

# 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서 (3단계 1차년도 최종 요약보고서)

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

2005. 12

주 관 연구 기관  
한국해양연구원



**해양수산부**

MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES

# 제 출 문

## 해양수산부장관 귀하

본 보고서를 “통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업” 과제의 3단계 1차년도 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12.

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, 홍경표, 노충환, 박홍식, 박찬홍, 심원준, 오재룡, 김경태, 김은수, 조성록, 홍상희, 임운혁, 정지현, 김남숙, 하성용, 박관수, 박준진, 신진신, 이현정, 윤민상, 장시훈, 박찬홍, 추용식, 현상민, 권수재, 김창환, 박은순, 김은경, 이광자, 곽준영, 팽우현, 김민석, 노봉호, 최희정, 최승민, 오승용, 장요순, 강돈혁, 백상규, 이학철, 조선형, 박정호, 김지영, 이종욱, 윤병선, 한정미, 임주백, 이천희, 최동문
  - 국립수산물과학원 : 김창길, 정도훈, 김호상, 태종환, 김연진, 최혜련
  - 상명대 : 이진환, 김말남, 방효주, 이선희, 박성환, 김미선, 김경은, 한연희, 주형민, 권오윤, 이정선, 조용희, 김형년, 임아현, 주상범
  - 여수대 : 한경호, 김춘철, 김승한, 노성삼
  - 부경대 : 장창익, 윤상철, 나종현, 이종희, 박희원, 권유정, 강충배, 태종환, 강경하, 최재훈
  - (주)선도소프트 : 오정희, 권오영, 조우익, 조은진, 백선일
- 자원증대 및 관리 : 세부책임자 명 정 구
  - 한국해양연구원 : 김종만, 이순길, 박철원, 안국전, 강래선, 홍경표, 노충환, 박홍식, 박용주, 김민석, 최희정, 노봉호, 강돈혁, 오승용, 장요순, 임주백, 김지영, 백상규, 이학철, 박정호, 조선형, 최동문, 윤병선, 이종욱, 한정미, 이천희, 정태운, 정종범, 강충배, 김완수, 김봉채, 최복경, 허형택, 김병남, 김현욱, 박정의, 윤성민, 최원선, 김관석, 황선영, 이윤호, 최현우, 이민경, 유정화
  - 경상대 : 김남길, 김승오, 김인애, 신설호, 곽우석, 최우진, 김정훈, 최준호, 박춘성
  - 부경대 : 강용주, 권대현, 박경동, 이해원, 김정현, 신현욱, 태종완, 강주석
  - 여수대 : 황두진, 박주삼, 김동언, 강원진
  - 강릉대 : 전중균, 태종완, 강주석
  - 교토대 : 田中 克, 山下 洋, Kai. Yoshiaki
- 이용 및 관리기술 : 세부책임자 류 정 곤
  - 해양수산개발원 : 류정곤, 강종호, 김대영, 김도훈, 안재현, 김수진, 김수현, 김정협, 정혜란, 나미애, 전희성, 이승진
  - (주)이티카운슬 : 노영희, 김재석, 한교남, 오희택

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 생태계 특성 .....	3
제 1 절 해역의 환경요인 .....	3
제 2 절 생물의 구성원과 생물량 .....	4
제 3 절 환경호르몬 .....	5
제 4 절 서식지 특성분석 .....	5
제 5 절 생태계 모델 .....	6
제 6 절 관측자료 표준화 및 DB 구축 .....	6
제 3 장 어장 조성 .....	7
제 1 절 해저지형 .....	7
제 2 절 인공어초 .....	7
제 4 장 자원 조성 .....	8
제 1 절 방류효과 .....	8
제 2 절 해중립 조성기술 .....	10
제 3 절 자원조사 .....	14
제 4 절 자원조성 매뉴얼 작성 .....	16
제 5 장 바다목장 이용 · 관리 .....	17
부록 .....	19

## 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 일부 생물 종은 심각한 현상을 드러내고 있는 실정이지만 최근 새로운 해양 질서의 정립과 함께 원양 어장은 축소된 반면 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 이용을 고도화하기 위한 해양 공학 등의 기술을 활용한 바다 생산 잠재력을 되살리려는 연구

가 바로 바다목장화 사업인 것이다.

또한 바다목장화 사업을 통하여 우리 바다의 종합적인 이용-관리 체제를 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 3단계 1차년도 사업(8년차 사업)으로서, 1단계와 2단계 사업에서 개발된 기술의 “적용 및 효과 조사” 및 향후 바다목장을 위한 매뉴얼 작성을 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 분야

##### (환경 특성)

- 환경 및 생물군집 특성
- 바다목장 생태계의 안정성 평가
- 서식지 특성 분석
- 생태계모델 개발
- 생태계 자료 표준화 및 DB구축

##### (어장 조성)

- 해저지형
- 인공어초

#### 둘째, 자원 조성 분야

- 대상생물의 방류 효과
- 해중립 조성, 종묘생산 및 이식기술
- 방류 효과 조사 및 자원조사
- 자원조성 매뉴얼 작성

셋째, 이용·관리 분야

- 수산자원관리수면 이용·관리실태 조사
- 바다목장 이용관리계획 수립 및 실행
- 어획물 브랜드화 및 유통체제 구축
- 사후 투자 효과분석
- 이용관리 매뉴얼 작성

## 제 2 장 생태계 특성

### 제 1 절 해역의 환경요인

2005년 5월부터 11월까지의 물리화학적 환경요인 중 수온은 최저 14.3℃(5월)에서 최고 24.4℃(8월)까지 변화하여 대기의 영향을 받고 있었다. 염분은 32.1~35.7‰의 변화로 11월에 낮고 봄철과 여름철에 높았다. 한편, 여름철에 태풍으로 인하여 표층과 저층수의 수직 혼합으로 염분약층은 일어나지 않았다. pH는 7.90~8.27의 범위를, 용존산소량은 9.00~14.62mg·ℓ<sup>-1</sup>, 부유물질은 2.7~19.2mg·ℓ<sup>-1</sup>의 범위를 나타내었다. 월별 평균 투명도는 5월에 3.3m, 8월에 7.5m, 11월에 5.3m를 보였다. 화학적산소용구량은 5, 8, 11월 모두 해역수질 1급수에 해당하는 수치였다. Chlorophyll-a의 농도는 최저 0.4 1.7μg·ℓ<sup>-1</sup>에서 최고 1.4μg·ℓ<sup>-1</sup>를 보였으며, 월별 평균 chlorophyll a의 농도는 5월에 표층과 저층에서 각각 1.7μg·ℓ<sup>-1</sup>와 1.4μg·ℓ<sup>-1</sup>를, 8월에 0.9μg·ℓ<sup>-1</sup>와 0.7μg·ℓ<sup>-1</sup>를, 11월에는 2.1μg·ℓ<sup>-1</sup>와 1.4μg·ℓ<sup>-1</sup>를 나타내어 표·저층의 농도가 11월을 제외하고 차이가 크지 않았다.

2000년부터 2005년까지의 물리·화학적 환경요인의 조사결과는 중 평균 수온은 표층과 저층에서 각각 18.3℃와 17.2℃를, 염분은 32.3‰와 33.1‰을, 용존산소는 5.71mg·ℓ<sup>-1</sup>와 5.31mg·ℓ<sup>-1</sup>를, pH는 8.15와 8.13을, 부유물질은 16.18mg·ℓ<sup>-1</sup>와 17.96mg·ℓ<sup>-1</sup>를, 투명도는 4.5m를, chlorophyll a는 2.8μg·ℓ<sup>-1</sup>와 1.7μg·ℓ<sup>-1</sup>였다. 2000년부터 2005년까지 본 해역은 물리·화학적 환경으로 부영양화 기준치와 비교하면 중영양화 해역으로 판명되었다.

2005년도 미생물의 월별 종속영양 균체수는 8월에 5월과 11월에 비하여 많이 검출되었다. 즉, 5월의 표층수와 저층수에서 균체수는 각각 4.7×10<sup>2</sup>~5.9×10<sup>3</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>와 4.3×10<sup>1</sup>~6.6×10<sup>2</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>, 8월에는 1.1×10<sup>3</sup>~4.4×10<sup>3</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup> 와 2.0×10<sup>1</sup>~2.0×10<sup>2</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>, 11월에는 2.5×10<sup>1</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>~3.7×10<sup>2</sup> cfu·mℓ<sup>-1</sup>와 2.3×10<sup>1</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>~5.1×10<sup>2</sup>cfu·mℓ<sup>-1</sup>로 나타났다. 2002~2005년 사이의 종조성에서 공통적으로 분리된 세균은 *Pseudomonas fluorescens* TY1, *Acinetobacter lwoffii* TY3 및 *Sphingomonas paucimobilis* TY4로서 이들이 통영 바다목장 해역의 우점종으로 출현하였다.

## 제 2 절 생물의 구성원과 생물량

2005년도 조사에서 식물플랑크톤 군집은 돌말류 71 분류군, 와편모조류 6 분류군 그리고 규질편모조류 2 분류군이었으며, 총 출현분류군의 90% 정도가 돌말류였다. 식물플랑크톤군집의 출현종수는 계절별, 정점별 차이가 있었으며, 5월에 최저 13종 (정점 3의 저층)에서 최고 34종 (대조구의 저층)까지, 8월에는 최저 21종 (대조구의 표층)에서 최고 34종 (정점 4의 표층)까지, 11월에는 최저 5종 (정점 10의 표층)에서 최고 25종 (정점 1의 저층)까지 다양하게 변화하고 있었다. 식물플랑크톤 현존량의 변화는 최저  $1.29 \times 10^4$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  (5월 정점 8의 저층)에서 최고  $3.76 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  (11월 정점 1의 표층)까지 변화 폭이 컸다. 월별 변화는 5월에  $1.29 \sim 4.21 \times 10^4$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ , 8월에  $3.60 \sim 8.62 \times 10^4$  cells  $\cdot \ell^{-1}$  그리고 11월에  $0.43 \sim 3.76 \times 10^5$  cells  $\cdot \ell^{-1}$ 의 범위를 보이고 있었다. 우점종은 5월, 8월과 11월에 표층과 저층에서 *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros socialis*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira* sp. 등이었다.

2001~2005년까지의 월별 동물플랑크톤 평균 개체수의 변화는 2002년 10월에 가장 낮은 344 indiv./m<sup>3</sup>을 보였고, 2001년 8월 가장 높은 25,182 indiv./m<sup>3</sup>을 보였다. 년별 및 계절별 개체수의 변화경향은 2001년 8월부터 12월까지, 2002년 7월부터 10월까지 각각 동절기로 접어들면서 감소 추세를 나타내었다.

2005년도의 동물플랑크톤군집의 월별 출현종수는 월별 차이가 심하여 5월에 평균 18종이었고, 8월에 25종, 11월에는 23종으로 5월에 가장 빈약한 종조성을 나타내었다. 월별 평균 출현 개체수는 5월 720 indiv./m<sup>3</sup>, 8월 1,852 indiv./m<sup>3</sup>, 11월에 816 indiv./m<sup>3</sup>로 변화하였다. 2005년 주요 출현종은 단연 요각류였으며, 분류군이 큰 것은 자포동물(cnidarians), 갑각류(crustaceans), 다모류(polychaetes), 모악동물(chaetognaths), 극피동물(echinodermates), 유형류(larvaceans) 등이었다. 월별 우점종은 5월에 요각류 *Oithona similis*였으며, 그 다음으로 우점한 종들도 역시 요각류 *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis* 등이었다. 8월에 우점종은 이매패류의 초기부착 유생이었다. 이 종은 그 밀도가 전체 동물 그것의 47.6%에 해당하는 정도여서 요각류를 전부 합친 것보다 더 높은 밀도를 보였다. 11월에는 요각류 *Calanus sinicus*였으며, 그 다음으로 유형류의 *Oikopleura dioca*였다.

2005년 7월부터 10월까지 통영의 바다목장화 대상지역인 통영 연안에서 난·자치어와 어류상의 분포를 난·자치어네트와 삼중자망, 소형기선저인망을 이용하여 채집을 실시하였다. 조사기간 동안 출현한 부유성 난은 총 8개 분류군으로, 주둥치가 전체 출현량의 24.10%를 차지하여 가장 우점하였다. 자치어는 총 5목 10과 14종이 출현하였고, 그 가운데 멸치가 전체 출현량의 54.13%를 차지하여 가장 우점하였으며, 다음으로 미역치가 17.63%를 차지하였다. 삼중자망에 의해 채집된 어류의 경우 총 1,061개체로써 1강 5목 18

과 25종이 출현하였다. 그 중 농어목 어류가 9과 10종으로 가장 많이 출현하였다. 저인망의 경우 총 38,540개체로 2강 7목 23과 33종이 출현하였고, 그 중 농어목 어류가 10과 11종으로 가장 많이 출현하였다.

### 제 3 절 환경호르몬

통영바다목장 중심해역 내에서 표층퇴적물 및 진주담치를 채취하여, PCB 화합물(동위체 22종), 유기주석화합물(부틸주석화합물 3종), 노닐페놀, 비스페놀A를 분석하였다. 조사대상 표층퇴적물 및 진주담치 체내에 잔류하는 유기오염물질의 경우 전반적으로 전국 연안의 농도와 비교하여 중간값 또는 그 이하의 값을 보였다. 단, 조사 자료가 희박한 노닐페놀과 비스페놀A의 경우 연안에서 조사된 값과 유사한 범위를 보였으나, 우리나라 하천 및 외국에서 보고된 농도에 비해서는 현저히 낮은 값을 보였다. 노닐페놀과 비스페놀A를 제외한 나머지 오염물질의 경우 전국 연안과 비교하여 이들 물질의 주 오염원으로부터는 거리를 두고 있는 해역임을 보여주고 있다. 하지만 선박기인의 유기주석화합물의 경우 전국 연안과 비교하여 중간값을 일부 상회하는 농도가 검출되었을 뿐만 아니라 선진국의 퇴적물 권고기준을 일부 초과하고 있다. 한편 생물체 중 진주담치에 잔류하는 조사대상 유기오염물질의 경우 선진국에서는 제시하는 수산물 안전기준 이하의 값을 보여, 통영바다목장화 중심해역에서 생산되는 수산물 중에 잔류하는 유기오염물질로 인한 인체위해성은 없는 것으로 판단되었다. 단, PCBs의 경우 생태독성평가기준을 일부 상회하는 시료가 있었으며, TBT 체내 농도 역시 일부 시료에서 고등류의 임포섹스를 유발할 수 있는 수준 이상으로 검출되었다.

2005년 5월 25-26일에 통영 바다 목장화 주변 해역의 22개 정점 표층 퇴적물과 20개 정점 진주담치에 대하여 중금속(알루미늄, 크롬, 구리, 아연, 카드뮴, 납, 수은) 오염을 측정하였다. 통영 바다 목장화 주변 해역 퇴적물의 중금속은 조사해역의 북서부와 미륵도 연안에서 높은 경향이였다. 중금속은 AI과 높은 상관성을 보여 간접적으로 입도의 영향이 크게 작용하고 있었다. 카드뮴과 수은은 ERL이하였지만 크롬은 총 16개 정점, 구리는 총 7개 정점에서 ERL을 초과하였다. 정점 1은 4개 원소가 ERL을 초과하는 등 가장 오염도가 높았다. 진주담치의 중금속 농도는 정점 3, 15, 20에서 다소 높은 경향이었고, 카드뮴-아연, 납-구리, 수은-카드뮴 간에는 서로 양호한 정의 상관성을 보였다. 1990년 우리 나라 연안 평균 농도에 비하여 크롬과 아연, 카드뮴은 약간 낮았지만 구리, 납, 수은은 높았다. 진주담치의 크롬, 납, 수은의 최대 농도도 우리 나라와 호주, EU의 기준보다 낮았다.

### 제 4 절 서식지 특성분석

통영바다목장의 효율적 어장조성과 자원방류를 위해 1999년부터 2003년까지 계절별



해양환경과 생물군집 자료를 바탕으로 바다목장 해역의 서식지를 구분하였다. 통영바다목장해역은 크게 암반서식지 및 연성저질 서식지로 구분되었다. 암반서식지의 우점종은 해조류 (*Ulva pertusa*, *Myagropsis myagroides*, *Gelidium amansii*, *Codium fragile* and *Ecklonia stolonifera*) 및 부착동물 (*Balanus trigonus*, *Serpula vermicularis*, *Corophium* sp., and *Halocynthia roretzi*)이며, 대개 수심 6m 이내에 분포하였다. 연성저질 서식지는 크게 5가지(Type A, B, C, D, E)로 구분되었다. Type A의 경우 연명포구로부터 장두도 사이에 위치한 곳으로 수심 38~47m이며, 표층 총질소는 26.7 $\mu$ M, 표층 부유물질은 12.8mg/L, 평균입도는 4.6, 퇴적물의 총탄소는 2.9mg/g이다. 우점종은 식물플랑크톤, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros socialis*, *Skeletonema costatum*, 동물플랑크톤, *Oithona similis*, *Paracalanus indicus*, 그리고 연성저질저서동물 *Lumbrineris longifolia*, *Capitella capitata*이다.

## 제 5 절 생태계 모델

본 연구에서는 생태계 기반 자원관리 시스템, 자원조성 시스템과 자원관리 시스템에 관한 연구를 수행하였다. 생태계 기반 자원관리 시스템에서는 자가구성법(self-organizing mapping, SOM)을 적용하여 이전 연구에서 수행한 생물군 그룹핑의 적합성을 과학적인 근거에서 검증하였고, 생태계 구조 모델을 사용하여 바다목장조성 이전과 이후의 통영 생태계의 구조를 파악하였으며 생태계 역학 모델을 사용하여 생태계 내 생물군의 양적 변동을 구명하고 환경수용량을 추정하였다. 또한, 잠재생산력 평가를 위해 어획강도에 따른 자원량을 예측하였다. 자원조성 시스템에서는 개체군 분석 모델을 사용하여 대상어종의 자원조성 목표량 및 환경수용량을 추정하였다. 자원관리 시스템에서는 생물학적 기준점과 생태계 구조 및 기능을 고려한 생물학적 허용어획량(ABC) 추정 모델을 사용하여 바다목장 대상종의 ABC를 추정하였다.

## 제 6 절 관측자료 표준화 및 DB 구축

본 연구에서는 기존의 통영바다목장 연구과정 및 7년(1998~2004)동안 지속되어온 연구결과 중 바다생물에 가장 중요한 환경요인인 해양물리환경 조사자료를 종합하고 재정리하여 정밀검토를 수행하였는바, 연구결과에 대한 이해도를 높일 수 있도록 연구정보를 데이터베이스화 하였다. 데이터베이스는 공간데이터와 컨텐츠 데이터로 구분하였는데 공간데이터 구축은 조사결과 데이터를 월별/계절별로 정리한종합 매트릭스표를 이용하여 그래프 및 GIS분석주제도(공간분석 기법 사용)를 구축하였다. 컨텐츠 데이터는 지금까지 통영에서 수행되어온 주요 연구에 대한 자료를 체계적으로 종합하고 분류한 것으로 알기 쉽게 정리하였다. 본 연구를 통하여 그간 매년 연속적으로 수행한 조사, 연구결과 데이터

를 기반으로 계절별, 월별 해양환경변화 패턴 분석용 기초자료로 제공할 수 있으며, 통영 바다목장 조성사업에서 사용된 주요 기술을 정리하여 추후 신규 바다목장 조성 시 지침 역할을 할 수 있는 데이터로 활용할 수 있다.

## 제 3 장 어장 조성

### 제 1 절 해저지형

통영 바다목장화 해역 중 미륵도-곶리도-만지도해역의 다중빔 정밀 음향 측심기를 이용하여 얻은 수심자료와 육지지형 수치자료를 통합 처리하여 등수심도 및 3차원 해저지형도를 작성하였다. 연구지역은 강한 조류의 흐름으로 인해 조사지역 곳곳에 수심이 깊은 해저골이 나타나며 미륵도 남쪽의 조도수도를 중심으로 하는 동서방향의 해저골과 이 수도 위쪽의 작은섬들 사이에 나타나는 소규모의 해저골들로 나눌 수 있고 이 해저골들은 모두 조도수도의 빠른 조류의 영향을 받은 것으로 판단된다. 가장 깊은 수심은 약 -55 m 정도로 만지도 북서쪽에 나타나며 만지도 서쪽의 외해와 이어진다. 해저골을 제외한 조사지역의 전체적인 평균수심은 약 -30 m 내외를 나타내며 섬 주변으로 가면서 점차 얕아지고 섬 가까이에서 급한 경사면을 이루면서 육지와 이어진다. 해저지형이 -10 ~ -20 m 정도의 얕은 수심을 보이는 섬 주변의 해안에서는 양식장들이 많이 분포하고 있다. 이 조사지역은 3차원 지형도에서 볼 수 있듯이 곳곳에 인공어초군으로 판단되는 지역이 분포하고 있다. 2005년 9월에 경남 통영지역 바다목장화 연구지역(미륵도 주변해역)에서 31개의 표층퇴적물을 통해 지질 및 지화학 분석을 실시하였다. 표층 퇴적물은 크게 2개의 퇴적체(역질, 니질)로 구분이 가능하다. 대부분의 해역은 세립한 니질 퇴적물로 구성되었으며, 만지도 주변해역 및 조도수로 해역만 역질 퇴적물이 분포하고 있다. 퇴적물 내의 유기탄소 함량은 비교적 낮은 값을 보이고 있으며(0.69~1.18% (0.96%)), 탄산염은 7.07~37.64%로 역질퇴적체가 분포하는 지역에서 주로 나타나고 있다. C/N 비가 5.01~6.99로 나타난 것으로 보아, 모든 퇴적물이 해양의 생물에 의해 생성된 유기물이 퇴적된 것으로 나타났다. 황화수소 가스의 함량은 0.5~195.8 ppm으로 전 해역이 200 ppm 이하의 오염되지 않은 상태를 나타내고 있다.

### 제 2 절 인공어초

본 연구에서는 통영바다목장 내의 수심 40m이상 지역에 시설할 대형어초 (다기능고층어초)의 적지분석, 동 어초의 제작공법, 시설된 대형어초의 효과에 대해서 수행하였다. 통영바다목장지역 내에 대형어초를 시설할 지역 (Site B)의 최강유속은 0.8 kn이며, 저질

은 니질로 구성되어 있다. 동 지역의 탄성파의 두께는 10-30m이며, 바다 저면에서 80cm까지의 깊이까지의 전단강도 값은 1.28 - 5.47 kpa이다. 이들 조건은 어초의 자중이 약 58톤으로 비교적 무거운 것이나, 단위면적 당 하중이 크지 않아 침하의 우려는 상대적으로 적을 것으로 판단된다. 동 어초의 적정시공방법으로는 본체부를 각 3등분하여 저층, 중층, 상층부로 나누워 부분 제작 후 크레인으로 거치하여 본체를 용접하는 방법이다. 시공법과 관련해서는 제작장에서 바지선까지의 이동은 크레인으로 하고, 시설지에서의 어초거치는 충격하중에 의한 원형휨관 등이 본체로부터 이탈되지 않도록 시설하는 방법과 어초의 저면에 어초의 자중에 견딜 수 있는 부력재를 부착하고, 크레인을 이용하여 바다에 띄운 후 예인선을 이용하여 시설지까지 운반하여 시설하는 방법도 고려해 볼 필요가 있다.

## 제 4 장 자원 조성

### 제 1 절 방류 효과

#### 방류어의 성장

방류 조피볼락을 재포한 후 서식처별 성장을 조사하였다. 20개월령일 때 재포한 조피볼락의 평균 전장과 체중은 대장두도 주변이 19.9cm와 149.2g, 곤리도 주변이 20.8cm와 141.7g 그리고 축도(유도) 주변이 18.7cm와 97.0g이었다. 만 2세어에 도달했을 때 방류 조피볼락의 평균 전장과 체중은 대장두도 주변이 25.5cm와 235.4g, 곤리도 주변이 25.2cm와 185.0g 그리고 축도(유도) 주변이 16.6cm와 173.0g이었다.

번식 시기에 도달한 35개월령일 때 평균 전장과 체중은 대장두도 주변이 30.8cm와 433.0g, 곤리도 주변이 30.2cm와 411.7g, 축도(유도) 주변이 30.3cm와 411.0g이었다. 서식처별 일일 성장률은 대장두도 주변이 0.468%/일로서 다른 두 서식처에 비해 높은 값을 보였다.

방류 볼락의 성장을 같은 해역에 설치한 가두리 양식어와 비교하였다. 24개월령일 때 평균 체중은 방류어가 132.4g 그리고 양식어는 147.7g이었다. 36개월령일 때의 평균 전장과 체중은 방류어가 19.6cm와 218.2g 그리고 양식어는 20.2cm와 245.2g이었다. 일일 성장률은 36개월령까지 방류어가 0.471%/일로서 양식어(0.485%/일)에 비해 낮은 값을 보였다.

#### 방류어의 건강도

방류어의 건강도를 판정하기 위하여 혈액학적 분석을 실시하였다. 방류어와 양식어의 헤모글로빈과 헤마토크리트를 조사한 결과, 방류어는 양식어에 비해 유영성, 활동성 및 산소 소비량이 뛰어나 조혈 기능이 양호한 것으로 조사되었다. 총단백, 포도당, 알부민 그리고 총콜레스

테를을 조사한 결과 방류어와 양식어간 차이가 없었다.

방류어와 양식어간 젖산탈수소효소, 트란스아미나제, 요소질소, 알칼리성 포스파타제, 크레아티닌 그리고 칼슘을 월별로 조사한 결과, 두 계통간 간 기능, 근육 조직 및 장관 활성화는 차이가 없었으나 고수온기에 선발 계통은 조혈기인 신장 기능이 활성화 되고 수온 상승기에 사료 섭식이 더 활발함을 알 수 있었다.

#### 방류어의 성숙

방류 불락을 대상으로 성숙도를 조사하였다. 완숙 시기 불락 암컷의 평균 간중량지수, 생식소 중량 지수, 내장 중량 지수 그리고 비만도는 각각  $1.1\pm 0.4\%$ ,  $22.5\pm 4.7\%$ ,  $27.8\pm 4.2\%$  그리고  $23.9\pm 2.1$ 였다. 방류 불락(평균 체중:  $374.2\pm 88.0\text{g}$ )의 평균 포란수는  $60,579\pm 9,078$ 개였으며, 어체중당 알 수는 평균 165.0개였다.

#### 조피불락의 이동범위와 일주행동

2005년 7월 27일과 11월 1일부터 각각 1주일간 통영바다목장 주변에서 어획된 자연산 조피불락 (*Sebastes schlegeli*) 15마리 (성어; 전장: 33.0-43.0 cm; 체장: 27.5-38.0 cm; 체중: 440-1180 g)를 체내표지법으로 표지하고 방류하여 음향 텔레메트리로 조피불락의 이동범위와 일주행동을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 하계 (7월 27일)에 어획장소 및 그 주변 (거리 850 m)에 방류한 조피불락 10마리 중 2마리 (표지번호: 64, 76)는 방류 후 하루 동안에 약 2 km를 이동하였으며, 나머지는 대부분 방류 후 1주일 동안 방류장소로부터 반경 500 m를 벗어나지 않았다. 추계 (11월 1일)에 어획장소에 방류한 조피불락 5마리는 모두 방류 후 1주일 동안 방류장소 주변 (반경 500 m 이내)에 머물렀다.

2. 하계와 추계에 방류한 조피불락은 야간의 수평적인 행동범위가 주간보다 넓었으며, 추계보다는 하계의 수평적인 행동범위가 넓었다. 조피불락의 연직방향의 일주행동을 보면 대체로 주간보다는 야간에 얕은 수층으로 이동하는 경향이 있었고, 특히 일출 후 보다 깊은 곳으로 이동하여 약 5시간 정도 일정한 깊이를 유지하는 행동을 보였다.

방류한 조피불락은 대체로 방류 후 36시간 이상이 경과한 때부터 안정적인 연직방향의 행동을 보였다.

3. 음향표지어 (표지번호 34, 70 및 88)는 야간보다는 주간에 인공 또는 자연의 수중 구조물에서 은신하는 경우가 많고, 어획지점으로 돌아온 후부터의 정착한 시간이 길수록 구조물 등에서의 은신 시간이 길어지는 것을 알 수 있었다.

#### 해삼

통영바다목장 해역에 위치한 대장두도 인근에 대한 해삼의 분포양상 및 성장을 조사한 결과 조사한 결과 방류초기 어린해삼의 경우 주로 암반해역을 서식처로 하고 있었으

며, 이후 성장함에 따라 가두리해역 등 연질기저로 이동하는 것으로 판단된다. 또한 이러한 서식처에 따른 분포는 계절에 따라서도 일어나는 것으로 보이며, 여름철 높은 수온을 피하기 위한 하잠(summer sleeping)에 의한 것으로 보인다. 서식처 유형 및 해역 곳곳에 위치한 인공적인 구조물에 대한 조사결과에서 나타났듯이 체장이 50 mm 내외인 방류해삼의 경우 주로 지형적으로 보호된 지역을 선호하고 있었으며, 따라서 단순한 연질기저보다는 상대적으로 입체적인 서식처 구조를 보이는 암반해역에서 대부분이 서식하는 것으로 판단된다. 가두리해역 및 연질기저해역에서 출현한 방류해삼의 경우 대부분 담치류의 패각이나 인공적인 구조물에 의해 상대적으로 보호된 지역에서 출현하였다. 따라서 해삼의 방류에 있어서 암반해역 뿐만 아니라 공간 다양성 측면에서 뛰어난 가두리해역에 대해서도 방류를 시도해 볼 가치가 있을 것으로 판단된다. 또한 통영바다목장해역에서 출현하는 해삼의 연령구조가 2세군에 집중되어 있으며, 봄철인 5월 이후부터 이후 연령군의 해삼이 출현하는 것으로 나타났다.

#### 방류 현황

본 과제 수행 기간(1998년부터 2005년까지) 동안 통영 바다목장 대상 해역 내 방류한 종묘는 조피볼락, 볼락, 감성돔, 참돔, 넙치, 전복 그리고 해삼의 7종으로서 마리수는 각각 4,054,317마리, 2,043,655마리, 2,177,000마리, 302,500마리, 52,000마리, 107,000마리 그리고 100,000마리로서 총 8,836,472마리였다. 이중 이번 사업 기간 중 방류한 어종은 조피볼락, 볼락 그리고 감성돔으로서 방류 마리수는 각각 576,000마리, 731,955마리, 그리고 323,000마리로서 총 1,630,955마리였다.

## 제 2 절 해중립 조성 기술

1998년에 시작된 통영바다목장사업의 한 부분으로 어류 또는 무척추동물의 서식지인 해중립의 효율적 조성방법을 연구해 왔다. 본 사업의 1단계인 1998년부터 2000년까지는 바다목장해역의 해조군집을 광범위하게 조사함으로써 해중립을 이룰 수 있는 해조류의 선정, 이들 해조류의 생물학적 특성과 생태(생활사, 성장양상, 번식주기, 공간분포, 개체군 동태 등) 파악, 그리고 이들 해조류가 해중립에 적합한 종인가에 대한 평가를 수행하였다. 본 사업의 2단계인 2001년부터 3차년도 1단계에 해당하는 금년도까지는 해중립 조성용 시설물에서 발달하는 해조류 및 부착동물군집조사를 통한 어초효과, 인공어초에 인위적으로 이식된 대형 갈조류의 지속성, 해중립 조성용 시설물의 적지선정, 그리고 이식용 종묘의 생산과 이식방법에 대해 연구해왔다. 본 보고서에서는 2001년부터 현재까지의 연구결과를 정리하여 수록하였다.

#### 어초효과조사

효과조사는 해중립 조성을 위해 투입된 6개 시설물(곰피를 이식한 장두도 해조어초

(Type I), 해조류를 이식하지 않은 장두도(Type II), 저도 해조어초(Type III), 장두도의 테트라포드 및 자연석(Type IV), 곤리도 해조어초(Type V), 그리고 연명에 시설된 복합형 어초(Type VI)의 상부와 측면에 부착한 해조류 및 부착동물의 종류와 종류별 현존량을 2004년 4월, 7월, 10월, 그리고 2005년 1월 네 차례에 걸쳐 조사하였다. 투입된 6개 시설물에 착생한 부착생물의 종수와 생물량은 시설물간 큰 차이를 보였다. 또한 통영바다목장 해역에서 해중립조성을 위해 적합종이라 알려진 곰피의 생물량 역시 시설물간 큰 차이를 보였다. 곰피는 곰피를 인위적으로 이식한 장두도 해조어초(Type I)와 자연석 및 테트라포드(Type IV)의 상부에서 주로 출현함을 볼 수 있었다. 4월 곤리도 해조어초(Type V)와 7월, 10월 그리고 1월 장두도 해조어초(Type II)와 같은 일부 시설물에서도 상부와 측면에 곰피가 착생하는 것으로 관찰되었지만 그 생물량은  $30 \text{ g-wet wt}/0.25\text{m}^2$  이하로 대단히 낮았다. 이것은 해중립 조성용 시설물에서 곰피 중심의 해중립 조성을 위해서는 인위적인 이식이 반드시 수행되거나 또는 시설물 투입 시 장소선정이 대단히 중요함을 시사한다. 연명 앞 복합형(Type VI)은 2004년 1월에 투입되었다. 본 조사결과, 2004년 4월에는 부착생물의 생물량이 극히 미미하였다. 그러나 시간이 경과할수록 부착생물의 생물량이 증가하여, 2005년 1월에는 생물량이 상부의 경우  $1370 \text{ g-wet wt}/0.25\text{m}^2$ 에 이르렀다. 이것은 해중립 조성을 위한 시설물에서 해조류 또는 부착동물이 안정적으로 정착하기 위해서는 최소 1년의 시간이 소요됨을 나타낸다. 곰피를 이식하지 않은 해조어초 중 특히 저도와 곤리도의 시설물은 전 계절에 걸쳐 곰피, 구멍갈파래, 미역, 잎꼬시래기와 같은 해조류의 생물량이 극히 낮은 것은 어초상부와 측면에서 해조류를 섭식하는 등근성게의 높은 밀도와 상관성이 있는 것으로 풀이된다. 이러한 해석은 등근성게와 해조류의 분포를 통해 알 수 있다. 등근성게의 경우 저도와 곤리도의 시설물에서만 출현하며, 이들 어초에서는 해조류의 생물량이 극히 낮음을 볼 수 있다. 이 결과는 안정적인 해중립을 조성을 위해서는 장소에 따라 해조류를 섭식하는 초식자의 영향을 고려하여야 함을 시사한다. 한편, 장두도 해조어초(Type I, II)의 상부에 형성된 해조군집이 인접된 자연암반생물군집과 어느 정도 유사한가를 알기 위해 출현종수와 생물량을 비교한 결과, 해조류의 종수는 자연암반생물군집에 비해 유의하게 낮았으나, 생물량은 비교되는 세 집단 간 유의한 차이가 없었다. 마찬가지로 장두도 해조어초(Type I, II)에 착생한 부착생물의 생물량과 인접된 연성저질생물의 생물량을 비교한 결과, 해조어초에 착생한 부착생물의 생물량( $436\sim 1077 \text{ g-wet wt}/0.25\text{m}^2$ )이 연성저질생물군집의 생물량( $90\sim 187 \text{ g-wet wt}/0.25\text{m}^2$ )에 비해 현저하게 높은 것으로 나타났다.

#### 인공어초에 이식된 대형 갈조류의 지속성

2001년 11월에 장두도 옆 콘크리트 해조어초의 상부에 이식된 감태 및 곰피 개체군의 성장 및 생존을 2005년 9월까지 분석하였다. 감태의 크기는 hyperbola의 형태로 증가함을

볼 수 있는데, 이식 후 약 10개월이 경과한 최대 2002년 9월에 평균 45cm로 최대에 이르렀고, 이후에는 가을철 번식에 따른 계절적 소장에 의해 오르내림을 반복하였다. 개체수는 이식이후 반지수적(negative exponential)하게 감소하였고, 이식 후 약 14개월이 지난 2003년 2월에는 2~3개체/0.25m<sup>2</sup>만이 존재하였다. 2004년 가을에 새로운 개체들이 가입함으로써 개체수가 약간 증가하여 2005년 9월까지 10개체/0.25m<sup>2</sup> 정도가 분포하였다. 곰피의 크기는 역시 hyperbola의 형태로 증가함을 볼 수 있는데, 이식 후 약 10개월이 경과한 최대 2002년 9월에 평균 55cm로 최대에 이르렀고, 이후에는 가을철 번식에 따른 계절적 소장에 의해 오르내림을 반복하였다. 개체수는 감태와 마찬가지로 이식이후 반지수적으로 감소하였고, 이식 후 약 12개월이 지난 2002년 11월에는 2~3개체/0.25m<sup>2</sup>만이 존재하였으나, 2003년 이후부터는 새로운 개체들이 가입하여 2005년 9월 최대 10개체/0.25m<sup>2</sup>가 분포하였다. 이 처럼 장두도 주변 해조어초에 인위적으로 이식된 감태와 곰피는 성장과정에서 종내경쟁(intraspecific competition)과 초식 등의 요인으로 인해 개체수는 줄어드나, 줄어든 개체수는 번식, 가입, 생장으로 이어지는 일련의 과정을 통해 다시 회복되었고, 이는 장두도 주변 해조어초에서 이 두 종의 개체군 크기가 지속적으로 유지됨을 의미한다.

#### 해중림 조성용 시설물의 적지선정

해중림 조성을 위한 시설물 투입의 적지를 판정하기 위해 동일한 시기에 서로 다른 장소(장두도, 저도, 곤리)에 투입된 콘크리트 해조어초에서 발달되는 해조군집의 특성과 어초주변의 환경특성을 상관하여 분석하였다. 해조군집의 특성은 앞서 시설물간 효과비교에서 얻어진 자료(시설물 II, III, V의 상부 측 해조군집의 종수 및 생체량)를 활용하였다. 세 지점의 환경자료로서 2005년 5월에 수온, 용존산소, 탁도, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, 부유물질, 광량분포, 퇴적물의 입도와 탄소 및 질소, 그리고 유속을 측정하였다. 각 계절에 세 어초에서 출현하는 종은 9종 이하였으며, 2004년 4월 제외하고는 장두도에서 출현종수가 가장 많았다. 종수와 마찬가지로 2004년 4월 제외하고는 장두도에서 현존량이 가장 높았다. 어초 위 현존량과 해조류에 미치는 주요 환경요인(유속, 탁도, 퇴적물의 입도 조성, 그리고 퇴적물의 유기물 함량)간의 관계를 몇 개의 변수로 줄이고, 각 정점이 이들 변수와 갖는 상관관계를 알기 위해 주성분분석(Principal component analysis)을 실시한 결과, 저도는 유속이 빠르고, 자갈이 많고, 유속에 의한 퇴적물의 재부유로 탁도가 높은 곳으로 나타났다. 따라서 해조어초에 부착한 해조군집의 현존량에서 저도의 현존량이 가장 낮았던 것은 다른 두 곳에 비해 상대적으로 빠른 유속과 퇴적물의 빈번한 재부유로 인해 해조류의 착생과 생장이 어려웠던 것으로 풀이되었다. 반면 곤리도는 유속이 느려, 사질 퇴적물이 쌓이는 곳으로 해안에서 파도에너지로부터 보호된 곳으로 곤리도에서 대부분의 계절 동안 해조류의 현존량이 장두도보다 낮은 것은 해수유동에 약하기 때문인 것으로

풀이되었다. 이상을 종합해 볼 때, 향후 통영바다목장해역에서 해중립 조성을 위해 시설 물이 계속 투입되기 위해서는 장두도와 같은 환경을 지닌 곳이 가장 바람직 할 것이다. 그 환경으로는 유속이 평균 15 cm/s 정도로 적당하고, 탁도가 낮으며, 퇴적물이 모래보다는 사패질 퇴적물로 이루어진 수심 6m 이내일 것이다.

#### 종묘의 생산과 이식방법

종묘의 생산과 이식방법은 이 지역에서 우점하는 곰피를 대상으로 실시하였다. 연구내용은 곰피의 포자, 배우체, 어린 포자체의 수온과 광량의 요구량을 파악하는 것이었다. 10  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 3일간 발아율을 조사한 결과, 발아율은 10~15°C에서 가장 좋았다. 10  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 2주간 배양하여 관찰한 암배우체의 성장상태(세포수)는 15~20°C에서 가장 좋았다. 수온 15°C에서 광량 4단계(5, 10, 20, 40  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$ )에서 발아율은 광량 간 뚜렷한 차이가 없었다. 수온 15°C에서 광량 4단계(5, 10, 20, 40  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$ )에서 암배우체의 성장상태(세포수)는 10~20  $\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$ 에서 가장 좋았다.

종묘의 이식방법에 관한 연구는 첫째 어느 정도의 밀도가 개체군의 성장에 가장 적합할 것인가, 둘째 어떤 수심 층이 개체군의 성장에 가장 적합할 것인가, 셋째 어느 크기의 종묘를 현장에 이식하여야 개체군의 성장에 가장 적합할 것인가와 같은 내용을 중심으로 수행되었다. 2002년 2월과 2003년 2월에 곰피종묘(평균엽장 1.4mm)를 서로 다른 밀도(70, 140, 400, 800개체/100cm<sup>2</sup>)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 비교한 결과, 개체의 성장은 종묘의 밀도에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 2002년 2월과 2003년 2월에 채묘줄에 착생한 곰피종묘(평균엽장 1.4mm)를 일정한 밀도(150 개체/100cm<sup>2</sup>)로 부착판(50 x 50 cm)에 감고 서로 다른 수심(해면 하 2, 5, 8m)에 5개월 동안 성장시킨 후 가장 큰 20개체를 선택하여 개체의 크기(frond length)를 비교한 결과, 개체의 성장은 수심에 따라 크게 변화하는 것으로 나타났다. 개체의 성장은 수심 2m에서 가장 좋았고, 수심이 깊어질수록 좋지 못한 것으로 나타났다.

2002년 11월 중순과 2003년 1월 중순에 서로 다른 크기(2002년 11월: 0.3mm, 2003년 1월: 1.4mm)로 양성된 곰피의 성장양상을 2003년 7월까지 조사한 결과, 두 집단간의 평균크기의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았고, 이는 이식 시기는 개체성장과 큰 관련을 가지지 않음을 시사한다.

#### 해조류 이식법에 의한 복합 해조장 조성

이식용 해조류는 탁도가 비교적 높은 통영시 연명리 연안에서 채집하였다. 이식 해조류의 상대 성장율은 켈생이모자반(*Sargassum horneri*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 개도박



(*Pachymeniopsis lanceolata*), 명주도박(*Grateloupia sparsa*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 부챗살(*Gymnogongrus flabelliformis*), 넓청각(*Codium latum*), 미끈뽀대그물말(*Dictyopteris divaricata*), 미야베모자반(*Sargassum miyabei*), 개그물바탕말(*Dilophus okamurae*), 청각(*Codium fragile*)의 순으로 나타났다. 이들 해조류를 통영바다 목자 해역에 시설된 어초에 이식한 결과 이들 해조류는 부유물질이 많고 투명도가 낮은 통영연안의 어초시설 주변에서 잘 성장하는 것으로 나타났으며 따라서 이들 해조류를 이 해역에 집중 번식 조장 시키는 전략이 필요할 것으로 생각되었다.

### 제 3 절 자원조사

#### 어구조사

본 연구에서 2005년 불락의 추정자원량은 2,682,120마리(110,375,294g)로 2004년 1,919,821마리(64,697,513g)보다 자원량이 증가하였다. 최대지속적생산량(MSY)은 52,875,284,682g였으며 이때의 노력량( $f_{MSY}$ )는 1,284,870마리였다. 그리고 표지 채포획에 의해 추정된 2005년도의 조피불락의 추정 자원량은 3,548,321마리(799,480,071g)로 2004년 2,954,049마리(502,226,009g)보다 자원량이 증가하였다. 최대지속적생산량(MSY)은 358,266,994g(약 358톤)마리, 이때의 노력량( $f_{MSY}$ )는 1,5901,180마리이며 가입 당 생산량 분석에서 추정된 어획개시연령 ( $t_c=0.9338$ )을 기준으로 순간어획사망계수가 0.3170/year 일 때의 가입당 생산량은 16.73g이며 현재의 추정된  $F$  값이 0.31일때 최대 가입 당 생산량을 얻기 위해서는 어획개시연령을 1.5세로 높여야한다.

#### 어탐조사

수중음향을 이용한 수산 자원의 분포 및 자원량을 추정하는 방법은 연근해 및 원양 자원 조사의 대표적인 방법 가운데 하나이다. 이 방법은 음향 시스템 구축 및 관련 전문가 양성의 초기 단계에 많은 비용과 시간이 소요되지만 전통적인 어구 채집 방법에 비해 비용 대 효과 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 일본, 노르웨이 등 수산 선진국에서 사용하고 있다. 이 연구에서는 이와 같은 음향조사의 장점을 이용하여 통영바다목장해역 일대에서 음향자원조사를 실시하여 동계에 자연 상태에서 서식하고 있는 어류 및 부유생물의 주요 분포위치 및 분포강도에 관한 조사를 2005년 2월 3일과 2월 24일 실시하였다. 또, 인공어초와 같은 해양구조물 내에 서식하고 있는 어류와 해양생물에 대해서는 음향을 이용하여 현존량을 추정하는 것은 매우 어렵다. 그러나 대상생물이 생태학적 특성 즉 주야 연직 운동이나 계절적 활동성 등을 고려한 인공어초 주변의 생활 패턴을 조사하여 현존량을 추정하는 기술을 개발하고자 하였다. 이를 위해 인공어초 직상에 어군탐지기를 고정시킨 다음 음향을 이용한 어초주변의 어류 및 해양생물 위치 분포를 파악하였다. 한편, 1999년 이후 통영바다목장해역에 있어서 조피불락, 참돔, 감성돔, 등의 어류를 방류하였

다. 이후 바다목장해역에 있어서 이들 어종의 증감이나, 해양생태계의 증감을 파악하는 것도 주요한 연구 목적이다. 이를 위해 지금까지 음향을 이용하여 조사한 자료를 정리하여 연간 수산자원의 분포 변화를 파악하여 보았다.

#### 잠수조사

2000년부터 2004년 8월까지 연대도 연안 4개 정점과 각종 실험구조물에서의 주기적인 자원량 추적 조사 결과, 볼락은 2000년에 16마리, 2001년에 172마리, 2002년에는 296마리로 증가하였으며 2003년에는 5~25cm 급이 총 197마리가 확인되었고, 2004년 5~21cm 급 389마리가 확인되어 2000년에 비하면 약 24배 가까이 증가한 것으로 추정되었다. 2005년에는 5~20 cm 급 602마리가 관찰되어 6년간의 조사 중 최고치를 기록하였다. 또한 연대도에서의 6년간 조사에서 나타난 볼락 자원량의 생체량을 살펴보면 2000년에는 502g, 2001년에는 3,545.4g이었던 것이 2005년에는 18,693g 으로 약 37배 정도 증가되었다. 각종 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링은 1단계에 이어서 3단계 1차 년도까지(2005년)의 각종 수중 구조물에서의 어류의 출현 현황, 어류상 및 자원 조성 현황을 모니터링하고 있다. 볼락이 가장 많이 출현한 구조물은 연안다목적어초로  $m^3$ 당 평균 11.26마리/ $m^3$ 로 계산되었으며 생체량으로는  $457.00 g/m^3$ 이었다. 그 다음으로는 팔각반구형어초 중형이 2.89마리/ $m^3$ ,  $84.68 g/m^3$ , 인조해조장(2.74마리/ $m^3$ ,  $50.36 g/m^3$ ), 팔각반구형어초 개량형(2.06마리/ $m^3$ ,  $55.28 g/m^3$ ), PP어초(1.35마리/ $m^3$ ,  $90.30g/m^3$ ), 선박어초(1.25마리/ $m^3$ ,  $132.21 g/m^3$ ), 연약지반형어초(1.07마리/ $m^3$ ,  $82.90 g/m^3$ )의 순이었다. 생체량도 연안다목적어초가 가장 높은 값을 나타내었으며 그 다음으로는 선박어초, PP어초, 팔각반구형어초 중형, 연약지반형어초, 팔각반구형어초 개량형, 인조해조장 순이었다.

단위 공간 당 마리수가 1.25마리에 불과했던 선박어초의 생체량이  $132.21 g$  으로 높은 것은 20~30cm급 대형어들이 다수 확인되었던 결과이다.

조피볼락의 개체수가 가장 많았던 곳은 수중 방류가 이루어져 방류어인 0세어의 서식 밀도가 높았던 인조해조장으로 2.86마리/ $m^3$ 으로 가장 높은 값을 나타내었다. 방류 후 집중적으로 서식하였던 인조해조장을 제외하면 2005년 7월 현재 평균값이 연약지반형어초 0.70마리/ $m^3$ , 연안다목적어초 0.61마리/ $m^3$ , 콘크리트 상자형어초 0.60마리/ $m^3$ , 선박어초 0.58마리/ $m^3$ , 팔각반구형 소형어초에서 0.54마리/ $m^3$  순이었다. 그 외, PP어초와 팔각반구형어초 개량형이 각각 0.38마리/ $m^3$ , 0.25마리/ $m^3$  순으로 단위 공간 당 적은 마리수를 보였다. 한편, 2005년 7월 현재까지 평균값으로는 콘크리트 상자형어초에서  $160.9 g/m^3$  의 가장 높은 생체량을 보였는데 이는 25~35 cm 급 대형어들의 출현에 기인한 결과이다. 그 다음으로는 선박어초에서  $156.9 g/m^3$ , 대장두도의 북쪽 연안 암반 위에 설치되어 항상 다양한 크기의 조피볼락이 관찰되었던 연약 지반형 어초에서  $142.8 g/m^3$ , 팔각반구형어초 소형에서  $120.84 g/m^3$ , 연안다목적어초에서  $82.5 g/m^3$ 을 나타내었다.

2005년 7월 현재 어초에서는 새끼를 가진 40 cm 급 조피볼락이나 20 cm 전후의 볼락 어미들이 많이 관찰되고 있어 통영바다 목장해역에서는 이미 2~3년째 방류자원에 의한 재생산이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

따라서 보호수면내 어초와 그 외곽의 해역에서의 자원량은 상당히 달라져 있을 것으로 추정되어 2005년 3단계 사업에서는 전 목장해역을 대상으로 구조물별 자원량에 대한 정밀조사와 아울러 대수심 어초 및 인근 해역으로의 자원 이동 및 변동 등에 대하여 계절적, 수심대별, 어초별 다양한 요소를 고려한 종합조사가 되어야 할 것이다.

#### 서식환경 판별이 가능한 마커의 개발

바다목장화사업 연구의 일환으로 서식지 차이에 따른 바이오마커의 개발 가능성을 찾고자 본 연구를 실시하였다. 조피볼락을 대상으로 하였고, 1차 실험에서는 양식산과 방류산의 일반성분, 근육 조직감, 비만도, 간중량지수, 혈액 중 GOT, GPT 효소 활성, 약물대사효소계 (cytochrome P450 농도, NADPH-cytochrome P450 reductase 활성, NADH-cytochrome b5 reductase 활성, glutathione s-transferase; GST 활성) 및 항산화효소계 (superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione peroxidase)를 비교하였으며, 2차 실험에서는 양식산, 방류산, 자연산을 대상으로 하여 조사하였다.

그 결과, 양식산과 방류산 조피볼락에서 약물대사효소계가 유의적인 차이를 보였기에 서식환경을 구분 지을 수 있을 마커로서의 활용가능성이 있었고, 또한 항산화효소 중에서는 방류산이 양식산보다 유의적으로 높았던 GR이 우선 검토되어야 할 것이라 여겨진다.

#### 유전자원조사

볼락 방류용 종묘의 유전적 다양성과 방류 후 추적조사를 위해 방류용 종묘와 자연집단의 볼락 미토콘드리아DNA 조절영역의 염기서열에 있어서 차이를 분석하였다. 자연집단에 비해 방류용 종묘의 haplotype 다양도와 염기다양도는 약간 낮게 나타났다. 본 연구 결과는 방류용 볼락 종묘의 경우, 미토콘드리아DNA를 유전학적marker로 이용하여 방류 후의 추적조사에 이용할 수 있음을 시사하고 있다.

### 제 4 절 자원조성 매뉴얼 작성

기술지침서 구축사업은 이번에 처음 시도되는 것으로 기존 연구 자료를 앞으로 바다목장 사업을 시행 및 관리하는 주체가 되는 실무부서에서 사업시행에 활용도를 제고하기 위하여 기본 단위 사업별로 상세한 기술지침을 수립할 필요가 있기 때문이다.

본 연구에서는 야간점등의 중간육성 기술에 관한 다년간의 현장 실험연구를 통하여 얻어진 연구결과의 기술적 부분을 현장 적용을 목표로 자원조성 분야의 지침서 초안을 작성하였다.

## 제 5 장 바다목장 이용 · 관리

통영바다목장 사업은 1998년도부터 시작하여 2004년 2단계 바다목장 조성사업을 완료하고, 2005년 현재 3단계 1차년도 사후관리체제 구축으로 접어들어 사업의 종료를 눈앞에 두고 있다. 바다목장 3단계 사업은 지금까지 추진되어 온 바다목장 사업을 마무리하는 단계로서 바다목장사업의 투자효과를 분석하고 사업 종료 이후 바다목장의 관리 및 이용에 대한 기본 방침을 정하는 단계이다. 이에 따라 본 장은 동 사업추진의 경제적 효과를 분석하고 조성된 자원의 지속적 이용을 위한 합리적이고 효율적인 사후관리체제의 정착방안을 검토하였다.

통영바다목장은 보호수면 및 수산자원관리수면의 지정, 관리이용협의회 및 자율관리어업위원회의 설립 등으로 관리이용 분야에서 괄목할만한 진전을 이루어 왔다고 평가할 수 있다. 실제로 어획량 모니터링의 결과, 수산자원관리수면 내에 수산자원이 많이 서식하고 있으며 지속적인 자원관리를 한다면 지속적인 어업생산이 가능할 것으로 판단된다. 어업인들 또한 자주적인 관리가 뒷받침된다면 바다목장이 성공하리라는 인식을 가지고 있다.

조사된 바에 따르면 2005년 외출낚시의 평균어획량은 2,739kg(관리수면 내 1,571kg, 관리수면 외 1,167kg), 1척당 평균 수입은 36,662천 원으로 전년 보다 증가한 것으로 나타났다. 또한 간접효과의 분석결과로서 유어낚시객 1인 1회시 지불금액은 97,135 ~113,260 원으로, 관광객 1인당 1회 방문시 지불금액은 104,628~110,958원으로 나타났다.

그러나 현재 통영바다목장의 이용 · 관리체제를 살펴보면, 이용 · 관리체제의 큰 틀은 구축되었지만 아직까지 지자체 및 자율관리어업위원회의 관리능력이 미약하여 중앙정부 의존적 성향을 벗어나고 있지 못하는 등 이용 · 관리체제의 역할과 능력에 한계를 드러내고 있다. 따라서 향후 이용 · 관리체제의 강화 및 원활한 기능을 위해서는 현실적이고 다각적인 방안의 모색이 필요하며, 그 출발점으로써 어업인의 건전한 참여의욕을 이끌어내는 것이 무엇보다 중요하다.

한편, 통영바다목장산 어획물의 부가가치를 제고하기 위해 상표등록이 이루어졌으며, 직판장의 설립도 추진 중에 있다. 또한 바다목장을 통해 조성된 수산자원의 일부를 통영 지역의 특성을 살린 어업의 소득으로 이용하는 방안을 검토하였는데, 구체적으로는 유어장 시설 설치, 바다목장 관광패키지 상품화, 바다목장 홍보관 설치 등에 대한 내용에 대해서도 검토하였다.

# 부 록

---

방류 및 시설물 투자 현황  
해외출장 보고서  
홍보·언론 보도 및 논문 발표 자료

**방류 및 시설물  
투자 현황**

여 백

## 1. 목장 해역내 유용 수산 생물 방류 현황(3단계 1차년도)

### - 방류 어종 및 프로파일

연월	어종	마리수	장소	크기 (cm)
2005. 7.	볼락	731,955	봉도, 축도, 저도, 달아	7 이상
2005. 8.	조피볼락	576,000	봉도, 축도, 저도, 달아	7 이상
2005. 8.	감성돔	323,000	연명, 달아, 척포	7 이상

종 수 : 3종

총마리수 : 1,630,955마리

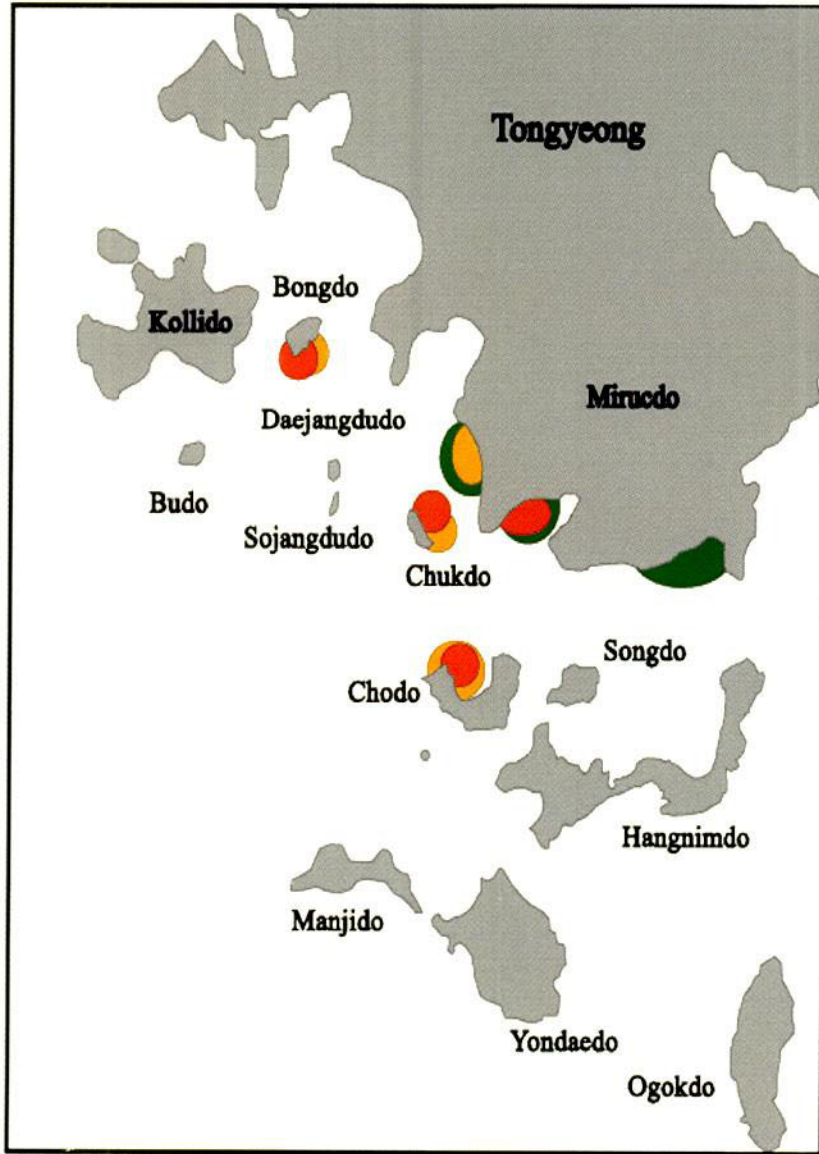
총투자액 : 417 백만원\*

\*중간육성경비 포함시키지 않음



여 백

- 방류 위치도



감성돔

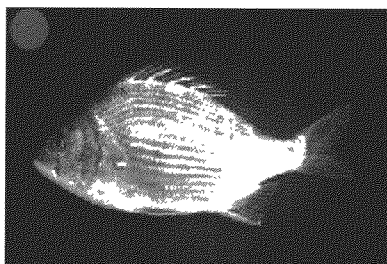
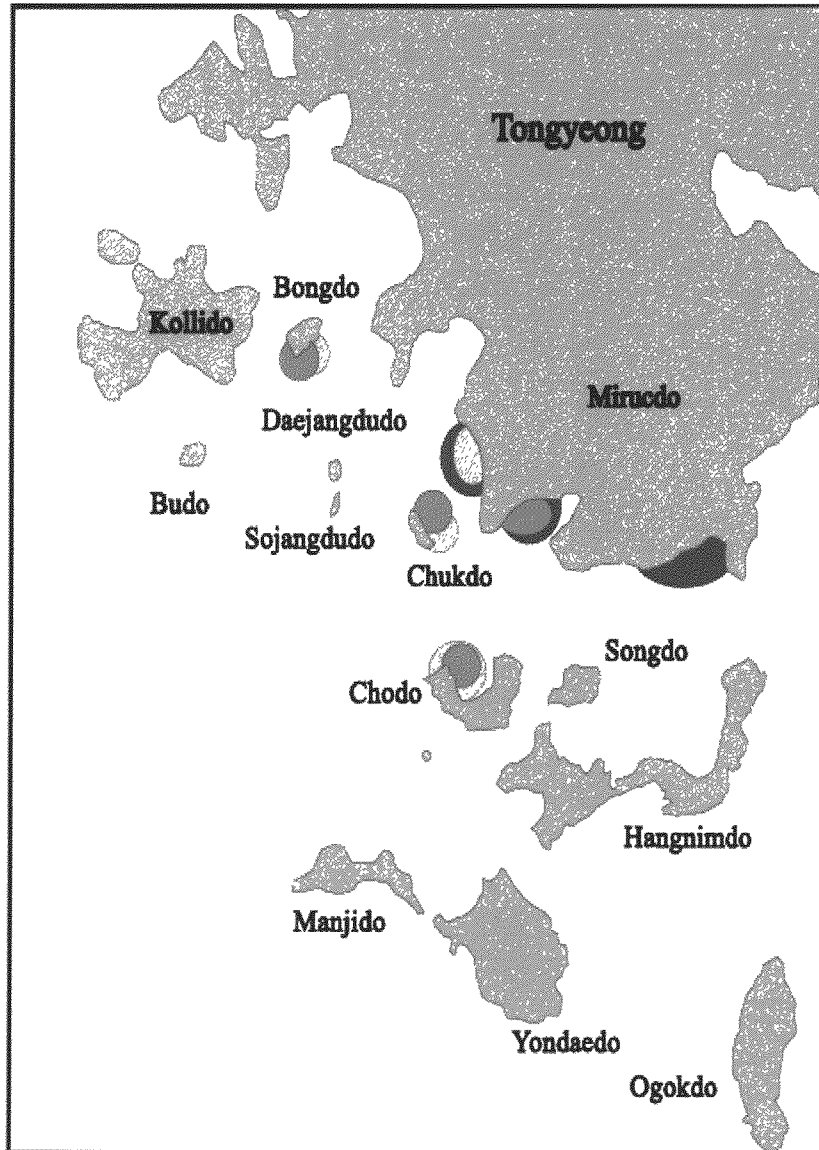


볼락

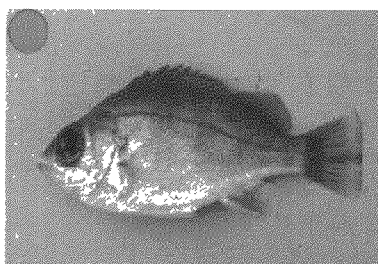


조피볼락

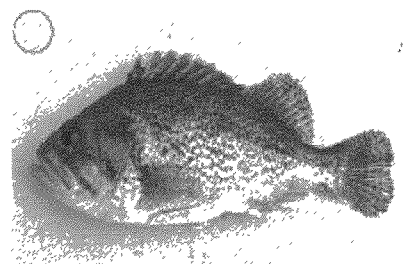
- 방류 위치도



감성돔



볼락



조피볼락

여 백

## 2. 통영 바다목장 해역 내 어초 및 수중 구조물 등 바다목장 해역 내 시설 투자 현황 (3단계 1차년도)

### ▶ 시설비

시설명	규격	수량	시설장소	시설비 (백만원)
피라밋강제어초	10 x 10 x 7 m	3개	축도 북단	570
		3개	학림도 남단	
		3개	대,소장두도 사이	
		4개	만지도 남단	
		2개	저도 서단	
		6개	대장두도 북단	
삼각뿔강제어초	4 x 4 x 4 m	15개	달아 남단	154
		14개	마동 남단	
다기능성강제어초	18 x 18 x 14 m	1개	저도 북단	114
테트라포트	5 ton	50개	달아 남단	55
		50개	마동 남단	
피복석		600루베	달아 남단	53
		600루베	마동 남단	
인조해조장	10 x 10 x 3 m	4개	달아 남단	168
		3개	마동 남단	
부교형წყ시터	70 x 100 m	1 set	달아 남단	444
음향자원측정기		1 set		149
		소 계		1,707

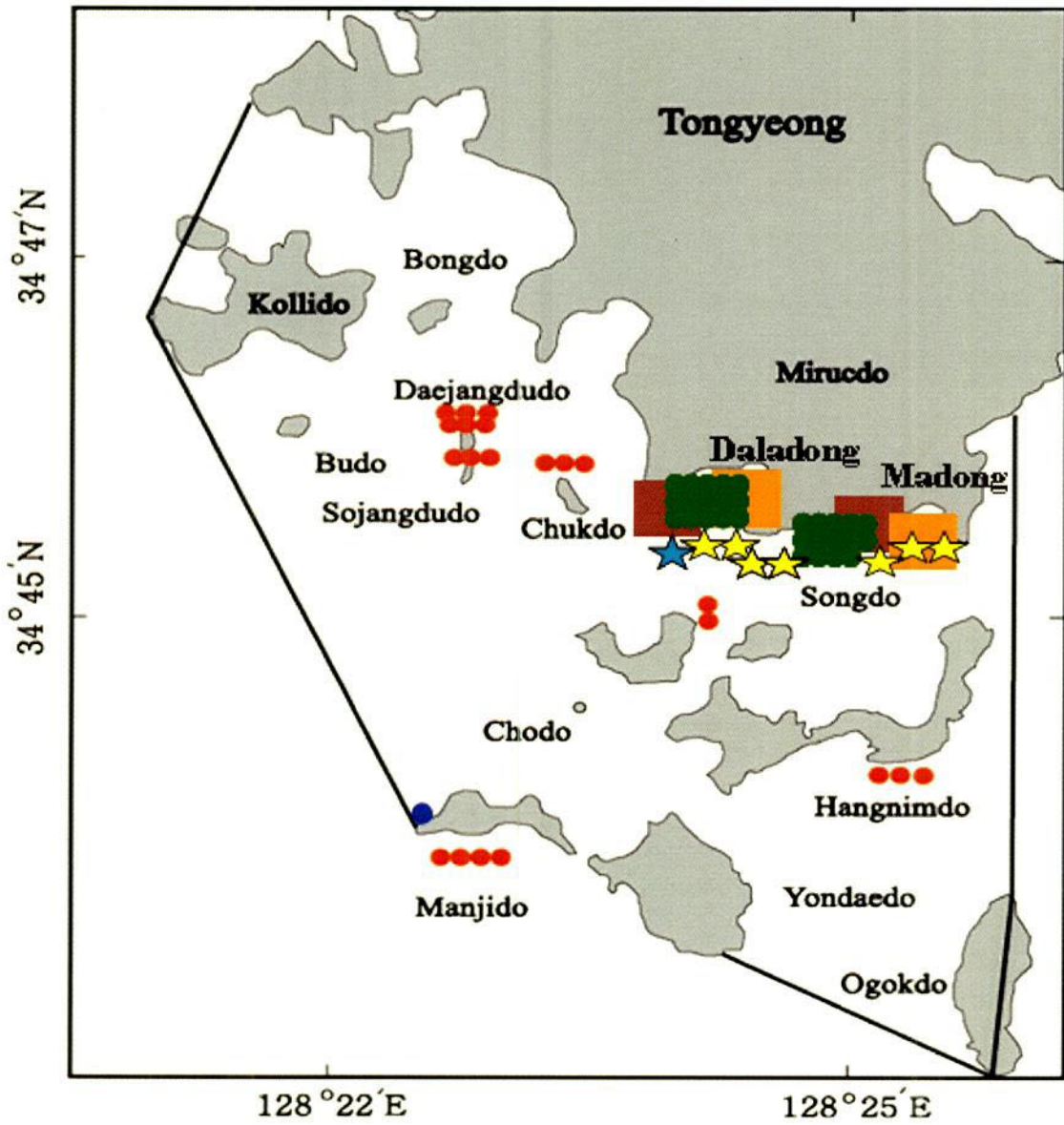
### (합계)



2,124	백만원*
-------	------

※ 연구비 포함시키지 않음.

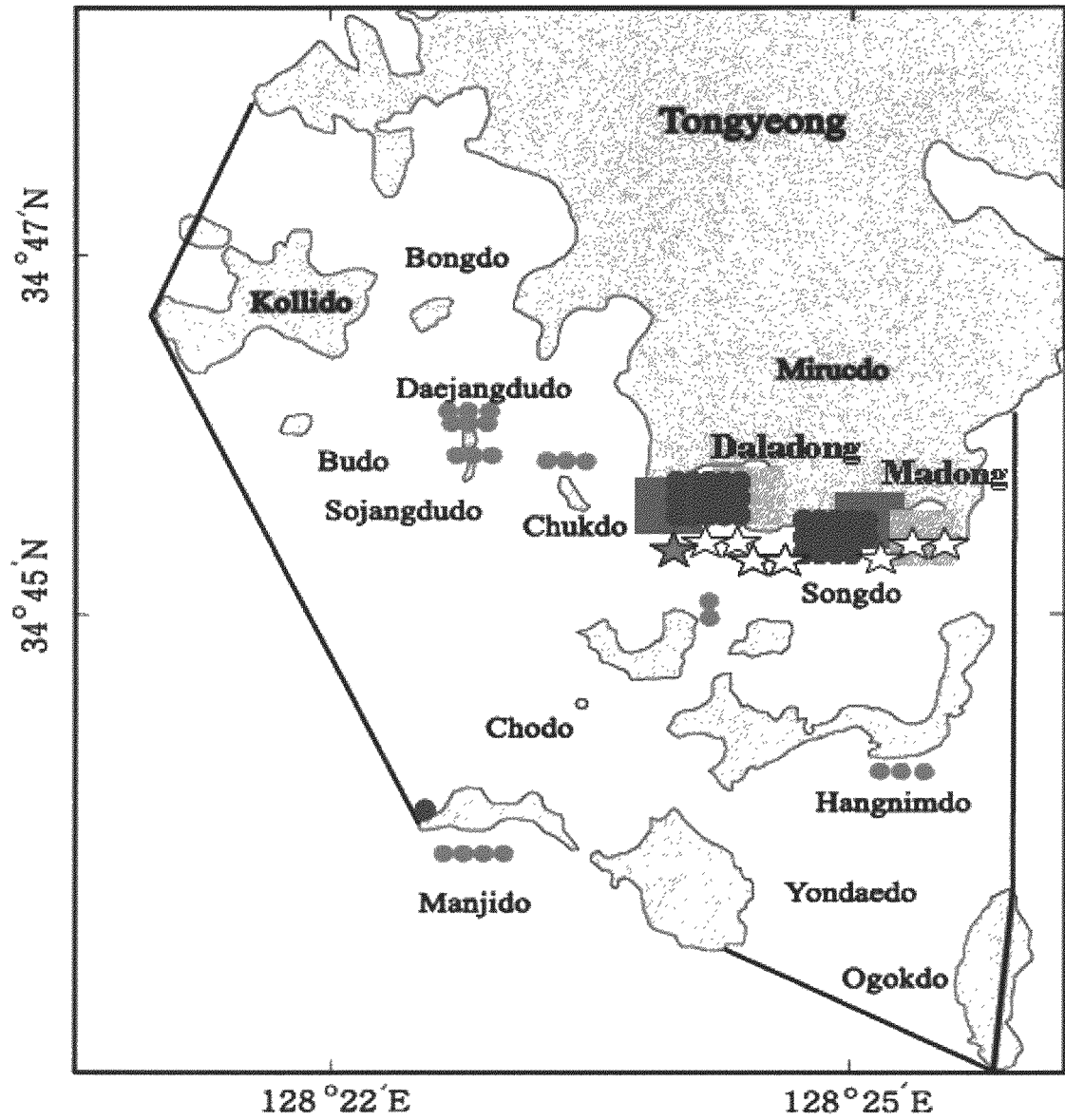
여 백



- 시설 위치도



- |   |          |   |        |
|---|----------|---|--------|
|  | 피라밋강제어초  |  | 인조해조장  |
|  | 삼각뿔강제어초  |  | 부교형낙시터 |
|  | 다가능성강제어초 |  | 테트라포트  |
|   |          |  | 피복석    |

- 시설 위치도

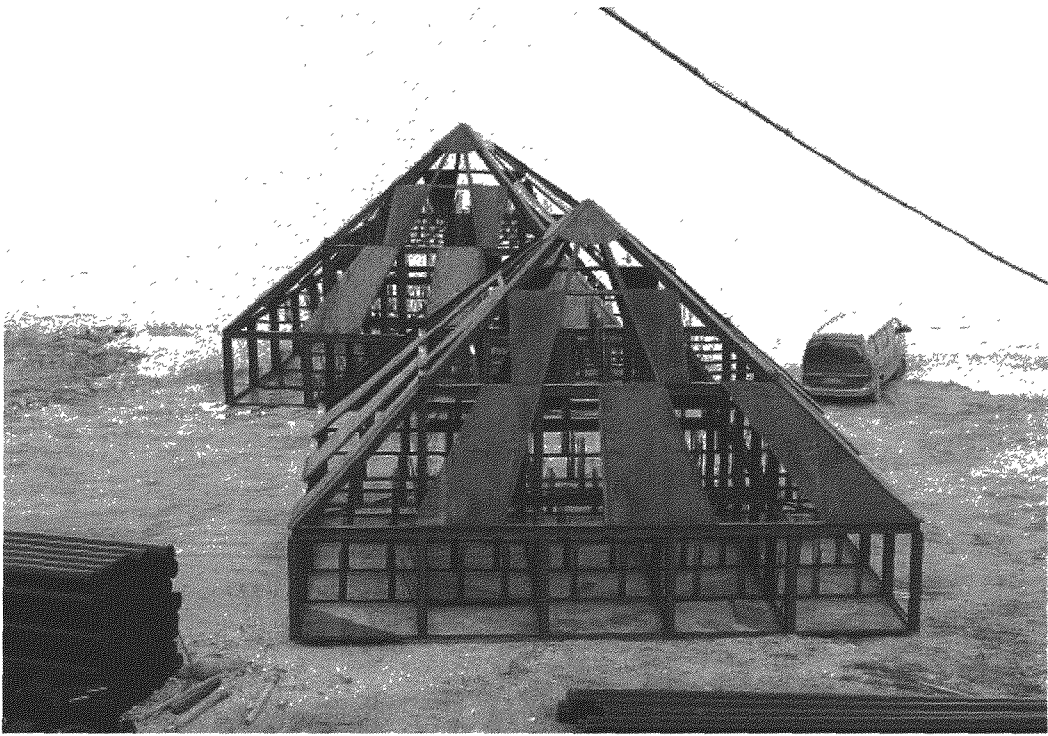


- |   |          |   |        |
|---|----------|---|--------|
|  | 피라밧강제어초  |  | 인조예조장  |
|  | 삼각뿔강제어초  |  | 부교형낙시터 |
|  | 다기능성강제어초 |  | 테트라포트  |
|   |          |  | 피복석    |

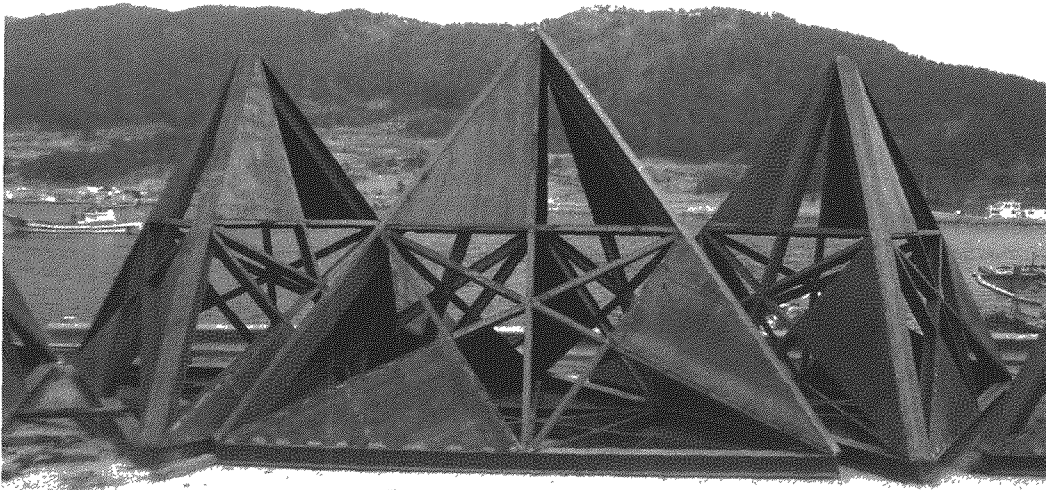


여 백

- 투하된 시설물

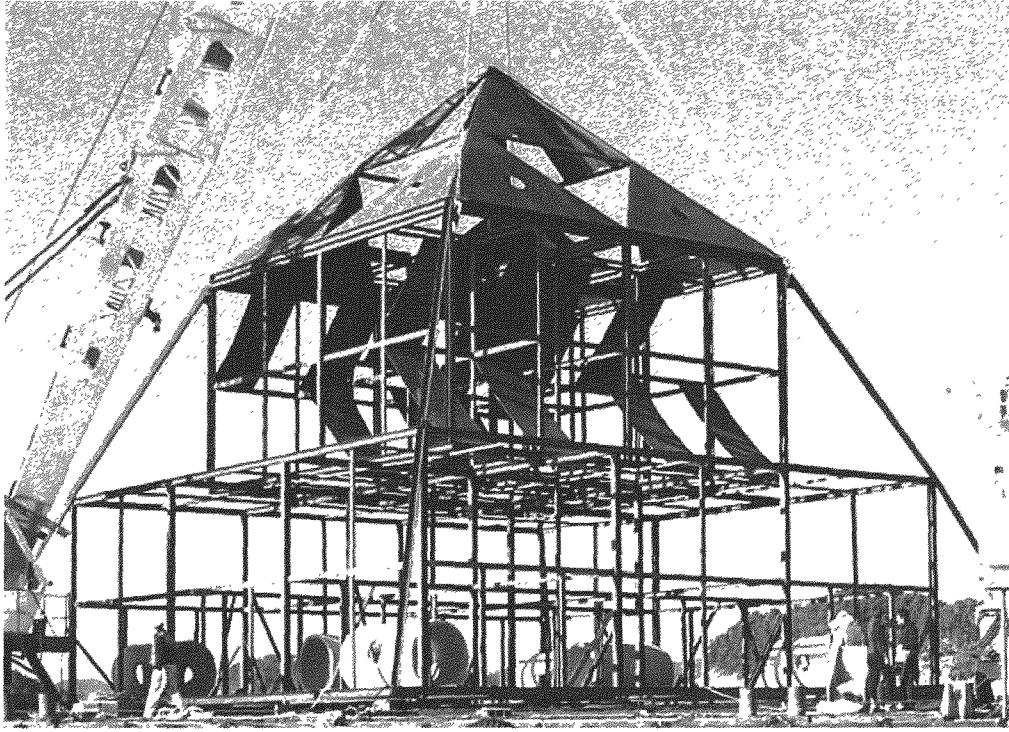


피라밋강제어초

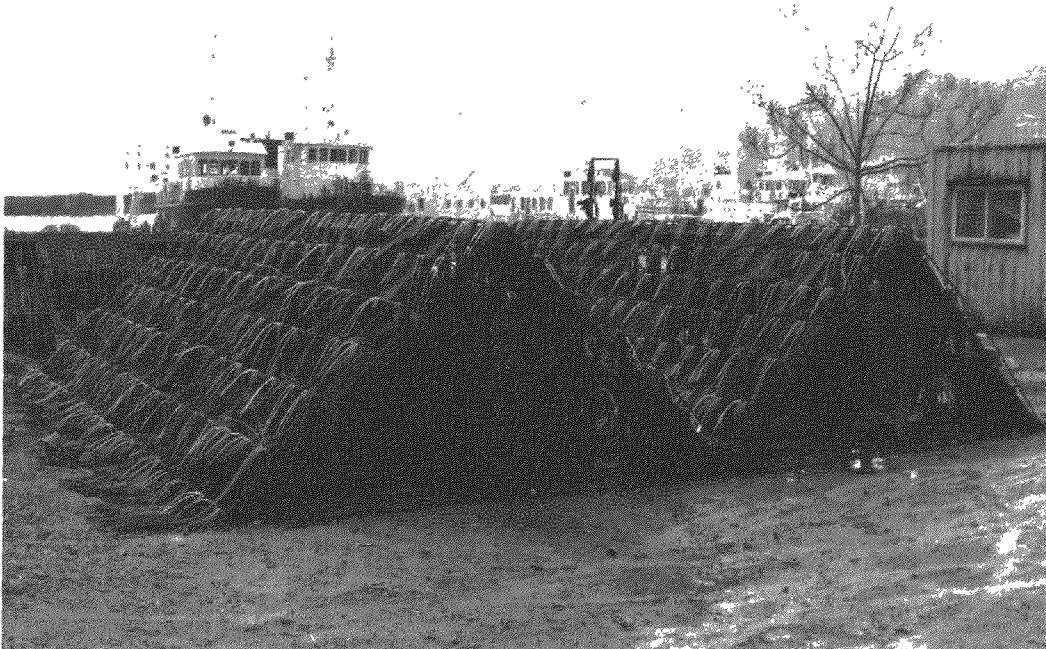


삼각뿔강제어초

여 백



다기능성강제어초



인조해조장

여 백



부교형낙시터



테트라포트

여 백



피복석



여 백

# 해외출장 보고서

여 백

# 미야기 출장 귀국 보고서

## 1. 출장개요

우리 사업단에서 진행 중인 “전남 다도해형 바다목장화 연구 사업과 관련하여 우리의 해양환경 여건이 유사하며, 우리보다 먼저 사업을 시행하고 있는 일본의 宮城縣 (Miyaki)의 수산자원 조성 및 관리 측면에서의 사업 진행 상황 및 관련 자료 수집을 목적으로 하였다.

본 출장에서는 현재 시범 바다목장 사업을 추진하고 있는 관련기관 해양개발원, 통영시, 여수시, 태안시, 울진군, 북제주군의 관련 담당 공무원과 어민대표로 구성된 15 명의 방문단을 인솔하게 되었다.

### 1. 출 장 자

소속	직급	성명	비고
한국해양연구원	책임연구원	박철원	
	책임연구기사	최희정	
통영	통영시청 수산과	진근태	
	어업인	차홍기	
여수시청	여수시청 수산과	정덕영	
	어업인	황종운	
	어업인	박홍광	
울진군청	울진군청 수산과	박유타	
	어업인	박영성	
태안군청	태안군청 수산과	김종락	
	태안군청 수산과	이승엽	
북제주군청	북제주군청 수산과	이혁형	
	어업인	강명산	

## 2. 출장국가

일본

3. 출장기간 : 2005. 11월 23일 ~ 11월 26일(3박 4일)

## 4. 출장목적

일본 미야기(宮城)현은 일본열도 태평양 연안의 북쪽 연안에 수산업의 중심 지역에 하나로 현의 산업경제부, 어업진흥과 자원관리반을 중심으로 연안어장의 자원 관리 정책을 중점적으로 들여다 보고, 우리 현실에 적용 가능성이나 바다목장 사업의 최종 목표 중에 하나인 연안 자원 증대에 따른 관리 방안 수립에 지표로 삼아보려는 의도를 갖고 있다. 연구업무를 원활한 추진을 위하여 선진 수산정책을 추진하고 있는 일본의 현황을 직접 눈과 귀로 확인할 수 있는 기회로 하여 정부, 지방자치체, 각 지역 어민들이 공동의 사업 목표를 갖고 동행할 수 있는 의미 있는 과정이라고 평가 된다. 더욱 본 출장은 해당과제가 수행되기 시작한 해부터 매년 정기적으로 시행되어 왔다.

특히 미야기현은 일본의 3대 명승지 중 하나인 마쓰시마(松島)가 위치하고 있어 많은 관광객이 방문하는 지역이다. 바로 관광의 대상이 센다이 시 연안에 위치한 해변가 작은 섬들과 많은 굴 양식장이 어울어진 말 그대로의 관광어촌인 것이다. 미야기현의 수산업이 양식산업과 연계되어 관광 어촌을 구성하여 풍요로운 삶을 살아가는 그들의 모습이 우리 바다목장 사업과 잘 연계되는 좋은 기회였다. 본 현지 조사 출장에 참가한 모두가 소중한 경험을 할 수 있는 기회였다고 판단된다.

## II. 세부내용

### 1. 출장일정 및 면담자

일 자	방문기관(활동 내역)	면담자	비고
11월 23일	서울(10:20) - 센다이 (0Z 152편 인천-센다이)		
11월 24일	미야기현 현 청사 산업경제부 어업진흥과	石田幸司 (자원관리반 반장)	
	미야기현 수산연구 개발 센터	高橋清孝 해양자원부 총괄연구원	
11월25일	미야기현 재배어업 센터 및 관광어촌 마을 견학	伊藤 章 차장 겸 기술부 참사	
11월 26일	센다이(13:20) - 서울 (0Z 156편 센다이-인천)		

### 2. 활동내용

#### ■ 미야기 현청 방문 회의 내용

- 참석자 : 미야기현 측 - 산업경제부 차장의 2명 참석  
방문단 - 총 15명 참석
- 회의시간 : 2005.11.24 9:30 ~ 11:30
- 회의장소 : 미야기현 현청 회의실
- 회의진행
  1. 미야기현 어업의 소개
  2. 자원관리형 어업에 대한 소개
  3. 자원회복계획에 대한 소개
  5. 재배어업 소개
  6. 재배어업관련 재배어업센터 소개
- 세부내용
  1. 미야기현의 소개
    - 1.1 지형적 특징
      - 미야기현의 경우 태평양 연안의 북쪽에 대표적인 리아스 식 연안이 복잡하

- 고 다양하게 구성되어 있고 센다이 만을 중심으로 구성됨.
- 복잡한 해안 및 해류의 영향으로 다양한 어종이 생산됨.
- 마쓰시마(松島)라는 일본의 3대 관광명승지를 갖고 있는 관광과 연계된 수산업이 현을 이끌고 있는 주요 산업으로 대접받고 있음.

### 1.2 수산업의 동향

- 어업 생산량은 390만톤으로 북해도 다음으로 일본 전체의 2위를 차지하고 있다.
- 어업인구도 전체의 5 %인 12만 명으로 4위를 차지한다.
- 어업 구조는 어업 경영 사업체별 조성으로 볼 때 해면 양식어업이 1위, 어선 및 정치망 어업이 2위로 전체의 96 %를 차지한다. 한편 사업체 수로 볼 때 해가 지남에 따라 다소 감소하여 2004 현재 4,000여 업체가 어업 활동에 참여하고, 연안수산업 자원량의 감소 추세에 따른 어려움이 존재하는 것이 현실이다.
- 현재의 어려움을 극복하는 방안의 하나로 자원 관리형 어업을 추진하고 있다.

## 2. 수산업 현황

미야기 현의 연안 어업은 지역적 특성으로 태평양 연안을 따라 북쪽에서 내려오는 한류인 “오야시오(親流)”와 남쪽에서 연안을 따라 북상하는 “구로시오(黑流)”가 만나는 지역이 바로 미야기현의 연안 해역이다. 따라서 연안 어선어법의 조건은 일본에서도 가장 여건이 좋은 해양학적 조건을 가지고 있다. 따라서 비교적 풍부한 수산자원을 갖고 있다고 판단된다.

주요 어종의 어획량을 보면 방어가 41,000 톤으로 전국의 생산량의 3위, 참치류가 39,000 톤으로 전국의 생산량의 1위, 꽁치가 32,000 톤으로 전국의 생산량의 2위, 멸치류가 20,200 톤으로 전국의 생산량의 8위, 오징어류가 13,000 톤으로 전국의 생산량의 6위, 상어류가 12,000 톤으로 전국의 생산량의 1위, 명태류가 9,300 톤으로 전국의 생산량의 2위이고, 기타 가자미류, 고등어, 등 총 260,000 톤의 어획고를 올리고 있다. 한편 어업생산 금액으로 환산하면 년 간 807 억 엔으로 전국규모의 5위를 차지한다. 자세한 어업구조는 다음과 같다.

### 2.1. 원양어업

- 주로 100톤 이상의 대형어선이 173 대로 북양이나 원양에서 조업함
- 주요 대상 어종은 참치로 전국 어획량의 1위를 차지하며 저인망 어업이 포함된다.
- 과거 10년을 기준으로 생산량 및 생산금액이 감소
- 자체 원인 분석결과 자원의 감소와 어업 취업자수의 감소가 주요 원인

### 2.2 근해어업

- 근해어업은 10톤 이상 204 대의 선박이 조업을 함.
- 어업 형태는 유자망, 저인망, 봉수망이 주 어업형태이다.

### 2.3 연안어업

- 연안어업은 10톤 미만의 소형어선 8,700여 대가 주로 조업하며,
- 자망, 저인망, 정치망, 낚시어업, 들망 등의 어업 구조를 갖고 있다.

### 3. 재배어업 현황

미야기 현의 양식어업은 지역적 특성 중에 하나인 리아스식 해안이 센다이시를 중심으로 북쪽해안에 잘 발달되어 해수면 양식의 적지임은 반론에 여지가 없다. 주요 양식 대상 어종은 김, 굴, 가리비, 미역, 은연어 등이 생산되고 있다.

주요 어종의 어획량을 보면 굴이 56,000 톤으로 전국의 생산량의 2위, 김이 28,000 톤으로 5위, 미역이 19,000 톤으로 2위, 가리비가 16,000 톤으로 전국의 3위, 멍게가 10,000 톤으로 전국의 생산량의 1위, 은연어가 9,000 톤으로 전국의 생산량의 1위, 다시마, 미역, 성게 등 총 140,000 톤의 생산고를 올리고 있다.

#### 3.1 기본 시책

- 재배어업의 기준(방류 어종 및 계획)을 설정하고 이를 위한 조직(지역을 나누고 몇 개의 어협의 묶어서 조직)을 구성
- 어업인 및 현이 자금을 마련하고 자원관리형 어업의 주요어종 7종과 기타 어종 등 생산
- 어종 선정 후 생산 및 관리를 위한 기반기술 및 연구를 수산연구개발센터에서 실시하고, 직접적인 종묘 생산은 재배어업센터가 생산을 위한 기반을 조성하고,
- 대량 생산을 위한 기술교육 실시 병행하고,
- 연구가 완료된 어종은 재배어업센터에서 종묘 생산, 중간육성을 실시하고, 방류를 위한 무상 분양 및 생산 업자에게 유상을 담당한다.
- 방류된 어종은 자원관리형 어업 정책에 따라 사육 및 어획하게 된다.

#### 3.2. 재배어업센터

- 목적: 현에서 필요한 종묘를 안정적으로 생산하기 위하여 100년 전에 설립되어
- 1973년에 현지에 완공, 1995년에는 재단법인 미야기현 수산공사도 발족되어 관민 협조체제의 재배어업 및 자원 관리형 어업을 추진하고 있다.
- 재배어업센터는 종묘를 대량으로 생산 : 미야기현의 관리형 대상종인 전복, 넙치, 연어, 돌가자미, 범가자미, 바지락, 피조개 등 7개 어종의 종묘생산 및 중간 육성 실시

### 4. 자원 관리형 어업

미야기 현이 보유하고 있는 일본에서도 우수한 수산자원을 미래지향적 측면에서 유지 및 생산하기 위하여 자원관리형 어업 정책을 추진하고 있다.

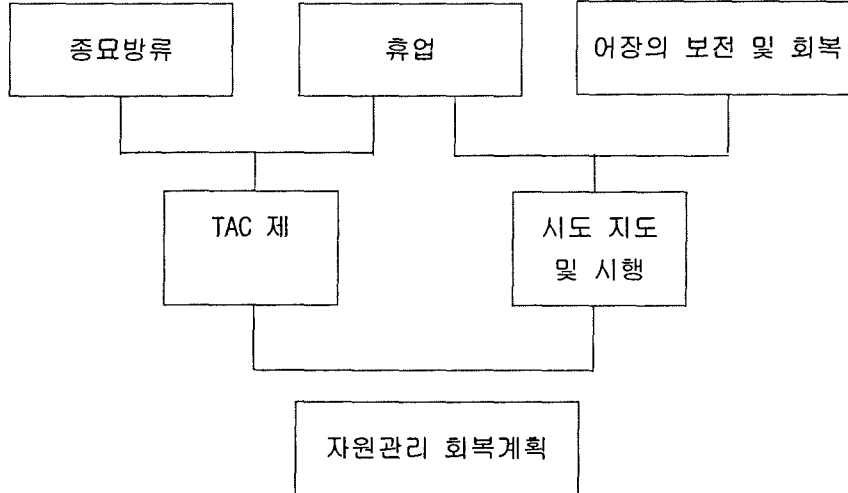
#### 4.1. 기본 목표

- 목적 : 신속히 자원을 회복하기 위해, 감척, 종묘 방류, 등의 정책실시



- 기존정책과의 차이

: 어민만이 자원관리를 하는 것이 아니라 어민과 현이 함께 자원 관리를 하는 것이 가장 큰 차이.



- 자율관리 체제의 도입을 위한 어획시기 및 어획 대상어종의 크기 등 설정
- TAC(총어획량관리) 제도에 의한 자원관리
- 개혁정신을 기반으로 하는 어장조성

4.2. TAC 제도 도입

- 1997년부터 현재의 어장에서 매년 어획 가능한 총량을 설정 및 시행
- 대상어종은 어획량이 많으며 경제적 가치가 크고, 근자에 자원이 감소하여 긴급보전 및 관리가 필요한 어종을 대상으로 특히 일본 경제수역 밖에서 외국에 의하여 어획이 되고 있는 어종 등을 대상으로 한다.

4.3. 어장조성 사업

- 수산 기반 정비 사업이라는 의미에서
- 인공어초를 중심으로 하는 인위적 어장조성 사업
- 자원증대를 위한 방류 사업 등

5. 미래를 준비하는 수산업의 방향

- 풍요로운 하천을 가꾸는 내수면어업의 활성화
- 정보처리 체제 구축에 의한 신선한 자료 제공
- 수산가공업의 활성화를 위한 기반구축
- 미래형 수산업을 위한 후계자 양성 등

■ 미야기현 수산연구개발센터 방문

(주소 : 宮城縣 石卷市 渡波字抽浜 97-6)

- 참석자 : 방문단 - 총 15명 참석
- 방문 시간 : 2005.11.24 15:00 ~ 17:00 (총 2시간)
- 회의 장소 : 수산연구 센터 회의실
- 회의진행
  - 1. 센터 소개
  - 2. 미야기현 자원관리형 어업과 까나리를 대상으로 하는 관리형 어업 사례 소개
- 세부내용
  - 1.1 미야기현 연구개발 센터장의 소개
    - 수산시험 연구 기관들의 기술 개발 및 시험연구와 관련 기획 조정업무
    - 시험연구의 효율적 추진 및 보급 역할
    - 미래의 어업을 담당할 젊은 인재의 육성
    - 신선한 정보의 이용자에게 제공
  - 1.2 자원 관리형 어업 사례 소개
 

미야기 현에서 추진 중인 자원관리형 어업에 관한 기본적 개념은 다음과 같다.

    - 어장 환경에 대한 조건 및 역할을 탐색
 

어획대상이 되는 해역의 기초 환경 및 수산 생물의 생태, 자연에서의 재생 산상황 등을 조사, 분석한다.
    - 주변어장의 인위적 자원 첨가에 대한 검토
 

효율적인 자원 증대 방안의 하나로 자원생물의 종묘방류를 행하기 위한 대상생물의 성육을 위한 생태학적, 환경적 기초 조건 파악 및 조사를 실행한다.
    - 자원 증대 기법의 확립
 

인공어초, 해저 지질현황, 저서생물 분포 등의 서식지 복원에 필요한 기초 조건을 면밀히 조사한다.
    - 적절한 어획 방법 수립
 

주변어장 기초 환경 조사, 생태계 조성, 대상 생물의 자원조사, 어획량 통계조사, 생산성 예측 등을 종합하여 자원량을 해석하고, 시물레손에 의한 최적 어획량을 설정한다.
  - 1.3 미래지향적 수산시대를 위한 준비
    - 현 수산업의 미래를 위한 선진 수산기술의 확립
    - 풍요로운 어장환경 조성 및 보전
    - 선진 기술 개발을 위한 첨단 기장비의 확보 및 유지, 관리
  - 1.4 조직
    - 조직도 : 총무과, 연수부, 해양자원부, 해양양식부 및 무선국으로 구성
    - 조사선 현황
 

개양호(250 톤), 척양호(460톤)
  - 1.5 까나리를 대상으로 하는 자원관리 사례 청취

## 1.6 센다이만에서의 가자미 친어 보호를 위한 자원관리 방안 사례 청취

### ■ 미야기현 재배업센터

(주소 : 宮城縣 石卷市 谷川浜前田 22)

- 참석자 : 재배업센터 측 - 재배업센터 3명  
방문단 - 총 15명 참석
- 회의 시간 : 2005.11.25 10:00 ~ 12:30 (총 2시간 30분)
- 회의 장소 : 재배업센터 회의실
- 회의진행
  1. 재배업센터 소개
  2. 종묘 생산 및 방류 절차
  3. 현장 견학
- 세부내용
  1. 미야기현 재배업센터 소개
    - 종묘 생산 및 관리 업무
    - 자원관리 대상어종 7어종에 대한 종묘생산
    - 년중 종묘생산계획에 따라 종묘를 생산 후 소비자에게 유상판매
    - 방류 대상어종은 현의 기본 계획에 따라 중간 육성을 실시한 후 방류
    - 1 ~ 5월까지 가장 바쁨
    - 일본의 경우 총 70여종의 종묘를 방류
  2. 넙치 방류 효과에 대한 연구 조사 결과 청취  
1975년부터 실시한 미야기현 내의 넙치 방류효과에 관한
    - 종묘 방류현황
    - 자원관리 실시 현황
    - 자연산과 방류산의 가격 비교 검토
    - 넙치 방류 사업에 따른 경제성 평가
    - 낚시객 및 유어선에 의한 추정 어획량 평가
  3. 종묘 생산 및 방류절차
    - 종묘방류 집행 전년도에 필요 어종 및 방류량을 조사한 후에 이를 현에 신청
    - 현에서는 이에 따른 예산을 초기에 100% 지원
    - 종묘 재배업센터는 그간의 연구 기술개발 결과를 바탕으로 친어를 구입, 대량 생산
    - 양식 대상 어종은 이를 어업인에게 판매한다.
  4. 현장견학
    - 해수 취수 및 기반 시설 견학

- 시기적으로 종묘생산은 완료한 상황이고, 현재 전복 만 종묘 생산을 시행 중
- 전복 선별 작업 현황 청취

## ■ 미야기현 谷川浜前田 마을 굴 어장 견학

○ 참 석 자 : 관계자 2명 참석

방문단 - 총 15명 참석

○ 견학시간 : 2005.11.25 12:30 ~ 13:30 (총 1시간)

○ 견학장소 : 굴 박신장 견학

○ 세부내용

- 미야기현은 일본 전국 어업생산량의 597만 톤 중에서 약 40만톤을 차지하여 북해도에 다음으로 전국 제2위를 차지하고 있음
- 특히, 굴 양식은 히로시마와 더불어 전국에서 가장 많은 생산을 기록하고 있음
- 굴 양식은 어협(漁協)에 면허되는 어업권어업으로서 어협 구성원인 어업인이 행사를 하는데, 개별양식→공동가공→공동출하되는 형태를 취하고 있음
- 행사되는 면적은 개별 어업인의 능력에 따라 양식면적을 달리하고 있음(우리나라의 경우는 굴 양식이 대부분 개인면허가 되고 있는 것과는 대조적임)
- 통상 공동가공은 어업에서 운영되는 가공공장에서 이루어지는데, 지역 여성(주부 등)을 파트타임(1일 8시간 4,000엔~5,000엔의 일당)으로 고용하고 있음.
- 또한 굴을 가공 전후에 살균작업을 하여 위생관리에 철저한 대응을 하고 있으며, 가공형태는 저차 가공(통상 생굴로서 판매)되거나, 고차 가공(훈제품)되는 경우도 있음
- 개별 어업인은 공동 가공된 굴을 경매를 통해 판매를 하는데, 통상 판매금액에서 가공장이용료, 일당, 제수수료를 공제한 금액을 본인의 수입이 됨
- 박신작업이 끝난 굴 폐각은 어협에서 일괄적으로 회수하여 주변 산지에 매몰하고 있음.

## ■ 미야기현 자원관리형 어업에 관한 현지 방문 소감

① 방문한 미야기현, 시험장, 그리고 재배어업센터에서의 방문자에 대한 준비가 철저하고, 매우 친절하였음. 해당 공무원의 자기 맡은 분야의 철저한 전문가적 기질이 돋보였음.

② 자원의 관리를 위하여 미야기현과의 지속적인 유대관계를 유지하며, 기술교류, 공동 관심사에 관한 상호 협력 체제의 구축이 이루어져야 하겠음

③ 자원관리에 대한 일본 어민의 의식과 우리나라 어민의식과는 많은 차이가 있으므로 자원관리에 대한 지속적인 홍보와 교육이 필요함

④ 일본의 경우 방류용 종묘는 재배어업센터나 공공기관에서만 생산하고, 민간인은 양성용 사업을 주로하고 있다. 우리나라도 건강하고, 유전적으로 다양성이 높은 종묘를 방류하기 위해서는 방류용 종묘만을 생산하는 전문업체의 육성이 필요함.

⑤ 현종합수산개발연구 센터의 시설을 볼 수 있는 견학코스가 이색적 이였음. 국민에게

알리고, 서로 협조하려는 기반이 조성되어 있다는 인상을 깊이 받았음.

⑥ 미야기현의 대표적인 양식대상 수산물 중에 하나인 굴 양식장 현황을 둘러보고 우리의 현실과의 큰 차이 점을 느낄 수 있었음. 그들이 지키는 기본적 질서 즉, 고효율과 환경친화적 양식기법 등에 공감하였다. 하나의 예로 굴 양식장의 기본 배치 즉 대부분이 부자식 양식 시설의 사이의 거리(최소한 50 m)를 준수하며 정돈된 시설을 볼 때 너무도 우리와 다른 점을 확인 할 수 있었다. 이번 출장에 동행한 어민 및 일선 행정 공무원들이 보다 새로운 마음 자세와 각오로 각자의 역할을 수행하여야만 한다는 각오를 다짐하는 기회이기도 하였다.

⑦ 마지막으로 일본의 3대 명승지에 들어가는 마쓰시마(松島)를 미야기현이 갖고 있어 많은 관광객이 방문함에 따라 바다의 양식장은 물론 마을의 작은 어항도 잘 정돈되고 풍요로운 분위기를 느낄 수 있었다. 관광과 연계하여 수산업이 발전할 수 있는 기반이 조성되어 있다는 사실을 마음 깊이 되새길 수 있는 짧은 시간이었다.

### III. 입수자료 목록

번호	자 료 명	저 자	발행년도	발행형태	비고
1	미야기의 수산업	미야기 현수산부	2004. 3	팜플릿트	
2	미야기현의 사계절	미야기 현	2005. 1	“	
3	미야기현 수산공사 요람	미야기 현 수산부	2005.	“	
4	미야기현 수산가공연구소	미야기 현	“	“	
5	재배어업	“	“	“	
6	미야기현 어병지도종합 센터	“	“	“	
7	수산연구개발센터 요람	“	2005.	“	
8	넙치의 방류효과에 관하여	(재) 수산공사	2004, 5	보고서	
9	현재배어업센터 요람	현 재배어업센터	2005.	팜플릿트	
10	센다이만의 가자미 친어 보호에 관한 자원관리	수산연구개발 센터	2005.	보고서	
11	내일을 향한 바다의 자원을 가꾸자	현 재배어업센터	2005.	팜플릿트	
12	바다를 풍요롭게	미야기 현	2005.	“	
13	미야기현 관광 안내	미야기 현	2004.	“	

여 백

**홍보·언론보도 및  
논문 발표 자료**



여 백

# 1. 홍보 및 언론보도 자료

보도구분		제 목	주요내용
일자	보도지		
2. 1	제주일보	포스코, 신형 강제어초 개발	특히 한국해양연구원이 2002년부터 경남 통영 인근 바다목장 해역에서 조사한 결과 신형 강제어초는 어초의 가장 중요한 역할인 어집효과가 뛰어나 투입지점의 수심에 따라 조피볼락, 감성돔, 돌돔, 난류성 어종인 능성어, 용치놀래기, 인상어 등이 다양한 어종이 출현한 것으로 나타났다.
3. 15	연합뉴스	통영 바다목장해역 수산자원관리수면지정, 고시	그간 경남도는 수산자원관리수면 지정을 위해 해양수산부, 한국해양수산개발원, 한국해양연구원, 통영시 및 어촌계 대표 등과 수차에 걸친 협의를 거쳐 지정범위와 지정기간, 제한사항 및 허용 행위 등을 협의하였고, 협의 사항을 토대로 2005.3.14 통영바다목장해역 2,000ha중 기 보호수면으로 지정된 540ha를 제외한 1,460ha를 "기르는 어업육성법"제10조의 규정에 의거 수산자원관리수면으로 지정하였다.
3. 24	연합뉴스	남해안 바다목장 자율 어업 실천결의대회	앞서 한국해양연구원 김종만 박사가 통영 바다목장 해역을 수산자원관리수면으로 지정한 목적과 향후 운영 방향에 대해 설명한다.
4. 25	KBS뉴스 YTN 동아일보 경향신문 매일경제 파이낸셜뉴스 데일리서프라이즈 edaily goodday 경북일보 스포츠투데이 대전일보	盧대통령...통영바다목장, 한산대첩 유적지 방문	노 대통령은 23일 오후에는 통영시 '바다목장'을 방문해 한국해양연구원 연구팀을 격려하기도 했다.
5. 3	국정브리핑 한국농어민신문	통영바다목장 3단계 사업착수	해양수산부는 한국해양연구원과 통영바다목장 3단계 사업에 대한 연구용역 계약을 체결하고 이달부터 본격적인 개발에 들어간다고 3일 밝혔다

보도구분		제 목	주요내용
일자	보도지		
5. 6	국정브리핑	통영 바다목장 3단계 사업 착수	올해부터 2006년까지 84억원 투입, 한국해양연구원과 용역 체결
5. 30	동아일보	[TV 하이라이트/30일] '바다, 그 끝없는 프론티어	통영 바다목장의 핵심기술과 성과를 통해 국내 주요 연안의 바다 목장화가 가능한지 알아본다. 또 안산 한국해양연구원에 위치한 이어도 기지 상황실을 소개하고 해양과 기상현상 등에 대해서도 소개한다. 그리고 미래자원으로서 해양심층수의 고부가가치를 진단한다.
5. 31	한겨레	수산자원 관리 '바다목장' 사업 통영 등 5곳 시범운영	바다목장이란 종묘 생산 및 방류, 어획에 이르기까지 수산자원을 인위적으로 통제·관리하는 과학적인 생산관리 시스템을 통해 환경친화적인 울타리 없는 양식업을 실현하려는 시설을 말한다. 정부가 1998년부터 2010년까지 1589억원의 사업비를 들이고 한국해양연구원을 주관연구기관으로 정해 시범사업을 추진하고 있다.
5. 31	연합뉴스	충남도 '해양수산 발전전략 심포지움' 가져	▲ 제2주제 "바다목장 사업과 충남수산의 미래"(명정구 한국해양연구원 책임연구원)
7. 12	SBS	생방송 모닝와이드	통영바다목장 민어양식 소개
7. 26	SBS 뉴스	생활과 경제	[코리아의 힘] 바다목장의 푸른 꿈
10. 6	연합뉴스 뉴스와이어	국가균형발전위원회, '연구·지원기관 혁신성공사례' 발표회 개최	KIST 지능로봇센터, 생산기술연구원 디지털설계센터, 해양연구원 바다목장화연구사업단, 서울대 초미세생체전자시스템연구센터, 인하대 컴퓨테이션널일렉트로닉스센터, 전북대 산학협력처, 강릉해양생물산업진흥원, 순천향대 신가공기술혁신센터, 생명공학연구원 바이오벤처센터 등 총 9개 기관은 과학기술부장관 표창을 받았다.
12.12	대덕넷	과학마을을 찾아서 한국바다에 '과학혁명...통영 바다목장'	바닷속 음악틀고, 인공어초 심어...'어민의 천국'

## 2. 통영 바다목장 현장 홍보 및 방문인사

방문일	방 문 인 사	목 적	인원(명)
1.30	PSB부산방송	신어부지리 연속기획 촬영	4
2.24	강릉 티티카카	홍보촬영	3
3.2	대전 SBS	바다목장 촬영	4
3.14	해수부자원조성국장 외	현장방문	5
3.19	IGFAK한국지사	낚시관련 촬영	6
3.30	해수부 차관보 외	현장방문	14
4.2	부경대 교슈	현장견학	1
4.4	국회의원 김명주 외	현장방문	5
"	청와대	현장방문	2
4.8	진해해군 장성 외	현장방문	4
4.9	안산 주민	현장견학	20
4.13	FTV	바다목장 촬영	3
4.18	제주방송	바다목장 촬영	4
4.22	해양연 원장님 외	현장방문	6
4.23	대통령 외	현장방문	14
5.12	강원도립대학	현장견학	39
5.13	EBS방송	바다목장 촬영	4
5.17	국회농림해양수산위농, 농협	현장방문	23
5.20	중국청도 해양연구소	현장방문	8
5.23	바다목장 평가단	현장점검	15
6.3	수산과학원, 제주방송	인공어초 촬영	3
6.17	경남도립자원연구소장 외	현장방문	20
6.30	KBS창원	민어관계촬영	3
7.8	SBS모닝 와이드	민어 촬영	3
7.23	SBS방송	바다목장촬영	3
8.3	국회 사무처서기관	현장방문	3
8.5	해수부 목장 담당사무관 외	현장방문	1
8.9	과기부 감사관 외	현장방문	5

방문일	방 문 인 사	목 적	인원(명)
8.10	강릉대 학생	현장견학	7
"	경상대 교수 외	인공어초 실태견학	3
8.12	YTN방송	바다목장촬영	3
8.21	부산시 주민외	바다목장견학	40
8.29	울릉해양심층수 사장 외	현장견학	6
9.14	KBS방송	민어 촬영	3
9.23	MBC방송	민어음향촬영	2
9.24	한양대학생	음향녹취	5
"	안산카톨릭단체	현장견학	40
10.6	경남도청 수산담당관 외	현장방문	5
10.11	통영시청 자원담당 외	현장방문	1
10.14	강릉대 학생 외	현장견학	5
10.22	안산 주민	현장견학	35
10.25	수협중앙회 경영평가 요원	현장방문	2
11.1	과기부 공공이사회 이사장	현장방문	10
11.4	나이지리아 부대사 외	현장방문	2
11.11	해수부목장 담당과장님 외	현장방문	3
11.17	아시아 국제협력단	현장견학	15
11.23	중국 각성 수산담당관	현장방문	15
11.23	일본 4개현 수산담당 및 내국인	현장견학	32
11.25	상명대교수 외	현장견학	1
11.30	대덕 넷 기자외	취재	1
12.1	부경대 학생	현장견학	56
12.1	군산대 학생	현장견학	16
12.7	MBC 방송	목장지역의 유어관계 촬영	3

### 3. 논문발표

제 목	논문분류	게 재 지	참여 연구원
통영해역에 서식하는 아므르불가사리의 발생 기간 및 형태	논문학진(등재)	Ocean Science Journal, 40(3), 177-182.	백상규 박홍식 이순길 윤성규
음향을 이용한 통영바다목장 해역에 있어서의 수산자원조사	Pro(F)(국내)	2005년도 춘계 학술대회 논문집 pp37-41	황두진 정순범 손용옥 김은호 강돈혁
나일틸라피아의 암모니아 배설에 미치는 어체중과 사료 내 단백질 함량의 영향	논문학진(등재)	한국양식학회, 18(2), 122-129	오승용 조재윤
바다목장화 사업의 자원 및 환경복원	Pro(F)(국내)	2005 해양환경보전활동 강화를 위한 교육 워크숍 pp61-65	명정구 김종만
해양목장 자원적 개선	Pro(초록)(국제)	International forum on marine science & Technology and economic development 2005 pp223-223	명정구
수중음향을 이용한 거머리말 서식지의 분포 조사	Pro(F)(국내)	2005년 추계 해양학회 학술발표대회 pp207-210	강돈혁 라형술 김종만 나정열
상업적 불락 종묘생산에 따른 수질환경의 변화	Pro(초록)(국내)	2005년 한국양식학회 추계학술발표대회 논문요약집, 1(1),43-43.	오승용 노충환 박대원 이소광 명정구 김종만

제 목	논문분류	게 재 지	참여 연구원
통영해역에서 식물플랑크톤군집의 환경요인의 영향	논문학진(국내)	Ocean and Polar Research, 27(1): 15-24. 2005.	이진환 정승원 김종만
통영 바다목장 해역의 염양염류 및 화학적산소요구량 분석	Pro(F)(국내)	한국환경생물학회 2005추계학술발표대회, pp130	김경은 김미선 이진환 한영희
Rapid Detection of Vibrio parahaemolyticus in the Marine Ranching Ground of Tongyeong Coastal Water	Pro(F)(국내)	2005년 한국환경독성학회.한국환경 생물학회 공동 추계학술대회	방효주 이진환 김종만 김말남

## 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.