 높았고, 11월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

금오도 주변에서 채집된 어류는 총 10목 30과 47종, 1,237개체 중 농어목이 12과 18종으로 가장 많았고, 다음으로는 쏨뱅이목이 5과 8종, 청어목이 3과 7종으로 이들 3목이 포함된 어류가 33종으로 전체 개체수의 86.74%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다. 어류의 월별 종 다양도지수(H')는 2.0650~2.7813으로 2004년 8월에 가장 높게 나타났고, 균등도 지수는 0.7392~0.8612로 2월에 가장 높고, 11월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.3394~0.5000로 2005년 5월에 가장 높고, 11월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

생태계 모델

본 연구에서는 첫째, 해양생태계내의 생태학적인 상호작용을 고려한 자원관리를 위하여 생태계 모델설정을 위한 분석연구를 하였다. 생태계 구조 모델은 해양생태계의 영양단계간 작용을 나타내는 모델이고, 생태계 역학 모델은 어획강도 및 환경변화에 따른 생태계 구성생물군의 시간적인 변동을 시뮬레이션 한다.

둘째, 전남 다도해형 바다목장해역의 생태계 모델설정을 위해서 생태계 모델링 연구체계를 개발하였다. 또한, 필요한 어종에 대하여 인위적으로 자원을 방류해서 조성하기 위한 자원조성 시스템, 바다목장의 서식처조성을 위하여 방법에 해당하는 인공어초와 인공해중립 조성면적을 분석하여 적정서식처조성 면적을 추정하는 서식처조성 시스템, 생태계 내 수산자원을 효율적으로 관리하기 위한 자원관리 시스템을 개발하였다.

마지막으로, 전남 다도해형 바다목장의 생태계 모델 개발을 위한 기초조사로서 생태계

구성생물들을 생태학적 특성에 따라 그룹별로 분류하였고, 자원역학적 분석에 의하여 각 그룹에 대한 입력 파라미터(생체량, 생산량/생체량 비, 어획량, 그리고 먹이조성)들을 추정하였다.

2. 어장조성기술

해중림조성 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.

금번사업기간 중에는 첫째 1단계 2차년도인 작년도에 이어 전남 다도해 바다목장 해역의 해조군집에 대한 광역조사를 실시하였고, 둘째 통영바다목장사업에서 설계된 해조어초와 인공 배양된 곶피(*Ecklonia stolonifera*) 종묘를 이용하여 소규모 해중림을 조성하였고, 그리고 셋째 해조류와 마찬가지로 어류 서식지로 중요한 기능을 하는 갈피발의 분포 및 이식가능면적을 추정하였다. 특히 첫 번째 광역조사는 해조군집의 특성과, 대상종의 분포특성, 대상종을 위한 적지선정, 그리고 지형 및 환경특성을 고려한 조성기술개발을 목적으로 안도주변 20개 조하대 지점에서 해조류의 수직분포, 풍도(피도 및 현존량), 기질 특성(경사, 수직범위, 퇴적물의 양), 광량분포, 경쟁생물, 그리고 암반기질과 이어지는 연성저질의 특성(C/N, 퇴적상)을 밝혔고, 이를 토대로 어류 및 무척추동물 자원증대를 위한 적정 방류량 산정, 방류위치 결정, 그리고 연안 해조어초 투입지 결정 및 효과예측을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

안도주변에 조하대 서식지에 분포하는 해조류는 약 40종이었고, 이들 중 미역(*Undaria pinnatida*), *Ecklonia juveniles*, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*) 등의 대형 갈조류는 계절과 장소에 따라 대규모 patch를 이루고 있었다. 그러나 해조류가 분포할 수 있는 범위는 최대 7m이었으며, 풍도는 피도의 경우 최대 70%, 현존량은 300 g-wet wt/0.25m²를 넘지 않았다. 이렇듯 해조식생이 빈약한 이유는 해조류가 살아갈 수 있는 기질이 최대 10m에 지나지 않고, 암반기질과 이어지는 연성저질에서 저층 퇴적물이 재부유하여 수심 5m 이하의 암반기질을 피복하여 해조류의 착생을 저해하기 때문이다. 더욱이 재부유하는 퇴적물은 해수중의

탁도를 높여 투과할 수 있는 빛의 양을 줄여 해조류의 광합성과 생장을 저해하고, 이는 연쇄적으로 해조류의 수직분포범위 및 풍도를 낮추는 것으로 보인다. 여기에 다양한 초식동물이 번무함으로써 초식압(grazing pressure)이 해조류의 생산력에 비해 과도하게 높다. 따라서 현재 존재하는 무척추동물자원을 적절히 숙아 상품화하여 초식압을 낮춰 해조류가 더 번성할 수 있는 환경을 조성해주어야 할 것이며, 더불어 지속적인 해중림 조성사업을 통해 해조류의 현존량을 증대시켜야 할 것이다. 이런 작업이 이루어진 이후에 다시 전복 등의 무척추동물자원을 방류하면 현재보다 높은 생산성을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

인공어초 연구

전남 바다목장해역의 시험어초 적용시험은 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초 어장에 서 각각 4회에 걸쳐 실시하였으며, 조사내용은 저서동물상과 어류의 위집효과를 파악하였다. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초 어장에서의 저서생물상과 어류의 위집효과는 비슷하게 나타났으며, 비교구인 자연초 어장보다 어종수와 생물량이 우위에 있음은 확인하였다. 2005년도에 추가로 시설한 인공어초는 다목적강제어초와 점보형강제어초가 각각 1기, 피라미드강제어초 7기, 다목적패조류용 콘크리트어초 10기가 시설되었다..

전남 바다목장 조성해역의 인공어초 기반조사는 금오도를 중심으로 동부와 서부 해역이며, 금오도 동부해역은 해안선이 완만한 반면 서부해역은 굴곡이 심하여 내만으로 형성된 곳이 많았다. 금오도 서부연안은 급경사를 이루고 있으며, 인접해역은 높낮이가 심한 4개의 골이 형성되어 있다. 금오도 동부해역은 섬으로부터 완만한 경사를 이루고 있으며, 인접한 해역에 1개의 골이 형성되어 있다. 금오도 서부연안의 수심은 골이 형성된 곳은 19~28m로 복잡한 등고선을 나타내고 있으며, 외해해역은 19m를 나타내고 있었다. 금오도 동부해역의 수심은 도서와 인접한 해역이 10~13m를 나타내고 있으며, 외해해역은 25~28m를 기록하고 있다.

전남 다도해형 바다목장 해역의 인공어초 시설예정지인 금오도 동부해역은 조간대와 암초를 제외하고는 전 해역이 니질(갯빨)로 조성되어 있으며, 서부해역도 대부분 니질로 조성되어 있으나 조사해역 서쪽 가장자리에 암반지대가 놓여있었다.

3. 자원조성기술

방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법

본 연구에서는 감성돔의 우량종묘생산 및 우량종묘 판정법에 대하여 각각 기형률의 저하와 유영능력의 향상을 목적으로 두고 실행하였으며 황점블락의 친어관리 및 부화 자치어 사육기술에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

기형실험을 위해서는 육상 인공종묘장에서 배양된 평균체장 $2.4 \pm 6.7\text{cm}$, 평균중량

0.52±0.6g의 치어를 사용하였으며, 정상어와 기형어간의 외부형태, 내부골격 및 체성분 및 지방산, 아미노산 조성을 비교하였다. 외부형태별 기형어의 발생률은 5.88~16.49%로 관찰되었으며, 내부골격기형의 발생률은 평균 52.6%로 절반이 넘는 기형이 관찰되었다. 정상어와 전만증어 간의 어체 영양성분의 비교에서 지방산의 함량에 있어서는 정상어의 n-3 HUFA 가 전만증어의 것 보다 높은 함량을 보였으며 이중 DHA의 함량에 있어 정상어가 40.06%로 전만증어의 32.89%보다 높은 값을 보였다. 아미노산 함량에 있어서도 전만증어는 정상어에 비해 필수아미노산을 포함한 총 아미노산 함량이 3074.92mg으로 정상어의 3768.38mg 보다 낮은 함량을 보였다.

우량종묘의 판정기준으로 유영능력으로 보고 크기별(large: 체장 65~80mm, medium: 55~65mm, small: 45~55mm)로 관찰했으며, 체성분 및 지방산분석으로 그 관계를 살펴 보았다. 어체 크기별 최대 유영 한계유속(Vcri)은 "Y(feet/s)=0.1854×body length(mm) + 0.8025"의 수식에 따랐다. 근육내 영양성분 분석에서 조단백질이 우량종묘에서 다소 높은 수치를 보였다. Vcri 와 n-6/n-3 지방산 비율은 비례적 관계를 보였으며 이것은 근육지방에서 가장 일반적인 n-6 지방산인 linoleic acid와 연관관계가 있다는 것을 관찰하였으며, 또한 Myristic acid 과 oleic acid가 Vcri와 정비례의 관계가 있었다.

자연산과 양식산의 친어의 비교 및 환경의 영향을 보았으며, 부화 자치어의 수온에 따른 영향을 관찰하였다. 자연산은 수송 후 먹이 순치하는 과정 중 사망하거나 미수정란을 방출하였으며 양식산은 낮은 사망률을 보였으나 난내 영양소를 재흡수 하였으며 70마리 중 5마리 미만이 산출하였다. 각각 다른 수온에서 부화된 자치어중 15℃에서 가장 좋은 생존률을 보였다.

감성돔의 기형률을 감소시키고 유속과의 우량종묘 판정의 기준을 성립함으로써 효율적인 종묘배양의 기틀을 갖추하고자 하였으며, 황점블락 친어관리 및 부화어의 생물학적 기초 자료를 제공함으로써 앞으로의 종묘 생산성 향상에 기여하고자 하였다.

중간육성기술

중간육성 기간 동안 자연먹이에 관한 섭이훈련을 학습시켜 방류 직 후 혹독한 자연조건에서 먹이를 섭취하며 건강하게 살아남을 수 있는 개체를 확보하는 방법의 하나로 야간 점등 방법을 적용하고 있다. 자연에 분포하는 먹이(동물성플랑크톤)들을 일정 지역에 모아서 먹이생물로 섭취할 수 있는 스스로의 능력을 사전에 훈련시켜 바다로 방류하려는 기반 기술 전략이다. 점등에 의한 먹이생물량은 조사 시기에 따라 65,700~298,600 indiv./m³ 범위였으며, 10월과 11월에 가장 많은 출현량을 보였다.

음향순치기술

바다목장 해역에 방류할 어류에게 음향학습을 시킬 목적으로 특별히 제작한 음향학습

용 간이 음향급이 시스템을 여수 바다목장 내 가두리 시설에 설치하여 그 작동상태를 점검하였다. 다양한 경우에 대하여 제작된 간이 음향급이 시스템을 테스트한 결과 원활한 작동상태를 확인할 수 있었다. 그리고 이 시스템을 사용하여 가두리 시설내의 해수 중에 수중음을 방성하였을 때, 음원레벨 및 주파수가 설계목표치와 동일하게 음향학습용으로 적절한지를 판단하기 위하여 수중음파의 파형과 음원레벨을 조사하였다. 그 결과 간이 음향급이 시스템에 의한 수중 방성음의 중심 주파수는 300Hz이었고, 그것의 음원레벨은 152dB이었다. 일본에서 참돔을 대상으로 하는 경우 음향급이 시스템의 중심 주파수 및 음원레벨은 각각 300Hz 및 150dB이 일반적이므로 이번에 사용된 음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중 방성음은 감성돔의 음향순치에 적당한 것으로 판단되었다.

대상생물의 방류기술

방류어의 성장특성

방류감성돔의 환경적응 패턴과 재체포에 의한 출현율을 평가하기 위하여 추적조사를 실시하였다. 방류는 전남 여수시 화양면의 가막만의 잘피 서식장에서 이루어졌으며, 방류어의 표지는 방류어의 왼쪽 아가미를 절단하여 표지하였다. 지역별 방류어의 출현비율은 삼천포가 66%로 가장 높았으며, 여수 32%, 완도 10%를 나타내었다. 체포된 방류어의 마리수는 방류일수와 채집위치에 따라 다른 경향을 나타내었다. 방류 당일은 모자반이 분포하는 방류지점에서 크게 벗어나지 않는 곳에서 채집되었으며, 3일째에는 연안쪽으로 이동하는 경향을 나타내었다. 방류 7일과 10일째에는 연안쪽에서 지속적으로 채집되었으며, 15일에는 같은 연안쪽은 체포되는 마리수가 지속적으로 줄었다. 이는 수온이 낮아짐에 따라 방류어들이 연안을 따라 이동한 것으로 판단된다. VWI, SWI, IWI 또한 방류전과 큰 차이를 보이지 않았다. HSI에서는 방류 전 2.01 ± 0.63 에서 지속적으로 감소하여 방류 후 20일에 0.83 ± 0.23 까지 지속적으로 감소하였다가, 방류 30일째에서는 다시 상승하였다. 또한 IPI도 방류 전 2.22 ± 0.88 에서 방류 후 1.39 ± 0.53 으로 급격히 감소하였다가 방류 15일째부터 상승하여 방류 30일째에는 1.98 ± 0.32 를 나타내었다. IPI도 방류 후 새로운 환경에서 지방이 많은 먹이를 쉽게 섭이하질 못해 지속적으로 복강 내 지방을 사용한 것으로 보이며, 15일 이후로 수온이 하강하면서 복강 내에 지방을 축적하는 것으로 판단된다.

방류 감성돔 치어의 먹이실험

해상 가두리에서 방류용 감성돔의 중간 육성 효율 향상과 최적 사육 방법 구명을 위해 절식에 의한 보상성장을 유도한 사료 공급 방법을 조사함으로써 주 단위의 최적 사료 공급 방법 기술을 알아보려고 한다. 실험은 여수 바다목장 해역 내 중간 육성장장에서 가을, 겨울철 자연 광주기($34^{\circ}37' N$, $127^{\circ}42' E$) 및 수온($24.8 \sim 13.0^{\circ}C$, 평균 $18.8^{\circ}C$) 조건 하에서 감성돔(초기 평균 무게 $9.2 \pm 1.9 g$)을 해상 12주간 사육하였다. 사료 공급 방법은 다

음과 같은 주 단위의 방법으로 반복 공급하였다. 일주일 중 매일 사료를 공급하는 대조구(F_{7.0})와 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 그리고 격일 공급구(F_{1.1})로 구성하였다. 실험 종료시 체중은 대조구에 비해 F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구만이 유의적으로 낮은 결과를 보였으며(P<0.05), 이와 반대로 일간성장률(specific growth rate, SGR)은 실험 기간 동안 F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구가 대조구에 비해 높았다(P<0.05). 총 사료 공급량은 F_{7.1}, F_{6.1}, F_{5.1}, F_{4.1}, F_{3.1}, F_{2.1} 그리고 F_{1.1} 실험구에서 각각 35.1kg, 30.1kg, 29.9kg, 29.1kg, 28.2kg, 26.7kg 그리고 22.6kg으로 대조구의 사료 공급량이 가장 높았으나, 사료 공급률은 대조구와 비교해 절식 실험구 모두가 높았으며, F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구는 실험기간 동안 대조구에 유의적으로 비해 높았다(P<0.05). 12주 동안의 사료전환효율은 F_{2.1} 실험구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다(P<0.05). 이와 같은 결과는 여수 지방의 가을, 겨울철 감성돔 중간육성을 위한 최적 사료 공급 방법에 대한 중요한 정보를 제시할 것이다.

표식실험

감성돔 회유 경로추적을 위하여 2004년 10월 21일 금오열도에서 잡힌 자연산 감성돔 5마리(전장 25.6~30.5cm)에 앵커택(KORDI 5001~KORDI 5006)을 부착시켜 방류하였으며, 현재 재체포를 시도 중에 있다.

전복치패에 알맞은 실용적 표지방법을 개발하기 위하여 표지 부착 후 5개월간 표지 종류별 전복치패의 성장과 생존율을 조사하였다. 패각에 조개로 만든 단추형 표지를 부착한 경우와 제1 및 제2 호흡공에 플라스틱 표지를 부착한 경우에서 성장률 및 생존율이 타 실험구에 비하여 양호하였다.

전복 방류해역의 생산성

안도를 중심으로 한 전복 양식장내 자원생물 분포양상과 수확된 전복 생산량을 비교하였다. 3개 정점에서 실시한 조사에서 공간별로 자원 생물의 분포가 상이하게 나타났으며, 연안보다는 안도에서 떨어진 암초주변에서 비교적 높은 서식밀도를 나타냈다. 전복 수확량은 공간별로 차이를 보였으며, 평균 1일 84개체/4시간/5인 가 채집되었고, 0.56 cpue를 나타냈다.

방류현황

본 과제 전 수행 기간 동안 바다목장 대상 해역 내 방류한 종묘는 돌돔, 감성돔, 불락, 황점불락 그리고 전복의 5종으로서 마리수는 각각 395,000마리, 1,710,000마리, 50,000마리, 95,000마리 그리고 28,000마리로서 총 2,278,000마리였다. 이중 이번 사업기간 중 방류한 어종은 돌돔, 감성돔, 황점불락 그리고 전복으로서 방류 마리수는 각각 100,000마리,

810,000마리, 50,000마리 그리고 25,000마리로서 총 1,075,000마리였다.

대상생물의 생태 및 행동연구

수조내 행동특성

불락은 사육조 내에서도 큰 움직임 없이 꼬리를 아래로 하고 머리는 수면위로 하여 무리지어 사람의 움직임을 경계하는 모습을 보였으며, 사람이 나타나면 곧바로 구조물 속으로 숨어 버리는 행동을 보였다. 구조물을 이용하는 행태도 구조물의 간격이 좁은 구조물보다 넓은 구조물을 주로 이용하는 행태를 보였으며, 성장함에 따라 사람에 대한 경계심이 세밀해 지는 것을 알 수 있었다.

돌돔은 구조물이 든 사육조에 수용한 처음 몇 일간은 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 시간이 지날수록 사람과 친밀하게 움직여 구조물 인식 능력 실험이 어려웠으며, 감성돔 역시 구조물이 든 사육조에 수용한 처음 몇 일간은 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 시간이 지날수록 사육수조 전체를 구조물로 인식하는 행동을 보여 소형 실내 사육조 내에서의 구조물 인식에 대한 행동을 면밀히 조사하기에는 어려움이 많았다.

자연상태에서 행동특성

스쿠버다이빙을 통한 자원 조사시 각 정점에서 관찰된 감성돔의 나이별, 계절별, 암반과 어초 등 서식지 특성에 따른 행동 자료를 취합하여 분석하였다. 감성돔은 어린것 일수록 수 백 마리씩 떼를 지어 다니고 성장함에 따라 소수의 개체로 몰려다니며 또한 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 가진다. 특히 겨울철에는 이러한 터널형 바위나 방파제 테트라포드 안에 몇 마리씩 모여 월동한다. 암반과 여수 바다목장에 맞게 설계된 실험 어초에서 감성돔, 돌돔 등 행동 습성 관찰을 실시하여 여름철 이야포 연안 암반에서는 20~40cm 급 감성돔들이 바위에서 0.5~1.5m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와도 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 매우 예민한 습성을 보여주었다. 인공어초에서는 감성돔의 행동 관찰이 어려웠고 여름철 1세 돌돔들이 먹이를 먹는 행동을 보였다.

감성돔의 이동 범위 조사

2004년 10월 30일~2005년 1월 30일 전남 다도해형 바다목장의 대부도 방파제 주변에서 어획된 자연산 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 20마리(체장: 16.8~31.0cm; 체중: 128~700g)를 체내 표지법으로 표지하고 서식지(어획된 곳)와 비서식지에 방류하여 귀소여부와 이동범위를 음향 텔레메트리로 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

서식지와 비서식지에 표지 방류한 감성돔의 약 50%는 방류 후 1개월간(수온: 15.5~18.4℃)은 방류지점 주변(반경 500m 이내)에 머물렀으며, 그 후 1월 13일(수온: 10.9℃)에는 20~

25%의 감성돔이 방류지점 주변에서 탐지되었다. 실험기간 동안 비서식지에 방류한 시험어가 서식지로 돌아 온 것은 없었다.

한편, 2004년 4월 2일 이번 실험과 같은 곳에서 어획하여 방류하였던 감성돔 4마리 중 2마리(표지번호 12, 14)가 서식지로 돌아온 것이 2004년 11월 28일~2005년 1월 13일(10.9~15.8℃) 확인되었다. 이 표지어는 지난해 4월에 방류된 후 15일 동안(5m층 수온: 12.0~12.5℃)은 방류지점 주변에 머물다가 수온의 상승(13.0~14.0℃)과 더불어 소부도와 금오도 서쪽 해안을 따라 연안으로 이동하였을 것으로 추정되던 감성돔이며, 서식지로 돌아 온 후 주간에는 방파제를 구성하는 테트라포드 속에서 숨어 지내다가 야간에는 그곳에서 나와 먹이섭취 등의 활동을 하는 것으로 나타났다.

해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

전남 다도해형 바다목장 후보지인 여수시 안도연안에서 해조장 해조류의 이식 및 효과조사를 실시하였다. 1차로 이식한 해조장 해조류의 상대 성장율은 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 외틀개모자반(*Myagropsis myagroides*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*)의 순으로 나타났다. 현장에서의 관찰결과 곰피, 외틀개모자반은 최대 140%에 가까운 상대성장을 나타내었고, 이 가운데 팽생이모자반은 연안의 대표적인 1년생 해조장 해조로서 성장도가 매우 빨라 약 700%에 이르는 상대성장율을 보였으며 실제로 이식효과도 탁월하여 2005년 5월 중순까지도 이 일대에 풍부한 해조장을 조성하는 것으로 나타났다. 특히 이 일대에는 자생하지 않는 외틀개모자반도 이식효과가 좋아 이 일대에 외틀개모자반의 성장, 성숙에 의한 유배의 확산으로 새로운 해조장을 조성할 수 있는 가능성이 시사되고 있다. 또한 2005년 3월 종묘이식을 통해 현장에 조성한 다시마(*Laminaria japonica*)군락도 안도 일대에서 빠르게 성장하는 것으로 나타났으며 현지의 바다환경에 잘 적응하는 것으로 나타났다. 반면 어린 종묘를 전석이나 큰 바위 및 암반 등에 수평연승식으로 감아주었기 때문에 성게 등 초식성 동물에 의한 식해압으로 상당수의 종묘가 유실되고 있는 문제점도 나타나 이에 대한 보완책이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 성게의 서식밀도가 높은 이 해역에서 다시마, 곰피 등의 어린 엽체를 이식하여 해조장을 조성하기 위해서는 조하대의 암초지대나 암반위에 종사가 감긴 연승줄을 일정한 높이의 지지대에 의지하여 바닥에서 떨어진 수층에 수평 연승식으로 종묘를 이식하는 것이 보다 높은 조장조성효과를 가져다 줄 수 있는 것으로 판단되었다.

자원조사

어구조사

본 연구에서는 현재의 자원량과 바다목장화 사업후의 자원량을 비교 할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 실시되었으며, 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여, 출현종, 출현량

및 우점종을 확인하고, 어구별 어획량을 살펴보았다.

어류 채집은 삼중자망과 통발에 의해 이루어졌으며, 금오도와 부도에서 실시하였다. 감성돔의 자원 조사는 이강망 조사와 위판자료를 참고하여 조사되었다.

통발에 의해 출현한 어류는 총 5목 20과 27종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 쥐노래미, 노래미, 쌍동가리 순이었으며 9월에 생체량과 출현개체수가 가장 높았다. 삼중자망에 의해 채집된 어류는 총 5목 32과 40종이 출현하였으며 우점한 종은 볼락, 쥐노래미, 양태, 문치가자미였다. 3월에 생체량과 출현개체수가 가장 높았다. 이강망에 의해 채집된 어류는 28종으로 우점한 종은 전어, 전갱이, 송어, 감성돔이었다. 감성돔의 어구에 의한 조사지점에서 추정된 자원량은 약 2,893미, 1,620kg로 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 전남다도해 바다 목장해역인 전라남도 여수 인근 해역인 금오도 및 소리도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 기존의 자연 상태에서 서식하고 있는 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 2004년 12월, 2005년 3월에 실시하였다. 또, 2004년 10월 감성돔, 들돔, 볼락 등을 방류한 안도 주변해역에 있어서 2005년 4월과 5월에 어초 주변에서의 어군분포조사와 어초 주변의 자원량 추정법 개발을 위한 기초 실험을 행하였다.

여수 바다목장 해역에 있어서 2004년 12월과 2005년 3월에 음향을 이용하여 수산자원의 분포를 조사한 결과, 12월에는 금오도와 소리도 부근의 해역에서는 어군이 거의 출현하지 않았으며, 그 때의 평균 후방산란체적강도 SV는 -90~-70dB로 매우 낮게 나타났다. 한편 3월에는 12월에 비해 상대적으로 어군과 음향산란층의 출현빈도와 출현량이 많았으며, 그 때의 평균 후방체적산란강도 SV는 -86~-65dB로 비교적 높게 나타났다. 어군의 출현량이 높게 나타난 곳은 안도 남쪽, 소리도 동쪽 그리고 소리도 남쪽(동과 서) 해역이었으며, 그때의 SV는 -72~-65dB로 높게 나타났다.

한편, 바다목장 해역에서 회유 이동하는 어군의 분포를 파악하기 위한 조사에서 음파의 물리적, 기술적 제약으로 인한 어종확인 어려움의 보완하기 위하여 계량어군탐지기 및 카메라를 동시에 부착한 하이브리드 시스템을 고안하여 기초 실험을 행하였다. 그 결과 계량어군탐지기는 우리나라 남해안과 같이 가시거리가 짧아, 다이버나 수중카메라에 의한 직접조사의 제약을 보완할 수 있을 것으로 생각되고, 또, 수중카메라는 어느 정도의 조건 하에서는 어종을 확인할 수 있을 것으로 사료되어, 상호 보완하여 활용할 경우, 수

산 자원 추정 방법이 개선될 것으로 생각한다.

잠수조사

잠수조사는 바다목장 해역내의 주요 수산 자원의 현황과 변화를 추적하기 위해 실시하였으며, 크게 나누어 보면 바다목장의 한가운데 위치한 안도 주변 자연 암반과 수중 구조물에서의 출현 어종과 자원량 조사가 있다. 수중 구조물은 금오도와 소리도에 설치된 세라믹어초와 안도 이야포에 시설된 두 가지 형태의 실험어초를 대상으로 하였다.

안도 자연 암반에서 확인된 어종수는 총 33종으로서, 수온의 변화에 따라 어종수의 차이가 많았다. 정점별로는 안도의 북쪽에 위치한 정점 A에서 24종이 관찰되어 가장 많았고 안도의 서쪽의 정점 D에서 16종이 확인되어 가장 적었다. 어종별로는 미역치, 불락, 쥐노래미류, 자리돔 및 놀래기류는 계절이나 정점에 상관없이 정착하여 확인되었다. 2004년 6월 조사에서 출현한 주요 수산어종의 단위 면적당(100m²) 개체수로 환산해 보면, 불락의 경우 총 173개체가 관찰되어 단위면적당 48.1마리, 감성돔은 총 12마리로 100m²당 3.3마리, 그리고 병에돔은 약 154개체로 단위 면적당 42.8마리를 나타내었다.

소리도 세라믹어초와 금오도 세라믹어초에서는 조사시 0~18종의 어류가 관찰되었고, 정착성 어종들은 개체수가 적었으며 수온이 상승하면서 어종수가 증가하는 전형적인 온대 해역의 특징을 보였다. 이야포에 시설된 실험어초에서는 고수온기에는 월별로 7~13종의 범위였고 불락, 들돔 및 말쥐치 등의 어종들이 무리를 지어 나타났으나 수온이 낮은 시기에는 1~3종의 미역치나 바다문절만이 소수로 출현하였다.

이각망 실태 및 개선방안

전라남도 여수시 금오도 연안에 위치한 이각망 어장을 이용하여, 2004년 8월부터 2005년 6월까지 10개월 동안 총 5회에 걸쳐, 정점 2곳에서 채집 분석하였다. 그 결과, 이각망에 의해 채집된 어류는 총 1綱 8目 29科 44種으로 총개체수와 총생체량은 각각 761개체, 150.37kg이 채집되었다. 그 중 농어목이 14科 19種으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 솜뱅이목이 4科 7種, 가자미목이 3科 5種으로, 이들 3目に 포함된 어류가 총 31種으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는目들로 나타났다.

조사기간 중 가장 우점한 종은 전갱이로 61개체(2.76kg)가 출현하였고, 다음으로는 전어가 57개체(3.12kg)로 우점하였으며, 갈치는 54개체(2.14kg)가 출현하였다.

본 조사에서 전 조사기간 동안 채집된 어류 중 방류 감성돔의 별도 체장, 체중 조사를 실시하였다. 그 결과 감성돔은 8월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 2월에 성장이 둔화되는 경향이 보였다. 여수시 금오도 인근해역의 이각망에 의해 채집된 어류의 월별 종 다양도지수(H')는 2.1054~2.9172로 출현종이 다양하고 개체수가 많은 10월 조사에서 가장 높은 값으로 나타났고, 2005년 2월에 종다양도지수는 2.1054로 가장 낮

은 값을 나타내었다. 균등도 지수는 0.7978~0.8992로 2월에 가장 높고, 4월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 우점도 지수의 경우는 0.2964~0.4946로 4월에 가장 높았고, 8월에 가장 낮은 값을 나타내었다.

유전자원조사

감성돔 방류집단의 유전적 특성을 파악하고, 방류해역에서 방류로 인한 유전자원의 gene pool 구조 변화를 조사하기 위하여 감성돔 자연집단과 비교분석하였다. RAPD 분석 결과에서 6개의 random primer가 각각 5개 이상의 다형단편을 생성하였으나 방류 및 자연 집단 특이적인 DNA 단편은 아니었으며, 출현빈도 역시 집단간 뚜렷한 차이는 없었다. 미토콘드리아 DNA의 조절영역을 PCR-RFLP 분석법으로 비교분석한 결과, 5개의 제한효소에 의해 20개의 haplotype이 존재하였으며, 집단간 haplotype 빈도 및 출현하는 haplotype pattern 역시 방류집단과 자연집단간의 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 향후 연구에서는 지속적으로 방류집단과 자연집단의 미토콘드리아 cytochrome b 유전자를 비교분석하고, 조절영역 내의 염기변이를 추가로 분석하여 두 집단간의 유전적 특성을 파악하여 방류해역의 유전자 pool의 구조변화 여부를 모니터링하고자 한다.

4. 바다목장 이용 · 관리기술

전남 다도해형 바다목장사업은 2001년부터 2008년까지 총 (8개년)사업으로 시작되었으며, 2003년까지 기반조성사업이 마무리되면서 2004년부터는 본격적인 어장 및 자원조성사업이 시작되었다. 목장조성단계인 2004년도 바다목장사업의 이용관리분야에서는 바다목장 이용관리실태 조사와 이용관리체제의 구축, 유통체제 구축 및 경제성 분석 등이 연구되었다.

바다목장은 외줄낚시, 통발, 자망 등의 어선어업이 상호 경합적으로 이용하고 있으며, 외줄낚시의 어업경영은 어업수지의 개선으로 전년도에 비해 어업수익이 증가하였고 이익률도 증가한 것으로 파악되었다.

전남바다목장 유통실태 설문결과, 어업인들은 제 가격을 받을 수 있는 유통경로, 직판장, 가공처리시설과 보관시설 등 물류시설 및 기능에 대한 필요성을 크게 느끼고 있었다. 유통체제 구축을 위한 전남바다목장 내외부적 환경요인의 활용전략으로서는 생산 및 품질관리를 위한 관리단의 조성과 타 바다목장과의 연계, 바다목장간 품평회의 공동개최, 추적시스템의 도입, 관광수요의 개발, 다양한 제품의 개발, 통합적 유통체제의 구축, 제품 이미지와 품질인식제고를 위한 행사 마련 등의 방안을 활용할 수 있다.

2004년 현재 간접효과인 유어낚시 1인당 1회 출조 소비자임여는 52천원으로 분석되었고, 관광객의 1회 여수방문시 소비자 임여는 71천원으로 추정되었다.

본격적인 어장 및 자원조성사업이 실시됨에 따라 바다목장 해역에 자원량이 계속 증

가할 것으로 전망된다. 인위적으로 조성된 수산자원을 적정하게 이용관리하기 위해서는 제도적인 규제조치와 함께 바다목장사업 관련당사자, 특히 어업인들의 적극적인 참여와 자율적인 규제가 무엇보다도 중요하다. 따라서 바다목장 이용관리체제는 통영에서 현재 운영되고 있는 이용관리체제, 즉 보호수면, 자원관리수면 및 관련 당사자들의 협의체 등을 벤치마킹하는 한편, 전남 바다목장 해역에 적합한 이용관리체제를 적용하고자 하였다.

그러나 현재 전남 바다목장 해역에는 23개 어촌계가 분포하고 있고 해역범위가 통영에 비해 매우 넓고 해역내 어업인들의 이해관계가 더욱 복잡하여 이러한 자원을 보호하고 관리할 수 있는 이용관리제도, 즉 보호수면 및 자원관리수면을 지정하거나 이를 이용 및 관리하는 협의체를 마련하는데 다소 어려움을 겪고 있다. 따라서 해역내 어촌계별 상이한 의견 차이를 조정하고 이를 통합하기 위해서는 해역 어업인들간의 만남과 협의가 지속되어야 할 것이다.

SUMMARY

I. Title of the Study

Studies on the Development of Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program in Korea

II. Significance and Objectives of the Study

A growing human population and its demand for fishery products are placing numerous pressures on the aquatic environment. As a result, marine ranching is currently receiving attention as a means to restore or increase production from marine and coastal fisheries. To start marine ranching, information is needed on the status of the fishery, reasons for its decline (or the reason that marine ranching is being proposed), genetic structure of the ranched species and any closely related wild stocks with which it may interact, the resource base and carrying capacity of the environment, the expected returns from the ranching program and the expected beneficiaries. In addition, careful planning, evaluation of potential impacts on both the biological and human communities and establishing a means to monitor the actual impacts are all necessary prerequisites.

The Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program started in 2001 to improve fish habitats, produce early life-history stages of target species (e.g. black sea bream, rock fishes and abalone) in hatcheries for eventual release into the habitats and to increase fish production from the ranching area. Our missions are to monitor the physicochemical environment, document the topography, estimate the production of all marine biota, measure the carrying capacity using an ecosystem model based on the ecological interactions between the biota, improve fish habitats by deploying various types of artificial reefs and constructing marine forests, develop the techniques for seed production and release, monitor the variation in the population size of the target species and related species, and to assess the expected returns and beneficiaries. The actual purpose of the program is to provide scientifically reliable information to the government officers who will start responsible approach to the marine ranching in this area.

III. Content and Scope of the Study

1. Physicochemical environment
 - Water quality and sediment property
 - Topography
2. Marine biota
 - Phytoplankton
 - Zooplankton
 - Benthos
 - Fish
3. Ecosystem modelling
4. Habitat enhancement
 - Construction of subtidal algal forests
 - Construction of fishing grounds using artificial reefs
5. Annexation and management of fish stock
 - Production and determination methods of seed for releasing
 - Nursing techniques of target fish
 - Acoustic conditioning techniques
 - Seed releasing and evaluation of target fish
 - Ecology and Behavior pattern of target fishes
 - Seed production and transplantation of seaweeds for constructing an artificial seaweed bed
 - Estimation of fish resources
6. Utilization and management of Marine Ranching
 - Survey on the actual condition of utilization and management of marine ranching area
 - Survey on recreational fishery and marine tourism
 - Construction of system on utilization and management of marine ranching
 - Analysis of marketing
 - Analysis of economic effectiveness of marine ranching program

IV. Results

1. Physicochemical environment

Water quality and sediment property

To identify the water quality and sediment properties of the ranching area, 12 sites were randomly chosen from the area and water temperature, salinity, pH, dissolved oxygen (DO), suspended sediment (SS), COD, total nitrogen (TN), total phosphate (TP), total ignition loss of sediment (TIL), COD of sediment, acid volatile sulfide (AVS) of sediment and total organic carbon (TOC) of sediment were seasonally measured from August 2004 to May 2005. Average temperature ranged from 9.14 to 23.55°C and average salinity ranged from 30.38 to 34.12. Average pH ranged from 8.09 to 8.41 and was lower than 2 degree of the seawater quality standard at all stations. Average DO ranged from 5.42 to 9.70 and was lower than 2 degree of the seawater quality standard at all stations. Average SS ranged from 3.80 to 5.40 mg/L. Average COD was between 0.49 and 1.38mg/L and lower than degree 2 of the seawater quality standard except some stations. Average TN ranged from 0.122 to 0.386mg/L and was lower than 1 degree of the seawater quality standard except some stations. Average TP ranged from 0.012 to 0.038 mg/L and was lower than degree 2 of the seawater quality standard except some stations. Average TIL ranged from 5.06 to 6.48%. Average concentration of COD ranged from 8.75 to 12.69 mg/g · dry wt. Average concentration of AVS ranged from 0.03 to 0.05 mg/g · dry wt. Average TOC ranged from 0.30 to 0.32%. Average TON ranged from 0.05 to 0.06%.

Topography

To acquire the precise seabed bathymetry data and images around Ando in the central part of the ranching area, we conducted field surveys using multi-beam echo sounder and side-scan sonar were conducted between August 2004 and May 2005, and completed and interpreted two dimensional and three dimensional topography map covering marine and land using topography data including bathymetry data of Gumongam-Sobudo in 2003 year and land data.

This study area was composed of a nearshore area approaching toward land with a steep slope, steep slopes of shore area, a deep submarine channel area formed by fast and strong current in Singangsudo between Ando and Sorido, a relatively flat and shallow northern area and a area going deeper toward the open sea in the southeastern part of Ando. The bathymetry between Geumodo and Ando was 10-20 m in depth and many fishery farms are distributed. Deep sea channel in Singangsudo was maximum 53 m in depth, deeper than surroundings and reflected on strong tidal

currents. Coasts of islands had steep slopes due to the erosion by wave energy.

Seabed side-scan images in the nearshore of Sorido showed that seabed was partly covered by rock extended from Sorido and had talus due to the erosion by wave. Mud seabed in central part of Singangsudo was characterized by south-west trending ripple marks occurred by tidal currents and a wave energy. Artificial fishery reefs on mud sediments were observed in several places of Singangsudo.

A total 32 surface sediments were sampled from the ranching area and sedimentological analysis was done. The surface sediments of the ranching area were divided into four sedimentary facies. Fine sediment, almost mud sediment was distributed near the Geumo Island, whereas near Ando, rather coarse sediments were distributed. The coastal area between Geumo and An islands was characterized by the coarse sediments including gravel or/and showed rocky bottom. Organic carbon of the sediment showed less than few percent (the highest value 3.54, and lowest value 0.46%), and carbonate content varied between 66.2 and 3.46% in the mud sediment. C/N ratio of the organic matter showed higher than 10 in several sediment samples suggesting that organic matter is derived from the neighboring land area and biogenic organic matters which are generated by the plankton productivity in situ. The content of hydrogen sulfide ranged from 0.5 to 232.5 ppm, showing that this study area is not significantly polluted on the based of environmental criteria of hydrogen sulfide, which is generally 200 ppm.

2. Marine Biota

Phytoplankton

A total of 109 species representing 77 diatoms, 27 dinoflagellates, and 5 other flagellate species were identified from the ranching area. The majority of phytoplankton species was diatom. There was no significant difference between the species number at the surface and the 10m of water depth. Little variation in the species number and standing crops between the surface and 10m layer reflected that the upper water column was well mixed. In spring, diatom *Eucampia zodiacus* was the most dominant. In summer, however, two dinoflagellates *Cochlodinium* sp. and *Gonyaulax polygramma* and diatom *Dactyliosolen fragilissimus* were the most dominant species. In an annual event, dinoflagellate patches were well developed in summer. As the total standing crops of phytoplankton in the autumn and winter, it is

difficult to say about the dominant species. *Thalassiosira* sp. and *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskiöldii* were abundant in autumn and winter, respectively. 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 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 the year round.

Zooplankton

A total of 24 ciliate species was observed, consisting of 9 tintinnids, 11 oligotrichs and 4 other species. Higher species number was recorded in summer and winter. Ciliate plankton recorded the low abundance below 1,000 cells/L in 2004 and 2005. Relatively high abundance showed in summer, which displayed a similar seasonal pattern to phytoplankton standing crops. *Tintinnopsis beroidea* and *Strombidium conicum* in spring, and *Helicostomella longa*, *Amphorellopsis acuta*, *Lohmaniella oviformis*, and *L. spiralis* occurred frequently in summer. In autumn, *Strombidium conicum* and bentic tintinnids, *Stenosemella nivalis*, *Tintinnidium muscicola*, and *Tintinnidium balechi* were relatively abundant. In winter, cold water species *Tintinnopsis baltica* and *Tintinnopsis lohmanii* were representative.

Of mesozooplankton, *Noctiluca scintillans*, cnidarians, copepods, chaetognaths, and larvae etc. were dominant in the study area, but there were seasonal differences in their composition. In summer of 2002, larvae, copepods and *Noctiluca scintillans* were predominant, in fall copepods, chaetognaths and siphonophorids, and in winter copepods, larvae, chaetognaths were. Individuals of zooplankton were highest in fall (mean 615 ind./m³), while those were lowest in winter (mean 95 ind./m³). Species diversity was highest in fall and lowest in winter. In summer of 2003, 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 by 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. In spring and winter of 2004,

copepods were predominant and *Noctiluca scintillans* is also abundant. In summer *Noctiluca scintillans* were predominant and cladocerans were also abundant. In autumn copepods were predominant and cheatognaths were also abundant. Individuals of zooplankton were highest in spring (mean 6476 ind./m³), while those were lowest in autumn (mean 374 ind./m³). Species diversity also was highest in autumn and lowest in summer. In summer the low species diversity may be caused by cladocerans. The study areas can be divided into two station groups for zooplankton occurrence pattern, which may affect the characteristics of water masses formed sea

Benthos

Macrobenthic fauna were sampled from the ranching area in the central South Sea of Korea to monitor the changes in benthic community structure through seasonal intervals from April 2004 to March 2005. A total of 476 taxa, 195,880 individuals and 15299g animals were collected respectively. Mean number of species, mean abundance and biomass were the highest record in winter compared with any other seasons. The dominant species in density and biomass was polychaete *Lumbrineris longifolia* and sea urchin *Schizaster lacunosus*.

Temporal variations of species number, abundance and biomass of macrobenthos in seven common stations, which are surveyed in the period of September 2002 to March 2005, were analyzed. As a result of analyzing, it showed increasing pattern in every parameters. Eutrophication may be related to this phenomenon. However the density of existing opportunists was declined in the benthic communities.

In the result of Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis, the macrobenthic community of the study area was divided into three sub-groups. The Seagrass community was clearly distinguished from bare subtidal communities. According to Canonical Correspondence Analysis (CCA), the mud content and water depth were the most important factors in controlling spatio-temporal patterns of the community. During the last three years, the composition of dominant species was almost same and its density was not increased nor decreased dramatically. Seven species of polychaetes (*Tharyx* spp, *Cirrophorus armatus*, *Magelona japonica*, *Sigambra tentaculata*, *Lumbrineris cruzensis*, *Sternaspis scutata*, *Mediomastus californiensis*) were continuous dominant species.

Ecosystem health of the marine ranching area was assessed by using ISEP index. As a result, the environmental status was stable over time and corresponded to the

grade of B+, over 70th percentile among the coastal areas of nation.

The estimated secondary production varied widely among stations from 2.327 to 63.177gAFDW m⁻²y⁻¹ with an average of 17.985gAFDW m⁻²y⁻¹. The remarkable high productivity was observed at eastern parts of Ando and upper parts of Geumodo. The secondary benthic production in seagrass beds was slightly higher than the average value of other areas. In general, the secondary production was gradually increased over time, and it seemed to be affected by the general increase of important species in biomass.

To understand the feeding ecology of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), samples from Kwangyang Bay (seagrass bed) and Geumo Island were analyzed. In Kwangyang Bay, juvenile sea breams immigrated into the seagrass bed in July and August, and emigrated to other habitats after active feeding and growth. Main prey items of the juvenile fish were amphipods *Caprella* spp. The importance of crustacea for adult fish collected around Geumo Island was lower than larvae. Many kinds of prey were taken for food, especially seagrass was one of most important food items for the fish.

Fish

A total 9 species (*Engraulis japonicus*, *Konosirus punctatus*, *Sardinops melanostictus*, *Hypodytes rubripinnis*, *Sillago sihama*, *Leiognathus nuchalis*, Gobiidae spp., *Cynoglossus joyneri*, Unknown spp) of fish eggs were identified.

The collected larvae and juveniles were identified into 24 taxa, 18 families, 5 orders, 2,602 ind./1,000m³. The abundance of fish juveniles was the highest in summer (2,067ind./1,000m³), whereas was the lowest in autumn (28 ind./1,000m³). The diversity index of fish juveniles ranged between 0.9948 and 2.0850, and the evenness index was 0.6181-0.9743.

Adult fishes were identified 47 species, 30 families, 10 orders. The most dominant orders were Perciformes, Scorpaeniformes and Clupeiformes, which accounted for 86.74%. The diversity index of adult fishes varied from 2.0650 to 2.7813, with the highest value in summer. The evenness index varied from 0.7392 to 0.8612, with the highest value in winter and the lowest in autumn.

3. Ecosystem modelling

We first analyzed ecosystem-based fisheries management models considering ecological interactions in marine ecosystems. The ecosystem structure model (ESM) analyzes ecotrophic levels among functional groups in the ecosystem and the ecosystem dynamic model (EDM) conducts dynamic simulations of the ecosystem according to the fishing intensity or environmental changes.

Second, we developed the ecosystem modeling system for the Jeonnam archipelago marine ranching ecosystem, the stock enhancement system to enhance required fishery stocks by artificial releasing, the habitat rebuilding system to restore the optimal size of habitat and the population management system for an effective fishery resource management.

Finally, we classified all the organisms in the ecosystem into several functional groups according to ecological characteristics, and estimated input parameters of the ecosystem model (biomass, production/biomass ratio, catch, and diet composition) for each functional group based upon analyses of various methods.

4. Habitat enhancement

Construction of subtidal algal forests

As a part of the ranching program started in 2002, 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.

During the past study period (August 2004-June 2005), we conducted several works for constructing the submarine forests in the ranching area. These works were 1) field surveys on seaweeds along the coast of the ranching area, 2) small-scale construction of submarine forest by transplanting *Ecklonia stolonifera* juveniles on artificial reefs (2x2x2m in size) placed at the depths between 4 and 6m of Ando, and 3) field surveys on seagrass beds. For the field survey on the seaweeds, 20 subtidal sites

around Ando in the central part of the ranching area were randomly chosen and distribution patterns of seaweeds were investigated. In addition, biotic and abiotic factors (slope and vertical extent of substratum, sediment loading on substratum, light and the density of grazers) of the 20 sites were also investigated to examine the relationship between the distribution patterns of seaweeds and environmental variables.

Construction of fishing grounds using artificial reefs

To improve fish habitats of the ranching area, two types of artificial reefs: trapezoid-type complex steel reef (TCSR) and dome-type complex steel reef (DCSR) were deployed and their fish attraction efficiency was examined by monitoring the density of fishes and sessile animals. The attraction efficiency of the two reefs was not apparently different, with a significantly higher density of fishes and sessile animals than those of the adjacent natural beds. In addition, to construct fishing grounds using artificial reef we also deployed the followings:

- 1 unit of multipurpose metal reef
- 1 unit of jumbo-type complex steel reef
- 7 unit of pyramid-type complex steel reef
- 10 unit of multipurpose concrete reef for shellfish and seaweeds

To obtain the basic data for the further construction of fishing ground using artificial reefs, we investigated topography of the ranching area. The eastern part of the area had more gentle slope than the western part. The water depth of the eastern part was between 10 and 13 m, whereas that of the western part was between 19 and 28 m.

5. Annexation and management of fish stock

Production and determination methods of seed for releasing

The production of healthy offspring of black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*, and establishment of the standard of healthy offspring assessment were investigated on reduction of deformation rate and improvement of swimming performance, and to produce the fundamental knowledge in terms of the broodstock management and rearing technique of hatched larvae of Oblong rockfish, *Sebastes oblongus*.

In terms of the deformation, mean body length 2.4 ± 6.7 cm and mean body weight

0.52±0.6g offspring reared in artificial hatchery was used in this experiment, and external and internal characteristic; proximate composition, fatty acid profile, and amino acid composition of both normal and deformative fish were compared. Deformation rate in external characteristic was observed as 5.88~16.49% and in internal skeletal deformation rate was observed as over half as 52.6%. In the comparison of body nutritive composition between normal and lordosis, n-3 HUFA in normal fish was higher than that in lordosis, and DHA was higher as 40.06% in normal fish than 32.89% in lordosis. In the amino acid composition, total amino acid including essential amino acids of lordosis was 3074.92mg which was lower than 3768.38mg of that in normal fish.

Swimming performance as standard to assessment of healthy offspring was observed in size (large: body weight 65~80mm, medium: 55~65mm, small: 45~55mm), and the relationship of that with proximate composition and fatty acids were observed. Optimal critical velocity for swimming (V_{cri}) in size was expressed in a formula as " $Y(\text{feet/s})=0.1854 \times \text{body length(mm)} + 0.8025$ ". Total protein level in muscle nutritive composition was showed higher somewhat. V_{cri} and n-6/n-3 ratio were in the positive relationship, because be of relationship with linoleic acid being most general n-6 fatty acid, and V_{cri} was in positive relationship with both myristic acid and oleic acid.

The comparison between wild and cultured broodstock of *S. oblongus* and the effect of environment was observed, and the influence of water temperature to hatched larvae was observed. Wild broodstock was of high mortality in the process of feeding adaptation or released unfertilised eggs. In comparison, the cultured broodstock was of lower mortality but nutrients in eggs from most of all were reabsorped, and only 5 broodstock in 70 were bred. Furthermore, hatched larvae in 15°C showed the highest survival rate.

In this study, we made efforts to lay the appropriate foundation of hatchery production by reduction of deformation of black seabream and establishment of the standard of healthy offspring, and to improve hatchery production on the broodstock management of *S. oblongus* and fundemantal biological knowledge of hatched larvae.

Nursing techniques of target fish

Focusing on the intermediate rearing step between the initial seedling production and its eventual release in the natural conditions, a relatively healthy and survival

ability process, this study sought to develop means of controlling the night lightening of feeding ability with target organisms (zooplankton). This study supports the suggestion that the possibility of artificial seed increase the survival by the improvement of feeding ability after release in natural conditions.

Total individuals of food organisms were relatively low; 65,700 indiv./m³, high; 298,600 indiv./m³ in 2004.

Acoustic conditioning techniques

A portable acoustic feeding system for acoustic conditioning to fishes to be released to the sea was installed on a fish-farming net of the Marine Ranching Program in Yeosu and was tested with various operation conditions. As a result, the system operated very well. And waveform and source level of underwater sound radiated by an underwater speaker of the portable acoustic feeding system were measured to compare with reference values. The center frequency and the source level of the underwater sound radiated by the system were 300 Hz and 152 dB, respectively. It was thought that the frequency and the source level of the underwater sound were appropriate for acoustic conditioning to black sea bream because sound of frequency 300 Hz and source level 150 dB was generally used for the acoustic conditioning in Japan.

Seed releasing and evaluation of target fish

Environmental adaptation pattern of released fish

This research executed follow-up survey to estimate the appearance rate by discharge black seabream environmental adaptation pattern. Area appearance ratio of released fish was highly 66% in Sancheonpo, 32% in Yeosu, and 10% in Wando fish market. Arrested released fish of number displayed is discharge and other tendency according to gathering position. Collected in place that do not escape greatly at discharge point that seaweed ranges discharge day, and rank displayed tendency that move to district along the coast 3 day. Collected continuously in district along the coast in rank discharge 7 day and 10 day, and number of arrested number of same district along the coast decreased continuously on 15 day. This is judged that released fish move along district along the coast according as water temperature becomes low. Did not show released fish and difference as well as VWI, SWI, IWI. Decrease continuously in 2.01 ± 0.63 before discharge in HSI and rose again at rank discharge 30 day while decreased continuously to 0.83 ± 0.23 on 20 day after discharge. Also,

rise from rank discharge 15 day while IPI decreased rapidly by 1.39 ± 0.53 after discharge in 2.22 ± 0.88 before discharge and rank displayed 1.98 ± 0.32 discharge 30 day. IPI food that there are much fats in new surrounding after discharge because do not Seopi easily continuously abdominal cavity that use my fat look, and is judged that water temperature accumulates fat in abdominal cavity descending since 15 day.

Investigation of feeding schedules for releasing fish

An experiment was conducted to investigate the effects of the weekly cycles of feed deprivation and re-feeding on growth and feed consumption of black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* (initial mean weight 9.2 ± 1.9 g), cultured in floating sea cages. Fish were held under natural fall-winter ($34^{\circ}37'$ N, $127^{\circ}42'$ E) photoperiod and ambient water temperatures (24.8 - 13.0°C , mean 18.8°C) for 12 weeks. Fish were fed to satiation feeding weekly cycles as follow; on day 7 ($F_{7.0}$), day 6 ($F_{6.1}$: 6 days feeding and 1 day deprivation), day 5 ($F_{5.1}$: 5 days feeding and 1 day deprivation), day 4 ($F_{4.1}$: 4 days feeding and 1 day deprivation), day 3 ($F_{3.1}$: 3 days feeding and 1 day deprivation), day 2 ($F_{2.1}$: 2 days feeding and 1 day deprivation) and every other day ($F_{1.1}$). At the end of experiment there was no significant difference in weight between the fish fed continuously ($F_{7.0}$) and those of $F_{6.1}$, $F_{5.1}$, $F_{4.1}$ and $F_{3.1}$ groups, but fish weight in $F_{2.1}$ and $F_{1.1}$ groups was significantly lower than that of control group and fish weight in $F_{1.1}$ group was significantly lower than those of the other feeding groups ($P < 0.05$). The SGRs in $F_{2.1}$ and $F_{1.1}$ fish that had experienced the longest feed deprivation periods were always higher than those in the control fish during the experimental periods ($P < 0.05$). Total feed supplied to group $F_{7.0}$, $F_{6.1}$, $F_{5.1}$, $F_{4.1}$, $F_{3.1}$, $F_{2.1}$ and $F_{1.1}$ was 35.1, 30.1, 29.9, 29.1, 28.2, 26.7 and 22.6 kg, respectively. Feeding rates were higher in all starved fish than those in the control fish. Feeding rates in $F_{2.1}$ and $F_{1.1}$ fish were always higher than those in the control fish during the experimental periods ($P < 0.05$). Overall food conversion efficiency in $F_{2.1}$ fish for the 12 week feeding trial was only significantly higher than that in control fish ($P < 0.05$). The results could be applied to weekly feeding schedules for black sea bream culture in the floating sea cage during fall and winter season in Korea.

Marking

In order to understand migratory pass of black seabream, anchor tags (KORDI 5001~KORDI 5006) were applied to five black seabreams (TL: 25.6~30.5cm) which were caught by angling and released around study area, and waiting its recatchment.

Five different tags were applied to young abalone and reared for a period of 5

months. In terms of growth and survival rate, button type and 1-2 respiratory apparatus binding appeared to superior than other tagging methods.

Productivity of abalone at culture ground

Distribution patterns of commercial benthic animals on the abalone culture ground and productivity of abalone have studied at three station around An-do in 2004. Each of species showed vertical distribution patterns and have differentiated to the densities by depth at all study area. Especially, densities showed more higher at rock island than coastal area. Catch-ability of abalone also have differentiated spatially. About the mean of a 84 individuals/four hour/five person have caught and calculated to 0.56 cpue at all station.

Status of release

The status of juveniles of marine organisms released in Jeonnam marine ranching area were total 5 species and 2,278,000 individuals during the marine ranching program. The species and number of juveniles released were 395,000 fish of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*), 1,710,000 fish of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), 50,000 fish of dark-banded rockfish (*Sebastes inermis*), 95,000 fish of oblong rockfish (*Sebastes oblongus*) and 28,000 individuals of abalone (*Haliotis gigantea*), respectively. Among them above mentioned, juveniles of marine organisms released for the current studies were total 1,075,000 individuals, 100,000 fish of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*), 900,000 fish of black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*), 50,000 fish of oblong rockfish (*Sebastes oblongus*) and 25,000 individuals of abalone (*Haliotis gigantea*), respectively.

Ecology and Behavior pattern of target fishes

Juveniles black seabream are make school more than several hundreds, but adult black seabream are not make such large group. In winter, black seabream residence only turnnel-type space having escape route at rocky shore and under TTP of breakwater at Islands such as the Budo. Feeding parrot fishes observed in the experimental artificial reefs. In summer, 20~40cm TL black seabream stay and swimming above rocks at the coast of bay (7~9m in water depth) of Iyapo, Ando.

To study whether the wild black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) has a homing ability or not and its movement range 20 individual of the fish (body length:

16.8-31.0 cm; body weight: 128-700 g) sonic tagged internally by surgical method were released at the habitat (caught area) and the non-habitat and the movements of the fishes were measured with the acoustic telemetry in the archipelago marine ranching area of Jeonnam on 30 October 2004 to 30 January 2005. The results of study are as follows:

1. 50% of the fish released at the habitat and non-habitat, respectively were stayed around the released place within the radius of 500 m for about one month (water temperature at 5 m layer: 15.5 to 18.4°C), and after that time only 20 to 25% of the released fish was detected at the around of the released place on 13 January (water temperature: 10.9°C). It was not found that the fish released at the non-habitat returned to the habitat during the experimental period.

2. On the other hand it was confirmed that two among four individual of sonic tagged black sea bream (Tag No. 12 and 14) caught and released at the same place on 2 April, 2004 were returned to the habitat on 28 November 2004 to 13 January 2005 (water temperature: 10.9 to 15.8°C). The two fishes had leaved the habitat for spawning toward the shallow coast along the shore line of Sobudo and Gumodo. After returning the two fishes were hide deeply under the group of tetra-pod being composed of a water-brake in day-time and appeared and moved around for feeding in night-time.

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

The present work was carried out to research transplantation and transplanted effectivity of seaweeds for constructing an artificial seaweed bed. Marine algae for transplantation were collected from Yonmyung coast in Tongyoung.

The transplanted *Sargassum horneri*, *Ecklonia stolonifera*, *Miyagropsis miyagroides* on artificial reef grew into the large plants (380cm in plant length of *S. horneri*) after four month at Ando coast in Yeosu.

Relative growth rates (RGR) were high in the order named *Sargassum horneri*, *Laminaria japonica*, *Ecklonia stolonifera*, *Myagropsis myagroides* and *Pachymeniopsis lanceolata*. But, young *Laminaria* were observed over grazing by sea urchin and other grazers. *Ecklonia*, *Sargassum*, *Miyagropsis*, *Pachymeniopsis*, and *Laminaria* were considered as target species for underwater forest in Ando coasts.

Estimation of fish resources

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 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 Geumdo and Ando. Five Order, 20 Families and 27 species of fish were recorded by pot in the study period: The dominant species were *Sebastes inermis*, *Hexagrammos otakii*, *Hexagrammos agrammus*, *Parapercis sexfasciata*. Five Order, 32 Families and 40 species was collected by gill net and *Sebastes inermis*, *Hexagrammos otakii*, and *Platycephalus indicus* dominated. 28 species were collected by set nets: *Konosirus punctatus*, *Trachurus japonicus*, *Mugil cephalus*, *Acanthopagrus schlegeli* dominated. Fishing stock of *Acanthopagrus schlegeli* estimated in study point was estimated at 2,893, 1,620kg.

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 Geumo-do and Sori-do to understand spatial distribution and strength of the fisheries resources around marine ranching area in Yeosu, were conducted on 22 December 2004 and 31 March 2005. There were not found fisheries resource around Geumo-do and Sori-do marine ranching area of Yeosu at december acoustic survey. In the December survey, the average volume of backscattering strength(SV) were appeared -90~-70dB. On the other hand, some school of fish and Depth Scattering Layer were found southern of An-do, eastern of Sori-do and southern of Sori-do at march survey. At that time, the average volume of backscattering strength(SV) were appeared -72~-65dB.

Estimation by SCUBA diving

SCUBA investigation was carried out for the purpose of status and changes of the

major fisheries resources. When we divide two types of observation, one is the rocky bed in Ando and the other are several types of artificial reef.

It was recorded that a total of 33 fish species at the rocky bed in Ando, and the number of species varied according to the water temperature. Some sedentary species, such as *Hypodytes rubripinnis*, *Sebastes inermis*, *Hexagrammos otakii*, *Chromis notata* and Labridae spp., observed at all stations and season. The highest 24 species were observed at St. A in the northern Ando, and the lowest 16 species were observed at St. D in the western Ando. When the number of major fisheries species calculated in terms of 100m², *Sebastes inermis* was 48.1 ind./100m², *Acanthopagrus schlegelii* was 3.3 ind./100m² and *Girella punctata* indicated 42.8 ind./100m² in June 2004.

The sedentary fishes had the very few number of individuals at the ceramic artificial reefs in Sorido and Geumodo. As well, the typical characteristics of temperate waters took place. 7~10 fish species were investigated at warm waters and *Sebastes inermis*, *Oplgenathus fasciatus* and *Thamnaconus modestus* cluster around the experimental artificial reefs, while only 1~3 species, *Hypodytes rubripinnis* and *Sagamia geneionema*, were observed at cold waters.

Both sides fyke net fishery

The present study was collected by both sides fyke net fishery in coastal waters of Kumodo from August, 2004 to June, 2005. The collected fishes were 761 individuals(150.37kg) of the total, identified into 8 orders, 29 families and 44 species. The most dominant order fish was Perciformes comprising 19 species, 14 families, followed Scorpaeniformes comprising 7 species, 4 families, Pleuronectiforme comprising 5 species, 3 Families. These 3 orders constituted 67.9% for the total collected fish. The most dominant species was *Trachurus japonicus* accounted for 61 individuals (2.76kg) of the total, followed by *Konosirus punctatus* 57 individuals (3.12kg), *Trichiurus lepturus* 54 individuals (2.14kg). 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 Kumodo. Then, we found that the Body length and weight of *Acanthopagrus schlegeli* increase more and more from August.

The fish collected with a both sides fyke net fishery in coastal waters of Dolsan, the diversity index of the fishes was 2.1054~2.9172, which was the highest in October, 2004 and the lowest in February, 2005. The evenness index of them was 0.7978~0.8992, which was the highest in February, 2005 and the lowest in April, 2005

and the dominance index of them was 0.2964~0.4946, which was the highest in April, 2005 and the lowest in August, 2004.

Investigation of genetic diversity

To estimate the changes of gene pool structure in black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*) in Jeonnam marine ranching waters, released and captured fishes' genetic characteristics were compared. There was no significant difference between released and natural fish stocks both in RAPD analysis of genomic DNA and in PCR-RFLP analysis on mitochondrial DNA. We cloned mitochondria cytochrome b gene of black sea bream, and analysed its nucleotide sequence (Redisterd to GenBank, Accession No. DQ069319). It is proved that mitochondria D-loop and cytochrome b gene polymorphisms would be useful tools in long-term monitoring of gene pool structure in this species.

6. Utilization and Management of Marine Ranching

Jeonnam Archipelago Marine Ranching Program has begun as a 8-year project from 2001 to 2008 and after a foundation fostering stage has completed by 2003, habitat enhancement and annexation of fish stock was started in earnest from 2004. In the field of the utilization and management of marine ranching, namely a fostering stage of the habitat and stock, ① a survey on the actual condition of utilization and management, ② a construction of the system on utilization and management, ③ an analysis of marketing and ④ an analysis of economic effectiveness were studied.

Currently, fisheries such as pole and line fishery, trap fishery, gill-net fishery are competing in marine ranching areas. The revenue of pole and line fishery was increased compared to that of 2003 due to improvement of income and expenditure, and also the profit rate rose higher than that of 2003.

In the questionnaire survey of marketing on Jeonnam Marine Ranching Program, fishermen severly felt the necessity of distributive facilities and functions such as distributive channel with reasonable prices, direct-distributors, processing and storage facilities.

In the indirect effect of 2004, the consumer profit of recreational fishery per angler and fishing is analysed as ₩52,000,000, and the consumer profit of marine tourism per tourist and visit is analysed as ₩71,000,000.

As the habitat enhancement and annexation of fish stock are performed in earnest, it is prospected that stock in the marine ranching areas will continuously increase.

The most important things in using and managing the artificially fostered fishery stock are institutional regulations and the participation of the parties to marine ranching(especially fishermen). Therefore the system on utilization and management of Jeonnam marine ranching will benchmark the Tongyeong's current system such as marine protected waters, fishery resource management waters and committees of the parties, and try to apply a proper system to Jeonnam marine ranching.

However, it is very hard to designate the system on utilization and management such as marine protected waters and fishery resource management waters and committees to manage this system owing to the fact that there are 23 marine organizations in the Jeonnam marine ranching areas at present, the marine ranching areas are much wider than that of Tongyeong and the interests of the fishermen is very complex. Accordingly, in order to mediate and integrate different opinions between marine organizations in marine ranching area, meetings and conference between fishermen will have to be continued.

목 차

표 목차	xliii
그림 목차	xlvi
제 1 장 서론	1
제 2 장 생태계 특성	5
제 1 절 해양환경	5
1. 서론	5
2. 재료 및 방법	7
가. 수질환경조사	7
나. 퇴적물환경조사	8
다. 해저지형조사	9
라. 해저퇴적물의 퇴적환경과 지화학적 특성	22
3. 결과 및 토의	25
가. 수질환경	25
나. 퇴적물환경	35
다. 해저지형	37
라. 해저퇴적물의 퇴적환경과 지화학적 특성	47
제 2 절 생물군집 특성	56
1. 서론	56
2. 재료 및 방법	58
가. 식물플랑크톤 군집	58
나. 동물플랑크톤 군집	60
다. 저서동물	61
라. 어류	68
3. 결과 및 토의	70
가. 식물플랑크톤 군집	70
나. 동물플랑크톤 군집	110
다. 저서동물	139
라. 어류	204
제 3 절 생태계 모델	227
1. 서론	227

2. 재료 및 방법	228
가. 생태계 모델 분석	228
나. 생태계 모델 기초조사	228
3. 결과 및 토의	229
가. 생태계 구조 모델	229
나. 생태계 공간 모델	237
다. 생태계 역학 모델	237
라. 생태계 모델링 연구체계	238
마. 자원조성 시스템	240
바. 서식처 조성 시스템	240
사. 자원관리 시스템	243
아. 생태계 구성생물 분류	244
자. 생태계 모델 입력 파라미터 추정	248
차. 생태계 모델 연구의 문제점 및 추진방향	260

제 4 절 요약 및 결론	262
---------------------	-----

참고문헌	268
부록	276

제 3 장 어장조성기술	369
--------------------	-----

제 1 절 해중립 조성기술	369
----------------------	-----

1. 서론	369
2. 재료 및 방법	371
가. 해조군집 광역조사	371
나. 해중립 조성	374
다. 잘피발 분포 및 이식가능면적 추정	378
3. 결과 및 토의	378
가. 해조군집 광역조사	378
나. 해중립 조성	401
다. 잘피발 분포 및 이식가능면적 추정	401

제 2 절 인공어초연구	404
--------------------	-----

1. 서론	404
2. 재료 및 방법	404
가. 시험어초 적용 및 효과조사	404
나. 인공어초 배치 기반조사	406

3. 결과 및 토의	411
가. 시험어초 적용 및 효과조사	411
나. 인공어초 배치 기반조사	416
제 3 절 요약 및 결론	423
참고문헌	426
부록	427
제 4 장 자원조성기술	433
제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법	433
1. 서론	433
2. 재료 및 방법	433
가. 방류용 감성돔 우량종묘 생산	433
나. 방류용 감성돔 우량종묘 판정법 제시	435
다. 황점블락 우량종묘 생산	436
3. 결과 및 토의	437
가. 기형어의 증상과 영양적 접근	437
나. 우량종묘 판정기준과 영양학적 해석	422
다. 황점블락 친어관리 및 초기 부화유생 사육방법	445
제 2 절 중간육성 기술	447
1. 서론	447
2. 재료 및 방법	448
가. 야간점등에 의한 먹이생물 유도효과	448
나. 위내용물 분석	448
다. 먹이공급 조건에 따른 감성돔 치어의 성장	449
3. 결과 및 토의	449
가. 야간점등에 의한 먹이생물 유도효과	449
나. 위내용물 분석	457
다. 먹이공급 조건에 따른 감성돔 치어의 성장	459
제 3 절 음향 순치 기술	465
1. 서론	465
2. 재료 및 방법	466
3. 결과 및 토의	467

제 4 절 대상 생물의 방류 기술	470
1. 서론	470
2. 재료 및 방법	472
가. 방류어의 성장 특성	472
나. 방류 감성돔 치어의 먹이실험	475
다. 표식실험	476
라. 전복 방류해역의 생산성	477
3. 결과 및 토의	478
가. 방류어의 성장 특성	478
나. 방류 감성돔 치어의 먹이실험	483
다. 표식실험	487
라. 전복 방류해역의 생산성	492
제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구	497
1. 서론	497
2. 재료 및 방법	497
가. 수조내 행동특성	497
나. 자연 상태에서의 행동 특성	498
다. 감성돔의 이동 범위 조사	499
3. 결과 및 토의	502
가. 수조내 행동특성	502
나. 자연 상태에서의 행동 특성 조사	503
다. 감성돔의 이동 범위 조사	508
제 6 절 해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사	510
1. 서론	510
2. 재료 및 방법	511
3. 결과 및 토의	512
가. 조사 해역의 개황	512
나. 이식 해조류의 조장조성 효과	512
제 7 절 자원조사	516
1. 서론	516
2. 재료 및 방법	517
가. 어구조사	517
나. 어탐조사	518
다. 잠수조사	524
라. 이각망 실태 및 개선방안	524

다. 유전자원 조사	527
3. 결과 및 토의	528
가. 어구조사	528
나. 어탐조사	538
다. 잠수조사	544
라. 이각망 실태 및 개선방안	554
마. 유전자원 조사	563
제 8 절 요약 및 결론	566
참고문헌	574
제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술	581
제 1 절 서론	581
제 2 절 바다목장 이용 · 관리실태 조사	582
1. 수산업 실태	582
가. 어업인구 및 어선세력	582
나. 어업인허가	583
다. 수산생산 기반시설 및 수산물가공	586
라. 어촌계	588
2. 바다목장 이용실태	591
가. 어획실태	591
나. 어업별 조업실태	592
3. 어업경영실태	592
가. 조사개요	592
나. 어업경영	594
다. 어가수지	597
제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사	598
1. 유어낚시	598
가. 조사대상 및 방법	598
나. 조사결과	598
2. 관광	605
제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축	612

1. 바다목장 이용·관리의 문제점 및 개선방안	612
2. 보호수면 및 수산자원관리수면 지정	613
가. 필요성 및 범위	613
나. 보호수면 및 수산자원관리수면 지정 관리방안	616
3. 이용관리체제 구축	619
가. 관리이용협의회 구성	620
나. 자율관리어업위원회 구성	621
다. 통영바다목장 이용관리체제 사례	622
라. 역할분담체제 확립 및 광역적 조직으로 확대	623
4. 모니터링 체제 구축	625
5. 어업인 교육, 홍보 및 지도방안	625
제 5 절 바다목장 어획물의 유통체제 분석 및 구축	627
1. 바다목장 어업인 활어유통실태	627
2. 부가가치 증대를 위한 상품화계획 시	632
가. 전남바다목장 어획물 상품화 계획의 구축방향	632
나. 전남바다목장 어획물 마케팅 전략 기획서	632
3. 유통판매시설계획	637
가. 전남바다목장 어획물 유통(Place)의 기본방향	637
나. 직판장에 대한 어업인들의 의견	639
제 6 절 바다목장 경제적 효과분석	642
1. 간접효과	642
가. 분석방법	642
나. 분석결과	642
제 7 절 요약 및 결론	644
참고문헌	645
부록	646
부록	663

표 목 차

표 2-1-1.	다중빔 음향 측심에 사용된 주요 장비 제원	13
표 2-1-2.	채취된 표층퇴적물의 채취점	24
표 2-1-3.	금오도 주변 해역의 2004년 9월 수질농도 분포	27
표 2-1-4.	금오도 주변 해역의 2004년 11월 수질농도 분포	27
표 2-1-5.	금오도 주변 해역의 2005년 2월 수질농도 분포	28
표 2-1-6.	금오도 주변 해역의 2005년 5월 수질농도 분포	28
표 2-1-7.	금오도 주변 해역에서의 해수 수질농도 변화	29
표 2-1-8.	금오도 주변 해역의 2004년 9월 및 11월 퇴적물 TIL, COD, AVS, TOC, TON의 농도 분포	35
표 2-1-9.	금오도 주변 해역의 2005년 2월 및 5월 퇴적물 TIL, COD, AVS, TOC, TON의 농도 분포	36
표 2-1-10.	금오도 주변해역에서의 퇴적물 농도 변화	37
표 2-1-11.	표층 퇴적물 입도분석 결과	50
표 2-1-12.	표층퇴적물에 유기물 분석결과	51
표 2-2-1.	플랑크톤 현장조사 일시, 정점 수	59
표 2-2-2.	대형저서동물의 동물군별 명칭과 축약 코드명	63
표 2-2-3.	주요 저서동물군의 생산력에 대한 연간평균생체량과 개체평균 중량과의 관계를 표현한 다중회귀 모형	67
표 2-2-4.	2002년 8월에서 2005년 2월까지 표층해역의 식물플랑크톤 종 출현 양상	91
표 2-2-5.	2002년 8월에서 2005년 2월까지 10m 수심의 식물플랑크톤 종 출현 양상	94
표 2-2-6.	다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 우점종의 연도별 변화	102
표 2-2-7.	조사시점 및 수심에 따른 바다목장 해역의 Chl-a 농도 변화 폭	108
표 2-2-8.	2002년 8월~2005년 2월까지 표층의 미소동물플랑크톤의 종출현 양상	120
표 2-2-9.	2002년 8월~2005년 2월까지 10m 층 미소동물플랑크톤의 종출현 양상	121
표 2-2-10.	바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 우점종의 연도별 변화	122
표 2-2-11.	바다목장해역에서 집괴분석에 의해 구분된 각 정점군의 특성	131
표 2-2-12.	바다목장해역에 출현하는 동물플랑크톤의 우점종과 우점율	131
표 2-2-13.	2002년 8월에서 2005년 2월까지 동물플랑크톤 종 출현 양상	133
표 2-2-14.	바다목장해역에 출현하는 동물플랑크톤 분류군별 출현개체수 변화	135
표 2-2-15.	바다목장해역 동물플랑크톤 우점종 및 우점율의 계절 및 연도별 변화	138

표 2-2-16. 조사해역에서 측정된 환경변수의 계절별 평균값	140
표 2-2-17. 2004년 춘계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도	144
표 2-2-18. 2004년 춘계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량	145
표 2-2-19. 2004년 하계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도	146
표 2-2-20. 2004년 하계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량	148
표 2-2-21. 2004년 추계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도	149
표 2-2-22. 2004년 추계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량	150
표 2-2-23. 2005년 동계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량	151
표 2-2-24. 2005년 동계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량	152
표 2-2-25. 2004년 춘계 조사 결과 밀도 기준 우점종	154
표 2-2-26. 2004년 춘계 조사 결과 생체량 기준 우점종	155
표 2-2-27. 2004년 하계 조사 결과 밀도 기준 우점종	156
표 2-2-28. 2004년 하계 조사 결과 생체량 기준 우점종	158
표 2-2-29. 2004년 추계 조사 결과 밀도 기준 우점종	159
표 2-2-30. 2004년 추계 조사 결과 생체량 기준 우점종	160
표 2-2-31. 2005년 동계 조사 결과 밀도 기준 우점종	162
표 2-2-32. 2005년 동계 조사 결과 생체량 기준 우점종	163
표 2-2-33. 2004년 춘계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수	164
표 2-2-34. 2004년 하계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수	165
표 2-2-35. 2004년 추계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수	166
표 2-2-36. 2005년 동계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수	166
표 2-2-37. 주성분분석을 이용한 저서동물군집 변수의 축약	179
표 2-2-38. 정준대응분석에 사용된 환경변수	184
표 2-2-39. 정준대응분석을 통한 저서동물군집의 주요 환경변수 파악	185
표 2-2-40. 전남바다목장 해역의 7개 공통 정점에서 조사된 대형저서동물의 여름철 상위 우점종	187
표 2-2-41. 전남바다목장 해역의 7개 공통 정점에서 조사된 대형저서동물 우점종의 밀도변화	188
표 2-2-42. 조사해역에서 관찰된 저서동물 출현종의 생산력 기여도 순위	193
표 2-2-43. 조사 시기별 대형저서동물 생산력의 차이에 대한 일원분산분석 결과	196
표 2-2-44. 다양한 서식처에서 기록된 저서동물의 2차 생산력	196
표 2-2-45. 생산력에 의해 구분된 그룹과 주요 기여종	197
표 2-2-46. 상위 10위 생체량 우점종의 조사시기별 평균생체량	198
표 2-2-47. 광양만에서 채집된 감성돔 유어의 먹이 생물 조성 및 먹이 중요도	201
표 2-2-48. 금오도 주변에서 채집된 감성돔의 먹이 생물 조성 및 먹이 중요도	203
표 2-2-49. 2004년 여수 금오도연안의 부유성난	205
표 2-2-50. 2004년 여수 금오도 연안의 월별 자치어 분포	207

표 2-2-51. 2004년 여수 금오도 연안의 정점별 자치어 분포	208
표 2-2-52. 여수 금오도 연안의 저인망에 의해 채집된 어류의 분류군	213
표 2-2-53. 여수 금오도 연안의 월별 어류분포	214
표 2-2-54. 여수 금오도 연안의 정점별 어류분포	217
표 2-2-55. 군내리 어시장 조사	223
표 2-3-1. 전남 다도해형 바다목장 생태계 내 그룹별 종조성	245
표 2-3-2. 전남 다도해형 바다목장 생태계의 그룹별 생체량, 생산량/생체량 비, 어획량 기초입력자료	260
표 2-3-3. 전남 다도해형 바다목장 생태계 내 그룹별 먹이조성	261
표 3-1-1. 안도주변 해조군집특성조사를 위해 선정된 20개 조사지점의 좌표	371
표 3-1-2. 2004년 10월과 2005년 4월 20개 조사지점에서 조사된 해조류의 목록	379
표 3-1-3. 2004년 10월 20개 조사지점에서 수심별로 조사된 해조류의 피도	381
표 3-1-4. 2005년 4월 20개 조사지점에서 수심별로 조사된 해조류의 피도	383
표 3-1-5. 안도 주변 3개 조사지점에서 조사된 해조군집의 현존량	390
표 3-1-6. 안도주변 20개 조사지점의 해수중의 광량분포	393
표 3-1-7. 2004년 10월에 20개 조사지점에서 나타난 초식동물의 밀도	394
표 3-1-8. 2005년 4월에 20개 조사지점에서 나타난 초식동물의 밀도	394
표 3-1-9. 2005년 5월에 20개 조사지점에서 나타난 퇴적물의 입도분석	397
표 3-1-10. 조사된 20개 지점의 기질의 경사도, 암반수직범위, 퇴적물의 양, 광량, 초식동물의 밀도를 대상으로 한 주성분 분석	398
표 3-1-11. 해조군집의 풍도를 지배하는 환경변수를 분석하기 위한 multiple regression	399
표 3-2-1. 조사에 사용된 양방향 음파탐사기의 사양	409
표 3-2-2. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 저서생물 출현 개체수	411
표 3-2-3. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 저서생물 생물량	412
표 3-2-4. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 관찰어종과 위집량	413
표 3-2-5. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 삼중자망에 의한 어획종	414
표 3-2-6. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 삼중자망에 의한 어획량	414
표 3-2-7. 자연어초에서의 삼중자망에 의한 어획효과	415
표 4-1-1. 감성돔의 외부 기형의 발생률	438
표 4-1-2. 감성돔의 내부골격 기형 발생률	439
표 4-1-3. 감성돔 치어에서의 정상어와 전만증어 전어체의 일반성분 비교	441
표 4-1-4. 감성돔 치어 정상어와 전만증어 전어체의 지방산 구성 비교	441
표 4-1-5. 감성돔 치어 정상어와 전만증어 전어체의 아미노산 구성 비교	442
표 4-1-6. 감성돔 치어의 크기별, 유영능력별 일반성분 비교	443

표 4-1-7.	감성돔 치어의 크기별, 유영능력별 지방산 구성 비교	444
표 4-2-1.	점등구에서 사육한 감성돔의 위내용물 조성	457
표 4-2-2.	비점등구에서 사육한 감성돔의 위내용물 조성	458
표 4-4-1.	감성돔 표식실험 현황	476
표 4-4-2.	각 위판장 구입 감성돔의 크기	478
표 4-4-3.	각 위판장 구입 감성돔의 연령비율	478
표 4-4-4.	방류일령별 방류지역의 수온, 염분 및 방류어 재체포 마리수	480
표 4-4-5.	방류지역에 서식하는 생물종	480
표 4-4-6.	방류일령별 따른 측정값	481
표 4-4-7.	앵커택 방류어류 포획 신고 현황	488
표 4-4-8.	정점별 무척추 자원생물의 평균 서식밀도	495
표 4-4-9.	암반지역에서 수확된 전복의 채취량 비교	496
표 4-5-1.	전남다도해형바다목장에서 방류한 음향표지 자연산 감성돔의 개요	501
표 4-5-2.	삼부도 세라믹어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위	505
표 4-7-1.	DT-5000 계량어군탐지의 제원	522
표 4-7-2.	여수에서 통발로 채집된 어류의 월별 양상	529
표 4-7-3.	여수해역에서 통발로 채집된 어류의 출현량과 종조성	530
표 4-7-4.	여수에서 자망으로 채집된 어류의 월별 양상	532
표 4-7-5.	여수해역에서 자망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성	533
표 4-7-6.	여수에서 이각망으로 채집된 어류의 월별 양상	535
표 4-7-7.	여수해역에서 이각망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성	536
표 4-7-8.	안도의 자연암반에서 확인된 총 어류 목록	546
표 4-7-9.	2004년 6월 안도 정점 A에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위	547
표 4-7-10.	2004년 6월 안도 정점 B에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위	547
표 4-7-11.	2004년 6월 안도 정점 C에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위	548
표 4-7-12.	2004년 6월 안도 정점 D에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위	548
표 4-7-13.	안도에서 확인된 주요 수산 어종의 개체수	549
표 4-7-14.	안도 주변 해역의 주요 수산어종 자원량	550
표 4-7-15.	소리도 세라믹어초에서 확인된 어종 및 개체수	551
표 4-7-16.	금오도 세라믹어초에서 확인된 어종 및 개체수	552
표 4-7-17.	안도 실험어초에서 확인된 어종 및 개체수	553
표 4-7-18.	안도 실험어초에서 확인된 어종 및 개체수	555
표 4-7-19.	금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 분류군	556
표 4-7-20.	금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 종조성	558
표 4-7-21.	감성돔 미토콘드리아 조절영역의 유전적 다양성 분석	565
표 5-2-1.	여수지역 전체 어가 및 어가인구 현황	582
표 5-2-2.	어선보유현황	583
표 5-2-3.	업종별 수산업 종사자	583

표 5-2-4.	근해어업허가 현황	584
표 5-2-5.	연안허가, 구획어업, 신고어업 건수 현황	585
표 5-2-6.	어업별 어업권 현황 및 면적	585
표 5-2-7.	어항 및 항만시설	586
표 5-2-8.	여수지역 수산물 가공업 허가·신고현황	586
표 5-2-9.	여수지역 어업별·어종별 위판 현황	587
표 5-2-10.	어업인 후계인력 현황	588
표 5-2-11.	바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황	589
표 5-2-12.	바다목장 권역내 어촌계의 연도별 어선현황	590
표 5-2-13.	바다목장 권역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득	591
표 5-2-14.	바다목장 권역내 1인당 평균 연간어획량	592
표 5-2-15.	어종별 연간 평균금액	592
표 5-2-16.	자산 및 부채 현황	595
표 5-2-17.	주요 재무지표	596
표 5-2-18.	여수지역 전체어가의 연도별 생산물량과 생산금액	597
표 5-3-1.	낚시비용	605
표 5-3-2.	여행경비	610
표 5-4-1.	수산자원보호령상의 체포 금지체장	613
표 5-4-2.	재원별 연도별 투자계획	614
표 5-4-3.	바다목장관리운영협의회	621
표 5-5-1.	설문지 회수 현황	627
표 5-5-2.	군내 활어위판장 및 남면 위판장의 현황	628
표 5-5-3.	전남바다목장의 SWOT분석	635
표 5-5-4.	시장 세분화의 기준	636
표 5-5-5.	전남바다목장의 마케팅 표적	636
표 5-5-6.	소비자 측면에서의 신상품 분류	637
표 5-5-7.	여수지역의 어항시설현황	638
표 5-5-8.	바다목장 양륙항의 기본조건	638
표 5-6-1.	최소 간접효과	643

그림 목 차

그림 2-1-1.	전남 다도해형 바다목장화 예정해역	6
그림 2-1-2.	안도 주변 해역 조사구역도	7
그림 2-1-3.	조사해역 개황도 및 조사 정점 위치도	8
그림 2-1-4.	안도 주변해역 측심 조사측선	9
그림 2-1-5.	Trimble DGPS 안테나	11
그림 2-1-6.	DGPS 운영 및 항해관리 컴퓨터	11
그림 2-1-7.	Seabat 9001 다중 빔 음향측심기	12
그림 2-1-8.	다중빔 음향트랜스듀서를 배 옆에 부착하여 예인하는 모습	14
그림 2-1-9.	다중빔 음향트랜스듀서를 배 옆에 부착하여 예인하는 모습	14
그림 2-1-10.	사이드스캔소나 조사개념도	15
그림 2-1-11.	(A) 사이드스캔소나 수중예인체와 (B) 사이드스캔 소나 원치	16
그림 2-1-12.	해저면영상조사 기록시스템 및 모니터	16
그림 2-1-13.	해저면 영상 조사측선	18
그림 2-1-14.	해저면영상조사시 모니터화면에 실시간 나타난 영상모습	18
그림 2-1-15.	RTS2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정	19
그림 2-1-16.	GRID2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정	20
그림 2-1-17.	Viewer 출력화면	21
그림 2-1-18.	조정/복사 출력화면	22
그림 2-1-19.	연구지역에 표시된 연구정점	23
그림 2-1-20.	금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 수온 분포	30
그림 2-1-21.	금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 염분 분포	30
그림 2-1-22.	금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 화학적 산소요구량 분포	31
그림 2-1-23.	금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 총 질소 분포	31
그림 2-1-24.	금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 총인 분포	32
그림 2-1-25.	금오도 주변해역에서의 년도별 수온 분포	32
그림 2-1-26.	금오도 주변해역에서의 년도별 염분 분포	33
그림 2-1-27.	금오도 주변해역에서의 년도별 화학적 산소요구량	33
그림 2-1-28.	금오도 주변해역에서의 년도별 총 질소 분포	34
그림 2-1-29.	금오도 주변해역에서의 년도별 총인 분포	34
그림 2-1-30.	금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 TIL, COD의 분포	36
그림 2-1-31.	안도 주변해역 2차원 해저지형 분포도	38
그림 2-1-32.	안도 주변해역 3차원 해저지형도	39
그림 2-1-33.	안도 주변해역 3차원 해저지형도	39
그림 2-1-34.	안도 주변해역 해저면 영상조사 측선도	40
그림 2-1-35.	조사구역 A 측선에서의 Side-Scan 영상	41

그림 2-1-36.	조사구역 B 측선에서의 Side-Scan 영상	42
그림 2-1-37.	조사구역 C 측선에서의 Side-Scan 영상	43
그림 2-1-38.	조사구역 D 측선에서의 Side-Scan 영상	44
그림 2-1-39.	조사구역 E 측선에서의 Side-Scan 영상	45
그림 2-1-40.	조사구역 F 측선에서의 Side-Scan 영상	46
그림 2-1-41.	입도분석 결과	48
그림 2-1-42.	연구지역에 대한 퇴적상	49
그림 2-1-43.	연구지역의 퇴적상 분포도	49
그림 2-1-44.	표층퇴적물의 전탄소에 대한 공간분포	52
그림 2-1-45.	연구지역 표층퇴적물에 대한 전유기탄소의 공간분포	53
그림 2-1-46.	표층퇴적물에 대한 탄산염의 공간분포	53
그림 2-1-47.	연구지역 표층퇴적물에 대한 C/N비와 황화수소와 전유기탄소의 관계	54
그림 2-1-48.	표층퇴적물에 대한 황화수소의 공간분포	55
그림 2-2-1.	조사해역 개황도 및 플랑크톤 조사 정점 위치도	59
그림 2-2-2.	저서동물군집 조사 정점도	62
그림 2-2-3.	Simulation 기법을 통해 추정된 ISEP 평균값의 분포와 분위수에 근거한 등급	66
그림 2-2-4.	여수 연안의 어류, 난·자치어 조사 정점	68
그림 2-2-5.	2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	71
그림 2-2-6.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	72
그림 2-2-7.	2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	73
그림 2-2-8.	2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수	74
그림 2-2-9.	2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량	75
그림 2-2-10.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤의 현존량	76
그림 2-2-11.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 규조류의 현존량	76
그림 2-2-12.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 와편모조류의 현존량	77
그림 2-2-13.	2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량	77
그림 2-2-14.	2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤의 현존량	78
그림 2-2-15.	2004년 4월 춘계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	79
그림 2-2-16.	2004년 4월 춘계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	79
그림 2-2-17.	2004년 8월 하계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	80
그림 2-2-18.	2004년 8월 하계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	80
그림 2-2-19.	2004 12월 추계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	81
그림 2-2-20.	2004년 12월 추계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	82
그림 2-2-21.	2005년 2월 동계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	82
그림 2-2-22.	2005년 2월 동계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비	83
그림 2-2-23.	2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	84

그림 2-2-24.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	84
그림 2-2-25.	2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	85
그림 2-2-26.	2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수	85
그림 2-2-27.	2004/2005년 다도해 바다목장 해역 식물플랑크톤 출현종수의 계절변화	87
그림 2-2-28.	2004/2005년 다도해 바다목장 식물플랑크톤 현존량의 계절변화	87
그림 2-2-29.	2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 평균 계절변화	88
그림 2-2-30.	2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 현존량의 평균 계절변화	89
그림 2-2-31.	식물플랑크톤 분류군 출현종수의 연도별 변화	97
그림 2-2-32.	식물플랑크톤 수층별 출현종수의 연도별 변화	97
그림 2-2-33.	식물플랑크톤 군집 다양성지수의 연도별 변화	98
그림 2-2-34.	식물플랑크톤 현존량의 연도별 변화	98
그림 2-2-35.	2002~2005년 조사시점별, 정점별 식물플랑크톤 출현종의 변화양상	100
그림 2-2-36.	2002~2005년 조사시점별, 정점별 식물플랑크톤 현존량의 변화양상	101
그림 2-2-37.	2004년 봄 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 수평분포	104
그림 2-2-38.	2004년 여름 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 수평분포	105
그림 2-2-39.	2004년 가을 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 수평분포	106
그림 2-2-40.	2005년 겨울 바다목장해역의 수층별 Chl-a의 수평분포	107
그림 2-2-41.	바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 계절 및 연도별 변화	109
그림 2-2-42.	2004/2005년도 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	111
그림 2-2-43.	2004년 봄 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	112
그림 2-2-44.	2004년 여름 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	112
그림 2-2-45.	2004년 가을 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	113
그림 2-2-46.	2005년 가을 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수	113
그림 2-2-47.	2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	114
그림 2-2-48.	2004년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	115
그림 2-2-49.	2004년 12월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	115
그림 2-2-50.	2005년 2월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수	116
그림 2-2-51.	바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 출현종수의 연도별 변화	117
그림 2-2-52.	바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 개체수의 연도별 변화	117
그림 2-2-53.	2002~2005년 정점별 미소동물플랑크톤 출현7종수의 평균 계절변화	118
그림 2-2-54.	2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 현존량의 평균 계절변화	119
그림 2-2-55.	2004년 봄 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비	123
그림 2-2-56.	2004년 여름 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비	124
그림 2-2-57.	2004년 가을 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비	124
그림 2-2-58.	2005년 겨울 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비	125
그림 2-2-59.	2004년 4월 봄 요각류에 의한 집괴분석 결과	128
그림 2-2-60.	2004년 8월 여름 요각류에 의한 집괴분석 결과	129
그림 2-2-61.	2004년 가을 요각류에 의한 집괴분석 결과	129

그림 2-2-62.	2005년 2월 겨울 요각류에 의한 집괴분석 결과	130
그림 2-2-63.	집괴분석에 의하여 구분된 정점군 공간분포	130
그림 2-2-64.	계절 변화에 따른 동물플랑크톤의 출현종수와 개체수	136
그림 2-2-65.	바다목장해역 동물플랑크톤 출현 종수의 계절변화	136
그림 2-2-66.	정점에 따른 동물플랑크톤 출현 개체수의 평균 계절변화	137
그림 2-2-67.	동물플랑크톤의 출현종수와 개체수의 평균 계절변화	137
그림 2-2-68.	2004-2005년 조사해역에서 측정한 환경변수의 계절별 정점별 비교	141
그림 2-2-69.	조사해역에서 측정한 환경변수의 시기별 비교	143
그림 2-2-70.	시간에 따른 저서동물 평균 개체수의 변화	169
그림 2-2-71.	시간에 따른 저서동물 평균 생체량의 변화	169
그림 2-2-72.	시간에 따른 저서동물 평균 종수의 변화	170
그림 2-2-73.	시간에 따른 저서동물 다양도 변화	170
그림 2-2-74.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	171
그림 2-2-75.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	172
그림 2-2-76.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	173
그림 2-2-77.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	174
그림 2-2-78.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	175
그림 2-2-79.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	176
그림 2-2-80.	시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화	177
그림 2-2-81.	주성분분석을 통해 3개의 군집으로 구분된 전남바다목장해역의 대형저서동물군집	180
그림 2-2-82.	출현종과 정점군 사이의 관계를 보여주는 주성분분석 이중도표	180
그림 2-2-83.	집괴분석 결과 3개 집단으로 구분된 전남바다목장 해역의 대형저서동물군집	181
그림 2-2-84.	대형저서동물군집의 시공간분포와 환경요인과의 대응관계	186
그림 2-2-85.	전남바다목장 해역에서 대형저서동물 상위 우점종의 밀도변화	189
그림 2-2-86.	조사 시기별 그리고 연도별 ISEP index의 평균과 등급	190
그림 2-2-87.	조사 해역 대형 저서동물 군집의 2차 생산력	191
그림 2-2-88.	정점별 대형저서동물 연간생산력	192
그림 2-2-89.	생산력이 높은 대형저서동물의 지역별 분포	195
그림 2-2-90.	대형저서동물 이차생산력의 조사시기별 변화	195
그림 2-2-91.	광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔의 월별 출현 패턴	199
그림 2-2-92.	광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔의 체장 분포	200
그림 2-2-93.	금오도 주변에 서식하는 감성돔의 체장 분포	202
그림 2-2-94.	여수 금오도연안 자치어의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수	210
그림 2-2-95.	여수 금오도연안 자치어의 정점별 다양도, 균등도 및 우점도 지수	211
그림 2-2-96.	여수 금오도 연안의 자치어 월별 유사도	212
그림 2-2-97.	자치어 정점별 유사도	212

그림 2-2-98.	여수 금오도연안 어류의 월별 다양도, 균등도 및 우점도 지수	220
그림 2-2-99.	여수 금오도연안 어류의 정점별 다양도, 균등도 및 우점도 지수	221
그림 2-2-100.	여수 금오도 연안 어류의 월별 유사도	222
그림 2-2-101.	여수 금오도 연안 어류의 정점별 유사도	222
그림 2-3-1.	생태계 차원에서의 거시적 자원관리 개념도	228
그림 2-3-2.	해양생태계의 생태계 모델링 연구체계	241
그림 2-3-3.	전남 다도해형 바다목장 생태계의 자원조성 시스템	242
그림 2-3-4.	전남 다도해형 바다목장 생태계의 서식처조성 시스템	243
그림 2-3-5.	전남 다도해형 바다목장 생태계의 자원관리 시스템	244
그림 3-1-1.	전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점	372
그림 3-1-2.	전남 다도해 바다목장해역 해중림 조성을 위한 곰피 실내배양 및 현지양성	375
그림 3-1-3.	전남 다도해 바다목장에 해중림 조성을 위해 투입된 해조어초의 설계도	376
그림 3-1-4.	전남 다도해 바다목장에 해중림 조성을 위해 투입된 해조어초	377
그림 3-1-5.	안도주변 해역에서 출현하는 주요 대형 갈조류가 이루는 대규모 patch	380
그림 3-1-6.	안도 주변 20개 조사지점에서 나타난 지점별 해조류의 수직분포범위	387
그림 3-1-7.	안도 주변 20개 조사지점에 분포하는 해조류의 수심별 피도	388
그림 3-1-8.	안도 주변 20개 조사지점에 분포하는 해조류의 수심별 피도	389
그림 3-1-9.	안도주변 20개 조사지점에서 나타난 수심 1~5m에서 해조류의 평균피도	390
그림 3-1-10.	안도주변 조하대 해조군집	391
그림 3-1-11.	해조류가 부착할 수 있는 암반기질의 특성	392
그림 3-1-12.	2005년 5월에 20개 조사정점에서 나타난 퇴적물 탄소와 질소의 함량	396
그림 3-1-13.	2005년 5월에 20개 조사정점에서 나타난 퇴적물 구성비율	397
그림 3-1-14.	각 주성분에 대한 변수의 loading vector와 site score를 동시에 나타내는 biplot	398
그림 3-1-15.	해조어초에 곰피를 감은 부착판을 결합하여 조성한 소규모 해중림	400
그림 3-1-16.	금오도 주변해역의 잘피 분포현황 및 이식가능 면적	401
그림 3-1-17.	금오도 주변해역의 잘피가 존재하는 지역	402
그림 3-1-18.	금오도 주변해역의 직접 및 어업인 청취조사를 통한 잘피 현장조사	403
그림 3-1-19.	금오도 주변해역의 직접 및 어업인 청취조사를 통한 잘피 현장조사	403
그림 3-2-1.	바다목장해역의 시험용 인공어초 시설장소	405

그림 3-2-2.	전남 바다목장 인공어초 배치 기반조사	406
그림 3-2-3.	양방향 음파탐사조사에 사용된 조사선	407
그림 3-2-4.	조사에 사용된 양방향 음파탐사기	407
그림 3-2-5.	양방향 음파탐사기 구성도	408
그림 3-2-6.	양방향 음파탐사조사 과정	410
그림 3-2-7.	전남 바다목장 인공어초 지형조사 해역도	416
그림 3-2-8.	전남 바다목장 인공어초 배치해역 지형도	417
그림 3-2-9.	전남 바다목장 금오도 동부해역 지형도	418
그림 3-2-10.	전남 바다목장 금오도 서부해역 수심도	419
그림 3-2-11.	전남 바다목장 금오도 동부해역 수심도	420
그림 3-2-12.	전남 바다목장 인공어초 조성해역 저질분포도	421
그림 3-2-13.	전남 바다목장 인공어초 조성해역 저질상태	422
그림 4-1-1.	유영실험을 위한 시스템 디자인	436
그림 4-1-2.	감성돔 치어의 정상어와 기형어의 예	438
그림 4-1-3.	감성돔 치어의 엑스레이 사진	439
그림 4-1-4.	감성돔의 전만증 발생률과 발생 척추부위	440
그림 4-1-5.	전만증과 같이 구분된 감성돔 치어의 굴곡정도와 발생률	440
그림 4-1-6.	감성돔 어체크기와 유영 한계유속의 관계	443
그림 4-2-1.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	451
그림 4-2-2.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	452
그림 4-2-3.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	453
그림 4-2-4.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	454
그림 4-2-5.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	455
그림 4-2-6.	시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황	456
그림 4-2-7.	중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔 체장 및 체중 성장 결과	460
그림 4-2-8.	중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔의 체장과 체중 성장 결과	461
그림 4-2-9.	중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔 체장 및 체중 성장 결과	462
그림 4-2-10.	중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔 체장 및 체중 성장 결과	463
그림 4-3-1.	음향학습용 간이 음향급이 시스템에서 방성한 수중음의 음원레벨 측정 블록 다이어그램	466
그림 4-3-2.	음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중음 파형	467
그림 4-3-3.	음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중음 스택트럼	468
그림 4-3-4.	여수 바다목장 가두리 시설내의 해수중 배경잡음 스택트럼	468

그림 4-4-1.	방류지역	473
그림 4-4-2.	왼쪽 아가미 절단 표지를 한 감성돔	474
그림 4-4-3.	방류어의 운송을 위한 활어차와 차도선	474
그림 4-4-4.	조사 해역	477
그림 4-4-5.	각 수협위판장의 자연, 방류 감성돔의 조성비	479
그림 4-4-6.	각 방류일별 섭이개체 비율	482
그림 4-4-7.	7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 체중 변화	483
그림 4-4-8.	7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 일간성장을 변화	484
그림 4-4-9.	7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 사료공급률 변화	485
그림 4-4-10.	7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 사료전환효율 변화	486
그림 4-4-11.	7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 비만도 변화	486
그림 4-4-12.	앵커택을 부착한 감성돔	487
그림 4-4-13.	아가미 뚜껑을 절단한 돌돔	488
그림 4-4-14.	전복의 표식법	489
그림 4-4-15.	전복 표식 실험수조 및 파판에 부착한 실험용 전복	489
그림 4-4-16.	전복 표식실험 기간 중 수온변화	490
그림 4-4-17.	전복의 표식실험 기간 중 각장 변화	490
그림 4-4-18.	전복의 표식실험 기간 중 각폭 변화	491
그림 4-4-19.	전복의 표식실험 기간 중 체중변화	492
그림 4-4-20.	정점별 수산생물 4종의 수식분포 양상	494
그림 4-4-21.	2004년 월별 전복 수확량 비교	496
그림 4-5-1.	어류 행동 실험용 수중구조물과 간격	498
그림 4-5-2.	실험해역과 장치의 배치	500
그림 4-5-3.	감성돔의 나이에 따른 서식 수층 및 자연 암반과의 관계	505
그림 4-5-4.	돔형 복합 강제어초 모형	506
그림 4-5-5.	사다리꼴 복합 강제어초 모형.	506
그림 4-5-6.	감성돔이 선호하는 터널형 공간	508
그림 4-5-7.	방류 후 표지어가 탐지된 영역	509
그림 4-5-8.	수온의 경시변화	509
그림 4-6-1.	해조류의 이식작업	513
그림 4-6-2.	해조류의 2차 이식시설, 성장도 및 효과조사	514
그림 4-6-3.	안도연안 이식해조류의 상대성장을	515
그림 4-7-1.	채집지역 모식도	519
그림 4-7-2.	전남다도해형 바다목장해역에서 잠수조사위치와 음향조사선	520
그림 4-7-3.	계측시스템의 구성	521
그림 4-7-4.	어종확인을 위해 고안한 하이브리드 시스템	523
그림 4-7-5.	인공어초 주변에 있어서 어종확인을 위한 수중카메라 설치법	523
그림 4-7-6.	인공어초 주변에 있어서 음향을 이용한 자원추정법	524

그림 4-7-7.	전남 다도해형 바다목장 해역내의 잠수 조사 정점	525
그림 4-7-8.	이각망어구의 모식도	525
그림 4-7-9.	금오도 연안 해역의 이각망에 의해 채집한 어류의 조사정점	526
그림 4-7-10.	여수에서 통발로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화	529
그림 4-7-11.	여수에서 자망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화	531
그림 4-7-12.	여수에서 이각망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화	534
그림 4-7-13.	전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도에 의한 12월의 어군분포도	538
그림 4-7-14.	전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도에 의한 12월의 어군수직분포도	539
그림 4-7-15.	전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도에 의한 3월의 어군분포도	540
그림 4-7-16.	전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도에 의한 3월의 어군수직분포	541
그림 4-7-17.	수중카메라 설치실험	542
그림 4-7-18.	안도 인공어초 주변에서의 수중촬영 현황	543
그림 4-7-19.	안도 인공어초 주변에서 기록한 에코그램	543
그림 4-7-20.	금오도 연안 해역의 수온과 염분의 월별 변동	555
그림 4-7-21.	금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 월별 어류의 개체수와 생체량	557
그림 4-7-22.	금오도 연안 해역의 이각망에 채집된 감성돔의 월별 개체수	560
그림 4-7-23.	금오도 연안의 이각망에 의해 채집된 감성돔의 체장·체중 조성	561
그림 4-7-24.	월별 종 다양도지수와 균등도 지수 및 우점도 지수	562
그림 4-7-25.	금오도 이각망의 월별 유사도	563
그림 4-7-26.	감성돔 미토콘드리아 cytochrome b 유전자의 염기서열	564
그림 5-3-1.	거주지 현황	598
그림 5-3-2.	주로 출조하는 지역	599
그림 5-3-3.	출조장소	599
그림 5-3-4.	낚시여행 결정에 중요한 요소	600
그림 5-3-5.	연간 출조 횟수	601
그림 5-3-6.	여행타입	601
그림 5-3-7.	출조시 평균기간	602
그림 5-3-8.	총 여행시간	602
그림 5-3-9.	교통수단	603
그림 5-3-10.	동반여행객수	603
그림 5-3-11.	동반유형	604
그림 5-3-12.	숙박형태	604
그림 5-3-13.	연간방문횟수	606

그림 5-3-14.	이번 여행의 주목적	607
그림 5-3-15.	출발지에서 현지까지의 소요시간	607
그림 5-3-16.	숙박시설	608
그림 5-3-17.	여행의 형태	608
그림 5-3-18.	여행자 직업	609
그림 5-3-19.	거주지역	609
그림 5-3-20.	여행지 결정의 중요도 우선순위	611
그림 5-4-1.	전남 다도해형 바다목장의 보호수면 지정도	616
그림 5-4-2.	바다목장 이용·관리주체들의 역할 분담	624
그림 5-4-3.	전국 바다목장 자율관리협의회의 구성과 기능	624
그림 5-5-1.	군내 활어위판장 및 남면 위판장의 입지 및 현황	628
그림 5-5-2.	어업인들의 기존 판매경로에 대한 만족도	629
그림 5-5-3.	기존 판매경로의 문제점	629
그림 5-5-4.	자연산 혹은 양식산과의 품질 및 가격차별화 가능성	630
그림 5-5-5.	직거래의 필요성	630
그림 5-5-6.	자연산, 양식산, 목장산, 수입산의 어류 품질 예상 평가	631
그림 5-5-7.	직판장의 필요성	639
그림 5-5-8.	직판장에 필요한 형태 및 기능	640
그림 5-5-9.	직판장에 기대하는 것	640
그림 5-5-10.	직판장의 운영주체	641
그림 5-5-11.	직판장의 거래방법	641

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.

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 어업 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, 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 하는데 목적이 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 연구사업으로서 올해 사업은 2단계 1차년도 사업으로서 1단계(2001년~2003년) 기반조성 연구결과와 실행계획 적용을 목표로 하였다. 연구 분야는 크게 1)어장 조성 분야 2)자원 조성 분야 3) 바다목장 이용·관리 나누었으며, 분야별 주요 연구 개발 내용은 아래와 같다.

첫째, 어장 조성 분야

- 해양환경 특성 조사
- 생물군집 특성 조사
- 생태계 모델 구축(모델디자인 및 입력자료 검색)
- 정밀 해저 지형도(산란장)
- 해중림 조성(적지 선정 및 조성기술 개발)
- 인공어초(배치기반조사)

둘째, 자원 조성 분야

- 방류용 건강 종묘생산(I)
- 경제적인 중간육성 기술(I)
- 구조물과 행동(I)
- 자연 해중림 증대기술(I)
- 방류효과 조사(I)
- 자원조사(I)

셋째, 이용·관리 분야

- 바다목장 이용·관리실태 조사
- 유어납시 및 관광실태 조사
- 바다목장 이용관리체제 구축
- 바다목장 어획물의 유통체제 분석 및 구축
- 바다목장 경제적 효과분석

그리고 본 사업 기간 동안 점보형 강제어초, 피라밋 강제어초, 연안다목적 어초 등 어장조성용 어초시설이 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 투하되었으며, 감성돔, 돌돔, 전복, 황점볼락 등 1,075만 마리의 우량 종묘가 목장 해역 내에 방류되었다.

현재 수행 중인 본 연구의 결과는 2단계 2차년도 사업의 목표인 기술적용 및 효과증대 달성을 위해 활용될 것이다.

제 2 장 생태계 특성

제 1 절 해양환경

제 2 절 생태계특성

제 3 절 생태계모델

제 4 절 요약 및 결론

참고문헌 및 부록

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. 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 조성 전에 모든 어장의 설계와 배치에서 뿐만 아니라 해양에서 필연적으로 수반되는 해저의 변형에 대한 어장조건의 변화를 모니터링 하는데도 매우 중요한 요소로 작용할 것이다. 그러므로 가능한 한 해저지형 자료는 보다 정밀하게 구축하고 맵핑하는 것이 필요하며 더불어 디지털 자료구축을 통하여 다른 환경요소와의 통합 활용을 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 2003년 소라도 주변 월동장 해역에 대한 조사에 이어 2004년에는 안도 주변 해역에서 다중빔음향측심기를 정밀한 현장 해저지형조사 및 자료처리와 그래픽기법 적용을 통한 활용방안 연구를 실시하였다(그림 2-1-2). 또한 바다목장화해역이 대부분 육지에 연해 있으므로 해저지형환경은 육지와 밀접하게 연계되며, 이에 따라서 육지와 해양을 통합하는 지형자료가 필요하다. 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.

해양 퇴적물은 수계내에서 입자들의 이동결과 뿐만 아니라 생물학적 요인에 의한 생산력변화 등과 같은 여러 기록들을 종합적으로 보유하고 있다고 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 저질 환경 변화를 초래하는 여러 요인들의 변화를 밝히고 그 원인분석을 하는 것은 바다목장화 지역의 퇴적환경을 규명하는 관점에서 대단히 중요한 연구라 할 수 있다. 일반적으로 저질 환경은 지화학적, 생물학적, 물리학적 계요인과 밀접하게 관계되지만, 지질학적, 퇴적학적 관점에서 어류의 서식과 밀접히 관계되는 것은 퇴적물의 조성이라 할 수 있다. 그 외에는 퇴적물의 조성과 저질 환경에 영향을 미치는 퇴적물중의 유기물함량, 황화수소 함량, 퇴적물의 공급과 관계되는 부유물질의 함량, 퇴적물중의 중금속 농도 등을 들 수 있다.

상기와 같은 점을 고려하여 본 연구과제는 바다 목장화 사업의 3차년도 연구로 동 지역의 일반적인 해양 지질학적 저질 특성과 저질 특성을 지배하는 여러 퇴적학적, 지화학적 인자를 조사하여 저질의 퇴적학적, 지화학적 환경을 고찰하고자 한다.

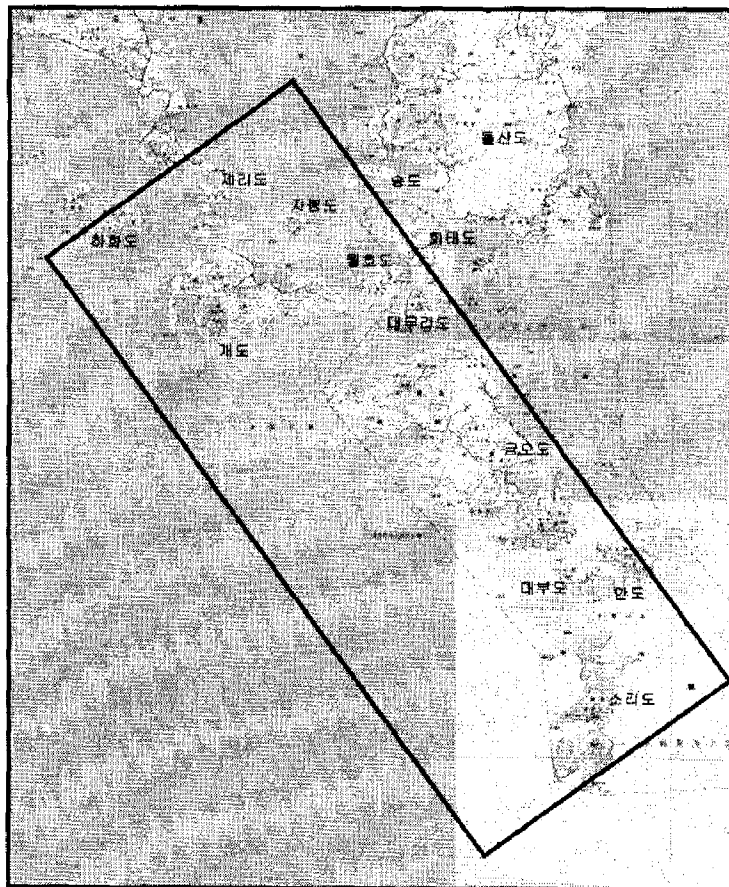


그림 2-1-1. 전남 다도해 바다목장화 해역위치도.

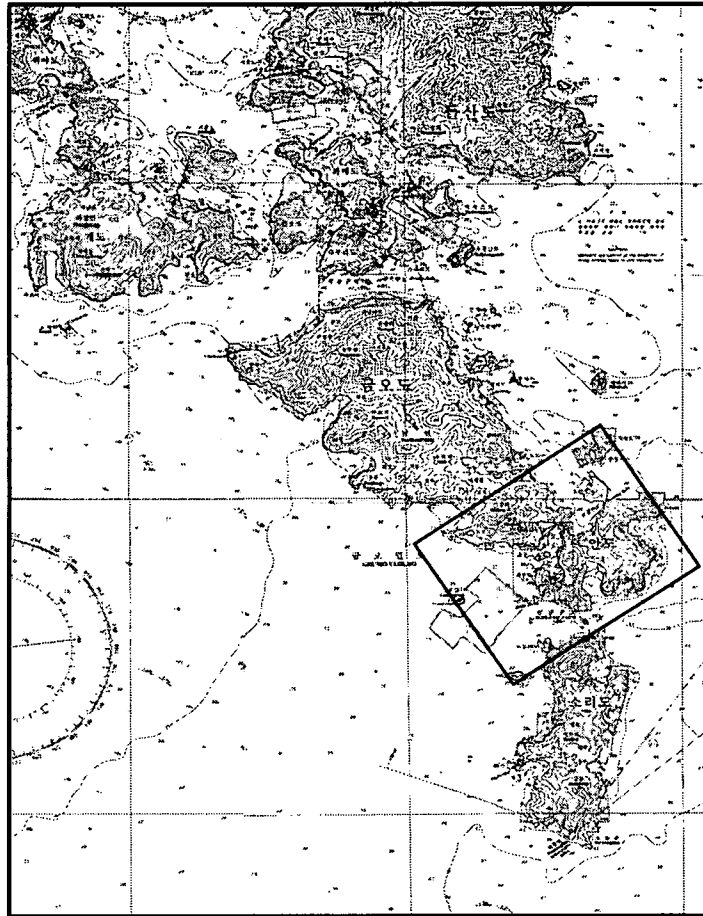


그림 2-1-2. 안도 주변 해역 조사구역도.

2. 재료 및 방법

가. 수질환경조사

여수 주변 연안 해역에 대하여 12개 정점을 선정하여 2004년 9월, 11월 및 2005년 2월 현장조사 및 시료를 채취하였다(그림 2-1-3). 표층 해수는 수심 0.3m에서, 저층 해수는 바닥에서 1m 상층에서 채수하였다. 조사는 여수대학교와 공동으로 이루어졌으며, 수온, 염분은 Submersible Fluorometer(Alec Co., ACL 1151-D)의 결과를 이용하였다. 수소이온농도(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, 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(T-N)는 시료 20mL에 0.075M NaOH 1L에 K₂S₂O₈ 10g과 H₃BO₃ 6g을 첨가한 산화용액 10mL을 첨가하고 120℃에서 30분간 가열 분해한 후 Cu-Cd 칼럼을 이용한 아질산환원법으로 분석하였

다. 총인(T-P)은 시료 50mL에 4% 과황산칼륨용액 10mL을 첨가하고 120℃에서 30분간 가열 분해한 후 Ascorbic acid를 사용한 몰리브덴청법으로 분석하였다.

나. 퇴적물환경조사

표층 퇴적물을 2004년 9월, 2004년 11월 및 2005년 2월에 바다목장화 조사해역 12개 정점에 대하여 Grab 채니기(면적; 0.1m²)로 채취하였다(그림 2-1-3). 강열감량(total ignition loss, TIL)은 건조한 시료를 막자사발에서 곱게 분쇄한 후 건조시료 약 10g을 550℃에서 2시간 동안 회화시켜 회화 전후의 무게 차이로부터 계산하였다. 화학적산소요구량(chemical oxygen demand, COD)은 퇴적물 습시료 약 1g을 취한 후 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 정량하였다. 산휘발성황화물(acid volatile sulfide, AVS) 함량은 퇴적물 습시료 약 1g을 취한 다음 검지관법으로 정량하였다. 총 유기탄소 및 총 유기질소는 진한 염산으로 전처리 한 건조된 분말시료를 CHN analyzer(Perkin Elmer, model 2400)로 측정하였다.

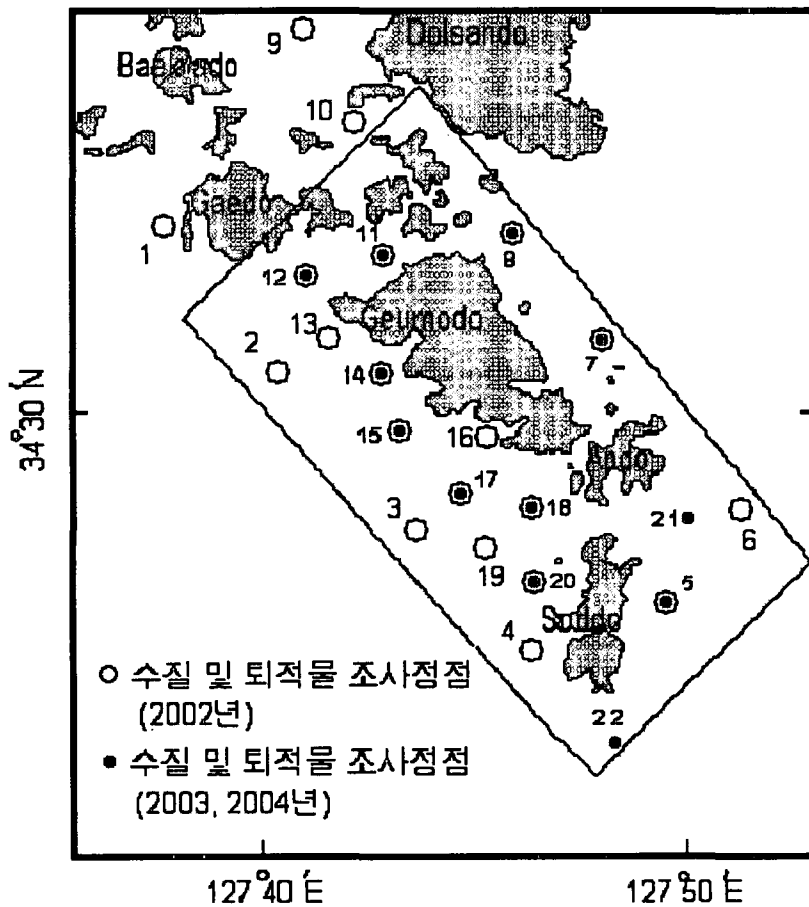


그림 2-1-3. 조사해역 개황도 및 조사 정점 위치도.

다. 해저지형조사

(1) 현장조사

(가) 조사개요

본 연구를 위하여 안도 주변해역을 중심으로 약 5km×5km 지역 범위내에서 조사를 실시하였다(그림 2-1-4). 2005년 3월 7일에서 10일까지는 그랩과 중력시추기를 이용한 퇴적물 시료 채취를 실시하였다. 수심조사와 해저면영상조사는 1차로 2005년 2월 14일에서 24일까지 실시하였고, 3월 14일에서 3월 17일까지 2차 조사를 실시하였다. 수심조사를 위해서는 다중빔 음향측심기를 사용하였으며, 해저면영상조사에는 사이드스캔소나를 사용하였다. 퇴적물채취를 위해서 그랩샘플러 및 그라비티 코어를 사용하였다. 해양 조사선 조사선 위치측정을 위하여 DGPS 및 항해관리시스템을 동시에 설치하여 운영하였다.

멀티빔 수심 측량은 수심이 얇고 변화가 심한 지역을 중심으로는 약 20m 간격에서부터 수심이 깊고 변화가 적은 지역으로 가면서 60m 간격까지 넓히며 조사를 실시하였다(그림 2-1-4).

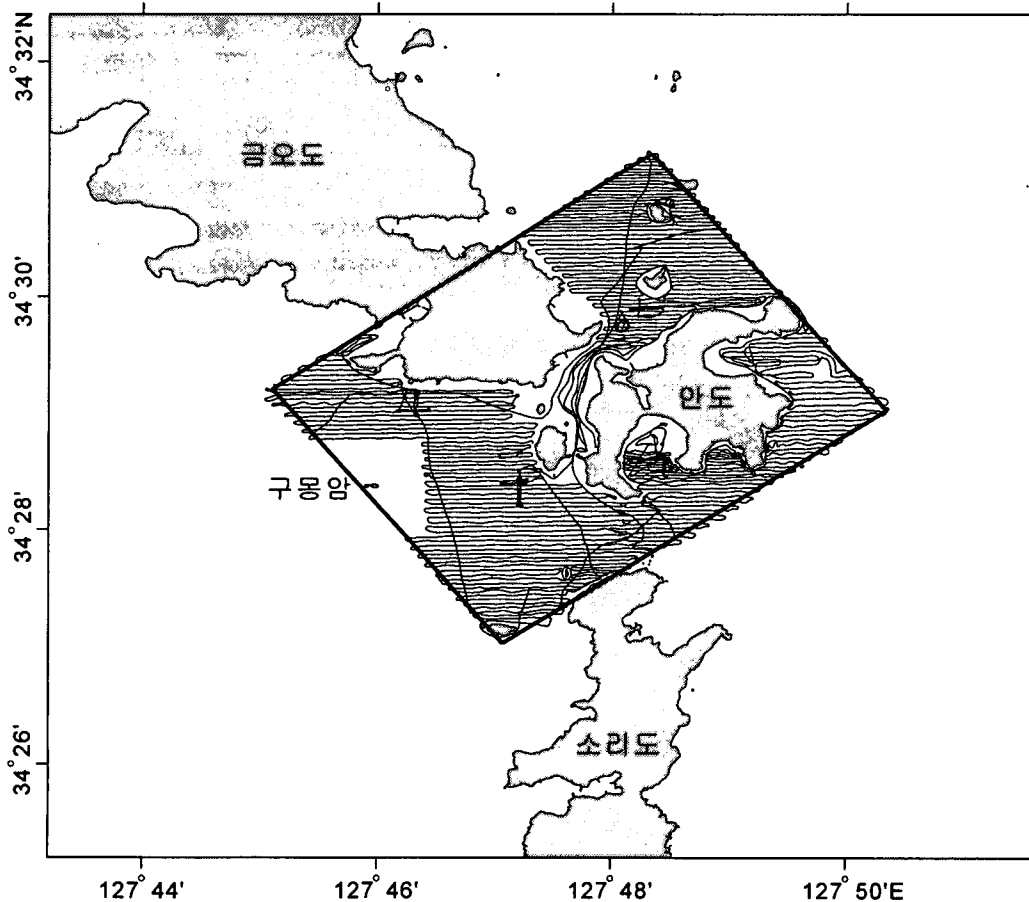


그림 2-1-4. 안도 주변해역 측심 조사측선(구몽암과 소부도지역은 2003년도 조사지임).

(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)을 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 2-1-5). 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(그림 2-1-6).

(다) 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.

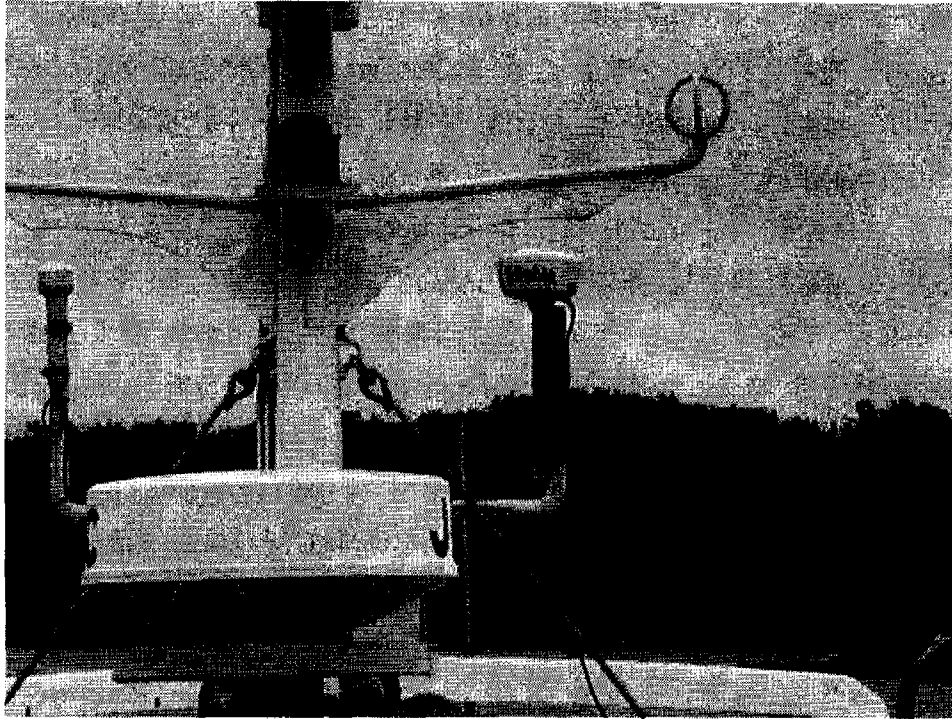


그림 2-1-5. Trimble DGPS 안테나.

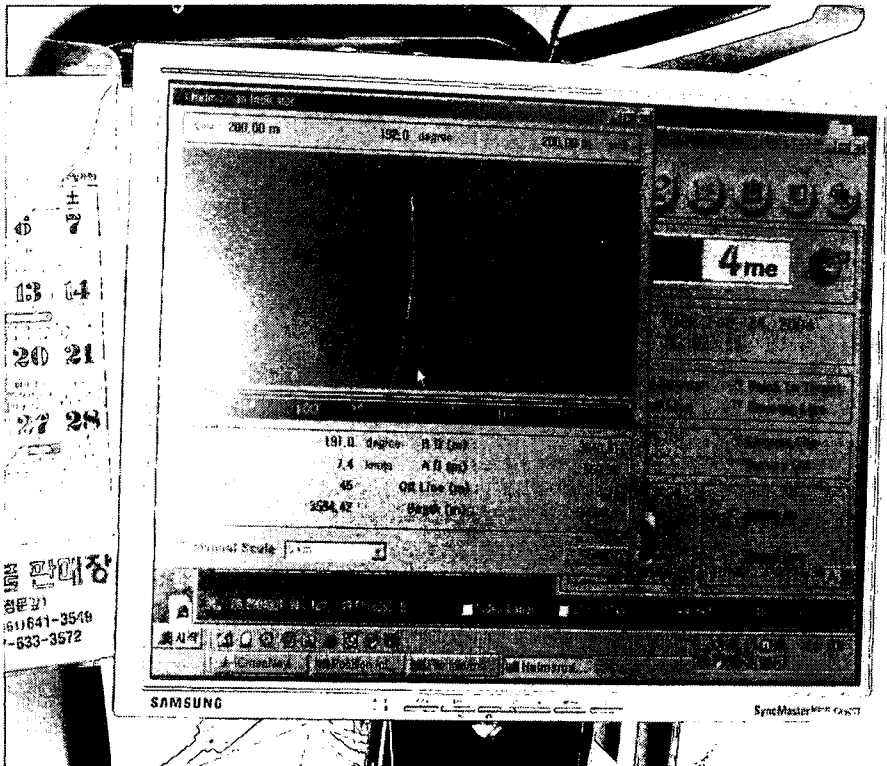


그림 2-1-6. DGPS 운영 및 항해관리 컴퓨터.

이 다중빔 음향측심기는 연구선의 운동을 감지할 수 있는 모션(motion) 센서(TSS, model DMS10)와 정확한 위치 선정을 위한 DGPS(Trimble, DSM212), 방위 측정기인 자이로 센서(KVH, model GyroTrac) 및 수심을 측정을 위해 음원을 발사하고 수신하는 트랜스듀서(transducer)(Reson, Seabat 9001)로 구성되어 있다(그림 2-1-7). 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, 롤, 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 2-1-1은 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 자이로스코프의 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 이용하여 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.

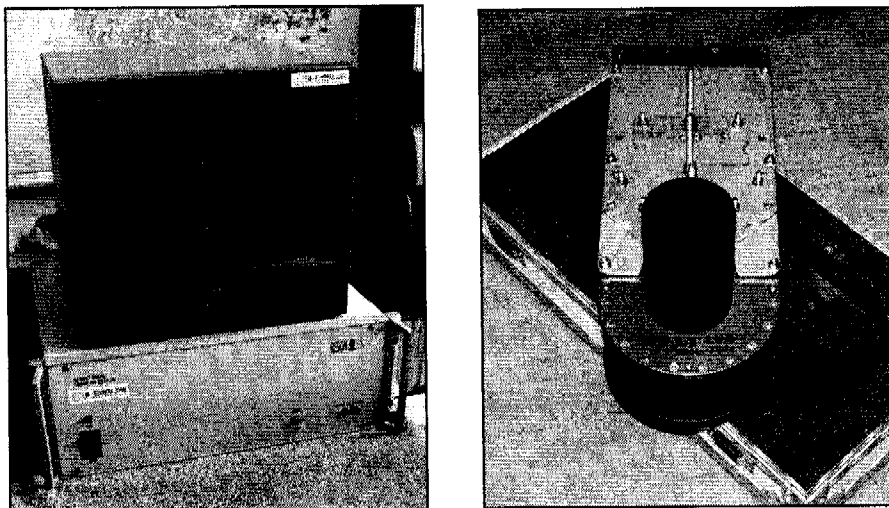


그림 2-1-7. Seabat 9001 다중 빔 음향측심기. Seabat 9001 프로세서(좌)와 다중 빔 센서(우).

표 2-1-1. 다중빔 음향 측심에 사용된 주요 장비 제원

장비명	제작사	모델명
DGPS	Trimble	DSM-212H
Sound Velocity Profiler	Applied Microsystems	SV & P Smart
Multi-beam Echo-Sounder	Reson	Seabat 9001(455 KHz)
Gyro Compass	KVH	GyroTrac
Motion senser	TSS사	TSS DMS10

다중빔 음향 측심 자료는 특정주파수(455kHz)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 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 2-1-8). 송수파기의 사용주파수는 455kHz이며, 최대 관측 가능한 수심은 100m까지로, 수심에 따라 관측범위가 달라지는데 수심의 최대 15배에 해당되는 해저면을 동시에 측량할 수 있다.

다중빔 정밀 음향 측심기에 의한 측심범위는 수심에 따라 결정되므로 사전에 대상해역의 기존 수심자료를 참조하였다. 그림 2-1-9는 다중빔 음향측심기의 본체 컴퓨터에서 나타내어지는 자료획득 장면이다.

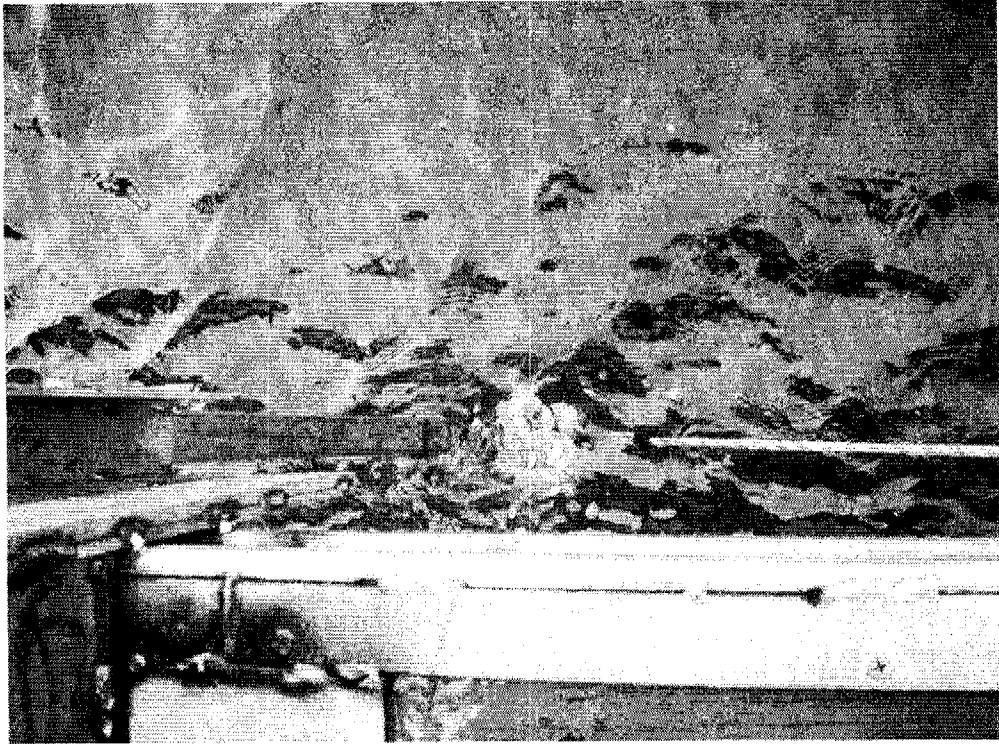


그림 2-1-8. 다중빔 음향트랜스듀서를 배 옆에 부착하여 예인하는 모습.

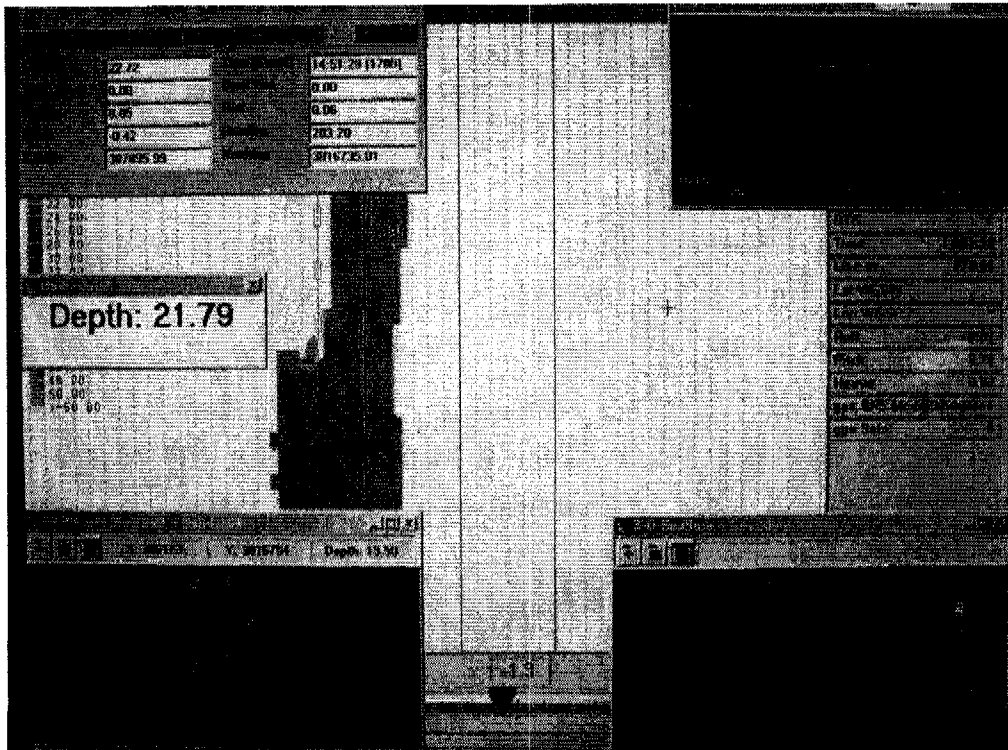


그림 2-1-9. 다중빔 음향자료 현장 실시간 자료획득 모습.

(라) 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 2-1-10). 이번 조사에 사용된 사이드스캔소나는 영국 C-Max의 CM800 모델로서 수중예인체(tow-fish)와 원치(그림 2-1-11), 제어 메인 컴퓨터, 광자기디스크(magnetic optical diskette) 및 모니터로 구성되어 있다(그림 2-1-12). 평면적 개념의 자료처리를 위하여 64MB이상의 메모리를 갖는 개인용 컴퓨터를 이용하여 모자이크된 해저면 조사 자료의 도면화 작업을 수행하게 된다.

수중 예인체는 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 수중 예인체의 전원전압과 트리거 신호를 발생시키며 기록계는 수신된 음향신호를 화상신호로 변환하여 해저면에 관한 정보를 2 차원 영상으로 도출하게 된다.

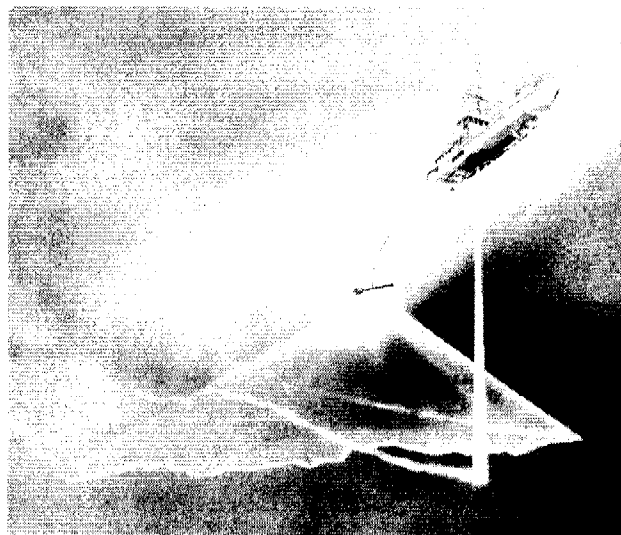


그림 2-1-10. 사이드스캔소나 조사개념도.

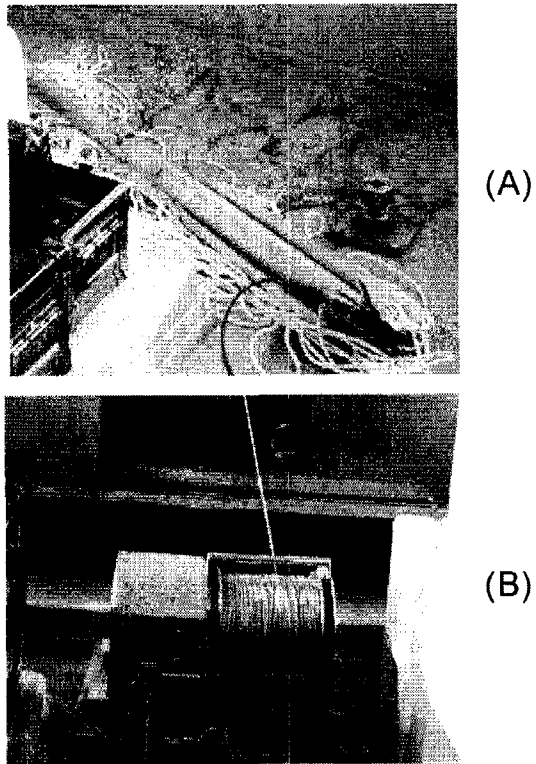


그림 2-1-11. (A) 사이드스캔소나 수중예인체와 (B) 사이드스캔 소나 원차.

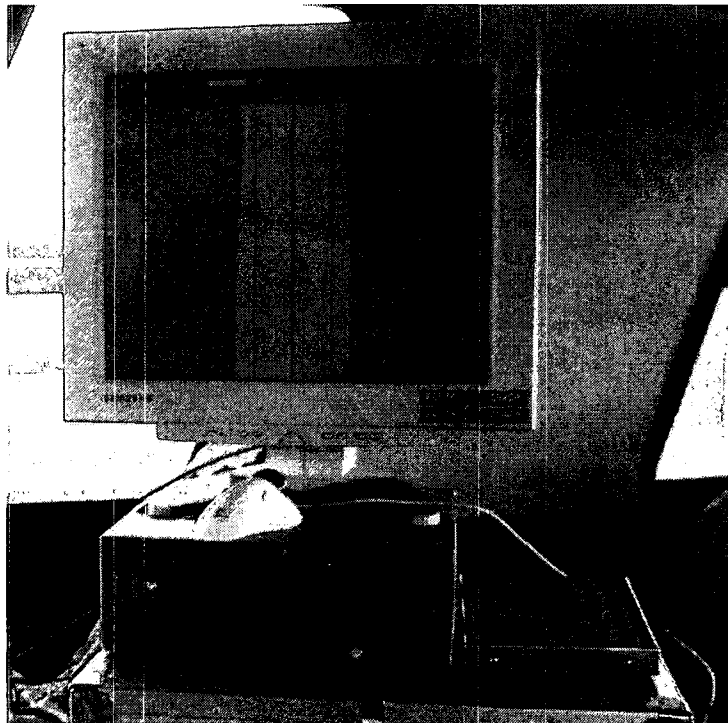


그림 2-1-12. 해저면 영상조사 기록시스템 및 모니터.

수중 예인체는 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. 또한 진행방향과 평행한 측선에 대해서는 1-2° 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 잡음신호를 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 썰창과 같이 부드러운 퇴적물에서 반사된 음파는 밝은 색으로 표현된다.

영상기록계에 표현된 조사기록의 위치는 수중 예인체의 위치로 연구선의 위치와는 항상 차이가 있다. 그러므로 수중 예인체의 위치보정 과정을 거쳐 조사기록을 해석해야 한다. 수중 예인체의 위치보정은 연구선의 속도, 예인 케이블의 방출 길이에 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 방출 길이에 따라 고도변화가 생기며 이에 따라 해수면과 케이블이 이루는 경사거리 보정이 필요하다. 일반적으로 연구선 후미에서 일정한 거리를 두고 수중에서 예인되는 수중 예인체의 위치는 연구선에 설치된 GPS에서 수신되는 때 초의 항적좌표를 이용하여 일차적으로 보정하고 계수화된 해저면 조사기록에서 수중 예인체의 정밀위치를 다시 추출하는 과정을 거침으로써 보다 정확하게 보정한다.

측면주사범위는 수심에 따라 변하기 때문에 수중 예인체의 양면 음파발신수부의 주사각(Slant Angle)을 자동으로 조절하도록 하고 양쪽으로 100m씩(총 주사범위 200m)을 유지하여 17개의 측선을 조사하였다(그림 2-1-13). 따라서 주사범위 100m 이내의 해저면은 중첩되어 양쪽 측선에서 주사되는 음향영상자료를 획득하였다(그림 2-1-14).

(2) 자료처리

(가) 위치와 다중빔 수심자료처리

DGPS 자료는 해상조사 시 노트북 컴퓨터에 1초 간격으로 수신된다. DGPS 자료는 자체 프로그램을 이용하여 도(°)단위로 환산하여 사용하였으며, 다중빔 본체 컴퓨터에도 자동 기록되어 다중빔의 위치환산을 가능하도록 하여 준다.

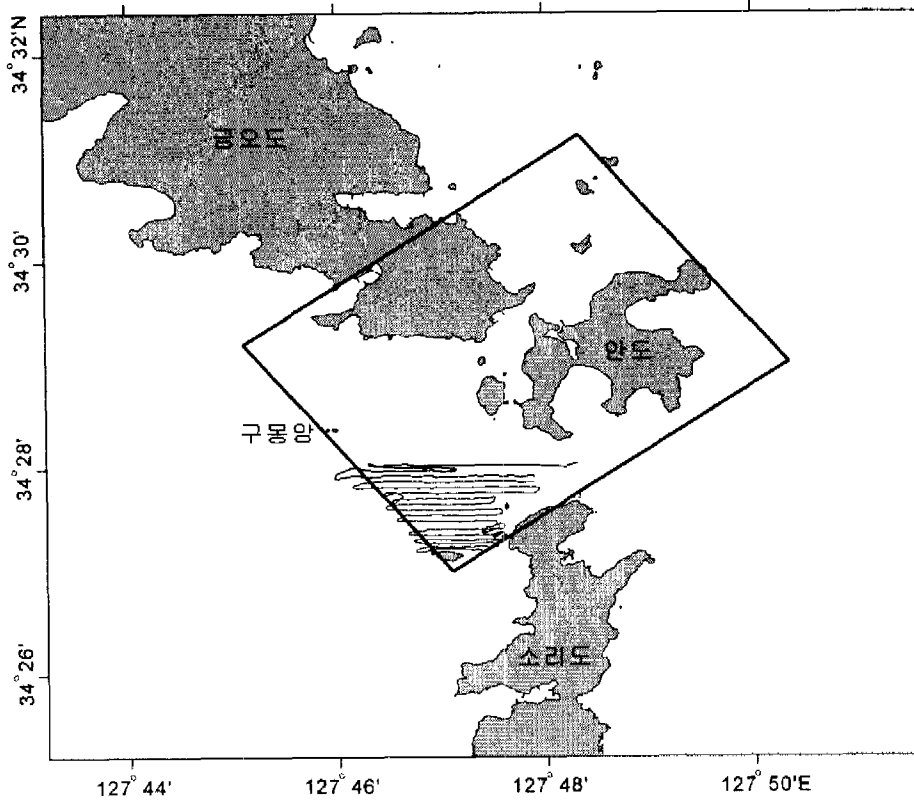


그림 2-1-13. 해저면 영상 조사측선.

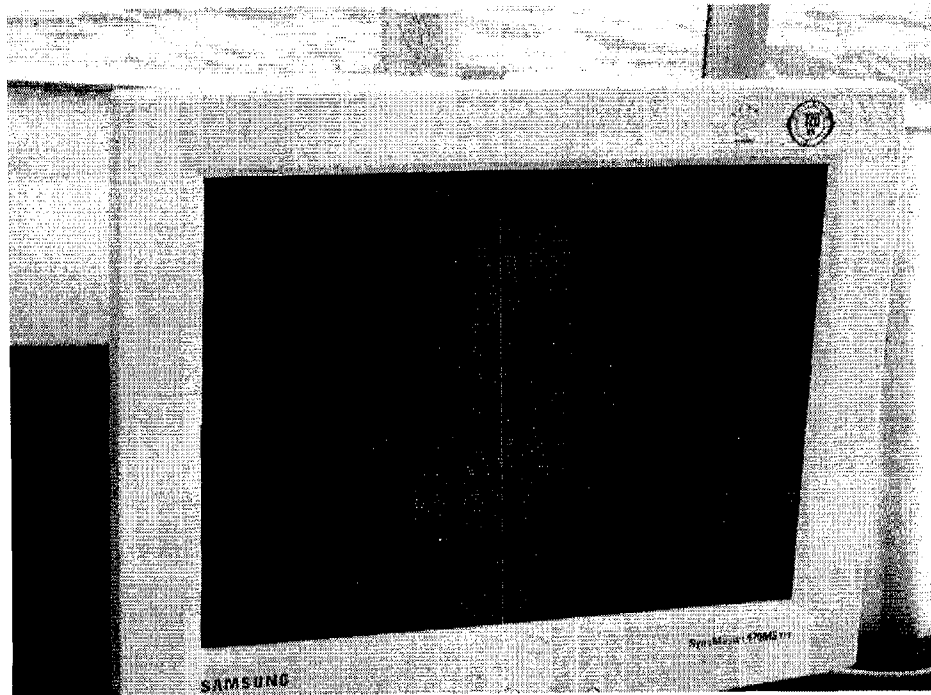


그림 2-1-14. 해저면영상조사시 모니터화면에 실시간 나타난 영상모습.

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 2-1-15). 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 GRID2000 프로그램을 이용하여 해저지형 자료를 격자화하였다. 전체 측심자료의 모자이크를 위하여 격자간격을 3m로 설정하였다(그림 2-1-16). 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.

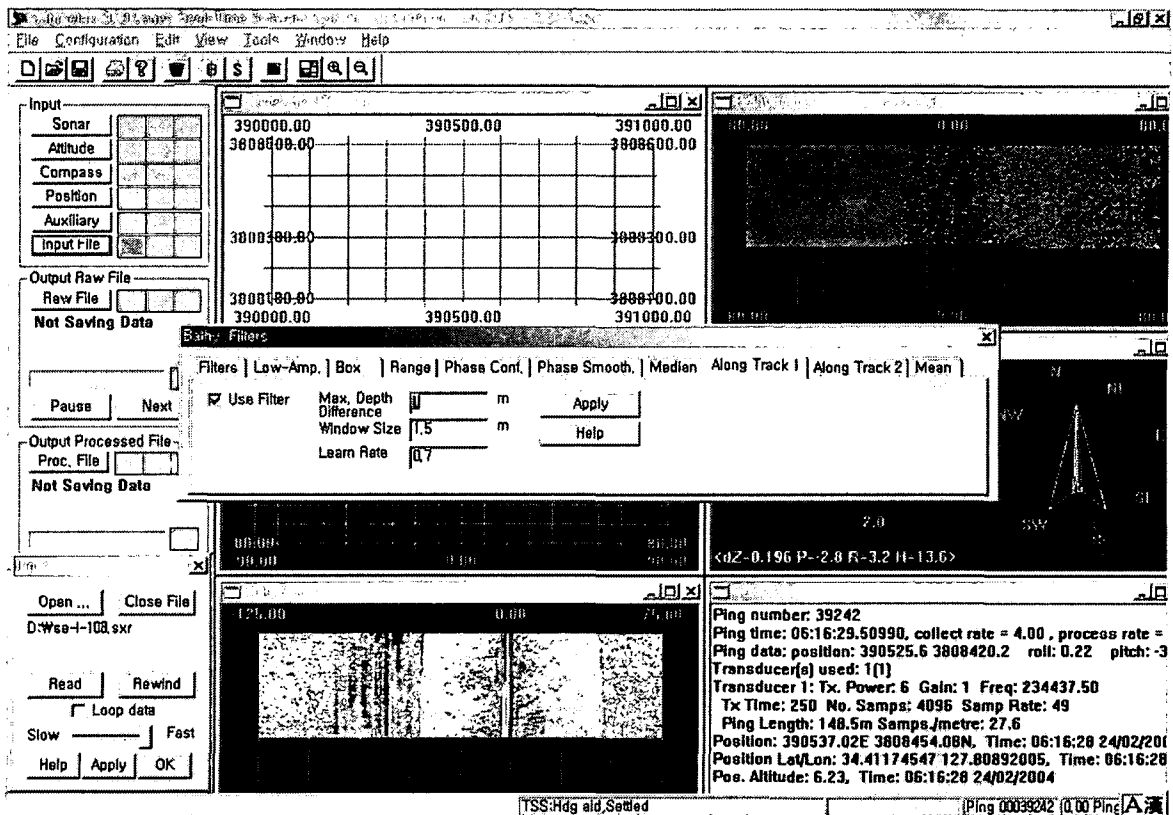


그림 2-1-15. RTS2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정.

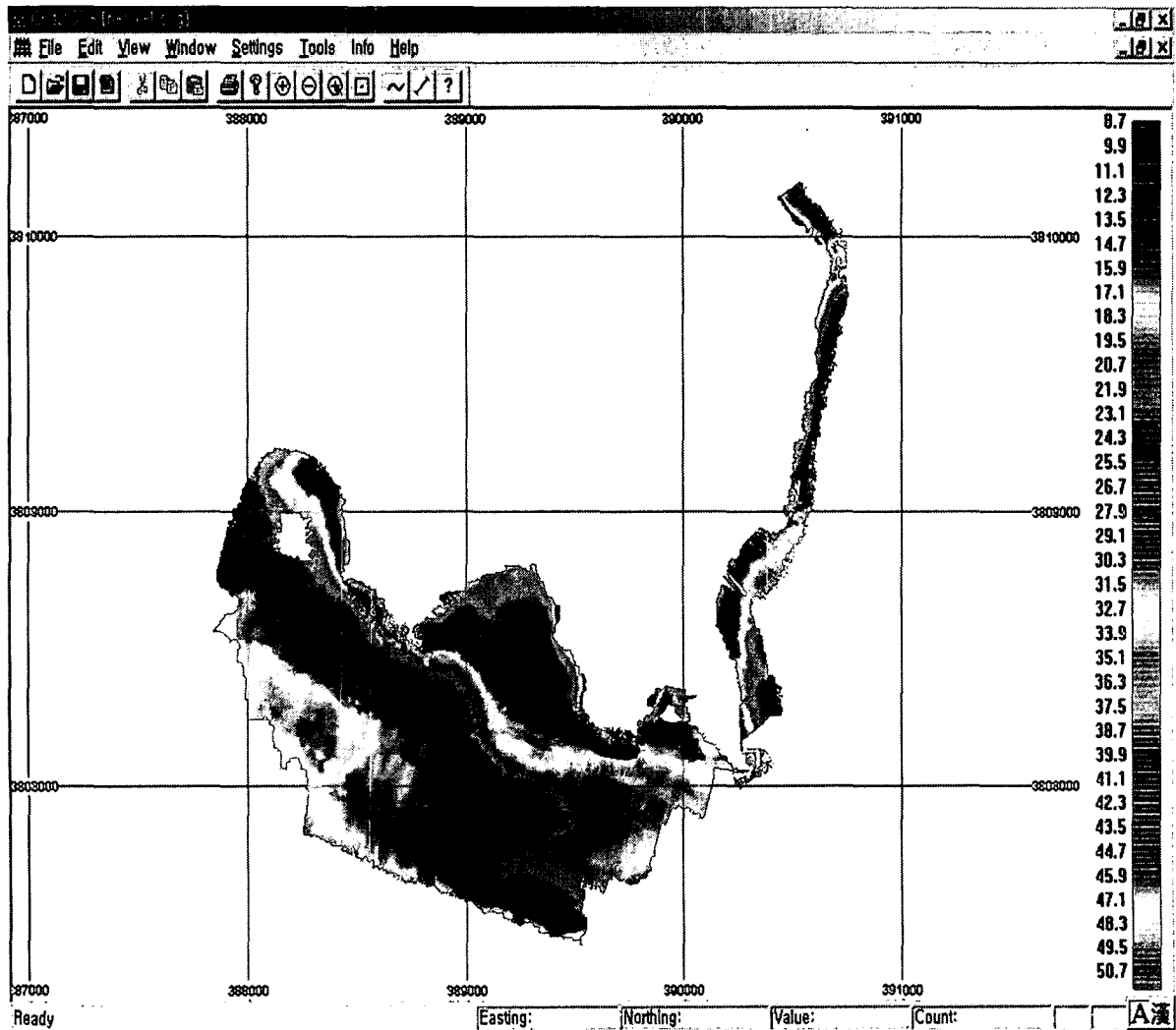


그림 2-1-16. GRID2000 프로그램을 이용하여 다중빔 자료를 처리하는 과정.

(나) 해저면영상조사자료처리

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. 기본자료 처리를 위해서는 Octopus 프로그램이 사용되었다. 여러 다른 형태의 데이터를 보는 데는 Viewer 프로그램이 이용되었다(그림 2-1-17).

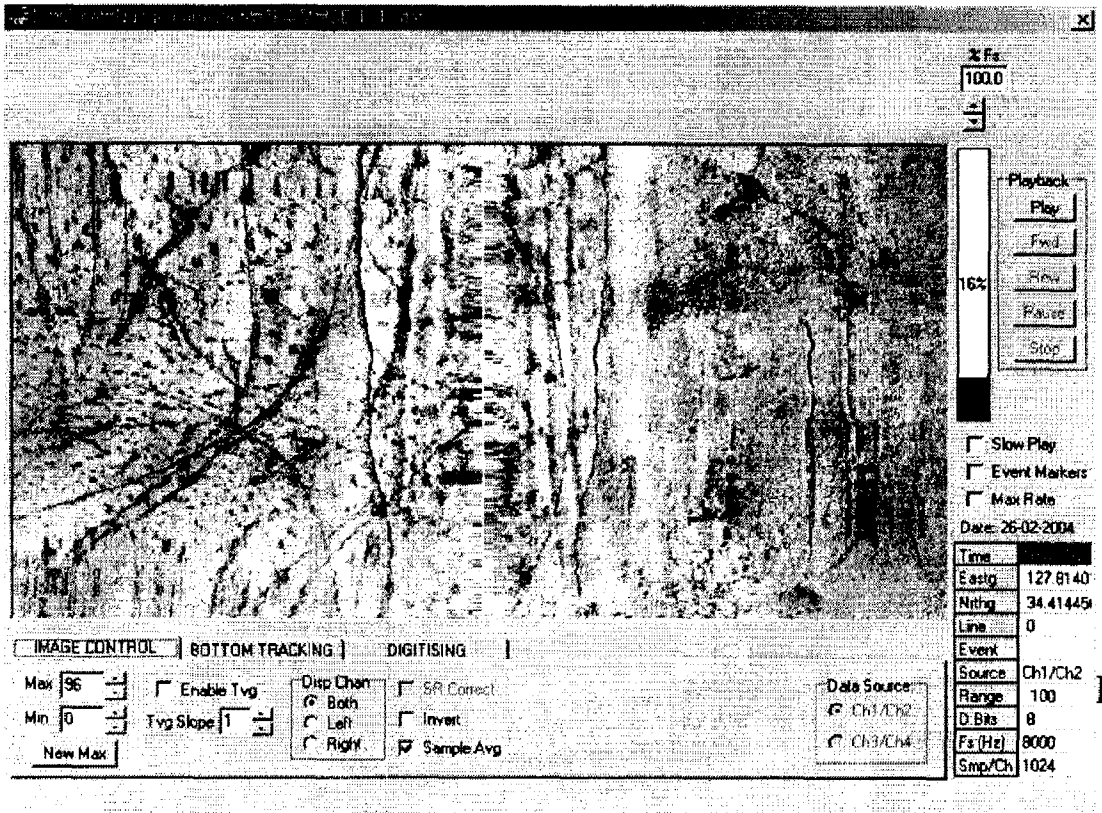


그림 2-1-17. Viewer 출력화면.

획득된 자료의 조정/복사를 및 위해 유틸리티 프로그램이 이용되었다. 이 프로그램을 이용해 데이터의 질을 높여 주고, 해저면 위에 대한 보정 및 화면 출력 이미지의 화질을 개선한다(그림 2-1-18). 또한 모자이크처리에 필수적인 항적시스템기록 자료를 추출할 수 있게 해준다. 유틸리티 프로그램의 또 다른 주요 기능은 조사측선 편집기능이다. 모자이크를 하기 전에 불량데이터를 포함한 조사측선 및 중복 조사측선 등은 양질의 모자이크 결과를 얻기 위해 사전에 편집되어야 한다.

고화질의 모자이크처리를 위해서는 정확한 항적시스템이 필수적이다. 본 조사에는 1 m 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 3cm에 해당된다면 1 : 10,000 축적의 항적도면이 필요하게 된다. 모자이크를 만드는 마지막 과정은 해저면 영상조사 자료들을 항해측선과 항적위치 표시에 맞추어 항적도면에 정렬시키는 것이다.

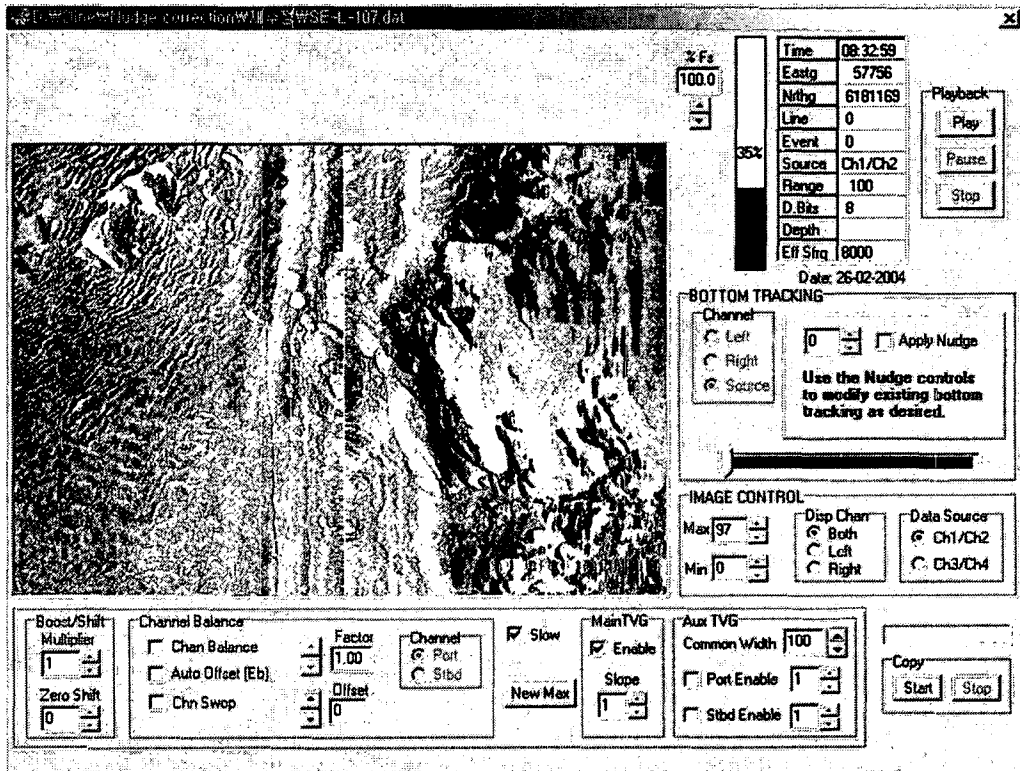


그림 2-1-18. 조정/복사(fix/copy) 출력화면.

라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성

(1) 표층퇴적물

표층퇴적물의 특성을 파악하기 위하여 2005년 3월 8~9일 양일간에 그랩 채취기(grab sampler)를 이용하여 32개 지점에서 표층퇴적물을 채취하였다(그림 2-1-19, 표 2-1-2). 또한 추후 퇴적환경변화와 오염의 역사를 추적하기 위하여 2개 지점에 대해 자유낙하식 중력코어(gravity core)를 이용하여 퇴적물을 채취하였다. 표층퇴적물 채취는 그랩을 해저면에 낙하시켜 선상으로 끌어올린 후 교란이 없다고 판단되는 부분에서 깊이 약 2cm 이내의 표층 퇴적물만을 시료봉지에 담아 실험실로 운반하여 분석하였다. 실험실에서는 동일한 시료에 대해 퇴적물의 입도(grain-size) 특성, 유기탄소 함량(organic carbon content), 탄산염 함량(carbonate content), 황화수소(H_2S)함량 등을 분석하였다.

(가) 입도분석

그랩 채취기로 채취된 표층퇴적물은 실험실로 옮긴 후 과산화수소(H_2O_2)와 염산(HCl)으로 유기물과 탄산염을 제거한 후 습식채질(wet sieving)에 의해 입경 4ϕ ($62\mu m$)를 기준으로 조립질(coarse) 퇴적물과 세립질(fine) 퇴적물 입자를 구분하였다. 4ϕ 이하의 조립질 입자는 건식채질(dry sieving)에 의해 무게 백분율을 구하였고, 4ϕ 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 Folk and Ward(1957) 방법에 따랐다.

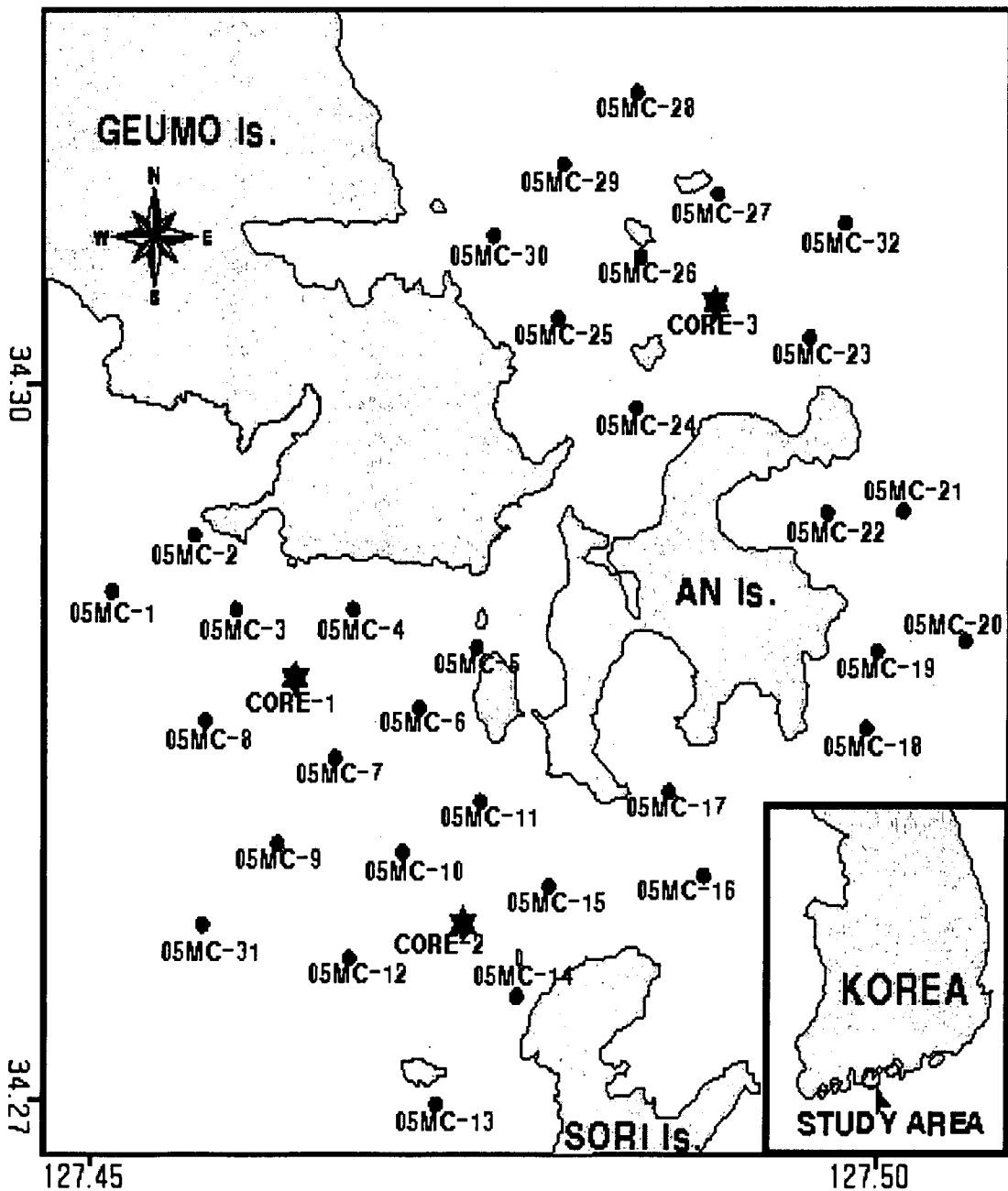


그림 2-1-19. 연구지역에 표시된 연구정점.

표 2-1-2. 채취된 표층퇴적물의 채취점

St. No.	Longitude (E)	Latitude (N)
05MC-01	127°34'47.25"	34°28'20.4"
05MC-02	127°34'20.94"	34°29'21.1"
05MC-03	127°35'8.08"	34°29'06.6"
05MC-04	127°34'28.63"	34°29'03.9"
05MC-05	127°35'14.01"	34°28'53.5"
05MC-06	127°35'49.98"	34°28'41.4"
05MC-07	127°36'10.92"	34°28'32.9"
05MC-08	127°34'52.13"	34°28'42.9"
05MC-09	127°46'05.0"	34°28'08.9"
05MC-10	127°46'45.6"	34°28'08.5"
05MC-11	127°47'17.2"	34°28'18.5"
05MC-12	127°37'40.10"	34°27'31.1"
05MC-13	127°38'16.07"	34°27'01.0"
05MC-14	127°40'53.40"	34°27'24.2"
05MC-15	127°41'29.33"	34°27'56.1"
05MC-16	127°48'45.8"	34°28'02.5"
05MC-17	127°48'34.3"	34°28'12.2"
05MC-18	127°49'39.0"	34°28'35.9"
05MC-19	127°49'40.9"	34°28'56.2"
05MC-20	127°50'20.2"	34°29'01.0"
05MC-21	127°35'25.4"	34°29'25.2"
05MC-22	127°49'31.1"	34°29'24.4"
05MC-23	127°49'21.1"	34°30'10.8"
05MC-24	127°48'13.9"	34°29'45.7"
05MC-25	127°47'51.7"	34°30'13.6"
05MC-26	127°48'25.6"	34°30'27.7"
05MC-27	127°48'49.9"	34°30'44.9"
05MC-28	127°48'20.2"	34°31'13.0"
05MC-29	127°47'59.1"	34°30'56.1"
05MC-30	127°47'31.5"	34°30'38.6"
05MC-31	127°45'53.5"	34°27'59.3"
05MC-32	127°49'54.5"	34°30'44.6"

(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(일본 수산자원 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 2-1-3~2-1-6에, 년별 변화를 알기 위하여 표 2-1-7과 그림 2-1-20~2-1-29에 나타내었다. 연간 수온의 분포범위를 보면 2004년 9월은 표층이 22.99~24.02℃(평균 23.55℃), 저층이 14.24~23.72℃(평균 17.88℃)로 2002년 및 2003년 8월의 평균 수온인 표층 25.57℃ 및 24.51℃보다 낮았다. 2004년 11월은 표층이 14.97~15.66℃(평균 15.24℃), 저층이 15.01~16.51℃(평균 15.55℃)이었으며, 2005년 2월은 표층이 8.38~10.26℃(평균 9.14℃), 저층이 7.45~9.06℃(평균 8.51℃)이었고, 2005년 5월은 표층이 17.18~19.92℃(평균 18.13℃), 저층이 14.90~17.21℃(평균 15.92℃)로 2004년 11월

및 2005년 2월의 수온이 2002년 및 2003년의 수온 보다 낮았다. 연간 염분의 분포범위를 보면 2004년 9월은 표층이 28.55~31.40‰(평균 30.38‰), 저층이 29.92~33.68‰(평균 32.87‰)이고 정점 18에서 비교적 낮게 나타났다. 11월은 표층이 33.24~33.65‰(평균 33.43‰), 저층이 33.42~34.01‰(평균 33.63‰)이었으며, 2005년 2월은 표층이 34.05~34.23‰(평균 34.12‰), 저층이 33.96~34.16‰(평균 34.10‰)이었고, 2005년 5월은 표층이 32.45~34.56‰(평균 34.00‰), 저층이 33.88~34.59‰(평균 34.30‰)로 전반적으로 2002년 및 2003년 보다 높았다.

연간 pH의 평균농도를 보면 2004년 9월은 표층이 8.41, 저층이 8.37이고 11월은 표층이 8.29, 저층이 8.30이었으며, 2005년 2월은 표층이 8.09, 저층이 8.09이었고, 2005년 5월은 표층이 8.26, 저층이 8.24로 모든 정점에서 해역 2등급 기준(6.5~8.5) 이내였다.

연간 용존산소의 평균농도를 보면 2004년 9월은 표층이 7.89mg/L, 저층이 7.80mg/L이고 11월은 표층이 5.42mg/L, 저층이 5.37mg/L이었으며, 2005년 2월은 표층이 9.70mg/L, 저층이 9.58mg/L이었고, 2005년 5월은 표층이 8.81mg/L, 저층이 8.35mg/L로 모든 정점에서 해역 2등급 기준(5mg/L이상) 이내로 양호한 상태였다.

연간 부유물질의 평균농도를 보면 2004년 9월은 표층이 4.50mg/L, 저층이 3.50mg/L이었고 11월은 표층이 5.40mg/L, 저층이 5.20mg/L이었으며, 2005년 2월은 표층이 3.80mg/L, 저층이 4.60mg/L이었고, 2005년 5월은 표층이 4.50mg/L, 저층이 5.45mg/L이었다.

연간 화학적 산소요구량의 분포범위를 보면 2004년 9월은 표층이 0.59~2.51mg/L(평균 1.38mg/L), 저층이 0.37~2.24mg/L(평균 1.12mg/L)로 2002년 8월 및 2003년 8월의 표층 평균 화학적 산소요구량인 1.76mg/L 및 저층 1.77mg/L 보다 낮은 농도를 나타내었다.

2004년 11월은 표층이 0.30~0.65mg/L(평균 0.49mg/L), 저층이 0.33~0.54mg/L(평균 0.43mg/L)이었으며, 2005년 2월은 표층이 0.14~1.39mg/L(평균 0.59mg/L), 저층이 0.29~0.87mg/L(평균 0.63mg/L)이었고, 2005년 5월은 표층이 0.14~0.99mg/L(평균 0.61mg/L), 저층이 0.28~0.79mg/L(평균 0.51mg/L)로 2004년 9월을 제외한 모든 정점에서 수질 2등급(2mg/L이하)이내로 나타났다.

연간 총질소의 분포범위를 보면 2004년 9월은 표층이 0.078~0.172mg/L(평균 0.122mg/L), 저층이 0.073~0.124mg/L(평균 0.105mg/L)로 2002년 및 2003년 8월의 표층 평균 총질소인 0.186mg/L, 및 0.207mg/L과 비슷한 농도를 나타내었다.

2003년 11월은 표층이 0.309~0.432mg/L(평균 0.386mg/L), 저층이 0.304~0.474mg/L(평균 0.367mg/L)이었으며, 2005년 2월은 표층이 0.192~0.315mg/L(평균 0.229mg/L), 저층이 0.205~0.286mg/L(평균 0.241mg/L)이었고, 2005년 5월은 표층이 0.105~0.289mg/L(평균 0.180mg/L), 저층이 0.131~0.299mg/L(평균 0.207mg/L)로 일부 정점을 제외하고 수질 1등급(0.3mg/L이하) 이내로 양호하였다.

연간 총인의 분포범위를 보면 2004년 9월은 표층이 0.009~0.015mg/L(평균 0.012mg/L), 저층이 0.009~0.014mg/L(평균 0.012mg/L)로 2002년 8월의 평균 총인인 표층 0.047mg/L, 저층 0.045mg/L보다 낮은 농도를 나타내었다.

2004년 11월은 표층이 0.028~0.045mg/L(평균 0.038mg/L), 저층이 0.032~0.052mg/L(평균 0.041mg/L)이었으며, 2005년 2월은 표층이 0.026~0.065mg/L(평균 0.035mg/L), 저

층이 0.029~0.043mg/L(평균 0.035mg/L)이었고, 2005년 5월은 표층이 0.030~0.042mg/L(평균 0.037mg/L), 저층이 0.031~0.047mg/L(평균 0.039mg/L)로 모든 정점에서 수질 2등급(0.05mg/L이하) 이내이었다.

표 2-1-3. 금오도 주변해역의 2004년 9월 수질 농도 분포

St.	Temp		Sal		pH		DO		SS		COD		TN		TP	
	(°C)										(mg/L)					
NO.	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	23.37	21.05	30.79	31.71	8.30	8.33	8.03	7.98	4.4	3.6	1.12	1.92	0.108	0.115	0.012	0.011
7	23.92	16.59	29.27	33.24	8.40	8.41	10.42	8.94	5.0	3.4	1.98	1.68	0.127	0.119	0.014	0.013
8	24.02	23.72	28.87	29.92	8.36	8.37	8.28	8.43	4.0	3.8	1.42	2.24	0.148	0.124	0.015	0.014
11	23.43	17.18	28.55	33.21	8.49	8.36	7.26	7.90	5.4	4.2	2.00	1.14	0.150	0.121	0.014	0.014
12	23.45	21.36	30.59	33.27	8.37	8.31	7.35	6.97	5.0	4.4	1.09	1.78	0.124	0.118	0.013	0.012
14	23.81	22.03	31.10	32.06	8.32	8.33	7.46	7.16	4.8	2.8	0.67	0.53	0.119	0.093	0.010	0.010
15	23.48	16.99	31.40	33.35	8.43	8.34	7.67	7.89	3.0	2.6	1.68	0.58	0.078	0.073	0.009	0.010
17	23.48	16.60	30.94	33.41	8.43	8.40	7.60	7.55	5.0	3.6	1.47	0.64	0.172	0.089	0.011	0.009
18	22.99	14.49	30.71	33.58	8.43	8.40	7.44	7.61	5.4	4.6	1.17	1.02	0.120	0.102	0.013	0.013
20	23.79	15.62	31.15	33.46	8.43	8.40	7.41	7.60	3.6	2.4	0.59	0.37	0.097	0.105	0.010	0.011
21	23.66	14.24	30.37	33.68	8.46	8.41	8.06	7.73	4.0	3.0	2.51	0.75	0.124	0.107	0.013	0.012
22	23.17	14.64	30.83	33.59	8.44	8.43	7.67	7.89	3.8	4.0	0.86	0.78	0.096	0.095	0.011	0.011

표 2-1-4. 금오도 주변해역의 2004년 11월 수질 농도 분포

St.	Temp		Sal		pH		DO		SS		COD		TN		TP	
	(°C)										(mg/L)					
NO.	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
5	15.13	15.73	33.28	33.67	8.06	8.31	5.76	5.74	4.6	3.8	0.43	0.41	0.361	0.370	0.028	0.033
7	15.66	15.51	33.62	33.65	8.32	8.21	5.41	5.33	3.2	4.4	0.47	0.44	0.334	0.334	0.035	0.036
8	14.97	15.21	33.34	33.50	8.33	8.26	5.54	5.36	5.4	6.8	0.46	0.33	0.400	0.335	0.036	0.037
11	15.06	15.01	33.43	33.42	8.28	8.34	5.20	5.17	5.6	5.8	0.62	0.41	0.371	0.474	0.040	0.042
12	15.11	15.13	33.44	33.48	8.35	8.35	5.29	5.25	6.0	6.2	0.65	0.44	0.429	0.382	0.038	0.051
14	15.06	15.39	33.36	33.57	8.34	8.31	5.38	5.35	4.0	6.0	0.52	0.46	0.403	0.380	0.035	0.042
15	15.26	15.54	33.44	33.62	8.26	8.28	5.49	5.39	4.2	7.2	0.39	0.52	0.397	0.327	0.036	0.045
17	15.53	15.50	33.61	33.63	8.33	8.34	5.17	5.24	5.2	5.6	0.30	0.36	0.419	0.368	0.041	0.039
18	15.55	15.49	33.65	33.67	8.29	8.30	5.24	5.19	5.6	5.8	0.38	0.46	0.350	0.385	0.045	0.040
20	15.02	15.35	33.24	33.44	8.29	8.33	5.61	5.64	7.0	1.0	0.54	0.33	0.309	0.353	0.034	0.040
21	15.30	16.27	33.42	33.93	8.31	8.32	5.30	5.26	8.2	4.0	0.52	0.54	0.432	0.396	0.041	0.052
22	15.17	16.51	33.28	34.01	8.30	8.30	5.61	5.52	5.8	6.2	0.63	0.41	0.421	0.304	0.041	0.032

표 2-1-5. 금오도 주변해역의 2005년 2월 수질 농도 분포

St.	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	10.15	8.51	34.22	34.09	8.10	8.12	9.91	9.70	5.2	5.6	0.74	0.59	0.207	0.205	0.035	0.040
7	8.38	7.45	34.05	33.96	8.13	8.13	10.19	10.15	2.8	4.0	1.04	0.66	0.210	0.229	0.028	0.029
8	8.60	8.03	34.10	34.08	8.11	8.12	9.94	8.98	3.2	3.2	0.53	0.82	0.231	0.260	0.039	0.034
11	8.49	8.07	34.08	34.06	8.12	8.09	9.94	9.84	6.6	7.8	0.66	0.69	0.315	0.222	0.033	0.036
12	8.47	8.37	34.06	34.10	8.12	8.08	9.80	10.09	4.2	4.6	0.62	0.72	0.213	0.228	0.036	0.043
14	8.92	8.89	34.14	34.16	8.10	8.14	9.83	9.80	4.0	4.4	0.53	0.59	0.216	0.245	0.034	0.036
15	9.04	8.95	34.13	34.16	8.06	8.08	8.83	9.71	4.0	4.6	0.19	0.43	0.250	0.250	0.041	0.034
17	9.18	8.76	34.12	34.13	8.08	8.02	9.56	9.83	3.6	3.8	0.14	0.66	0.214	0.286	0.028	0.031
18	9.19	8.98	34.13	34.14	8.07	8.08	9.72	9.91	3.8	4.4	0.59	0.29	0.192	0.236	0.026	0.031
20	9.40	9.06	34.11	34.13	8.08	8.07	9.59	7.71	3.6	4.6	0.34	0.59	0.236	0.245	0.029	0.036
21	10.26	8.01	34.23	34.03	8.08	8.10	9.55	9.67	2.8	4.0	1.39	0.72	0.223	0.240	0.030	0.033
22	9.59	9.04	34.10	34.14	8.07	8.09	9.49	9.54	2.0	4.2	0.26	0.77	0.239	0.242	0.065	0.038

표 2-1-6. 금오도 주변해역의 2005년 5월 수질 농도 분포

St.	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	17.78	14.90	34.37	34.37	8.29	8.24	9.40	9.35	5.4	8.4	0.51	0.30	0.137	0.187	0.038	0.042
7	18.12	15.28	33.94	34.59	8.20	8.24	8.22	8.08	5.6	7.4	0.14	0.28	0.207	0.219	0.042	0.047
8	17.75	16.67	34.01	34.08	8.24	8.23	8.79	8.02	4.8	5.4	0.67	0.33	0.214	0.240	0.040	0.043
11	18.07	17.21	34.18	33.88	8.17	8.22	8.09	8.32	6.6	5.4	0.60	0.52	0.289	0.251	0.041	0.041
12	18.04	16.78	33.84	34.14	8.22	8.22	8.19	7.84	6.0	6.6	0.99	0.79	0.225	0.280	0.041	0.041
14	19.92	16.40	32.45	34.42	8.23	8.24	8.69	8.21	5.4	5.4	0.35	0.60	0.223	0.180	0.038	0.041
15	18.97	16.10	33.49	34.27	8.27	8.25	9.11	8.06	4.0	6.2	0.84	0.38	0.151	0.299	0.034	0.034
17	17.75	16.16	34.03	34.34	8.29	8.26	9.40	8.12	4.2	5.4	0.84	0.71	0.194	0.172	0.041	0.038
18	18.01	15.79	34.49	34.43	8.31	8.26	9.01	8.28	4.2	4.2	0.84	0.67	0.128	0.191	0.038	0.036
20	17.50	15.77	34.22	34.36	8.27	8.26	8.81	8.53	3.0	3.4	0.55	0.76	0.149	0.171	0.032	0.038
21	17.18	14.91	34.35	34.38	8.25	8.24	8.50	8.21	2.8	6.0	0.75	0.51	0.105	0.162	0.030	0.041
22	18.45	15.11	34.56	34.36	8.33	8.27	9.52	9.17	2.0	1.6	0.25	0.30	0.139	0.131	0.032	0.031

표 2-1-7. 금오도 주변해역에서의 년도별 계절별 해수 수질농도 변화

Parameters	Temp(℃)		Sal		pH		DO (mg/L)		SS (mg/L)		COD (mg/L)		TN (mg/L)		TP (mg/L)		
	Month	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
Sep. 2004	Min.	22.99	14.24	28.55	29.92	8.30	8.31	7.26	6.97	3.00	2.40	0.59	0.37	0.078	0.073	0.009	0.009
	Max.	24.02	23.72	31.40	33.68	8.49	8.43	10.42	8.94	5.40	4.60	2.51	2.24	0.172	0.124	0.015	0.014
	Avg.	23.55	17.88	30.38	32.87	8.41	8.37	7.89	7.80	4.50	3.50	1.38	1.12	0.122	0.105	0.012	0.012
Nov. 2004	Min.	14.97	15.01	33.24	33.42	8.06	8.21	5.17	5.17	3.20	1.00	0.30	0.33	0.309	0.304	0.028	0.032
	Max.	15.66	16.51	33.65	34.01	8.35	8.35	5.76	5.74	8.20	7.20	0.65	0.54	0.432	0.474	0.045	0.052
	Avg.	15.24	15.55	33.43	33.63	8.29	8.30	5.42	5.37	5.40	5.20	0.49	0.43	0.386	0.367	0.038	0.041
Feb. 2005	Min.	8.38	7.45	34.05	33.96	8.06	8.02	8.83	7.71	2.00	3.20	0.14	0.29	0.192	0.205	0.026	0.029
	Max.	10.26	9.06	34.23	34.16	8.13	8.14	10.19	10.15	6.60	7.80	1.39	0.82	0.315	0.286	0.065	0.043
	Avg.	9.14	8.51	34.12	34.10	8.09	8.09	9.70	9.58	3.80	4.60	0.59	0.63	0.229	0.241	0.035	0.035
May 2005	Min.	17.18	14.90	32.45	33.88	8.17	8.22	8.09	7.84	2.00	1.60	0.14	0.28	0.105	0.131	0.030	0.031
	Max.	19.92	17.21	34.56	34.59	8.33	8.27	9.52	9.35	6.60	8.40	0.99	0.79	0.289	0.299	0.042	0.047
	Avg.	18.13	15.92	34.00	34.30	8.26	8.24	8.81	8.35	4.50	5.45	0.61	0.51	0.180	0.207	0.037	0.039

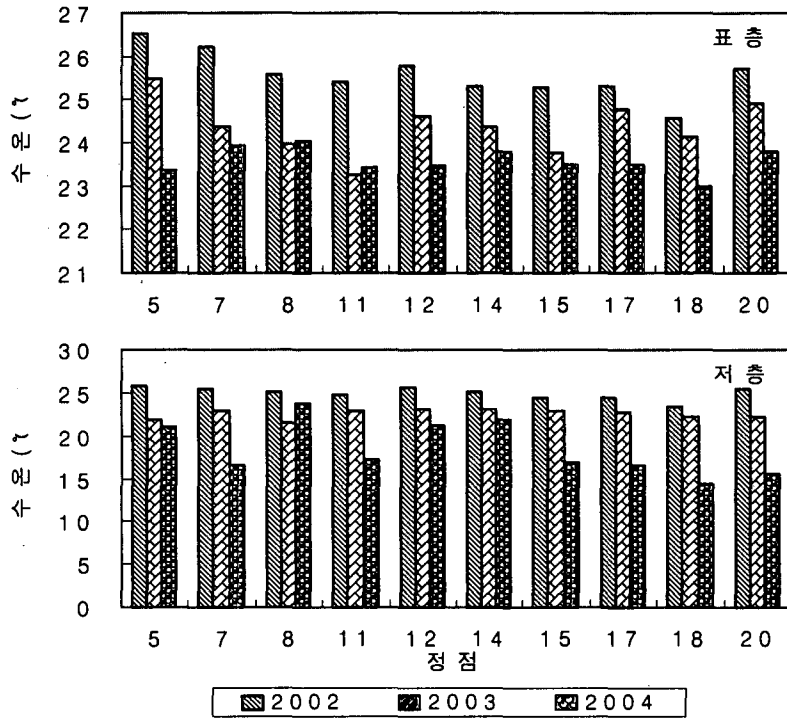


그림 2-1-20. 금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 수은 분포.

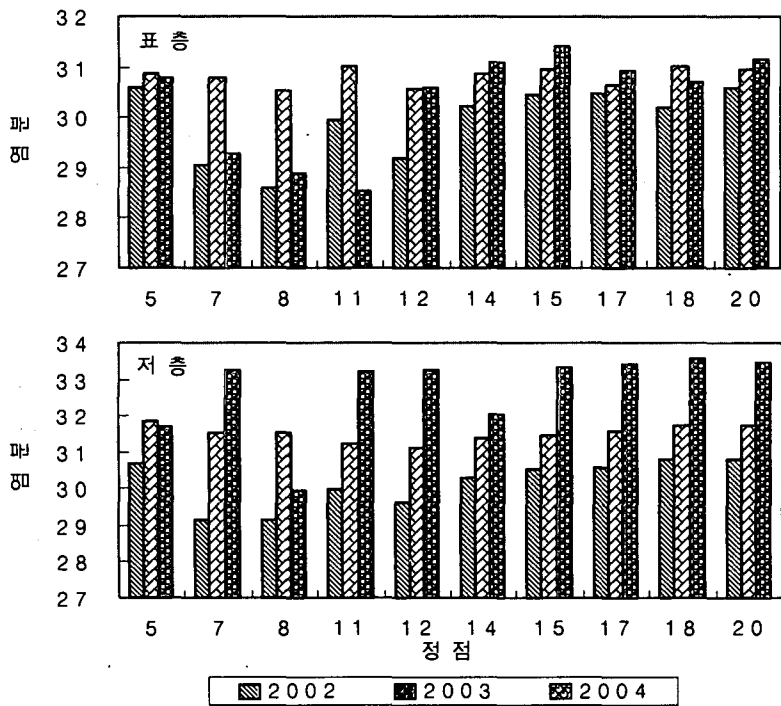


그림 2-1-21. 금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 염분 분포.

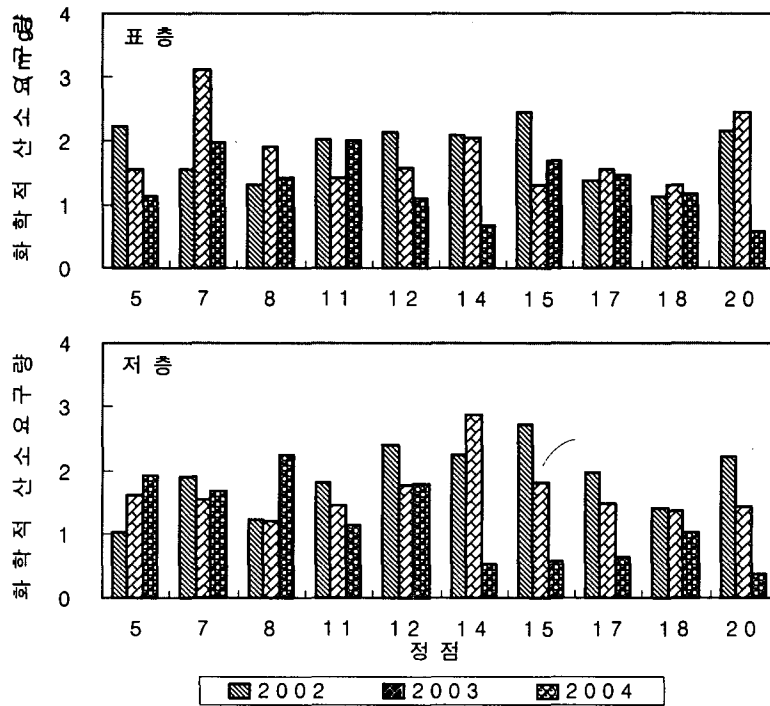


그림 2-1-22. 금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 화학적 산소요구량 분포.

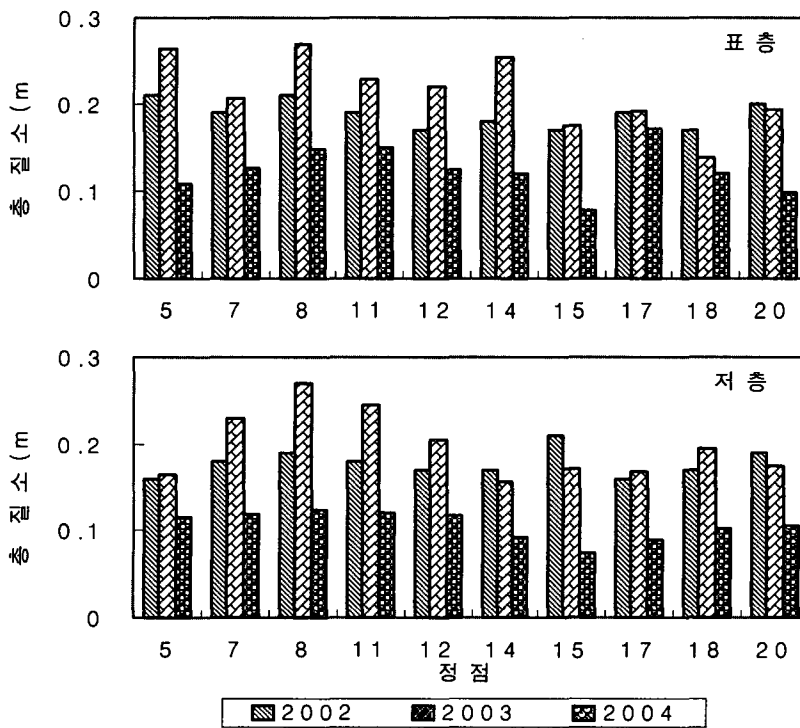


그림 2-1-23. 금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 총 질소 분포.

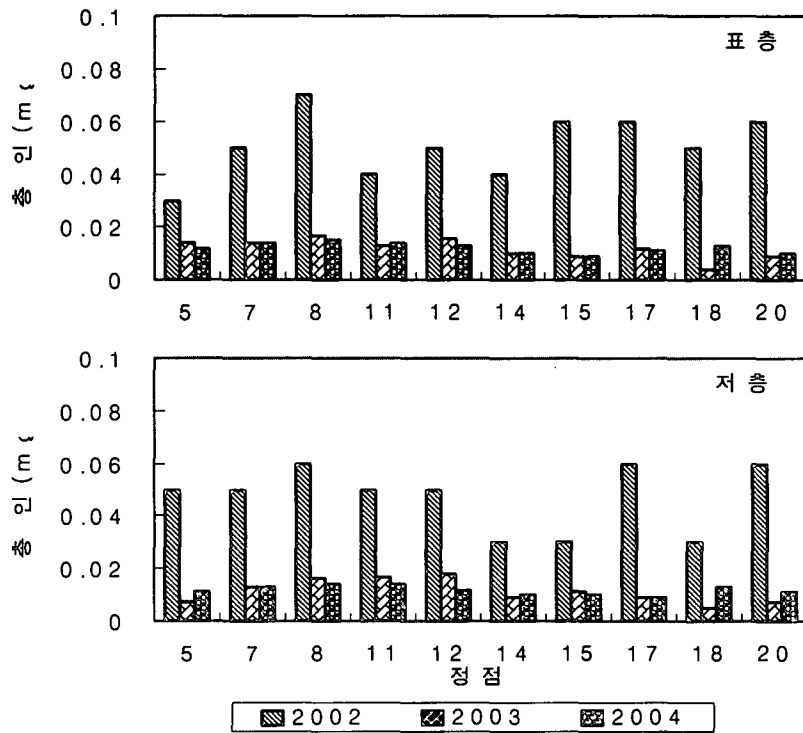


그림 2-1-24. 금오도 주변해역에서의 년도별, 정점별 총인 분포.

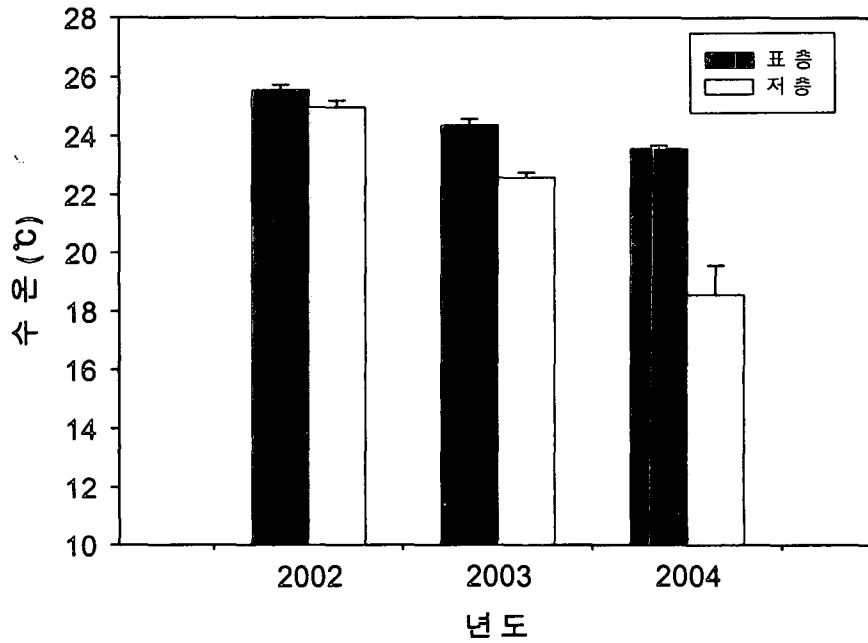


그림 2-1-25. 금오도 주변해역에서의 년도별 수온 분포.

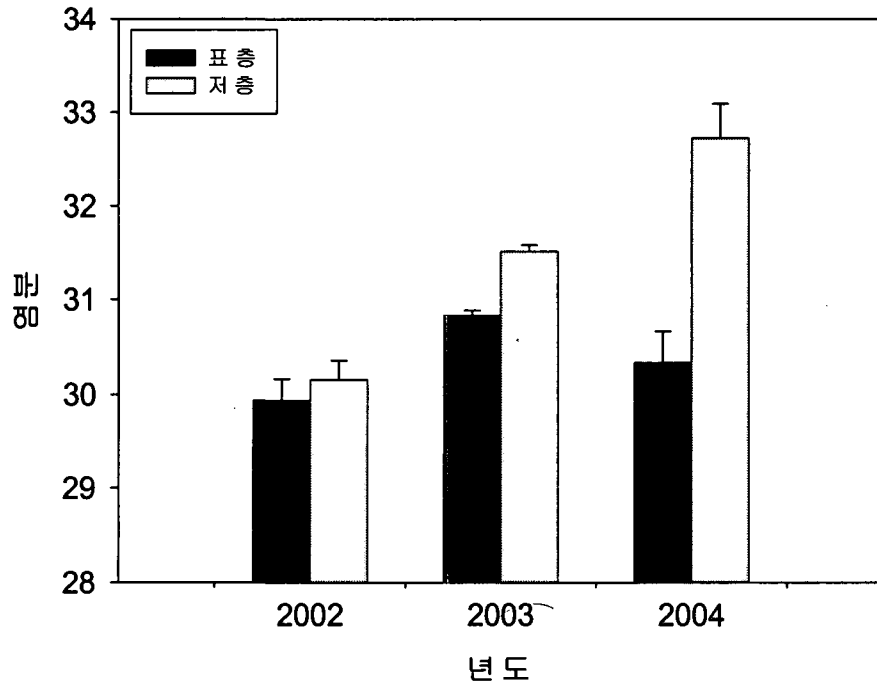


그림 2-1-26. 금오도 주변해역에서의 년도별 염분 분포.

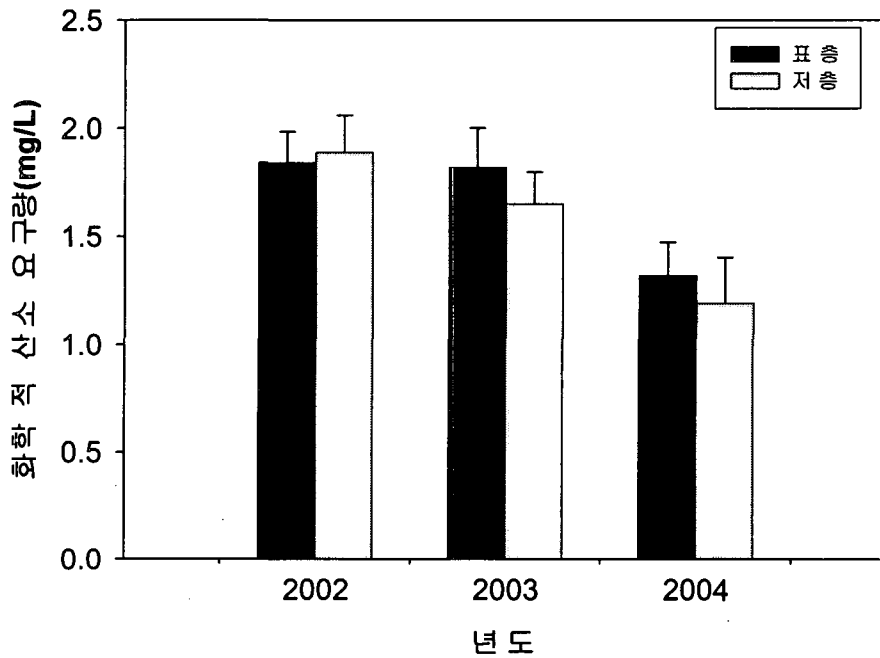


그림 2-1-27. 금오도 주변해역에서의 년도별 화학적 산소요구량.

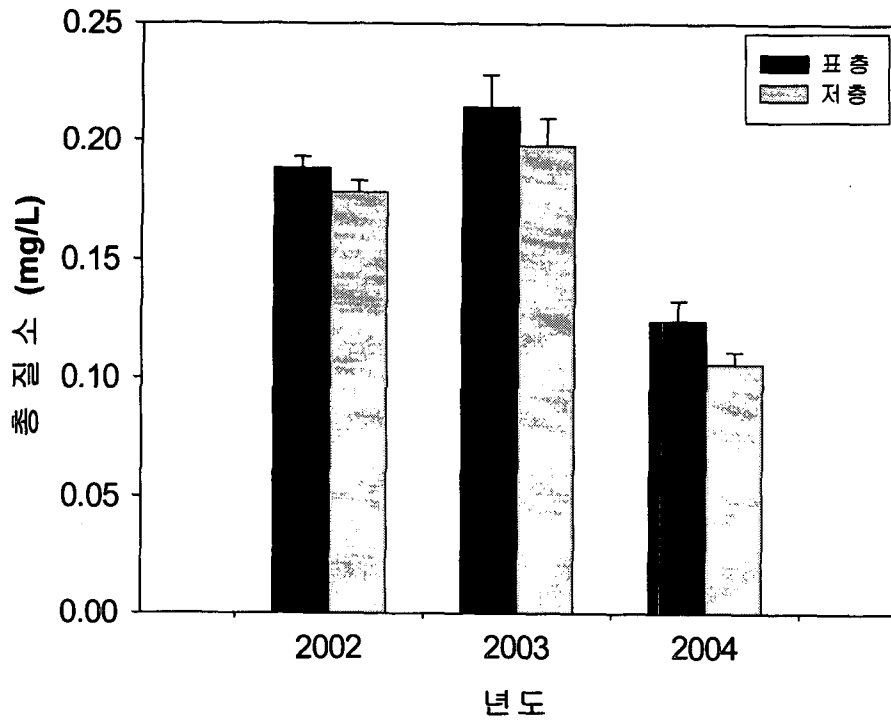


그림 2-1-28. 금오도 주변해역에서의 년도별 총 질소 분포.

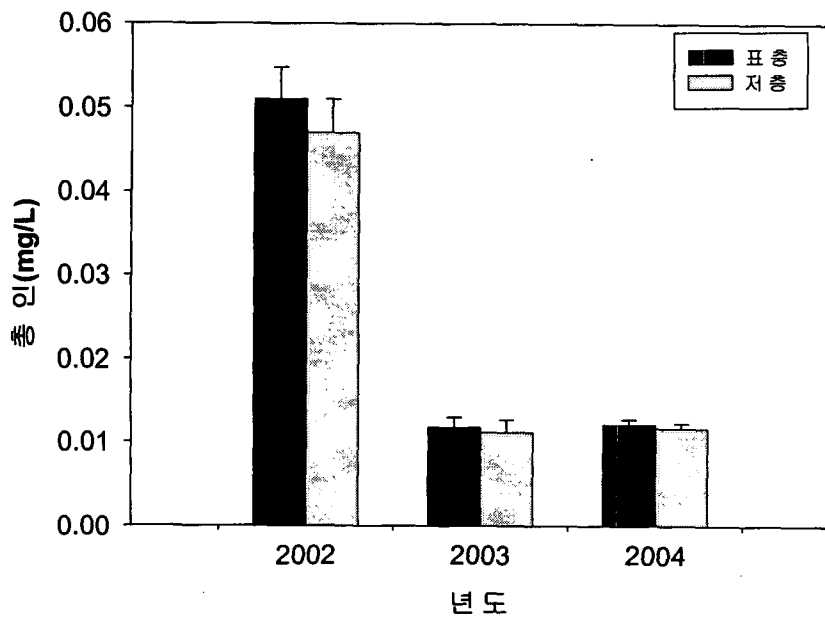


그림 2-1-29. 금오도 주변해역에서의 년도별 총인 분포.

나. 퇴적물환경

퇴적물의 TIL, COD, AVS의 농도를 표 2-1-8~2-1-10과 그림 2-1-30에 나타내었다. 2004년 9월의 경우 TIL의 농도분포를 보면 1.94~7.96%(평균 5.72%)로, 5, 11번 정점에서 다소 높게 나타났다. COD의 농도는 2.61~18.61mg/g·dry wt(평균 8.75mg/g·dry wt)였으며 정점별로는 정점 8, 12에서 높게 나타났으며, 정점 22에서 가장 낮게 나타났다. AVS의 농도는 0.00~0.09mg/g·dry wt(평균 0.03mg/g·dry wt)로서 2002년 8월의 농도와 비슷한 값을 나타냈다. TOC의 농도는 0.11~0.44%(평균 0.32%)이었고, TON의 농도는 0.02~0.07%(평균 0.06%)를 나타내었다. 2004년 11월의 경우 TIL의 농도분포를 보면 3.05~8.55%(평균 6.48%), COD의 농도는 2.38~21.08mg/g·dry wt(평균 12.11mg/g·dry wt)였으며, AVS의 농도는 0.00~0.19mg/g·dry wt(평균 0.05mg/g·dry wt)로 나타났다. TOC의 농도는 0.22~0.48%(평균 0.39%)이었고, TON의 농도는 0.03~0.08%(평균 0.06%)를 나타냈다. 2005년 2월의 경우 TIL의 농도분포를 보면 2.34~7.27%(평균 5.06%), COD의 농도는 7.54~17.61mg/g·dry wt(평균 12.69mg/g·dry wt)였으며, AVS의 농도는 0.00~0.14mg/g·dry wt(평균 0.04mg/g·dry wt)로 나타났다. TOC의 농도는 0.13~0.38%(평균 0.30%)이었고, TON의 농도는 0.02~0.07%(평균 0.05%)를 나타냈다. 2005년 5월의 경우 TIL의 농도 분포를 보면 2.78~13.41%(평균 6.76%), COD의 농도는 2.34~10.78mg/g·dry wt(평균 6.70mg/g·dry wt)였으며, AVS의 농도는 0.00~0.15mg/g·dry wt(평균 0.04mg/g·dry wt)로 나타났다.

표 2-1-8. 금오도 주변해역의 2004년 9월 및 11월 퇴적물 TIL, COD, AVS, TOC, TON의 농도 분포

St. No.	September(2004)					November(2004)				
	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TOC (%)	TON (%)	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TOC (%)	TON (%)
5	7.56	8.60	0.01	0.43	0.07	5.75	17.02	0.00	0.37	0.05
7	7.43	7.73	0.03	0.44	0.06	8.25	8.08	0.00	0.48	0.07
8	6.37	11.36	0.09	0.38	0.07	7.18	18.71	0.19	0.45	0.07
11	7.96	6.88	0.01	0.39	0.07	7.39	12.03	0.08	0.41	0.07
12	6.63	18.61	0.00	0.37	0.07	7.19	18.77	0.08	0.48	0.07
14	4.92	7.72	0.02	0.28	0.04	3.86	9.70	0.03	0.27	0.03
15	4.77	8.53	0.03	0.29	0.04	3.05	8.33	0.01	0.22	0.03
17	6.04	10.27	0.09	0.33	0.06	6.86	21.08	0.17	0.45	0.07
18	6.56	7.97	0.06	0.30	0.07	8.55	15.48	0.01	0.48	0.08
20	5.71	10.69	0.04	0.31	0.06	7.05	8.41	0.00	0.40	0.07
21	2.77	4.07	0.00	0.23	0.03	6.34	5.26	0.00	0.35	0.04
22	1.94	2.61	0.00	0.11	0.02	6.29	2.38	0.00	0.37	0.03

표 2-1-9. 금오도 주변해역의 2005 2월 및 5월 퇴적물 TIL, COD, AVS, TOC, TON의 농도 분포

St. No.	February(2005)					May(2005)		
	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TOC (%)	TON (%)	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
5	5.49	12.19	0.00	0.34	0.06	7.50	7.02	0.01
7	6.35	15.51	0.44	0.35	0.06	6.22	7.38	0.08
8	4.35	11.45	0.07	0.30	0.04	13.41	8.85	0.01
11	4.77	11.59	0.00	0.29	0.05	6.94	3.17	0.00
12	5.21	10.35	0.04	0.33	0.05	5.72	9.62	0.10
14	3.97	9.55	0.01	0.27	0.04	5.89	7.89	0.02
15	3.82	12.97	0.14	0.25	0.04	2.78	4.17	0.02
17	5.47	16.50	0.03	0.27	0.05	7.03	10.78	0.15
18	7.27	16.17	0.08	0.38	0.07	7.94	5.07	0.01
20	6.11	17.61	0.02	0.37	0.06	8.06	10.70	0.02
21	5.60	10.81	0.02	0.30	0.06	2.78	2.34	0.00
22	2.34	7.54	0.00	0.13	0.02	6.88	3.46	0.01

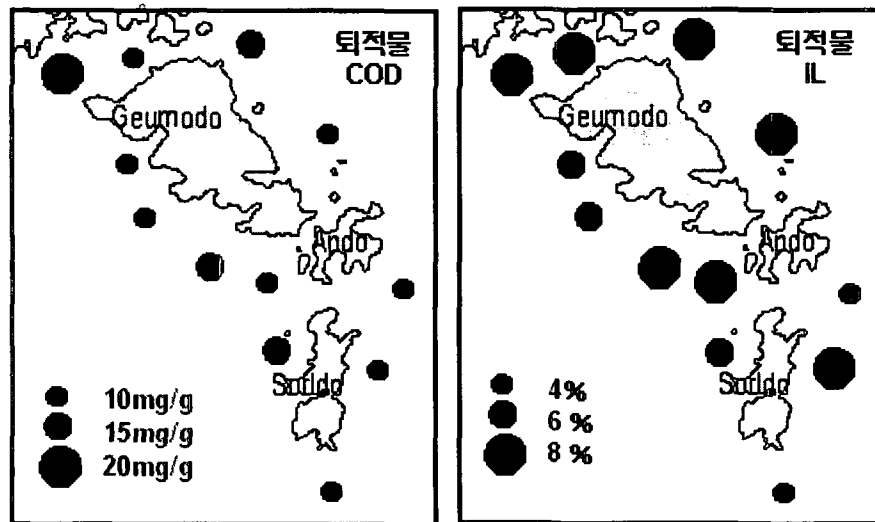


그림 2-1-30. 금오도 주변 해역에서 표층퇴적물의 TIL, COD의 분포

표 2-1-10. 금오도 주변해역에서의 년도별 계절별 퇴적물 농도 변화

Parameters		TIL	COD	AVS	TOC	TON
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	-	-
Sep. 2004	Min.	1.94	2.61	0.00	0.11	0.02
	Max.	7.96	18.61	0.09	0.44	0.07
	Avg.	5.72	8.75	0.03	0.32	0.06
Nov. 2004	Min.	3.05	2.38	0.00	0.22	0.03
	Max.	8.55	21.08	0.19	0.48	0.08
	Avg.	6.48	12.11	0.05	0.39	0.06
Feb. 2005	Min.	2.34	7.54	0.00	0.13	0.02
	Max.	7.27	17.61	0.14	0.38	0.07
	Avg.	5.06	12.69	0.04	0.30	0.05
May 2005	Min.	2.78	2.34	0.00	-	-
	Max.	13.41	10.78	0.15	-	-
	Avg.	6.76	6.70	0.04	-	-

다. 해저지형

2005년도 조사에서 얻어진 멀티빔 수심자료와 2003년도 조사에서 얻어진 구몽암과 소부도지역의 수심자료를 통합하여 사용하였고 육상지형 수치자료를 함께 처리하여 도면화 작업을 실시하였다. 조석보정은 국립해양조사원의 자료를 사용하여 보정하였다. 그림 2-1-31은 안도 주변해역의 등수심도를 나타낸 것이며, 그림 2-1-32~33은 3차원 해저지형으로 표현한 것이다. 안도 주변해역 중 안도와 소리도사이의 신강수도는 동-서를 연결하는 수로로써 조류가 강하고 조사구역에서 가장 깊은 수심을 보이며 최대 깊이는 소리도 북서쪽에서 약 53m로 나타난다. 이 신강수도는 강한조류와 큰 파도에너지에 의해 해저면 침식이 많이 되어 구몽암에서 신강수도를 지나는 해저면 중심에 깊은 해저골이 형성되어 있다. 수심은 대체로 섬 주변으로 가면서 점차 얕아지다가 섬 가까이에서 급한 경사면을 이루면서 육지로 이어진다. 섬들은 파도에 의한 침식을 많이 겪어서 가파른 경사면으로 둘러 쌓여있다. 지역적으로는 안도 북쪽은 작은 섬들이 분포하며 수심이 다른 지역에 비해 얕은 20~30m 사이의 분포를 보이고 안도 서남쪽으로 가면서는 수심이 40m 이상 깊

어지며 남해 먼 바다와 이어진다. 특히 금오도와 안도사이의 해저지형은 10~20m 정도의 얕은 수심지형을 보이고 있으며 이 지역에 양식장들이 많이 분포하고 있다. 해저면 영상 조사는 소리도 북서 해역에서 실시하였으며 구몽암 주변해역은 2003년에 이미 조사가 수행되었다. 그림 2-1-34은 해저면 영상조사 축선이고 그림 2-1-35~40은 해저면 영상조사 이미지중 특징적인 것을 보여주는 것이다. 그림 2-1-35는 소리도에서 북쪽으로 연장되어 나온 암반의 모습인데 부서진 암석 등 암반으로부터 흘러내려온 테일러스가 보인다. 이것은 신강수도지역의 강한 조류와 거센 파도에 의한 침식의 결과로 보인다. 그림 2-1-37은 신강수도의 강한 조류에 의한 니질 퇴적물에 연흔구조가 선명하게 보이는 이미지이다. 이 연흔구조는 안도 남서쪽의 지형과 거의 평행한 방향을 이루고 있는데 신강수도의 조류와 파도가 이 안도 남쪽지형과 만나면서 연흔구조의 방향으로 흐른다는 것을 유추해 볼 수 있다. 그림 2-1-36, 2-1-38, 2-1-39, 2-1-40는 기 설치된 인공어초의 모습인데 신강수도의 서쪽에 많이 분포하고 있다. 특히 그림 2-1-38~40은 인공어초의 군락을 형성하고 있으며 대부분의 인공어초들은 니질 퇴적물위에 설치된 것으로 판단된다.

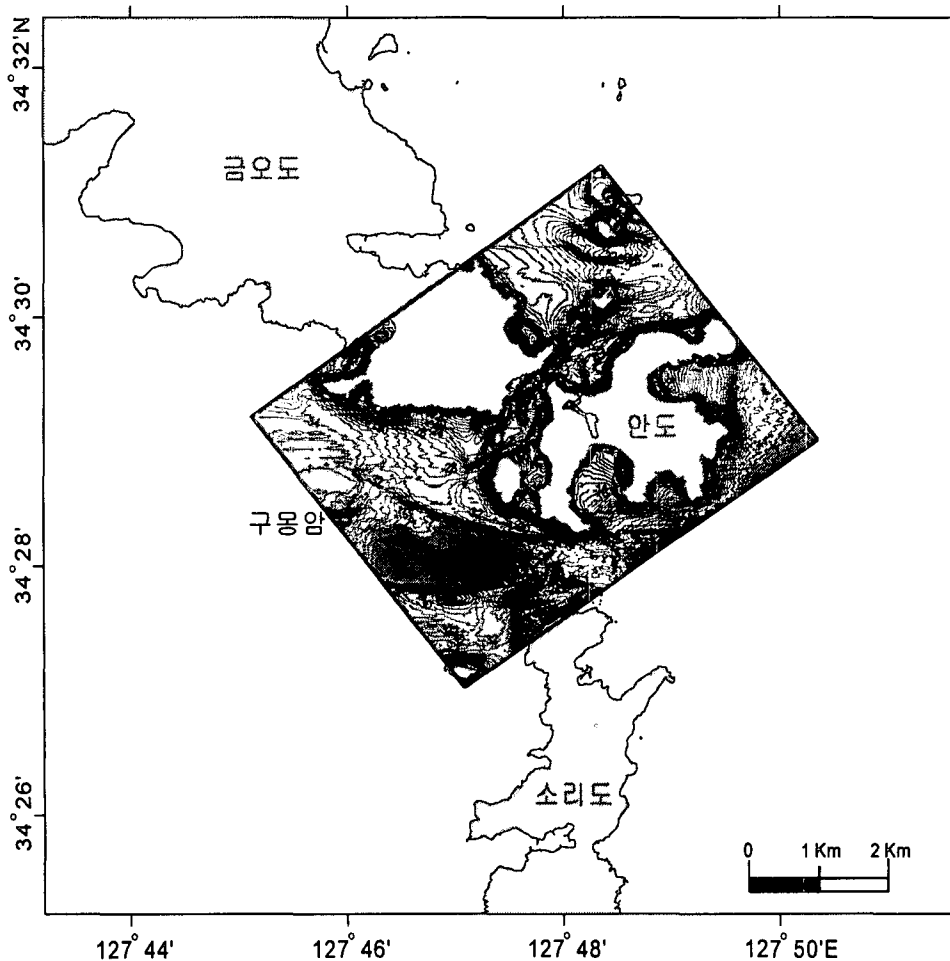


그림 2-1-31. 안도 주변해역 2차원 해저지형 분포도.

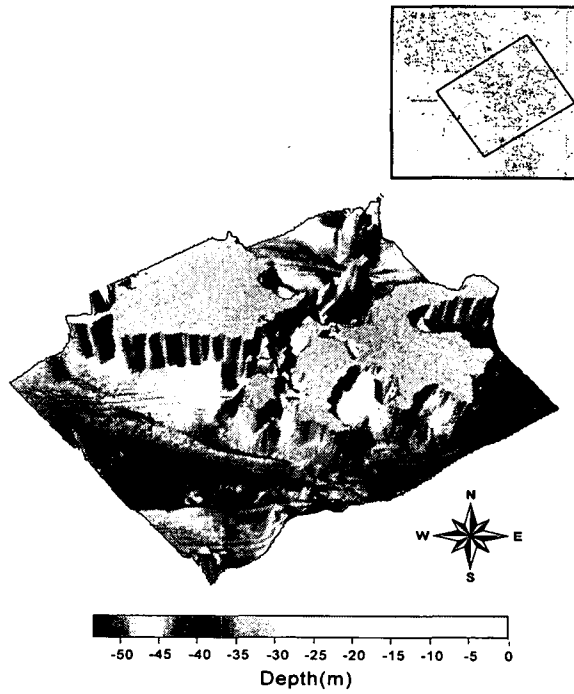


그림 2-1-32. 안도 주변해역 3차원 해저지형도(남쪽에서 본 모습).

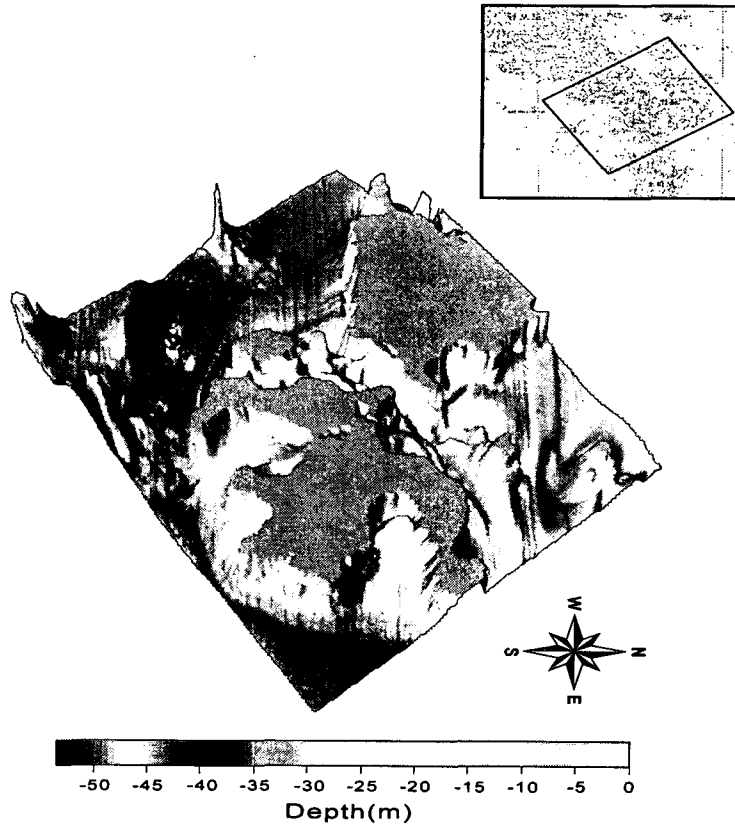


그림 2-1-33. 안도 주변해역 3차원 해저지형도(동쪽에서 본 모습).

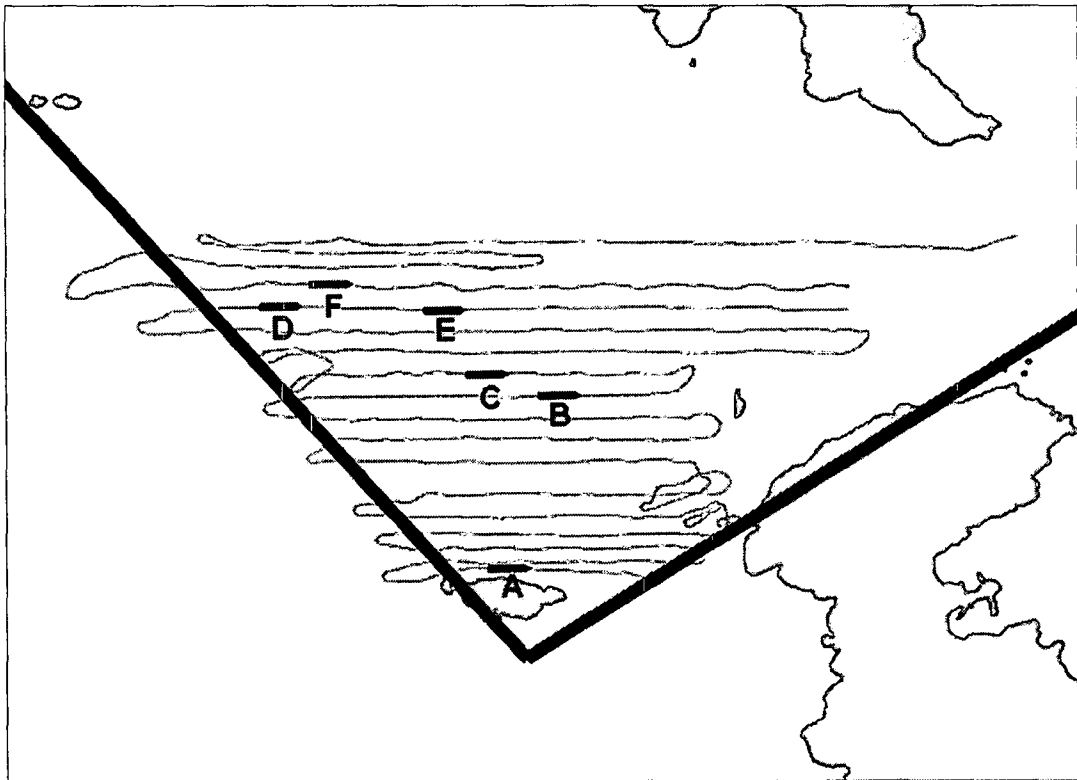
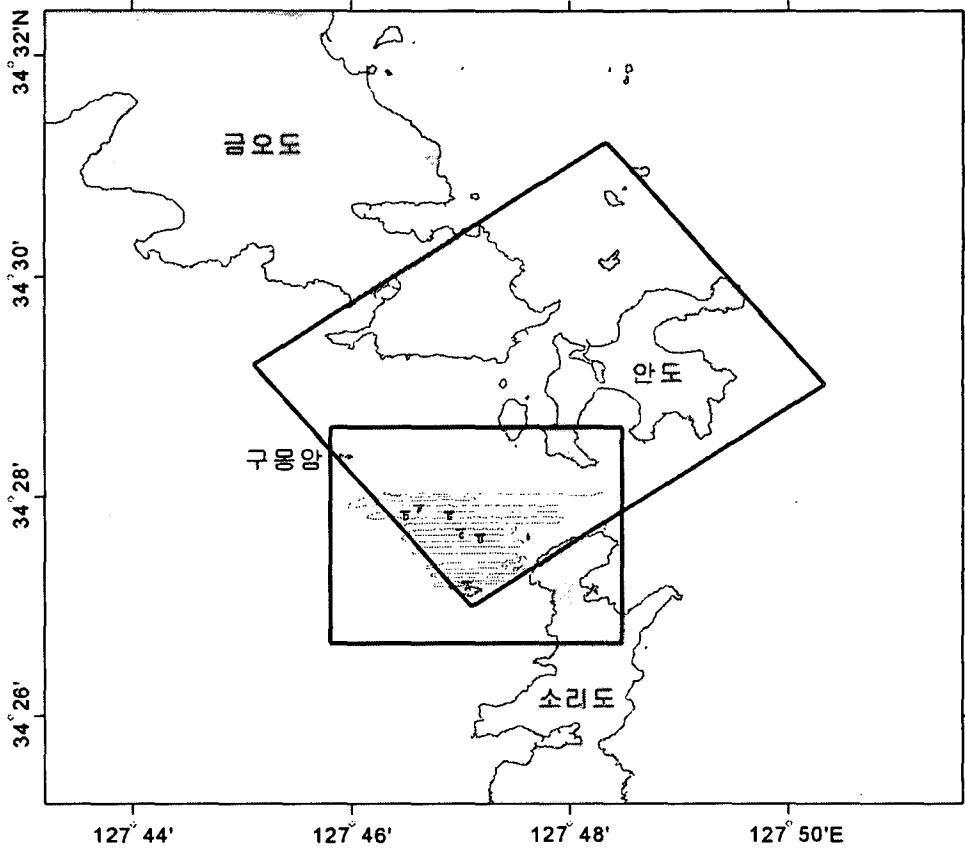


그림 2-1-34. 안도 주변해역 해저면 영상조사 측선도.

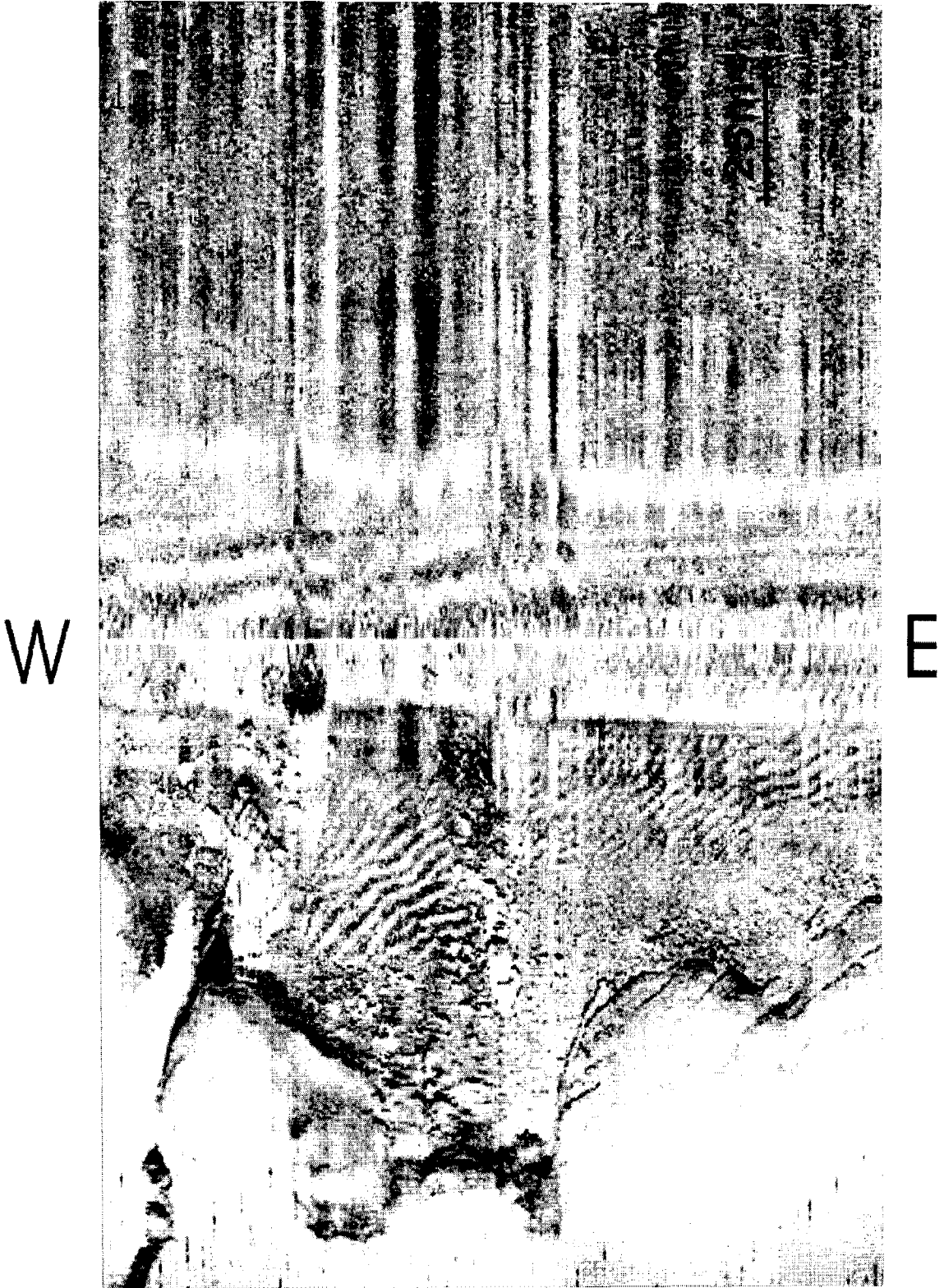


그림 2-1-35. 조사구역 A 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

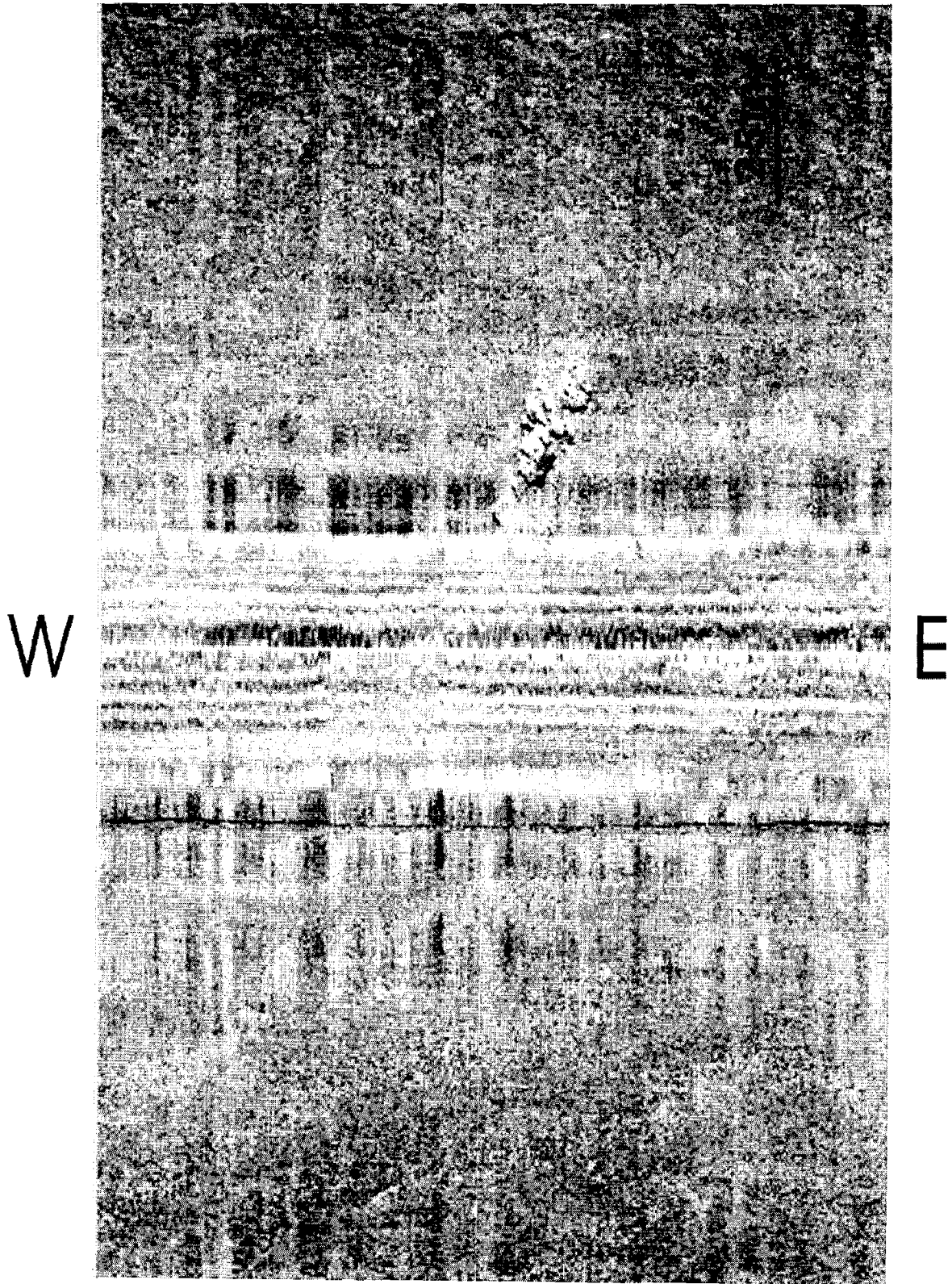


그림 2-1-36. 조사구역 B 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

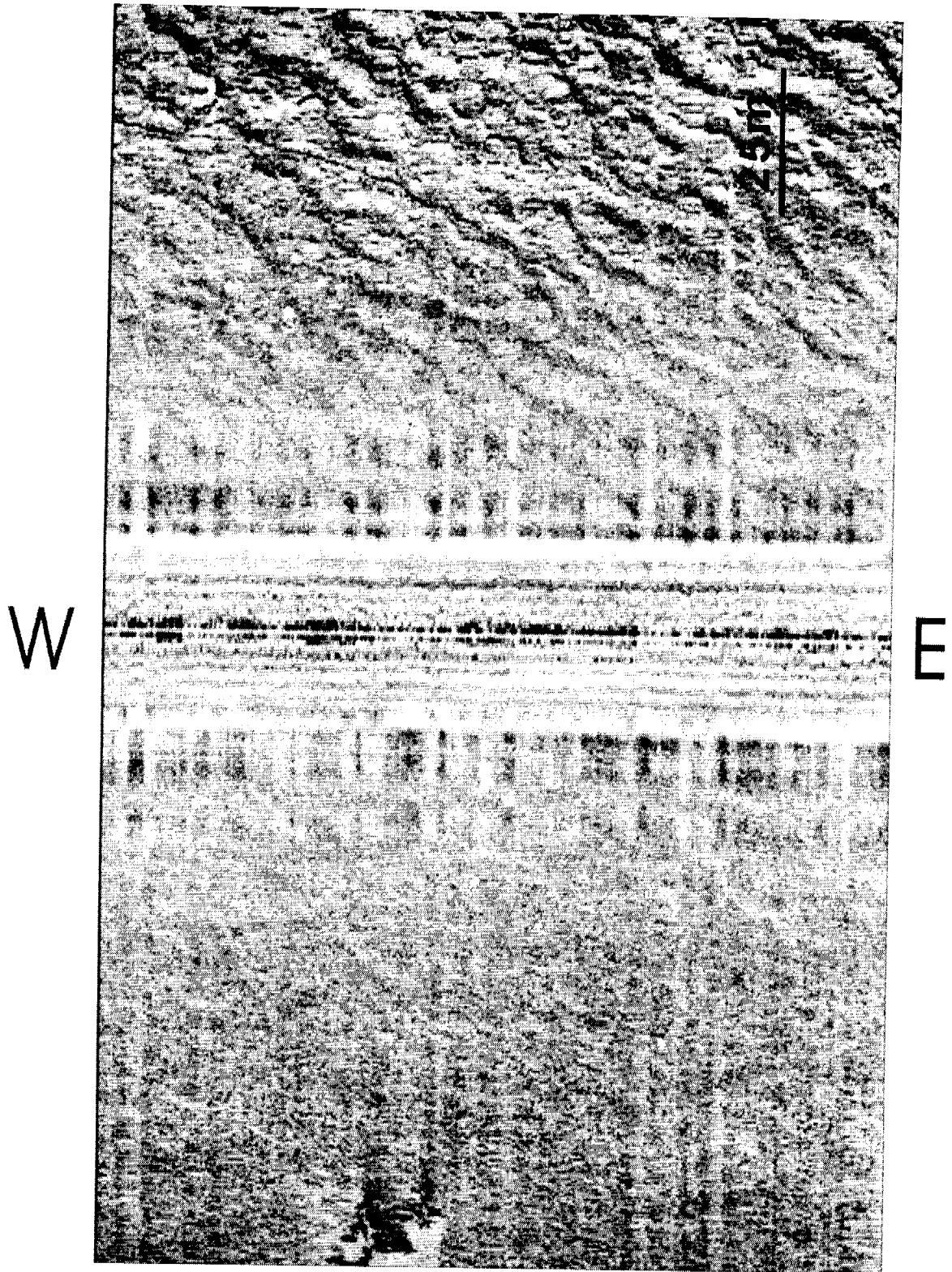


그림 2-1-37. 조사구역 C 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

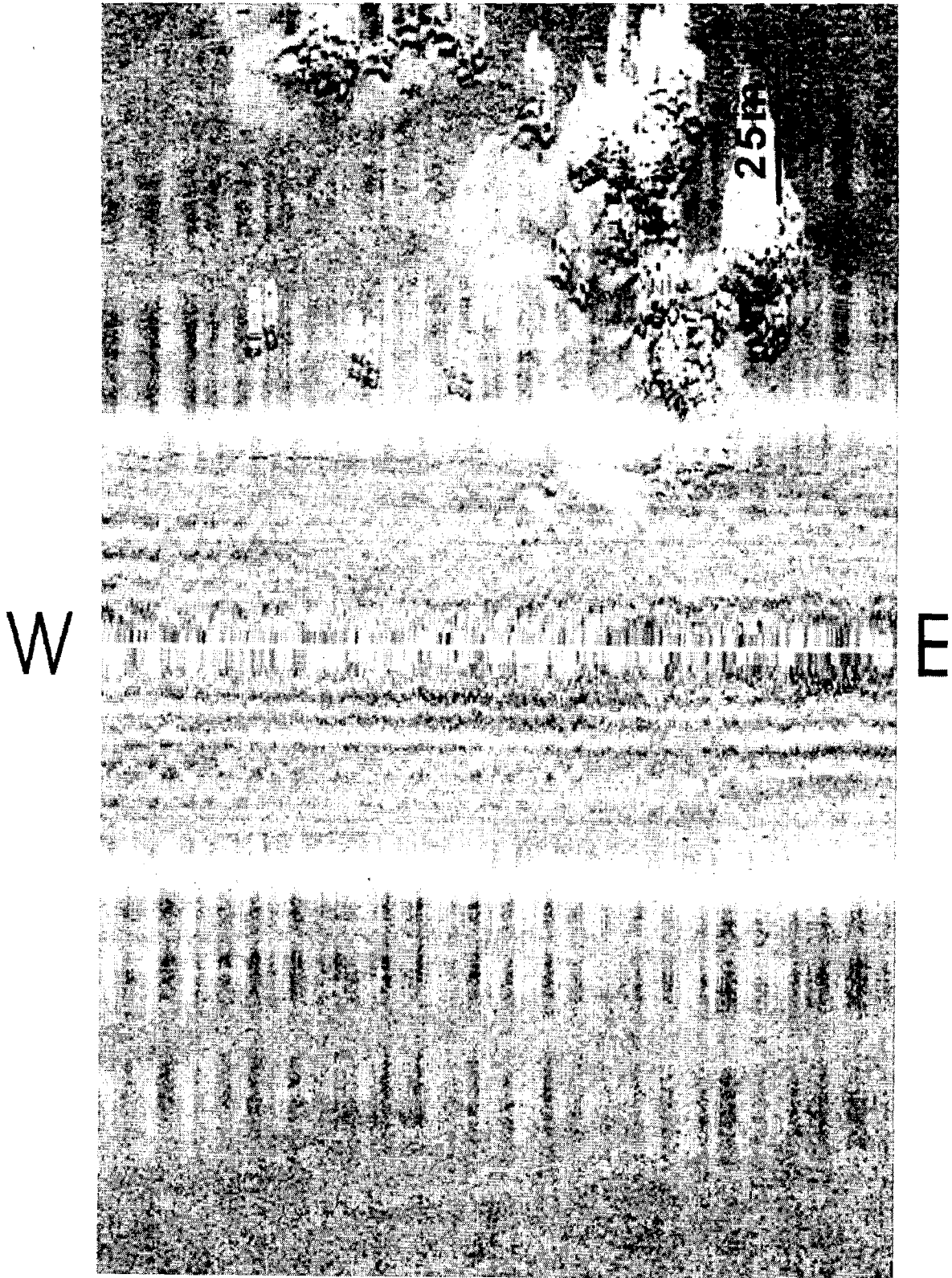


그림 2-1-38. 조사구역 D 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

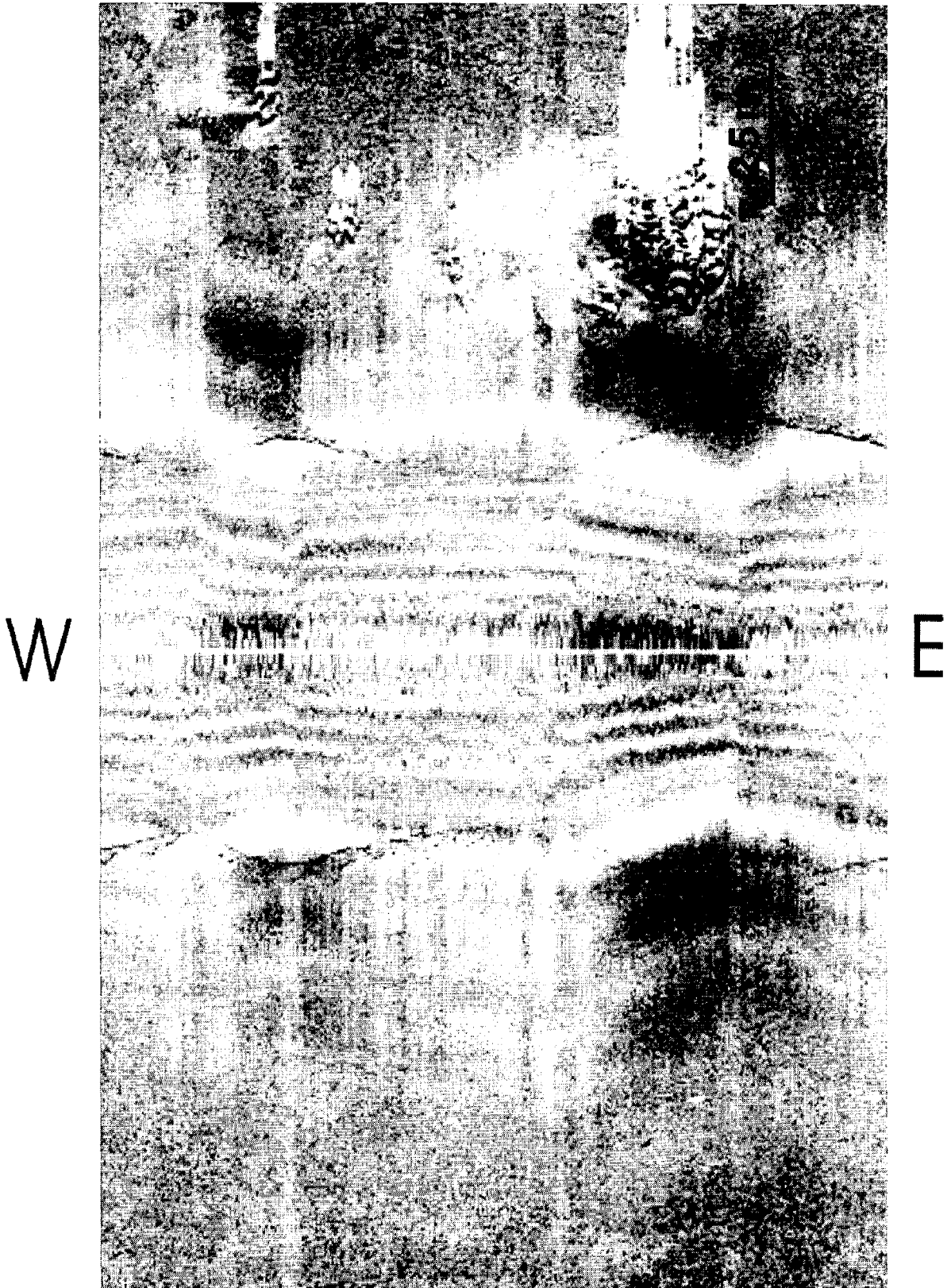


그림 2-1-39. 조사구역 E 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

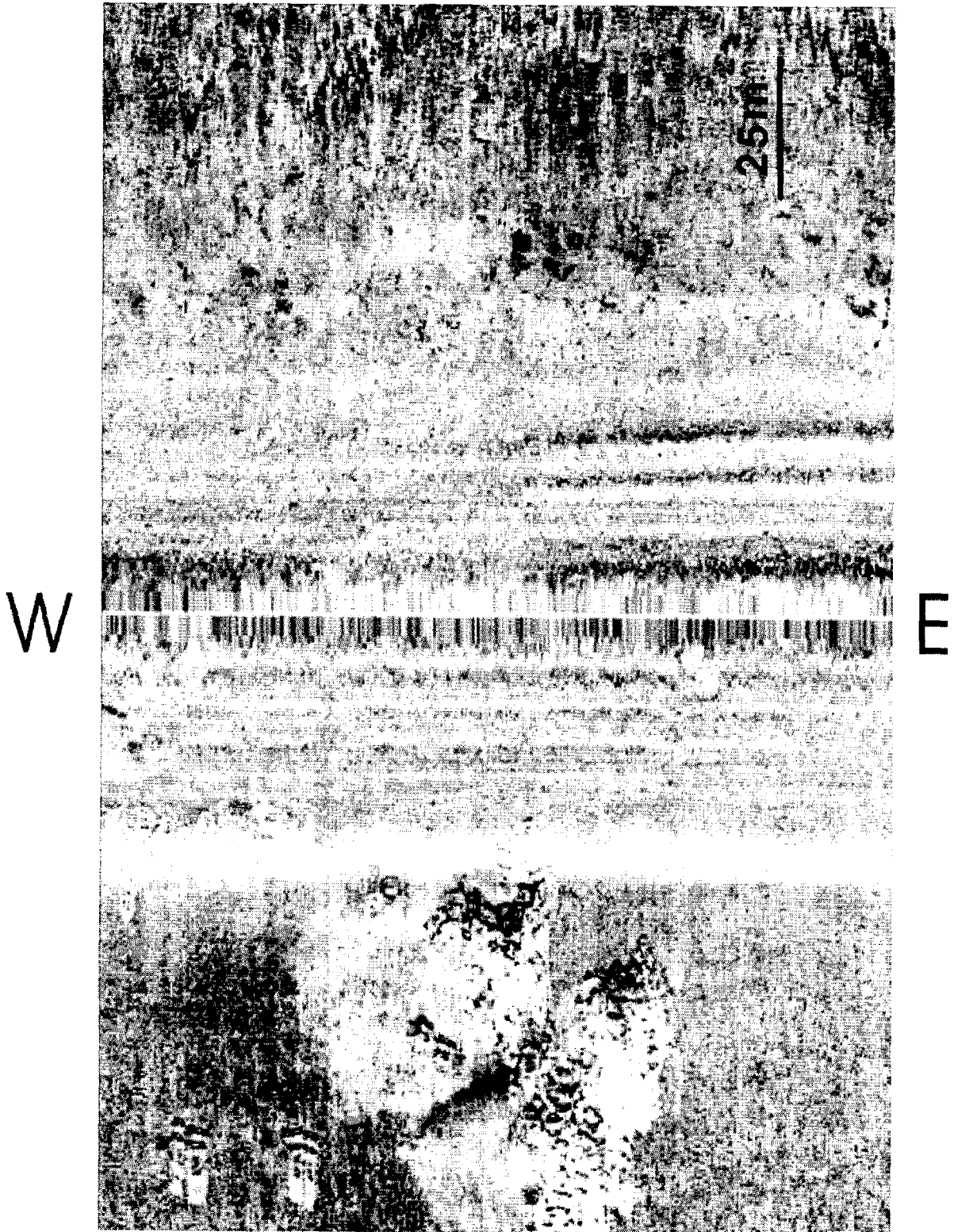


그림 2-1-40. 조사구역 F 측선에서의 Side-Scan 영상(측선위치는 그림 2-1-33).

라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성

(1) 표층퇴적물

(가) 입도특성 및 분포

3차년도에 수행된 안도 및 금오도 주변 해역에서는 입도분석결과 다양한 입경을 가지는 퇴적물이 분포하는 것으로 나타났다. 표층퇴적물은 역질 퇴적물(-3.5phi)과 세립질의 니질 퇴적물(6~8phi)이 주를 이루고 있다(그림 2-1-41). 표층퇴적물에 대한 입도분석 결과를 표 2-1-11에 표시하였다.

입도분석 결과 나타난 퇴적상별로 연구지역을 표시해본 결과 그림 2-1-42와 같이 3차년도에 수행된 연구지역에서 4개의 퇴적상으로 구분할 수 있었다. 공간적으로 금오도와 안도의 왼쪽 연안지역에서는 역질 퇴적물인 gravel이 우세하게 나타나고 있다. 금오도와 안도의 오른쪽 지역에서는 mud질 퇴적물이 우세하게 나타나고 있으며 연안쪽에서는 역질이 함유된 니질퇴적물이 주를 이루고 있다. 소리도 지역에 가까울수록 조립질 퇴적물이 우선적으로 분포하고 있으며 금오도 지역에서는 니질 퇴적물이 주를 이루고 있다(그림 2-1-41~43).

(나) 유기탄소 및 탄산염

표층퇴적물에 대한 유기물을 분석한 결과 퇴적물중 전탄소(TC), 전유기탄소(TOC) 및 탄산염 함량을 알 수 있었다(표 2-1-12).

일부 역질 퇴적물에는 탄산염 및 유기물함량이 분석되지 못했으나 그 외 다른 시료에서는 유기탄소 및 탄산염 함량이 분석되었으며 그림 2-1-44~47에 나타난 바와 같이 표층퇴적물에 포함된 각각의 요소들이 명확하게 변화하고 있는 것으로 나타났다.

전탄소 함량은 대부분 퇴적물에 포함된 패각편의 영향을 받고 있는 것으로 생각된다. 그림 2-1-44에 나타난 바와 같이 대부분이 1% 전후의 값을 보이고 있으나 일부 시료에서는 8~9% 값을 보이고 있다(표 2-1-12). 전탄소가 많이 나타나는 지역은 금오도와 안도사이의 연안역이며 이들 지역은 조립질 퇴적물이 분포하는 지역과 일치하고 있다.

전 유기탄소(TOC) 함량은 조사지역에서 뚜렷한 경향을 보이고 있지 않다. 금오도와 안도사이의 우측해역에서 다소 높아지는 경향이 있기는 하나 전체적으로 1% 전후의 값을 보이고 있으며 조립질 퇴적물에서는 다소 낮아지는 경향도 보인다(그림 2-1-45). 전탄소와 전 유기탄소의 함량차이로 표현되는 탄산염 함량은 그림 2-1-46에 나타난 바와 같이 금오도와 안도의 연안역에서 높게 나타나고 있다. 비교적 외해쪽에서보다 연안역에서 많이 나타나는 현상은 일부 패각편을 다량으로 함유한 퇴적물이 포함되어있기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 사실은 전탄소의 공간적 분포형태와 유사하다는 점에서 그 특징을 찾을 수 있다.

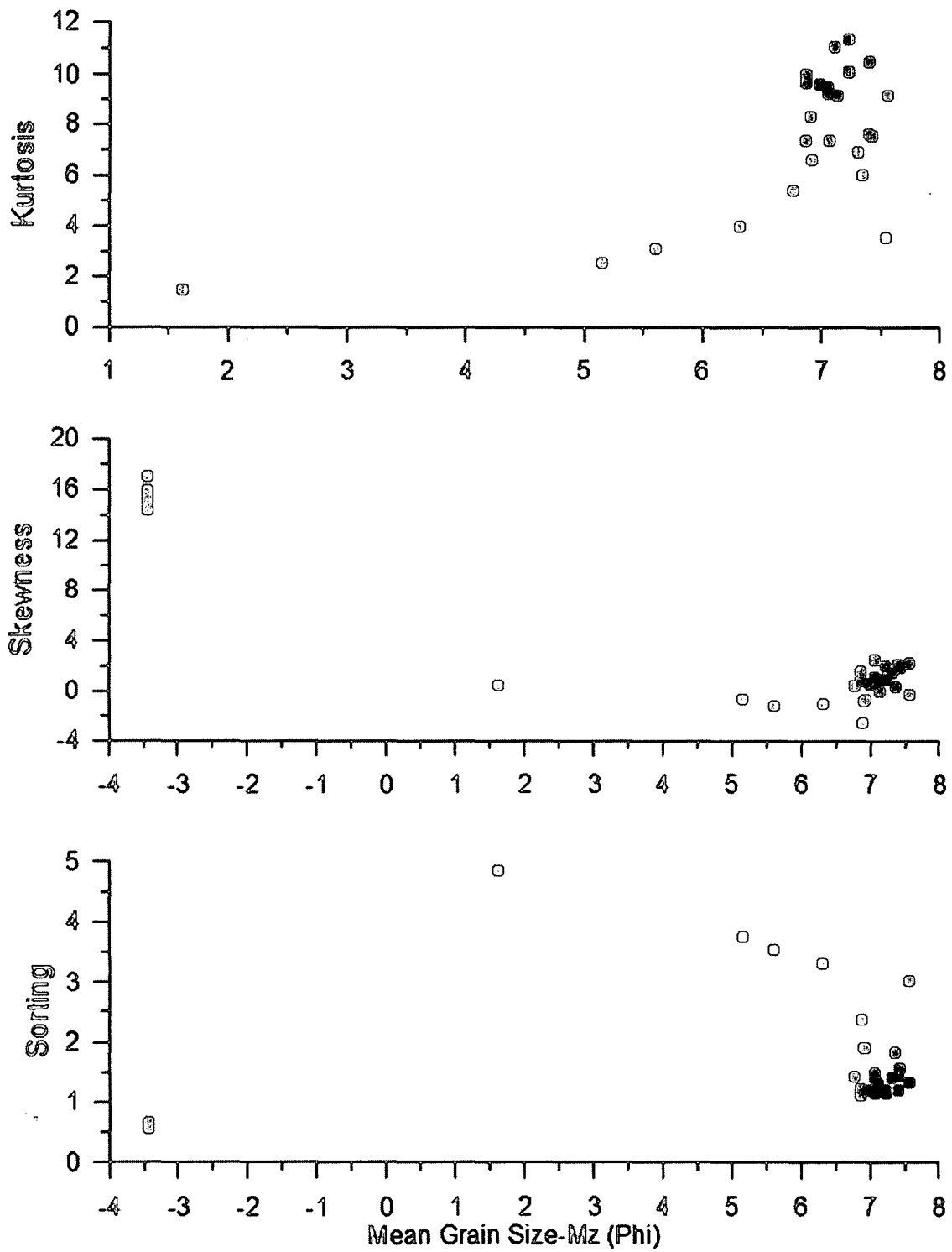


그림 2-1-41. 입도분석 결과. 표층퇴적물은 역질 퇴적물과 니질 퇴적물의 두 그룹으로 대별된다.

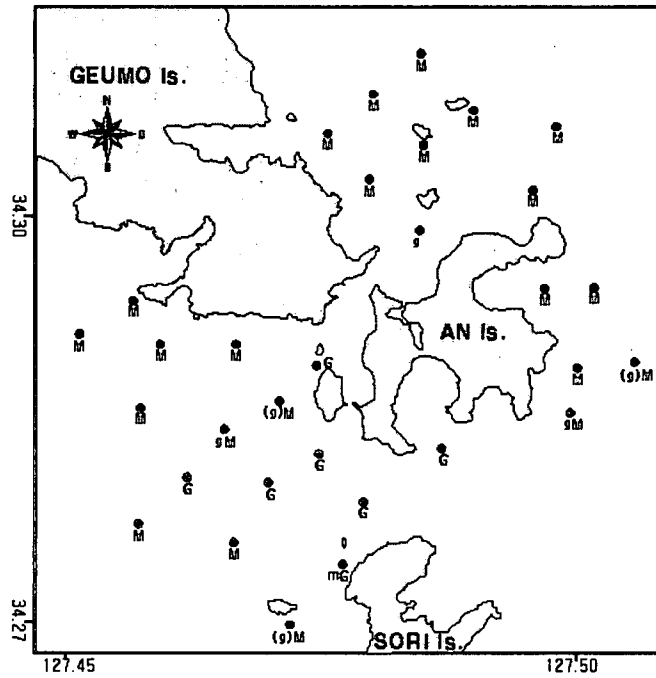


그림 2-1-42. 연구지역에 대한 퇴적상. 4개의 주요 퇴적상이 인식되었다: 니질, 역질, 역니질, 니역질

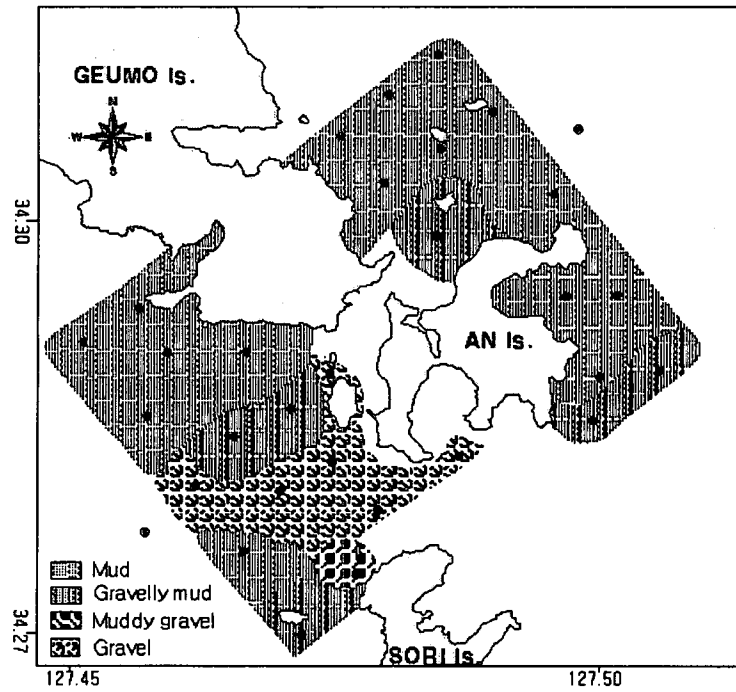


그림 2-1-43. 연구지역의 퇴적상 분포도.

표 2-1-11. 표층 퇴적물 입도분석 결과

정점	Textural Composition (%)				Sedi. Type	Mz(Phi)	Kurt	St. De.
	Gra.	Sand	Silt	Clay				
MC05-1		0.76	94.07	5.17	M	6.86	10	1.14
MC05-2		4.9	85.28	9.82	M	6.76	5.44	1.43
MC05-3			92.25	7.75	M	7.05	9.49	1.49
MC05-4		7.24	81.05	11.71	M	6.92	6.64	1.92
MC05-5	99.2	0.5	0.22	0.08	G	-3.44	246.68	0.69
MC05-6	4.15	4.53	72.95	18.37	(g)M	6.87	9.67	2.39
MC05-7	11.04	17.94	59.66	11.36	gM	5.15	2.53	3.77
MC05-8			82.81	17.19	M	7.4	7.59	1.45
MC05-9	99.3	0.5	0.13	0.07	G	-3.45	299.14	0.62
MC05-10	99.2	0.6	0.13	0.07	G	-3.45	283.56	0.63
MC05-11	99.3	0.5	0.13	0.07	G	-3.45	304.39	0.62
MC05-12		0.8	90.48	8.72	M	6.86	7.36	1.24
MC05-13	0.91	8.28	59.05	31.76	(g)M	7.55	3.57	3.04
MC05-14	50.08	11.22	30.35	8.35	mG	1.62	1.49	4.86
MC05-15	99.3	0.41	0.22	0.07	G	-3.45	270.67	0.65
MC05-16								
MC05-17	99.4	0.41	0.13	0.06	G	-3.45	345.58	0.58
MC05-18	10.97	13.53	59.19	16.31	gM	5.6	3.1	3.56
MC05-19		4.48	79.49	16.04	M	7.34	6.06	1.84
MC05-20	0.91	4.12	80.87	14.1	(g)M	6.9	8.31	1.9
MC05-21		2.18	92.88	4.94	M	7.11	11.08	1.31
MC05-22		1.15	91.19	7.65	M	7.22	11.36	1.22
MC05-23		0.23	87.44	12.33	M	7.39	10.52	1.22
MC05-24	7.22	9.21	60.6	22.97	gM	6.31	3.99	3.33
MC05-25		1.97	92.56	5.47	M	6.98	9.63	1.22
MC05-26			87.92	12.08	M	7.56	9.19	1.34
MC05-27		0.48	84.98	14.54	M	7.42	7.54	1.56
MC05-28		0.6	83.35	16.05	M	7.3	6.93	1.41
MC05-29		1.65	91.75	6.6	M	7.13	9.19	1.17
MC05-30		1.33	87.45	11.22	M	7.06	7.39	1.41
MC05-31			90.43	9.57	M	7.22	10.11	1.15
MC05-32		0.88	91.87	7.25	M	7.05	9.27	1.16

표 2-1-12. 표층퇴적물에 유기물 분석결과

St. No.	TC (%)	TOC (%)	TN (%)	CaCO ₃ (%)	C/N ratio	H ₂ S (ppm)
MC05-1	1.44	0.91	0.13	4.43	6.93	101.4
MC05-2	1.54	0.86	0.12	5.65	7.46	74.6
MC05-3	1.41	0.89	0.15	4.31	6.12	63.8
MC05-4	3.23	0.90	0.12	19.41	7.81	99.7
MC05-5						-
MC05-6	5.31	0.862	0.10	37.01	8.44	88.0
MC05-7	8.41	0.460	0.10	66.21	4.70	4.8
MC05-8	1.40	0.989	0.13	3.46	7.56	77.4
MC05-9						-
MC05-10						-
MC05-11						-
MC05-12	1.23	0.80	0.11	3.58	7.42	15.2
MC05-13	8.30	2.77	0.10	46.09	28.80	16.7
MC05-14	8.86	1.59	0.08	60.58	20.15	0.5
MC05-15						-
MC05-16						-
MC05-17						-
MC05-18	9.70	1.80	0.08	65.78	21.69	6.3
MC05-19	3.10	0.91	0.12	18.29	7.66	87.9
MC05-20	2.73	1.00	0.20	14.40	5.00	62.9
MC05-21	1.75	1.09	0.19	5.54	5.80	172.0
MC05-22	1.68	1.00	0.18	5.72	5.50	32.1
MC05-23	1.69	1.10	0.19	4.88	5.81	58.6
MC05-24	8.19	3.54	0.11	38.71	31.39	3.7
MC05-25	1.72	0.91	0.14	6.77	6.59	10.1
MC05-26	1.63	1.07	0.16	4.65	6.72	116.6
MC05-27	1.68	1.04	0.14	5.31	7.19	48.8
MC05-28	1.63	1.12	0.16	4.24	7.14	
MC05-29	1.81	0.94	0.12	7.27	7.70	27.4
MC05-30	1.73	0.96	0.14	6.40	6.92	98.4
MC05-31	1.39	0.87	0.14	4.35	6.33	131.7
MC05-32	1.61	1.00	0.13	5.12	7.50	232.5

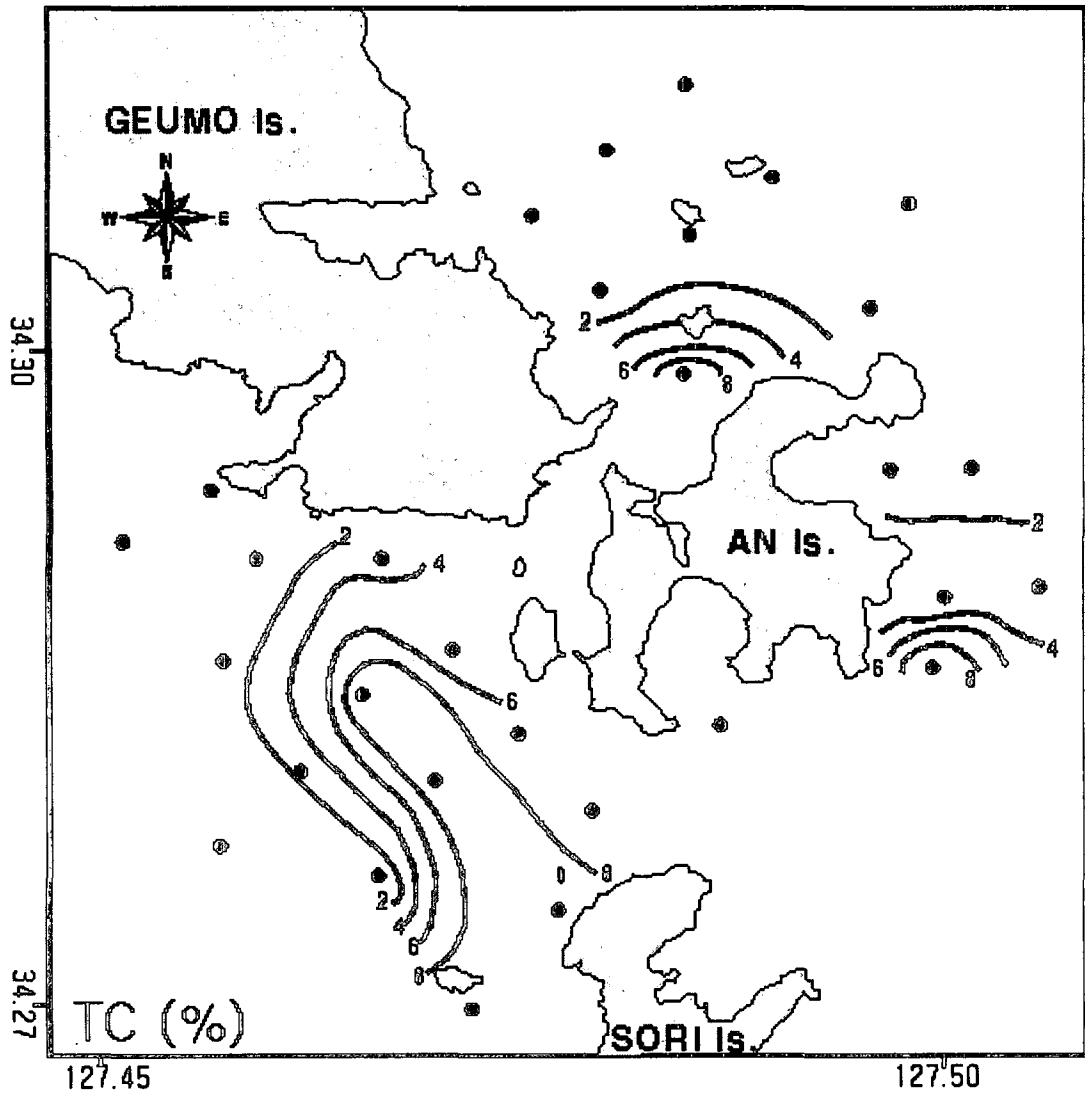


그림 2-1-44. 표층퇴적물의 전탄소에 대한 공간분포.

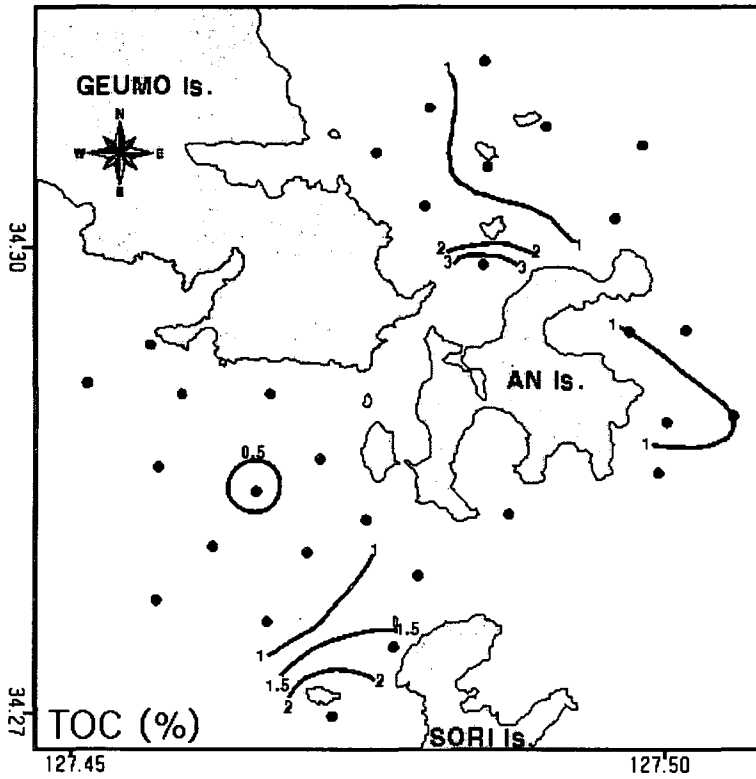


그림 2-1-45. 연구지역 표층퇴적물에 대한 전유기탄소의 공간분포.

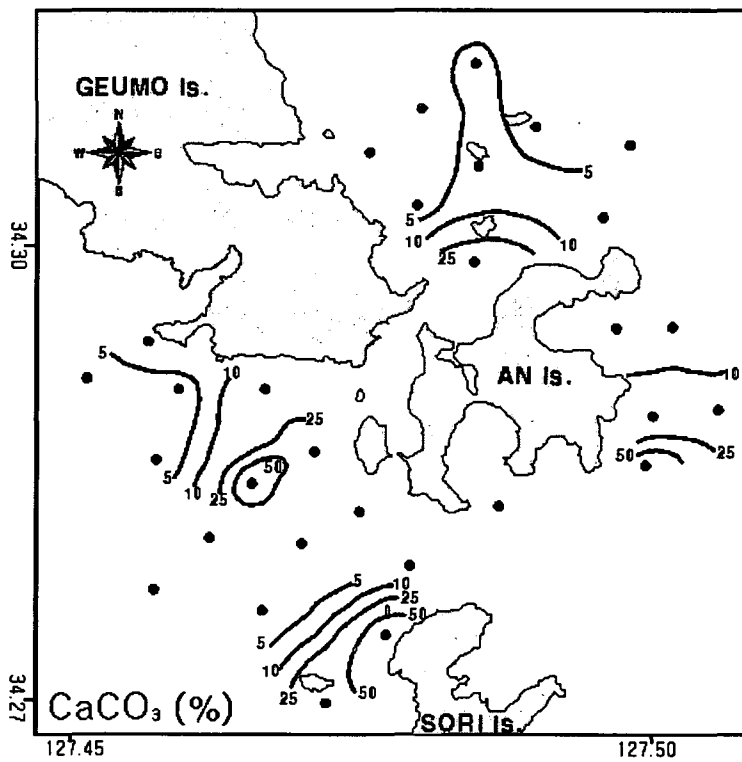


그림 2-1-46. 표층퇴적물에 대한 탄산염의 공간분포.

한편 유기물의 기원을 지시하는 전유기탄소/전질소(C/N ratio)는 다양한 변화를 보이고 있다(그림 2-1-47). 기존의 연구결과에 의하면 C/N 비가 10 이상인 경우는 대륙에서 유입된 유기물임을 지시하는 반면 해양 생물에 의해 생성된 유기물은 10~5 정도의 값을 보이는 것으로 보고되어 있다(Muller, 1977; Stein, 1991). 이와 같은 사실에 근거한다면 이번 조사결과 나타난 유기물은 연구지역 현장에서 생물생산에 의한 것과 인근 육지에서 공급된 유기물이 혼합되는 있는 것으로 판단된다.

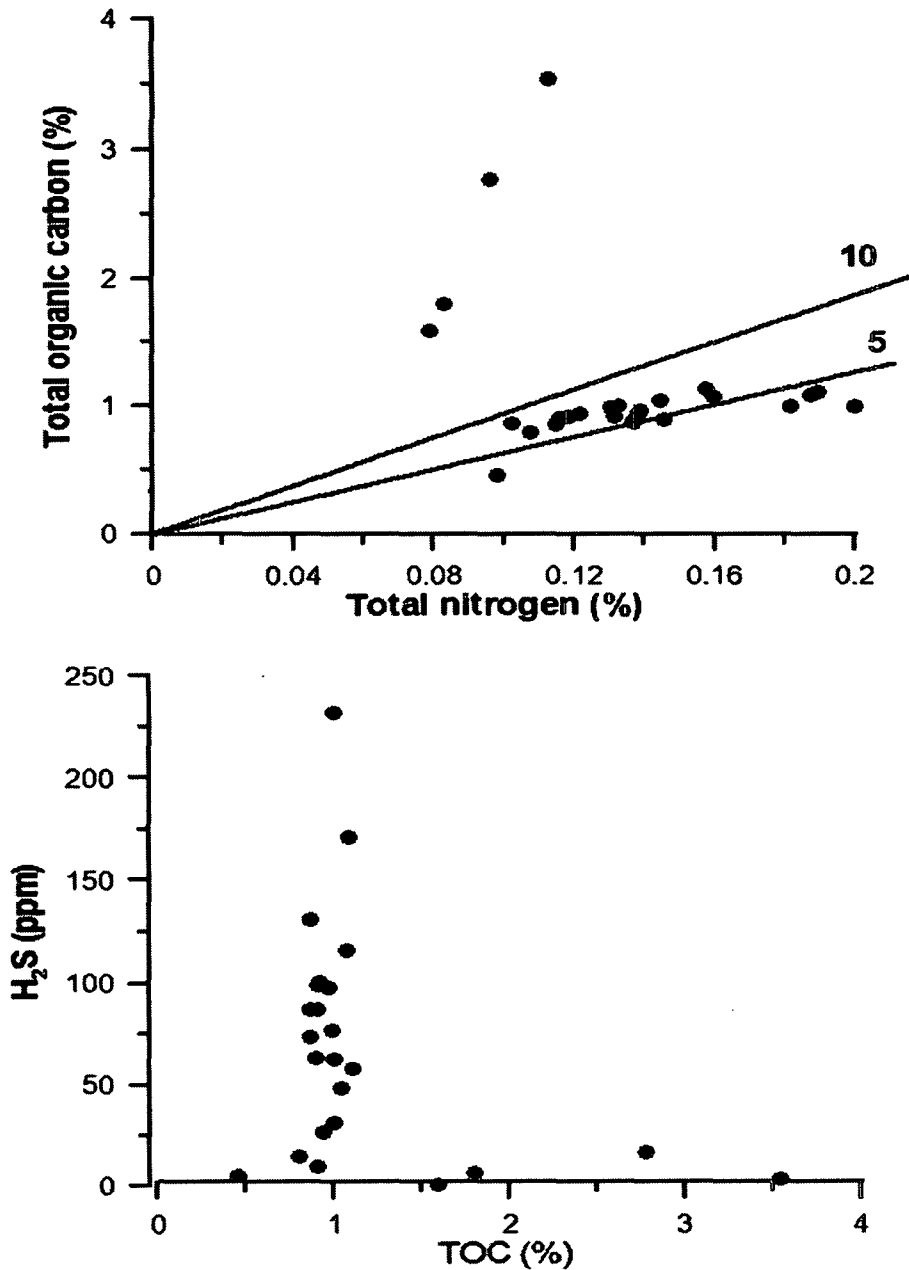


그림 2-1-47. 연구지역 표층퇴적물에 대한 C/N비(위)와 황화수소와 전유기탄소의 관계(아래).

(다) 황화수소

표층퇴적물에 대한 황화수소 함량을 조사해본 결과 그 값은 0.5~232.5ppm에서 변화하고 있다(표 2-1-12, 그림 2-1-48). 일반적으로 200ppm 이상의 황화수소 함량은 오염의 시작되는 시점으로 간주되고 있다(현 등, 2002; 일본 수산자원, 1980). 이 연구에서 나타난 200ppm 이하의 값은 일반적으로 오염되지 않은 상태에 있다고 할 수 있다. 그러나 조사지역중 한 곳에서는 200ppm을 초과하는 시료가 나타나고 있어 유기물이 과다로 공급되었거나 오염의 가능성을 배제할 수는 없다. 그러나 전체적으로 이 번 연구에서 나타난 표층퇴적물의 황화수소 값은 오염되지 않은 상태를 지시하는 것으로 해석가능하며 저서생물의 생존에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

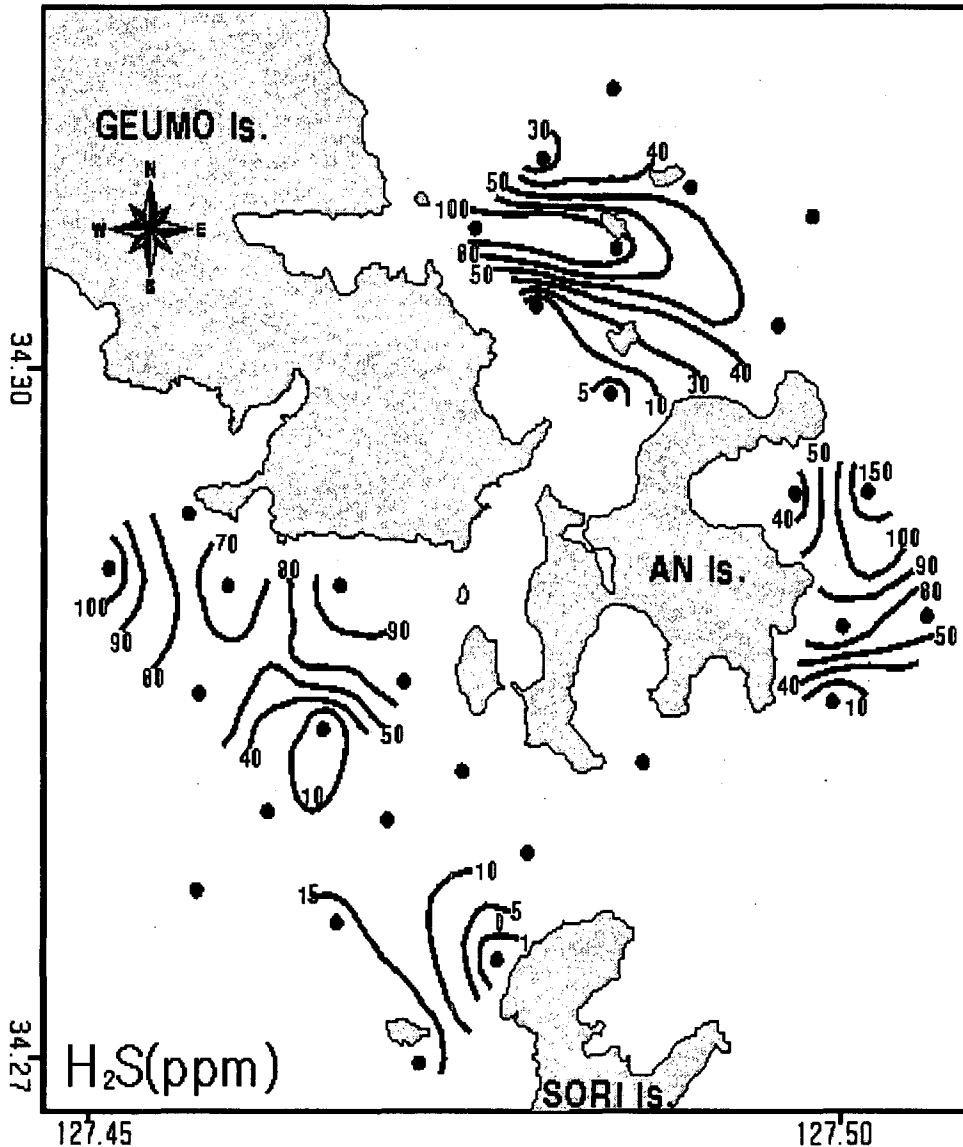


그림 2-1-48. 표층퇴적물에 대한 황화수소의 공간분포.

제 2 절 생물군집 특성

1. 서론

전남 다도해 바다목장 해역은 여수시 화정면과 남면일원인 가막만 남부해역에서 금오도와 연도를 포함하는 약 180km²의 해역으로 남해 중앙부에 위치하여, 남해 연안 해역 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 중 플랑크톤군집 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.

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 모니터링 하는 데에 있어 중요한 항목 가운데 하나로 자리 잡아 가고 있다. 최근에는 생물 생산을 바탕으로 오염 물질의 정화 기능을 추정하기도 하며 산업적인 측면에서 어류의 먹이 자원으로서의 중요성에 대한 평가도 이루어지고 있다.

저서 생태계에 대한 심도 깊은 이해는 바다 목장의 효율적인 이용과 관리에 크게 기

여할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 장기간의 모니터링 틀 하에서 저서동물 군집의 생물학적 변수 관련 자료의 추정과 축적을 목적으로 하고 있다. 이를 통하여 다양한 생태학적 특성 관련 변수들의 변동성을 이해할 수 있으며, 이는 곧 미래 생태계의 변화에 대한 예측으로 이어질 것이다. 자료의 축적으로부터 얻어질 수 있는 가시적인 성과 가운데 하나를 예로 든다면, 저서동물 군집에 대한 분석을 통한 바다목장 해역의 건강성을 진단이 3차 년도부터 가능해진 것이며, 이는 타 해역의 바다 목장이나 모니터링 프로그램에도 적용이 가능하다.

바다목장 대상 어종인 감성돔과 저서동물 군집 간 상호 작용의 파악 역시 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; Arendt et al., 2001; Oh, 2001)가 제시되고 있다. 현재까지 국내에서는 어류의 위 내용물에 대한 분석의 연구 사례가 많지 않으며, 주로 광양만의 잘피밭에 서식하는 어류를 대상으로 섭식 생태를 분석한 허와 곽(1997, 1998), 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 감성돔의 유어와 성어의 위 내용물 분석을 통한 섭식 생태의 연구와 주요 굵이장 추정을 목적으로 하고 있다. 이로부터 도출될 수 있는 결론 역시 바다 목장 관련 연구 계획과 정책 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

2004-2005년의 기간 동안 수행된 저서동물분야 연구는 (1) 저서동물 군집 구조의 시공간적 분포, 변동성 그리고 조절 요인, (2) 바다목장 해역의 상태 진단 및 추정, (3) 2차 군집 생산력의 추정 (4) 주요 서식처(잘피밭)의 생태학적 특성 연구 그리고 (5) 바다목장 대상종인 감성돔의 섭식 생태 등을 이해하는 것을 목적으로 하고 있다.

금오도는 우리나라의 남해 중앙에 위치하고 있는 도서로서 면적이 26.99km² 이고, 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 천해의 어장이다.

어류는 난에서 부화하여 자어와 치어를 거쳐 성어가 되며, 일반적으로 연급군의 강도는 초기 성장단계의 기아나 포식 정도에 의해서 결정된다(김, 1991). 그래서 성장초기에는 사망률이 무척 높고 환경의 영향을 많이 받기 때문에, 성어로 가입되는 양은 해황 및 환경변화에 따라 매년 변화한다(Hjort, 1926; Saville and Schnack, 1981). 따라서 초기 감모율이 높은 난기와 자치어기의 종조성 및 출현량 변동은 성어의 가입량 변동을 예측하기 위한 기초 자료로 매우 중요하다.

우리나라에서는 1970년부터 부유성난 및 자치어 분포에 관한 연구가 시작된 이후(임

등, 1970), 제주도 북방 합덕 연안(고 등, 1991), 월성주변 해역(차 등, 1991), 여자만(유 등, 1993), 군산 연안(유·최, 1993), 남해 창선 해협(김, 1993), 광양만(차·박, 1994), 한국 동해남부 해역(김·강, 1995), 광양만 묘도 해역(한 등, 1998), 완도 보길도 연안(한, 1999), 여수 가막만 연안(한, 1999), 전남 강진만 연안(박, 2002), 고흥 녹동 연안(신, 2002) 및 진도 연안(임, 2002) 등의 주로 만이나 부분적인 연안과 해역을 중심으로 이루어지고 있다.

어류상에 관한 연구는 여수 돌산도 연안(신, 2001), 거문도 주변 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 연구는 전라남도 여수시 금오도 연안에 출현하는 어류의 자원생물학적 연구와 바다목장화 기초연구의 일환으로 표준네트로 채집되는 어류의 부유성난 및 자치어 분포 특징 및 종조성과 정점별 어류의 군집구조를 분석하였으며, 어시장 조사를 병행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 식물플랑크톤 군집

(1) 군집구조

표영 생태계 플랑크톤 군집 전반의 내용을 파악하기 위한 현장조사는 계절조사를 원칙으로 하여 조사하였다(표 2-2-1). 2004년도 현장조사는 3회 실시하였으나, 2003년도 4월 봄 조사를 해석에 사용하여 계절분석을 실시하였다. 그리고 2002년도 이후 2004년도까지 현장 조사한 결과를 각 항목의 후반부에 정리하여 나타내었다. 조사정점은 2002년도는 20개 정점을 대상으로 하였으나, 2003년 및 2004년도는 12개의 정점을 대상으로 실시하였다(그림 2-2-1).

식물플랑크톤의 표본 채집과 검경 시료는 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. 또한, 식물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 종다양성 지수(species diversity index :H')를 Shannon and Weaver(1963)의 아래의 공식을 따라 측정하였다.

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

(N: 식물플랑크톤 현존량, n_i : 각각의 종이 차지하는 세포수)

우점종의 선별은 전체 현존량의 10% 이상 세포밀도를 보인 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 정점의 식물플랑크톤 현존량 중에서 어떠한 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제1 우점종으로 하였다.

표 2-2-1. 플랑크톤 현장조사 일시, 정점 수

2002		2003		2004	
Sampling Date	No. of Sampling Station	Sampling Date	No. of Sampling Station	Sampling Date	No. of Sampling Station
		2003. 08. 19	12		
2002. 08. 20	20	2003. 11. 05	12	2004. 08. 13	12
2002. 10. 21	20	2004. 01. 09	12	2004. 12. 03	12
2003. 01. 23	17	2004. 04. 02	12	2005. 02. 04	12

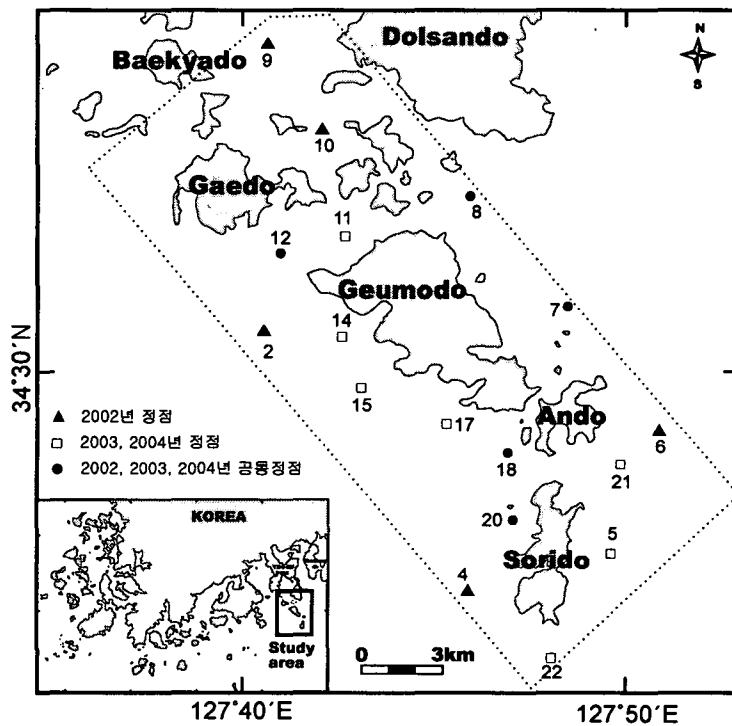


그림 2-2-1. 조사해역 개황도 및 플랑크톤 조사 정점 위치도.

(2) 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 박막여과지를 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).

나. 동물플랑크톤 군집

(1) 미소 동물플랑크톤

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_i : 각각의 종이 차지하는 세포수)

(2) 대형 동물플랑크톤

동물플랑크톤 채집은 전남 다도해 바다목장 해역인 금오도를 중심으로 가막만 총 12개 정점(그림 2-2-1과 표 2-2-1)에서 계절적으로 실시하였다. 조사 해역 동물플랑크톤 채집은 NORPAC네트(망목 320 μ m, 망구 45cm)를 이용하여 1m/sec의 속도로 수직 인망하였다. 또한, 수중집어등 효과를 파악하기 위해 봄철(4월) 일몰과 일출, 21:40, 00:40에 2.0kw의 수중집어등을 금오도 바다목장화 설치 후보지 동편의 수심 17m인 곳에서 실시하였다. 수중집어등구에서 동물플랑크톤 채집은 광도계의 값이 0이 되는 수심에서 표층까지, 그리고 수중집어등의 영향을 받지 않는 대조구에서는 해저면에서 표층까지 수직 채집하였다. 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, Bogorov 계수판에서 해부현미경(Olympus SZ40)을 사용하여 종수준까지 동정한 하였으며, 계수하여 1m²당 개체수(indiv./m²)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 $\log_{10}+1$ 로 변환한 후, 통계프로그램 SPSS(version 7.0)를 이용하여 실시하였다.

다. 저서동물

(1) 조사 시기 및 정점

조사해역 대형저서동물군집의 구조와 변동양상을 파악하기 위하여 2002년 9월(SUM-02), 2003년 1월(WIN-02), 8월(SUM-03), 12월(FAL-03), 2004년 2월(WIN-04), 4월(SPR-04), 9월(SUM-04), 12월(FAL-04) 그리고 2005년 3월(WIN-05) 등의 9차례에 걸쳐 현장 조사를 수행하고 표본을 채집하였다. 조사 정점의 수는 시기에 따라 다소 차이가 있으며, 2002년 9월에 20개, 2003년 1월에 11개, 2003년 8월, 12월, 2004년 2월, 4월에 12개 그리고 2004년 9월, 12월, 3월에 15개였다. 후자의 세 시기에는 조사 해역의 개도 복단에 위치한 제리도 동측의 잘피밭에 3개 정점(SGB 1, 2, 3)을 추가 배치하였다(그림 2-2-2).

저서동물의 채집에는 정량 채이기인 van Veen grab을 사용하였으며, 매 정점마다 1회씩(채집면적, 0.1m²) 채집하였다. 대형저서동물은 현장에서 그물눈 크기 1mm 인 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 광학현미경을 사용하여 종 수준(species level)까지 이루어졌다.

(2) 저서환경

현장에서 조사한 퇴적물의 산화-환원전위(redox potential, Eh)는 pH meter(HORIBA D-14)를 사용하여 3cm 깊이에서의 mV를 측정하는 것이다. 실험실에서 행해진 퇴적물 분석 방법은 다음과 같다. 현장에서 채집된 퇴적물 시료에 증류수를 넣어 물갈이를 한 후 염분을 제거하였으며, 10% 염산(HCl) 용액으로 유기물을 제거하고, 10~30% 과산화수소수(H₂O₂)를 가하여 탄산염을 제거하였다. 그 후 2회의 물갈이를 통하여 잔류약품 및 기타 이물질 제거하였고, 4 ϕ (0.0625mm) 표준체로 습식체질을 시행하여 4 ϕ 이상(sand, gravel)과 이하(mud=silt+clay)의 퇴적물로 분리하였다. 4 ϕ 이상의 조립질퇴적물은 건식체질을 통하여 각 입도등급별 시료의 질량을 측정하였고, 표준체를 통과한 4 ϕ 이하의 세립질퇴적물은 Stock's law에 근거한 피펫팅법으로 입도등급별로 분리하여 건조시킨 다음 무게백분율을 구하였다. 조직표준치(textural parameter: mean phi, sorting value, skewness, kurtosis)는 Folk and Ward(1957)의 식을 이용하여 구하였다. 강열감량(ignition loss) 측정을 위하여 채집된 퇴적물시료의 일부를 갈아 분말상태로 만든 후 0.01mm체로 걸러 이

중 2g을 취하여 600℃에서 2시간 동안 회화시켰다(ignition). 이 과정에서 발생한 무게의 손실량을 백분율로 표시하였으며, 2회 결과의 평균값을 이용하였다.

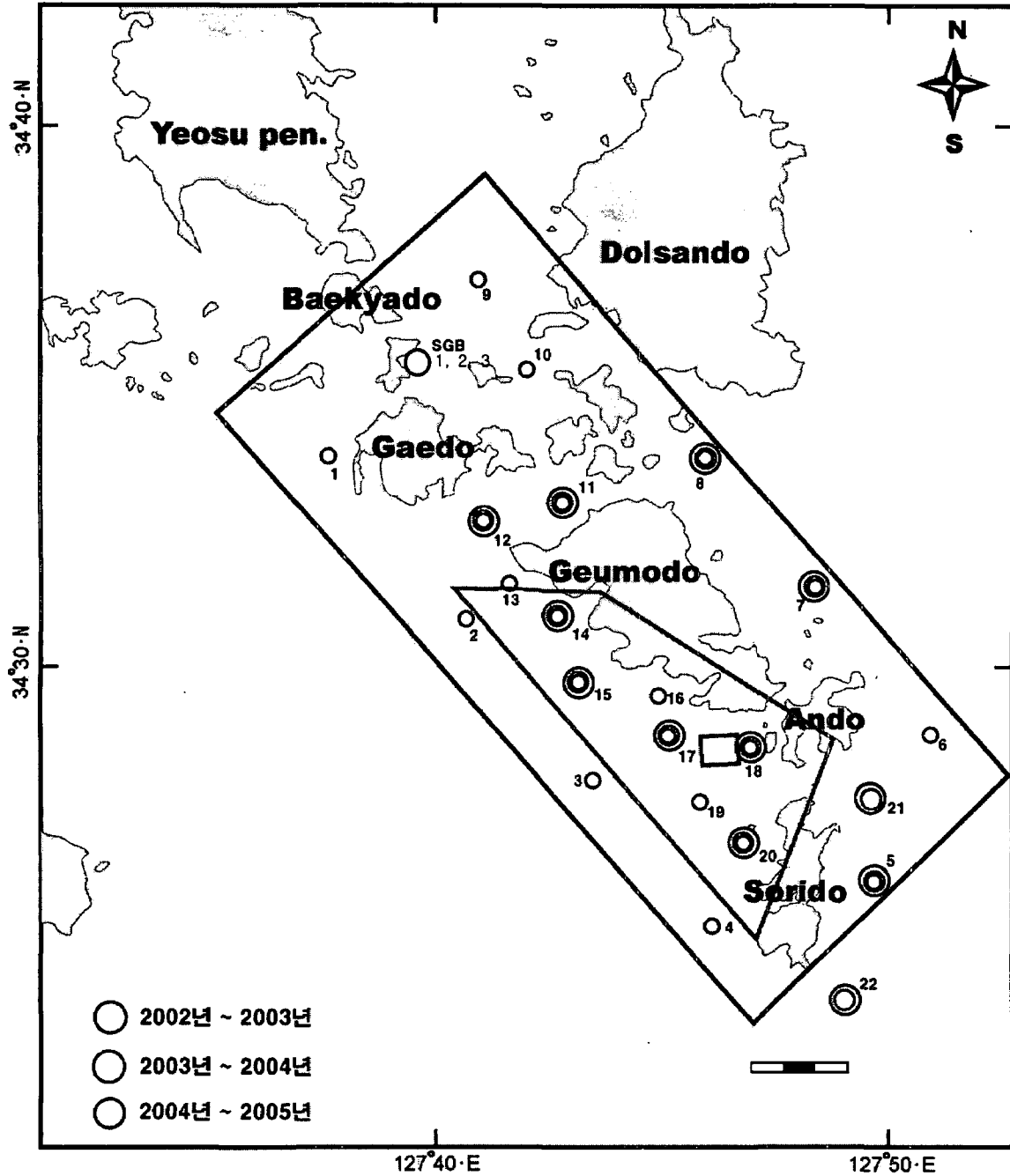


그림 2-2-2. 저서동물군집 조사 정점도(SGB는 갈피발 정점).

표 2-2-2. 대형저서동물의 동물군별 명칭과 축약 코드명

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
CI	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 H'(Shannon and Wiener, 1949)

다양도 지수는 아래 식에 의거하여 계산하였다.

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

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 4계절에 걸친 조사를 통해 57개 정점에서 채집된 생물종이 복잡한 생태계 구조를 형성하고 있다. 따라서 시공간적 이질성을 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, 생물 변수간에 특정관계를 성립케 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.

(다) 정준대응분석(canonical correspondence analysis)

주성분분석을 통해 축약된 생물변수를 이용하여 생물분포와 이에 대응하는 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 5개의 환경변수는 수심(depth), 퇴적물 평균입자크기(mean grain size), 퇴적물 입자 분급도(sorting), 필함량(mud content), 강열감량(IL)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.

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

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

(4) ISEP(Inverse function of SEP) index

생물군집에 반영된 스트레스의 정도를 하나의 지수로 표현하여 환경의 상태를 진단하는 ISEP(Inverse function of Shannon-Wiener evenness proportion) index를 계산하였다. 이는 McManus and Pauly(1990)가 개발한 SEP(생체량 기준의 균등도 또는 다양도지수 밀도 기준의 균등도 또는 다양도 지수로 나누어 계산)를 수정한 것이다. SEP index는 Wilson and Jeffrey(1994)가 그 효용성을 검정하였으며, 생태계의 질을 평가하는 데에 적절한 것이라고 보고한 바 있다. Pearson(1975)의 data를 이용하여 보정되었는데, 이들에 따르면 0.5 주변의 값은 unstressed sites를, 2.5 주변값은 stressed sites임을 지시하는 것으로 설명하였다.

ISEP는 SEP의 단점(afaunal 또는 monospecific assemblages에서 적용이 어렵고, 국내에 알맞게 표준화되어 있지 않음)을 보완하였으며 식은 아래와 같다.

$$ISEP = \log_{10}(1/SEP + 1)$$

객관적으로 상태를 진단하고 등급화하기 위하여 국내 동, 남, 서해안에서 최근 10년 동안 채집된 약 800여개의 저서동물 군집 표본 자료와 bootstrap resampling technique을 이용하여 표본 개수에 따른 ISEP 평균의 bootstrap 분포(parametric distribution을 근접할 것으로 기대)를 추정하였다(그림 2-2-3). 이를 바탕으로 추정된 10 분위수 간격을 기준으로 A+, A0, ..., E0 등의 10개 등급($\geq P_{90}$, A+; $\geq P_{80}$, A; $\geq P_{70}$, B+; $\geq P_{10}$, E+; $< P_{10}$, E)을 구분하였고, 생태계의 건강성을 추정하였다.

위의 ISEP index는 최소 3개 이상의 표본에 적용하여 그 평균값을 바탕으로 대상이 되는 해역의 등급을 추정한다. 표본으로부터 편의가 적은 대푯값을 추정하기 위하여 robust estimator의 하나인 절사 평균(trimmed mean)을 사용하였으며, 자료의 절사 비율은 0.3으로 하였다.

조사 해역 생태계의 건강성은 조사 시기별 그리고 연도별로 관찰하였으며, 지리적인 구분이 명확하지 않은 것으로 판단되어 그룹별로 정점들을 구분하지 않았다. 따라서 본 연구가 시도한 해역 생태계의 상태 진단은 바다 목장 주변 해역 전체에 대한 것이라 할 수 있다. 1차 조사 시기의 경우에는 이후의 조사 시기들과 일치하지 않는 정점들이 있는 관계로 20개 정점 가운데 연속성이 유지될 수 있는 13개 정점만을 선택하였으며, 같은 이유로 7차부터 9차까지의 기간 중 채집된 잘피밭의 3개 표본을 제외하였다. 조사 시기별 ISEP 등급의 추정에는 약 12개 정점의 표본이 이용되었으며, 연도별 추정에는 2002-2003년 24개, 2003-2004년 24개 그리고 2004-2005년 48개의 표본이 이용되었다.

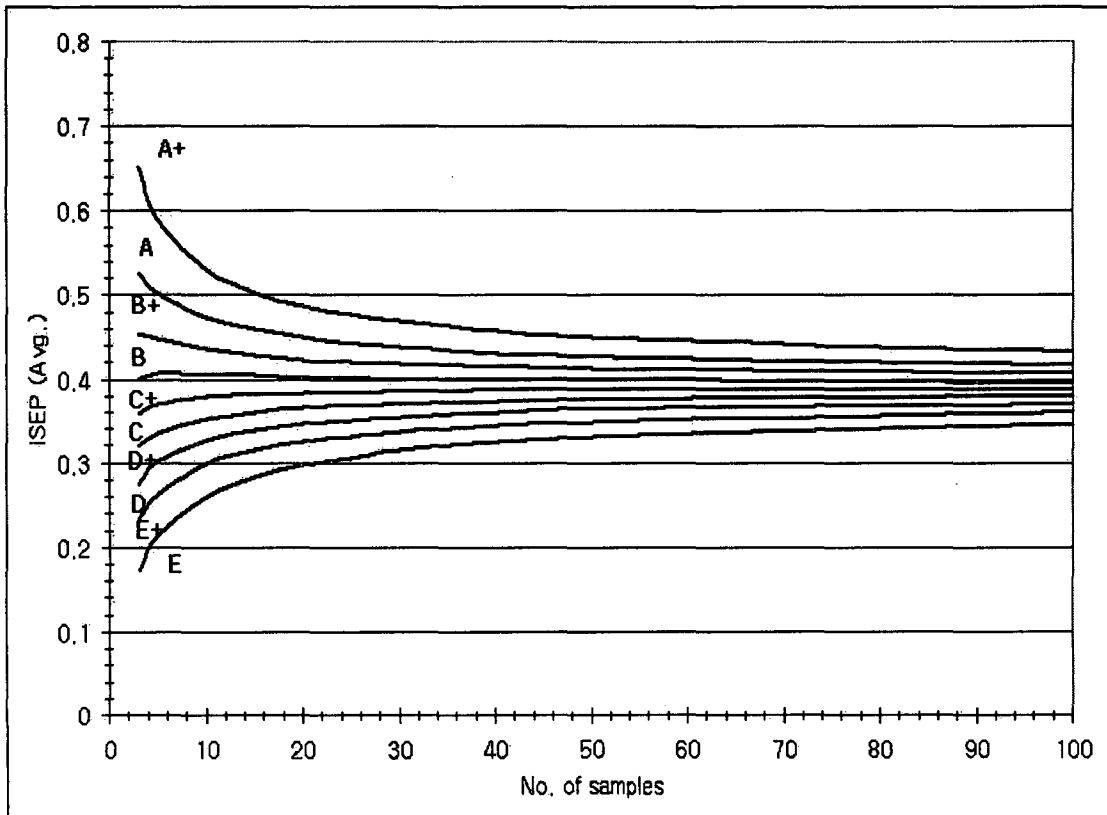


그림 2-2-3. Simulation 기법(bootstrap resampling)을 통해 추정된 ISEP 평균값의 분포와 분위수에 근거한 등급.

(5) 저서동물군집의 이차생산력 추정

2004년 4월, 9월, 12월 그리고 2005년 3월의 4회 조사에서 출현한 저서동물의 개체수와 생체량을 Brey(1990)가 제시한 다중회귀 모형에 적용하여 군집의 2차 생산력을 추정하였다. 본 모형은 주로 북위 30~70° 사이의 온대해역과 수심 0~50m 범위의 연안서식처에서 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 회분제거 건조중량(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.

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

(6) 감성돔의 섭식 생태

감성돔의 섭식 생태를 이해하기 위하여 2001년-2002년 광양만 잘피밭에서 저인망을 사용하여 월별로 채집한 표본과 2005년 1월 25일 개도, 2월 4일 개도, 2월 5일 안도, 3월 19일 거문도, 3월 22일 부도 등 금오도 주변에서 잠수를 이용, 작살로 채집한 표본을 분석하였다. 전자의 경우에는 총 25개체로서 위가 비어있는 공복 상태의 어류는 1개체였다(4%). 반면 2005년 금오도 주변에서 총 5회에 걸쳐 잠수에 의해 채집된 개체는 총 71개체였으며, 이 가운데 24개체의 위장 내에서 먹이물이 관찰되어 공복 상태의 어류 비율은 66%에 달하는 것으로 추정되었다.

어류의 전장(total length)과 체중은 실험실(저인망 표본)과 현장(잠수 표본)에서 측정되었으며, 식도 아래부터 대장 아래까지 적출하여 절개하고 해부 현미경 하에서 내용물을 동정하였다. 동정된 먹이 생물의 개체수와 습중량을 측정하였으며, 모든 먹이 생물을 대상으로 IRI(index of relative importance, (%개체수+%습중량)×%빈도)를 추정하였다. %개체수와 %습중량은 총 먹이 개체수와 습중량의 합에 대한 비율이며, %빈도는 먹이가 담긴 위장 개수에 대한 해당 먹이 생물의 관찰 빈도이다.

라. 어류

본 연구를 위하여 여수시 금오도 연안 해역에 5개의 정점을 정하여 조사를 실시하였다. 2002년의 경우, 2002년 8월부터 2003년 3월까지 매월 조사를 실시하였고, 2003년 조사는 2003년 8월, 10월, 그리고 2004년 1월, 4월에 조사를 실시하였다. 그리고 2004년 조사는 2004년 8월, 11월, 2005년 2월, 5월에 총 4회 조사를 실시하였다(그림 2-2-4).

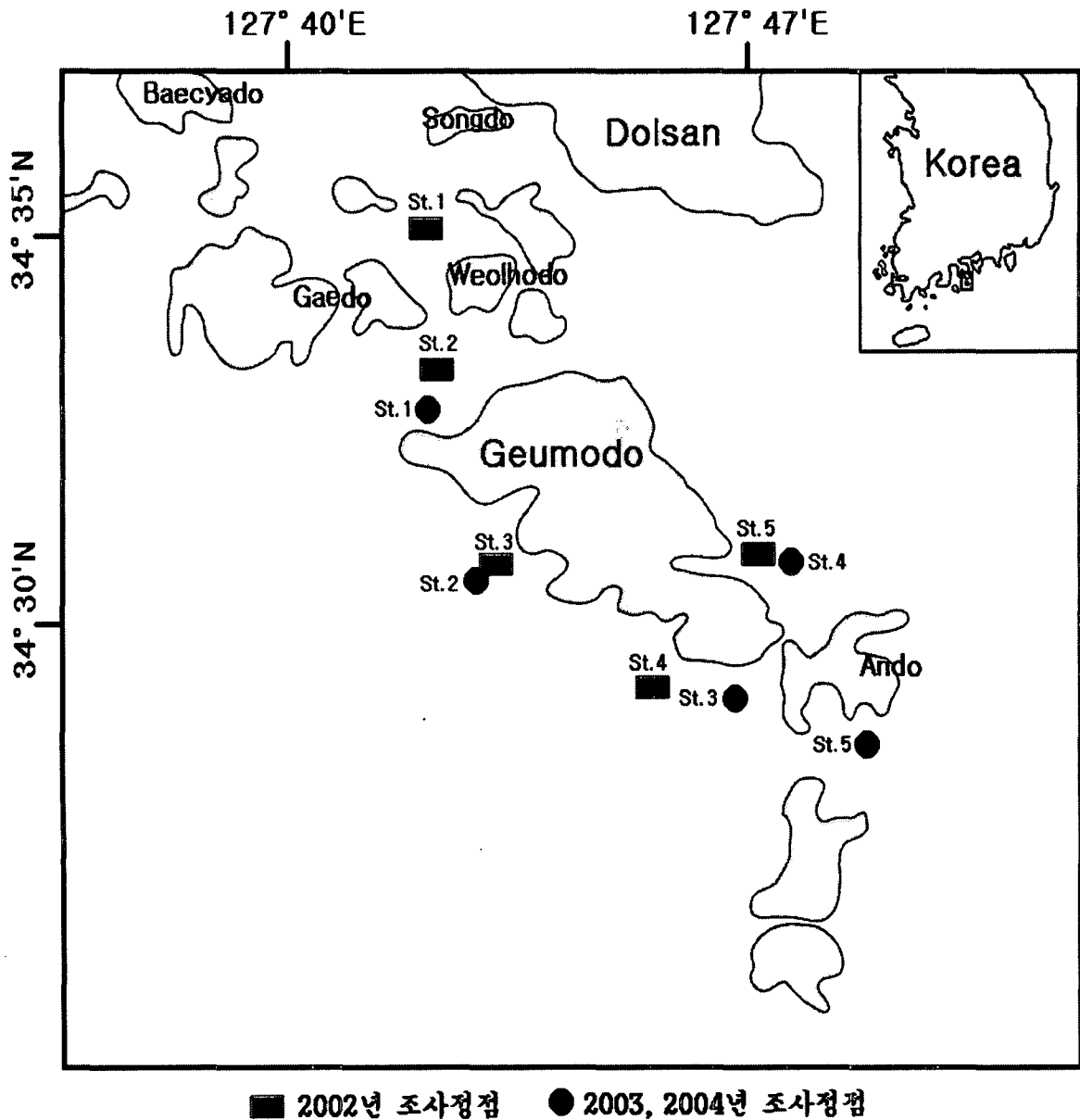


그림 2-2-4. 여수 연안의 어류, 난·자치어 조사 정점.

(1) 어란 및 자치어

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

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

$$\text{균등도 지수 : } J = H/\ln(S)$$

(3) 어류상 조사

어류상 조사의 경우도 난·자치어 조사와 마찬가지로 금오도 연안 해역에 5개의 정점을 정하여 조사를 실시하였다. 년도별 조사 시기를 살펴보면 2002년의 경우, 2002년 8월부터 2003년 3월까지 매월 조사를 실시하였고, 2003년 조사는 2003년 8월, 10월, 그리고 2004년 1월, 4월에 조사를 실시하였다. 그리고 2004년 조사는 2004년 8월, 11월, 2005년 2월, 5월에 총 4회 조사를 실시하였다(그림 2-2-4).

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 채집 면적은 1,390m²였고, 채집 정리된 출현량은 1,000m³로 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.

(4) 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 종의 점유율

$$\text{우점도 지수} : D = (Y_1 + Y_2)/Y$$

Y: 총개체수

Y₁: 첫번째 우점종의 개체수

Y₂: 두 번째 우점종의 개체수

$$\text{균등도 지수} : J = H/\ln(S)$$

(5) 어시장 조사

전라남도 여수시 돌산도 군내리 소재 어시장과 여수시 소재 서시장 등에서 2004년 8월, 11월, 2005년 2월, 5월에 월별 2회씩 시장의 어류를 조사하였다.

3. 결과 및 토의

가. 식물플랑크톤 군집

(1) 군집구조

(가) 종조성

2004년 4월 춘계 조사결과 식물플랑크톤은 총 47종류가 출현하였으며 규조류 38종, 와편모조류 7종, 기타 편모조류가 2종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 41 종류, 수심 10m의 저층에서는 총 40종류로 표층과 저층의 출현종수는 큰 차이를 보이지 않았다. 각 정점별로 표층에서는 9~24종류가 저층에서는 6~23종류가 출현하여 정점별 출현종수의 변화범위도 표층과 저층의 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(그림 2-2-5). 대부분의 출현종은 온대연안역에 분포하는 종류로 구성되어 있었고, 규조류가 대부분의 종구성을 차지하고 있었으며 상대적으로 와편모조류를 포함한 편모조류의 분포는 약화되어 산발적인 출현에 머물고 있었다. 출현종수는 정점 12에서 가장 높은 출현종수를 보였으며 정점 22에서 가장 단순한 종구성을 보였다(그림 2-2-5). 출현종류의 생태학적 특징을 살펴보면 계절적 특징

을 반영하고 있었다. 즉 저수온기에 주로 우점하는 *Asterionellopsis glacialis*가 정점 8과 11을 중심으로 발달된 분포를 보였으며, 춘계에 주로 우점적으로 보고되는 *Eucampia zodiacus*와 전 계절을 통해 국내 연안역의 대표적 규조류로 출현하는 *Skeletonema costatum*도 *Asterionellopsis glacialis*와 유사한 분포의 발달을 보이고 있었다. *Dactyliosolen phuketensis*, *Hemiaulus hauckii*, *Proboscia alata*와 같은 외양성 난류종도 낮은 빈도의 산발적 출현으로 외양수의 영향도 미약하게 나타나고 있었으며 유해성 적조생물인 와편모조류 *Alexandrium* sp.도 북측 연안수역의 몇몇 정점에서 낮은 밀도로 분포가 확인되었다(부록 2-2-13, 부록 2-2-14). 따라서 춘계 4월에 식물플랑크톤의 종구성은 북측 연안수역이 남측의 금오도 인근 수역에 비해 다양하였다.

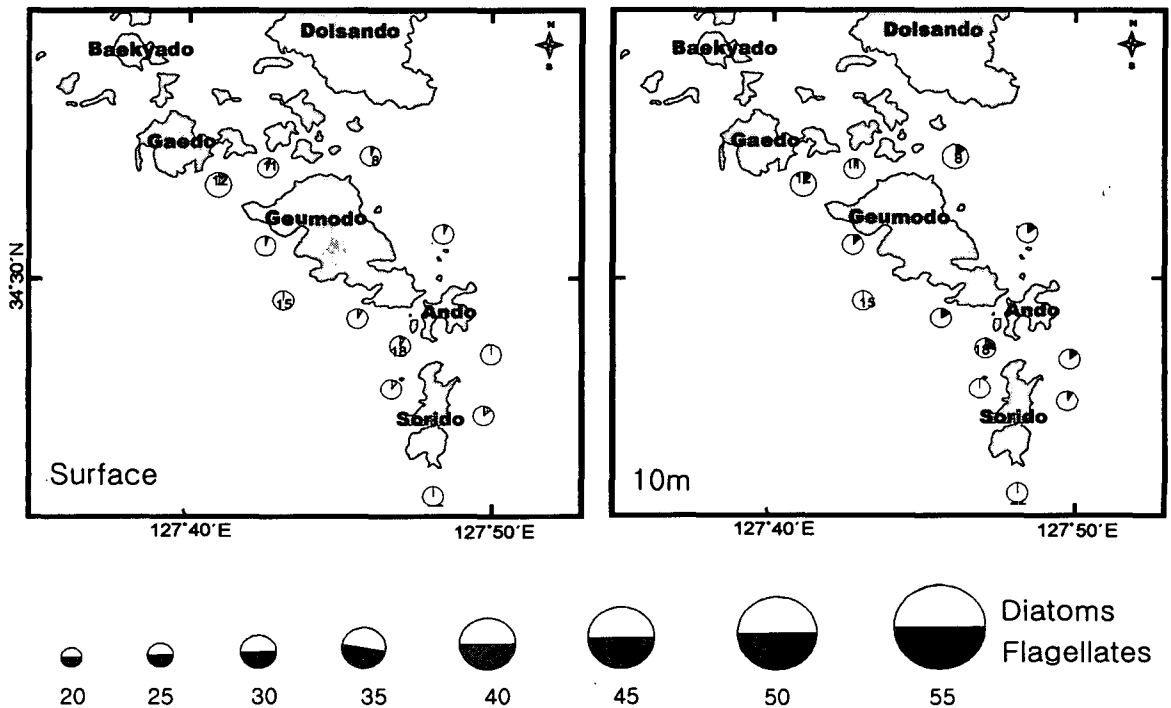


그림 2-2-5. 2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

2004년 8월 하계의 경우 식물플랑크톤은 72종류가 출현하였으며 규조류 47종, 와편모조류 20종, 기타 편모조류가 5종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 58종류, 수심 10m의 저층에서는 총 57종류가 관찰되어 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다. 각 정점별로 표층에서는 11~29종류가 저층에서는 17~27종류가 출현하여 수층별 출현종수의 범위도 큰 차이를 보이지 않았다(그림 2-2-6): 대부분의 출현종은 온대 연안역에 분포하는 종이었고, 규조류가 대부분의 종구성을 차지하였으나 춘계 4월에 비해 상대적으로 와편모조류의 분포가 발달되어 고수온기의 특성을 보였다. 특히 정점 12의 표층에서는 규조류보다 와편모

조류의 높은 출현종수를 보였다. 북쪽의 연안수역은 남쪽의 수역보다 상대적 다양한 종구성으로 4월과 같은 출현종수의 분포 패턴을 보였다(그림 2-2-6). 고수온기에는 주로 분포하는 규조류 *Chaetoceros* 종류가 북쪽 연안수역에서 다양하게 분포하였으며 *C. didymus*는 가장 높은 빈도로 출현하였다. 한편 저수온기에 주로 분포하는 *Dactyliosolen fragilissimus*가 전체 정점에서 관찰되었고, 특히 남쪽 정점을 중심으로 고밀도 출현이 확인되었다.

하계의 가장 큰 특징은 와편모조류의 분포로 유해성 적조생물인 *Cochlodinium*이 전체 정점에서 관찰되었으며, 이 밖에도 적조형성의 와편모조류인 *Gonyaulax polygramma*와 *Scrippsiella trochoidea*의 출현도 높은 빈도로 확인되었다. 특히 *Gonyaulax polygramma*는 울산 남서해역에 위치한 정점 8의 표층에서 고밀도로 분포하였다(부록 2-2-15, 2-2-16). 즉, 전남 다도해 바다목장 북쪽 연안에서는 *Gonyaulax polygramma*가 높게 분포하는 반면, 남쪽 해역에는 유해성 와편모조류인 *Cochlodinium*의 높게 분포하는 특성을 보였다.

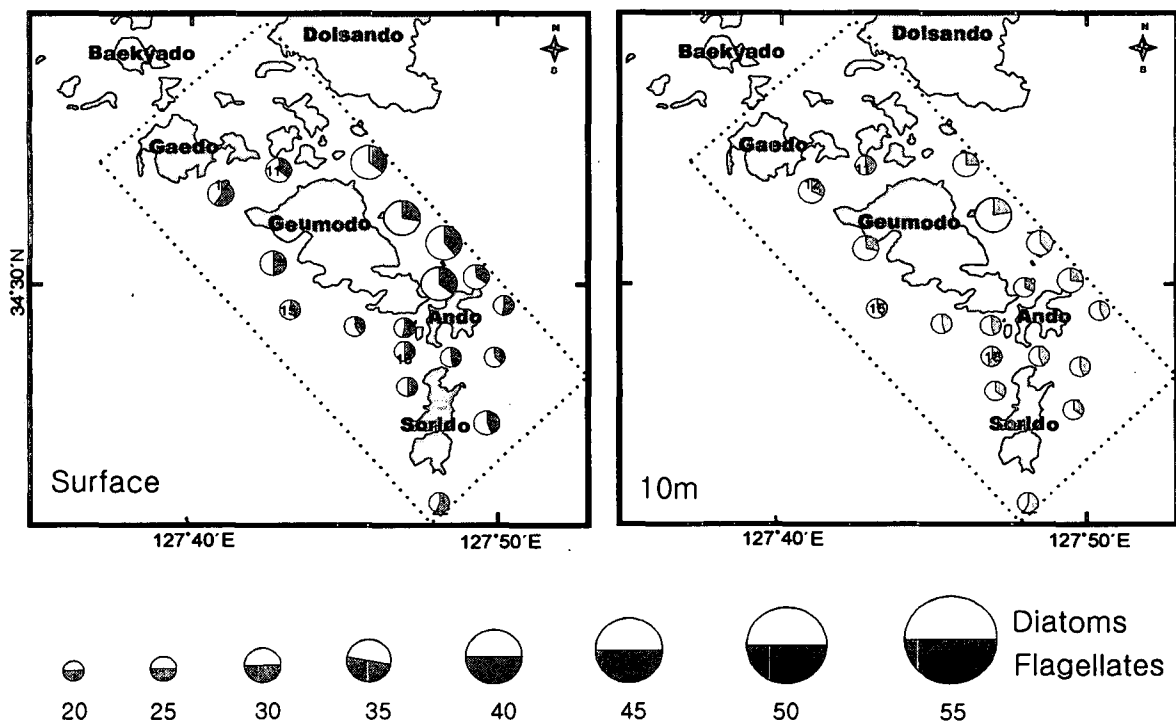


그림 2-2-6. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

2004년 12월 추계의 경우 식물플랑크톤은 57 종류가 출현하였으며 규조류 43종, 와편모조류 12종, 기타 편모조류가 2 종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 49종류, 수심 10m의 층에서는 총 48종류가 관찰되어 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다.

각 정점별로 표층에서는 10~23 종류가 저층에서는 9~17종류가 관찰되었으며 대부분의 정점에서 15종 내외의 비교적 단순한 종구성을 보였다. 안도 근연의 정점 5와 21의 표층

은 20종 이상으로 출현종이 타 정점 보다 다양한 반면 계도 부근의 북측 정점 12는 표층과 저층 모두 10종 이하로 가장 단순한 구성을 나타내었다(그림 2-2-7). 규조류 중 저수온기에 주로 내만에 출현하는 *Chaetoceros debilis*와 소형의 *Thalassiosira* sp. 그리고 저서성인 *Paralia sulcata*가 비교적 높은 빈도로 출현하였으며 외양성 난류종인 *Pseudoguinaridia recta*와 함께 한류종인 *Corethron criophilum*과 *Helicotheca tamesis*도 낮은 빈도로 관찰되어 미약하게 외양수의 영향도 나타나고 있었다. 한편 외편모조류를 포함한 편모조류의 분포는 매우 약화되어 산발적인 출현에 머물렀다(부록 2-2-17, 2-2-18).

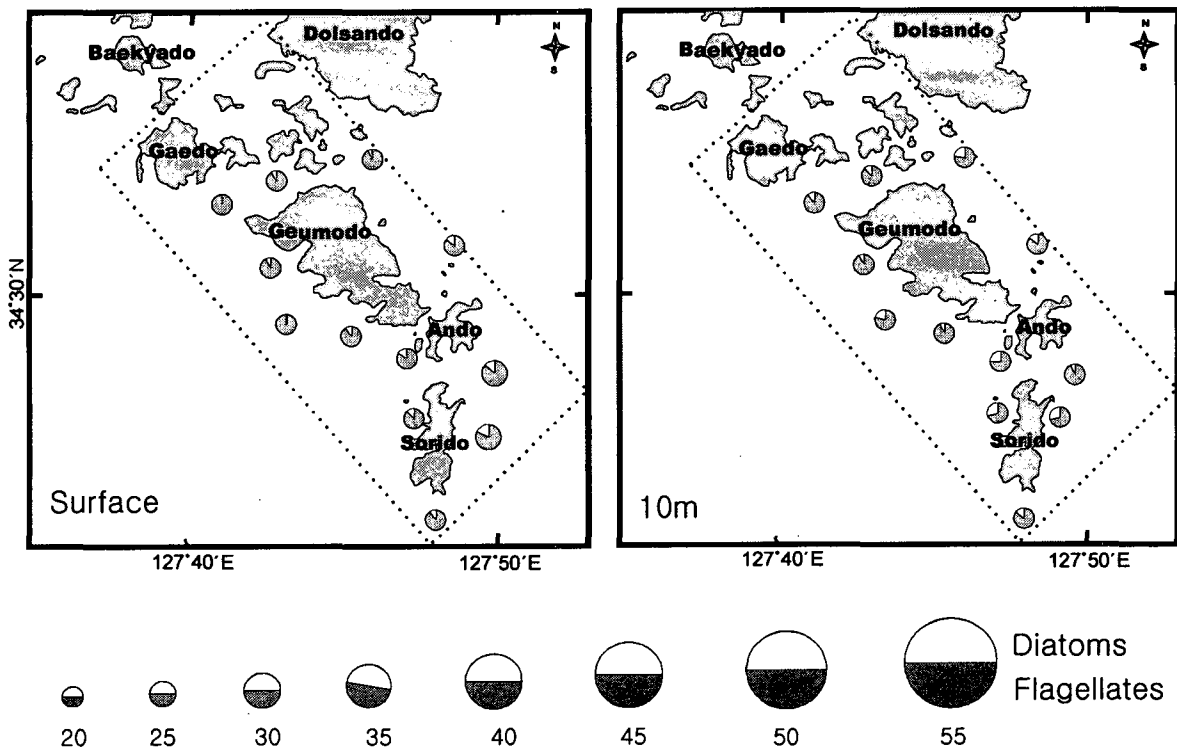


그림 2-2-7. 2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

2005년 2월 동계의 경우 식물플랑크톤은 51종류가 출현하였으며 규조류 40종, 외편모조류 8종, 기타 편모조류가 3종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 36종류, 수심 10m의 층에서는 총 46종류가 관찰되어 표층보다 10m 수심에서 다양한 종구성을 보였다. 각 정점별로 표층에서는 4~17종류가 저층에서는 8~17종류가 관찰되었으며 대부분의 정점에서 15종 이하의 비교적 단순한 종구성을 보였다. 북측의 정점 11은 출현종이 타 정점보다 다양한 반면 안도 부근의 정점 21는 표층은 4종으로 가장 단순한 구성을 나타내어 추계와 상반된 결과를 보였다(그림 2-2-8). 규조류 중 저수온기에 주로 분포하는 *Thalassiosira nordenskioldii*가 전체 정점에서 대표적인 출현종으로 관찰되었으며 계절에 관계없이 내만

의 수역에 분포하는 *Skeletonema costatum*이 북측의 금오수도에 위치하는 정점 11과 12를 중심으로 고밀도 분포가 관찰되었다. 저수온기인 동계에 주로 출현하는 *Coscinodiscus wailesii*가 10m의 대부분의 정점에서 관찰되어 높은 빈도의 출현이 감지되었으며 이 밖에 한류 지표종인 외편모조류 *Protoperidinium exentricum*도 낮은 빈도로 관찰되어 조사시기의 계절적 특성을 잘 반영하고 있었다(부록 2-2-19, 2-2-20).

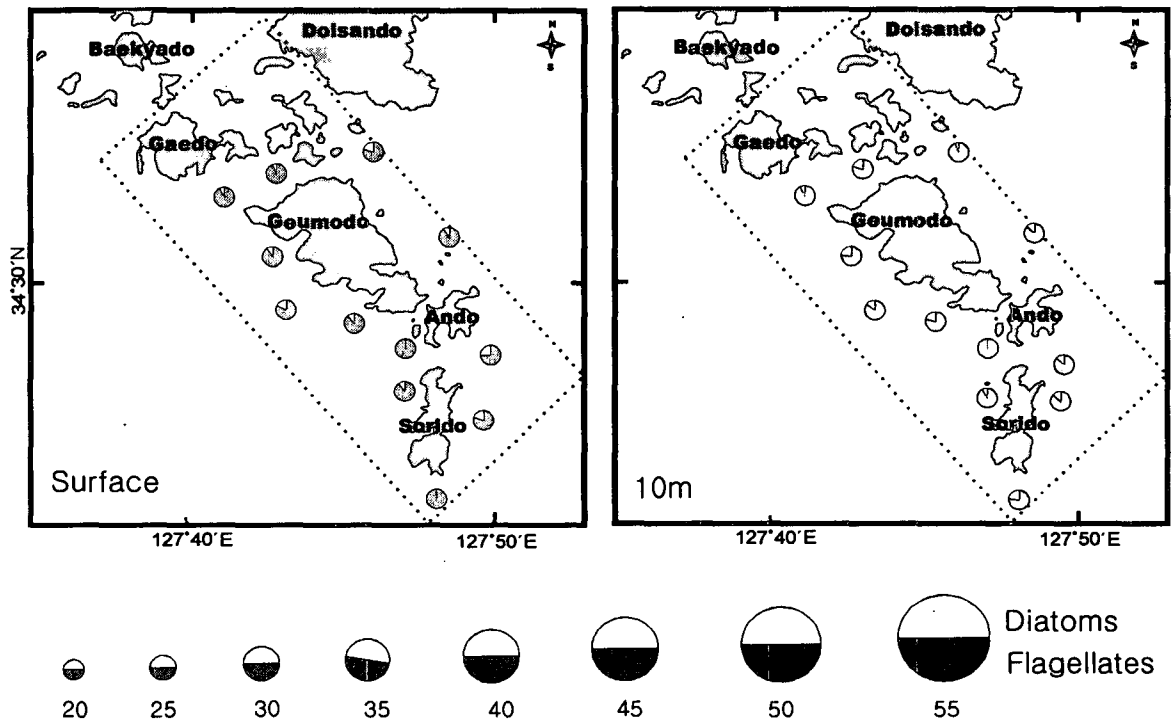


그림 2-2-8. 2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 출현종수.

(나) 현존량

춘계 4월 식물플랑크톤의 현존량은 $5.6 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 종 조성의 결과와 같이 정점 7, 8, 11, 12와 같은 금오도 북동 및 금오수도 해역에서 상대적으로 높은 현존량이 측정되었다. 대부분의 정점에서 표층과 10m 수층의 차이는 뚜렷하지 않았다. 정점 7의 표층에서 가장 높은 현존량 1.5×10^5 cells/L이 기록되었고, 금오도 서측 북서 해역에 위치하는 정점 15에서 가장 낮은 값을 보였다(그림 2-2-9). 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 외편모조류는 10^3 cells/L 이하의 낮은 현존량으로 분포하였다. 하계 8월의 현존량은 $1.1 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 정점 8과 21을 제외한 대부분의 정점에서 표층보다 10m 층의 현존량이 다소 높았다. 10m 층의 정점별 차이는 크지 않았으나 표층의 경우는 금오도 북동해역에 위치하는 정점 8에서 급증하였다(그림 2-2-10). 이는 외편모조류 *Gonyaulax polygramma*의 고밀도 분포에 기인하

였다. 춘계와 동일하게 금오도 서측 북서해역에 위치하는 정점 15에서는 가장 낮은 현존량이 측정되었다. 특히 여름인 고수온기에는 와편모조류를 포함한 편모조류의 현존량은 규조류와 유사한 수준으로 증가하여 와편모조류 출현량이 매우 높음을 잘 나타내고 있었다(그림 2-2-11, 2-2-12).

추계 식물플랑크톤의 현존량은 $2.0 \times 10^3 \sim 3.6 \times 10^4$ cells/L의 범위로 낮은 밀도 수준이었다. 안도와 소리도 동쪽 수역인 정점 5, 7 및 21과 소리도 북서단에 위치하는 정점 20의 표층에서 현존량의 두드러진 증가가 관찰되었으나, 나머지 정점에서 표층과 10m 층의 현존량은 큰 차이를 보이지 않았다. 특히 금오수도 서측에 위치하는 정점 12의 경우 표층과 10m 수심 모두 현존량이 감소하여 가장 낮은 현존량이 측정되었다(그림 2-2-13). 가을철 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량은 규조류의 분포에 의한 결과로 와편모조류는 대부분의 정점에서 4.0×10^3 cells/L 이하의 낮은 현존량으로 분포하였다. 동계 식물플랑크톤의 현존량은 $1.6 \times 10^3 \sim 4.3 \times 10^4$ cells/L의 범위로 가을과 같이 매우 낮은 밀도로 분포하였다. 추계의 결과와 달리 목장화 북측인 금오수도 해역에 위치하는 정점 11과 12에서 3.0×10^4 cells/L 이상으로 현존량의 두드러진 증가가 관찰되었으나, 나머지 해역의 정점에서는 표층과 10m 층의 현존량은 큰 차이 없이 약 5,000 cells/L 수준에 불과하였다(그림 2-2-14). 식물플랑크톤 현존량은 추계와 같이 규조류의 분포에 의해 지배되고 있었으며, 편모조류는 대부분의 정점에서 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하였다.

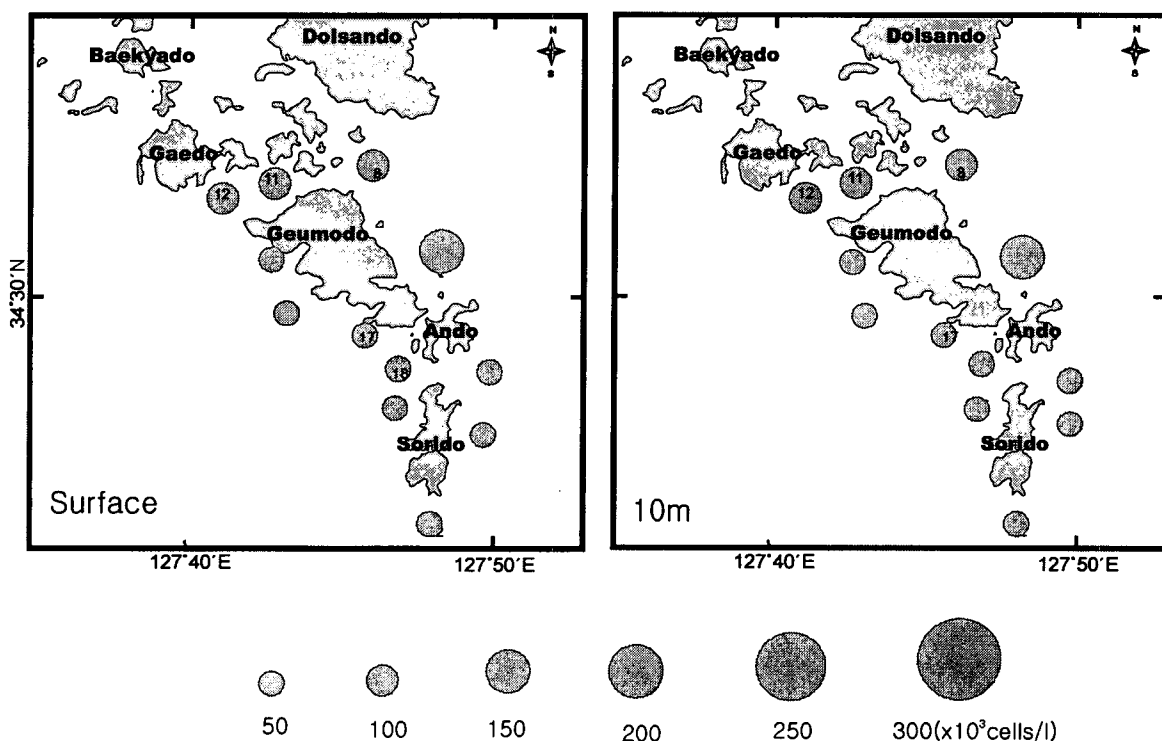


그림 2-2-9. 2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L).

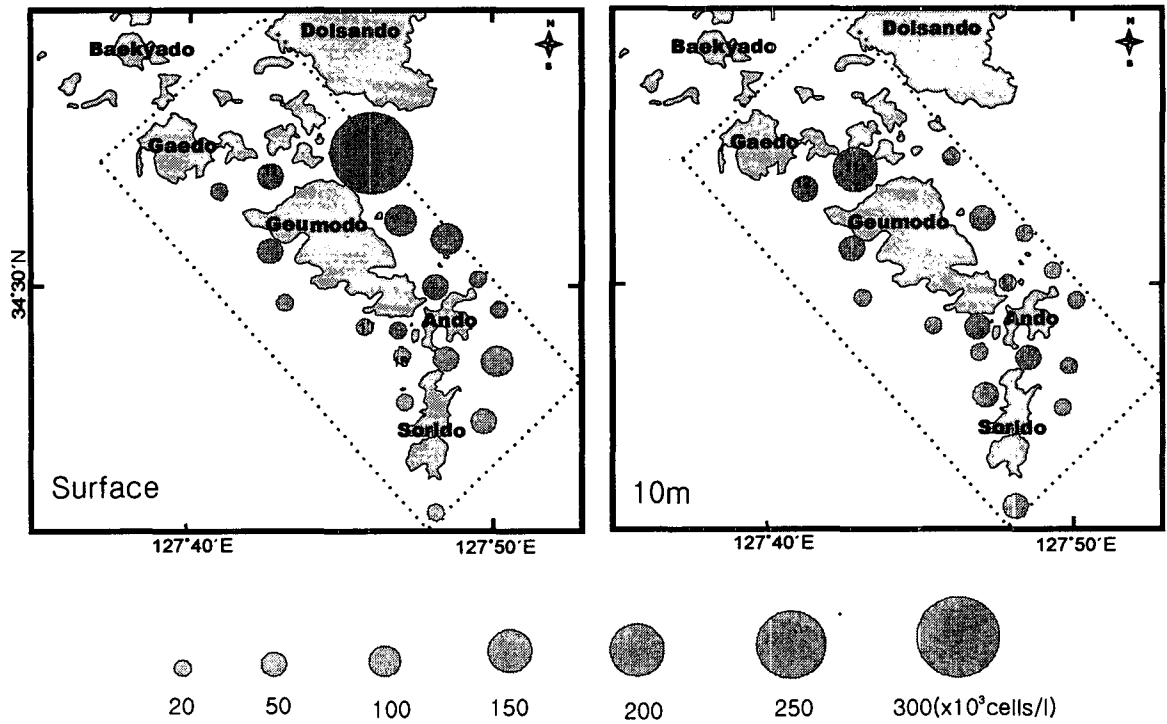


그림 2-2-10. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤의 현존량(cells/L).

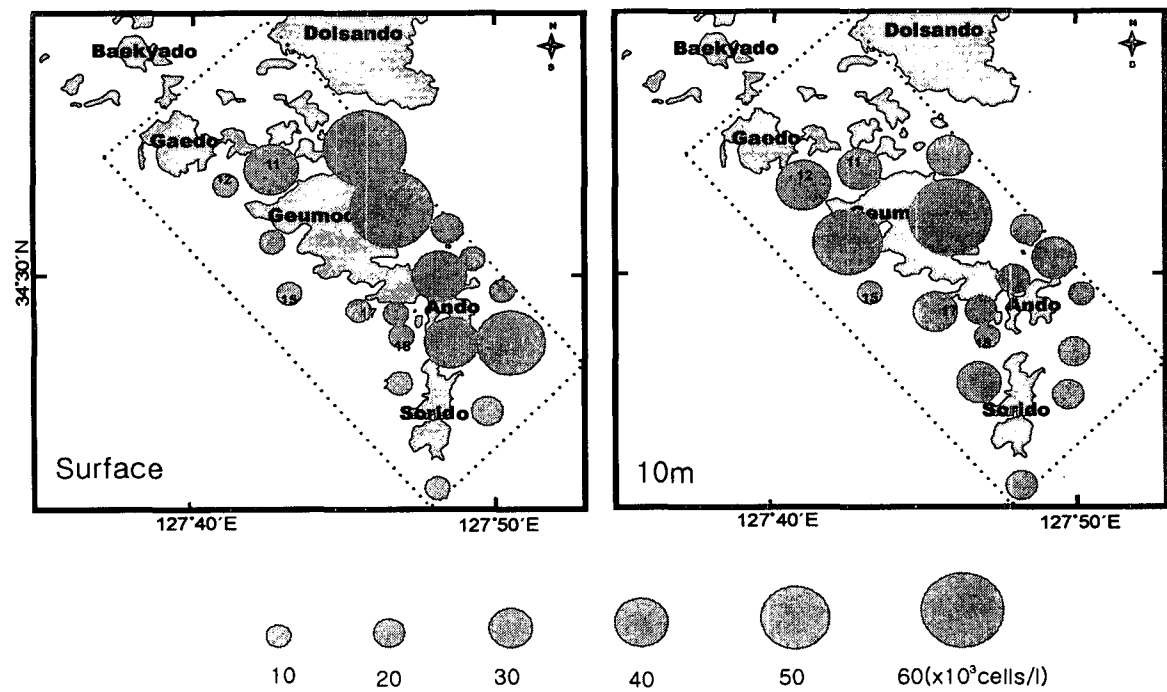


그림 2-2-11. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 규조류의 현존량(cells/L).

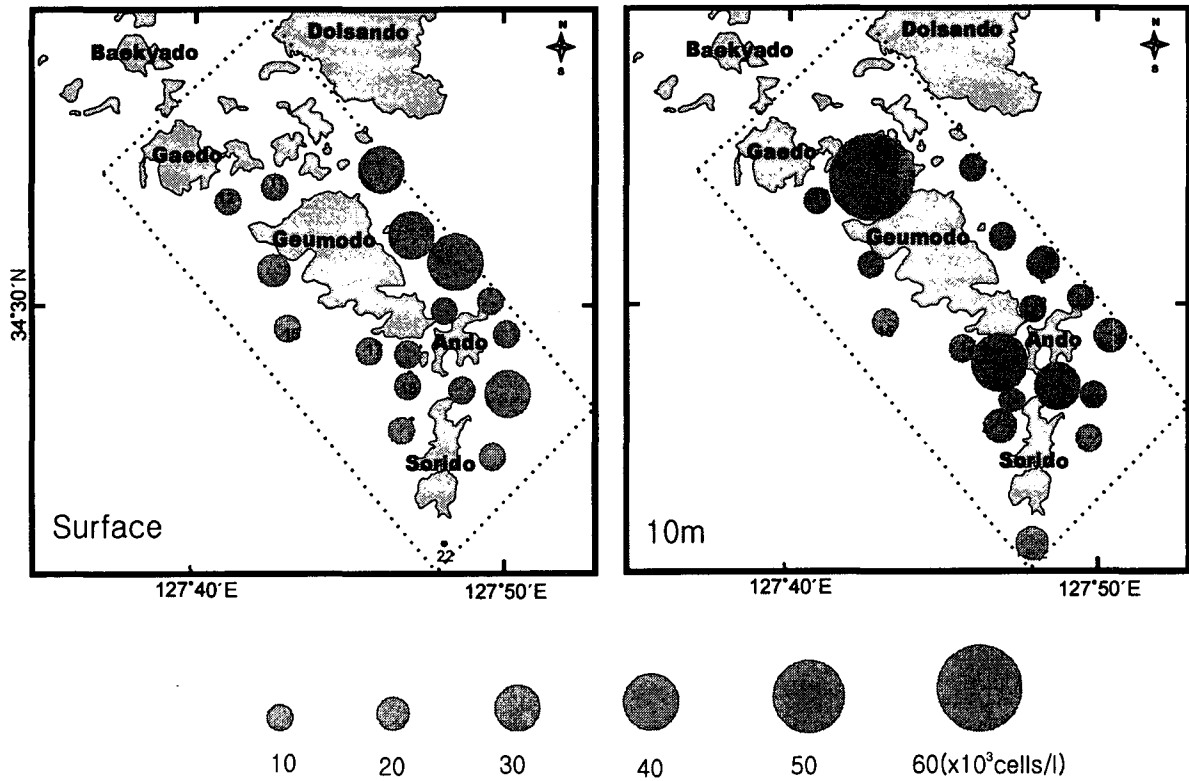


그림 2-2-12. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 와편모조류의 현존량(cells/L).

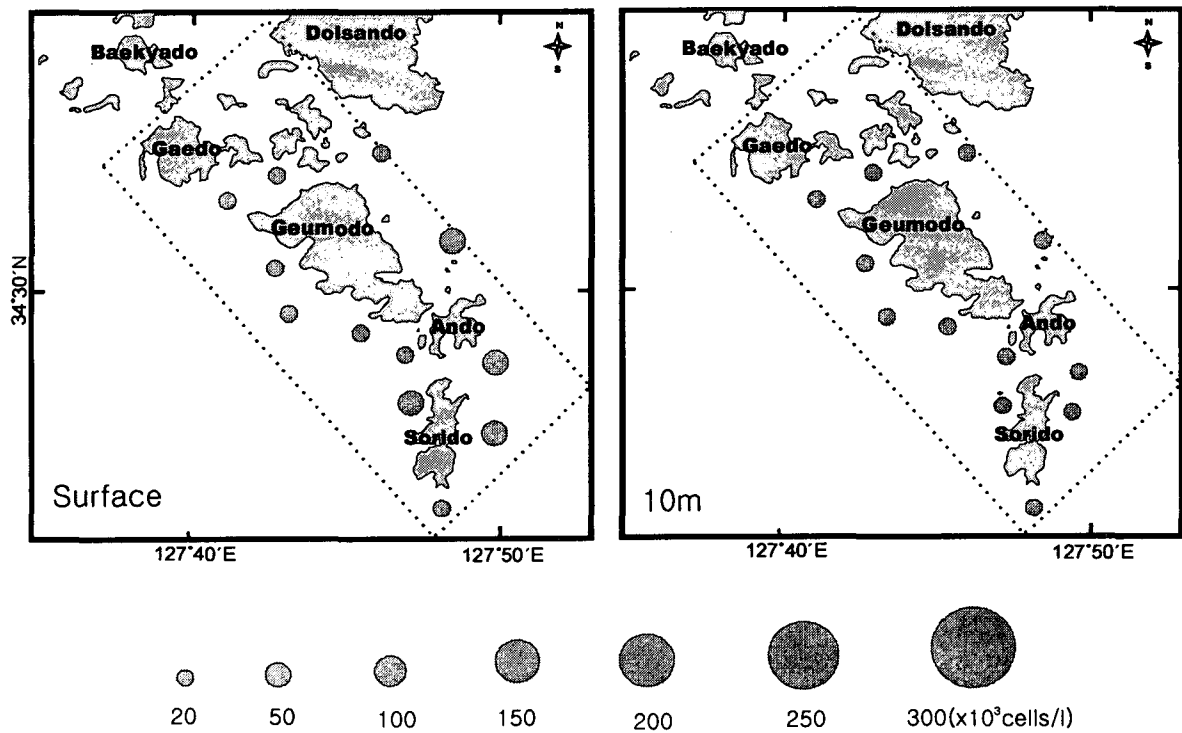


그림 2-2-13. 2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 현존량(cells/L).

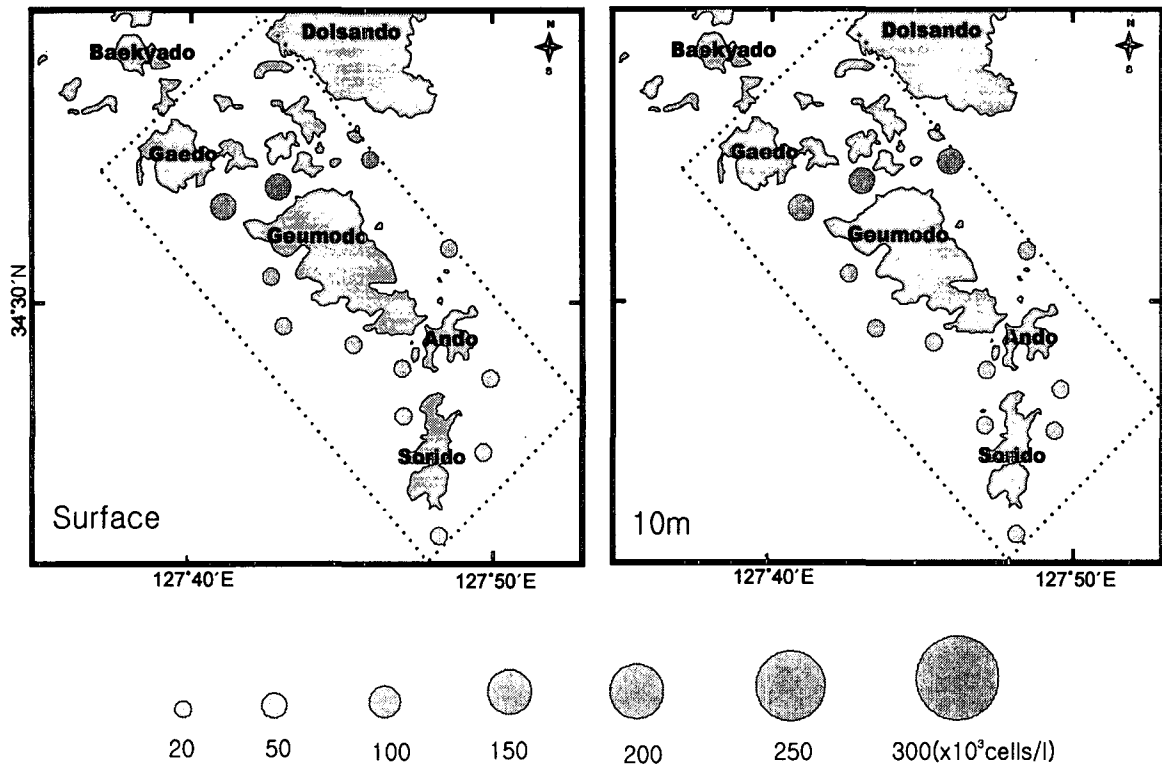


그림 2-2-14. 2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤의 현존량(cells/L).

(다) 우점종

춘계 4월에는 3종류의 규조류 *Eucampia zodiacus*, *Skaeltonema costatum*, *Asterionellopsis glacialis*가 우점종으로 출현하였다. 종조성과 현존량의 결과와 같이 표층과 저층의 우점종 분포는 수심별 차이를 보이지 않았다. 북쪽 연안수역의 정점에서는 *Eucampia zodiacus*가 40% 이상의 높은 우점율로 제 1 우점종으로 분포하였다. *Asterionellopsis glacialis*도 북쪽 수역에서 우점하여 *Eucampia zodiacus*와 유사한 분포를 보였다. 반면에 *Skaeltonema costatum*은 현존량이 상대적으로 낮은 정점 15에서 가장 우점하였으며 비교적 광범위한 수평 분포를 보였다(그림 2-2-15, 2-2-16).

하계 8월에 출현한 우점종은 와편모조류 *Cochlodinium* sp., *Gonyaulax polygramma*, *Scrippsiella trochoidea*와 규조류 *Dactyliosolen fragilissimus*, *Chaetoceros didymus*가 출현하였다. *Dactyliosolen fragilissimus*와 *Cochlodinium* sp.은 정점 20, 21, 22의 남쪽 수역에서 높은 우점율을 보였으며 *Gonyaulax polygramma*는 북쪽의 정점인 정점 8의 표층과 정점 11의 저층에서 높은 우점율을 나타냈다. 이 밖에 표층에서는 *Chaetoceros didymus*와 *Scrippsiella trochoidea*가 함께 우점하였다(그림 2-2-17, 2-2-18). 따라서, 하계 8월의 경우 조사수역의 우점종 분포도 북쪽과 남쪽 수역이 차이를 나타내고 있었다.

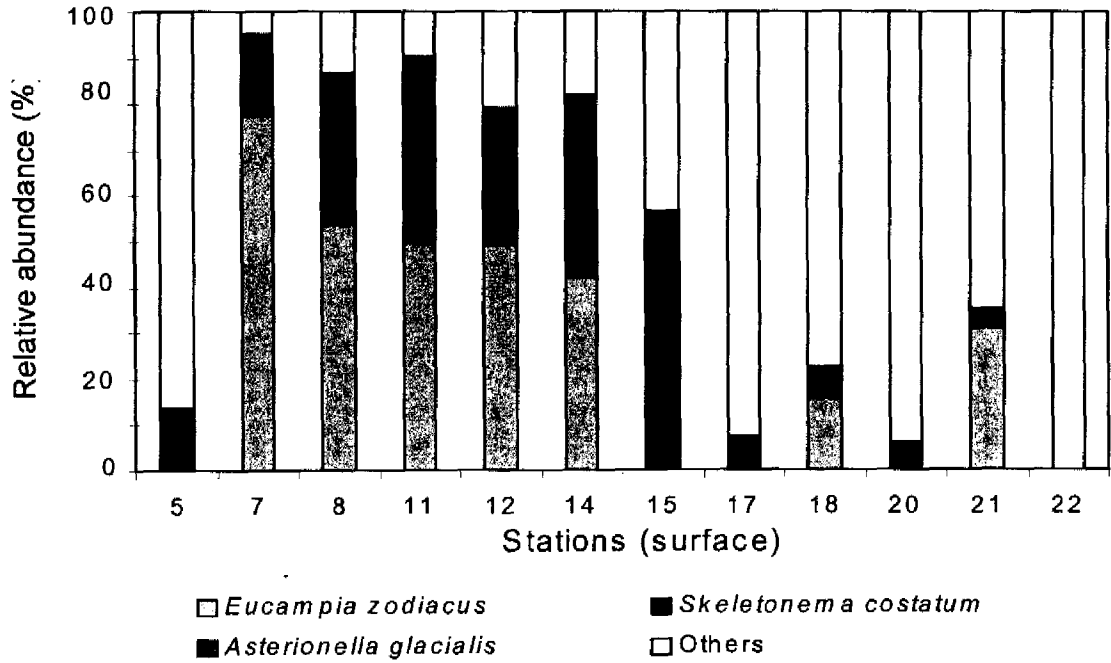


그림 2-2-15. 2004년 4월 춘계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

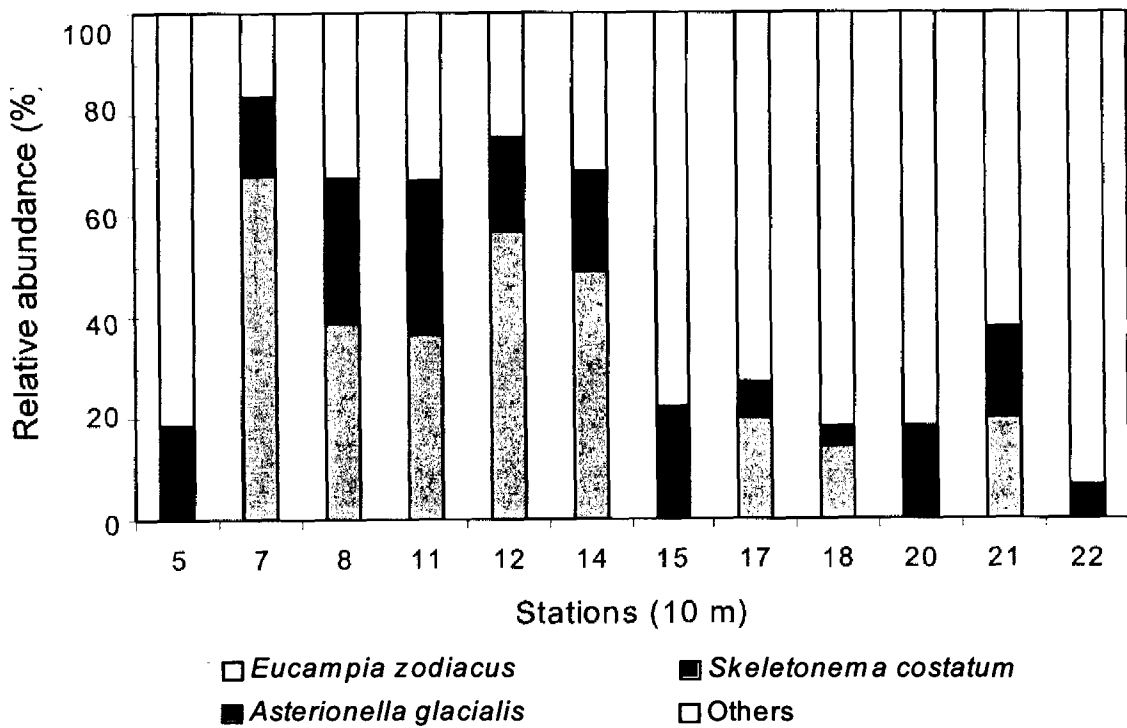


그림 2-2-16. 2004년 4월 춘계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

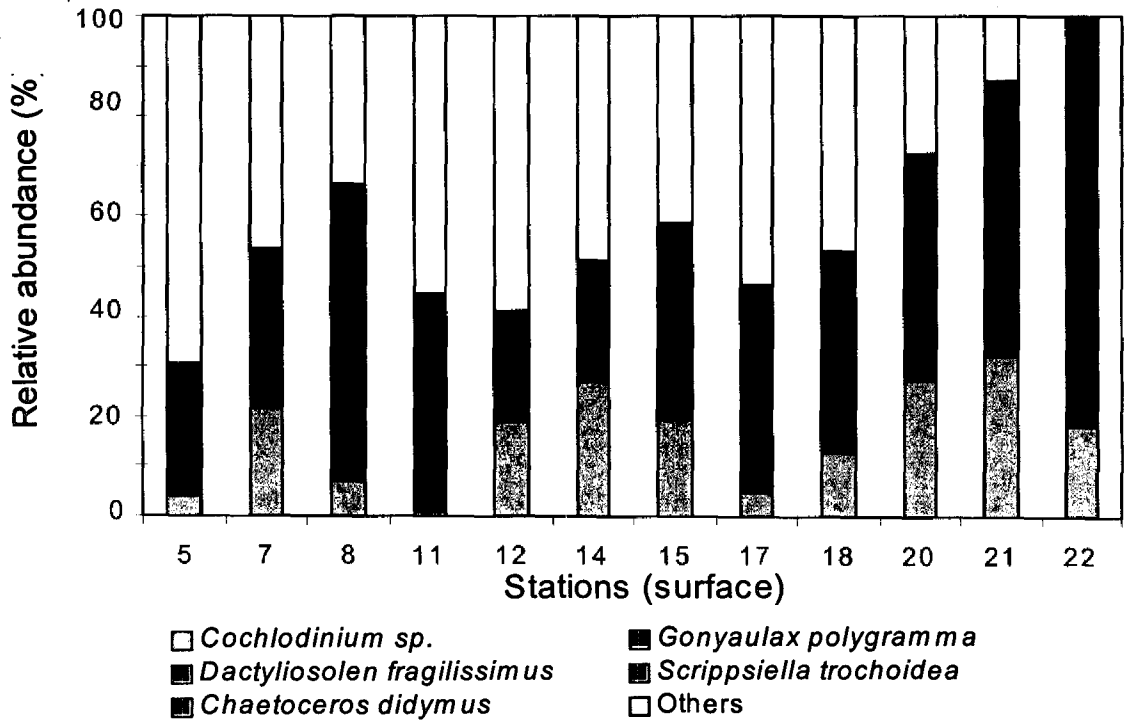


그림 2-2-17. 2004년 8월 하계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

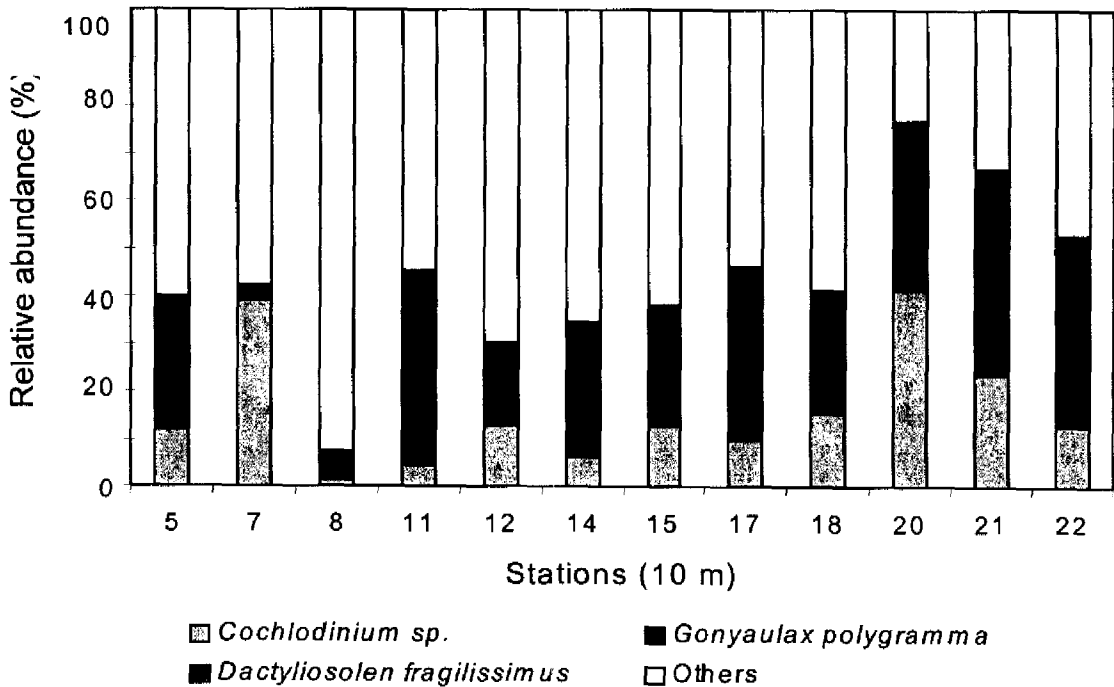


그림 2-2-18. 2004년 8월 하계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

2004년 12월 추계에는 낮은 현존량으로 우점종의 언급이 어려우나 상대적 높은 현존량으로 분포한 종은 4종류의 규조류, *Thalassiosira* sp., *Pseudonitzschia delicatissima*, *Paralia sulcata*, *Chaetoceros debilis*가 출현하였다. 표층의 경우, *Thalassiosira* sp.가 6-80%의 우점율로 정점별 큰 차이를 보였으며 정점 5, 7, 15를 제외한 대부분의 정점에서 제 1 우점종으로 분포하였다. 정점 5과 7에서는 *Pseudonitzschia delicatissima*, 정점 2와 17에서는 *Paralia sulcata*가 30% 이상의 높은 우점율을 기록하였다(그림 2-2-19). 10m 수층의 경우는 표층과 같이 대부분의 정점에서 *Thalassiosira* sp.가 제 1 우점종으로 분포하였으며 정점 5와 7에서 *Pseudonitzschia delicatissima*, 정점 11과 12에서 *Paralia sulcata*가 상대적 높은 현존량으로 분포하였다(그림 2-2-20). 따라서, 추계 12월의 경우 조사수역의 우점종의 수직분포는 비교적 균일하였다. 2005년 2월 동계를 대표하는 우점종은 중심목 규조류인 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskioldii*, *Thalassiosira subtilis*, *Chaetoceros debilis*가 출현하였다. 표층의 경우 금오수도에서 *Skeletonema costatum*는 60~70%의 극우점 하였으며 *Th. nordenskioldii*는 정점 7과 21에서, *Thalassiosira subtilis*는 정점 5와 18, *Chaetoceros debilis*는 정점 8과 15에서 각각 상대적 높은 우점율을 기록하였다. 10m 층도 표층과 유사하게 정점 8, 11, 12에서 46~77%의 높은 우점율로 분포하였고 정점 5에서 *Chaetoceros debilis*, 정점 20에서 *Thalassiosira subtilis*가 높은 우점율을 보였으며 *Thalassiosira nordenskioldii*는 표층에 비해 분포가 약화되었다(그림 2-2-21, 2-2-22). 따라서 계도 앞에 위치하는 북쪽 내만의 정점에서 *Skeletonema costatum*의 우점적 분포는 식물플랑크톤 현존량의 peak로 표현되었다.

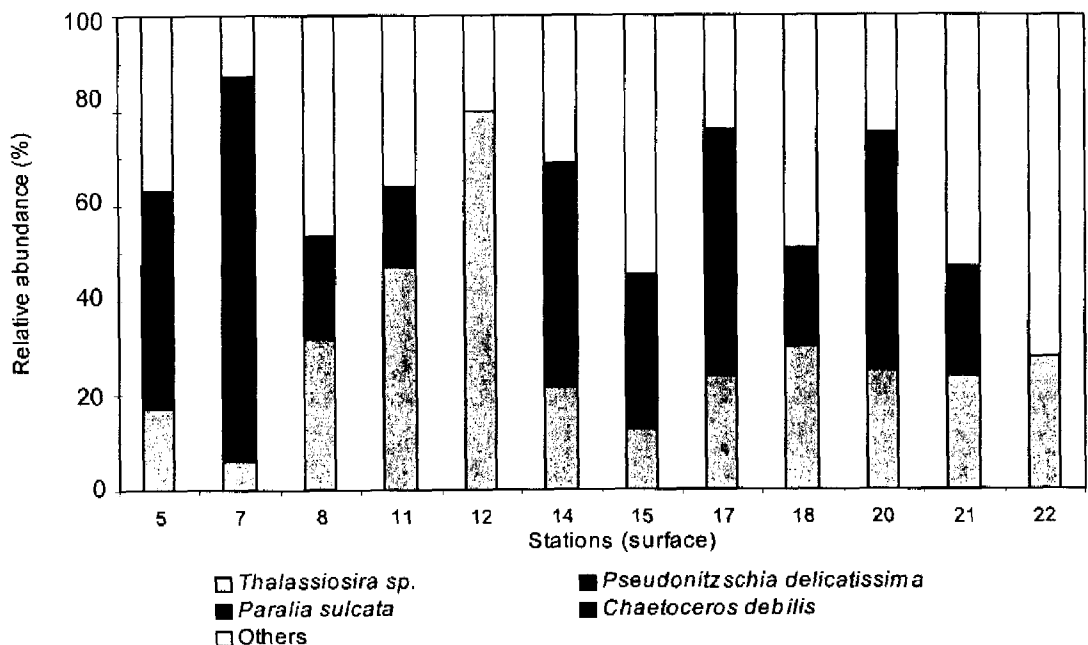


그림 2-2-19. 2004년 12월 추계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

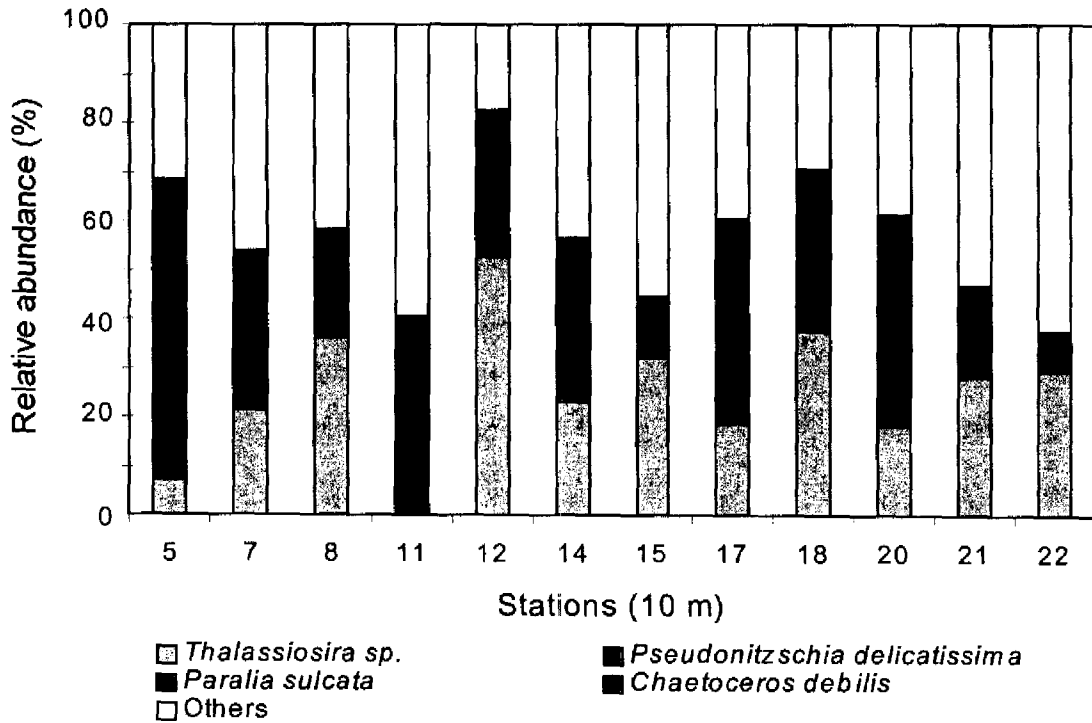


그림 2-2-20. 2004년 12월 추계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

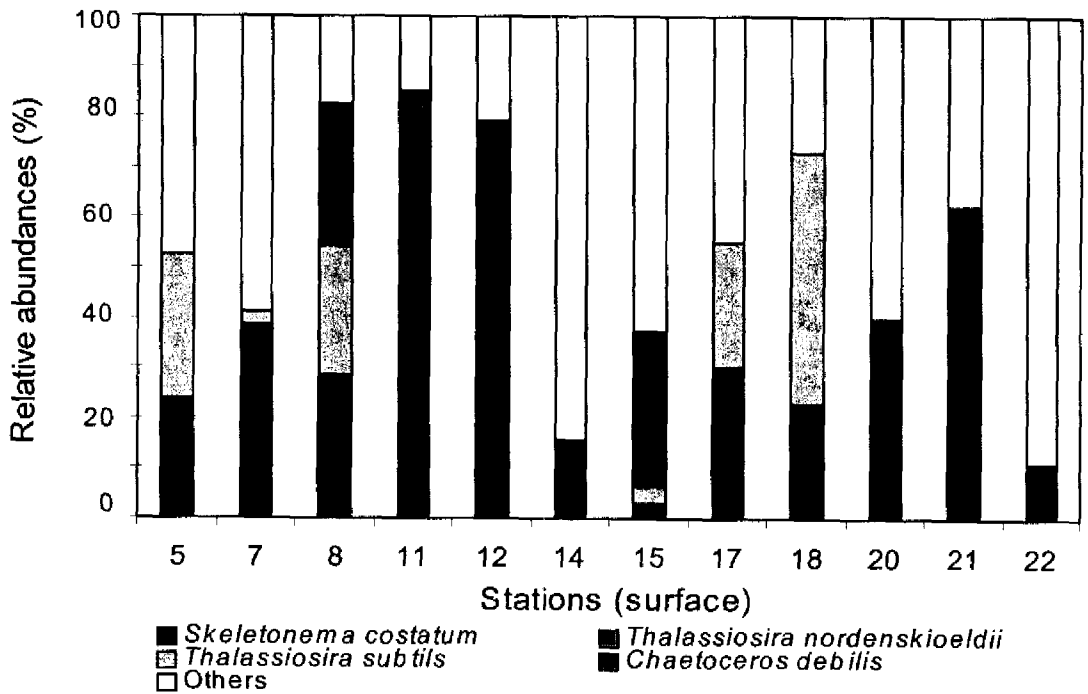


그림 2-2-21. 2005년 2월 동계 표층 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

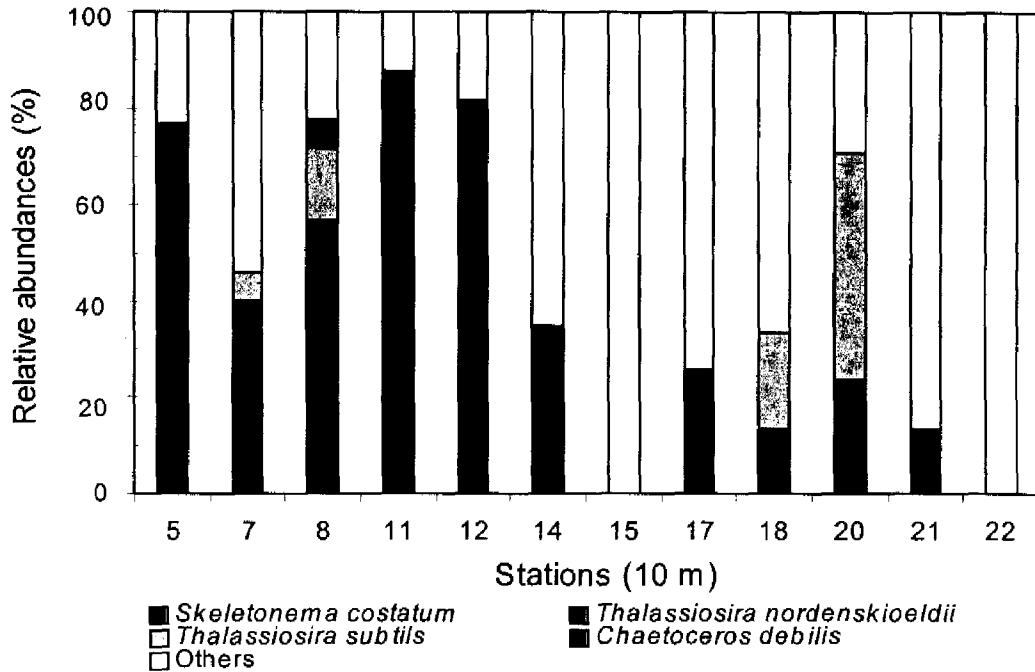


그림 2-2-22. 2005년 2월 동계 수심 10m 식물플랑크톤 우점종 현존량의 상대비.

(라) 종다양성

4월 춘계 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 0.823~2.429, 10m에서 1.198~2.416의 범위로 표층과 10m 층의 정점별 변화는 유사하였다. 제1 우점종의 편중분포가 심했던 금오도 동쪽 중앙해역인 정점 7의 표층에서 1.0 이하의 비교적 가장 낮은 값이 측정되었으며 현존량과 출현종수도 상대적으로 낮았던 남쪽의 수역은 출현종의 산발적인 분포로 다양성은 상대적으로 북쪽의 수역보다 증가되었다. 다양성지수는 1.0~2.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 단순의 수준으로 분포하였다(그림 2-2-23).

하계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.534~2.876, 10m 층에서 1.492~2.734의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 제1 우점종의 우점율이 높아 편중된 분포가 컸던 금오도 동측해역의 정점 8과 21의 표층, 그리고 10m 층의 정점 11에서 2.0 이하의 비교적 낮은 값이 측정되었다. 측정된 다양성지수는 2.0~.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 보통수준의 다양성 범위를 보였다(그림 2-2-24).

2004년 12월 추계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 0.639~2.509, 10m 층에서 1.501~2.334의 범위로 두 수층의 정점별 변화는 유사하였다. 출현종수가 타 정점에 비해 적었던 정점 12의 표층의 경우 1.0 이하로 급격한 감소로 최저값이 측정되었으며 저층의 경우도 동일하게 정점 12에서 1.501의 최저값을 기록하였다. 나머지 정점은 큰 변화 없이 약 2.2 수준의 일정한 다양성을 나타내었다. 대부분의 정점에서 측정된 다양성지수는

2.0~3.0의 범위로 식물플랑크톤 군집은 보통수준의 다양성을 나타내었다(그림 2-2-25).

2005년 2월 동계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.074~2.260, 10m 층에서 1.036~2.659의 범위로 표층과 10m 층의 정점별 변화는 유사하였다. 제1 우점종의 편중된 분포를 보였던 정점 11의 표층과 10m 층은 약 1.0의 비교적 낮은 값이 측정되었으며 정점 15의 10m 층에서 가장 높은 다양성을 나타내었다. 측정된 다양성지수는 대부분의 정점에서 2.0~3.0의 범위로 식물플랑크톤 군집은 추계에 이어 동계에도 약단순의 수준으로 분포하였다(그림 2-2-26).

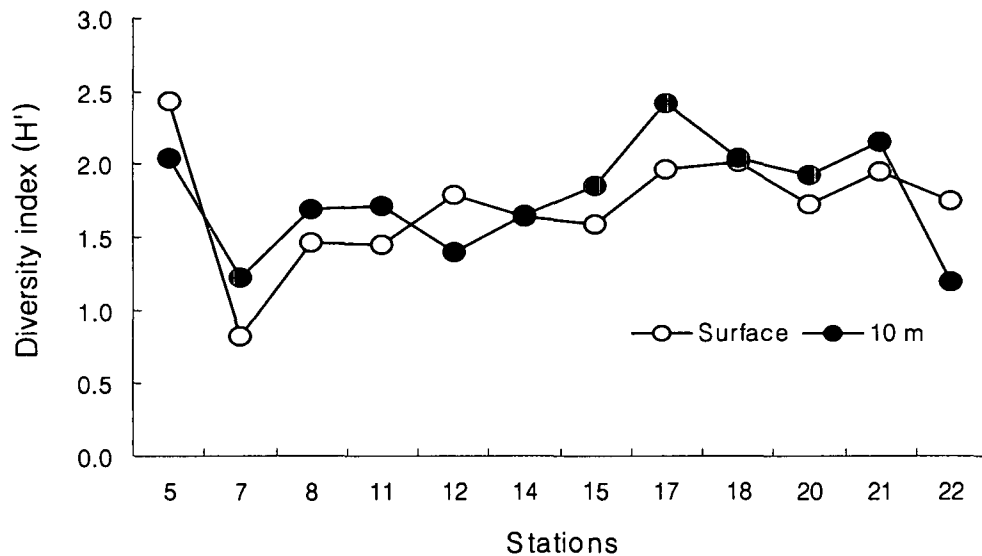


그림 2-2-23. 2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.

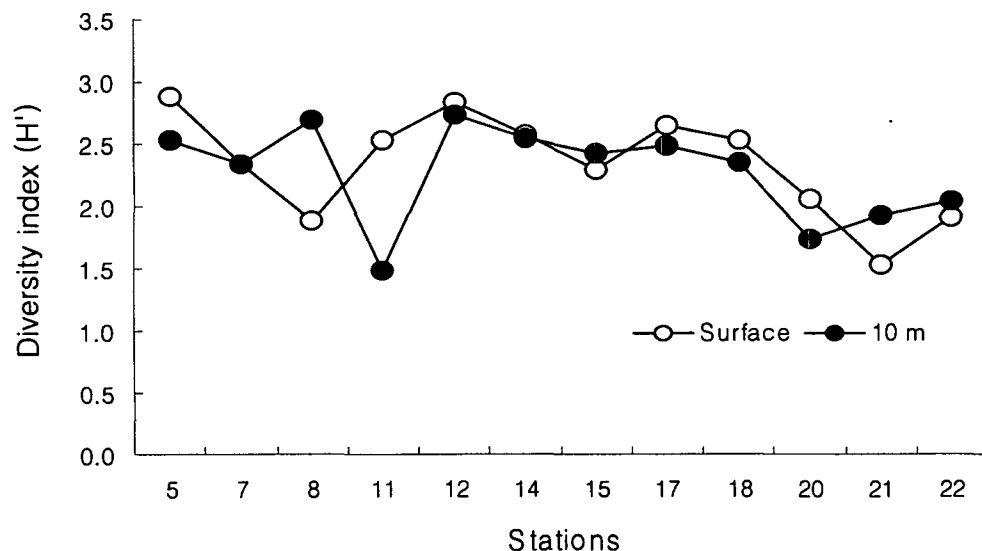


그림 2-2-24. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.

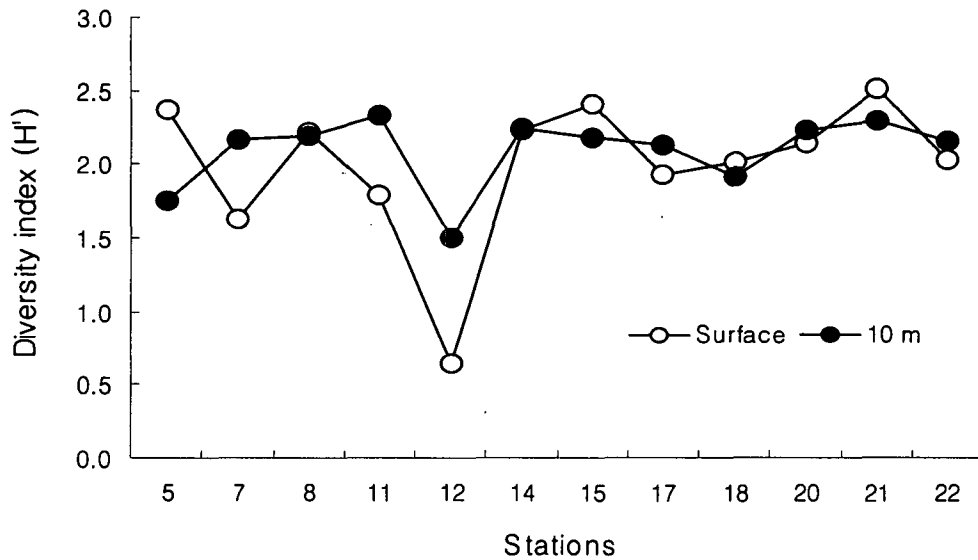


그림 2-2-25. 2004년 12월 추계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.

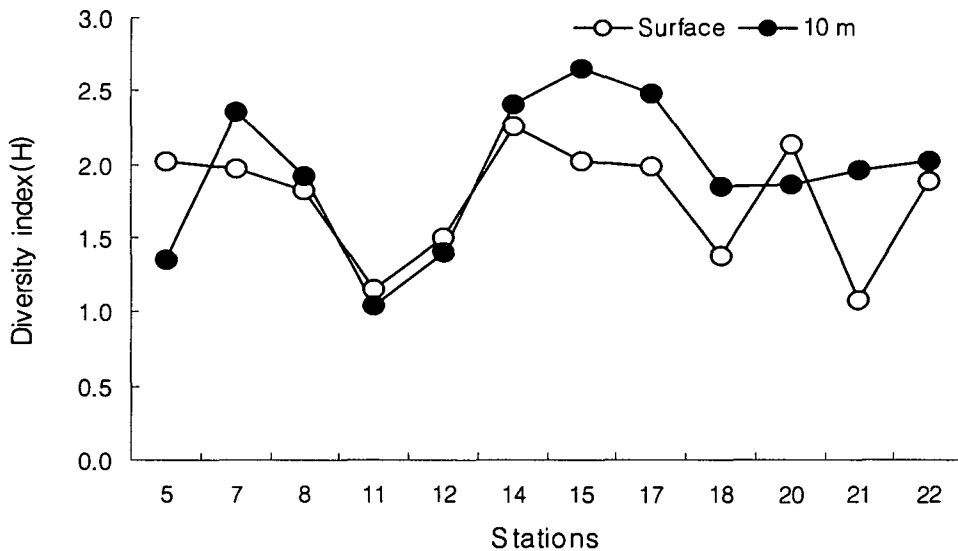


그림 2-2-26. 2005년 2월 동계 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집의 다양성 지수.

(마) 계절변화

2004년 4월 춘계, 8월 하계, 12월 추계 그리고 2005년 2월 동계의 조사결과를 비교하면 다음과 같다.

전체 조사 시기를 통해 식물플랑크톤은 총 출현종수는 109종류가 출현하였으며 구조류가 77종, 외편모조류가 27종, 기타 편모조류가 5종으로 구성되어 있었다. 대부분의 종조

성은 규조류로 구성되었으며, 하계 8월에는 타 시기보다 식물플랑크톤의 출현종수가 가장 높았다. 이는 하계에 와편모조류의 출현종수의 증가에 기인하였다(그림 2-2-27).

표층과 10m 수층에서 출현종수의 차이는 크지 않아 조사수역은 수괴의 혼합이 용이한 수역으로 판단되며 평균 다양성 지수의 시기별 변화도 출현종수의 결과를 반영하여 하계 8월에 2.0이상으로 식물플랑크톤 군집은 타 시기보다 다양하였으며 나머지 시기는 1.7~2.0의 값으로 단순의 수준의 군집구조를 보였다(그림 2-2-27).

우점종의 경우 4월 춘계에는 규조류 *Eucampia zodiacus*가 제 1 우점종으로 출현하였으며 하계 8월에는 남해안의 적조원인종인 와편모조류 *Cochlodinium*과 함께 *Gonyaulax polygramma* 그리고 규조류 *Dactyliosolen fragilissimus*가 우점하였다. 12월 추계에는 낮은 현존량으로 우점종의 의미가 약화되나 *Thalassiosira* sp.가 가장 높은 우점율을 보였으며 2월 동계 저수온기에는 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskiöldii*가 함께 우점하여 우점종의 계절적 변화가 뚜렷하였다.

식물플랑크톤 평균 현존량도 표층과 수심 10m의 차이는 보이지 않았으며 4월 춘계와 8월 하계는 추계와 동계에 비해 2배 정도 높은 약 4×10^4 cells/L 현존량이 측정되었다. 하계 이후 상대적 저수온기인 추계에 급격한 감소를 보여 평균 2×10^4 cells/L의 현존량을 기록하였고 이어 동계에는 약 1×10^4 cells/L로 조사기간 중 가장 낮은 수준으로 분포하였다(그림 2-2-28). 또한, 전남 다도해 바다목장 해역의 동(정점 7과 8), 서(정점 18), 남(정점 22), 북(정점 12) 해역의 일부 대표정점에서 2002년 8월부터 2005년 2월까지 조사된 결과를 계절별로 평균한 출현종 및 현존량의 계절변화 경향은 출현종의 경우, 수층 간에는 차이가 없으나, 정점에 따른 차이는 크게 나타났다. 계절과 정점에 따른 변동 양상은 매우 불규칙적이거나, 봄을 제외하고는 바다목장 남쪽과 서쪽 해역보다는 북쪽과 동쪽 해역에서 비교적 높은 출현종을 보였으며, 봄은 안도 서쪽에 위치하는 정점 18에서 높은 출현종 특성을 나타내었다. 분류군별로는 규조류가 전 계절 식물플랑크톤 군집의 주요 인자로 작용하며, 여름과 가을에 상대적으로 많은 종이 출현하는 특성을 보였다. 와편모조류는 여름과 가을에 주로 출현하여 겨울과 봄에는 매우 낮은 종 출현을 나타내었다(그림 2-2-29). 식물플랑크톤 현존량은 소리도 남쪽 해역인 정점 22를 제외하면 여름이 다른 계절에 비해 매우 탁월한 특성을 보이고 있으며, 안도 서측의 정점 18에서는 여름철 수층 간 변화 폭이 매우 크게 나타났다. 여름 소리도 남담능 제외하고 연안해역에서 높은 현존량을 보이는 것은 2002년 여름 *Skeletonema costatum*에 의한 대발생의 결과이다. 분류군별로는 전 계절 식물플랑크톤 현존량은 규조류의 현존량에 의해 지배되는 양상을 보이나, 여름에는 적조원인종인 *Cochlodinium polykrikoides*나 *Gonyaulax polygramma* 등의 대발생으로 상대적으로 높은 현존량으로 출현하였다. 특히 해역별로는 다도해 바다목장 북동쪽인 돌산도와 금오도 인근해역과 금오도 북단의 금오수로 인근해역에서 와편모조류에 의한 출현 밀도가 높은 특징을 보였다(그림 2-2-30).

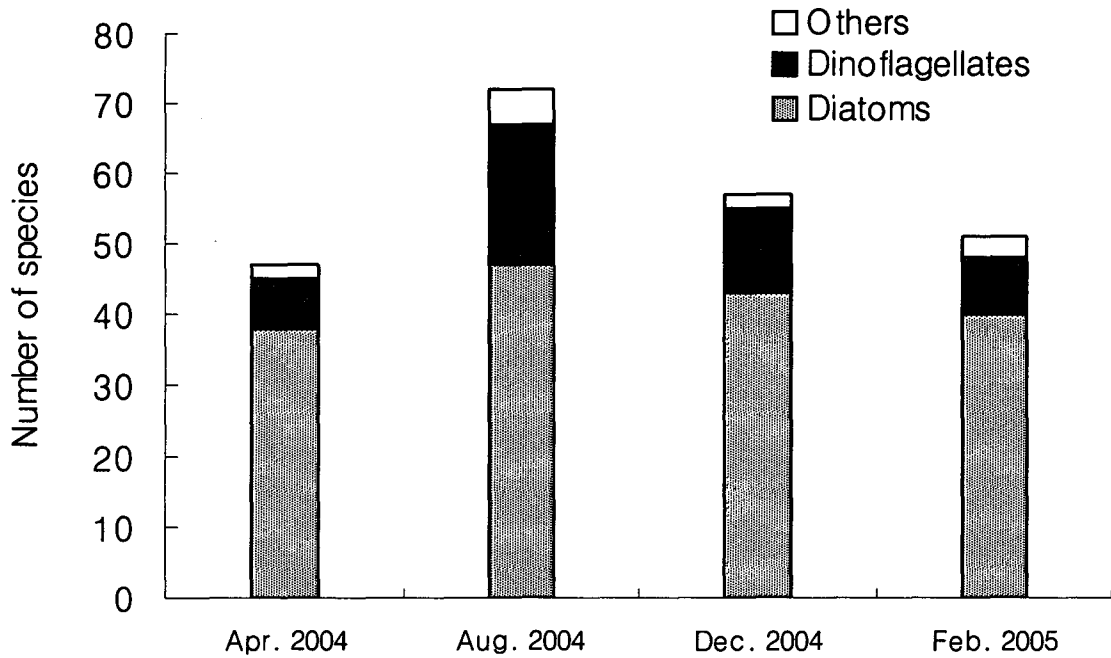


그림 2-2-27. 2004/2005년 다도해 바다목장 해역 식물플랑크톤 출현종수의 계절변화.

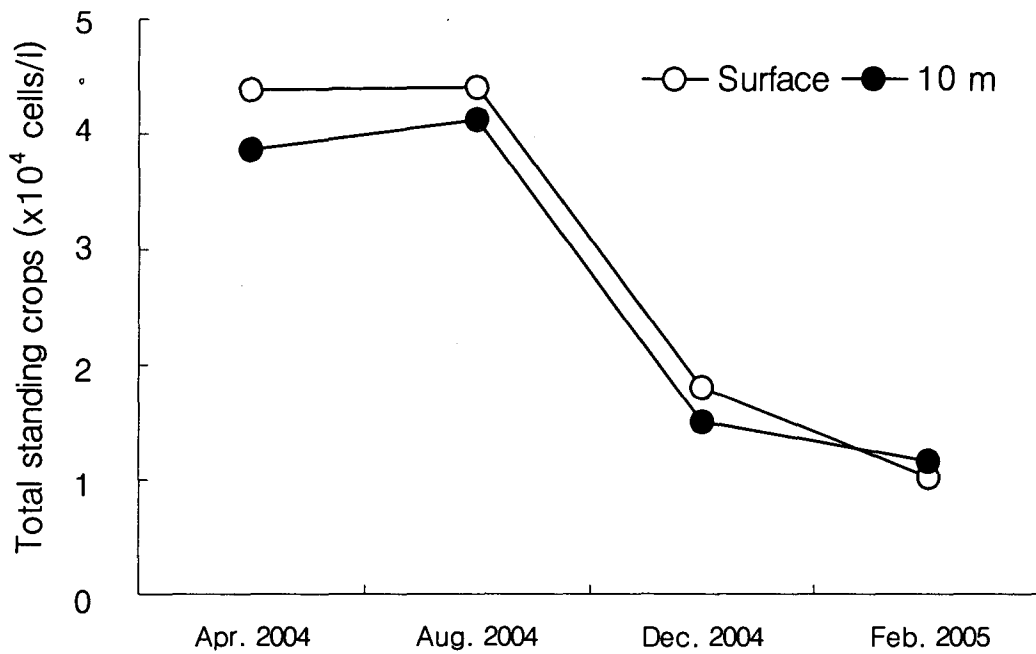


그림 2-2-28. 2004/2005년 다도해 바다목장 식물플랑크톤 현존량의 계절변화.

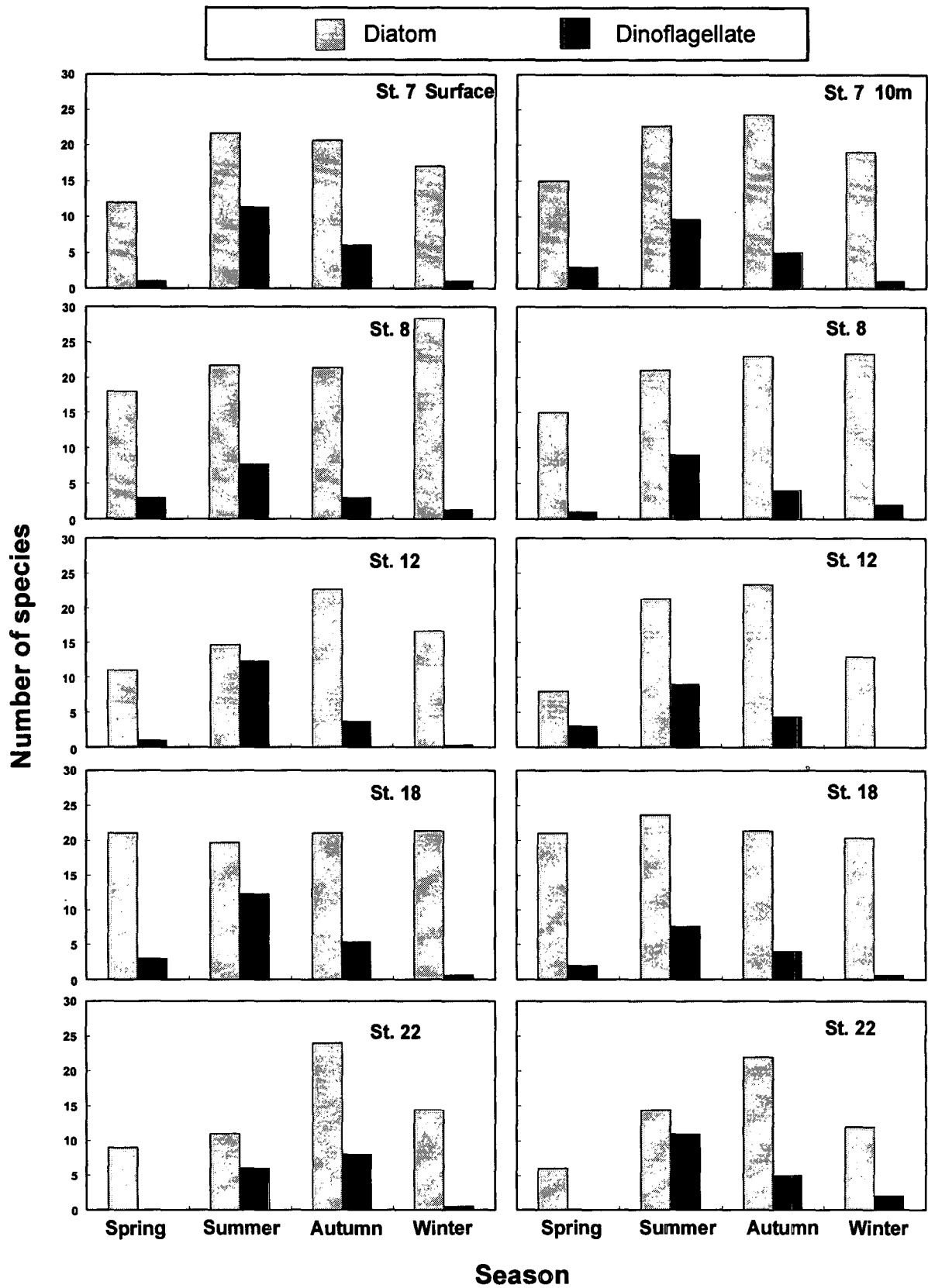


그림 2-2-29. 2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 평균 계절변화.

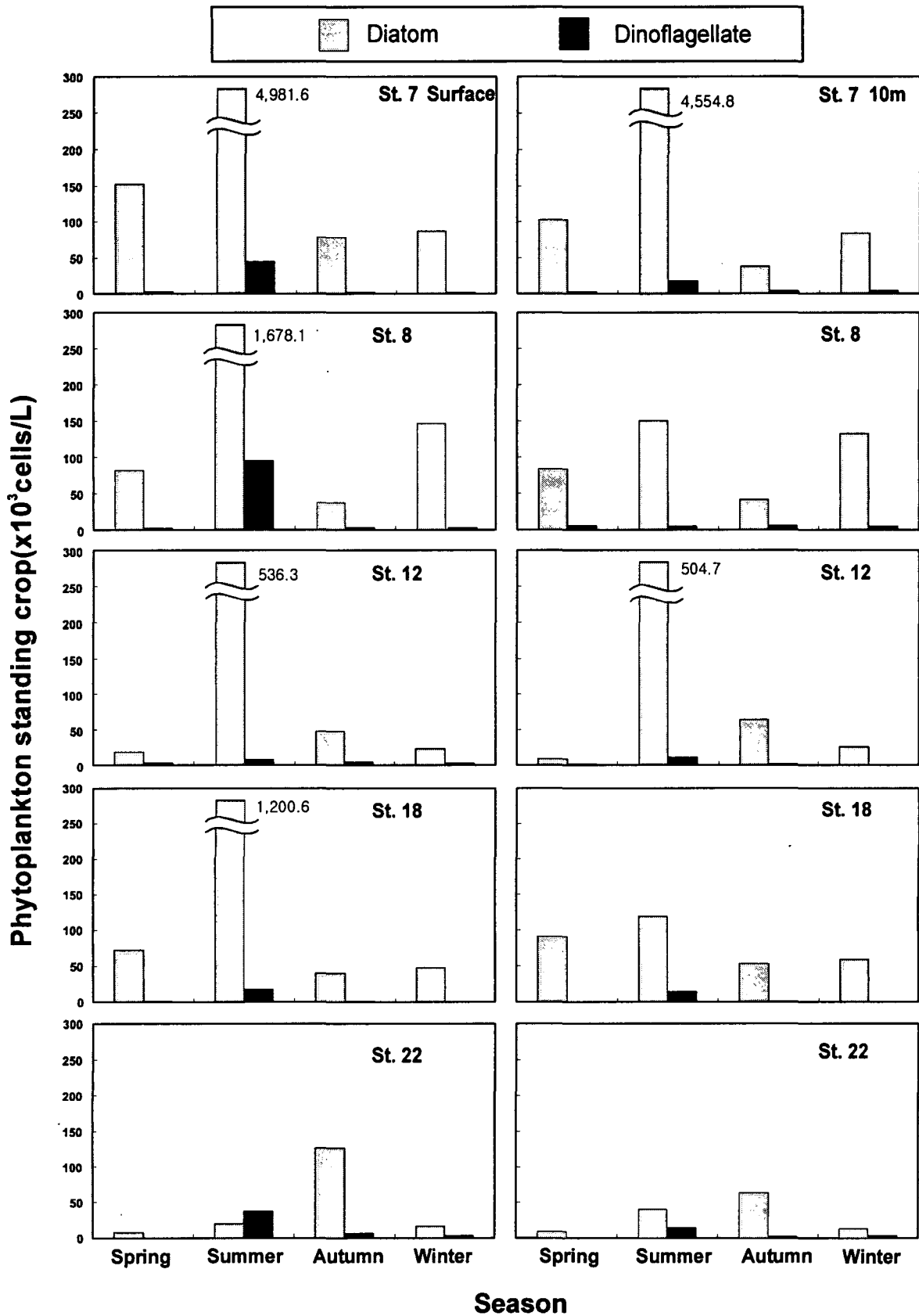


그림 2-2-30. 2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 현존량의 평균 계절변화.

(바) 연변화

2002년 8월부터 2005년 2월까지 10회 조사한 결과를 비교하면, 전남 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 군집을 구성하는 총 출현종수는 2002년에 137종으로 규조류가 104종, 와편모조류가 33종이었으며, 2003년에는 총 145종이 관찰되었고 이 중 규조류가 104종, 와편모조류가 36종, 기타 편모조류 5종으로 구성되어 있었다. 2004년도 3차년도에는 총 109종류가 관찰되었으며 규조류가 77종, 와편모조류가 27종, 기타 편모조류 5종이 관찰되었다(표 2-2-4와 표 2-2-5). 즉 식물플랑크톤 출현종수는 2002년과 2003년도에 유사하였으며 각 분류군의 출현종수의 조성도 큰 차이를 보이지 않았으나 2004년도에는 30여종이 감소하였으며 규조류의 감소가 두드러졌다. 전체적으로 3차년 당해년도의 경우 하계, 추계, 동계 모두 2002년과 2003년의 동시기에 비해 출현종수는 전체적으로 감소하였다(그림 2-2-31). 그러나 표층과 수심 10m 수층의 출현종수는 1, 2차년도의 결과와 유사하게 수층간의 명확한 차이는 보이지 않았다. 따라서 다도해 조사수역의 경우 표층에서 수심 10m까지의 수괴는 잘 혼합되어 있는 특성을 나타내었다(그림 2-2-32).

그리고 전남 다도해 바다목장 해역에서 2002년 8월부터 2005년 2월까지 10회 조사를 통해 관측되어진 식물플랑크톤 출현종별, 조사시점별, 정점별 식물플랑크톤 출현 밀도의 변화 경향을 3개년 조사를 정리하는 차원에서 부록 2-2-1에서 부록 2-2-20까지에 나열하였다. 다만, 나열된 부록에 대한 구체적인 서술은 매 조사년도 보고서 및 본 년도 보고서 계절 및 연변화에서 서술하고 있기에 생략하였다.

식물플랑크톤 군집의 다양성지수도 2002년에는 1.0에서 2.0사이로 식물플랑크톤 군집은 단순한 수준이었으나 2003년도에는 지수값이 2.0~3.0으로 다양성이 크게 증가하였다. 2004년도의 경우 4월 춘계를 제외한 나머지시기에 약 2.0의 값으로 2002년과 2003년도의 중간값의 범위로 측정되었다(그림 2-2-33).

식물플랑크톤 현존량의 경우 2002년 하계는 10^6 cells/L이상의 대발생 수준으로 높은 현존량을 보였으나 2003년과 2004년 하계의 경우 각각 5×10^6 cells/L과 4×10^6 cells/L로 유사한 수준이었으나 2002년에 비해 크게 감소하였다. 하계와 같이 동계의 경우도 1차년도 2003년 1월에 비해 2차년도 2004년 1월은 약 4배 정도 현존량의 감소를 보였고 이어 3차년도 2005년 2월에는 다시 2004년보다 감소하여 가장 낮은 현존량을 기록하였다. 추계의 경우는 2002년보다 2003년에 약 5배 정도 증가하였으나 2004년 12월 추계의 경우는 2003년보다 크게 감소하여 연변화의 경우 당해연도는 전체 계절을 통해 1차년도와 2차년도에 비해 현존량이 감소하는 결과를 보였다(그림 2-2-34).

또한, 전남 다도해 바다목장 해역의 동(정점 7과 8), 서(정점 18), 남(정점 22), 북(정점 12) 해역의 일부 대표정점에서 2002년 8월부터 2005년 2월까지 조사된 결과를 조사시점별 출현종 및 현존량의 변동양상을 살펴보면 다음과 같다.

표 2-2-4. 2002년 8월에서 2005년 2월까지 표층해역의 식물플랑크톤 종 출현 양상

종명	월	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
Diatoms											
<i>Achnanthes brevipes</i>							*				
<i>Actinocyclus</i>	sp.					*			*	*	*
Ac.	<i>octonarius</i>		*	*							
Ac.	sp.			*			*				
<i>Actinocyclus</i>	<i>senarius</i>		*	*	*	*	*	*		*	
<i>Amphiprora gigantea</i>			*				*				
<i>Amphiprora</i>	sp.			*		*				*	
<i>Asterionellopsis</i>	<i>glacialis</i>			*		*	*	*		*	
As.	<i>kariana</i>								*		
<i>Asteromphalus</i>	<i>heptactis</i>			*							
Ap.	<i>cleaveanus</i>	*			*	*	*				
Ap.	<i>sarcophagus</i>		*		*				*		
<i>Aulacoseira granulata</i>							*				
<i>Bacillaria</i>	<i>paxillifera</i>			*		*	*	*			
<i>Bacteriastrium</i>	<i>hyalinum</i>	*	*		*	*				*	
<i>Cerataulina dentata</i>		*			*				*		
Ce.	<i>pelagica</i>					*					
<i>Chaetoceros affinis</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Ch.	<i>brevis</i>					*			*		
Ch.	<i>curvisetus</i>	*		*	*	*				*	
Ch.	<i>compressus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		
Ch.	<i>danicus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ch.	<i>debilis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ch.	<i>decipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Ch.	<i>didymus</i>	*	*		*	*		*	*		
Ch.	<i>eibonii</i>		*	*		*					
Ch.	<i>gracilis</i>	*									
Ch.	<i>pelagicus</i>	*			*	*			*		
Ch.	<i>pseudocurvisetus</i>	*			*						
Ch.	<i>radicans</i>		*			*					
Ch.	<i>similis</i>			*							
Ch.	<i>socialis</i>					*	*				
Ch.	<i>tortissimus</i>		*			*					
Ch.	<i>vanheurcki</i>			*	*	*	*			*	
Ch.	sp.	*		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cocconeis</i>	sp.		*		*				*		
<i>Corethron</i>	<i>criophilum</i>			*		*	*			*	
<i>Coscinodiscus</i>	<i>asteromphalus</i>					*					
Co.	<i>centralis</i>	*		*		*					*
Co.	<i>concinus</i>					*					
Co.	<i>granii</i>						*				
Co.	<i>jonecianus</i>	*	*			*					
Co.	<i>nodulifer</i>						*				
Co.	<i>radiatus</i>	*	*	*	*	*	*				*
Co.	<i>wailiesii</i>		*	*		*					*
Co.	sp.			*		*	*	*			*
<i>Cyclotella</i>	sp.					*	*				
<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Dactyliosolen</i>	<i>phuketensis</i>	*	*		*	*	*	*	*	*	
<i>Detonula</i>	<i>pumila</i>	*	*	*	*	*	*			*	
<i>Diploneis</i>	<i>splendica</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ditylum</i>	<i>brightwellii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Eucampia</i>	<i>zodiacus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Grammatophora</i>	<i>marina</i>		*								
<i>Guinardia</i>	<i>delicatula</i>	*									
Gu.	<i>accida</i>	*			*	*					
Gu.	<i>striata</i>	*									

표 2-2-4. 계속

종명	월	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
<i>Haslea</i>	<i>wawrikan</i>		*								
<i>Hemiaulus</i>	<i>hauckii</i>				*	*		*	*		*
<i>He.</i>	<i>membranaceus</i>					*					
<i>Helicotheca</i>	<i>tamesis</i>				*	*				*	
<i>Hyalodiscus</i>	<i>stelliger</i>						*				
<i>Lauderia</i>	<i>annulata</i>		*	*	*						
<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>	*	*			*		*	*	*	
<i>Le.</i>	<i>minimus</i>	*	*		*	*					
<i>Licmophora abbreviata</i>		*					*				
<i>Li.</i>	<i>sp.</i>						*				
<i>Lithodesmium</i>	<i>variabile</i>	*				*					
<i>Meuniera</i>	<i>membranacea</i>			*	*	*		*			
<i>Navicular</i>	<i>distans</i>					*	*				
<i>Na.</i>	<i>membranacea</i>		*								
<i>Na.</i>	<i>retusa</i>		*								
<i>Na.</i>	<i>sp.</i>				*	*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia</i>	<i>littoralis</i>		*		*						
<i>Ni.</i>	<i>longissima</i>		*								
<i>Ni.</i>	<i>sigma</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ni.</i>	<i>sp.</i>		*	*		*	*	*	*	*	*
<i>Odontella</i>	<i>aurita</i>			*							
<i>Od.</i>	<i>longicruris</i>				*	*	*				
<i>Od.</i>	<i>sinensis</i>				*	*	*			*	
<i>Paralia</i>	<i>sulcata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Planktoniella</i>	<i>blanda</i>			*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pleurosigma affine</i>				*	*	*				*	
<i>Pl.</i>	<i>angulatum</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pl.</i>	<i>elongatum</i>		*								
<i>Pl.</i>	<i>normanni</i>		*	*	*	*	*	*			*
<i>Pl.</i>	<i>sp.</i>		*								
<i>Proboscia</i>	<i>alata</i>		*			*		*			
<i>Pseudoguardia</i>	<i>recta</i>		*			*				*	
<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pn.</i>	<i>pungens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pn.</i>	<i>seriata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pseudosolenia</i>	<i>calca-avis</i>	*			*	*					
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>		*	*		*	*					
<i>Rh.</i>	<i>hyalina</i>		*								
<i>Rh.</i>	<i>imbricata</i>			*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Rh.</i>	<i>setigera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Rh.</i>	<i>styliformis</i>					*					
<i>Rh.</i>	<i>robusta</i>					*					
<i>Rh.</i>	<i>simplex</i>					*					
<i>Roperia</i>	<i>tesselata</i>		*				*				
<i>Skeletonema costatum</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stephanopyxis</i>	<i>turris</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Surirella</i>	<i>sp.</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Thalassionema</i>	<i>frauenfeldii</i>							*	*	*	*
<i>Th.</i>	<i>nitzschoides</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Thalassiosira</i>	<i>anguste-lineata</i>					*			*	*	*
<i>Th.</i>	<i>curviseriata</i>					*				*	*
<i>Th.</i>	<i>eccentrica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Th.</i>	<i>lineata</i>		*			*	*	*			
<i>Th.</i>	<i>nordenskioldii</i>			*		*					*
<i>Th.</i>	<i>pacifica</i>	*				*					*
<i>Th.</i>	<i>rotula</i>					*	*	*			*
<i>Th.</i>	<i>subtilis</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Th.</i>	<i>sp.</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

표 2-2-4. 계속

종명	원	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
<i>Thalassiothrix</i>	<i>frauenfeldii</i>	*	*	*	*	*	*				
<i>Trachyneis</i>	<i>asperta</i>			*		*	*		*		*
<i>Tropidoneis elegans</i>		*	*								
Dinoflagellates											
<i>Alexandrium</i>	<i>fraterculus</i>	*	*			*					
Al.	sp.						*	*	*	*	*
<i>Amylax</i>	<i>triacantha</i>		*								
<i>Ceratium</i>	<i>breve</i>				*				*		
Ce.	<i>furca</i>	*	*		*	*					
Ce.	<i>fuscus</i>	*			*	*	*		*		
Ce.	<i>lineatum</i>	*			*	*			*		
Ce.	<i>pentagonum</i>	*			*						
Ce.	<i>trichoceros</i>					*					
Ce.	<i>tripos</i>	*			*	*	*		*	*	
<i>Cochlodinium</i>	sp.				*				*		
<i>Dinophysis</i>	<i>acuminata</i>	*			*			*		*	
Di.	<i>caudata</i>	*	*			*				*	
<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>					*					
<i>Gonyaoanx</i>	<i>triacantha</i>								*		
<i>Gouyodorax polygramma</i>									*		
<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	*									
Gy.	<i>sanguenium</i>	*			*	*	*	*	*	*	*
Gy.	sp		*			*					
<i>Gyrodinium</i> sp.					*	*	*		*	*	
<i>Oxyphyxis</i>	<i>oxytoxoides</i>					*					
<i>Peridinium</i>	<i>depressum</i>							*			
<i>Phalacroma mitra</i>		*									
Ph.	<i>rotundatum</i>					*					
<i>Polykrikos</i>	<i>kofoidii</i>	*									
<i>Procentrum</i>	<i>dentatum</i>		*		*	*		*			
Pr.	<i>mexicanum</i>					*					
Pr.	<i>micans</i>	*	*		*	*	*	*	*		
Pr.	<i>minimum</i>		*		*	*	*	*	*		
Pr.	<i>triestinum</i>	*			*	*	*	*	*	*	
Pr.	sp.										*
<i>Protoperidinium</i>	<i>bipes</i>	*									
Pt.	<i>brevipes</i>	*			*	*					
Pt.	<i>conicoides</i>	*									
Pt.	<i>conicum</i>					*					
Pt.	<i>depressum</i>	*									
Pt.	<i>exentricum</i>										*
Pt.	<i>leonis</i>					*					
Pt.	<i>oblongum</i>		*		*	*					
Pt.	<i>pallidum</i>	*			*	*					*
Pt.	<i>pellucidum</i>		*		*	*					
Pt.	sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Pyrocystis</i>	<i>lunula</i>							*			
<i>Pyrophacus steinii</i>		*	*			*		*	*		
<i>Scripsiella trochoidea</i>		*	*		*	*		*	*	*	
<i>Triadinium</i>	<i>polyedricus</i>	*									
Others											
<i>Chroomonas</i> sp.					*			*			
<i>Cryptomonas</i>	sp.				*						
<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>				*	*	*	*	*	*	
Di.	<i>speculum</i>					*	*	*	*	*	
<i>Ebria</i>	<i>tripartita</i>				*			*	*		
<i>Eutreptiella</i> sp.						*	*	*	*	*	*

표 2-2-5. 2002년 8월에서 2005년 2월까지 10m 수심의 식물플랑크톤 종 출현 양상

종명	월	2002		2003		2004			2004		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
Diatoms											
<i>Actinocyclus</i>	<i>octonarius</i>		*	*							
Ac.	sp.					*	*		*	*	*
<i>Actinoptychus</i>	<i>senarius</i>	*	*	*		*	*	*		*	*
At.	<i>splendens</i>	*									
<i>Amphiprora gigantea</i>			*		*						
Am.	sp.			*		*	*			*	
<i>Asteromphalus</i>	<i>cleaveanus</i>	*	*		*						
As.	<i>sarcophagus</i>				*			*			
<i>Asterionellopsis</i>	<i>glacialis</i>			*		*	*	*		*	*
<i>Aulacoseira granulata</i>						*					
<i>Bacillaria</i>	<i>paxillifera</i>					*	*				
<i>Bacteriastrum</i>	<i>hyalinum</i>	*	*		*	*		*			
<i>Cerataulina dentata</i>		*			*	*		*			
Ce.	<i>pelagica</i>	*				*					
<i>Chaetoceros affinis</i>		*	*	*	*	*	*	*	*		
Ch.	<i>brevis</i>					*					
Ch.	<i>curvisetus</i>	*			*	*		*			
Ch.	<i>compressus</i>	*		*	*	*	*	*			
Ch.	<i>danicus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ch.	<i>debilis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ch.	<i>decepiens</i>	*	*		*	*	*	*	*		
Ch.	<i>didymus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*		
Ch.	<i>eibonii</i>		*	*		*					
Ch.	<i>gracilis</i>	*				*					
Ch.	<i>lauderii</i>					*					
Ch.	<i>pelagicus</i>				*	*		*			
Ch.	<i>pendulus</i>				*						
Ch.	<i>pseudocurvisetus</i>	*			*						
Ch.	<i>radicans</i>					*					
Ch.	<i>socialis</i>			*		*					
Ch.	<i>subsecundus</i>				*						
Ch.	<i>tortissimus</i>		*			*					
Ch.	<i>vanheurcki</i>				*	*			*	*	
Ch.	sp.	*		*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cocconeis</i>	sp.		*			*					
<i>Corethron</i>	<i>criophilum</i>			*		*	*		*	*	*
<i>Coscinodiscus</i>	<i>centralis</i>	*		*							*
Co.	<i>concinus</i>	*				*					*
Co.	<i>jonesianus</i>										
Co.	<i>nodulifer</i>						*				
Co.	<i>radiatus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Co.	<i>wailiesii</i>		*			*					*
Co.	sp.			*	*	*	*	*			*
<i>Cyclotella</i>	sp.			*		*	*		*	*	
<i>Cylindrotheca</i>	<i>closterium</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Dactyliosolen</i>	<i>fragilissimus</i>				*			*			
Da.	<i>phuketensis</i>	*	*		*	*	*		*	*	
<i>Detonula</i>	<i>pumila</i>	*	*	*	*	*			*	*	*
<i>Diploneis</i>	<i>fusca</i>	*									
Di.	<i>splendica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ditylum</i>	<i>brightwellii</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	*
<i>Eucampia</i>	<i>zodiacus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Grammatophora</i>	<i>marina</i>	*									
<i>Guinardia</i>	<i>delicatula</i>	*			*						
Gu.	<i>flaccida</i>	*	*		*	*					
Gu.	<i>striata</i>							*			

표 2-2-5. 계속

종명	월	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
<i>Hemiaulus</i>	<i>hauckii</i>	*			*	*		*	*		
<i>Helicotheca</i>	<i>tamesis</i>				*	*					
<i>Hyalodiscus</i>	<i>stelliger</i>			*			*				
<i>Lauderia</i>	<i>annulata</i>		*	*							
<i>Leptocylindrus</i>	<i>danicus</i>				*	*		*	*		
<i>Le.</i>	<i>minimus</i>	*	*		*	*					
<i>Licmorpha</i>	<i>abbreviata</i>	*									
<i>Li.</i>	<i>sp.</i>			*			*			*	
<i>Lithodesmium</i>	<i>variabile</i>	*				*					
<i>Melosira</i>	<i>moniliformis</i>		*								
<i>Meuniera</i>	<i>membranacea</i>	*			*	*		*			
<i>Navicular</i>	<i>distans</i>					*					
<i>Na.</i>	<i>retusa</i>		*								
<i>Na.</i>	<i>sp.</i>			*		*	*	*	*	*	*
<i>Nitzschia</i>	<i>littoralis</i>	*	*								
<i>Ni.</i>	<i>longissima</i>										*
<i>Ni.</i>	<i>sigma</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Ni.</i>	<i>sp.</i>		*	*		*	*	*	*	*	*
<i>Odontella</i>	<i>aurita</i>			*							
<i>Od.</i>	<i>longicruris</i>				*	*	*			*	
<i>Od.</i>	<i>sinensis</i>	*			*	*	*			*	
<i>Paralia</i>	<i>sulcata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Planktoniella</i>	<i>blanda</i>			*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pleurosigma</i>	<i>affine</i>			*	*	*					
<i>Pl.</i>	<i>angulatum</i>	*	*	*	*	*		*		*	
<i>Pl.</i>	<i>normanni</i>		*	*	*	*	*	*		*	*
<i>Pl.</i>	<i>sp.</i>		*								*
<i>Proboscia</i>	<i>alata</i>		*		*		*				
<i>Pseudoguinaridia</i>	<i>recta</i>					*				*	
<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>delicatissima</i>	*	*		*	*	*	*	*	*	
<i>Pn.</i>	<i>pungens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Pn.</i>	<i>seriata</i>	*	*		*	*	*	*	*	*	
<i>Pseudosolenia</i>	<i>calca-avis</i>	*			*						
<i>Rhizosolenia</i>	<i>hebetata</i> f. <i>semispina</i>	*	*	*	*	*	*				
<i>Rh.</i>	<i>hyalina</i>		*								
<i>Rh.</i>	<i>imbricata</i>			*	*	*	*	*			
<i>Rh.</i>	<i>setigera</i>	*				*	*	*	*		
<i>Roperia</i>	<i>tesselata</i>		*	*		*	*	*			
<i>Skeletonema</i>	<i>costatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stellarima</i>	<i>stellaris</i>					*	*				*
<i>Stephanopyxis</i>	<i>turris</i>	*	*	*	*	*		*			
<i>Surirella</i>	<i>sp.</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Thalassionema</i>	<i>frauenfeldii</i>							*	*		
<i>Th.</i>	<i>nitzschoides</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Thalassiosira</i>	<i>anguste-lineata</i>					*				*	*
<i>Th.</i>	<i>curviseriata</i>			*	*	*				*	*
<i>Th.</i>	<i>eccentrica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Th.</i>	<i>pacifica</i>	*					*				
<i>Th.</i>	<i>lineata</i>		*			*					
<i>Th.</i>	<i>nordenskioldii</i>					*					*
<i>Th.</i>	<i>rotula</i>	*		*	*	*	*	*		*	*
<i>Th.</i>	<i>subtilis</i>		*	*	*	*	*			*	*
<i>Th.</i>	<i>sp.</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Th.</i>	<i>frauenfeldii</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Trachyneis</i>	<i>asperta</i>			*	*	*	*				*
<i>Triceratium</i>	<i>alternans</i>					*					
<i>Tropidoneis</i>	<i>elegans</i>	*	*								

표 2-2-5. 계속

종명	월	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
Dinoflagellates											
<i>Alexandrium</i>	<i>fraterculus</i>	*	*			*					
Al.	sp.			*			*	*			*
<i>Ceratium</i>	<i>breve</i>								*		
Ce.	<i>furca</i>	*	*			*					
Ce.	<i>fuscus</i>	*		*	*	*			*		
Ce.	<i>lineatum</i>	*	*	*	*	*	*		*	*	
Ce.	<i>petagonum</i>	*									
Ce.	<i>tripos</i>	*	*		*	*			*	*	
<i>Cochlodinium</i>	sp.				*				*		
<i>Dinophysis</i>	<i>acuminata</i>	*			*		*				
Di.	<i>caudata</i>	*								*	
Di.	<i>caudatum</i>									*	
<i>Gonyaoanx</i>	<i>triacantha</i>								*		
<i>Gouyodorax polygramma</i>									*		
<i>Gonyaula</i>	<i>polygramma</i>	*				*				*	
<i>Gymnodinium</i>	<i>catenatum</i>	*									
Gy.	<i>sanguenium</i>	*			*	*		*	*	*	*
Gy.	sp		*			*					*
<i>Gyrodinium</i> sp.		*			*	*			*	*	*
<i>Oxyphyxis</i>	<i>oxytoxoides</i>					*					
<i>Phalacroma mitra</i>		*			*						
<i>Phalacroma rotundatum</i>		*				*					
<i>Polykrikos</i>	<i>kofoidii</i>	*									
<i>Proocentrum</i>	<i>dentatum</i>								*		
Pr.	<i>mexicanum</i>					*					
Pr.	<i>micans</i>	*	*		*	*		*	*		
Pr.	<i>minimum</i>	*	*		*	*		*	*		
Pr.	<i>triestinum</i>	*			*	*		*	*		
Pr.	sp.										*
<i>Protoperidinium</i>	<i>bipes</i>	*			*						
Pt.	<i>brevipes</i>	*			*	*					
Pt.	<i>conicum</i>					*					
Pt.	<i>depressum</i>	*			*						
Pt.	<i>leonis</i>					*					
Pt.	<i>oblongum</i>		*			*					
Pt.	<i>pallidum</i>	*				*					
Pt.	<i>pellucidum</i>		*		*	*					
Pt.	<i>pentagonum</i>									*	
Pt.	sp.	*		*	*	*	*		*	*	
<i>Pyrophacus steinii</i>		*	*		*	*			*		
<i>Scrippsiella spinifera</i>						*					
Sc.	<i>trochoidea</i>	*	*		*	*			*	*	*
<i>Triadinium</i>	<i>polyedricus</i>	*									
Others											
<i>Chroomonas</i> sp.									*		
<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>				*	*	*	*	*	*	
Di.	<i>speculum</i>				*	*	*		*	*	*
<i>Ebria</i>	<i>tripartita</i>				*			*	*		*
<i>Eutreptiella</i> sp.						*	*				*

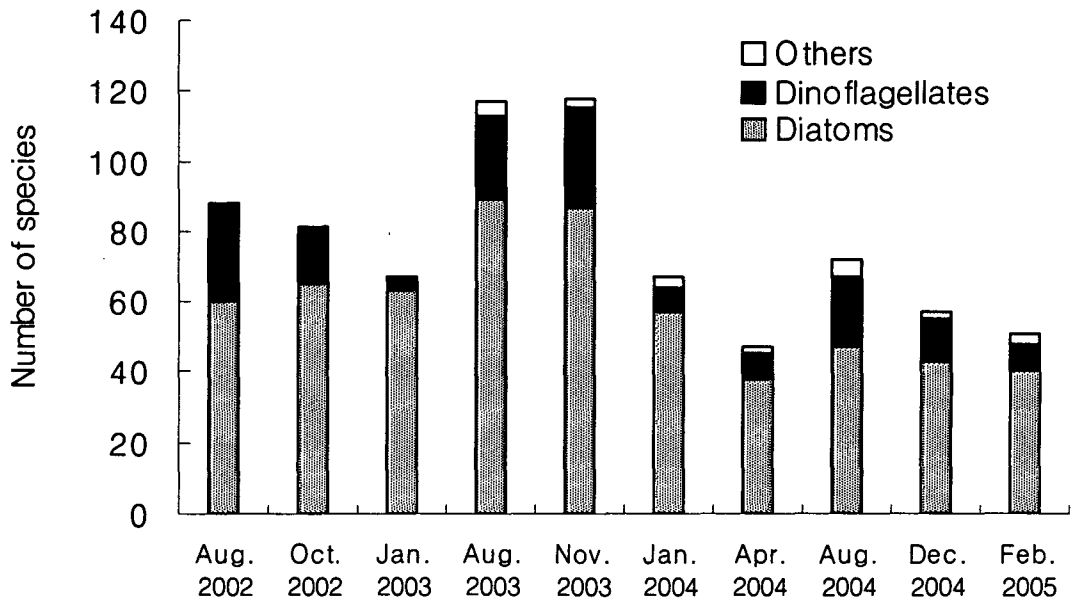


그림 2-2-31. 식물플랑크톤 분류군 출현종수의 연도별 변화.

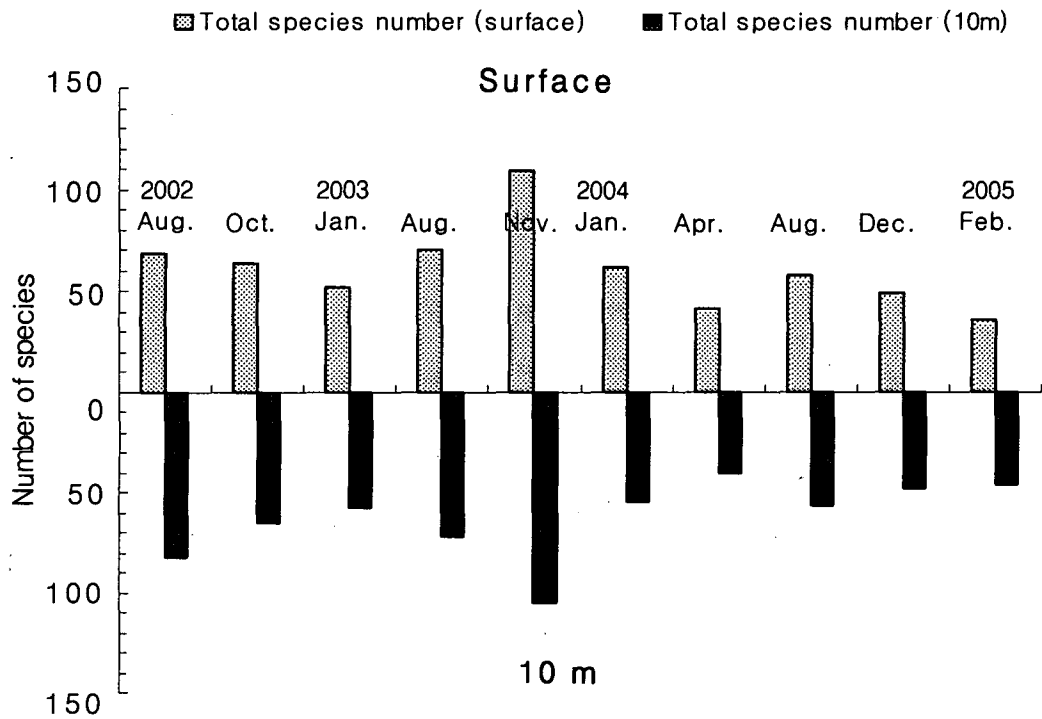


그림 2-2-32. 식물플랑크톤 수층별 출현종수의 연도별 변화.

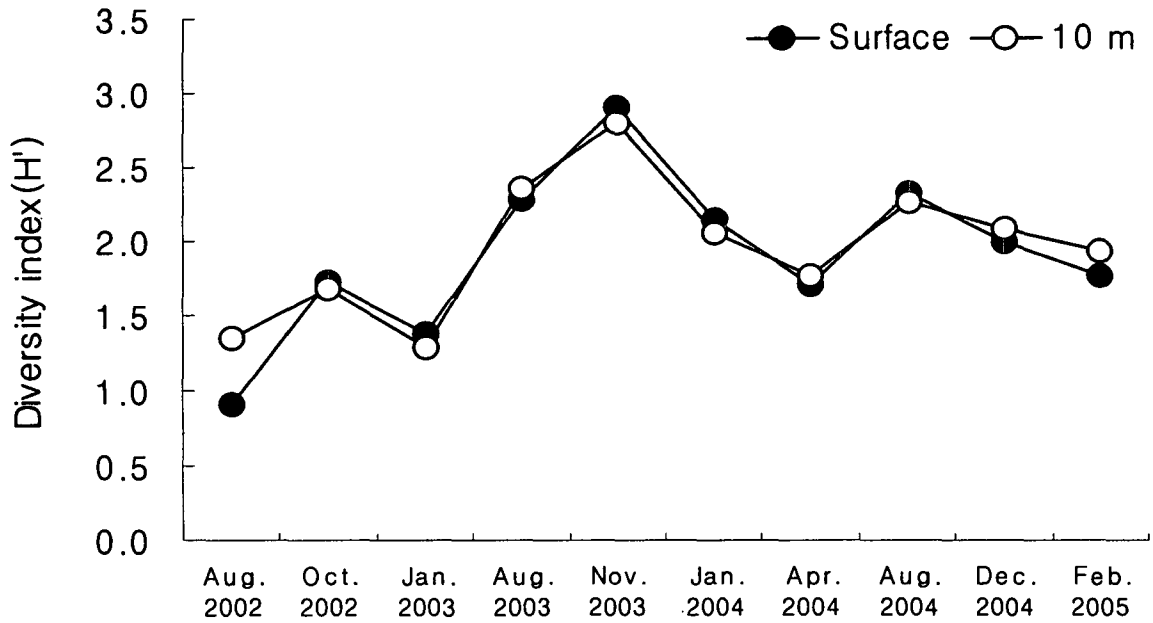


그림 2-2-33. 식물플랑크톤 군집 다양성지수의 연도별 변화.

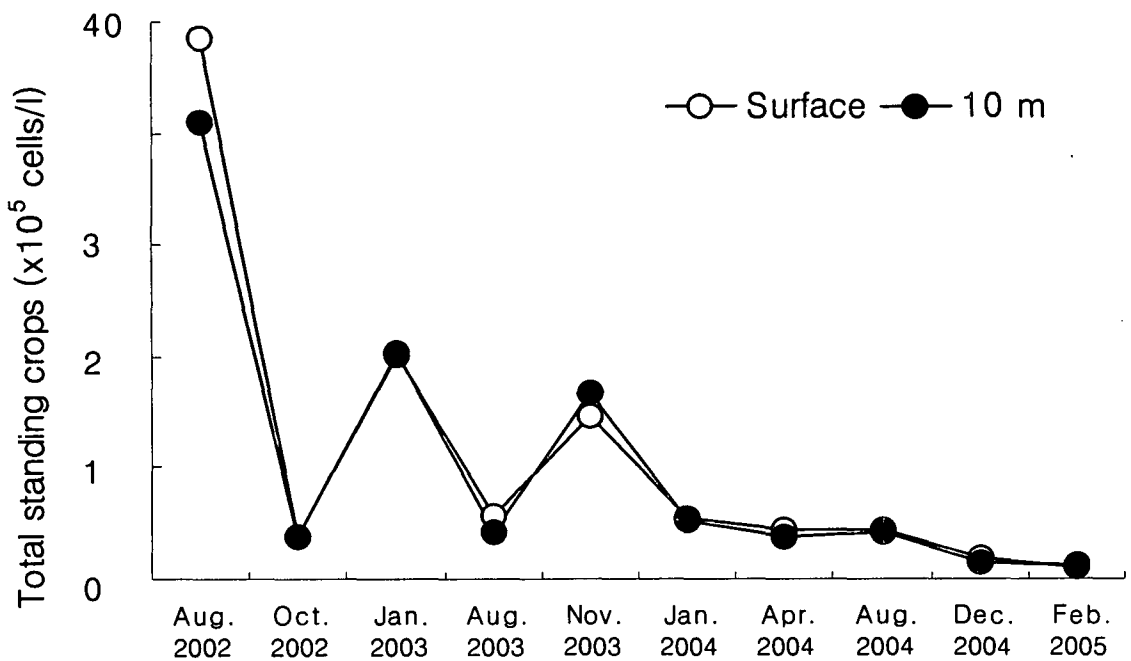


그림 2-2-34. 식물플랑크톤 현존량의 연도별 변화.

출현종은 전체적으로는 감소하는 경향을 보였으며, 남쪽 정점 22를 제외하면 모든 정점의 표층과 10m 수층에서 2003년 가을에 가장 높은 출현 종수를 나타내었다. 다만, 정점 8의 10m 수층에서는 2003년 11월 가을보다 2004년 1월인 겨울에 보다 높은 출현 종수를 나타내었다. 그리고 2004년 가을과 2005년 2월 겨울에 매우 낮은 출현 종수를 나타내었다. 그러나 남쪽 정점 22에서는 2003년 11월 가을에 가장 높은 출현 종을 보인 다음 계속하여 출현 종수가 감소하는 특징을 나타내었다. 외편모조류는 년도와 수층에 관계없이 여름과 가을에 비교적 높은 출현 종수를 보이는 반면, 겨울과 봄에 매우 낮은 출현 종 특성을 나타내었다(그림 2-2-35).

식물플랑크톤 현존량은 정점과 조사시점에 따라 변동 폭이 매우 크게 나타났으며, 계절적 변화 양상도 매우 불규칙한 경향을 보였다. 즉, 2003년 8월 규조류에 의한 적조발생 이외에는 바다목장 북동쪽의 영상강 수괴 영향을 강하게 받는 정점 7과 8에서는 2003년 1월 겨울에 매우 높은 출현밀도를 나타내나, 2004년 여름과 가을은 다소 다른 출현 밀도를 보였다. 그러나 북쪽의 정점 12, 서측의 정점 18에서는 2003년 가을에 가장 높은 세포 밀도를 나타내었으며, 가장 외해쪽에 위치하는 정점 22에서도 동 시기에 내만연안보다 높은 세포밀도를 나타내었다. 외편모조류는 일부정점에서 2002년 8월과 2004년 8월을 제외하고는 특징적인 출현 특성이 보이지 않았다(그림 2-2-36). 다만, 이와 같은 출현종과 현존량의 감소가 전남 다도해 바다목장 해역의 해양환경 변동과 어떠한 관련성을 나타내는가에 대한 평가는 아직 이르며, 주변 해역 전반에 대한 보다 장기적 조사가 수행된 이후 평가가 이루어 져야 될 것으로 판단되었다.

우점종의 연변화의 경우 하계 8월에는 2002, 2003, 2004년 3년 동안 유해성 적조 원인 생물인 외편모조류 *Cochlodinium*의 우점적 출현은 동일하였으며 아울러 2002년에는 무각 외편모조류 *Gymnodinium*과 2004년에는 유각외편모조류 *Gonyaulax polygramma*가 함께 우점하여 외편모조류는 고수온기에 주로 우점하는 특징을 잘 반영하였다. 이 밖에 규조류도 2002년에는 *Skeletonema costatum*, 2003년에는 다양한 *Chaetoceros* 종류, 그리고 2004년에는 *Dacyliosolen fragilissimus*가 각각 하계에 우점하였다. 동계의 경우 동계의 경우 2003년 1월에 *Eucampia zodiacus*가 극우점을 보였으나 2004년 1월에는 *Skeletonema costatum*과 *Paralia sulcata*가 극우점으로 제 1 우점종으로 출현하였고 2005년 2월에는 2004년과 유사하게 *Skeletonema costatum*의 우점이 기록되었다. *Eucampia zodiacus*의 경우 2004년 4월 춘계에 제 1 우점종으로 출현하였다. 추계의 경우 2002년에는 저수온기에 주로 출현하는 *Chaetoceros tortissimus*가 50% 이상의 극우점을 보였으며 2004년에는 낮은 현존량으로 우점종의 의미는 약화되나 *Thalassiosira* sp.가 상대적 높은 현존량의 분포를 보였다(표 2-2-6). 따라서 조사수역은 계절적 우점종의 천이는 뚜렷하나 연도별 우점종의 구성은 차이를 보였다.

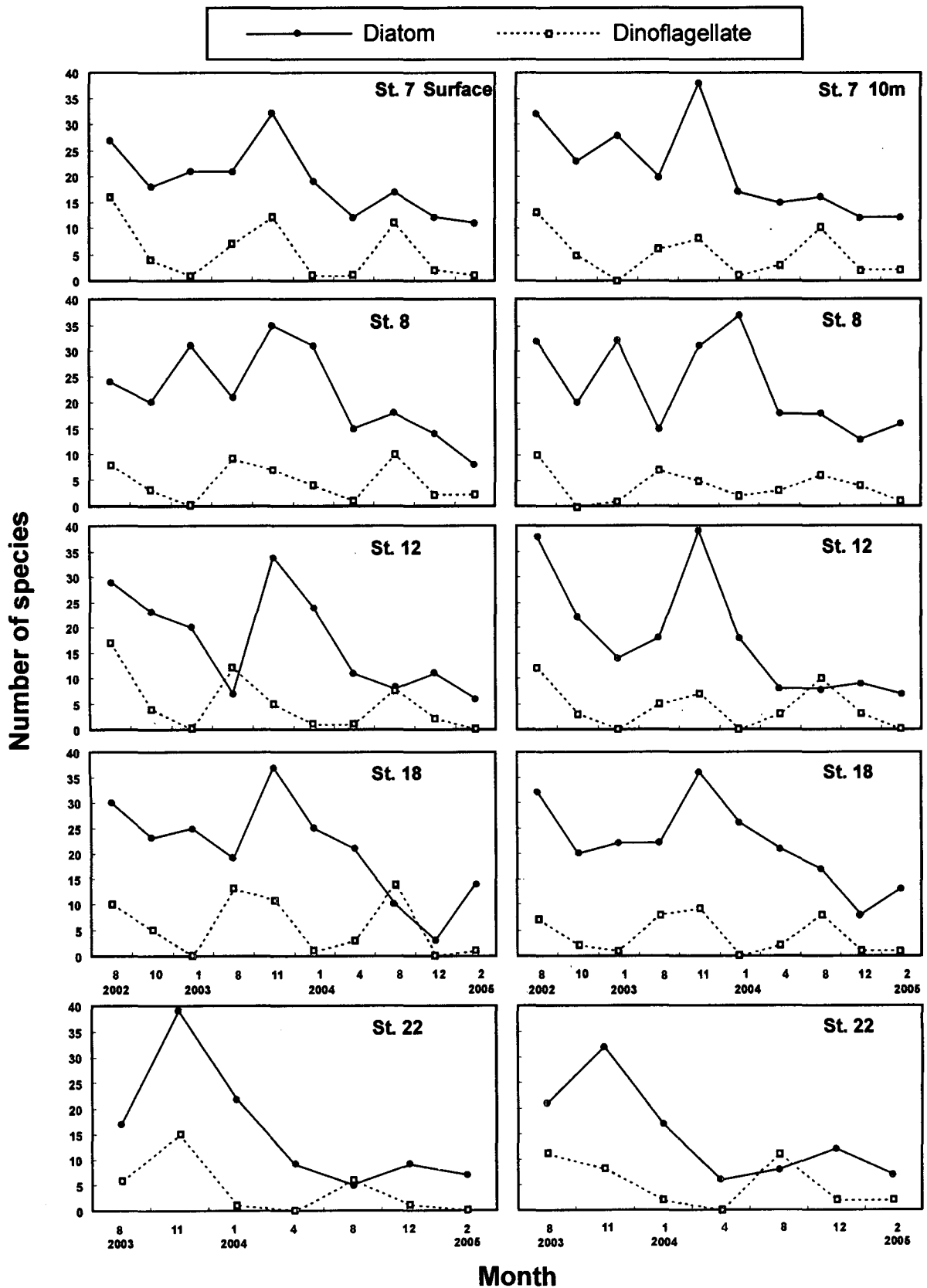


그림 2-2-35. 2002~2005년 조사시점별, 정점별 식물플랑크톤 출현종의 변화양상.

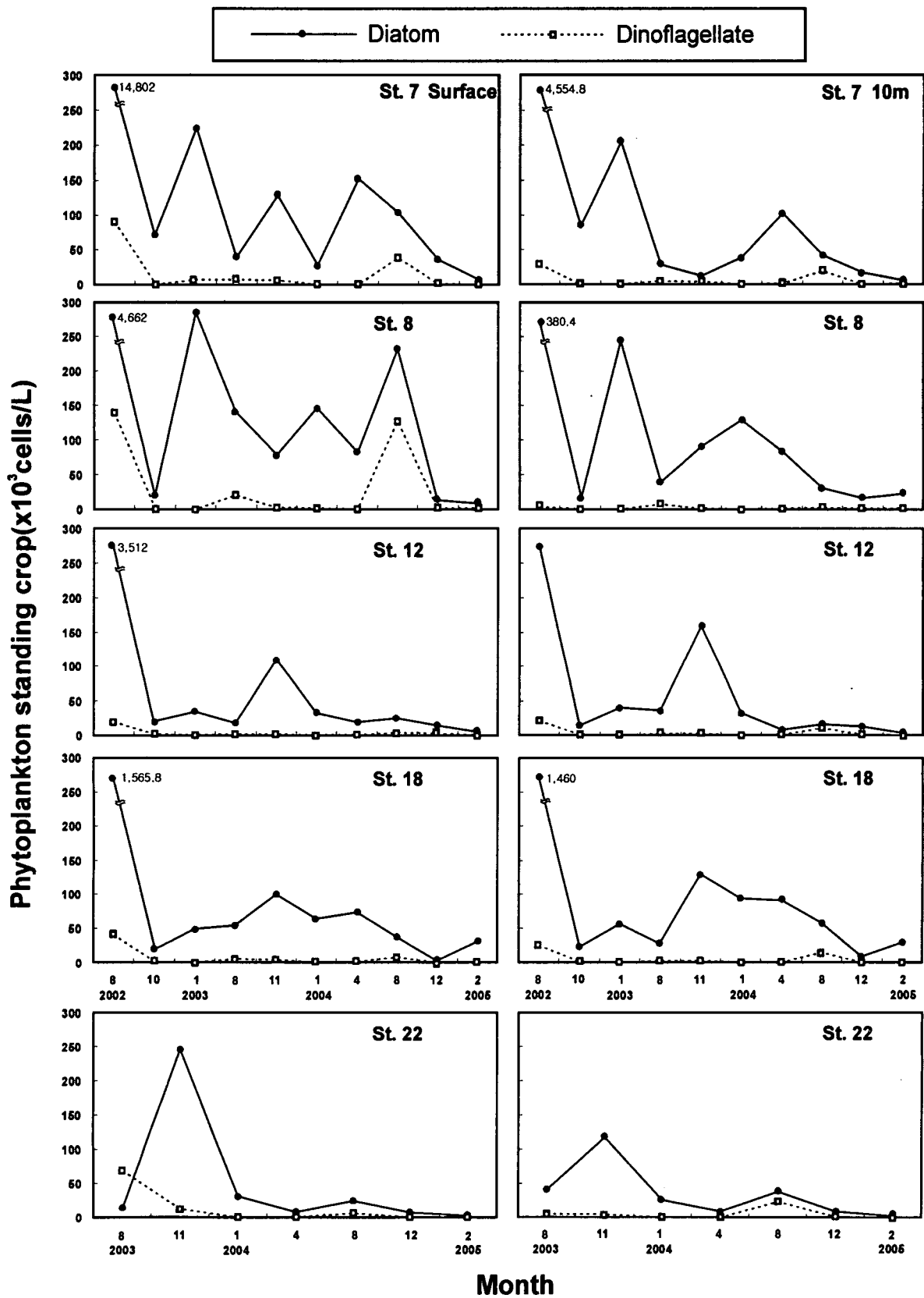


그림 2-2-36. 2002~2005년 조사시점별, 정점별 식물플랑크톤 현존량의 변화양상.

표 2-2-6. 다도해 바다목장 해역의 식물플랑크톤 우점종의 연도별 변화

우점종	2002		2003		2004			2005		
	8월	10월	1월	8월	11월	1월	4월	8월	12월	2월
<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>						*				
<i>Gonyaulax polygramma</i>								**		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>								**		
<i>Thalassiosira</i> sp.									**	
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>									*	
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>										*

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

(2) 식물플랑크톤 생물량(Chlorophyll a)

(가) 공간변화

2004년 4월 봄은 전반적으로 금오도 북쪽과 북동해역인 광양만 해수영향을 비교적 강하게 받는 해역에서 높은 식물플랑크톤 생물량을 나타내었고, 금오도 남단과 보들 바다 일원에서 상대적으로 낮은 생물량을 나타내었다. 즉, 표층과 5m 수층에서는 금오수도와 돌산 남단에서 3.0mg/m³ 이상의 상대적으로 높은 생물량을 보이는 반면, 금오도 남단인 안도, 소리도 인근해역에서 1.5mg/m³ 이하의 낮은 생물량을 나타내었다. 10m와 20m 수층에서도 생물량의 절대값은 다소 차이가 있으나, 분포경향은 표층과 유사하였으며 단지 광양만 영향의 해수로 보여 지는 수형의 금오도 북서단의 보들 바다까지 확장되는 경향을 나타내었다(그림 2-2-37).

2004년 8월 여름의 경우, 표층에서 10m 수층까지는 금오도 북동해역과 동측해역에서

5.0mg/m³ 이상으로 상대적으로 높은 생물량을 보이는 반면, 금오도 서측인 보들바다에서는 2.0mg/m³ 이하의 상대적으로 낮은 농도를 나타내었다. 그러나 20m 수층에서는 위의 수층과는 반대로 금오도 서측의 보들바다에서 5.0mg/m³ 이상의 높은 생물량을 보이는 반면, 금오도 동측해역에서 3.0mg/m³ 내외의 낮은 생물량을 나타내었다(그림 2-2-38). 여름이와 같은 수층에 따른 역전 현상의 보이는 것은 20m 수층의 경우 보들바다의 낮은 수심으로 표층퇴적물의 재부유에 의한 영향이 관측기기에 미치고 있기 때문으로 판단되었다.

2004년 가을은 여름에 비해 절대적 농도는 낮지만, 해역적으로는 여름과 유사하여 10m보다 낮은 표층에서는 금오도 동측과 북측해역에서 상대적으로 높은 생물량을 보이는 반면, 서측 보들바다 해역에서 다소 낮은 농도를 나타내었다. 그러나 20m 수층에서는 여름과 유사하여 금오도 북서연안해역인 보들바다 북동해역에서 3.0mg/m³ 이상의 높은 생물량을 보였다. 그리고 가을은 특히 수층에 따른 큰 차이가 없이 비교적 연속적으로 혼합된 특성을 나타내었다(그림 2-2-39).

2005년 2월 겨울은 전체적으로 여름이나 가을보다 절대적으로 높은 생물량을 보였으며, 특히 수로부와 협수로 및 도서인근 해역에서 비교적 높은 생물량을 나타내었다. 표층에서는 섬진강 수계 영향을 비교적 강하게 받는 북측 금오수도와 금오도 동측해역에서 4.0mg/m³ 이상의 높은 식물플랑크톤 생물량을 나타내었고, 금오도 남서해역과 소리도 인근해역에서 2.0mg/m³ 이하의 낮은 농도를 나타내었다. 5m와 10m 수층에서는 표층과는 달리 비교적 외해 영향을 강하게 받는 안도 및 소리도 인근해역에서 5.0mg/m³ 이상의 높은 생물량을 나타내었다. 그리고 20m 수층에서는 북측 수로부에서 상대적으로 높은 생물량을 보였으며, 연속적으로는 표층보다 5m 이심의 수심에서 보다 높은 생물량을 보였다(그림 2-2-40).

(나) 계절 및 연변화

2004년 전남 다도해 바다목장 해역 Chl-*a* 농도의 계절변화를 수층별로 구분하여 살펴보면, 표층에서 봄에는 1.08~3.34mg/m³ 범위에서 1.89±0.59mg/m³(평균 ± 표준편차로 이하 같음)의 변동 폭을 나타내었으며, 여름은 1.23~8.11mg/m³ 범위에서 2.45±1.82mg/m³의 변동 폭을, 가을은 1.06~2.50mg/m³ 범위에서 1.75±0.38mg/m³의 변동 폭을, 그리고 겨울은 0.26~5.52mg/m³ 범위에서 2.65±1.83mg/m³의 변동 폭을 나타내어, 여름과 겨울에 높은 생물량을 보이는 반면 봄과 가을에 낮은 생물량 분포를 나타내었다(표 2-2-7 및 그림 2-2-41). 특히 전 계절 표층보다도 5m 이심에서 더욱 높은 생물량을 보였으며, 겨울에 가장 높은 Chl-*a* 농도를 보였다. 공간적으로도 봄과 가을에는 비교적 균일한 분포 양상을 보이는 반면, 여름과 겨울에는 큰 변동을 보였다(그림 2-2-41).

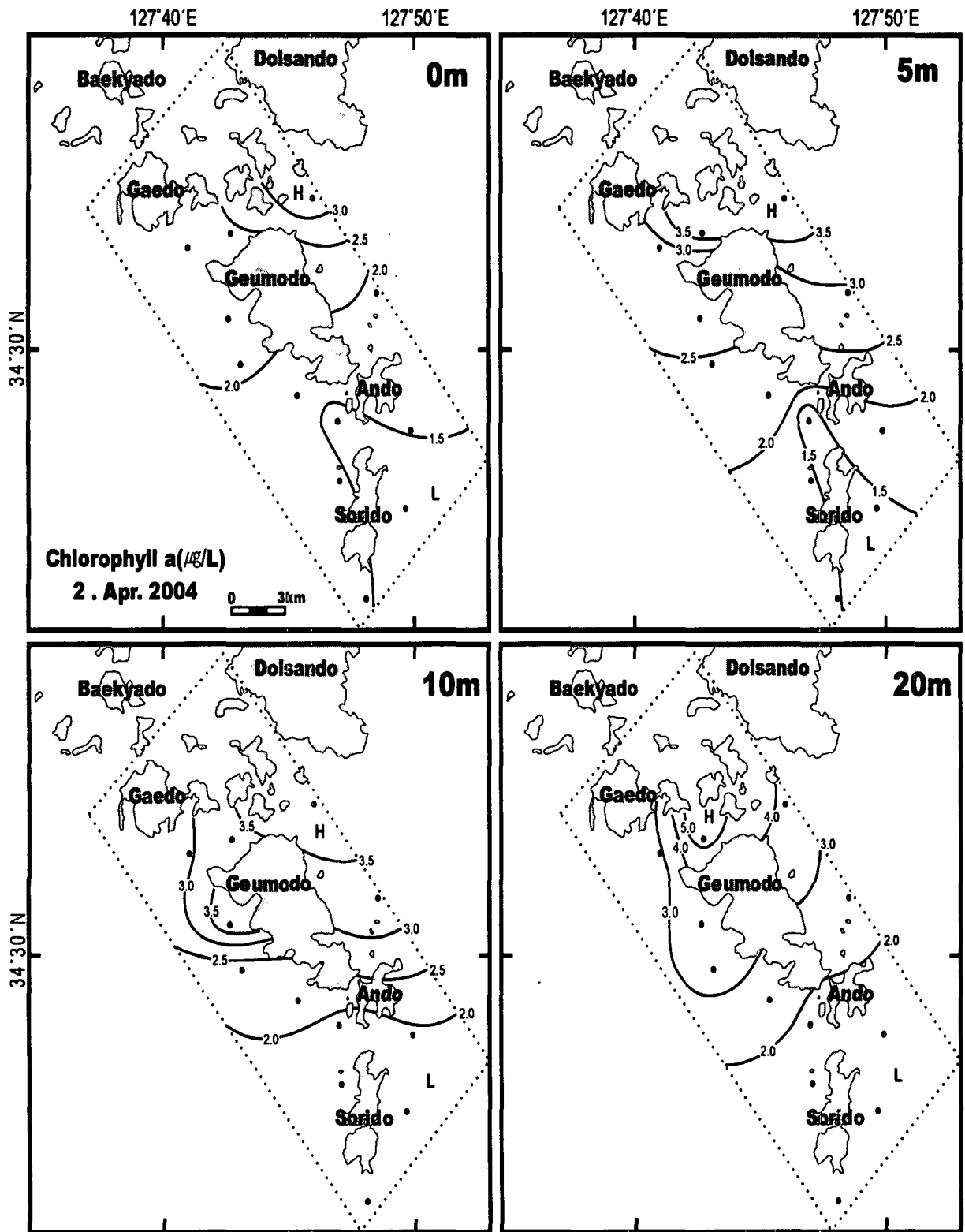


그림 2-2-37. 2004년 봄 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 수평분포.

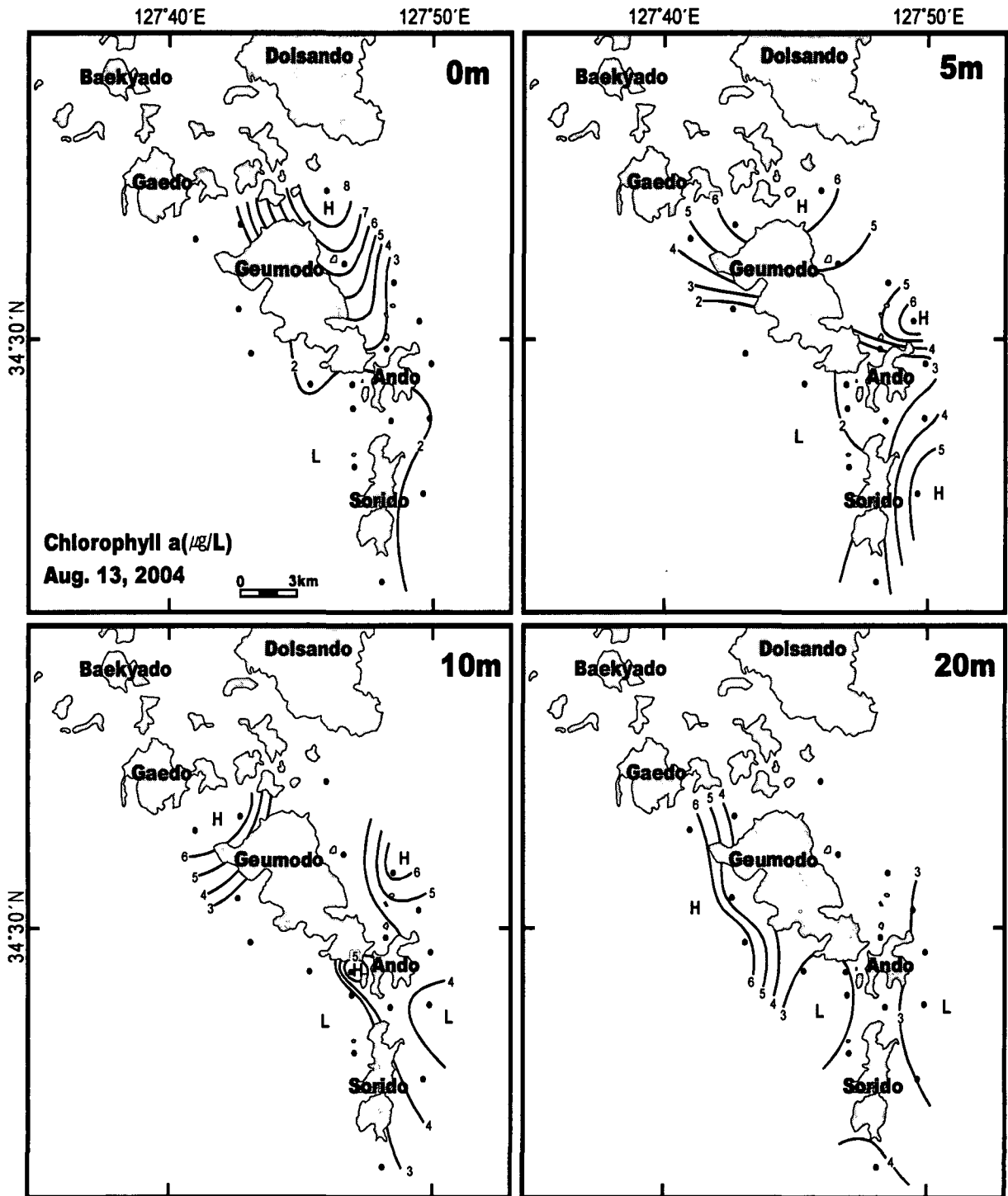


그림 2-2-38. 2004년 여름 바다목장 해역의 수층별 Chl-*a*의 수평분포.

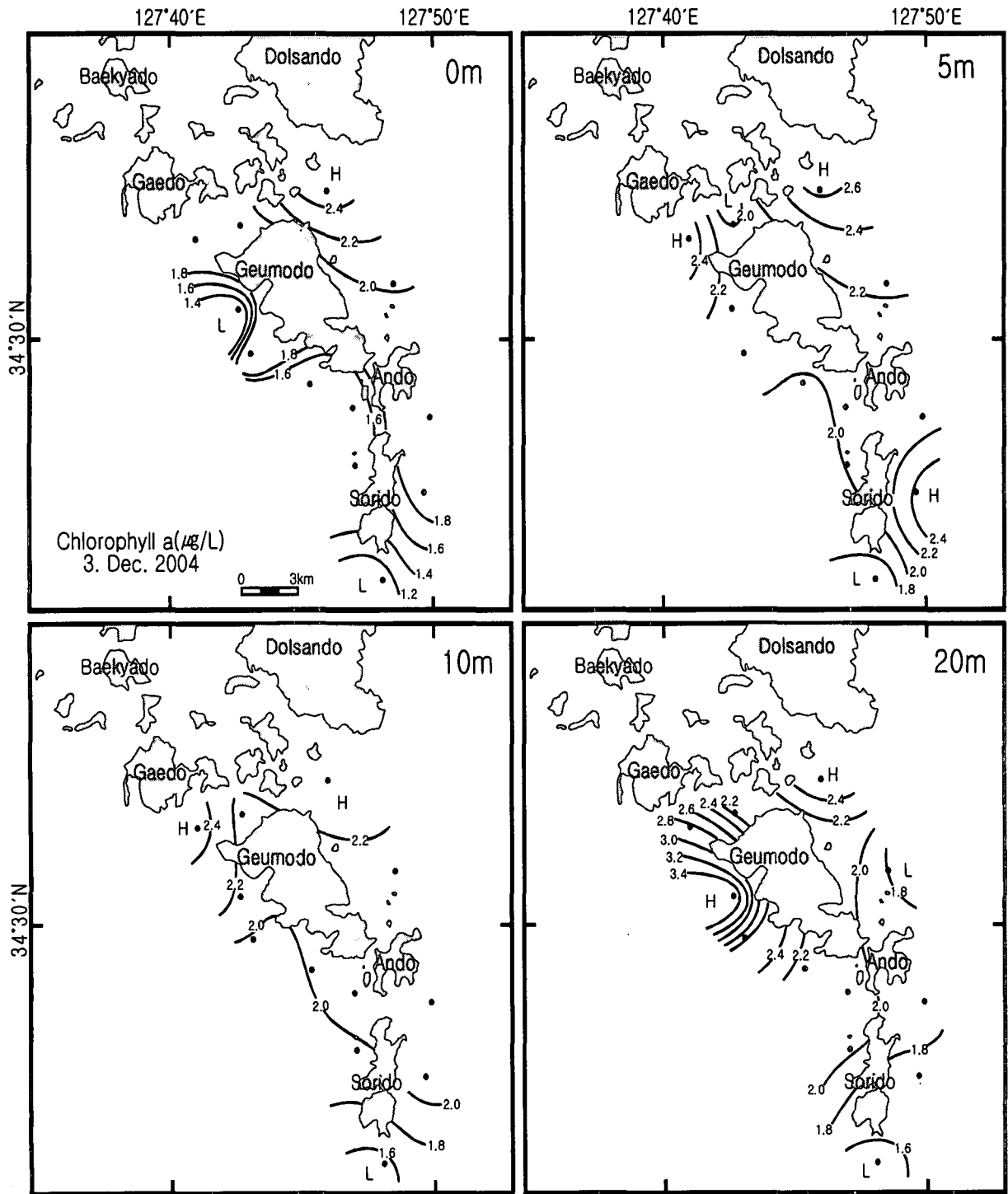


그림 2-2-39. 2004년 가을 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 수평분포.

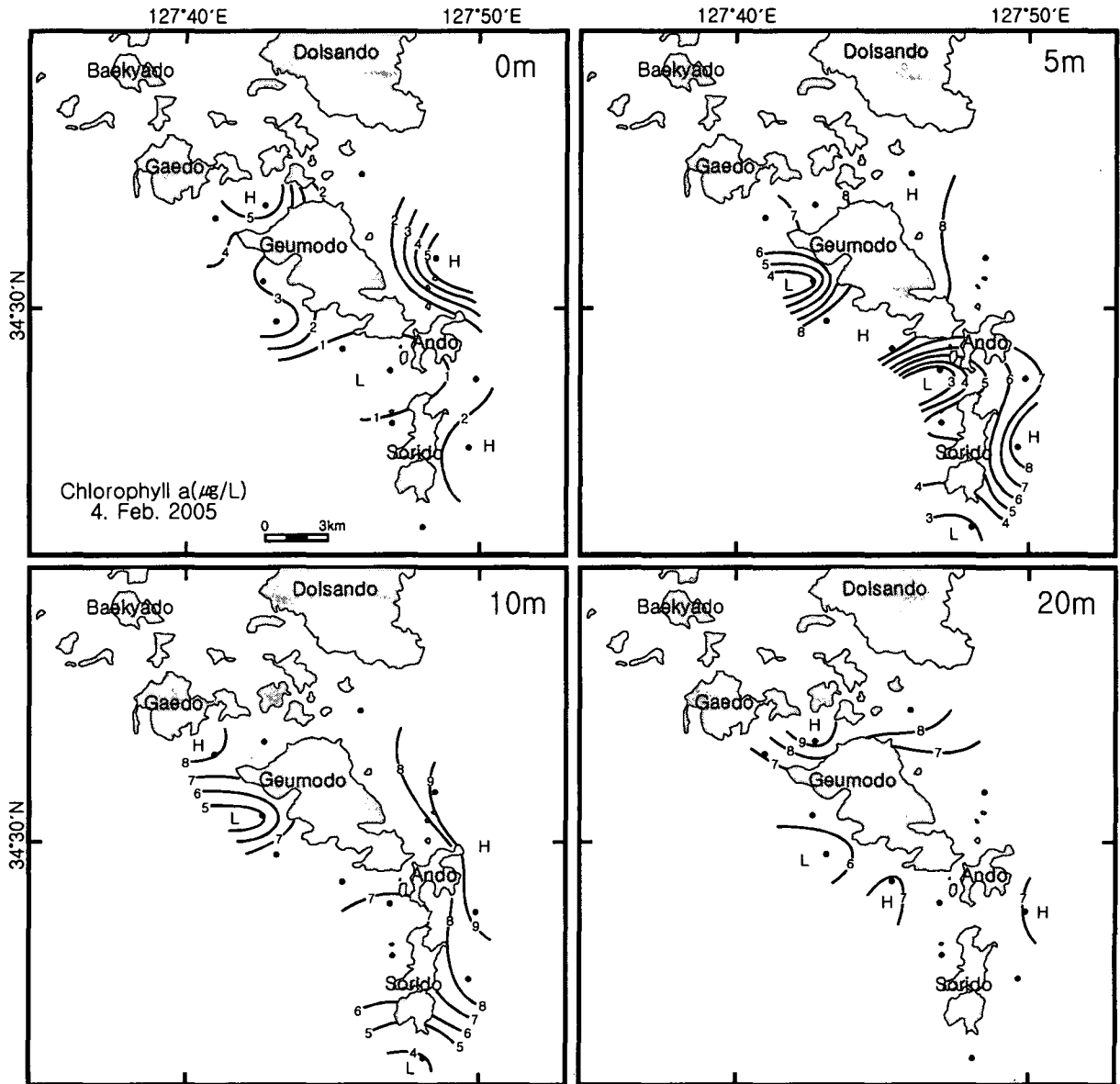


그림 2-2-40. 2005년 겨울 바다목장해역의 수층별 Chl-*a*의 수평분포.

2002년 8월부터 2005년 2월까지 바다목장 해역의 계절별로 10회 조사한 결과를 종합하면, 2002년 8월 표층에서 관찰되는 최대농도 $50.0\text{mg}/\text{m}^3$ 와 변동 폭 $18.04 \pm 9.76\text{mg}/\text{m}^3$ (평균 \pm 표준편차)의 생물량은 연안 해역에서 보이는 극단적인 생물량으로 조사시점에 형성된 규조류, *Skeletonema costatum*과 유해성 와편모조류, *Cochlodinium polykrikoides*에 의한 적조 때문이었다. 그러나 2002년 8월과 같은 적조발생 시기가 아닌 정상적 해양환경 조건에서 관찰되는 식물플랑크톤 생물량은 조사시점별 평균값으로 표층에서는 $1.75\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $4.00\text{mg}/\text{m}^3$ 의 변화를 보였으며, 5m 수층에서는 $2.14\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $6.34\text{mg}/\text{m}^3$ 로, 10m 수층에서는 $0.68\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $7.30\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 변화하여 매우 높은 생물량을 나타내었다. 이와 같은 결과

로부터 전남 다도해 바다목장 해역은 높은 기초생물생산을 나타내는 해역으로 생물생산 잠재력이 매우 높은 것으로 판단되었다. 그러나 다도해 바다목장 해역은 외해로 개방된 특성을 보이는 지형적 특성으로 식물플랑크톤 생물량의 계절변동이 매우 크며, 공간적으로도 큰 분포차이를 보이며, 수층별로도 식물플랑크톤이 대발생(적조)이 보이는 시기를 제외하고는 표층보다 아표층 이하에서 높은 생물량이 보이는 특성을 나타내었다(표 2-2-7 및 그림 2-2-41).

표 2-2-7. 조사시점 및 수심에 따른 바다목장 해역의 Chl-a 농도 변화 폭(mg/m³)

날짜	수심 (m)	최소값	평균	최대값	표준편차	날짜	수심 (m)	최소값	평균	최대값	표준편차
2002년 08월	0m	7.49	18.04	49.99	9.76	2004년 01월	0m	0.66	1.82	3.49	0.88
	5m	11.44	16.26	27.12	4.22		5m	0.86	2.28	3.81	0.93
	10m	9.65	13.99	17.33	2.73		10m	0.66	2.43	4.20	1.07
	20m	3.30	11.68	16.91	4.91		20m	0.86	2.69	6.17	1.47
	B-1	3.70	11.81	18.38	4.79		B-1	1.45	3.58	7.54	1.81
2002년 10월	0m	1.77	2.69	6.39	0.98	2004년 04월	0m	1.08	1.89	3.34	0.59
	5m	1.82	2.67	3.39	0.32		5m	1.37	2.38	3.85	0.86
	10m	0.89	1.29	1.56	0.21		10m	1.52	2.53	3.70	0.81
	20m	2.07	2.51	3.02	0.30		20m	1.52	2.63	5.08	1.11
	B-1	2.26	2.98	4.42	0.48		B-1	1.81	2.77	3.85	0.72
2003년 01월	0m	0.85	2.96	4.72	1.24	2004년 08월	0m	1.23	2.45	8.11	1.82
	5m	0.88	3.38	5.81	1.46		5m	1.52	3.53	6.89	1.79
	10m	0.93	3.87	6.78	1.90		10m	1.69	4.00	6.56	1.42
	20m	1.63	3.79	7.53	2.02		20m	2.17	3.49	6.40	1.17
	B-1	2.27	5.05	8.06	1.97		B-1	3.15	5.41	13.80	2.55
2003년 08월	0m	2.04	3.12	4.30	0.69	2004년 12월	0m	1.06	1.75	2.50	0.38
	5m	2.04	3.71	4.96	0.90		5m	1.68	2.14	2.60	0.25
	10m	4.96	0.68	3.24	2.17		10m	1.53	2.11	2.53	0.24
	20m	2.31	3.11	5.22	0.93		20m	1.57	2.16	3.50	0.55
	B-1	2.57	4.68	7.08	1.34		B-1	1.78	2.49	3.70	0.68
2003년 11월	0m	3.05	4.00	5.19	0.60	2005년 02월	0m	0.26	2.65	5.52	1.83
	5m	3.37	4.06	5.19	0.51		5m	2.30	6.34	8.40	2.23
	10m	3.11	3.96	5.19	0.46		10m	3.99	7.30	9.08	1.54
	20m	3.11	4.03	5.44	0.63		20m	5.69	6.71	9.08	0.99
	B-1	3.37	6.23	9.85	1.84		B-1	5.35	8.35	15.18	2.50

Min은 최소값, Max는 최대값, SD는 표준편차를 나타냄

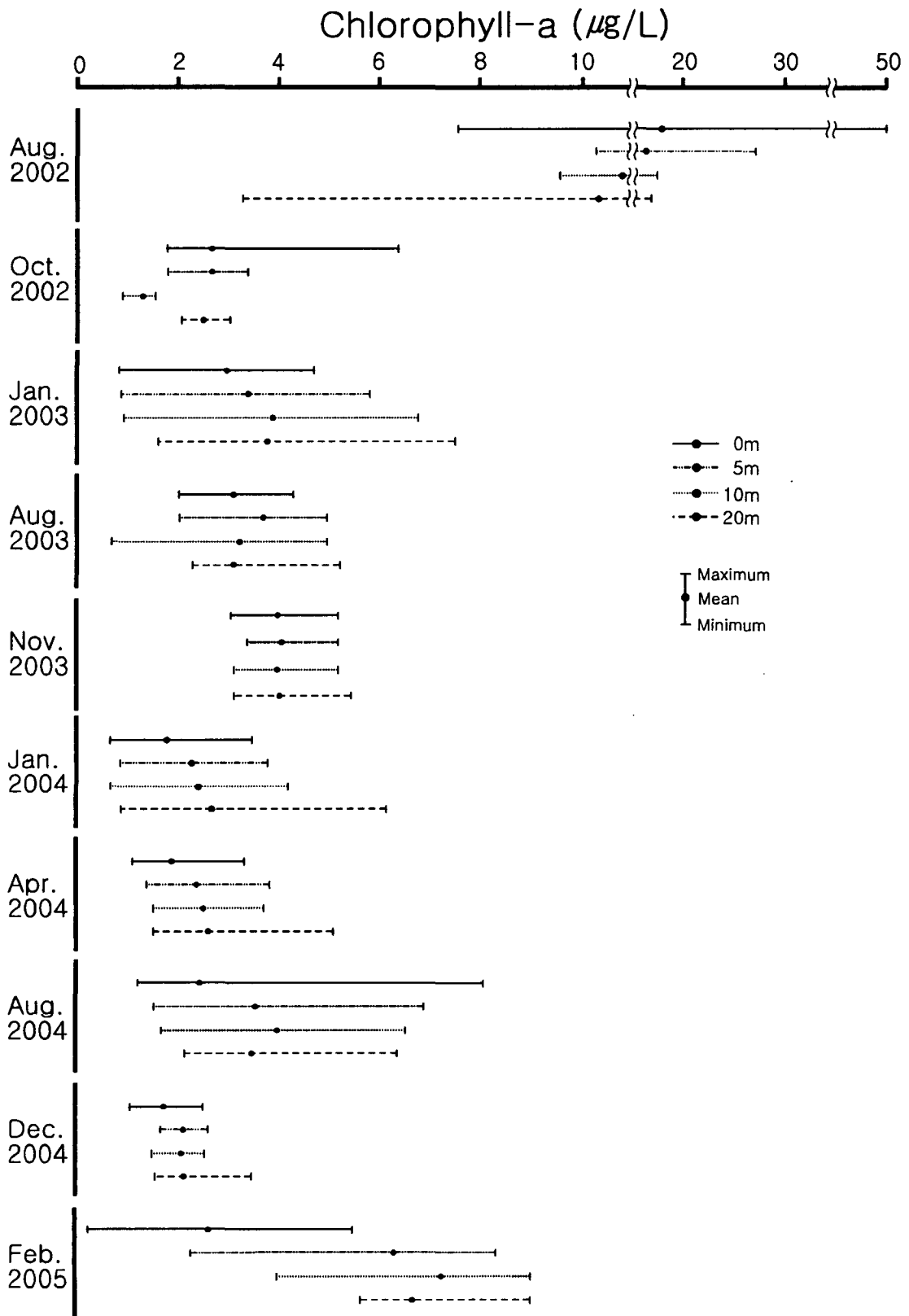


그림 2-2-41. 바다목장 해역의 수층별 Chl-a의 계절 및 연도별 변화.

즉, 이와 같은 결과는 다도해 바다목장 해역은 길게 남북으로 확장되어 있어 동일 계절에도 북쪽과 남쪽, 그리고 서쪽과 동쪽에 영향을 주는 수계가 다른 것으로 표현하는 것으로 금오도 북쪽 수로부와 북동 해역은 섬진강 수계의 영향을 강하게 받는 반면, 남쪽과 서쪽 해역은 외해수 영향을 비교적 강하게 받는 것으로 판단되었다. 그리고 계절변화에서 겨울에 높은 식물플랑크톤 생물량을 보이는 것은 조석혼합의 강한 온대해역의 천해역에서 발생하는 현상(Wafar et al., 1983)으로, 우리나라 남해 내만해역에서 쉽게 관찰되는 현상이라 할 수 있으며(윤, 2003), 표층보다 저층으로 갈수록 생물량이 높아지는 현상은 비교적 청정한 개방 해역에서 빛의 강도와 관련하여 보이는 현상이나, 바다 목장해역의 20m 이심의 저층에서 보이는 높은 생물량 농도는 관측기기의 특성상 해저표층퇴적층에서 재 부유 되는 부유물질의 영향에 반응하여 나타나는 기계적인 오차로서 판단되었다(윤 등, 2001).

나. 동물플랑크톤 군집

(1) 미소 동물플랑크톤

(가) 종조성

4월 춘계 섬모충플랑크톤은 6종류만 출현하였으며, 주는 유종섬모충류(tintinnids) 2종과 소모류(oligotrichs) 4종류로 구성되어 있었다(그림 2-2-42). 공간적으로는 표층의 경우, 북쪽 수로부 해역과 남쪽의 외해영향을 강하게 받는 소리도 인근해역에서 비교적 많은 종이 출현하는 반면, 금오도 서측의 보들바다에서는 매우 낮은 출현 종수를 나타내었다. 10m 층은 표층과 달리 섬진강 수역의 영향을 강하게 받는 금오도 동측해역에서 상대적으로 많은 출현 종이 출현하는 반면, 서측과 남측 해역에서는 매우 낮은 출현 종수를 보였다(그림 2-2-43). 다만, 춘계 다도해 바다목장 해역의 미소 동물플랑크톤은 대부분의 정점에서 계수 한계 이하의 낮은 개체수로 산발적 분포하고 있지만, 세부적으로는 연안역의 대표적 종류로 알려진 유종섬모충류 *Tintinnopsis beroidea*를 비롯하여 소모류 *Strombidium conicum*등이 낮은 빈도로 관찰되었다(부록 2-2-33, 2-2-34).

하계 8월 섬모충플랑크톤은 총 10종류가 출현하였으며 유종섬모충류 2종과 소모류 5종 이외에 기타 3종류로 구성되었고 표층보다 저층에서 다양한 종구성을 보였다(그림 2-2-42). 공간적으로는 수층에 관계없이 소리도와 안도 인근해역 및 협소로 해역에서 다소 많은 종이 출현하였다(그림 2-2-44). 출현종의 내용별로는 고수온기 연안역의 대표적 종류로 알려진 *Helicostomella longa*와 외양성 난류종인 *Amphorellopsis acuta*의 출현이 확인되었으며 소모류는 *Lohmaniella oviformis*와 *L. spiralis*가 상대적 높은 빈도로 출현하였다(부록 2-2-35, 2-2-36).

추계에는 유종섬모충류 4종류와 소모류 3종류로 총 7종류가 관찰되어, 봄과 같이 매우 빈약한 종 출현 특성을 나타내었다(그림 2-2-42). 공간적으로는 표층과 10m 층 모두에서

금오도 서측 보들바다가 동측해역보다 다소 많은 종이 출현하였으며, 특히 북쪽 금오수도 서측해역에서 상대적으로 높은 출현 종수를 나타내었다(그림 2-2-45). 내용별로는 *Stenosemella nivalis*, *Tintinnidium muscicola*, *Tintinnidium balechi*와 같은 연안역 혼탁한 수역에 주로 분포하는 종류가 관찰되었으며 출현종은 모두 정점별로 산발적인 출현만 감지되었다(부록 2-2-37, 2-2-38).

동계 2월에는 유종섬모충류가 5종류, 소모류가 4종류 기타 1종류로 총 10종류가 관찰되었다(그림 2-2-42). 유종섬모충류의 종류가 타 시기보다 비교적 다양하게 출현하였으나, 공간적으로는 큰 차이 없이 전 해역에서 비교적 균일한 출현 특성을 나타내었다(그림 2-2-46). 특히 세부적 종 출현 특성은 *Tintinnopsis baltica*와 *Tintinnopsis lohmanii*와 같은 저수온기에 분포하는 종류가 출현하여 계절적 특성을 반영하였다(부록 2-2-39, 2-2-40).

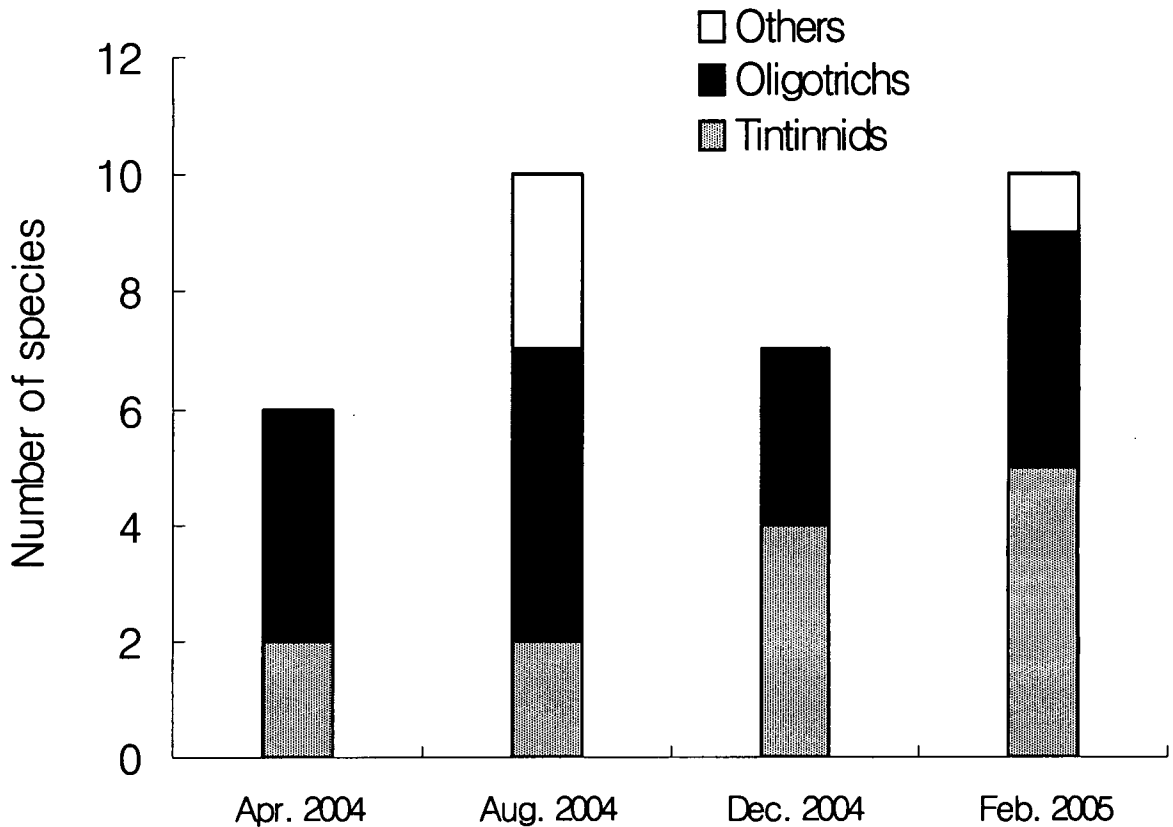


그림 2-2-42. 2004/2005년도 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

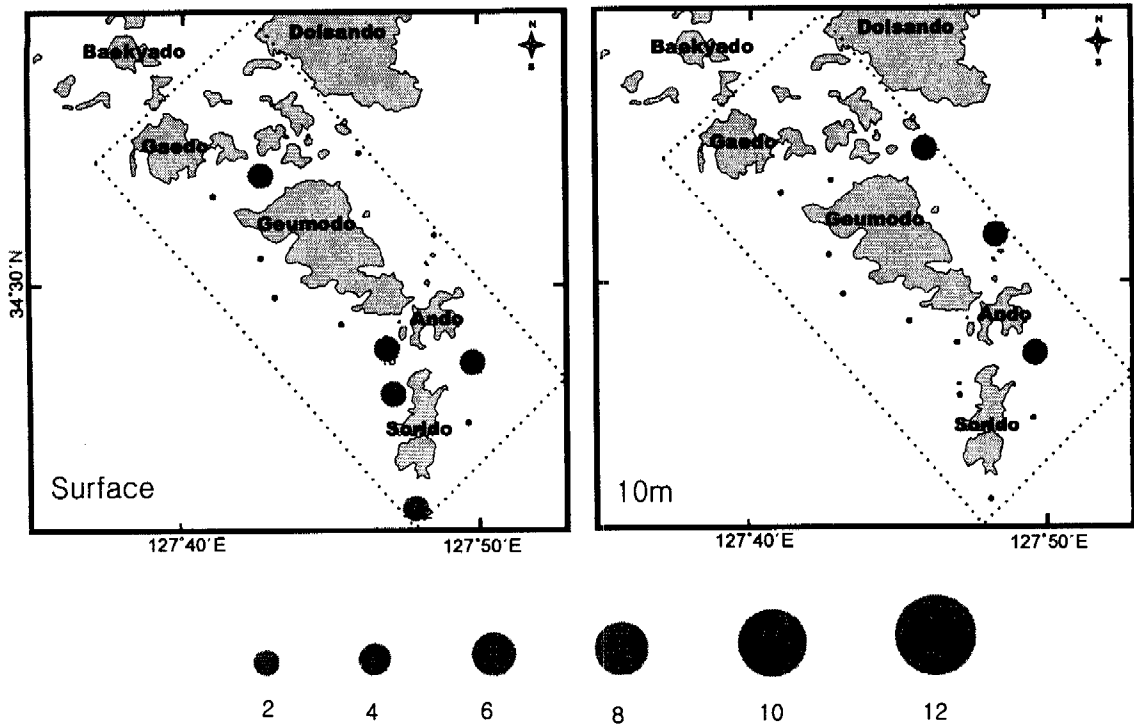


그림 2-2-43. 2004년 봄 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

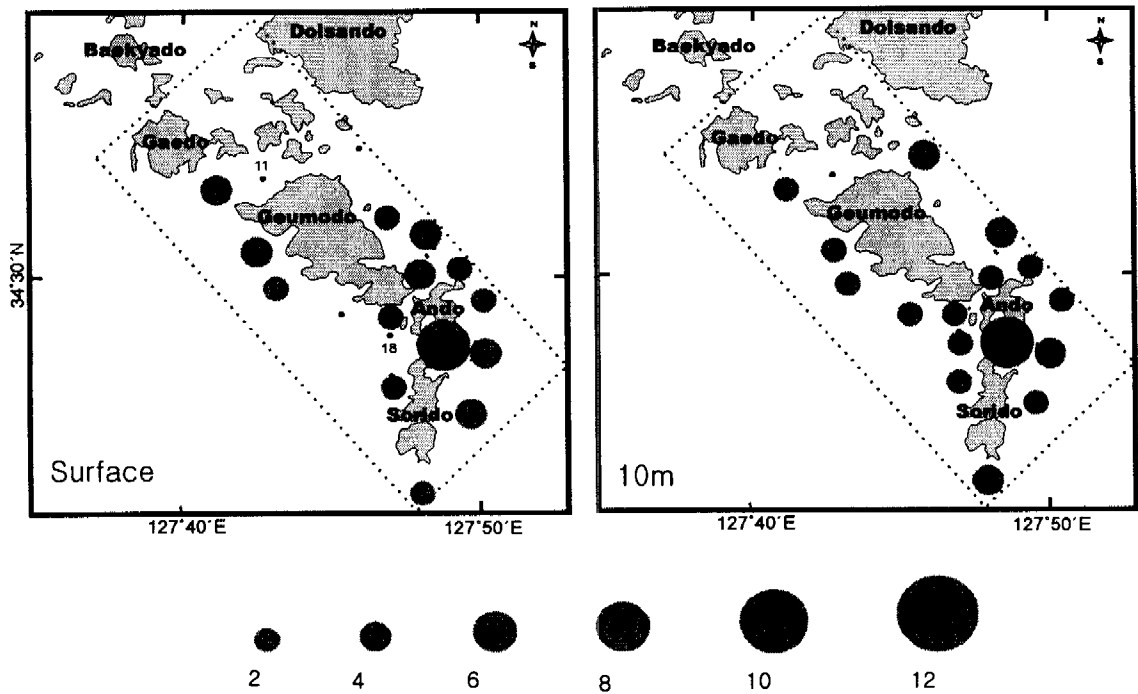


그림 2-2-44. 2004년 여름 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

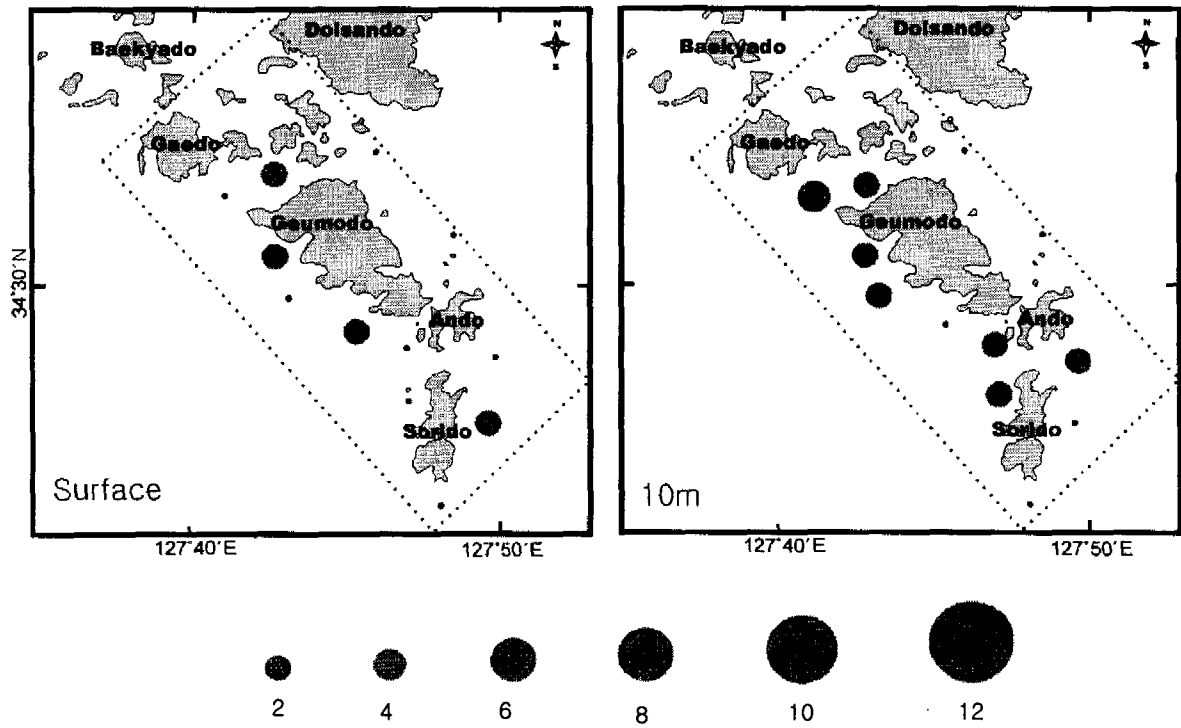


그림 2-2-45. 2004년 가을 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

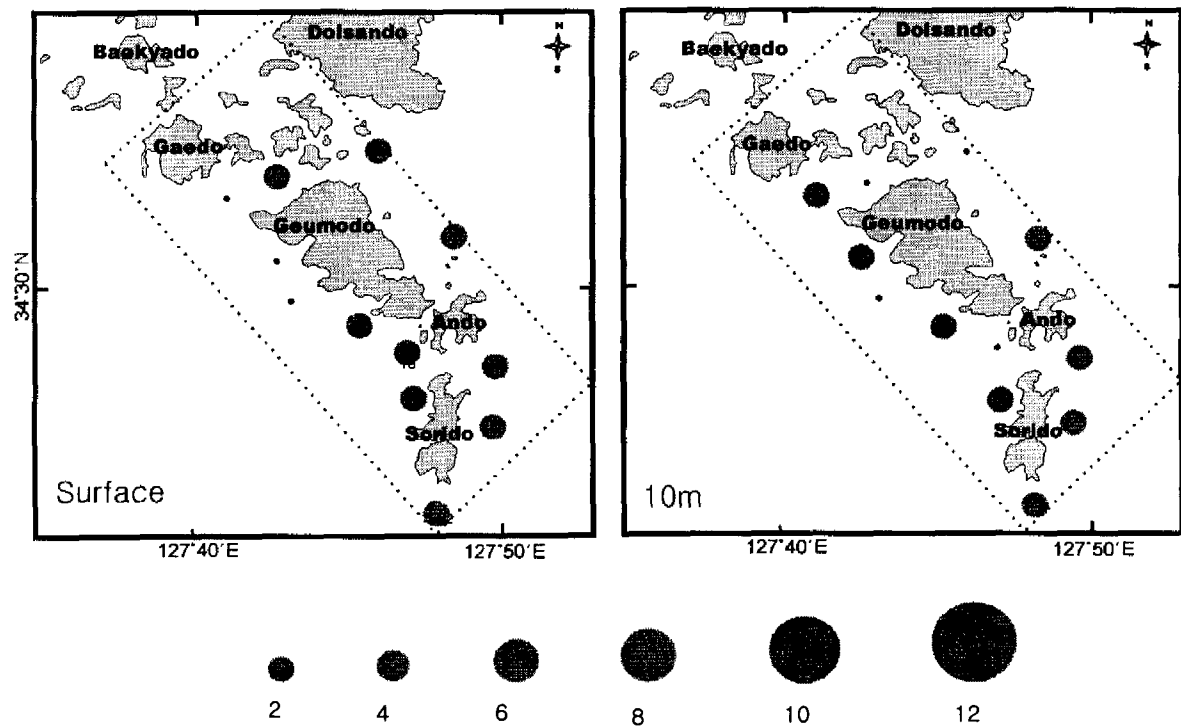


그림 2-2-46. 2005년 가을 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 출현종수.

(나) 개체수

춘계 섬모충 플랑크톤의 개체수는 1,000cells/L 이하로 매우 낮은 개체수로 분포하였으며(그림 2-2-47), 계수 한계 이하의 낮은 경우가 빈번하여 정확한 정점별 수심별 비교가 어려웠다(부록 2-2-33, 2-2-34). 하계의 경우는 섬모충 플랑크톤의 개체수는 2,000cells/L 이하로 분포하여 춘계보다 다소 증가하였으며 정점 7의 표층과 정점 21의 10m에서 상대적으로 높은 개체수로 분포하였으며 일부 정점에서는 약화된 분포로 관찰되지 않았다. 목장 정점은 아니지만 안도와 소리도 사이의 협수로에서는 비교적 높은 개체수로 출현하였다(그림 2-2-48). 추계의 개체수는 1,000cells/L 이하로 하계에 비해 감소하였으며 정점 12의 10m에서 개체수의 증가가 감지되었으나 대부분의 정점에서 500cells/L 이하의 낮은 개체수로 미비한 분포를 나타냈다(그림 2-2-49). 동계에도 1,000cells/L 이하로 매우 낮은 개체수로 분포하였으며 정점 17과 22의 10m에서 소폭의 증가가 보였을 뿐 전체적으로 섬모충 플랑크톤의 분포는 약화되었다(그림 2-2-50).

(다) 계절 및 연변화

섬모충 플랑크톤의 출현종수는 2004/2005년도 전체시기에 24종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 9종, 소모류가 11종, 기타 4종으로 구성되어 있었다. 2002년도 37종, 2003년도에 35종이 관찰되어 당해연도의 출현종수는 감소하였다.

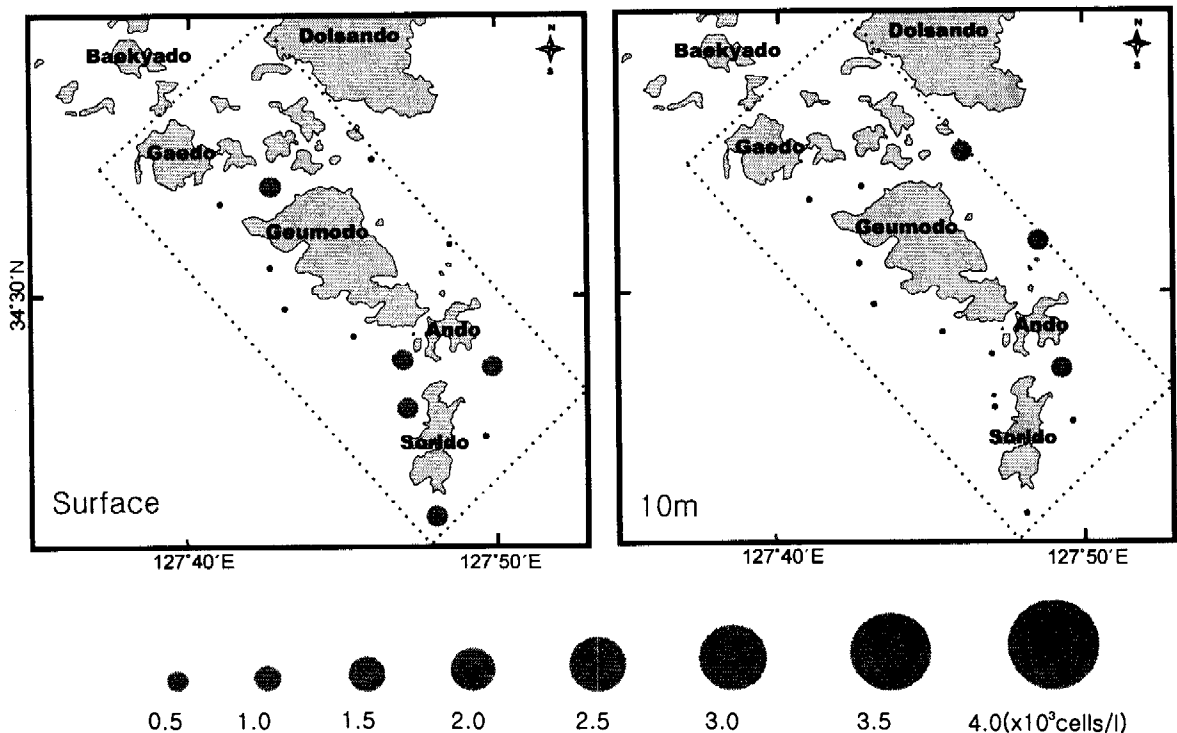


그림 2-2-47. 2004년 4월 춘계 바다목장 해역의 섬모충 플랑크톤의 개체수.

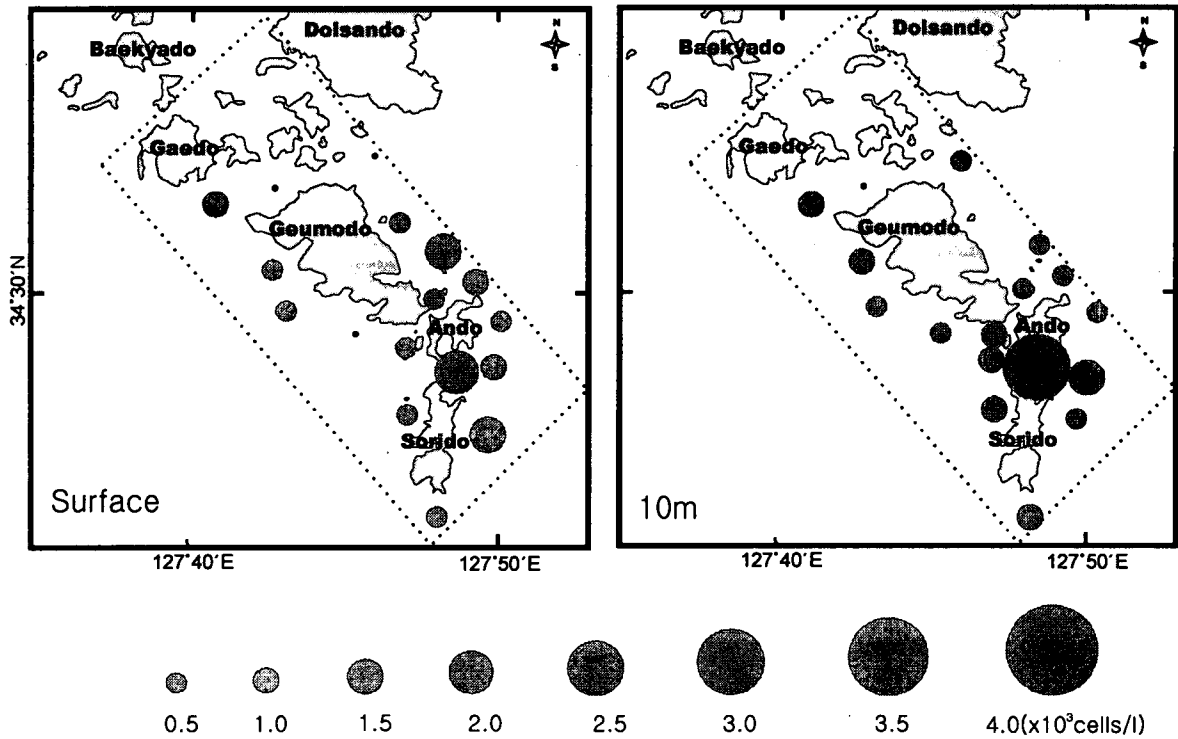


그림 2-2-48. 2004년 8월 하계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수.

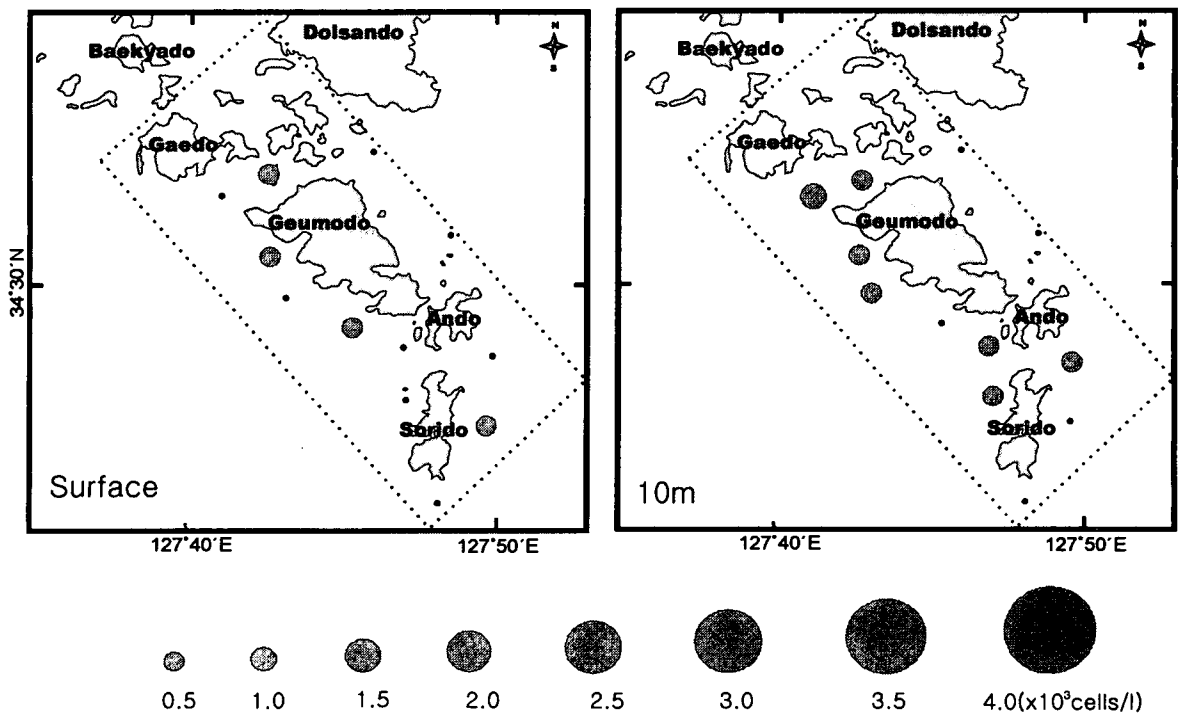


그림 2-2-49. 2004년 12월 추계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수.

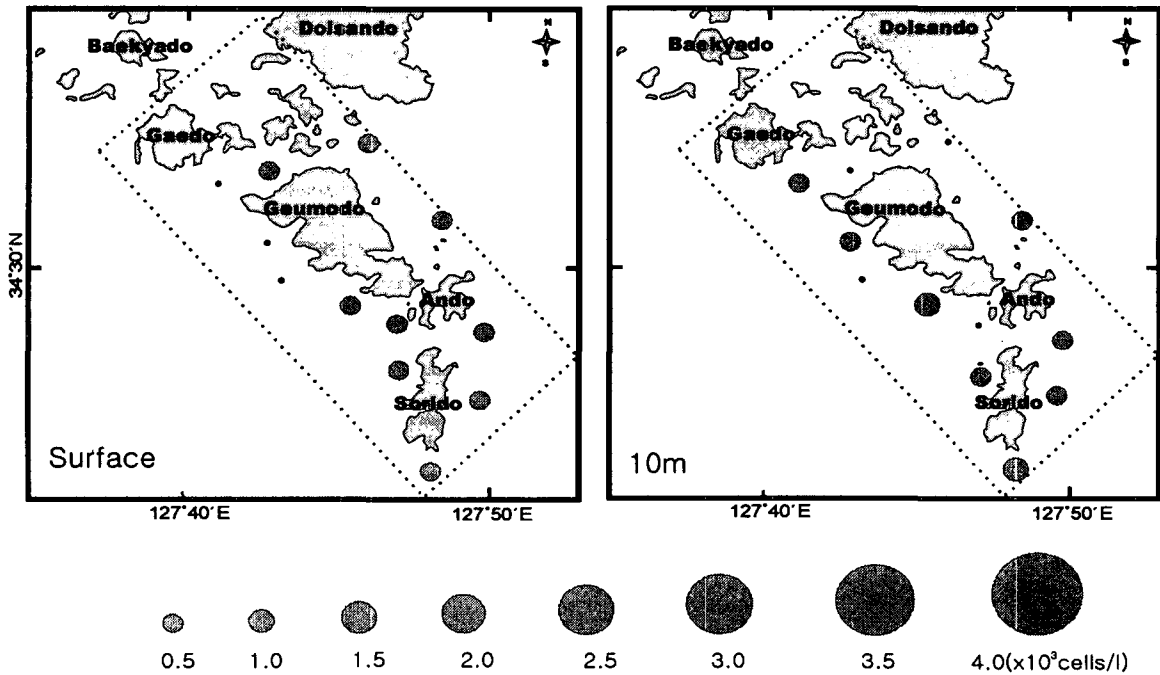


그림 2-2-50. 2005년 2월 동계 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 개체수.

2002년 하계와 2003년 하계와 추계는 20종 이상의 다양한 종구성을 보였으나 2004년 하계에는 10종으로 큰 차이를 보였다(그림 2-2-51과 표 2-2-8, 표 2-2-9).

섬모충플랑크톤의 개체수는 2002, 2003, 2004년도 3년간 하계에 타 계절보다 높은 개체수를 보였다. 그러나 2002년 하계의 경우 표층에서 3,500cells/L 그리고 2003년에는 2,300cells/L로 2,000cells/L 이상의 개체수를 보였으나 2004년 당해년도 800cells/L로 감소하였다. 하계의 차이와 달리 추계와 동계에는 3년간 모두 500cells/L 이하로 크게 감소하여 섬모충플랑크톤 개체수의 계절적 변화는 유사하였다(그림 2-2-52). 이 같은 섬모충플랑크톤의 개체수는 식물플랑크톤의 현존량과 매우 유사한 계절별, 연도별 변화 패턴을 나타내어 두 플랑크톤 군집간의 생태학적 밀접한 관계가 암시되었다.

또한, 전남 다도해 바다목장 해역의 동(정점 7과 8), 서(정점 18), 남(정점 22), 북(정점 12) 해역의 일부 대표정점에서 2002년 8월부터 2005년 2월까지 조사된 결과를 계절별로 평균하여 계절변화를 살펴보면 다음과 같다. 출현 종수는 전체적으로 여름과 가을에 많고 봄과 겨울에 낮은 출현 특성을 보이고 있으며, 정점별로는 비교적 식물플랑크톤 출현이 많은 금오도 동측과 북쪽 수로부에서 많고 남쪽 해역에서 낮은 특성을 보였다. 특히 금오도 서쪽 정점에서는 여름과 가을 표층보다 10m 수층에서 많은 수의 종이 출현하였다(그림 2-2-53). 또한 출현 개체수는 출현 종수와 유사한 분포 특성을 보이고 있지만, 금오도 서측과 남측 정점에서는 전체적으로 매우 낮은 출현 개체수를 보이나, 표층보다 10m 수층에서 높은 개체수를 나타내었다(그림 2-2-54).

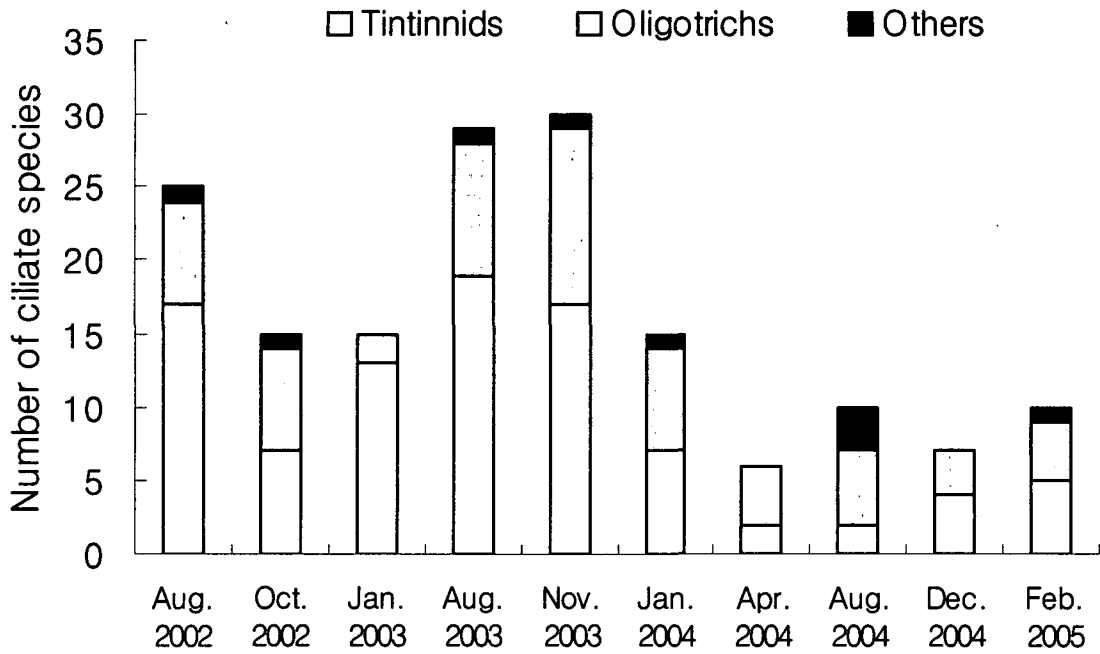


그림 2-2-51. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤의 출현종수의 연도별 변화.

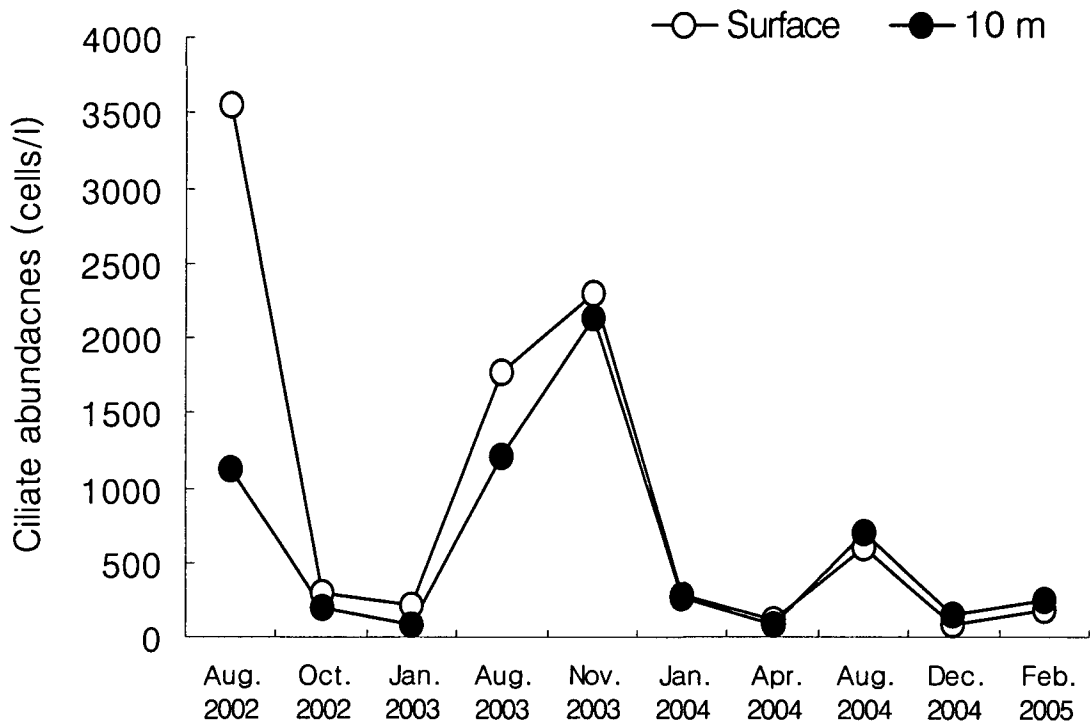


그림 2-2-52. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 개체수의 연도별 변화.

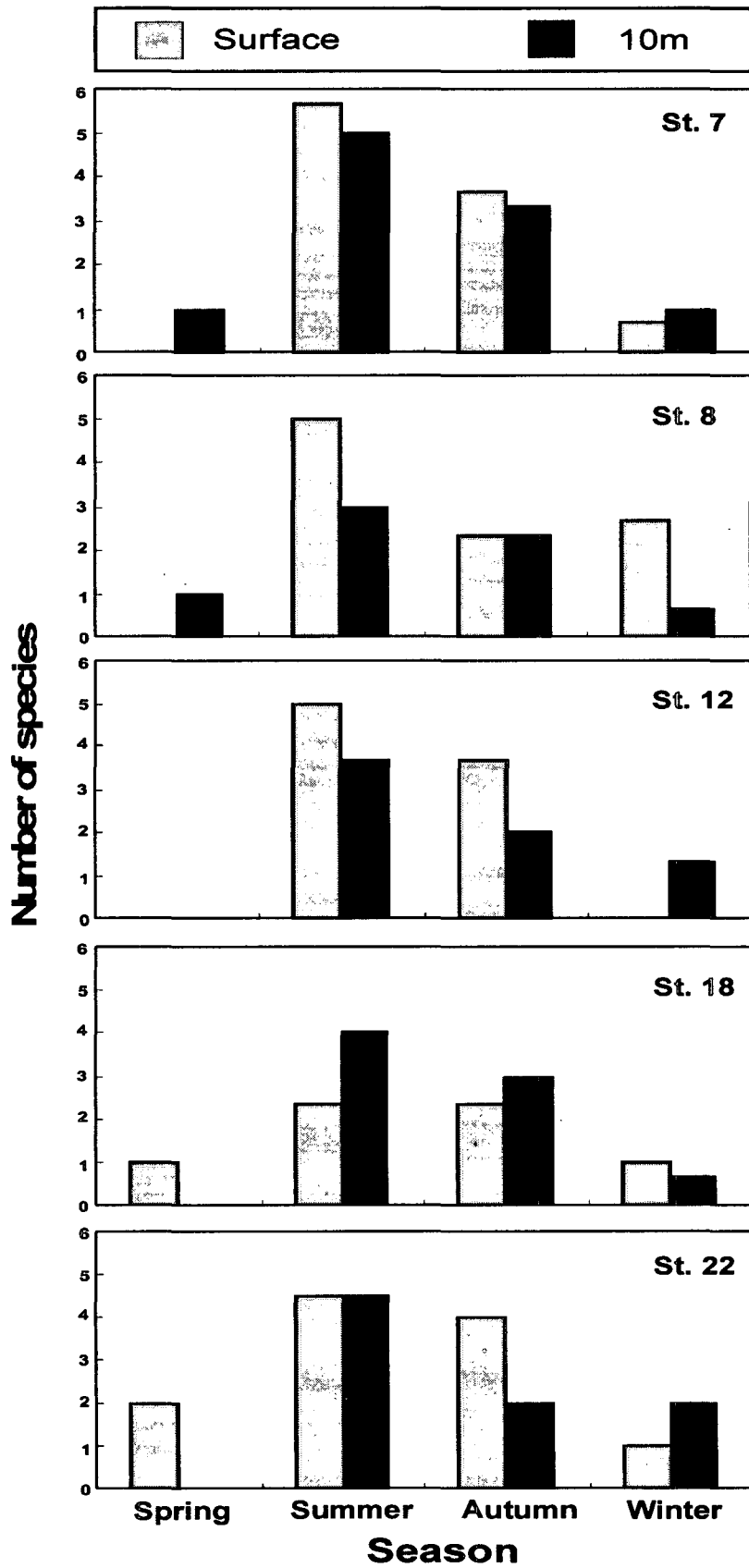


그림 2-2-53. 2002~2005년 정점별 미소동물플랑크톤 출현7종수의 평균 계절변화.

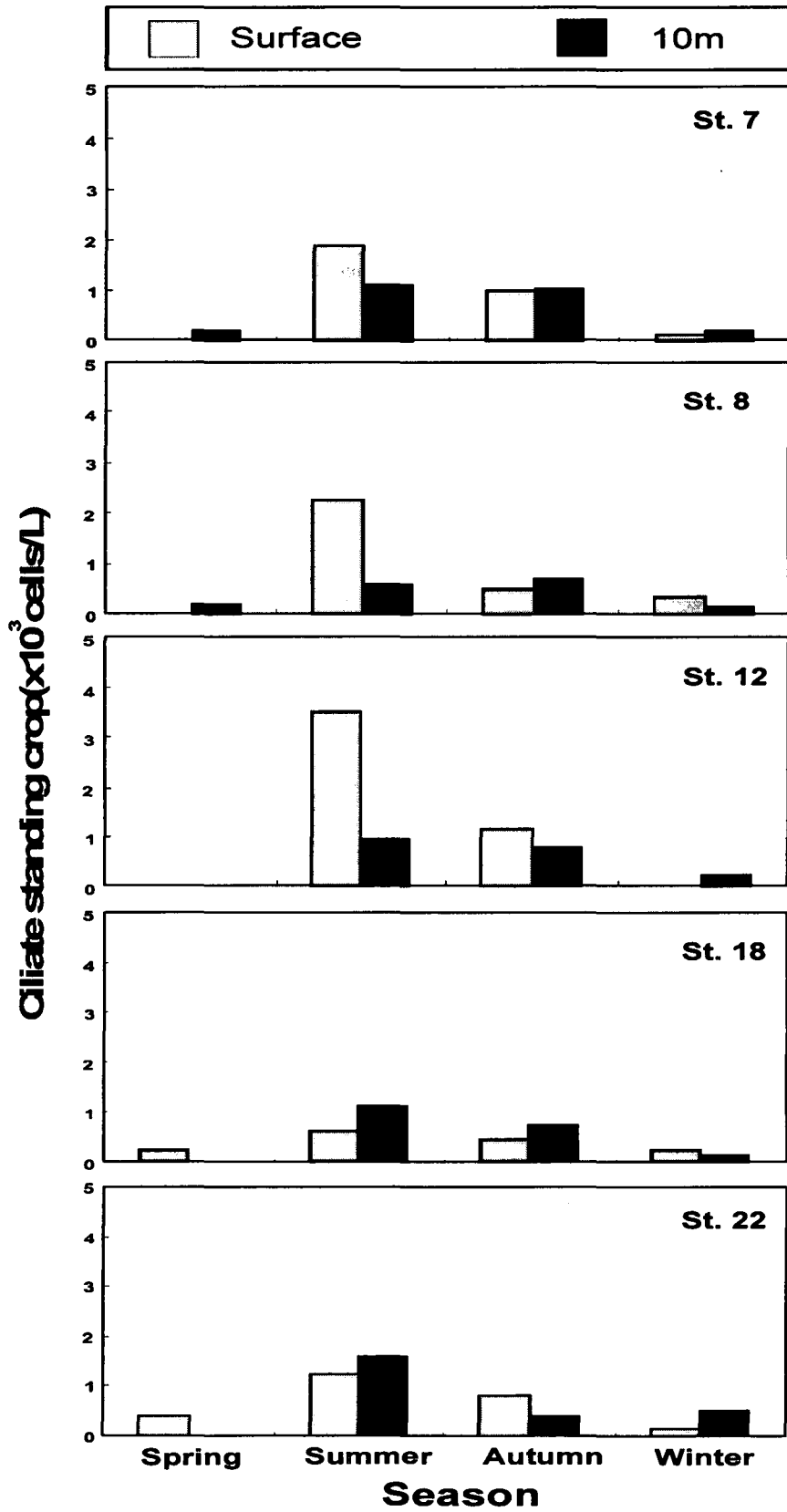


그림 2-2-54. 2002~2005년 정점별 식물플랑크톤 현존량의 평균 계절변화.

표 2-2-8. 2002년 8월 ~ 2005년 2월까지 표층의 미소동물플랑크톤의 종출현 양상

종명	월	2002		2003		2004			2005		
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
Tintinnids											
<i>Amphorellopsis</i>	<i>acuta</i>				*	*			*		
<i>Amphorides</i>	<i>amphora</i>				*	*					
<i>Ascampbeliella</i>	<i>urceolata</i>					*					
<i>Codonellopsis</i>	<i>morchella</i>		*	*							
<i>Epiplocyis</i>	<i>undella</i>				*						
<i>Eutintinnus</i>	<i>fraknoi</i>	*			*						
<i>E.</i>	<i>lusus-undae</i>	*			*	*					
<i>E.</i>	<i>tubuusus</i>	*			*	*					
<i>E.</i>	<i>pacifica</i>	*									
<i>Favella</i>	<i>ehrenbergii</i>	*			*						
<i>Helicostomella</i>	<i>longa</i>								*		
<i>H.</i>	<i>subulata</i>				*	*					
<i>Leprotintinnus</i>	<i>neriticus</i>	*			*	*					
<i>L.</i>	<i>nordqvisti</i>			*							
<i>Protorhabdonella</i>	<i>curta</i>		*								
<i>P.</i>	<i>simplex</i>	*									
<i>Rabdonella</i>	<i>poculum</i>	*									
<i>Salpingella</i>	<i>laminata</i>	*			*						
<i>Stenosemella</i>	<i>nivalis</i>		*	*		*	*			*	
<i>S.</i>	<i>ventricosa</i>			*		*	*				
<i>Tintinnidinium</i>	<i>mucicola</i>			*	*					*	*
<i>Tintinnopsis</i>	<i>baltica</i>	*		*							*
<i>Ti.</i>	<i>beroidea</i>	*	*	*	*		*				
<i>Ti.</i>	<i>balechi</i>					*					
<i>Ti.</i>	<i>beroidea</i>					*		*			
<i>Ti.</i>	<i>butschlii</i>				*						
<i>Ti.</i>	<i>directa</i>				*						
<i>Ti.</i>	<i>campanula</i>	*									
<i>Ti.</i>	<i>corniger</i>		*								
<i>Ti.</i>	<i>directa</i>	*									
<i>Ti.</i>	<i>kofoidi</i>			*							
<i>Ti.</i>	<i>nana</i>				*	*					
<i>Ti.</i>	<i>nordqvisti</i>	*									
<i>Ti.</i>	<i>radix</i>			*		*					
<i>Ti.</i>	<i>tocantinensis</i>	*									
Oligotrichs											
<i>Laboea</i>	<i>strobila</i>	*			*	*			*		
<i>Lohmanniella</i>	<i>oviformis</i>	*			*	*			*		
<i>L.</i>	<i>spiralis</i>	*	*		*	*		*	*		*
<i>Strombidium</i>	<i>sp.</i>			*	*					*	
<i>St.</i>	<i>acutum</i>		*		*						*
<i>St.</i>	<i>conicum</i>	*	*		*	*	*	*		*	
<i>St.</i>	<i>cornucopiae</i>	*			*	*					
<i>St.</i>	<i>sulcatum</i>		*		*	*					
<i>St.</i>	<i>wuiffi</i>								*		
<i>St.</i>	<i>sp.</i>	*	*		*	*	*	*	*		
<i>Strombidinopsis</i>	<i>sp.</i>									*	
<i>Strombidiium</i>	<i>sp.</i>			*	*	*					
<i>Tontonia</i>	<i>simplicidens</i>		*		*	*					
Others											
<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>				*	*	*				
<i>Prorodon</i>	<i>sp.</i>								*		

표 2-2-9. 2002년 8월~2005년 2월까지 10m 층 미소동물플랑크톤의 종출현 양상

종명	일	2002		2003		2004		2005			
		8	10	1	8	11	1	4	8	12	2
Tintinnids											
<i>Acanthostomella</i>	<i>norvegica</i>				*						
<i>Ascampbelliella</i>	<i>urceolata</i>	*									
<i>Amphorellopsis</i>	<i>acuta</i>				*	*		*			
<i>Codonellopsis</i>	<i>morchella</i>					*					
<i>Helicostomella</i>	<i>longa</i>							*			
H.	<i>subulata</i>				*						
<i>Epiplocylis</i>	<i>undella</i>				*						
E.	<i>fraknoi</i>	*			*						
E.	<i>lusus-undae</i>	*			*	*					
E.	<i>tubuosus</i>	*			*	*					
<i>Leprotintinnus</i>	<i>neriticus</i>	*		*	*						
<i>Protorhabdonella</i>	<i>curta</i>		*								
<i>Salpingella</i>	<i>laminata</i>	*				*					
<i>Stenosemella</i>	<i>nivalis</i>					*	*			*	
S.	<i>ventricosa</i>			*							*
<i>Tintinnopsisbaltica</i>		*									*
<i>Tintidinium balechii</i>						*	*			*	
T.	<i>musccicola</i>				*						
<i>Tintinnopsisberoidea</i>		*		*	*	*	*			*	
Ti.	<i>butschlii</i>				*						
Ti.	<i>directa</i>	*			*		*				
Ti.	<i>gracilis</i>			*							
Ti.	<i>lohmanii</i>										*
Ti.	<i>nana</i>				*						
Ti.	<i>nordqvisti</i>	*			*	*					
Ti.	<i>parvula</i>				*	*	*				
Ti.	<i>radix</i>		*	*		*	*				
Ti.	<i>tocantinensis</i>	*			*			*			
Oligotrichs											
<i>Laboea</i>	<i>strobila</i>				*	*			*		
<i>Lohmanniella</i>	<i>oviformis</i>	*			*	*		*	*		
L.	<i>spiralis</i>	*			*	*	*	*	*		*
<i>Strombolidium</i>	sp				*	*				*	
<i>Strombidinopsis</i>	<i>acuminata</i>						*				
S.	sp.	*					*				
St.	<i>acutum</i>					*					*
St.	<i>capitatum</i>					*	*				
St.	<i>conicum</i>		*			*	*	*		*	*
St.	<i>sulcatum</i>		*		*	*	*				
St.	sp.	*	*		*	*		*			*
<i>Strombidinopsis</i>	sp.									*	
<i>Tontonia</i>	<i>gracilima</i>					*					
T.	<i>simplicidens</i>		*		*	*		*			
Others											
<i>Didinium</i>	<i>gagantua</i>							*			
<i>Mesodinium rubrum</i>											*
<i>Prorodon</i>	sp.							*			
<i>Tiarina</i>	<i>fuscus</i>							*			

섬모충 플랑크톤은 개체수가 많지 않기에 우점종으로 구분할 수 있는 정도는 아닐지라도 출현종 중에 비교적 높은 빈도로 출현한 종류는 하계의 경우, 2002년에는 *Tintinnopsis beroidea*와 *Lohmaniella oviformis*가, 2003년과 2004년에는 *Lohmaniella oviformis*가 관찰되었다. *Tintinnopsis beroidea*의 경우 2003년과 2004년과 달리 2002년에 5,000 cells/L 이상의 높은 개체수로 분포하여 정량적인 차이를 보였다. 추계의 경우 3년간 모두 *Strombidium conicum*이 관찰되었고, 2003년 추계, 동계, 그리고 2004년 춘계까지 지속적인 출현으로 저수온기에 주로 분포하는 특성을 잘 나타냈다. 2005년 2월 동계의 경우도 저수온성인 *Tintinnopsis b-altica*의 출현으로 계절성이 잘 표현되었다(표 2-2-10).

표 2-2-10. 바다목장 해역의 섬모충플랑크톤 우점종의 연도별 변화

우점종	2002. 8	2002. 10	2003. 1	2003. 8	2003. 11	2004. 1	2004. 4	2004. 8	2004. 12	2005. 2
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	**	-	-	-			-			
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	*									
<i>Lohmaniella oviformis</i>	*			-			-	-		
<i>Strombidium conicum</i>		-			*	-	-		-	
<i>Codonellopsis morchella</i>		-								
<i>Stenosemella nivalis</i>					*				-	
<i>Tintinnopsis baltica</i>										-

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

(2) 대형동물플랑크톤

(가) 주요 분류군의 출현 비율

2004년도 전남 다도해 바다목장 해역에 출현하는 대형 동물플랑크톤 군집의 주요 분류군은 야광충, 해파리류, 요각류, 지각류, 화살벌레류 및 주기성 플랑크톤인 각종 유생류 등으로 조성 비율은 조사 정점과 계절에 따라 큰 차이를 보였다.

2004년 4월 봄철의 주요 동물플랑크톤 군집의 출현 분류군의 조성 비율은 평균 0.7(Cnidarians)~71.4(Copepods)%로 요각류(Copepods, 평균 71.4%; 정점간 56.6~85.3%), 야광충(*Noctiluca scintillans*, 평균 24.3%; 정점간 4.2~40.7%), Others(일부 지각류(Cladocerans)와 패충류(Ostracods), 단각류(Amphipods) 포함, 평균 1.8%; 정점간 0.2~3.8%), Larvae(복족류(Gastropods), 십각류(Decapods), 만각류(Cirriped), 평균 1.4%; 정점간 0.3~3.6%), 해파리류(Cnidarians, 평균 0.7%; 정점간 0.1~2.6%), 화살벌레류(Sagittids, 평균 0.4%; 정점간 0.1~1.6%) 순으로 나타났다(그림 2-2-55).

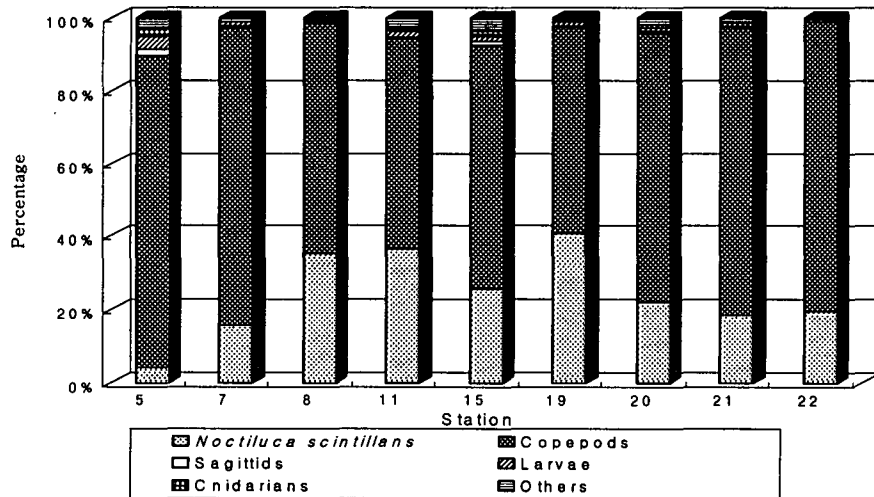


그림 2-2-55. 2004년 봄 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비.

2004년 8월 여름의 경우는 봄과는 달리 야광충(*Noctiluca scintillans*, 평균 32.3%, 정점 간 0~78.8%)이 가장 우점하였고, 상대적으로 요각류(Copepods, 평균 11.1%, 3.9~31.3%)가 현저하게 감소하였다. 또한, 지각류(Cladocerans)와 어란을 포함하는 기타 분류군의 주기성 동물플랑크톤이 다른 계절에 비해 많은 양으로 출현하였다. 특히, 모든 정점에서 지각류(Cladocerans)가 차지하는 비율이 현저하게 높았고, 정점 15에서는 어란의 출현량도 높았다. 해파리류(Cnidarians), 화살벌레류(Sagittids)와 유생(Larvae)의 조성 비율은 각각 6.8%, 2.2%, 2.2%였다(그림 2-2-56).

2004년 가을은 다시 야광충이 급격히 감소하고, 요각류가 전 조사해역에서 65%(평균 79%) 이상의 높은 비율로서 우점하여 출현하였다. 특히 가을은 다른 계절에 비해 출현 분류군이 매우 단순화 되었으며, 요각류 외에 화살벌레류와 해파리류의 조성 비율도 각각 평균 6.2%와 6.1%로 다소 높게 나타났다(그림 2-2-57).

2005년 1월 겨울은 고수온기에 비교적 많은 양으로 보였던 해파리류와 화살벌레류가 거의 출현하지 않은 반면, 요각류가 전 조사해역에서 65%(평균 73.7%)이상의 높은 조성 비율로서 우점하였다. 기타로는 야광충이나 어류의 자치어 등 주기성 플랑크톤이 다소 출현하였다(그림 2-2-58).

이와 같은 대형 동물플랑크톤 군집 주요 분류군 조성이 계절과 해역에 따라 많은 차이를 나타내는 것은 종의계절적 천이와 더불어, 바다목장 해역의 남북으로 크게 확장되어 있는 광역적 해역이기에, 동일 계절에 있어서도 다양한 해양환경의 영향을 정점에 따라 다르게 받고 있기 때문으로, 식물플랑크톤 군집의 변동 특성과 유사한 것으로 판단할 수 있었다.

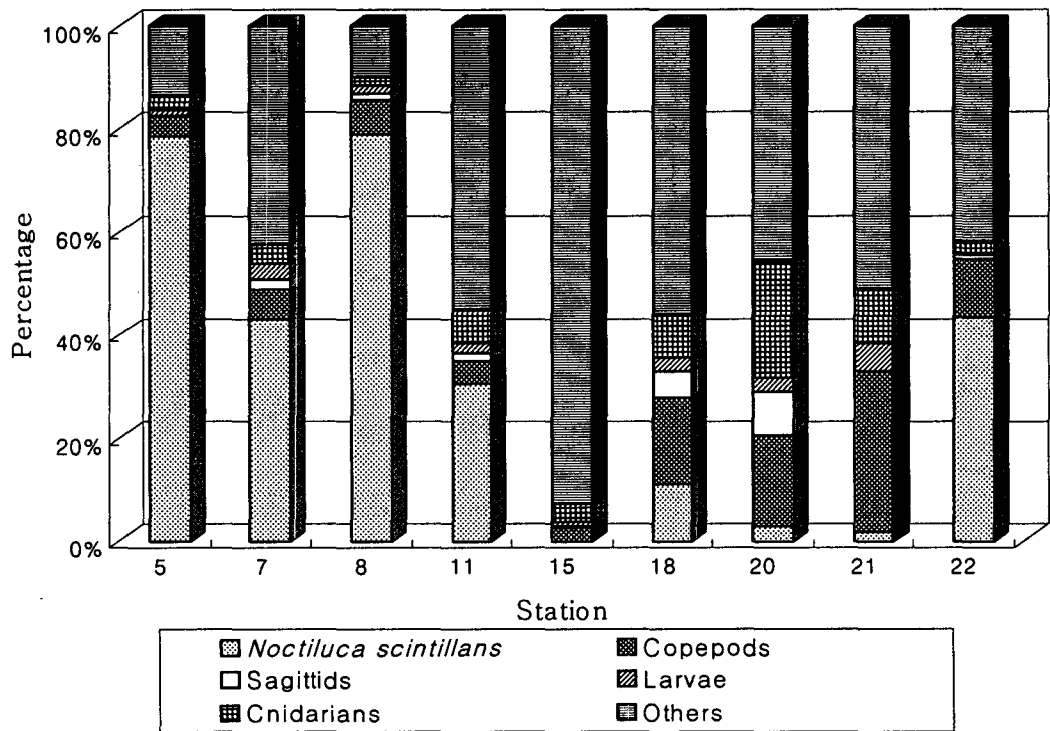


그림 2-2-56. 2004년 여름 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비.

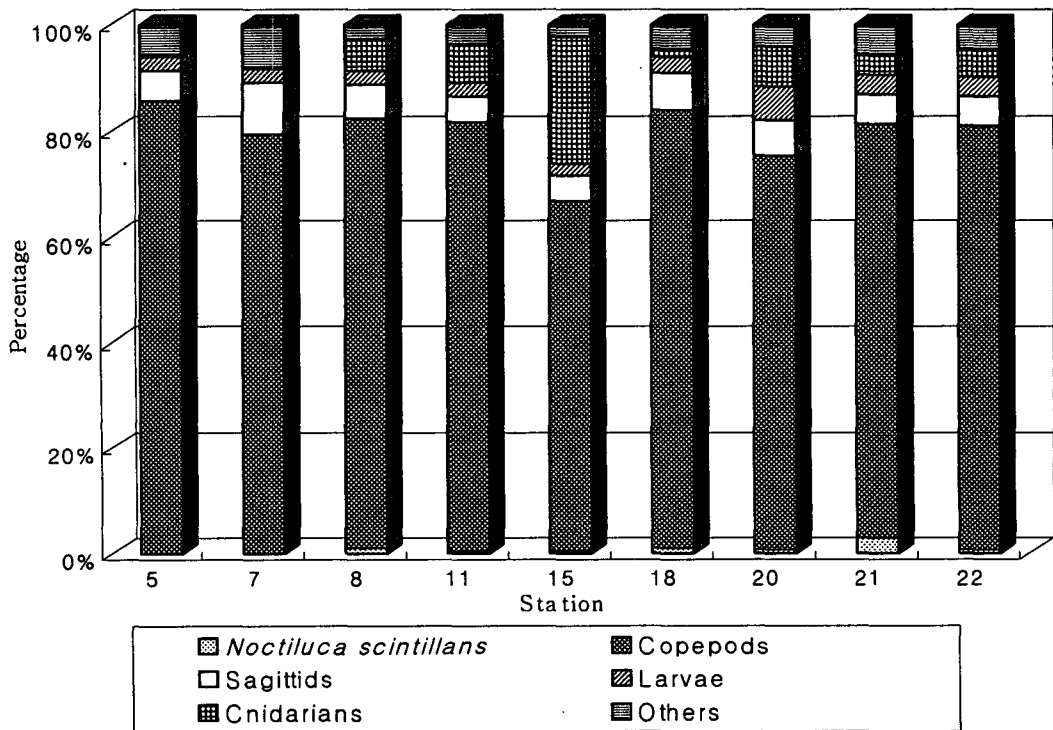


그림 2-2-57. 2004년 가을 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비.

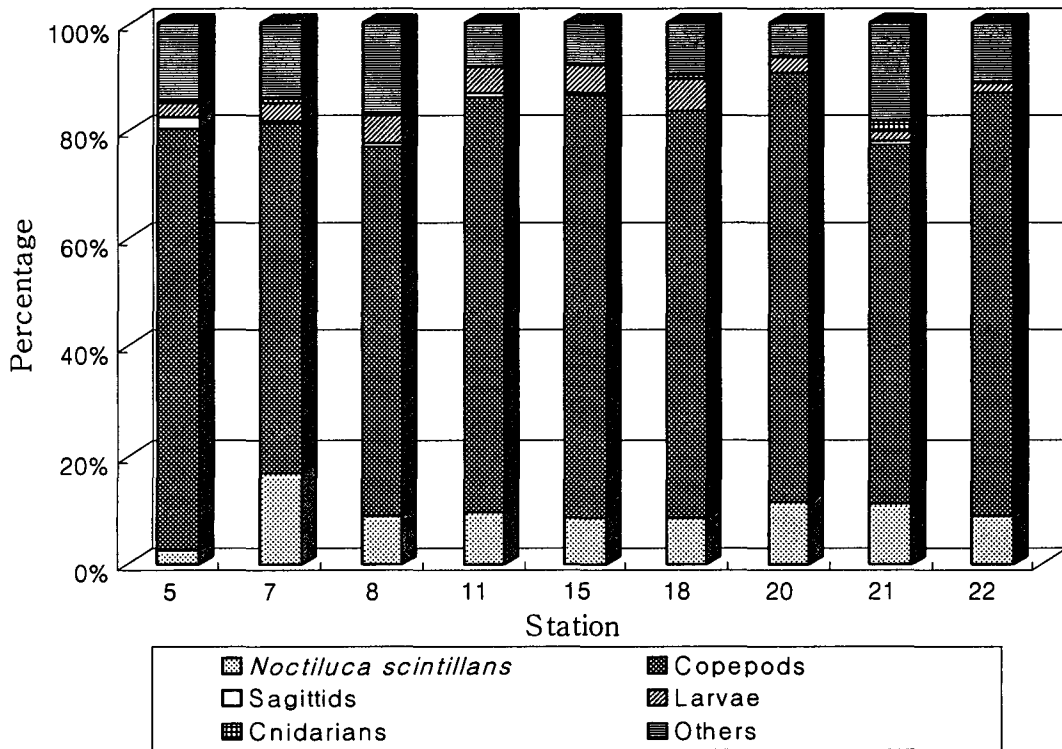


그림 2-2-58. 2005년 겨울 바다목장 해역의 주요 동물플랑크톤의 조성비.

(나) 동물플랑크톤의 현존량 및 종조성

① 2002년도

2002년 전남 다도해 바다목장 해역에서 계절에 따른 동물플랑크톤의 출현 개체수는 가을철에 평균 615indiv./m³(252~1,046indiv./m³)로 가장 높았으며(부록 2-2-42), 겨울철은 평균 95indiv./m³(37~176 indiv./m³)로 가장 낮았다(부록 2-2-43). 여름철에는 평균 569indiv./m³(284~1,166indiv./m³)로 가을철에 비해 다소 낮게 나타났으나, 정점 12에서는 1,166indiv./m³으로 조사기간 중 가장 높은 출현 개체수를 보였다(부록 2-2-41). 한편, 계절에 관계없이 금오도 서쪽 해역이 비교적 높은 출현 개체수를 보였다.

2002년 다도해 바다목장 해역에 출현한 주요 출현종은 여름의 경우, *Noctiluca scintillans* (야광충), 관해파리류, *Evadne tergestina*, *Penilia avirostris*(이상 지각류), *Calanus sinicus*, *Labidocera rotunda*, *Paracalanus parvus* s. l.(이상 요각류), *Sagitta crassa*(화살벌레류), 따개비와 십각류 유생등이 우점하였다. 가을철에도 여전히 관해파리류가 우점하고 있으나, 야광충과 지각류의 출현은 급속히 감소하였다. 요각류 중에서는 *C. sinicus*와 *P. parvus* s. l. 이외에 *Acartia pacifica*, *Eucalanus subcrassus*, *Corycaeus affinis* 등이 우점하였으며, 화살벌레류 중에서는 *S. crassa* 이외에 *S. enflata*가 다수 출현하였다. 십각류 유생은 여름철에 이어 여전히 우점하는 분류군이었으며, 이들 이외에 미충류인 *Oikopleura dioica*가 다수 출현하였다. 겨울철

에는 *P. parvus* s. l., *Sagitta crassa*, 십각류 유생이 우점하였다.

2002년 다도해 바다목장 해역에서 계절별 정점별 종 다양도는 여름철에 1.16(정점 3)~2.44(정점 4), 가을철에 2.07(정점 6)~2.68(정점 12), 겨울철에 1.49(정점 11)~1.82(정점 7)로 가을철에 정점 4에서 가장 높았으며, 여름철에 정점 3에서 가장 낮게 나타났다. 이처럼 여름철에 정점 3에서 종 다양도가 낮게 나타난 것은 70% 이상의 조성 비율을 보인 *Labidocera rotunda*의 대량 출현 때문이다.

② 2003년도

2003년 전남 다도해 바다목장 해역에서 동물플랑크톤의 계절에 따른 출현 개체수는 여름철인 8월에는 60indiv./m³(15~101indiv./m³)로 가장 낮은 출현량을 보인 반면(부록 2-2-44), 가을철인 11월에 평균 453indiv./m³(34~2295indiv./m³)로 가장 높았다(부록 2-2-45). 특히, 정점 22번에서는 난치자와 요각류 후기유생(copepodite)이 대량 출현하여 조사기간 중 가장 높은 출현량을 보였다(2295indiv./m³). 겨울철인 1월에는 평균 110 indiv./m³(14~288indiv./m³)가 출현하였다(부록 2-2-43).

2003년 다도해 바다목장해역에 출현한 주요 출현종은 여름의 경우, 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 적은 개체수(<5 indiv./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 출현 개체수를 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.

2003년 다도해 바다목장 해역에서 계절별 정점별 종 다양도 지수는 여름철에 0.99(정점 14)~2.51(정점 21), 가을철에는 1.75(정점 22)~2.55(정점 8), 겨울철에는 1.85(정점 22)~2.72(정점 15)로 계절간 커다란 차이를 보이지 않았으나, 계절에 따른 조사정점간의 차이는 여름철에 가장 높게 나타났다.

③ 2004년도

2004년 다도해 바다목장 해역에서 계절에 따른 동물플랑크톤의 출현 개체수는 봄철에 평균 6,476indiv./m³(945~28,183indiv./m³), 여름철에 평균 1,850indiv./m³(170~4,212 indiv./m³), 가을철에 평균 374indiv./m³(204~531indiv./m³), 겨울철에 평균 1,543indiv./m³

(982~2,542indiv./m³)로 봄철에 가장 높았으며, 가을철에 가장 낮았다(부록 2-2-46, 2-2-47, 2-2-48 및 2-2-49).

바다목장해역에 출현한 주요 출현종의 계절변화는 봄철에 야광충(*Noctiluca scintillans*), *Paracalanus parvus* s. l., Copepod nauplii, copepodites가 우점하였고, 여름철에는 Copepod nauplii, copepodites는 출현하지 않고, *Evadne tergestina*(지각류)의 출현이 급속히 증가하였다. 요각류 중에서는 *Paracalanus parvus* s.l.이 우점하였고, 화살벌레류 중에서는 *Sagitta crassa* 이외에 *S. enflata*가 출현하였다. 가을철에는 해파리류 중에서는 관수모류가 우점하였고, 요각류 중에서는 *Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Corycaeus affinis*가 우점하였다. 겨울철에는 가을철에 주춤하던 야광충이 여름철에 이어 우점하는 분류군이었으며, 이들 이외에 *Paracalanus parvus* s.l., *Oithona* sp., 미충류인 *Oikopleura dioica*가 다수 출현하였다.

2004년도 바다목장해역 동물플랑크톤 군집의 계절별, 정점별 종 다양도 지수는 봄철에 1.69(정점 22)~2.23(정점 15), 여름철에 1.00(정점 5와 정점 8)~2.37(정점 20), 가을철에 1.52(정점 5)~2.16(정점 15), 겨울철에 1.71(정점 20)~2.05(정점 21)로 여름철에 정점 5와 8에서 가장 낮았으며, 봄철에 정점 15에서 가장 높게 나타났다. 이처럼 여름철에 정점 5와 8에서 종다양도가 낮게 나타난 것은 70% 이상의 조성 비율을 보인 야광충(*Noctiluca scintillans*)의 대량 출현 때문이다.

(다) 집괴분석

전남 다도해 바다목장 해역에서 2004년도 4회 현장조사 한 9개 정점에서 동물플랑크톤의 출현량 자료에 근거하여 조사 정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위하여 요각류의 분류군 개체수를 자연 log 변환한 후, Bray-curtis similarity를 구하여 집괴분석을 실시하였다. 집괴분석 결과 나타난 수지도에서는 여름을 제외하고 전 조사기간에 대략 2개의 정점군으로 나눌 수 있었다(그림 2-2-59~62). 집괴분석한 결과를 전남 다도해 바다목장 해역도에 표시하여 해역을 구분하면 그림 2-2-59와 같게 된다. 즉, 2004년 4월 봄의 A 정점군은 섬진강 수역의 환경특성을 강하게 받는 바다목장 북부해역인 금오수도와 금오도 북동해역, B 정점군은 금오도 중앙부 이남의 보들바다 해역과 안도, 소리도의 외해수 영향을 비교적 강하게 받는 해역으로 구분되었다(그림 2-2-63의 왼쪽 위). 여름은 보들바다 북동에 위치하는 정점 15를 제외하고는 비교적 유사한 특성을 나타내고 있어, 동물플랑크톤 군집에 의한 집괴분석 결과 해역 구분에는 의미가 부여되지 않았다(그림 2-2-63의 오른쪽 위). 가을은 금오도를 중심으로 바다목장의 북서해역의 보들바다 북쪽 여자만 입구해역을 A 정점군으로, 기타 금오도 동쪽과 바다목장 남부의 안도와 소리도를 포함한 해역을 B 정점군으로 구분되었다(그림 2-2-63의 왼쪽 아래). 2005년 2월인 겨울은 소리도 남쪽과 금오도 북동쪽 해역으로 구성된 A 정점군과 금오도 중앙부 해역

인 B 정점군으로 양분되었다(그림 2-2-63의 오른쪽 아래).

그리고 조사 기간 동안 정점군별 종 다양성 지수의 계절변동은 봄철에 1.69(정점 22)~2.23(정점 15), 여름철에 1.00(정점 5와 8)~2.37(정점 20), 가을철에 1.52(정점 5)~2.16(정점 15), 겨울철에 1.71(정점 20)~2.05(정점 21)로 나타났고, 계절에 따른 조사정점간의 차이는 찾아보기 어려웠다.

2002년 8월부터 2005년 2월까지 10회 현장 조사한 동물플랑크톤 군집결과를 이용하여 집괴분석한 결과를 토대로 각 조사시기별 정점군별 군집특성을 살펴보면 표 2-2-11과 같다. 즉, 봄에는 두 정점군 사이에 출현종은 차이가 없으나 공간적 분포에서 A 정점군이 B 정점군보다 다소 높았으며, 출현개체밀도와 종다양성 지수는 B 정점군이 A 정점군에 비해 월등히 높았다. 여름은 2004년을 제외한 2002년과 2003년 결과 출현종수, 출현 개체수 및 종 다양성 지수 모두에서 B 정점군이 A 정점군보다 높은 특징을 나타내었다. 가을은 3회 분석 중 2002년과 2003년은 출현종 및 출현 개체밀도에서는 B 정점군이 A 정점군보다 높은 값을 보이는 반면, 종 다양성 지수에서는 B 정점군이 A 정점군보다 높게 나타났다. 2004년은 2002년 및 2003년의 경과와 상반되는 결과를 나타내었다. 겨울은 2003년의 경우는 출현종수, 출현 개체수 밀도 및 종 다양성 지수 모두에서 A 정점군이 B 정점군보다 높은 값을 보이고 있으나, 2004년은 이와 상반된 결과를 나타내었으며, 2005년은 두 정점군 사이에 뚜렷한 차이는 없었다.

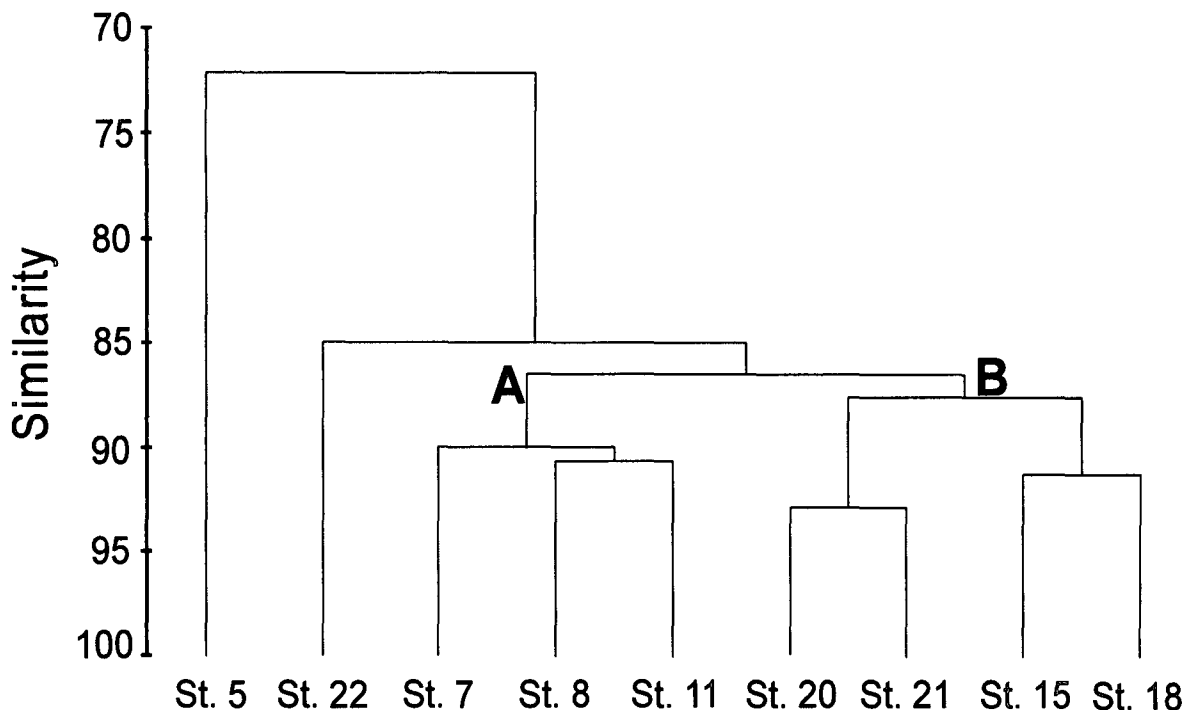


그림 2-2-59. 2004년 4월 봄 요각류에 의한 집괴분석 결과.

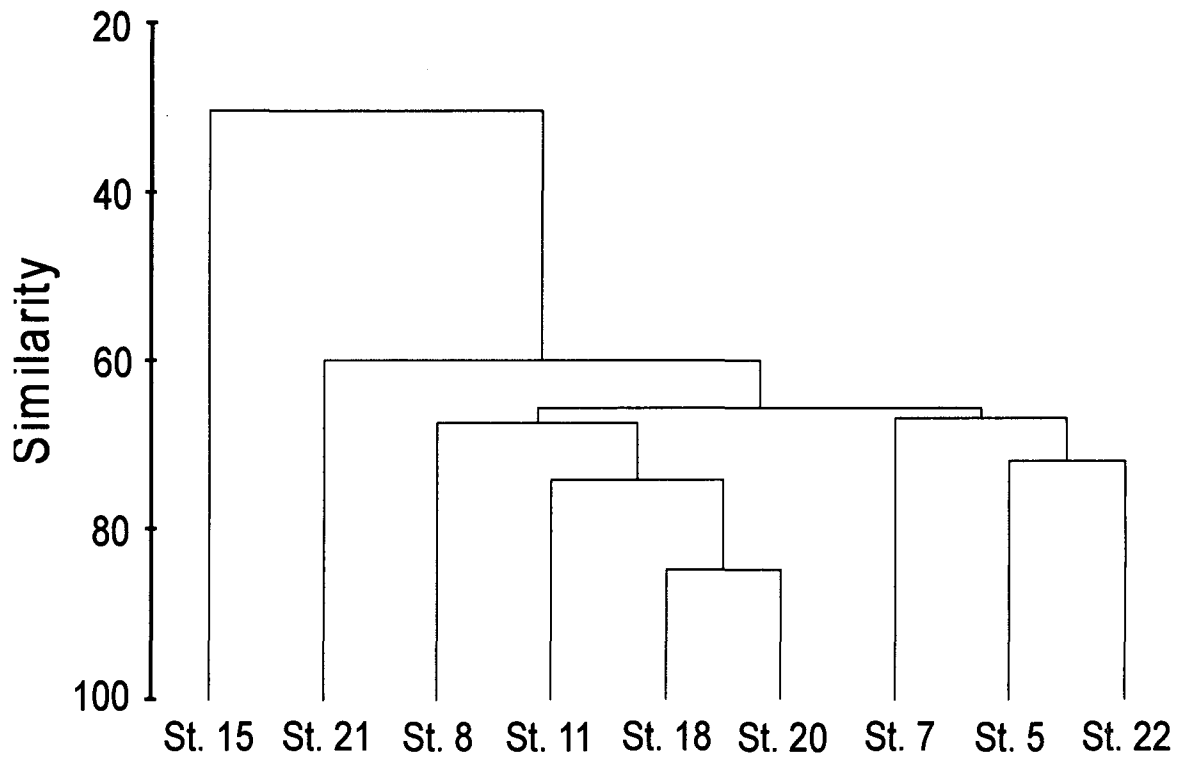


그림 2-2-60. 2004년 8월 여름 요각류에 의한 집괴분석 결과.

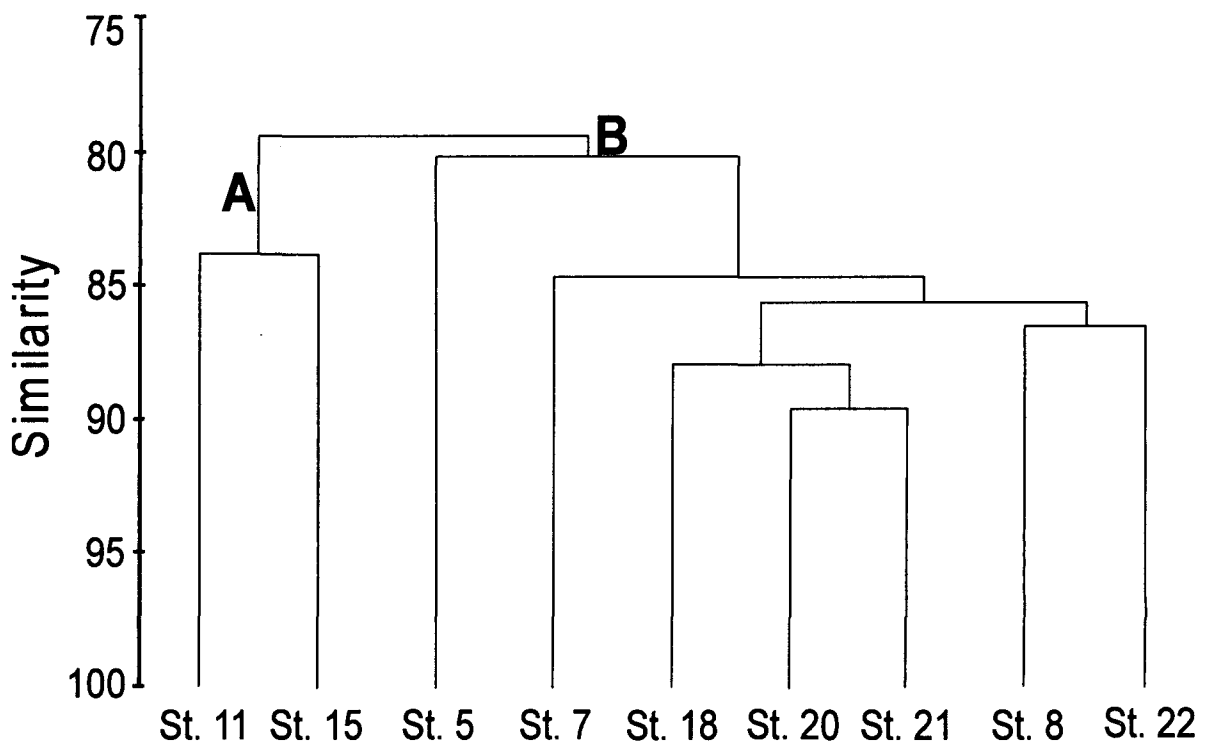


그림 2-2-61. 2004년 가을 요각류에 의한 집괴분석 결과.

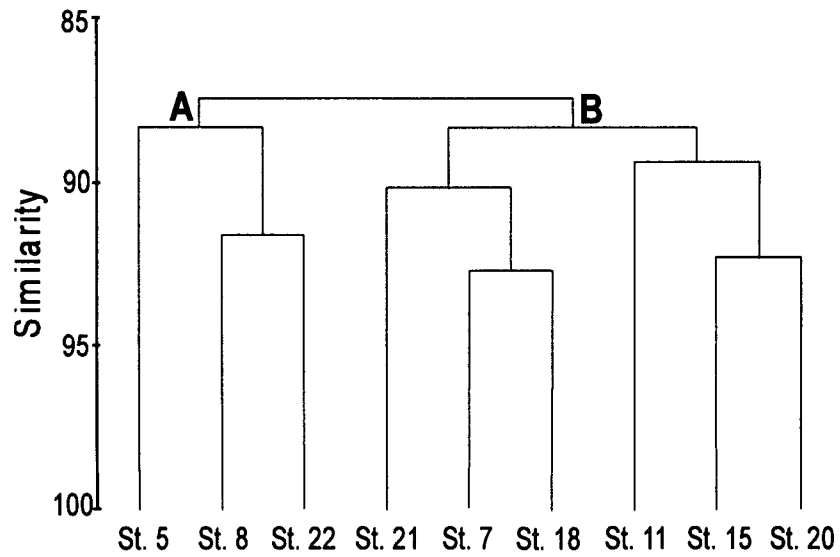


그림 2-2-62. 2005년 2월 겨울 겨울 요각류에 의한 집괴분석 결과.

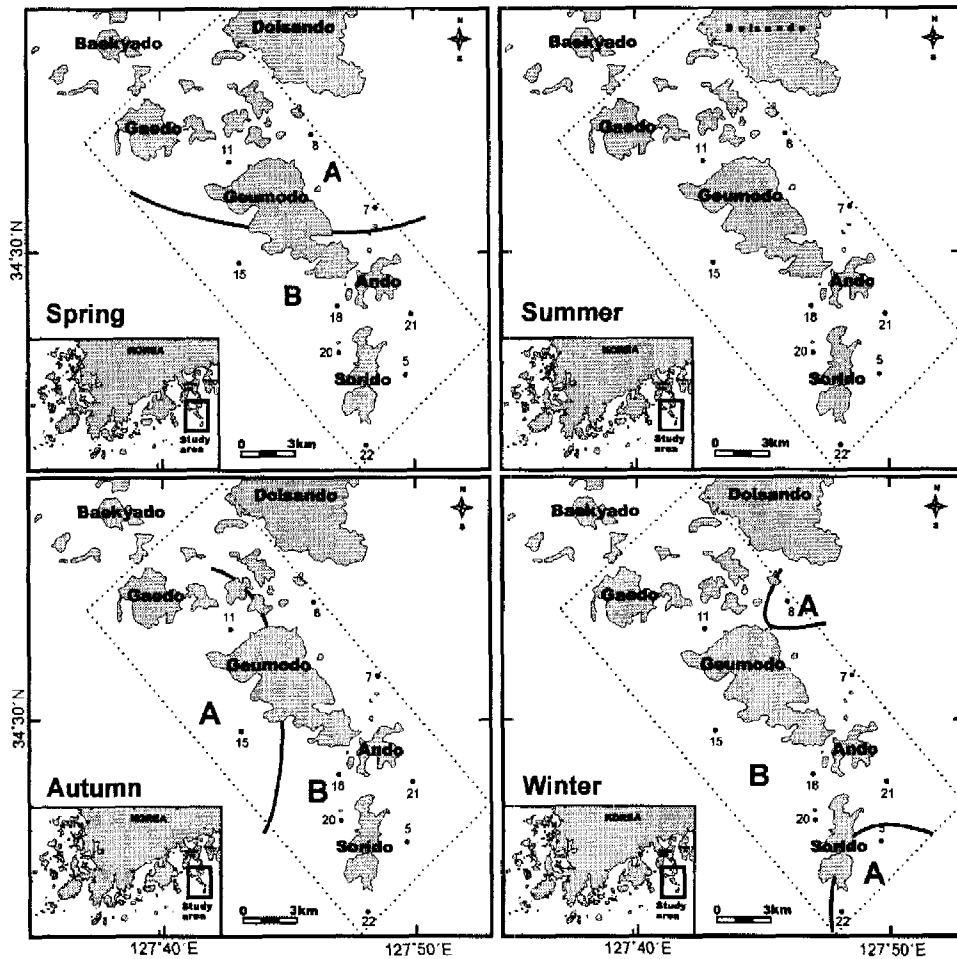


그림 2-2-63. 집괴분석에 의하여 구분된 정점군 공간분포.

표 2-2-11. 바다목장해역에서 집괴분석에 의해 구분된 각 정점군의 특성

계절 Ec	봄				여름									
	2004		2002		2003		2004		2003		2004			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
No. of station	3		4		4		5		8		4		9	
No. of species or taxon	20.67±1.53		21.75±0.96		20.5±2.9		22.8±0.8		11.4±2.77		14.0±1.41		20.11±3.66	
Abundance (ind./m ³)	6097±3752.2		2631±1389.4		509.5±183.7		616.5±362.4		60.1±26.32		61.3±29.56		1850±1464.0	
Diversity(H')	1.78±0.11		1.96±0.18		1.96±0.56		2.23±0.25		1.62±0.36		2.33±0.12		1.59±0.56	
계절 Ec	Autumn						Winter							
	2002		2003		2004		2002		2003		2004			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
No. of station	4	4	5	4	2	7	4	5	4	5	3	6		
No. of species or taxon	27.3±5.0	27.8±3.8	19.8±2.86	20.8±2.06	26.50±0.71	21.71±3.73	15.0±1.2	14.2±2.3	9.25±0.5	16.0±1.73	19.00±1.00	16.00±4.65		
Abundance (ind./m ³)	378.9±102.9	852±223.5	166.1±84.01	811.9±92.3	526±6.9	331±79.1	141.7±24.7	57.3±14.0	31.9±13.3	172.6±84.7	1555±508.5	1537±530.9		
Diversity(H')	2.56±0.17	2.2±0.10	2.44±0.17	2.23±0.33	2.09±0.10	1.95±0.20	1.6±0.07	1.6±0.1	2.38±0.36	2.25±0.28	1.91±0.17	1.90±0.13		

* Ec: Ecological characteristic, No : Number, St. : Station

2004년도 전남 다도해 바다목장 해역의 동물플랑크톤 군집에서 우점종으로 출현하는 우점종의 우점율은 2004년 12월 3일 가을과 2005년 1월 겨울을 제외한 봄과 여름에 야광충(*Noctiluca scintillans*)이 26.7%에서 32.3%로 우점하였다(표 2-2-12). *Paracalanus parvus* s. l.은 전 조사 기간 동안 5% 이상의 우점율을 보이고 있으나, 가을과 겨울에는 전체 동물플랑크톤 군집의 약 40%까지 우점하였다. 기타로는 여름에 지각류인 *Evadne tergestina*와 *Penilia avirostris*가 우점하여 출현하였고, 가을에는 *Corycaeus affinis*와 같은 강내만성 육식자의 출현비율이 상대적으로 두드러졌고, *Calanus sinicus*와 *Paracalanus parvus* s. l.처럼 입자식자로서 연안역에 광범위하게 출현하는 종들이 상대적으로 우점하고 있다.

표 2-2-12. 바다목장해역에 출현하는 동물플랑크톤의 우점종과 우점율

우점종	봄		여름		가을		겨울			
	우점율		우점종	우점율	우점종	우점율		우점종	우점율	
	A	B				A	B		A	B
<i>Noctiluca scintillans</i>	29.2	26.7	<i>Noctiluca scintillans</i>	32.3	unidentified siphonophorid sp.	13.8	2.8	<i>Noctiluca scintillans</i>	6.8	11.1
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	10.6	15.5	<i>Evadne tergestina</i>	26.8	<i>Calanus sinicus</i>	8.7	17.9	<i>Calanus sinicus</i>	6.6	8.2
Copepod nauplii	26.2	15.6	<i>Penilia avirostris</i>	7.6	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	36.3	41.4	<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	38.3	44.2
Copepodite	21.3	22.9	<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	5.8	<i>Corycaeus affinis</i>	15.8	12.8	<i>Oithona</i> sp.	19.8	8.3
			Euphausiid egg	6.0				<i>Oikopleura dioica</i>	13.3	10.2
			Fish egg	4.5						

(라) 계절 및 연변화

전남 다도해 바다목장 해역을 대상으로 2002년 8월부터 2005년 2월까지 10회 조사한 동물플랑크톤 군집에서 조사시점에 따른 변화를 요약하면, 표 2-2-13과 같다. 즉 출현종은 24에서 43종으로 변화하고 있지만, 모든 조사시점에 출현한 종생플랑크톤은 *Centropages abdominalis*, *Paracalanus parrus* s. 1, *Oithona* sp. *Corycaeus affinis*, *sagitta crassa* 및 *Oikopleura dioica* 등 7종으로, 이들은 계절에 따라서는 바다목장 해역에 극우점으로 출현하기도 하였다. 그리고 바다목장 해역에 출현한 주요 동물플랑크톤의 개체수는 계절적으로 뚜렷한 변동을 나타내었다(표 2-2-14). 즉, 2002년도에는 여름철에 따개비와 십각류 등을 포함한 유생류, 요각류, 화살벌레류 순으로, 가을철에는 요각류, 화살벌레류, 관수모류 순으로, 겨울철에는 요각류와 십각류를 포함한 유생류 순으로 우점종이 변화하였다. 2003년에는 여름철에 화살벌레류, 유생류, 요각류 순으로, 가을과 겨울철에 요각류, 유생류 순으로 우점하였다. 그러나 2004년에는 여름철에 야광충, 요각류, 해파리류, 화살벌레류, 십각류 등을 포함한 유생류 순으로, 가을철에는 요각류가 전체 동물플랑크톤 중 약 80%로 우점하였다. 겨울철에도 요각류(약 74%)가 가장 우점하였으며, 미충류인 *Oikopleura dioica*를 포함하는 Others와 야광충 순이었다. 동물플랑크톤 출현량은 가을철을 제외하고는 여름과 겨울철에는 전년도와 커다란 차이를 보였다.

그리고 그림 2-2-64에는 2002~2004년 다도해 바다목장 해역의 동물플랑크톤 출현량의 변동양상을 살펴보기 위하여 계절별로 출현 종수 및 개체수(total abundance)를 나타냈다. 그림으로부터 2003년에 비해 2002년과 2004년에 많은 종이 출현하였고, 계절별로는 가을철에 모든 해에 가장 많은 종이 출현하였고, 다음이 여름, 겨울 순이었다. 개체수는 2002년과 2003년에 여름, 가을, 겨울철에 비교적 균일하게 분포하였고, 2004년에 개체수가 급증하였다. 또, 가을을 제외하고 여름과 겨울에 상반된 결과를 나타내었다. 이는 2004년의 여름철과 겨울철에는 야광충(*Noctiluca scintillans*)이 bloom을 이루었기 때문이다.

또한, 그림 2-2-65는 바다목장 동, 서, 남, 북쪽의 대표정점을 대상으로 2002년부터 2005년 2월까지 조사한 결과를 계절별로 평균하여 출현 종수를 나타내었다. 북서 해역은 정점 11, 북동해역은 정점 7, 남서해역은 정점 18, 남동해역은 정점 5이다. 2002년은 계절별로 다소 출현종에 차이가 있었고, 2003년은 2002년에 비해 종수가 현저히 감소하였고, 계절별로도 다소 차이가 있었다. 2004년에는 계절별로 비교적 균일하게 출현하였지만, 가을철에는 NW, SW, SE, NE해역 순으로 종수가 감소함을 보였다. 또한, 이를 출현 개체수로 표현하면, 2002년과 2003년에 비해 2004년에 급격히 증가하였다. 2002년과 2003년의 출현 개체수는 비교적 균일하였으나, 2004년은 봄철과 여름철에 해역별로 차이가 크게 나타났다. 봄철에는 야광충(*Noctiluca scintillans*)과 Copepod larvae의 출현의 다소로 인하여 해역별로 출현 개체수 차이가 컸으며, 여름철은 SW(st. 18) 해역에서 *Evadne tergestina*(지각류)의 출현이 급격히 감소함으로 인해 출현 개체수가 감소하였다(그림 2-2-66).

표 2-2-13. 2002년 8월에서 2005년 2월까지 동물플랑크톤 중 출현 양상

종명	2002. 8	2002. 10	2003. 1	2003. 8	2003. 11	2004. 1	2004. 4	2004. 8	2004. 12	2005. 1
<i>Noctiluca scintillans</i>	*		*	*	*	*	*	*	*	*
unidentified nematods					*	*				
unidentified hydroids	*	*	*							
unidentified leptomedusae								*		
unidentified trachymedusae					*		*	*	*	
unidentified siphonophorids	*	*		*	*	*	*	*	*	*
unidentified ctenopoids	*	*							*	
unidentified stomatopoids				*						
<i>Evadne tergestina</i>	*	*						*		
<i>Pennilia avirostris</i>	*	*			*	*	*	*	*	
<i>Podon avirostris</i>				*						
<i>Podon polyphemoides</i>	*				*	*	*	*		
unidentified ostracods			*	*	*	*	*		*	*
<i>Acartia erythraea</i>	*			*	*			*		
<i>Acartia omorii</i>	*		*			*	*	*	*	*
<i>Acartia pacifica</i>	*	*		*					*	
<i>Acartia</i> sp.				*	*	*				
<i>Calanus pacificus</i>									*	
<i>Calanus sinicus</i>	*	*	*				*	*	*	*
<i>Calanus</i> sp.								*		
<i>Undinula vulgaris</i>	*	*							*	
<i>Calocalanus</i> sp.		*								
<i>Candacia curta</i>		*								
<i>Centropages abdominalis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Centropages dorsispinatus</i>								*	*	
<i>Centropages tenuiremis</i>		*								
<i>Eucalanus mucrouatus</i>		*								
<i>Eucalanus subcrassus</i>		*			*					
<i>Eucalanus</i> sp.									*	
<i>Euchaeta rimana</i>			*				*		*	*
<i>Euchaeta</i> sp.								*	*	
<i>Eurytemora affinis</i>							*			
<i>Labidocera acuta</i>		*		*						
<i>Labidocera rotunda</i>	*		*	*				*		
<i>Labidocera</i> sp.									*	
<i>Paracalanus aculeatus</i>									*	
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paraeuchaeta concinna</i>		*							*	
<i>Pontella chierchie</i>		*								

표 2-2-13. 계속

종명	2002. 8	2002. 10	2003. 1	2003. 8	2003. 11	2004. 1	2004. 4	2004. 8	2004. 12	2005. 1
<i>Pontellopsis yamadae</i>		*								
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	*	*	*		*	*	*	*	*	*
<i>Scolecithrix</i> sp.			*						*	*
<i>Temora discaudata</i>		*								
<i>Temora turbinata</i>		*							*	
<i>Tortanus forcipatus</i>	*	*		*	*	*		*		
<i>Oithona</i> sp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Morminilla</i> sp.					*	*				
unidentified harpacticoids			*				*			*
<i>Corycaeus affinis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Oncaea venusta</i>		*							*	*
<i>Sapphirina</i> sp.		*								
unidentified monstrilloids								*		*
Copepodites				*	*	*	*			
unidentified mysids					*	*			*	
unidentified cumaceans						*				
unidentified amphipods		*	*	*	*	*			*	*
unidentified decapods				*						
<i>Lucifer reynaudii</i>		*								
<i>Lucifer</i> sp.	*			*						
<i>Sagitta crassa</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sagitta enflata</i>	*	*		*	*		*	*	*	
<i>Sagitta</i> sp.									*	
unidentified cidaroids				*						
unidentified doliolium	*			*						
unidentified salpids		*								
<i>Oikopleura dioica</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Squilla oratoria</i>	*	*						*		
Cirreped larvae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gastropod larvae	*	*		*	*		*	*	*	*
Bivalve larvae	*	*	*	*	*	*		*	*	
Polychaeta larvae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Amphipod larvae								*		*
Euphausiid larvae	*	*	*	*	*	*	*			*
Decapod larvae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ophiopluteus larvae					*	*		*	*	*
Echiuriid larvae	*	*	*							
Fish egg	*	*		*	*	*	*	*	*	
Fish larvae	*	*	*	*	*	*	*	*		
Species	34	43	24	32	32	29	27	34	37	25

표 2-2-14. 바다목장해역에 출현하는 동물플랑크톤 분류군별 출현 개체수 변화

년도 분류군	2002											
	여름				가을				겨울			
	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
Copepods	137	553	18	24	363	693	122	59	66	124	24	70
Sagittids	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
Cnidarians	56	213	4	10	72	258	19	12	0	0	0	0
Others	46	86	24	8	28	48	11	5	8	14	1	8
Total	569	1916	137	100	615	1245	214	200	95	184	34	100

년도 분류군	2003											
	여름				가을				겨울			
	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
Copepods	11	21	4	18	251	1393	15	55	67	153	7	61
Sagittids	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
Cnidarians	0	2	0	0	14	22	5	3	0	2	0	0
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

년도 분류군	2004											
	여름				가을				겨울			
	Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%	Mean	MAX.	MIN.	%
<i>Noctiluca scintillans</i>	926	3318	0	32.3	3	11	0	0.8	156	292	24	9.7
Copepods	130	401	88	11.1	293	370	169	79	1136	2013	765	73.7
Sagittids	24	50	0	2.2	22	31	14	6.2	8	19	0	0.6
Larvae	28	76	7	2.2	12	25	6	3.2	57	105	27	3.8
Cnidarians	64	163	17	6.8	27	127	0	6.1	9	28	0	0.6
Others	677	1493	87	45.5	17	26	9	4.7	178	324	96	11.7
Total	1849	5501	199	100	374	590	198	100	1544	2781	912	100

* Max : Maximum, Min : Minimum

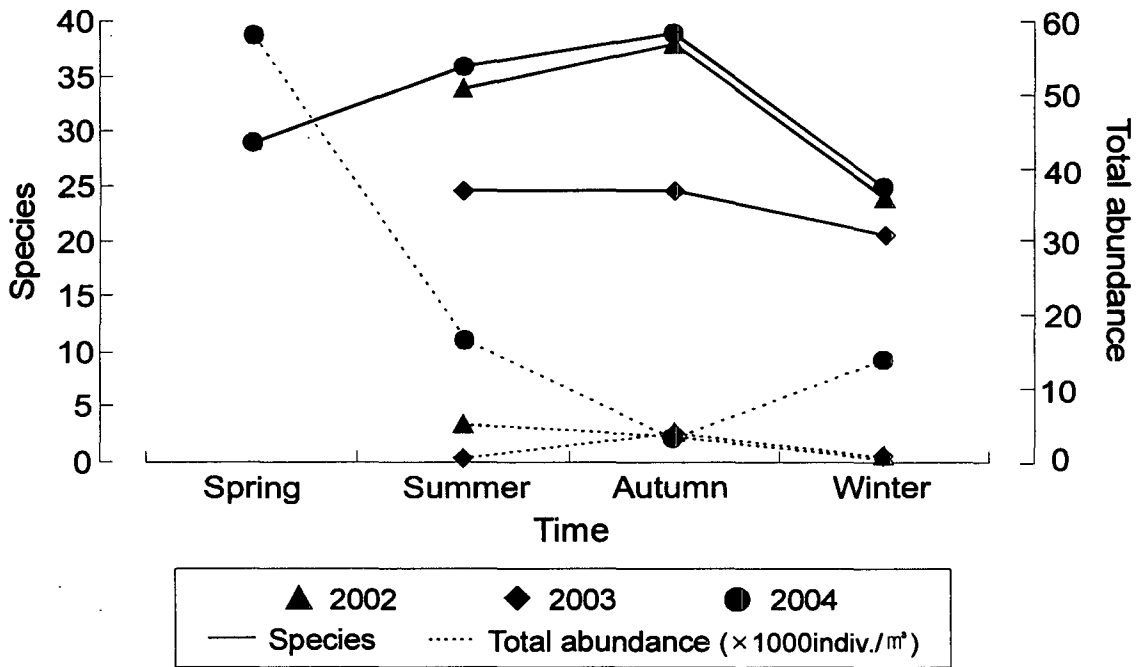


그림 2-2-64. 계절 변화에 따른 동물플랑크톤의 출현종수와 개체수.

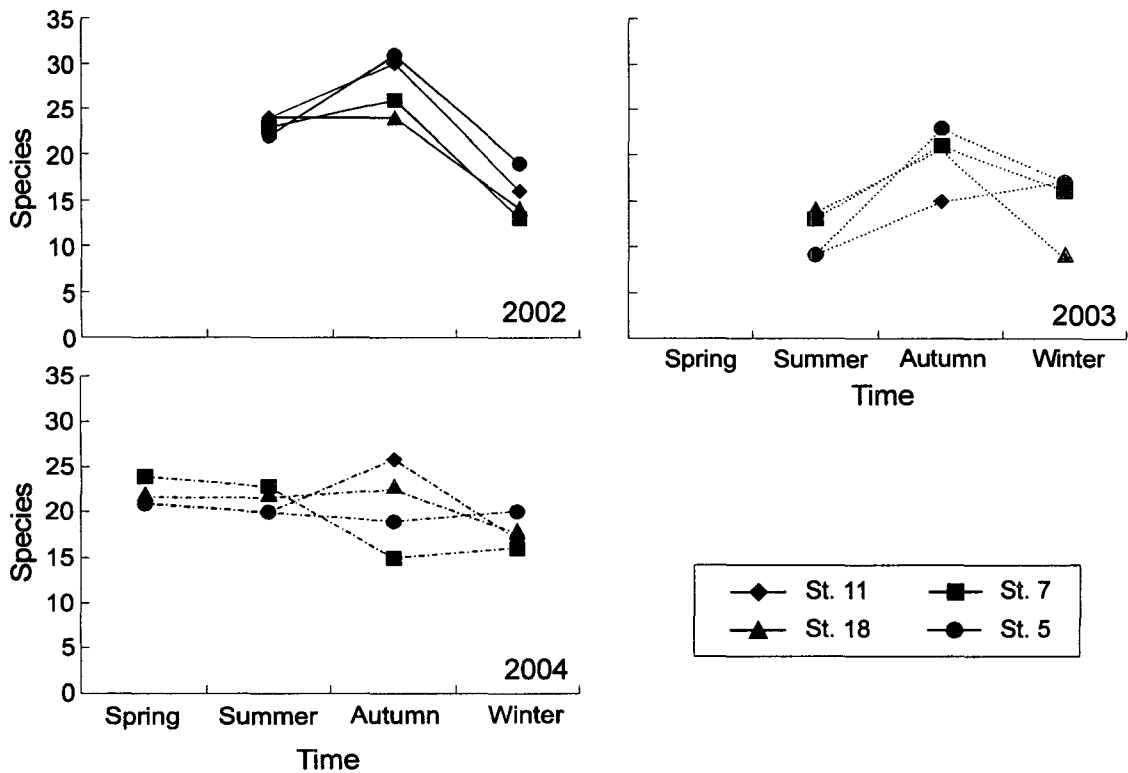


그림 2-2-65. 바다목장해역 동물플랑크톤 출현 종수의 계절변화.

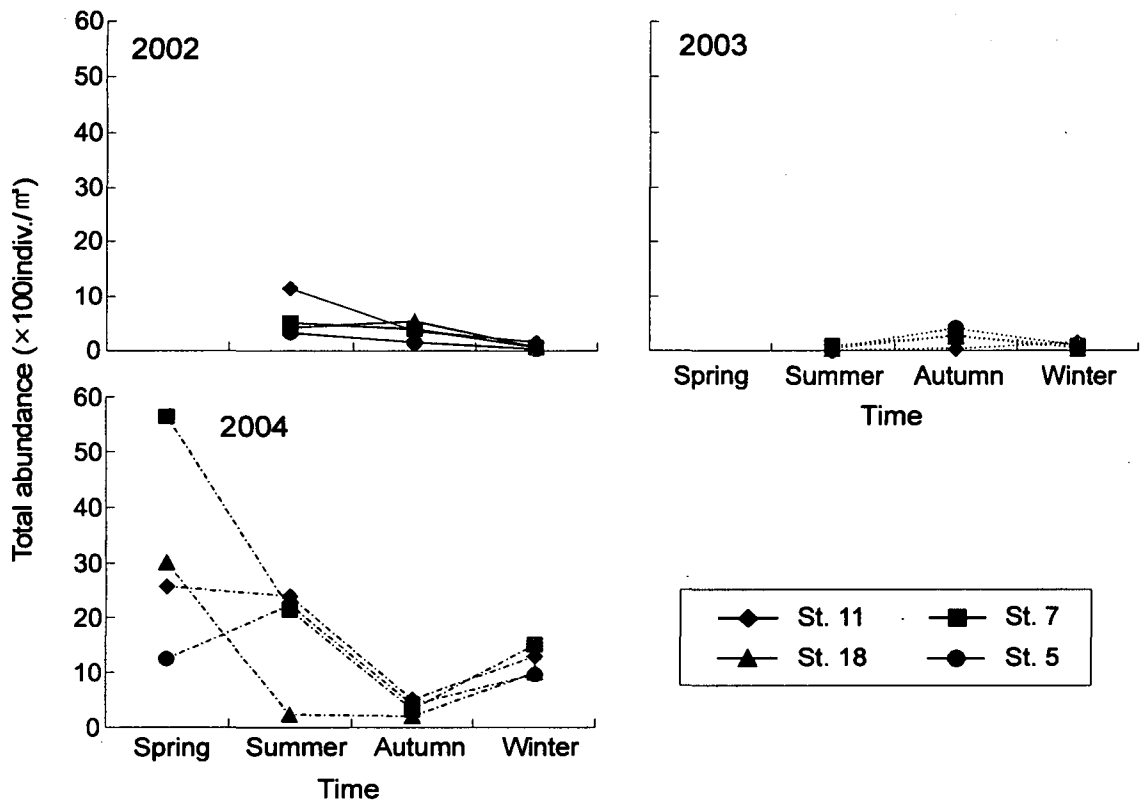


그림 2-2-66. 정점에 따른 동물플랑크톤 출현 개체수의 평균 계절변화.

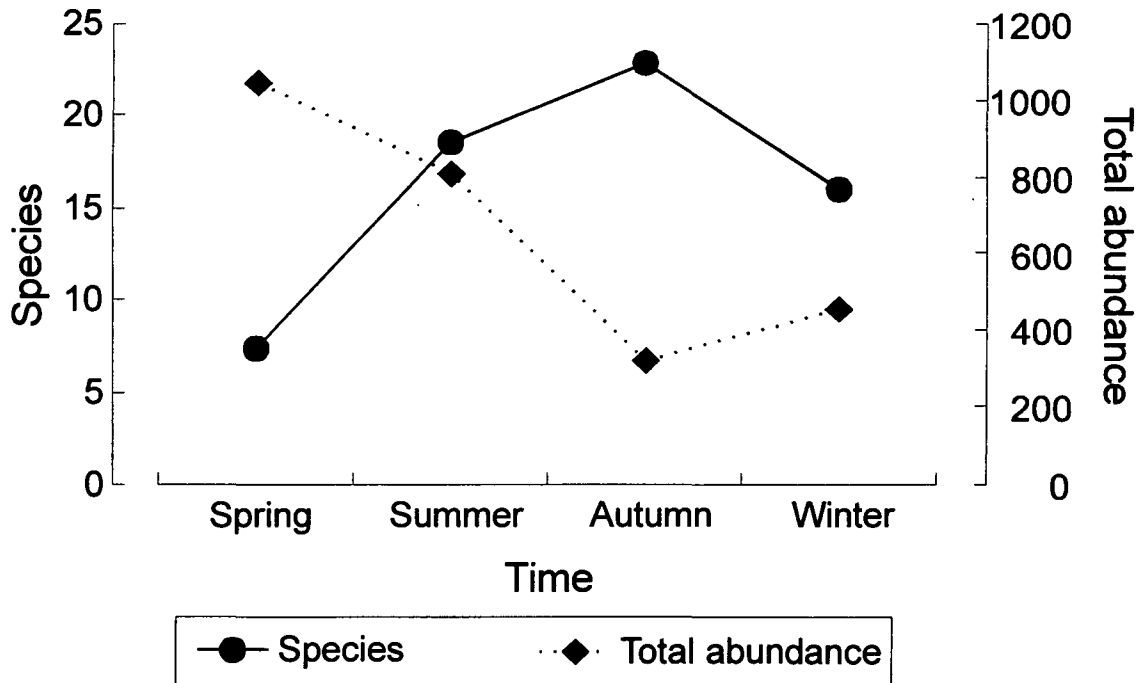


그림 2-2-67. 동물플랑크톤의 출현종수와 개체수의 평균 계절변화.

그리고 동물플랑크톤 군집에서의 우점종의 변화는 야광충(*Noctiluca scintillans*)은 2002년 여름과 2004년의 봄과 여름에 우점하여 출현하였다. 연안종인 *Paracalanus parvus* s.l.은 연중 바다목장 해역에 우점하였고, 봄과 가을에는 Copepod larvae가 출현하였다(표 2-2-15).

표 2-2-15. 바다목장해역 동물플랑크톤 우점종 및 우점율의 계절 및 연도별 변화

년도 분류군	2002		2003		2004				2005	
	여름	가을	겨울	여름 (8월 19일)	가을 (11월 15일)	겨울 (1월 9일)	봄 (4월 2일)	여름 (8월 13일)	가을 (12월 3일)	겨울 (2월 4일)
<i>Noctiluca scintillans</i>	14.4						23.6	50.1		10.1
unidentified siphonophorid sp.		11.2								
<i>Evadne tergestina</i>								21.5		
<i>Calanus sinicus</i>		14.3							14.6	
<i>Labidocera rotunda</i>	14.0									
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.		29.8	54.9		20.4	37.9	14.3		40.6	43.1
<i>Oithona</i> sp.										11.8
<i>Corycaeus affinis</i>									13.4	
Copepod nauplii								17.6		
Copepodite					29.9			30.9		
<i>Sagitta crassa</i>	17.6			24.1		11.7				
<i>Oikopleura dioica</i>										11.1
unidentified Cidaroid sp.				12.6						
Cirreped larvae	14.4									
Decapod larvae			11.2	15.0						
Fish egg and larvae					16.8					

다. 저서동물

(1) 저서환경

(가) 2004-2005년도 측정 결과

본 조사해역에서 저서동물 채집과 동시에 수행된 퇴적물 특성의 평균값을 조사시기별로 표 2-2-16에 나타냈다. 본 조사해역의 수심은 약 30m의 평균값을 보였다. 이 값은 조차의 영향을 받으므로 절대적인 의미를 갖는 것이 아니며, 따라서 채집시간에 따라서 매우 변동적일 수 있다. 잘피밭은 약 2m 이하였다. 산화-환원전위(redox potential, Eh)는 해양환경에서 생물활동과 화합물안정도에 큰 영향을 미치는 화학적 요인 중의 하나이며, 어떤 화합물을 산화 또는 환원시키는 데 필요한 에너지의 변화량이다. 참고적으로 해수의 이론적인 산화-환원전위는 0~1230mV이며, pH가 증가하면 산화-환원전위는 감소하고, pH가 8.0인 해양표층수의 산화-환원전위는 +737.5 mV에 해당된다. 또한 산화-환원전위는 용존산소(DO)가 많으면 양(+의 값 쪽으로 커진다. 퇴적물의 특성을 살펴보면, 퇴적물의 공극수 내 용존산소의 침투정도, 즉 산화-환원상태를 판단할 수 있는 산화-환원전위(redox potential)는 춘계에 $-75.5 \pm 81.6\text{mV}$, 하계에 $-81.2 \pm 85.2\text{mV}$, 추계에 $-67.9 \pm 73.2\text{mV}$, 동계에 $-22.2 \pm 55.1\text{mV}$ 로 전 시기에 걸쳐 음(-)의 값을 보이며, 시간이 흐를수록 음(-)의 값이 감소하는 경향을 보였다. 또한 유기물 함량을 나타내는 강열감량(ignition loss)도 춘계에 $9.48 \pm 2.33\%$, 하계에 $7.45 \pm 2.90\%$, 추계에 $4.92 \pm 2.08\%$ 로 시간이 흐를수록 점차 낮아지는 경향을 보였다. 이를 산화-환원전위 자료와 연관시켜볼 때 춘계에서 동계로 시간이 경과할수록 퇴적층으로 공급되는 유기물량이 감소하면서 유기물 분해로 인한 산소고갈이 감소하는 저서환경인 것으로 판단된다. 그리고 계절에 따른 상, 하 수층간의 수직혼합 정도도 퇴적물 표층으로의 용존산소 공급량에 영향을 미칠 것이다. 한편 잘피밭에서 산화-환원전위는 추계에 $-118.3 \pm 39.3\text{mV}$ 동계에 $-146.7 \pm 76.4\text{mV}$ 의 값으로 동일시기 다른 정점들의 평균값에 비해 큰 음(-)의 값을 보였다. 잘피밭에서 강열감량은 하계에 $5.49 \pm 0.48\%$, 추계에 $5.64 \pm 1.15\%$ 로 두 계절간 변화는 거의 없고 동일시기 다른 정점들의 평균값보다 하계에는 다소 낮고 추계에는 다소 높았다.

퇴적물의 세립한 정도를 지시하는 평균입도(median grain size, M_d)는 춘계에 $5.26 \pm 1.81\phi$, 하계에 $5.48 \pm 1.66\phi$, 추계에 $4.59 \pm 2.63\phi$ 로 대체적으로 mud에 가까운 특성을 보이며, 춘·하계에 비해 추계에 다소 조립해진 경향을 나타내었다. 그리고 퇴적물 입자분포의 고른 정도를 나타내는 분급도(sorting value)는 춘계에 1.86 ± 0.69 , 하계에 2.51 ± 1.15 , 추계에 1.96 ± 1.13 으로 나타나 춘·추계에는 poorly sorted 하계에는 very poorly sorted 상태로 전반적으로 분급도가 좋지 않았다. 한편 잘피밭에서 평균입도는 하계에 $5.41 \pm 0.70\phi$, 추계에 $6.38 \pm 0.04\phi$ 로 mud의 특성을 나타내며, 동일시기 다른 정점들의 평균값과 비교하면 하계에는 변화가 거의 없고 추계에는 상대적으로 세립하였다. 잘피밭에서 분급도는 하계에 1.81 ± 0.50 추계에 1.25 ± 0.15 의 값으로 poorly sorted 하며, 동일시기 다른 정점들의

평균값에 비해 분급도가 다소 좋았다.

표 2-2-16. 조사해역에서 측정된 환경변수의 계절별 평균값

환경변수	봄	여름	가을	겨울
Depth(m)	31.5±11.3 (.)	29.4±11.3 (.)	26.3±11.5 (1.5±0.0)	31.4±11.4 (1.9±0.0)
Redox potential(mV)	-75.5±81.6 (.)	-81.2±85.2 (.)	-67.9±73.2 (-118.3±39.3)	-22.2±55.1 (-146.7±76.4)
Median grain size	5.26±1.81 (.)	5.48±1.66 (5.41±0.70)	4.59±2.63 (6.38±0.04)	
Sorting value	1.86±0.69 (.)	2.51±1.15 (1.81±0.50)	1.96±1.13 (1.25±0.15)	
Ignition loss(%)	9.48±2.33 (.)	7.45±2.90 (5.49±0.48)	4.92±2.08 (5.64±1.15)	

() 는 잘피밭 측정자료.

그림 2-2-68은 이러한 퇴적물 특성의 정점별 분포를 계절별로 나타낸 것이다. 산화-환원전위의 경우 춘계에 -193~+52mV, 하계에 -197~+71mV, 추계에 -160~+74mV, 동계에 -230~+82mV의 범위로 극히 일부 계절과 정점을 제외하면 대체적으로 음(-)의 값을 나타내며, 특이하게 금오도-돌산도 사이의 정점 8에서는 강열감량이 전 계절에 걸쳐 8.3~14.7%로 높음에도 불구하고 양(+)의 값을 보였다. 아마도 이 정점은 유기물 공급은 많으면서도 평균입도가 하계를 제외하곤 조립질의 특성을 보이기 때문인 것으로 생각된다. 한편 강열감량은 춘계에 6.25~13.02%, 하계에 3.29~14.71%, 추계에 1.24~8.29%의 범위를 나타내어 다른 계절에 비해 춘계에 전반적으로 높은 경향을 보였다. 평균입도는 춘계에 1.28~7.21Φ, 하계에 1.82~7.55Φ, 추계에 0.16~6.80Φ의 범위로 정점 8, 11, 18, 22를 제외하고는 계절별 정점별로 큰 변화를 보이지 않았다. 이 네 정점 모두 추계에 가장 조립한 특성을 보이며, 춘계에 가장 세립한 정점 18을 제외한 세 정점(8, 11, 22)은 하계에 가장 세립하였다. 분급도는 춘계에 0.972~3.386, 하계에 1.206~4.715, 추계에 0.619~3.540의 범위를 보여 계절별로는 큰 변화를 나타내지 않았다. 또한 very~extremely poorly sorted한 정점 8, 11, 18, 22를 제외하고는 정점별로 큰 변화를 보이지 않고 대체적으로 poorly sorted 하였다.

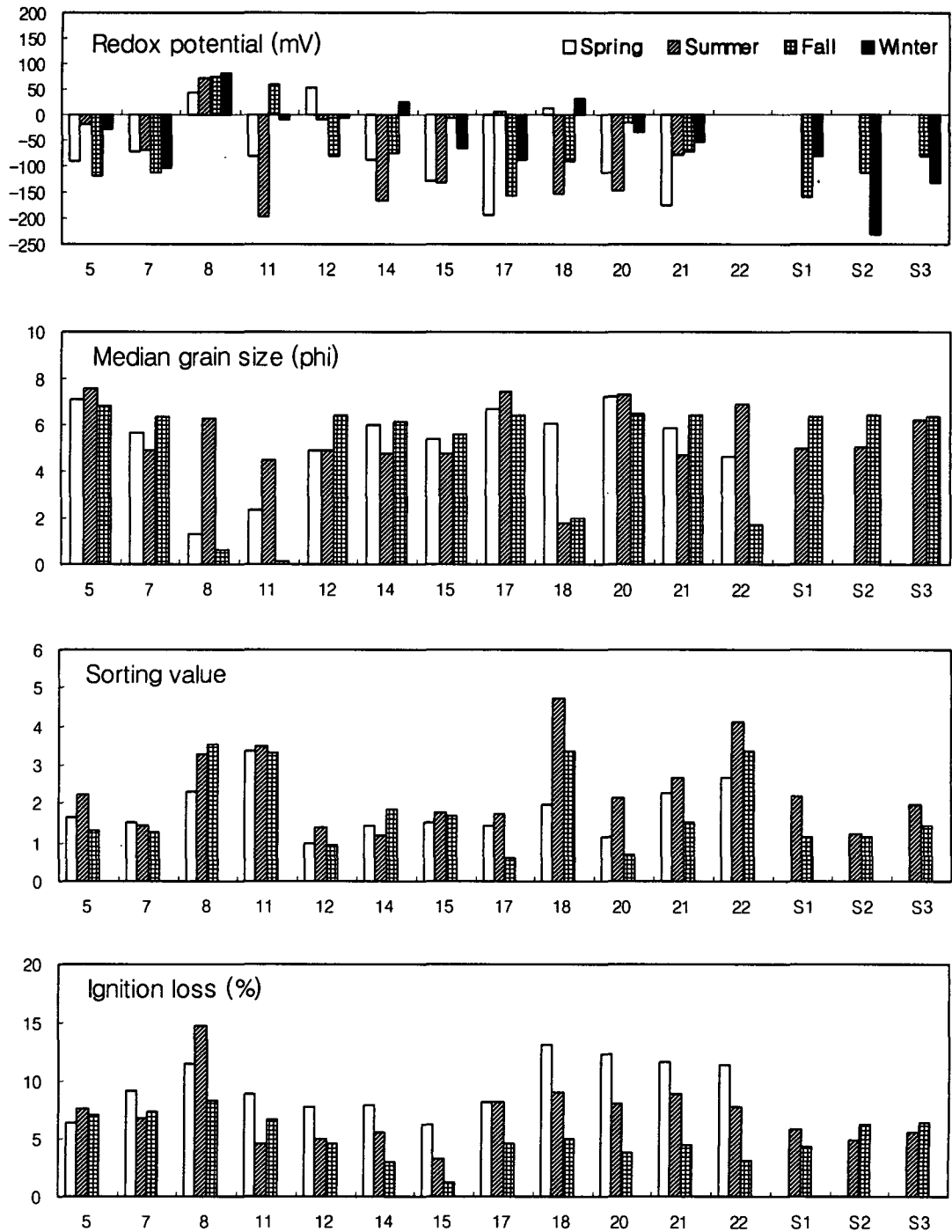


그림 2-2-68. 2004-2005년 조사해역에서 측정된 환경변수의 계절별 정점별 비교.

(나) 2002-2005년도 자료의 비교

2002~2004년에 본 조사에서 측정된 퇴적물특성 자료의 시기별 평균값을 그림 2-2-69에 나타냈다. 산화-환원전위는 음(-)의 값이 상대적으로 큰 하계를 제외한 다른 계절에는 차이가 적었다. 강열감량은 3.2~9.2%의 범위를 나타내어 춘계(2004년)를 제외하면 시기별

로 변화가 적었다. 2003년 추계에서 2004년 추계까지 산화-환원전위와 강열감량 자료를 비교해보면 미약하기는 하지만 대체적으로 역의 상관관계를 보인다. 평균입도는 4.7~6.4 ϕ 의 범위로 시기별로 큰 변화를 보이지 않았으며, 전반적으로 mud의 특성을 나타냈다. 분급도 역시 1.4~2.6의 범위를 보여 시기별로 변화가 크지 않았으며, poorly sorted~very poorly sorted의 범주에 들었다.

(2) 동물군별 밀도와 생체량의 공간분포

표 2-2-17에 2004년 4월 춘계 조사결과를 정점별 동물군별 밀도로 나타내었다. 12개 정점에서 231 종의 저서생물이 총 33,980 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 360~12,550 개체/ m^2 의 변동 범위(평균 2,832 개체/ m^2)를 나타내었다. 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 이매패류(MBi)의 밀도가 높게 조사된 정점 8에서 최대값이, 그리고 정점 22에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 전 정점에서 채집된 환형동물 다모류(APol)가 42.2%(14,340 개체)의 가장 높은 비중을 나타냈으며, 특히 정점 8과 11에서 높은 출현밀도를 나타내었다. 그 외에 연체동물 이매패류(MBi)와 갑각류 단각류(CAm)는 각기 22.1%(7,500 개체) 그리고 17.1%(5,810 개체)의 비중을 점유하였다.

표 2-2-18에 2004년 4월 춘계 조사결과를 정점별 동물군별 생체량으로 나타내었다. 전 정점에서 총 3073.454gWWt가 측정되었다. 정점별 생체량은 9.196~1277.636gWWt/ m^2 의 변동 범위(평균 256.121gWWt/ m^2)를 나타내었다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 성게류(EEc)의 생체량 기여도가 높은 정점 18에서 최대값이, 그리고 정점 22에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 극피동물 성게류(EEc)가 총 1470.91gWWt 생체량이 측정되어 가장 높은 비중인 47.9%를 점유하였다. 그 외의 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 환형동물 다모류(APol)는 각기 20.9%(641.26gWWt)와 8.0%(246.616gWWt)의 비중을 차지하였다.

표 2-2-19에 2004년 9월 하계 조사결과를 정점별 동물군별 밀도로 나타내었다. 15개 정점에서 241종의 저서생물이 총 43,870 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 280~8,860 개체/ m^2 의 폭넓은 변동 범위(평균 2,925 개체/ m^2)를 나타내었다. 특히 제리도 잘피 주변에 설정된 3개 정점은 일반 조하대 정점에 비해 높은 개체수를 기록하였다. 제리도 잘피 정점별 평균 개체수는 7,140 개체/ m^2 를, 일반 조하대 정점별 평균 개체수는 1,871 개체/ m^2 로 나타났으며, 이는 다모류, 단각류, 복족류 등의 높은 밀도에 기인하였다. 갑각류 단각류(CAm)와 환형동물 다모류(APol)의 밀도가 높게 조사된 제리도 잘피 St.2(SGB2)에서 최대값이, 정점 5에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 전 정점에서 채집된 환형동물 다모류(APol)가 25,190 개체가 채집되어 57.4%의 가장 높은 비중을 나타냈다. 그 외의 갑각류 단각류(CAm)와 연체동물 복족류(MGs)는 각각 14.0%(6,130 개체) 그리고 12.6%(5,510 개체)의 비중을 기록하였다.

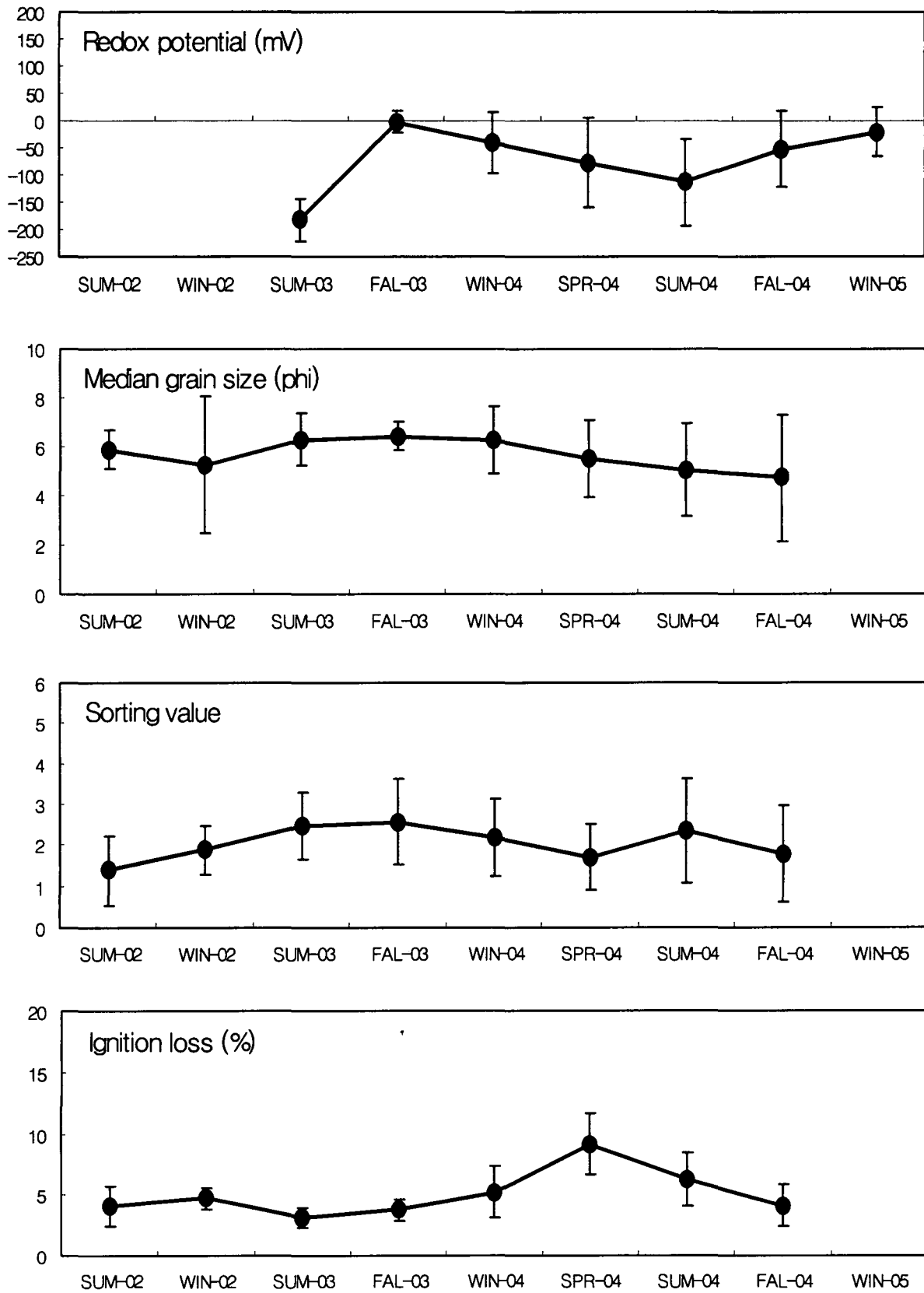


그림 2-2-69. 조사해역에서 측정된 환경변수의 시기별 비교(2002~2005).

표 2-2-17. 2004년 춘계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도

분류군	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
AOli												10	10
APol	1020	880	4180	3550	520	800	800	610	10	810	990	170	14340
CAm	60	10	1780	2700	100	130	140	10	450	240	90	100	5810
CCu		30	250	210	10		20		20		280		820
CDA			30	10	10			10	20		30		110
CDB			100	10				10	30	10			160
CDM				20	30	10			10		10		80
CI _s			180	30	10	30			40	20			310
CO _s			20	30					10				60
CTa			120	40									160
EEc			10			20			10	10			50
EHo			50	80				20	60	20			230
EOp		10	680	520	10	10	20		1730		130		3110
MBi	90	150	4690	320	550	160	270	30	680	90	430	40	7500
MG _s	10	10	210	10	20	10		20	50	20	140	10	510
MPo									60				60
Others	30	10	210	80	20	30	30		110	30	30	30	610
Pyc			40	10									50
합계	1210	1100	12550	7620	1280	1200	1280	710	3290	1250	2130	360	33980

표 2-2-18. 2004년 춘계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량

분류군	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
AOli												0.004	0.004
APol	18.942	18.83	101.278	48.59	9.81	4.5	7.26	10.35	0.13	17.32	9.16	0.446	246.616
CAm	0.16	0.03	1.802	1.954	0.36	0.278	0.364	0.004	0.21	0.434	0.124	0.274	5.994
CCu		0.02	0.31	0.208	0.09		0.01		0.02		0.204		0.862
CDA			19.88	3.62	4.35			0.2	0.37		0.71		29.13
CDB			4.94	0.02				6.65	1.64	2.82			16.07
CDM				0.72	1.64	0.73			1.01		0.64		4.74
ClS			0.054	0.02	1.08	0.07			0.46	0.05			1.734
COs			0.004	0.01					0.004				0.018
CTa			0.14	0.03									0.17
EEc			1.62			295.08			519.66	654.55			1470.91
EHo			0.16	8.31				102.03	35.9	0.05			146.45
EOp		0.1	13.06	24.04	4.18	5.08	12.24		579.08		3.48		641.26
MBi	20.03	3.43	68.92	33.92	2.074	5.014	34.884	14.44	0.814	15.524	4.432	1.012	204.494
MGs	0.44	0.01	3.084	0.69	1.07	2.52		0.06	110.654	49.28	7.83	2.04	177.678
MPo									0.49				0.49
Others	0.41	0.01	16.44	39.66	5.05	0.29	0.09		27.194	32.03	0.16	5.42	126.754
Pyc			0.06	0.02									0.08
합계	39.982	22.43	231.752	161.812	29.704	313.562	54.848	133.734	1277.636	772.058	26.74	9.196	3073.454

표 2-2-19. 2004년 하계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
APol	2290	3050	2890	150	2130	5630	1960	210	740	1180	850	2440	500	890	280	25190
CAm	130	4190	620	10	30	920	40	40		40		40	40		30	6130
CCi		30														30
CCu			20			90						70	10	10		200
CDA		10	30	50	10	20	10			10		10		100		250
CDB		10		10		190	30	10	10	10	10	50	10			340
CDM	30	30	10	10		70			10	30		20	20			230
ClS	20	40	130			260	10		10			20				490
CLe			30													30
COs			220													220
CTa							10					10				20
ECr						10										10
EEc									10				20			30
EHo					10	50			10			40				110
EOp	20	20	110		10	360	190	10	30	10	10	760	10	110	50	1700
MBi	700	430	960		120	140	30	20	70	80	120	40	50	30		2790
MGs	810	1020	3400	10	10	50	20	10	30	10	20	50	50		20	5510
MPo												10				10
MSc			10										10			20
Others	40	30	40	40	50	120	50	10	20	30	10	30	20	10	10	510
Pyc			50													50
합계	4040	8860	8520	280	2370	7910	2350	310	940	1400	1020	3590	740	1150	390	43870

표 2-2-20에 2004년 9월 하계 조사결과를 정점별 동물군별 생체량으로 나타내었다. 전 정점에서 총 2654.924gWWt 생체량이 측정되었다. 정점별 생체량은 1.864~1348.584 gWWt/m²의 변동 범위(평균 176.995gWWt/m²)를 나타내었다. 극피동물 성계류(EEc)의 생체량 기여도가 높은 정점 20에서 최대값이, 그리고 정점 5에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로 살펴보면 정점 14와 20에서 출현한 극피동물 성계류(EEc)는 총 1342.28gWWt 생체량이 측정되어 50.6% 비중을 점유하였다. 그 외의 환형동물 다모류(APol)와 극피동물

거미불가사리류(EOp)는 각기 20.0%(530.3gWWt) 그리고 12.7%(337.78gWWt)의 비중을 차지하였다.

표 2-2-21에 2004년 12월 추계 조사결과를 정점별 동물군별 밀도로 나타내었다. 15개 정점에서 304종의 저서생물이 총 53,650 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 810~10,900 개체/m²의 변동 범위(평균 3,577 개체/m²)를 나타내었다. 하계 조사결과와 마찬가지로 추계조사에서도 제리도 잘피 주변 서식 저서동물 밀도는 다른 조하대 정점의 그것들에 비해 높게 조사되었다. 즉, 제리도 잘피 정점별 평균 개체수는 6,697 개체/m², 일반 조하대 정점별 평균 개체수는 2,797 개체/m²로 나타났다. 이와 같은 평균 밀도 차이는 단각류, 이매패류 그리고 복족류의 높은 밀도를 반영한 결과였다. 환형동물 다모류(APol)와 갑각류 단각류(CAm)의 밀도가 높게 조사된 정점 11에서 최대값이, 그리고 정점 17에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 환형동물 다모류(APol)가 총 28,610 개체가 조사되어 최고 비중인 53.3%를 점유하였다. 그 외의 갑각류 단각류(CAm)와 연체동물 이매패류(MBi)는 각기 16.4%(8,810 개체) 그리고 13.2%(7,080 개체)의 비중을 기록하였다.

표 2-2-22에 2004년 12월 추계 조사결과를 정점별 동물군별 생체량으로 나타내었다. 전 정점에서 총 3458.342gWWt 생체량이 측정되었다. 정점별 생체량은 13.548~747.562gWWt/m²의 변동 범위(평균 230.556gWWt/m²)를 나타내었다. 극피동물 해삼류(EHo)와 불가사리류(EAs)의 생체량 기여도가 높은 정점 11에서 최대값이, 그리고 정점 21에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 가장 높은 비중을 점유한 동물군은 극피동물 성게류(EEc)인 것으로 조사되었다. 이 동물군은 정점 8, 14, 20에서 총 905.82gWWt 생체량이 측정되어 26.2% 비중을 점유하였다. 그 외에 극피동물 해삼류(EHo)와 환형동물 다모류(APol)는 각기 19.7%(682.31gWWt) 그리고 15.6%(538.34gWWt) 비중으로 조사되었다.

표 2-2-23에 2005년 3월 동계 조사결과를 정점별 동물군별 밀도로 나타내었다. 15개 정점에서 313종의 저서생물이 총 64,380 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 570~12,090 개체/m²의 변동 범위(평균 4,292 개체/m²)를 나타내었다. 동계 조사결과에서도 제리도 잘피 주변 서식 저서동물 밀도는 다른 조하대 정점의 그것들에 비해 높게 조사되었다. 즉, 제리도 잘피 정점별 평균 개체수는 6,417 개체/m², 일반 조하대 정점별 평균 개체수는 3,761 개체/m²로 나타났으며, 이는 이매패류와 복족류가 높은 밀도도 채집된 결과였다. 연체동물 이매패류(MBi)와 환형동물 다모류(APol)의 밀도가 높게 조사된 정점 8에서 최대값이, 그리고 정점 20에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로는 환형동물 다모류(APol)가 총 34,210 개체가 조사되어 53.1% 비중을 점유하였다. 다모류는 특히 제리도 잘피의 정점 3(SGB3)과 정점 11, 18에서 높은 밀도를 보였다. 그 외에 연체동물 이매패류(MBi)와 갑각류 단각류(CAm)는 각기 18.7%(12,050 개체) 그리고 15.4%(9,940 개체)의 비중을 점유하였다.

표 2-2-24에 2005년 3월 동계 조사결과를 정점별 동물군별 생체량으로 나타내었다. 전

정점에서 총 6112.612gWWt가 측정되었다. 정점별 생체량은 11.802~3014.336gWWt/m³의 변동 범위(평균 407.507gWWt/m³)를 나타내었다. 연체동물 이매패류(MBi)의 생체량 기여도가 높은 정점 11에서 최대값, 그리고 정점 12에서 최소값이 관찰되었다. 동물군별로 가장 높은 비중을 점유한 동물군은 연체동물 이매패류(MBi)로 총 3468.476gWWt의 생체량이 측정되어 56.7% 비중을 나타내었다. 그 외에는 환형동물 다모류(APol), 극피동물 성게류(EEc) 그리고 거미불가사리류(EOp)는 각기 13.7%(838.236gWWt), 7.6%(466.76gWWt), 7.4%(449.54gWWt) 비중을 점유하였다.

표 2-2-20. 2004년 하계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
APol	31.02	35.42	37.29	0.82	26.7	154.76	58.67	5.53	8.49	9.72	119.91	23.45	7.9	9.54	1.08	530.3
CAm	0.28	1.474	0.59	0.004	0.05	0.698	0.014	0.054		0.16		0.064	0.08		0.008	3.476
CCu			0.004			0.088						0.1	0.01	0.004		0.206
CDA		0.09	2.064	0.22	0.33	0.3	0.16			0.03		0.03		1.56		4.784
CDB		0.04		0.05		8.75	3.92	0.9	3.59	0.27	0.11	0.4	0.28			18.31
CDM	0.17	0.23	0.04	0.35		3.5			0.03	2.67		0.05	0.39			7.43
CIs	0.53	0.034	1.014			0.2	0.1		0.02			0.52				2.418
CLe			0.04													0.04
COs			0.354													0.354
CTa							0.004					0.004				0.008
ECr						0.25										0.25
EEc									28.73				1313.55			1342.28
EHo					33.97	0.63			4.17			11.36				50.13
EOp	0.12	15.98	60.34		0.19	4.36	5.65	6.28	32.54	3.86	1.17	202.93	0.09	3.22	1.05	337.78
MBi	4.998	2.738	35.018		13.604	16.21	1.91	0.03	0.6	11.61	42.7	2.72	21.22	2.11		155.468
MGs	24.608	44.97	74.394	0.25	0.22	0.12	0.42	0.31	0.19	0.02	0.72	26	4.684		0.15	177.056
MPo												0.03				0.03
MSc			0.05										0.08			0.13
Others	0.054	0.08	0.4	0.17	0.44	18.91	1.45	0.11	0.71	0.47	0.03	1.28	0.3	0.02	0.02	24.444
Pyc			0.03													0.03
합계	61.78	101.056	211.628	1.864	75.504	208.776	72.298	13.214	79.07	28.81	164.64	268.938	1348.584	16.454	2.308	2654.924

표 2-2-21. 2004년 추계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 밀도

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
AOli															60	60
APol	1730	2740	1700	1380	1290	3600	8160	970	560	1150	590	2460	640	1060	580	28610
CAm	4400	550	220	90	140	1070	1110	150	210	90	30	590	100	10	50	8810
CCi															10	10
CCu	20	20				60	60									160
CDA	10			10		40	10	10	30			20		20		150
CDB					10	120	20	10	10	20					10	200
CDM		10	20		10	20	20	20				20			10	130
CI _s	70	30	110			490	100					40			10	850
CL _e	30	30														60
CO _s	10		30				10									50
CSt								10								10
CTa		20														20
EAs							10									10
EEc	10	10				10			10				10			50
EHo					20	50	130			20	10	20				250
EOp	30	80	150		10	270	380	10	20	10		180	10	30	340	1520
MBi	1960	1890	580	50	110	970	660	410	120	60	60		110	80	20	7080
MG _s	100	740	2430	10		160	50	50	90	10	70	10	40	30		3790
MPo						10										10
MSc			10													10
Others	50	70	30	110	80	430	180	20	70	50	50	150	140	170		1600
Pyc	150	50						10								210
합계	8570	6240	5280	1650	1670	7300	10900	1670	1120	1410	810	3490	1050	1400	1090	53650

표 2-2-22. 2004년 추계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
AOli															0.004	0.004
APol	27.09	42.83	8.72	14.778	9.496	191.81	141.184	4.602	10.63	9.668	14.07	37.44	9.208	11.602	5.212	538.34
CAm	2.3	1.044	0.402	0.08	0.41	1.55	1.112	0.24	0.4	0.23	0.06	0.83	0.42	0.004	0.07	9.152
CCi															6.26	6.26
CCu	0.02	0.01				0.054	0.098									0.182
CDA	0.28			0.01		1.43	1.28	1.47	0.42			0.13		0.04		5.06
CDB					2.43	19.44	1.66	0.73	0.65	0.49					0.58	25.98
CDM		0.29	0.16		5.31	0.55	0.67	0.35				0.57			0.65	8.55
CIs	0.17	0.04	1.54			0.71	0.238					0.484			0.08	3.262
CLe	0.03	0.05														0.08
COs	0.004		0.012				0.004									0.02
CSt								4.02								4.02
CTa		0.004														0.004
EAs							203.44									203.44
EEc	147	33.29				8.71		277.14					439.68			905.82
EHo					91.75	78.25	257.13			101.45	86	67.73				682.31
EOp	0.76	1.41	9.53		1.56	5.29	19.73	0.22	12.83	1.43		133.37	13.04	0.43	12.22	211.82
MBi	18.588	19.418	3.598	72.52	0.16	56.92	6.792	8.17	36.668	0.79	18.26		0.924	0.568	2.37	245.746
MGs	3.124	19.02	60.198	11.95		6.354	3.134	0.48	127.96	0.03	0.994	59.93	0.59	0.33		294.094
MPo						0.04										0.04
MSc			0.07													0.07
Others	0.28	0.21	0.2	45	1.01	43.95	111.09	0.05	25	0.21	0.58	83.75	2.044	0.574		313.948
Pyc	0.09	0.04						0.01								0.14
합계	199.736	117.656	84.43	144.338	112.126	415.058	747.562	20.342	491.698	114.298	119.964	384.234	465.906	13.548	27.446	3458.342

표 2-2-23. 2005년 동계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
APol	2950	2040	5640	750	1410	3580	5250	880	710	1320	1330	5450	380	1780	740	34210
CAm	1040	200	380	140	200	2800	1820	140	190	130	140	1060	10	110	1580	9940
CCi															40	40
CCu	20	10	70	40		120	90	50		10		20				430
CDA			10		10	20		20	30	10		90	10		10	210
CDB		20	40	10		170	30					120		20	40	450
CDM	10	20	10			60				10		20	20			150
CIs	120	70	100			260	30		30			110		10		730
CLe		40														40
COs	150	70	30									10				260
CTa			10	20								10		10		50
EEc								20				10	10	10	40	90
EHo				10		20	10			10		140			10	200
EOp	50	30	70		10	390	200	20			20	600	10	80	130	1610
MBi	2130	1070	1460	100	390	3930	720	680	130	210	120	410	20	480	200	12050
MGs	250	220	590		90	360	160	60	100	30	100	120	10		10	2100
MPo			30			20						20				70
MSc													40	10		50
Others	90	60	130	50	20	360	130	30	10	100	30	300	50	290	30	1680
Pyc		20														20
합계	6810	3870	8570	1120	2130	12090	8440	1880	1220	1830	1750	8480	570	2790	2830	64380

표 2-2-24. 2005년 동계 조사 결과 조하대 저서동물의 동물군별 정점별 생체량

분류군	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22	합계
APol	27.816	34.248	51.22	19.324	24.018	336.32	174.368	4.754	6.14	14.278	18.88	87.17	13.968	22.344	3.388	838.236
CAm	0.794	0.518	0.31	0.284	0.49	5.604	4.07	0.284	0.564	1.03	0.26	3.524	0.01	0.28	2.644	20.666
CCu	0.008	0.004	0.08	0.03		0.26	0.08	0.08		0.01		0.02				0.572
CDA			0.1		0.01	1.18		0.03	0.05	0.02		5.3	0.02		0.11	6.82
CDB		0.42	2.23	0.83		6.82	39.2					2.26		2.93	0.08	54.77
CDM	1.78	1.84	0.29			5.64				3.49		1.59	2.46			17.09
CI _s	0.35	1	0.614			0.188	0.18		0.13			0.138		0.16		2.76
CLe		0.16														0.16
CO _s	0.24	0.1	0.014									0.004				0.358
CTa			0.004	0.03							0.03		0.01			0.074
EEc									285.74			0.04	0.21	178.92	1.85	466.76
EHo				53.95		128.75	0.04			45.42		174.5			0.21	402.87
EOp	0.75	14.14	1.73		0.03	1.14	22.72	0.9			8.91	384.29	0.08	3.89	10.96	449.54
MBi	3.994	3.826	19.174	0.14	9.414	621.972	2754.94	4.424	13.6	2.03	0.434	5.174	14.74	13.814	0.8	3468.476
MG _s	8.44	5.598	14.3		0.66	39.24	1.688	0.9	1.45	0.11	0.66	6.87	0.02		0.03	79.966
MPo			0.03			0.09						0.03				0.15
MSc													0.61	0.02		0.63
Others	12.92	2.55	5.17	0.19	0.81	120.93	17.05	0.43	1.41	2.32	0.11	91.73	0.21	2.48	2.99	261.3
Pyc		0.004														0.004
합계	57.092	64.408	95.266	74.778	35.432	1268.134	3014.336	11.802	309.084	68.708	29.284	762.64	32.338	224.838	64.472	6112.612

(3) 우점종

표 2-2-25에 2004년 춘계 조하대 서식 저서동물 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 연체동물 이매패류(MBi) *Leptomya minuta*로 조사되었다. 본 종은 2개 정점(정점 8, 18)에서 2,590 개체가 채집되어 7.6% 비중을 차지하였다. 상위 2위는 환형동물 다모류(APol) *Magelona japonica*로 10개 정점(정점 18, 22를 제외한 정점)에서 총 1,780 개체(5.2%)가 출현하였다. 연체동물 이매패류(MBi) *Musculus laevigatus*와 갑각류 단각류(CAm) *Corophium* spp.는 각각 1,480 개체(4.4%)와 1,450 개체(4.3%)가 출현해 상위 3위와 4위를 차지하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 저서생물에는 연체동물 이매패류(MBi)와 환형동물 다모류(APol)가 각각 3종으로 가장 다양하게 출현하였고, 그 외에는 갑각류 단각류(CAm)와 극피동물 거미불가사리류(EOp)가 각기 2종씩 포함되었다. 상위 우점종 10 종들은 전체 39.3% 비중을 점유하였다.

표 2-2-26에 2004년 춘계 조하대 서식 저서동물 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc) *Schizaster lacunosus*로 나타났다. 본 종은 정점 14와 정점 20에서 총 949.63gWWt 생체량이 측정되어 전체 30.9% 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 다음으로는 정점 18에서 조사된 극피동물 성게류(EEc) *Brissus agassizi*가 전체 16.9%(519.66gWWt) 비중을 차지하였다. 상위 3위를 차지한 종은 극피동물 거미불가사리류(EOp) *Ophithrix exigua*로 331.33gWWt(10.8%) 생체량이 정점 18에서 채집되었다. 상위 4위와 5위를 기록한 종들은 연체동물 복족류(MGs) *Siphonalia spadicea*와 극피동물 거미불가사리류(EOp) *Ophioplocus japonicus*로 각각 5.2%(159.9gWWt)와 3.7%(112.84gWWt) 비중을 차지하였다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지 랭크된 동물군에는 극피동물 거미불가사리류(EOp)가 3종, 성게류(EEc)가 2종, 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs), 극피동물 해삼류(EHo), 환형동물 다모류(APol) 그리고 기타동물군 (Others)이 1종씩 포함되었다. 앞에서 언급한 생체량 우점종 10종들은 전체 생체량의 79.4%를 차지하였다.

표 2-2-27에 2004년 하계 조하대 서식 저서동물 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol) *Lumbrineris longifolia*로 조사되었다. 본 종은 6개 정점(SGB 1, 2, 3, 정점 7, 8, 11)에서 5,000 개체가 채집되어 11.4% 비중을 차지하였다. 상위 2위는 연체동물 복족류(MBi) *Homalopoma* sp.로 3개 정점(SGB 1, 2, 3)에서 총 4,630 개체가 출현하여 10.6% 비중을 점유하였다. 갑각류 단각류(CAm) *Cerapus tubularis*는 3개 정점(SGB 2, 3과 정점 5)에서 4,630 개체(9.3%)가 채집되어 상위 3위를 기록하였다. 환형동물 다모류(APol) *Tharyx* spp.와 *Lumbrineris cruzensis*는 각기 7.8%(3,410 개체) 그리고 4.7%(2,040 개체)로 상위 4위와 5위를 차지하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 저서생물에는 환형동물 다모류(APol)가 7종, 연체동물 복족류(MGs), 갑각류 단각류(CAm), 연체동물 이매패류(MBi)가 1종씩 포함되었으며, 이 상위 10 종들은 전체 61.1%

비중을 점유하였다.

표 2-2-25. 2004년 춘계 조사 결과 밀도 기준 우점종

순위	분류군	종명	개체수	%	누적 %
1	MBi	<i>Leptomya minuta</i>	2590	7.6%	7.6%
2	APol	<i>Magelona japonica</i>	1780	5.2%	12.9%
3	MBi	<i>Musculus laevigatus</i>	1480	4.4%	17.2%
4	CAM	<i>Corophium</i> spp.	1450	4.3%	21.5%
5	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	1220	3.6%	25.1%
6	CAM	<i>Photis reinhardi</i>	1190	3.5%	28.6%
7	APol	<i>Tharyx</i> spp.	1010	3.0%	31.5%
8	MBi	<i>Moerella</i> sp.	930	2.7%	34.3%
9	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	850	2.5%	36.8%
10	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	840	2.5%	39.3%
11	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	800	2.4%	41.6%
12	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	710	2.1%	43.7%
13	EOP	<i>Ophiactis affinis</i>	610	1.8%	45.5%
14	APol	<i>Glycera chirori</i>	550	1.6%	47.1%
14	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	550	1.6%	48.7%
16	CAM	<i>Gammaropsis</i> spp.	540	1.6%	50.3%
17	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>	500	1.5%	51.8%
18	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	490	1.4%	53.2%
19	APol	<i>Chone teres</i>	450	1.32%	54.6%
19	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	450	1.32%	55.9%
21	APol	<i>Melinna elisabethae</i>	440	1.29%	57.2%
22	CAM	<i>Priscomilitaridae</i> sp.	390	1.15%	58.3%
23	MBi	<i>Trigonothracia jinxingae</i>	380	1.12%	59.4%
24	APol	<i>Ampharete arctica</i>	340	1.0%	60.4%
25	APol	<i>Galathowenia</i> sp.	320	0.94%	61.4%
26	CAM	<i>Eriopisella sechellensis</i>	310	0.91%	62.3%
26	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>	310	0.91%	63.2%
28	APol	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	290	0.85%	64.1%
28	APol	<i>Pista</i> sp.	290	0.85%	64.9%
30	APol	<i>Eumida sanguinea</i>	280	0.8%	65.7%

표 2-2-26. 2004년 춘계 조사 결과 생체량 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	949.63	30.9	30.9
2	EEc	<i>Brissus agassizi</i>	519.66	16.9	47.8
3	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	331.33	10.8	58.6
4	MGs	<i>Siphonalia spadicea</i>	159.9	5.2	63.8
5	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	112.84	3.7	67.5
6	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	102.03	3.3	70.8
7	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	85.79	2.8	73.6
8	MBi	<i>Moerella</i> sp.	69.474	2.3	75.8
9	Others	<i>Paranthus sociatus</i>	61.3	2.0	77.8
10	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	47.78	1.6	79.4
11	APol	<i>Pista</i> sp.	40.09	1.30	80.7
12	Others	?Golfingiidae spp.	39.24	1.28	82.0
13	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	37.59	1.2	83.2
14	EOp	<i>Ophiocentrus verticillatus</i>	33.79	1.10	84.3
15	MBi	<i>Musculus laevigatus</i>	33.054	1.08	85.4
16	MBi	<i>Fulvia mutica</i>	31.24	1.0	86.4
17	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	25.8	0.84	87.2
18	APol	<i>Glycera chirori</i>	25.33	0.82	88.0
19	APol	<i>Magelona japonica</i>	20.33	0.7	88.7
20	MBi	<i>Acila divaricata</i>	19.64	0.64	89.3
21	CDA	<i>Pagurus</i> spp.	19.31	0.63	90.0
22	Others	<i>Lineus</i> spp.	19.28	0.63	90.6
23	EHo	<i>Pentacta doliolum</i>	17.96	0.58	91.2
24	EHo	<i>Amphicyclus japonicus</i>	17.7	0.58	91.8
25	EOP	<i>Amphipholis squamata</i>	17.32	0.56	92.3
26	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>	15.68	0.51	92.8
27	APol	<i>Pherusa parmata</i>	14.07	0.46	93.3
28	CDA	<i>Raphidopus ciliatus</i>	7.97	0.3	93.5
29	CDB	<i>Asthenognathus inaequipis</i>	6.92	0.23	93.8
30	APol	<i>Cistenides okudai</i>	6.39	0.21	94.0

표 2-2-27. 2004년 하계 조사 결과 밀도 기준 우점종

순위	분류군	종명	개체수	%	누적 %
1	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	5000	11.4	11.4
2	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	4630	10.6	22.0
3	CAm	<i>Cerapus tubularis</i>	4090	9.3	31.3
4	APol	<i>Tharyx</i> spp.	3410	7.8	39.0
5	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	2040	4.7	43.7
6	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	1910	4.4	48.1
7	MBi	<i>Theora fragilis</i>	1690	3.9	51.9
8	APol	<i>Magelona japonica</i>	1610	3.7	55.6
9	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	1510	3.4	59.0
10	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	910	2.1	61.1
11	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	880	2.0	63.1
12	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	820	1.9	65.0
13	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	580	1.3	66.3
14	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	520	1.2	67.5
15	APol	Amphitritinae spp.	460	1.0	68.5
16	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	430	1.0	69.5
16	CAM	<i>Gammaropsis</i> spp.	430	1.0	70.5
18	APol	<i>Glycera chirori</i>	390	0.9	71.4
19	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	360	0.8	72.2
20	CAM	<i>Melita longidactyla</i>	350	0.8	73.0
21	MBi	<i>Moerella</i> sp.	320	0.73	73.7
22	APol	<i>Amaeana occidentalis</i>	310	0.71	74.4
22	CAM	<i>Maera serratipalma</i>	310	0.71	75.1
24	APol	<i>Dipolydora</i> spp.	300	0.68	75.8
25	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	280	0.64	76.5
26	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	270	0.62	77.1
27	APol	Hesionidae spp.	250	0.57	77.6
28	APol	<i>Eumida sanguinea</i>	240	0.55	78.2
28	ClS	<i>Cyathura higoensis</i>	240	0.55	78.7
30	COs	Ostracoda spp.	220	0.50	79.2

표 2-2-28에 2004년 하계 조하대 서식 저서동물 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc) *Schizaster lacunosus*로 조사되었다. 본 종은 정점 14, 20에서 총 1342.28gWWt 생체량이 측정되어 50.6% 비중을 차지하였다. 상위 2위를 차지한 극피동물 거미불가사리류(EOp) *Ophiothrix exigua*는 정점 17, 18에서 165.19gWWt 생체량이 측정되어 6.2% 비중을 점유하였다. 연체동물 복족류(MGs) *Homalopoma* sp.와 환형동물 다모류(APol) *Lumbrineris heteropoda*는 각기 4.4%(117.5gWWt) 그리고 3.5%(91.87gWWt) 비중으로 상위 3위와 4위를 기록하였다. 환형동물 다모류(APol)인 *Amphitritinae* spp.는 87.82gWWt(3.3%) 생체량이 측정되었다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군들을 살펴보면 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 환형동물 다모류(APol)가 각각 3종으로 가장 다양한 것으로 조사되었다. 그 외에는 극피동물 성게류(EEc)와 해삼류(EHo) 그리고 연체동물 복족류(MGs)와 이매패류(MBi)가 각기 1종씩 포함되었다. 위의 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 종들은 전체 생체량의 78.7%를 차지하였다.

표 2-2-29에 2004년 추계 조하대 서식 저서동물의 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 갑각류 단각류(CAm) *Cerapus tubularis*로 나타났다. 본 종은 SGB 1, 2, 3에서 4,490 개체가 채집되어 8.4% 비중을 차지하였다. 상위 2위는 연체동물 이매패류(MBi) *Theora fragilis*로 15개 정점(정점 5, 8, 11, 14, 15, 22를 제외한 정점)에서 총 3,630 개체가 채집되어 6.8% 비중을 점유하였으며, 특히 잘피가 서식하는 지역인 SGB 1, 2에서 높은 밀도로 출현하였다. 상위 3~5위를 점유한 종들은 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류(MGs)로 조사되었다. 이 종들은 *Lumbrineris longifolia*, *Mediomastus californiensis* 그리고 *Homalopoma* sp.로 각기 6.3%(3,390 개체), 5.7%(3,080 개체) 그리고 4.9%(2,630 개체) 비중을 점유하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군을 살펴보면 환형동물 다모류(APol)가 5종, 갑각류 단각류(CAm)와 연체동물 이매패류(MBi)가 각각 2종씩 그리고 연체동물 복족류(MGs)가 1종 포함되었으며, 이 상위 10 종들은 전체 45.9% 비중을 점유하였다.

표 2-2-30에 2004년 추계 조하대 서식 저서동물의 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 극피동물 성게류(EEc) *Schizaster lacunosus*인 것으로 조사되었다. 본 종은 정점 14와 20에서 총 716.82gWWt 생체량이 측정되어 전체 생체량 중 20.7%를 차지하였다. 상위 2~3위를 기록한 종들은 모두 극피동물 해삼류(EHo)에 포함되는 종들이었다. 이 종들은 *Phyllophorus hypsipyrge*, *Protankyra bidentata*로 각기 327.16gWWt(9.5%), 279.2gWWt(8.1%)의 생체량이 측정되었다. 상위 4위로 기록된 종은 극피동물 불가사리류(EAs) *Asterina pectinifera*로 203.44gWWt(5.9%) 생체량이 정점 11에서 측정되었다. 극피동물 성게류(EEc) *Temnopleurus harwickii*는 SGB 1, 2와 정점 8에서 189gWWt, 5.5% 비중을 점유하여 상위 5위에 랭크되었다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군들을 살펴보면 극피동물 성게류(EEc)와 해삼류(EHo)가 각각 2종씩 포함되었고, 그 외에는

극피동물 불가사리류(EAs)와 거미불가사리류(EOp), 연체동물 복족류(MGs)와 이매패류(MBi), 환형동물 다모류(APol) 그리고 기타동물군(Others)이 1종씩 포함되어 비교적 고른 분포를 보이고 있다. 위의 생체량 기준 우점종 상위 10위까지의 종들은 전체 생체량의 63.3%를 차지하였다.

표 2-2-28. 2004년 하계 조사 결과 생체량 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	1342.28	50.6	50.6
2	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	165.19	6.2	56.8
3	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	117.5	4.4	61.2
4	APol	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	91.87	3.5	64.7
5	APol	Amphitritinae spp.	87.82	3.3	68.0
6	MBi	<i>Moerella</i> sp.	79.514	3.0	71.0
7	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	70.59	2.7	73.6
8	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	54.89	2.1	75.7
9	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	39.77	1.50	77.2
10	EOp	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	39.22	1.48	78.7
11	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	36.71	1.4	80.1
12	APol	<i>Pherusa parmata</i>	35.77	1.3	81.4
13	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	24.51	0.9	82.3
14	MBi	<i>Sinonovacula constricta</i>	21.12	0.80	83.1
15	APol	<i>Cirriformia tentaculata</i>	20.96	0.79	83.9
16	APol	<i>Magelona japonica</i>	18.89	0.71	84.6
17	APol	<i>Tharyx</i> spp.	18.84	0.71	85.3
18	MBi	<i>Striarca</i> sp.	17.53	0.66	86.0
19	EOp	<i>Amphiura vadicola</i>	15.8	0.60	86.6
20	APol	<i>Glycera chirori</i>	15.46	0.58	87.2
21	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	14.99	0.56	87.7
22	APol	<i>Amaeana occidentalis</i>	14.7	0.55	88.3
23	APol	<i>Cistenides okudai</i>	14.07	0.53	88.8
24	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	13.89	0.52	89.3
25	MGs	<i>Nassaricus castus</i>	13.61	0.51	89.9
26	MGs	<i>Glassaulax didyma</i>	13.36	0.50	90.4
27	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	13.23	0.50	90.9
28	MGs	<i>Niotha stigmara</i>	12.93	0.49	91.3
29	APol	<i>Anaitides</i> sp.	12.45	0.47	91.8
30	Others	Anthozoa sp.	12.22	0.46	92.3

표 2-2-29. 2004년 추계 조사 결과 밀도 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	CAm	<i>Cerapus tubularis</i>	4490	8.4	8.4
2	MBi	<i>Theora fragilis</i>	3630	6.8	15.1
3	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	3390	6.3	21.5
4	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	3080	5.7	27.2
5	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	2630	4.9	32.1
6	APol	<i>Magelona japonica</i>	2290	4.3	36.4
7	APol	<i>Tharyx</i> spp.	1880	3.5	39.9
8	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	1370	2.6	42.4
9	CAm	<i>Gammaropsis</i> spp.	950	1.8	44.2
10	MBi	<i>Abra soyoae</i>	930	1.73	45.9
11	APol	<i>Galathowenia</i> sp.	890	1.66	47.6
12	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	840	1.6	49.2
13	MBi	<i>Moerella</i> sp.	760	1.4	50.6
14	APol	<i>Glycera chirori</i>	660	1.23	51.8
14	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	660	1.23	53.0
14	CI	<i>Cyathura higoensis</i>	660	1.23	54.3
17	EOP	<i>Amphioplus megapomus</i>	650	1.21	55.5
18	APol	<i>Isolda</i> sp.	640	1.19	56.7
18	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	640	1.19	57.9
20	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	620	1.16	59.0
21	APol	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	590	1.10	60.1
22	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	570	1.06	61.2
23	CAm	<i>Maera serratipalma</i>	560	1.04	62.2
24	APol	Amphitritinae spp.	530	0.99	63.2
25	Others	Urochordata sp.	520	0.97	64.2
26	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	470	0.88	65.1
27	APol	<i>Capitella capitata</i>	430	0.80	65.9
27	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	430	0.80	66.7
29	APol	Syllidae spp.	410	0.76	67.4
30	APol	<i>Paraprionospio pinnata</i>	400	0.7	68.2

표 2-2-30. 2004년 추계 조사 결과 생체량 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	716.82	20.7	20.7
2	EHo	<i>Phyllophorus hypsipyrge</i>	327.16	9.5	30.2
3	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	279.2	8.1	38.3
4	EAs	<i>Asterina pectinifera</i>	203.44	5.9	44.1
5	EEc	<i>Temnopleurus harwickii</i>	189	5.5	49.6
6	MGs	<i>Siphonalia fusioides</i>	116.89	3.4	53.0
7	APol	Amphitritinae spp.	104.51	3.0	56.0
8	Others	Urochordata sp.	94.694	2.7	58.7
9	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	84.38	2.4	61.2
10	MBi	<i>Acila divaricata</i>	72.13	2.1	63.3
11	EHo	<i>Sclerodactyla multipes</i>	69.29	2.00	65.3
12	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	68.27	1.97	67.3
13	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	68.13	1.97	69.2
14	Others	<i>Lineus</i> spp.	60.37	1.75	71.0
15	MGs	<i>Volutharpa ampullacea perryi</i>	59.93	1.73	72.7
16	MBi	<i>Moerella</i> sp.	58.164	1.68	74.4
17	EOp	<i>Ophiopholis japonica</i>	54.08	1.6	75.9
18	Others	Nemertinea spp.	47.794	1.4	77.3
19	MBi	<i>Atrina pinnata japonica</i>	42.66	1.2	78.6
20	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	35.87	1.04	79.6
21	MBi	<i>Cultrensis attenuatus</i>	34.29	0.99	80.6
22	APol	<i>Glycera chirori</i>	33.15	0.96	81.5
23	APol	<i>Pherusa parmata</i>	32.89	0.95	82.5
24	APol	<i>Diopatra sugokai</i>	31.394	0.91	83.4
25	Others	Protochordata sp.	30.34	0.88	84.3
26	Others	Actiniidae spp.	28.99	0.8	85.1
27	APol	<i>Magelona japonica</i>	25.72	0.74	85.9
28	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	23.14	0.67	86.5
29	Others	<i>Paranthus sociatus</i>	22.84	0.66	87.2
30	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	22.24	0.6	87.8

표 2-2-31에 2005년 동계 조하대 서식 저서동물의 밀도 기준 우점종을 나타내었다. 밀도 최고 우점종은 연체동물 이매패류(MBi) *Theora fragilis*로 4,500 개체가 채집되어 7.0% 비중을 차지하였고, 특히 SGB 1, 2, 3에서 대부분 채집되었다. 상위 2~5위에 기록된 종은 모두 환형동물 다모류(APol)로 조사되었다. 이에 속한 종들은 *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* spp., *Magelona japonica*, 그리고 *Mediomastus californiensis*로 각기 6.9%(4,460 개체), 5.0%(3,220 개체), 3.6%(2,300 개체), 3.3%(2,130 개체) 비중을 점유하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군을 살펴보면 환형동물 다모류(APol)가 6종으로 우점하였고, 갑각류 단각류(CAm)와 연체동물 이매패류(MBi)가 각기 2종씩 포함되었으며, 이 상위 10종들은 전체 38.2% 비중을 점유하였다.

표 2-2-32에 2005년 동계 조하대 서식 저서동물의 생체량 기준 우점종을 나타내었다. 생체량 최고 우점종은 연체동물 이매패류(MBi) *Atrina pinnata japonica* 인 것으로 조사되었다. 본 종은 정점 8과 11에서 총 2939.04gWWt 생체량이 측정되어 전체 생체량 중 48.1%를 차지하였다. 상위 2를 기록한 종은 극피동물 성게류(EEc) *Schizaster lacunosus*로 464.87gWWt(7.6%) 생체량이 측정되었다. 연체동물 이매패류(MBi) *Atrina pinnata lischkeana*는 6.2%(378.9gWWt) 비중을 차지해 상위 3위에 랭크되었다. 상위 4위와 5위로 기록된 종은 극피동물 거미불가사리류(EOp). *Ophiothrix exigua*와 해삼류(EHo) *Phyllophorus hypsipyrge*로 각각 240.53gWWt(3.9%)와 166.68gWWt(2.73%) 생체량이 측정되었다. 생체량 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 동물군들을 살펴보면 연체동물 이매패류(MBi), 극피동물 거미불가사리류(EOp), 해삼류(EHo), 그리고 환형동물 다모류(APol)가 각각 2종씩 포함되었고, 그 외에는 극피동물 성게류(EEc)와 기타동물군(Others)이 1종씩 포함되었다. 위의 생체량 기준 우점종 상위 10 위까지의 종들은 전체 생체량의 80.1%를 차지하였다.

(4) 생태학적 제지수

표 2-2-33에 2004년 춘계 조사결과를 정점별 생태학적 제지수로 제시하였다. 다양도 지수(diversity index)는 2.084~3.760의 변동 범위를 나타내었다. 정점 17에서 최저값, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였지만 전 정점이 전반적으로 높은 값으로 조사되었다. 균등도(evenness)는 0.674~0.919의 변동 범위를 보였고, 정점 17에서 최저값, 그리고 정점 22에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 22~131의 넓은 변동 범위를 보였지만 정점 8과 11을 제외한 정점에서는 변동폭은 상대적으로 줄어들었다. 정점 17에서 최저값, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였다. 춘계 조사 결과 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.903, 0.794 그리고 46종인 것으로 나타났다.

표 2-2-31. 2005년 동계 조사 결과 밀도 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	MBi	<i>Theora fragilis</i>	4500	7.0	7.0
2	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	4460	6.9	13.9
3	APol	<i>Tharyx</i> spp.	3220	5.0	18.9
4	APol	<i>Magelona japonica</i>	2300	3.6	22.5
5	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	2130	3.3	25.8
6	MBi	<i>Musculus laevigatus</i>	1690	2.63	28.4
7	CAM	<i>Gammaropsis</i> spp.	1650	2.56	31.0
8	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	1630	2.53	33.5
9	APol	<i>Galathowenia</i> sp.	1610	2.50	36.0
10	CAM	<i>Caprella</i> spp.	1430	2.2	38.2
11	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	1230	1.9	40.2
12	APol	<i>Chone teres</i>	1140	1.8	41.9
13	CAM	<i>Aoroides</i> sp.	1040	1.62	43.5
14	MBi	<i>Raetellops pulchella</i>	1030	1.60	45.1
15	CAM	<i>Cerapus tubularis</i>	990	1.5	46.7
16	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>	810	1.3	47.9
17	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	800	1.2	49.2
17	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	800	1.2	50.4
19	APol	<i>Amphitritinae</i> spp.	740	1.15	51.6
20	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	720	1.12	52.7
21	MBi	<i>Leptomys minuta</i>	700	1.09	53.8
22	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	640	0.99	54.8
23	MGs	<i>Gastropoda</i> spp.	630	0.98	55.7
24	APol	<i>Chaetozone setosa</i>	610	0.95	56.7
24	MBi	<i>Moerella</i> sp.	610	0.95	57.6
26	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	600	0.93	58.6
27	CIs	<i>Cyathura higoensis</i>	590	0.92	59.5
28	APol	<i>Amaeana occidentalis</i>	570	0.89	60.4
29	APol	<i>Ampharete arctica</i>	560	0.87	61.2
29	APol	<i>Glycera chirori</i>	560	0.87	62.1

표 2-2-32. 2005년 동계 조사 결과 생체량 기준 우점종

순위	분류군	종명	생체량	%	누적 %
1	MBi	<i>Atrina pinnata japonica</i>	2939.04	48.1	48.1
2	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	464.87	7.6	55.7
3	MBi	<i>Atrina pinnata lischkeana</i>	378.9	6.2	61.9
4	EOP	<i>Ophiothrix exigua</i>	240.53	3.9	65.8
5	EHo	<i>Phyllophorus hypsipyrge</i>	166.68	2.73	68.5
6	Others	?Golfingiidae spp.	162.41	2.66	71.2
7	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	159.17	2.6	73.8
8	EHo	<i>Lipotrapeza japonicus</i>	128.58	2.10	75.9
9	EOP	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	127.13	2.08	78.0
10	APol	Amphitritinae spp.	127.02	2.08	80.1
11	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	110.42	1.8	81.9
12	APol	<i>Pherusa parmata</i>	92.36	1.5	83.4
13	EHo	<i>Caudina similis</i>	54.16	0.89	84.3
14	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	53.36	0.87	85.1
15	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	45.42	0.74	85.9
16	CCi	<i>Calantica eos</i>	41.41	0.68	86.6
17	CDB	<i>Pinnotherea affinis</i>	39.14	0.64	87.2
18	MGs	<i>Volutharpa ampullacea perryi</i>	35.94	0.59	87.8
19	EOP	<i>Ophioplocus japonicus</i>	32.27	0.53	88.3
20	APol	<i>Magelona japonica</i>	31.98	0.52	88.8
21	Others	Protochordata sp.	28.19	0.46	89.3
22	APol	<i>Sthenelais fusca</i>	26.69	0.44	89.7
23	APol	<i>Glycera chirori</i>	23.52	0.38	90.1
24	MBi	<i>Megacardita coreensis</i>	19.19	0.31	90.4
25	APol	<i>Cistenides okudai</i>	19.11	0.31	90.8
26	APol	<i>Travisia pupa</i>	19.06	0.31	91.1
27	Others	<i>Lineus</i> spp.	18.79	0.31	91.4
28	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	16.404	0.27	91.6
29	Others	Urochordata sp.	16.07	0.26	91.9
30	MGs	<i>Nassarius castus</i>	14.93	0.2	92.1

표 2-2-33. 2004년 춘계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수

정점	종다양도(H')	종균등도	누적 종수
St.05	2.248	0.682	27
St.07	2.649	0.834	24
St.08	3.760	0.771	131
St.11	3.757	0.816	100
St.12	2.730	0.774	34
St.14	3.023	0.850	35
St.15	2.977	0.851	33
St.17	2.084	0.674	22
St.18	2.574	0.693	41
St.20	3.031	0.853	35
St.21	3.166	0.809	50
St.22	2.840	0.919	22
평균	2.903	0.794	46

표 2-2-34에 2004년 하계 조사결과를 정점별 생태학적 제지수로 제시하였다. 다양도 지수(diversity index)는 1.935~3.515의 변동 범위를 나타내었다. SGB2에서 최저값, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였지만, SGB2를 제외한 14개 정점에서의 다양도 지수는 대체로 높은 것으로 나타났다. 균등도(evenness)는 0.471~0.944의 변동 범위를 보였고, SGB2에서 최저값, 그리고 정점 5에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 17~98의 비교적 넓은 변동 범위를 보였다. 정점 12에서 최저값, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였다. 제리도 잘피 내에 위치한 정점(3개 정점)과 일반 조하대 정점(12개 정점)간의 정점별 평균 다양도 지수와 평균 종수의 차이를 살펴보았다. 그 결과 제리도 잘피 주변의 정점별 평균 다양도 지수와 평균 종수는 2.334와 63종이었으며, 일반 조하대 정점에서의 값들은 각기 2.883과 39종으로 조사되었다. 제리도 잘피 내의 정점에서는 다양한 종들이 출현하였지만, 특정 종의 밀도가 높게 채집된 결과 다양도 지수는 상대적으로 낮게 나타났다. 하계 조사 결과 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.774, 0.770 그리고 44종인 것으로 나타났다.

표 2-2-35에 2004년 추계 조사결과를 정점별 생태학적 제지수로 제시하였다. 다양도 지수(diversity index)는 1.882~3.975의 변동 범위를 나타내었다. SGB1에서 최저값, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였지만, SGB1과 정점 5를 제외한 13개 정점에서의 다양도 지수는 대체로 높았다. 균등도(evenness)는 0.476~0.874의 변동 범위를 보였고, SGB1에서 최저값, 그리고 정점 14에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 25~133의 넓은 변동 범위를 보였다. 정점 17에서 최저값, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였다. 추계 결과에서도 제리도 잘피 내에 위치한 정점과 일반 조하대 정점간의 평균 다양도 지수와 평균 종수는 차이를 보였다. 하계와 마찬가지로 정점별 평균 종수는 제리도 잘피 정점에서, 그리고 정점별 평균 다양도 지수는 일반 조하대 정점에서 높았지만,

종수의 차이는 하계보다 적었다. 즉, 제리도 잘피 주변의 정점별 평균 다양도 지수와 종수는 2.496과 68종이었으며, 일반 조하대 정점에서는 각기 3.128과 55종으로 조사되었다. 추계 조사 결과 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 3.001, 0.765 그리고 57종인 것으로 나타났다.

표 2-2-36에 2005년 동계 조사결과를 정점별 생태학적 제지수로 제시하였다. 다양도 지수(diversity index)는 2.504~3.920의 변동 범위를 나타내었다. 정점 22에서 최저값, 그리고 정점 18에서 최고값을 기록하였지만, 전 정점에서의 다양도 지수는 대체로 높은 것으로 나타났다. 균등도(evenness)는 0.627~0.894의 변동 범위를 보였고, SGB1에서 최저값, 그리고 정점 20에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 32~126의 넓은 변동 범위를 보였다. 정점 20에서 최저값, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였다. 동계 결과에서도 제리도 잘피 내에 위치한 정점과 일반 조하대 정점간의 정점별 평균 다양도 지수와 평균 종수는 다소 구별되었다. 즉, 제리도 잘피 주변의 정점별 평균 다양도 지수와 종수는 2.855와 76종이었으며, 일반 조하대 정점에서는 각기 3.252와 62종으로 조사되었다. 동계 조사 결과 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 3.173, 0.782 그리고 64종인 것으로 나타났다.

표 2-2-34. 2004년 하계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수

정점	종다양도(H')	종균등도	누적 종수
SGB1	2.438	0.617	52
SGB2	1.935	0.471	61
SGB3	2.629	0.609	75
평균	2.334	0.566	63
St.05	2.828	0.944	20
St.07	2.603	0.688	44
St.08	3.515	0.767	98
St.11	3.176	0.800	53
St.12	2.666	0.941	17
St.14	3.138	0.863	38
St.15	2.816	0.780	37
St.17	2.131	0.671	24
St.18	3.172	0.769	62
St.20	2.987	0.847	34
St.21	2.916	0.885	27
St.22	2.653	0.901	19
평균	2.883	0.821	39
전체 평균	2.774	0.770	44

표 2-2-35. 2004년 추계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수

정점	종다양도(H')	종균등도	누적 종수
SGB1	1.882	0.476	52
SGB2	3.181	0.712	87
SGB3	2.426	0.583	64
평균	2.496	0.591	68
St.05	1.905	0.572	28
St.07	3.204	0.852	43
St.08	3.935	0.819	122
St.11	3.975	0.813	133
St.12	3.224	0.833	48
St.14	3.435	0.874	51
St.15	3.073	0.845	38
St.17	2.560	0.795	25
St.18	3.362	0.821	60
St.20	3.063	0.869	34
St.21	3.079	0.846	38
St.22	2.718	0.771	34
평균	3.128	0.809	55
전체 평균	3.001	0.765	57

표 2-2-36. 2005년 동계 조사 결과 정점별 생태학적 제지수

정점	종다양도(H')	종균등도	누적 종수
SGB1	2.566	0.627	60
SGB2	2.805	0.652	74
SGB3	3.195	0.703	94
평균	2.855	0.661	76
St.05	2.928	0.824	35
St.07	2.891	0.784	40
St.08	3.819	0.790	126
St.11	3.917	0.842	105
St.12	3.206	0.837	46
St.14	3.317	0.893	41
St.15	3.472	0.879	52
St.17	2.786	0.750	41
St.18	3.920	0.826	115
St.20	3.100	0.894	32
St.21	3.167	0.790	55
St.22	2.504	0.637	51
평균	3.252	0.812	62
전체 평균	3.173	0.782	64

(5) 저서동물의 밀도, 생체량, 종수의 시간적 변동

저서동물 군집의 생물학적 변수(밀도, 생체량 그리고 종수)의 시간적 변동성을 파악하기 위하여 각 그래프에 추세선을 도시하였다. 그림 2-2-70에 2002년 여름부터 2005년 겨울까지 9회 조사에서 채집된 저서동물의 조사 시기별 평균 밀도를 도시하였다. 분석은 9회 조사가 모두 이루어진 7개 정점들을 대상으로 하였다. 2004년 여름 평균 밀도는 갑각류 단각류(CAm)의 급격한 감소의 영향을 받아 낮은 값을 보였으나 이후 증가 패턴을 나타냈다. 출현한 전체 저서동물의 평균 밀도의 변동 양상은 환형동물 다모류(APol)의 그것과 거의 비슷하였고, 2005년 겨울에 관찰된 최대값에는 갑각류와 연체동물의 개체수 증가도 기여하였다.

그림 2-2-71에 조사시기별 평균 생체량을 나타내었다. 조사 기간 동안 평균 생체량은 뚜렷하게 증가하고 있음이 관찰되었다. 이러한 변동 패턴을 주도하는 분류군들로는 극피동물 성계류(EEc), 거미불가사리류(EOp)와 개체수 기준 최고 우점군인 환형동물 다모류(APol) 등이었다. 최저값을 보인 2002년 여름에는 이들 분류군의 기여도가 낮았으며, 최대값을 보인 2005년 겨울에는 이 시기 생체량 기준 우점 순위 1위인 연체동물 이매패류(MBi) *Atrina pinnata japonica*으로 인해 급격하게 증가한 양상을 보였다.

그림 2-2-72에 조사 시기별 평균 종수를 도시하였다. 평균 종수는 평균 생체량과 마찬가지로 증가 양상을 보였다. 특히 조사 후반기인 2004년 가을에 관찰된 급격한 증가는 환형동물 다모류(APol), 갑각류 단각류(CAm)와 연체동물 이매패류(MBi) 종수의 증가에 기인하였다.

그림 2-2-73에 조사 시기별 다양도 지수를 나타냈다. 각 시기별 다양도 지수는 높은 값에 속한다고 할 수 있다. 조사 해역 다양도의 변화는 뚜렷하지는 않으나 증가 패턴이 관찰되었다.

7개 정점을 대상으로 9회 조사한 조사 해역의 밀도 기준 우점종 중 상위 6종 모두가 환형동물 다모류(APol)였으며, 대부분 기회종으로 알려져 있는 종들이다. 이들의 높은 서식 밀도를 그림 2-2-70~73에서 보여지는 생물학적 변수들의 증가와 연관지었을 때 연안역의 오염으로 인한 유기물 증가에 따른 변화일 가능성이 있다. 하지만 이들 6종의 다모류(APol)는 최저값을 보였던 2004년 봄을 기준으로 삼았을 때 오히려 이전 시기에 대체적으로 더 높은 서식 밀도를 보였다. 더 나아가 총 개체 밀도의 50% 이상을 점유하는 상위 우점 15종의 개체수 변화를 관찰한 결과, 2004년 봄을 경계로 이전 시기의 평균 밀도가 이후보다 더 높게 관찰되었다. 이로써 개체수의 증가 현상은 단순히 기회종을 포함한 우점종에 의해 좌우되지 않았음을 알 수 있었다.

조사 해역의 생물 다양성 수준을 파악하기 위하여 유사한 위도의 인접한 다른 지역의 다양도와 비교하였다. 진해만이 적절한 비교 대상인 것으로 판단하였고, 조사된 평균 다양도 범위는 1.74~2.72였다(임, 1993). 이에 비하면 평균 3.977(변동 범위 3.643~4.468)의

여수 지역은 매우 높은 수준이라 할 수 있다. 일단 우점 순위 15위 이내에 속하는 종들 중 절반 이상이 유기물 함유량이 높은 곳에 출현하는 종들인 점을 감안하면 이 지역이 부영양화에 노출되어 있음을 알 수 있다. 그러나 우점종들의 시기별 변화 패턴과 다양도의 시간에 따른 증가 양상은 부영양화의 급격한 가속화에 따른 종조성의 단순화와는 거리가 먼 현상이라 할 수 있다. 군집의 생체량을 포함한 대부분의 생물학적 변수들에서 관찰된 증가 추세는 부영양화 진행 단계의 중간 상태에서 나타날 수 있는 것(Pearson and Rosenberg, 1978)이므로 부영양화가 점진적으로 증가하거나 이전의 심각한 상황에서 양호한 상태로 진행되는 등의 두 가지로 해석될 수 있다. 기회성이 강한 종들(예를 들어 *Capitella capitata*)로의 대체 현상이나 기회종의 밀도가 현저히 증가하지 않는 점을 고려할 때에는 생태계의 변화가 부정적인 방향으로 진행되는 것으로는 볼 수 없을 것으로 생각된다.

그림 2-2-74부터 그림 2-2-80까지는 장기간의 비교가 가능한 몇몇 조사 정점들의 개체수, 생체량 그리고 출현 종수를 정점별, 시기별로 나타낸 것이다. 자료의 변화폭이 큰 개체수와 생체량은 로그 변환하였고 종수는 원자료를 사용하였다. 각 종수 그래프에는 추세를 도시하였다.

정점 11에서의 개체수는 증가 경향을 보였고, 최대값인 2004년 가을에 기여한 분류군은 환형동물 다모류(APol)였다. 생체량도 증가하였으며, 최대값인 2005년 겨울값에 기여한 분류군은 연체동물 이매패류(MBi)였다. 종수의 변화는 다소 불규칙했으며, 2004년 겨울에 최소값을, 2004년 가을에 최대값을 보였다(그림 2-2-74).

정점 12에서의 개체수 변화는 시기별로 유사하였으나, 2004년 여름에 급격히 감소하여 최저값을 보였으며, 이는 연체동물 이매패류(MBi)의 급감 때문이었다. 생체량은 감소 경향을 보였다. 이 정점의 생체량은 다른 정점들에 비해 상대적으로 낮은 수준이었다. 종수의 변화는 개체수 변화와 비슷한 경향을 보였다(그림 2-2-75).

정점 14에서의 개체수 변화는 거의 유사하였다. 생체량은 극피동물 성계류(EEc)의 비중이 높아서 최대값을 보였던 2003년 여름을 기점으로 감소하였다. 출현 종수의 변화는 다소 일정하였다(그림 2-2-76).

정점 15에서의 개체수 최대값은 2002년 겨울에 관찰되었으며, 이는 환형동물 다모류(APol) 중 특히 기회종으로 알려진 *Sigambra tentaculata*, *Tharyx* spp., *Mediomastus californiensis*, *Heteromastus filiformis* 등의 개체수 급증이 원인이었다. 생체량은 다소 증가하였으며, 종수는 변동 패턴이 불규칙하였고 2003년 여름 급감하였다(그림 2-2-77).

정점 17에서의 개체수는 2003년 가을에 최저값을 보였는데, 이전 시기에 높은 밀도를 보이던 환형동물 다모류(APol)가 현저히 감소했기 때문이다. 개체수는 이 시기를 기점으로 증가하였다. 생체량과 종수 역시 개체수가 최저일 때 가장 낮았으며 이후 증가하였다(그림 2-2-78).

정점 18에서는 2005년 겨울 개체수 최대값을 가졌으며, 출현한 모든 동물군이 이전 시기보다 높은 값을 보였다. 생체량은 다소 증가하였고 종수는 조사 후반기에는 감소하였다(그림 2-2-79).

정점 20에서의 개체수 변화는 크지 않았으며, 생체량은 2003년 여름에 급감하였다. 이전 시기인 2002년 겨울에 높은 생체량을 기록했던 극피동물 성계류(EEc)가 출현하지 않았기 때문이다. 출현 종수는 적은 변화로 감소 경향을 보였다(그림 2-2-80).

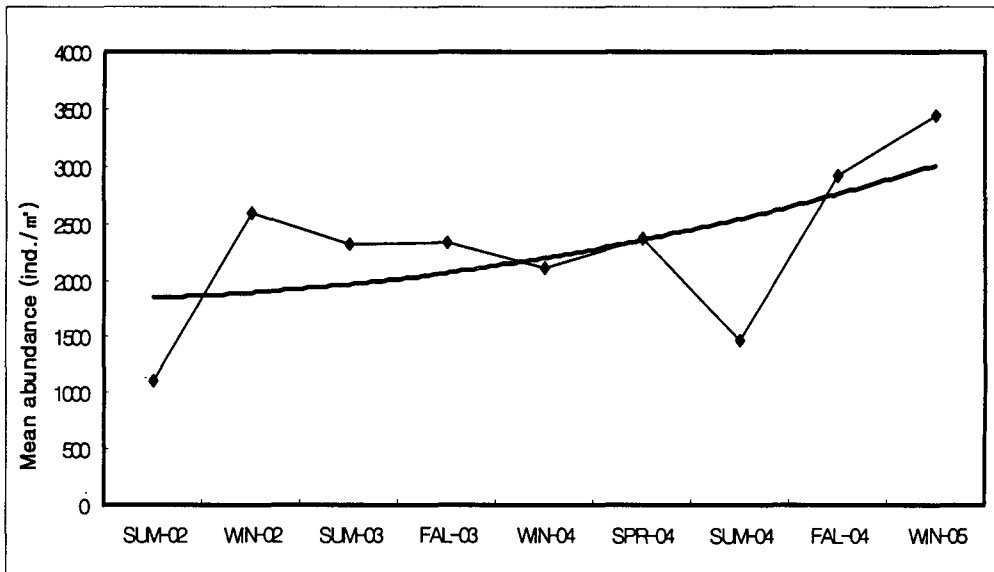


그림 2-2-70. 시간에 따른 저서동물 평균 개체수의 변화.

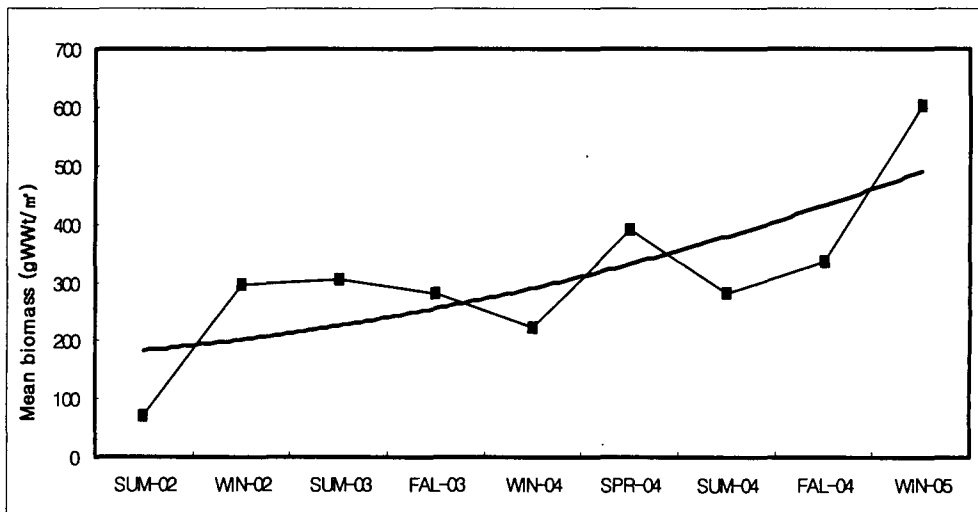


그림 2-2-71. 시간에 따른 저서동물 평균 생체량의 변화.

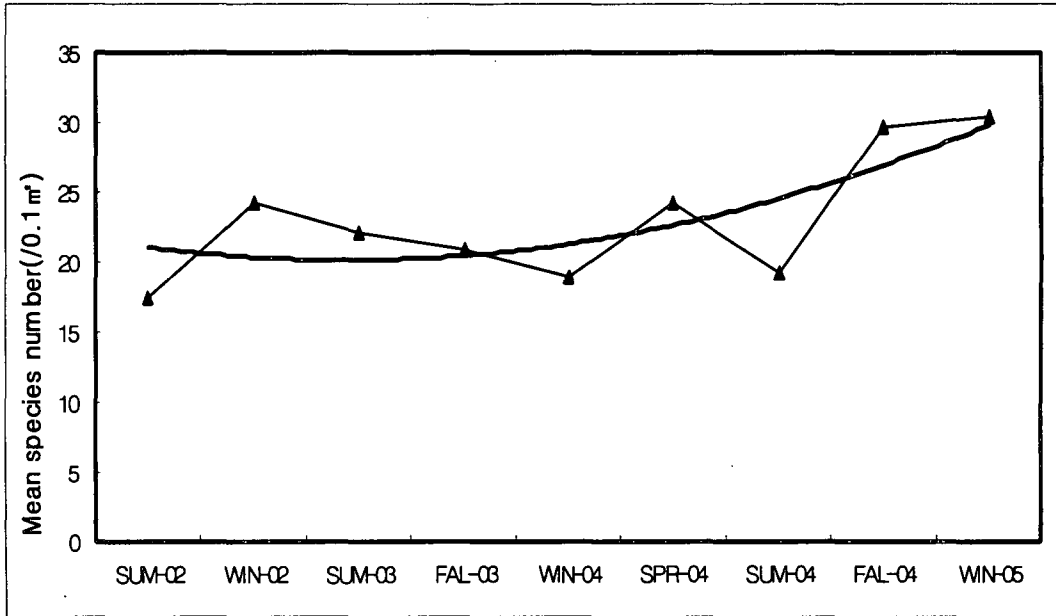


그림 2-2-72. 시간에 따른 저서동물 평균 종수의 변화.

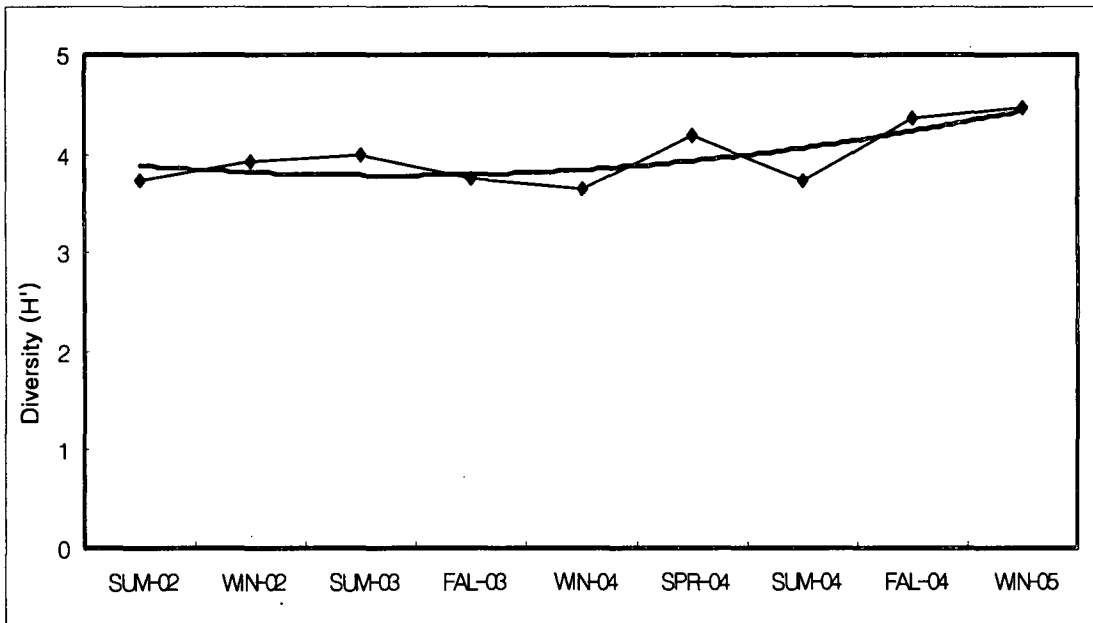
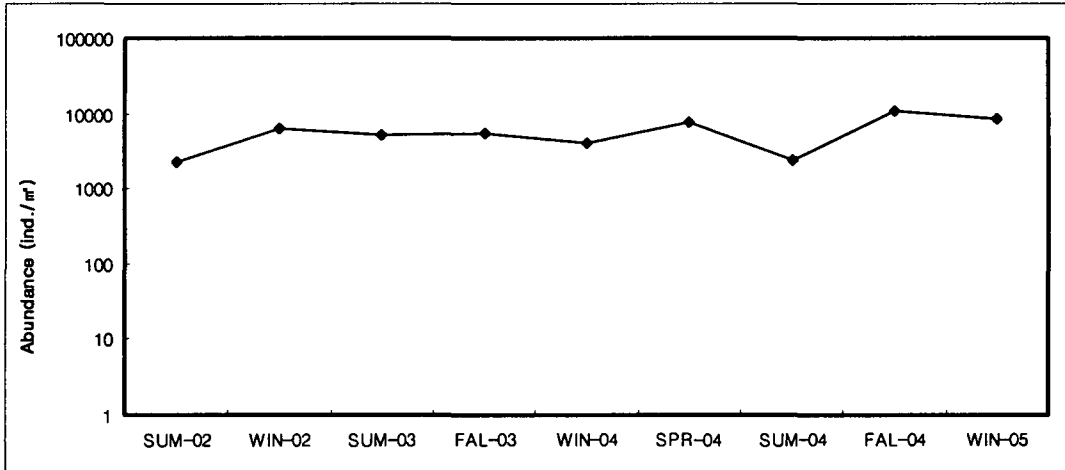
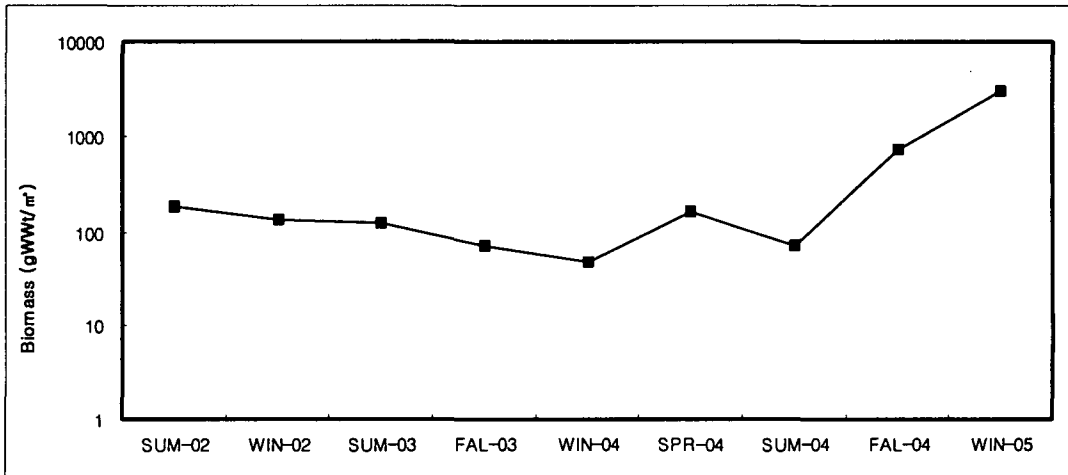


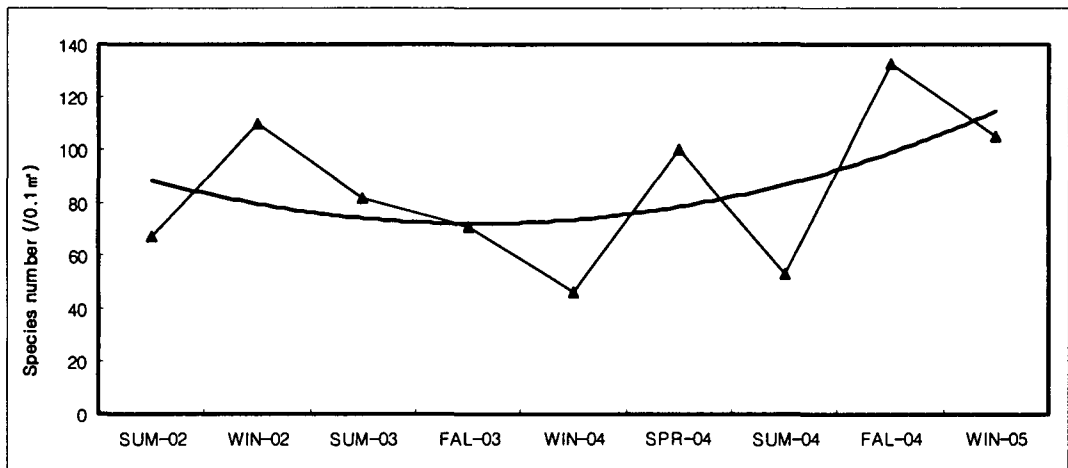
그림 2-2-73. 시간에 따른 저서동물 다양도 변화.



(a)

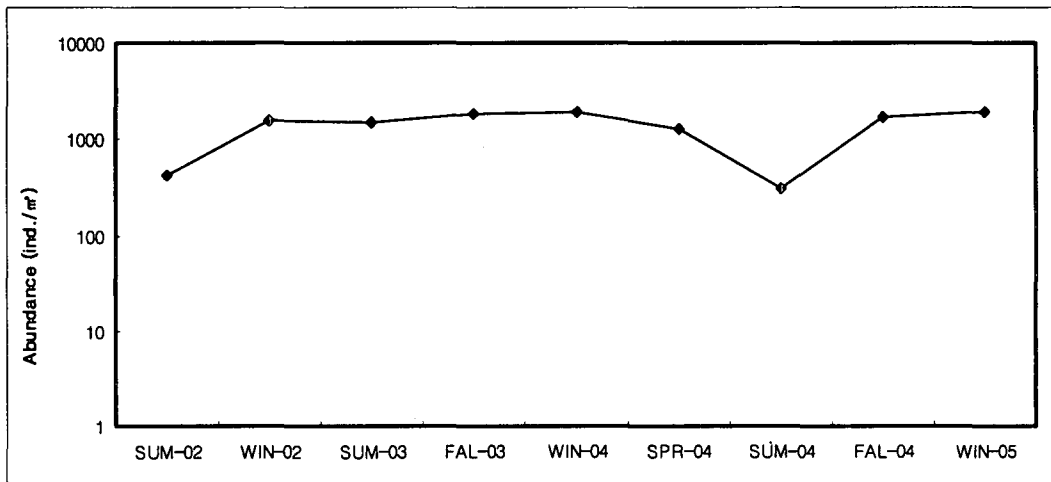


(b)

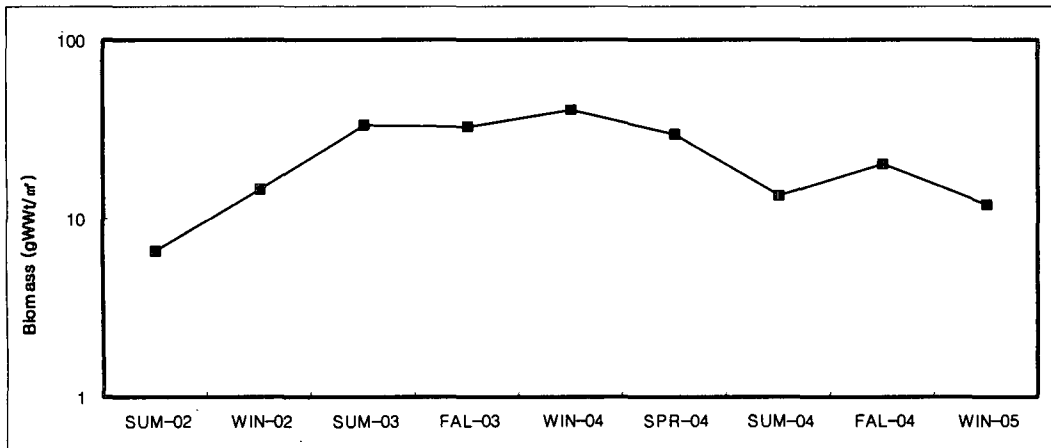


(c)

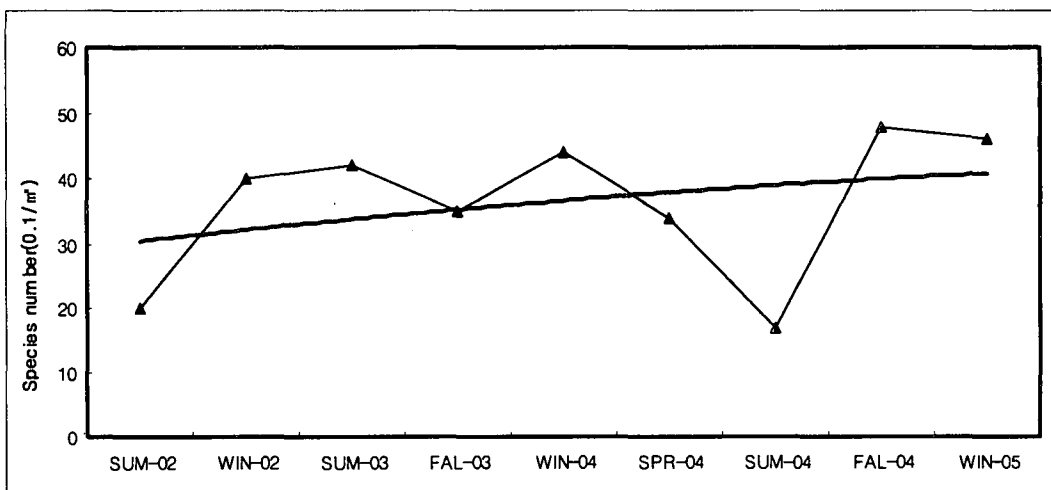
그림 2-2-74. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c)종수의 변화(정점 11).



(a)

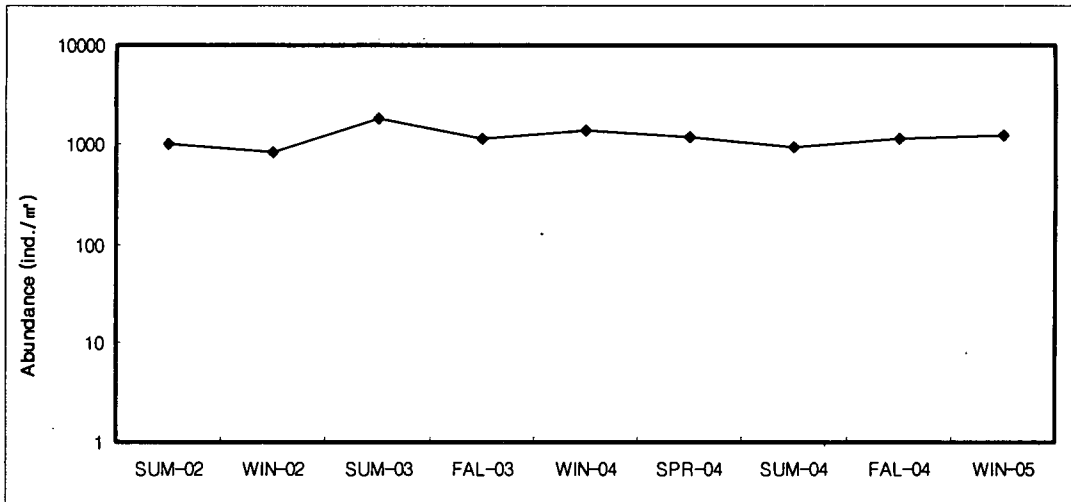


(b)

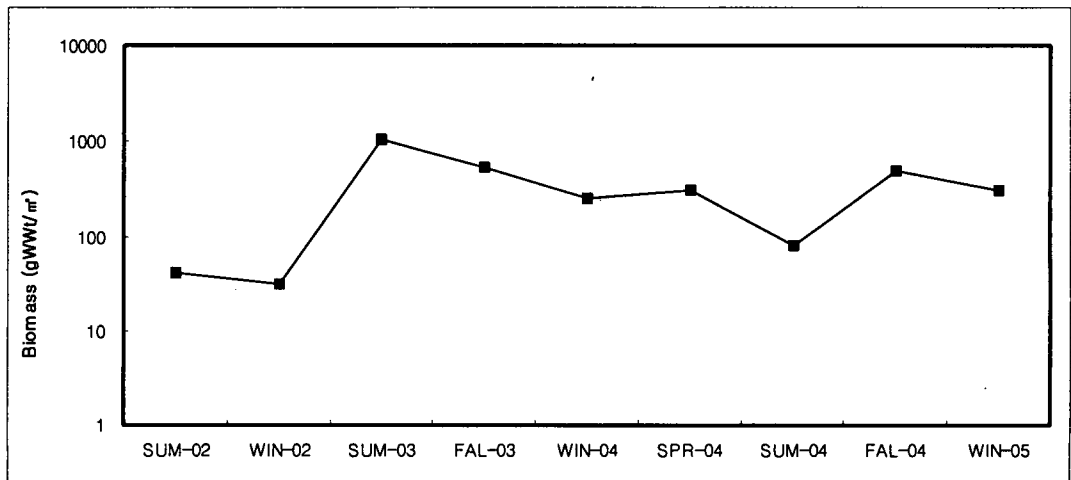


(c)

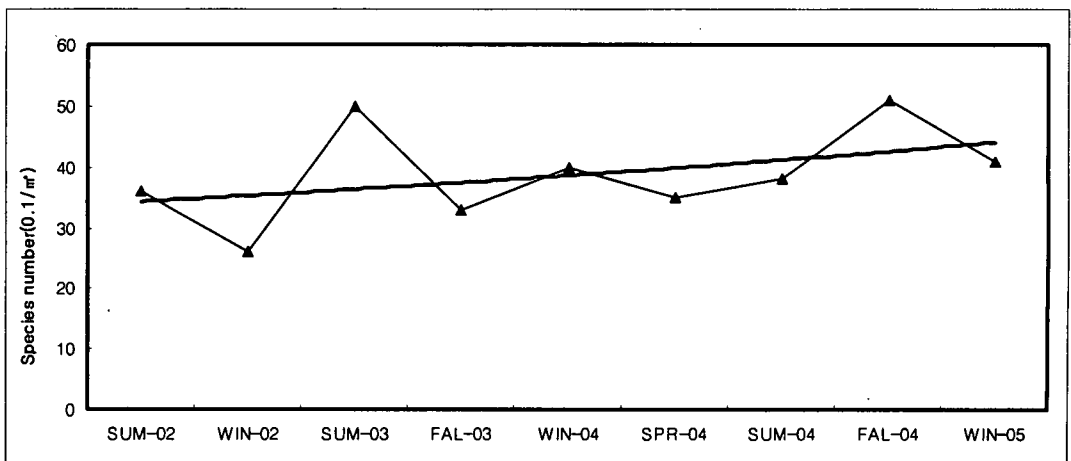
그림 2-2-75. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 12).



(a)

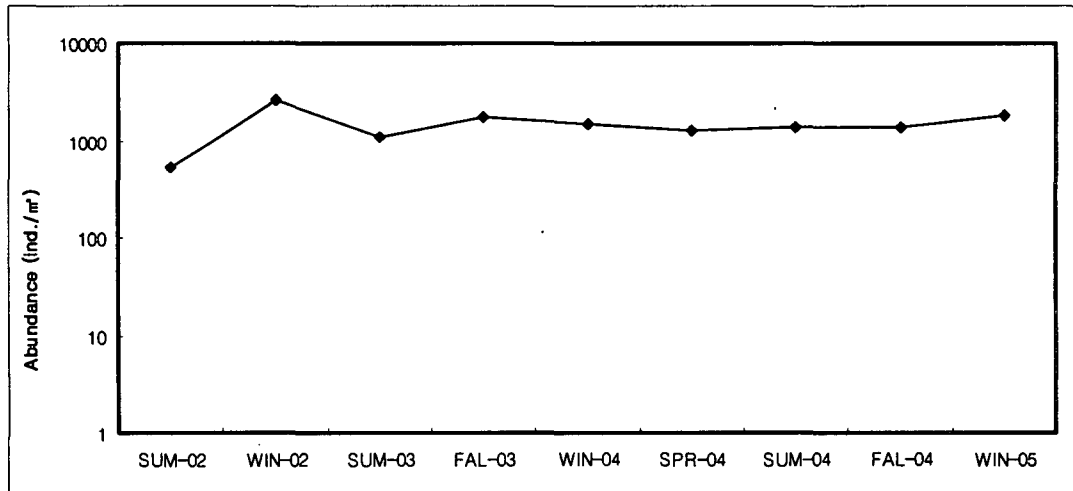


(b)

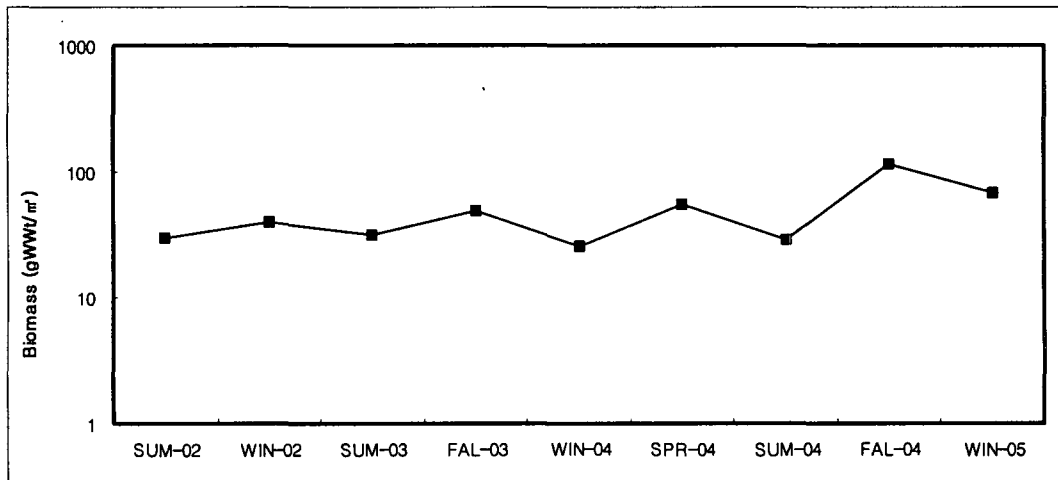


(c)

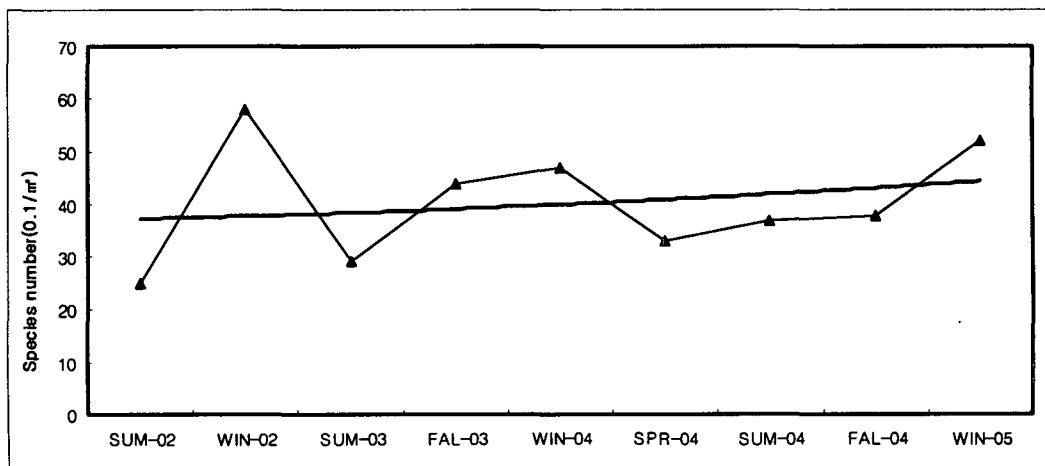
그림 2-2-76. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 14).



(a)

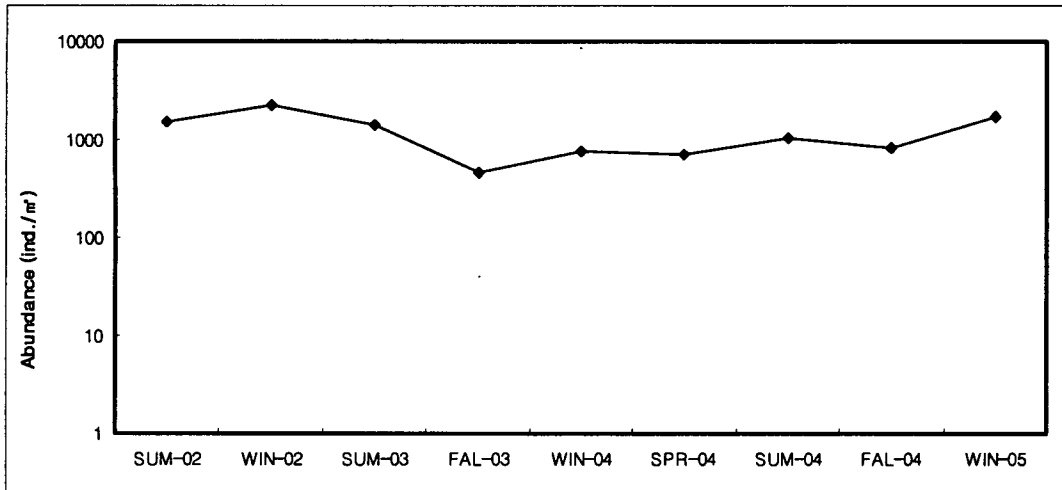


(b)

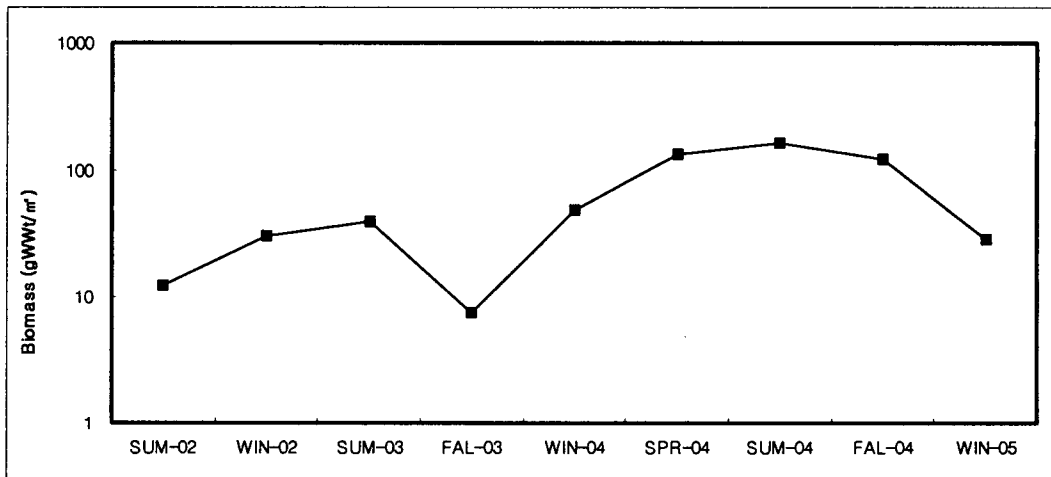


(c)

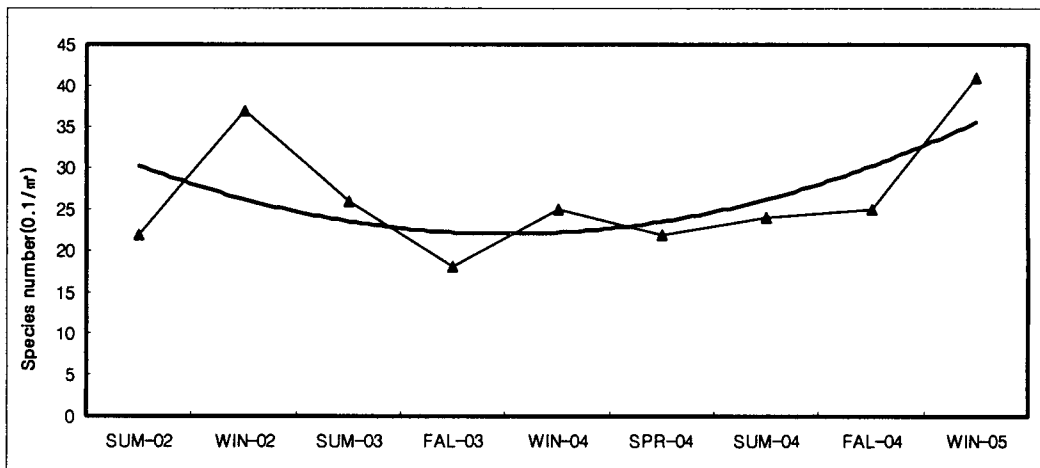
그림 2-2-77. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 15).



(a)

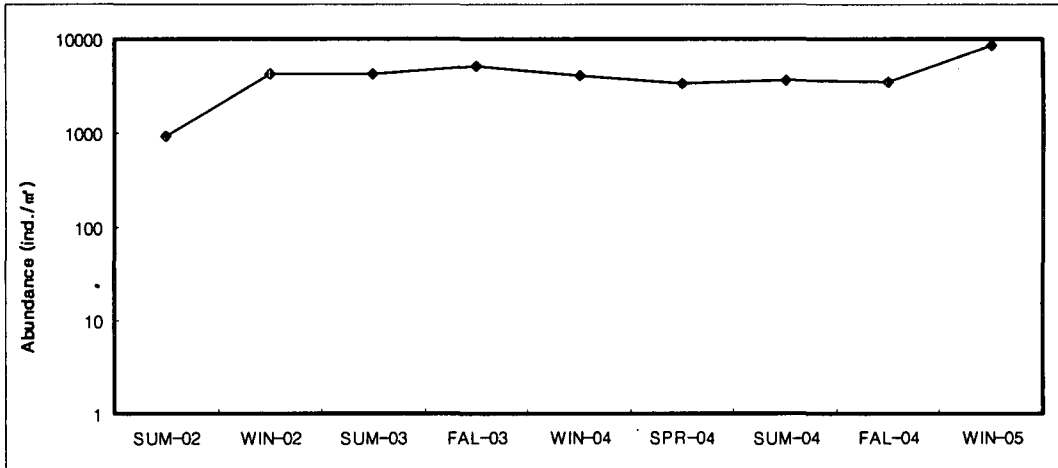


(b)

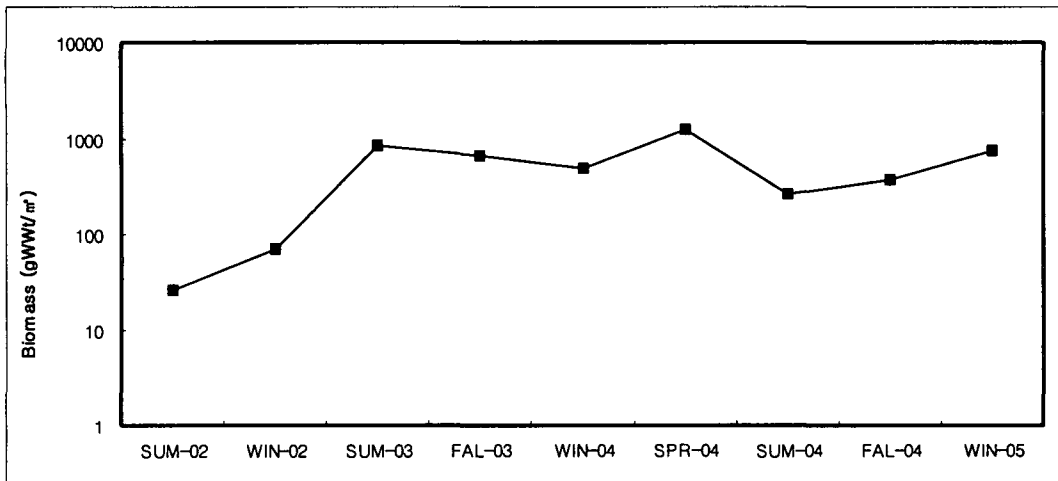


(c)

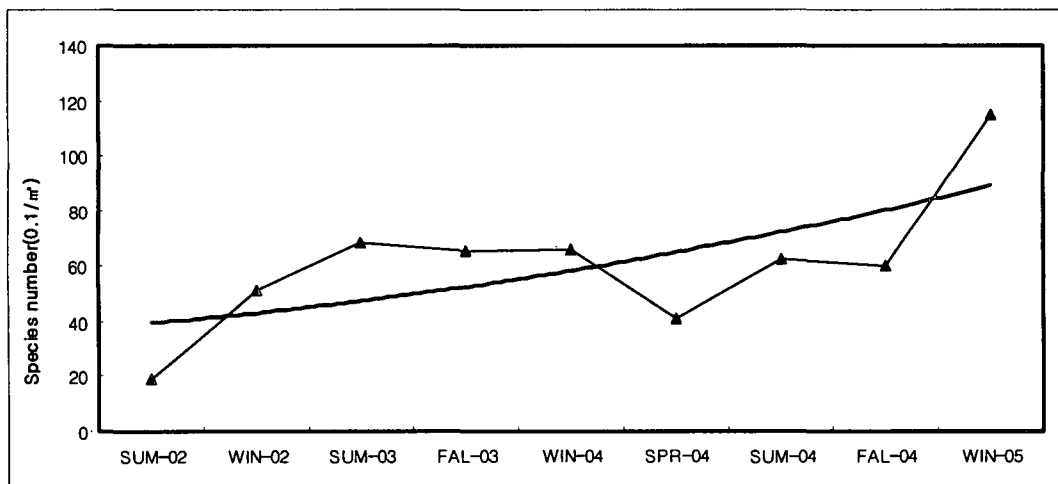
그림 2-2-78. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 17).



(a)

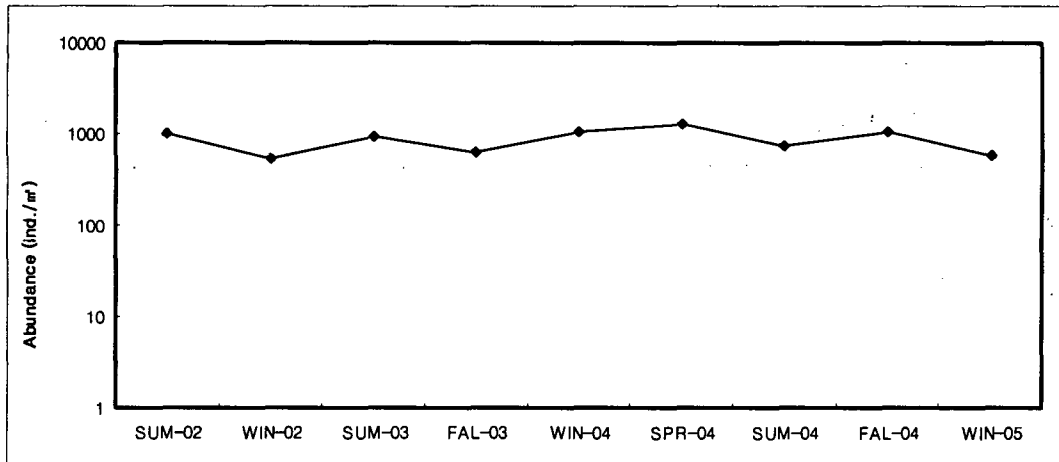


(b)

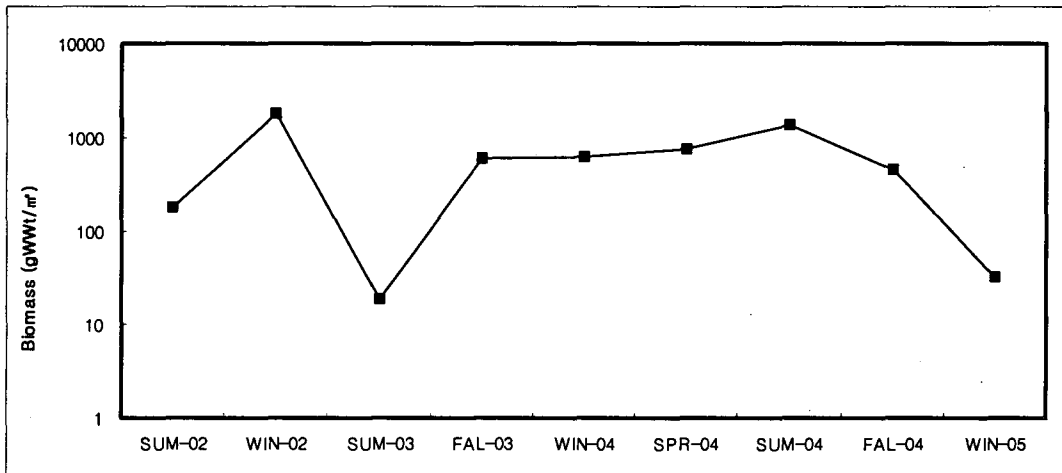


(c)

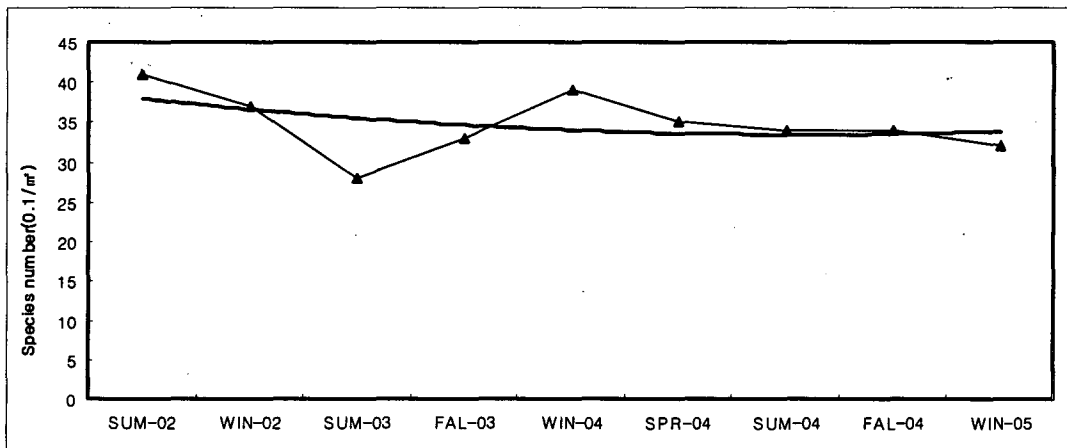
그림 2-2-79. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 18).



(a)



(b)



(c)

그림 2-2-80. 시간에 따른 저서동물의 (a) 개체수, (b) 생체량, (c) 종수의 변화(정점 20).

(6) 저서동물 군집구조 분석

(가) 주성분분석

본 해역의 대형저서동물군집은 총 476 종에 이르는 생물종으로 이루어진 복잡한 생태계이므로 해역 전반에 걸쳐 군집구조를 직관적으로 이해하기 위하여 다변량 분석기법이 사용되었다.

주성분분석(principal component analysis)을 통해 57개 정점에서 출현한 476종의 생물 변수 사이에 특정 관계를 성립하게 하는 공통인자(주성분)를 찾아내어 변수를 축약하였다. 제1주성분(Axis 1)과 제2주성분(Axis 2)은 전체 데이터의 52%를 설명하는 것으로 나타났다으며, 그 중에서 인자 부하량의 절대치가 큰(여기서는 0.1 이상) 26개의 변수를 선별 제시하였다(표 2-2-37). 제1주성분의 상위에 적재되어있는 생물 가운데 실타래갯지렁이류 *Tharyx* spp., 송곳갯지렁이류 *Lumbrineris longifolia*, 버들갯지렁이류 *Mediomastus californiensis*, *Heteromastus filiformis*와 아기반투명조개 *Theora fragilis*는 유기물공급이 과다한(organic enrichment) 환경에서 전형적으로 출현하는 저서동물이므로(신, 2001; Pearson and Rogenberg, 1978), 조사해역의 일부 저서환경은 유기물축적이 과다할 것으로 추정된다.

주성분분석을 통해 대형저서동물의 시공간적 분포양상을 살펴본 결과, 그림 2-2-81과 같이 3개의 유사그룹으로 구분되었다. 정점군 A는 퇴적물의 입자가 조립한 정점 8, 11, 18 정점으로 구성되었으며, high diversity(105 ± 26 종/ m^2), high density($8,237 \pm 3,097$ 개체/ m^2)의 특징을 보였다. 정점군 B는 모두 잘피밭 정점들로 구성되어 있어서, 잘피밭의 저서동물군집 구조가 기타 정점들과는 뚜렷하게 차별화되는 것을 알 수 있었다. 잘피밭 정점군은 수심이 낮은 특징을 가지며, 평균종수는 69 ± 15 종/ m^2 , 평균밀도는 $6,751 \pm 2,008$ 개체/ m^2 였다. 또한 실타래갯지렁이류 *Tharyx* spp.와 송곳갯지렁이류 *Lumbrineris longifolia*, 아기반투명조개 *Theora fragilis*, 단각류 *Cerapus tubularis*, 고등류 *Hamalopoma* sp.의 고밀도 출현이 특징적이었다(그림 2-2-82). 나머지 정점들은 low diversity(36 ± 10 종/ m^2)와 low density($1,388$ 개체 ± 712 개체/ m^2)의 유사한 군집특성을 보여 하나의 유사 생물군(그룹 C)으로 구별되었다.

3개의 집단으로 구분되는 이러한 결과는 생물변수 사이의 유사성을 수상도를 통해 시각적으로 표현해주는 집괴분석(cluster analysis)의 결과와도 일치 한다. 그림 2-2-83을 보면, 정점 8, 11, 18이 하나의 정점군 A를 이루고, 잘피밭 정점군이 그룹B를, 나머지 정점군이 그룹C를 형성하고 있다.

표 2-2-37. 주성분분석을 이용한 저서동물군집 변수의 축약

주성분분석				
Imported data				
Analysing 475 variables x 57 cases				
Data square-root transformed				
Tolerance of eigen analysis set at 1E-7				
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	1303.82	513.348	318.784	174.992
Percentage	37.275	14.676	9.114	5.003
Cum. Percentage	37.275	51.951	61.065	66.067
PCA variable loadings				
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
<i>Tharyx</i> spp.	0.314	0.123	0.159	-0.151
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0.295	0.438	-0.169	0.041
<i>Mediomastus californiensis</i>	0.28	-0.116	-0.021	-0.29
<i>Theora fragilis</i>	0.233	0.405	-0.04	0.071
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0.202	-0.146	0.166	0.067
<i>Gammaropsis</i> spp.	0.168	-0.112	-0.166	0.084
<i>Glycera chirori</i>	0.157	-0.028	0.059	0.006
<i>Magelona japonica</i>	0.153	0.005	0.512	0.325
<i>Galathowenia</i> sp.	0.152	-0.045	0.08	0.045
<i>Amphioplus megapomus</i>	0.141	-0.072	-0.014	-0.06
<i>Cerapus tubularis</i>	0.138	0.366	-0.139	-0.039
<i>Chone teres</i>	0.138	-0.075	-0.105	-0.001
<i>Sigambra tentaculata</i>	0.136	-0.028	0.139	-0.16
<i>Homalopoma</i> sp.	0.13	0.306	-0.1	-0.063
<i>Amphitritinae</i> spp.	0.119	-0.055	-0.022	-0.115
Syllidae spp.	0.119	-0.034	-0.061	-0.027
<i>Corophium</i> spp.	0.118	-0.141	-0.093	0.053
<i>Musculus laevigatus</i>	0.117	-0.138	-0.205	0.27
<i>Cyathura higoensis</i>	0.116	-0.014	-0.117	0.058
<i>Lygdamis giardi</i>	0.116	-0.148	-0.065	-0.119
<i>Amphicteis gunneri</i>	0.112	-0.136	-0.098	0.082
<i>Cirrophorus armatus</i>	0.112	-0.115	0.141	-0.277
<i>Heteromastus filiformi</i>	0.112	0.029	0.162	-0.007
<i>Amaeana occidentalis</i>	0.107	-0.051	0.029	-0.054
<i>Chaetozone setosa</i>	0.105	-0.042	0.039	-0.09
<i>Leptomya minuta</i>	0.104	-0.122	-0.175	0.265

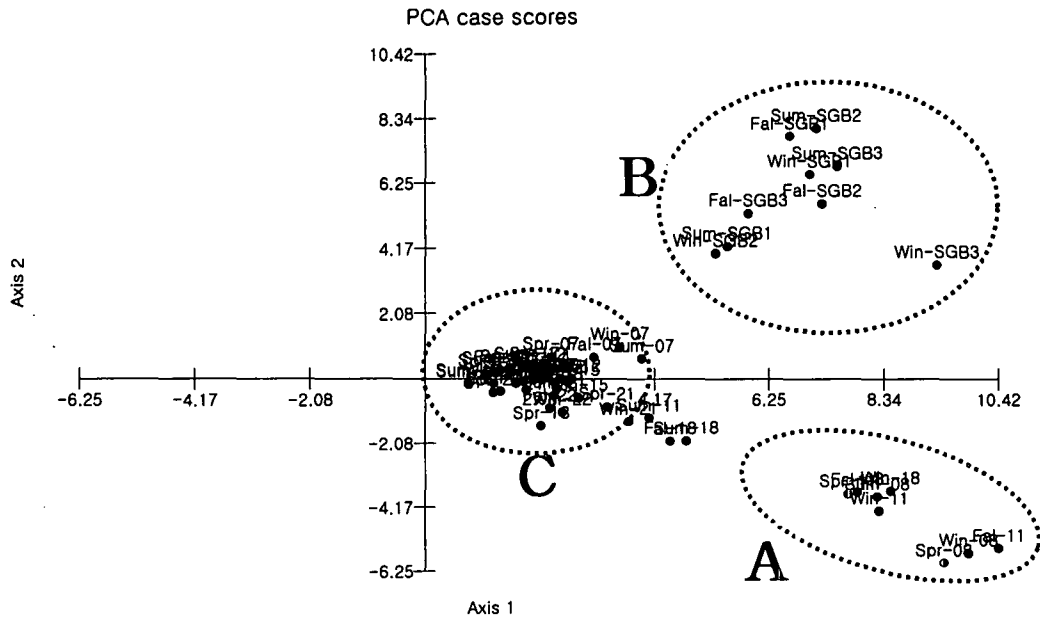


그림 2-2-81. 주성분분석(PCA)을 통해 3개의 군집으로 구분된 전남바다목장해역의 대형저서동물군집.

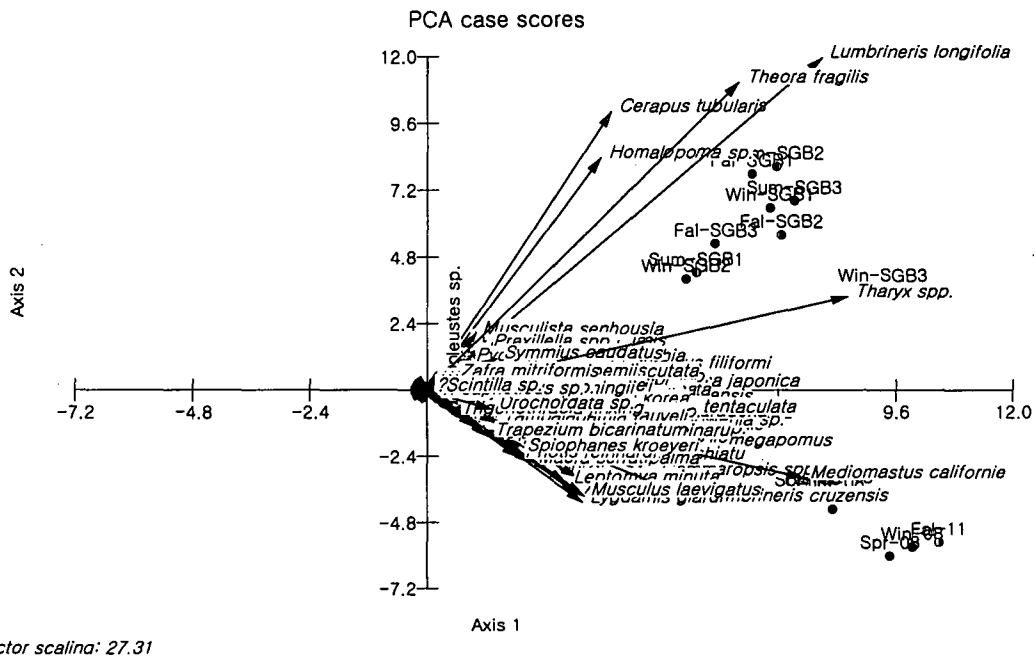


그림 2-2-82. 출현종과 정점군 사이의 관계를 보여주는 주성분분석 이종도표.

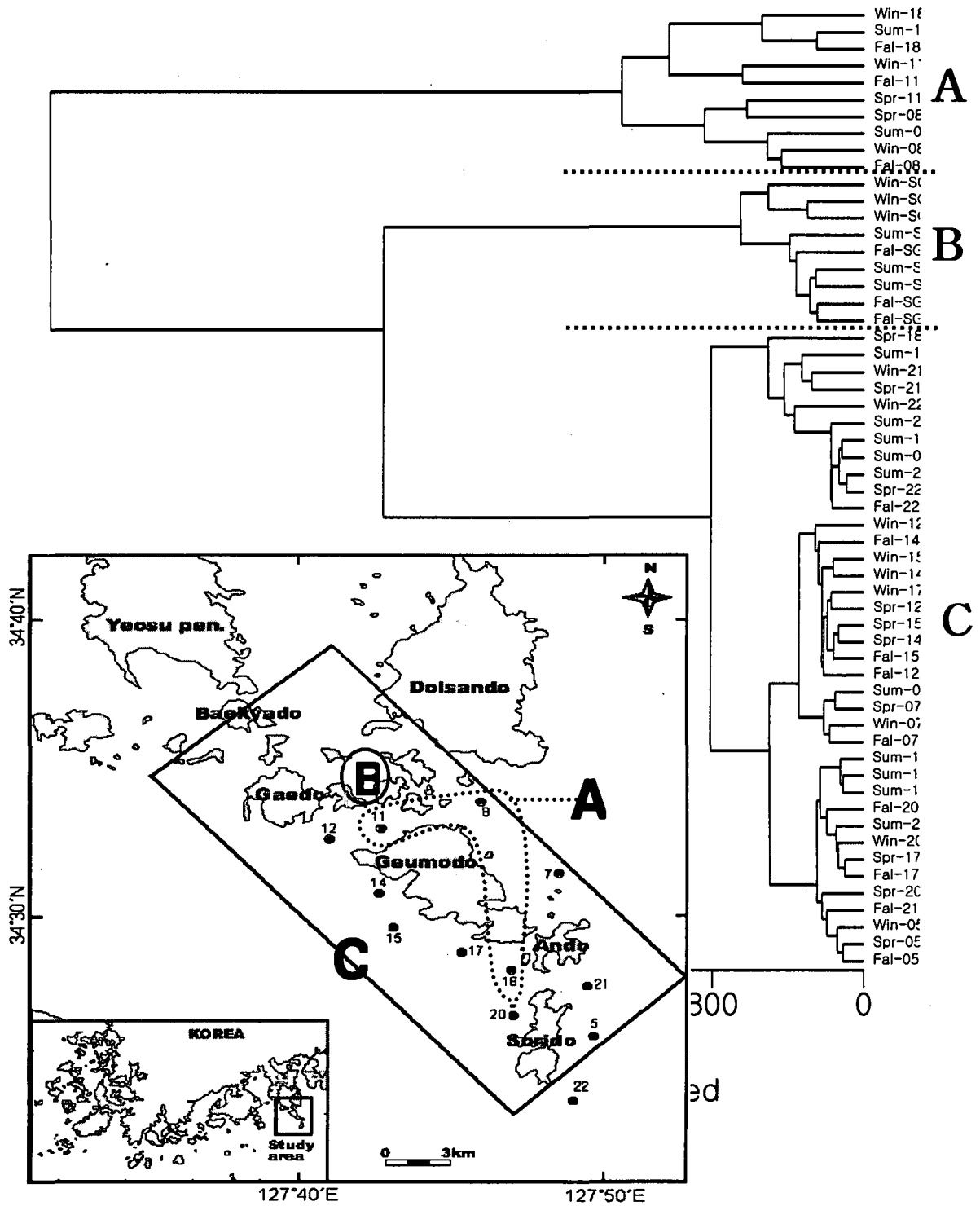


그림 2-2-83. 집괴분석 결과 3개 집단으로 구분된 전남바다목장 해역의 대형저서동물 군집.

(나) 환경요인과의 관계(정준대응분석)

주성분분석을 통해 축약된 26개 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 5개의 환경변수는 수심(depth), 퇴적물 평균입자크기(mean grain size), 퇴적물 입자 분급도(sorting), 펄함량(mud content), 강열감량(IL)이며, 각 조사시기별 측정값을 표 2-2-38에 정리하였다.

분석결과 5개의 환경변수 가운데 생물분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 퇴적물의 펄함량과 수심으로 나타났다(표 2-2-39). 대응분석그림(그림 2-2-84)을 보면 저서동물군집은 제1축(횡축)의 영향력에 따라 크게 우측의 정점군(정점 8, 11, 18)과 좌측의 나머지 정점군으로 구별되며, 이러한 결과는 일차적으로 퇴적물의 펄함량(mud content)과 대응함을 알 수 있다. 우측 정점군은 펄함량이 작은 특성을 보였다. 생물분포는 이차적으로 제2축(종축)의 영향력에 따라 상하로 나뉘었는데, 수심의 영향이 크게 작용한 것으로 나타났다. 즉 종축의 하부에 상대적으로 수심이 낮은 잘피밭 정점들이(SGB) 군집을 형성하고 있으며, 나머지 정점군들은 주로 종축의 상부에 배열되었다.

(다) 우점종 조성 및 밀도의 변화

전남 다도해형 바다목장 해역의 조하대에 서식하는 대형저서동물 가운데 상위 우점종의 조성 및 이들의 밀도변화를 고찰하였다. 2002년 하계조사부터 2004년 동계조사까지 총 9회의 조사가 있었으나 조사정점의 변동이 있었기 때문에 모든 시기에 대하여 조사가 이루어진 공통정점 7개(정점 11, 12, 14, 15, 17, 18, 20)의 자료를 분석하였다. 우점종의 종 조성은 지난 3년간 크게 달라지지 않았다. 계절적 변동성을 배제하기 위해 여름철 조사결과만 비교해 보았을 때, 최상위 그룹을 형성하는 갯지렁이 7종(*Tharyx* spp., *Cirrophorus armatus*, *Magelona japonica*, *Sigambra tentaculata*, *Lumbrineris cruzensis*, *Sternaspis scutata*, *Mediomastus californiensis*)의 밀도는 다소 변화가 있었으나 이들은 항상 상위 10위에 속해 있었다(표 2-2-40). 매 조사시기마다 상위 우점종으로 분류되는 생물 가운데 신타래갯지렁이류 *Tharyx* spp., 송곳갯지렁이류 *Lumbrineris* spp., 버들갯지렁이류 *Mediomastus californiensis*, *Heteromastus filiformis*는 유기물 공급이 과다한(organic enrichment) 환경에서 전형적으로 출현하는 저서동물이므로(신, 2001; Pearson and Rogenberg, 1978) 조사해역의 저서환경은 전반적으로 유기물이 매우 풍부한 환경으로 추정된다. 따라서 앞으로 심화될지 모르는

유기물오염의 지표로서 이들의 밀도를 지속적 예찰해야 할 필요가 있으며, 향후 바다목장 사업의 과정에서 가두리양식과 같이 직접적으로 저층의 유기물오염을 가중시키는 방법은 재고되어야 할 것으로 보인다. 지난 3년간 상위 우점종의 개별 밀도는 다소간의 변동을 제외하면 급격한 증가 또는 감소 경향이 나타나지 않았다(표 2-2-41, 그림 2-2-85). 따라서 우점종의 종조성과 밀도변화 측면에서 볼 때, 전반적으로 전남바다목장 해역의 저서생태계는 큰 변화 없이 안정적으로 유지되고 있다고 판단된다.

(7) 바다목장 생태계의 건강도(ISEP index의 적용)

저서동물군집의 밀도 및 생체량의 다양도 비율을 이용하여 추정된 바다목장 주변 해역 생태계의 건강도(ISEP index)를 그림 2-2-86에 나타내었다. 그림 2-2-86의 상단은 조사 시기, 즉 월별 ISEP 등급을 나타낸 것이다. 2002년 하계부터 2005년 동계까지의 9차례 조사 결과에 대한 평가에서 ISEP 값과 등급은 안정적인 경향을 나타내었다. 2002년 하계부터 2004년 춘계까지 B+ 등급이 추정되었으며, 2004년 하계에 C+ 등급이 관찰되었으나 이후의 두 차례 조사에서 A0 등급이 추정되었다. C+ 등급은 전국 연안에서 관찰된 ISEP 평균값의 중위수 이상의 값에 해당하며 A0와 B+ 등급은 각각 상위 80과 70 분위수 이상의 값에 해당하는 것이다.

그림 2-2-86의 하단은 연도별 바다목장 주변 해역의 ISEP 등급을 나타낸 것이다. 2002년부터 2004년까지의 3개 연도별로 ISEP 평균값과 등급을 추정한 결과 역시 안정적인 경향을 나타내었다. 2002년과 2003년의 경우 표본 24개를 대상으로 분석한 결과 각각 B+ 등급이 추정되었으며, 2004년의 경우에는 ISEP의 평균이 이전 해와 동일한 수준이었으나 2배 이상의 개수의 표본에서 추정된 관계로 A0 등급인 것으로 평가되었다.

ISEP index를 이용하여 해역을 평가한 결과 바다목장 대상 해역의 건강한 정도는 전국 연안역의 상위 70 분위수 이상에 해당하는, 비교적 양호한 상태인 것으로 판단되었다. 조사 시기별과 연도별 평가 결과는 대체로 동일한 것으로 볼 수 있었으며, 조사 기간 중 전반부보다는 후반부에서 좀더 건강한 상태를 지시하는 ISEP 값이 관찰되었다. 현재로서는 이러한 변화를 유발한 요인을 제시할 수는 없으나 이는 앞서 일관성이 유지된 정점에서 관찰된 출현 종수와 생체량의 증가 그리고 오염 지시종이 뚜렷한 증가 추세를 나타내지 않은 현상 등과도 관련 있을 것으로 판단된다.

표 2-2-38. 정준대응분석에 사용된 환경변수(정점SGB는 잘피밭 정점을 의미함)

계절 및 정점	수심(m)	평균입도(Ø)	Sorting value(Ø)	Mud 함량(%)	Ignition Loss(%)
Spr-05	36.3	7.12	1.65	98.39	6.35
Spr-07	24.5	5.67	1.5	97.13	9.05
Spr-08	17.2	1.28	2.29	32.95	11.39
Spr-11	30	2.32	3.39	46.24	8.78
Spr-12	19.7	4.91	0.97	95.6	7.78
Spr-14	21.5	5.98	1.42	95.47	7.89
Spr-15	29.4	5.39	1.54	96.87	6.25
Spr-17	37.2	6.67	1.45	99.21	8.16
Spr-18	34.5	6.06	1.96	88.12	13.02
Spr-20	29	7.21	1.16	99.85	12.23
Spr-21	40	5.89	2.27	79.12	11.55
Spr-22	59	4.65	2.68	79.83	11.31
Sum-05	33	7.55	2.23	98.95	7.68
Sum-07	24	4.91	1.43	95.85	6.8
Sum-08	16	6.28	3.29	79.35	14.71
Sum-11	30	4.51	3.49	69.15	4.6
Sum-12	18	4.87	1.42	98.21	5.05
Sum-14	19	4.74	1.21	93.13	5.63
Sum-15	26	4.73	1.75	95	3.29
Sum-17	34	7.47	1.74	99.16	8.15
Sum-18	31	1.82	4.72	45.12	8.94
Sum-20	26	7.29	2.12	98.68	8.01
Sum-21	38	4.69	2.66	72.57	8.79
Sum-22	58	6.87	4.11	75.41	7.7
Sum-SGB1	1.5	4.95	2.2	98.76	5.88
Sum-SGB2	1.5	5.06	1.24	98.87	4.96
Sum-SGB3	15	6.21	1.97	97.67	5.64
Fal-05	36.6	6.8	1.32	99.29	7.11
Fal-07	26.8	6.35	1.29	96.55	7.32
Fal-08	18.9	0.62	3.54	31.35	8.29
Fal-11	30.5	0.16	3.34	32.11	6.64
Fal-12	17.9	6.41	0.93	96.37	4.58
Fal-14	20.1	6.16	1.85	90.25	2.94
Fal-15	28	5.58	1.67	93.97	1.24
Fal-17	36	6.44	0.62	99.5	4.57
Fal-18	33	1.98	3.37	44.83	5.09
Fal-20	28.5	6.5	0.7	99.55	3.76
Fal-21	41	6.43	1.51	89.28	4.46
Fal-22	59.6	1.7	3.37	47.1	3.08
Fal-SGB1	1.5	6.37	1.16	98.61	4.31
Fal-SGB2	1.5	6.42	1.15	97.65	6.26
Fal-SGB3	15	6.34	1.42	98.66	6.34

표 2-2-39. 정준대응분석을 통한 저서동물군집의 주요 환경변수 파악

정준대응분석

Analysing 5 variables x 42 cases

Data log(e) transformed

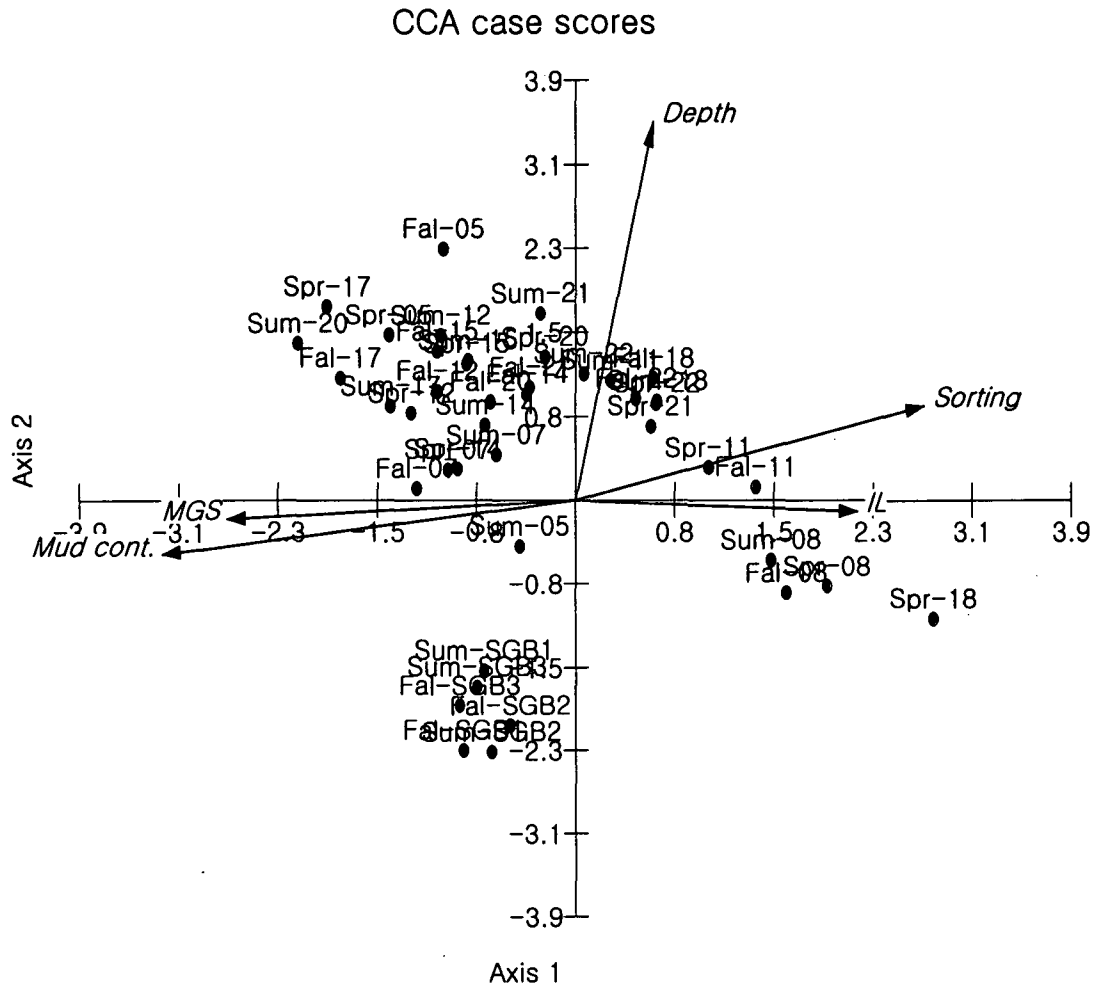
Tolerance of eigenanalysis set at 1E-7

Variable	Weighted mean	Weighted SD	Inflation Factor
Depth	24.327	13.765	1.333
MGS	4.598	2.224	12.255
Sorting	2.248	1.034	3.049
Mud cont.	77.18	25.661	16.993
IL	7.288	2.992	1.504

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.207	0.145	0.056
Percentage	17.74	12.408	4.785
Cum. Percentage	17.74	30.148	34.933
Cum.Constr.Percentage	47.538	80.787	93.61
Spec.-env. correlations	0.91	0.784	0.78

Biplot scores for env. variables

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Depth	0.171	0.982	0.03
MGS	-0.765	-0.05	-0.205
Sorting	0.765	0.246	0.582
Mud cont.	-0.907	-0.141	-0.17
IL	0.619	-0.03	-0.406



Vector scaling: 3.55

그림 2-2-84. 대형저서동물군집의 시공간분포와 환경요인과의 대응관계
 (MGS: 퇴적물 평균입자크기, Sorting: 분급도, IL: 강열감량, Depth: 수심, Mud cont.: 니질함량).

표 2-2-40. 전남바다목장 해역의 7개 공통 정점에서 조사된 대형저서동물의 여름철 상위 우점종

조사시기	순위	분류군	종명	밀도(m ²)
2002년 하계	1	APol	<i>Tharyx</i> spp.	156
	2	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	140
	3	APol	<i>Magelona japonica</i>	131
	4	MBi	<i>Nitidotellina</i> sp.	63
	5	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	54
	6	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	49
	7	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	49
	8	EHo	<i>Paracaudina chilensis</i>	41
	9	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	37
	10	APol	<i>Pherusa plumosa</i>	36
2003년 하계	1	APol	<i>Magelona japonica</i>	230
	2	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	207
	3	APol	<i>Tharyx</i> spp.	200
	4	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	104
	5	MBi	<i>Moerella</i> sp.	79
	6	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	74
	7	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	71
	8	MBi	<i>Theora fragilis</i>	69
	9	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	59
	10	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	59
2004년 하계	1	APol	<i>Magelona japonica</i>	180
	2	APol	<i>Tharyx</i> spp.	129
	3	APol	<i>Cirrophorus armatus</i>	109
	4	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	100
	5	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	84
	6	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	74
	7	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	71
	8	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	64
	9	APol	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	50
	10	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	43

표 2-2-41. 전남바다목장 해역의 7개 공통 정점에서 조사된 대형저서동물 우점종의 밀도 변화(단위: 개체/㎡)

	종명	Tax.	SUM-02	WIN-02	SUM-03	FAL-03	WIN-04	SPR-04	SUM-04	FAL-04	WIN-05
1	<i>Tharyx</i> spp.	APol	156	407	200	451	351	97	129	97	159
2	<i>Magelona japonica</i>	APol	131	251	230	186	284	149	180	163	164
3	<i>Mediomastus californiensis</i>	APol	37	179	59	54	57	47	71	293	169
4	<i>Cirrophorus armatus</i>	APol	140	0	74	104	91	26	109	93	159
5	<i>Sigambra tentaculata</i>	APol	54	136	71	59	69	24	84	76	64
6	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	APol	49	57	59	34	53	53	100	87	89
7	<i>Moerella</i> sp.	MBi	0	26	79	101	113	116	17	54	50
8	<i>Amphioplus megapomus</i>	EOp	0	0	207	80	40	117	43	21	21
9	<i>Sternaspis scutata</i>	APol	49	17	104	20	64	44	64	20	37
10	<i>Cirrophorus branchiatus</i>	APol	3	87	36	19	19	34	50	60	97
11	<i>Heteromastus filiformis</i>	APol	33	110	14	44	49	49	36	37	31
12	<i>Theora fragilis</i>	MBi	23	57	69	81	86	13	19	9	21
13	<i>Ophiothrix exigua</i>	EOp	0	0	6	36	41	121	74	31	59
14	<i>Galathowenia</i> sp.	APol	0	29	6	7	7	11	3	97	179
15	<i>Chaetozone setosa</i>	APol	19	27	56	77	36	14	20	19	61
16	<i>Eriopisella sechellensis</i>	CAm	7	53	36	51	51	44	3	34	49
17	<i>Glycera chirori</i>	APol	23	41	19	27	30	36	19	49	37
18	<i>Paralacydonia paradoxa</i>	APol	13	44	41	46	14	37	11	26	23
19	<i>Raetellops pulchella</i>	MBi	6	60	7	11	46	16	0	24	80
20	<i>Ampharete arctica</i>	APol	7	43	24	57	16	20	1	37	39
21	<i>Paraprionospio pinnata</i>	APol	6	60	14	11	17	10	20	44	57
22	<i>Chrysopetalum occidentale</i>	APol	23	23	39	11	3	7	14	74	33
23	<i>Photis reinhardi</i>	CAm	9	11	0	10	0	149	0	0	36
24	<i>Nitidotellina</i> sp.	MBi	63	67	1	16	9	20	6	9	17

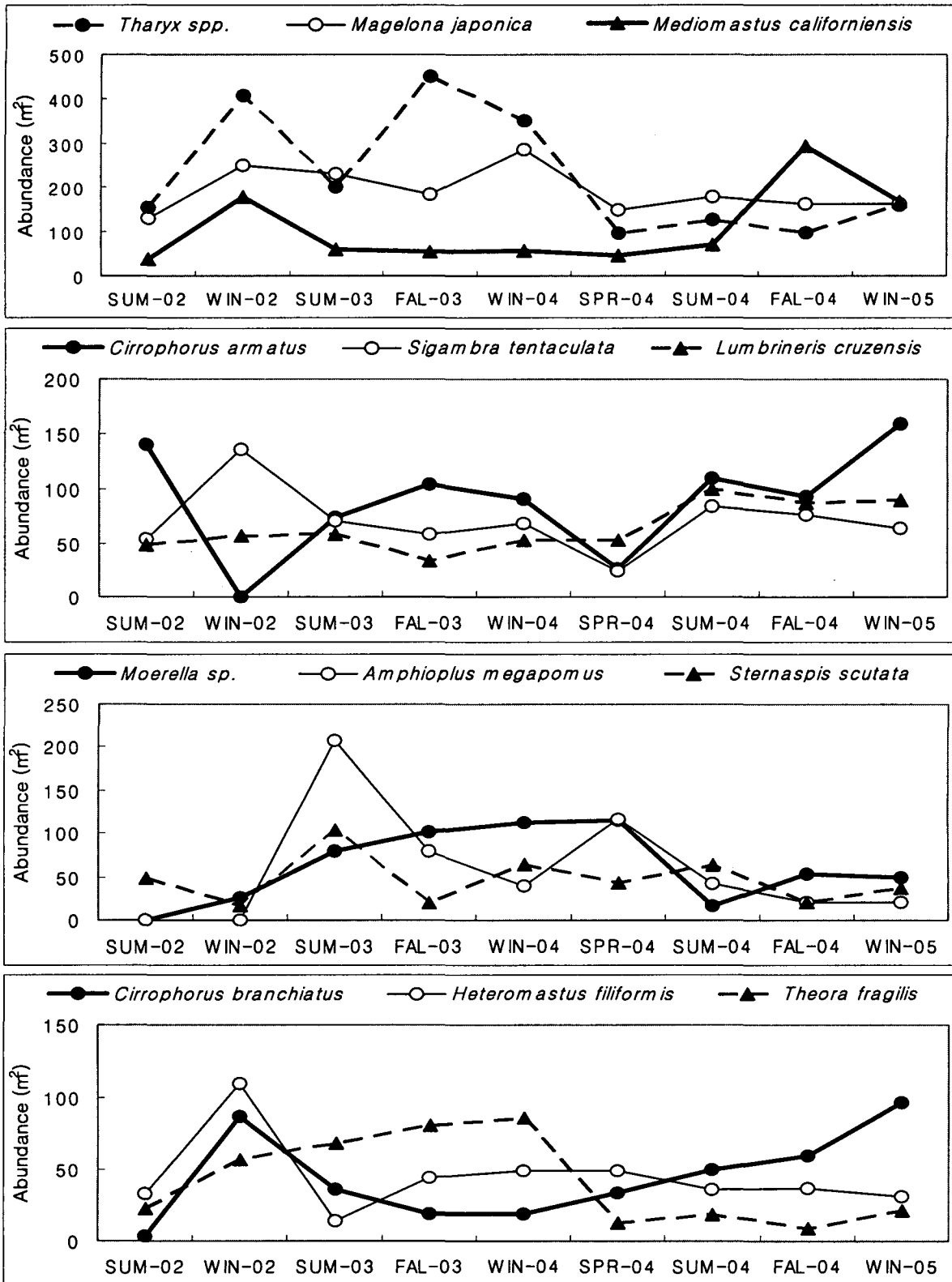


그림 2-2-85. 전남바다목장 해역에서 대형저서동물 상위 우점종의 밀도변화.

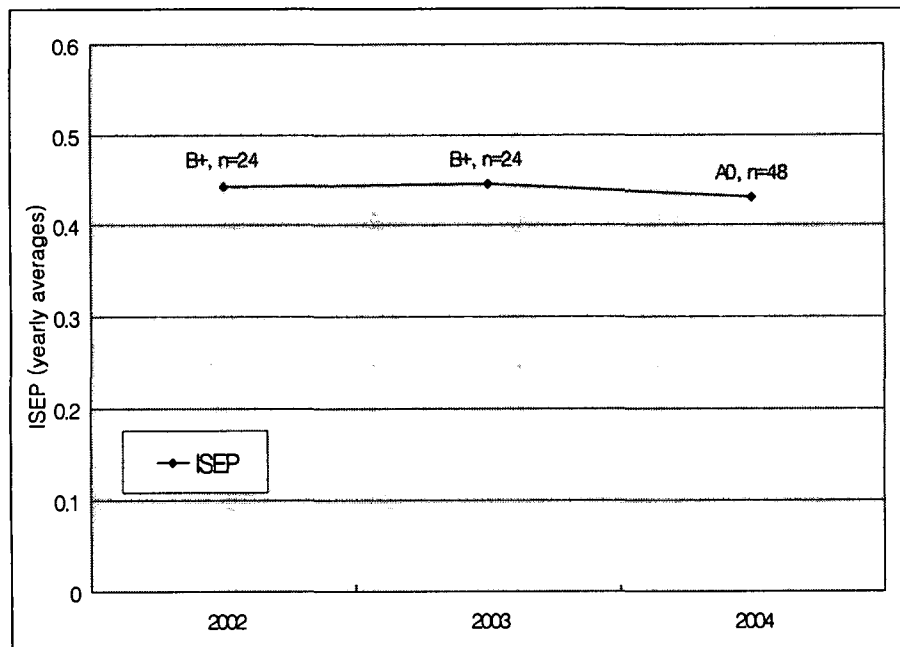
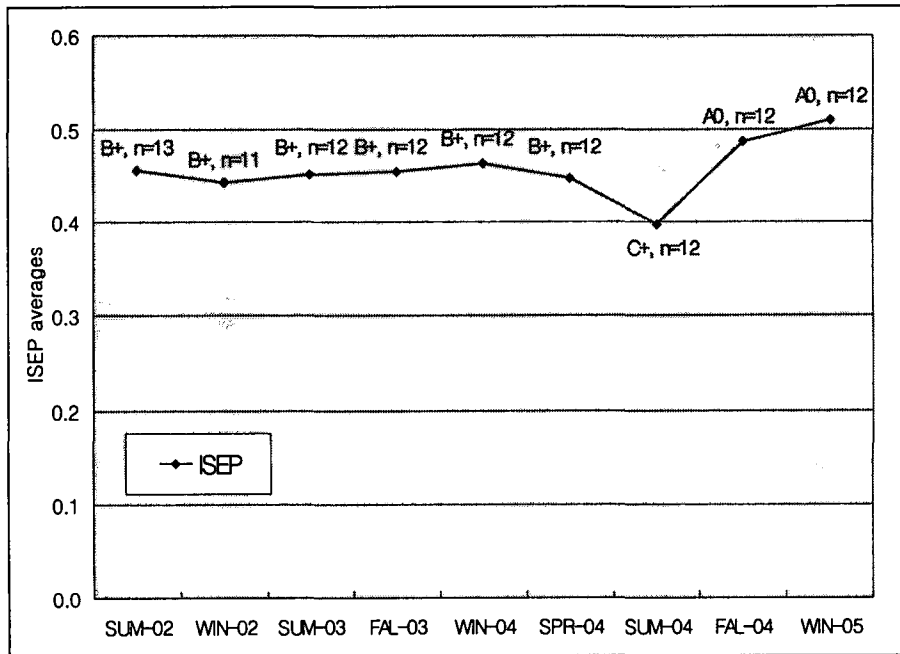


그림 2-2-86. 조사 시기별(위) 그리고 연도별(아래) ISEP index의 평균과 등급.

(8) 저서동물 군집의 2차 생산력

(가) 저서군집 2차 생산력의 분포

2004년 4월, 9월, 12월 그리고 2005년 3월의 4회 조사가 이루어진 정점 5부터 22까지의 기존 12개 정점과 2004년 9월부터 추가로 조사가 수행된 3개 정점의 해초서식처(SGB 1~3)의 군집 자료를 바탕으로 2차 생산량을 추정된 결과를 그림 2-2-87에 나타내었다. 추

정된 생산력 (P)의 정점별 분포는 2.327~63.177gAFDW m²y⁻¹의 범위로 정점 간 차이가 매우 큰 것으로 나타났으며, 17.985gAFDW m²y⁻¹의 평균값을 나타냈다. 지역별로는 안도 근처의 정점 18에서 가장 높은 값을 기록하였으며(63.177gAFDW m²y⁻¹) 금오도와 개도 사이의 정점 8과 11에서도 40gAFDW m²y⁻¹ 이상의 높은 생산력이 관찰되었다. 이들을 제외한 나머지 지역들의 생산력 추정치는 2.327~23.207gAFDW m²y⁻¹의 범위를 보였으며, 평균 9.946gAFDW m²y⁻¹로 위에 언급된 정점들에 비하여 현저히 낮은 생산력 분포를 나타냈다. 한편, 해초서식처의 생산력은 나머지 지역의 평균값에 비하여 미미하게 높은 것으로 추정되었다. 결과적으로 해초서식처의 생산력은 정점 8, 11 그리고 18이 포함된 높은 생산력의 정점군과 이들을 제외한 나머지 낮은 생산력의 정점군의 중간 수준에 위치하는 것으로 나타났다. 생산력 추정치의 각 지역별 분포는 그림 2-2-88에 제시하였다.

앞서 Thomas Brey(1990)의 모형을 통하여 추정된 생산력(P) 값은 조사 기간동안 관찰된 모든 개체군의 생산력 추정치를 합산한 값이다. 따라서 생산력 값은 해당 지역 저서동물 군집의 종 구성을 반영한다. 그렇다면 본 연구 지역의 생산력에는 어떤 종들이 기여했으며, 이들은 지역별로 어떤 분포 특성을 보였는지 살펴보았다. 표 2-2-42에 추정된 생산력 합산 값이 총 생산력의 1% 이상을 차지한 종의 목록을 제시하였다. 1% 이상의 생산력 비중을 나타낸 종은 총 23종이었으며, 이들은 총 생산력의 약 66%의 비중을 차지하였다.

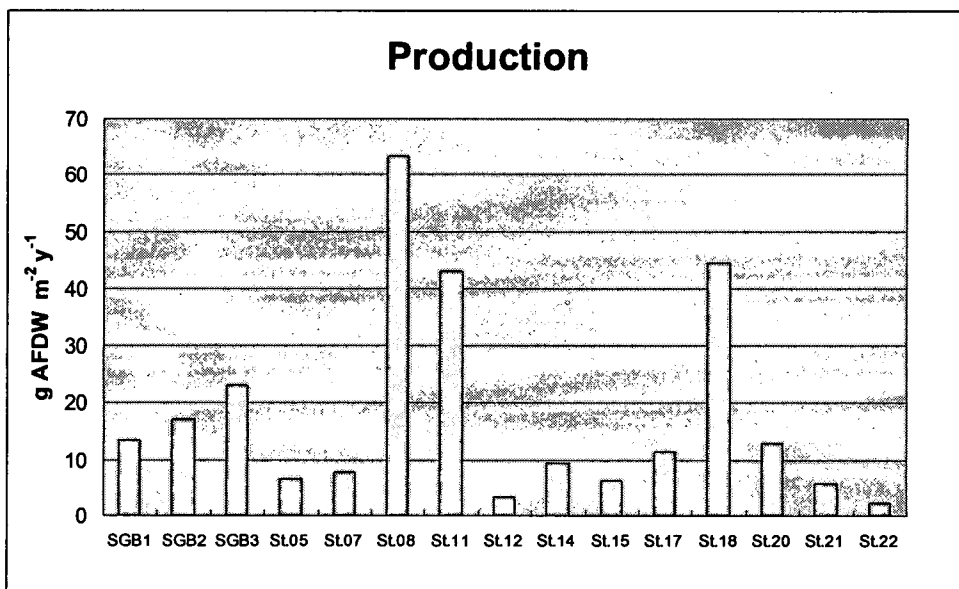


그림 2-2-87. 조사 해역 대형 저서동물 군집의 2차 생산력(2004년 4월~2005년 3월).

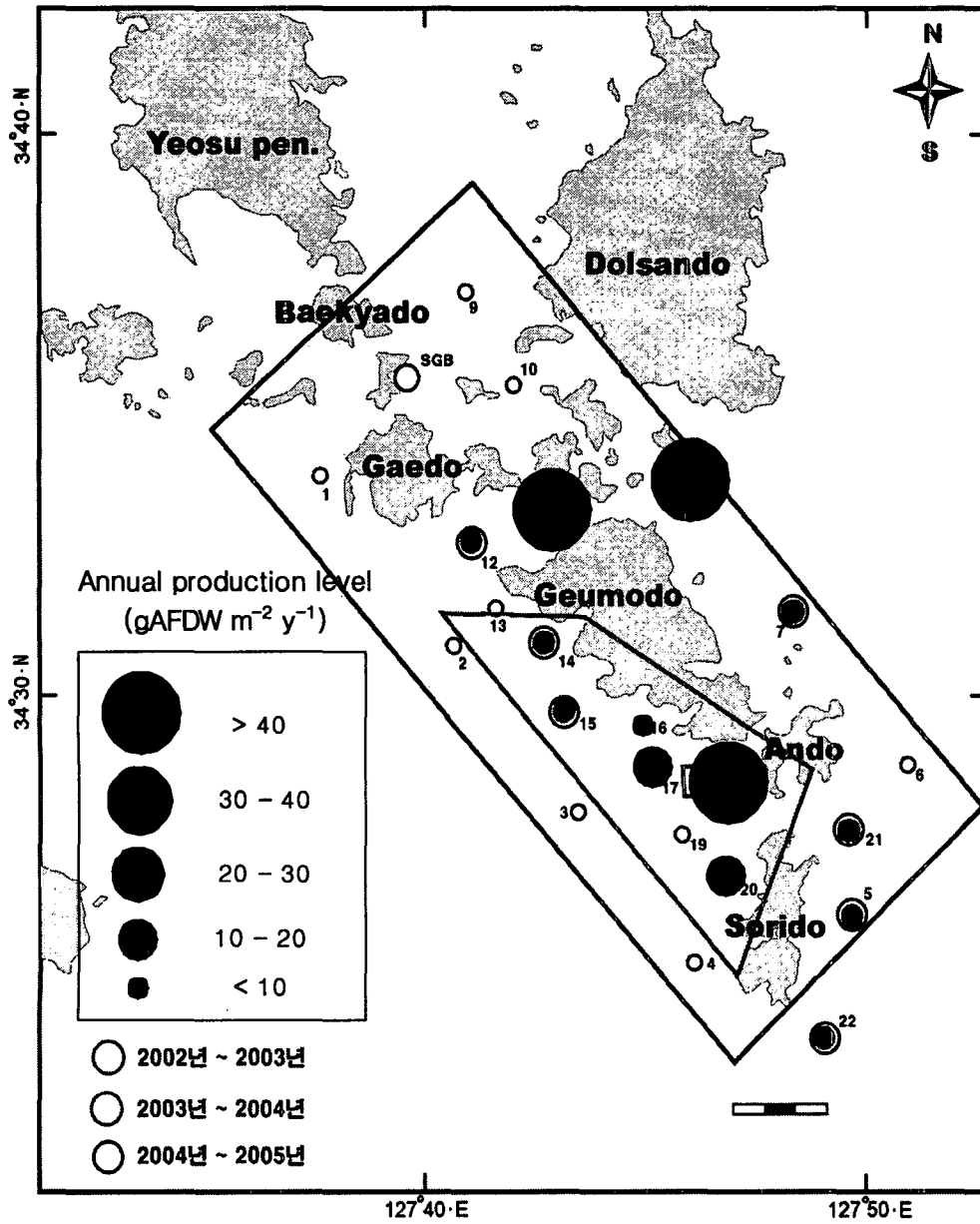


그림 2-2-88. 정점별 대형저서동물 연간생산력(2004년 4월~2005년 3월).

표 2-2-42. 조사해역에서 관찰된 저서동물 출현종의 생산력 기여도 순위

Rank	분류군	종명	Total(gAFDW)	%
1	APol	Amphitritinae spp.	17.205	6.38
2	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	15.664	5.81
3	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	14.893	5.52
4	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	13.639	5.06
5	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	13.218	4.90
6	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	12.863	4.77
7	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	11.281	4.18
8	APol	<i>Pherusa parmata</i>	7.945	2.94
9	MBi	<i>Atrina pinnata japonica</i>	7.400	2.74
10	APol	<i>Glycera chirori</i>	7.250	2.69
11	APol	<i>Magelona japonica</i>	6.906	2.56
12	EHo	<i>Phyllophorus hypsipyrga</i>	6.167	2.29
13	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	5.237	1.94
14	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	5.210	1.93
15	EOp	<i>Amphioplus megapomus</i>	4.757	1.76
16	Others	<i>Lineus</i> spp.	4.144	1.54
17	APol	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	4.067	1.51
18	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	4.060	1.50
19	APol	<i>Diopatra sugokai</i>	3.756	1.39
20	APol	<i>Tharyx</i> spp.	3.530	1.31
21	MBi	<i>Moerella</i> sp.	3.233	1.20
22	APol	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	3.035	1.13
23	APol	<i>Cistenides okudai</i>	2.969	1.10

전반적으로 환형동물의 다모류(APol)의 비중이 큰 것으로 나타났으며, 극피동물의 거미불가사리류(EOp)와 성게류(EEc) 및 연체동물의 복족류(MGs)와 이매패류(MBi) 역시 높은 기여도를 나타냈다. 가장 높은 생산력을 기록한 종은 다모류(APol)의 *Amphitritinae* spp.로 나타났으며, 이들은 조사 기간동안 총 17.205gAFDW의 생산량으로 6.4%의 비중을 나타냈다. 그러나 단일종으로 가장 높은 생산력을 보인 종은 거미불가사리류(EOp)의

Ophiothrix exigua(짧은가시거미불가사리)로 총 15.664gAFDW, 5.8%의 비중을 차지하였다. 또한, 다모류(APol)의 *Lumbrineris longifolia*(14.893gAFDW), *Amphicteis gunneri*(13.639gAFDW)와 *Lygdamis giardi*(13.218gAFDW) 등은 각각 5.5%, 5.1%, 4.9%의 비중을 나타냈다. 이외에도 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*는 4.8%(12.863gAFDW), 복족류(MGs)의 *Homalopoma sp.*는 4.2%(11.281gAFDW)의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 이들은 대부분 본 해역의 개체수 우점군이며, 일반적으로 개체 당 생체량이 높은 공통점을 가지고 있다. 또한 분포의 특성상, 특정 지역에서 매우 높은 현존량을 나타내었다. 이들의 2차 생산력 분포를 정점별로 살펴보면 다음과 같다. Amphitritinae spp.는 돌산도와 금오도의 중간 수역인 정점 8과 금오도 북쪽의 정점 11, 안도 서쪽의 정점 18에서 높은 비중을 나타냈다. *Ophiothrix exigua*의 경우 정점 18에서 높은 비중을 차지하였으며, 해초서식처에서는 *Lumbrineris longifolia*와 *Homalopoma sp.*가 높은 비중을 나타냈다. 금오도 북쪽의 정점 8과 11에서는 *Amphicteis gunneri*와 *Lygdamis giardi*가 공통적으로 높은 비중을 차지하였으며, 금오도의 중서부에 위치한 정점 14와 소리도 주변의 정점 20과 21에서는 *Schizaster lacunosus*가 높은 비중을 나타냈다(그림 2-2-89).

3회의 조사에서 얻어진 저서군집 생산력(P)의 평균값의 차이를 그림 2-2-90에 나타냈으며, 시기 간 생산력의 차이에 대한 분산분석 결과를 표 2-2-43에 제시하였다. 1차 조사의 저서동물 생산력은 $7.87 \pm 5.27 \text{gAFDW m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 로 추정되었으며, 2차 조사에서는 $13.50 \pm 12.27 \text{gAFDW m}^{-2} \text{y}^{-1}$, 마지막 3차 조사에서는 $17.99 \pm 18.00 \text{gAFDW m}^{-2} \text{y}^{-1}$ 로 시간의 흐름에 따라 점차 증가되는 양상이 관찰되었다. 그러나 정점별 생산력의 분산 값이 크게 나타남으로서 통계학적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

저서군집의 2차 생산력 추정 결과, 다음과 같은 특징이 관찰되었다. 첫째, 본 조사에서 관찰된 연간 생산력 추정치는 Arias et al.(1994), Sprung(1994) 및 Mistri et al.(2001)의 연구에 비하여 평균적으로 유사한 수준이거나 다소 낮은 것으로 나타났으며, 지역별 편차는 월등히 큰 것으로 나타났다(표 2-2-44). Tumbiolo and Downing(1994)은 저서무척추동물의 2차 생산력이 먹이의 질 및 활용도와 긴밀한 연관성을 보이는 수심과 음의 상관관계에 있으며 수온이 높은 곳일수록 이러한 관계는 더욱 뚜렷한 것으로 보고하였다. 또한 석호의 조간대에서 저서동물의 2차 생산력을 연구한 Sprung(1994)은 펼갯벌보다 상대적으로 넓은 범위의 값을 보인 모래갯벌과 잘피밭의 생산력은 다양한 퇴적상의 존재로부터 야기된 것임을 보고하였다. 이와 같은 맥락에서 보았을 때, 깊은 수심의 조하대를 대상으로 한 본 연구에서 상대적으로 낮은 수준의 2차 생산력이 관찰된 것은 서식처의 특성으로부터 비롯된 것임을 암시하고 있으며, 추정된 생산력이 지역적으로 큰 편차를 보인 것은 지형적인 특성상 수로의 발달로 말미암아 다양한 퇴적상이 존재함으로써 야기된 현상으로 추정된다.

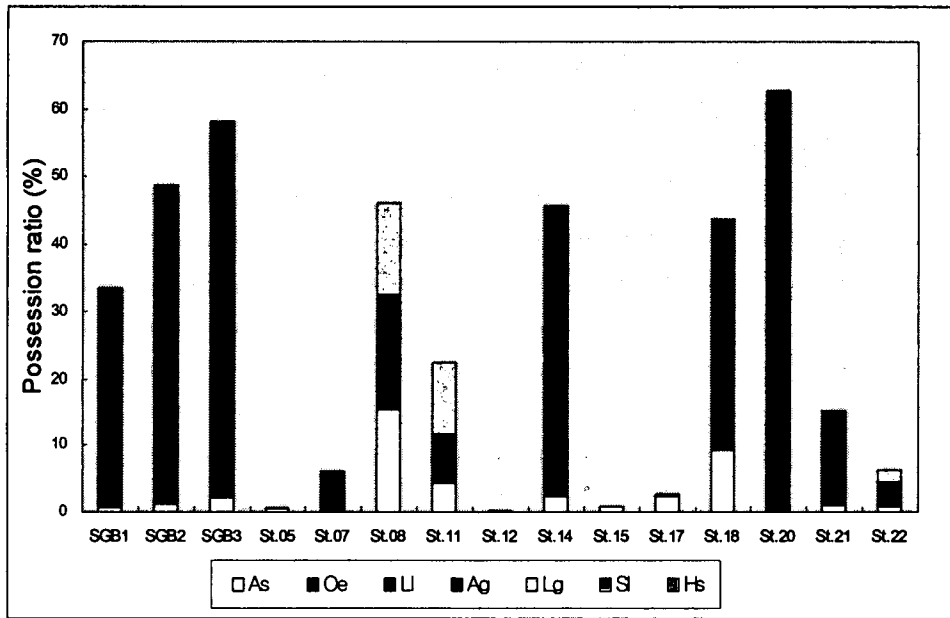


그림 2-2-89. 생산력이 높은 대형저서동물의 지역별 분포.

(As: Amphitritinae spp., Oe: *Ophiothrix exigua*, Ll: *Lumbrineris longifolia*, Ag: *Amphicteis gunneri*, Lg: *Lygdamis giardi*, Sl: *Schizaster lacunosus*, Hs: *Homalopoma* sp.)

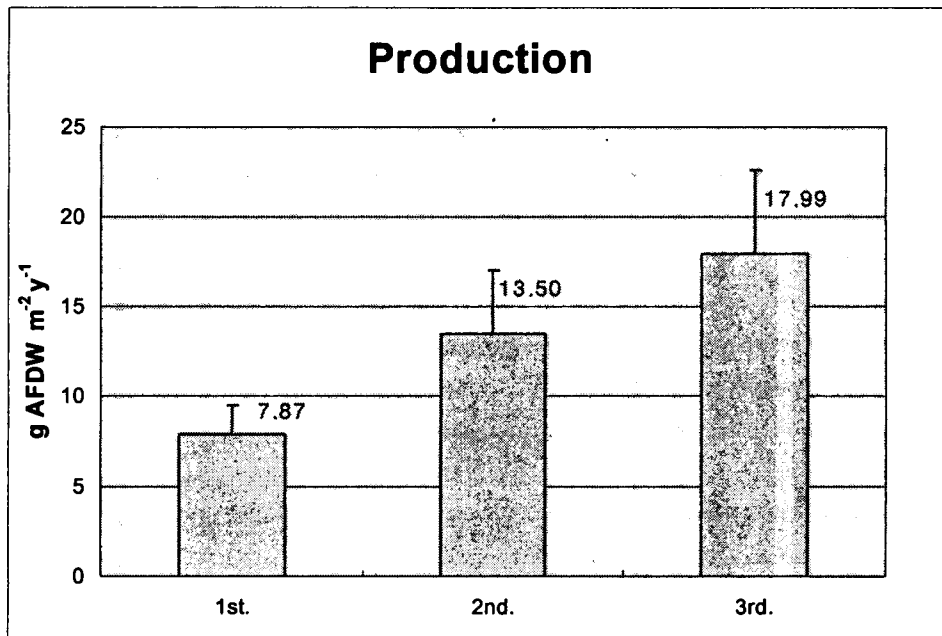


그림 2-2-90. 대형저서동물 이차생산력의 조사시기별 변화.

표 2-2-43. 조사 시기별 대형저서동물 생산력의 차이에 대한 일원분산분석 결과

생산력의 차이에 대한 일원분산분석 결과					
Source	DF	SS	MS	F	P
period	2	650	325	1.76	0.187
Error	35	6468	185		
Total	37	7118			

표 2-2-44. 다양한 서식처에서 기록된 저서동물의 2차 생산력

서식처	2차 생산력 (g AFDWm ⁻² y ⁻¹)	참고문헌
A saltmarsh zone of the Bay of Cádiz, Spain	13.3~27.33 (an average of 19.5)	Arias & Drake(1994)
Intertidal zone of the Ria Formosa-a Lagoon in Southern Portugal	32.5~54.7	Sprung(1994)
Sacca di Goro, a brackish Lagoon in north-eastern Italy	49.8~75	Mistri et al.(2001)
The Geumo Archipelago in the Central South Sea of Korea	2.327~63.177 (an average of 17.985)	This study

두 번째의 특징은 조사 해역의 정점들이 생산력의 크기에 따라 크게 3개의 그룹으로 구분된 점이다. 즉, 안도의 서쪽 해역과 금오도의 상부에 위치한 정점들로 이루어진 높은 생산력의 그룹과 해초서식처의 정점들로 구성된 중간 수준의 생산력 그룹, 그리고 이들의 제외한 나머지 정점들로 구성된 낮은 생산력의 그룹이다(표 2-2-45). 정점 8, 11, 18로 구성된 높은 생산력의 그룹에는 *Amphitritinae* spp., *Ophiothrix exigua* 등이 높은 기여도를 보이고 있으며, 잘피밭의 서식처에서는 *Lumbrineris longifolia*와 *Homalopoma* sp. 등이, 그리고 낮은 생산력의 그룹에는 *Schizaster lacunosus*와 *Magelona japonica*가 포함되었다. 따라서 생산력의 차이에 의한 위의 구분은 각 그룹의 종조성과 각 종의 기여도가 반영된 결과로서, 종조성의 특성이 군집구조뿐만 아니라 군집의 생산력에도 중요하게 작용함을 시

사하고 있다. 셋째, 생산력에 높은 기여를 보인 종들은 대부분 생체량의 비중이 큰 다모류와 이매패류 그리고 극피동물인 것으로 나타났으며, 이들의 증가와 더불어 연간 2차 생산력의 점진적인 증가가 관찰된 점이다(표 2-2-46). 1단계 2차년도 보고서에 의하면 1차 조사에서는 거의 출현하지 않았지만 2차 조사의 일부 정점에서 높은 서식밀도와 생체량을 나타낸 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*의 출현에 의하여 생산력이 높아진 것으로 추정하였다. 3차 조사의 경우에도 일부 생체량이 감소되는 종도 있었지만 전반적인 경향은 증가하는 것으로 나타났으며 특히, 이매패류(MBi)의 *Atrina pinnata japonica*는 2차 조사에 비하여 생체량이 현저하게 높아지는 특징을 보였다. 물론 연간 2차 생산력을 비교하기에 앞서 생산력이 추정된 정점의 수와 조사 횟수 및 정점의 특성 등은 반드시 고려되어야 할 사항이다. 실제로 각 조사마다 정점의 수와 조사 횟수에서 일부 차이가 있었으며, 3차 시기에는 기존의 정점과 더불어 해초서식처의 정점이 추가되어 평가되었다. 그러나 정점의 수와 조사 횟수를 고려하고 추가된 해초서식처의 정점을 제외한 경우에도 3차 조사에서 생산력의 평균값이 증가된 것으로 나타났다. 따라서 본 해역에서의 저서동물의 2차 생산력은 점차 증가하고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 이는 생물량의 비중이 큰 종들의 전반적인 증가에 기인한 현상으로 판단된다.

표 2-2-45. 생산력에 의해 구분된 그룹과 주요 기여종

정점군	분류군	종명	%
High productive group (St.8, St.11, St.18)	APol	Amphitritinae spp.	10.5
	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	10.3
	APol	<i>Amphicteis gunneri</i>	9.0
	APol	<i>Lygdamis giardi</i>	8.8
	APol	<i>Pherusa parmata</i>	5.3
Seaweed habitat (SGB 1~3)	APol	<i>Lumbrineris longifolia</i>	26.6
	MGs	<i>Homalopoma</i> sp.	21.0
	APol	<i>Glycera chirori</i>	6.5
	APol	<i>Diopatra sugokai</i>	5.4
Low productive group (other stations)	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	19.6
	APol	<i>Magelona japonica</i>	10.2
	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	7.9
	APol	<i>Sternaspis scutata</i>	7.4
	APol	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	5.6

표 2-2-46. 상위 10위 생체량 우점종의 조사시기별 평균생체량(gWWt)

Rank	분류군	종명	1st	2nd	3rd
1	APol	Amphitritinae spp.	0.06335	2.485	5.33
2	MBi	<i>Atrina pinnata japonica</i>	0	0.07361	49.695
3	EEc	<i>Brissus agassizi</i>	0	0	8.661
4	EOp	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	0	38.2406	4.1605
5	EOp	<i>Ophioplocus japonicus</i>	0	9.32	2.4185
6	EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	0	6.60167	13.691
7	EHo	<i>Phyllophorus hypsipyrge</i>	5.3475	0.48556	8.2307
8	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>	0.80225	1.15528	7.7737
9	EEc	<i>Schizaster lacunosus</i>	54.9743	78.9331	57.893
10	MGs	<i>Siphonalia fuscolineata</i>	1.17125	13.6778	0
total			62.3586	150.973	157.85

(9) 감성돔의 섭식 생태

(가) 잘피밭의 감성돔 섭식 생태

그림 2-2-91은 광양만 갈사 갯벌의 잘피밭과 주변의 갯벌 하부에서 2001년 2월부터 2002년 5월까지 매 월별 저인망을 이용하여 채집한 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 출현 패턴을 나타낸 것이다. 감성돔은 2001년 7월과 8월에만 출현하였다. 특히 8월에 집중되는 이러한 현상은 광양만의 대도 주변 잘피밭에서 감성돔의 식성을 연구한 허와 곽(1998)의 관찰 결과와 유사하다. 허와 곽(1998)의 연구에서는 7월부터 11월까지 채집된 것으로 나타나 잘피밭에서 좀더 오랜 기간 머무는 것으로 관찰되었으나 9월부터는 채집양이 크게 감소한 것으로 나타났다.

일년 중 7, 8월에만 집중적으로 출현한 감성돔의 체장 분포를 그림 2-2-92에 나타내었다. 2001년 7월에는 단 2 개체만이 출현하였으며, 이들의 전장은 각각 4cm와 7cm인 것으로 나타났다. 2001년 8월에는 23개체가 출현하였으며, 4~11cm의 전장 분포를 나타내었다. 따라서 이 시기에는 주로 감성돔의 어린 개체들이 잘피밭에 서식하는 것으로 이해할 수 있었다.

유어들을 대상으로 먹이생물의 상대 중요도(index of relative importance)를 추정된 결과를 표 2-2-47에 제시하였다. 총 24개의 분류군이 동정되었으며, 이 가운데 2개 분류군은 해조류인 것으로 나타났다. IRI에 근거하여 추정된 감성돔 유어의 가장 중요한 먹이원은 단각류(CAm), *Caprella* spp.인 것으로 나타났으며, 이외에 단각류, *Pontogeneia rostrata*와 복족류(MGs), *Sacoglossa* sp. 등도 주요 먹이원인 것으로 나타났다. 잘피밭에 서식하는 감성돔 유어의 먹이원으로써의 *Caprella* spp.의 중요성은 이미 허와 곽(1998)에서도 보고된 바 있다.

앞서 재료 및 방법에서 언급한 바와 같이 잘피밭에서의 공복 개체 관찰 비율은 4%인 것으로 추정되었으며, 이는 허와 곽(1998)의 2.3%와 유사한 수준이다. 금오도 주변에서 채집된 감성돔의 공복 개체 비율이 66%임을 감안하면, 감성돔 유어가 잘피밭에서 활발한 먹이 섭식 활동을 벌이고 있음을 추정해 볼 수 있다.

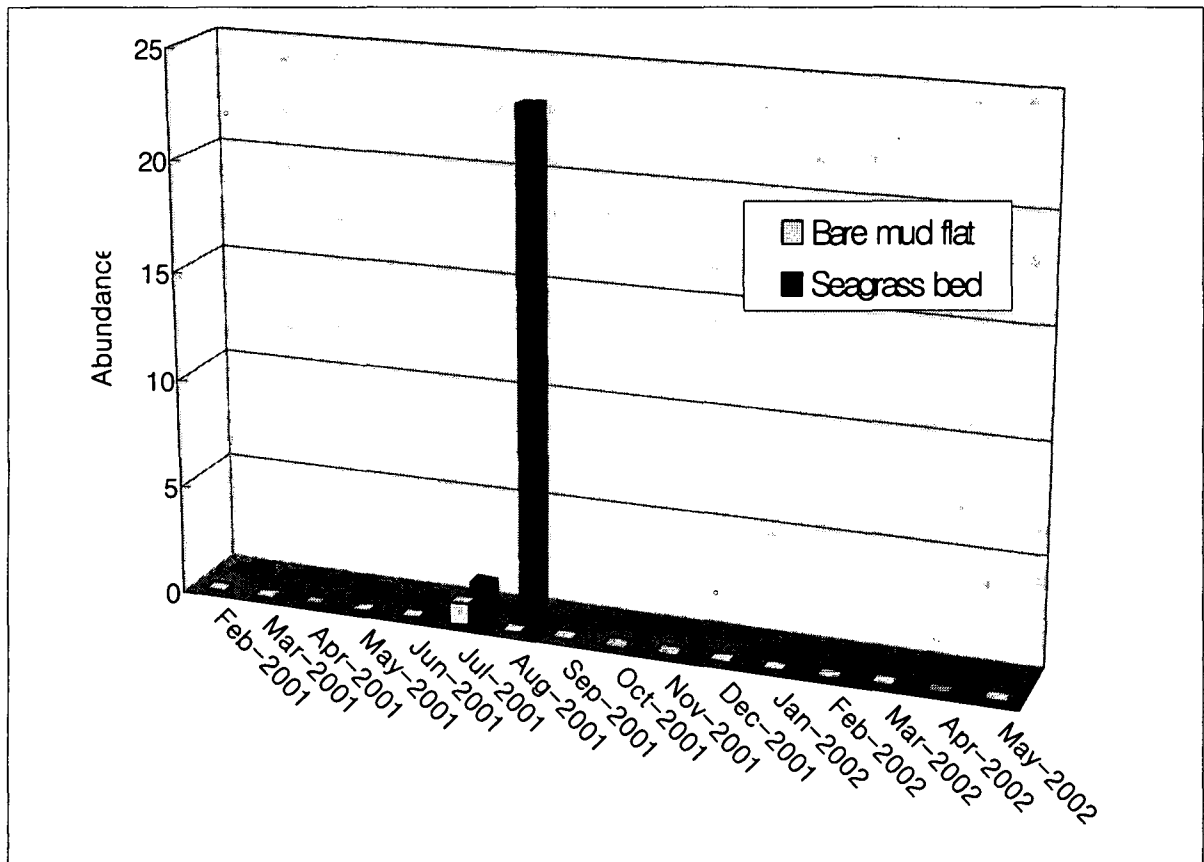


그림 2-2-91. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 월별 출현 패턴.

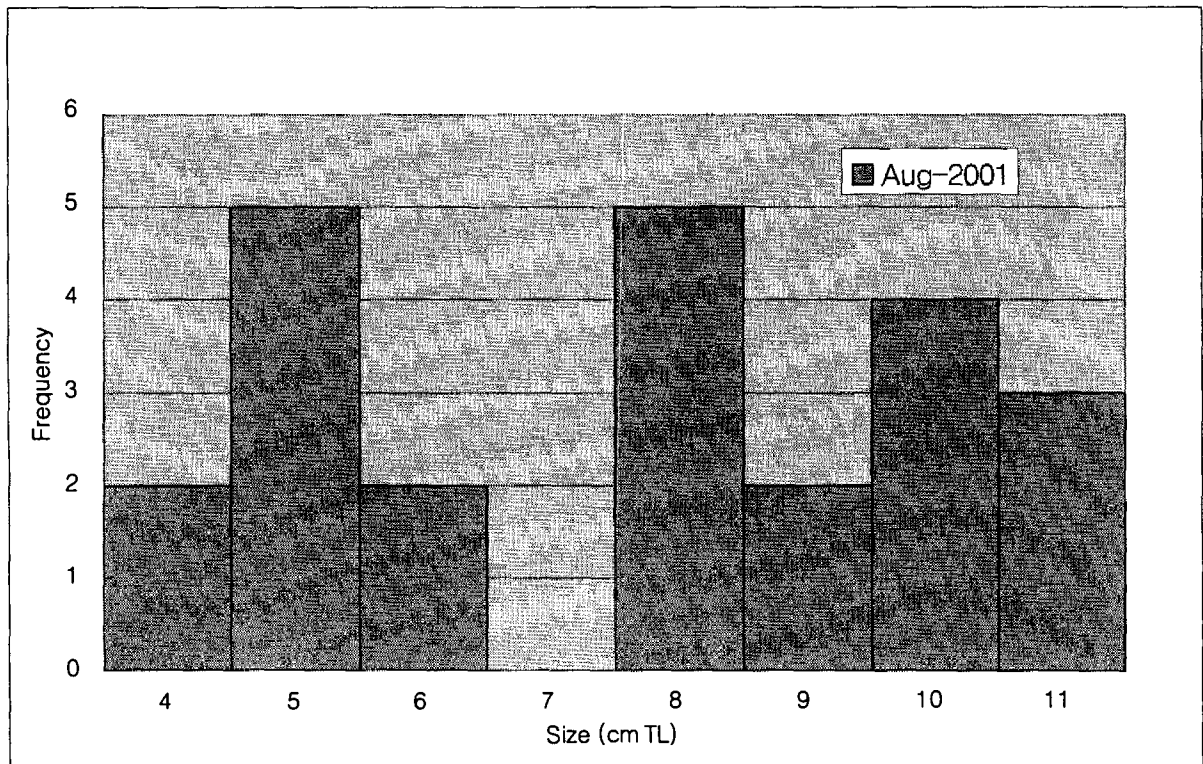
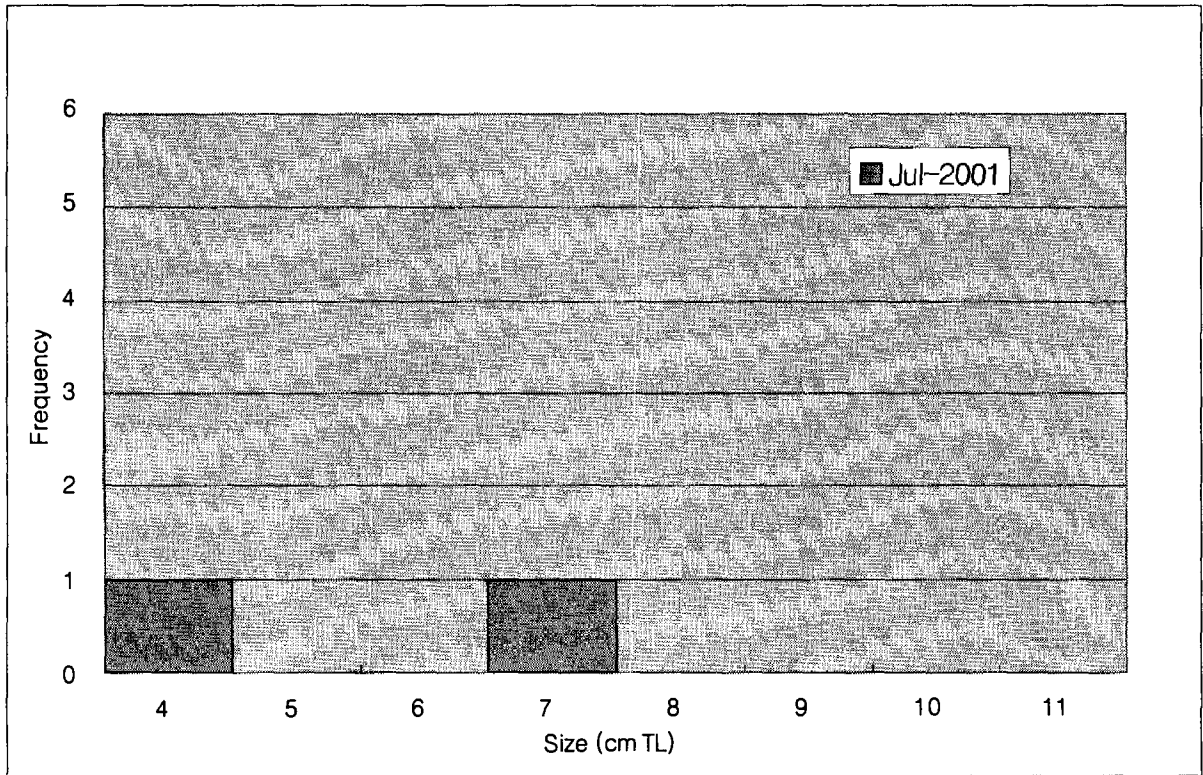


그림 2-2-92. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 체장 분포.

표 2-2-47. 광양만에서 채집된 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 유어의 먹이 생물 조성
 먹이 중요도

Taxa	S종명	Frequency	% F	개체수	% N	생체량	% W	IRI
APol	Eunicidae sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.438	18.7%	79
	Nereidae sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.003	0.1%	2
	Polychaeta unid. sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.004	0.2%	2
CAm	?Aoridae sp.	2	8.3%	3	0.7%	0.0144	0.6%	11
	?Gammaropsis sp.	1	4.2%	2	0.5%	0.009	0.4%	4
	Amphithoidae spp.	9	37.5%	15	3.5%	0.0486	2.1%	210
	Byblis sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.007	0.3%	2
	Caprella spp.	21	87.5%	283	66.4%	0.5412	23.1%	7838
	Cerapus tubularis	1	4.2%	1	0.2%	0.001	0.0%	1
	Jassa falcata	1	4.2%	1	0.2%	0.006	0.3%	2
	Monocorophium sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.0004	0.0%	1
	Podocerus inconspicuus	2	8.3%	2	0.5%	0.0024	0.1%	5
	Pontogeneia rostrata	15	62.5%	62	14.6%	0.0666	2.8%	1088
	CDA	Upogebia major	1	4.2%	1	0.2%	0.291	12.4%
CDB	Crab unid sp.	2	8.3%	5	1.2%	0.0084	0.4%	13
	Hemigrapsus sp.	3	12.5%	4	0.9%	0.157	6.7%	96
CDM	Crangon affinis	5	20.8%	5	1.2%	0.0774	3.3%	93
	Macrura unid. sp.	3	12.5%	5	1.2%	0.0098	0.4%	20
CIs	Gyge sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.002	0.1%	1
	Isopoda unid. sp.	1	4.2%	1	0.2%	0.0004	0.0%	1
CMy	Neomysis sp.	1	4.2%	17	4.0%	0.023	1.0%	21
MGs	?Sacoglossa sp.	6	25.0%	11	2.6%	0.501	21.4%	600
Algae	?Gelidium spp.	1	4.2%	1	0.2%	0.02	0.9%	5
	Ulva spp.	1	4.2%	1	0.2%	0.107	4.6%	20
				426	2,3386			

(나) 금오도 주변의 감성돔

그림 2-2-93는 금오도 주변에서 2005년 1월부터 3월까지 5회에 걸쳐 잠수 장비와 작살을 이용하여 채집한 감성돔의 체장 분포를 나타낸 것이다. 광양만의 잘피밭에서 채집된 개체들과는 달리 약 30cm부터 60cm까지의 체장 분포를 갖는 것으로 나타났다. 체장의 분포는 시기에 따른 차이보다는 지역에 따른 차이를 반영하는 것으로 추정되었다.

채집 방법에 따른 차이도 있으나 대체로 외해역 금오도 주변에서 성어들이 좀더 많은 수로 분포하는 것으로 추정할 수 있었다. 이들의 위 내용물을 바탕으로 먹이생물의 상대 중요도(index of relative importance)를 추정한 결과를 표 2-2-48에 제시하였다. 총 32개의 분류군이 동정되었고, 이 가운데 2개 분류군은 해조류이며, 1개 분류군은 잘피인 것으로 나타났다. IRI에 근거하여 추정된 외해역의 감성돔 성어의 가장 중요한 먹이원은 잘피(주로 잘피의 씨앗)인 것으로 나타났으며, 이외에도 크릴(*Euphausia* sp.)과 극피동물, 바다나리류(ECr)의 *Comanthus japonica* 등도 주요 먹이원인 것으로 나타났다. 위장 내에서

관찰된 크릴은 낚시용 밑밥으로 사용된 것으로 보이며, 따라서 자연적인 먹이원이라고 할 수 없으나 이들의 잡식성과 갑각류에 대한 선호성을 반영하는 것으로 판단되었다. 감성돔의 성어는 이외에도 다양한 먹이원을 섭식하는 것으로 나타났다. 유어시기에 비해 갑각류의 중요성은 상대적으로 낮아지며, 나머지 동물군 가운데 연체동물의 이매패류(MBi), 진주담치(*Mytilus edulis*)나 종뭇(*Musculista senhousia*), 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiothrix exigua* 등이 관찰되었다.

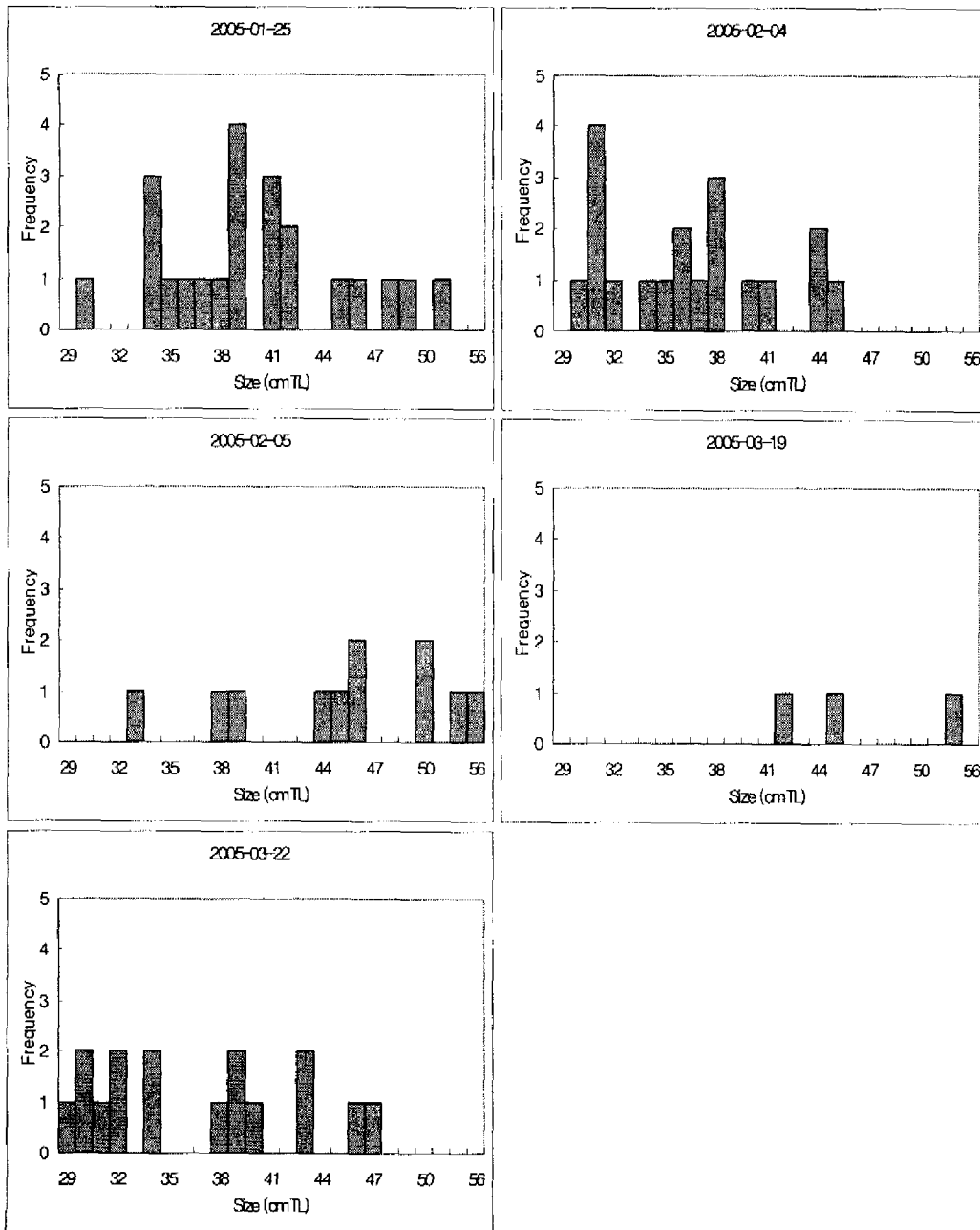


그림 2-2-93. 금오도 주변에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 체장 분포.

표 2-2-48. 금오도 주변에서 채집된 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 먹이 생물 조성
 먹이 중요도

Taxa	종명	Frequency	% F	개체수	% N	생체량	% W	IRI
APol	<i>Scionides</i> sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.355	0.2%	1
CAm	? <i>Gammaropsis</i> sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.0004	0.0%	< 1
	<i>Caprella</i> cf. <i>penantis</i>	3	12.5%	5	0.6%	0.0038	0.0%	7
	<i>Photis</i> sp.	2	8.3%	4	0.4%	0.0014	0.0%	4
	<i>Pontogeneia rostrata</i>	1	4.2%	1	0.1%	0.001	0.0%	< 1
CCi	<i>Balanus albicostatus</i>	2	8.3%	12	1.3%	0.574	0.3%	13
CDA	<i>Pagurus</i> sp.	1	4.2%	8	0.9%	1.081	0.5%	6
	<i>Pisidia serratifrons</i>	2	8.3%	2	0.2%	0.01	0.0%	2
CDB	Crab unid. sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.682	0.3%	2
	Majidae sp.	1	4.2%	2	0.2%	1.791	0.8%	4
CDM	Penaeidae sp.	1	4.2%	13	1.5%	4.368	2.0%	14
CEu	<i>Euphausia</i> sp.	5	20.8%	236	26.5%	89.852	41.0%	1406
CI _s	<i>Janiropsis longiantermata</i>	1	4.2%	1	0.1%	0.0004	0.0%	< 1
CTa	<i>Anatanais normanii</i>	1	4.2%	1	0.1%	0.0004	0.0%	< 1
ECr	<i>Comanthus japonica</i>	7	29.2%	26	2.9%	22.884	10.5%	390
EEc	Echinoidea sp. juv.	1	4.2%	1	0.1%	0.0004	0.0%	< 1
EOp	<i>Ophiothrix exigua</i>	1	4.2%	4	0.4%	5.155	2.4%	12
MBi	<i>Musculista senhousia</i>	1	4.2%	2	0.2%	0.001	0.0%	1
	<i>Mytilus edulis</i>	1	4.2%	10	1.1%	22.78	10.4%	48
MGs	Assimineidae sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.001	0.0%	< 1
	Cephalaspidea sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.001	0.0%	< 1
	<i>Mitrella bicincta</i>	1	4.2%	2	0.2%	0.178	0.1%	1
	Nassaridae sp.	1	4.2%	4	0.4%	2.245	1.0%	6
Others	? <i>Pseudoceros</i> sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.031	0.0%	1
	Bryozoa spp.	1	4.2%	1	0.1%	0.044	0.0%	1
	Fish unid. sp.	1	4.2%	1	0.1%	3.988	1.8%	8
	Nemertinea spp.	1	4.2%	2	0.2%	0.035	0.0%	1
	Turbellaria spp.	3	12.5%	8	0.9%	0.0034	0.0%	11
Pyc	Pycnogonida sp.	1	4.2%	1	0.1%	0.032	0.0%	1
Algae	? <i>Gelidium</i> spp.	2	8.3%	2	0.2%	9.793	4.5%	39
	<i>Ulva</i> spp.	4	16.7%	4	0.4%	24.953	11.4%	197
Seagrass	<i>Zostera marina</i>	10	41.7%	533	59.8%	28.06	12.8%	3024
				892	218.9052			

(다) 감성돔의 섭식 패턴과 주요 급이장

현재까지의 연구 결과에서 감성돔은 잡식성이며, 성장에 따라 섭식 패턴에 변화(ontogenetic development)를 갖는 것으로 볼 수 있었다. 정치망으로부터 회수된 표본을 사용한 1차년과 2차년의 분석 결과와 달리 매우 다양한 종류의 먹이(다모류부터 따개비류를 포함하는 갑각류와 식물 씨앗까지 섭식)를 이용하는 것으로 나타났으며, 이는 감성돔의 섭식 패턴이 다소 기회성(opportunism)을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

일반적으로 도미과(family Sparidae), *Acanthopagrus* 속의 어종들은 외국에서도 레크리에이션과 상업 자원 측면에서 높은 중요성을 갖는 것으로 알려져 있다. FRDWA(2002)의 *A. butcheri*에 대한 연구 결과를 보면, 이 종 역시 opportunistic carnivores로 분류되며, 이때패류(담치류와 새조개류)와 다모류, 갑각류(게류와 새우류), 작은 어류(망둑어) 그리고 해조류(파래와 갈파래류) 등을 섭식하는 것으로 나타났다. Thompson(1957)의 관찰 결과에 의하면, *A. butcheri*의 주요 먹이 생물로 이때패류(부피 기준, 29%), 다모류(23%), 잘피(10%), 단각류(8%) 등이 중요하며 규조류와 organic debris 등까지 이용하는 것으로 나타났다. 이러한 연구 사례를 검토해 보면, *A. butcheri*의 식성은 본 연구의 대상종인 감성돔(*A. schlegeli*)의 것과 매우 유사한 것으로 파악할 수 있었다.

감성돔의 위 내용물 분석 결과에 근거하면, 주요 섭식장이나 서식처를 추정하는 것이 가능하다. 기존의 연구 사례들과 본 연구 결과를 종합해 볼 때, 감성돔의 유어나 성어시기에 있어 잘피밭에 대한 이들의 의존도는 매우 높은 것으로 보인다. 유어기에는 잘피밭에서 포식자로부터 도피하고 이곳의 미소 갑각류 등을 활발하게 섭식하며 성장하는 반면, 성어기에는 잘피 자체를 유용한 먹이원으로써 이용하는 것으로 나타났다. 2차년도 보고서에서도 어류 군집의 식성 패턴에 대한 조사 결과를 바탕으로 잘피밭 복원의 중요성을 언급하였으나, 이는 서식처의 이질성(spatial heterogeneity)과 먹이 생물 밀도의 증가가 다양한 어류 자원량의 증가에 기여할 수 있는 효과를 고려한 것이었다. 바다목장 대상 어종인 감성돔을 집중 연구 대상으로 삼은 3차년도의 연구 결과와 이전에 드넓게 분포하던 잘피밭의 갑작스런 소실이 *A. butcheri* 자원량의 격감과 연결된 것으로 추정된 연구 사례(Butcher, 1945) 등은 바다목장 해역 내 잘피밭의 보존과 복원이 더없이 중요한 과제임을 지시하는 것으로 받아들일 수 있다.

라. 어류

(1) 부유성 어난 및 자치어

(가) 종조성

본 조사 해역인 여수시 금오도 연안에 출현한 부유성 난은 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 망둑어과 어류, 참서대 및 기타 등 총 8개 분류군으로 분류되었다.

금오도 연안에서 부유성 난의 총출현량은 77,348립/1,000m³이며, 그 중 멸치난이

49,601립/1,000m³으로 총출현량의 64.13%를 차지하여 최우점 하였다(표 2-2-49).

2004년 8월 조사시에는 총 7개 분류군 76,124립/1,000m³이 출현하여, 조사기간 중 가장 많은 종수와 출현이 나타났다. 그 중 멸치난이 49,518립/1,000m³이 출현하여 전체 출현량의 65.05%를 차지하여 가장 우점 하였다.

11월에는 총 3개 분류군 88립/1,000m³이 출현하여, 조사기간 중 출현량이 가장 적게 나타났다. 그 중 멸치난이 57립/1,000m³이 출현하여 전체 출현량의 64.77%를 차지하여 가장 우점 하였으며, 다음으로 참서대가 7립/1,000m³이 출현하여 전체 출현량의 7.95%를 차지하여 우점 하였다.

2005년 2월에는 총 3개 분류군 797립/1,000m³이 출현하였고, 그 중 주둥치난이 526립/1,000m³이 출현하여 전체 출현량의 66.00%를 차지하여 가장 우점 하였다. 그리고 기타 난과 정어리난이 178립/1,000m³, 93립/1,000m³으로 전체 출현량의 22.33%, 11.67%를 차지 하였다.

5월에는 5개 분류군 339립/1,000m³이 출현하였고, 그 중 기타 난이 265립/1,000m³이 출현하여 출현량의 78.17%를 차지하여 가장 우점하였으며, 다음으로 멸치, 전어가 26립/1,000m³, 21립/1,000m³이 출현하여 출현량의 7.67%, 6.19%를 차지하였다.

표 2-2-49. 2004년 여수 금오도연안의 부유성난(ind./1,000m³)

Species	Seasons				Total	Dominance (%)
	August	November	February	May		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	26	49,518	57	-	49,601	64.13
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	21	-	-	-	21	0.03
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	8	2,541	-	93	2,642	3.42
미역치 <i>Hypodytes rubripinmis</i>	-	345	-	-	345	0.45
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	19,017	-	-	19,017	24.59
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	-	3,872	-	526	4,398	5.69
망둑어과 어류 <i>Gobiidae spp.</i>	19	-	-	-	19	0.02
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	243	7	-	250	0.32
Unknown spp.	265	588	24	178	1,055	1.36
Total	339	76,124	88	797	77,348	100.00
Number of species	5	7	3	3	9	

자치어의 경우, 조사기간 동안 총 5목 18과 24종 2,602개체/1,000m³가 출현하였고, 계절별로는 8월 조사시 총 4목 16과 19종 2,067개체/1,000m³가 출현하여 출현종수와 출현빈도가 가장 높게 나타났다. 그 중 멸치가 748개체/1,000m³로 8월 출현량의 36.19%를 차지하여 최우점하였고, 다음으로 보리멸이 292개체/1,000m³로 14.13%, 갈기베도라치가 187개체/1,000m³로 9.05%, 전어가 184개체/1,000m³로 8.90%, 망둑어과 어류가 157개체/1,000m³ 출현하여 7.59%, 앞동갈베도라치가 156개체/1,000m³로 7.55%를 차지하였다.

11월 조사시에는 총 5목 9과 11종 201개체/1,000m³로 그 중 앞동갈베도라치가 41개체/1,000m³로 총 출현량의 20.39%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 망둑어과 어류가 34개체/1,000m³로 16.92%, 멸치와 전어가 각각 29개체/1,000m³로 14.43%를 차지하였다.

2월 조사시에는 총 2목 4과 5종 28개체/1,000m³가 출현하여 가장 적은 개체가 출현하였고, 그 중 불락과 노래미가 8개체/1,000m³, 7개체/1,000m³로 각각 28.57%, 25%를 차지하여 우점하였다.

5월 조사시에는 총 2목 4과 5종 306개체/1,000m³로, 그 중 멸치가 203개체/1,000m³가 출현하여 봄철 출현량의 66.34%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 전어가 61개체/1,000m³로 19.93%를 차지하여 우점하였으며, 동갈양태속 어류가 24개체/1,000m³로 7.84%, 망둑어과 어류가 13개체/1,000m³로 4.25%를 차지하여 이 해역에 많이 분포하는 종들로 나타났다(표 2-2-50).

본 해역에서 정착성 어종은 주둥치, 양태, 동갈양태속 어류, 앞동갈베도라치, 청베도라치, 황줄베도라치, 갈기베도라치 및 망둑어과 어류 등으로 총 8종이 출현하였다.

정점별로는 St. 1에서 총 5목 18과 24종으로 가장 다양한 종이 출현하였고, 또한 출현 개체수도 722개체/1,000m³로 전체 정점별 개체수의 27.45%로 나타나 가장 높은 출현빈도를 나타내었다. 그 중 멸치가 257개체/1,000m³로 출현 개체수의 35.59%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 보리멸이 108개체/1,000m³로 St. 1 출현개체수의 14.96%, 전어가 83개체/1,000m³로 11.49%, 망둑어과 어류가 61개체/1,000m³를 나타내 우점종으로 나타났다(표 2-2-51).

St. 2에서는 총 3목 12과 16종이 출현하였고, 출현 개체수는 508개체/1,000m³로 전체 개체수의 19.52%를 차지하였다. St. 2에서의 총 출현 개체수 중 멸치가 237개체/1,000m³로 출현 개체수의 46.65%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 보리멸이 47개체/1,000m³로 St. 2 출현 개체수의 9.25%, 전어와 망둑어과 어류가 46개체/1,000m³로 9.06%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

St. 3에서는 총 4목 15과 18종으로 568개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 21.83%를 차지하였다. 그 중 멸치가 189개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 33.27%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 갈기베도라치가 72개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 12.68%, 앞동갈베도라치가 61개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 10.74%, 보리멸과 주둥치가 각각 53개체/1,000m³, 52개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 9.33%, 9.15%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

St. 4에서는 총 5목 15과 19종으로 413개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 15.87%를 차지하였다. 그 중 멸치가 171개체/1,000m³로 St. 4 출현개체수의 41.4%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 보리멸이 61개체/1,000m³로 St. 4 출현개체수의 14.77%, 갈기베도라치가 35개체/1,000m³로 St. 4 출현 개체수의 8.47%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

표 2-2-50. 2004년 여수 금오도 연안의 월별 자치어 분포(ind./1,000m³)

Species	Seasons				Total	Dominance (%)
	August	November	February	May		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	203	748	29	-	980	37.66
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	61	184	-	-	245	9.42
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	5	8	-	-	13	0.50
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	-	3	-	3	0.12
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	11	-	-	11	0.42
블락 <i>Sebastes inermis</i>	-	-	-	8	8	0.31
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	84	29	-	113	4.34
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	-	5	5	0.19
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	-	37	-	-	37	1.42
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	-	-	-	7	7	0.27
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	-	292	10	-	302	11.61
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	-	143	-	-	143	5.50
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	14	-	-	14	0.54
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	-	8	-	-	8	0.31
황줄베도라치 <i>Phodymenichthys dolichogaster</i>	-	5	-	-	5	0.19
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	-	4	-	-	4	0.15
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	-	156	41	4	201	7.72
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	-	26	-	26	1.00
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	-	187	15	-	202	7.76
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	24	14	11	-	49	1.88
망둑어과어류 Gobiidae	13	157	34	4	208	7.99
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	-	6	-	-	6	0.23
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	-	3	1	-	4	0.15
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	6	2	-	8	0.31
Total	306	2,067	201	28	2,602	100.00
Number of species	5	19	11	5	24	

표 2-2-51. 2004년 여수 금오도 연안의 정점별 자치어 분포(inds./1,000m²)

Species	station					Total	Dominance (%)
	st.1	st.2	st.3	st.4	st.5		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	257	237	189	171	126	980	37.66
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	83	46	50	29	37	245	9.42
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	4	2		3	4	13	0.50
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	1	-	-	1	1	3	0.12
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	1	-	2	3	5	11	0.42
블락 <i>Sebastes inermis</i>	3	2	-	1	2	8	0.31
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	47	16	22	12	16	113	4.34
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	2	1	2	-	-	5	0.19
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	4	19	-	-	14	37	1.42
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	2	1	-	4	-	7	0.27
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	108	47	53	61	33	302	11.61
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	26	31	52	34	-	143	5.50
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	3	1	6	-	4	14	0.54
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	2	-	3	3	-	8	0.31
황줄베도라치 <i>Phodymenichthys dolichogaster</i>	4	-	1	-	-	5	0.19
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	1	-	3	-	-	4	0.15
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	37	29	61	24	50	201	7.72
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	9	7	4	2	4	26	1.00
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	43	16	72	35	36	202	7.76
동갈양태속어류 <i>Callionymus sp.</i>	19	7	13	4	6	49	1.88
망둑어과어류 <i>Gobiidae</i>	61	46	30	19	52	208	7.99
물치다래류 <i>Auxis sp.</i>	2	-	-	4	-	6	0.23
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	1	-	1	2	-	4	0.15
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	2	-	4	1	1	8	0.31
Total	722	508	568	413	391	2,602	100.00
Number of species	24	16	18	19	16	24	

St. 5에서는 총 5목 12과 16종으로 391개체가 출현하였고, 전체 개체수의 15.03%를 차지하여 출현빈도가 가장 낮게 나타났다. 그 중 멸치가 126개체/1,000m³로 St. 5 출현 개체수의 32.23%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 망둑어과 어류가 52개체/1,000m³로 St. 5 출현 개체수의 13.3%, 앞동갈베도라치가 50개체/1,000m³로 St. 5 출현 개체수의 12.78%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

(나) 군집구조

2004년 8월부터 2005년 6월까지 금오도 연안에서 채집되었던 자치어의 계절별 종 다양도지수(H')는 0.9948~2.0850로, 2004년 11월에 가장 높게 나타났으며, 2005년 5월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

균등도 지수는 0.6181~0.9743으로 2월에 가장 높게 나타났고, 5월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.3731~0.8627로 5월에 가장 높았고, 11월에 낮은 값을 나타내 균등도 지수와는 비슷하였으나, 다양도 지수와는 반대 경향으로 나타났다(그림 2-2-94).

자치어의 월별 군집의 유사도를 보면, 2004년 8월과 11월에는 멸치, 보리멸, 갈기베도라치 전어 및 망둑어과 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.013으로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였으며, 다음으로 2004년 8월과 2005년 5월에 멸치, 전어 및 동갈양태속 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 상대거리차가 0.211로 유집되어, 월별 군집상에 차이가 있었다. 그리고 2004년 8월과 2005년 2월에는 상대거리차가 0.351로 군집상에 차이를 보였다(그림 2-2-95).

조사정점별 종 다양도지수(H')는 1.8842~2.1275로, St. 1에서 가장 높은 값으로 나타났고, St. 2에서 낮게 나타났다(그림 2-2-96).

종 균등도 지수는 0.6694~0.7630로, St. 5에서 가장 높은 값을 보였고, St. 1에서 낮은 값을 보여 출현종수와 개체수의 변화가 비슷한 양상을 보였다.

우점도 지수는 0.4552~0.5617으로 St. 4에서 높았고, St. 5에서 낮은 값을 나타내어 균등도 지수와는 상반대는 경향을 나타냈다.

정점별 군집의 유사도(그림 2-2-97)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.

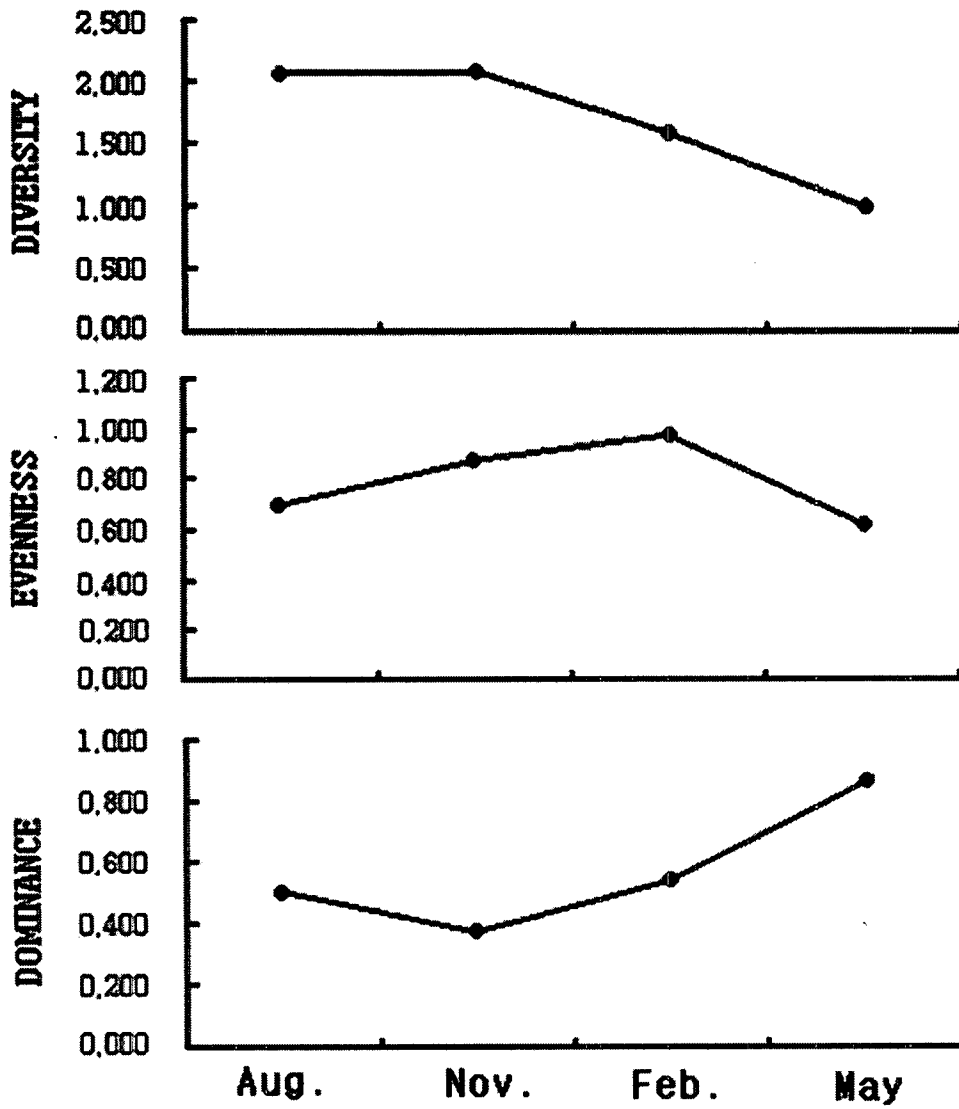


그림 2-2-94. 여수 금오도연안 자치어의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

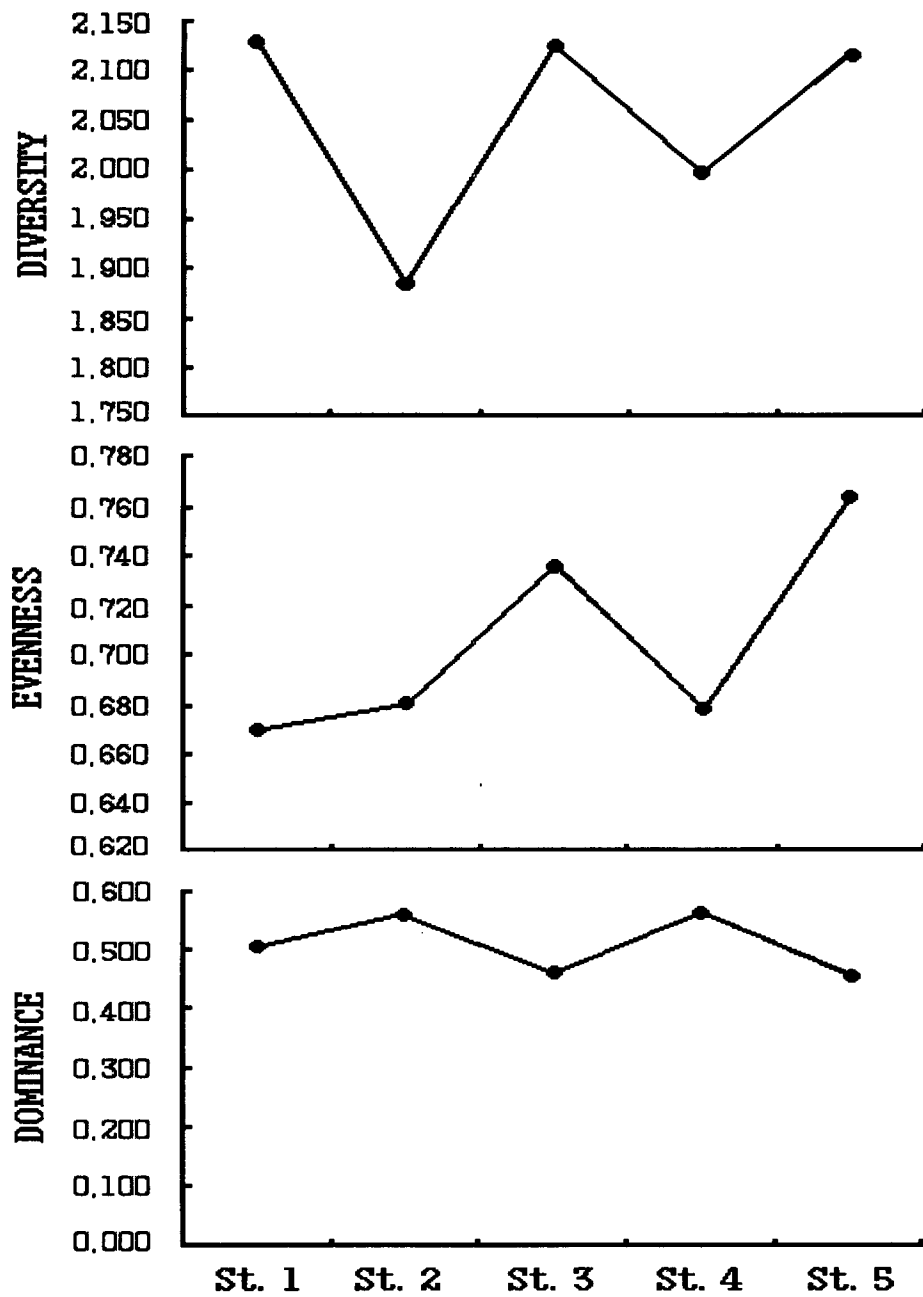


그림 2-2-95. 여수 금오도연안 자치어의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

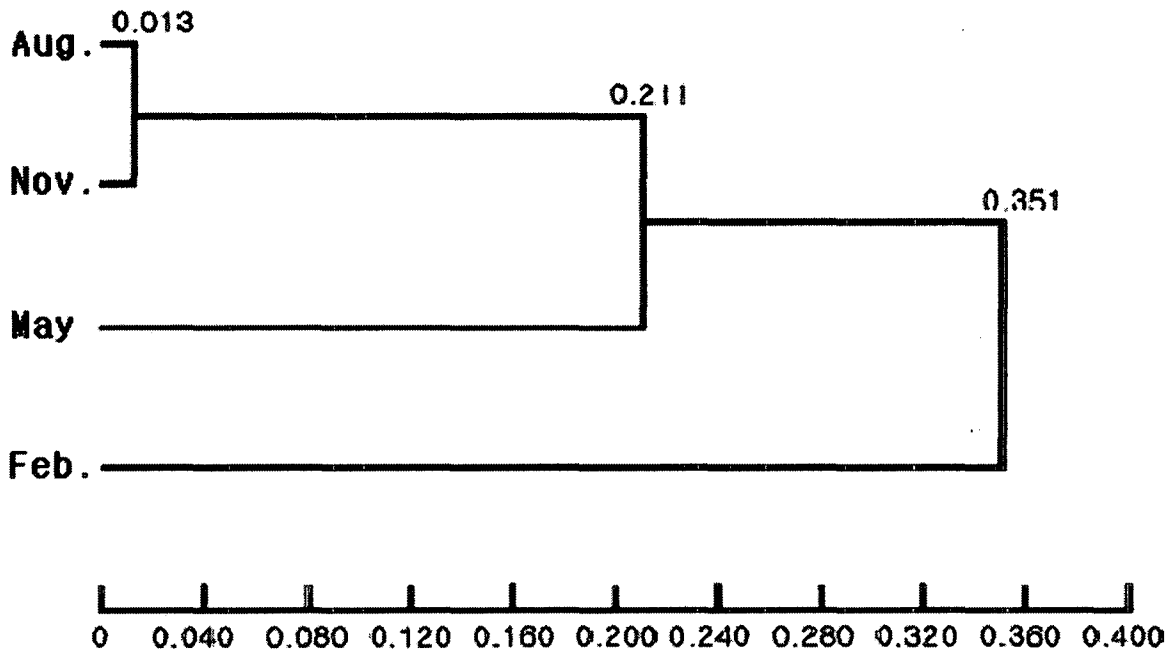


그림 2-2-96. 여수 금오도 연안의 자치어 월별 유사도.

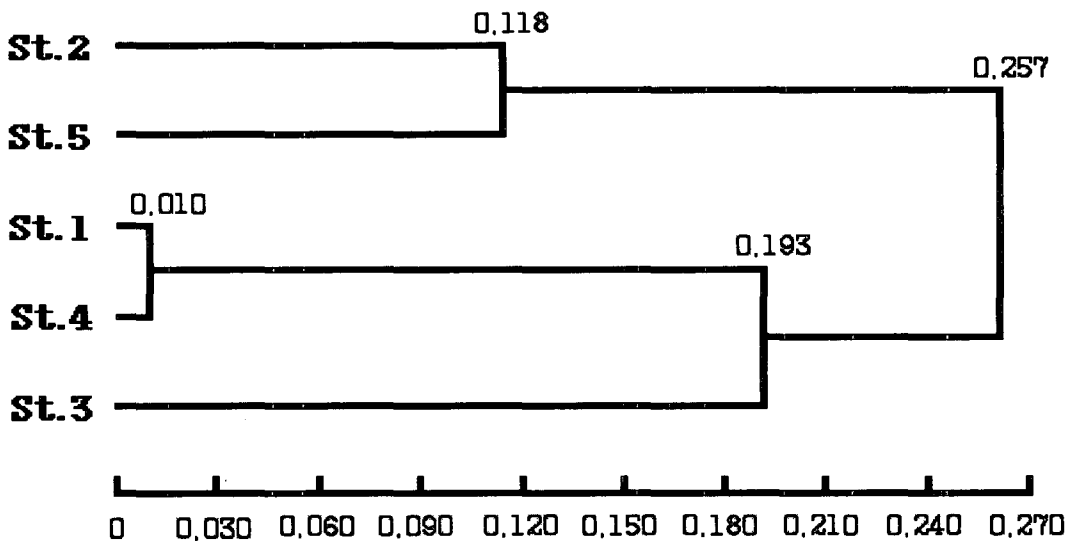


그림 2-2-97. 자치어 정점별 유사도.

(2) 어류상

(가) 종조성

금오도 주변에 채집된 어류는 총 10목 30과 47종, 1,237개체/1,000m³로서, 그 중 농어목(Perciformes)이 12과 18종으로 가장 많았고, 다음으로는 썸뱅이목(Scorpaeniformes)이 5과 8종, 청어목(Clupeiformes)이 3과 7종으로 이들 3목이 포함된 어류가 33종으로 전체 개체수의 86.74%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났으며, 과별로 가장 다양하게 출현한 어류는 저서어종인 멸치과(Engraulidae)가 4종, 망둑어과(Gobiidae)가 4종이 출현하였다(표 2-2-52).

표 2-2-52. 여수 금오도 연안의 저인망에 의해 채집된 어류의 분류군

분류군	목	과	종
Actinoerygii	Anguilliformes	2	2
	Clupeiformes	3	7
	Stomiformes	1	1
	Gadiformes	1	1
	Lophiiformes	1	1
	Mugiliformes	1	1
	Scorpaeniformes	5	8
	Perciformes	12	18
	Pleuronectiformes	3	6
	Tetraodontiformes	1	2
1	10	30	47

금오도 주변의 월별 어류 종조성은 표 2-2-53과 같으며, 8월 조사시 출현한 어류는 총 9목 26과 41종, 450개체/1,000m³로 전체 조사기간 중 36.38% 출현하였다. 그 중 주둥치가 142개체/1,000m³가 출현하여, 출현 개체수의 31.56%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 조피볼락이 56개체/1,000m³로 12.44%, 도화망둑이 37개체/1,000m³로 8.22%를 차지하였다.

11월에는 총 7목 20과 31종 604개체/1,000m³로 전체 조사기간 중 개체수의 48.83%를 차지하여 가장 많은 개체수가 출현하였다. 그 중 조피볼락이 104개체/1,000m³로 출현 개체수 중 17.22%로 가장 우점한 종으로 나타났고, 다음으로는 참돔이 101개체/1,000m³로, 16.72%, 감성돔은 92개체/1,000m³로 23%를 차지하였다.

2월에는 총 5목 10과 11종 69개체/1,000m³로 전체 조사기간 중 개체수의 5.58%를 차지하여 가장 낮은 출현양상을 보였다. 그 중에 전어가 21개체/1,000m³로 출현개체수의 30.43%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로는 주둥치가 12개체/1,000m³가 출현하여 출현개체수의 17.3%를 차지하여 우점하였다.

표 2-2-53. 여수 금오도연안의 월별 어류분포(ind./1,000m³)

Species	Seasons				Total	Dominance (%)
	August	November	February	May		
갯장어 <i>Muraemesox cinereus</i>	-	18	24	3	45	3.64
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	2	12	32	6	52	4.20
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	-	20	11	7	38	3.07
반지 <i>Setipinna taty</i>	8	2	1	-	11	0.89
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	3	6	4	2	15	1.21
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	5	5	3	-	13	1.05
준치 <i>Ilisha elongata</i>	5	2	1	8	16	1.29
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	25	3	80	21	129	10.43
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	2	4	-	-	6	0.49
엘통이 <i>Maurolicus muelleri</i>	-	1	-	-	1	0.08
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	-	2	-	2	0.16
송어 <i>Mugil cephalus</i>	-	7	-	-	7	0.57
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	2	-	-	2	0.16
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	-	4	12	-	16	1.29
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	-	56	104	-	160	12.93
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	-	1	-	-	1	0.08
밑달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	-	2	-	-	2	0.16
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	2	3	-	-	5	0.40
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	4	3	-	2	9	0.73
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	8	7	-	-	15	1.21
폼치 <i>Liparis tanakai</i>	7	-	-	4	11	0.89
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	-	12	14	-	26	2.10
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	-	4	10	-	14	1.13
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	1	4	-	5	0.40
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	32	142	50	12	236	19.08
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	-	-	3	3	0.24
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	-	7	92	-	99	8.00
참돔 <i>Pagrus major</i>	-	4	101	-	105	8.49
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	8	4	-	12	0.97

표 2-2-53. 계속

Species	Seasons				Total	Dominance (%)
	August	November	February	May		
민태 <i>Johnius grypotus</i>	2	-	12	-	14	1.13
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	3	2	-	5	0.40
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	3	1	-	4	0.32
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	-	8	12	-	20	1.62
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	-	6	3	-	9	0.73
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	-	37	1	-	38	3.07
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	-	4	4	-	8	0.65
꼬치고기 <i>Sphyraena pinguis</i>	3	1	-	-	4	0.32
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	-	13	8	-	21	1.70
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	3	-	3	0.24
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	-	5	-	-	5	0.40
점넙치 <i>Pseudorhombus ntopthalmus</i>	-	2	1	-	3	0.24
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	-	2	4	1	7	0.57
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	-	12	3	-	15	1.21
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	3	5	-	-	8	0.65
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	2	-	-	2	0.16
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	3	11	-	-	14	1.13
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	-	1	-	1	0.08
Total	114	450	604	69	1237	
Dominance(%)	36.38	48.83	5.53	9.22		100.00
No. of species	16	41	31	11	47	47

5월에는 총 6목 12과 16종 114개체/1,000m³가 출현하여 전체 조사기간 중 출현 개체수의 9.22%를 차지하였다. 그 중 주둥치가 34개체/1,000m³로 출현 개체수의 29.82%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로 전어가 25개체/1,000m³로 출현 개체수의 21.93%를 차지하여 우점하였다.

본 조사 해역에 출현한 어류 중 붕장어, 풀반지, 준치, 전어, 주둥치가 월마다 출현하는 것으로 조사되었고, 엘통이, 송어, 줄비늘치, 성대, 밀달갱이, 넙치, 참서대는 여름철에 출현하였으며, 아귀, 병어, 흑밀복은 겨울철에만 출현하는 종으로 조사되었다.

정점별로는 St. 1에서 총 6목 16과 25종 277개체/1,000m³가 출현하여, 전체 개체수의 22.39%를 차지하였다(표 2-2-54). 그 중 주둥치가 57개체/1,000m³개체로 St. 1 출현 개체수의 20.58%를 차지하여 가장 우점하였고, 다음으로는 참돔이 39개체/1,000m³로 St. 1 출현 개체수의 14.08%, 전어가 32개체/1,000m³로 St. 1 출현 개체수의 11.55%로 우점하였다.

St. 2에서는 총 7목 17과 20종 206개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 16.65%를 차지하여 가장 적은 종이 출현하였다.

그 중 주둥치가 39개체/1,000m³로 St. 2 출현 개체수의 18.93%를 차지하여 가장 우점하였으며, 다음으로 조피볼락이 31개체/1,000m³로 St. 2 출현 개체수의 15.05%, 감성돔이 28개체/1,000m³로 St. 2 출현개체수의 13.59%, 전어가 24개체/1,000m³로 St. 2 출현 개체수의 11.65%를 차지하여 우점하였다.

St. 3에서는 총 8목 20과 26종 276개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 22.31%를 차지하였으며, 그 중 주둥치가 62개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 22.46%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 감성돔이 42개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 15.22%를 차지하여 우점하였다.

St. 4에서는 총 6목 18과 25종 242개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 19.56%를 차지하였다. 그 중 조피볼락이 49개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 20.25%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 전어가 41개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 16.94%를 차지하여 우점하였다.

St. 5에서는 총 7목 21과 30종 236개체/1,000m³가 출현하여 전체 개체수의 19.08%를 차지하였고 가장 많은 종이 출현하였다. 그 중 주둥치가 50개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 21.19%를 차지하여 가장 우점하였고 다음으로 조피볼락이 27개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 11.44%, 멸치가 18개체/1,000m³로 St. 3 출현 개체수의 7.63%를 차지하여 우점하였다. 금오도 주변 정점별로는 여러 종이 고루 분포하는 것을 알 수 있었다.

표 2-2-54. 여수 금오도 연안의 정점별 어류분포(ind./1,000m²)

Species	Station					Total	Dominance (%)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5		
갯장어 <i>Muraemesox cinereus</i>	7	18	-	12	8	45	3.64
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	4	-	13	20	15	52	4.20
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	9	11	-	-	18	38	3.07
반지 <i>Setipinna taty</i>	-	3	-	6	2	11	0.89
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	-	-	6	-	9	15	1.21
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	3	-	7	3	-	13	1.05
준치 <i>Ilisha elongata</i>	5	-	-	7	4	16	1.29
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	32	24	19	41	13	129	10.43
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	4	-	2	-	6	0.49
앨퉁이 <i>Maurolicus muelleri</i>	-	-	1	-	-	1	0.08
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	2	-	-	-	2	0.16
승어 <i>Mugil cephalus</i>	-	-	4	-	3	7	0.57
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	1	-	1	-	2	0.16
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	7	-	-	4	5	16	1.29
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	27	31	26	49	27	160	12.93
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	-	-	-	-	1	1	0.08
밑달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	-	-	2	-	-	2	0.16
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	-	3	-	2	5	0.40
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	4	-	3	2	9	0.73
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	3	-	7	-	5	15	1.21
폼치 <i>Liparis tanakai</i>	-	5	-	6	-	11	0.89
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	8	-	10	7	1	26	2.10
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	3	-	5	6	-	14	1.13
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	1	-	-	4	5	0.40
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	57	39	62	28	50	236	19.08
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	3	-	-	-	3	0.24
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	21	28	42	-	8	99	8.00
참돔 <i>Pagrus major</i>	39	15	26	11	14	105	8.49
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	4	-	2	6	-	12	0.97

표 2-2-54. 계속

Species	Station					Total	Dominance (%)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5		
민태 <i>Johnius grypotus</i>	4	-	5	2	3	14	1.13
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	3	-	2	-	5	0.40
칭베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	-	4	-	-	4	0.32
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	7	-	4	-	9	20	1.62
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	6	-	-	3	-	9	0.73
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	11	-	6	13	8	38	3.07
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	2	-	4	-	2	8	0.65
꼬치고기 <i>Sphyraena pinguis</i>	-	4	-	-	-	4	0.32
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	6	4	-	4	7	21	1.70
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	3	-	-	3	0.24
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	-	1	-	-	4	5	0.40
점넙치 <i>Pseudorhombus ntophthalmus</i>	-	-	2	-	1	3	0.24
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	3	-	-	2	2	7	0.57
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	2	-	6	3	4	15	1.21
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	-	5	-	1	2	8	0.65
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	-	2	-	-	2	0.16
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	6	-	5	-	3	14	1.13
흑틸복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	1	-	-	-	-	1	0.08
Total	277	206	276	242	236	1237	
Dominance(%)							
No. of species	25	20	26	25	30	47	100

(나) 군집구조

조사지역의 생물학적 특성인 월별 종다양도, 균등도, 우점도 지수는 그림 2-2-98과 같다. 월별 종 다양도 지수(H')는 2.0650~2.7813로 출현종수가 비교적 많은 2004년 8월에 가장 높게 나타났으며, 2005년 2월에 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.7392~0.8612으로 2005년 2월에 가장 높게 나타났으며, 2004년 11월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.3394~0.5000로 2005년 5월에 0.5000으로 가장 높게 나타났고, 2004년 11월에 0.3394로 가장 낮게 나타났으며, 균등도 지수와는 비슷한 경향을 나타냈다. 금오도 주변의 어류의 월별 군집의 유사도를 보면, 2004년 8월과 11월에는 조피볼락, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.016으로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였다. 다음으로 2005년 2월과 5월에 전어, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.266으로 유집되어, 월별 군집상에 약간의 차이가 있었다. 그리고 8월과 2월에는 우점종과 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.411로 군집상에 차이가 가장 컸다(그림 2-2-100).

정점별 종 다양도 지수(H')는 2.4760~2.8914로 출현종수가 가장 많은 St. 5에서 가장 높게 나타났으며, St. 2에서 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.8215~0.8501로 St. 5에서 0.8501로 가장 높게 나타났고, St. 3에서 0.8215로 가장 낮게 나타났다. 우점도는 St. 3에서 0.3768로 가장 높게 나타났고, St. 5에서 0.3263 가장 낮게 나타나 다양도 지수와 균등도 지수와는 반대 경향을 보였다(그림 2-2-99). 금오도 주변의 어류의 정점별 군집의 유사도는 St. 1과 St. 5의 상대거리차가 0.018로 낮은 유사도를 나타내어, 매우 유사한 군집구조를 보였으며, St. 1과 St. 3의 상대거리차가 0.115로 낮아 유사한 군집구조를 보였으며, St. 1과 St. 2는 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.468로 군집상의 차이가 가장 컸다(그림 2-2-101).

(다) 어시장 어류 종조성

본 조사는 전남 여수시 돌산읍 군내리 어시장과 여수시 서시장 등에서 2004년 8월, 11월, 2005년 2월, 5월에 월별 2회씩 어류를 조사한 결과, 다음과 같게 나타났다(표 2-2-55).

어시장에서 조사된 종은 대부분 정치망어업이나 이각망어업, 자망어업을 통해 어획된 종들이었으며, 산업 종으로 가치 있는 종들이었다. 조사기간 동안 모두 출현한 종은 총 9목 30과 47종으로 이들 중 농어목이 12과 18종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로는 썸뱅이목이 4과 7종이 출현하였으며, 다음으로는 가자미목이 3과 6종이 출현하는 양상을 보였다. 과별로 보면 송어과 어류가 3종, 고등어과 어류가 3종, 가자미과 어류가 3종, 참복과어류가 3종으로 가장 많이 출현하였고, 계절별로 보면 가을철에 37종으로 가장 많은 종이 출현하였으나, 겨울철에는 23종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 본 조사기간 동안 계속 출현한 종은 붕장어, 멸치, 준치, 전어, 송어, 볼락, 조피볼락, 주둥치, 군평선이, 감성

돔, 문절망둑, 고등어, 넙치가 출현하였고, 많은 양이 출현한 종은 멸치, 준치, 전어, 조피
블락, 주둥치 등이었다.

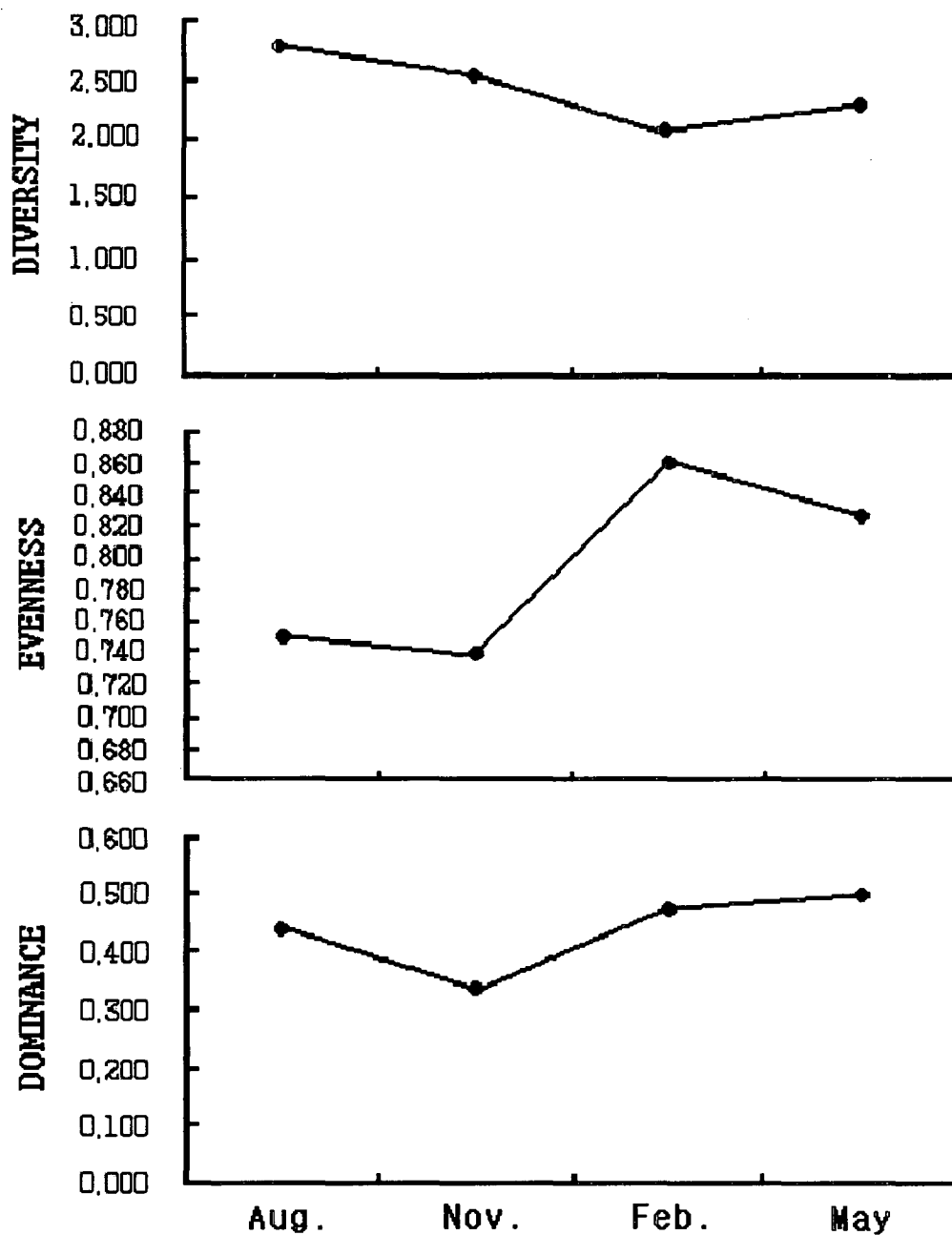


그림 2-2-98. 여수 금오도연안 어류의 월별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

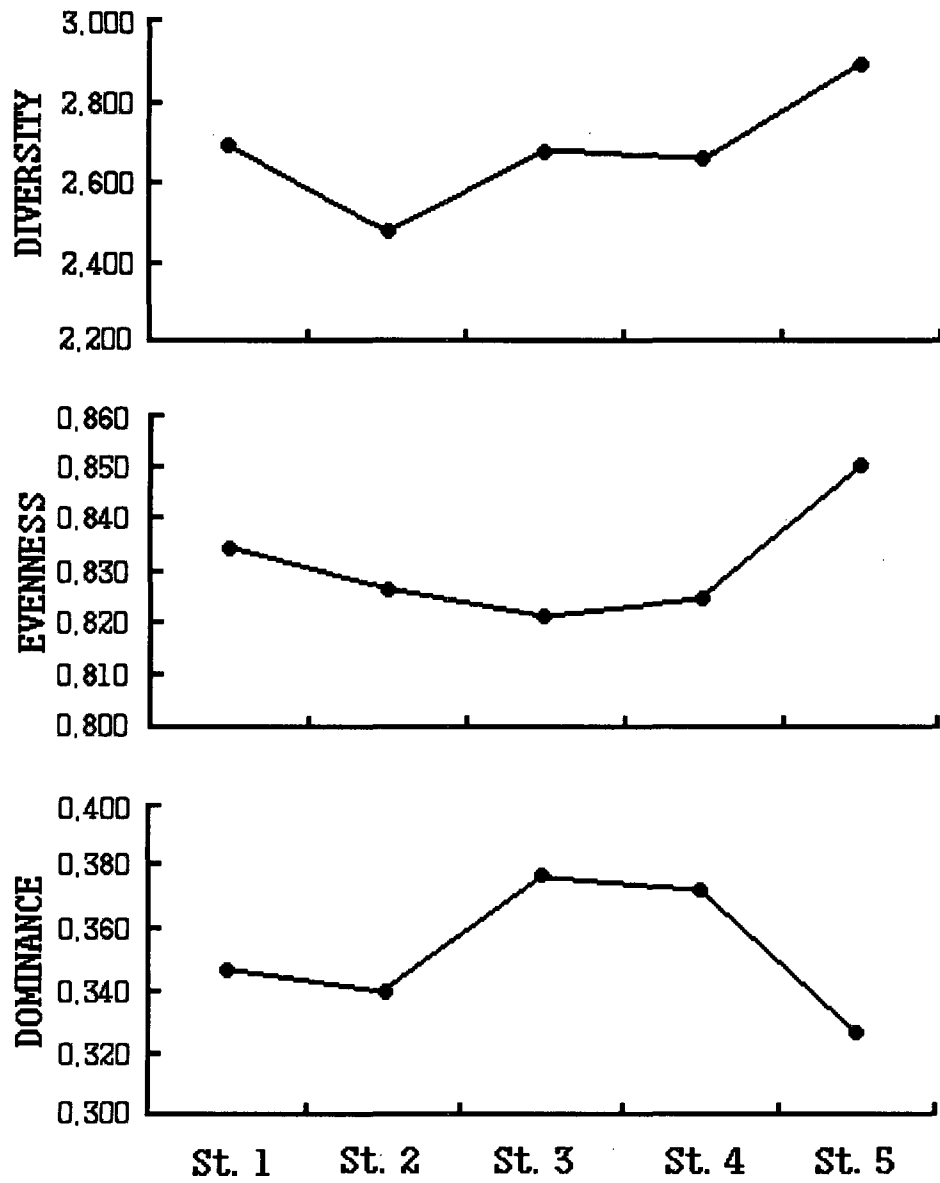


그림 2-2-99. 여수 금오도연안 어류의 정점별 다양도, 균등도 그리고 우점도 지수.

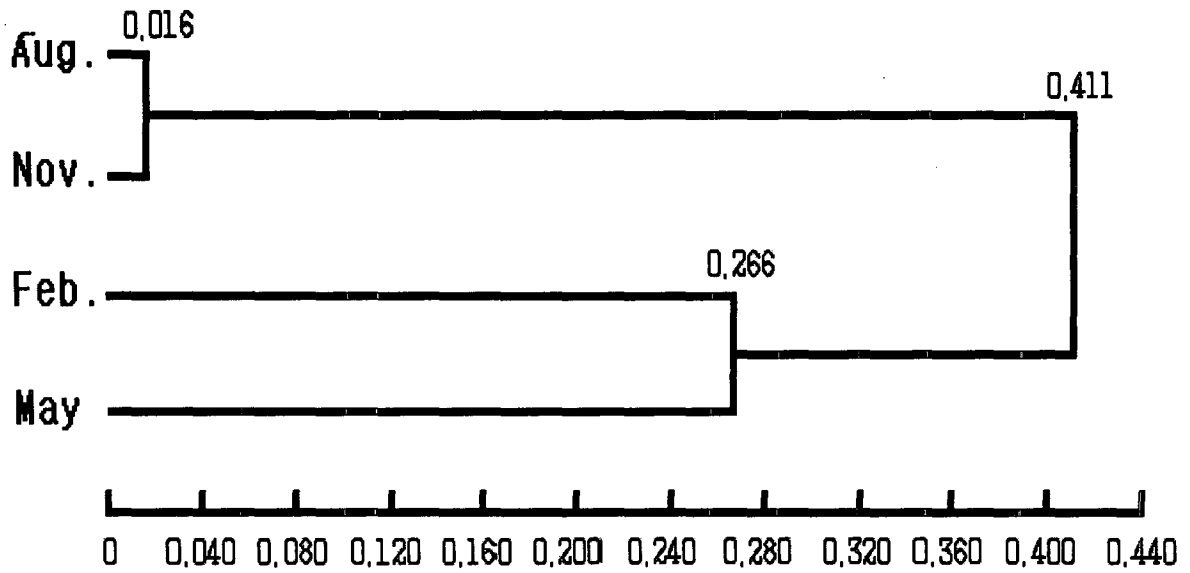


그림 2-2-100. 여수 금오도 연안 어류의 월별 유사도.

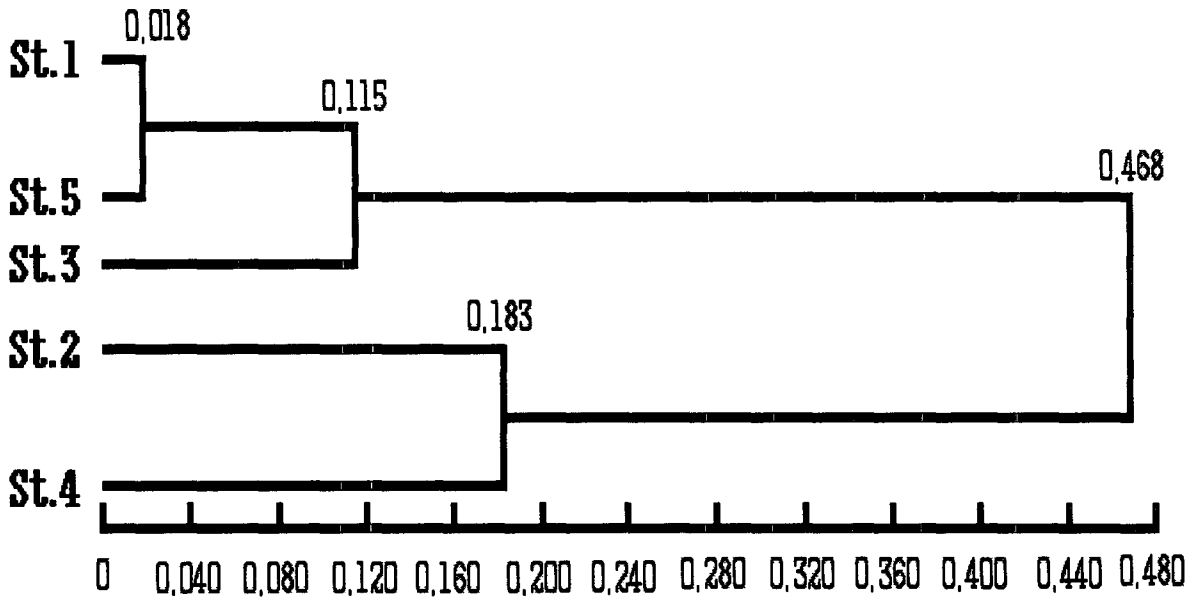


그림 2-2-101. 여수 금오도 연안 어류의 정점별 유사도.

표 2-2-55. 군내리 어시장 조사

Species	Seasons			
	August	November	February	May
두툽상어 <i>Scyliorhinus torazame</i>	++	-	+	+++
홍어 <i>Raja kenojei</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>	+	+++	+	+
블락 <i>Sebastes inermis</i>	+	+++	++	+
조피블락 <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>	-	-	-	-
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	++	+++	+++	-
전갱이 <i>Trachurus japonicus</i>	-	-	-	-
주등치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	++	+++	+++	++

+ : 100ind below,

++ : 100~300ind below,

+++ : 300ind above

표. 2-2-55. 계속

Species	Seasons			
	August	November	February	May
군평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	+	+	+	+
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	+	++	++	+
참돔 <i>Pagrus major</i>	-	++	+	-
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	+	+	-
민어 <i>Miichthys miiuy</i>	-	-	-	-
참조기 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	-	++	++	-
들돔 <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 nipponius</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>Pleromichthys cornutus</i>	+	-	-	-
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	+	++	+	-
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	+	++	-
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	-	+++	++	-
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	-	+	-
자주복 <i>Takifugu rubripes</i>	-	+	+	-
No. of species	25	30	37	23

+ : 100ind below,

++ : 100~300ind below,

+++ : 300ind above

(3) 연도별 출현 양상 및 우점종

(가) 자치어

여수 금오도 연안에서 2002년부터 2004년까지 채집된 자치어의 연도별 변동을 살펴보면, 2004년에 2602.0inds./1,000m³가 출현하여 전체 조사기간 중 가장 많은 출현량을 보였고, 다음으로 2018.2inds./1,000m³가 출현한 2002년이었으며, 2003년의 경우 1896.0inds./1,000m³가 출현하여 가장 적은 출현량을 보였다.

계절별 출현양상을 살펴보면(부록 2-2-60), 출현종수의 경우 전 조사기간 동안 여름철에 많은 출현종수를 보였고, 그 중 2004년에 19종이 출현하여 2003년의 18종, 2002년의 17종에 비해 많은 종이 출현한 것을 알 수 있었다(부록 2-2-61). 풍도의 경우에도 전 조사기간 동안 여름철에 많은 출현종수를 보였고, 그 중 2004년에 2,067inds./1,000m³가 출현하여, 2002년의 1597inds./1,000m³, 2003년의 1,457inds./1,000m³에 비해 많은 종이 출현한 것을 알 수 있었다(부록 2-2-62).

정점별 출현양상을 살펴보면(부록 2-2-63), 출현종수의 경우 정점 1에서 가장 많은 출현종수를 보였고, 정점 2 부터 정점 5까지는 대체적으로 고른 양상을 보였다(부록 2-2-64). 풍도의 경우에도 정점 1에서 가장 많은 출현종수를 보였다. 연도별로 살펴보면 2004년에 정점 1에서 722.0inds./1,000m³가 출현하였고, 다음으로 정점 3에서 568inds./1,000m³으로 많은 풍도를 보였으며, 2003년에 정점 5에서 254inds./1,000m³으로 조사기간 중 가장 적은 풍도를 보였다(부록 2-2-65).

(나) 어류상

2002년부터 2004년까지 채집된 어류의 연도별 변동을 살펴보면, 2003년에 1,850inds./1,000m³로 전체 조사기간 중 52.88%를 차지하여 가장 많은 출현량을 보였고, 다음으로 2004년에 1,237.0inds./1,000m³로 35.36%를 차지하였으며, 2001년의 경우 411.2inds./1,000m³로 전체 조사기간 중 11.75%로 가장 적은 출현량을 보였다.

계절별 출현양상을 살펴보면(부록 2-2-66), 2002년부터 2004년까지의 출현종수와 풍도(부록 2-2-67)는 봄철의 경우, 출현종수는 2002년에 26종이 출현하여 가장 많은 출현종수를 보였고, 2004년에는 16종이 출현하였다. 그러나 풍도의 경우 2003년에 151inds./1,000m³가 출현하여 가장 많은 출현량을 보였고 2002년에 88.7inds./1,000m³로 가장 낮은 양상을 보였다.

여름철의 경우에는 출현종수와 풍도가 2002년부터 2004년까지 증가하는 추세를 보였고, 그 중 풍도는 2003년에 575inds./1,000m³에서 2004년 450inds./1,000m³로 다소 감소하는 경향을 보였다.

가을철에는 2002년에 50종이 출현하여 조사기간 중 가장 많은 출현종수를 보였고, 2003년의 경우 30종이 출현하여 조사기간 중 가장 적은 출현종수를 보였다. 풍도의 경우

2003년에 979inds./1,000m²로 가장 많은 출현량을 보여 출현종수와 상반된 경향을 보였다.

겨울철 조사의 경우 출현종수는 2002년에 35종이 출현하여 가장 많은 출현종수를 보였고, 2004년에는 11종이 출현하여 가장 적은 출현종수를 보였다. 그러나 풍도의 경우 2003년에 145inds./1,000m²가 출현하여 가장 많은 출현량을 보였으며, 2004년에 69.0 inds./1,000m²로 가장 낮은 양상을 보였다.

조사기간 동안 계절별 출현양상을 종합해보면, 출현종의 경우 여름을 제외한 봄, 가을, 겨울에는 2002년에 가장 많은 종이 출현한 것을 알 수 있었으며, 풍도의 경우에는 2003년에 전 계절에 걸쳐 가장 높게 나타났다.

정점별 출현양상을 살펴보면(부록 2-2-68), 2002년부터 2004년까지의 출현종수와 풍도(부록 2-2-69)는 정점 1에서 출현종수와 풍도가 각각 2003년에 37종과 419inds./1,000m²로 조사기간 중 가장 많은 종수와 출현량을 나타냈다.

정점 2에서는 출현종수의 경우 2002년에 36종으로 가장 많은 출현종수를 나타냈고, 출현량에 있어서는 2003년에 327.0inds./1,000m²로 가장 많은 출현량을 나타냈다.

정점 3과 정점 4에서는 2003년에 출현종수와 풍도가 다른 조사기간에 비해 높은 양상을 나타냈다.

정점 5에서는 전 조사기간 동안 거의 동일한 출현종수를 나타냈고, 출현량의 경우에는 2003년에 311inds./1,000m²가 출현하여 가장 많은 출현량을 나타냈다.

조사기간 중 전어, 조피블락, 주둥치, 감성돔, 참돔은 전체 출현량의 5%이상을 차지하는 우점종으로서 계절별 출현양상을 살펴보면 부록 2-2-70과 같았다. 봄철의 경우, 전어와 주둥치가 우점종으로 나타났으며, 2003년의 경우 34inds./1,000m²로 많은 출현량을 나타냈고, 주둥치는 2004년에 32inds./1,000m²가 출현하였다.

여름철의 경우 주둥치가 2003년에 181inds./1,000m²로 최우점하였고, 다음으로 조피블락이 2003년 72inds./1,000m²가 출현하여 우점하였다.

가을철의 경우 조피블락과 감성돔, 참돔, 전어, 주둥치 순으로 우점하였고, 2003년에 가장 많은 출현량을 보였음을 알 수 있었다.

겨울철은 전어와 주둥치가 주를 이뤘고, 그 중 전어가 2003년에 26inds./1,000m²가 출현하여 조사기간 중 가장 많은 출현량을 보였다.

정점별 우점종의 경우(부록 2-2-71), 정점 2를 제외한 모든 정점에서 조피블락이 우점하였고, 다음으로 주둥치가 우점하였으며, 정점 2는 주둥치가 최우점하였다. 그리고 조사기간 중 2003년에 모든 정점에서 우점종의 출현량이 가장 많이 나타난 것을 볼 수 있다.

제 3 절 생태계 모델

1. 서론

전통적인 개체군 수준에서의 자원관리방법은 가입, 성장, 자연사망, 어획사망 등 기본적인 4개의 파라미터에 의해 단일 개체군만을 고려하였으나, 최근 생태계 차원에서의 어업의 강도나 환경의 영향을 고려한 자원관리방법 개발의 필요성이 강조되고 있다(Zhang and Lee, 2001). 이러한 필요성에 부응하여 최근 수산학자와 해양학자, 그리고 수산행정가들은 수산자원관리를 전통적인 단일종 관리방식에서 생태계 관리방식으로 전환해야 한다는 인식전환(paradigm shift)을 강조하고 있다. 또한, 우리나라와 같이 복잡한 수산자원의 생물상과 다양한 어업구조를 가진 해역에서는 한 어종이 여러 어구에서 어획되거나 또는 여러 어종이 한 어구에서 어획되는 상황을 감안한 다종어업 관리방법도 고려되고 있다(Seo and Zhang, 2001a, b).

그러나, 이러한 방법들 역시 합리적인 자원관리에는 한계가 있는데, 이는 생태계를 구성하고 있는 생물들간의 생태학적인 상호작용을 고려하고 있지 않기 때문이다. 즉, 수산업에 의해서 이용되고 있는 수산자원생물들은 해양생태계의 일부를 구성하는 생물들로서, 이들 생물들은 서로 먹고 먹히는 관계나 혹은 동일 먹이생물을 대상으로 경쟁을 하는 생태학적인 상호작용을 하면서 생존하고 있다. 따라서, 수산자원을 지속적으로 이용하기 위해서는 그림 2-3-1과 같이 생태학적인 상호작용을 고려하여 생태계 차원에서 관리를 하는 거시적인(holistic) 관리방식을 채택해야 할 필요성이 대두된다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 전세계적으로 선진국들의 주도로 생태계 모델링에 의한 생태계 구성 생물군의 구조와 변동 매커니즘을 구명하고 생물자원의 이용이 생태계의 구조와 기능에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

생태계 모델로는, 다종생물자원의 평가를 위해 개발된 MSVPA(Sparre, 1991), 생물의 생리생태학적 분석 모델인 bioenergetics models(Kitchell *et al.*, 1996), 생태계를 거시적으로 보고 유사생물군을 합쳐서 영양물질균형(trophic mass-balance)을 분석하는 생태계 모델인 Ecopath(Polovina, 1984) 및 Ecopath II(Christensen and Pauly, 1992), 어획강도를 시뮬레이션으로 변환시켜서 이에 따른 생태계 구성 생물군의 시간적인 변동을 추적하는 Ecosim(Walters *et al.*, 1997) 모델 등이 있다.

금년도 연구는 1차년도 연구로서, 상기 생태계 모델들의 분석에 의하여 전남 다도해형 바다목장해역에 적합한 생태계 모델 및 관리 시스템을 구축하였다. 그리고 대상해역의 모델 적용을 위한 기초조사로, 생체량 및 생산량/생체량(P/B) 비, 어획량, 그리고 먹이조성에 대한 자료를 수집·분석하였다.

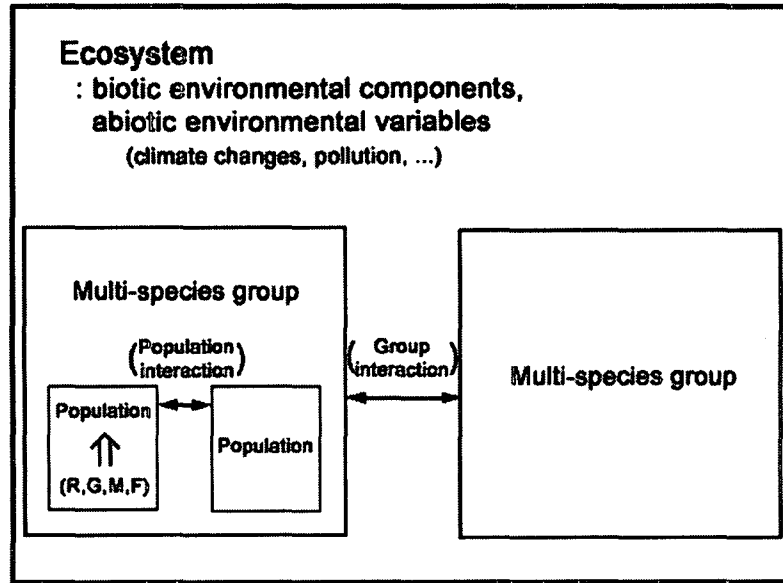


그림 2-3-1. 생태계 차원에서의 거시적 (holistic) 자원관리 개념도. 여기서, R은 가 입, G는 성장, M은 자연사망, F는 어획사망을 나타낸다.

2. 재료 및 방법

가. 생태계 모델 분석

본 연구에서 생태계 모델의 분석을 위하여 사용한 문헌으로는 Sparre(1991)의 MSVPA, Kitchell *et al.*(1996)의 bioenergetics models, Polovina(1984)의 Ecopath 모델, 이를 변형시켜서 개발된 Christensen and Pauly(1992)의 Ecopath와 Ecospace 모델 등이다. 또한, 생태계 역학 모델로는 Walters *et al.*(1997)에 의해 개발된 Ecosim을 분석대상으로 하였다.

생태계 모델들의 분석적 연구를 기초로 생태계 모델링 연구체계와 자원조성 시스템, 어장조성 시스템 그리고 자원관리 시스템을 수립하였다.

나. 생태계 모델 기초조사

본 연구기간동안 수회의 현장조사와 다양한 문헌조사에 의하여 전남 다도해형 바다목장의 생태계 모델 개발을 위한 기초조사를 수행하였다.

(1) 생태계 구성생물 분류

'전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서'(2003, 2004)를 참고로 분류학적 특성과 먹이조성 등 생물생리학적 특성 및 생태학적 특성에 따라 바다목장에 서식하

는 모든 생물들을 기능적인 그룹으로 나누었다.

(2) 생태계 모델 파라미터 추정

생태계 구조를 파악하기 위해 기 수집된 자료와 연구 결과에 대한 기초조사를 수행하였다. 어획량 자료는 여수지방 해양수산청으로부터 획득한 2003년, 2004년 여수 지역의 어종별 어획량 자료를 산술평균하였다. 여수 지역의 연근해어업 면적으로부터 추정된 22,843 km²를 사용하여 면적당 어획량을 계산하였고, 이를 전남바다목장 해역에 대한 면적당 어획량으로 간주하여 사용하였다.

각 생물그룹에 대한 생산량/생체량(P/B) 비는 Allen(1971)에 의해 평형상태에서는 순간전사망계수(Z)와 같다는 학설에 따라서 이미 연구된 어종에 대한 순간전사망계수(Z)를 어획량 자료로 가중 평균하여 구하였다. 그리고 $F = Z - M$ 이고, $C = B \times F$ 이므로, 생체량은 $B = C/F$ 관계에 의해 추정하였다. 여기서, C는 어획량, B는 생체량, F는 순간어획사망계수이고, M은 순간자연사망계수이다.

각 생물에 대한 먹이생물 자료는 기존의 문헌을 참고하였다. 먼저 참고 문헌으로부터, 생물별 먹이생물의 기여도 순위를 정하고, 그 순위에 따라 일정한 비를 부여하였다. 한 생물에 대한 먹이생물들의 비의 합은 1.0이다. 즉, 만약 한 생물의 먹이생물이 2종이라면, 그 순위에 따라 각각 0.7과 0.3을 부여하고, 먹이생물이 3종이라면, 0.5, 0.3, 그리고 0.2를, 먹이생물이 4종이라면, 0.4, 0.3, 0.2, 그리고 0.1을 부여하였다.

3. 결과 및 토의

가. 생태계 구조 모델

생태계 구조 모델은 Ecopath 모델로서 두 가지 식을 기초로 하는데, 하나는 생체량균형(mass balance)에 의한 생산량 모델식이고, 다른 하나는 각 그룹에 대한 에너지균형(energy balance) 모델식이다.

(1) 생체량 균형 (mass balance) 모델식

각 그룹 (i)에 대한 생산량 식은

$$P_i = Y_i + M2_i + E_i + BA_i + P_i \cdot (1 - EE_i) \quad \text{--- (1)}$$

로, P_i 는 i의 총생산량, Y_i 는 i의 총어획량, $M2_i$ 는 i의 포식자에 의한 사망량, E_i 는 순회유량 (이출량-이입량), BA_i 는 i의 누적생체량, $P_i \cdot (1 - EE_i) = M0_i$ 로 i에 대한 기타사망을 나타낸다.

식 (1)은 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$B_i \cdot (P/B)_i \cdot EE_i - \sum_{j=1}^m B_j \cdot (Q/B)_j \cdot DC_{ji} - Y_i - E_i - BA_i = 0 \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서, $(P/B)_i$ 는 생산량/생체량의 비, $(Q/B)_i$ 는 섭식량/생체량의 비, 그리고 DC_{ji} 는 포식자 (j)의 먹이조성 중 피식자 (i)의 비이다. 식 (2)는 n개의 그룹으로 구성된 생태계의 경우, 식 (3)과 같이 n개의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} B_1(P/B)_1 EE_1 - B_1(Q/B)_1 DC_{11} - B_2(Q/B)_2 DC_{21} \cdots - B_n(Q/B)_n DC_{n1} - Y_1 - E_1 - BA_1 &= 0 \\ B_2(P/B)_2 EE_2 - B_1(Q/B)_1 DC_{12} - B_2(Q/B)_2 DC_{22} \cdots - B_n(Q/B)_n DC_{n2} - Y_2 - E_2 - BA_2 &= 0 \\ \vdots & \\ B_n(P/B)_n EE_n - B_1(Q/B)_1 DC_{1n} - B_2(Q/B)_2 DC_{2n} \cdots - B_n(Q/B)_n DC_{nn} - Y_n - E_n - BA_n &= 0 \end{aligned} \quad \text{-----} \quad (3)$$

이 연립방정식을 다시 쓰면, 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1m}X_m &= Q_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2m}X_m &= Q_2 \\ a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \cdots + a_{nm}X_m &= Q_n \end{aligned} \quad \text{-----} \quad (4)$$

이것을 행렬을 이용해서 나타내면,

$$[A]_{nm} \cdot [X]_m = [Q]_m \quad \text{-----} \quad (5)$$

이고, 행렬 A의 역함수 A^{-1} 을 사용하면, 다음의 식 (6)과 같다.

$$[X]_m = [A^{-1}]_{nm} \cdot [Q]_m \quad \text{-----} \quad (6)$$

여기서, n은 식의 수이고, m은 포식자의 수이다.

행렬식이 0이거나 정방행렬이 아니면, 역행렬을 갖지 않으므로, 이때는 Mackay(1981)의 방법에 의해 일반화된 역함수를 추정할 수 있다.

생산량 (P_i)은 식 (2)에서 i 의 생체량 (B_i)과 i 그룹에 대한 생산량/생체량의 비(P/B) $_i$ 로 계산되는데, (P/B) $_i$ 는 평형상태에서는 어업자원평가에서 추정되는 개체군의 순간전사망계수(Z)와 동일하다(Allen, 1971). 또한, Mertz and Myers(1998)는 최근 평형상태에서는 이 비가 개체중량의 성장률(G)과도 같다고 발표하였다. 여기서, G 는 $G_i = \ln(W_{i+1}/W_i)$ 로부터 전 연령(t)에 걸친 평균치로 구할 수 있다. 기타사망은 어획이 아닌 질병 또는 고령 등에 의한 사망으로,

$$P_i \cdot (1-EE_i) = M0_i \text{ - - - - - (7)}$$

여기서, EE_i 는 i 의 영양효율로 생산량의 비로서 나타낼 수 있다. 포식자에 의한 사망량 ($M2_i$)은 포식자와 피식자와의 관계로서,

$$M2_i = \sum_{j=1}^m Q_j \cdot DC_{ji} \text{ - - - - - (8)}$$

이고, 여기서 합은 i 그룹을 먹는 포식자 j 그룹에 대한 총합으로, Q_j 는 j 그룹의 총섭식량이며, DC_{ji} 는 포식자 j 의 먹이조성 중 피식자 i 의 비이다. Q_j 는 j 그룹의 생체량 (B_j)과 j 그룹의 섭식량/생체량의 비(Q/B) $_j$ 에 의해 계산된다.

Ecopath는 생태계에 존재하는 그룹 수만큼의 식을 가지며, 각 그룹에 대한 아래의 파라미터 중 하나를 구할 수 있다.

- 생체량
- 생산량/생체량
- 섭식량/생체량
- 영양효율

반면에 나머지 세 개의 파라미터는 아래 파라미터와 함께 모든 그룹에 대해 반드시 입력되어야 한다.

- 어획량
- 순회유량
- 총생체량
- 동화량
- 먹이조성

그러나 생태계에 존재하는 그룹 수보다 식의 수가 적을 경우에는 손실된 파라미터 (missing parameter)를 반복적으로 추정하는데, 다음 과정은 추가된 파라미터를 추정할 수 없을 때까지 행한다.

총먹이전환효율(g_i)은 식 (9)에 의하여 추정되고,

$$g_i = (P/B)_i / (Q/B)_i \text{ ----- (9)}$$

$(P/B)_i$ 는 식 (10)으로 추정된다.

$$(P/B)_i = \frac{Y_i + E_i + BA_i + \sum_j Q_j \cdot DC_{ji}}{B_i \cdot EE_i} \text{ ----- (10)}$$

식 (10)은 i 그룹의 어획량, 생체량 및 영양효율, 그리고 i 그룹에 대한 모든 포식자들의 섭식량을 안다면 구할 수 있다. 어획량, 순회유량 그리고 누적생체량이 입력자료로 필요하다. EE 는 다음 식 (11)로 구할 수 있다.

$$EE_i = \frac{Y_i + E_i + BA_i + M2_i}{P_i} \text{ ----- (11)}$$

여기서 포식자에 의한 사망 $M2$ 는 식 (8)로 추정된다.

(2) 에너지 균형(energy balance) 모델식

본 생태계 구조 모델에서는 모든 생물의 에너지 유입과 유출이 균형을 이루어야 한다. 손실 파라미터(missing parameter)가 생체량 균형에 의해 추정되어지면, 각 그룹간 에너지 균형은 다음 식에 의해 성립된다.

$$\text{섭식량} = \text{생산량} + \text{호흡량} + \text{미동화량} \text{ ----- (12)}$$

이 식은 Winberg(1956) 식과 유사하다. 그러나 Winberg는 성장에 초점을 두었으며, 식 (12)는 손실 파라미터의 추정에 초점을 두었다. 즉, 식 (12)로부터 섭식량, 생산량 그리고 미동화량을 사용하여 호흡량이 추정된다.

Ecopath는 에너지뿐만 아니라 영양단위로 사용할 수 있는데, 만약 Ecopath에서 영양단위가 사용된다면, 호흡량은 위 식에서 고려되지 않고, 미동화량은 섭식량과 생산량간의 차로 추정된다.

(3) 생물군의 그룹 설정

생태계에 서식하는 생물군의 그룹은 단일 어종 또는 복수 어종으로 구성될 수 있다. 복수 어종을 한 그룹으로 고려할 경우, 이 종들은 생태학적 및 생리학적으로 밀접한 관계가 있어야 한다. 그러나 그룹 설정 방법에 대해 어떤 기준을 제시하는 것은 어려우며, 이것은 생태계간에 차이가 있기 때문이다.

(4) 생물군별 기본 입력자료

생물군별 기본 입력자료는 다음과 같다.

(가) 서식면적비(Habitat area fraction)

서식면적은 해당 해역의 총면적에 대한 자원이 서식하는 면적의 비로, 만약 값이 1이라면 생물군이 전해역에 서식함을 의미한다.

(나) 생체량(Biomass, B)

생체량은 서식지내에서의 단위면적당 생체량으로서 입력되며, 보통 사용되는 단위는 t/km^2 이다.

(다) 생산량/생체량 비(Production/biomass ratio, (P/B))

생산량/생체량 비는 보통 어업생물학자들에 의해 사용되어지는 순간전사망계수(Z)가 사용된다(Allen, 1971). 만약 순간전사망계수를 이용할 수 없을 경우에는 순간성장율(G)을 사용할 수 있다(Mertz and Myers, 1998).

(라) 섭식량/생체량 비(Consumption/biomass ratio, (Q/B))

섭식량/생체량 비는 생물이 1년 동안 체중당 섭취하는 양으로, P/B와 단위가 동일해야 한다.

(마) 생태영양효율(Ecotrophic Efficiency, (EE))

생태영양효율 값은 0과 1사이의 값으로, EE 값이 0이라는 것은 그 그룹이 생태계 내에서 어떤 그룹에게도 포식되지 않거나 유출되는 양이 없다는 것을 나타내며, EE 값이 1이라는 것은 다른 그룹에 의한 피식 정도나 어획에 의한 강도가 커서 고령에 의한 사망이 거의 없다는 것을 의미한다. EE 값은 직접적으로 측정하는 것이 어려우므로 다른 입력자료에 의해 식 (11)로 추정된다.

(바) 생산량/섭식량 비(Production/consumption, (P/Q))

생산량/섭식량 비는 총먹이전환효율(GE)로, GE 값은 보통 0.05에서 0.3사이에 있으며, 대부분의 그룹에서 섭취량이 생산량보다 3~10배 정도 높다(박테리아, 치어, 성장률이 빠른 유기물, 최고 포식자 등의 경우는 예외), P/B와 P/Q가 입력되면 식 (9)에 의해서 계산된다.

(사) 누적생체량(Biomass accumulation, (BA))

누적생체량(BA)은 Ecopath가 평형상태의 모델이 아니기 때문에 생물군에 대한 해당 해(年)의 초기 자원량과 다음해 초기 자원량을 안다면 이 생체량간의 차로 계산될 수 있다. 생물의 경우 입력 가능하고(초기값 = 0으로 설정되어 있음) 퇴적물의 경우는 계산되어진다.

(아) 미동화량/섭식량 비(Unassimilated/consumption, (GS))

모델이 에너지와 관련 있다면 미동화량에 대한 자료가 필요하나 이용할 수 없을 때, 육식성 어류의 경우 0.2를 사용한다(Winberg, 1956). 모델이 영양단위로 되어 있다면, 미동화량 = 1 - 생산량/섭식량 비로 계산된다.

(자) 퇴적물 유입(Detritus import)

만약 생태계내로 퇴적물의 유입이 있다면, 입력되어야 한다($t/km^2/year$).

(차) 어획량(Catch)

어업별 생물군별 어획량을 생체량과 같은 단위(t/km^2)로 입력해야 한다.

(카) 먹이조성(Diet composition)

먹이조성은 다른 그룹들과의 피식-포식작용에 의한 것으로써, 생물군의 전체 먹이 중 피식자별로 먹힌 정도를 비율로 나타내며, 총합은 1이다.

(5) 생태계 파라미터의 추정에 대한 검토

기본 입력자료를 Ecopath 프로그램에 적용시키면, 생태계 구조 모델(Ecopath)에 의해 기본 파라미터가 추정된다. 추정치를 산출하는데 있어서 Ecopath 모델식은 생물군간 생체량 및 에너지가 균형을 이루어야 하는데 그렇지 못할 경우에는 오류가 발생한다.

즉, EE 값은 1보다 작아야하며, $GE(=P/Q)$ 값은 보통 0.1~0.3 사이의 값이다(최고 포식자와 박테리아 등은 제외). 이 조건을 만족하지 못할 경우에는 오류가 발생하며, 기본 입력자료인 P/Q, Q/B, B 그리고 먹이조성을 확인해 보아야 한다. 또한 호흡량이 음의 값이 되어도 오류가 발생하는데, 섭식량 $(Q) =$ 생산량 $(P) +$ 호흡량 $(R) +$ 미동화량 (U) 의 관

계를 섭식량에 대해 표현하면, $P/Q + R/Q + U/Q = 1$ 이다. 여기서 $P/Q (= GE) + U/Q$ 가 R/Q 보다 크면 호흡량은 음의 값이 된다. 이 경우에는 그 생물군에 대한 $P/Q (=GE)$ 값이 너무 높거나 Q/B 값이 너무 낮게 적용되었다는 것이므로 마찬가지로 기본 입력 자료를 확인해 보아야 한다.

(6) 생태계 기본 추정치

(가) 퇴적물로의 흐름(Flow to detritus)

각 생물군에서 퇴적물로 유입되는 것은 미동화량과 고령, 질병 등으로 사망하는 것으로 단위는 $t/km^2/year$ 이며, 모든 생물군에서 양의 값이어야 한다.

(나) 유출되거나 섭취되는 양(Amounts exported or eaten)

$$\text{Amounts exported or eaten} = P/B_i \cdot B_i \cdot EE_i \text{ - - - - - (13)}$$

(다) 순효율(Net efficiency)

$$\text{순효율} = \text{생산량} / (\text{생산량} + \text{호흡량}) \text{ - - - - - (14)}$$

순효율은 양의 값이며, 보통 1보다 작고(중간 영양단계 그룹은 제외) 총먹이전환효율(GE)보다 크다.

(라) 영양단계(Trophic level)

생산자와 퇴적물의 영양단계는 1이고, 소비자의 영양단계(TL)는

$$TL = 1 + \text{피식자 영양단계의 가중평균} \text{ - - - - - (15)}$$

으로 계산된다.

(마) 잡식성 지수(The omnivory index)

$$OI_i = \sum_{j=1}^n (TL_j - (TL_i - 1))^2 \cdot DC_{ij} \text{ - - - - - (16)}$$

여기서, TL_j 는 피식자 j의 영양단계이고, TL_i 는 포식자 i의 영양단계이며 DC_{ij} 는 포

식자 i 의 먹이조성 중 피식자 j 의 비이다. 잡식성 지표(OI)값이 클수록 많은 영양단계를 섭취한다.

(바) 호흡량(Respiration)

$$Resp_i = (1 - GS_i) \cdot Q_i - (1 - TM_i) \cdot P_i \text{ - - - - - (17)}$$

여기서 $Resp_i$ 는 그룹 i 의 호흡량이고 GS_i 는 i 의 동화되지 않은 섭식량의 비이고, Q_i 는 i 의 섭식량, TM_i 는 기초생산에 기여하는 생산량의 비, P_i 는 i 의 총생산량이다. 만약 영양단위로 나타낸다면 호흡량은 0이다.

(사) 동화량(Assimilation)

$$\text{동화량} = B_i \cdot (Q/B)_i (1 - GS_i) \text{ - - - - - (18)}$$

여기서 B_i 는 그룹 i 의 생체량이고, Q/B_i 는 그룹 i 의 섭식량/생체량 비이며, GS_i 는 미동화량의 비이다.

(아) 호흡량/동화량 비(Respiration/assimilation)

호흡량은 동화량보다 작기 때문에, 동화량에 대한 호흡량의 비율은 1보다 작은 값이다.

(자) 생산량/호흡량 비(Production/respiration)

P/R 은 동화량의 비율을 나타내고 양의 값을 갖는다.

(차) 호흡량/생체량 비(Respiration/biomass)

R/B 는 그룹의 활동성을 나타내는 것으로 값이 클수록 활동성이 강한 생물군이다. R/B 는 미동화량의 비에 강한 영향을 받으므로, 값이 아주 높다면 GS 가 아주 낮기 때문일 것이다.

(카) 사망계수

$$Z_i = P/B_i = M0_i + M2_i + F_i + E_i + BA_i \text{ - - - - - (19)}$$

여기서, Z_i 는 전사망율, $M0_i$ 는 기타 사망율, $M2_i$ 는 포식자에 의한 사망률, F_i 는 어획

사망을, E_i 는 순회유량, 그리고 BA_i 는 누적생체량이다.

각 사망계수의 추정식은 식 (20)과 같다.

$$Z_i = P/B_i$$

$$M0_i = (1 - EE_i) \cdot P/B_i$$

$$M2_i = (\sum_{j=1}^n B_j \cdot Q/B_j \cdot DC_{ji}) / B_i$$

$$F_i = Y_i / B_i \text{ - - - - - (20)}$$

(타) 포식자에 의한 사망

i 그룹의 포식자에 의한 사망은 다른 그룹에 의한 i의 섭식량의 총합으로, 이 값은 입력 파라미터가 아니라 계산되어 진다. 다른 모델에서는 M2로 사용되기도 한다.

(파) 기타사망

기타사망은 총생산량에서 유출되거나 포식자에 의한 사망의 총합을 뺀 것으로 질병이나 굶주림, 그리고 고령 등으로 죽은 동식물이 퇴적물로 유입되는 것을 말한다. 다른 모델에서 M0로 사용되기도 하며, Ecopath에서는 영양효율에 대한 관계식으로 입력된다. 즉, $EE = 1 -$ 기타사망이다.

나. 생태계 공간 모델

실제 생태계는 생태계 구조모델(Ecopath model)내의 질량균형 흐름보다 훨씬 더 복잡한 관계를 가진다. 또한 실제 생태계는 생태계 역학모델(Ecosim model)에서 나타난 것보다 훨씬 복잡한 역학관계를 가진다. Ecopath/Ecosim 접근법에서는 서식생물종의 공간적 분포에 대한 가정이 누락되어 있다. 이것은 최근 Ecosim의 주요요소를 통합시킨 역학적이고 공간적인 Ecospace 모델(Walters, 2000)을 통해 향상되었다. 생태계 공간 모델로 일컬어지는 Ecospace 모델은 해당 생태계에 서식하는 서식생물종의 공간적인 서식처 분포뿐만 아니라 선호 서식처에 대한 정보를 제공한다. 또한 서식생물종의 생체량(Biomass)과 생물종간 영양역학적 상호작용의 공간적인 변화 및 여러 가지 서식처 내에 존재하는 포식자에 대한 서식생물종의 도피율과 취약성에 기초한 공간적 분포를 시뮬레이션 할 수도 있다.

다. 생태계 역학 모델

생태계 역학 모델에 의한 시뮬레이션을 위하여 Walters *et al.*(1997)에 의하여 개발된 Ecosim 모델에서 사용되는 기본식은 자원의 순간성장률에 대한 식으로, 이식은 Ecopath

의 기본식 (1)에서 유도된다.

$$dB_i/dt = g_i \sum_j C_{ij} - \sum_j C_{ji} + I_i - (M_i + F_i + e_i) B_i \quad (21)$$

여기서, g_i 는 순성장효율(생산량/섭식량 비), M_i 는 포식에 의한 사망이 아닌 자연사망 계수, F_i 는 어획사망계수, e_i 는 이출율, I_i 는 이입량(순회유율 = $e_i \cdot B_i - I_i$)이다. 오른쪽 항의 두 합은 섭식량을 나타내는데, 첫 번째 합은 그룹 i 의 총섭식량이고, 두 번째 합은 i 그룹이 다른 포식자에 의해 피식된 양을 나타낸다. 이 미분방정식은 Adams-Basforth의 적분법 또는 Runge-Kutta 4th order에 의해 계산된다.

식 (21)에 의해 생물군별 자원량, 어획량, 섭식량/생체량, 평균체중 및 급이시간(feeding time)의 변동을 상대적인 값으로 예측할 수 있으며, 또한 어획수준 (F)에 따른 변동도 예측 가능하다.

라. 생태계 모델링 연구체계

(1) 대상생태계 정의

바다목장의 생태계 모델을 구축하기 위해서는 먼저 조사대상해역의 경계 및 면적이 명확히 정의되어야 한다. 경계를 정의함에 있어서 대상해역의 해수이동, 수온, 염분, 영양염류 분포 및 이동, 그리고 저질구조 등과 같은 해양물리학적 및 지화학적 특성, 생물의 분포양상과 이동경로의 파악 등 생태학적 관점에서 대상생태계의 설정이 필요하다.

(2) 서식 생물종 파악

대상생태계가 설정되면 그 해역에 서식하는 모든 생물들, 즉, 기초생산자에서부터 최고포식자(상어류, 고래류)에 이르기까지 모두 파악되어야 하며, 또한 해양생물은 아니지만 이들에게 직·간접적으로 영향을 미치는 바다새류까지 포함되어야 한다.

(3) 생물군 그룹핑

서식 생물종들이 파악되면, 이 수많은 생물들을 생태학적 유사성에 따라 하나의 종 또는 여러 종들을 묶어서 그룹으로 나누어야 한다. 따라서 세부적인 생태·생리학적 연구가 이루어져야 의미있는 그룹을 나눌 수 있다. 동일 그룹에 속하는 생물들은 영양단계(trophic level)가 같아야 한다.

(4) 해양조사 및 자원조사

현재까지 “전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서”를 근거로 조사된

생물들을 개략적으로 분류하면 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 해조류, 저서동물 그리고 어류로 나눌 수 있고 여기에 고래류 및 바다새류를 포함시킬 수 있다.

(가) 해양조사

미세생물 및 플랑크톤 조사, 그랩샘플링, 방향구법 등에 의해 미세생물, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 해조류 그리고 저서동물에 대한 생산량(P)과 현존량을 조사하여 이들로부터 생체량(B) 및 사망율(P/B)을 구해야 한다. 또한, 각 생물의 식성조사에 의해 섭식량(Q) 및 먹이조성(D_{ij})을 구하고, 섭식량(Q)과 생체량(B)을 이용하여 체중당섭식량(Q/B)을 추정해야 한다. 고래류 및 바다새류의 경우도 마찬가지로 실제 채집조사 및 목시조사 등에 의해 생산량(P), 생체량(B), 사망율(P/B), 섭식량(Q), 먹이조성(D_{ij}) 그리고 체중당 섭식량(Q/B)이 분석되어야 한다. 또한 미세생물 먹이망(microbial loop)을 밝혀서 이를 모델에 포함시켜야 한다. 각 파라미터의 기본단위는 t/km²/year이다.

(나) 직접자원조사

바다목장사업의 주 관리대상이 되는 어류에 대해서는 직접자원조사를 실시해야 한다. 저어류의 경우에는 저층트롤조사, 그리고 부어류는 표층층트롤조사 및 과학어탐조사를 수행하여 자원량(B)이 추정되어야 한다. 또한 각 생물들의 체장-연령조성을 분석하여 사망율(P/B)을 구해야 하며, 식성조사에 의해 섭식량(Q) 및 먹이조성(D_{ij})을 구해야 한다. 자원량(B)과 섭식량(Q)을 이용하면 체중당섭식량(Q/B)을 구할 수 있다. 각 파라미터의 기본단위는 동일하다.

(다) 어업자원조사

바다목장해역에서 생산되는 어업별 어종별 어획량(C)조사를 통해 어종별 연령조성 및 식성을 분석하여야 한다. 따라서 어획량과 연령조성자료를 사용하여 사망율(P/B)이 추정되고, 코호트 분석법을 사용하여 간접적으로 자원량(B)을 추정할 수 있으며, 식성연구에 의해 섭식량(Q), 먹이조성(D_{ij}) 그리고 체중당섭식량(Q/B)을 분석할 수 있다. 각 파라미터의 기본단위는 동일하다.

(5) 기본입력자료 비교 분석

직접조사방법(해양조사, 트롤조사, 과학어탐조사)과 간접조사방법(어업자원조사)에 의해 추정된 기본입력자료 생산량(P), 자원량(B), 어획량(C), 사망율(P/B), 섭식량(Q), 먹이조성(D_{ij}), 체중당 섭식량(Q/B))는 서로 비교 분석하여 수정·보완되어야 한다.

해양조사 및 자원조사에 의한 결과와 보정된 기본 입력자료를 바탕으로 대상생태계를 재설정하고 조사에 의한 생태·생리학적 특성에 따라 생물군을 재그룹핑하여 생물군별로

기본 입력자료를 재계산하는 feedback loop 체제를 구축해야 한다.

(6) 생태계 구조 파악

위 연구 결과를 이용하여 생태계 구조 분석 모델(예로, Ecopath)에 의해 바다목장해역의 에너지 흐름에 의한 생태계 구조를 파악하고, 이에 근거한 종별 환경수용량(carrying capacity)을 추정한다.

(7) 생태계 변화 예측 및 기능 연구

생태계 구조 분석 모델에 의해 추정된 바다목장해역의 생태계 구조를 바탕으로 생태계 역학 모델(예로, Ecosim)을 사용하여 목장의 생산시설에 따르거나 혹은 어업별 어종별 어획강도에 따른 생태계 구조의 변화를 시뮬레이션하여 예측해 봄으로써 바다목장의 안정적인 생태계 구조 유지를 위한 관리 방안을 모색해야 한다.

생태계 모델링의 연구시스템은 그림 2-3-2의 flow chart에서 보는 바와 같이 방대한 자료와 복잡한 연구과정이 관여된다.

마. 자원조성 시스템

직접자원조사와 어업자원조사에 의해 구해진 생태학적 특성치(성장계수, 사망계수, 가입연령, 연령별 성숙비)를 사용하여 Beverton and Holt 모델에 의해 단위면적당가입당치녀자원량·현재자원량·생산량·산란자원량을 계산하고, 가입량, 치어연령, 면적을 이용하여 적정자원조성마리수를 계산한다. 따라서 계산된 단위면적당가입당현재자원량·생산량·산란자원량과 적정자원조성마리수를 이용하여 예상자원증가량·기대생산증가량·예상산란자원량을 추정함으로써 자원조성효과를 정량적으로 측정할 수 있다. 그리고 단위면적당가입당치녀자원량은 개체군 수준에서의 환경수용량을 나타내는 것으로 생태계 모델을 사용하여 추정한 환경수용량과 비교·분석이 가능하다.

전남 다도해형 바다목장의 자원조성 시스템은 그림 2-3-3에서와 같이 다단계의 복잡한 분석과정이 포함되어 있다.

바. 서식처 조성 시스템

서식처조성 시스템을 구축하기 위해서는 먼저 직접자원조사와 해양조사를 통해 해당 생태계에 서식하는 서식생물종의 서식처의 분포 면적과 잠재서식처 면적을 파악해야 한다. 생태계 공간 모델을 이용하여 생물군별 서식처를 설정하고 인공어초 및 인공해중립이 조성되었을 경우의 생물군의 분포 면적과 잠재서식처 면적의 변화를 시뮬레이션 한다.

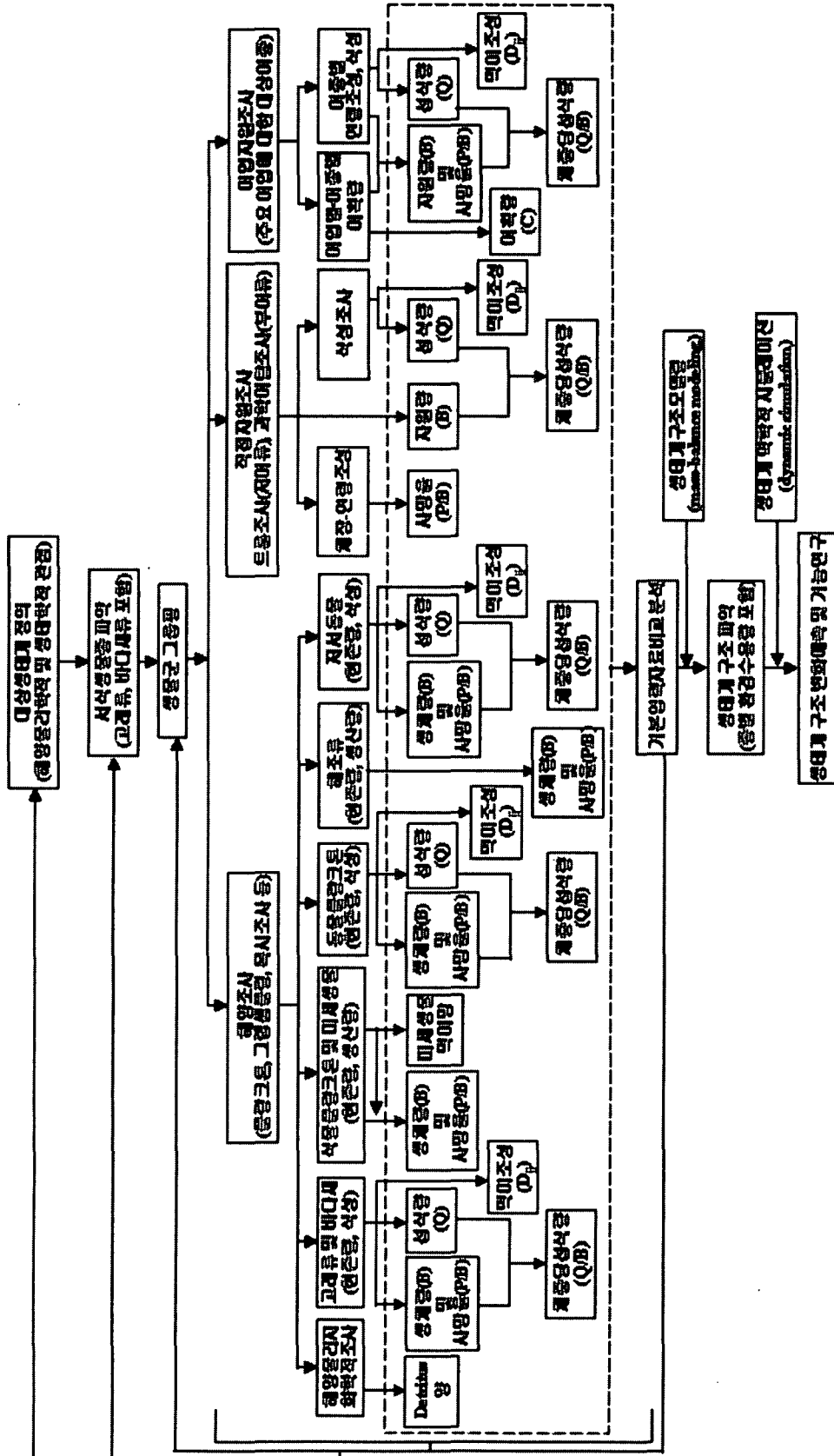


그림 2-3-2. 해양생태계의 생태계 모델링 연구체계.

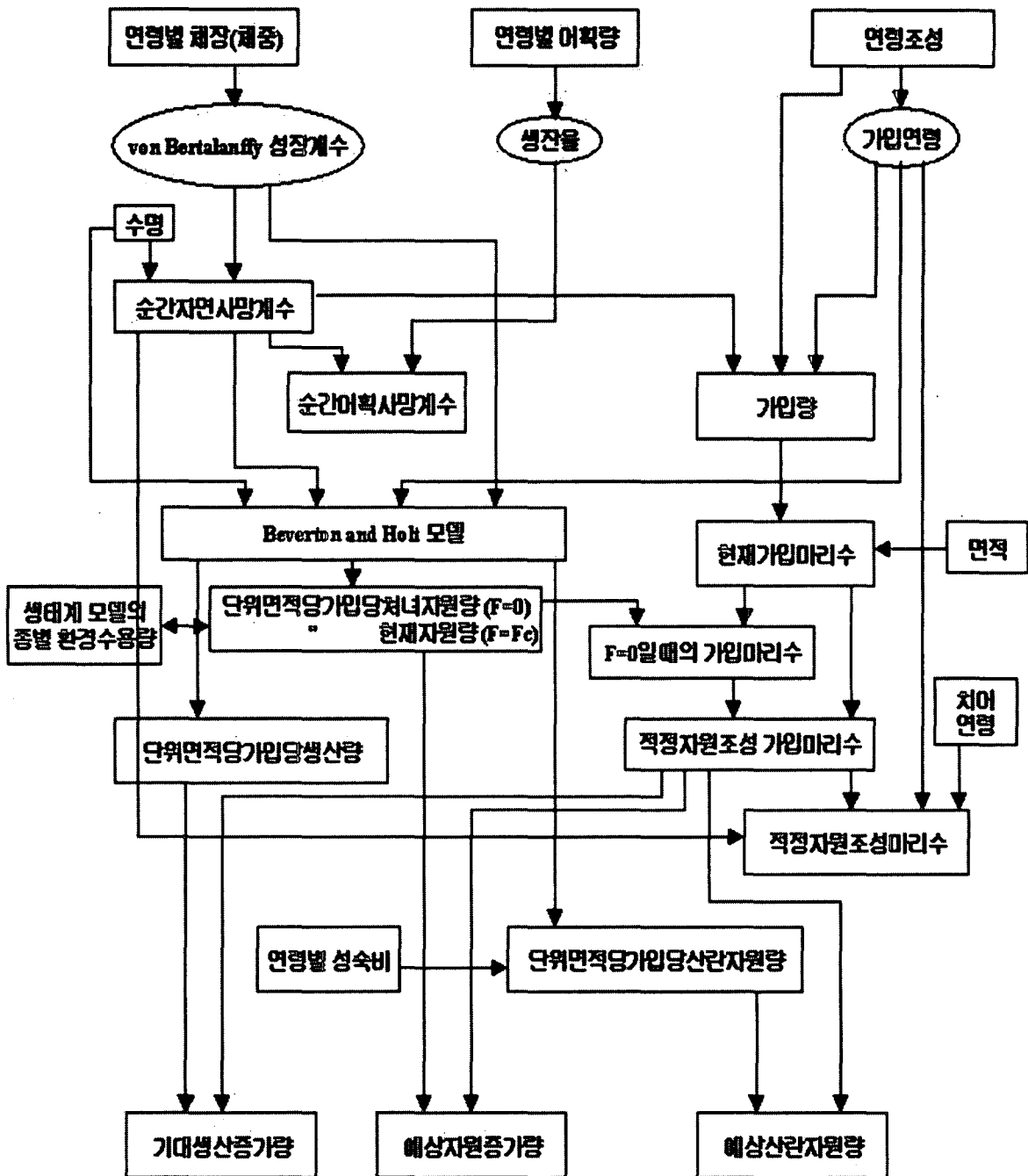


그림 2-3-3. 전남 다도해형 바다목장 생태계의 자원조성 시스템.

이러한 결과를 바탕으로 인공어초와 인공해중립의 적정조성면적을 분석하고 이에 따라 적정어장조성 면적을 추정할 수 있다. 추정된 적정어장조성 면적으로부터 자원조성 시스템과 연계하여 예상자원 증가량을 예측하고 자원관리 시스템과 연계하여 기대생산 증가량을 예측할 수 있다(그림 2-3-4).

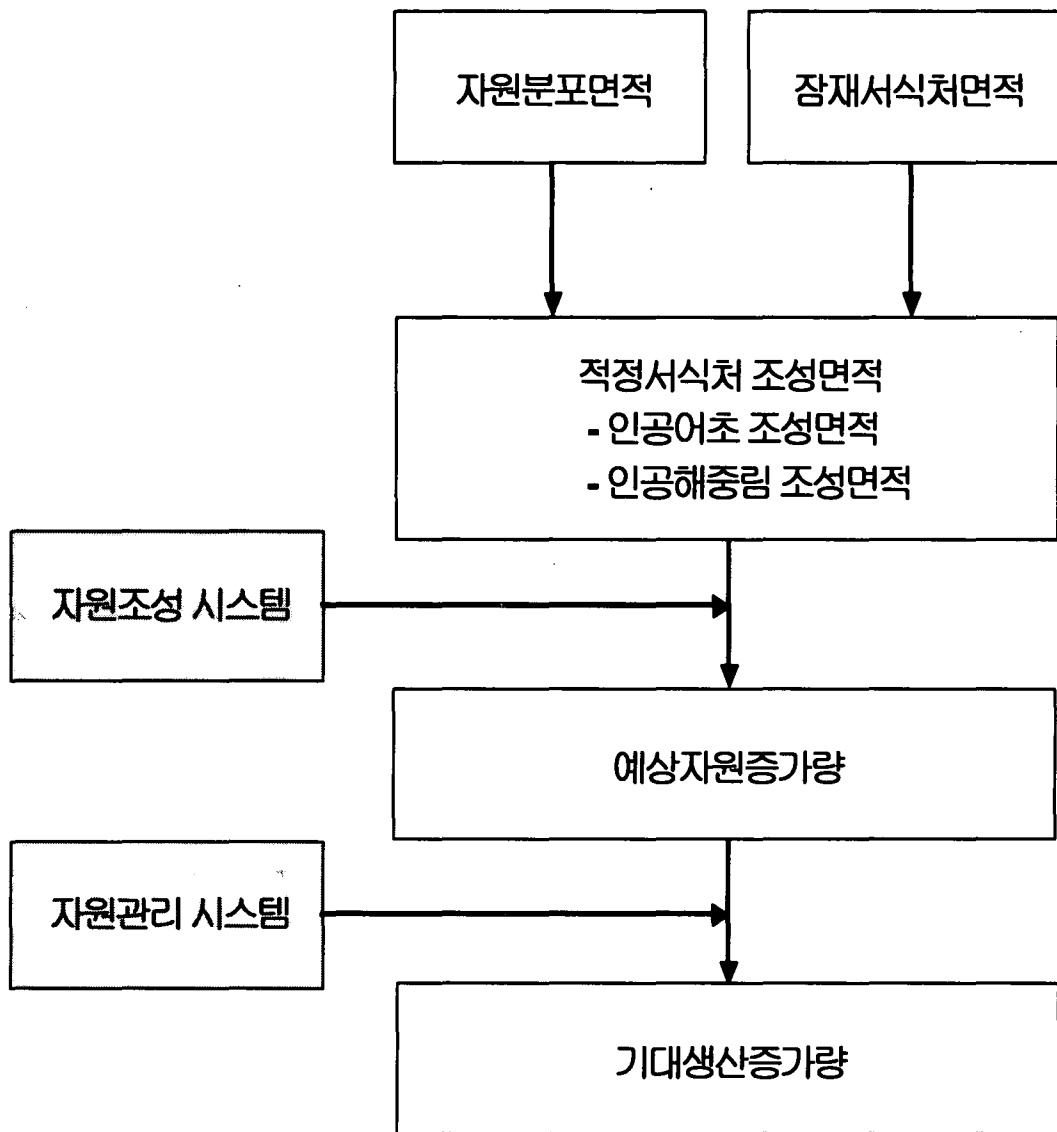


그림 2-3-4. 전남 다도해형 바다목장 생태계의 서식처조성 시스템.

사. 자원관리 시스템

직접자원조사와 어업자원조사에 의해 구해진 생태학적 특성치와 자원량 추정치를 사용하여 어업관리를 위한 적정관리목표인 생물학적 기준점(F_{max} , $F_{0.1}$, $F_{40\%}$, $F_{35\%}$ 등)을 계산한다. 따라서 계산된 생물학적 기준점과 생태계 구조 및 기능을 고려하여 생물학적 허용어획량(ABC)을 추정할 수 있고 여기에 사회·경제적 요인을 고려하여 총허용어획량(TAC)을 산정함으로써 바다목장내 이용가능 어업자원을 TAC 관리 체제에 의해 이용함으로써 어업자원을 높은 수준에서 유지시키면서 지속적으로 어업생산을 도모할 수 있다. 그림 2-3-5는 전남 다도해형 바다목장 생태계내 수산자원의 관리 시스템을 flow chart로 보여준다.

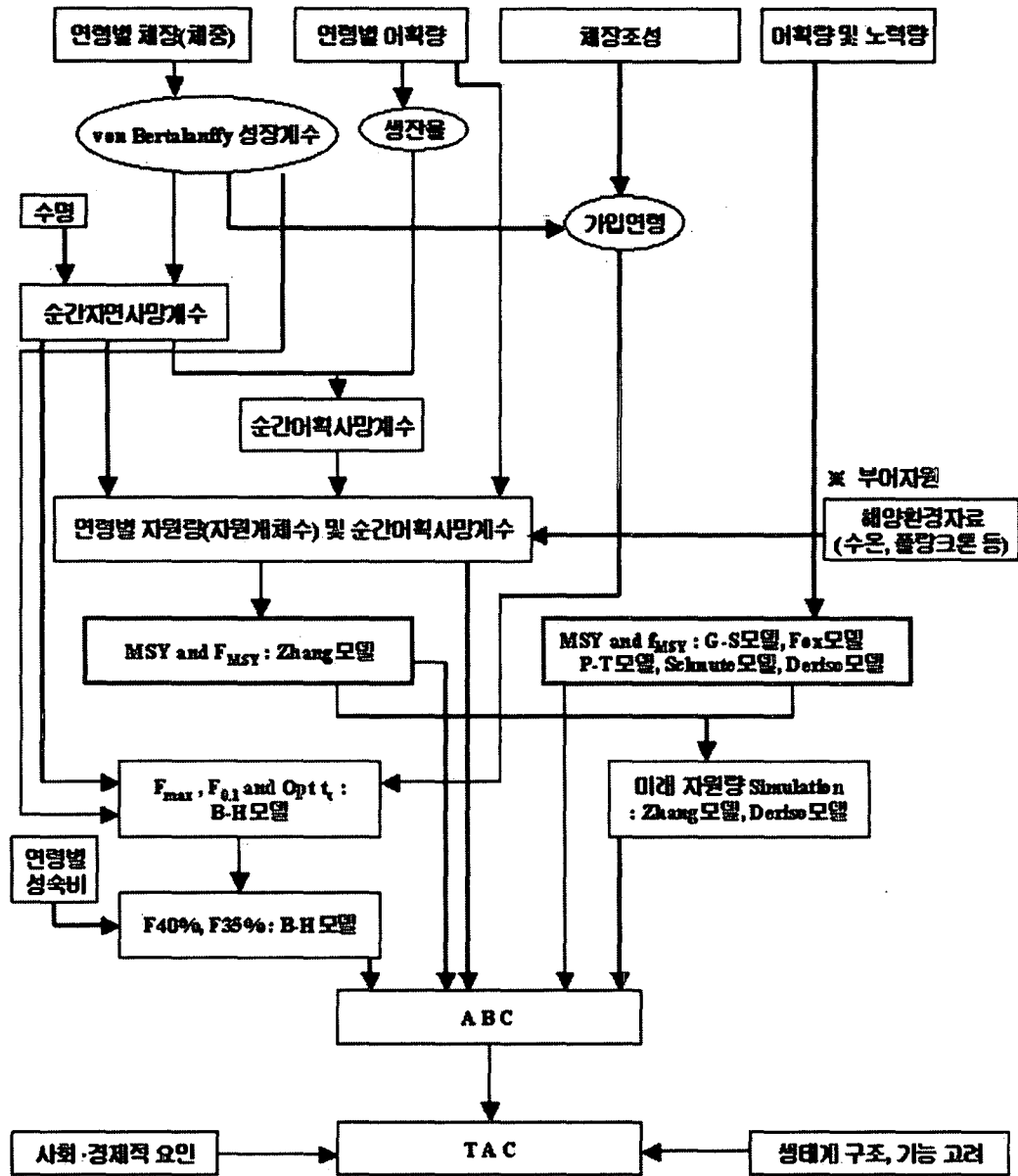


그림 2-3-5. 전남 다도해형 바다목장 생태계의 자원관리 시스템.

아. 생태계 구성생물 분류

전남 다도해형 바다목장해역의 서식생물들을 생태학적 특성에 따라 퇴적물(detritus), 식물플랑크톤(phytoplankton), 저서식물(benthic algae), 동물플랑크톤(zooplankton), 복족류(gastropods), 이매패류(bivalvia), 표생저서동물(epifauna), 두족류(cephalopods), 저서어류(benthic demersal fish), 반저서어류(semi-demersal fish), 볼락류(rockfish), 대형부어류(large pelagic fish), 소형부어류(small pelagic fish), 바다새(piscivorous birds), 그리고 최고포식자(apex predator)로 분류하였으며, 각 그룹의 종조성은 표 2-3-1과 같다.

표 2-3-1. 전남 다도해형 바다목장 생태계 내 그룹별 종조성

그룹명	종명	
	국명	영명
최고포식자	돌고래	Dolphin
	상괘이	Finless porpoise
	상어류	Sharks
바다새	괘이갈매기	Common tern
	제비갈매기	Black-tailed gull
소형부어류	멸치	Anchovy
	전어	Gizzard-shad
	준치	Chinese herring
	전갱이	Horse mackerel
	꽁치	Pacific saury
	학공치	Halfbeak
대형부어류	고등어	Common mackerel
	방어	Yellowtail
	농어	Sea bass
	삼치	Spanish mackerel
	다랑어류	Tunas
	숭어	Gray mullet
볼락류	조피볼락	Jacopever
	볼락	Rockfish
	붉은쏨뱅이	Red marbled rockfish
	노래미	Spotty belly greenling
반저서어류	붕장어	Common conger
	갯장어	Sharp toothed eel
	밴댕이	Big eyed herring
	성대	Bluefin searobin
	양태	Indian flathead
	보리멸	Sand smelt
	감성돔	Black sea bream
	참돔	Red sea bream
	옥돔	Red horsehead
	자리돔	Coralfish
	벵에돔	Largescale blackfish
	보구치	White croaker
	강달이	Croaker
	민어	Brown croaker
	부세	Yellow croaker
참조기	Small yellow croaker	

표 2-3-1. 계속

그룹명	종명	
	국명	영명
반저서어류	기타조기	Other croakers
	눈볼대	Blackthroat seaperch
	능성어	Sevenband grouper
	갈치	Hairtail
	병어	Silver pomfret
	도루묵	Sandfish
	까나리	Pacific sand lance
	대구	Pacific cod
	명태	Walleye pollock
	복어류	Puffers
	쥐치	Filefish
	매통이	Lizard fish
저서어류	넙치	Flatfishes
	가자미류	Flounders
	서대류	Tonguefishes
	아귀	Angler fish
	홍어	Skate ray
	가오리류	Skates
두족류	문어	Octopus
	갑오징어류	Cuttlefishes
	오징어	Common squid
	쭈꾸미	Webfoot octopus
	꼴뚜기	Beka squid
	낙지	Octopus
	기타두족류	Other cephalopods
표생저서동물	꽃게	Blue crab
	기타게	Other crabs
	꽃새우	Southern rough shrimp
	닭새우	Japanese spiny lobster
	대하	Fleshy prawn
	중하	Shiba shrimp
	보리새우	Kuruma prawn
	젓새우	Akiami paste shrimp
	기타새우	Other shrimps
	우렁쉥이	Sea squirts
	성게	Sea urchin
	해삼	Sea cucumber

표 2-3-1. 계속

그룹명	종명	
	국명	영명
이매패류	굴	Oyster
	고막류	Granular ark
	맛류	Gould's jackknife clam
	백합류	Venus clam
	키조개	Comb pen shell
	피조개	Broughton's ribbed ark
	새조개	Japanese cockle
	바지락	Japanese littleneck
	홍합	Hard shelled mussel
	개조개	Purplish Washington clam
	기타패류	Other clams
복족류	소라	Spiny top shell
	전복	Abalones
	오분자기	Variously coloured abalone
동물플랑크톤	요각류	Copepods
	야광충	Noctiluca
	해파리류	Jellyfishes
	화살벌레류	Arrow worm
저서식물	구멍갈파래	Sea lettuce
	김	Laver
	툇	Sea weed fusiform
식물플랑크톤	규조류	Diatom
	와편모조류	Dinoflagellate

자. 생태계 모델 입력 파라미터 추정

(1) 어획량

(가) 최고포식자

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
돌고래	-
상괘이	-
상어류	22
합계	22

따라서, 최고포식자의 면적당 어획량은 $0.001t/km^2$ 로 계산되었다.

(나) 소형부어류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
멸치	42,112
진어	30
준치	2
전갱이	193
꽁치	2
학공치	0.3
합계	42,399.3

따라서, 소형부어류의 면적당 어획량은 $1.853t/km^2$ 로 계산되었다.

(다) 대형부어류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
고등어	3,115
방어	9
농어	253
삼치	775
다랑어	1
송어	138
합계	4,291

따라서, 대형부어류의 면적당 어획량은 $0.188t/km^2$ 로 계산되었다.

(라) 불락류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
조피불락	734
불락	101
붉은솜뱅이	33
노래미	1
합계	869

따라서, 불락류의 면적당 어획량은 $0.038\text{t}/\text{km}^2$ 로 계산되었다.

(마) 반저서어류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
붕장어	606
갯장어	115
밴댕이	22
성대	168
양태	372
보리멸	8
감성돔	95
참돔	85
옥돔	123
자리돔	3
벵에돔	126
보구치	219
강달이	11,216
민어	472
부세	6
참조기	1,253
기타조기	635
눈볼대	54
능성어	11
갈치	5,407
병어	412
도루묵	0.1
까나리	144
대구	1
명태	5
복어류	10
쥐치	147
매둥이	25
합계	21,738.1

따라서, 반저서어류의 면적당 어획량은 $0.952\text{t}/\text{km}^2$ 로 계산되었다.

(바) 저서어류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
문어	220
갑오징어류	86
오징어	1,248
쭈꾸미	40
꼴뚜기	11
낙지	562
기타두족류	1
합계	2,167

따라서, 두족류의 면적당 어획량은 $0.095t/km^2$ 로 계산되었다.

(사) 표생저서동물

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
꽃게	41
기타게	179
꽃새우	1
닭새우	469
대하	5
중하	16
보리새우	0.1
젓새우	388
기타새우	712
우렁쉥이	26
성게	20
해삼	30
합계	1,887.1

표생저서동물의 경우 정확한 분포형태를 알 수 없었고, 이들 대부분이 연안 가까이에 서 포획되므로, 서식면적을 고려한 총 면적의 0.2로 간주하였다. 따라서 표생저서동물의 면적당 어획량은 $0.413t/km^2$ 으로 계산되었다.

(아) 이매패류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다. 이매패류의 경우도 마찬가지로 서식면적을 총 면적의 0.2로 고려하였다. 따라서 이매패류의 면적당 어획량은 $0.828t/km^2$ 로 계산되었다.

종명	어획량(mt)
굴	1,902
고막류	9
맛류	4
백합류	0.1
키조개	274
피조개	1
새조개	381
바지락	12
홍합	1
개조개	913
기타 패류	285
합계	3,783.1

(자) 복족류

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
소라	157
전복	9
오분자기	1
합계	167

복족류의 경우도 생태학적 특성(먹이, 서식지 등)에 따라 제한되어 서식하고 대부분이 연안 가까이에서 포획되므로, 이들의 서식면적을 총면적의 0.2로 고려하였다. 따라서, 복족류의 면적당 어획량은 $0.089t/km^2$ 으로 계산되었다.

(차) 저서식물

각 종에 대한 어획량은 다음과 같다.

종명	어획량(mt)
구멍갈파래	0.1
김	42
툇	2,629
합계	

복족류의 경우와 마찬가지로 서식면적을 총면적의 0.2로 고려하였다. 따라서, 저서식물의 면적당 어획량은 $0.584t/km^2$ 으로 계산되었다.

(2) 생산량/생체량(P/B) 비 및 생체량(B)

(가) 최고포식자 및 바다새

최고포식자의 P/B비는 Holden(1974)의 문헌을 참고로 하여 0.280/yr을 사용하였다. 여기서, 최고포식자의 M과 F는 1:1이라고 가정하여 F값은 0.140/yr을 사용하였다. 따라서 최고포식자의 면적당 생체량은 0.007t/km²로 추정하였다. 현재 전남 다도해형 바다목장해역의 바다새에 대한 연구가 전혀 수행되지 않았으므로, 바다새의 면적당 생체량은 0.006t/km²으로 가정하였으며, 바다새의 순간전사망계수는 Trites *et al.*(1999)에 의한 베링해 연구에 대한 자료로부터 0.800/yr을 사용하였다.

(나) 소형부어류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
멸치	-	0.630	-	0.995	Iversen <i>et al.</i> (1992)
전어	-	-	-	0.001	
준치	-	-	-	<0.001	
전갱이	0.909	0.475	1.384	0.005	Zhang and Lee (2001)
꽁치	-	-	1.250	<0.001	Steven (1994)
학공치	-	-	-	<0.001	
가중평균치	0.909	0.629	1.382		

F, M 그리고 Z의 가중평균치는 각각 0.909/yr, 0.629/yr, 그리고 1.382/yr로 계산되었다. 따라서, 소형부어류의 면적당 생체량은 2.039t/km²로 추정되었다.

(다) 대형부어류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
고등어	0.770	0.970	1.740	0.726	Hwang(2000)
방어	-	-	-	0.002	
농어	-	1.056	-	0.059	PKNU(2000)
삼치	0.400	0.600	1.000	0.181	MOMAF(2000)
다랑어	-	-	-	<0.001	
송어	-	1.034	-	0.032	PKNU(2000)
가중평균치	0.696	0.910	1.593		

F, M 그리고 Z의 가중평균치는 각각 0.696/yr, 0.910/yr, 그리고 1.593/yr로 계산되었다. 따라서, 대형부어류의 면적당 생체량은 0.270t/km²로 추정되었다.

(라) 불락류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
조피블락	-	0.799	-	0.845	PKNU(2000)
블락	-	0.895	-	0.116	PKNU(2000)
붉은솜뱅이	-	-	-	0.038	
노래미	0.253	0.532	0.785	0.001	Oh <i>et al.</i> (1999)
가중평균치	0.253	0.810	0.785		

M의 경우 조피블락, 블락과 노래미에 대한 자료를 사용할 수 있었으므로, 블락류에 대한 M의 가중평균치로 0.810/yr을 사용하였다. 따라서, Z는 M과 F에 의해 1.063/yr으로 계산되었고, 블락류의 생체량은 0.150t/km²으로 추정되었다.

(마) 반저서어류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
붕장어	-	-	-	0.028	
갯장어	0.255	0.313	0.568	0.005	Zhang(1998)
밴댕이	-	-	-	0.001	
성대	-	-	-	0.008	
양태	-	-	-	0.017	
보리멸	-	-	-	<0.001	
감성돔	-	1.250	-	0.004	PKNU(2000)
참돔	0.900	0.400	1.380	0.004	NFRDI(1998)
옥돔	-	-	-	0.006	
자리돔	-	-	-	<0.001	
벵에돔	-	-	-	0.006	
보구치	0.922	0.458	1.380	0.010	Zhang <i>et al.</i> (1999)
강달이	-	-	-	0.516	
민어	-	-	-	0.022	
부세	-	-	-	<0.001	
참조기	1.110	0.400	1.510	0.058	Zhang <i>et al.</i> (1992)
기타조기	-	-	-	0.029	
눈볼대	-	-	-	0.002	
능성어	-	-	-	0.001	
갈치	0.843	0.441	1.284	0.249	Zhang(1998)
병어	0.924	0.600	1.524	0.019	Kim <i>et al.</i> (1989)
도루묵	-	-	-	<0.001	
까나리	-	-	-	0.007	
대구	-	-	-	<0.001	
명태	0.460	0.140	0.600	<0.001	Lee(1995)
복어류	-	-	-	<0.001	
쥐치	0.720	0.260	0.980	0.007	Park(1985)
매통이	-	-	-	0.001	
가중평균치	0.883	0.447	1.320		

F, M 그리고 Z의 가중평균치는 각각 0.883/yr, 0.447/yr, 그리고 1.320/yr로 계산되었다. 따라서, 반저서어류의 면적당 생체량은 1.078t/km²로 추정되었다.

(바) 저서어류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
넙치	-	0.801	-	0.100	PKNU(2000)
가자미류	-	-	-	0.062	
서대류	-	-	-	0.050	
아귀	0.640	0.270	0.910	0.698	Park et al.(1999)
홍어	-	-	-	0.001	
가오리류	-	-	-	0.088	
가중평균치	0.640	0.902	0.910		

저서어류의 경우 F와 Z는 단지 아귀에 대한 자료만이 이용 가능했으므로, F와 Z에 대한 가중평균치로 각각 0.640/yr, 0.910/yr을 사용하였다. 따라서, 저서어류의 면적당 생체량은 0.126t/km²로 추정되었다.

(사) 두족류

이 그룹에 대해 사용할 수 있는 자료가 전혀 없었으므로, P/B비는 순간전사망계수를 이용할 수 없을 경우에 순간성장율(G)을 사용할 수 있다는 Mertz and Myers(1998)에 의해 NFRDI(2000)의 문헌을 참고하여 오징어의 연령별 체중으로부터 성장율(Growth rate)을 추정하였다. 추정된 성장률은 0.586/yr였다. M:F는 1:1이라는 가정하에 F값은 0.293/yr을 사용하였다. 따라서, 두족류의 면적당 생체량은 0.324t/km²로 추정되었다.

(아) 표생저서동물

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
꽃게	1.920	1.400	3.320	0.022	Yeon et al.(1998)
기타게	-	-	-	0.095	
꽃새우	-	-	-	<0.001	
닭새우	-	-	-	0.248	PKNU(1999)
대하	-	1.060	-	0.003	
중하	-	-	-	0.008	
보리새우	-	1.959	-	<0.001	PKNU(2000)
젓새우	-	-	-	0.205	PKNU(1999)
기타새우	-	-	-	0.377	
우렁쉥이	0.508	0.645	1.153	0.014	
성게	0.495	0.853	1.348	0.011	PKNU(1999)
해삼	0.167	0.703	0.870	0.016	PKNU(1999)
가중평균치	0.909	0.963	1.867		

표생저서동물의 M은 계산된 가중평균치 0.963/yr을 사용하였고, F는 0.909로써 너무 낮은 생체량을 산출하였으므로 0.200/yr로 가정하였다. Z는 1.867/yr로 계산되었고, 표생저서동물의 면적당 생체량은 2.065t/km²로 추정되었다.

(자) 이매패류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
굴	0.479	0.614	1.093	0.503	PKNU(2000)
고막류	0.867	0.807	1.674	0.002	PKNU(2000)
맛류	-	-	-	0.001	
백합류	-	-	-	<0.001	
키조개	0.625	0.627	1.252	0.072	PKNU(2000)
피조개	0.894	0.643	1.537	<0.001	PKNU(1999)
새조개	0.657	0.416	1.073	0.101	
바지락	0.860	0.970	1.830	0.003	Kim and Zhang(1999)
홍합	0.375	0.673	1.048	<0.001	PKNU(1999)
개조개	0.410	0.212	0.622	0.241	Zhang <i>et al.</i> (2004)
기타패류	-	-	-	0.075	
	0.494	0.490	0.985		

F, M 그리고 Z의 가중평균치는 각각 0.494/yr, 0.490/yr, 그리고 0.985/yr로 계산되었다. 따라서, 이매패류의 면적당 생체량은 1.675t/km²로 추정되었다.

(차) 복족류

각 종에 대해 이미 연구된 사망계수는 다음과 같다.

종명	F	M	Z	어획비율	참고문헌
소라	0.414	0.772	1.186	0.942	PKNU(1999)
전복	0.165	0.729	0.894	0.055	PKNU(1999)
오분자기	-	-	-	0.004	
가중평균치	0.400	0.770	1.170		

F, M 그리고 Z의 가중평균치는 각각 0.400/yr, 0.770/yr, 그리고 1.170/yr로 계산되었다. 따라서, 이매패류의 면적당 생체량은 0.091t/km²로 추정되었다.

(카) 저서식물

저서식물에 대해 사용할 수 있는 자료가 없었으므로, 생태학적으로 유사한 저서동물의 자료를 사용하였다. 그러나, 표생저서동물의 경우에는 F값을 가정하였으므로 이매패류와 복족류의 F값을 산술평균하여 F(=0.447/yr)와 Z(=1.076/yr)을 사용하였다. 따라서, 저서식

물의 면적당 생체량은 1.038t/km²로 추정되었다.

(타) 동물플랑크톤과 식물플랑크톤

동물플랑크톤과 식물플랑크톤 생산량/생체량 비 및 생체량을 추정하기 위해 KORDI (2003a, 2004)의 자료를 검토하였으나, 현재 전남 다도해형 바다목장 해역의 동물플랑크톤과 식물플랑크톤에 대한 조사는 종조성과 현존량(inds./m³, cell/l)에 대해서만 추정되어 있어 적용하기가 난해하였다. 따라서, 본 연구에서는 인접한 통영해역에서 추정된 자료(KORDI, 2003b)를 참고하여 동물플랑크톤의 생체량은 15.955t/km², 식물플랑크톤은 71.001t/km²인 것으로 가정하였다. Z값의 경우 식물플랑크톤은 170.000/yr, 동물플랑크톤은 9.000/yr을 사용하였다.

(3) 먹이조성

(가) 최고포식자

	비율							
	SP	LP	RF	SD	BD	CE	EP	합계
돌고래	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.300	1.000
상괭이	0.100	0.034	0.033	0.100	0.033	0.200	0.500	1.000
상어류	0.200	0.100	0.100	0.200	0.100	0.300	0.000	1.000
합계	0.300	0.134	0.133	0.300	0.133	1.200	0.800	3.000
비율	0.100	0.045	0.044	0.100	0.044	0.400	0.267	1.000

SP : 소형부어류, LP : 대형부어류, RF : 블락류, SD : 반저서어류, BD : 저서어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물.

(나) 바다새

	비율			합계
	SP	LP	ZP	
괭이갈매기	0.700	0.100	0.200	1.000
제비갈매기	0.300	0.200	0.500	1.000
합계	1.000	0.300	0.700	2.000
비율	0.500	0.150	0.350	1.000

SP : 소형부어류, LP : 대형부어류, ZP : 동물플랑크톤.

(다) 소형부어류

	비율					합계
	SP	CE	EP	ZP	PP	
멸치	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
전어	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
준치	0.500	0.200	0.300	0.000	0.000	1.000
전갱이	0.300	0.000	0.300	0.400	0.000	1.000
꽁치	0.300	0.000	0.200	0.500	0.000	1.000
학공치	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
합계	1.100	0.200	0.800	2.900	1.000	6.000
비율	0.183	0.033	0.133	0.483	0.167	1.000

SP : 소형부어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, ZP : 동물플랑크톤, PP : 식물플랑크톤.

(라) 대형부어류

	비율						합계
	SP	SD	CE	EP	ZP	DE	
고등어	0.200	0.000	0.300	0.000	0.500	0.000	1.000
방어	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
농어	0.500	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	1.000
삼치	0.700	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
다랑어	0.500	0.000	0.200	0.000	0.300	0.000	1.000
송어	0.400	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	1.000
합계	3.300	0.300	0.500	0.500	1.300	1.000	6.000
비율	0.550	0.050	0.083	0.083	0.217	0.017	1.000

SP : 소형부어류, SD : 반저서어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, ZP : 동물플랑크톤, DE : 퇴적물.

(마) 블락류

	비율						합계
	SP	LP	SD	CE	EP	ZP	
조피블락	0.100	0.100	0.300	0.300	0.000	0.000	1.000
블락	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
붉은쏨뱅이	0.100	0.100	0.300	0.000	0.300	0.000	1.000
노래미	0.100	0.100	0.200	0.000	0.500	0.000	1.000
합계	0.300	0.300	0.800	0.300	0.800	1.000	4.000
비율	0.075	0.075	0.200	0.075	0.200	0.250	1.000

SP : 소형부어류, LP : 대형부어류, SD : 반저서어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, ZP : 동물플랑크톤.

(바) 저서어류

	비율											합계
	SP	LP	SD	BD	CE	EP	BI	GA	ZP	PP	DE	
넙치	0.100	0.000	0.200	0.000	0.300	0.100	0.200	0.100	0.000	0.000	0.000	1.000
가자미류	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.200	0.000	0.500	0.100	0.000	1.000
서대류	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	0.300	1.000
아귀	0.200	0.100	0.200	0.500	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
홍어	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.300	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	1.000
가오리류	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	1.000
합계	0.300	0.100	0.400	0.500	0.800	1.300	0.400	0.100	1.700	0.100	0.300	6.000
비율	0.050	0.017	0.067	0.083	0.133	0.217	0.067	0.017	0.283	0.017	0.050	1.000

SP : 소형부어류, LP : 대형부어류, SD : 반저서어류, BD : 저서어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, BI : 이매패류, GA : 복족류, ZP : 동물플랑크톤, PP : 식물플랑크톤, DE : 퇴적물.

(사) 반저서어류

	비율											합계
	SP	LP	RF	SD	BD	CE	EP	BI	GA	ZP	BA	
붕장어	0.250	0.000	0.000	0.300	0.000	0.100	0.200	0.000	0.000	0.150	0.000	1.000
갯장어	0.000	0.100	0.000	0.300	0.100	0.200	0.100	0.000	0.000	0.200	0.000	1.000
밴댕이	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
성대	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	1.000
양태	0.000	0.000	0.100	0.400	0.000	0.200	0.100	0.000	0.000	0.200	0.000	1.000
보리멸	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	1.000
감성돔	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	0.300	0.000	1.000
참돔	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.700	0.000	1.000
옥돔	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.200	0.400	0.100	0.200	0.000	1.000
자리돔	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
벵에돔	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.400	1.000
보구치	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.200	0.100	0.000	0.000	0.400	0.000	1.000
강달이	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.900	0.000	1.000
민어	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.700	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
부세	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.300	0.000	1.000
참조기	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	1.000
눈볼대	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.200	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
능성어	0.300	0.200	0.000	0.000	0.000	0.300	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
갈치	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.300	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
병어	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.500	0.000	1.000
도루묵	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.400	0.000	0.000	0.300	0.100	1.000
까나리	0.100	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.300	0.000	1.000
대구	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.700	0.000	1.000
명태	0.100	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	1.000
복어류	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.700	0.000	0.000	0.300	0.000	1.000
쥐치	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.100	0.200	0.500	1.000
매둥이	0.200	0.000	0.000	0.300	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
합계	1.650	0.300	1.000	4.000	0.100	1.700	6.100	1.300	0.200	10.550	1.000	27.000
비율	0.061	0.011	0.004	0.148	0.004	0.063	0.226	0.048	0.007	0.391	0.037	1.000

SP : 소형부어류, LP : 대형부어류, RF : 볼락류, SD : 반저서어류, BD : 저서어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, BI : 이매패류, ZP : 동물플랑크톤, BA : 저서식물.

(아) 두족류

	비율						합계
	SP	CE	EP	BI	GA	ZP	
갑오징어류	0.300	0.500	0.200	0.000	0.000	0.000	1.000
오징어	0.300	0.200	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000
낙지	0.000	0.000	0.100	0.400	0.200	0.300	1.000
합계	0.600	0.700	0.300	0.400	0.200	0.800	3.000
비율	0.200	0.233	0.100	0.133	0.067	0.267	1.000

SP : 소형부어류, CE : 두족류, EP : 표생저서동물, BI : 이매패류, GA : 복족류, ZP : 동물플랑크톤.

(자) 표생저서동물

	비율					합계
	SP	SD	BI	ZP	DE	
꽃게	0.200	0.100	0.500	0.200	0.000	1.000
대하	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
중하	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
보리새우	0.000	0.000	0.000	1.00	0.000	1.000
젓새우	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	1.000
우렁쉥이	0.000	0.000	0.000	0.700	0.300	1.000
해삼	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
합계	0.200	0.100	0.500	4.900	1.300	6.000
비율	0.029	0.014	0.071	0.700	0.186	1.000

SP : 소형부어류, SD : 반저서어류, BI : 이매패류, ZP : 동물플랑크톤, DE : 퇴적물.

(차) 이매패류

이매패류에 대한 먹이습성을 조사한 결과 이매패류 그룹에 속하는 모든 종은 식물성 플랑크톤과 퇴적물을 먹이로 취함이 밝혀졌으므로 식물플랑크톤 그룹에 대한 먹이조성비를 0.700, 퇴적물에 대한 먹이조성비를 0.300으로 고려하였다.

(카) 복족류

복족류에 대한 먹이습성을 조사한 결과 복족류 그룹에 속하는 모든 종은 저서식물과 식물플랑크톤을 먹이로 취함이 밝혀졌으므로 저서식물 그룹에 대한 먹이조성비를 0.700, 식물플랑크톤에 대한 먹이조성비를 0.300으로 고려하였다.

표 2-3-2은 생태계 모델 기초조사에 의해 분석된 그룹별 생체량(B), 생산량/생체량(P/B) 비, 그리고 어획량(C) 자료를 나타내고, 표 2-3-3는 그룹별 먹이조성 자료를 나타낸다.

표 2-3-2. 전남 다도해형 바다목장 생태계의 그룹별 생체량, 생산량/생체량 비, 어획량 기초입력자료

그룹명	생체량 (t/km ²)	생산량/생체량 비	어획량 (t/km ²)
최고포식자	0.007	0.280	0.001
바다새	0.006	0.800	-
소형부어류	2.039	1.382	1.853
대형부어류	0.270	1.593	0.188
불락류	0.150	0.785	0.038
반저서어류	1.078	1.320	0.952
저서어류	0.126	0.910	0.081
두족류	0.324	0.586	0.095
표생저서동물	2.065	1.867	0.413
이매패류	1.675	0.985	0.828
복족류	0.091	1.170	0.037
동물플랑크톤	15.955	9.000	-
저서식물	1.038	1.076	0.584
식물플랑크톤	71.000	170.000	-
퇴적물	-	-	-

차. 생태계 모델 연구의 문제점 및 추진방향

바다목장을 조성하여 효율적으로 관리·이용하면서 생태계를 지속적으로 건강하게 유지시키기 위해서는 바다목장 생태계 구조를 먼저 분석하여 생태계 내 구성생물들의 변동을 파악해야 한다. 이러한 생태계 구조 분석을 바탕으로 그림 2-3-3의 시스템에 의해 대상종에 대한 환경수용량(carrying capacity)을 분명히 파악하여 그 어업자원의 잠재생산력 및 자원관리 목표량을 추정함으로써 자원조성과 서식처조성을 효과적으로 수행할 수 있다. 마지막으로 우리가 전남 다도해형 바다목장해역에서 지속적으로 최대생산량을 추구하면서 효율적으로 자원을 관리하기 위해서는 그림 2-3-4와 같은 시스템이 도입되어야 한다. 금년도 연구에서 분석된 기초조사 자료는 이용 가능한 자료를 사용한 것으로, 전남 다도해형 바다목장해역에 대한 자료가 아니라 여수 인근 해역에 대한 자료를 근거로 산출한 것이다. 그러므로, 본 연구에서 분석된 자료를 사용하여 재현되는 전남 다도해형 바다목장 생태계 구조는 실제 생태계와 많은 차이가 있을 것이다. 따라서, 전남 다도해형 바다목장의 생태계를 파악하기 위해서는 앞에서 제시한 그림 2-3-2와 같은 시스템을 통한 연구가 반드시 이루어져야 보다 현실적인 바다목장 생태계 시스템이 분석될 수 있을 것이다. 또한 동물플랑크톤 및 식물플랑크톤에 대한 정량적인 분석이 보다 많이 이루어져야 하며 각 연구팀간의 유기적인 자료교류가 가능하도록 해야 한다.

표 2-3-3. 전남 다도해형 바다목장 생태계 내 그룹별 먹이조성

피식/포식자	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 최고포식자												
2 바다새												
3 소형부어류	0.100	0.500	0.183	0.550	0.075	0.061	0.050	0.200	0.029			
4 대형부어류	0.045	0.150			0.075	0.011	0.017					
5 불락류	0.044				0.200	0.004						
6 반저서어류	0.100			0.050		0.148	0.067		0.014			
7 저서어류	0.044					0.004	0.083					
8 두족류	0.400		0.033	0.083	0.075	0.063	0.133	0.233				
9 표생저서동물	0.267		0.133	0.083	0.200	0.226	0.217	0.100				
10 이매패류						0.048	0.067	0.133	0.071			
11 복족류						0.007	0.017	0.067				
12 동물플랑크톤		0.350	0.483	0.217	0.250	0.391	0.283	0.267	0.700			
13 저서식물						0.037					0.700	
14 식물플랑크톤			0.167				0.017			0.700	0.300	1.000
15 퇴적물				0.017			0.050		0.186	0.300		
합계	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

다음 연도 연구에서는 바다목장해역에 대한 해양조사 및 자원조사를 통해 구성생물들의 생물생태학적 및 자원역학적 평가를 수행하고자 한다. 현장조사를 통해 어종별 체장 및 연령조성을 조사하여 von Bertalanffy 성장계수($K, L_{\infty}, W_{\infty}, t_0$), 생산율(S) 및 순간사망계수(Z, M, F)를 분석하고 구성생물들의 자원량을 추정하고자 한다. 또한 구성생물들의 위내용물 조사를 통해 먹이조성 및 섭식량을 파악하여 영양역학적 분석에 의해 포식-피식관계를 구명하고자 한다.

제 4 절 요약 및 결론

1. 해양환경

가. 수질·퇴적환경

수온의 평균 변동범위는 9.14~23.55℃였고, 염분의 평균 변동범위는 30.38~34.12였다. 평균 수소이온농도의 변동범위는 8.09~8.41였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 나타났다. 평균 용존산소의 변동범위는 표층이 5.42~9.70mg/L였으며, 모든 정점에서 해역 2등급 기준 이내로 양호한 상태였다. 평균 부유물질의 변동범위는 3.80~5.40mg/L였다. 평균 화학적산소요구량의 변동범위는 0.49~1.38mg/l였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 2등급 이내였다. 평균 총질소의 변동범위는 0.122~0.386mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 1등급 이내로 양호하였다. 평균 총인의 변동범위는 0.012~0.038mg/L였으며, 일부 정점을 제외하고 대부분의 정점에서 해역수질 2등급 이내였다. 평균 TIL 변동범위는 5.06~6.48%였다. COD의 평균 변동범위는 6.70~12.69 mg/g·dry이고, AVS의 평균 변동범위는 0.03~0.05 mg/g·dry였다. TOC의 평균 변동범위는 0.30~0.32%이고, TON의 평균 변동범위는 0.05~0.06%였다.

나. 해저지형

전남 다도해형 바다목장해역 중 안도주변해역에 대하여 다중빔 정밀 음향측심기와 사이드 스캔 소나를 이용하여 수심조사와 해저면 영상조사를 실시하였다. 해저지형자료는 2003년 구몽암과 소부도에서 수행된 수심자료와 인근 육지수치지형자료와 통합하여 2 차원 및 3 차원 지형도로 표현하였다.

연구지역은 육지에서 해저로 이어지는 연안의 급경사 저지대 및 해안의 급경사면과 안도와 소리도 사이의 신강수도를 중심으로 한 빠르고 강한 유속에 기인한 깊은 해저골지대, 북쪽의 작은 섬들로 이루어진 완만한 수심의 지형과 안도 남동쪽으로 점차 수심이 깊어지면서 외해와 이어지는 지역적인 지형의 특성을 보인다. 특히 금오도와 안도사이의 수심 10~20 m 의 얇은 수심변화를 보이며 이 지역은 양식장이 많이 분포하고 있다. 신강수도의 수심은 최대 약 53 m로 주위에 비해 깊은 수심을 나타내는데 이는 강한 조류의 영향으로 생각된다. 섬 주위의 해안은 큰 파도에너지에 의한 침식에 의해 급경사면을 이루고 있다. 해저면 영상 자료를 해석한 결과 소리도 북동부해역 중 소리도 인접 지역은 소리도에서 연장된 암반이 나타나고 있으며 파도 등에 의한 침식작용으로 암석 등 테일러스가 존재하고 있고 신강수도 중심부의 니질 퇴적물에서는 조류와 파도에너지의 영향으로 남서방향의 연흔구조가 발달하고 있다. 이 신강수도 지역은 곳곳에서 인공어초의 군락이 관찰되고 있으며 인공어초는 주로 니질 퇴적물위에 놓여있다.

대부분의 생태환경요인에 직간접적으로 관련성을 가지고 있는 해저지형변화 특성에 대한 정밀한 자료 확보와 정확한 활용이 필요하며 이런 자료들은 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 바다복장 조성을 위한 기반요소자료로 보다 체계화 될 것이며 보다 장기적 차원의 해양환경 예측모니터링과 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, 활동어종파악 등 다양한 해저환경 및 자원분포와 관련되어 있으며 어초, 해중립 등 바다목장시설의 설치 및 안정도와 어초어장의 생산성 등에 연계되어 있다. 일례를 들면 어초의 시설규모가 동일하다할 지라도 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.

라. 해저퇴적물의 퇴적환경과 지화학적 특성

바다목장화 사업 3년차인 이 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화 지역에서 32개 지역에서 표층퇴적물을 채취했으며 2개 지역에서 주상시료를 채취하였다. 표층퇴적물에 대한 퇴적학적 조사결과 연구지역은 4개의 퇴적상으로 대별 되었다. 금오도 주변에서는 비교적 세립질이 퇴적물이 분포하고 있는 반면, 안도 지역에서는 조립질이 퇴적물이 분포하고 있으며 금오도와 안도 사이 지역에서는 역질이 포함된 조립질 퇴적물이 분포하고 있다. 따라서 해저 생물이 서식하기에 양호한 퇴적환경을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

표층퇴적물에 대한 유기물을 조사해본 결과 유기탄소는 대부분이 경우 1% 전후의 값을 보이고 있으며(최고 3.54, 최저 0.46%) 탄산염 함량은 최고 66.2%에서 최저 3.46% 사이에서 변화하고 있다. 유기물의 기원을 지시하는 유기탄소에 대한 전탄소의 비(C/N ratio)는 10 이상을 보이는 지역이 다수 나타나고 있어 연구지역 표층퇴적물중의 유기물은 현장에서 생성된 유기물과 인근 육지에서 유입된 유기물이 혼재하고 있는 것으로 판단된다. 또한 해저의 오염상태를 지시할 수 있는 황화수소 함량은 0.5~232.5ppm사이 나타나고 있으며 오염기준이 되는 200ppm 이상 되는 지역은 전 연구지역에서 한곳에 불과하여 전체적으로 생물의 서식하는데 부적합하다고는 할 수 없다.

2. 생물군집특성

가. 식물플랑크톤

2004년도 바다목장 해역에 출현한 식물플랑크톤은 총 109종류로 규조류 77종, 와편모조류 27종, 기타 편모조류 5종으로 매우 다양한 종구성을 보였으며 규조류에 의한 종구성이 대부분을 차지하였다. 표층과 10m 수층에서 출현종수와 현존량은 유사하여 상층부(0-10m) 수괴 혼합의 용이함이 암시되었다. 8월 하계에 출현종수(72종), 현존량(4×10^4 cells/L)과 다양성 지수(2.2)가 타 계절보다 높게 측정되었다. 우점종의 경우 춘계에는 규조류 *Eucampia zodiacus*, 하계에는 와편모조류 *Cochlodinium*과 함께 *Gonyaulax polygramma* 그리고 규조류 *Dactyliosolen fragilissimus*가 우점하였고, 추계와 동계에는 낮은 현존량으로 우점종의 의미는 약화되나 *Thalassiosira* sp.와 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira nordenskiöldii*가 각각 우점하여 우점종의 계절적 변화가 뚜렷하였다.

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.

나. 동물플랑크톤

2004년도 섬모충플랑크톤의 총 출현종수는 24종이 관찰되었으며 유종섬모충류가 9종, 소모류가 11종, 기타 4종으로 구성되어 있었다. 하계와 동계에 보다 다양한 종구성을 보였다. 섬모충플랑크톤의 개체수는 1,000 cells/L 이하로 전해년도에 비해 감소하였으며 하계에 상대적 높은 개체수를 보여 식물플랑크톤의 현존량과 매우 유사한 계절별 변화를 나타냈다. 춘계에 *Tintinnopsis beroidea*, *Strombidium conicum*, 하계에 *Helicostomella longa*와 *Amphorellopsis acuta*, *Lohmaniella oviformis*와 *L. spiralis*가 상대적 높은 빈도로 출현하였으며 추계에는 *Stenosemella nivalis*, *Tintinnidium muscicola*, *Tintinnidium balechi*와 같은 연안역 혼탁한 수역에 주로 분포하는 종류가 관찰되었고 동계에는 *Tintinnopsis baltica*와 *Tintinnopsis lohmanii*와 같은 저수온기에 분포하는 종류가 출현하여 뚜렷한 계절성을 보였다. 2002~2004년의 바다목장화 해역에 우점하는 동물플랑크톤 분류군은 야광충, 해파리류, 요각류, 화살벌레류, 유생류 등으로 그들의 출현 비율은 계절적인 차이를 보였다. 2002년 여름철에는 유생류, 요각류, 야광충 순으로 우점하였으며, 가을철에는 요각류, 화살벌레류, 관해파리류 순으로, 겨울철에는 요각류, 유생류, 화살벌레류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현 개체수는 가을철에 가장 높았으며(평균 615 ind./m³), 겨울철에 가장 낮았다(평균 95 ind./m³). 종 다양도 또한 가을에 가장 높았으며, 겨울에 가장 낮았다. 군집분석 결과는 2개의 정점군으로 구분할 수 있었으며, 이는 수괴분석 결과와 매우 유사하였다. 2003년 여름철에는 요각류, 화살벌레류, 유생류 순으로, 가을과 겨울철에는 요각류, 유생류, 화살벌레류 순으로 우점하였다. 동물플랑크톤 출현 개체수는 가을철에 가장 높았으며(평균 453 ind./m³), 여름철에 가장 낮았다(평균 60 ind./m³). 종다양도 또한 가을철에 가장 높았으며, 여름철에 가장 낮았다. 이처럼 여름철에 동물플랑크톤 출현개체수와 종다

양도가 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. 2004년 봄철과 겨울철에는 요각류, 야광충이, 여름철에는 야광충과 지각류가, 가을철에는 요각류와 화살벌레류가 동물플랑크톤생물량의 대부분을 차지하였다. 동물플랑크톤 출현개체수는 봄철에 가장 높았으며(평균 6,476ind./m³), 가을철에 가장 낮았다(평균 374ind./m³). 종다양도 또한 가을철에 가장 높았으며, 여름철에 가장 낮았다. 이처럼 여름철에 종다양도 지수가 낮게 나타난 이유는 야광충과 지각류의 대량 번식 때문으로 사료된다. 군집분석 결과는 크게 2개의 정점군으로 나뉘어 있는데, 이는 이 지역의 동물플랑크톤의 출현양상이 수괴의 특성을 반영하기 때문으로 여겨진다.

다. 저서동물

전남바다목장 해역에서 2004년 4월부터 2005년 3월까지 계절별로 대형저서동물의 군집구조를 조사한 결과 총 476종, 195,880 개체, 15299 g(습중량)의 대형저서동물이 채집되었으며, 출현 종수, 개체수와 생체량은 동계에 최고를 기록하였다. 밀도 기준의 최고 우점종은 환형동물 다모류 *Lumbrineris longifolia*였고, 생체량 기준의 최고 우점종은 극피동물 성게류 *Schizaster lacunosus*였다.

대형저서동물의 종수, 밀도, 생체량 및 다양도의 시간적 변동을 관찰하기 위하여 2002년 9월부터 2005년 3월까지 공통적으로 조사가 이루어진 7개 정점의 자료를 분석하였다. 분석 결과 모든 항목이 증가 패턴을 보였으며 이는 조사 해역의 부영양화 상태와 관련된 것으로 보이긴 하나 기회성이 강한 종들로의 대체가 관찰되지 않고 기존 오염 지시종의 밀도는 감소하는 것으로 나타나 스트레스가 심화되는 상태는 아닌 것으로 판단되었다.

주성분분석과 집괴분석을 통해 군집구조를 살펴본 결과, 크게 3개의 생물군집으로 구분되었으며, 특히 잘피밭 저서동물군집은 다른 정점들과는 뚜렷하게 구별되었다. 정준대응분석결과, 대형저서동물의 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 퇴적물의 필함량과 수심이였다. 우점종의 조성은 지난 3년간 크게 달라지지 않았으며, 상위 우점종의 밀도 또한 급격한 증가 또는 감소는 없었다. 7종의 갯지렁이(*Tharyx spp*, *Cirrophorus armatus*, *Magelona japonica*, *Sigambra tentaculata*, *Lumbrineris cruzensis*, *Sternaspis scutata*, *Mediomastus californiensis*)는 상위 10위 우점종에 항상 속하였다.

ISEP index를 이용하여 바다목장 해역의 생태계 건강도를 진단, 추정하였다. 2002년 9월부터 2005년 3월까지의 표본을 대상으로 조사 시기별(월별) 그리고 연도별로 추정한 결과 바다목장 해역의 환경 상태는 시간에 따라 안정적인 패턴을 나타내었으며, B+등급(전국 연안역의 상위 70분위수 이상)에 해당하는 것으로 추정되었다.

저서동물의 이차생산력을 추정한 결과, 추정된 생산력(P)의 정점별 분포는

2.327~63.177gAFDW m^2y^{-1} (평균 17.985gAFDW m^2y^{-1})의 범위로 정점 간 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 지역별로는 안도 서쪽해역과 금오도 상부의 해역에서 높은 생산력이 관찰되었으며, 잘피밭의 저서생물 이차생산력은 나머지 지역의 평균값보다 약간 높은 것으로 추정되었다. 본 조사해역에 있어서의 이차생산력은 시간의 흐름에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 생체량의 비중이 큰 종들의 전반적인 증가에 기인한 현상으로 추정된다.

감성돔의 섭식 생태를 이해하기 위하여 광양만 잘피밭과 금오도 주변에서 채집된 96개체의 표본을 분석하였다. 광양만의 잘피밭에서는 유어가 일년 중 7, 8월에만 회유하여 섭식, 성장한 후 다른 곳으로 이동하는 것으로 나타났다. 이곳에서의 주요 먹이원은 단각류 *Caprella* spp.인 것으로 나타났다. 금오도 주변에서는 성어가 채집되었으며, 유어에 비해 갑각류의 중요도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며, 다양한 생물군을 섭식하는 것으로 나타났고, 잘피가 주요 먹이원 중의 하나인 것으로 조사되었다. 바다목장 해역에서 섭식하는 감성돔에게 있어서 잘피밭은 매우 중요한 서식처인 것으로 파악되었다.

라. 어류

본 연구는 여수시 금오도 연안 해역에 각각 5개의 정점을 정하여 2004년 8월부터 2005년 6월까지 부유성난 및 자치어, 어류상을 조사한 결과로, 부유성난은 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 망둑어과어류, 참서대 및 기타 등으로 분류되었다.

여수시 금오도 연안에서 부유성난의 총 출현량은 77,348립/1,000 m^3 으로 조사기간 중 2004년 8월 조사시에 76,124립/1,000 m^3 으로 가장 많이 출현하였고, 11월 조사시에는 88립/1,000 m^3 이 출현하여 가장 적은 출현량을 보였으며, 출현종은 2005년 2월과 5에는 각각 3개 분류군으로 가장 작았다.

여수시 금오도 연안에서 출현한 자치어는 5목 18과 24종 2,602개체/1,000 m^3 였다. 시기에 따른 출현양상은 8월 조사시에 2,067개체/1,000 m^3 가 출현하여 가장 많이 출현하였고, 2월 조사시에는 28개체/1,000 m^3 가 출현하여 가장 적은 개체가 출현하였으며, 종별로는 볼락과 노래미가 8개체/1,000 m^3 , 7개체/1,000 m^3 로 각각 28.57%, 25%를 차지하여 우점종으로 나타났다.

여수시 금오도 연안에서 채집된 자치어의 월별 종 다양도지수(H')는 0.9948 ~ 2.0850으로 2004년 11월에 가장 높고, 2005년 5월에 가장 낮은 값을 나타냈으며, 균등도 지수는 0.6181 ~ 0.9743로 2월에 가장 높고, 봄철에 가장 낮은 값을 나타내었다. 그리고 우점도 지수는 0.3731 ~ 0.8627로 봄철에 가장 높았고, 11월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

자치어의 정점별 종 다양도지수(H')는 1.8842~2.1275으로 St. 1에서 가장 높고, St. 2에서 낮게 나타났으며, 종 균등도 지수는 0.6694~0.7630로 St. 5에서 가장 높고, St. 1에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 우점도 지수는 0.4552~0.5617으로 St. 4에서 가장 높았고, St.

5에서 가장 낮은 값으로 나타났다.

금오도 주변에서 채집된 어류는 총 총 10목 30과 47종, 1,237개체 중 농어목이 12과 18종으로 가장 많았고, 다음으로는 썸뱅이목이 5과 8종, 청어목이 3과 7종으로 이들 3목이 포함된 어류가 33종으로 전체 개체수의 86.74%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다.

어류의 월별 종 다양도지수(H')는 2.0650~2.7813으로 2004년 8월에 가장 높았고, 2월에 가장 낮은 값을 나타냈으며, 균등도 지수는 0.7392~0.8612로 2월에 가장 높고, 11월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.3394~0.5000로 2005년 5월에 가장 높고, 11월에 가장 낮은 값으로 나타났다.

3. 생태계 모델

본 연구에서는 첫째, 해양생태계내의 생태학적인 상호작용을 고려한 자원관리를 위하여 생태계 모델설정을 위한 분석연구를 하였다. 생태계 구조 모델은 해양생태계의 영양단계간 작용을 나타내는 모델이고, 생태계 역학 모델은 어획강도 및 환경변화에 따른 생태계 구성생물군의 시간적인 변동을 시뮬레이션 한다.

둘째, 전남 다도해형 바다목장해역의 생태계 모델설정을 위해서 생태계 모델링 연구체계를 개발하였다. 또한, 필요한 어종에 대하여 인위적으로 자원을 방류해서 조성하기 위한 자원조성 시스템, 바다목장의 서식처조성을 위하여 방법에 해당하는 인공어초와 인공해중립 조성면적을 분석하여 적정서식처조성 면적을 추정하는 서식처조성 시스템, 생태계 내 수산자원을 효율적으로 관리하기 위한 자원관리 시스템을 개발하였다.

마지막으로, 전남 다도해형 바다목장의 생태계 모델 개발을 위한 기초조사로서 생태계 구성생물들을 생태학적 특성에 따라 그룹별로 분류하였고, 자원역학적 분석에 의하여 각 그룹에 대한 입력 파라미터 (생체량, 생산량/생체량 비, 어획량, 그리고 먹이조성) 들을 추정하였다.

참고문헌

- Allen, K.R., 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Can. 28 : 1573-1581.
- 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.
- Arias A.M. and P. Drake, 1994. Structure and production of the benthic macroinvertebrate community in a shallow lagoon in the Bay of Cádiz. Mar. Ecol. Prog. Ser. 115:151-167.
- Berner, R.A., 1984. Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochimica, Cosmochimica Acta*, 48, 605-618.
- 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.
- Brey, T. 1990. Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight. *Meeresforsch.* 32: 239-343.
- Brey, T., H. Rumohr and S. Ankar, 1988. The energy content of macrobenthic invertebrates: general conversion factors from weight to energy. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 117: 271-278.
- Butcher, A.D., 1945. The Gippsland Lakes bream fishery. *Australian Fisheries Newsletter*, 4: 2-8.
- Chihara, M and M. Murano. 1997. *An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan*. Tokai University Press, Tokyo : 31~483. (in Japanese)
- Christensen, V., and D. Pauly, 1992. ECOPATH II a software for balancing steady ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Modelling* 61 : 169-185.
- Cupp, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of north America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanogr., Univ. Calif.* 5 : 237pp.
- 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.
- Dodge, J.D. 1982. *Marine dinoflagellates of the British Isles*. Her Majesty's Office, London : 303pp.

- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Pet.*, 27: 3-27.
- Fork, 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.
- FRDWA, 2002. Biological synopsis of the black bream, *Acanthopagrus butcheri*(Munro)(Teleostei: Sparidae) in Western Australia with reference to information from other southern states. Fisheries Research Division, Western Australia, Fisheries Research Report No. 93, 48pp.
- Hjort, J. 1926. Fructuations in the year classes of important food fishes. *J. Cons. int. Expior. Mer.* 1 : 5~38.
- Hwang, S.D., 1999. A population ecological study of the common mackerel (*Scomber japonicus*) in Korean waters.
- Iversen, S.A., D. Zhu, A. Johannessen, and R. Toresen, 1992. Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. *Fisheries Research*, 16 : 147-163.
- Kim, H.J. and C.I. Zhang. 1999. A population ecological study of short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, 2, 32-43.
- Kim, Y.M., Y.J. Kang, B.H. Park, D.W. Lee, J.H. Lee, 1989. Studies on the Fishery Biology of Pomfrets, *Pampus* spp. in the Korean waters. *Bull. Korean Fish. Soc.* 22(5), 306-313.
- Kitchell, J.F., D.E. Schindler, R. Ogatu-Ohwayo, and P.M. Reinthal, 1996. The Nile perch in Lake Victoria : interactions between pradation and fisheries. *Ecol Appl.* 45 : 209-226.
- KORDI, 2003a. Study on the foundation-laying of Jeonnam archipelago marine ranching program in Korea. 603pp.
- KORDI, 2003b. Studies on the Development of Marine Ranching Program in Tongyeong, Korea.
- KORDI, 2004. Study on the foundation-laying of Jeonnam archipelago marine ranching program in Korea. 779pp.
- Lee, J.U. 1985. Studies on the fishery biology of the atka mackerel *Pleurogammus monoptygius* (Pallas) in the North Pacific Ocean. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 34 : 65-125 (in Korean).
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: A primer on methods and*

- computing. John Wiley & Sons, Inc., New York, 337 pp.
- McManus, J.W. and Pauly, D, 1990. Measuring ecological stress: variations on a theme by R.M. Warwick. *Mar. Biol.*, 106: 305-308
- Mertz, G. and R.A. Myers, 1998. A simplified formulation for fish production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55 : 478-484.
- Mistri, M., Rossi, R. and E.A. Fano, 2001. Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish Lagoon(Sacca di Goro, north-eastern Italy)
- MOMAF, 2000. Studies on the TAC-based Fisheries Management System and Quota Allocations for Joinly Exploited Fisheries Resources under the EEZ Regime. Final Report. 542pp.
- 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.
- Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the world (3rd ed.)*. New York, John Wiley & Sons,
- NFRDI, 1988. Assessment of fisheries resources in Korean waters. Ye-moon Publ. 254pp.
- 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.
- Oh, Y.D., C.I. Zhang, S.K. Cho and M.H. Sohn, 1999. Estimation of population ecological characteristics of *Hexagrammos agrammus* in the East Sea. *J. Korean Soc. Fish. Res.*, 2, 14-23.
- Okiama, M.(ed.), 1988. *An atlas of the early stage fishes in Japan*. Tokai University Press. : 1154pp.
- Park, B.H. 1985. Studies on the fishery biology of the filefish, *Navadon modestus* (Gunther) in the Korean waters. *Bull. Nat'l Fish. Res. Dev.* Vol. 34. 11pp.
- Park, Y.C., B.Y. Cha and S.H. Huh. Age and Growth of Yellow Goosefish, *Lophius litulon*. *J. Korean Fish. Soc.* 31(4), 529-534.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16. 229-311.
- Pearson, T.H., 1975. The benthic ecology of Loch Linnhe and Loch Eil a sea loch system on the west coast of Scotland. IV. Changes in the benthic fauna attributable to organic enrichment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 20: 1-41.

- Pianka, E. R., 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4, 53~74.
- Pielou, E.C. 1966. *An Interduction to Mathematical Ecology*. wiley & Sons, Inc, New York : 286pp.
- Polovina, J.J., 1984. Model of a coral reef ecosystem. I. The ECOPATH model and its application to French Shoals. *Coral Reefs* 3(1) : 1-11.
- Pukyong National University, 1999. Studies on the impacts of operation and construction work of Busan new port. Vol. 2 The estimation of production. 512pp.
- Pukyong National University, 2000. Studies on the impacts of operation and construction work of steam power plant in Hadong. Vol. 2 The estimation of production. 46pp.
- Rumohr, H., Brey , T. & S. Ankar, 1987. A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea: BMB Publ. No. 9: 69 pp
- Saville. A. and D. Schnack. 1981. Some thoughts on the current status of studies of fish egg and larval distribution and abundance. *Rapp. P-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.* 178 : 153~157
- SCOR-Unesco, 1966. Determination of photosynthetic pigments. In "Unesco(ed.), *Determination of photosynthetic pigments in sea water*. Paris" : 10~18.
- Seo, Y.I. and C.I. Zhang, 2001a. A study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. I. Multi-species by a single gear. *J. Korean Fish. Soc.*, 34(4) : 355~358.
- Seo, Y.I. and C.I. Zhang, 2001b. A study on the multi-gear and multi-species fisheries assessment models in Korean waters. II. Single-species by multiple fishereis. *J. Korean Fish. Soc.*, 34(4) : 359~364.
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana, 125 pp.
- Shannon, C.E. and W. Winer. 1963. *The mathematical theory of communication*. Uni. Illinois Press, Urbana, 177pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163 : 688pp.
- Smith, P.E., and S.L. Richardson, 1977. *Standard techiques for fish egg and larve surveys*. FAO Fisheries Technical paper No. 175 :, 100pp.
- Sparre, P., 1991. Introduction to multispecies virtual population analysis. *ICES Mar. Sci. Symp.* 193 : 12-21.

- Sprung, M. 1994. Macrobenthic secondary production in the intertidal zone of the Ria Formosa-a Lagoon in southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 38(539-558)
- 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, 217 pp.
- Steven, E.H. 1994. Stock comparison, growth, mortality, and availability of Pacific saury, *Cololabis saira*, of the Northeastern Pacific Ocean. *Fisheries Bull.*
- Thomson, J.M., 1957. The food of Western Australian estuarine fish. *Fish. Bull.*, 7: 13pp.
- Thronsdon J., 1978. Preservation and storage. In "Sournia, A.(ed). *Phytoplankton manual*. Unesco, Paris" : 69~74.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press. Oxford : 858pp.
- Trites, A.W., P.A. Livingston, S. Mackinson, M.C. Vasconcellos, A.M. Sringer and D. Pauly, 1999. Ecosystem changes and the decline of marine mammals in the Eastern Bering Sea. *Fisheries Centre Research Reports 1999*, Vol 7(1) 100pp.
- Tumiolo, M. L. and J.A. Downing, 1994. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. *Marine Ecology Progress Series* 114: 165-174.
- Wafar, M.V.M., P.Le Corre and J.L. Birren, 1983. Nutrients and primary production in permanently well mixed temperate coastal waters. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 17 : 431~446.
- Walters, C., Pauly, D. and Christensen, V. 2000. Ecospace : prediction of mesoscale spatial patterns in trophic relationships of exploited ecosystems, with emphasis on the impacts of marine protected areas. *Ecosystems*, 2 : 539-554.
- Walters, C., V. Christensen, and D. Pauly, 1997. Structuring dynamics models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Review in Fish Biology and Fisheries* 7 : 139-172.
- Wilson, J.G. and D.W. Jeffery, 1994. Benthic biological pollution indices in estuaries. In: *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*, edited by Kees J.M. Kramer, CRC Press, pp. 311-327.
- Winberg, G.G., 1956. Rate of metabolism and food requirement of fishes. *Transl. Fish. Res. Board Can.* 253.
- Yeon, I.J., Y.J. Kang, and C.I. Zhang, 1998. Growth and mortality of blue crab

- Portunus trituberculatus* in the East China Sea. J. Korean. Soc. Fish. Res., 1(1) : 104-114.
- Zhang, C.I. and J.B. Lee, 2001. Stock assessment and management implications of horse mackerel (*Trachurus japonicus*) in Korean waters, based on the relationships between recruitment and the ocean environment. Progress in Oceanography 49 : 513-537.
- Zhang, C.I. Y.M. Kim, S.J. Yoo, C.S. Park, S. Kim, C.K. Kim and S.B. Yoon, 1992. Estimation of population ecological characteristics of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* off Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 25(1), 29-36.
- Zhang, C.I., 1996. A study on the stock assessment and management implications of the Hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters 1. Estimation of population ecological characteristics of the hairtail, *Trichurus lepturus* Linne in Korean waters. J. Korean Fish. Soc. 29(5) : 567-577.
- Zhang, C.I., C.S. Park, and M.H. Sohn, 1998. A study on the stock management of the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKAL) in Korean waters. IV. Population ecological characteristics and biomass. J. Korean Soc. Fish. Res.1(1) : 25-35.
- Zhang, C.I., S.C. Yoon, S.K. Lee and J.W. Choi, 2004. 1999. A population ecological study of purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* in the adjacent waters of Geoje Island. J. Korean Soc. Fish. Res., 6(2), 126-139.
- Zhang, C.I., Y.J. Kang and M.W. Lee, 1999. A population ecological study of the white croaker, *Argyrosomus argentatus* HOUTTUYN in Korean waters IV. Population ecological characteristics and biomass. J. Korean Soc. Fish. Res., 2, 68-76.
- 飯塚昭二. 1986. 植物プランクトンの調査-試料 採取, 固定, 濃縮, 計數, 同定. in "沿岸環境マニュアル(底質・生物 編), 恒星社厚生閣, 東京" : 144~147.
- 山路勇. 1991. 日本海洋プランクトン圖鑑. 保育社, 大阪 : 538pp.
- 日本氣象協會, 1985. 海洋觀測指針. 日本海洋學會, 東京 : 428pp.
- 沖山宗雄. 1988. 日本産稚魚圖鑑. 日本東海大學出版社 : 1154pp.
- 고유봉·고경민·김종만, 1991. 제주도 북방 함덕 연안역의 仔稚魚 출현. 한국어류학회지, 3 : 24~35.
- 김성수, 고우진, 조영조, 이필용, 전경암, 1998. 1996년 여름철 남해 표층수의 이상 저염수 현상과 영양염류의 분포특성. 한국해양학회지 「바다」, 3 : 165~169.
- 김용억, 1981. 한국연근해 어난·치어 도감. 부산수산대학교 해양과학연구소 : 109pp.

- 김용익, 1983. 남해창선해협 의 자치어에 관한 연구. 한국수산학회지, 16 : 163~180.
- 김용익 · 한경호 · 강충배 · 고정락, 1994. 고리주변해역의 浮遊性卵과 仔稚魚의 분포. 한국 수산학회지, 27 : 633~642.
- 김인옥, 노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산 학회지, 27 : 262~277.
- 김진영 · 강영실, 1995. 한국 동해남부해역 엘통이 卵 · 仔魚의 연직 분포. 한국어류학회지, 7 : 64~70.
- 나해춘, 2002. 전남 강진만 연안에 분포하는 어류의 종조성 및 계절변동. 여수대학교 수산 과학과 석사학위논문, 45pp.
- 동해수산연구소, 2002. 해조장 동물상 변화 및 조식동물 연구. 국립수산과학원 동해수산연 구소, 163pp.
- 박진우, 2002. 전남 강진만 연안의 부유성난 및 자치어 분포. 여수대학교 수산과학과 석사 학위논문 : 25pp.
- 서인수, 2003. 인천 갯벌 저서생물의 군집 구조와 먹이망. 인하대학교 이학박사학위청구논 문, 273pp.
- 신상수, 2001. 여수 돌산도 연안 정치망 어장에 출현한 어류군집의 종조성 및 양적변동. 여수대학교 수산과학과 석사학위논문 : 45pp.
- 신영호, 2002. 고흥 녹동연안에 분포하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 계절변동. 여수 대학교 수산과학과 석사학위논문 : 26pp.
- 오성현, 2003. 광양만의 어류 종조성 및 군집구조 변화. 여수대학교 수산과학과 박사학위 논문 : 220pp.
- 유봉석 · 최 윤, 1993. 군산 연안 어류의 군집 변동. 한국어류학회지, 5 : 194~207.
- 유재명 · 김 성 · 이은경, 1993. 여자만에서 장마에 의한 담수유입이 어란 및 자치어의 출 현량에 미치는 영향. Ocean Research, 15 : 37~42.
- 윤양호, 2001. 한국남서 연안해역의 해양환경과 표영 저차 생태구조 특성 - 고흥반도 주 변해역을 중심으로 -. 자연보존, 116 : 37~48.
- 윤양호, 2003. 한국 남서해역의 식물플랑크톤 군집 출현 및 분포 특성. 여수대학교 수산과학연 구소 논문집, 12 : 1~17.
- 이충렬, 1996. 천수만 어류의 종조성 변화. 한국수산학회지, 29 : 71~83.
- 일본 수산지원 보호협회, 1980. 수질오탁 조사지침, 256-257 pp.
- 임유운, 2002. 진도 연안에 분포하는 부유성 난과 자치어의 종조성 및 계절변동. 여수대학 교 수산과학과 석사학위논문 : 27pp.
- 임주열 · 조문규 · 이미자, 1970. 한국 근해에 있어서 仔稚魚의 출현분포. 수산자원 조사보 고, 8 : 7~29.

- 임현식, 1993. 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 박사학위논문 pp.100
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울 : 727pp.
- 조현서·유영석·이규형, 1994. 가막만 수질 및 저질 환경의 계절별 변동특성. 여수대학교 수산과학연구소 연구보고, 3 : 21~33.
- 차성식·박광재, 1994. 광양만 浮遊性卵·仔稚魚의 분포. 한국어류학회지, 6 : 60~70.
- 차성식·박광재·유재열, 1991. 월성주변해역의 浮遊性卵과 仔稚魚의 분포. 한국어류학회지, 3 : 11~31.
- 추은경, 2001. 거문도주변 해역의 어류 종조성 및 계절변동, 여수대학교 수산과학과 석사학위논문 : 59pp.
- 한경호, 1999. 여수 가막만 연안에 출현한 浮遊性卵 및 仔稚魚 분포, 여수대학교 수산과학연구소 연구보고, 8 : 111~119.
- 한경호, 1999. 완도 보길도연안에 분포하는 浮遊性卵 및 仔稚魚, 여수대학교 논문집, 14 : 547~552.
- 한경호·윤연미·양한춘, 1998. 광양만 묘도해역의 어류 군집의 종조성 및 양적변동, 여수대학교 논문집, 13 : 1025~1046.
- 한경호·황동식, 2003. *Scartella cristata*(갈기베도라치: 국명신칭) 자치어의 형태발달, 한국어류학회지, 15 : 인쇄중.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집(곤충제외). 한국동물분류학회 편 : 489pp.
- 해양수산부, 2002. 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서. 813pp.
- 허성희, 곽석남, 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)의 식성. 한어지, 9(2): 221-227.
- 허성희, 곽석남, 1998. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 유어의 식성. 한어지, 10(2): 168-175.
- 현상민, 최진우, 신경순, 장만, 2002. 외나로도 주변해역 퇴적물의 지화학적 특성과 저서생물상. 한국환경과학회지, 11, 215-225.

부 록

부록 2-1-1. 금오도 주변해역의 2002년 8월 수질 농도 분포

St.	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
1.	24.70	24.70	29.65	29.75	7.66	7.78	7.65	7.43	6.80	6.20	1.22	1.88	0.20	0.21	0.06	0.05
2	25.71	25.52	30.01	30.25	8.00	8.00	6.53	5.53	6.20	5.20	2.13	2.06	0.19	0.23	0.03	0.04
3	25.35	24.22	30.25	30.66	8.13	8.11	7.30	6.88	7.80	20.00	1.29	1.61	0.20	0.20	0.05	0.06
4	25.51	25.34	30.80	31.02	8.23	8.19	7.40	7.08	7.20	5.80	1.65	1.30	0.18	0.18	0.02	0.06
5	26.52	25.83	30.60	30.68	8.19	8.18	7.03	6.98	9.60	5.40	2.23	1.03	0.21	0.16	0.03	0.05
6	26.35	24.61	30.22	30.27	8.20	8.15	6.68	6.90	7.40	6.20	0.86	1.17	0.20	0.16	0.06	0.04
7	26.22	25.54	29.06	29.16	8.19	8.18	6.98	6.83	8.60	7.20	1.54	1.89	0.19	0.18	0.05	0.05
8	25.58	25.11	28.60	29.15	8.06	8.03	6.20	5.80	5.40	7.80	1.30	1.23	0.21	0.19	0.07	0.06
9	26.20	26.17	28.17	28.19	8.12	8.05	7.45	6.98	10.77	13.14	1.43	1.08	0.17	0.16	0.05	0.05
10	25.80	25.33	28.31	28.47	8.07	7.98	6.15	6.63	12.91	7.36	1.78	1.13	0.19	0.19	0.03	0.04
11	25.42	24.73	29.94	29.97	8.03	8.06	7.72	7.00	9.42	8.22	2.03	1.82	0.19	0.18	0.04	0.05
12	25.79	25.58	29.19	29.62	8.13	8.03	7.39	6.94	5.94	17.27	2.13	2.40	0.17	0.17	0.05	0.05
13	25.69	25.50	30.03	30.34	8.16	8.16	6.93	6.69	12.11	10.98	1.93	2.33	0.18	0.20	0.05	0.04
14	25.32	25.09	30.24	30.30	8.19	8.14	6.65	7.48	10.40	7.80	2.09	2.24	0.18	0.17	0.04	0.03
15	25.29	24.52	30.45	30.51	8.14	8.06	7.28	7.43	9.80	7.80	2.44	2.70	0.17	0.21	0.06	0.03
16	24.51	25.55	30.55	30.54	8.13	8.10	6.60	6.13	11.20	6.60	2.95	1.96	0.17	0.17	0.04	0.04
17	25.31	24.45	30.48	30.55	8.11	8.03	6.70	6.85	8.80	5.80	1.37	1.97	0.19	0.16	0.06	0.06
18	24.58	23.51	30.19	30.81	8.13	8.03	7.53	7.15	5.60	4.60	1.13	1.40	0.17	0.17	0.05	0.03
19	25.78	24.59	30.35	30.54	8.14	8.06	7.25	6.23	8.00	6.80	1.51	1.20	0.18	0.24	0.06	0.03
20	25.73	25.41	30.60	30.78	8.21	8.18	7.53	7.25	8.60	11.40	2.15	2.22	0.20	0.19	0.06	0.06

부록 2-1-2. 금오도 주변해역의 2003년 8월 수질 농도 분포

St.	Temp		Sal		pH		DO		SS		COD		TN		TP	
	(°C)										(mg/L)					
NO.	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

부록 2-1-3. 금오도 주변해역의 2003년 11월 수질 농도 분포

St.	Temp		Sal		pH		DO		SS		COD		TN		TP	
	(°C)										(mg/L)					
NO.	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

부록 2-1-4. 금오도 주변해역의 2004년 1월 수질 농도 분포

St.	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

부록 2-1-5. 금오도 주변해역의 2004년 4월 수질 농도 분포

St.	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

부록 2-1-6. 금오도 주변해역의 2002년 8월 해수 중금속 농도분포

St. No.	(ppb)			
	Cd	Cu	Pb	Zn
3	0.056	4.41	0.40	1.09
5	0.029	4.15	0.24	0.92
7	0.034	3.16	0.22	0.89
9	0.017	3.84	0.31	0.89
12	0.044	2.33	0.15	1.17
16	0.020	3.99	0.12	1.20

부록 2-1-7. 금오도 주변해역의 2003년 8월 해수 중금속 농도분포

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	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

부록 2-1-8. 금오도 주변해역의 2003년 11월 해수 중금속 농도 분포

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

부록 2-1-9. 금오도 주변해역의 2002년 8월 퇴적물 TIL, COD, AVS 농도분포

St. No.	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
1	5.63	9.33	0.01
2	3.30	7.19	0.00
3	5.49	13.98	0.00
4	6.35	14.51	0.01
5	4.04	7.54	0.01
6	5.81	10.65	0.01
7	6.02	12.92	0.05
8	3.73	6.63	0.00
9	5.06	11.41	0.06
10	6.43	13.48	0.02
11	6.68	11.22	0.00
12	4.25	11.61	0.01
13	4.40	8.06	0.00
14	3.31	6.57	0.00
15	4.01	8.70	0.00
16	4.96	8.46	0.01
17	6.62	12.08	0.00
18	6.54	10.56	0.02
19	6.11	8.99	0.01
20	6.59	10.71	0.03

부록 2-1-10. 금오도 주변해역의 2003년 8월 및 2004년 1월 퇴적물 TIL, COD, AVS 농도 분포

St. No.	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

부록 2-1-11. 금오도 주변해역의 2005년 2월 퇴적물 TIL, COD, AVS, TOC, TON의 농도 분포

St. No.	February(2005)				
	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TOC (%)	TON (%)
5	5.49	12.19	0.00	0.34	0.06
7	6.35	15.51	0.44	0.35	0.06
8	4.35	11.45	0.07	0.30	0.04
11	4.77	11.59	0.00	0.29	0.05
12	5.21	10.35	0.04	0.33	0.05
14	3.97	9.55	0.01	0.27	0.04
15	3.82	12.97	0.14	0.25	0.04
17	5.47	16.50	0.03	0.27	0.05
18	7.27	16.17	0.08	0.38	0.07
20	6.11	17.61	0.02	0.37	0.06
21	5.60	10.81	0.02	0.30	0.06
22	2.34	7.54	0.00	0.13	0.02

부록 2-1-12. 금오도 주변해역의 2002년 8월 퇴적물 중금속 농도분포

St. No.	Cd	Cu	Pb	Zn
(mg/kg)				
1	0.15	33.0	23.2	61.4
2	0.38	22.0	24.5	46.8
3	0.18	34.0	28.0	61.3
4	0.05	35.0	22.5	66.7
5	0.10	49.0	22.5	77.3
6	0.09	23.0	15.2	45.3
7	0.08	20.0	44.2	53.3
8	0.07	16.0	23.9	28.1
9	0.11	39.0	54.7	60.2
10	0.07	45.0	27.5	73.8
11	0.17	37.0	27.7	71.0
12	0.12	18.0	21.9	52.5
13	0.78	17.0	50.3	61.5
14	0.50	19.0	27.9	44.0
15	0.09	24.0	24.0	58.2
16	0.08	30.0	30.2	69.2
17	0.29	38.0	22.5	72.9
18	0.17	29.0	23.7	75.6
19	0.17	29.0	28.8	72.4
20	0.27	31.0	63.8	67.9

부록 2-1-13. 금오도 주변해역의 2003년 8월 중금속 농도분포

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

부록 2-2-1. 2002년 8월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	2S	4S	6S	7S	8S	12S	18S	20S
Diatoms	1062.2	1789.0	2144.4	14802.0	4662.0	3512.0	1565.8	700.0
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0.8	0.1	-	1.0	-	1.0	0.2	-
<i>Cerataulina dentata</i>	-	0.4	-	1.0	5.0	1.2	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	6.2	13.8	16.0	3.0	-	2.8	14.8	1.0
<i>Chaetoceros curvoisetus</i>	1.2	7.9	12.0	14.0	-	6.0	5.6	3.6
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	3.0	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	1.6	2.5	1.4	1.0	-	0.4	2.4	0.6
<i>Chaetoceros debilis</i>	7.0	4.8	6.0	4.0	12.0	2.2	19.0	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0.4	0.8	0.6	4.0	2.0	0.4	-	0.4
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	0.2	1.6	-	1.0	1.6	1.0	-
<i>Chaetoceros gracilis</i>	2.2	2.0	6.0	2.0	5.0	0.2	1.2	-
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	-	-	-	-	6.0	-	-	-
<i>Chaetoceros pseudocurvoisetus</i>	4.4	-	4.0	10.0	20.0	4.0	3.8	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	6.0	1.0	20.0	1900.0	747.0	745.0	23.0	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	8.4	8.6	7.0	27.0	31.0	20.0	5.4	138.0
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	1.0	3.3	7.0	27.0	-	-	0.6	-
<i>Detonula pumila</i>	2.4	5.2	-	-	1.0	1.0	3.2	0.4
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.2	0.4	8.4	4.0	2.0	0.6	0.2	0.4
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	0.3	0.8	0.4	-	2.0	0.2	0.2
<i>Guinardia delicatula</i>	0.2	0.6	1.0	4.0	5.0	1.0	0.2	0.6
<i>Guinardia flaccida</i>	-	1.0	0.2	1.0	-	0.4	-	0.4
<i>Guinardia striata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	1.2	-	6.0	8.0	6.0	6.0	0.4	0.4
<i>Leptocylindrus minimus</i>	29.4	25.8	78.0	32.0	174.0	122.2	33.8	8.8
<i>Licmorphora abbreviata</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Lithodesmium variable</i>	3.8	2.2	10.0	6.0	4.0	1.0	3.8	0.6
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	-	6.0	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	13.8	9.4	30.0	62.0	88.0	37.0	22.6	30.0
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	24.8	29.6	22.8	71.0	18.0	35.4	31.0	13.6
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Pseudosolenia calca-avis</i>	-	-	-	1.0	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	-	0.1	-	-	-	0.2	-	0.2
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	0.1	0.2	-	1.0	1.0	0.2	-
<i>Skeletonema costatum</i>	899.0	1400.0	1846.0	12556.0	3488.0	2490.0	1354.0	498.0
<i>Stephanodiscus turris</i>	0.2	0.2	1.2	0.4	-	0.4	0.6	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.8	1.4	5.0	21.0	7.0	5.8	1.2	2.6
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-	-
<i>Thalassiosira pacifica</i>	-	-	1.0	-	1.0	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	46.2	263.8	52.0	41.0	30.0	22.0	36.6	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Tropidoneis elegans</i>	-	-	-	-	2.0	1.0	0.2	-
No. of diatoms species	28	30	27	27	24	30	29	19

부록 2-2-1에서 계속

Dinoflagellates	11.6	4.6	202.2	90.2	139.0	41.0	18.8	71.8
<i>Alexandrium fraterculus</i>	0.4	0.5	-	-	4.8	2.0	0.2	5.8
<i>Ceratium furca</i>	-	-	0.2	0.6	-	-	0.6	0.2
<i>Ceratium fusus</i>	0.2	0.2	-	0.6	-	-	0.4	0.2
<i>Ceratium lineatum</i>	1.0	0.5	0.6	0.2	0.2	-	0.6	0.4
<i>Ceratium petagonum</i>	-	-	-	-	-	-	0.8	-
<i>Ceratium tripos</i>	0.6	0.4	0.4	0.6	0.8	0.2	1.6	0.2
<i>Dinophysis acuminata</i>	0.6	0.4	0.2	0.8	0.4	1.2	1.0	0.4
<i>Dinophysis caudata</i>	0.2	0.1	0.6	0.8	0.2	0.0	0.4	0.2
<i>Gymnodinium catenatum</i>	6.2	1.6	199.2	81.0	130.4	33.8	10.8	59.2
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	0.2	0.1	0.4	0.6	0.2	0.4	0.2	0.2
<i>Phalacroma mitra</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Polykrikos kofoidii</i>	-	-	-	2.8	-	0.4	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-	0.1	-	0.8	-	-	-	0.4
<i>Protoperidinium bipes</i>	0.2	0.2	-	0.2	2.0	0.4	0.2	0.4
<i>Protoperidinium brevipes</i>	0.2	0.1	0.4	0.2	-	0.4	-	-
<i>Protoperidinium conicoides</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Protoperidinium depressum</i>	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2
<i>Protoperidinium pallidum</i>	0.4	-	-	0.2	-	0.2	0.2	0.2
<i>Protoperidinium sp.</i>	-	-	-	0.4	-	-	0.4	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	0.2	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.8	0.2	0.2	0.2	-	2.0	0.4	3.6
<i>Triadinium polyedricus</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Total standing crops (cells/l)	1073.8	1793.6	2346.6	14892.2	4801.0	3553.0	1584.6	771.8
No. of dinoflagellates species	15	13	9	16	8	10	17	15
Total number of species	43	43	36	43	32	40	46	34

부록 2-2-2. 2002년 8월 중층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현종량

Species	2B	4B	6B	7B	8B	12B	18B	20B
Diatoms	1079.8	624.0	294.8	4554.8	380.4	271.8	1460.0	13.1
<i>Actinoptychus senarius</i>	0.2	0.8	-	-	0.6	0.2	-	-
<i>Actinoptychus splendens</i>	-	-	-	-	0.4	-	-	-
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	0.4	0.3	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Cerataulina dentata</i>	-	0.4	-	-	-	-	1.0	-
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	-	-	-	-	0.8	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	3.8	19.4	0.2	12.0	-	-	9.0	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2.0	1.9	1.2	30.0	0.8	0.6	0.6	1.2
<i>Chaetoceros compressus</i>	2.0	0.8	0.8	4.0	-	-	1.6	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	3.0	3.0	0.8	1.0	0.8	0.8	2.4	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	14.8	21.2	0.8	13.0	0.6	5.8	21.0	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0.8	0.8	1.0	2.0	2.0	0.6	1.0	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	1.2	1.4	0.2	4.0	1.0	1.2	0.4	-
<i>Chaetoceros gracilis</i>	1.4	0.4	2.0	14.0	0.2	0.4	0.8	-
<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	4.2	-	9.6	25.0	1.0	-	6.8	-
<i>Chaetoceros sp.</i>	1.4	0.4	3.4	149.0	-	25.6	67.0	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0.6	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	0.2	0.3	-	0.2	-	-	0.6	0.3
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	2.4	2.4	13.8	43.0	8.6	3.6	7.6	0.4
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	0.2	0.3	13.8	0.4	0.0	0.2	0.2	-
<i>Detonula pumila</i>	3.2	3.7	0.8	5.0	0.6	0.2	4.0	-
<i>Diploneis fusca</i>	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	0.2	0.2	3.0	0.2	0.2	0.2	0.1
<i>Eucampia zodiacus</i>	0.4	0.7	-	2.0	-	-	0.6	-
<i>Guinardia delicatula</i>	0.2	-	0.6	3.0	0.4	1.4	0.6	0.4
<i>Guinardia flaccida</i>	0.4	0.1	0.2	1.0	0.4	0.6	0.6	0.3
<i>Grammatophora marina</i>	-	0.3	-	-	-	-	-	0.3
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	-	0.4	-	-	0.2	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0.6	0.4	1.0	-	0.8	0.6	2.0	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	9.6	4.2	16.2	134.4	33.8	38.0	23.2	5.1
<i>Lithodesmium variabile</i>	2.8	3.4	5.4	19.0	2.6	0.6	3.2	0.1
<i>Navicular membranacea</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia littoralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Nitzschia sigma</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	-	2.0	1.4	-	0.6
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.1
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	9.2	11.4	6.0	56.0	6.4	21.8	10.8	0.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	22.8	18.2	4.8	47.8	17.4	5.0	23.4	0.4
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.2	-	1.4	-	-	-	0.2	-
<i>Pseudosolenia calca-avis</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i>	0.2	-	-	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	0.4	-	0.2	-	0.2	0.2	0.1
<i>Skeletonema costatum</i>	982.2	473.0	191.8	3924.0	274.4	153.6	1242.0	1.7
<i>Stephanodiscus turris</i>	0.6	-	-	0.4	-	0.8	0.4	0.1
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	1.8	0.8	0.6	4.0	2.4	1.4	0.6	0.2
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.2	0.4	0.2	-	0.2	-	0.2	-
<i>Thalassiosira pacifica</i>	0.2	-	0.6	0.6	0.2	0.4	1.0	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	-	0.6	0.0	0.0	-	-	-
<i>Thalassiosira sp.</i>	5.6	52.0	16.0	56.0	21.0	4.6	25.4	0.9
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	0.3	-	-	-	-	0.2	-
<i>Tropidoneis elegans</i>	0.2	-	-	-	0.4	0.4	0.4	-
No. of diatoms species	38	35	31	32	32	32	38	20

부록 2-2-2. 계속

Dinoflagellates	12.6	75.2	10.8	28.0	3.2	25.2	21.0	1.5
<i>Alexandrium fraterculus</i>	0.4	0.4	6.4	4.8	1.2	2.2	-	-
<i>Ceratium furca</i>	-	-	-	-	0.2	-	0.6	-
<i>Ceratium fusus</i>	-	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	-
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	0.2	-	0.2	0.2	-	0.4	0.3
<i>Ceratium petagonum</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Ceratium tripos</i>	1.0	1.1	-	0.6	0.2	-	1.0	0.3
<i>Dinophysis acuminata</i>	0.6	0.2	-	0.6	-	-	0.2	-
<i>Dinophysis caudata</i>	-	0.2	-	-	0.4	-	0.2	0.1
<i>Gonyaulax polygramma</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Gymnodinium catenatum</i>	9.8	71.4	3.6	18.8	0.2	21.8	17.2	0.5
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Gyrodinium sp.</i>	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-
<i>Phalacroma mitra</i>	0.2	-	-	0.4	0.2	0.2	-	-
<i>Phalacroma rotundatum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Polykrikos kofoidii</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.2	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Protoberidinium bipes</i>	-	0.1	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Protoberidinium brevipes</i>	0.2	-	-	1.0	-	-	-	-
<i>Protoberidinium depressum</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Protoberidinium pallidum</i>	-	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Protoberidinium sp.</i>	-	0.5	-	-	-	-	0.2	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Triadinium polyedricus</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Total standing crops (cells/l)	1092.4	699.2	305.6	4582.8	383.6	297.0	1481.0	14.6
No. of dinoflagellates species	8	14	5	13	10	7	12	6
Total number of species	46	49	36	45	42	39	50	26

부록 2-2-3. 2002년 10월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	2S	4S	6S	7S	8S	12S	18S	20S
Diatoms	12.8	12.2	102.9	70.9	20.3	19.4	20.8	39.3
<i>Actinocyclus octonarius</i>	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.2
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	0.1	-	-	-	0.1	0.1	0.1
<i>Amphiprora gigantea</i>	-	0.1	-	-	-	-	0.3	-
<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	-	0.1	0.2	-	-	-	-	-
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	0.1	0.5	3.6	0.4	0.7	1.4	-	0.5
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	-	-	0.7	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.8
<i>Chaetoceros debilis</i>	1.0	-	0.3	-	-	1.7	0.5	0.3
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Chaetoceros eibentii</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Chaetoceros radicans</i>	-	-	0.5	0.4	-	-	-	-
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	1.2	3.1	86.6	58.0	7.5	1.1	1.9	29.3
<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.1	-	0.1	-	-	-	-	0.1
<i>Coscinodiscus walesii</i>	0.5	0.1	-	-	0.6	1.1	0.7	0.6
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.1	0.1	1.9	1.8	0.1	-	-	0.1
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	-	-	0.4	-	0.1	-	-
<i>Detonula pumila</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.1	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	0.2	-	-	1.1	-	-
<i>Grammatophora marina</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Haslea wawrikan</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Lauderia annulata</i>	-	-	0.3	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	-	-	-	-	-	-	0.8	-
<i>Navicular membranacea</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Navicular retusa</i>	0.1	0.3	-	-	-	0.3	0.3	-
<i>Nitzschia littoralis</i>	0.2	0.2	0.7	0.8	0.2	0.1	0.9	0.6
<i>Nitzschia longissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Nitzschia sigma</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	0.1	-
<i>Nitzschia</i> sp.	0.1	0.3	3.4	3.4	1.0	0.3	0.4	1.1
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	-	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	-	0.1
<i>Pleurosigma</i> sp.	-	-	0.1	-	-	-	-	0.1
<i>Proboscia alata</i>	-	-	0.1	-	-	-	0.1	-
<i>Pseudoguinaradia recta</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	-	-	-	0.3	-	-	0.4	0.8
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0.7	-	0.3	0.9	0.4	-	0.2	-
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.2	-	0.4	0.4	-	-	-	0.2
<i>Rhizoselemia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	-	0.1	-	-	0.1	-	-	-
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	0.2	-	0.3	-	-	0.1	0.1	0.2
<i>Roperia tessellata</i>	-	0.3	0.2	-	-	0.1	0.1	-
<i>Skeletonema costatum</i>	1.6	1.1	-	1.3	2.1	0.7	0.4	-
<i>Stephanodiscus turris</i>	0.1	-	-	0.1	-	0.2	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	0.1	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.2
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Thalassiosira lineata</i>	0.2	-	0.1	-	-	-	0.1	-
<i>Thalassiosira subtilis</i>	5.9	4.3	1.8	2.0	5.1	9.2	12.7	2.9
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.1	0.4	0.7	0.2	1.0	0.2	-	0.2
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4
<i>Tropidoneis elegans</i>	-	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-
Number of diatom species	21	21	27	18	20	23	23	24

부록 2-2-3. 계속

Species	2S	4S	6S	7S	8S	12S	18S	20S
Dinoflagellates	1.7	0.4	0.6	0.5	0.4	0.8	0.7	2.8
<i>Alexandrium fraterculus</i>	1.3	-	-	0.2	-	0.3	-	1.7
<i>Amylax triacantha</i>	-	0.2	0.1	-	-	0.1	-	0.1
<i>Ceratium furca</i>	0.1	0.1	0.2	0.1	-	0.2	0.3	0.4
<i>Dinophysis caudata</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.1	-	0.1	-	-	-	0.1	-
<i>Prorocentrum dentatum</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	0.1	-	-	-	-	-	0.1	0.1
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	0.1	0.2	-	-	0.2
<i>Protoperidinium oblongum</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Pyrophacus steinii</i>	0.1	-	0.1	-	-	0.1	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	-	0.1	-	-	0.1	-	0.2
Total standing crops (cells/l)	14.5	12.6	103.5	71.4	20.7	20.2	21.5	42.1
Number of dinoflagellate species	5	3	5	4	3	5	4	7
Total number of species	26	24	32	22	23	28	27	31

부록 2-2-4. 2002년 10월 중충해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	2B	4B	6B	7B	8B	12B	18B	20B
Diatoms	10.6	19.0	103.2	84.4	17.1	22.6	15.9	30.8
<i>Actinocyclus octonarius</i>	-	-	0.1	0.2	0.1	-	-	0.1
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	0.1	0.3	0.1	-
<i>Amphiprora gigantea</i>	0.1	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus cleaveanus</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-	0.5	2.8	2.0	0.1	-	-	0.6
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	1.0	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.3
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	0.7	2.2	-	-	0.6	2.0	1.9
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	0.3
<i>Chaetoceros eibonii</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	1.6	-	77.1	66.9	1.9	0.6	1.7	18.6
<i>Cocconeis</i> sp.	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.1	-	-	-	0.1	-	0.1	-
<i>Coscinodiscus wailiesii</i>	0.5	0.6	0.3	0.1	0.5	0.4	1.0	0.4
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	0.2	0.7	0.8	-	0.2	-	0.4
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	0.1
<i>Detonula pumila</i>	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.1	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	-	-	-	0.3	0.1	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	0.1	0.2	0.7	-	-	-
<i>Guinardia flaccida</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Lauderia annulata</i>	-	0.1	0.2	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus minimus</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Melosira moniliformis</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Navicular retusa</i>	0.2	0.5	-	0.1	-	-	0.2	-
<i>Nitzschia littoralis</i>	0.1	0.2	0.4	0.9	0.3	0.1	0.1	0.5
<i>Nitzschia sigma</i>	0.1	0.1	-	-	-	-	0.1	-
<i>Nitzschia</i> sp.	0.1	0.2	3.3	2.5	1.1	0.5	0.6	1.0
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	-	1.0	-	2.3	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	0.1	0.2	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	-	0.3	0.2	0.1	0.3	-	-	-
<i>Pleurosigma</i> sp.	0.3	-	-	0.1	0.1	-	0.1	-
<i>Proboscia alata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.3
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	-	0.8	0.4	-	0.8	0.3	1.1
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0.3	-	2.9	0.3	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	-	0.1	-	-	-	0.1	0.1	-
<i>Roperia tessellata</i>	0.1	-	0.1	0.1	-	-	0.1	-
<i>Skeletonema costatum</i>	0.7	1.2	1.0	1.7	1.1	4.7	0.6	-
<i>Stephanodiscus turris</i>	0.6	0.4	-	-	0.3	-	0.2	0.5
<i>Surirella</i> sp.	-	0.2	0.1	-	-	0.1	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.1	0.1	0.2	0.2	-	-	-	0.1
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	0.1
<i>Thalassiosira lineata</i>	-	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.1	0.1
<i>Thalassiosira subtilis</i>	5.3	13.0	8.2	5.4	9.0	10.6	7.9	3.6
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.2	-	-	0.6	0.6	0.2	0.1	0.3
<i>Tropidoneis elegans</i>	0.1	-	0.1	0.1	0.2	-	0.1	0.2
Number of diatom species	18	20	26	23	20	20	22	22

부록 2-2-4. 계속

Species	2B	4B	6B	7B	8B	12B	18B	20B
Dinoflagellates	1.0	0.4	0.8	0.5	0	1.2	0.3	1.1
<i>Alexandrium fraterculus</i>	0.3	0.2	0.3	0.1	-	0.9	-	-
<i>Ceratium furca</i>	0.3	-	0.3	0.1	-	0.3	0.1	0.2
<i>Ceratium lineatum</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Gymnodinium</i> sp.	0.1	-	-	0.1	-	-	-	0.1
<i>Prorocentrum micans</i>	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2
<i>Protoperidinium oblongum</i>	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	-	0.1	0.1	-	-	-	0.3
Total standing crops (cells/l)	11.6	19.4	104.0	84.9	17.1	23.8	16.2	31.9
Number of dinoflagellate species	6	3	4	5	0	2	3	6
Total number of species	24	23	30	28	20	22	25	28

부록 2-2-5. 2003년 1월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	4s	6s	7s	8s	9s	10s	12s	18s
Diatoms								
<i>Actinocyclus octonarius</i>	-	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	0.1	0.2	-	0.1	-	0.1	0.1
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	0.6	0.1	-	-
<i>Amphiprora</i> sp.	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Asterionella glacialis</i>	1.4	4.2	6.7	11.2	6.4	2.1	1.4	0.2
<i>Asteromphalus heptactis</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	-	0.3	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	2.5	-	0.4	1.9	0.2	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	0.8	13.8	6.1	11.8	8.5	7.2	-	0.2
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	0.6	0.2	0.2	0.6	0.4	0.2	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	0.4	1.6	3.3	2.0	0.8	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-
<i>Chaetoceros eibenii</i>	-	0.4	-	-	0.2	0.5	-	0.1
<i>Chaetoceros similis</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Chaetoceros vanheuckii</i>	-	1.3	8.8	3.4	0.3	15.7	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	9.9	4.1	4.4	10.6	12.9	-	-
<i>Cohethron criophilum</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.1	-	-	0.1	0.4	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus wailiesii</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.1
<i>Detonula pumila</i>	-	-	-	2.8	1.2	1.2	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	0.7	-	0.1	0.6	0.4	0.1	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	31.0	146.9	124.8	130.7	180.4	231.8	30.4	17.1
<i>Lauderia annulata</i>	-	0.1	-	-	-	-	0.1	0.1
<i>Meuniera membranacea</i>	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	0.1	0.1	0.1	-	-	0.2	0.1
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.1	-
<i>Odontella aurita</i>	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	4.8	10.3	14.5	9.2	8.7	7.0	9.5	6.2
<i>Planktoniella blanda</i>	-	0.4	-	0.1	0.1	0.3	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	-	0.1	0.1	-	0.3	-	-	0.6
<i>Pleurosigma normanii</i>	0.1	0.1	-	0.1	0.2	0.2	0.2	1.4
<i>Pleurosigma affine</i>	-	0.1	-	0.1	-	0.1	0.1	0.1
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	1.7	-	-	3.4	1.3	0.4	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	9.6	57.7	55.5	96.7	87.5	114.2	2.5	6.3
<i>Stephanodiscus turris</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	0.1	-	-	0.1	0.1	0.2	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	-	0.4	-	0.5	-	0.8	0.1	0.3
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.1	0.6	0.5	0.4	0.3	0.5	0.6	0.4
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	-	-	-	0.3	-	-	-	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	0.1	1.1	0.7	4.6	1.7	2.4	0.4	0.2
<i>Thalassiosira subtilis</i>	-	0.5	0.3	0.9	1.4	0.3	0.7	0.6
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0.1	0.2	0.1	-	-	-	0.2	-
<i>Trachyneis asperia</i>	-	-	-	0.2	0.1	0.1	-	0.3
Dinoflagellates								
<i>Protoperdinum</i> sp.	-	-	-	0.1	-	0.2	0.1	-
Total standing crops (cells/l)	49.8	254.9	225.0	284.3	317.9	401.0	48.5	34.6
Total number of species	15	31	21	31	28	29	25	20

부록 2-2-6. 2003년 1월 중충해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	4B	6B	7B	8B	9B	10B	12B	18B
Diatoms								
<i>Actinocyclus octonarius</i>	-	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	-
<i>Actinoptychus senarius</i>	0.1	0.1	0.1	-	0.1	0.2	0.1	-
<i>Amphiprora</i> sp.	-	0.1	-	0.1	-	-	0.1	-
<i>Asterionella glacialis</i>	1.3	2.0	2.5	7.3	9.2	6.4	0.1	0.4
<i>Chaetoceros affinis</i>	1.1	1.5	-	0.9	0.5	0.6	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	5.8	12.2	13.9	9.8	18.0	0.4	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	0.5	0.2	0.3	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	2.3	0.8	2.2	1.0	2.5	0.4	-
<i>Chaetoceros diadymus</i>	-	-	-	0.3	0.0	-	-	-
<i>Chaetoceros eibonii</i>	-	-	0.5	-	0.1	0.2	-	0.3
<i>Chaetoceros socialis</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros vanheuckii</i>	-	3.5	2.8	2.2	4.9	6.1	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	2.7	2.1	5.0	7.8	6.5	-	-
<i>Cohethron criophilum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	0.3	0.1	0.1	-	-	-	0.2
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0.3	0.4	-	-	-	0.3	0.3	0.2
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.1	-	0.1	0.2	0.3	-	0.1	-
<i>Detonula pumila</i>	0.6	-	0.7	0.8	0.6	0.8	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2
<i>Eucampia zodiacus</i>	21.2	130.2	130.8	140.8	253.0	287.7	36.0	30.0
<i>Hyalodiscus stelliger</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Lauderia annulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Licmophora</i> sp.	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.2	-	0.0	0.0	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	0.1	-	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	0.5	-	-	-	-	-
<i>Odontella aurita</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	8.2	9.8	10.0	12.4	11.8	11.8	14.6	8.3
<i>Planktoniella blanda</i>	0.2	-	-	0.2	0.2	-	0.2	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.1	0.1	0.2	0.1	-	0.1	0.1	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	0.1	0.3	0.3	-	0.1	0.2	0.3	0.2
<i>Pleurosigma affine</i>	-	-	0.2	0.1	-	0.1	0.1	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	0.9	0.2	2.1	-	1.3	0.2	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	0.1	0.1	-	-	0.1	-	-
<i>Roperia tessellata</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	5.9	38.9	36.8	48.7	107.1	79.3	0.3	-
<i>Stephanodiscus turris</i>	-	-	-	0.8	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	0.1
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.4	-	0.4	0.5	0.2	1.2	-	-
<i>Thalassiosira curviseriata</i>	-	-	-	0.5	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.6	0.6	0.9	0.4	0.1	0.5	0.6	0.4
<i>Thalassiosira rotula</i>	1.2	2.6	1.7	3.0	3.0	2.8	0.3	0.2
<i>Thalassiosira subtilis</i>	0.6	1.1	-	0.2	2.3	0.7	0.9	0.2
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	-	0.1	-	0.2	-	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
<i>Trachyneis asperata</i>	-	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	-
Dinoflagellates								
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Ceratium fusus</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Ceratium lineatum</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Protoperdinum</i> sp.	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-
Total standing crops (cells/l)	43.7	204.0	205.2	244.7	414.0	428.9	55.7	40.9
Total number of species	24	23	28	33	29	30	23	14

부록 2-2-7. 2003년 8월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

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 vanheurcki</i>	-	-	-	0.8	-	-	0.8	1.8	-	1.4	-	-
<i>Chaetoceros sp.</i>	-	-	-	0.6	-	-	0.8	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus sp.</i>	-	-	-	-	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 sp</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<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 sp.</i>	-	0.2	0.4	0.2	-	0.2	-	0.4	-	0.8	-	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	-	0.4	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-

부록 2-2-7에서 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
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>Protoperidinium brevipes</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i>	0.4	-	-	-	0.4	-	0.4	-	-	-	-	0.4
<i>Protoperidinium pallidum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Protoperidinium</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

부록 2-2-8. 2003년 8월 중충해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

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 longicruris</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	-	-
<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	-

부록 2-2-8에서 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Surirella</i> sp	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</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 asperta</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>Protoperdinium bipes</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium brevipes</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium depressum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium pellucidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	0.2
<i>Protoperdinium</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

부록 2-2-9. 2003년 11월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

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>Dactyliosolen 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	-	-	-	-	-	-
<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

부록 2-2-9. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<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 longicruris</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>Pseudoguinaradia 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 nitzschoides</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 asperta</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	-
<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</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	0.4	-	0.4	0.2	-	0.2
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyphyxis oxytoxoides</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-

부록 2-2-9. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<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>Scripsiella 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

부록 2-2-10. 2003년 11월 중충해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	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</i> sp.	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>Bacteriastrium 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	-
<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>Dactyliosolen 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

부록 2-2-10. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.2	0.4	0.6	-	0.2	-	0.4	0.8	0.4	-
<i>Nitzschia sp.</i>	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>Pseudoguinaradia 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
<i>Rhizosolenia hebetata f. 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 sp.</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</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 sp.</i>	0.4	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	0.4	0.4	-
<i>Gyrodinium sp.</i>	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>Protoperidinium brevipes</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-

부록 2-2-10. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Protoperidinium conicum</i>	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium leonis</i>	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium oblongum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Protoperidinium pallidum</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.4	-	0.2	-
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-	-	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	-	0.8	-
<i>Protoperidinium</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

부록 2-2-11. 2004년 1월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

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	-	-	-	-
<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

부록 2-2-11. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<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 asperta</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>Protoperdinium</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

부록 2-2-12. 2004년 1월 10m 수층에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

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>Actinoptychus 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>Coreithron 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	-	-
<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>Licmophora</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	-	-

부록 2-2-12. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
<i>Trachyneis asperia</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>Protoperdinum</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

부록 2-2-13. 2004년 4월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-
<i>Asterionella glacialis</i>	0.6	5.8	12.2	17.2	10.8	4.0	0.4	-	-	-	0.6	-
<i>Bacillaria paxillifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.2	6.0	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	-	1.6	2.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	0.4	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	-	1.2	0.2	2.2	0.8	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros vanheuckii</i>	-	-	-	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.6	0.2	2.2	0.6	1.8	2.6	1.8	1.2	3.0	3.0	3.0	2.8
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	1.4	0.4	-	0.4
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	118.4	44.0	44.8	36.0	20.0	-	-	3.0	-	4.2	-
<i>Hemiaulua hauckii</i>	-	3.0	0.6	0.6	1.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	2.0	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Licmophora abbreviata</i>	-	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.6	-	0.2	0.2	-	0.2	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	0.4	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	-	-	3.6	-	1.2	0.4	1.6	1.6	0.6	1.2	2.4	2.2
<i>Planktoniella blanda</i>	0.6	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i>	-	0.2	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0.2	-	-	0.4	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	1.2	2.0	0.2	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2
<i>Skeletonema costatum</i>	-	21.6	15.4	19.6	11.0	14.8	7.2	0.8	1.4	0.6	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	-	-	0.4	-	1.6	0.2	-	-	-	0.4	0.2	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.2	-	0.4	0.2	-	0.4	-	0.6	0.4	0.2	0.2	0.6
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	0.4	0.4	0.2	1.8	0.8	1.0	0.8	0.6	2.6	3.2	1.2	1.0
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	-	0.4	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Procentrum triestinum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pyrocystis lunula</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Diciyoca fibula</i>	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-
Total number of species	13	13	16	19	24	17	11	11	12	9	12	9
Total standing crops (cells/l)	4.4	153.0	82.4	90.6	73.0	47.4	13.4	10.8	19.6	9.6	13.6	8.0

부록 2-2-14. 2004년 4월 10m 수층에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinopterychus senarius</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asterionella glacialis</i>	-	13.0	13.0	11.4	7.0	4.0	-	-	-	-	-	0.6
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	0.6	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	-	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	0.6	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	-	-	3.2	-	-	-	1.2	-	-	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	-	0.6	-	0.6	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	0.2	0.2	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.8	2.2	0.4	3.0	2.8	2.4	0.6	2.6	1.8	2.2	1.8	1.2
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.6	-	0.6	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	72.4	38.4	32.6	59.0	17.8	-	4.6	1.4	-	3.4	-
<i>Hemiaulua hauckii</i>	-	2.4	1.2	0.6	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	2.4	0.8	-	-	0.8	-	0.8	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.2	-	0.4	-	0.6	0.2	0.2	1.6	0.8	0.4	0.4	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.4	-	0.4	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	3.2	-	7.8	1.8	1.0	0.8	1.2	3.2	1.4	-	1.6	5.4
<i>Planktoniella blanda</i>	1.2	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.4	0.6	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma normanii</i>	0.2	0.4	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Proboscia alata</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	0.8	-	-	1.6	-	-	0.4	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	0.4	0.8	0.8	0.4	0.2	-	0.4	-	-	-	0.2
<i>Roperia tessellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	2.8	3.8	15.8	15.6	12.6	3.2	1.6	1.6	0.4	1.8	3.0	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.4	0.4	0.6	-	0.6	-	0.2	0.8	-	0.2	0.4	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	-	-	0.4	0.2	0.2	0.6	0.2	1.2	0.4	0.6	0.4	0.2
<i>Thalassiosira rotula</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	1.0	0.8	0.6	1.6	0.8	2.2	1.2	1.8	2.4	1.6	1.2	1.2
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	0.4	0.4	0.2	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Prorocentrum micans</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	0.2	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Procentrum triestinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
Others												
<i>Diciyoca fibula</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	-	0.2	0.2	-	0.2	0.2	-	-	0.2	-	-	-
Total number of species	12	18	21	18	23	15	9	17	11	10	13	6
Total standing crops (cells/l)	12.2	103.0	83.4	73.4	91.4	33.2	5.6	21.2	9.4	8.0	14.0	8.8

부록 2-2-15. 2004년 8월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.4	-	-	-
<i>Asterionellopsis kariana</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	0.6	-	0.4	-	-
<i>Cerataulina dentata</i>	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	1.2	0.8	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros brevis</i>	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	-	2.0	-	0.4	-	0.4	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	1.0	0.6	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	-	5.2	-	-	0.8	0.4	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	3.0	0.8	-	0.6	-	-	-	-	0.4	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	1.4	1.6	2.8	6.2	0.6	1.0	0.2	1.4	1.6	0.8	0.4	0.2
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	-	-	-	1.6	-	0.8	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	1.6	1.2	-	8.4	-	3.0	0.8	1.4	0.8	0.4	-	0.4
<i>Coconeis</i> sp.	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	2.2	2.6	3.0	-	0.4	-	-	0.2	-	-	2.0	-
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2.0	7.2	8.6	10.0	-	0.8	1.2	1.2	0.8	5.2	39.0	5.2
<i>Eucampia zodiacus</i>	0.4	0.2	1.8	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	-	26.4	3.0	-	-	-	-	-	0.8	1.0	-
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	0.8	0.6	-	1.4	-	-	1.0	0.2	0.2	-	1.0	-
<i>Nitzschia sigma</i>	0.4	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	0.6	1.6	0.6	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	0.4	3.8	1.6	0.2	1.2	0.6	1.2	0.8	0.2	0.4	1.2
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	3.4	0.4	9.8	1.0	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	-	0.4	-	-	0.8	0.8	-	0.4	0.4	0.2	0.2	-
<i>Rhizosolenia serigera</i>	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	0.2	-	2.4	0.6	0.8	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	0.4	0.2	0.4	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	1.2	0.2	0.6	0.8	0.2	0.4	0.2	0.4	0.6	0.4	1.4	-
<i>Trachyneis asperta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-

부록 2-2-15. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	21	21	22
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	-
<i>Ceratium breve</i>	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.4	-	-	-
<i>Ceratium fusus</i>	0.6	0.2	0.8	-	0.6	-	0.4	0.2	-	-	-	-
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	-	-	-	-	0.8	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cochlodinium</i> sp.	1.0	16.2	14.0	0.4	2.4	6.8	2.2	0.6	1.2	25.8	25.8	1.8
<i>Gonyoaux triacantha</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonyodorax polygramma</i>	0.8	3.0	109.0	-	0.2	0.6	0.4	0.8	0.2	2.4	2.4	0.8
<i>Gymnodinium sanguinenum</i>	-	-	0.8	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.2	1.4	0.8	0.2	-	0.8	-	0.8	0.2	0.6	0.6	0.8
<i>Peridinium depressum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum dentatum</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum micans</i>	0.4	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-	-	-	0.2	0.4	0.6	0.2	-	0.2	0.2	0.2	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	1.8	1.0	0.4	0.4	0.6	0.8	-	0.2	-	-	0.4
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	2.2	12.2	0.6	4.0	2.0	3.8	2.6	1.6	1.2	2.0	2.0	2.0
Others												
<i>Chroomonas</i> sp.	-	18.2	-	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyoca fibula</i>	0.8	0.2	1.0	0.4	0.6	-	-	0.2	-	-	-	0.4
<i>Dictyoca speculum</i>	1.8	-	1.2	0.2	0.2	0.4	-	-	0.2	1.0	1.0	-
<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	23	28	28	25	24	22	14	17	16	21	21	11
Total standing crops (cells/l)	47.2	103.0	232.0	71.0	36.6	47.4	25.2	29.0	25.4	101.0	101.0	24.4

부록 2-2-16. 2004년 8월 10m 수층에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Asteromphalus sarcophagus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Cerataulina dentata</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros affinis</i>	-	-	-	-	2.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	-	-	-	0.4	6.2	2.6	-	-	-	0.4	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	0.2	0.4	0.2	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	-	5.0	2.4	0.8	5.4	-	0.6	-	-	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	0.2	1.6	0.8	-	3.2	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros didymus</i>	0.8	2.4	1.4	4.4	4.6	2.0	0.4	1.6	-	-	-	-
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	0.8	2.4	6.2	5.4	4.2	5.0	0.8	2.8	0.4	0.4	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	2.8	1.4	0.6	0.2	0.8	-	-	1.0	-	1.6	0.8	1.4
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	3.8	0.6	0.4	2.2	6.2	14.6	4.2	10.2	0.8	16.4	10.2	7.0
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	0.6	0.4	-	-	2.0	0.4	-	0.2	0.4	0.4	0.4	-
<i>Guinardia striata</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	0.8	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	0.8	2.4	-	6.8	-	-	2.8	-	-	-	0.2
<i>Meuniera membranacea</i>	-	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	0.4	0.2	-	-	0.6	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	0.2	0.4	-	-	1.4	0.4	-	-	0.8	0.2	-
<i>Paralia sulcata</i>	0.6	-	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	0.2	-	1.2	-	-	0.4	-	-	-	0.6	-	0.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	1.6	1.8	1.6	0.8	2.8	6.2	1.4	0.8	1.6	0.2	0.4	1.4
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	1.4	4.0	1.0	2.4	0.8	-	-	-	-	-	1.0	0.6
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0.4	0.6	-	0.8	0.2	-	2.0	0.8	0.6	-	0.4	-
<i>Rhizosolenia serigera</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-
<i>Stephanodiscus turris</i>	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	0.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	-	0.2	0.8	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.6	2.4	1.2	1.6	1.2	0.8	1.0	0.6	1.2	-	0.4	0.4

부록 2-2-16. 계속

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Dinoflagellates												
<i>Ceratium breve</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Ceratium fusus</i>	-	0.2	-	0.2	-	-	0.4	0.6	0.2	-	0.4	0.2
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cochlodinium</i> sp.	4.6	16.4	0.4	6.8	8.0	3.4	2.2	3.8	3.4	20.6	8.6	6.6
<i>Gonyaoanx triacantha</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Gouyodorax polygramma</i>	7.2	0.6	1.6	62.8	4.4	1.0	0.2	4.0	4.8	1.2	5.4	13.6
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	0.2	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.4	0.6	-	0.2	0.4	0.4	0.6	0.4	-	0.4	0.6	0.2
<i>Prorocentrum dentatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Prorocentrum micans</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum minimum</i>	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-	0.2	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	0.4	-	0.2
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	0.2	0.2	0.8	0.6	0.2	0.2	0.6	0.6	-	0.2	1.4
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1.2	1.0	-	0.4	0.8	1.4	1.0	0.8	0.6	1.2	0.6	1.0
Others												
<i>Chroomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	0.2
<i>Dictyoca fibula</i>	-	-	0.2	0.4	1.0	1.2	1.4	0.2	-	0.2	0.2	0.4
<i>Dictyoca speculum</i>	1.4	2.8	0.2	0.4	1.2	-	-	1.8	0.6	0.8	-	1.8
<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	0.2	-	-
Total number of species	21	26	24	22	25	24	17	22	18	22	18	19
Total standing crops (cells/l)	31.8	41.2	30.6	95.0	57.0	54.0	17.0	35.0	17.0	47.4	30.8	37.8

부록 2-2-17. 2004년 가을 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.2	-	0.6	0.2	-	0.6	0.2	-	-	-	0.2	-
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	0.6	-	0.2	0.6	-	-	-	0.4	0.4
<i>Amphiprora</i> sp.	-	-	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	1.4	-	-	-	-	0.4	-	0.8	-	0.2	0.4	0.2
<i>Chaetoceros debilis</i>	3.0	2.6	-	-	-	4.4	2.4	0.6	0.4	3.4	5.2	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-	-	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	0.8	-
<i>Chaetoceros</i> sp.1	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.6	0.8	0.6
<i>Chaetoceros</i> sp.2	1.2	-	-	-	-	0.8	0.4	0.6	-	0.6	0.4	-
<i>Corethron criophilum</i>	1.6	-	-	-	-	-	1.4	-	0.2	-	0.8	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.2	0.6	0.2	-	-	-	0.2	-	1.2	1.0	0.4	0.6
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	1.6	-
<i>Detonula pumila</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	0.8
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	0.2	0.2	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-
<i>Helicotheca tamesis</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptocylindrus danicus</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.4	0.6	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	1.2	14.2	2.4	1.2	-	2.0	-	4.8	2.0	6.4	0.2	-
<i>Planktoniella blanda</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2
<i>Pleurosigma affine</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-
<i>Pseudoguinaridia recta</i>	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	1.4	-	1.6
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	8.4	12.2	0.6	0.4	-	2.8	1.6	2.4	0.8	7.2	-	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0.4	1.2	-	1.2	-	-	-	0.8	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	1.2	-	0.6	-	-	1.2	-	0.6	3.6	0.6	-	-
<i>Stephanopyxis turris</i>	0.8	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	0.4	0.4	-	-	0.2	-	0.2	0.4	0.4	0.4
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	-	-	1.2	-	0.2	0.2	0.4	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschooides</i>	-	-	1.6	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.4	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	4.8	2.2	4.4	4.4	1.6	4.2	1.6	3.6	4.8	8.6	5.6	2.0
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Dinophysis caudata</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.2	-
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-	1.4	-	2.2	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Prorocentrum triestinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyocha fibula</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Total number of species	22	14	16	11	3	16	15	12	13	17	23	10
Total standing crops (cells/l)	27.6	35.8	13.8	9.4	2.0	19.4	12.4	15.0	15.8	34.0	23.4	7.2

부록 2-2-18. 2004년 가을 10m 수층에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.4	0.4	0.2	0.2	-	-	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	0.8	0.6	0.4
<i>Amphiprora</i> sp.	-	-	0.2	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	0.4	0.2	-	0.2	-	-	-	0.2	-	0.6	-	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	1.4	-	-	2.2	-	3.2	1.0	2.0	-	4.6	-	0.4
<i>Chaetoceros vanheurcki</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Chaetoceros</i> sp.1	-	1.2	0.6	-	-	-	-	-	-	2.2	0.4	-
<i>Chaetoceros</i> sp.2	1.8	-	-	0.6	-	1.0	1.4	-	0.6	1.2	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	0.2	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0.6	0.4	0.8	0.4	-	0.2	0.8	0.2	-	0.4	-	0.4
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Detonula pumila</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	-	0.2
<i>Licmophora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.2	0.4	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Odontella longicruris</i>	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Odontella sinensis</i>	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	-	1.0	2.8	2.4	1.6	-	-	-	2.4	-	-	-
<i>Planktoniella blanda</i>	-	0.4	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0.2	-	0.2	0.2	-	0.6	-	-	-	-	0.2	-
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoguinaradia recta</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	0.6	-
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	9.2	4.4	1.0	-	0.8	3.2	1.6	2.4	2.6	4.4	2.4	0.4
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	-	0.6	-	-	2.4	2.4	0.8	-	-	1.2	1.8
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	2.4	1.2	1.2	-	1.4	1.2	-	1.0	0.4	1.2	1.8
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.4	0.2
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	-	-	1.2	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	1.0	-	-	0.6	-
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.4	-	0.2	0.4	0.2	0.8	-	-	-	-	0.6	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	1.2	3.6	6.2	-	4.2	4.4	6.6	2.0	5.6	3.8	3.6	3.0
Dinoflagellates												
<i>Ceratium lineatum</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratium tripos</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Dinophysis caudatum</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Dinophysis caudata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Gonyaulax polygramma</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium sanguenium</i>	-	0.2	0.2	-	-	-	3.0	0.2	1.0	-	-	0.6
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	0.2	2.0	0.2	0.4	0.4	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperidinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	0.4	-	0.4	-	-	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-
<i>Dictyocha fibula</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-
Total number of species	14	14	17	17	9	15	15	13	12	17	16	14
Total standing crops (cells/l)	17.2	16.8	17.2	11.4	8.0	19.2	20.6	10.6	15.0	20.8	12.8	10.2

부록 2-2-19. 2005년 2월 표층해역에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.4	0.6	0.4	-	1.0	0.4	1.4	-	-	0.2	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.4
<i>Chaetoceros debilis</i>	-	-	2.6	1.2	2.0	-	2.0	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	-	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	-	0.2	-	0.2	0.2	-	0.2	-	0.2	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	-	0.2	0.6	1.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	0.2	0.4	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	0.4
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-
<i>Hemiaulus hauckii</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	0.2	-	-	-	0.4	0.4	0.4	-	-	0.2	-	0.2
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktoniella blanda</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	1.4	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia setigera</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	0.6	32.0	19.6	-	-	0.6	-	0.8	-	-
<i>Surirella</i> sp.	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	0.8	-	2.4	0.4	0.8	0.8	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira curviseriata</i>	-	0.4	-	0.8	0.8	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.4	0.2	-	-	-	0.2	-	-	0.6	0.6	-	0.2
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>	1.0	3.0	2.0	3.0	3.4	0.6	0.2	0.6	1.0	0.8	1.0	0.2
<i>Thalassiosira rotula</i>	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	-	-	0.8	-	0.2	-	-
<i>Thalassiosira subtilis</i>	1.2	0.2	2.4	0.4	-	-	0.2	1.0	2.2	-	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-
<i>Trachyneis asperta</i>	-	0.2	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.2	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium exentricum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protoperdinium pallidum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Eutreptiella</i> sp.	0.2	-	-	0.4	0.2	-	0.4	-	-	0.2	0.2	-
Total number of species	10	12	10	17	15	11	11	9	6	10	4	7
Total standing crops (cells/l)	4.2	7.8	9.2	43.0	31.6	3.8	6.4	4.0	4.4	4.0	1.6	1.8

부록 2-2-20. 2005년 2월 10m 수층에서 정점에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Diatoms												
<i>Actinocyclus</i> sp.	-	0.2	0.4	-	-	-	0.2	0.6	0.4	0.4	-	0.8
<i>Actinoptychus senarius</i>	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	-	-	0.8	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros danicus</i>	-	-	-	-	-	0.4	0.2	0.2	-	0.4	0.6	-
<i>Chaetoceros debilis</i>	3.6	-	1.4	0.8	2.4	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Corethron criophilum</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus centralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Coscinodiscus conccinus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus wailestii</i>	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	-	0.4	0.8	0.4	0.6	0.2
<i>Coscinodiscus</i> sp.	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-	-	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.4	-	-	-	0.2
<i>Detonula pumila</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Diploneis splendida</i>	-	0.2	-	-	0.2	0.4	0.2	0.2	-	0.4	0.6	-
<i>Ditylum brightwellii</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Eucampia zodiacus</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicular</i> sp.	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-
<i>Nitzschia longissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Nitzschia sigma</i>	-	-	0.2	0.6	0.2	-	0.2	-	0.2	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	-	0.6	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktoniella blanda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Pleurosigma normanni</i>	-	-	0.2	-	0.4	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2
<i>Pleurosigma</i> sp.	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	-	0.6	0.8	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	0.8	11.0	30.6	19.0	-	-	0.6	-	0.6	-	-
<i>Stellarima stellaris</i>	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema nitzschoides</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-
<i>Thalassiosira curviseriata</i>	-	0.4	0.8	-	0.4	0.4	0.2	-	-	-	-	-
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0.4	0.2	-	-	-	-	0.4	0.2	0.4	-	0.2	-
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>	1.0	2.0	2.6	3.2	2.8	1.0	-	1.0	0.4	2.0	0.4	-
<i>Thalassiosira rotula</i>	0.2	-	0.2	0.4	0.6	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Thalassiosira subtilis</i>	-	0.4	3.6	-	-	-	-	-	0.6	5.2	-	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.2	-	-	0.2
<i>Trachyneis asperta</i>	0.2	-	0.2	-	0.4	-	-	-	-	-	0.2	-
Dinoflagellates												
<i>Alexandrium</i> sp.	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrodinium</i> sp.	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Prorocentrum</i> sp.	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	0.2
Others												
<i>Dictyocha speculum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Ebria tripartita</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eutreptiella</i> sp.	-	0.2	0.8	0.8	-	0.2	0.4	0.6	-	0.2	-	0.2
Total number of species	8	14	17	15	14	13	15	14	7	14	8	9
Total standing crops (cells/l)	6.0	7.0	24.0	39.6	29.6	4.6	3.6	6.2	3.0	11.0	3.0	2.4

부록 2-2-21. 2002년 8월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	2S	4S	6S	7S	8S	12S	18S	20S
Tintinnids								
<i>Eutintinnus fraknoi</i>	0.4	-	0.2	-	-	-	-	0.4
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Eutintinnus pacifica</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	0.2	0.3	1.4	-	2.0	1.4	0.4	0.2
<i>Favella ehrenbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Leptotintinnus neriticus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2
<i>Protorhabdonella simplex</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Rabdonella poculum</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Salpingella laminata</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis baltica</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	0.4	0.4	2.4	0.6	1.2	5.0	0.2	1.0
<i>Tintinnopsis campanula</i>	-	-	0.4	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis directa</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Tintinnopsis tocanthinensis</i>	-	-	-	0.6	0.2	0.2	-	-
Oligotrichs								
<i>Laboea strobila</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	0.6	-	0.2	-	1.0	1.0	0.2	-
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Strombidium cornucopiae</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Strombidium sp.</i>	-	0.3	0.8	-	0.2	0.2	0.4	0.8
Total abundance (cells/l)	1.8	1.4	5.4	1.8	4.6	8.6	1.2	3.6
Number of species	5	6	6	5	5	8	4	10

부록 2-2-22. 2002년 8월 중층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	2B	4B	6B	7B	8B	12B	18B	20B
Tintinnids								
<i>Ascampbelliella urceolata</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus fraknoi</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Eutintinnus lusus-undae</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-
<i>Eutintinnus tubuosus</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	-
<i>Leptotintinnus neriticus</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Salpingella laminata</i>	-	0.2	0.4	-	-	-	0.2	-
<i>Tintinnopsis baltica</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	0.4	-	0.2	0.2	-	0.2	0.4
<i>Tintinnopsis directa</i>	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	0.4	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis tocanthinensis</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs								
<i>Lohmanniella oviformis</i>	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	0.2	-	-	-	0.2	-	-
<i>Strombidium sp.</i>	-	1.4	-	0.4	-	0.2	0.4	0.1
<i>Strombidinopsis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-
Total abundance (cells/l)	0.6	2.9	0.4	1.4	0.6	0.8	1.8	0.5
Number of species	2	7	1	6	3	4	6	2

부록 2-2-23. 2002년 10월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	2S	4S	6S	7S	8S	12S	18S	20S
Tintinnids								
<i>Codonellopsis morchella</i>	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-
<i>Protorhabdonella curta</i>	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-
<i>Stenosemella nivalis</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Tintinnopsis corniger</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	-
Oligotrichs								
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	0.1	-	0.1	-	-	-	-
<i>Strombidium acutum</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	-	0.1	-
<i>Strombidium sp.</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	0.4	-	0.1	-	-	0.1	0.2	0.1
Total abundance (cells/l)	0.4	0.4	0.3	0.4	0.1	0.1	0.5	0.2
Number of species	1	2	3	4	1	1	4	2

부록 2-2-24. 2002년 10월 중층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	2B	4B	6B	7B	8B	12B	18B	20B
Tintinnids								
<i>Protorhabdonella curta</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	0.1
<i>Tintinnopsis radix</i>	-	-	0.1	-	-	-	-	-
Oligotrichs								
<i>Strombidium conicum</i>	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	-
<i>Strombidium sp.</i>	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	-	-	-	-	0.2	0.2	0.1	-
Others	-	-	0.1	-	-	-	-	-
Total abundance (cells/l)	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1
Number of species	2	2	3	1	1	2	1	1

부록 2-2-25. 2003년 1월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	4s	6s	7s	8s	9s	10s	12s	18s
Tintinnids								
<i>Codonellopsis morchella</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Leptotintinnus nordqvisti</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Stenosemella ventricosa</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Stenosemella nivalis</i>	-	-	-	0.1	-	-	-	-
<i>Tintinnidinium mucicola</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis baltica</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	0.2	-	0.2	0.2	-	-	-
<i>Tintinnopsis kofoidi</i>	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis radix</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
Oligotrichs								
<i>Strombilidium</i> sp.	-	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium</i> sp.	0.1	-	-	0.1	-	-	-	-
Total abundance (cells/l)	0.1	0.5	0	0.7	0.3	0.1	0	0
Total number of species	1	4	0	6	2	1	0	0

부록 2-2-26. 2003년 1월 중층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	4B	6B	7B	8B	9B	10B	12B	18B
Tintinnids								
<i>Leptotintinnus neriticus</i>	-	-	-	-	-	0.1	-	-
<i>Stenosemella ventricosa</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-
<i>Tintinnopsis gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Tintinnopsis radix</i>	-	-	-	-	0.1	-	-	-
Total abundance (cells/l)					0.2	0.2	0.1	0.1
Total number of species	0	0	0	0	2	2	1	1

부록 2-2-27. 2003년 8월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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>Epilocylis 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>Strombidium sp</i>	-	-	0.2	-	-	-	0.2	0.2	-	-	0.8	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium cornucopiae</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<i>Strombidium sulcatum</i>	0.4	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium 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	0.4	1.6	4.2	0.6	0	3.0	2.2

부록 2-2-28. 2003년 8월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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>Epiplocyis 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 tocaninensis</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 sp</i>	-	0.4	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.4	-
<i>Strombidium sulcatum</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<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

부록 2-2-29. 2003년 11월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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 sp</i>	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 sp.</i>	-	-	-	-	-	-	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

부록 2-2-30. 2003년 11월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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>Strombidium 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

부록 2-2-31. 2004년 1월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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 sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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

부록 2-2-32. 2004년 1월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량표

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>Strombilidium 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

부록 2-2-33. 2004년 4월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Oligotrichs												
<i>Strombidium spiralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	-	0.2	-
<i>Strombidium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
Total number of species	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	2
Total abundances (cells/l)	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0.2	0.4	0.4

부록 2-2-34. 2004년 4월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Lohmaniella Oviformis</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-
Total number of species	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total abundances (cells/l)	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0

부록 2-2-35. 2004년 8월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Amphorellopsis acuta</i>	0.4	0.6	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	-	0.8	-	-	0.6	-	0.2	-	-	0.2	0.6	0.6
<i>Lohmanniella spiralis</i>	0.2	-	-	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	0.2	-
<i>Strombidium wuiffi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium sp.</i>	0.4	0.2	-	-	0.2	0.2	-	-	-	0.4	0.2	-
Total number of species	4	3	0	0	3	3	2	0	0	2	3	1
Total abundance (cells/l)	1.4	1.6	0.0	0.0	1.0	0.6	0.4	0.0	0.0	0.6	1.0	0.6

부록 2-2-36. 2004년 8월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Amphorellopsis acuta</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicostomella longa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2
Oligotrichs												
<i>Laboea strobila</i>	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-
<i>Lohmanniella oviformis</i>	-	0.2	0.2	-	0.8	0.2	0.2	-	0.2	-	1.0	-
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	0.2	0.6	-	0.2	0.6	-	-	0.6
<i>Strombidium sp.</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	0.4	-	0.4	0.2	-
<i>Tontonia simplicidens</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Others												
<i>Didinium gaganua</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Prorodon sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-
<i>Tiarina fusus</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total number of species	1	3	3	0	2	2	2	2	2	2	4	3
Total abundance (cells/l)	0.2	0.6	0.6	0.0	1.0	0.8	0.4	0.6	0.8	0.8	1.6	1.0

부록 2-2-37. 2004년 가을 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Stenosemella nivalis</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintidinium musicola</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Strobilidium sp.</i>	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidinopsis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Total number of species	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Total abundance (cells/l)	0.4	0	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0

부록 2-2-38. 2004년 가을 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

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	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Strobilidium sp.</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strombidinopsis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-
Total number of species	0	0	0	1	3	1	1	0	1	1	1	0
Total abundance (cells/l)	0	0	0	0.2	0.6	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0

부록 2-2-39. 2005년 2월 표층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Tintinnidium mucicola</i>	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
Oligotrichs												
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
<i>Strombidium acutum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
Others												
<i>Mesodinium rubrum</i>	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
Total number of species	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Total abundance (cells/l)	0.4	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2

부록 2-2-40. 2005년 2월 10m 층에서 정점에 따른 섬모충류 출현종 및 현존량

Species	5	7	8	11	12	14	15	17	18	20	21	22
Tintinnids												
<i>Stenosemella ventricosa</i>	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2
<i>Tintinnopsis lohmanii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-
Oligotrichs												
<i>Lohmanniella spiralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Strombidium acutum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-
<i>Strombidium conicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Strombidium sp.1</i>	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Others												
<i>Mesodinium rubrum</i>	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
Total number of species	1	2	0	0	1	1	0	3	1	0	1	3
Total abundance (cells/l)	0.2	0.4	0	0	0.2	0.2	0	0.6	0.2	0	0.4	0.8

부록 2-2-41. 2002년 여름 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	St.2	St. 3	St. 4	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 12	St. 18
<i>Noctiluca scintillans</i>	29		4	44	94	29	7	523	8
unidentified hydroids	8		3	9	3	2	6	4	1
unidentified siphonophorids	204	6	36	16	52	66	6	76	4
unidentified ctenoporids					2				
<i>Podon polyphemoides</i>	4							3	
<i>Evadne tergestina</i>	4	14	7	1	3	11	67	4	29
<i>Penilia avirostris</i>	4	9	33	21	13	17	13	22	12
<i>Acartia erythraea</i>				1				2	2
<i>A. omorii</i>	2	1	1	3					4
<i>A. pacifica</i>			4	1		1	2	3	4
<i>Calanus sinicus</i>	10		3	44	42	8	17	45	2
<i>Centropages abdominalis</i>	2		1						
<i>Labidocera rotunda</i>	74	547	18	6	5	2	22	13	30
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	29	2	24	11	22	2	11	34	111
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>						3		1	
<i>Tortanus forcipatus</i>	8		3	3			6	2	
<i>Undinula vulgaris</i>									1
<i>Corycaeus affinis</i>	6	2	3	4	2	1	6	7	2
<i>Oithona</i> sp.									
<i>Squilla oratoria</i>		1	3	3	10	28	4	9	2
<i>Lucifer reynaudii</i>	8			3	3	3			5
unidentified salpids					2	2			
<i>Sagitta crassa</i>	262	49	67	38	96	54	58	203	74
<i>S. enflata</i>					2				
<i>Oikopleura dioica</i>	8			6	3	1	2	13	1
Bivalve larvae					20			2	
Gastropod larvae	6	2	1			1	4		
Cirreped larvae	63	54	52	84	75	23	203	132	51
Euphausiid larvae	4	3		3					2
Decapod larvae	20	61	45	20	45	24	61	54	78
Polychaeta larvae	2	1			3	1		1	1
Echiuriid larvae	14	7	13	17	3	3	6	7	3
Fish egg		3	15	4	7		4	1	1
Fish larvae	6	2	1		3	1	2	2	1
Total (indiv./m ³)	779	766	341	342	511	284	505	1166	425

부록 2-2-42. 2002년 가을 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	St. 3	St. 4	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 12	St. 18
unidentified hydroids	3	9	2	5	1		1	6
unidentified siphonophorids	43	54	257	77	34	19	18	48
unidentified ctenophorids					1			
<i>Evadne tergestina</i>					4	4	2	2
<i>Pennila avirostris</i>	8	5	1	2	1		2	4
<i>Acartia pacifica</i>	23	9	5	31	14	8	18	18
<i>Calanus sinicus</i>	160	129	262	4	27	11	20	91
<i>Calocalanus</i> sp.			1					
<i>Candacia curta</i>			1					
<i>Centropages dorsispinatus</i>					1	15	1	
<i>Centropages tenuiremis</i>		2		2	1	11	5	
<i>Eucalanus mucrouatus</i>			2					
<i>Eucalanus subcrassus</i>	18	32	37	26	19	11	15	14
<i>Labidocera acuta</i>			1	2	1		5	2
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	288	403	235	22	46	198	104	172
<i>Pareuchaeta concinna</i>	8	11	7		1		3	8
<i>Pontella chierchie</i>		2						
<i>Pontellopsis yamadae</i>					1			
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>					1			
<i>Temora discaudata</i>		2	6	9	4	8	6	2
<i>Temora turbinata</i>		2		4		15	11	
<i>Tortanus forcipatus</i>							3	
<i>Undinula vulgaris</i>	5	5	2				1	
<i>Corycaeus affinis</i>	40	34	14	18	9	50	24	26
<i>Oithona</i> sp.	3	2	4					
<i>Oncaea venusta</i>	3	2	4	2	3	4		4
<i>Sapprina</i> sp.		2	1	4	3		1	2
unidentified amphipods	5	2	4	7	2	4	4	2
<i>Squilla oratoria</i>		2						
<i>Lucifer reynaudii</i>	10	16	4	22	13		11	4
<i>Sagitta crassa</i>	93	75	61	15	8	30	19	20
<i>S. enflata</i>	35	54	76	87	32	38	37	77
<i>Oikopleura dioica</i>	20	5	4	4	4	4	10	8
unidentified salpids	5	7	1	4	1			2
Bivalve larvae	8	2	4	4	1	4	1	
Gastropod larvae		14	5		1			
Cirreped larvae	15		2	2	3	11	2	
Euphausiid larvae	13	14	7	4	1	15	1	16
Decapod larvae	10	20	26	18	12	15	27	8
Polychaeta larvae	5	14	1	2	2	27	17	
Echiuriid larvae	25	45	10	15	2		6	
Fish egg								2
Fish larvae	3						1	2
Total (individ./m ³)	843	977	1046	388	252	503	373	541

부록 2-2-43. 2003년 겨울 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	St. 6	St. 7	St. 8	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 17	St. 18
<i>Noctiluca scintillans</i>				1				3	
unidentified hydroids			1		1				+
<i>Acartia omorii</i>	+	3	11	10	5	12	11	1	1
<i>Calanus sinicus</i>	5	6	2	2	5	10	1	3	5
<i>Centropages abdominalis</i>	1	5	14	13	3	7	9	5	2
<i>Euchaeta rimana</i>	+			1			+		
<i>Labidocera rotunda</i>						+			
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	16	26	105	70	46	81	58	38	29
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		2	2	2	1	1	+		+
<i>Scolecithrix</i> sp.	1	1			+	2		1	1
<i>Corycaeus affinis</i>	1	1	1	2	+	2	1	1	1
<i>Oithona</i> sp.	+						+		
unidentified harpacticoids		+		1					
unidentified amphipods	+		1		+	+			1
unidentified ostracods	+	+	1	1	1				+
<i>Sagitta crassa</i>	2	6	14	11	3	8	7	3	3
<i>Oikopleura dioica</i>	+			1		+	+	1	1
Bivalve larvae	+					1			
Cirreped larvae	+	2	7	4	3	5	3		
Euphausiid larvae	+	+				1	+		
Decapod larvae	9	5	14	9	5	10	28	6	9
Polychaeta larvae	0		1					1	+
Echiuriid larvae	+			1		+	+	2	
Fish larvae	+		1	1	+				
Total (indiv./m ³)	37	57	176	127	75	143	120	65	52

+ < 1 ind./m³

부록 2-2-44. 2003년 여름 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St.	St. 5	St. 7	St. 8	St. 11	St. 12	St. 14	St. 15	St. 17	St. 18	St. 20	St. 21	St.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>							2		1	2		3
<i>Lucicutia sp.</i>									1			
<i>Paracalanus parvus</i> s. l				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					
Polychaet 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 (indiv./m ³)	46	94	78	15	34	70	65	84	27	101	59	65

부록 2-2-45. 2003년 가을 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St.	St. 5	St. 7	St. 8	St. 11	St. 15	St. 18	St. 20	St. 21	St. 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		
Polychaet 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./m ³)	429	262	98	34	195	249	214	245	2295

부록 2-2-46. 2004년 겨울 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St.	St. 5	St. 7	St. 8	St. 11	St. 15	St. 18	St. 20	St. 21	St. 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 (indiv./m ³)	77	99	14	144	43	32	31	288	208

부록 2-2-47. 2004년 봄 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	st. 5	st. 7	st. 8	st. 11	st. 15	st. 18	st. 20	st. 21	st. 22
<i>Noctiluca scintillans</i>	55	892	3556	940	245	1233	503	784	5555
undentified Siphonophorid sp.	25	0	0	9	4	5	6	4	84
undentified Trychomedusae sp.	8	15	18	6	8	3	4	0	28
undentified Ostracoid sp.	13	15	12	17	10	5	8	8	0
<i>Podon polyphemoides</i>	8	11	6	0	0	0	0	0	0
<i>Penilia avirostris</i>	13	15	31	20	4	5	0	0	0
<i>Acartia omorii</i>	63	130	262	84	67	122	118	247	1249
<i>Calanus pacificus</i>	0	0	0	0	4	10	19	29	47
<i>C. sinicus</i>	59	46	128	23	26	43	19	55	37
<i>Centropages abdominalis</i>	8	122	171	61	63	145	27	96	177
<i>Euchaeta rimana</i>	13	4	0	0	0	5	2	13	0
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	0
<i>Paracalanus parvus</i> s. 1	390	473	1482	226	107	313	526	747	4045
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0	4	18	6	0	0	0	0	0
<i>Oithona</i> sp.	260	187	140	87	37	61	35	88	1463
<i>Corycaeus affinis</i>	42	69	24	14	14	10	12	38	140
undentified Harpacticoids	4	0	0	0	4	8	4	4	19
Copepod nauplii	8	2227	2349	414	114	595	400	566	3607
Copepodite	252	1369	1751	573	193	404	526	1485	11463
undentified Amphipod sp.	0	0	0	3	0	0	4	4	0
<i>Sagitta crassa</i>	13	4	12	9	8	8	4	8	9
<i>S. enflata</i>	8	4	0	0	2	0	0	0	0
<i>Oikoplura diolica</i>	0	19	43	38	22	18	35	55	65
Cirriped nauplii and cyprii	34	15	0	0	0	0	0	0	0
Gastropod larvae	0	0	0	17	4	13	6	0	47
Polycheat larvae	8	15	18	6	2	10	4	4	19
Decapod zoea and mysids	4	11	0	20	8	8	10	13	56
Euphausiid larvae	0	0	0	0	0	8	8	8	28
Fish eggs and larvae	0	19	12	9	0	0	2	8	47
Total (indiv./m ³)	1288	5666	10047	2580	945	3030	2284	4265	28183

부록 2-2-48. 2004년 여름 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	st.5	st.7	st.8	st.11	st.15	st.18	st.20	st.21	st.22
<i>Noctiluca scintillans</i>	1772	925	3318	737	0	28	8	3	1546
unidentified siphonophorid	57	74	58	161	47	21	60	17	68
unidentified trachymedusae	2	0	0	2	0	1	0	0	0
unidentified leptomedusae	0	4	5	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne tergestina</i>	140	745	320	1205	985	64	46	47	30
<i>Penilia avirostris</i>	75	102	92	104	87	47	43	19	45
<i>Podon polyphemoides</i>	2	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Acartia erythraea</i>	4	0	8	17	18	6	3	2	4
<i>A. omorii</i>	7	0	0	0	0	7	12	0	25
<i>Calanus sinicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>C. sp.</i>	0	14	16	5	0	2	1	0	30
<i>Centropages abdominalis</i>	0	0	5	5	2	1	1	1	2
<i>C. dorsispinatus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Euchaeta sp.</i>	0	0	55	0	0	0	0	1	2
<i>Labidocera rotunda</i>	2	18	5	21	16	2	3	2	2
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	53	64	131	19	0	18	15	37	302
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0	0	18	0	0	2	0	0	0
<i>Tortanus forcipatus</i>	9	7	13	24	0	1	7	0	4
<i>Oithona sp.</i>	4	4	3	0	0	0	0	2	4
<i>Corycaeus affinis</i>	9	14	26	7	0	2	4	4	28
unidentified monstrilloids	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sagitta crassa</i>	5	42	50	40	4	13	23	0	32
<i>Sagitta enflata</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oikopleura dioica</i>	16	21	5	0	2	1	4	0	17
<i>Squilla oratoria</i>	0	4	0	2	0	0	0	0	0
Cirriped larvae	4	7	16	9	4	2	0	1	0
Bivalve larvae	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Gastropod larvae	0	4	13	0	0	0	0	0	0
Polychaet larvae	0	0	5	5	0	1	0	0	0
Amphipod larvae	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Euphausiid larvae	0	0	0	0	0	0	3	0	4
Decapod larvae	5	28	21	14	5	2	0	0	0
Euphausiid egg	58	7	0	0	0	0	9	14	1395
Ophiopluteus larvae	13	7	8	14	0	2	3	6	6
Fish egg	20	39	8	12	206	31	19	5	6
Fish larvae	0	14	5	0	4	0	1	2	4
Total (indiv./m ³)	2257	2151	4212	2405	1378	253	267	170	3553

부록 2-2-49. 2004년 가을 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	st.5	st.7	st.8	st.11	st.15	st.18	st.20	st.21	st.22
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	4	3	2	2	3	11	2
unidentified siphonophorid sp.	2	0	17	35	111	2	22	12	11
unidentified ctenophorids	0	0	1	12	3	0	0	1	0
unidentified trachymedusae	0	0	0	1	17	2	7	2	4
<i>Penilia avirostris</i>	3	0	0	0	0	0	3	1	1
unidentified Ostracods	3	13	2	4	3	6	2	12	3
<i>Acartia omorii</i>	2	0	0	3	0	1	0	0	0
<i>A. pacifica</i>	0	0	1	0	1	1	0	0	1
<i>Calanus pacificus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>C. sinicus</i>	35	94	52	58	34	40	77	56	47
<i>Undinula vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Centropages abdominalis</i>	2	0	0	0	2	0	0	0	1
<i>C. dorsispinatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Eucalanus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Euchaeta rimana</i>	7	15	11	1	5	4	7	5	10
<i>E.</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Labidocera</i> sp.	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Paracalanus aculeatus</i>	0	0	5	38	22	5	3	3	1
<i>P. parvus</i> s.l.	273	87	103	229	152	83	163	162	114
<i>Paraeuchaeta concinna</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0	0	1	3	2	0	0	1	1
<i>Scolecithrix</i> sp.	0	0	1	3	1	0	1	0	1
<i>Temora turbinata</i>	25	16	13	14	34	5	13	9	5
<i>Oithona</i> sp.	2	2	0	3	2	1	0	2	0
<i>Corycaeus affinis</i>	26	41	52	69	97	28	35	60	40
<i>Oncea venusta</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0
unidentified mysid	0	0	0	0	0	0	0	1	0
unidentified Amphipods	7	7	5	3	3	2	5	2	4
<i>Sagitta crassa</i>	23	31	12	14	16	12	23	19	14
<i>S. enflata</i>	0	0	6	10	9	2	3	2	2
<i>S.</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oikopleura dioica</i>	5	3	0	0	0	1	6	6	5
Cirreped larvae	0	0	2	3	1	1	2	3	1
Bivalve larvae	3	3	1	1	1	0	0	0	0
Gastropod larvae	2	2	0	0	0	0	1	2	0
Polychaet larvae	2	0	1	7	4	1	3	0	2
Decapod larvae	0	2	4	1	5	3	3	5	5
Ophiopluteus larvae	5	2	0	0	1	2	17	5	4
Euphausiid egg	7	3	0	3	4	1	2	1	1
Total (indiv./m ³)	431	321	300	522	531	204	400	382	276

부록 2-2-50. 2005년 겨울 바다목장 해역에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 현존량

Taxon/St	st.5	st.7	st.8	st.11	st.15	st.18	st.20	st.21	st.22
<i>Noctiluca scintillans</i>	24	255	176	129	110	86	292	180	155
unidentified siphonophorid sp.	5	21	8	0	3	8	0	28	6
unidentified Ostracods	7	0	0	0	10	4	17	0	6
<i>Acartia omorii</i>	32	78	62	46	86	53	73	76	28
<i>Calanus sinicus</i>	85	71	92	105	113	80	202	187	114
<i>Centropages abdominalis</i>	17	74	66	54	21	45	47	86	53
<i>Euchaeta rimana</i>	10	0	12	5	7	0	9	3	4
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	316	625	689	671	579	417	1355	508	819
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0	0	0	5	0	0	9	0	0
<i>Scolecithrix</i> sp.	2	2	2	5	0	2	4	0	0
<i>Oithona</i> sp.	241	99	361	89	130	117	228	90	286
unidentified harpacticoid sp.	5	2	4	3	3	0	4	7	0
<i>Corycaeus affinis</i>	58	25	41	16	48	51	73	76	38
<i>Oncea venusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	4
unidentified monstrilloids	0	0	0	0	3	0	9	0	0
unidentified Amphipods	5	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Sagitta crassa</i>	19	7	14	11	3	2	0	10	4
<i>Oikopleura dioica</i>	129	205	320	107	86	92	142	287	180
Cirreped larvae	5	14	33	21	10	8	13	7	4
Gastropod larvae	0	0	0	0	0	4	4	0	0
Polychaet larvae	2	0	8	8	3	4	9	3	6
Decapod larvae	5	30	45	21	31	21	26	14	13
Amphipod larvae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphausiid larvae	10	2	10	0	7	8	13	7	6
Ophiopluteus larvae	5	5	10	11	14	16	13	0	2
Total(indiv./m ³)	982	1514	1955	1307	1267	1016	2542	1574	1727

부록 2-2-51. 전남바다목장해역 2002년 하계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.01	St.02	St.03	St.04	St.05	St.06	St.07	St.08	St.09	St.10
<i>Tharyx</i> spp.	0	0	40	100	20	1630	30	140	60	250
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	510	10	90	0	0	0	10
<i>Magelona japonica</i>	0	20	10	0	60	0	130	10	10	0
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	0	90	0	40	0	0	10	870
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	10	0	0	10	30	220	60	40	220
<i>Mediomastus californiensis</i>	40	0	0	70	10	30	0	0	0	380
<i>Nitidotellina</i> sp.	0	60	0	30	0	0	90	10	30	30
<i>Sigambra tentaculata</i>	10	0	10	110	0	40	0	10	20	40
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	0	0	0	0	0	10	100	0	470
<i>Sternaspis scutata</i>	10	0	20	0	50	0	50	0	20	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	40	0	30	30	80	40	10	0	20	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	10	0	0	150	10	10	0	10
<i>Paracaudina chilensis</i>	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenomelania loebbeckii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	120
<i>Glycera chirori</i>	0	0	10	30	10	10	0	0	10	50
<i>Lineus</i> spp.	0	10	10	20	0	10	10	20	0	30
<i>Pherusa plumosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	0	0	0	10	10	0	40	0	10	20
<i>Amaeana occidentalis</i>	0	0	10	0	0	90	20	0	10	80
<i>Amphioplus miyadai</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	20
<i>Arctonoinae</i> spp.	0	0	0	10	10	0	10	20	0	140
<i>Leptomya minuta</i>	0	50	0	0	0	0	10	0	30	70
<i>Cabira pilargiformis japonica</i>	0	0	30	10	0	0	0	0	10	0
<i>Nemertinea</i> spp.	0	0	0	0	10	0	0	0	0	40
<i>Amphiura syntharacha</i>	0	0	10	120	0	0	0	0	20	0
<i>Ampharete arctica</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	40	40
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	40
<i>Ampelisca misakiensis</i>	0	0	0	0	0	30	10	0	10	0
<i>Arabellidae</i> spp.	0	0	0	0	0	50	0	10	0	40
<i>Alpheus rapax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Clymenella koellikeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Phascolion</i> spp.	0	0	10	0	0	0	0	0	10	60
<i>Prionospio ehlersi</i>	0	0	10	10	0	0	30	0	10	10
<i>Raphidopus ciliatus</i>	0	20	0	10	0	0	0	10	0	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	10	0
<i>Polydora</i> spp.	0	20	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Spiochaetopterus koreana</i>	0	0	0	0	20	0	20	10	20	10
<i>Upogebia major</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterospio sinica</i>	0	10	20	0	10	0	0	0	0	0

부록 2-2-51. 계속

종명	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18	St.19	St.20
<i>Tharyx</i> spp.	230	20	10	170	10	40	270	300	10	30
<i>Cirrophorus armatus</i>	50	0	0	0	0	0	700	220	0	10
<i>Magelona japonica</i>	50	60	130	110	60	170	180	0	120	40
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	200	20	20	30	50	10	0	0	10	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	190	0	0	0	10	0	40	10	0	10
<i>Nitidotellina</i> sp.	50	20	130	120	80	0	10	0	20	10
<i>Sigambra tentaculata</i>	170	20	40	20	0	0	110	20	0	0
<i>Lumbrineris longifolia</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sternaspis scutata</i>	10	0	20	10	0	0	10	0	210	80
<i>Heteromastus filiformis</i>	30	30	0	10	0	20	20	70	20	30
<i>Chaetozone setosa</i>	30	0	0	20	0	0	0	70	0	10
<i>Paracaudina chilensis</i>	40	0	0	20	70	0	40	60	0	60
<i>Stenomelania loebbeckii</i>	0	0	0	50	10	30	0	10	0	0
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	120	0	0	0	0	0	10	30	0	0
<i>Glycera chirori</i>	20	30	30	10	10	10	0	0	10	40
<i>Lineus</i> spp.	0	20	20	60	0	0	10	30	10	10
<i>Pherusa plumosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250
<i>Theora fragilis</i>	10	0	30	0	10	10	10	0	40	50
<i>Amaeana occidentalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10
<i>Amphioplus miyadaii</i>	70	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctonoinae</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptomya minuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Cabira pilargiformis japonica</i>	30	0	0	10	10	10	0	20	0	30
<i>Nemertinea</i> spp.	10	0	0	50	0	10	0	0	20	20
<i>Amphiura syntharacha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ampharete arctica</i>	20	0	0	0	10	0	0	0	0	20
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	70	0	10	0	10	0	0	0	0	0
<i>Ampelisca misakiensis</i>	10	0	20	0	10	0	0	0	30	0
<i>Arabellidae</i> spp.	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alpheus rapax</i>	30	50	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clymenella koellikeri</i>	90	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Phascolion</i> spp.	20	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Prionospio ehlersi</i>	20	0	10	10	0	0	0	0	0	0
<i>Raphidopus ciliatus</i>	20	50	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	20	10	0	0	0	0	10	10
<i>Polydora</i> spp.	0	0	30	20	0	20	0	0	0	0
<i>Spiochaetopterus koreana</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
<i>Upogebia major</i>	0	0	20	30	30	10	0	0	0	10
<i>Heterospio sinica</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	0	30

부록 2-2-52. 전남바다목장해역 2002년 동계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.10	St.11	St.12	St.13	St.14	St.15	St.16	St.17	St.18	St.19	St.20
<i>Tharyx</i> spp.	370	670	150	20	200	230	30	170	1250	120	10
<i>Magelona japonica</i>	40	100	60	180	110	350	210	520	80	90	60
<i>Mediomastus californiensis</i>	250	560	20	50	0	240	0	60	320	0	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	100	180	40	0	10	150	10	360	190	0	10
<i>Aedicira</i> spp.	0	110	20	0	0	0	0	400	460	0	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	470	250	0	10	20	40	0	10	70	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	20	20	50	20	130	10	110	320	50	40
<i>Lumbrineris longifolia</i>	640	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	370	20	20	0	170	0	30	0	0	0
<i>Gammaropsis</i> spp.	110	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitidotellina</i> sp.	30	40	210	140	80	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	50	20	70	50	0	90	20	40	110	20	0
<i>Prionospio ehlersi</i>	30	140	0	0	10	30	0	30	190	40	0
<i>Raetellops pulchella</i>	0	70	300	0	0	10	10	0	30	0	0
<i>Theora fragilis</i>	20	0	130	10	20	40	90	20	60	20	10
<i>Amphipholis squamata</i>	260	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera chirori</i>	120	30	30	30	20	60	20	30	40	20	10
<i>Eriopisella sechellensis</i>	20	0	0	180	60	60	0	0	0	60	10
<i>Ampharete arctica</i>	80	60	40	10	10	70	0	50	30	30	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	60	130	20	80	0	40	0	0	40	0	0
<i>Mysella</i> sp.	110	150	0	0	0	0	0	0	20	0	10
<i>Musculista senhousia</i>	0	240	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	50	90	0	0	0	40	0	0	60	0	0
<i>Sipunculida</i> sp.	0	0	0	10	80	40	10	10	80	0	0
<i>Galathowenia</i> sp.	20	80	0	0	0	0	0	30	80	0	10
<i>Nephtys oligobranchia</i>	20	30	0	0	0	40	0	20	100	10	0
<i>Aglaophamus lobatus</i>	0	10	40	40	10	90	10	0	0	0	0
<i>Minuspio pulchra</i>	40	40	10	0	0	30	10	40	20	0	10
<i>Amphisamytha japonica</i>	20	100	0	10	0	10	0	10	10	20	10
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	30	130	0	0	0	0	0	20	10	0	0
<i>Moerella</i> sp.	0	0	0	0	0	130	30	0	0	10	10
<i>Nemertinea</i> spp.	20	60	10	20	0	20	0	10	30	10	0
<i>Spiophanes ? japonicum</i>	60	30	0	30	0	10	0	0	30	0	0
<i>Oligochaeta</i> spp.	90	10	0	0	0	10	10	10	10	0	0
<i>Photis longicaudata</i>	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melinna elisabethae</i>	10	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0

부록 2-2-53. 전남바다목장해역 2003년 하계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Magelona japonica</i>	560	480	0	40	300	260	280	660	0	70	260	0
<i>Tharyx spp.</i>	60	160	20	200	100	110	110	70	790	20	320	70
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	220	1270	20	10	0	0	150	0	50	0
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	1020
<i>Sternaspis scutata</i>	250	90	0	0	60	200	40	260	10	160	90	20
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	40	320	360	140	200	40	0	0	20	10	10	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	20	560	160	0	20	0	0	210	20	80	40
<i>Polydora spp.</i>	0	0	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	180	30	0	10	60	100	20	90	0	200	210	0
<i>Moerella sp.</i>	30	160	20	20	120	230	50	60	20	50	80	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	30	10	40	60	10	0	100	20	310	0	70	10
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	10	40	0	0	0	0	460	20	110	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	0	70	10	0	30	0	270	10	30	110
<i>Polyodontes sp.</i>	0	0	0	400	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycinde gurjanovae</i>	40	50	90	90	0	20	0	0	20	0	50	0
<i>Nipponomysella spp.</i>	0	0	160	140	0	0	0	0	60	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	30	40	220	20	30	10	0	10	0	0	0
<i>Maera serratipalma</i>	0	0	10	10	0	10	0	0	290	0	0	10
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	50	250	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Ampharete arctica</i>	30	20	50	120	10	20	0	10	10	0	20	0
<i>Bodotria carinata</i>	0	0	90	70	0	0	0	0	130	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	90	0	0	0	0	20	0	10	50	20	60	40
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	10	10	0	150	30	40	20	0	10	0	0	0
<i>Glycera chirori</i>	30	20	50	20	30	10	0	20	40	10	30	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	70	120	40	0	0	20	0	0
<i>Prionospio ehlersi</i>	30	30	0	130	20	10	0	0	0	0	10	0
<i>Harmothoinae spp.</i>	0	0	60	60	10	0	0	0	60	0	0	10
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	10	30	0	30	10	0	70	10	0	0	10	10
<i>Gynodiastylis rotundicaudata</i>	0	0	100	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	40	30	0	10	30	50	10	0	0	0	10	0
<i>Miruspio multibranchiata</i>	0	0	80	70	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Notomastus latericeus</i>	10	10	10	0	30	30	0	0	40	20	10	0
<i>Amphitritinae spp.</i>	0	0	100	10	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Nephtys oligobranchia</i>	10	20	0	0	10	30	60	10	0	0	10	0

부록 2-2-54. 전남바다목장해역 2003년 추계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Tharyx</i> spp.	0	20	60	1300	40	170	290	10	1330	20	30	250
<i>Magelona japonica</i>	200	0	10	280	220	170	420	190	0	20	640	130
<i>Theora fragilis</i>	560	0	350	0	470	30	40	20	0	10	130	10
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	600	30	20	190
<i>Moerella</i> sp.	20	0	150	0	350	120	180	30	20	10	40	10
<i>Sternaspis scutata</i>	250	0	20	50	0	10	40	0	20	20	390	90
<i>Sigambra tentaculata</i>	0	0	40	150	20	30	30	20	150	10	0	350
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	40	420	0	20	0	0	100	0	20	80
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	0	0	100	20	0	0	0	260	0	0	240
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	0	380	0	0	10	0	170	0	0	20
<i>Heteromastus filiformis</i>	50	10	10	30	60	0	10	20	180	10	100	60
<i>Ampharete arctica</i>	0	0	10	330	0	0	50	10	10	0	10	0
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	370	0	0	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	140	100	40	0	0	80	0	0
<i>Polyodontes</i> sp.	0	0	0	50	0	0	0	0	290	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	0	0	170	10	50	40	0	40	10	10	0
<i>Urochordata</i> sp.	0	0	0	10	0	60	50	30	30	70	30	20
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	10	0	80	10	40	10	0	90	10	20	20
<i>Ophiothrix exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0
<i>Paraonis gracilis</i>	100	0	0	0	110	0	0	10	0	20	0	0
<i>Glycera chirori</i>	10	0	10	60	10	40	10	0	60	10	10	10
<i>Clementia papyracea</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	190	0	0	0
<i>Gammaropsis</i> spp.	0	0	0	100	0	0	0	0	90	0	0	0
<i>Priscomilitaridae</i> sp.	0	0	0	170	10	0	10	0	0	0	0	0
<i>Melinna elisabethae</i>	0	0	10	160	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterospio sinica</i>	90	0	0	0	0	0	30	0	0	10	20	0
<i>Pista</i> sp.	10	0	0	0	10	10	50	0	50	0	20	0
<i>Amphioplus ancistrotus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	110	30	0	0
<i>Raetellops pulchella</i>	10	0	30	60	0	0	10	10	0	0	0	20
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	110	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Glycinde gurjanovae</i>	10	0	20	0	20	0	40	0	30	0	0	10
<i>Nemertinea</i> spp.	30	0	10	20	0	10	10	10	10	10	0	20
<i>Alvenius ojanus</i>	0	0	80	30	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	0	40	30	20	20	0	0	0	10	0	0
<i>Spiochaetopterus koreana</i>	10	10	0	0	10	20	0	20	0	10	10	30
<i>Lineus</i> spp.	0	0	0	10	10	10	0	10	20	10	30	10
<i>Nitidotellina</i> sp.	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sthenelais fusca</i>	30	0	10	10	40	0	0	0	0	0	10	10

부록 2-2-55. 전남바다목장해역 2004년 동계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Tharyx</i> spp.	20	430	160	1270	130	150	160	20	720	10	70	70
<i>Magelona japonica</i>	100	210	80	900	380	260	240	160	0	50	290	0
<i>Moerella</i> sp.	40	280	180	200	230	120	130	110	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	180	180	140	200	100	120	10	50	70	50	0	0
<i>Raetellops pulchella</i>	20	50	670	30	100	30	160	0	0	0	10	0
<i>Sternaspis scutata</i>	330	80	10	80	0	20	30	120	20	180	20	10
<i>Cirrophorus armatus</i>	40	10	0	0	0	0	0	0	620	20	110	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	280	100	80	200	50	30	0	10	0	0	10
<i>Corophium sinense</i>	20	10	20	0	20	0	10	0	0	170	0	350
<i>Heteromastus filiformis</i>	80	50	10	30	40	0	0	0	210	60	60	40
<i>Sigambra tentaculata</i>	0	0	20	90	0	70	60	30	210	20	60	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	10	0	20	60	0	20	0	0	310	10	20	90
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	40	0	50	30	130	150	0	0	0	0	0
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	210	20	100	0	0	0	0	10	0	0	0
<i>Glycinde gurjanovae</i>	20	40	80	30	0	30	30	0	0	20	0	80
<i>Iphinoe tenera</i>	10	60	80	50	100	10	20	0	0	0	0	0
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	250	30	20	0
<i>Glycera chirori</i>	20	60	0	30	70	10	20	10	60	10	10	10
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	230
<i>Ophiothrix exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	290	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	10	110	0	0	0	0	140	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	20	40	30	30	10	10	10	0	30	0	20
<i>Lineus</i> spp.	30	30	0	20	10	10	0	10	20	30	20	10
<i>Capitella capitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
<i>Nemertinea</i> spp.	20	10	20	20	10	10	10	30	20	10	10	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	70	0	0	0	0	30	0	40	30	0	0
<i>Aglaophamus lobatus</i>	0	20	60	70	0	0	0	0	0	10	0	0
<i>Ampharete arctica</i>	0	10	20	50	30	10	20	0	0	0	0	0
<i>Cabira pilargiformis japonica</i>	10	0	0	40	0	10	10	10	50	0	10	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	20	0	20	60	10	20	0	0	10
<i>Harmothoinae</i> spp.	0	0	0	0	20	0	10	10	50	0	0	50
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	0	20	10	20	20	10	0	0	30	0	0	30
<i>Photis longicaudata</i>	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platyhelminthes</i> spp.	10	30	0	20	0	10	0	10	10	20	0	10
<i>Heterospio sinica</i>	20	10	0	0	20	20	20	0	0	20	0	0
<i>Nipponomysella</i> spp.	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0	0
<i>Tambalagama fauveli</i>	0	0	0	30	50	10	0	10	0	0	10	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	0	20	0	20	10	10	0	20	10	10	0	0

부록 2-2-56. 전남바다목장해역 2004년 춘계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Leptomya minuta</i>	0	0	1940	0	0	0	0	0	590	0	60	0
<i>Magelona japonica</i>	280	170	10	70	40	230	200	350	0	150	280	0
<i>Musculus laevigatus</i>	0	0	1470	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Corophium spp.</i>	0	0	640	520	0	0	0	0	260	20	10	0
<i>Amphipplus megapomus</i>	0	0	390	430	0	0	0	0	390	0	10	0
<i>Photis reinhardi</i>	0	0	150	1040	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tharyx spp.</i>	10	90	30	360	40	110	130	0	0	40	190	10
<i>Moerella sp.</i>	0	110	0	0	430	130	190	20	10	30	0	10
<i>Ophiothrix exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	850	0	0	0
<i>Sternaspis scutata</i>	460	60	0	40	20	50	50	10	0	140	10	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	170	250	170	130	30	40	0	0	0	10	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	500	210	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophiactis affinis</i>	0	0	260	30	0	0	0	0	230	0	90	0
<i>Glycera chirori</i>	10	70	100	140	50	10	0	10	0	40	110	10
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	0	120	310	0	0	10	0	0	10	50	50
<i>Gammaropsis spp.</i>	0	0	360	60	0	0	0	0	0	20	40	60
<i>Ruditapes philippinarum</i>	0	0	460	10	0	0	0	0	30	0	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	60	30	0	10	80	0	0	80	0	170	50	10
<i>Chone teres</i>	0	0	320	120	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Raetellops pulchella</i>	10	0	0	80	10	0	20	0	0	0	330	0
<i>Melinna elisabethae</i>	0	0	100	340	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Priscomilitaridae sp.</i>	0	0	0	390	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trigonothracia jinxingae</i>	0	0	360	0	0	0	0	0	0	10	0	10
<i>Ampharete arctica</i>	0	0	200	50	0	0	90	0	0	0	0	0
<i>Galathowenia sp.</i>	0	0	230	30	20	0	30	0	0	0	10	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	40	70	40	0	40	120	0	0
<i>Grandidierella japonica</i>	0	0	20	260	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	0	30	200	0	30	30	0	0	0	0	0
<i>Pista sp.</i>	10	10	220	30	0	0	10	0	0	10	0	0
<i>Eumida sanguinea</i>	0	0	240	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cirrophorus armatus</i>	20	0	10	140	0	0	0	0	0	40	40	20
<i>Glycinde gurjanovae</i>	30	30	10	0	30	70	60	10	0	20	10	0
<i>Iphinoe sagamiensis</i>	0	30	0	0	0	0	20	0	0	0	220	0
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	150	80	40	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Photis longicaudata</i>	0	0	220	50	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syllidae spp.</i>	0	0	130	80	0	0	0	0	0	0	50	10
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	210	0	20	0	10	0	0	0	0
<i>Gynodiastylis rotundicaudata</i>	0	0	80	160	0	0	0	0	0	0	0	0

부록 2-2-57. 전남바다목장해역 2004년 하계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12
<i>Lumbrineris longifolia</i>	670	2070	1680	0	400	170	10	0
<i>Homalopoma sp.</i>	690	960	2980	0	0	0	0	0
<i>Cerapus tubularis</i>	0	4020	60	10	0	0	0	0
<i>Tharyx spp.</i>	1110	330	420	0	310	220	280	10
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	0	20	10	690	480	340	20
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	0	0	1850	60	0
<i>Theora fragilis</i>	620	330	610	0	0	0	0	0
<i>Magelona japonica</i>	10	30	0	20	240	0	90	50
<i>Mediomastus californiensis</i>	30	120	90	30	30	610	150	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	40	0	120	0	20	20	330	0
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	0	0	0	100	0
<i>Amphioplus megapomus</i>	20	10	50	0	10	290	130	0
<i>Sternaspis scutata</i>	0	0	10	10	10	0	30	0
<i>Ophiothrix exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphitritinae spp.</i>	0	60	20	0	0	240	30	20
<i>Gammaropsis spp.</i>	100	50	30	0	0	220	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	10	40	0	30	0	0	20
<i>Glycera chirori</i>	20	50	30	0	20	120	10	40
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	10	0	0	80	0
<i>Melita longidactyla</i>	0	10	340	0	0	0	0	0
<i>Moerella sp.</i>	10	20	100	0	50	0	0	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	10	0	10	0	10	160	10	0
<i>Maera serratipalma</i>	0	0	0	0	0	280	0	0
<i>Dipolydora spp.</i>	0	0	10	10	10	260	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	40	30	0	20	50	10	0
<i>Glycinde gurjanovae</i>	50	10	40	10	40	60	10	0
<i>Hesionidae spp.</i>	20	0	20	10	20	140	10	0
<i>Cyathura higoensis</i>	0	10	20	0	0	200	0	0
<i>Eumida sanguinea</i>	40	60	30	0	0	110	0	0
<i>Ostracoda spp.</i>	0	0	220	0	0	0	0	0
<i>Syllidae spp.</i>	40	20	10	0	0	100	0	0
<i>Diogenes edwardsii</i>	0	10	30	50	0	10	0	0
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	0	0	0	80	10	0
<i>Harmothoinae spp.</i>	30	0	70	0	0	20	20	0
<i>Nipponomysella oblongata</i>	0	50	130	0	0	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	0	20	10	0	10	60	40	0
<i>Symmium caudatus</i>	10	30	110	0	0	0	10	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	10	0	110	0	0

부록 2-2-57. 계속

종명	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Homalopoma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cerapus tubularis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tharyx spp.</i>	130	170	30	270	10	100	20
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	70	110	20	140	0	90	50
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	10	10	90	0	20	0	0
<i>Magelona japonica</i>	150	330	460	0	180	50	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	10	10	10	320	0	30	70
<i>Sigambra tentaculata</i>	10	60	20	150	20	80	40
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	10	0	650	0	120	0
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	0	170	0	90	50
<i>Sternaspis scutata</i>	80	90	140	10	100	100	0
<i>Ophiothrix exigua</i>	0	0	10	510	0	0	0
<i>Amphitritinae spp.</i>	40	20	10	20	0	0	0
<i>Gammaropsis spp.</i>	0	0	0	10	0	0	20
<i>Heteromastus filiformis</i>	30	30	0	120	50	80	20
<i>Glycera chirori</i>	20	10	10	40	0	10	10
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	20	170	20	60	0	0	0
<i>Melita longidactyla</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Moerella sp.</i>	40	50	30	0	0	20	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	10	0	0	20	0	70	10
<i>Maera serratipalma</i>	0	0	0	30	0	0	0
<i>Dipolydora spp.</i>	10	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	10	0	0	120	0	0	0
<i>Glycinde gurjanovae</i>	0	10	0	20	10	0	10
<i>Hesionidae spp.</i>	0	0	10	10	10	0	0
<i>Cyathura higoensis</i>	10	0	0	0	0	0	0
<i>Eumida sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ostracoda spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Syllidae spp.</i>	0	10	0	30	0	0	0
<i>Diogenes edwardsii</i>	0	0	0	0	0	100	0
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	0	90	0	0	0
<i>Harmothoninae spp.</i>	0	0	0	40	0	0	0
<i>Nipponomysella oblongata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	10	10	0	10	10	0	0
<i>Symmium caudatus</i>	0	0	0	20	0	0	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	40	0	0	0

부록 2-2-58. 전남바다목장해역 2004년 추계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12
<i>Cerapus tubularis</i>	4310	130	50	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	1740	1320	430	0	30	0	0	30
<i>Lumbrineris longifolia</i>	840	1290	930	0	180	150	0	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	110	60	90	0	20	570	1620	10
<i>Homalopoma sp.</i>	70	310	2250	0	0	0	0	0
<i>Magelona japonica</i>	0	10	20	870	80	0	40	280
<i>Tharyx spp.</i>	240	470	200	20	80	30	400	20
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	0	0	10	310	420	360	80
<i>Gammaropsis spp.</i>	20	60	10	0	0	660	160	0
<i>Abra soyoae</i>	0	50	20	0	0	620	210	0
<i>Galathowenia sp.</i>	30	50	60	0	10	50	140	90
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	40	0	0	60	0
<i>Moerella sp.</i>	90	110	30	40	80	0	20	170
<i>Cyathura higoensis</i>	60	20	80	0	0	460	40	0
<i>Glycera chirori</i>	30	60	20	10	20	140	290	0
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	0	0	80	560	0
<i>Amphioplus megapomus</i>	20	20	90	0	0	0	140	10
<i>Isolda sp.</i>	0	0	0	0	80	0	550	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	20	0	30	10	0	10	260	10
<i>Sternaspis scutata</i>	0	20	20	270	40	0	0	10
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	0	0	0	70	470	0
<i>Amphiteis gunneri</i>	0	0	0	0	0	260	270	0
<i>Maera serratipalma</i>	0	0	0	0	0	30	260	0
<i>Amphitritinae spp.</i>	0	0	0	0	0	200	140	0
<i>Urochordata sp.</i>	0	0	0	80	10	0	30	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	20	10	30	10	80	0	40	30
<i>Capitella capitata</i>	80	200	30	0	0	0	0	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	10	0	0	360	0
<i>Syllidae spp.</i>	20	70	10	0	0	40	220	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	0	0	0	0	70	0	30	90
<i>Ophiactis affinis</i>	10	60	50	0	0	240	30	0
<i>Ampharete arctica</i>	0	10	0	10	40	0	20	140
<i>Chone teres</i>	30	20	0	0	0	90	170	0
<i>Ampelisca bocki</i>	0	0	0	0	0	120	170	0
<i>Melinna elisabethae</i>	0	10	0	0	0	240	20	20
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	40	0	0	60
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	10	10	20	0	10	50	100	0
<i>Chaetozone setosa</i>	20	30	0	0	0	60	60	0

부록 2-2-58. 계속

종명	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Cerapus tubularis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Theora fragilis</i>	0	0	10	0	20	50	0
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	0	0	0	410	10	10	170
<i>Homalopoma sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Magelona japonica</i>	150	250	260	0	160	150	20
<i>Tharyx spp.</i>	50	100	10	100	0	160	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	60	50	0	30	30	10	10
<i>Gammaropsis spp.</i>	0	0	0	0	0	0	40
<i>Abra soyoae</i>	20	0	0	0	0	0	10
<i>Galathowenia sp.</i>	50	220	70	60	50	10	0
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	590	0	150	0
<i>Moerella sp.</i>	60	20	50	0	60	30	0
<i>Cyathura higoensis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glycera chirori</i>	10	10	0	30	0	20	20
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	10	0	0	10
<i>Amphioplus megapomus</i>	0	0	0	0	0	30	340
<i>Isolda sp.</i>	0	0	0	0	10	0	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	10	40	10	180	20	0	40
<i>Sternaspis scutata</i>	30	40	50	0	10	120	10
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	0	0	0	50	0	0	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	10	0	0	0	20	10	0
<i>Maera serratipalma</i>	0	0	0	270	0	0	0
<i>Amphitritinae spp.</i>	10	10	0	120	0	10	40
<i>Urochordata sp.</i>	10	20	30	50	140	150	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	30	20	80	60	10	50
<i>Capitella capitata</i>	0	0	0	120	0	0	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	10	10	0	40	0	0	0
<i>Syllidae spp.</i>	0	0	0	20	10	0	20
<i>Paraprionospio pinnata</i>	10	90	90	0	0	20	0
<i>Ophiactis affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ampharete arctica</i>	10	70	20	0	0	40	10
<i>Chone teres</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ampelisca bocki</i>	0	0	0	0	0	10	0
<i>Melinna elisabethae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	150	30	0	0	0	0	0
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	10	10	0	40	20	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	0	70	0	10	10

부록 2-2-59. 전남바다목장해역 2005년 동계 대형저서동물의 밀도(m²)

종명	SGB1	SGB2	SGB3	St.05	St.07	St.08	St.11	St.12
<i>Theora fragilis</i>	1960	820	1310	80	110	70	0	80
<i>Lumbrineris longifolia</i>	1560	1380	1230	0	180	90	0	0
<i>Tharyx</i> spp.	270	60	1660	20	50	20	670	40
<i>Magelona japonica</i>	30	0	10	250	440	0	50	80
<i>Mediomastus californiensis</i>	80	30	330	10	30	270	440	0
<i>Musculus laevigatus</i>	10	50	0	0	0	1600	0	0
<i>Gammaropsis</i> spp.	0	0	40	10	0	1130	430	0
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	40	0	0	290	0
<i>Galathowenia</i> sp.	70	40	80	80	20	70	60	160
<i>Caprella</i> spp.	20	10	10	10	0	0	30	0
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0	0	20	40	310	180	180	160
<i>Chone teres</i>	40	20	190	0	0	380	280	0
<i>Aoroides</i> sp.	0	0	130	0	0	640	250	0
<i>Raetellops pulchella</i>	40	0	0	10	80	0	60	360
<i>Cerapus tubularis</i>	960	10	20	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	10	10	20	0	0	720	0	0
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	0	0	180	610	0
<i>Sigambra tentaculata</i>	0	50	150	0	10	10	40	0
<i>Amphitritinae</i> spp.	30	20	130	0	0	200	70	0
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	0	0	0	10	0	0	340	0
<i>Leptomya minuta</i>	0	0	0	0	0	590	0	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	100	20	160	10	20	10	50	40
<i>Gastropoda</i> spp.	100	10	510	0	0	10	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	20	10	20	70	140	10
<i>Moerella</i> sp.	0	50	0	0	160	0	0	150
<i>Sternaspis scutata</i>	40	0	10	150	10	0	10	0
<i>Cyathura higoensis</i>	100	50	90	0	0	240	10	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	0	30	150	10	40	30	70	0
<i>Ampharete arctica</i>	50	0	0	0	10	160	90	60
<i>Glycera chirori</i>	60	10	80	30	20	50	110	50
<i>Corophium</i> spp.	0	0	10	0	0	270	130	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	0	0	0	0	180	0	0	40
<i>Urochordata</i> sp.	10	10	0	30	10	0	20	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	30	0	0	360	90	0
<i>Harmothoinae</i> spp.	0	20	10	0	0	70	40	0
<i>Ophiactis affinis</i>	0	10	60	0	0	380	10	0
<i>Trapezium bicarinatum</i>	0	10	0	0	0	290	140	0
<i>Praxillella</i> spp.	190	70	190	0	0	0	0	0

부록 2-2-59. 계속

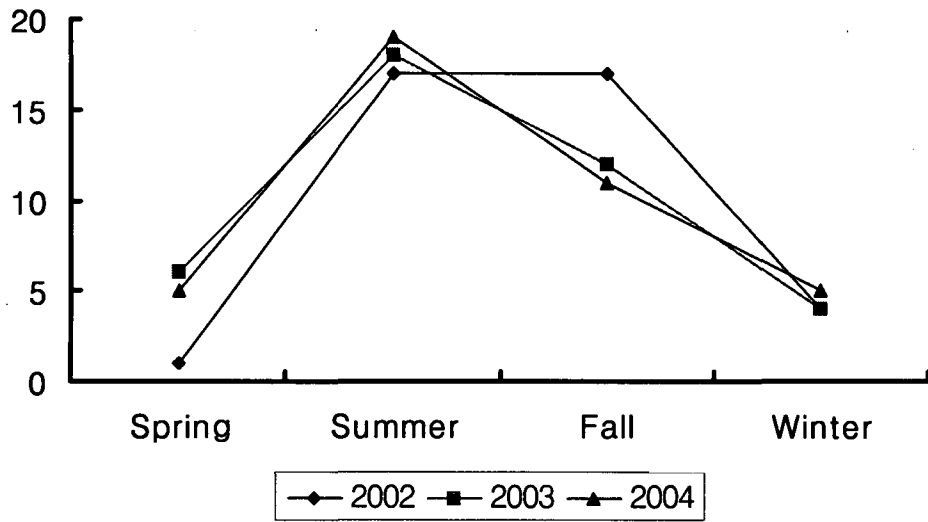
종명	St.14	St.15	St.17	St.18	St.20	St.21	St.22
<i>Theora fragilis</i>	20	0	20	30	0	0	0
<i>Lumbrineris longifolia</i>	0	0	0	20	0	0	0
<i>Tharyx spp.</i>	70	10	10	300	10	20	10
<i>Magelona japonica</i>	160	240	510	0	110	420	0
<i>Mediomastus californiensis</i>	20	10	0	710	0	30	170
<i>Musculus laevigatus</i>	0	0	0	30	0	0	0
<i>Gammaropsis spp.</i>	0	0	0	30	0	0	10
<i>Cirrophorus armatus</i>	0	0	0	800	20	410	70
<i>Galathowenia sp.</i>	30	170	130	690	10	0	0
<i>Caprella spp.</i>	0	0	0	10	0	0	1340
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	80	80	10	110	0	50	10
<i>Chone teres</i>	0	0	0	210	0	10	10
<i>Aoroides sp.</i>	0	0	0	20	0	0	0
<i>Raetellops pulchella</i>	0	90	50	0	0	340	0
<i>Cerapus tubularis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ruditapes philippinarum</i>	0	0	0	50	0	0	0
<i>Lygdamis giardi</i>	0	0	0	0	0	0	10
<i>Sigambra tentaculata</i>	20	10	90	270	20	40	90
<i>Amphitritinae spp.</i>	10	0	0	250	0	10	20
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	30	90	0	220	0	20	10
<i>Leptomya minuta</i>	0	0	0	70	0	40	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	30	10	30	60	80	20
<i>Gastropoda spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	20	100	20	140	0	60	0
<i>Moerella sp.</i>	60	90	40	0	10	30	20
<i>Sternaspis scutata</i>	20	30	190	0	10	130	0
<i>Cyathura higoensis</i>	30	0	0	70	0	0	0
<i>Amaeana occidentalis</i>	0	20	10	180	10	10	10
<i>Ampharete arctica</i>	0	40	50	20	10	70	0
<i>Glycera chirori</i>	10	30	10	40	10	50	0
<i>Corophium spp.</i>	0	0	0	120	0	20	0
<i>Eriopisella sechellensis</i>	150	30	120	0	0	0	0
<i>Urochordata sp.</i>	0	40	20	100	40	240	0
<i>Amphicteis gunneri</i>	0	0	0	0	0	20	0
<i>Harmothoinae spp.</i>	0	10	0	220	10	30	90
<i>Ophiactis affinis</i>	0	0	0	10	0	0	0
<i>Trapezium bicarinatum</i>	0	0	0	0	0	0	30
<i>Praxillella spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0

부록 2-2-60. 2002년부터 2004년까지 자치어에 채집된 어류의 계절별 출현양상

Species	2002				2003			
	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	-	513.0	142.7	-	132	487	81	-
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	-	129.0	52.0	-	42	119	-	-
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	3.0	4.3-	-	3	-	-	-
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	-	0.3	-	-	-	6	-
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>	-	-	-	-	-	5	-	-
미역치 <i>Hypodytes rubripinmis</i>	-	2.0	1.3	-	-	7	1	-
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	-	-	-	-	-	24	-	-
블락 <i>Sebastes inermis</i>	2.0	-	-	0.3	-	-	-	-
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	43.0	12.3	-	-	53	14	-
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	-	2.3	-	-	-	6
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	-	-	-	2.0	-	-	-	3
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	-	230	12.7	-	-	195	3	-
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	-	186.0	41.7	-	-	161	-	-
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	-	1.0	4.3	-	-	5	4	-
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	2.0	1.7	-	-	21	-	-
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	-	2.0	3.0	-	-	3	-	-
황줄베도라치 <i>Phodymenichthysdolichogaster</i>	-	2.0	-	-	-	3	-	-
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	-	-	-	-	-	7	-	-
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>	-	-	-	-	11	-	-	-
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	-	113.0	29.7	-	-	111	8	2
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	-	28.0	-	-	-	37	-
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	-	221.0	32.0	-	-	151	9	-
동갈양태속어류 <i>Callionymus sp.</i>	-	19.0	11.3	-	16	3	5	-
망둑어과어류 <i>Gobiidae</i>	-	123.0	33.0	1.3	23	100	28	2
물치다래류 <i>Auxis sp.</i>	-	4.0	-	-	-	2	-	-
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	4.0	3.0-	-	-	-	3	-
Total	2	1597	413	5.9	227	1457	199	13
Number of species	1	17	17	4	6	18	12	4

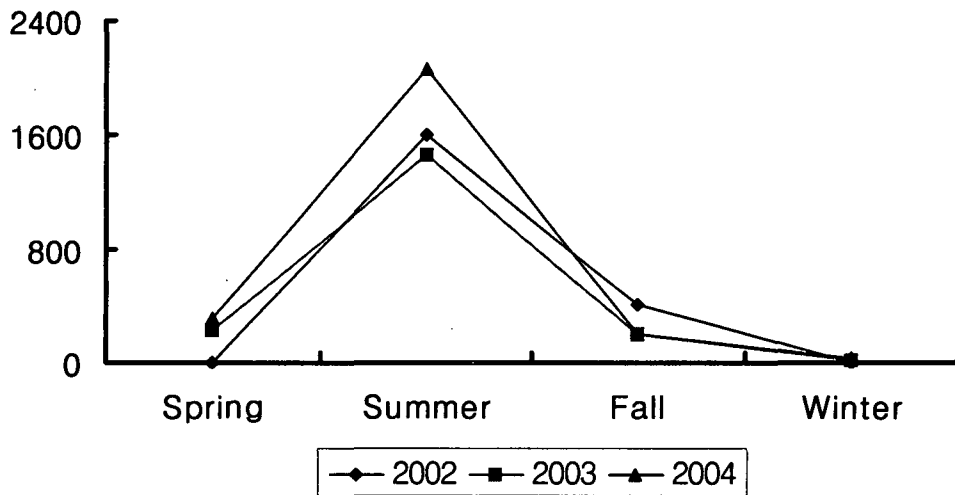
부록 2-2-60. 계속

Species	2004				Total	Dominance(%)
	Spring	Summer	Fall	Winter		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	203	748	29	-	2335.7	35.84
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	61	184	-	-	587	9.01
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	5	8	-	-	23.3	0.36
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	-	3	-	9.3	0.14
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>					5	0.08
미역치 <i>Hypodytes rubripinmis</i>	-	11	-	-	22.3	0.34
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	-	37	-	-	61	0.94
블락 <i>Sebastes inermis</i>	-	-	-	8	10.3	0.16
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	84	29	-	235.3	3.61
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	-	5	13.3	0.20
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	-	-	-	7	12	0.18
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	-	292	10	-	742.7	11.40
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	-	143	-	-	531.7	8.16
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	-	3	1	-	18.3	0.28
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	14	-	-	38.7	0.59
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	-	8	-	-	16	0.25
황줄베도라치 <i>Phodymenichthysdolicogaster</i>	-	5	-	-	10	0.15
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	-	4	-	-	11	0.17
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>					11	0.17
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	-	156	41	4	464.7	7.13
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	-	26	-	91	1.40
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	-	187	15	-	615	9.44
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	24	14	11	-	103.3	1.59
망둑어과어류 Gobiidae	13	157	34	4	518.3	7.95
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	-	6	-	-	12	0.18
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	6	2	-	18	0.28
Total	306	2067	201	28	6516.2	100.00
Number of species	5	19	11	5	26	



계절별 자치어 출현종수 변화

부록 2-2-61. 여수 금오도 연안에 채집된 자치어의 계절별 출현종수에 양상.



계절별 자치어 풍도 변화

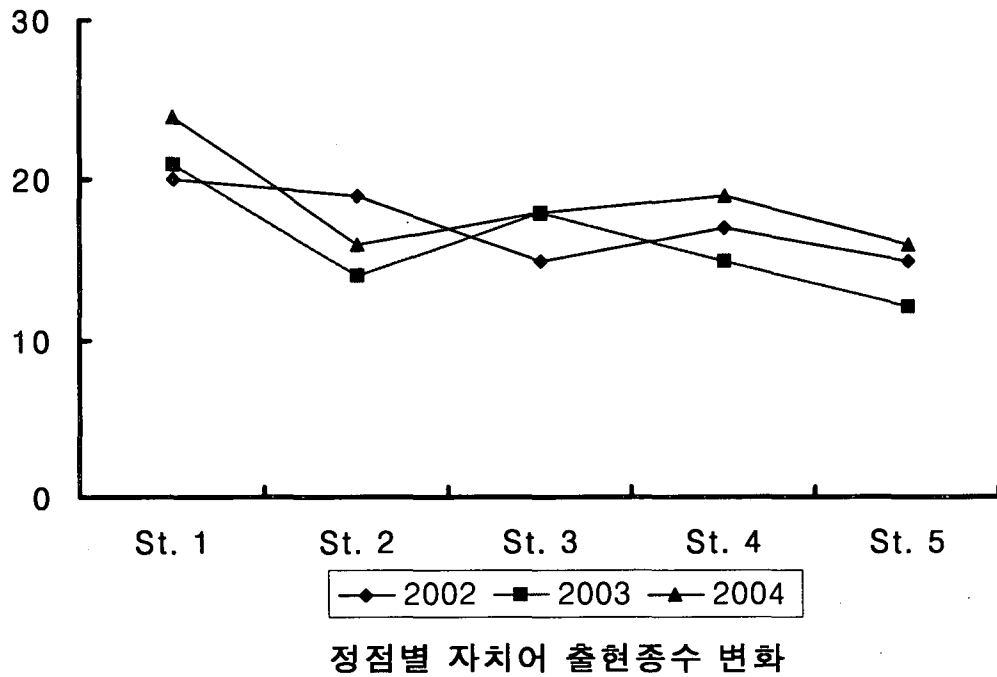
부록 2-2-62. 여수 금오도 연안에 채집된 자치어의 계절별 풍도에 양상.

부록 2-2-63. 2002년부터 2004년까지 자치어에 채집된 어류의 정점별 출현양상

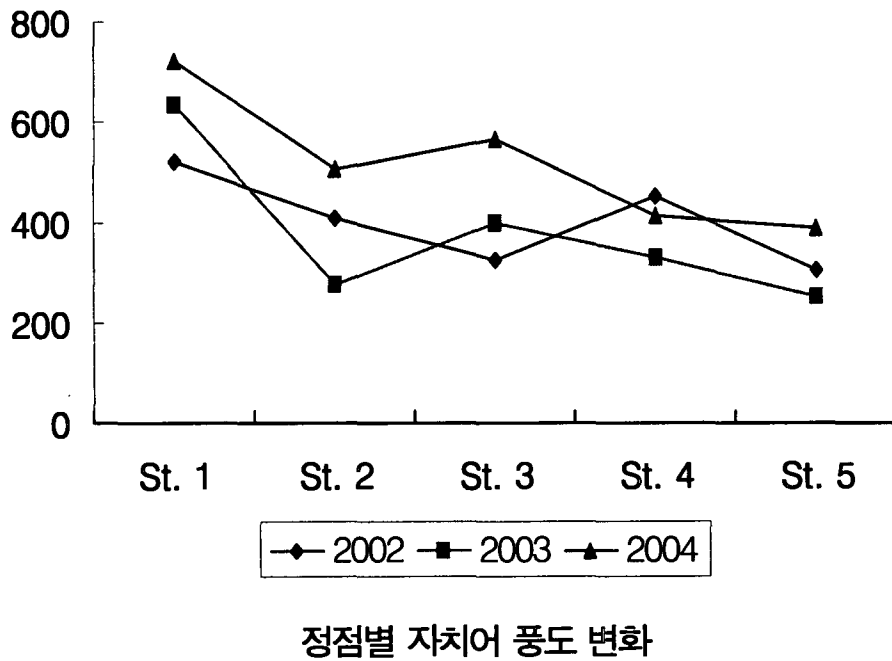
Species	2002					2003				
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	278	220	123	231	89	179	123	145	136	117
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	88	52	47	38	60	73	18	32	25	13
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	6	3	-	5	2	1	-	2	-	-
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	-	-	1	-	2	-	1	-	3
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>						5	-	-	-	-
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	2	1	3	-	-	-	2	1	3	2
플미역치 <i>Erisphex pottii</i>	-	-	-	-	-	-	11	-	-	13
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	1	2	-	-	1					
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	34	8	12	15	11	26	4	10	9	18
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	5	2	1	-	-	2	-	4	-	-
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	1	2	-	3	1	1	2	-	-	-
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	89	53	23	71	32	52	46	32	39	29
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	89	60	50	78	34	83	-	36	42	-
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	6	3	-	-	5	4	-	1	4	-
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	2	1	-	4	-	12	-	9	-	-
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	1	2	3	5	-	-	1	-	2	-
황줄베도라치 <i>Phodymenichthysdolicogaster</i>	1	-	1	-	-	3	-	-	-	-
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	-	-	-	-	-	5	-	2	-	-
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>						2	1	5	2	1
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	28	46	52	12	64	41	10	32	25	13
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	24	13	8	7	32	12	7	9	5	4
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	56	59	95	57	70	90	2	42	26	-
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	21	10	9	6	7	3	4	8	6	3
망둑어과어류 Gobiidae	45	55	35	70	21	34	45	28	8	38
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	1	-	-	3	-	-	-	-	2	-
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	2	4	1	6	3	-	-	-	-
Total	520.7	411.2	328.8	452.0	305.6	633.0	276.0	399.0	334.0	254.0
Number of species	20	19	15	17	15	21	14	18	15	12

부록 2-2-63. 계속

Species	2004					Total	Dominance(%)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	257	237	189	171	126	2335.7	35.84
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	83	46	50	29	37	587	9.01
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	4	2		3	4	23.3	0.36
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	1	-	-	1	1	9.3	0.14
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>						5	0.08
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	1	-	2	3	5	22.3	0.34
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	4	19	-	-	14	61	0.94
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	3	2	-	1	2	10.3	0.16
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	47	16	22	12	16	235.3	3.61
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	2	1	2	-	-	13.3	0.20
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	2	1	-	4	-	12	0.18
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	108	47	53	61	33	742.7	11.40
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	26	31	52	34	-	531.7	8.16
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	1	-	1	2	-	18.3	0.28
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	3	1	6	-	4	38.7	0.59
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	2	-	3	3	-	16	0.25
황줄베도라치 <i>Phodymenichthysdolicogaster</i>	4	-	1	-	-	10	0.15
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	1	-	3	-	-	11	0.17
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>						11	0.17
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	37	29	61	24	50	464.7	7.13
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	9	7	4	2	4	91	1.40
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	43	16	72	35	36	615	9.44
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	19	7	13	4	6	103.3	1.59
망둑어과어류 <i>Gobiidae</i>	61	46	30	19	52	518.3	7.95
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	2	-	-	4	-	12	0.18
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	2	-	4	1	1	18	0.28
Total	722.0	508.0	568.0	413.0	391.0	6516.2	100.00
Number of species	24	16	18	19	16	26	



부록 2-2-64. 여수 금오도 연안에 채집된 자치어의 정점별 출현종수에 양상.



부록 2-2-65. 여수 금오도 연안에 채집된 자치어의 정점별 풍도에 양상.

부록 2-2-66. 2002년부터 2004년까지 저인망에 채집된 어류의 계절별 출현양상

Species	2002				2003			
	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	-	-	-	-	-	3	1	-
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	-	-	-	-	-	21	30	-
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	5.10	2.40	5.00	2.53	3	34	4	2
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	1.60	2.70	22.83	14.63	-	34	12	6
반지 <i>Setipinna taty</i>	0.80	1.80	3.70	0.77	13	5	3	8
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	-	4.50	3.83	1.70	5	7	3	-
칭멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	2.90	2.80	1.57	-	6	4	2	-
준치 <i>Ilisha elongata</i>	11.80	2.30	2.27	11.77	8	3	-	14
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	14.60	0.70	1.17	7.70	34	2	108	26
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	1.20	1.00	-	-	10	-	-
앨통이 <i>Maurolicus muelleri</i>	-	0.70	0.50	-	-	1	1	-
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	9
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	-	-	-	-	-	2	-	-
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	-	1.30	-	-	-	-	-
승어 <i>Mugil cephalus</i>	1.60	0.80	0.70	0.83	-	6	3	-
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	-	-	-	-	4	-	-
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	-	0.33	1.57	-	-	-	-
쭈기미 <i>Inimcus japonicus</i>	-	-	0.90	-	-	-	-	-
붉은쏨뱅이 <i>Sebastes tertius</i>	-	-	1.70	0.60	-	-	-	-
불락 <i>Sebastes inermis</i>	-	2.10	0.37	-	-	7	20	-
조피불락 <i>Sebastes schlegeli</i>	-	0.40	5.37	2.70	-	72	292	-
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	-	0.80	0.93	-	-	1	-	-
밀달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	-	1.50	2.50	0.47	-	4	-	-
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	-	2.23	1.37	2	3	-	3
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorfii</i>	-	-	-	-	3	-	-	-
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	9.80	-	4.20	1.87	4	3	-	7
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	2.70	-	1.27	5.43	-	5	-	10
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	-	-	-	-	12	-	-	21
꼼치 <i>Liparis tanakai</i>	-	-	-	-	3	-	-	13
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	-	2.80	1.97	-	-	10	61	-
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	-	2.50	0.93	0.23	-	2	38	-
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	4.30	2.40	1.97	-	-	2	3	-
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	5.60	1.10	11.30	1.10	26	181	66	21
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	-	1.83	0.80	-	-	-	-

부록 2-2-66. 계속

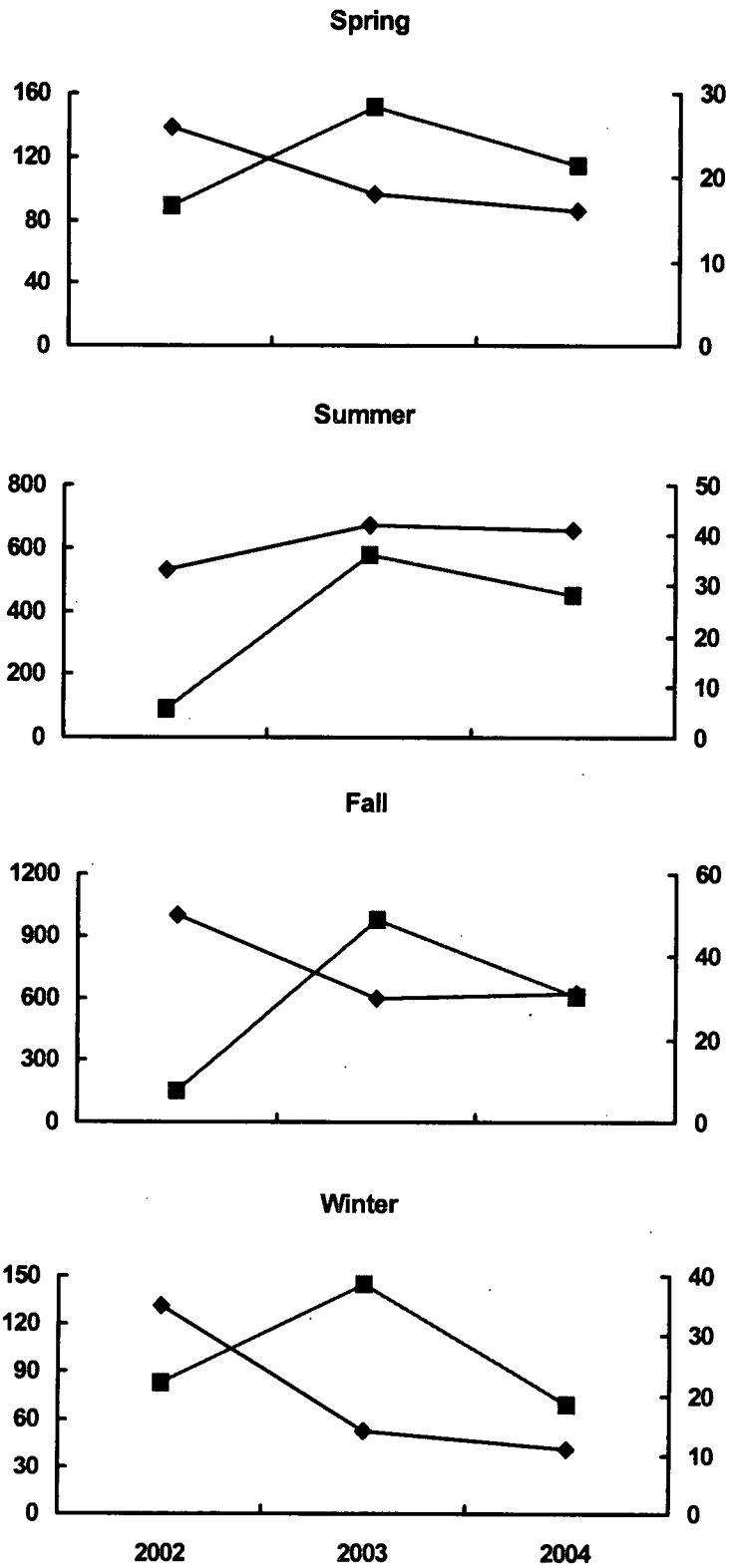
Species	2004				Total	Dominance(%)
	Spring	Summer	Fall	Winter		
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	-	-	-	-	4.0	0.11
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	-	18	24	3	96.0	2.71
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	2	12	32	6	110.0	3.10
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	-	20	11	7	131.8	3.71
반지 <i>Setipinna taty</i>	8	2	1	-	47.1	1.33
플반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	3	6	4	2	40.0	1.13
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	5	5	3	-	32.3	0.91
준치 <i>Ilisha elongata</i>	5	2	1	8	69.1	1.95
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	25	3	80	21	323.2	9.11
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	2	4	-	-	18.2	0.51
앨퉁이 <i>Maurolucus muelleri</i>	-	1	-	-	4.2	0.12
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	-	-	-	-	9.0	0.25
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	-	-	-	-	2.0	0.06
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	-	2	-	3.3	0.09
송어 <i>Mugil cephalus</i>	-	7	-	-	19.9	0.56
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	2	-	-	6.0	0.17
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	-	-	-	1.9	0.05
쭈기미 <i>Inimcus japonicus</i>	-	-	-	-	0.9	0.03
붉은쏨뱅이 <i>Sebastiscus tertius</i>	-	-	-	-	2.3	0.06
블락 <i>Sebastes inermis</i>	-	4	12	-	45.5	1.28
조피블락 <i>Sebastes schlegeli</i>	-	56	104	-	532.5	15.01
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	-	1	-	-	3.7	0.11
밑달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	-	2	-	-	10.5	0.30
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	2	3	-	-	16.6	0.47
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorfii</i>	-	-	-	-	3.0	0.08
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	4	3	-	2	38.9	1.10
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	8	7	-	-	39.4	1.11
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	-	-	-	-	33.0	0.93
꼼치 <i>Liparis tanakai</i>	7	-	-	4	27.0	0.76
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	-	12	14	-	101.8	2.87
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	-	4	10	-	57.7	1.62
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	1	4	-	18.7	0.53
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	32	142	50	12	549.1	15.47
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	-	-	3	5.6	0.16

부록 2-2-66. 계속

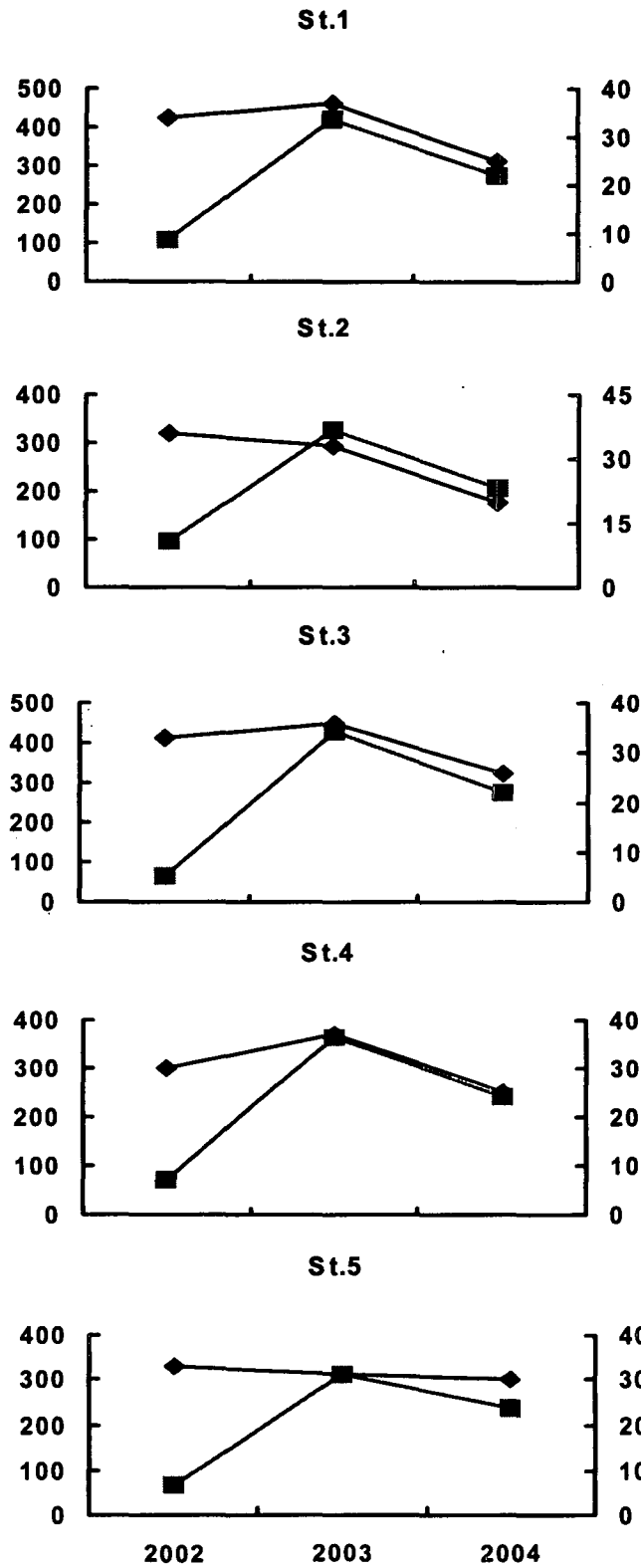
Species	2002				2003				
	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	-	0.80	0.20	-	-	9	166	-	
참돔 <i>Pagrus major</i>	-	1.10	0.67	-	-	5	119	-	
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	4.80	0.60	-	-	10	4	-	
민태 <i>Johnius grypotus</i>	2.70	-	0.57	0.27	4	1	14	-	
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	2.80	-	-	-	5	1	-	
용치늘래기 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	-	-	1.93	1.27	-	-	-	-	
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	1.60	4.30	1.30	1.33	-	-	-	-	
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	-	-	5	-	-	-	
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	2.40	1.90	3.10	1.87	-	4	2	-	
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	1.20	7.20	13.43	0.80	-	-	-	-	
두줄망둑 <i>Tridentiger rigocephalus</i>	1.60	3.40	0.70	1.70	-	-	-	-	
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	-	1.50	0.83	-	-	8	1	-	
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	3.40	-	2.47	2.87	13	43	3	-	
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	1.80	8.10	4.80	1.50	-	6	5	-	
꼬치고기 <i>Sphyraena pinguis</i>	0.10	-	-	0.30	-	3	-	-	
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	-	5.90	4.90	0.70	-	11	6	-	
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	2.23	-	-	-	5	-	
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	3.40	2.60	1.63	2.33	-	3	-	-	
점넙치 <i>Pseudorhombus ntopthalmus</i>	2.80	-	2.30	0.57	-	-	-	-	
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	1.20	-	5.17	4.40	3	3	3	2	
돌가자미 <i>Kareius bicoloratus</i>	1.20	-	5.63	2.87	-	-	-	-	
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	0.60	0.70	2.53	2.83	-	18	2	-	
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	2.40	6.10	3.30	0.27	5	3	1	-	
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	1.50	7.10	3.37	0.27	-	1	-	-	
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	-	-	2.90	-	2	16	-	3	
흰점복 <i>Takifugu poecilonotus</i>	-	-	0.37	0.70	-	-	-	-	
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	-	1.13	-	-	-	-	-	
Dominance(%)		11.75				52.88			
Total	88.70	91.80	147.73	82.92	151.0	575.0	979.0	145.0	

부록 2-2-66. 계속

Species	2004				Total	Dominance(%)
	Spring	Summer	Fall	Winter		
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	-	7	92	-	275.0	7.75
참돔 <i>Pagrus major</i>	-	4	101	-	230.8	6.50
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	8	4	-	31.4	0.88
민태 <i>Johnius grypotus</i>	2	-	12	-	36.5	1.03
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	3	2	-	13.8	0.39
용치놀래기 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	-	-	-	-	3.2	0.09
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	-	-	-	-	8.5	0.24
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	-	-	5.0	0.14
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	3	1	-	19.3	0.54
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	-	8	12	-	42.6	1.20
두줄망둑 <i>Tridentiger rigonocephalus</i>	-	-	-	-	7.4	0.21
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	-	6	3	-	20.3	0.57
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	-	37	1	-	105.7	2.98
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	-	4	4	-	35.2	0.99
꼬치고기 <i>Sphyraena pinguis</i>	3	1	-	-	7.4	0.21
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	-	13	8	-	49.5	1.39
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	3	-	10.2	0.29
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	-	5	-	-	18.0	0.51
점넙치 <i>Pseudorhombus ntophthalmus</i>	-	2	1	-	8.7	0.24
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	-	2	4	1	28.8	0.81
돌가자미 <i>Kareius bicoloratus</i>	-	-	-	-	9.7	0.27
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	-	12	3	-	41.7	1.17
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	3	5	-	-	29.1	0.82
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	2	-	-	15.2	0.43
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	3	11	-	-	37.9	1.07
흰점복 <i>Takifugu poecilonotus</i>	-	-	-	-	1.1	0.03
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	-	1	-	2.1	0.06
Dominance(%)		35.36				100.00
Total	114.0	450.0	604.0	69.0	3498.2	



부록 2-2-67. 여수 금오도 연안에 채집된 어류의 계절별 출현종수 및 풍도의 양상.



부록 2-2-68. 여수 금오도 연안에 채집된 어류의 정점별 출현종수 및 풍도의 양상.

부록 2-2-69. 2002년부터 2004년까지 저인망에 채집된 어류의 정점별 출현양상

Species	2002					2003				
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	-	-	-	-	-	15	9	8	10	9
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	7.04	5.89	0.8	0.4	0.9	14	6	8	13	2
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	15.8	6.76	8.3	6.1	4.8	19	9	13	6	5
반지 <i>Setipinna taty</i>	-	1.7	1.5	-	3.87	3	5	13	6	2
플반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	5.13	2.5	2.4	-	-	2	3	3	4	3
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	-	-	-	3.8	3.47	3	2	4	-	3
준치 <i>Ilisha elongata</i>	5.6	12.4	3.1	5.3	1.74	4	2	11	5	3
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	8.4	6.8	4.2	4.77	-	34	21	55	32	28
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	0.4	-	1.6	0.2	-	2	-	5	-	3
엘퉁이 <i>Maurolicus muelleri</i>	-	0.8	-	0.4	-	2	-	-	-	-
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	-	-	-	-	-	4	-	3	2	-
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	0.5	0.1	-	0.7	-	-	-	-	-
승어 <i>Mugil cephalus</i>	0.9	0.6	0.9	1.1	0.43	4	3	-	1	1
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	-	-	-	-	1	-	2	1	-
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	0.8	-	-	1.1	-	-	-	-	-
쭈기미 <i>Inimcus japonicus</i>	0.2	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-	-
붉은쏨뱅이 <i>Sebastes tertius</i>	-	-	-	-	2.3	-	-	-	-	-
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	-	-	-	1.22	1.25	11	2	7	7	-
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	1.5	1.3	0.67	2.6	2.4	115	45	39	80	85
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	0.53	-	1.2	-	-	1	-	-	-	-
밑달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	0.95	3.52	-	-	-	2	-	2	-	-
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	0.9	0.4	2.1	-	0.2	-	2	3	1	2
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorffii</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	4.7	8.2	1.2	0.89	0.88	2	3	6	1	2
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	5.5	-	1.1	0.5	2.3	2	3	6	4	-
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	-	-	-	-	-	5	7	12	5	4
꼼치 <i>Liparis tanakai</i>	-	-	-	-	-	3	5	-	8	-
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	-	0.7	0.77	3.3	-	17	11	13	20	10
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	-	-	3.66	-	-	9	6	13	4	8
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	4.37	-	-	4.3	1	-	3	1	-
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	3.4	3.4	9.1	2.1	1.1	54	74	82	52	32
군평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	1.8	-	-	-	0.83	-	-	-	-	-

부록 2-2-69. 계속

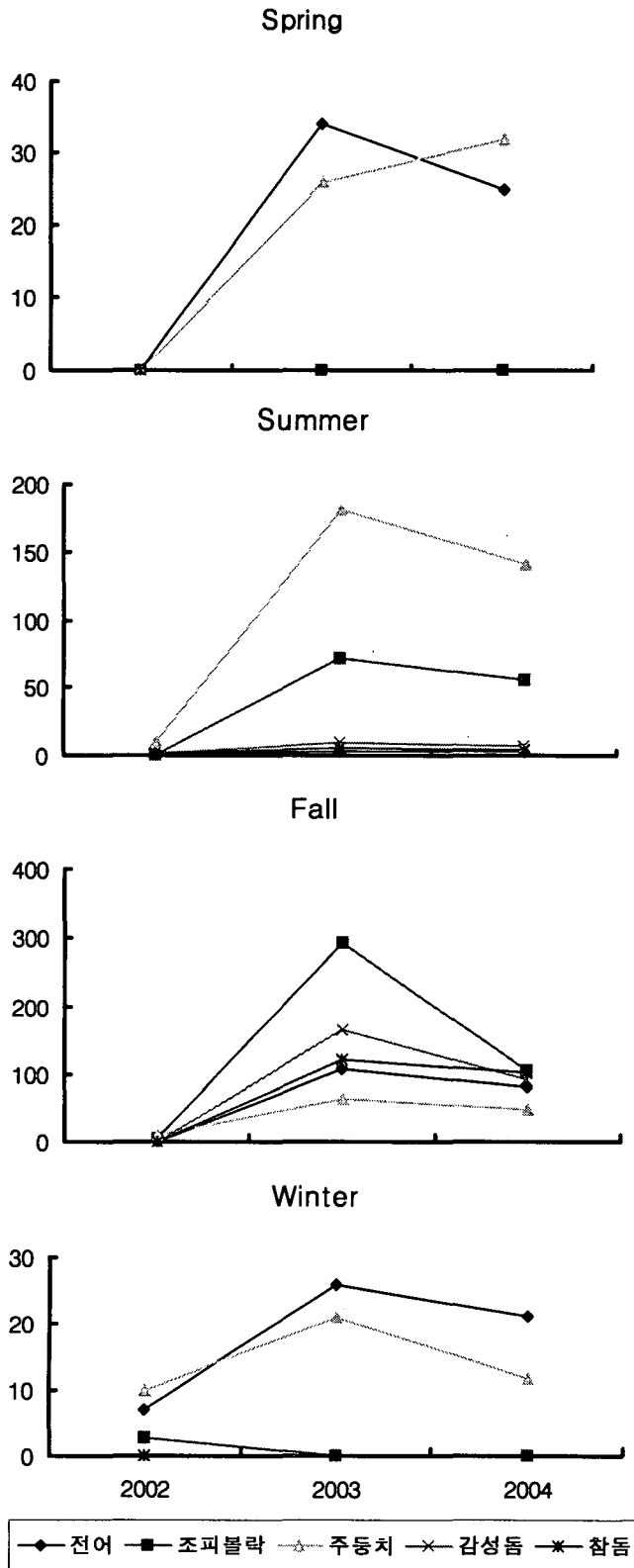
Species	2004					Total	Dominance(%)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5		
상어가오리 <i>Raja porasa</i>	-	-	-	-	-	4.0	0.11
갯장어 <i>Muraenesox cinereus</i>	7	18	-	12	8	96.0	2.74
붕장어 <i>Conger myriaster</i>	4	-	13	20	15	110.0	3.15
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	9	11	-	-	18	131.8	3.77
반지 <i>Setipinna taty</i>	-	3	-	6	2	47.1	1.35
풀반지 <i>Thryssa hamiltoni</i>	-	-	6	-	9	40.0	1.14
청멸 <i>Thryssa kammalensis</i>	3	-	7	3	-	32.3	0.92
준치 <i>Ilisha elongata</i>	5	-	-	7	4	69.1	1.98
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	32	24	19	41	13	323.2	9.24
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	4	-	2	-	18.2	0.52
앨퉁이 <i>Maurolicus muelleri</i>	-	-	1	-	-	4.2	0.12
물천구 <i>Harpadon nehereus</i>	-	-	-	-	-	9.0	0.26
그물메기 <i>Neobythites sivicolus</i>	-	-	-	-	-	2.0	0.06
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>	-	2	-	-	-	3.3	0.09
송어 <i>Mugil cephalus</i>	-	-	4	-	3	19.9	0.57
줄비늘치 <i>Coleorhynchus multispinulosus</i>	-	1	-	1	-	6.0	0.17
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	-	-	-	-	-	1.9	0.05
쭈기미 <i>Inimcus japonicus</i>	-	-	-	-	-	0.9	0.03
붉은쏨뱅이 <i>Sebastiscus tertius</i>	-	-	-	-	-	2.3	0.07
볼락 <i>Sebastes inermis</i>	7	-	-	4	5	45.5	1.30
조피볼락 <i>Sebastes schlegeli</i>	27	31	26	49	27	532.5	15.22
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	-	-	-	-	1	3.7	0.11
밑달갱이 <i>Sepuidotrigla abyssalis</i>	-	-	2	-	-	10.5	0.30
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	-	-	3	-	2	16.6	0.47
가시양태 <i>Hoplichthys longsdorfii</i>	-	-	-	-	-	3.0	0.09
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	4	-	3	2	38.9	1.11
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>	3	-	7	-	5	39.4	1.13
아가씨물메기 <i>Liparis agassizii</i>	-	-	-	-	-	33.0	0.94
꿈치 <i>Liparis tanakai</i>	-	5	-	6	-	27.0	0.77
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>	8	-	10	7	1	101.8	2.91
점농어 <i>Lateolabrax maculatus</i>	3	-	5	6	-	57.7	1.65
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	-	1	-	-	4	18.7	0.53
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	57	39	62	28	50	549.1	15.70
균평선이 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	-	3	-	-	-	5.6	0.16

부록 2-2-69. 계속

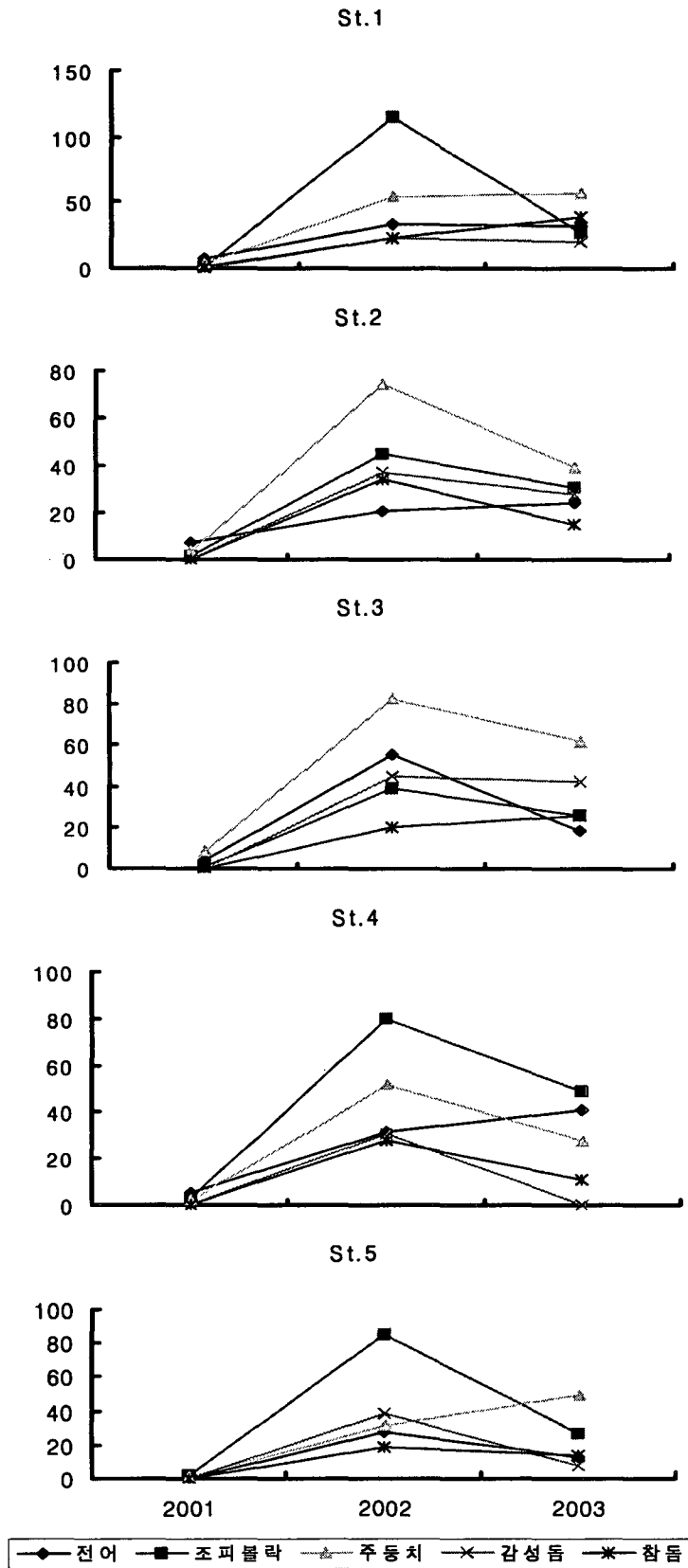
Species	2002					2003				
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	0.5	0.3	0.2	-	-	23	37	45	31	39
참돔 <i>Pagrus major</i>	1.77	-	-	-	-	23	34	20	28	19
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	-	-	1.8	1.8	1.8	4	1	2	2	5
민태 <i>Johnius grypotus</i>	1.84	0.8	-	0.9	-	7	2	4	5	1
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	1.4	-	-	1.4	-	1	2	-	3
용치늘래기 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	1.9	-	0.3	-	1	-	-	-	-	-
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	5.93	-	0.9	1.7	-	-	-	-	-	-
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	2.1	5.3	-	1.87	1	3	-	2	-
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	3.4	5	3.13	1.1	10	-	-	-	-	-
두줄망둑 <i>Tridentiger rigonocephalus</i>	0.7	2.4	0.6	2.9	0.8	-	-	-	-	-
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	-	1.33	-	1	-	-	2	-	-	7
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	5.84	-	1	-	1.9	13	11	13	6	16
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	4.4	2.3	1.1	7.1	1.3	1	-	6	3	1
꼬치고기 <i>Sphyræna pinguis</i>	0.4	-	-	-	-	-	-	-	3	-
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	4.3	-	1.4	3.1	2.7	6	2	3	-	6
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	1.3	-	0.73	0.2	-	-	3	2	-
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	1.46	5.1	-	3.4	-	-	-	-	3	-
점넙치 <i>Pseudorhombus ntopthalmus</i>	0.57	1.5	-	3.6	-	-	-	-	-	-
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	0.7	1.2	1.5	2.47	4.9	3	1	5	-	2
돌가자미 <i>Kareius bicoloratus</i>	3.8	1.2	0.7	2.4	1.6	-	-	-	-	-
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	0.8	1.6	2.4	0.56	1.3	2	5	6	4	3
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	1.4	6.3	1.57	1.6	1.2	3	4	-	2	-
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	7.7	1.14	-	3.4	-	-	-	-	-	1
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	-	0.7	-	-	2.2	4	5	5	4	3
흰점복 <i>Takifugu poecilonotus</i>	-	-	0.2	-	0.87	-	-	-	-	-
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	-	1.13	-	-	-	-	-	-	-	-
Dominance(%)	11.75					52.88				
Total	110.2	97.9	65.0	70.4	67.6	419.0	327.0	430.0	363.0	311.0

부록 2-2-69. 계속

Species	2004					Total	Dominance(%)
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5		
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>	21	28	42	-	8	275.0	7.86
참돔 <i>Pagrus major</i>	39	15	26	11	14	230.8	6.60
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	4	-	2	6	-	31.4	0.90
민태 <i>Johnius grypotus</i>	4	-	5	2	3	36.5	1.04
망상어 <i>Ditrema temmincki</i>	-	3	-	2	-	13.8	0.39
용치늘래기 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	-	-	-	-	-	3.2	0.09
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	-	-	-	-	-	8.5	0.24
흰베도라치 <i>Pholis fangi</i>	-	-	-	-	-	5.0	0.14
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	-	4	-	-	19.3	0.55
비단망둑 <i>Istigobius hoshinonis</i>	7	-	4	-	9	42.6	1.22
두줄망둑 <i>Tridentiger rigocephalus</i>	-	-	-	-	-	7.4	0.21
빨갱이 <i>Ctenotrypauchen icrocephalus</i>	6	-	-	3	-	20.3	0.58
도화망둑 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	11	-	6	13	8	105.7	3.02
실망둑 <i>Cryptocentrus filifer</i>	2	-	4	-	2	35.2	1.01
꼬치고기 <i>Sphyræna pinguis</i>	-	4	-	-	-	7.4	0.21
갈치 <i>Trichiurus japonicus</i>	6	4	-	4	7	49.5	1.42
병어 <i>Pampus argenteus</i>	-	-	3	-	-	10.2	0.29
넙치 <i>Paralichthys olivaceus</i>	-	1	-	-	4	18.0	0.51
점넙치 <i>Pseudorhombus ntophthalmus</i>	-	-	2	-	1	8.7	0.25
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>	3	-	-	2	2	28.8	0.82
돌가자미 <i>Kareius bicoloratus</i>	-	-	-	-	-	9.7	0.28
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>	2	-	6	3	4	41.7	1.19
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>	-	5	-	1	2	29.1	0.83
참서대 <i>Cynoglossus interruptus</i>	-	-	2	-	-	15.2	0.44
복섬 <i>Takifugu niphobles</i>	6	-	5	-	3	37.9	1.08
흰점복 <i>Takifugu poecilonotus</i>	-	-	-	-	-	1.1	0.03
흑밀복 <i>Lagocephalus gloveri</i>	1	-	-	-	-	2.1	0.06
Dominance(%)			35.36				100.00
Total	277.0	206.0	276.0	242.0	236.0	3498.2	



부록 2-2-70. 여수 금오도 연안에 채집된 어류의 계절별 우점종 양상.



부록 2-2-71. 여수 금오도 연안에 채집된 어류의 정점별 우점종 양상.

제 3 장 어장조성기술

제 1 절 해중림 조성기술

제 2 절 인공어초 연구

제 3 절 요약 및 결론

참고문헌 및 부록

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. 가능하면 부착판 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 해중립을 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 해중립이 조성되어야 할 것인지를 나타내는 최적배치도를 결정하여야 한다. 여섯 번째는 조성된 해중립의 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 해중립을 어떻게 관리하고 그 기능을 지속적으로 보전하는 가를 알아야 할 것이다.

바다목장을 위한 해중립 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 해중립 조성사업을 위해서는 해조군집에 대한 광역조사가 반드시 실시되어야 하며, 이를 통해 얻어진 자료들은 대형 갈조류의 목록작성, 적지판정 및 최적배치도 작성 등에 이용되어야만 할 것이다.

2단계 1차년도에 속하는 금년도에는 첫째 1단계 2차년도인 작년도에 이어 전남 다도해 바다목장 해역의 해조군집에 대한 광역조사를 실시하였고, 둘째 통영바다목장사업에서 설계된 해조어초와 인공 배양된 곱피(*Ecklonia stolonifera*) 종묘를 이용하여 소규모 해중립을 조성하였고, 그리고 셋째 해조류와 마찬가지로 어류 서식지로 중요한 기능을 하는 잘피밭의 분포 및 이식가능면적을 추정하였다. 특히 첫 번째 광역조사는 해조군집의 특성과 약, 대상종의 분포특성, 대상종을 위한 적지선정, 그리고 지형 및 환경특성을 고려한 조성 기술개발을 목적으로 안도주변 20개 조하대 지점에서 해조류의 수직분포, 풍도(피도 및 현존량), 기질특성(경사, 수직범위, 퇴적물의 양), 광량분포, 경쟁생물, 그리고 암반기질과

이어지는 연성저질의 특성(C/N, 퇴적상)을 밝혔고, 이를 토대로 어류 및 무척추동물 자원증대를 위한 적정 방류량 산정, 방류위치 결정, 그리고 연안 해조어초 투입지 결정 및 효과예측을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 해조군집 광역조사

(1) 군집특성조사

해조군집특성조사는 전남 다도해 바다목장의 중간해역에 위치한 안도주변에서 실시되었다(그림 3-1-1, 표 3-1-1). 총 20개 조하대 조사지점이 선정되었고, 2004년 10월과 2005년 4월 2차례에 걸쳐 조사되었다. 각 지점에서는 해안선과 수직된 하나의 line transect를 설치하였고, 조고의 기준면(datum) 이하 수심 1, 3, 5, 7, 9m에 존재하는 해조류(Crustose coralline algae 제외)의 피도(bottom cover, %)를 50×50cm의 방형구를 이용하여 조사하였다. 각 수심에서는 설치된 line transect를 기준으로 수평거리 10m 범위 내에 최소 3개의 방형구를 설치하고, 얻어진 자료를 방형구간 평균하여 나타내었다.

표 3-1-1. 안도주변 해조군집특성조사를 위해 선정된 20개 조사지점의 좌표

조사지점	좌표	비고
1	34° 29' 386" N 127° 47' 820" E	신주끝, cobble, boulder 해안
2	34° 28' 555" N 127° 47' 746" E	서고지 부락, rocky shore+boulder
3	34° 28' 307" N 127° 48' 040" E	무생이끝, rocky shore
4	34° 28' 360" N 127° 48' 209" E	이야포 왼쪽 끝, rocky shore
5	34° 28' 741" N 127° 48' 140" E	이야포 왼쪽 중앙, rocky shore
6	34° 28' 985" N 127° 48' 249" E	이야포 가장 안쪽, cobble 해안
7	34° 28' 740" N 127° 48' 603" E	이야포 동쪽 중앙, boulder 해안
8	34° 28' 552" N 127° 48' 528" E	동고지 옆, rocky shore
9	34° 28' 628" N 127° 48' 801" E	집터 옆, rocky shore
10	34° 28' 669" N 127° 49' 070" E	벼락바위, rocky shore
11	34° 29' 361" N 127° 48' 995" E	오지암, rocky shore
12	34° 29' 591" N 127° 49' 009" E	동고지 남쪽, rocky shore
13	34° 29' 628" N 127° 49' 115" E	동고지 남쪽, rocky shore
14	34° 29' 840" N 127° 49' 135" E	동고지 북쪽, rocky shore
15	34° 29' 618" N 127° 48' 439" E	웅달끝, rock, boulder 해안
16	34° 29' 499" N 127° 48' 409" E	안도리 우측, cobble 해안
17	34° 30' 220" N 127° 48' 372" E	초삼서 북쪽, rocky shore
18	34° 30' 692" N 127° 48' 480" E	중삼서 북쪽, rocky shore
19	34° 30' 776" N 127° 48' 409" E	중삼서 동북쪽, rocky shore
20	34° 31' 017" N 127° 48' 682" E	외삼도 동북쪽, rocky shore

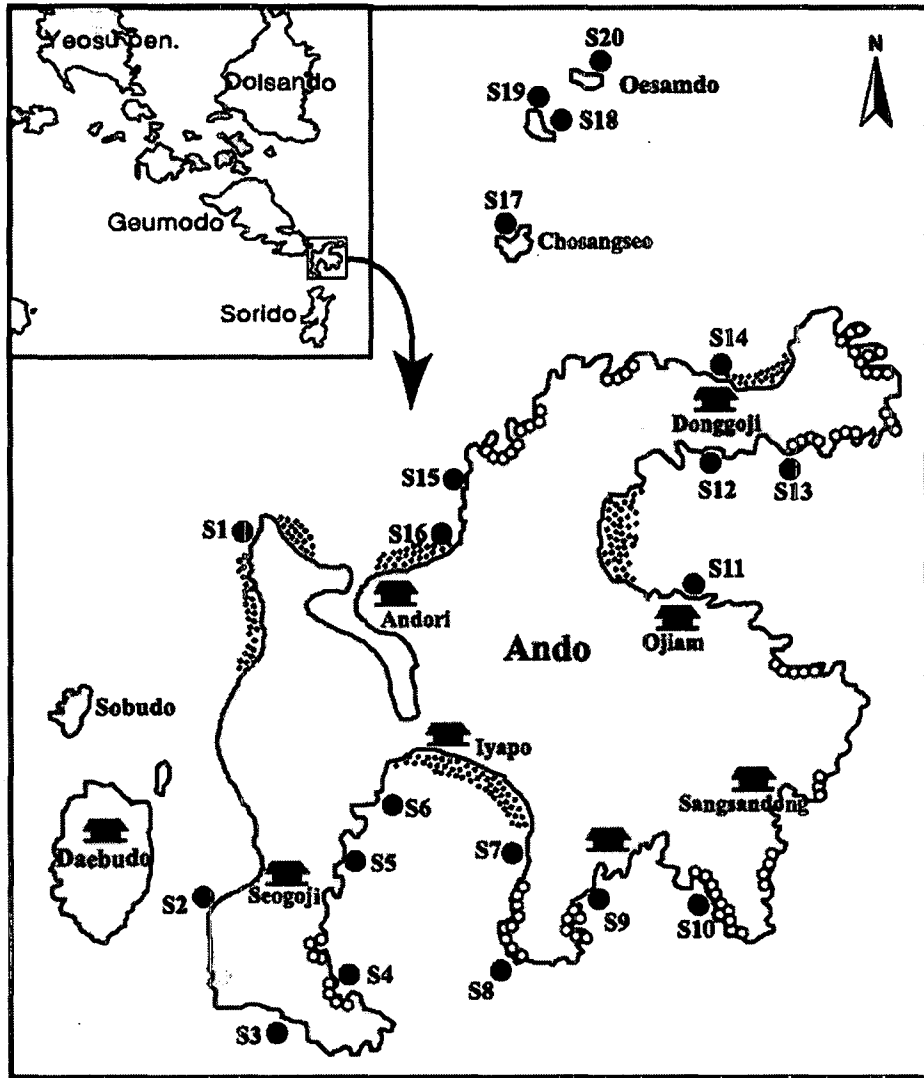


그림 3-1-1. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점.

(2) 기질특성조사

해조류가 부착할 수 있는 암반기질의 특성(경사도, 수직범위, 퇴적물의 양)은 2005년 4월에 해조군집특성조사와 병행하여 실시되었다. 경사도는 암반기질이 끝나는 해저면을 기준으로 해안 쪽으로 뺀어있는 암반의 경사를 의미하며, 그 값이 클수록 기질의 경사가 급격함을 나타낸다. 경사도는 피타고라스 정리와 삼각함수를 이용하여 추정하였다. 우선 조고의 기준면(datum)에서 암반기질이 끝나는 지점까지 경사면의 거리를 c (직각삼각형의 빗변), 그리고 그 수심을 b (직각삼각형의 높이)라 보고, c 는 군집조사 시 설치된 line transect(줄자)의 눈금으로 확인하였고, b 는 잠수계이기에 붙어있는 수심계로 확인하였다. 그런 다음 수평거리 a (직각삼각형의 밑변)를 $\text{square root}(c^2 - b^2)$ 의 식으로 계산하였고, 경사도는 $\text{Arccosine}(b/c) \times 57.3$ 의 식으로 구하였다.

암반기질의 수직범위는 암반기질이 끝나고 연성저질이 분포하기 시작하는 지점의 수심을 의미하며, 이는 전술된 b에 해당한다.

퇴적물의 양은 암반기질에 피복된 퇴적물(대개 silt)의 양을 의미하며, 3가지 정성적 카테고리(0: 없음, 1: 약간 있음, 2: 심함)로 분류하였다. 대부분 조사지점의 수심 1m에서는 파도에너지로 인해 암반에 침적된 퇴적물이 거의 관찰되지 않았고, 반면 수심 7m 이상은 연성저질이거나 또는 퇴적물의 재부유로 인해 많은 양의 silt가 암반에 침적되어있었다. 이런 까닭에 수심 3~5m에 분포하는 암반에 침적된 퇴적물의 양을 기준으로 비교하였다.

(3) 광량분포

광량은 2004년 11월 조사하였다. 매 조사지점에서 선박을 계류한 후 cosine-corrected underwater PAR sensors(LiCor LI-1400)을 이용하여 표층과 수심 3, 6m에서 3분간의 photosynthetic photon flux density를 누적하여 측정하였고, 소광계수(k)를 Beer-Lambert expression ($I_z = I_s \times e^{-kz}$)으로 구하였다.

(4) 경쟁생물

2004년 10월과 2005년 4월 두 차례에 걸쳐 실시된 해조군집특성조사에서 애기삿갓조개(*Cellana fireuma*), 바다방석고둥(*Omphalius pfeifferi pfeifferi*), 보라성게(*Anthocidaris crassipina*), 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*), 소라(*Baltillus cornutus*), 전복(*Haliotis discus*) 등 다양한 종류의 초식자(grazer)가 높은 밀도로 전 조사지점에 걸쳐 분포하는 것으로 나타났다. 더욱이 이들 초식자의 섭식활동으로 인해 해조류를 풍도가 전반적으로 매우 낮은 것으로 나타났고, 이것은 해조류의 생산력에 비해 이들을 소비하는 2차 소비자의 생물량이 과도하게 높다는 것을 나타낸다. 그러므로 이들 여러 가지 초식자 중 상업성이 없는 것들은 지속적으로 구제하는 가운데, 서식지 개선 및 이식(transplant) 등의 작업을 통해 해조류의 생물량을 증대시켜야 할 것이다.

경쟁생물 조사는 2004년 10월과 2005년 4월에 해조군집특성조사와 동일한 방법으로 수행되었다. 즉, 총 20개 조하대 조사지점 각각에서 해안선과 수직된 하나의 line transect를 설치하였고, 조고의 기준면(datum) 이하 수심 1, 3, 5, 7m에 존재하는 초식동물의 개체수를 50×50cm의 방형구를 이용하여 계수하였다. 각 수심에서는 설치된 line transect를 기준으로 수평거리 10m 범위 내에 최소 3개의 방형구를 설치하고, 얻어진 자료를 방형구 간 평균하여 나타내었다.

(5) 연성저질의 퇴적특성

연성저질의 C/N 함량과 퇴적상은 2005년 4월에 조사하였다. 즉 매 조사지점에서 SCUBA diving으로 암반기질이 끝나고 연성저질로 이어지는 부근에 도달한 후, PVC 코

어를 이용하여 표층 퇴적물(~200g-wet wt.)을 채집한 후, 그 즉시 냉동·보관하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 운반된 시료의 일부를 취해 105℃에서 하루이상 건조시킨 후, 막자사발로 갈아 Φ 0.5mm 체로 걸러 주석용기(Tin capsule)에 5~10mg 정도를 담아서 CHN analyzer(CE Instrument, EA1110)로 측정하였다. 또한 운반된 시료의 일부를 취해 유기물과 탄산염을 제거한 후 습식체질을 하여 Sedigraph 5000D 입도분석기를 이용하여 입도를 분석하였다.

(6) 환경특성분석

조사된 5가지 환경변수(기질의 경사도, 수직범위, 퇴적물의 양, 광량, 초식동물의 밀도)를 몇 개의 주성분으로 줄이고, 이 주성분과 20개 조사지점 간의 관계를 밝히기 위해 주성분분석(principal component analysis, PCA)을 실시하였다. 사용된 자료는 광량을 제외하고는 2005년 4월에 수집된 것들이다. 초식동물은 그 대표종인 보라성게만을 대상으로 하였고, 수심 3~5m에서 측정된 밀도를 사용하였다. 각각의 환경변수는 서로 다른 단위로 측정되었기 때문에 PCA는 correlation matrix로 수행되었다. PCA에서는 Eigenvalue가 1.0보다 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 상관관계를, 90도를 이룰 경우에는 상관이 전혀 없음을, 그리고 180도를 이룰 경우에는 매우 높은 음의 상관관계를 나타낸다.

조사해역에서 해조군집의 풍도를 지배하는 주요 환경변수는 무엇인가를 알기위해 multiple regression을 실시하였다. 종속변수는 2005년 4월 이 지역 조하대 해조군집을 대표하는 수심 3m에서 측정된 해조류의 피도이며, 독립변수로서는 기질의 경사도, 수직범위, 광량, 그리고 수심 3~5m의 퇴적물의 양과 보라성게의 밀도가 사용되었다. 해조류의 피도를 제외한 5개 변수가 정규분포를 하는지를 알기 위해 multiple regression normal procedure를 이용하여 자료를 스크린 하였고, 2개의 환경변수가 정규분포를 하지 않았기 때문에 multiple regression with forward variable selection으로 해조류의 피도와 환경변수와의 관계를 분석하였다.

나. 해중림 조성

(1) 종묘이식

해중림 조성은 본 조사해역에서는 드물게 출현하지만, 해역의 환경특성(광량분포, 기질특성)을 고려해 볼 때, 향후 이 해역에서 해중림으로 충분히 기능할 수 있다고 판단되는 곶피(*Ecklonia stolonifera*)를 대상으로 하였다. 2004년 9월에 통영바다목장 해역 내에 위치한 대장두도 수심 5m에서 성숙한 곶피 모조의 성숙부위만을 채집하고, 엽상체(blade)에

붙은 부착동물 및 이물질을 제거한 후 아이스박스에 담아 한국해양연구원 조류실험실로 운반하였다. 운반 후에는 모조로 포자의 원만한 방출을 유도하기 위해 엽상체를 겹쳐 아이스박스에 채운 후 상온에서 24시간 보관하였다. 24시간 후에는 엽상체를 아이스박스로부터 꺼내 채묘틀(Φ 1.5mm 채묘줄이 감긴 50x60cm의 크기)이 바닥에 깔린 2M/T 수조(수조에는 약 0.5 톤의 해수가 담겨져 있음)에 담아 휘젓거나 또는 비벼 포자가 모조로부터 방출되어 채묘줄에 착생하도록 유도하였다. 채묘 후 일주일 동안에는 상온조건에서 약 $1\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광량으로 배양하였고, 포자가 채묘줄에 완전히 착생하였다고 판단되는 일주일 이후에는 수온 15°C , 광량 $20\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 배양하였다(그림 3-1-2, A, B). 배양은 해조어초가 준비되는 기간을 고려하여 2005년 1월 중순까지 계속되었고, 2005년 2월 중순에는 전남 다도해 바다목장 해역으로 운반하여 수심 2m에서 약 2개월 양성한 후 그림 3-1-1의 S16에 투입된 해조어초에 이식하였다(그림 3-1-2, C, D).

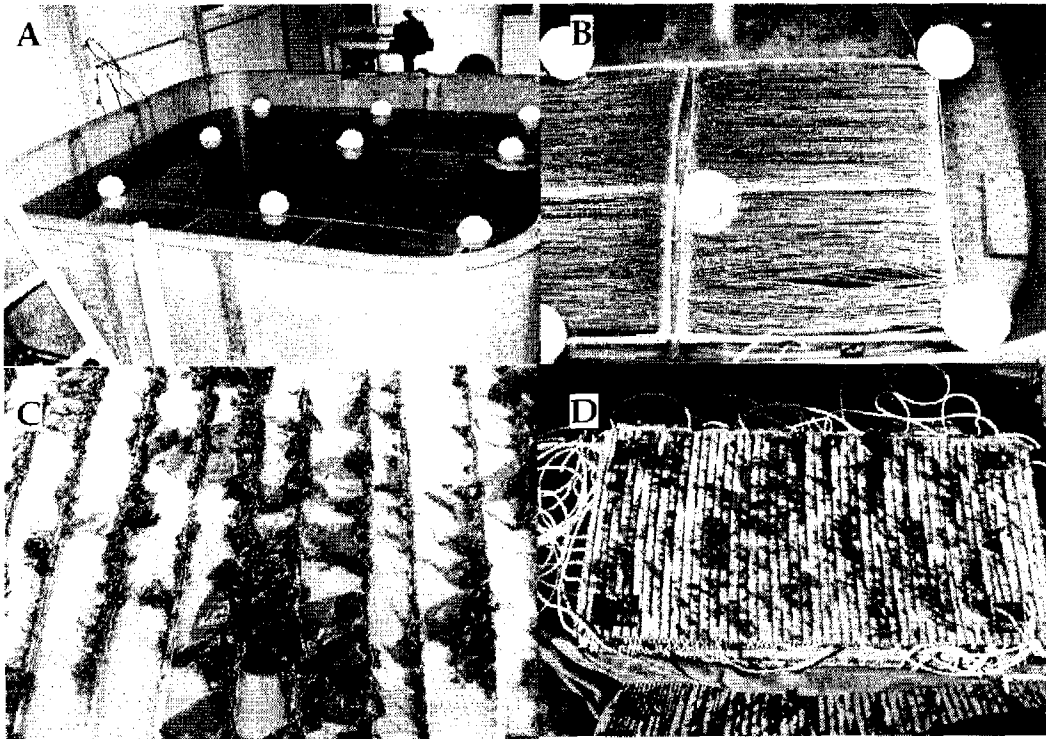


그림 3-1-2. 전남 다도해 바다목장해역 해중림 조성을 위한 곱피 실내배양 및 현지양성.

(2) 해조어초

전남 다도해 바다목장 해역에서 해중림 조성에서는 통영바다목장사업에서 설계된 해조어초를 이용하였다(그림 3-1-3~4). 해조어초의 설계개념은 무엇보다도 이식 또는 자연 채묘된 해조류의 성장과 생존에 적합하여야 한다는 것이다.

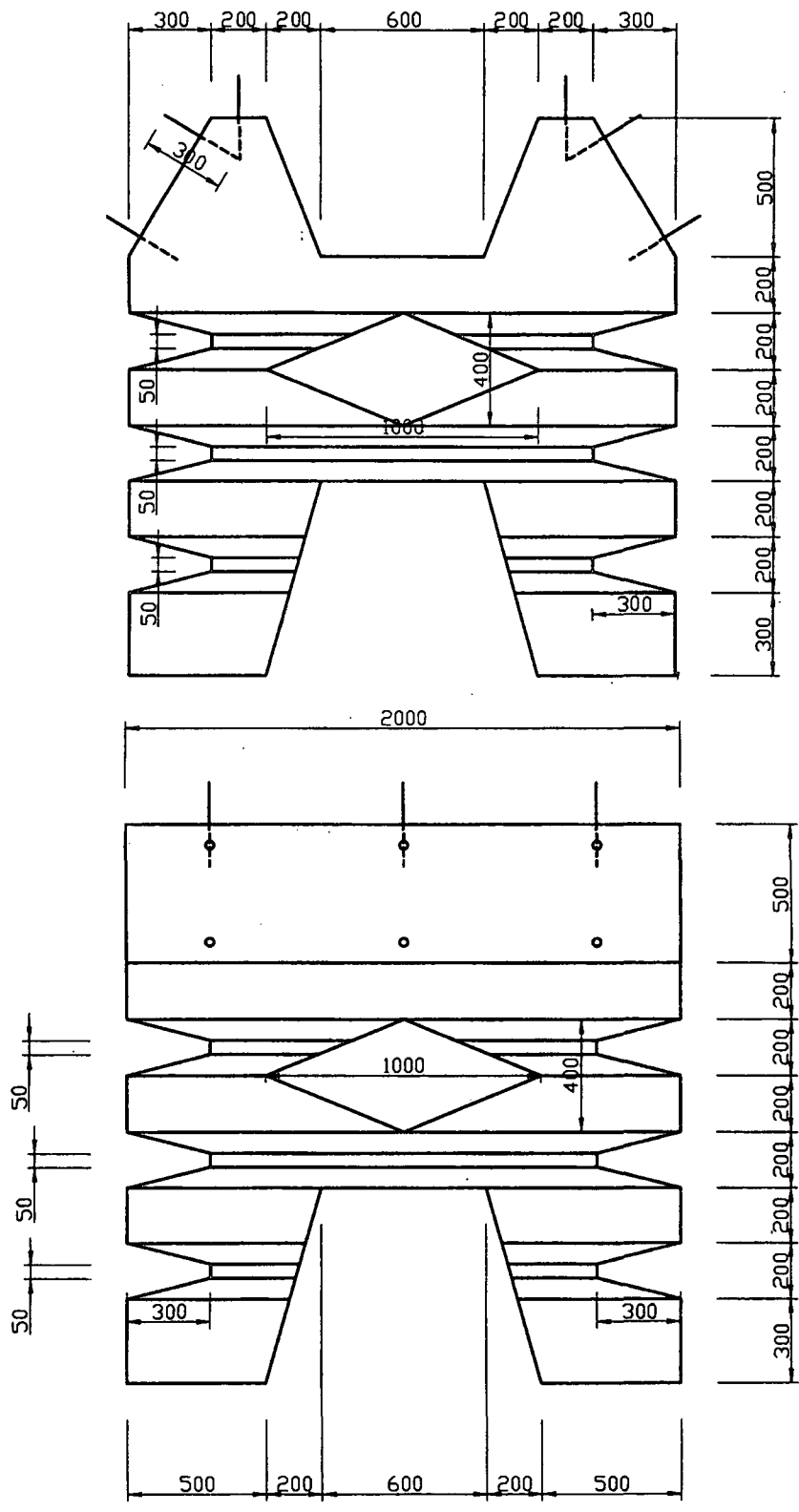


그림 3-1-3. 전남 다도해 바다목장에 해중립 조성을 위해 투입된 해조어초의 설계도.

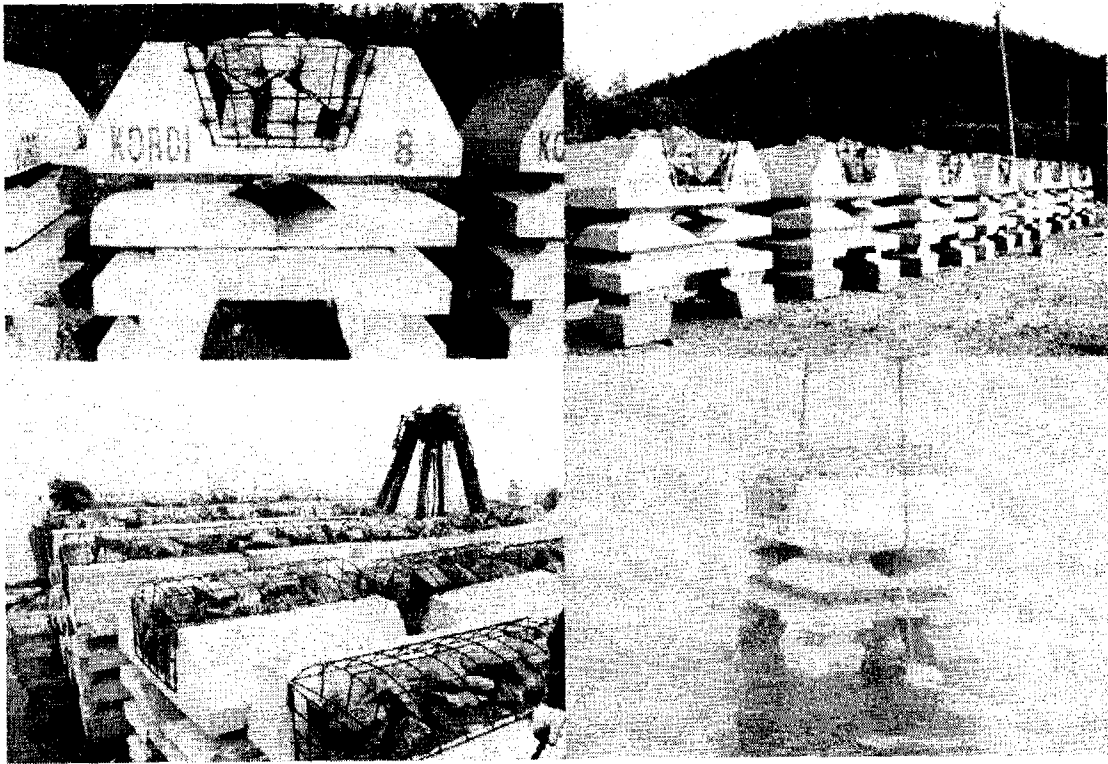


그림 3-14. 전남 다도해 바다목장에 해중립 조성을 위해 투입된 해조어초(투입직전).

특히 본 바다목장해역과 같이 저층의 퇴적물이 니질로 이루어져 왕성히 재부유되는 곳에서는 이식된 어린 개체 또는 자연 가입된 포자들이 퇴적물에 의해 쉽게 파 몰일 수 있기 때문에 이러한 점들을 고려하여 해조어초를 설계하였다. 동 어초에서는 식물이 광합성에 필요로 하는 빛이 있어 잘 자랄 수 있는 윗면의 양 가장자리를 경사지게 함으로써 해수유동에 의해 가능한 퇴적물의 침적을 방지하고자 하였다. 또한 자연적인 채묘도 가능하나, 보다 적극적인 방법으로 실내에서 채묘된 종묘를 부착판에 감고 이를 손쉽게 탈착하도록 고안하여 종묘의 성장이 불량할 경우 재조정이 가능하도록 배려하였다. 또한 윗면 중앙부에 경사진 홈을 줌으로써 해수유동에 의한 퇴적물의 제거(shear effect)를 가능케 하였다. 어초의 중앙부에 구멍을 뚫고, 또 밑면에 홈을 냄으로써 해조류 수관(canopy)에 의한 빛 차단 외에도 인위적인 그늘을 제공하여 보다 나은 어패류의 은신처를 제공하고 자 하였다. 또한 옆면에서는 길게 찢어진 홈을 뚫음으로써 전복 등의 소형 복족류가 살아갈 수 있도록 설계하였다. 특히 어초의 크기를 $2 \times 2 \times 2\text{m}^3$ 크기로 제작하고, 하중(8.0M/T)을 많이 줌으로써 강한 조류에도 견딜 수 있도록 하였다. 다만 이 어초는 조류가 강하여 니질의 퇴적물이 씻겨 없어진 단단한 사질이나 암반에 적합한 형태이다. 대개 이러한 곳은 해조류가 필요로 하는 영양염 공급과 노폐물 처리가 매우 용이하기 때문에 해중립 조성이 손쉽게 이루어지는 곳이다. 또한 상부 중앙에 자연석을 쇠로된 cage에 채우는 방식을 채택하여 이식된 곰피가 가근에서 새로운 개체를 생성하고 이 개체들이 중앙부분의 자연

석을 점령하도록 배려하였다.

다. 잘피밭 분포현황 및 이식가능면적 추정

잘피분포 현황을 육로 및 선박과 어업인 청취를 통하여 잘피분포 현황조사를 실시하였고, 밀도는 30×30cm 방형구로 측정하였다. 형태학적인 특성조사는 2005년 5월에 실시하였으며, 잘피를 실험실에서 각 부위별 길이 및 무게를 측정하여, 거제도에 분포하는 잘피의 2004년 5월 자료와 비교 고찰 하였다. 또한, 이를 토대로 전남 다도해 바다목장해역 중 이식 가능한 면적을 추정 하였다.

3. 결과 및 토의

가. 해조군집 광역조사

(1) 군집특성조사

2004년 10월과 2005년 4월 20개 조사지점의 조하대 수심 1m부터 조사된 해조류 (crustose coralline algae 제외)의 목록은 표 3-1-2와 같다. 2004년 10월에는 녹조류 2종, 갈조류 8종, 홍조류 16종으로 총 26종이 관찰되었고, 2005년 4월에는 녹조류 5종, 갈조류 15종, 홍조류 23종을 포함한 총 43종이 관찰되었다. 이중 미역(*Undaria pinnatida*), *Ecklonia*, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*) 등의 대형 갈조류는 1단계 2차년도 보고서에서도 언급한 바와 같이 이 해역 해중립 조성을 위한 대상종이며, 2005년 4월 조사에서 장소에 따라 대규모 patch를 이루는 것으로 나타났다(그림 3-1-5).

각 조사지점에서 수심별로 조사된 주요 해조류의 피도는 표 3-1-3~4와 같고, 이 자료를 토대로 해조류의 수직분포범위, 수심별 피도변화, 평균피도를 도시한 것은 그림 3-1-6~9와 같다. 이때 평균피도는 이 지역 해조류의 주요 분포범위인 수심 1~5m을 대상으로 2m 간격(1, 3, 5m)으로 조사된 자료를 pooling하여 평균한 값이다. 2004년 10월의 경우, 조사된 20개 지점에서 해조류가 분포할 수 있는 수직범위는 최대 5m로 나타났으며, S1, 4, 5, 7, 19와 같은 곳은 해조류가 수심 1m까지만 분포하는 것으로 나타났다(그림 3-1-7). 2005년 4월에는 최대 9m까지 분포하는 것으로 나타났으며, S9, 10, 18에서는 수직범위가 증가하는 경향을 보였으나, S6, 8, 14, 15에서는 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 계절적 변동은 해조류가 가지는 내재적 속성인 생장양상의 계절변동과 생물학적 외적요인으로서의 초식작용, 그리고 물리·화학적 환경요인의 계절변동 등과 관련이 있는 것으로 풀이된다.

표 3-1-2. 2004년 10월과 2005년 4월 20개 조사지점에서 조사된 해조류의 목록

종명	국명	2004년 10월	2005년 4월	비고
Chlorophyta				
<i>Enteromorpha linza</i>	잎파래		+	
<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래	+	+	
<i>Codium adhaerens</i>	떡창각		+	
<i>Codium coactum</i>	누운창각		+	
<i>Codium fragile</i>	창각	+	+	
Phaeophyta				
<i>Giffordia mitchellae</i>	밋첼긴털실말		+	
<i>Colpomenia bullosa</i>	긴불레기말		+	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	불레기말	+	+	
<i>Endarachne binghamiae</i>	미역쇠		+	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	고리매		+	
<i>Desmarestia viridis</i>	쇠꼬리산말		+	
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역		+	
<i>Ecklonia juvenile</i>			+	
<i>Dictyopteris latiuscula</i>	넓은뼈대그물말	+	+	
<i>Dictyopteris prolifera</i>	가시뼈대그물말		+	
<i>Dictyota dichotoma</i>	참그물바탕말	+	+	
<i>Padina crassa</i>	분부챗말	+	+	
<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	+	+	
<i>Sargassum micracanthum</i>	잔가시모자반	+	+	
<i>Sargassum piluliferum</i>	구슬모자반	+	+	
<i>Sargassum sagamianum</i>	비틀대모자반	+	+	
Rhodophyta				
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가시리	+	+	
<i>Pterocladia capillacea</i>	개우무	+	+	
<i>Amphiroa beauvoisii</i>	고리마디게발	+	+	
<i>Amphiroa dilatata</i>	넓은게발	+	+	
<i>Corallina pilulifera</i>	작은구슬산호말	+	+	
<i>Marginisporum aberrans</i>	방향게발혹		+	
<i>Carpopeltis cornea</i>	붉은까막살	+	+	
<i>Carpopeltis prolifera</i>	부채까막살		+	
<i>Grateloupia filicina</i>	참지누아리	+	+	
<i>Grateloupia turuturu</i>	미끌지누아리	+	+	
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	참도박			
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	개도박	+	+	
<i>Callophyllis adhaerens</i>	좁은붉은잎		+	
<i>Plocamium telfairiae</i>	참팍술이	+		
<i>Hypnea charoides</i>	참가시우무		+	
<i>Gracilaria textorii</i>	잎꼬시래기	+	+	
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	부챗살			
<i>Chondrus crispus</i>	주름진두발	+	+	
<i>Gigartina tenella</i>	들가사리		+	
<i>Rhodymenia intricata</i>	두갈래분홍치		+	
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	+	+	
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>	석묵	+		
<i>Ceramium tenerrimum</i>	털비단풀		+	
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎		+	
<i>Myriogramme crozieri</i>	줄엷은잎	+	+	
<i>Heterosiphonia japonica</i>	엇가지풀	+	+	
<i>Polysiphonia japonica</i>	떨기나무붉은실		+	
<i>Symphocladia pennata</i>	애기보라색우무		+	

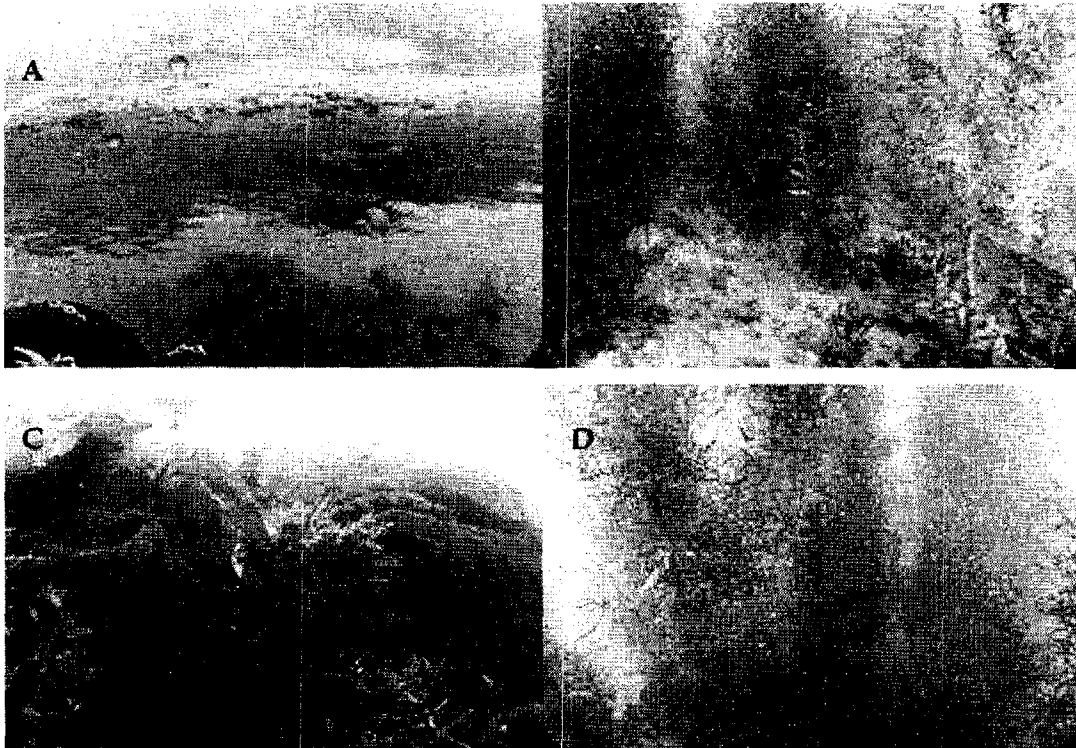


그림 3-1-5. 안도주변 해역에서 출현하는 주요 대형 갈조류가 이루는 대규모 patch(A: S16 연안, B: S18 수심 1m, C, D: S16 수심 5m).

조사된 20개 지점에 분포하는 해조류의 수직분포는 두 계절 공히 수심이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다(그림 3-1-7~8). 이는 수심이 깊어질수록 감소하는 광량과 반대로 수심이 깊어질수록 증가하는 초식압(grazing pressure)과 기질 위 퇴적물의 양(sediment loading) 등 여러 가지 생물·무생물학적 환경요인의 복합적 작용에 의한 것이라 판단된다.

조사된 20개 지점의 수심 1~5m에서 나타난 해조류의 평균피도는 2004년 10월에는 1~70%의 범위를, 그리고 2005년 4월에는 3~66%의 범위를 보였다(그림 3-1-9). 2004년 10월 S1, 5, 19에서의 평균피도는 1%로 대단히 낮았고, S8, 9, 13, 15를 제외한 나머지 조사지점에서도 50% 이하의 피도를 보였다. 2005년 4월에는 2004년 10월보다 더 낮아져 S18을 제외하고는 모든 조사지점이 50% 이하의 값을 보였다.

표 3-1-5는 2004년 10월과 2005년 4월에 서고지 부근의 S2, 안도리 주변 S15, 그리고 초상서 주변의 S17에서 수심별로 해조군집의 현존량을 측정된 것이다. 조사된 3개 지점의 현존량은 수심 1m에서는 37~309 g-wet wt/0.25m², 수심 3m에서는 5.5~162 g-wet wt/0.25m², 그리고 수심 5m에서는 1~66 g wet wt/0.25m²로 대단히 낮았다.

표 3-1-3. 2004년 10월 20개 조사지점에서 수심별로 조사된 해조류의 피도

수심별 출현종	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 1m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										3
<i>Amphiroa dilatata</i>										
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>										8
<i>Carpopeltis cornea</i>									5	10
<i>Codium fragile</i>	1									
<i>Colpomenia sinuosa</i>				5	5		23			
<i>Corallina pilulifera</i>			60			5		40	25	35
<i>Dictyota dichotoma</i>										5
<i>Gelidium amansii</i>		50		30				20	20	
<i>Grateloupia filicina</i>										10
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Lomentaria catenata</i>								1	10	
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	1	15	1			1		15	10	
<i>Padina crassa</i>						1				
<i>Pterocladia capillacea</i>						2				
<i>Sargassum horneri</i>			20							15
<i>Sargassum micracanthum</i>										2
<i>Sargassum sagamianum</i>						15		15	20	
<i>Ulva pertusa</i>	1	20	1				25			
Total	3	85	82	35	5	24	48	91	90	88
Depth of 3m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>								10	60	20
<i>Carpopeltis cornea</i>									3	
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Codium fragile</i>			1							
<i>Colpomenia sinuosa</i>						10				6
<i>Dictyopteris latiuscula</i>										
<i>Gelidium amansii</i>			10							6
<i>Grateloupia turuturu</i>										1
<i>Myriogramme crozieri</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>										
<i>Padina crassa</i>						1			1	
<i>Plocanium telfairiae</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Sargassum horneri</i>						12		1	25	25
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Ulva pertusa</i>		10	25					60	1	1
Total	0	10	36	0	0	23	0	71	90	59
Depth of 5m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>									15	5
<i>Codium fragile</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>						1		25	1	
<i>Gracilaria textorii</i>										
<i>Heterosiphonia japonica</i>						15				3
<i>Padina crassa</i>						1				
<i>Pterocladia capillacea</i>									1	
<i>Sargassum horneri</i>						2			10	15
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum piluliferum</i>										
<i>Ulva pertusa</i>								45	1	1
Total	0	0	0	0	0	19	0	70	28	24

표 3-1-3. 계속

수심별 출현종	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 1m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>								10		
<i>Amphiroa dilatata</i>										
<i>Campylaephora hypnaeoides</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>										45
<i>Codium fragile</i>							5		1	
<i>Colpomenia sinuosa</i>		5								
<i>Corallina pilulifera</i>		60	70	30				40	1	30
<i>Dictyota dichotoma</i>										
<i>Gelidium amansii</i>	50	5			35	25	25	30		2
<i>Grateloupia filicina</i>								1		
<i>Grateloupia turuturu</i>							1			
<i>Lomentaria catenata</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	25	5			15	15				1
<i>Padina crassa</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Sargassum horneri</i>									1	
<i>Sargassum micracanthum</i>										
<i>Sargassum sagamianum</i>		6	15	30						
<i>Ulva pertusa</i>					15	25	20	1		1
Total	75	81	85	60	65	65	51	82	3	79
Depth of 3m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		15	45					30		25
<i>Carpopeltis cornea</i>								3		1
<i>Chondrus crispus</i>										1
<i>Codium fragile</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>										
<i>Dictyopteris latiuscula</i>								1		
<i>Gelidium amansii</i>	20				20	25				5
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Myriogramme crozieri</i>					3	15				
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	40	1			25	5		1		
<i>Padina crassa</i>			1							
<i>Plocamium telfairiae</i>						10				
<i>Pterocladia capillacea</i>		20								
<i>Sargassum horneri</i>			10				1			1
<i>Sargassum micracanthum</i>			3			20				
<i>Ulva pertusa</i>				10	15	10				1
Total	60	36	59	10	63	85	1	35	0	34
Depth of 5m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		25	35							10
<i>Codium fragile</i>					10					
<i>Colpomenia sinuosa</i>			1							
<i>Gracilaria textorii</i>	10							1		
<i>Heterosiphonia japonica</i>					30					
<i>Padina crassa</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Sargassum horneri</i>		1	2					1		1
<i>Sargassum micracanthum</i>			1							
<i>Sargassum piluliferum</i>			1							
<i>Ulva pertusa</i>										
Total	10	26	40	0	40	0	0	2	0	11

표 3-1-4. 2005년 4월 20개 조사지점에서 수심별로 조사된 해조류의 피도

수심별 출현종	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 1m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>					35				1	
<i>Amphiroa dilatata</i>									5	
<i>Carpopeltis cornea</i>		35							5	
<i>Ceramium tenerrimum</i>										
<i>Chondrus crispus</i>		2								
<i>Codium adhaerens</i>			1						2	
<i>Colpomenia sinuosa</i>				2	10	1	1			
<i>Corallina pilulifera</i>		20	4	2				3	3	5
<i>Desmarestia viridis</i>										
<i>Dictyopteris prolifera</i>										
<i>Dictyota dichotoma</i>			2		5					
<i>Endarachne binghamiae</i>										
<i>Enteromorpha linza</i>	20						15			
<i>Gelidium amansii</i>		5				40			3	12
<i>Giffordia mitchellae</i>										
<i>Gigartina tenella</i>		1			12				25	12
<i>Grateloupia filicina</i>					1					
<i>Grateloupia turuturu</i>										
<i>Heterosiphonia japonica</i>										
<i>Hypnea charoides</i>										
<i>Lomentaria catenata</i>		1			3				1	
<i>Marginisporum aberrans</i>									1	
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>		15			4	25			5	10
<i>Padina crassa</i>					1			1		
<i>Polysiphonia japonica</i>										
<i>Pterocladia capillacea</i>					3					
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum horneri</i>			1					5		
<i>Sargassum sagamianum</i>			30		10			15	30	35
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	1			30						
<i>Ulva pertusa</i>		1		1			70	1		
<i>Undaria pinnatifida</i>	15	1	15	5					5	
Total	36	81	53	40	84	66	86	25	86	74
Depth of 3m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>									45	
<i>Carpopeltis cornea</i>										1
<i>Chondrus crispus</i>										
<i>Codium fragile</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>					15					1
<i>Corallina pilulifera</i>										3
<i>Desmarestia viridis</i>										
<i>Dictyopteris latiuscula</i>										
<i>Gelidium amansii</i>										3
<i>Gigartina tenella</i>										10
<i>Gracilaria textorii</i>										
<i>Heterosiphonia japonica</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>										1
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum horneri</i>			5		5				2	15

표 3-1-4. 계속

수심별 출현종	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<i>Sargassum micracanthum</i>										5
<i>Ulva pertusa</i>										
<i>Undaria pinnatifida</i>										
Total	0	0	5	0	20	0	0	0	47	39
Depth of 5m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Callophyllis adhaerens</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>									15	
<i>Desmarestia viridis</i>										
<i>Gelidium amansii</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>										
<i>Heterosiphonia japonica</i>										
<i>Myriogramme crozieri</i>										
<i>Polysiphonia japonica</i>										
<i>Rhodymenia intricata</i>										
<i>Sargassum horneri</i>									5	20
<i>Undaria pinnatifida</i>										
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
Depth of 7m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Amphiroa dilatata</i>										1
<i>Callophyllis adhaerens</i>										
<i>Codium coactum</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>									2	
<i>Ecklonia juvenile</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>										1
<i>Heterosiphonia japonica</i>										20
<i>Myriogramme crozieri</i>										
<i>Sargassum horneri</i>										12
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	2	34
Depth of 9m										
<i>Heterosiphonia japonica</i>										
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

표 3-1-4. 계속

수심별 출현종	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 1m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>										
<i>Amphiroa dilatata</i>										
<i>Carpopeltis cornea</i>	10					20		3		3
<i>Ceramium tenerrimum</i>										15
<i>Chondrus crispus</i>	2	1			1	1				10
<i>Codium adhaerens</i>										
<i>Colpomenia sinuosa</i>	1			3		1	1			
<i>Corallina pilulifera</i>	1	2		3				1		1
<i>Desmarestia viridis</i>						1				
<i>Dictyopteris prolifera</i>	1									
<i>Dictyota dichotoma</i>										
<i>Endarachne binghamiae</i>					1					
<i>Enteromorpha linza</i>				1						
<i>Gelidium amansii</i>	20	20			10	15	10	15		15
<i>Giffordia mitchellae</i>							5			1
<i>Gigartina tenella</i>	10	14				5		2		
<i>Grateloupia filicina</i>										
<i>Grateloupia turuturu</i>					1					
<i>Heterosiphonia japonica</i>							3			
<i>Hypnea charoides</i>						2				
<i>Lomentaria catenata</i>	1			32	5	1		3	1	15
<i>Marginisporum aberrans</i>										
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	20	6			15	20	1	2		
<i>Padina crassa</i>										
<i>Polysiphonia japonica</i>							3			
<i>Pterocladia capillacea</i>										
<i>Rhodymenia intricata</i>	1									15
<i>Sargassum horneri</i>	1			1				1	1	
<i>Sargassum sagamianum</i>	15		2	1				30	1	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>				1						
<i>Ulva pertusa</i>				1	2	20	3		1	
<i>Undaria pinnatifida</i>	12	5	1	2	40	10	15	20	1	
Total	95	48	3	45	75	96	41	77	5	75
Depth of 3m										
<i>Acrosorium flabellatum</i>										3
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		1						65		1
<i>Carpopeltis cornea</i>						2		2		
<i>Chondrus crispus</i>	1									
<i>Codium fragile</i>						1				
<i>Colpomenia sinuosa</i>	1	1								
<i>Corallina pilulifera</i>										
<i>Desmarestia viridis</i>										1
<i>Dictyopteris latiuscula</i>						10				
<i>Gelidium amansii</i>	12	20						1		3
<i>Gigartina tenella</i>										
<i>Gracilaria textorii</i>						3				
<i>Heterosiphonia japonica</i>										5
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	16	15				3		2		
<i>Rhodymenia intricata</i>	8									5
<i>Sargassum horneri</i>	1	2	5			10				5

표 3-1-4. 계속

수심별 출현종	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
<i>Sargassum micracanthum</i>								2		
<i>Ulva pertusa</i>	1					3				1
<i>Undaria pinnatifida</i>	1					10				
Total	41	39	5	0	0	44	0	72	0	24
Depth of 5m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>								30		
<i>Callophyllis adhaerens</i>								1		
<i>Colpomenia sinuosa</i>		1								
<i>Desmarestia viridis</i>								1	1	
<i>Gelidium amansii</i>	10									
<i>Gracilaria textorii</i>	1							10		
<i>Heterosiphonia japonica</i>						10		1	1	
<i>Myriogramme crozieri</i>								1		
<i>Polysiphonia japonica</i>						5				
<i>Rhodomenia intricata</i>	2									
<i>Sargassum horneri</i>	5	5	3					5	1	3
<i>Undaria pinnatifida</i>								1	1	
Total	18	6	3	0	0	15	0	50	4	3
Depth of 7m										
<i>Amphiroa beauvoisii</i>								12		
<i>Amphiroa dilatata</i>										
<i>Callophyllis adhaerens</i>								1		
<i>Codium coactum</i>								1		
<i>Colpomenia sinuosa</i>										
<i>Ecklonia juvenile</i>								1		
<i>Gracilaria textorii</i>								3		
<i>Heterosiphonia japonica</i>								1		
<i>Myriogramme crozieri</i>								1		
<i>Sargassum horneri</i>										
Total	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Depth of 9m										
<i>Heterosiphonia japonica</i>								2		
Total	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0

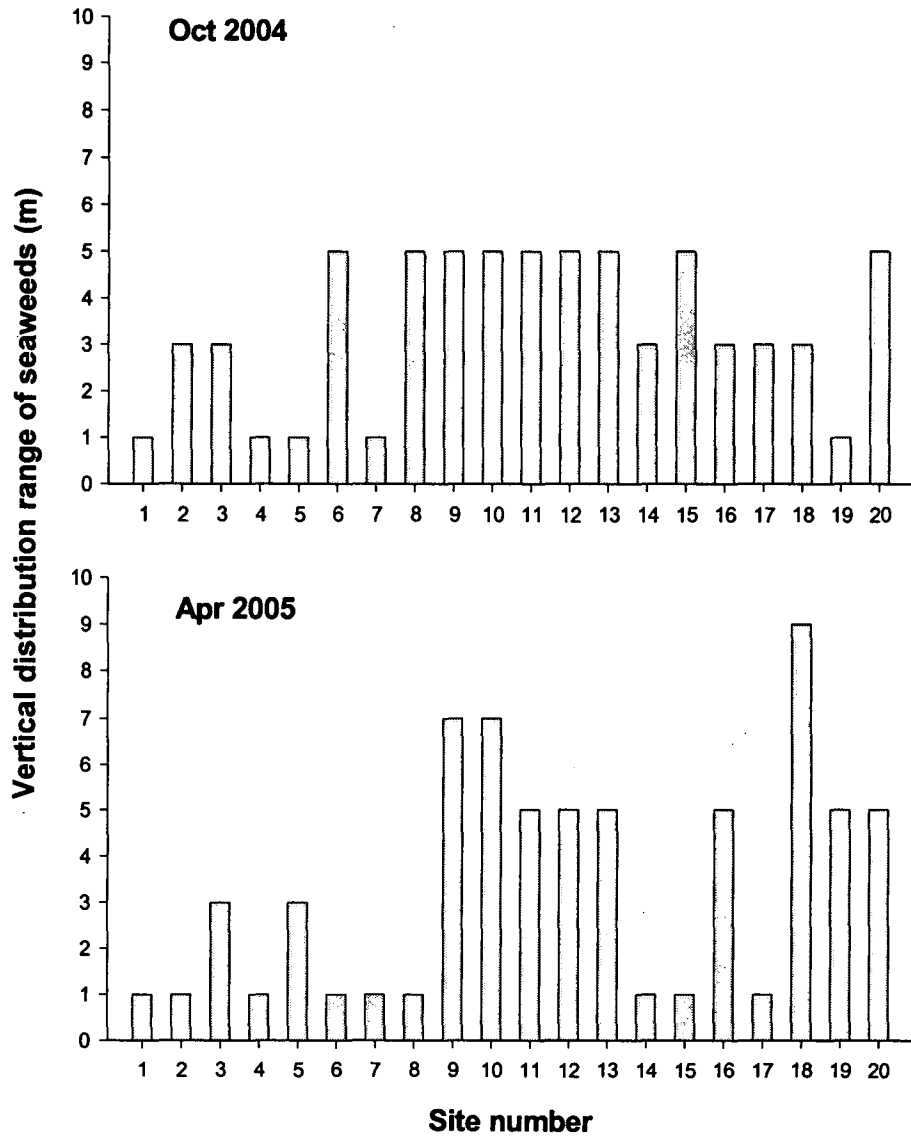


그림 3-1-6. 안도 주변 20개 조사지점에서 나타난 지점별 해조류의 수직분포범위.

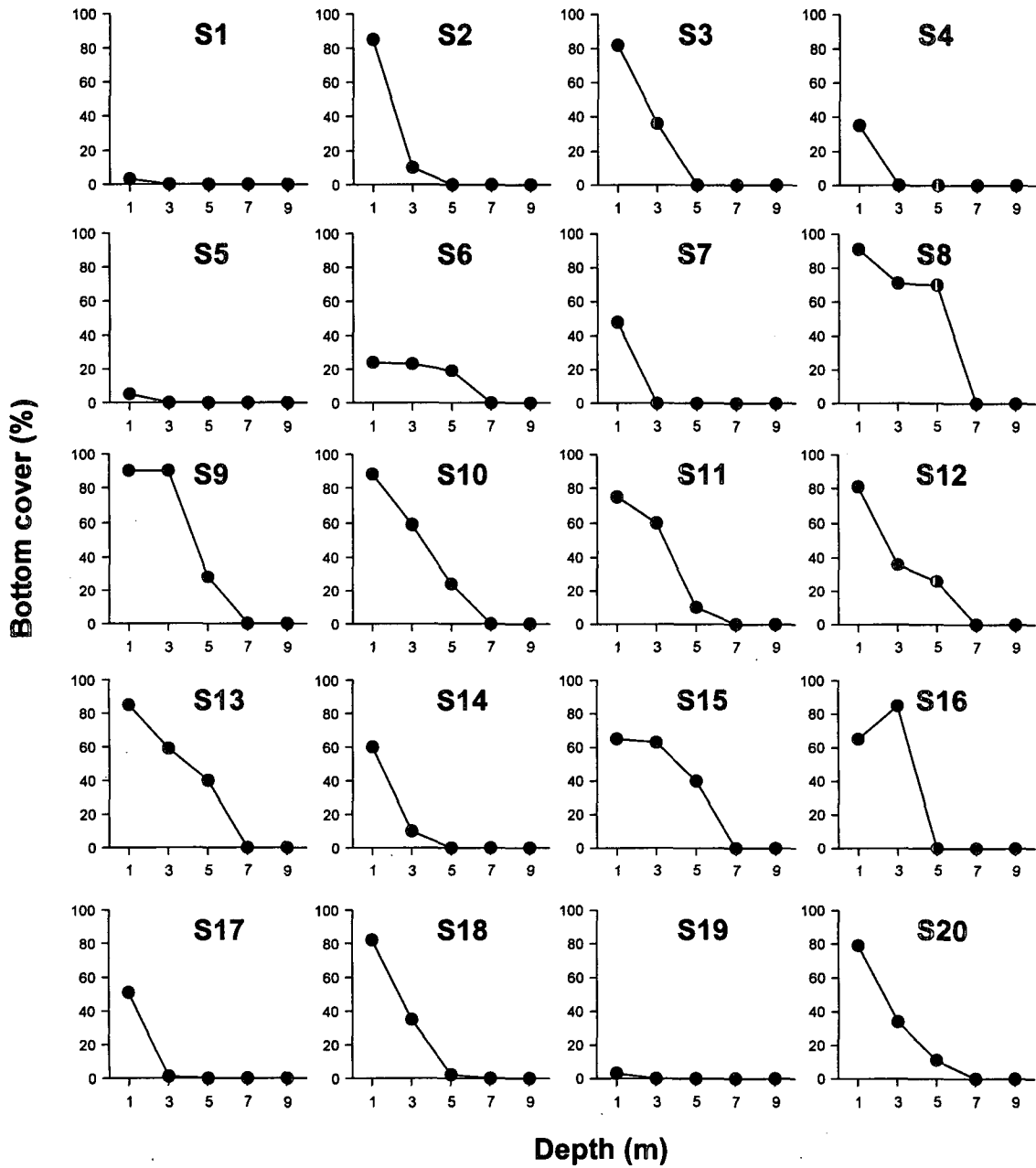


그림 3-1-7. 안도 주변 20개 조사지점에 분포하는 해조류의 수심별 피도(2004년 10월).

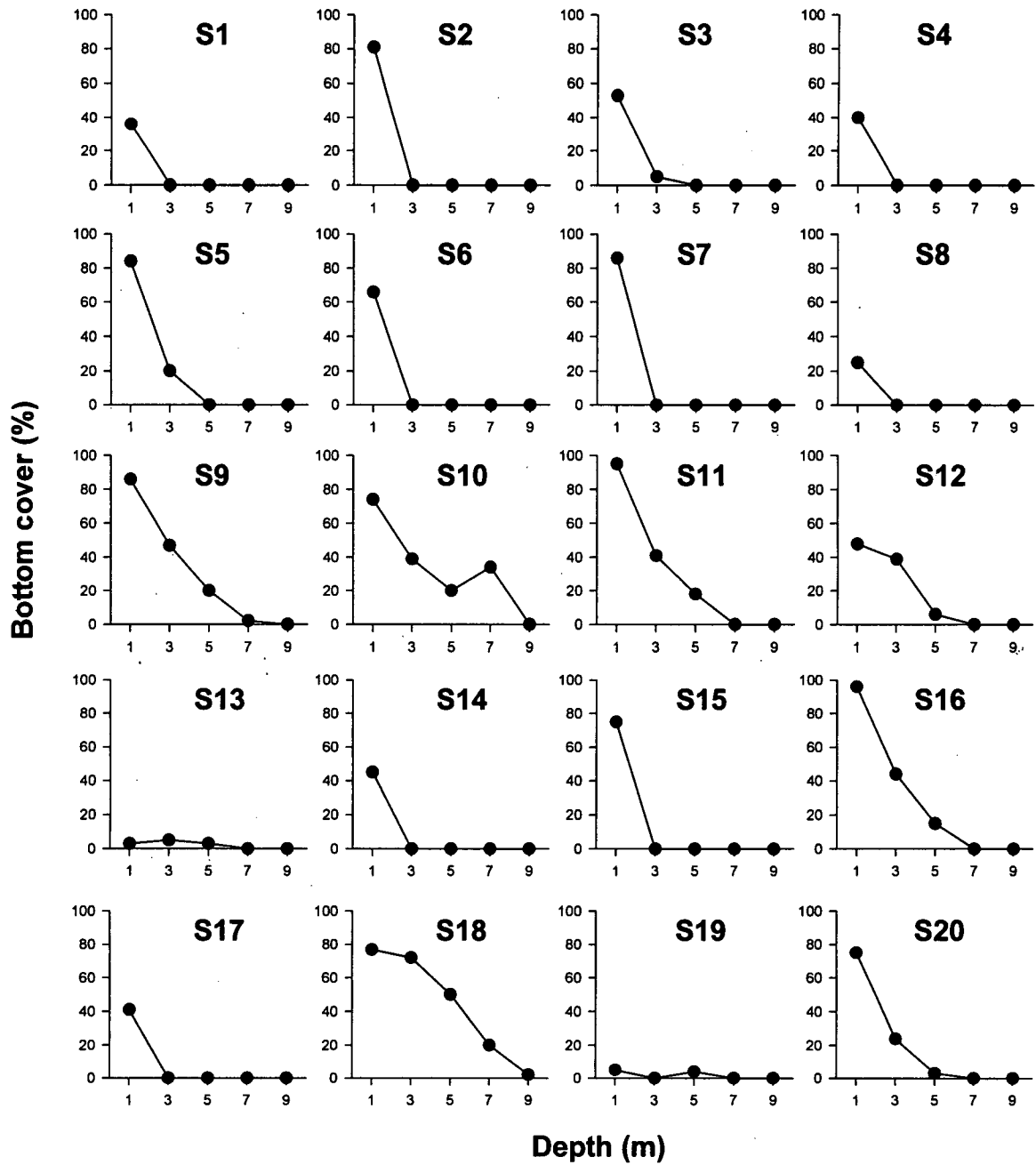


그림 3-1-8. 안도 주변 20개 조사지점에 분포하는 해조류의 수심별 피도(2005년 4월).

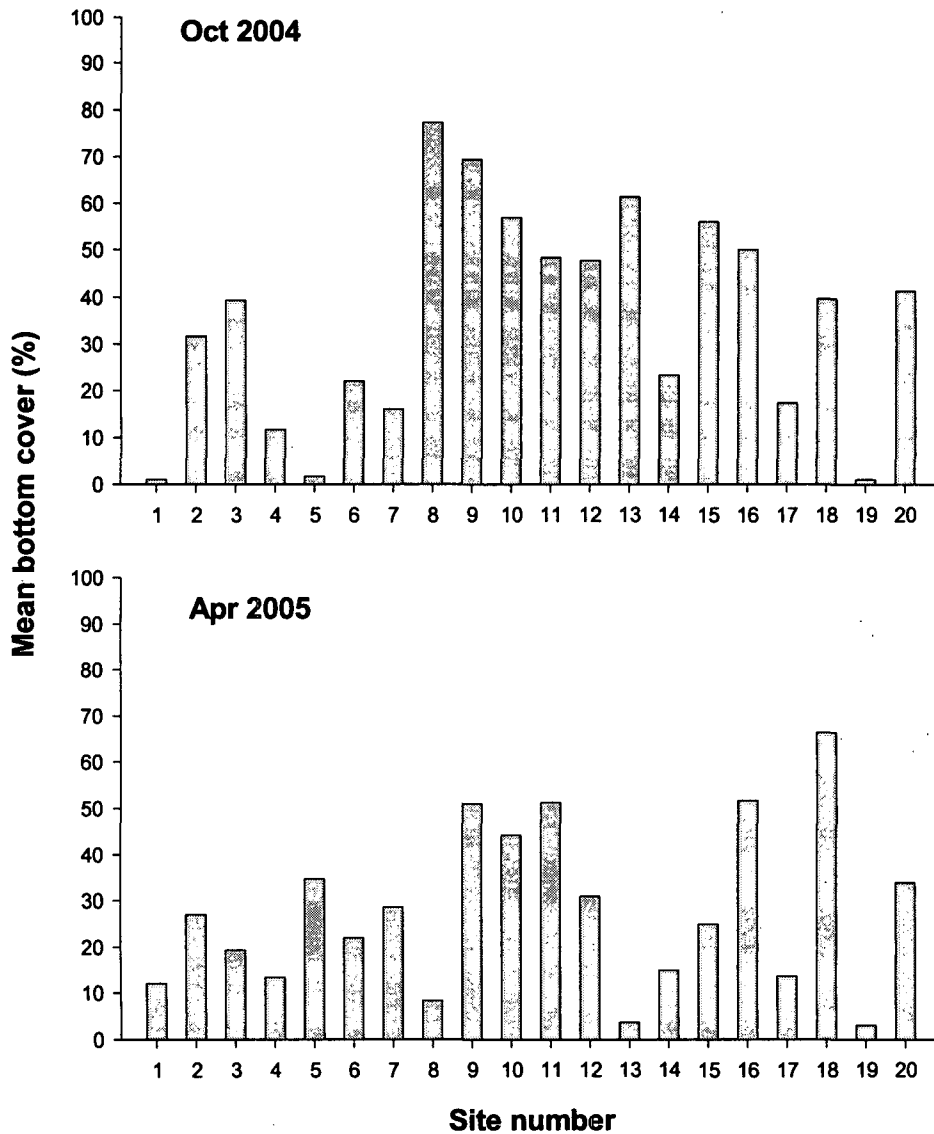


그림 3-1-9. 안도주변 20개 조사지점에서 나타난 수심 1~5m에서 해조류의 평균피도.

표 3-1-5. 안도 주변 3개 조사지점에서 조사된 해조군집의 현존량(g-wet wt/0.25²)

수심	S2		S15				S17					
	Oct-04		Apr-05		Oct-04		Apr-05		Oct-04		Apr-05	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
1m	37.5	12.5	250.5	70.5	309.5	34.5	146.0	98.0	285.5	33.5	143.5	7.5
3m	162.5	87.5	5.5	5.5	147.0	36.0	8.0	8.0	115.5	47.5	91.0	70.0
5m	66.0	61.0	1.0	1.0	4.0	1.0	2.5	2.5	19.5	4.5	1.0	1.0

일반적으로 해조군집의 풍도는 가을보다는 겨울과 여름이 뚜렷이 높고, 이것은 군집 구성원 중 군집의 풍도를 지배하는 대형 갈조류가 여름부터 가을까지 포자를 방출하여 녹아들어 생체량이 줄어드는 반면, 겨울부터 다시 성장하여 봄철에 생체량이 최대에 이르기 때문이다. 이럼에도 불구하고 봄철 피도가 가을보다 낮은 것은 외적요인의 영향에 의한 것이라 풀이된다. 여러 가지 외적요인 중에서도 보라성게(*Anthocidaris crassipina*) 등에 의한 초식압이 가장 중요한 요인이라고 판단된다. 그림 3-1-10에서 볼 수 있듯이 대부분의 조하대 지역이 발가벗은 상태(barren area)로 있고, 해조류를 섭식하여 살아가는 보라성게 등 초식자의 밀도는 대단히 높음을 볼 수 있다.

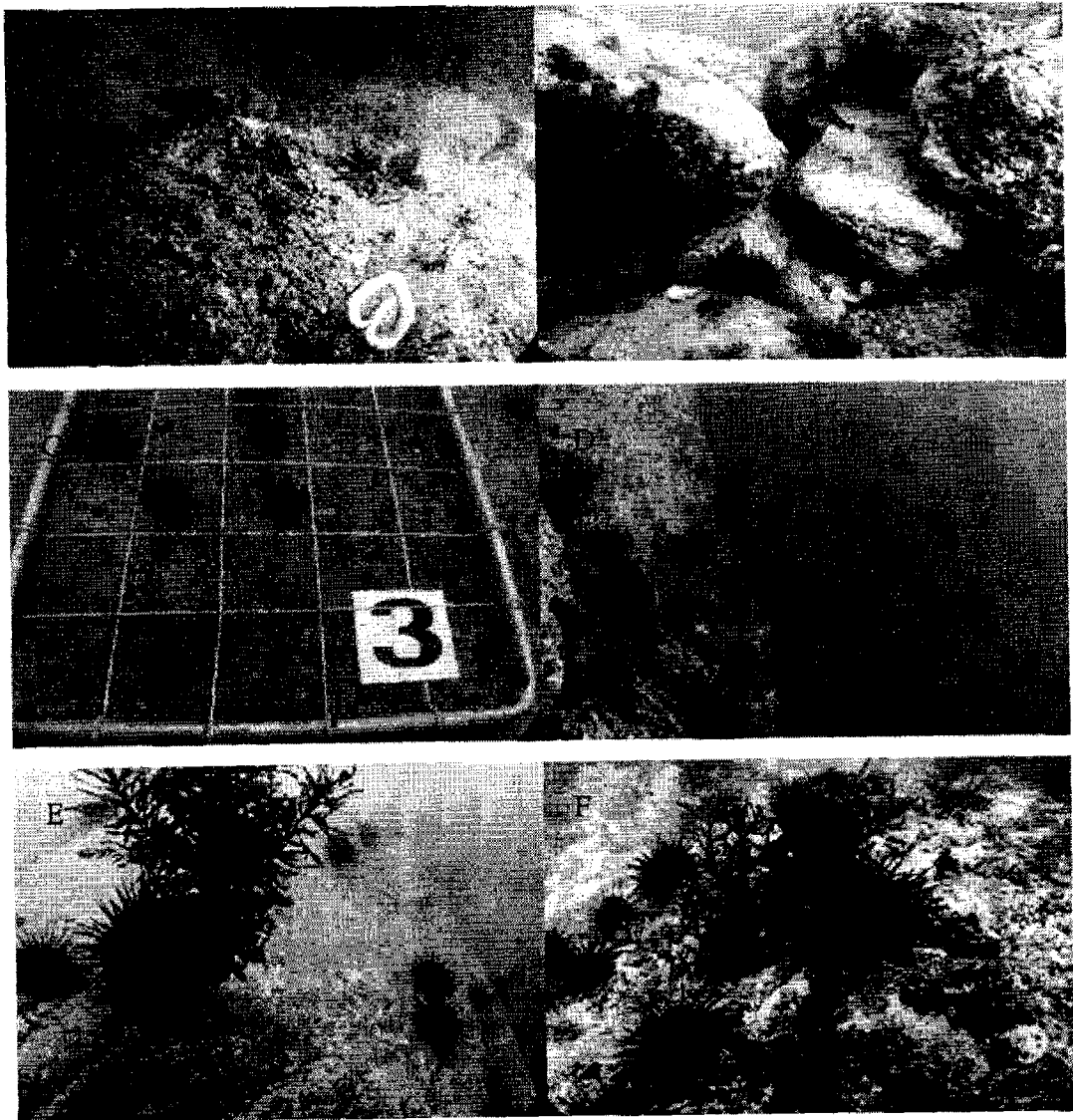


그림 3-1-10. 안도주변 조하대 해조군집(A: 2004년 10월 S3 수심 5m, B: S15 수심 3m, C, D: 2005년 4월 S3 수심 3m, E, F: S8 수심 3~5m).

(2) 기질특성조사

2005년 4월에 해조류가 부착할 수 있는 암반기질의 경사도를 측정한 결과는 그림 3-1-11과 같다. 경사도는 자갈(cobble 또는 boulder)로 이루어진 해안가 지점인 S6, 7(이야포)과 S16(안도리 우측)에서 10° 이하로 완만하였다. 암반기질의 수직범위 역시 이런 지점에서 6m 이내로 제한되어 있었다. 반면 기질 위 퇴적물은 안도 남쪽 벼락바위 주변 S9, 10과 동고지 주변 S12, 13, 14, 그리고 초상서와 외삼도 주변 S17, 18, 20에서 높았다.

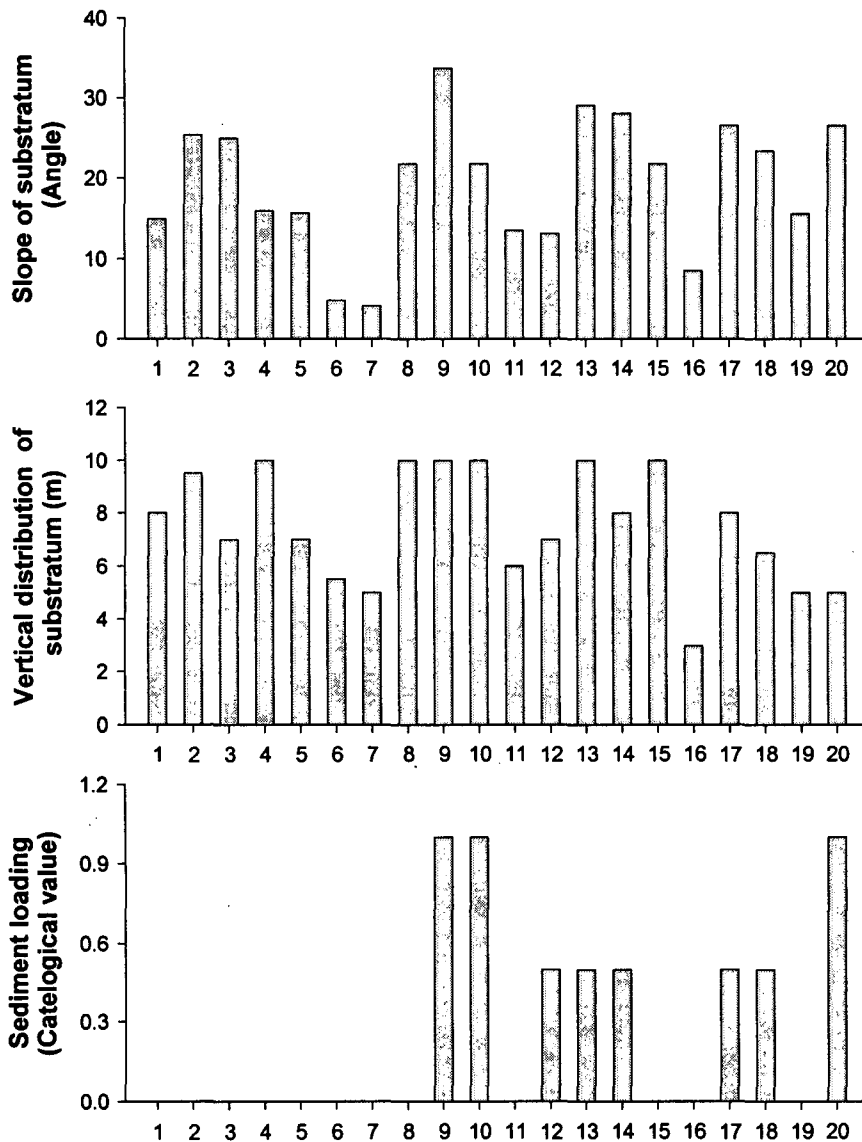


그림 3-1-11. 해조류가 부착할 수 있는 암반기질의 특성(위: 경사도, 중앙: 기질의 수직범위, 아래: 기질 위 퇴적물의 양).

(3) 광량분포

2004년 11월에 20개 조사지점에서 관측된 해수층의 광량분포는 표 3-1-6과 같다. k는 현장자료로써 추정된 소광계수(light attenuation coefficient)이며, 이 값을 Beer-Lambert expression($I_z = I_0 \times e^{-kz}$)에 넣어 각 수심별로 도달할 수 있는 광량을 역계산하였다. 이때 해수면에 도달하는 빛의 양(I_0)는 11월 중 한낮에 해수면에 도달하는 대략적인 빛의 양 $2000\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 로 보았다. 조사된 20개 지점의 소광계수는 0.17~1.32의 분포였으며, 수심 5m에 도달할 수 있는 광량은 $4.2 \sim 52\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 의 범위였다.

표 3-1-6. 안도주변 20개 조사지점의 해수층의 광량분포

조사지번호	k	Depth (m)				
		1m	3m	5m	7m	9m
1	1.12	652.56	69.47	7.40	0.79	0.08
2	0.82	880.86	170.87	33.15	6.43	1.25
3	1.23	584.59	49.94	4.27	0.36	0.03
4	0.98	750.62	105.73	14.89	2.10	0.30
5	1.05	699.88	85.70	10.50	1.29	0.16
6	1.11	659.12	71.59	7.77	0.84	0.09
7	1.08	679.19	78.33	9.03	1.04	0.12
8	0.92	797.04	126.58	20.10	3.19	0.51
9	1.23	584.59	49.94	4.27	0.36	0.03
10	1.32	534.27	38.13	2.72	0.19	0.01
11	1.21	596.39	53.03	4.72	0.42	0.04
12	1.15	633.27	63.49	6.37	0.64	0.06
13	1.08	679.19	78.33	9.03	1.04	0.12
14	0.98	750.62	105.73	14.89	2.10	0.30
15	1.11	659.12	71.59	7.77	0.84	0.09
16	1.16	626.97	61.61	6.06	0.60	0.06
17	0.96	765.79	112.27	16.46	2.41	0.35
18	0.84	863.42	160.92	29.99	5.59	1.04
19	1.12	652.56	69.47	7.40	0.79	0.08
20	0.73	963.82	223.83	51.98	12.07	2.80

(4) 경쟁생물

2004년 10월과 2005년 4월 두 차례에 걸쳐 조사된 경쟁생물은 표 3-1-7~8과 같다. 두 계절에 걸쳐 애기삿갓조개(*Cellana fireuma*), 바다방석고둥(*Omphalius pfeifferi pfeifferi*), 보라성게(*Anthocidaris crassipina*), 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*), 소라(*Baltillus cornutus*), 전복(*Haliotis discus*) 등 주요한 초식자로 나타났지만, 가장 우점하는 종은 보라성게로 나타났다.

표 3-1-7. 2004년 10월에 20개 조사지점에서 나타난 초식동물의 밀도

수심별 출현종	국명	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 1m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게							4			
Depth of 3m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개	+									
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	8	+	+	1		2	12			
<i>Haliotis disus</i>	전복	+									
Depth of 5m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	4					1	20			
Depth of 7m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게										

표 3-1-7. 계속

수심별 출현종	국명	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 1m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게									8	
Depth of 3m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개										
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게			+	4	8		2		12	
<i>Haliotis disus</i>	전복										
Depth of 5m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게			+	8			2		4	
Depth of 7m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게			+							

+sparse

표 3-1-8. 2005년 4월에 20개 조사지점에서 나타난 초식동물의 밀도

수심별 출현종	국명	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Depth of 1m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개	+									
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥	+									
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	+		+		0.5		+	10		+
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게				+						
<i>Haliotis disus</i>	전복			+							
Depth of 3m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개		+		+						
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥		+		+			2			
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	1.5	1.5	10	6	12	6	2	10	22	+
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게		1								+
<i>Batillus cornutus</i>	소라			6							
<i>Haliotis disus</i>	전복										
Depth of 5m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개				+						
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥		1.5		+						
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	+	1	+	4	0.5			6	4	4
<i>Batillus cornutus</i>	소라										
<i>Haliotis disus</i>	전복	+									
Depth of 7m											
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥										
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게	+		+		0.5			4	2	1.5
<i>Batillus cornutus</i>	소라										
<i>Haliotis disus</i>	전복	+									
Depth of 9m											
<i>Anthocardaris crassipina</i>	보라성게										2

표 3-1-8. 계속

수심별 출현종	국명	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Depth of 1m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개			3							
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥		80								
<i>Anthocardis crassipina</i>	보라성게			1	+		1		+	20	
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게			100	+		0.5		+		
<i>Haliotis disus</i>	전복							+			
Depth of 3m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개										
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥			20	12		0.5		+	64	
<i>Anthocardis crassipina</i>	보라성게		+				0.5		+	8	12
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게		4	5	4	3	4		+	4	4
<i>Batillus cornutus</i>	소라			8	6	1	0.5		+		4
<i>Haliotis disus</i>	전복										
Depth of 5m											
<i>Cellana toreuma</i>	애기삿갓조개		+	+	+	1					
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥										
<i>Anthocardis crassipina</i>	보라성게										
<i>Batillus cornutus</i>	소라		2								1
<i>Haliotis disus</i>	전복		2	2	1	4	1		+		
Depth of 7m											
<i>Omphalius pfeifferi</i>	바다방석고둥		3	+	2						
<i>Anthocardis crassipina</i>	보라성게										
<i>Batillus cornutus</i>	소라		1								
<i>Haliotis disus</i>	전복		1	6	4				+		
Depth of 9m											
<i>Anthocardis crassipina</i>	보라성게		1	+							

+sparse

(5) 연성저질의 퇴적특성

2005년 5월에 조사된 퇴적물 탄소와 질소의 함량은 그림 3-1-12와 같다. 퇴적물의 탄소와 질소의 함량은 조사지점 간 많은 차이를 보였는데, 탄소는 S2, 5, 10, 16, 17에서 4% 이하의 값을 보였고, S1, 4에서는 8% 이상의 값을 보였다. 질소는 S2, 4, 10, 20에서 0.15%로 높은 값을 보였다. 2005년 5월에 조사된 퇴적물 입도성분은 표 3-1-9, 그림 3-1-13과 같다. S1~S13, S19에서는 입자가 굵은 자갈이나 모래의 구성비가 높게 나타났으며, 그 외 S14~18, S20에서는 세립퇴적물(실트, clay)의 구성비가 높게 나타났다.

(6) 환경특성분석

조사된 5가지 환경변수(기질의 경사도, 수직범위, 퇴적물의 양, 광량, 초식동물의 밀도)를 몇 개의 주성분으로 줄이고, 이 주성분과 20개 조사지점 간의 관계를 밝히기 위해 주성분분석(principal component analysis, PCA)을 한 결과는 표 3-1-10과 같다. Axis 1은 기질의 경사도, 수직범위, 퇴적물의 양, 초식동물의 밀도이며, 총 변이의 약 47%를 설명하였다. 반면 Axis 2는 소광계수이며, 총 변이의 약 23%를 설명하였다.

자료의 성격을 보다 쉽게 파악할 수 있도록 각 주성분에 대한 변수의 loading vector와 site score를 동시에 나타내는 biplot을 도시한 결과는 그림 3-1-14와 같다. 안도 남쪽

에 위치한 조사지점 S8, 9, 10, 그리고 동고지끝 주변 S13, 14는 Axis 1에 양의 값으로 loading되는 것들로 기질의 경사가 크고, 기질의 수직범위가 넓으며, 침적된 퇴적물의 양이 많고, 보라성계의 밀도가 높은 특성을 갖는 서식지이다. 반면 신주끝의 S1, 이야포 안쪽 S6, 7, 오지암 자갈해안가의 S11, 안도리 해안가의 S16, 그리고 중삼서 주변 S19는 이와 반대되는 특성을 갖는 서식지이다.

조사해역에서 해조군집의 풍도를 지배하는 주요 환경변수는 무엇인가를 알기위해 multiple regression을 실시한 결과는 표 3-1-11과 같다. 이 모델에서는 피복된 퇴적물의 양이 해조류의 피도를 결정하는 유의한 변수로 것으로 나타났다. 다시 말해, 이 해역에서 봄철 수심 3m의 해조류 풍도는 결국 침적되는 퇴적물의 양에 의해 지배된다는 것을 의미하며, 이것은 암반에 피복된 퇴적물이 해조류의 착생에 많은 영향을 미친다는 일반적인 사실과 매우 부합된다고 볼 수 있다. 2005년 4월 조사에서 전 해역에 보라성계 등의 초식동물이 높은 밀도로 분포하고, 높은 초식압을 가하여 이 지역 해조군집의 풍도를 낮추는 주요한 한 원인이 됨에도 본 회귀모델에서 유의한 변수로 작용하지 않는 것은 보라성계들이 고착동물이 아니고 섭식 후 이동하는 행동특성을 보였기 때문일 것이다.

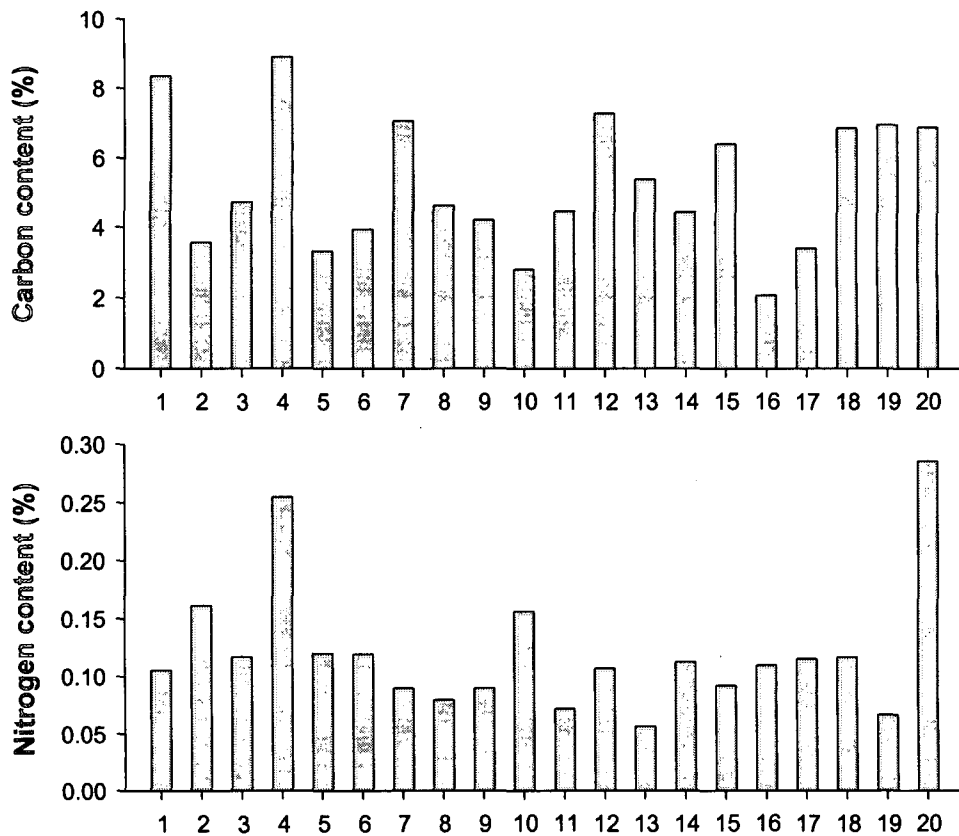


그림 3-1-12. 2005년 5월에 20개 조사정점에서 나타난 퇴적물 탄소와 질소의 함량(%).

표 3-1-9. 2005년 5월에 20개 조사정점에서 나타난 퇴적물의 입도분석

정점	Sediment Type by Folk(1966)	입도조성			
		평균입도	표준편차	왜도	첨도
S1	msG	-0.69	3.63	1.57	4.65
S2	(g)mS	4.3	3.56	0.42	1.9
S3	gmS	2.69	4.52	0.7	2.03
S4	gmS	3.73	3.78	0.5	2.07
S5	gmS	4.14	4.09	0.46	1.95
S6	(g)mS	1.95	3.18	1.7	4.94
S7	msG	0.65	3.6	1.61	4.95
S8	msG	-0.96	2.96	2.52	9.49
S9	msG	0.03	3.65	1.79	5.34
S10	mG	0.61	4.59	1.21	3.03
S11	S	2.76	1.8	3.35	14.7
S12	mS	2.98	2.67	1.91	5.66
S13	gmS	1.25	3.09	1.17	4.89
S14	gM	6.09	4.61	-0.52	2.09
S15	(g)sM	5.86	3.8	-0.07	1.49
S16	gM	5.88	3.78	-0.3	2.33
S17	(g)sM	7.18	3.2	-1.04	3.59
S18	sM	6.91	2.89	-0.4	2.73
S19	gmS	1.48	3.48	1.69	4.68
S20	(g)M	7.68	2.56	-1.02	5.33

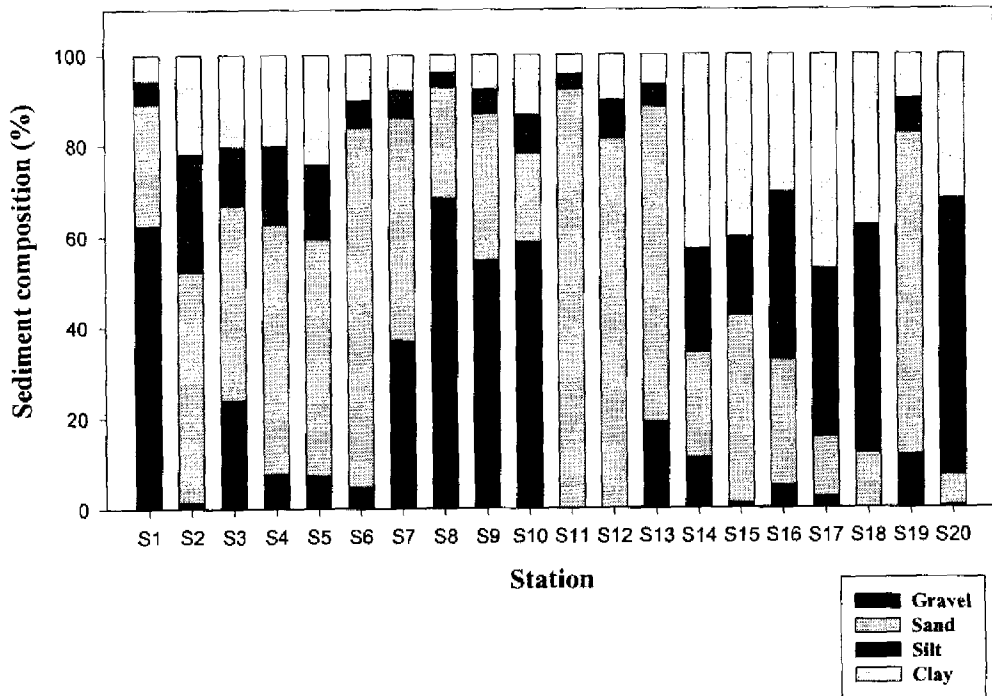


그림 3-1-13. 2005년 5월에 20개 조사정점에서 나타난 퇴적물의 구성 비율.

표 3-1-10. 조사된 20개 지점의 기질의 경사도, 암반수직범위, 퇴적물의 양, 광량, 초식 동물의 밀도를 대상으로 한 주성분 분석

Variables	Unrotated		Rotated	
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 1	Comp. 2
기질의 경사도	0.900	-0.251	0.889	-0.289
기질의 수직범위	0.768	0.192	0.775	0.159
기질 위 퇴적물의 양	0.655	-0.233	0.644	-0.260
소광계수(K)	-0.088	0.905	-0.050	0.908
보라성계의 밀도	0.711	0.437	0.729	0.407
% of total variance explained	46.832	23.300	46.790	23.342

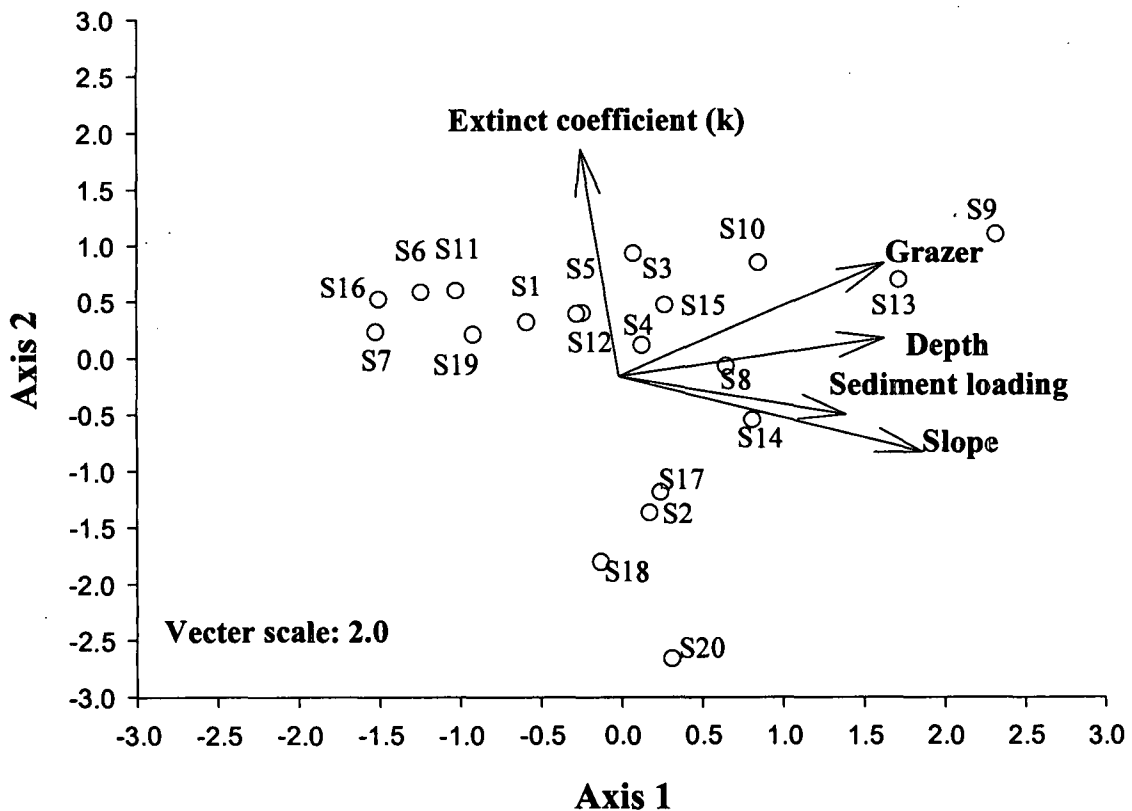


그림 3-1-14. 각 주성분에 대한 변수의 loading vector와 site score를 동시에 나타내는 biplot.

표 3-1-11. 해조군집의 풍도를 지배하는 환경변수 분석을 위한 multiple regression

Variables	Coefficient	Std Error	Std coef	Tolerance	t	P
해조류 피도						
Constant	9.205	5.628	0.000	-	1.636	0.119
Sediment loading	27.616	12.209	0.470	1.000	2.262	0.036
Analysis of variance						
Source	SS	df	MS	F-ratio	P	
Regression	2087.803	1	2087.803	5.116	0.036	
Residual	7345.397	18	408.078			

Dependent variable: Bottom cover: N = 20, $r^2 = 0.221$, adj. $r^2 = 0.178$, SE of estimate = 20.201

이상을 종합해 볼 때, 안도주변에 조하대 서식지에 분포하는 해조류는 약 40종이었고, 이들 중 미역(*Undaria pinnatida*), *Ecklonia juveniles*, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*) 등의 대형 갈조류는 계절과 장소에 따라 대규모 patch를 이루고 있었다. 그러나 해조류가 분포할 수 있는 범위는 최대 7m이었으며, 풍도는 피도의 경우 최대 70%, 현존량은 300g-wet wt/0.25m²를 넘지 않았다. 이렇듯 해조식생이 빈약한 이유는 해조류가 살아갈 수 있는 기질이 최대 10m에 지나지 않고, 암반기질과 이어지는 연성저질에서 저층 퇴적물이 재부유하여 수심 5m 이하의 암반기질을 피복하여 해조류의 착생을 저해하기 때문이다. 더욱이 재부유하는 퇴적물은 해수중의 탁도를 높여 투과할 수 있는 빛의 양을 줄여 해조류의 광합성과 성장을 저해하고, 이는 연쇄적으로 해조류의 수직분포범위 및 풍도를 낮추는 것으로 보인다. 여기에 다양한 초식동물이 번무함으로써 초식압(grazing pressure)이 해조류의 생산력에 비해 과도하게 높다. 따라서 현재 존재하는 무척추동물자원을 적절히 숙아 상품화하여 초식압을 낮춰 해조류가 더 번성할 수 있는 환경을 조성해주어야 할 것이며, 더불어 지속적인 해중림 조성사업을 통해 해조류의 현존량을 증대시켜야 할 것이다. 이런 작업이 이루어진 이후에 다시 전복 등의 무척추동물자원을 방류하면 현재보다 높은 생산성을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

그림 3-1-15에서는 안도주변에서 조사된 해조류의 분포, 기질특성(암반의 경사도, 수직범위, 퇴적물의 양), 광량분포, 그리고 보라성게 등 초식자의 밀도를 고려한 해중림 조성 적지를 도시하였다. 표시 A는 자갈(pebble) 또는 몽돌(cobble) 해안으로 파도에너지로부터 은닉된 곳으로 수심이 얇고, 불안정한 기질이 존재하는 곳이다. 표시 B는 바위해안(rocky coast)이나 수심이 얇고, 하부는 작은 바위들로 구성된 곳이며, 표시 C는 경사도가 큰 바위해안으로 기질의 수직범위는 크나, 해안부근의 수심이 10m 이상으로 어초투입 시 해조류가 자리기 어려운 곳이다. 따라서 이런 곳들은 해조어초를 투입하고, 대형 갈조류 종묘를 이식하여 해중림 조성을 할 경우 그 효과가 다소 떨어진다고 볼 수 있으므로 이런 곳에서는 되도록 해중림 조성작업을 피하는 것이 바람직하다. 반면, 안도 북쪽해안은 조류

로부터 보호되고, 경사가 급하지 않고, 비교적 어초 등 시설물 설치가 용이한 바위해안으로 추정된다. 그러나 보다 정밀한 적지 판정을 위해서는 향후 지속적인 조사가 필요하며, 동시에 시범시설을 설치하고 그 효과를 검증함으로써 해중림 조성이 최대 효율적으로 이루어지도록 해야 할 것이다.



그림 3-1-15. 안도주변에서 조사된 해조류의 분포, 기질특성(암반의 경사도, 수직범위, 퇴적물의 양), 광량분포, 그리고 보라성게 등 초식자의 밀도를 고려하여 도식한 해중림 조성적지.

나. 해중립 조성

2004년 9월부터 곰피 포자를 채묘하여 실내배양 및 현장양성을 거쳐 2005년 5월초에 곰피 어린 포자체를 부착판에 감고, 이를 안도연안에 투입된 해조어초에 이식한 결과는 그림 3-1-16의 A, B와 같다. 이때 개체들의 엽장은 약 5cm 이하이었으나, 약 20일이 경과한 5월말에는 엽체가 성장하여 최대 20cm에 이르렀음을 볼 수 있었다(그림 3-1-16, C, D).

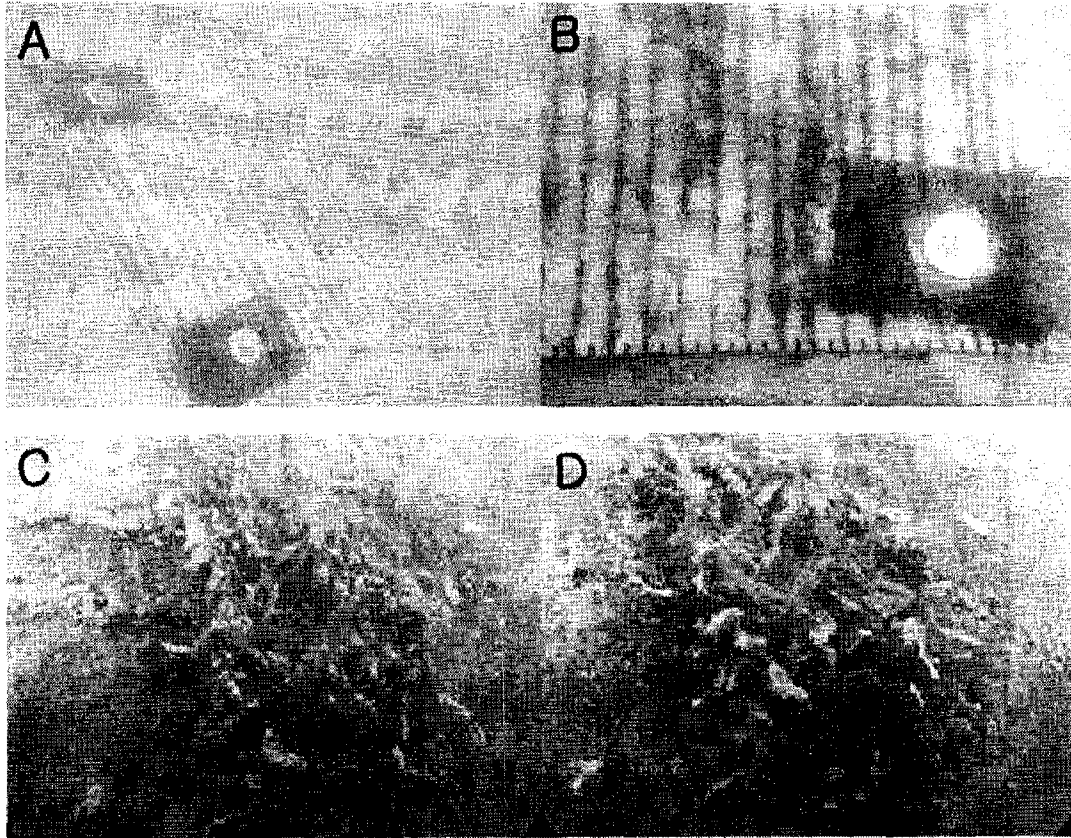


그림 3-1-16. 해조어초에 곰피를 감은 부착판을 결합하여 조성한 소규모 해중립(A, B: 2005년 5월초 이식 직후, C, D: 2005년 5월말).

다. 잘피밭 분포현황 및 이식가능면적 추정

잘피분포 및 이식면적을 추정하기 위하여 바다목장화 해역을 조사한 결과 가막만 남쪽의 개도, 자봉도, 제도, 송도에 거머리말(*Zostera marina*)이 존재하고 있었고, 안도에는 포기 거머리말(*Zostera caespitosa*)이 존재하고 있었다. 조사해역의 밀도를 살펴보면 30cm×30cm 방형구의 평균 개체수를 살펴보면 개도에는 9개체, 자봉도에는 7개체이며 고동류가 많이 붙어 있고 잘피 키가 큰 것으로 나타났다. 제도의 경우 6개체, 송도의 경우 5개체로 조사되었다. 안도의 경우 포기당 개체수가 64개가 존재하고, 수심은 2.7m, 길이

는 10m×5m 및 10m×3m가 존재하고 있었다. 안도의 포기거머리말의 형태학적인 특성을 살펴보면 평균 잘피 키의 경우 105.5±2.3cm이고, 거제도의 경우 102.9±2.0cm으로 안도의 잘피 키가 큰 것으로 나타났다. 평균 잘피 잎의 크기는 안도는 82.9±1.9cm이고, 거제도의 경우 83.0±1.8cm로 비슷하였다. 평균 잎의 폭을 보면 안도의 경우 9.77±0.1mm이고, 거제도의 경우 8.16±0.2mm로 안도의 잘피 잎의 폭이 넓은 것으로 나타났다. 또한, 개체당 지상부 평균 무게의 경우 안도는 1.5±0.3g이고, 거제도의 경우 1.4±0.1g으로 비슷하였다. 안도의 경우 주변의 해안가는 자갈밭이고, 바닥은 fine sand이었으며, 거제도의 경우 주변은 3종류의 잘피가 수심별로 서식하고 있으며, 바닥은 fine sand로서 환경조건으로는 거제도와 유사한 것으로 나타났다. 이것을 토대로 안도에 이식 가능성을 추정하여 보면 대략 100m×5m가능할 것으로 보이며, 먼저 실험적인 이식과 주변 환경요인 조사를 실시한 이후 판단하여 안도에 잘피를 이식하여야 할 것으로 판단된다.

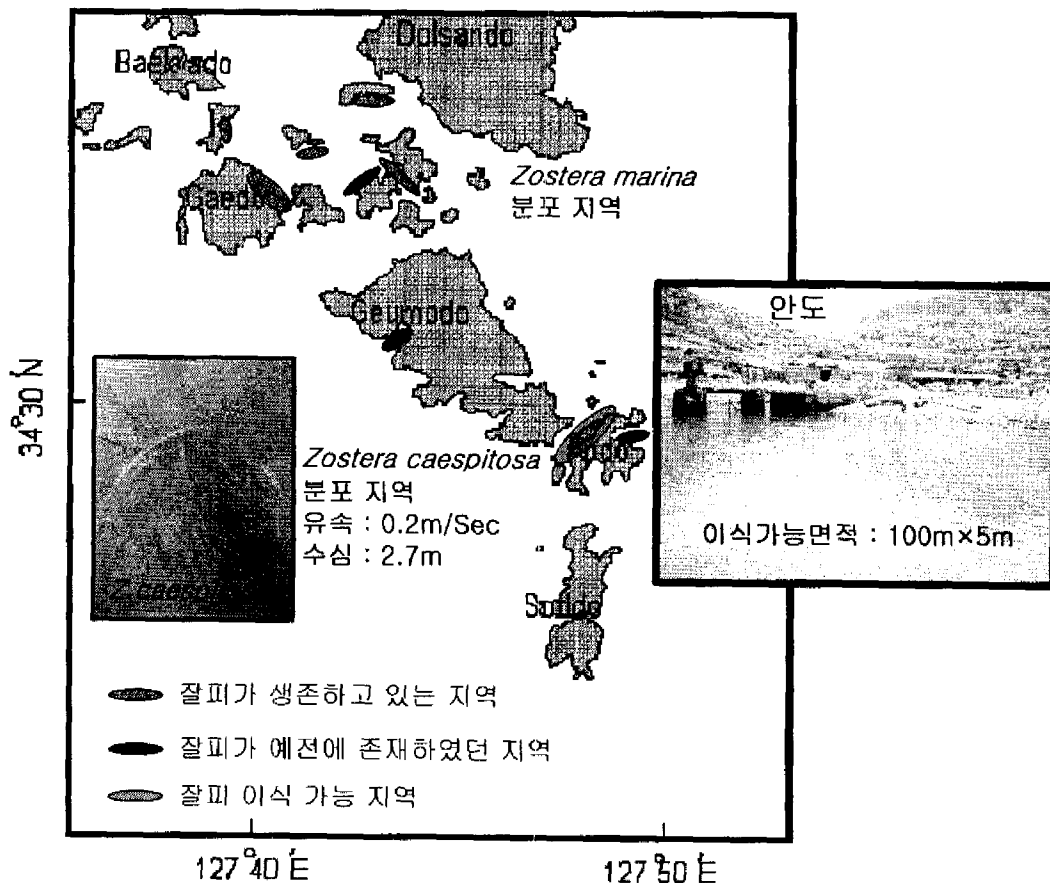


그림 3-1-17. 금오도 주변해역의 잘피 분포현황 및 이식가능 면적.

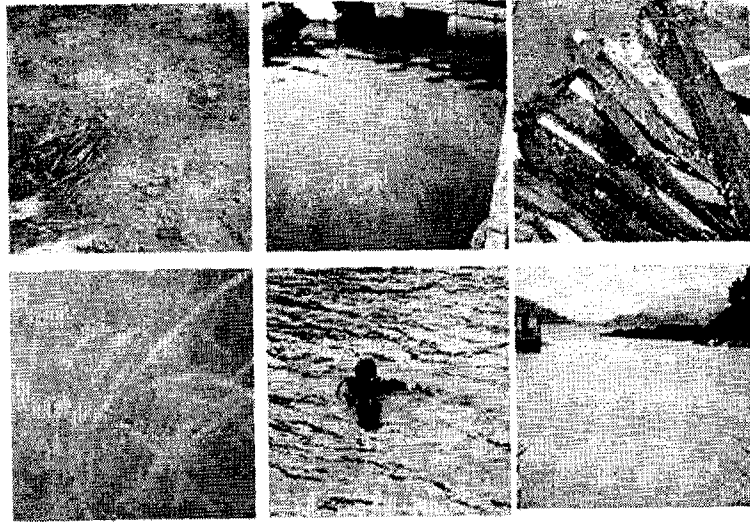


그림 3-1-18. 금오도 주변해역의 잘피가 존재하는 지역.

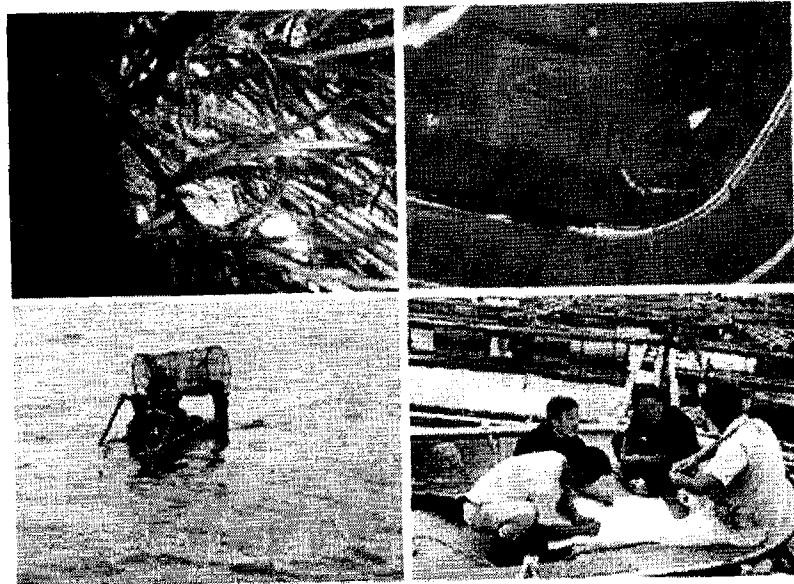


그림 3-1-19. 금오도 주변해역의 직접 및 어업인 청취조사를 통한 잘피 현장조사.

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 수많은 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 배치기술 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

가. 시험어초 적용 및 효과조사

전남 바다목장 조성해역의 시험어초는 2004년 3월에 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초 각각 1기를 시설하였으며, 시설 장소는 여수시 남면 안도리 이야포 해역이다(그림 3-2-1). 시설방법은 금오도 해안선에서 약 35m 정도 떨어져 있으며, 인공어초간 거리는 40m를 유지하고 있다. 인공어초가 시설된 해역은 유속이 비교적 느리고 파랑이 적은 내만에 시설되었다. 인공어초의 크기는 10m×10m×5m이며, 하부면적이 넓은 매우 안정감 있는 어초이다.

인공어초의 효과조사는 2004년 10월, 2005년 1월, 3월, 5월 4회에 걸쳐 수행하였으며, 조사내용은 인공어초에 착생한 저서생물, 어초주위에 위집한 어류상 및 어획량, 대조구인 암반해역에서의 생태적 특성을 조사하였다. 저서생물은 수중잠수에 의해 크기 20×20cm 방형구를 이용하여 사면에서 1m² 면적의 인공어초에 부착한 무척추동물물을 끌칼을 이용하여 채집하고, 온도가 일정한 ice box에 냉장 보관하여 연구실로 운반한 후 출현종 및 생

물량을 조사하였다. 어류의 위집효과는 잠수사의 육안관찰과 VTR 촬영자료, 수중사진 자료를 종합하여 위집된 어종과 어종별 위집 개체수를 파악하였다. 어획조사는 자체에서 설계한 내망의 망목 4p×7cm, 외망의 망목 12p×36cm 크기의 삼중자망을 제작하여 이용하였으며, 어초 2기에 각각 70m를 일몰시 투망하고 익일 일출시 양망하여 현지에서 종별, 크기 및 생물량을 측정하였다.

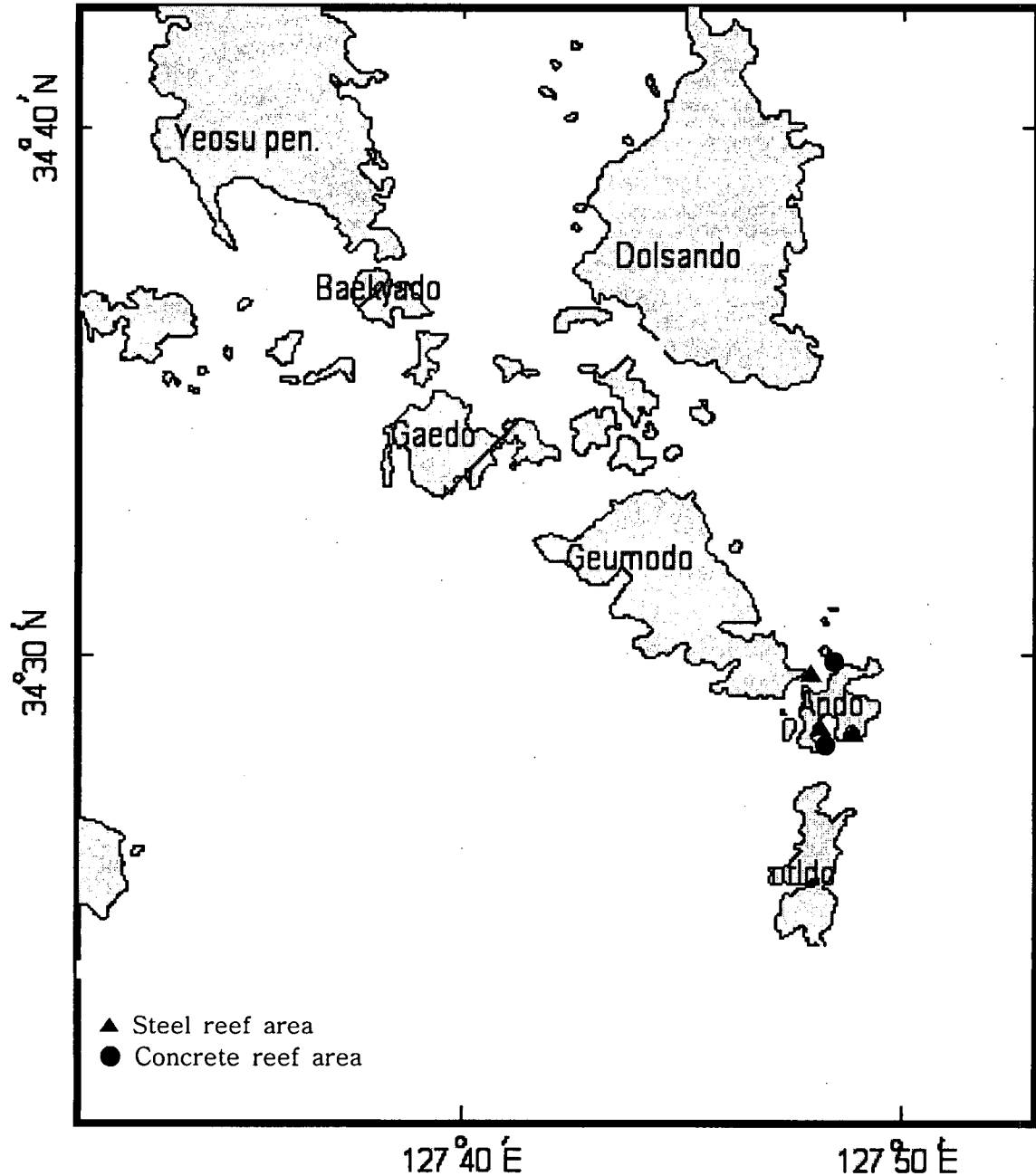


그림 3-2-1. 바다목장해역의 시험용 인공어초 시설장소.

바다목장 조성해역에 2005년 4월 30일과 5월 1일, 양일에 걸쳐 추가로 시설한 인공어초는 여수시 남면 안도 이아포 해역에 다목적강제어초와 점보형강제어초가 각각 1기, 피라미드강제어초 3기, 다목적패조류용 콘크리트어초 2기가 시설되었으며, 안도 음양급이시설해역에 피라미드강제어초 4기, 다목적패조류용 콘크리트어초 8기가 시설되었다(그림 3-2-1). 이들에 대한 배치기술 및 생태적 천이과정, 대상어종에 대한 친화성의 효과조사는 2005년 7월부터 실시할 계획이다.

나. 인공어초 배치 기반조사

전남 바다목장 조성해역의 인공어초 배치 기반조사는 금오열도 해역 4,363ha(그림 3-2-2)를 2005년 4월 29일부터 5월 10일까지 총 9일동안 위성위치측정기(DGPS), 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar), EchoSounder등의 장비를 이용하여 해저지형 및 저질상태 등을 파악하였다.

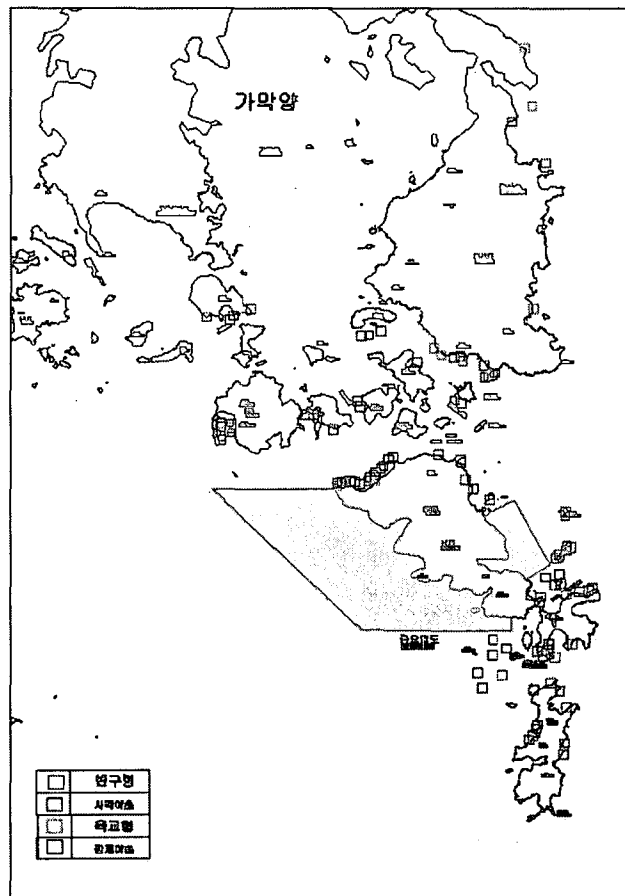


그림 3-2-2. 전남 바다목장 인공어초 배치 기반조사.

전남 여수시 바다목장 해역의 4,363ha에 대한 해저지형을 파악하기 위하여 사용된 조사선은 그림 3-2-3의 영스타호를 사용하였고, 조사장비는 그림 3-2-4의 양방향 음파탐사기 (Side Scan Sonar, SS-100)를 사용하였다. 데이터 취득을 위하여 양방향 음파탐사기 운용 프로그램(Realscan.exe)이 설치된 Deck Unit를 조사선박에 설치하고, 음파를 발생시키는 Towfish의 설치는 가급적 선박 스크류의 진동 및 소음의 영향이 적게 미치는 방법을 선택하여 설치하였다.



그림 3-2-3. 양방향 음파탐사조사에 사용된 조사선.

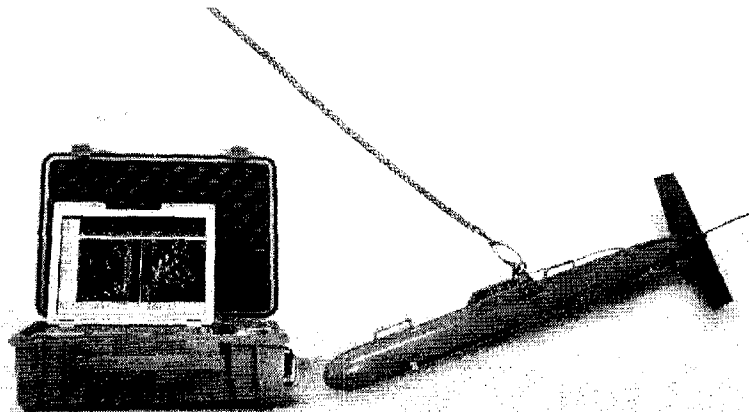


그림 3-2-4. 조사에 사용된 양방향 음파탐사기(SS-100).

현장에서의 양방향 음파탐사기 운용은 표 3-2-1의 사양과 관련해서 펄스간격은 100~400ms, 발신주파수는 400kHz, 좌우 주사폭은 225m를 사용하였다. 양방향 음파탐사기는 그림 3-2-5와 같이 Towfish에서 음파를 수중에 발생시켜 수중의 암반 및 기타 해저면의 매질 차이에 따라 각각 회귀하는 반사음파 신호를 Deck Unit에서 탐지하여 음파신호를 2차원 평면으로 영상화시켰다. 이와 동시에 EchoSounder를 이용하여 수심을 측정하였다.

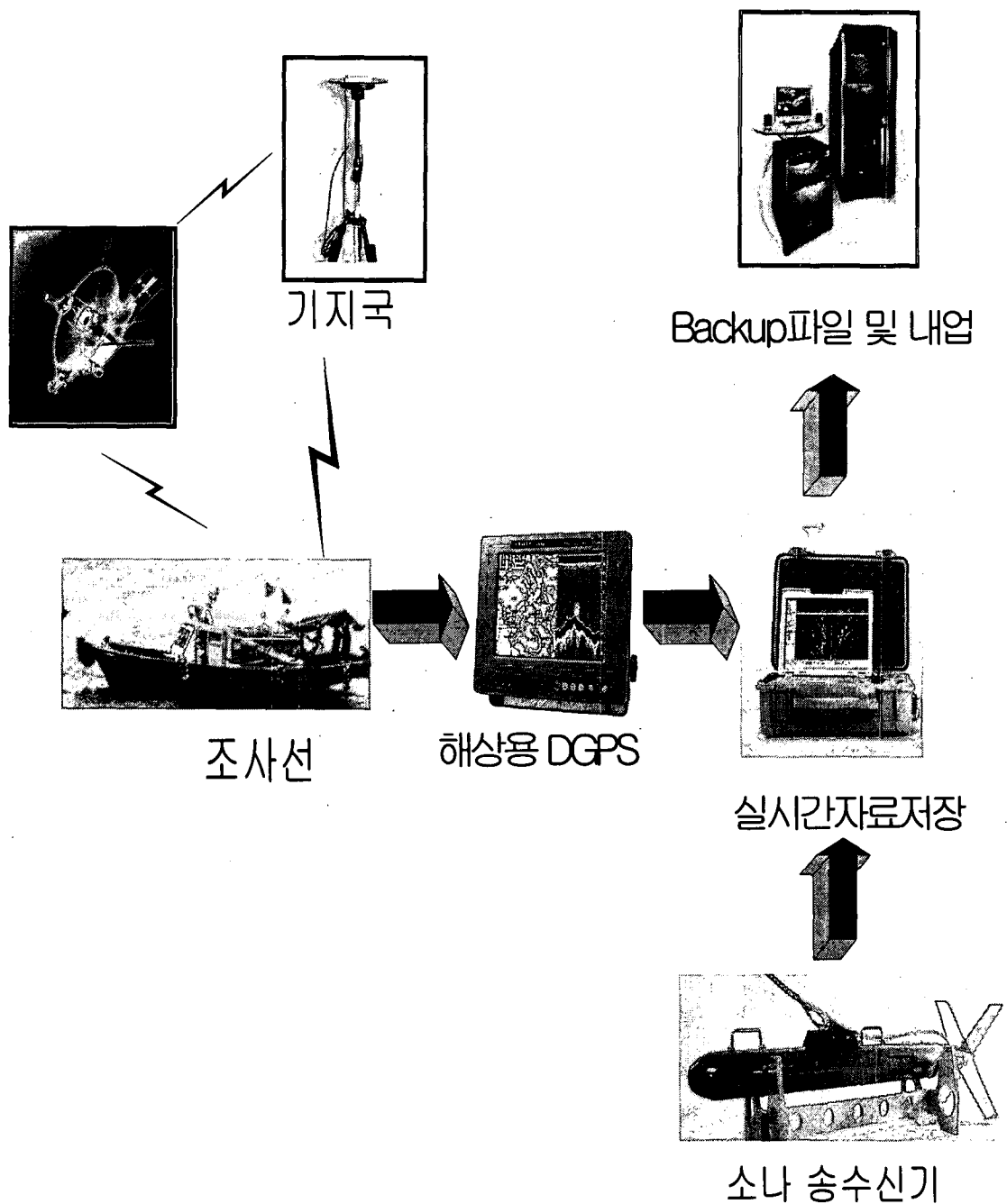


그림 3-2-5. 양방향 음파탐사기 구성도.

표 3-2-1. 조사에 사용된 양방향 음파탐사기(SS-100)의 사양

항 목	사 양
몸통길이 × 몸통직경(Length Diameter)	1450× 120 mm
공기 중 무게(Weight in Air)	27kg
주파수(Frequency)	400kHz
수평면 음파각도(Horizontal Beam Width)	0.5°
수직면 음파각도(Vertical Beam Width)	50°
음파 반사각도(Depression Angle)	20°
발신음 길이(Pulse Length)	20~100 μ s
해상도(Resolution)	7cm (max)
전체 탐사폭(Swath Range)	30~600m
견인속도(Operating Speed)	1~6 knot
최대 작업수심(Working Depth)	200m (max)

그림 3-2-6은 양방향 음파탐사조사에 대한 조사순서를 제시하였다. 현장조사는 기존 도상자료를 기초로 하여 DGPS 플로터(Samyung Enc., Navis 3000D)에 조사해역을 표시하고, 양방향 음파탐사기는 조사폭이 겹치게 궤적을 그리고, 궤적을 따라 3~4Knot의 속력으로 Towfish를 예인하였다. 어탐기를 통해 수심을 파악한 후 수심 및 기상조건에 따라 케이블의 길이를 조정하여 Towfish가 해저면에서 적절히 진행할 수 있도록 하였다. 조사지역의 수심 및 주변환경을 고려하여 조사범위를 설정하며, 양방향 음파탐사기의 좌우 주사폭은 225~300m이내로 하였다.

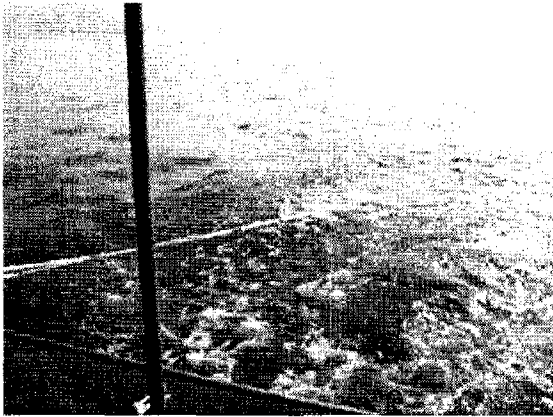
조사가 다 끝난 뒤에는 후처리 작업용 Postscan를 열어 Towfish가 진행한 궤적 및 Mosaicking 처리하여 조사지역에 대해서 누락된 부분이 있는지 확인하고, 누락된 부분이 있으면 그 부분에 대해서 재조사를 실시하였다.



조사 선박



Towfish 진수



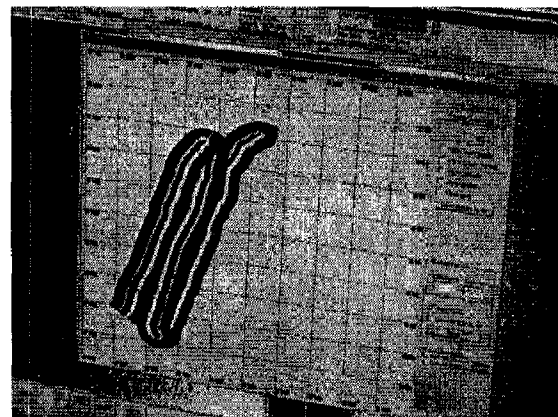
Towfish 예인



플로터에 궤적을 따라 조사 1



플로터에 궤적을 따라 조사 2



양방향 음파탐사기의 모자이크 화면

그림 3-2-6. 양방향 음파탐사조사 과정.

3. 결과 및 토의

가. 시험어초 적용 및 효과조사

시험어초 사다리꼴강제어초와 둠형강제어초의 월별 저서생물 출현종 및 개체수는 표 3-2-2와 같았다. 사다리꼴강제어초와 둠형강제어초의 저서생물 출현종은 각각 15종과 16종이었으며, 개체수는 각각 95마리와 97마리로 거의 비슷하게 나타났다(표 3-2-2).

표 3-2-2. 사다리꼴강제어초와 둠형강제어초의 저서생물 출현 개체수(단위: 마리)

분류군	종 명	사다리꼴강제어초				둠형강제어초			
		10월	1월	3월	5월	10월	1월	3월	5월
연체동물	긴빨고둥	1							
	굴								1
	입빨고둥			9	11			7	3
	홍합		3	7					
	고둥류	6	1			21	5		
절지동물	따개비류	45	35	30	51	35	27	40	55
극피동물	아무르불가사리	1			2			2	4
	보라성게							2	
	검은띠불가사리		2		2				
	별불가사리	23	10	13	14	5	4	9	18
	돌기해삼				1				1
	우렁쟁이								1
척색동물	릿테르개명게		2	2	6	1	1	2	2
	미더덕		2	2	5		2	2	6
자포동물	말미잘류		26	15	3	5	6	5	
	히드라				10	10		8	2
태형동물	자주빛이끼벌레		2	3	3		1	3	2
해면동물	해면류			2	2			3	2
합 계		76	81	78	95	77	46	83	97

시험어초의 우점종은 입빨고등, 홍합, 고등류, 따개비류, 별불가사리, 릿테르개명게, 미더덕, 말미잘 등이었다. 사다리꼴강제어초의 우점종으로 출현한 홍합은 돛형강제어초에서는 발견하지 못하였으며, 돛형강제어초에서 보라성게 2개체가 출현한 것은 대조적인 사항이었다. 따개비류는 크기가 1cm 미만으로 다른 종에 비해 착생속도가 빨랐으며, 개체수도 가장 많았다. 시험어초 2기에서 불가사리류가 많이 발견된 것은 해적생물로서 피해가 크게 나타나고 있다고 추정되었다. 시험어초를 시설하여 시간이 점차 경과함에 따라 생태적 천이가 다양하게 나타내고 있었으며, 돛형강제어초에서 1월에 개체수가 적은 것은 채집상의 문제로 사료되었다.

저서동물 생물량은 사다리꼴강제어초에서 2004년 10월에 아무르불가사리와 별불가사리가 1,622g으로 가장 많았다(표 3-2-3). 2005년 5월 저서동물 생물량은 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초에서 각각 1,271g과 1,294g으로 비슷하게 나타났다.

표 3-2-3. 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초의 저서생물 생물량

분류군	종 명	사다리꼴강제어초(g)				돛형강제어초(g)			
		10월	1월	3월	5월	10월	1월	3월	5월
연체동물	긴빨고등	10.5							
	굴								15
	입빨고등			175	42			150	10
	홍합		15	28					
	고등류	175	2			41.98	9		
절지동물	따개비류	25	18	20	23	22	15	31	42
	아무르불가사리	35			230			245	26
	보라성게							120	
극피동물	검은띠불가사리		30		37				
	별불가사리	1587	220	420	680	147	85	330	850
	돌기해삼				120				250
	우렁쉥이								20
척삭동물	릿테르개명게		15	35	95	50	23	45	30
	미더덕		10	20	25		7	5	9
자포동물	말미잘		20	8	19	2	2	3	
	히드라				5	5		5	2
태형동물	자주빛이끼벌레		12	20	18		10	19	25
해면동물	해면류			25	86			20	15
	합 계	1,832.5	330	706	1,271	267.98	151	973	1,294

시험어초 어장에서 어류의 위집효과는 출현종이 8종으로 비교적 적은 종수가 나타났으며, 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초 모두 같은 종이 출현한 것은 어초간 거리가 50m 정도로 근접하여 시설된 결과라고 사료되었다(표 3-2-4). 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초 어장에서 관찰된 개체수는 2004년 10월에 각각 307마리와 270마리로 가장 많았으며, 2005년 3월에는 육안으로 관찰된 어류는 없었다. 5월에는 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초 어장에서 각각 10마리와 11마리가 관찰되어 고수온기로 접어들면서 어종이 많아지는 경향이라고 추정할 수 있었다. 시험어초어장에서 대형종이면서 고급어종은 볼락과 들돔이었으며, 볼락은 10월에 30마리 이상, 들돔은 20마리 이상 관찰되어 어류의 서식지로는 좋은 환경이라고 판단되었다.

표 3-2-4. 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초의 관찰어종과 위집량(단위: 마리, cm)

종 명	사다리꼴강제어초				둥형강제어초			
	10월	1월	3월	5월	10월	1월	3월	5월
용치늘래기	1				30			
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	(10)				(10-15)			
볼락	30			1	50	5		1
<i>Sebastes inermis</i>	(20-30)			(20)	(20-30)	(15-20)		(15)
미역치	5			8	5	1		8
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	(5)			(10)	(5)	(5)		(10)
들돔	20				25	3		
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	(25-30)				(25-30)	(25-35)		
쥐치	50	1				3		
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	(20-30)	(20)				(20-25)		
인상어	200				150			
<i>Neoditrema ransonneti</i>	(10)				(10)			
망상어	1			1				1
<i>Ditrema temmincki</i>	(10)			(10)				(15)
배도라치류		1			10	2		1
		(10)			(10-15)	(10)		(10)
합 계	307	2	-	10	270	14	-	11

어초어장에서 삼중자망을 이용한 어획조사에서 출현종은 15종이었으며, 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초에서 각각 11종과 9종이 출현하였다(표 3-2-5). 삼중자망에 의해 어획된 출현종 가운데 12종은 주간에 관찰되지 않은 종이었으며, 방어, 보리멸, 전갱이 등은 주야 또는 조류에 따라 이동이 심한 종들이었다. 5월 조사에서는 갑오징어만 어획되었고, 다른 어종은 채포되지 않았다.

표 3-2-5. 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초의 삼중자망에 의한 어획종

Species	사다리꼴강제어초				둥형강제어초			
	10월	1월	3월	5월	10월	1월	3월	5월
갯오징어 <i>Sepia esculenta</i>	1				3			6
볼락 <i>Sebastes inermis</i>		1					1	
방어 <i>Seriola quinqueradiata</i>	3							
벵에돔 <i>Girella punctata</i>							1	
돌돔 <i>Oplegnathus fasciatus</i>		4			1			
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>						1		
돌가자미 <i>Stone flounder</i>	1							
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>						1		
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	1				3			
말쥐치 <i>Navodon modestus</i>	11							
전갱이 <i>Trachurus japonicus</i>	1					36		
삼세기 <i>Hemitripteris villosus</i>			1					
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>			1					
청멸 <i>Thrissa Kammalensis</i>							1	
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	1							
합 계	19	5	2		7	38	3	6

표 3-2-6. 사다리꼴강제어초와 둥형강제어초의 삼중자망에 의한 어획량

Species	사다리꼴강제어초(g)				둥형강제어초(g)			
	10월	1월	3월	5월	10월	1월	3월	5월
갯오징어 <i>Sepia esculenta</i>	340				555			3270
볼락 <i>Sebastes inermis</i>		270					142	
방어 <i>Seriola quinqueradiata</i>	1110							
벵에돔 <i>Girella punctata</i>							135	
돌돔 <i>Oplegnathus fasciatus</i>		530			95			
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>						5		
돌가자미 <i>Stone flounder</i>	550							
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>						300		
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	55				187			
말쥐치 <i>Navodon modestus</i>	1515							
전갱이 <i>Trachurus japonicus</i>	40					2470		
삼세기 <i>Hemitripteris villosus</i>			91					
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>			130					
청멸 <i>Thrissa Kammalensis</i>							25	
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	250							
합 계	3,860	800	221	-	837	2,775	302	3,270

시험어초어장에서 삼중자망에 의한 어획량은 사다리꼴강제어초가 10월에 3,860g으로 가장 많았으며, 이 가운데 방어와 말퀴치가 약 68%를 차지하였다(표 3-2-6). 돔형강제어초에서는 3월에 전갱이가 2,470g과 5월에 갑오징어가 3,270g이 어획되어 월별 뚜렷한 어획량 변화를 단정하기가 어려웠다. 향후 지속적인 조사를 통하여 해양생태계 천이과정을 분석해야만 가능하리라 사료된다.

시험어초를 시설한 인접해역의 자연 암반지역에서 삼중자망에 의한 어획량은 표 3-2-7과 같았다. 어획된 어종은 모두 10종이었으며, 10월에 6종으로 가장 많이 출현하였다. 1월과 5월에는 각각 2종과 4종이 어획되었으며, 3월에는 어획된 종이 없었다. 생물량은 10월에 2,130g으로 가장 많았으며, 5월에는 2,040g으로 그 다음을 차지하였다.

표 3-2-7. 자연어초에서의 삼중자망에 의한 어획효과 (단위: 마리, g)

종 명	10월	1월	3월	5월
용치놀래기 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	1(130)			
갑오징어 <i>Sepia esculenta</i>	1(600)			
방어 <i>Seriola quinqueradiata</i>	1(860)	1(260)		
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>				2(1,340)
가오리 <i>Ray</i>				1(520)
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	1(150)			
전갱이 <i>Trachurus japonicus</i>	1(90)			
매통이 <i>Saurida undosquamis</i>	1(300)			
아귀 <i>Lophiomus setigerus</i>		1(1,000)		
도다리 <i>Pleronichthys cornutus</i>				1(180)
합 계	6(2,130)	2(1,260)	-	4(2,040)

이상의 결과에서 시험용 사다리꼴강제어초와 돔형강제어초는 시설기간이 1년밖에 경과되지 않아 생태적 천이과정이 계속 진행되고 있다. 인공어초 표면에 착생한 생물은 시설초기에 생활사가 비교적 짧은 따개비류가 우점종으로 생육하고 있었고, 나머지는 이동성이 강한 불가사리류가 대량으로 관찰되었다. 그러나 시간이 지나면서 리테르개명게 등이 증가하는 양상을 보이고 있어서 안정된 군집구조가 완성될 때까지 당분간은 자리다툼 경쟁이 치열할 것으로 보인다. 어초어장에서의 출현종은 잠수사가 관찰한 어종 8종과 삼중자망에 의해 추가된 12종을 합하여 모두 20종이었다. 잠수에 의한 관찰된 어종은 동계 보다는 추계와 춘계가 종류와 그 수가 많은 것으로 나타났으나, 생물량에 의한 결과는 반듯이 일치하지는 않았다. 향후 인공어초 어장에서 생태계가 안정되었을 때 사다리꼴강제

어초와 돛형강제어초 기능의 비교가 가능할 것이며, 다만 자연상태에서의 어종수와 생물량 보다 우위에 있음은 확인하였다.

나. 인공어초 배치 기반조사

(1) 지형

전남 바다목장 조성해역의 인공어초 시설장소는 금오도를 중심으로 동부와 서부 해역이다(그림 3-2-7). 동부해역은 인공어초 시설면적이 적지만 서부해역은 비교적 넓다. 금오도 동부해역은 해안선이 완만한 반면 서부해역은 굴곡이 심하여 내만으로 형성된 곳이 많다. 내만에는 유속이 완만하고 소형어선이 정박할 수 있는 포구가 조성되어 있고, 정치망 또는 자망 등 어로작업도 활발하게 진행되고 있었다.

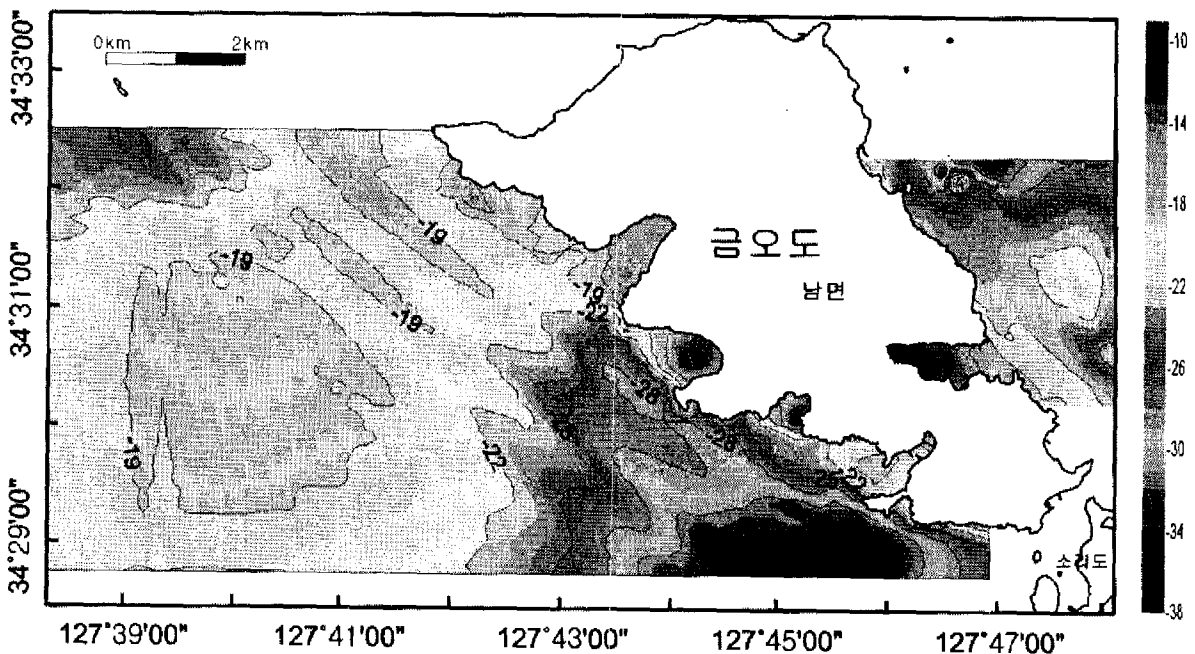


그림 3-2-7. 전남 바다목장 인공어초 지형조사 해역도.

금오도는 도서로 산과 골짜기로 형성되어 복잡한 형태를 이루고 있다. 금오도 서부연안은 급경사를 이루고 있어서 조간대의 면적이 적으나 내만으로 형성된 곳은 비교적 넓게 조성되어 있다(그림 3-2-8). 금오도 인접해역은 높낮이가 심한 4개의 골이 형성되어 있으며, 이 골은 오랫동안 조류의 영향으로 형성된 것으로 추정된다. 금오도와 약 300m 이상 떨어진 서부해역은 평탄한 지형으로 조성되었다. 그림 3-2-8에서 나타난 바와 같이 동경 127°37'과 127°40' 사이에 작은 골이 형성되어 있어서 이 또한 조류나 파랑에 의한 것으로 추정된다.

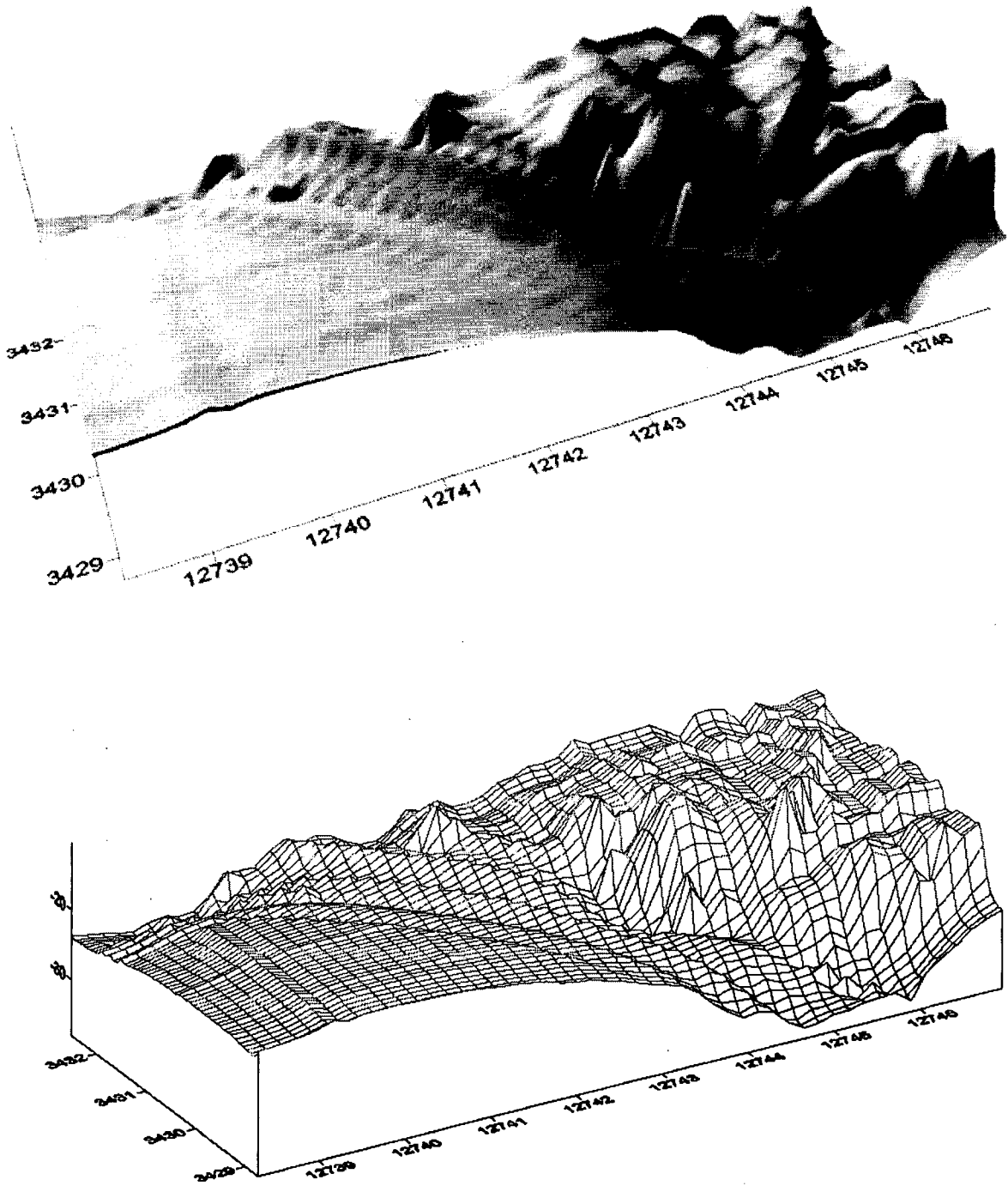


그림 3-2-8. 전남 바다목장 인공어초 배치해역 지형도.

금오도 동부해역은 섬으로부터 완만한 경사를 이루고 있으며, 조사해역 중간에 작은 암초들이 솟아올라 있다(그림 3-2-9). 도서와 인접한 해역에 1개의 골이 형성되어 있고, 암초를 중심으로 불규칙하게 골이 패인 곳이 있다. 이러한 요철은 조류 또는 파랑이 암초와 충돌하면서 와류가 발생하여 형성된 것으로 추정된다.

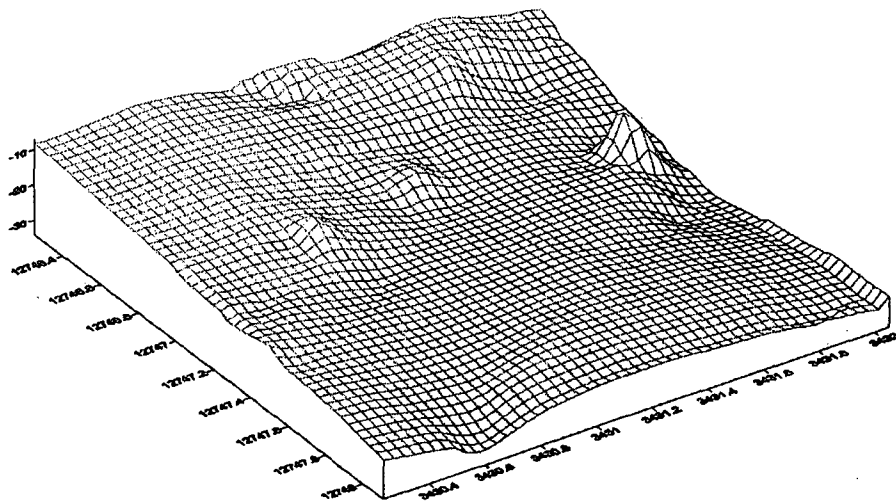
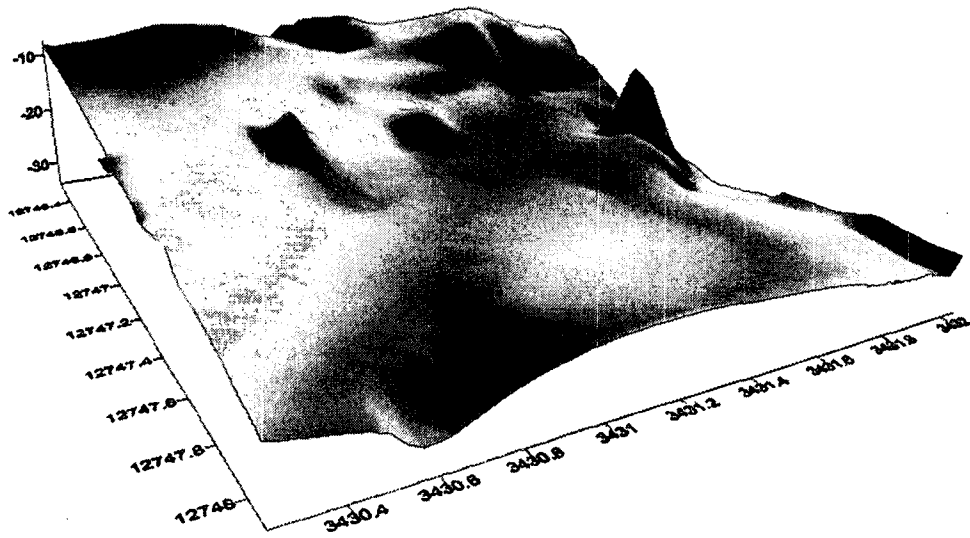


그림 3-2-9. 전남 바다목장 금오도 동부해역 지형도.

(2) 수심

금오도 서부연안의 수심은 골이 형성된 곳은 19~28m로 심한 등고선을 나타내고 있으며, 내만에서도 19m를 나타낸 곳이 있다(그림 3-2-10). 금오도 서부 평탄한 해역은 수심 19m를 기록하여 각종 시설물이 설치하기에는 적합할 것으로 사료된다. 금오도 남서부해역에 수심 40m 이상되는 곳이 있어서 인근 해역과 비교가 되었다.

금오도 동부해역의 수심은 도서와 인접한 해역이 10~13m를 나타내고 있으며, 그 다음으로 19~22m, 외해해역은 25~28m를 기록하고 있다(그림 3-2-11). 조사해역 중심에 22m 균일하게 나타나는 해역이 있으며, 암초가 있는 해역의 수심은 30m 이상 나타내고 있다.

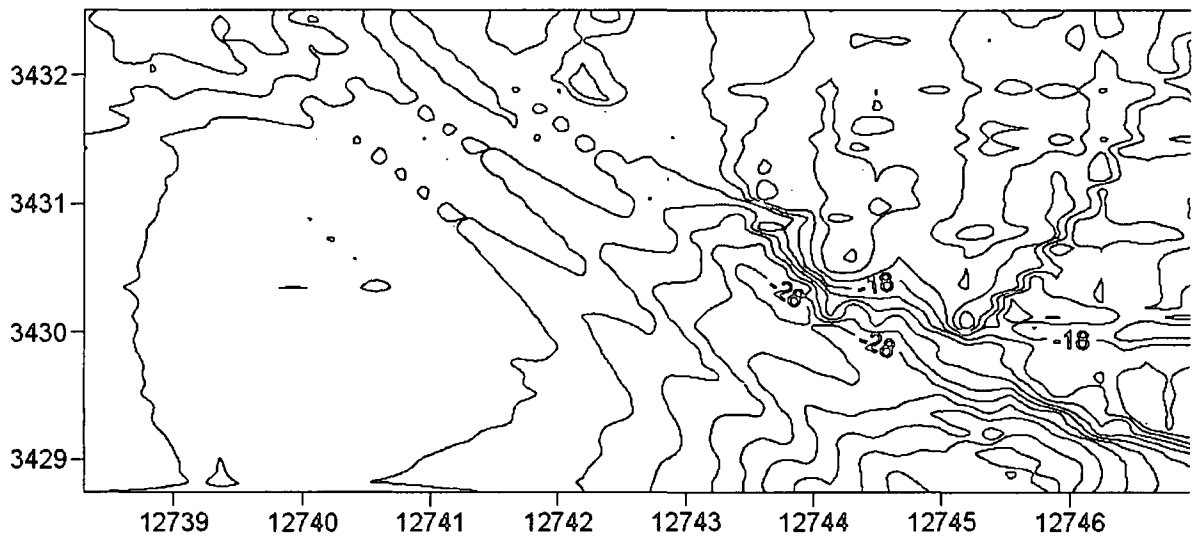
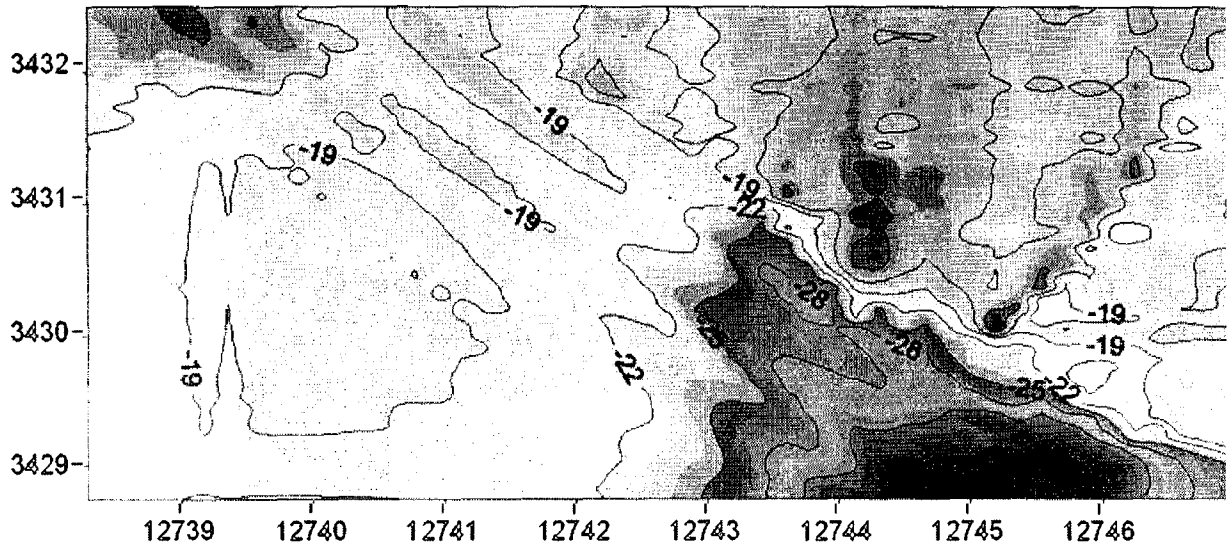


그림 3-2-10. 전남 바다목장 금오도 서부해역 수심도.

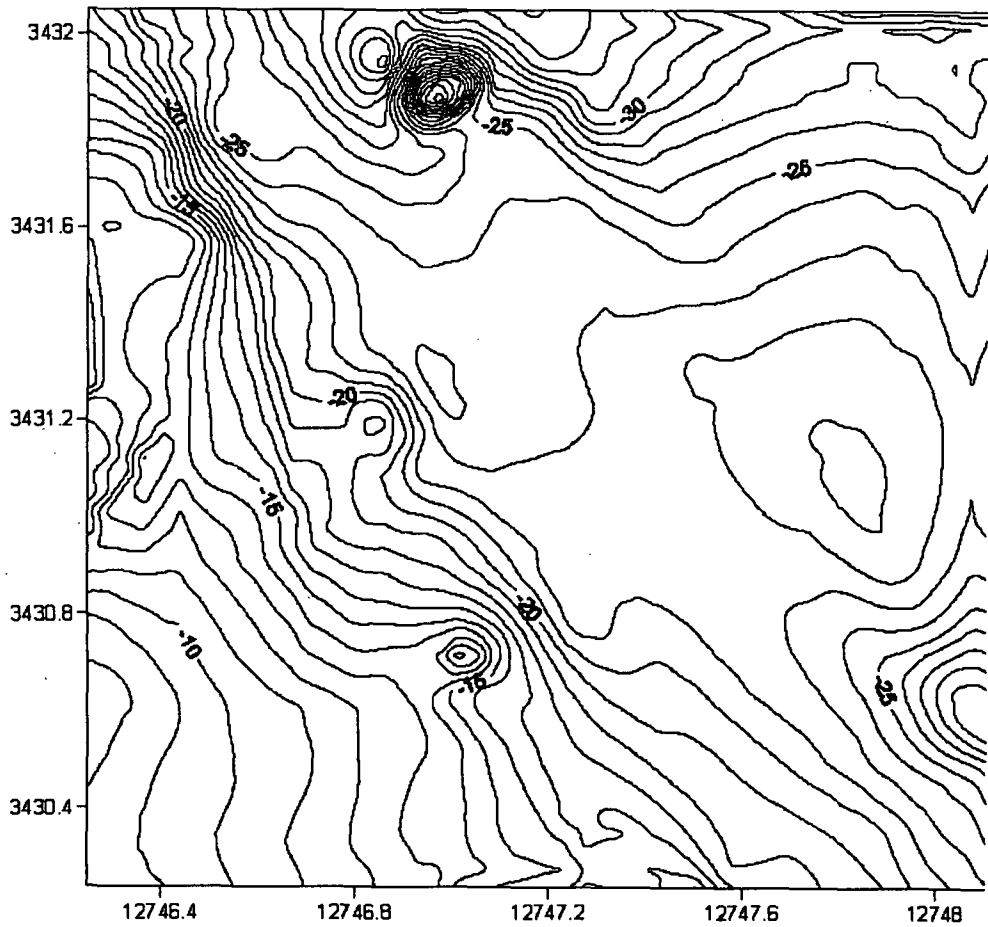
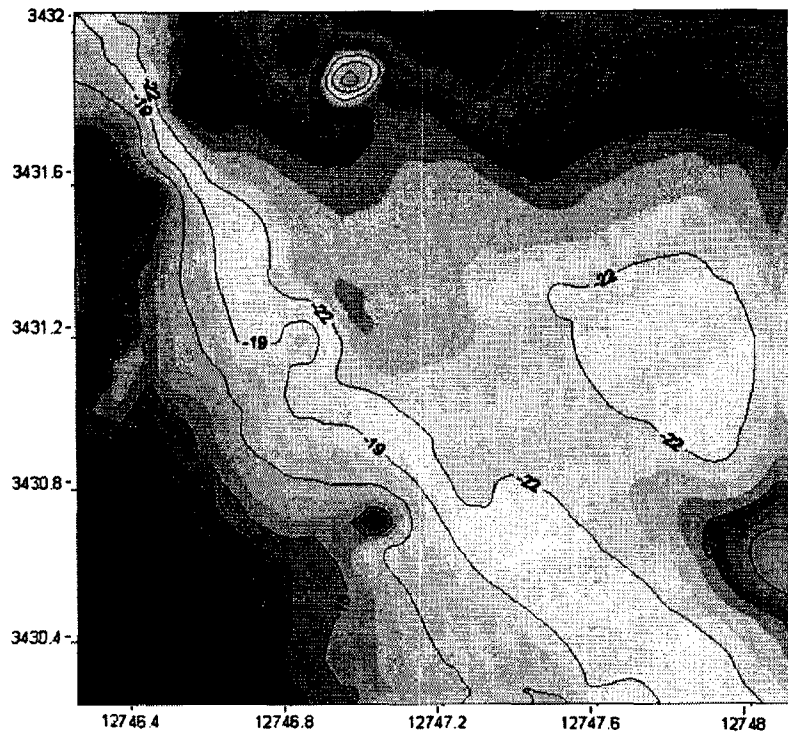


그림 3-2-11. 전남 바다목장 금오도 동부해역 수심도.

(3) 저질

전남 다도해형 바다목장 해역의 인공어초 시설예정지인 금오도 동부해역은 조간대와 암초를 제외하고는 전 해역이 니질(갯펄)로 조성되어 있다(그림 3-2-12, 13). 저질의 입자는 미분석 상태이어서 알 수 없으며, 향후 분석이 되면 이에 적합한 인공어초 시설방법이 강구될 것이다. 금오도 서부해역도 대부분 니질로 조성되어 있으며, 조사해역 서쪽에 암반지대가 놓여있다. 이곳을 중심으로 어류형 어초를 시설한다면 효과가 있을 것으로 기대된다.

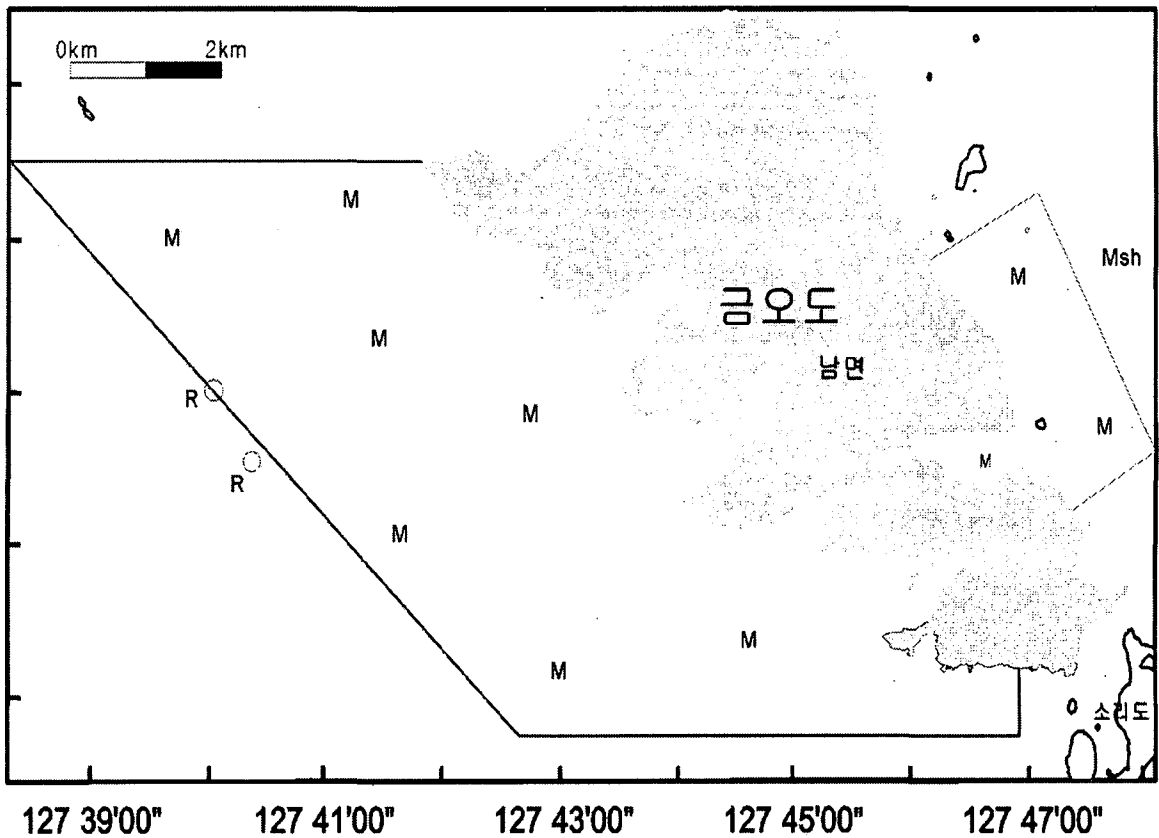


그림 3-2-12. 전남 바다목장 인공어초 조성해역 저질분포도.

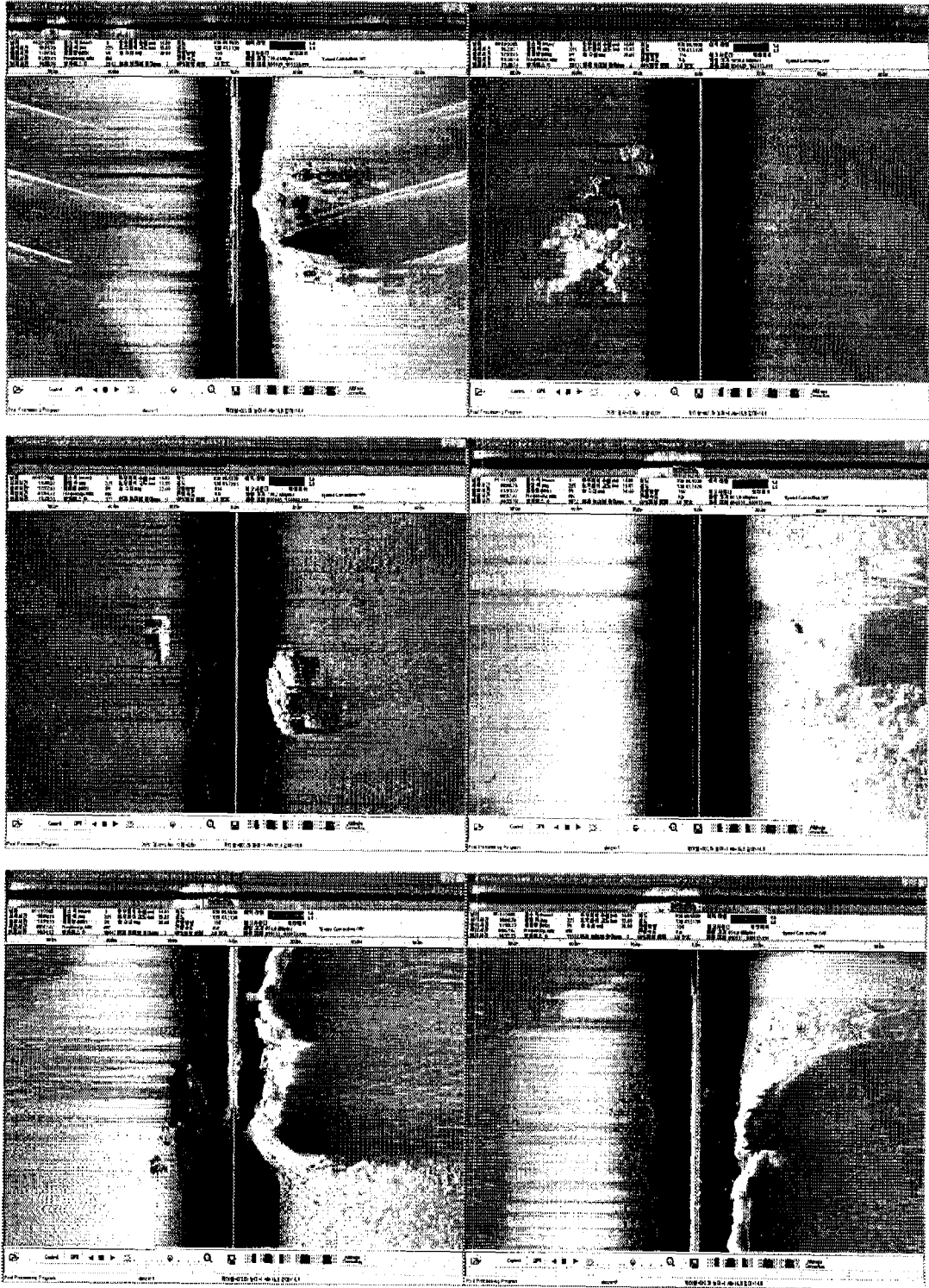


그림 3-2-13. 전남 바다목장 인공어초 조성해역 저질상태.

제 3 절 요약 및 결론

1. 해중림 조성

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 효과 검증, 그리고 마지막으로 조성된 해중림의 지속적 관리 및 보전 방법이 이에 해당한다.

금번사업기간 중에는 첫째 1단계 2차년도인 작년도에 이어 전남 다도해 바다목장 해역의 해조군집에 대한 광역조사를 실시하였고, 둘째 통영바다목장사업에서 설계된 해조어초와 인공 배양된 곱피(*Ecklonia stolonifera*) 종묘를 이용하여 소규모 해중림을 조성하였고, 그리고 셋째 해조류와 마찬가지로 어류 서식지로 중요한 기능을 하는 잘피밭의 분포 및 이식가능면적을 추정하였다. 특히 첫 번째 광역조사는 해조군집의 특성파악, 대상종의 분포특성, 대상종을 위한 적지선정, 그리고 지형 및 환경특성을 고려한 조성기술개발을 목적으로 안도주변 20개 조하대 지점에서 해조류의 수직분포, 풍도(피도 및 현존량), 기질 특성(경사, 수직범위, 퇴적물의 양), 광량분포, 경쟁생물, 그리고 암반기질과 이어지는 연성저질의 특성(C/N, 퇴적상)을 밝혔고, 이를 토대로 어류 및 무척추동물 자원증대를 위한 적정 방류량 산정, 방류위치 결정, 그리고 연안 해조어초 투입지 결정 및 효과예측을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

안도주변에 조하대 서식지에 분포하는 해조류는 약 40종이었고, 이들 중 미역(*Undaria pinnatida*), *Ecklonia juveniles*, 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*) 등의 대형 갈조류는 계절과 장소에 따라 대규모 patch를 이루고 있었다. 그러나 해조류가 분포할 수 있는 범위는 최대 7m이었으며, 풍도는 피도의 경우 최대 70%, 현존량은 300 g-wet wt/0.25m²를 넘지 않았다. 이렇듯 해조식생이 빈약한 이유는 해조류가 살아갈 수 있는 기질이 최대 10m에 지나지 않고, 암반기질과 이어지는 연성저질에서 저층 퇴적물이 재부유하여 수심 5m 이하의 암반기질을 피복하여 해조류의 착생을 저해하기 때문이다. 더욱이 재부유하는 퇴적물은 해수중의 탁도를 높여 투과할 수 있는 빛의 양을 줄여 해조류의 광합성과 성장을 저해하고, 이는 연쇄적으로 해조류의 수직분포범위 및 풍도를 낮추는 것으로 보인다. 여기에 다양한 초식동물이 번무함으로써 초식압(grazing pressure)이 해조류의 생산력에 비해 과도하게 높다.

따라서 현재 존재하는 무척추동물자원을 적절히 수확 상품화하여 초식압을 낮춰 해조류가 더 번성할 수 있는 환경을 조성해주어야 할 것이며, 더불어 지속적인 해중림 조성사업을 통해 해조류의 현존량을 증대시켜야 할 것이다. 이런 작업이 이루어진 이후에 다시 전복 등의 무척추동물자원을 방류하면 현재보다 높은 생산성을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

2. 인공어초

전남 바다목장해역에 시설한 시험용 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초는 시설기간이 1년밖에 경과되지 않아 생태적 천이과정이 계속 진행되고 있었다. 인공어초 표면에 착생한 생물은 시설초기에 생활사가 비교적 짧은 따개비류가 우점종으로 생육하고 있었고, 나머지는 이동성이 강한 불가사리류가 대량으로 관찰되었다. 그러나 시간이 지나면서 리트르개명게 등이 증가하는 양상을 보이고 있어서 안정된 군집구조가 완성될 때까지 당분간은 자리다툼 경쟁이 치열할 것으로 보인다. 어초어장에서 출현종은 잠수사가 관찰한 어종 8종과 삼중자망에 의해 추가된 12종을 합하여 모두 20종이었다. 잠수에 의한 관찰된 어종은 동계보다는 추계와 춘계가 종류와 그 수가 많은 것으로 나타났다. 향후 인공어초어장에서 생태계가 안정되었을 때 사다리꼴강제어초와 돛형강제어초 기능의 비교가 가능할 것이며, 다만 자연상태에서의 어종수와 생물량 보다 우위에 있음은 확인하였다.

바다목장 조성해역에 2005년 4월 30일과 5월 1일, 양일에 걸쳐 추가로 시설한 인공어초는 여수시 남면 안도 이아포 해역에 다목적강제어초와 점보형강제어초가 각각 1기, 피라미드강제어초 3기, 다목적패조류용 콘크리트어초 2기가 시설되었으며, 안도 음양급이시설해역에 피라미드강제어초 4기, 다목적패조류용 콘크리트어초 8기가 시설되었다. 이들에 대한 배치기술 및 생태적 천이과정, 대상어종에 대한 친화성의 효과조사는 2005년 7월부터 실시할 계획이다.

전남 바다목장 조성해역의 인공어초 시설장소는 금오도를 중심으로 동부와 서부 해역이며, 동부해역은 인공어초 시설면적이 적지만 서부해역은 비교적 넓다. 금오도 동부해역은 해안선이 완만한 반면 서부해역은 굴곡이 심하여 내만으로 형성된 곳이 많다.

금오도는 도서로 산과 골짜기로 형성되어 복잡한 형태를 이루고 있다. 금오도 서부연안은 급경사를 이루고 있어서 조간대의 면적이 적으나 내만으로 형성된 곳은 비교적 넓게 조성되어 있다. 금오도 인접해역은 높낮이가 심한 4개의 골이 형성되어 있으며, 이 골은 오랫동안 조류의 영향으로 형성된 것으로 추정된다. 금오도와 약 300m 이상 떨어진 서부해역은 평탄한 지형으로 조성되었다. 금오도 서부연안의 수심은 골이 형성된 곳은 19~28m로 심한 등고선을 나타내고 있으며, 내만에서도 19m를 나타낸 곳이 있었다. 금오도 서부 평탄한 해역은 수심 19m를 기록하여 각종 시설물이 설치하기에는 적합할 것으로 사료된다. 금오도 남서부해역에 수심 40m 이상되는 곳이 있어서 인근 해역과 비교가

되었다.

금오도 동부해역은 섬으로부터 완만한 경사를 이루고 있으며, 조사해역 중간에 작은 암초들이 있다. 도서와 인접한 해역에 1개의 골이 형성되어 있고, 암초를 중심으로 불규칙하게 골이 패인 곳이 있다. 이러한 요철은 조류 또는 파랑이 암초와 충돌하면서 와류가 발생하여 형성된 것으로 추정된다.

금오도 동부해역의 수심은 도서와 인접한 해역이 10~13m를 나타내고 있으며, 그 다음으로 19~22m, 외해해역은 25~28m를 기록하고 있다. 조사해역 중심에 22m 균일하게 나타나는 해역이 있으며, 암초가 있는 해역의 수심은 30m 이상 나타내고 있다.

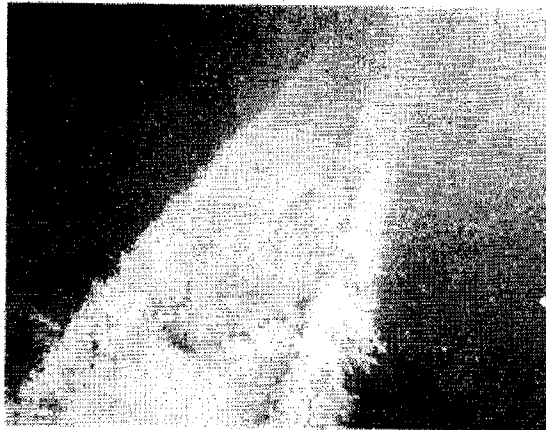
전남 다도해형 바다목장 해역의 인공어초 시설예정지인 금오도 동부해역은 조간대와 암초를 제외하고는 전 해역이 니질(갯빨)로 조성되어 있다. 금오도 서부해역도 대부분 니질로 조성되어 있으며, 조사해역 서쪽에 암반지대가 놓여있다. 이곳을 중심으로 어류형 어초를 시설한다면 효과가 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

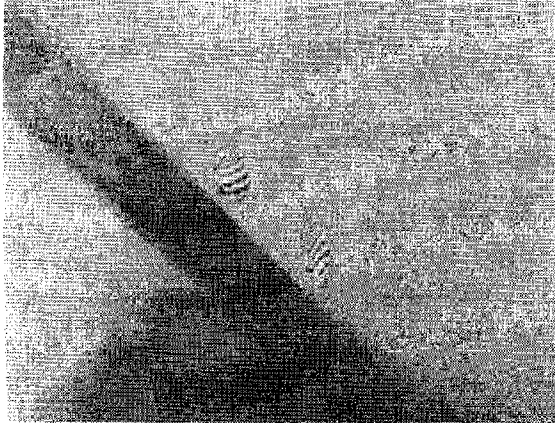
- 국립수산진흥원. 1976. 인공어초 투입해역의 어획효과조사. 수진사업보고 32: 87-111.
- 국립수산진흥원. 1992. 한국연안 인공어초의 자원조성 효과에 관한 연구. 수진사업보고 95: 1-89.
- 국립수산진흥원. 1995. 인공어초 어장 기본조사 자료집. 1-191.
- 川名 武. 1959. 魚礁漁場學的考察. 水産資源 5(2): 27-37.
- 小川 良徳. 1968. 人工魚礁漁村. 水産増殖臨時号 7: 3-21.
- 柿元 皓. 1966. 人工魚礁效果範圍. 水産増殖 14(4) 181-189.

부 록

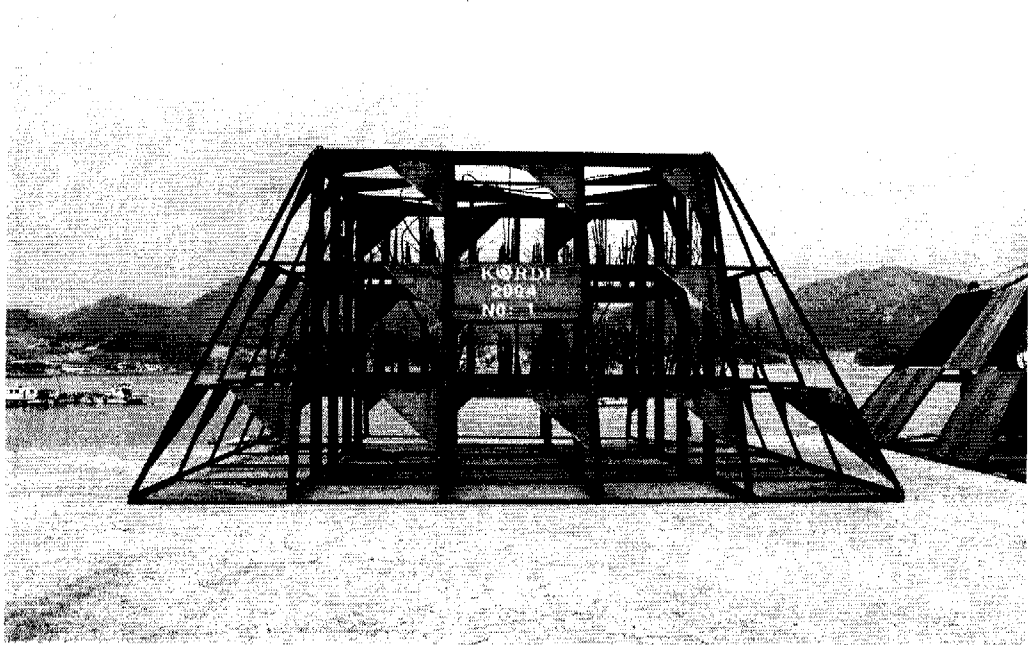
부록 3-2-1. 사다리꼴강제어초에서의 위집어류와 부착생물



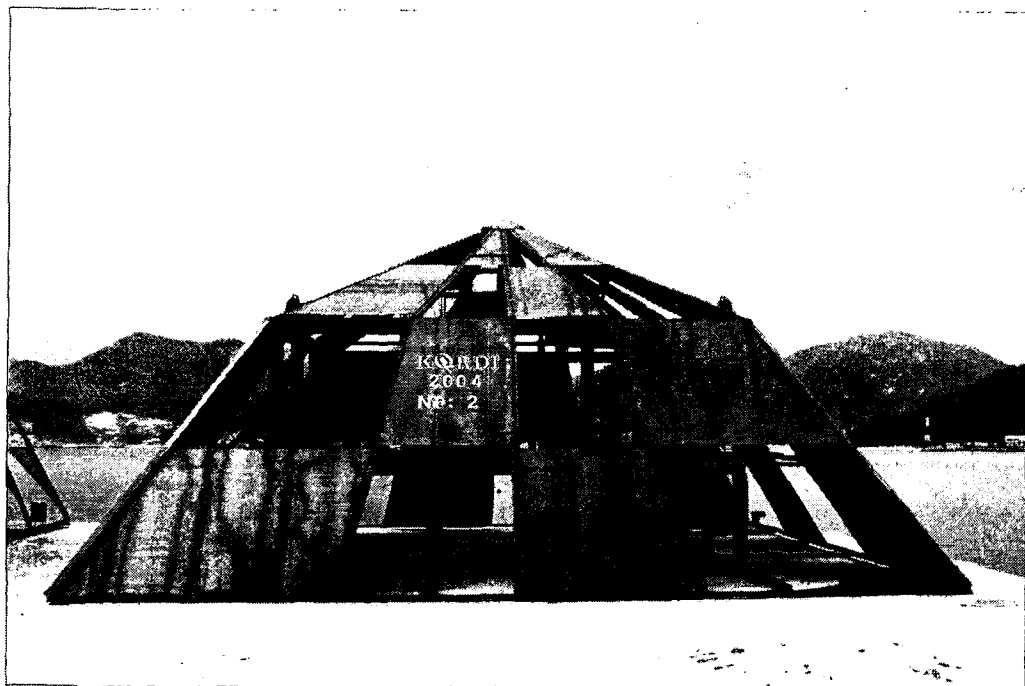
부록 3-2-2. 돔형강제어초에서의 위집어류와 부착생물



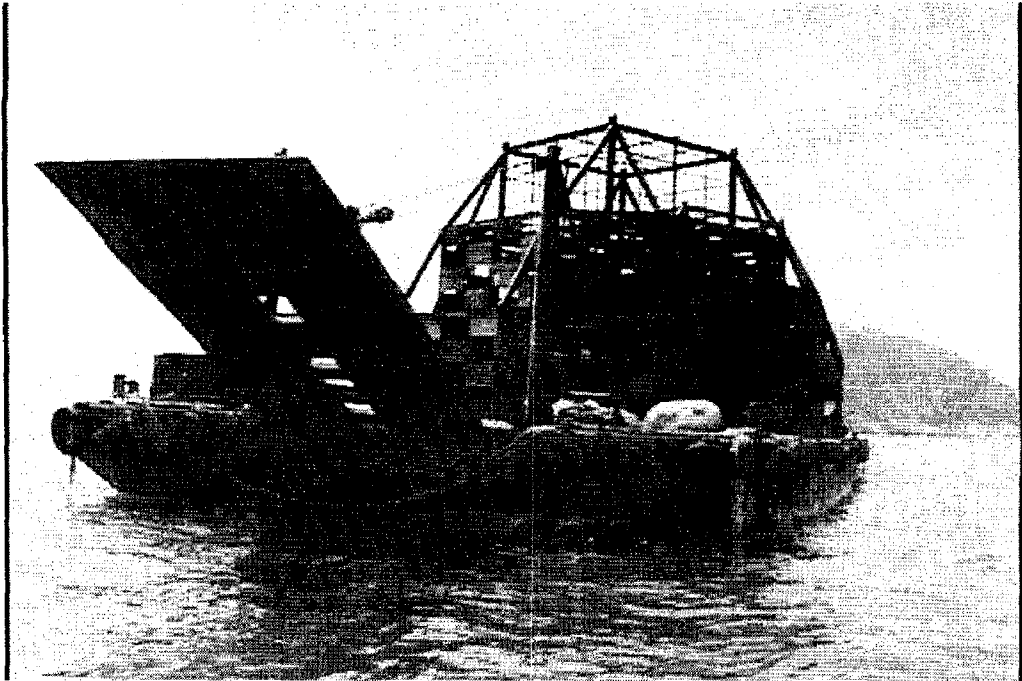
부록 3-2-3. 사다리꼴강제어초(10m×10m×5m)



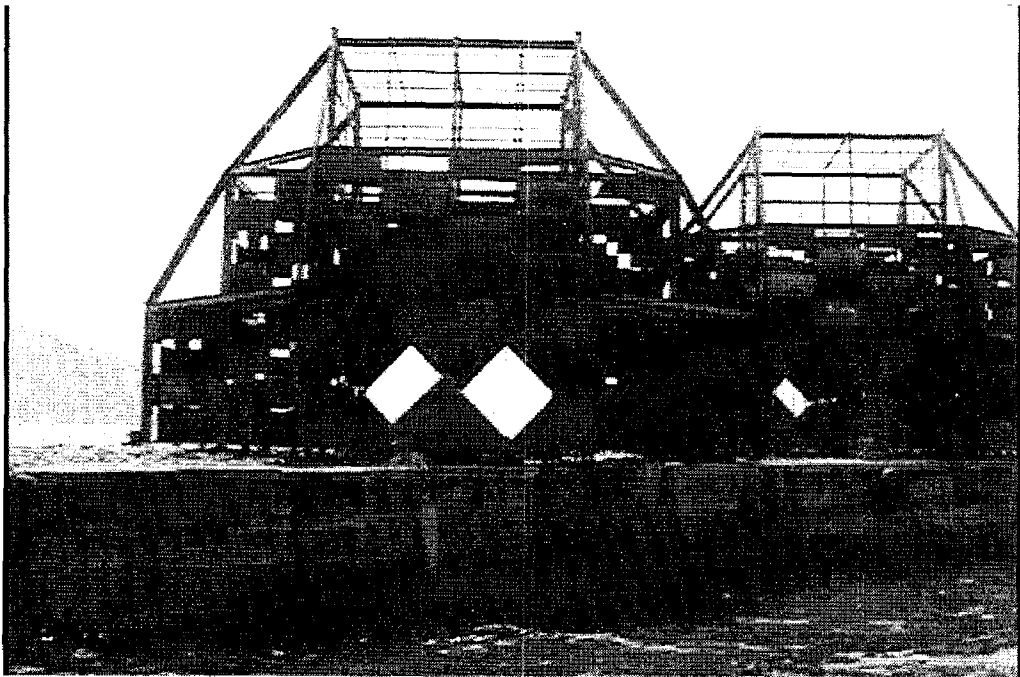
부록 3-2-4. 돔형강제어초(10m×10m×5m)



부록 3-2-5. 다목적강제어초(12m×12m×9m)



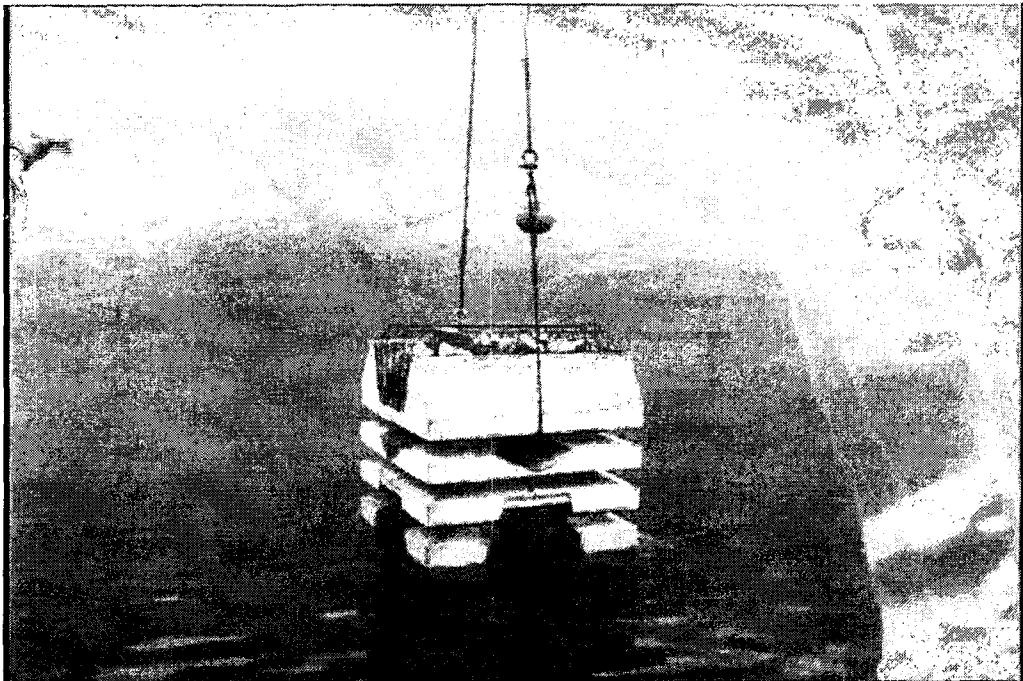
부록 3-2-6. 설명 : 점보강제어초(12m×12m×9m)



부록 3-2-7. 피라미드형강제어초(8m×8m×6m)



부록 3-2-8. 패조류형인공어초(8m×8m×6m)



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 우량종묘생산 및 우량종묘 판정법

1. 서론

우리나라에서 수산생물의 우량종묘생산에 관한 연구는 유전적 변이 분석법, 선발 육종법 등 다양한 측면에서 접근되어 왔다. 이러한 노력에도 불구하고 현재까지 육상 종묘 배양장에서 높은 수준의 기형어의 발생으로 인해 성장의 저해 및 대량폐사 등의 부작용을 유발하고 있으며(Barbaro *et al.* 1984; 清水 1987), 이러한 기형어의 발생으로 방류용 종묘 생산에 양적 및 질적 요구량을 맞추지 못하고 있다. 이를 극복하기 위하여 기형에 관한 여러 가지 원인분석 실험이 이루어지고 있으나 그에 대한 확실한 해답을 찾아내지 못하고 있는 실정이다.

우량종묘 판정은 대부분이 외부적 및 병리학적 연구에 치우쳐져 이루어지고 있으나 측정의 어려움 때문에 종묘의 활력(유영능력)과 연결 지어 생각된 것은 유래가 없다. 방류사업에서 방류적지 선정시 환경적 조건을 최우선으로 보게 되는데 그중 유속은 어류의 유영능력과 직접적으로 연결 고찰되어야 하며, 유영능력이 좋은 우량종묘의 선택은 방류지에서의 적응에 물리적으로 크게 작용할 것으로 생각된다.

그러므로, 본 실험에서는 기형어 출현의 근본적 원인을 영양학적 측면으로 접근하여 기형률을 줄이며, 종묘의 유영능력을 영양적 측면에서 관찰함으로써 그 우량종묘선정의 기준을 세우는데 그 목적을 두었다.

2. 재료 및 방법

가. 방류용 감성돔 우량종묘생산

(1) 실험어

국내 감성돔 육상 인공 종묘 생산 현장에서 현재 발생하는 감성돔 기형의 증상과 발생률을 조사하기 위하여 동해와 서해에 인접한 인공종묘생산 현장 각 한 곳과 남해와 인접한 인공종묘 생산 현장 두 곳을 선정하였다. 이후 각각의 현장으로부터 2003년 3월 2일부터 3월 15일 사이에 양식산 친어에게서 채란하여 종묘 생산된 부화 후 83~90일째 감성돔 치어(평균체장 2.4 ± 6.7 cm, 평균체장 0.52 ± 0.6 g)를 4곳의 인공종묘생산 현장으로부터 총 881미(A사: 102, B사: 297, C사: 317, D사: 165)를 무작위로 채집하였다. 채집된 실험어는 현장에서 즉시 10% 중성포르말린에 고정하여 기형어의 판별에 사용하였다.

정상어와 기형어간의 외부형태 및 체성분 비교를 위하여 총 427미(A사: 89, B사: 110,

C사: 116, D사: 112)를 무작위로 채집하여 현장에서 즉시 얼음물에 폐사시킨 후 얼음을 채운 아이스박스에 담아 실험실로 운반 후 외부형태의 관찰을 통해 정상어와 기형어를 선별하여 각각 -35℃의 냉동고에 분리 보관하였다. 이때 선별되어진 전만증(Lordosis)에는 19미(A사: 2, B사: 2, C사: 5, D사: 10)로 이중 9마리는(A사, B사, C사) 일반성분분석에 10미(D사)는 지방산과 아미노산분석에 사용되었다.

(2) 기형의 판별 및 발생률

(가) 외형관찰에 의한 기형의 판별

체형(두부, 문부, 세악, 배면, 미부 등의 형태 이상), 체색(흑화, 황화 등의 색소 이상), 체표면(안구와 체표면 등의 외상)등의 관찰을 통한 판별조사를 실시하였다. 기형의 분류기준으로는 服部(2004)가 사용한 11가지의 판별기준에 준하여 현저한 외관상의 차이를 보이는 실험어를 기형어로 판단하여 증상별로 분류하였고, 분류된 기형어는 디지털카메라로 촬영 후 각 현장별 채집어에 대한 기형어의 발생률을 산출하였다.

(나) 연 X-ray 사진촬영에 의한 기형의 판별

육안으로 확인되지 않는 내부골격의 기형을 판별하기 위하여 외부형태기형의 판별에 사용된 실험어 전체를 대상으로 soft x-ray system(SOFT M-1005, Japan)하에서 X-ray 필름(fuji co., Japan)을 사용하여 연 X-ray 사진촬영을 하였고, 촬영된 필름의 관찰을 통하여 정상어와 기형어를 판별하였다. 분류기준은 清水(1987)가 보고한 감성돔과 돌돔에서 발생하는 11가지의 골격기형을 기준으로 판별하였고, 각각의 기형어는 기형의 형태별로 분류하여 채집어에 대한 기형어의 발생률을 산출하였다.

(다) 외부형태 및 체중

정상개체와 전만증 개체간의 외부형태를 비교하기 위하여 전만증어로 판단된 감성돔 치어의 체장(SL), 체고(BH), 두장(HL)을 버니어캘리퍼스(vernier calipers, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 0.01cm까지 측정하였고, SL로부터 HL을 뺀길이(TCPL)에 대하여 BH의 역수(TCPL/BH), TCPL에 대한 HL의 역수(TCPL/HL), BH에 대한 HL의 역수(BH/HL)를 산출하여 정상어와 전만증어의 외부형태를 비교하였다. 체중은 전자저울(FA-200, A&D, Japan)을 이용하여 0.01g까지 측정 하였다. 표본으로는 전만증어와 동일한 체장의 정상어를 분류하여 전만증어와 같은 수의 정상어를 측정하였다(n=29).

(라) 연 X-ray 사진촬영에 의한 증상분석

전만증어(n=118)에 대하여 두개골과 인접한 추체에서부터 번호를 매겨 Clothier(1950)의 방법으로 복추골(제 1 척추골부터 제 1혈관극이 일어난 추체 앞까지의 척추골수)와 미

추골(미부봉상골을 포함한 혈관극이 있는 뒷부분의 척추골수)를 계수하였으며 각 추체별 전만증의 발현빈도를 조사하였다. 굴곡각도를 파악하기 위하여 Chatain(1994)의 방법에 준하여 첫 번째 추체에서 만곡된 지점사이의 연장선과 만곡지점에서 마지막 미추골까지의 직선에서의 교차지점 각도를 측정하였다.

(3) 어체분석

정상어와 전만증어를 각각 9마리 채집하여 전어체의 수분(자동수분분석기; HR73, halogen moisture analyzer, Switzerland), 조단백질(조단백분석장치; Kjeltac auto 1035, Tecator, Sweden), 조지방(2050 SOXTEC, Tecator, Sweden), 지방산(GC-17A, Shimadzu co., Japan), 아미노산(Pharmacia biochrom 20, Li⁺ type high performance ultra pack, U.K.), 회분(전기회화로; TMF-3100, Japan)을 분석하였다(AOAC, 1997).

(4) 통계처리

모든 데이터는 일원분산분석을 실시하여 Student's t-test에 의해 5%의 범위에서 유의차 검정을 실시하였다. 유의차 검정에는 SPSS programme(SPSS Inc., 1997)를 사용하여 검정하였다.

나. 방류용 감성돔 우량종묘 판정법 제시

(1) 실험어

감성돔 친어(3년산, 약 400g)로부터 종묘 생산된 시각적으로 외부형태가 깨끗하며 건강하다고 판단되는 치어(평균 7.75g, 체장 61.07mm)를 사용하였다.

(2) 실험디자인

(가) 종묘 크기별 한계유속

크기별 한계 유영능력의 유속(Critical Swimming Velocity; V_{cri})의 측정은 관찰이 용이하며 최소의 와류와 주수구로부터 유속이 점차적으로 줄어들게 PVC 파이프를 이용한 유속관을 제작하여 측정하였다(그림 4-1-1). 실험어는 크기별(large: 체장 65~80mm, medium: 55~65mm, small: 45~55mm)로 각기 20미씩 유영구간(Swimming Chamber; SC)에 넣어 더 이상 유영하여 앞으로 나아가지 못하고 멈추는 구간의 유속(V_{cri})을 기록하였다.

(나) 종묘의 유영능력별 분류

크기별 V_{cri} 의 80%의 유속을 동일하게 한 유속관에서 실험을 실시하여 약 3분간 유영을 시켜 앞으로 나아가는 건강종묘 20미와 앞으로 나아가지 못하고 뒤로 처지는 빈약종

묘 20미를 크기별(large: 체장 65~80mm, medium: 55~65mm, small: 45~55mm)로 샘플링 하였으며, 등근육을 채취하여 어체분석에 이용하였다.

(3) 어체분석

우량종묘와 빈약종묘의 어체 영양성분 차이를 알아보기 위하여 각각 20미로부터의 크기별, 근육별로 수분(자동수분분석기; HR73, halogen moisture analyzer, Switzerland), 조단백질(조단백분석장치; Kjeltac auto 1035, Tecator, Sweden), 조지방(2050 SOXTEC, Tecator, Sweden), 지방산(GC-17A, Shimadzu co., Japan), 회분(전기회화로; TMF-3100, Japan)을 분석하였다(AOAC, 1997).

(4) 통계

Simple liner regression을 이용하여 V_{cri} 와 어체 크기와 의 관계를 공식화하였다. 어체 크기와 V_{cri} 는 One-way ANOVA(analysis of variance)를 이용하여 평균비교를 하였으며 t-test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 어체 근육별 영양 성분분석 후 각각의 변수와 유영능력의 관계를 Pearson's correlation으로 확인 후 근접한 변수를 ANOVA로 평균 비교 하였으며 student t-test로 유의성을 검정하였다. 모든 분석은 SPSS programme(SPSS Inc. ver. 12)을 이용하여 분석하였다.

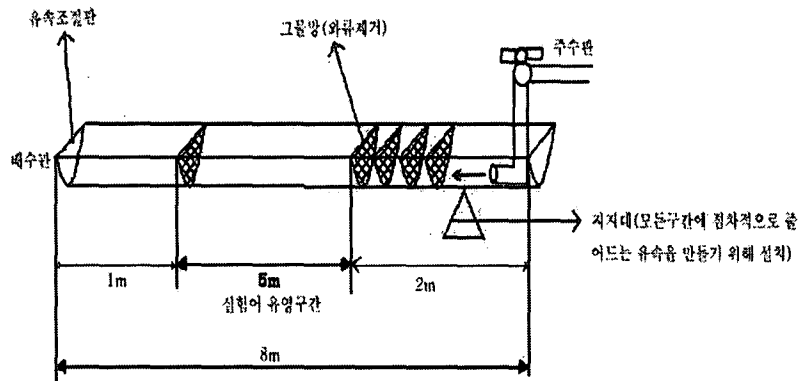


그림 4-1-1. 유영실험을 위한 시스템 디자인.

다. 황점블락 우량 종묘생산

(1) 효율적인 친어 관리방법: 자연산과 양식산 친어의 비교 및 사육환경의 영향

친어관리 실험은 두 가지로 이루어졌다. 양식산과 자연산 친어 관리 비교 실험과 양식산 친어의 질 향상을 위해 사육환경 비교 실험을 하였다. 자연산 친어는 경남 삼천포항에서 자연산 황점블락을 2004년 8월에서 10월 사이에 체중이 150g~450g 하는 친어 142마

리를 수집하였으며, 육상수조로 이송 후 배합사료(시판EP)로 먹이불임을 한 뒤 출산 때까지 사육하였다. 양식산 친어는 암컷 70마리, 수컷 30마리씩 총 200마리를 육상수조(6m×6m×1m) 및 해상가두리(6m×6m×3m) 두 곳에 분리 수용하였고, 친어의 체중은 450~920g, 전장 23.5~38.2cm이었다. 사육기간은 2004년 9월 2일부터 2004년 12월 22일까지 100일간이며, 사육환경은 가두리가 수온 26.5~11.2℃, 염분 32.2~34.1‰이고, 육상수조는 수온 28.5~10.5℃, 염분 33.2~34.1‰이었고, 사료는 육상 및 가두리에 같은 회사의 EP사료에 영양제를 강화하여 급이 하였다.

(2) 우량종묘생산: 초기 자어의 적정 사육수온

초기 자어의 적정사육수온을 규명하기 위하여 200L 원형수조에 10℃, 13℃, 15℃의 수온 구간을 설정하고 황점블락 자어 1,000마리씩 수용하였고, 사육조건은 수온조건을 제외하고 나머지는 동일하게 관리하였다.

3. 결과 및 토의

가. 기형어의 증상과 영양적 접근

국내 감성돔 인공종묘생산 현장 4곳으로부터 채집된 감성돔 치어를 대상으로 외부형태에서의 기형의 형태는 정상어(그림 4-1-2의 A)와 비교하여 전만증(Lordosis; 그림 4-1-2의 B), 새개단축(Reduction of opercular; 그림 4-1-2의 C), 두부기형(Deformity in head; 그림 4-1-2의 D), 턱의 기형(Deformity of jaw; 그림 4-1-2의 E), 단구증(Shortened body condition; 그림 4-1-2의 F), 측만증(Scoliosis; 그림 4-1-2의 G) 그리고 두 가지 이상의 기형을 함께 갖고 있는 병발증(Complication)이 관찰되었다. 외부형태별 기형어의 발생률은 5.88~16.49%로 관찰되었으며 전만증은 평균 3.3%의 발생률로 다른 기형에 비해 가장 높은 비율로 발생하고 있었다(표 4-1-1). 연 X-ray 사진촬영에 의한 내부골격기형의 형태는 정상어(그림 4-1-3의 A)와 구분되어, 전만증(Lordosis; 그림 4-1-3의 B), 추체기형(Deformity of vertebral column; 그림 4-1-3의 C), 신경, 혈관극의 기형(Deformity of neural and hemal spine; 그림 4-1-3의 D-1, D-2), 추체유합(Fused vertebrae; 그림 4-1-3의 E), 유리 신경간극기형(Deformity in free interneural spine; 그림 4-1-3의 F), 후만증(Kyphosis; 그림 4-1-3의 G), 미골기형(Deformity of caudal skeleton; 그림 4-1-3의 H), 그리고 병발증이 관찰되었다. 내부골격기형의 발생률은 평균 52.6%로 절반이 넘는 기형이 관찰되었으며, 이중 전만증(13.39%), 추체기형(12.15%), 신경, 혈관극의 기형(8.17%), 추체유합(6.47%)로 모든 종묘생산현장에서 고비율로 발생하고 있었다(표 4-1-2). 표 4-1-3에서와 같이 정상어와 전만증어의 외부형태를 측정하여 각 부위별 체형을 비교한 평균값에서 TCPL/BH, TCPL/HL, BH/HL은 큰 차이를 보이지 않았으나 체중증가율에서는 기형어가 정상어의 절반수준밖에 미치지 못했다.

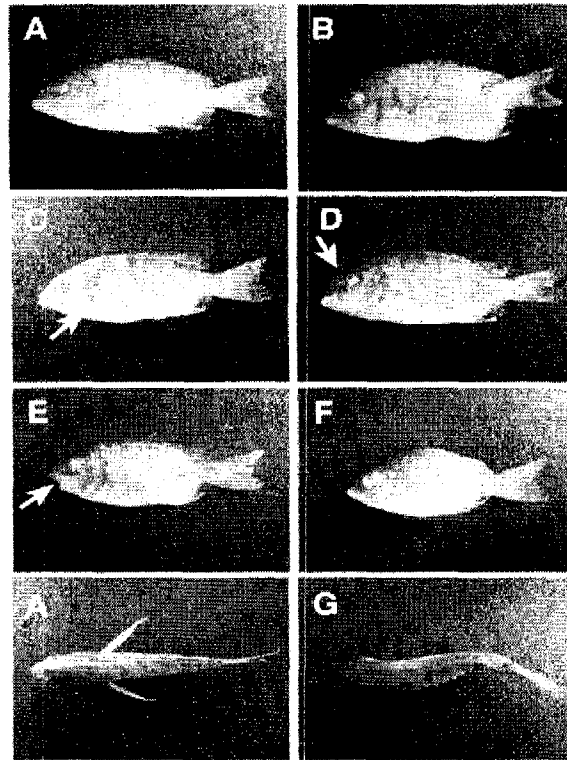


그림 4-1-2. 감성돔 치어의 정상어와 기형어의 예. A: 정상어; B: 전만증; C: 새개단축; D: 두부기형; E: 턱의 기형; F: 단구증; G: 측만증. 화살표는 기형부위를 표시함.

표 4-1-1. 감성돔(*A. schlegelii*)의 외부 기형의 발생률

기형형태	발생률 (%)				평균
	A co.	B co.	C co.	D co.	
정상어	94.12	83.51	89.28	88.49	87.75
전만증	1.96	2.36	3.79	4.85	3.3
새개단축	3.92	4.38	0.95	0.00	2.27
두부기형	0.00	4.04	0.95	1.22	1.93
턱의 기형	0.00	2.36	2.21	0.00	1.59
단구증	0.00	2.02	0.63	3.64	1.59
측만증	0.00	0.34	0.32	0.00	0.23
복합증	0.00	1.01	1.9	1.82	1.37
<i>n</i> *	102	297	317	165	881

* 샘플수

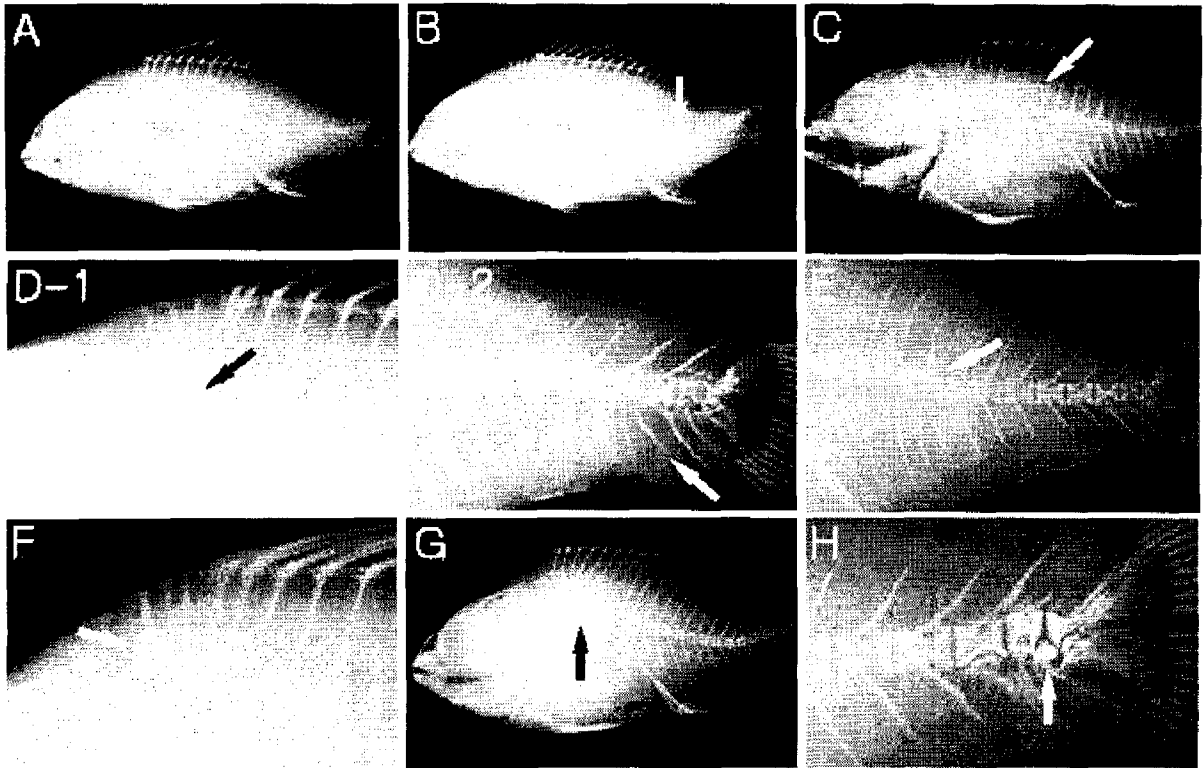


그림 4-1-3. 감성돔 (*A. schlegelii*) 치어의 엑스레이 사진. A: 정상어; B: 전만증; C: 추체기형; D-1, 2: 신경, 혈관극의 기형; E: 추체유합; F: 유리 신경간극 기형; G: 후만증; H: 미골기형. 화살표는 기형부위를 표시함.

표 4-1-2. 감성돔의 내부골격 기형 발생률

기형형태	발생률 (%)				평균
	A co.	B co.	C co.	D co.	
정상어	48.04	52.19	46.37	40.0	47.33
전만증	9.8	8.75	17.35	16.37	13.39
추체기형	9.8	15.15	10.41	11.52	12.15
신경, 혈관극의 기형	11.77	8.75	4.73	11.52	8.17
추체유합	2.94	1.37	10.41	10.31	6.47
미골기형	0.00	3.7	1.27	1.22	1.92
유리 신경간극 기형	8.82	0.00	2.21	0.00	1.82
후만증	2.94	0.00	1.27	2.43	1.25
복합증	5.88	10.1	5.99	6.67	7.49
<i>n</i> *	102	297	317	165	881

* 샘플수

전만증의 각 추체별 발현빈도(그림 4-1-4)는 11번 추체부터 미부봉상골(urostyle bone)까지의 미추골(caudal vertebrae)에서 93.14%의 발생률을 보여주었으며 특히 미추골 중앙 부위의 16, 17, 18번 추체에서 전체 전만증의 46.89%로 집중되어 발생하였다. 척추의 굴곡각도(그림 4-1-5)는 15~19°를 보인 개체수가 36.4%로 가장 높은 발생빈도를 보여주었다. 인공종묘 생산시 이러한 높은 기형률의 발생은 친어유래의 유전적 요인과 함께 사육수에서 유래되는 감염증과 기생충증 및 과잉증과 결핍증 등의 영양성 질환과 수조에서의 물리적 충돌과 분조 등의 핸들링, 배양수와 저산소 및 수온 등의 물리적 요인 그리고 화학적 요인으로 중금속 오염과 항생물질의 투여 등에 의한 것이라고 추측되어진다.

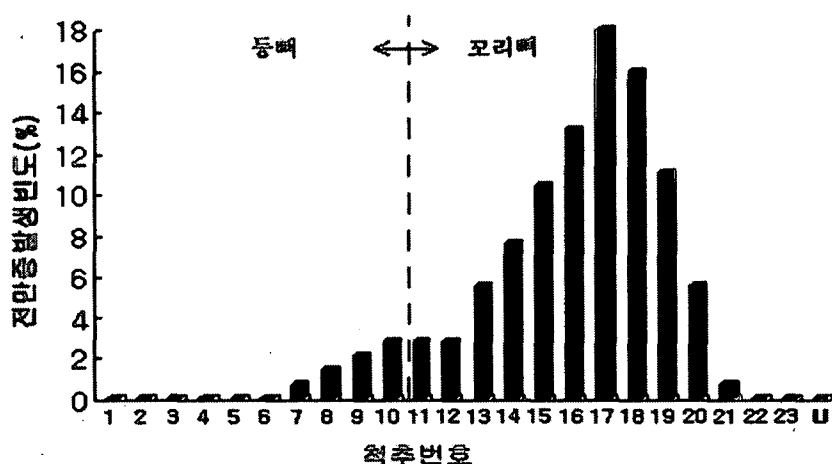


그림 4-1-4. 감성돔의 전만증 발생률과 발생 척추부위.

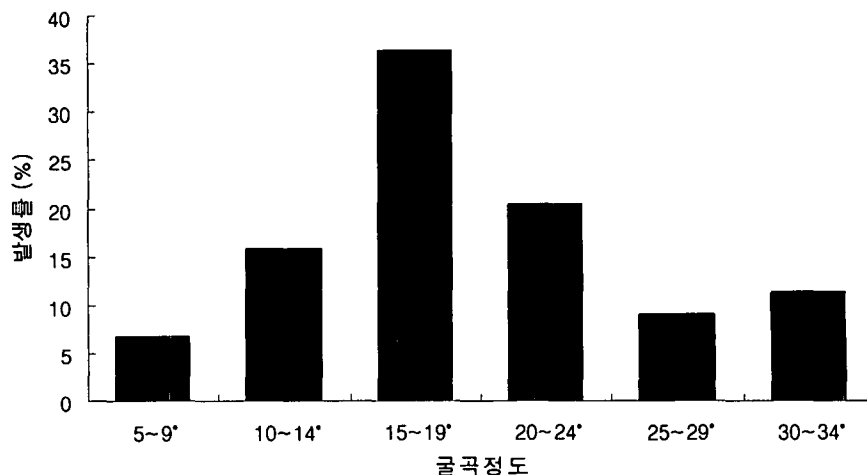


그림 4-1-5. 전만증과 같이 구분된 감성돔 치어의 굴곡정도와 발생률.

정상어와 전만증어 간의 어체 성분 중 일반성분(표 4-1-3)과 지방산(표 4-1-4) 그리고 아미노산(표 4-1-5)을 분석하여 비교한 결과 일반성분에서는 정상어가 전만증어에 비해 조단백질함량에 있어 다소 높은 것이 확인되었으나 수분과 조지방 그리고 조회분과 마찬가지로 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다($P>0.05$). 지방산의 함량에 있어서는 정상어의 n-3 HUFA 가 전만증어의 것 보다 높은 함량을 보였으며 이중 DHA의 함량에 있어 정상어가 40.06%로 전만증어의 32.89%보다 높은 값을 보였다. 아미노산 함량에 있어서도 전만증어는 정상어에 비해 필수아미노산을 포함한 총 아미노산 함량이 3074.92mg으로 정상어의 3768.38mg 보다 낮은 함량을 보였다. 이는 사료내 n-3 HUFA(Cahu et al., 2003)와 아미노산 결핍(Akiyama, 1986)이 어류의 기형을 유발한다는 보고와 같이 본 연구에 사용된 전만증의 발생 원인에 있어서도 자치어기에 급이된 이료 또는 사료의 필수 지방산과 아미노산의 영양적 결핍에 의한 결과로 사료되어 이후 감성돔 종묘생산 중에 발생하는 전만증의 방제를 위해서는 그 발생 원인에 대한 영양학적인 측면에서의 추가적인 연구가 반드시 필요한 것으로 판단된다.

표 4-1-3. 감성돔 치어에서의 정상어와 전만증어 전어체의 일반성분 비교

	정상어	전만증어
수분	75.5±2.03	74.8±3.15
조단백질	18.07±3.37	16.27±2.95
조지방	3.02±1.01	4.15±1.15
조회분	2.43±0.39	2.93±0.46

표 4-1-4. 감성돔 치어 정상어와 전만증어 전어체의 지방산 구성 비교

지방산	정상어	전만증어
C14:0	2.49	-
C16:0	15.96	18.92
C18:0	5.01	5.89
Saturates	23.45	24.81
C16:1	4.17	5.46
C18:1n9c	13.2	16.57
Monoenes	17.37	22.03
C18:2n6c	6.48	7.85
C20:5n3	12.65	12.44
C22:6n3	40.06	32.89
Polyenes	59.19	53.17

표 4-1-5. 감성돔 치어 정상어와 전만증어 전어체의 아미노산 구성(mg/100g) 비교

아미노산	정상어	전만증어
Asp	323.35	272.63
Thr	197.14	167.67
Ser	179.39	141.82
Glu	557.16	513.21
Pro	224.86	133.49
Gly	204.26	177.49
Ala	162.37	143.37
Val	168.11	110.88
Met	32.93	30.04
Ile	110.93	80.75
Leu	162.44	130.37
Tyr	244.97	153.7
Phe	229.25	198.7
His	202.09	152.84
Lys	593.29	574.32
Amm	89.51	69.17
Arg	86.33	84.5
EAA*	1782.57	1530.05
합계	3768.38	3074.92

* EAA = 필수 아미노산(essential amino acid)

나. 우량종묘 판정기준과 영양학적 해석

대부분의 유영어류의 특성상 유영능력은 건강과 직결되어 있다. 이에 대한 판단근거는 최대유영능력을 측정하는 방법으로 세울 수 있으며, 얼마나 오랫동안 적정 유속 하에서 지속적으로 유영을 할 수 있는가 하는 스테미너 측정과 적정 시간 내에 최고 어느 정도의 유속에서까지 유영을 할 수 있는가 하는 순간적 최대 유영능력 측정의 2가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 두 번째 것으로 단시간에 우량종묘를 판단해 볼 수 있는 접근법을 사용하였다. 먼저 최대 유영 한계유속을 측정하여 크기에 따른 V_{cri} 를 regression을 이용, 도식화 하여 " $Y(\text{feet/s})=0.1854 \times \text{body length}(\text{mm}) + 0.8025$ "의 수식을 이끌어 낼 수 있었다(그림 4-1-6). 이식을 이용하여 어체 크기에 따라 각각의 V_{cri} 의 80%로 동일유속을 주어 3분 이상 견딜 수 있는 우량종묘와 유영을 하지 못하고 뒤로 처지는 빈약종묘로 구분하여 영양분석을 실시하였다(표 4-1-6). 조단백질과 조회분의 경우

우량종묘에서 빈약종묘보다 상대적으로 높은 경향을 보였으며 이것은 유영능력의 원동력이 되는 근육단백질의 활성화와 연관이 되는 것으로 보인다.

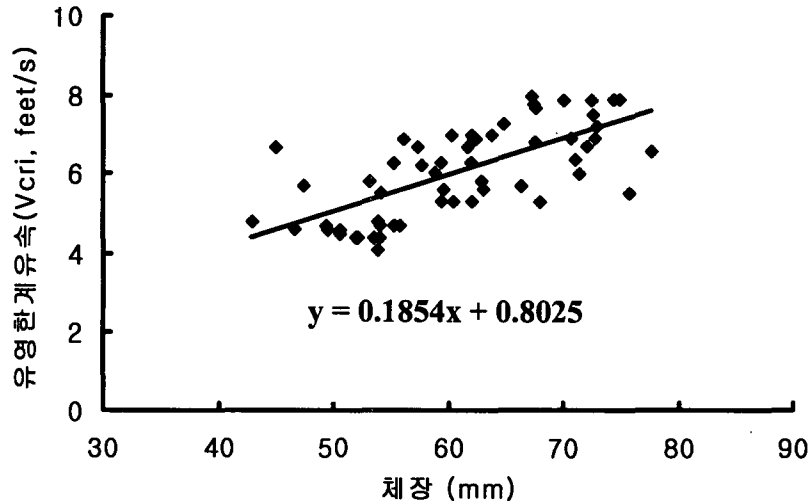


그림 4-1-6. 감성돔 어체크기와 유영 한계유속의 관계.

표 4-1-6. 감성돔 치어(등근육)의 크기별, 유영능력별 일반성분 비교

어체크기		수분(%)	조단백질(%)	조지방(%)	조회분(%)
대(large)	G	76.29	20.98	0.89	0.0696
	B	76.86	20.14	0.88	0.0552
중(medium)	G	76.35	20.61	1.07	0.0524
	B	77.76	19.44	1.04	0.0343
소(small)	G	76.74	20.35	0.84	0.0298
	B	77.34	18.98	1.02	0.0202

지방산과 종묘의 질과의 관계는 표 4-1-7에 나타내었다. Saturates계열 지방산은 어체 크기가 작을수록 빈약종묘에서 높은 값을 보였으며, Monoenes계열 지방산에서는 어체 크기가 큰 그룹과 중간 그룹에서 우량종묘에서 그 값이 높게 나타났으나 작은 크기의 종묘에서는 빈약종묘에서 다소 높은 값을 보인 반면, Polyenes계열에서는 어체 크기가 줄어들수록 우량종묘에서 높은 값을 나타내었다. 또한 n-6/n-3 비율에서는 Polyenes에서와는 반대의 경향을 보였을 뿐 어체 크기와는 유의성이 없었다($P > 0.05$). 모든 크기의 종묘에서, Saturate계에서는 Myristic acid(C14:0), Unsaturate계에서는 Palmitoleic acid(C16:1), Oleic acid(C18:1n-9c)가 우량종묘에서 빈약종묘보다 상대적으로 높은 값을 보였다. 연어 유영능력과 지방산과의 관계를 본 실험에 McKenzie et al.(1998)은 Vcri 와 n-6/n-3 지방산 비율

은 비례적 관계를 보였으며 이것은 근육지방에서 가장 일반적인 n-6 지방산인 linoleic acid와 연관관계가 있다는 것을 관찰하였으며, 또한 canola oil 과 oleic acid가 Vcri와 정비례의 관계가 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 또한 oleic acid가 가장 작은 크기의 그룹을 제외하고 정비례의 관계를 보였으며 또한 Myristic acid도 영향을 주는 것으로 나타났다. 방류용 감성돔 종묘 생산시 사료내 C14와 C18함량을 충분히 고려하여 조제해야 하여 섭취시켜야 할 것이며 또한 n-6/n-3 비율도 또한 염두에 두고 사료조성비를 맞추어 유연력이 좋은 우량종묘 생산에 포커스를 맞추어야 할 것이다.

표 4-1-7. 감성돔 치어(등근육)의 크기별, 유연능력별 지방산 구성 비교

지방산	대(Large)		중(Medium)		소(Small)	
	G	B	G	B	G	B
Myristic acid (C14:0)	3.37	2.78	3.35	2.63	3.01	3.00
Palmitic acid (C16:0)	21.95	20.26	21.88	22.28	22.48	26.22
Stearic acid (C18:0)	6.43	6.26	6.61	7.16	6.93	8.33
Tricosanoic acid (C23:0)	1.91	2.00	1.85	2.36	1.97	0.00
Saturates	33.67	31.29	33.69	34.44	34.39	37.55
cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1)	1.63	0.00	2.13	0.00	1.02	2.63
Palmitoleic acid (C16:1)	6.13	5.20	5.95	4.84	5.62	5.45
Oleic acid (C18:1n-9c)	16.06	14.35	15.56	13.73	15.42	14.26
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Monoenes	23.82	20.32	23.64	18.57	22.06	22.34
Linoleic acid (C18:2n-6c)	14.40	13.83	14.31	14.15	14.54	15.07
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Linolenic acid (C18:3n-3)	0.00	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid(C20:3n-6)	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
EPA (C20:5n-3)	8.58	9.55	8.74	9.66	8.75	7.71
DHA (C22:6n-3)	19.53	22.08	19.63	23.18	20.26	17.33
Polyenes	42.51	48.39	42.67	46.99	43.55	40.11
n-3	28.11	32.73	28.37	32.84	29.01	25.04
n-6	14.40	14.87	14.31	14.15	14.54	15.07
n-6/n-3	0.51	0.45	0.50	0.43	0.50	0.60

더하여, 어류의 꼬리근육 운동의 증가는 유영속도의 증가와 정비례하며(Bainbridge 1958; Hunter and Zweifel 1971), 높은 유속에서의 한계를 넘어선 유영은 기형을 유발할 수 있다고 보고되고 있다(Divanach et al. 1997; Backiel et al. 1984; Kihara et al. 2002). 고유속(高流速) 지역에서의 방류는 기형을 유발할 수 있으며 결과적으로 현지 적응력을 떨어뜨려 자원증대에 기여하지 못하는 결과를 낳을 것이다. 그러므로, 방류대상어의 유영능력한계를 바탕으로 그 적정유속을 고려하여 방류적지를 판단하여야 할 것이며, 또한 근본적으로 종묘생산시 기형어 산출과 같은 문제점을 제거하여 우량종묘의 생산에 주의를 기울여야 할 것이다.

다. 황점블락 친어관리 및 초기부화유생 사육 방법

(1) 양식산과 자연산 친어의 비교

자연산은 수송 후 배합사료(시판EP)로 먹이불임을 하며 순치하는 과정에서 115마리가 폐사하고 최종적으로 27마리만 생존하였다. 생존한 친어는 체중이 350g~450g정도이고 암컷이 17마리, 수컷이 10마리이며, 양식산 친어에서는 산출을 모두 하지 않고 미수정란을 방출하였다. 친어시기의 어류는 먹이를 오랫동안 섭식하지 않고 난 성숙에 최대한의 에너지를 사용하기 때문에 조그마한 환경변화에 의한 스트레스라도 어미의 생존과 직결될 수 있으며, 또한 난질에 영향을 줄 수 있으며 난 발달에 커다란 장애 요소로 작용해 미성숙난의 방출, 자치어의 기형을 증가, 난내 영양소의 재흡수 등 최악의 상태로 치달을 수도 있다. 특히 황점블락의 생태학적 특성상 환경변화가 적은 저질에 몸을 붙이고 에너지감소를 최소화하는 종으로 알려져 있는데 본 연구에서처럼 친어의 높은 사망률이고 무산출의 결과는 수송 시에 받은 스트레스와 양식장내로의 환경변화에 적응을 하지 못한 것이 주요 원인으로 생각되어진다.

양식산 친어의 경우, 육상수조에 수용한 친어암컷 70마리 중 5마리는 사육도중 폐사하였으며, 나머지 65마리는 자어를 모두 출산하지 않고 흡수되었으며 일부 미수정란을 방출하였다. 해상 가두리에서 사육한 친어암컷 70마리 중 5마리가 산출하였으며, 사육기간 중 폐사한 4마리를 제외하고 나머지 61마리는 미수정란을 방출하였다. 이 결과 또한 친어의 경우 육상수조에서의 관리는 적합하지 않다는 증거이며 해상 가두리에서의 사육에서도 단지 70마리 중 5마리만 산출했다는 것은 황점블락의 생물학적 습성과도 연결을 지을 수 있다고 생각된다. 자연환경에 노출되어 있지만 저질 가까이에서 다소 안정적이며 깊은 수심에 있어 빛과의 부분적 단절이 친어의 안정화를 시킬 수 있었던 것으로 추측된다. 그러므로 향후 황점블락 친어의 관리는 깊은 수심과 광도 조절 그리고 안정적 환경 같은 환경적인 방향으로 접근을 하는 실험이 이루어져야 한다고 생각된다.

(2) 초기 자어의 적정 사육수온 연구

10℃구에서는 초기 먹이인 로티퍼도 섭이를 못하였으며, 출산 후 8일째 전량 폐사하였다. 13℃구에서는 초기 먹이인 로티퍼와 알테미아는 섭이가 양호하였으나 배합사료 급이 시 사료불임이 이루어지지 않아 부화 후 46일째(전장) 대량 폐사가 1차로 일어났으며, 알테미아와 배합사료를 동시에 급이 하였으나 80일령 때 전량 폐사 하였다. 마지막으로 15℃구에서는 초기 로티퍼와 알테미아의 섭이율이 양호하였고, 배합사료 불임시기인 35일령을 전후하여 대량폐사가 일부 발생하였으나 10℃구나 13℃구에 비해 양호하였으며. 최종생존율도 78마리로 7.8%를 보여 다른 구에 비해 양호하였다.

수산생물의 인공 우량종묘 생산은 양식 산업뿐만 아니라 방류 및 수산생물자원 증대의 관점에서 가장 중요하게 여겨지고 있는 과정으로 이는 산업적으로 수산업 및 환경보존에 직간접적으로 커다란 작용하는 것으로 알려져 있다. 이 중 감성돔과 황점볼락은 최근 그 수요도가 시장성과 함께 높아지면서 그 중요성이 강조되고 있으나 종묘생산기술의 부족이 커다란 방해요소로 작용하고 있다. 특히, 육상 종묘 생산장에서의 기형어 출산율이 높고 생물학적 습성의 이해도가 부족해 양식적인 측면에서 뿐만 아니라 수산생물 자원증대를 목적으로 하는 방류사업에까지 커다란 장애로 여겨지고 있다. 이에 본 연구에서 감성돔의 기형률을 감소시키고 유숙과의 우량종묘 판정의 기준을 성립함으로써 효율적인 종묘배양의 기틀을 갖추고자 하였으며, 황점볼락 친어관리 및 부화어의 생물학적 기초 자료를 제공함으로써 앞으로의 종묘 생산성 향상에 기여하고자 하였다. 차후에 생리학적 측면에 의한 연구에 의한 근거확립과 다른 다양한 종으로의 응용을 통해 완전한 우량종묘 기술 확립이 요구된다.

제 2 절 중간육성 기술

1. 서론

바다목장 사업은 증·양식기술을 연안환경에 적용하여 해양생물 자원의 지속 가능한 높은 생산력을 유지하고 관리를 고도화하기 위한 사업으로 해양환경의 복원 및 수산자원의 효율적 이용을 목표로 한다. 따라서 바다목장 해역에 관한 객관적 정보의 축적 및 이를 근거로 한 기술개발과 정책수립이 이루어져야 한다. 특히 자원첨가 및 관리기법을 확립하기 위하여 적용할 수 있는 기술이 여러 가지가 있을 수 있다. 그중에 지금까지 전통적으로 행하여지는 배합사료를 이용한 해상가두리에서의 중간육성, 음향순치 기술에 의한 중간육성, 그리고 자연산 먹이를 중심으로 하는 야간점등 기법에 의한 중간육성 등이 기반기술로 검토되었다. 특히 본 연구는 환경친화적인 중간육성 기법의 하나로 통영바다목장 연구개발 사업에서 이미 검토된 기반기술을 바탕으로 본 연구 사업에서는 여수해역에 적용 가능성을 중심으로 연구 목표로 설정하고 진행하고 있다.

중간육성 기법의 하나로 점등기술을 도입한 기본 전략은 통영바다목장 사업에서 면밀한 검토를 바탕으로 다음과 같은 결과와 가능성을 확인할 수 있었기에 여수 바다목장 사업에서도 역할을 충분히 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

- 방류 초기 방류어의 자연산 먹이 섭이 능력 저하로 나타나는 초기 사망을 방지하므로 생존율의 극대화를 유도하고,

- 자연산 먹이 섭이훈련에 따른 방류지역의 초기 환경 적응력을 극대화하며,

- 방류어 중 특히 당년생 방류 종묘가 점등에 의한 자연산 먹이 섭이 효과가 월등한 결과를 바탕으로 방류 후 목장해역 이외 지역으로의 분산을 억제하는 효과 창출이 또 다른 방류 자원관리 기법의 가능성을 내포하고,

- 자연산 먹이 활용을 극대화하여 현재 연안역 가두리 어장 주변에서 나타나는 과잉사료 공급에 따른 문제점들을 환경친화적으로 개선할 수 있는 가능성을 시사하고 있다.

빛이 동물플랑크톤의 분포 및 행동에 미치는 영향을 이해하기 위한 연구가 실시되어져 왔으며(Bougis, 1976; Buskey et al., 1995; Schuyler and Sullivan, 1997), 최근에는 가두리 양식장에서 야간 점등(빛)을 이용하여 동물플랑크톤을 유도함으로써 어류 먹이로서의 자연산 먹이생물 활용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Mamcarz and Szczerbowski, 1984; Szczerbowski and Mamcarz, 1984; Rosch and Eckmann, 1986; Champigneulle and Rojas-Beltran, 1990; Mamcarz and Kozłowski, 1992; Mamcarz, 1995).

해양 생태계 내에서 동물플랑크톤은 기초생산자로 대표되는 식물플랑크톤을 먹이로 하여 보다 상위 영양단계인 어류 등에 에너지를 전달하는 중간 고리로서 중요한 역할을

수행한다. 이와 같이 생태적으로 중요한 위치를 차지하고 있는 동물플랑크톤을 야간에 점등(Night-lights)을 이용하여 인위적으로 원하는 지점으로 유도할 수 있어, 연안 어류자원 양식에 적용할 수 있다면, 다양한 면에서 긍정적인 결과가 예상된다. 따라서 본 연구에서는 어류양식에 있어 자연 상태에 존재하는 동물플랑크톤을 먹이생물로 활용하기 위한 기초연구의 일환으로 야간에 점등(Night-lights)을 이용하여 빛에 의해 유집되는 동물플랑크톤의 분포 및 유집평가에 대하여 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 야간점등에 의한 먹이생물 유도효과

점등 효과에 따른 동물플랑크톤 군집 동태의 변화를 관찰하기 위하여 바다목장 해역 내 한국해양연구원 가두리 설치 지역에서 2004년 9월부터 2004년 12월까지 채집을 실시하였다. 점등 효과를 알아보기 위한 시료 채집은 야간에 점등구간에서 NORPAC Net(구경 30cm, 망목 330 μ m)를 사용하였으며, 가능한 저층에서 표층까지 균등하게 예망하였으며, 망구에 설치한 flowmeter(Hydro-bios, Model 438-110)의 회전수를 바탕으로 네트를 통과한 여과 수량을 정량화하였다. 채집은 불균등 분포 등에 의한 오차를 줄이기 위하여 한 정점에서 3~5회 반복 실시하였고, 시료는 현장에서 500ml 폴리에틸렌 병에 넣고 중성 포르말린을 사용하여 최종 농도가 4%가 되도록 고정된 후 실험실로 운반하였다. 또한 자연상태의 동물플랑크톤 군집과 비교분석을 위하여 같은 시간에 인접 지역에서 점등에 영향을 받지 않는 장소를 선정하여 점등 시료와 동일한 방법으로 채집하여 비교 분석하였다. 정량분석은 Folsom 타입의 분할기구로 균등하게 분할한 시료 가운데 일정량(1/2~1/8)을 Bogorove 계수판에 넣고 해부현미경(Olympus, SZ40)에서 각 동물군에 따라 계수하였다. 이를 5회 이상 반복하여 단위 체적내의 개체수(indiv./m³)로 환산하였다. 정성분석은 시료를 동물군에 따라 분류하고 각 동물군은 속 또는 종까지 동정하였다. 동물플랑크톤을 동정할 때 보다 세밀한 관찰이 필요한 경우는 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경(Nikon Axiophot)하에서 관찰하였다. 점등구간과 비점등구의 비교를 위한 동물플랑크톤 채집은 18:00시부터 실시하였으며, 점등의 설치는 250W 메탈 할라이드 전구(Metal halide lamp)를 이용하여 수면에서 약 0.5m 높이에 시설하였다.

나. 위내용물 분석

본 실험은 방류 개체의 원활한 자연적응을 위한 예비훈련의 하나로 현장 가두리에서 야간 점등 기법을 중간육성 방법으로 활용하여 시행되었다.

위 내용물 분석을 위하여 전남 여수시 바다목장 해역 내 한국해양연구원 가두리 설치 지역에서 2004년 9월부터 12월까지 채집을 실시하였으며, 육상 종묘생산시설에서 만들어진 약 5g 내외의 당년생 개체 3,000마리를 4×2×2m 크기의 그물(망목 6mm)에 수용하여

사육하며, 점등(Night-lights), 비점등(Control) 각각 매월 30마리 개체를 공시어로 활용하였다. 특히 실험의 목적에 따라 배합사료는 전혀 사용하지 않았으며, 야간점등(250W)에 의한 먹이 공급이 유일한 급이 방법이었다. 채집된 어류는 10% formalin으로 고정하였으며, 실험실에서 점등구(Night-lights)와 비점등구(Control)에서 채집된 감성돔의 전장(Total length)과 체중(Body weight)을 각각 측정 후 어체에서 위를 분리하여, 위 내용물은 해부현미경을 이용하여 먹이 종류별로 분리, 동정하였다. 많이 출현한 먹이생물은 가능한 종까지 동정하였으나, 그 외 먹이생물은 과(Family) 혹은 목(Order) 단위까지 분류하였다. 그리고 먹이 종류별로 개체수를 계수하였고, 먹이 종류별로 80℃의 건조기에서 24시간 건조시킨 뒤, 전자저울을 이용하여 건조중량을 0.1g 단위까지 측정하였다.

위 내용물의 분석 결과는 각 먹이생물에 대한 출현빈도, 먹이생물의 개체수비 및 건조중량비로 나타내었다. 섭이된 먹이생물의 상대중요성지수(Index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al.(1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

여기서, N는 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율이며, W는 먹이생물 총 건조중량에 대한 백분율이고, F는 각 먹이생물의 출현빈도이다. 또한 각 먹이생물의 상대중요성지수를 백분율로 환산하여 상대 중요성 지수비를 구하였다.

다. 먹이공급 조건에 따른 감성돔 치어의 성장

먹이공급 조건에 따른 성장 실험은 위내용물 분석시 사육한 방법과 동일하게 수용하여 사육하였으며, 각 구간별 2반복으로 실시하였다. 각 실험구의 먹이공급은 배합사료의 양을 일일기준 점등구간(night-lights): 점등+무급이, 점등+배합사료 50%, 점등+배합사료 100%, 비점등 구간(control): 비점등+무급이, 비점등+배합사료 50%, 비점등+배합사료 100%로 구분하여 공급하였으며, 일일사료의 공급량은 체중의 3~4%로 1일 2회 공급하였다. 각 구간별 성장 조사는 중간육성 기간 중 매월 실시하였으며, 각 구간 당 40마리씩 무작위로 추출하여 측정하였다.

3. 결과 및 토의

가. 야간점등에 의한 먹이생물 유도효과

조사기간 중 출현한 동물플랑크톤은 야광충, 강장동물, 모악동물, 지각류, 십각류, 단각류, 기타 유생 등으로 종 수준까지 동정한 38종을 포함하여 총 71개 분류군이었다(표 4-2-1~4-2-6).

조사시기별 점등구에 나타난 출현 분류군 수는 27~30개로 10월에 가장 다양한 분류

군이 나타난 반면(그림 4-2-2, 그림 4-2-3), 11월을 지나 겨울철인 12월로 갈수록 분류군의 수가 점차 감소하는 양상을 보였다. 이 중 요각류는 총 37종이 출현하여 가장 다양한 분류군이었다. 요각류의 출현종수는 조사시기별로 뚜렷한 양상을 보이지 않았으나, 대체로 가을철인 9월과 10월에 출현종수가 많았고 겨울철인 12월에 낮았다(그림 4-2-6). 동물플랑크톤의 평균 출현량은 조사 시기에 따라 65,669~298,649 indiv. m³ 범위였으며, 10월과 11월에 가장 많은 출현량을 보였다. 특히, 10월과 11월에 비점등구에 비해 많은 출현량이 나타난 것은 등각류와 등각류 난과 유생들의 폭발적인 유집에 의한 것으로 나타났으며, 이 두 분류군은 점등구에 있어 전 조사기간 중 가장 많은 출현량을 나타내었다. 비점등구의 경우 11월에 가장 많은 출현량을 보였는데, 특히 11월에 많은 출현량이 나타난 것은 *Paracalanus parvus* s. 1와 야광충인 *Noctiluca scintillans*의 출현에 기인한 것으로 나타났다(그림 4-2-4, 그림 4-2-5).

불을 밝힌 점등구에서의 출현 분류군수는 비점등구에 비해 많은 개체수가 나타났으며, 이러한 결과는 비점등구에 비해 점등구에서 출현 분류군수가 2배 이상 출현한다고 보고한 Kim and Park(2002)의 보고와 대체로 일치하는 양상을 보였다. 가장 다양한 출현 분류군중 하나인 요각류의 출현수도 점등구에서 총 37종, 비점등구에서 총 19종이 출현하여 점등구에서 더 많은 요각류가 출현함을 알 수 있었다. 또한 두 구간에서의 동물플랑크톤 평균 출현량에서도 비점등구에 비해 점등구에서 약 6~17배 높은 출현량을 나타내었으며, 이는 통영해역에서 20배(Kim and Park, 2002), 비점등에 비해 점등구에서 7~8배 이상 출현한다고 보고한 결과(Mamcarz, 1995)와 크게 다르지 않았다. 이러한 출현 분류군과 출현량에서 비점등구에 비해 점등구에서 많이 출현, 분포한다는 것은 동물플랑크톤이 점등(불빛)에 의해 상당수 반응, 유집된다는 사실을 시사한다.

전체 동물플랑크톤에 의한 주요 분류군의 시간대별 조성 비율을 살펴보면, 1차 조사 시(9월 23일) 점등구(그림 4-2-1) 내 모든 시간대에 걸쳐 요각류가 전체 출현개체수의 50% 이상을 나타내었으며, 그 다음으로 유생, 단각류의 비율이 점등 약 3시간 이후부터 점차 나타나기 시작하였다. 비점등구에서는 모든 시간대에 걸쳐 요각류가 전체 출현 개체수의 60% 이상을 차지하였으며, 기타 분류군과 유생이 비교적 고른 비율로 각 시간대에 분포하는 양상을 나타내었다(그림 4-2-1).

2차 조사 시(10월 23일) 점등구내 시간대별 조성 비율을 살펴보면 점등 약 3시간 이후부터 단각류의 비율이 상당수 증가함을 알 수 있었다(그림 4-2-2). 같은 시간대 비점등구를 살펴보면 모든 시간대에 걸쳐 요각류가 60% 이상이 출현함으로써 시간대별 조성 비율에 있어 점등구와는 상이한 결과를 나타내었다(그림 4-2-2).

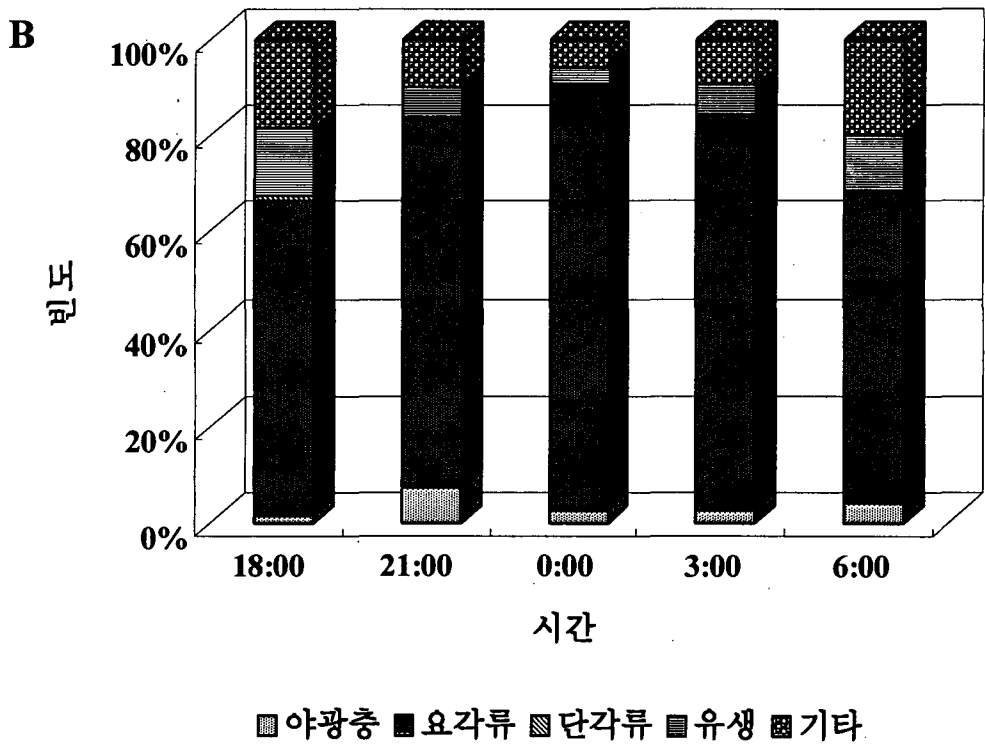
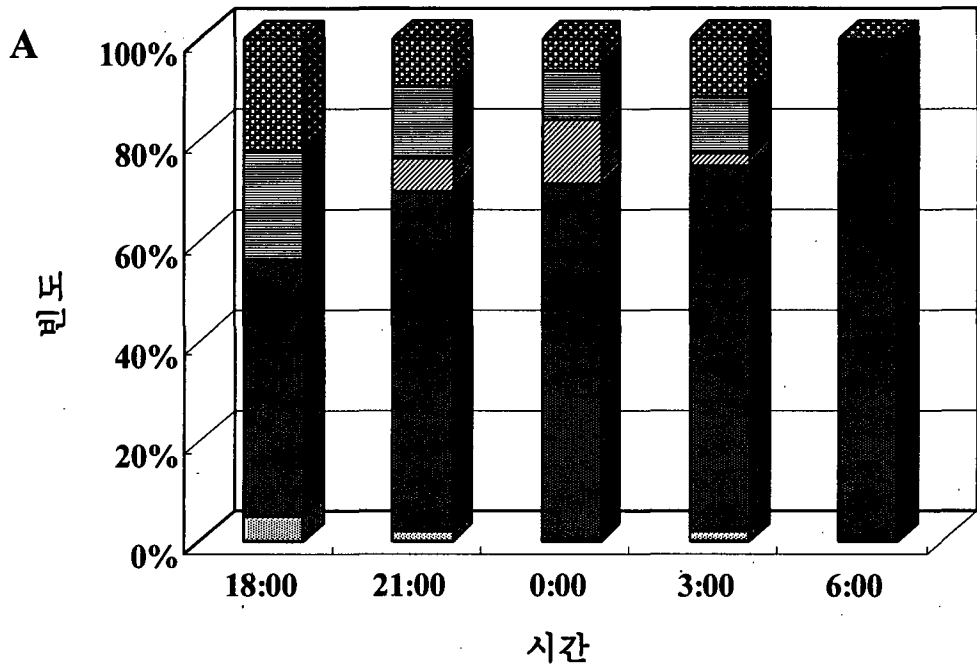


그림 4-2-1. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(9월 23일).

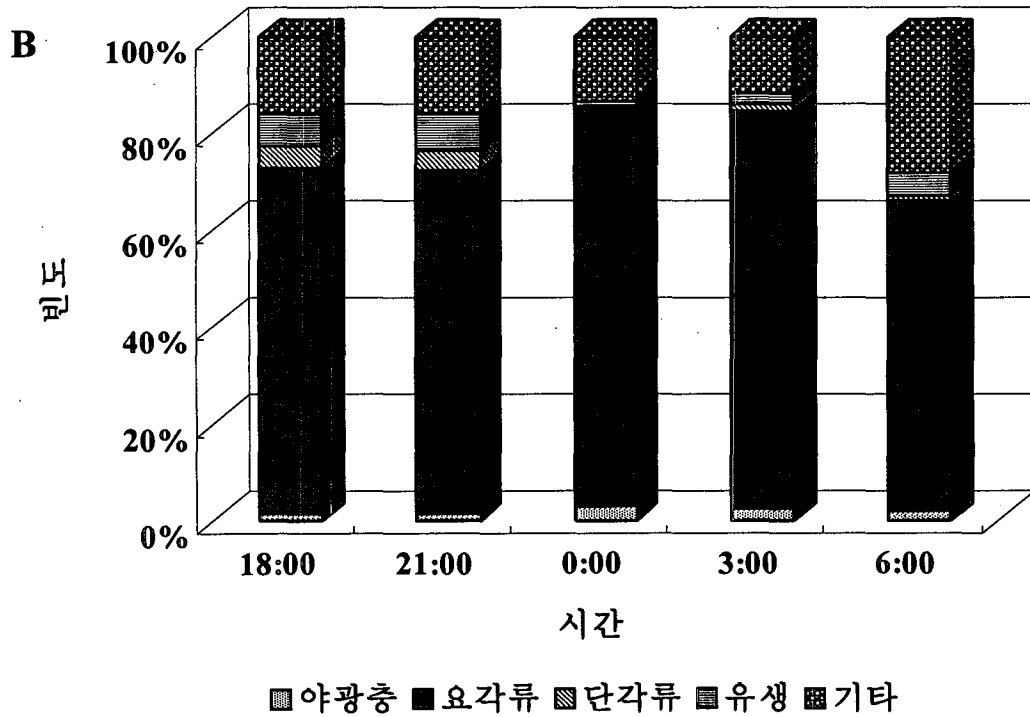
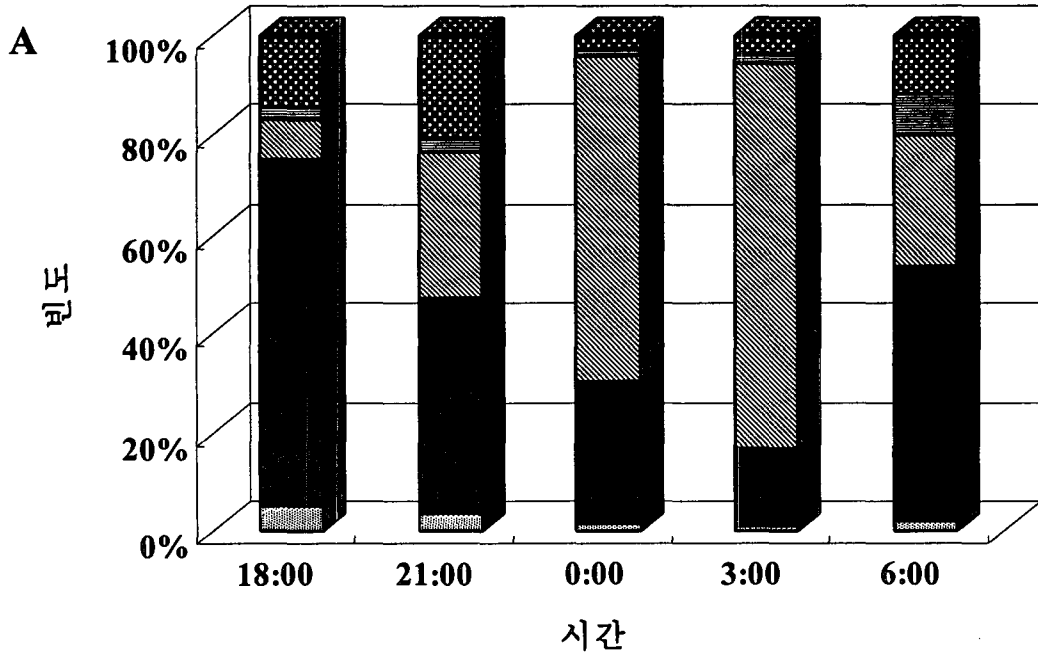


그림 4-2-2. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(10월 23일). A : 점등구간, B : 비점등구간

3차 조사 시(10월 30일) 점등구내 시간대별 조성 비율은 점등 3시간 이후까지는 고른 결과를 나타내다가 점등 6시간 이후부터 유생과 단각류의 출현이 두드러졌으며, 일출 경(06:00)에 다시 요각류(40%)와 야광충(50%)의 비율이 높아짐을 알 수 있었다(그림 4-2-3). 비점등구에서는 모든 시간대에 걸쳐 요각류가 높은 출현 비율을 나타내었다(그림 4-2-3).

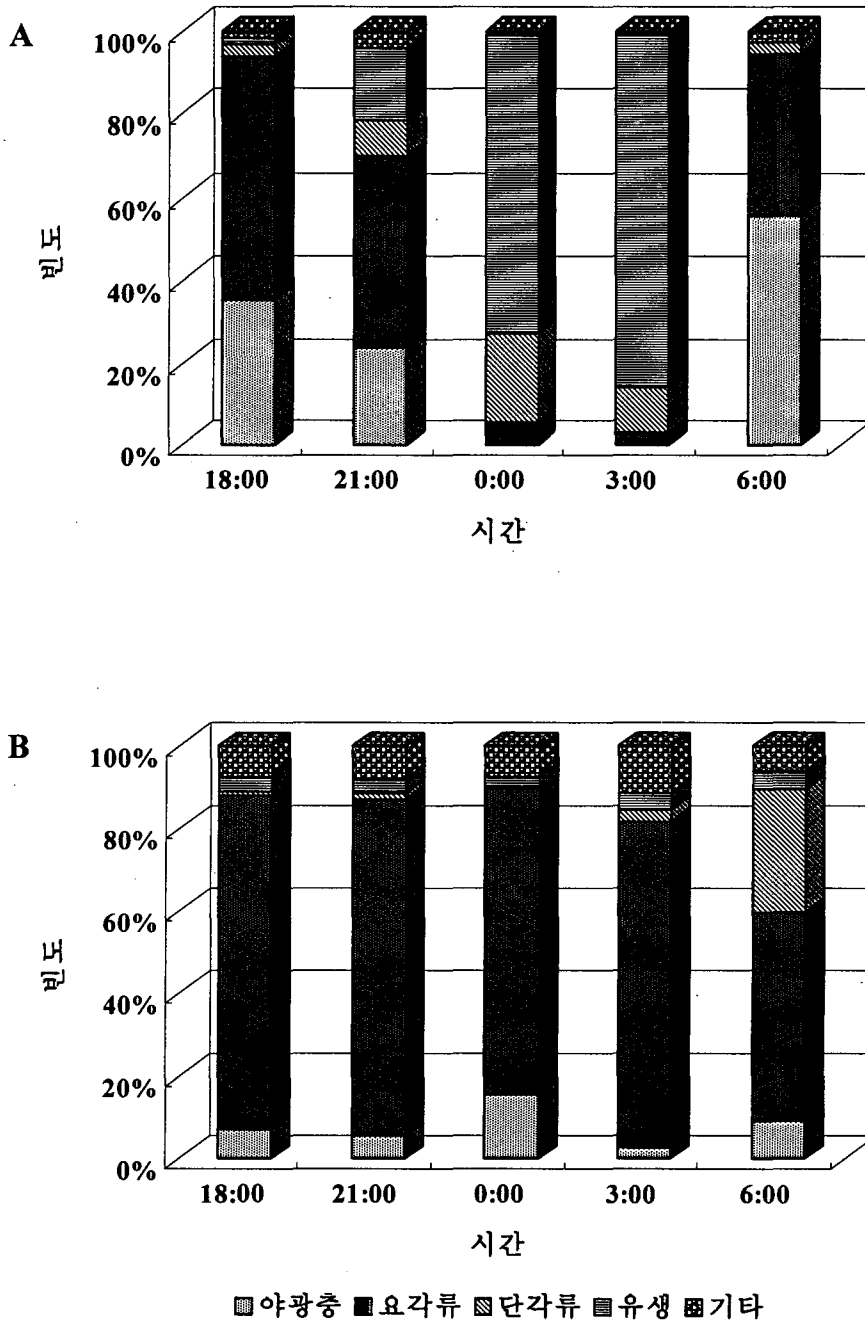


그림 4-2-3. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(10월 30일). A : 점등구간, B : 비점등구간

4차 조사 시(11월 13일) 점등구내 시간대별 조성 비율은 점등 3시간 이후까지는 요각류가 60% 이상으로 높은 출현 비율을 보이다가 점차 감소하여 점등 9시간 이후에는 유생과 단각류가 높은 비율로 출현하였다(그림 4-2-4). 비점등구에서는 3차 조사 시(비점등구)와 유사한 형태로 요각류가 모든 시간대에 걸쳐 높은 출현비율을 보였으며, 야광충도 상당수 출현함을 알 수 있었다(그림 4-2-4).

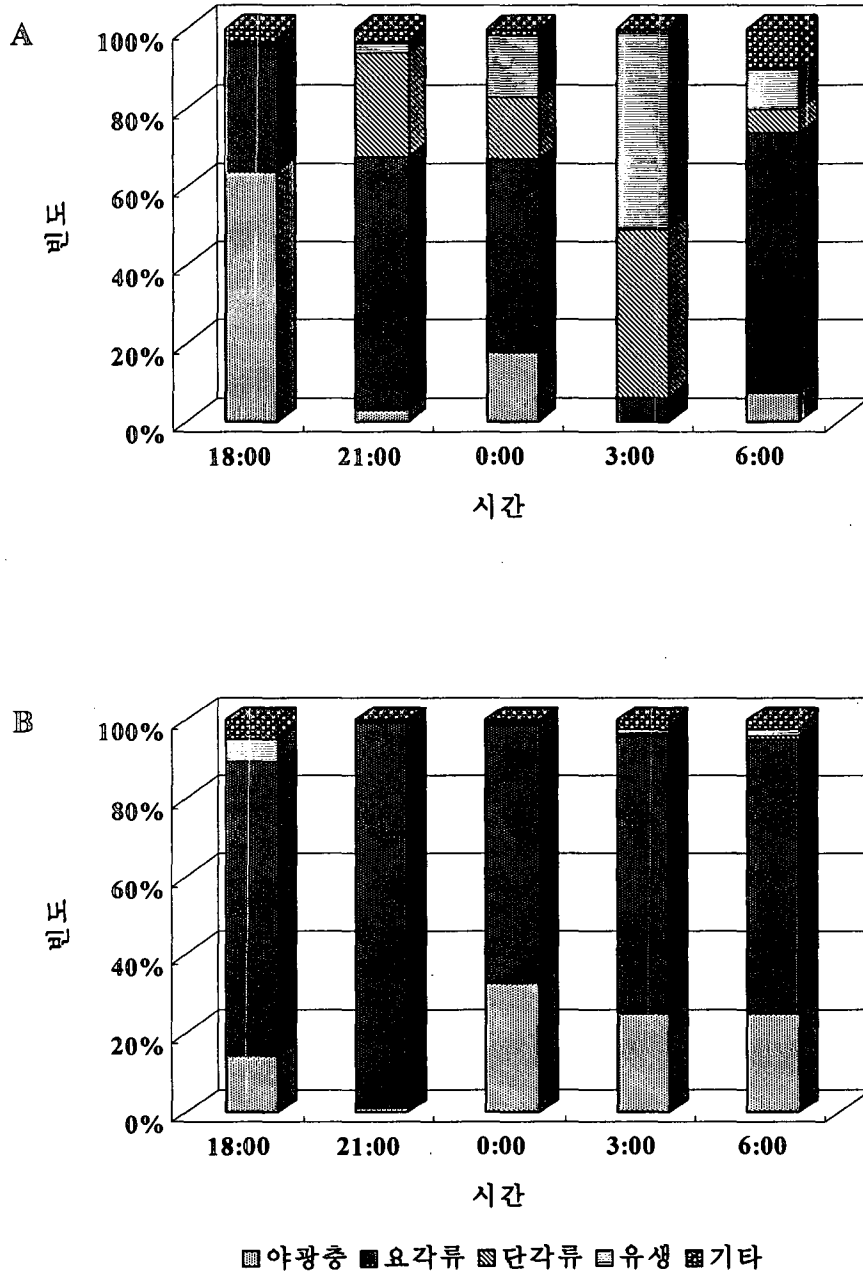


그림 4-2-4. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(11월 13일). A : 점등구간, B : 비점등구간

5차 조사 시(11월 19일) 점등구내 시간대별 조성 비율은 점등 3시간 후까지는 야광충이 높은 출현 비율을 보이다가 점등 6시간 이후부터 유생과 단각류가 급격히 증가함을 알 수 있었으며(그림 4-2-5), 이러한 분포는 등각류 난과 유생이 불빛에 의해 대량 유집된 결과인 것으로 나타났다. 비점등구에서는 모든 시간대에 걸쳐 야광충이 70% 이상의 비율로 높게 출현하였다(그림 4-2-5).

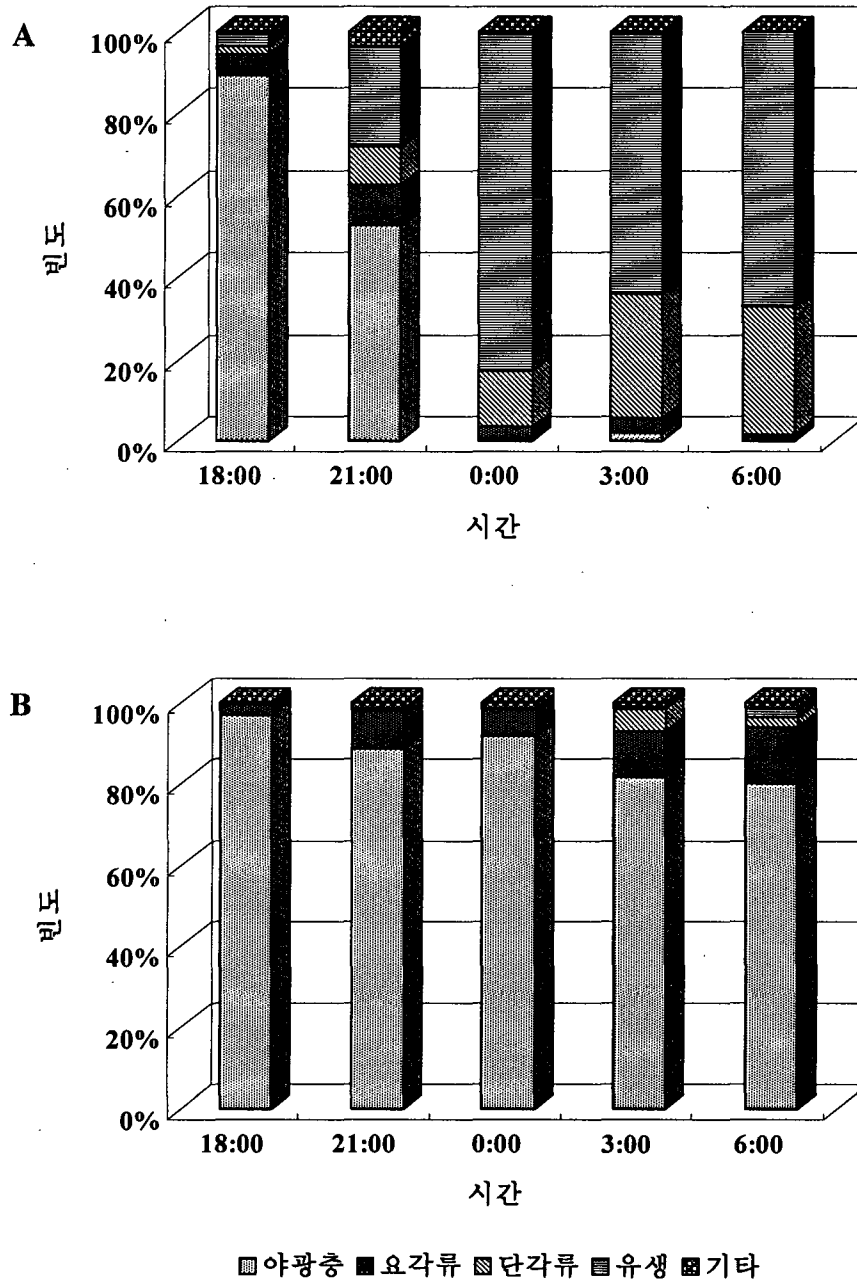


그림 4-2-5. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(11월 19일). A : 점등구간, B : 비점등구간

6차 조사 시(12월 1일) 점등구내 시간대별 조성 비율을 살펴보면 요각류, 단각류, 유생 등이 고루 분포함을 알 수 있었으며, 특히 점등 3시간 이후부터 유생과 단각류의 비율이 점차 증가하는 경향을 나타내었다(그림 4-2-6). 비점등구에서는 다른 조사 시기(비점등구)와 마찬가지로 요각류가 모든 시간대에 걸쳐 60% 이상의 높은 출현 비율을 나타내었다(그림 4-2-6).

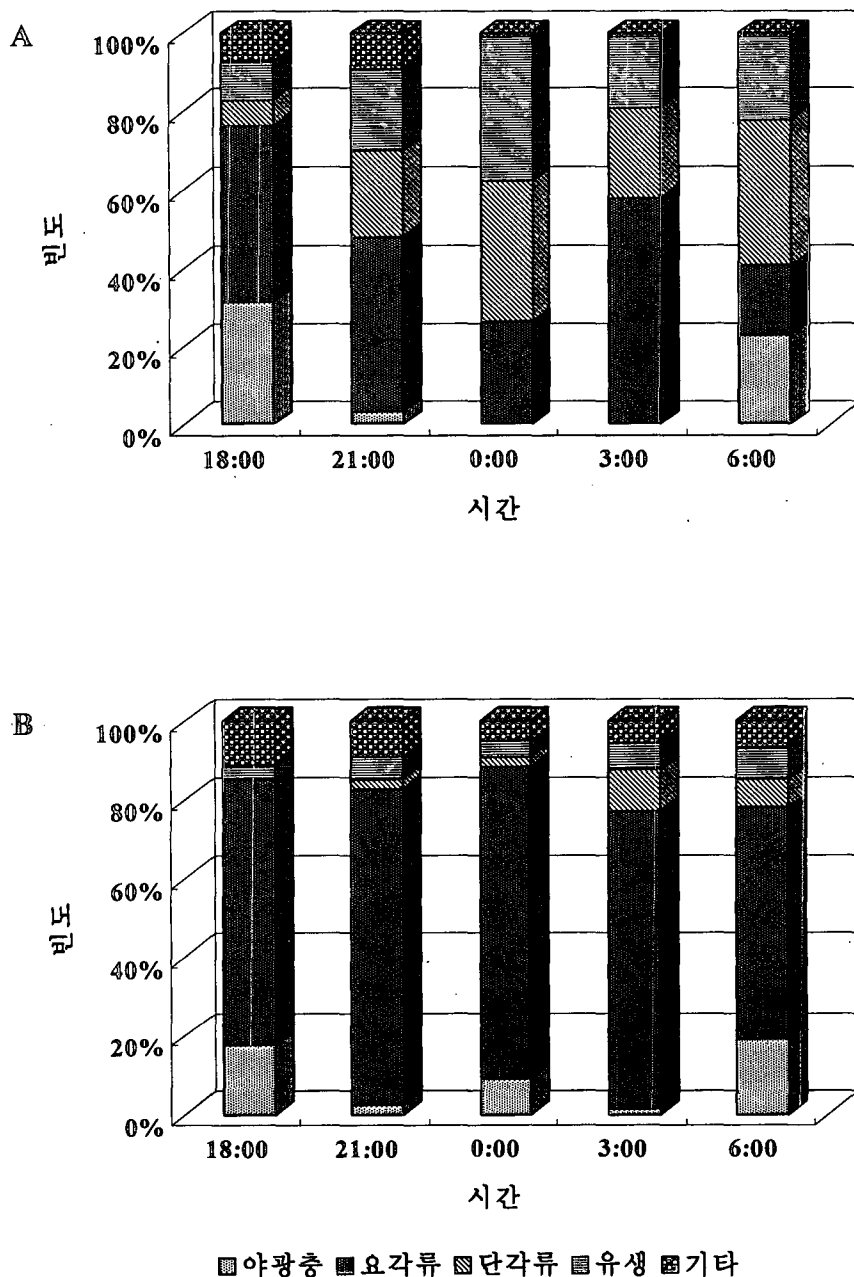


그림 4-2-6. 시간대별 동물성플랑크톤 군집의 조성 현황(12월 1일). A : 점등구간, B 비점등구간

나. 위내용물 분석

먹이를 섭취한 점등구 120개체의 위 내용물을 분석한 결과는 표 4-2-1과 같다. 점등구 간에서 감성들의 주요 먹이생물은 단각류(Amphipoda), 요각류(Copepoda), 갯지렁이류(Polychaeta), 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 십각류(Decapoda)로 나타났다.

표 4-2-1. 점등구에서 사육한 감성들의 위내용물 조성

내용물	출현율(%)	조성비(%)	건중량(%)	IRI	IRI(%)
등각류	93.7	25.5	55.7	7608.44	50.5
Amphipods	73.4	23.4	55.3		
eggs and larvae	12.9	2.1	0.4		
Euphausiacea	38.7	2.7	4.3	270.9	1.8
요각류	67.1	62.8	37.7	6743.55	44.7
<i>Calanus sinicus</i>	62.8	23.4	17.2		
<i>Paracalanus parvus</i> s. l	53.2	14.4	9.4		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	37.8	10.7	6.7		
<i>Oithona</i> sp.	23.6	8.8	2.6		
Copepodite	38.2	3.1	0.7		
Copepod nauplii	5.8	0.9	+		
<i>Corycaeus affinis</i>	3.1	0.3	0.2		
Harpacticoids	3.1	1.1	0.9		
<i>Acartia</i> sp.	1.1	0.1	+		
십각류					
Decapod larvae	1.6	0.3	0.7	1.6	+
갯지렁이류					
Polychaet larvae	48.3	7.8	1.5	449.19	3.0
미확인 개체	8.5	0.9	0.1	8.5	+
총량		100	100		100

+: less than 0.1%

단각류는 83.7%의 높은 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 25.5%와 건조중량의 55.7%를 차지하였다. 상대중요성지수비는 50.5%였다. 요각류는 79.1%의 출현빈도와 62.8%의 개체수비, 37.7%의 건조 중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 44.7%였다. 요각류 중 가장 많이 섭취된 종은 *Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus*, *Paracalanus aculeatus*, *Oithona* sp. 및 Copepodite였다.

갯지렁이류는 48.3%의 출현빈도, 7.8%의 개체수비와 1.5%의 건조 중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 3.0%였다. 그 다음이 난바다곤쟁이류로서 38.7%의 출현빈도와 2.7%의 개체수비, 4.3%의 건조 중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 1.8%였다. 그 밖에 십각류

(Decapoda), 미동정(Unidentified) 개체들도 위내용물 속에서 발견되었으나, 그 양은 많지 않았다. 또한 비점등구 위내용물 분석을 위한 120개체 중 27개체의 공위를 제외한 먹이를 섭이한 93개체의 위 내용물을 분석한 결과는 표 4-2-2와 같다. 비점등 구간에서 감성돔의 주요 먹이생물은 요각류(Copepoda), 단각류(Amphipoda), 갯지렁이류(Polychaeta)로 나타났다. 요각류는 78.4%의 높은 출현빈도를 보였으며, 총 먹이생물 개체수의 89.9%와 건조중량의 76.4%를 차지하였다. 또한 상대중요성지수비는 96%로 높았다. 요각류 중 가장 많이 섭식된 종은 *Paracalanus parvus*, *Paracalanus aculeatus*, *Calanus sinicus*, Copepodite, *Oithona* sp. 등이었다. 단각류는 18.1%의 출현빈도와 5.9%의 개체수비, 19.3%의 건조중량비를 보였으며, 상대중요성지수비는 3.4%였다. 갯지렁이류는 14.3%의 출현빈도, 3.5%의 개체수비와 2.2%의 건조 중량비를 보였으며, 상대 중요성 지수비는 0.6%로 낮았다. 또한 점등구간과 비교했을 때 출현빈도, 개체수비, 상대중요성지수비가 크게 상이함을 알 수 있었다. 두 구간에서 나타난 위내용물 조성을 면밀히 살펴보면, 비점등구에 비해 점등구에서 난바다곤쟁이류와 십각류등 다양한 먹이가 나타났으며, 특히 단각류의 상대 중요성 지수비를 비교해보면 비점등구(3.4%)에 비해 점등구(50.5%)에서 상당히 높게 나타내었다.

표 4-2-2. 비점등구에서 사육한 감성돔의 위내용물 조성

내용물	출현율(%)	조성비(%)	건중량(%)	IRI	IRI(%)
등각류	18.1	5.9	19.3	456.12	3.4
요각류	78.4	89.9	76.4	13037.92	96.0
<i>Paracalanus parvus</i>	68.3	35.2	33.9		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	40.5	20.8	18.7		
<i>Calanus sinicus</i>	19.7	11.1	10.9		
Copepodite	34.9	10.7	4.7		
<i>Oithona</i> sp.	26.1	6.7	4.7		
<i>Corycaeus affinis</i>	13.8	1.1	0.9		
Copepod nauplii	7.4	1.3	0.7		
Harpacticoids	6.2	1.3	0.7		
<i>Temora turbinata</i>	5.2	1.3	1.2		
<i>Acartia</i> sp.	3.9	0.4	+		
갯지렁이류				81.51	0.6
Polychaet larvae	14.3	3.5	2.2		
미확인 개체	2.7	0.7	1.7	6.48	+
총량		100	100		100

+: less than 0.1%

이러한 결과는 단각류가 점등(빛)에 의해 뚜렷이 유도되어 먹이생물로 활용되었음을 의미하고, 점등이 감성돔 성장에 필요한 먹이 즉, 단각류를 효과적으로 유도했다라는 것을 의미한다. 대부분의 어류는 성장을 하면서 먹이생물을 전환하며(Gaughan and Potter, 1997; Vasconcelos et al., 2004), 감성돔 역시 성장함에 따라 먹이전환이 일어난다(Wu, 1984; Huh and Kwak, 1998; Willis et al., 1999; Sarre et al., 2000; Nip et al., 2003). 본 연구기간 중 분석된 감성돔의 체장조성은 7~10cm로 자연상태에서는 성장하면서 주로 새우류, 계류, 갯지렁이류, 단각류의 점유율이 증가하였다(Burchmore et al., 1984; Huh and Kwak, 1998; Sarre et al., 2000). 그러나 본 연구에서는 동일한 체장 범위에서 감성돔 먹이생물이 점등에 의해 유집된 단각류 및 요각류를 주로 섭이하였으며, 이와 같은 먹이 조성의 출현수와 양의 차이는 해역에 따른 여러 환경요인과 생물학적 요인 등으로 이들 개개 요인의 직접적인 영향을 고찰하여 결론을 내리기는 대단히 어렵다. 하지만 여러 추측 가능한 요인으로는 가두리 내 간혀있는 상태로 점등에 의해 유집되어진 비교적 한정된 먹이만을 섭이할 수 있다는 점을 들 수 있다. 따라서 바다목장 조성의 일환으로 감성돔 방류를 위하여 가두리에서의 중간육성을 시도한다면 평균체장 7cm이내의 치어 단계 즉, 식성의 전환이 일어나기 전까지 사육되어진다면 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

다. 먹이공급 조건에 따른 감성돔 치어의 성장

중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등(night-lights), 비점등(control)구간의 감성돔 성장은 그림 4-2-7~10과 같다. 최초 감성돔 입식 시(8월 13일) 전장(mm)과 체중(g)은 각각 59.0mm, 3.4g이었던 것이 9월 조사 시 비점등 무급이 구간을 제외한 모든 구간에서 전장 70mm, 체중 5g 이상으로 성장하였다. 점등구간에서는 전장의 성장에 있어 비점등 구간에 비해 성장 폭이 유의적으로 높음을 알 수 있었고($P<0.05$), 체중의 경우 점등 구간과 비교해 볼 때 점등+배합사료 100% 구간을 제외한 두 실험구간에서는 1g 이상의 성장 차이를 보여 비교적 큰 폭의 성장 차이를 나타내었다(그림 4-2-7). 10월 전장의 경우 비점등구에 비해 점등구에서 높은 성장을 나타내었으며, 점등+배합사료 100% 구간에서 평균전장 92.0mm로 가장 빠른 성장을 보였다($P<0.05$). 체중도 점등, 비점등구 모두 전장에 비례하여 성장이 양호함을 알 수 있었다(그림 4-2-8). 11월 역시 비점등구에 비해 점등구에 높은 성장을 보였으며, 비점등구간에 비해 점등구간에서 체중의 변화폭이 높게 나타났으며, 특히 배합사료 50% 공급구간에서 비점등구에 비해 점등구에서 체중 2g 이상의 차이를 나타내었다(그림 4-2-9). 실험종료시인 12월 성장 결과를 살펴보면 모든 구간에서 꾸준한 성장을 나타내었으나, 점등, 비점등구 모두 다른 조사 때 보다는 낮은 성장 폭을 나타내었으며(그림 4-2-10), 모든 구간에서 비점등구에 비해 점등구에서 높은 성장 결과를 보였다($P<0.05$).

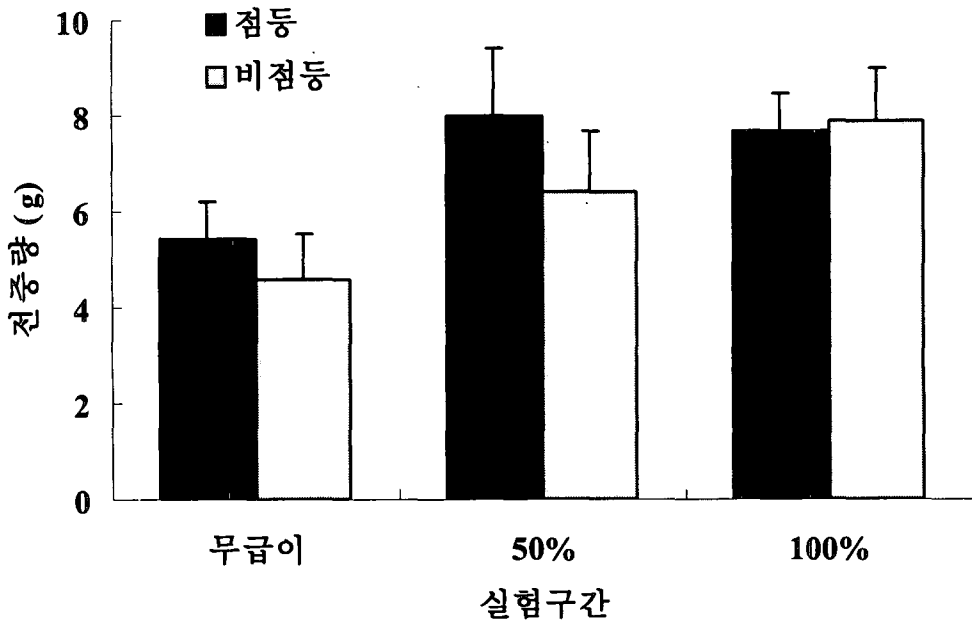
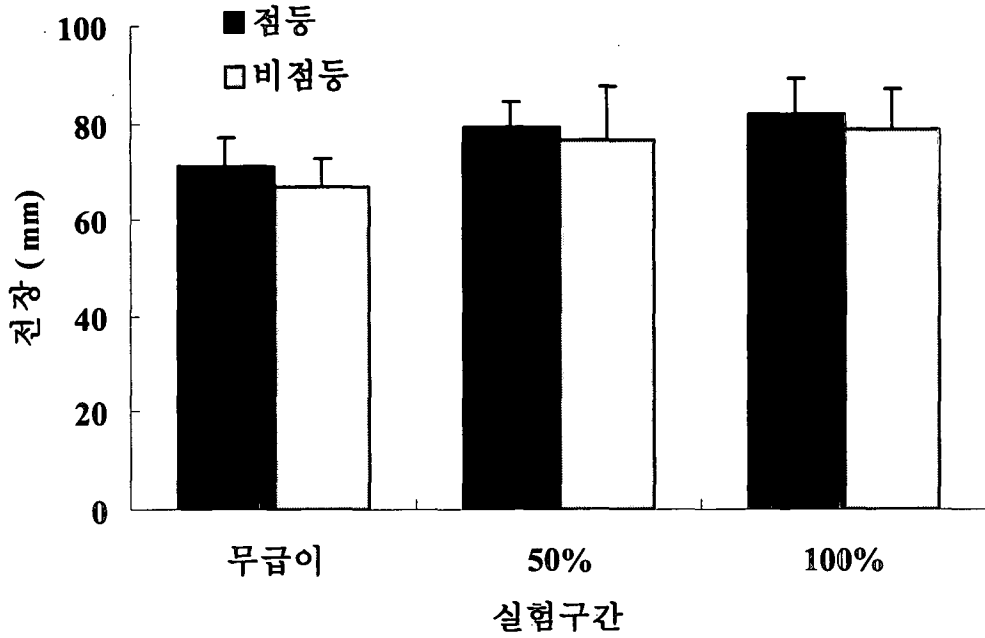


그림 4-2-7. 중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성
 돔 체장 및 체중 성장 결과(9월).

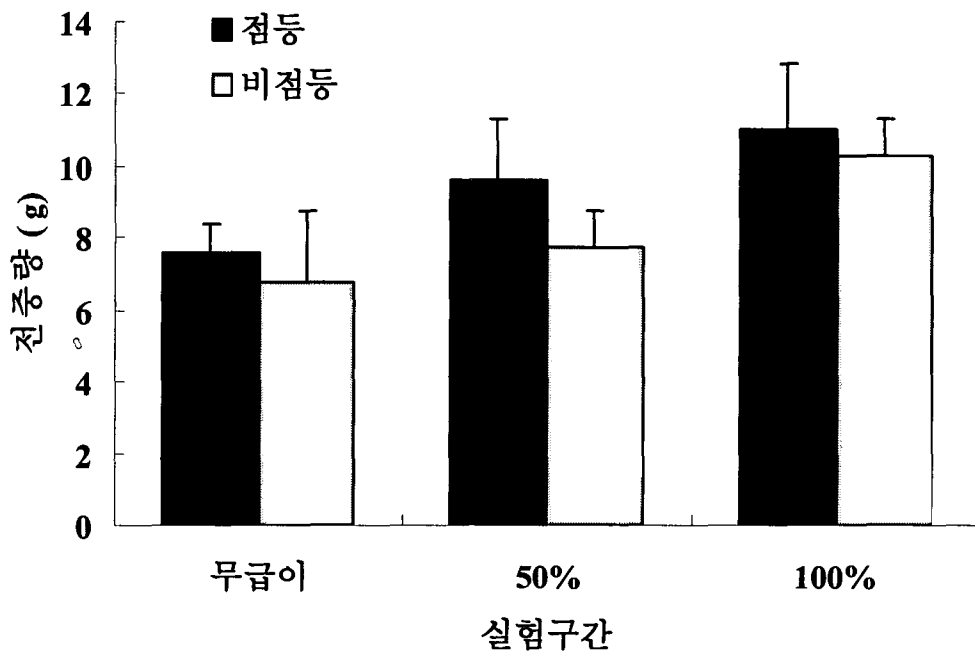
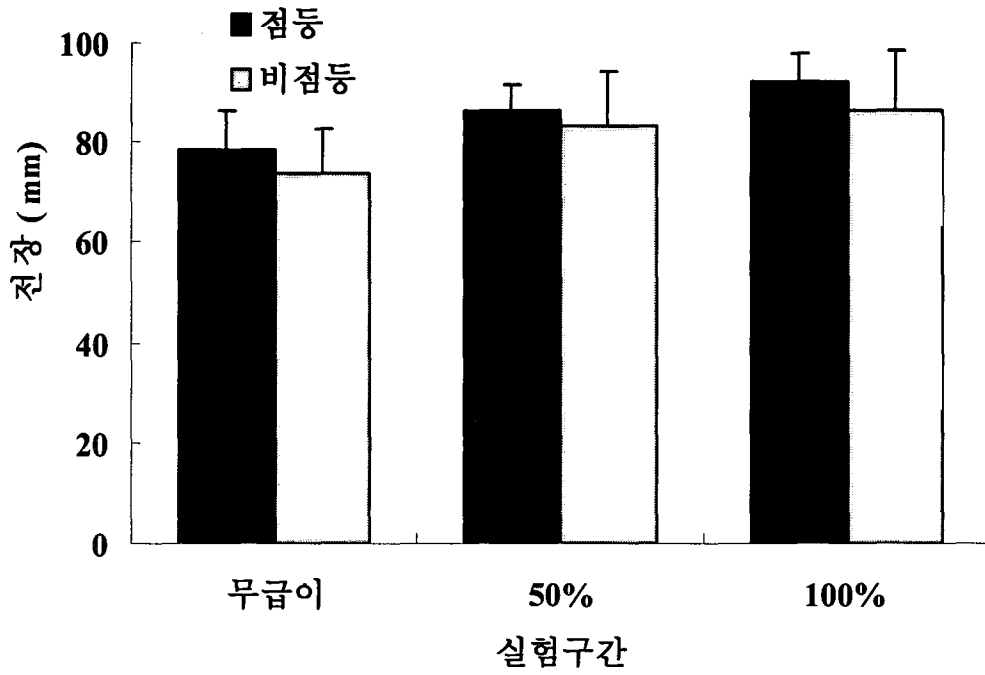


그림 4-2-8. 중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔의 체장과 체중 성장 결과(10월).

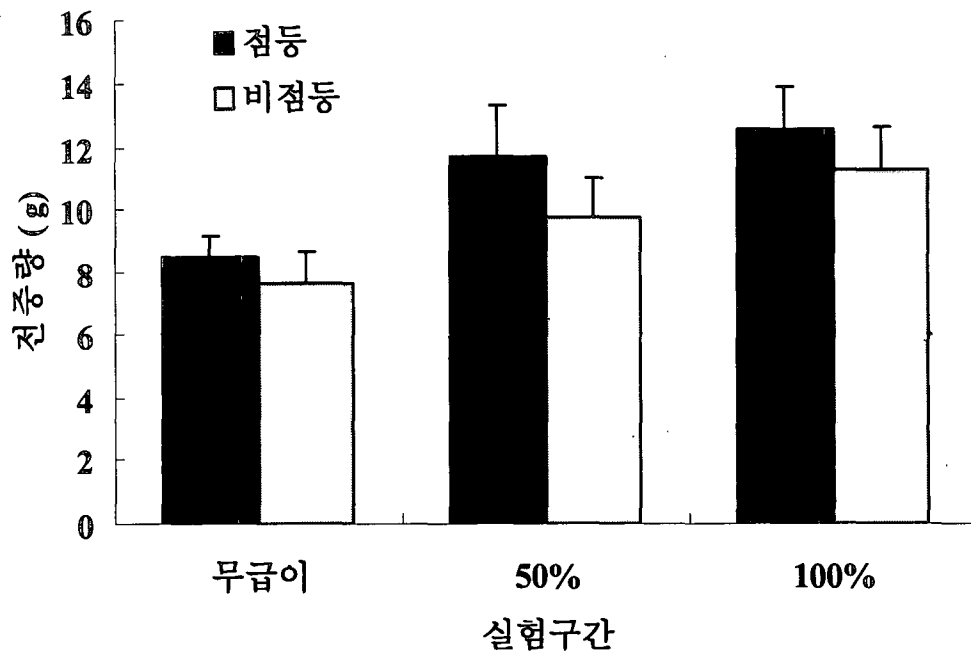
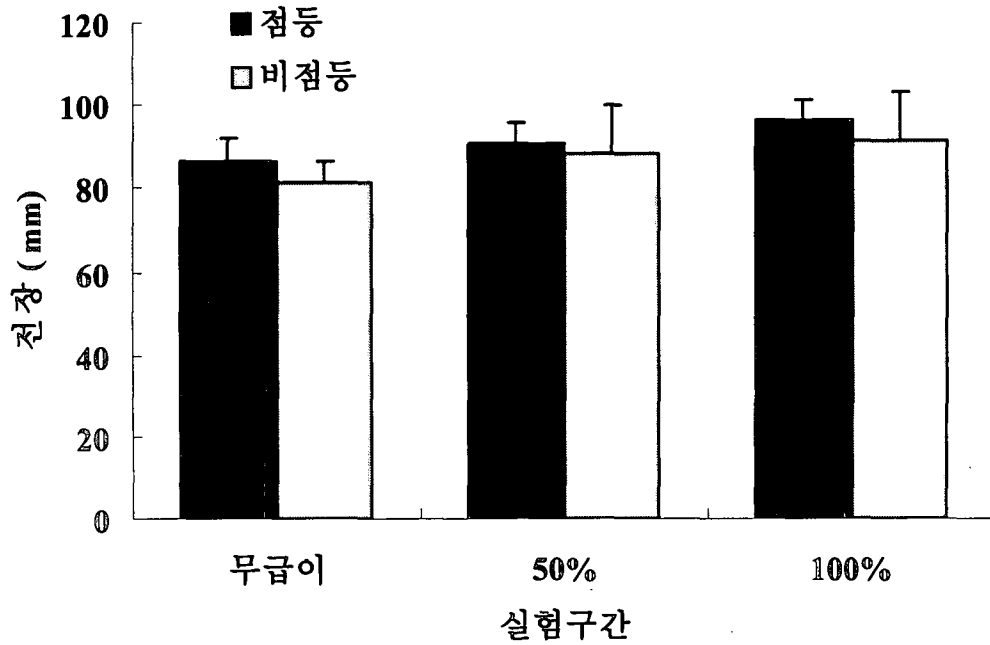


그림 4-2-9. 중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성돔 체장 및 체중 성장 결과(11월).

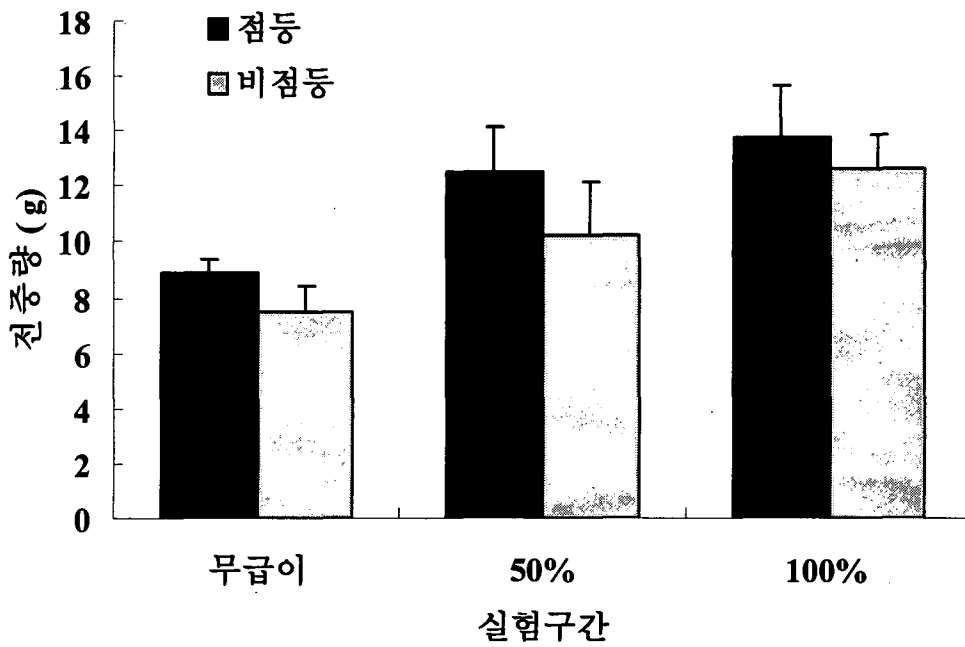
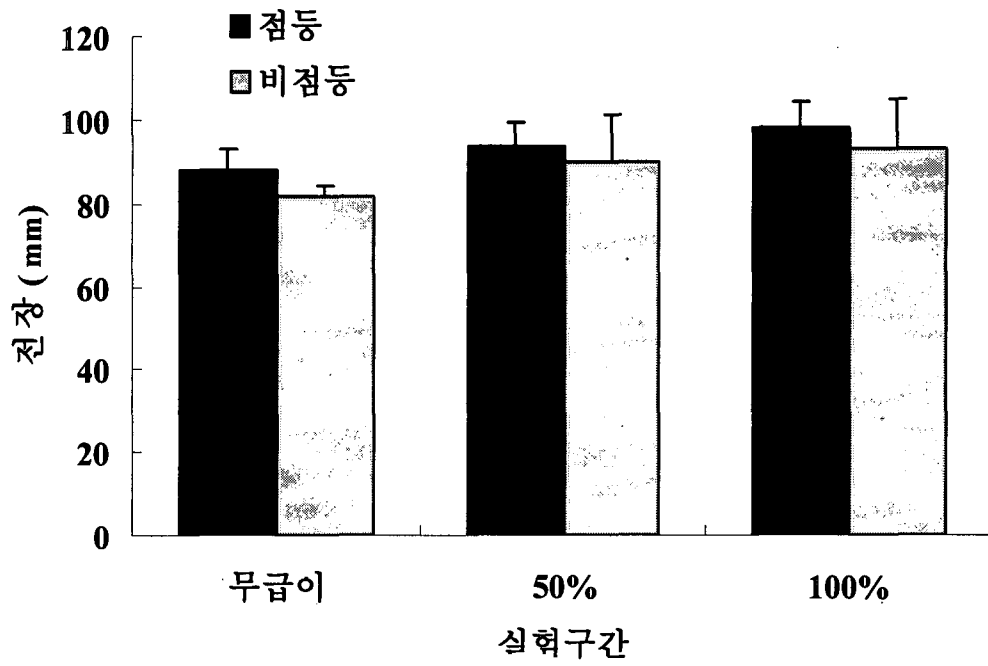


그림 4-2-10. 중간육성 기간 중 먹이공급 조건에 따른 점등구와 비점등구에서의 감성
 돔 체장 및 체중 성장 결과(12월).

중간육성 기간 중 점등, 비점등 실험구간에서 먹이공급 조건에 따른 성장관계를 살펴 보면, 점등+100% 사료 급이구에서 전장 98.3mm, 체중 13.8g의 가장 좋은 성장을 나타내었다. 반면 비점등 무급이 구간에서는 전장 81.4mm로 가장 낮은 성장을 보였으며, 12월 실험 종료시 전월(7.6g)보다 체중이 더 감소하여 평균체중 7.5g을 나타내었다.

중간육성 기간 중 점등, 비점등 구간에서 먹이공급 조건에 따른 성장관계를 살펴보면, 점등+100% 사료 급이구에서 가장 좋은 성장을 나타내었으며, 반면 비점등+무급이 구간에서는 실험 종료시 체중이 전월보다 더 감소하여 가장 낮은 성장을 나타내었다. 이러한 결과는 사료의 무급이와 야간에 자연먹이를 섭취할 수 있게 하는 야간점등의 부재에 따른 먹이제한이 그 요인이라 할 수 있다. 또한 점등을 이용한 사료 저감효과 부분에 있어 실험 종료 시 점등구간 50%, 100% 사료급이 구간에서 살펴보면 눈에 띄는 성장 차이는 나타나지 않았다. 이는 점등으로 인해 야간에도 충분한 양의 먹이생물을 섭취한 결과로 생각되어 지며, 100% 사료급이 구간을 기준으로 점등을 실시하여 사료의 양을 일반 해상 가두리에서 급이하는 양의 50% 정도로 낮추어도 성장에 있어 큰 차이가 없을 것으로 사료된다. 그러나 사료저감효과에 관해서는 사육어종, 크기, 일일사료투여량에 근거한 사료 효율 측면 등의 복합적인 영향을 고찰하여야 하며, 본 연구 결과만으로 단정하기는 어렵다. 따라서 다양한 조건들을 고려한 연구가 계속적으로 필요할 것으로 사료된다.

제 3 절 음향순치 기술

1. 서론

바다목장에서는 방류한 어류를 가능한 한 장시간 동안 원하는 해역내에서 머무르면서 서식하게 하기 위하여 일반적으로 음향급이 부이 시스템을 사용하고 있다. 어류를 바다목장의 해역에 방류하기 이전에 충분한 기간 동안 음향학습을 실시하여 대상으로 하는 어류가 수중음에 대하여 유집반응을 보이는 조건반사를 갖게 한 다음 방류하는 원리이며, 이러한 음향학습은 대상어류에 대한 급이와 함께 미리 설정한 시간 동안 해수중에 수중음을 방성하여 어류가 수중음에 대하여 유집행동을 하도록 학습시키는 것을 말한다. 그리고 이러한 반복적인 음향학습에 의하여 대상어류의 행동을 조절할 수 있도록 길들이는 것을 음향순치라고 한다.

이것은 해수중에서 음파가 손실이 거의 없이 매우 효과적으로 전파되고 있으며, 그리고 대부분의 어류가 민감한 청각능력을 갖고 있는 것을 활용하는 것으로서 일본에서 실시되고 있는 바다목장의 경우에는 음향학습의 경우뿐만 아니라 음향급이 부이 시스템에서 수중음을 적극적으로 이용하고 있다. 여기에 이용되는 수중음으로서는 펄스 정현파뿐만 아니라 대상어류가 섭이행동을 할 때 내는 섭이음 등의 음향신호가 사용되고 있는 실정이다.

일본의 바다목장에서는 참돔을 음향으로 순치시키고, 그 행동을 제어하여 자원관리의 효율화를 기하려는 시도가 행해진지 20여 년이 경과하였다. 음향순치를 발상하게 된 계기는 연못에서 사육되고 있는 잉어가 먹이를 갖고 다가오는 사람의 발소리를 인지하여 먹이를 먹으려 모이는 현상으로부터 비롯되었다. 이것은 잉어가 태어날 때부터 가지고 있는 습성이 아니라 학습에 의해 얻어진 새로운 습성에 불과할 따름이다. 이러한 학습효과를 다른 어종에 대해서도 기대하여 인공적인 방성과 급이의 반복학습으로 어류의 행동을 제어하려고 시도하고 있다.

이 결과 음향순치된 참돔은 학습하지 않은 참돔에 비해 정해진 바다목장에서의 체류율이 높다는 것이 알려지게 되었고, 이 기술이 어류의 중간육성 및 방류효과의 향상기술로서 활용되게 되었다. 이러한 연구로부터 참돔의 음향순치에 관한 기술이 거의 확립되었고, 많은 기초적인 지식을 얻을 수 있었으며, 그 후 이 기술은 다른 어종에도 활용하려고 시도되고 있다.

우리나라의 여수 바다목장에서 방류의 대상어종으로 선정되어 있는 감성돔(black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*)을 바다목장에서 효율적으로 음향순치 시키려면 우리나라의 해양환경 여건에 맞는 바다목장화에 관한 기초적인 기술축적이 필요하다. 그런데, 바다목장에서 어류의 음향순치에 관한 연구는 광범위한 연구분야가 요구되는 바다목장 사

업의 일부분을 차지하는 것으로서, 사업에 요구되는 제반 기반조성과 어류의 청각 등에 관련된 기초연구가 병행되어야만 바다목장에서 음향순치의 성과를 기대할 수 있다.

이번 연구에서는 감성돔에게 음향학습을 시킬 목적으로 특별히 제작한 음향학습용 간이 음향급이 시스템을 여수 바다목장내 가두리 시설에 설치하여 그 작동상태를 점검하였다. 그리고 이 시스템을 사용하여 가두리 시설내의 해수중에 수중음을 방성하였을 때, 음원레벨 및 주파수가 설계목표치와 동일하게 음향학습용으로 적절함을 판단하기 위하여 수중음파의 파형과 음원레벨을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

음향학습용 간이 음향급이 시스템의 작동실험을 2004년 11월 하순에 여수 바다목장 해역에 떠 있는 가두리(12m×6m×6m) 시설에서 실시하였다. 음향급이 시스템을 가두리 시설의 한 변의 중앙에 고정시키고, 이 시스템의 수중 스피커를 수심 약 1.5m에 위치하게 하였다. 그리고 나서 이 시스템에 전원을 공급한 다음 작동을 개시하였다. 음향급이 시스템의 수중 스피커로부터 수평거리 약 1m 떨어진 곳에 수중청음기를 설치하여 음향급이 시스템의 수중 방성음을 수신하였다. 여기에 사용된 측정장치의 블록 다이어그램을 그림 4-3-1에 나타내었다. 음향급이 시스템의 수중스피커에서는 중심 주파수 300Hz인 펄스 정현파를 수중음으로서 수중에 방성하였다. 이 때 수중음 신호의 펄스폭을 10s, 반복 주기를 20s의 조건으로 설정하였다. 즉, 10s 동안 수중에 펄스 정현파의 음파를 방성하고, 그리고 그 이후 10s 동안 수중음의 방성을 중단한 다음, 다시 10s 동안 수중음을 방성하고, 이어서 10s 동안 수중음의 방성을 중단하는 방식을 반복하였다.

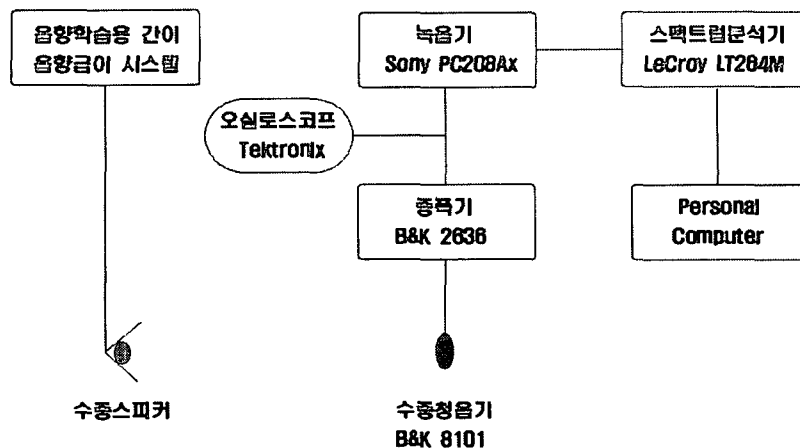


그림 4-3-1. 음향학습용 간이 음향급이 시스템에서 방성한 수중음의 음원레벨 측정 블록 다이어그램.

3. 결과 및 토의

음향학습용 간이 음향급이 시스템을 국내 최초로 국산화하여 제작하였고, 이것을 여수 바다목장 해역내의 가두리 시설에 설치하였다. 다양한 경우에 대하여 제작된 음향학습용 간이 음향급이 시스템을 테스트한 결과 원활한 작동상태를 확인할 수 있었다.

음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중 스피커에서 수중음을 방성하여 이 수중 스피커로부터 수평거리 약 1m 떨어진 곳에 위치한 수중청음기에 의해 수신한 수중음의 파형을 그림 4-3-2에 나타내었다. 실제로 수중 스피커에서는 10s 동안 수중음의 방성을 실시하고, 그 이후 10s 동안 수중음의 방성을 중지하는 이런 사이클을 반복하였다. 그러나 그림 4-3-2에서는 수중음의 방성이 시작되는 부분을 확대하여 나타내고 있다. 그림 4-3-2에 의하면, 수중음의 진폭은 약 175Pa이었다.

그리고 그림 4-3-3에는 그림 4-3-2의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 그림 4-3-3에 의하면, 음향급이 시스템에 의한 수중 방성음의 중심 주파수는 300Hz이었고, 그것의 음원레벨은 152dB이었다. 음향급이 시스템의 수중음에는 300Hz의 성분 이외에도 600Hz 성분과 900Hz 성분도 포함되어 있었다. 600Hz 및 900Hz 성분의 스펙트럼 레벨은 각각 128dB 및 135dB이었다. 일본에서 참돔을 대상으로 하는 경우 음향급이 시스템의 중심 주파수 및 음원레벨은 각각 300Hz 및 150dB이 일반적이므로 이번에 사용된 음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중 방성음은 감성돔의 음향순치에 적당한 것으로 판단되었다.

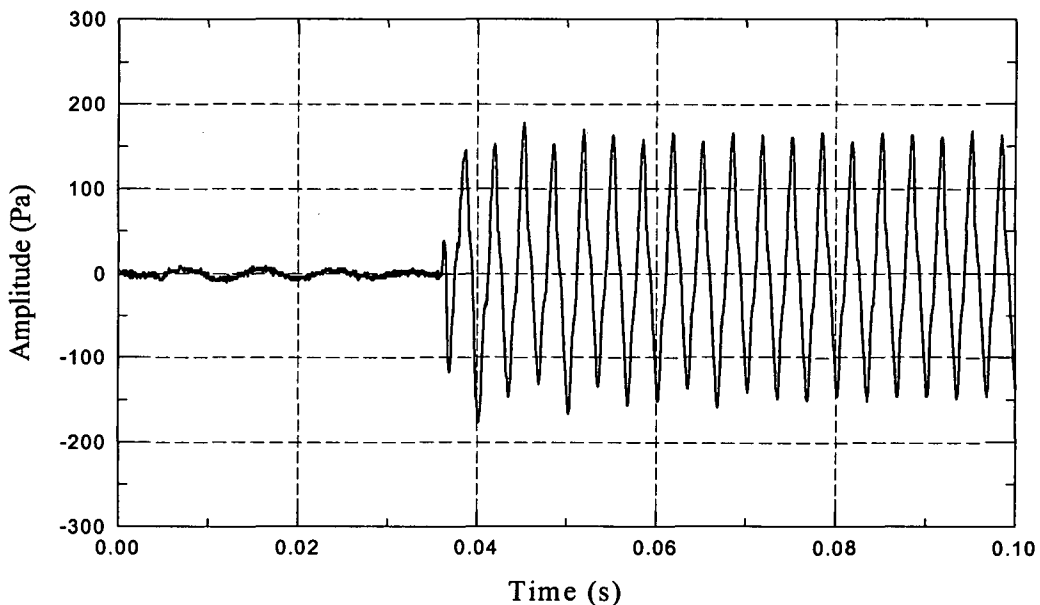


그림 4-3-2. 음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중음 파형 (거리: 1m).

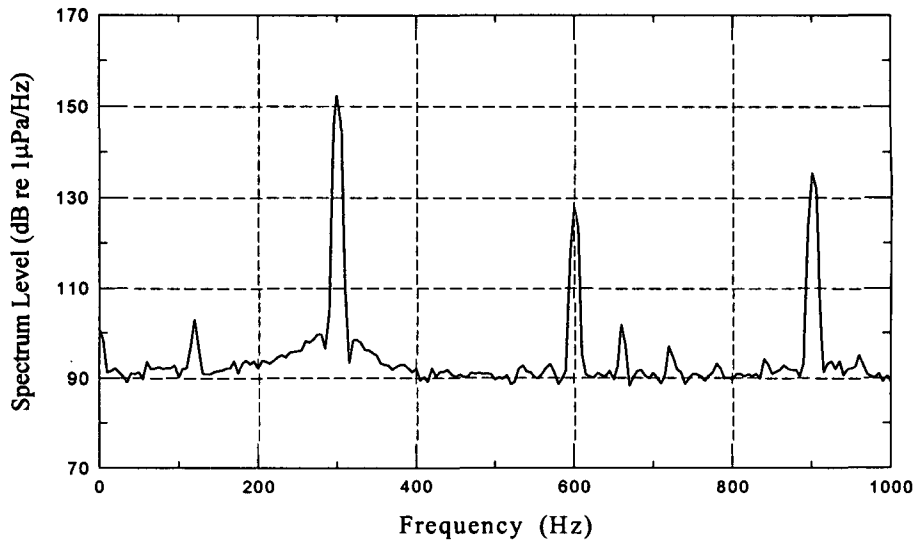


그림 4-3. 음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중음 스펙트럼 (거리: 1m).

참고로 하기 위하여 가두리 시설내에서 인위적인 수중음을 방성하지 않았을 때, 해수 중 배경잡음을 측정하여 그 스펙트럼을 그림 4-3-4에 나타내었다. 그림 4-3-4에 의하면, 주파수 100~1000Hz 범위 이내에서 해수중 배경잡음의 레벨은 74~86dB 범위 이내로서 대체로 평탄하였으며, 특히 주파수 300Hz 부근에서 해수중 배경잡음의 레벨은 약 77dB이었다.

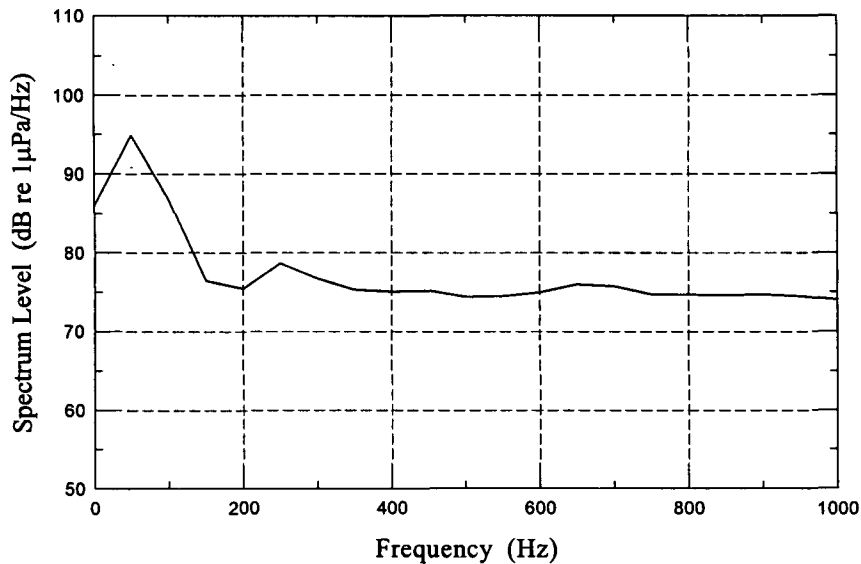


그림 4-3-4. 여수 바다목장 가두리 시설내의 해수중 배경잡음 스펙트럼.

앞으로 여수 바다목장 해역에서 해수중 배경잡음과 해수중 음파전파 등 해양음향 특성을 종합적으로 조사할 계획이다. 그리고 음향학습용 간이 음향급이 시스템과 어류행동 측정 시스템을 사용하여 감성돔을 대상으로 음향순치 실험을 체계적으로 실시함으로써 감성돔의 음향순치 기술을 개발할 계획이다.

제 4 절 대상 생물의 방류 기술

1. 서론

연안자원 조성을 위해 매년 국내 연안에서는 수산생물의 방류사업이 매년 실시되어지고 있으며, 방류 후 자연 생태계 내에 투입된 이후 재생산력과 경제성 및 방류효과에 대한 평가는 방류사업에 있어서의 주된 관심사이다(Nielsen, 1992)

현재 전남 여수의 가막만에서는 전남 다도해 바다목장화 사업과 관련하여 자원조성을 위해 매년 방류사업이 이루어지고 있으며, 방류 환경에 대한 방류어들의 초기적응을 연구함으로써 적정방류환경과 방류기술에 대한 연구가 이루어지고 있다(해양수산부, 2004)

본 연구는 방류해역에서 방류되어진 감성돔의 장기추적조사와 관련하여 방류 후 겨울을 보낸 방류어들의 출현비율을 알아보고, 남해지역의 비방류 해역과 자연산 감성돔의 출현비율을 비교 분석하여 방류지역에 대한 방류효과를 평가하고자 한다. 또한 단기 추적조사와 관련하여 2004년 11월에 주위에 가두리가 없고, 해조장이 형성된 지역에서의 방류 초기적응 효과를 평가하고자 방류된 감성돔 치어를 1개월간 추적 조사하였다.

어류의 성장은 먹이에 의해 가장 큰 영향을 받으며, 방류를 위한 중간육성에 있어 가장 큰 경비를 차지한다. 따라서 사료의 이용 효율을 최대로 하기 위한 사육 기법 개발은 필수적이다. 이를 통해 성장률, 생존율 그리고 사료전환효율을 높이며, 크기 편차를 줄이고 사료 허비량과 노동력을 최소로 할 수 있다(Kubitza and Lovshin, 1999). 여기에는 사료 내 영양학적 요구량뿐만 아니라 최적의 사료 공급 방법과 관리 기술이 필요하다(Jobling et al., 1995). 특히 해상 가두리에서의 일반적인 중간 육성 활동이 일주일 단위로 이루어지며, 이와 같은 주기를 만족시킬 수 있는 최적의 사료공급 전략이 요구된다. 최근 사료 공급과 절식에 의한 생산성 향상과 상업적 이득을 위한 많은 연구가 이루어지고 있지만(Zhu et al., 2001; Tian and Qin, 2003) 해상 가두리에서의 감성돔에 대한 연구결과를 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 해상 가두리에서 방류용 감성돔의 중간 육성 효율 향상과 최적 사육 방법 구명을 위해 절식에 의한 보상성장을 유도한 사료 공급 방법을 조사함으로써 주 단위의 최적 사료 공급 방법 기술을 알아보고자 한다.

한편, 방류용 종묘는 자연에서 태어난 개체와 혼합되어도 형태적, 생태적, 생리적으로 차이가 없어야 한다. 즉, 형태적 이상이 없으며, 생리·생화학적으로 건강함과 아울러 도피행동, 섭이행동 및 회귀행동 등 종별로 특징적 행동을 갖추어야 한다. 따라서 이들 수산어패류의 종묘가 자연생태계에 방류된 이후의 생존율, 자연에의 적응정도 및 재생산력 등 생태학적요인과 경제적 효과를 포괄하는 방류효과의 평가는 매우 중요하다(Nielsen, 1992).

우리나라에서 연안자원에 대한 방류효과조사는 참전복(*Haliotis discus*), 대하(

Fenneropenaeus chinensis), 꽃게(*Portuns trituberculatus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)에 대해 수행되었다(Noh *et al.*, 1999). 치어의 방류사업이 본격화되면서 1999년에는 약 2,300만 마리의 어류 종묘가 방류되었으며, 그 효과는 긍정적 평가되고 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).

많은 양의 종묘를 방류했음에도 불구하고 효과가 향상되지 않는 요인으로서 방류종묘의 질적인 문제, 방류 방법상의 문제 및 불법어업 등이 거론되고 있으며, 방류 직후 새로운 환경에 적응하지 못하여 피포식에 의한 감모율이 높은 것도 지적되고 있다(Nakano, 1993). 방류되는 새로운 환경은 방류어가 적응해야 할 환경일 뿐만 아니라 포식자로부터 도피하는 은신처로서의 역할과 자신이 포식자가 되어 또 다른 소형 먹이를 잡아먹는 장소이다. 따라서 방류환경에 대한 방류어의 초기 적응력은 자원방류의 성패를 방류를 위한 중요한 요소로(Tsukamoto *et al.*, 1990) 초기감모의 원인 및 재생산성에 큰 영향을 미치게 된다(Tsukamoto *et al.*, 1990; Tetsuya *et al.*, 1993; Yoo *et al.*, 2003). 방류환경에 대한 정확한 이해와 방류어의 생물학적 특성에 따른 환경적응의 패턴을 이해한 후 적절한 방법으로 방류에 임해야 한다.

전복은 우리나라의 가장 대표적인 고부가 수산동물이며, 중요한 양식생물 자원 가운데 하나이다. 지나친 자원탐색으로 자연산 전복 자원량은 극히 미미한 수준으로 감소하였다. 1976년에 인공종묘생산이 시작된 이래 해마다 양식 생산량이 증가하고 있으며, 양식방법도 다양해지고 있다. 어촌계 별로 매년 많은 양의 인공종묘를 방류하고 있으며, 최근 생산되는 전복의 대부분은 인공산 종묘를 방류한 것들이다.

최근 국내에서 전복 종묘의 방류 효과를 조사하기 위한 다양한 표지방법이 개발되고 있으나 아직 성과는 미진한 상태이다. 강 등(1996)은 접촉제에 의한 각장 1.0cm 내외의 표지개체 방류 효과에 대해 언급한 바 있으며, 김 등(2002)은 전복 치패의 성장과 생존에 미치는 표지의 영향으로 새로운 표지방법을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 전복 치패에 알맞은 실용 가능한 새로운 표지방법을 개발하기 위하여 다양한 표지를 적용하여 이에 따른 성장과 생존을 변화를 조사하였다.

한편, 연안에서의 암반 기질은 2차원적 평면을 나타내어 외형적으로는 생물이 서식할 수 있는 공간이 연성저질보다는 적은 것으로 알려져 있지만, 해조류 등 대형 갈조류와 균락을 형성하는 생물구조로 인해 다양한 서식환경을 나타내면서 연성저질보다는 최대 5배에 이르는 생물다양성을 나타내기도 한다(Rafaelli and Hawkins, 1996). 또한 해조류의 서식과 암반을 덮은 다양한 부착성 생물과 복잡한 물리적 환경으로 인해 연안에 서식하는 어린 생물의 서식처를 제공하고 있다. 한편 연안에서 생산하는 수산생물의 서식처 중 암반이 차지하는 비중이 매우 높아, 인공 어초 등 인위적인 기질을 제공하는 노력이 오래전

부터 시도되고 있다. 최근 들어 기소현상 등 연안 오염 및 탁도 증가 등으로 해조류와 이를 섭식하는 초식자의 종조성과 서식밀도가 크게 변하고 있는 실정이다. 따라서 암반 생물 서식 활성화를 위해 해조 증식, 어초 투하 등에 많은 자본이 사용되는 실정이다. 목장화 사업에서도 암반생물의 수산생물 서식양상과 생태특성을 조사하기 위하여 대상지역에서의 수산생물 종조성 및 분포양상에 대한 조사가 수행되었다. 이번 조사는 마을어장내 살포한 전복양식장 주변을 대상으로 자연 암반내 생물 종조성 및 우점종의 생체량 자료를 확보함으로써 전복 등 수산 무척추동물의 서식량을 파악하고, 향후 어장 가치 증대를 위한 활용방안을 제시하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 방류어의 성장 특성

(1) 장기추적조사(수협위판장 조사)

(가) 실험어 구입

어체 구입 지역은 가막만을 중심으로 한 남해안의 수협위판장 4곳(여수, 고흥, 완도, 삼천포)을 기준으로 구입하였다. 채집방법은 각 수협위판장에 위판시간에 맞추어 나가 이가망 및 낚시로 채집된 감성돔을 수협 중매인을 통해 구입하였다. 이렇게 구입된 어체는 각각 비닐에 넣어 일련번호를 매긴 후 얼음에 보관하여 실험실로 옮기었다.

(나) 어체측정 및 자연어, 방류어 구분

실험실로 옮긴 어체는 즉시 전장, 체장, 체고, 중량 등을 측정하였다. 방류 감성돔과 자연산 감성돔 구분은 Yoo et al.(2003)에 의한 비늘 판독을 이용하였으며, 사용된 비늘은 어체의 오른쪽 가슴지느러미 하단 부분의 비늘을 사용하였다. 비늘은 슬라이드 글라스에 올려 다른 슬라이드 글라스를 덮어 양쪽 끝을 흰색 절연테이프로 고정 한 후 현미경(Olympus SZ-40, Japan)을 이용하여 판독하였다. 연령은 비늘 판독시 연륜을 통하여 구분하였다.

(2) 단기추적조사

(가) 방류어

방류어는 2004년 여수대학교 수산증·양식연구센터에서 인공종묘 생산된 감성돔으로 부화자어의 전장은 $2.48 \pm 0.25\text{mm}$ 이었으며, 먹이의 공급은 부화 후 2일령부터 로티퍼를 0.5~3.5개체/ml의 밀도로 23일령까지 공급하였고, 22일령부터 46일령까지 알테미아 부화유생을 0.5~1.5 개체/ml의 밀도로 공급하였다. 배합사료는 부화 후 16일령부터 사육 종료시까지 성장에 따라 단계별 중량공급을 실시하였고, 자어기에는 5-10회/일 공급하였고, 치어기 이후에는 점차 횟수를 줄이며 4-7회/일까지 공급하였다. 사육은 가온시설이 있는

30톤 사각 콘크리트 수조에서 이루어졌으며, 부화수온은 18.7~19.1℃이었다. 종묘생산 기간동안의 사육수온은 자연여과해수와 가온시설을 이용하여 18.7~28℃까지 변화하였다. 환수는 유수식으로 일일 2~5회전으로 하였다. 방류 전에는 2일간 절식을 하였으며, 해상에서의 중간육성은 실시하지 않았다.

(나) 방류장소 및 방류어의 표지

방류는 전남 여수시 화양면의 가막만의 갈피 서식장에서 이루어졌다(그림 4-4-1). 방류어의 표지는 방류어의 왼쪽 아가미를 절단하여 표지하였다(그림 4-4-2).

(다) 방류방법

방류대상지역까지의 방류어의 운송은 활어차(5톤)와 차도선을 이용하였다(그림 4-4-3). 방류방법은 20ℓ 원형 플라스틱통에 해수를 약 1/2로 채운 후 방류어가 서로 상처내지 않을 정도의 양을 수용 후 플라스틱 통을 바다에 띄워 천천히 물과 함께 부어 방류하였다.

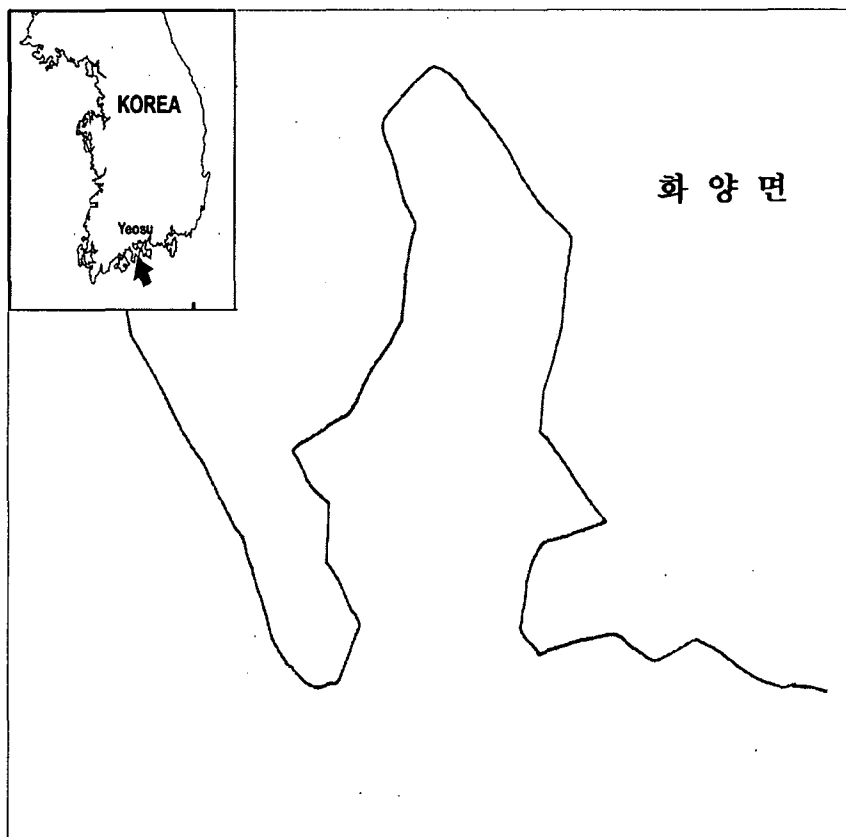


그림 4-4-1. 방류지역.

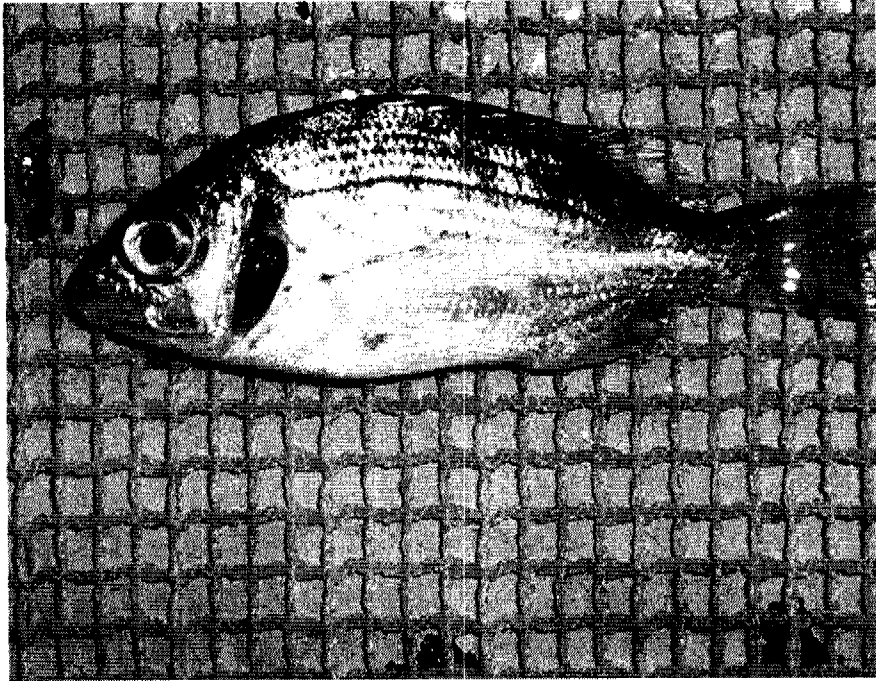


그림 4-4-2. 왼쪽 아가미 절단 표지를 한 감성돔.



그림 4-4-3. 방류어의 운송을 위한 활어차와 차도선.

(라) 방류어의 재체포

방류어의 재체포는 총 8번 실시하였다. 초기 10일 동안은 방류어의 먹이적용과정 파악을 위해 위하여 1, 3, 5, 7, 10일로 채집을 총 5번 실시하였으며, 그 이후로는 15일, 20일, 30일로 3번을 실시하였다. 체포방법은 후릿그물(50m)을 이용하였으며, 체포된 방류어는 10% 포르말린에 고정시켰으며, 방류어의 구분은 왼쪽 아가미 절단상태로 구분하였다.

(마) 어체 측정 및 내장 내용물 측정

체포된 방류어는 모두 중량, 전장, 체장, 체폭 등을 측정하였다. 측정된 어체는 해부하여 내장을 적출하고 내장중량, 간중량, 위중량, 장중량, 복강내 지방중량을 측정하여, 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 내장중량지수(viscera weight index, VWI), 위중량지수(stomach weight index, SWI), 장중량지수(intestine weight index, IWI), 복강내 지방중량지수(intraperitoneal fat index, IPI)를 측정하였다. 장내 내용물을 조사하기 위해 위와 장을 해부하여 내용물을 패트리디쉬에 넣은 후 해부현미경(Olympus, SZ-40)을 이용하여 관찰하였다. 길이는 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.01mm까지 측정하였고, 중량은 전자식저울을 이용하여 0.01g까지 측정하였다.

나. 방류 감성돔 치어의 먹이 실험

(1) 실험어

실험에 사용한 감성돔은 육상 종묘 배양장에서 생산되어 4개월간 성장시킨 뒤 여수 바다목장 해역 내 중간육성 시설로 옮겨 한 달간 순치시킨 후 이용하였다. 실험 시작시 실험어의 평균 무게는 9.2 ± 1.9 g이었으며, 14개의 가두리(1.5×2×2 m, mesh size 5mm)에 1,500마리씩(방양밀도 $2.47\text{kg}/\text{m}^3$) 수용하였다. 실험어는 자연 수온, 광주기 및 염분도 조건($34^{\circ}37' \text{N}$, $127^{\circ}42' \text{E}$)으로 사육하였으며, 2004년 9월 16일부터 2004년 12월 9일까지 총 12주간 실험을 실시하였다.

(2) 실험 방법

방류용 감성돔의 최적 중간육성 기법 개발을 위한 한 방안으로 해상 가두리에서의 적정 사료 공급 방법을 알아보기 위해 7가지의 실험구를 조사하였다. 일주일 중 매일 사료를 공급하는 대조구($F_{7.0}$)와 6일 공급 후 1일 절식구($F_{6.1}$), 5일 공급 후 1일 절식구($F_{5.1}$), 4일 공급 후 1일 절식구($F_{4.1}$), 3일 공급 후 1일 절식구($F_{3.1}$), 2일 공급 후 1일 절식구($F_{2.1}$), 그리고 격일 공급구($F_{1.1}$)로 나누었다. 사료 공급은 상품사료(조단백질 함량 46.7%)를 매일 (14:00 h) 1회 반복시까지 공급하였으며, 먹지 않은 사료는 수집하여 70℃에서 건조하여 총 사료 소비량에서 제외시켰다.

성장률 조사는 4주 간격으로 전체 무게를 측정하였으며, 이와 아울러 총 실험어의

25% 이상을 샘플하여 무게와 전장을 측정하였다. 성장률 측정 하루 전에는 절식을 하였으며, 샘플 계측은 ethylenglycol-monophenyl-ether(Merck)로 마취하여 측정하였다. 측정 항목은 일간성장률(specific growth rate, SGR), 사료 공급률(feeding rate, FR), 사료전환효율(food conversion efficiency, FCE)과 비만도(condition factor)를 조사하였으며, 각 측정 항목의 계산 방법은 다음과 같다.

$$\text{일간성장률(SGR, \% / \text{day})} = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$$

$$\text{사료 공급률(FR, \% body weight / \text{day})} = 100 \times C / [(W_f + W_i) / 2] / t$$

$$\text{사료전환효율(FCE, \%)} = 100 \times (W_f - W_i) / C$$

$$\text{비만도(CF)} = 100 \times (W / L^3)$$

여기서 W는 무게(g), L는 길이(cm), C는 누적 사료 소비량(g), t는 사료공급일수

측정 자료의 통계처리는 통계프로그램인 MINITAB(USA, release 13.20)을 이용하여 one-way ANOVA를 실시하였으며, 평균간 유의성이 있는 경우 95% 유의수준에서 Tukey's test를 하였다.

다. 표식실험

(1) 감성돔

감성돔을 등지느러미 후반부 아래의 근육에 앵커택을 부착하여 자연 상태에서의 앵커택 탈락 여부를 조사하였다. 시험어는 2004년 10월 21일 금요일도에서 잡힌 자연산 감성돔이었으며 전장은 25.6~30.5cm 범위였다(표 4-4-1). 앵커택은 'KORDI 5001~KORDI 5006'으로 표식된 것으로 아미노안식향산으로 감성돔을 마취시킨 후 등지느러미 후반부 아래쪽 근육을 관통하는 방법으로 부착시켰다.

부착 후 마취 회복하는 동안 옥시테트라사이클린으로 약욕을 실시하였다. 방류한 감성돔은 방송매체와 포스터 등으로 현지 낚시업계에 홍보하여 재포를 기다리고 있다.

표 4-4-1. 감성돔 표식실험 현황

번호	전장(cm)	무게(g)	태그번호
1	30.5	530	KORDI5001, 5002
2	25.6	330	KORDI5003
3	28.0	420	KORDI5004
4	28.6	430	KORDI5005
5	27.5	420	KORDI5006

(2) 전복

2004년 11월부터 2005년 4월까지 전복방류 효과 판정을 위한 표지개발을 위하여 패각에 5mm 크기의 단추 부착구, 제1 호흡공 케이블타이 부착구, 제2 호흡공 케이블타이 부착구, 제1, 2 호흡공 케이블타이 부착구 및 대조구(미부착구)로 나누어 실험을 실시하였다. 공시재료는 2002년에 생산된 평균 각장 4.1 ± 0.5 cm 개체로 2004년 11월 각 실험구별로 100미씩 선별하여 표지를 부착 후 해조를 충분하게 급이하면서 1회/월 계측하였다.

라. 전복 방류해역의 생산성

본 조사는 전남 다도해형 바다목장 해역인 안도를 중심으로 한 바다목장 사업 수행 해역을 대상으로 암반부착생물이나 서식 수산생물의 수직분포를 관찰하기 위하여 방형구를 사용하여 종조성과 생체량을 측정하였다. 조사해역은 안도 어촌계가 관리하는 전복양성 마을 어장으로 항구에 인접한 수심 10m이내의 마을어장이다(그림 4-4-4). 나잠 어업을 통해 전복을 채취하는 3개 지역을 대상으로 선정하였다. 각 해역별로 잠수를 실시하여 표층에서 암반이 형성된 수심까지 주요 수산생물의 수직분포를 정리하였다. 또한 수심 2m, 5m, 8m 등 3개 지역에서는 3m^2 면적의 수산생물을 채집하였다. 채집된 시료는 10% 중성포르말린에 고정하여 실험실로 옮긴 후, 가능한 종별로 동정을 실시하였으며, 동정을 마친 시료는 전자저울을 이용하여 종 별로 습중량을 측정하였다.

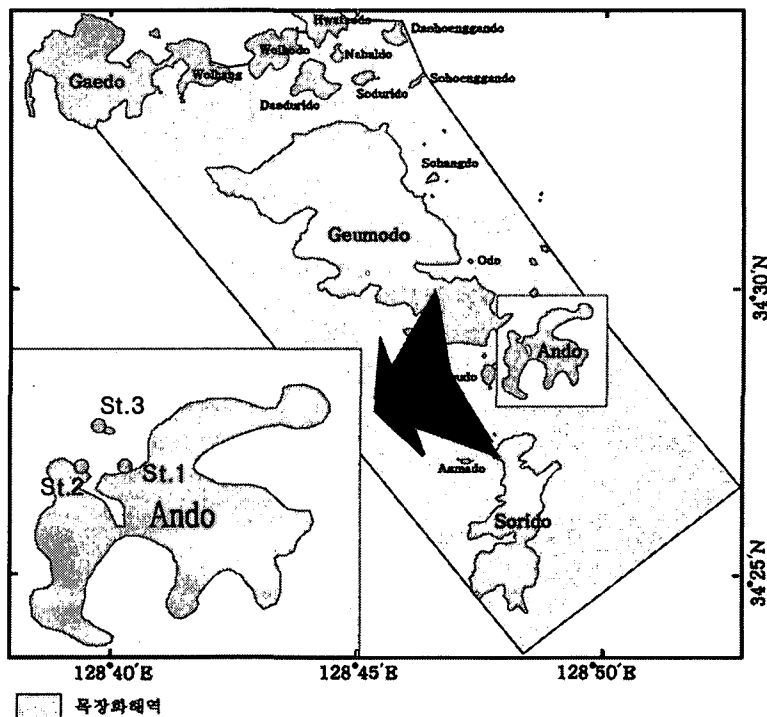


그림 4-4-4. 조사 해역.

조사 당시 각 방형구별 피도를 파악하기 위하여 채집 전에 사진촬영과 비디오 촬영을 실시하였으며, 촬영된 사진은 우점종의 피도 및 개체의 계수를 실시하여 수심별 피도를 정량화하였다. 한편, 수심별 경사도를 파악하고, 정선별로 우점종의 수직 분포 양상을 파악하였다. 정선 조사에서 관찰된 개체는 채집하여 실험실 상에서 개체별 크기 분포를 파악하였다.

한편 마을 어장내 전복 채취 작업을 실시하는 해녀들의 일일 채집량을 파악하고, 채집된 전복의 평균 크기와 연간 CPUE를 산정하여 비교하였다. 한편, 어촌계의 협조를 얻어 2004년에 수행된 마을 어장내 전복의 연간 수확량을 파악하고, 월별 변화량을 산정하였다.

3. 결과 및 토의

가. 방류어의 성장특성

(1) 장기추적조사

(가) 어체 측정

4곳의 각 수협위판장에서의 구입된 어류의 수와 외형측정의 결과를 표 4-4-2에 나타내었다. 각 위판장에서 구입된 감성돔은 삼천포를 제외하고 모두 200~400g을 나타내었다.

표 4-4-2. 각 위판장 구입 감성돔의 크기

	여수	삼천포	고흥	완도
마리 수	28	9	22	21
평균 전장(mm)	236.42±20.80	319.88±41.30	219.53±25.24	251.11±21.20
평균 체장(mm)	184.20±20.82	253.73±29.19	169.00±25.52	208.84±16.41
평균 무게(g)	243.71±56.24	576.42±179.89	214.95±78.92	296.04±69.77

(나) 연령비율

각 수협 위판장에서 구입된 감성돔의 연령비율을 표 4-4-3에 나타내었다. 삼천포를 제외한 여수, 고흥, 완도는 2년산이 각각 68, 81, 100%의 출현비율을 나타내었다.

표 4-4-3. 각 위판장 구입 감성돔의 연령비율(%)

	여수	삼천포	고흥	완도
1 년산	-	-	32	-
2 년산	100	34	68	81
3 년산	-	44	-	19
4 년산	-	22	-	-

(다) 방류어와 자연어의 비율

비늘 판독을 통한 자연, 방류 감성돔의 출현비율을 그림 4-4-5에 나타내었다. 방류어의 출현비율은 삼천포가 66%로 가장 높았으며, 고흥, 여수, 완도가 50%, 32%, 10%를 나타내었다.

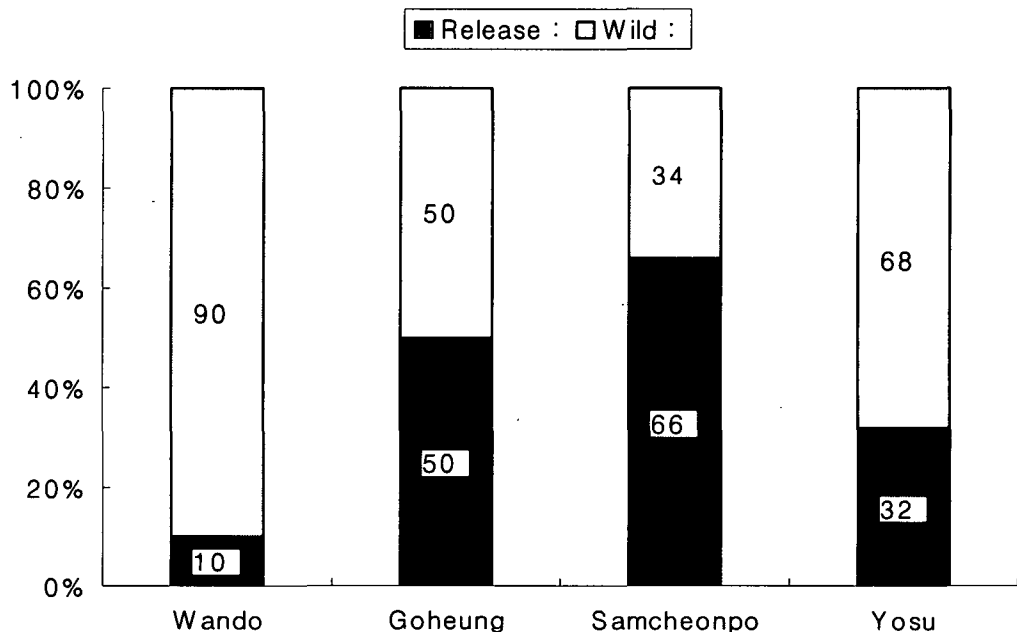


그림 4-4-5. 각 수협위판장의 자연, 방류 감성돔의 조성비(%).

각 위판장 감성돔의 방류어 비율을 보면 삼천포와 고흥이 가장 높았는데, 삼천포는 통영 등지에서 가두리 양식장이 많아 자연산이 그 주위에서 사료를 받아먹거나 혹은 가두리에서 탈출한 개체들이 많아 방류어와 같은 특징을 보인 것으로 보여진다. 고흥에서는 국립수산물과학원 산하의 남해수산물연구소에서 매년 감성돔 방류사업이 이루어지고 있으며 그로 인해 방류어의 비율이 높아진 것으로 생각된다. 완도는 공식적인 대량 어류방류사업이 거의 없었던 것으로 보여지며, 완도수협에서는 양식산 어류는 위판을 하지 않아 자연어의 비율이 대부분이었던 것으로 보여진다. 여수의 경우에는 방류지역과 가장 가까운 위판장이다. 그러나 자연산 감성돔이 자주 위판이 되질 않아 방류어의 비율이 30%를 약간 넘는 정도를 보였는데 이는 방류사업이 이루어졌던 고흥이나 대규모 가두리 양식이 이루어지는 삼천포와는 적은 비율이나, 두 지역과의 환경적 차이를 감안한다면 방류사업이 거의 없는 완도보다 20%이상 높아 방류된 감성돔이 가막만에서 적응해 가고 있음을 나타낸 것으로 생각되어지며 앞으로도 지속적인 방류사업과 함께 적절한 방류환경조사와 방류어 추적조사를 통해 자원조성효과에 관리될 수 있도록 하여야 할 것이다.

(2) 단기추적조사

(가) 방류어의 체체포수 및 수온, 염분 변화

방류지역의 수온 평균 방류 10일째까지는 18℃를 유지하다가 15일째 이후로 수온이 급격히 떨어져 방류 20일째부터는 12℃이하로 내려갔고, 염분은 30‰를 나타내었다. 체포된 방류어의 마리수는 방류일수와 채집위치에 따라 달라졌으며, 특히 방류 1일째에는 모자반이 분포하는 방류지점에서 크게 벗어나지 않는 곳에서 채집되었으며, 3일째에는 연안쪽으로 조금 이동하여 채집되었다. 방류 7일과 10일째에는 연안쪽에서 지속적으로 채집되었으며, 15일에는 같은 연안쪽은 체포되는 마리수가 지속적으로 줄었다. 이는 수온이 낮아짐에 따라 방류어들이 연안을 따라 이동한 것으로 생각되어진다(표 4-4-4).

표 4-4-4. 방류일령별 방류지역의 수온, 염분 및 방류어 체체포 마리수

	방류 당일	방류 1일째	방류 3일째	방류 5일째	방류 7일째	방류 10일째	방류 15일째	방류 20일째	방류 30일째
수온(℃)	18.5	18	18	18	17.5	18.3	14.7	12.7	12.2
염분(‰)	30	30	30.1	30.6	30	30.1	30.6	30.9	30.5
체포 마리수(n)	200	78	20	24	61	57	27	19	11

(나) 방류지역에 서식하는 생물종

방류지역에 서식하는 생물종을 표 4-4-5에 나타내었다. 어류에는 주둥치, 점농어, 실고기 등이 가장 많이 체포되었으며, 갑각류는 새우류와 고등류의 체포가 많았다. 해조류는 대부분 잘피와 모자반이었으며, 기타 해파리류와 연체류인 주꾸미, 낙지 등이 체포되었다.

표 4-4-5. 방류지역에 서식하는 생물종

분류	생물종
어류	주둥치, 멸치, 점농어, 실고기, 학공치, 해마, 베도라치, 복섬
갑각류	새우류, 털게, 민꽃게, 고등류
해조류	잘피, 모자반
기타	해파리류, 주꾸미, 낙지

(다) 방류일령별 특성

각 방류일령별로 산출한 측정값을 표 4-4-6에 나타내었다. 1개월 동안 어체 중량과 체장에서는 방류 전 11.17±4.15g에서 방류 30일째까지 감소와 증가를 반복하였으나, 일령별

로 상승하지는 않았다. 이는 방류시 각 개체별로 어체 크기가 차이가 있어, 채집시 일령이 지나도 큰 차이를 나타내지 않았던 것으로 생각되어지며, 또한 수온이 계속 낮아지는 시기이므로 성장이 거의 이루어지지 않았던 것으로 보인다. VWI, SWI, IWI 또한 방류전과 큰 차이를 보이지 않았다. HSI에서는 방류 전 2.01 ± 0.63 에서 지속적으로 감소하여 방류 후 20일에 0.83 ± 0.23 까지 지속적으로 감소하였다가, 방류 30일째에서는 다시 상승하였다. 또한 IPI도 방류 전 2.22 ± 0.88 에서 방류 후 1.39 ± 0.53 으로 급격히 감소하였다가 방류 15일째부터 상승하여 방류 30일째에는 1.98 ± 0.32 를 나타내었다. HSI의 저하는 환경변화에 의한 환경충격에 부과되는 하나의 좋은 지표가 된다(Heidinger and Grawford, 1977; Barnes et al., 1984, Javier et al ; 1990). 즉 급작스런 환경변화에 대한 어체의 스트레스로 인하여 HSI의 감소가 일어난 것으로 보여지며, 방류 후 20일 이후에 정상적인 적응상태를 보이는 것으로 사료된다. IPI도 또한 방류 후 새로운 환경에서 지방이 많은 먹이를 쉽게 섭취하질 못해 지속적으로 복강내 지방을 사용한 것으로 보여지며, 15일 이후로 수온이 하강하면서 복강내에 지방을 축적하는 것으로 판단된다. CF에서는 $1.75 \pm 0.37 \sim 1.88 \pm 0.21$ 범위로 큰 차이를 나타내지는 않았다.

표 4-4-6. 방류일령별 따른 측정값

	방류전	방류 1일째	방류 3일째	방류 5일째	방류 7일째	방류 10일째	방류 15일째	방류 20일째	방류 30일째
중량 (g)	11.17±4.15	9.84±3.11	14.07±11.02	11.02±4.17	10.45±2.9	11.88±3.53	11.23±3.27	9.28±3.02	10.89±2.92
체장 (mm)	8.31±1.00	8.06±0.84	9.09±0.85	8.31±0.95	8.29±0.76	8.58±0.77	8.47±0.81	7.89±0.89	8.28±0.86
VWI ¹⁾	9.64±1.54	9.53±1.49	8.48±1.48	8.57±1.18	8.7±1.75	10.12±1.3	9.45±1.98	6.93±0.98	8.04±3.03
SWI ²⁾	1.13±0.34	1.22±0.45	0.9±0.2	1.6±0.58	1.6±0.56	1.68±0.74	1.77±0.92	1.06±0.21	0.81±0.20
IWI ³⁾	3.07±0.55	2.56±0.57	2.86±0.55	2.59±0.69	3.22±0.93	4.11±1.02	3.19±0.7	2.86±0.58	1.63±0.46
HSI ⁴⁾	2.01±0.63	1.96±0.40	1.71±0.29	1.63±0.51	1.43±0.36	1.32±0.31	1.22±0.18	0.83±0.23	1.53±0.32
IPI ⁵⁾	2.22±0.88	1.39±0.53	1.82±1.03	1.45±0.71	1.36±0.57	1.39±0.71	1.59±0.78	1.87±3.33	1.98±0.32
CF ⁶⁾	1.85±0.11	1.82±0.09	1.82±0.08	1.84±0.10	1.79±0.12	1.75±0.37	1.80±0.11	1.83±0.08	1.88±0.21

1) Viscera weight index, VWI : viscera wt./body wt. × 100

2) Stomch weight index, SWI : stomach wt./body wt. × 100

3) Intestine weight index, IWI : intestine wt./body wt. × 100

4) Hepatosomatic index, HSI : Hepato wt./body wt. × 100

5) Intraperitoneal fat index, IPI : intraperitoneal fat wt./body wt. × 100

6) Condition factor, CF : (body wt./total length³)×100

(라) 섭식개체비율

각 일령별로 내장내에 먹이를 섭이하고 있는 개체비를 그림 4-4-6에 나타내었다. 방류 1일째부터 섭이개체가 78.8%로 높은 먹이섭이율을 나타내었으며, 이후 방류 3일째와 5일째까지는 92.3%, 79.2%를 나타내었다. 방류 7일째와 10일째부터는 100%의 먹이섭이율을 나타내어 모든 채집개체가 먹이를 섭이하였다. 방류 15일째 이후로 먹이섭이 비율이 93.8%로 줄었으며, 20일째와 30일째에는 각각 90%, 75%를 나타내었으며, 1개월 동안의 먹이 섭이비율은 평균 88% 이상을 보여주었다. 방류된 감성돔은 방류 후의 스트레스와 주위에 가두리가 없어 사료내 잔유물 등이 없어 먹이 적용에 시일이 걸릴 것으로 예상되었으나, 방류 1일후부터 78.8%의 높은 섭이 비율을 보여주어 방류 개체들의 먹이섭이에 서 빠른 적응을 보여주었다. 또한 방류 10일째까지는 100% 섭이율을 보여주었으며, 이후 15일부터 섭이개체 비율이 90%에서 75%까지 낮아졌는데 이는 수온이 낮아짐에 섭이율이 낮아진 것으로 사료되어진다.

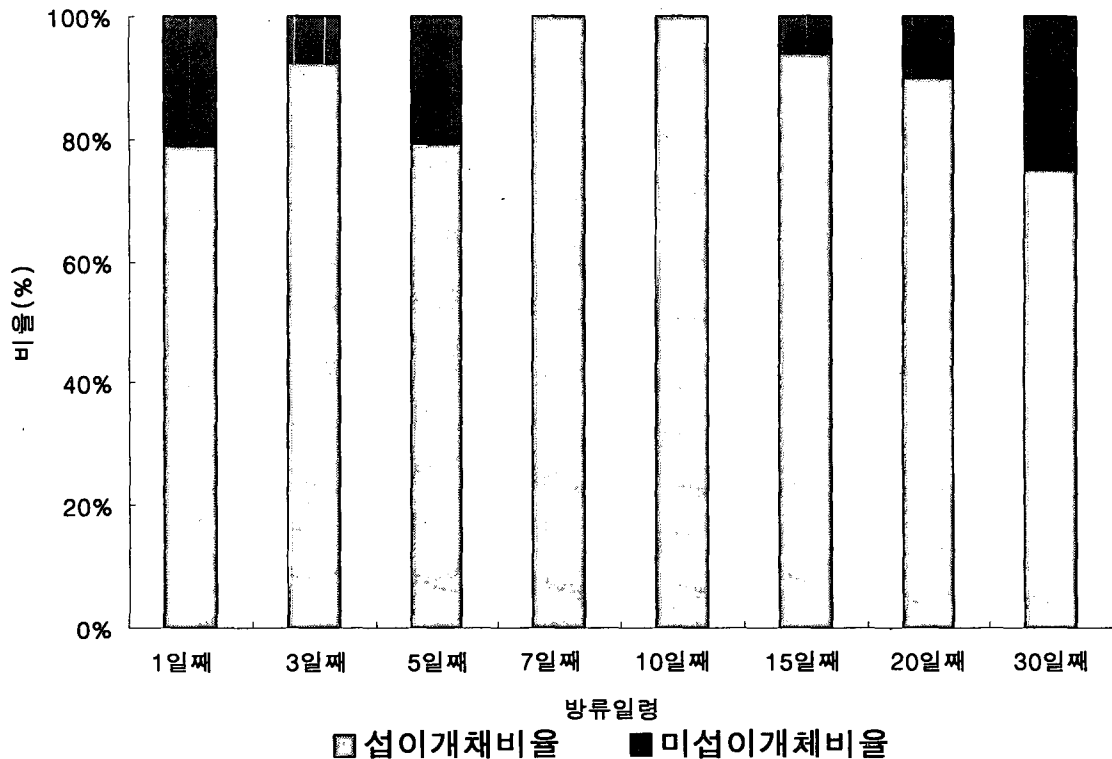


그림 4-4-6. 각 방류일별 섭이개체 비율(%).

나. 방류 감성돔 치어의 먹이실험

실험기간 동안 폐사율은 F_{4.1}에서 0.2%, F_{7.0}과 F_{2.1}에서 0.7%로 나타났으나, 폐사율에 의한 실험구 사이의 유의적인 차이는 나타나지 않았다(P<0.05). 실험기간 동안의 염분도는 33.2~34.1% 범위였으며, 용존산소 농도는 6.3 mg/L 이상이였다. 수온 변화는 첫 번째 4주 동안은 20.9~24.8℃(평균 22.8±1.1℃) 범위였으며, 두 번째 4주 동안은 17.9~19.9℃(평균 18.8±0.7℃), 그리고 마지막 4주 동안은 13.6~16.7℃(14.9±1.1℃) 범위였다.

실험기간 동안 각 실험구 사이의 어체중 변화를 그림 4-4-7에 나타내었다. 모든 실험구의 초기 어체중은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 각 실험구 사이의 어체중의 차이는 수온에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 수온이 높은 첫 4주까지는 대조구와 F_{6.1} 및 F_{5.1} 실험구 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 수온이 점점 떨어지는 8주차에는 대조구와 F_{6.1}, F_{5.1}, 그리고 F_{4.1} 실험구와 유의적인 차이를 보이지 않았고, 실험 종료 시인 12주차에는 대조구와 F_{2.1}과 F_{1.1} 실험구만이 유의적인 차이를 보였다. 그리고 실험기간 동안 F_{6.1}, F_{5.1}, F_{4.1}, F_{3.1}, 그리고 F_{2.1} 실험구 사이에서는 어체중의 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

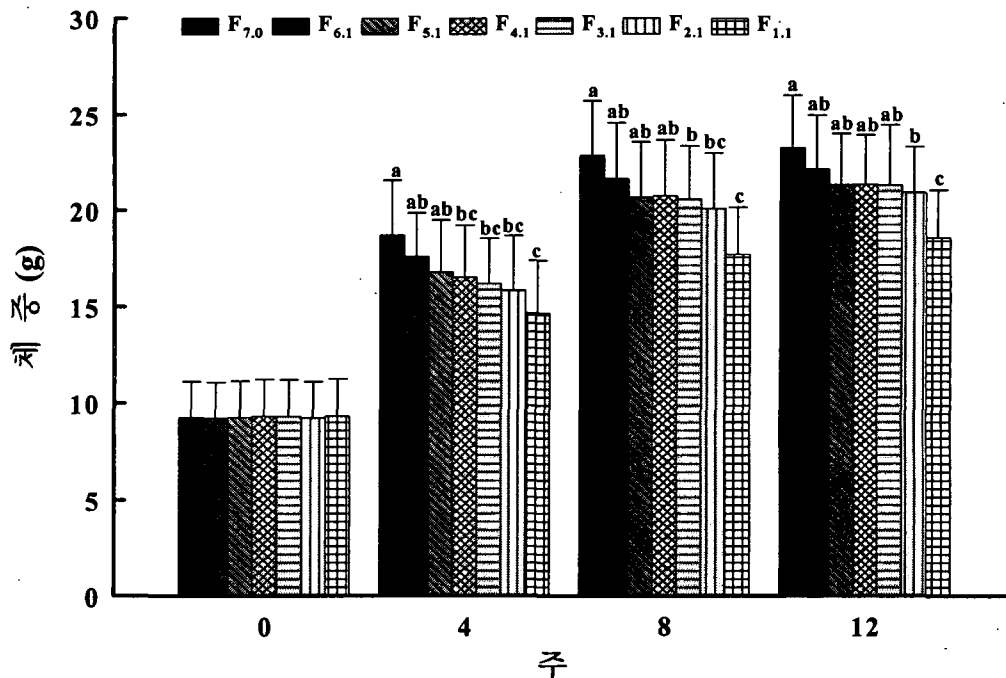


그림 4-4-7. 7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 체중 변화. 매일 공급구(F_{7.0}), 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 격일 공급구(F_{1.1}).

일간성장률의 변화를 그림 4-4-8에 나타내었다. 실험기간 동안 F_{2,1}와 F_{1,1} 실험구는 항상 대조구 보다 높은 일간성장률을 보였으며(P<0.05), F_{6,1} F_{5,1} F_{4,1} 그리고 F_{3,1} 실험구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 일간성장률 역시 수온에 영향을 받는 것으로 나타났다. 높은 수온이 유지된 처음 4주 동안은 대조구와 F_{2,1}와 F_{1,1} 실험구만이 유의적인 차이를 보인 반면, 두 번째 4주 동안은 F_{3,1}, F_{2,1} 그리고 F_{1,1} 실험구가 대조구와 유의적인 차이를 보였고 가장 수온이 낮은 마지막 4주 동안은 F_{6,1}을 제외한 실험구와 대조구가 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다(P<0.05).

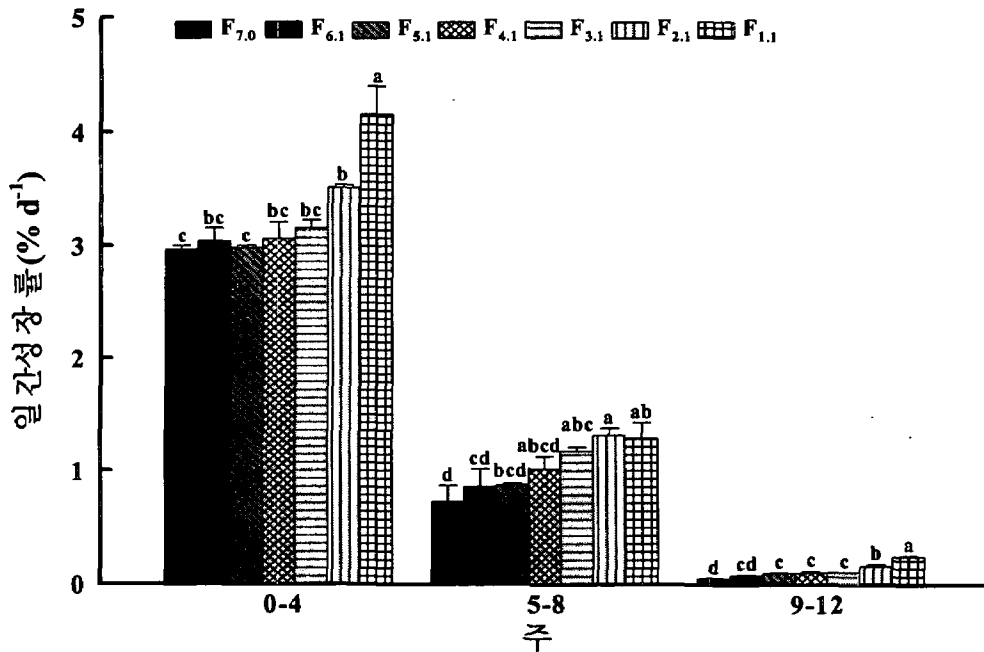


그림 4-4-8. 7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 일간성장률 변화. 매일 공급구(F_{7,0}), 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6,1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5,1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4,1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3,1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2,1}), 격일 공급구(F_{1,1}).

총 사료 공급량은 F_{7,1}, F_{6,1}, F_{5,1}, F_{4,1}, F_{3,1}, F_{2,1} 그리고 F_{1,1} 실험구에서 각각 35.1±0.2kg, 30.1±0.1kg, 29.9±0.1kg, 29.1±1.5kg, 28.2±0.5kg, 26.7±0.2kg 그리고 22.6±0.3kg으로 대조구의 사료 공급량이 가장 높았으나, 사료 공급률은 대조구와 비교해 절식 실험구 모두가 높았다(그림 4-4-9). F_{2,1}와 F_{1,1} 실험구의 사료 공급률은 실험기간 동안 대조구에 대해 유의적으로 높았지만, F_{5,1}, F_{4,1} 그리고 F_{3,1} 실험구는 두 번째 4주까지만 대조구에 비해 높은 사료 공급률을 유지하였으며, 수온이 가장 낮은 마지막 4주 동안은 F_{2,1}와 F_{1,1} 실험구만이

대조구에 비해 유의적으로 높은 사료 공급률을 보였다. F_{7.1}과 F_{6.1} 사이의 사료 공급률은 실험기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

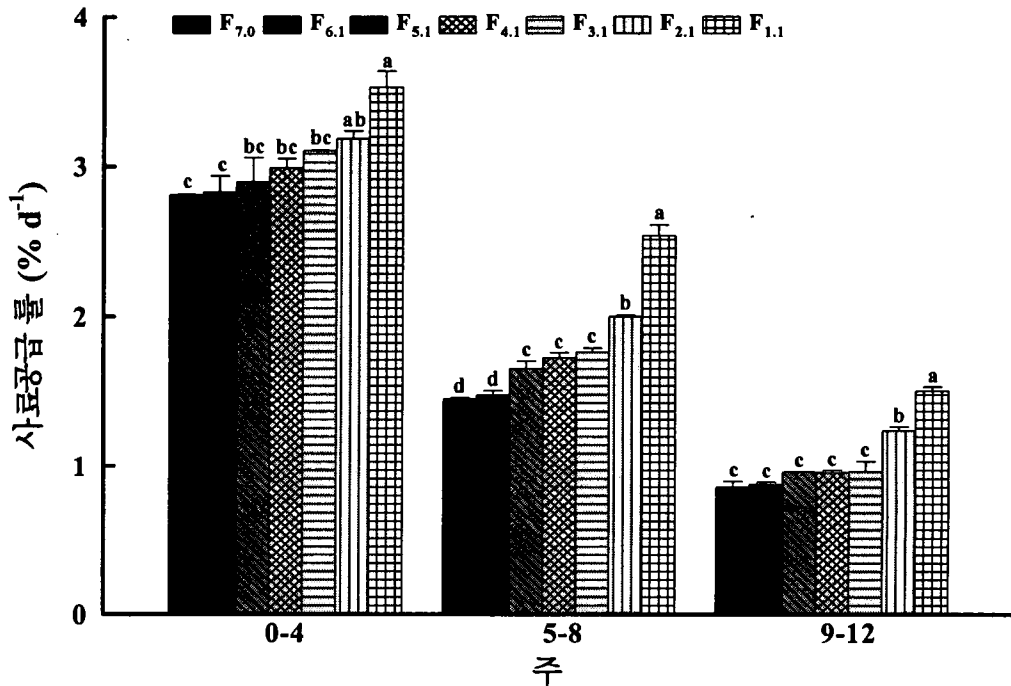


그림 4-4-9. 7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 사료공급률 변화. 매일 공급구(F_{7.0}), 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 격일 공급구(F_{1.1}).

실험기간 동안의 사료전환효율은 절식 실험구가 대조구에 비해 높은 것으로 나타났다(그림 4-4-10). 12주 동안의 전반적인 사료전환효율은 F_{2.1} 실험구만이 대조구에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났으나, 실험기간동안의 수온 변화에 따라 영향을 받았다.

수온이 가장 높은 첫 번째 4주 동안은 F_{3.1} 실험구만이 F_{1.1} 실험구 보다 낮은 사료전환효율을 보였고, 수온이 떨어지는 시기인 두 번째 4주 동안은 모든 실험구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 수온이 가장 낮은 마지막 4주 동안은 F_{1.1} 실험구가 가장 높은 사료전환효율을 보였고, F_{2.1}, F_{3.1}, F_{4.1}, 그리고 F_{5.1} 실험구 순으로 높게 나타났으며, 대조구와 F_{6.1} 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 낮은 사료전환효율을 보였다.

실험 종료 시 대조구와 실험구 사이의 비만도에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 수온이 가장 높은 4주차에는 대조구가 F_{1.1}와 F_{2.1} 실험구에 비해 유의적으로 높은 비만도를 보였다(그림 4-4-11).

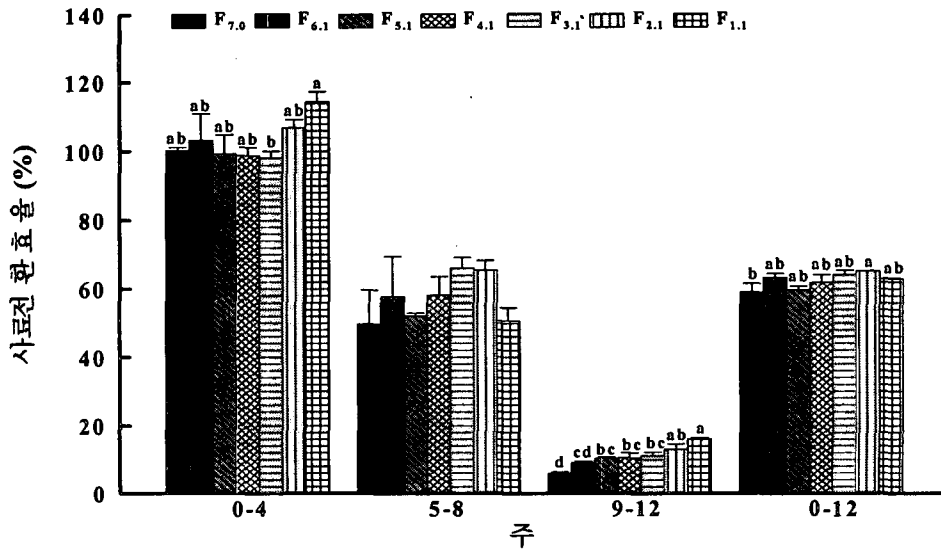


그림 4-4-10. 7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 사료전환효율 변화. 매일 공급구(F_{7.0}), 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 격일 공급구(F_{1.1}).

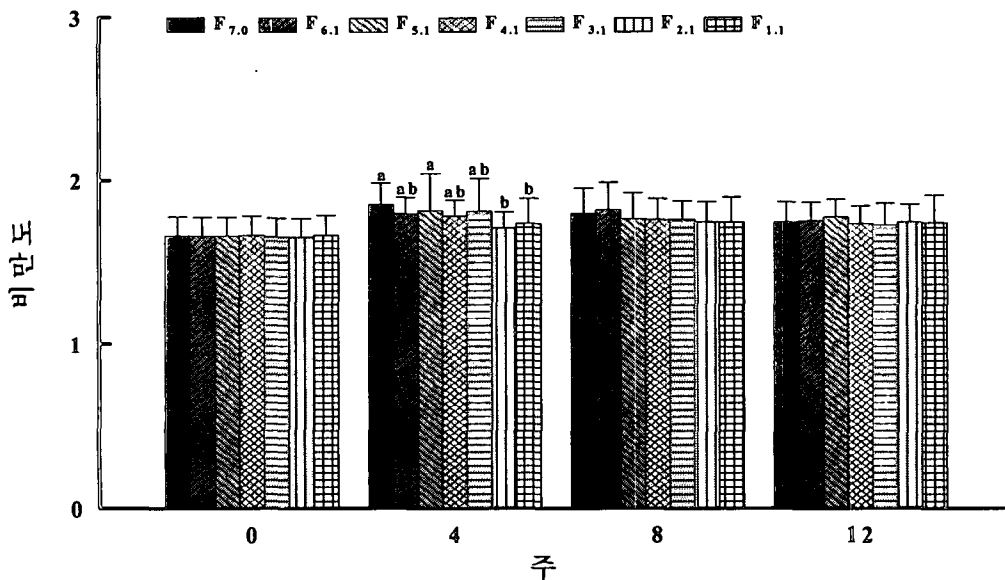


그림 4-4-11. 7가지 다른 사료 공급 방법에 따른 감성돔의 비만도 변화. 매일 공급구(F_{7.0}), 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 격일 공급구(F_{1.1}).

이상의 결과에서 감성돔 치어의 해상 가두리 내 중간 육성을 위한 최적 사료 공급 방법은 계절에 따른 수온 변화에 따라 달라져야 할 것으로 사료된다. 수온이 평균 22.8℃로 유지된 첫 번째 4주 동안인 남해안 가을 초의 경우 5일 공급 후 1일 절식(F_{5.1})하는 사육 기법을 적용할 경우 매일 사료를 공급(대조구)하는 사육 방법과 성장차이가 없었으며 사료량은 대조구에 비해 17.8±3.3% 절약할 수 있었다. 수온이 평균 18.8℃인 두 번째 4주 동안은 4일 공급 후 1일 절식(F_{4.1})구까지 대조구와 성장 차이가 없었으며, 사료량은 대조구에 비해 12.9±6.1% 절약할 수 있었다. 수온이 가장 낮은 평균 14.9℃인 마지막 4주인 겨울철에는 3일 공급 후 1일 절식(F_{3.1})구까지 대조구와 성장 차이가 없었으며, 사료량은 대조구에 비해 13.5±4.1% 절약할 수 있었다. 이와 같은 결과는 계절별 감성돔의 해상 가두리 사육을 위한 최적 사료 공급 방법에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있으며, 사료비 절감을 통한 경제적 이득뿐만 아니라 소비되지 않고 허실되는 사료에 의한 환경오염을 감소시키는 친환경적 사육 기법 개발을 위한 기초 자료가 될 것으로 생각된다. 앞으로 연중 계절별 변화에 따른 최적 사육 기법 개발을 위한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

다. 표식실험

(1) 감성돔

전남 다도해형 바다목장의 주 대상어종인 감성돔의 회유경로 및 자연에서의 성장을 추적하기 위하여 자연산 감성돔을 이용하여 앵커택 실험을 하였다. 2004년 10월 21일 안도 선착장에서 그 날 여수 지방 낚시인들이 자연에서 채포한 전장 25.6~30.5cm 급의 감성돔을 대상으로 앵커택을 부착시켰다(그림 4-4-12). 같은 날 방류어인 불락과 돌돔은 아가미 뚜껑을 절단하여 표식을 실시하였다(그림 4-4-13). 부착한 개체들은 옥시테트라싸이클린으로 약육한 후에 현장에서 방류하였으며 낚시업계 및 어업들에게 홍보하여 현재 추적 중에 있으며, 현재까지 신고된 앵커택 방류어 현황을 표 4-4-7에 나타내었다.



그림 4-4-12. 앵커택을 부착한 감성돔.

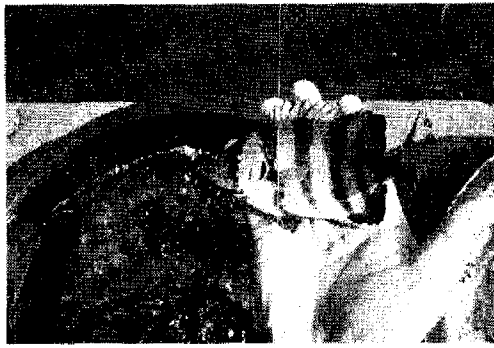


그림 4-4-13. 아가미 뚜껑을 절단한 돌돔.

표 4-4-7. 앵커택 방류어류 포획 신고 현황

신고일자	어종	크기(cm)	어획장소
03.10.25	돌돔	20	금오도
03.11.12	감성돔	17	남면
03.11.30	감성돔	25	라발도
03.12.10	감성돔	25	화태도
04.10.20	돌돔	17	사천(삼천포)
04.10.20	돌돔	18	남해
04.10.21	돌돔	20	남해
04.10.27	감성돔	8	안도
04.11.15	감성돔	28	안도
04.11.15	감성돔	10	안도

(2) 전복

표지 중 단추형 표지는 조개의 껍질을 갈아 만든 것으로 각정부에서 1cm 정도 떨어진 곳에 순간접착제로 부착하였으며(그림 4-4-14-①), 호흡공에 사용한 표지는 케이블타이로 각각 제1호흡공(그림 4-4-14-②), 제2호흡공(그림 4-4-14-③) 그리고 제1-2호흡공을 연결(그림 4-4-14-④)하여 부착하였다. 실험기간은 2004년 11월에서 익년 4월까지 실내수조에서 실시하였다(그림 4-4-15)

(가) 수온 변화

실험기간 중 수온은 실험초기 11월에 14.2℃를 기록한 이후 계속 하강하여 2월에는 2월 5.8℃까지 낮아졌으며, 이후 서서히 증가하여 실험종료기인 4월에는 12.5℃로 상승하였다(그림 4-4-16).

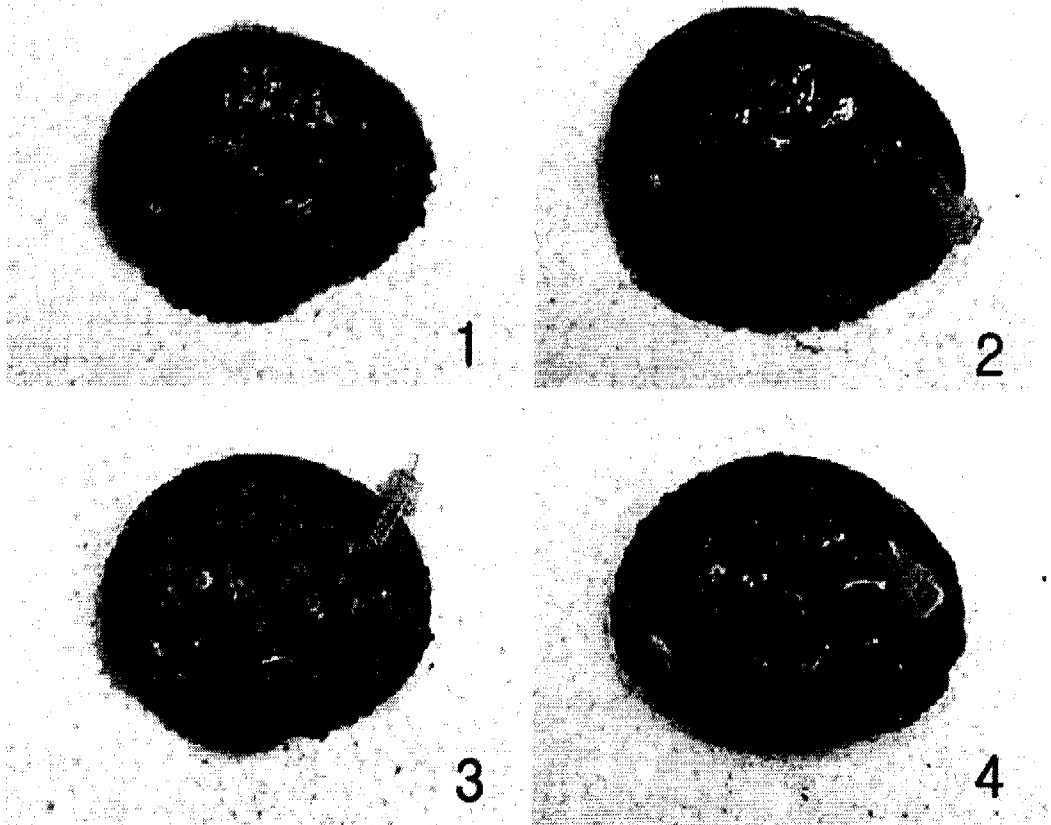


그림 4-4-14. 전복의 표식법(1: 단추부착, 2: 제1호흡공 케이블타이 부착, 3: 제2호흡공 케이블타이 부착, 4: 제1-2호흡공 케이블타이 부착).



그림 4-4-15. 전복 표식 실험수조 및 파판에 부착한 실험용 전복.

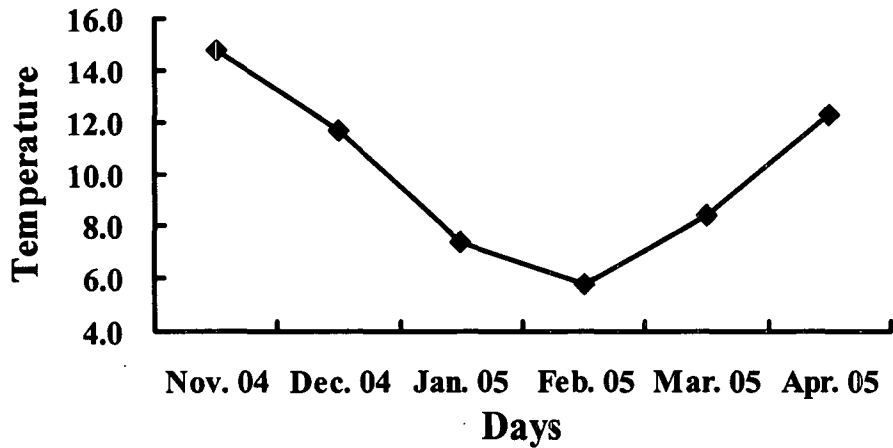


그림 4-4-16. 전북 표식실험 기간 중 수온변화.

(나) 각장 변화

표지실험 기간인 2004년 11월에서 2005년 4월까지 전북의 각장은 점차 증가하는 경향을 보였다. 특히 대조구와 단추부착구에서는 실험 초기에는 빠른 각장증가를 보였으나 12월에는 각장이 큰 개체의 폐사로 인하여 평균각장이 다소 감소하는 현상을 보였다(그림 4-4-17). 케이블타이 부착구에서는 각장의 증가폭인 전자에 비하여 낮았다.

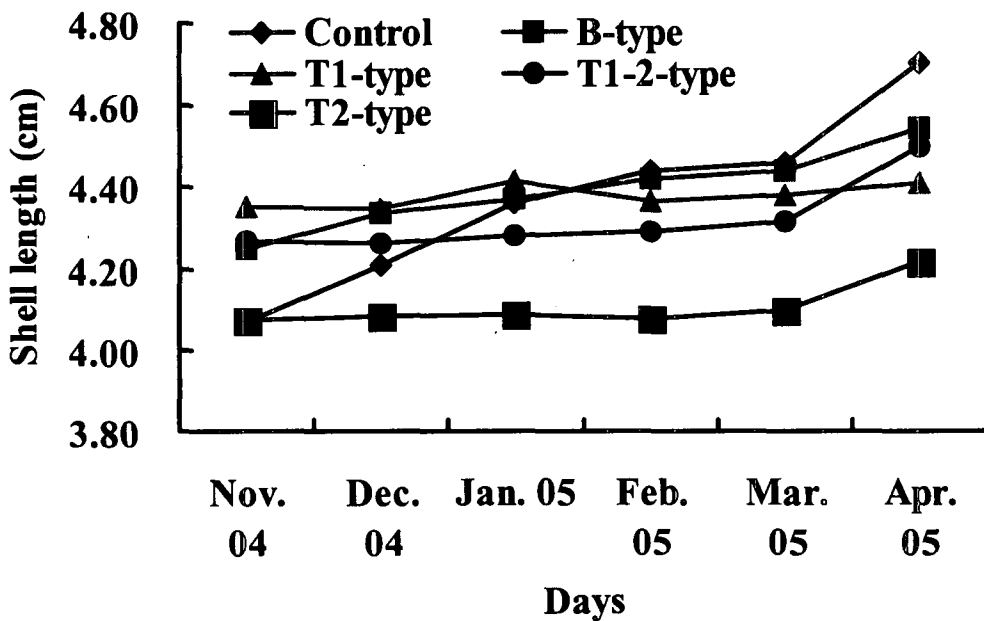


그림 4-4-17. 전북의 표식실험 기간 중 각장 변화.

(다) 각폭 변화

표지실험 기간인 2004년 11월에서 4월까지 전복의 각고는 점차 증가하는 경향을 보였다. 특히 대조구에서는 실험 초기에는 빠른 각폭 증가를 보였으나 실험 막바지인 4월에는 각장이 큰 개체의 폐사에 의한 평균 각폭 감소현상이 나타났으며, 전체적으로 대조구에 비하여 증가폭이 적게 나타났다(그림 4-4-18).

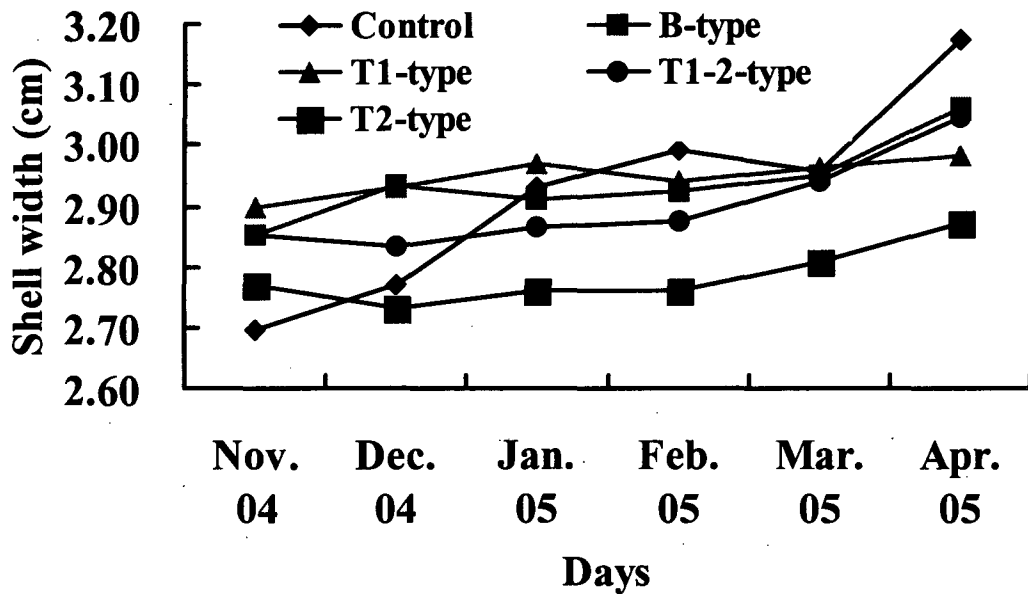


그림 4-4-18. 전복의 표식실험 기간 중 각폭 변화.

(라) 전중변화

표지실험 기간인 2004년 11월에서 5월까지 전복의 전체 중량은 점차 증가하는 경향을 보였다. 특히 대조구에서는 실험 초기에는 빠르게 체중이 증가한 반면 케이블타이 부착구는 실험 말기인 4월에 빠른 증가 추세를 보였다(그림 4-4-19).

(마) 폐사율

표지실험 기간인 2004년 11월에서 2005년 4월까지 전복의 폐사 수는 대조구 10마리, 단추부착구 11마리, 케이블타이 부착구 12마리로 실험구별 뚜렷한 차이가 없었다. 대조구와 단추부착구에서는 실험 초기에는 빠른 성장증가를 보였으나 실험 말기인 4월에 각장이 큰 개체가 폐사하여 평균성장률에 영향을 주었으며, 케이블타이 부착구의 성장은 단추부착구에 비하여 약간 낮았다.

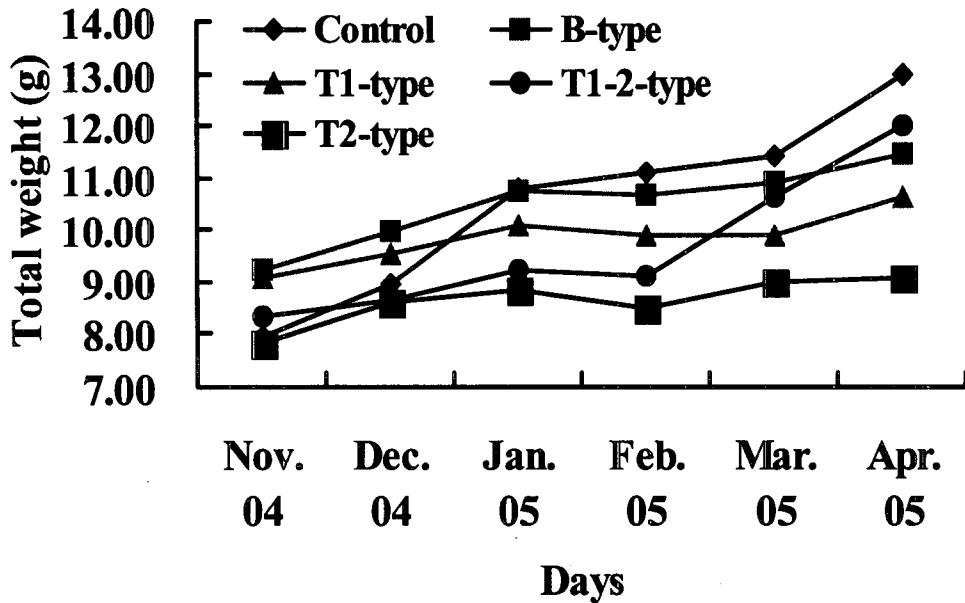


그림 4-4-19. 전복의 표식실험 기간 중 체중변화.

라. 전복 방류해역의 생산성

(1) 해역 특성

조사가 이루어진 어장은 모두 안도 어촌계에서 관리하는 마을어장에 포함된 해역이다. 정점 1의 경우 내만에 위치하며, 수심 7m 까지 암반으로 구성되어 있으며, 수면에서 수심 5m까지는 약 60° 정도의 경사를 가진 비교적 수직형태로 암반이 산재한 양상을 나타냈다. 주변에 반구형 어초가 시설되어 있으나 암반과 이어지지 않은 사패질 퇴적상에 시설되었다. 암반은 변성암 재질로 전복이 은신할 만한 틈이나 구멍이 나타나지 않았다. 해조류의 경우도 1-2개체/m²의 적은 피도를 나타냈다.

정점 2의 경우 선박이 드나드는 항로 주변에 위치한 지역으로 완만한 경사로 암반이 기저암으로 구성되면서 대형 암반이 산재한 양상을 나타냈다. 수심 5m 이하는 니질 퇴적상으로 구성되었으며, 암반에도 니질퇴적물이 침전된 양상을 나타냈다. 해조류의 경우 엽상이 넓은 대형 갈조류의 분포는 1-2개체/m² 정도로 적었고, 모자반류가 주로 분포하였다. 암반이하의 니질퇴적상은 정점 1과는 다르게 평균입도분포 7phi 정도의 세립질로 구성되었다.

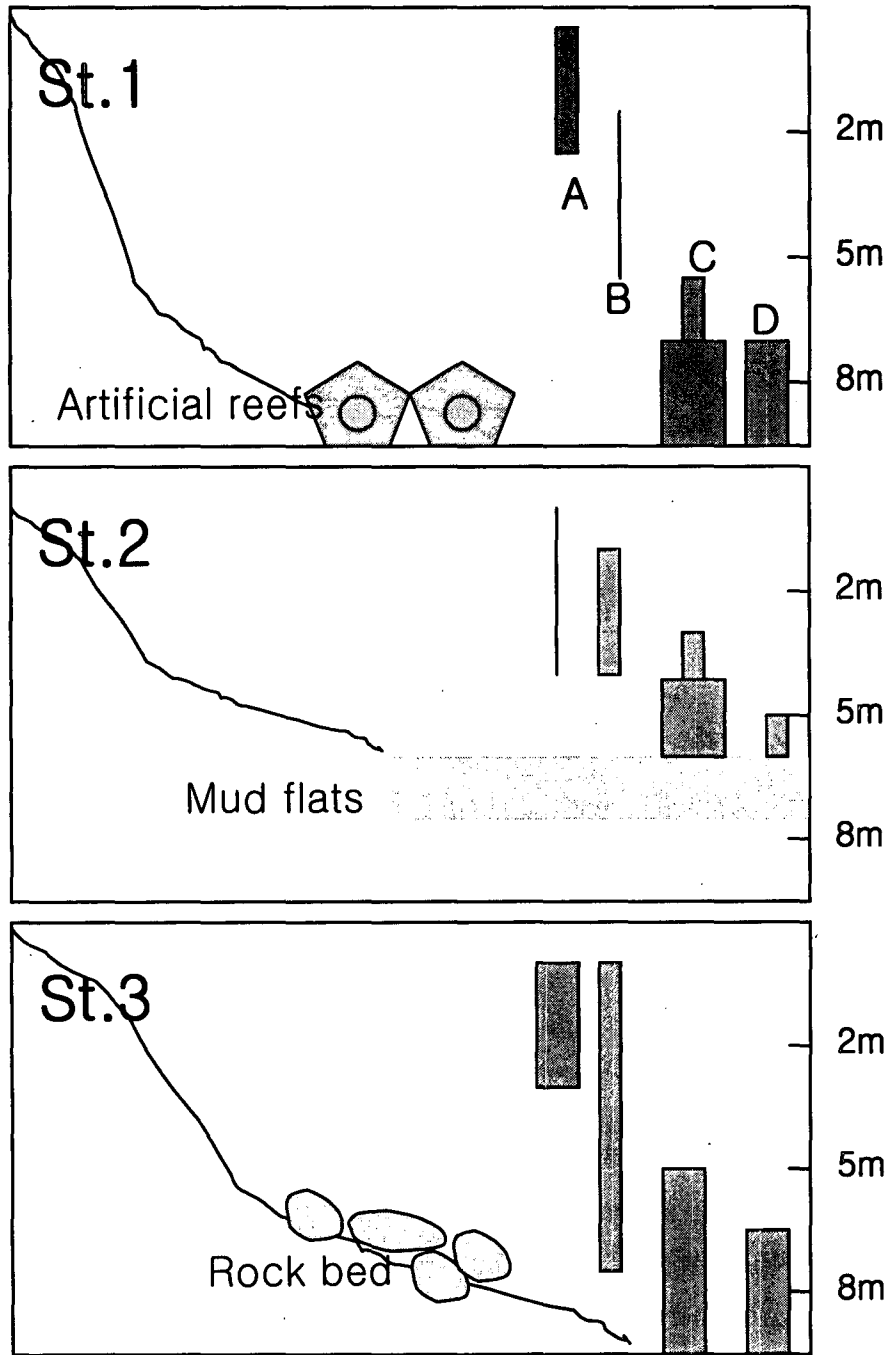
정점 3의 경우 안도에서 약 1km이상 암초로 구성된 섬 주변에 위치하였다(그림 4-4-20). 지형적 특성은 정점 1, 2와는 다르게 수심 15m 까지 기저암으로 구성된 암반이 발달하였다. 약 45° 정도의 완만한 경사를 나타냈으며, 암반에 틈(crevice) 등이 발달하여 무척추동물의 은신생활이 가능한 구조를 나타냈다(그림 4-4-20).

(2) 전복어장 주변의 자원 생물 분포

조사해역에서 우점하는 자원생물로는 밤고둥(*Chlorostoma argyrostoma lischkei*), 말전복(*Nordotea gigantea*), 보라성게(*Anthocidaris crassipina*), 우렁쉥이(*Halocynthia roretzi*), 미더덕, 말뚝성게 등으로 설명할 수 있는데, 이 중에 마을어업을 통해 수확 가능한 네 가지 생물의 분포를 대상으로 조사하였다. 말뚝성게의 경우 해녀들에 의해 상당량이 서식하는 것으로 나타났지만 주로 암반 틈 사이에 서식하는 야행성으로 본 조사에서는 정확한 서식밀도를 확인할 수 없어서 배제하였다. 생물별 서식대상 분포는 수면에서 수심 2m 까지는 밤고둥이 주로 서식하였으며, 말전복의 경우 표층에서 8m 지점까지 분포하였다. 한편, 5m 이하 지역에서는 보라성게와 우렁쉥이 등이 출현하였다(그림 4-4-20). 정점 3의 경우 암반이 15m 까지 형성되어 있으나 이번 조사에서는 수산물 채취가 가능한 수심인 8m 까지만 조사하여 각 정점간의 수심을 동일하게 하였다. 수직적 분포양상은 정점간에 유사한 양상을 나타냈다. 정점 3의 경우 수심 5m 부근부터 암반이 산재한 양상을 보이면서 전복이 분포하는 것으로 나타났으며, 정점 1에서는 어초 시설로 인해 보라성게와 우렁쉥이의 서식밀도가 증가하는 양상을 나타냈다. 반면에 말전복의 경우 어초에서는 한 마리도 나타나지 않았다. 정점 2에서는 수심이 증가할수록 보라성게 등의 개체가 증가하였으나 니질 퇴적상 분포로 인하여 분포가 제한된 양상을 보였다.

종별 서식 밀도는 각 지역당 2m, 5m, 8m 등 3개 정점을 대상으로 실시하였다. 정점당 3m²의 면적에서 분포하는 개체수를 비교하였다(표 4-4-8). 밤고둥의 경우 모든 정점에서 2m 수심에서만 나타났다. 정점 3에서 68개체로 높은 서식밀도를 나타낸 반면에 정점 2에서는 12개체로 가장 적은 개체수를 나타냈다. 공간별 차이는 각 정점 별 환경특성에 의한 것으로 보여진다. 정점 2의 경우 기저암에 니질 퇴적물이 퇴적된 상태로 분포한 것이 암반 포복동물의 서식을 제한한 것으로 보여진다. 실제 암반 포복동물의 경우 암반 조성, 경사도, 물리 환경의 세기, 해조 분포양상 등에 의한 그 서식밀도가 좌우된다(Rafrelli, 1996). 밤고둥은 암반에 부착된 규조류와 해조를 섭식하는 초식자로서 서식밀도는 주로 해조류의 분포에 영향을 받는다. 이러한 요인이 정점 3에서 가장 높은 서식밀도를 나타낸 것으로 보여진다. 말전복의 경우 주로 수심 2m와 5m에서 분포하는 것으로 나타났다. 밤고둥과는 다르게 정점 2의 경우, 2m 수심에서 3개체가 채집되었다. 채집된 전복의 크기는 5cm 정도로 총 12개체 중 7개체가 방류에 의한 것으로 관찰되었다. 모든 개체가 말전복으로 나타났으며, 주로 암반 표면에 노출된 상태로 관찰되었다. 보라성게의 경우 각 정점별로 분포 수심이 다양하게 나타났다(표 4-4-8).

정점 1의 경우 수심 8m에서 37개체로 가장 높은 밀도를 나타냈다. 이 지역은 반구형 어초가 시설된 해역으로 어초 내부에 상당량 분포하고 있었다. 실제 어초에는 해조류가 거의 나타나지 않았으며, 표층에 구멍갈파래만이 관찰되었다. 정점 2에서는 수심 5m 주변에서 주로 나타났다. 이 해역의 경우 모자반의 기저부(holdfast)가 산재한 해역으로 동



- A: 밤고둥 (*Chlorostoma argyrostoma lischkei*)
- B: 말전복 (*Nordotia gigantea*)
- C: 보라성게 (*Anthocidaris crassispina*)
- D: 우렁쉥이 (*Halocynthia roretzi*)

그림 4-4-20. 정점별 수산생물 4종의 수식분포 양상.

표 4-4-8. 정점별 무척추 자원생물의 평균 서식밀도

종명	정점	2m	5m	8m
밤고등 (<i>Chlorostoma argyrostoma</i> <i>lischkei</i>)	St. 1	38	0	0
	St. 2	12	0	0
	St. 3	68	0	0
말전복 (<i>Nordotia gigantea</i>)	St. 1	1	1	0
	St. 2	3	2	0
	St. 3	2	2	1
보라성게 (<i>Anthocidaris crassispina</i>)	St. 1	0	6	37
	St. 2	0	24	0
	St. 3	0	21	26
우렁쟁이 (<i>Halocynthia roretzi</i>)	St. 1	0	0	11
	St. 2	0	0	4
	St. 3	0	0	14

일 정점의 다른 수심보다는 니질 분포가 높게 나타났지만 주로 모자반 부착기를 중심으로 3-5개체씩 밀생하는 모양을 나타냈다. 크기 빈도 분포는 3cm 정도 지름으로 동일 연 급군으로 구성되었고, 정점 3에서만 다양한 크기의 개체가 관찰되었다. 우렁쟁이의 경우 모든 정점에서 수심 8m에서만 관찰되었다. 정점별로 차이가 나타났는데, 정점 1의 경우 반구형 어초 주변에 부착되어 있었으며, 정점 3의 경우 암반의 측면을 중심으로 수직한 모양을 나타낸 암반에 집중적으로 부착하였다. 전반적으로 자원생물의 분포는 지형적 특성에 따라 좌우되고 있으며, 암반에 해조류의 서식밀도가 높고, 구조가 복잡한 정점에서 상대적으로 높은 서식밀도를 나타냈다. 평균 서식밀도에서는 통영바다목장 해역과 비교하여 종별로 차이를 보이지만 밤고등의 경우 2.5배 정도(동일수심에서 통영바다목장해역은 17개체) 높게 나타났다. 이러한 차이는 환경적 차이보다는 통영의 경우 채취 강도가 높아 자연 서식밀도에 영향을 미치고 있기 때문으로 보여진다. 전복의 경우도 통영바다목장 보다 높게 나타났으며, 우렁쟁이의 경우 통영에 2배 정도 높은 것으로 나타났다. 그러나 이러한 비교는 정량적 자료만을 비교한 것으로 환경과 다양한 변수를 고려해야 할 것이다.

(3) 전복 수확량

2004년 10월에 어장내 채취량을 비교 분석하였다. 3일간 실시한 조사를 평균하였다. 정점 1의 경우 시간당 37개체의 전복이 채집된데 반해 정점 2에서는 13개체가 채집되어 3배에 가까운 수확량을 나타냈다(표 4-4-9). 평균 채취 생체량은 정점 1에서 5.7kg을 나타냈으며, 정점 2에서는 16.9kg을 나타냈다. 정점별 차이는 유의성 분석이 이루어지지 않은 상황에서 정점 2에서 높게 나타났다.

표 4-4-9. 암반지역에서 수확된 전복의 채취량 비교

	수확된 총 개체수 (ind./four hr/five person)	수확된 총 무게 (kg/four hr/five person)	CPUE (kg/hr/person)
St. 1	37	5.7	0.285
St. 2	131	16.9	0.849

실제로 2004년 어촌계에서 수확된 전복의 총량은 1.1톤으로 나타났다. 채집 장소는 주로 자원생물이 조사된 해역과 섬 남쪽 해역에서 이루어졌다. 월별 채집량은 가을 철 이후에 집중된 것으로 나타났다(그림 4-4-21). 채집량은 주로 해황에 따라 좌우되는데, 오히려 겨울철에 채집량이 증대한 것은 2004년에 겨울철 해황이 좋고, 시야가 유지되었기 때문이다. 전복 채집은 5명의 해녀가 월 평균 14-15일 작업을 수행하였으며, 작업 시간은 평균 5시간 정도로 나타났다. 채집된 전복은 모두 각장 크기가 7cm 이상으로 나타났으며, 50% 정도가 방류 종으로 관찰되었으며, 종은 말전복과 참전복이 혼재한 것으로 나타났다. 조사 지역은 매년 전복 치패 방류를 실시하는 해역으로 2005년 4월에 17만미가 방류되었다. 이번 조사결과로 전복의 공간적 분포양상과 더불어 상대적 평가가 수행되었으며, 향후 치패 방류 공간 선택과, 현재 안도의 경우 과도한 채취행위가 일어나고 있지 않지만, 효율적 자원관리를 위한 적정 채집량에 대한 고찰을 진행하여 전복의 효율적 어장관리 방안을 제시할 예정이다.

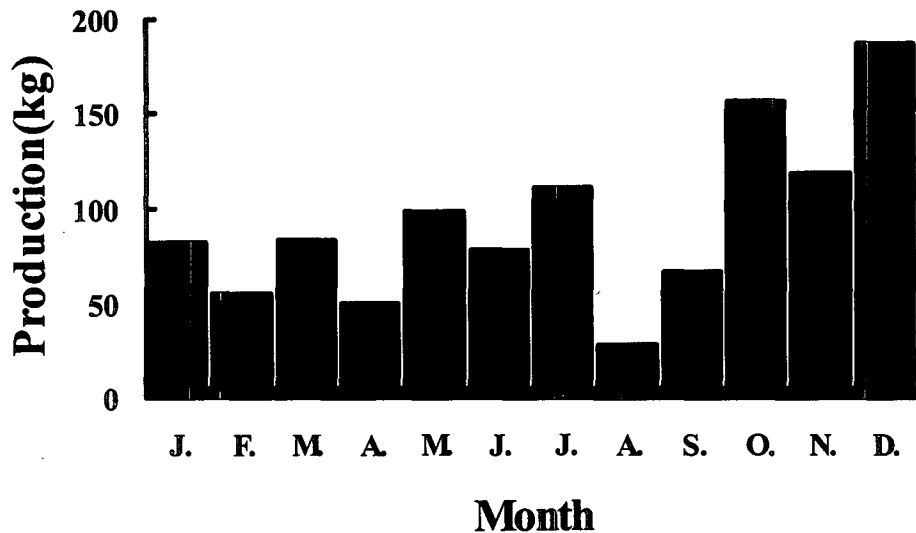


그림 4-4-21. 2004년 월별 전복 수확량 비교.

제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구

1. 서론

전남 다도해형 바다목장사업은 2001년부터 본격적으로 시작되어 감성돔을 주 대상 어종으로 연구 중에 있으며 그 외 돌돔, 볼락, 황점볼락이 있다. 감성돔과 돌돔은 2003년 인공종묘 생산된 치어들이 바다목장해역에 방류되기 시작하였으며 황점볼락은 2005년도 봄에 종묘 생산된 치어들을 처음으로 방류하였다. 이들 바다목장 주 대상 종에 대한 연구는 양식 대상종으로서 많은 연구들이 진행되어 오고 있으나 여수를 중심으로 한 남해안에서의 이동, 성장, 행동 등 생태적인 자료 축적은 많지 않다.

특히, 감성돔은 사업 시작 이래 꾸준한 방류와 방류어의 추적에도 불구하고도 정확한 회유로나 계절적 이동에 연구 과제가 남아 있는 실정이다. 특히 이 종은 전국 바다낚시동호 인구로 보면 바다고기 중 가장 많은 어종임에도 불구하고 전남 다도해형 바다목장 해역내 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. 이와 아울러 수조 및 수중관찰 시 감성돔, 돌돔 등 몇몇 어종들의 행동 습성에 대해서 조사 중에 있다. 전남 다도해형 바다목장에서의 자연산 감성돔의 회유 경로를 구명하기 위한 목적으로 감성돔의 이동범위를 음향 텔레메트리 방법을 이용하여 서식지(어획된 곳)와 비서식지에 각각 방류하였을 때, 감성돔의 귀소여부와 시간의 경과에 따른 이동범위를 구명한 실험 결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 수조내의 행동 특성

목장 해역의 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동발달을 조사하기 위한 실험어는 2004년 7월 10일 한국해양연구원 해상 가두리에서 관리해 오던 평균 전장이 각각 7.25 ± 0.23 cm, 5.08 ± 0.135 cm, 8.35 ± 0.54 cm인 볼락, 돌돔 그리고 감성돔 치어를 한국해양연구원 내 해수 순환여과 시설인 설치된 FRP 수조(1.5m×1.5m×0.5m)에 수용하였다. 구조물은 플라스틱 평판으로 가로×세로가 각각 30cm 크기로 플라스틱 평판으로 만들었으며, 간격은 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm로 하여 구조물 윗부분에 덮개를 씌운 것과, 덮개를 씌우지 않은 것 두 가지 구조물을 제작(그림 4-5-1)하여 수조내에 투입하였으며, 2004년 7월 17일부터 2005년 5월18일까지 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동발달 실험을 실시하였다.

단위(cm)

5	(5)	10	(10)	15	(15)	20	(20)	25	(25)	30	(30)
---	-----	----	------	----	------	----	------	----	------	----	------

그림 4-5-1. 어류 행동 실험용 수중구조물과 간격(괄호는 윗 덮개 한 부분임).

나. 자연 상태에서의 행동 특성

감성돔의 자연 상태에서의 행동특성을 조사하기 위하여 인공구조물 및 자연 암반 등 서식지 특성이 다른 해역 정점을 정하고 스쿠버 다이빙에 의한 관찰을 실시하였다. 또, 감성돔의 나이 및 계절에 따른 서식 습성도 자료도 동일한 방법으로 조사를 실시 관찰하였다.

(1) 서식지 특성

(가) 자연암반

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.

(나) 어초

삼부도 세라믹 어초와 안도 강제어초: 삼부도 연안의 수심 24m에 설치된 세라믹 어초(일반어초)를 대상으로 어류 군집을 조사하였다. 또, 안도 북동쪽에 위치한 초삼서 부근 해역에 설치된 실험용 강제어초에서 동일한 방법으로 조사하였다.

행동시험어초: 통영 바다목장해역에 설치된 구조물에서 얻어진 감성돔, 불락류의 행동 습성 연구를 토대로 전남 다도해형 바다목장에 맞는 실험 구조물을 설계하고 이 시험 어초를 2003년 12월에 안도 이야포만 내에 투하하여 계절별로 어류 군집구조와 행동 양상을 조사 추적하였다.

(2) 계절

위의 관찰 결과 및 현지 탐방 자료를 종합하여 계절에 따른 수직, 수평 이동과 행동

특성을 분석하였다.

다. 감성돔의 이동범위조사

(1) 실험 해역과 장치의 구성 및 배치

실험 해역은 전남다도해형 바다목장으로 면적이 약 20km²이며, 한국해양연구원에 의해 주로 관리되고 있다. 실험해역의 수심 분포는 DGPS(differential global positioning system)수신기와 측량용 음향측심기, 측량용 소프트웨어로 구성되는 해저지형측정시스템(Kim and Shin, 2001; Kang and Shin, 2004)을 사용하여 측정하였다.

인공어초 주변에 방류한 표지어(초음파 표지를 부착한 시험어)의 유영행동 특성이나 이동경로는 다음과 같은 2가지의 시스템을 사용하여 측정하였다. 하나는 부호형(coded type) 초음파 표지용 어류통과식별장치(Vemco, VR2)(이하 VR2수신기라 한다)이며, 나머지 하나는 표지어가 VR2수신기의 유효범위를 벗어나거나 표지어의 행방을 탐색할 때 사용하는 어류추적시스템(Vemco, VR60)이다.

2004년 10월 30일~2005년 1월 30일에 전남 다도해형 바다목장에서 시험어의 이동범위 및 출현상태를 측정한 실험 해역과 장치의 배치는 그림 4-5-2와 같다.

그림 4-5-2에서 반경 500m 원의 중심에 표시된 검은색 삼각점(1~5)은 어류의 이동을 감시하기 위한 VR2수신기의 위치를 나타낸 것이다. VR2수신기의 유효범위를 벗어난 시험어는 선박에 설치한 VR60수신기를 이용하여 그 행방을 탐색하거나 존재하는 범위를 측정하였으며, 표지 신호가 수신된 지역의 위치는 GPS수신기를 사용하여 구하였다. C1과 R1~R4는 각각 시험어의 어획위치와 방류위치를 나타낸 것이다.

(2) 초음파 표지

실험에 사용한 초음파 표지(Vemco, V8SC-1L)는 표지의 식별과 장기간의 추적을 고려하여 모두 부호형으로 하였으며, 표지의 전지 수명은 1년 이상이다. 사용주파수는 69 kHz이고, 음원음압 레벨은 139 dB(re 1μPa at 1 m), 크기는 φ9×L24 mm, 수중중량이 2.6 g이다.

(3) 시험어에 대한 초음파 표지의 부착 및 방류

시험어는 전남 다도해형 바다목장해역인 대부도방파제 주변에서 외줄뉘시로 어획한 자연산 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 20마리(체장: 16.8-31.0cm; 체중: 128-700g)이었다.

초음파 표지를 어체에 부착시키는 방법으로는 대체로 체외표지법(Holland, 1985; Matthews, 1990, 1992; Shin et al., 1994; Lutcavage et al., 2000; Shin and Lee, 1999), 위속삽입법(Pearcy, 1992; Candy and Quinn, 1999), 수술을 통한 체내표지법(Colavecchia et al., 1998; Starr et al., 2000; Mitamura et al., 2002)이 있다(Mellas and Haynes, 1985). 초

음파 표지를 부착한 어류를 장기간 추적할 때에는 수술을 통한 체내 표지법을 많이 사용하지만 마취하지 않고 현장에서 가장 간단하게 초음파 표지를 부착할 수 있는 방법은 체외표지법이다. 위속삽입법은 표지어가 비교적 대형일 때 사용하며 유연능력과 행동에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 가장 좋은 방법(Mellas and Haynes, 1985) 중 하나이나 표지어가 위속의 표지를 토해버리는 경우가 자주 있어 장기간 추적에는 부적합하다.

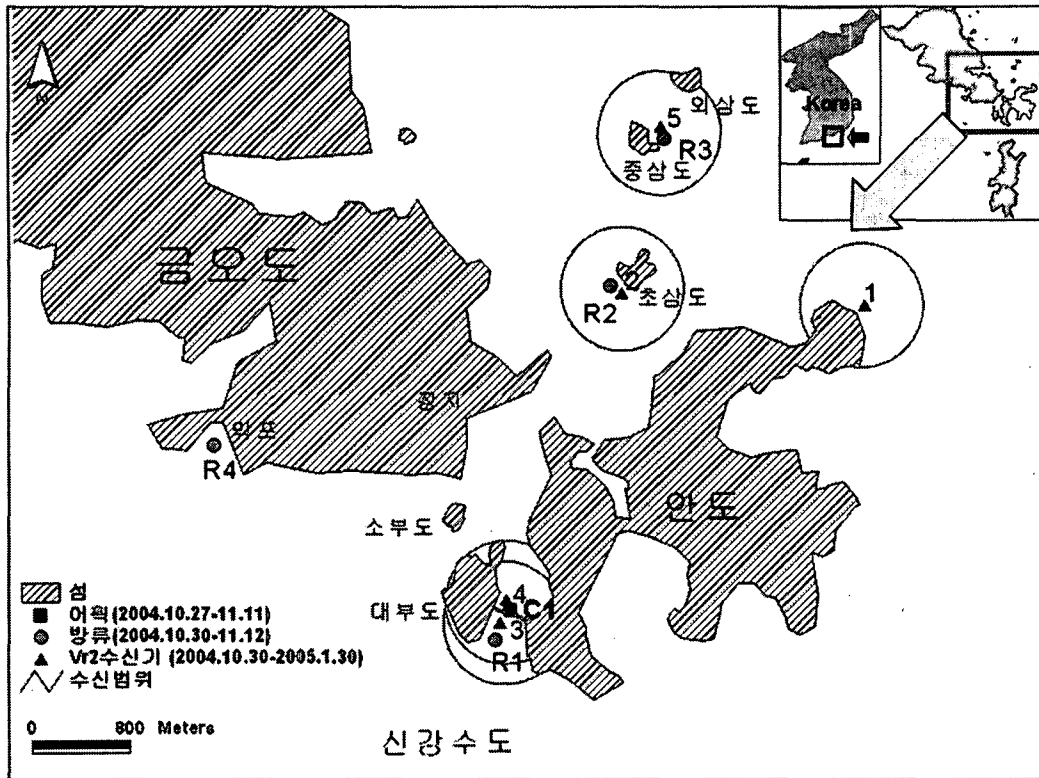


그림 4-5-2. 실험해역과 장치의 배치.

본 연구에서는 표지로 인한 유체저항을 줄이면서 장기간 추적이 가능하도록 체내표지법으로 시험어를 표지하였다. 표지 방법은 다음과 같다. 가두리 그물 또는 조사선박의 수조(물간)에 넣어 둔 시험어를 뜰채로 한 마리씩 잡아내어 마취조(깨끗한 바닷물 7리터에 보통 MS-222로 알려진 어류용 마취제를 0.7g 녹인 수조)에서 마취시켰다. 마취제는 현장에 가기 전에 정밀 디지털 전자저울(0~100g)로 0.7g씩 무게를 달아 2~3 봉지를 준비하였고, 플라스틱 마취조에도 7리터의 눈금을 표시하여 두었다. 마취에는 약 2분 소요되었다. 마취시킨 시험어의 체장과 전장을 측정하고 방수형 디지털 저울(0~5kg)로 체중을 측정한 후에 젖은 흰색수건을 깔아둔 'V'자형 수술대에서 복부가 위로 향하도록 누이고 복부를 제외한 전신을 별도의 젖은 흰색 수건으로 덮었다. 표지는 시험어의 복강 부분을 인체 수술용 메스로 길이 1cm 전후로 절개하여 표지의 등근 끝이 시험어의 머리 쪽을 향

하도록 비스듬히 삽입하였다. 절개할 때에는 시험어의 내장을 상하지 않도록 주의하였다. 절개부위는 인체 수술용 봉합실로 6바늘 정도를 꿰매어 봉합하였으며, 봉합한 부분을 요 오드링크로 소독한 다음 조심스럽게 수술 전의 시험어와 구분되는 가두리 그물 또는 조사선박의 수조에 넣어 12시간이상 안정시켰다. 수술을 마친 시험어는 대체로 수조에 넣은 후 바로 깨어나는 경우가 많았고 늦어도 1분 이내에 마취에서 깨어났다. 마취에 소요된 시간을 제외하면 체장 측정에서 수술 후 소독을 마칠기까지 약 5분 소요되었으며, 수술 후 사망한 시험어는 없었다. 수술용 장갑과 가위 등 수술에 필요한 도구와 표지는 미리 소독용 알코올로 소독하여 둔 것을 사용하였다.

조사선박의 수조에 준비하여 둔 표지어는 2004년 10월 30일과 11월 12일 양일에 방류 장소로 이동하여 한 마리씩 뜰채로 떠서 방류하는 방법으로 방류장소별(R1~R5의 순)로 4~6마리씩 방류하였다. 같은 날 방류한 시험어의 표지번호는 방류를 모두 끝낸 후 역순으로 방류장소로 조사선박을 이동시켜 VR60수신기로 확인하였다. 실험에 사용한 시험어의 크기와 체중, 표지번호, 방류 날짜 및 장소 등은 표 4-5-1과 같다.

표 4-5-1. 전남 다도해형 바다목장에서 방류한 음향표지 자연산 감성돔의 개요

표지 번호	체장 (cm)	전장 (cm)	체중 (g)	방류		서식지로부터의 거리(km)
				날짜	장소	
23	23	31.0	600			
25	25	29.5	550	2004-10-30	R1 (대부도 주변)	0.10
27	27	31.0	560			
31	31	27.0	350			
24	31.0	34.0	700			
26	25.5	29.0	500			
28	23.5	26.5	370	2004-10-30	R2 (초삼도 주변)	2.89
29	26.5	30.0	520			
30	25.5	29.5	430			
32	25.0	29.0	390			
53	26.0	29.5	260			
56	24.5	27.5	410			
57	29.0	32.0	690	2004-11-12	R3 (중삼도 주변)	4.10
59	25.5	28.0	430			
60	24.5	27.5	420			
54	28.0	31.5	612			
55	28.0	31.0	570			
58	27.5	30.5	520	2004-11-12	R4 (막포 주변)	2.78
61	27.0	29.5	470			
62	16.8	19.5	128			

3. 결과 및 토의

가. 수조내의 행동 특성

(1) 불락

실험 첫날 치어들은 플라스틱 구조물에 대한 경계심을 보이며 구조물 주위로 맴도는 행동을 보였다. 실험시작 3일 후부터 구조물의 윗부분의 덮개와는 관계없이 구조물 간격이 좁은(5~15cm)곳과 구조물 간격이 넓은(20~30cm)곳에 고르게 은신하는 개체들이 몇몇 보이기 시작했으나 그 숫자(30마리 내외)는 아주 미미했다. 해가 지고 난 늦은 저녁에는 전 개체가 사람의 인기척에 민감하지 않는 것으로 보였으며, 실험어들은 구조물과는 관계없이 수조 저면의 모서리 부분과 구조물 속의 모서리부분에 줄지어 앉아있는 행동을 보였으며, 시간이 지날수록 불락은 구조물 내부에 은신하여 행동하는 것 보다 수조 전체를 구조물로 인식하는 경향을 보였고, 인기척이 들리면 곧바로 구조물 속으로 들어가는 현상을 보였다. 그리고 실험어에 사료를 공급하면 은신처에서 나와 먹이를 먹는 행동도 보였다. 실험어가 외부의 인기척으로 구조물 내로 은신하는 행동양상은 구조물의 윗부분에 덮개를 설치한 것과 윗부분에 덮개를 설치하지 않은 것에서의 은신하는 행동양상이 다르게 나타났는데, 실험어가 은신행동을 주로 보이는 구조물은 윗부분에 덮개가 설치된 구조물로 실험어의 대부분은 구조물 속에서 무리지어 경계하면서 유영하는 것을 관찰 할 수 있었으며, 윗부분에 덮개가 없는 구조물에서는 수조 바닥과 구조물이 맞닿는 모서리 부분에 몇 마리가 붙어서 유영하는 양상을 볼 수 있었다. 실험어인 불락이 성장함에 따라 은신하는 구조물의 간격 차이도 미미하게나마 구분되어 나타났는데 실험어의 전장이 8cm내외 일 때는 구조물 간격이 좁은 5~15cm 간격의 윗부분에 덮개가 있는 구조물 사이에도 은신하는 개체가 보였으나, 10cm이상 성장하면서 부터는 20~30cm 간격의 구조물의 윗부분에 덮개가 있는 구조물 사이에 주로 은신하는 것을 볼 수 있었다.

이상의 실험 결과 수조 내에서 불락 치어의 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동은 해가 뜨기 시작해서 해가 질 때 까지는 수조 주위에 인기척이 들리면 구조물 속으로 잠시 들어갔다가 시간이 지나면 다시 은신장소에서 나와 수조 전체를 유영하는 행동을 보였으며, 인기척이 난 뒤에도 먹이를 공급하면 구조물에서 나와 먹이를 잘 받아먹는 행동을 보였다. 그리고 야간에는 대부분의 치어가 구조물과는 관계없이 수조바닥의 모서리 부분과 구조물과 수조 바닥이 맞닿는 모서리 부분에 주로 앉아서 가슴지느러미만 조금씩 움직이는 행동을 보였다. 실험어는 성장 하면서 무리를 형성하는 현상을 보이는데, 외부 인기척으로 인해 은신 할 때도 구조물 간격이 넓은 공간에 무리지어 은신하는 현상도 볼 수 있었다.

(2) 돌돔

실험에 사용한 돌돔은 모두 200마리였다. 행동실험 첫날 돌돔 치어들은 플라스틱 구조

물에 대한 경계심을 보이며 구조물 주위로 맴도는 행동을 보였으며, 실험 2일째부터 구조물의 윗부분에 덮개가 있는 구조물 간격이 좁은(5~15cm) 곳과 구조물 간격이 넓은(20~30cm) 곳에 고르게 은신하는 개체들이 몇몇 보이기 시작했으나 그 숫자(30마리내외)는 아주 미미했고, 시간이 지날수록 돌돔은 구조물 내부에 은신하여 행동하는 것 보다 인공종묘의 특성인 사람의 인기척이 나면 먹이 공급하는 곳으로 모여드는 행동을 보이기 시작하여 실험 7일째부터는 사람의 인기척이 들리면 모여들어 초기 돌돔 치어의 구조물 인식 실험을 할 수 없었다. 그러나 사육 수조에 충격을 가했을 때에는 스트레스에 의해 즉시 구조물 속으로 들어가는 경향을 보였으나, 이도 잠시 은신처에서 나와 관리자에게 다가오는 행동을 보이는 것으로 보아 사람에 대한 경계심도 전혀 보이지 않았다.

이상의 결과로 볼 때 인공 종묘생산 된 돌돔 치어의 실내 사육수조 내에서의 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동은 해가 뜨기 시작해서 해가 질 때 까지 구조물을 인식하지 않고 구조물 내 외로 유영하는 행동을 보여 실내 사육조에서 구조물을 인식하는 능력을 판단하기에는 어려움이 많았다.

(3) 감성돔

실험에 사용한 감성돔은 모두 150마리였다. 실험 첫날 감성돔 치어들은 플라스틱 구조물에 대한 경계심을 보이며 실험 수조 저면이나 모서리부분에서 경계하는 행동을 보였으며, 실험어 중 50마리 내외는 구조물 간격이 넓고 덮개가 씌워진 25~30cm 크기의 구조물 속으로 들어가는 개체들을 볼 수 있었다. 그러나 실내 사육조에 길들여지기 시작하면서 구조물을 은신 장소로 인식하는 능력은 실험 시작 5일 이후부터 현저하게 떨어지기 시작하여 실험시작 10일을 전후로 감성돔 치어는 구조물을 전혀 인식하지 않고 무리를 지어 물러다니는 현상을 보였다. 먹이를 공급 하게 되면 모여 드는 것 이외에는 실험 기간 동안 무리지어 다니는 행동을 보였고, 구조물에 대한 반응을 보이는 개체는 볼 수가 없었다. 그러나 사육 수조에 충격을 가했을 때에는 스트레스에 의해 즉시 구조물 속으로 들어가는 행동을 보였다. 그리고 사람에 대한 경계심이 많아 사육하는 사람이 수조 가까이 다가도 감성돔 치어들은 모여들지 않고 수조 가장자리를 맴들거나 저면에서 유영하는 행동을 보였으며, 사료를 공급하여도 사람을 경계하면서 먹이를 먹는 행태를 볼 수 있었다. 인공 종묘 생산된 감성돔 치어의 구조물 인식 능력이나 은신능력을 좁은 사각 실내 사육조에서 구체적으로 알 수 없었으며, 구조물에 대한 반응과 은신행동실험은 수조 크기를 달리하여 면밀한 조사가 요구된다.

나. 자연 상태에서의 행동 특성

(1) 서식지 특성

(가) 자연암반

감성돔의 행동이나 회유에 대한 자료 축적은 실내 수조에서의 실험 결과는 물론 자연 상태에서의 각 계절 및 나이별로 관찰된 자료들을 종합 분석할 필요가 있다.

통영바다목장해역에서 지금까지 관찰된 감성돔의 행동 습성을 종합해 보면, 10cm 전후의 감성돔 방류어들은 10~20마리씩 무리 지어 수심 5~10m의 연안 암반주위, 연명 선착장 부근 1~5m 연안에서 떼를 지어 유영하고 있었다. 감성돔의 성장은 대개 1년 12~15cm, 2년에 19~21cm, 3년에 23~26cm, 4년에 40cm, 5년에 30~35cm, 7년에 37cm, 9년에 40cm 전후로 성장하며 최대체장은 60~70cm에 달한다. 성장속도는 계절에 따라 다른데 6~12월의 기간은 성장이 대체로 양호하고, 1~5월에는 성장이 좋지 않다(서해구수산청연구소, 1986). 따라서 0세어는 수온이 높은 여름철을 전후해서는 목장 해역의 얕은 수심을 따라 다니면서 활발히 먹이를 먹으며 성장 한다고 볼 수 있다.

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 4-5-3).

(나) 어초

삼부도 세라믹 어초와 안도 강제어초: 삼부도 연안의 수심 20m에 설치된 세라믹어초(일반어초)를 대상으로 어류 군집을 조사하였다. 조사 당시 출현한 어종은 표 4-5-2와 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 불볼락과 말쥐치, 능성어 등이 어초 구조 내에서 확인되었으나 감성돔은 어초 내에서 계속 머물지 않고 어초 주위를 돌아다니고 있었다.

행동 시험어초: 안도 이야포만 내의 수심 15m에 설치된 시험어초 2기(그림 4-5-4, 그림 4-5-5)에서 감성돔, 돌돔, 볼락 등 어종에 대한 행동을 관찰하였다.

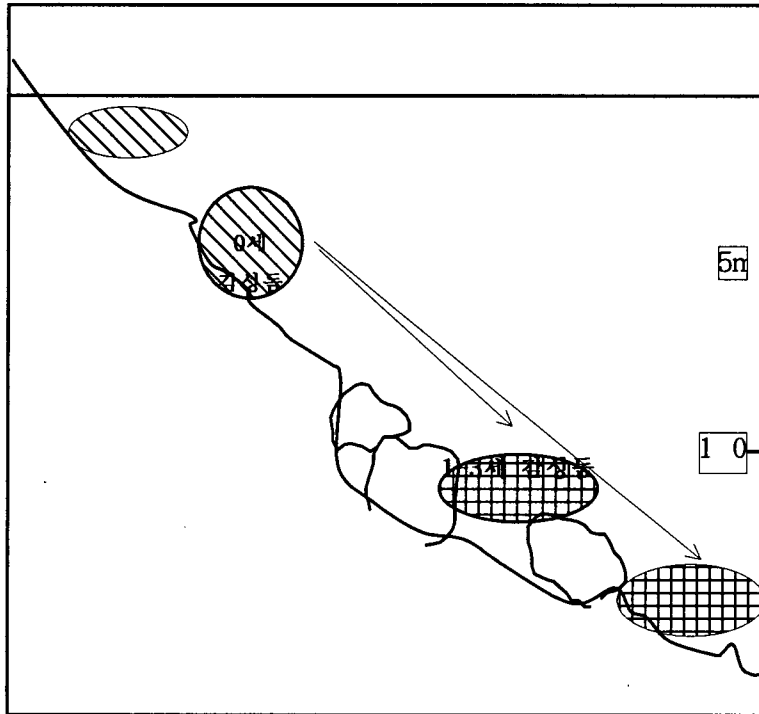


그림 4-5-3. 감성돔의 나이에 따른 서식 수층 및 자연 암반과의 관계.

표 4-5-2. 삼부도 세라믹어초에서의 어종, 개체수 및 전장 범위(2003년 7월)

No.	학명	국명	전장 범위(cm)	개체수
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	6	1
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	12~15	30~50
3	<i>Sebasticus marmoratus</i>	솜뱅이	-	-
4	<i>Scorpaena miostoma</i>	주굴감펍	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

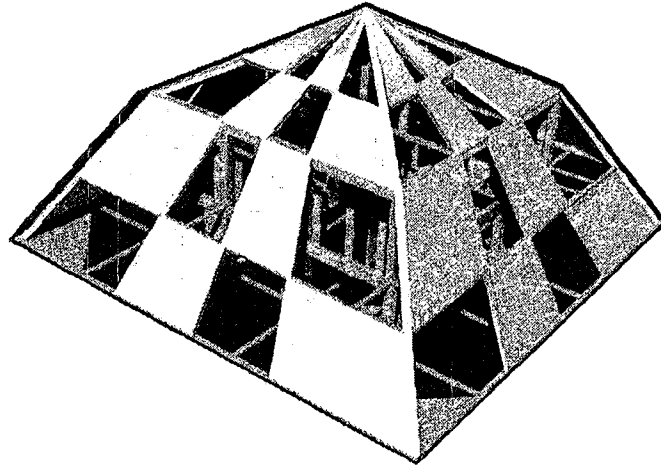


그림 4-5-4. 돔형 복합 강제어초 모형.

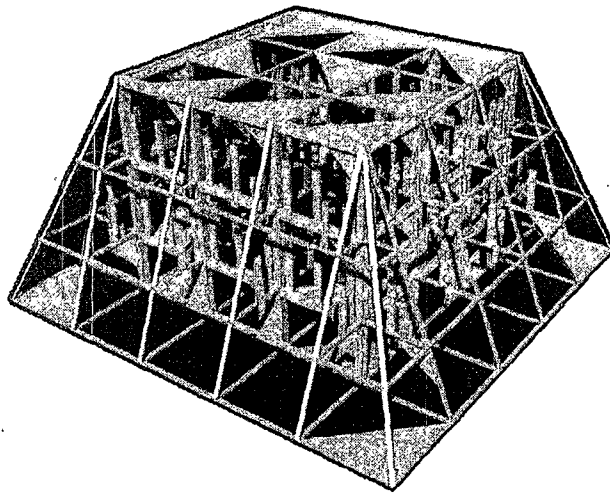


그림 4-5-5. 사다리꼴 복합 강제어초 모형.

12월부터 4월까지의 감성돔을 비롯한 돌돔 등 어종이 유집하기에는 수온이 낮아서 어류들을 관찰하지 못하였지만 수온의 상승에 따라 5~9cm 급 줄도화돔 떼와 어초 표면의 부착생물을 먹는 말쥐치, 쥐치, 돌돔을 비롯하여 주간에는 공간에 떼를 지어 머무는 볼락 등을 관찰할 수 있었다.

주 대상어종인 감성돔은 시험용 어초에 대량을 출현하지 않았으며 단지 여름철에 어초의 가장 하단부에 한 개체가 관찰된 바가 있다. 이는 감성돔이 목장 해역내 실험 중인 인공 구조물에 적극적인 행동 반응을 보이지 않음을 시사하며 차후 인공구조물과 자연 암반사이에 적절한 인공어초 또는 피복석 등을 채움에 따라 현재까지 자연 암반에 출현 하던 개체들의 회유범위를 확장 시킬 수 있는지 여부에 대하여 조사하고자 한다.

(2) 계절

감성돔의 산란기는 3~7월 사이로 산란장은 바닥이 자갈, 펄, 모래질이거나 암초지대인 연안이다. 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‰ 사이다. 산란은 1회로 끝나는 것이 아니라 다회 산란하는 종이며, 1회 산란기간 내에 수십 회의 방란을 행하는 것으로 알려져 있다.

지금까지 문헌 자료에 의하면 육지와 연한 연안의 소규모적인 이동과 계절적으로 겨울철에 깊은 바다로 이동한다는 것이 알려져 있다. 또한, 일정지역에 붙어사는 군(붙박이)과 이동군(회유개체군)이 알려져 있는데, 전자는 암초 지역 등에 붙어서 생활하지만, 후자는 만 내외의 깊은 곳을 주 서식장으로 하고, 산란기에 암초와 연안의 얕은 곳으로 작은 무리를 이루어 이동한다(柳谷, 1979).

전남 다도해형 바다목장해역에서의 수중 조사시 관찰된 감성돔은 어린것일수록 수 백 마리씩 떼를 지어 다니는 것을 보이며 성장함에 따라 무리의 크기는 작아지는 것으로 추정되었다.

여름철: 여름철 안도 이야포만의 북서쪽 연안 수심 8~10m 암반지역에서 관찰할 수 있었던 30~40cm 급 감성돔은 크고 작은 바위가 산재해 있는 곳을 선호하였으며 겨울철처럼 바위굴에 숨어 있는 앓고 벵에돔이나 놀래기와 함께 바닥에서 약 50~1.5m 위로 떠다니는 행동을 나타내었다. 또, 수중에서 관찰자와는 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 행동을 보여 수중 촬영 시 카메라 앞으로 모여드는 볼락이나 조피볼락과는 매우 다른 예민한 행동 습성을 보여주었다. 유영방향은 대개 직선으로 움직이다가 정지 후 방향을 틀고는 다시 전진하는 패턴이 가장 흔히 보였는데 즉, 놀래기와 같은 어류가 곡선의 유영 패턴을 가졌다면 감성돔은 그보다 직선에 가까운 유영을 한다고 볼 수 있다.

여름철에는 돌돔도 인공어초에 출현하는 데 돌돔은 말쥐치와 마찬가지로 인공 어초 표면에 부착되어 있는 해양생물들을 뜯어먹는 행동을 보여 여름철 인공어초에 모이는 돌돔은 먹이장으로 이용하고 있는 것으로 보였다.

겨울철: 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”(그림 4-5-6) 아래 또는 안도 서쪽에 위치한 부도의 방파제와 같은 테트라포드 안쪽 공간에 몇 마리씩 모여 은신하는 것으로 볼 수 있다. 즉, 산란기를 지나 외해 쪽으로 이동을 하는 성어 감성돔은 얕은 수심의 연안을 선호하는 어린 개체들과는 달리 가을에서 겨울로 갈수록 점차 외해를 면한 깊은 수심대로 이동하고 여름철처럼 활발히 바닥에서 조금 떠다니는 것이 아니라 거의 바닥층에 붙거나 바위굴에 은신하면서 지낸다고 추정되었다.

여름철에 출현하였던 말귀치나 돌돔은 겨울철 인공어초에서 관찰되지 않아 따뜻한 남쪽 해역이나 깊은 바다에서 월동을 하는 것으로 추정되었다.

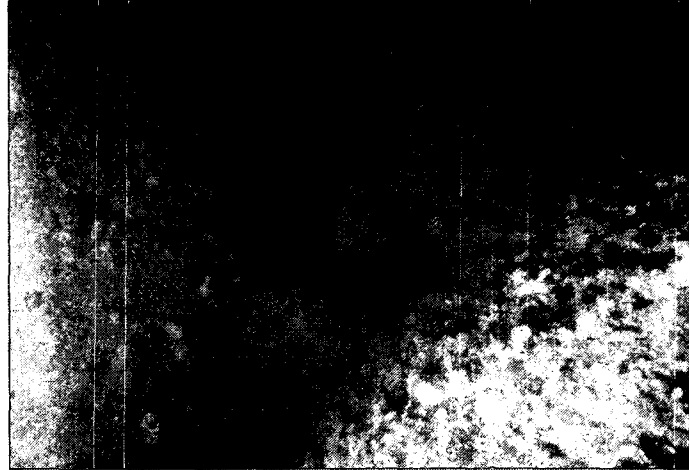


그림 4-5-6. 감성돔이 선호하는 터널형 공간.

다. 감성돔의 이동 범위 조사

(1) 바다목장 내에 방류한 시험어의 귀소 및 이동범위

2004년 10월 30일~11월 12일 서식지(그림 4-5-2의 C1)로부터 0.05~4.10km 떨어진 4곳에 방류한 20마리의 시험어의 이동 범위를 측정한 결과는 그림 4-5-7과 같다. 그림 4-5-7에서(-)로 표기된 숫자는 수심을 나타내며, 등심선의 간격은 5.0m이다.

서식지 주변(그림 4-5-2의 R1)과 비서식지(그림 4-5-2의 R2~R4)에서 방류한 표지어 20마리의 약 50%는 방류 후 1개월간(수온 15.5~18.4℃)은 방류지점 주변(반경 500m 이내)에 머물렀으며, 그 후 1월 13일(수온: 10.9℃)에는 20~25%의 표지어가 방류지점 주변에서 탐지되었다. 실험기간 동안 비서식지에 방류한 표지어가 서식지로 돌아온 것은 없었다.

한편, 2004년 4월 2일 이번 실험과 같은 곳에서 어획하여 방류하였던 표지어(감성돔) 4마리 중 2마리(표지번호 12, 14)가 서식지로 돌아온 것이 2004년 11월 28일~2005년 1월 13일(10.9~15.8℃)에 확인되었다. 이 표지어는 지난해 4월에 방류된 후 15일 동안(5m층 수온: 12.0~12.5℃)은 방류지점 주변에 머물다가 수온의 상승(13.0~14.0℃)과 더불어 소부도와 금오도 서쪽 해안을 따라 연안으로 이동하였을 것으로 추정되던 감성돔이며, 서식지로 돌아온 후 주간에는 방파제를 구성하는 테트라포드 속에서 숨어 지내다가 야간에는 그곳에서 나와 먹이섭취 등의 활동을 하는 것으로 나타났다.

(2) 바다목장 내의 해양환경

2004년 10월 30일~2005년 1월 27일에 서식지(그림 4-5-2의 C1) 주변에서 주로 12~13시

에 관측한 5m 층에서의 수온의 경시변화는 그림 4-5-8과 같다. 이 기간 동안 수온은 19.1에서 10.3℃로 변화하였으며, 수온(y)과 경과일수(x) 사이에는 $y = -0.0962x + 3702.3$ ($R^2 = 0.918$)의 관계를 보였다.

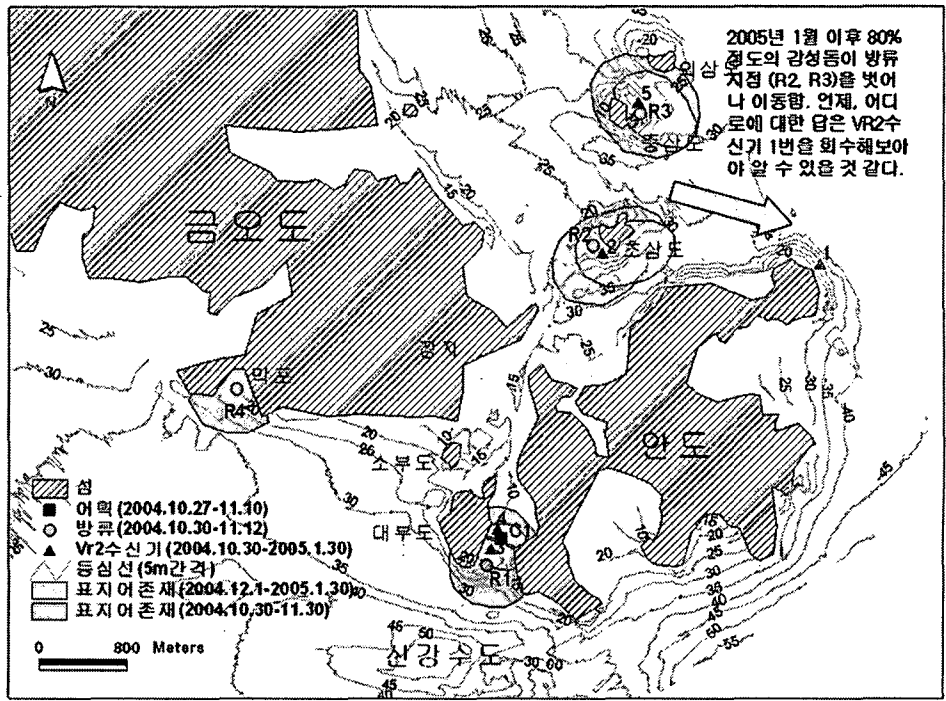


그림 4-5-7. 방류 후 표지어가 탐지된 영역.

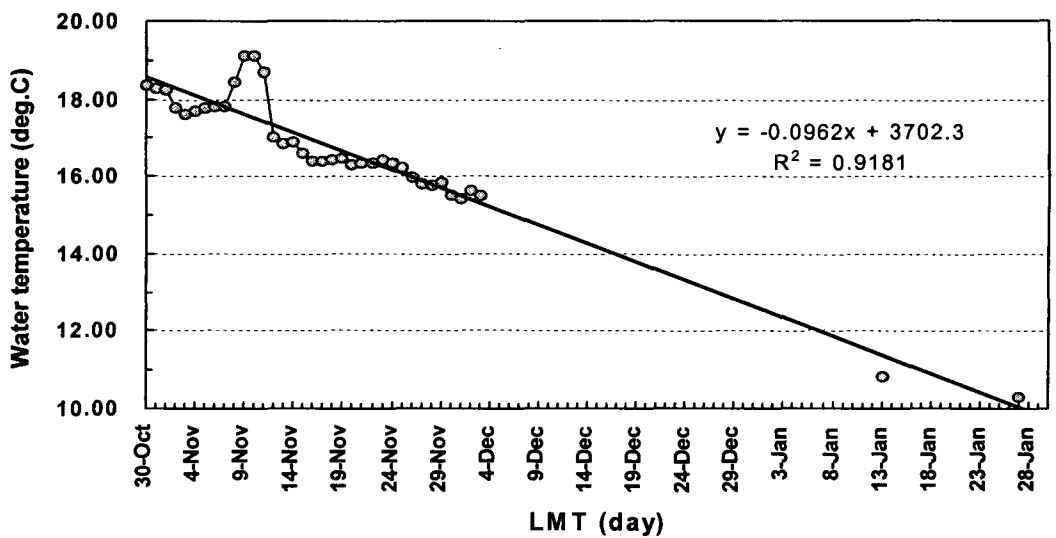


그림 4-5-8. 수온의 경시변화(2004년 10월 30일 ~ 2005년 1월 27일).

제 6 절 해중림 해조류의 이식 및 효과조사

1. 서론

여수 바다목장 해역의 중심해역인 소리도 연안에 대한 해조류의 생태에 대한 조사는 이루어지지 않고 있으나 인근의 들산도(Sohn et al., 1982)와 거문도의 해조자원에 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)에 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. polyceratium*(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(劉, 1975) 및 해운대 연안산 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*)의 생태에 관한 연구(Lee and kang, 1977)가 있을 뿐 이들에 대한 기초 연구는 전무한 실정이다.

한국이나 일본이나 해조장조성이라 하면 모자반, 대황, 감태, 다시마 등 대형 갈조류의

번무와 밀생에 의해 이루어지는 바다숲만을 고려하게 된다. 소위 해중림으로 불리우는 대형해조류의 종묘이식 및 성숙엽체의 이식을 통한 바다숲 조성은 나무가 울창한 삼림을 연상할 만큼 바다속이 다양한 수산자원으로 넘쳐날 것 같은 느낌을 갖게 만든다.

그러나 울창한 숲속에도 관목이 있고 중, 소형의 음지생물도 다양한 생태적 지위를 가지고 육상생태계의 균형을 맞추고 있다.

그러한 관점에서 대형해조류 위주의 해중림 조성은 연안생태계의 기능적 측면에서 재고해 보아야 할 문제라고 생각한다. 왜냐하면 대형 갈조류 중심의 해중림 조성은 그 기능적 우월성에도 불구하고 자칫 숲만 보고 나무는 보지 못하는 우를 범할 수가 있다. 해조생태계는 녹조, 갈조, 홍조류뿐만 아니라 1년생이나 아니면 다년생이나 소형이나 대형이나에 따라 그 기능과 역할이 달라지기 때문에 이 모든 것을 아우르는 해조장 조성이야말로 진정한 의미의 해조생태계를 완성시킬 수 있는 해조장이 될 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 이러한 가설하에서 대형해조 및 소형해조의 이식을 통한 해중조립 기술 확립, 낮은 투명도에 적응할 수 있는 해조류의 이식을 통한 해중림 조성, 어패류의 먹이 및 서식공간 자원으로서의 해중림 조성 및 효과조사를 목적으로 수행하였으며 갯녹음이 진행되는 연안에 적합한 해조장 조성용 해조류는 무엇인가에 대해 논의하고 이를 토대로 최종보고서를 작성하였다.

2. 재료 및 방법

해중림 해조류의 이식 및 효과조사 대상지역은 전남 목장 대상해역인 안도연안을 대상으로 하였고 이식대상 해조류는 2004년 10월 통영의 연명리 연안에서 채집하였고 대상 해조류는 낮은 투명도에 적응할 수 있는 해조류로 곰피, 팽생이모자반, 외톨개모자반, 개도박 및 기타 소형해조류의 성숙엽체 및 미성숙 엽체를 대상으로 하였으며 안도해역의 바다목장 조성 예정연안에 이식대상 해조류를 시험이식한 후 15일 간격으로 성장도를 측정하여 생육상태를 확인하고 주기적으로 현장을 잠수 조사하여 착생 및 번식효과를 조사하였다. 한편 이 해역이 전북의 방류해역인 점을 감안하여 2005년 2월에 구입한 다시마 종묘를 통영연안에서 가이식한 후 2005년 3월에 엽장 3~5cm 내외의 엽체로 성장시킨 뒤 종사를 어미줄에 감아 안도 연안의 3~5m 수심에 있는 바위에 수평으로 이식 시설하여 상대성장도를 구하였다. 그때의 상대성장률은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{Relative Growth Rate} = ((\ln N_t - \ln N_0) / t) (\text{day}^{-1})$$

N_0 : 실험 개시시의 엽장

N_t : t일 후의 엽장

t : 실험기간

3. 결과 및 토의

가. 조사해역의 개황

해조류 이식 대상인 안도주변 해역의 연안 해조상은 저조선 부근에서 수심 4m까지에 서는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 툯(*Hizikia fusiformis*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 붉은까막살(*Carpopeltis cornea*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*), 비단망사(*Martensia denticulata*), 진두발(*Chondrus ocellatus*) 등이 우점하고 있으며 성계의 서식밀도가 비교적 높은 곳으로 나타났다. 반면 4m 이심에서는 갯녹음이 나타나고 전석, 바위 및 암반 등에는 갯녹음으로 인해 종 다양성과 피도, 빈도가 떨어지고 무절산호조에 의한 극상을 이루는 등 5m를 기점으로 극단적인 해조상의 차이를 나타내었다.

나. 이식 해조류의 조장조성 효과

(1) 상대성장

해중립 해조류를 1차로 이식한 후 30일 후에 성장한 엽체의 이식 및 성장과정을 그림 4-6-1에 나타내었고 2차로 다시마를 이식하고 성장한 결과를 그림 4-6-2에 나타내었다. 1, 2차에 걸쳐 이식한 이들 해조류의 상대성장률은 그림 4-6-3과 같다.

1차로 이식한 해조장 해조류의 상대성장률은 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*)의 순으로 나타났다(그림 4-6-3). 현장 관찰결과 이들 해조류는 탁도가 높은 곳에서도 탁월하게 성장하는 종으로 나타났다. 현장에서의 관찰결과 곰피, 외톨개모자반은 최대 140%에 가까운 상대성장을 나타내었고, 이 가운데 팽생이모자반은 연안의 대표적인 1년생 해조장 해조로서 성장도가 매우 빨라 약 700%에 이르는 상대성장률을 보였으며(그림 4-6-3의 G와 I) 실제로 이식효과도 탁월하여 2005년 5월 중순까지도 이 일대에 풍부한 해조장을 조성하는 것으로 나타났다. 특히 이 일대에는 자생하지 않는 외톨개모자반도 이식효과가 좋아(그림 4-6-1의 E와 그림 4-6-2의 F) 이 일대에 외톨개모자반의 성장, 성숙에 의한 유배의 확산으로 새로운 해조장을 조성할 수 있는 가능성이 시사되고 있다. 또한 2005년 3월 종묘이식을 통해 현장에 조성한 다시마(*Laminaria japonica*)군락도 안도 일대에서 빠르게 성장하는 것으로 나타났으며 현지의 바다환경에 잘 적응하는 것으로 나타났다. 그러나 어린 종묘를 전석이나 큰 바위 및 암반 등에 수평연승식으로 감아주었기 때문에 성계 등 초식성 동물에 의한 식해압으로 상당수의 종묘가 유실되고 있는 것이 관찰되었다(그림 4-6-2의 J). 따라서 성계의 서식밀도가 높은 이 해역에서 다시마, 곰피 등의 어린 엽체를 이식하여 해조장을 조성하기 위해서는 조하대의 암초지대나 암반위에 종사가 감긴 연승줄을 일정한 높이의 지지대에 의지하여 바닥에서 떨어진 수층에 수평 연승식으로 종묘를 이식하는 것이 보다 높은 조장조성효과를 가져다 줄 수 있는 것으로 판단되었다.

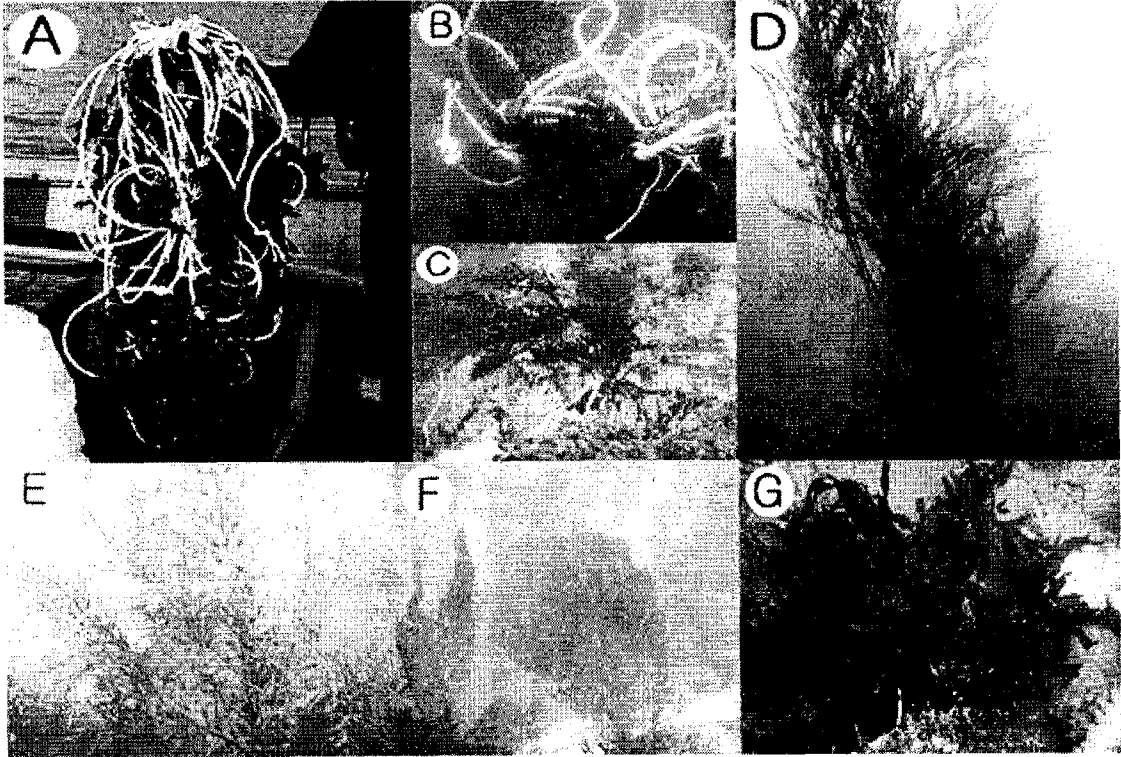


그림 4-6-1. 해조류의 이식작업. (A) 이식대상해조, (B) 수중이식작업, (C) 이식초기의 유체, (D) 이식 30일후의 엽체, (E) 외톨개모자반, (F)개도박 및 곰피, (G) 소형 홍조류.

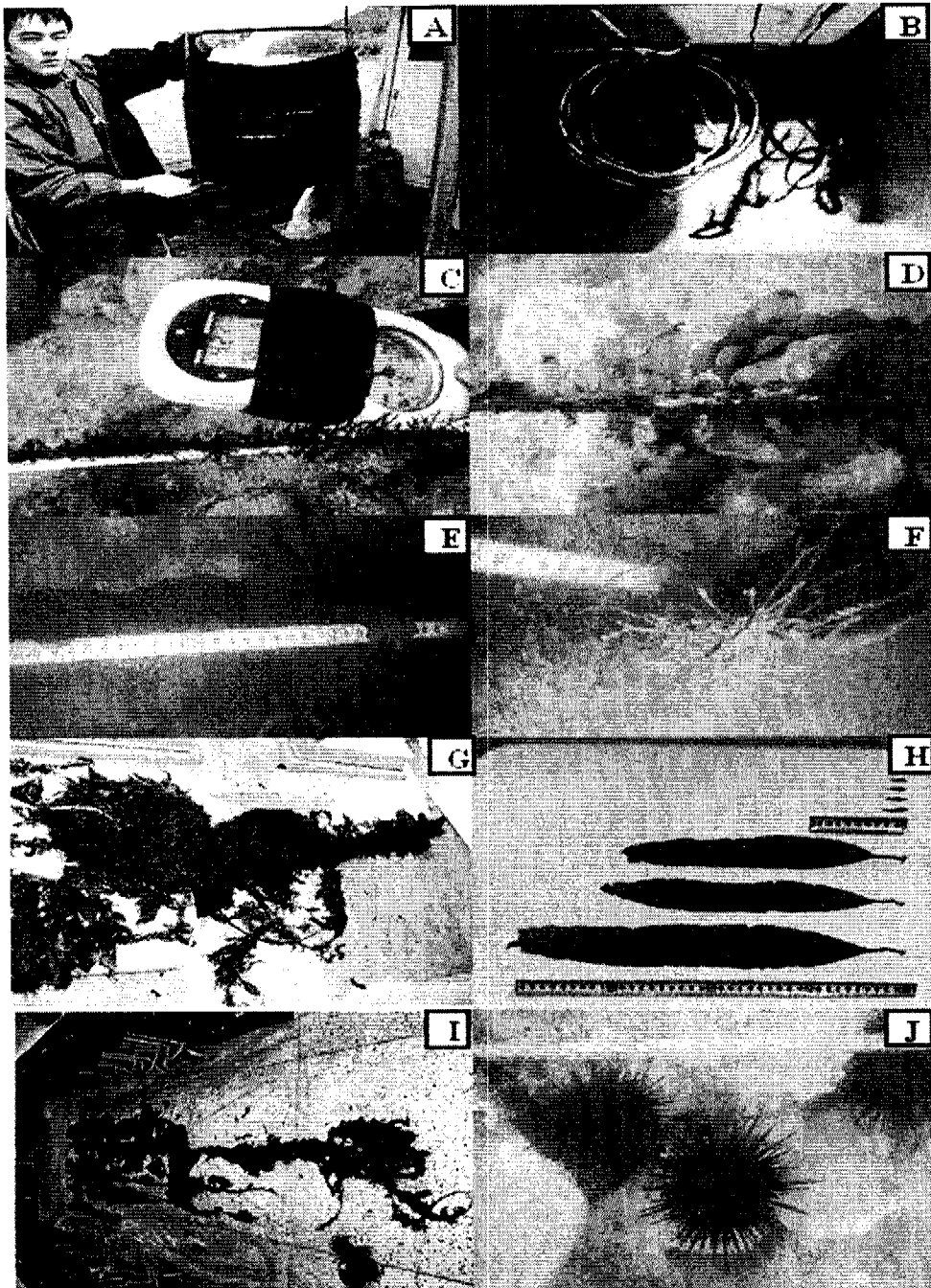


그림 4-6-2. 해조류의 2차 이식시설, 성장도 및 효과조사. (A) 이식에 사용된 엽장 3-5cm의 다시마종묘, (B) 씨줄을 어미줄에 감은 상태, (C) 4m 수층에 이식한 초기의 다시마 유체, (D) 이식 15일 후의 엽체, (E) 이식 60일 후의 성장도측정, (F) 이식 60일 후의 외톨개모자반 (G) 이식 100일 이후 연승으로부터 분리한 갈파래, 개도박 및 켈생이모자반(H) & (I) 실험실로 운반하여 측정한 다시마 및 모자반, (J) 성계의 식해에 의해 유실된 다시마유엽.

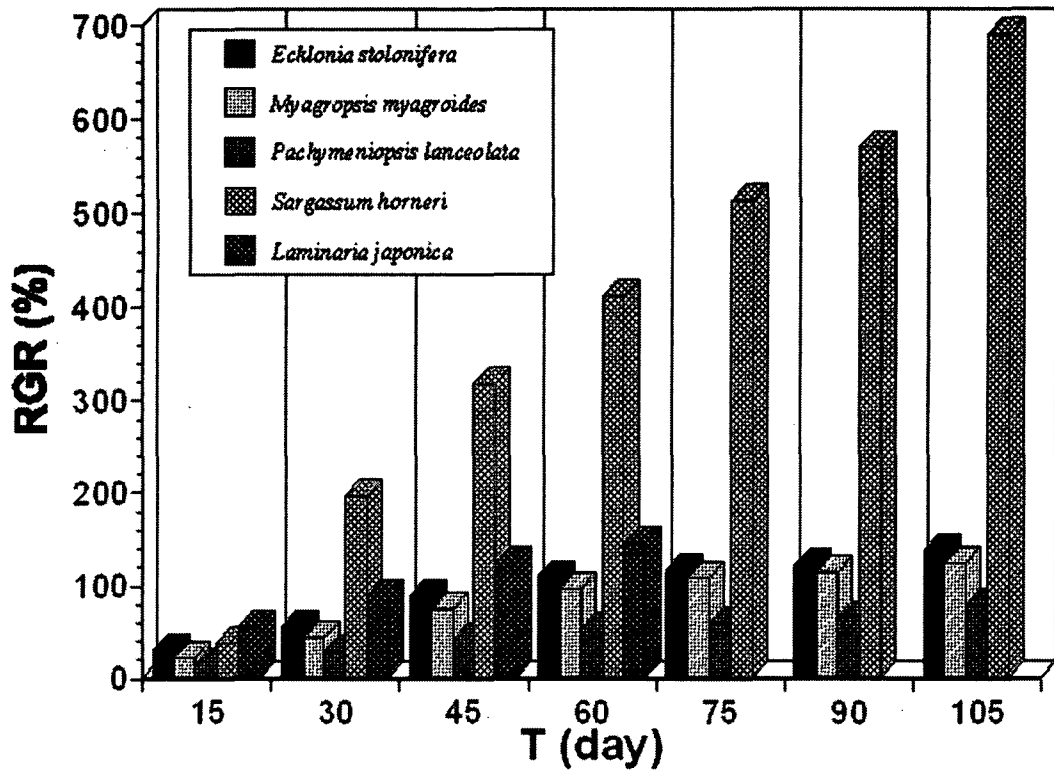


그림 4-6-3. 안도연안 이식해조류의 상대성장율.

제 7 절 자원조사

1. 서론

바다목장해역에 있어서 목장화사업으로 인한 해양생태계의 변화에 대해서는 그 개연성을 검토할 필요가 있다. 본 연구에 있어서는 현재의 자원량과 사업후의 자원량을 비교할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 하는데 목적을 둔다.

수중음향을 이용하여 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하는 방법은 연근해 및 원양에서 자원 조사에 사용되는 대표적인 방법 가운데 하나이다. 이 방법은 음향 시스템 구축 및 관련 전문가 양성의 초기 단계에 많은 비용과 시간이 소요되지만 전통적인 어구 채집 방법에 비해 비용 대비 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 일본, 노르웨이 등 많은 수산 선진국에서 사용하고 있다.

최근 배타적경제수역(EEZ) 발효로 인해 자국의 수산자원을 보호하기 위하여 자원량을 조사함에 있어서 음향 조사 기법이 표준화된 방법으로 사용되고 있다. 또한 연근해 자원의 고갈로 인하여 원양 어장의 개척 과정에서 자국 어선의 진출 이전에 어구 조사 기법과 더불어 과학적인 음향 조사 기법을 이용하여 어장을 개척하고 있다. 이와 같이 원양의 새로운 어장 개척이나 연근해 수산 자원 조사에서 자원의 현재 상황을 파악하기 위한 수단으로 광범위하게 이용되고 있는 음향 조사 기법은 바다목장해역의 조성지에 대한 기본 조사에서도 응용이 가능하다.

일정 해역에 바다목장을 조성하기 위해서는 어류를 방류하기 이전에 같은 해역 내에서 기존에 분포하고 있는 수산자원의 현 상황을 사전에 파악해야만 향후 방류한 자원의 관리 및 방류 효과를 예측하는 것이 가능할 것이다. 또한 바다목장해역에 어류를 방류하기 이전에 실시하는 수산 자원의 중요 분포 위치 파악은 자연 상태에서 어류의 최적 서식처로 판단할 수 있으므로 이러한 사전 분포 조사는 바다목장해역에서 최적의 방류 위치를 간접적으로 나타내 줄 수 있을 것이다. 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 전남다도해 바다목장해역인 전라남도 여수 인근 해역인 금오도 및 소리도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 기존의 자연 상태에서 서식하고 있는 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 실시하였다. 또, 2004년 10월에 방류한 감성돔, 돌돔, 볼락 등에 대한 분포조사와 더불어 방류해역 주변과 방류해역에 설치되어 있는 인공어초에 있어서 음향을 이용한 수산자원평가 기술 개발을 위한 기초실험을 행하였다.

감성돔, 돌돔, 황점볼락, 볼락 등을 주 대상어종으로 하는 전남 다도해형 바다목장 내에서의 초기 자원량 파악과 사업의 진행에 따른 자원량의 변동은 일반 어구, 음향탐지기 및 스쿠버 다이빙에 의한 3가지 방법으로 병행 추진하였다.

한편, 잠수조사는 2002년도부터 방류해 온 감성돔, 돌돔을 대상으로 전남 다도해형 바다 목장에서의 현재의 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.

우리나라 남해의 수심은 40~200m 범위의 천해로 황해와 동중국해, 동해에 연결되는 해류와 수괴가 상존하며, 연안수의 세력에 영향을 받는 곳으로 어족 번식 상 최적의 해양 환경을 갖추고 있어 다양한 종류의 어류가 서식, 분포하는 천해의 어장이다.

어류는 卵에서 孵化하여 仔魚와 稚魚를 거쳐 成魚가 되며, 일반적으로 연급군의 강도는 초기 성장단계의 기아나 포식 정도에 의해서 결정된다(김, 1991). 그래서 성장초기에는 사망률이 무척 높고 환경의 영향을 많이 받기 때문에, 성어로 가입되는 양은 해황 및 환경변화에 따라 매년 변화한다(Hjort, 1926; Saville and Schnack, 1981). 따라서 초기 감모율이 높은 卵期와 仔稚魚期의 종조성 및 출현량 변동은 성어의 가입량 변동을 예측하기 위한 기초 자료로 매우 중요하다.

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 연구는 전라남도 여수시 금오도 연안에 출현하는 어류의 자원생물학적 연구와 바다목장화 기초연구의 일환으로 표준넷트로 채집되는 어류의 종조성과 지역별 어류의 군집구조를 분석하였으며, 어시장 조사를 병행하였다.

감성돔 방류집단의 유전적 특성을 파악하고, 방류해역에서 방류로 인한 유전자원의 gene pool 구조 변화를 조사하기 위하여 감성돔 자연집단과 비교분석하였다. 분석 항목은 genomic DNA의 RAPD 분석, 미토콘드리아 DNA의 조절영역에 대한 PCR-RFLP 분석 및 cytochrome b gene의 염기서열 분석 등을 실시하였다. 본 연구에서는 지속적으로 방류집단과 자연집단의 미토콘드리아 cytochrome b 유전자를 비교분석하고, 조절영역 내의 염기변이를 추가로 분석하여 두 집단간의 유전적 특성을 파악하여 방류해역의 유전자 pool의 구조변화 여부를 모니터링하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 어구조사

본 조사에서는 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여 출현종, 출현량, 우점종을 확인하고, 어구별 어획량을 살펴본다.

자원 조사를 위한 재료의 채집은 금오도 심포마을 남서쪽 앞바다와 부도 남쪽 앞바다에서(그림 4-7-1) 실시하였으며, 암반이 있는 연안 해역에 적절한 어구인 통발과 삼중자망의 두 어구를 사용하였다. 어구는 매월 1회 오후 5시경에 투망하여 익일 오전 9시경에 인망하였다. 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 초기 자원량을 추정하기 위하여 Lesile 모델을 이용하였다. 관계식은 다음과 같다

$$\frac{Ct}{ft} = aNo - aKt$$

cT 는 t 시간 간격 동안의 어획량, f 는 t 시간 간격 동안의 어획노력량, a 는 t 시간 간격 동안의 어획능력, Nt 는 t 시간 간격 동안의 평균 자원량이다.

나. 어탐조사

2001년 후보지 조사를 거쳐 선정된 여수 앞 바다 금오열도를 중심으로 하여 전남 다도해형 바다목장해역에서 계절별 자원분포 및 특성을 파악하기 위하여 2004년 12월, 2005년 3월에 각각 음향을 이용하여 자원 조사를 실시하였다.

바다목장해역에서 그림 4-7-2와 같이 조사선(survey line)을 설계하여 조사정선을 따라 어업생물의 주요 분포 위치와 분포밀도를 검토하였다. 그림에서 ●으로 나타낸 지점은 2004년 10월에 감성돔 32만 마리, 돌돔 10만 마리, 볼락 5천 마리를 방류한 해역으로 이곳의 인공어초를 대상으로 잠수부에 의한 어군확인 조사와 인공어초 주변의 자원평가 기술 개발을 위한 기초 실험을 행한 곳이다.

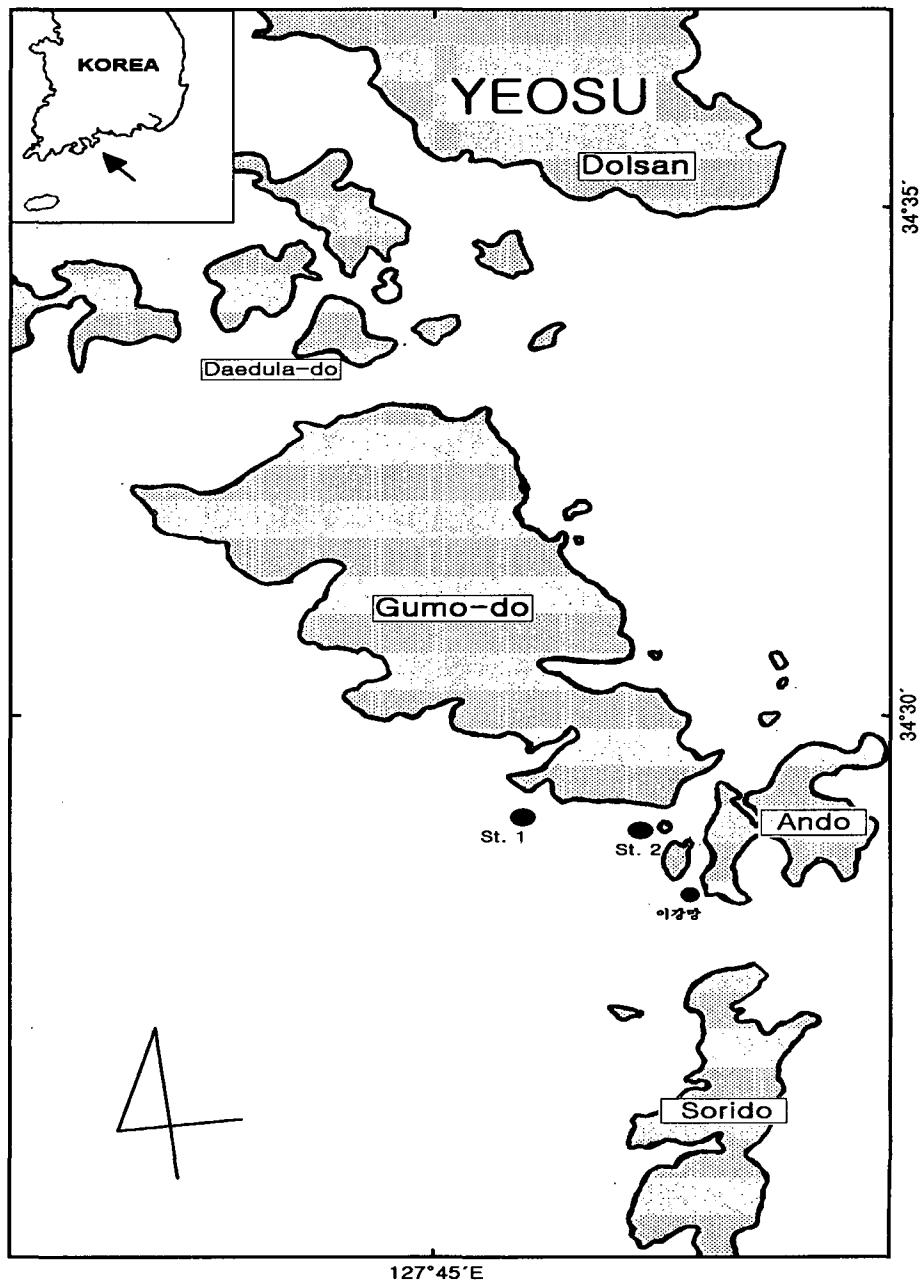


그림 4-7-1. 채집지역 모식도.

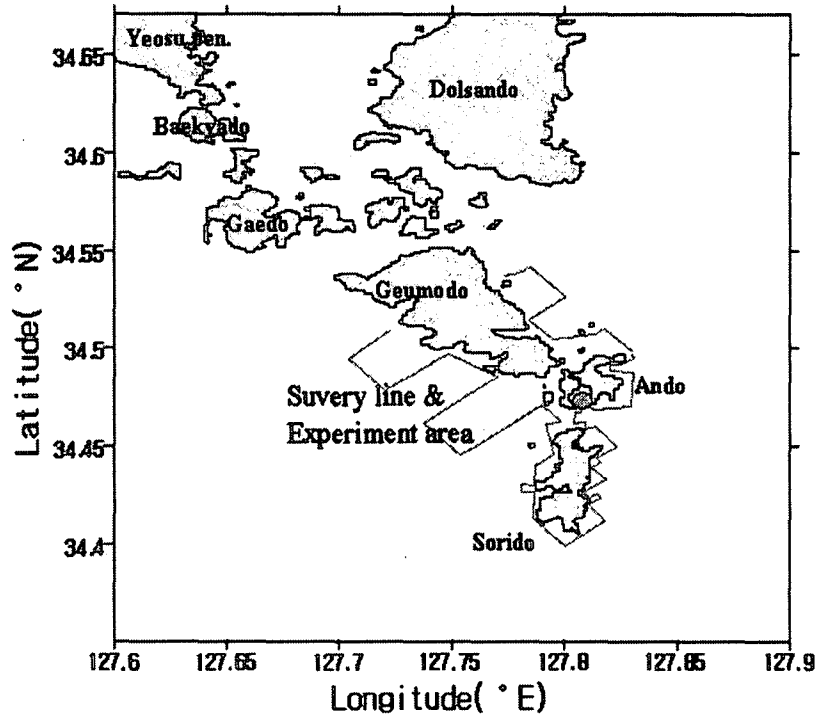


그림 4-7-2. 전남 다도해형 바다목장해역에서 잠수조사 위치와 음향조사선.

그림 4-7-3은 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), 신호처리기(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 거리항을 보정하여 출력한 전압은

$$E^2 = K^2 s_v \tag{1}$$

$$K^2 = (K_T G_T)^2 \Psi \left(\frac{cT}{2} \right) \tag{2}$$

$$s_v = nts \tag{3}$$

$$K_T = PMG \tag{4}$$

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 거리항 보정(time varied gain: TVG) 계수, Ψ 는 등가지향각, c 는 음속, τ 는 펄스폭, n 은 어군의 분포밀도, t_s 는 TS (target strength)의 선형치이다. 따라서 t_s 를 알고있다면, E 를 계측하여 K 를 보정함으로서 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,

$$\langle s_v \rangle = \frac{1}{K^2} \frac{1}{r_w} \int_r^{r+r_w} \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E^2 \right) dr \quad (5)$$

이 된다. 여기서 집합평균은 m , 적분층은 r 에서 $r+r_w$ 로 하였으며, 이때 어군탐지기에 사용된 파라미터값은 표 4-7-1과 같다.

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(баттери)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.

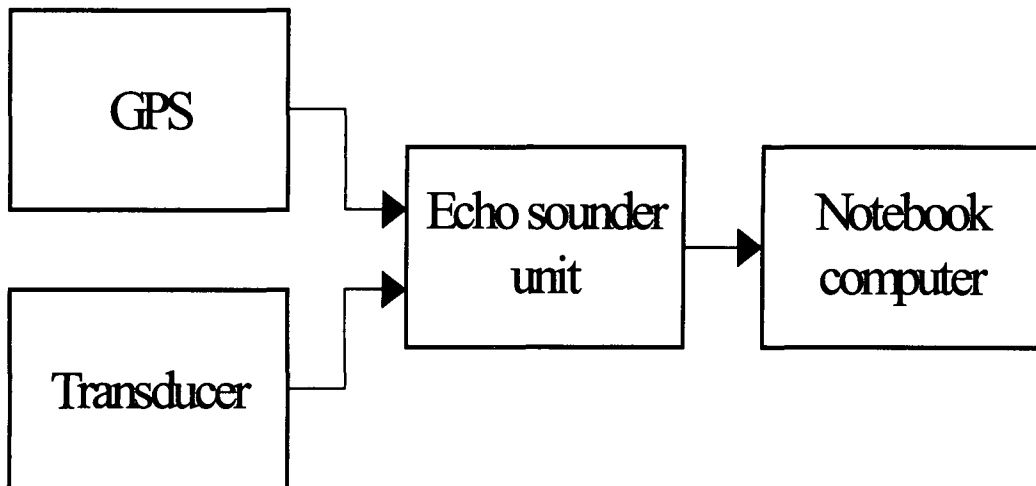


그림 4-7-3. 계측시스템의 구성.

표 4-7-1. DT-5000 계량어군탐지의 제원

Items	Parameters
Beam type	dual beam
Frequency	200 kHz
Transmit source level	224.3 dB (dB re $\mu\text{Pa}/\text{V}$ at 1m)
Receive sensitivity	-54.4 dB (dB re $\text{V}/\mu\text{Pa}$)
TVG	20 log r
Beam pattern factor	0.001163 sr
Beam width	6.5×6.5 by 14.5×14.5 degrees circular
Pulse rate	1 pps
Pulse width	0.4 ms
Absorption coefficient	0.004528 dB/m
Salinity	29.4 psu
Water temperature	24 °C
Threshold	-70 dB squared
Noise floor	-143.3 dB

한편, 바다 목장 해역에 있어서 수산자원 분포 조사시 음파의 물리적, 기술적 문제로 인한 어종확인의 제약을 보완하기 위하여 그림 4-7-4와 같이 어군탐지기의 진동자(센서)와 카메라를 함께 배열한 하이브리드 시스템을 제작하였다. 그림의 왼쪽은 계량어군탐지기(DT-5000, biosoincs)의 200kHz 진동자이며, 오른쪽은 범용 감시카메라(CCTV)를 수밀하여 제작한 수중카메라이다. 또, 인공어초 주변에 있어서 어종확인을 위하여 인공어초 주변에 고정(또는 부설)할 수 있는 장치를 그림 4-7-5와 같이 제작하였다. 이것은 수평으로 4개의 다리를 내어 받침대하고, 받침대의 네 끝에는 중량물(Weight)를 부착하여 조류의 영향으로 지지대가 넘어지지 않도록 하였으며, 1.5m간격의 4각 파이프를 수직방향으로 세우고, 관찰 수심의 높이를 조절할 수 있도록 연결부를 조립식으로 제작하였다. 지지대의 상부에는 수심 50m까지의 수압에서 방수 가능한 밀폐용기에 디지털 카메라(Power Shot S1 IS, Canon)를 설치하였으며, 이것은 촬영 시간간격을 자유로이 수초에서 수시간까지 설정이 가능하여 설정시작 조절에 따라 수일 또는 수개월 연속적인 촬영이 가능한 기능을 가지고 있다. 따라서, 사람의 접근으로 인하여 어군이 도피하는 경우나, 수중에서 장시간 머물러 조사를 할 수 없는 경우에 유효하리라 생각한다.

그림 4-7-6는 앞에서 설명한 하이브리드 시스템과 고정형(또는 부설) 수중카메라를 이용하여 인공어초 주변에 있어서 자원을 평가하는 방법을 나타낸 모식도이다. 그림 4-7-5와 같이 인공어초 주변에 고정형 수중카메라를 설치하여, 수시간 또는 수일 동안 인공어초 주변에서 서식하는 어류를 확인하고, 동시에 선박에 탑재된 하이브리드 시스템을 사각

파이프를 연장하여 관찰수심(어초 수심에 따라 조절)에 설치한다. 하이브리드 시스템의 부착판은 각도를 조절할 수 있도록 하여, 수직 또는 수평으로 계측 방향을 조절하도록 하였다. 조사시기와 조사 위치에 따라 어초로부터의 거리 및 수심을 바꾸어 설치하여, 탁도나 어군의 행동 등을 고려한 조사가 이루어지도록 하였다.



200kHz Transducer¹⁾, Underwater Camera²⁾.

그림 4-7-4. 어종확인을 위해 고안한 하이브리드 시스템.

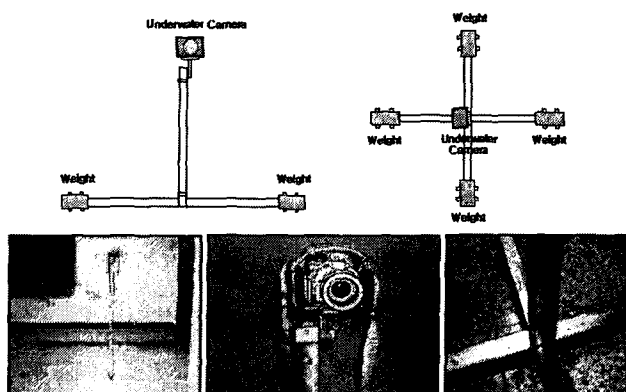


그림 4-7-5. 인공어초 주변에 있어서 어종확인을 위한 수중카메라 설치법.

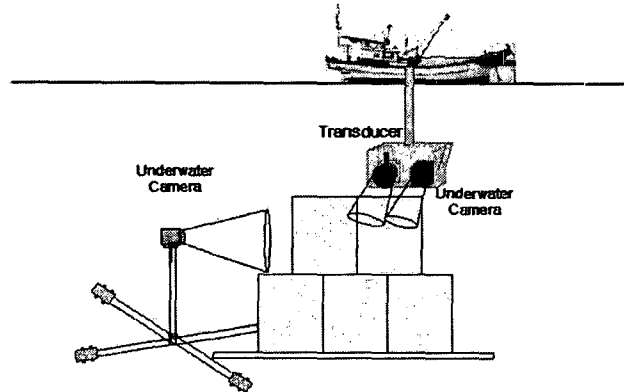


그림 4-7-6. 인공어초 주변에 있어서 음향을 이용한 자원 추정법.

다. 잠수조사

현재 바다목장 해역 내에 서식하고 있는 주요 수산 어류들의 어종과 자원량을 추정하기 위해 잠수 조사를 실시하였다. 안도 주변 해역의 자연 암반에서 어류 조사는 2003년 6월과 2004년 1월에 조사한 여러 정점들 중에 방향성과 해저 지형을 기준으로 4개 정점을 선정하여 2004년 6월에 실시하였다. 정점 A는 안도의 가장 북쪽으로 바위와 수중여가 잘 발달한 곳이고 정점 B는 섬의 동쪽 칼바위 정점으로 정점 A와 유사한 해저 지형을 형성하였다. 정점 C는 안도의 남쪽 이야포만 내이고 정점 D는 섬의 서쪽 방파제를 기준으로 하였다(그림 4-7-7).

또한 같은 해역내의 수중 구조물에서의 출현 어종과 자원량을 조사하기 위해 금오도와 소리도에 설치된 세라믹어초와 안도에 시설된 두 타입의 실험어초를 대상으로 하였다(그림 4-7-7).

잠수 조사는 수중에서 어류의 마리수, 특징 및 서식 생태를 관찰 노트하였고 확인이 필요한 종은 조사시에 병행한 수중 슬라이드 사진과 비디오 촬영본을 재검토하여 도감과 대조하였다. 어류의 분류 체계는 한국동물분류학회(1997)와 Nelson (1994), 국명은 한국어도보(정, 1977)를 기준으로 하였으며 검색은 Masuda *et al.*(1984) 및 Nakabo(1993)를 참조하였다.

라. 이각망 실태 및 개선방안

본 연구는 2004년 8월부터 2005년 6월까지 10개월 동안 전라남도 여수시 금오도 연안에 위치한 이각망(그림 4-7-8) 어장을 이용하여 총 5회에 걸쳐, 정점 2곳에서 채집 분석하여 어류의 종조성을 관찰하였다(그림 4-7-9).

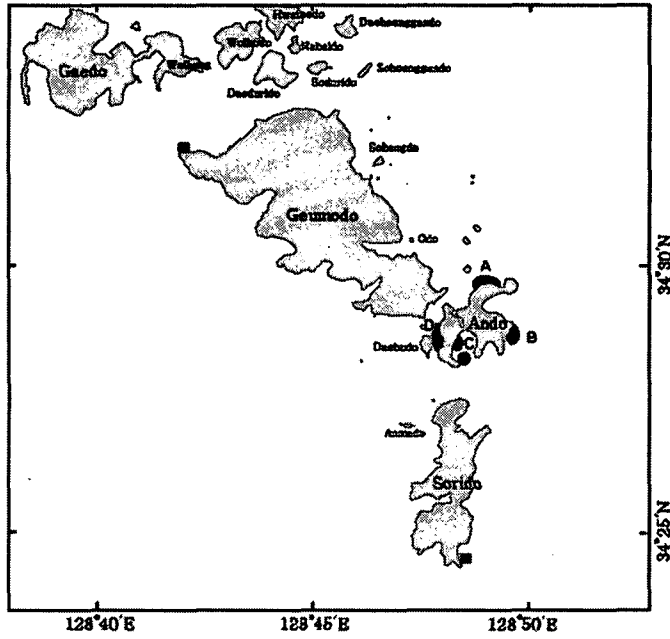


그림 4-7-7. 전남 다도해형 바다목장 해역내의 잠수 조사 정점(안도, A~D; 세라믹어초, ■; 실험어초, ●).

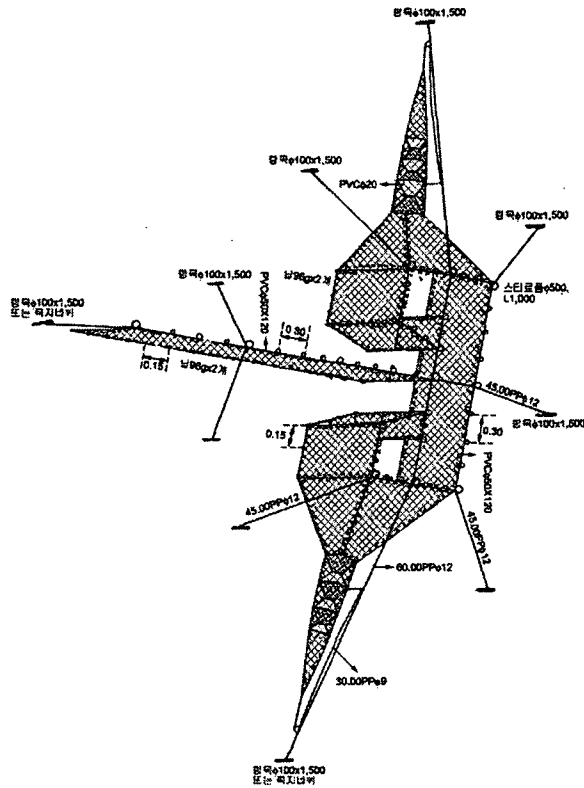


그림 4-7-8. 이각망어구의 모식도.

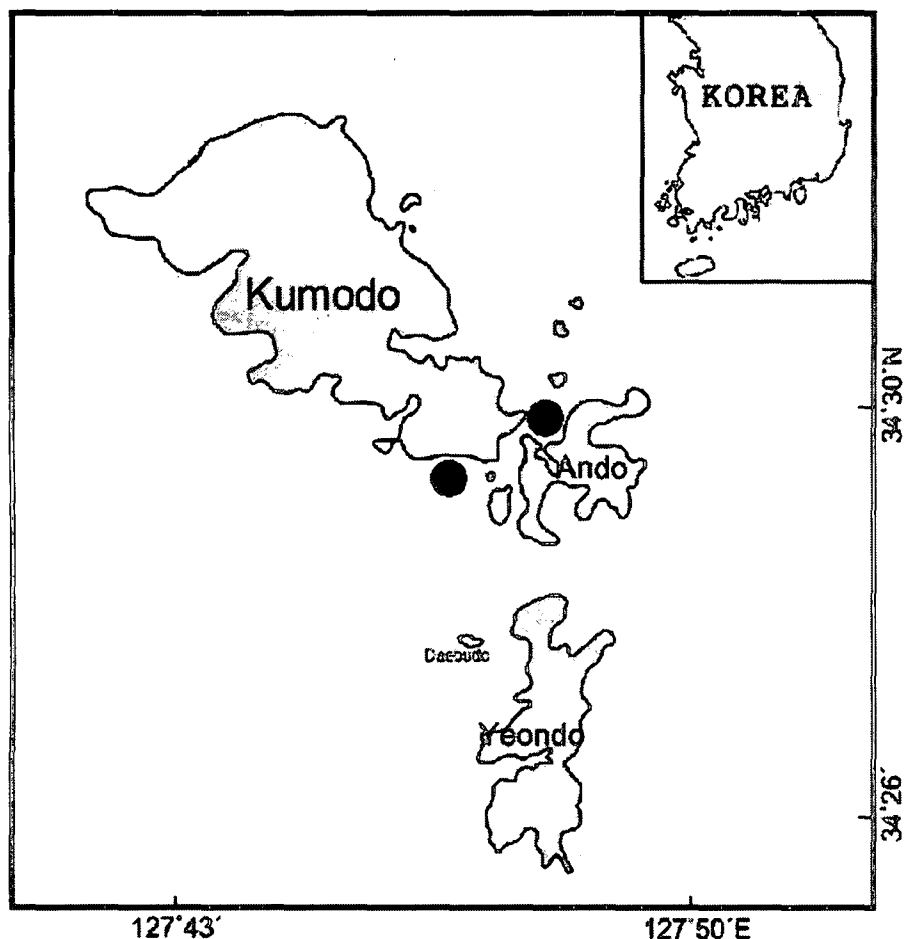


그림 4-7-9. 금오도 연안 해역의 이각망에 의해 채집한 어류의 조사정점.

(1) 환경 조사

조사해역의 수온과 염분 농도를 T-S meter(type MC5)기로 수심 5m층을 조사하였다.

(2) 어류목록 및 종조성 조사

이각망 어장의 2개 정점에 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.

(3) 군집구조 분석

군집구조 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(Denrogram)를 작성하였다.

군집구조 분석을 위한 식은 다음과 같다.

종 다양도 지수 : $H' = -\sum P_i \times \ln(P_i)$, P : i번째 種의 점유율

우점도 지수 : $D = (Y_1 + Y_2)/Y$

Y : 총개체수

Y₁ : 첫번째 우점종의 개체수

Y₂ : 두 번째 우점종의 개체수

균등도 지수 : $J = H'/1$

마. 유전자원 조사

(1) 감성돔 방류어의 유전적 특성 파악을 위한 RAPD 분석

방류집단 감성돔 시료(2003년 방류-86개체, 2004년 방류-86개체) 및 자연집단에서 채집한 감성돔 시료(여수-27개체, 완도-21개체, 고흥-18개체, 삼천포-9개체, 고성-53개체)의 근육조직 및 혈액으로부터 genomic DNA를 분리 정제한 후, 20ng의 genomic DNA를 10-mer random primer 10pM, *Ex Taq* DNA polymerase(TaKaRa Co., Japan)를 사용하여 PCR 기법으로 증폭시켰다. 94℃에서 5분간 변성 후, 94℃에서 1분, 40℃에서 1분, 72℃에서 2분 동안 40회 반응시킨 후(PTC-200, MJ Research, USA) 후, 증폭산물은 1.5% agarose gel 전기영동으로 확인하였으며, 다형을 나타내는 DNA 단편을 분석하였다.

(2) 감성돔 미토콘드리아 DNA 증폭 및 클로닝

감성돔 미토콘드리아 DNA의 cytochrome b 유전자 및 D-loop 영역을 참돔 미토콘드리아 DNA(GenBank Accession No. NC003196) 염기서열을 기초로 하여 제작한 6개의 primer로 증폭하였다. PCR 증폭산물은 전기영동으로 확인한 후, pGEM T-easy vector system(Promega, USA)을 이용하여 클로닝 하였고, 염기서열 결정은 Bigdye terminator를 사용하여 cycle sequencing을 수행하였으며, ABI 3777(Applied Biosystem, USA)에 전기영동하였다. 염기서열 분석 프로그램은 chromas223 및 DNA star를 이용하였으며, BLAST 검색하였다. 미토콘드리아 DNA 증폭은 genomic DNA 20ng, PCR buffer(10mM Tris-HCl(pH8.3), 50mM KCl, 2.0mM MgCl₂), dNTP mix 200μM, 각각의 primer 20 pM 및 *TaKaRa EX Taq*TM DNA polymerase(TaKaRa Co., Japan) 0.2U을 첨가하여 최종 부피가 25μl가 되도록 혼합액을 조제한 후, 94℃에서 5분간 미리 변성시켰으며, 94℃에서 30초, 65℃에서 30초, 72℃에서 1분의 조건으로 30회 반응시켰다(PTC-200, MJ Research, USA). 증폭산물은 1.5% agarose gel 전기영동으로 확인하였으며, cycle sequencing 반응

은 plasmid DNA 250ng을 사용하였다.

(3) 감성돔 미토콘드리아 DNA의 D-loop 영역 PCR-RFLP 및 전기영동

PCR 증폭 산물 4 μ l에 제한효소 *Afa* I, *Alu* I, *Hsp92* II, *Mbo* I 및 *Dde* I 을 3U 첨가하여 전체 반응액을 10 μ l로 조정한 후, 37 $^{\circ}$ C 에서 3시간 반응시켜 각 제한효소에 의해 절단된 PCR 산물을 2.5% agarose gel에 전기영동 하였다. 제한효소에 의해 절단된 DNA 단편과 절단패턴을 분석하였고, haplotype의 빈도를 계산하였다.

3. 결과 및 토의

가. 어구조사

(1) 어구별 출현 양상

(가) 통발

통발 어구를 이용한 조사에서는 총 5목 20과 27종이 출현하였으며 그 중 쥐노래미가 연중 매월 출현하였고 노래미, 볼락 또한 연중 지속적인 출현을 보였다. 그리고 자리돔은 6월부터 3월까지 꾸준하게 출현하였다. 다음으로 망상어, 용치놀래기, 황놀래기, 조피볼락 등의 많은 출현을 보였다. 반면에 솜뱅이, 참돔, 돌돔, 띠볼락, 흰꼬리볼락은 조사기간 동안 짧은 기간 출현하였다(표 4-7-2).

통발로 채집된 어류의 월별 생체량과 출현개체수를 살펴보면 생체량은 9월에 2,711.25g으로 가장 많은 양이 채집되었고 6월, 7월, 8월, 11월, 12월, 1월, 2월에는 1,311.24~1,907.57g 사이의 비슷한 출현량을 보였다. 가장 적은 생체량이 채집된 달은 4월로 167.2g이었다. 출현개체수는 2004년 9월에 49개체가 가장 많은 개체가 채집되었고 2005년 4월에 6개체로 가장 작은 개체수가 출현하였다. 개체수의 월별 변화는 2004년 9월과 2005년 4월을 제외하고 비슷한 개체수의 출현을 나타내었다(그림 4-7-10).

2004년 4월에 다른 조사일 보다 상대적으로 적은 생체량과 개체수가 나타난 것은 조사 당시의 해양환경이 좋지 않았기 때문이다. 생체량과 개체수의 월별 변화 양상은 유사하게 나타났으나 2004년 6월에 개체수가 생체량 변화보다 높게 나타난 것은 생체량이 작은 볼락의 출현이 다른 조사일보다 많았기 때문이다.

조사기간 동안의 각 출현어종의 전체 개체수에서 살펴보면 볼락이 81개체로 전체 25.55%를 차지하여 우점하였고, 다음으로 쥐노래미가 50개체(15.77%), 노래미가 39개체(12.30%), 쌍돱가리가 16개체(5.05%), 붕장어가 11개체 (3.47%)순으로 우점하였다. 졸복, 솜뱅이, 주둥치, 가시망둑등 7종은 1개체씩 출현하여 가장 적은 출현을 보였다. 생체량으로 살펴보면 역시 쥐노래미가 3,821.04g으로 전체 생체량의 21.04%를 차지하여 우점하였다. 다음 순으로 볼락이 3,173.83g(17.48%), 노래미가 2,893.32g(15.93%), 쌍돱가리가 1,313.05g(7.23%)으로 나타났다(표 4-7-3).

표 4-7-2. 여수에서 통발로 채집된 어류의 월별 양상

Species	2004년						2005년					
	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월
붕장어					●				●	●	●	
블락	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
쥐노래미	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
능성어						●		●			●	
조피블락	●	●	●			●	●					●
노래미	●	●		●		●	●	●	●	●		●
자리돔	●	●	●	●			●	●	●	●		
용치놀래기	●	●		●		●						●
줄복												●
황놀래기	●	●	●	●				●	●			
솜뱅이				●								
띠블락			●	●								
붉바리			●	●		●						
보리멸		●										
인상어			●									
점복					●							
참돔					●		●	●				
돌돔				●								
붉바리				●								
쥐치					●							
뱅에돔											●	
가시망둑											●	
망상어	●	●			●			●		●		
복섬						●						
흰꼬리블락						●						
문절망둑						●	●					
쌍동가리						●		●	●			

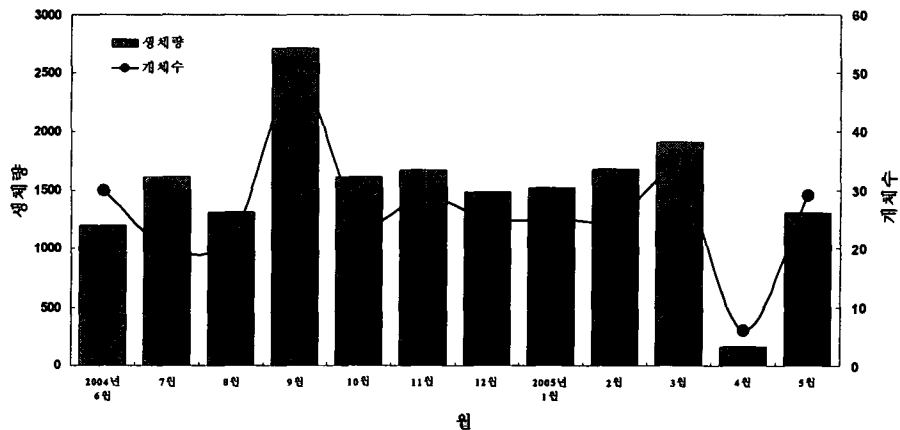


그림 4-7-10. 여수에서 통발로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

표 4-7-3. 여수해역에서 통발로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Species	생체량		개체수	
	출현량(g)	구성비	출현량	구성비
붕장어	573.52	3.16	11	3.47
블락	3,173.83	17.48	81	25.55
쥐노래미	3,821.04	21.04	50	15.77
능성어	117.67	0.65	4	1.26
조피블락	1,115.38	6.14	19	5.99
노래미	2,893.32	15.93	39	12.30
자리돔	1,034.24	5.69	29	9.15
용치놀래기	923.99	5.09	16	5.05
줄복	65.49	0.36	1	0.32
황놀래기	930.72	5.12	11	3.47
솜뱅이	100.00	0.55	1	0.32
띠블락	87.10	0.48	2	0.63
붉바리	168.98	0.93	3	0.95
보리멸	48.60	0.27	1	0.32
인상어	183.87	1.01	3	0.95
점복	19.52	0.11	1	0.32
참돔	88.82	0.49	4	1.26
돌돔	307.21	1.69	4	1.26
붉바리	550.85	3.03	3	0.95
쥐치	53.07	0.29	1	0.32
벙에돔	22.97	0.13	1	0.32
가시망둑	17.68	0.10	1	0.32
망상어	318.31	1.75	9	2.84
복섬	81.54	0.45	3	0.95
흰꼬리블락	36.40	0.20	1	0.32
문절망둑	114.47	0.63	2	0.63
쌍동가리	1,313.05	7.23	16	5.05
총합계	18,161.64	100	317	100

(나) 삼중자망

삼중자망에서 어획된 어류는 총 5목 32과 40종이 출현하여 통발어구보다 약 2배에 가까운 다양성을 보였다. 그 중 볼락과 쥐노래미가 전 기간 동안에 출현하였고 양태, 문치가자미, 쏨뱅이, 각시서대는 조사기간 중 6개월에 걸쳐 출현하였다. 누루시볼락, 고등어, 삼치, 독가시치, 띠볼락, 줄도화돔 등은 9~10월에 각각 1회씩 출현하였다(표 4-7-4).

월별 출현개체수와 생체량을 살펴보면 월별 변화양상은 2004년 9월과 12월을 제외하고 대체로 비슷하게 나타났다. 2004년 9월에는 생체량의 변화보다 개체수의 변화가 작게 나타났고 12월에는 생체량의 변화보다 개체수의 변화가 크게 나타났으며 이것은 9월에는 비교적 개체별 생체량이 큰 감성돔과 쥐노래미의 영향을 받았으며, 12월에는 개체별 생체량이 작은 줄도화돔의 출현의 영향을 받았기 때문이다. 2005년 3월에 26,113g이 출현하여 가장 높은 생체량을 나타내었으며 2004년 7월에 가장 적은 7671.5g이 출현하였다(그림 4-7-11).

조사 기간동안 자망으로 채집된 어류의 우점도를 살펴보면 출현 개체수는 볼락이 77개로 23.55%를 차지하여 우점하였고 다음으로 줄도화돔 42개체(12.84%), 가라지가 28개체(8.56%), 쥐노래미가 25개체(7.65%)순으로 우점하였다. 감성돔은 5개체가 출현하여 1.53%를 차지하였고 쭉기미, 무늬감정어, 장갱이 등 17종은 각각 1개체씩 출현하여 0.31%를 차지하였다. 생체량은 쥐노래미가 6,164.37g으로 16.85%로 우점하였고 다음으로 양태가 5,500.73g(15.04%), 볼락이 4,218.52g(11.53%), 문치가자미가 2,028.15g(11.53%)로 나타났다. 감성돔은 1,317.32g로 전체의 3.69%를 차지하였다(표 4-7-5).

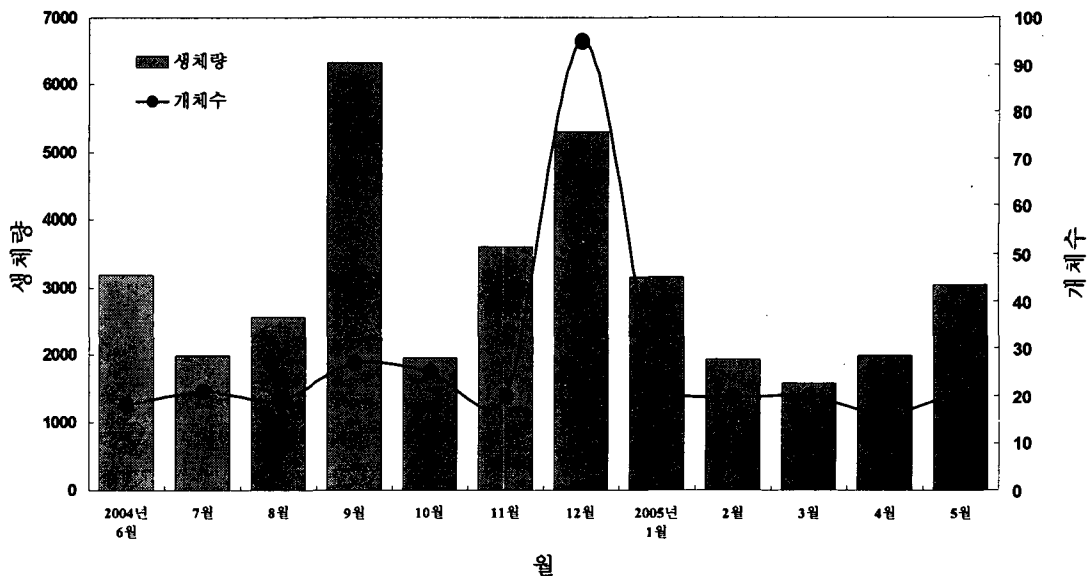


그림 4-7-11. 여수에서 자망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

표 4-7-4. 여수에서 자망으로 채집된 어류의 월별 양상

Species	2004년						2005년					
	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월
솜뱅이	●		●				●			●	●	●
쥐노래미	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
노래미			●					●			●	●
문치가자미			●	●	●			●			●	●
인상어								●	●		●	●
조피볼락			●								●	●
볼락	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
도다리						●	●	●	●		●	●
개볼락	●								●			
망상어	●							●		●		
감성돔	●			●		●		●				●
각시서대	●	●	●	●	●		●					
피도라치	●											●
쭈기미			●									
양태		●		●	●	●			●			●
참서대				●								
붉바리				●								
무늬깜정이				●								
돌돔								●				
농어		●			●			●		●		
참돔				●	●							
벵에돔					●				●	●		
전갱이												
성대					●		●					
흰꼬리볼락										●		
개볼락							●					
장갱이							●					
보리멸										●		
가라지					●		●	●				
말쥐치					●	●						
흑돔					●							
보구치					●							
누루시볼락						●						
고등어						●						
매통이						●						
삼세기						●						
삼치						●						
독가시치						●						
띠볼락							●					
줄도화돔							●					

표 4-7-5. 여수해역에서 자망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Species	생체량		개체수	
	출현량(g)	구성비	출현량	구성비
솜뱅이	1,032.38	2.82	10	3.06
쥐노래미	6,164.37	16.85	25	7.65
노래미	912.59	2.49	10	3.06
문치가자미	2,028.15	5.54	12	3.67
인상어	349.40	0.96	5	1.53
조피볼락	1,029.15	2.81	4	1.22
볼락	4,218.52	11.53	77	23.55
도다리	1,302.29	3.56	10	3.06
개볼락	408.47	1.12	3	0.92
망상어	946.17	2.59	9	2.75
감성돔	1,317.32	3.60	5	1.53
각시서대	1,562.38	4.27	20	6.12
괴도라치	341.65	0.93	2	0.61
쭈기미	115.80	0.32	1	0.31
양태	5,500.73	15.04	20	6.12
참서대	112.00	0.31	1	0.31
붉바리	222.10	0.61	2	0.61
무늬감정어	184.50	0.50	1	0.31
돌돔	84.50	0.23	1	0.31
농어	1,691.11	4.62	14	4.28
참돔	442.14	1.21	3	0.92
벙에돔	764.36	2.09	4	1.22
전갱이	130.96	0.36	0	0.00
성대	489.79	1.34	3	0.92
흰꼬리볼락	60.76	0.17	1	0.31
개볼락	177.70	0.49	1	0.31
장갱이	396.85	1.08	1	0.31
보리멸	124.37	0.34	1	0.31
가라지	1,662.42	4.54	28	8.56
말쥐치	272.71	0.75	2	0.61
흑돔	411.32	1.12	1	0.31
보구치	156.31	0.43	1	0.31
누루시볼락	171.49	0.47	1	0.31
고등어	250.13	0.68	1	0.31
매통이	299.85	0.82	1	0.31
삼세기	304.00	0.83	1	0.31
삼치	294.48	0.81	1	0.31
독가시치	41.83	0.11	1	0.31
띠볼락	231.07	0.63	1	0.31
줄도화돔	373.13	1.02	42	12.84
총합계	36,579.25	100	327	100

(다) 이각망

본 조사는 본 조사는 해파리의 출현으로 어구를 설치하지 못한 8월을 제외한 11개월 간 조사되었으며 출현한 어류는 총 28종으로 그 중 전어, 송어, 볼락, 조피볼락, 농어, 쥐노래미, 주둥치, 문치가자미등이 연속적인 출현을 나타내었다. 갈치는 9월에서 3월로 늦어림에서 초봄까지 출현하였다(표 4-7-6).

월별 출현개체수와 생체량을 살펴보면 월별 변화양상은 2004년 7월, 9월에 생체량의 변화보다 개체수의 변화가 크게 나타났고 그 이후에는 비슷한 변화를 나타내었다. 2004년 7월과 9월의 출현양상은 상대적으로 생체량이 작은 복섬, 주둥치의 영향을 받은 것으로 나타났다. 출현 개체수는 2004년 12월에 95개체로 가장 많았고 다음으로 9월에 27개체, 10월과 2005년 1월에 각각 25개체가 출현하였다. 6월, 7월, 8월, 11월, 2005년 2월, 3월, 4월, 5월은 18~21개체로 비슷한 출현양상을 보였다. 생체량은 2004년 9월에 6,330.58g으로 가장 많았고 다음으로 12월에 5,293.52g, 6월에 3,178.41g, 2005년 1월에 3,154.02g순으로 나타났고 가장 적은 생체량을 나타낸 달은 2004년 10월에 1,581.87g이었다(그림 4-7-12).

이각망에서 채집된 어류의 종조성과 우점도를 살펴보면 출현 개체수에서는 다른 어구에 비하여 극우점하는 종은 없었고 전어가 109개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 10.67%를 차지하여 우점하였고 다음으로 전갱이가 102개체(9.98%), 송어가 80개체(7.83%)를 나타내었다. 감성돔은 38개체로 3.72%를 차지하였다. 생체량을 살펴보면 농어가 36,718g으로 21.79%를 차지하여 우점하였고 다음으로 송어가 28,692g(17.03%), 아귀가 21,721g(12.89%), 감성돔이 15,006g(8.91%)를 차지하였다(표 4-7-7).

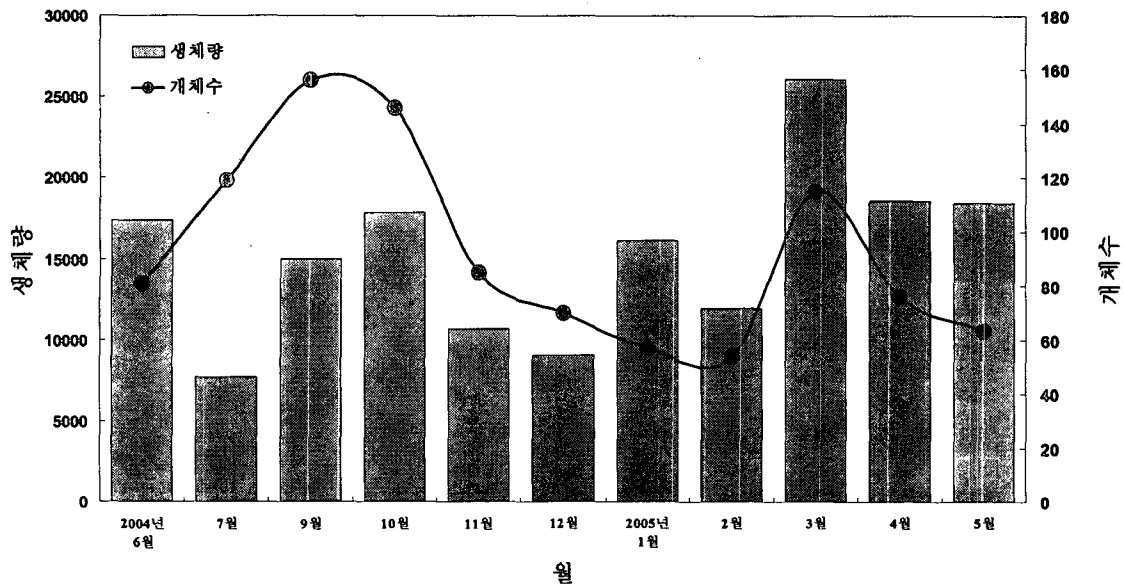


그림 4-7-12. 여수에서 이각망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

표 4-7-6. 여수에서 이각망으로 채집된 어류의 월별 양상

Species	2004년				2005년								
	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	
전어	●	●		●	●	●	●				●	●	●
아귀						●	●	●	●	●			
숭어	●	●		●							●	●	●
성대	●						●	●					
블락	●	●			●		●	●	●	●	●	●	●
조피블락	●	●		●	●		●	●		●			●
양태	●	●			●							●	
노래미				●	●						●		
쥐노래미		●			●		●				●		
농어	●	●		●	●		●				●	●	●
감성돔		●		●		●	●	●	●	●	●	●	
주둥치	●	●		●	●		●		●		●	●	
참돔	●			●	●	●							
방어	●											●	
전갱이	●	●		●	●	●	●					●	●
돌돔				●		●							
망상어	●			●				●	●	●	●	●	●
실망둑		●		●								●	
도화망둑				●	●						●		
넙치				●							●		
돌가자미				●	●	●							
문치가자미		●			●		●	●	●	●			●
참서대					●							●	
개서대		●											●
말쥐치	●	●		●			●				●		
복섬	●	●		●	●						●	●	●
독가시치		●		●	●	●							
갈치				●	●	●	●	●	●	●			

표 4-7-7. 여수해역에서 이각망으로 채집된 어류의 출현량과 종조성

Species	생체량		개체수	
	출현량(g)	구성비	출현량	구성비
전어	5,573	3.31	109	10.67
아귀	21,721	12.89	51	4.99
숭어	28,692	17.03	80	7.83
성대	516	0.31	4	0.39
블락	1,340	0.80	21	2.05
조피블락	4,160	2.47	40	3.91
양태	2,314	1.37	18	1.76
노래미	6,020	3.57	31	3.03
쥐노래미	1,070	0.64	18	1.76
농어	36,718	21.79	47	4.60
감성돔	15,006	8.91	38	3.72
주둥치	1,460	0.87	97	9.49
참돔	2,520	1.50	11	1.08
방어	7,000	4.15	10	0.98
전갱이	3,920	2.33	102	9.98
돌돔	3,250	1.93	14	1.37
망상어	4,810	2.86	66	6.46
실망둑	130	0.08	6	0.59
도화망둑	320	0.19	18	1.76
넙치	1,760	1.04	3	0.29
돌가자미	2,400	1.42	14	1.37
문치가자미	5,620	3.34	42	4.11
참서대	370	0.22	9	0.88
개서대	1,610	0.96	11	1.08
말쥐치	530	0.31	5	0.49
복섬	1,480	0.88	87	8.51
독가시치	1,052	0.62	9	0.88
갈치	7,111	4.22	61	5.97
총합계	168,473	100.00	1022	100.00

(라) 감성돔 자원조사

자원조사를 위하여 여수수협 돌산수협에서 바다목장 해역내에 어획된 어류의 위탁판매실적을 조사하였다. 감성돔은 겨울철인 12월~1월과 여름철인 7월~9월에 대부분이 어획되어 판매되었고 이 시기의 자료를 이용하여 자원량을 추정하였다. 다음은 어획개체수를 사용하여 추정한 것이다.

어획 일자(t)	어획개체수(Ct)	Ct/2	누적어획량(Kt)
2004년 7월	384	192	192
8월	289	144.5	528.5
9월	314	157	830
12월	1,078	539	1526
2005년 1월	1,453	726.5	2791.5
2월	958	479	3997
3월	897	448.5	4924.5

여기서, Leslie 모델로 추정된 어획능률은 0.15337로 자원량은 약 2,893미로 추정되었다.

다음은 어획량을 자료로 하여 자원량을 추정하였다.

t(어획 일자)	Ct(어획량(kg))	Ct/2	Kt(누적어획량)
2004년 7월	249	124.5	124.5
8월	33	16.5	265.5
9월	58	29	311
12월	410	205	545
2005년 1월	485	242.5	992.5
2월	253	126.5	1361.5
3월	100	50	1538

여기서, Leslie 모델로 추정된 어획능률은 0.1819이었으며, 자원량은 약 1,620kg로 추정되었다.

나. 어탐조사

(1) 2004년 12월 음향조사

음향조사는 2004년 12월 22일 금오도와 소리도 해역을 대상으로 실시되었다. 조사정선을 따라 얻은 에코데이터를 지리정보(GPS의 경위도)를 이용하여 그림 4-7-13과 같이 나타내었다. 그림은 어군의 크기를 평균체적후방산란강도(SV)로 나타낸 것으로, 어군의 밀도(크기)가 높을수록 SV가 높게 나타나고, 색이 붉은 쪽으로 갈수록 어군의 밀도가 높다는 것을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이 2004년 12월에 전남 바다목장에서는 어군이 거의 출현하지 않았으며, 그 때의 평균체적후방산란강도(SV)는 -90~-70dB로 나타났다. 어군으로 보이는 생물은 거의 출현하지 않았으며, 소리도의 동쪽과 남쪽해역에서 중층에서 -74~-70dB정도의 소량의 음향산란층만이 출현하였다.

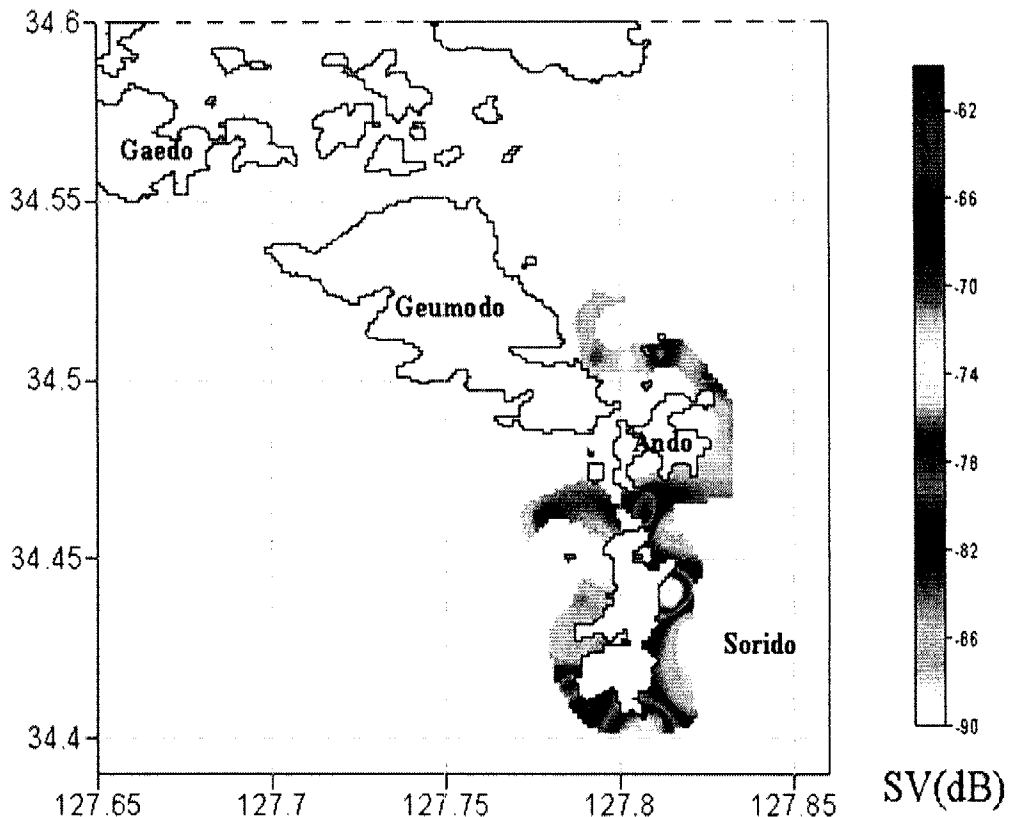


그림 4-7-13. 전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 12월의 어군 분포도(전수층 평균).

한편, 어군의 분포해역과 분포층(수심)을 파악하기 위하여 계량어군탐지기의 에코데이터를 수평(시간)으로 1분(60sec) 간격으로 적분 평균한 에코그램을 그림 4-7-14에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 바다목장 해역에서 2004년 12월에는 어군은 거의 출현하지 않았으며, 그림에서 보는 바와 같이 소리도 동쪽과 남쪽의 중층에서 소량의 음향산란층이 출현하였다.

(2) 2005년 3월 음향조사

음향조사는 2005년 3월 31일에 실시되었다. 어군의 크기를 나타내는 평균체적후방산란강도(SV)는 그림 4-7-15과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 2005년 3월의 바다목장 해역에서의 어군분포는 2004년 12월에 비해 상대적으로 어군의 출현빈도가 높게 나타났으며, 어군의 크기를 나타내는 평균체적후방산란강도(SV)는 -86~-65dB로 나타났다. 어군 또는 음향산란층이 출현한 곳은 안도 남쪽, 소리도 동쪽, 소리도 남쪽(동과 서)이었으며, 그때의 평균후방산란강도SV는 -72~-65dB로 나타났다.

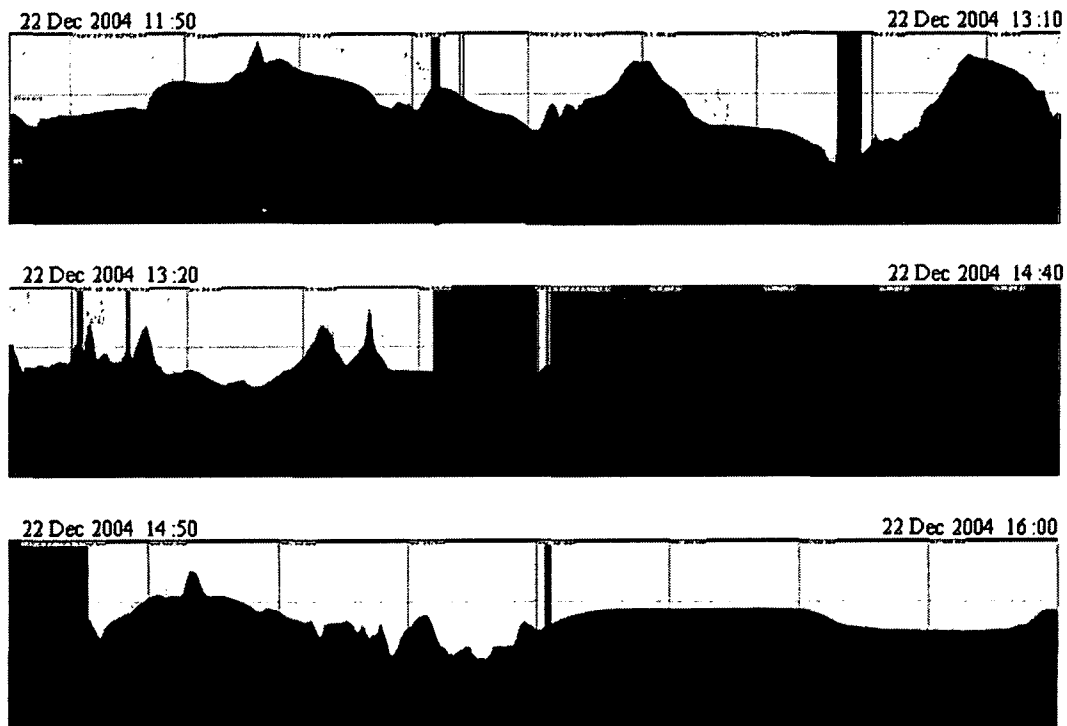


그림 4-7-14. 전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 12월의 어군 수직 분포도.

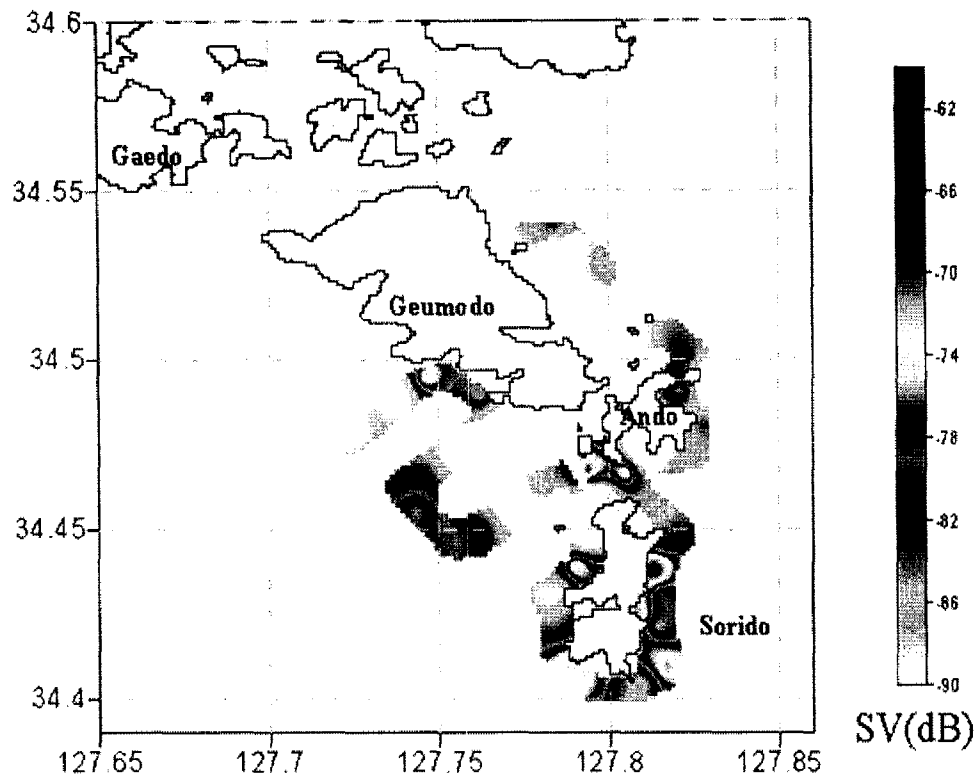


그림 4-7-15. 전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 3월의 어군 분포도(전수층 평균).

한편, 어군의 분포수심을 파악하기 위해 그림 4-7-16과 같이 평균체적후방산란강도의 수직분포를 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 12월에 비해 상대적으로 수심이 깊은 저층에서 어군이나 음향산란층이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 안도 부근 해역에 있어서 어군에코가 출현하였다.

(3) 인공어초 주변의 자원량 평가법 개발

2005년 4월에 여수대학교 수산증양식 연구센터(여수시 돌산소재)의 음향수조(5×5×5m)에 있어서 그림 4-7-5와 같이 제작한 수중카메라 설치 실험을 그림 4-7-17과 같이 실시하였다. 수심 5m의 해저면에 설치하고 수중에서의 연결작업과 카메라의 작동시험 등을 행하였다.

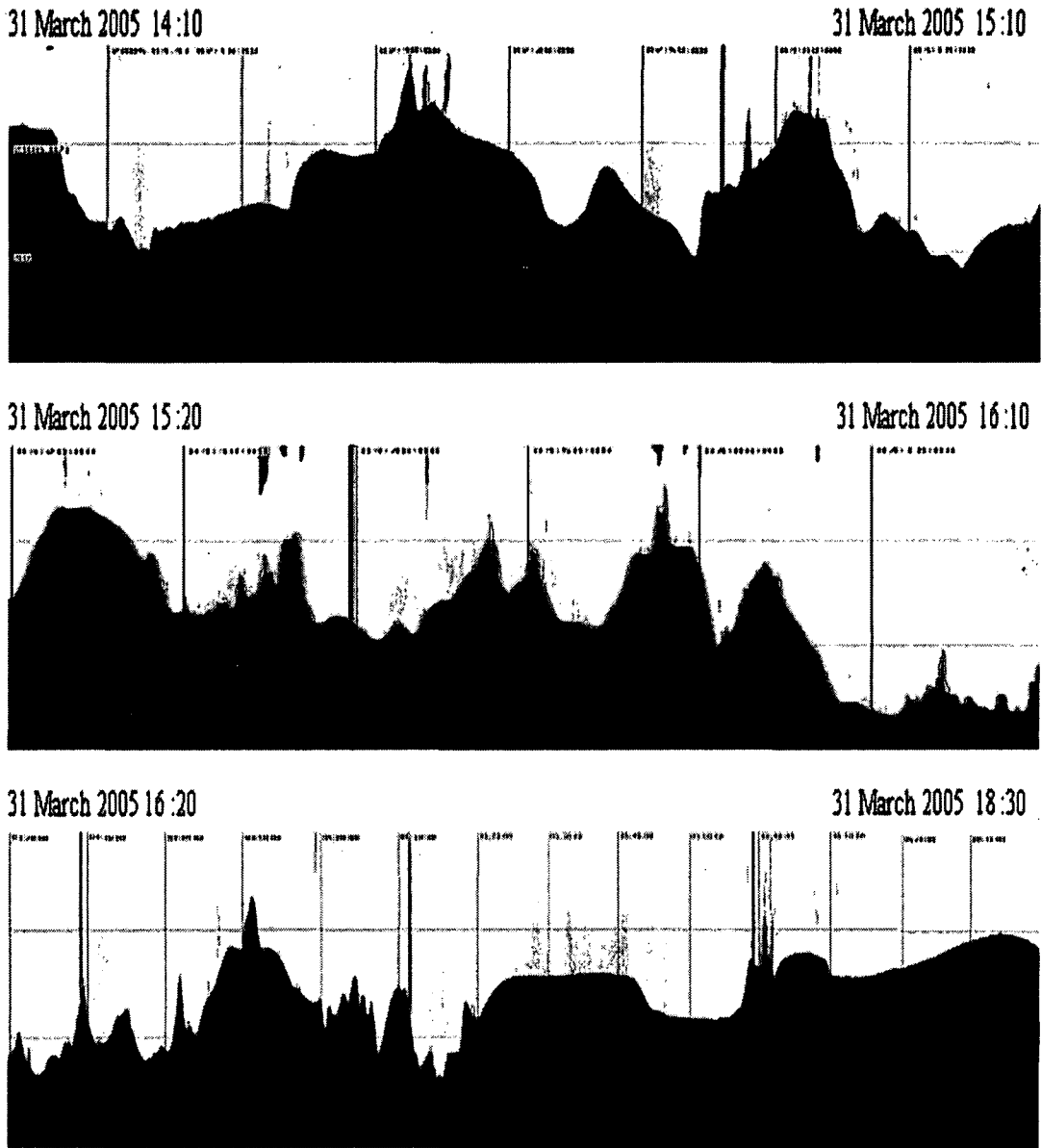


그림 4-7-16. 전남다도해형 바다목장에서 체적후방산란강도(SV)에 의한 3월의 어군 수직 분포.

22 April 2005 Yosu_Tank

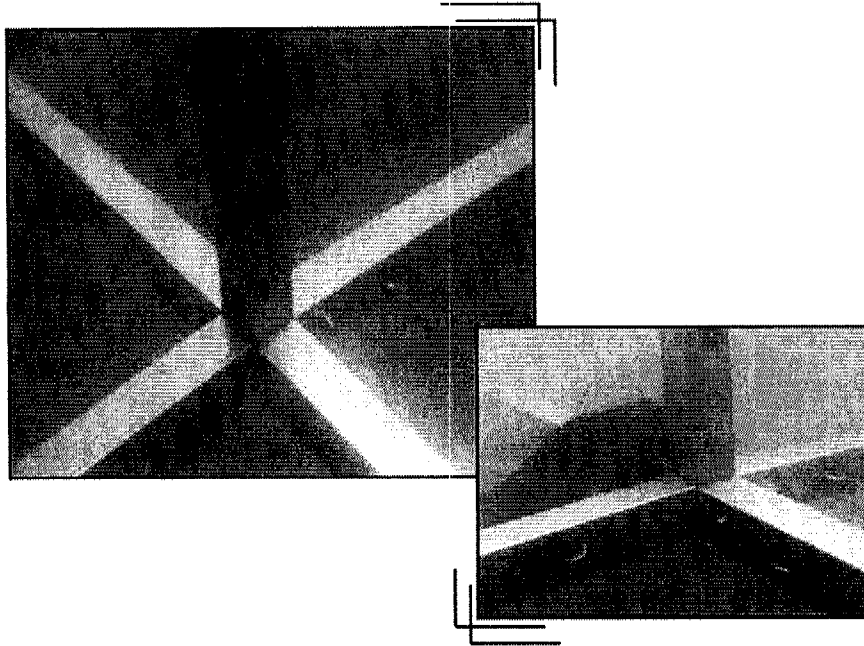


그림 4-7-17. 수중카메라 설치실험(2005.4.22).

또한, 2005년 5월에 안도 앞의 인공어초에 있어서 하이브리드 시스템의 기초실험을 행하였다. 먼저 다이버에 의해 인공어초의 위치와 어군분포 상황을 파악하였으며, 그 결과 인공 내와 주변에는 어류가 서식하고 있지 않은 것을 확인하였다. 그림 4-7-6의 계량어군 탐지기와 수중카메라를 부착한 하이브리드의 시스템의 기초 실험을 행하였다. 그림 4-7-18은 하이브리드 시스템의 수중카메라에 의해 촬영된 인공어초 주변의 상황으로 다이버에 의한 결과와 마찬가지로 어초 주변에는 어군이 서식하지 않은 것으로 나타났다. 당시 수중에 있어서 다이버에 의한 가시거리는 약 2~3m였으며, 수온은 16℃였다. 한편 계량어군탐지기에 의해 수집된 에코그램을 그림 4-7-19에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 계량어군탐지기로부터 어초까지의 거리는 3~4m였으며, 어초 주변에는 어군이 거의 나타나지 않았다.

이번에 실시한 어초 주변에 있어서의 자원량 평가 기술 개발을 위한 기초 실험 결과 아직까지 인공어초 주변에 있어서 어군이 서식하지 않아 어군량의 정량적 평가는 행할 수 없었다. 그러나, 인공어초가 설치되어 있는 안도 부근의 탁도(가시거리 2~3m)가 낮은 해역에 있어서, 다이버나 카메라에 의한 어종확인 및 자원량 추정은 여러 가지 조건에 따를 것으로 판단되어, 음향에 의한 자원 추정법의 개발이 더욱 필요하다는 것을 인식하였다.

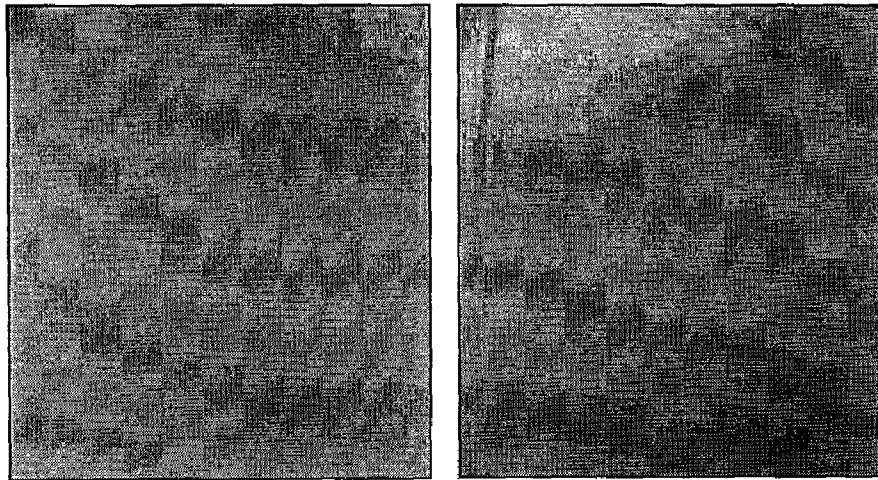


그림 4-7-18. 안도 인공어초 주변에서의 수중촬영 현황(가시거리 2-3m).

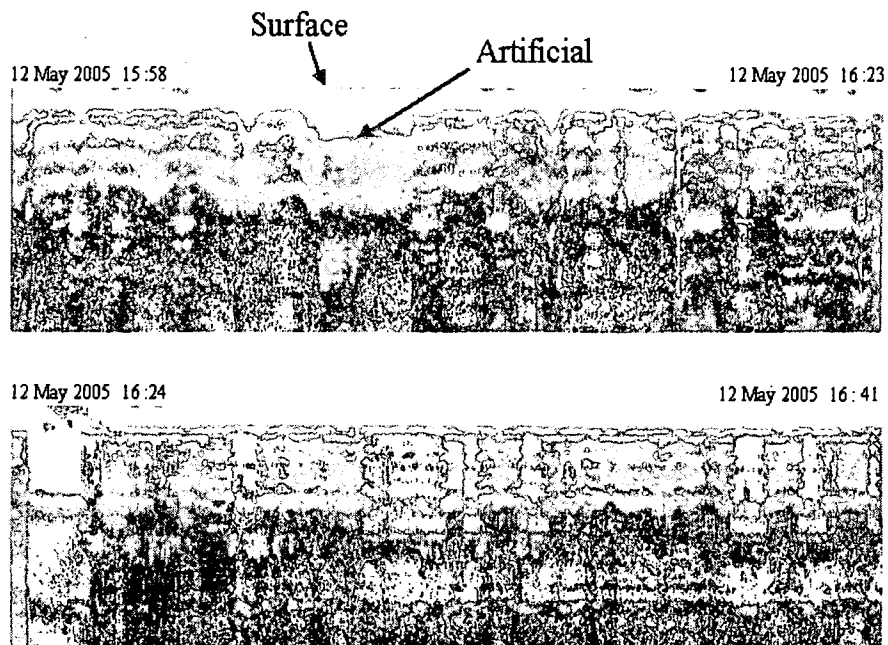


그림 4-7-19. 안도 인공어초 주변에서 기록한 에코그램.

음향을 이용한 수산자원 분포조사를 통하여 계절별 어군의 분포 상황을 파악하였으며, 여수 바다목장 해역에 있어서는 늦은 봄부터 초겨울까지는 안도 및 금오도 주변과 북쪽 해역에서 어군이 분포하고 있는 것으로 파악되었으며, 12월부터 늦은 봄 5월까지의 소리도 남쪽이나 외해 쪽에서 분포하고 있는 것으로 파악되었다.

인공어초 주변에서의 어군량 추정이나 중층에 분포하는 어군을 대상으로 한 어종확인을 위해 개발한 계량어군탐지기와 수중카메라를 같이 배열한 하이브리드 시스템의 기초 실험은 우리나라 남해안과 같이 가시거리가 낮은 해역에서는 직접조사의 제약을 보완할 수 있는 시스템으로 유용할 것으로 판단되었다.

(4) 문제점 및 개선 방향

어군탐지기에 의한 조사와 동시에 샘플링기구(어구)에 의한 채집이 이루어져 출현 어종에 대한 데이터의 직접적 수집이 필요하다. 향후 어구에 의한 직접조사와 병행하여 조사할 필요가 있으며, 어구에 의해 어획된 자료를 어군량 추정을 위한 참고자료로 활용할 필요가 있다. 또, 동해역의 생태학적 환경요소로서 동식물플랑크톤의 분포 특성을 파악할 필요성이 있으며, 동식물 플랑크톤의 종조성 및 분포밀도와 음향자료에서의 음향산란층의 분포와 밀도를 비교 할 필요가 있다.

일반적으로 어군탐지기는 38kHz, 120kHz, 200kHz 의 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 어군탐조사가 선행되어야 한다고 생각한다. 그러나 현 상태는 조사선의 규모, 장비 설치상의 문제점 등으로 인하여, 200kHz 단일주파수만을 이용하여 데이터를 수집하였다.

현재 바다목장 조성단계에서 바다목장 해역에 있어서의 전반적인 생물자원(어류 및 플랑크톤)의 분포를 계량어군탐지기를 이용하여 조사하고 있으며, 이와 병행하여 특정어종(바다목장 대상어종; 감성돔, 들돔, 볼락 등)에 대한 분포를 추적하기 위하여 잠수조사 정점에서의 정밀조사를 실시하였다.

향후 잠수정점이나 인공어초 주변에 있어서 다이버와 어구에 의한 어종확인조사를 지속적으로 실시하고 이를 토대로 한 대상어종의 생물량을 추정을 시도하고자 하며, 고밀도 어군이 분포하는 지역에 있어서의 어종확인을 위한 조사를 병행(수중카메라 등)을 추진하고자 한다. 또한 이번에 개발한 하이브리드 시스템의 설치상의 문제점을 파악하고 이를 개선하여, 음향을 이용한 바다목장 해역에 있어서의 자원량 추정법을 실용화한다.

다. 잠수조사

(1) 안도

안도 자연 암반에서 확인된 어종 수는 총 33종으로서, 조사 시기별로는 2003년 6월에 25종, 2004년 1월에 12종 및 2004년 6월에 22종으로 수온의 변화에 따라 어종수의 차이가 많았다. 정점별로는 안도의 북쪽에 위치한 정점 A에서 24종이 관찰되어 가장 많았고 안도의 서쪽의 정점 D에서 16종이 확인되어 가장 적었다. 정점 D를 제외하고는 6월 조사에서 정점당 11~18종, 1월 조사에서는 6~7종이 확인되었다. 어종별로는 미역치, 불락, 쥐노래미류, 자리돔 및 놀래기류는 계절이나 정점에 상관없이 정착하여 확인되었고, 붉바리, 참돔 등의 어종들은 한 군데서만 조사되었다(표 4-7-8).

정점 A: 안도의 북쪽 끝에 위치하고, 반성수도를 사이로 조삼서를 바라보고 있으며, 조사시 시야는 3~4m, 수온은 21°C였다. 최대 수심은 14.4m이고 주로 5~11m사이를 관찰하였는데, 이동한 거리는 약 60m이었다. 다양한 해저지형을 형성하였고 해조류는 없었으며, 보라성게나 해삼 등은 자원량이 많았다. 표층 근처에 전장 3~5cm 크기의 멸치떼가, 돌이나 바위틈에서 15~18cm 급의 불락이 약 62마리 관찰되었다. 쥐노래미의 경우 주로 8~10cm 크기의 작은 개체들이 많았으나 40cm 가량의 큰 개체도 1마리 관찰되었다. 또한 감성돔의 경우 30~40cm 크기의 10마리 가량이 반구형어초 주위에서 확인되어 이전의 조사들과 마찬가지로의 경향을 나타내었다. 2003년 6월 조사의 18종보다는 다소 감소한 12종이 출현하였다(표 4-7-9).

정점 B: 안도의 서남쪽 끝에 위치하고 칼바위라고 불리는 곳이다. 조사시 시야는 2~3m, 수온은 20°C이었다. 최대 수심은 13m이고, 이동한 거리는 약 80m이었다. 수심 11~12m에 큰 바위들이 형성되어 있고 홍합이 많이 부착해 있었다. 30~40cm의 벙에돔이 무리를 지어 약 56마리 관찰 되었고, 참돔은 약 13마리 가량 확인되었다. 또한 돌돔은 30~40cm 급의 4마리가 확인되었다(표 4-7-10).

정점 C: 안도의 남쪽에 위치한 이야포만에서 수중 조사를 실시하였다. 조사시 시야는 1~3m 정도였고, 이동 거리는 80m 가량이었다. 정점 B와 유사한 바위가 많은 해저 지형이었고, 바위 위에는 히드라를 제외하고는 다른 부착생물이 없었다. 전장 15~20cm 급의 불락이 약 80개체 관찰되었고 수심 5~6m의 얕은 곳에서 25~30cm 크기의 벙에돔이 무리를 지어 약 50마리 확인 되었다(표 4-7-11).

정점 D: 안도의 서쪽에 있는 방파제 위치이고, 테트라포트가 쌓여져 많은 틈과 공간을 형성하고 있었다. 시야는 2~3m, 수심은 10m 가량이었고 이동한 거리는 40m 정도였다. 수심 3m의 얕은 테트라포트에는 모자반과 굴이 무성히 부착해 있었다. 전장 5cm의 어린 불락 20마리와 12~15cm 크기가 10마리, 40~50cm의 감성돔이 2마리 관찰되었다. 수심 3m의 얕은 곳에서는 어린 일곱동갈망둑이 무리를 지었고, 30~35cm 크기의 벙에돔이 45마리 가량 조사되어 이 전의 조사와 마찬가지로 인공구조물에 대한 반응을 보였다(표 4-7-12).

표 4-7-8. 안도의 자연암반에서 확인된 총 어류 목록

No.	학명	국명	A			B			C			D		
			6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04
1	<i>Engraulis japonicus</i>	멸치			○									
2	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	○	○	○	○		○	○		○	○	○	
3	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
4	<i>Sebastes longispinis</i>	흰꼬리볼락						○						
5	<i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락	○											
6	<i>Sebastes thompsoni</i>	불볼락							○					
7	<i>Sebastes vulpes</i>	누루시볼락		○										
8	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	○	○	○	○		○	○		○			
9	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미		○	○	○		○		○	○	○	○	
10	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	○											○
11	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	○		○	○						○		
12	<i>Sillago japonicus</i>	보리멸	○											
13	<i>Epinephelus akaara</i>	붉바리	○											
14	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	○			○			○					
15	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	○		○			○					○	○
16	<i>Pagrus major</i>	참돔						○						
17	<i>Girella punctata</i>	벵에돔	○			○		○	○		○			○
18	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔						○	○		○	○		
19	<i>Ditrema temmickii</i>	망상어						○						
20	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어						○	○	○	○			○
21	<i>Chromis notata</i>	자리돔	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
22	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	○		○	○		○	○		○	○		○
23	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	○		○	○		○	○		○	○		
24	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	○			○		○						
25	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	○			○		○			○	○	○	
26	<i>Enneapterygius theostoma</i>	가막베도라치								○				
27	<i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑			○			○						
28	<i>Pterogobius elapoides</i>	일곱동갈망둑							○					○
29	<i>Cryptocentrus filifer</i>	실망둑	○											
30	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절							○			○		
31	Gobiidae sp.	망둑류		○										
32	<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치			○								○	
33	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	○							○				
			18	7	12	12	-	17	13	6	11	10	7	8
총 종 수			24			19			17			16		

표 4-7-9. 2004년 6월 안도 정점 A에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위

No.	학명	국명	전장 범위(cm)	개체수
1	<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	3~5	1000 ↑
2	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	6~8	100
3	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	15~18	62
4	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	15	1
5	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	8~10, 40	13, 1
6	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	40~50	2
7	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	30, 40	1, 8
8	<i>Chromis notata</i>	자리돔	15	120
9	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	5~10, 15	50, 110
10	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	10~20	20
11	<i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑	15	2
12	<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	5	1

표 4-7-10. 2004년 6월 안도 정점 B에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위

No.	학명	국명	전장 범위(cm)	개체수
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	50
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	12	1
3	<i>Sebastes longispinis</i>	흰꼬리볼락	15	1
4	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	30	1
5	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	15	8
6	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	40	1
7	<i>Pagrus major</i>	참돔	15, 35	12, 1
8	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	30~40	56
9	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	들돔	30~40	4
10	<i>Ditrema temmickii</i>	망상어	18	1
11	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어	12~16	50
12	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	15	300
13	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~15	50
14	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	10~15	25
15	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	20	2
16	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	25~30, 70	5, 1
17	<i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑	12	1

표 4-7-11. 2004년 6월 안도 정점 C에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위

No.	학명	국명	전장 범위(cm)	개체수
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5~7	200
2	<i>Sebastes inermis</i>	불락	15~20	80
3	<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	20	2
4	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	15~20	2
5	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	25~30 40	50 3
6	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔	30~35	4
7	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어	15	300
8	<i>Chromis notatus</i>	자리돔	15~18	500
9	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	10~15	300
10	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기	10~15	12
11	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔	20~30	8

표 4-7-12. 2004년 6월 안도 정점 D에서 확인된 어종, 개체수 및 전장 범위

No.	학명	국명	전장 범위(cm)	개체수
1	<i>Sebastes inermis</i>	불락	5, 12~15	20, 10
2	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	5	1
3	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	40~50	2
4	<i>Girella punctata</i>	벙에돔	30~35	45
5	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어	5	3000
6	<i>Chromis notata</i>	자리돔	12~15	100
7	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	15	20
8	<i>Pterogobius elapoides</i>	일곱동갈망둑	5	100

주요 수산 어종의 조사 시기별, 정점별 출현 양상은 표 4-7-13에 나타내었다. 개체수는 조사시마다 확인된 개체수의 평균값을 구하였고, 자원량은 개체수의 평균값을 조사 단위 면적으로 나누어 환산하였다.

개체수의 측면에서만 살펴보면, 볼락이 2003년 6월 조사에서 정점당 총 70~120마리가 출현하여 가장 많았고 1월 조사에서 11~32마리로 감소하였다가 2004년 6월 조사에서는 정점 B를 제외하고 30~80마리의 범위를 나타내었다. 감성돔의 경우 2004년 1월의 정점 D에서 방파제의 테트라포트 사이에서 월동 중이던 2마리를 제외하고는 소수의 개체가 6월 조사에서 확인되었다. 돌돔의 경우 6월 조사에서만 1~4마리 가량 관찰되었고, 병에돔의 경우 1월 조사에서는 관찰되지 않았고 6월 조사에서 무리를 지어 40~50마리 가량 조사되었다.

2004년 6월 조사의 4개 정점에서 출현한 주요 수산어종의 개체수를 더하여서 단위 면적당(100m²) 개체수로 환산해 보면, 볼락의 경우 총 173개체가 관찰되어 단위면적당 48.1마리로 환산되었다. 볼락의 단위면적당 개체수는 다른 조사 때에 비해 감소하였고, 감성돔은 총 12마리로 100m²당 3.3마리로서 다른 조사들에 비해서는 높은 값을 나타내었다. 병에돔은 약 154개체로 다른 조사에 비해서는 월등히 많은 단위면적당 42.8마리를 나타내었다. 또한 돌돔의 경우에도 단위면적당 2.2마리의 많은 개체수를 나타내었다(표 4-7-14).

바다목장내의 어종과 자원량 변동을 추정할 수 있는 장소를 안도로 선정하여, 동서남북의 고정 정점을 정한 후 조사를 실시하고 있으며, 향후 주요 수산어종이 많이 출현하는 고수온기에 주기적으로 장기간의 조사를 실시할 예정이다.

표 4-7-13. 안도에서 확인된 주요 수산 어종의 개체수

St.	A			B			C			D		
	6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04	6월 '03	1월 '04	6월 '04
날짜												
깊이(m)	9	12	14.5	17	-	13	14	12	14	12	15	10
종 수	18	7	12	12	-	17	13	6	11	10	7	8

주요 수산 종

<i>Sebastes inermis</i>	110	32	62	120	-	1	70	11	80	80	30	30
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	4	0	9	0	-	1	0	0	0	0	2	2
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	0	0	0	0	-	4	1	0	4	1	0	0
<i>Girella punctata</i>	40	0	0	3	-	56	2	0	53	0	0	45

표 4-7-14. 안도 주변 해역의 주요 수산어종 자원량

날짜	2003년 6월		
총 조사면적(m ²)	390m ²		
	전장(cm)	총 개체수	No. of indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	5~15	380	97.4
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	30~45	4	1.0
<i>Girella punctata</i>	15~30	48	12.3
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	8~20	3	0.8

날짜	2004년 1월		
총 조사면적(m ²)	130m ²		
	전장(cm)	총 개체수	No. of indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	7~18	73	56.2
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	27~30	2	1.5
<i>Girella punctata</i>	0	0	0
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	0	0	0

날짜	2004년 6월		
총 조사면적(m ²)	360m ²		
	전장(cm)	총 개체수	No. of indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	5~20	173	48.1
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	30~40	12	3.3
<i>Girella punctata</i>	25~40	154	42.8
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	30~40	8	2.2

(2) 수중 구조물

전남 다도해형 바다목장 해역내 각종 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링은 작년에 이어 실시하였고, 여러 구조물에서의 어류 출현 현황, 어류상 및 자원 조성 현황을 조사한 결과를 계속 보완하는 방법으로 취합하여 정리하였다.

(가) 세라믹어초

전남 다도해형 바다목장 해역내의 금오도와 소리도에 설치된 세라믹 어초에서 잠수 조사를 통해 어종과 자원위잡효과를 조사하였다. 금오도 용머리에 설치된 세라믹어초는 수심 11m의 사패질에 있고, 소리도 남동쪽 소룡단에 시설된 세라믹어초는 수심 18~22m의 잔 돌이 깔린 바닥에 설치되어 있다.

① 소리도 세라믹어초

어초 시설 후 처음 실시한 2004년 1월 조사에서 수온 10~11℃였고, 미역치와 볼락 2

종만이 관찰되었고 2마리씩 적은 개체수만 확인되었다. 4월에는 수온이 14℃였고 세라믹 판위에 따개비가 붙기 시작하였다. 미역치, 볼락, 불볼락의 3종이 출현하였고, 볼락은 1~15cm 크기가 8마리 관찰되었다. 8월에는 수온은 표층이 25℃, 바닥에는 18~19℃이었고 수심 11m 층에는 적조띠가 형성되어 있었다. 총 7종의 어류가 관찰되었는데 4월에 이어 미역치, 볼락, 불볼락과 함께 자리돔, 인상어 등이 출현하였다. 4월 조사때와 유사한 크기의 볼락이 25마리 가량 관찰되어 개체수가 증가하였고, 자리돔을 제외하고는 적은 개체수였다. 9월 조사에서는 수온은 25℃이고 18종의 가장 많은 어종이 출현하였다. 어초의 상층부에는 전장 6~9cm 가량의 줄도화돔과 11~15cm급의 전갱이류가 수 백마리 무리를 지어 관찰되었고 어초의 중간, 아랫부분에 볼락이 많이 확인되었는데, 특히 어초가 서로 겹쳐져 있는 곳에 더 많았다. 또한 15~18cm 크기의 말쥐치가 약 15마리 확인되었고, 나머지 어종들은 개체수가 10마리 이하였다(표 4-7-15).

이와 같이 볼락 같은 정착성 어종들은 조사시마다 관찰되긴 하였지만 개체수가 적었고 수온이 상승하면서 어종수는 증가하는 전형적인 온대 해역의 특징을 보였다. 수온이 가장 따뜻한 9월 조사에서 회유성의 전갱이류, 줄도화돔 등이 일시적으로 관찰되기도 하였으며, 향후 감성돔, 벵에돔 등의 주요 수산어종의 인공 구조물에 반응하는 행동 패턴을 연구할 필요성이 있다.

표 4-7-15. 소라도 세라믹어초에서 확인된 어종 및 개체수(개체수 : +<10, 10<++<100, 100<+++<1000, ++++>1000)

No.	학명	국명	1월 '04	4월	8월	9월
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	+	+	+	+
2	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	+	+	++	++
3	<i>Sebastes longispinis</i>	흰꼬리볼락				+
4	<i>Sebastes thompsoni</i>	불볼락		+	+	+
5	<i>Sebasticus marmoratus</i>	솜뱅이				+
6	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어				+
7	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔				+++
8	Carangidae sp.	전갱이류				+++
9	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔				+
10	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어			+	+
11	<i>Chromis notata</i>	자리돔			++	+
12	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기			+	+
13	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기				+
14	<i>Semicossyphus reticulatus</i>	흑돔				+
15	<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치				++
16	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절				+
17	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치				+
18	<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치			+	++
			2	3	7	18

② 금오도 세라믹어초

용머리에 시설된 세라믹 어초에서 처음 실시한 1월 조사에서 수온은 9℃였고, 어류는 관찰되지 않았다. 8월에는 수온이 22~23℃이었고 어초에는 지중해담치가 부착하기 시작하였다. 미역치, 돌돔, 인상어 등의 6종이 확인되었는데, 20~30cm 크기의 돌돔이 10마리 관찰되었고, 용치놀래기를 포함한 다른 어종들은 적은 개체수만 확인되었다(표 4-7-16).

표 4-7-16. 금오도 세라믹어초에서 확인된 어종 및 개체수(개체수 : +<10, 10<++<100, 100<+++<1000, ++++>1000)

No.	학명	국명	1월 '04	8월
1	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치		+
2	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔		++
3	<i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어		+
4	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기		+
5	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	두줄망둑		+
6	<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치		+
			0	6

(나) 실험어초

① 사다리꼴 복합 강제어초

안도 이야포만의 시험어초 2기 중의 하나인 사다리꼴 복합 강제어초는 수심 14m의 사패질바닥에 설치되었고 높이는 4m이다. 총 8번의 조사에서 총 20종이 확인되었으며, 수온이 높은 8월부터 11월까지의 월별로 8~13종이 출현하였다. 이 시기에는 줄도화돔, 볼락, 돌돔, 말쥐치 등이 무리를 지어 많은 개체수가 확인되었다. 그러나 12월부터 어종과 개체수가 급격히 감소하여 월별로 0~5종만이 나타났다. 수온이 높은 시기에 출현한 어종들은 모두 출현하지 않고 미역치나 바닥문절만이 소수로 확인되어 급격한 자원량 변동 양상이 나타났다(표 4-7-17).

수온이 낮은 시설된 후 처음 조사한 4월에는 수온이 14℃였고 어류가 출현하지 않았다. 8월에는 수온이 20℃이었고 8종이 조사되었는데, 전장 15~16cm 크기의 볼락이 약 55마리 관찰되었고 15~17cm급의 말쥐치가 15마리 확인되었다. 또한 미역치, 용치놀래기, 바닥문절이 20~50개체 가량 출현하였다. 9월에는 수온이 24℃이었고 13종이 출현하였다. 전장 14~17cm의 볼락이 150마리 정도로 많았고 15~17cm급의 말쥐치도 무리를 지어 약 150마리 가량 관찰되었다. 8~14cm 크기의 어린 돌돔이 14마리 가량 되었다. 10월에는 총 11종이 조사되었는데, 볼락이 50마리, 돌돔이 40마리 정도 관찰되었다. 말쥐치 18~24cm 크기가 60개체 정도 확인되었다. 11월 조사에서는 총 10종이 조사되었고, 줄도화돔이 어초 주위에서 무리를 지었고 벤자리 유어들이 섞여 있었다. 돌돔과 말쥐치 역시 15

0~200마리 가량 관찰되었고, 볼락도 약 200개체 확인되었다. 용치놀래기, 쥐치, 쥐노래미 등이 소수로 나타났다. 12월 조사에서는, 11월과 마찬가지로 줄도화돔이 가장 많은 개체수를 차지하였고, 쥐치, 말쥐치, 비단망둑 등 총 5종이 관찰되었다. 2004년 2월에는 모든 어종들과 개체수들이 급격히 감소하여 미역치와 바닥문절만이 적은 개체수로 나타났다. 또한 4월에는 수온이 13℃이었고 시야가 많이 흐렸다. 미역치와 바닥문절만 관찰되었고 다른 큰 어종들은 확인하지 못했다(표 4-7-17).

표 4-7-17. 안도 실험어초(사다리꼴 복합 강제어초)에서 확인된 어종 및 개체수(개체수 : +<10, 10<++<100, 100<+++<1000, +++>1000)

No. 학명	국명	4월 '04	8월	9월	10월	11월	12월	2월 '05	4월
1 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치		++	++	++			+	++
2 <i>Sebastes inermis</i>	볼락		++	+++	++	+++			
3 <i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미					+	+		
4 <i>Platycephalus indicus</i>	양태					+			
5 <i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔				++++	++++	++++		
6 Carangidae sp.	전갱이류			+++					
7 <i>Parapristipoma trilineatum</i>	벤자리				+	+			
8 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔		+	++	++	+++			
9 <i>Ditrema temminckii</i>	망상어				+				
10 <i>Neoditrema ransonnetii</i>	인상어		+	++					
11 <i>Chromis notata</i>	자리돔				+				
12 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기		+	+					
13 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기		++	++	++	++			
14 <i>Parapercis sexfasciata</i>	쌍둥가리			+					
15 <i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치			+					
16 <i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절		++	++				+	+
17 <i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑			+		+	+		
18 <i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치				+				
19 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치			+	+	+	+		
20 <i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치		++	+++	++	+++	+		
		0	8	13	11	10	5	2	2

② 덩형 복합 강제어초

안도 이야포만의 설치된 덩형 복합 강제어초는 수심 14m의 사패질 바닥에 설치되었고 높이는 4m이다. 8번의 조사에서 총 21종의 어류가 확인되었으며, 사다리꼴 어초와 마

찬가지로 수온이 높은 9월부터 11월까지는 월별로 7종에서 13종의 범위로 확인되었으며, 불락, 돌돔 및 말쥐치 등의 어종들이 무리를 지어 백 마리 이상씩 출현하였다. 그러나 수온이 낮은 시기에는 1~3종이 월별로 확인되었으며, 미역치나 바닥문절이 소수로 나타났다(표 4-7-18).

시설된 후 처음 조사한 4월에는 수온이 14℃였고, 25cm 크기의 조피불락 1마리가 관찰되었다. 8월에는 수온이 21℃이었고 5종이 관찰되었으며, 전장 13~16cm 크기의 불락이 약 250마리 가량 많은 개체수가 확인되었다. 미역치를 제외하고는 다른 어종들은 10개체 미만이었다. 9월에는 10종이 출현하였으며, 12~15cm의 불락이 약 120개체 확인되었고, 13~18cm 급의 말쥐치가 무리를 지어 약 300마리 출현하였다. 또한 8~18cm의 어린 돌돔이 15마리와 15cm 크기의 능성어 1마리가 확인되었다. 10월에는 총 13종이 확인되었고 30cm 크기의 붉바리 1마리와 14~20cm 크기의 불락이 25마리 관찰되었다. 18~22cm 급의 말쥐치와 돌돔이 각각 14개체 확인되었고, 30cm 크기의 감성돔이 1마리 출현하였다. 11월 조사에서는 총 7종이 조사되었고, 사다리꼴 어초와 마찬가지로 돌돔 300여 마리와 불락이 약 250마리 확인되었다. 또한 범돔이 100여마리로 많은 개체수를 나타내었고 나머지 쥐치, 말쥐치, 바닥문절 등은 소수로 관찰되었다. 12월 조사에서는 총 6종이 조사되었으며 11월 조사에서 많은 개체수가 출현하였던 범돔과 돌돔은 출현하지 않았고 불락은 적은 마리수만 확인되었다. 또한 쥐치, 말쥐치, 바닥문절 등 5종도 개체수가 적었다.

2005년 2월에는 미역치, 바닥문절 및 그물코쥐치의 3종이 몇 마리씩만 출현하였다. 4월에는 수온이 12℃이었고 다른 시험어초 조사와 마찬가지로 시야가 어두웠으나 미역치와 가시망둑만 관찰되었고 다른 큰 어종들은 확인하지 못하여 저수온기의 이야포만 내의 인공어초에는 목적인 감성돔은 물론 돌돔, 불락 등의 군집행동을 포함한 자원량 조사에 보다 정밀히 검토할 필요가 있을 것으로 보였다(표 4-7-18).

라. 이각망 실태 및 개선방안

(1) 환경

(가) 수온

전남 바다목장화 해역인 금오도 연안 이각망 어장에서의 월별 수온 분포를 조사한 결과, 8월에 24.9℃로 조사기간 중 가장 높았고, 점점 하강하여 2월에는 8.0℃로 가장 낮아졌으며, 4월에는 13.1℃로 상승하였다(그림 4-7-20).

(나) 염분

금오도 연안에서 조사기간 동안 염분의 변화를 조사한 결과, 8월에 29.6‰로 가장 낮았고, 10월에 30.6‰으로 상승하기 시작하여, 2월에 32.4‰로 가장 높게 나타났으며, 4월에 다소 하강한 31.0‰로 나타났다(그림 4-7-20).

표 4-7-18. 안도 실험어초(돔형 복합 강제어초)에서 확인된 어종 및 개체수(개체수 : <math>+<10, 10<++<100, 100<+++<1000, +++>1000</math>)

No. 학명	국명	4월	8월	9월	10월	11월	12월	2월	4월
		'04						'05	
1 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치		++	++	++			+	++
2 <i>Sebastes inermis</i>	볼락		+++	+++	++	+++	+		
3 <i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락	+							
4 <i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미		+						
5 <i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑								+
6 <i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔				++++				
7 <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어			+					
8 <i>Epinephelus akaara</i>	붉바리				+				
9 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔				+				
10 <i>Microcanthus strigatus</i>	범돔				+	+++			
11 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	돌돔			++	++	+++			
12 <i>Ditrema temminckii</i>	망상어			+	+				
13 <i>Chromis notata</i>	자리돔				+				
14 <i>Halichoeres tenuispinis</i>	놀래기			+					
15 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기		+	++	++	+	+		
16 <i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치			+					
17 <i>Sagamia geneionema</i>	바다문절		+	++		+	+	+	
18 <i>Istigobius hoshinonis</i>	비단망둑						+		
19 <i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치				++			+	
20 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치				++	+	+		
21 <i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치			+++	++	+	+		
		1	5	10	13	7	6	3	2

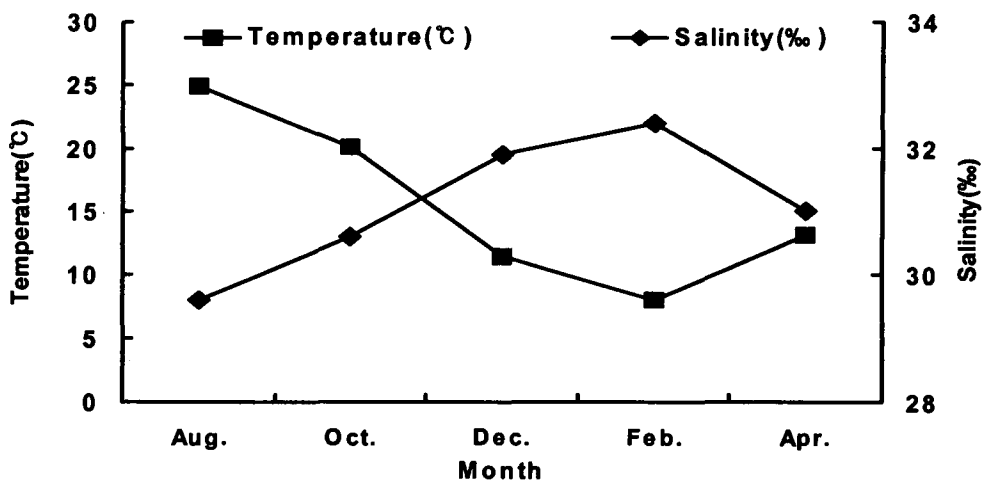


그림 4-7-20. 금오도 연안 해역의 수온(■-■)과 염분(◆-◆)의 월별 변동('04. 8~'05. 6).

(2) 어류목록 및 종조성

어류는 총 1綱 8目 29科 44種으로 총개체수와 총생체량은 각각 761개체, 150.37kg으로 이들의 월별 출현 개체수와 생체량은 표 4-7-19에 나타내었다. 채집된 어류 중 농어목(Perciformes)이 14科 19種으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)이 4科 7種, 가자미목(Pleuronectiforme)이 3科 5種으로 이들 3目に 포함된 어류가 총 31種으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는 目들로 나타났다(표 4-7-19).

科별로 보면 참복科(Tetraodontiformes) 어류가 4종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로 청어科(Clupeidae)가 3종으로 우점하는 科로 나타났다.

표 4-7-19. 금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 분류군('04. 8~'05. 6)

강	목	과	종
Actinoerygii	Anguilliformes	2	2
	Clupeiformes	2	4
	Lophiiformes	1	1
	Mugiliformes	1	1
	Scorpaeniformes	4	7
	Perciformes	14	19
	Pleuronectiforme	3	5
	Tetrodontiformes	2	5
합계	8	29	44

금오도 연안에서 채집된 어류의 월별 출현량을 살펴보면, 8월에는 28종으로 개체수는 257개체, 생체량은 17.02kg 으로 가장 많은 개체수가 출현하였고(그림 4-7-21), 이달에 우점한 종은 열동가리돔(*Apogon lineatus*)이 47개체로 최우점하였고, 다음으로 갈치(*Trichiurus lepturus*)가 23개체가 출현하여 우점하였다(표 4-7-20).

10월에는 30종으로 206개체, 22.11kg 으로 조사기간 중 가장 다양한 어종들이 출현하였다. 우점종으로는 전어(*Konosirus punctatus*)가 35개체 출현하여 최우점하였고, 다음으로 갈치(*Trichiurus lepturus*)가 31개체가 출현하여 우점하였다.

12월에는 21종이 출현하였고, 개체수와 생체량은 각각 132개체, 61.2kg 으로 나타났다. 이는 아가씨물메기(*Liparis agassizii*)와 꼼치(*Liparis tanakai*)의 출현으로 생체량이 크게 증가하는 것을 보여주었다. 우점종으로는 꼼치가 34개체로 최우점하였고, 다음으로 아가씨물메기가 15개체로 우점하였다.

2월에는 16종으로 77개체, 19.83kg 이 나타나 가장 적은 개체수를 보여주었다. 이달에

는 송어(*Mugil cephalus*)가 15개체, 6.52kg이 출현하여 최우점하였고, 다음으로 청어(*Clupea pallasii*)가 14개체가 출현하여 우점하였다.

이 조사 기간 중에 개체수의 경우 50개체 이상 출현한 어종은 전갱이(*Trachurus japonicu*), 전어, 갈치 및 송어로써 전체 출현개체의 29.43%를 차지하였고, 조사기간 중 5개체 이하로 출현한 어종은 청멸(*Thryssa kammalensis*), 성대(*Chelidonichthys spinosus*), 보리멸(*Sillago sihama*), 참돔(*Pagrus major*), 실망돔(*Cryptocentrus filifer*), 꼬치고기(*Sphyaena pinguis*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 흑밀복(*Lagocephalus gloveri*), 자주복(*Takifugu rubripes*), 줄복(*Takifugu pardalis*)으로 조사기간 중 1회 또는 2회만이 출현한 종들이었다.

그리고 조사기간 내내 출현한 어종으로는 볼락(*Sebastes inermis*), 조피볼락(*Sebastes schlegeli*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*), 보구치(*Argyrosomus argentatus*)로 나타났다.

개체수와 생체량의 변동을 살펴보면(그림 4-7-21), 개체수의 경우 8월 조사시 253개체로 가장 많은 개체수를 보였으나, 차츰 줄어들어 2월에는 77개체로 가장 적은 개체수를 보였고, 4월에는 93개체로 다소 증가하였다. 생체량의 경우에는 12월에 가장 많은 61.2kg를 보였으나, 2월에는 19.83kg으로 감소폭이 심하게 나타났다.

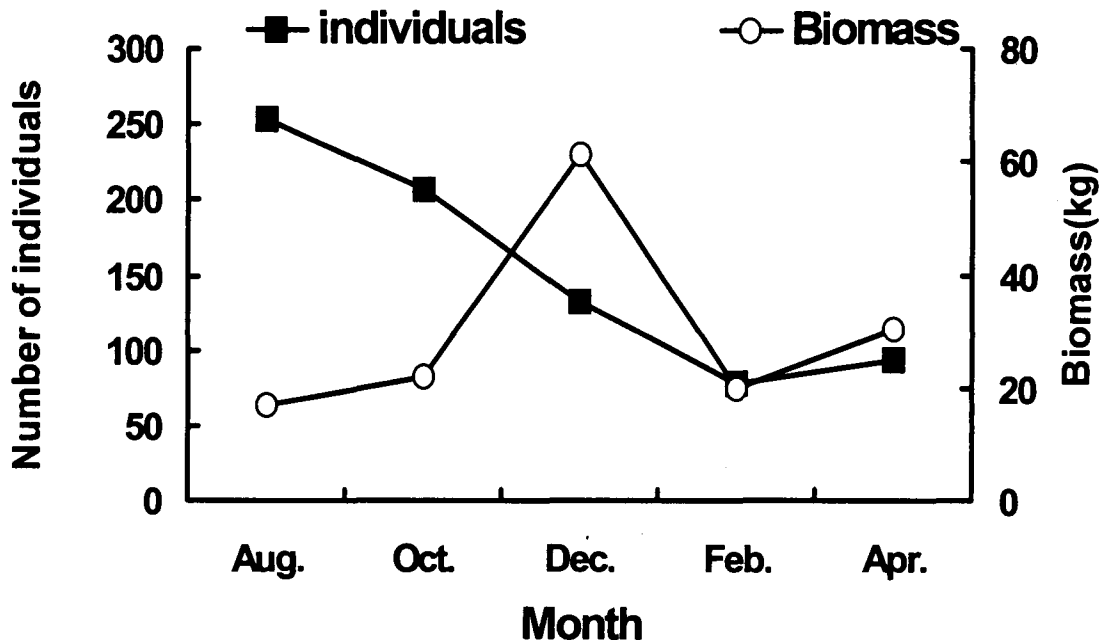


그림 4-7-21. 금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 월별 어류의 개체수와 생체량.

표 4-7-20. 금오도 연안 해역에서 이각망에 의해 채집된 어류의 종조성('04. 8~'05. 6)

학명 (국명)	8월		10월		12월		2월		4월		합계	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Muraenesax cinereus</i> (갯장어)	3	0.23	2	0.36	1	0.20	-	-	-	-	6	0.79
<i>Conger myriaster</i> (붕장어)	3	0.10	5	0.17	-	-	-	-	-	-	8	0.27
<i>Thryssa kammalensis</i> (청멸)	-	-	-	-	5	0.10	-	-	-	-	5	0.10
<i>Konosirus punctatus</i> (전어)	13	0.81	35	1.63	-	-	-	-	9	0.68	57	3.12
<i>Clupea pallasii</i> (청어)	-	-	-	-	-	-	13	0.70	-	-	13	0.70
<i>Sardinella zunasi</i> (밴댕이)	-	-	-	-	14	0.11	-	-	-	-	14	0.11
<i>Lophiomus setigerus</i> (아귀)	-	-	7	1.35	3	1.34	1	0.85	-	-	11	3.54
<i>Mugil cephalus</i> (송어)	3	1.31	-	-	-	-	15	6.52	34	15.95	52	23.78
<i>Chelidonichthys spinosus</i> (성대)	-	-	-	-	1	0.15	-	-	-	-	1	0.15
<i>Sebastes inermis</i> (블락)	2	0.11	3	0.28	6	0.67	1	0.02	1	0.03	13	1.11
<i>Sebastes schlegeli</i> (조피블락)	3	0.34	8	1.03	7	0.81	3	1.92	1	0.13	22	4.23
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)	10	1.65	4	0.62	-	-	-	-	5	0.91	19	3.18
<i>Hexagrammos agrammus</i> (노래미)	-	-	18	3.65	-	-	-	-	-	-	18	3.65
<i>Hexagrammos otakii</i> (귀노래미)	-	-	6	0.81	-	-	-	-	-	-	6	0.81
<i>Liparis agassizii</i> (아가씨물메기)	-	-	-	-	15	20.15	3	1.94	1	0.52	19	22.61
<i>Liparis tanakai</i> (폼치)	-	-	-	-	34	29.91	4	0.42	-	-	38	30.33
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	11	1.68	6	1.53	4	1.14	6	2.84	12	9.93	39	17.12
<i>Lateolabrax maculatus</i> (점농어)	8	0.92	7	0.61	5	0.78	3	0.41	7	0.54	30	3.26
<i>Apogon lineatus</i> (열동가리돔)	47	0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	47	0.53
<i>Sillago sihama</i> (보리멸)	2	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.09
<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)	28	1.36	16	0.47	12	0.61	-	-	5	0.32	61	2.76
<i>Leiognathus nuchalis</i> (주둥치)	14	0.11	11	0.16	7	0.10	4	0.18	3	0.08	39	0.63
<i>Pagrus major</i> (참돔)	-	-	2	0.41	-	-	-	-	-	-	2	0.41

표 4-7-20. 계속

학명 (국명)	8월		10월		12월		2월		4월		합계	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Acanthopagrus schlegeli</i> (감성돔)	11	0.96	4	0.52	2	0.39	4	0.74	1	0.3	22	2.91
<i>Argyrosomus argentatus</i> (보구치)	19	1.40	4	0.32	3	0.41	3	0.29	8	0.47	37	2.89
<i>Nibea albiflora</i> (수조기)	2	0.34	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.34
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (돌돔)	5	0.41	1	0.14	1	0.23	-	-	-	-	7	0.78
<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)	1	0.13	-	-	-	-	3	0.20	3	0.14	7	0.47
<i>Cryptocentrus filifer</i> (실망둑)	1	0.01	2	0.01	-	-	-	-	-	-	3	0.02
<i>Chaeturichthys hexanema</i> (도화망둑)	-	-	6	0.09	3	0.04	-	-	-	-	9	0.13
<i>Sphyrnaena pinguis</i> (꼬치고기)	2	0.19	1	0.07	-	-	-	-	-	-	3	0.26
<i>Trichiurus lepturus</i> (갈치)	23	1.08	31	1.06	-	-	-	-	-	-	54	2.14
<i>Psenopsis anomala</i> (셋돔)	8	0.56	3	0.23	-	-	-	-	-	-	11	0.79
<i>Pampus argenteus</i> (병어)	-	-	-	-	-	-	8	0.85	-	-	8	0.85
<i>Pampus echinogaster</i> (덕대)	16	1.27	6	2.54	-	-	-	-	-	-	22	3.81
<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)	1	0.47	3	0.53	-	-	-	-	-	-	4	1.00
<i>Kareius bicoloratus</i> (돌가자미)	-	-	6	1.05	3	0.60	-	-	-	-	9	1.65
<i>Limanda yokohamae</i> (문치가자미)	-	-	3	1.44	4	3.2	5	1.77	-	-	12	6.41
<i>Cynoglossus joyneri</i> (참서대)	3	0.28	3	0.16	-	-	-	-	3	0.21	9	0.65
<i>Cynoglossus robustus</i> (개서대)	9	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0.45
<i>Thamnaconus modestus</i> (말쥐치)	2	0.15	-	-	-	-	1	0.18	-	-	3	0.33
<i>Lagocephalus gloveri</i> (흑밀복)	-	-	1	0.76	-	-	-	-	-	-	1	0.76
<i>Takifugu niphobles</i> (복섬)	3	0.08	1	0.03	1	0.02	-	-	-	-	5	0.13
<i>Takifugu rubripes</i> (자주복)	-	-	-	-	1	0.24	-	-	-	-	1	0.24
<i>Takifugu pardalis</i> (줄복)	-	-	1	0.08	-	-	-	-	-	-	1	0.08
합계	253	17.02	206	22.11	132	61.2	77	19.83	93	30.21	761	150.37
종 수	28		30		21		16		14		45	

(3) 방류 감성돔의 채포율

조사기간 동안 감성돔은 총 22개체, 2.91kg 으로, 매월 출현하였다. 그 중 방류 감성돔이 총 9개체가 채포 되어, 전체 감성돔 출현량의 40.90%를 차지하였다(그림 4-7-22). 채포된 방류 감성돔은 8월에 5개체로 가장 많은 개체를 보였고, 4월의 경우 방류 감성돔은 출현하지 않았다.

방류 감성돔은 체장·체중 조사를 실시한 결과, 체장의 경우 8월에 15.6cm (13.8~17.4cm)에서 차츰 성장하여, 12월에는 21.4cm로 체장이 늘어났으나, 2월에는 21.7cm로 성장이 둔화 되었다. 체중의 경우 체장과 마찬가지로 12월까지 182.6g으로 급격히 증가하였으나, 2월에 190.5g으로 증가가 다소 주춤하기 시작하였다(그림 4-7-23).

(4) 군집구조

2004년 8월부터 2005년 6월까지 여수시 금오도 인근해역의 이각망에 의해 채집된 어류의 월별 종 다양도지수(H')는 2.1054~2.9172 로, 그 중 출현종 다양하고 개체수가 많은 10월 조사에서 가장 높은 2.9172 으로 나타났고, 2005년 4월에 종다양도지수는 2.1054로 가장 낮은 값을 나타내었다(그림 4-7-24).

균등도 지수는 0.7978~0.8992로 2월에 가장 높고, 4월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 우점도 지수의 경우는 0.2964~0.4946으로 4월에 가장 높았고, 8월에 가장 낮은 값을 나타내었다(그림 4-7-24).

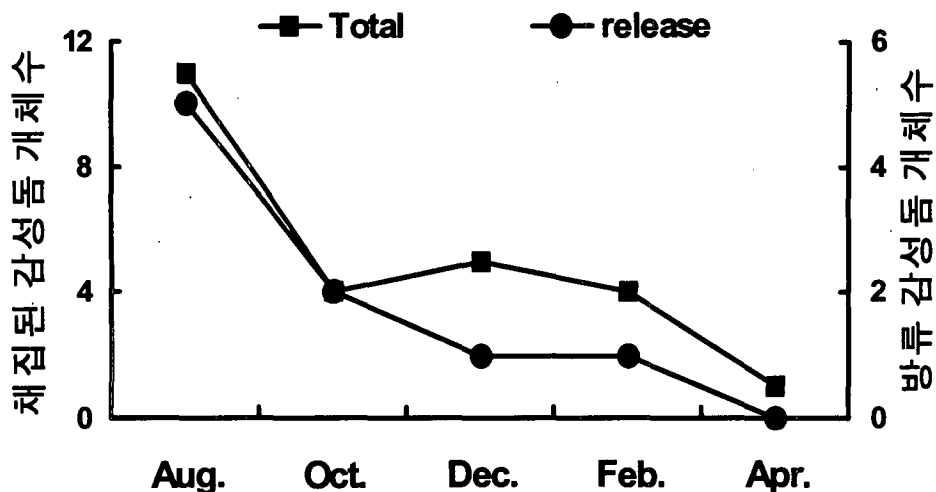


그림 4-7-22. 금오도 연안 해역의 이각망에 채집된 감성돔의 월별 개체수('04. 8~'05.

6).

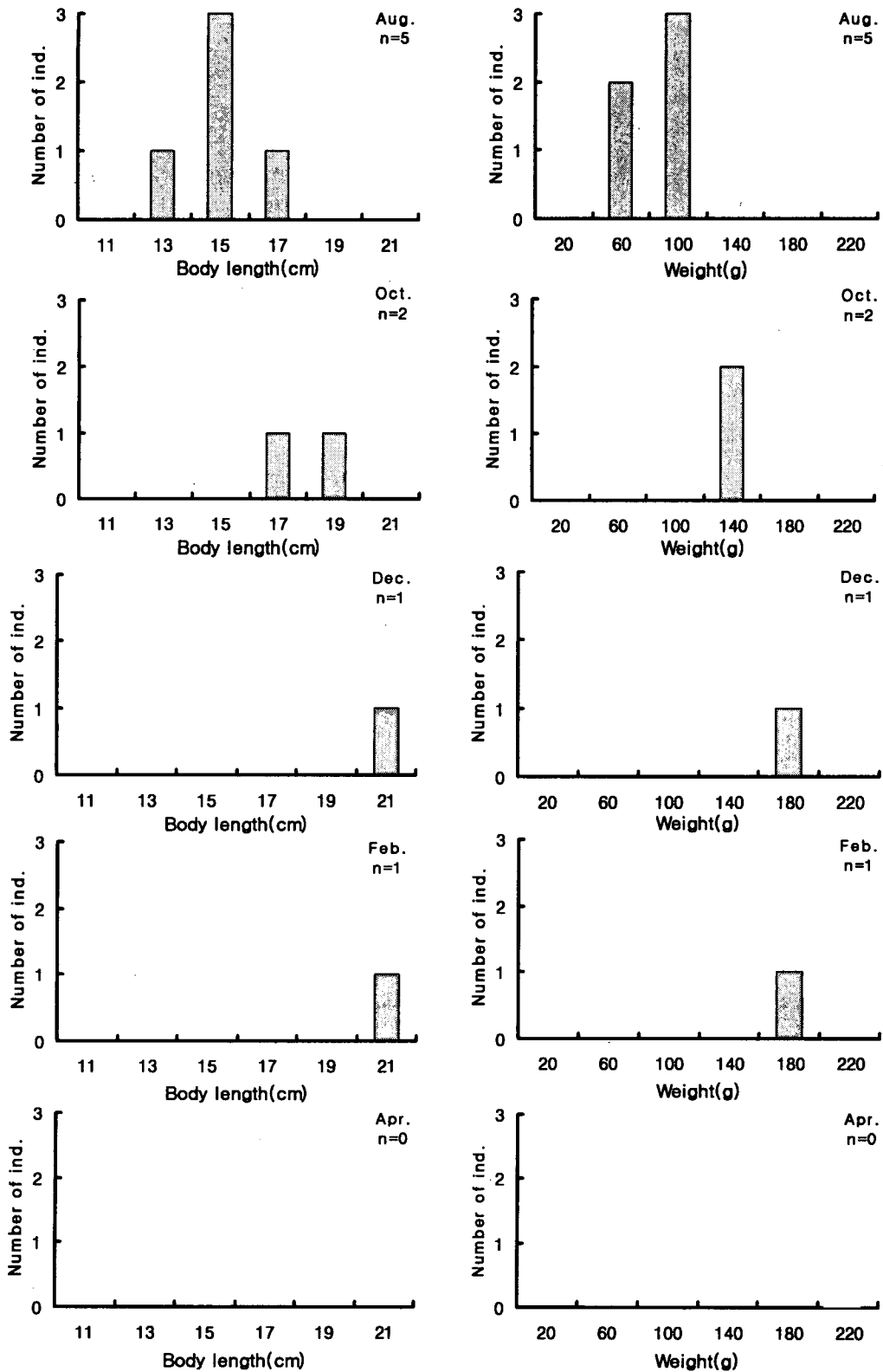


그림 4-7-23. 금오도 연안의 이각망에 의해 채집된 감성돔의 체장·체중 조성('04. 8~'05. 6).

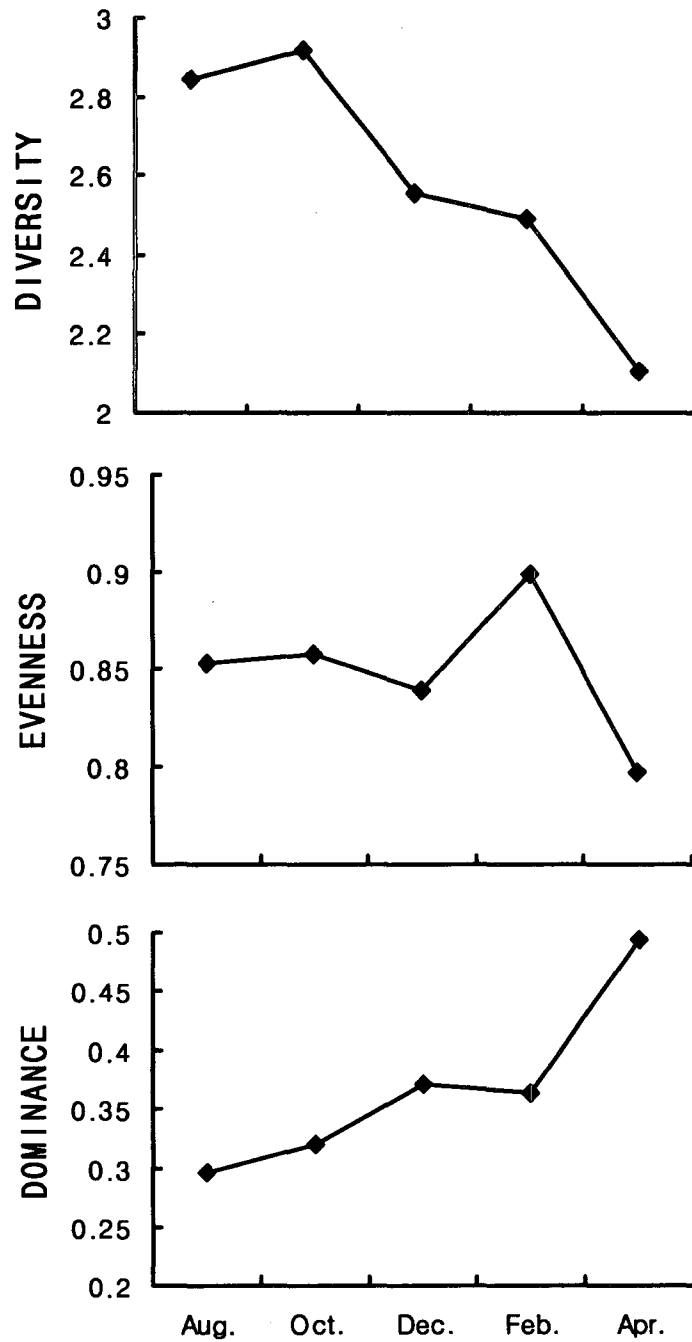


그림 4-7-24. 월별 종 다양도지수와 균등도 지수 및 우점도 지수('04. 8~'05. 6).

월별 군집의 유사도를 보면, 8월과 10월에 0.013으로 매우 유사한 군집상을 보였고, 다음으로 2월과 4월이 0.081로 군집상을 나타냈다. 이는 8월과 10월에 전어, 전갱이, 주둥치, 갈치 등이 우점하고 있는 점에서 비슷하여 상대거리차가 가장 작은 매우 유사한 군집상을 보였다(그림 4-7-25).

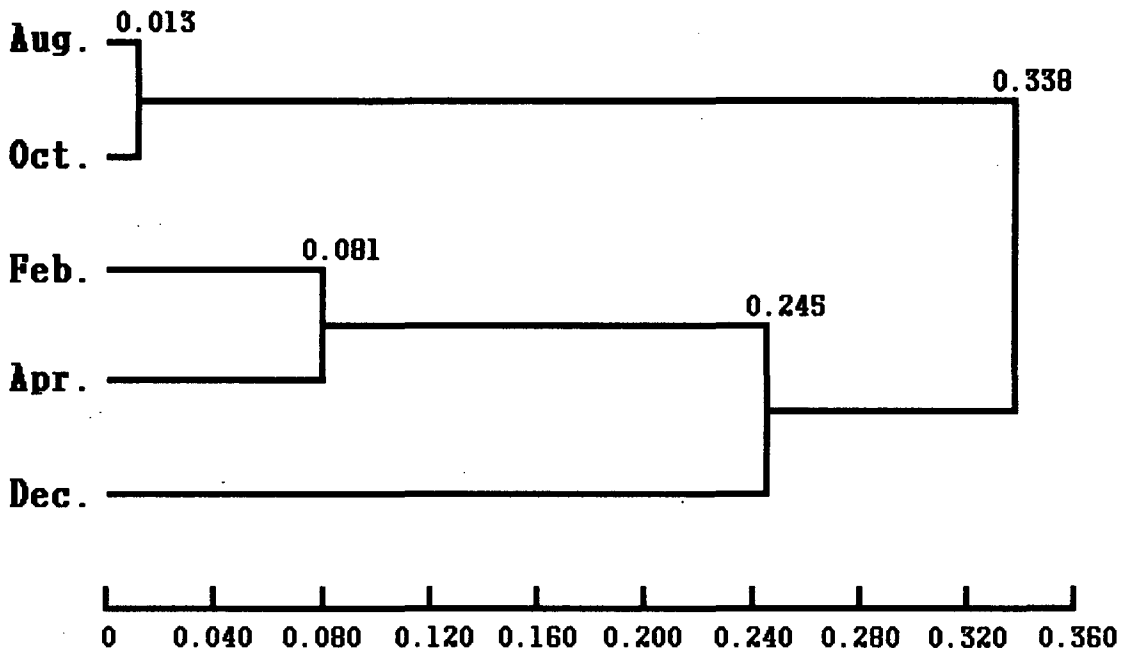


그림 4-7-25. 금오도 이각망의 월별 유사도('04. 8~'05. 6).

마. 유전자원 조사

(1) 감성돔 방류어의 유전적 특성 파악을 위한 RAPD 분석

방류어 감성돔의 유전적 특성을 파악하기 위하여, 2003년 및 2004년도 방류 감성돔과 여수, 완도, 고흥, 삼천포 및 고성에서 감성돔 자연집단 시료를 비교분석하였다. 방류집단과 자연집단의 유전적 특성 및 차이를 분석하고, 두 집단간 차이를 나타내는 DNA 마커를 확보하기 위하여 RAPD 분석을 실시하였다. 10mer로 이루어진 30개의 random primer를 사용하여 분석한 결과 중 6개의 primer는 5개 이상의 다형 DNA 단편을 생성하였다. 이들 다형 DNA 단편은 집단 특이적이지 않았으며, 방류집단 및 자연집단에서의 출현 빈도율도 차이가 없었다. 이런 결과는 방류해역에서 방류로 인한 유전자원의 gene pool 구조 변화는 없을 것으로 추정 가능케 하며, 또한 방류 종묘의 유전적 특성 변화 및 방류종묘 구분을 위한 연구의 기초 자료로 사용이 가능하다.

(2) 감성돔 미토콘드리아 DNA 증폭 및 클로닝

참돔의 미토콘드리아 DNA 염기서열을 근거로 제작한 primer를 이용하여 감성돔 미토콘드리아 DNA를 증폭하고 분석한 결과, 미토콘드리아의 cytochrome b 유전자의 크기는 1,140 bp (그림 4-7-26)이었으며, 조절영역의 크기는 989 bp이었다. Cytochrome b 유전자의 염기서열을 상동성 검색을 실시한 결과, *Sparidentex hasta*의 cytochrome b 유전자와 89%, *Acanthopagrus berda*의 cytochrome b 유전자와 88%의 상동성을 나타내었다.

1	atggcaagccttcgaaaaacgcacccttattaataaaattgctaatacatgcagtaattgac	60
	M A S L R K T H P L L K I A N H A V I D	
61	ctaccggcaccctctaataatctccgtttgatgaaatggtcccttctcgggtctctgc	120
	L P A P S N I S V W W N F G S L L G L C	
121	ttaatctcccaacttcttacaggactatttcttgccatgcactatacttccgacattgcc	180
	L I S Q L L T G L F L A M H Y T S D I A	
181	acagccttttctccgtagctcacatctgccgagatgtaaactacggatgactaatccga	240
	T A F S S V A H I C R D V N Y G W L I R	
241	aacctccacgccaacggagcatctttcttcttcatctgtatttacctccacatcggacga	300
	N L H A N G A S F F F I C I Y L H I G R	
301	ggactttgttacggctcctacctctataaagaacctgaaacattggagtcattctcctt	360
	G L C Y G S Y L Y K E T W N I G V I L L	
361	ctactagttatagcaacagcttctcgtagggatgtcctcccttgaggacaaatgtccttt	420
	L L V I A T A F V G Y V L P W G Q M S F	
421	tgaggagcaactgtcattaccaaccttctgtctgccgtcccctacatcggcgggacactc	480
	W G A T V I T N L L S A V P Y I G G T L	
481	gtccaatgaatttgaggcggattttcagttgacaacgcaaccctaaccgcttctctcgt	540
	V Q W I W G G F S V D N A T L T R F F A	
541	ttccacttctccttcttttatcgtagccgccataactatactacacctcctcttcccta	600
	F H F L L P F I V A A I T I L H L L F L	
601	catgaaacaggtcaaacaacctctcggcctaaactccgacacggacaaaatttcttctc	660
	H E T G S N N P L G L N S D T D K I S F	
661	catccatacttctcttacaagaccttctaggatttgccggcgtaattattctattaact	720
	H P Y F S Y K D L L G F A G V I I L L T	
721	tgtctagcattatttgcccccaacctgcttgagaccagacaacttaccctgcaaac	780
	C L A L F A P N L L G D P D N F T P A N	
781	cctttagttaaccacaacctatcaagcccgaatgatacttcttatttgcgtagctatt	840
	P L V N P T H I K P E W Y F L F A Y A I	
841	ctacgctccattcctaataaactaggaggagtccttgccctcctggcctcaattctagtc	900
	L R S I P N K L G G V L A L L A S I L V	
901	ctcatagttgtccccatactccacacttctaacaacggagcctaacttccgaccagta	960
	L I V V P I L H T S K Q R S L T F R P V	
961	accaattcctattctgagcacttattgcaaacgtagtaatcctcacgtgaatcggcgggt	1020
	T Q F L F W A L I A N V V I L T W I G G	
1021	ataccagttgaagaccttatattattattgggtcaaattgcatctctcacctacttctcc	1080
	I P V E E P Y I I I G Q I A S L T Y F S	
1081	cttttcttagtaattatccccacagcagcagcaatgaaaacaaaagtattaggctgacaa	1140
	L F L V I I P T A A A M K T K V L G W Q	

그림 4-7-26. 감성돔(*Acantopagrus schlegelii*) 미토콘드리아 cytochrome b 유전자의 염기 서열. ※ GenBank에 등록 (2005.5. Accession No. DQ069319).

(3) 감성돔 미토콘드리아 DNA의 D-loop 영역 PCR-RFLP 및 haplotype 분포

감성돔 미토콘드리아의 조절영역 전체를 증폭시킨 PCR 산물을 제한효소 Afa I, Alu I, Hsp92II, Mbo I 및 Dde I 으로 절단한 후, 전기영동하여 절단된 단편을 확인하였고, haplotype을 분석하였다. 2개의 방류 감성돔 집단 및 5개의 자연집단 시료 300개를 분석한 결과, 5개의 제한효소에 의해 20개의 haplotype이 나타났으며(표 4-7-21), 2003년도에 방류한 감성돔 집단에서는 14개의 haplotype을 확인하였으며, 2004년도 방류 집단에는 6개의 haplotype이 존재하였다. 각 haplotype 간에 빈도는 다소 차이가 있으나, 각 집단간 haplotype의 분포 정도에서는 차이를 구분할 수 없었으며, 또 빈도는 낮았지만 8개의 haplotype은 방류집단에서만 확인되었으며, 자연집단에서만 나타난 haplotype도(5개) 있었다. 감성돔 미토콘드리아의 조절영역을 제한효소를 추가하여 분석 중에 있으며, 이로 인하여 더 많은 haplotype과 더불어 정확한 방류집단과 자연집단의 유전적 특성을 분석해낼 수 있을 것으로 판단된다.

이후의 연구에서는 본 연구에서 클로닝하여 얻은 미토콘드리아 cytochrome b 유전자 염기서열을 근거로 여수바다목장 해역의 감성돔 방류집단과 자연집단의 cytochrome b 유전자의 염기서열을 비교분석하여 유전적 변동 여부를 지속적으로 모니터링하고자 한다.

표 4-7-21. 감성돔 미토콘드리아 조절영역의 유전적 다양성 분석

Haplotype	2003방류	2004방류	완도	여수	고흥	삼천포	고성	Total
AAAAA	43	7	5	11	7	3	13	89
AAAAB	6	14	-	-	-	-	1	21
AAAAC	-	1	-	1	1	-	1	4
AAAAE	3	-	-	-	-	-	-	3
AAABA	1	19	5	4	1	-	6	36
AAABC	1	-	-	-	-	-	-	1
AAACA	-	-	1	1	-	-	7	9
AABCA	4	-	-	-	-	-	1	5
AACAA	1	-	-	-	-	-	-	1
ABAAA	3	-	-	-	-	-	-	3
ABABA	7	-	1	3	2	1	1	15
ABABC	-	-	-	-	-	-	1	1
BAAAA	13	35	7	5	4	5	21	90
BAAAB	-	-	-	-	1	-	-	1
BAAAC	1	-	-	-	-	-	-	1
BAAAD	-	-	1	1	-	-	-	2
BAABA	-	-	1	-	-	-	1	2
BBAAA	2	-	-	1	-	-	-	3
BBABA	1	-	-	-	2	-	-	3
CBABA	-	10	-	-	-	-	-	10
No.	86	86	21	27	18	9	53	300
individual								

제 8 절 요약 및 결론

1. 방류용 종묘생산 및 우량 종묘 판정법

본 연구에서는 감성돔의 우량종묘생산 및 우량종묘 판정법에 대하여 각각 기형률의 저하와 유영능력의 향상을 목적으로 두고 실행하였으며 황점블락의 친어관리 및 부화 자치어 사육기술에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

기형실험을 위해서는 육상 인공종묘장에서 배양된 평균체장 $2.4 \pm 6.7\text{cm}$, 평균중량 $0.52 \pm 0.6\text{g}$ 의 치어를 사용하였으며, 정상어와 기형어간의 외부형태, 내부골격 및 체성분 및 지방산, 아미노산 조성을 비교하였다. 외부형태별 기형어의 발생률은 5.88~16.49%로 관찰되었으며, 내부골격기형의 발생률은 평균 52.6%로 절반이 넘는 기형이 관찰되었다. 정상어와 전만증어 간의 어체 영양성분의 비교에서 지방산의 함량에 있어서는 정상어의 n-3 HUFA가 전만증어의 것보다 높은 함량을 보였으며 이중 DHA의 함량에 있어 정상어가 40.06%로 전만증어의 32.89%보다 높은 값을 보였다. 아미노산 함량에 있어서도 전만증어는 정상어에 비해 필수아미노산을 포함한 총 아미노산 함량이 3074.92mg으로 정상어의 3768.38mg 보다 낮은 함량을 보였다.

우량종묘의 판정기준으로 유영능력으로 보고 크기별(large: 체장 65~80mm, medium: 55~65mm, small: 45~55mm)로 관찰했으며, 체성분 및 지방산분석으로 그 관계를 살펴보았다. 어체 크기별 최대 유영 한계유속(V_{cri})은 " $Y(\text{feet/s}) = 0.1854 \times \text{body length}(\text{mm}) + 0.8025$ "의 수식에 따랐다. 근육내 영양성분 분석에서 조단백질이 우량종묘에서 다소 높은 수치를 보였다. V_{cri} 와 n-6/n-3 지방산 비율은 비례적 관계를 보였으며 이것은 근육지방에서 가장 일반적인 n-6 지방산인 linoleic acid와 연관관계가 있다는 것을 관찰하였으며, 또한 Myristic acid 과 oleic acid가 V_{cri} 와 정비례의 관계가 있었다.

자연산과 양식산의 친어의 비교 및 환경의 영향을 보았으며, 부화 자치어의 수온에 따른 영향을 관찰하였다. 자연산은 수송 후 먹이 순치하는 과정 중 사망하거나 미수정란을 방출하였으며 양식산은 낮은 사망률을 보였으나 난내 영양소를 재흡수 하였으며 70미 중 5미만이 산출하였다. 각각 다른 수온에서 부화된 자치어중 15℃에서 가장 좋은 생존율을 보였다.

감성돔의 기형률을 감소시키고 유속과의 우량종묘 판정의 기준을 성립함으로써 효율적인 종묘배양의 기틀을 갖추하고자 하였으며, 황점블락 친어관리 및 부화어의 생물학적 기초 자료를 제공함으로써 앞으로의 종묘 생산성 향상에 기여하고자 하였다.

2. 중간육성 기술

중간육성 기간 동안 자연먹이에 관한 섭이훈련을 학습시켜 방류 직 후 혹독한 자연조

건에서 먹이를 섭취하며 건강하게 살아남을 수 있는 개체를 확보하는 방법의 하나로 야간 점등 방법을 적용하고 있다. 자연에 분포하는 먹이(동물성플랑크톤)들을 일정 지역에 모아서 먹이생물로 섭취할 수 있는 스스로의 능력을 사전에 훈련시켜 바다로 방류하려는 기반 기술 전략이다. 점등에 의한 먹이생물량은 조사 시기에 따라 65,700~298,600 indiv./m³ 범위였으며, 10월과 11월에 가장 많은 출현량을 보였다.

3. 음향 순치 기술

바다목장 해역에 방류할 어류에게 음향학습을 시킬 목적으로 특별히 제작한 음향학습용 간이 음향급이 시스템을 여수 바다목장내 가두리 시설에 설치하여 그 작동상태를 점검하였다. 다양한 경우에 대하여 제작된 간이 음향급이 시스템을 테스트한 결과 원활한 작동상태를 확인할 수 있었다. 그리고 이 시스템을 사용하여 가두리 시설내의 해수 중에 수중음을 방성하였을 때, 음원레벨 및 주파수가 설계목표치와 동일하게 음향학습용으로 적절한지를 판단하기 위하여 수중음파의 파형과 음원레벨을 조사하였다. 그 결과 간이 음향급이 시스템에 의한 수중 방성음의 중심 주파수는 300Hz이었고, 그것의 음원레벨은 152dB이었다. 일본에서 참돔을 대상으로 하는 경우 음향급이 시스템의 중심 주파수 및 음원레벨은 각각 300Hz 및 150dB이 일반적이므로 이번에 사용된 음향학습용 간이 음향급이 시스템의 수중 방성음은 감성돔의 음향순치에 적당한 것으로 판단되었다.

4. 대상생물의 방류기술

가. 방류어의 성장특성

방류감성돔의 환경적응 패턴과 체체포에 의한 출현율을 평가하기 위하여 추적조사를 실시하였다. 방류는 전남 여수시 화양면의 가막만의 잘피 서식장에서 이루어졌으며, 방류어의 표지는 방류어의 왼쪽 아가미를 절단하여 표지하였다. 지역별 방류어의 출현비율은 삼천포가 66%로 가장 높았으며, 여수 32%, 완도 10%를 나타내었다. 체포된 방류어의 마리수는 방류일수와 채집위치에 따라 다른 경향을 나타내었다. 방류 당일은 모자반이 분포하는 방류지점에서 크게 벗어나지 않는 곳에서 채집되었으며, 3일째에는 연안쪽으로 이동하는 경향을 나타내었다. 방류 7일과 10일째에는 연안쪽에서 지속적으로 채집되었으며, 15일에는 같은 연안쪽은 체포되는 마리수가 지속적으로 줄었다. 이는 수온이 낮아짐에 따라 방류어들이 연안을 따라 이동한 것으로 판단된다. VWI, SWI, IWI 또한 방류전과 큰 차이를 보이지 않았다. HSI에서는 방류 전 2.01 ± 0.63 에서 지속적으로 감소하여 방류 후 20일에 0.83 ± 0.23 까지 지속적으로 감소하였다가, 방류 30일째에서는 다시 상승하였다. 또한 IPI도 방류 전 2.22 ± 0.88 에서 방류 후 1.39 ± 0.53 으로 급격히 감소하였다가 방류 15일째부터 상승하여 방류 30일째에는 1.98 ± 0.32 를 나타내었다. IPI도 방류 후 새로운 환경에서 지방이 많은 먹이를 쉽게 섭취하질 못해 지속적으로 복강 내 지방을 사용한 것으로 보이

며, 15일 이후로 수온이 하강하면서 복강 내에 지방을 축적하는 것으로 판단된다.

나. 방류 감성돔 치어의 먹이실험

해상 가두리에서 방류용 감성돔의 중간 육성 효율 향상과 최적 사육 방법 구명을 위해 절식에 의한 보상성장을 유도한 사료 공급 방법을 조사함으로써 주 단위의 최적 사료 공급 방법 기술을 알아보려고 한다. 실험은 여수 바다목장 해역 내 중간 육성장에서 가을, 겨울철 자연 광주기(34°37' N, 127°42' E) 및 수온(24.8~13.0°C, 평균 18.8°C) 조건 하에서 감성돔(초기 평균 무게 9.2±1.9 g)을 해상 12주간 사육하였다. 사료 공급 방법은 다음과 같은 주 단위의 방법으로 반복 공급하였다. 일주일 중 매일 사료를 공급하는 대조구(F_{7.0})와 6일 공급 후 1일 절식구(F_{6.1}), 5일 공급 후 1일 절식구(F_{5.1}), 4일 공급 후 1일 절식구(F_{4.1}), 3일 공급 후 1일 절식구(F_{3.1}), 2일 공급 후 1일 절식구(F_{2.1}), 그리고 격일 공급구(F_{1.1})로 구성하였다. 실험 종료시 체중은 대조구에 비해 F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구만이 유의적으로 낮은 결과를 보였으며(P<0.05), 이와 반대로 일간성장률(specific growth rate, SGR)은 실험 기간 동안 F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구가 대조구에 비해 높았다(P<0.05). 총 사료 공급량은 F_{7.1}, F_{6.1}, F_{5.1}, F_{4.1}, F_{3.1}, F_{2.1} 그리고 F_{1.1} 실험구에서 각각 35.1kg, 30.1kg, 29.9kg, 29.1kg, 28.2kg, 26.7kg 그리고 22.6kg으로 대조구의 사료 공급량이 가장 높았으나, 사료 공급률은 대조구와 비교해 절식 실험구 모두가 높았으며, F_{2.1}와 F_{1.1} 실험구는 실험기간 동안 대조구에 유의적으로 비해 높았다(P<0.05). 12주 동안의 사료전환효율은 F_{2.1} 실험구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다(P<0.05). 이와 같은 결과는 여수 지방의 가을, 겨울철 감성돔 중간육성을 위한 최적 사료 공급 방법에 대한 중요한 정보를 제시할 것이다.

다. 표식실험

감성돔 회유 경로추적을 위하여 2004년 10월 21일 금오열도에서 잡힌 자연산 감성돔 5마리(전장 25.6~30.5cm)에 앵커택(KORDI 5001~KORDI 5006)을 부착시켜 방류하였으며, 현재 재체포를 시도 중에 있다.

전복치패에 알맞은 실용적 표지방법을 개발하기 위하여 표지 부착 후 5개월간 표지 종류별 전복치패의 성장과 생존율을 조사하였다. 패각에 조개로 만든 단추형 표지를 부착한 경우와 제1 및 제2 호흡공에 플라스틱 표지를 부착한 경우에서 성장률 및 생존율이 타 실험구에 비하여 양호하였다.

라. 전북 방류해역의 생산성

안도를 중심으로 한 전북 양식장내 자원생물 분포양상과 수확된 전복 생산량을 비교하였다. 3개 정점에서 실시한 조사에서 공간별로 자원 생물의 분포가 상이하게 나타났으며, 연안보다는 안도에서 떨어진 암초주변에서 비교적 높은 서식밀도를 나타냈다. 전북

수확량은 공간별로 차이를 보였으며, 평균 1일 84개체/4시간/5인 가 채집되었고, 0.56 cpue를 나타냈다.

5. 대상생물의 생태 및 행동연구

가. 수조내 행동특성

볼락은 사육조 내에서도 큰 움직임 없이 꼬리를 아래로 하고 머리는 수면위로 하여 무리지어 사람의 움직임을 경계하는 모습을 보였으며, 사람이 나타나면 곧바로 구조물 속으로 숨어 버리는 행동을 보였다. 구조물을 이용하는 행태도 구조물의 간격이 좁은 구조물보다 넓은 구조물을 주로 이용하는 행태를 보였으며, 성장함에 따라 사람에 대한 경계심이 세밀해 지는 것을 알 수 있었다.

돌돔은 구조물이 든 사육조에 수용한 처음 몇 일간은 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 시간이 지날수록 사람과 친밀하게 움직여 구조물 인식 능력 실험이 어려웠으며, 감성돔 역시 구조물이 든 사육조에 수용한 처음 몇 일간은 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 시간이 지날수록 사육수조 전체를 구조물로 인식하는 행동을 보여 소형 실내 사육조 내에서의 구조물 인식에 대한 행동을 면밀히 조사하기에는 어려움이 많았다.

나. 자연상태에서의 행동특성

스쿠버다이빙을 통한 자원 조사시 각 정점에서 관찰된 감성돔의 나이별, 계절별, 암반과 어초 등 서식지 특성에 따른 행동 자료를 취합하여 분석하였다. 감성돔은 어린것 일수록 수 백 마리씩 떼를 지어 다니고 성장함에 따라 소수의 개체로 몰려다니며 또한 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 가진다. 특히 겨울철에는 이러한 터널형 바위나 방파제 테트라포드 안에 몇 마리씩 모여 월동한다. 암반과 여수 바다목장에 맞게 설계된 실험 어초에서 감성돔, 돌돔 등 행동 습성 관찰을 실시하여 여름철 이아포연안 암반에서는 20~40cm 급 감성돔들이 바위에서 0.5~1.5m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와도 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 매우 예민한 습성을 보여주었다. 인공어초에서는 감성돔의 행동 관찰이 어려웠고 여름철 1세 돌돔들이 먹이를 먹는 행동을 보였다.

다. 감성돔의 이동 범위 조사

2004년 10월 30일~2005년 1월 30일 전남 다도해형 바다목장의 대부분 방파제 주변에서 어획된 자연산 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 20마리(체장: 16.8~31.0cm; 체중: 128~700g)를 체내 표지법으로 표지하고 서식지(어획된 곳)와 비서식지에 방류하여 귀소여부와 이동범위를 음향 텔레메트리로 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

서식지와 비서식지에 표지 방류한 감성돔의 약 50%는 방류 후 1개월간(수온: 15.5~18.

4℃)은 방류지점 주변(반경 500m 이내)에 머물렀으며, 그 후 1월 13일(수온: 10.9℃)에는 20~25%의 감성돔이 방류지점 주변에서 탐지되었다. 실험기간 동안 비서식지에 방류한 시험어가 서식지로 돌아 온 것은 없었다.

한편, 2004년 4월 2일 이번 실험과 같은 곳에서 어획하여 방류하였던 감성돔 4마리 중 2마리(표지번호 12, 14)가 서식지로 돌아온 것이 2004년 11월 28일~2005년 1월 13일(10.9~15.8℃) 확인되었다. 이 표지어는 지난해 4월에 방류된 후 15일 동안(5m층 수온: 12.0~12.5℃)은 방류지점 주변에 머물다가 수온의 상승(13.0~14.0℃)과 더불어 소부도와 금오도 서쪽 해안을 따라 연안으로 이동하였을 것으로 추정되던 감성돔이며, 서식지로 돌아 온 후 주간에는 방파제를 구성하는 테트라포드 속에서 숨어 지내다가 야간에는 그곳에서 나와 먹이섭취 등의 활동을 하는 것으로 나타났다.

6. 해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

전남 다도해형 바다목장 후보지인 여수시 안도연안에서 해조장 해조류의 이식 및 효과조사를 실시하였다. 1차로 이식한 해조장 해조류의 상대 성장율은 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 외틀개모자반(*Myagropsis myagroides*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*)의 순으로 나타났다. 현장에서의 관찰결과 곰피, 외틀개모자반은 최대 140%에 가까운 상대성장을 나타내었고, 이 가운데 팽생이모자반은 연안의 대표적인 1년생 해조장 해조로서 성장도가 매우 빨라 약 700%에 이르는 상대성장율을 보였으며 실제로 이식효과도 탁월하여 2005년 5월 중순까지도 이 일대에 풍부한 해조장을 조성하는 것으로 나타났다. 특히 이 일대에는 자생하지 않는 외틀개모자반도 이식효과가 좋아 이 일대에 외틀개모자반의 성장, 성숙에 의한 유배의 확산으로 새로운 해조장을 조성할 수 있는 가능성이 시사되고 있다. 또한 2005년 3월 종묘이식을 통해 현장에 조성한 다시마(*Laminaria japonica*)군락도 안도 일대에서 빠르게 성장하는 것으로 나타났으며 현지의 바다환경에 잘 적응하는 것으로 나타났다. 반면 어린 종묘를 전석이나 큰 바위 및 암반 등에 수평연승식으로 감아주었기 때문에 성게 등 초식성 동물에 의한 식해압으로 상당수의 종묘가 유실되고 있는 문제점도 나타나 이에 대한 보완책이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 성게의 서식밀도가 높은 이 해역에서 다시마, 곰피 등의 어린 엽체를 이식하여 해조장을 조성하기 위해서는 조하대의 암초지대나 암반위에 종사가 감긴 연승줄을 일정한 높이의 지지대에 의지하여 바닥에서 떨어진 수층에 수평 연승식으로 종묘를 이식하는 것이 보다 높은 조장조성효과를 가져다 줄 수 있는 것으로 판단되었다.

7. 자원조사

가. 어구조사

본 연구에서는 현재의 자원량과 바다목장화 사업후의 자원량을 비교 할 수 있는 기초

자료를 제공하고자 실시되었으며, 현재시점의 자원구조를 밝히기 위하여, 출현종, 출현량 및 우점종을 확인하고, 어구별 어획량을 살펴보았다.

어류 채집은 삼중자망과 통발에 의해 이루어졌으며, 금오도와 부도에서 실시하였다. 감성돔의 자원 조사는 이강망 조사와 위판자료를 참고하여 조사되었다.

통발에 의해 출현한 어류는 총 5목 20과 27종이 출현하였으며 우점한 종은 불락, 쥐노래미, 노래미, 쌍둥가리 순이었으며 9월에 생체량과 출현개체수가 가장 높았다. 삼중자망에 의해 채집된 어류는 총 5목 32과 40종이 출현하였으며 우점한 종은 불락, 쥐노래미, 양태, 문치가자미였다. 3월에 생체량과 출현개체수가 가장 높았다. 이강망에 의해 채집된 어류는 28종으로 우점한 종은 전어, 전갱이, 송어, 감성돔이었다. 감성돔의 어구에 의한 조사지점에서 추정된 자원량은 약 2,893미, 1,620kg로 추정되었다.

나. 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 비용 대비 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 많은 일본, 노르웨이 등 수산 선진국에서 사용하고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 음향 조사의 장점을 이용하여 전남다도해 바다목장해역인 전라남도 여수 인근 해역인 금오도 및 소라도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 기존의 자연 상태에서 서식하고 있는 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 2004년 12월, 2005년 3월에 실시하였다. 또, 2004년 10월 감성돔, 돌돔, 불락 등을 방류한 안도 주변해역에 있어서 2005년 4월과 5월에 어초 주변에서의 어군분포조사와 어초 주변의 자원량 추정법 개발을 위한 기초 실험을 행하였다.

여수 바다목장 해역에 있어서 2004년 12월과 2005년 3월에 음향을 이용하여 수산자원의 분포를 조사한 결과, 12월에는 금오도와 소라도 부근의 해역에서는 어군이 거의 출현하지 않았으며, 그 때의 평균 후방산란체적강도 SV는 -90~-70dB로 매우 낮게 나타났다. 한편 3월에는 12월에 비해 상대적으로 어군과 음향산란층의 출현빈도와 출현량이 많았으며, 그 때의 평균 후방체적산란강도 SV는 -86~-65dB로 비교적 높게 나타났다. 어군의 출현량이 높게 나타난 곳은 안도 남쪽, 소라도 동쪽 그리고 소라도 남쪽(동과 서) 해역이었으며, 그때의 SV는 -72~-65dB로 높게 나타났다.

한편, 바다목장 해역에서 회유 이동하는 어군의 분포를 파악하기 위한 조사에서 음파의 물리적, 기술적 제약으로 인한 어종확인 어려움 보완하기 위하여 계량어군탐지기 및 카메라를 동시에 부착한 하이브리드 시스템을 고안하여 기초 실험을 행하였다. 그 결과 계량어군탐지기는 우리나라 남해안과 같이 가시거리가 짧아, 다이버나 수중카메라에 의한 직접조사의 제약을 보완할 수 있을 것으로 생각되고, 또, 수중카메라는 어느 정도의

조건 하에서는 어종을 확인할 수 있을 것으로 사료되어, 상호 보완하여 활용할 경우, 수산 자원 추정 방법이 개선될 것으로 생각한다.

다. 잠수조사

잠수조사는 바다목장 해역내의 주요 수산 자원의 현황과 변화를 추적하기 위해 실시 하였으며, 크게 나누어 보면 바다목장의 한가운데 위치한 안도 주변 자연 암반과 수중 구조물에서의 출현 어종과 자원량 조사가 있다. 수중 구조물은 금오도와 소리도에 설치된 세라믹어초와 안도 이야포에 시설된 두 가지 형태의 실험어초를 대상으로 하였다.

안도 자연 암반에서 확인된 어종수는 총 33종으로서, 수온의 변화에 따라 어종수의 차이가 많았다. 정점별로는 안도의 북쪽에 위치한 정점 A에서 24종이 관찰되어 가장 많았고 안도의 서쪽의 정점 D에서 16종이 확인되어 가장 적었다. 어종별로는 미역치, 불락, 쥐노래미류, 자리돔 및 놀래기류는 계절이나 정점에 상관없이 정착하여 확인되었다. 2004년 6월 조사에서 출현한 주요 수산어종의 단위 면적당(100m²) 개체수로 환산해 보면, 불락의 경우 총 173개체가 관찰되어 단위면적당 48.1마리, 감성돔은 총 12마리로 100m²당 3.3마리, 그리고 뽕에돔은 약 154개체로 단위 면적당 42.8마리를 나타내었다.

소리도 세라믹어초와 금오도 세라믹어초에서는 조사시 0~18종의 어류가 관찰되었고, 정착성 어종들은 개체수가 적었으며 수온이 상승하면서 어종수가 증가하는 전형적인 온대 해역의 특징을 보였다. 이야포에 시설된 실험어초에서는 고수온기에는 월별로 7~13종의 범위였고 불락, 돌돔 및 말쥐치 등의 어종들이 무리를 지어 나타났으나 수온이 낮은 시기에는 1~3종의 미역치나 바닥문절만이 소수로 출현하였다.

라. 이각망 실태 및 개선방안

전라남도 여수시 금오도 연안에 위치한 이각망 어장을 이용하여, 2004년 8월부터 2005년 6월까지 10개월 동안 총 5회에 걸쳐, 정점 2곳에서 채집 분석하였다. 그 결과, 이각망에 의해 채집된 어류는 총 1綱 8目 29科 44種으로 총개체수와 총생체량은 각각 761개체, 150.37kg이 채집되었다. 그 중 농어목이 14科 19種으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 썸뱅이목이 4科 7種, 가자미목이 3科 5種으로, 이들 3目に 포함된 어류가 총 31種으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는目들로 나타났다.

조사기간 중 가장 우점한 종은 전갱이로 61개체(2.76kg)가 출현하였고, 다음으로는 전어가 57개체(3.12kg)로 우점하였으며, 갈치는 54개체(2.14kg)가 출현하였다.

본 조사에서 전 조사기간 동안 채집된 어류 중 방류 감성돔의 별도 체장, 체중 조사를 실시하였다. 그 결과 감성돔은 8월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 2월에 성장이 둔화되는 경향이 보였다. 여수시 금오도 인근해역의 이각망에 의해 채집된 어류의 월별 종 다양도지수(H')는 2.1054~2.9172로 출현종이 다양하고 개체수가 많은 10

월 조사에서 가장 높은 값으로 나타났고, 2005년 2월에 종다양도지수는 2.1054로 가장 낮은 값을 나타내었다. 균등도 지수는 0.7978~0.8992로 2월에 가장 높고, 4월에 가장 낮은 값을 나타내었다. 우점도 지수의 경우는 0.2964~0.4946로 4월에 가장 높았고, 8월에 가장 낮은 값을 나타내었다.

라. 유전자원조사

감성돔 방류집단의 유전적 특성을 파악하고, 방류해역에서 방류로 인한 유전자원의 gene pool 구조 변화를 조사하기 위하여 감성돔 자연집단과 비교분석하였다. RAPD 분석 결과에서 6개의 random primer가 각각 5개 이상의 다형단편을 생성하였으나 방류 및 자연 집단 특이적인 DNA 단편은 아니었으며, 출현빈도 역시 집단간 뚜렷한 차이는 없었다. 미토콘드리아 DNA의 조절영역을 PCR-RFLP 분석법으로 비교분석한 결과, 5개의 제한효소에 의해 20개의 haplotype이 존재하였으며, 집단간 haplotype 빈도 및 출현하는 haplotype pattern 역시 방류집단과 자연집단간의 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 향후 연구에서는 지속적으로 방류집단과 자연집단의 미토콘드리아 cytochrome b 유전자를 비교분석하고, 조절영역 내의 염기변이를 추가로 분석하여 두 집단간의 유전적 특성을 파악하여 방류해역의 유전자 pool의 구조변화 여부를 모니터링하고자 한다.

참고문헌

- Backiel, T., Kokurewicz, B. and Ogorzalda, A., 1984. High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus carpio*, reared in cages in flowing water. *Aquaculture*, 43, 369-380.
- Bainbridge, R., 1958. The speed of swimming of fish as related to size and to the frequency and amplitude of the tail beat. *Journal of Experimental Biology*, 35, 109-133.
- Barbaro, A., Francescon, A and Guidastrì, R., 1984. Extensive rearing in a "valle" of the lagoon of Venice of *Sparus aruata* L. obtained by induced spawning. *Nova Thalassia*, 6, 281-286.
- Bogorov, B. G., 1946. Peculiarities of diurnal vertical migration of zooplankton in Polar Seas. *J. Mar. Res.*, 6 : 25-32.
- Bougis, P., 1976. *Marine Plankton Ecology*. Amsterdam. North-Holland Publ. Com. 355pp.
- Burchmore, J. J., D. A. Pollard and J. D. Bell, 1984. Community structure and trophic relationships of the fish fauna of an estuarine *Posidonia australis* seagrass habitat in Port Hacking, New South Wales. *Aquat. Bot*, 18, 71-87.
- Buskey, E. J., J. O. Peterson, and J. W. Ambler, 1995. The role of photoreception in the swarming behavior of the copepod *Dioithona oculata*. *Mar. Freshwat. Behav. Physiol.*, 26(2-4) : 273-285.
- Champigneulle, A. and R. Rojas-Beltran, 1990. First attempts to optimize the mass rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae from Lemans and Bourget lakes (France) in tanks and cages. *Aquatic Living Resources*, 3 : 217-228.
- Crustaceana*, 57 : 295-303.
- Divanach, V., Papandroulakis, N., Anastasiadis, P., Koumoundouros, G. and Kentouri, M., 1997. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, 156, 145-155.
- 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.

- Gaughan, D. J. and L. C. Potter, 1997. Analysis of diet and feeding strategies within an assemblage of estuarine larval fish and an objective assessment of dietary niche overlap. *Fish. Bull.*, 95, 722-731.
- 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.
- Hunter, J. and Zweifel, J., 1971. Swimming speed, tail beat frequency, tail beat amplitude, and size in jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, and other fishes. *Fisheries Bulletin*, 69, 253-266.
- Hur, S. H. and S. N. Kwak, 1998. Feeding habits of juvenile *Acanthopagrus schlegeli* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. *Kor. J. Ichthyol.*, 10, 168-175.
- Jobling, M., Arnesen, A.M., Baardvik, B.M., Christiansen, J.S., Jrgensen, E.H., 1995. Monitoring voluntary feed intake under practical conditions; methods and applications. *J. Applied Ichthyology* 11, 248-262.
- 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.
- Kihara, M., Ogata, S., Kawano, N., Kubota, I. and Yamaguchi, R., 2002. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture*, 212, 149-158.
- Kim, S. W. and C. W. Park, 2002. Impact of artificial illumination on zooplankton dynamics. *Korean J. Environ. Biol.* 20(4) : 312-315.
- Koh, N.-P. 1990. An ecological study on resources of marine plants in Geomundo islands. *Korean J. Phycol.* 5, 1-37.
- Kubitza, F., Lovshin, L.L., 1999. Formulated diets, feeding strategies, and cannibalism control during intensive culture of juvenile fishes. *Rev. Fish. Sci.* 7, 1-22.
- Mackas, D. and R. Bohrer, 1976. Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and an investigation of diel feeding patterns. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 25 : 77-85.

- MacLennan, D.N., and E.J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series 5.
- Mamcarz, A. and J. A. Szczerbowski, 1984. Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. I. Growth and survival of *Coregonus lavaretus* L. and *Coregonus peled* Gmel. *Aquaculture*, 40 : 135-145.
- Mamcarz, A. and J. Kozłowski, 1992. Rearing peled (*Coregonus peled* Gmel.) larvae in illuminated cages with supplemental utilization of artificial feed. In : Todd, T. N. and M. L. Lucynski, Eds., *Biology and Management of Coregonid Fishes*. *Pol. Arch. Hydrobiol*, 39 : 703-711.
- Mamcarz, A., 1995. Changes in zooplankton structure around illuminated cage culture. *Aquacult. Res.*, 26(8) : 515-525.
- McKenzie, D.J., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Deacon, G. and Randall, D.J., 1998. Dietary fatty acid composition influences swimming performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in seawater. *Fish Physiology and Biochemistry*, 19, 111-122.
- 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.
- Musuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. *The Fishes of the Japanese Archipelago*. Tokai University Press, 437 pp.
- Nakabo, T. 2000. *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. Tokai Univ. Press, Tokyo, 1748pp.
- Nakagawa, H., T. Umino, M. Hayashi, T. Sasaki and K. Okada. 2000. Changes in Biochemical Composition of Black Sea Bream released at 20 mm size in Daio Bay, Hiroshima. *Jap. SUISANZOSHOKU* 48(4). 643~648 pp.
- 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.
- Nelson, J.S. 1984. *Fishes of the world* (3rd ed.). John Wiley and Sons, New York, 600pp.
- Nielsen L.A. 1992. *Methods of Marking fish and Shellfish*. L.A. Nielsen, ed. Am. Fish. Soc. Pre., Maryland, USA. 208 pp.
- Nip, H. M. T., 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.
- 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 pp (in Korean).
- 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.
- Novaczek, I. 1984. Development and Phenology of *Eklonia radiata*. at two depths in Goat Island Bay. *New Zealand Marine Biology*, 81, 189-197.
- 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. 125 pp.
- Pielou, E.C. 1976. *Mathematical ecology*. 2nd ed., John Wiley and Sons. Incy. Nova Scotia, p385.
- Pinkas, L., M. S. Oliphant and I. L. K. Iverson, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Calif. Dep. Fish Game, Fish Bull.*, 152, 1-105.
- Ringelberg, J., 1995. Changes in light intensity and diel vertical migration: a comparison of marine and freshwater environments. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, 75 : 15-25.
- Rosch, R. and R. Eckmann, 1986. Survival and growth of prefed *Coregonus lavaretus* L. held in illuminated net cages. *Aquaculture*, 52 : 245-252.
- Sarre, G. A., M. E. Platell and I. C. Potter, 2000. Do the dietary compositions of *Acanthopagrus butcheri* in four estuaries and a coastal lake vary with body size and season and within and amongst these water bodies? *J. Fish Biol.*, 56, 103-122.
- Schuyler, Q. and B. K. Sullivan, 1997. Light responses and diel migration of the scyphomedusa *Chrysaora quinquecirrha* in mesocosms. *J. Plankton Res.*, 19 : 1417-1428.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois University Press, 117 pp.

- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois press, Urbana. p125.
- 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.
- 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.
- Sung, K.B. 1998. Artificial propagation of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Korea. N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull., 1: 375-379.
- Szczerbowski, J. A. and A. Mamcarz, 1984. Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. II. Environmental conditions during fish rearing. Aquaculture, 40 : 147-161.
- Takao, Y., and M. Furusawa. 1996. Dual-beam echo integration method for precise acoustic surveys. ICES Journal of Marine Science, 53: 351-358.
- 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.
- Tian, X., Qin, J.G., 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. Aquaculture 224, 169-179.
- Tsukamoto, K., S. Masuda, M. Endo and O. Otake. 1990. Behavioural Charactersitics of the Ayu, *Plecoglossus altivelis*, as predictive indicates for stocking effectiveness in river. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 1177-1186.
- Umezaki, I. 1983. Ecological studies of Sargassum miyabei Yendo in Maizuru bay Japan sea. Bull. Jap.. Soc. Fish. 49, 1825-1834.
- Vasconcelos, R., N. Prista, H. Cabral and M. J. Costa, 2004. Feeding ecology of the lesser weever, *Echiichthys vipera* (Cuvier, 1829), on the western coast of Portugal. J. Appl. Ichthyol., 20, 211-216.
- Williamson, C. E., R. W. Sanders, R. E. Moeller, P. L. Stutzman, 1996. Utilization of subsurface food resources for zooplankton reproduction: Implications for diel vertical migration. Limnol. Oceanogr. 41 : 224-233.
- Willis, S. E., L. J. B. Laurenson, B. D. Mitchell and D. J. Harrington, 1999. Diet of

- larval and juvenile black bream, *Acanthopagrus butcheri*, in the Hopkins River Estuary, Victoria, Australia. Proc. R. Soc. Vict., 111, 283-295.
- Wu, R. S. S., 1984. The feeding habits of seven demersal fish species in a subtropical estuary. Asian Mar. Biol., 1, 17-26.
- Yamashita, H., T. Umino, S. Nakahara, K. Okada and H. Nakagawa. 1997. Changes in Some Properties of Black Sea Bream Released into the Daio Bay, Hiroshima. Fisheries Science, 63(2). 267~271 pp.
- 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 pp (in Korean).
- Yoshida, T., T. Sawada and M. Higaki. 1963. Sargassum vegetation growing in the sea around Tssyazaki North Kyushu Japan. Paci. Sci. 17, 135-144.
- Zhu, X., Cui, Y., Ali, M., Wootton, R.J., 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. J. Fish Biol.58, 1149-1165.
- 剛村金太郎. 1936. 日本海藻誌, 内田老鶴圃, 東京, 310-311.
- 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. 1963. 流れ藻の分布と移動に関する研究. 東北水研報, 23, 141-186.
- 吉田忠生. 1973. 宮城縣松島灣の寒風沃島 周辺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.
- 大野正夫. 1981. 藻場・海中林. 水産學シリーズ 38. 日本水産學會論, pp163.
- 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年度文部省科學研究費補助金(総合研究A)研究成果報告書, 2-7.
- 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.
- 木元新作. 1976. 生態學研究法講座 14, 動物群集研究法 I, 多様性と種類組成. 共立出版(株), 192pp. .
- 服部學. 2004. 養殖マダイの脊椎骨異常に関する研究. 近畿大學大学院. 博士學位論文.
- 劉順愛. 1975. 韓國産 Fucales目(褐藻類)의 分類學的 特性에 대하여, 서울대 碩士學位論文. pp.145.
- 李種和・姜悌源. 1977. 해운대 연안산 외틀개모자반, *Myagropsis myagroides*(褐藻類)의 生態. 釜山水大海研報, 10, 33-40.
- 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.

- 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.
- 清水弘文. 1987. 人工採苗クロダイの骨格異常. 東海水研報, 第122号.
- 김용익. 2001. 한국해산어류도감. 한글출판사, 382 pp.
- 김용익·김용문·김영섭. 1994. 한국근해 유용어류도감. 국립수산진흥원, 299 pp.
- 손철현. 1975. 오천리와 신금리의 해조군락. 여수수전논문집 9: 1-5.
- 손철현. 1976. 소횡간도의 해조상과 해조군락(예보). 여수수전논문집. 10, 47-50.
- 송상호. 1971. 오동도의 해조군락. 한수지, 4: 105-112.
- 유진형, 정관식, 주민정, 지승철, 명정구. 2004. 비늘 판독에 의한 방류 및 자연산 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*의 판별법. 2004년도 수산관련학회 공동학술대회 발표요지집. 341-342 pp.
- 유진형, 황두진, 윤양호, 정관식, 고현정. 2003. 가막만 방류 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)치어의 초기 적응, 한국수산학회지. 36권 4호. 365~371 pp.
- 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서(1단계 2차년도 요약보고서). 2004. 해양수산부. 71-74 pp
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727p.
- 해양수산부, 1999. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서. BSPM99021-00-1203-3. pp 902.
- 해양수산부, 2000. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서 (II) (1단계 최종 보고서). BSPM00065-00-1284-3. pp 829.
- 해양수산부, 2003. 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서 (1단계 1차년도 보고서). BSPM176-00-1531-3. 00065-00-1284-3. pp 595.
- 해양연구소. 2000. 한국산어명집. 정인사, 222p.

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서론

제 2 절 바다목장 이용 · 관리 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

제 6 절 바다목장 경제적 효과분석

제 7 절 요약 및 결론

참고문헌 및 부록

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서론

2001년에 시작된 전남 다도해형 바다목장 사업은 적지선정과 계획수립의 단계를 거쳐 2004년부터는 인공어초 투하 및 종묘방류 등 구체적인 어장 및 자원조성사업이 실시되는 2단계 바다목장 조성사업이 추진되고 있다. 바다목장사업은 수산자원 및 어장환경의 적극적인 조성을 통해 어업인들이 유용 수산자원을 지속적이고 자율적으로 관리함으로써 어업인 소득증대를 가능하게 하고, 더 나아가 풍요로운 어촌건설과 지역경제 활성화를 도모하는데 목적이 있다.

본 장에서는 우선 바다목장 이용관리 실태의 경우, 해역조성실태에서는 투자실적과 어업자원조성 실적을 분류하여 정리하였고, 수산업 실태항목에서는 어업인구 및 어선세력, 어장인허가, 수산생산 기반시설 및 어촌계에 대하여 조사 및 분석하였으며, 바다목장 이용실태에서는 어획실태와 유어낚시 및 관광실태로 구분하여 조사하였다. 그리고 어업경영실태는 어업경영 그리고 어가수지를 구분하여 정리 · 분석하였다.

그리고 현행 바다목장 해역의 운영 · 관리실태를 파악하여 전남바다목장의 조성단계에 맞추어 바다목장 수면 이용 · 관리 제도를 기르는 어업육성법 상의 수산자원관리수면으로 전환하고, 주요 어종의 산란장 및 치어 성장해역 등 일부수역의 경우 일체의 어로행위를 금지하는 보호수면으로 지정하는 방안을 모색하였다. 또한 이용관리체제의 경우 통영바다목장에서 실시되고 있는 체제를 벤치마킹함으로써 기 제시된 구체화 방안을 검토 및 수정하고자 하였다.

이와 함께 바다목장산 어획물 유통체계 구축을 위해 유통실태 현황과 그에 따른 분석을 바탕으로 수산물 마케팅 전략기획 초안과 유통판매시설계획을 수립하고자 하였으며, 마지막으로 유어낚시 및 관광이용 실태를 통해 간접적인 효과를 분석, 정리하였다.

전남 바다목장 사업은 2004년부터 어장 및 자원조성이 본격적으로 추진되고 있으며, 이에 따라 바다목장 해역의 효율적인 이용 · 관리체계 구축의 필요성이 점차 증대되고 있다. 특히 바다목장 이용 당사자인 해당 어업인들의 적극적인 참여야 말로 바다목장이 성공하는데 가장 중요한 요인이 될 것이다. 따라서 어업인 및 해양수산관련 민 · 관 · 연을 주축으로 하는 “전남바다목장 관리이용협의회” 및 어업인들의 자율조직인 “자율관리어업위원회”를 조속히 구성하고 이를 적극적으로 활용함으로써 바다목장의 자율관리어업체제가 안정적으로 정착된다면 반드시 성공적인 바다목장 모델을 실현할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 절 바다목장 이용관리 실태조사

1. 수산업 실태

여수의 경우 전체적인 수산업 실태는 다음과 같이 조사되었는데, 해안선의 길이는 육지부가 160.25km, 도서부는 745.62km로 합계 905.87km이고 도서 수는 전체 317개로서 이중 유인도는 47개로 조사되었다. 이와 같은 일반현황에 대해서 여수시 전체와 바다목장 해역내의 23개 어촌계를 서로 비교하여 보았다. 본 조사는 어업인구 및 어선세력, 어업인허가 현황, 수산생산 기반시설 및 수산물 가공에 관한 기반시설 등에 대한 여수시 전체의 조사와 함께, 해역별로 조사하여 각각을 서로 비교하여 보았다.

가. 어업인구 및 어선세력

(1) 어가수 및 어업인구

전남 여수시에 등록된 전체 가구수와 어가수 그리고 바다목장 해역내의 23개 어촌계의 현황을 서로 비교하여 조사하였다(표 5-2-1).

여수지역의 전체인구는 전년도에 비하여 약 5만명이 감소하였으며, 어업인구도 전년도에 비하여 꾸준한 감소추세에 있다.

표 5-2-1. 여수지역 전체 어가 및 어가인구 현황

구 분	가구			어업인구		
	전체가구	전체어가	해역내 어가	전체인구	어업인구	해역내 인구
2004년	101,415	10,310	1,633	304,893	30,871	3,815
2003년	100,917	10,005	1,559	310,350	36,644	4,861

자료 : 2003년 수협 어촌계현황 통계자료, <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2004년12월 현황 통계자료

기타 : 울촌면에 속해 있는 어촌계는 제외함.

(2) 어선세력

여수시 전체의 어선보유현황을 알아보면 다음 표 5-2-2와 같다. 전년도에 비하여 총어선수는 49척이 감소한 것으로 조사되었지만, 감소한 어선수에 비하여 총톤수는 7,970톤이 증가한 것으로 조사되었다. 무동력의 경우는 전년도에 비하여 1척이 증가하였으며, 동력선의 경우 50척의 감소를 나타내었는데, 1톤 미만이 전년도 1,174척에서 금년도에는 1,164척으로 10척이 감소한 반면에, 5톤 미만의 어선이 전년도 4,376척에서 금년도는 4,425척으로 49척의 증가를 보였으며, 5톤 이상의 어선들도 감소의 경향을 보였다.

표 5-2-2. 어선보유현황

(단위 : 척, 톤)

구분	계	무동력	동 력							
			소계	1톤미만	1~5	5~10	10~20	20~50	50~100	100~
총어선수	6,970	322	6,648	1,164	4,425	764	59	134	99	3
총톤수	36,222	303	35,919	821	15,240	5,790	774	3,825	8,067	1,402

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2004년12월 현황 통계자료

(3) 업종별 수산업 종사자

여수시 전체의 업종별 수산업 종사자의 경우 마을어업, 양식어업, 정치어업, 어선어업, 수산업 가공업, 어획물 운반업, 낚시어선업, 신고어업으로 나누어서 각각을 조사하였는데, 전체 합은 43,212명으로 조사되었으며, 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것은 마을어업에 종사하는 종사자로 전체의 49.9%를 차지하고 있는 21,550명이었으면, 가장 적은 비율은 어획물 운반업으로 전체의 0.03%에 해당하는 13명으로 조사되었다. 또한 낚시어선업은 전체의 0.2%에 해당하는 85명으로 조사되었다(표 5-2-3).

표 5-2-3. 업종별 수산업 종사자

합 계	마을 어업	양식 어업	정치 어업	어선어업		수산업 가공업	어획물 운반업	낚시 어선업	신고 어업
				연안	근해				
43,212	21,550	2,457	129	14,337	636	825	13	85	3,180

자료 : 여수시 해양수산업발전현황, 2004년 12월말 현재

나. 어업인허가

어업인허가는 근해어업허가 건수현황과 연안, 구획어업, 신고어업 건수에 대한 조사와 어업별 어업권 현황은 건수와 면적에 대하여 조사하였다.

(1) 근해어업허가 현황

근해어업허가 현황은 2001년부터 2004년까지 연도별로 비교하여 조사하였다. 전체 허가건수는 2001년말 347건에서 267건 296건으로 감소하던니 2004년말 현재 212건으로 2001년도에 비하여 135건이 감소된 것으로 조사되었다(표 5-2-4). 전년도에 비하여 대형기선저인망은 14건이 감소한 13건으로 조사되었으며, 중형기선저인망 또한 9건이 감소한 26건으로 조사되었다. 가장 크게 감소한 것은 근해안강망허가로서 전년도에 비하여 26건이 감소한 26건의 허가가 있는 것으로 조사되었으며, 봉수망은 허가건수가 변화가 없었고,

근해선망의 경우에는 허가건수가 금년도에는 없었다.

표 5-2-4. 근해어업허가 현황

(단위 : 건)

어업의 종류	어업의 명칭	2001년말 허가건수	2002년말 허가건수	2003년말 허가건수	2004년말 허가건수
합 계		347	267	296	212
대형기선저인망	소 계	36	14	27	13
	외끌이	28	10	19	9
	쌍끌이	8	4	8	4
중형기선저인망	소 계	39	19	35	26
	서남해구외끌이기저	26	10	22	19
	서남해구쌍끌이기저	13	9	13	7
근해채낚기		19	18	19	15
기선권현망		14	14	15	15
근해유자망		32	32	28	25
근해안강망		90	55	52	26
근해봉수망		4	4	5	5
잠 수 기		51	51	55	52
근 해 통 발		35	30	28	18
근 해 연 승		31	30	22	17
근 해 선 망				1	

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

(2) 연안허가, 구획어업, 신고어업 현황

구획어업의 경우 전체 833건에 처분건수 또한 833건이었으며, 각망의 경우 송어, 농어 등을 어획하고, 낭장망은 멸치, 형망은 바지락, 피조개 등을 채취하며, 새우조망은 새우류 등을 어획하고 있다. 각망과 낭장망 그리고 새우조망과 형망은 전년도와 건수가 같다(표 5-2-5). 연안어업의 경우에는 허가건수가 4,779건으로 이중에서 복합어업이 전체의 72.9%를 차지하는 3,482건이었다. 복합어업의 경우에는 전년도에 3,485건이었는데, 올해는 3건이 줄어든 3,482건으로 조사되었으며, 자망의 경우에는 전년도에 786건에서 올해는 825건으로 39건이 증가, 통발 및 들망의 경우 전년도보다 2건이 감소하였으며 양조망은 전년도에 비하여 6건이 증가하였다.

다음은 신고어업으로 맨손어업은 전년도의 3,192건에서 금년도는 183건이 감소한

3,009건이었으며, 나잠의 경우에는 3건이 감소한 171건이었다. 낚시업의 경우에는 전년도 137건중 24건이 감소한 113건으로 조사되었다.

표 5-2-5. 연안허가, 구획어업, 신고어업 건수 현황

(단위 : 건)

구 획 어 업					연 안 어 업								신 고 어 업			
계	각망	낭장 망	형망	새우 조망	계	복합	자망	통발	들망	양조 망	낭장 망	계	맨손	나잠	낚시	
833	299	194	48	292	4,779	3,482	825	379	39	46	8	3,293	3,009	171	113	

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

(3) 어업별 어업권 현황

어업별 어업권 현황은 전체 1,073건에 14,719.82ha로 조사되었으면 이 중에서 허가건수가 가장 많은 것은 패류양식어업으로 전체의 61.5%에 해당하는 660건이었으며, 면적은 전체면적의 40%에 해당하는 5,905.54ha로 조사되었다(표 5-2-6). 면적이 가장 넓은 어업권은 마을어업으로 전체 52.2%에 해당하는 7,677.60ha이며, 허가건수는 23.7%에 해당하는 254건으로 조사되었다. 허가건수와 면적이 가장 적은 어업권은 협동양식어업으로 2건에 면적은 25.00ha이다.

표 5-2-6. 어업별 어업권 현황 및 면적

(단위 : ha)

어업별	건수	면적	비고
계	1,073	14,719.82	
해조류양식어업	23	104.00	미역, 다시마, 참모자반
패류양식어업	660	5,905.52	굴, 바지락, 피조개, 새고막, 홍합, 전복
어류양식어업 등	81	252.00	어류, 우렁쉥이
복합어업	10	102.80	다시마, 전복
협동양식	2	25.00	고막
정치망어업	43	652.90	삼치, 갈치, 오징어
마을어업	254	7,677.60	패류, 해조류, 정착성수산동식물

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

다. 수산생산 기반시설 및 수산물가공

(1) 수산생산 기반시설

여수지역에 속해 있는 항만과 어항시설은 전체 200개소가 존재하고 있다. 이중에서 항만은 2곳으로 무역항인 여수항, 연안항인 거문도 항이 있으며, 어항은 198개로서 국가어항 6개소와 지방어항 13개소 그리고 어촌정주어항 179개소로 나뉘어져 있다(표 5-2-7).

표 5-2-7. 어항 및 항만시설

(단위 : 개소)

합 계	항 만			어 항			
	소 계	무역항	연안항	소계	국가어항	지방어항	어촌정주어항
200	2	1(여수)	1(거문도)	198	6 (국동, 돌산, 안도, 초도, 낭도, 연도)	13	179

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

(2) 여수지역 수산물 가공업 허가·신고현황

2004년말 현재 여수시에 등록되어 있는 수산물 가공업 허가·신고현황에 대하여 조사해 보았는데, 전체 58개소가 등록되어 있었으면, 이 전체 업체의 생산량은 21,093M/T 이었으며, 생산금액은 64,275백만원이었다. 또한 신고된 업체는 한곳도 없이 모두 등록된 업체였다(표 5-2-8).

표 5-2-8. 여수지역 수산물 가공업 허가·신고현황

(단위 : M/T, 백만원)

합 계			등 록			신 고		
개소	생산량	금액	개소	생산량	금액	개소	생산량	금액
58	21,093	64,275	58	21,093	64,275	-	-	-

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

(3) 어업별, 어종별 위판현황

다음은 여수시 전체의 어업별, 어종별 위판현황에 관하여 조사한 것으로 표 5-2-9와 같이 조사되었다(표 5-2-9). 여수시에 위치하고 있는 수협위판장을 통하여 판매된 현황으

로 어종은 갈치, 고등어, 돔류, 멸치, 병어, 불락, 삼치, 아귀, 장어, 조기, 새우류, 패류, 기타 종류이며, 어업별로는 저인망어업, 선망어업, 채낚기어업, 안강망어업, 기타어업으로 각각 나누어서 조사하였다.

표 5-2-9. 여수지역 어업별·어종별 위판 현황

(단위 : 톤, 백만원)

구분	합계	갈치	고등어	돔류	멸치	병어	불락	삼치	아귀	장어류	조기	새우류	기타	패류	
합계	수량	40,586	4,957	2,975	1,965	3,100	2,065	2,290	2,330	2,551	1,770	2,676	2,020	8,240	3,647
	위판 금액	116,901	7,386	2,380	11,508	11,104	11,926	13,344	4,852	1,482	17,700	18,951	8,200	6,813	1,255
저인망 어업	수량	5,873	452	425	426	500	427	413	415	630	430	470	415	870	
	위판 금액	21,174	673	340	2,495	1,791	2,434	2,437	830	365	4,300	3,290	1,619	600	
선망 어업 (권현망)	수량	4,263	430	1,350		1,650	403							430	
	위판 금액	10,349	641	1,080		5,910	2,335							383	
채낚기 어업	수량	6,009	2,900		405			505	660					1,539	
	위판 금액	12,383	4,321		2,372			2,935	1,386					1,369	
안강망 어업	수량	6,154	465		424		425	2,411	430	470	415	1,350	405	1,350	
	위판 금액	25,854	693		2,483		2,463	2,441	903	274	4,150	9,585	1,661	1,201	
기타 어업	수량	18,287	710	1,200	710	950	810	952	825	1,451	925	856	1,200	4,051	3,647
	위판 금액	47,141	1,058	960	4,158	3,403	4,694	5,531	1,733	843	9,250	6,076	4,920	3,260	1,255

자료 : 여수시 해양수산 일반현황, 2004년 12월말 현재

(4) 수산물 생산

다음은 여수시 전체의 수산물 생산현황을 조사한 것으로 전체합계 87,588M/T이 생산되었으며, 금액으로는 119,943백만원이었다. 품종별로 보면 어류의 경우 전체 생산량의 84.2%에 해당하는 73,760M/T이었고, 금액은 전체 금액의 60.3%에 해당하는 72,269백만원으로 조사되었다. 패류의 생산량은 4,342M/T였고, 금액은 13,795백만원이다. 갑각류의 경우 1,734M/T에 1,155백만원, 해조류의 경우에는 1,238M/T에 금액으로는 4,829백만원, 연체류는 6,080M/T에 25,638백만원이었다. 기타 수산물 생산량은 434M/T에 2,257백만원으로 조사되었다.

라. 어촌계

(1) 해역내 23개 어촌계별 어촌계원

23개 어촌계에는 전체어촌계원의 15.8%에 해당하는 1,479명의 어촌계원이 있다. 이 중에서 전업은 49.4%에 해당하는 731명이 있으며, 겸업의 경우에는 50.6%에 해당하는 748명이 있다. 해역내 23개 어촌계에서 가장 많은 계원을 보유하고 있는 어촌계는 화태가 143명으로 가장 많으며, 가장 적은 곳은 우학으로 22명의 어촌계원이 있다.

(2) 어업인 후계인력 육성현황

어업인 후계 인력육성은 전년도까지의 결과와 2005년도의 새로 추가되는 계획에 따른 후계자현황을 포함한 것이다(표 5-2-10). 어업인후계자의 경우에는 전년도까지 569명이 지정되었으나, 2005년도에는 16명을 더 추가하여 585명의 어업인후계자를 육성할 계획에 있다. 이중 전업어가의 어업인 후계자의 경우 전년도의 58명에서 2명을 더 추가하여 육성할 계획인 것에 반하여 선도어가에 대해서는 어업인후계자에 관한 육성계획은 잡혀져 있지 않다.

표 5-2-10. 어업인 후계인력 현황

(단위 : 명)

어업인후계자					전업어가					선도어가				
선정인원			사고 인원	관리 인원	선정인원			사고 인원	관리 인원	선정인원			사고 인원	관리 인원
합계	1981- 2004	2005 계획			합계	1981- 2004	2005 계획			합계	1981- 2004	2005 계획		
585	569	16	146	423	60	58	2	1	57	2	2	-	-	2

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2004년12월 31일 현황 통계자료

(3) 바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황

해역내 어촌계의 어촌계별 어업권현황은 표 5-2-11과 같은데, 협동어업의 경우에는 여수시 전체 2건에 25ha의 면적을 가지고 있는 반면 해역 내에는 없다. 또한 정치망어업은 여수시 전체에서도 없는 것으로 조사되었다.

해조류어업의 경우에는 여수시 전체 18건에 77.8%에 해당하는 14건이 해역 내에서 존재하고 있으며, 면적도 71.2%를 차지하는 52ha가 존재하고 있다. 이외 복합어업의 경우에도 전체의 80%에 해당하는 8건이 해역 내에 존재하고 있다. 마을어업의 경우 전체의 22.7%에 해당하는 48건이 있으며 면적은 전체의 18.4%에 해당하는 1,222ha가 존재하고 있다. 해역 내에 전체 어업권의 건수와 면적은 118건에 1,536ha로 조사되었으며 이 건수와 면적은 전년도의 133건에 1,925ha보다 15건과 389ha가 감소한 것으로 조사되었다.

표 5-2-11. 바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황

(단위 : ha)

구분	어업권현황									
	해조류		패류		어류 등		복합		마을	
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적
여수시	18	73	379	4,046	45	152	10	103	211	6,634
해역내	14	52	18	98	30	93	8	71	48	1,222

자료 : <http://www.yeosu.go.kr/> 여수시청 2003년12월 31일 현황 통계자료

참고 : 협동어업의 경우 여수시 전체 2건에 25ha의 면적을 가지고 있음

(4) 해역내 어선세력

23개 어촌계에 속해있는 어선세력은 전년도에 비하여 123척이 감소한 것으로 조사되었으며, 무동력의 경우 전년도에 67척에서 올해는 59척으로 감소하였고, 동력의 경우에도 1,090척에서 금년도에는 975척으로 115척이 감소한 것으로 조사되었다(표 5-2-12). 해역내 어촌계 중에서 어선세력이 가장 많이 늘어난 곳은 심미와 안도어촌계이며 전년도에 비하여 금년도에는 22척과 21척으로 늘었다. 반면에 가장 많이 감소된 어촌계는 대소여어촌계인데 전년도 65척에서 금년에는 21척으로 44척이 감소한 것을 알 수 있다.

(5) 해역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득

해역내 어촌계의 수산물생산실적 및 어촌계 평균소득의 경우 평균물량은 178.39톤이며 평균금액은 897.74백만원으로 조사되었다. 어촌계 평균소득은 전년도에는 18,800천원보다 증가한 19,492천원으로 조사되었다(표 5-2-13).

생산물량이 가장 많은 어촌계는 화태 763톤, 화산 607톤, 횡간 236톤 순이며, 금액이 가장 많은 지역은 화태 2,116백만원, 월호 1,721백만원, 안도 1,321백만원 순이었다. 또한 어촌계 평균 소득이 가장 높은 지역은 횡간으로 23,417천원으로 조사되었다.

23개 해역내 어촌계 중에서 생산물량이 가장 적은 곳은 우학으로 51톤의 생산량을 보였으며, 금액은 우학과 자봉이 496백만원으로 가장 상당히 낮았다. 어촌계 평균소득이 가장 낮은 지역은 직원포 어촌계로 평균소득이 16,936천원으로 조사되었다.

다음 표 5-2-13은 해역내 23개 어촌계에서 생산한 물량 및 금액 그리고 어촌계 평균소득에 관한 조사결과이다.

표 5-2-12. 바다목장 권역내 어촌계의 연도별 어선현황

(단위 : 척)

어촌계	어선세력					
	무동력		동 력		합 계	
	2003년	2004년	2003년	2004년	2003년	2004년
우 학	2	5	23	21	25	26
직원포	1		16	24	17	24
두 모	2	5	11	13	13	18
함구미	1		24	24	25	24
송 고	4	4	26	37	30	41
대소여	2		63	21	65	21
심 미	2		29	53	31	53
장 지	1	1	24	25	25	26
두 라	4		60	49	64	49
나 발	3		27	21	30	21
화 태	5		129	132	134	132
횡 간	3	3	61	42	64	45
안 도	3	9	78	93	81	102
서고지			34	45	34	45
연 도	1		86	48	87	48
역 포	2	1	52	38	54	39
월 호	8	19	69	51	77	70
자 봉	4	6	27	24	31	30
화 산	11	2	92	93	103	95
신 흥	3	2	38	28	41	30
호 전	2		42	32	44	32
여 석	1		32	31	33	31
월 항	2	2	47	24	49	26
합 계	67	59	1,090	975	1,157	1,034

자 료 : 2003년 어촌계현황, 수협중앙회

표 5-2-13. 바다목장 권역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득

(단위 : 톤, 백만원, 천원)

어촌계	해역내 어촌계 생산실적			어촌계	해역내 어촌계 생산실적		
	생산물량	금액(백만원)	평균소득		생산물량	금액(백만원)	평균소득
나 발	106	891	21,131	우 학	51	496	17,438
대소여	101	609	18,417	월 항	147	894	20,629
두 라	159	921	23,246	월 호	216	1,721	19,486
두 모	93	721	17,211	자 봉	71	496	18,094
서고지	121	1,071	19,241	장 지	141	703	20,369
송 고	217	699	18,651	직원포	54	499	16,936
신 흥	196	921	18,713	합구미	42	651	19,377
심 미	147	721	19,076	호 전	133	596	18,437
안 도	201	1,321	19,462	화 산	607	1,216	18,621
여 석	106	507	19,525	화 태	763	2,116	19,241
역 포	94	896	22,211	황 간	236	1,011	23,417
연 도	101	971	19,397				
합 계	4,103	20,648	448,326	평 균	178.39	897.74	19,492

자 료 : 2003년 어촌계현황, 수협중앙회

2. 바다목장 이용관리 실태

전남 다도해형 바다목장의 해역내 이용관리 실태에 대한 조사에서는 어기별 어획되는 어종과 어획실태 그리고 어종별 평균가격에 대하여 어업인 면담 설문조사를 진행하였다. 설문지의 내용은 경영실태조사, 자산 및 부채현황 조사, 손익현황, 어가경제조사, 인적사항 등의 5가지 항목을 가지고 외줄낚시 및 채낚기를 전문으로 하는 어업인들을 대상으로 조사를 진행하였으며, 각각의 항목은 다시 몇 개의 세부항목으로 나누어서 조사하였다. (설문지는 참고목록 참조)

가. 어획실태

(1) 어종

주어기에 따라 어획되는 어종이 틀린데, 보통 참돔의 경우 8월에서 10월까지, 볼락은 연중, 조피볼락 연중, 감성돔은 9월에서 그 다음해 2월까지, 방어의 경우에는 8월에서 10월까지, 삼치와 농어의 경우 8월에서 10월까지 주로 어획되는 것을 알 수 있다.

다음 표 5-2-14는 전남 다도해형 바다목장 해역내에서 1인이 년중으로 어획하는 어종들의 평균어획량을 설명한 것이다. 참돔의 경우에는 연간 50kg의 어획량을 보였으며, 가장 많이 잡히는 어종은 볼락과 조피볼락으로 각각 676kg, 216kg으로 조사되었으며, 삼치의 경우에는 40kg으로 상당히 낮은 어획량을 보이고 있었다.

표 5-2-14. 바다목장 권역내 1인당 평균 연간어획량

(단위 : kg)

어종	참돔	블락	조피블락	감성돔	돌돔	숭어	방어	삼치	농어	장어	기타
어획량	50	676	216	179	53	122	97	40	44	103	91

(2) 어종별 가격

다음은 어종별 연간 평균금액을 조사한 것으로 결과는 표 5-2-15와 같다. 평균금액이 가장 비싼 것은 돌돔으로 22,864원으로 조사되었으며, 그 다음으로 감성돔이 15,115원으로 평균 금액이 다른 어종에 비하여 높은 것으로 조사되었으며, 숭어의 경우는 가장 싼 1,024원이 평균금액인 것으로 조사되었다.

표 5-2-15. 어종별 연간 평균금액

(단위 : 원)

어종	참돔	블락	조피블락	감성돔	돌돔	숭어	방어	삼치	농어	장어	기타
어획량	12,296	10,706	8,261	14,115	22,864	1,024	7,631	9,025	10,087	4,678	9,786

나. 어업별 조업실태

현재 바다목장 해역 내에는 복합어업, 자망어업, 통발어업, 이각망 등의 정치망 어업이 행하여지고 있다. 현재 해역내 이각망 허가현황은 37건으로 조사되었으며, 그 외 통발어업 등의 해역 내에서 집중적으로 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

또한 낚시객들을 상대로 한 유어선 113척이 낚시객들을 대상으로 유어낚시 영업을 진행하고 있다. 이 유어선의 숫자는 전년도에 132척에서 19척이 감소한 숫자이다. 여수지역을 찾는 유어낚시객의 숫자는 대략적으로 작년도에 650,000~700,000이 방문을 하였다고 보는데, 올해의 경우 작년보다 낚시객이 증가해 여수를 찾는 낚시객은 700,000~750,000명 정도가 방문한 것으로 추정하고 있다.

3. 어업경영실태

가. 조사개요

(1) 조사대상 및 방법

본 항목의 조사대상은 해역내 23개 어촌계에서 외줄낚시와 채낚기어업을 행하고 있는 어업인들을 대상으로 무작위로 선출하여 연구진 현지방문을 통한 면담설문조사와 현지조사원들을 통한 어업인 당사자 면접조사를 병행하여 실시하였으며, 조사에 사용된 설문지

의 경우는 부록에 첨부하였다.

(2) 분석대상 및 방법

분석대상은 전남 다도해형 바다목장 해역내의 23개 어촌계의 어업인이며, 또한 어촌계 어업인들 중 외출낚시 혹은 채낚기를 전업으로 하거나 겸업으로 하는 어가에 대한 설문 조사를 병행하여 실시하였다. 본 조사는 크게 어업경영실태와 어가경영상태 그리고 어가 손익현황, 어업비용 그리고 어가경제의 5가지 항목을 조사하였으며, 각각의 항목은 다시 여러개의 세부항목으로 나누어서 설문조사를 진행하였다.

5개 항목에 따른 각각의 세부항목은 다음과 같다.

첫째, 일반현황에 대한 조사로서 현재 당사자가 소유하고 있는 어업권의 허가명칭과 허가기간, 또한 소유하고 있는 어선에 대한 조사로서 어선의 선령, 톤수, 선질, 동력여부, 구입가격, 구입 년 월일을 조사했고, 기관의 형식 등을 조사하였으며, 소유하고 있는 어구, 어로장비 등에 관한 수량과 구입가격에 대한 조사를 병행하여 진행하였다.

둘째, 자산 및 부채현황에 대한 조사는 2004년도 말을 기준으로 조사를 진행하였으며, 내용은 현재 자신이 유용할 수 있는 유동자산을 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, 손익현황에 대한 조사를 진행했으며 본 항목은 먼저 어업수익조사와 판매방법조사 그리고 어종별 주어기 조사, 지금 하고 있는 어업인 겸업인지 주업인지에 대한 조사를 진행하였다. 먼저 어업수익에 대한 조사는 10개의 어종에 따라 바다목장 대상지역 내와 대상지역 외 생산량을 조사하였으며, 판매방법으로 상인판매, 수협위판장, 도매시장, 가공공장, 직접판매, 횃집판매, 기타의 방법 중에 판매를 어떻게 하고 있는지에 대한 %비율을 조사하였으며, 겸업여부에서는 부업의 경우 수입의 몇 %가 어업에서 차지하고 있는지에 대하여 %비율을 조사하였다.

넷째, 어업비용 조사는 출어비용, 인건비, 판매관리비, 일반관리비, 어업의 비용 등의 5가지 항목으로 나누어서 조사를 하였다. 각각의 항목 중 출어비용은 선구비, 연료비, 수리비, 기타 등의 항목으로 나누어서 일년 비용을 조사하였으며, 두 번째 인건비의 경우에는 필요인원과 필요일수의 조사를 진행하였다. 판매관리비의 경우에는 판매수수료, 운반비, 기타 등의 항목으로 나누어서 조사하였으며, 일반관리비의 경우에는 조세, 공과금, 유지보수비, 기타 등의 항목으로 나누어서 월평균비용을 조사하였다.

마지막 항목으로 어가경제를 알아보기 위한 조사를 진행하였으며, 어가경제조사에 관한 항목으로는 가계수입 및 가계지출에 대한 내용을 각각의 세부항목으로 나누어서 조사를 진행하였다. 먼저 가계수입의 경우에는 어업수입과 농업 그리고 기타겸업, 사업 외 수

입의 항목을 가진 어업의 수입으로 분류하여 조사하였으며, 가계지출에 대한 조사 또한 마찬가지로 항목으로 조사하였다. 또한 경영 자료 조사는 어업인들 개개인의 부채비율, 매출액 어업 이익률, 자본생산성 등을 조사했다.

나. 어업경영

(1) 현황

바다목장 해역내 연안 어선어업 중 외줄낚시어업 및 채낚기어업의 경우 대부분이 고용인이 없는 형태의 경영을 유지하고 있었으며, 부업으로는 가두리 양식, 농업, 민박집을 병행하고 있었다.

시기별로 어획되는 어종의 가격대는 각각 차이가 있는데, 참돔의 경우는 10,000~15,000원대에서 변화하는 가격대를 보였으며, 불락은 9,000~13,000원대의 가격을 보였다. 또한 조피불락의 경우 8,000원~13,000원대, 감성돔의 경우 10,000~25,000원대, 돌돔의 경우 20,000원에서 많게는 40,000원대의 가격변화를 보였다. 승어의 경우는 500~1,000원대, 방어는 6,000~10,000원대, 삼치는 6,000~10,000원대, 농어의 경우는 8,000원~10,000원대, 장어의 경우는 3,000원~8,000원대의 가격대를 보이는 것으로 조사되었다. 그 외 기타 어종은 가격대가 8,000원~10,000원대까지 가격의 변동이 있었다.

이 금액은 전년도에 비하여 각각의 어종별로 판매금액이 20~30%정도 인상된 것으로 조사되었으며, 가격대의 변화는 전년도에 비하여 상당히 큰 것으로 조사되었다.

(2) 자산, 부채 및 손익현황

본 항목은 바다목장 권역내의 어업인들에 대한 경영실태와 경영지표분석을 위한 기초 자료로 사용하기 위하여 해역내 어업인들을 대상으로 설문조사를 하였다.

자산, 부채 및 손익현황의 경우 2002년부터 2004년도까지 비교, 분석을 하였다. 먼저 자산의 경우 고정자산, 유동자산, 자산합계로 나누어서 조사를 진행하였으며, 고정자산의 경우는 2002년도에 10,893천원을 기준으로 19,249천원으로 증가하고 다시 2004년말 현재 22,538천원으로 증가한 것으로 조사되었으며, 유동자산의 경우 2002년도 15,455천원에서 2004년말 현재 16,120천원으로 증가한 것으로 조사되었다. 총 자산의 합계는 2002년말 26,348천원에서 2003년말 22,658천원으로 약 3,690천원 감소하였다가 2004년말 현재 38,658원으로 전년도에 비하여 16,000천원이 증가한 것으로 조사되었다.

부채의 경우는 고정부채, 유동부채, 부채합계 등의 3가지 세부항목으로 나누어서 조사 분석하였다. 먼저 고정부채의 경우는 2002년도 17,773천원에서 2003년도에는 14,736천원으로 감소하였으나, 2004년말 현재는 14,846천원으로 약간 증가된 것으로 조사되었다. 다음 유동부채의 경우는 전년도인 2003년도에는 12,250천원에서 2004년말에는 3,623천원으로 8,627천원이 감소된 것으로 조사되었다. 총 부채의 합계는 18,469천원으로 2003년도의

26,986천원에서 8,517천원이 감소한 것으로 분석되었다.

다음 표 5-2-16은 해역내 외출낚시 및 채낚기 어업인의 자산 및 부채현황에 관한 연도별 조사 분석결과이다.

표 5-2-16. 자산 및 부채 현황

(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
2004	22,538	16,120	38,658	14,846	3,623	18,469

(가) 외출낚시를 주업으로 하는 어업인

외출낚시를 주업으로 하는 어업인의 일년 어업생산액은 2004년도의 경우에 25,353천원이었으며, 어로비와 생활비를 포함한 총지출비는 10,525천원으로 어업이익은 14,928천원으로 조사되었다. 이에 따른 당기순이익은 16,080천원으로 분석되었다.

해역내 어업인들 중 외출낚시를 주업으로 삼고 있는 어업인들은 조사대상자가 65세 이상으로 나이가 많으므로 일년 동안 자신이 벌어들인 정확한 어업생산액과 지출비 등에 관하여 잘 기억을 하지 못하고 있다.

(나) 외출낚시를 겸업으로 하는 어업인

외출낚시 이외에 양식업과 농업을 겸업으로 하는 어업인의 합계를 평균으로 내었으며, 겸업을 하는 어업인의 평균금액은 26,747천원으로 조사되었는데, 이 금액은 전년도의 15,866천원보다 7,881천원이 증가한 것이다. 또한 지출비용은 어로 및 양식(농업)을 포함한 금액으로 총 지출비용은 10,848천원으로 전년도 17,454천원에서 약 6,606천원이 감소된 것으로 분석되었다.

(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(표 5-2-17).

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 회전을 분석하는 것으로 투하된 자본이 기간 중 얼마나 활발하게 운용되었는가를 나타내는 비율로서 수익성비율과 관계가 있으며 회전이 높을수록 자본의 이용도가 높다.

표 5-2-17. 주요 재무지표

구 분		2002년	2003년	2004년
유동성비율	자기자본비율	(-197.3)	(-81.8)	83.2
	유동비율	40.6	27.8	444.9
안정성비율	고정비율	(-21.0)	(-103.8)	70.1
	부채비율	(-107.4)	(-145.6)	57.4
	차입금의존도	211.8	119.1	47.8
손익관계비율	총자본어업이익율	85.5	62.7	38.2
	자기자본순이익율	(-43.3)	(-76.7)	45.9
	매출액어업이익율	70.4	60.8	55.2
활동성관계비율	총자본회전율	1.2	1.0	0.7
	고정자산회전율	2.9	1.2	1.2

2003년까지의 주요재무지표를 보면 (-)로 표시된 항목들이 있는데 이는 자본이 "-" 상태에 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.

2004년에도 개별 경영체에 따라 이러한 현상이 나타나고 있는 경우가 있으나 태풍 피해자금의 지원으로 해결된 부채의 영향에 의해 정상적인 재무분포를 나타내는 경영체가 많아졌다. 이는 어업경영의 불안정성을 단적으로 보여주는 예로써 통영바다목장 해역의 경우를 비추어 보면 바다목장 조성이 정착하는 2차년도 하반기까지 이러한 현상이 지속되다 차츰 그 변동폭이 줄어 점차 경영이 안정화 될 것으로 예측된다.

2004년 동 해역 분석에서 주목할 점은 어업수지의 개선으로 전년도에 비해 어업수익이 증가되어 전년도 10,908천원보다 증가한 14,761천원으로 어업수지 개선이 소폭 이루어졌다는 것이다. 그러나 아직도 어업경영의 불안정성 개선이 상당부분 진행되어야 한다는 점에서 동 해역에 있어 바다목장 사업이 지니는 의미는 아직도 매우 크며 어업인의 기대 역시 매우 크다는 것을 재무지표상의 내용으로도 충분히 짐작할 수 있다.

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.

바다목장 해역내 외줄낚시 및 채낚기 어업인의 어가수지는 다음과 같이 조사되었다. 먼저 어가의 전체매출은 244,300천원으로 조사되었으며, 생활비를 포함하여 어가에서 사용된 비용은 119,938천원으로 나타났으며, 그에 따른 어업이익은 124,362천원으로 조사되었다. 이에 따른 감가상각비는 1,133천원이었으며, 당기순이익은 123,228천원으로 조사되었다.

어업매출은 231,415천원이었으며, 어구비, 연료비 등을 포함한 어업비용은 108,015천원으로 나타났고, 매출에서 어업비용을 제외한 순이익은 123,400천원으로 조사되었다.

(1) 여수지역 전체 어가당 평균소득

수협에서 발간한 2003년도 통계현황자료를 보면 어촌계 통계자료에서 여수권역의 123개 전체 어촌계의 2004년말 현재 호당 평균소득은 전년도에 19,391천원에서 1,039천원이 증가한 20,430천원으로 조사되었다.

또한 여수권역의 123개 어촌계에서 어획되는 전체 물량은 2002년말 77,856kg에서 2003년도에는 64,859kg이었으며 2004년말 현재 29,160kg으로 전년도에 비하여 356,99(kg)이 감소한 29,160kg으로 조사되었다. 또한 수산물생산금액은 2002년도에 208,981백만원에서 2003년도에는 176,309백만원으로 32,672백만원이 감소하였으며, 2004년말 현재에는 69,699백만원이 감소한 106,610백만원으로 조사되었다.

다음 표 5-2-18는 여수지역 전체어가의 년도별 생산물량과 생산금액을 조사한 것이다.

표 5-2-18. 여수지역 전체어가의 년도별 생산물량과 생산금액

	물량(kg)	금액(백만원)
2002년	77,856	208,981
2003년	64,859	176,309
2004년	29,160	106,610

(2) 해역내 어가당 평균 어업소득

이중에서 바다목장 권역 내에 있는 23개 어촌계에서 어획되는 물량은 전체 여수의 물량에 14.1%에 해당하는 4,103kg으로 조사되었는데, 이 물량은 전년도의 7,722kg에서 3,619kg이 감소된 것으로 조사되었으며, 금액은 전체 금액 106,610백만원의 19.4%를 차지하는 20,648백만원으로 수산물생산실적 금액은 감소된 것으로 조사되었다.

제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사

1. 유어낚시

가. 조사대상 및 방법

유어낚시의 경우 조사대상은 전남지역 바다목장 해역을 찾는 낚시객을 위주로 조사하였으며, 설문조사 방법의 경우에는 봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절과 주중, 주말로 나누어서 조사하였으며, 결과는 전체 합산을 통한 통계로 내었다.

조사내용은 뒤에 부록에 설문지를 첨부하였으며, 기본적으로 낚시객의 거주지, 출조지역, 출조장소, 낚시여행 결정의 중요 요소, 출조형태 및 숙박의 유무 또한 낚시를 와서 쓰는 금액에 대한 조사를 진행하였다.

전체 유효응답 설문지는 총 568부였으며, 각각의 항목마다 무응답의 항목을 추가적으로 첨부하여 조사하였다.

나. 조사결과

(1) 유어낚시객 거주지 현황

낚시객의 거주지 현황에 대한 조사로서 서울, 대구, 광주, 부산, 대전 등의 대도시 5군데를 포함한 지역별 현황을 조사하였다(그림 5-3-1).

유효설문지 568부를 조사한 내용으로 전남 다도해형 바다목장 지역을 자주 찾는 유어낚시객의 경우에는 전체 51.1%에 해당하는 290명이 광주, 전남으로 응답을 하였으며, 다음으로 부산, 경남의 경우 22.5%에 해당하는 128명이 응답을 하였다. 그 다음으로 서울, 경기지역에서 현지를 찾는 낚시객의 응답자수도 7.9%에 해당하는 45명으로 조사되었다.

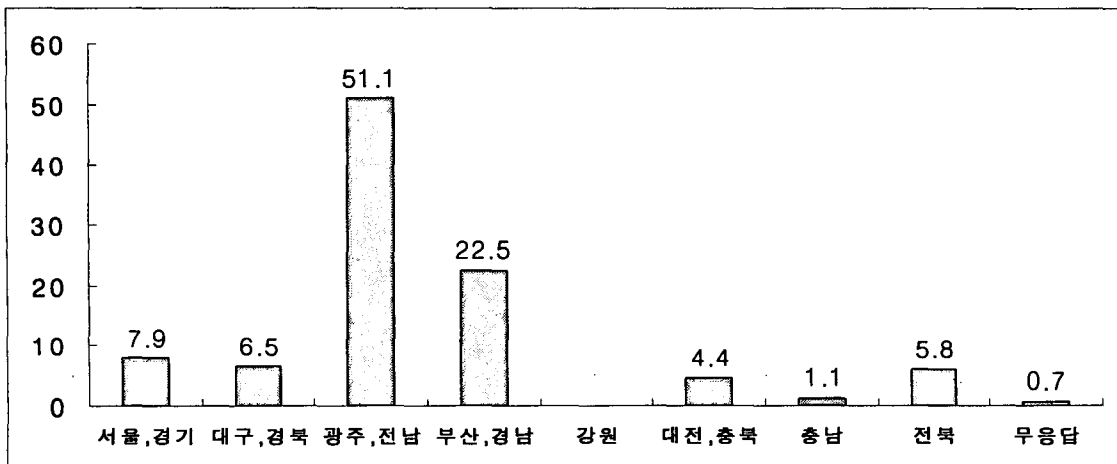


그림 5-3-1. 거주지 현황.

(2) 출조형태

출조형태에 관한 설문조사는, 출조지역과 출조장소의 두 가지 세부항목을 가지고 조사하였다. 먼저 주로 출조하는 낚시지역에 대한 조사결과는 아래 그림 5-3-2와 같이 조사되었는데, 주로 여수지역을 찾아서 출조한다고 응답한 응답자는 전체의 60.4%에 해당하는 343명으로 조사되었으며 이 비율은 광주, 전남지역에서 거주하는 낚시객의 수가 많아서 전체 비율이 상당히 높게 나타난 것으로 추정하고 있다.

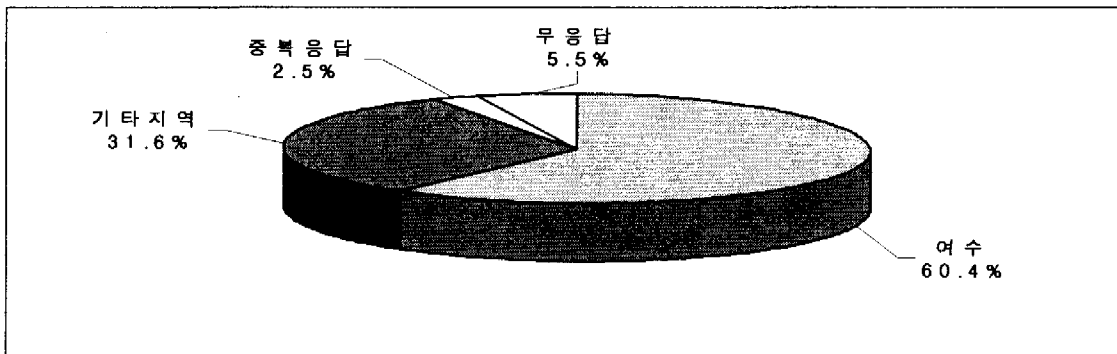


그림 5-3-2. 주로 출조하는 지역.

다음은 주로 출조하는 장소에 관한 조사로서 갯바위, 선상낚시, 기타 등의 세부항목을 가지고 조사하였으며, 조사결과는 그림 5-3-3과 같다.

전체 568명의 조사응답자중 갯바위에서 낚시를 한다고 응답한 경우는 전체의 77.3%에 해당하는 430명이 응답을 하였으며, 선상낚시를 한다고 응답한 경우는 전체의 13.6%에 해당하는 77명이 응답을 하였다. 기타의견으로는 방파제에서 낚시를 한다는 것이 대다수의 의견이었다.

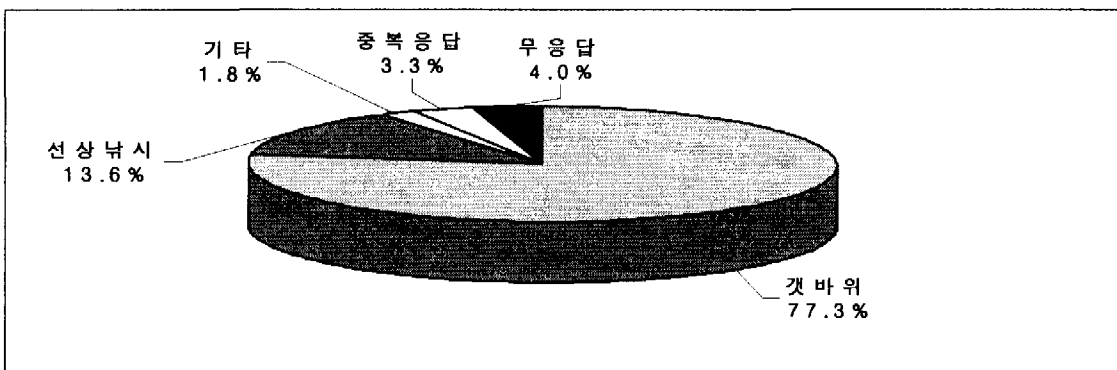


그림 5-3-3. 출조장소.

(3) 낚시여행을 결정하는 중요 요소

낚시여행을 결정하는 중요요소로서 조과에 대한 기대, 비용절약, 시간적인 여유, 친목 도모, 머리식힘, 편의시설, 기타 등의 7가지 세부항목을 가지고 1, 2, 3순위로 나누어서 조사하였다. 조사결과는 그림 5-3-4와 같다.

먼저 1순위로 가장 높게 응답한 항목은 조과에 대한 기대로 전체의 38.9%에 해당하는 221명이 응답을 하였으며, 그 뒤로 머리식힘이 23.9%에 해당하는 136명이 응답을 하였다. 다음 2순위로 중요하다고 응답한 항목은 머리식힘이 가장 높은 24.4%에 해당하는 139명이 응답을 하였으며, 다음으로 시간적인 여유가 전체 22.9%에 해당하는 130명이 응답을 하였다. 다음 3순위에서 중요하다고 생각하는 내용은 머리식힘으로 21.3%에 해당하는 121명이 응답을 하였다. 세부항목의 내용 중에서 머리식힘이 1, 2, 3순위에서 거의 비슷한 21%이상의 응답을 나타낸 것으로 가장 중요한 항목 중 한가지로 조사되었다.

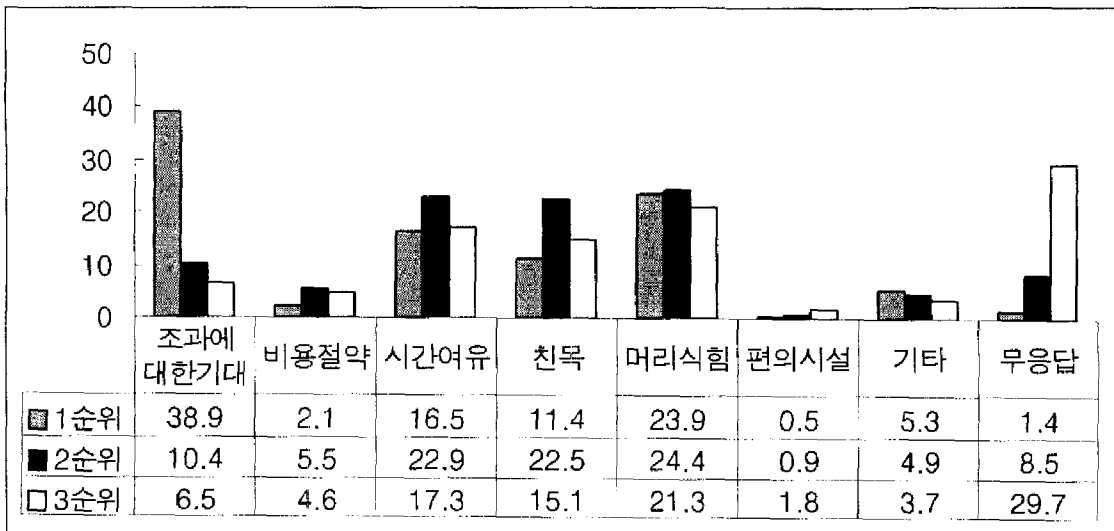


그림 5-3-4. 낚시여행 결정에 중요한 요소.

다음은 출조형태에 관한 설문조사의 결과로 총 568명의 응답자를 대상으로 조사하였다. 본 항목은 5개의 세부항목으로 나누어서 각각 조사를 진행하였으며, 세부항목은 연간 출조횟수, 여행타입, 출조시 평균기간, 총여행시간, 교통수단 등을 대상항목으로 설정하여 조사를 진행하였다.

먼저 연간 출조 횟수에 관한 조사결과는 그림 5-3-5와 같으며, 가장 많은 비율을 차지한 출조 횟수는 5회 미만으로 28.9%에 해당하는 161명이 응답을 하였고, 그 다음으로 5회 이상~10회 미만이라고 응답한 비율도 전체의 18.6%에 해당하는 104명이 응답을 하였다.

40회 이상도 출조한다고 응답한 비율은 전체의 13.1%에 해당하는 73명이 응답을 하였으며, 이와 같은 응답자의 경우는 대부분이 바다목장지역에 인접한 지역에 사는 것으로 조사되었다.

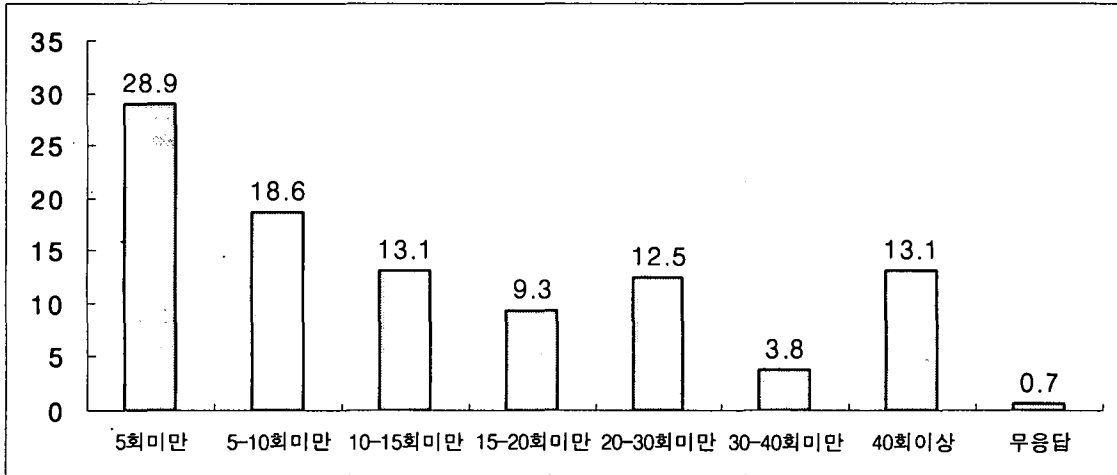


그림 5-3-5. 연간 출조 횟수.

다음은 이번 출조시의 여행타입을 조사한 내용으로 단체로 왔는지, 개인으로 왔는지에 대한 조사결과는 그림 5-3-6과 같다.

본 조사의 경우에는 중복응답자 1명을 제외한 전체 567명의 응답자를 대상으로 조사하여 분석한 것이다. 낚시점과 같은 단체로 낚시여행을 왔다고 응답한 비율은 전체의 59.6%에 해당하는 338명으로 조사되었으며, 개인적으로 낚시를 즐기러 왔다고 응답한 비율은 39.3%에 해당하는 223명으로 조사되었다.

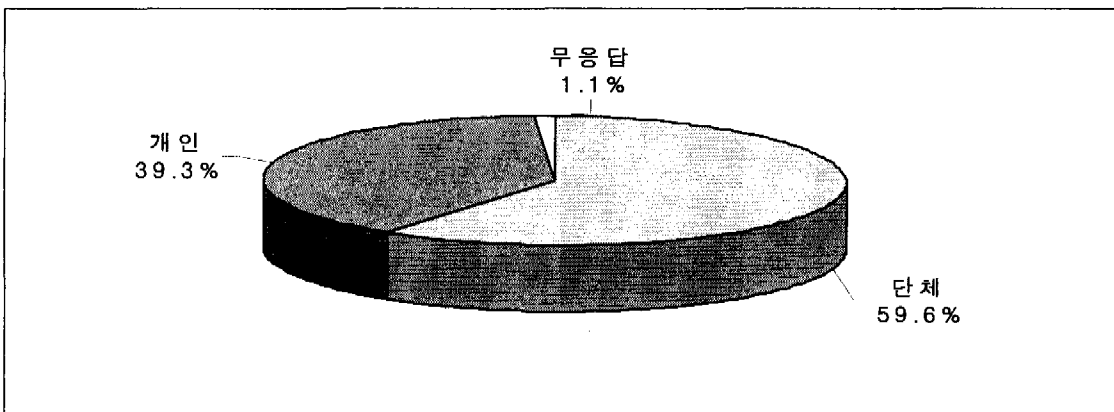


그림 5-3-6. 여행타입.

다음으로 한번 출조할 때 마다 어느 정도 시간을 가지고 낚시를 하는지에 대한 조사로 총 568명의 응답자를 대상으로 조사하였으며 조사결과는 아래 그림 5-3-7과 같다.

전체 응답자 중 가장 높은 응답비율은 보인 일수는 1박2일 이었으며 전체의 48.8%에 해당하는 277명이 응답을 하였고, 3박4일 이상이라고 응답한 비율은 전체의 0.7%에 해당하는 4명이 응답을 하였다.

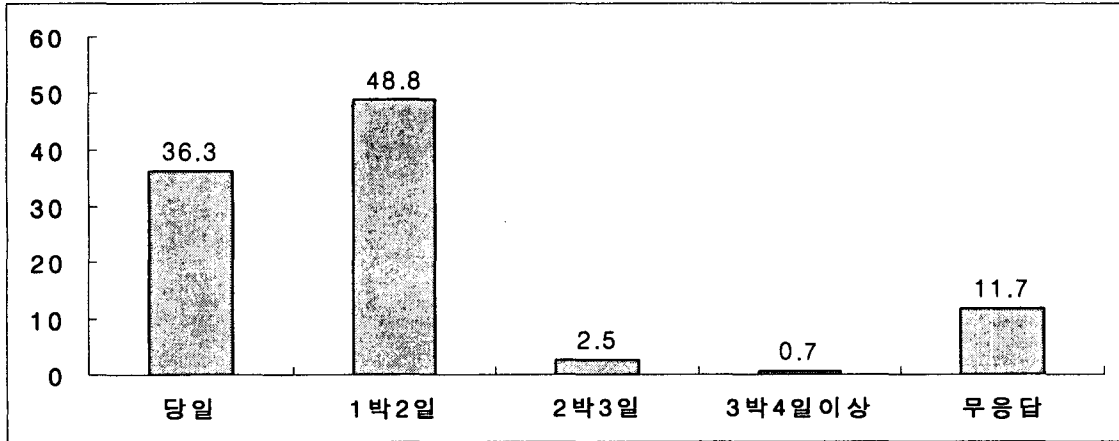


그림 5-3-7. 출조시 평균기간.

다음은 이번 낚시여행의 총 여행시간을 조사한 내용으로 결과는 그림 5-3-8과 같다. 총 여행시간은 568명을 대상으로 조사를 진행하였으며, 가장 높은 응답을 보인비율의 시간대는 3시간 이상~4시간 이하로 전체의 21%에 해당하는 119명이 응답을 하였으며, 6시간 이상이라고 응답한 비율도 전체의 7.4%에 해당하는 42명으로 조사되었다.

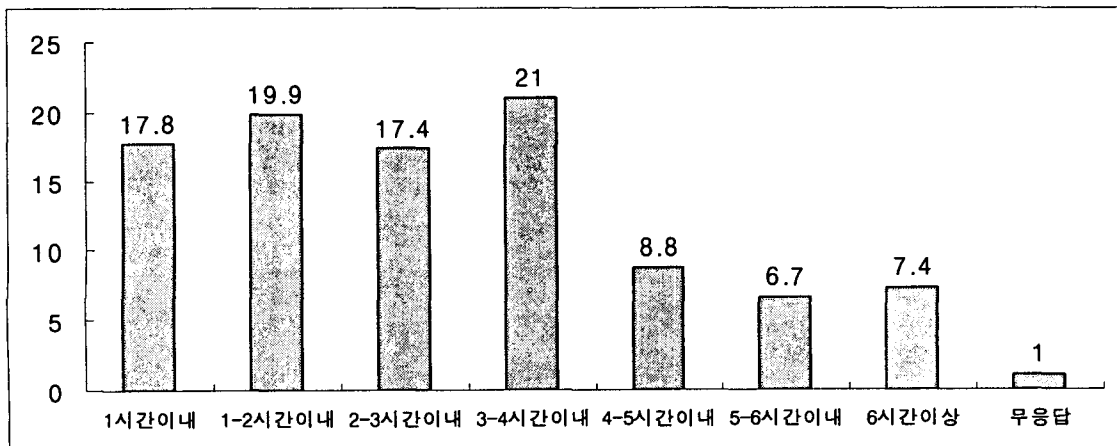


그림 5-3-8. 총 여행시간.

다음은 본 항목의 마지막 세부항목으로 현지까지 찾아올 때 이용한 교통수단을 조사한 것이다. 조사결과는 자가용을 이용했다고 응답한 응답비율이 전체의 76.1%에 해당하는 432명으로 조사되었으며, 낫시점 단체버스를 이용한다고 응답한 비율도 13.6%에 해당하는 77명으로 조사되었다.

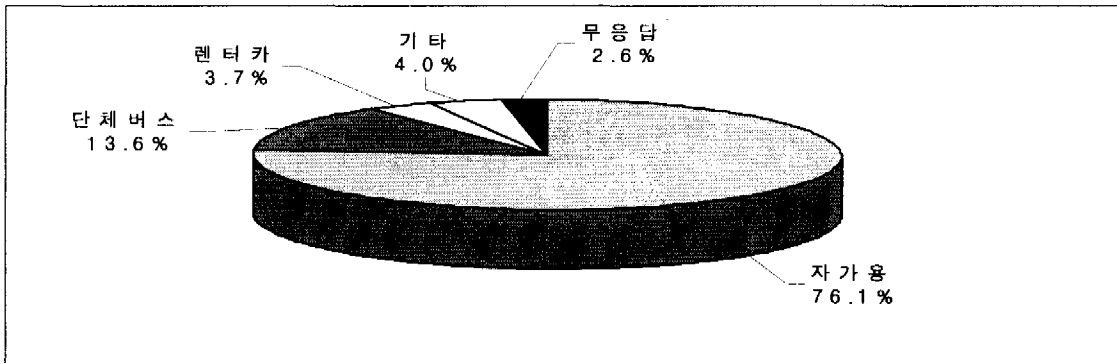


그림 5-3-9. 교통수단.

다음으로 조사한 항목은 낫시여행비용에 관한 항목으로 본 항목은 동반여행객수, 동반 유형, 숙박형태, 총비용 등의 4가지 세부항목을 가지고 설문조사를 실시하였다.

본 조사는 전체 568명의 유효설문지수를 분석한 것이다. 먼저 동반여행객수에 관한 설문조사 결과는 그림 5-3-10과 같으며, 평균동반여행객수는 3.92명으로 조사되었다.

조사결과 가장 높은 비율을 보인 것은 2명 이상~4명 이하로 전체의 32.9%에 해당하는 187명이 응답을 하였으며 다음으로 1명 이상~2명 이하가 19.5%에 해당하는 110명으로 조사되었다.

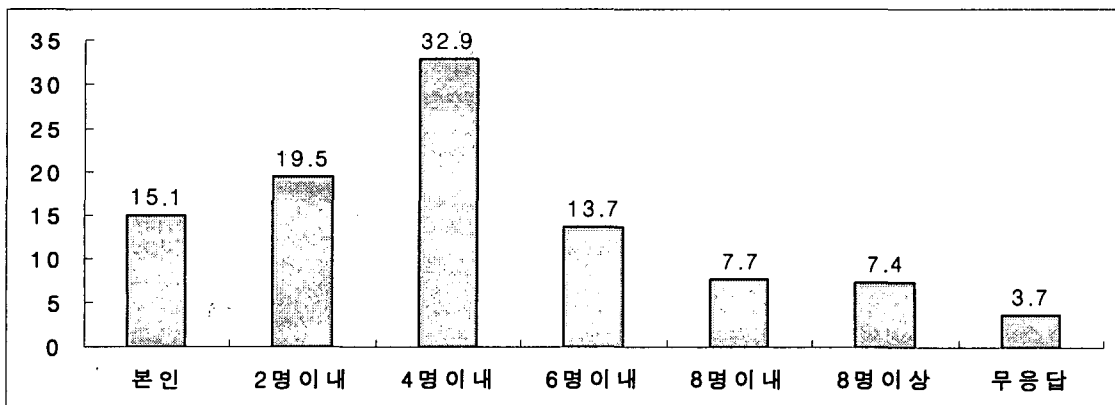


그림 5-3-10. 동반여행객수.

다음 세부항목은 동반유형에 관한 항목으로 무응답자 102명을 제외한 총465명을 대상으로 조사하여 분석한 것으로 결과는 그림 5-3-11과 같다.

본 조사결과 친구와 같이 낚시여행을 왔다고 응답한 비율은 전체의 36.3%에 해당하는 169명이 응답을 하였으며, 다음으로 동호회가 20.9%에 해당하는 97명이 응답을 하였다.

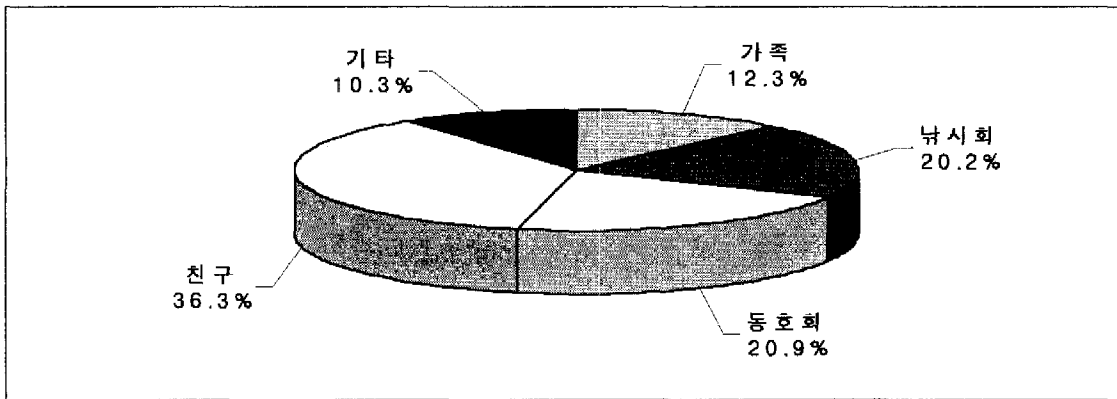


그림 5-3-11. 동반유형.

다음 항목은 숙박형태에 관한 조사로 당일 낚시여행을 제외한 226명의 설문지를 대상으로 분석한 것이다(그림 5-3-12).

먼저 밤을 새워 낚시를 한다고 응답한 비율이 전체의 64.6%에 해당하는 146명으로 조사되었으며, 다음으로 민박이 26.1%에 해당하는 59명으로 조사되었다. 콘도의 경우는 여수지역에 콘도가 없으므로 해서 한명의 응답자도 없는 것으로 조사되었다.

기타 의견으로는 친지나 친구집이 가장 많은 응답비율을 보였다.

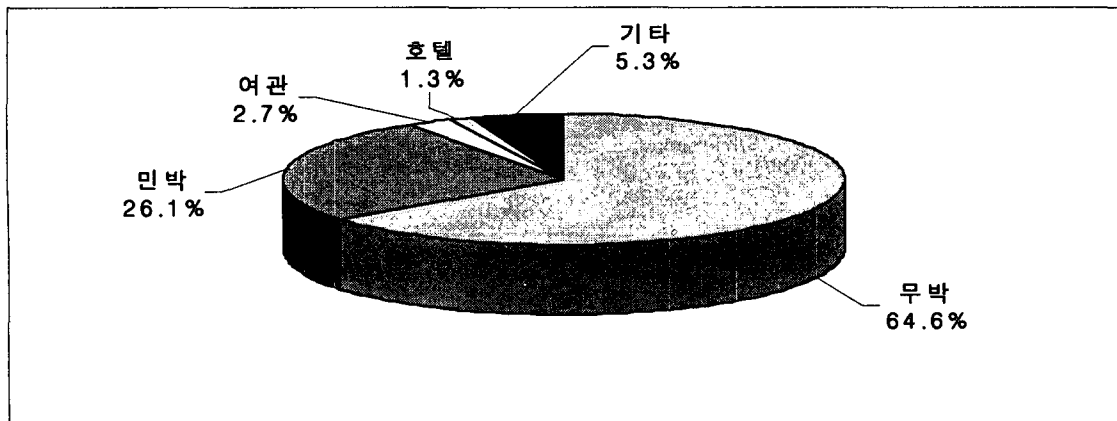


그림 5-3-12. 숙박형태.

다음은 본 조사 항목 중 가장 중요한 총 비용에 관한 조사결과로서 총비용, 교통비, 식비, 숙박비, 낚시배 임대료, 기타 잡비 등 6가지로 세부항목을 나누어서 이번 낚시여행에 쓴 비용을 조사하였다.

조사결과 전체합계 금액에 설문지 부수로 나는 1인당 평균금액은 총비용이 14만9천원으로 조사되었으며, 교통비의 경우는 3만6천원, 식비의 경우는 2만7천원, 숙박비의 경우는 5천7백원, 낚시배 임대료는 4만원, 기타잡비는 3만5천원으로 조사되었다.

조사결과는 표 5-3-1과 같다.

표 5-3-1. 낚시비용

(단위 : 만원)

구분	총비용(만원)	교통비(만원)	식비(만원)	숙박비	낚시배 임대(만원)	기타잡비 (만원)
합계	8337.9	1961.5	1478.1	314.5	2187.4	1910.25
평균	14.9693	3.592491	2.71211	0.576007	4.020956	3.505046

다음은 바다목장이 만들어지고 어획량이 증가되었는지에 대한 조사결과로 전체 568명의 응답자를 대상으로 조사하였으며, 그 결과는 어획량이 증가되었다고 응답한 응답자의 비율은 전체의 28%에 해당하는 159명으로 조사되었으며, 아닌 것으로 조사된 비율은 70.4%에 해당하는 400명으로 조사되었다.

마지막 조사항목으로 어획되는 평균 물고기량과 어획 kg 그리고 주로 어획되는 어종의 조사결과로 1일 전체 어획수 합계는 2,303마리였으며, 어획 kg수는 1,116kg으로 조사되었으며, 1인 평균 1일 어획량은 4.19마리 또한 어획 kg은 2.63kg으로 조사되었다.

주로 어획되는 어종은 감성돔, 노래미, 볼락 등이었으며, 기타적으로 망상어, 갈치, 도다리, 농어, 장어, 방어 등이 어획된다고 조사되었다.

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 2차년도 1단계 사업이 들어간 상태이다. 이와 같은 상황에서 바다목장사업 실시전의 현황을 조사하여 기본 정보와 자료를 축적하기 위한 조사로 매우 중요한 조사라고 할 수 있다.

본 조사의 경우에는 봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절을 주중, 주말로 나누어서 조사를 진행하였으며, 조사항목은 23개 항목에 관하여 조사를 진행하였다.

설문조사 항목은 여수를 찾는 관광객의 유형, 비용, 거주지, 월평균소득 등을 포함하고 있으며, 설문지는 뒤에 첨부자료로 첨부하였다.

(1) 관광현황

관광현황은 전남지역을 찾는 관광객의 패턴을 조사한 것으로 시계열분석에 있어서 중요한 정보를 제공하고 있다.

본 절에 대한 내용은 연간방문횟수, 여행의 주목적, 여행지까지의 소요시간, 여행형태, 숙박시설 이용, 직업, 거주지, 여행경비, 여행의 중요도 우선순위 등의 항목에 관한 조사 결과이면, 전체 유효설문지수는 612부였다.

현재 여수지역의 주요 관광지로는 오동도, 만성리, 향일암 등이 있으며, 이중에서 바다 목장 해역에 포함되어 있는 큰 관광지는 없으나, 많은 관광객들이 이들 관광지를 찾고 있어서 조사항목에 포함하였다.

먼저 여수지역 연간방문횟수에 관한 설문조사는 무응답자 255명을 제외한 357명을 대상으로 조사하였으며 결과는 다음 그림 5-3-13과 같다.

조사결과 처음 방문이라고 응답한 비율은 전체의 33.6%에 해당하는 120명으로 조사되었으며, 2번 이내가 23.3%에 해당하는 83명이 응답을 하였다.

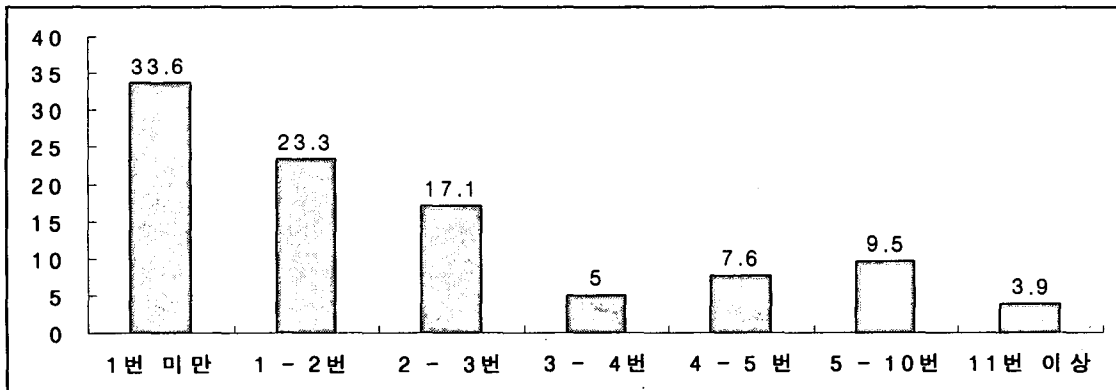


그림 5-3-13. 연간방문횟수.

다음은 이번 여수지역을 여행하는 주목적에 관한 조사로서 총 608명의 응답자를 대상으로 해양스포츠 및 레포츠, 자연경관구경, 자연경관 및 명소구경, 친지방문, 휴양을 비롯한 오락활동, 기타 등의 6가지 세부항목을 가지고 조사를 진행하였다(그림 5-3-14).

조사결과 전체 응답자의 262명이 2가지 이상의 중복응답을 하였으며, 중복응답의 경위 자연경관 및 자연경관과 명소구경이 가장 응답비율이 높은 것으로 조사되었다.

본 항목의 조사결과는 전체의 14.9%에 해당하는 91명이 자연경관을 선택했으며,

10.5%에 해당하는 64명이 친지 및 친구방문으로 조사되었다. 또한 해양스포츠 활동을 선택한 응답자도 전체의 4.1%에 해당하는 25명으로 조사되었다.

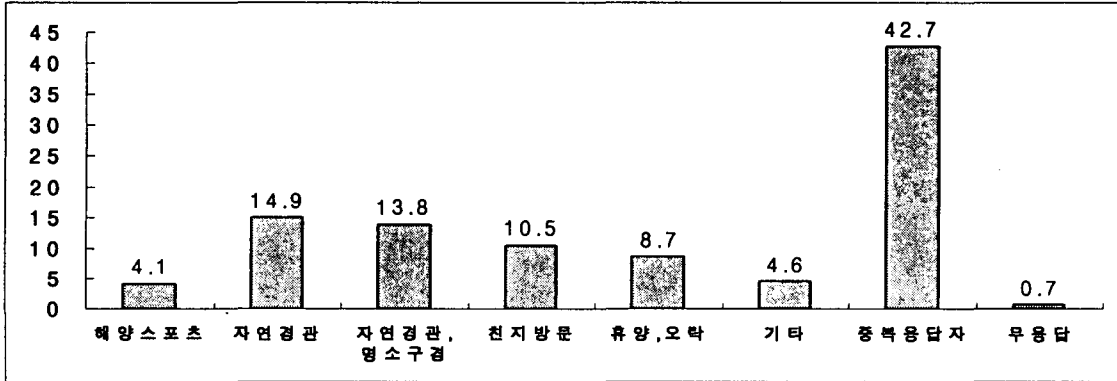


그림 5-3-14. 이번 여행의 주목적.

다음 조사항목은 현지까지 오는데 걸린 소요시간을 조사한 것으로 총 612명의 응답자를 대상으로 조사한 것이다. 본 항목은 아무리 좋은 관광지가 있어도 그곳까지 오는데, 시간이 많이 걸리며 교통편이나 교통상황이 안 좋다는 것이기 때문에 그 지역에 대한 관광객들의 선호도가 낮아지게 된다. 그러므로 여수지역의 관광인지도에 대한 조사로서 조사결과는 그림 5-3-15와 같다.

설문조사 결과 가장 많은 비율을 보인 소요시간대는 2시간 이상~3시간 이내가 전체의 20.6%에 해당하는 126명으로 조사되었으며, 다음으로 1시간 이상~2시간 이내가 19.4%에 해당하는 119명으로 조사되었다. 또한 7시간 이상의 소요시간이 걸리는 것으로 조사된 비율은 전체의 2%인 12명으로 조사되었다.

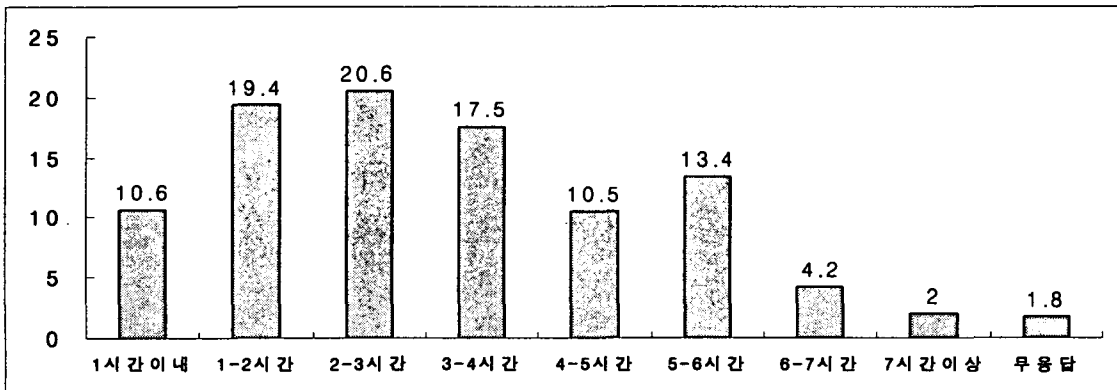


그림 5-3-15. 출발지에서 현지까지의 소요시간.

다음은 이번 여행이 숙박여행인지 당일여행인지에 대한 조사결과로 당일여행이라고 응답한 비율은 전체 612명의 응답자 중 48.5%에 해당하는 297명으로 조사되었고, 숙박여행의 비율은 51%에 해당하는 312명으로 조사되었다.

또한 여수지역에서 현재 숙박하고 있는 시설에 대한 조사로 전체 345명의 응답자를 대상으로 조사를 진행하였으며, 본 응답자 중 312명은 숙박여행이라고 응답한 응답자 이었다. 선호하는 숙박시설은 여관이었으며, 전체의 39.8%에 해당하는 137명이 응답을 하였고, 다음으로 친지나 친척집이 23.5%에 해당하는 81명으로 조사되었다. 기타 의견으로는 찜질방, 여름휴가철에 텐트 등으로 조사되었고, 결과는 그림 5-3-16과 같다.

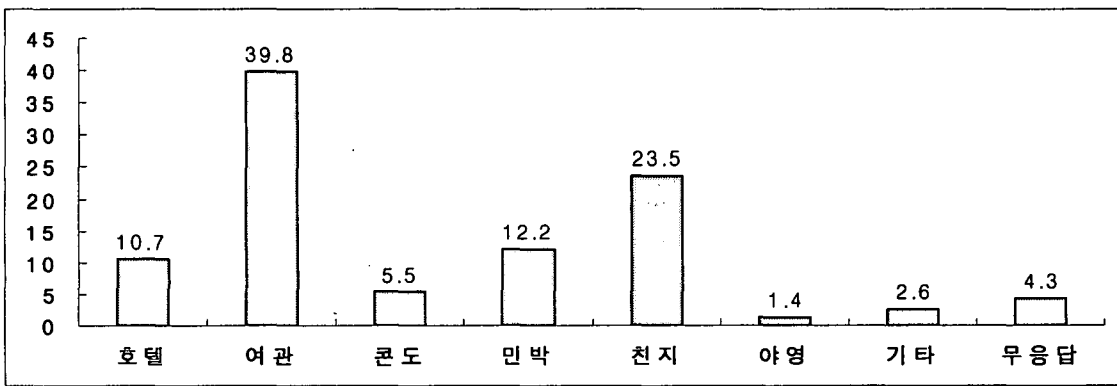


그림 5-3-16. 숙박시설.

다음은 이번 여행의 형태로 단체관광인지, 가족관광인지에 대한 조사결과로서 가족관광이 전체 612명중 40.4%에 해당하는 247명이었고, 단체관광은 9%에 해당하는 55명으로 조사되었다. 기타의견으로는 데이트, 출장, 세미나, 효도관광 등으로 조사되었다(그림 5-3-17).

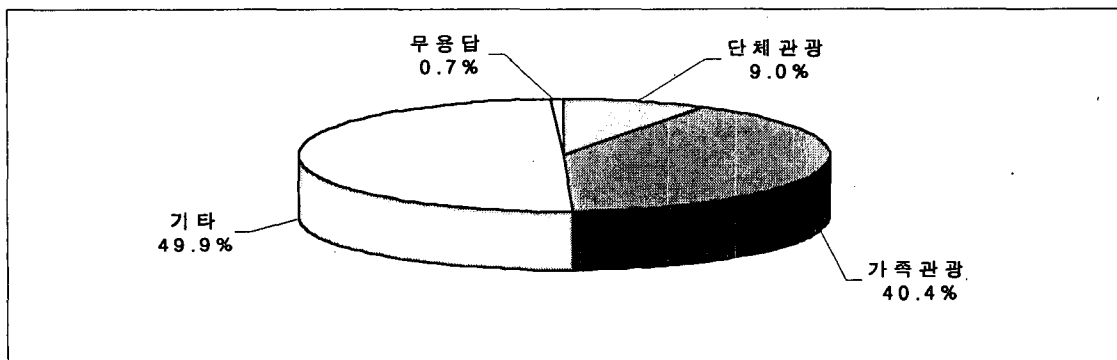


그림 5-3-17. 여행의 형태.

다음 조사항목은 설문응답자의 직업을 조사한 것으로 전체 612명의 응답자를 대상으로 조사 분석한 내용이다.

가장 많은 직업은 회사원으로 전체의 24.3%에 해당하는 149명이었으며, 다음으로 자영업이 17.8%에 해당하는 109명 이었고, 공무원이 10.3%에 해당하는 63명 이었다. 또한 15.2%에 해당하는 93명이 주부라고 응답하였다.

조사결과는 그림 5-3-18과 같다.

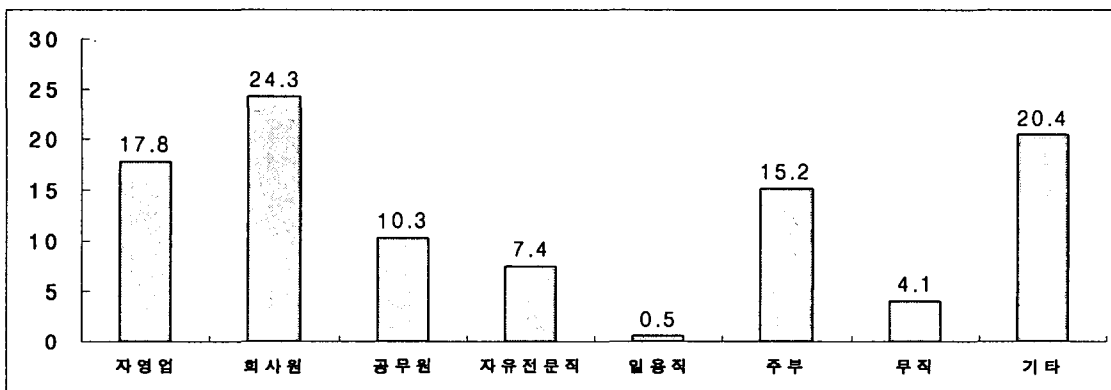


그림 5-3-18. 여행자 직업.

다음 항목은 현재 거주하는 지역에 대한 설문조사 결과로 그림 5-3-19와 같다. 먼저 설문조사 결과 가장 많은 거주지는 광주, 전남지역으로 전체 612명의 37.3%에 해당하는 155명이었으며, 다음으로 서울, 경기도가 27.9%에 해당하는 116명으로 조사되었다. 또한 부산, 경남은 12.3%에 해당하는 51명이었으며, 강원도의 경우도 0.7%에 해당하는 3명이 응답을 하였다. 기타 지역으로는 제주도와 미국이라고 응답한 응답자도 전체의 0.7%에 해당하는 3명이었다.

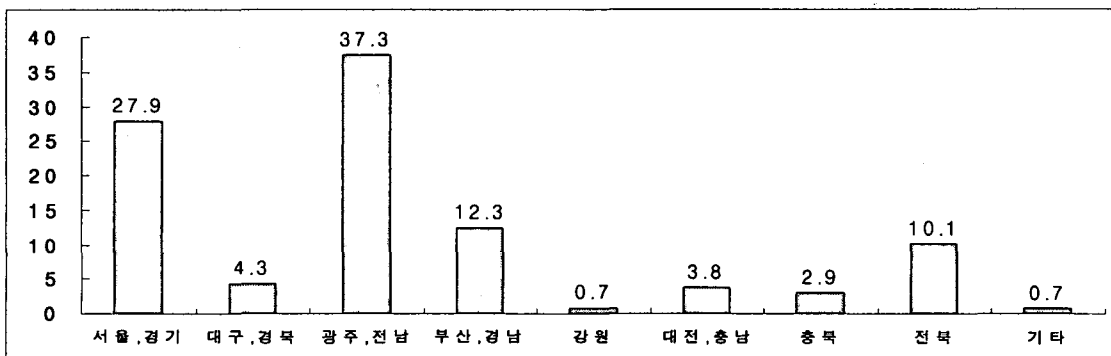


그림 5-3-19. 거주지역.

다음은 이번여행에 사용된 여행경비에 대한 조사항목으로 결과는 표 5-3-2와 같다. 전체 예상여행경비의 합계는 15,258만원으로 조사되었으며, 1인당 평균 예상여행경비는 25.1만원으로 조사되었다. 또한 여행 전에 예상한 금액과 현지에서 지출한 경비와 앞으로 지출이 예상되는 경비의 차이는 전체금액이 약 3,308만원으로 여행 전 예상했던 경비보다 더 지출되는 것으로 조사되었으며, 1인당 평균 금액도 약 5.6만원이 추가적으로 지출되는 것으로 조사되었다. 전체 합계 지출금액 중 가장 높은 비율을 차지하는 항목은 음식비로 33.7%에 해당하는 4,995만원으로 조사되었으며, 이 항목은 1인당 평균비용으로도 34.1%에 해당하는 8.3만원이 지출되는 것으로 조사되었다. 다음으로 지출이 많은 항목은 교통비로 합계의 32.6%에 해당하는 4,834만원이었고, 1인당 평균금액은 32.5%에 해당하는 7.9만원으로 조사되어서 음식비와 교통비가 전체 금액은 60%이상을 차지하는 것으로 조사되었다.

표 5-3-2. 여행경비

(단위 : 만원)

	예상여행 경비	현재까지 지출경비	지출예상 경비	지출금액				
				교통비	숙박비	음식비	기타	총계
합계	15,258.1	8,427.5	10,139.9	4,834.5	2,168.0	4,995.1	3,003.6	14,809.8
평균	25.1	13.9	16.8	7.9	3.9	8.3	5.1	24.3

본 조사의 마지막항목으로 여행지 결정의 중요도 우선순위에 대한 설문조사 결과로 조사내용은 소요경비, 소요시간, 교통수단, 자연경관, 문화유산, 시설 등 6가지 세부항목을 가지고 어떤 항목이 여행지 결정에 중요한지에 대한 것으로 관광객들의 여행지결정에 관한 인식을 조사한 것이다.

이 항목은 전체 612명의 응답자를 대상으로 조사한 것으로 조사결과는 그림 5-3-20과 같다. 조사결과 매우 중요하다고 생각하는 것은 자연경관이며 응답자는 전체의 58%에 해당하는 355명으로 조사되었고, 그 다음은 문화유산이 37.4%에 해당하는 229명이 응답을 한 것으로 조사되었다.

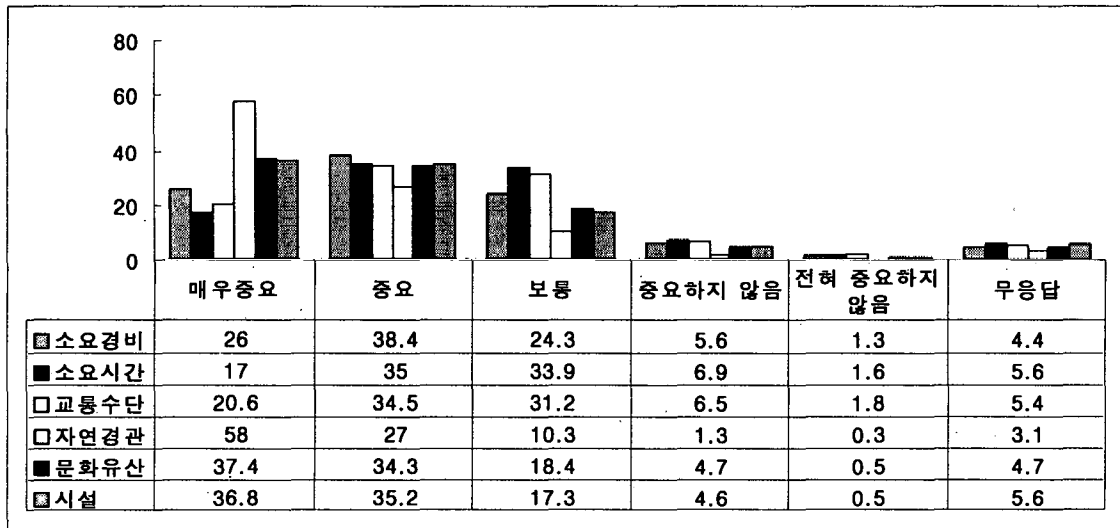


그림 5-3-20. 여행지 결정의 중요도 우선순위.

제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축

1. 바다목장 이용·관리의 문제점 및 개선방안

첫째, 여수 바다목장의 어장 및 자원조성사업이 2002년부터 본격적으로 이루어지고 있으며 자원조성의 효과측정을 위해 감성돔 등 주요 어종에 표지(아가미 절단법)를 하여 방류하고 있으나 어업인이나 낚시객들에 대한 홍보가 부족하여 신고가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 방류효과를 가시적으로 측정할 수 있는 방류 표지어에 대한 무지와 무관심으로 인해 방류효과측정을 위한 노력이 무산된다면 향후 바다목장 사업추진에 큰 손실이 될 것이므로 바다목장 사업에 대해 해역 이용자들에게 보다 적극적인 홍보를 통해 자원조성 효과에 대한 더욱 정확한 평가가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 어장조성을 위해 지자체에서 실시하는 어초투하사업이 바다목장사업과 별도로 이루어지는 경우가 있는데 이는 국가 예산의 중복과 낭비를 초래하므로 바다목장 해역에 투하할 경우 반드시 바다목장사업 관계자에게 사전에 통보하여 상호조율을 통해 예산의 중복투자를 방지하고 자원조성이 보다 효율적으로 이루어지도록 해야 할 것이다.

셋째, 유어 낚시객으로 인해 발생하는 문제점으로는 낚시배 밀집에 의한 오염을 들 수 있다. 밀집의 과다 투여로 인해 바닥이 황폐화되고 수질이 악화되어 해초가 고사하거나 연안해역의 백화현상을 야기하는 원인이 될 수 있으므로 낚시 밀집이 생태계에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 적절한 대응책 및 규제책을 마련할 필요가 있다. 또한 낚시객들의 주 어획종이 감성돔, 노래미, 불락 등 고가어종이기 때문에 어업인들과의 경합으로 인한 어업수익 감소의 원인이 되고 있으므로 중장기적으로는 낚시면허제 등을 통해 수익자 부담원칙에 의한 자원관리와 보호대책이 시급히 이루어져야 할 것이다.

넷째, 불법어업의 문제이다. 현재 전남 바다목장해역은 보호수면이나 수산자원관리수면으로 지정되어 있지 않아 해역에서의 적극적인 감시활동이 불가능한 실정이다. 바다목장 해역에서는 여전히 이각망 및 통발에 의한 치어포획이 이루어지고 있다. 현재 이각망으로 포획된 10~15cm 우럭이 시장에서 위판되고 있는 실정이다. 또한 불법 자망에 의한 어획도 여전히 성행하고 있는데 불법어업자들의 활동시간이 주로 새벽과 밤중에 이루어지고 있고 자망 설치장소도 부표 위치를 교묘하게 숨기고 있어 해경에 의한 단속이 이루어지기 힘든 실정이다. 불법어업을 방지하기 위해서는 해당 해역에서 어업활동을 하고 있는 어업인들의 신고와 자율규제가 무엇보다 중요하며 따라서 어업인들에 대한 교육과 홍보가 반드시 뒤따라야 할 것이다.

다섯째, 자원남획형 어업의 철수에 따른 문제이다. 2005년 현재 바다목장 해역에 설치되어 조업이 이루어지고 있는 각망어업은 총 37건으로, 주로 연안 가까이 설치되어 있는 어획강도가 매우 높은 자원남획형 어법이므로 향후 점진적인 철회 및 취소 그리고 자원

보호형 업종으로의 전환이 필요한데, 이 경우 영세한 어업인에게는 심각한 생계문제가 될 수 있으므로 어업인 보호차원의 대책이 필요하다. 이를 위해 기존의 허가정수제를 완화하여 새로운 어업으로의 전환을 용이하게 하는 등 구체책이 필요하며 이를 위해 바다목장 사업 투자계획상의 지자체 예산을 활용하여 바다목장 연구사업 수행차원에서 적절한 지원방안도 검토해 볼 필요가 있을 것이다.

표 5-4-1. 수산자원보호령상의 체포 금지체장

(단위 : cm)

어 종	체 장	어 종	체 장
참 돔	20	농 어	20
돌 돔	15	방 어	20
블 락	15	붕 장 어	35

자료 : 수산자원보호령 10조 1항

2. 보호수면 및 수산자원관리수면 지정

가. 필요성 및 범위

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 조성되는 데는 더 많은 시간이 필요하다. 그런데 바다목장 조성 기간 중에 과도한 어획을 하거나 시설물을 훼손하는 행위를 할 경우 어장 및 자원조성을 이루어질 수 없다. 따라서 바다목장이 완전히 조성될 때까지는 관리수역을 지정하여 철저히 해역을 관리할 필요가 있다.

그러나 현재 전남바다목장의 경우는 아직 보호수면이나 수산자원관리수면 등 법적관리가 되고 있지 않아, 해당 수역에서 누구나 어로행위나 기타 행위를 할 수 있기 때문에 바다목장 조성을 위한 어장조성시설 설치 및 방류어종에 대한 관리가 철저히 이루어지고 있지 않다.

그리고 바다목장 조성과정에서의 바다목장 관리는 주로 바다목장의 성공적인 조성이 목표이고, 바다목장 조성후의 관리는 바다목장의 기능을 떨어뜨리지 않도록 이용하기 위한 것이다. 다시 말해서 바다목장 조성과정에서는 조성정도에 따라 조성된 수산자원을 적절하게 이용하여야 하고, 시설물의 보호관리도 필요하게 된다.

우선 보호수면으로 지정하는 경우를 생각해 보면, 바다목장 해역 전체에 대한 관리 자체가 불가능하게 되며, 자원량 조사를 위한 시험조업, 적정 자원을 이용하기 위한 시도 등이 법률적 제한으로 인해 불가능하게 된다. 그러므로 일부 주요해역을 보호수면으로 지

정하여 집중적으로 관리하는 한편 그 외의 수역은 수산자원관리수면으로 지정함으로써 제한적인 조업이 가능하도록 허용하여 현재 조성중인 바다목장을 보다 효율적으로 관리할 수 있을 것이다.

표 5-4-2. 재원별 연도별 투자계획

(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

2002년 제정되고 2003년 7월에 발효된 '기르는어업육성법'에는 바다목장을 조성하고자 하거나 조성중인 수면에 대하여 수산자원관리수면(이하 '관리수면'이라 함)으로 지정하여 운용하도록 의무화되어 있다. 그동안 법률시행을 위한 하위규정 미비로 지연되고 있었으나 2004년 3월 해양수산부에서 '수산자원관리수면 업무처리요령'을 제정하여 각 시·도에 시달한 바 있어 법률시행의 근거가 미흡하나마 마련되었다고 할 수 있다.

전남 바다목장의 경우 해역범위는 목표어종이 감성돔 및 돌돔 등 돔류이기 때문에 넓지 않으면 안 된다. 또한 감성돔의 경우 동 해역에서의 회유경로가 계절에 따라 안쪽으로부터 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 치어들

이 비교적 영양이 풍부한 연안 가까운 이 해역에 머물면서 초기 성장을 하는 곳으로 추정되는 해역이기 때문이다. 현재 바다목장에 방류되는 감성돔, 들돔 종묘는 대부분 이 해역에서 이루어지고 있으며 동시에 이 해역에서부터 방류 종묘의 이동, 성장을 추적 조사 중에 있는 해역이기도 하다.

둘째, 육성장은 여수바다목장 해역에서 감성돔이 가장 오랫동안 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 128°40' 24"	② N 34°33' 52", E 128°42' 15"
③ N 34°33' 54", E 128°42' 47"	④ N 34°33' 38", E 128°43' 28"
⑤ N 34°32' 58", E 128°43' 29"	⑥ N 34°32' 22", E 128°42' 03"

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 128°46' 00"	② N 34°28' 51", E 128°47' 24"
③ N 34°28' 30", E 128°47' 27"	④ N 34°27' 39", E 128°47' 37"
⑤ N 34°37' 08", E 128°47' 16"	⑥ N 34°28' 23", E 128°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 128°48' 35"

② N 34°25' 47", E 128°50' 02"

③ N 34°25' 33", E 128°49' 58"

④ N 34°24' 34", E 128°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.

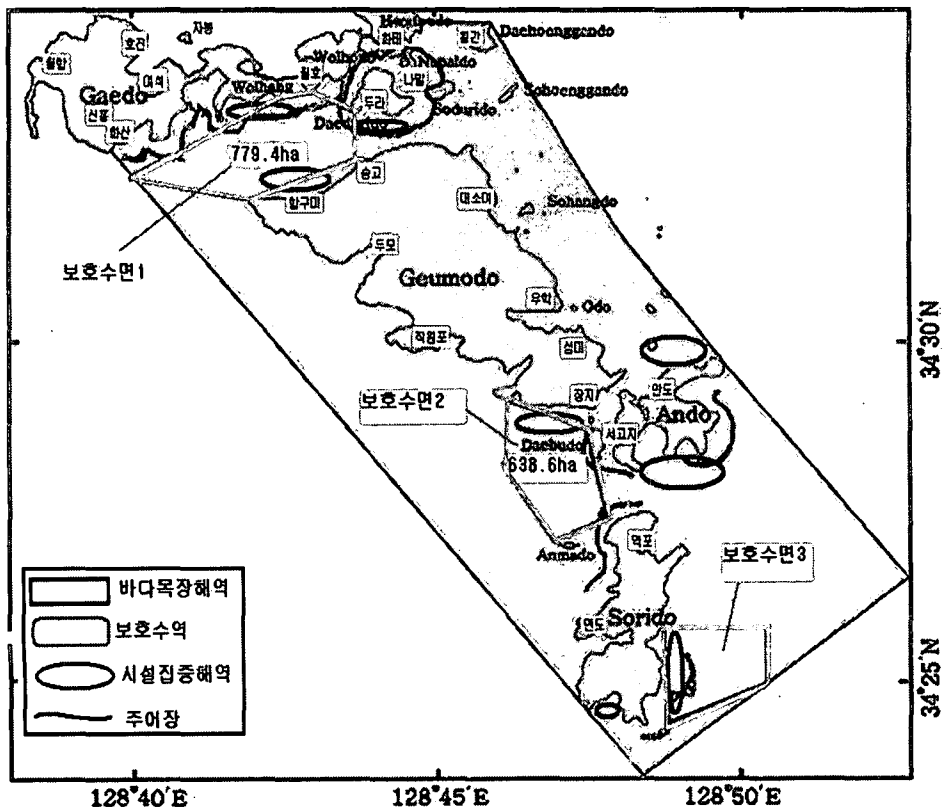


그림 5-41. 전남 다도해형 바다목장의 보호수면 지정도.

나. 보호수면 및 수산자원관리수면 지정 관리방안

앞에서도 언급했지만 현재 전남바다목장 구역은 보호수면이나 수산자원관리수면 등 법적인 관리수단에 의한 통제가 없어 과잉조업에 의해 자원의 남획이 이루어지게 될 것이 우려된다. 따라서 앞으로 제한적인 어획을 통해 자원의 확대재생산에 의한 지속적인 어업이 이루어질 수 있도록 해역을 관리해야 할 것이며, 이와 동시에 구역내 시범조업을 통한 자원량의 파악과 유통방법의 개선 또는 구축이 앞으로 동시에 수행되어야 할 것이다.

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. 즉 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.

한편, 바다목장 조성과정에서의 바다목장 관리가 주로 바다목장의 성공적인 조성이 목표이고, 바다목장 조성후의 관리는 바다목장의 기능을 떨어뜨리지 않도록 이용하기 위한 것이다. 즉 바다목장 조성정도에 따라 조성된 수산자원을 적절하게 이용하여야 하고, 동시에 시설물의 보호관리도 해야 하므로 이러한 관리 목적에 가장 적합한 것은 수산자원 관리수면으로의 전환이다. 따라서 효율적인 바다목장의 관리를 위하여 보호수면을 통해 치어성육장 등 주요 수역을 금어구역으로 설정하여 철저히 보호하도록 하는 한편, 그 외의 수역은 어업인들의 제한적인 어로활동과 어장 및 자원조성활동이 가능하도록 수산자원관리수면을 지정하여 운용할 필요가 있다.

수산자원관리수면은 2003년 7월 발효된 기르는어업육성법 제2조, 제9조, 제10조, 제11조 등에서 규정하고 있다. 여기서는 바다목장사업을 명시적으로 언급하고 있을 뿐 아니라 바다목장을 실질적으로 관리하기 위한 근거규정들을 포함하고 있다. 이 법에 따르면 바다목장은 “수산자원조성사업의 일종으로서 일정한 해역 등에 대하여 수산자원조성을 위한 시설을 종합적으로 설치하여 수산자원을 인공적으로 번식시키고 이를 포획·채취하는 장소”를 말한다. 또한 기존의 육성수면과 보호수면으로는 바다목장을 적절히 관리할 수 없다는 점을 고려하여 이 법은 「수산자원관리수면」을 새로이 신설하였다. 법 제10조에서는 시·도지사는 수산자원의 효율적인 관리·이용을 위하여 인공어초 또는 바다목장 시설물을 설치하거나 설치예정인 수면을 수산자원관리수면으로 지정하고 관리하도록 하고 있다. 수산자원관리수면은 육성수면과 달리 지정목적 범위 안에서 그 관리·이용규정을 정하여 이를 관리하여야 하며, 또한 보호수면과는 달리 어업인에게 입어를 허용하는 것이 가능하다는 점에서 바다목장에 적합한 수면이라 할 수 있다.

따라서 이 법에 의해 현재 바다목장 수역을 수산자원관리수면으로 지정, 관리하고 유어낚시 등 제반사항에 대한 제도를 정비하는 것이 필요하다 할 수 있을 것이다.

한편 2004년 3월에 시달한 ‘수산자원관리수면 업무처리요령’에 의하면 시·도지사가 관리수면을 지정하기 위해서는 다음과 같은 사항을 검토하도록 하고 있다. 즉 첫째, 관리수면 지정에 있어 법령에 상충·저촉 여부를 검토하고, 관할 시장·군수·구청장 의견 및 국립수산과학원의 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 5-4-1에서와 같이 15,000hark 될 것이나, 보호수면을 지정되면 이를 제외한 수역이 전남바다목장 관리수면이 될 것이다.

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 계획 중인 수역에 대해서 관리수면을 반드시 지정하여 관리하도록 한 조항도 너무 비현실적이다. 지금과 같은 바다목장 사업이 경우는 규모도 크고 이에 대한 관심도도 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, 입어선 박 척수, 금지체장, 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.

3. 이용관리체제 구축

바다목장 해역은 정부의 시범사업에 의해 추진되고는 있지만 기본적으로 어업인 소득 향상을 목표로 하고 있기 때문에 수혜자 원칙에 따라 어업인들이 관리에서부터 이용에까지 참여하고 조절하는 것이 가장 바람직한 형태이다.

이러한 의미에서 바다목장해역은 결국 어업인들에 의한 자율관리형어업체제로 전환하여야 할 것이며 이를 위해 정부와 어업인과의 관계 재정립과 자율관리형어업 시행을 위한 환경을 조성하는 것이 필요할 것이다.

정부와 어업인간의 관계 재정립이란 먼저 정부는 바다목장 이용관리에 관한 정책의 수립과 조직의 구성 및 제도적인 장치를 마련할 때 어업인들을 파트너로 인정하는 것이며, 다음으로 어업인들은 정부가 시행하고자 하는 자원관리 정책의 최종적인 목표가 어업인들의 경제적 이익 중대이고, 이러한 정책 수립 및 집행과정에서 정부는 어업인들의 의견을 충분히 경청할 것이라는 신뢰를 갖는 것이다. 이러한 신뢰 속에서 어업인들은 자율관리를 위하여 조직을 구성·운영하고 정부는 그들 자신의 필요에 부합하는 조직을 구성하고 발전시킬 수 있도록 충분한 권리를 부여하고 행정·제도개선 등의 지원을 하여야 할 것이다.

자율관리형어업 시행환경 조성을 위해서는 먼저 어업자원의 측면에서 볼 때 현재 전남바다목장해역은 바다목장 조성단계 중 자원조성단계에 있어 아직 충분한 풍도를 가지고 있지 못하다. 따라서 앞으로 자원의 풍도를 높여 적정수준의 지속적 어획을 통해 어업소득의 상당부분이 창출될 수 있어야 할 것이다. 풍부한 자원과 충분한 소득원으로서의 해역관리는 어업인 스스로가 만든 자생적 질서를 지지하는 수단으로 작용할 수 있다.

둘째, 어업의 유형이 비교적 균일화되어야 한다. 다시 말해 우선 업종이 같아야 하고, 동일 업종 내에서도 소득의 구조 등이 비슷한 경우 더욱 좋다는 의미이다. 업종이 다른 경우 어장에서 다른 업종간 경쟁이 발생할 수 있다. 특히 어획강도가 강한 업종과 그렇지

못한 업종간에는 더욱 그러할 것이다. 어획강도가 높다는 것은 자원에 대한 영향을 크게 하기 때문에 자원 감소의 원인으로 작용할 수 있고, 어획강도가 낮은 업종에 있는 어업인들이 자원 이용에 대해 불만을 가지게 되어, 비슷한 수준의 어획을 위해 어업강도가 높은 어구를 사용하거나 자생적 질서를 지키지 않고 조업을 시도하거나 질서에 대한 합의자체를 거부할 수 있다. 따라서 구성원들이 비교적 균일화하여 어업질서에 대한 합의를 용이하게 하고, 지속적으로 유지할 수 있을 것이다.

셋째, 강력한 관리주체가 성립되어야 한다. 자율관리형어업에 있어서 가장 기초이면서도 가장 최후의 방법이 될 수 있는 것이 강력한 관리주체의 성립이라 할 수 있다.

관리주체는 자율관리의 필요성을 구성원에 교육하고 인식의 전환을 유도하여 자율관리에 대한 동의를 얻어내고, 관리의 중심에 서서 계획하고 추진하는 역할을 수행한다. 그리고 인식의 전환과정에서 정부나 전문가 집단 및 NGO 등을 통하여 교육하고 홍보하여 그 필요성을 인식하도록 하는 등의 조치도 필요하다. 어업인의 인식의 전환을 통한 어업인들의 강력한 추진의지야 말로 자율관리에 있어서 가장 중요한 것이다.

그리고 어업인들의 합의를 통한 규칙은 분명하고 단순하며 법에서 규정한 사항을 위배하여서는 안 된다. 그러나 자율관리가 철저히 이뤄질 경우에는 법의 개정을 통하여 융통성을 부여하는 것도 현실적인 규칙제정을 위해서 필요하다. 또한 정부에서는 어업인들이 규칙을 제정할 수 있는 권한을 최대한 부여하여야 한다.

한편 규칙을 어겼을 경우 불이익을 주는 것이 마땅하나 이에 대한 합의가 어려운 경우는 제도화하는 것도 필요하다. 제도화는 바다목장수역이 수산자원관리수면으로 지정될 경우 더욱 유연성 있게 실행될 수 있을 것이다. 이러한 불이익은 어업에 대한 일정 수준의 제한 등이 가장 대표적이라 할 수 있는데, 바다목장 수역의 풍도가 높아 일정 수준 이상의 어업수입이 가능한 경우 더욱 강력한 동인으로 작용할 것이다.

가. 관리이용협의회 구성

바다목장 자원은 특정 개인이 이용할 수 있는 자원이 아닌 공동이용 자원이다. 따라서 다수가 공동으로 이용하는데 따른 공동체 관리조직이 필요하게 된다. 특히 자율관리형어업체제로의 전환을 위해서는 바다목장조성단계에서의 기반이 충실하게 갖춰져야 한다.

바다목장 관리의 효율성을 기하기 위하여 관계, 학계, 업계 및 어업인으로 구성된 전남바다목장 관리이용협의회를 구성할 필요가 있으며, 전남바다목장 수산자원관리수면 관리운영규정 제정시 공식 관리운영기관으로 지정하는 방안에 대한 검토가 필요하다.

협의회 기관별 업무를 살펴보면, 먼저 전라남도과 여수시는 수산자원관리수면에 대한 규정을 제정하고, 수면에 대한 감시감독 및 단속, 행정적 지원, 예산지원 등의 역할을 담당하고, 해양수산사무소는 자율관리어업위원회 구성 및 운영 지원, 기술지원 등의 역할을 맡아 수행해야 할 것이다. 학계에서는 전남 바다목장사업의 총괄책임기관인 한국해양연

구원과 이용관리 책임기관인 한국해양수산개발원 및 동 지역의 수산관련 전문 국가연구기관인 국립수산과학원 남해수산연구소가 참여하도록 하여 자원조사 및 평가, 기술적 지원 등의 현장에서의 기술적 애로사항에 대한 지원을 담당하도록 할 것이다. 업계에서는 수협이 참여하여 바다목장산 수산물 판로개척, 어촌계 및 어업인 지원 등을 담당하고, 어촌계 어업인들은 입어자 선정, 할당량 배분, 위법자 홍보·교육 등 실질적인 바다목장의 이용과 관리를 담당한다(표 5-4-3).

이 외에 감시감독기관으로서 여천해양경찰서가 있으나, 동 기관은 불법어업자에 대한 단속을 주로 하는 기관으로서 동 협의회의 회원이 되는 것보다는 특별 협조기관으로 하여 동 협의회 및 통영바다목장 자율관리위원회에서 요청이 있을 경우 신속하고 강력한 단속을 수행하는 것이 바람직 할 것이다.

표 5-4-3. 바다목장관리운영협의회

구분	소속	직위	역할
관계	전라남도	어업생산과장	지도, 단속, 행정지원
"	여수시	해양개발과장	지도, 단속, 행정지원
"	여천해양수산사무소	소장	지도, 교육, 홍보
"	여수해양경찰서	정보과장	지도, 단속, 감시
학계	한국해양연구원	연구책임자	교육, 홍보, 감시
"	한국해양수산개발원	연구책임자	"
"	국립수산과학원	남해수산연구소 소장	기술지도
업계	여수수협	지도과장	지도, 교육, 홍보
어업인	23개 어촌계	계장	감시, 어업인 교육 홍보
합계		31 명	

주) 어촌계 : 우학, 직원포, 두모, 구미, 송고, 대소여, 심미, 장지, 두라, 나밭, 화태, 안도, 고지, 연도, 역포, 횡간, 월호, 자봉, 신흥, 월항, 화산, 호전, 여석

나. 자율관리어업위원회 구성

바다목장의 관리는 실질적인 이용주체인 어업인들이 하는 것이 바람직하다. 개별 입어 어업인을 대상으로 행정기관에서 의견을 수렴한다거나 감시감독을 수행하기에는 한계가 있으므로 바다목장을 이용하는 어업인들이 주축이 된 공동체를 구성하여 행정기관과 협력하는 것이 바람직하다 할 수 있다. 또한 지역 및 어업인 사정에 따른 다양한 형태의 이용방식이 발생할 수 있으므로 이용관리권을 위임하여 자율관리를 지향하도록 해야 할 것이다.

자율관리는 현재 정부에서 추진하고 있는 자율관리 시범사업과 연계해서 추진하되, 해역 내에 자원조성을 위해 상당한 금액이 투하되었으므로, 기존의 관리사례보다 더욱 강화된 규칙이 정해져야 할 것이다. 자원이용을 위한 어법은 외줄낚시와 연승으로 한정하며, 체장제한이나 산란장 부근의 금어구 등도 반드시 설정되어야 한다. 또한 어업인들에 의한

자율적 순찰이나 해양경찰서와의 협조절차 등이 확립될 필요가 있다. 특히 바다목장을 이용관리규정을 위반한 자들에 대한 세부적인 제재규정을 자율관리어업위원회에서 수립할 수 있도록 권한을 위임할 필요가 있다. 대표적인 예로 내부이용자가 규정을 위반하였을 경우에 위반자의 이용관리권을 박탈하는 방안이 있을 수 있다.

자율관리어업위원회의 구성에 대한 안은 다음의 두 가지 정도가 있다.

(1) 1안 : 어촌계별 바다목장 자율관리어업위원회 구성방안

- 각 어촌계별로 별도의 바다목장 자율관리어업위원회를 구성운영
- 해당 어촌계원간의 유대관계와 동질성이 높아 협력은 잘 될 수 있으나, 자율관리어업위원회 간 조업경쟁 등으로 인한 협력체계 유지 곤란하고, 외지 입어 어업인이 배제될 가능성이 있음.

(2) 2안 : 광역 바다목장 자율관리어업위원회 구성방안

- 23개 어촌계와 외지 입어자가 모두 참여하는 광역 바다목장 자율관리어업위원회를 구성운영
- 개별 구성원간의 동질성이 떨어지고 다수 의견을 수렴해야 하므로 운영의 효율성은 떨어지고, 공동체를 구성하는 것이 어려움.
- 반면 전남바다목장 이용관리라는 공동의 목표를 달성하는데 통일된 행동을 할 수 있어 바다목장 이용관리 측면에서는 장점이 있음.

다. 통영바다목장 이용관리체계 사례

2004년 12월 통영바다목장 자율관리어업위원회 발족, 2005년 1월 통영바다목장 관리이용협의회 조직, 2005년 3월 통영바다목장 수산자원관리수면 지정 등으로 통영바다목장 해역은 전국 처음으로 체계적이고 조직적인 관리체제를 도입하게 되었다. 이에 따라 수산자원을 조성하고, 효율적인 관리와 지속적인 이용이 가능할 수 있는 운용체계의 큰 틀이 마련되었다고 할 수 있다.

통영바다목장 자율관리어업위원회(이하 "위원회"라 한다)조직과 함께 자율관리어업위원회 규정이 제정되었는데 그 목적 및 주요 업무를 살펴보면 다음과 같다.

□ 목적 : 통영바다목장 수산자원관리수면의 합리적인 이용관리를 도모하기 위해 당해 지역 어업인들로 구성되는 위원회의 운영에 필요한 사항을 정함.

□ 주요 업무 : 바다목장 조성에 관한 조사·연구사업 지원, 바다목장 자율적 관리·이용규제, 해당지역 어업인에 대한 홍보 및 교육, 기타 관리이용에 관한 요망사항을 통영바다목장 관리이용협의회에 건의

□ 위원회

- 구성 : 통영바다목장 인근 11개(마동, 미남, 연화, 중화, 삼덕, 원항, 곤리, 저도, 학림, 연대, 오수) 어촌계장

- 임원 : 회장 1인과 간사 1인. 임원은 총회에서 선출하며, 회장은 위원회를 대표하고 총회의 의장이 되며, 간사는 위원회의 일상 업무를 담당하고, 회장 유고시 그 직무를 대행함. 임원의 임기는 2년

- 운영 : 정기총회와 임시회의로 구분하는데, 정기총회는 매년 2회 소집하며, 임시회의는 매월 수협어촌계장 회의시, 또는 회장이 필요하다고 인정할 때 소집. 총회의 의결은 과반수 출석과 과반수 찬성으로 함.

- 업무 : 총회에서는 임원의 선출, 규정의 변경, 사업계획 및 예산의 승인, 사업보고 및 결산의 승인, 기타 중요사항 등을 의결. 위원회의 경비는 위원의 회비, 찬조금 및 기타 수입으로 하며, 회계연도는 매년 1월 1일부터 12월 말일까지로 한다.

라. 역할분담 체제 확립 및 광역적 조직으로 확대

(1) 바다목장 관리·이용 주체들의 역할 분담

상기의 민관학연이 중심이 된 관리이용협의회와 어업인 중심인 자율관리어업위원회는 상하관계가 아닌 그림 5-4-2와 같이, 역할분담을 통해 상호협조 체제를 구축해 나가야 할 것이다.

관리이용협의회는 바다목장 조성을 위한 현장 모니터링, 행정적 및 기술적 지원, 어업인 홍보 및 교육, 바다목장 이용관리 및 감시에 관한 사항을 논의하여 결정하고, 어업인들은 관리이용협의회와 협력하여 여기에서 결정된 각종 방침을 실제적으로 감독, 수행하는 역할 분담이 이루어져야 한다. 즉, 관리이용협의회는 바다목장의 이용관리에 대해 전체적 관점에서 방향, 즉 큰 틀을 제시하면서 지도·지원을 담당하고, 어업인이 자주적으로 수행하는 자율관리어업위원회는 바다목장의 구체적인 이용과 규제 등을 수행함으로써 행정, 관련기관, 어업인 등이 모두 참여하는 관리방식으로 발전시켜 나가야 할 것이다.

(2) 광역자율관리어업위원회로 확대

1998년 우리나라에서 처음으로 통영바다목장 사업이 추진된 이후, 2001년도부터는 전남 다도해형 바다목장, 2002년부터는 울진바다목장, 태안바다목장, 북제주바다목장 사업이 진행되고 있다.

이들 해역별 바다목장에는 통영바다목장과 마찬가지로 관리이용협의회와 자율관리어업위원회를 조직할 예정이다. 따라서 각 목장해역별로 조직된 관리이용협의회와 자율관리어업위원회들이 함께 모여 정보교환을 하면서 자율관리의 정착을 통해 바다목장사업이 해역별로 정착할 수 있도록 전국 바다목장 자율관리어업위원회를 구성하여 운영하는 것이 필요하다(그림 5-4-3).

<p>전남바다목장 관리이용협의회 (구성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전남도, 여수시 - 바다목장 자문단(연구진) - 수협, 해경 등 관련기관 - 자율관리어업위원회 구성원 		<p>자율관리어업위원회 (구성)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 어촌계장 - 개별 어업인 조직 - 이용신청자 및 관련 어업인
<p>(역할) : 바다목장 사업계획 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관리·이용, 감시에 관한 사항 - 행정적 지원 사항 - 정부, 연구진 협력사항 논의 - 시설유지, 치어의 방류 사항 - 기타 상호 협력 사항 - 수면이용에 관한 논의 등 	<p>상 호 협 력 ⇔ 체 제 의 구 축</p>	<p>(역할) : 바다목장 사업 실행 주체</p> <ul style="list-style-type: none"> - 바다목장의 감시·감독 - 자율관리위원회의 협력 - 각종 연구사업 협력 - 목장조성시 자문, 의견개진 - 치어 및 시설에 대한 보호 - 수면이용에 대한 협력 등

그림 5-4-2. 바다목장 이용·관리주체들의 역할 분담.

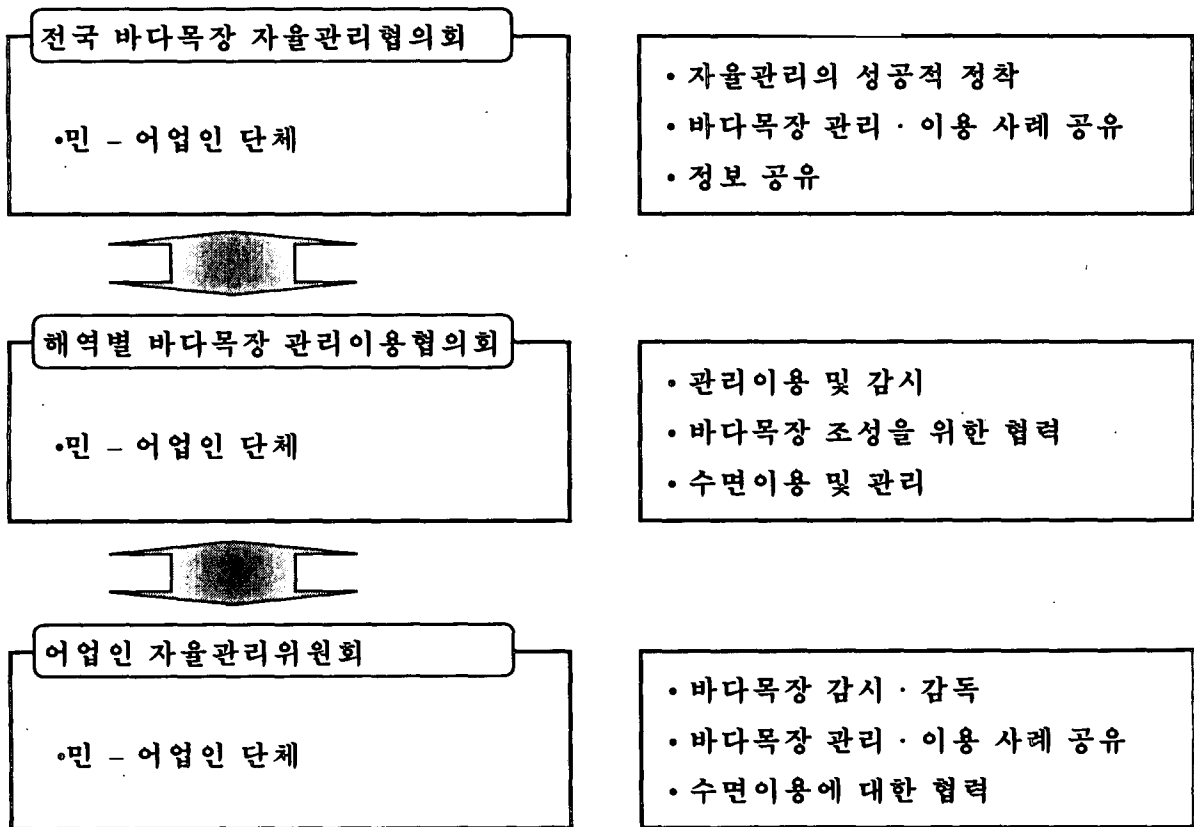


그림 5-4-3. 전국 바다목장 자율관리협의회의 구성과 기능.

4. 모니터링 체제 구축

전남 다도해형 바다목장은 섬이 많아 전체 해역에 대한 관찰이 어렵고, 특히 야간에 이루어지는 불법어업이 크게 증가하고 있고 이를 단속할 수 있는 인력이 부족한 실정이다. 현재 바다목장수역 내에서 일어나는 불법어업에 대한 단속권은 여수시와 여천해양경찰서에서 가지고 있으나 24시간 경비가 요구되는 실정상 이들 인력의 부족으로 인해 수역 내 상시단속이 이루어지지 못하고 신고가 있어도 해당 수역에 도착하기까지 많은 시간이 소요된다. 따라서 유급감시원을 고용하여 해역에 대한 감시·감독을 상시화하는 등 전문인력에 의한 지속적인 감시체제가 구축될 필요가 있다.

상시 관리원으로서 유급 고용원을 두고 인원수는 향후 바다목장 조성 및 이용관리실태를 관찰해 나가면서 정하는 것이 바람직할 것이다. 그리고 관리원 인건비 및 제경비는 원칙적으로 여수시나 전남도가 부담하여야 할 것이나 동 사업이 시범사업임을 고려하여 동 사업기간 동안에는 전남 다도해형 바다목장사업비에서 담당하는 것도 고려해볼 수 있다. 상시단속체제의 관리운영에 관한 세부사항은 별도의 규정 또는 바다목장 이용관리규정을 따르도록 하고, 효율적인 감시감독체제 구축을 위하여 유관기관과의 협조체제 구축도 마련해야 할 것이다.

모니터링 체제 구축은 바다목장에 조성된 유용수산자원에 대한 이용을 적절히 통제·관리함으로써 수산물을 지속적이고 안정적으로 공급할 수 있는 생산기반을 구축하고 향후 바다목장 이용·관리체제가 어업인의 자율관리를 통해 운용되기 위해 반드시 필요한 제도이다.

5. 어업인 교육, 홍보 및 지도방안

바다목장사업의 홍보는 어업경영 실태 조사시 각 어촌계별로 방문하여 어업인들을 대상으로 하여 수차례 실시하였다. 또한 바다목장 설명회를 2004년 12월에 개최하여 전남 바다목장사업의 그동안의 추진실적과 계획을 설명하고 통영 바다목장사업의 성과를 시청 각자료를 이용하여 발표 및 홍보하였다. 이 자리에서 어업인들과의 많은 의견교환을 통해 어업인들이 현장에서의 느끼는 어려움과 여러 가지 건의사항 등을 확인하였다.

또한 유어낚시 및 관광실태 그리고 유통실태 조사를 위한 설문 조사시 조사원들을 이용하여 바다목장사업의 목적과 성과 등을 지속적으로 홍보하고 있다.

바다목장사업의 성공을 위해서는 시범사업인 만큼 연구사업을 담당하고 있는 연구기관의 연구능력과 정부의 예산 및 행정 등의 기능과 역할도 중요하지만, 바다목장사업을 실질적으로 이용하는 어업인의 관심과 참여가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 따라서 바다목장 해역의 어업인들에게는 바다목장사업의 진행상황을 계속 알려줌으로써 해역에 대한 주인의식을 고취시키고 불법어업을 자율규제토록 하여 해역을 자율관리 할 수 있는 여건을 마련해 주어야 한다. 이를 위해 기존 국내외 바다목장 사업의 성공사례에 대해 현

장을 견학할 수 있는 기회를 부여하는 교육의 기회를 제공해주어야 한다. 왜냐하면 실질적인 목장의 이용자인 어업인들이 무분별하게 자원을 남획하게 된다면, 바다목장사업을 계속 진행할 수 없기 때문이다.

이러한 지속적 교육과 홍보를 통해 연안의 수산자원이 계속 고갈되고 있는 상황에서 바다목장의 설치는 고갈된 자원을 증대시킬 수 있는 방안이라는 것을 인식시키고 연안어장의 오염을 방지하는 방안으로 바다목장사업을 실시하고 있고, 이러한 새로운 어업시스템 도입으로 인하여 수산물의 수급안정에 기여한다는 것을 어민들에게 인식시켜야 한다.

제 5 절 바다목장 어획물의 유통체제 분석 및 구축

바다목장의 어획물 유통체제 구축은 바다목장에서 생산된 수산물을 유통시키는 것에 그치지 않고, 보다 높은 부가치를 높일 수 있는 방안을 마련하는 것이다. 전통적인 혹은 기존의 유통체제가 높은 부가가치를 획득할 수 있는 최선의 대안은 아니다. 따라서 바다목장의 취지와 환경에 맞는 유통체제를 새로이 구축할 필요가 있다.

본 사업연도에서는 먼저 전남바다목장해역에서 어업을 영위하는 연안복합어선 어업인들의 활어유통실태를 알아보고, 마케팅전략기획서(상품화 계획서)의 초안을 작성해 보고자 한다. 그리고 양류항의 설정에 대한 어업인들의 의견과 후보 어항에 대한 검토를 하고자 한다.

1. 바다목장 어업인 활어유통실태

이번 연도에는 어업인들이 상기 위판시설 등을 활용하여 이루어지는 유통활동과 직판장에 대한 의견을 조사하기 위하여 어업인 유통실태 설문조사를 실시하였다.

설문지는 총 80부를 배부하였으나, 회수는 60부에 그쳐 62.5%의 회수율을 나타내었다. 배부처의 유형은 군내리의 수협 들산활어위판장과 안도의 남면위판장에 위판하는 연안복합어선의 어업인을 대상으로 하였다(표 5-5-1). 본 설문의 분석 중 활어유통실태에 대한 것은 여기에서 다루며, 직판장의 개설에 대한 부분은 뒷부분에서 별도로 제시하였다.

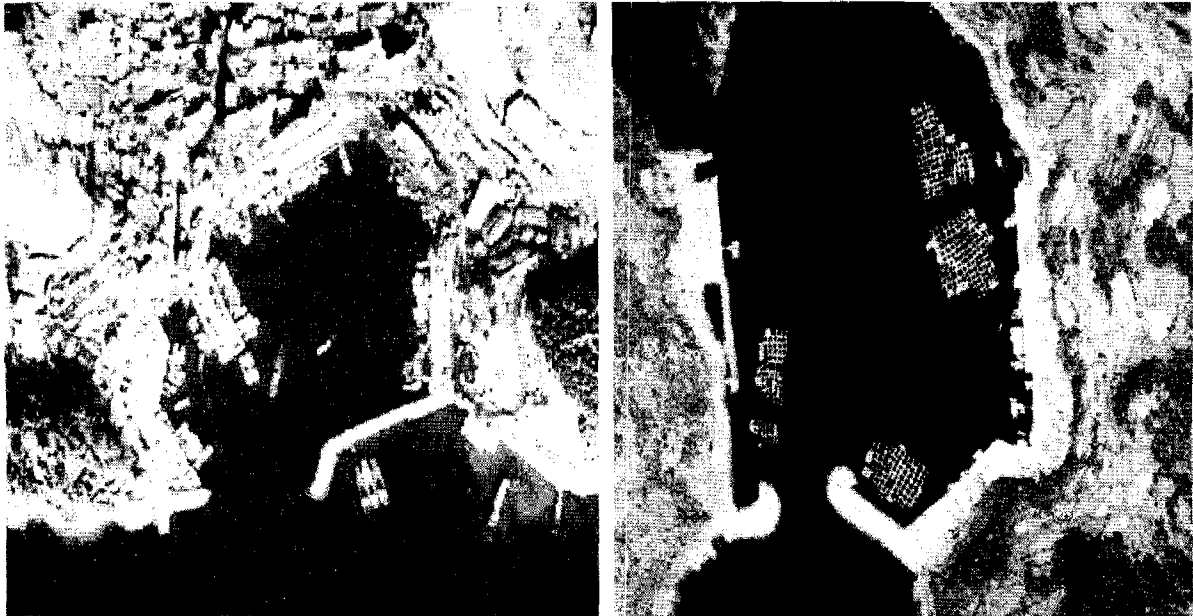
표 5-5-1. 설문지 회수 현황

배부처	배부설문지수	회수설문수	회수율
들산 군내항 (활어위판장)	60	37	61.7%
안도 서고지항 (남면위판장)	30	13	43.3%
합계	90	50	55.6%

응답자의 구성을 보면 회수된 유효설문 총 50부 중에서 들산 군내위판장이 37명으로 74%를 점하고, 남면위판장이 13명이었다. 이번 설문에서 설문의 편의상 어항의 위판장을 대상으로 하였으므로 비계통에 대한 조사는 제외되었지만, 원래 비율이 낮았으므로 분석에 지장은 없을 것으로 판단된다.

조사지역인 들산읍 군내리의 활어위판장과 안도의 서고지리에 위치한 여수협 남면사업소에서 운영하는 남면 위판장은 전남바다목장의 주요 위판장이다(그림 5-1-1). 군내리의

활어위판장은 입지적 조건이 섬 등에서 접근이 용이하고, 여수시내로 바로 진입할 수 있다. 반면 남면위판장은 안도에 위치하고 있어 간이연안여객선을 이용하여 물차로 운반하고 있다. 이 서고지리의 남면위판장은 연도와 안도 등에 근거를 둔 어업인들의 출하편의를 위해 만든 것으로 군내위판장보다는 접근성이 떨어진다(표 5-5-2).



<돌산읍 군내리 활어위판장>

<남면 서고지리 위판장(안도)>

그림 5-5-1. 군내 활어위판장 및 남면 위판장의 입지 및 현황.

표 5-5-2. 군내 활어위판장 및 남면 위판장의 현황

구분	개장일	소재지	위판장 규모(평)				2004년 위판실적	
			대지	총건평	경매장		물량 (톤)	금액 (백만원)
					유개	무개		
군내	'93.9.3	돌산읍군내리555-12	1,577	534	296	30		
남면	'75.3	남면안도리1131-3	207	30	30			

자료 : 수협중앙회, 2004년도 위(공)판장 현황

기존판매경로에 대해 얼마나 만족하고 있는가에 대한 설문에서는 만족이 35%, 불만족이 12%로 비교적 만족이 높았다. 그러나 보통이라고 응답한 비율이 절반을 넘는 53%였으므로 현재의 유통경로가 대다수의 연안복합어업 어업인들에게 충분한 만족을 주고 있는 것은 아닌 것으로 판단된다(그림 5-5-2).

다음으로 어업인들이 느끼는 기존 판매경로의 문제점으로는 '제가격을 받지 못함'이 40.0%였으며, 다음이 '가격을 믿을 수 없음'과 '자연산과 양식산의 구분이 없음'이 모두 24.0%였다. 이외에 '덤을 요구함'이 12%로 나타났다. 특히 어업인들의 64%가 가격에 대한 불신이 높은 것으로 나타났다(그림 5-5-3).

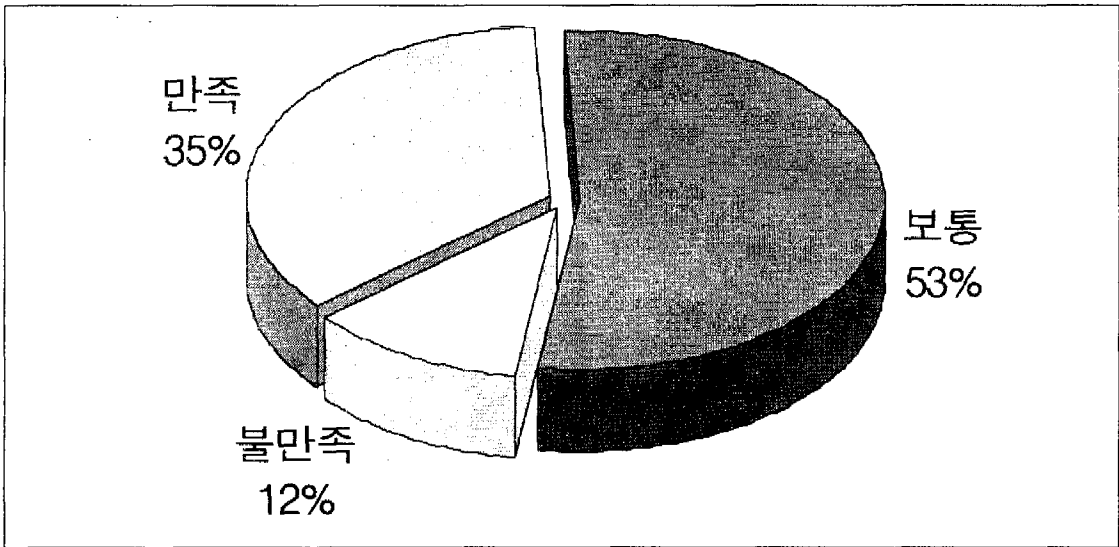


그림 5-5-2. 어업인들의 기존 판매경로에 대한 만족도.

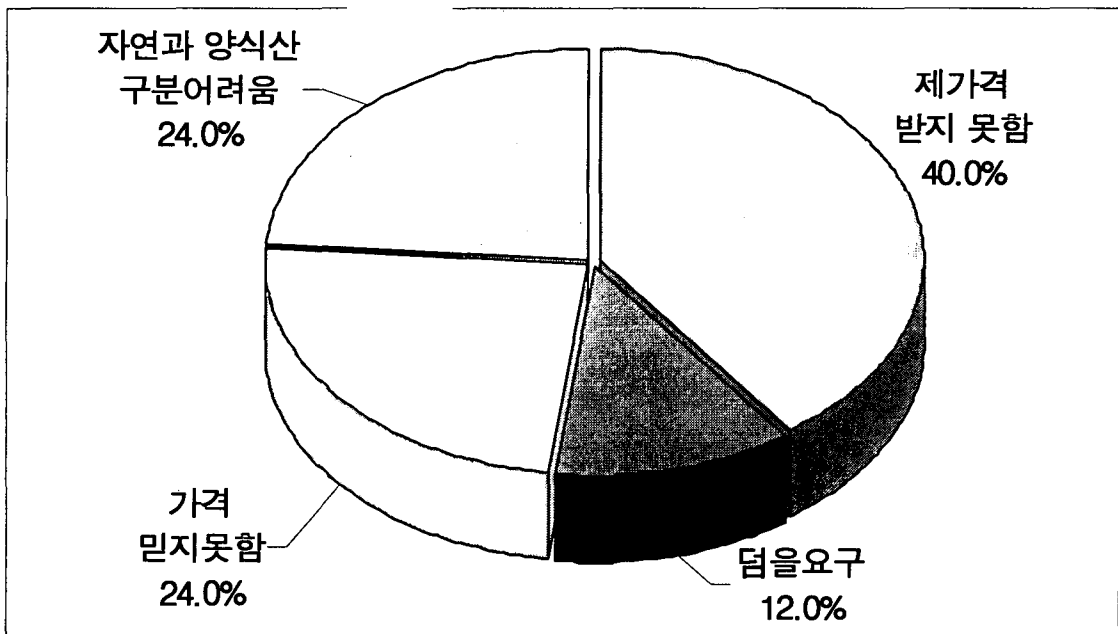


그림 5-5-3. 기존 판매경로의 문제점.

『바다목장』의 브랜드로 출하되는 활선어가 다른 자연산 혹은 양식산과 품질과 가격에서 차별화 될 수 있다고 보는지에 대한 설문에서는 품질의 경우 46%, 가격의 경우 38%가 긍정적으로 응답한 것으로 나타났다. 부정적인 응답은 품질과 가격이 각각 10%, 24%로 품질보다는 가격에 대해 다소 부정적인 의견을 가지고 있었다. 그러나 아주 부정적인 응답은 없었다. 이는 지난 2004년의 조사에서 횃집을 운영하는 상인들이 약 50%대의 비교적 긍정적인 응답을 하고 있는 것에 비해 어업인들이 바다목장산 어획물에 대한 기대치가 다소 낮음을 나타낸다(그림 5-5-4).

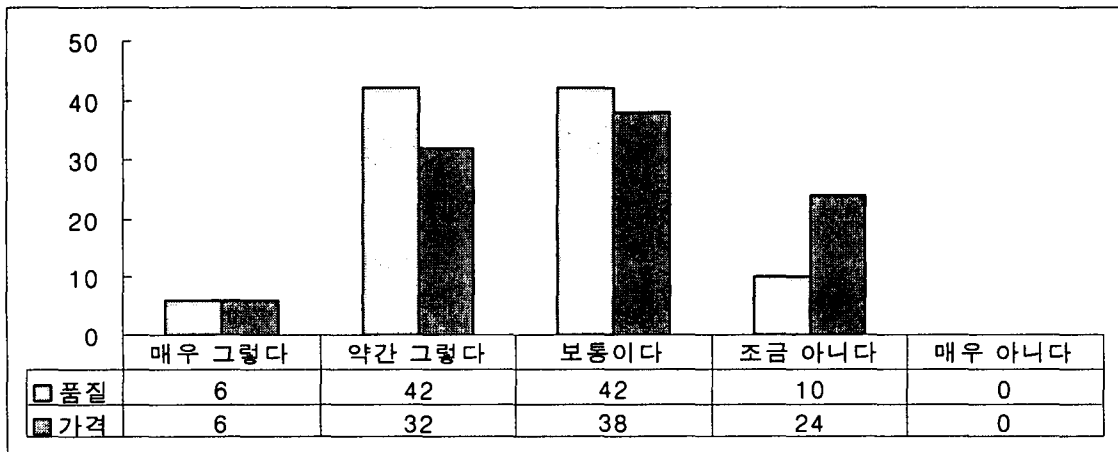


그림 5-5-4. 자연산 혹은 양식산과의 품질 및 가격차별화 가능성.

『바다목장』 수산물을 전문적으로 취급하는 취급점과 공급계약을 체결하여 직거래하는 방식에 대한 의견에서는 필요하다는 의견이 68%로 아주 높게 나타났다. 이는 앞서 살펴본 기존 유통경로에 대한 불만에서 비롯된 것으로 보인다(그림 5-5-5).

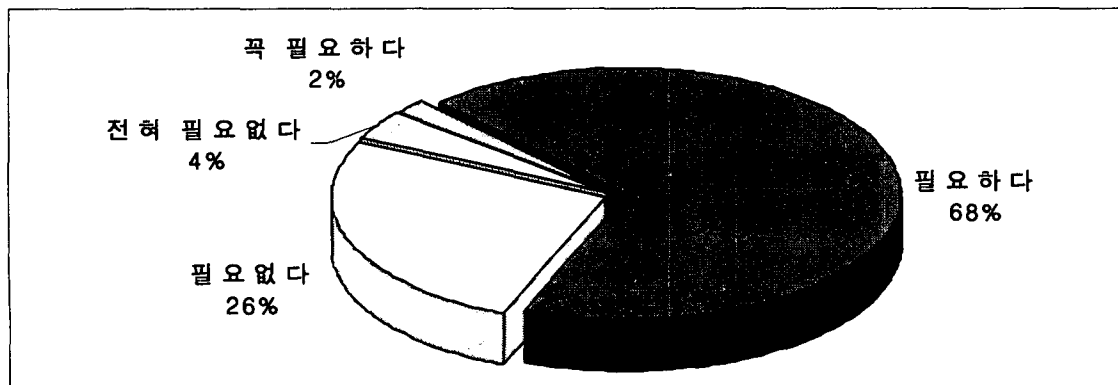


그림 5-5-5. 직거래의 필요성.

마지막으로 바다목장산 어획물과 자연산, 수입산, 양식산과의 품질비교에서는 1순위는 자연산이 56%였으며, 목장산이라고 응답한 비율은 42%로 목장산에 대한 품질평가가 아주 높은 것으로 나타났다. 2순위에서는 목장산이 46%, 자연산이 38%였으며, 양식산도 16%를 차지하였다. 이와 같은 어업인들의 품질평가는 바다목장에 대한 이들의 기대치가 아주 높은 것을 의미하고 있다. 3순위는 의외로 수입산이 양식산보다 높은 것으로 나타났으며, 4순위는 양식산과 수입산이 같이 나타났다. 그러나 양식산은 2순위에서 16%를 차지하였고, 4순위의 응답비율이 낮아 3순위를 양식산, 4순위를 수입산으로 평가하였다(그림 5-5-6).

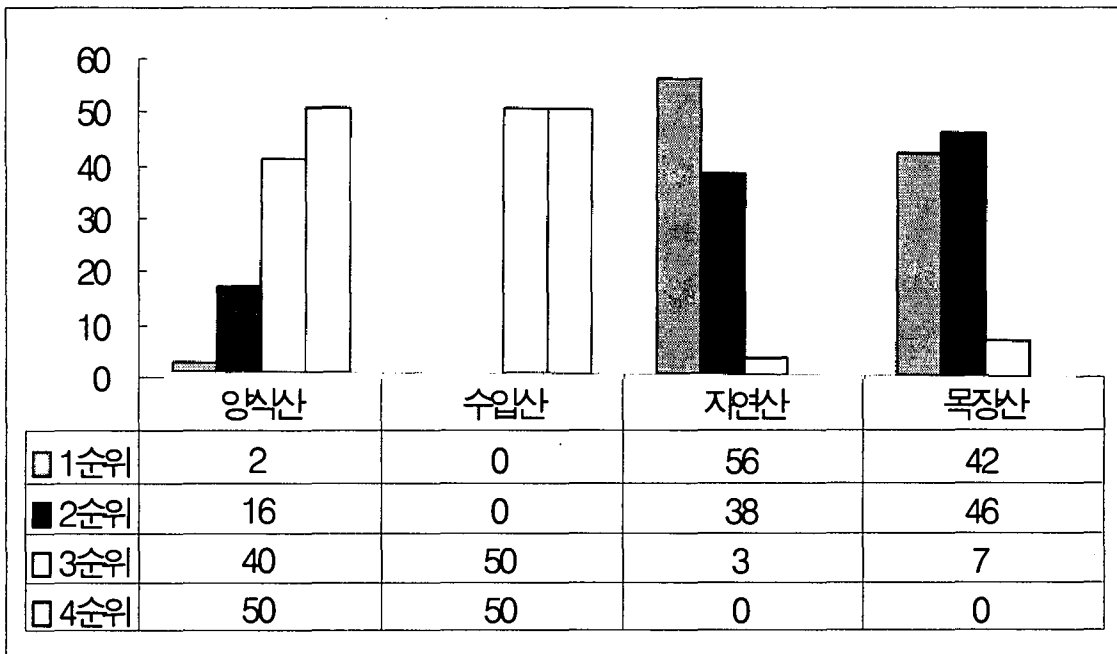


그림 5-5-6. 자연산, 양식산, 목장산, 수입산의 어류 품질 예상 평가.

어업인들에 대한 설문조사결과 나타난 품질의 우열에 대한 인식관계를 정리하면 다음과 같다.

자연산 > 바다목장산 > 양식산 > 수입산

이상에서 살펴본 전남바다목장 연안복합어선어업 어업인들의 유통실태 설문결과는 이들이 바다목장에 대해 가지고 있는 기대가 높음을 보여주고 있다. 그러나 가격에 대한 기대치가 낮고, 기존 유통경로에 대한 만족도가 다소 떨어지며, 직거래에 대한 지지도가 높

다는 점을 감안할 때, 제가격을 받을 수 있는 유통경로를 어업인들이 원하고 있음을 알 수 있다.

2. 부가가치 증대를 위한 상품화계획 시안

가. 전남바다목장 어획물 상품화 계획의 구축방향

통영바다목장은 2단계사업을 마무리 하면서 머천다이징(merchandising : 상품화 계획)을 위한 기본방향을 수립하였다. 그러나 전남바다목장은 기반조성단계이며, 아직 유통체제구축을 위한 방향이 수립되지 않았다. 이는 전남바다목장이 아직 사업초기단계이고, 실제 어획과 판매가 이루어지기에는 많은 시간이 남아있기 때문이다. 하지만 어업인 설문조사에서 나타난 것처럼 어업인들이 바다목장에 대한 품질기대는 높은 반면 가격을 형성하는 기존의 유통경로에 대해 만족도가 낮음을 알 수 있다. 또한 유통체제의 구축은 단시일 내에는 이루어지 않고, 어업인들의 자율을 바탕으로 구축되어야 하므로 미리 준비하여 둘 필요가 있다.

본 보고서의 유통체제구축은 전남바다목장의 완성을 대비하기 위한 기초적인 상품화 계획의 단계로 설정하며, 이하에서는 전남바다목장의 「브랜드 이미지」를 형성하기 위해 필요한 간단한 마케팅전략기획서의 시안을 작성해보고자 한다.

상품화 계획의 실시에 있어서는 ① 시장조사, ② 아이디어의 창출과 평가, 브레인 스토밍(brain storming), 제품계획 체크리스트의 활용, ③ 제품 자체의 연구(제품의 시험제작 : 모양 · 크기 · 무게 · 색채 등 디자인, 포장, 제품의 명칭, 표준화의 연구, 특허 및 관계 법규의 연구), ④ 판매시기 · 판매지역의 연구, ⑤ 판매수량의 연구, ⑥ 판매가격의 연구, ⑦ 계획의 입안과 통제 등 제반 문제를 적절하게 추진해야 한다. 전남바다목장의 경우는 시장조사가 일부분 완료되었을 뿐 아직 구체적인 상품의 컨셉이 잡혀있지 않고, 판매지역이나 수량, 가격설정 등에 관한 마케팅 믹스를 구축할만한 재료가 구체적으로 확립되지 못한 상태이다.

나. 전남바다목장 어획물 마케팅 전략 기획서

마케팅 전략수립의 첫 단계는 환경분석으로 환경을 외부환경과 내부환경으로 구분하여 분석을 하게 된다. 환경분석은 SWOT분석을 주로 이용하는데 내부환경(자사)분석을 통하여 강점(Strength)과 약점(Weakness)을, 외부환경(경쟁사/고객)분석을 통하여 시장의 기회요인(Opportunity)과 위협요인(Threat)을 분석하는 것이다. 이 과정을 통하여 기업은 시장 기회를 발견하거나, 마케팅 전략상 문제점이나 과제를 파악하게 된다.

환경분석의 다음 단계는 시장세분화와 세분시장 설정(Market Segmentation/Target Market/Positioning)과 마케팅 4p전략의 수립과 실행이다. 4p전략(혹은 마케팅 믹스)은 제품(Product), 가격(Price), 유통(Place), 촉진(Promotion)의 4가지로 구성된다. 제품에는

상품다양성, 품질, 디자인, 특성, 브랜드명, 포장, 크기 등이 있으며, 가격에는 표시가격, 할인, 지불기간, 신용조건 등이 포함된다. 유통에는 유통경로, 범위, 구색, 위치, 재고, 운송이 포함되며, 촉진에는 광고, 홍보, 판매촉진, 인적판매 등이 포함된다.

이번 연도에는 마케팅전략기획서에서 SWOT분석과 시장세분화 및 세분시장설정, 그리고 4p중에서 유통(Place)에 관한 것만을 다루었고 나머지 제품(Product), 가격(Price), 촉진(Promotion)에 관한 것은 아직 시기가 무르익지 않은 것으로 보아 이후로 미루었다. 전남 바다목장의 마케팅전략기획서에서 핵심단어는 브랜드이미지형성, 제품차별화, 유통경로 구축이다.

(1) SWOT분석

전남바다목장의 외부환경에서 기회는 자연산 수산물에 대한 신뢰도가 높다는 점, 소비자들의 안전성 지향이다. 또한 바다목장의 이미지가 많이 알려져 자연산과 비슷한 수준의 신뢰도와 양식산과는 차별화된 인식이 구축되어가고 있다는 점이다.

이와 반대로 외부환경에서의 위협은 브랜드가 구축된다고 하더라도 쉽게 모방될 수 있다는 점이다. 이는 상품이 유통될 때 바다목장산이 여타 수산물 즉 양식산, 수입산 혹은 다른 자연산과 구분되어 유통되기가 곤란하다는 점이다. 위판장의 경우 이용률이 높아 통영지역과 비교되기는 하지만, 단순 위판기능만으로는 차별화가 곤란하고, 바다목장산이 아닌 자연산과 혼합되어 유통되므로 이를 구분할 수 있는 방안이 모색되어야 할 필요가 있다. 그리고 생산기반이 다수의 섬으로 넓게 분포되어 있고, 어촌계도 많아 이를 통합하기가 쉽지 않다는 점이 있으나 이는 어업인들의 협력이 잘되고 있어 개선이 쉬울 것이다.

내부환경에서의 강점은 이미 바다목장의 인식이 높아져 상당수의 국민들이 인식하고 있어 정부 차원에서 바다목장 브랜드 선점이 가능하다는 점이며, 이 경우 정부사업으로서 홍보에 활용이 가능하다. 특히 통영바다목장 이후 2번째로 조성되는 것인 만큼 기본 이미지를 다소 차별화하는 것으로 상당한 효과를 거둘 수 있다. 기존의 낚시 등 관광수요가 있어 이를 충분히 활용할 수 있다. 또한 제품자체나 성육환경이 친환경적이므로 이를 활용하여 제품의 우수성 혹은 이미지를 제고할 수 있으며, 이러한 요인들이 앞으로도 통제가 가능하다는 점이다. 더욱이 다른 각종 국가사업 등과 연계가 가능한데, 예를 들어 선거가공 등과 같은 사업을 연계시킬 수도 있다.

내부환경의 약점으로서 바다목장의 이미지가 다소 알려져 있기는 하지만 구체적인 것은 널리 알려지지 않아 제품이미지를 형성하기에는 취약하고, 현재의 제품인식이 자연산보다 못하고 양식보다 나은 정도라는 점이다. 또한 제품자체의 차이를 소비자에게 인식시키는데 어려움이 있으므로 제품품질 입증에 실패할 가능성도 있으므로 조심스럽게 접근할 필요가 있다. 여기에 제품자체의 종류와 용도가 다양하지 못하다는 단점이 있다(표 5-5-3).

이와 같은 내외부적 환경요인에 대한 활용전략으로서는 생산 및 품질관리를 위한 관리단의 조성, 타 바다목장과 연계, 바다목장간 품평회의 공동개최, 추적시스템의 도입, 관광수요의 개발, 다양한 제품의 개발, 통합적 유통체제의 구축, 제품이미지와 품질인식제고를 위한 행사 마련 등의 방안을 활용할 수 있다.

(2) 시장세분화와 세분시장 설정

전남바다목장의 시장 세분화(segmentation)는 바다목장 어획물에 대한 서로 다른 욕구를 갖는 시장을 몇 개의 그룹으로 구분하는 것으로 마케팅의 핵심과제인 '우리의 고객은 누구인가'라는 질문에 대한 답을 제시하는 과정이다. 일반적으로 시장변수는 지리적 특성, 인구통계학적 특성, 정신 심리적 특성, 행태적 특성의 4가지 범주로 구분되며, 4개의 범주는 다수 세 변수로 나뉜다. 각각의 범주별 세분 변수를 정리하면 다음의 표 5-5-4와 같다. 전남바다목장에서 시장세분화의 기준은 이용자의 특성에 따라 관광수요와 기억기반수요, 광역소비의 세 가지로 나눌 수 있는데, 표적시장별로 나누어 보면 다음과 같다.

먼저 관광수요는 소위 끈으로 통칭되는 낚시관광객과 가족동반의 수요가 있다. 이때의 관광수요는 직접적인 낚시를 통한 수요와 이들이 음식점 등에서 소비하는 수요, 그리고 선물수요로 나뉜다. 특히 가족동반의 수요는 낚시를 즐기면서 가족과 함께 여행하기를 원하는 가장 혹은 체험관광을 즐기고자 하는 소비자를 대상으로 하는 것이다. 선물수요의 경우는 바다목장 어획물을 이용한 가공품과 기념품을 개발하여 공급하는 것으로 기념품의 경우는 금번 로고 및 캐릭터 공모에 당선된 것을 활용하면 좋은 상품을 만들 수 있을 것이다. 예를 들어 캐릭터와 물고기를 이용한 각종 액세서리, 넥타이핀이나 귀걸이 등이다.

지역수요의 경우는 주로 횃집 등의 음식점을 대상으로 한 것으로 지역내에서 바다목장의 브랜드를 이용하여 차별화하고자 하는 상인들을 대상으로 할 수 있다. 특히 바다목장의 어획물을 이용한 식단을 개발한다면 좀더 광범위한 홍보효과와 매출을 기대할 수 있을 것이다. 광역수요의 경우는 유통업체와 횃집 등 음식점, 단체급식, 일반소비자가 있으며, 이들의 경우는 타 수산물 혹은 타 업체와 차별하기를 원하거나 친환경적인 안전성을 추구하는 이들이다. 특히 단체급식 그 중에서도 학교급식 같은 경우는 안전성의 측면에서 수요를 창출할 수 있다. 이 광역수요를 위해서는 안전성의 경우는 추적시스템의 도입, 상품의 경우는 소비형태에 따른 다양한 상품형태의 개발이 필요한데, 먼저 개발 가능한 상품분류로는 활어, 고급 구이용 선어, 선어회용 선어, 레토르트 가공품의 네 가지가 있다. 이 상품들도 포장단위를 달리 하거나 가공수위를 조절함으로써 다양화할 수 있다.

주력시장은 관광수요와 지역수요로 하되, 광역수요의 경우는 소매점을 집중 공략할 필요가 있으며, 최종소비자의 경우는 직접구매 보다는 이미지제고를 위한 형태로 노력이 집중되어야 할 것이다(표 5-5-5).

표 5-5-3. 전남바다목장의 SWOT분석

구분	강점(Strength)	약점(Weakness)
기회(Opportunity)	기회에 강점 활용 전략(OS)	기회에 약점 보완 전략(OW)
위협(Threat)	위협에 강점 활용 전략(TS)	위협에 약점 보완 전략(TW)

표 5-5-4. 시장 세분화의 기준

지리적 특성	지역, 군 규모, 도시규모
인구통계학적 특성	성별, 나이, 가족규모, 가족생활주기, 소득, 직업, 교육, 종교, 인종, 국적
정신 심리적 특성	사회계층, 라이프 스타일, 개성
행태특성	구매동기, 추구편의, 사용여부, 사용량, 충성도 수준, 사용장소, 사용시기

표 5-5-5. 전남바다목장의 마케팅 표적

세분시장		표적시장	포지셔닝
관광수요	낚시객	- 낚시를 즐기는 30대 이상의 남성 직장인, 자영업자 등	속성과 경쟁제품에 대한 포지셔닝 ▽ 안전성, 품질, 관광 등 어업인들의 이미지 ▽ 신뢰성, 차별화 (바다목장산 ≥ 자연산, 양식)
	가족관광	- 가족단위로 낚시 겸하는 코스를 선호하는 가장, 체험관광 선호자	
지역수요	횃집 등 음식점	- 다른 소매점과 차별화, 바다목장 브랜드를 활용하고자 하는 횃집	
	유통업체 횃집 등 음식점	- 지역의 특산물로서 활용	
광역소비	일반소비자	- 친환경 수산물 선호, 가족단위 외식을 자주 하는 직장인 - 식품안전성을 중시하는 주부들 - 새로운 것을 선호하는 젊은 층들	
	단체급식	- 식품안전성을 중시하는 공급자	
	학교급식		
대상상품		낚시관광시설 및 서비스, 바다목장 식단개발, 활어, 고급 구이용 선어, 선어회용 선어, 기념품의 개발 등	

다음으로 포지셔닝 전략이란, 세분화된 시장 중에서 표적시장을 정한 후 경쟁 제품과 다른 차별요소를 표적시장 내 목표 고객의 머리 속에 인식시키기 위한 마케팅 믹스 활동이다. 여기에는 속성, 사용상황, 제품사용자, 경쟁제품에 의한 포지셔닝의 4가지 방법이 있으며, 각각에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 속성에 의한 포지셔닝은 가장 흔히 사용되는 포지셔닝의 방법으로 경쟁 제품과 다른 편익이나 속성을 지녔다고 소비자에게 인식시키는 것이다(예 : 조용한 차 □□□). 이 방법은 경쟁 제품이 가지지 않은 특징 또는 속성, 종전의 제품이 부족했던 점을 부각시켜 포지셔닝하는 방법이다.

둘째, 사용 상황에 의한 포지셔닝은 제품의 적절한 사용 상황을 묘사함으로써 포지셔닝하는 방법이다. 예를 들어 어떤 구두를 신고 마라톤을 완주하는 모습을 묘사함으로써 마라톤을 완주할 만큼 편안한 구두임을 내세우는 방식이다.

셋째, 제품 사용자에 의한 포지셔닝은 제품이 특정 사용자 계층에 적합하다고 강조하여 포지셔닝하는 방법이다. 예를 들어 숙취해소음료를 출시하면서 접대가 많은 비즈니스맨을 제품 사용자로 포지셔닝하는 방식이다.

넷째, 경쟁 제품에 의한 포지셔닝은 경쟁 제품과 비교하여 자사 제품만이 줄 수 있는 혜택이나 편익을 강조함으로써 포지셔닝 하는 방법으로서 비교 광고 등이 여기에 속한다. 이 경우 직접적인 비교가 아니더라도 기존 제품으로 충족되지 않은 소비자들의 욕구를 공략하는 것도 이 유형의 포지셔닝에 속한다.

전남바다목장의 경우는 상기의 방법 중에서 속성과 경쟁제품에 대한 포지셔닝을 주로 할 필요가 있으며, 안전성, 품질 등의 신뢰에 대한 이미지와 어업인들의 이미지를 병행해서 활용할 필요가 있다. 이는 소비자 입장에서 보았을 때, 표 5-5-6과 같이 현재 상태에서는 새로운 점이 무엇인지 잘 알 수 없는 유사한 상품으로 인식하고 있으므로, 안전성, 품질 등의 기능 개선형 신상품으로 인식시킬 필요가 있기 때문이다.

표 5-5-6. 소비자 측면에서의 신상품 분류

혁신형 신상품 이제까지 없었던 성능, 효능, 편리성을 갖는 뛰어난 상품	기능 개선형 신상품 이제까지의 상품기능, 효능, 사용성을 크게 개선한 좋은 상품
심리가치 개선형 신상품 기존 상품의 감각적·심리적 가치를 좋게 개선한 상품	후발 모방 신상품 새로운 점이 무엇인지 잘 알 수 없는 유사한 상품

3. 유통판매시설계획

가. 전남바다목장 어획물 유통(Place)의 기본방향

유통(Place)에서의 핵심은 상품의 유통경로 선택과 유통환경변화에 대한 대응이다. 전남바다목장의 경우는 기존의 유통경로가 고정적이며, 유통권역은 여수만으로 한정되어 있다. 전남바다목장의 경우는 현재 군내활어위판장이 있으므로 별도의 판매시설을 만들 필요가 있는지를 판단할 필요가 있다. 여기에서 판단기준이 될 수 있는 것이 물류를 포함한 입지와 차별성, 가공 등과의 연계, stock point로서의 기능성 등이다.

현재 여수시에서 바다목장의 판매시설로서 활용 가능한 어항을 보면, 총 195개의 어항이 있으며, 이 중 국가어항이 6개소, 지방어항이 13개소, 어촌정주어항이 176개소이다(표 5-5-7).

표 5-5-7. 여수지역의 어항시설현황

시설량	어항 수	시설물								비고
		계		선착장		방파제		물양장		
항종별		개소	연장	개소	물량	개소	물량	개소	물량	
계	195	630	47,310	406	21,405	99	9,356	82	7,911	
국가어항	6	17	5,874	-	-	9	1,492	4	3,076	국동항, 돌산항, 안도항, 연도항, 초도항, 낭도항
지방어항	13	34	4,083	11	1,181	13	1,592	6	601	계동 외12
어촌정주어항	소 계	176	579	37,353	395	20,224	77	6,272	72	4,234
	도 서	118	484	29,024	324	15,603	71	5,857	63	3,563
	육 지	58	95	8,329	71	4,621	6	415	9	671

이 중 돌산읍 소재 군내에 있는 돌산항 이외에도 다양한 후보지가 있어 적지선정에는 다소 어려움이 있을 것으로 보인다. 이 경우 접근성과 가공시설 등이 입지할 배후지 확보 등의 요인이 고려되어야 할 것이다(표 5-5-8).

표 5-5-8. 바다목장 양륙항의 기본조건

구분	내용	비고
① 출하편의	바다목장 조업 연안복합어업의 어업인들이 쉽게 접근할 수 있을 것	
② 접근성	구매자들이 쉽게 접근할 수 있도록 위치, 도심(혹은 주요도로)와 거리 및 시간, 도로사정, 주차장 등 고려	
③ 배후지	출하시설(간이 직판장, 수조시설 등) 설치할 수 있는 배후지 확보 여부	
④ 물양장 크기와 선석수와 선석수	어선이 접안할 수 있는 공간 혹은 넓이와 양륙할 수 있는 물양장의 크기	
⑤ 경합성	타 어선어업 혹은 기타업종과 같이 사용하면서 복잡해지거나 분쟁의 소지가 있는지의 여부	
⑥ 활용성	기존시설이 있거나 활용가능한 다른 자원이 어항에 있는지의 여부	

군내활어위판장의 경우 장점이 많으나 바다목장산과 타지역에서 잡아오는 수산물과의 구분을 어떻게 할 것인가가 문제가 된다. 주로 복합어업으로 어획하는 경우가 대부분이기는 하지만 타 어업의 어획물도 있으며, 해역구분으로 보았을 때 바다목장 이외지역인 경우에는 구분이 곤란하다. 이 문제는 어업인들과 수협과의 협의와 노력을 통해서 극복할 수 있을 것으로 판단된다. 만일 이 문제가 극복되지 못한다면 별도의 판매시설을 할 수밖에

에 없는데, 이는 경제적으로도 비효율적이므로 기존 군내활어위판장을 적극 활용하는 방안을 적극 추진할 필요가 있다.

유통경로 중에서 상기 산지위판장을 제외한 부분으로 고려되어야 할 것은 출하이전과 위판장 이후의 유통경로이다. 먼저 출하이전의 유통경로는 생산자들을 조직적으로 통합할 수 있는 출하조합을 만들 필요가 있다. 형태는 민법상의 임의의 조합과 영어법인 혹은 기타 회사법인이 있으며, 혹은 협회회의 형태로도 만들 수 있다. 이 경우 가공까지를 망라한 형태로 추진하기 위해서는 영어조합법인체제로 가져가는 것이 바람직하다. 민법상의 임의의 조합이나 협회회의 경우는 경제적인 사업을 하기에는 조직력과 자금력에서 미비한 점이 많고, 출하와 가공을 전담할 전문적인 인력도 필요하므로 법인체제가 좋는데, 각종 지원을 받기 위해서는 일반법인보다는 영어조합법인이 유리할 것이다.

나. 직판장에 대한 어업인들의 의견

앞서 어업인 유통실태와 마찬가지로 이번에 실시된 양륙항 및 직판장에 대한 어업인들의 의견을 정리하며보면 다음과 같다. 먼저 직판장의 필요성에 대한 설문에서 총 응답자의 59%가 필요하다고 응답하여 과반수 이상이 필요성을 느끼고 있는 것으로 나타났다(그림 5-5-7).

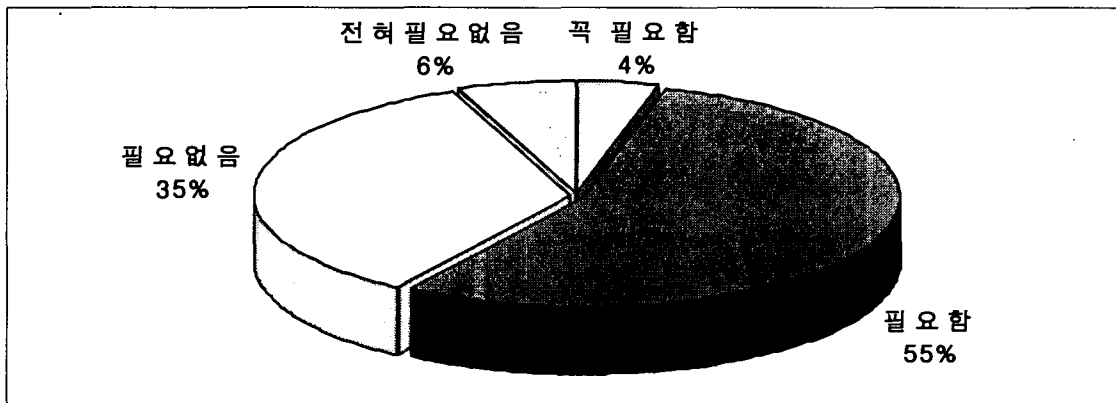


그림 5-5-7. 직판장의 필요성.

필요한 직판장의 형태에 대한 설문에서는 '가공처리시설이 필'하다는 응답이 전체의 48.3%로 아주 높게 나타났다. 다음으로 '보관시설이 필요'가 20.7%였으며, '접안과 하역 등 부대시설이 필요'하다고 응답한 비율은 13.8%였다. 경매가 필요하다고 응답한 비율은 10.3%로 나타나 경매 등의 거래보다는 물류시설에 대한 필요성이 월등히 높은 것으로 나타났다(그림 5-5-8).

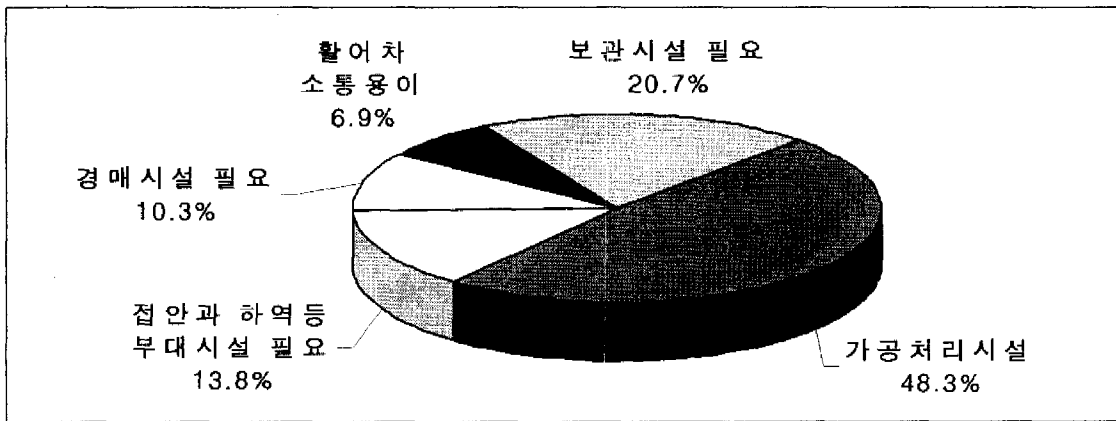


그림 5-5-8. 직판장에 필요한 형태 및 기능.

다음으로 직판장에 기대하는 것에 대한 설문에서는 '좋은 가격'이 81.6%로 아주 높게 나타났다. '판매의 편리'나 '구매자의 편리'는 각각 10.2%, 8.2%로 나타났으며, '위생적인 시설'이나 '다른 어획물과의 차별화'는 전혀 응답이 없었다. 이것은 앞서 살펴본 유통실태 설문과 마찬가지로 어업인들이 가격차별화에 많은 기대를 걸고 있음을 알 수 있다(그림 5-5-9).

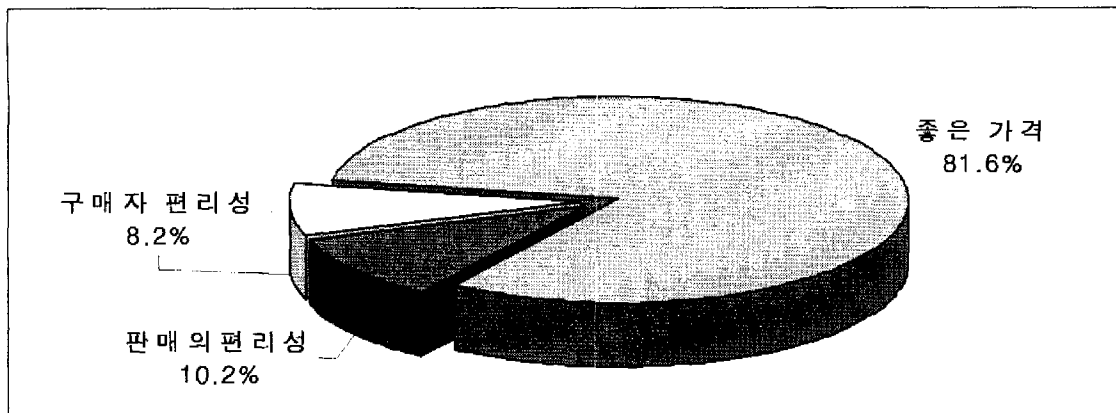


그림 5-5-9. 직판장에 기대하는 것.

운영주체에 대한 설문에서는 82%가 수협이 운영하는 것을 지지하였다. 별도의 어업인 조직이 운영하는 것은 8%였으며, 민자유치와 자율관리위원회는 각각 6%와 4%로 나타나 수협에 대한 지지도가 아주 높은 것으로 나타났다. 그러나 이 설문결과는 조사장소가 위판장이었고, 수협위판을 주로 하는 어업인들을 대상으로 하였으므로 전체의 의견과는 다소 거리가 있음을 밝힌다(그림 5-5-10).

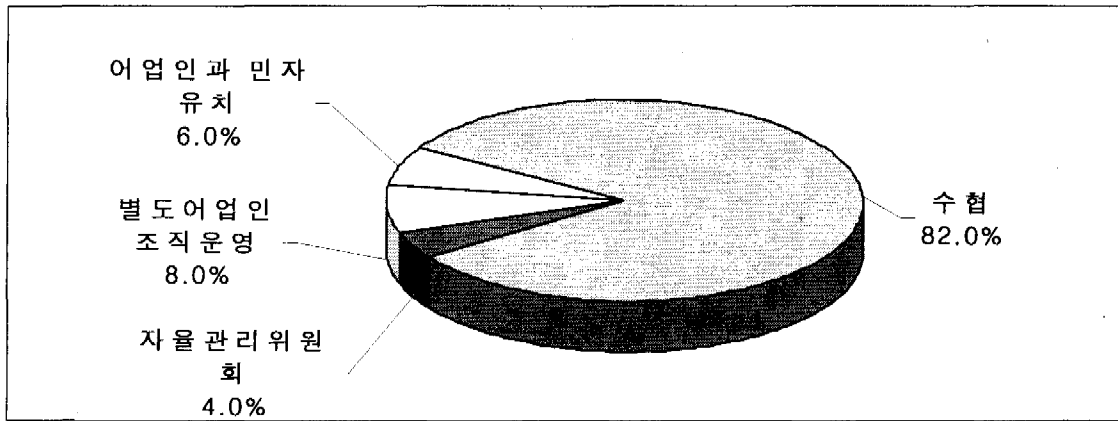


그림 5-5-10. 직판장의 운영주체.

직판장의 거래방법으로 선호되는 것은 54%가 '경매나 입찰'이라고 응답하여 목장산의 직거래에 대한 필요성이 68%(그림 5-5-11)였던 것에 모순되는 응답을 하였다. 이 또한 설문장소 선정 때문에 나타나는 응답의 편중 때문이 것으로 판단된다.

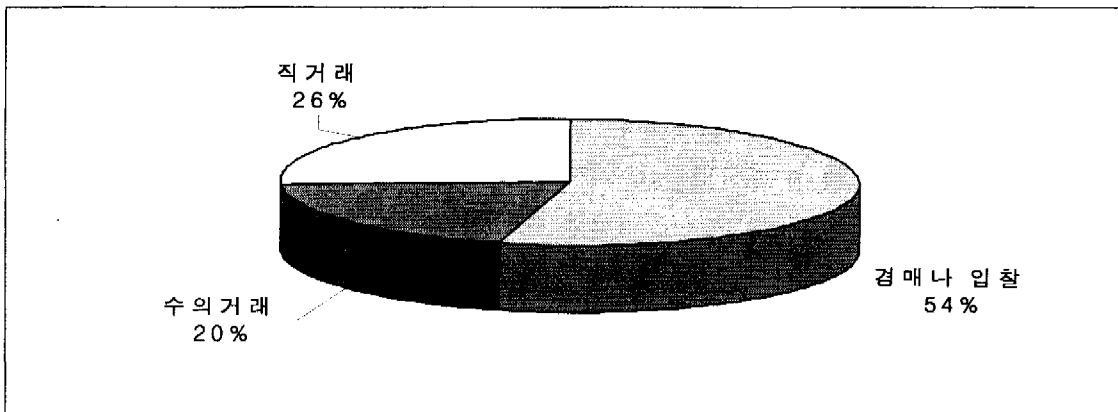


그림 5-5-11. 직판장의 거래방법.

이상에서 살펴본 바와 같이 전남바다목장 연안복합어업 어업인들의 직판장에 대한 의견은 과반수 이상이 필요성을 느끼고 있었으며, 가공처리시설과 보관시설 등 물류시설 및 기능에 대한 필요성을 많이 느끼고 있는 것으로 나타났다. 또한 직판장에 기대하는 것으로는 좋은 가격에 대한 기대라는 응답이 월등히 높게 나타났다.

제 6 절 바다목장 경제적 효과분석

1. 간접효과

가. 분석방법

바다목장사업으로 인한 간접효과는 크게 유어낚시효과와 관광효과로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 바다낚시의 경제적 가치를 추정하기 위해 2004년부터 8월부터 2005년 5월까지 4회에 걸쳐 설문조사가 실시되었다. 총 568명이 조사되었으나 주요 출조 지역이 여수 아닌 사람 그리고 분석에 필요한 항목이 누락 혹은 질문에 대해 터무니없게 높게 대답한 사람 등은 분석에서 제외하였다. 따라서 152명만 분석 대상으로 하였다.

한편 관광에 대한 경제적 가치 추정 방법 또한 바다낚시 추정방법과 동일하다. 설문조사는 2004년 8월과 2005년 5월에 걸쳐 4번 이루어졌다. 총 612명을 조사하였으나 여수 방문목적이 친척집이나 친지방문을 겸한 여행 그리고 처음으로 여수를 방문한 사람은 분석에서 제외하였다.

이상과 같이 여행자비용법에 의한 분석을 위하여 설문조사를 실시하였고, 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 328억원의 효과가 있는 것으로 추정된다. 그러나 이러한 효과는 현재 여수바다목장 해역이 바다목장 조성과 관계없이 낚시하기에 좋은 조건을 가지고 있기 때문에 나타난 것이라 할 수 있다. 그러므로 바다목장 조성으로 인한 간접효과는 총간접효과에다 매년의 최대 어획비율을 곱하여 산출하였다.

나. 분석결과

여수 유어낚시 소비자 잉여를 산출하기 위하여 추정된 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 47.74 - 3.09 TC_{ii} \\ (-10.60)$$

$$R\text{-squared} = 0.43$$

여기서 V_i 는 각 각의 낚시객의 연간 방문 횟수를 나타내고 TC_i 는 낚시여행에 소요되

는 평균 비용을 의미한다. 낚시객의 1회 출조시 소비자 잉여는 52천원으로 추정되었다.
 한편 관광객의 소비자 잉여를 추정하기 위한 수요 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 7.85 - 0.33 TC_i$$

(-4.77)

R-squared = 0.14

여기서 V_i 는 각 각의 관광객의 연간 방문 횟수를 나타내고 TC_i 는 관광여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. 관광객의 1회 여수방문시 소비자 잉여는 71천원으로 추정되었다.

간접효과를 추정하기 위하여 매년의 어획비율에다 총간접효과를 곱하여 추정된 간접효과는 표 5-6-1과 같다. 즉 2005년에는 79백만원, 2008년에는 695백만원이지만, 최대가 되는 2021년에는 연간 328억원의 간접효과가 있을 것으로 추정되었다.

표 5-6-1. 최소 간접효과

(단위 : 백만원)

연 도	매년어업생산비율	간접효과
2005	0.0024	79
2006	0.0034	112
2007	0.0042	138
2008	0.0212	695
2009	0.0275	902
2010	0.0282	925
2011	0.0720	2,362
2012	0.0812	2,663
2013	0.0812	2,663
2014	0.1581	5,186
2015	0.1743	5,717
2016	0.1932	6,337
2017	0.3760	12,333
2018	0.4148	13,605
2019	0.4586	15,042
2020	0.7296	23,931
2021	1.0000	32,800

제 7 절 요약 및 결론

전남 다도해형 바다목장사업은 2001년부터 2008년까지 총 8개년 사업으로 시작되었으며, 2003년까지 기반조성사업이 마무리되면서 2004년부터는 본격적인 어장 및 자원조성사업이 시작되었다. 목장조성단계인 2004년도 바다목장사업의 이용관리분야에서는 바다목장 이용관리실태 조사와 이용관리체제의 구축, 유통체계 구축 및 경제성 분석 등이 연구되었다.

바다목장은 외줄낚시, 통발, 자망 등의 어선어업이 상호 경합적으로 이용하고 있으며, 외줄낚시의 어업경영은 어업수지의 개선으로 전년도에 비해 어업수익이 증가하였고 이익률도 증가한 것으로 파악되었다.

전남바다목장 유통실태 설문결과, 어업인들은 제 가격을 받을 수 있는 유통경로, 직판장, 가공처리시설과 보관시설 등 물류시설 및 기능에 대한 필요성을 크게 느끼고 있었다. 유통체계 구축을 위한 전남바다목장 내외부적 환경요인의 활용전략으로서는 생산 및 품질관리를 위한 관리단의 구성과 타 바다목장과의 연계, 바다목장간 품평회의 공동개최, 추적시스템의 도입, 관광수요의 개발, 다양한 제품의 개발, 통합적 유통체제의 구축, 제품 이미지와 품질인식제고를 위한 행사 마련 등의 방안을 활용할 수 있다.

2004년 현재 간접효과인 유어낚시 1인당 1회 출조 소비자잉여는 52천원으로 분석되었고, 관광객의 1회 여수 방문시 소비자 잉여는 71천원으로 추정되었다.

본격적인 어장 및 자원조성사업이 실시됨에 따라 바다목장 해역에 자원량이 계속 증가할 것으로 전망된다. 인위적으로 조성된 수산자원을 적정하게 이용관리하기 위해서는 제도적인 규제조치와 함께 바다목장사업 관련당사자, 특히 어업인들의 적극적인 참여와 자율적인 규제가 무엇보다도 중요하다. 따라서 바다목장 이용관리체제는 통영에서 현재 운영되고 있는 이용관리체제, 즉 보호수면, 자원관리수면 및 관련 당사자들의 협의체 등을 벤치마킹하는 한편, 전남 바다목장 해역에 적합한 이용관리체제를 적용하고자 하였다.

그러나 현재 전남 바다목장 해역에는 23개 어촌계가 분포하고 있고 해역범위가 통영에 비해 매우 넓고 해역내 어업인들의 이해관계가 더욱 복잡하여 이러한 자원을 보호하고 관리할 수 있는 이용관리제도, 즉 보호수면 및 자원관리수면을 지정하거나 이를 이용 및 관리하는 협의체를 마련하는데 다소 어려움을 겪고 있다. 따라서 해역내 어촌계별 상이한 의견 차이를 조정하고 이를 통합하기 위해서는 해역 어업인들간의 만남과 협의가 지속되어야 할 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 Century, 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 Development 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.

부 록

부록 5-1-1. 전남바다목장지역 어류유통 실태조사

여수바다목장지역

활어유통 실태조사표

본 조사는 “전남 다도해형 바다목장 기반조성 사업(2차년도) 연구용역”과 관련하여 해양수산부의 의뢰를 받아 한국해양수산개발원 수산어촌연구센터가 주관하여 실시하는 것입니다.

이번 조사의 결과는 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.

2005. 1.

한국해양수산개발원장

※ 설문에 관한 문의

연구위원 류정곤 02-2105-2845, 책임연구원 강종호 02-2105-4923

성명		소속	
연락처		주소	



한국해양수산개발원 수산어촌
KOREA MARITIME INSTITUTE 연구센터

1. 귀 점포의 유형은 무엇입니까.

2. 귀 점포의 최근 3년간의 매출액과 수산물 구입액을 알려주십시오.

		2000년	2001년	2002년
매출액		원	원	원
수산물	양식산	%	%	%
	수입산	%	%	%
구입액	자연산 활어	%	%	%
	자연산 선어	%	%	%

3. 귀 점포에서 주로 구매하는 어종은 무엇입니까?

	어종
양식산	
수입산	
자연산 활어	
자연산 선어	

4. 취급어종 중 활어는 어떻게 구입하십니까?(복수응답 가능)

- ① 시장 가게에서 구입 (%) ② 시장좌판에서 구입 (%)
 ③ 중매인에게 구입 (%) ④ 일반 상회에서 구입 (%)
 ⑤ 활어운반차(물차)에서 구입 (%) ⑥ 살때마다 다름 (%)
 ⑦ 기타 : (%)

4-1. 살때마다 다른 경우 그 이유는 무엇입니까?

5. 취급어종 중 선어 구입경로를 답해 주십시오.(복수응답 가능)

- ① 시장 가게에서 구입 (%) ② 시장좌판에서 구입 (%)
 ③ 중매인에게 구입 (%) ④ 일반 상회에서 구입 (%)
 ⑤ 활어운반차(물차)에서 구입 (%) ⑥ 살때마다 다름 (%)
 ⑥ 기타 : (%)

5-1. 살때마다 다른 경우 그 이유는 무엇입니까?

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 사업규모를 적어주십시오.

○ 매장면적	(총) 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

10. 귀 점포(매장)의 손익관계(2002년도)를 알아보기 위한 물음입니다. 아래의 표에 적어 주십시오.

항 목	금액(천원)	항 목	금액(천원)
영업이익		순 이익	
매출액		총 비용	

11. 여수관내에 횡거리 전문위판장(혹은 직판장)이 생기면 이용하실 의향이 있으십니까?

- ① 예 ② 아니오

12. 횡거리 전문위판장(혹은 직판장)에서 가장 필요한 것은 무엇이라 생각하십니까?

- ① 가까운 곳에 있거나 교통이 편할 것 ② 배달이 가능할 것
 ③ 가격이 쌀 것 ④ 안정적인 공급이 가능할 것

⑤ 위생적인 처리시설

⑥ 품질이 좋을 것

⑦ 기타 : _____

13. 『여수바다목장』에서 생산되는 활·선어를 브랜드화 해서 판매한다면 구매하실 의향이 있으십니까?

① 예 ② 아니오

14. 『여수바다목장』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					

15. 『여수바다목장』 수산물 취급점으로 공급계약을 체결한다면 응하실 의향이 있으십니까.(공급점 간판제공, 별도 수수료 없음, 물량공급만 일정기간 동안 계약)

매우그렇다	약간그렇다	보통이다	조금 아니다	매우 아니다

16. 다음 네종류의 어류를 품질을 예상하셔서 순위를 주시기 바랍니다.

구분	양식산	수입산	자연산	목장산
품질				

16-1. 그 이유는 무엇입니까?

부록 5-1-2. 어가경제 및 경영실태조사표

지역코드	
표본코드	
어업코드	
년 월	2004 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(2004년말 현재 기준)

가) 유동자산

구 분	금액(천원)
○ 현금, 예금	
○ 외상매출금	
○ 기타	

나) 부채

구분	자 금 명	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	돌도	숭어	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. 합 계		/			

II. 어가경제조사

1. 가계수입

구 분	어업수입			어업외수입		
	어 로	양 식	기 타	농 업	기타겸업	사업외수입

2. 가계지출

구 분	어업지출			어업외지출			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)

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, 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.

2004. 1.

한국해양수산개발원장

※ 설문에 관한 문의

연구위원 류정곤 , 책임연구원 안재현 02-2105-2849

설문장소	
설문시간	
설문자	

수 산 어 촌 연 구 센 터



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

1. 귀하의 성별은 무엇입니까. 번호에 V해 주십시오.

① 남 ② 여

2. 귀하의 나이를 답해주십시오.

20세 이하 (), 21~30세 (), 31~40세 (), 41세~50세 (), 51세이상 ()

3. 귀하의 월평균소득 정도를 답해주십시오.

100만원 이하 (), 100~200만원 (), 200~300만원 (),
300~400만원 (), 400만원 이상 ()

4. 귀하의 현재거주지는 어디입니까. ()

5. 귀하는 주로 어디에서 낚시를 하십니까.

- 출조 지역 여수(), 기타지역()
- 출조 장소 갯바위(), 선상낚시(), 기타 ()

6. 5번 문항의 지역에서 주로 낚시를 하시는 이유나 좋은 점은 무엇입니까.

7. 연간 출조는 몇 번이나 하십니까. ()번

8. 낚시여행 결정에 가장 중요한 요소는 무엇입니까.

(예를 들면, 조과에 대한 기대, 비용절약, 시간여유, 친목, 머리 식힘, 편의시설 등 중요한 순으로 3가지만 적어 주십시오)

1. _____ 2. _____ 3. _____

9. 귀하의 1년 여가생활을 100으로 보았을 때 낚시에 시간과 금액을 몇%나 투자하고 계십니까. 시간 : _____ %, 금액 : _____ %.

※ 10번부터의 질문에 대한 답은 여수지역에 출조할 경우를 기준으로 작성해 주십시오

10. 다음은 귀하의 여수지역 출조 형태에 관한 문항입니다.

- 연간 출조회수	()번
- 낚시 여행 타입	단체 (), 개인()
- 1회 출조시 평균 기간은	_____박 _____일
- 출발(집)에서 현지까지 총여행시간은	()시간정도
- 교통수단	
① 자가용 ② 낚시점 단체버스 ③ 렌트카 ④ 항공편 ⑤ 기타(_____)	

11. 실제로 낚시만 하는 시간 : ()시간

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 어느정도입니까. _____ 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.

여수지역 관광·레저 설문조사

안녕하십니까?

한국해양수산개발원 수산어촌연구센터에서는 “여수해역의 바다목장 기반조성 사업 연구용역”과 관련하여 바다목장 주변에 대한 환경의 경제적 가치를 평가하고 있습니다.

금번 본 연구원에서는 여수시 수산관광산업의 활성화를 위한 기초자료를 습득하고 관광객들이 믿고 찾는 수요자 중심의 관광개발전략을 수립하고자 관광객 여러분들을 대상으로 설문조사를 실시하게 되었습니다. 귀하의 응답내용은 연구를 수행하는데 중요한 기초자료가 될 것이며 또한 모든 내용은 일괄적으로 컴퓨터에 의해 통계처리되기 때문에 개인의 비밀이 절대 보장됩니다.

부디 귀하의 고견을 솔직하게 응답하여 주시기 바랍니다.

또한 궁금한 사항이나 건의할 사항이 있으시면 아래의 연락처로 연락주시기를 바랍니다. 모든 질문에 빠짐없이 끝까지 답해주시면 고맙겠습니다.

감사합니다.

※ 설문에 관한 문의

연구위원 류정곤, 책임연구원 안재현 02-2105-2849

설문장소	
설문시간	
설문자	

※ 아래에 제시되는 질문에 대한 대답은 맞거나 틀리는 답이 없습니다. 각각의 문항에 대해서 'O' 또는 'V' 표를 해주시거나 물음에 따라 빈칸에 기입하시면 됩니다.

1. 귀하께서는 여수시 관광이 처음입니까?

① _____에 ② _____아니오

2. 처음이 아니라면 연간 몇 번 정도 방문하십니까? (_____번)

3. 귀하께서는 이번 여행의 주목적이 무엇입니까?

(☑ 해당되는 것은 모두 선택해 주십시오)

① _____해양스포츠, 낚시 등 레저·스포츠 여행

② _____해양자연경관

③ _____및 명소구경을 위한 여행

④ _____친척 및 친구집 방문여행

⑤ _____휴양 혹은 오락이나 유흥을 위한 여행

⑥ 기타 (구체적으로: _____)

4. 거주지에서 이곳까지 오는데 소요된 시간은?

(시간 분)

5. 귀하께서는 이번 여행이 당일 여행입니까? 숙박여행입니까?

① _____당일여행 ② _____숙박여행(박 일)

(☑ 당일여행인 경우 8번 문항으로 가십시오)

6. 숙박하는 도시는 어디입니까?

① _____여수 ② _____기타지역

7. 여수지역에서 숙박을 하실 경우 얼마나 머무를 예정입니까? (박 일)

8. 귀하께서 이용하시고 있거나 이용하실 숙박시설은?

(☑ 호텔 여관 콘도미니엄 민박 여인숙 친구나 친척집 아영 등) (_____)

9. 귀하께서 이 지역까지 오실 때 이용하신 장거리 교통수단은?

(☐ 두가지 이상의 교통편을 이용하신 경우 모두 기입해 주십시오)

- ① ___ 열차 ② ___ 고속·시의버스 ③ ___ 승용차·승합차 ④ ___ 비행기
 ⑤ ___ 자전거·오토바이 ⑥ ___ 기타 (구체적으로 _____)

10. 귀하께서 이번 여행을 함께 하신 분들은 모두 몇 명입니까? (총 _____ 명)

11. 여행의 형태는 무엇입니까?

- ① ___ 단체관광 ② ___ 가족관광 ③ ___ 기타

12. 목적지 선택에 있어서 중요도 우선순위는?

	매우중요	중요	보통	중요하지 않음	전혀 중요하지 않음
소요경비	5	4	3	2	1
1소요시간	5	4	3	2	1
교통수단	5	4	3	2	1
자연경관	5	4	3	2	1
문화유산	5	4	3	2	1
시설	5	4	3	2	1

※ 다음은 귀하께서 이번 여행동안 지출하신 총 여행경비를 계산하기 위한 질문입니다. 다소 번거롭더라도 가급적 정확히 응답해 주시면 대단히 고맙겠습니다.

* 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. 귀하께서 여행전 예상한 총 여행경비는 얼마입니까? (_____만원)

14. 귀하께서 현재까지 지출한 총 여행경비는 얼마입니까? (_____만원)

(☐ 여행사 등 다른 부문에 지불한 금액 포함)

15. 귀하께서 남은 여행기간동안 지출 예상되는 총여행경비는?

(_____만원)

16. 여행도중 귀하께서 총지출한 경비중(지출예상경비를 포함해서) 세부항목별로 금액을 적어 주십시오.

지출항목	교통비	숙박비	음식비	기타	총계
지출금액	만원	만원	만원	만원	만원

17. 지금까지 기입한 여행경비는 몇 명을 기준으로 계산한 것입니까?

(☞ 1인당 소요경비로 환산해야 하기 때문에 인원수를 반드시 기입하여 주십시오)

(_____ 명)

※ 끝으로 자료 분류용 질문 몇 가지만 더 질문하겠습니다.

18. 귀하의 성별은?

① _____ 남 ② _____ 여

19. 귀하의 연령은? (만 _____ 세)

20. 귀하의 직업은?

① _____ 자영업 ② _____ 회사원 ③ _____ 공무원 ④ _____ 자유전문직

⑤ _____ 일용직 ⑥ _____ 주부 ⑦ _____ 무직

⑧ _____ 기타 (구체적으로 : _____)

21. 귀하의 월 평균소득은?

① 100만원 미만 ② 100~150만원 ③ 150~200만원 ④ 200~250만원

⑤ 250~300만원 ⑥ 300~350만원 ⑦ 350~400만원 ⑧ 400만원 이상

22. 귀댁의 월 평균소득은? (가족구성원 전체소득의 합)

① 100만원 미만 ② 100~150만원 ③ 150~200만원 ④ 200~250만원

⑤ 250~300만원 ⑥ 300~350만원 ⑦ 350~400만원 ⑧ 400만원 이상

23. 귀하의 현 거주지는? _____ 시(군)

♥ 지금까지 오랫동안 질문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다

부 록

방류 및 시설물 투자 현황

1. 2004년 전남 바다목장 해역내 유용 수산 생물 방류 현황

- 방류 어종 및 프로파일

연월	어종	마리수	장소	크기 (cm)
2004. 08.	감성돔	580,000	안도	6.0-8.0
2004. 08.	돌돔	100,000	안도	8.0-10
2004. 10.	감성돔	320,000	안도	8.0
2004. 10.	전복	25,000	안도지선(하중도)	3.5-5.0
2005. 05	황점블락	50,000	안도	10.0

□ 종 수 : 4종 (어류 3종, 패류 1종)

□ 총마리수 : 1,075,000마리

□ 총투자액 : 450,000,000원

2. 2004년 전남 바다목장 해역 내 어초 및 연구시설 투자 현황

시설명	형 태(크기)	수 량	시설장소	시설비 (백만원)
해상세미나실	목재하우스(12.5×8.0m)	1조	안도 지선	50
중간육성시설	목재가두리(10×10m)	1조	안도 지선	5
연안다목적 콘크리트 어초	해중림 및 전복육성용어초(2×2×2m)	20기	초삼서, 안도	72
점보형 강제어초	강제형(12×9.0m)	1기	안도(이야포)	42
다목적 강제어초	강제형(12×9.0m)	1기	안도(이야포)	45
피라밋 강제어초	강제형(10×5.0m)	6기	안도	207
음향급이기	음향자동급이기 부양장치	1기	안도	250
		소계		671

(합계)

671백만원

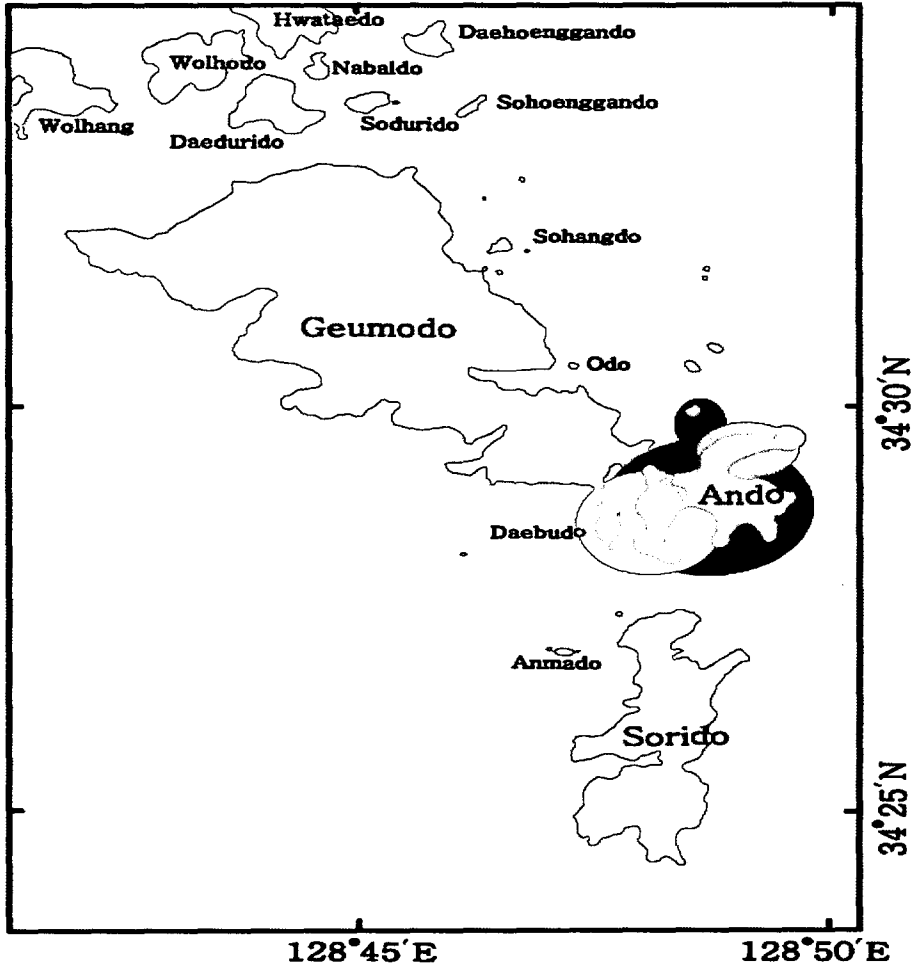
3. 종묘방류 위치도



돌돔



황점블락

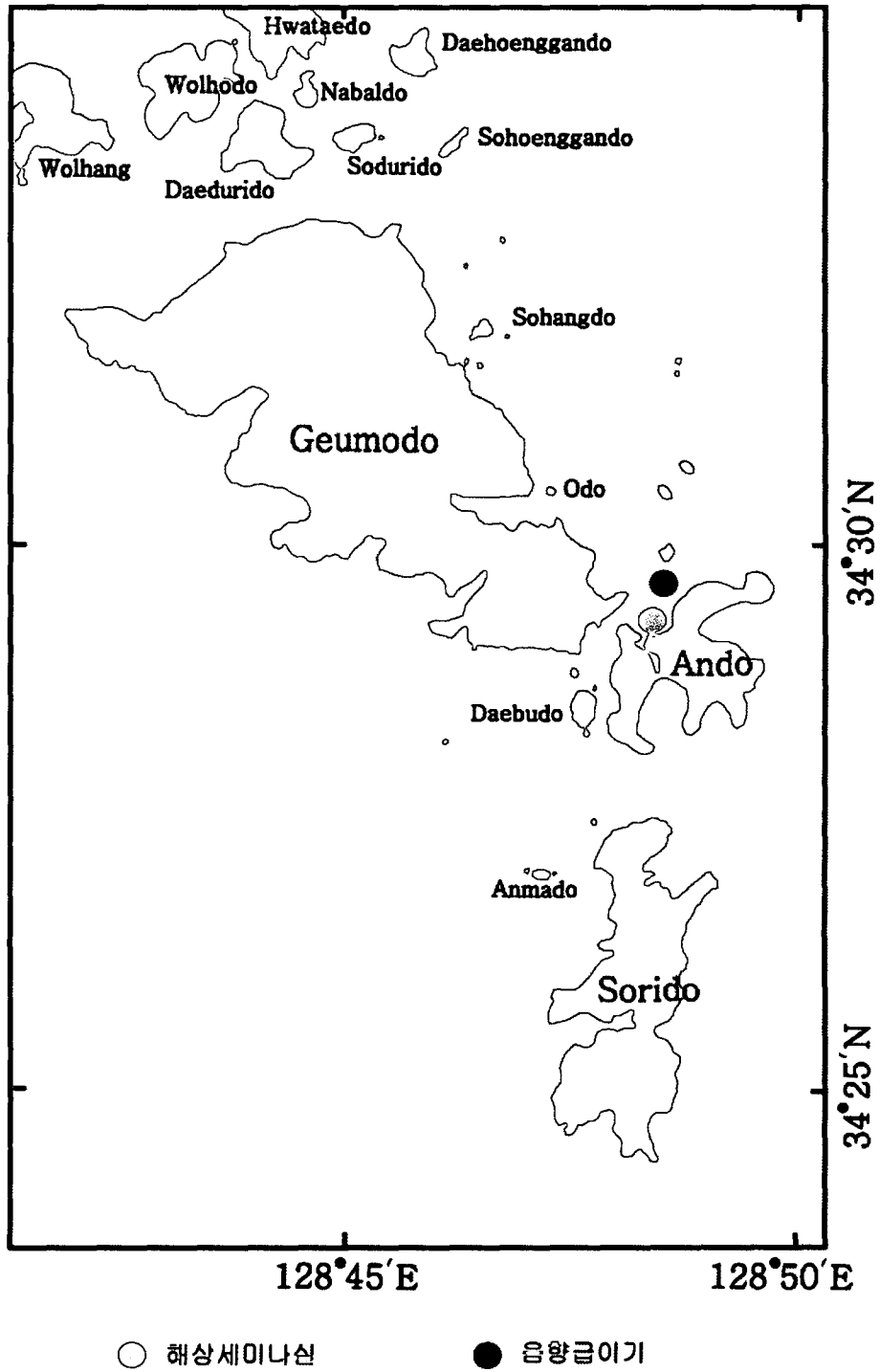


감성돔

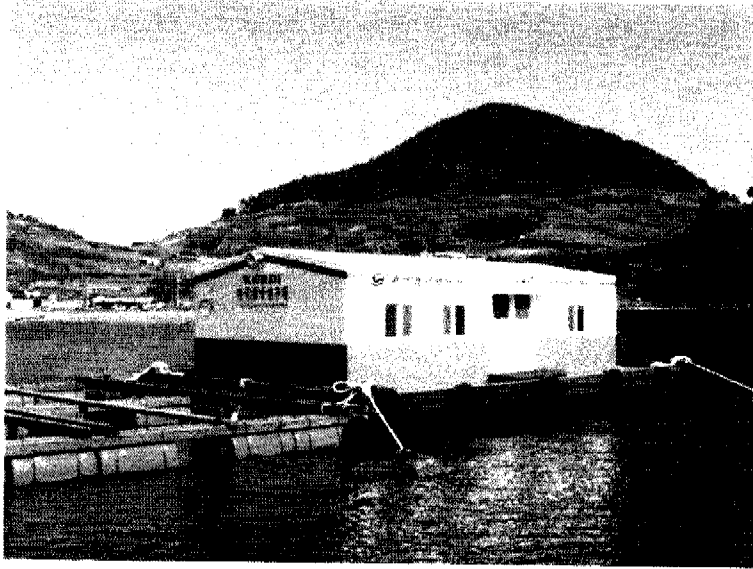


전복

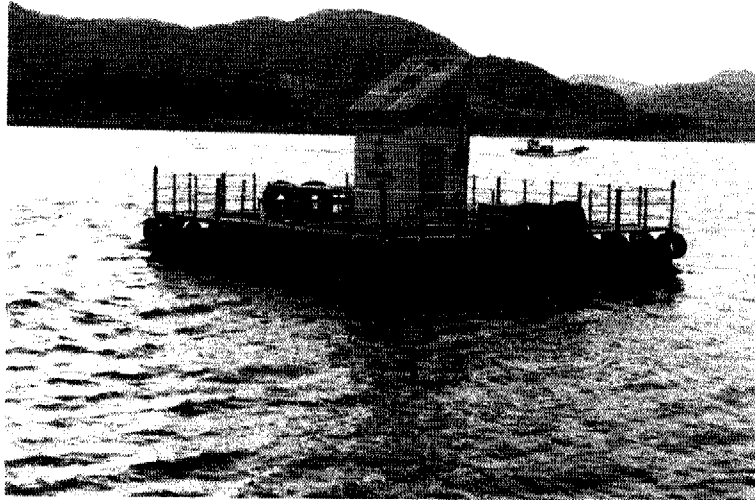
4. 연구시설 위치도



- 해상세미나실 및 연구시설

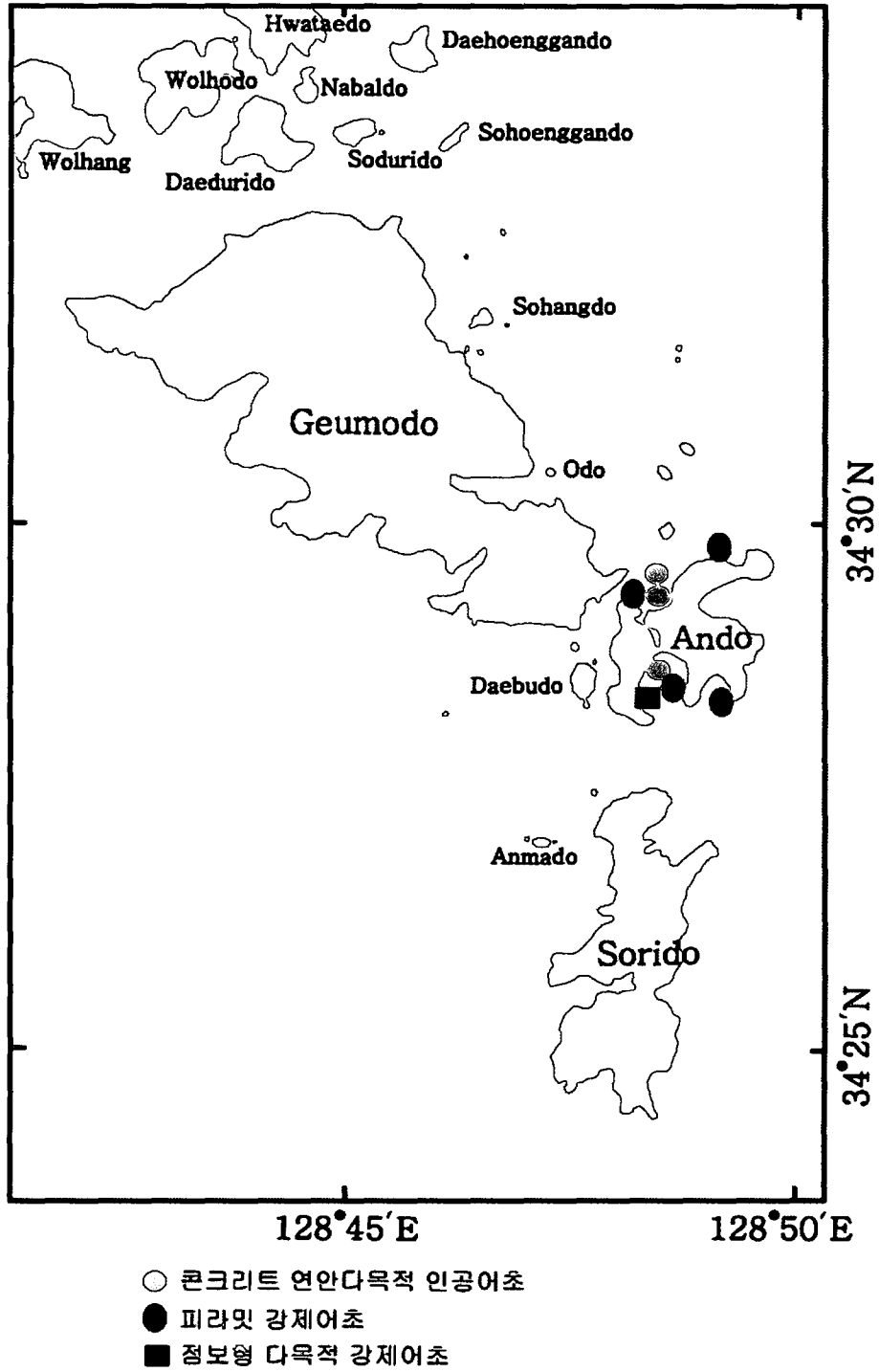


해상세미나실 및 가두리

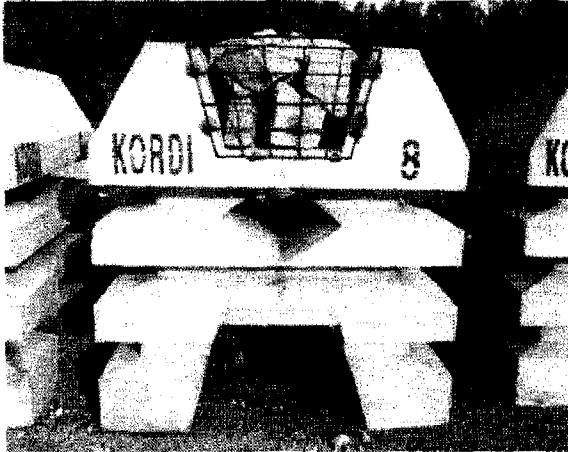


해상 음향급이기

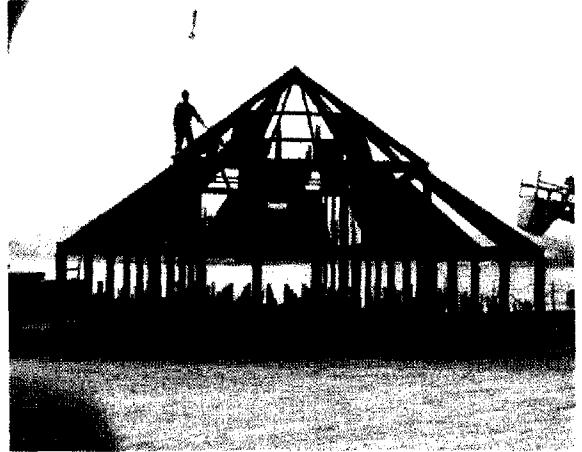
5. 콘크리트 및 강제어초 시설 위치도



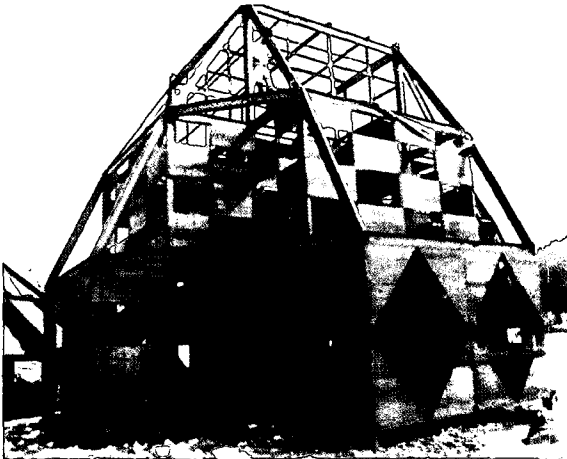
- 인공어초 구조형태



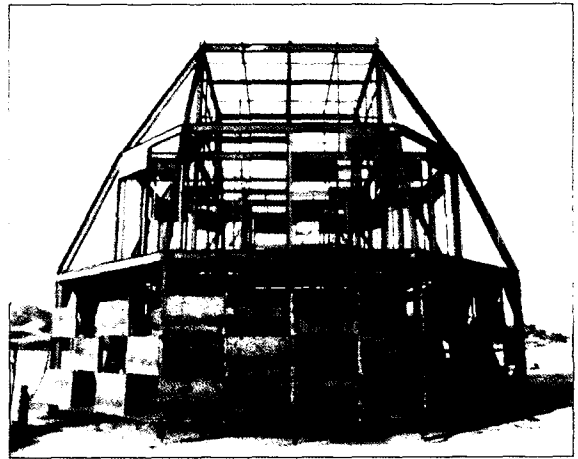
연안 다목적 콘크리트어초(전복육성용)



피라밋 강제어초

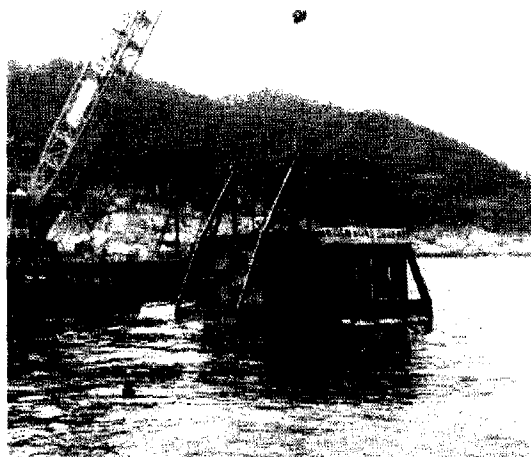
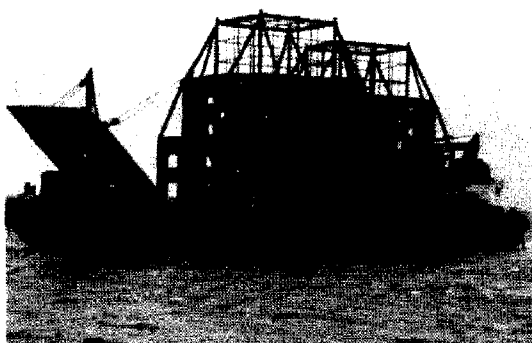
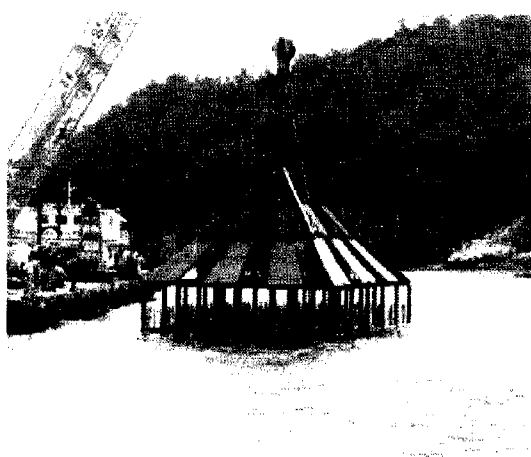
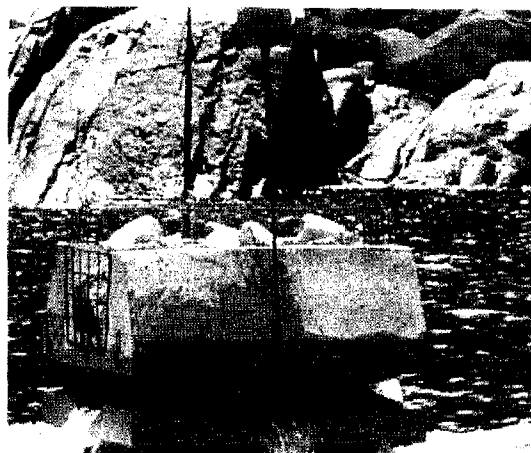
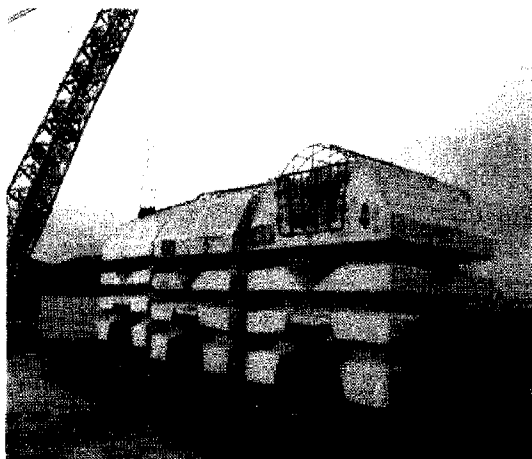


다목적강제어초



점보형 강제어초

- 인공어초 운송 및 투하



6. 음향급이기 제작

가. 음향 자동급이기 부양장치 제작

1994년경 일본에서는 참돔의 유·치어에서 개발된 음향순치 시스템을 조피블락에 응용하는 것이 가능한가를 중점적으로 검토한 결과 정현파 300 Hz, 음압레벨 110~150 dB 단속음 방사를 해당 어류에 사료 공급과 함께 병용하는 실험을 1일 4회씩 계속적으로 실시하여, 8일째에 완전하게 수중 스피커의 방음신호에 순치된다는 보고가 있다. 이 보고서에서는 음향 순치어에 대하여 일시적으로 어체에 쇼크를 가하거나 10일간 수중 스피커를 구동하지 않는 무방음 한후 이전에 학습시킨 방사음을 방사했을 때 기억한다는 것이 수조실험에서도 확인되었다고 한다.

이 실험 결과는 현재 한국해양연구원에서 바다목장에 집중적으로 방류한 주어종인 참돔과 감성돔은 일본의 서식환경과 유사하므로 유·치어에 음향순치 시스템의 방사신호로써 정현파 300 Hz의 단속파를 음압레벨 110~150 dB가 적용 가능한 음으로 판단되어, 일본의 연구 결과를 인용하였다.

참돔과 감성돔의 인공종묘를 대량으로 바다목장에 사육 방류하여 자원관리형 어업의 확립시키는 목표로 세우고, 30 mm의 치어로부터 방류하기에 적당한 크기인 80 mm까지의 중간 육성어(활어 가두리내)까지 성장시킬때 성력화, 효율화, 방류후의 근방 해역에서의 체유·성장의 촉진, 회귀의 촉진을 도모할 수 있다.

바다목장의 실증실험을 목표로 음향자동급이 관련시설은 다음과 같이 제작·설치 되었다.

(1) 해양관측소 탑재용 부양장치

(가) 부양장치 본체 사양

등고: 약 3774 mm, 전체 질량: 12761.03 kg,

전부력: 25370 Kg.f, 여유 부력: 12608.97 kg.f

주요재질: 구주용 형강 및 강판(SS41) 처리방식(선방용 Paint)

도색: 관측실(황색), 구조물(적색), 내구년수: 5년

(나) 부양장치내의 시설

- 해상부양장치 본체 중앙에 급이기 1대, 송수신 전원의 제어장치가 설치된 해양관측소 1실을 설치.
- 급이장치는 해양관측소 내 1개소에 설치하여 공급.
- 해양관측소 내부에 호퍼를 설치하고 해양 관측소 상부지붕에는 표시등(경광등)한등을 설치한다. 그리고 그 주위에 무전기안테나 1개소를 설치.

- 해상부양장치 본체 내에는 어군탐지기용 송수화기 트랜스듀서(50kHz) 2대, 수중스피커 1대를 부착할 수 있는 구조물을 제작하여 설치.

- 해상부양장치의 계류는 뗏목 아래 해저에 이전에 설치한 콘크리트 & 자현수곡선 계류 방식을 채택하였으며, 뗏목의 네모서리에 각각 폴리에틸렌 Rope(Φ 10부:36mm)로 계류.

- 보조용 야간 조명등은 부양체 네모서리에 각각 설치.

(2) 탐제기기

(가) 음향급이장치

음향 급이 장치는 침하식 자동급이장치(호퍼부, 개폐기구부), 급이 제어장치, 수중 스피커로 구성한다. 호퍼 용량은 130 kg 1실(약 6~7일분)이다. 계량 단위는 최소 계량 100 g/회(벨트식 Φ3.2mm)로 하였다.

(나) 음향 자동급이장치의 제어장치

제어방식은 원격제어 방식인 육상국의 무선장치로 제어하는 자동제어 방식과 해상국에서 제어하는 자동제어 방식 및 수동 스위치로 음향자동급이 동작이 가능하도록 하였다. 음향부는 출력 300 W(150 dB), 정현파 300 Hz 단속음을 3분간 방사한다. 수중스피커는 허용입력 30 W, 수면에서 3 m에 설치하여 지향특성은 수중 전방향으로 하였다. 그림 1은 해양부양 장치의 평면도이고 그림 2은 어군탐지기의 트랜스듀서 설치 위치이다.

나. 무인원격 음향자동급이 시스템의 구성 및 동작

무인 원격음향자동급이 시스템은 육상에서 해상의 시스템을 원격 제어하기 위한 시스템으로 그림 3에 전체 시스템의 구성도를 나타냈다. 이 시스템은 크게 3부분으로 구성이 된다.

(1) 육상국 시스템

육상국 시스템은 전체 시스템의 동작을 통제, 감시하며 해상국의 동작 내용을 결정함과 동시에 전송되어 온 데이터를 시간대별로 저장하는 소프트웨어적 시스템이다. 전체 시스템의 총괄제어 프로그램은 Window XP O/S를 장착한 일반 컴퓨터로 운영된다. 컴파일러는 GUI(Graphic User Interface) 프로그램 컴파일러인 visual C++로 작성된다. 그리고, 원격 통신 제어부인 무선 모뎀과의 인터페이스는 RS-232C 전송 프로토콜을 사용하는 Serial 통신 프로그램이다. 육상국에서 처리하는 프로그램 구성의 순서도는 그림 4에 나타내었다.

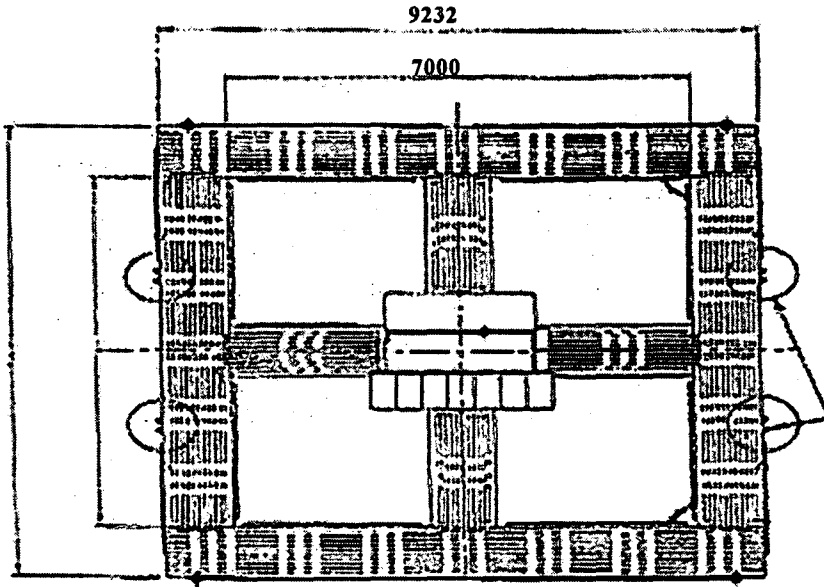


그림 1. 해상부양장치(뗏목)의 평면도.

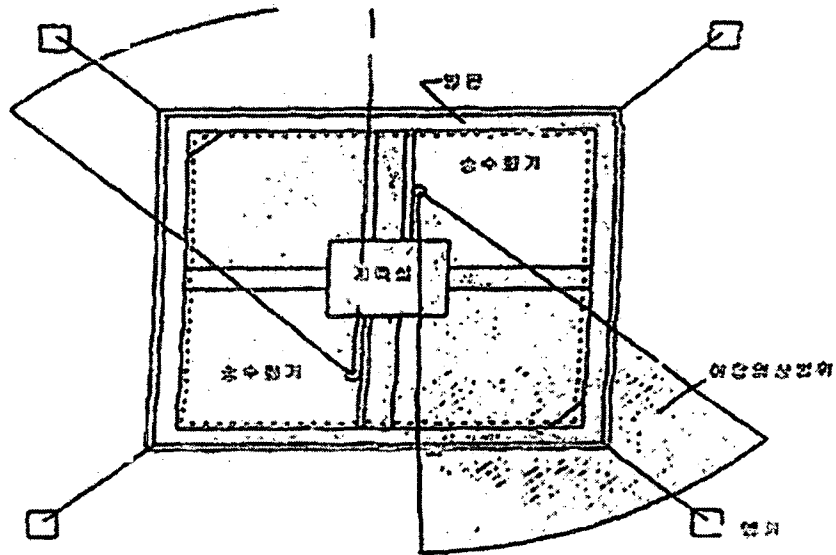


그림 2. 어군탐지기의 트랜스듀서 설치위치 평면도.

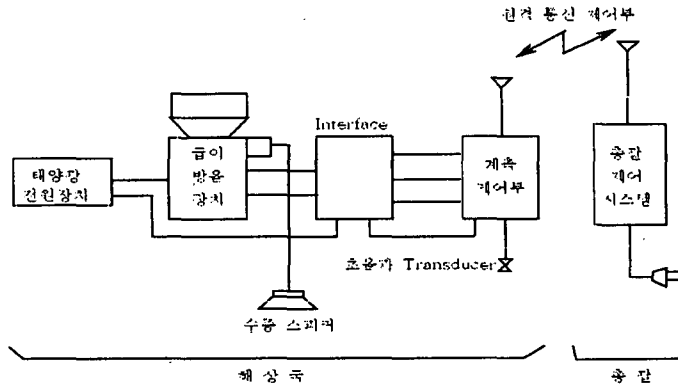


그림 3. 전체 시스템의 구성도.

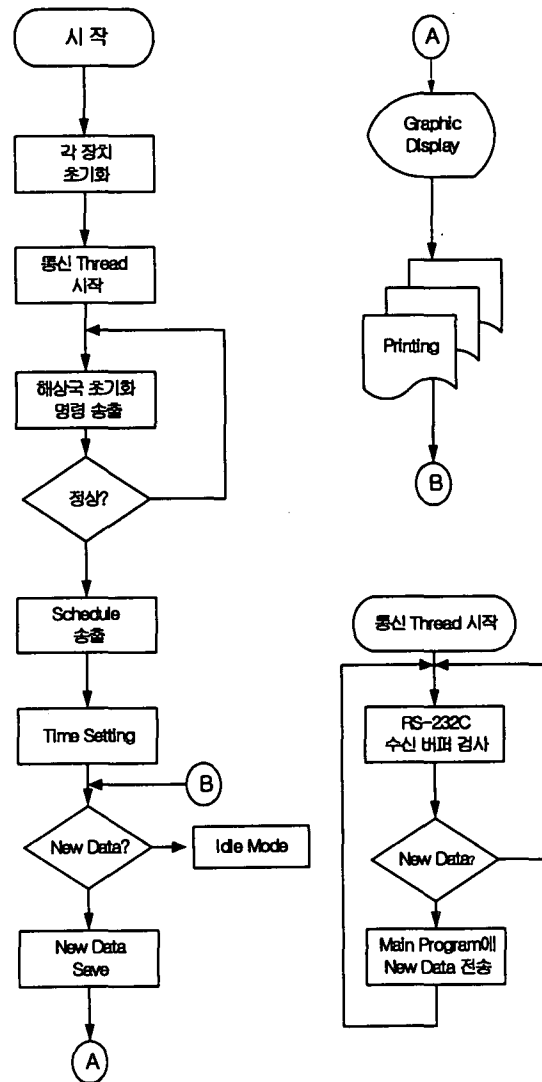


그림 4. 육상국 시스템의 프로그램 순서도.

(2) 해상국 시스템

해상국 시스템의 구성은 해상국을 제어하기 위해 장착한 제어용 Micro Processor Part 와 어류 정보의 획득을 위한 어군탐지기, 수중음 방사를 위한 수중 스피커와 스피커 구동부, 어류의 사료 급이를 위한 자동 급이기, 모터의 종작을 검출하기 위한 CT(Current Transformer), 급이량을 측정하기 위한 근접센서 등으로 구성되고 전력의 공급과 시스템 이상 발생시 회로를 차단하는 NFB 전기 패널이 추가된다. 해상국 시스템을 구성하는 주요부분의 사양은 다음과 같다.

(가) Micro Processor Part

CPU: AT89C52, RAM: DS1230 NV-RAM, Display: 20*4 LCD

ROM: 27C512, RTC: Watchdog Timerkeeper DS1286

Sreial Controller: GM16c550, A/D: ADS7800, 12bit, 3us Convert Time

(나) Motor

정량 모터: Geared AC 단상 Motor 90W, 10RPM

확산 모터: Geared AC 단상 Motor 90W, 150RPM

(다) Sensor

근접센서: Auto 고주파 발진형 근접 스위치

전류센서: Current Transformer 50: 5 Ampere

(라) 어군탐지기

어군 탐지기는 슬레이브형 어군 탐지기로 동작하도록 설계하였다. 슬레이브형 어군 탐지기는 기존 어군 탐지기의 에코 신호를 A/D 변환하여 무선 모뎀을 통하여 육상국으로 전송하여 노트북(Note Book) PC의 디스크에 저장하여 칼라 에코그램에 나타내도록 하였다. 어군 탐지기는 독립적으로 동작하는 초음파 송·수신부 및 송·수파기에 초음파 펄스 방사를 지시하는 트리거 신호를 출력함으로써 초음파 펄스를 수중에 방사하고 에코 신호를 수신하여 CRT에 에코그램을 나타내는 방식을 사용한다.

(마) 수중스피커 구동부

스피커는 앰프 내부에 설치되어 있는 정현파 발생회로와 톤버스트(Tone Burst) 발생회로를 거쳐 앰프에서 증폭된 전기신호에 의해 구동된다. 정현파 발생은 ICL8038 Waveform Generator를 이용하고, 톤버스트 발생 회로는 NE555를 이용하여 정현파 신호를 단속한다. 음향자동급이 시스템에 사용되는 톤버스트의 펄수 폭은 0.7 sec이다. 수중스

피커의 전체 동작 제어는 Controller의 OutPort로부터 구동시간에 해당하는 트리거 신호를 출력함으로써 NE555의 동작을 제어하여 음 출력을 제어한다. 그림 5에 수중스피커 구동부의 구성을 나타낸다. 그리고, 그림 6에 수중스피커 구동의 타임차트를 나타냈다.

(바) 자동사료급이기

급이기는 어류용 사료를 저장하는 호퍼, 저장된 사료를 일정한 양으로 공급할 수 있는 정량 공급기, 급이량을 측정하기 위한 정량 센서와 사료의 살포를 확인하기 위한 급이확인 센서로 구성된다. 그림 7은 자동 급이기의 전체 설계도면이고, 그림 8은 정량 공급부의 설계 도면이다. 자동 급이기에 이용하는 급이 제어방식은 물레방아 형태의 양적 제어 방식을 사용한다. 물레방아 형태의 그릇에 담기는 사료의 양을 무게로 환산하여 그릇이 몇 회전하였는지 조사함으로써 급이량의 제어가 가능하다. 정량 공급부의 그릇은 조피볼락의 사료를 대상으로 한 그릇의 양을 약 100 g으로 제작하였다.

(사) 전기 Panel

전기 Panel의 제어 구성은 Main Controller, 야간 경관등, 해상관측소인 House 내부의 전등, 콘센트, 환풍기 등이 있다. Main Controller의 확산 모터, 급이 모터, 어군 탐지기, 근접센서 등의 모든 장치를 동작한 상태의 소비전력은 약 600W이다. 그리고, Dirks 경관등, House 전등, 환풍기 등을 모두 합쳐 약 150W이다. 전력 공급은 태양 광판 4장을 관측소 지붕에 설치하여 총용량은 1KW급이다.

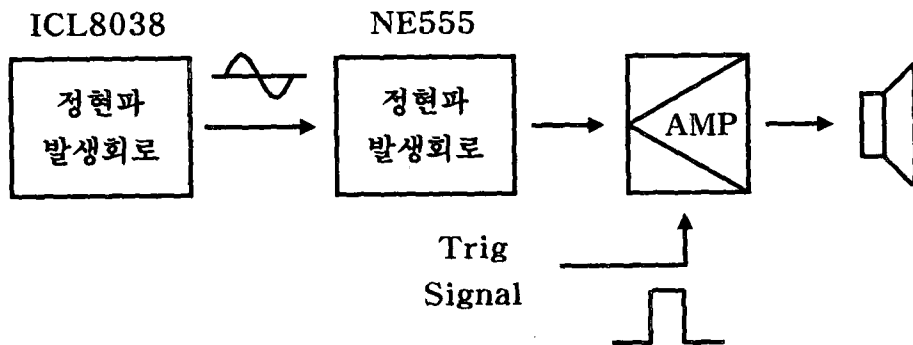


그림 5. 수중 스피커 구동부의 구성.

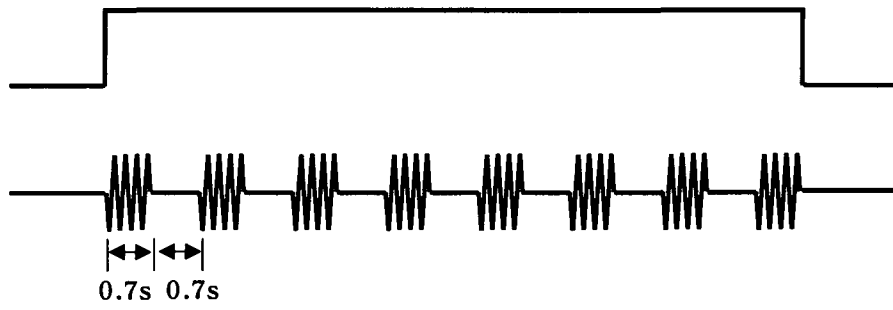


그림 6. 수중스피커 구동 타임차트.

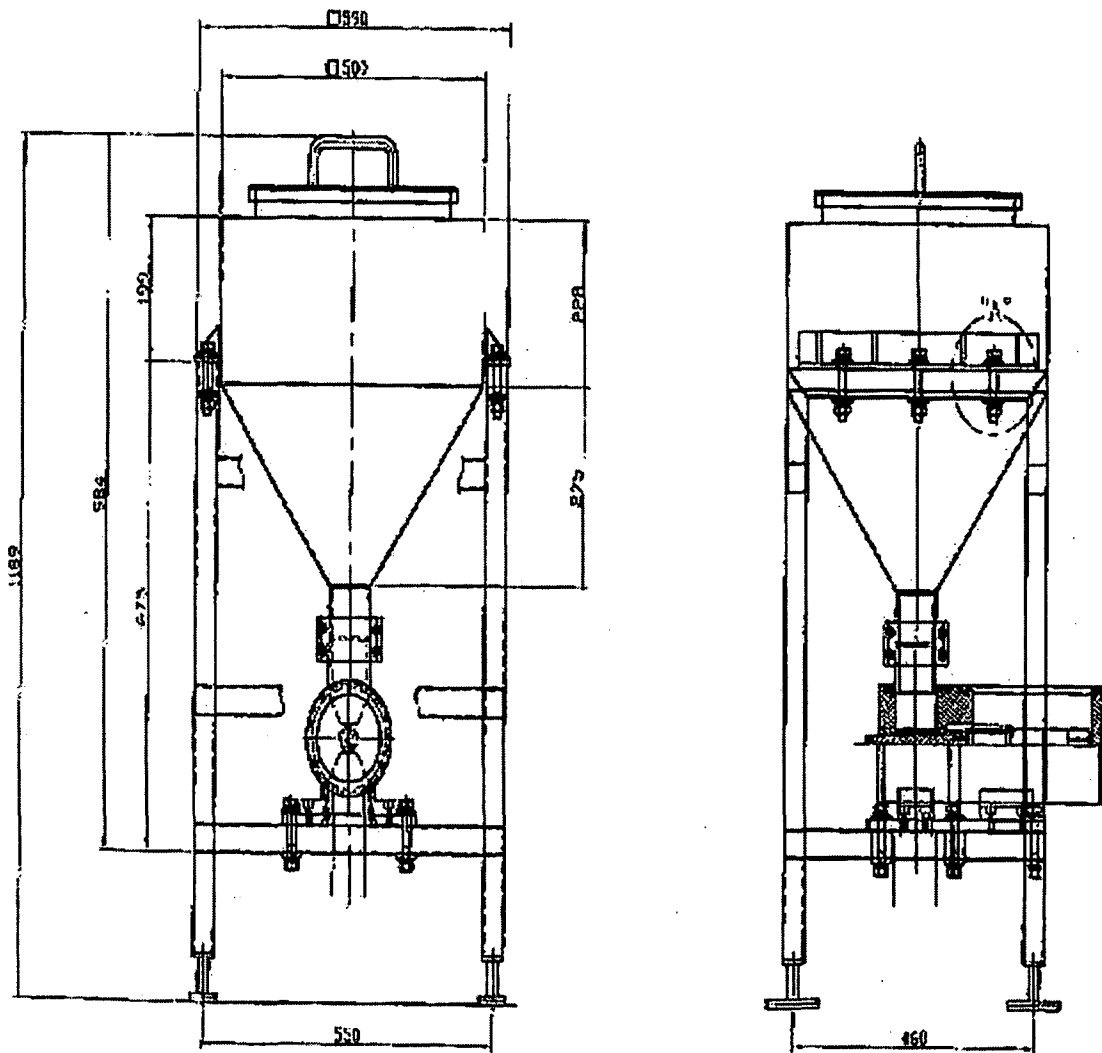


그림 7. 자동 급이기의 전체 설계도면.

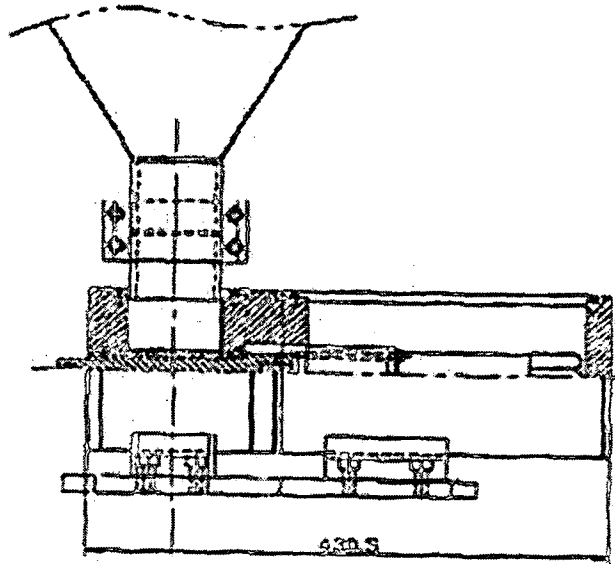


그림 8. 자동 급이기의 정량 공급.

(3) 원격통신 제어부

(가) 원격통신기기의 개요 및 구성

본 시스템에 탑재한 원격 통신 제어부는 VHF 대역의 전송용 무선 기기로서 형식 등록을 득하여 산업용 데이터 통신에 사용할 수 있도록 제작된 기기이다. 원격통신 제어부는 육상국과 해상국간의 정보 교환을 위한 RF Communication Unit이다. 사용하는 무선 모뎀은 데이터의 신뢰도가 높고 고속 전송을 위하여 Full Duplex방식의 2.5GHz대의 반송 주파수에 9600BPS의 전송 속도를 가지는 Hopper DS 2.4S Synchronous RS-232C Wireless Modem을 사용하였다. 본 기기의 주요 구성품은 다음과 같다.

① 기본 구성품

- 데이터 전송용 무선기기 몸체 ● Helical Antenna ● RS-232C Coil Cable

② 데이터 전송용 무선기기 몸체 구성품

- TX/RX Module ● Digital PCB Board ● 알루미늄 다이캐스팅 케이스
- 안테나 커넥터(BNC Female) ● 전원 잭 삽입구
- RS-232C 커넥터(D-Sub 9Pin Male) ● Power, TX, RX LED

라. 음향자동급이 시스템의 운영 방법

(1) 해상국 시스템의 운영

(가) 음향급이기 초기 LCD 화면

Controller 하단의 Main Power 스위치를 ON 한다. 전원을 켜면 아래와 같이 LCD에 초기 화면이 Display 된다. 초기 화면이 Display되는 약 5초간 시스템은 초기화된다.

```

[[ AUTO FEED SYSTEM ]]
=====
PKNU DSP-LAB
    
```

초기 화면 Display후 아래와 같이 Display된다. 이 표시 상태는 운전 준비 상태로서 설정된 스케줄에 의해서 운전이 가능한 상태이다.

```

FEED MOTOR : [OFF]
U.W. SPEAK  : [OFF]
T1,T2 : 700, 700 msec
Frequency   : 300 Hz
    
```

(나) LCD Display 상태

- FEED MOTOR : [OFF] : 정량 모터의 현재 상태
- U,W SPEAK : [OFF] : 수중 스피커의 현재 상태
- T1,T2: 700, 700 msec: 수중 스피커를 통하여 방사하는 시간
- Frequency : 300 Hz : 수중 스피커를 통하여 방사하는 주파수

(다) 스케줄 설정법

운전 준비 모드에서 F1 Key를 누르면 Contiguration Manu 가 Display 된다.

```

1.Schedule 2.Time
3.T1_Time 4.T2_Time
5.Frequency
Select [1]
    
```

1번 Key를 누르고 ENT Key를 누르면 스케줄 설정을 할수 있다

```

OPER SCHEDULE SET
NO SET START AMOUNT
01 [O] 08 : 30 1000[g]
02 [O] 13 : 00 2000[g]
    
```

위의 Manu에서 먼저 설정할 Schedule의 NO에 커서를 F2(Up) F3(Down) Key를 이용하여 이동 시킨다. 설정하고자 하는 NO에서 ENT Key를 누르면, Cursor가 SET 위치에서 점멸 한다. 여기서 1번 Key를 누르면 [O]->SET 되고, 2번 Key누르면[X]->Reset된다. Set 으로 설정되었을 때 그 스케줄이 실행될 수 있다. Set, 또는 Reset 선택후에 ENT Key를 누르면 스케줄 시작 시간을 설정할 수 있다. 먼저 시간을 설정한다. 시간은 24시간을 기준으로 설정 한다 (예- 오전 8시 : 08시, 오후 8시 : 20시로 설정)

시간 설정 후 ENT Key를 누르면 분(Minute)을 설정 할 수 있다. 그리고, 분 설정 후 ENT Key를 누르고 사료량을 설정한다. 사료량은 그램[g] 단위로 설정하며 최고 사료량은 9999[g]이다. 사료량 설정 후 ENT Key를 누르면 일회의 스케줄이 저장된다.

스케줄 설정이 잘못 되었을 때는 ESC Key를 사용하여 빠져 나온 후 처음부터 다시 설정한다. 스케줄 설정은 10회까지 가능하다. 모든 스케줄을 설정한 후에는 Mode 스위치를 Auto로 전환하여 시스템이 자동으로 운전할 수 있도록 한다.

(라) 시간 설정법

Configuration Manu에서 2번을 선택후 ENT Key를 누르면 시간을 설정할 수 있다. 시간 설정은 현재의 시간을 설정하며 한번 설정하고 나면 그 이후는 설정을 할 필요가 없다.

1.Schedule 2.Time 3.T1_Time 4.T2_Time 5.Frequency Select [2]
== Time Setting == 00:00:00 Exit : ESC

위의 설정 창에서 시간, 분, 초, 설정 후 ENT Key를 누르면 설정 된다. 시간은 설정은 24시간 기준을 설정한다.

(마) T1, T2 설정법

운전 준비 모드에서 F1 Key를 누르면 Configuration Manu가 Display 된다.

1.Schedule 2.Time
3.T1_Time 4.T2_Time
5.Frequency
Select [3]

Configuration Manu에서 3, 4번을 선택 후 ENT Key를 누르면 시간을 설정할 수 있다. 시간은 최고 9999 msec 까지 설정 가능하다.

T1 Time Setting
T1 TIME : 0000 msec

(바) 주파수 설정법

운전 준비 모드에서 F1 Key를 누르면 Configuration Manu 가 Display 된다.

1.Schedule 2.Time
3.T1_Time 4.T2_Time
5.Frequency
Select [5]

Configuration Manu에서 5번을 선택후 ENT Key를 누르면 주파수를 설정할 수 있다. 모든 설정이 완료되면 ESC Key를 누르고 운전 준비 모드로 간다.

Frequency Setting
FREQUENCY :0000 Hz

(사) 수동 조작법

전면 패널의 토글 스위치를 이용하여 정량모터, 스피커를 수동으로 조작 할 수 있다. 조작 방법은 각 스위치를 ON/OFF 하면 된다. 정량모터 1 스위치를 ON 하면 정량모터 1이 작동하게 된다.

(아) 동작 Sequence

스케줄 동작은 아래와 같은 순서로 진행 된다. 수중 스피커 ON → 어군 탐지기 ON → 정량모터 ON → 정량모터 OFF → 수중 스피커 OFF→어군 탐지기 OFF

(2) 육상국 시스템의 운영

(가) 육상국 프로그램 사용법

① 프로그램 사용

이 프로그램을 사용하려면 반드시 gtComPort13.dll, FishLander.exe 파일이 같은 폴더에 있어야 함. 그런 상태에서 FishLander.exe 파일을 실행 시킨다(그림 9).

통신을 시작하기 전 보드레이트와 COM포트가 맞는지 확인한다. 디폴트 보드레이트 9600, COM1으로 설정되어있다. 통신 설정창에서의 설정이 맞다면 OK버튼을 클릭하면 설정된 보드레이트와 COM포트 설정을 확인하는 메시지 박스가 뜬다. "확인"을 누르면 된다. 디폴트로 설정된 값으로 그냥 사용하려면 "GO"라고 써진 빨간 화살표를 누르면 된다. 통신이 연결되면 위의 그림에서 파란색 "Serial OFF"라고 써진 버튼이 빨간색으로 "Serial ON"이라는 글자로 바뀐다. 만약 해상국에서 모드를 수동으로 바꾼다면 위의 커다란 "AUTO" 버튼이 빨간 글씨의 "MANU" 로 바뀐다.

시간 설정창은 시계 모양으로된 메뉴 버튼이다. 원하는 시간, 분, 먹이량을 설정하고 "INSERT"버튼을 누르면 옆의 리스트 박스에 추가되고 리스트 박스에서 지우고 싶은 것은 그 목록을 클릭한 후 "DELETE" 버튼을 누르면 목록에서 삭제된다. 그런후 "APPLY" 버튼을 누르면 리스트 박스에 있는 시간과 먹이량의 데이터가 해상국으로 날아가게 된다. 설정의 최대 10개까지만 가능하며 그 이상이 되면 데이터가 입력되지 않는다(그림 10).

해상국의 스피커가 켜진다면 프로그램에서는 파란색 "Speak OFF" 버튼이 빨간색 "Speak ON"으로 바뀌고, 마찬가지로 확산모터나 먹이모터가 돈다면 거기에 해당하는 버튼이 ON 될 것이다. 또한 트랜스듀서가 AD데이터를 뿌릴 경우 위쪽 창에서는 8bit 데이터가 파형으로 그려지며 왼쪽에 있는 것이 트랜스듀서 1을 오른쪽이 트랜스듀서 2를 나타낸다. 데이터가 들어오는 순간에만 각각의 트랜스듀서 버튼이 ON된다. 그러므로 실제 작동 될 때는 계속 ON, OFF 된다. 밑쪽에는 8bit 데이터 값을 색깔로 뿌려주게 되는데 높을수록 빨간색을 낮을수록 녹색을 파형이 누적되면서 그려지게 된다.

마. 음향자동급이기의 현장 설치

제작된 음향자동급이기는 전남 여수시 안도 북쪽 해역의 수심 24 m 해역으로 이동하여 계류시켰다(그림 11). 이때 안정된 계류를 위해 8점에서 고정시켰으며, 육상기지국과의 쌍방향 자료 전송 및 시스템 제어를 점검하였다. 그림 12는 음향자동급이기의 제작 과정과 현장 설치의 여러 단계를 보여주고 있다.

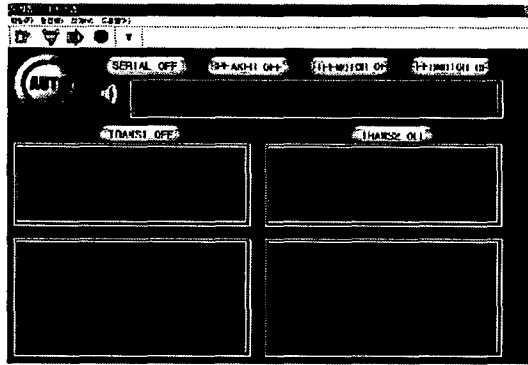


그림 9. 육상국 프로그램의 초기 화면.

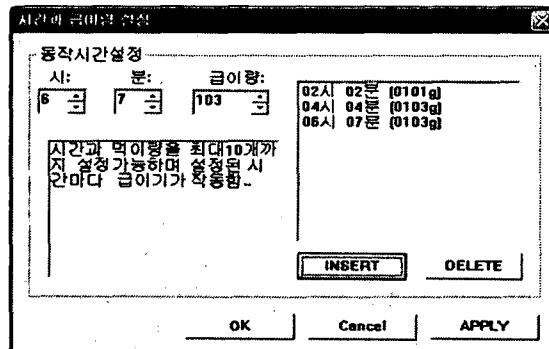


그림 10. 먹이 급이기 설정창.

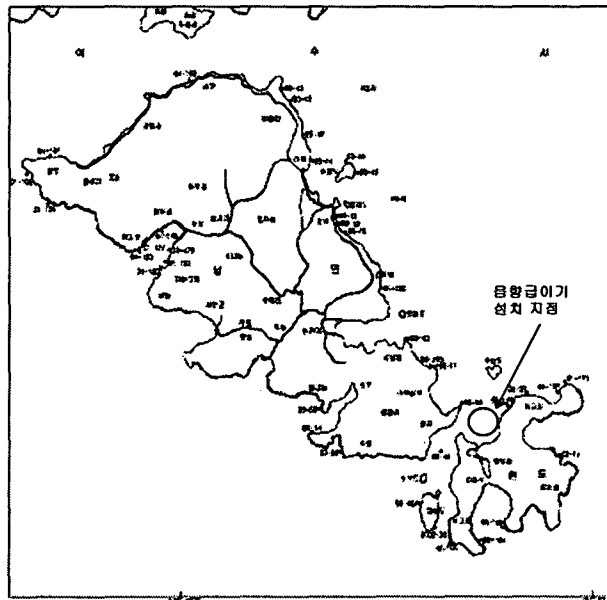


그림 11. 음향자동급이기의 현장 설치 지역.

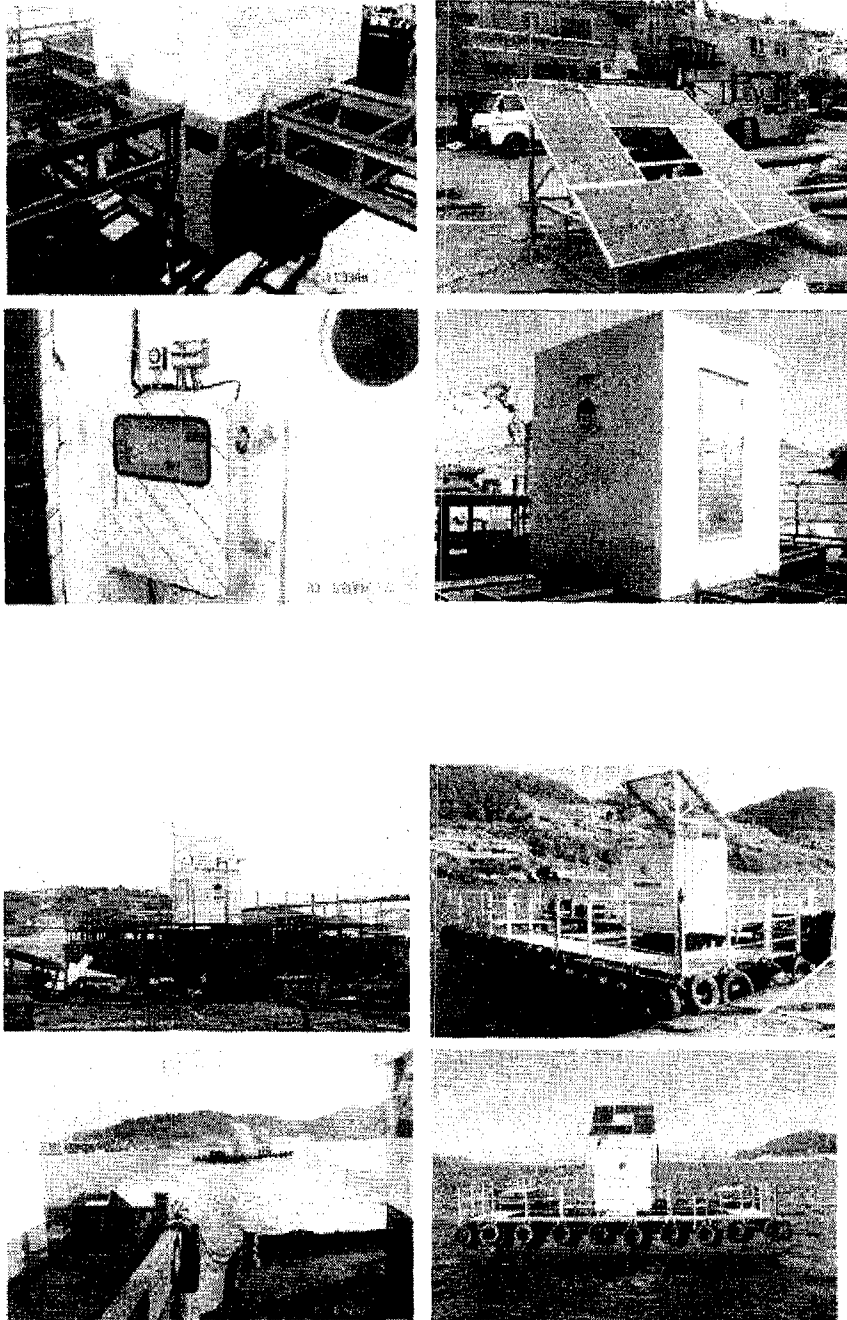


그림 12. 음향자동급이기의 제작 및 현장 계류 과정.

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 해양수산연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 해양수산연구개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가 과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.