

GOVP1200416648

BSPM236-00-1616-3

통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서 (2단계 3차년도 요약보고서)

Studies on the Development of Marine
Ranching Program in Tongyeong, Korea

주 관 연구 기 관
한 국 해 양 연구 원



해양수산부

MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES



제 출 문

해양수산부장관 귀하

본 보고서를 “통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업” 과제의 2단계 3차년도 보고서로 제출합니다.

2004 6. 15

주 관 연 구 기 관 명 : 한국해양연구원
총 괄 연 구 책 임 자 : 김 종 만
협동연구기관명(책임자) : 한국해양수산개발원(류정곤)
상명대학교(이진환)
부경대학교(장창익)

■분야별 세부책임자 및 참여연구원

□어장조성 및 관리 : 세부책임자 강 래 선

한국해양연구원 :

김종만, 이순길, 박철원, 명정구, 김민석, 노봉호, 김현주, 오승용, 노충환, 박용주
홍경표, 박홍식, 최희정, 백상규, 장요순, 원기식, 이학철, 박홍식, 조선형, 박정호
최승민, 신필권, 고병설, 김지영

국립수산과학원 : 김창길, 박영철, 백철인, 김호상, 김태호, 손병규

상명대 : 이진환, 김말남, 한영희, 임아현, 주상범, 경준영, 이은호, 주형민, 권오윤
김형년, 조용희

대구대 : 윤성규, 변성혜, 윤병선, 강승렬, 박진희,

경상대 : 김성재, 강동완, 박소정, 박정웅

부경대 : 장창익, 신현욱, 이만우, 서영일, 이성일, 박경준, 윤상철, 나종현, 강충배
태종환, 강경하, 최재훈

□자원증대 및 관리 : 세부책임자 명 정 구

한국해양연구원 :

이순길, 김지영, 박홍식, 조선형, 최희정, 최승민, 강충배, 박철원, 김종만, 안국전
김민석, 박용주, 김봉채, 최복경, 박정호, 김병남, 강래선, 허형택, 원기식, 이학철
오승용, 김현욱, 박정의, 윤성민, 김춘철, 김관석, 황선영, 홍경표, 노충환, 이운호
노봉호, 최현우, 장요순, 백상규, 이민경, 이기영, 강거영, 최설화, 김발섭, 정태운
정종범, 최원선

국립수산과학원 :

박민우, 박두원, 황형규, 조재권, 박경현, 정달상

부경대 : 강용주, 권대현, 박경동, 이해원, 김정현, 신현욱, 태종완, 강주석

여수대 : 한경호, 황두진, 박주삼, 김동언, 강원진

경상대 : 김남길, 김승오, 김인애, 신설호, 팍우석, 최우진, 김정훈, 최준호, 박춘성
교토대(일본): 田中 克, 山下 洋, 中山 耕至

□이용 및 관리기술 : 세부책임자 류 정 곤

해양수산개발원 :

강종호, 조정희, 이상민, 안재현, 임경희, 김수현, 김정협, 정혜란, 손정선

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 생태계의 특성 분석	5
제 1 절 해역의 환경요인	5
제 2 절 생물의 구성원과 생물량	10
제 3 절 지리정보화(GIS) 시스템 구축	20
제 4 절 어장 관리 모델 구축(안) 제시	23
제 3 장 어장 조성 기술	29
제 1 절 해중림 조성 기술	29
제 2 절 인공어초	33
제 3 절 구조물의 입체적 공간 활용기술	38
제 4 장 자원조성기술	45
제 1 절 방류용 우량 종묘 생산 및 판별	45
제 2 절 중간육성 기술	49
제 3 절 음향순치 기술	51
제 4 절 대상 생물의 방류 기술	52
제 5 절 대상생물의 생태 및 행동연구	58
제 6 절 해중림 해조류의 종묘생산 및 해조장 조성	62
제 7 절 자원조사	64
제 5 장 바다목장 이용·관리 기술	69
제 1 절 서론	69
제 2 절 바다목장수면 이용·관리실태 조사	70
제 3 절 바다목장 이용관리체제 구축	79
제 4 절 바다목장산 어획물의 유통체제 구축방안	85
제 5 절 바다목장 경제적 효과분석	91
부 록	97

제 1 장 서 론

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

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

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

우리나라에서는 1970년대 연근해 어업진흥계획을 시작으로 80년대에는 연안 어장 바다목장화 사업(1982-89)을 추진한 바 있으며 인공 어초 시설, 인공 종묘 방류, 증양식 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 통영 해역을 중심으로 한 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 환경 친화적인 연안 어업을 활성화하여 어민 소득 증대에도 기여할 수 있는 유일한 방법으로 생각된다.

즉, 현재의 증·양식 사업보다 해양 생물자원의 지속 가능한 높은 생산력 유지와 이용

을 고도화하기 위한 해양 공학 등의 기술을 활용한 바다 생산 잠재력을 되살리려는 연구가 바로 바다목장화 사업인 것이다.

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.

따라서, 본 연구는 대상 해역의 환경, 생태적인 특징을 파악하고 앞으로의 변화를 예측함으로써 자원 증대를 도모하고 과도한 어장 조성 등에 따른 환경 파괴를 지양하는 그야말로 환경 친화적인 연구 사업을 추진하여 궁극적으로는 어민들 스스로 자신의 텃밭인 바다를 지키고 관리할 수 있는 시스템을 구축하여 명실상부한 바다목장을 만들어 내는데 그 최종 목적이 있다.

본 사업은 2단계 3차년도 사업(6년차 사업)으로서, 1단계와 2단계 1, 2차년도 사업에서 개발된 기술의 “적용 및 효과 조사”를 목표로 하였다. 연구 분야는 크게 1) 어장 조성 분야 2) 자원 조성 분야 3) 바다목장의 이용·관리로 나누었으며, 분야별 주요 연구 개발 내용은 아래와 같다.

첫째, 어장 조성 기술 분야

- 생태계 구성요소의 파악 및 디지털화
- 바다목장 생태계의 안정성 평가 및 생태계모델 개발
- 생태계의 잠재 생산력 평가
- 인공어초 조사 및 해중림조성
- 입체적인 어장조성 기술 적용(인공구조물의 수층별 연계화)

둘째, 자원 조성 분야

- 방류용 건강 종묘 생산
- 효율적인 중간 육성 기술
- 음향순치기술
- 구조물과 행동 연구
- 해중림 조성을 위한 종묘생산 및 이식기술
- 방류 효과 조사 및 자원조사

셋째, 이용·관리 분야

- 바다목장 이용·관리제도 구체화 및 체계 구축

- 수산자원관리 수면 이용주체 선정, 이용·관리 방안 및 법제도적 체계 구축
- 바다목장 관련 어획물의 유통체계 분석 및 구축 방안
- 바다목장 간접효과 분석

그리고 본 사업 기간 동안 해조장 어초, 육성용 강제어초, 세라믹 어초, 강선어초 등 어장조성용 어초시설(17,654㎡)이 통영 바다목장 해역 내에 투하되었으며, 불락, 조피불락, 참돔, 감성돔, 전복 등 130만 마리의 우량 종묘가 목장 해역 내에 방류되었다.

현재 수행 중인 본 연구의 결과는 본 사업의 마지막 단계인 “통영 해역의 바다목장 조성”이라는 최종목표의 달성을 위한 직전 단계에 해당한다. 향후 통영해역의 바다목장 개발 사업은 우리나라 전연안의 성공적인 바다 목장 조성을 위한 성공적 시범 사업으로서 자리매김할 것으로 기대된다.

여 백

제 2 장 생태계의 특성 분석

제 1 절 해역의 환경요인

1. 서론

해양생태계의 구성요소는 물리·화학적 환경요인과 생산자, 소비자, 분해자이며, 이들이 하나의 계(system)를 이루어 상호 작용 및 반작용으로 생태학적인 기능을 발휘하고 있다. 특히 연안해역에서 물질 순환은 주요 질소 및 인과 같은 영양염류와 각종 미량 원소 등이 기초 생산자에 의해 광합성을 통한 유기질 형태로 전환되면서 시작된다.

생물군집에 영향을 미치는 각종 환경요인은 복잡하게 유기적으로 기능을 발휘하고 있으며, 해역의 최적 생태계 관리를 위하여 환경요인은 가장 기본적으로 조사되어야 할 분야이고, 효율적인 생물자원 관리를 위해서는 장기적인 관측이 필요하다. 본 연구는 통영 바다목장 해역의 환경요인을 파악하고 앞으로의 변화를 예측함으로써 자원 증대를 도모하고, 궁극적으로 환경 친화적인 바다목장을 조성하는데 그 목적이 있다.

2. 결과

가. 수중생태계의 물리·화학적 환경요인

(1) 수온

수온은 2003년 8월에 표층에서 24.5~25.4℃로 평균 25.1℃을 보였으며, 저층에서는 22.3~24.0℃로 평균 23.6℃를 보여 표·저층간 1.5℃의 차이를 나타내었다(표 2-1). 조사기간 중에는 태풍과 장마에 의한 저수온층에 따른 수온약층이 형성되지 않았고, 가을철부터 수괴 혼합이 이루어지면서 겨울철인 2003년 12월과 2004년 2월에는 표·저층의 차이가 없었다.

(2) 염분

염분은 2003년 8월의 표층에서 30.5~31.1‰로 평균 30.8‰이었고, 저층에서는 31.4~31.9‰의 변화로 평균 31.5‰로 저층이 약간 높았으나 염분약층(halocline)은 거의 형성되지 않았다(표 2-1). 일반적으로 여름철 남해를 포함한 제주도 주변해역에서는 양자강의 저염수의 영향을 받는 것으로 알려져 있으나 본 조사해역의 경우 해류의 영향보다는 강수량에 의해 변화된다고 사료된다.

(3) pH

여름철 집중강우와 내륙의 담수의 유입에 따른 상대적인 낮은 pH를 보였고, 가을과 겨울철에는 이와 반대로 정점별, 수층별 차이가 없는 높은 양상을 나타내었다(표 2-1).

표 2-1. 2003-2004년 통영 바다목장 해역에서 물리·화학적 환경요인의 계절별 변화

	2003 Aug.						2003 Oct.						2003 Dec.						2004 Feb.						
	WT	Sal	pH	DO	SS	Trans.	WT	Sal	pH	DO	SS	Trans.	WT	Sal	pH	DO	SS	Trans.	WT	Sal	pH	DO	SS	Trans.	
S	1	25.3	30.5	8.42	5.48	16.0	5.8	18.5	33.1	8.24	3.92	14.0	2.2	12.8	33.6	8.23	5.17	8.1	3.5	9.2	33.9	8.56	6.45	18.2	4.0
	2	24.7	30.5	8.12	5.82	13.0	6.9	18.4	33.2	8.22	4.01	16.8	2.2	13.1	33.6	8.24	5.29	7.0	3.5	9.4	33.9	8.56	6.37	21.6	3.5
	3	24.9	30.9	8.38	5.50	11.8	7.0	18.4	33.2	8.26	4.24	21.8	2.1	13.8	33.8	8.24	4.98	7.9	3.5	9.4	33.9	8.55	6.25	20.8	3.0
	4	25.3	30.7	8.39	6.30	12.4	6.8	18.6	33.0	8.17	4.47	14.2	3.5	13.2	33.7	8.25	5.25	8.9	3.0	9.4	33.9	8.56	6.37	15.6	3.0
	5	25.1	30.6	8.34	5.76	9.4	6.8	18.5	33.1	8.29	4.30	16.6	3.8	12.0	33.6	8.25	5.55	9.3	3.5	9.6	33.9	8.53	6.54	18.2	3.5
	6	25.4	30.7	8.40	6.13	15.2	7.3	18.7	32.9	8.28	4.39	15.2	5.0	13.2	33.7	8.23	5.23	8.6	3.0	9.5	33.9	8.52	6.44	19.0	2.5
	7	25.0	30.8	8.39	5.54	9.8	8.3	18.6	33.0	8.27	4.42	13.2	4.9	13.5	33.8	8.23	5.06	6.1	3.5	9.5	33.9	8.54	6.44	21.6	2.5
	8	24.5	31.1	8.37	5.61	13.6	8.5	18.5	33.0	8.27	4.33	15.2	3.8	14.0	33.8	8.23	5.04	6.8	3.5	9.7	33.9	8.52	6.37	19.2	3.0
	9	25.4	30.8	8.44	6.34	12.0	8.2	18.3	33.1	8.22	4.28	15.8	2.7	13.9	33.8	8.24	5.08	8.1	4.0	9.8	34.0	8.52	6.31	19.6	3.0
	10	25.3	30.9	8.44	6.33	14.6	11.0	18.7	32.8	8.28	4.52	14.0	3.2	13.9	33.8	8.23	5.08	9.5	4.0	9.6	33.9	8.59	6.39	18.8	3.5
mean	25.1	30.8	8.37	5.88	12.8	7.7	18.5	33.0	8.25	4.29	15.7	3.3	13.3	33.7	8.24	5.17	8.0	3.5	9.5	33.9	8.55	6.39	19.3	3.2	
B	1	23.6	31.6	8.34	4.46	15.6	-	18.3	33.3	8.24	4.00	17.8	-	12.8	33.4	8.23	5.27	8.2	-	9.2	33.8	8.55	6.45	18.2	-
	2	23.7	31.4	8.14	4.81	17.8	-	18.2	33.2	8.22	4.13	82.0	-	12.7	33.5	8.24	5.28	8.8	-	9.3	33.9	8.55	6.56	24.8	-
	3	23.1	31.7	8.35	4.06	8.6	-	18.2	33.3	8.26	4.05	19.2	-	13.5	33.7	8.24	5.12	9.6	-	9.5	33.9	8.55	6.55	22.8	-
	4	23.6	31.5	8.39	5.14	18.8	-	17.9	33.3	8.13	4.06	19.2	-	13.2	33.6	8.25	5.22	8.5	-	9.4	33.8	8.56	6.63	20.0	-
	5	23.4	30.7	8.35	3.02	13.8	-	18.2	33.3	8.27	4.04	18.4	-	12.8	33.6	8.29	5.28	8.8	-	9.2	33.8	8.54	6.84	18.4	-
	6	24.0	31.4	8.41	3.72	12.6	-	18.7	33.1	8.28	4.37	16.8	-	13.1	33.7	8.23	5.25	9.9	-	9.5	33.9	8.53	6.47	19.2	-
	7	25.0	31.4	8.37	5.06	10.8	-	18.3	33.0	8.28	4.48	16.6	-	13.1	33.7	8.23	5.25	8.8	-	9.4	33.9	8.49	6.53	23.2	-
	8	23.5	31.6	8.31	4.94	12.4	-	18.3	33.5	8.25	3.94	17.6	-	13.9	33.8	8.24	5.08	9.1	-	9.5	33.9	8.52	6.40	20.2	-
	9	22.3	31.9	8.35	3.47	12.0	-	18.1	33.5	8.26	3.85	18.2	-	13.7	33.7	8.24	5.15	8.8	-	9.5	33.9	8.54	6.38	20.2	-
	10	23.4	31.6	8.39	4.61	11.8	-	18.0	33.5	8.28	3.93	18.0	-	13.8	33.8	8.23	5.13	9.3	-	9.6	33.9	8.56	6.45	19.0	-
mean	23.6	31.5	8.34	4.33	13.4	-	18.2	33.3	8.25	4.09	24.4	-	13.3	33.7	8.24	5.20	9.0	-	9.4	33.9	8.54	6.53	20.6	-	

(4) 용존산소량

용존산소량은 2003년 8월에 표·저층간 차이를 보였으나 10월 이후로는 차이를 보이지 않았다(표 2-1).

(5) 부유물질

부유물질 농도는 2003년 12월에 가장 낮은 농도와 2004년 2월에 가장 높은 농도를 보였으며, 저층이 표층보다 높은 양상을 나타내었다(표 2-1). 또한 본 조사해역은 낮은 수심

과 빠른 유속으로 인한 저층 퇴적물의 용승작용이 활발하지 않으며, 담수유입이 많은 금강 하구역이나 광양만, 득량만, 여자만등의 높은 부유물질 농도를 보이지 않아, 육상으로부터 유입원이 크지 않은 것으로 판단되며, 상시 조사 해역 내에서 발생하는 부유성 물질과의 연관성이 더 강하다고 사료된다.

(6) 투명도

2003년 8월에 투명도는 최저 6.0m에서 최고 11.0m로 평균 8.0m를 나타내어 내만인 정점 1에서 외역인 정점 10으로 갈수록 증가하는 양상을 보였다. 10월의 투명도는 최저 2.0m에서 최고 5.0m으로 평균 3.0m를 나타내었다. 12월의 투명도는 최저 3.0~4.0m로 정점별 차이가 거의 없었으며, 2004년 2월의 투명도는 2003년 12월과 같이 2.5~4.0m로 정점별 차이를 보이지 않았다(표 2-1).

(7) 영양염류

NO₃-N: 질산염은 2003년 8월에 평균 3.15μM을 보였고, 저층에서는 최저 0.10μM에서 최고 5.50μM로 평균 2.35μM을 나타내어 표층보다 낮은 양상을 보였다. 10월에는 평균 1.10μM로 전정점이 유사한 농도를 보였다. 12월에는 평균 6.15μM, 2004년 2월에는 평균 5.54μM로 정점간의 변화폭이 크지 않았다.

NO₂-N: 아질산염은 2003년 8월에 평균 0.36μM을 보였고, 저층에서 최저 0.14μM에서 최고 1.27μM로 평균 0.52μM을 나타내어, 저층이 표층보다 높은 양상을 보였다. 10월에는 평균 0.68μM을 보였으며, 12월에는 평균 0.52μM, 2004년 2월에는 평균 0.39μM을 보였다.

NH₄-N: 암모니아는 2003년 8월에 평균 4.29μM을 나타내었고, 저층에서는 평균 4.13μM로 표층과 저층의 농도구배가 나타나지 않았다. 10월에는 표층이 평균 12.06μM, 저층에서 평균 14.00μM를 나타내었다. 12월에는 표층이 평균 13.63μM, 저층이 평균 5.86μM를 나타내어 표층보다 저층이 낮은 농도를 보였다. 2004년 2월에는 표층에서 평균 7.22μM을 보였고, 저층에서 평균 6.49μM를 보여 표층이 약간 높았다.

DIN: 용존무기질소(DIN)의 농도는 2003년 8월의 표층에서 평균 7.80μM을 나타내었고, 저층에서는 평균 7.00μM을 나타내어 표·저층간이 큰 변화를 보이지 않았다. 10월에는 표층에서 평균 13.84μM을 나타내었고, 저층에서 평균 17.19μM을 나타내어, 8월에 비해 약 2배 높은 농도를 보였으며, 저층이 높은 양상을 나타내었다. 12월에는 표층에서 평균 20.30μM을 보였고, 저층에서는 평균 12.71μM을 나타내어 표층이 저층보다 약 2배 높았다. 2004년 2월에는 표층에서 평균 13.15μM을 보였고, 저층에서 평균 13.40μM을 보여 표·저층간의 차이가 거의 없었다.

PO₄-P: 인산염은 2003년 8월 표층에서 평균 0.25μM을 보였고 저층에서는 평균 0.71μM을 보여 저층이 약 3배 높은 양상을 보였다. 10월에는 표층에서 평균 0.46μM을 보였

고, 저층에서 평균 0.65 μM 을 보여 8월과 같이 저층이 높은 양상을 보였다. 12월에는 표층에서 평균 0.79 μM 을 보였고, 저층에서 평균 1.22 μM 을 보였다. 2004년 2월에는 표층에서 평균 0.63 μM 을 보였고, 저층에서 평균 0.71 μM 을 나타내었다.

SiO₂-Si: 규산염은 2003년 8월에 표층에서 평균 6.47 μM 을 보였고, 저층에서 평균 14.15 μM 을 나타내어 저층이 표층보다 약 2배 높은 양상을 보였고 표·저층간의 각각의 정점간 변화의 폭은 컸다. 10월에는 표층에서 평균 13.85 μM 을 보였으며, 저층에서 평균 15.55 μM 을 나타내었다. 이는 8월의 저층에서 높은 농도를 보인 것과 달리 표·저층간의 차이가 크지 않았다. 12월에는 표층에서 평균 21.38 μM 을 보였고, 저층에서 평균 22.20 μM 을 보여 표층과 저층의 농도차를 거의 보이지 않았다. 2004년 2월에는 표층에서 평균 21.26 μM 을 보였고, 평균 19.24 μM 을 보여 표층에서 높은 규산염의 농도를 나타내었다.

(8) Chlorophyll-*a*

2003년 8월에 Chlorophyll-*a*의 농도는 표층에서 평균 1.5 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 를 보였으며, 저층에서는 평균 2.6 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 로 저층이 표층보다 약 2배 높았다(표 2-2). 정점간 변화를 보면 표층에서 정점 1을 제외하고 모든 정점이 균일한 양상을 보였으며, 저층에서는 정점 4를 제외하고 농도차이가 거의 없이 일양하였다. 10월에는 표층에서 평균 4.8 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 를 보였으며 정점간의 큰 차이를 나타내지 않았고, 저층에서는 평균 4.4 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 를 보였으며 표층과 달리 정점간의 변화 폭이 컸다. 12월에는 표층에서 평균 1.7 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 였으며, 저층에서는 평균 1.8 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 로 표층과 유사한 양상을 띄었다. 2004년 2월 표층과 저층의 평균은 1.3 $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$ 로 동일하였다.

표 2-2. 2003-2004년 통영 바다목장해역에서 Chlorophyll-*a*의 계절별 변화

(단위: $\mu\text{g} \cdot \ell^{-1}$)

Month	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	mean
	2003	Surface	3.6	1.4	0.9	1.5	2.2	1.0	1.3	1.4	0.8	1.4
Aug.	Bottom	1.4	2.7	1.0	7.5	2.0	1.7	0.8	2.7	1.5	4.4	2.6
Oct.	Surface	4.1	5.3	4.7	4.8	4.4	4.5	5.1	4.1	4.9	5.6	4.8
	Bottom	4.8	7.9	4.1	4.1	4.7	5.6	5.1	2.5	2.9	2.5	4.4
Dec.	Surface	1.6	2.2	2.6	1.3	1.6	1.9	1.3	1.9	1.0	1.3	1.7
	Bottom	2.0	1.7	1.3	2.0	2.0	1.9	1.3	1.5	1.6	2.3	1.8
2004	Surface	1.3	1.7	1.2	1.4	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.3
Feb.	Bottom	1.5	1.4	1.6	1.2	1.3	1.4	1.4	0.7	1.2	1.0	1.3

나. 해수 중의 중금속

바다목장 해수 수질환경 중 Hg의 농도는 모든 정점에서 검량곡선 상의 최저 농도인 0.1 ppb 이하이었다(표 2-3).

표 2-3. 해수 시료 중 Cr(VI), Cd, Pb 및 Hg의 농도

Station	Element	Cr(VI) (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)	Hg(ppb)
1		0.27	ND	0.47	<0.10
2		0.01	ND	2.60	<0.10
3		2.38	0.03	0.77	<0.10
4		5.32	0.26	0.47	<0.10
5		2.69	0.39	1.24	<0.10
6		0.57	0.12	0.70	<0.10
7		2.17	ND	0.43	<0.10
8		1.72	0.10	0.49	<0.10
9		0.62	0.25	0.51	<0.10
10		0.79	0.41	1.04	<0.10

다. 해수 중의 환경호르몬

검량곡선에서 페놀류의 농도는 정점간의 큰 변화 없이 검량곡선 상의 최저 농도인 5ppb 미만이었다(표 2-4). 본 연구결과 통영 바다목장 해수 중에는 페놀류 1.6~2.8ppb, PCBs; ND로 양호한 수질이었다. 한편 진해만의 해수 중 TBT의 농도는 8~35 ng Sn/ L (즉 Sn; 0.008~ 0.035ppb)로서 본 연구의 Sn; ND~0.0273ppb와 유사한 농도였다.

표 2-4. 해수 시료 중 페놀류의 농도

site	2	3	5	7	9
Conc.(ppb)	2.8	2.6	2.1	1.6	2.2

라. 저서 퇴적 환경요인

조사해역의 연질저질토는 연명부두 입구, 연대도 입구는 빨층(mud)으로 되어 있고, 나머지 정점들은 자갈이 포함된 빨층(mud)으로 이루어져 있다. 특히 3봉도 부근은 왕모래 내지 자갈로 대부분 이루어져 있었다. pH 값은 8.0을 중심으로 정점별 계절별 뚜렷한 변동을 나타내지 않았고, ORP 값은 7월은 정점별로 거의 변동이 없고 전반적으로 -250~

-300mV를 나타내어 연질저질토가 절대혐기성 상태에 있음을 나타내 주었다. 11, 12월은 정점별로 변동이 심하고 정점과 계절에 상관없이 전반적으로 -200mV를 초과하지 않으므로 연질저질토가 절대혐기성 상태를 나타내지 않았다. COD, TN, TP 농도는 전체 조사정점에서 계절별로 큰 변동을 보이지만 전체적으로 저질의 이화학적 상태는 양호한 것으로 생각된다.

제 2 절 생물의 구성원과 생물량

1. 서론

해양생물 자원의 지속 가능한 높은 생산력을 유지하면서 환경 친화적으로 자원 잠재력을 증대하려는 것이 바다 목장화 사업의 궁극적인 목적이다. 즉, 바다목장 대상해역의 생태계를 구성하는 모든 요인의 항상성을 유지하면서 수산생산량을 극대화하는 것이 병행되어야 한다. 따라서 대상 해역에 분포하고 있는 생물들의 군집구조와 상호관계를 이해하는 것은 인위적인 생물자원의 첨가와 수확에 대해 생태계가 갖는 수용능력을 평가하는 기초가 될 것이며, 이는 효율적인 자원관리에 유용한 정보를 제공할 것이다.

2. 결과

가. 미생물

통영 바다목장해역에 출현하는 종속영양세균의 개체수를 살펴보면 2003년 8월 표층수와 저층수에서 각각 $3.6 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^4 \text{cfu/ml}$ 와 $1.1 \times 10^3 \sim 5.7 \times 10^3 \text{cfu/ml}$ 의 개체수가 측정되어 부영양역 수역에 속하며, 10월 표층수는 $7.3 \times 10^1 \sim 1.4 \times 10^2 \text{cfu/ml}$ 로 빈영양화 수역으로, 저층수는 $1.4 \times 10^2 \sim 1.3 \times 10^3 \text{cfu/ml}$ 로 부영양역 수역에 속하며, 12월 표층수와 저층수는 $2.0 \times 10^1 \sim 4.0 \times 10^1$, $3.0 \times 10^1 \sim 4.0 \times 10^1 \text{cfu/ml}$ 로 모두 빈영양역에 속한다. 2004년 2월 표층수와 저층수는 $1.0 \times 10^1 \sim 1.5 \times 10^2 \text{cfu/ml}$, $1.0 \times 10^1 \sim 3.0 \times 10^1 \text{cfu/ml}$ 로 모두 빈영양역에 속한다.

총대장균군의 경우 2003년 8월 정점 3과 4를 제외한 나머지 정점의 표층수에서 모두 총대장균군이 검출되었으나 전반적으로 그 수는 적었다. 저층수의 경우 총대장균군은 $1.0 \times 10^1 \sim 2.7 \times 10^1 \text{cfu/ml}$ 로 표층수에 비해 적거나 또는 거의 검출되지 않았다.

2003년의 결과를 보면, 2002년 10월의 결과와 동일한 우점종 4종 외에도 *Burkholderia mallei* TY5, *Pasteurella haemolytica* TY6, *Pasteurella multocida* TY7, *Comamonas acidovorans* TY8, *Actinobacillus ureae* TY9 및 *Chryseobacterium indologenes* TY10 등이 추가로 조사되어 종속영양세균 군집은 총 10종으로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 분리된 10균주는 모두 그람음성 간균이었다.

표 2-5. 2003년 8월 통영 바다목장 해역의 종속영양세균 군집과 비브리오균 군집의 종조성

Heterotrophic bacteria	Vibrio spp.
<i>Pseudomonas fluorescens</i> TY1	<i>Vibrio alginolyticus</i> TY11
<i>Pseudomonas stutzeri</i> TY2	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> TY12
<i>Acinetobacter lwoffii</i> TY3	
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> TY4	
<i>Burkholderia mallei</i> TY5	
<i>Pasteurella haemolytica</i> TY6	
<i>Pasteurella multocida</i> TY7	
<i>Comamonas acidovorans</i> TY8	
<i>Actinobacillus ureae</i> TY9	
<i>Chryseobacterium indologenes</i> TY10	

나. 식물플랑크톤

(1) 종조성 및 출현종수

2003년 8월 표층에서 출현한 식물플랑크톤 군집은 총 34분류군으로 돌말류 28종류, 와편모조류 4종류, 규질편모조류 2종으로 구성되어 있었다(표 2-6).

표 2-6. 2003-2004년 통영 바다목장 해역에서 식물플랑크톤 군집의 분류군의 조성

Taxa	Class	Surface						Bottom										
		O.	S.O	F.	G.	S.	v.	f.	un.	O.	S.O	F.	G.	S.	v.	f.	un.	
Diatom	C.	03. Aug.	1	3	5	7	21	.	.	.	1	3	7	11	24	.	.	.
		Oct.	1	3	11	20	60	1	2	.	1	3	12	23	59	1	1	.
		Dec.	1	3	12	19	48	.	2	.	1	3	12	16	42	1	.	.
	P.	04. Feb.	1	3	12	19	45	.	.	.	1	3	11	14	38	1	.	.
		03. Aug.	1	2	3	8	7	.	.	.	1	2	3	8	7	.	.	.
		Oct.	1	2	4	9	24	.	.	1	1	2	4	10	17	.	.	.
Dinophyceae		Dec.	1	2	4	9	13	1	.	.	1	2	4	10	13	1	.	1
		04. Feb.	1	2	4	10	15	1	.	.	1	2	4	9	14	1	.	3
		03. Aug.	3	.	4	4	4	.	.	.	4	.	5	5	4	.	.	.
Dictyochophyceae		Oct.	3	.	3	3	6	1	.	.	2	.	2	2	2	.	1	.
		Dec.	2	.	2	2	3	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.
		04. Feb.	2	.	2	2	3	.	.	.	3	.	3	3	3	.	.	.
Diatom		03. Aug.	1	.	1	2	2	.	.	.	1	.	1	2	2	.	.	.
		Oct.	1	.	1	2	2	.	.	.	1	.	1	2	2	.	.	.
		Dec.	1	.	1	1	2	.	.	.	1	.	1	2	2	.	.	.
		04. Feb.	1	.	1	1	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.

※ O. ; Order, S.O. ; Suborder, F. ; Family, G. ; Genus, S. ; Species, v. ; variety, f. ; forma, un. ; unidentified species

12월 표층에서 출현한 식물플랑크톤 군집은 총 66분류군으로 61종류의 돌말류 중 중심목 48종류, 우상목 13종류를 차지하여 중심목 돌말류가 절대적으로 우세하게 출현하였고, 외편모조류 3종류, 규질편모조류가 2종이었다. 2004년 2월 표층에서 출현한 식물플랑크톤 군집은 총 64분류군으로 돌말류 60종류, 외편모조류 3종류, 규질편모조류 1종류였으며, 저층에서는 돌말류 52종류, 외편모조류 3종류, 규질편모조류 1종류 등 총 56분류군이 었다.

(2) 현존량

본 해역에서의 식물플랑크톤 현존량의 계절적 소장은 여름철인 8월에는 낮은 양상을 보였고(그림 2-1), 10월에 표층에서 대발생을 일으켰으며 겨울철인 12월과 2월은 낮은 양상의 온대해역의 전형적인 Bimodal pattern을 나타내었다.

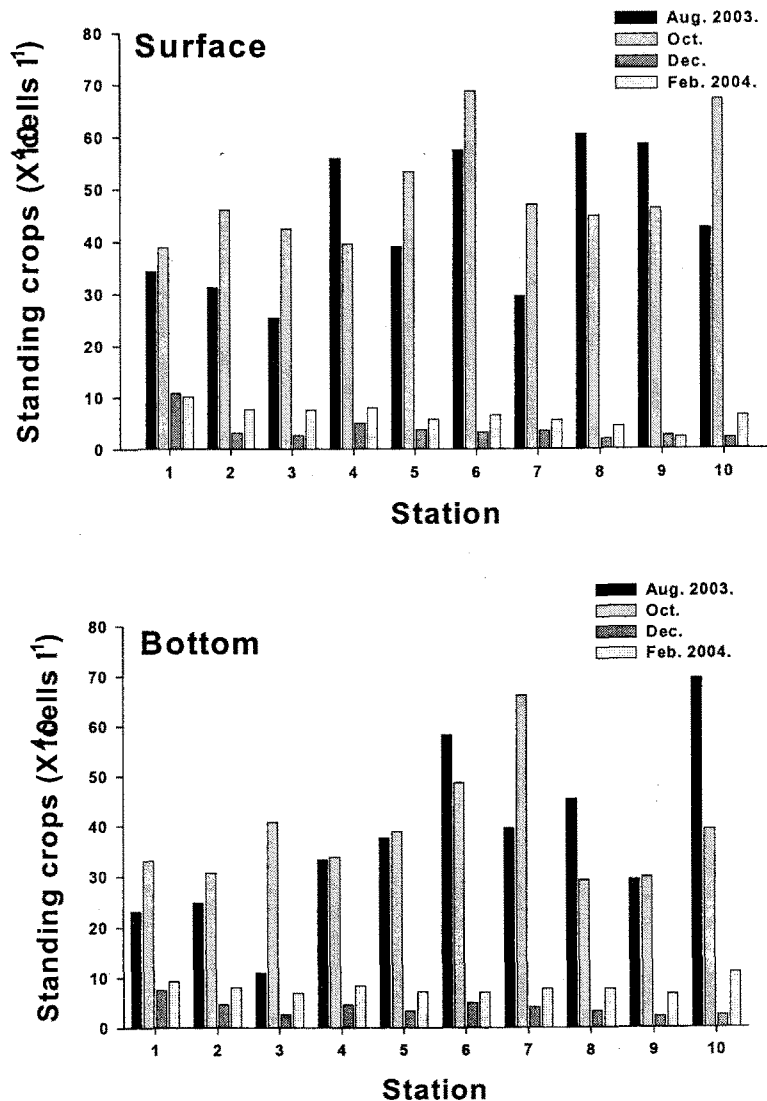


그림 2-1. 2003-2004년 통영 바다목장 해역에서 식물플랑크톤 현존량의 계절별 변화.

(3) 우점종 및 생태학적 특성

본 해역에서의 우점종은 *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros socialis*, *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata*로 내만 연안성 해역의 주요 우점종으로 조사해역이 내만의 연안성 해역임을 강하게 나타내고 있었다.

다. 동물플랑크톤

(1) 종조성 및 개체수

2003년 8월, 통영의 바다목장 대상 해역의 10개 정점에 출현한 동물플랑크톤군집은 요각류(copepods), 바다곤쟁이류(euphausiids), 따개비와 십각류의 유생 등 갑각류와 해파리류(hydromedusae)와 관해파리류(siphonophorans)를 포함하는 자포동물, 복족류(gastropods)와 이매패류(bivalves)의 유생들로 구성된 연체동물, 유생형이나 플랑크톤 형의 다모류(polychaetes), 모악동물, 극피동물 유생, 유형류 (larvaceans) 등으로 구성되어 있었다. 2003년 10월에 출현한 동물플랑크톤 군집은 8월에 비해, 따개비류와 연체동물의 출현이 관찰되지 않은 반면, 살파류의 출현이 관찰되었다. 2003년 12월에 출현한 동물플랑크톤 군집은 총 26분류군으로 구성되었다. 큰 분류군으로 나누면 자포동물 (cnidarians), 갑각류 (crustaceans), 다모류(polychaetes), 연체동물(molluscs), 모악동물 (chaetognaths), 유형류 (larvaceans) 등이 출현하였으며, 이 가운데 갑각류는 가장 다양하여 요각류(copepods), 패충류 (ostracods), 그리고 여러 종류의 미동정된 유생들이 포함되었다. 2004년 2월에 출현한 동물플랑크톤은 총 23분류군으로 2003년 12월보다 약간 다양하지 않았다. 출현종의 조성은 12월과 거의 같아 겨울철의 특성을 보여주고 있었으나 지표동물이 전혀 출현하지 않았고, 요각류 출현종에 약간의 변화가 있었다. 역시 가장 다양한 요각류는 16종에서 14종으로 2종류 감소하였으며, calanoid, copepods가 7종, poecilostomatoid copepods가 3종, cyclopid copepods와 harpacticoid copepods가 각각 2종씩 출현하였다. 출현 개체수 밀도는 최저 403 indiv. m⁻³에서 최고 1,235 indiv. m⁻³까지 평균 710.7 indiv. m⁻³로 정점별 변화폭이 약 3 배 정도였다.

(2) 우점종

본 조사해역에서 2003년 8월에 가장 우점한 종은 요각류 *Oithona similis*, *Paracalanus parvus sensu lato*이었는데 개체수 밀도(풍도)의 면에서 전체 동물플랑크톤에 대해 각각 평균 42.13%, 24.73%를 차지하였다. 2003년 10월에 우점한 종은 *P. parvus*, *O. similis*, *O. davisae* 세 종이었으며, *Acartia*와 *Pseudodiatomus*의 출현은 관찰되지 않았다. 2003년 12월에 가장 우점한 종은 *O. similis*와 *O. dioca*이었으며, 2004년 2월에 출현한 종들은 위에서 언급한 바와 같이 지난 12월과 유사하였으나, 우점하는

개체수 밀도에서는 변화가 있었다.

(3) 동물플랑크톤 분포의 특징

2003년 8월, 10월에 관찰된 동물플랑크톤 군집은 전형적 연안 요각류 군집구조인 *Acartia-Paracalanus-Oithona* assemblage에서 *Acartia*의 분포가 다소 약한 형태의 구조를 보였으며, 여기에 기수성 요각류 *Pseudodiaptomus marina*가 강우량이 많은 8월에 높은 밀도로 포함되었다.

라. 연성조하대 저서생물

(1) 종 수

2003년도에 조사된 저서동물은 총 259종이었다. 이 중 환형동물이 49.4%(121종), 연체동물이 12.7%(31종), 절지동물이 19.2%(47종), 극피동물이 7.8%(19종) 등을 차지하였다(표 2-7).

표 2-7. 2003-2004년 통영 바다목장에 출현하는 저서동물의 종조성

Taxon		'03년 8월		'03년 11월		'04년 02월		종합	
		종수	%	종수	%	종수	%	종수	%
환형동물	갯지렁이류	81	51.6	93	56.0	78	53.4	121	49.4
	미공류	1	0.6	1	0.6	0	0	1	0.4
	다관류	0	0	1	0.6	0	0	1	0.4
연체동물	굴족류	0	0	1	0.6	0	0	1	0.4
	복족류	5	3.2	6	3.6	2	1.4	9	3.7
	이매패류	14	8.9	10	6.0	11	7.5	19	7.8
절지동물	갑각류	12	7.6	11	6.6	11	7.5	25	10.2
	십각류	10	6.4	7	4.2	5	3.5	12	4.9
	기타	6	3.8	4	2.4	7	4.8	10	4.1
극피동물	거미불가사리류	11	7.0	13	7.8	13	8.9	14	5.7
	성게류	1	0.6	1	0.6	1	0.7	1	0.4
	해삼류	2	1.3	3	1.8	2	1.7	4	1.7
기 타		14	8.9	15	9.0	16	11.0	27	11.0
계		157	100	166	100	146	100	245	100

(2) 개체수

2003년도의 개체수 조성에서 환형동물이 77.6%(1265개체/m²), 연체동물이 2.8%(45개체

/m²), 절지동물이 5.0%(81개체/m²), 극피동물이 11.0%(180개체/m²)를 차지하였다(표 2-8).

표 2-8. 2003-2004년 통영 바다목장 해역에 출현하는 저서동물의 개체조성(m²)

동 물 군		'03년 8월		'03년 11월		'04년 2월		종합	
		개체수	%	개체수	%	개체수	%	개체수	%
환형동물	갯지렁이류	1278	80.2	1318	79.0	1137	73.3	1265	77.6
	미공류	0	0	1	0.1	0	0	1	0.1
	다판류	0	0	1	0.1	0	0	0	0
연체동물	굴족류	0	0	1	0	0	0	0	0
	복족류	6	0.4	5	0.3	6	0.4	6	0.4
	이매패류	58	3.6	41	2.3	15	1.0	38	2.3
절지동물	갑각류	18	1.1	30	1.7	16	1.0	21	1.3
	십각류	48	3.0	20	1.1	84	5.4	51	3.1
	기타	9	0.6	10	0.6	9	0.6	9	0.6
극피동물	거미불가사리류	107	6.7	188	10.7	217	14.0	171	10.5
	성게류	4	0.3	7	0.4	6	0.4	6	0.3
	해삼류	4	0.3	3	0.2	2	0.1	3	0.2
기 타		60	3.8	61	3.5	60	3.9	60	3.7
계		1592	100	1749	100	1552	100	1631	100

(3) 생체량

2003년도의 3회에 걸쳐 조사된 결과를 종합한 생체량 조성에서 환형동물이 10.8% (22.86gwwt/m²), 연체동물이 10.3%(21.78gwwt/m²), 절지동물이 5.4%(11.38gwwt/m²), 극피동물이 69.6%(147.71gwwt/m²)를 차지하였다.

(4) 우점종

2003년도의 조사에서 출현된 총 245종 중에서 87종이 개체수 누적의 95% 이상을 차지하였고, 총 개체수 중에서 5% 이상을 차지하는 종은 5종이었다. 이 5종은 긴자락송곳갯지렁이, 등가시버들갯지렁이, 긴털바퀴실타래갯지렁이, 바퀴실타래갯지렁이류, 거미불가사리류였으며, 이들은 총 개체수의 45.1%를 차지하였다(표 2-9).

표 2-9. 2003-2004년 통영 바다목장에 우점적으로 출현하는 저서동물의 분포밀도
(개체수/m²)

우점종	정점								평균	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
'03년 8월	긴자락송곳갯지렁이 (<i>Scoletoma longifolia</i>)	700	545	390	340	175	180	125	45	313	19.6
	등가시버들갯지렁이 (<i>Capitella capitata</i>)	85	300	40	185	100	70	285	160	153	9.6
	긴털바퀴실타래갯지렁이 (<i>Chaetozone spinosa</i>)	600	10	65	130	85	35	35	45	126	7.9
	바퀴실타래갯지렁이류 (<i>Chaetozone unid.176F</i>)	60	55	50	435	0	10	40	15	83	5.2
'03년 11월	등가시버들갯지렁이 (<i>Capitella capitata</i>)	40	325	110	250	145	175	315	275	204	11.7
	긴털바퀴실타래갯지렁이 (<i>Chaetozone spinosa</i>)	165	25	820	255	160	55	0	5	186	10.6
	긴자락송곳갯지렁이 (<i>Scoletoma longifolia</i>)	155	80	315	220	160	205	25	50	151	8.6
	바퀴실타래갯지렁이류 (<i>Chaetozone unid.176F</i>)	50	105	275	555	5	10	35	35	134	7.6
	거미불가사리류 (<i>Ophiuroidea unid. 47B</i>)	0	295	0	745	0	0	0	0	130	7.4
	긴자락송곳갯지렁이 (<i>Scoletoma longifolia</i>)	355	435	310	160	50	200	35	30	197	12.7
'04년 2월	등가시버들갯지렁이 (<i>Capitella capitata</i>)	145	410	95	145	80	95	145	180	162	10.4
	거미불가사리류 (<i>Ophiuroidea unid. 47B</i>)	0	145	0	915	0	0	0	0	133	8.5
	바퀴실타래갯지렁이류 (<i>Chaetozone unid.176F</i>)	200	130	100	335	0	20	25	25	104	6.7
	숨털바퀴실타래갯지렁이 (<i>Chaetozone setosa</i>)	30	30	265	45	105	185	15	30	88	5.7
	긴자락송곳갯지렁이 (<i>Scoletoma longifolia</i>)	403	353	338	240	128	195	62	42	220	13.5
	등가시버들갯지렁이 (<i>Capitella capitata</i>)	90	345	82	193	108	113	248	205	173	10.6
종합	긴털바퀴실타래갯지렁이 (<i>Chaetozone spinosa</i>)	265	22	383	143	117	92	17	27	133	8.2
	바퀴실타래갯지렁이류 (<i>Chaetozone unid.176F</i>)	103	97	142	442	2	13	33	25	107	6.6
	거미불가사리류 (<i>Ophiuroidea unid. 47B</i>)	0	165	2	650	0	0	0	0	102	6.3

(5) 종다양도

2003년도의 자료를 종합한 정점별 총 종다양도(H')의 범위는 3.07~3.63이었고, 8개 정점의 평균 종다양도는 3.27, 종합한 총 종다양도는 3.77이었다.

(6) 군집유사도

2003년도의 3회에 걸친 조사에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용하여 정점간의 군집유사도 분석을 실시하였다. 그 결과 총 8개 정점은 2개의 대정점군으로 나눌수 있었으며, 각각의 대정점군은 2개의 소정점군으로 구분되었다(표 2-2).

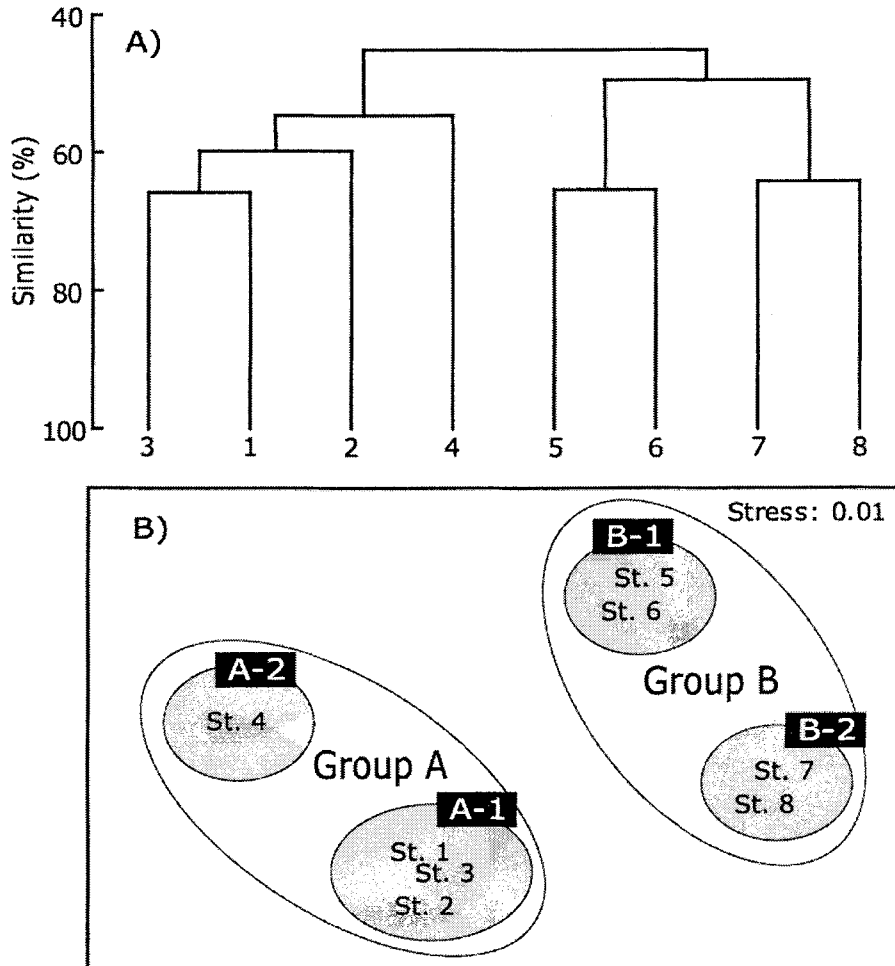


그림 2-2. 2003-2004년 통영 바다목장 해역에 출현하는 저서동물군집의 유사도.

마. 경성조하대 저서생물

(1) 서식 환경

각 정선별 지형도와 우점종의 서식분포를 보면, 2002년과 유사하게 나타났다. A1이 위치한 대장두도와 소장두도(A2)의 경우 약 8m 부근까지 암반이 형성되어 있으며, 수심 4m까지는 급격한 경사(약 60°)를 나타내다가 4m에서 8m까지는 완만한 경사도를 보였다.

(2) 종조성

종조성에 있어서는 3개 지역 모두 유사한 양상을 보이지만 우점종의 분포는 다소 차이를 나타냈다. 전반적으로 조간대지역에서 조하대 지역으로 이어지면서 따개비류가 우점하는 양상을 나타냈다. 따개비류의 경우 살아있는 것과 패각만 남은 것들의 비율은 지역에 따라 다소 차이를 보이지만 약 2:8의 비율을 보였다.

표 2-10. 정점별 부착생물의 서식밀도와 생체량

Depth (m)	Species	A 1		A 2		A 3	
		ind.	Wt.	ind.	Wt.	ind.	Wt.
2 m	Surpulidae unid.	13	5.28	11	5.88	19	6.24
	<i>Mytilus edulis</i>					1	3.88
	<i>Balanus</i> sp.	143	27.5	84	48.2	39	13.8
	<i>Caprella</i> sp.	16	0.1	12	0.1	15	0.2
	Amphipoda unid.	8	0.1	7	0.1	7	0.1
	<i>Chlorostoma lischkei</i>	1	0.1			9	35.65
	<i>Monodonta labio</i>			1	0.1		
	<i>Asterias amurensis</i>					2	73.8
	<i>Asterina pectinifera</i>			3	27.85	2	17.23
	<i>Cellana</i> sp.	3	0.9	1	0.3		
	<i>Crassostrea gigas</i>	8	11.3	6	8.5	6	10
	<i>Ophlitaspongia</i> sp.	**	5.88	**	8.52	**	4.37
4 m	Hydrozoa unid.			*	0.74	*	0.5
	<i>Haliplanella lucia</i>	1	0.2				
	Bryozoa unid.	**	0.7	**	1.25	*	0.75
	Surpulidae unid.	75	7.3	18	1.4	46	4.9
	<i>Balanus</i> sp.	58	19.8	117	21.4	96	11.6
	Amphipoda unid.	3	0.1	8	0.1	2	0.1
	<i>Caprella</i> sp.	7	0.2				
	<i>Halichondria</i> sp.	1	1.4				
	<i>Asterina pectinifera</i>	1	18.5	1	18.5	1	11.7
	<i>Asterias amurensis</i>			1	53.8	2	22.6
<i>Crinoidea</i> sp.	1	1.7	2	5.84	1	8.2	
6 m	<i>Asterina pectinifera</i>	3	71.11			2	37.96
	<i>Asterias amurensis</i>	1	36.37	1	17.86	2	78.54
	Hydrozoa unid.	**	1.86	**	1.54	*	1.22
	Bryozoa unid.	**	1.0	**	1.55	*	0.24
	<i>Balanus</i> sp.	74	10.5	118	20.63	38	15.54
	<i>Halocynthia roretzi</i>	3	187.6	2	199.6	2	138.4
	<i>Tristichotrochus unicus</i>	1	1.5	2	3.31		
	<i>Crinoidea</i> sp.	2	7.58	1	1.44	3	4.82
	<i>Styela clava</i>	3	24.6	1	7.33	1	8.11
	<i>Halocynthia</i> sp.	1	12.58	2	23.4		
8 m	<i>Asterina pectinifera</i>	1	54.86	4	118.5		
	<i>Asterias amurensis</i>					1	34.65
	Hydrozoa unid.	**	2.89	**	1.78	*	1.14
	<i>Balanus</i> sp.	12	0.89	14	6.55	16	7.72
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	1	4.85			1	6.65
	<i>Halocynthia roretzi</i>	2	211.1	4	318.6	1	35.21
	<i>Crinoidea</i> unid.	2	21.3	1	18.5	3	31.4
	<i>Styela clava</i>	1	12.7			1	11.6
	<i>Halocynthia</i> sp.						
	Mean		191.1		235.8		159.7

바. 자치어 및 어류상

(1) 자치어

통영해역에서 채집된 자치어의 목록을 보면 5월부터 8월까지 출현종이 8종부터 11종으로 증가하였고, 11월에 4종으로 출현 종수가 줄었으나, 12월부터 다시 증가하였다. 그중 멸치, 쥐노래미, 돌팍망둑, 두줄베도라치, 청베도라치, 날뚝양태, 풀망둑, 갈문망둑, 그물코쥐치과 같이 꾸준히 채집된 어종도 있는 반면에 채집기간 중 2월에만 개불락, 물메기, 까나리가 채집되었고, 3월에 쥐노래미와 문치가자미만 채집되었다.

(2) 유조어류

유조를 이루는 해조는 주로 연안에 서식하는 모자반류(*Sargassum* sp.)이며 3~6월에 그 양이 풍부하고, 8월 이후에는 점차 감소하는 것으로 보고 되어 있다(Ohno, 1984). 조사해역의 유조를 구성하는 해조는 팽생이모자반, 미아베모자반, 큰잎모자반, 구슬모자반, 잔가시모자반, 지충이 등의 모자반 류 외에 개도박, 불레기말 등의 해조류와 그 외에 로우프, 나무조각, 스티로폼, 플라스틱 조각들로 이루어져 있었다. 유조의 크기는 계절별로 차이가 있었는데 봄(3~5월)에 가장 크고, 그 이후에 점차 작아졌다가 겨울(12~2월)이 되면 다시 증가하는 양상을 보인다.

표 2-11. 조사 기간 중 통영연안의 유조에서 채집된 어종 목록(2003.3~2004.2)

Species	Korean name	Range of total length(mm)	'03												'04	
			Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.		
<i>Histrio histrio</i>	노랑썩뱅이	13.8-101.8			—	—	—	—	—	—						
<i>Cypselurus</i> sp.		13.0					—									
<i>Monocentris japonica</i>	철갑등어	15.4											—			
<i>Hippocampus kuda</i>	복해마	17.7-27.0					—									
<i>Syngnathus schlegeli</i>	실고기	52.6-151.5					—	—	—	—	—	—	—			
<i>Sebastes inermis</i>	불락	17.7-61.9		—	—	—								—	—	
<i>Sebastes thompsoni</i>	불불락	14.7-30.1	—	—												
<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	30.3-69.7	—	—		—										—
<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	18.5-39.0	—	—												—
<i>Hexagrammos</i> sp.		6.9														—
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	20.2-47.1	—	—												
<i>Coryphaena hippurus</i>	만새기	43.7					—									
<i>Seriola quinqueradiata</i>	방어	25.8-106.8			—	—	—									
<i>Decapterus maruadsi</i>	가라지	42.2-46.8			—											
<i>Girella punctata</i>	벵에돔	24.9-27.9				—										
<i>Oplegnathus punctatus</i>	강담돔	37.3-62.6			—	—	—									
<i>Pholis crassispina</i>	점베도라치	30.7-93.7	—	—										—		
<i>Pholis nebulosa</i>	베도라치	33.8-115.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
<i>Pholis</i> sp.		30.6-36.2	—													—
<i>Gnathagnus elongatus</i>	푸령통구멍	16.2											—			
<i>Parablennius yatabei</i>	청베도라치	18.6-23.5											—	—		
<i>Petroscirtes breviceps</i>	두줄베도라치	16.8-61.0					—	—	—	—	—	—	—	—		
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	연어병치	51.3-137.6			—											
<i>Psenes cyanophrys</i>	줄무늬물릉뚝	27.4	—													
<i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	7.6-34.1					—	—	—	—	—	—	—	—		
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	17.8-40.1					—	—	—	—	—	—	—	—		
<i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치	42.1-61.0				—	—									
<i>Paramonacanthus japonicus</i>	새앙쥐치	34.7							—							
Number of Species	28 species		8	7	7	8	12	7	8	7	7	7	7	1	1	4

(3) 성어

조사기간 동안 소형저인망에 채집된 어류는 총 2강 7목 27과 42종이 채집되었다. 채집된 어류는 7목 중에서 농어목 어류가 13과 17종으로 가장 많이 출현하였고, 그 다음으로 쏨뱅이목 어류가 5과 10종이 출현하였으며, 가자미목 어류가 4과 9종이 출현하였다. 그리고 복어목 어류가 2과 2종, 홍어목 어류가 1과 2종이 출현하였고, 뱀장어목, 대구목 어류가 1과 1종씩 출현하였다.

표 2-12. 통영해역에서 저인망에 의해 채집된 어류의 분류군 ('03, 5~'04, 3)

분류군	목	과	종
Chondrichthyes	Rajiformes	1	2
	Anguilliformes	1	1
	Gadiformes	1	1
Actinoerygii	Scorpaeniformes	5	10
	Pleuronectiforme	13	17
	Pleuronectiformess	4	9
	Tetrodontiformes	2	2
2	7	27	42

조사기간 동안 채집된 42종은 총 48,066개체 및 총 667,065.6g로 나타났고, 출현종 중 미역치(*Hypodytes rubripinnis*)가 개체수와 생체량이 각각 46,745개체와 595,258.6g가 채집되어 개체수와 생체량 모두 가장 우점하였다. 그 다음으로 개체 수에서는 쉬쉬망둑(*Chaeturichthys stigmatias*) 189개체, 쌍동가리(*Apogon lineatus*) 166개체, 붕장어(*Conger myriaster*) 164개체로 우점하였고, 생체량은 홍어(*Muraenesax cinereus*)가 20,944.5g, 열동가리돔(*Apogon lineatus*) 9,607.5g, 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 9,522.7g으로 나타났다.

제 3 절 지리정보화(GIS) 시스템 구축

1. 서론

본 연구과제의 지리정보화 시스템 구축은 궁극적으로 바다목장 설치 전과 설치 후의 생태계 변화를 규명하는 데 초점을 맞추고 있다. 바다목장 해역의 년별, 계절별 생물량 및 물리·화학적 환경의 변화를 규명하기 위하여 기존의 자료를 정형화시켜 입력하고, 적절한 프로그램(ArcView, ArcGIS)을 통한 표현해야 한다. 표현방법에는 벡터(vector) 또는

래스터(raster)가 있으며, 각각 점(point)과 면(phase)으로 표시하는 방법이 있다. 본 연구에서는 조사 정점이 대체로 격자형식으로 되어 있는 점을 감안하여 향후의 기본 틀은 점(point)을 기준으로 판단하고 있다.

해양자료의 디지털(digital)화라는 본래의 연구계획대로 생태계의 변화를 파악하기 위하여 최소한 1993년부터의 자료가 필요하나 통영바다목장 생태계의 해양조사는 1997-1998년에 부분적으로, 1999년부터 본격적으로 이루어져 자료의 수집과 검정이 매우 중요한 문제로 대두되었다. 연구과제 성격과 연구자간 협의를 통하여 1999년부터 수행된 물리·화학적 환경요인, 미생물, 동·식물플랑크톤, 저서생물의 자료를 정리하고, 다음 년도에 1993년부터 1998년까지의 문헌, 보고서 등의 기존의 자료를 망라하기로 하였다. 따라서 금년도의 지리정보화 작업은 1999년 이후 조사된 물리·화학적 환경요인과 미생물, 동·식물플랑크톤, 저서생물 등의 생체량과 생산량의 자료를 정형화하여 입력시키는데 초점을 맞추고, 다음 년도에 GIS프로그램을 이용하여 년별 변화추이의 공간적 패턴을 표현하고자 한다.

2. 결과

가. 수질 및 저질환경

1999-2004년 2월의 수질 환경요인의 지리정보화 시스템 구축을 위한 자료의 입력과 1999년 4월부터 2004년 2월까지 계절별로 수온, 염분, 규산염, 엽록소의 농도가 각각 계절별로 정리되어 있다(표 2-13).

나. 미생물

중속영양세균은 크기가 매우 작아 분류군 별 크기 변화를 가정하지 않고, 생체량을 구했기 때문에 개체수와 생체량은 완전히 같은 변화 경향을 보였다. 평균 생체량은 채수 시기와 정점에 따라 다르지만 대략 $10 \sim 54,000 \mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보였다.

다. 식물플랑크톤

1999년 4월부터 2004년 2월까지 계절별 식물플랑크톤 생체량은 현존량의 변화와 거의 일치하였으나, 일부 계절이나 정점에서는 다르게 나타났다. 2000년의 경우 표층에서 10월에 현존량이 가장 높았으며, 그 다음으로 6월, 4월, 8월 순이었고 생체량도 같은 변화 경향이었다. 6월에는 평균 현존량이 $1.57 \times 10^5 \text{cells} \cdot \ell^{-1}$ 로서 10월 보다 훨씬 낮았고, 우점종은 *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros decipiens*, *Thalassiosira* spp.로 우점도가 11.82~32.91%로 낮은 대신 크기가 큰 *Coscinodiscus*, *Guinardia*에 속하는 종이 많이 출현하였기 때문으로 판단된다.

표 2-13. 2001-2002년 통영 바다목장 해역의 연결저질토의 이화학적 성질 조사

조사시기	정점	pH	ORP (mV)	COD (mg/g)	TN (mg/g)	TP (mg/g)	CHNS(mg/g)				평균입도 (μ m)
							C	H	N	S	
2001. 7	1	7.56	-33.7	19.2	1.79	0.49	31.155	9.400	0.550	0.000	179.8
	2	7.76	-104.6	17.8	1.43	0.96	47.128	6.913	0.000	0.000	105.4
	3	7.78	-97.9	24.3	2.54	1.37	22.461	9.575	4.420	0.000	8.7
	4	8.54	-113.1	15.1	2.36	0.77	35.444	7.801	0.000	0.000	235.8
	5	8.46	-115.4	16.4	1.74	0.84	39.139	8.033	0.000	0.000	176.8
	6	8.22	-14.2	17.7	1.57	0.72	20.077	8.367	0.000	0.000	13.1
	7	8.12	-134.7	20.0	1.75	0.96	18.564	8.461	0.000	0.000	5.9
	8	7.08	-184.0	25.1	2.11	0.95	22.174	9.504	0.553	0.000	5.6
	9	7.54	-155.8	20.3	1.84	0.87	21.635	9.424	0.523	0.000	7.2
	10	8.29	-141.7	14.9	1.23	0.81	32.450	7.799	0.876	0.000	111.1
2001. 10	1	8.09	-221.0	8.7	1.70	0.81	36.921	6.787	0.000	0.000	182.9
	2	8.01	-256.1	17.2	1.87	1.12	32.482	8.128	0.366	0.000	65.8
	3	8.07	-248.3	8.2	1.54	0.99	43.771	7.027	0.350	0.000	237.6
	4	7.83	-213.1	11.8	1.58	0.83	48.698	6.333	0.186	0.000	179.2
	5	8.25	-277.6	11.2	1.07	0.67	48.210	5.832	0.000	0.000	160.0
	6	7.67	-258.0	12.5	1.88	0.83	33.513	7.023	0.128	0.000	229.9
	7	5.06	-236.9	14.7	1.39	0.87	19.576	7.588	0.000	0.000	16.6
	8	5.49	-261.5	15.4	1.38	0.97	18.832	8.123	0.000	0.000	38.3
	9	7.77	-276.1	14.3	1.71	0.81	19.455	8.214	0.000	0.000	32.1
	10	7.84	-307.0	16.4	1.38	0.96	22.976	8.027	0.012	0.000	32.6
2002. 1	1	9.11	-234.7	10.2	1.73	0.64	51.526	5.479	0.000	0.000	255.0
	2	9.34	-233.2	21.6	1.77	0.86	33.790	7.631	0.049	0.000	32.4
	3	9.03	-179.9	17.5	1.65	1.05	55.653	6.290	0.040	0.000	230.5
	4	8.51	-241.8	21.8	1.65	0.96	37.019	7.041	0.135	0.000	58.8
	5	9.38	-195.2	20.0	1.00	0.75	34.267	7.393	0.079	0.000	113.4
	6	9.25	-262.1	19.4	1.27	0.92	37.392	6.866	0.000	0.000	134.5
	7	9.51	-252.8	21.6	1.33	0.83	22.080	7.408	0.000	0.000	16.5
	8	7.80	-309.2	21.2	1.26	0.79	21.410	8.126	0.000	0.000	25.2
	9	8.76	-212.4	22.2	1.40	0.85	25.480	7.969	0.000	0.000	14.1
	10	8.82	-285.7	20.8	1.20	0.80	20.617	8.241	0.000	0.000	27.3
2002. 3	1	8.34	-236.6	11.0	3.21	1.03	32.480	12.508	0.000	0.000	121.9
	2	8.30	-164.6	14.4	1.55	1.21	38.567	9.958	0.000	0.000	73.2
	3	7.84	-203.9	16.3	1.88	1.22	34.525	11.202	0.000	0.000	111.7
	4	8.47	-210.8	12.0	1.38	1.29	34.141	9.105	0.000	0.000	266.2
	5	8.69	-181.9	10.6	1.31	1.13	51.115	8.285	0.000	0.000	199.1
	6	8.53	-180.7	11.6	1.34	1.14	45.408	8.991	0.000	0.000	184.4
	7	8.49	-233.8	13.9	1.70	0.95	33.541	11.796	0.205	0.000	174.9
	8	8.27	-178.6	13.9	1.76	0.99	28.288	13.255	0.174	0.000	30.4
	9	8.18	-232.1	12.4	1.19	1.12	37.696	12.113	0.000	0.000	178.4
	10	8.15	-231.6	13.4	1.55	1.03	32.913	19.939	0.000	0.000	71.7

라. 동물플랑크톤

조사기간 중 동물플랑크톤 개체수와 생체량의 변동은 비슷하였으나, 개체들의 크기에 따라 생체량의 변화가 컸다. 즉, 출현종 중 크기가 가장 큰 모약동물(Chaetognaths) 한 개체의 건중량은 134.67 μ g이고 생체량은 15.02 μ g이었으며, 2002년 7월의 우점종인 *Oithona similis*는 개체당 건중량은 0.74 μ g이고 생체량은 0.54 μ g로 적었다. 또한 2002년 10월의 정점 9에서 우점종인 *Calanus sinicus*는 개체당 건중량은 64.02 μ g이고 생체량은 1.45 μ g이며,

2000년 4월에 우점종인 *Paracalanus indicus*는 개체당 건중량은 $4.25\mu\text{g}$ 이고 생체량은 $0.68\mu\text{g}$ 이었다.

마. 연성 저서생물

(1) 개체수

1999년도부터 2001년도까지는 4계절 모두 조사하였으나, 2002년도에는 2계절만 그리고 2003년도에는 3계절만 조사하였으므로 5년간의 자료를 동등하게 비교할 수는 없다. 조사 기간 중 개체수는 정점에 따라 다르게 나타났으며 여름과 가을은 5년간 모두 조사가 이루어졌다.

(2) 생체량

개체수의 경우와 마찬가지로 생체량도 1999년도부터 2001년도까지는 4계절 모두 조사하였으나, 2002년도에는 2계절만 2003년도에는 3계절만 조사하였으므로 4년간의 자료를 동등하게 비교할 수는 없다. 그리고, 생체량은 개체수와는 달리 생물량이 큰 생물이 한 개체만 채집되어도 전체 자료에는 커다란 영향을 미치므로 일반적으로 생체량의 분포는 일정한 경향을 보이지 않을 정도로 변화가 매우 심하다.

제 4 절 어장 관리 모델 구축(안) 제시

1. 서론

통영 해역의 바다목장사업으로 조성된 수산자원을 효율적으로 이용하고 관리할 수 있는 시스템을 구축하기 위해 금년도 연구에서는 생태계 분석 모델을 개발하였고, 본 모델을 사용하여 바다목장해역의 생태학적 구조를 파악하고 목장 조성에 따르는 생태계 구조 변화와 어업자원 변동을 예측함으로써 통영 생태계의 잠재생산력을 평가하였다.

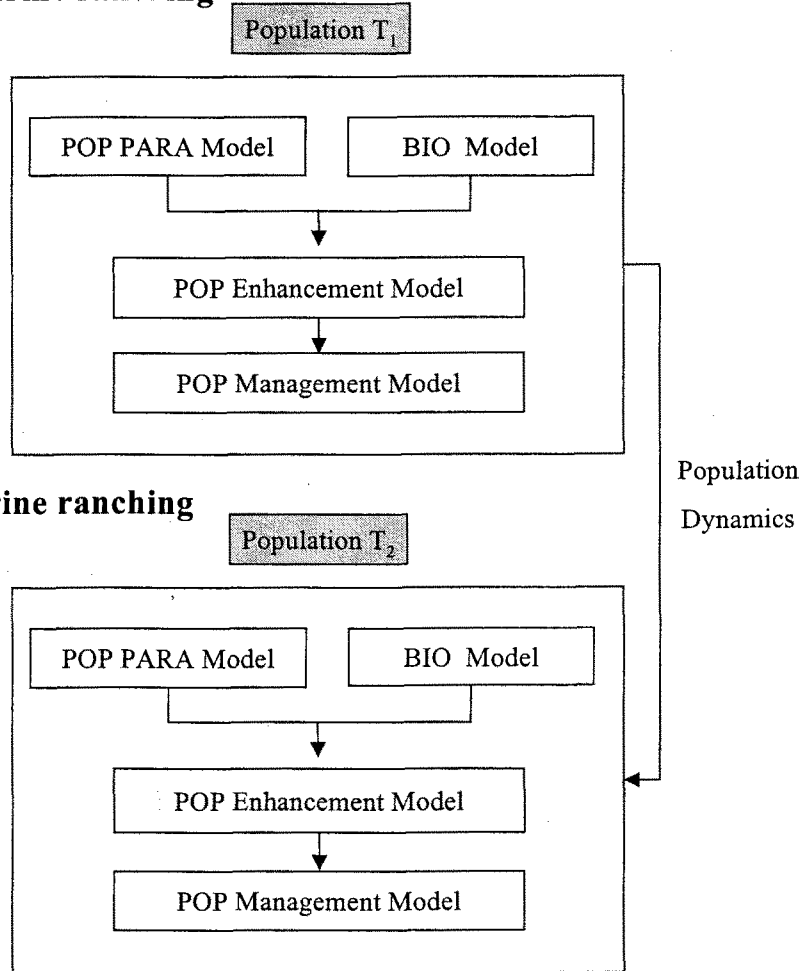
2. 결과

가. 바다목장의 조성과 효과

어장조성 기술에 의한 해중림 조성은 상대성장률이 크고 개체의 크기가 큰 대형 갈조류가 주 대상종이다. 이들은 높은 기초생산력을 제공하고, 어류에게는 포식자로부터 숨어 있을 공간을 제공하며, 표면부착생물의 착생율을 증가시켜 생물종의 다양성 증대 및 이를 먹이로 삼는 어류의 생물량 증대를 가져온다. 따라서 통영 바다목장에 조성된 이러한 환경들은 생태계의 기초생산력을 증가시키고 수산생물자원의 가입량, 성장률, 그리고 생산

율을 증가시켜 자원량을 증대시킴으로써 높은 생산성을 가져올 것이다.

Before marine ranching



After marine ranching

- Population models
1. Population Ecological Parameter Model
 2. Biomass Model
 3. Population Enhancement Model
 4. Population Management Model

그림 2-3. 개체군 모델 분석도.

나. 생태계 기반 자원관리

통영 바다목장해역에 서식하는 생물군들의 영양단계는 크게 4단계로 분석되었다. 1차 생산자에 해당되는 생물군은 식물플랑크톤 (Phytoplankton), 저서식물 (Benthic Algae)이었고, 2차 소비자는 동물플랑크톤 (Zooplankton), 복족류 (Gastropoda), 표생저서동물 (Epifauna), 내생저서동물 (Infauna), 저서섭식자 (Benthic Feeders), 소형부어류 (Small

Pelagics), 3차 소비자는 두족류 (Cephalopoda), 대형부어류 (Large Pelagics), 기타저서어류 (Other Demersal), 갈치 (Hairtail), 숭어 (Gray Mullet), 농어류 (Moronidae), 장어류 (Anguilliformes), 돛류, 기타볼락류 (Other Rockfishes), 조피볼락치어 (Juvenile Jacopever Rockfish), 조피볼락성어 (Adult Jacopever Rockfishes), 넙치, 가자미류 (Flatfishes), 바다새 (Piscivorous Birds), 상괘이 (Finless Porpoise), 그리고 4차 소비자는 홍어(Skates), 수달(Otter)이었다.

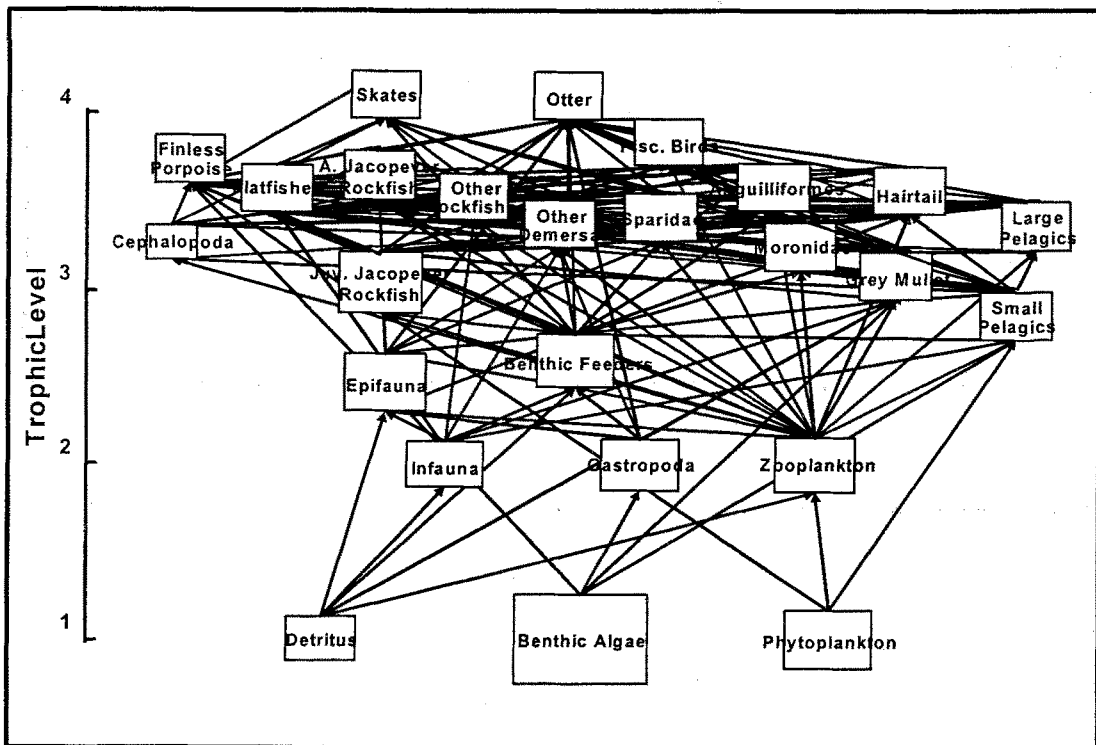
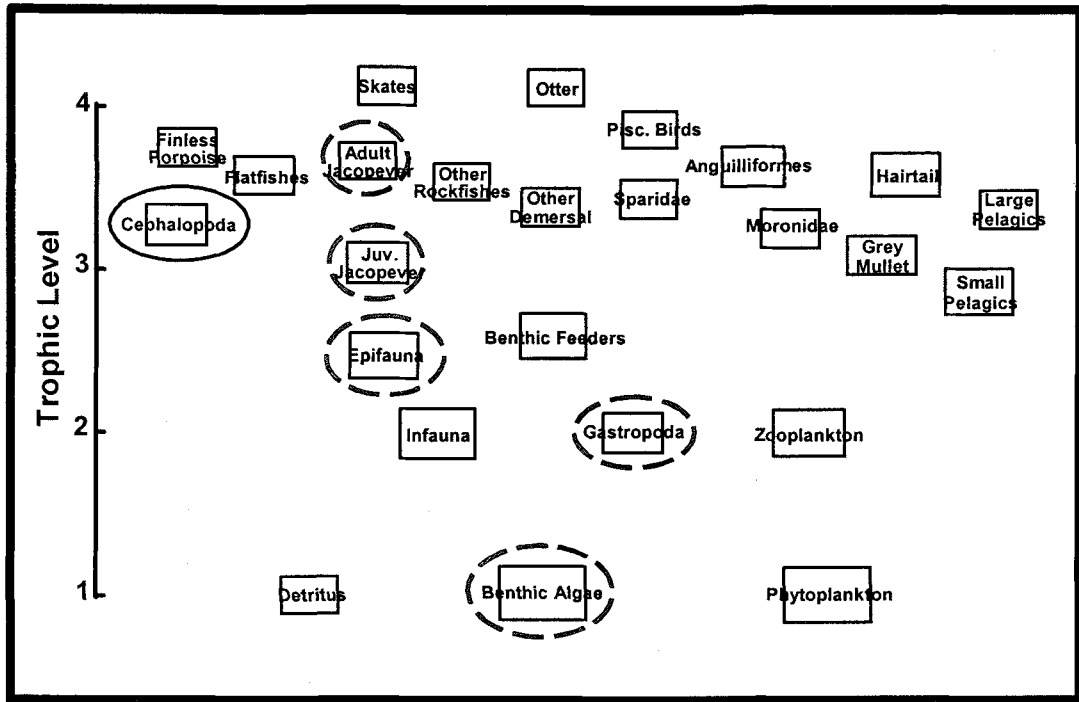


그림 2-4. 통영 생태계의 구조와 영양학적 상호작용을 나타내는 관계도.

(4) 생태계 역학 모델에 의한 시뮬레이션

바다 목장사업으로 인한 효과를 Ecosim 모델을 사용하여 나타내 보면 저서식물 생체량과 조피볼락 가입량을 각각 매년 15%와 10%씩 증가시키고, 어획은 2005년부터 개시되는 것으로 가정하여, 통영 생태계 내 생물군의 변동을 시뮬레이션에 의해 예측한 결과이다. 두족류(Cephalopoda)를 제외한 대부분의 생물이 바다목장조성으로 인해 그 생체량이 1999년에 비해 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 저서식물의 증가로 이에 부착하여 서식하는 표생저서동물(Epifauna)과 복족류(Gastropoda)의 생체량이 크게 증가하고, 조피볼락의 가입량 증가로 조피볼락의 성어가 증가하는 것으로 나타났다.

(가) 바다목장조성 이전



(나) 바다목장조성 이후

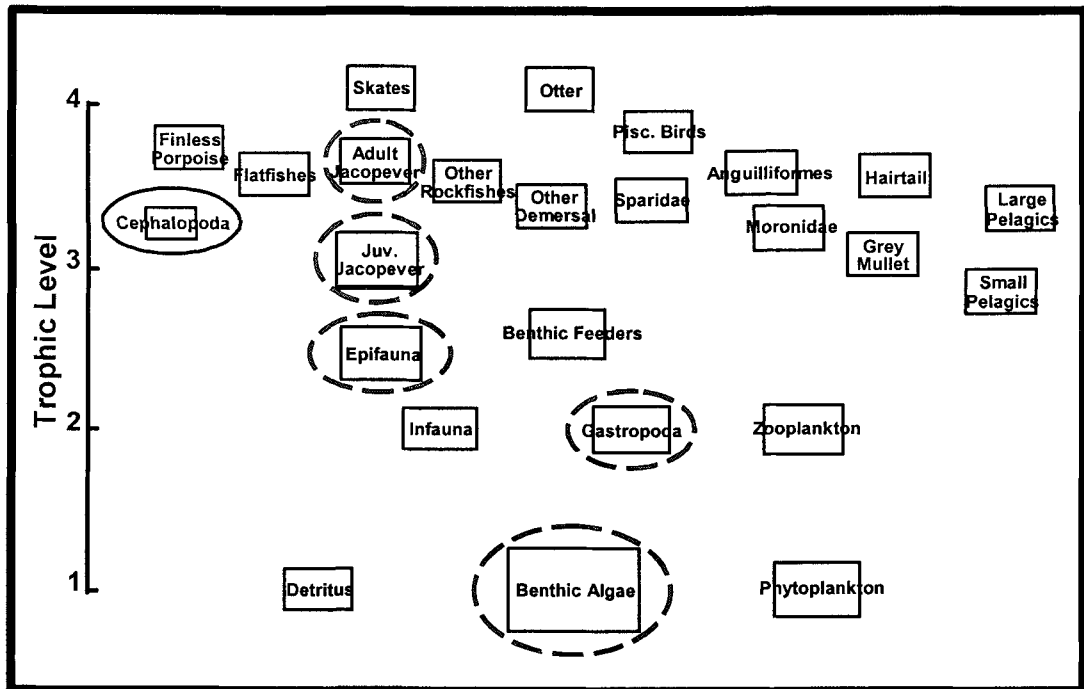


그림 2-5. 통영 해역의 바다목장 조성 이전과 이후의 생태계 구조 변화.

(5) 생태계 환경수용력 (Ecosystem carrying capacity)

생태계 환경수용력(ECC)은 어획이 없을 때 생태계가 수용할 수 있는 생물군별 자원수준으로 Ecosim 모델에서 어획수준(F)을 0으로 놓고 시뮬레이션하여 추정하였다

표 2-14. 통영 생태계 내 생물군별 환경수용량 추정치

Group	Carrying Capacity(mt/km ²)
Skates	3.44
Flatfishes	2.63
Jacopever Rockfish	5.17
Other Rockfishes	1.53
Sparidae	0.89
Anguilliformes	5.17
Moronidae	1.62
Grey Mullet	5.30
Hairtail	3.93
Other Demersal	5.99
Large Pelagics	3.97
Small Pelagics	5.68
Cephalopoda	2.72
Benthic Feeders	32.05
Infauna	97.32
Epifauna	133.48
Gastropoda	20.30
Benthic Algae	60.25

다. 개체군 수준의 자원관리

통영 바다목장해역에 대한 조피블락의 자원조성 목표량을 추정하기 위한 Beverton and Holt 모델에서 단위면적당 가입당치녀자원량(VB/R)은 206.73 g이었고, 단위면적당 가입당현재자원량(CB/R)은 153.08 g으로 나타났다. 현재가입마리수(R_{Fc})는 단위면적당 가입량(R) 0.0307 inds./m²/yr와 어장면적(A) 20 km²를 사용하여 추정한 결과, 614,580 inds./yr이었다. 또한, 추정된 F=0일 때의 가입량(R_{F=0}) 829,964 inds./yr을 이용하여 구한 자원조성 목표량인 적정자원조성가입마리수(SR_{opt})는 215,385 inds./yr이었다. 따라서, SR_{opt} 추정치와 치어연령(t_s) 0.5794세에 의해 적정자원조성마리수(SN_{opt})는 295,910 inds./yr가 된다. 그리고 단위면적당 가입당치녀자원량 (VB/R) 206.73 g과 F=0일 때의 가입량 (R_{F=0}) 829,964 inds./yr을 사용하여 조피블락의 환경수용량은 단위면적당 8.58 mt/km²으로 추정되었다.

라. 생태계 모델에 의한 수산자원조성 및 관리방안

생태계 구조 모델을 이용하여 통영 해역의 바다목장조성 이전과 이후의 생태계 구조 변화를 분석해 봄으로써 어떠한 변화가 일어났는지 그리고 이러한 변화가 다른 구성생물들에게 어떠한 변화를 초래했는지를 분석해 보았다. 그리고 생태계 역학 모델을 이용하여 이러한 바다목장조성 효과에 의한 서식 생물들의 양적 변동을 구명해 보았으며, 통영 생태계가 수용할 수 있는 환경수용량을 추정해 봄으로써 대상생태계의 잠재생산력을 평가해 보았다.

개체군 모델인 자원조성 모델을 이용하여 조피볼락의 개체군 수준에서의 환경수용량과 자원조성 목표량을 추정해 보았다. 개체군 모델에 의한 환경수용량은 생태계 모델에 의한 결과보다 약 1.6배 정도 높은 수준을 나타내었는데, 이것은 생태계 모델의 경우 다른 서식 생물들과의 상호관계(먹이 경쟁 등)가 포함되었기 때문인 것으로 생태계 모델에 의한 결과가 보다 안정적인 수치를 나타내었다. 조피볼락의 환경수용량은 5.17~8.58 mt/km²으로인 것으로 생각되나 보다 체계적인 데이터 베이스 구축으로 그 분석이 이루어져야 할 것이다.

당해연도와 같은 연구 분석을 통해 통영 바다목장의 주요 대상어종을 ABC 추정 모델과 같은 자원평가·관리 시스템에 적용함으로써 그 어업자원을 보다 안정적으로 유지시키면서 최대 생산성을 도모할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서, 다음 연도 연구에서는 통영 바다목장에 대해 지금까지 조사·분석된 결과의 데이터베이스 구축을 통해 생태계 모델링을 재검토하여 자원조성 효과에 의해 기대되는 생산증가량·자원증가량·산란자원증가량을 추정하고, 바다목장사업으로 인해 조성된 대상어종을 효율적으로 이용하고 관리함으로써 안정적인 생산성을 도모할 수 있는 생태계 기반 TAC 시스템을 개발하고자 한다.

제 3 장 어장 조성 기술

제 1 절 해중림 조성 기술

1. 서론

1998년 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업이 1단계 1차년도로 시작한 이래 6년의 세월이 흘렀고, 금년에 들어 2단계 3차년도에 이르렀다. 그간 통영해역에 적합한 해중림 조성을 위해 다양한 연구가 수행되었고, 이들 연구는 다음과 같은 체계 하에서 이루어졌다. 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 보전이다.

1단계 3차년도(2000년 12월)까지의 주요 연구내용은 1) 해중림 조성에 적합한 대형 갈조류의 목록 작성, 2) 목록된 종의 생물학적 특성 및 생태학적 특성 파악, 3) 목록된 종이 해중림 조성에 적합한 가에 대한 판단, 4) 종묘생산방법 또는 해조어초설계와 같은 해중림 조성방법의 탐색, 그리고 5) 해역의 물리화학적 환경특성(광량분포 및 해조류의 보상광도), 부착판 실험을 통한 생물군집의 천이양상, 그리고 목장해역 내 해조류 분포 특성에 대한 자료를 토대로 한 적지의 선정(기초 안 제시)이었다. 2단계에서의 연구내용은 1단계 연구에서 수행되지 못한 부분이나 1단계에서 수집된 자료 중에서 부족한 부분을 보완하는데 집중하였다. 2단계 2차년도(2003년 5월)까지의 연구내용으로는 1) 해중림 조성용 대형 갈조류의 종묘생산 및 이식방법(해조어초설계 포함) 탐색, 2) 적지선정 및 투입규모 산정, 그리고 3) 조성된 해조장의 효과 및 지속성 검정 등이었고, 금년도 2단계 3차년도에서는 1) 해조어초 효과분석, 2) 종묘 및 이식방법연구, 그리고 3) 적지선정 및 투입규모 산정을 주요 연구내용으로 삼았다. 이미 2단계 2차년도에서 지금까지 통영바다목장해역에 투입된 해중림 조성용 시설물의 내구성, 해중림 조성을 위한 시설물의 적합성 그리고 인위적 시설물로서 자연환경에 미치는 영향 등을 종합적으로 평가하여 로프나 플라스틱 밴드로 이루어진 시설물(예, 인조해조장)이 아닌 시설물(예, 콘크리트 해조어초, 자연석, 테트라포드 등)이 향후 통영바다목장에서 해중림 조성을 위한 시설물로 투입되어야만 한다고 지적되었기 때문에 금년도에는 이들 시설물을 중심으로 그 효과를 분석하였다.

2. 결과

가. 해중립 조성용으로 가능한 대형 갈조류 목록

광역조사와 장기모니터링을 통해 나타난 해조류 중 해중립을 조성할 수 있을 크기의 해조류는 미역(*Undaria pinnatifida*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 그리고 팽생이모자반(*Sargassum horneri*) 4종이었다.

나. 종의 생물학적 특성과 생태

미역과 팽생이모자반은 단년생으로 일년 중 출현하는 기간이 특정한 계절(9월부터 이듬해 4월)에 제한됨을 볼 수 있다. 반면 곰피는 길이와 중량에 있어 계절적 변화를 보이는 하지만 연중 출현함을 볼 수 있다. 외톨개모자반은 다년생이며, 본 자료는 생식세포(propagules)로부터 새로이 가입한 개체들의 크기변화를 나타낸 것이다. 실제 다년생을 포함하는 개체군 동태를 볼 때 여름철에는 생식세포의 방출로 인해 개체의 크기가 줄어드나 연중 출현한다. 밀도와 번식시기는 위에서 기술된 성장양상과 매우 밀접한 관련을 갖는다. 대개 상부에서 엽상부가 녹아드는 시점을 기준으로 1~2개월 후부터 본격적인 성숙기에 들어선다. 주목되는 점은 미역과 팽생이모자반은 성숙기 이후에 엽체가 완전히 소멸되어 밀도가 0에 이르며, 방출된 포자가 일정한 시간 후에 다시 가입하여 성장하는 밀정한 밀도를 이루는 일년생의 생활사를 보인다는 것이다.

다. 종의 해중립 조성용으로서 가지는 적합도 평가

(1) 생태적 측면

광합성률이 가장 높은 종은 미역이며, 그 다음으로 팽생이모자반이 높은 값을 보였다. 곰피와 외톨개모자반은 유사한 값을 보였다.

상대성장률은 시기에 따라 복잡하게 변화하나, 성장기간 중 단위시간당 단위 무게 당 물질생산량이 가장 높은 종은 외톨개모자반이었고, 미역, 팽생이모자반, 그리고 곰피의 순으로 높았다.

대개의 해조류들은 성장기간 중에는 생리적 화학물질을 방출하여 부착동물이 착생하는 것을 억제하나, 엽체가 노성해질수록 이러한 물질의 분비량이 줄어들고 부착생물의 착생율이 높아진다. 따라서 대개의 부착동물은 엽체가 노성해지는 시기에 관찰되는 것들이다. 엽면에 부착동물을 가장 많이 갖는 종은 외톨개모자반(총 10종)이며, 곰피가 5종, 그리고 미역과 팽생이모자반이 각 1종이었다. 특히 외톨개모자반에 많은 표면부착동물들이 서식할 수 있는 것은 이들이 다년생으로 해를 넘겨 살아갈 수 있는 줄기와 1차 가지가 있어 이곳이 부착동물의 좋은 착생기질로 작용하기 때문이다. 곰피에서는 엽체가 성숙기에 이르러 노성해지는 시기에 따개비(*Balanus trigonus*) 및 석회관갯지렁이(*Serpula vermicularis*) 등이 다량으로 착생하게 된다.

목록된 대부분의 해조류가 가입하여 그 크기가 소형인 어린 시기에는 대부분의 초식 동물에 의해 섭이될 수 있으나, 개체의 크기가 증가하면서 이러한 초식압으로부터 벗어날 수 있다.

다시마목 식물에 속하는 미역과 곰피의 경우 부착기, 줄기, 엽상부로 그 형태가 단순하기 때문에 상호 비교하기가 용이하다. 두 종의 경우 미역의 엽면적지수(LAI)가 곰피에 비해 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다. 반면 모자반목에 속하는 외톨개모자반과 팽생이모자반의 체형은 다시마과 식물과 많이 다르다. 외톨개모자반은 월년하는 뿌리와 줄기부가 있고, 매년 소가지가 달린 주축(main branch)이 여러 개 자라난다. 반면 팽생이모자반은 단년생으로 해마다 자라는 하나의 주축에 여러 개의 소가지가 있고, 소가지에 다시 곁가지가 밀생하여 형성되어 있다. 그러므로 다시마목 식물과 동일한 방법으로 엽면적지수를 측정하기 곤란하다. 그러나 이들은 엽장에 비례하여 가지의 수가 형성되고, 이들이 엽면적지수를 결정하는 주요 요소이기 때문에 단순히 엽장으로서도 엽면적지수를 개략적으로 가늠할 수 있다. 이 가정을 토대로 볼 때, 엽면적 지수가 가장 높은 종은 팽생이모자반, 외톨개모자반, 미역, 그리고 곰피의 순임을 알 수 있다.

(2) 경제적 측면

어떤 종이 가장 빠른 시간 내에 숲을 형성하는가를 파악하여 조성에 소요되는 시간과 노력을 단축하기 위해 각 종의 엽장의 절대성장률(absolute growth rates)을 구한 결과는 그림 3-1-5와 같다. 성장기간 중 절대성장률이 가장 높은 종은 팽생이모자반(9.09cm/day)이었으며, 외톨개모자반(2.29cm/day), 미역(1.255cm/day), 그리고 곰피(0.64cm/day)의 순으로 높았다.

네 종 모두에 있어 11월에 관찰된 미역의 경우와 7월에 관찰된 외톨개모자반의 경우를 제외하고는 안정성 수준은 1.0을 넘지 않을 정도로 생체량에 있어 연도별 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 이들 종이 개체군 동태에 있어 매우 안정되어 있음을 나타내고 있다.

(3) 적합종 결정

아직까지 각 종이 생태계 내에서의 기능적 또는 경제적 측면에서의 가치가 정량적으로 충분히 분석되지 않았고, 특히 이를 평가하기 위한 각 기준간에 어느 것이 더 크게 작용하는지에 대해서는 면밀히 분석되지 않았다. 그러므로 적합도는 단순히 각 기준에 대해 각 종의 상대적 우월성을 1부터 4까지 순위로 나타낸 후 이를 평균하였다. 우월도를 구분할 수 없을 때에는 동일한 순위를 주었다. 생활사는 앞서 기준항목으로 검토되지 않았으나, 단년생보다는 다년생이 한번 조성된 뒤 오랫동안 숲으로 지속된다는 가정 하에서 조성 후 유지비용 및 노력을 줄일 수 있다고 판정하였다. 이 경우 다년생인 곰피와 외톨개모자반의 순위가 미역과 팽생이모자반에 비해 높게 책정되었다. 이상을 종합해 볼 때, 순

위가 가장 높은 종은 외톨개모자반(15)이었고, 다음으로 팽생이모자반(17)과 미역(17)이 같은 값을, 그리고 곰피(20)가 가장 낮은 값을 보였다.

라. 해중립 조성 방법의 확립

(1) 해중립 어초의 설계

1단계 3차년도에서 적용된 해조어초의 설계개념은 무엇보다도 이식 또는 자연 채묘된 해조류의 성장과 생존에 적합하여야 한다는 것이다. 특히 본 바다목장해역과 같이 저층의 퇴적물이 니질로 이루어져 왕성히 재부유되는 곳에서는 이식된 어린 개체 또는 자연 가입된 포자들이 퇴적물에 의해 쉽게 파 물일 수 있다. 이러한 점들을 고려하여 설계된 해조어초는 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.

(2) 종묘생산 및 이식기술

(가) 종묘생산기술

2000년, 2001년, 2002년 9월과 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 발아율은 접종 3일후 조사되었다. 발아율은 수온 간 뚜렷한 차이가 있으며(Two-way ANOVA: T, $P < 0.001$), 이러한 차이는 연도 간 일정하다(Two-way ANOVA: Yr x T, $P > 0.05$).

(나) 종묘이식기술

종묘의 이식방법에 있어 어느 정도의 밀도가 개체군의 성장에 가장 적합할 것인가를 알기위해 2002년 2월과 2003년 2월에 채묘줄에 착생한 곰피종묘(평균엽장 1.4mm)를 서로 다른 밀도(70, 140, 400, 800개체/100cm²)로 부착판(50 x 50 cm)에 감아 수심 2m에 양성하고 5개월 동안 성장시킨 후 가장 큰 20개체를 선택하여 개체의 크기(frond length)와 중량을 비교하였다. 2002년과 2003년의 반복된 실험에서 공히 개체의 성장은 종묘의 밀도에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

마. 해중립 조성용 시설물의 효과분석

2003년 8월에 지금까지 투입된 해중립 조성용 시설물에 부착한 해조류 및 부착동물의 피도(%)를 조사하였다. 2002년 3월에 투입된 테트라포드에 부착한 해조류 및 부착동물의

피도는 34%로 다른 어초에 비해 대단히 낮고, 해조류의 피도도 12%에 불과하였다. 테트라포드를 제외한 다른 종류의 시설물에서는 부착생물의 피도가 60% 이상이였다. 2002년 11월 이후에 투입된 자연석, 복합형 그리고 해조어초에서의 해조류 피도는 8~12% 수준에 불과하였고, 부착동물의 피도가 해조류의 피도보다 상대적으로 높았다. 반면 2002년 4월에 투입된 해조어초에서는 해조류의 피도(71~85%)가 부착동물에 비해 상대적으로 높았다. 2002년 4월에 투입된 해조어초에 감태 및 곰피를 이식한 것과 이식하지 않은 것의 차이는 대단히 뚜렷하였다. 감태 및 곰피를 이식한 것에서는 이 두 종의 피도가 70% 이상으로 대단히 높았고, 그렇지 않은 것에서는 우뚝가시리, 잎꼬시래기, 구멍갈파래 등의 turf-forming species가 기질의 대부분을 차지하여 해중립 조성을 위해서는 대형 갈조류의 이식이 필수적임을 나타내고 있다.

제 2 절 인공어초

1. 서 론

바다목장화 조성의 목적은 바다의 생산력을 충분히 이용하거나 그 해역의 생산기구를 재편함으로써 어장을 종합화하고, 생산의 효율화를 도모하여 대상 종의 생산력을 향상시키는 데 있다. 유용종의 생산 증강을 도모하기 위해서는 먼저 그 해역에 있어서 수용력이 문제가 되며, 원칙적으로는 바다의 수용력은 시간적 측면에서 보면 변동하는 것이지만, 그때 당시의 바다의 물리적 환경과 생물 간의 경합에 의해서 포화상태로 되는 과정에서 균형을 유지하려고 한다.

따라서 그 해역에서 특정의 종을 증가시켜 새로운 바다의 생물환경을 조성하기 위해서는 인위적인 수용조건의 개량이 필요하다. 그의 대표적인 방법의 하나로는 어떤 해역에서의 시간적, 공간적 어업생산의 미 이용 부분을 유효하게 이용하는 것이다. 이것에 대한 주요한 접근 방법으로는 대상해역을 적극적(직접적)으로 이용하는 방법인 자원첨가 이용형과 소극적(간접적) 이용방법인 잠재자원 이용형을 들 수 있다(日本農林技術會事務局, 1989). 전자는 미이용 자원을 증강하고자 할 경우에는 현재의 연쇄계의 수용력 안에서 자원을 투입(종묘방류)한다든지, 수용력의 일부를 공간적으로 구획하고 먹이를 투입하여 양식종을 육성(양식)하는 방법을 말한다. 한편, 후자는 현행 연쇄계를 인위적 수단에 의해서 확대한다든지, 혹은 기초생산력을 증강함으로써 간접적으로 자원의 증가를 도모하는 방법을 말한다. 하지만, 어떤 방법으로 대상해역을 개발하여 이용할 것인가에 대한 것은 해역마다 특성이 다르기 때문에 일률적으로 적용하기는 어려우며, 대상해역을 잘 파악하여 그 해역의 특성에 적합한 어장조성 개발방법을 도입해야 한다.

2. 결과

가. 통영바다목장 내에 시설된 연구용 어초에 대한 시설위치확인 및 매물특성조사

바다목장 조성지 20 km² 내에 시설된 연구용어초에 대하여 Side Scan Sonar를 이용하여 조사하였다. 시설된 연구어초는 재질별로는 강제어초가 10종 (피라밋강제어초, 행동시험용 강제어초, 연약지반형 강제어초, 강제해조용어초, 육성용강제어초, 강선+피라밋강제어초, 신형강제어초, 2단상자형 강제어초, 로프-강제 복합어초, 원형강제어초), 콘크리트어초가 6종(상자형어초, 사각어초, 반구형어초, 연안다목적용어초, 조립식 사각형어초, 탄약운반선), 폴리프로필렌 어초가 2종(PP조립형상자어초, PP조립형커텐어초), 목재 1종(목선어초), 기타 6종 등 모두 25종으로 확인되었다.

시설 수심대별 어초종류를 보면, 10 m 이천에 시설된 어초의 종류는 6종이며 종류로는 어패류용 세라믹어초, 강제해조용어초, 연안다목적 어초, 로프-강제복합어초, 인조해조장어초, 자연석 등이다. 그리고 10~20 m에 시설된 어초는 12종이며, 시설된 어초의 종류는 행동시험용 강제어초, 사각어초, 신형강제어초, 연약지반형 강제어초, 목선쌍둥어초, 대형사각구조물, 피라밋강제어초, 사각구조물, 반구형어초, 인조해조장, PP조립형 상자어초, PP조립형커텐어초 등이다. 수심 20~30 m에 시설된어초는 9종으로, 상자형어초, 연약지반형강제어초, 목선어초, 사각어초, 상자형강제어초, 2단상자형강제어초, 로프-강제복합초, 조립식사각어초, 육성용강제어초 등이다.

한편으로 수심 30~40 m에 시설된 어초는 6종으로 피라밋강제어초, 연약지반형강제어초, 2단상자형강제어초, 사각어초, 2단상자형강제어초, 육성강제어초 등이며, 40 m 이상의 수심에 시설된 어초는 2종으로 그의 종류는 강선+피라밋강제어초, 탄약운반선+2단상자형어초이다.

통영바다목장조성지에 시설된 연구용어초 시설량은 사각어초(2×2×2 m)를 제외하면 329개이며, 이들 어초는 안정된 상태로 시설되어 있었다. 본 연구와 관련하여 조사 항목 중 수심도, 어초시설도(종합정보도)는 별책으로 발간할 예정이다.

나. 통영바다목장 내의 수심 40 m 이상의 지역에 어초시설을 위한 탄성과 조사

통영바다목장 조성지 내에 조피볼락 등 방류한 어류가 어느 정도 성장(미성어, 성어)한 후, 수온이 하강하는 동계에는 수심이 깊은 곳으로 이동할 것으로 예상됨으로 수심이 40 m 이상인 곳에 대하여 어초시설을 위하여 해저 지층 구조를 파악하고자 다음과 같이 탄성과 및 저질조사를 수행하였다.



그림 3-1. 통영바다목장 내에 시설된 연구어초의 시설 위치도.

다. 수심 40 m 이상의 지역에 시설될 어초의 구조형태, 배치형태

어초 배치형태는 어초 단체의 구조형태, 어초 시설높이, 시설면적, 단위어초의 규모, 단위어초 간에 거리, 천연초와의 관계 등에 따라 어초 시설효과는 크게 달라진다. 본 연구에서는 40 m보다 깊은 곳에 시설할 조피블락, 참돔 어초의 적정구조, 배치형태에 대하여 조사하였다.

(1) 적정 어초 구조

통영 바다목장 내의 40 m 내에 시설될 어초의 적정 구조로는 된 지금까지 개발된 인공어초와 달리 특정 어종(조피블락, 참돔) 생태 및 저질 등 서식환경에 적합한 구조가 바람직하다

고 판단된다. 내부 구조는 은신처가 많이 확보될 수 있도록 부재 간격을 좁게 설계하여 방류된 조피볼락 치어가 포식어에게 식해되지 않도록 하고, 외부 구조는 어초 바깥면을 면구조로 하여 풍부한 음영을 갖도록 함으로써 미성어, 성어 등의 서식 및 산란에 적합하도록 하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한, 어중에 따라서는 서식 수층이 상이함으로 동일 어초의 구조 형태를 2원화시켜 높이가 2 m 이하인 부분은 주축성이 강하고 음영을 좋아하는 조피볼락 등과 같은 어류의 서식에 적합한 면구조, 2 m 이상은 시각 및 청각 자극에 강하게 반응하는 참돔, 감성돔, 돌돔 및 농어 등의 어류 서식에 적합한 테구조가 바람직할 것이다. 특히, 우리나라 연안해역의 저질은 대부분 니질 함량이 많기 때문에 어초 시설 후 매몰을 방지하기 위해 어초 저면에 단위하중을 감소시킬 수 있는 공법도 강구하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

(2) 통영바다목장을 위한 어초의 최적 배치도

(가) 어초어장 조성규모 산정

어초어장을 조성함에 있어 대상 생물의 자원 및 생태에 적합한 어초배치는 상당히 중요한 요소이다. 통영해역 바다 목장화의 경우 조피볼락을 주 대상어종으로 하였으며, 참돔과 볼락 자원도 함께 증대하도록 하였다. 어업대상 어구는 낚시와 연승으로 하였다. 어초어장의 기능별 조성을 위해서는 패류용 어초, 유치자어용 보육초, 미성어 육성초, 친어 보호초, 성어 어획초 등으로 나누어 배치하는 방안을 검토하였다.

(나) 어초어장의 최적 배치도

통영해역 바다 목장을 조성함에 있어 패류의 경우 주위에 암반이 없는 곳에서는 어초를 서로 연계하여 병렬로 시설하는 것이 바람직하다고 생각된다. 그러나 암반이 있을 경우 암반과 조합시켜 분산 배치하여도 좋을 것이다. 유치자어용 보육초나 미성어 육성초는 기와초와 같이 내부구조가 복잡한 어초를 시설해야 하며, 어초의 시설 간격은 어초 시설 높이의 6배가 넘지 않는 것이 바람직하다. 친어의 보호초는 대상으로 하는 친어의 산란 생태에 적합한 구조를 갖는 어초를 시설해야 하며, 부착란을 산란하는 어류의 경우 표면적이 넓은 어초구조, 부성란의 경우 조류 등에 의해서 일산되지 않는 구조가 바람직하다. 이와 함께 난에서 부화한 치자어가 서식할 수 있는 보육용 어초도 친어용 어초와 함께 병행시설하는 방법도 고려할 필요가 있다.

라. 통영바다목장 내의 20년 이상 경과된 어초에 대한 보강방법 및 수량 조사

(1) 통영바다목장 내에 시설된 인공어초의 기능성 조사

(가) 콘크리트 강도조사

인양된 콘크리트어초는 종류와 시설연대에 관계없이 균열은 발견되지 않았다. 또한 콘크리트 부식이나, 철근부식도 발견되지 않았으며, 후자와 관련해서는 시설시 부분 파괴

되어 노출된 철근은 검붉은 색으로 덮여있었다. 이것은 해수 중에서 철근이 부식됨을 의미한다. 한편, 부착생물에 의한 균열도 확인되지 않았다.

한편, 채취한 코아의 압축강도는 25년 경과한 어초는 9.9 N/mm², 23년의 것은 15.0 N/mm², 21년과 18년 경과한 어초는 12.2, 21.4 N/mm²를 각각 나타내었다. 어초의 시설 경과 연도별 반발강도 값과 코아의 강도 값은 서로 경향이 다르게 나타났으며, 21년과 25년 경과한 어초에서 코어강도 값이 낮게 나타났다.

(나) 철근부식조사

콘크리트 내에서 철근은 아주 얇은 FeO의 피막으로 덮여있다. 이 막은 부동태 피막이라고 부르고 있으며, 불침투성으로 알칼리환경에서 철근 표면에 강하게 고착되어 있다. 금속이온은 부동태 피막이 파괴될 때까지 양극반응에 이용될 수 없으나, 콘크리트 내의 pH가 11.5 이하로 내려가게 되면 파괴되어 부식을 일으키게 된다. 부식은 양극반응과 음극반응에 의해 일어나며, 금속이온이 녹으로 변하는 과정에서 체적의 팽창을 야기하게 된다. 체적의 팽창은 산화상태에 따라 다르나, 원래 체적의 6배에 이른다.

철근 부식은 Cl이온이 존재할 경우, Cl/OH의 비에 따라 차이는 있지만, 콘크리트 내의 pH가 11.5 이상일 경우에도 부동태 피막이 파괴된다고 알려져 있다. 그러나 이와 같은 이론은 산소가 공급되는 환경에서는 적용된다 할지라도, 산소가 상대적으로 적은 수심이 비교적 깊은 해양환경 하에서는 이런 메카니즘은 적용되지 않을 수도 있다.

본 조사 결과에서는 염분량이 많음에도 불구하고 콘크리트 어초 내의 철근에서 녹이 관찰되지 않았다. 이것은 여러 가지 원인이 있겠으나, 산소가 상대적으로 적다는 것이 큰 원인이라고 생각된다. 이러한 결과를 토대로 철근 피복 두께를 고려할 때 최소한 4 cm 정도면 바람직하다고 판단된다.

(2) 20년 이상 경과된 어초에 대한 보강방법 및 수량 조사

통영바다목장 내에 시설된 어초에 대하여 보강 및 재 시설 여부를 평가하였다. 평가를 하게 된 원인은 자원조성에 대한 인공어초의 기능이 시대적으로 변하고 있고, 어획방법의 발달로 인한 조업 규모의 합리적인 설정이 필요하며, 낚시, 연승, 자망, 권현망 등 업종간의 합리적인 어장 이용 방안의 모색이 필요하기 때문이다.

현재 어초의 기능은 자원배양기능을 중요시 하므로 대상으로 하는 종에 대하여 생태를 파악한 후 생태에 적합한 조건을 어초의 구조와 배치 등 시설에 반영하여 한다. 또한, 내유자원량과 이용 면적의 개념인데, 후자의 경우 인공어초의 인근 어업인들의 조업방법, 조업척수 등을 고려해야 한다. 그러나 이와 같은 자료는 체계적으로 조사하는 데에 2~3년 이상이 소요되기 때문에 본 조사에서는 현재 인공어초시설사업에 적용하고 있는 인공어초시설사업집행 및 관리요령에 의거 제시하였다(해양수산부, 2002).

제 3 절 구조물의 입체적 공간 활용기술

1. 서론

경상남도 통영시는 80년대부터 우리나라의 어류양식 중심지로 부각되기 시작하여 현재 많은 종류의 어류양식업들이 성행하고 있는 곳이다. 특히 가두리 양식업이 활발히 이루어지고 있고, 바다목장해역 주변에서도 이들 가두리 양식업이 성행하고 있다.

지금까지의 바다목장사업의 결과를 보면 현재 바다목장을 위한 중간 육성장으로 활용 중인 가두리양식시설은 어류생산시설로서 뿐만 아니라 볼락류와 같은 정착성 어종들에게는 좋은 부어초(浮魚礁) 역할을 하고 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 해상 가두리를 바다목장을 위한 하나의 시설물로 간주 할 수 있을 것이며, 이를 활용한 어장조성방안이 마련되어야 할 필요가 있다. 이런 맥락에서 2단계 1차 년도에서는 현재 바다목장해역 내 설치되어 있는 해상 가두리를 어류양식시설 및 부어초라는 하나의 복합적 시설물로 간주하고, 가두리 주변 해저면의 자연암반과 바다목장을 위해 인위적으로 투입된 어초 등의 각종 구조물을 연계하여 이루어지는 입체적 어장조성모델(안)을 제시한 바 있다. 2단계 2차년도에서는 가두리양식 시설 아래에 어초를 투입하여 부어초(가두리) 및 해저면 어초로 이루어진 입체적 어장을 실험적 규모로 조성하고 이 어장에서 기대되는 생산량을 되는 가두리 및 어초 단독으로 얻을 수 있는 생산량과 비교하여 제시하였다.

그러나 가두리 양식어장에서 투입되는 사료와 양식되는 어류로부터 방출되는 배설물은 부영양화의 근원이 될 수밖에 없으므로 가두리 어장을 활용한 입체적 어장조성을 위해서는 가두리로 인한 부영양화 저감방안이 마련되어야 하겠다. 그러므로 금년도 연구사업에서는 가두리 주변의 질소 등 이화학적 환경특성 파악 및 해조류의 질소 섭취력을 토대로 한 bioremediation의 적용을 우선적인 사업내용으로 삼았다.

2. 결과

가. 해조류의 질소 섭취력 분석

곰피를 대상으로 서로 다른 수온에서의 흡수력 차이, 서로 다른 빛 조건에서의 흡수력 차이, 그리고 서로 다른 시료량에서의 흡수력 차이를 예비실험을 통해 알아보았다. 우선 수온에 따른 차이를 볼 때, 10℃에서의 흡수력이 15℃ 이상에 비해 크게 낮았고, 15~20℃에서는 15℃에서의 흡수력이 가장 높았다. 이로부터 곰피의 질소흡수력은 temperature optima를 갖는 것으로 보인다. 마찬가지로 곰피는 빛에 대해서도 optima를 갖는 것으로 보인다. 즉 10 $\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서의 질소 흡수력은 30 $\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$ 이상의 흡수력에 비해 낮다. 그러나 30~120 $\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서는 30 $\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$ 에서 질소 흡수력이 가장 높았다. 질소흡수력은 시료량이 많을수록 낮아졌다.

나. 가두리어장 주변의 질소분포 특성

바다목장해역에 설치되어 있는 가두리어류양식장으로부터 영양염이 어디까지 확산되는지를 파악하기 위해 설치된 2개의 정선에서 계절별로 조사하였다. 표층과 저층의 총질소만을 고려해 볼 때, 2003년 1월과 4월에는 가두리(0m)가 인접된 정점(10, 20m)에 비해 높은 값을 보였지만, 2003년 7월과 10월에는 가두리보다 인접된 정점에서 높은 값을 보였다. 이는 가두리에서 유발되는 부영양화가 가두리 주변에만 국한된다는 것을 나타내고 있다. 가두리와 떨어진 곳(예 300m)에서 나타나는 높은 값은 해역의 수심이 얕고 저층이 니질 퇴적물(질소의 공급원)로 구성되어, 해수유동에 의해 저층 퇴적물이 빈번하게 재부유되기 때문이다.

가두리어장에서 일어나는 부영양를 보다 자세히 알아보기 위해 2003년 7월에 24시간 연속관측을 실시하였다. 연속관측시에는 질소 외에도 무생물학적 환경요인(수온, 염분, 염분, 용존산소, 탁도, 유속)을 같이 측정하였다. 영양염의 농도는 하루 중 시간에 따라 변화하며, 총질소량은 용존산소를 제외한 그 어떤 무생학적 환경요인과의 유의한 상관관계를 가지지 않았다.

표 3-1. 총질소량과 무생물학적 환경요인과의 다중회귀분석

Variables	Estimate	Std Error	Std coef	Tolence	t	P
Constant	-39.733	490.079	0.000		-0.081	0.936
Current speed	0.157	0.291	0.148	0.481	0.541	0.595
Temperature	-0.02	4.495	-0.001	0.417	-0.005	0.996
Salinity	3.803	15.016	0.082	0.344	0.253	0.803
Turbidity	-0.765	2.479	-0.078	0.561	-0.309	0.761
DO	-6.289	2.946	-0.613	0.436	-2.135	0.047
ANOVA						
Source	SS	df	MS	F-ratio	P	
Regression	472.91	5	94.581	1.972	0.132	
Residuals	863.37	18	47.965			

다. 저서동물의 공간분포

총 73종이 출현한 대장두도의 경우 다모류가 32종(43.8%)으로 가장 많은 출현을 보였으며, 다음으로 갑각류가 21종(28.8%), 연체동물이 14종(19.2%) 출현하였다. 이들 3개 동물 문이 전체 출현종의 91% 이상을 차지하고 있었으며, 그 외에 극피동물을 포함한 기타 동물 문에서 6종이 출현하였다. 계절별로는 37~47종 범위로 따른 큰 차이를 보이지는 않았다. 곤리도의 경우 총 70종 저서동물이 출현하였으며, 다모류가 46종(65.7%)으로 가장

많은 출현을 보였으며, 다음으로 연체동물이 13종(18.6%) 출현하였다. 이들 2개 동물 문이 전체 출현종의 84.0% 이상을 차지하고 있었으며, 그 외에 갑각류 4종, 극피동물을 포함한 기타동물 문에서 7종이 출현하였다. 계절별로는 40~47종 범위로 큰 차이를 보이지는 않았다.

표 3-2. 통영해역의 각 정점에서 출현한 저서동물의 분류군별 종수, 개체수 및 생체량

Taxon		Station		
		Sea cage	Soft bottom	
Annelida	Polychaeta	No. of species (%)	32 (43.8)	46 (65.7)
		Density (%)	1,588 (47.5)	1,738 (79.7)
		Biomass (%)	30.4 (12.2)	15.8 (12.2)
Mollusca	Bivalvia	No. of species (%)	5 (6.8)	10 (14.3)
		Density (%)	438 (13.1)	183 (8.4)
		Biomass (%)	110.4 (44.3)	38.4 (59.4)
	Gastropoda	No. of species (%)	9 (12.3)	3 (4.3)
		Density (%)	348 (10.4)	38 (1.7)
		Biomass (%)	10.6 (4.3)	1.3 (2.0)
Subtotal	No. of species (%)	14 (19.2)	13 (18.6)	
	Density (%)	786 (23.5)	221 (10.1)	
	Biomass (%)	121.0 (48.5)	40.0 (62.0)	
Arthropoda	Decapoda	No. of species (%)	4 (5.5)	1 (1.4)
		Density (%)	63 (1.9)	33 (1.5)
		Biomass (%)	13.3 (5.3)	0.9 (1.4)
	Amphipoda	No. of species (%)	15 (20.5)	3 (4.5)
		Density (%)	504 (15.1)	92 (4.2)
		Biomass (%)	1.4 (0.6)	0.1 (0.2)
	Others	No. of species (%)	2 (2.7)	-
		Density (%)	221 (6.6)	-
		Biomass (%)	4.2 (1.7)	-
Subtotal	No. of species (%)	21 (28.8)	10 (14.3)	
	Density (%)	788 (23.5)	12.5 (5.7)	
	Biomass (%)	18.9 (7.6)	1.0 (2.0)	
Others	No. of species (%)	6 (8.2)	7 (10.0)	
	Density (%)	183 (5.5)	96 (4.4)	
	Biomass (%)	79.1 (31.7)	8.1 (12.0)	
Total	No. of species (%)	73	70	
	Density (%)	3,344	2,179	
	Biomass (%)	249.4	64.9	

개체수 측면의 경우 가두리가 설치된 대장두도 해역과 곤리도 해역에서 각각 3,344 ind./m²와 2,179 ind./m²의 저서동물이 출현하였다. 대장두도 해역에서는 다모류가 1,588 ind./m²(47.5%)로 가장 많이 출현하였으며, 연체동물의 경우 종수에서는 복족류가 이때 패류에 비하여 많이 출현하였으나, 개체수에서는 각각 348 ind./m²와 438 ind./m²로 나타났다. 한편 절지동물에서는 단각류가 504 ind./m²로 출현하여 전체 절지동물 출현 개체수의 64.9%로 많은 부분을 차지하고 있었다. 계절별로는 2,570~4,260 ind./m² 범위로 여름철에 개체수의 증가가 일어나고 이후 다른 계절에 감소하는 경향을 보였다. 곤리도 해역에서도 역시 다모류가 1,738 ind./m²(79.7%)로 대부분을 차지하고 있었으며, 다음으로 연체동물이 221 ind./m²(10.1%)로 출현하였다. 연체동물에서는 이때패류가 183 ind./m²로 대부분을 차지하고 있었다. 계절별로는 1,817~2,700 ind./m² 범위로 큰 차이를 보이지는 않았다.

생체량의 경우 가두리가 설치된 대장두도 해역과 곤리도 해역에서 각각 249.4 gwwt/m²과 64.9 gwwt/m²로 나타나 해역별로 상당히 큰 차이를 보이고 있었다. 대장두도 해역의 경우 연체동물이 121.0 gwwt/m²(48.5%)로 가장 높은 것으로 나타났으며, 이 중 이때패류가 110.4 gwwt/m²로 대부분을 차지하고 있었다. 다음은 극피동물을 포함하는 기타 동물류로 79.1 gwwt/m²의 생체량을 보였다. 곤리도 해역의 경우에서도 역시 연체동물이 40.0 gwwt/m²(62.0%)로 가장 우점하는 분류군으로 나타났다. 또한 대장두도 해역에서와 마찬가지로 이때패류가 38.4 gwwt/m²로 대부분을 차지하고 있었다. 다음은 환형동물의 갯지렁이류로 15.8 gwwt/m²(12.2%)의 생체량을 보였다.

각 해역에서 출현하는 저서동물을 서식 유형 및 형태적 특성에 따라 기능성군으로 구분하여 살펴본 결과 다모류의 경우 가두리 해역에서는 긴자락송곳갯지렁이, 구슬수염갯지렁이류, *Dorvillea* sp., *Sigambra tentaculata* 등의 유재류에 속하는 종들의 출현이 우점하였으나, 연질기저 해역에서는 반대로 정재류의 출현이 우점하였다. 연질기저 해역에서는 내서성인 양손갯지렁이의 출현이 가장 우점한 것으로 나타났다.

연체동물의 경우 가두리 해역에서는 기질에 부착하는 특성을 지닌 이때패류의 출현이 뚜렷하였으며, 연질기저 해역에서는 붉은줄점시조개(*Nitidotellina nitidula*)와 반지락(*Ruditapes philippinarum*)과 같은 내서성 이때패류만이 출현하였다. 특히 가두리 해역의 경우 연질기저로 이루어진 해역임에도 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*)와 굴(*Crassostrea gigas*) 같이 경질기저에 부착하는 습성을 가진 종이 상대적으로 많이 출현하였다.

라. 저서동물군집

각 해역에서 출현한 저서동물은 가두리 해역과 연질기저 해역으로 이루어진 뚜렷이 구분되었으며, 각 해역에서의 계절성은 뚜렷하지 않았다. 이러한 경향은 각 해역에서 우

점하게 출현하는 다모류 및 연체동물의 종조성에 의한 것으로 해역의 특징을 잘 반영해 주고 있었다. 주성분 분석을 통한 결과에서도 통영 해역에서 출현한 저서동물은 계절성을 보이기보다는 공간적으로 분포하고 있었으며, 각 해역에서 출현하는 기능성군의 특성에 따라 군집의 구성이 좌우되고 있는 것으로 나타났다.

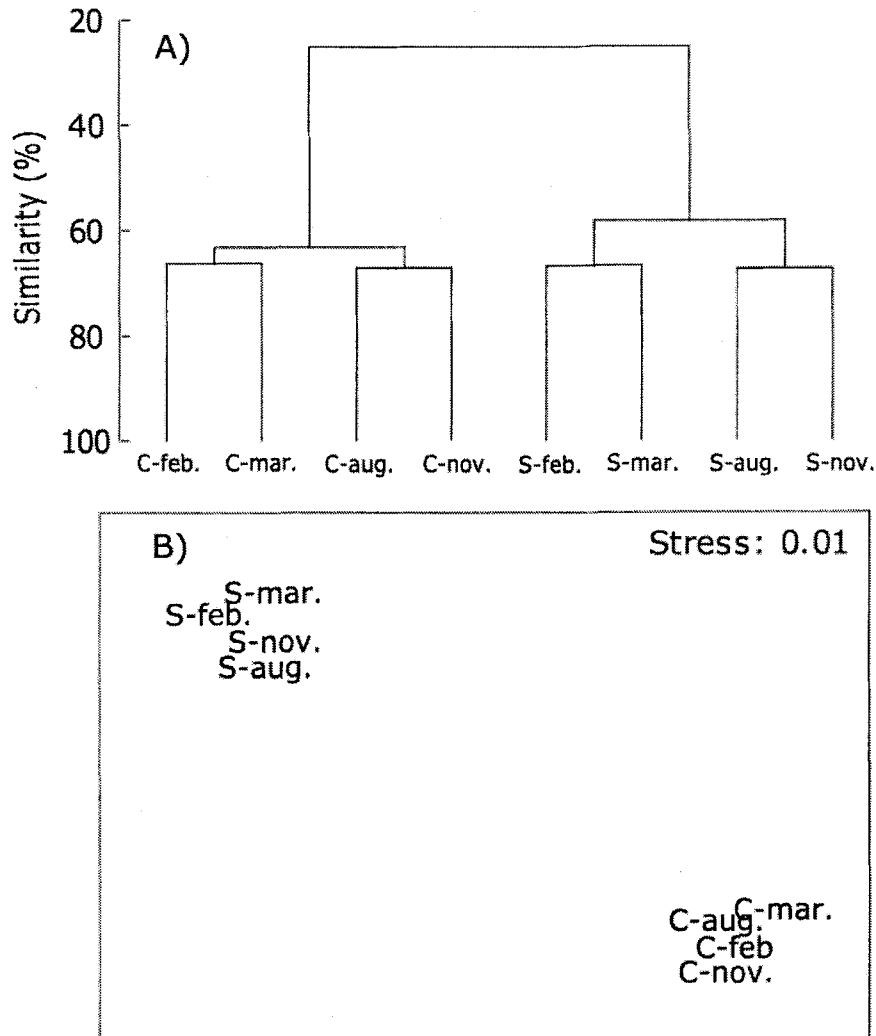


그림 3-2. 대장두도 가두리 해역과 곤리도 연질기저 해역에서 출현한 저서동물의 개체수 자료를 이용한 수지도(A) 및 위치도(B).

마. 가두리에서 탈락하는 지중해담치의 양

동일한 연급군으로 이루어진 당해 연에 가입된 부이에 부착하는 지중해담치를 대상으로 연간 생산량과 탈락률을 파악해 보았다. 밀도의 경우 최초 가입이 이루어진 4월에 1,688 ind./m²로 가장 높았다가 7월에 560 ind./m²로 급격히 감소하는 경향을 보이다가 이후 약간 감소 폭이 줄어들다가 조사 마지막인 12월에 400 ind./m²로 가장 낮은 값을 보였다.

생체량과 생산량은 모두 4월 이후부터 급격히 증가하기 시작하여 9월에 평균 179.2 gwwt/m²로 가장 높은 값을 보인 후 감소하는 경향을 보이고 있었다. 한편 탈락률을 살펴보면 시간의 흐름에 따라 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이제까지 결과를 종합해 보면 통영 가두리 시설에 부착하는 지중해담치의 연간 단위면적당 생산량은 약 41 kg이었으며 이는 생산량의 99.8%가 탈락되는 것으로 나타났다.

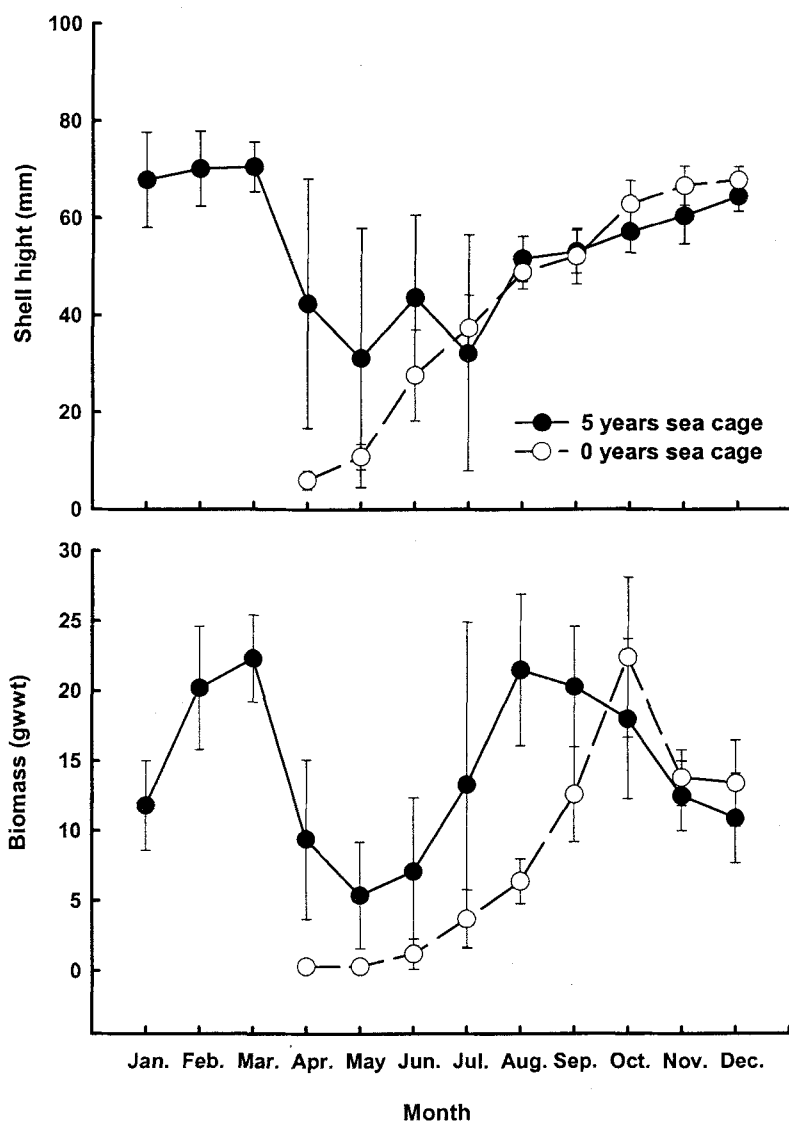


그림 3-3. 가두리 시설에 부착하는 지중해담치 각고와 생체량의 월변동.

바. 저서동물에 대한 먹이 선택도

각 해역별 출현하는 아므르불가시리의 섭식 참여율 조사한 바에 의하면 가두리 해역의 경우 각 계절별 출현하는 아므르불가사의 45.1~68.7%가 섭식 활동 중이었으며, 경질

기저 해역과 연질기저 해역에서는 각각 50.0~68.3%, 27.8~31.8%가 섭식 활동 중이었다. 따라서 전체적으로 보면 계절에 따른 차이는 없는 것으로 보이며, 연질기저 해역에 출현하는 아므르불가사리의 섭식 참여율이 상대적으로 낮았다. 또한 각 해역에서의 주된 먹이 섭식 방법은 뚜렷이 차이를 보였는데, 연질기저 해역에서는 섭식에 참여하는 모든 개체가 내서생물을 섭식하기 위해 퇴적물을 파는 행동을 보이고 있었다.

통영 가두리 해역에서 출현한 아므르불가사리의 위 내용물에 대한 조사결과 총 10종의 저서동물이 출현하였다. 출현한 종을 동물분류군 별로 살펴보면 연체동물이 6종, 갑각류가 2종 그리고 다모류와 성구동물류에서 각각 1종이 출현하였다.

경질기저 해역의 아므르불가사리 위 내용물에서는 총 7종의 저서동물이 출현하였다. 출현 종을 분류군 별로 살펴보면 연체동물이 4종, 갑각류가 2종, 극피동물이 1종이었다. 연질 기저해역의 아므르불가사리 위 내용물에서는 총 11종의 저서동물이 출현하였다. 출현 종을 분류군 별로 살펴보면 연체동물이 7종으로 가장 많았으며, 이 중 5종이 이매패류였다. 또한 갑각류, 극피동물류, 성구동물류, 자포동물류에서 각각 1종씩 출현하였다.

사. 지중해담치에 대한 포식

(1) 포식량

아므르불가사리 각 체장군에 따라 지중해담치의 포식량을 실험한 결과 대형군에서는 하루 2.9 ± 1.3 개체의 지중해담치를 포식하였으며, 중형군과 소형군에서는 각각 3.3 ± 1.3 개체와 2.4 ± 0.4 개체를 포식하는 것으로 나타났다.

각 체장군별 포식된 지중해담치의 건중량 비교해보면 대형군에서 가장 높은 1.2 ± 0.9 g/day 였으며, 중형군에서는 0.93 ± 0.6 g/day, 소형군에서 0.38 ± 0.1 g/day로 가장 낮았다. 한편, 포식된 지중해담치의 생체량에 대한 아므르불가사리의 생체량 비에서는 반대의 결과가 나타났다. 이는 어린 개체에서 더욱 왕성한 포식 활동이 일어나고 있음을 나타내는 것이다.

(2) 가두리에서 탈락된 지중해담치의 소비량

가두리시설의 부이에서 생산되는 지중해담치의 연간 총생산량은 약 43.4 kg이며 약 98%가 탈락하므로 단위 면적당 탈락하는 지중해담치량은 약 43.3 kg이다. 따라서 통영 해역에 탈락으로 인해 퇴적되는 지중해담치의 약 44.3% 정도를 아므르불가사리가 포식하는 것으로 나타났다. 이러한 소비율을 아므르불가사리의 최대, 평균, 최소 포식률로 비교해 보면 최대 80%의 지중해담치를 소비할 가능성이 있으며, 적어도 19%는 소비하는 것으로 나타났다.

제 4 장 자원조성기술

제 1 절 방류용 우량 종묘 생산 및 판별

1. 서 론

바다목장 자원조성용 우량 조피블락, 블락 종묘의 판정 및 생산 기술 확보와 우량 종묘의 방류에 의한 연안 자원증강 및 방류효과 제고로 성공적인 바다목장화 달성을 위하여 “방류용 우량종묘생산 및 판정기술”에 관하여 연구한 결과를 보고한다.

2. 결 과

가. 방류용 우량 종묘의 판정기준

양식산 종묘와 자연산 종묘의 특성비교 결과 다음과 같은 특성차이가 있었다. 또한 치어의 형태적 특성에 있어서는 꼬리자루 길이, 안경의 크기, 주둥이의 길이에서 자연산 종묘가 크고, 제1체고 길이는 양식산이 컸다. 꼬리자루 길이는 유영력을 나타내는 지표로서 포식자에 대한 도피능력과 관련되며, 안경의 크기와 주둥이의 길이는 색이능력과 관련된 것으로 추정되어 방류용 우량종묘의 형태학적 판정기준으로 활용이 가능할 것이다.

치어의 생리, 생화학적 특성 차이에 있어서는 건강도의 평가를 위한 환경 스트레스에 대한 내성의 지표로서 마취내성, 공기노출 내성이 자연산 치어가 양식산 치어에 비해 컸다. 자연산 및 양식산 종묘의 성장능력에 대한 지표로서, 건강도의 간접적인 지표로 활용하기 위하여 RNA/DNA를 조사한 결과 RNA/DNA비는 양식산이 컸다. 환경 영향성 단백질(stress protein)로서의 발현정도의 비교를 위하여 hsp70의 양적발현을 조사한 결과 hsp70 transcripts의 양적 변화는 차이가 없었다. 치어를 자연생태계에 방류 시 초기생존과 성장에 영향을 미치는 기아에 대한 내성과 건강도의 기준으로서 영양학적인 특성을 비교한 결과, 체성분 특성 중 수분, 아미노산 총 함유량, Mg 및 Mn 함량, Asparatic acid, Glutamic acid, Isoleucine, Leucine, Lysine, Phenylalanine, Threonine, Valine도 자연산 치어의 함량이 높았다. 이와 대조적으로 지질 함량은 축제식 양식산이 자연산의 3배, 육상 수조산의 4배로 높았으며 이외 간중량 지수, 장중량 지수, 비만도 등 비만과 관련된 인자의 측정치가 높았다. 혈청화학적 지수 측정에 의한 종묘의 건강도 평가를 위하여 혈청화학적 조사결과, 혈청학적 특성에 있어서는 Na, Cl, Ca, Pi, Mg의 함량이 양식산이 자연산 보다 높았다. 친어에 대한 근육의 물리화학적 특성(근원섬유의 ATPase 활성, 근원섬유의 조성 및 분포, collagen 섬유의 구조 등)에는 뚜렷한 차이가 없었다. 자연산과 양식산 치어에 있어서 종내 유전적 차이는 분명하지 않았는데, 이는 조피블락이 정착

성 어종임에 기인한 것으로 추론된다.

표 4-1. 자연산 및 양식산 조피볼락 치어의 특성 비교

구 분	연구항목	분석항목	양식산	자연산	비 고
형태학적 특성	외부형태적 차이	꼬리자루 길이	짧다	길다	자연산이 운동성이 큼
생태학적 특성	은신성	은신성	명확하지 않음	명확하지 않음	육상수조산 > 축제식양식산
		수분함량	낮음	높음	
생리화학적 특성	체성분	지질함량	높음	낮음	축제식양식산은 자연산의 3배, 육상수조산은 4배
		간중량지수, 복강내지방, 장중량지수	높음	낮음	자연산의 복강 내 지방은 흔적적
		비만도	높음	낮음	
		아미노산 총합유량	낮음	높음	Asparatic acid, Glutamic acid, Isoleucine, Leucine, Lysine, Phenylalanine, Threonine
		Mg	낮음	높음	
	RNA/DNA	RNA/DNA 비	높음	낮음	양식산이 성장이 빠름
	혈액의 특성	혈당(GLU), GOT, GPT, Na, Cl, Ca, Pi, Mg 함량	높음	낮음	
	Stress에 대한 내성	마취내성	약함	강함	
		공기노출내성	약함	강함	축제식 양식산 > 육상수조산
유전학적 특성	유전자 변이성	종내유전적 차이	분명하지 않음	분명하지 않음	이형접합체율(He): 축제식양식산(0.027) > 자연산 > 육상수조산(0.017)
	환경영향성 단백질의 발현도	hsp70 transcripts 양적 변화	차이없음	차이없음	

나. 방류용 조피블락, 블락 종묘생산 방법

(1) 조피블락

초기자어 사육밀도에 있어서는 2,000마리/㎡와 5,000마리/㎡가 어체중, 전장의 성장에서 서로 유사하였지만 8,000마리/㎡ 보다 높았으며, 생존율은 2,000마리/㎡가 가장 높았다. 마취 및 노출내성은 2,000마리/㎡가 가장 높았다. 수조크기별(30톤, 60톤)로는 60톤 수조가 전장, 체중, 생존율의 측면에서 양호하였다. 어미유래별로는 자연산 친어에서 출산된 자어의 성장(전장 및 체중 증가)이 양식산 친어에서 산출된 자어보다 빨랐다.

어미유래별 치어의 특성에 있어서는 생존율 및 증중율이 자연산 친어에서 산출되어 치어까지 성장한 개체가 양식산 치어보다 높았으며, 수조크기별(2톤, 10톤, 20톤, 40톤) 치어의 특성은 40톤 수조에서 생존율, 체중 증가, 일간 성장률, 사료전환효율, 비만도가 체성분 중에는 수분함량이 높았다. 그러나 지질 함량이나 코티졸 농도는 가장 낮았다.

사육수조 차광별(무차광, 1겹, 2겹, 4겹)로는 4겹 차광구가 생존율, 증중량, 일간 성장률, 사료효율이 높았으며, 이외 은신율, 코티졸 농도, 체성분 중 단백질, 회분 함량도 높았다.

사육 밀도별(200, 500, 1,000, 1,500마리/㎡) 치어의 특성은 생존율에는 차이가 없었으며, 일간 성장은 1,500마리/㎡가 가장 낮았으나 나머지 실험구에서는 차이가 없었다. 사료효율, 코티졸 농도, 마취 및 회복시간에 따른 내성은 1,000마리/㎡가 가장 양호하였다.

광주기에 따라서는 자연광주기 실험구가 24시간 조명 실험구에 비해 성장이나, 생존율이 높았다.

환수량(10, 20, 40회전/일)에 따라서는 생존율에는 차이가 없었으나, 10회전/일의 실험구에서 성장(전장 및 체중증가)이 양호하였다. 전장에 대한 꼬리자루의 길이 성장은 40회전/일의 실험구가 높았으나 각 실험구간의 유의적인 차이는 없었다.

사육수 유속(무유속구, 0.2, 0.4, 0.8 m/sec.)에 따른 치어의 사육결과는 0.8 m/sec. 실험구에서 체고의 성장이나 미병고의 성장이 가장 낮았으며, 체중의 증가, 비만도, 일간 성장률은 0.2 m/sec.가 가장 높게 나타났다.

사육밀도나 차광 등의 생산 관리 방법에 의하여 치어의 형태적인 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 형태적 차이가 방류용 치어의 도피성, 은신성과 같은 자연환경 적응력에 영향을 미치는지 어떤지, 생태적, 행동학적 특성에 어떠한 영향을 미치는지 알기 위해서는 금후 형태와 행동을 연계한 연구가 이루어져야 할 것이다.

또한, 일반적인 양식개념으로의 사육성적이 양호하였던 실험구에서 스트레스 물질은 강하게 나타나 비교적 안정된 환경에서는 치어의 성장은 빨라지나, 외부 스트레스에 대한 반응은 크게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 그러므로 방류용 치어의 생산을 위해서는 치어의 건강도에 큰 영향을 미치지 않는 범위 내에서 적당한 스트레스가 가해진 환경으로 양식하는 것이 이후 경험하게 될 스트레스 즉, 수확, 수송 및 방류 작업시, 그리고 자연에

방류 후 환경변화로 인하여 발생하는 스트레스에 양식산 치어가 보다 잘 대처하는 적응력을 높이는 방안일 것으로 생각된다.

결론적으로 방류용 조피볼락의 종묘생산 방법으로서 종묘생산 초기단계(출산자어~전장 5 cm)에는 다양한 유전형질의 건강한 친어를 사용하여 출산된 자어를 대형 육상 수조를 이용하여 저밀도로 사육(출산자어 수용밀도 2,000~5,000마리/m³)하고 사육초기에 충분한 먹이 공급으로 치어를 생산하여야 한다.

종묘생산 후기단계(전장 5~10 cm)에서는 전기단계에서 건강하게 배양한 치어를 약하게 차광(3,000~10,000 Lux)한 20~40톤의 수조를 이용하여, 치어 최초 사육밀도를 1,000마리/m³ 기준으로 하여, 환수량은 20회전/일 이상, 유속은 0.8m/sec.로 사육하여야 할 것이다. 이러한 조건에서 사육하여야만 기아에 대한 내성, 해적 생물에 대한 도피능력, 자연 생태계에서의 색이능력이 함양된 치어로서 연안 생태계에 방류시 자원의 증강에 효율적으로 기여할 것이다.

(2) 볼락

차광률(무차광, 1겹, 2겹, 4겹 차광)에 따른 볼락치어의 사육실험 결과 꼬리자루 길이는 차광 1겹 실험구에서 가장 높아 조피볼락에서의 결과와는 다소 차이를 나타내었다. 체중의 증가 및 사료전환효율도 차광 1겹 실험구가 높았다.

수용밀도별(전장 5.7 cm 전후 0.4, 1.2, 2마리/L) 실험결과 1.2마리 실험구가 가장 높은 전장 및 체중 증가, 일간 섭식량 및 비만도를 보였다.

유속(무유속구, 0.2, 0.4, 0.8 m/sec.)에 따른 성장과 형태변화는 유속구가 무유속구에 비하여 성장이 좋았으나 그중 0.8 m/sec 실험구에서 가장 낮았다. 체고의 성장은 무유속구에서 가장 높았으며, 0.8 m/sec.에서 가장 낮았다. 체중, 증중율, 비만도는 0.2 m/sec.에서 가장 높았으며 무유속구에서 가장 낮았다. 수영능력과 관련된 꼬리자루 높이는 유속이 빠른 0.4, 0.8 m/sec.에서 높았으며 무유속 실험구에서 가장 낮았다. 유속에 따른 혈청 화학적 검사 및 혈중 cortisol 농도의 모든 측정값들은 실험구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 체성분 중 지질 함량과 회분 함량은 유의적인 차이가 없었지만, 유속이 증가함에 따라 지질함량은 감소하고 회분함량은 비례적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

미토콘드리아 DNA 염기서열에 의한 볼락류 집단간(양식산 및 자연산)의 유전적 차이에서 haplotype diversity는 양식산 집단에서 0.2, 자연산 집단에서 0.7으로 자연산 집단이 유전자 다양성이 높은 것으로 추정되었다. 그러나 두 집단간의 유전적 거리는 0.00101로 집단간의 유의한 차는 존재하지 않는 것으로 조사되었다.

결론적으로 볼락의 치어(5 cm 전후) 사육시에는 사육밀도는 1.2마리/L수조에 1겹으로 차광하여 유속은 0.4 m/sec 이상 유지하여 사육하여야 방류용으로서의 특성에 맞는 종묘의 생산이 가능할 것이다.

제 2 절 중간육성 기술

1. 서 론

본 보고서에서는 지금까지의 연구과정을 통하여 얻어진 자료들을 바탕으로 점등 기법을 확립하고, 현장 특성을 고려한 적용 가능한 점등 방안을 만드는 것이다. 따라서 기법의 확립을 위하여 그간 기본 계획을 수립하고, 단계별 목표를 바탕으로 각각의 검토 대상 항목에 관한 자료를 연차적으로 여러 가지 관점에서 현장 실험을 통하여 기초 자료로 획득하고 비교 분석하였다(표 4-2).

표 4-2. 중간육성을 위한 점등기법 기술 개발 연구 내용

조사항목	수행여부						
	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년
◆ 섭이능력 평가							
- 섭이량	●		●		●		
- 섭이효율	●		●				
- 먹이 선택성 평가		●	●		●		
◆ 섭이 결과 분석							
- 성장 결과 평가	●		●				
- 위 내용물 분석			●		●		
◆ 먹이 조성 평가							
- 자연산 먹이 조성 평가		●	●		●	●	●
◆ 점등의 부정적 영향							
- 성 성숙에 미치는 영향				●	●	●	●
◆ 점등 방안 제시							
- 기반 자료 분석						●	
- 최종 방안 수립							●

2. 결 과

가. 기초자료 분석

(1) 야간점등에 의한 먹이생물 유도 효과

매월 주간과 야간의 점등 해역 및 비점등 해역에서 동물플랑크톤 군집 동태를 비교하여 본 결과 야간의 점등 지역이 비 점등 지역보다 동물플랑크톤의 출현량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 출현량의 증가는 10월과 4월에 두드러진 양상을 보였는데 점등 지역의 출현량이 개체수로 비교하여 비점등 지역의 최대 38배에 이르는 등 동물플랑크톤이 점등 효과에 의하여 양적으로 많은 개체의 출현을 볼 수 있었다. 점등시의 총 출현분류군수는 모약류, 원생동물 및 미충류가 전 지점에서 거의 동일하게 출현하였음에도 불구하고 자연 상태 보다 높게 나타났지만 월별로 살펴보면 점등시의 출현분류군수가 자연 상태와 비슷하거나 낮게 나타났다. 이것은 점등 효과로 인해 특정 동물플랑크톤이 점등 해역으로 유인되는 반면 특정 종은 야간 점등에 의한 빛을 회피하고 있음을 나타내는 결과이다. 특히 10월, 11월 그리고 4월에는 야간 점등 효과에 의하여 비점등 해역에서는 미량 출현하였던 단각류와 요각류가 대량 유인되어 점등 해역의 동물플랑크톤 출현량이 비점등 해역 출현량의 수십 배에 달하는 현상이 관찰되었다.

(2) 성 성숙 호르몬 분석

암컷의 성 성숙에 관여하는 estradiol-17 β 는 점등, 비점등구 모두 8월의 경우 0.5 ng/ml 수준이었으나 비점등 실험구는 점차적으로 증가하여 12월에는 4.0 ng/ml 수준까지 증가하지만 점등구에서는 비점등구와 달리 11월에 1.2 ng/ml 수준까지 증가하였으나 12월 부터 다시 감소하는 추세를 보여 점등에 의한 성 성숙의 촉진 억제 가능성을 시사하는 결과를 보였다. 수컷도 암컷과 동일하게 수컷의 성 성숙에 영향을 미치는 testosterone의 경우도 비점등구와 점등구 모두 유사한 결과를 나타내는 것으로 확인되었다. 한편 1월 부터는 우력의 경우 암수 공히 성 성숙의 과정이 쇠퇴기로 접어들기에 성 성숙을 위한 홀몬의 량적 변화에는 큰 의미가 없었다. 그러나 암수 공히 정상적으로 성숙된 개체가 점등 조건에서 성숙된 개체 보다 혈액 중 steroid 홀몬의 현저한 감소 즉 성 성숙 쇠퇴기에 나타나는 경향을 명확히 확인할 수 있었다.

나. 중간육성을 위한 점등 방안

(1) 점등기술 자료 검토

본 기술이 갖고 있는 여러 가지 측면의 요인들을 분석한 결과 다음의 세 가지 항목에서는 우선적으로 초기 예측한 결과대로 비교적 긍정적인 가능성을 확인할 수 있었다.

섭이 능력 평가의 결과 야간조명에 의하여 조성되는 주변의 먹이를 충분히 섭이하여 목적하는바 중간육성 과정을 충분히 수행할 수 있는 능력을 위 내용물 등의 평가로 확인

하였다.

섭이 결과에 대한 평가 부분에서는 성장 결과의 분석 및 성장 시기별 섭이 결과 그리고 먹이 선택성 등을 확인하여 중간육성 기법의 활용 가능성 등을 확인할 수 있었다.

마지막으로 바다목장 주변 해역의 먹이 조성 결과를 주, 야간 그리고, 야간의 점등, 비 점등에 의한 먹이 군집의 차이 그리고 야간 조명등의 종류에 의한 먹이 생물 조성 차이 등을 면밀히 검토한 결과 중간육성 기간 중의 자연산 먹이 조성의 가능성 및 다양성을 확인할 수 있었다.

부정적인 측면에서 야간의 점등에 의한 빛이 자연 생태계에 미치는 가능성을 들 수 있지만 이러한 영향은 극히 제한된 지역에서만 나타나는 현상으로 판단할 수 있었다. 본 점등 방안을 제시하는데 있어서 부정적인 측면의 영향은 극히 야간 조명을 실시하는 제한적인 좁은 장소에서 나타날 수 있는 사례로 확인되어 전반적인 문제가 없는 것으로 판단되었다.

(2) 점등기술 기본 방안

점등 기술의 기본 방안은 자원첨가 사업의 목표인 방류어의 초기 생존율 증대를 위하여 방류 직후 자연에서 살아남기 위하여 자연에 존재하는 먹이를 잡아먹을 수 있는 훈련(학습)을 중간 육성 기간에 가두리에서 실시하려는 것이다. 종묘생산 직후 가두리에서의 중간육성 기간동안 최대한의 먹이 섭이 훈련을 통한 학습이 이루어져 자연조건에서 건강하게 살아남을 수 있는 개체를 자원으로 첨가하는 방법의 하나로 야간 점등에 의한 자연에 분포하는 플랑크톤을 모아서 살아서 움직이는 먹이생물을 섭취할 수 있는 스스로의 능력을 사전에 훈련시켜 바다로 보내려는 전략이다.

따라서 본 점등기법을 제안하는 단계에서 결론적으로 앞으로 반드시 검토되어야 할 문제 및 대책을 제안하는 것으로 마감하고자 한다. 그 내용은 다음과 같다.

- 종묘 방류 해역의 생물다양성에 미치는 영향, 즉 방류집단의 내부적인 유전적 변이에 관한 안정성 및 천연집단에 미치는 영향 평가.
- 생물다양성을 유지하기 위한 종묘방류 기술 확립.

제 3 절 음향순치 기술

1. 서론

우리나라의 통영 바다목장에서 음향순치의 대상어종으로 선정되어 있는 볼락류인 조피볼락, 볼락을 바다목장에서 효율적으로 음향순치 시키려면 우리나라의 해양환경 여건

에 맞는 바다목장화에 관한 기초적인 기술축적이 필요하다. 그런데, 바다목장에서 어류의 음향순치에 관한 연구는 광범위한 연구 분야가 요구되는 바다목장 사업의 일부분을 차지하는 것으로서, 사업에 요구되는 제반 기반조성과 어류의 청각 등에 관련된 기초연구가 병행되어야만 바다목장에서 음향순치의 성과를 기대할 수 있다.

따라서, 이번 연구에서는 그 동안 조사된 조피볼락의 청각능력에 관한 자료를 기초로 가두리 시설 내에서 실시한 음향순치 실험결과와 국산화되어 현장에 설치된 음향급이 부이 시스템의 테스트 결과를 기술한다.

2. 결 과

실험개시 후 처음에는 수중음을 방성하고 사료를 투여하면 가두리에서 사육하던 다른 어류들과 마찬가지로 별다른 반응을 보이지 않았으나, 4, 5일이 경과하자 어류들은 소리에 예민한 반응을 보이기 시작하며 가두리 그물의 구석으로 이동하면서 사료를 먹는 행동을 나타내었다. 어류들은 이러한 행동을 그 후에도 지속적으로 나타내었으며 관리인이 접근하여도 동일한 행동을 계속하였다. 수중음을 방성하지 않은 다른 가두리의 어류들은 관리인이 접근하면 먹이를 먹기 위하여 표면을 향하여 수직으로 상승하는 행동을 나타내는데 수중음을 방성한 가두리에서는 어류들이 이와는 조금 다른 행동, 즉 구석으로 이동하면서 반응하는 행동양상을 나타내었다. 그러나 그 후 수온이 15℃로 하강한 11월 중순에는 수중음을 방성하여도 어류들이 거의 반응을 보이지 않고 있어, 이러한 행동은 수온과도 관련이 있는 것으로 사료되었다. 수온변동에 따른 어류의 음향순치 효과에 대한 연구가 필요하리라 생각되었다. 이 외에도 어류 크기별 효과적인 음향순치 방법, 음향순치 결과의 정량적인 해석법 및 실제로 바다목장에서 적용하는 경우의 음향순치 효과실험 등에 관한 연구를 계속 수행할 예정이다.

음향급이 부이 시스템을 국내 최초로 국산화하여 제작하였고, 통영 바다목장 해역 내에 설치하였다. 다양한 경우에 대하여 음향급이 부이 시스템을 테스트한 결과 원활한 작동상태를 확인할 수 있었다. 앞으로 음향급이 부이 시스템의 운용에 따른 음향순치된 방류어의 유집효과 실험을 실시할 계획이다.

제 4 절 대상 생물의 방류 기술

1. 서 론

방류 효과 검정을 위해서 자연 수계 내에서 이미 서식하고 있는 방류 대상 어류와 방류 어류를 구별할 수 있는 적절한 표지 방법의 개발이 필요하다. 2단계 3차년도 연구에서

는 돛류에 대한 대량 표지 방법의 개발을 위해 1단계 사업 시 조피볼락과 볼락에 적용하였던 어체 표지 방법을 감성돔에 적용하여 표지 방법의 효율성을 조사하였다. 그리고 새로운 표지 방법으로서 저온 처리에 의한 어체 비늘 표지 방법에 대한 조사를 실시하였다. 저서 동물에 대한 표지 방법 개발 연구에서는 전복을 대상으로 일부 개체에 대한 표지 방류 후, 재포획을 실시함으로써 자원조성 평가의 효율성을 조사하는데 목적을 두고 조사하였다.

방류 효과 극대화와 종묘 중간 육성 비용의 절감을 위해서는 앞서의 연구에서 조사된 평균 전장 8cm 또는 그 이하의 개체가 적정 방류 크기로 간주될 수 있다. 그리고 방류어의 생존 및 성장은 직접적으로 자연 수계에서 섭식 가능한 자연 먹이의 종류와 양에 달려있으며, 저수온기인 겨울철에는 상대적으로 이용 가능한 먹이의 양이 감소하고 어체 크기에 따라 섭식 가능한 자연 먹이의 양이 다른 것으로 조사된 바 있다. 본 연구에서는 조피볼락과 볼락을 대상으로 적정 방류 크기 결정을 위한 연구의 일환으로 방류시 어체 크기 분포와 방류 후 일정 시간이 경과 후 자연 수계에 머물고 있는 방류어의 어체 크기 분포를 조사하였다.

그리고 방류어의 이동과 성장에서는 조피볼락과 볼락을 대상으로 방류 직후 그리고 육성 기간 동안 목장 대상 해역 내에서 연령별 이동 양상을 조사하였으며, 방류어의 성장은 재포어를 가두리 양식어와 비교하였다.

2. 결 과

가. 어체 대량 표지

감성돔, 볼락 그리고 황점볼락을 대상으로 어체 표지 방법을 실시하였다. 어체 일부 절단 표지 방법은 표지 후 10개월 경과시 아가미 뚜껍과 요대골 적출 표지 방법이 가장 효과적이었다.

저온 처리에 의한 어체 표지에서 세 어종 모두에서 저온 처리에 따라 비늘에 특이적인 윤문이 관찰되었다(그림 4-1). 일반적으로 저온에 오랜 기간 노출되거나 영양적인 결핍 등 성장이 저해 요인에 의해 비늘의 윤문간 거리가 좁아지는 경향을 보인다. 볼락과 황점볼락에서는 저온 처리에 따라 이러한 경향이 그대로 관찰되었다. 그러나 감성돔에 있어서는 저온 처리에 따라 윤문의 간격이 좁아지기 보다는 윤문의 형태가 변형되는 것으로 관찰되었다. 그러나 세 어종 모두에서 저온 처리에 따라 명확한 표지가 생성되는 것으로 조사되었다. 저온 처리에 의한 비늘 표지 방법은 사육 수온보다 4℃ 낮은 18℃에서 5일간 처리하였을 때 효과적이었다.

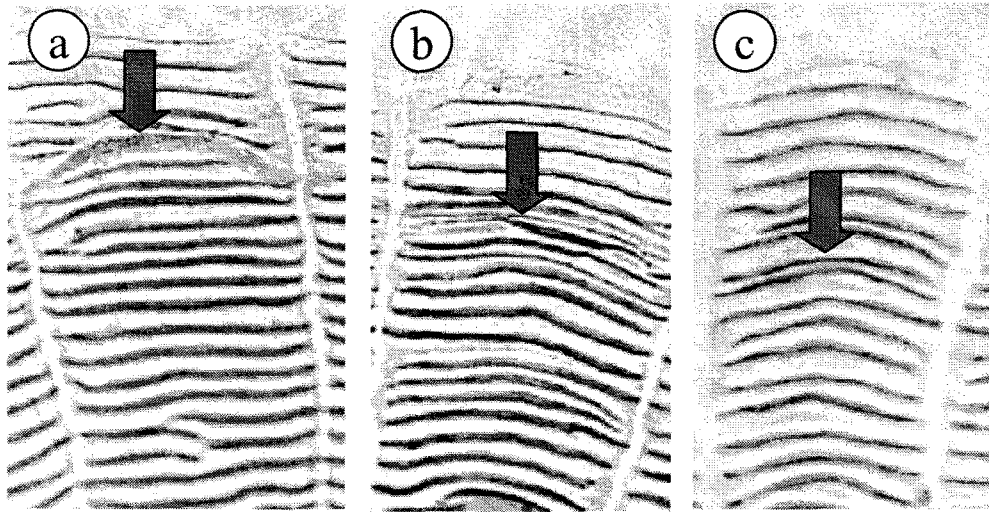


그림 4-1. 저온 처리에 의한 비늘 표지(㉠ 감성돔, ㉡ 불락, ㉢ 황점불락).
 화살표는 저온 처리에 따른 비늘 표지 부위를 가르킴(X100).

나. 전복 표지

전복의 경우, 각장이 각각 3cm 와 5cm 전후의 전복에 표시를 하여 어초 형태별로 방류한 후, 일정 기간별로 어초에서 채포획되는 비율과 월별 성장률, 어초에서 선호하는 구조에 대한 평가를 실시하였다. 표지 방식은 패각에 구멍을 내고, 폴리에틸렌 재질에 변호를 기재한 막대기를 매다는 방식을 이용하였다. 채포획율의 경우 어초에 따라 차이를 보였으며, 약 8개월 경과 후 거의 관찰되지 않았다. 자연 암초에 방류한 3cm 크기의 전복은 여름철 빠른 성장을 보이다가 겨울철에는 거의 성장하지 않는 양상을 보였다. 방류된 전복은 시간에 따라 어초 내에서 이동이 원활하게 일어나는 것으로 나타났으며, B-type의 경우 A-type에 비해 전복이 선호하는 구조인 것으로 나타났다. 하지만 탁도 등 환경적인 영향이 채포획을 위한 분석에 장애요인으로 나타났다.

다. 적정 방류 크기 조사

불락 방류 시 4g 이하의 개체는 자연 수계에서 방류 직후 감모가 발생하는 것으로 조사되었다. 방류어의 전장 분포는 6.0cm-7.1cm (평균 전장; 6.7 ± 0.4 cm)로서 개체 크기가 크지 않았으나 체중은 2.9g부터 7.1g으로서 개체 간 차이가 컸다. 방류어의 자연 수계 적응도는 단지 개체 크기뿐만 아니라 건강성이 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 동일한 연령에서 전장 차이가 크게 나지 않고 체중 차이가 크게 남을 고려할 때 중간 육성에 따른 사육 경비를 절감하기 위해서는 전장 보다는 체중을 기준으로 방류 크기를 정하는 것이 바람직할 것으로 판단되었으며, 이때 5g 이상인 개체가 적정 방류어의 체중인 것으로 판단되었다.

라. 방류어의 성장 및 이동

(1) 성장

(가) 양식어와 비교

① 조피볼락

1세(16개월) 방류 조피볼락의 평균 체중은 149.0 ± 56.6 g (범위; 42g~230g)으로서 가두리 양식어(평균 체중; 162.3 ± 23.4 g)에 비해 성장이 다소 느렸지만 유의한 차이는 없었다.

당년생(6개월령) 방류 조피볼락의 평균 체중은 10.7 ± 2.6 g이었고 체중 범위는 4.93g~20.4g으로서 가두리 양식어(평균 체중; 12.2 ± 2.9 g)에 비해 다소 느린 성장을 보였지만 유의한 차이는 없었다.

비만도에 있어서도, 방류 조피볼락 2세어와 1세어는 각각 1.54 및 1.46으로서 같은 연령의 가두리 양식어(2세어; 1.80, 1세어 1.78)에 비해 낮은 값을 나타내었다. 그러나 당년생 방류 조피볼락은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

방류 조피볼락의 연령별 성장 비교 조사에서, 이번에 조사된 2년생 방류 조피볼락의 체중은 같은 연령을 대상으로 조사한 2단계 2차년도 결과(28개월령 평균 체중; 435.3g)에 비해 유의하게 성장이 느렸다. 그러나 1년생과 당년생의 성장은 지난 조사 결과와 차이가 없었다. 따라서 누적 방류량의 증가와 전체 어류 자원량의 증가로 인해 일정 해역내에서 상품어 크기에 도달한 2년생 조피볼락이 섭식할 수 있는 먹이량이 전년도에 비해 상대적으로 감소한데 기인하여 성장이 느려진 가능성이 있는 것으로 생각된다.

② 볼락

방류시 볼락의 크기는 전장 6.7 ± 0.4 cm, 체중 4.8 ± 1.0 g이었다. 방류 후 방류 볼락의 어체중은 방류 1개월 후 7.7 ± 1.9 g, 2개월 후 9.8 ± 2.3 g, 3개월 후 14.0 ± 3.3 g 그리고 4개월 후에는 18.0 ± 4.0 g이었다. 동일 집단인 가두리 양식어는 1개월 후 8.6 ± 2.0 g, 2개월 후 11.3 ± 2.4 g, 3개월 후 14.6 ± 3.9 g 그리고 4개월 후에는 22.5 ± 5.7 g이었다.

월별 일일 성장률 조사에서도 방류어는 0.80~1.58로서 가두리 양식어(1.10~1.95)에 비해 낮은 값을 나타내었으며, 조사 기간 동안 전체 값은 방류어가 1.10 그리고 양식어가 1.29였다.

비만도에서는 방류 후 3개월(9개월령)까지 방류어와 양식어간 값의 차이는 거의 없었다. 그러나 저수온기로 접어드는 시기인 10개월령에서는 방류어가 1.51로서 양식어(1.75)에 비해 유의하게 낮아졌다.

따라서 방류 볼락은 방류 후 3개월까지는 양식어에 비해 체중 성장이 다소 늦고, 비만도가 낮은 경향이 관찰되었으나 유의한 차이는 없었다. 그러나 저수온기로 접어드는 시기인 10개월령(방류 후 4개월)에서는, 방류어와 양식어간 성장 차이가 유의하게 나기 시작하였다.

방류 불락은 출산에 다다른 3세어일 때, 동일한 연령의 가두리 양식어에 비해 성장이 느렸으나 생식소 중량 지수와 단위 어체중당 알 수는 비슷한 값을 보이는 것으로 조사되었다.

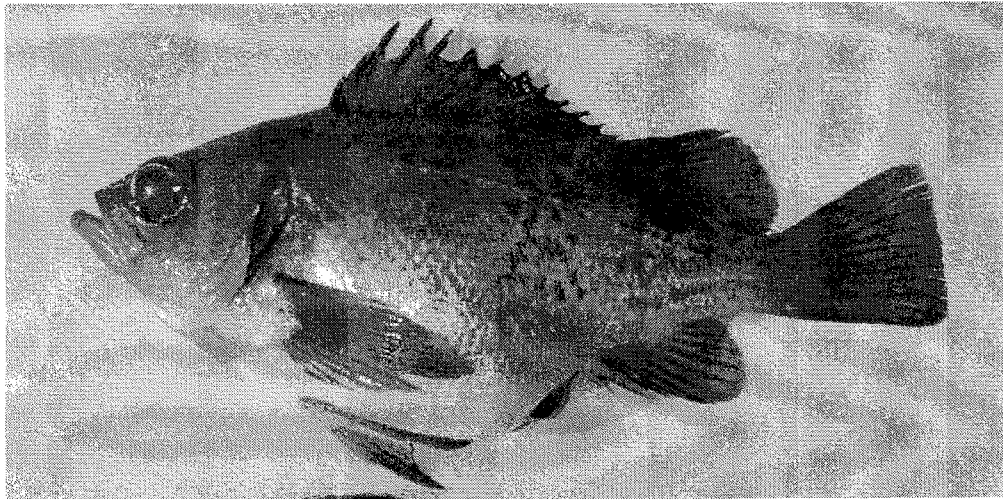


그림 4.2. 출산 시기의 표지 방류 불락.

방류어의 성장을 가두리 양식어와 비교한 이상의 조사에서, 방류 조피불락과 불락은 가두리 양식어에 비해 성장이 다소 느리며, 이러한 차이는 연령이 많아질수록 그리고 먹이량이 감소하는 저수온기에 크게 나타나는 경향을 보였다. 그리고 성숙 연령에 다다른 불락의 번식력은 전년에 조사한 조피불락의 경우와 마찬가지로 가두리 양식어에 비해 다소 뒤쳐지는 것으로 조사되었다. 이러한 성장과 번식력의 차이는 먹이의 질적 및 양적인 차이에 기인하는 것으로 방류어(또는 자연 수계에 서식하는 어류)는 가두리 양식어에 비해 상대적으로 낮은 영양 수준에 머무는 것으로 간주할 수 있다.

(나) 서식처별 비교

서식처별 월간 성장 조사에서, 대장두도 주위에 서식하는 1세 방류 조피불락이 곧리와 축도에 비해 큰 개체 크기를 가지는 경향을 보였다. 2세 방류 조피불락은 1세어와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 35개월령(4월)에는 서식처간 전장과 체중의 유의한 차이가 없었다. 대장두도 주위는 비교적 서식 환경이 목장 해역내 다른 서식처에 비해 뛰어나며, 서식 밀도가 높은 곳으로 알려져 있다. 따라서 이 곳에 서식하는 조피불락이 산출 시기가 다다름에 따라 상대적으로 서식 밀도가 낮은 다른 서식처로 옮겨감으로 인해 성장의 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다. 본 조사에서 32개월령의 체중은 양식어와 성장을 비교하기 위하여 대장두도 주위에서 채포한 28개월령 방류 조피불락(평균 체중 367.9g)에 비해 가벼웠다. 이는 어구로 사용한 통발의 크기 차이에 기인한 것으로 생각된다.

(2) 이동

(가) 방류 후 이동

대장두도 부근 수심 5m 이내에 방류한 조피볼락은 수심 2m 지점에 54.5% 그리고 수심 5m 지점에 43.2% 그리고 수심 17m 지점에 2.3%가 분포하였다. 동일 지점에 방류한 볼락은 수심 2m 지점에 45.5% 그리고 수심 5m 지점에 54.5%가 분포하였고 수심 17m 지점에는 한 개체도 채포되지 않았다. 따라서 대장두도에 방류한 조피볼락과 볼락은 수심 2m와 5m 지점에 약 1:1 비율로 분포하였으며, 수심 17m 지점에는 거의 분포하지 않는 것으로 조사되었다.

소장두도 부근 수심 2m 이내에 방류한 경우, 조피볼락과 볼락은 수심 2m 지점에 각각 72.0% 및 63.6% 분포하였고, 수심 8m 지점에는 각각 28.0% 및 26.7% 분포하였다.

축도 부근 수심 5m 지점에 방류한 경우, 수심 2m 지점에서 80% 이상 분포하였으나, 수심 22m 지점에서도 조피볼락과 볼락이 각각 17.6% 및 14.3% 분포하였다.

이상의 결과에서, 방류 후 조피볼락과 볼락은 비교적 암반이 형성되어 있는 수심에 분포하는 것으로 조사되었다. 예년의 경우, 방류 직후 장두도에 근접하여 위치한 해상 가두리에 많은 양의 방류어가 분포하여 서식 환경이 좋은 곳으로 이동한 것으로 관찰되었다. 그러나 이번 조사에서 수심 17m 지점에서는 거의 분포하지 않았다. 이는 해상 가두리에 지난 연구에서 방류한 1세어와 2세어가 우점한데 기인한 것으로 생각된다. 축도에서는 수심이 깊은 지점에서 다수 분포하는 것은 이 지역이 포식의 가능성이 있는 방류 1세어와 2세어의 분포양이 적기 때문인 것으로 생각된다.

(나) 육성어 이동

1세어와 2세어의 동일 서식 공간내 출현 수 조사 결과, 1세어가 147마리 그리고 2세어가 150마리로서 연령별 출현 비율은 0.98:1로서 동일 비율을 나타내었다. 2단계 2차년도에서는 1세어와 2세어의 출현 비율은 1:1.16으로서 2세어의 출현 비율이 높았다. 1:1에 대한 X^2 test에서 본 조사와 2단계 2차년도 조사 결과간 유의성이 없는 것으로 나타나 동일 서식 공간내 1세어와 2세어간 출현 비율은 같다고 할 수 있다. 3세어에 대해서는 충분한 개체수가 채포되지 않아 분석이 이루어지지 않았다. 그러나 수중에서 다이버에 의해 위 조사 지점에서 어초에 3세어로 추정되는 방류어가 다수 출현하는 것으로 관찰된 바 있다. 그리고 본 조사에서 650g이 넘는 개체 두 마리(656g, 690g)가 어구에 포획되어 3세어로 간주할 수 있었으나 충분한 개체수가 채포되지 않아 분석에는 포함시키지 않았다.

이상의 결과에서, 동일 공간내에 50g 이하인 개체에서부터 650g이 넘는 개체까지 다양한 크기의 방류어가 서식하며 연급군간 적정한 상호 관계를 유지하며 공존하는 것으로 조사되었다. 이 조사는 비교적 서식 환경이 좋은 것으로 간주되는 장두도 부근에서 실시되어 해역내 모든 지역에서의 실제 서식 분포를 대표한다고 볼 수는 없다. 하지만 적절한

서식 환경이 제공된다면 방류어는 타 해역으로의 이동 없이 방류 지점 또는 인근 지점에서 상품어 크기까지 충분히 성장이 가능할 것으로 생각된다.

마. 방류현황

본 과제 수행 기간 동안 바다목장 대상 해역 내 방류 현황은 표 4-3에 나타내었다. 방류 어종은 볼락, 조피볼락, 감성돔으로서 2단계 3차년도 사업이 시작된 이후 2003년도 7월과 9월 그리고 11월에 각각 볼락 400,000마리, 조피볼락 256,000마리 그리고 감성돔 480,000마리를 방류하였다. 그리고 2004년산 볼락 164,000마리를 5월 28일 방류하였다. 따라서 본 과제 수행 기간 동안 대상 해역내 방류 총 마리 수는 1,300,000마리이다.

표 4-3. 2단계 3차년도 통영 바다목장 해역 내 방류 현황

연월일	어 종	마리수	장 소	비고
2003. 7.2.	볼락	400,000	저도, 유도, 봉도, 장두도	바다목장사업
2003. 9.2.	조피볼락	256,000	저도, 유도, 봉도, 장두도	바다목장사업
2003.11.4.	감성돔	480,000	장두도, 부도, 달아 등	바다목장사업
2004.5.28	볼락*	164,000	저도, 유도, 봉도, 장두도	바다목장사업

제 5 절 대상생물의 생태 및 행동연구

1. 서 론

바다목장 해역의 방류 대상 생물 종인 볼락, 조피볼락의 효과적인 자원조성을 위하여 여러 가지 구조물을 수조와 가두리에 설치하여 행동 특성 및 생태 적응 현상을 조사하고 있다. 또한, 자원 증식을 위한 인공종묘 방류에 따른 종간, 종내 포식·피포식 현상을 규명하고, 나아가 자원증대효과를 최대화시킬 수 있는 방안을 마련하기 위하여 종별 상호관계 및 먹이 생태에 대해 조사하고 있다.

이 연구 분야에서는 바다목장화 해역의 자원조성용 방류 대상어인 볼락과 조피볼락 등 어종을 대상으로 성장에 따른 행동 발달과 현재 바다목장 해역에 설치된 각종 수중구조물에 대한 행동 습성을 관찰, 정리하였다.

2. 결 과

가. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시 시기 및 행동발달

봄철 자연 상태에서 산출된 자어는 표층에서 자유유영생활을 하다가 떠다니는 모자반과 같은 표층 구조물에 반응하는데 1998년, 1999년 2003년도 조사 결과에 의하면 볼락 치어는 산출 후 표층으로 떠올라 자유 유영생활을 하다가 1-5월 사이에 수면에 떠다니는 모자반 아래에 떼를 지어 모여 살아가는데 최초 출현하는 크기는 14.4-21.1 mm였으며 모자반에서 떨어져 바닥 생활로 전환하는 크기는 61.9 mm였다. 즉, 볼락은 초기 생활사를 거치면서 14 mm 크기에 떠다니는 표층 구조물에 반응하기 시작하여 62 mm이면 바닥 생활로 전환하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 구조물에 반응하기 시작하는 시기는 1.4-2.0 cm이고 표층 생활을 떠나 바닥 층으로 내려가는 크기는 5-6 cm범위로 나타나 통영 해역에 방류하는 볼락의 적정 크기는 적어도 이 크기 범위를 벗어난 6 cm 전후부터 고려되어야 한다는 것이 밝혀졌다(그림 4-3).

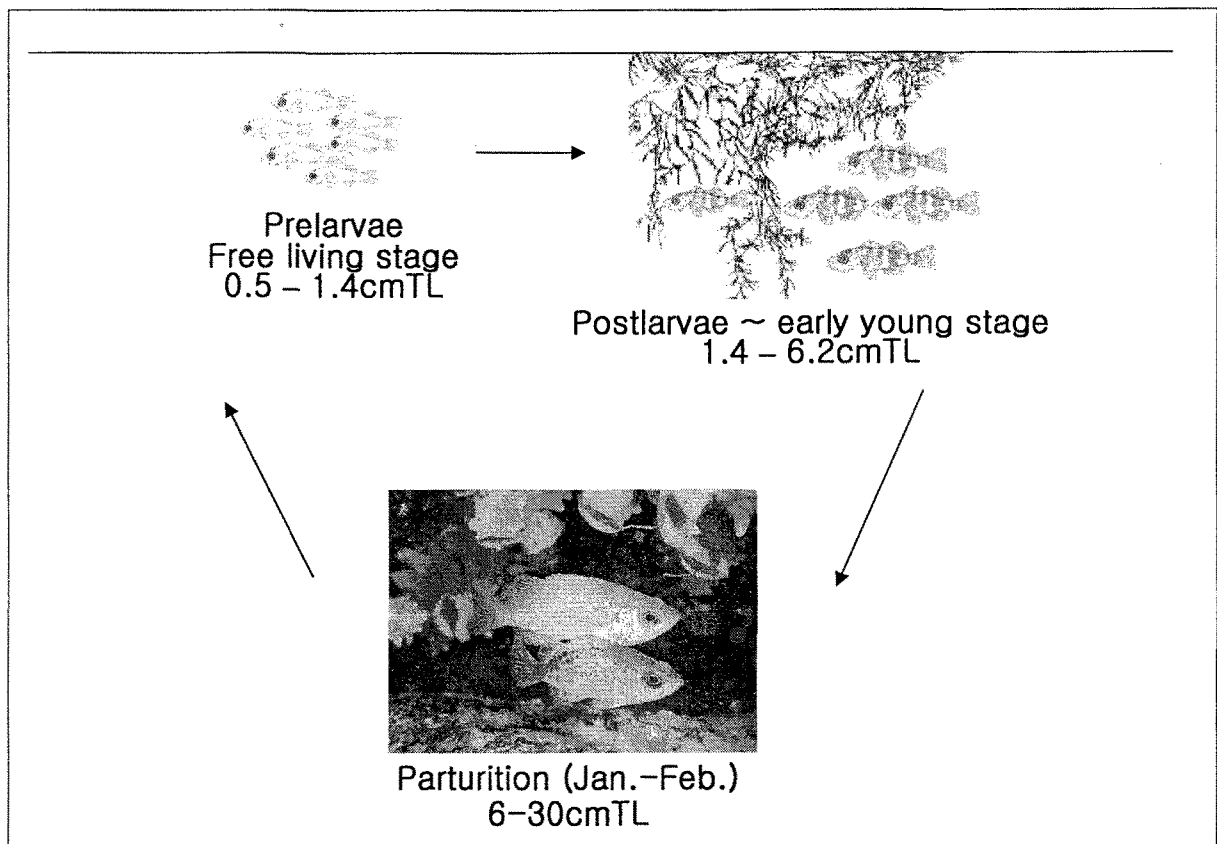


그림 4-3. 볼락의 생활사 모식도

나. 구조물에 대한 군집 형태

시험용 인조해조형 강제어초를 설치한 후 실제 목장 해역에서 관찰한 결과 볼락과 조피볼락은 약 70 - 100 cm 간격을 보이는 강제 리본띠 사이에 밀집하는 현상을 확인할 수 있었다. 적어도 통영 바다목장 해역에서는 이와 같은 좁은 간격을 가진 구조물이 이들 종의 성육장, 특히 0-2세어 크기의 연급군에게 좋은 어초 역할을 할 것으로 판단되었다.

반면 3-4세 불락과 조피불락은 성장할수록 무리의 크기가 줄어드는 경향이 있으며 일부 대형급은 단독 생활을 하는 경우도 관찰되고 구조물의 간격은 물론 암반에 대한 반응도 달라지는 경향을 보였다. 따라서 목장 해역 내 또는 남해안의 어초 구조를 결정할 시에는 이와 같은 크기, 나이별 행동 습성을 고려하여 어초구조를 결정하여야 할 것으로 생각되었다.

다. 종별 상호관계 및 먹이 생태 규명

대형 가두리(망목 1.5 cm², 규격 2 m×3 m×1.5 m) 실험구에 수용한 조피불락 4세어(전장 36.1±1.6 cm, 무게 788.5±82.9 g) 20마리를 일주일(7일) 굶긴 후 방류어인 당년생 불락(체장 8.78±0.79 cm, 무게 21.69±6 g)을 투입하였다. 24시간이 경과한 후 얼마나 포식을 했나를 확인했을 때 조피불락 4세어 20마리 28.6%인 7마리가 불락 당년생을 11마리를 포식하였다.

소형가두리(망목 0.5 cm², 규격 1 m×1 m×1 m)에 수용한 조피불락 4세어(전장 36.1±1.6 cm, 무게 788.5±82.9 g) 10마리를 일주일(7일) 굶긴 후 방류어인 당년생 불락(체장 8.78±0.79 cm, 무게 21.69±6 g)을 투입하였다. 24시간이 경과한 후 얼마나 포식 했나를 확인했을 때 조피불락(평균 전장 37.4±1.2 cm) 4세어 10마리의 50%인 5마리가 당년생 불락을 7마리를 포식하였다.

라. 방류 종묘의 성장에 따른 구조물 이용

사육수조 내에 불락 치어를 수용했을 때 처음 2일 동안은 구조물 외부에 흩어져서 각기 다른 행동을 보이다가 그 후부터 일부 몇 마리씩 실험 어초 내부의 제일 아랫부분인 바닥부근에서 맴돌기 시작하였고, 5일 이후부터 실험어의 2/5정도가 실험 어초 내부 1, 2단에서 수면을 바라보는 행동을 보였으며, 나머지 어초 외부에 있는 치어들은 소형의 그룹으로 무리를 이루며 수조의 모서리부분에 모여 있는 행동을 보였다. 실험 시작 후 시간이 지날수록 실험어인 불락 치어가 구조물 내부로 모여드는 비율이 늘어났으며, 실험시작 후 20일이 경과했을 때 그 행동이 뚜렷이 관찰되었다.

특히, 이들 행동양식 중 주·야간의 구조물 인식에 대한 행동은 엄격히 차이가 났는데, 어둠이 시작되는 20시 이후부터 이른 새벽(05:00 전후) 전까지는 콘크리트로 만들어진 5×5×1.2 m 사각수조에 고루 퍼져 행동하는 모습을 보이다가 이른 새벽이후(06:00 전후)부터는 80%정도의 불락 치어가 인공구조물 내부로 들어가기 시작하였다. 또, 인기척이 나거나 실험 수조를 외부로부터 충격을 주었을 때는 90% 이상의 불락 치어가 인공구조물 내부로 들어가는 행동을 보였다.

마. 조피볼락의 연령별 이동범위 및 일주행동

(1) 시험어의 연령별 이동범위

2003년 10월 4일~10월 8일과 10월 30일~11월 3일에 VRAP 시스템, VR20 수신기 및 VR2 수신기를 사용하여 2-4세 시험어의 이동범위를 측정하였다.

시험어는 대체로 통영바다목장의 가두리주변을 크게 벗어나지 않았다. 이 가두리 주변에서의 행동을 보면 연령이 낮은 시험어가 연령이 높은 시험어보다 활발하게 움직였다(그림 4-4).

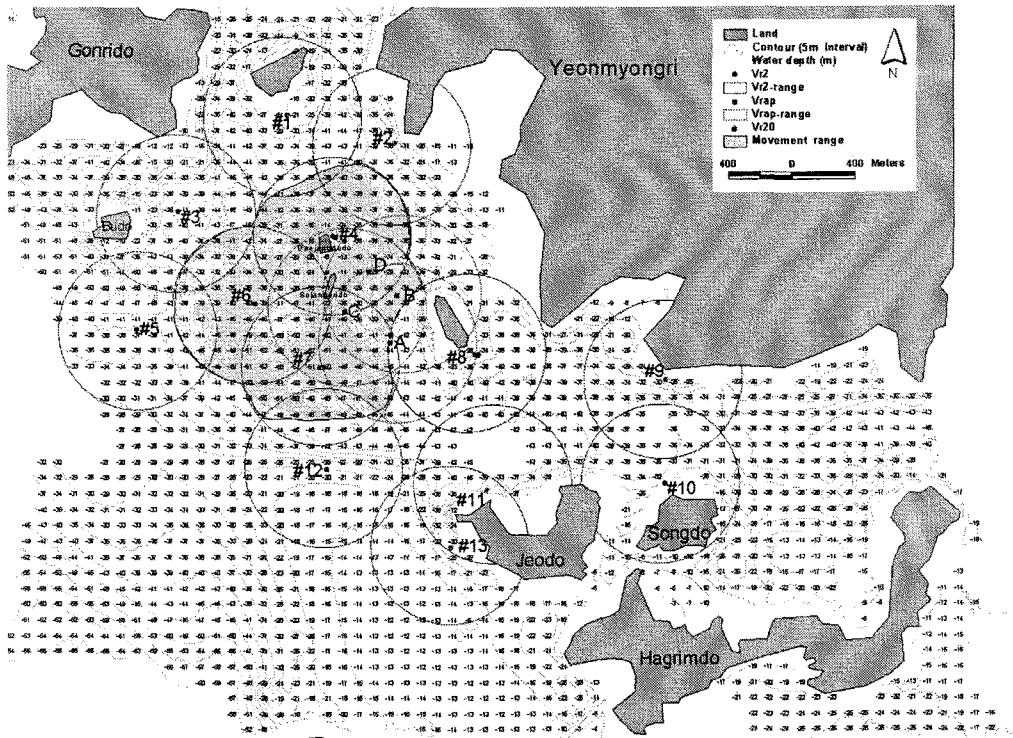


그림 4-4. 시험어 6세의 이동범위(2003년 10월 4일~10월 8일 측정).

시험어의 연령에 따른 주야간의 이동 범위나 이동 형태는 비슷하였다. 이러한 현상은 시험어가 가두리내의 양식 어류에게 제공하는 사료의 일부를 공급받을 수 있고 또한, 시험어가 좋아하는 그늘진 곳이나 구석진 곳을 수면상의 가두리나 해저의 인공어초가 제공하고 있기 때문으로 생각된다.

시험어의 이동범위를 어류통과식별장치로 1개월 이상 관찰하여 본 결과 시험어를 어획장소(서식처)에 방류하면 대체로 방류장소를 크게 벗어나지 않고 그대로 정착하는 것을 볼 수 있었다.

제 6 절 해중립 해조류의 종묘생산 및 해조장 조성

1. 서 론

한국산 감태를 대상으로 한 유주자의 착생 및 배우체의 발아 성장에 미치는 온도, 광량, 광주기의 영향에 관한 보고는 없으며 특히 감태 분열조직을 이용한 조직절편의 재생, 분화에 미치는 온도와 광에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있다. 조직 배양은 수확조체의 생활사 단계 중 일부를 생략할 수 있다는 점과, 성숙조체의 수확이나 종묘생산에 있어서 계절성을 무시하고 생산할 수 있으며, 종묘의 균질한 유지관리나 대량생산이 가능할 뿐만 아니라 세포수준의 육종이 가능하기 때문에 유용물질의 심사나 생산, 유전자 조작, 유전자원의 보존 등의 연구에 필수적인 기초기술이다.

이에 본 연구에서는 감태와 모자반를 대상으로 해조장 조성을 위한 인위적인 배양 방법 및 종묘 생산 조건을 조사하였으며, 바다 목장 해역내 투하한 세락믹어초에 연승을 감아주는 방법으로 이식한 후 각 종당 무작위로 30개체씩 선택하여 약 15일 간격으로 생장도를 측정하고 그 효과를 비교 검토하였다.

2. 결 과

가. 감태 조직편의 재생, 분화 및 생존율 에 미치는 온도, 광량, 광주기의 영향

감태의 조직절편은 배양 2주일까지는 양광주기의 15~20℃, 10~80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 조직의 재생이 나타났으나 3주후부터 고온조건에서 조직편의 붕괴현상이 나타나면서 괴사하기 시작하여 배양 4주후에는 장일하의 25℃, 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상에서 100% 고사하였고 단일하에서도 25℃에서 조직편이 괴사하여 생존율은 20~40% 불과 하였다. 그러나 장일과 단일 양광주기 하의 15℃와 20℃에서는 일부 조직편의 괴사가 나타났으나 장일하의 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상과 단일하의 20℃, 10~20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서는 90~100%의 생존율을 나타냈었을 뿐만 아니라 Callus 모양의 조직편이 재생 분화하고 있는 것으로 나타났다. 이로 미루어 감태 조직편의 재생 및 분화는 장일하에서는 15℃, 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상에서, 단일하의 15~20℃에서는 40~80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 고광량하에서 빠르게 나타남을 알 수 있었다.

나. 종묘생산 및 해조장 조성

통기배양하의 장일조건에서 모자반은 5~25℃에서 성장하였으며, 배양초기에는 15℃에서 성장이 빨랐으나, 이 후 5주째 부터는 20℃에서 성장이 빨라 10주후에는 평균엽장 31 mm에 달했다. 25℃는 20℃와 거의 비슷한 성장을 나타내었고, 10℃하에서는 성장이 완만하여 배양 6주후에는 평균엽장이 11.9mm였고, 5℃의 평균엽장은 4.7 mm에 지나지 않았다. 단일하에서도 5~25℃에서 성장하였고, 15℃에서 최대로 성장하여 약 13 mm에 달하였다.

20℃와 25℃에서는 거의 비슷하게 성장하는 것으로 나타났다. 그리고 5℃에서는 성장이 완만하여 평균엽장이 3.2 mm에 지나지 않았다. 모자반은 같은 조건하의 팽생이모자반에 비해서는 다소 생장이 늦는 것으로 나타났으나 그 성장양식은 큰 차이를 나타내지 않았으며, 특히 장일조건 하의 15~20℃에서 생장이 빠른 것으로 나타났다.

다. 해조장 해조류의 성장

세라믹어초에 이식한 해조장 해조류의 생육상태를 확인하고 그 결과를 비교, 검토하고자 약 15일 간격으로 현장에서 측정한 곱피와 외톨개모자반의 성장도를 그림 4-5에 나타내었다. 곱피의 경우 이식당시인 2003년 12월 27일에 엽장 6.3cm였던 조체가 이식 약4개월 후인 2004년에 66.4cm로 자라나 일평균 약 5.5cm의 성장속도를 나타내었으며, 외톨개모자반의 경우 이식당시 3.3cm의 크기에서 이식 약4개월 후에는 28.1cm로 자라나 일평균 2mm정도 성장한 것으로 나타났다. 그림 4-6에 제시한 것처럼 두종 모두 세라믹어초에 안정된 상태로 착생, 성장하여 통영 바다목장 해역에서는 어초투하지역의 수중환경에 따라 약간의 차이는 있겠으나 인공어초의 재질과는 상관없이 팽생이모자반과 이들 두 종을 혼합한 해중장 조성이 효과적인 것으로 판단된다.

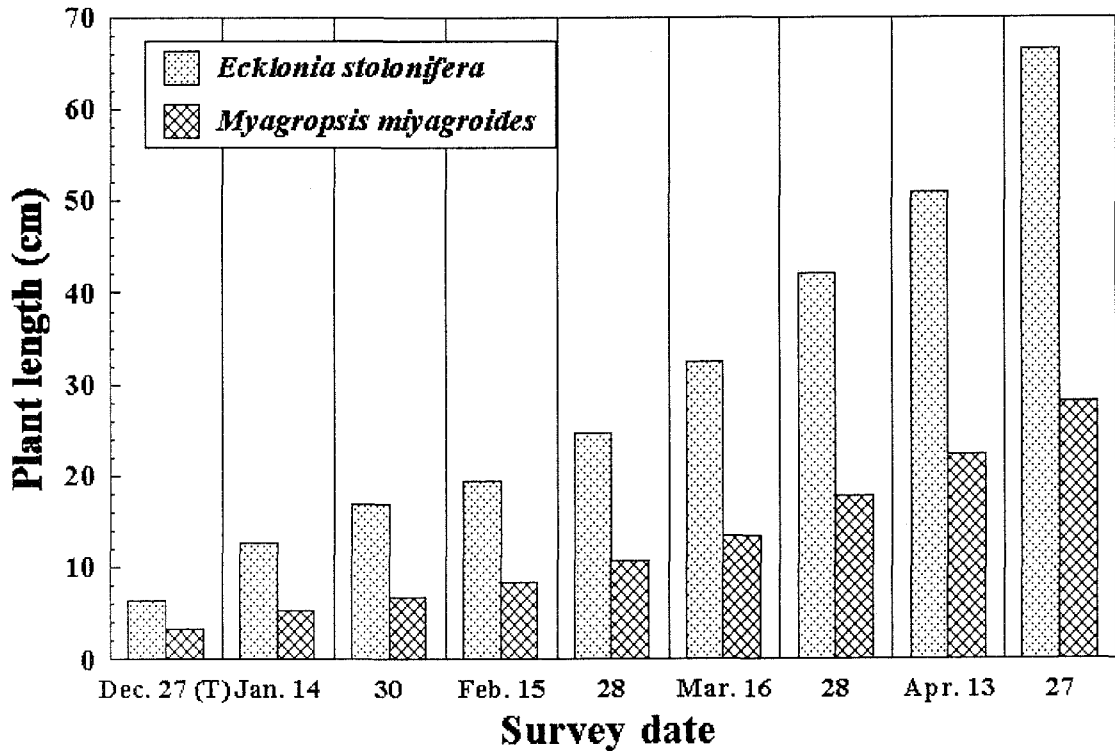


그림 4-5. 세라믹어초에 조성한 해중립 해조류의 성장.

제 7 절 자원조사

1. 서 론

본 조사에서는 인공어초 주변에서 어업생물의 분포 및 밀도를 효율적으로 탐지할 수 있는 방법을 개발하여 어업생물의 종류 및 생태습성을 정량적으로 계측하기 위하여, 우선 모형인공어초를 설치한 수조와 바다목장해역에 설치된 인공어초 부근에서 어군의 행동생태를 조사하였다. 또한, 바다목장해역에서 음향을 이용한 어업생물의 주요 분포 위치와 분포 밀도를 계절별로 조사하여 인공어초의 효과 및 자원분포 밀도 등을 검토하였다. 그리고 방류 대상 어종인 볼락과 참돔에 대해 미토콘드리아DNA분석과 genomic DNA의 RAPD 분석을 통해서 방류어와 자연산 어류에 대한 유전학적 연구를 수행하였다.

2. 결 과

가. 어구조사

본 연구에서 조피볼락의 1.2세의 전장은 14.59 cm, 2.2세는 22.82 cm, 3.2세는 28.81 cm였으며, von Bertalanffy 성장식의 모수를 추정하면 극한전장 L_{∞} 은 44.83 cm, 성장계수 K 는 0.3177/year, 전장이 0일 때의 이론적 연령 t_0 는 -0.0393 year로 각각 추정되었다. 조피볼락의 어구에 의한 조사지점에서 추정된 어획능률은 0.0690이었으며, 초기 자원량은 626마리로 추정되었다. 또한 표지 재포획에 의해 추정된 전체 자원량은 2003년에는 평균 2,226,435마리로 전년도 조사기간의 1,719,039마리에 비하여 자원량의 증대를 보였다. 밀도자료를 이용하여 추정된 조피볼락 자원량은 1,496,871개체이다(그림 4-6 참조).

볼락의 각 연령군의 전장은 1세는 6.05 cm, 2세는 10.25 cm, 3세는 12.94 cm, 4세는 15.62cm, 5세는 18.27cm였다. 여기서 von Bertalanffy 성장식의 모수를 추정하면 극한전장 L_{∞} 은 302.22 cm, 성장계수 K 는 0.1742/year, 전장이 0일 때의 이론적 연령 t_0 는 -0.2776 year로 각각 추정되었다. 잠수조사로 관찰된 개체수를 바다목장 내 암반지역에서 평균적으로 관찰되는 수로 가정하면 볼락의 자원량의 추정치는 약 670,270마리이고 밀도자료를 이용하여 추정된 조피볼락 자원량은 이 밀도자료를 이용하여 추정된 볼락 자원량은 1,399,110개체이다(그림 4-7 참조).

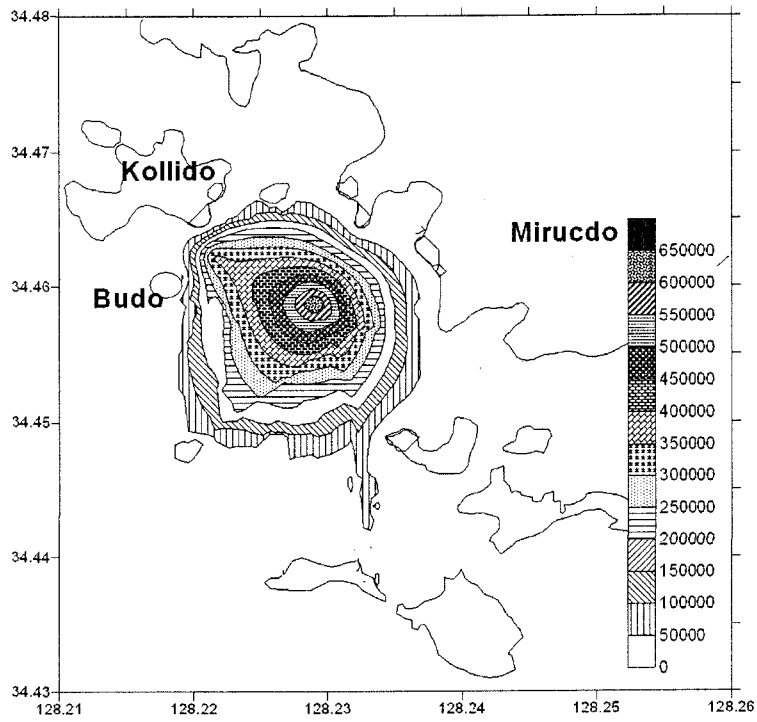


그림 4-6. 통영 조사 해역의 조피볼락 밀도 분포.

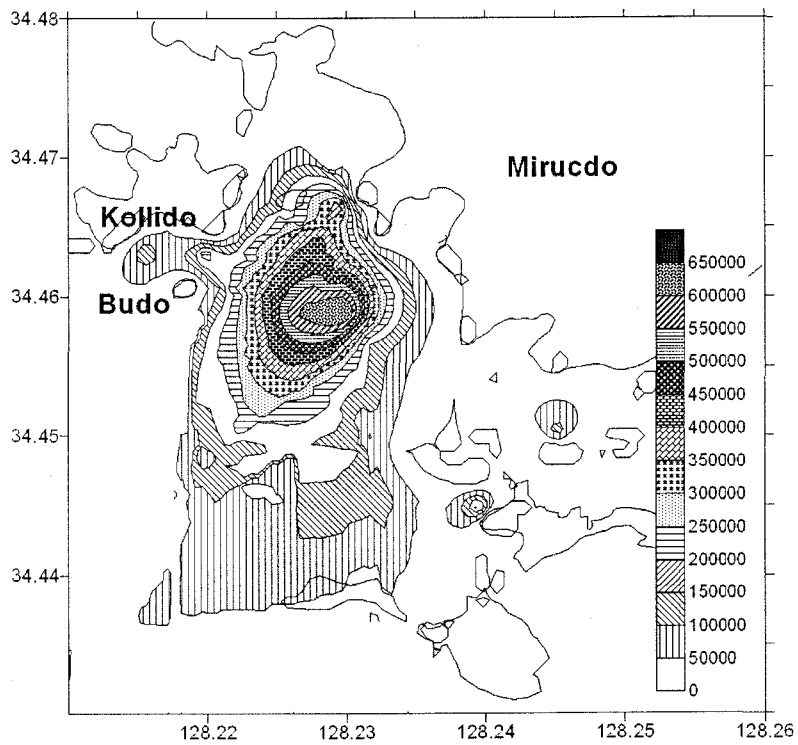


그림 4-7. 통영 조사지역의 볼락 밀도 분포.

나. 어탐조사

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 비용대 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 일본, 노르웨이 등 많은 수산 선진국에서 사용하고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 어군탐지기를 이용하여 인공어초주변에서 어업생물의 행동생태를 파악하기 위하여 수조의 모형 인공어초주변에 불락을 방류하여 체적후방산란강도(SV)와 평균분포밀도(FPCM)를 계측하였다. 또한, 통영의 바다목장에 설치된 인공어초 주변의 고정점에서 어류의 행동을 관찰하였다. 다음으로 통영 인근 해역인 미륵도 일대에서 음향 자원조사를 실시하여 어류의 주요 분포 위치 및 분포 강도에 관한 조사를 계절별로 실시하였다.

6월 조사에서는 고밀도 어군이 어초 주변에 폭넓게 분포되었다. 한편, 8월과 2월에는 6월보다 저밀도로 분포하였으나 어초주변에서 국소적으로 고밀도의 어군이 관찰되었다. 또한, 어업생물은 어초에서 고밀도로 행동하는 습성을 나타내었다.

인공어초 주변에서 어군의 행동으로 어업생물의 행동생태에 인공어초의 효과가 크다는 것을 확인할 수 있었으며, 인공어초에서 어군의 생태습성과 어군량을 파악하는데 어군탐지기에 의한 조사가 효율적인 방법임을 판단할 수 있었다. 그러나 어군탐지기를 이용하여 대상어종별로 그 자원량을 파악하기에는 물리적, 기술적으로 선결해야 할 문제도 남아 있다. 먼저 어군탐지기의 설치방향 문제를 생각할 수 있으며, 어초내의 어군량 등을 추정하기 위해서는 어군탐지기의 진동자를 수평방향으로 설치하는 것이 바람직하나, 어군의 수평방향 TS는 자세변화에 따른 변화가 크기 때문에 정량적으로 어군량을 추정하기 어렵다. 따라서 어업생물별로 측방향의 TS를 측정할 필요성이 있으며, 또한 어종별 생태습성에 관한 기초연구가 병행되어야 하며, 콘크리트 블록어초나 조립식 어초, 타이어 어초나 폐업 어선 어초 등 각 어초의 특성에 맞는 모니터링 시스템의 개발이 요구된다.

다음은 어초 부근만을 집중적으로 관측할 수 있는 시스템의 개발이 필요하며, 탐지범위, 탐지거리, 내구성 등을 고려한 시스템의 개발이 필요하다.

마지막으로 인공어초 내에서 서식하거나 거의 어초 주변에 붙어서 서식하는 어업생물에 대해서는 어군탐지기만을 이용하는 경우 어종판별이 곤란하므로 시·광학적 방법과 같은 별도의 모니터링 방법과 병행하는 하이브리드 모니터링 시스템의 개발에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

다. 잠수조사

2000년부터 2003년 현재까지 연대도 연안 4개 정점과 각종 실험구조물에서의 주기적

인 자원량 추적 조사 결과, 불락은 2000년에 16마리, 2001년에 172마리, 2002년에는 296마리로 증가하였으며 2003년에는 5~25cm 급이 총 197마리가 확인되어 2002년과의 연간 변동폭은 있지만 2000년에 비하면 약 12배 가까이 증가한 것으로 추정되었다.

각 종 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링은 1단계에 이어서 2단계 3차 년도까지 (2003년)의 각종 수중 구조물에서의 어류의 출현 현황, 어류상 및 자원 조성 현황을 모니터링하고 있다.

불락이 가장 많은 수가 출현한 구조물은 연안 다목적어초로 m^3 당 평균 10.59마리/ m^3 이었으며 생체량으로는 378.79 g/ m^3 이었다. 그 다음으로는 인조해조장으로 2.74마리/ m^3 , 50.36 g/ m^3 , PP어초(1.62마리, 108.36 g), 연약지반형 강제어초(1.18마리/ m^3 , 82.45 g/ m^3), 선박어초(1.02마리/ m^3 , 93.22 g/ m^3), 콘크리트(상자형)어초(0.74마리/ m^3 , 44.11 g/ m^3), 상자형강제어초(0.12마리/ m^3 , 6.09 g/ m^3) 순이었다. 조피불락은 2004년 4월 현재 개체수(평균값)가 연안다목적어초 0.76마리/ m^3 , 콘크리트 상자형어초 0.71마리/ m^3 , 연약지반형어초 0.71마리/ m^3 , 선박어초 0.65마리/ m^3 순로 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 한편 신행 강제어초에서는 소형에서 0.83마리/ m^3 , 다음이 개량형이 0.25마리/ m^3 , 대형이 0.17마리/ m^3 , 중형이 0.11마리/ m^3 순이었다.

2003년도의 조피불락의 총어획가능자원량은 2,421,896마리(365톤), 최대지속가능어획량은 1,085,372마리(163톤), 생물학적 허용어획량은 328,986(49톤)마리였다.

2003년도 불락은 총어획가능자원량이 943,463(58톤), 최대지속가능어획량은 451,965마리(27톤), 생물학적 허용어획량은 156,354(9톤)마리로 추정되었다.

라. 유전자원조사

통영 바다목장 해역에 방류된 어류에 대한 유전적 특성 규명 및 향후 방류로 인한 자연 생태계 내의 genetic impact를 감시하기 위하여 방류용 종묘와 자연집단의 불락류를 대상으로 RAPD 및 RFLP 분석을 실시하였으며, 불락 및 조피불락의 미토콘드리아 DNA D-loop region과 cytochrome b gene의 염기서열을 분석하였다. 두 어종 모두에서 자연집단에 비해 방류용 종묘의 haplotype 다양도와 염기다양도는 낮게 나타났고 특히 조피불락에서 현저한 차이를 나타냈다. 본 연구 결과는 방류용 불락 종묘의 경우, 미토콘드리아 DNA를 유전학적 marker로 이용하여 방류후의 추적조사에 이용할 수 있음을 시사하고 있다. 조피불락의 경우, 8개체의 방류용 종묘와 2개체의 자연집단에 속한 조피불락이 한 개의 유전자형을 공유하고 있으므로 분석 개체수를 늘려서 조사해 볼 필요가 있음을 시사하고 있다. 또한, RAPD 분석을 통하여 불락의 자연집단과 방류집단간의 차이 분석이 가능하였으며 향후 지속적인 두 집단의 유전적 특성에 관한 data 축적을 통하여 방류해역에서의 genetic monitoring이 가능할 것으로 판단된다.

여 백

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서 론

바다목장사업은 연안에 인위적으로 친환경적인 산란·서식장을 조성하여 유용수산자원을 통제·관리함으로써 수산물을 지속적·안정적으로 공급할 수 있는 생산기반을 구축하는 것이다. 동 사업은 궁극적으로 어업인의 소득 증대, 풍요로운 어촌건설 및 지역경제 활성화에 기여하는 것을 목표로 한다. 이러한 바다목장사업의 목표달성을 위해서는 적극적인 수산자원의 조성과 더불어 철저한 사회경제적 분석 및 투자계획 수립을 통해 사업 투자효과를 높일 필요가 있다. 또한 바다목장조성사업의 효율적 추진체계와 합리적인 이용·관리방안이 제시되어 향후 계속될 지역별 바다목장사업을 효과적으로 추진할 수 있는 바탕이 마련되어야 한다.

이를 위해 본 장에서는 현행 보호수면 제도의 운영·관리실태를 파악하여 보완조치사항을 도출하고자 하였으며, 통영바다목장의 조성단계에 맞추어 바다목장 수면 이용·관리제도를 기르는어업육성법 상의 「수산자원관리수면」으로 전환하는 방안을 모색하였다. 바다목장 이용·관리체제 구축과 관련하여, 경영실태조사를 작년(2002년)에 이어 올해에도 계속 실시하였으며, 어업인 및 해양수산관련 민·관·연을 주축으로 구성된 “통영바다목장 관리운영협의회”를 적극 활용하여 향후 바다목장의 이용·관리체제가 어업인의 자율관리로 운용될 수 있는 방안을 강구하였다.

또한 바다목장 어획물의 부가가치 제고를 위해 유통체계를 분석하고, 상품화계획을 수립하였다. 이것은 「수산자원관리수면」으로의 전환으로 부분적 이용이 가능해 짐에 따라 통영바다목장에 맞는 유통체제의 구축방안을 마련하고, 브랜드선점을 통한 시장우위를 차지하기 위한 것이다.

마지막으로 바다목장 조성에 따른 자원증가의 효과를 측정하기 위해 통영지역 유어낚시에 대한 실태분석을 실시하였고, 이를 바탕으로 바다목장사업의 간접적인 효과를 계량적인 방법에 의해 측정하여 제시하고자 하였다.

향후 바다목장사업은 어업인을 중심으로 민·관·학·연이 같이 참여하는 “바다목장 관리운영협의회”를 중심으로 자율관리어업체제를 구축하여 갈 것이다. 따라서 어업인들의 적극적인 관심과 참여가 바다목장사업의 성패를 결정짓는 핵심 요인이 될 것이다. 또한 통영바다목장의 자율관리체제는 어업인들과의 협력체제구축과 어업인들의 자율참여를 조장함으로써 “자율관리어업”의 성공적 모델이 될 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 절 바다목장수면 이용 · 관리실태 조사

1. 바다목장 조성실태

가. 투자실적

1998년부터 조성중인 통영바다목장은 지금까지 총 사업비 11,900백만원을 투자하였으며 이중 시설비가 4,372백만원으로 36.7%, 연구비가 7,528백만원으로 63.3%를 차지하고 있다(표 5-1).

표 5-1. 통영바다목장 투자실적

(단위 : 백만원)

구 분	합계	1998	1999	2000	2001	2002	2003
합 계	11,900	900	1,000	1,800	2,500	3,000	2,700
시설비	4,372	158	300	518	1,068	1,307	1,021
연구비	7,528	742	700	1,282	1,432	1,693	1,679

1998년부터 통영바다목장 해역에 투입된 인공어초 및 종묘방류 실적은 인공어초의 경우는 총 58,760m²에 어장을 조성하였으며, 종묘방류는 1998년 5만미를 시작으로 총 554만미를 방류하였다(표 5-2).

표 5-2. 인공어초 및 종묘방류 실적

(단위 : m², 만미)

구 분	합계	1998	1999	2000	2001	2002	2003
인공어초	58,760	2,705	4,641	14,305	3,920	15,535	17,654
종묘방류	554	5	51	116	135	117	130

주요어종인 조피볼락과 볼락의 종묘방류 실적을 살펴보면 2003년까지 총 349만마리를 방류하였으며 이중 조피볼락을 274만마리(78.5), 볼락을 75만마리(21.5) 각각 방류하였다.

통영바다목장 자원조성을 위하여 조피볼락과 볼락 인공종묘를 중간육성하여 방류한다. 초기에는 볼락의 대량 종묘생산이 어려워 조피볼락을 중심으로 방류하였으나, 현재는 볼락의 방류비율을 점점 높여가고 있으며 2004년에는 조피볼락과 볼락의 방류비율을 동일하게 하고 2005년에는 볼락만을 방류할 계획에 있다(표 5-3).

표 5-3. 주요어종별 종묘방류 실적 및 계획

(단위 : 미)

연 도	합 계	조피볼락	볼 락
1998	55,000	50,000	5,000
1999	500,500	500,000	500
2000	1,000,000	950,000	50,000
2001	750,817	562,817	188,000
2002	533,500	425,500	108,000
2003	656,000	256,000	400,000
2004	1,300,000	650,000	650,000
2005	710,000	0	710,000
합 계	5,505,817	3,394,317	2,111,500

나. 자원량

자원량 및 최대지속적 생산량(MSY) 평가 방법은 다음과 같다. 자원량은 2002~2003년 동안 어구조사, 잠수조사 등을 통하여 자원량을 추정하는 파라미터를 구하여 추정하였다.

자원량 추정에 사용된 파라미터는 어장가입연령, 어구가입연령, 순간자연사망계수, 성장계수, 이론적 최대체중, 체장이 0일 때의 이론적 연령, 최고연령 등이며, 2004년 이후의 자원량은 이전까지 사용하였던 자원량 파라미터의 값이 그대로 적용된다는 가정 하에 2004년 이후 방류량을 감안하여 추정하였다.

MSY는 처녀자원량 모델(Gulland, 1971)을 적용하여 추정하였으며 그 공식은 다음과 같다.

$$MSY = 0.5MB_{\infty} \quad (M : \text{순간자연사망계수}, B_{\infty} : \text{처녀자원량})$$

이상과 같은 방법을 사용한 자원량 평가 결과 통영바다목장 방류종인 조피볼락과 볼락의 자원량은 로지스틱 함수곡선 추세를 보이고 있었으며, 자원량 추세를 볼 때 약 2016년 경이면 최대자원량 수준에 이를 것으로 추정된다. 단, 현재 환경수용력을 조사중에 있으므로 그 결과가 나오면 구체적인 최대자원량 수준을 알 수 있을 것으로 판단된다.

조피볼락 자원량은 1998년 110톤에서 지속적으로 증가하여 2003년 현재 365톤 수준에 있으며, 2016년에는 약 4,407톤으로 증가할 것으로 추정된다. 볼락은 1998년 8톤에서 2003년 58톤, 2016년에는 2,780톤으로 증가할 것으로 추정된다.

총자원량은 1998년 118톤에서 2016년에는 7,188톤이 될 것으로 추정되며, 2003년 현재 약 423톤 수준에 있다(표 5-4).

표 5-4. 통영바다목장 추정 자원량

(단위 : kg)

연 도	합 계	조피불락	불 락
1998	118,449	110,506	7,943
1999	148,614	137,250	11,364
2000	186,665	170,411	16,253
2001	234,741	211,500	23,240
2002	295,581	262,369	33,212
2003	423,427	365,063	58,363
2004	438,212	376,309	61,903
2005	550,693	462,468	88,224
2006	782,918	641,166	141,751
2007	955,530	761,169	194,360
2008	1,212,558	938,074	274,484
2009	1,539,176	1,153,670	385,505
2010	1,952,539	1,415,201	537,338
2011	2,471,972	1,730,668	741,304
2012	3,117,439	2,108,617	1,008,821
2013	3,906,637	2,557,754	1,348,882
2014	4,850,725	3,086,353	1,764,371
2015	5,949,582	3,701,444	2,248,138
2016	7,188,569	4,407,783	2,780,786

통영바다목장의 추정자원량을 이용하여 최대지속적 생산량(MSY) 추정한 결과 조피불락의 MSY는 1998년 49톤에서 2016년에는 1,975톤, 불락은 약 4톤에서 1,332톤으로 증대될 것으로 추정되며, 전체적인 최대지속적 어획가능량은 1998년 53톤에서 2016년 이후에는 3,307톤을 매년 지속적으로 이용할 수 있을 것이다(표 5-5).

표 5-5. 통영바다목장 내 자원의 최대지속적 자원량

(단위 : kg)

연 도	합 계	조피불락	불 락	연 도	합 계	조피불락	불 락
1998	53,328	49,523	3,805	2008	551,889	420,398	131,492
1999	66,952	61,508	5,444	2009	701,694	517,017	184,677
2000	84,156	76,370	7,786	2010	891,634	634,222	257,412
2001	105,917	94,784	11,133	2011	1,130,721	775,599	355,122
2002	133,491	117,580	15,911	2012	1,428,253	944,977	483,276
2003	191,562	163,603	27,959	2013	1,792,440	1,146,257	646,182
2004	198,298	168,643	29,655	2014	2,228,371	1,383,149	845,222
2005	249,519	207,255	42,264	2015	2,735,772	1,658,802	1,076,971
2006	355,245	287,339	67,906	2016	3,307,483	1,975,348	1,332,136
2007	434,226	341,118	93,109				

2. 수산업 실태

가. 어가수

통영바다목장 해역의 어가수는 1998년 752가구에서 2002년 670가구로 11% 감소하여 동기간 통영지역 어가수 감소율인 18%보다 감소폭이 작은 것으로 나타났으며, 어업인구는 1998년 1,310명에서 916명으로 30% 감소하여 동기간 통영지역 어업인구 감소폭과 비슷한 것으로 나타났다(표 5-6).

표 5-6. 통영바다목장 어가 및 인구추이

구 분		1998	1999	2000	2001	2002
바다목장 해역	어 가 수	752	731	731	640	670
	어업인구	1,310	1,269	986	904	916
통영지역	어 가 수	6,899	2,755	6,657	5,748	5,628
	어업인구	13,629	5,901	10,983	9,671	9,349

나. 어선수

통영바다목장 조성기간동안의 어선척수 변화를 살펴보면 1998년 바다목장 해역 내 어선수가 642척에서 575척으로 10.4% 감소하였고, 통영지역은 3.3% 증가하는 추세를 보여 상반된 모습을 보이고 있다.

통영지역 어촌계수는 1998년 84개에서 2002년 현재 74개로 10개 감소하였다.

표 5-7. 통영바다목장 어선수 및 어촌계 추이

구 분		1998	1999	2000	2001	2002
바다목장 해역	동력	561	583	584	491	488
	무동력	81	60	85	101	97
	합계	642	543	664	592	575
통영지역	동력	4,074	2,181	5,028	4,252	4,189
	무동력	663	109	621	625	705
	합계	4,737	2,290	5,649	4,877	4,894
어촌계 수		84	84	75	74	74

3. 보호수면 관리실태

가. 관리 및 이용실태

현재 통영바다목장의 보호수면은 산양읍 곤리-저림-연화해역을 연결하는 539.6ha가 지정되어 있으며 해역 내에 안내문이 세워져 홍보되고 있다.

나. 문제점

바다목장 보호수역 관리 및 이용에 있어서의 문제점은 크게 어업인의 자원관리와 수익성 우선의 인식 사이에서의 충돌과 만성적인 불법어업의 두 가지 정도로 정리할 수 있다.

먼저 지난 2003년 9월 태풍 매미의 피해로 바다목장 해역의 어류 가두리가 대부분이 파괴되어 양식어 대부분이 동 해역에 방류되는 일이 있었다.

이 일이 발생하고 약 3~4개월 동안 동 해역에서는 대형 통발을 이용한 조업이 성행하였는데 어업인들은 자신들이 기르던 고기가 풀려났기 때문에 이를 다시 잡기 위한 것이라는 이유로 이를 합리화하였다.

그러나 실제 동해역에서 조업을 통해 잡힌 어류는 파괴된 가두리가 복구되지 않아 양식장으로 자가입식할 수 있는 형편이 아니었다. 결국 통발조업을 통해 어획된 어류는 활어상태로 대부분이 판매되었다.

그 과정에서 소형어도 상당비율 섞여 판매되고 있었는데 이는 어업인들의 수익 제일주의의 결과라 할 수 있다.

결국 동해역에서의 어업질서는 통발조업에 대한 단속을 통해 해역을 보호수면 밖으로 이동한 상태로 지속되고 있었다.

다음으로 지속적으로 이뤄지고 있는 불법어업의 문제이다. 현재 통영바다목장 보호수면에서의 불법어업은 지역어업인들의 의견에 따르면 상당히 감소하고 있다고 한다.

이는 어업인들의 인식제고에 의한 결과 뿐 아니라 관의 강력한 단속의지의 결과에 의한 것이다. 그리고 자원증대 결과 상당량의 자원이 보호수역 밖에 위치한 어초에도 형성되어 이러한 어장을 이용하는 결과에 의한 것이라 할 수 있다. 그러나 아직도 동해역이 섬이 많은 특수성을 이용하여 감시의 사각지역에서 야간조업을 실시하는 경우가 있다고 한다. 이는 동해역의 24시간 감시체제와 신고체제를 활발히 운영하면 충분히 해결 가능한 부분이기 때문에 지속적인 홍보와 주민신고체제의 확립을 추진할 필요가 있을 것이다.

4. 바다목장 이용관리실태

가. 어획실태

(1) 바다목장 해역 어업인 이용실태

통영바다목장 해역에 포함되는 12개 어촌계에서 외출낚시어업을 영위하고 있는 어업인은 약 78명으로 이중 전업이 59명, 겸업이 19명으로 조사되었다. 겸업은 대부분이 제1종 겸업으로 농업 등 기타 부업은 거의 하지 않거나 텃밭을 일구는 수준으로 조사되어 전업에 가까운 형태인 것으로 나타났다.

외출낚시어업의 주된 대상어종은 불락, 참돔, 조피불락으로 예년에 비해 불락의 어획율이 약 70%를 차지하고 있었다.

(2) 바다목장 해역외 어업인 이용실태

통영 바다목장 해역 중 보호수면을 제외한 지역에서 조업하는 대한 바다목장 해역 외 어업인은 통영시 도산면, 광도면, 용남면의 어업인들과 경남 고성군 및 사천시 어업인들로서 여기에 따라 동해역에서 어선어업을 하여 왔다.

동해역은 외줄낚시 어장으로서는 뿐만 아니라 기선권현망, 연안 통발의 조업어장으로도 이용되고 있으며, 이러한 다각적인 이용은 동해역을 향후 수산자원관리수면으로 지정하여 관리할 경우 조업구역 충돌로 인한 갈등이 예상된다.

이들이 조업하는 수역은 주로 바다목장 시설투자과정에서 보호수면 밖에 위치한 인공 어초 시설지역인 연대도 외측해역과 곤리도 해역 및 자연암반이 형성되어 있는 섬의 주변인 것으로 조사되고 있다.

나. 유어낚시 실태

통영지역 연간 낚시객 수는 2000년 16,601명에서 2003년 70,000명으로 4.2배정도가 증가하였다. 이는 통영바다목장조성의 결과 어로대상 자원량이 증가하였으며, 접근성이 증가하는 등의 여러 원인이 있는 것으로 보인다.

다음부터는 통영지역의 설문조사에 의해 나타난 유어낚시객 실태이다(표 5-8).

표 5-8. 통영지역 낚시객 현황

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년
낚시객 수	16,601	28,233	60,648	70,000

통영지역의 유어낚시 실태분석은 바다목장 조성에 따른 자원증가가 동 지역에 있어서 지역 소득에 얼마나 기여하는지 측정하기 위해 실시되었으며, 설문지를 활용한 1대1 면담을 통해 실시되었다.

설문조사는 봄, 여름, 가을, 겨울의 4계절 조사와 함께 연휴와 휴일 그리고 평일에 각각 실시하였다.

5. 어업경영실태

가. 수입 및 비용

2003년 바다목장 해역 외줄낚시 어업인의 평균 어획금액은 38,127천원으로 전년보다 2배 이상 어획된 것으로 나타났다. 어업평균 비용은 11,050천원으로 어업수익은 27,077천원, 어업수익률은 약 71%로 높게 나타났다(표 5-9).

표 5-9. 외출낚시어업의 수입 및 비용

구 분	평균	1998	1999	2000	2001	2002	2003
수입(천원)	17,573	21,600	16,981	17,430	16,788	15,065	38,127
비용(천원)	8,274	12,528	8,505	7,361	6,179	6,797	11,050
이익(천원)	9,299	9,072	8,476	10,069	10,609	8,268	27,077
이익률(%)	54	42	50	58	63	55	71

외출낚시어업의 경우 바다목장 수역 내에서 약 40%, 수역 외에서 60% 정도가 어획되고 있는 것으로 나타났으며, 월별로는 1월이 2,846kg으로 가장 많았으며, 2월이 104kg으로 가장 적은 것으로 조사되었다(표 5-10).

표 5-10. 외출낚시어업의 월별 어종별 평균 어획량

(단위 : kg)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
참돔	10	9	10	44	72	94	68	103	260	236	145	74	1,127
볼락	2,644	62	1,353	250	174	379	87	130	63	36	59	55	5,291
조피볼락	173	16	95	40	36	32	34	73	115	82	84	34	814
감성돔	18	1	10	9	5	6	1	2	17	9	11	3	92
돌돔	0	0	0	5	5	5	2	2	17	10	5	2	54
숭어	0	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
방어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
농어	0	8	4	6	4	26	21	36	12	6	4	2	128
장어	1	0	0	6	10	12	9	11	1	0	0	0	51
기타	0	0	0	8	0	2	1	1	1	1	0	0	13
합계	2,846	104	1,475	368	307	556	223	358	486	380	308	171	7,582

주 : 수역 외 60%, 수역 내 40% 정도 어획되고 있음

어획금액의 경우는 6월이 6,612천원으로 가장 많았으며 2월이 1,336천원으로 가장 적은 것으로 조사되었다.

어획량과 어획금액 모두가 가장 적은 이유는 이시기는 명절이 끼어있었으며 기상악화로 인해 조업이 평소의 절반정도 밖에 이루어지지 않았기 때문인 것으로 풀이된다.

나. 어가수지 분석

통영바다목장 외줄낙시어업의 자산 및 부채 현황을 보면, 자산은 소폭 감소하였고, 부채도 소폭 감소한 것으로 나타났다. 자산의 경우 2000년 52,198천원, 2001년 53,500천원, 2002년 49,807천원, 2003년 47,668천원으로 소폭 감소하였으며, 부채는 2000년 27,444천원, 2001년 37,500천원, 2002년 38,847천원, 2003년 26,772천원으로 소폭 감소하였다. 이러한 결과는 어획금액의 증가 때문으로 판단된다(표 5-11, 표 5-12).

표 5-11. 외줄낙시어업의 월별 어종별 평균 어획금액

(단위 : kg)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
참 돔	42	173	108	531	1,329	1,754	1,088	1,164	1,355	1,154	1,015	598	10,308
불 락	4,421	900	2,660	2,355	1,852	3,847	877	1,303	728	501	854	767	21,065
조피불락	86	138	112	205	174	149	158	335	326	285	401	203	2,572
감 성 돔	69	23	46	169	83	89	18	39	205	111	162	47	1,061
들 돔	0	0	0	124	100	112	33	54	231	142	102	54	952
송 어	0	17	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
방 어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼 치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
농 어	0	86	43	78	65	526	152	267	131	81	65	22	1,516
장 어	1	0	1	44	97	118	111	119	13	0	0	2	505
기 타	0	0	0	84	0	17	10	5	4	5	0	0	123
합 계	4,619	1,336	2,978	3,589	3,700	6,612	2,446	3,285	2,993	2,277	2,600	1,691	38,127

표 5-12. 외줄낙시어업의 자산 및 부채 현황

구 분	자 산	고정자산	유동자산	부 채	고정부채	유동부채
1998	44,333	41,000	3,333	65,000	65,000	-
1999	49,198	45,263	3,935	25,444	25,444	-
2000	52,198	45,263	6,935	27,444	27,444	-
2001	53,500	46,500	7,000	37,500	27,500	1,000
2002	49,807	44,507	5,300	38,847	36,347	2,500
2003	47,668	40,625	7,043	26,772	26,772	-

재무지표 분석은 통영바다목장 해역 내에 거주하는 어업인들 중 외줄낙시 어업인들의 재무건전성을 파악하기 위해 실시하였으며 이는 바다목장 조성과정에서의 어획량 증대

뿐만 아니라 어획량 증대가 어가경제에 어떠한 영향을 끼치는지를 추적하기 위한 자료로 사용할 수 있다. 분석에 사용한 재무지표는 유동성비율과 안정성비율, 손익관계비율, 활동성관계비율의 4가지를 이용하였다(표 5-13).

유동성비율은 단기채무에 대한 지급능력을 측정하기 위하여 항목간 관계비율을 분석하는 것으로 자기자본비율을 분석하였다. 안정성비율은 경영체의 단기채무변제능력 뿐만 아니라 장기적인 관점에서 시장여건변화 등의 경제여건변화에 대응할 수 있는 능력을 분석하는 것으로 고정비율과 부채비율의 두가지 항목으로 분석을 실시하였다.

손익관계비율은 수익성을 분석하기 위한 지표로 이용하는데 일정기간 동안의 경영성과를 측정하고 그 성과의 원인을 분석, 검토하기 위한 항목이다. 이를 위해 총자본어업이익률과 총자본순이익률, 자기자본순이익률, 매출액어업이익률에 대한 분석을 실시하였다.

활동성관계비율은 자산과 자본의 회전율을 분석하는 것으로 투하된 자본이 기간중 얼마나 활발하게 운용되었는가를 나타내는 비율로서 수익성비율과 관계가 있으며 회전율이 높을수록 자본의 이용도가 높다.

표 5-13. 주요 재무지표

주요지표		1998	1999	2000	2001	2002	2003
유동성	자기자본비율		0.48	0.47	0.30	0.25	0.44
	고정비율		191	183	291	352	194
안정성	부채비율		107.11	110.87	234.38	306.85	128.00
	총자본어업이익률	146.62	51.72	52.58	70.09	75.42	56.16
손익관계	총자본순이익률	20.46	17.23	19.29	19.83	16.05	56.80
	자기자본순이익률		35.68	40.68	66.31	65.31	129.46
	매출액어업이익률	42.00	49.91	57.77	63.19	54.88	71.02
활동성	총자본회전율	0.49	0.35	0.33	0.31	0.29	0.80
	고정자산회전율	0.53	0.38	0.39	0.36	0.34	0.94

주요재무지표를 총괄적으로 판단하자면 전체적으로 경영체의 수익성은 나아지고 있으나 그 비율이 불안정적이라는 것을 알 수 있다. 지금 통영에서 계속되는 바다목장 시범사업은 어업의 수익성을 개선하고 불안정성을 극복하기 위한 수단으로 제시되고 추진되고 있는바 현재 상태에서는 어업의 수익성 개선에 효과가 점점 나타나고 있다고 할 수 있을 것이다.

이러한 수익성 개선과 함께 경영안정성을 개선하기 위해서는 안정적인 수입원이 존재해야 하는데 동사업의 추진에 따라 바다목장해역 내에서 조업이 시작되고 자율관리가 실시된다면 이러한 효과도 충분히 가져올 수 있을 것으로 보인다.

제 3 절 바다목장 이용관리체제 구축

1. 수산자원관리수면 지정 필요성

가. 성공적인 바다목장 조성

바다목장은 어장과 자원을 인위적으로 조성하여 자원을 증대시키고, 자원상태에 맞게 이용함으로써 지속적으로 어업수익을 얻고자 하는 것이다. 따라서 어장과 자원을 조성하기 위한 시설투자 및 연구개발 기간이 상당히 소요되고, 완전한 바다목장이 조성되는데는 더 많은 시간이 필요하다.

나. 효율적인 바다목장 관리

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.

수산자원관리수면을 지정 운영하는 것은 현재 조성중인 바다목장의 효율적인 관리를 위해 필요한 것이다.

현재의 체계 즉 보호수면제도하에서는 통영바다목장 해역 전체에 대한 관리 자체가 불가능하게 되며, 자원량조사를 위한 시험조업, 적정 자원을 이용하기 위한 시도 등이 법률의 제한과 외부효과로 인해 불가능하기 때문이다.

다. 법적 관리

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. 따라서 각 시·도에서는 2004년 4월 1일부터 바다목장 사업 시행 구역에 대하여 수산자원관리수면을 지정하여 관리하여야 한다.

2. 수산자원관리수면 지정 절차

가. 기르는어업육성법

수산자원관리수면이란 수산자원의 효율적인 관리·이용을 위하여 인공어초 또는 바다목장 시설물을 설치하였거나 설치할 예정인 수면(기르는어업육성법(이하 “법”이라 함) 제

10조제1항)을 말한다.

수산자원관리수면의 지정 및 해제 절차는 관계중앙행정기관장 협의 → 시·도지사 신청 → 해양수산부장관 승인 → 고시(법 제10조제3항 내지 제5항)를 통해 이뤄진다.

나. 수산자원관리수면에 관한 업무처리요령

수산자원관리수면의 지정대상은 인공어초(1단지의 규모가 800㎡ 이상 설치한 수면), 바다목장(국가 또는 지자체가 조성하였거나 조성을 추진중인 수면(바다목장은 수산업법에 따라 지정된 보호수면의 바깥쪽에 대하여 시·도지사가 관리수면으로 지정하고자 하는 수면), 기타 인공어초 및 바다목장 시설물을 설치하기로 투자계획이 수립된 수면이다.

지정방법은 먼저 관리수면 지정에 있어 법령에 상충·저촉 여부 검토, 관할 시장·군수·구청장 의견 및 국립수산물과학원의 자원상태 등에 대한 의견 청문하고, 관련 수산업협동조합·어촌계 및 어업인 등의 의견서 첨부(지자체장 수렴)하여 제출하면 시·도지사는 대상수면에 대해 인공위성위치측정장비(DGPS) 등 첨단장비를 활용한 실태를 조사한 후 기초자치단체장에게 의견을 요청하게 된다.

관리수면은 시·도지사가 관리하게 되는데 다만, 관리수면의 효율적인 관리를 위해 기초자치단체장의 협조를 얻어 관리할 수 있다.

3. 통영바다목장 수산자원관리수면 지정방안

가. 관리수면 위치와 면적

위치는 경상남도 통영시 산양읍 삼덕리로부터 동읍 곤리, 연곡리, 저림리, 미남리 연화리를 연결한 내측 해역으로 관리수면 경계는 다음 점을 연결한 내측으로 한다.

면적은 바다목장 내측 해역 2,000ha(배후지 포함 9,000ha) 중 상기 7개 지점을 연결한 내측 해역중 보호수면, 어업권어장 면적을 제외한 1,460ha로 한다.

나. 관리수면 지정 목적 및 필요성

통영바다목장 수역에 대해 수산자원관리수면으로 지정하는 목적은 통영바다목장의 성공적인 조성을 위한 해역관리, 통영바다목장 수산자원의 지속가능하고 효율적인 관리, 통영바다목장내 설치한 각종 시설물의 보호관리 및 유지, 어업인들의 소득안정을 위함이다.

연구개발사업으로 추진중인 통영바다목장은 총 2,000ha이나 540ha 보호수면을 제외한 1,460ha에 대해서는 누구나 어획을 할 수 있어 성공적인 바다목장조성에 지장을 초래하고 있으며, 다수 지역의 어업인 및 유어낚시객이 무분별하게 바다목장을 이용하여 자원관리를 저해하고 있으나 어구어법, 이용자, 어획량 등에 대한 제한규정이 없어 자원고갈 위험성이 있다.

다. 지정·관리·이용 기간

동수면에 대한 수산자원관리수면지정 기간은 2004년 6월 1일부터 2006년 12월 31일로 한다. 즉 통영바다목장 연구개발사업이 종료되는 2006년 12월 31일까지를 일차적인 지정기간으로 정하여 운용하여 그 이후에는 바다목장 자원상태, 이용관리상의 문제점 등을 감안하여 기간을 연장 등을 고려해야 할 것이다.

라. 허용 및 제한사항

(1) 조업실태

수산자원관리수면에서의 허용사항은 ①조사연구를 위한 어로행위 및 시설물 설치, ②자원조성 시설물 설치 및 종묘방류 등 자원조성 행위, ③어업자원의 남획에 영향을 최소화할 수 있는 어업과 유어낚시선업, 외줄낚시어업, 연승어업, 채낚기어업, 유어낚시선업, ④관리권자의 승인 및 허가를 받은 바다목장 해역 이용행위, ⑤기존에 면허를 득한 어업권어업 및 허가를 받은 구획어업 등이 될 수 있을 것이다.

어구어법 및 어업 제한 내용은 ①바다목장내 설치된 어장 및 자원조성용 시설물의 보호 및 자원남획을 방지하기 위하여 남획성 어구어법은 금지, ②모든 구획어업 ③ 연안연승 및 연안채낚기를 제외한 모든 연안어업, ④ 모든 근해어업 등으로 해야 한다.

(2) 입어자 제한

입어자에 대한 제안은 다음과 같다. 첫째, 바다목장 이용자간의 동질성, 바다목장 관리의 효율성, 이용 및 관리의 용이성, 기존 이용자에 대한 이용권 비배제의 원칙 하에 입어자를 제한

둘째, 입어자는 원칙적으로 통영바다목장 주변 수역에 위치한 12개 어촌계원으로 하되 기존에 동일 해역에서 본 규정에 의하여 허용된 어구어법으로 조업한 어업인에 대하여 제한적으로 입어를 허용

셋째, 입어자의 개인자격이 아닌 해당 어촌계 계원자격으로 한정하여야 한다.

(3) 어획량 제한

수산자원관리수면에서는 어업자원관리 수단 및 어획노력량을 제한한다 하더라도 근본적으로 과도한 어획은 자원을 고갈시킬 우려가 있으므로 어획량을 지속가능한 자원수준에 맞게 제한해야 한다.

따라서 도지사는 매년 자원조사를 통하여 목표어종인 볼락과 조피볼락의 연간 허용어획량을 정하여 어획을 제한해야 하며, 가능하면 어선척당 어획량도 제한하되 다만 행정관청에서 어획권 할당을 정하기가 어려울 경우에는 입어자들의 조직체에서 자율적으로 할당하도록 하는 것도 가능할 것이다.

표 5-14. 통영바다목장 추정 자원량

연 도	합계(kg)	조피블락	블 락
1998	118,449	110,506	7,943
1999	148,614	137,250	11,364
2000	186,665	170,411	16,253
2001	234,741	211,500	23,240
2002	295,581	262,369	33,212
2003	423,427	365,063	58,363
2004	438,212	376,309	61,903
2005	550,693	462,468	88,224
2006	782,918	641,166	141,751
2007	955,530	761,169	194,360
2008	1,212,558	938,074	274,484
2009	1,539,176	1,153,670	385,505
2010	1,952,539	1,415,201	537,338
2011	2,471,972	1,730,668	741,304
2012	3,117,439	2,108,617	1,008,821
2013	3,906,637	2,557,754	1,348,882
2014	4,850,725	3,086,353	1,764,371
2015	5,949,582	3,701,444	2,248,138
2016	7,188,569	4,407,783	2,780,786

이상의 추정자원량을 근거로 최대지속적 생산이 가능한 어획가능량을 최대 어획가능량으로 제한하고, 어선별로 할당하도록 해야 한다.

그러나 동표에서 제시한 어획가능량은 2003년 이전의 조사결과를 토대로 추정된 것이므로 매년 자원평가를 통해 결정하여야 할 것이다.

표 5-15. 추정된 어획가능량

연 도	합 계(kg)	조피블락	블 락
2004	198,298	168,643	29,655
2005	249,519	207,255	42,264
2006	355,245	287,339	67,906
2007	434,226	341,118	93,109
2008	551,889	420,398	131,492
2009	701,694	517,017	184,677
2010	891,634	634,222	257,412
2011	1,130,721	775,599	355,122
2012	1,428,253	944,977	483,276
2013	1,792,440	1,146,257	646,182
2014	2,228,371	1,383,149	845,222
2015	2,735,772	1,658,802	1,076,971
2016	3,307,483	1,975,348	1,332,136

표 5-16. 어선 투입량

연도	어가소득			투입 선박수			
	합계	어업수익	유어선수익	합계	어선수	유어선수	척당수익
2004	2,583,058	1,367,715	1,215,344	239	48	191	10,819
2005	2,983,799	1,750,698	1,233,100	254	60	194	11,750
2006	3,808,658	2,538,906	1,269,752	285	86	199	13,352
2007	4,461,143	3,164,010	1,297,133	309	105	204	14,453
2008	5,438,209	4,100,287	1,337,923	344	133	210	15,831
2009	6,708,077	5,318,222	1,389,855	388	170	218	17,293
2010	8,349,977	6,894,276	1,455,701	444	216	229	18,798
2011	10,453,640	8,915,055	1,538,585	515	273	242	20,297
2012	13,110,903	11,469,173	1,641,730	603	345	258	21,736
2013	16,399,714	14,631,732	1,767,982	711	434	278	23,063
2014	20,360,669	18,441,563	1,919,106	840	539	301	24,231
2015	24,971,464	22,876,458	2,095,006	991	662	329	25,208
2016	30,130,914	27,837,714	2,293,200	1,160	800	360	25,975

한편, 어획량이 제한된 상태에서 너무나 많은 어선이 입어하게 되면 척당 수익이 떨어져 불법의 가능성이 많아 바다목장 관리가 어려우므로 입어척수를 제한할 필요가 있다. 따라서 제한된 어획량을 기준으로 어선 척당 약 56%의 수익률을 올릴 수 있는 어선수로 제한하고, 유어낚시선은 2003년 연간 유어낚시선 수익(약 600만원)을 기준으로 입어척수를 제한하면 표 5-3-5와 같이 척수를 투입하는 것이 바람직할 것이다. 다만 매년의 어선척수 투입량은 자원량, 어획가능량, 어가, 어업비용 등을 감안하여 조정되어야 한다.

그리고 자원의 지속적 재생산을 위해 주요어종에 대해 체장제한을 적용하여야 할 것이다. 불락은 현 수산자원보호령 제10조제1항에서 15cm로 금지하고 있고, 통영바다목장 방류 불락의 연령조성 조사결과 4세어가 15.6cm로 자원조성비로는 7.34%임. 따라서 자원의 재생산력을 유지하기 위해서는 15cm 이하를 금지체장으로 함이 타당할 것이다.

바다목장에서 조성한 또 하나의 자원인 조피불락에 대해서도 금지체장을 30cm로 정해 지속적인 재생산을 도모해야 할 것이다.

4. 통영바다목장 수산자원관리수면 운용방안

가. 관리운영협의체 운영

바다목장 관리의 효율성을 기하기 위하여 관계, 하계, 업계 및 어업인으로 구성된 통영바다목장 관리운영협의회를 활성화시킬 필요가 있는데, 2001년도에 구성하여 운영중인 동 협의회를 통영바다목장 수산자원관리수면 관리운영규정 제정시 공식 관리운영기관으로 지정하는 방안이 대한 검토가 필요할 것이다.

나. 자율관리어업위원회 구성운영

자율관리어업위원회의 구성에 대한 안은 다음의 두가지 정도가 있다.

(1) 1안 : 어촌계별 바다목장 자율관리어업위원회 구성방안

- 각 어촌계별로 별도의 바다목장 자율관리어업위원회를 구성운영
- 해당 어촌계원간의 유대관계와 동질성이 높아 협력은 잘 될 수 있으나, 자율관리어업위원회간 조업경쟁 등으로 인한 협력체계 유지 곤란하고, 외지 입어 어업인이 배제될 가능성이 있음

(2) 2안 : 광역 바다목장 자율관리어업위원회 구성방안

- 12개 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 통영바다목장 이용관리라는 공동의 목표를 달성하는데 통일된 행동을 할 수 있어 바다목장 이용관리 측면에서는 장점이 있음

다. 통영바다목장 수산자원관리수면 운영체제

통영바다목장 수역이 수산자원관리수면으로 지정되게 될 경우의 운영체제(안)는 다음과 같다.

먼저 경상남도는 수산자원관리수면에 대한 규정을 제정하고, 행정적 지원, 예산지원 등의 역할을 담당하고, 통영시는 수면에 대한 감시감독 및 단속, 행정적 지원, 예산지원 등을 담당한다.

자율관리어업위원회에서는 입어자 선정, 할당량 배분, 위법자 홍보·교육 등 실질적인 바다목장의 이용과 관리를 담당한다.

수협에서는 바다목장산 수산물 판로개척, 어촌계 및 어업인 지원 등을 담당하고, 수산관리소는 자율관리어업위원회 구성 및 운영 지원, 기술지원 등의 역할을 맡아 수행해야 할 것이다. 마지막으로 양식환경연구소는 자원조사 및 평가, 기술적 지원 등의 현장에서의 기술적 애로사항에 대한 지원을 담당해야 할 것이다.

6. 교육 및 홍보방안

가. 실적

통영바다목장의 홍보는 크게 대민홍보와 어업인 홍보의 2가지를 실시하고 있으며, 대민홍보는 직접 홍보와 간접홍보를 통해, 어업인 홍보는 어촌계장 및 어촌계원들에 대한 면담을 통해 진행되고 있다.

나. 추후 교육 및 홍보 방안

2002년까지는 바다목장에 대한 교육 및 홍보는 이처럼 연구진 및 지방자치단체 그리고 어업인 중심의 내방객 중심으로 이뤄지고 있었으나 2003년부터는 다른 지역에 거주하면서 통영지역을 방문하지 않는 일반인에게도 바다목장을 간접적으로 홍보를 시작하였다. 그리고 바다목장 로고 및 상표가 결정된 지금부터는 이를 이용한 대국민 홍보를 통해 바다목장에 대한 브랜드 이미지화 작업을 적극적으로 실시해야 할 것이다.

제 4 절 바다목장산 어획물의 유통체제 구축방안

1. 출하시설의 확보

통영바다목장에서 어획될 수산물의 양륙과 판매는 기본적으로 창구가 단일화될 필요가 있다. 이는 산지의 기존유통경로가 전근대적이며 분산적이었던 점, 복수의 유통경로를 가질 경우 품질관리가 곤란하다는 점, 다른 수산물 즉 바다목장 해역 이외에서 어획되는 수산물과 바다목장 수산물을 구분하여 차별화할 필요가 있는 점, 어업인들이 어획만을 담당할 경우 부가가치가 제한적이라는 점 때문이다. 이 유통시설의 확보는 상기의 필요성을 충족하기 위해 일정한 형태 즉 직판장과 같은 형태를 취할 필요가 있다. 또한 출하조절과 상품화를 위해 수조시설(해상 혹은 육상)을 두어 출하전 중간계류를 할 수 있는 stock point를 만들어 출하조절을 할 필요가 있다.

이러한 시설의 입지로서 삼덕, 달아 및 연명을 후보지로 하고 이에 대한 보다 구체적인 평가와 통영시, 어촌계 및 수협과 협의를 통해 결정할 필요가 있다.

가공 이외의 측면에서도 일시보관을 위한 장소가 필요해지는데, 이는 활어유통의 특성상 집중출하로 인한 가격하락을 방지하기 위한 역할도 하게된다. 즉 생산이 너무 많을 때 일시적으로 출하를 자제함으로써 수급조절을 하는 것이다.

2. 출하주체 및 유통경로

유통경로 중에서 출하시설을 제외한 부분으로 고려되어야 할 것은 출하이전과 출하이후의 유통경로이다. 먼저 출하이전의 유통경로는 생산자들을 조직적으로 통합할 수 있는 출하조합을 만들 필요가 있다.

일반적으로는 생산자는 출하이후의 개입은 어업의 특성상 하지 않는 것이 일반적이다. 그러나 통영바다목장의 경우에 일반적인 형태와 마찬가지로 출하하는 것으로 만족한다면 부가가치는 낮을 수밖에 없다. 또 하나의 방편으로 수협을 활용하는 방안이 있다. 그러나 이 경우도 통영지역의 특성상 수협이 큰 역할을 하기를 기대하기 힘들고, 만일 활용한다고 하더라도 수협계통조직이 브랜드관리를 해줄 역량이 있는가는 별개의 문제이다. 따라

서 어업인들이 직접 개입하되 경영은 분리하는 형태가 좋을 것이다.

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 좋은데, 각종 지원을 받기 위해서는 일반법인보다는 영어조합법인이 유리할 것이다.

단, 영어조합법인을 만들 때에는 출자자와 경영자를 분명히 구분할 필요가 있다. 만일 출자자들이 일일이 경영에 간섭하게 된다면 경영부실이 될 수도 있다. 따라서 경영은 사업경험이 많은 전문경영자를 영입하는 방안을 추천한다. 또한 가공부문을 운영할 필요도 있기 때문에 전문적인 지식과 경험을 갖춘 경영자가 필요하게 된다.

다음으로 직판장 이후의 출하형태로서는 협약점 형태의 소매점과 도매시장을 들 수 있다. 협약점은 바다목장 어획물의 공급계약을 체결한 형태로 추진하는 방식인데, 일종의 공급계약을 체결하는 것이다. 만일 이러한 공급계약을 체결하지 않고 출하한다면 모방되거나 유사품이 나올 가능성도 많으므로 가능하면 협약점의 형태를 우선적으로 추진하는 것이 바람직 할 것이다. 대표적인 사례로서 일본 오오이타현 사가노세키어협회의 브랜드화 사례와 특약점 형태를 참고할 수 있을 것이다. 또한 도매시장 출하는 광역유통체제를 구축하기 위한 방안으로 필요한데, 이 때 시장에서 바다목장산을 긍정적으로 평가할 수 있도록 품평회나 시식회 등을 통해 홍보를 겸하는 노력이 필요할 것이다.

3. 가공 등 상품개발

여기에서는 지역 및 관광수요를 위한 식단개발과 가공에 대한 부분을 중심으로 언급하고자 한다.

먼저 식단의 개발은 바다목장의 상품을 이용하여 통영바다목장 지역에서만 맛볼 수 있도록 특화하는 데 중심이 있다. 이 경우 특별한 상품을 개발한다기 보다는 기존 지역특산물을 부수적으로 하고, 바다목장 수산물을 메인으로 하는 식단을 개발하는 것이다. 예를 들어 일본의 경우는 각 지역별로 관광지에서 특색 있는 식단을 내놓는 경우가 많은데, 주된 재료가 지역의 특산 수산물이다.

최근 통영시에서 통영시의 수산물식단개발을 추진한 사례가 있으므로 이와 연계하여 개발한다면 좋은 관광상품이 될 수 있을 것이다.

다음으로 가공의 경우는 현재 선어회 가공이 정부사업으로 추진되고 있어 이를 활용할 수 있을 것이다. 생선회 가공공장을 육성함에 있어 고려해야 될 사항은 다음과 같다.

첫째, HACCP 인증이다. 선어회는 활어회와는 달리 선도와 품질, 안전성에 대한 인식이 높지 않다. 또한 선어로 유통되기 때문에 부패에 대한 위험도가 높으므로 가공을 받

시 필요로 하며, 이에 더해 안전성에 대한 확실한 보증이 있어야 할 것이다.

둘째, 가공기계의 효율성과 공장시스템의 설계이다. 가공기계를 어떤 것을 쓰는지, 그리고 배치를 어떻게 하는지에 따라 가동효율이 상당히 달라짐. 따라서 이러한 원가절감 노력이 동반되지 않으면, 가격경쟁과 수익성 문제가 발생할 수 있다. 또한 일반적으로 수산물 가공은 연중 가동률이 문제가 되는데, 원료수급과 판매현황에 따라 계절적으로 심한 격차를 보일 수 있어 이를 적절히 조절하여 운영하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

셋째, 원료수급이다. 수산물 가공에서는 가공원료를 적절하게 수급할 수 있는 체제를 갖추지 않으면 안 된다. 만일 제 때에 필요한 질과 양이 공급되지 못한다면 공장 가동률이 현저히 떨어질 것임. 또한 가공을 하기 때문에 규격화가 반드시 동반되어야 한다. 그러나 매년 다른 사이즈의 상품으로, 그것도 수급이 불균형하다면 구매자 입장에서는 좋은 거래상대가 될 수 없으므로 원료수급에 관한 계획이 사전에 수립되어 있어야 하며, 이 경우 생산되는 제품에는 어느 지역의 누가 생산했는지를 명확히 하는 것이 좋다.

넷째, 배송체계이다. 가공을 통해 좋은 제품을 생산한다고 하더라도, 제품자체가 시간을 다투는 상품이기에 때문에 적절한 배송수단과 체계가 없다면 곤란하다. 따라서 물류업체와 배송문제에 대한 협력체계를 사전에 구축할 필요가 있다.

가까운 일본에서는 이미 선어회 가공이 보편화되어 있으며, 국내에서도 선어회 가공업체가 있어 일본에 수출하거나 국내에서 소비되고 있으므로 이를 사례로 도입할 수 있을 것이다.

이 선어회 이외에도 각종 레토르트 상품의 개발이 가능한데, 가공부산물을 이용하는 방안과 그 자체를 레토르트 식품으로 만드는 방안이 있다. 선어회 가공을 시작할 때 우선적으로 부산물의 가공부터 시작하여 그 영역을 확대해 가는 방안도 있다.

4. 품질관리와 품질인증

품질관리는 소비자의 신뢰획득이라는 측면에서 결코 소홀히 될 수 없으며, 이 대 활용 가능한 것이 추적시스템이다. 바다목장의 경우 치어부터 관리되며, 해역관리, 출하관리까지 가능하다면 이 추적시스템을 도입하는 것이 오히려 품질관리면에서 신뢰도가 높을 수 있다.

아시아에서는 일본, 뉴질랜드 등에서 농축산품을 비롯한 수산물의 식품위생관리시스템으로 Food Traceability System(식품이력추적시스템)을 정책적으로 도입하고 있으며, 일본에서는 이미 실용화되어 있다.

다음으로 품질관리에 활용될 수 있는 것이 품질인증인데, 이는 가공품에만 한정되는 것이다. 수산물 품질인증제도란 「농수산물 가공산업육성 및 품질관리에 관한 법률」 제13조에 의거 국가가 그 제품의 가치를 인증하고, 증표를 표시하여 시장에 출하토록 하는 제도이다. 상품성 향상과 공정거래를 도모하여 생산자와 소비자를 동시에 보호하는 한편,

수산물 수입개방에 따른 외국산 수산물의 국내산 둔갑판매 방지를 목적으로 지난 1993년부터 실시하여 왔다. 품질인증은 「해양수산부령」이 정하는 바에 따라 해양수산부장관에게 신청하도록 되어 있으며(「수산물품질관리법」 제6조 2항), 품질인증의 기준·절차·표시방법 및 대상품목의 선정 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령(「동법」 시행령 제10조~제12조)에 규정되어 있다.

수산물 품질인증에 관한 사항은 「동법」 시행령 제10조~제12조에 걸쳐 규정되어 있다. 먼저 제10조에서는 품질인증 대상품목의 선정에 관한 사항을, 제11조에서는 품질인증 기준에 관한 사항을, 제12조에서는 품질인증의 절차에 대해 규정되어 있다.

5. 각종 품평회의 개최

통영바다목장의 수산물이 과연 품질에서도 호평을 받을 수 있을 것인가는 일반적인 홍보만으로는 부족하다. 상품자체가 먹거리인 만큼 시장, 일반인, 관광객 등의 수요자들에게 직접 먹어보게 하는 것이 가장 좋은 방법이다. 이 경우 단지 먹어보게 하는 것 이상의 의미를 가질 수 있다. 우선 시식회나 품평회 등을 통해 잠재적인 수요자들에게 인식을 심어줄 수 있는 사전홍보효과가 있다. 행사와 더불어 바다목장 수산물의 우수성을 알리고, 상품이 출하되었을 경우 시장에서의 가치를 높일 수 있다.

다음으로 일반인을 대상으로 하는 시식회는 바다목장 자체의 홍보에도 큰 효과를 거둘 수 있다. 아직 바다목장에 대해 제대로 인식하고 있지 못한 일반인들에게 바다목장을 알리고, 이력시스템의 일부를 공개하는 등 품질관리 노력을 보여줌으로써 브랜드가치를 높일 수 있다.

따라서 차기년도 사업에서는 시식회와 품평회를 개최하고, 이 품평회의 경우는 타 바다목장의 상품을 생산할 수 있는 시기가 되면 공동으로 개최하여 그 효과를 배가시킬 수 있을 것이다.

6. 바다목장 로고 및 포스터 공모전

통영바다목장의 브랜드화에서 다른 수산물과 차별화할 수 있는 수단 중의 하나가 상표등록이다. 브랜드는 '제품이나 서비스를 특징짓고, 다른 것과의 차별화를 목적으로 한 이름, 기호, 심벌, 디자인 및 그 조합'이라고 하는 미국마케팅협회(AMA : American Marketing Association)의 정의가 일반적이다.

브랜드는 브랜드 네임과 브랜드 마크, 트레이드마크가 그 중심이다. 브랜드 네임은 소나타, 하이트, 다시다 등과 같이 말로 표현될 수 있는 부분이고, 브랜드 마크는 상표 중 상징, 디자인, 색상이나 문자와 같이 인식은 되지만 말로 표현될 수 없는 부분이다. 트레이드마크는 법적 보호에 의해 독점적 사용권이 허용된 등록상표나 상표의 일부분이다.

상표권의 등록은 향후 바다목장의 판매촉진, 가맹점사업 등을 실시하기 위한 것으로

상표등록 출원이 빠른 시일 내에 이루어질 필요가 있다. 이상과 같은 상표출원과 로고는 디자인이 필요한데, 이를 위해 대학생이나 디자이너 지방생 등을 대상으로 한 공모전의 형태로 공모하여 활용하는 방법과 전문디자이너에게 맡겨 만드는 방법이 있다. 이를 위해 바다목장팀에서는 디자인 관련 전국 각 대학 및 학원들을 대상으로 공모전을 실시하였다.

「바다목장 홍보 캐릭터 및 로고 포스터 공모전」은 2004년 4월 27일부터 동년 5월 13일까지 치루어 졌으며, 각 대학 및 학원으로 직접 공모전을 의뢰하고, 자세한 내용은 한국해양수산개발원의 홈페이지를 통해 공개하였다.

가. 대상작

① 캐릭터 : FISHBOY

□ 기획의도 : 카우보이 복장을 한 물고기를 통해 직관적으로 「바다목장」이 떠오르게끔 디자인하였다. 바다목장의 '음향급이기'나 '관측기기'등을 제어할 수 있는 최첨단 소형컴퓨터와 헤드셋을 착용하고 있다.

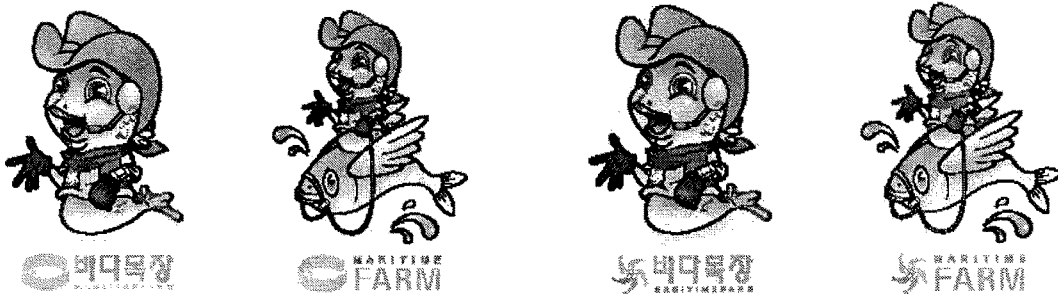


그림 5-1. 바다목장 로고 및 포스터 공모전 대상작(캐릭터)

② 로고 1

□ 제작의도 : 녹색은 바다목장의 친환경, 노랑은 즐기는어업, 회색은 첨단과학기술, 보라는 무한한 가능성, 파랑은 넓은 바다를 뜻한다. 이 다섯 마리의 물고기들이 모여 바다목장을 이루고 있음을 상징한다.



그림 5-2. 바다목장 로고 및 포스터 공모전 대상작(로고 1)

③ 로고 2

□ 제작의도 : 퇴비우스의 띠에서 형상화된 물고지의 이미지를 통해 바다목장의 수산 자원으로서의 무한한 가능성을 나타내었다. 색깔은 바다의 느낌을 주는 청색계역에 친환경적인 이미지를 위해 논색을 첨가하였다.



그림 5-3. 바다목장 로고 및 포스터 공모전 대상작(로고 2)

④ 포스터



그림 5-4. 바다목장 로고 및 포스터 공모전 대상작(포스터)

라. 활용방안

바다목장 로고 및 포스터 공모전을 통하여 당선된 작품들은 크게 세 가지의 활용방안이 있다. 우선 로고와 캐릭터를 이용하여 상표등록에 활용하는 것이다. 상표등록은 총 5

개의 시범목장이 있으므로 일반 바다목장의 등록, 각 해역별 바다목장의 등록이 필요하다. 공모전 입상작은 3가지의 유형이 있으므로 대표 캐릭터는 모두를 등록하고, 각 해역별 바다목장은 각 해역의 어업인, 지자체 등이 선호하는 캐릭터를 선택하는 방안도 있을 수 있다. 다음으로 상표등록을 한 후 각 상품별 의장등록을 할 필요가 있는데, 이 경우는 각 지역의 특색어종별로 등록하는 방안이 있다. 예를 들어 대상작의 경우는 캐릭터가 타고 있는 어류의 형태를 각 어종별로 달리하여 등록하는 방법이다.

두 번째로 캐릭터를 활용한 홍보방안이다. 우선 캐릭터를 활용한 기념품을 제작하여 배포하는 방법과 캐릭터를 활용한 홍보용 애니메이션, 만화 등을 제작하는 방법이다. 기념품의 경우는 어업인들이 활용할 수 있는 모자, 티셔츠 등이 있으며, 기타 넥타이핀, 핸드폰줄 등의 소품을 제작하여 배포하거나 판매하는 방법도 있다. 향후 각 바다목장의 특색에 맞추어 동 캐릭터와 로고를 활용하여 기념품 등의 수익사업을 할 수도 있을 것이다.

홍보용 애니메이션, 만화 등의 제작은 현재 바다목장을 공식적으로 홍보하는 홍보물이 없으므로 전문가에게 의뢰하여 플래쉬 애니메이션으로 제작하는 것과 만화책자로 각종 바다목장 시책을 설명하는 홍보책자를 만드는 것이다. 일반적으로 딱딱한 글로 된 책자의 형태보다 애니메이션이나 만화를 활용하는 것이 홍보효과도 높고 상품화를 위한 브랜드화에도 효과가 클 것이다.

마지막으로 포스터의 경우는 다수를 제작하여 각 관공서, 관련기관 등에 배포하여 어업인들과 일반인들의 이해를 돕는 홍보수단이 될 수 있다. 배포대상은 관공서의 경우 동사무소 단위까지로 하는 것이 좋고, 관련기관은 일반적 수산관련기관 이외에 도매시장, 할인점 등까지를 망라할 필요가 있다. 이는 브랜드 이미지 구축을 위한 것이니 만큼 일정 수준 이상의 투자가 필요할 것이다.

그리고 바다목장과는 직접적인 관련이 없지만 입상작 중에는 자원관리 홍보용 포스터로도 활용가능한 것이 있으므로 다양한 형태로 변형하여 사용할 수 있을 것이다.

제 5 절 바다목장 경제적 효과분석

1. 직접효과

가. 평가방법

직접효과는 바다목장에서 어획을 통하여 얻는 효과를 말한다. 생산량은 자원평가를 통하여 추정된 최대지속적 생산량만큼만 어획하는 것을 가정하였으며, 어가는 2003년 현지에서 출하된 최저가와 최고가를 적용하여 최소 직접효과와 최고 직접효과로 구분하여 평가하였다.

어업비용은 어업경비(총어업수익의 35%), 어선감가상각비 및 어선유지보수비로 구분하여 산정하였으며, 조업어선수는 MSY가 가장 최대인 2016년을 기준으로 매년의 지속적 생산량의 비율을 현재의 어선수 800척에 곱하여 산출하였다. 어업생산개시 연도는 방류어종이 재생산하는 시기인 2002년부터로 가정하여 분석하였다.

나. 최소 직접효과

총어업수익은 어업개시기인 2002년에는 약 4억원이고 최대총어업수익을 실현하는 2016년 이후는 179억원으로 나타났다.

어업이익률은 50~56%이고, 어선척당 어업수익은 1,300만원에서 최대 2,200만원이며, 현재의 통영바다목장 내측과 외측을 모두 이용하여 얻는 척당어업수익 약 1,600만원과 비교할 때 훨씬 높은 어업수익을 올리는 것으로 평가되었다.

다. 최대 직접효과

총어업수익은 어업개시기인 2002년에는 약 9억원이고 최대 총어업수익을 실현하는 2016년 이후는 278억원이다.

어업이익률은 58~59%이고, 어선척당 어업수익은 2,700만원에서 최대 3,500만원으로 분석되었다.

2. 간접효과

가. 유어낚시

(1) 분석 방법 및 데이터

과거와는 달리 최근에는 바다가 어업활동을 하는 어업인의 전유물이 아니라 다양한 사람들에게 다양한 가치를 부여하고 있다. 특히 유어낚시를 하는 사람들은 어업인과 마찬가지로 어업자원을 획득함으로써 개인의 효용을 느끼고 있다. 이러한 유어낚시의 간접효과는 1998년도부터 통영지역에서 조사되었다.

1998년도에는 비시장가치(Non market Value)를 추정하는 경제적인 방법을 이용하지는 않고 다만 관광객이 지불하는 비용을 간접효과로 추정하였다. 1999년에는 개인면접법에 의한 설문조사를 실시한 후, 여행비용법(Travel Cost Model)을 이용하여 유어낚시의 가치를 추정하였다. 2000년과 2001년도에는 간접효과에 대한 조사는 이루어지지 않았다.

2002년도에는 설문조사를 통하여 수집된 자료를 이용하여 유어낚시객의 소비자 잉여를 추정하였다. 그러나 데이터 수의 부족과 편중된 계절 조사라는 문제점이 있었다. 추정된 1인당 1회 출조사 소비자잉여는 43천원으로 추정되었다.

따라서 2003년도에는 분석의 정확성을 높이기 위해 4계절에 걸쳐 주중, 주말 공휴일을 포함하여 설문조사를 실시하였다. 조사 기간은 2003년 3월부터 2004년 1월까지였고 총설

문자 수는 758명이다. 자세한 이론적인 분석 방법은 과거 연구보고서에 수록되어 있으므로 이 보고서에서는 생략하였다.

(2) 분석 결과

최소자승법(OLS)을 이용하여 추정된 식은 다음과 같다.

$$V_i = 22.656 - 1.011 * TC_i$$

(15.886)

$$R\text{-square} = 0.514$$

여기서 V_i 는 연간 출조 횟수이고 TC_i 는 출조시에 소요되는 총 경비를 의미한다. 분석결과로 1인 1회 출조시 소비자잉여는 45천원으로 추정되었다.

또한 통영바다목장에서의 간접효과는 유어낚시객의 소비자잉여와 유어낚시선의 수익으로 구분하여 추정하였다. 통영바다목장을 이용하는 유어낚시객의 연간 총 출조수는 통영의 2003년 총 출조수에 통영바다목장 이용률 70%를 곱하여 산정하였다. 그리고 통영바다목장에서 이용가능한 유어낚시선수는 유어낚시선 수익을 2003년 현재 유어낚시선 평균 수익(약 637만원)으로 나누어서 산출하였다.

통영바다목장을 이용하는 2002년의 총간접효과는 약 15억원이고 최대가 되는 2016년 이후는 약 44억원으로 추정되었다. 유어낚시선 수익은 약 8억원이고, 2016년 이후는 약 23억원으로 추정된다. 유어낚시객 순수 소비자 잉여는 2002년에 약 7억원이고 2016년 이후에는 약 21억원으로 추정된다. 통영바다목장에서 이용가능한 유어낚시선은 2002년 125척에서 2016년에는 최대 360척 정도가 이용될 수 있을 것으로 추정되었다.

나. 관광

지금까지 통영지역에서 바다목장에 대한 관광에 대한 경제적인 가치는 추정하지 않았다. 그러나 통영바다목장이 관광형 바다목장의 개념을 가지고 있지는 않지만 바다목장을 보고자 하는 사람들이 증가함에 따라 관광의 가치를 추정하였다.

분석 방법과 데이터는 유어낚시 가치 추정시와 동일하다. 다만, 설문지 내용에 있어서 유어낚시에 관한 질문이 아닌 통영지역 관광에 대한 설문을 하였다. 또한 다수의 목적(multi-purpose) 즉 친척방문을 겸한 관광은 분석 대상에서 제외하였다. 분석에 이용된 데이터의 수는 131명이다.

추정된 식은 다음과 같다.

$$V_i = 7.963 - 2.176 * TC_i$$

(8.291)

$$R\text{-square} = 0.348$$

여기서 V_i 는 연간 방문 횟수이고 TC_i 는 방문시 소요되는 총 경비를 의미한다. 분석 결과로 1인 1회 방문시 소비자잉여는 33천원으로 추정되었다.

3. 경제성 분석

가. 평가방법

경제성분석은 크게 총어가소득 증대효과, 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR), 투자회수기간으로 나누어 평가하였다.

총어가소득 증대효과는 어업수익과 유어낚시선 수익을 합한 것이며, NPV는 할인율 3%와 5%로 구분하여 50년을 분석하였다. IRR은 총편익(직접편익+간접편익)에서 총비용(고정비용+변동비용)을 차감한 순편익을 50년간 분석하였으며, 투자회수기간은 총편익에서 총비용을 차감한 순편익이 +가 되는 연도를 추정하였다.

경제성 평가는 수익효과(직접효과, 간접효과), 어가(최저가, 최고가), 할인율(3%, 5%)에 따라서 각각 8개 시나리오로 구분하여 실시하였다.

나. 총어가소득 평가결과

어가가 최저가인 경우를 가정하였을 때 최소 총어가소득은 2002년 약 12억원에서 2016년 이후에는 약 202억원으로 추정되었으며, 투입가능 선박수는 2002년 157척에서 2016년 이후에는 1,160척이고, 척당 수익은 2002년 약 779만원에서 2016년에는 약 1,740만원으로 추정된다.

어가가 최고가였을 때를 가정한 최대 총어가소득은 2002년 약 17억원에서 2016년 이후에는 약 301억원으로 추정되었으며, 투입선박 척당 수익은 2002년 약 1,075만원에서 2016년에는 약 2,598만원으로 추정되었다.

다. 경제성 평가결과

순현재가치는 최소 568억원에서 최고 2,733억원으로 모든 시나리오에서 (+)로 나타나 경제성이 있는 것으로 평가되었다. 이는 2000년 통영바다목장 사전타당성 분석결과인 최소 380억원, 최대 465억원에 비해 상당히 높게 나타난 것이다.

내부수익률은 최소 13.29%에서 최고 25.01%로서 일반적인 공공투자사업 타당성을 평가하는 내부수익률 12%를 상회하고 있어 경제성이 있다고 판단할 수 있다. 또한 이 수치 역시 2000년 사전타당성 분석치인 최소 15.6%, 최고 17.3%보다 높은 것이다.

투자회수기간은 최소 11년에서 최고 17년으로 2000년 사전타당성 분석치인 15~16년에 비하여 단축되었다.

특히 이번 경제성 분석에서는 간접효과를 제외한 직접효과인 어업효과만 분석한 경우에는 경제성이 있는 것으로 평가되어, 통영바다목장이 어로형 바다목장사업으로서 타당

성이 충분하다고 평가할 수 있다.

표 5-17. 경제성 평가결과

(단위 : %, 억원, 년)

구 분	최소 직접효과		최대 직접효과		최소 직간접효과		최대 직간접효과	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
할인율	5%	3%	5%	3%	5%	3%	5%	3%
순현재가치 (NPV)	568	1,091	1,085	1,970	1,052	1,854	1,568	2,733
내부수익률 (IRR)	13.29		17.83		21.05		25.01	
투자회수기간	17		15		13		11	

부 록

방류 및 시설물 투자 현황

1. 목장 해역내 유용 수산 생물 방류 현황(2단계 3차년도)
 (03년 7월부터 04년 6월까지)

- 방류 어종 및 프로필

연월	어 종	마리수	장 소	크기 (cm)
2003. 8.	블락	400,000	저도, 유도, 봉도, 장두도	8
2003. 9.	조피블락	256,000	저도, 유도, 봉도, 장두도	8
2003.11.	감성돔	480,000	장두도, 부도, 달아 등	8
2004. 5.	블락	165,000	장두도 일대	6

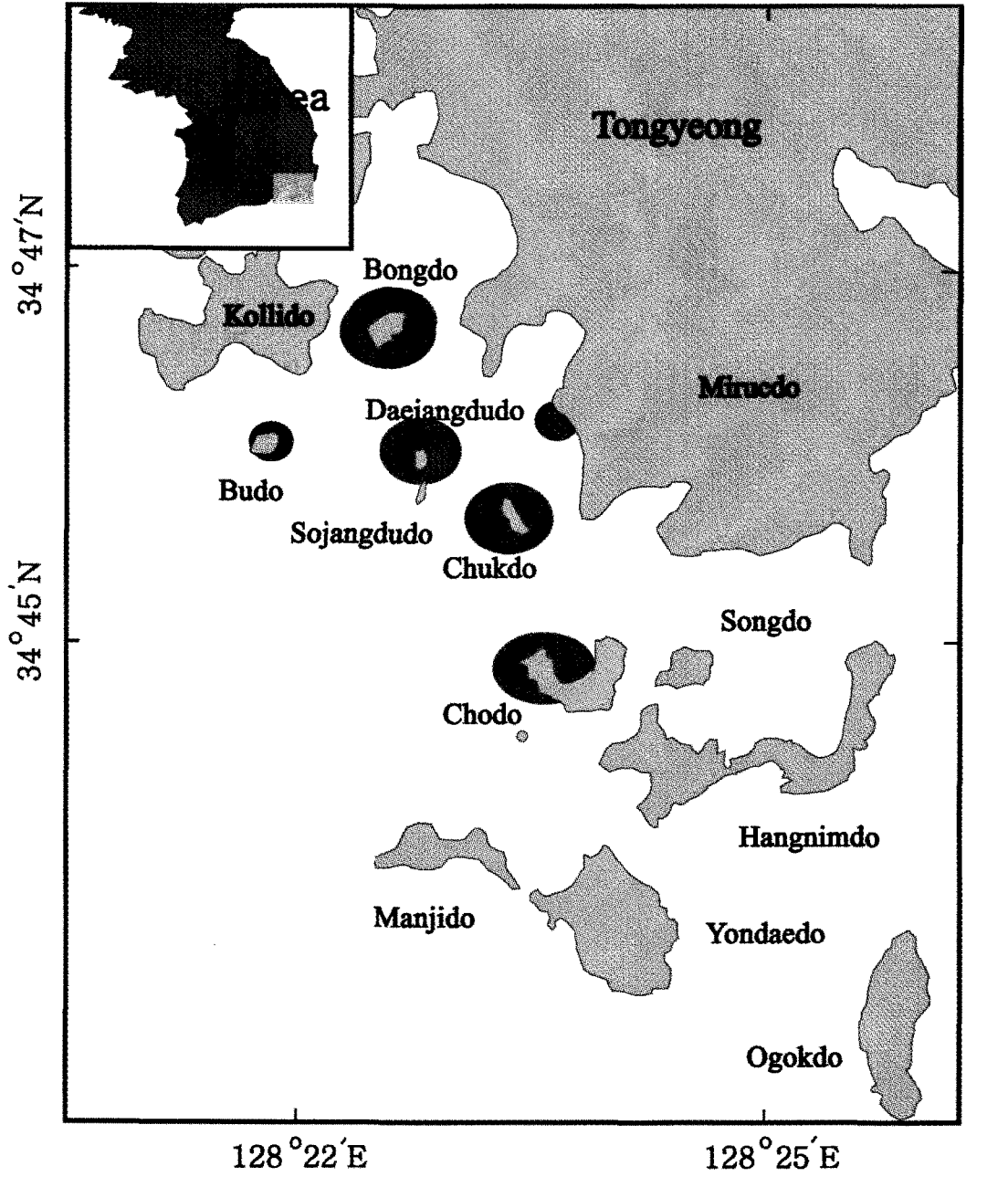
종 수 : 3종

총마리수 : 1,301,000마리

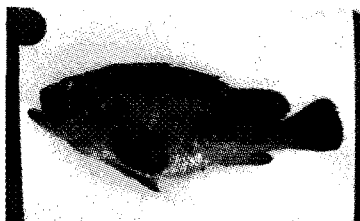
총투자액 : 300백만원

여 백

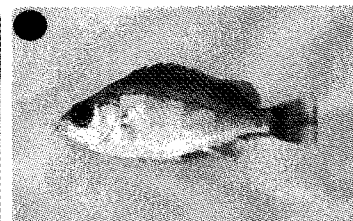
- 방류 위치도



감성돔



조피볼락



볼락

여 백

2. 통영 바다목장 해역 내 어초 및 수중 구조물 등 바다목장 해역내 시설 투자 현황

(2단계 3차년도, 03년 7월부터 04년 6월까지)

▶ 시설비

시설명	규격	수량	시설장소	시설비 (백만원)
세라믹어초	2mx2mx2m	14개	연명 서단	96
강제해조용어초	10mx10mx2.5m	3개	연명 동단	33
피라밋강제어초	10mx10mx7m	4개 3개 3개	곤리, 수암산 사이 저도 북서단 봉도 남단	153
이단강제어초	14mx14mx10m	2개	축도 남단, 동단	140
자연석(괴복석)		750루베	대,소장두도 사이	27
테트라포트	5톤	30개	대,소장두도 사이	15
		소 계		464

※ 시설보수 및 유지, 보호수면 감시인력 운용 비용은 포함되지 않았음.

▶ 연구비

시설명	형태	수량	시설장소	시설비 (백만원)
강선어초	6mx24mx10m	1척	부도 남단	51
		소 계		(51)

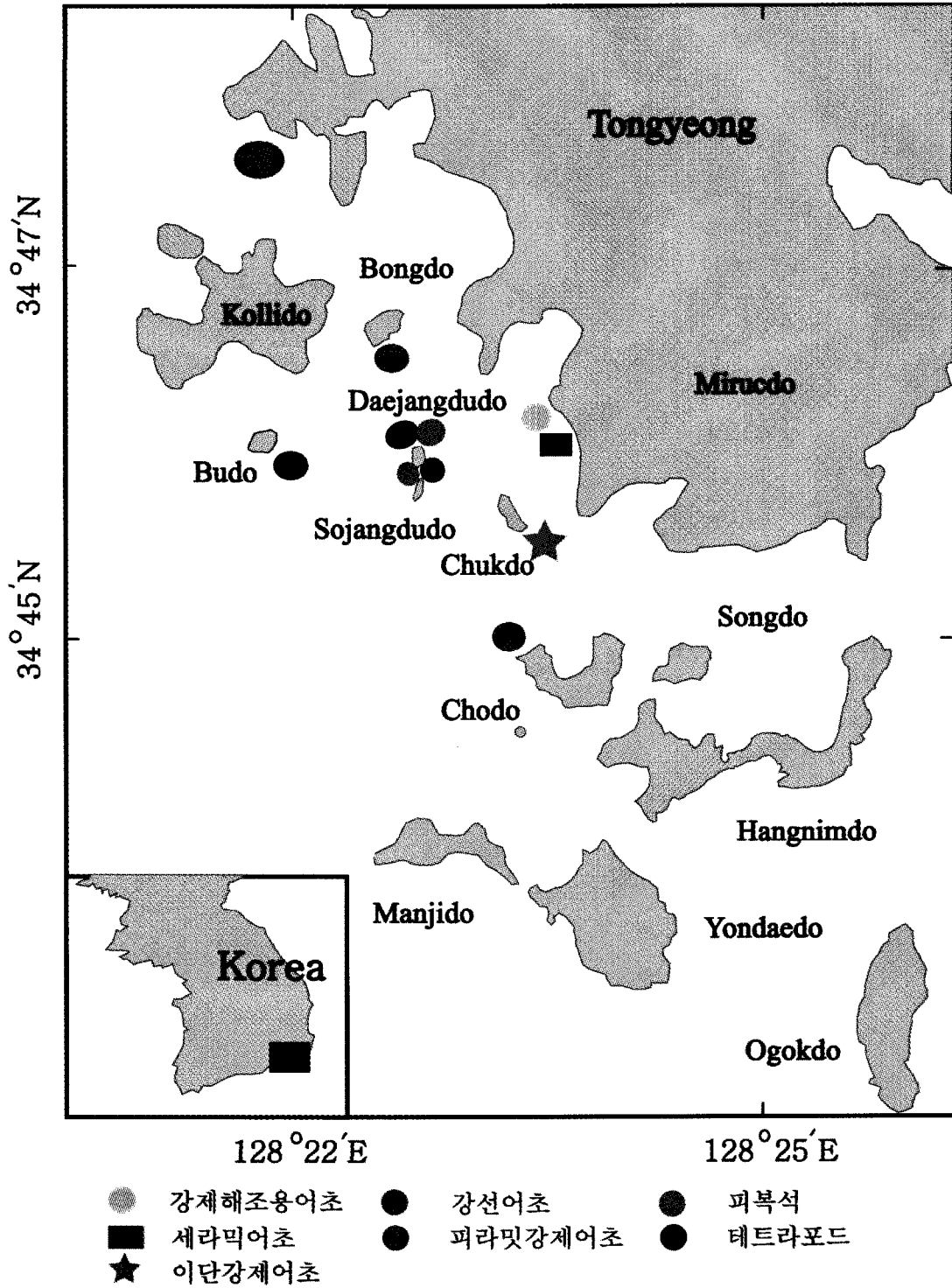
▶ 합계

464 백만원*

※ 연구비 포함시키지 않음.

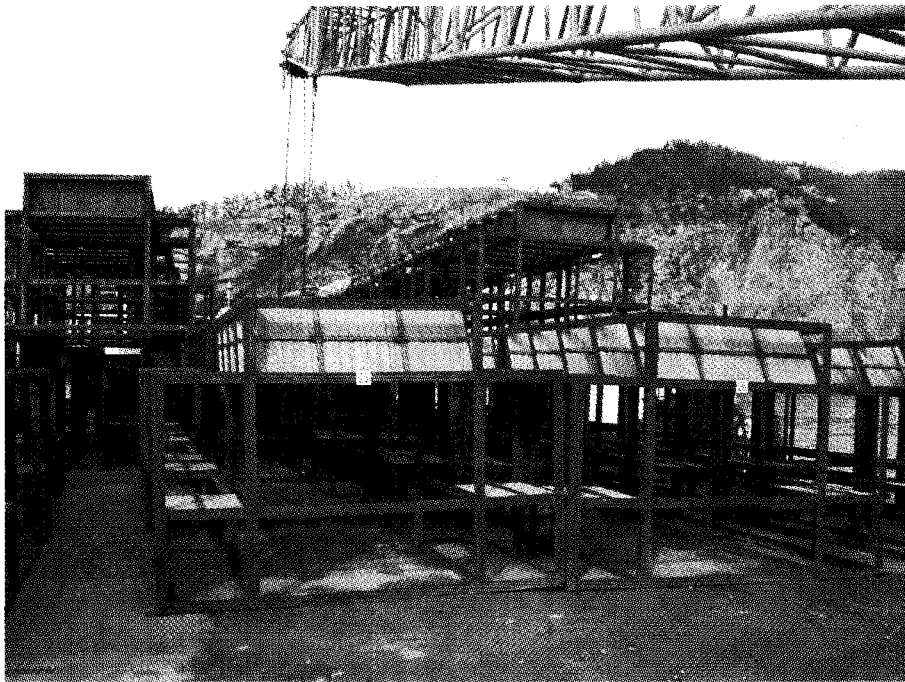
여 백

- 시설 투하 위치도

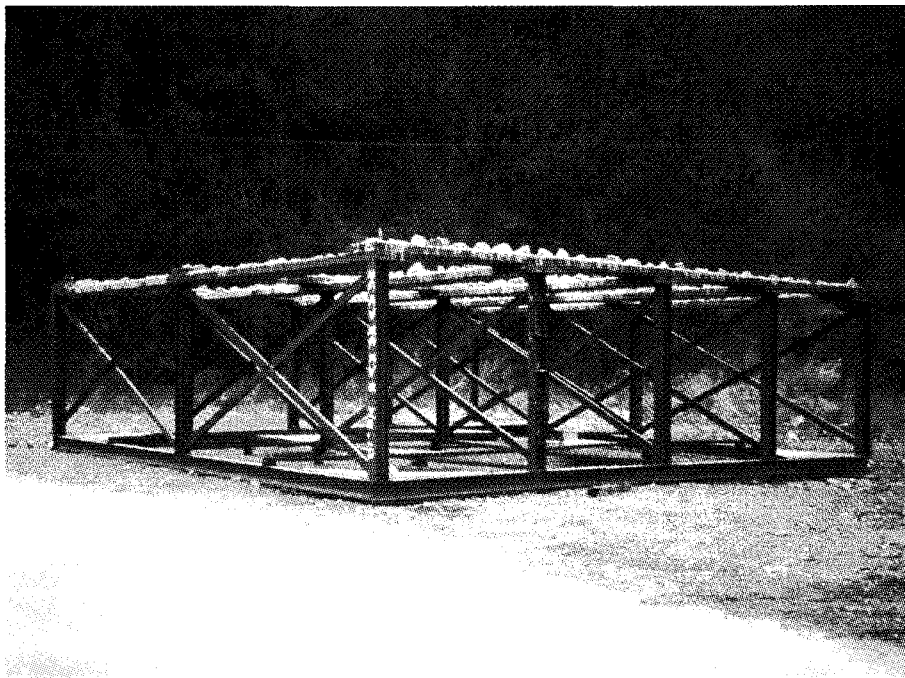


여 백

- 시설된 어초

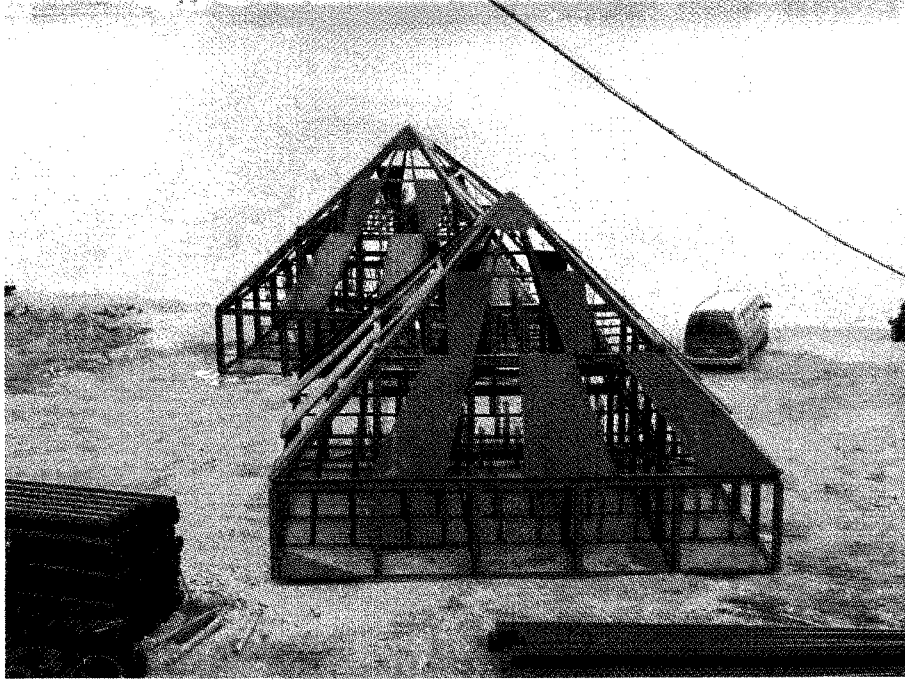


세라믹 어초

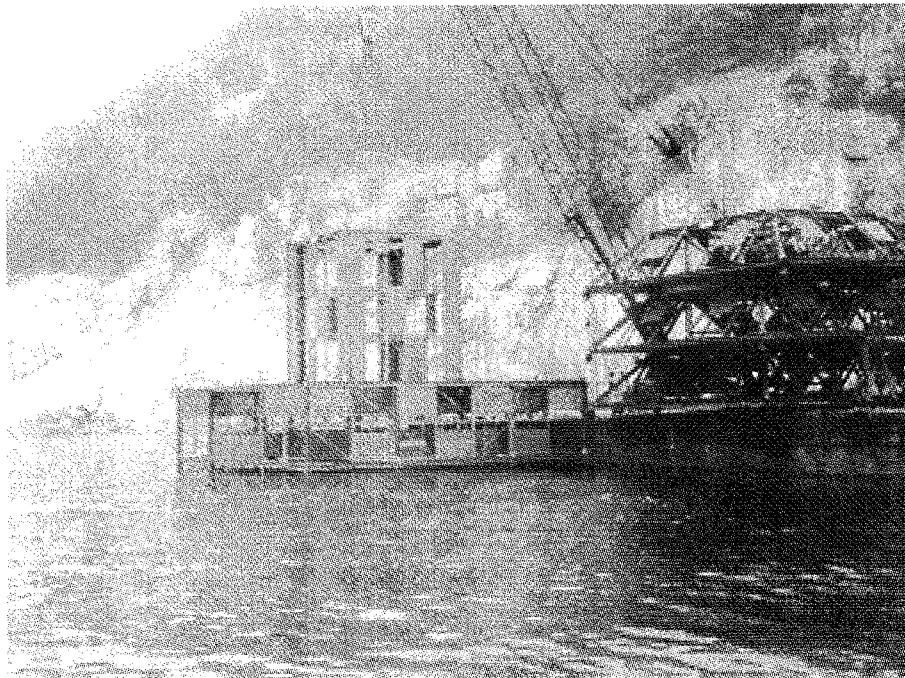


강제해조용어초

여 백

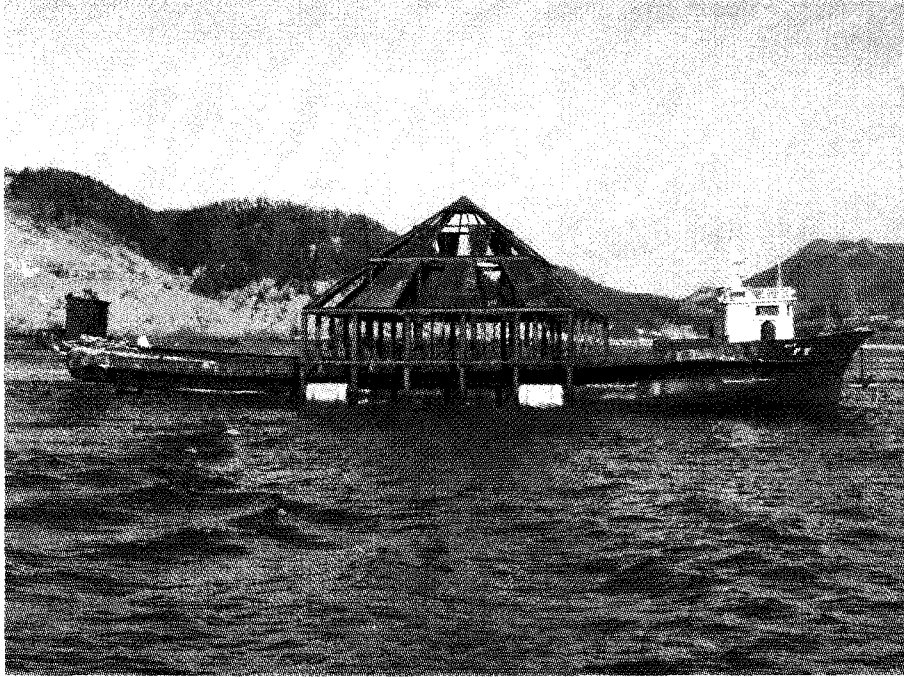


피라밋강제어초



이단강제어초

여 백



강선어초



자연석(피복석)

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 해양수산연구개발사업의 연구 보고서입니다.
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.