

第2-3次年度
年次報告書

BSPN 00318-969-3

海洋牧場化를 위한 基盤研究

A Study for Marine Ranching Program
in Korea

1996. 12

研究機關

韓國海洋研究所

科學技術處

提出文

科學技術處 長官 貴下

본 보고서를 “海洋牧場化를 위한 基盤研究”의 最終(2-3次年度) 보고서로 提出합니다.

1996년 12월 일

주관연구기관명 : 韓國海洋研究所

총괄연구책임자 : 허형택(2차), 김종만(3차)

분야책임자 : 박철원(모델제시),

최진우(2차생태분석)

제종길(3차생태분석)

안희도(어장조성)

연구원 : 전중균, 김형배, 신경숙

명정구, 김병기, 정창수,

김형선, 홍경표, 강동진

김완수, 유신재, 심정희

홍기훈, 신경순, 강영철

김상진, 이홍금, 권개경

손재학, 심두섭, 강신규

곽희상, 이재학, 유재명

장 만, 김종관, 배세진

김웅서, 강래선, 김동성

박홍식, 명철수, 김 성

신상호, 김창수, 이시완

장민철, 이달수, 서경덕

박우선, 오영민, 신흥렬

박경수, 강석구, 김봉채

박용주, 김민석, 이순길

연구조원 : 노봉호, 최희정, 김연실

박선규, 이종수, 이은경

이형곤, 윤선희, 장세철

송한준, 김용권, 박영길

要約文

I. 題目

해양목장화를 위한 基盤研究(II, III)

II. 研究開發의 目的 및 重要性

20세기 후반에 들어와서 어선이나 어구의 근대화에 의한 대량어획, 해양오염의 증대 및 지구의 기후변동 등으로 인하여 해양생물 자원의 감소현상이 점점 심화되고 있다. 세계 선진국은 이러한 상황에 대처하고 해양생물 생산량을 증대시키기 위한 방편의 하나로 새로운 개념의 해양목장화 관련기술 개발을 적극 추진하고 있다.

우리 나라의 경우 1960년대부터 공업화 및 인구증가에 따른 공장폐수 및 생활 하수의 유입증가로 인한 연안해역의 오염 증가, 남획에 의한 자원 고갈로 연 근해의 어업생산고는 매년 감소 현상을 나타내고 있다. 원양어업 생산량도 각국의 200해리 경제수역선포와 규제 강화로 생산량이 점차 둔화되고 있다. 따라서 앞으로 계속 증가되는 수산물의 수요를 충족하기 위해서는 양식어업 생산량의 획기적인 증대가 불가피한 실정이다.

1994년의 수산물 수요 4,629천톤 중 약 800천톤을 수입에 의존하였으며, 2010년에는 수산물 수요가 5,500천톤으로 증가될 것으로 추정되고 있어 현재의 생산량 3,800천톤(300천톤비축포함)으로는 획기적인 기술개발 없이는 2010년의 수요 달성이 불가능할 것으로 예상된다. 이를 위해서는 우리나라의 전 연안에

첨단기술이 첨가된 환경친화적 해양목장화시스템을 도입하므로써 연안어업의 생산성을 높이는 것이 시급한 과제이다.

본 연구는 해양목장화에 필요한 기초자료의 수집을 비롯하여 어장조성, 생태계구조 및 환경수용력 평가, 대상해역의 수중음향특성 그리고 대상해역의 생물특성에 적합한 복합적 자원관리 시스템을 확립함에 최종목표를 두고 있다.

III. 研究開發의 內容 및 範圍

본 연구는 해양목장화를 위한 기반연구의 제 2-3차년도 사업으로서 다음 3가지를 중점적으로 수행하였다.

첫째, 시범해역에 대한 현장조사를 통하여 대상해역의 생태계 구조파악과 생태계내의 물질 및 에너지 순환의 이해 그리고 환경수용량을 산정하기 위한 가장 적합한 생태계분석 방법을 검토하였으며,

둘째, 해양목장 시설의 기본 구조물인 부유식 방파제의 설계와 이의 성능 평가를 위한 수치 및 수리실험을 실시하였으며,

셋째, 대상생물의 이동 및 위치파악을 위한 어군탐지센서를 개발하고, 어류의 행동양식을 조사하였다.

IV. 研究開發의 結果

1995년 7월부터 1996년 7월까지의 전기간 혹은 일부기간에 걸쳐, 충무 근해의 한 가두리 양식장과 그 해저와 수체라는 임의적인 생태계를 설정하고, 각 요소들의 시간적인 변화양상을 조사함으로써 서로간에 어떠한 상호영향을 주고

받는 가에 대한 연구를 수행하였다. 이를 위해, 양식장 부근에서의 일차생산력의 추이와 질산염, 아질산염, 인산염, 규산염 등, 각 영양염들의 변화양상, 그리고 해저에 침전되는 유기물질량과 용출량, 저토 내의 유기물질의 함량 등에 대한 조사가 이루어졌으며, 이 조사자료들을 토대로 가두리 양식장 생태계 내의 연간 물질수지를 규명하기 위한 모형개발이 이루어졌다. 세부연구사항은 다음과 같다.

- 일차생산력의 시간적 변화 양상
- 엽록소와 각 영양염들의 연속측정자료를 이용한 시계열 분석
- 해수-퇴적물 경계면에서의 탄소, 질소, 인 수지를 조사하기 위한 용출량과 침전량에 대한 챔버와 트랩실험
- 입자성물질의 침강율에 대한 시계열 자료와 해저 퇴적물 축적율에 대한 조사
- 세균에 의한 유기물 분해와 세균을 통한 탄소흐름에 대한 연구
- 앞장들에 제시된 자료와 결과들을 취합하여 수행한 가두리 양식장 생태계에 대한 연간 물질수지 모형개발

약 $211 \text{ g/m}^2/\text{d}$ 이 양식장 아래의 저토로 침전하며, 이 중 유기 탄소의 경우, 약 80 %가 퇴적되고, 나머지 20 %는 재용출되는 것으로 조사되었다. 주로 사료로부터 기원된 50 % 이상의 유기물질이 입자상 혹은 용존상 형태로 수체 내에 잔존하는 것으로 나타났다. 연간 물질 수지모형을 이용한 계산결과, 물고기 1 kg를 생산하는 데에 약 3.7 kg의 사료가 요구되며, 이 중 호흡량 등을 제외한 약 2.0 kg의 유기물질이 주변 환경에 부하되는 결과를 제시하였다. 아울러, 본 연구의 한계와 미래 연구에 대한 제안들에 대해 토론하였다.

앵강만의 평균 표층 수온은 $10.9\text{--}28.3^\circ\text{C}$ 의 범위에서, 평균 염분은 $32.62\text{--}33.94\text{‰}$ 의 범위에 있었다. 통영에서는 수온과 염분은 각각 $10.1\text{--}24.5^\circ\text{C}$, $32.56\text{--}33.57\text{‰}$. 용존산소에 있어서는 앵강만의 저층에서 $4.94\text{mg}/\ell$ 이상을, 통영에서는 하계 저층에서 $5.58\text{mg}/\ell$ 이상을 보였고 표층에서는 두 지역

모두 과포화상태를 나타내었다. 영양염에 있어서는 두 지역에서 여름철에 1차 생산자의 소비로 인하여 NO_3 와 PO_4 에서는 농도($0.3\mu\text{g.at}/\ell$ 이하)를 보였고 겨울철에는 각각 1.6 과 $0.5\mu\text{g.at}/\ell$ 정도였다. COD는 앵강만에서는 평균 $2.8\text{mg}/\ell$ 을 통영에서는 $1.4\text{mg}/\ell$ 으로 앵강만이 높은 값을 보였다.

앵강만의 퇴적상은 니질퇴적물이 우세하여 평균입도가 8.0ϕ 이상이었고 내만에서는 9.0ϕ 이상의 세립질로 구성되어 있었다. 유기물함량은 1.0 - 1.5% 내외였다. 통영연안역의 외해에서는 니질퇴적물이 우세하나 섬 주변이나 조석 수로역에서는 패각과 자갈이 혼합된 퇴적상을 보였다. 통영의 유기물함량은 2.2 - 4.5% 로 앵강만보다 높았다.

통영의 조사해역내 식물플랑크톤의 여름철 표층의 현존량 분포는 562 ~ $1,493$ cells/ml(평균 $1,028$ cells/ml)의 범위로서 비교적 높게 나타났으며, 내만쪽에 위치한 정점들이 외측해역에 위치한 정점들에 비해 상대적으로 높은 현존량을 보이고 있다. 통영 연안역의 주된 우점종은 *Rhizosolenia setigera* 이며, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros compressus* 등이 육지에 가까운 해역에서 우점종으로 출현하였다. 같은 시기의 앵강만에서 조사된 식물플랑크톤의 우점종 *Rhizosolenia hebetata*는 현존량이 380 ~ 896 cells/ml의 범위였고, 내만역에서 만 입구로 갈수록 현존량이 감소하였다.

엽록소 a의 분포는 8월에 가장 높은 농도를 보여 2.5 ~ 5.34 mg/m^3 의 분포를 보였으며, 5월과 8월의 일차 생산력은 각각 4.00 ~ 37.74 $\mu\text{g-C}/\text{m}^3/\text{h}$ 와, 7.2 ~ 45.9 $\mu\text{g-C}/\text{m}^3/\text{h}$ 의 범위를 보였는데 만 내측에서의 생산력이 높은 것으로 나타났다.

미생물의 분포 및 활성으로 보아 앵강만 및 통영은 외양과 비슷한 저영양상태에 있는 것으로 나타났으며, 미생물의 분포와 활성의 분포가 계절에 따른 불일치를 보였다.

앵강만의 동물플랑크톤 분포를 보면 10월과 1월에 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 우점하였고, 지각류도 요각류에 비해 우점하였다. 노도를 중심

으로 한 내만역에서 1,000개체/m³이상의 높은 출현량을 보였다. 통영의 경우에는 봄철과 여름철에 적조를 유발하는 야광충(*N. scintillans*)이 미륵도 연안역을 중심으로 우점하였고 최대 1,500개체/m³의 출현량을 보였다. 가을과 겨울철에는 요각류가 우점하였고 외곽역보다는 내부역에서 많은 출현량을 보였다.

앵강만의 어란은 멸치, 돛양태류, 참서대류 등이었고 멸치의 어란이 가장 많은 출현량을 보였다. 치자어 조사에서는 여름철에 10개종이 출현하였고 가을과 겨울에는 3종으로 적었다. 출현량에 있어서는 겨울에는 내만역에서 많았고 봄철에는 만 입구에서 많았다. 통영 연안역에서는 어란은 멸치, 참서대류, 돛양태류 등이었고 멸치란이 우점하였다. 치자어에서는 20종이 동정되었는데 여름철에 13종이, 겨울철에는 1종이 출현하였다. 멸치의 치자어가 봄철과 여름철의 출현량에 있어서 우점하였다.

앵강만에서는 30개 어류분류군이 출현하였는데, '이 중 가을철에 26종이 출현한 반면에 여름, 봄, 겨울철 순으로 각각 5, 4, 3종이 출현하였다. 회유종인 멸치와 학공치, 만내 고유종인 도화망둑의 실양태 등이 우점종이었다.

앵강만의 저서동물군집에서는 연중 다모류가 출현종수나 개체수에서 우점한 동물군이며, 연체동물, 갑각류 등 3개 동물군에 속하는 113 - 153종에 이르는 종들이 출현하였다. 주요 우점종으로는 다모류의 *Lumbrineris longifolia*, *Ditrupea arietina*, 이매패류의 *Fustiaria nipponica* 등이었고, 서식밀도는 가을철의 545 개체/m²에서 여름철의 1970 개체/m²였다. 집괴분석결과 앵강만에는 만입구에 *Ditrupea* - *Fustiaria* 군집이, 중앙부에는 *Eriopisella* - *Corophium* 군집이 만내부에는 *Lumbrineris* - *Xenophthalmus* 군집이 분포하였다. 통영연안역에서는 저서동물군집이 겨울철에 161종에서 봄철에 224종이 출현하였으며, *Lumbrineris longifolia*가 연중 거의 전 지역에 걸쳐 우점종으로 출현하였다. 평균 서식밀도는 겨울철의 966 개체/m²에서 여름철의 1,481 개체/m²였다. 미륵도에 인접한 정점들에

서 많은 종수와 높은 서식밀도를 보였다. 집괴분석 결과 연안에서 외곽역 방향으로 배열된 3개의 군집이 구분되었으며, 가장 외곽역에는 *Alvenius-Heteromastus* 군집이, 중간역에는 *Ampharete-Amaeana* 군집이, 가장 내부의 연안역에서는 *Ophiopholis-Amphiura* 군집이 분포하였다.

1995년 8월부터 1996년 8월까지 충무가두리시험어장 부근 해역의 어류 치자어조사 결과 총 34과 81종이 출현하였으며 그중 2종은 미기록어종이었다. 미기록어종으로 밝혀진 종은 *Hirundichthys oxycephalus*, *Scartella cristata*의 2종이었다.

앵강만 주변의 조간대 해조군집의 구조는 연중 지충이(*S. thunbergii*), 툫(*H. fusiformis*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*)을 중심으로 구성되었고, 반면 조하대에서는 개우무(*P. capillacea*), 우뭇가사리(*G. amansii*), 비틀대모자반(*S. sagamianum*), 잔가시모자반(*S. micracanthum*), 구슬모자반(*S. piluliferum*)이 우점하였다. 조하대의 생물량은 군집을 구성하는 주요 대형 갈조류의 높은 성장속도에 따라 봄철에 최대 2,640 g-fresh Wt./m²로 가장 높았다. 조하대 군집의 구조는 뚜렷한 계절변화 없이 연중 일정한 것으로 나타나 군집의 안정성이 비교적 높은 것으로 나타났다. 무척추동물은 11개 동물군(Phylum)에 총 156종으로, 형제섬에서 83종으로 가장 적은 종 수를 보였고, 노도에서 98종, 소취도에서 132종으로 가장 많았다. 통영 주변 해역 조간대 해조군집은 연중 지충이(*S. thunbergii*)를 중심으로 구조되어 있음을 볼 수 있었고, 그외 엔도혹돌잎(*Lithophyllum yendoi*), 개서실(*Chondria crassicaulis*), 애기들가사리(*Gigartina intermedia*) 등이 우점하였다. 조하대 해조군집은 수심 2 m를 중심으로 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 미역(*Undaria pinnatifida*) 등이 우점하였다. 무척추 동물은 본 조사지역이 조위 120cm 이하에서 암반 표면에 모래가 퇴적된 연성저질로 연결되어 생물상이 매우 빈약하였고, 조간대 중하부까지 조무래기따개비(*Chthamalus challengerii*)와 검은큰따개비(*Tetraclita*

japonica)에 의해 군집이 구조되어 있었다.

가두리밀 대형저서동물은 총 45종이 출현하였고 여름철에 16종이 가을철에 24종으로 가장 많았다. 우점종으로는 다모류인 *Capitella capitata* 와 갑각류에 속하는 *Nebalia bipes*로 모두 유기함량이 높거나 부패된 퇴적층에 서식하는 기회종들이다. 거대형 표서동물 (epibenthic megafauna)로는 별불가사리와 아르르불가사리가 있는데, 서식밀도는 각각 37개체/m²와 22개체/m²로 가두리 밀의 전 지역을 피복할 정도의 피도를 보였다.

저도앞 기존 가두리 양식해역과 장두도 가두리 예정해역에 서식하는 중형저서생물 군집을 조사한 결과 Nematoda(선형동물)가 두 지역 모두에서 가장 우점하였다. 그 다음으로 우점하는 그룹은 Sarcomastigophora로, 이 두 동물군이 전체의 약 90%를 차지했다. 중형저서생물은 퇴적물 표층(0~1cm)에 가장 밀집하여 서식하고 있었으며 퇴적물의 깊이에 따라 감소하는 경향을 보였다. 또한 해양환경 오염의 지표로 Nematoda/Harpacticoida, Nematoda/Kinorhyncha 비를 양 해역에서 비교한 결과 가두리 지역이 약 2배 정도 높은 값을 보였다.

해양목장 후보지역으로 거론되고 있는 앵강만과 통영해역에서 유속 및 유향 관측을 실시하여 앵강만에서는 最大流速이 33.4cm/s, 통영에서는 28.9cm/s를 기록하였다.

- 재래식 상자형 부유식 방파제의 단점인 장주기 파랑에 대한 차단효과 저하문제를 해결하기 위하여 방파제의 저면에 鉛直板을 부착하여 실험한 결과 장주기 파랑 차단효과가 향상되었다.

- 어군탐지센서를 개발하여 성능평가를 한 결과 외국제품에 결코 뒤지지 않고도 싼 가격에 제작이 가능하여 어민들의 재정적 부담도 줄일 수 있으며 장차 우리의 실정에 맞는 수중음향장비의 개발에 기초가 되었다.

V. 活用に 대한 建議

해양목장화 사업은 종합적인 해양과학기술과 막대한 개발자금이 필요한 범국가적 대형사업이다. 우리 나라에서 해양목장화 사업을 성공적으로 이끌기 위하여서는 전담기구의 설립이 필수적이다. 전담기구는 우선적으로 관련부처(예: 해양수산부) 산하에 정부, 산업계 및 학계의 전문가들로 구성된 해양목장화추진위원회를 설치하여 종합계획을 확립하는 것이 바람직하다.

수립된 계획에 따른 목장화 사업의 추진은 해양목장화추진위원회를 해양목장화사업단으로 확대 개편하여 국가 주도의 일관된 정책과 재정적 지원 하에 해양목장화 사업을 실행해 나가는 것이 바람직하다.

SUMMARY

I. Title of the Study

A Study for the Marine Ranching Program in Korea(II, III)

II. Significance and Objectives of the Study

The fishery resources of the world oceans are on the decrease in recent years. It is particularly noticeable that the coastal fisheries has been worsening due to the deterioration of water quality and decline of the fish stocks caused by the industrialization and over fishing. To mitigate the situation, many coastal countries have been trying to develop marine ranching technologies to revitalize the productivity of the coastal waters. The marine ranching is known as one of the most efficient methods to enhance sustainable yields of coastal ecosystems, while maintaining sound environmental conditions.

The production of Korean fisheries has been stagnant in spite of modernization of fishing gears and enhanced fishing efforts. Both coastal and distant water fisheries have been suffered from the decline of the fishery stocks and degraded fishing grounds, respectively. To meet ever-increasing demand of fishery products, it is essential to promote the mariculture industry intensively.

Korea imported about 800 thousand tons of fishery products from abroad in 1994 to supply the total demand about 4,300 thousand tons. It is expected that the demand of fishery products in the year 2010 will reach to 5,500 thousand tons which is far beyond the current production capacity. It is, therefore, a pressing task to improve the sustainable productivity of the coastal fisheries through the promotion of the marine ranching systems.

The objectives of this study are to collect baseline information on the marine ranching, to understand and evaluate the structure and carrying capacity of the marine ecosystems in the pilot study area, and to establish duoculture and resource management systems for the Korean coastal waters.

III. Scope of the Study

As the 2-3rd year program for the marine ranching systems in Korea, the following three major tasks have been conducted:

1) investigations on the structure of ecosystem, cycling of energy and materials in the system, and evaluation of an optimal analytical methodology to determine the carrying capacity of the pilot study area.

2) design and modeling experiments for a floating breakwater to be used in the marine ranching system;

3) development of a fish-finding sensor to detect movement and behavior patterns of the culture animals.

IV. Results of the Study

A systematic research on a marine fish cage was conducted from July of 1995 to July of 1996. It aimed to specify the impacts of feed input on water column and benthic ecosystem adjacent and below the cage. We sampled the surface water one a day for the concentrations of chlorophyll a and several nutrients and measured the flux of organic matter deposited to the sediments under the cage as well as the flux of resuspended nutrients up to the water column from the sediments. Collateral research on microbial activity in the sediments was conducted.

This report is to summarize and unify the results from the above experiments and the contents are as followings.

- The characteristics of photosynthesis and primary production
- Time series analysis on time-series data of chlorophyll and nutrients
- Mass balance of organic carbon in a subtidal benthic layer below marine fish cages
- Decomposition and deposition of particulate organic matter in marine fish cage ground
- Microbial production
- Studies on annual mass-budget in a marine fish cages

As results, the flux to sediments was amount of 211 g/m²/d in which 80 % and 20 % of organic carbon were sedimented and resuspended, respectively. More than 50 % of organic carbon mainly originated from feed remains in water column with particulate or dissolved forms. Annual mass-budget model results in 3.7 kg of feed input per 1 kg fish production

and hence, 2.0 kg of organic matter is distributed to the adjacent ecosystems, whatever water columns or sediments, per 1 kg fish production. Limitations of this study and suggestings for future research are also discussed.

The surface water temperature in Aenggang Bay fluctuated from 10.9°C in winter to 28.3°C in summer, and the salinity was in the range of 32.62 to 33.94‰. In Tongyung coastal area, the water temperature fluctuated from 10.1°C in winter to 24.5°C in late summer, and the salinity was 32.56 to 33.57‰. DO in bottom larger in summer was 4.94 mg/l and 5.58 mg/l in Aenggang Bay and Tongyung coastal area, respectively while those in surface water were saturated in both areas. The nutrients like NO_3 and PO_4 were in lower concentration below $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{at/l}$ during spring and summer whereas they showed higher concentration of $1.6 \mu\text{g} \cdot \text{at/l}$ in winter. The mean value of COD in Aenggang Bay was 2.8 mg/l, higher than that in Tongyung coastal area.

The surface sediment of Aenggang Bay was composed of fine grains like silt and clay, and showed very simple sediment type. Mean grain size was 8.0ϕ , and that of inner bay exceeded 9.0ϕ . The organic carbon content of sediment was in the range of 1.0% to 1.5% in the inner part of Aenggang Bay. Tongyung coastal area showed a complex mosaic sedimentary facies; muddy sand facies in the tidal channel and adjacent area to small islands whereas mud facies in the offshore region. The organic carbon content was 2.2% in the offshore to 4.5% in the inner region.

The mean abundance of phytoplankton in Tongyung coastal area

during summer was 1,028 cell/ml with the range of 562 cell/ml to 1,493 cell/ml. The most dominant species was *Rhizosolenia setigera*, and *Nitzshia seriata* and *Chaetoceros compressus* were abundant in the adjacent region to islands. The dominant species of phytoplankton in Aenggang Bay was *R. hebetata* whose abundance was in the range of 380 to 896 cells/ml. The overall standing stock was higher in the inner bay, and decreased toward the mouth of the bay.

The concentration of chlorophyll *a* was highest in summer season with the range of 2.5 to 5.34 mg/m³, and the primary productivity in May and August 1995 was in the range of 7.2 to 45.9 g, respectively.

Nutritional status of coastal waters in Aenggang Bay and Tongyung coastal area revealed as oligotrophic state similar to that of open sea from the measurement of microbiological parameters. Uncoupling of numbers and activities of microorganisms were found.

Dominant species of zooplankton in Aenggang Bay was *Noctiluca scintillans*. Standing stock of zooplankton in the inner bay reached over 1,000 inds./m³. Most dominant zooplankton species in Tongyung coastal area during summer was also *N. scintillans* with maximum abundance of 1,500 inds./m³. Copepods dominated during autumn and winter.

Fish eggs in Aenggang Bay were dominated by that of *Engraulis japonicus*. 10 species of fish larvae occurred in summer but 3 species remained in winter. The inner bay sustained more abundant fish larvae. Eggs of *E. japonicus* were most abundant in Tongyung coastal area. 13 species of fish larvae were found in summer while only one species occurred in winter. A total of 30 fishes were found in Aenggang Bay, *E. japonicus* showing seasonal migration and an endemic species like

Amblychaeturichthys heanema were dominant species.

The fish larvae and juveniles were investigated from Aug., 1995 to Aug., 1996 at the Tongyong experimental fish culture station. The fish larvae identified in this area were classified into 81 species involved in 34 families. Two species unrecorded in Korea were found; *Hirundichthys oxycephalus*, *Scartella cristata*.

The macrobenthic community in Aenggang Bay comprised 113 to 153 species included mainly in faunal groups like Polychaeta, Mollusca, and Crustacea. Dominant species in Aenggang Bay were *Lumbrineris longifolia*, *Ditrupa arietina*, *Fustiaria nipponica*, and mean density was in the range of 545 ind./m² in Autumn to 1,970 ind./m² in summer. There were three faunal assemblages delineated from the mouth toward the inner bay; *Ditrupa* - *Fustiaria* assemblage in the mouth, *Eriopisella* - *Corophium* assemblage in the middle part, and *Lumbrineris* - *Xenopthalmus* assemblage in the inner bay. The macrobenthic community in Tongyung coastal area comprised more species than in Aenggang Bay; 161 species in winter and 224 species in spring. *Lumbrineris longifolia* was dominant species throughout the study period. In nearshore bottom, both species richness and density were higher than in the outer region. *Alvenius* - *Heteromastus* assemblage was located in the outer region, *Ophiopholis* - *Amphiura* assemblage in the nearshore, and *Ampharete* - *Amaeana* assemblage between the two regions.

The typical algal species like *Sargassum thunbergii*, *Hizikia fusiformis*, and *Corallina pilulifera* were dominant in intertidal zones of Aenggeng Bay, while *Pterocladia capillacea*, *Gelidium amansii*, *Sargassum sagamianum*, *Sargassum micracanthum*, and *Sargassum*

piluliferum were dominant in subtidal zones. The standing crop of subtidal community reached up to 2,640 g-fresh Wt./m² due to the high growth rate of the major large brown algal species in spring. The composition and structure of subtidal community showed higher stability without noticeable seasonal changes through the study period. A total 156 species of invertebrates were found. In Tongyung coastal area, macroalgal community in the intertidal zone was dominated by *S. thunbergii*, and other species like *Lithophyllum yendoi*, *Chondria crassicaulis*, *Gigartina intermedia*. In the subtidal zone, *Ulva pertusa*, *S. micracanthum*, *Gelidium amansii*, *Undaria pinnatifida* were dominant below 2 m depth. The invertebrates in rocky substrates showed very low diversity mainly composed of *Chthamalus challengerii* and *Tetractita japonica*.

Under the fish culture cage, 45 macrobenthic species were identified. 16 and 24 species occurred in summer and autumn, respectively. Opportunistic species like *Capitella capitata* and *Nebalia bipes* were dominant species during the study period. Two epifaunal species such as *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* were also dominant on the sediment with very high coverage. Their densities were 37 ind./m² and 22 ind./m², respectively.

Nematoda was the most dominant group of meiobenthos; Nematoda and Sarcomastigophora comprised more than 80% of total meiofauna at both sites. The density was highest in the upper 1cm and decreased with sediment depth. We also compared the values of nematodes/harpacticoid copepods ratio (N/C ratio) at both sites as an index of pollution monitoring for benthic ecosystem, and found that the N/C ratio at cage site was two times higher than at control site.

The maximum current speed in Aenggang bay and Tongyung caostal area was 33.4cm/s and 28.9cm/s, respectively.

The pontoon type floating breakwater with the vertical plates was tested numerically and experimentally to overcome the drawback of the conventional floating breakwater for the relatively long period wave. It showed a good result for the long period wave.

In the result of the performance analysis, our fish finding transducer showed good performance compared with foreign products. It would be helpful to fishermen economically and available to develop the other acoustic instruments applicable to our needs.

V. Suggestions for Applications

Due to its nature and scale marine ranching program should be conducted as a national project. As it requires very advanced system technology as well as a stupendous budget, a priority must be granted to the program. It is, therefore, highly recommended that a steering committee for marine ranching project shall be established to design and conduct the program with an exclusive power and authority. The committee should be consisted by representatives from all related groups including fisheries industries, research institutes, universities and government.

목 차

요약문 (국문)	3
Summary (영문)	11
List of Figures	31
List of Tables	45
List of Appendix	53
제1장 서 론	55
제2장 해양목장화를 위한 모델제시	61
제1절 서 론	63
제2절 광합성 특성 및 일차생산력	66
2.1. 조사시기 및 정점	66
2.2. 엽록소	66
2.3. 광합성 특성	66
2.4. 물기둥 내의 일차생산력	70
2.5. 결 과	70
2.6. 고 찰	72
제3절 충무어장 표층에서의 엽록소, 영양염 시계열 자료에 대한 연구	76
3.1. 자료 현황 및 수집 방법	76
3.2. 엽록소와 영양염의 연속측정 자료에 대한 시계열 분석	77
3.2.1. 시계열 분석 자료와 신뢰도 수준	77
3.2.2. Autocorrelation Analysis	79
3.2.3. Cross Correlation Analysis	81

3.3. 고 찰	88
제4절 1995년 6월 남해안 충무지역 가두리양식장의 저층환경 (해수-퇴적물 경계면에서의 물질 플럭스)	93
4.1. 서 론	93
4.2. 연구지역	94
4.3. 재료 및 방법	95
4.3.1. 벤틱 챔버 (Benthic Chamber) 실험	95
4.3.2. 트랩(Trap) 실험	96
4.3.3. 퇴적물 코아 채취	98
4.4. 결 과	98
4.4.1. 벤틱챔버 내 성분 변화	98
4.4.2. 트랩과 퇴적물에서의 성분분포	106
4.5. 고 찰	115
4.5.1. 챔버에서의 플럭스 비교	115
4.5.2. C, N, P 의 수지 (Mass balance : Budget)	118
4.6. 결 론	120
제5절 충무어장(가두리 축양장)내 입자성 유기물 분해 및 퇴적역학	122
5.1. 서 론	122
5.2. 재료 및 방법	122
5.3. 결과 및 고찰	123
5.3.1. 시계열 입자성물질 침강율	123
5.3.2. 해저 퇴적물 축적율	126
제6절 미생물 생산	130
6.1. 서 론	130
6.2. 재료 및 방법	131
6.2.1. 총세균수	131

6.2.2. 종속영양세균수	132
6.2.3. 세균의 세포의 단백질가수분해효소 활성	132
6.2.4. 아미노산 이용능 및 세균생산력	133
6.3. 결과 및 고찰	134
6.3.1. 총세균수 및 세균생체량	134
6.3.2. 종속영양세균수	134
6.3.3. Ainopeptide의 가수분해 및 leucine uptake	137
6.3.4. 세균생산력 및 광물화	140
6.3.5. 세균을 통한 고분자유기물의 분해경로 및 광물화	142
6.3.6. 퇴적토 깊이에 따른 종속영양세균 분포 및 단백질가수분해 효소의 활성	142
제7절 총무어장 연간 물질 수지모형 연구	149
7.1. 서 론	149
7.2. 대상 생태계 개괄 및 자료 수집과 가공	152
7.3. 모형 개발 및 결과	155
7.3.1. 가두리 양식장 탄소수지 모형	155
7.3.2. 가두리 양식장 질소수지 모형, 인수지 모형	158
7.4. 결과 및 고찰	161
7.5. 결론 및 향후연구제안	166
제8절 자원평가	168
8.1. 서 론	168
8.2. 평가대상자원의선정	168
8.3. 자원생산을 위한 기초적 검토	171
8.4. 자원변동에 관여하는 요인과 영향평가	173
8.5. 어장환경측면의 상호관련 구조 파악	173
8.6. 수용력 산정을 위한 외부 요인 검토	175

8.7. 환경변화에 대응하는 자원 변동 예측	175
8.8. 현장적용기법	178
8.9. 단계별 적용 방법	178
참고문헌	182

제 3 장 목장화 후보지역의 해양생태계 조사

제1절 서 론	193
제2절 후보지의 해양생태계 조사방법	195
2.1. 수괴의 물리·화학적 환경	195
2.2. 퇴적환경	198
2.3. 식물플랑크톤 및 기초생산	199
2.4. 미생물	201
2.5. 동물플랑크톤	205
2.6. 난 치자어 및 어류상	208
2.7. 연성저질의 저서생물	210
2.8. 바위해안의 저서생물	210
2.9. 가두리 주변 저층의 저서생물	216
2.10. 주요 생물의 INVENTORY	218
제3절 목장화 후보지역의 해양생태계 구조	219
3.1. 수괴의 물리·화학적 환경	219
3.2. 퇴적환경	250
3.3. 식물플랑크톤 및 기초생산	258
3.4. 미생물	268
3.5. 동물플랑크톤	278
3.6. 난 치자어 및 어류상	297

3.7. 연성저질의 저서생물	332
3.8. 바위해안의 저서생물	405
제4절 가두리 주변 저층의 저서생물	469
4.1. 저서환경	469
4.2. 미생물	469
4.3. 대형저서생물	473
4.4. 중형저서생물	481
제5절 주요 생물의 INVENTORY	497
제6절 고찰 및 결론	499
참고문헌	511
제4장 어장조성기술	523
제1절 후보지 선정을 위한 현장관측	525
1.1. 앵강만 현장관측	525
1.2. 통영 현장관측	527
1.3. 차후의 현장관측	529
제2절 浮遊式 防波堤	530
2.1. 서론	530
2.2. 水理模型實驗	531
2.2.1. 단일 상자형 부유식 방파제	531
2.2.2. 형의 제작	531
2.2.3. 實驗條件 및 計測機器	535
2.3. 值模型實驗	536
2.3.1. 支配方程式 및 境界條件	536
2.3.2. 動壓力 및 全波力	541

2.3.3. 運動方程式	543
2.3.4. 전달율	544
2.4. 수치 및 수리실험의 結果分析	544
2.4.1. 연직판이 없는 경우	545
2.4.2. 연직판을 부착한 경우	549
2.5. 고 찰	552
제3절 魚群探知센서	553
3.1. 서론	553
3.1.1. 연구의 필요성	553
3.1.2. 연구의 목표 및 내용	554
3.2. 어군탐지센서의 제작	556
3.2.1. 설계	556
3.2.2. 압전세라믹	557
3.2.3. 정합층(acoustic window)	564
3.3. 어군탐지센서의 성능평가	565
3.3.1. 성능평가 수리실험실	566
3.3.2. 성능평가	572
3.4. 결론	582
참고문헌	587

CONTENTS

Summary (Korean)	3
Summary (English)	11
List of Figures	31
List of Tables	45
List of Appendix	53
Chapter 1. Introduction	55
Chapter 2. Study on the models for marine ranching	61
Section 1. Introduction	63
Section 2. The characteristics of photosynthesis and primary production	66
2.1. Experiment period and site description	66
2.2. Chlorophyll	66
2.3. The characteristics of photosynthesis (P-I properties)	66
2.4. Primary production in water columns	70
2.5. Results	70
2.6. Discussion	72
Section 3. Time series analysis on time-series data on chlorophyll and nutrients	76
3.1. Data and requisition	76
3.2. Time series analysis	77
3.2.1. Time-series data and confidence level	77

3.2.2. Autocorrelation analysis	79
3.2.3. Cross correlation analysis	81
3.3. Discussion	88
Section 4. Mass balance of organic carbon in a subtidal benthic layer below marine fish cages near Tongyung	93
4.1. Introduction	93
4.2. Site description	94
4.3. Materials and methods	95
4.3.1. Benthic chamber experiments	95
4.3.2. Trap experiments	96
4.3.3. Sampling sediments core	98
4.4. Results	98
4.4.1. The changes of compositions within benthic chamber	98
4.4.2. Compositions of elements within trap and deposited materials	106
4.5. Discussion	115
4.5.1. The comparison of flux in chamber experiments	115
4.5.2. The budget of C, N, P	118
4.6. Conclusions	120
Section 5. Decomposition and deposition of particulate organic matter in marine fish cages	122
5.1. Introduction	122
5.2. Materials and methods	122
5.3. Results and discussion	123
5.3.1. Depositon rate of particulate matter	123
5.3.2. Sedimentation rate of deposited matter	126

Section 6. Microbial production	130
6.1. Introduction	130
6.2. Materials and methods	131
6.2.1. The abundance of total bacteria	131
6.2.2. Heterotrophic bacterial number	132
6.2.3. The activity of extracellular aminopeptidase	132
6.2.4. Uptake rate of amino acids and bacterial productivity	133
6.3. Results and discussion	134
6.3.1. Total bacterial number and bacterial biomass	134
6.3.2. Heterotrophic bacteria	134
6.3.3. Hydrolysis of aminopeptide-like macro molecules and uptake of ¹⁴ C-leucine	137
6.3.4. Bacterial productivity and mineralization rate	140
6.3.5. Mineralization of peptide-like macromolecules <i>via</i> microorganisms	142
6.3.6. Depth profiles of heterotrophic bacterial number and the activity of extracellular aminopeptidase	142
Section 7. Studies on annual mass budget in marine fish cages	149
7.1. Introduction	149
7.2. The description of modeled ecosystem and data requisition and manipulation	152
7.3. Model development and results	155
7.3.1. Carbon budget model	155
7.3.2. Nitrogen and phosphorus budget model	158
7.4. Results and discussion	161
7.5. Conclusion and future researches	166

Section 8. Resources	168
8.1. Introduction	168
8.2. Selection of resources	168
8.3. Review of resources productivity	171
8.4. Environmental impacts and assessment of resources fluctuation ..	173
8.5. To evaluate the correlation of environmental fisheries field	173
8.6. External impacts of carrying capacity	175
8.7. Simulation of resources change depend on environmental factors ..	175
8.8. Technique of field applications	178
8.9. Method of phase applications	178
References	182
Chapter 3. Ecological surveys on potential areas for marine ranching	
system	191
Section 1. Introduction	193
Section 2. Methods for ecological surveys	195
2.1. Physico-chemical environments	195
2.2. Sedimentary environments	198
2.3. Phytoplankton and primary production	199
2.4. Marine bacteria	201
2.5. Zooplankton	205
2.6. Eggs, larvae and fishes	208
2.7. Benthos on soft-bottoms	210
2.8. Benthos on hard-bottoms	210
2.9. Benthos under the fish cages	216
2.10. Inventory for important organisms	218

Section 3. The ecosystem structure of potential marine ranching areas	219
3.1. Physico-chemical environments	219
3.2. Sedimentary environments	250
3.3. Phytoplankton and primary production	258
3.4. Marine bacteria	268
3.5. Zooplankton	278
3.6. Eggs, larvae and fishes	297
3.7. Benthos on soft-bottoms	332
3.8. Benthos on hard-bottoms	405
Section 4. Benthos under fish cages	469
4.1. Benthic environments	469
4.2. Marine bacteria	469
4.3. Macrobenthos	473
4.4. Meiobenthos	481
Section 5. Inventory for important marine organisms	497
Section 6. Discussions and Conclusion	499
References	511

Chapter 4. Development of Floating breakwater and Fish finding	
transducer	523
Section 1. Field measurements for determining the site	525
1.1. Field measurements in Aenggang Bay	525
1.2. Field measurements in Tongyung coastal area	527
1.3. Further field measurements	529
Section 2. Floating breakwater	530
2.1. Introduction	530

2.2. Hydraulic model experiment	531
2.2.1. Single pontoon type floating breakwater	531
2.2.2. Manufacturing of breakwater model	531
2.2.3. Experimental conditions and instrumentation	535
2.3. Numerical simulation	536
2.3.1. Governing equation and boundary conditions	536
2.3.2. Dynamic pressure and wave forces	541
2.3.3. Equations of motion	543
2.3.4. Transmission coefficients	544
2.4. Analysis on numerical and experimental results	544
2.4.1. Floating breakwater without vertical plates	545
2.4.2. Floating breakwater with vertical plates	549
2.5. Discussion	552
Section 3. Fish finding transducer	553
3.1. Introduction	553
3.1.1. Motivation of the study	553
3.1.2. Objective and scope of the study	554
3.2. Manufacturing of fish finding transducer	556
3.2.1. Design	556
3.2.2. Piezoelectric ceramic	557
3.2.3. Acoustuc window	564
3.3.3. Performance analysis of fish finding transducer	565
3.3.1. Transducer calibration laboratory	566
3.3.2. Performance analysis	572
3.4. Conclusions	582
References	587

List of Figures

- Fig.2-1. P-I curves measured at st. 5 in June, 1995. 69
- Fig.2-2. Profiles of chl-a and other parameters at st. 5 in June, 1995. 73
- Fig.2-3. Profiles of chl-a and other parameters at st. 5 in August, 1995. 74
- Fig.2-4. Time-series data on chlorophyll and nutrients concentration. In order to show correlation with tidal difference, tidal differences which were found in tidal table were inserted(solid line). 78
- Fig.2-5. The results of autocorrelation. The confidence level is 0.316. Left- and right-sided figures are corresponded with before and after of outbreak of red tide, respectively. 80
- Fig.2-6. The results of cross correlation on the rate of chlorophyll and nutrients variation vs. the rate of tidal differences. The rates for chlorophyll and nutrients lag with that of tidal difference. 82
- Fig.2-7. The results of cross correlation on the daily rate of chlorophyll and nutrients variation vs. tidal difference. The rates lead tidal difference. 83
- Fig.2-8. The results of cross correlation on chlorophyll and nutrients concentration vs. tidal difference. Left- and right-sided figures are corresponded with before and after of red tide outbreak. After red tide outbreak, nutrients concentration lag with tidal difference. 84
- Fig.2-9. The results of cross correlation on chlorophyll concentration vs. nutrients concentration. Before red tide outbreak, chlorophyll leads the change of nutrients. 85

Fig.2-10. a) Location of the fish cage farm near Tongyung, south coastal of Korea and b) schematic diagram of in situ benthic chamber experiment under fish cages.97

Fig.2-11. Evolution of pHs of chamber waters during in situ incubation of the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.99

Fig.2-12. Depletions of dissolved oxygens in the chamber waters during in-situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cages site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. 101

Fig.2-13. Increases of titration alkalinities in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.102

Fig.2-14. Concentration changes of ammonium in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. 103

Fig.2-15. Concentration changes of phosphate in the chamber waters during in situ incubation experiments on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. The last sample of chamber 4 might be affected by ambient water, which could cause the decrease of phosphate concentration in the last sample of chamber water. 104

- Fig.2-16. Concentration changes of silicates in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. The last sample of chamber 4 might be affected by ambient water, which could cause the decrease of silicate concentration in the last sample of chamber water. 105
- Fig.2-17. Total carbon (organic + inorganic) contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment contains carbons 4 or 5 times more than the sediments out of the cages. 107
- Fig.2-18. Organic carbon contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment contains carbons 4 or 5 times more than the sediment out of the cages. 109
- Fig.2-19. Total inorganic carbon contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cages-site sediment contains more inorganic carbons than the sediment out of the cages. 110
- Fig.2-20. Total nitrogen contents of the farm sediments taken from cage

site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows high nitrogen-contents in the surface, but it decreases with depth in a top 5 cm layer and reaches a value similar with samples taken from out of cages. 111

Fig.2-21. Total phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows higher phosphorus-contents than the sediment out of the cages. 112

Fig.2-22. Organic-phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows high nitrogen-contents in the surface, but it decreases with depth in a top 10 cm layer and reaches a value similar with samples taken from out of cages. 113

Fig.2-23. Inorganic-phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows higher phosphorus-contents than the sediment out of the cages. 114

Fig.2-24. Time series settling fluxes of total particulate matter, particulate organic carbon and nitrogen in and out of fish cage(Tongyung), southern coastal in Korea.	125
Fig.2-25. Depth distribution of excess ^{210}Pb , sediment organic carbon and nitrogen in and out of fish cage(Tongyung), southern coastal bay, Korea.	129
Fig.2-26. Fluctuations of bacterial number at each sampling site (F=fish farm site, O=outer site, S=surface layer, B= bottom layer). a) Total bacteria. b) Heterotrophic bacteria.	135
Fig.2-27. Mineralization of peptide-like macro molecules <i>via</i> microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in June 1995.	143
Fig.2-28. Mineralization of peptide-like macro molecules <i>via</i> microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Aug. 1995.	144
Fig.2-29. Mineralization of peptide-like macro molecules <i>via</i> microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Nov. 1995.	145
Fig.2-30. Mineralization of peptide-like macro molecules <i>via</i> microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Jan. 1996.	146
Fig.2-31. Depth profiles of bacterial number and aminopeptidase activities in sediments under the fish cage(filled symbols) and outer area(hollow symbols) in Feb. 1996.	148
a) No. of heterotrophic bacteria grown on ZoBell 2216e agar Plate	
b) Hydrolysis rate(triangle) of leu-MCA	

Fig.2-32. The relationship between phytoplankton concentration, the amount of feed, and downward flux of organic matter in marine fish cage.	151
Fig.2-33. The conceptual model for the annual budget of carbon, nitrogen, and phosphorus in marine fish cage.	153
Fig.2-34. Annual carbon budget model on marine fish cage. (?) are processes which were not evaluatable in this research.	156
Fig.2-35. Annual budget models for nitrogen (a) and phosphorus (b).	160
Fig.2-36. Annual flux into each element in Fig.7-3 and 7-4 (a) and the percent values (b). In the case of nitrogen and phosphorus, respiration should be considered as metabolism.	162
Fig.3-1. A map showing study area and sampling sites in Aenggang Bay.	196
Fig.3-2. A map showing study area and sampling sites in Tongyung coastal area. (diamond symbol : sites during May, 1996 ; filled circle : sites from June, 1995 to May, 1996).	197
Fig.3-3. A map showing the sampling site of hard bottom study in Aenggang Bay.	212
Fig.3-4. A map showing the sampling site of hard bottom study in Tongyung coastal zone.	213
Fig.3-5. A map showing the sampling sites for the analysis of spatial distribution of hard bottom organisms in the Tongyung coastal zone.	215
Fig.3-6. The sampling sites for meiobenthos in the Tongyung coastal area during August 1995.	217

Fig.3-7. The distribution of temperature at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.	221
Fig.3-8. The distribution of temperature at the bottom waters in Aenggang Bay during August, 1995.	222
Fig.3-9. The distribution of salinity at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.	224
Fig.3-10. The distribution of salinity at the bottom waters in Aenggang Bay during August, 1995.	225
Fig.3-11. The distribution of DO at bottom layer in Aenggang Bay during May, 1995.	227
Fig.3-12. The distribution of DO at bottom layer in Aenggang Bay during August, 1995.	228
Fig.3-13. The spatial distribution of PO ₄ at the surface waters in Aenggang Bay during May, 1995.	233
Fig.3-14. The spatial distribution of COD at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.	234
Fig.3-15. The distribution of water temperature at the surface waters in Tongyung coastal area during August, 1995.	235
Fig.3-16. The distribution of water temperature at the bottom waters in Tongyung coastal area during August, 1995.	236
Fig.3-17. The spatial distribution of DO at the surface waters in Tongyung coastal area during August, 1995.	242
Fig.3-18. The spatial distribution of DO at the bottom waters in Tongyung coastal area during August, 1995.	243
Fig.3-19. The spatial distribution of NO ₃ at surface waters in February, 1996.	246

Fig.3-20. The spatial distribution of PO ₄ at the surface waters in August, 1995.	247
Fig.3-21. The spatial distribution of COD at the surface waters in August, 1995.	248
Fig.3-22. The spatial distribution of COD at the bottom waters in February, 1996.	249
Fig.3-23. The spatial distribution of mean grain size of surface sediments in Aenggang Bay.	251
Fig.3-24. The spatial distribution of organic carbon content of surface sediments in Aenggang Bay.	252
Fig.3-25. Bottom sediment facies of the study area, Tongyung coastal area. (M : mud, sM : sandy mud, gM : gravelly mud, mG : muddy gravel)	255
Fig.3-26. Distribution of mud(silt+clay,%) in sediment of the study area, Tongyung coastal area.	256
Fig.3-27. Distribution of gravels and stones(g/0.3m ²) in sediment sampled in the study area of Tongyung coastal area (May, 1996).	259
Fig.3-28. Distribution of shell fragments(g/0.3m ²) in sediment sampled in the study area of Tongyung (May 1996).	260
Fig.3-29. The spatial distribution of organic carbon content of surface sediments in Tongyung coastal area.	261
Fig.3-30. Phytoplankton cell densities of Aenggang Bay.	263
Fig.3-31. Phytoplankton cell densities of Tongyung coastal area.	267
Fig.3-32. Fluctuations of total bacterial number at each sampling site of Tongyung caostal area (S=surface layer, B= bottom layer). ...	274

Fig.3-33. Fluctuations of heterotrophic bacterial number at each sampling site Tongyung coastal area (S=surface layer, B= bottom layer). ...	275
a) Water column	
b) Sediment	
Fig.3-34. Fluctuations of aminopeptidase activity at each sampling site Tongyung coastal area (S=surface layer, B= bottom layer.)	277
a) Hydrolysis rate	
b) Maximum velocity	
Fig.3-35. Fluctuations of maximum uptake rate of ¹⁴ C-leucine at each sampling site in Tongyung coastal area (S=surface layer, B= bottom layer).	279
Fig.3-36. Abundances of total zooplankton and copepods in Aenggang Bay.	283
Fig.3-37. Abundances of total zooplankton and copepods at each station in Aenggang Bay.	285
Fig.3-38. Spatial distribution of zooplankton and copepods in Aenggang Bay.	286
Fig.3-39. Dendrogram of the zooplankton community in Aenggang Bay.	289
Fig.3-40. Seasonal variation in number of species of fish larvae in Aenggang Bay.	300
Fig.3-41. Mean abundance of fish eggs and larvae in Aenggang Bay.	301
Fig.3-42. The abundance of fish eggs at each station in Aenggang Bay.	304
Fig.3-43. The abundance of fish larvae at each station in Aenggang Bay.	306
Fig.3-44. The abundance of eggs and larvae of <i>Engraulis japonicus</i> at each station in Aenggang Bay.	308

Fig.3-45. Seasonal variation in unnumber of species of fish larvae in Tongyung coastal area.	322
Fig.3-46. Mean abundance of fish eggs and larvae in Tongyung coastal area.	323
Fig.3-47. The abundance of fish eggs at each station in Tongyung coastal area.	326
Fig.3-48. The abundance of fish larvae at each station in Tongyung coastal area.	328
Fig.3-49. The abundance of eggs and larvae of <i>Engraulis japonicus</i> at each stations in Tongyung coastal area.	330
Fig.3-50. The number of macrobenthic species occurred in Aenggang Bay. ..	343
(a) October, 1994 (b) January, 1995	
(c) May, 1995 (d) August, 1995	
Fig.3-51. The number of individuals of macrobenthos occurred in Aenggang Bay.	347
(a) October, 1994 (b) January, 1995	
(c) May, 1995 (d) August, 1995	
Fig.3-52. Biomass of macrobenthos occurred in Aenggang Bay.	351
(a) October, 1994 (b) January, 1995	
(c) May, 1995 (d) August, 1995	
Fig.3-53. The values of Shannon's species diversity of macrobenthos in Aenggang Bay.	356
Fig.3-54. The macrobenthic faunal assemblages in Aenggang Bay.	357
A : <i>Lumbrineris</i> - <i>Xenophthalmus</i> assemblage	
B : <i>Ditrupa</i> - <i>Fustiaria</i> assemblage	
C : <i>Eriopisella</i> - <i>Praxillella</i> assemblage	

Fig.3-55. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during June, 1995.364

(a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Alveolus ojanus*
(c) *Ophiopholis mirabilis* (d) *Heteromastus* sp.

Fig.3-56. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during August, 1995.368

(a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Amaeana* sp. (d) *Heteromastus* sp.

Fig.3-57. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during November, 1995.372

(a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Amaeana* sp. (d) *Amphioplus* sp.

Fig.3-58. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during January, 1996.377

(a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Tharyx* sp.
(c) *Amphiura* sp. (d) *Mediomastus* sp.

Fig.3-59. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during May, 1996.381

(a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Ampharete arctica* (d) *Tharyx* sp.

Fig.3-60. The number of macrofaunal species occurred in Tongyung coastal area.387

(a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995
(d) January, 1996 (e) May, 1996

Fig.3-61. The number of individuals of macrobenthos occurred in Tongyung coastal area.392

- (a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995
 (d) January, 1996 (e) May, 1996

Fig.3-62. Biomass of macrobenthos occurred in Tongyung coastal area. .. 397

- (a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995
 (d) January, 1996 (e) May, 1996

Fig.3-63. The values of Shannon's species diversity of macrobenthos in Tongyung coastal area. 403

Fig.3-64. The macrobenthic faunal assemblages in Tongyung coastal area. 404

- A : *Alveolus* - *Heteromastus* assemblage
 B : *Ampharete* - *Ameana* assemblage
 C : *Ophiopholis* - *Tharyx* assemblage

Fig.3-65. Vertical zonation of macrobenthos in Hyungje sum (po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ☒: lower species density zone, ☒: middle species density zone, ☒: higher species density zone). 437

Fig.3-66. Vertical zonation of macrobenthos in No do (po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ☒: lower density zone, ☒: middle density zone, ☒: higher density zone). 441

Fig.3-67. Vertical zonation of macrobenthos in Sochido (po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ☒: lower density zone, ☒: middle density zone, ☒: higher density zone). 445






Fig.3-68. Vertical zonation and coverage of macrobenthos on intertidal rocky shore in Tongyung.	462
( : <i>Nodilittorina exigua</i> , Gastropoda;  : <i>Littorina brevicula</i> , Gastropoda;  : <i>Chthamalus challengeri</i> , Cirripedia;  : Other invertebrate animals;  : Macro algae)	
Fig.3-69. Dendrogram showing clusters of samling stations.	476
Fig.3-70. The cumulative percentage composition of the number of individuals at St. A and St. B with respect to the sediment depth.	488
Fig.3-71. The vertical distribution of meiobenthos at St. A.	490
Fig.3-72. The vertical distribution of meiobenthos at St. B.	491
Fig.3-73. The number of individuals at both stations with sediment depth.	493
Fig.3-74. Possible food web for the fisheries of the study area.	501
Fig.3-75. Expected area for Ocean Ranching(spat area) in the study area, Tongyung.	509
(E : possible area for experimental study, G : sandy or gravelly mud area, M : mud area, SP : might be semi-polluted area, KORDI : experimental cage of KORDI)	
Fig.4-1. Field measurement in Aenggang Bay.	526
Fig.4-2. Field measurement in Tongyung coastal area.	528
Fig.4-3. Sketch of pontoon type floating breakwaters for protecting relatively long period waves with vertical plates	532
Fig.4-4. Floating breakwater model and wave gauges	533

Fig.4-5. Internal view of the floating breakwater	534
Fig.4-6. Definition sketch for a boundary value problem	537
Fig.4-7. Definition of body motion	539
Fig.4-8. Transmission coefficients of the conventional pontoon type floating breakwater	546
Fig.4-9. Transmission coefficients for individual wave components of the conventional pontoon type floating breakwater	547
Fig.4-10. Phase lags for individual wave components of the conventional pontoon type floating breakwater	548
Fig.4-11. Transmission coefficients of the pontoon type floating breakwater with 0.5 d long vertical plates	550
Fig.4-12. Transmission coefficients of the pontoon type floating breakwater with 1.0 d long vertical plates	551
Fig.4-13. Fundamental structure of ultrasonic transducers	558
Fig.4-14. Design of piezoelectric fish finding transducer	559
Fig.4-15. Developed piezoelectric fish finding transducer	560
Fig.4-16. Manufacturing process of piezoelectric ceramic	562
Fig.4-17. Underwater acoustic water tank for transducer calibration system	567
Fig.4-18. Block diagram of transducer calibration system for evaluating transmitting voltage response (TVR)	568
Fig.4-19. Timing parameters	569
Fig.4-20. Electric circuit for the transducer turntable (device that rotates the transducer)	570
Fig.4-21. Formulation of computer visual basic programming for driving motors	573

Fig.4-22. Admittance Y for the developed fish finding transducer.	574
Fig.4-23. Admittance Y plotted as a function of frequency on the complex plane.	576
Fig.4-24. 50 kHz transmitted signal for measuring transmit voltage response.	577
Fig.4-25. The signal received at the standard hydrophone B&K 8103.	578
Fig.4-26. Block diagram of transducer calibration system for evaluation receiving voltage response (RVR)	580
Fig.4-27. The signal of our fish finding transducer for the 50 kHz signal transmitted by a standard projector B&K 8104	581
Fig.4-28. Directivity beam pattern for fish finding transducer at 50 kHz.	583
Fig.4-29. Directivity beam pattern for fish finding transducer at 200 kHz.	584

List of Tables

Table 2-1. P-I parameters and chl. a concentrations	71
Table 2-2. Estimated daily water column productivity	72
Table 2-3. Fluxes and composition of particles from water column.	108
Table 2-4. Fluxes of elements within the chamber	116
Table 2-5. Comparison of dissolved oxygen consumption rate during the chamber experiments.	117
Table 2-6. Budgets of elements across the sediment-water interface	119
Table 2-7. Time-series measurements of vertical flux of particulate matter to the bottom. In and out of the fish culture cage (Tongyung), southern coastal bay in Korea.	124
Table 2-8. Sediment chemistry in southern coastal bay (Tongyung) in Korea.	127
Table 2-9. Pb-210 derived sedimentation rates and sediment parameters in southern coastal bay in Korea.	128
Table 2-10. Turn-over rate(Tr) and $V_{MAX}(V_{Up})$ of ^{14}C -leucine, hydrolysis rate(Hr) and $V_{MAX}(V_{Hydro})$ of leu-MCA and Tr/Hr at the Fish Farm and outer sites.	136
Table 2-11. Bacterial biomass, bacterial production, mass turn-over time(rate) and mineralization rate at the Fish Farm and outer sampling sites.	139
Table 2-12. Annual budget of wet weight of fish in marine fish cage ($g/m^2/y$).	150
Table 2-13. The amount of feed input in marine fish cage during 1995.8 - 1996.7	150

Table 2-14. Valuse which were used in mass conversion.	159
Table 2-15. Coefficients used in model development	165
Table 3-1. The water temperature in Aenggang Bay	220
Table 3-2. The salinity of sea water in Aenggang Bay	223
Table 3-3. The concentration of DO in Aenggang Bay	229
Table 3-4. Some chemical values of sea water in Aenggang Bay	231
Table 3-5. The water temperature in Tongyung coastal area	237
Table 3-6. The salinity of Tongyung coastal area	239
Table 3-7. The concentration of DO in Tongyung coastal area (unit : mg / ℓ) (a) June, 1995; (b) August, 1995; (c) November, 1995; (d) January, 1996	240
Table 3-8. Some chemical parameters of Tongyung coastal area (* : mg/ ℓ ; ** : $\mu\text{g} \cdot \text{at} / \ell$) (a) August, 1995; (b) January, 1996	244
Table 3-9. Sediment composition and characteristics of study area in. Tongyung coastal area	254
Table 3-10. Ratio of stones and shell fragments weight in the study area of Tongyung coastal area ($\text{g}/0.3\text{m}^2$)	257
Table 3-11. Dominant species of phytoplankton in Tongyoug coastal area	264
Table 3-12. Distribution of chl.-a(mg/m^3)and primary productivity($\text{mg}-\text{C}/\text{m}^3/\text{hr}$) at each site in Aenggang Bay	265
Table 3-13. Distribution of total bacterial number(TBN), bacterial biomass(BBM), heterotrophic bacterial number(HBN), bacterial productivity(BP) and turn-over rate of ^{14}C -glucose(Tr-glc.) at each site in Aenggang Bay	269
Table 3-14. Distribution of extracellular enzyme activity at each site in Aenggang Bay	272

Table 3-15. Numerical abundance of zooplankton in October, 1994	281
Table 3-16. Numerical abundance of zooplankton in January, 1995	282
Table 3-17. Diversity of zooplankton community in Aenggang Bay	288
Table 3-18. Abundance (inds./m ³) of dominant zooplankton groups in the study area in each season	290
Table 3-19. Phytoplankton biomass(mgC/m ³), Community ingestion rates(mgC/copepods in m ³ /day), Community grazing rates(mg Chl-a/copepods in m ³ /day) and individual filtration rates(ml/animal/day) of copepods at the study area in each season	293
Table 3-20. The mean abundance of fish eggs and larvae in Aenggang Bay	298
Table 3-21. The abundance of fish eggs and larvae at each station in Aenggang Bay	302
Table 3-22. The list of species captured in the Aenggang Bay	311
Table 3-23. The wet weight and individuals of adult fishes captured in the study area	313
N : Number of individuals, W : Wet weight(g)	
Table 3-24. The wet weight and individuals of adult fishes captured in Aenggang Bay	314
N : Number of individuals, W : Wet weight(g)	
Table 3-25. The mean abundance of fish eggs and larvae in Tongyung coastal area	320
Table 3-26. The abundance of fish eggs and larvae at each station in Tongyung coastal area	324
Table 3-27. List of species in each month in Tongyung coastal area from October, 1995 to August, 1996	333

Table 3-28. Dominant species of the macrobenthos in Aenggang Bay (a) October, 1994; (b) January, 1995; (c) May, 1995; (d) August, 1995	338
Table 3-29. The dominant species and their abundance rank in each season collected by Agassiz trawl in Aenggang Bay	341
Table 3-30. Dominant species of the macrobenthos in the Tongyung coastal area (a) June, 1995; (b) August, 1995; (c) November, 1995; (d) January, 1996; (e) May 1996	360
Table 3-31. The dominant species and their abundance rank in each season collected by Agassiz trawl in Tongyung coastal area	385
Table 3-32. List of marine benthic algal species occurred at three investigated localities in the Aenggang Bay. Functional forms of algal species are classified to the six groups; TTS : thin tubular and sheet like, DB : delicately branched, CB : coarsely branched, TBB : thick blades and branched, AC : articulated calcareous, ENC : encrusting	407
Table 3-33. Species composition of three algal communities in three floristic groups	411
Table 3-34. Species composition of three algal communities in six functional-form groups	412
Table 3-35. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Hyungjesum on Aenggang Bay	414
Table 3-36. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Nodo on Aenggang Bay	415
Table 3-37. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Sochido on Aenggang Bay	417

Table 3-38. Intertidal zonation of several sites located in the South Sea of Korea	419
Table 3-39. Species occurrence (percent coverage in 50x50cm ²) in the subtidal zone of three investigated algal communities	422
Table 3-40. Number of species and biomass(g-fresh weight) at each depth of the studied algal communities in Aenggang Bay	426
Table 3-41. Number of species in each taxonomic group at tidal level (I: Intertidal zone, S: Subtidal zone, T: Total number of species in each area)	429
Table 3-42. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Hyungjesum on Aenggang Bay	434
Table 3-43. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Nodo located in the entrance of Aenggang Bay	439
Table 3-44. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Socuido located in the outside of Aenggang Bay	443
Table 3-45. List of algal species in the coastal rocky benthic communities of Tongyung. Functional forms of algal species are classified to the six groups; TTS : thin tubular and sheet like, DB : delicately branched, CB : coarsely branched, TBB : thick blades and branched, AC : articulated calcareous, ENC : encrusting ...	447
Table 3-46. Species composition of the coastal rocky benthic communities of Tongyung in three floristic groups	450
Table 3-47. Species composition of the coastal rocky benthic communities of Tongyung in six functional-form groups	451
Table 3-48. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of the coastal rocky benthic algal community of Tongyung	453

Table 3-49. Species occurrence (percent coverage in 50x50cm ²) in the subtidal zone of the rocky benthic algal communities of Tongyung	455
Table 3-50. Number of species and biomass(g-fresh weight) at each depth of the studied algal communities of Tongyung	458
Table 3-51. The dominant macrobenthos and their occurrences at each tidal level of Tongyung	459
Table 3-52. Vertical zonation of the six rocky benthic algal communities of Tongyung in the summer season of 1996	467
Table 3-53. The environmental conditions at the fish culture cage in Tongyung coastal area	470
Table 3-54. Number of species and abundance of each taxonomical groups under the fish cage in Tongyung	475
Table 3-55. Ecological characteristics and dominant species in each station	478
Table 3-56. Distribution of Asteroidea under the fish cage	480
Table 3-57. The number of individuals of meiobenthos at Changdudo(St. A) in Tongyung coastal area	482
Table 3-58. The number of individuals of meiobenthos at the fish cage(Chodo, St. B) in Tongyung coastal area	483
Table 3-59. The percentage of major meiofaunal group occurred at St. A ...	486
Table 3-60. The percentage of major meiofaunal group occurred at St. B	487
Table 3-61. The Nematode/Harpacticoid and Nematode/Kinorhyncha ratios at both sites in Tongyung coastal area	495
Table 3-62. Flora and faunal list for inventory	498

Table 4-1. Experimental wave conditions for single pontoon type breakwater535

Table 4-2. Frequency selection for the kind of fishes555

List of Appendix

Appendix 3-1. The species list of fishes occurred in Tongyung coastal area during the study period.	589
Appendix 3-2. Inventory	597

제 1 장 서 론

우리들 인간이 살아가기 위해서는 에너지가 되는 식량이 필요하다. 인간의 몸은 건전지와 같이 몸을 움직임으로 소비되는 에너지를 적시 보급하지 않으면 안되며, 몸의 성장을 위한 에너지도 필요하다. 이러한 에너지의 보충을 위한 필요한 식량은 전부 생물로부터 얻어지며, 석유나 광물 등의 무생물을 직접 식량으로 하지는 않는다. 우리 인간은 원시인으로부터 현재까지 더 나아가서는 장래에도 식량을 확보하기 위해 끊임없는 노력을 계속하여야 한다.

식량을 필요로 하는 세계의 인구는 점점 증가하여 현재 52억 845만명에 달하고 있고, 10년후의 21세기초에는 63억, 100년후의 21세기말에는 현재의 2배 이상인 113억인으로 예상되고 있다. 한편, 현재도 지구상에는 충분한 식량이 공급되지 않아서 기아 상태에 있는 사람들이 많이 있어 국제적 문제로 되고 있으며, 앞으로는 인구증가에 따라 기아 인구는 급속도로 증가할 것으로 판단된다.

그러므로 인구증가에 알맞게 대처하기 위하여 보다 많은 식량을 생산하는 것이 필요하지만 육지의 농업이나 목장으로는 인구의 증가속도에 식량생산이 따라갈 수 없는 상태이다. 그렇지만 해양에 있어서의 식량 증산은 아직까지 여유가 있어 많은 학자들이 크게 기대를 하고 있다. 왜냐하면 해양은 지구 전면적의 70.5%, 약 3.6 억Km² 되는 광활하며, 그곳에 살고 있는 천연의 해양생물도 어마어마한 양이면서 매년 자연의 번식이 반복되고 있어, 도저히 인간의 힘이 도달할 수 없을 정도로 풍부한 자원이다.

그러나 20세기 후반에 들어와서 어선이나 어구의 근대화에 의한 대량어획, 해양오염의 증대 및 지구의 기후변동 등으로 인하여 해양생물 자원이 점점 감소해짐에 따라 인류의 마지막 식량보고에 비상이 걸리게 되었으며, 최근 선진국에서는 이러한 상황에 대처하고 세계 전체의 해양생물 생산량을 획기적으로 증대시키기 위해서는 새로운 개념의 해양목장화가 도입되었다.

해양목장의 개념이 도입될 때에는 인류의 마지막 식량을 유지, 보전, 증대시키는 수산업의 이상형, 미래형이라고 생각하는 사람이 많았으며, 해양목장은 미래어업의 기본 기술체계로 해양생물자원으로부터 식량을 지속적으로 생산 가능

한 시스템이라고 하였고, 현재는 기르는 해양생물의 종류를 대폭 증가시키고, 회유성의 어종을 포함하는 다양한 증식기술을 확립해서 연안역 또는 근해역을 종합적으로 이용해 가는 방향으로 전환되었다.

현재 선진국에서 시행하고 있는 해양목장의 특징은 다음과 같이 정리하고 있다.

해양목장은 종묘생산, 어장조성, 종묘방류, 육성관리, 회수관리, 환경제어, 병해충 대책 등 넓은 기술 요소를 유기적으로 짜 맞춘 관리형 어업이며, 연안뿐만 아니라 근해의 넓은 수역과 많은 종류를 대상하는 하는 것이 목표이며, 그리고 개개의 종류별 해양생물의 자원배양시스템을 입체적으로 짜 맞추어 해역의 특성에 알맞은 복합적인 자원배양시스템의 확립을 최종목표로 하고 있다.

그러므로 해양목장이란 환경(어장)과 생물(수산동·식물)을 효율적으로 제어·관리함으로써 해양의 생산력을 제고하는 시스템을 조성하는 것이므로, 해양생태계의 전반적인 관리가 필수요건이 되는 것이다. 따라서 바다의 물리·화학적 환경요인은 물론, 생태계를 구성하는 모든 동·식물이 균형적으로 유지되고 관리되어야 한다.

다시 말하면, 바다의 생산성을 높이기 위하여서는 인공어초 시설이나 해중조립 등의 환경개선과 종묘(양식생물) 이외의 플랑크톤이나 기타 먹이생물등 각종 생물군집의 조화 있는 유지관리가 이뤄질 수 있도록 해야 한다. 따라서, 해양목장사업도 연안어장(전답)을 정비하여 양식생물(종자)이 잘 자랄 수 있게 하는 것이므로 해양농장화를 의미하는 것이며, 비록 특수 어종(동물)의 사육이 주종을 이룬다고 할지라도 이런 농장화의 기본개념을 바탕으로 하지 않으면 안된다.

해양목장에 대한 기술개발은 크게 양식관련기술과 증식관련기술은 나누워진다. 이중 양식관련기술은 종묘생산기술, 이·사료 생산기술, 양식시설, 설비에 관한 기술, 양식생산관리기술로 나누어지며, 증식관련기술은 종묘방류, 이식기술, 환경개선기술, 어업관리기술로 크게 나누어지는데 그 효과에 대해서 아직까

지 많은 문제점을 내포하고 있다. 특히 환경개선기술은 개개의 환경생물종을 관리하는데 필요한 생태나 생활사에 대한 충분한 지식의 확립, 더 나아가서 환경생물 상호의 관계파악 등에 기술적으로 많은 미해결점이 있다. 또 무생물 환경도 그 메커니즘의 평가, 생물로의 영향 등이 불명확한 점이 있다. 그리고 광대한 자연환경을 개선하려면 그 비용은 어마어마하기 때문에 현재까지는 기술적 및 경제적. 곤란한 점이 많다. 그렇지만 해양에 대한 주변기술의 개발로 21세기 후반에는 현재의 문제점이 모두 해결될 것으로 본다.

해양목장화와 관련하여 기술개발중 우리 나라는 2001년의 수산물 수요를 약 500만 m^3 으로 추정하고, 이에 따른 수산물 수요불균형을 해소하며, 년 6.4%의 어업성장률을 유지하면서 어가 소득을 농가수준으로 증대시키기 위한 연안 어장자원증대사업의 추진전략을 수립하였다. 그 주요 내용은 인공어초 설치와 종묘의 대량 생산·방류에 의한 자원조성, 그리고 양식기술 개발을 통한 적극적인 증산계획 등, 연안어장자원증대의 기본사업을 전부 포함하고 있으며, 91년까지 매년 7,000ha씩 인공어초를 설치하여 94년까지 수심 40m 이내의 총적지(80,224ha)에 어초시설을 완료하고, 2001년부터는 400m 이심의 해역(273,000ha)에 적정량을 설치한다. 또 종묘배양장을 증설, 종묘생산량을 매년 20%씩 증산하여 방류하며, 2,500ha의 어류축양장과 17,250ha의 양식장의 신규개발, 그리고 사료·어병·월동에 대한 양식기술 개발사업도 적극 추진하며, 그 지역에 알맞는 품종과 어장을 개발하여 축양 및 양식단지를 조성하며, 2001년까지 16개소로 증설할 예정이다.

어장환경의 적극적인 보전책으로 주요수면(수산자원보전수역, 보호수면, 청정해역)을 확대 지정하며, 불법어업 단속으로 어업질서를 확립하는 것이 주 내용이고, 현재까지 지정되어 있는 주요수면 144개소(49.4만ha)에 향후 5년간 56개소(4.1만ha)를 추가 지정하고, 이의 철저한 관리를 통하여 어장을 보전하고 자원을 보호 육성토록 한다. 그리고 해저침적물의 제거와 준설 및 내만 재개발을 통한 어장정화사업도 실시하고 있다. 또 불법어업의 근절을 위하여 철저한 단

속과 계몽, 불법어업자들의 전업을 위한 기술지도와 소득원 개발 등으로 연안 어장의 효율적 관리에 중점을 두고 있다.

일본은 1960년대부터 적극적인 자원배양형어업 개발을 위한 연구를 시작하였다. 70년대 연안어장정비 및 어업구조개선 등 천해역개발과 연어·송어의 대량 배양 기술개발 사업에 이어, 80년대에는 200해리 시대에 대비하여 연근해 유용자원의 배양을 도모하기 위한 해양목장기술개발연구계획(Marine Ranching Program, 1980-88)을 추진 중에 있다. 최근에는 새로운 소재 및 공학기술을 자원관리 및 생산시스템에 이용하는 문제도 구체적으로 연구되고 있음. 예를 들면 소리를 이용하여 방류한 어군을 관리하는 음향급이시스템이나 해양목장의 에너지원으로서 태양열 발전시스템을 이용하려는 “Sunshine 계획” 등도 활발하게 추진되고 있다. 또 일본의 해양목장화 계획은 일본 정부가 거국적으로 추진하고 있는 종합해양개발구상의 일부로서 더욱 구체화될 것으로 생각된다. 해양개발구상은 과학기술청의 Aqua-marine계획, 국토청의 Marinopolis구상, 농림수산성의 Marinovation구상, 통산성의 Marine community polis 계획 등으로 연근해역의 종합적 이용을 위한 방대한 미래지향적 계획으로 추진 중에 있다.

본 연구는 우리 나라 전 연안에 환경친화적인 해양목장을 설치하고, 해양목장화에 필요한 제반 기술을 개발하여 이 분야의 세계기술시장에서 비교우위를 확보하기 위한 생태계 구조 및 구성원에 대한 연구 및 환경요인의 특성 파악하여 생태계의 물질 생산량, 생태계의 안정성·건강도, 생태계 수용력의 변화예측하며, 해양목장화에 필요한 인공어초설치, 음향 급이 및 순치에 필요한 기반연구를 하는 데 그 목적이 있다.

제 2 장 해양목장화를 위한 모델 제시

제1절 서론

우리나라 남해는 천혜의 해양조건으로 가두리 양식장 어업이 번성하고 있다. 전라남도과 경상남도를 포함한 남해안은 우리나라 수산물 총생산량의 약 80%를 차지하여, 우리나라의 수산업은 양식산업의 장래와 운명을 같이 한다고 할 수 있다. 이들 양식업에 대한 연구는 많이 이루어졌으나 주로 양식생산의 증대를 위한 양식어종의 개발과 효율적인 사육법 등과 같은 문제에 집중되어져 왔다. 반면 장기적인 생산증대를 위해 필요한 환경문제에 대한 연구는 우리나라에선 거의 이루어지지 않은 실정이다. 악화되는 연안의 수질, 조류소통의 방해, 생태계의 균형파괴 등에 의한 어병의 발생, 양식장내의 수질악화, 어류 폐사의 증가, 생육의 감소 등은 결국 양식장의 생산성과 직결된 문제라 할 수 있다. 따라서 지속가능한 양식장의 운영을 위해서는 양식장 주변의 수질 및 저질환경에 대한 연구가 필요하며, 이의 결과를 바탕으로 양식계획을 수립해야 할 것이다. 대단위 간척산업의 결과 서해안에서도 양식업이 활발해진 지금, 차츰 수산업에서 양식업이 차지하는 비율이 높아지고 있어, 지속가능한 양식장 운영의 필요가 높아지고 있다.

가두리 양식장에서의 높은 어류 생산성을 유지하기 위해 인위적인 사료의 투입이 이루어지고 있다. 투입된 사료의 일부분은 그대로 침전하여 가두리 양식장 혹은 부근 수역의 해저에 쌓이게 될 것이고, 물고기에 의해 섭취된 것들 중에서도 일부는 배설 혹은 물질대사를 통해 다시 수중으로 배출된다. 퇴적된 유기물질은 미생물의 분해과정 중 수체로 용출되어, 조류, 해류, 혹은 성층의 소멸 등과 같은 물리적인 기작을 통해 다시 표층으로 부유하게 된다. 유기물 분해시 해수 중 산소를 소모하게 되어 해양의 산화, 환원 환경을 변화시키기도 하며, 부유한 영양염은 식물 플랑크톤이 왕성히 성장할 수 있는 조건을 만들어 주기도 한다. 이러한 사료투입에 의한 영향은 비단 가두리 양식장에만 국한되

지 않는다. 침전하는 유기물질들은 조류, 해류 등의 영향으로 주변 수역으로 확산되기 때문에 가두리 양식장에서의 사료투입은 비교적 먼 거리에 위치한 해역의 물질수지에까지 영향을 미치게 된다. 이러한 영향을 평가하기 위해선 한 가두리 양식장을 중심으로 일어나는 물질수지와 그 생태계를 구성하는 각 요소들의 동적인 변화양상을 추적해야 하는 것과 아울러 이러한 가두리 양식장들이 공간적으로 어떻게 분포하며 밀집되어 있는가에 대한 조사를 통한 총체적인 접근이 요구될 것이다.

본 연구에서는 이러한 문제에 접근하기 위한 일환으로서 1995년 7월부터 1996년 7월까지의 전기간 혹은 일부기간에 걸쳐, 충무 근해의 한 가두리 양식장과 그 해저와 수체라는 임의적인 생태계를 설정하고 이 내부의 각 요소들이 보이는 시간적인 변화양상과 구조적인 특성을 조사함으로써 전체를 구성하는 각 요소들이 어떻게 상호영향을 주고받는가에 대한 조사가 수행하였다. 양식장 부근에서의 일차생산력의 추이와 질산염, 아질산염, 인산염, 규산염 등, 각 영양염들의 변화양상, 그리고 해저에 침전되는 유기물질량과 용출량, 저토 내의 유기물질의 함량 등에 대한 조사가 이루어졌으며, 이 조사자료들을 토대로 가두리 양식장 생태계 내의 연간 물질수지를 규명하기 위한 모형개발이 이루어졌다. 각 장의 내용들은 다음과 같다.

2절에선 조사기간 중 일차생산력이 어떠한 수준에서 어떠한 양상을 보이며 변화해 가는 가를 기술하였다. 엽록소와 각 영양염들의 연속측정자료를 이용한 시계열 분석을 다룬 3절에선 이들의 변화를 추동해 내는 주요한 기작으로 여겨지는 조차의 변화와의 상관관계를 분석하였으며, 또한 본 생태계의 엽록소, 영양염 표층 농도의 증가를 가능하게 하는 공급원으로서의 저토의 역할을 조사하였다. 4절에선 해수-퇴적물 경계면에서의 탄소, 질소, 인수지를 조사하기 위한 용출량과 침전량에 대한 챔버와 트랩실험의 결과가 주어져 있다. 또한 가두리 양식장에 의한 저토 퇴적물량의 영향을 조사하기 위해 수행한 외해의 해저 퇴적물과의 비교 실험결과를 기술하였다. 5절에는 입자성물질의 침강율에

대한 시계열 자료와 해저 퇴적물 축적율에 대한 조사결과가 제시되었다. 6절은 세균에 의한 유기물 분해와 세균을 통한 탄소흐름에 대한 연구를 담고 있다. 마지막으로 7절에선 앞장들에 제시된 자료와 결과들을 취합하여 수행한 가두리 양식장 생태계에 대한 연간 물질수지 모형개발과정과 그 결과를 기술하였다.

본 연구는 우리나라에서 미미했던 해양생태계 수준의 연구의 일환이라 할 수 있다. 결과적으로 서로간에 밀접하게 영향을 주고받는 생태계 내의 각 요소들 간의 상관성을 파악할 수 있었으며, 이는 나아가 가두리 양식장의 공간적인 분포와 밀집도 등을 고려한 보다 큰 규모의 연안생태계에 대한 연구로까지 확장되어갈 수 있는 토대가 되리라 기대된다.

제2절 광합성 특성 및 일차생산력

2.1. 조사시기 및 정점

일차생산력 조사는 1995년 6월 22일, 1995년 8월 21일, 96년 2월 1일에 전부 3회에 걸쳐 시행되었다. 조사정점은 1995년 6월에는 정점 2, 5, 11, 그리고 가두리, 가두리와 달아포구의 중간 정점이었고, 1995년 8월과 1996년 2월에는 정점 5, 가두리, 가두리와 달아포구의 중간정점이었다.

2.2. 엽록소

SBE25 (Seabird electronics Co.)를 사용하여 수은, 염분, 형광, 소광계수 등을 연속적으로 측정하였다. 채수기를 사용하여 해수를 채취하여 이 중 1ℓ의 해수를 GF/F (d=47mm, Whatman Co.) 여과지로 거른 다음 바로 90% 아세톤 용액에 담구어 24시간 동안 용출시켰다. 용출된 용액의 형광을 엽록소 표준용액 (Sigma Co.)으로 보정된 Turner model 10 fluorometer로 측정하여 Strickland and Parsons (1972)의 방법을 따라 엽록소농도로 바꾸었다. 이렇게 계산된 엽록소 값을 이용하여 SBE25에 실린 Seatech fluorometer로 측정된 현장농도와의 관계식의 매개변수를 구하였다.

2.3. 광합성 특성 (P-I properties)

P-I 특성을 재기 위하여 본 조사에서는 Babin *et al.* (1994)의 radial photosynthetron 방법을 채용하였다. 밀폐된 상자에 60ml 배양용 플라스크 (Falcon 3013)를 일렬로 배열하고 한쪽에서 분산된 빛을 비추어 플라스크 내

에 광량의 구배가 생기게 하였다. 광원으로는 HQI/D 400W 램프 (Osram Co.)를 썼다. 배양은 2 시간을 유지하였으며 각 플라스크의 광량은 QSL 100 scalar quantum meter (Biospherical Co.)를 써서 측정하였다. 광원의 분광분포를 측정한 결과 (한국해양연구소, 1994) 자연 일광과 유사하였다. 수온의 조절을 위하여 순환온도 조절기를 사용하여 현장의 수온을 유지하였다.

시료 770ml를 채수하여 약 2.5 리터 짜리 갈색병에 멀티 디스펜서 (multi-dispenser)로 넣은 다음 ^{14}C (bicarbonate, Amersham Inc.)를 첨가하여 잘 섞은 후 멀티 디스펜서로 10~12개 플라스크에 60ml 씩 주입하였다. 동시에 초기 활성도 시료를 2개씩 만들었다. 이를 위하여 $50\mu\text{l}$ 의 시료를 취하여 유리 scintillation vial에 넣고 $50\mu\text{l}$ 의 ethanolamine과 0.5ml의 증류수를 가하고 10ml의 Aquasol-2를 첨가하였다.

배양이 끝나면 즉시 12개짜리의 매니폴드를 써서 $0.45\mu\text{m}$ 막여과지 (nuclepore filter, d=25mm)로 여과한 뒤 여과지를 vial에 넣어 3N HCl 1ml를 가하여 후드에 넣고 교반하여 2 시간 가량 산훈증 (acid fuming)하였다. 산훈증이 끝나면 즉시 Aquasol-2 10ml를 가하여 냉암소에 보관한 뒤 실험실에서 RackBeta II Scintillation Counter로 측정하였다. Total alkalinity를 추정하기 위하여 Parsons 등(1984)의 방법을 따라 시료 100ml에 0.01N HCl 25ml를 첨가하여 전 후의 pH를 측정하였다. 모든 배양시료에서 ^{14}C 의 농도는 $0.05\sim 0.1\mu\text{Ci/ml}$ 가 되도록 하였다.

P-I 실험에서 얻어진 결과는 다음의 두 가지 중 하나의 광합성 모형에 적합화하여 매개변수화 하였다. 광량자의 흡수를 Poisson 과정으로 한 모형이 적절하며 광저해가 없을 경우 다음과 같이 정의된다 (Cullen, 1990).

$$P = B P_m^B (1 - \exp[-\alpha^B I / P_m^B])$$

여기서 B는 생체량, 위첨자 B는 단위 생체량당 매개변수임을 의미한다. P^B 는 단위 엽록소 당 광합성량이고, P_m^B 는 포화 광도 이상에서의 단위 생체량 당 광합성량, 즉 동화율 (assimilation number)이다. α 는 광합성의 광량자 효율과 관련된 매개 변수로 광합성-광도 곡선 중 포화 광도 이하에서의 선형 반응의 기울기를 가리킨다.

광저해 현상이 있을 경우 3 개의 매개변수를 가지고 있는 Platt *et al.* (1980)의 모형을 사용하였다 (Fig. 2-1).

$$P = B P_s^B (1 - \exp [-\alpha^B I / P_s^B]) \exp [-\beta^B I / P_s^B]$$

β 는 광저해 정도를 결정짓는 매개 변수이다. P_s^B 는 $\beta \rightarrow 0$ 일때 P^B 의 최대값으로 정의된다. Gauss-Newton 법에 의한 비선형 모델의 적합화를 하여 매개 변수의 추정을 하였다. 앞의 세 가지 기본 매개변수에서 다음의 두 가지 매개변수가 유도된다.

이 때의 최대 광합성값은

$$P_m^B = P_s^B \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha}}$$

로 주어진다. 또한 광 적응 매개변수 I_k 는 (Talling, 1975)

$$I_k = \frac{P_m^B}{\alpha}$$

로 정의된다.

CM - 95 - st-5S

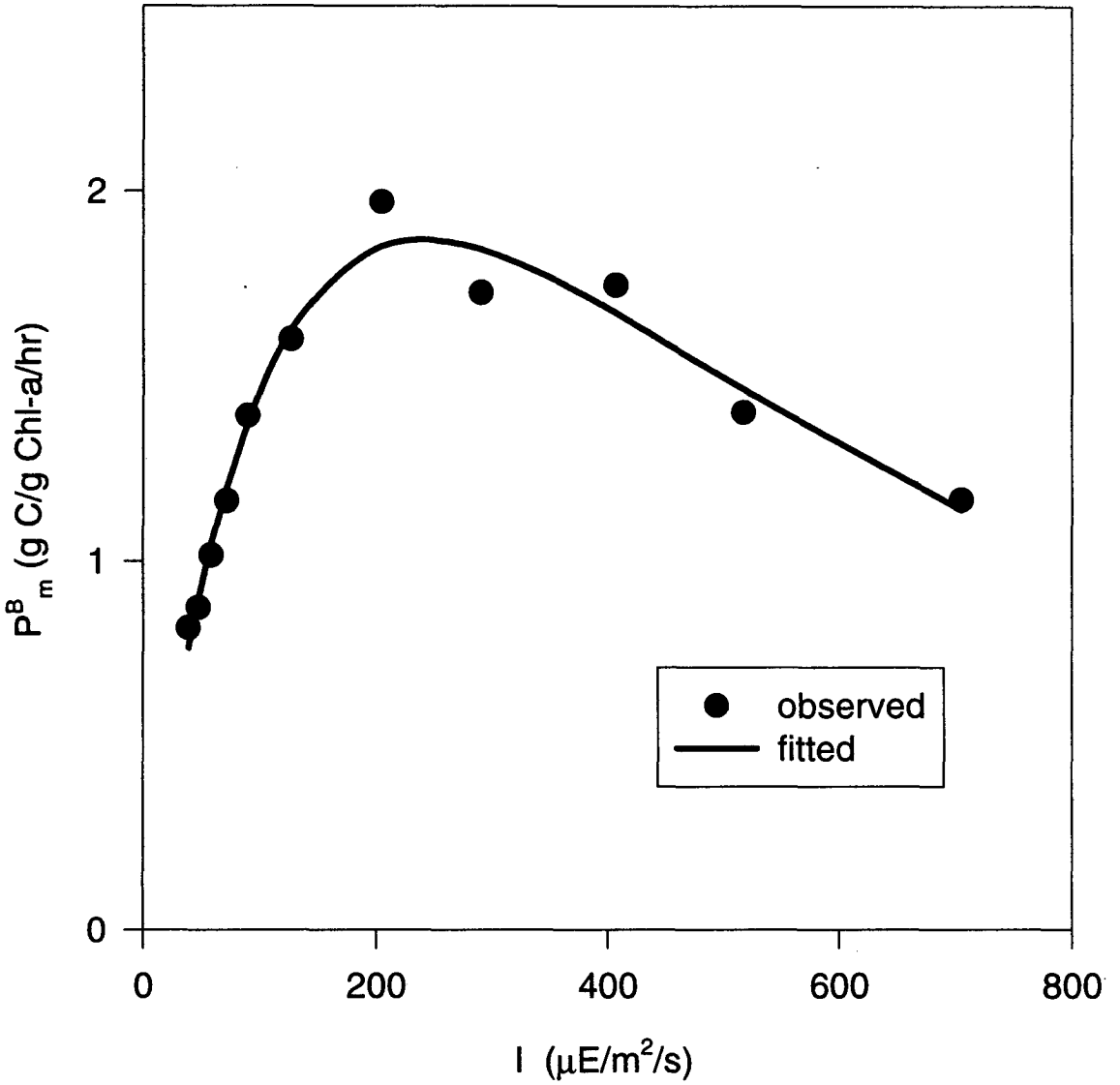


Fig.2-1. P-I curves measured at st. 5 in June, 1995.

2.4. 물기둥 내의 일 일차생산력

광량은 진주 기상대에서 일사계로 측정된 1995년 6월, 1995년 8월, 1996년 2월의 평균일사량을 (기상청, 1995과 1996) 일사시간으로 나누어 평균 광도를 구하고 이중 45% 광합성 광량 (PAR)로 취하였다 (Baker and Frouin, 1987). 소광계수 $K(\text{PAR})$ 는 CTD의 underwater PAR sensor에서 얻어진 프로파일에서 구하였다. KPAR를 소광식 ($I_z = I_0 e^{-kz}$)에 반복적으로 적용하여 각 수심에서의 광량을 구한뒤 광합성 모델에서 광합성량을 추정하고 전체의 합을 구하였다.

2.5. 결 과

1995년 6월

광합성 효율 α 는 $0.00126 \sim 0.0473 \text{ mg C/mg Chl-a/h}$ ($\mu\text{E/m}^2/\text{s}$)의 큰 범위를 보였고 단위 생체량 당 광합성 용량 (또는 동화율) P_m^B 역시 $0.1977 \sim 10.8269 \text{ mg C/mg Chl-a/h}$ 의 큰 범위를 보였다 (Table 2-1). α 는 특히 정점 2, 11에서 낮고 가두리 역에서 높았으며 표층보다 저층이 높았다. 광량에 대한 적응 정도를 나타내는 I_k 는 $54.0 \sim 267.5 \mu\text{E/m}^2/\text{s}$ 였으며 특히 정점 5, 11에서 낮았다. 가두리 정점 G과 가두리 주변 D는 물기둥 일차생산이 높아 각각 $592.1, 1005.2 \text{ mg C/m}^2/\text{day}$ 에 이르렀으나 정점 2, 11, 5는 매우 낮았다 (Table 2-2).

1995년 8월

광합성 효율 α 는 $0.0186 \sim 0.0302 \text{ mg C/mg Chl-a/h}$ ($\mu\text{E/m}^2/\text{s}$)의 범위를

Table 2-1. P-I parameters and chlorophyll-a concentration

Date	St.	α	P_m^B	I_k	Chl-a
June '95	G	0.0302	8.0806	267.5135	0.7238
	D	0.0473	10.8269	229.0016	0.8255
	2	0.0012	0.1977	157.4368	0.5862
	5	0.0242	1.8683	77.3364	0.3111
	11S	0.0052	0.4713	89.8470	1.1784
	11B	0.0165	0.8943	54.0516	0.5144
Aug. '95	D	0.0302	4.7853	158.2005	2.6020
	G	0.0187	5.4377	290.2225	1.2260
	5	0.0186	3.6006	193.3344	3.7090
Feb. '96	5	0.0068	2.3606	345.5976	0.3510
	G	0.0173	6.0140	348.0101	0.2420
	D	0.0184	3.2284	175.0408	0.2370

* α : mg C/mg Chl-a/hr ($\mu E/m^2/s$)

P_m^B : mg C/mg Chl-a/hr

I_k : $\mu E/m^2/s$

Chl-a : mg/m³

보였고 단위 생체량 당 광합성 용량 (또는 동화율) P_m^B 는 3.60~5.44 mg C/mg Chl-a/h의 범위를 보였다. 광량에 대한 적응 정도를 나타내는 I_k 는 193.3~290.2 $\mu E/m^2/s$ 로 6월에 비해 매우 높았다. 가두리 정점 G, 가두리 주변 D는 물기등 일차생산이 6월과 비슷하여 각각 643.3, 967.5 mg C/m²/day에 이르렀으나 정점 5는 매우 높아진 1210.0 mg C/m²/day의 값을 보였다.

1996년 2월

광합성 효율 α 는 0.0068~0.0184 mg C/mg Chl-a/h ($\mu E/m^2/s$)의 범위를 보였고 단위 생체량 당 광합성 용량 (또는 동화율) P_m^B 역시 2.36~6.014 mg C/mg Chl-a/h의 범위를 보였다. I_k 는 175.0~348.0 $\mu E/m^2/s$ 으로 높았다.

Table 2-2. Estimated daily water column productivity (mg C/m²/day)

Date	St.	Productivity
June '95	2	26.0
	5	101.2
	11	134.2
	D	100.5
	G	592.1
Aug. '95	D	967.5
	G	643.3
	5	1210.0
Feb. '96	5	50.5
	G	87.7
	D	74.0

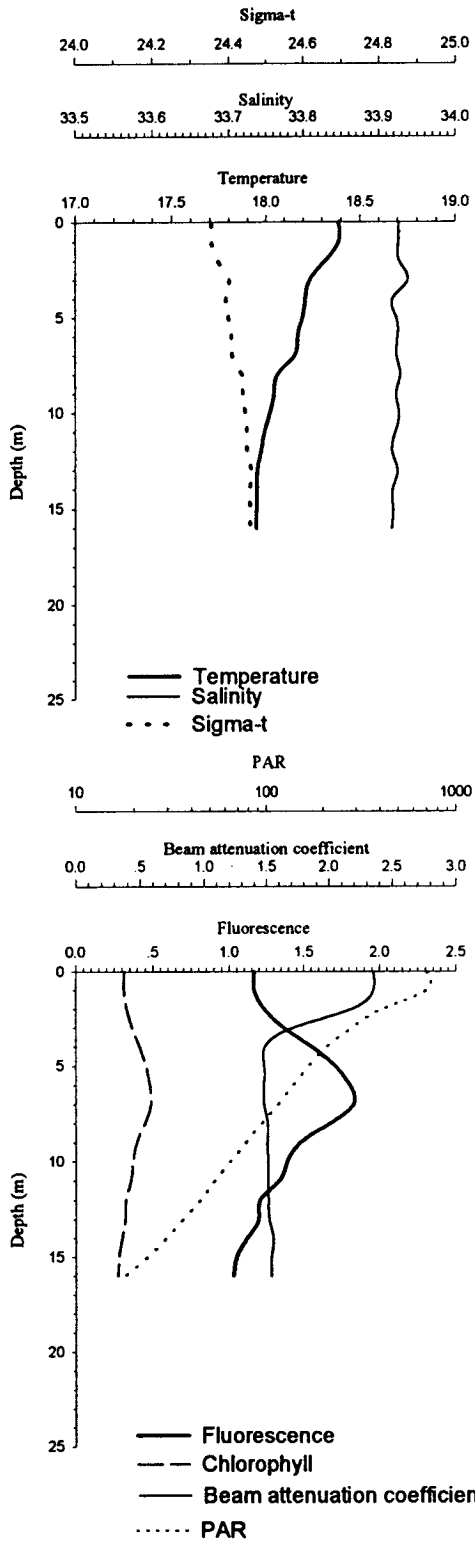
물기둥 일차생산은 전체적으로 낮아 가두리 정점 G와 가두리 주변 D는 각각 87.7, 73.9 mg C/m²/day, 정점 5는 50 mg C/m²/day에 불과 하였다.

2.6. 고 찰

조사지역의 일차생산은 연안임에도 불구하고 비교적 낮은 값을 보였다. 한편 가두리에서는 6 월이나 8 월의 일차생산이 비슷하게 높았다. 다른 정점의 경우, 8 월의 일차생산이 매우 높았으며 정점 5는 최대값을 보였다.

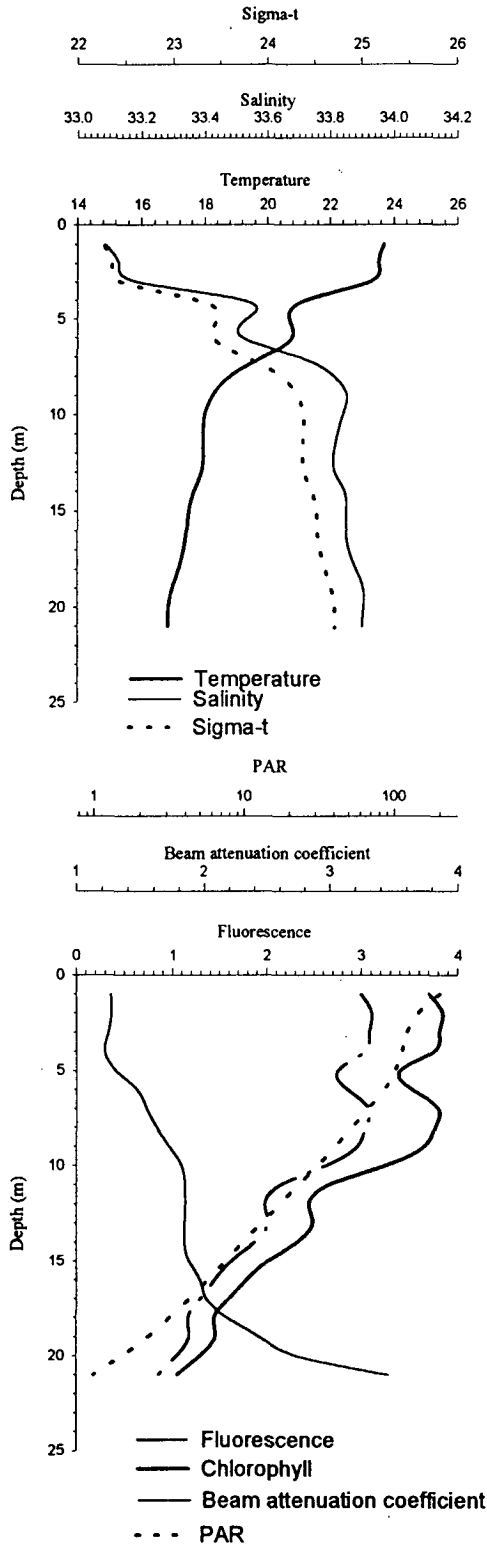
6 월의 경우 성층이 뚜렷하여 표층의 영양염이 고갈된 것으로 해석된다 (Fig. 2-2). 그러나 8 월에는 성층이 더욱 강화되었음에도 표층의 엽록소가 증가한 것은 (Fig. 2-3) 장마 동안 육지에서 유입된 영양염이 연안역 전체의 일차생산 증가를 가져온 것으로 보인다.

6 월의 동화율을 보면 가두리 정점에서는 기타 정점에 비해 수십배 높았으며 가두리와 달아포구의 중간 정점인 D에서도 높아 가두리의 영향에 의한 가



St. 5

Fig.2-2. Profiles of chl-a and other parameters at st. 5 in June, 1995.



St. 5

Fig.2-3. Profiles of chl-a and other parameters at st. 5 in August, 1995.

능성이 높으며 이에 대한 조사가 필요하다. 8 월과 2 월에는 정점 5의 동화율도 높아진 것은 위의 해석을 뒷받침 한다.

6 월의 일차생산력이 전체적으로 낮게 나타난 것은 P-I 실험이 표층 시료에 대해서만 시행되었으며 이 결과, 동화율이 매우 낮았기 때문이다. 중층에 잘 발달된 엽록소 최대층은 생산이 활발히 진행되었음을 시사하며 표층의 식물플랑크톤보다 높은 동화율과 초기기울기를 가질 것으로 생각되며 이 경우 본 조사에서 추산한 물기둥 일차생산은 과소평가되었을 것이다.

따라서 연안환경의 년중 일차생산을 정확히 파악하기 위하여 춘계번성 후 장마후에 이르는 동안의 일차생산력은 좀더 정밀하게 조사해야할 필요가 있다. 특히 엽록소의 수직 구조와 이에 관계한 광합성 특성은 수평적으로 영양염이 유입되는 연안 환경의 특성상 시공간적으로 큰 변이성을 가지기 때문이다.

제3절 충무어장 표층에서의 엽록소, 영양염 시계열 자료에 대한 연구

3.1. 자료 현황 및 수집 방법

1995년 7월 21일 부터 12월 20일 까지 가두리 주변의 고정된 위치에서 매일 표층수를 채수하였다. 채수는 대략 10시 부터 12시 사이에 하려고 했으나 7월 부터 8월 말까지는 적조 및 현지 사정으로 채수시간이 일정치 않았지만 그 이후 시료들은 비교적 일정한 시간내에 채수 하였다. 채수된 해수중 500ml를 47mm GF/F로 여과하여 여과지는 엽록소 분석을 위해 냉동시켰으며, 여과물은 영양염 분석을 위해 20ml 플라스틱 용기에 넣어 냉동 시켰다.

냉동된 시료를 실험실로 운반하여 엽록소는 90% 아세톤 용액에 담구어 24시간 동안 암소에서 용출시켰다. 용출된 용액의 형광을 엽록소 표준용액 (Sigma Co.)으로 보정된 Turner model 10 fluorometer로 측정하여 Strickland and Parsons (1972)의 방법을 따라 엽록소농도로 바꾸었다.

영양염 시료는 실험실에서 녹인 후 용존성 아질산염, 질산염, 인산염, 규산염이온은 Strickland and Parsons (1972)에 의거 FIA(Flow injection analyzer, LACHAT Co.)를 사용하여 측정하였다. 아질산염 (NO_2^-)은 시료에 sulfanilamide 용액과 (N-naphtyl)- ethylenediamine dihydrochloride를 더하여 발색시켰다. 질산염 (NO_3^-)은 시료를 카드뮴 칼럼에 통과시켜서 아질산염으로 환원시킨 후 아질산염 분석방법과 같은 방법으로 발색시켰다. 인산염은 (PO_4^{3-})은 시료에 ammonium molybdate, potassium antimonyltartrate와 황산의 혼합시약을 더하고 ascorbic acid로 환원시켜 발색시켰다. 규산염 ($\text{Si}(\text{OH})_4$)은 시료에 ammonium molybdate를 더하여 silico-molybdate complex를 만든 다음 oxalic acid와 ascorbic acid를 더하여 발색시켰다.

약 6개월간에 걸쳐 조사된 표층의 수온과 엽록소 농도 및 영양염의 변동은 Fig. 2-4 와 같다. 표층수온은 성층이 되어 있던 10월 20일경 이전에는 비교적 조차 (tidal difference)와 반대되는 경향을 보이는 데, 조차가 작을 때 표층수온은 상승하고, 조차가 크면 수온이 감소하는 경향을 보인다. 성층이 깨진 이후에는 혼합현상에 의해 조차의 영향을 받지 않고 표층수온은 시간의 경과에 따라 지속적인 감소를 보인다.

엽록소의 농도는 남해의 적조현상을 보였던 9월에서 10월 까지를 제외하면 대략 $1.0 \mu\text{g}/\ell$ 수준으로 비교적 일정한 값을 보인다. 적조 현상을 보였던 시기의 엽록소 농도는 최대 $13.3 \mu\text{g}/\ell$ 의 높은 값을 보였으며, 이시기에 엽록소 농도의 변동은 조차의 변동과 일치하는 경향을 보였다. 즉, 외해쪽의 물이 많이 유입될 때 엽록소농도의 증가를 보였다.

영양염의 경우 아질산염 (NO_2^-) + 질산염 (NO_3^-)의 농도는 성층되었을 때 보다 혼합이 되면서부터 상당한 증가를 보이는 데 이는 저층에 풍부하게 있던 질산염의 상승때문인 것으로 생각되며, 인산염은 (PO_4^{3-})의 경우도 수괴의 혼합이 시작되면서 농도가 약간 증가하는 경향을 보인다. 그러나 규산염 ($\text{Si}(\text{OH})_4$)의 경우에는 성층되었을 때 아질산염+질산염 농도와 비교적 비슷한 변동을 보이다가 적조가 소멸되는 시기 이후에 최대 농도를 보이고 완만하게 감소함을 보였다. 전반적인 규산염 농도는 성층되었을 때 보다 혼합되는 시기에 더 높게 나타났다.

3.2. 엽록소와 영양염의 연속측정 자료에 대한 시계열 분석

3.2.1. 시계열 분석 자료와 신뢰도 수준

Fig. 2-4에서 보여지는 자료들간의 상관성을 조사하고자 시계열 분석을 수행하였다. 시계열 분석은 성층이 깨짐으로써 수체들간의 수직적인 혼합이 활

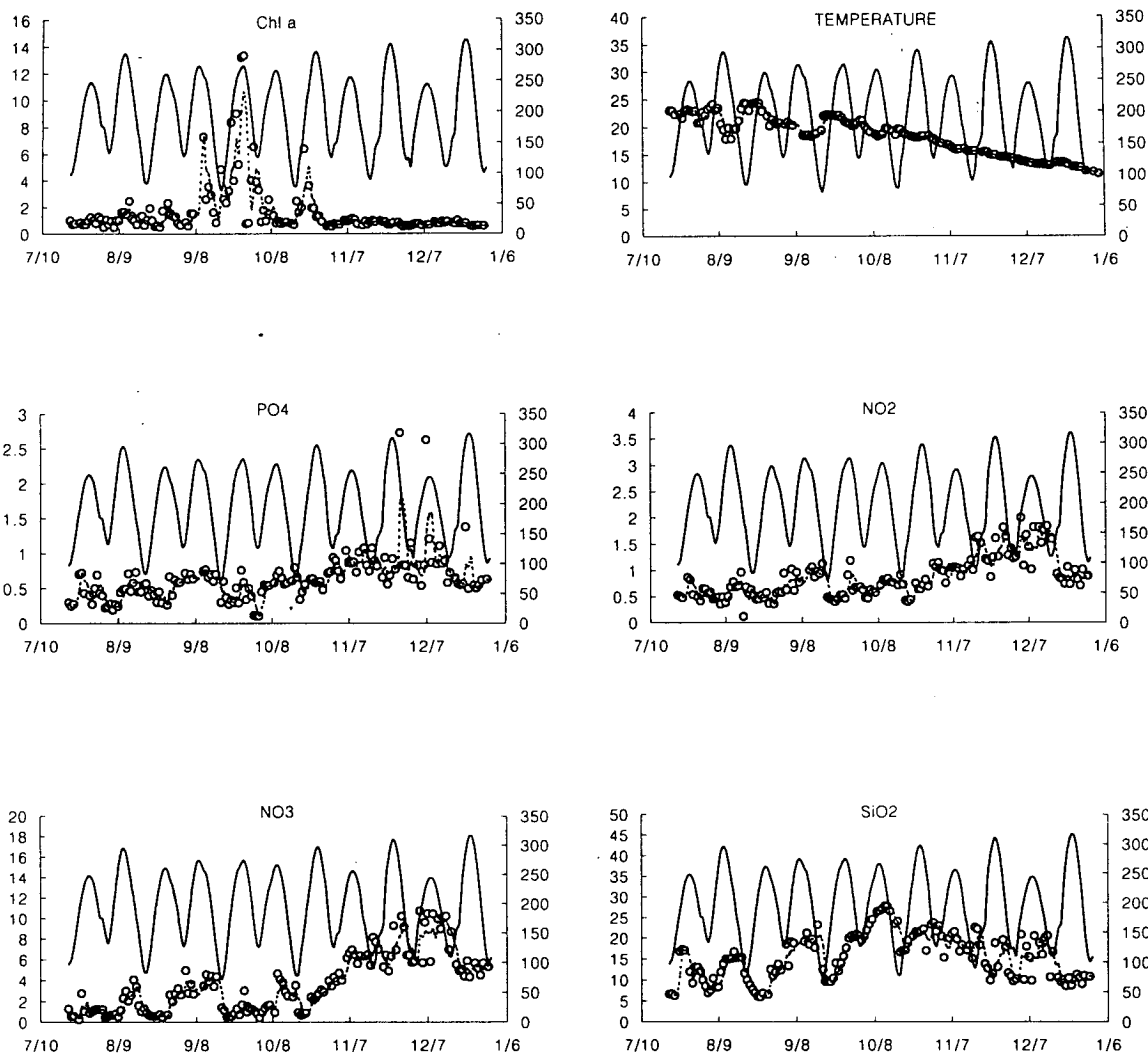


Fig.2-4. Time-series data on chlorophyll and nutrients concentration. In order to show correlation with tidal difference, tidal differences which were found in tidal table were inserted (solid line).

발해지기 전, 즉 조차로 인한 성층의 교란이 크다고 보여지는 기간에 국한하였다. 또한 적조 발생시의 특이성이 전 데이터 구간에 대한 시계열 분석에 끼치는 영향을 제거하기 위해, 이를 다시 적조 발생 시기 전과 후로 세분하였다. 따라서 시계열 분석은 연속측정이 시작된 7월 21일부터 8월 29일까지와 9월 1일부터 10월 10일까지의 두 구간에 대해 수행되었다.

시계열 분석은 한 데이터 계열에 내재한 주기성을 파악하고 (Autocorrelation), 영향을 주고받는 요인들간의 인과관계와 시간 지연 효과 (leading 혹은 lagging)를 파악할 수 있는 (Cross Correlation) 통계적 방법을 제시한다. 그러나 그 결과를 해석하는 데는 세심한 주의가 요구된다. 우선 결과에서 나타나는 수치가 통계적으로 유의미한 것인지를 판단하여야 한다. 예기치 않은 백색잡음(white noise)에 의해 마치 자료들간에 실제로 큰 상관성이 존재하는 것처럼 보일 수 있기 때문이다. 이는 신뢰도 수준에 의해 달리 결정된다. 일반적으로 95%의 신뢰도로써 상관성을 인정할 수 있기 위해선 계산된 상관성 수치가 근사적으로 $2/\sqrt{n}$ (분석에 사용된 각 시계열 내 자료수) 이상이어야 한다. 본 분석에선 각각 40일 간의 시계열 자료를 이용하였기 때문에 신뢰도 수준은 $2/\sqrt{40} \sim 0.316$ 이다. 따라서 모든 결과에서 0.316 이내의 값들은 95%의 신뢰도 수준에서 기각되어진다. 신뢰도 수준은 복잡한 분석 결과로부터 주기성과 leading 혹은 lagging의 정도를 파악해 낼 수 있는 기준을 제시한다 (Chatfield 1984, Shumway 1988).

3.2.2. Autocorrelation Analysis

각 연속측정 자료에 내재한 주기성을 조사하기 위한 Autocorrelation 값을 계산하였다 (Fig. 2-5). Fig. 2-5의 왼쪽과 오른쪽의 그림들은 각각 적조발생 전과 후에 대한 결과들이다. 예상할 수 있는 바와 같이 모든 그림들이 0 lag에서 1의 상관성 값을 보여준다. 적조발생 전, Lag 가 증가함에 따라 엽록소

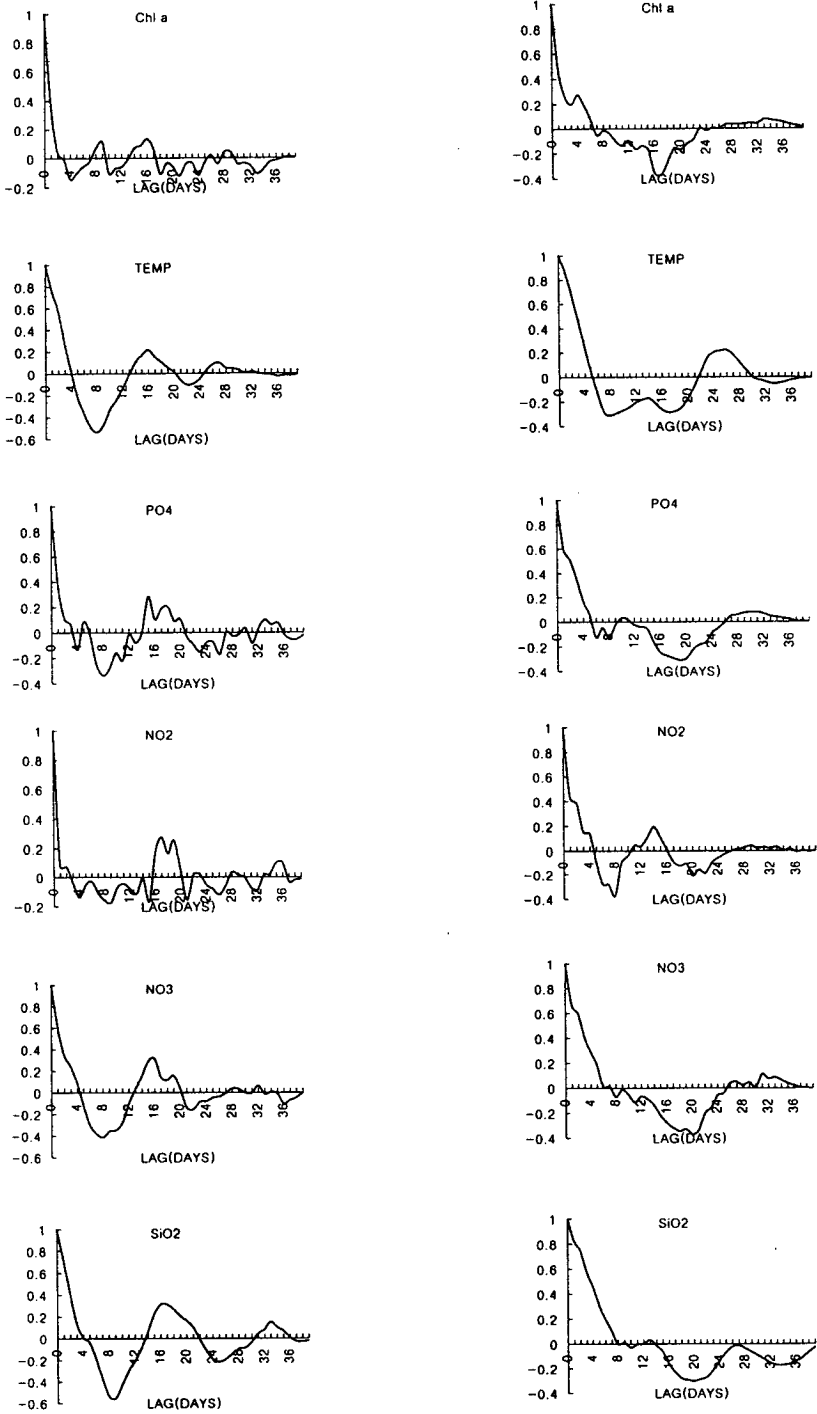


Fig.2-5. The results of autocorrelation. The confidence level is 0.316. Left- and right-sided figures are corresponded with before and after of outbreak of red tide, respectively.

는 8일 안팎의 주기를 보여주나 이는 신뢰도 수준에 못 미치는 값들이다. 반면에, 수온과 영양염들은 대략 14 ~ 16일의 유의미한 주기성을 보여준다. 그러나 적조발생 후의 경우 아질산염의 14일 정도의 주기를 제외한 다른 자료들에서는 별다른 주기적 경향을 나타나지 않는다. 이러한 주기성은 조차의 14일 정도의 주기성과 유사한 값을 가지고 있다.

3.2.3. Cross Correlation Analysis

자기상관성 분석에서 나타난 주기성간의 상관관계를 조사하기 위한 Cross Correlation 을 계산하였다 (Fig. 2-6, Fig. 2-7, Fig. 2-8, Fig. 2-9). Fig. 2-6은 조차의 일변화율에 대한 각 자료의 일변화율, Fig. 2-7은 조차에 대한 각 자료의 일 변화율 그리고 Fig. 2-8은 조차와 각 자료의 현존량간의 Cross Correlation 결과이며 좌측과 우측의 그림들은 각각 적조발생 전과 후에 대응한다. Fig. 2-9는 엽록소에 대한 수온, 영양염들의 Cross Correlation 결과이다. 전반적으로 모든 자료의 일변화율은 조차의 변화율에 대해 0~4일 정도 lagging하고 (Fig. 2-6), 조차에 대해선 2, 3일 정도 leading하며 (Fig. 2-7), 현존량은 조차에 대해 1~5일 정도 lagging 하는 (Fig. 2-8) 양상을 보여준다. Fig. 2-9는 적조발생 전, 엽록소의 변동이 영양염들의 변화에 대해 대략 2일 정도 leading 하고 있음을 보여준다.

○ 조차대 각 자료의 일변화율

Fig. 2-7은 두 가지 특징을 보여준다. 하나는 각 그래프들의 0 lag 부근의 극대(수온의 경우 극소)가 음의 lag 값에 위치한다는 것이며 다른 하나는 적조 발생 전에 비해 적조발생 후에 더 뚜렷한 14일 안팎의 주기성을 보인다는 것이다. 전자는 각 자료들의 일변화율이 조차의 변화에 대해 비슷한 양상을 보이

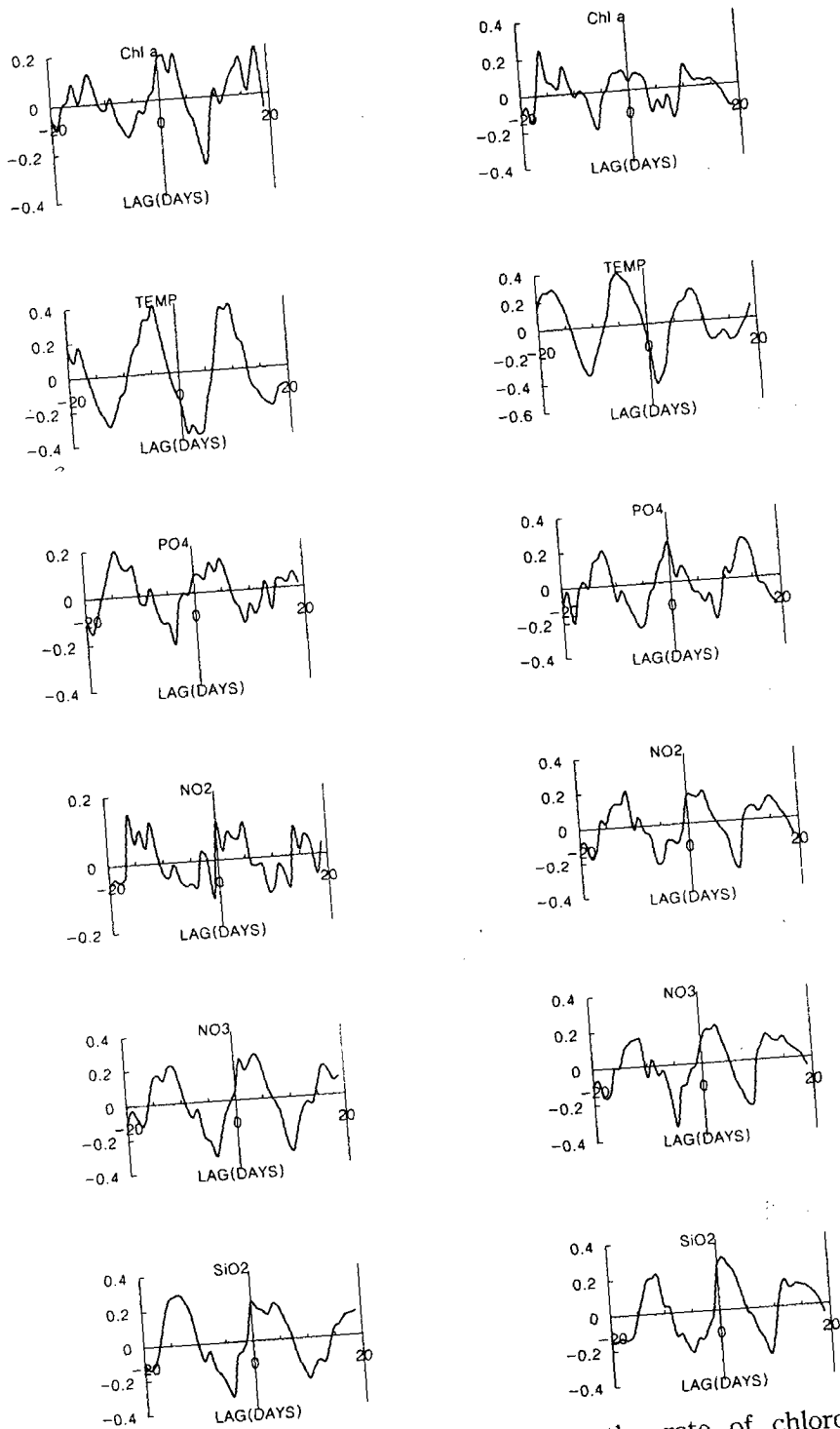


Fig.2-6. The results of cross correlation on the rate of chlorophyll and nutrients variation vs. the rate of tidal differences. The rates for chlorophyll and nutrients lag with that of tidal difference.

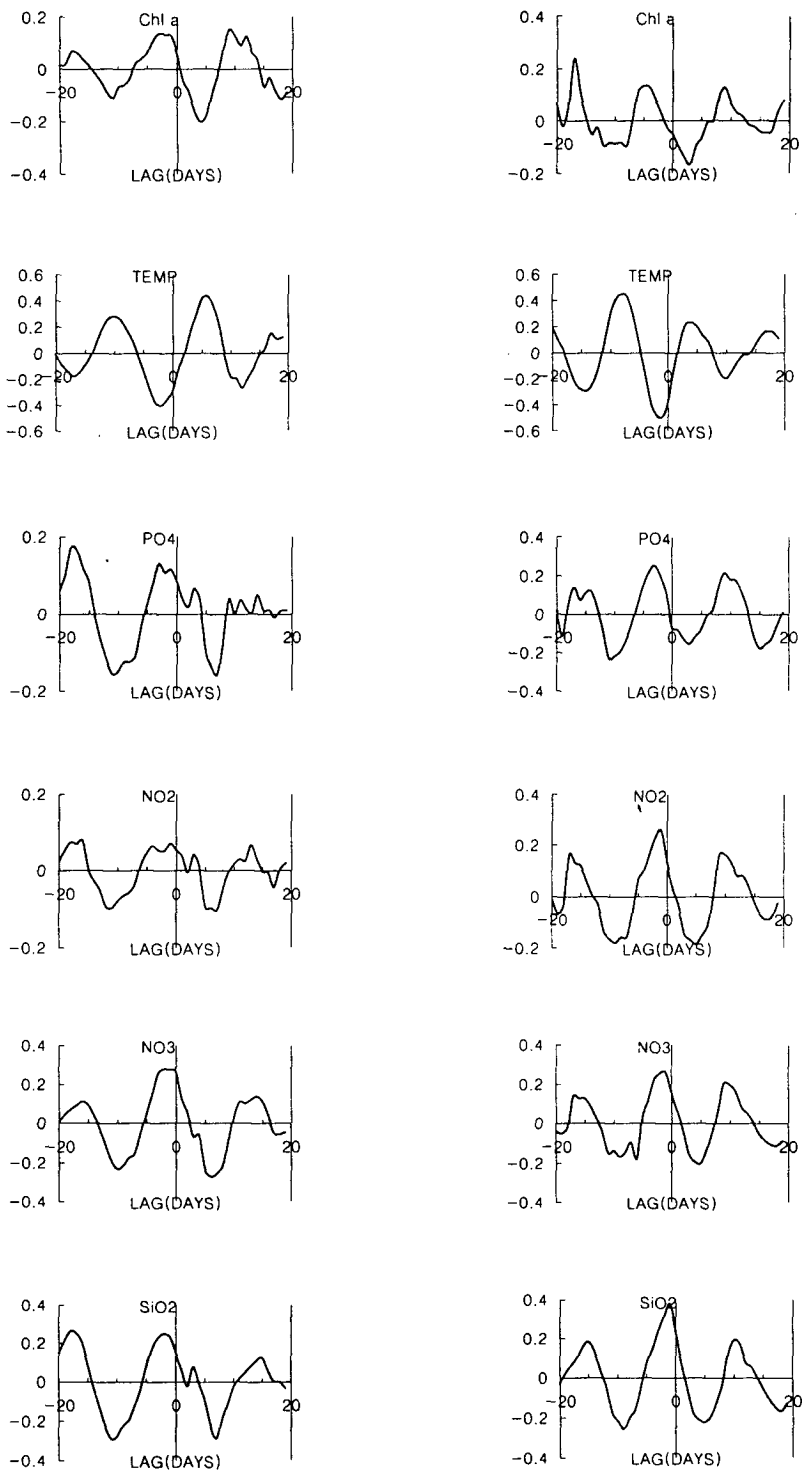


Fig.2-7. The results of cross correlation on the daily rate of chlorophyll and nutrients variation vs. tidal difference. The rates lead tidal difference.

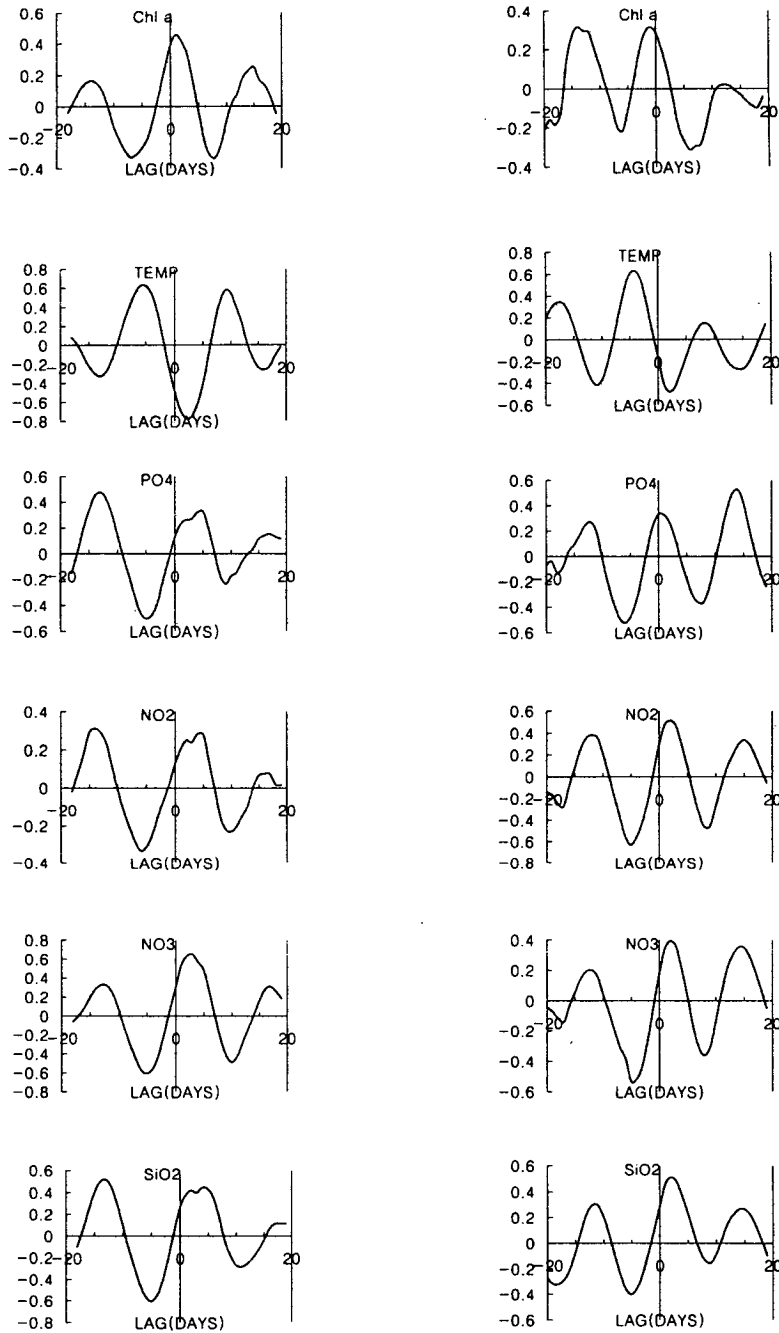


Fig.2-8. The results of cross correlation on chlorophyll and nutrients concentration vs. tidal difference. Left- and right-sided figures are corresponded with before and after of red tide outbreak. After red tide outbreak, nutrients concentration lag with tidal difference.

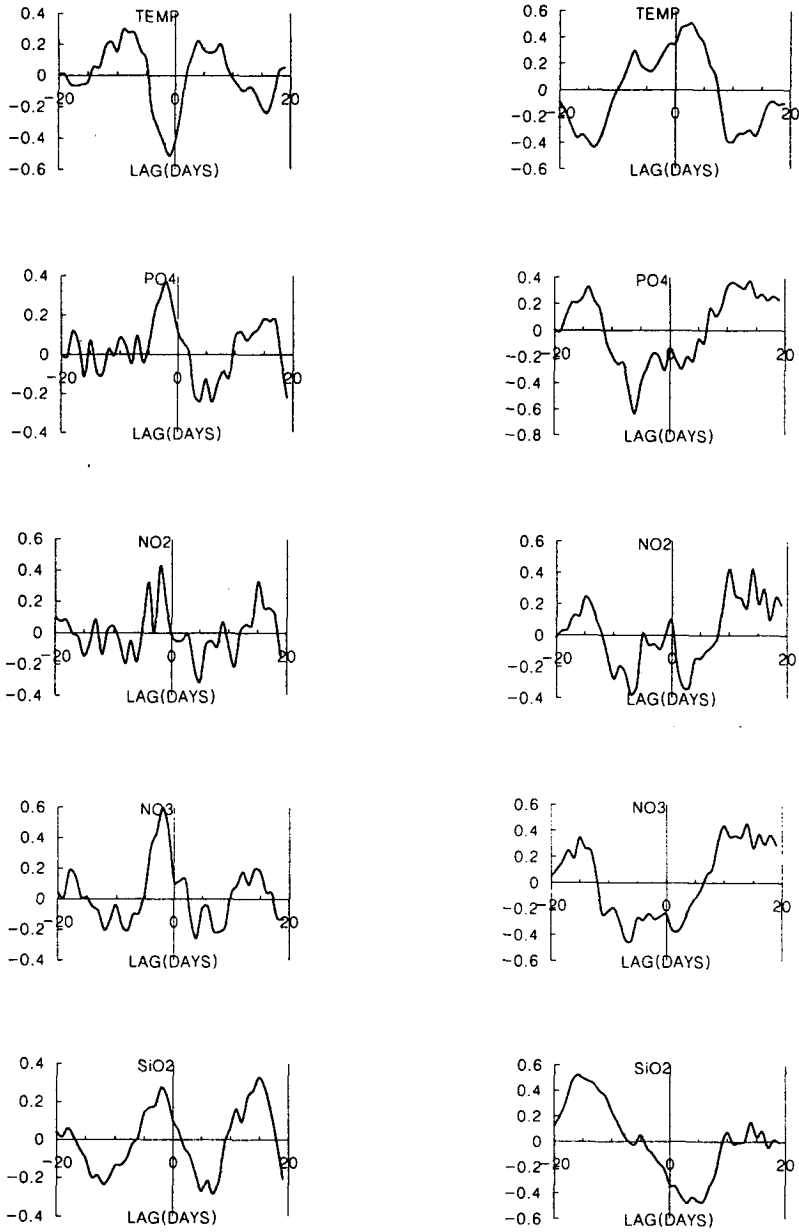


Fig.2-9. The results of cross correlation on chlorophyll concentration vs. nutrients concentration. Before red tide outbreak, chlorophyll leads the change of nutrients.

며 다소 앞서고 (leading) 있다는 것을 보여준다고 해석할 수 있다. 즉 각 자료들의 일변화율은 조차의 변화에 2, 3일 정도 앞서 변화한다는 것으로 만약 오늘 조차가 최대였다면 수온을 제외한 모든 자료들의 일변화율은 2, 3일 전에 최대치를 보임을 (수온의 경우 반대) 의미한다. 따라서 실제로 일변화율이 최대가 되는 때는 조차가 최대가 되는 때가 아니라 이보다 2, 3일 정도 앞선 조차가 계속 증가하고 있는 중이 된다. 이 경우 변화율이 감소하는 양상 역시 위와 같이 조차의 감소보다 앞선다. 모든 그림에서 보여지는 14일 안팎의 주기성은 각 자료들이 가지는 주기성의 결과로 보여진다.

그러나 시간 지연과 앞섬을 보여주는 0 lag 부근의 양상을 볼 때, 적조발생 후에 보다 분명한 극대치가 나타나고 있다. Cross Correlation 그래프에서 진동의 폭과 넓이와 극대값의 위치는 각기 다른 의미를 가진다. 폭은 상관성의 정도를, 극대값의 위치는 시간 지연(lagging) 혹은 앞섬(leading) 현상의 정도에 대한 정보를, 그리고 넓이는 영향을 미치는 요인에 대한 반응의 변화율에 대한 정보를 제공한다. 따라서 Fig. 2-7의 결과는 적조발생 전에 비해 적조발생 후에 각 일변화율의 변동에 대한 조차의 영향이 보다 강해짐을 의미한다.

○ 조차의 변화율대 각 자료의 변화율

조차의 변화율에 대한 결과인 Fig. 2-6은 조차에 대한 Cross Correlation 결과인 Fig. 2-7과는 다소 다른 양상을 보여준다. Fig. 2-7과는 달리 Fig. 2-6에서 0 lag 부근에서의 극대값들이 양의 lag에 위치하고 있다. 이는 각 자료들의 변화가 극대가 되는 때는 조차가 가장 빠르게 변화하는 시점에 비해 다소 시간지연을 보임을 의미한다. 따라서 Fig. 2-6과 Fig. 2-7의 결과로부터 각 자료의 변화율은 조차 변화율의 극대 시기보다는 늦으나 조차가 최대가 되는 기점보다는 앞서고 있음을 알 수 있다.

○ 조차대 현존량

Fig. 2-8 역시 두 가지 특징을 보여준다. 0 lag 부근의 극대치가 적조발생 후의 엽록소 농도를 제외하곤 모두 양의 lag 를 갖으며 전반적으로 진동의 폭과 넓이가 적조발생 전에 더 크다는 것이다. 각 자료의 현존량에 대한 Cross Correlation 결과는 일변화율과는 달리 적조발생 후의 엽록소를 제외하곤 모두 시간 지연(lagging) 효과를 보여준다 (Fig. 2-8). 이는 현존량의 변화가 조차 변화보다 수일 정도 늦게 나타남을 의미한다. 또한 엽록소의 극대치가 영양염들의 극대치에 비해 다소 앞서고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 2-6, Fig. 2-7 그리고 Fig. 2-8의 조차와 각 자료들간의 Cross Correlation 결과는 표층 엽록소, 수온, 영양염 농도들이 조류의 영향을 강하게 받으며 변화하고 있음을 보여준다. 또한 현존량과 일변화율을 이용한 분석은 이들이 어떠한 양상으로 영향을 주고받는 가에 대한 정보를 제시하고 있다. 즉 엽록소, 영양염 농도의 일변화는 조차의 일변화율을 뒤따르며 Fig. 2-6), 엽록소, 영양염 농도의 현존량은 조차에 뒤따르는 양상이다 (Fig. 2-8). 엽록소, 영양염 농도 변화율의 극대는 조차의 극대시기 보다 앞서나 (Fig. 2-7), 현존량은 변화량의 누적된 결과이므로 현존량이 극대가 되는 시기는 조차의 극대시기 보다 늦게 나타난다고 해석할 수 있을 것이다.

○ 영양염대 엽록소

Fig. 2-9는 엽록소와 각 영양염들 간의 Cross Correlation을 계산한 결과이다. 적조발생 전에는 엽록소가 영양염들의 변화에 양의 상관관계를 가지며 선행(leading)하는 양상이 나타나고 있으나 적조발생 후에는 leading과 lagging의 일반성이 모호해지며 인산염, 질산염, 아질산염의 경우 음의 상관관계를 가진 leading을, 규산염의 경우 역시 음의 상관관계를 가진 lagging이 나타나고 있

다. 적조발생 전에는 엽록소와 영양염들은 비슷한 변화양상을 보이며 엽록소가 다소 선행하여 변화하는 반면에, 적조발생 후에는 엽록소가 증가하면 인산염, 질산염 등의 영양염이 줄어드는 식으로 관련을 맺고 있다. 수온에 대한 상관성 역시 적조 전후에 상이한 양상이 나타난다. 또한 적조발생 후에 나타나는 수온과 엽록소의 0 lag 부근에서의 양의 상관관계는 수온이 높아짐에 따라 엽록소가 증가하고 수온이 낮아짐에 따라 엽록소가 감소한다는 것을 보여준다.

3.3. 고찰

지금까지 Autocorrelation 과 Cross Correlation 값을 이용한 시계열 자료에 대한 분석결과를 기술하였다. 각 자료들에 대한 Autocorrelation 분석결과는 적조발생 전의 영양염 자료는 모두 14~16일 정도의 주기성을 보이고 있으나 적조가 발생됨에 따라 이러한 주기성이 사라지는 것을 보여준다 (Fig. 2-5). 일변화율과 조차에 대한 Cross Correlation 분석은 비록 일부 자료들이 유의미한 수준을 밑돌고 있지만 모든 일변화율들이 조차에 대해선 이삼일 정도 앞서 변화하고 있으나 조차의 변화율에 대해선 0~4일 정도 뒤짐을 보여주며, 현존량과 조차에 대한 분석은 적조발생 후의 엽록소 자료를 제외한 모든 자료에서 상당히 유의미한 수준의 lagging이 나타나고 있음을 보여준다. 엽록소와 영양염들에 대한 분석은 다소 복잡한 양상을 보여주지만 역시 적조발생 전후에 엽록소가 영양염들에 대해 leading하는 양상이 양의 상관성에서 음의 상관성으로 변화함을 보여준다.

Autocorrelation 결과는 적조발생 전의 영양염 농도변화는 조차와 비슷한 14일 정도의 주기를 가지고 있음을 보여준다 (Fig. 2-5). 또한 조차와 각 자료들간의 Cross Correlation 분석에서 모든 자료들이 조차에 대해 유의미한 수준의 lagging을 보이고 있다 (Fig. 2-6). 그러나 이러한 lagging 에도 불구하고 적조발생 전의 엽록소와 적조발생 후의 모든 자료에서 유의미한 수준의 주기성이 나타나지 않는 것은 이들이 조차에 의해 영향을 받고 있지만 무언가 다른

요인에 의해 혹은 서로간의 영향을 주고받음으로써 그 주기성이 소멸되는 것으로 해석될 수 있다. 조차에 의한 영향은 Fig. 2-6과 Fig. 2-7의 일변화율에 대한 결과에서도 보여진다. 비록 유의미한 수준 이하일지라도 모든 자료의 일변화율이 조차에 대해 다소 leading 하며 조차의 일변화율에 대해선 다소 lagging하는 양상을 보인다. 즉 조차가 증가하는 시기에 일변화율이 극대가 됨을 의미한다. 이는 조차가 성층 경계면을 섭동함으로써 성층 아래의 영양염이 풍부한 수체를 표층수와 혼합시키는 기작을 상징할 때 섭동의 초기 혹은 중간 단계에서 가장 높은 영양염 농도의 수체를 부유시키기 때문에 유발된 결과로써 해석할 수 있다. 성층을 통한 혼합이 진행됨에 따라 성층 아래의 섭동 받는 수체의 영양염 농도는 낮아지게 되며 따라서 최대 조차가 되었다고 해도 실제로 표층으로 부유되어 혼합되는 영양염양은 오히려 줄어들 수가 있다. 그러나 표층의 영양염 현존량은 누적되어 혼합된 결과이므로 실제로 그 양이 극대가 되는 시점은 부유되어 들어오는 양이 표층에서 식물플랑크톤의 흡수 등의 여러 기작들에 의해 소모되는 양과 같아지는 시점이 된다. 현존량에 대한 분석결과로부터 이 시점은 조차가 극대가 되는 시점보다 다소 시간적으로 지연됨 (lagging)을 알 수 있다.

엽록소 양의 변화에 대한 해석은 영양염에 비해 보다 복잡한 기작을 요구한다. 식물플랑크톤은 물리적인 기작에 의해 조사지점으로 유출입되며 동시에 재생산에 의해 그 양이 변화한다. 물리적인 유출입 기작으로 성층 아래에 있던 것이 조차의 섭동에 의해 표층으로 부유하는 것과 조류를 따라 외부로부터 유입되는 것을 생각할 수 있다. 1995년 8월에 본 실험지역에서 조사된 CTD 자료로부터 이 당시 엽록소는 성층 경계면 부근에서 극대값을 보임을 알 수 있다. 수온약층은 약 수심 5m 정도이고 엽록소의 극대 농도 역시 약 수심 5m 부근에 위치하며, 진광대의 수심인 15m 정도까지 높은 엽록소 농도가 유지됨을 볼 수 있다. 이 경우 조차에 의한 섭동은 성층을 통한 식물플랑크톤의 이동에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 해류를 통한 주변 수역으로부터의 유입량

을 고려할 필요가 있다. 주변 수역의 표층 엽록소 농도가 실험지역에 비해 높다는 것을 보여준다. 이 경우 조류를 통해 밀려 온 식물 플랑크톤의 양은 실험지역의 농도 변화에 커다란 영향을 미치게 될 것으로 예상된다.

Fig. 2-6, Fig. 2-7 그리고 Fig. 2-8의 엽록소에 대한 Cross Correlation 결과는 영양염의 경우와 비슷한 양상을 보인다. 즉 조차가 증가하는 시기에 일 변화율이 극대가 되며 그 현존량이 최대가 되는 시점은 조차의 극대시기에 다소 시간 지연을 보인다. 따라서 엽록소 역시 영양염들과 같이 조차에 의해 강하게 영향을 받으며 변화하는 것으로 보여진다. 그러나 Fig. 2-5에서 볼 수 있듯이, 엽록소의 경우 뚜렷한 주기성이 나타나지 않는다. 이러한 양상은 조사 지점의 엽록소량은 크게 조차의 영향을 받지만 자체의 성장 혹은 다른 요인들에 의해 그 주기성이 소멸되는 결과라고 해석할 수 있다.

Fig. 2-8에서 엽록소와 영양염의 조차에 대한 lagging을 비교하면 엽록소가 영양염에 대해 다소 적게 lagging 함을 볼 수 있다. 이는 엽록소와 영양염 모두가 조차에 의해 영향을 받지만 엽록소가 영양염에 비해 그 영향을 받는 속도가 빠르다는 것을 보여주는 것이다. 여기에는 두 가지 해석이 가능하다. 하나는 표층을 통한 외부 엽록소의 수평적인 유입에 의한 결과라는 것이다. 조사지점 부근의 CTD자료에서 보이는 부근 해역의 표층에서 나타나는 높은 엽록소 농도는 이러한 해석을 뒷받침해 준다. 일반적으로 조차에 의한 물질의 이동은 수직적인 효과보다는 수평적인 효과가 선행할 것으로 기대된다. 수직적인 이동은 혼합, 대류 혹은 확산 등의 과정을 거치는 데에 비해서 수평적인 이동은 바로 조류의 흐름에 의해 가능하기 때문이다. 따라서 조차의 증가는 엽록소가 비교적 먼 주변 해역의 표층으로부터 조사지점으로 유입되는 것을 도와주며 이러한 변화는 수직방향으로의 이동에 크게 영향을 받는 영양염에 비해 더 빨리 이루어지게 된다. 다른 가능한 해석은 식물플랑크톤에 의한 영양염 섭취의 결과라는 것이다. 즉 농도 증가 초기에 식물플랑크톤은 부유하는 영양염을 활발히 흡수하여 영양염의 증가를 제한하나, 영양염의 농도가 충분히 커

저 식물 플랑크톤에 대해 포화상태에 도달하게 되면 그 이상의 영양염 증가는 식물 플랑크톤에 영향을 받지 않게 된다. 그러나 실제로 관측된 영양염 농도가 포화치에 크게 미달하기 때문에 이 설명은 기각되어야 할 것이다. 예를 들면, 질산염의 경우, 성층시기에 최고 5 마이크로몰 농도까지 증가한다. 그러나 이 수치는 문헌에서 언급된 질산염에 대한 식물 플랑크톤 성장의 half saturation constant인 69.2 mg/l (대략 5 마이크로몰) 정도에 불과하다. 따라서 이 농도에서 포화되었다고는 이야기하기 어려운 듯이 보인다.

일차 생산성이 영양염에 의해 제한되는 경우, 영양염의 증가는 식물플랑크톤의 증가를 유발할 수 있다. 즉 식물플랑크톤의 영양염에 대한 lagging이 예상된다. 그러나 Fig. 2-9의 적조발생 전의 결과는 오히려 상반된 결과를 가져다주고 있다. 엽록소가 영양염에 양의 상관성을 가지며 leading하는 모습을 보여준다. 이는 조차에 의해 엽록소와 영양염이 표층으로 유입되는 속도의 차이에서 나타난 결과로 해석되어 진다. 그러나 적조발생 후, 이들간의 관계는 사뭇 다른 양상이 나타나고 있다. 인산염, 아질산염, 질산염에서 약 7일 정도의 음의 상관성을 가진 엽록소의 leading이 관측된다. 이 결과는 표층을 통해 외부로부터 유입된 엽록소가 영양염들을 활발하게 흡수함으로써 영양염 농도를 낮추는 결과를 초래했다고 해석될 수 있다. 즉 영양염이 식물 플랑크톤의 성장을 촉발시킨 것이 아니라, 유입된 식물 플랑크톤이 영양염을 소모하고 있는 경우로 보여진다. 이러한 식물 플랑크톤의 영향은 영양염에서 예상되는 조차에 의한 주기성을 애매하게 하여 Fig. 2-5의 오른쪽 그림들과 같은 결과를 초래할 수 있을 것이다. 그러나 수온에 대한 엽록소의 lagging에 대해선 실제로 수온이 엽록소의 변화에 영향을 미친 것인지, 아니면 가을로 접어들면서 성층의 강도가 서서히 약해지는 것에 의한 결과인지 해석하기가 어려운 듯이 보인다.

지금까지의 분석과 고찰을 정리하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 적조발생 전, 표층의 수온, 영양염 농도 변화는 대략 14~16일의 주기를 가지며 이는 조차의 주기적 변동에 의한 결과로 해석된다.
2. 이러한 주기성은 적조발생 후 대부분 소멸되는 데, 이는 식물 플랑크톤에 의해 영양염이 활발히 흡수된 결과로 보여진다.
3. 엽록소, 영양염들의 일변화율의 변동은 조차의 변화에 선행(leading)하며 조차의 변화율에 후행(lagging)한다. 즉 조차가 증가하는 중에 최대의 일변화율을 보인다.
4. 엽록소, 영양염들의 현존량(농도)의 변동은 조차의 변화에 후행(lagging)한다. 이는 일변화의 누적된 결과로써 해석된다.
5. 엽록소는 영양염에 비해 조차에 대해 더 작은 시간 지연 효과를 보인다. 이는 엽록소는 주변 해역의 표층으로부터 조류의 흐름을 따라 빠르게 유입, 유출되는 데 반하여, 영양염은 주로 수직적인 혼합, 대류, 확산 등의 기작을 통해 표층으로 유입됨으로써 나타나는 양자간의 조차에 대한 반응 속도의 차이의 결과로 보여진다.
6. 적조발생 전에 식물 플랑크톤의 영양염 농도에 대한 영향은 그다지 크지 않은 것으로 보여진다. 즉 양자 모두 조차에 의해 크게 조절되는 양상을 보여준다. 그러나 적조발생 후에는 영양염 농도가 식물 플랑크톤에 의해 크게 영향을 받는 것으로 보인다. 즉, 외부 수역으로부터 유입되어 증가된 식물 플랑크톤이 조사 수역의 표층에 부유하는 영양염을 활발히 흡수하기 때문으로 해석된다. 이 때, 영양염들간의 상대적인 이용도의 차이가 나타난다. 아질산염과 규산염에 비해 인산염과, 질산염에 대한 높은 이용도를 보여주고 있다. 따라서 인산염과 질산염이 이 당시의 식물 플랑크톤 성장의 제한요인이 되고 있다는 유추를 가능하게 한다.

제4절 1995년 6월 남해안 총무지역 가두리양식장의

저층환경

(해수-퇴적물 경계면에서의 물질 Flux)

4.1. 서 론

연안의 해수-퇴적물 경계면에는 표층수에서 떨어지는 입자의 유입량이 비교적 많다. 표층수에서의 각종생명활동에 의한 부산물과 인근지역에서의 생활하수와 각종공장폐수의 유입, 그리고 대기로부터의 입자유입 등이 있다. 그래서 퇴적표층과 그 이하에서 분해되는 유기물의 양이 상당하며, 그 분해 결과 생성되는 영양염에 의해 표층의 일차생산 증가에 기여를 하기도 한다. 그러나 그 정도가 심하면, 결국 부영양화가 이루어져, 적조를 초래하기도 한다. 이러한 문제의 원인이 되는 유기물 유입의 급격한 증가는 각종 경로를 통해 이루어지는데, 특히 연안환경과 밀접한 연관이 있는 양식장에서도 그 유기물 오염의 문제가 심각하게 대두되고 있다.

우리 나라 남해안 곳곳에는 가두리양식장이 많이 분포하고 있다. 전라남도 와 경상남도를 포함한 남해안은 우리 나라 수산물 총생산량의 약 80%를 차지하여, 우리 나라의 수산업은 양식산업의 장래와 운명을 같이한다고 할 수 있다 (장, 1995; 양, 1995). 이들 양식업에 대한 연구는 많이 실시되었다. 양식초기의 경우, 방어가 생산량의 90% 이상을 차지했으나 지금은 넙치를 비롯해 참돔, 감성돔, 조피볼락, 농어, 연어, 복어류 등의 양식이 활발히 이루어지고 있으며, 지금도 활발한 종묘생산, 어종개발 연구가 이루어지고 있다. 가능한 저원가로 폐사량이 적고 건강하게 빨리 키우는 양식기술도 또한 연구의 목표이다. 이렇게 양식생산의 증대를 위한 양식어종의 개발과 효율적인 사육법 등과 같은 연구는 많이 이루어지고 있다. 그러나 장기적인 생산증대를 위해 필요한 환경문제에

대한 연구가 우리 나라에서는 거의 이루어지지 않고 있다.

악화되는 연안의 수질, 조류소통의 방해, 생태계의 균형파괴 등에 의한 어병의 발생, 양식장내의 수질악화, 어류 폐사의 증가, 생육의 감소 등은 결국 양식장의 생산성과 직결된 문제인 것이다. 따라서 지속가능한 양식장의 운영을 위해서는 양식장주변의 수질 및 저질환경에 대한 연구가 필요하며, 이의 결과를 바탕으로 양식계획을 수립해야 할 것이다. 이미 외국에서는 이러한 연구가 많이 이루어지고 있다. 예를 들어, 부영양화의 원인이 되고 있는 양식장 배설물 처리에 조류(algae)를 이용하거나(Krom *et al.*, 1995), 주위에 오염이 되지 않는 범위에서 양식하는 기술(Shpigel *et al.*, 1993; Avnimelech *et al.*, 1981), 양식장 저층에서의 유기물 분해 양상(Blackburn *et al.*, 1988; Hall *et al.*, 1990; Kaspar *et al.*, 1988) 등이 있다.

대단위 간척산업의 결과 서해안에서도 양식업이 활발해진 지금, 차츰 수산업에서 양식업이 차지하는 비율이 높아지고 있어, 지속가능한 양식장 운영의 필요가 높아지고 있다. 따라서 본 연구는 이와 같이 문제가 되고 있는 양식장에서 비롯한 각종 유기입자들이 어떤 경로를 통해 이동하며, 얼마만큼 분해되고, 그 분해산물이 결국 어떤 영향을 끼칠 지에 대한 연구를 하고자, 양식장의 저층 해수-퇴적물 경계면에서의 물질수지에 대해 정량적으로 파악하고자 한다.

4.2. 연구지역

본 조사를 실시한 가두리양식장은 경상남도 통영시 저도의 인근지역에 위치하고 있으며(서론으로 이동 검토), 주위에는 이곳과 비슷한 가두리 양식장이 산재한다. 본 가두리의 양식어종은 넙치, 우럭, 볼락, 참돔류이며, 연어는 매년 10월에서 다음해 5월 사이에 양식한다.

먹이는 생사료와 배합사료를 1대1의 비율로 섞어 moisture pellet 형태로 공급한다. 생사료는 고등어, 전갱이 종류이며, 배합사료의 성분은 조단백질이

40%를 차지하며, 그 외에는 조지방과 조섬유, 조회분이 각각 6, 8, 15%를 차지한다.

가두리 그물의 크기는 가로, 세로 각각 10 미터이며, 깊이는 5 미터로서 그물과 저층퇴적물과의 거리는 약 18~20 m 이다. 이러한 크기의 가두리 10개가 나란히 연결되어 있다.

조사기간동안 (1995년 6월 22일 ~ 26일) 매일 오전 11시에 측정한 가두리 주변의 수온은 18.1~19.3℃ 사이였으며, 염분은 34.0~ 35.2‰, pH는 8.01~8.07 사이의 값을 표층에서 저층까지 고르게 나타내었다. 이것으로 보아 이곳은 빠른 해류로 인해 표층과 저층사이에 활발한 섞임이 있음을 알 수 있었다.

저층퇴적물의 입도는 모래가 섞인 뺨 (muddy sand) 이었으며, 표층 퇴적물은 분급이 되지 않았으며, 그 표면은 스폰지 같이 푸석한 상태였다. 서식하는 생물은 불가사리종류(Asterias amurensis)의 저서생물만 patch 형태로 존재하였으며, 이외의 생물은 찾아 볼 수 없었다.

4.3. 재료 및 방법

4.3.1. 벤틱 챔버 (Benthic Chamber) 실험

PVC 재질의 챔버본체는 직경이 30cm, 높이는 40cm 인 원통모양이며, 챔버뚜껑은 투명한 아크릴재질을 사용하여 챔버의 내부를 볼 수 있게 제작하였다. 뚜껑과 본체는 클립으로 연결하여 열고 닫을 수 있게 하였다. 챔버본체는 퇴적물이하 10cm 를 박았으며, 작업 시의 부유물질이 가라앉을 때까지 기다려, 챔버뚜껑을 닫으며 실험을 시작하였다. 챔버의 내부용적은 약 21 l 이며, 포함하는 면적은 706cm² 이다. 챔버의 뚜껑에는 해류에 의해 돌아가게끔 프로펠러를 설치하여 챔버수가 충분히 혼합되게 하였으며, 또한 2개의 호스를 연결하여 채수시에 이용하였다. 한쪽호스에 실린지를 연결하여 채수를 하면 다른쪽 호스

로는 자동적으로 저층의 물이 챔버내로 채워질 수 있게 하였다. 채수시에는 다이버가 챔버뚜껑에 연결된 호스에 실린지를 연결하여 약 500ml 의 챔버수를 획득하였다. 챔버는 가두리 양식장 바로 아래에 챔버 1, 2, 3번을 설치하고, 양식장에서 약 100미터 떨어진 외해 쪽에 챔버 4, 5번을 각각 설치하였다(Fig. 2-10). 챔버의 총설치시간은 약 50 시간이며, 채수간격은 초기에는 약 5시간이었다가 실험이 끝날 쯤에는 약 24시간정도 였다. 채수 총횟수는 5회이며, 챔버 3의 경우는 두 번째 채수부터 실험을 실시하였다. 채수된 시료는 현장에서 pH 와 온도, 알카리도를 측정하고, 윙클러 아자이드 변법으로 용존산소를 측정하였다(Parsons *et al.*, 1984). 또한 영양염 분석을 위하여 시료를 여과하여 냉동보관하에 실험실로 옮겨 자동분석기(La Chart Automated Ion Analyzer)로 질산염과 인산염, 규산염을 측정하였으며, 암모니아는 현장에서 고정하여 실험실에서 측정하였다(Parsons *et al.*, 1984).

4.3.2. 트랩(Trap) 실험

직경 약 7cm, 길이 100cm의 PVC관을 삼각대에 고정한 저층고정식 트랩을 저층바닥에 설치하였으며, PVC관의 끝은 저층바닥과 약 1M 의 거리가 되며, 그 곳에 2l 병을 끼웠다. 저층에 PVC관이 고정된 삼각대를 설치 후, 작업시의 부유물질이 가라앉기를 기다렸다가 병을 돌려 끼웠으며, 병에는 약간의 고정액을 첨가하여 포획된 물질이 분해되는 것을 방지하였다. 가두리양식장과 100M 외해지역에 2개씩의 트랩을 챔버 옆에 각각 설치하였다. 트랩실험은 약 70여시간동안 계속 실시되었다. 다이버가 PVC 관으로부터 병을 회수하여, 병뚜껑을 닫아 실험을 끝냈으며, 시료는 냉동 보관하여 실험실로 옮겼다. 포획된 물질의 양을 파악하기 위하여 포획된 물을 GF/C 필터로 필터하여 건조한 뒤, 필터의 무게를 측정하였다. 그 중 일부를 취하여 Carlo Erba CHN Analyzer 로 유기탄소와 질소성분 분석을 하였으며(Verardo *et al.*, 1990; van Iperen and

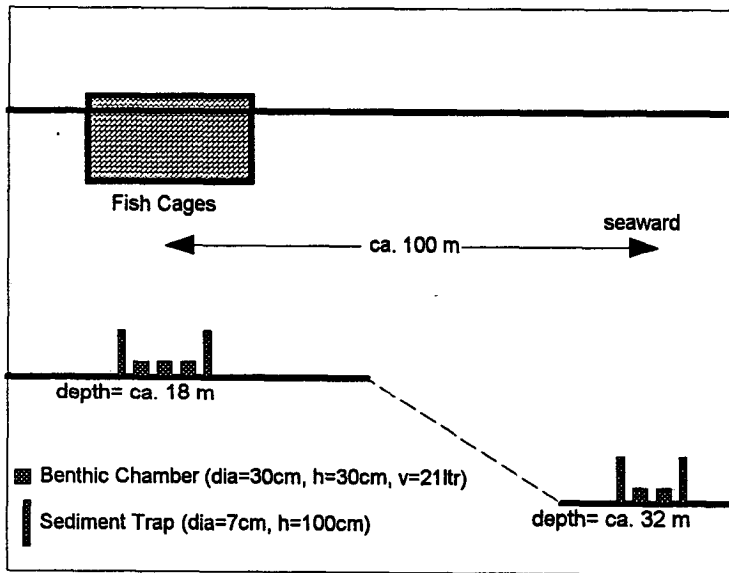


Fig.2-10. a) Location of the fish cage farm near Tongyung, south coastal of Korea and b) schematic diagram of in situ benthic chamber experiment under fish cages.

Helder, 1985), Aspila *et al.* (1965) 방법에 의해 퇴적물내 인성분을 분석하였다.

4.3.3. 퇴적물 코아 채취

다이버의 작업으로 직경 8cm, 길이 30cm 의 PVC 코아로 퇴적물 시료를 채취하였으며, 일부는 현장에서 절개하여 퇴적물 시료를 확보하였으며, 나머지는 실험실로 옮긴 후 처리하였다. 그리고 가두리와 외해의 중간 지점에서도 양식장의 영향에 대한 정도를 파악하기 위해 퇴적물 시료를 확보하였다. 퇴적물은 함수율을 측정하고 Carlo Erba CHN Analyzer 로 퇴적물 내 탄소와 질소성분을 분석하였고(Verardo *et al.*, 1990; van Iperen and Helder, 1985), Aspila *et al.* (1965) 방법에 의해 인성분을 분석하였다. 공극수 내의 영양염과 기타물질을 추후분석하기 위하여 퇴적물 내 공극수를 확보하였다.

4.4. 결 과

4.4.1. 맨틱챔버 내 성분 변화

챔버내의 각종성분은 시간이 경과함에 따라 챔버내에서 일어나는 물리·화학·생물적인 반응에 의해 그 성분들의 농도가 달라진다. pH의 경우(Fig. 2-11) 챔버 실험 시작시 8.03~8.09 사이의 값에서, 챔버실험이 끝난 후 가두리 지역에 설치한 챔버 1, 2에선 약 7.23, 그리고 챔버 3은 실험이 다소 늦어진 관계로 이 보다 약간 높은 7.4 를 나타내었고, 가두리에서 100M 외해에 설치된 챔버4, 5의 경우 약 7.80 정도의 값을 보였다. 그러나 주변의 해수는 계속 8.00 이상의 8.01~8.16 사이의 값을 보였다. 이것으로 보아 챔버내에서는 시간이 경과함에 따라 pH가 감소함을 알 수 있었다. 특히 가두리아래에 설치된 챔버에

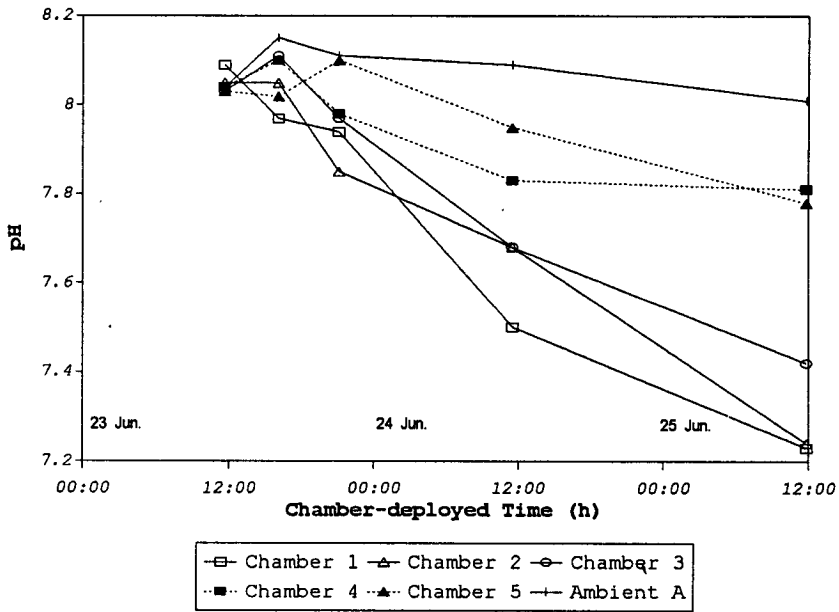


Fig.2-11. Evolution of pHs of chamber waters during in situ incubation of the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.

서 더 많은 감소가 일어남을 알 수 있었다. 용존산소의 경우도(Fig. 2-12) 챔버 설치 시의 약 20~23mg/l 의 높은 값에서, 가두리아래의 경우 챔버 설치 하루 만에 고갈되어 무산소환경을 보였으며, 가두리에서 100m 외해의 경우도 그 감소의 경향이 낮긴 하지만 빠른 감소의 경향을 보였다.

알칼리도의 경우는(Fig. 2-13) 실험상의 문제로 인하여 챔버1과 3에서만 값을 구할 수 있었다. 모두 가두리지역으로서 시간이 경과함에 따라 증가하는 양상을 보였다. 암모니아의 경우(Fig. 2-14), 챔버 설치 후 지속적으로 농도가 증가하여 가두리아래에 설치된 챔버의 경우, 최종적으로 약 100 μ M 의 아주 높은 값을 보였으며, 특히 챔버 3의 경우는 실험시작이 다소 늦었음에도 불구하고 챔버 1, 2에 비해 더 높은 증가를 보였다. 가두리에서 100미터 외해에 설치된 챔버의 경우에도 이보다는 덜하지만 23~43 μ M의 값을 최종적으로 보였다. 인산염의 경우도(Fig. 2-15) 챔버설치 시간이 경과함에 따라 챔버내의 농도가 증가하며 특히, 가두리아래에 설치한 챔버에선 약 10 μ M 의 값을 최종적으로 보였고, 외해에 설치된 챔버 4의 경우는 중간에 다시 감소하는 경향을 보이기도 하지만 챔버5의 경우는 꾸준히 증가하여 2.5 μ M의 값을 보였다. 결국 암모니아와 인산염의 경우, 가두리지역에 설치한 챔버에서 외해에 설치한 챔버보다 4배나 높은 농도 증가를 보였다. 한편, 규산염의 경우는 이와는 다소 상이한 경향을 보여준다. Fig. 2-16에서 보듯이 가두리에 설치한 챔버의 경우 초기값보다 약 10~30 μ M 이 증가하였고, 가두리에서 100M 떨어진 외해에 설치된 챔버에서는 초기값보다 최고 60 μ M이나 증가하여, 오히려 외해의 챔버에서 가두리아래 챔버보다 2~3배 높은 농도변화를 보였다. 그러나 챔버 4의 경우는 다시 급격히 감소하는 경향을 보이는데, 이것은 인산염의 경우도 그러한 것으로 보아 채수시에 주변해수의 영향이 있었던 것으로 생각된다. 따라서, 영양염의 경우, 챔버의 설치시간이 경과할수록 그 농도가 증가하며, 규산염을 제외한 나머지는 가두리에 설치한 챔버에서 더 많은 농도 증가가 있음을 알 수 있었다.

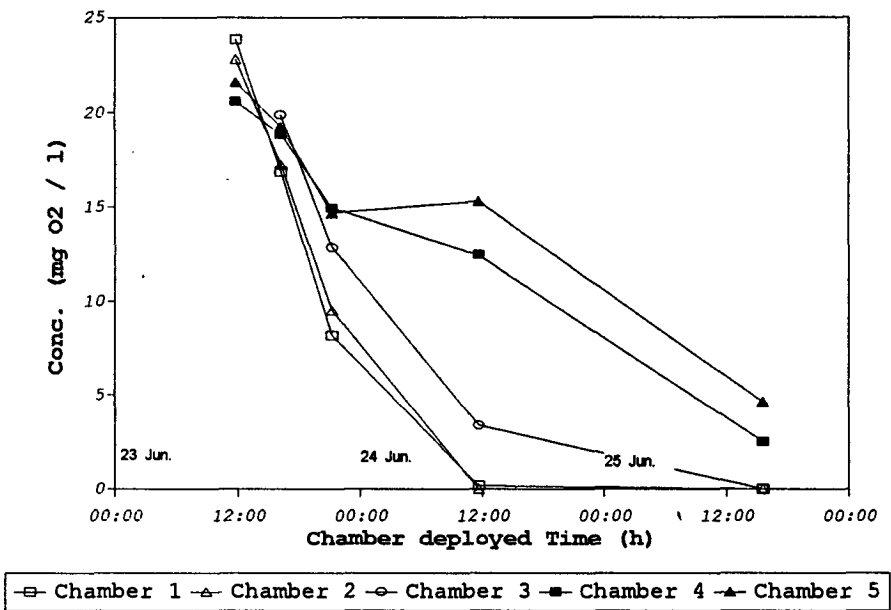


Fig.2-12. Depletions of dissolved oxygens in the chamber waters during in-situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cages site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.

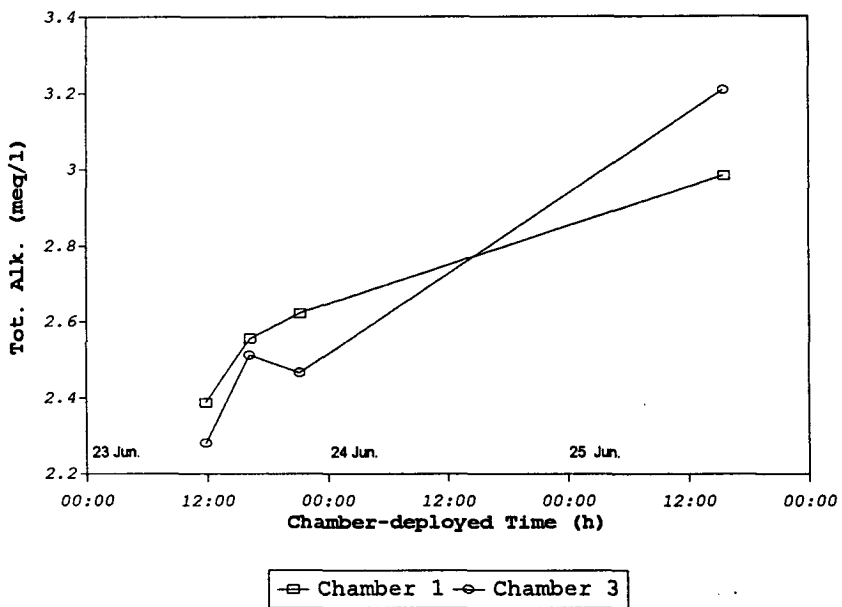


Fig.2-13. Increases of titration alkalinities in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.

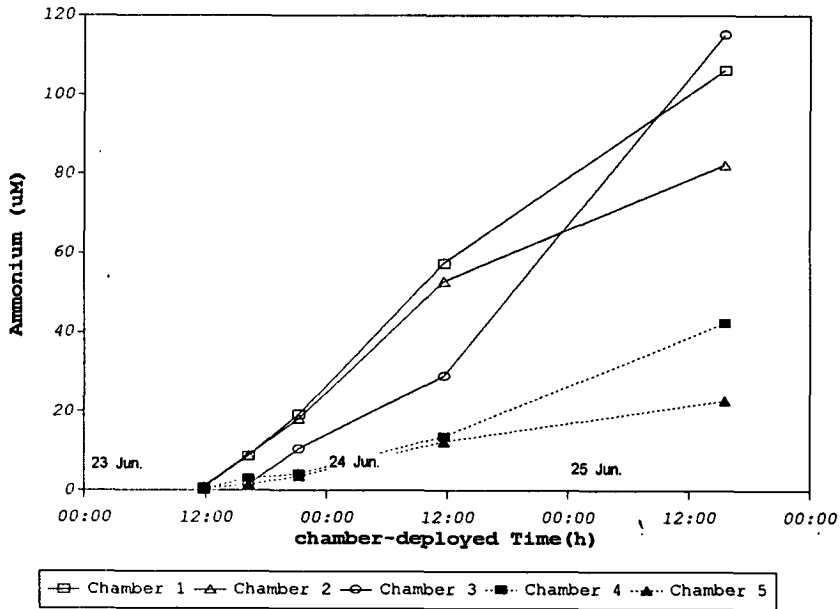


Fig.2-14. Concentration changes of ammonium in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site.

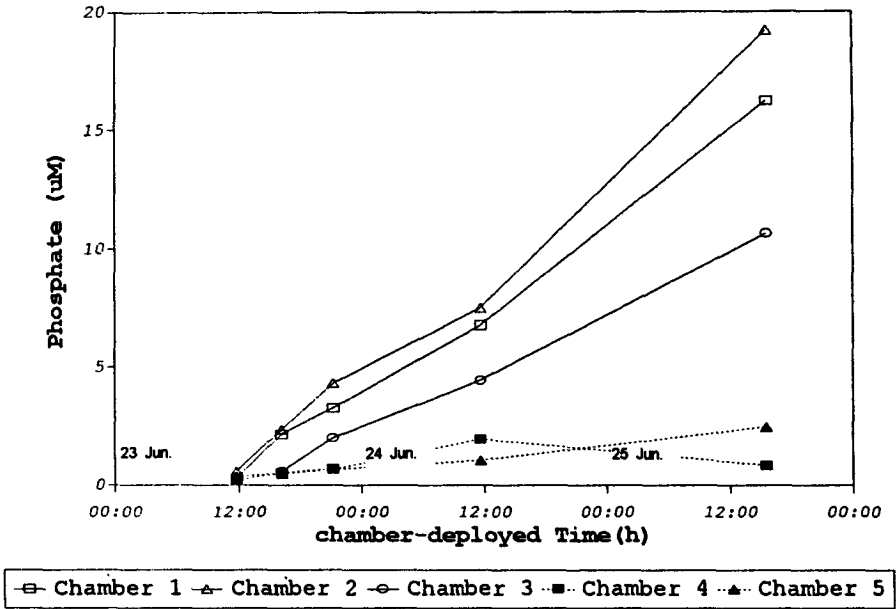


Fig.2-15. Concentration changes of phosphate in the chamber waters during in situ incubation experiments on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. The last sample of chamber 4 might be affected by ambient water, which could cause the decrease of phosphate concentration in the last sample of chamber water.

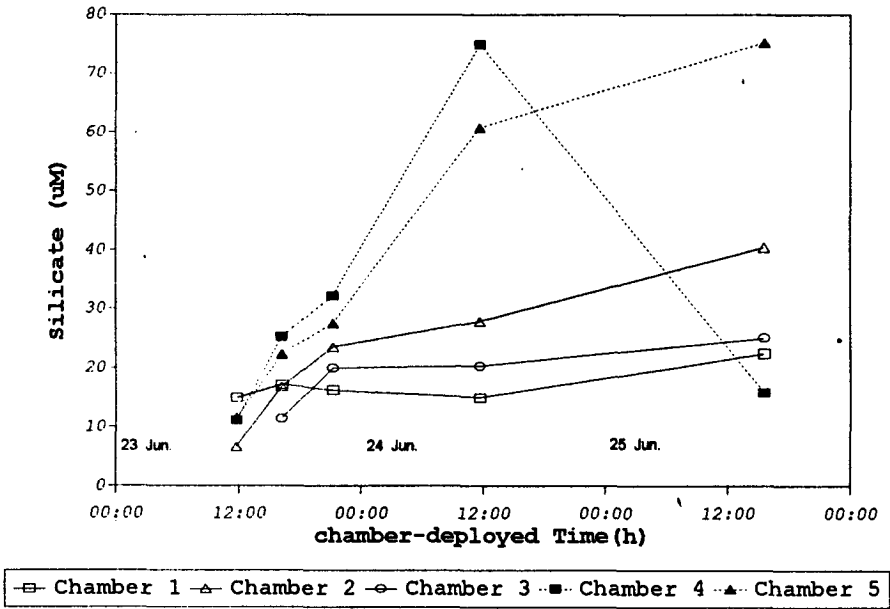


Fig.2-16. Concentration changes of silicates in the chamber waters during in situ incubation experiment on the farm sediments. Chamber 1, 2, and 3 were deployed on the cage site, and chamber 4, 5 were deployed on the control site. The last sample of chamber 4 might be affected by ambient water, which could cause the decrease of silicate concentration in the last sample of chamber water.

4.4.2. 트랩과 퇴적물에서의 성분분포

트랩 실험 결과는 Table 2-3에 나타낸 것과 같으며, 이 값들은 각 지역의 트랩결과를 평균한 값이다. 표층해수에서 저층으로 공급되는 입자의 양은 가두리지역에서는 $211 \text{ g/m}^2/\text{d}$ 이었으며, 가두리에서 100M 떨어진 외해에서는 이보다 적은 $151 \text{ g/m}^2/\text{d}$ 의 값을 보였다. 트랩에 포획된 입자의 성분 중 총탄소량은 가두리지역에선 3.8%, 외해지역에선 3.2% 였으며, 이중 유기탄소의 양은 각각 3.0, 2.6% 의 값을 보였다. 이 양은 총탄소량의 78, 81% 에 각각 해당하는 값으로서, 가두리지역과 외해지역의 총입자유입량은 가두리지역이 다소 높지만, 입자에 포함된 유기탄소의 구성비는 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있었다.

또한 저층으로 공급되는 입자 중 총질소의 경우, 가두리에선 약 0.54%의 값을, 외해에선 약 0.44%의 값을 보였다. 총질소값의 경우 가두리지역에서는 고르게 0.5% 이상의 값을 보인 반면, 외해지역에서는 그 편차가 컸었다. 입자 성분 중에서 총인은 가두리의 경우 0.48, 외해의 경우 0.08%의 값을 보였다. 이중 유기인의 양은 가두리와 외해지역이 각각 0.11, 0.03%를 차지하였다. 입자 중 인성분의 경우는 탄소와 질소의 경우와 달리 가두리와 외해와의 값사이에 차이를 많이 보여, 가두리지역이 외해에 비해 약 5배나 높은 비율을 차지하였다.

코아퇴적물시료의 분석결과 중 총탄소의 양은 Fig. 2-17과 같이 나타났다. 가두리 아래지역을 'site A' 라고 표시하고 가두리에서 100미터 외해지역을 'site B' 라고 하였으며, 2~3개의 코아퇴적물시료를 한꺼번에 나타내었다. 그리고 두 지점의 중간지점을 'center' 라고 하였다. 그림에서 보듯이 가두리지역의 경우는 표층에서 약 4~5%의 아주 높은 값을 보이다가 점점 감소하여 퇴적물 깊이가 약 20cm 에서는 3.5% 의 값을 보인다. 외해지역과 중간지점의 경우는 거의 비슷하게 분포하며, 표층에서는 약 2.5~3%의 값을 보이며, 그이하에서는 약 2.5%의 값을 보여, 전깊이에 걸쳐 가두리지역이 훨씬 높은 농도분포를 보였

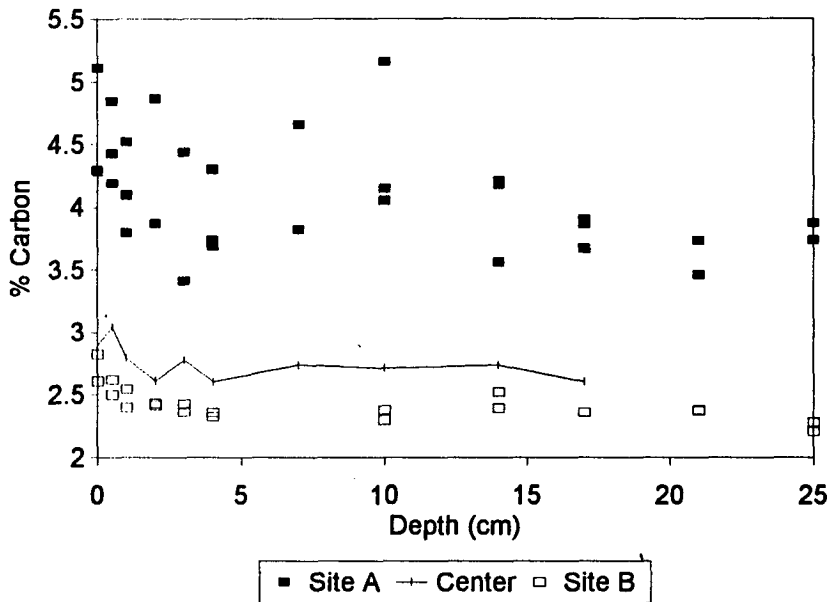


Fig.2-17. Total carbon (organic + inorganic) contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment contains carbons 4 or 5 times more than the sediments out of the cages.

Table 2-3. Fluxes and Compositions of Particles from water column

	Fish cage site	Control site
Particla flux (g/m ² /d)	211.0	151.0
Composition of particle (%)		
Total Carbon	3.8	3.2
Organic Carbon	3.0	2.6
Total Nitrogen	0.54	0.44
Total Phosphous	0.49	0.08
Organic Phosphous	0.11	0.03

다. 유기탄소의 분포를 살펴보면(Fig. 2-18), 가두리지역은 표층에서 약 3~3.5%의 값을 보이다가 급격히 감소하여 퇴적물 깊이 5cm 보다 깊은 곳에서는 외해지역과 비슷한 1.5%의 값을 보였다. 이것으로 보아 가두리에 의한 유기탄소의 유입이 퇴적물깊이 약 5cm까지 그 영향을 나타냄을 알 수 있다. 한편, 무기탄소의 경우는(Fig. 2-19) 퇴적물 전깊이에서 가두리지역이 외해지역보다 2~3배 높게 나타났으며, 퇴적물 깊이 약 10cm에서 최고값을 보였다. 이렇게 전깊이에 걸쳐 무기탄소의 양이 높은 것은, 퇴적당시에 어떠한 경로를 통해 이 지역에 탄산칼슘의 공급이 많았기 때문인 것으로 사료된다.

퇴적물내의 총질소의 경우(Fig. 2-20) 가두리지역에선 표층 5cm까지는 0.4~0.6%의 높은 값을 보였으나, 더 깊은 퇴적층에서는 외해지역과 중간지역이 거의 유사한 분포를 보였다. 가두리지역의 표층에서 높은 총질소값을 나타낸 것으로 보아, 이것은 양식장으로 부터 유입된 입자성유기물에 의한 결과인 것으로 생각된다. 이를 입증하듯이 퇴적물 내의 총인(Fig. 2-21), 유기인(Fig. 2-22) 그리고 무기인(Fig. 2-23)의 결과에서도 표층퇴적물 5cm 까지는 외해와 중간지점에 비해 가두리지역의 값이 훨씬 높게 나타났었다. 특히 총인과 무기인의 경우는 깊이 20cm까지 서서히 감소하는 반면, 유기인의 경우는 퇴적물

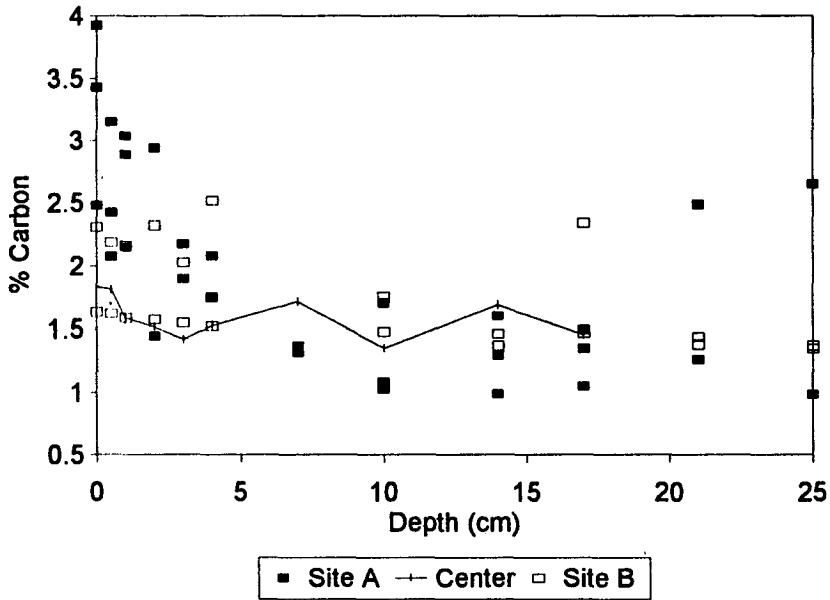


Fig.2-18. Organic carbon contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B(center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment contains carbons 4 or 5 times more than the sediment out of the cages.

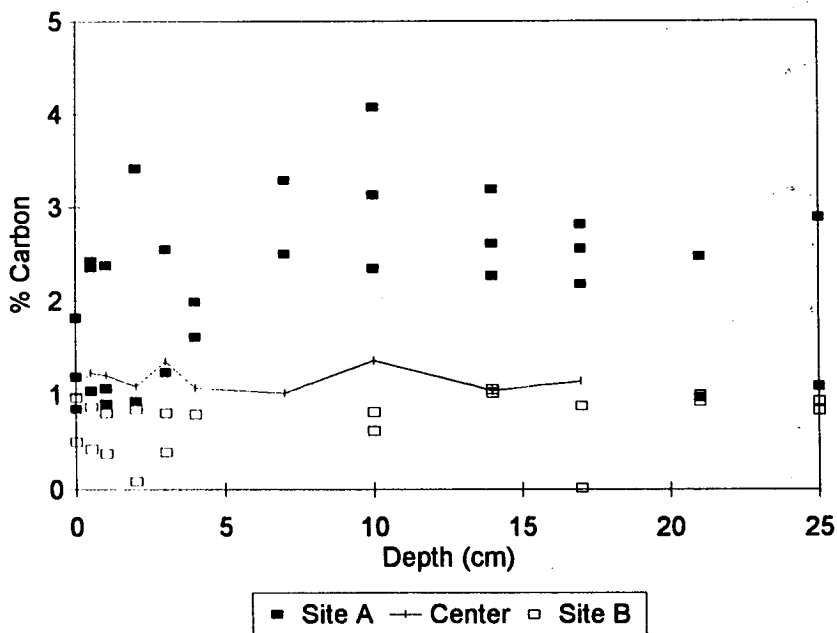


Fig.2-19. Total inorganic carbon contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cages-site sediment contains more inorganic carbons than the sediment out of the cages.

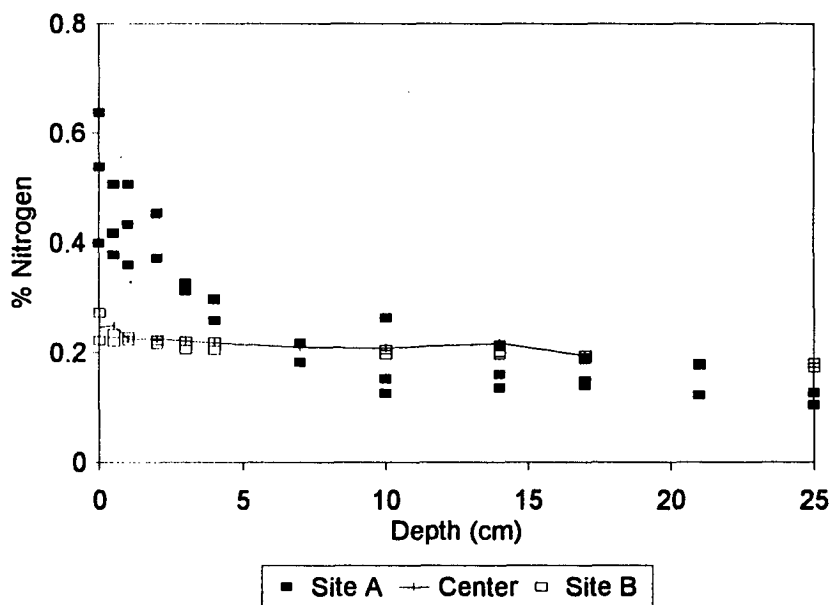


Fig.2-20. Total nitrogen contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows high nitrogen-contents in the surface, but it decreases with depth in a top 5 cm layer and reaches a value similar with samples taken from out of cages.

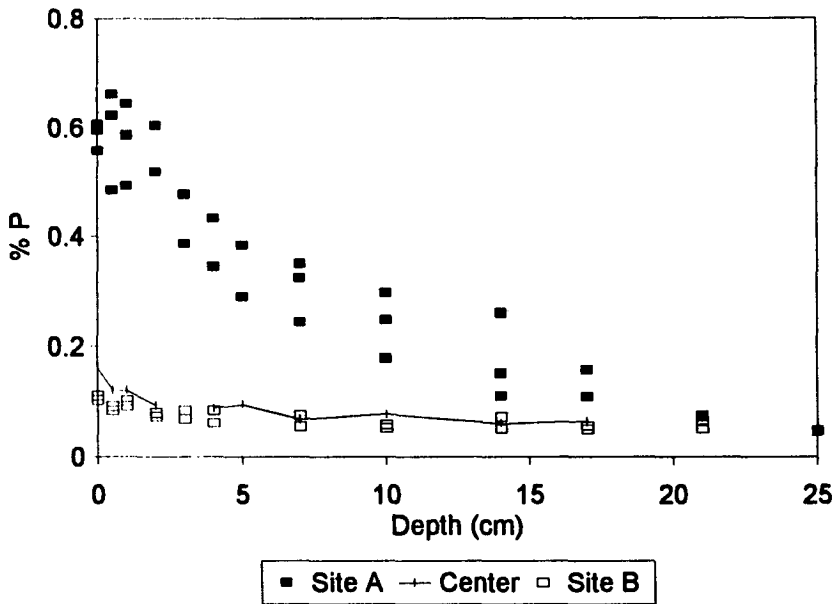


Fig.2-21. Total phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows higher phosphorus-contents than the sediment out of the cages.

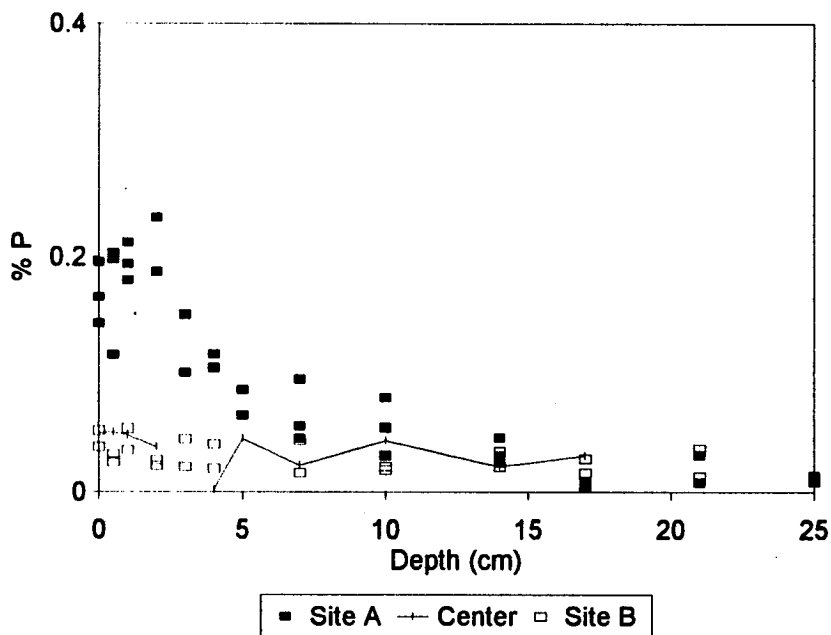


Fig.2-22. Organic-phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows high nitrogen-contents in the surface, but it decreases with depth in a top 10 cm layer and reaches a value similar with samples taken from out of cages.

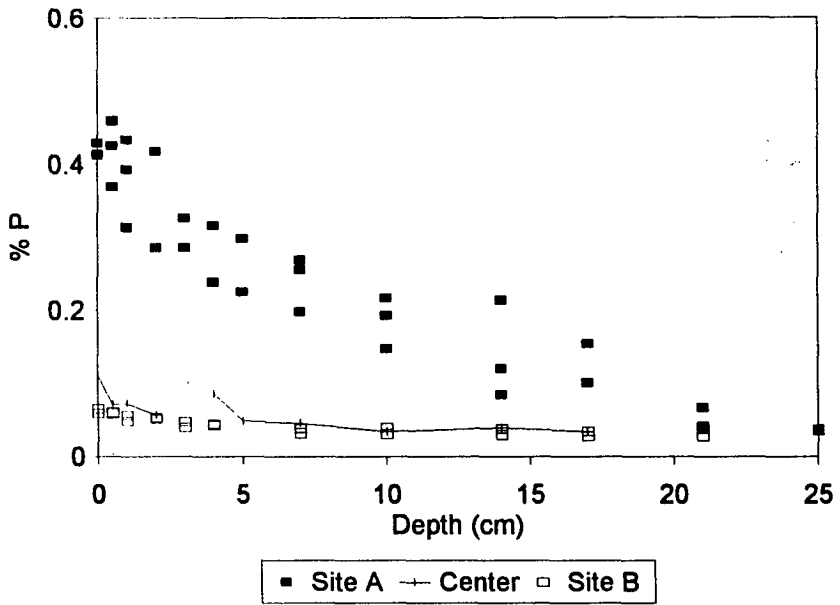


Fig.2-23. Inorganic-phosphorus contents of the farm sediments taken from cage site (site A), control site (site B), and a point between site A and site B (center). Two or three sediment cores were taken from each point, and all the values were plotted together. Cage-site sediment shows higher phosphorus-contents than the sediment out of the cages.

깊이 5cm까지 급격한 감소의 경향을 보인다 .

이상의 퇴적물내 각종 성분의 분포를 종합해 보면, 가두리지역의 퇴적물에서는 양식장에서 공급되는 입자들에 의해 각종성분들의 농도가 훨씬 높았으며, 특히 유기물 성분이 두드러지게 높은 농도를 나타내었다. 그리고 양식장의 영향은 퇴적물 깊이 약 5cm 정도로 나타났다.

4.5. 고 찰

4.5.1. 챔버에서의 Flux 비교

챔버 내에서 일어나는 어떤성분의 시간에 따른 변화는 그 원인이 다양하다고 할 수 있다. 예를 들면, 챔버내에 포획된 생명체에 의한 생명활동, 해수와 퇴적물표면이 접하는 면에서 일어나는 각종 생물·화학반응 그리고 퇴적물내에서 일어나는 초기속성반응의 결과 등이 있다. 그러나 챔버 실험을 통해 일반적으로 얻고자 하는 것은 해수와 퇴적물경계면에서 일어나는 물질분해 기작과 퇴적물내의 초기속성결과 생성되는 성분의 확산에 의한 변화이다. 그리고 그 이외의 반응들은 상황에 따라 다소 다르겠지만, 이들 두가지 원인에 의해 생성되는 변화량에 비해 무시할 만한 값이라고 할 수 있다.

결국 챔버내의 성분변화는 퇴적물표면에서의 유기물분해 결과와 공극수의 확산에 의한 변화를 지시한다고 할 수 있다. 따라서 챔버내 각 성분의 flux를 아래의 간단한 식에 의해 구하면, 결과는 Table 2-4와 같다.

$$F = dC/dt \times V/A$$

F : 성분의 단위시간당, 단위면적당 변화량(유출량)

dC/dt : 챔버내 시간에 따른 성분의 농도 변화

V : 포획된 저층수의 부피

A : 챔버가 포함하는 면적

가두리 지역에 설치된 챔버의 경우, 산소flux는 평균 $< -200 \text{ mmol/m}^2/\text{d}$ 의 값을 보였고, 외해의 챔버에서는 $> -100 \text{ mmol/m}^2/\text{d}$ 의 값을 보였다. 알칼리도의 경우는 챔버 1과 3에서만 값을 구할 수 있었는데, 평균 $107.5 \text{ meq/m}^2/\text{d}$ 의 값을 보였다. 암모니아의 경우 가두리지역은 평균 $13.7 \text{ mmol/m}^2/\text{d}$ 이었으며, 외해에서는 $5 \text{ mmol/m}^2/\text{d}$ 의 값을 보였고, 인산염의 경우는 2, 0.4 $\text{mmol/m}^2/\text{d}$ 의 값을 가두리지역과 외해지역에서 각각 보였다. 가두리지역에 설치한 챔버에서 외해에 설치한 챔버에 비해 각 성분들의 flux가 높은 것은 그만큼 양식장에서의 물질공급이 많고, 그 결과 퇴적물표층과 그 이하에서 초기속성과정에 의해 유기물분해가 활발히 일어나기 때문으로 생각된다.

Table 2-4. Fluxes of elements within the Chambers

Unit : $\text{mmol/m}^2/\text{d}$

	Chamber 1	Chamber 2	Chamber 3	Chamber 4	Chamber 5
Dissol. oxygen	-221.0	-304.0	-174.0	-81.0	-70.0
Alkalinity*	83.0	-	132.2	-	-
Ammonium	14.6	10.9	16.2	6.0	3.0
Phosphate	2.2	2.5	1.4	0.5	0.2
Silicate	1.0	4.5	1.9	18.4	8.4

* : $\text{meq/m}^2/\text{d}$

한편, 규산염은 가두리지역이 평균 $3 \text{ mmol/m}^2/\text{d}$ 인 반면, 외해에서는 이보다 2~6배 높은 값을 보였으며, 다른 영양염에 비해 그 편차가 컸었다. 규산염의 경우, 유기물유입량이 많은 가두리지역보다 외해지역에서 flux가 높은 것은 양식장에서 기원하는 유기물의 조성과도 관련이 있겠지만, 질산염과 인산염에 비해 상대적으로 분해되는 데 걸리는 시간이 길기 때문으로 생각된다. 가두리

의 경우, 퇴적표층으로 유입되는 물질의 양이 많아 규산염이 미처 분해되기전에 퇴적층 깊은 곳으로 묻히기 때문에, 퇴적되는 물질의 양이 적어 비교적 표층퇴적물에 노출되는 시간이 긴 외해지역의 규산염flux보다 낮게 나타난 것으로 생각된다.

이상에서 보았듯이 가두리지역의 flux가 외해에 비해높았는데, 다른지역의 flux값과 비교를 해보았다. Table 2-5에 나타내었듯이 산소의 flux만 비교하였다. 유기물 분해는 온도의 영향을 많이 받아 대체적으로 여름에 가장높은 소모율을 보이며, 저서생물의 호흡도 또한 산소 소모에 기여를 한다. Signy 와 Long Is 와 같은 비교적 유기물의 유입이 많은 연안지역에 비교하면, 본 가두리 지역의 산소소모율이 2배가량 높은 값을 알 수 있다. 물론 유기물 유입원이 적은 남극의 Marian Cove 지역에 비해서는 약 10배나 높은 값이다. 또한 키조개양식을 하는 남해안의 득량만에 비해서도 아주 높은 값을 알 수 있다.

Table 2-5. Comparison of Dissolved Oxygen Consumption Rate during the chamber experiment

Location	Rate (mmol O ₂ /m ² /d)	Source
(Summer)		
Signy Is.	80 - 90	Nedwell & Walker (1995)
Long Is. Sound	81 - 137	Mackin & Swider (1989)
Marian Cove, Antarctica	13 - 27	Kang et al (1995)
Deukryang Bay, Korea	5 - 0	Shim (1994)
Jer-do Is., Korea	80	This study
(Annually)		
Signy Is.	12.3	Nedwell & Walker (1995)
North Sea sediment	2.8 - 4.6	Nedwell & Walker (1995)
(Fish cage)		
Bohuslan, Sweden	90 - 180	Holby & Hall(1991)
Jer-do Is., Korea	220	This study

그러나 스웨덴의 양식장과 비교하면, 거의 유사한 값을 보였다. 가두리에서 100M 외해의 지역도 가두리지역에 비해서는 적은 값이지만, 남극이나, 인근의 득량만에 비하면 높은 값이다. 이것으로 보아 가두리의 영향은 상당히 넓은 지역에 걸쳐 나타난다고 보아진다.

이렇게 양식장주변의 아주 넓은 지역에 걸쳐 유기물 유입의 영향이 미쳐, 결국 저층에서의 활발한 분해 결과 생성되는 영양염이 표층수에 공급이 되면, 인근 주변해역에는 부영양화현상이 일어나게 된다. 그것이 또한 일차생산력의 증대를 초래하여, 결국에는 양식장 어류의 폐사를 일으키는 적조가 발생하게 된다. 일본에서도 최근에 양식장주변의 적조가 발생하여 어류의 폐사가 발생하여, 이에 대한 연구(Honjo, 1994)가 활발히 이루어지고 있다.

4.5.2. C, N, P 의 수지 (Mass balance : Budget)

위에서 가두리 아래의 해수-퇴적물경계면에서 물질flux의 양이 얼마인지를 살펴보았다. 그 결과를 바탕으로 탄소, 질소, 인에 대해 각각의 수지관계를 파악하고자 한다. 퇴적층으로 유입되는 입자의 일부는 분해되어 다시 해수-퇴적물경계면을 통해 빠져나가지만, 미처 분해되지 않거나 난분해성의 물질은 퇴적층에 계속 머물러 퇴적된다. 따라서 정상상태(steady state)라는 것을 가정하고, 간단히 식으로 나타내면 다음과 같다(Klump and Martens, 1987).

$$G_0 = G_d + G_{\infty}$$

G_0 : 표층 퇴적물로 유입되는 양

G_d : 표층 퇴적물에서 유출되는 양

G_{∞} : 난 분해성 잔류물의 양

식에 의해 각각의 값을 정의하면, G_0 는 양식장의 경우, 트랩실험에서 얻

은 유입량으로 하며, 해류에 의해 이동하다 퇴적되는 물질의 양은 고려하지 않기로 한다. Gd는 챔버실험에서 구한 각 성분의 flux로 하며, 이때, 탄소의 경우는 알칼리도의 값에서 TCO₂의 값으로 전환(Parsons *et al.*, 1984)하여 이용하였다. 따라서 G_∞값은 G₀ 와 G_d의 차이로 구하였다. 결과는 Table 2-6과 같이 나타났다.

가두리의 경우, 공급되는 탄소의 양은 668.2 mmol/m²/d 이었으며, 그 중 137.7 mmol/m²/d 이 분해되고 그 나머지 530.5 mmol/m²/d 의 양이 퇴적됨을 알 수 있었다. 이값은 유입량의 20, 80%에 각각 해당하는 값이다. 질소의 경우도 유입되는 양(81 mmol/m²/d)의 17%가 분해되고, 나머지 83%에 해당하는 67.1 mmol/m²/d 이 퇴적되었다. 인의 경우는 유입되는 양 중 약 6%(2.0 mmol/m²/d)가 분해되었으며, 대부분(5.4 mmol/m²/d)이 그대로 퇴적되었다.

Table 2-6. Budgets of elements across the sediment-water interface

Unit : mmol/m²/d (%)

	G ₀	G _d	G _∞
Fish cage site			
C	668.2	137.7 (20)	530.5 (80)
N	81.0	13.9 (17)	67.1 (83)
P	33.4	2.0 (6)	5.4 (94)
Control site			
C	402.7	n.d.	n.d.
N	47.5	4.7 (10)	42.8 (90)
P	3.9	0.4 (10)	3.5 (90)

외해지역에서 탄소의 경우는 Gd 값을 구하지 못하였다. 질소와 인의 경우는 둘다 유입량의 10%에 해당하는 4.7, 0.4 mmol/m²/d 가 해수-퇴적물경계면에서 분해되었으며, 그 나머지인 90%는 퇴적되었다.

위의 결과들은 실험시기나, 퇴적물특성에 의해 다소 실험오차가 있을 수 있지만, 스웨덴의 한 양식장에서 실시한 실험값과 아주 유사하였다. 탄소의 경우, Hall *et al.*(1990)에 의하면, 약 4680kg C 이 퇴적되어 그 중 20%에 해당하는 945kg C 이 분해되어 유출된다고 보고하였다. 그리고 Hall *et al.*(1992)에 의하면, 질소의 경우는 퇴적되기 이전에 이미 용존형태로 유기물들이 유출되어, 따라서 퇴적되는 양이 적어, 약 11%만이 퇴적경계면을 통해 유출된다고 보고하였으며, 인의 경우(Holby and Hall, 1991)도 유입량의 10% 이하의 값이 분해되어 저층으로 유출된다고 하였다. 이와 같이 유입량이 다름에도 불구하고 분해되는 비율이 비슷함을 알 수 있었는데, 이것은 Aure and Stigebrandt (1990)가 주장하는 것과 일치한다. 매년 퇴적물로 유입되는 양의 10%가 분해되어, 양식장에 의해 유입되는 모든물질이 분해될려면 수십년이 걸려야만 원래의 상태로 돌아갈 수 있다고 하였다.

4.6. 결 론

충무의 가두리양식장에서 챔버와 트랩실험을 통해 살펴본 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 가두리양식장으로 유입되는 입자의 양은 211 g/m²/d 이었으며, 이 중에서 유기탄소의 양은 6.4 g/m²/d, 유기인의 양은 0.22 g/m²/d 의 값을 보였다. 이같은 양식장의 영향을 비교적 적게 받는 지역에 비해 유기탄소의 경우는 1.5배, 유기인의 경우는 5배 정도가 높은 값이다.
- 2) 퇴적물경계면과 그 이하에서 유기물분해결과 재영양염화 되어 주변해수로

공급되는 양은 암모니아의 경우 약 $14\text{mmol/m}^2/\text{d}$, 인산염은 $2\text{mmol/m}^2/\text{d}$, 규산염은 $2.5\text{mmol/m}^2/\text{d}$ 의 값을 각각 보였다. 이때 산소의 소모율은 $200\text{mmol/m}^2/\text{d}$ 이었다. 이값은 규산염을 제외한 나머지는 인근의 지역에 비해 모두 높은 용출값을 보였다.

- 3) 퇴적물로 유입되는 양 중, 탄소의 경우는 약 20%, 질소는 17%, 그리고 인은 6%가 해수-퇴적물 경계면에서 분해되어 저층수로 빠져나감을 알 수 있었다.

이와 같이 양식장에서 발생하는 각종 유기물질은 퇴적물의 물리, 화학, 생물상태를 변화시키며(Holmer, 1991), 또한 넓은 지역에 걸쳐 그 영향을 끼친다. 그리고, 결국 양식장의 환경과 어류에도 그 파급효과가 끼치게 될 것이다. 따라서 양식장환경의 지시자로서 해수-퇴적물경계면에 대한 연구가 필수적이다. 특히, 퇴적표층에 서식하는 저서생물을 양식장환경의 지시자로 이용하는 연구(Chareonpanich *et al.*, 1994; Tsutsumi *et al.*, 1990) 등, 외국에서는 많은 연구가 이루어지고 있다. 따라서 수산업에서 양식업의 비율이 차츰 높아지는 이때, 양식업의 활성화와 연안의 생태계를 위해 우리나라에서도 많은 연구가 필요하며, 이를 바탕으로 양식장운영계획을 수립해야만 할 것이다.

제5절 총무어장(가두리 축양장)내 입자성 유기물 분해 및 퇴적역학

5.1. 서 론

우리나라 남해는 천혜의 해양조건으로 가두리 축양장 어업이 번성하고 있다. 이러한 해양 목장화 사업개발은 우리나라 어업 생산성을 높이는 주요한 수단이다. 그러나 축양장 사업이 경제적으로 지속가능하기 위하여서는 친환경적이어야 한다. 근래 적조의 대량발생과 해난사고에 의한 유류방출로 인하여 연안 해양환경이 변화하고 있다. 축양장에는 물고기를 사육하기 위하여 사료를 투입하게 된다. 물고기가 섭취한 먹이중 대부분은 에너지로 분해되고 나머지는 배설물로 배출된다. 분해된 배설물은 해저에 축적되고 궁극적으로는 분해된다. 유기물 분해시 해수중 산소를 소모하게 되어 해양의 산화·환원 환경을 변화시키게 된다. 이러한 변화의 양상을 규명하고 예측하기 위한 작업의 일환으로 축양장 하부에 퇴적물 트랩을 설치하여 시계열 입자 침강율을 정량하고 또한 해저의 주상 퇴적물을 채취하여 질량보존(mass-balance)법에 의한 환경평가를 예비적으로 수행하였다.

5.2. 재료 및 방법

가두리 축양장 중앙부와 축양장 가장자리 수심 15m 위치(해저 5m 상부)에 퇴적물 트랩을 수하식으로 계류시켰다. 트랩은 바닥이 막힌 원통형으로 직경이 10cm 인 아크릴관으로 Aspect ratio가 8이 되게 제작하였다. 비슷한 디자인의 퇴적물 트랩이 시화인공호수에서도 사용이 되었다(Hong et al., 1996).

계류기간은 최단 8일에서 최장 52일 이었다. 총 계류기간은 179일 이었다 (Table 2-7). 퇴적물 트랩에 축적된 퇴적물은 1mm 채로 습식 체질하여 1mm 이하 크기의 퇴적물을 분석 대상으로 하였다. 1mm 크기 이상의 물질은 주로 계, 조개등과 목재부스러기등 인공물질이었다. 총 퇴적물은 염분을 제거하고 냉동건조하여 무게를 측정하였다. 유기탄소와 질소는 염산으로 무기탄소를 제거한후 Carlo-Erba CNS 원소분석기를 이용하여 각각의 함량을 구하였다. 유기탄소와 질소의 측정상대오차는 $\pm 5\%$ 이다. 생물기원 규소함량은 DeMaster(1981)의 알칼리 용출방법으로 추출하여 발색법으로 측정하였다.

5.3. 결과 및 고찰

5.3.1. 시계열 입자성물질 침강율

시계열 입자 침강율은 Table 2-7과 Fig. 2-24에 나타내었다. 퇴적물 트랩 계류와 회수가 기계적 장치로서 자동으로 수행되지못하고 인위적으로 계류와 회수가 반복 수행되었다. 가두리 축양장 중앙부 정점 (TYI)에 위치한 퇴적물 트랩의 계류는 최단 14일에서 최장 52일이며 총 계류일수는 179일 이었다. 일별 입자성물질 침강율은 $60\sim 280\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ 이다. 가두리 축양장 가장자리에 위치한 정점(TYO)에서의 퇴적물 트랩의 계류는 트랩 유실로 인하여 4회에 걸쳐서 수행되었다. 총 계류일수는 59일이다. 일별 입자성 물질 침강율은 $40\sim 150\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ 이다. 연평균 총입자 침강율은 정점 TYI와 TYO에서 $2.3\sim 2.6\text{ kg m}^{-2}\text{ yr}^{-1}$ 로서 정점간 변화는 없는 것으로 사료된다. 향후 축양장에서 충분히 거리가 떨어진 곳에 대조구를 설치할 예정이다.

침강입자중 유기탄소와 질소함량은 각각 $1.6\sim 3.6\%$ 와 $0.3\sim 0.6\%$ 이다. 그리고 C/N 비는 약 7이다. 따라서 침강유기입자는 대체로 생분해가 잘 되는

Table 2-7. Time-series measurements of vertical flux of particulate matter to the bottom. In and out of the fish culture cage (Tongyung), southern coastal bay in Korea.

Strn.	Trap Date		Duration (day)	Total Flux (g/m ² /day)	Composition			Flux	
	Open (DD/MMM/YY)	Close			C (%)	N (%)	C/N	C (g/m ² /day)	N (g/m ² /day)
TYI	21/Aug/95	04/Sep/95	14	104.31	1.92	0.31	7.2	2.01	0.33
	04/Sep/95	18/Sep/95	15	105.51	2.30	0.36	7.6	2.43	0.37
	18/Sep/95	02/Oct/95	15	154.32	1.76	0.27	7.7	2.72	0.42
	02/Oct/95	22/Nov/95	52	60.70	2.40	0.38	7.3	1.46	0.23
	22/Nov/95	16/Dec/95	25	281.74	1.97	0.32	7.1	5.54	0.91
	02/Jan/96	20/Jan/96	19	161.84	1.62	0.25	7.5	2.62	0.41
	05/Feb/96	24/Feb/96	20	145.91	2.28	0.39	6.9	3.32	0.56
	26/Feb/96	16/Mar/96	19	132.28	3.60	0.64	6.6	4.76	0.84
TY	14/Nov/95	21/Nov/95	8	41.54	2.29	0.42	6.4	0.95	0.17
	22/Jan/96	03/Feb/96	13	148.67	1.75	0.29	7.1	2.61	0.43
	05/Feb/96	24/Feb/96	20	109.69	1.85	0.29	7.6	2.03	0.31
	26/Feb/96	16/Mar/96	18	114.73	2.37	0.39	7.0	2.72	0.45

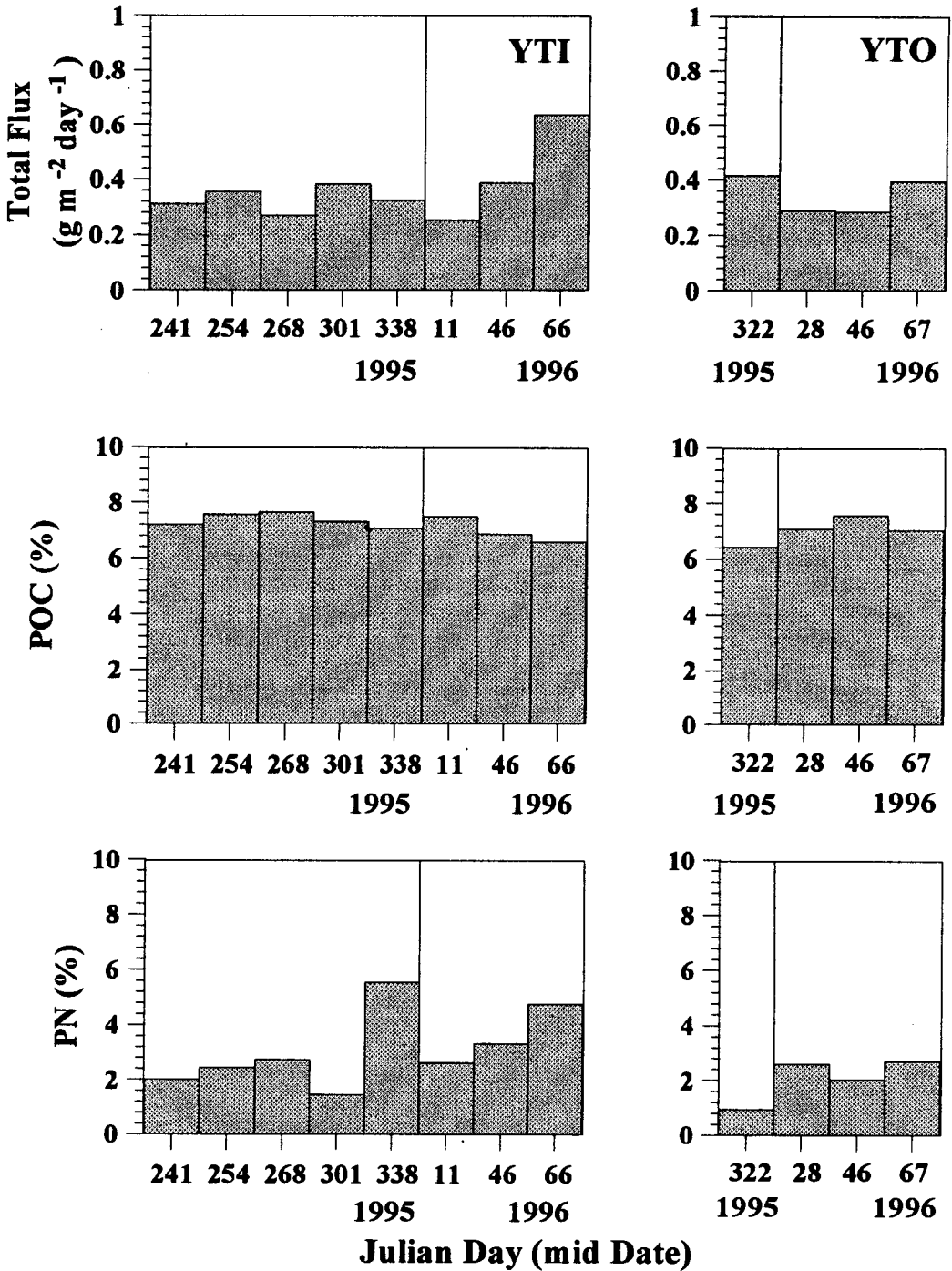


Fig.2-24. Time series settling fluxes of total particulate matter, particulate organic carbon and nitrogen in and out of fish cage(Tongyung), southern coastal in Korea.

성분으로 구성된 것으로 판단된다. 입자성 유기탄소 침강율은 $1.0\sim 5.5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 이고 입자성 질소 침강율은 $0.2\sim 0.9 \text{ g N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 이다. 연평균 침강율은 약 $50 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 과 $8 \text{ g N m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이다.

5.3.2. 해저 퇴적물 축적율

축양장 해저의 퇴적물 조성의 수직적 분포는 Table 2-8과 Fig. 2-25에 나타내었다. 축양장 해저의 퇴적물 축적율은 과량 ^{210}Pb (천연방사성 핵종)의 수직분포를 이용하여 일정 ^{210}Pb 공급, 일정 퇴적물 모델(Hong et al, 1996)을 가정하여 추정하였다(Table 2-9). 축양장 중심부 정점 TYI에서는 퇴적물 입자가 차곡차곡 축적(particle by particle accumulation) 되는 것으로 판단되나 가장자리 정점 TYO에서는 해저퇴적물 기둥은 심하게 교란되어 있는 것으로 사료된다. 축양장 중앙부에서는 퇴적물 축적율은 약 $240 \text{ mg cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이고 이는 약 $0.2 \text{ cm}^2 \text{ yr}^{-1}$ 에 해당한다. 또 표면 혼합층은 약 10 cm 이고 혼합계수는 $0.89 \text{ cm}^2 \text{ yr}^{-1}$ 이다. 축양장 가장자리 정점에서는 퇴적물 축적율이 약 $152 \text{ mg cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이다. 표면혼합층의 혼합계수는 $12 \text{ cm}^2 \text{ yr}^{-1}$ 이상으로 크다. ^{210}Pb 의 공급율(Flux)를 보면 축양장 중심부는 3, 가장자리는 $2 \text{ dpm cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이다. 일반적으로 우리나라의 경우 대기로부터 ^{210}Pb 침적율은 $2 \text{ dpm cm}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이므로 축양장 시설이 해수흐름에 따라 이동하는 입자를 집중시키는 것으로 사료된다. 추후에 축양장 설치에 따른 주위 해양환경의 입자성 부유물의 트랩(trap)역할도 연구될 것이다.

퇴적물의 유기물은 시간이 지남에 따라(깊이의 증가에 따라) 급격히 감소한다. 축양장 중심부 정점(TYI)에서는 해저 퇴적물로 축적되는 유기물량이 $52 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 이다. 이는 해저에 도달하는 유기물량과 같다. 해저퇴적물 축적율이 높은 연안환경에서는 해저에 도달하는 유기물이 해저/해양 인접수층에서 분해되기 보다는 해저퇴적물 기둥내에서 분해된다. 해저에 도달하는 유

Table 2-8. Sediment chemistry in southern coastal bay (Tongyung) in Korea.

Stn.	Depth (cm)	210Pb excess (dpm/g)	Org C (%)	N (%)	Bio Si (%)
TYI	0 - 1	10.51 +- 0.23	1.97	0.39	2.63
	2 - 3	8.04 +- 0.22	1.42	0.29	3.02
	5 - 6	6.70 +- 0.15	1.10	0.20	2.62
	7 - 8	5.75 +- 0.18	0.87	0.16	2.63
	9 - 10	6.19 +- 0.20	0.86	0.15	2.51
	12 - 13	4.55 +- 0.16	0.63	0.10	2.63
	15 - 16	2.86 +- 0.14	0.46	0.07	3.22
	18 - 19	1.26 +- 0.11	0.47	0.07	3.09
TYO	0 - 1	5.12 +- 0.19	0.78	0.14	2.55
	2 - 3	4.43 +- 0.19	0.69	0.13	2.17
	4 - 5	4.42 +- 0.20	0.68	0.11	2.50
	7 - 8	5.60 +- 0.28	0.89	0.12	2.41
	9 - 10	3.73 +- 0.23	0.64	0.10	2.34
	11 - 12	4.45 +- 0.29	0.54	0.09	2.29

Table 2-9. Pb-210 derived sedimentation rates and sediment parameters in southern coastal bay in Korea.

Stn.	Latitude	Longitude	Region Fish Cage Culture	Depth (m)	Accumulation Rat		SML depth (cm)	Mixing Coefficient (cm ² /yr)	Pb-210 Flux (dpm/cm ² /y)	Surficial Pb-210 (dpm/g)
					mg/cm ² /y	cm/yr				
TYI	34 45'N	128 24'E	inside of cage	15	240	0.21	9.5	0.89	3.1	10.5
TYO	34 45'N	128 24'E	outside of cage	20	152	0.14	7.5	>12	1.9	6.1

*. Sedimentation rates and sediment parameters for Stn. TYO are first-order estimates due to the short core length.

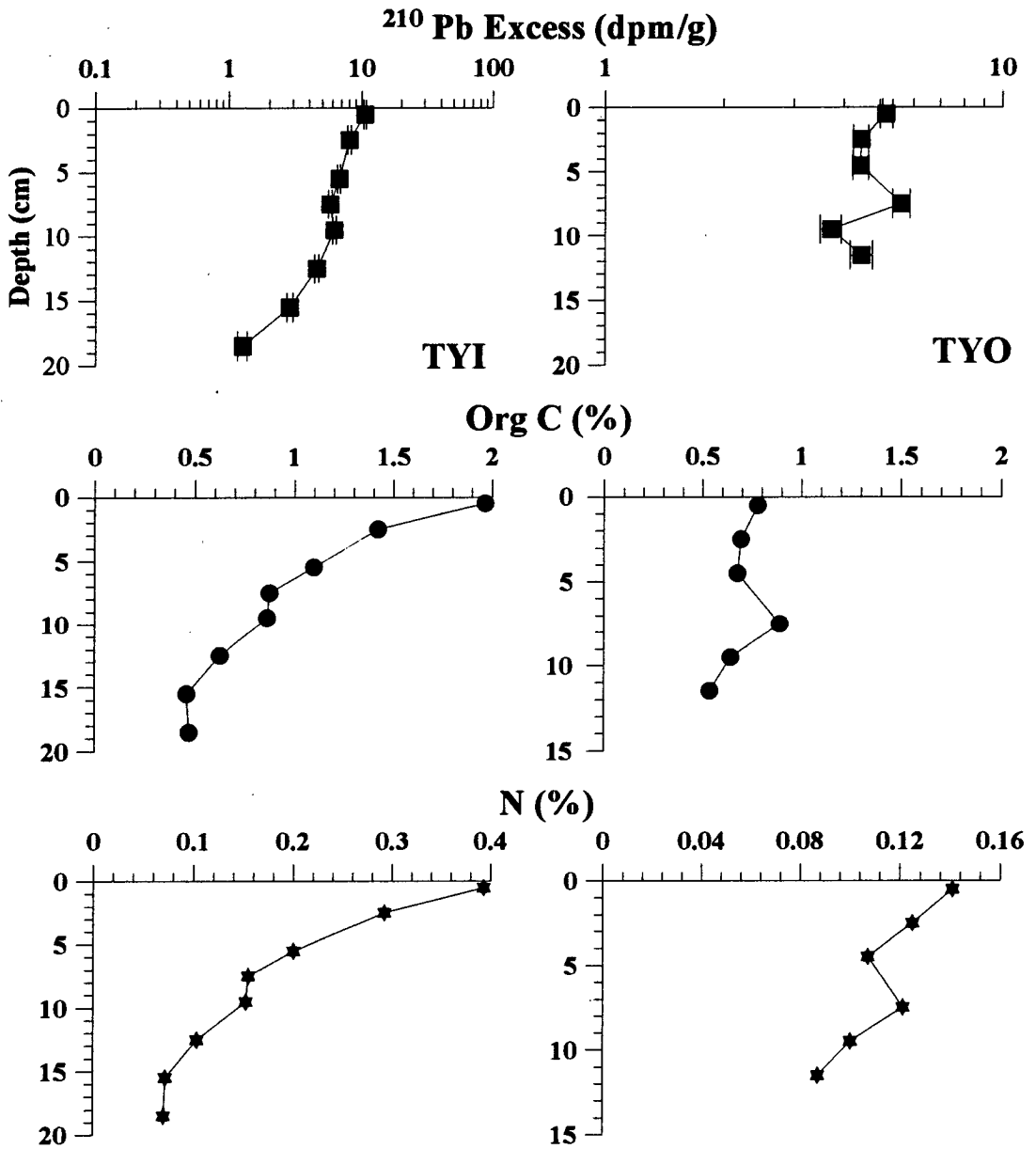


Fig.2-25. Depth distribution of excess ^{210}Pb , sediment organic carbon and nitrogen in and out of fish cage(Tongyung), southern coastal bay, Korea.

기물의 총량은 가두리가 설치되지 않은 다른 연안해역에 비하여 약 2~5배가량 높다. 이에 따른 주위 환경과의 영향평가 연구는 2차년도에 구체적으로 수행 될 것이다.

제 6절 미생물 생산

6.1. 서 론

해양환경에서 유기물의 공급은 일차생산자에 의한 자체생산과 외부로부터의 유입에 의한 것으로 나눌 수 있다. 특히 가두리양식장에서는 사료로 주어지는 유기물의 유입이 상당할 것으로 예상된다. 실제 투여된 사료의 상당부분은 곧장 가라앉거나 배설물 등의 형태로 저토로 가라앉는 것으로 보고된 바 있다 (McLusky, 1990). 이 과정에서 수층과 퇴적토에 공급되는 유기물의 대부분은 고분자형태를 지니며 이들 고분자유기물을 곧장 이용이 가능한 저분자물질로 분해시키기 위하여 미생물은 aminopeptidase, glucosidase 등을 비롯한 다양한 종류의 가수분해효소를 세포외로 분비한다(Chrost, 1990). 생산된 저분자의 유기물은 세균에 의해 흡수, 이용된 후 단백질, 비타민 등의 고급 유기물의 형태로 상위 영양단계로 전달된다(Moriarty, 1987). 그러나 수심이 얕을 경우 다량의 유기물이 바닥까지 도달하게 되는데 퇴적토에서는 산소의 공급이 원활하지 못하여 과도한 유기물이 공급될 경우 황산염환원 등의 과정을 통하여 유기물의 분해가 일어나며 이때 높은 농도의 유기 질소화합물 및 암모니아염이 퇴적토와 수층으로 공급된다(Hansen and Blackburn, 1992; Holmer and Kristensen, 1992). 이상과 같은 과정을 통한 영양염류의 재생산은 일차생산에 필요한 영양염류의 주요 공급원의 하나로 인식되고 있으며(Yamamuro and Koike, 1993)

이로 인해 식물플랑크톤의 상시적인 대발생을 유발할 가능성이 있는데 이들은 사육동물의 먹이가 될 수도 있지만 높은 밀도의 식물플랑크톤은 동물의 아가미를 막거나 종에 따라 독소나 산소radical 등을 발생시켜 동물 폐사의 직접 원인이 되기도 한다(Oda *et al.*, 1992). 따라서 양식장의 안정적인 운영을 위해서는 수질의 관리가 중요한 요소로 작용하게 되는데 이것은 세균군집의 유기물분해 활성과 이에 따른 산소소모 정도와 공급량 등에 따라 사육 적정 동물의 수와 투여 유기물의 최대부하량 등이 조절되어야 함을 의미한다.

고농도의 유기물에 적응 할 수 있는 종속영양세균은 높은 대사능을 가지고 있으며 대부분 단백질 또는 탄수화물을 신속히 분해할 수 있다. 따라서 이들 종속영양세균은 유기물 순환 및 영양염류의 재생산과정에서 중심적인 역할을 할 것으로 생각되며 이들의 분포는 대상생태계의 쉽게 분해가 가능한 유기물의 농도를 반영한다. 또한 온도, 염도, 용존산소, pH 등의 환경조건과 유기물농도에 민감하게 반응하여 짧은 시간동안에 급격히 변화하며 총세균수에 대한 비율은 생태계에 부하되는 오염의 지표로 사용된다(Rheinheimer, 1977).

본 연구에서는 목장화 해역의 수질관리를 위한 기초자료로써 세균현존량 및 종속영양세균의 분포를 조사하였으며 세균의 세포외 aminopeptidase 활성과 아미노산 이용능 및 광물화율을 측정함으로써 세균에 의한 유기물 분해 및 탄소순환과정을 추적하고자 하였다.

6.2. 재료 및 방법

6.2.1. 총세균수

총세균수는 AODC(Acridine Orange Direct Count, Zimmermann, 1977) 방법에 따라 형광현미경(Epifluorescence microscope, Carl Zeiss)하에서 측정하였다.

세균생체량의 계산을 위하여 구형세균은 완전한 구형으로 가정하여 체적을 계산하며 간형세균은 원통의 양 끝에 반구가 붙어있는 형태로 가정하여 원통부분과 반구부분을 따로 나누어 계산하는 방법에 따라 구형세균은 지름을, 간형세균은 그 길이를 일정한 구간으로 나누어 계수한 후 여기에 Zimmermann(1977)에 의한 상수를 곱하여 먼저 총체적을 계산하였다. 구해진 총체적에 Kogure와 Koike(1987)에 의해 산출된 conversion factor인 0.20 g-C/cm³을 적용하여 세균 생체량을 계산하였다.

6.2.2. 종속영양세균수

ZoBell agar medium 2216e를 배지로 하여 성장한 colony의 수를 세어 측정하였다. 시료를 멸균된 해수로 연속희석한 후 0.1 ml의 시료를 배지위에 도말하여 25℃에서 7일간 배양하였다. 계절에 따라 1 ml의 시료를 0.2 μm (d=47mm)의 막여과지에 농축 한 후 배지위에 옮겨 배양하는 방법을 병행하였다. 퇴적토시료는 1 ml를 취하여 10 ml의 멸균해수에 넣은 후 1분간 잘 섞어 준 다음 연속희석하여 배지에 도말하였다.

6.2.3. 세균의 세포외 단백질가수분해효소 활성

세균에 의한 고분자유기물 분해능을 측정하기 위하여 단백질 분해에 관여하는 세포외 효소활성을 측정하였다. 10 ml의 시료에 모형기질로 Leucine--amino-methylcoumarine(leu-MCA)을 최종농도 0.3 μM 또는 200 μM 이 되도록 첨가 한 후 2시간 동안 배양한 전후의 형광도 차이로부터 가수분해율(Hr)과 최고가수분해속도(V_{MAX})를 계산하였다(Hoppe, 1993).

시료의 형광을 측정하기 위하여 2 ml의 시료를 취한 후 glycine--ammonium 용액(pH 10.5) 100 μl를 첨가하여 pH를 높여주었다. 형광측정에는

Hitachi Model2000 spectrofluorometer를 이용하였으며 이때 excitation 및 emission 파장은 각각 355 nm, 440 nm로 맞추어 주었다. 측정된 형광도를 기질의 농도로 전환하기 위하여 시료측정시 표준곡선을 함께 잡아주었다.

퇴적토시료의 경우 5 ml의 시료를 취하여 15 ml용량의 conical tube에 넣은 후 모형기질과 함께 10 ml의 멸균된 해수를 첨가하여 배양하였으며 형광도 측정시에는 3000 rpm으로 15분간 원심분리하여 부유퇴적토를 가라앉힌 후 2 ml의 해수를 취하였다. 이때 각 시료에 대하여 100 nM의 MCA를 첨가한 후 함께 배양하여 퇴적토로부터의 MCA회복율을 구하였다.

6.2.4. 아미노산 이용능 및 세균생산력

세균의 아미노산 이용능을 측정하기 위하여 ^{14}C -leucine을 기질로 이용하여 전환율과 최대이용속도를 측정하였다(Looij and Riemann, 1993). 100 μm 크기의 망체로 사전여과한 시료를 각각 6개의 배양병(100 ml)에 50 ml씩 넣고 3개에는 0.05uCi의 U-D- ^{14}C -leucine(최종농도 10nM)을, 다른 3개에는 최종농도 200nM이 되도록 U-D- ^{14}C -leucine을 첨가 한 후 2시간 동안 배양하였다. 이때 배양병 각 하나에는 미리 1 ml의 formalin을 넣어 blank로 하였다. 배양이 끝난 시료는 1 ml의 formalin으로 반응을 중단시켰으며 pore size 0.2 μm 의 막 여과지($\phi = 25$ mm)를 사용하여 여과한 뒤 여과지의 방사선량을 측정하였다. 여과액에는 1N HCl 0.2 ml을 첨가하여 pH를 2 이하로 떨어뜨린 후 밀봉한 채 2시간 동안 교반시켜 발생하는 $^{14}\text{CO}_2$ 를 포집하였다. $^{14}\text{CO}_2$ 포집에는 2-ethanol-amine 200 μl 를 이용하였다. 세균생산력은 전환된 leucine 중 동화된 양으로부터 단백질의 합성량으로 계산 한 후 탄소의 양으로 전환시켜 구하였다.

6.3. 결과 및 고찰

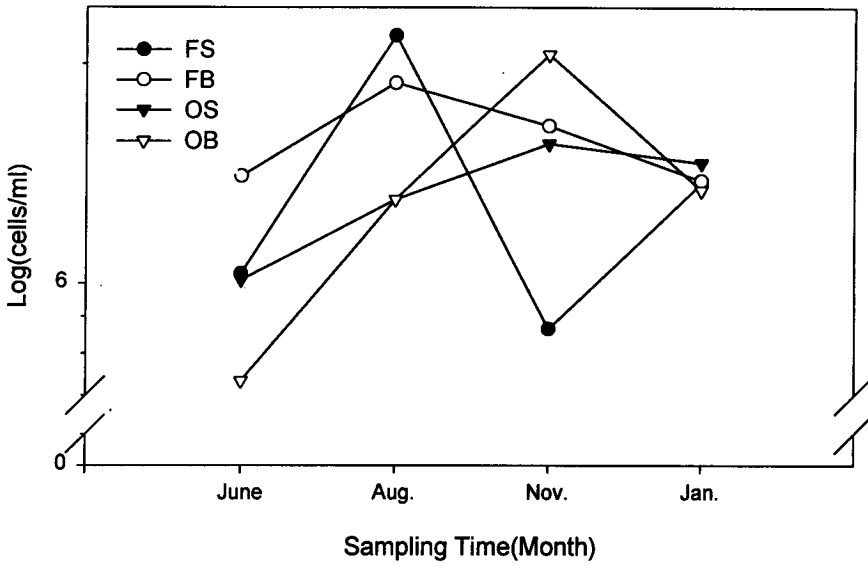
6.3.1. 총세균수 및 세균생체량

조사기간 중 총세균수는 $0.73 - 2.2 \times 10^6$ cells/ml의 범위를 나타내었다 (Fig. 2-26(a)). 양식장정점에서는 표층과 저층 모두 8월에 총세균수의 최고치를 보였으나 바깥정점(달아포구와 저도 양식장의 중간지점)에서는 11월에 최고치를 보여 양식장정점과는 다른 경향을 보였다. 양식장정점의 경우 8월에는 표층이 다른 수층에 비해 총세균수의 분포가 높았으나 다른 계절에는 저층에서 더 높은 분포를 관찰할 수 있었다. 바깥정점에서는 양식장정점과는 달리 11월에 가장 높은 세균수의 분포를 보였으며 11월 이외에는 저층의 분포가 더 낮아 대조를 보였다. 조사기간 중 세균생체량의 분포는 $13.98 - 40.92 \mu\text{g-C}/\ell$ 로 (Table 2-10) 표-저층간의 차이가 더 뚜렷하게 나타나 총세균수가 비슷한 8월의 바깥정점에서도 표층의 생체량이 더 높은 것으로 나타났다. 이와같은 총세균수의 분포는 대한해협(곽 등, 1994), 동해남서부(변 등, 1995), 경기만 외해역(강 등, 1990) 등에 비해 매우 높으며 경기만 연안(강 등, 1991)과 유사하였다.

6.3.2. 종속영양세균수

조사기간 중 종속영양세균수의 계절에 따른 분포경향은 총세균수의 변화와 유사한 경향을 보였다(Fig. 2-26(b)). 양식장정점의 종속영양세균수는 표층에서 $970 - 44,800$ CFU/ml, 저층에서 $1,190 - 18,900$ CFU/ml의 범위를 보였다. 양식장정점의 경우 8월에 가장 높은 분포를 보여 6월에 비해 10배 정도 높았으며 11월, 1월에는 10^3 CFU/ml 수준을 유지하였다. 표층과 저층을 비교해 보면 8월의 경우 표층에서의 분포가 2배가량 더 높았지만 상대적으로 종속영양세균수가 적었던 6, 11, 1월에는 저층의 종속영양세균수가 더 높게 분포하는 것으로

a) Total bacterial number



b) Heterotrophic bacterial number

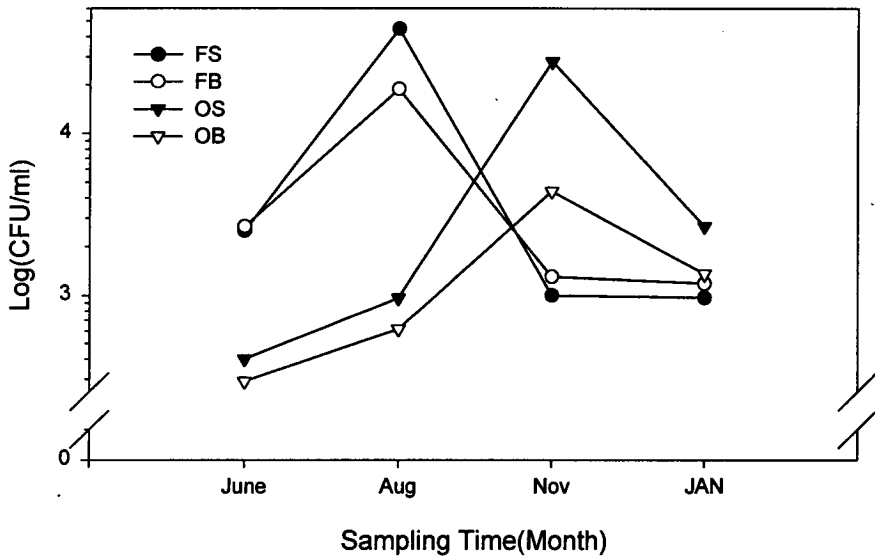


Fig.2-26. Fluctuations of bacterial number at each sampling site (F=fish farm site, O=outer site, S=surface layer, B= bottom layer). a) Total bacteria. b) Heterotrophic bacteria.

Table 2-10. Bacterial biomass, bacterial production, mass turn-over time(rate) and mineralization rate at the Fish Farm and outer sampling sites

		Farm - S ^{*1}	Farm - B ^{*2}	Outer - S	Outer - B
June 22, 1995	TBM ^{#1}	19.0	27.0	19.8	14.0
	BP ^{#2}	1.38	0.21	0.24	0.15
	T-mass ^{#3}	13.8(7.26)	128.6(0.78)	82.5(1.21)	93.3(1.07)
	Mr ^{#4}	13.7	16.0	17.3	5.4
Aug. 23, 1995	TBM	40.9	33.9	23.2	20.5
	BP	4.02	1.13	0.22	0.21
	T-mass	10.2(9.83)	30.0(3.33)	105.5(1.95)	97.6(1.02)
	Mr	13.1	15.5	20.1	15.8
Nov. 9, 1995	TBM	15.0	28.3	26.2	37.0
	BP	0.28	0.17	0.81	0.18
	T-mass	53.6(1.87)	166.5(0.60)	32.3(3.09)	205.6(0.49)
	Mr	28.9	8.7	4.7	6.9
Jan. 30, 1996	TBM	23.8	24.3	24.3	22.3
	BP	0.23	0.14	0.17	0.03
	T-mass	103.5(0.97)	173.6(0.58)	142.9(0.70)	743.3(0.14)
	Mr	23.7	20.8	5.2	14.3

*1 S = Surface layer

*2 B = Bottom layer

#1 TBM = Total Bacterial Biomass(ug-C/l/hr)
Production(ug-C/l/hr)

#2 BP = Bacterial

#3 T-mass = Mass turn-over time(hr)(rate(%))

#4 Mr = Mineralization rate(%)

나타났다.

바깥정점에서의 종속영양세균수는 표층에서 400 - 28,000 CFU/ml, 저층에서 290 - 4,400 CFU/ml 의 분포를 보였으며 양식장정점의 경우와는 달리 6월, 8월에 낮은 분포를 보이고 11월, 1월에 높은 분포를 보여 이 계절에는 양식장정

점보다 높은 분포를 보였다.

중속영양세균수는 온도, 염도, 용존산소, pH 등의 환경조건과 유기물농도에 민감하게 반응하여 짧은 시간동안에 급격히 변화하며 총세균수에 대한 비율은 유기물 농도가 높을 때 1 - 20 %, 낮을 때 1 % 이하의 비율을 나타내는 것으로 보고되어 있다(Rheinheimer, 1980). 본 실험의 결과에서는 8월의 양식장정점 표,저층과 11월의 바깥정점 표층에서 1 %가 넘는 것으로 나타나 이 경우 유기물 농도가 다소 높은 것으로 사료된다.

위와같은 중속영양세균수의 분포는 군산부근 조간대(Lee *et al.*, 1990)와 유사한 수준이며 양식장의 경우 계절에 따른 분포경향도 유사하게 나타났다. 경기만에 비해서는 내만에서는 유사하고 외해역에서는 상대적으로 높았으며(강 등, 1990) 부산항 부근(곽 등, 1994)에서의 분포와 비교해서는 다소 높게 나타나 조사정점의 중속영양세균수가 오염이 심한 연안이나 조간대에서의 분포와 유사한 수준인 것으로 나타났다.

6.3.3. Ainopeptide의 가수분해 및 leucine uptake

Amino-peptidase는 amino-peptide 즉 단백질성분을 아미노산과 같은 저분자 물질로 가수분해시켜 세균이 이용 할 수 있도록 만든다. 아미노산은 생체의 주요 구성성분중의 하나인 단백질합성의 전구물질이며 이의 생성 및 소비를 조사함으로써 탄소 및 질소의 흐름을 일부 파악할 수 있어 amino-peptidase활성을 측정하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다(Jørgensen *et al.*, 1993; Rath *et al.*, 1993). 특히 가두리양식장의 경우 공급되는 사료의 주성분이 단백질인 점을 감안 할 때 자정능력의 측정이라는 면에서도 중요성을 지닌다.

^{14}C -leucine의 turn-over rate(Tr)은 저분자의 유기물이 풍부할 경우 낮은 값을 보이지만 부족해지면 값이 높아진다. 이에 따라 세균은 부족한 저분자 유기물의 원활한 공급을 위하여 세포의 가수분해효소를 왕성하게 생산하여 고분

자 유기물을 저분자로 분해하고자 하게 되며 결과적으로 leu-MCA로 대표되는 고분자유기물의 가수분해속도(V_{MAX})가 높아지게 된다. 그러나 고분자유기물이 풍부히 존재할 경우에는 V_{MAX} 가 크게 증가하더라도 가수분해율(Hr)은 큰 변화를 보이지 않게 된다. 따라서 Tr/Hr은 해당생태계의 유기물오염의 지표가 된다(Hoppe *et al.*, 1988a).

각 조사정점에서의 Tr 및 Hr, V_{MAX} , Tr/Hr은 Table 2-11과 같다. 양식장 표층에서의 Tr/Hr은 6월과 8월에 높은 값을 보인 반면 11월과 1월의 값은 낮은 것으로 나타났다. 특히 8월에는 Tr이 높고 uptake와 hydrolysis가 왕성함에도 불구하고 낮은 hydrolysis rate을 보여 이 시기에는 세균활성이 매우 높고 유기물의 공급도 많았던 것으로 사료된다. 그러나 11월, 1월에는 uptake와 Tr이 모두 낮은 값을 보여 세균의 활성이 약해지면서 Tr/Hr의 비율도 낮아진 것으로 보인다. 표층에서의 Tr/Hr은 Kiel Fjord의 부영양화된 지역(Hoppe *et al.*, 1988a)과 비슷한 수준이었다. 저층에서는 6월에 높은 Tr/Hr을 보였는데 이것은 uptake는 활발하지 않음에도 불구하고 높은 Tr을 보인 것으로 보아 저분자유기물의 공급이 매우 부족했던 것이 원인인 것으로 판단된다. 그러나 8월에는 Tr이 높고 uptake도 활발했지만 Hr도 높아 Tr/Hr은 낮은 값을 보였으며 11월에는 Tr이 높아 비교적 높은 Tr/Hr을 보였다. 1월에는 11월보다 가수분해율과 속도가 모두 증가하는 한편 Tr도 낮아 매우 낮은 Tr/Hr을 보였다. 이와같은 결과로 보아 초여름에는 다량의 유기물이 저층으로 유입되지만 저분자물질은 표층에서 대부분 분해되고 주로 고분자물질이 유입되는 것으로 보인다. 그러나 한여름에는 높은 세균활성으로 인하여 저층까지 도달하는 유기물이 많지 않으며 이에 따라 저층의 Tr/Hr이 낮은 것으로 사료된다.

바깥정점의 경우 6월에는 표층과 저층에서 모두 Tr이 높아 Tr/Hr이 높게 나타났는데 이는 저분자유기물의 부족을 반영하는 것으로 사료된다. 11월에도 uptake 속도는 크지 않았지만 높은 Tr을 보여 저분자유기물의 부족이 있었던 것으로 보인다. 이에 따라 세포외효소의 활성이 증가하여 가수분해속도가 커

Table 2-11. Turn-over rate(Tr) and $V_{MAX}(V_{Up})$ of ^{14}C -leucine, hydrolysis rate(Hr) and $V_{MAX}(V_{Hydro})$ of leu-MCA and Tr/Hr at the Fish Farm and outer sites

Date & Factor	Site	Farm - S ^{*1}	Farm - B ^{*2}	Outer - S	Outer - B
June 22, 1995	Tr ^{#1}	3.43	3.13	2.06	2.18
	V_{Up} ^{#2}	1.59	0.24	0.29	0.16
	Hr ^{#3}	0.36	0.19	0.22	0.17
	V_{Hydro} ^{#4}	26.45	16.98	19.72	12.57
	Tr/Hr	9.53	16.47	9.36	12.82
Aug. 23, 1995	Tr	18.39	4.05	1.48	1.58
	V_{Up}	4.62	1.37	0.27	0.26
	Hr	0.97	1.28	0.67	0.38
	V_{Hydro}	83.25	56.43	37.67	40.97
	Tr/Hr	18.96	3.16	2.21	4.16
Nov. 9, 1995	Tr	0.34	1.15	10.37	2.60
	V_{Up}	0.38	0.18	0.85	0.19
	Hr	0.20	0.17	0.23	0.12
	V_{Hydro}	4.76	21.17	42.44	24.85
	Tr/Hr	1.70	6.76	45.09	21.67
Jan. 30, 1996	Tr	0.38	0.29	2.18	0.34
	V_{Up}	0.30	0.17	0.18	0.04
	Hr	0.12	0.48	0.24	2.77
	V_{Hydro}	14.04	35.48	34.98	30.43
	Tr/Hr	3.17	0.60	9.08	0.12

*1 S = Surface layer

*2 B = Bottom layer

#1 Tr = Turn-over rate of ^{14}C -leucine(%/hr) #2 V_{Up} = V_{MAX} of ^{14}C -leucine uptake(ug-C/l/hr)

#3 Hr = Hydrolysis rate of leu-MCA(%/hr) #4 V_{Hydro} = V_{MAX} of leu-MCA hydrolysis(nM/l/hr)

졌으나 Hr은 낮아서 이 시기에 대량의 유기물 유입이 있었던 것으로 보인다. 표층에서는 이와같은 현상이 1월에도 나타났으나 저층에서는 가수분해율도 높아 Tr/Hr이 낮게 나타났다. 본 지역은 유속이 매우 빠른 곳으로 알려져 있으며 바깥정점의 경우 양식장과는 달리 물고기의 분뇨나 사료 등의 영향을 직접적으로 받지 않는 반면 유속과 유향, 거처오는 수역의 물질수지 등의 영향이 클 것으로 생각되며 앞으로의 연구에는 이와같은 요소들이 고려되어야 할 것이다.

Tr 및 Hr의 변화를 세균수의 변화와 비교해 보면 Tr의 경우 정점에 따른 정도의 차이는 있지만 총세균수 및 종속영양세균수의 변화와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났으며 특히 종속영양세균수와는 90 % 이상의 매우 높은 상관도를 보였다. 그러나 Hr은 세균수와는 직접적인 상관관계를 보이지 않았는데 이러한 차이는 Tr이 세균의 활성화에 직접적으로 영향을 받는 반면 Hr은 세포의 효소를 통한 간접적인 영향을 받는 데다 기질의 양이 더 큰 요인으로 작용하기 때문인 것으로 사료된다. 또한 모든 정점에서의 uptake와 가수분해활성의 V_{MAX} 도 전체적인 경향에 있어서는 세균수의 변화와 유사한 경향을 보여 미생물 활성이 주로 세균수에 의해 좌우되는 것으로 사료된다. 본 해역에서 측정된 최고가수분해력(V_{Hydro})의 범위는 Atlantic Barrier Reef off Belize(Rath *et al.*, 1993), 태평양의 GENU oceanfarm area(Hoppe *et al.*, 1988b)에 비해 높게 나타났다.

6.3.4. 세균생산력 및 광물화

세균에 의해 흡수된 유기물의 일부는 생체물질로 재구성되며 일부는 광물화 과정을 거치면서 에너지원으로 쓰이게 된다. ^{14}C -leucine uptake로 부터 추정된 세균의 생산력 및 호흡

을 통해 광물화되는 탄소의 양은 Table 2-10과 같다. 계절에 따른 세균생산력의 변화는 세균수의 변화와 유사한 경향을 보였다. 그러나 양식장의 경우 세균수의 변화와는 달리 표층의 생산력이 항상 높은 것으로 나타나 세균수 이외의 요인도 생산력에 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다. 본 수역의 세균생산력을 같은 방법으로 측정한 여타의 자료와 비교해 볼 때 $0.13 \mu\text{g-C/l/h}$ 을 보인 Alaska 만(Simon, 1991), 미국 동부연안(Chin-Leo and Kirchman, 1988)에 비해서는 매우 높았으나 부영양화된 Roskilde Fjord(Looij and Riemann, 1993)보다는 낮은 범위에 속하는 것으로 나타났다. 세균 현존량을 세균생산력으로 나누어서 구한 mass turn-over rate은 시간당 0.1 % - 9.8 % 사이의 값을 보였으며 특히 생산력이 높을 때에 높은 비율로 전환이 일어나는 것으로 나타났다. 이와같은 현상은 세균생산이 활발한 시기에 섭식 등에 의한 제거 역시 왕성하게 일어나기 때문인 것으로 보인다(Wickner *et al.*, 1990). 95년 6월의 경우 바깥정점의 저층에서 5 % 정도의 낮은 광물화율을 보였으나 기타정점들에서는 15 % 내외의 광물화율을 보였으며 그에 상응하는 질소계 영양염이 생성되었을 것으로 추정된다. 8월의 경우 호흡을 통한 광물화 정도는 13 - 20 % 사이로 대체로 비슷한 수준을 유지하였다. 11월의 광물화비율은 양식장 표층에서 약 29 % 로 매우 높게 나타났으며 기타의 곳에서는 7 % 내외로 낮은 비율을 보였다. 이와 같은 결과는 양어장 표층의 경우 영양의 불균형현상으로 인해 에너지 소모가 많은 것으로 보이며 다른 정점들의 경우 안정된 유기환경을 이룬 것으로 생각된다. 1월의 경우에도 양식장 표층과 저층에서는 20 % 이상의 높은 광물화율을 보인 반면 바깥정점에서는 표층에서 약 5 %, 저층에서 약 14 % 정도의 낮은 광물화율을 보였다. 세균에 의해 흡수된 아미노산의 광물화율의 변화는 다른 요인들과 유사성을 보이지 않지만 생산력과는 음의 관계를 보였다. 일반적으로 maintenance energy의 소모가 커지면 호흡률이 높아지지만 세균생산이 활발할 때는 흡수된 아미노산이 탄소원으로 이용되는 비중이 상대적으로 크게 되며 이는 주변환경으로부터의 stress에 의해 영향을 받는다(Atlas

and Bartha, 1987).

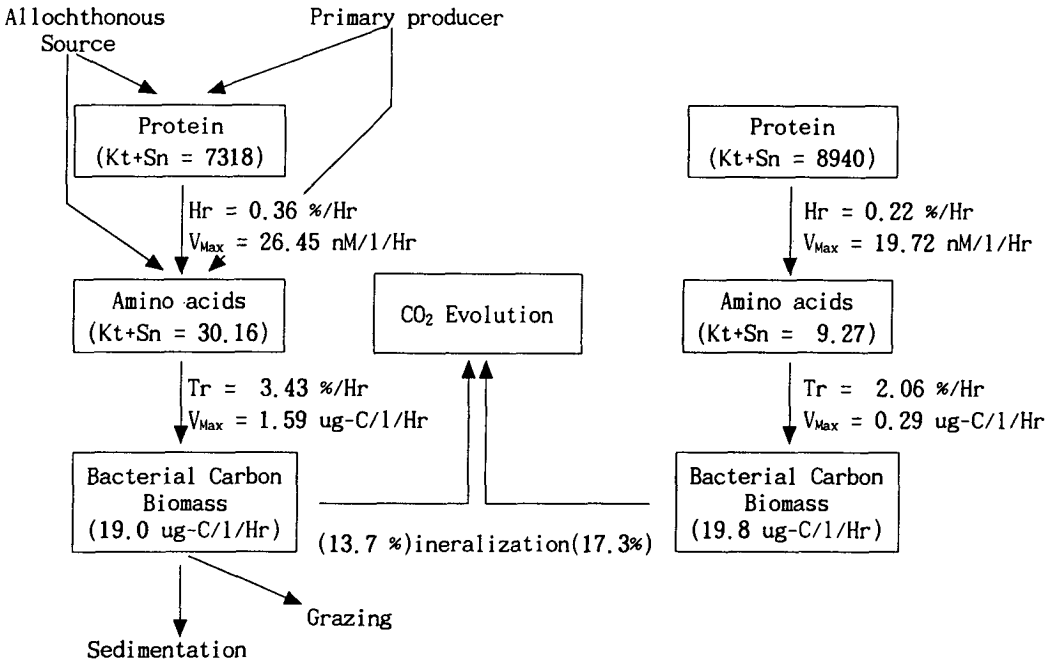
6.3.5. 세균을 통한 고분자유기물의 분해경로 및 광물화

세균의 현존량과 고분자유기물의 분해능, 아미노산 이용능 및 광물화율 등의 결과를 종합하여 각 계절별로 세균을 통한 탄소흐름을 모식한 결과는 Fig. 2-27~2-30과 같다. Figure에서는 고분자유기물 및 아미노산의 현존량을 효소계수와 기질의 자연농도와의 합($K_t + S_n$)으로 나타내었으며 양식장표층을 중심으로 하여 표현하였으며 전체적인 경향은 이미 각각의 part에서 설명하였으므로 생략하도록 한다. 본 연구에서는 생체구성물질 중 비중이 가장 큰 단백질을 대상으로 하였으나 탄소순환의 정확한 흐름을 파악하기 위해서는 여타의 유기물에 관한 연구도 추가되어야 할 것으로 사료되며 기질의 자연농도, 섭식율 등의 측정을 병행한다면 정확한 순환구조와 활성을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

6.3.6. 퇴적토 깊이에 따른 종속영양세균 분포 및 단백질가수분해효소의 활성

1996년 2월 2일에 양식장 바로 아래와 30 m 바깥지점의 퇴적토를 채취하여 깊이에 따른 종속영양세균의 분포 및 leu-MCA의 가수분해율을 측정하였다. CFU의 경우 표층부근(0-2 cm)에서는 양식장 아래의 세균수가 건조질량 1g 당 약 9.6×10^6 CFU 로 바깥쪽의 5.7×10^6 CFU 보다 약 2배 정도 높은 분포를 보였으며 깊이가 깊어짐에 따라 급격히 감소하여 7-10 cm 이후에는 표층의 1/10 이하로 감소하였다. 바깥쪽 정점의 경우에는 약 4 cm 깊이까지는 큰 변화를 보이지 않다가 4 cm 이후 크게 감소하여 표층의 1/10 이하의 분포를 보였다(Fig. 2-31). 표층에서의 종속영양세균수 분포는 남해 퇴적토(김과 이,

Surface layer



Bottom layer

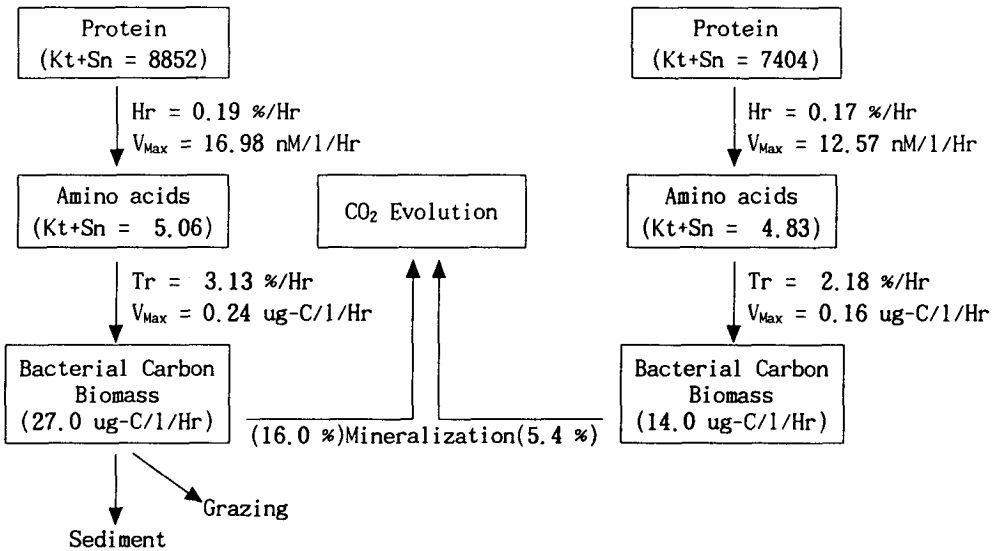
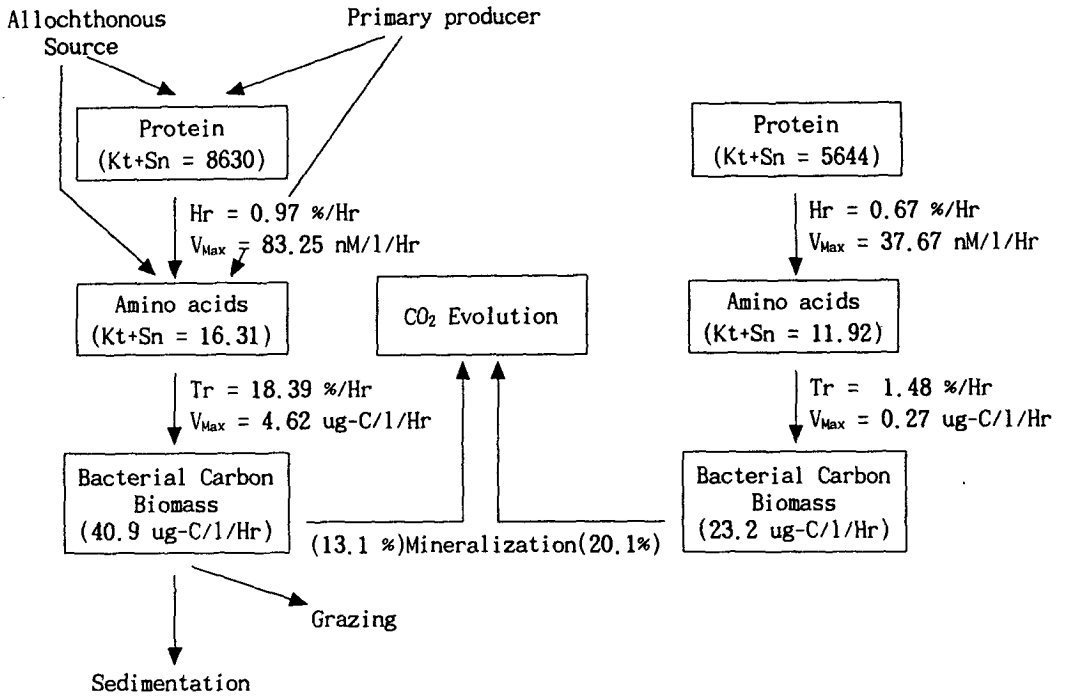


Fig.2-27. Mineralization of peptide-like macro molecules *via* microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in June 1995.

Surface layer



Bottom layer

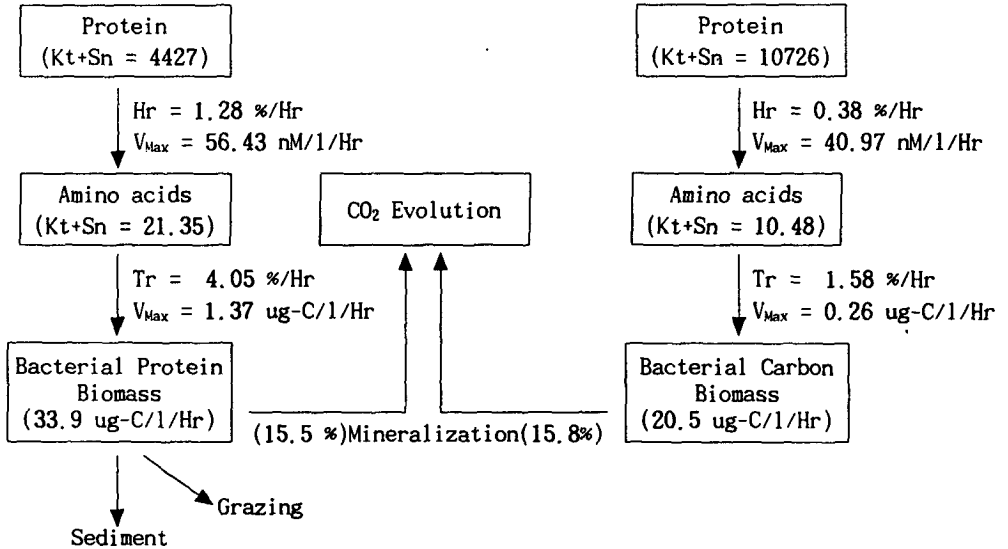
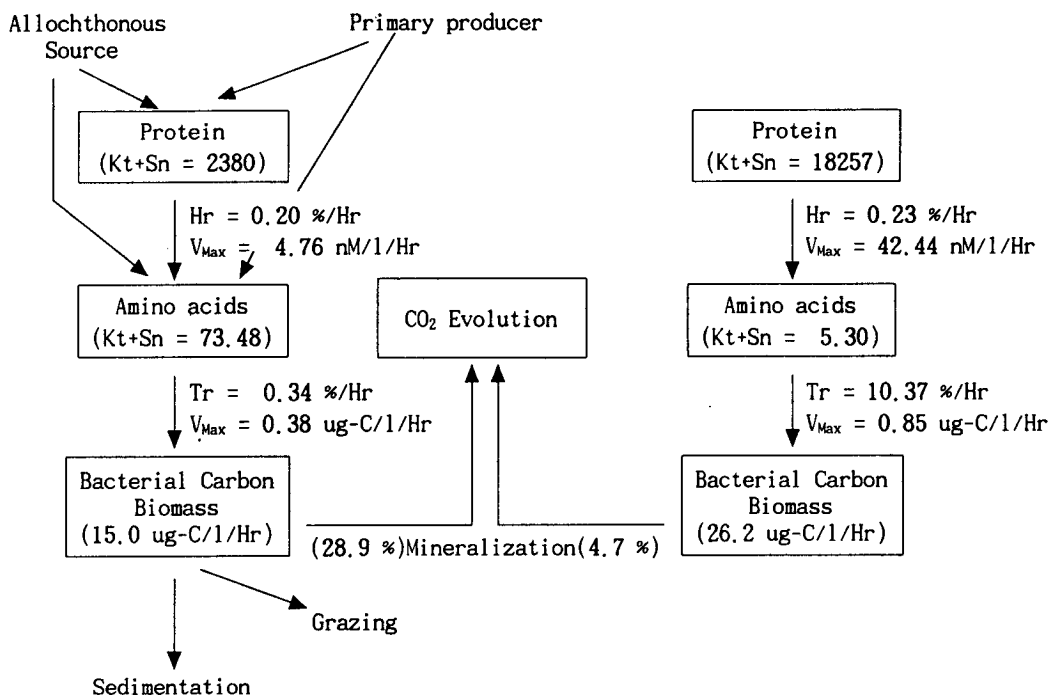


Fig.2-28. Mineralization of peptide-like macro molecules *via* microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Aug. 1995.

Surface layer



Bottom layer

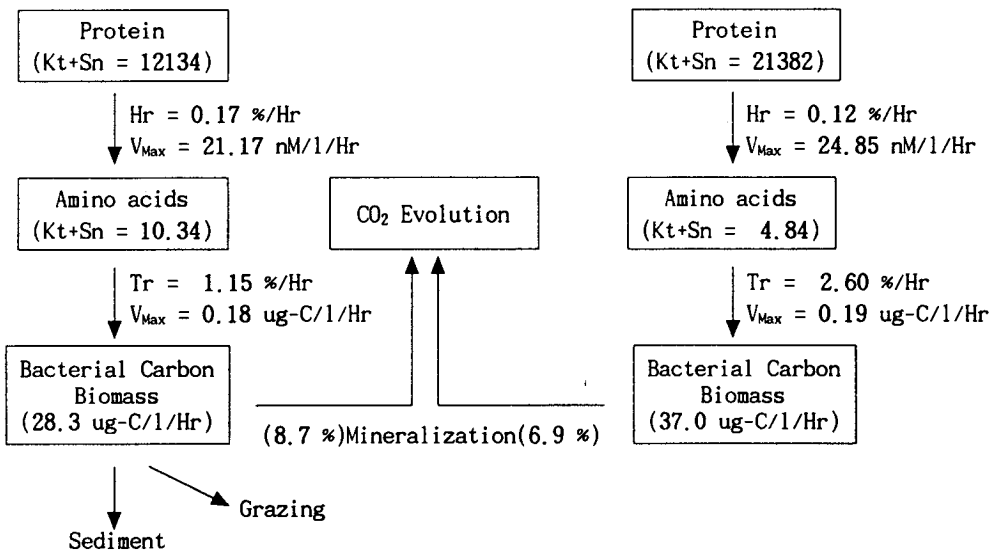
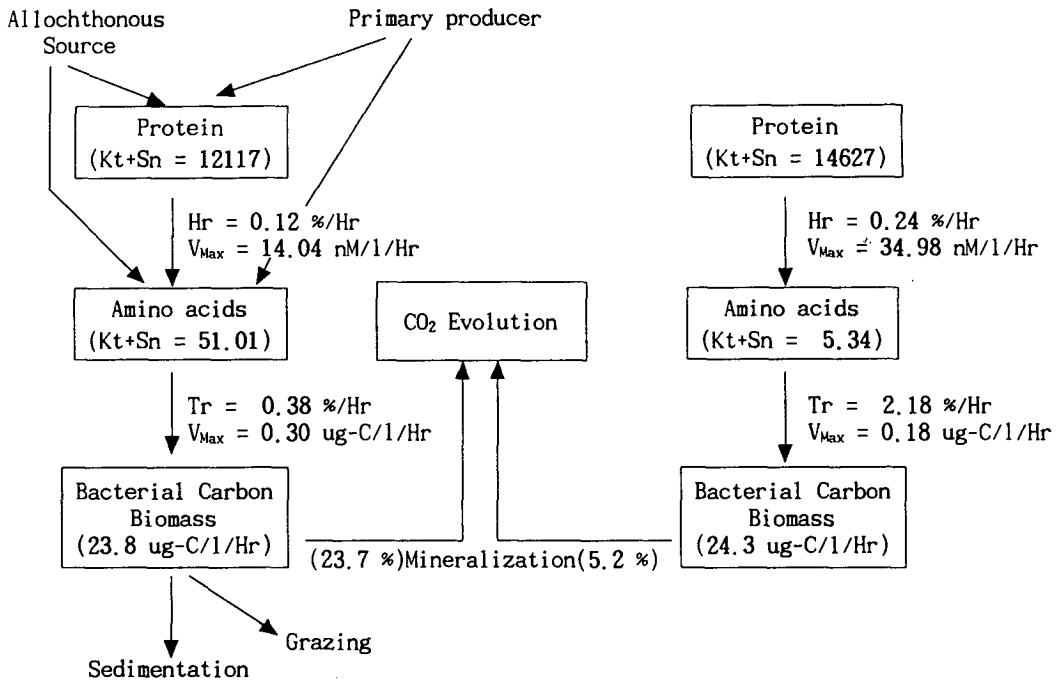


Fig.2-29. Mineralization of peptide-like macro molecules *via* microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Nov. 1995.

Surface layer



Bottom layer

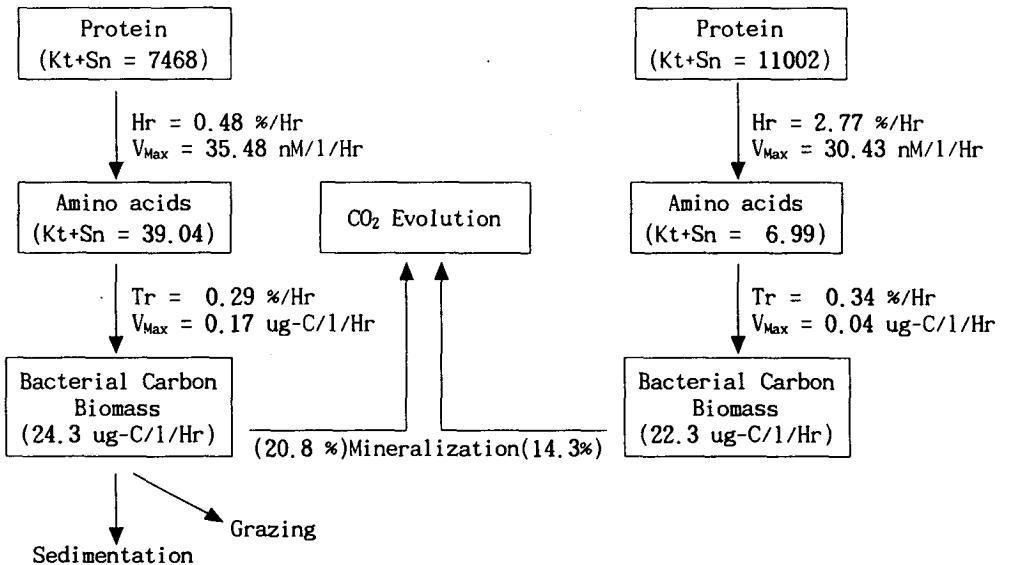


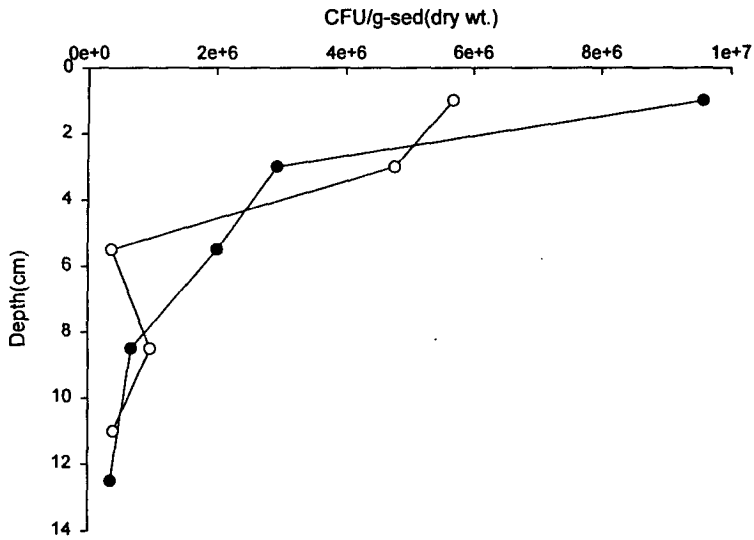
Fig.2-30. Mineralization of peptide-like macro molecules *via* microorganisms at the water column of sampling sites near from Jeodo isl., Tongyung in Jan. 1996.

1992), 서천 연안(최와 이, 1996)에서 측정된 것과 유사한 수준이었으나 금강하구(이, 1987)에 비해서는 높았으며 낙동강 하구(김 등, 1985)에 비해서는 낮은 것으로 나타났다. 본 조사시기가 겨울 1회로 한정되어 결론을 내리기는 어렵지만 위의 결과로 보아 양식장 아래의 퇴적토에 유입되는 유기물이 하구나 인구가 밀집된 연안에 비해서는 낮은 것으로 생각된다.

퇴적토에서의 고분자물질의 가수분해율도 세균수의 분포와 유사하여 양식장 저토의 경우 표층에서 높았던 가수분해율이 급격히 줄어들었으며 10 cm 이후에는 매우 낮은 가수분해율을 보였다(Fig. 2-31). 바깥쪽의 경우에도 세균수와 비슷한 경향을 보여 표층에서 4 cm 깊이까지는 변화를 보이지 않았으며 이후 조금 낮아졌으나 1.2 - 1.5 %/hr 사이의 비교적 고른 분포를 보였다. 이와같은 차이는 세균수의 분포와 함께 유기물의 함량이 영향을 주는 것으로 생각된다.

수층으로부터 침강된 유기물은 주로 퇴적토의 표면에 분포하는 생물에 의해 이용되며 이에 따라 퇴적토표면의 세균수와 활성은 매우 높은 값을 보이게 된다. 그러나 표층에서 수 mm만 들어가도 산소의 공급이 원활하지 못하여 혐기성환경이 조성되며 이에 따라 황산환원세균, 메탄생성세균 등의 혐기성세균이 우점하는 생태계가 조성된다. 이에 따라 해외에서는 양식장이 아래의 퇴적토에 미치는 영향을 파악하고 양식장의 환경개선을 위한 노력의 일환으로 퇴적토에서의 황산환원력과 이 과정을 통한 유입유기물의 분해 및 광물화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Hansen and Blackburn, 1991; Hansen *et al.*, 1993; Holmer and Kristensen, 1992, 1994).

a) No. of bacteria



b) Aminopeptidase activity

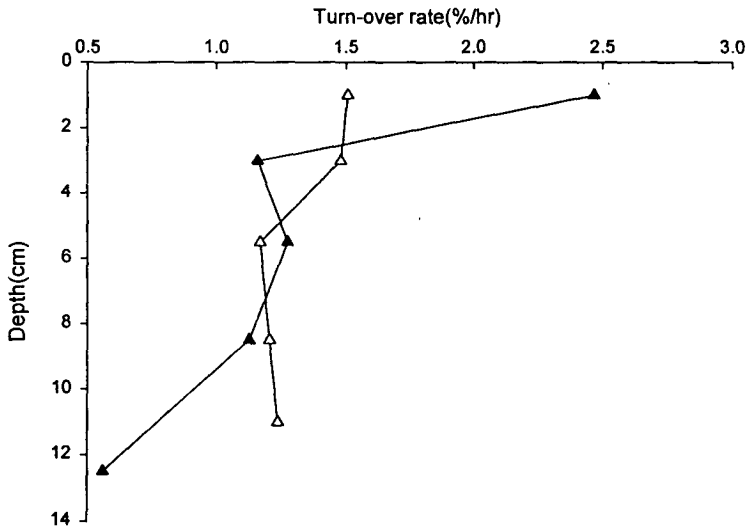


Fig.2-31. Depth profiles of bacterial number and aminopeptidase activities in sediments under the fish cage (filled symbols) and outer area (hollow symbols) in Feb. 1996.

a) No. of heterotrophic bacteria grown on ZoBell 2216e agar plate

b) Hydrolysis rate (triangle) of leu-MCA

제7절 충무어장 연간 물질 수지모형 연구

7.1. 서 론

단위 면적 당 생산량을 증대시켜 효율적인 식량 자원의 획득을 가능하게 하는 가두리 양식장은 인간에 의한 에너지 투입에 의해 유지되는 생태계의 한 예라고 할 수 있다. 일반적으로 먹이사슬에서 한 영양 단계를 옮겨갈 때마다 동화되는 에너지는 약 10 %에 불과하다. 따라서 이차 혹은 삼차 소비자의 위치에 있는 물고기의 경우 식물 플랑크톤이 생산해낸 유기 물질의 불과 1 - 0.1 % 만을 자신의 몸을 키우는 데에 사용하게 된다. 따라서 적조시에나 볼 수 있는 2 g/m³의 높은 식물 플랑크톤 농도가 일년 동안 지속된다고 가정하더라도, 어류는 불과 대략 60 - 6 g/m³/year의 성장률을 보임을 간단히 추론할 수 있다. 이는 본 실험의 대상인 충무 근해의 가두리 양식장에서 보인 약 50 kg/m³/year이라는 생산성에 비하여 약 0.01 - 0.001 배 밖에 안되는 수치이다 (Table 2-12). 가두리 양식장은 자연 상태의 어류 생산성에 비해 100 배 이상의 높은 생산성을 보이고 있는 셈이다. 이렇듯 높은 생산성은 인위적인 사료의 투입을 요구한다. 그러나 투입된 사료의 일부는 그대로 침전하여 가두리 양식장 혹은 부근 수역의 바닥에 쌓이게 될 것이고, 물고기에 의해 섭취된 것들 중에서도 일부는 배설 혹은 물질대사를 통해 다시 수중으로 배출된다. 충무 근해의 한 양식장으로부터 취합된 자료는 실제로 퇴적물량과 사료 투입량 간의 큰 상관관계를 보여 주고 있다 (Fig. 2-32). 퇴적된 유기 물질은 미생물의 분해과정 중 수체로 용출되어, 조류, 해류, 혹은 성층의 소멸 등과 같은 물리적인 기작을 통해 다시 표층으로 부유하게 된다. 이 경우 퇴적된 유기물질은 식물 플랑크톤이 왕성히 성장할 수 있는 영양분을 제공하는 공급원으로 작용하는 셈이다. 이렇듯, 양식장에서 사용된 사료가 식물 플랑크톤 성장에 미치

Table 2-12. Annual budget of wet weight of fish in marine fish cage
(g/m²/y).

어종	초기어량	치어	수확	사어	잔존어량
농어	1237.50	0	1622.40	334.68	0
넙치	3466.60	0	2886.00	1734.34	0
우럭	11206.54	0	13989.60	2582.81	15309.95
볼락	200.00	0	0	225.13	1734.50
연어	0	2080.00	23385.60	4164.84	0
복어	0	330.00	631.89	115.02	0
점농어	0	64.50	0	10.88	154.25
총계	16110.64	2474.50	42515.49	9167.69	17198.70

Table 2-13. The amount of feed input in marine fish cage during 1995.8 -
1996.7

날짜	생사료	배합사료	EP사료	총량
8/95	603.75	1000	2200	3803.75
9/95	96.25	600	780	1476.25
10/95	463.75	600	3500	4563.75
11/95	1050.00	2200	2800	6050.00
12/95	1104.25	2200	3180	6484.25
1/96	1120.00	3000	1200	5320.00
2/96	1202.25	1800	600	3602.25
3/96	1281.00	2800	1600	5681.00
4/96	1295.00	4800	1400	7495.00
5/96	2598.75	7600	0	10198.75
6/96	787.50	3200	0	3987.50
7/96	1050.00	2000	0	3050.00
총량	12652.50	31800	17260	61712.50

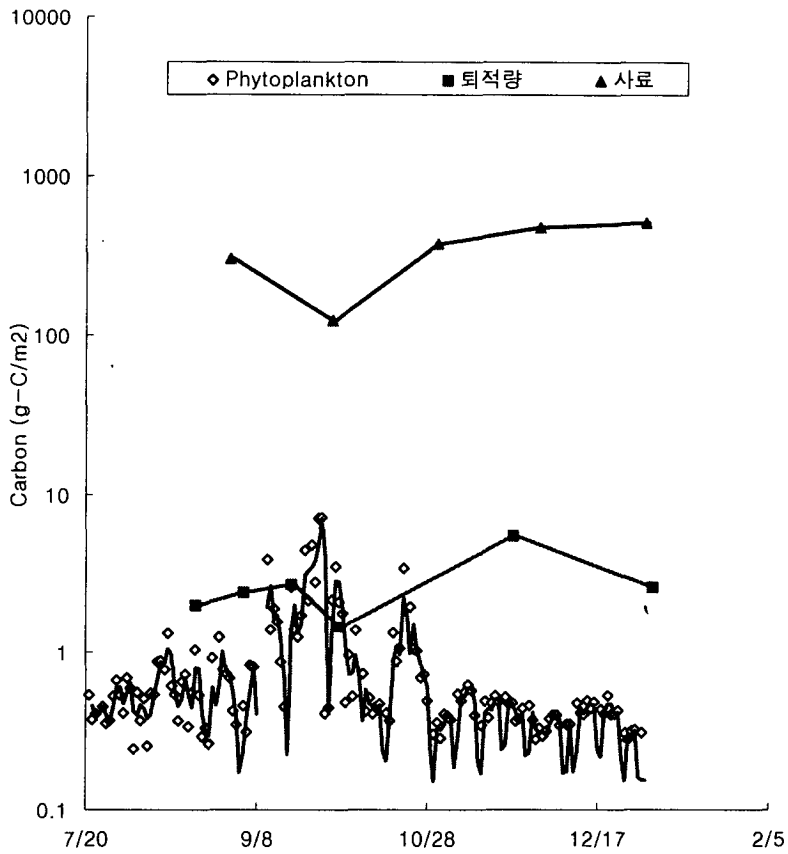


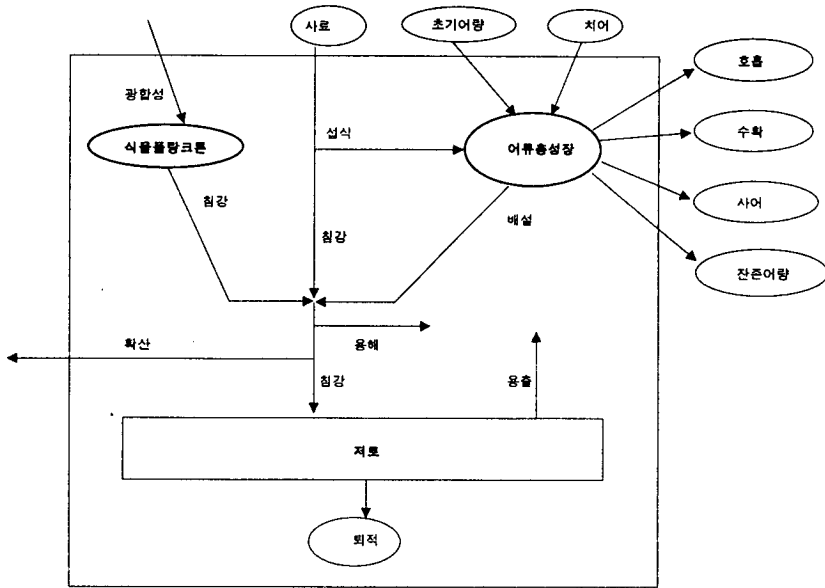
Fig.2-32. The relationship between phytoplankton concentration, the amount of feed, and downward flux of organic matter in marine fish cage.

는 효과를 평가하기 위해선, 우선 투입된 사료 중에서 각각 물고기에 의해 섭취되는 양과, 퇴적되는 양, 그리고 주변 해역으로 확산되는 양 등에 대한 정량적인 추정이 이루어져야 할 것이다. 이러한 추정량과 함께 영양염이 재용출되어 물기둥 내에 혼합되어 가는 양상에 대한 이해는 진광대에서 일어나는 일차생산력의 변화를 이해할 수 있는 중요한 열쇠를 가져다 줄 것이다. 본 연구에서는 앞 절들에서 언급된 1995년 8월부터 1996년 7월까지 조사된 자료를 토대로 가두리 양식장 내의 물기둥에서 일어나는 연간 물질수지를 계산함으로써 가능한 물질흐름 경로들과 그 양을 추정하고자 한다. 해류와 바람에 의한 섭동, 조석간만 등에 의해 물질의 공간적인 이동이 원활한 해양생태계에서 한 지역에 대한 물질 수지의 이해는 보다 큰 규모에서 각 지역들이 어떠한 영향을 주고받으며 변화해 가는 가를 유추할 수 있는 근거를 가져다 줄 것이다.

7.2. 대상 생태계 개괄 및 자료 수집과 가공

충무 근해의 가두리 생태계를 Fig. 2-33(탄소, 질소와 인)과 같이 개념화하였다. 실험 시작 당시 초기 어량이 있었으며 연간 (1995. 7 - 1996. 7) 사료와 치어들이 유입되었다. 식물 플랑크톤은 태양 에너지를 생태계 내로 유입한다. 물고기는 주로 사료를 먹으며 일부는 배설하고 일부는 호흡으로 소모한다. 간헐적으로 취양이 이루어지며 도중에 죽는 물고기가 있다. 죽은 물고기의 대부분은 다시 건져져 생태계로부터 유출된다. 실험이 끝나는 시점에 잔존 어량이 남아 있다. 한편 식물 플랑크톤의 일부는 동물플랑크톤을 거쳐 일부 물고기에게 이동될 것이나 모델의 단순화를 위해 먹이사슬 경로는 고려하지 않았다. 따라서 생산된 식물플랑크톤은 모두 해저로 침강하는 것으로 가정하였다. 식물 플랑크톤, 섭취되지 않은 사료, 배설물 등은 침강하는 도중 일부 분해되어 재순환 될 것이고, 또한 일부는 해류, 조석간만의 영향으로 생태계 외부로 확산된다. 그리고 남은 양이 해저에 침전한다. 이 중 일부는 다시 수층으로 용출

탄소수지 개념모형



질소, 인수지 개념모형

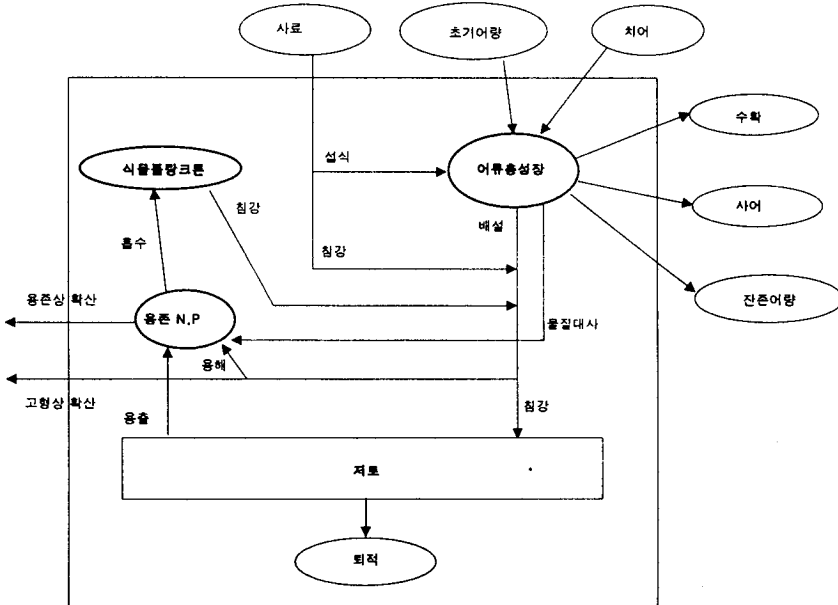


Fig.2-33. The conceptual model for the annual budget of carbon, nitrogen, and phosphorus in marine fish cage.

되며 나머지는 퇴적된다 (Fig. 2-33(a)).

질소와 인의 개념모형은 탄소의 경우와 다소 다르다. 탄소의 경우, 호흡을 통해 기체상으로 시스템 외부로 방출되는 기작을 상정하였으나, 질소와 인의 경우는 호흡 즉 물질대사과정을 통해 생성된 노폐물이 용존상태로 배출되는 기작을 상정하였다. 따라서 배출된 질소와 인은 용존영양염 저장소로 편입되게 되며 이는 식물 플랑크톤에 의해 일부 흡수될 것이다 (Fig. 2-33(b)). 성층을 고려할 때, 성층 아래와 위의 각기 구분되는 영양염 저장소를 상정하는 것이 합리적인 것이나, 본 연구에서는 모델의 단순화를 위해 이들을 구분하지 않았다. 그러나 동적인 성층의 효과에 중점을 둔, 시뮬레이션 연구를 목적한다면 이들을 분리하여야 할 것이다. 또한 본 연구에선 용존영양염의 외부로부터의 유입을 고려하지 않았다.

퇴적량, 용출량 등에 대한 자료는 본 분석이 대상하고 있는 1995년 7월부터 1996년 7월 중에 몇 차례에 걸쳐 수행된 퇴적물 실험 결과를 이용하였다. 일 관측 자료의 부재로 인해 월 1회 측정값을 그 달의 평균값으로 가정하여 1년 동안의 양을 계산했다. 표층의 식물 플랑크톤 농도, 수온, 질산염, 아질산염, 규산염, 인산염 등의 자료는 일 간격의 연속 측정 자료를 이용했다. 가두리의 초기 어량, 입식량, 취양량 자료는 총무 양식장 일지로부터 월 단위로 취합하였으며, 물고기의 평균 무게에 대한 자료는 현지 책임자의 조언을 통해 취득하였다. 이로부터 연간 총 어류 유출입량을 계산했다 (Table 2-12). 사어량은 기간에 물고기의 재생산이 없었다는 가정 하에, 월간 물고기 유출입량과 현존량과의 차이로부터 구하였다. 문헌자료를 토대로 어류량으로부터 탄소, 질소, 인량을 계산하였다. 사료 역시 일지로부터 월 단위로 종류별로 구매량을 정리했으며, 구매된 사료는 모두 사용되는 것으로 가정하였다 (Table 2-13). 사료 내의 탄소 등의 함량에 대한 조사치가 부재한 관계로 사료량을 건중량으로 전환한 후, 가공 사료 역시 물고기를 주 원료로 만들었다는 가정 하에, 적당한 전환치들을 곱하여 사료 내의 탄소, 질소, 인량을 계산해 냈다. 환산 과정

에 사용된 값들을 Table 7-3에 정리하였다. 본 실험에서 구할 수 없었던 환산치들에 대해선 문헌에 발표된 값을 이용했다. 단위는 모두 g/m^2 혹은 $g/m^2/year$ 로 통일하였다. 이는 결과적으로 $kg/1000m^2$ 혹은 $kg/1000m^2/year$ 와 같으므로 가두리의 총 면적이 $10m \times 10m \times 10$ 조 즉 $1000m^2$ 임을 감안할 때 단위 제곱 미터당 그램 수 혹은 총 가두리 면적에 대한 킬로그램 수 모두 가능한 단위가 된다.

7.3. 모형 개발 및 결과

7.3.1. 가두리 양식장 탄소수지 모형

사료, 초기어량, 치어, 수확, 사어, 잔존어량, 식물 플랑크톤, 그리고 침강, 용출, 퇴적량 중의 유기탄소량은 앞서 취합 된 자료로부터 환산하여 도출할 수 있었다. 그러나 호흡, 섭식, 배설량 등은 조사된 자료로부터 구할 수 없었기 때문에 호흡량은 문헌상의 계산식으로부터 (Grant, 1986), 섭식, 배설량은 일년간 총유입량과 총유출량이 같다는 정상상태에 대한 가정과 아울러 물고기는 평균적으로 섭식량 중 일정한 비율의 양을 배설한다는 가정을 이용해 그 값들을 계산했다 (본 계산에선 30%를 적용).

확산량은 위에서 계산된 배설, 사료 중 섭식되지 않고 침강하는 양, 식물 플랑크톤 양과 자료로부터 구해낸 해저에 침강되는 양 사이의 차로 구해냈다. 그러나 이러한 과정 중 얼마만한 양이 용존 상태로 성상이 바뀌어 재 순환하게 되느냐는 실험 자료와 문헌 자료의 미비로 구할 수 없었다. 따라서 확산량은 실제 확산량과 생태계 내에서 용해되어 재순환되는 양을 합한 값으로 여겨져야 할 것이다. 그 결과는 Fig. 2-34에 제시되었다. 모형개발에 사용된 식들은 다음과 같다.

가두리 양식장 탄소수지 모형

단위 g-C/m²/y
kg-C/1000m²/y
가두리면적 100m² * 10조

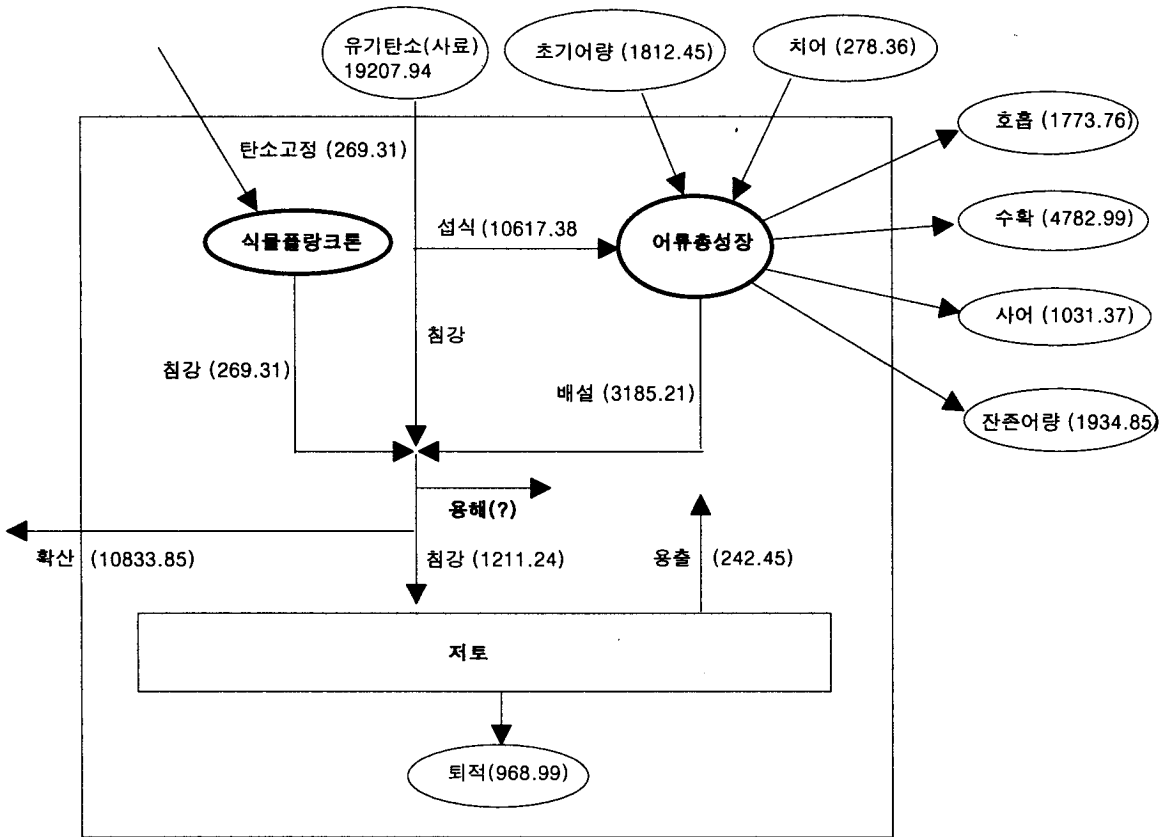


Fig.2-34. Annual carbon budget model on marine fish cage. (?) are processes which were not evaluable in this research.

사료 내 탄소량 계산

건중량 계산

$$\text{생사료 건중량} = \text{생사료 습중량} \times 0.319$$

$$\text{배합사료 건중량} = \text{배합사료 습중량} \times 0.697$$

$$\text{EP 사료 건중량} = \text{EP 사료 습중량} \times 0.703$$

탄소량 계산

$$\text{탄소량} = \text{건중량} \times 0.5$$

물고기 내 탄소량 계산

$$\text{건중량} = \text{습중량} \times 0.25$$

$$\text{탄소량} = \text{건중량} \times 0.45$$

물고기 호흡량 계산

$$\text{호흡량} = (0.0142 \times (\text{마리당 평균 질량}) - 0.2 \times e^{0.07 \times (\text{수온})}) \times 0.0816 \times (\text{물고기 마리수})$$

$$\text{호흡에 소모된 탄소량} = \text{호흡량} \times 0.45$$

섭식, 배설량 계산 (이하 모든 양은 탄소량을 의미함)

$$\text{섭식량} + \text{초기어량} + \text{치어량} = \text{호흡량} + \text{수확량} + \text{사어량} + \text{잔존어량} + \text{배설량}$$

$$\text{배설량} = 0.3 \times \text{섭식량}$$

$$\text{섭식량} = (\text{사료량} + \text{수확량} + \text{사어량} + \text{잔존어량} - \text{초기어량} - \text{치어량}) / 0.7$$

클로로필 - 식물 플랑크톤 탄소량 전환

$$\text{탄소농도 (g-C/m}^3\text{/d)} = \text{클로로필 농도 (마이크로몰)} \times 45 \text{ (C 대 Chl. a 의 전환치)} \times 12 \text{ (탄소분자량)} / 1000$$

$$\text{연간 총유기탄소 생산량 (g-C/m}^3\text{/year)} = \text{일간 일차생산력}^* \times 365 \text{일}$$

- * 일간 일차생산력을 계산하기 위해 연속 측정된 식물플랑크톤량의 지시자로 흔히 사용되는 클로로필 농도를 사용하였다. 이는 즉, 하루동안 생산된 식물플랑크톤은 모두 침전하고, 현존하는 식물플랑크톤은 하루동안 새로이 재생산된 것이라는 가정을 의미한다. 이는 제 2절에서 구한 생산력 수치보다 약 두배 정도 높게 생산력을 추정하는 것으로 나타났다. 또한 수심에 따른 분포양상의 이질성을 무시하여 전 수심에 걸쳐 균일한 생산성을 보인다고 가정하였다.

침강량, 용출량 계산 (*결과 및 토론 참조)

확산량 계산

$$\text{확산량} = \text{식물 플랑크톤} + (\text{사료량} - \text{섭식량}) + \text{배설량} - \text{침강량}$$

7.3.2. 가두리 양식장 질소수지 모형, 인수지 모형

탄소수지를 계산하는 과정을 따라 질소와 인에 대한 수지 모형을 작성하였으며 전환치들은 Table 2-14에 주어져 있다. 물고기의 건중량으로부터 질소량을 계산하기 위해 Leidy and Jenkins (1977, Jorgensen 1991에서 재인용)의 전환값인 0.163을 이용하였으며 인량은 습중량에 0.0022를 곱하여 구하였다. Bougis (1976)가 제시한 식물 플랑크톤 내의 탄소, 질소, 인의 함량비인 108:15.1:1 를 이용하여 식물 플랑크톤의 탄소량으로부터 질소와 인량을 계산했다. Fig. 2-35는 질소와 인에 대한 수지모형을 보여준다.

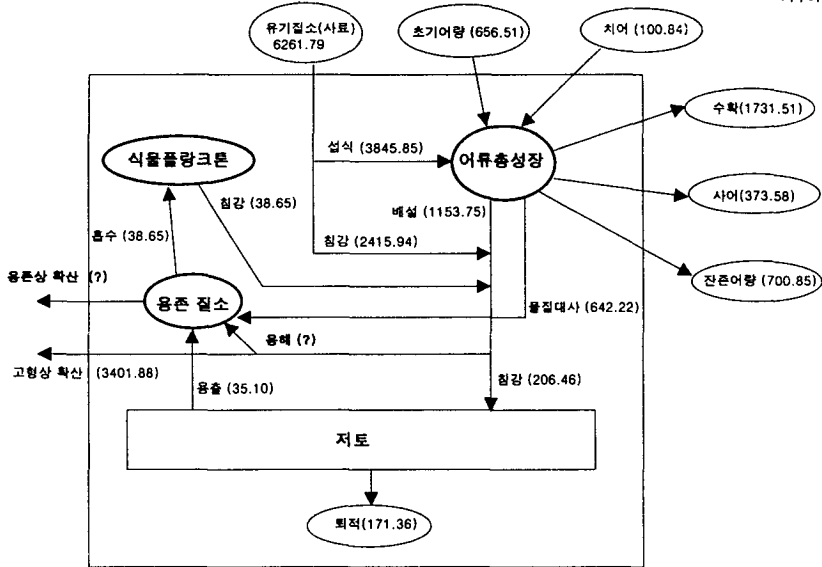
투입된 사료의 양 중 상당한 부분의 양이 확산을 통해 외부로 유실됨을 보여준다. 용출, 확산, 퇴적은 결과적으로 수체내에 잔존하는 요소들이며, 잔존어량, 사어, 수확, 호흡 등은 물고기를 경유하는 물질량을 표현한다고 볼 수 있다. 그림으로부터 탄소, 질소, 인의 경우 수체 혹은 저토에 잔존하는 양은 각

Table 2-14. Valuse which were used in mass conversion.

항목	Before Conversion	After Conversion	Conversion factor	Sources
Fish	Wet weight	Dry weight	25%	한국해양연구소 (1993), Walters (1977)
	Dry weight	Carbon weight	45%	U.S.Army (1975)
	Dry weight	Nitrogen weight	16.30%	Leidy and Jenkins (1977)
	Wet weight	Phosporus weight	0.22%	Leidy and Jenkins (1977)
사료	Wet weight	Dry weight	31.90%	한국해양연구소 (1993)
		생사료	69.70%	대주산업주식 (1995)
		배합사료	70.30%	제일제당 (1995)
		EP 사료		U.S.Army (1975)
식물조류	Dry weight	Carbon weight	50%	Leidy and Jenkins (1977)
	Dry weight	Nitrogen weight	16.30%	Leidy and Jenkins (1977)
	Wet weight	Phosporus weight	0.22%	Leidy and Jenkins (1977)
	Chl a	Carbon Concentration	45 times	Eppley et al. (1971)
	Carbon Concentration	Nitrogen Concentration	0.14 times	Bougis (1976)
	Carbon Concentration	Phosporus Concentration	0.0093 times	Bougis (1976)

가두리 양식장 질소수지 모형

단위 g-N/m²/y
kg-N/1000m²/y
가두리면적 100m² · 10조



가두리 양식장 인산지 모형

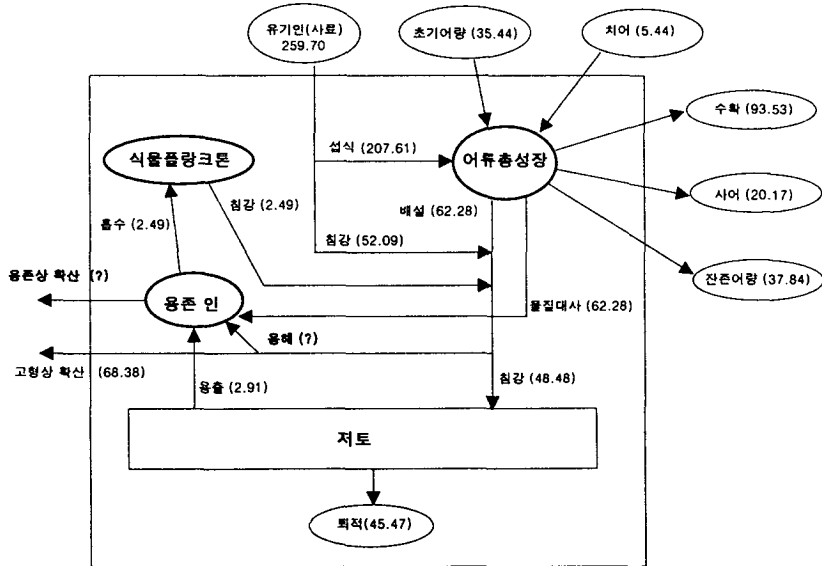


Fig.2-35. Annual budget models for nitrogen (a) and phosphorus (b).

각 투입량의 59.1%, 50.9%, 38.6%에 상당함을 알 수 있다. 즉, 탄소와 질소의 경우 인에 비해 많은 비율의 양이 수체 내에 잔존하며 그 양은 거의 50 % 이상이다.

7.4. 결과 및 고찰

충무 근해의 한 가두리 양식장에 대한 물질 수지분석을 통하여 물질의 유출입 관계와 생태계를 구성하는 각 요소들에 어떻게 분배되고 있는가를 알아보았다. 기간 중 식물 플랑크톤의 생산량은 앞서 언급한 바와 같이 초과하여 추정되었음에도 불구하고, 투입되는 사료량의 100 분의 1 수준이었으며 (Fig. 2-34), 침전에 미치는 영향 역시 미미한 것으로 나타났다 (Fig. 2-32). 탄소와 인의 경우 투입된 유기물질 (주로 사료)의 50% 이상이 확산 혹은 용출, 퇴적 등의 과정을 거쳐 수체에 잔존하며 (Fig. 2-34, Fig. 2-35), 인의 경우 약 40% 가량이 잔존하였다 (Fig. 2-36). 이렇게 수체에 잔존하는 양중 가두리 양식장 아래의 저토에 퇴적되는 양은 탄소, 질소, 인의 경우 각각 침전량의 10%, 5%, 40% 정도이다. 따라서 침전되는 양 중에서 90%, 95%, 60% 정도가 인근 해역의 저토에 침전하거나 용존상태로 확산되어 감을 알 수 있다. 이는 가두리 양식장의 사료투입이 인근 해역의 물질 수지에 큰 영향을 미칠 수 있음을 보여준다고 할 수 있다. 즉 가두리 양식장은 인근 해역에 대해 유기물질의 공급원으로서 역할하고 있다고 보여진다.

충무 근해와 같이 하천으로부터의 유기물질 부하량이 적은 곳에서 주된 유기물 부하원으로 상정할 수 있는 곳은 인근 도시 및 마을에 의한 생활 하수와, 널리 산재한 가두리 양식장이라 할 수 있다. 그러나 실험 대상지였던 저도와 같이 도심으로부터 먼 곳에 위치한 곳은 생활하수의 확산보다는 인근에 위치한 가두리 양식장들로부터의 유기물질 유입이 상대적으로 중요한 유입 기작일 것

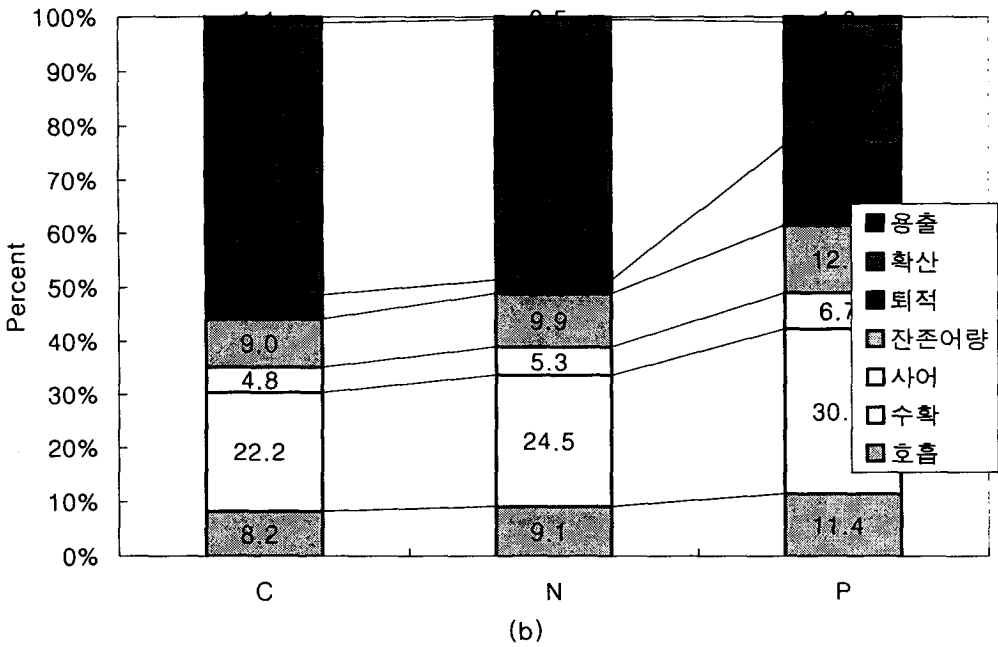
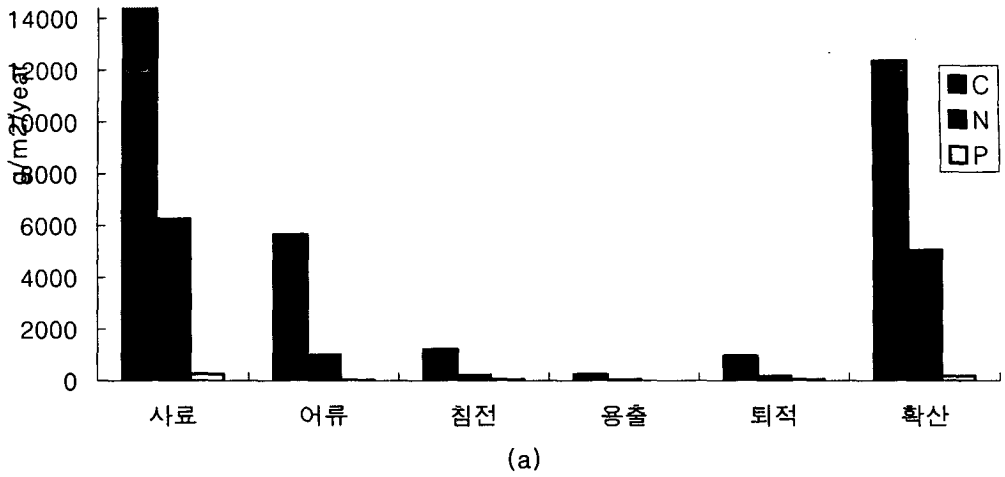


Fig.2-36. Annual flux into each element in Fig.7-3 and 7-4 (a) and the percent values (b). In the case of nitrogen and phosphorus, respiration should be considered as metabolism.

으로 예상된다. 따라서 한 가두리 양식장에서 투입량 중 얼마만한 양의 유기 물질이 수체 내에 잔존하게 되는 가를 파악하는 것은 가두리 양식장이 인근 해양생태계의 구조와 기능에 어떠한 영향을 미치고 있는가를 이해할 수 있는 중요한 열쇠가 된다고 할 수 있다. 이러한 문제의식에서 한 가두리 양식장으로부터 투입된 사료량 중 얼마만한 부분이 수체 내에 잔존하게 되는 가를 알아보기 위해 탄소와 질소, 인에 대한 물질 수지 모형을 개발하였다. 실험에서 획득된 자료들은 모형개발을 염두에 두고 계획된 것이 아니었기에 모형개발을 위한 수치 환산작업 과정 중 여러 부분에서 본 실험 이외의 문헌 자료, 경험 자료 등을 이용하였다. 따라서 이러한 간접적인 추정과정 중 상당한 오차가 발생하였을 가능성을 배제할 수 없다.

모형개발을 위해선 크게 사료 투입량과 투입 산출되는 물고기량, 저토로 퇴적, 용출되는 영양염량들로부터 각각 탄소, 질소, 인의 양을 계산해야 했다. 사료 투입량의 경우, 단위 사료에 포함된 유기탄소, 유기질소, 유기인의 양에 대한 자료가 부재한 관계로, 사료의 주 원료가 되는 물고기들에 대해 이미 조사된 함량비를 이용하여 추정하였다. 보다 합리적인 추정을 위해선 사용되는 각 사료들에 대한 이들 원소들의 함량비가 조사되어야 할 것이다. 물고기량의 경우, 조사된 자료는 각 어종에 대한 마리수였으며, 이들 각 종에 대한 평균적인 질량 자료가 부재하였기 때문에 총질량으로 환산하기 위해 마리당 평균 질량에 대한 경험적인 추정치를 이용하였다. 마리당 평균 질량은 계산과정 중 곱해지는 항이기 때문에 약간의 차이가 결과적으로 커다란 총질량의 차이를 유발시킨다. 본 분석에서는 각 추정치들에 대한 오차 유발 분석이 수행되지 않았으므로 어떠한 추정치가 최종적인 결과에 가장 큰 영향을 미치게 될 지에 대해선 정량적으로 이야기 할 수 없다. 하지만 계산과정의 경험을 토대로 마리당 평균 질량값이 가장 큰 오차를 유발시키는 요인일 것이라는 부언을 덧붙인다.

이들 사료와 어량에 대한 자료는 비교적 시간적 빈도에 있어선 양호한 듯

이 보인다. 실제로 이들 자료는 한 달 단위로 취득되었으며, 목적에 따라 좀 더 짧은 시간단위의 자료 취득 또한 가능하다. 그러나 저토로의 퇴적, 용출에 대한 자료는 시간빈도 상에 큰 문제점을 가지고 있었다. 본 실험지에 대한 두 가지 독립적인 실험으로부터 자료를 취득하였다. 하나는 실험 기간 중 일회에 걸쳐 수행된 것으로 용출량 자료를 제공하였으며, 다른 하나는 95년 8월 21일부터 96년 3월 26일에 걸쳐 10일에서 20일 간격으로 수행된 실험으로 침전량 자료를 제공하였다. 후자의 자료는 비교적 자료취득 빈도에서 비교적 양호한 듯이 보이나, 실험이 본 모형의 대상기간 동안 수행되지 못한 관계로 96년 3월 26일 이후에 대해선 자료를 취득할 수 없었다. 따라서 본 계산과정에서 실험 기간 중의 평균을 이용하여 실험이 진행되지 않은 부분에 대한 침전량을 추정하였다. 용출량 자료에 있어선 단 일회에 걸쳐 수행된 실험으로부터 제공된 자료를 이용할 수 밖에 없었다. 따라서 계절에 따른 용출률의 변화를 모사할 수 없었다. 자료획득 빈도는 자료의 대상이 보이는 동역학적 변화시간 척도와 밀접한 관련성을 가지고 있다. 보다 합리적인 모형개발을 위해선 가두리 양식장을 구성하는 각 요소들에 대한 변화 패턴에 따라 각기 다른 시간규모의 자료획득 노력이 이루어져야 할 것이다. 아울러 퇴적량에 대한 공간적인 분포 변화를 보여주는 자료의 획득은 개발된 모형을 근거로 가두리 양식장이 주변 해역에 영향을 미치는 정도와 양상에 대한 분석을 가능하게 할 것이다. 이는 향후 가두리 양식장을 포함한 광역 생태계에 대한 모형개발의 시도를 가능하게 하리라 예상된다. Table 2-15에 본 모형개발과정 중에 사용된 값들에 대한 앞서의 논의들을 정리하였다.

Table 2-15. Coefficients used in model development

		본실험에서 실측 유무	측정 빈도	비고
물고기	어중	○	월 1회	작업일지
	마리수	○	월 1회	작업일지
	어종별 평균질량	×		경험치 이용
	호흡량	×		타모델식 이용
	섭식량	×		추정 및 계산
	배설량	×		추정 및 계산
	C,N,P 합량	×		문헌자료
	입식, 취양량	○	월 1회	작업일지
식물 플랑크톤	표층 Chl.a 농도	○	일 1회	96년 12월까지
	수심별 Chl.a 농도	×		균일함을 가정
	Chl.a : C ratio	×		문헌자료
	C:N:P ratio	×		문헌자료
사료	종류	○	월 1회	작업일지
	투여량	○	월 1회	작업일지
	C,N,P 합량	×		문헌자료 및 추정
저토	침강량	○	10-20일 간격	96.3까지 측정
	용출량	○	조사기간 중 1회	
	퇴적량	○	조사기간 중 1회	
수체	침강중 유기물질 용해량	×		미추정

7.5. 결론 및 향후연구제안

본 실험대상이 되었던 충무 근해의 가두리 양식장 해저에 도달하는 유기물의 총량은 가두리가 설치되지 않은 다른 연안해역에 비하여 약 2 ~ 5배가량 높은 값을 보이고 있다. 퇴적물 경계면과 그 이하에서 유기물 분해결과 재영양염화 되어 주변 해수로 공급되는 양 역시 규산염을 제외한 암모니아, 인산염 등에서 인근의 지역에 비해 높은 용출값을 보였다. 표층 영양염 농도의 변화는 조차의 변화에 크게 영향을 받고 있으며, 이는 주로 저토로부터 용출된 영양염들이 조차의 섭동에 의해 부유함으로써 이루어지는 것으로 보인다. 엽록소 농도의 변화 역시 조차에 큰 영향을 받고 있으나, 영양염과의 상호관계는 명확하지 않은 것으로 보인다. 물질수지모형 결과, 투입된 사료의 50 % 가량이 물고기에 의해 섭취되지 않고 그대로 침전하거나, 섭취된 후 배설되는 과정 등을 통하여 해저에 퇴적되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 사료의 투입은 어류생산이라는 정의 효과와 아울러 가두리 양식장 인근 생태계의 물질수지에 영향을 미치는 부의 효과를 동반하고 있다고 할 수 있으며, 지속 가능한 양식업의 발전을 위해선 부의 효과에 의한 환경의 악화를 방지할 수 있는 방안에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

엽록소 농도의 변화양상은 상당량의 엽록소가 주변해역으로부터 유입되고 있음을 유추하게 하였다. 즉 연안에서의 엽록소 농도 변화는 폐쇄된 시스템 혹은 한 정점에 대한 조사만으론 설명하기 힘들다는 것을 암시한다. 따라서 보다 큰 규모에서 해류의 흐름 등과 같은 물리적인 기작을 포함하는 연구가 필요하다. 특히, 국부적으로 발생하여 넓은 범위로 확산되어가는 적조와 같은 현상을 예측하고, 설명하기 위해선 이의 한 발생기작으로 여겨지는 영양염의 지역적인 변이를 추정하기 위해 영양염의 외부 공급원(예 : 가두리 양식장)과 내부 저장원(예 : 해저퇴적물)이 공간적으로 어떻게 분포하고 있는가

를 조사해야 할 것이다. 영양염의 내부 저장원은 결국 식물 플랑크톤에게 이용 가능한 영양염의 내부 공급원으로서의 역할을 담당하게 된다. 이러한 목적을 위해선 연안에 대한 해류모델 개발과 원격탐사를 이용해 식물 플랑크톤의 공간적, 시간적 변동을 검출해낼 수 있는 광학알고리즘의 개발 그리고 침전물의 확산과 퇴적 특성에 대한 연구가 선행될 필요가 있다. 이러한 선행 연구들이 연안의 가두리 양식장 분포와 사료투입량 자료와 결합될 때 가두리 양식장이 연안생태계에 미치는 영향을 총체적으로 평가할 수 있으리라 기대된다.

제8절 자원 평가

8.1. 서 론

생물과 환경사이의 관계는 매우 복잡하여 지금까지 여러분야에서 상호관계를 규명하려는 노력이 진행되고 있으나 아직까지 많은 문제점을 갖고 있다. 물리, 화학적 환경 예측 결과는 어떤 의미에서는 정성적 평가의 의미를 내포하고 결국 우리가 추구하는 최종 목표는 대상생물의 생산력에 관한 정량적 결과의 예측을 필요로하는 것이다.

환경이 자원생물에 미칠수 있는 영향을 수치화하여 앞으로 나타날 수 있는 가능성을 객관적인 기본식으로 표현하여 평가하는 기법을 검토하기로 한다.

우리가 대상지역으로 선정한 생태계를 이제부터는 하나의 생산성을 갖는 漁場으로 간주하여 “어장 환경 수용량 (漁場環境收容量)”의 개념을 정립하고자 하는 것이다.

따라서 지금부터는 환경변화가 어업자원의 생산성에 미치는 한가지의 요인으로 간주되고, 결과를 예측하기 위하여는 자원생물이 중심이 되어 모든 주변환경을 검토하게 되는 것이다. 각각의 환경요인은 대상생물의 생산력에 영향을 미치는 단순한 impact에 불과하다. 결국은 대상생물의 생존과 성장의 결과를 통해서 자원량의 변동을 예측하려는 의도인 것이다.

8.2. 평가 대상 자원의 선정 방안

○ 주요 어패류의 검토

대상해역의 다양한 어업자원 중에서 주요 어패류의 어종별 생산량, 자원 생태학적 검토를 진행하며, 다음의 사항을 중점적으로 확인한다.

- 어획량이 비교적 많은 자원생물
- 경제적 가치를 갖는 자원생물
- 어장에서의 자원생태적 의미를 갖는 생물
- 인위적인 환경요인의 변화에 따른 영향을 비교적 많이 받는 생물

이상의 의미를 갖는 자원생물을 어업과 자원생태적 측면에서 추출하여 검토한다.

○ 어업실태

자원생물 생산의 주기적 변동과 특이한 환경변화에 따른 어획량 변화를 객관적인 자료로 평가하기 위하여 주요 통계자료를 바탕으로 5년간의 변화를 평균치로 활용한다. 주요 어패류의 어획량, 생산액, 단가, 어업형태별 시기, 그리고 수확량의 비중 등을 정리한다.

○ 자원생태

주요 대상어종에 대한 기존 자료를 바탕으로 생태특성과 영양단계에 의한 유형을 분류하고, 발육 단계별 서식장소, 출현시기, 식성등을 검토한다.

가) 생태 특성에 의한 유형분류

(1) 생활영역에 의한 분류

(가) 內灣형 고유종

- 연안산란형 ; 연안역에 산란장을 형성하는 종류
- 근해산란형 ; 근해역에 산란장이 형성되는 종류

(나) 만의 內外구역을 이동하는 종

- 산란을 위해 만의 안쪽으로 유입되는 종
- 灣 바깥쪽에서 산란, 초기 성장 시기에 만으로 유입되는 종

(2) 영양단계에 의한 분류

(가) 유영동물 포식자

- phytoplankton feeder
- zooplankton feeder
- nection feeder

(나) 저서생물 포식자

- deteritus feeder
- benthos feeder
- crustacea feeder

(3) 생태군집에 의한 분류

- 표층 분포군
- 중층 분포군
- 저층 분포군
- 패류

나) 성장단계별 생태적 특성

(1) 成魚의 주 성장장소

성어의 주 성장장소, 즉 어장의 형성지

(2) 성장기 서식장소

- 표층 생활군
- 중층 생활군
- 저층 생활군
- 저질 생활군

* 난(卵)의 경우 부상란, 침하란의 특성 표시

(3) 출현시기

(4) 식성

- phytoplankton feeder, zooplankton feeder

- 저서생물 포식자(소형 및 대형 저서생물 포식자)
- 해조류 포식자
- detritus feeder
- necton feeder

다) 평가 대상 자원중 어종 선택

이상의 검토 결과를 바탕으로 경제적, 자원적 측면에서 대표적 대상어종을 선정한다.

- 대상해역에서 생활사(어획으로)가 마무리 되는 어종
- 영양단계가 가급적 높은 어종(자원생태적 평가가 높은 어종)
- 자원증대에 따른 경제성을 확보하고 있는 어종

8.3. 자원생산에 관한 기초적 검토

○ 어업실태

과거 5년간의 통계자료 및 위판실적 등을 참고로하여 어업실태를 파악하기 위한 어획량 추이와 판매실적 등을 확인하며 대상어종으로서의 가치를 판단한다. 특히 해당지역에서의 어획강도(출어일수당 어획량)의 변동을 면밀히 파악, 앞으로의 어획량 산정의 기초자료로 활용한다.

한편 漁具, 漁法에 따른 어획량도 시기별로 연평균 추이를 확인한다.

○ 생태학적 역할 규명

대상어종의 일반생태 및 해당지역에서의 분포 등을 기존 자료로 활용한다.

(가) 분류학적 개요

분류학적 지위 확인 : 目, 科, 屬, 學名(scientific name) 등

(나) 성장 단계 구분

발육 단계별는 卵, 仔魚期, 稚魚期, 未成魚期, 成魚期 등으로 구분

- 난
- 자어기
- 치어기
- 미성어기, 성어기

(다) 분포생태와 분포 제한요인

해당해역에서의 성장 단계별 분포 생태를 확인한다.

(라) 食性和 攝餌 형태

- 식성
- 섭이행동

(마) 성장과 대사

- 성장
- 대사

(바) 성숙과 산란

- 성비
- 생물학적 최소형 및 개체수명
- 산란

○ 생활사 구분 및 자원변동 모델

자원변동에 영향을 초래하는 대상어종의 생활사를 구분하여 검토한다.

가) 생활사 구분

일반적으로 다음의 4단계로 구분할 수 있다.

- 산란기
- 자어기
- 치어기
- 미성어, 성어기

나) 생활사를 기초로하는 자원변동 모델화

간단히 자원량의 변동은 개체수와 개체량(무게)의 시간적 변화를 의미한다.

○ 서식환경 규명

생활사를 토대로 발육단계에 따른 생존 및 성장에 관여하는 환경인자를 파악한다. 예를들어 산란기의 산란장소의 환경 조건 규명 등이다.

8.4. 자원변동에 관여하는 환경요인과 영향 평가

○ 환경요인의 추출

현재 생태계를 구성하는 모든 생물은 긴 세월동안의 진화라는 과정을 통하여 주어진 환경에 적응하여 살아남은 것이다. 따라서 종 특유의 생존전략을 갖고 있다. 이부분을 가능한 명확히 하기 위하여 주요한 요인들을 선정, 평가한다.

- 개체유지 전략; 생리대사, 포식, 소화, 성장
- 종족유지 전략; 재생산 및 생활권의 확대(영역의 확산)

○ 영향전달 내용

중요한 환경요인으로 인하여 자원에 영향을 미치는 구체적인 내용을 대상생물의 각 발육 단계별로 구분하여 정량적으로 수치화할 수 있는 방법을 모색한다. 예를 들어 산란기 부착난을 산란하는 경우 환경중 저질의 입도조건 등의 조건에 따른 산란장 형성 조건을 구체화하여 수치화하는 방안

8.5. 어장 환경 측면에서의 상호관련 구조 파악

어업이라는 생산활동이 이루어지는 어장에서 한가지의 환경요인이 직접적으로 어획에 영향을 나타내는 경우는 거의 없다고 이야기 할 수 있다. 한가지의

환경요인의 변화는 상호간의 요인들이 연쇄적인 과정을 통하여 어떠한 형태로든 영향을 나타내는 것이 사실이다. 그러므로 상호간의 연관 및 을 무시하고는 정확한 결과를 평가를 할 수 없음이 너무도 당연한 것이다.

○ 환경인자 간의 상호연관 구조

환경요인의 변화는 우선적으로 외부로부터 기인된 영향에 의하여 환경요인 상호간의 변화 즉, 내부요인의 변화를 야기시킨다. 예를들어 연안역에서의 상호연관은 해안지형이나 해저지형은 매립, 준설 등의 인위적인 외부요인으로부터 유속, 유향, 파도 등의 내부적 환경의 변화를 만드는 결과이다. 생물학적, 화학적 요인도 마찬가지로 논리로 설명할 수 있다.

○ 환경모델 적용방안

환경수용량 개념의 도입을 위한 환경모델에 대상생물도 하나의 factor로서 적용되어야만 한다는 전제에서 적용방안이 검토되어야하는 필연적 사실이다. 표현은 한 문장으로 되었으나 이 부분이 환경수용량 개념이 해양목장 사업에 승패를 좌우하는 중요한 부분으로 사료 되어 충분한 검토와 과정을 통하여 최선의 방안을 수립하여야할 분야임을 언급한다. 우선 간단하나마 한가지 예를 들면, 대상생물이 만약 현재 재배어업 분야의 큰 비중을 차지하는 저서성 넙치일 경우 생산된 자어(仔魚)가 부화후 착저(着底)하여 생존하기 까지를 검토하는 단계에서 해류유동에 따른 부유입자의 확산모델을 활용하여 다음과 같은 개념으로 활용한다. 일반적으로 어류의 초기 성장단계에서는 스스로 수영능력이 있기는 하지만 무시하여도 무방하므로 동물성 플랑크톤으로 간주하여 부유입자(浮游粒子)의 확산모델을 적용하는 것이다.

- 자어의 출현 시기가 봄철이므로 춘계의 기상조건을 활용
- 자어가 존재하는 층을 표층과 중층으로 보고 검토
- 자어의 출현지점(입자의 발생지점)을 주산란장으로 결정

- 자어의 부유기간을 초기 성장조건을 감안하여 결정

8.6. 수용력 산정을 위한 외부요인 검토

○ 외부요인의 범위 결정

모델을 활용하여 자원의 변동 및 생산을 예측하려는 것이 수용량 개념의 근본 취지이므로 외부요인의 범위를 선정하는 것 또한 중요한 과정이다. 예를 들어 넙치의 경우 최소한 다음에 열거하는 범위의 외부요인은 검토대상이 되어야 한다고 판단된다.

- 산란장 및 착저장을 파괴하는 요인
- 산란기, 자어기 및 치어기의 생존환경에 영향을 미칠 수 있는 요인
- 대상종의 생존을 위한 인내한계를 넘어서는 환경변화 요인
- 대상해역에서 급격한 환경변화를 야기시킬 수 있는 외부 요인
- 대상종이 서식장에서 떠날 수밖에 없는 상황을 유도하는 요인 등

한편 이상에 열거한 요인들이 시스템안에서 내부 변화를 유도하는 경로와 현상에 대한 검토도 병행되어야 할 것이다. 그리고 시스템내에서의 예상 가능한 최종현상 즉 대상종이 받게되는 피해정도가 객관적인 자료를 바탕으로 평가되어야 한다.

○ 영향전달 과정의 정량화

시뮬레이션의 과정을 거치기 위하여는 각각의 요인이 시스템에 미치는 영향을 수치화하여야 함은 당연한 사실이다. 자원의 변동을 평가하려는 수용량 개념의 확립을 위하여 앞에서 언급한 예로 해역 환경 변화가 자원의 변동에 미칠 수 있는 가능성 즉, 산란량, 부화율, 초기생존율, 자어의 유동량 및 분산량, 착저후에 생존율 그리고 최종어획량 등이 수치화 되어야 한다.

8.7. 환경변화에 대응하는 자원변동 예측

○ 생활사 모델의 작성

환경수용량 개념에 뿌리를 갖는 모델을 만들어야할 단계이다. 지금까지 언급된 사항들을 토대로 다음과 같은 기본방침을 갖고 모델을 만든다. 대상종이 넓치일 경우 :

- 생활사를 부화기, 자어기(浮遊期), 치어기(着底期), 미성어(未成魚)성어기로 구분하여 각 발육단계별 환경요인을 하나하나씩 검토한다.
- 어업생산에 영향을 미치는 가능한 모든 요인을 추출하고 각각의 요인이 자원량에 미치는 기여도에 따라 선택여부를 결정한다.
- 자원량의 변동은 개체수와 개체량의 시간적변화로 평가한다.
- 자원량은 개체군 내에서의 자가조절(自家調節) 기능도 검토한다.
- 환경요인에 의한 자연사망과 성장에 의한 자원증가를 동시에 검토하여 어획량의 조절을 결정한다.
- 자연사망, 어획, 재생산, 성장에 관한 계수를 연도별로 설정 일정한 연도의 어획량을 기본 수식으로 활용한다.
- 기본식의 계수(係數)는 각 영도의 환경변화에 의한 자연사망, 성장의 변화 등을 감안하여 설정한다.
- 마지막으로 모델은 가능한 단순화하여 적용한다.

이상의 기본 방침을 가지고 기본식이 만들어 지는 것이다. 다시말해서 개체수, 개체중량, 어획량, 재생산, 자원조절 기능 등이 감안되고 환경요인이 파라메타로서 수식화되어 모델이 성립된다.

○ 생물학 및 자원학적 특성치의 추정

생물 및 자원학적인 평가(土井, 1975; 1977)는 다음의 요소들이 평가대상이다. 즉, 성장식, 전장과 체중의 관계, 수명, 개체군 성숙도, 재생산 능력(fecandity), 성비, 생존율과 감소계수, 자연사망계수, 어획계수 및 어획강도, 개

체군의 밀도 종속적인 초기 사망계수 등이다.

○ 환경요인과 자원생물간의 정량화

가) 환경요인의 종류

- 산란장 면적
- 계절별 연안역의 층별(저층, 중층, 표층) 수온
- 자어기 포식자에 의한 양적 변화
- 착저장 면적
- 동물성 플랑크톤의 생산력
- 저서생물의 생산성

나) 환경요인과 자원변동 요인과의 관계의 정량화

- 산란장 면적과 부회시기의 자연사망 계수
- 저층 수온과 부화일수 관계
- 표층수온과 자어기 성장 계수
- 포식자와 자어기 자연사망 계수
- 착저장 면적과 치어기 자연사망 계수
- 표층수온과 자어기 성장속도
- 먹이생물(플랑크톤)과 자어기 성장속도
- 착저장 저층수온과 치어기 성장속도
- 저층의 용존산소(저서생물 생산력)와 먹이생물 관계

○ 수치화에 따른 환경요인의 선정

이상의 기본적 요소들에 대한 수치화 결과 모델에서 활용해야할 계수 (factors)들의 선정에 대한 문제점을 feed back 차원에서 재검토를 수행한다.

8.8. 현장 적용 기법

대상해역에 적용하여 현장 검토를 추진한다. 이 단계가 완료될 시 환경수용량 개념을 바탕으로하는 모델의 예측이 가능한 것이다.

8.9. 단계별 적용 방법

지금까지의 과정을 종합하여 단계별로 내용을 다시한번 정리하면 다음과 같다.

환경수용력을 평가는 대상해역에서의 외부 요인으로 인하여 어업자원에 미치는 영향을 예측 평가하고 가능한 자연조건을 보전하며 지속적인 생산을 유도하려는 의도에서 그 과정을 검토하려는 것이다. 환경 요인이 생태계의 연관된 구조에 어느정도의 영향 즉, 변화를 야기시키고, 결과적으로 생물의 생존과 성장을 통하여 자원량의 변동에 관여하는가를 정량적으로 수치화하는 것이다. 여기에 필요하는 기본개념에는 자원생물을 주체로 하는 환경과의 연관성, 생태계 관련구조의 규명, 환경과 자원의 예측을 하나의 개념으로 체계화, 자원변동의 예측을 환경변화에 대응 가능하게 數値로 모델화하는 것이 포함되어야 하며, 다음과 같이 가능한 한 여러 단계로 나누어 시행오차를 줄이는 것이 바람직하다 (海洋産業研究資料, 1984).

○ 제 1 단계 : 대표적인 魚種 選定

일정한 해역에서 어업에 대한 실태를 평가하기 위하여는 그곳에 생존하는 자원생물 모두를 대상으로 하는 것이 바람직하나 실질적으로 가능한 대상생물중에서 경제, 자원적 측면에서 대표적으로 가치가 인정되는 어획대상 어종을 선정한다.

- 주요 어페류의 추출

- 어업실태 파악
- 자원생태학적 환경 규명
- 평가대상 자원생물중 대표어종 선정

○ 제 2 단계 : 대표어종의 생산성에 관한 기초 자료 검토

생물은 성장함에 따라 棲息地의 여건을 스스로 변화시키기도 하나, 변화에 대한 저항력도 성장단계에 따라 다르기 때문에 기존자료 등을 충분히 활용하여 환경에 대한 적절한 대응을 평가하여 객관적인 측정 체계를 구축한다. 이 과정은 발육단계별로 구분하여 정리하는 것이 합리적이다. 또한 대상어종의 어획량 변동을 기초로 과거 변동에 관한 직접적 요인을 찾아 정리하고 평가한다.

- 어업실태의 정리
- 생태학적 환경 평가
- 자원변동 모델화를 위한 생활사 등 자료 검토
- 대상생물의 서식환경 정리

○ 제 3 단계 : 資源變動에 영향을 미치는 環境要因을 糾明

발육단계별 생존 및 성장에 비교적 큰 영향을 미치는 환경요인의 시간적, 공간적 상호 관계를 연관지어 구체적인 내용을 자료로 축적한다.

- 환경요인 추출
- 환경요인의 자원생물에 대한 영향전달 과정의 정량화

○ 제 4 단계 : 환경변화 機構의 體系化

생물에 직접적으로 영향을 나타내는 요인들이 생태계의 상호 機構에 어떠한 변화를 야기시키는 것인가를 체계적 관점에서 자료를 수집하고 정리한다. 이 자료는 결국 변화에 대한 예측을 가능케하는 數理的 모델의 factor로서 역할을 하게된다. 한편 이 단계에서 활용할 모델의 선정 및 검토를 수행한다.

- 환경인자간의 상호 연관 구조 규명
- 환경인자간의 영향전달 과정의 정량화(환경 모델 활용)
- 환경인자간의 변화 예측

○ 제 5 단계 : 시스템에서의 인위적 변화요인의 選定, 分類 및 定量化

인위적인 어장환경 개발 사업 등에 의하여 생태계 변화를 가져오는 여러가지 요인들에 관한 자료를 검토하여 환경과 자원생물에서 나타나는 현상과 연계하여 정리, 자료로 축적한다. 그리고 적용할 모델에 적합한 입력조건으로 전환 정량화한다.

- 인위적 변화요인의 추출
- 자원량 변화의 정량화(모델 적용을 위한)
- 환경에 영향을 미치는 외부요인의 수치화

○ 제 6 단계 : 환경변화에 대응한 자원량의 변동에 대한 定量的 豫測 모델 확립

환경조성에 따른 자원량의 변동은 시간 개념을 도입한 생물자원의 수량과 무게를 정량화 하려는 시도이다. 수량은 개체의 自然死亡, 漁獲, 再生産, 移動, 轉入의 변동에 따라, 무게는 성장에 따른 증가 즉 발육단계별 생존에 기초한 성장을 정량화하는 것을 말한다. 이 결과를 바탕으로 자원량 변동을 예측하려는 생물의 生活史 모델을 구축한다.

- 대상생물의 생활사 모델 작성
- 생물학적 및 자원학적 특성치의 추정
- 환경요인과 자원생물의 정량화(생활사 모델 적용)
- 자원량 변동 예측

○ 제 7 단계 : 어장환경 수용량 책정

생활사 모델의 근거로 환경변화의 限界를 우선 예측하고, 그 결과에 따라 대표적 대상어종의 자원을 대상해역의 목장 시스템에 도입 어업에 미치는 영향을 예측, 결정할 수 있는 근거가 제시된다.

참고문헌

- 한국해양연구소, 1993, 조기류의 생산기술 연구 (III), 과학기술처
- Jorgensen, S. E., S. N. Nielsen, and L. A. Jorgensen, 1991, Handbook of ecological parameters and ecotoxicology, Elsevier
- Bougis, P., 1976, Marine plankton ecology, North-Holland Publishing Company
- Grant, W. E., 1986, Systems analysis and simulation in wildlife and fisheries sciences, John Willey and Sons.
- 강찬수, 이기승, 김명운, 권개경, 김용학, 박성주, 이건형, 김상중. 1990. 경기만의 종속영양세균군집의 분포 및 활성. 한국미생물학회지. 28:324-330.
- 기상청, 1995. 기상월보, 기상청
- 기상청, 1996. 기상월보, 기상청
- 김상중, 홍순우, 이윤. 1985. 낙동강 하구 간석지에 존재하는 세균의 분포 및 생리적 활성도. 미생물학회지. 23:215-220.
- 김상진, 이건형. 1992. 남해 퇴적토에서 종속영양세균의 분포 및 세포외 효소활성. 미생물학회지. 30:383-390.
- 심정희 (1994) 득량만 표층퇴적물에서 유기물 분해와 인산염의 생지화학적 순환. 부산대학교 석사학위 논문.
- 양수광 (1995) 간척보다 더 큰 역사로 천수만 되살린다. 새어민 33, 28-33.
- 유재명 등, 1995. 생물해양학 분야 pp. 197-198 In (변상경 등) 한국해양 종합 해양환경도 작성연구 -동해남서부(1차년도)-. 한국해양연구소 보고서 BSPN00262-806-2.

- 이건형. 1987. 금강하구 퇴적토에서의 종속영양세균의 분포에 미치는 환경요인과 계절적 우점속에 관하여. 미생물학회지. 25:137-143.
- 장영진 (1995) 남해안 수산개발 방안. 새어민 33, 84-89.
- 제종길 등, 1994. 생물해양학 분야 pp.305-308 In (곽희상 등). 한국해양 종합해양자원도 작성연구 -대한해협(3차년도)-. 한국해양연구소 보고서 BSPN00227-733-3.
- 최강국, 이건형. 1996. 서천 연안 퇴적토에서 종속영양세균의 분포와 세포의 효소활성과의 관계. 미생물과 산업. 22:119-126.
- 한국해양연구소, 1993, 조기류의 생산기술 연구 (III), 과학기술처
- 한국해양연구소 1994. 한반도 주변 해역의 화학물질 수치 및 순환연구(서남해역). 과학기술처 BSPN 00203-614-4, pp.321.
- Aspila K. I., Agemian H. and Chau A. S. Y. (1976) A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. *Analyst* 101, 187-197.
- Atlas, R. M. and R. Bartha. 1987. pp. 217 -223. In *Microbial ecology*. 2nd. ed. Benjamin/Cummings publishing co., California.
- Aure J. and A. Stigebrandt (1990) Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture* 90(2), 135-156.
- Avnimelech Y., M. Lacher, A. Raveh and O. Zur (1981) A method for the evaluation of conditions in a fish pond sediment. *Aquaculture* 23, 361-365.
- Babin, M., A. Morel, and R. Gagnon. 1994. An incubator designed for extensive and sensitive measurements of phytoplankton photosynthetic parameters. *Limnol. Oceanogr.*, 39(3):694-701.

- Baker, K. S. and Frouin, R. 1987. Relation between photosynthetically available radiation and total insolation at the ocean surface under clear skies. *Limnol. Oceanogr.*, 32:1370-7.
- Blackburn T. H., B. Aa. Lund and M. D. Krom (1988) C- and N-mineralization in the sediments of earthen marine fishponds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 44, 221-227.
- Bougis, P., 1976, Marine plankton ecology, North-Holland Publishing Company
- Chareonpanich C., H. Tsutsumi and S. Montani (1994) Efficiency of the decomposition of organic matter, loaded on the sediment, as a result of the biological activity of *Capitella* sp. I. *Marine Pollution Bulletin* 28(5), 314-318.
- Chatfield, 1984, The analysis of time series, 3rd Ed., Chapman and Hall
- Chin-Leo, G. and D. L. Kirchman. 1988. Estimating bacterial production in marine waters from the simultaneous incorporation of thymidine and leucine. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1934-1939.
- Chrost. R. J.. 1990. 3 Microbial ectoenzymes in aquatic environments. pp. 47 - 78. *In* Overbeck, J. and R. J. Chrost (ed.) Aquatic microbial ecology. Springer-Verlag, New York.
- Cullen, J. J., 1990. On models of growth and photosynthesis in phytoplankton. *Deep-sea Res.* Vol. 37:667-683.
- DeMaster DJ, 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45:1715-1732.

- Grant, W. E., 1986, Systems analysis and simulation in wildlife and fisheries sciences, John Willey and Sons.
- Hall Per O. J., L. G. Anderson, O. Holby, S. Kollberg and M.-O. Samuelsson (1990) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. I. Carbon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 61, 61-73.
- Hall Per O. J., O. Holby, S. Kollberg and M.-O. Samuelsson (1992) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 89, 81-91.
- Hansen, L. S., M. Holmer and T. H. Blackburn. 1993. Mineralization of organic nitrogen and carbon(fish food) added to anoxic sediment microcosms: role of sulphate reduction. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102:199-204.
- Hansen, L. S. and T. H. Blackburn. 1991. Aerobic and anaerobic mineralization of organic material in marine sediment microcosms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 75:283-291.
- Hansen, L. S. and T. H. Blackburn. 1992. Effect of algal bloom deposition on sediment respiration and fluxes. *Mar. Biol.* 112:147-152.
- Holby O. and Per O. J. Hall (1991) Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 70, 263-272.
- Holmer M. (1991) Sediment metabolism and sulphate reduction in marine sediments influenced by organic waste from a marine fish farm. *Aquaculture and the environment*. edited Depauw N. and J. Joyce no.14, 153-154.
- Holmer, M. and E. Kristensen. 1992. Impact of marine fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 80:191-201.

- Holmer, M. and E. Kristensen. 1994. Organic matter mineralization in an organic-rich sediment: Experimental stimulation of sulfate reduction by fish food pellets. *FEMS Microbiol. Ecol.* 14:33-44.
- Hong GH, Park SK, Hong DB, Lee SH. 1996. Settling particulate organic matter in Shwha Artificial Lake. *Ocean Research* 18:89-92.
- Hong Gh, Kim SH, Hung CS, Kang DJ, Shin DH, Lee HJ and Han SJ. 1996. ²¹⁰Pb-derived sediment accumulation rates in the southwestern East Sea(Sea of Japan). *Geo-Marine Letters* (in press).
- Honjo T. (1994) The biology and prediction of representative red tides associated with fish kills in Japan. *Rev. Fish. Sci.* 2(3), 225-253.
- Parsons, T. R., Y. Maita, and C. M. Lalli, 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis., Pergamon Press.
- Hoppe, H. G., S.-J. Kim and K. Gocke. 1988a. Microbial decomposition in aquatic environments: Combined process of extracellular enzyme activity and substrate uptake. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:784-790.
- Hoppe, H. G., W. Schramm and P. Bacolod. 1988b. Spatial and temporal distribution of pelagic microorganisms and their proteolytic activity over a partly destroyed coral reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 44:95-102.
- Hoppe, H. G.. 1993. Use of fluorogenic model substrates for extracellular enzyme activity measurement of bacteria. pp. 423-431. *In* Kemp P. F., B. F. Sherr, E. B. Sherr and J. J. Cole(ed.) handbook of methods in aquatic microbial ecology. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Jorgensen, S. E., S. N. Nielsen, and L. A. Jorgensen, 1991, Handbook of ecological parameters and ecotoxicology, Elsevier

- Jørgensen, N. O. G., N. Kroer, R. B. Coffin, X.-H. Yang and C. Lee. 1993. Dissolved free amino acids, combined amino acids, and DNA as sources of carbon and nitrogen to marine bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 98:135-148.
- Kaspar H. F., G. H. Hall and A. Jan Holland (1988) Effects of sea cage salmon farming on sediment nitrification and dissimilatory nitrate reductions. *Aquaculture* 70, 333-344.
- Klump J. V. and Martens C. S. (1987) Biogeochemical cycling in an organic-rich coastal marine basin. 5.Sedimentary nitrogen and phosphorus budgets based upon kinetic models, mass balances, and the stoichiometry of nutrient regeneration. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 1161-1173.
- Krom M. D., S. Ellner, J. van Rijn and A. Neori (1995) Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype 'non-polluting' integrated mariculture system, Eilat, Israel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118, 25-36.
- Kogure, K., R. Koike. 1987. Particle count determination of bacterial biomass in seawater. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:274-277.
- Lee, G.-H., S.-J. Kim, W.-H. Lee and D.-M. Lee. 1990. Seasonal distribution and characteristics of heterotrophic marine bacteria in the intertidal zone near Kunsan of Yellow Sea, Korea. *Kor. Jour. Microbiol.* 28: 331-336.
- Mackin J. E. and Swider K. T. (1989) Organic matter decomposition pathway and oxygen consumption in coastal marine sediments. *Journal of Marine Research* 47, 681-716.
- Moriarty, D. J. W. 1987. Microbial Ecology in aquaculture, chairman's overview. In Moriarty, D. J. W. and R. S. V. Pullin(ed.) *Detritus and*

- microbial ecology in aquaculture. ICLARM Conference proceedings 14. Manila.
- Nedwell D.B. and T. R. Walker (1995) Sediment-water fluxes of nutrients in an antarctic coastal environment : influence of bioturbation. *Polar Biol.* 15, 57-64.
- Oda, T., A. Isgimatsu, M. Shimada, S. Takeshida and T. Muramatsu. 1992. Oxygen-radical mediated toxic effect of the red tide flagellate *Chatonella marina* on *Vibrio alginolyticus*. *Mar. Biol.* 112:505-509.
- Parsons T. R., Y. Maita and C. M. Lalli (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press
- Platt, T., C. Gallegos, and W.G. Harrison, 1980. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. *J. Mar. Res.*, 38:687-701.
- Platt, T., and S. Sathyendarnath, 1995. Fundamental issues in measurement of primary production. 'IN: Measurement of primary production from the molecular to the global scale, ed., by W. K. W. Li and S. Maestrini, ICES Marine Science Symposia, Vol 197. Copenhagen, 3-8p.'
- Rath, J., C. Schiller and G. J. Herndl. 1993. Ectoenzymatic activity and bacterial dynamics along a trophic gradient in the Caribbean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102:89-96.
- Rheinheimer, G. 1980. pp. 65-92. *In* Aquatic microbiology. 2nd. ed. John Wiley & Sons.

- Shpigel M., A. Neori, Dan M. Popper and H. Gordin (1993) A proposed model for "environmentally Clean" land-based culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture* 117, 115-128.
- Shumway, R. H., 1988, Applied statistical time series analysis, Prentice-Hall International Editions
- Simon, M.. 1991. Isotope dilution of intracellular amino acids as a tracer of carbon and nitrogen sources of marine planktonic bacteria. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 74:295-301.
- Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board Can., p185-206.
- Talling, J. F., 1975. Primary production of freshwater microphytes. In: Cooper J. P. (ed), Photosynthesis and Productivity in Different Environments, 225-47. IBP3, Cambridge University Press, Cambridge.
- Tsutsumi H., S. Fukunaga, N. Fujita and M. Sumida (1990) Relationship between growth of *Capitella* sp. and organic enrichment of the sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63(2-3), 157-162.
- van Iperen J. and W. Helder (1985) A method for the determination of organic carbon in calcareous marine sediments. *Marine Geology* 64, 179-187.
- Verardo D. J., P. N. Froelich and A. McIntyre (1990) Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba NA-1500 Analyzer. *Deep-Sea Research* 37(1), 157-165.
- von Looij, A. and B. Riemann. 1993. Measurements of bacterial production in coastal marine environments using leucine: application of kinetic approach to correct for isotope dilution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102:97-104.

- Wickner, J., F. Rassoulzadegan and Å. Hagström. 1990. Periodic bacteriovore activity balances bacterial growth in the marine environment. *Limnol. Oceanogr.* 35:313-324.
- Yamamuro, M. and I. Koike. 1993. Nitrogen metabolism of the filter-feeding bivalve *Corbicula japonica* and its significance in primary production of a brackish lake in Japan. *Limnol. Oceanogr.* 38:997-1007.
- Zimmermann, R.. 1977. Estimation of bacterial number and biomass by epifluorescence microscopy and scanning electron microscopy pp. 103~120. In G. Rheinheimer(ed.) *Microbial ecology of a brackish water environment*. Springer-Verlag, Berlin.

제 3 장 목장화 후보지역의 해양생태계 조사

제1절 서 론

해양목장이란 유용 수산생물의 종묘를 인공적으로 생산하여, 이들이 자연환경에 적응하여 생존할 수 있을 때까지 중간 육성한 후 방류하여, 일정 해역에서 자연환경에 의지하여 사육한 뒤 수확하는 것으로서 바다의 생산력을 가장 효과적으로 이용하는 시스템이다. 따라서 폐쇄된 공간에서 환경수용력 범위를 초과하여, 생산만을 강조하던 기존의 양식방법에서 발생하는 각종 문제를 최소화하고 환경을 보존하면서 생산의 극대화를 도모할 수 있는 방법을 말한다(農林水産技術會義事務局, 1989). 즉, 생태학적으로 지속가능한 해양생물자원의 이용과 생산을 위한 해양목장사업은 환경제어, 종묘생산, 어장조성, 종묘방류, 육성관리, 어획관리, 질병대책 등 목장화 운영과 관련된 광범위한 기술들을 유기적으로 잘 연결한 관리형 어업이라고 할 수 있다. 뿐만 아니라 인공어초 개발과 대어민지도를 비롯한 수산정책 등과 같은 내용도 해양목장사업에 포함된다.

목장화와 관련된 모든 기술은 생태계의 효율적인 관리를 통해서 원활히 이루어질 수 있다. 우선 대상해역의 해양생태계를 잘 이해하고 자원이나 환경관리 측면에서 관리 대상생물의 특성을 파악하며 적절한 방법을 통하여 환경수용력을 측정하는 것이 무엇보다 먼저 선행되어야 한다. 지역적인 해양환경과 생태계 특성을 잘 고려하는 것이 자원생물의 생산성 향상을 제고할 수 있으므로 생태계 연구의 필요성이 더욱 강조된다.

이러한 기반적인 생태계 연구에 이어 적절한 환경수용력의 측정과 해역의 환경을 실시간대에 관측하여 생태계 관리모델을 개발하고, 대상생물을 중심으로 발육초기의 생태를 해명하는 연구를 추진해야한다. 동시에 지역특성에 알맞은 어류와 어패류 또는 해조류의 새로운 자원배양기술도 현장과 실험실에서 검토해야 할 것이다.

안정적인 생태계 유지를 위해서는 연구해역 주변의 해안과 내만이 가지고 있는 기능을 되살려 생태계를 복원하거나 보호하고, 육상과 해양사이에서 완충작용을 하도록 할 필요가 있다(栗原, 1991). 이러한 일련의 과정을 거치면서 대상해역의 생산성은 종합적으로 높아지게 된다. 생태계 연구는 위의 해양생물 종합 자원관리시스템의 개발을 지원하고자 연구를 수행하였다. 앞으로의 연구는 이전의 연구를 보완하면서 생태관리 모델을 개발하기 위해 단계별로 추진해 나갈 것이다.

제2절 목장화 후보지역의 해양생태계 조사방법

1994년 10월부터 1995년 8월까지의 연구기간 중 앵강만에 18개 정점을 설정하고(Fig. 3-1) 영양염, COD, 수온, 염분, 용존산소, 동, 식물 플랑크톤, 난 치어, 연성저질 및 암반해역의 저서동물, 어류상, 대형무척추동물 등을 다음과 같은 방법으로 조사 분석하였다. 또한 통영시 산양면 미륵도 연안역에 15개 정점을 선정하였고(Fig. 3-2), 1995년 6월부터 1996년 1월까지 상기 환경요인과 생물군집에 대한 조사를 수행하였다. 한편 1996년 5월에는 13개 정점을 추가하여 총 28개 정점에서 저서생물과 퇴적물에 대한 조사를 하였다.

2.1. 수괴의 물리·화학적 환경

○ 수온 및 염분

CTD 측정기(Sea Bird 19)를 이용하여 수층별로 측정하였고, 표층과 저층에 대하여 계절별로 수평 분포도를 작성하였다.

○ 용존 산소

Nishikin type의 채수기를 이용하여 표층과 저층수를 채수한 다음, 선상에서 황산망간(II) 용액과 알칼리성 요오드화 칼륨용액을 넣고 잘 흔들어서 용존산소를 고정시킨 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 Winkler법에 따라 측정하였으며, 포화도는 Weiss(1970)의 식에 따라 계산하였다.

○ 영양염 및 COD

표층수에 대하여 NO_2 , NO_3 , PO_4 , SiO_2 , NH_4 및 COD를 측정하였다. 용

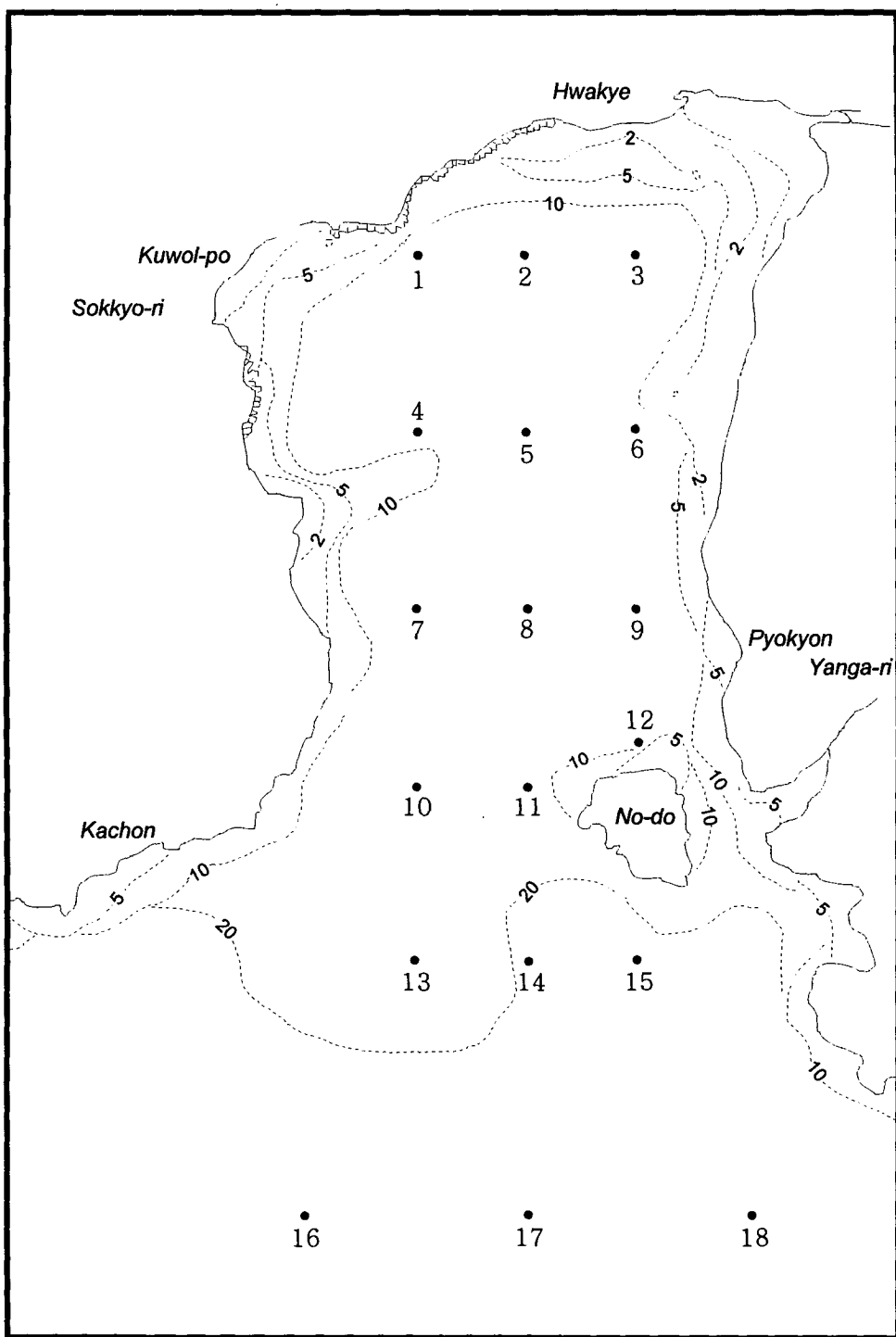


Fig.3-1. A map showing study area and sampling sites in Aenggang Bay.

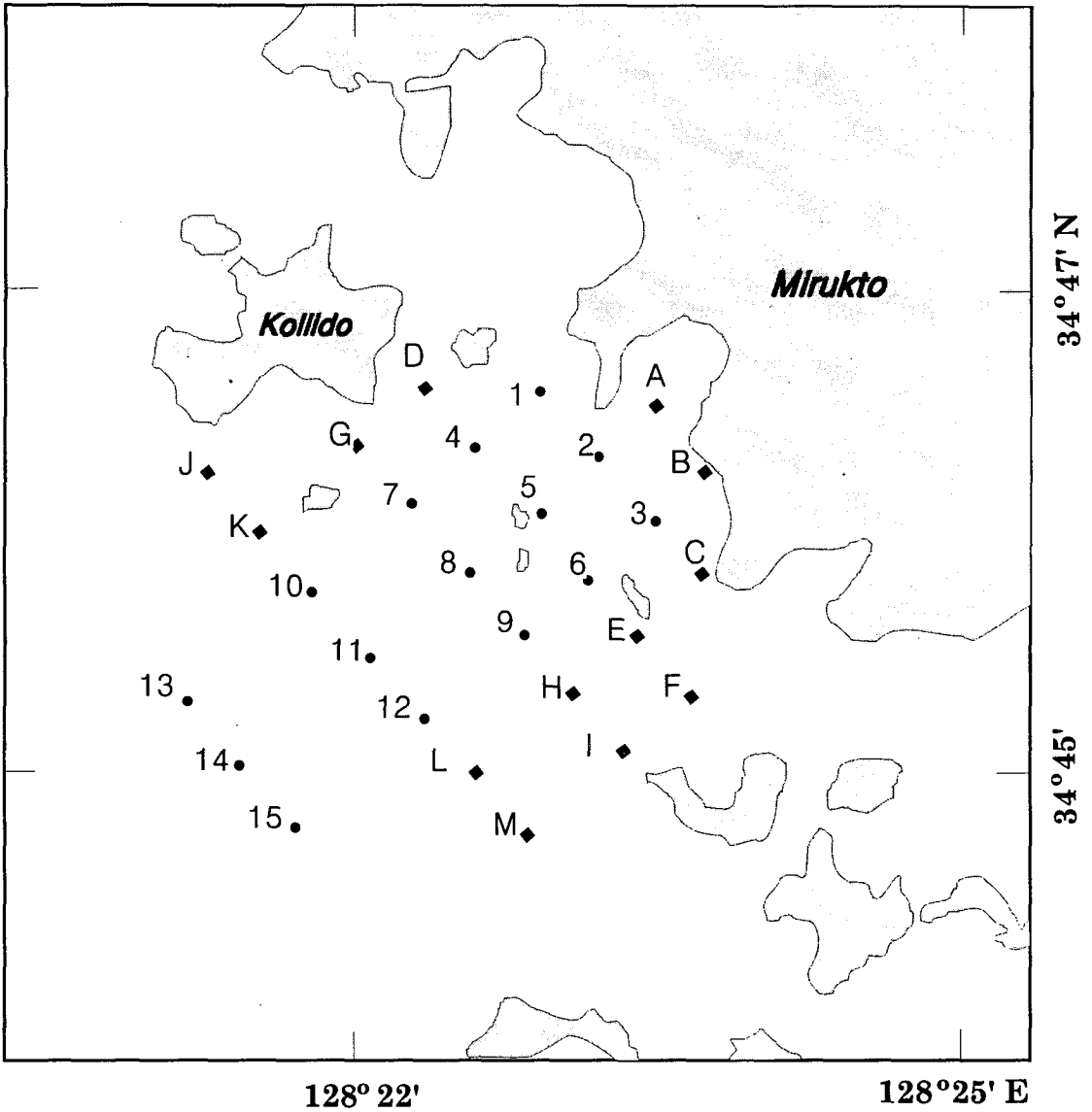


Fig.3-2. A map showing study area and sampling sites in Tongyung coastal area. (diamond symbol : sites during May, 1996 ; filled circle : sites from June, 1995 to May, 1996).

존성 아질산염, 질산염, 인산염, 규산염은 Strickland와 Parsons(1972)에 의거 Technicon AA II 자동분석기를 사용하여 측정하였으며, 그 분석방법은 다음과 같다.

아질산염(NO_2)은 시료에 sulfanilamide 용액과 N-(1-naphtyl) ethylene-diamine dihydrochloride를 가하여 발색시켰다. 질산염(NO_3)은 시료를 Cd-column에 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 후 아질산염 분석방법과 같은 방법으로 발색시켰다. 인산염(PO_4)은 시료에 ammonium molybdate, potassium antimonyl tartrate와 황산의 혼합시약을 가하고 ascorbic acid로 환원시켜 발색시켰다. 규산염(SiO_2)은 시료에 ammonium molybdate를 가하여 silicomolybdate complex를 만든 후 oxalic acid와 ascorbic acid를 가하여 발색시켰다. 암모늄이온(NH_4)은 Strickland와 Parsons(1972)에 의거 여과된 시료를 현장에서 발색시킨 뒤, 냉장 보관하여 실험실로 옮겨 자외선-가시광선 흡광기로 측정하였다.

COD의 경우 현장에서 채수한 시수를 냉동 운반하여, 시료 50ml에 알칼리성하에서 일정과량의 과망간산 칼륨용액을 가하고, 수욕상에서 30분간 가열한 후 냉각시키고, 요오드화 칼륨을 가한 다음 황산으로 시료용액을 산성으로 만들어 요오드를 유리시킨 후 치오황산소다로 역적정하였다.

2.2. 퇴적환경

○ 퇴적물 입도

조사해역의 퇴적물 입도 분석을 위하여 각 정점에서 채집된 퇴적물을 500ml 플라스틱 용기에 담아 실험실로 운반하였다. 시료는 실험실에서 3% H_2O_2 와 0.1N HCl 을 차례로 넣어 유기물과 탄산염을 제거하여 건조시킨 다음, 무게를 측정하고 습식 체질하여 4 ϕ 이하와 그 이상의 것으로 분리하

였다. 4 ϕ 이하의 조립질 시료는 Roe-tap sieve shaker를 사용하여 입도별 중량 백분율을 구하였고, 4 ϕ 이상의 세립질 시료는 그 중 1.5g을 취해 0.1% calgon 용액을 넣고 진동기로 균일하게 분산시킨 후 Sedigraph 5000D 입도 분석기를 사용하여 분석하고 있다. 퇴적물 입도에 의한 퇴적상의 분류는 Shepard (1954)의 방법에 따라 분류한다.

○ 유기물 함량

퇴적물 내에 포함된 유기탄소를 측정하기 위하여 퇴적물을 현장에서 냉동시켜 실험실로 운반한 후, 퇴적물을 건조시켜 막자사발에 갈아 분말로 만든 다음 약 0.2g에 진한 염산 5ml을 가하여 탄산염 광물을 녹여 제거하였다. 탄산염이 제거된 퇴적물을 5-10mg을 0.1 mg까지 정확히 무게를 재고 1500 $^{\circ}$ C로 태운 후 용출되는 가스를 Carlo Erba CNS 원소 분석기로 정량측정하여 C, H, S의 양을 측정하였다.

○ 퇴적물내 폐각분석

통영 연안해역의 저서환경을 파악하기 위해 1996년 5월 조사 (van Veen 그래프로 정점당 3회 채취)에서 저서생물 채집시 채취되었던 퇴적물에서 퇴적상을 파악하기 위한 퇴적물 표본으로 일부를 들어낸 다음, 지름 1mm의 체로 걸러내었다. 퇴적물을 실험실로 옮겨 온 다음 생물을 선별해 내고 남은 잔존물 중에 자갈과 돌멩이 그리고 사각 (死殼, 해양생물의 석회질 골격)을 분리하여 건조시키고 무게를 측정하였다.

2.3. 식물플랑크톤 및 기초생산

○ 식물플랑크톤

각 조사정점의 상·하층에서 각각 500ml씩의 해수를 시료로 채취하였다. 채취된 시료는 Lugol고정액으로 고정하여 알루미늄호일로 빛을 차단한 후 실험실로 운반하였다. 실험실 내에서는 각 시료를 100~120ml로 농축한 후 동정 및 계수하였다. 또한 종다양성지수 및 집괴분석을 통하여 군집의 특성을 파악하였다.

○ 엽록소 *a*

500 ml 또는 1000 ml의 시료를 pore size 0.45 μm 의 막여과지로 여과시킨 후 여과지를 90 % acetone 용액 5 ml로 24시간 이상 추출하였다. 추출액을 4500 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 750, 664, 647, 630 nm에서 흡광도를 측정하여 엽록소 *a*의 양을 계산하였다(APHA, 1985).

○ 일차생산력

식물플랑크톤의 일차생산은 ^{14}C -bicarbonate를 이용하여 측정하였다. 시료를 60 ml 용량의 멸균된 polycarbonate 병에 담은 후 1mCi/ml로 희석된 500 μl 의 ^{14}C -bicarbonate를 첨가하여 준 후 현장광량에서 3시간 이내로 배양하였다. 배양이 끝난 후 0.2 μm pore size의 막여과지로 여과하여었다. 여과지를 6 ml scintillation vial에 담은 후 1N HCl 0.1 ml을 첨가하여 하룻밤 동안 방치시켜 동화되지 않은 ^{14}C -bicarbonate을 제거시킨 후 scintillation cocktail 4 ml씩을 첨가하여 실험실로 운반 한 후 LSC(Liquid Scintillation Counter)로 방사선량을 측정하였다. 광합성량의 계산은 다음식에 따랐다.

$$P(\text{ug-C/l/hr}) = \frac{\sum \text{CO}_2 \times R_S \times 12000}{R_O \times T}$$

ΣCO_2 : 배양액 내의 총 가용탄소량 (ug-C/50 ml)

R_s : 식물플랑크톤에 의해 고정된 ^{14}C -bicarbonate의 방사능(DPM)

R_0 : 첨가 해 준 ^{14}C -bicarbonate의 방사능(DPM)

T : 배양시간 (Hr)

12000 : 전환상수

2.4. 미생물

○ 앵강만

1) 총세균수

총세균수는 AODC(Acridine Orange Direct Count, Zimmermann, 1977) 방법에 따라 형광현미경(Epifluorescence microscope, Carl Zeiss)하에서 측정하였다. 12 화면, 300 개체 이상을 계수하여 얻은 세균수의 평균에 배율에 따른 전환상수를 곱하여 총세균수를 구하였다.

2) 종속영양세균수

ZoBell agar medium 2216e를 배지로 하여 성장한 colony의 수를 세어 측정하였다. 각 정점에서 1 ml의 시료를 0.2 μ m(d=47mm)의 막여과지로 여과한 후 여과지를 배지위에 옮겨 25°C에서 7일간 배양하여 계수하였다.

3) 종속영양활성

세균의 종속영양활성의 지표인 유기물 이용도를 조사하기 위하여 포도당에 대한 전환율을 측정하였다(Gocke, 1977). 100 μ m 크기의 망체로 사전 여과한 시료를 시료당 3개의 100 ml 배양병에 50 ml씩 넣고 0.05uCi의 U-D- ^{14}C -glucose를 넣어 약 3시간 동안 배양하였다. 이때 배양병 하나에는 미리 1 ml의 formalin을 넣어 blank로 하였다. 배양이 끝난 시료는 1 ml

의 formalin으로 반응을 중단시켰으며 pore size 0.2 μm 의 막여과지($\phi = 25$ mm)를 사용하여 여과한 뒤 여과지의 방사선량을 측정하였다.

4) 세균생산력

세균의 성장과 생물량의 생성은 thymidine이 DNA에 흡수되는 정도에 의하여 측정하였다(Fuhrman and Azam, 1982). 넣어준 thymidine [methyl- ^3H]의 양은 20ml의 시료에 최종농도가 0.5 nM/1가 되도록 하여 30 분 동안 배양하였다. DNA에 흡입된 thymidine의 양은 측정된 dpm값으로부터 Parsons 등(1984)에 의한 식으로 계산하였다. 흡입되는 thymidine 1 M당 1.4×10^{18} cell이 생성되는 것으로 계산하는 전환상수를 사용하여 생산되는 세균수로 환산하였으며(Fuhrman and Azam, 1982) 여기에 0.17×10^{-13} g-C/cell 의 전환상수(Lee and Fuhrman, 1987)를 사용하여 세균의 생산력을 구하였다.

5) 세균에 의한 유기물 분해능

세균에 의한 유기물 분해능을 측정하기 위하여 탄수화물, 단백질, 키틴질의 분해에 관여하는 세포의 효소활성을 측정하였다. 탄수화물의 모형기질로는 methylumbelliferyl(MUF)- β -D-Glucoside를 사용하였으며 키틴질의 모형기질로는 MUF-N-Acetyl- β -D-Glucoside를, 단백질 가수분해효소의 활성은 Leucine-amino-methylcoumarine(leu-MCA)을 사용하여 측정하였다(Hoppe, 1993). 기질에 대한 가수분해율(Hr)과 최고가수분해속도(V_{MAX})를 측정하였는데 Hr의 측정을 위해서는 2ml 의 시료에 최종농도 0.4uM이 되도록 기질을 첨가하여 주었으며 V_{MAX} 측정은 최종농도 100 uM 이 되도록 기질을 첨가하여 준 후 4시간 이내로 배양하였다. 배양이 끝난 후 glycine-ammonium 용액(pH 10.5) 100ul를 첨가하여 pH를 높여 준 후 TKO 100 minifluorometer로 형광을 측정하였다. 이때 10nM의 MUF 용액으로 표준 형광도를 측정하여 계산에 이용하였다. 계산식은 다음과 같다.

$$V = \frac{A \times C \times D}{B}$$

V = 가수분해율(nM/l/h)

A = 시간당 증가 형광

B = 표준형광물질의 형광

C = 표준형광물질의 농도(uM/l)

○ 통영 연안역

통영시 미륵면 저도에 위치하는 한국해양연구소소속 가두리양식장 주변 해역을 대상으로하여 세균의 현존량을 파악하는 한편 유기물분해 및 광물화 과정을 파악하기 위하여 세포외효소활성, 종속영양활성 및 세균생산력 등을 조사하였다. 현장조사는 1995년 6월 21 - 27일, 8월 23 - 27일, 11월 7 - 10일 및 1996년 1월 29 - 2월 3일의 4회에 걸쳐 실시하였으며 가두리양식장의 표층과 저층, 달아포구와 양식장 사이의 표층 및 저층을 대상으로 하였다.

해양환경에서 유기물의 분해는 세균에 의해 이루어지는데 이들 고분자 형태의 유기물을 분해하기 위하여 세균은 aminopeptidase, glucosidase 등의 가수분해효소를 세포외로 분비하게 된다. 따라서 이들 세포외효소의 활성을 측정하면 세균에 의한 유기물분해능을 파악할 수 있다. 이 과정은 leucyl-MCA를 model substrate로 제공 한 후 이의 분해속도 및 비율을 형광광도계를 이용하여 측정하였다.

저분자로 분해된 유기물의 이용 및 광물화과정을 추적하기 위하여 ^{14}C -leucine을 기질로 준 후 전환된 양 및 비율과 호흡을 통해 탄산가스로 배출되는 양을 측정함으로써 저분자유기물 특히 아미노산의 동화 및 이화를

추적하였다.

세균의 현존량은 형광현미경을 이용하여 세균수를 계수하는 한편 세균 당 탄소량을 곱해 줌으로써 측정하였으며 세균생산력은 3H-thymidine 및 ^{14}C -leucine의 흡수량으로 측정하였다.

1) 총세균수

총세균수는 AODC(Acridine Orange Direct Count, Zimmermann, 1977) 방법에 따라 형광현미경(Epifluorescence microscope, Carl Zeiss)하에서 측정하였다. Zimmermann(1977)의 방법에 따라 총체적을 구한 후 Kogure와 Koike(1987)에 의해 산출된 conversion factor인 0.20 g-C/cm^3 을 적용하여 세균 생체량을 계산하였다.

2) 종속영양세균수

ZoBell agar medium 2216e를 배지로 하여 성장한 colony의 수를 세어 측정하였다. 시료를 멸균된 해수로 연속희석한 후 0.1 ml의 시료를 배지위에 도말하여 25°C에서 7일간 배양하였다. 계절에 따라 1 ml의 시료를 0.2 μm (d=47mm)의 막여과지에 농축 한 후 배지위에 옮겨 배양하는 방법을 병행하였다. 퇴적토시료는 1 ml를 취하여 10 ml의 멸균해수에 넣은 후 1분간 잘 섞어 준 다음 연속희석하여 배지에 도말하였다.

3) 세균의 세포외 단백질가수분해효소 활성

세균에 의한 고분자유기물 분해능을 측정하기 위하여 단백질 분해에 관여하는 세포외 효소활성을 측정하였다. 10 ml의 시료에 모형기질로 Leucine-amino-methylcoumarine(leu-MCA)을 최종농도 0.3 μM 또는 200 μM 이 되도록 첨가 한 후 2시간 동안 배양한 전후의 형광도 차이로부터 가수분해율(Hr)과 최고가수분해속도(VMAX)를 계산하였다(Hoppe, 1993).

시료의 형광을 측정하기 위하여 2 ml의 시료를 취한 후 glycine--ammonium 용액(pH 10.5) 100 μl 를 첨가하여 pH를 높여주었다. 형광측정

에는 Hitachi Model 2000 spectrofluorometer를 이용하였으며 이때 excitation 및 emission 파장은 각각 355 nm, 440 nm로 맞추어 주었다. 측정된 형광도를 기질의 농도로 전환하기 위하여 시료측정시 표준곡선을 함께 잡아 주었다.

4) 아미노산 이용능

세균의 아미노산 이용능을 측정하기 위하여 ^{14}C -leucine을 기질로 이용하여 최대이용속도를 측정하였다(Looij and Riemann, 1993). 100 μm 크기의 망체로 사전여과한 시료를 3개의 배양병(100 ml)에 50 ml씩 넣고 최종농도 200nM이 되도록 U-D-[^{14}C]-leucine을 첨가 한 후 2시간 동안 배양하였다. 이때 배양병 하나에는 미리 1 ml의 formalin을 넣어 blank로 하였다. 배양이 끝난 시료는 1 ml의 formalin으로 반응을 중단시켰으며 pore size 0.2 μm 의 막여과지($\phi = 25 \text{ mm}$)를 사용하여 여과한 뒤 여과지의 방사선량을 측정하였다.

2.5. 동물플랑크톤

앵강만의 동물플랑크톤은 1994년 10월과 1995년 1월에 6개 정점에서 망목 335 μm 인 봉고네트를 사용하여 8분간 15~2 knot로 표층채집 하였다. 통영 연안역에서는 조사해역내 4개 정점(정점 2, 8, 11, 14)에서 1995년 6월, 8월, 11월, 그리고 1996년 2월에 각각 채집되었다. 채집을 위해 망목 333 μm 인 봉고네트를 표층에서 약 5분간 예망하였다.

채집한 동물플랑크톤을 5% 중성 포르말린으로 고정한 후 해부현미경을 사용하여 동정 및 계수하였다. 동물플랑크톤 개체수는 네트에 부착된 유량계를 이용하여 계산한 해수여과량을 기준으로 단위 용적당 개체수(개체수/ m^3)로 환산하였다.

통영 연안역에서 동물플랑크톤의 섭식률을 측정하기 위해 2l yethylen 실험용기를 microcosm으로 사용한 대조법(balance method)을 이용하였다. 실험병 2개(C)에는 식물플랑크톤과 동물플랑크톤의 밀도에 변함이 없는 자연상태의 해수를 넣어 대조용기(control)로 사용하였다. 2개(R)는 100 μ m의 screen으로 걸러 100 μ m보다 큰 동물플랑크톤을 제거하였다. 나머지 2개(A)의 병에는 플랑크톤 네트로 채집한 동물플랑크톤 시료에서 10~15마리의 건강한 요각류를 골라내어 첨가하였다. 식물플랑크톤이 첨가되는 것을 막기 위해 동물을 실험용기에 넣기 전에 세척하고 현미경으로 불필요한 입자의 오염 여부를 확인하였다. 실험시 생물조작(biomanipulation)은 실험 시기에 따라 동·식물플랑크톤 군집의 변화에 따라 약간의 차이가 있다. 이 실험병을 24시간동안 가두리에 매달아 자연상태의 환경조건에서 배양하였다. 배양기간 중 변화한 먹이의 양은 엽록소 a 로 측정하였다. 배양 전(t_0)과 배양 후(t_1) 각각의 실험병에서 300ml의 subsample을 취해 membrane filter에 여과한 후 spectrophotometer를 사용하여 엽록소를 측정하였다. 또한 각 실험병속의 식물플랑크톤과 동물플랑크톤을 현미경을 사용하여 동정 및 계수하였다. 배양 전과 후의 엽록소 a 의 변화를 기준으로 동물플랑크톤의 식물플랑크톤에 대한 섭식률을 다음과 같은 과정으로 계산하였다.

C_0 를 실험 초기의 식물플랑크톤 엽록소 a 양이라 하고 C_t 와 C_{t_f} 를 t 시간 후의 각각 대조용기와 실험용기에서의 엽록소 a 양이라 하면, 대조용기에서 식물플랑크톤의 성장에 의한 농도의 변화는 다음 식과 같이 표시된다.

$$C_t = C_0 e^{kt} \quad (k, \text{성장계수})$$

실험 기간 중의 동물의 여과율을 일정하다고 가정하면 실험 용기 안의 식물플랑크톤의 엽록소 a 양의 변화는 다음 식과 같다.

$$C_{tf} = C_o e^{(k-f)t} \quad (f, \text{섭식계수})$$

한편 여과율 F (여과한 물의 양/동물-1.시간-1)는 다음 식과 같이 정의된다.

$$F = \frac{Vf}{N}$$

윗식에서 V 는 실험용기 안의 해수의 용량이고 N 은 용기 안의 실험 동물플랑크톤의 숫자이다. 두번째식을 대수변환하면 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{\ln C_o - \ln C_{tf}}{t} = -(k-f)$$

이 식을 여과율 F 에 대입하면 다음 식을 얻는다.

$$F = \frac{V}{N} \left(\frac{\ln C_o - \ln C_{tf}}{t} + k \right)$$

실험 기간 t 동안 실험 용기 안의 식물플랑크톤의 평균 엽록소 a 양은 두번째 식에서 구할 수 있다.

$$\bar{C} = \frac{\int_0^t C_o e^{(k-f)t} dt}{t} = \frac{C_o(1 - e^{-(k-f)t})}{-(k-f)t}$$

$$= \frac{C_f - C_o}{(k-f)t} \left(\text{혹은} \frac{C_f - C_o}{\ln C_f - \ln C_o} \right)$$

그러므로 섭식률(G , 먹은 엽록소 a 양 \cdot 동물 $^{-1}$ \cdot 시간 $^{-1}$)은 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$G = \frac{Vf}{N} \frac{C_f - C_o}{(k-f)t}$$

조류에 대한 섭식률은 탄소/엽록소 a 비율 (carbon/chlorophyll a ratio)을 이용해 탄소량으로 환산하였다. 식물플랑크톤의 경우 탄소/엽록소 a 비율은 장소와 시기 및 영양분, 빛, 수온 등과 같은 환경요인에 의해 쉽게 바뀌며 비율의 범위는 30~150인 것으로 알려져 있으며 (Uno and Ueno, 1981), 본 연구에서는 비율 값 60 (Strickland, 1960)을 이용하여 계산하였다.

2.6. 난 치자어 및 어류상

앵강만 지역의 어란 및 치자어에 관한 조사는 1994년 10월, 1995년 1, 6, 8월에 실시되었으며 망구직경 60cm, 망목 505 μ m인 봉고네트로 표층 채집하였다. 네트의 예망시간은 8 분, 예망속도는 1.5~2.0 knot 정도로 유지시켰으며, 정량 분석을 위하여 네트 입구에 유량계(General Oceanics, Inc.)를 부착하였다. 채집된 표본은 현장에서 중성 포르말린(최종농도 7%)으로 고정한다음 실험실로 옮겨 해부 현미경(WILD M8)으로 어란과 치자어를 골라내어 동정하였다. 어란 및 치자어 동정에는 정(1977), 이 등(1981), 김 등(1986), Russell(1976), Okiyama(1988), Moser *et al.*(1984)를 참고하였다.

통영지역의 치자어에 관한 조사는 1995년 8월부터 1996년 8월까지 매월 1-2회씩 경남 통영시 산양읍 저도 북쪽만에 위치한 한국해양연구소 가두리 시험어장의 한 정점과 저도, 학림도와 미륵도 사이의 해역에서 출현하는 어류의 치자어를 조사하였다. 가두리 시험 어장에서는 야간에 집어등을 이용하여 수심 2m 아래에 네트(지름 90cm, 150 cm, basket 지름 7cm × 길이 20cm)를 위치하였다가 들어 올려 채집하였으며 같은 날 일몰 후 약 2시간 후에 동물성 플랑크톤 네트(지름 45 cm, 길이 190 cm; basket 지름 4 cm, 11cm)로 표층(수심 1m)과 중층(5-10m)를 연구소 어장관리선(2.5톤 150마력, 1100rpm)으로 약 30 분간 인망하여 채집하였다. 수집된 자료는 채집 즉시 3% 포르말린으로 고정 후 실험실로 운반하여 해부현미경과 만능투영기를 사용하여 분류 및 동정하였다. 종 분류 및 동정은 일본산 치어도감(Okiyama, 1988), 일본산 어류검색(Nakabo, 1993), 한국어도보(정, 1977)를 따랐다. 길이 측정은 Vernia califer로 1/20 mm까지 측정하였다.

한편, 통영 인근해역을 대상으로 어란 및 치자어 군집에 대한 연구를 위하여 1995년 6월, 8월, 11월, 그리고 1996년 2월에 망구직경 60cm, 망목 505 μ m인 봉고네트로 표층 채집하였다. 네트의 예망시간은 8분, 예망속도는 1.5 ~ 2.0 knot 정도로 유지시켰으며, 정량 분석을 위하여 네트 입구에 유량계(General Oceanics, Inc.)를 부착하였다. 채집된 표본은 현장에서 중성 포르말린(최종농도 7%)으로 고정한 다음 실험실로 옮겨 해부 현미경(WILD M8)으로 어란과 치자어를 골라내어 동정하였다. 어란 및 치자어 동정에는 정(1977), 이 등(1981), 김 등(1986), Russell(1976), Okiyama(1988), Moser *et al.*(1984)를 참고하였다. 앵강만에 분포하는 성어의 종 조성 및 분포양상을 파악하기 위하여 저인망과 정치망을 이용하였다. 가을철(10월)에는 3개 정점에서 저인망을 이용하여 채집하였고, 1개 정점에서는 정치망을 이용하였다. 그리고 겨울철(1월)에는 5개 정점에서 저인망을 이용하였다. 저인망의

예망시간은 10분으로 하였다. 봄철(6월)과 여름철(8월)에는 주로 상업적으로 이용되는 종을 파악하기 위하여 정치망을 이용하였다. 어류의 동정은 정(1977)과 Masuda *et al.*(1984), Nakabo(1993)를 참고하였다.

2.7. 연성저질의 저서생물

각 해역의 조사 정점에서 van Veen 그랩(표면적 0.1m²)을 사용하여 3회씩 퇴적물을 채집하였다. 채집된 퇴적물은 선상에서 1mm 망목의 체로 걸른 후, 그 잔존물을 플라스틱 표본병에 담고 10% 중성 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 동물군별로 선별하고 전체 습중량을 측정된 다음 종 수준까지 동정하였다. 한편 종다양성 지수는 Shannon, s index를, 정점간 유사도는 Canberra distance를 사용하여 종유사도 지수를 구하였고 가중평균결합으로 수지도를 작성하는 방법으로 집괴분석을 하였다.

표서성 초대형 무척추 동물상을 파악하기 위하여, 앵강만에서는 6개 정점에서 통영 연안역에서는 3개 정점에서 Agassiz trawl을 사용하여 초대형 무척추동물을 채집하였다. 예인 시간은 정점의 상태를 고려하여 10분을 기준으로 하였다. 채집된 생물은 플라스틱 물통에 담고 10% 중성포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 각 분류군별로 개체수를 세고 습중량을 측정하였으며, 종 수준까지 동정하였다.

2.8. 바위해안의 저서생물

○ 앵강만

앵강만의 암반 고착성 해조군집에 관한 조사는 1994년 11월부터 1995년

8월까지 실시되었다. 각 현장조사는 계절별로 실시되어 계절별 군집구조의 특성을 파악함과 동시에 계절간 차이를 대비하였다.

조사지점은 앵강만 내측에 위치한 형제섬과 만 입구에 위치한 노도, 만 외측의 외양에 위치한 소취도의 정남쪽 지점으로, 지점간의 물리적 환경특성이 매우 상이한 곳이다(Fig. 3-3). 이렇듯 환경특성이 상이한 세 지점을 조사한 이유는 생물군집의 구조는 그 군집을 둘러싼 물리적 환경특성에 따라 공간적인 이질성을 보인다는 일반적인 사실에 근거하여 앵강만 주변의 암반 고착성 해조군집에 대한 전반적인 이해를 얻기 위함이었다.

각 지점별 생물군집에 대한 조사에서는 조사지선(line transect)을 기준 한 방형구법(quadrat method)이 이용되었다. 즉, 각 섬의 정남쪽 지점에 하나의 조사지선을 선정하고, 조간대 최상부로 부터 조고의 기준면까지 10cm × 10cm로 획분된 50cm × 50cm 방형구를 일련의 번호를 부여하여 연속적으로 설치하고, 각 방형구에 출현하는 군집 구성종의 출현비율을 조사하였다. 각 방형구의 조위는 Price *et al.*(1980)에서 이용된 조위측정용 막대로써 현장관측한 후 조석표에 기준하여 보정된 값으로 나타내었다. 조하대 생물군집에 대해서는 잠수조사의 시간적인 한계로 수심별로 연속적인 정량조사가 사실상 불가능하기 때문에 0m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m로 기준수심을 결정하여 구성종의 출현율을 조사하였다. 조사과정에 있어서는 Nikonos V 수중 카메라를 통한 현장촬영으로 군집구조를 파악하는데 도움을 얻고자 하였다.

○ 통영 연안

통영 주변의 조사해역의 암반 고착성 해조군집에 관한 조사는 1995년 6월부터 1996년 2월까지 가두리가 위치한 장두도에서 실시되었다. 각 현장조사는 계절별로 실시되어 계절별 군집구조의 특성을 파악함과 동시에 계절간 차이를 대비하였다(Fig. 3-4).

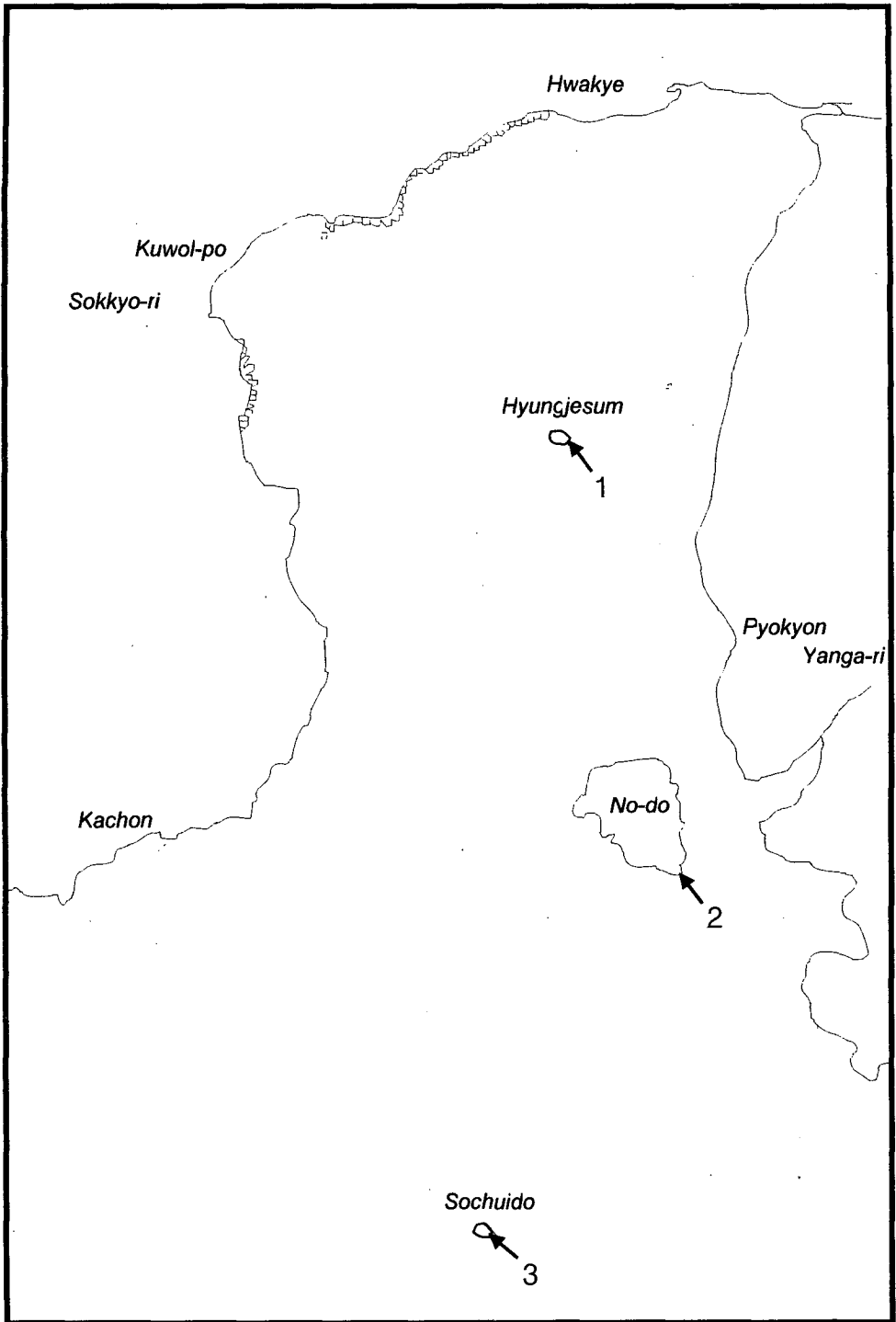


Fig.3-3. A map showing the sampling site of hard bottom study in Aenggang Bay.

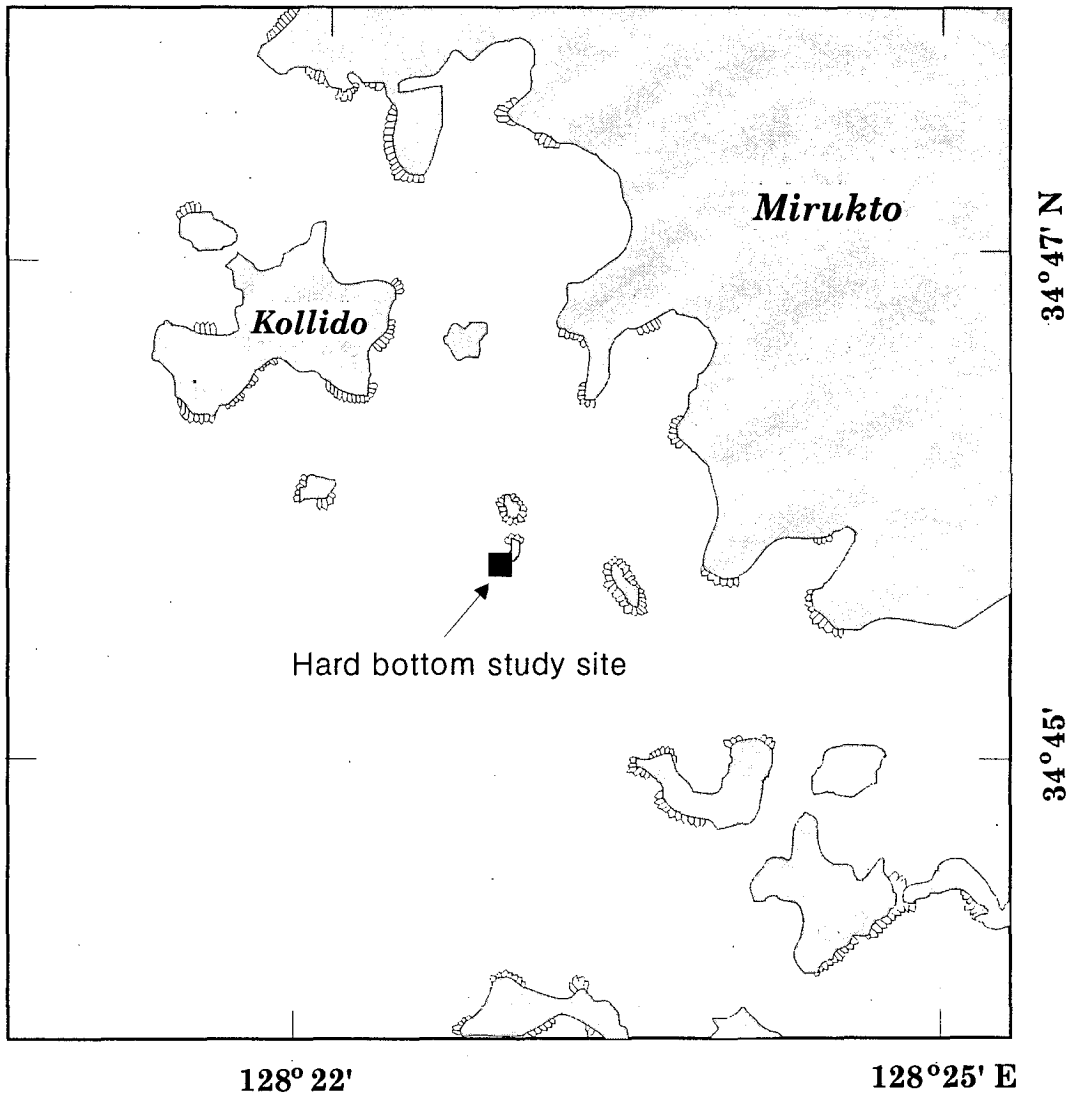


Fig.3-4. A map showing the sampling site of hard bottom study in Tongyung coastal zone.

해조군집에 대한 조사는 하나의 조사지선(line transect)을 기준한 방형구법(quadrat method)이 이용되었다. 즉, 가두리가 설치될 장두도의 정북쪽 지점에 하나의 조사지선을 선정하고, 조간대 최상부로 부터 조고의 기준면까지 10cm×10cm로 획분된 50cm×50cm 방형구를 일련의 번호를 부여하여 연속적으로 설치하고, 각 방형구에 출현하는 군집 구성종의 출현비율을 조사하였다. 각 방형구의 조위는 Price *et al.*(1980)에서 이용된 조위측정용 막대로서 현장관측한 후 조석표에 기준하여 보정된 값으로 나타내었다. 조하대 생물군집에 대해서는 수심 6메타까지 2메타 간격으로 기준수심을 결정하여 구성종의 출현율을 조사하였다.

○ 통영 연안 암반 조하대 생물군집의 서식지 유형조사

서식지 유형에 관한 조사는 해역의 목장화, 특히 해중립 조성과 인공어초 사업을 위한 중요한 기초작업에 해당한다. 즉, 이 작업은 대상해역에 형성된 군집구조를 전반적으로 조사하므로써 군집의 구성종, 구성종의 분포범위, 그리고 이들의 분포를 제한하는 환경요인의 작용 등을 이해하는 것이다. 따라서 이 작업의 결과로서 해중립 조성에 필요한 적합종의 선정과 조성방법의 선택에 필요한 많은 양의 정보를 획득할 수 있으며, 동시에 조성된 해중립의 시간변동을 어느 정도 예측할 수도 있다. 또한 인공어초 사업에 있어서도 목적하는 생물종의 선택과 어초투하 방법의 결정은 서식지 유형과 같은 조사를 통해 많은 정보를 제공받을 수 있을 것이다.

충무지역 암반 조하대 생물군집에 대한 서식지 유형조사는 1996년 8월 중 대장두도에서 곤리도와 미륵도 사이의 해역을 중심으로 6개 조사지점을 선정하여 실시하였다. 조사지점의 선정은 암반 조하대 군집의 구조에 대한 전반적인 정보를 획득하기에 가장 용이한 거리와 수심 등을 기준하여 설정하였다(Fig. 3-5).

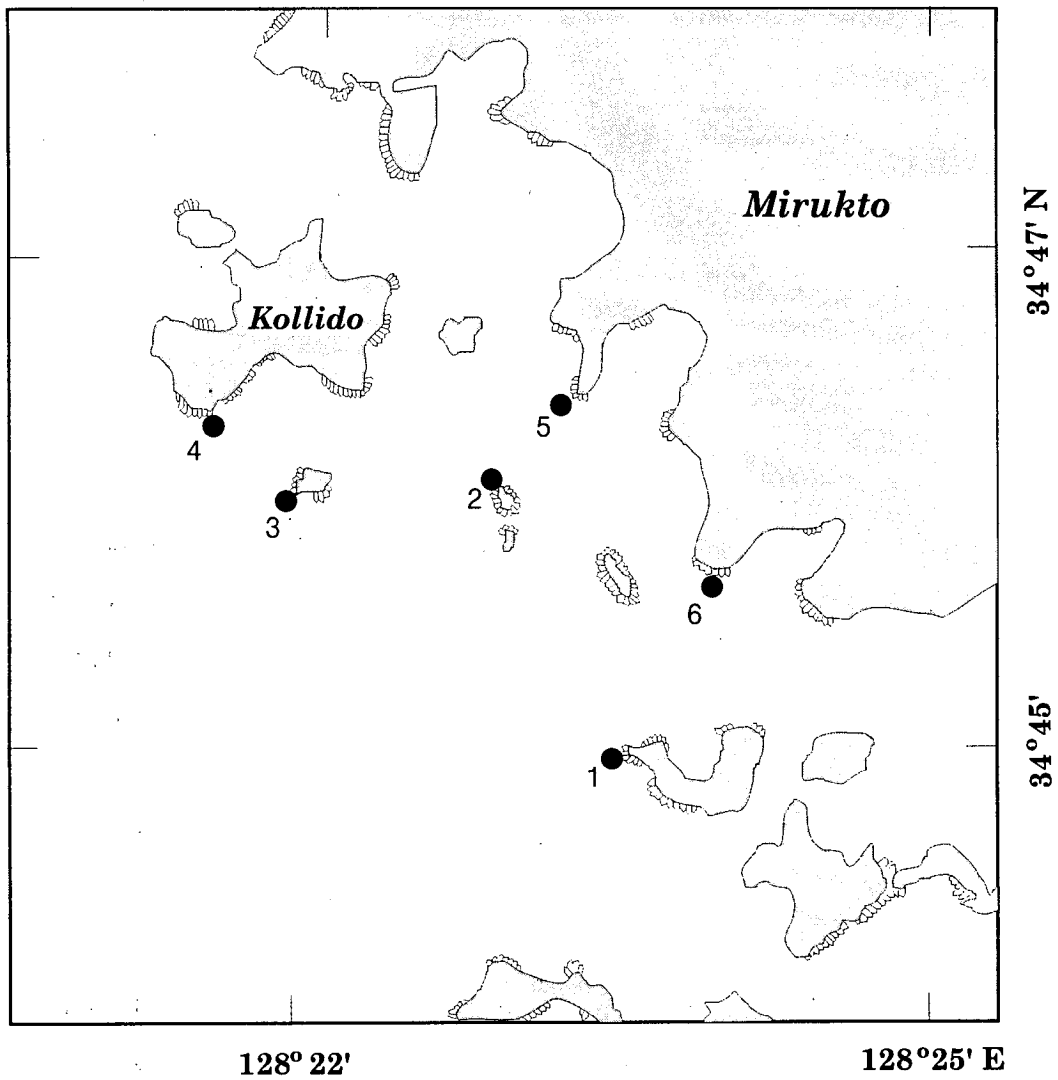


Fig.3-5. A map showing the sampling sites for the analysis of spatial distribution of hard bottom organisms in the Tongyung coastal zone.

각 조사지점에서의 조사방법은 하나의 조사선(line transect)을 기준한 방형구법(quadrat method)이 이용되었다. 즉, 각 조사지점에 하나의 조사지선을 선정하고, 해수면으로부터 생물분포의 하한 수심까지 1~2m 간격으로 10cm×10cm로 획분된 50cm×50cm 방형구를 일련의 번호를 부여하여 연속적으로 설치하고, 각 방형구에 출현하는 군집 구성종의 출현비율을 조사하였다.

2.9. 가두리 밑 저층의 저서생물

1995년 8월, 11월 1996년 1월 등 3차례에 걸쳐 가두리 양식장 밑의 저서동물 분포에 대한 조사를 실시하였다. 조사방법은 정량 분석을 위해 개량된 그랩(15cm×15cm)을 사용하여 각 정점에서 3회씩 시료를 채취하였으며, 초대형 저서동물의 분포 조사를 위해 스쿠바다이빙 장비를 이용하여 방형구(50cm×50cm)에 의해 서식하는 생물을 계수하고, 사진촬영 후 방형구내 표서동물을 전량 채집하였다. 채집된 시료는 10% 중성포르말린 해수용액으로 고정하여, 실험실에서 동정하였고, 방형구에 의해 채집된 불가사리의 경우 습중량과 건중량을 측정하고, 반(盤, disc)에서 다리 끝까지의 길이를 측정하였다.

또한 통영부근해역 초도 앞바다의 기존 가두리 양식장(St. A)과 새롭게 설치될 장두도 앞의 가두리 양식장 예정해역(St. B)의 해저 퇴적물에 서식하는 중형저서생물의 생물상, 밀도 및 그들의 수직적 분포 등을 조사하기 위하여 1996년 8월에 양 해역에서 스쿠버 다이빙을 이용하여 퇴적물을 채집하였다(Fig. 3-6).

양 해역의 수심은 초도의 기존 가두리 양식장이 6~7m, 새로 설치될 장두도 예정해역의 수심은 약 18m이었다. 채집된 퇴적물속에 있는 중형저서생

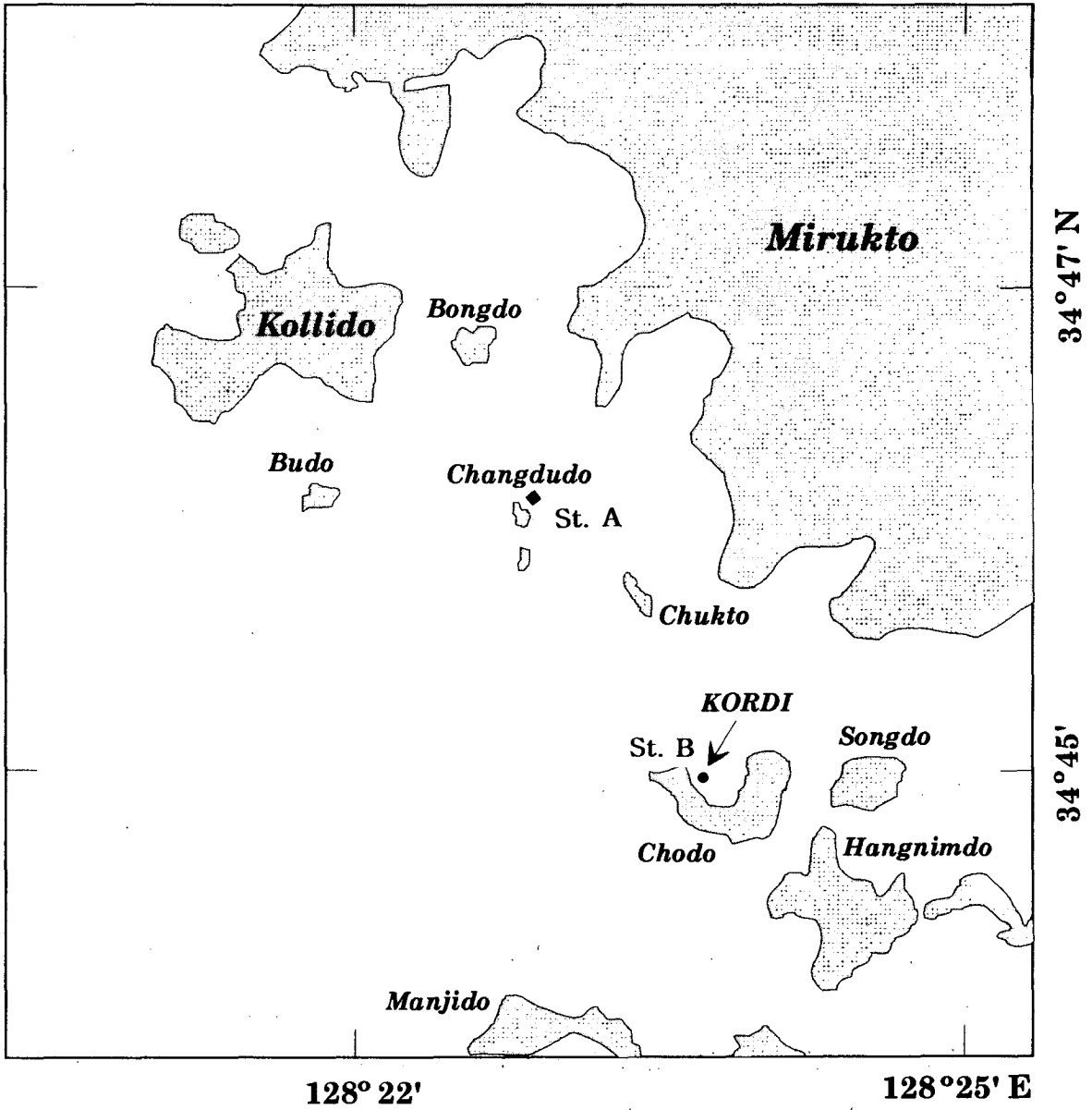


Fig.3-6. The sampling sites for meiobenthos in the Tongyung coastal area during August 1995.

물을 채취하기 위하여 직경 3.4cm 크기의 아크릴로 된 subcorer를 각 정점당 3개씩 채취하였고, 중형저서생물의 아크릴 튜브 내에서의 이동을 최대한 방지하기 위하여 현장에서 멧목을 띄워 채취후 바로 시료처리를 하였다. 각각의 subcorer는 10개층 즉, 0~1cm층, 1~2cm층, 2~3cm층, 3~4cm층, 4~5cm층, 5~6cm층, 6~7cm층, 7~8cm층, 8~9cm층, 9~10cm층으로 나누어서 퇴적물 시료를 취했다. 각각의 층으로 자른 시료들은 로즈벵갈(rose bengal)을 혼합한 5% 중성포르말린으로 고정했다. 고정된 생물시료는 연구소 실험실로 운반되어 각각의 크기의 체 (1mm, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m)로 크기별로 걸러내어 광학현미경하에서 분류 및 계수를 하였다.

또한 현미경 사진과 영구보존을 위하여 글리세린, 에탄올, 증류수를 혼합한 용액으로 고정액을 치환시켜 건조기(hot oven)에 넣어 서서히 증발시킨 후에, 제습기안에 넣어 완전히 수분을 증발 시킨 후에 H-S 슬라이드 (Shirayama *et al.*, 1993)에 작은 유리구슬과 canadian balsam을 사용하여 영구보존 생물시료를 만들었다.

2.10. 주요생물의 INVENTORY

해양목장화를 이루어 나갈 조사해역에 서식하는 주요 해양생물의 각종 정보를 취합하여 생물을 관리하는데 유용한 정보로 활용하기 위해 INVENTORY를 작성하였다. 목록에는 정확한 동정을 위해 종의 기재, 유사종과 차이를 나타내는 동정시 유의사항, 생태 특성, 생활사에 관한 정보, 참고문헌을 조사하였다. 조사된 내용은 일정한 양식에 기입하여 향후 데이터베이스 작성에 용이하도록 하였다.

제3절 목장화 후보지역의 해양생태계 구조

3.1. 수괴의 물리, 화학적 환경

3.1.1. 앵강만

○ 수온 및 염분

앵강만의 연중 표층 수온은 겨울철에 평균 10.9℃ 에서 여름철의 28.3℃ 에 이르고 봄철에는 17.0℃, 가을철에 19.2℃의 수온을 보여 연중 약 18℃ 정도의 수온 차이를 보였다(Table 3-1). 저층 수온은 표층보다 봄철에는 약 1.0℃, 여름철에는 약 9.0℃ 정도 낮은 15.6~ 19.5℃의 수온을 보였다(Fig. 3-7, 8). 지역적인 수온분포를 보면 여름철에는 내만역에서 1~2℃ 정도 외해역에 비해서 높지만, 겨울철에는 내만역에서 외해역에 비해서 1~2℃ 정도 낮았다.

앵강만의 표층 염분분포는 1994년 가을철에 가장 낮은 32.62~ 32.90‰의 분포를 보였고, 봄철에 가장 높아서 33.44~33.94‰에 달하여 연중 염분 변화도 약 1‰정도로 나타났다(Table 3-2). 저층의 경우에도 연중 변화 양상은 동일하며 가을철과 봄철간에는 년 중 1.5~2.0‰ 정도의 차이를 보였다(Fig. 3-9, 10).

○ 용존산소

봄철과 여름철에 조사된 용존산소의 평균농도는 표층에서 각각 9.41mg/l 와 7.57mg/l 로 나타났고, 저층에서는 각각 8.73mg/l 와 5.84mg/l 의 수치를 보여 여름철에 상대적으로 낮은 수치를 보였다. 저층과 표층을 비교해 볼 때 봄철에 0.68mg/l, 여름철에 1.73mg/l 의 차이를 보였다.

Table 3-1. The water temperature in Aenggang Bay

(S : Surface ; B : Bottom)

St.	October 1994		January 1995		May 1995		August 1995	
	S	B	S	B	S	B	S	B
1	18.9	18.2	9.7	9.9	17.4	15.6	27.6	19.2
2	18.8	17.9	10.1	10.1	17.4	15.6	27.1	19.5
3	18.3	18.0	-	-	17.4	15.6	28.3	20.8
4	19.0	18.7	10.0	9.8	17.5	15.5	27.4	18.5
5	18.8	18.6	9.8	9.8	17.6	15.7	27.3	18.5
6	19.1	18.7	10.0	10.0	17.6	15.5	26.9	18.8
7	19.6	18.9	11.0	10.0	17.8	15.7	27.1	18.4
8	19.7	19.0	10.9	10.3	17.6	15.7	26.7	18.5
9	19.2	18.7	10.2	10.1	17.6	16.3	26.8	19.0
10	19.7	19.3	11.2	10.2	16.6	15.5	26.5	18.1
11	19.6	19.4	11.4	10.6	16.8	15.9	26.6	18.1
12	19.6	19.4	10.7	10.5	17.2	16.3	26.6	18.6
13	19.7	19.7	11.6	11.4	16.7	15.5	24.1	17.0
14	19.8	19.7	11.7	11.6	16.5	16.0	24.0	15.9
15	19.6	19.5	11.6	11.4	17.1	15.9	23.8	15.6
16	19.8	19.7	12.0	11.6	17.0	15.6	23.4	16.2
17	19.7	19.7	12.1	11.5	17.0	15.6	-	-
18	19.7	19.7	11.8	11.6	17.1	15.7	-	-
Mean	19.4	19.0	10.9	10.6	17.2	15.7	26.3	18.2

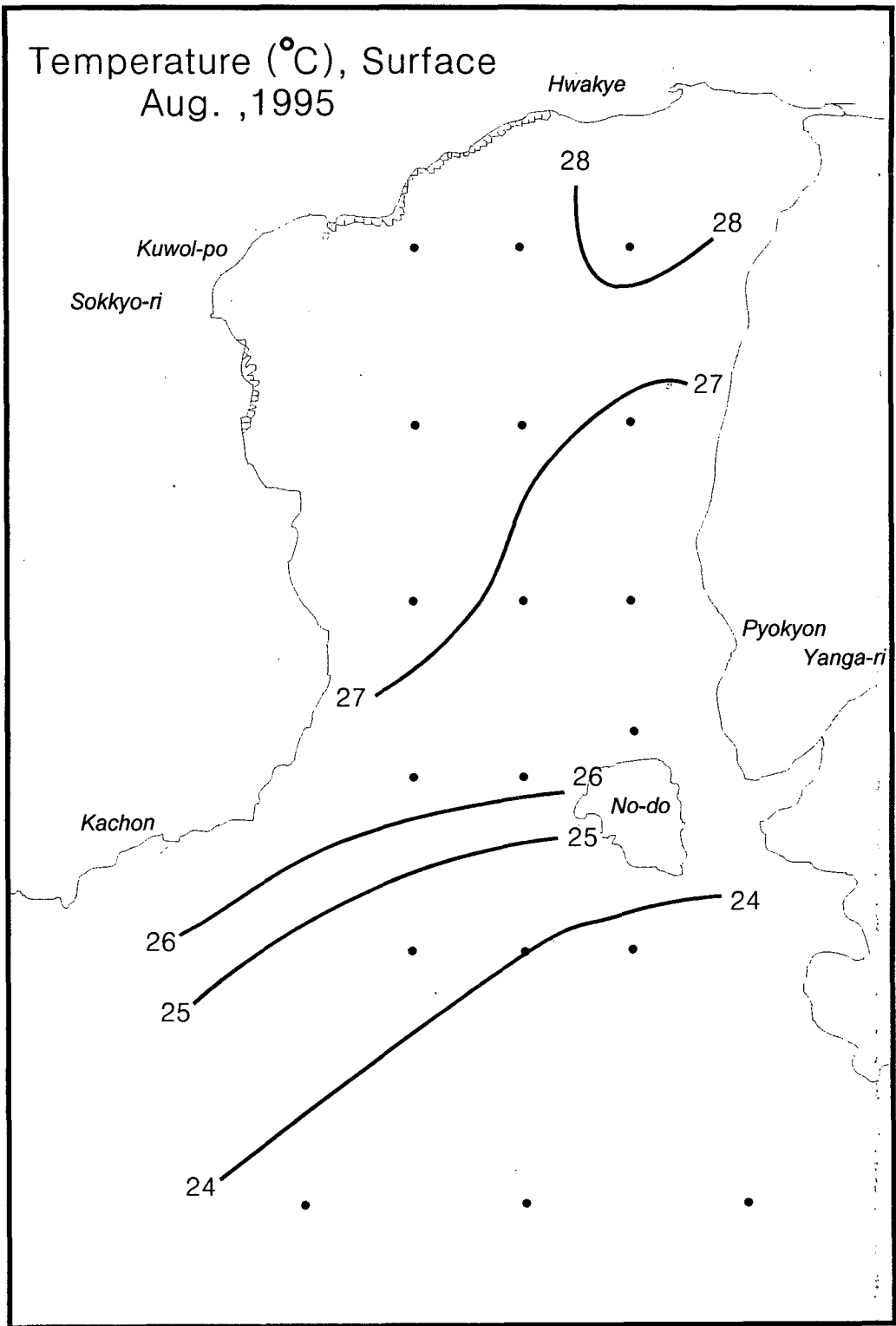


Fig.3-7. The distribution of temperature at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.

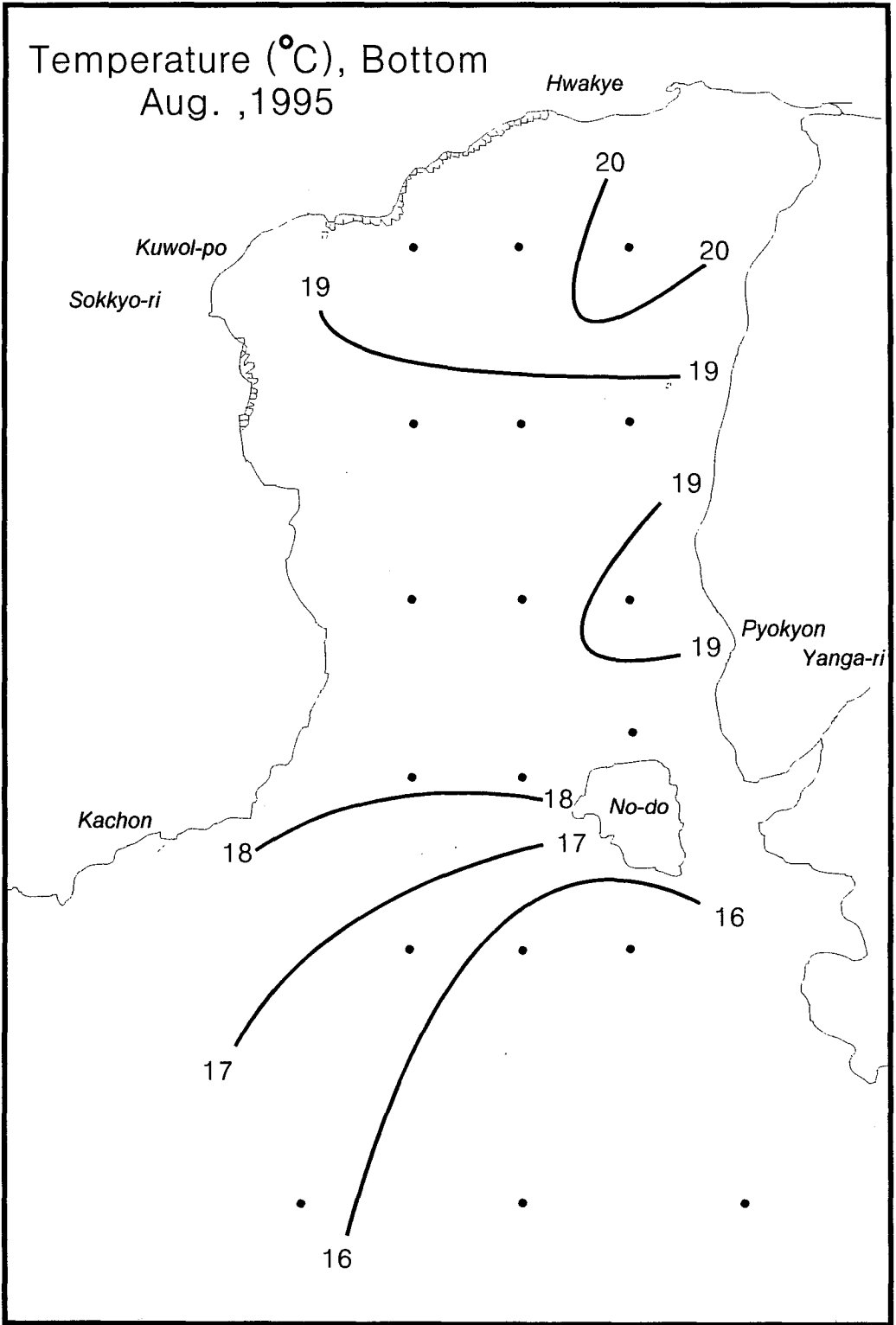


Fig.3-8. The distribution of temperature at the bottom waters in Aenggang Bay during August, 1995.

Table 3-2. The salinity of sea water in Aenggang Bay

(S : Surface ; B : Bottom)

St.	October 1994		January 1995		May 1995		August 1995	
	S	B	S	B	S	B	S	B
1	32.72	32.96	32.27	32.83	34.00	33.94	33.12	33.78
2	32.67	32.84	30.26	32.20	34.07	33.89	33.21	33.83
3	32.62	32.67	-	-	33.89	34.08	33.01	34.26
4	32.68	32.77	33.24	33.57	33.96	33.93	33.15	33.91
5	32.66	32.67	33.12	33.56	33.92	33.96	33.16	33.69
6	32.73	32.77	33.48	32.80	33.75	34.15	33.13	34.29
7	32.83	32.79	33.39	33.88	33.84	33.92	33.15	33.90
8	32.84	32.77	33.42	33.40	33.98	33.94	33.13	34.23
9	32.75	32.69	33.19	33.62	33.88	33.94	33.12	34.16
10	32.87	32.83	33.53	33.43	34.06	33.07	33.12	34.10
11	32.82	32.82	33.27	33.67	33.98	33.91	33.11	33.80
12	32.80	32.81	33.39	33.35	33.97	33.91	33.09	34.00
13	32.89	32.89	33.34	33.10	34.05	34.31	32.78	33.81
14	32.90	32.91	33.34	32.99	33.95	33.92	32.82	33.97
15	32.82	32.84	33.20	-	33.93	33.93	32.84	34.03
16	32.90	32.90	33.35	33.21	33.97	33.95	32.88	33.93
17	32.90	32.90	33.44	33.27	33.94	33.98	-	-
18	32.86	32.90	33.52	33.34	33.90	33.96	-	-
Mean	32.79	32.82	33.10	33.26	33.95	33.93	33.05	33.98

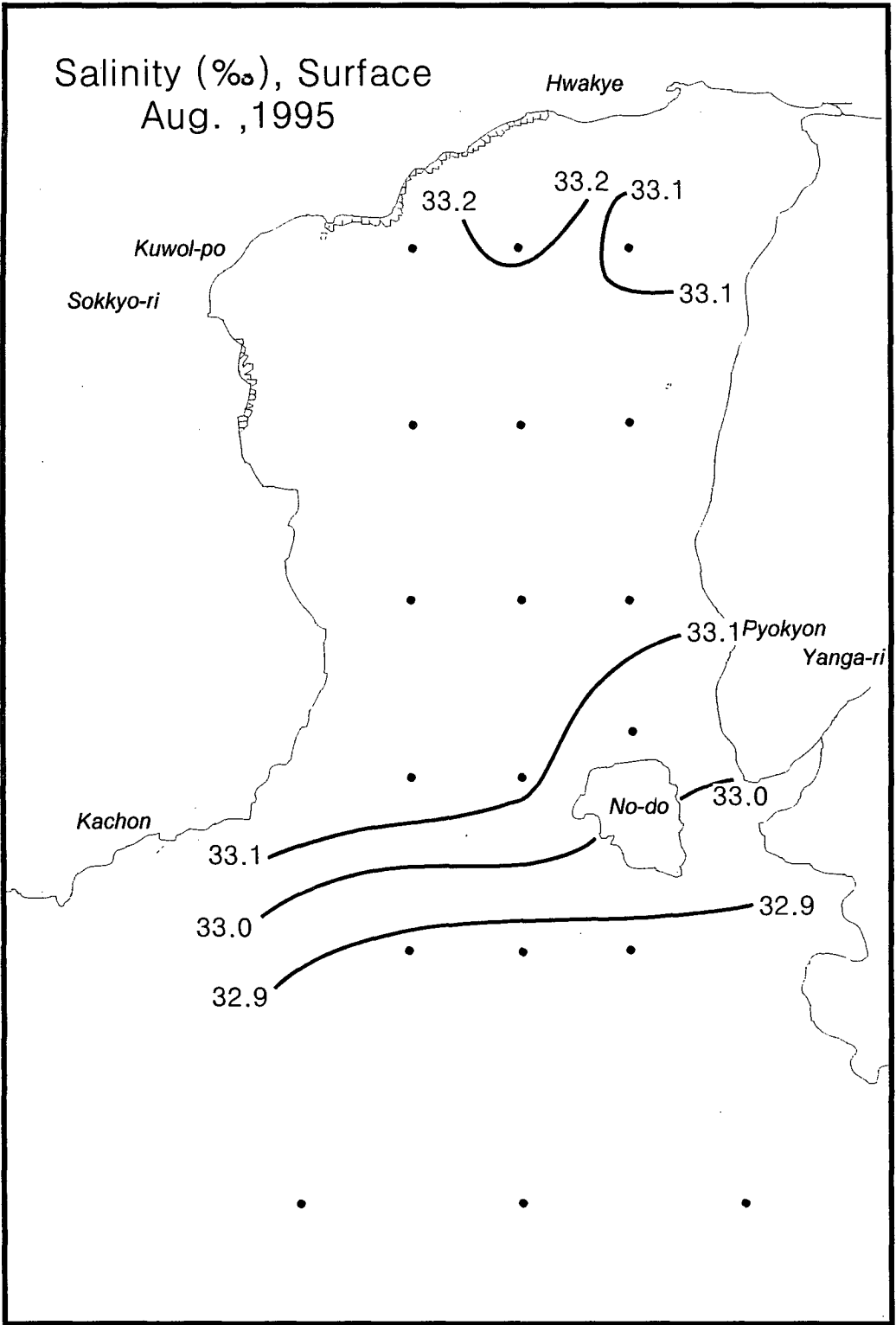


Fig.3-9. The distribution of salinity at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.

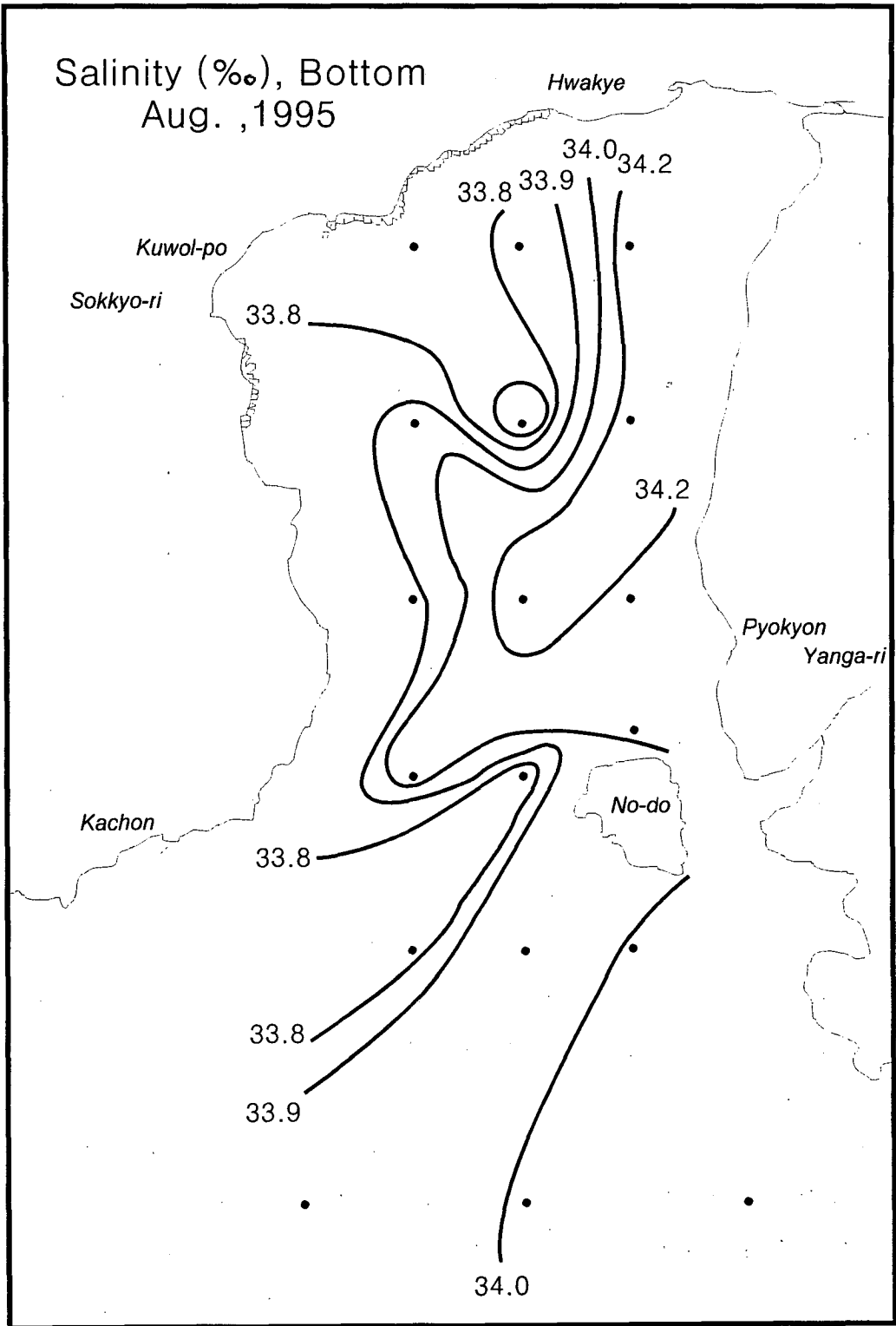


Fig.3-10. The distribution of salinity at the bottom waters in Aenggang Bay during August, 1995.

지역적 용존산소농도는 봄철에 내만에서 표층이 8.21-9.52mg/l, 저층은 7.59-10.18mg/l 의 분포를 보였고, 외해역에서는 표층이 9.39-12.25mg/l, 저층은 8.72-9.50mg/l 으로 분포하였다(Fig. 3-11, 12). 정점3, 5와 7에서는 저층의 용존산소농도가 표층보다 높은 수치를 보였다. 여름철의 내만 농도는 표층이 7.16-7.80mg/l, 저층에서 4.94-7.90mg/l 의 분포를 보였으며, 외해역에서는 5.26-5.65mg/l 의 분포를 보였다(Table 3-3).

겨울철의 용존산소농도는 표, 저층에서 10.0mg/l 이상의 값을 나타내었다. 여름철의 저층농도값이 2.0mg/l 이하로 나타나는 빈산소상태에서는 생물 서식 및 성장에 큰 영향을 받게 되지만 본 조사지역에서는 여름철에 저층에서 4.94mg/l 가 최저 수치로 나타난 것으로 보아서, 산소결핍현상은 일어나지 않을 것으로 추측되며 저서생물군집에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

○ 영양염 및 COD

봄철인 1995년 5월에 측정된 영양염과 여름철인 1995년 8월에 측정된 COD는 아래와 같다.

SiO₂농도는 봄철에 6.9-9.1μg · at/l 의 분포범위에 평균 7.92μg · at/l 의 값을 보였다. 외해역에서 내만으로 들어가면서 농도는 증가하였고, 외해역은 6.9-7.5μg · at/l 범위로서 평균농도보다 낮은 값을 보였고, 만 안쪽은 7.5-9.1 μg · at/l 의 분포범위를 보였다(Table 3-4).

가을철의 10월에 SiO₂의 농도는 11.13-17.75μg · at/l 로서 평균 13.92μg · at/l 였고 내만으로 가면서 증가하였다. 겨울철인 1월에는 3.95-16.41μg · at/l 의 분포범위에 평균 9.22μg · at/l 값으로 만 안쪽에서 10.0μg · at/l 이하의 값을 보인 반면, 만 입구역은 11.0μg · at/l 이상의 값을 나타냈다.

NO₃농도는 봄철에 0.10-0.25μg · at/l 의 분포범위를 갖고 평균 0.17μg ·

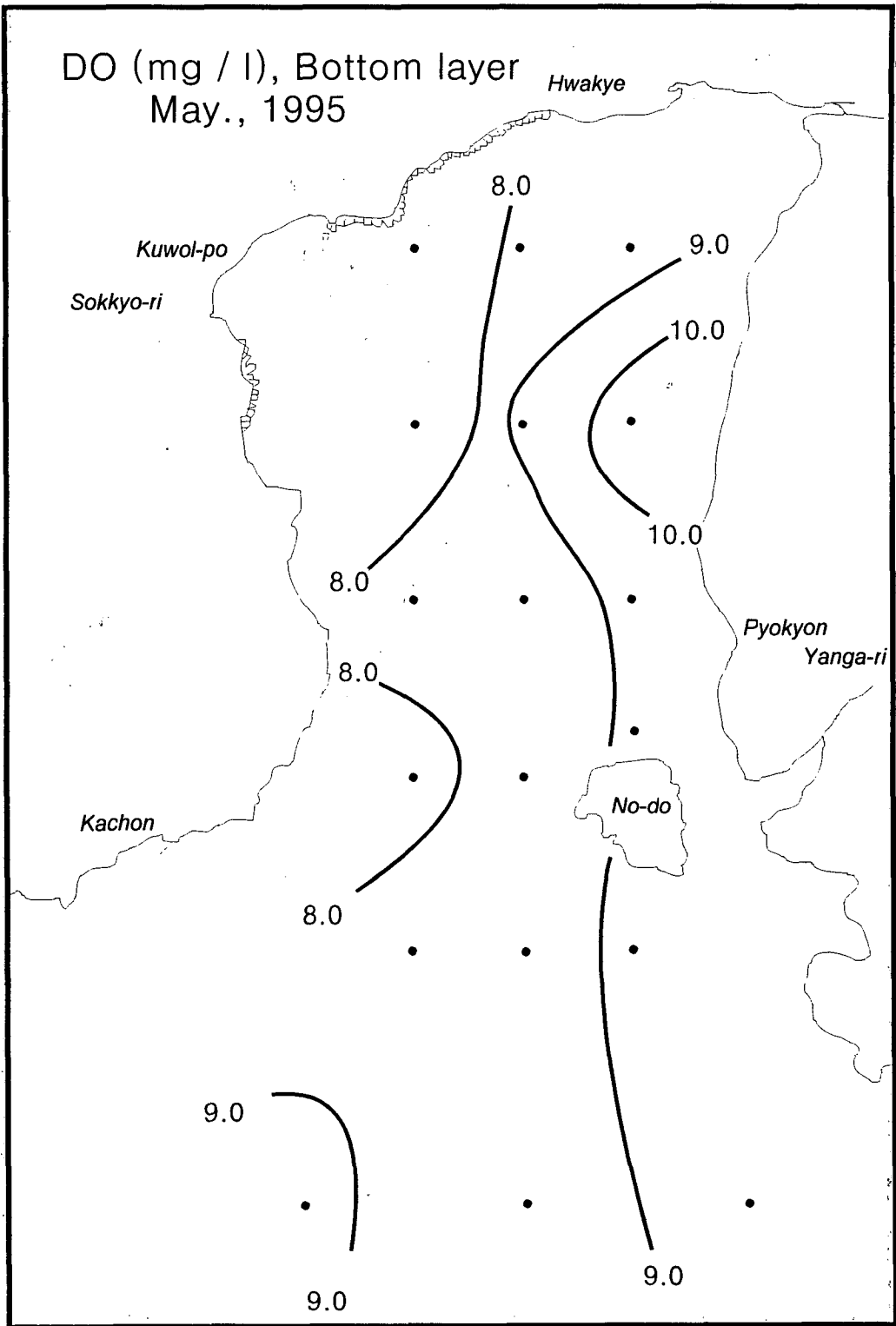


Fig.3-11. The distribution of DO at bottom layer in Aenggang Bay during May, 1995.

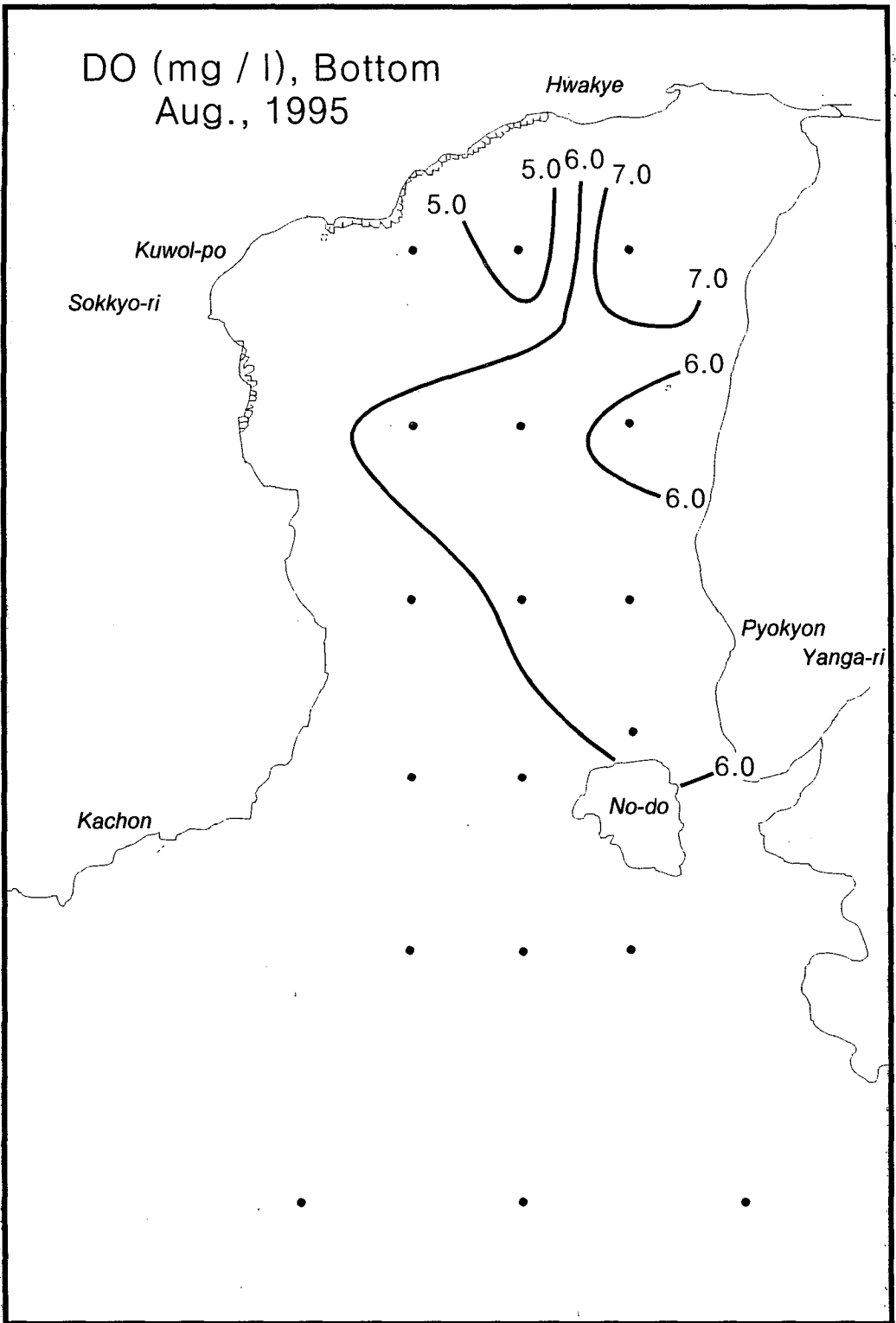


Fig.3-12. The distribution of DO at bottom layer in Aenggang Bay during August, 1995.

Table 3-3. The concentration of DO in Aenggang Bay
 (a) May 1995

(unit : mg/ℓ)

Station	Surface	Bottom
1	9.28	7.59
2	8.29	8.38
3	8.67	8.91
4	8.72	7.97
5	8.93	9.01
6	9.52	10.18
7	8.21	8.12
8	8.60	8.10
9	9.09	9.39
10	8.86	7.79
11	8.92	8.53
12	9.21	9.50
13	9.39	8.82
14	12.25	8.78
15	9.40	9.16
16	9.60	9.10
17	11.49	8.72
18	10.86	9.05
Mean	9.41	8.73

Table 3-3. (Continued)

(b) August 1995

(unit ; DO : mg/ℓ, Sat. : %)

Station	Surface(saturation)	Bottom(saturation)
1	7.73 (118.5)	5.51 (73.3)
2	7.73 (118.0)	4.94 (66.3)
3	7.52 (115.5)	7.90 (110.2)
4	7.80 (119.8)	5.95 (78.0)
5	7.50 (113.8)	6.15 (80.1)
6	7.45 (112.5)	5.75 (76.0)
7	7.59 (114.7)	5.41 (70.3)
8	7.57 (114.3)	6.24 (81.4)
9	7.65 (115.0)	6.67 (86.6)
10	7.59 (113.7)	5.64 (73.0)
11	7.57 (113.6)	5.54 (72.8)
12	7.16 (114.2)	6.63 (86.9)
13	7.56 (112.6)	5.26 (67.7)
14	7.57 (113.2)	5.36 (68.2)
15	7.50 (111.5)	5.40 (68.9)
16	7.44 (110.9)	5.54 (70.8)
17	7.75 (115.2)	5.65 (73.0)
18	7.54 (112.9)	5.55 (70.7)
Mean	7.57 (114.4)	5.84 (76.3)

Table 3-4. Some chemical values of sea water in Aenggang Bay

(* : August 1995 ; ** : May 1995)

St.	COD*	PO ₄ **	NO ₃ **	SiO ₂ **
1	-	0.26	0.21	7.5
2	-	0.29	0.25	9.1
3	-	0.29	0.20	8.8
4	-	0.32	0.14	8.4
5	-	0.27	0.19	8.4
6	-	0.27	0.13	7.7
7	1.9	0.26	0.19	8.4
8	1.5	0.32	0.18	8.4
9	1.9	0.27	0.18	7.5
10	3.1	0.31	0.13	7.9
11	1.6	0.29	0.19	7.7
12	2.8	0.25	0.18	8.0
13	2.2	0.34	0.23	7.4
14	1.8	0.32	0.19	8.1
15	-	0.26	0.10	7.5
16	2.6	0.33	0.13	6.9
17	1.6	0.30	0.13	7.5
18	-	0.30	0.10	7.3
Mean	2.1	0.29	0.17	7.92

at/l 값을 보였다. 외해역에서 내만으로 들어가면서 증가하는 경향을 보이다가 만 입구와 중앙부에서 감소하였고, 만 안쪽에서 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 최저값은 외해역의 정점 18에서 $0.10\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 이었고, 최대값은 만 안쪽의 정점 2에서의 $0.25\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 이었다(Table 3-4). 가을철에 평균 $2.35\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 로서 정점별 큰 차이는 없었으며, 겨울철인 1월에는 평균 $1.63\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 의 값을 보였다.

PO_4 농도는 봄철에 $0.25\text{-}0.34\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 의 분포범위로서 평균 $0.29\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 이었다(Fig. 3-13). 외해역과 내만농도간에 지역적인 차이를 보이지 않았다(Table 3-4). 가을철에는 $0.37\text{-}0.57\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 의 분포범위와 평균 $0.45\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 이었으며, 정점별차이는 보이지 않았다. 겨울철 1월에는 $0.55\text{-}1.25\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 의 분포범위를 갖고 평균 $0.80\mu\text{g} \cdot \text{at}/\text{l}$ 이었다.

COD는 여름철에 $1.5\text{-}2.8\text{mg}/\text{l}$ 의 분포범위를 보였고 평균 $2.1\text{mg}/\text{l}$ 의 값을 보였다(Fig. 3-14). 만내에서는 $1.5\text{-}1.9\text{mg}/\text{l}$, 외해역에서는 $1.6\text{-}3.1\text{mg}/\text{l}$ 의 값을 나타냈다(Table 3-4). 가을철 10월에는 평균 $1.14\text{mg}/\text{l}$ 값으로서 만 바깥쪽에는 $1.0\text{mg}/\text{l}$ 이상, 만 입구에서는 $0.5\text{mg}/\text{l}$ 정도의 값을 나타냈다. 겨울철인 1월의 경우에는 $0.91\text{-}2.14\text{mg}/\text{l}$ 의 값을 나타내서 COD값은 여름철에 높은 값을 보였다.

3.1.2. 통영 연안역

○ 수온 및 염분

통영시 미륵도 주변해역의 표층 수온은 겨울철에 $10.1\sim 11.1^\circ\text{C}$ 의 범위였고, 가을철과 봄철에는 각각 16.1°C 와 18.2°C , 여름철에는 $23.2\sim 24.5^\circ\text{C}$ 의 수온을 보였다(Fig. 3-15, 16). 연중 대략 13°C 수온차이를 나타내었다(Table 3-5).

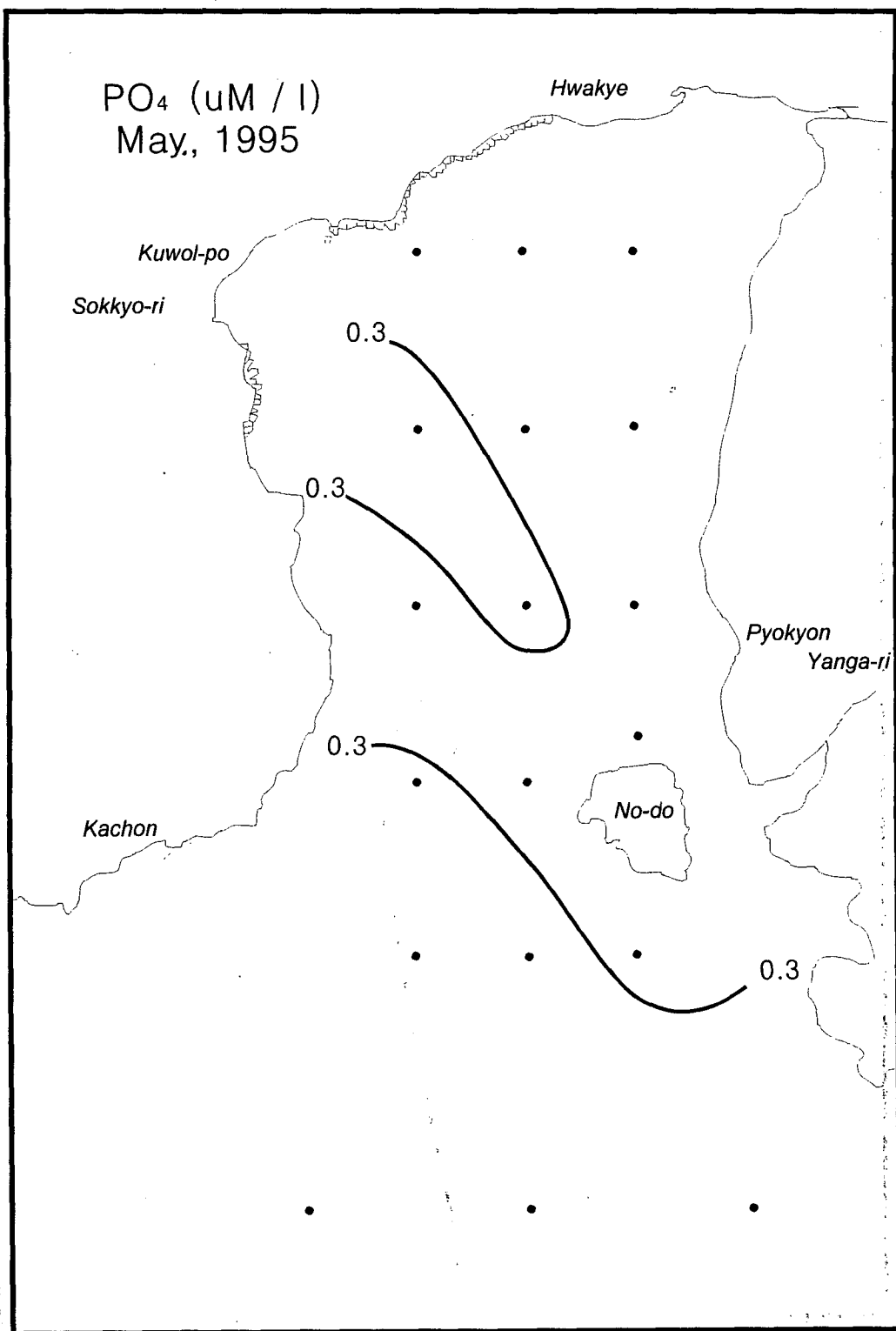


Fig.3-13. The spatial distribution of PO₄ at the surface waters in Aenggang Bay during May, 1995.

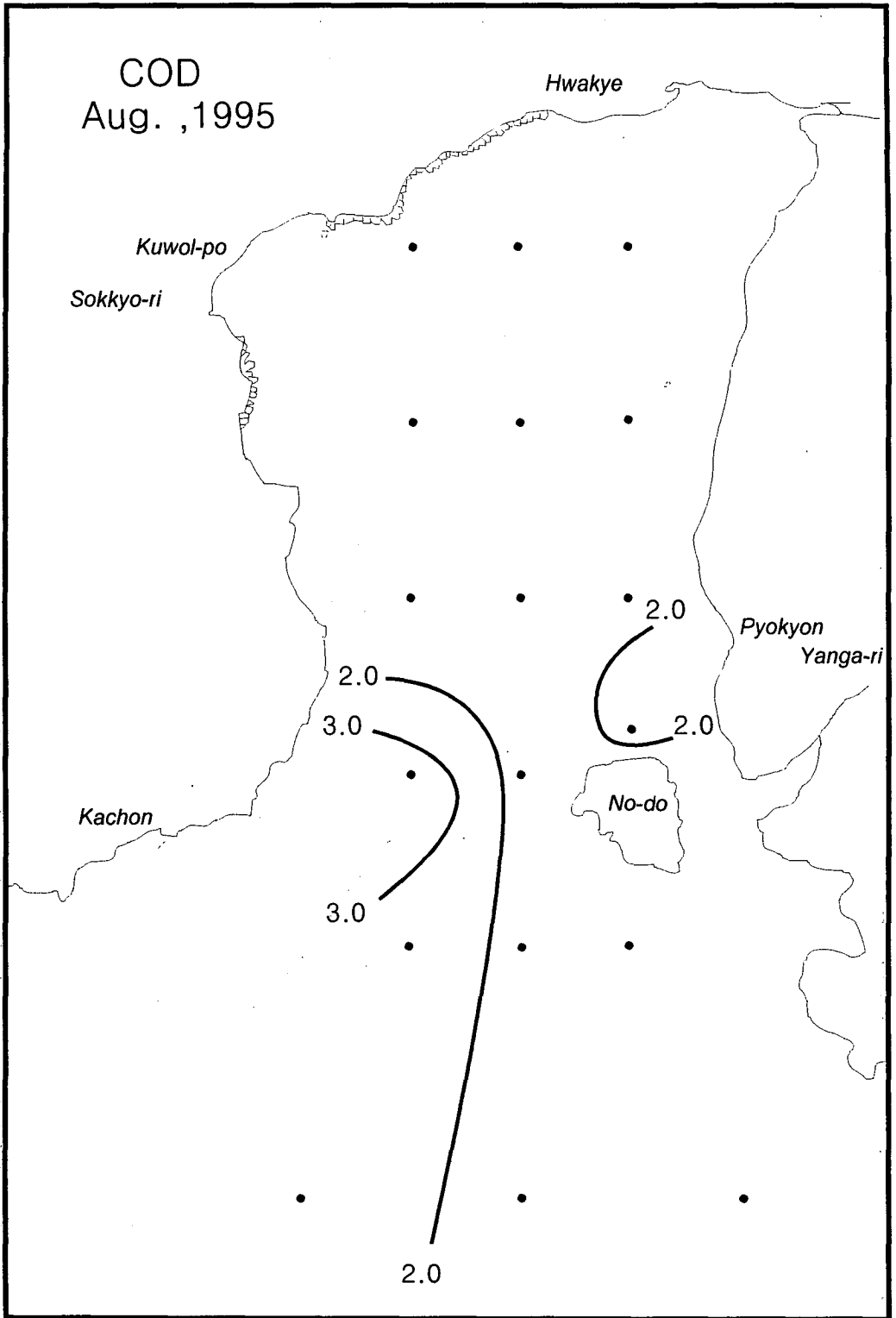


Fig.3-14. The spatial distribution of COD at the surface waters in Aenggang Bay during August, 1995.

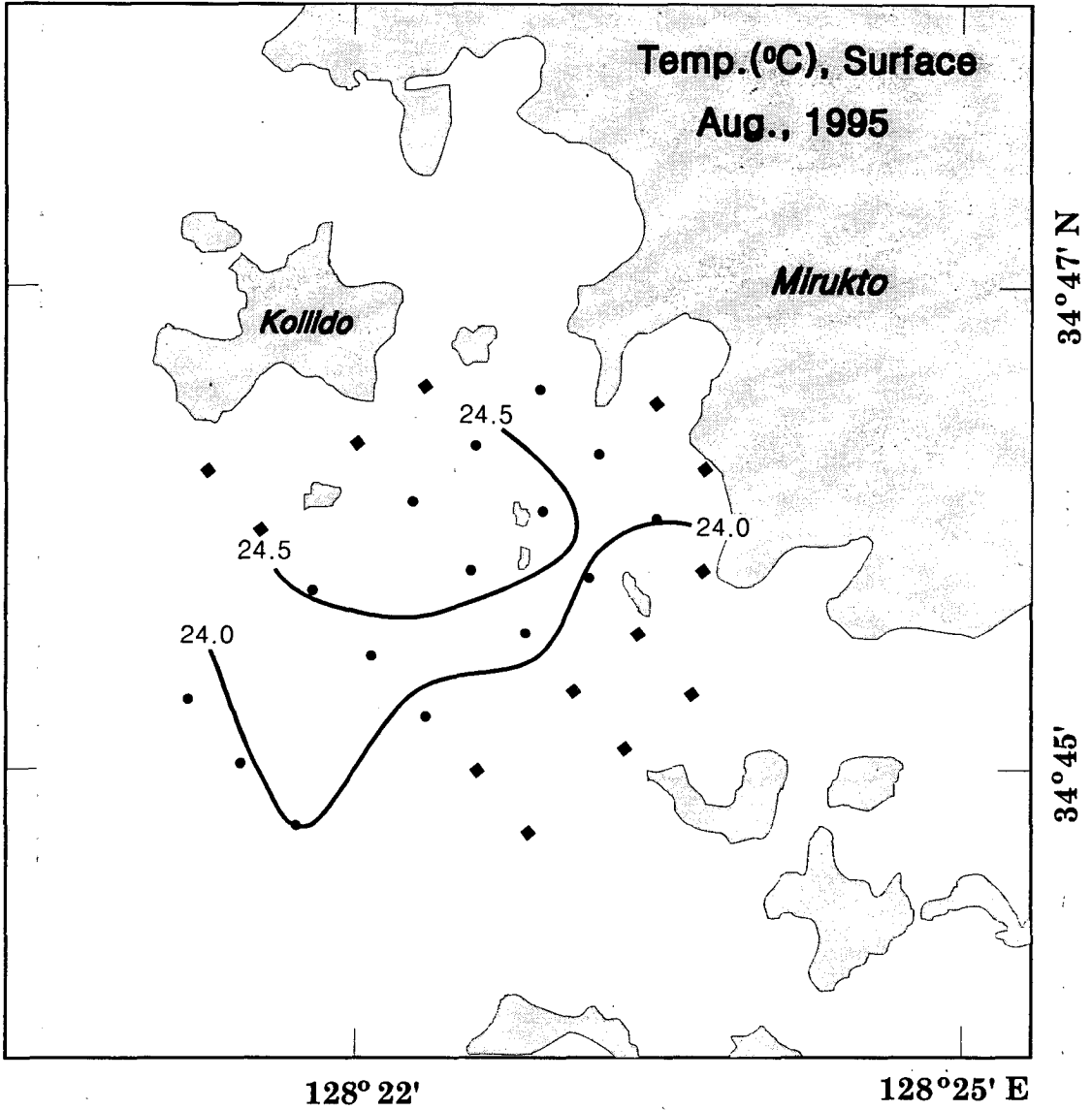


Fig.3-15. The distribution of water temperature at the surface waters in Tongyung coastal area during August, 1995.

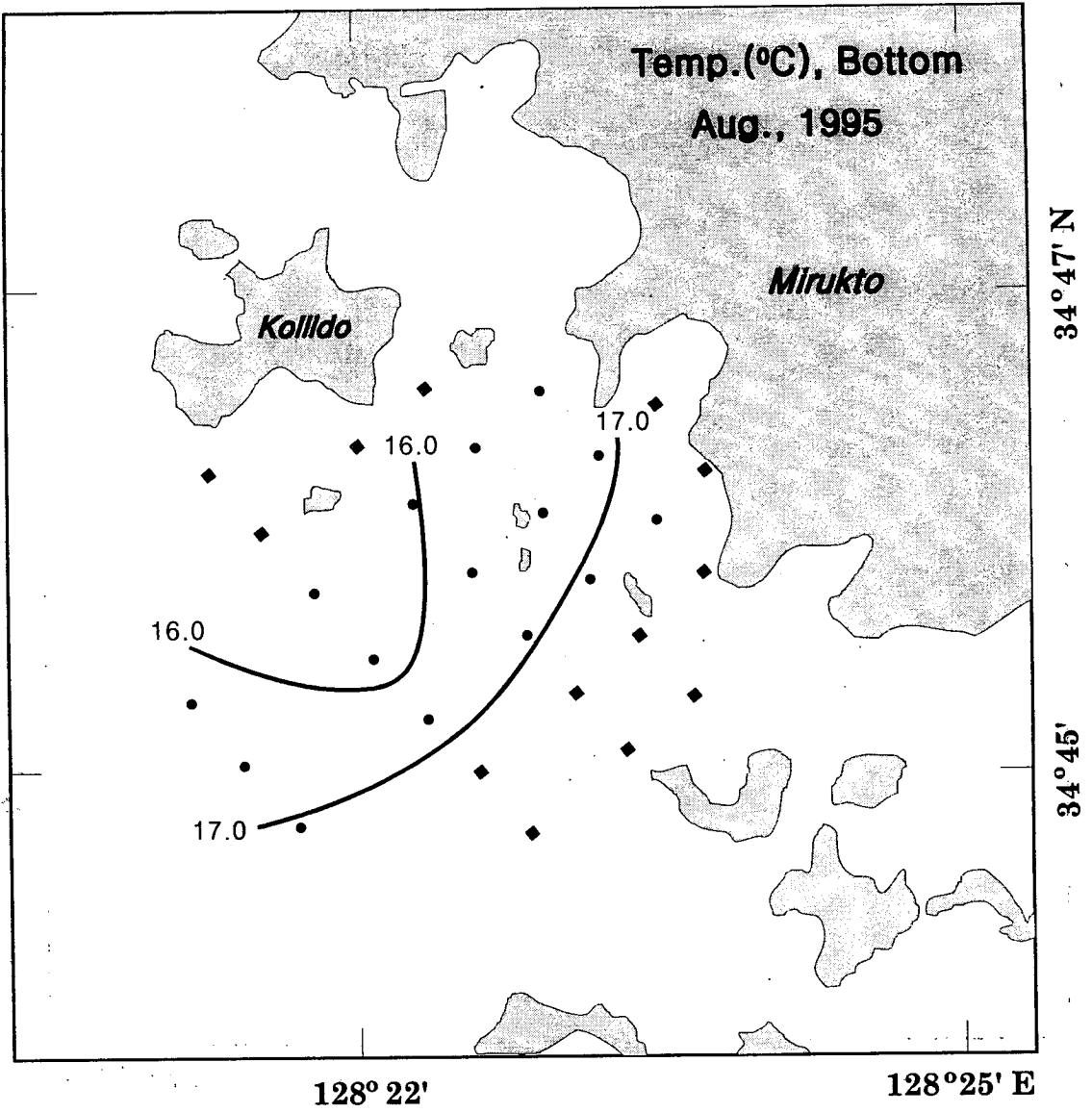


Fig.3-16. The distribution of water temperature at the bottom waters in Tongyung coastal area during August, 1995.

Table 3-5. The water temperature in Tongyung coastal area

(S : Surface ; B : Bottom)

St.	June 1995		August 1995		November 1995		January 1996	
	S	B	S	B	S	B	S	B
1	18.3	18.1	24.2	16.4	16.1	16.1	10.9	10.4
2	18.3	18.1	24.0	16.1				
3	18.2	18.1	24.0	16.1	16.1	16.2	10.4	10.1
4			24.5	16.4				
5	18.3	18.1	24.5	16.7				
6			23.6	16.4				
7	18.2	18.1	24.4	16.9	16.2	16.2	10.9	10.3
8			24.5	15.9				
9	18.3	18.1	24.4	16.3	16.2	14.1	10.7	10.6
10	18.6	18.0	24.4	16.1	16.2	16.1	11.0	10.9
11	19.2	17.8	24.0	15.8				
12	18.8	17.8	23.3	16.2	16.2	16.2	10.1	10.0
13	18.5	17.7	23.8	15.6	16.2	16.1	11.1	10.6
14			23.9	16.0				
15	19.2	17.7	24.0	16.0	16.2	16.2	11.0	10.4
Mean	18.5	18.0	24.1	16.2	16.2	15.9	10.8	10.4

염분 분포를 보면 겨울철에 32.88~34.53%의 범의를 분포하여 가을철에 32.56~33.57%의 염분을 보여 여름철보다도 낮았다(Table 3-6). 저층 해수의 염분은 가을철과 여름철에 비슷한 값을 보였고, 겨울철에 34.41 ~ 34.54 % 로 다른 계절에 비해 대략 0.5~1.0% 정도 높았다.

○ 용존산소

미루도 주변해역의 표층 평균 용존산소농도값은 1995년 6월에 7.07mg/l, 8월에는 7.91mg/l의 수치를 보였고, 1995년 11월에 8.36mg/l와 1996년 1월에 10.13mg/l의 수치가 나타났다(Table 3-7).

저층 평균 용존산소 값은 6월에 6.60mg/l와 8월에 5.58mg/l의 수치를 보였고, 11월에서는 8.07mg/l와 11월에서 9.99mg/l의 수치를 보였다.

표층과 저층의 차이를 보면, 6월에 0.47mg/l, 8월에는 2.33mg/l, 11월에 0.29mg/l와 1월에서 0.14mg/l의 차이를 나타냈다. 특히, 8월의 용존산소 값은 2.33mg/l의 큰 차이를 보였고(Fig. 3-17, 18), 평균값도 6월보다 표층에서 높게 나왔지만 저층에서는 낮은 값으로 나타났다. 여름철 8월의 최저 용존산소 값은 5.58mg/l로 저서생물의 서식에 큰 영향은 없다고 판단한다.

○ 영양염 및 COD

여름철인 1995년 8월과 겨울철의 1996년 1월에 측정된 영양염과 COD값은 Table 3-8과 같다.

SiO₂농도는 여름철에 1.27-4.77μg · at/l의 분포범위로서 평균 2.56μg · at/l의 농도를 나타냈다. 겨울철에는 11.6-13.1μg · at/l 분포범위를 보였고, 평균 12.6μg · at/l의 값을 보였다. 여름철에는 정점별로 큰 차이는 보이지 않았으나 겨울철에는 외해역보다 만 안쪽에서 낮은 값을 보였다.

NO₃농도의 경우에는 여름철에 0.13-0.60μg · at/l의 분포범위로서 평균

Table 3-6. The salinity of Tongyung coastal area

(S : Surface ; B : Bottom)

St.	June 1995		August 1995		November 1995		January 1996	
	S	B	S	B	S	B	S	B
1			33.61	33.60	33.42	33.53	34.52	34.54
3			33.60	33.60	33.42	33.52	34.51	34.54
7			33.60	33.60	33.57	33.61	34.52	34.56
9			33.60	33.64	33.55	33.65	34.52	34.52
10			33.51	33.69	33.55	33.68	34.53	34.54
12			33.57	33.68	33.85	33.66	34.51	34.52
13			33.51	33.78	32.85	33.69	34.52	34.53
15			33.38	33.68	32.56	33.70	34.49	34.57
Mean			33.55	33.66	33.47	33.63	34.52	34.54

Table 3-7. The concentration of DO in Tongyung coastal area (unit : mg / ℓ) (a) June, 1995; (b) August, 1995; (c) November, 1995; (d) January, 1996
(a) June 1995 (unit : mg / ℓ)

St.	Surface	Bottom
1	6.95	6.72
2	6.98	6.90
3	6.91	6.79
5	6.94	6.63
7	6.88	6.70
9	7.27	6.58
10	7.17	6.71
11	7.26	6.54
12	7.09	6.44
13	7.20	6.33
15	7.09	6.23
Mean	7.07	6.60

(b) August 1995 (unit : mg / ℓ)

St.	Surface	Bottom
1	8.20	5.65
2	8.01	5.66
3	8.38	5.68
4	7.90	5.70
5	7.82	5.75
7	7.77	5.52
8	7.87	5.44
9	7.93	5.50
10	7.83	5.34
11	7.73	5.33
12	7.82	5.62
13	7.84	5.32
14	7.90	5.70
15	7.78	5.88
Mean	7.91	5.58

Table 3-7. (continued)

(c) November 1995 (unit : mg/ℓ)

St.	Surface	Bottom
1	8.48	7.81
3	6.88	7.16
7	8.21	8.00
9	8.22	8.43
10	9.46	8.57
12	8.61	8.34
13	9.01	8.05
15	7.66	8.20
Mean	8.36	8.07

(d) January 1996 (unit : mg/ℓ)

St.	Surface	Bottom
1	10.38	9.98
3	10.17	10.14
7	9.88	9.76
9	10.04	9.95
10	10.09	10.24
12	10.15	10.45
13	10.35	9.85
15	9.97	9.51
Mean	10.13	9.99

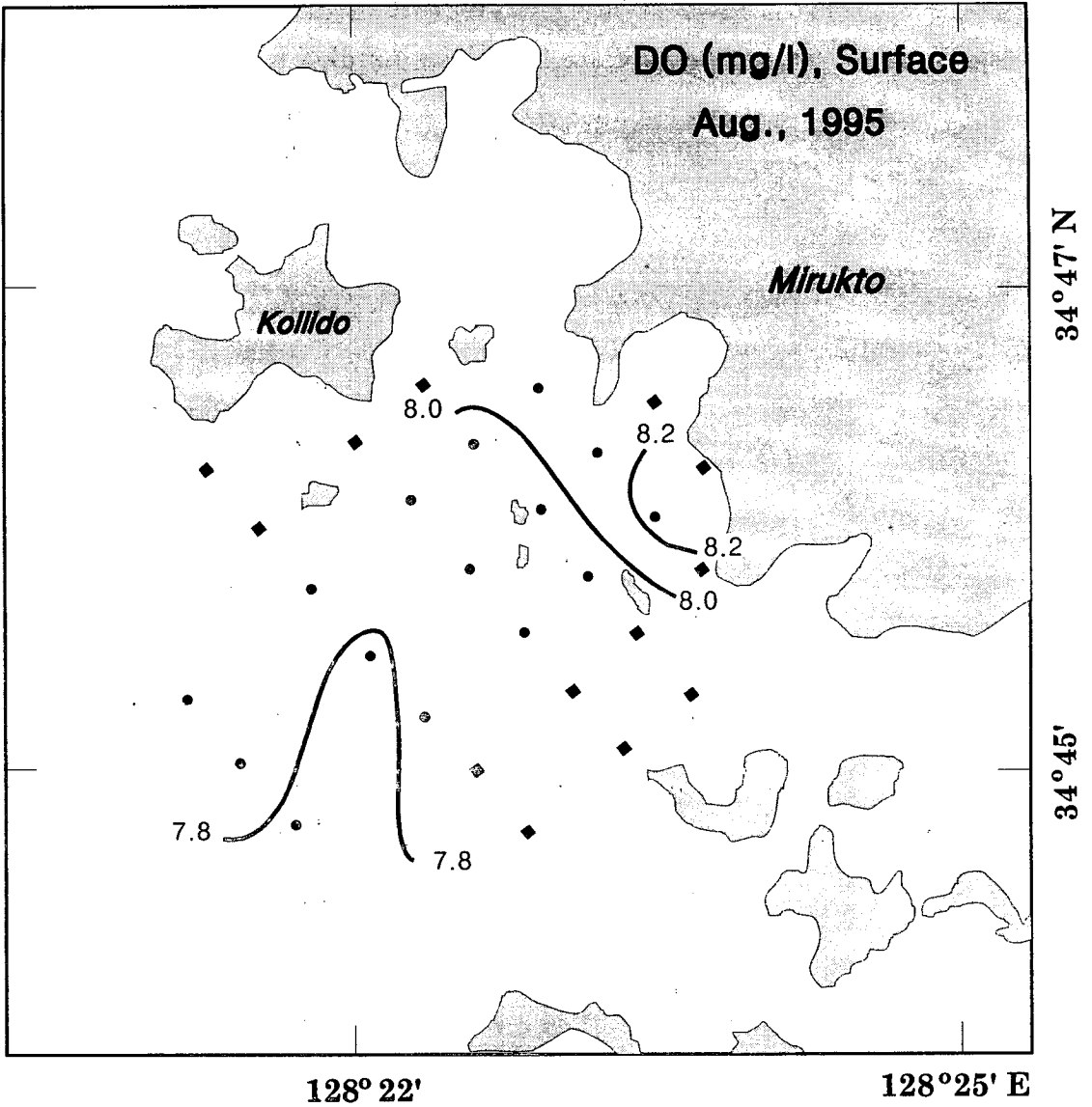


Fig.3-17. The spatial distribution of DO at the surface waters in Tongyung coastal area during August, 1995.

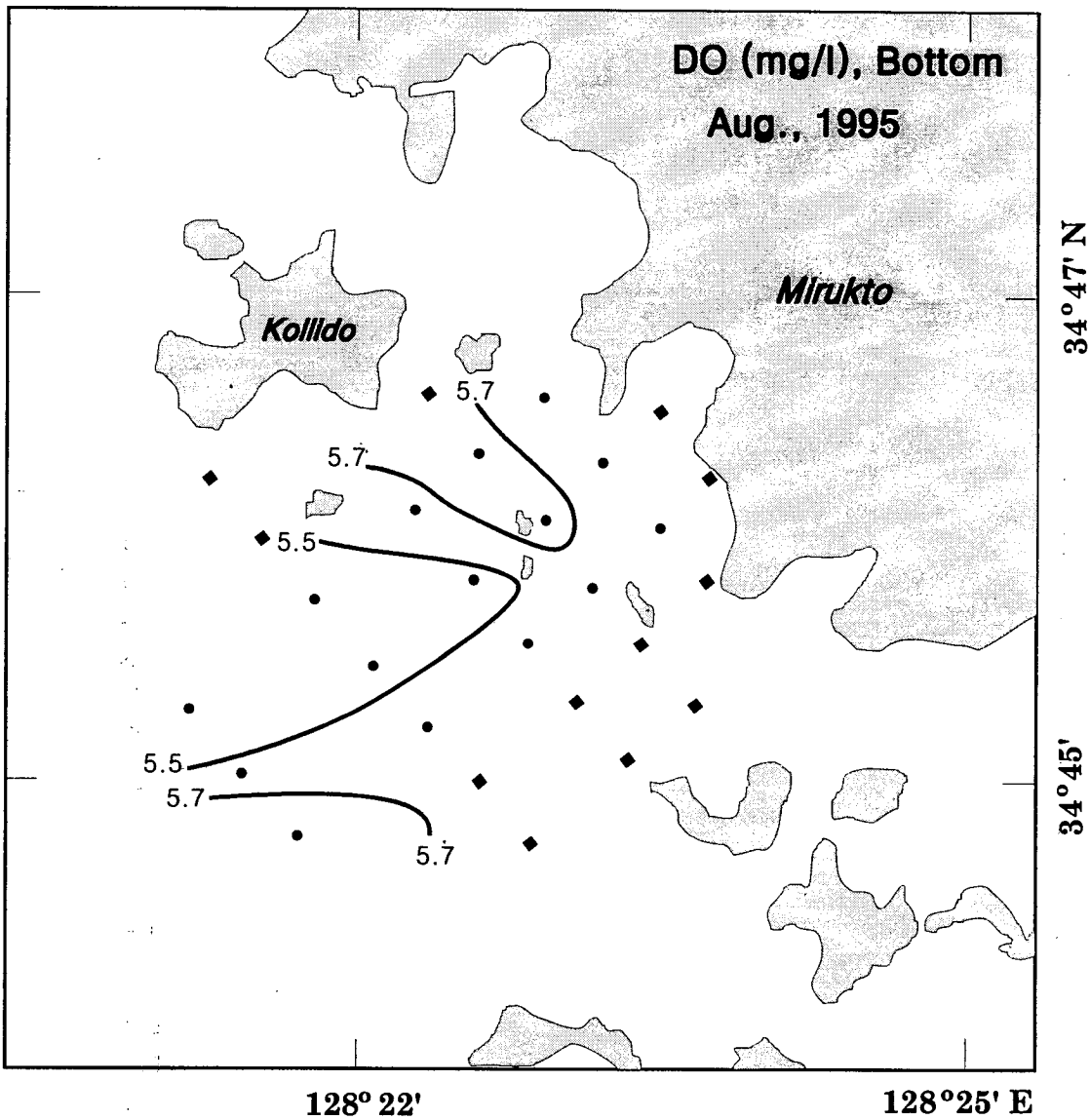


Fig.3-18. The spatial distribution of DO at the bottom waters in Tongyung coastal area during August, 1995.

Table 3-8. Some chemical parameters of Tongyung coastal area (* : mg/ℓ ; ** : μg · at/ℓ) (a) August, 1995; (b) January, 1996
 (a) August 1995 (* : mg/ℓ ; ** : μg · at/ℓ)

St.	COD*	PO ₄ **	NO ₃ **	SiO ₂ **
1	1.3	0.12	0.22	2.68
2		0.17	0.14	4.77
3	1.1	0.14	0.13	1.27
4	1.2	0.15	0.16	2.26
5		0.29	0.38	2.56
6	2.3	0.16	0.28	2.37
7	1.2	0.14	0.15	2.44
8		0.17	0.16	2.05
9	1.4	0.19	0.25	3.28
10	1.4	0.19	0.25	2.66
11		0.26	0.14	3.06
12		0.27	0.48	2.69
13		0.24	0.60	2.23
14		0.16	0.16	1.70
15		0.22	0.29	2.39
Mean	1.4	0.19	0.25	2.56

(b) January 1996 (* : mg/ℓ ; ** : μg · at/ℓ)

St.	COD*	PO ₄ **	NO ₃ **	SiO ₂ **
1	0.5	0.49	4.64	11.6
3	0.7	0.52	4.75	11.6
7	0.1	0.50	5.41	13.0
9	0.5	0.50	5.55	13.0
10	0.4	0.49	5.49	12.9
12	0.6	0.51	5.63	12.6
13	0.3	0.51	5.54	13.1
15	0.3	0.51	5.66	13.0
Mean	0.4	0.50	5.33	12.6

0.25 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 을 보였으나 겨울철에는 4.64-5.66 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 분포범위로서 평균 5.33 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 값을 보였다. 겨울철에 외해역보다 만 안쪽의 NO₃농도는 낮게 나타났고, 여름철보다 높은 농도를 보였다(Fig. 3-19).

PO₄농도의 경우는 여름철에 0.12-0.29 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 범위로서 평균 0.19 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 값을 보였고, 겨울철에는 0.49-0.52 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 분포범위와 평균 0.50 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 값을 나타냈다. 각 계절에서의 정점별 차이는 보이지 않았고, 겨울철이 여름철 보다 높은 농도를 보였다(Fig. 3-20).

COD의 경우는 여름철에 1.1-2.3mg/l 분포범위로서 평균 1.4mg/l 값을 보였고(Fig. 3-21), 겨울철에는 0.1-0.7mg/l 의 분포범위와 0.4mg/l 의 평균값을 보였다(Fig. 3-22).

문 등(1994)에 의하면 통영시 산양면 학림도 앞에서의 염분은 연중 34.00‰ 부근이다. 하계에 강수량이 많으면 31.20-31.58‰까지 하강을 한다고 보고하였으며, 용존산소는 9월에 4.54-5.42ml/l, 4월에 7.13-8.61ml/l 였다고 보고하였다. 또한 인산인(PO₄-P)의 농도로 여름에 0.07-0.32 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 로 낮은 반면에 동계에는 수온하강에 의한 부유생물의 증식억제로 인하여 인산인의 농도가 0.70-1.47 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 의 범위에 있다고 보고하였다. 한편 용존성 무기질소(DIN) 농도에 있어서는 11월에 14.25-15.41 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 로 높은 반면에 4월에 1.28-2.04 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 로 최소치를 보였다고 보고하였다.

이 등(1994)이 전남 가막만에서 1992년 6월-11월까지 조사된 가두리 양식장에서의 PO₄는 2.84-6.94ml/l 였고 하계에 최소치를 보였다. 질산염 농도는 표층에서 1.09-8.37 $\mu\text{g} \cdot \text{at}/\ell$ 로서 도시하수의 영향으로 부영양화된 상태였음을 보고하였음. 어장관리를 위해 경운, 준설등이 요구된다고 하였다.

저서동물의 서식밀도 및 종의 분포에 영향을 미치는 중요한 환경요인으로는 퇴적환경, 염분, 용존산소등이 알려져 있다. 본 조사해역인 앵강만과 통영연안역은 주변에 직접 유입되는 하천이 없어서 계층간 염분의 차이가

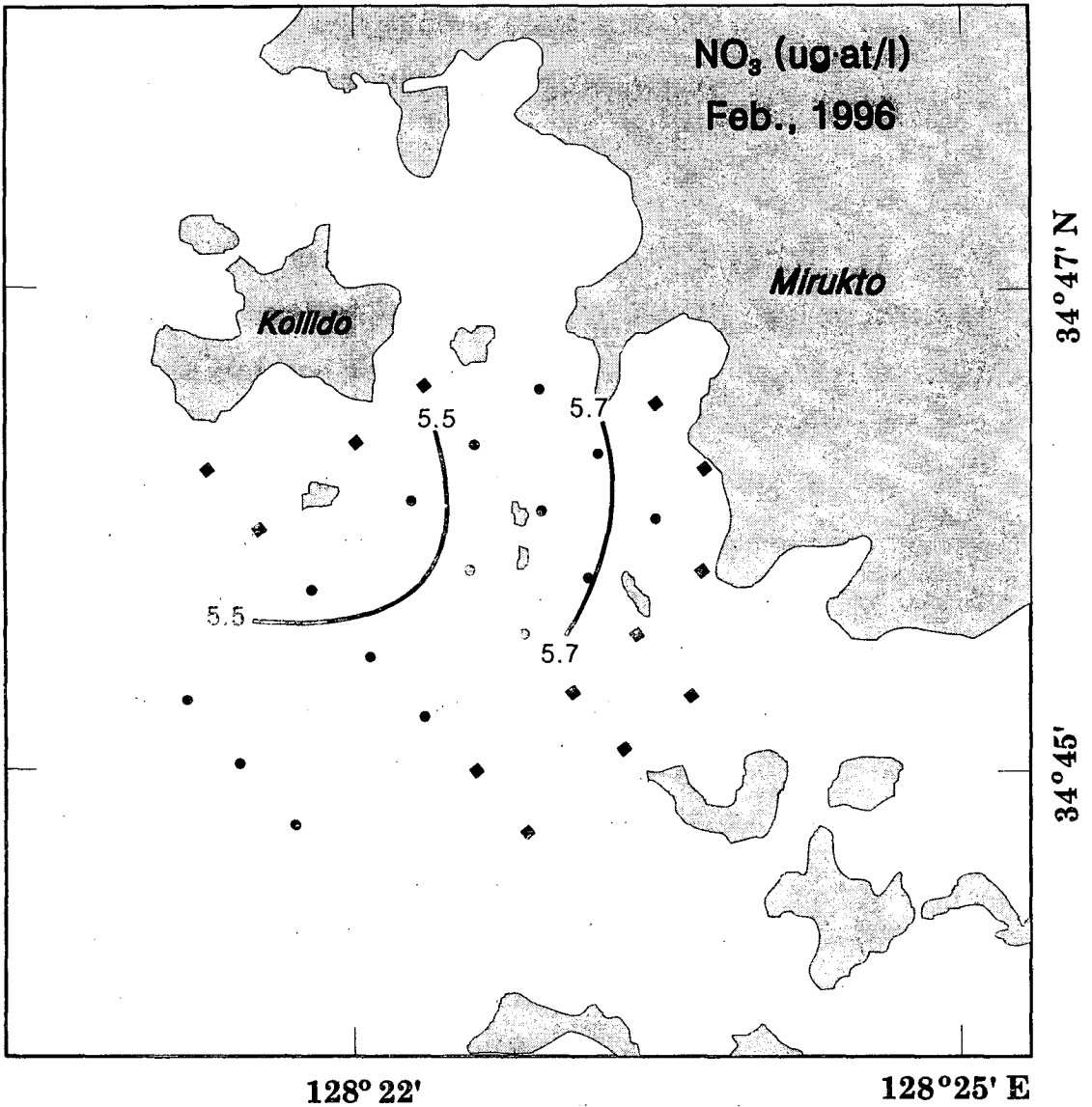


Fig.3-19. The spatial distribution of NO_3 at surface waters in February, 1996.

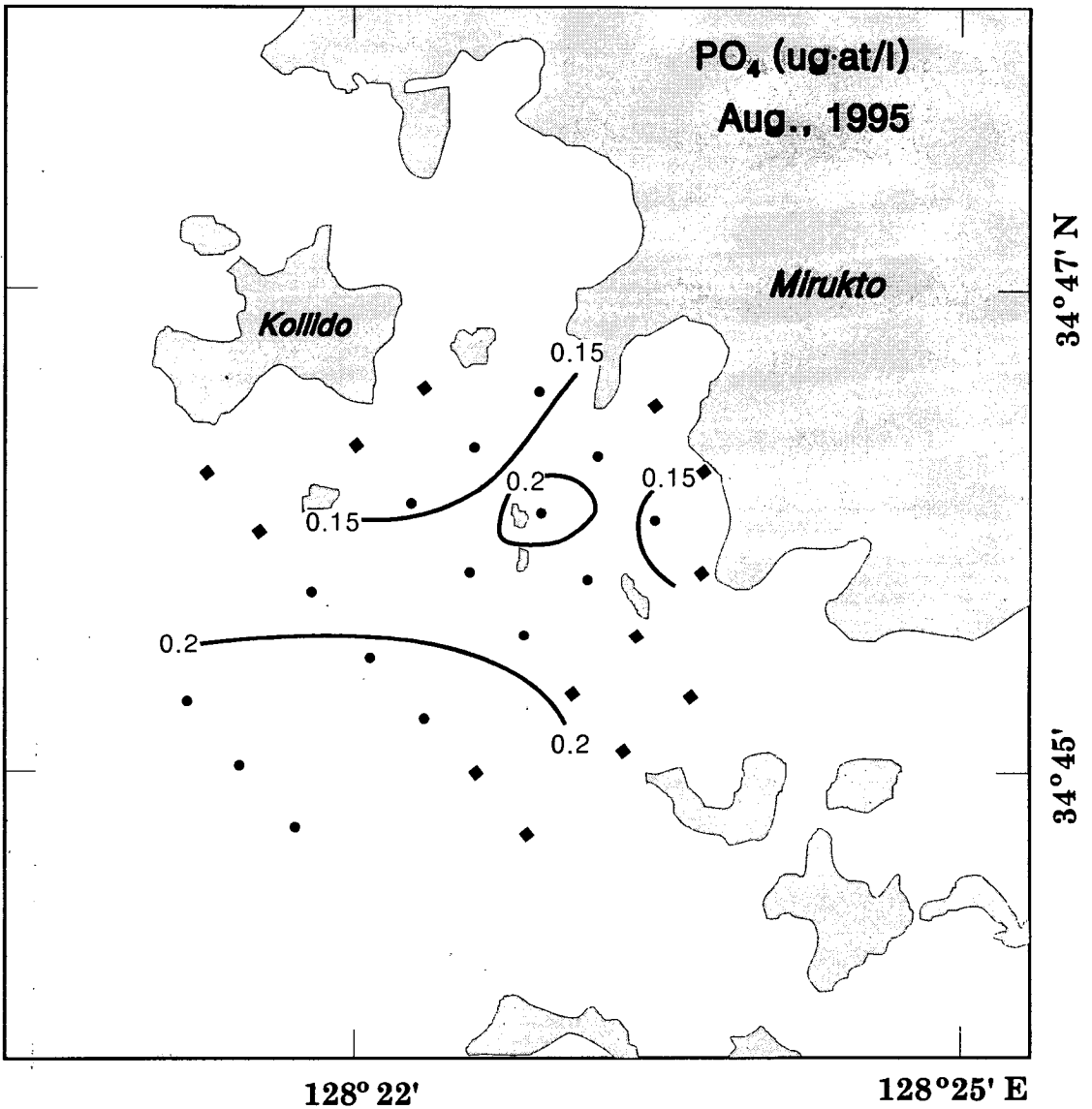


Fig.3-20. The spatial distribution of PO_4 at the surface waters in August, 1995.

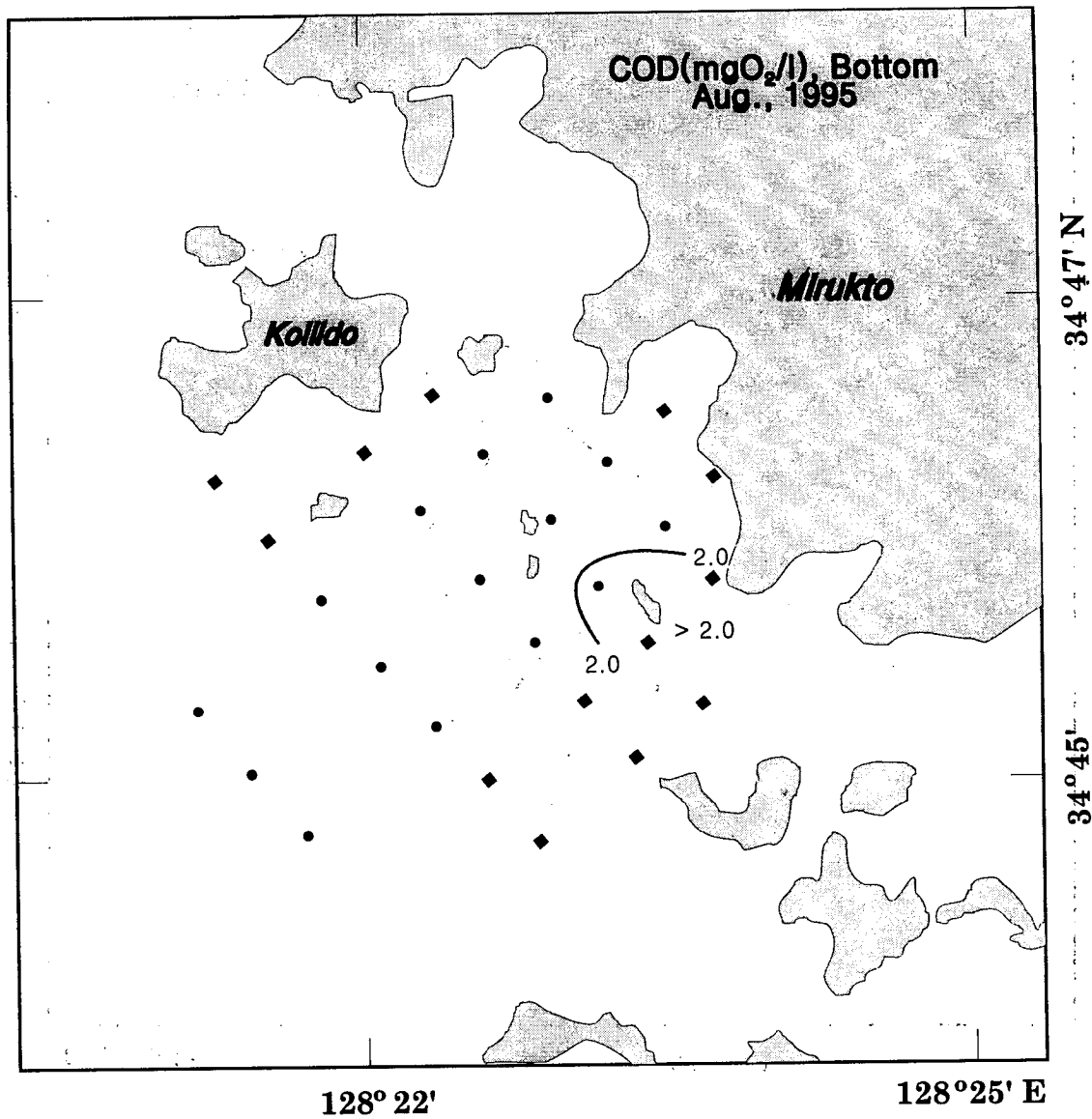


Fig.3-21. The spatial distribution of COD at the surface waters in August, 1995.

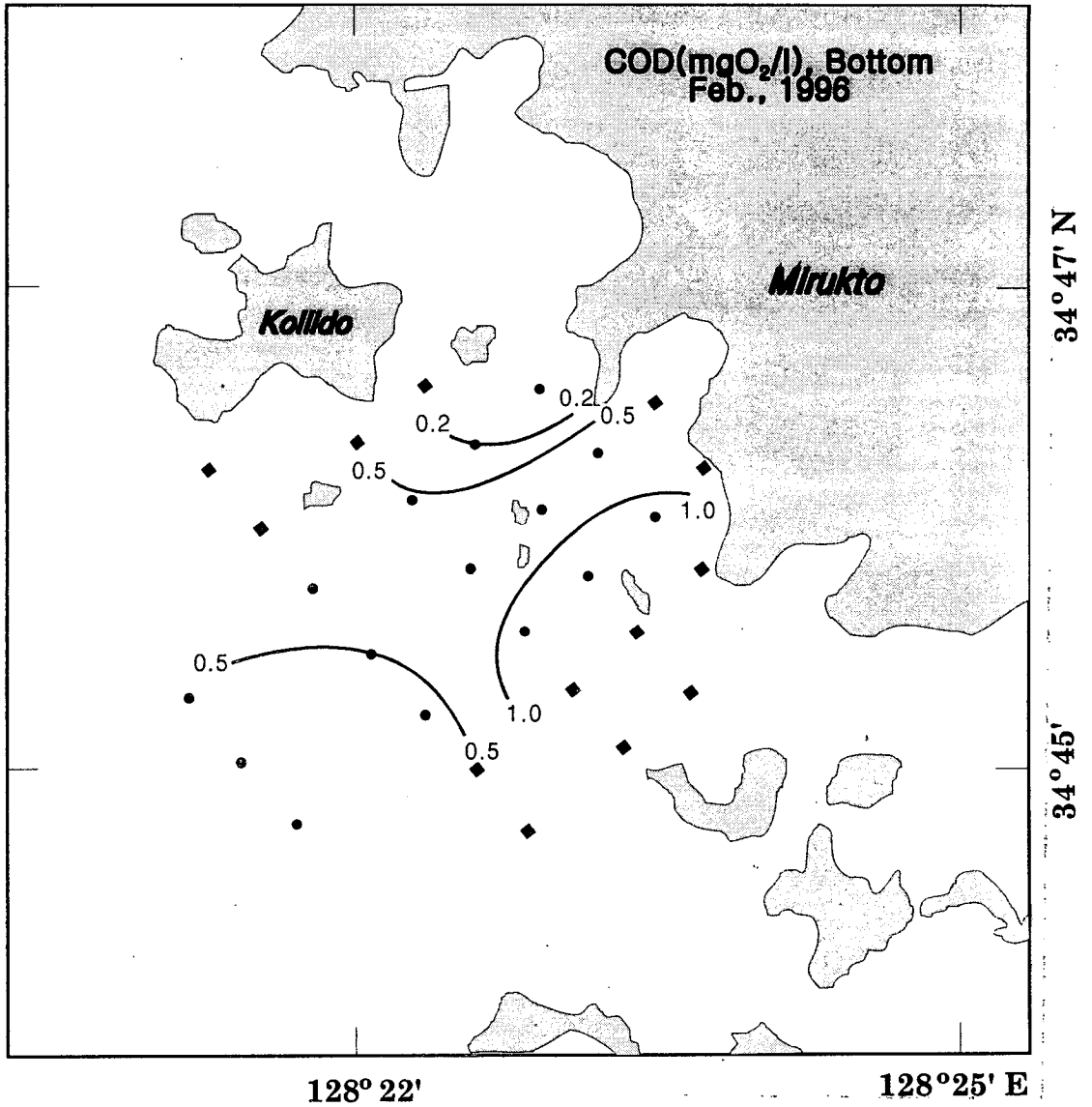


Fig.3-22. The spatial distribution of COD at the bottom waters in February, 1996.

거의 없다. 용존산소 농도가 2ml/ℓ 이하인 빈산소층이 나타난 것이 보고되었고 이에 의해 저서동물군집이 큰 영향을 받은 것이 보고되었으나(임 등, 1992), 본 조사해역에서는 빈산소 수괴의 형성이 우려되는 여름철에 용존산소의 농도가 저층에서 5ml/ℓ 이상으로 나타나 저서생물 분포에 큰 영향을 주지 않을 것으로 예상된다.

3.2. 퇴적 환경

3.2.1. 앵강만

○ 퇴적물 입도 조성

앵강만의 표층 퇴적물은 주로 니질 퇴적상이 우세하며, 입도 조성에 있어서 사질 함량이 정점 13에서 18%로 최대이고, 정점 11, 14, 15등에서 10% 내외인 것을 제외하면 대부분 정점에서는 실트와 점토의 함량이 95% 이상을 점하고 있다. 평균 입도의 분포를 보면 노도 좌측 지역에서 8.0φ 이하로 나타났고 만 안쪽 지역에서 9.0φ 이상의 세립질 퇴적상을 보였다(Fig. 3-23). 앵강만 안쪽에는 많은 가두리와 정치망이 설치되어 있어서 세립질 퇴적물이 우세한 것으로 보인다. 노도 배후의 정점 12에서는 평균 입도가 9.15φ로 주변의 퇴적상보다 더 세립질임을 나타내었다. 이는 노도 배후에 설치된 가두리 양식장의 영향에 의한 것으로 생각된다.

○ 퇴적물의 유기물 함량

앵강만의 퇴적물내 유기탄소의 함량은 만 내부가 1.5% 이상으로 높은 값을 보였고, 입구에서는 1.0% 내외로 낮았다(Fig. 3-24). 최대 유기탄소 함량값은 정점 3에서 1.9%였고, 노도 배후의 정점 12에서는 섬에 의한 보호작

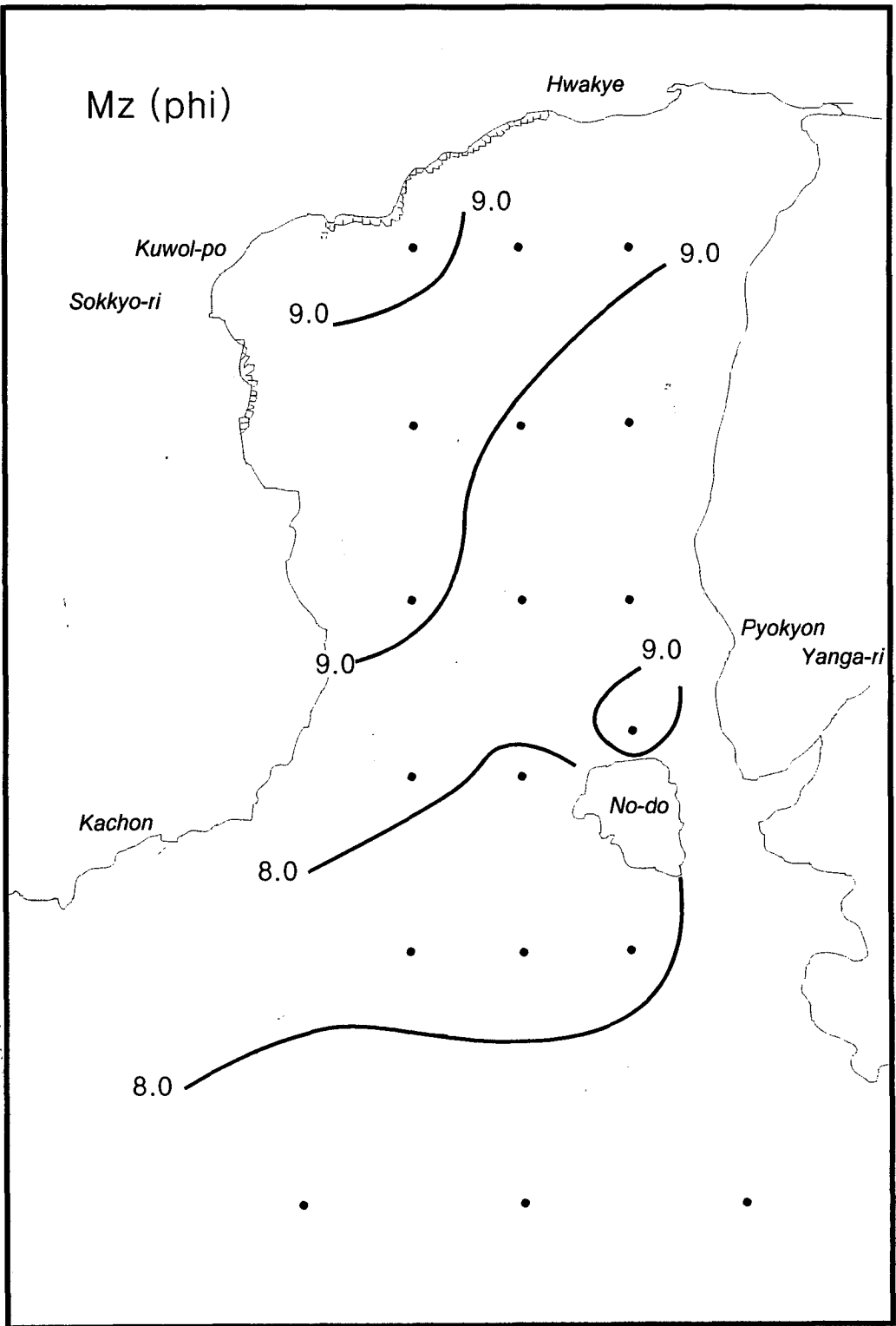


Fig.3-23. The spatial distribution of mean grain size of surface sediments in Aenggang Bay.

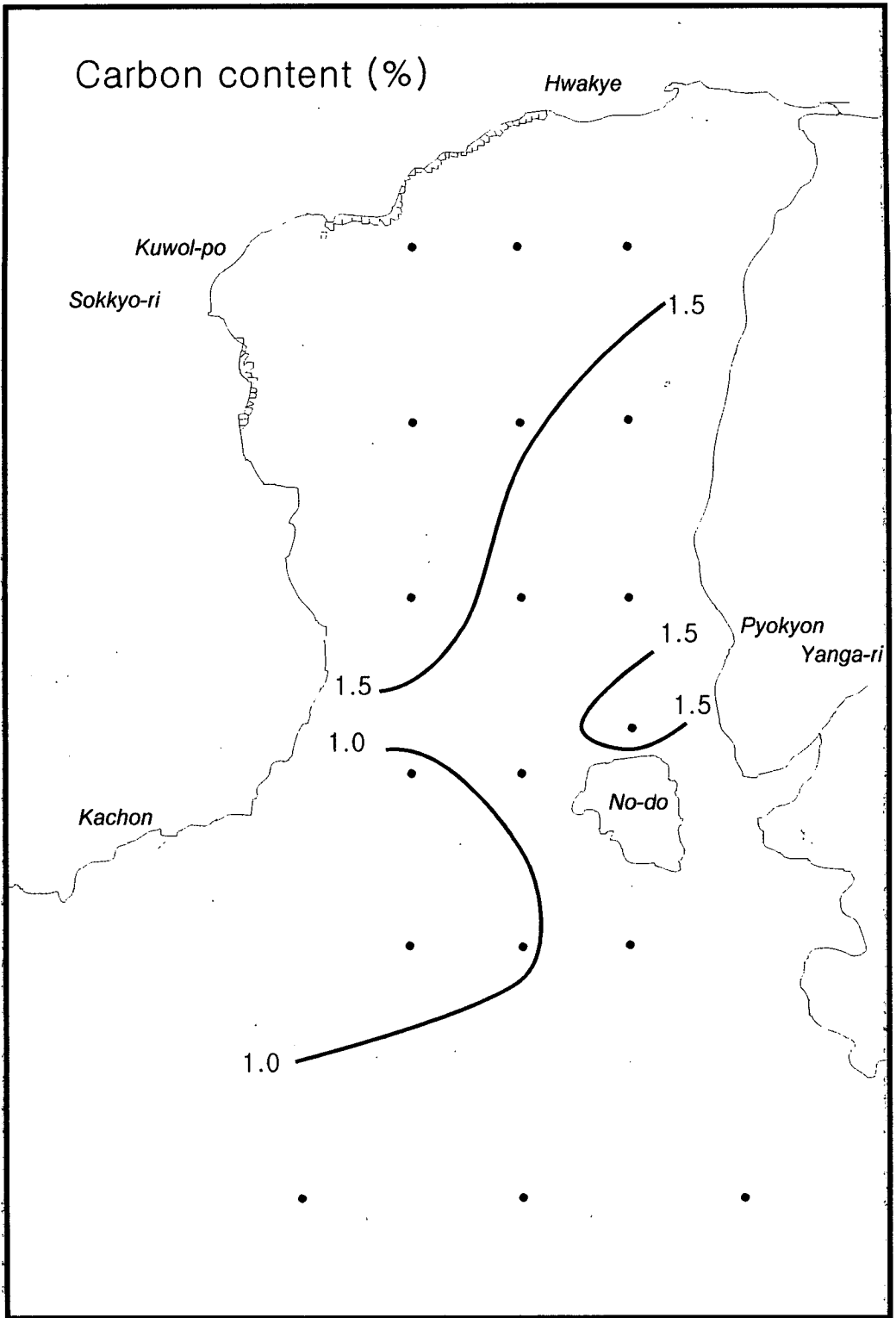


Fig.3-24. The spatial distribution of organic carbon content of surface sediments in Aenggang Bay.

용으로 세립질 입자들이 퇴적되고 있는 환경이며, 또한 배후에 위치한 가두리 양식장의 영향으로 유기탄소 함량이 1.6%로 인접 정점에 비해 다소 높았다.

3.2.2. 통영 연안역

○ 퇴적물 입도 조성

퇴적물의 입도는 섬에 인접한 조사정점에서는 평균입도(ϕ)값이 낮았으며 연명포 항과 항 입구 주변과 외해쪽의 정점들은 상대적으로 높았다 (Table 3-9). 연명포 입구의 정점 A, 2, 3, 6과 정점 7 그리고 외해쪽에 위치한 정점 H, I, L, M, 12, 13, 14, 15는 니질 퇴적상 (mud)이었으며, 정점 B와 D는 니질 자갈지역 (muddy gravel), 그리고 대장두도 앞 정점인 정점 5는 니질모래 (muddy sand)였다 (Fig. 3-25). 그밖에 정점들은 자갈이나 모래가 많이 섞인 니질 퇴적상 (gravelly mud와 sandy mud)이었다. 따라서 니질퇴적인 지역은 분급도가 낮았으나 니질자갈 지역에서는 매우 높았다. 퇴적물내의 니질퇴적물의 함량은 연안의 일부 지역을 제외하고는 90%가 넘었다 (Fig. 3-26).

그랩으로 조사정점당 3회 채취된 퇴적물에 포함되어 있는 자갈과 돌맹이의 무게는 조사정점 B에서 3,270.2g, 정점 D에서 3,317.7g으로 가장 높았고 정점 C, F, J 등에서는 1,000g에 가까웠다 (Table 3-10). 니질퇴적상인 정점 H, L, 15에서는 전혀 나타나지 않았거나 1g 이하였으며, 기타 니질 지역에서도 아주 낮았다. 저층에 자갈과 돌맹이가 많은 곳은 해안과 아주 접근한 정점이거나 섬들 사이에 놓인 정점들이었다, 반면에 정점 6과 같이 섬의 배후에 있는 정점들은 낮았다. 또한 연명포의 입구쪽을 제외하고는 연안에서 자갈이나 돌맹이의 비중이 높았고 상대적으로 외해쪽이 낮았다 (Fig.

Table 3-9. Sediment composition and characteristics of study area in
Tongyung coastal area

St.	Composition(%)				Sed.Type by Folk	Statistical Parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mz(Phi)	Std.	Skew.	Kurt.
1	5.81	3.06	37.39	53.75	gM	7.66	3.21	-1.85	6.66
2		7.63	46.33	46.05	M	7.80	2.20	-0.86	4.73
3		4.33	25.78	69.89	M	9.04	2.18	-0.66	3.89
4	1.75	13.16	38.16	46.93	(g)sM	7.38	2.96	-1.21	4.25
5	2.28	50.70	18.00	29.02	(g)mS	4.50	4.02	0.20	1.46
6		1.30	39.07	59.63	M	8.64	1.80	0.11	3.32
7		3.15	40.29	56.56	M	8.42	1.97	-0.31	4.00
8	6.01	6.32	34.25	53.42	gM	7.66	3.38	-1.38	4.66
9	7.85	12.68	24.33	55.74	gM	7.34	4.05	-1.13	3.34
10		15.24	22.04	62.72	sM	8.23	2.81	-0.69	2.72
11		6.48	19.81	73.71	M	9.17	2.33	-0.87	3.77
12		4.78	26.76	68.46	M	9.01	2.20	-0.52	3.31
13		1.81	27.45	70.74	M	9.18	1.96	-0.27	3.09
14		0.80	22.74	76.46	M	9.49	1.87	-0.15	2.44
15		3.62	51.66	44.72	M	7.94	1.87	0.01	3.65
A		2.59	31.18	66.24	M	9.03	2.13	-0.32	2.93
B	35.26	22.19	23.42	19.12	mG	2.97	4.79	0.22	1.54
C	11.52	23.22	27.83	37.43	gM	5.67	4.41	-0.44	1.83
D	40.86	9.74	25.00	24.40	mG	2.96	5.60	0.11	1.36
E	19.85	15.82	32.09	32.24	gM	4.81	4.89	-0.44	1.78
F	32.30	29.38	23.93	14.41	mG	2.14	4.78	0.46	1.83
G	19.72	24.70	33.37	22.21	gM	4.10	4.71	-0.07	1.65
H		3.15	26.25	70.60	M	9.15	2.15	-0.50	3.35
I		1.08	29.61	69.31	M	9.26	1.99	-0.08	2.30
J	8.37	7.86	24.46	59.32	gM	7.70	3.89	-1.28	3.88
K		10.79	20.24	68.97	sM	8.84	2.84	-0.93	3.32
L		3.17	19.65	77.18	M	9.65	2.17	-0.71	3.20
M		6.08	26.25	67.66	M	8.78	2.45	-0.49	2.56

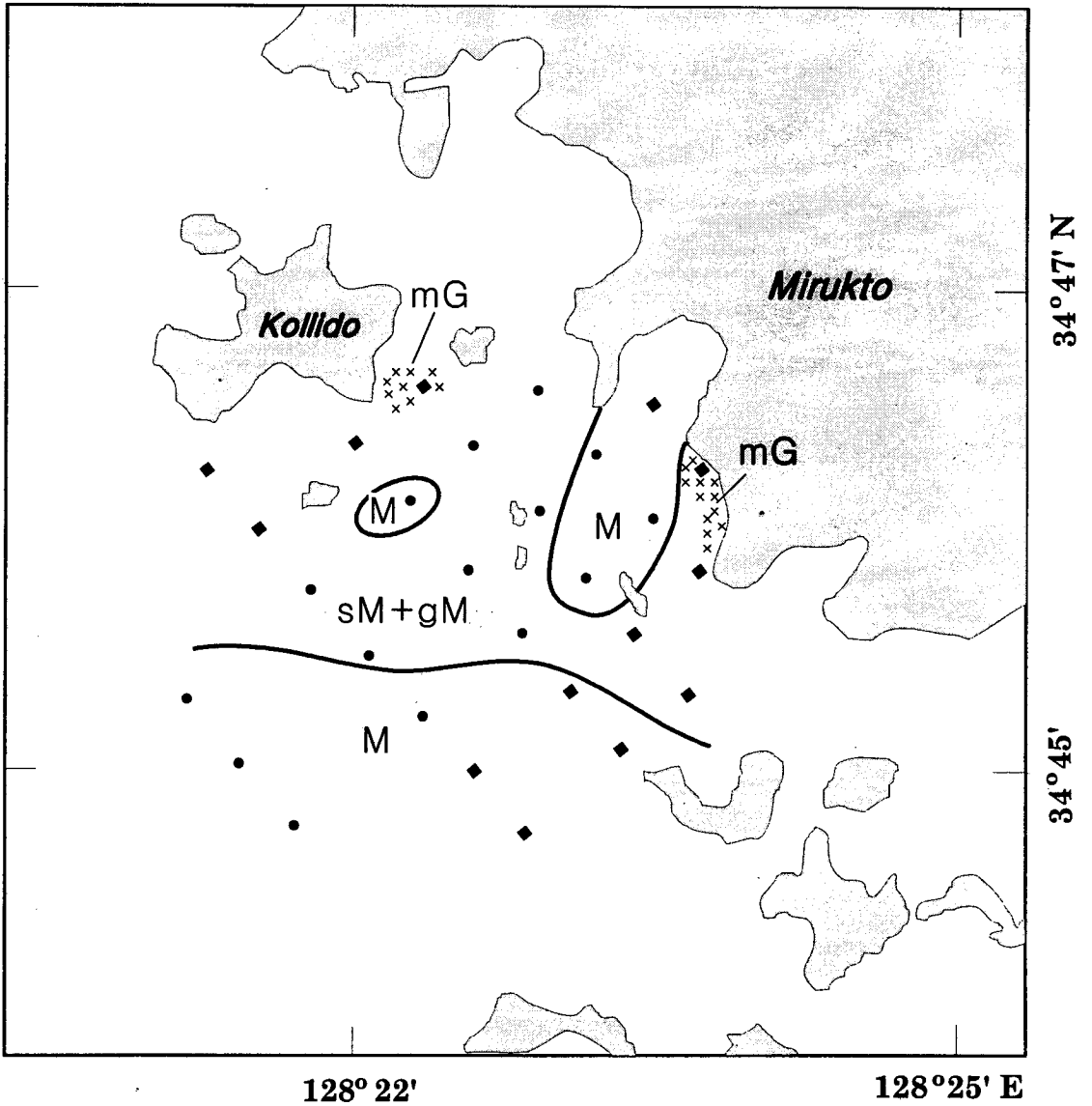


Fig.3-25. Bottom sediment facies of the study area, Tongyung coastal area.

(M : mud, sM : sandy mud, gM : gravelly mud, mG : muddy gravel)

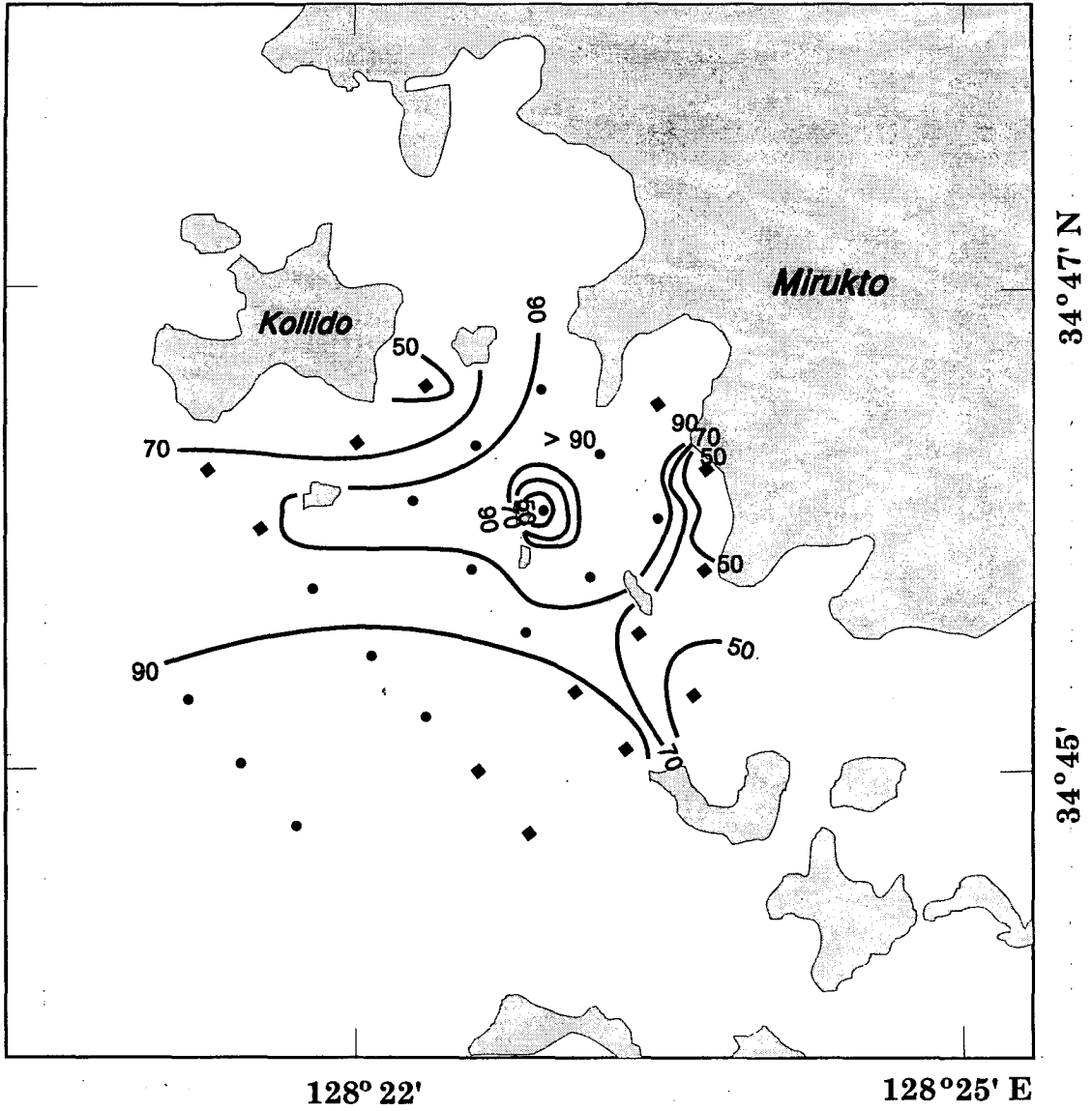


Fig.3-26. Distribution of mud(silt+clay,%) in sediment of the study area, Tongyung coastal area.

Table 3-10. Ratio of stones and shell fragments weight in the study area of
Tongyung coastal area (g/0.3m²)

Station	Stones	Shell fragments	Stone/ Shell(%)
1	110.4	4924.4	2.2
2	26.8	1957.6	1.4
3	141.1	1435.7	9.8
4	720.9	2793.7	25.8
5	657.5	3991.5	16.4
6	10.2	2118.2	0.5
7	669.2	2950.7	22.7
8	439.5	3270.1	13.4
9	459.9	3903.9	11.8
10	1.6	727.9	0.2
11	3.7	274.0	1.4
12			
13	1.4	30.8	4.5
14	1.2	12.3	9.8
15	0.1	436.1	0.0
A	2.3	466.1	0.5
B	3270.2	8576.3	38.1
C	925.2	13692.4	6.8
D	3317.7	7334.4	45.2
E	936.1	6104.1	15.3
F	1150.6	4991.1	23.1
G	274.6	7514.0	3.7
H	0.5	374.3	0.1
I	67.9	10994.5	0.6
J	958.5	3690.1	25.9
K	47.8	754.2	6.3
L	0.0	174.6	0.0
M	29.1	654.7	4.4

3-27). 이런 점으로 볼 때 조사지역의 저층 퇴적상에 가장 큰 영향을 주었을 조석류는 연안 가까이에서 강하고 저도수로에서 곤리포 쪽으로 강하게 흐르고 있음을 추정할 수 있다. 자갈과 돌맹이는 표면이 마모가 심하지 않은 해안의 바위조각으로 구성되어 있어서 지질사적으로 비교적 최근에 유입된 것으로 판단된다.

사각의 분포 양상도 자갈과 돌맹이의 분포양상과 비슷하였으나 미륵도 연안과 곤리도 앞의 정점들이 그 반대쪽 보다 훨씬 높았으며 이러한 경향은 자갈과 돌맹이의 분포보다 더 강하였다(Fig. 3-28). 특히 양식장들과 인접해 있는 조사정점 C와 I에서는 무게가 10kg이 넘었다. 곤리도와 접해 있으면서 미륵도 연안과 가까운 정점 D와 H 그리고 미륵도와 가장 가까이에 위치한 정점 B에서는 7kg이 넘었다. 반면에 니질 퇴적상인 정점 14, 15는 사각의 무게가 50g 이하였다 (Table 3-10).

○ 퇴적물의 유기물 함량

통영 연안역의 퇴적물내 유기물 함량은 장두도를 중심으로 유기탄소 함량이 4.5%로 최대값을 보였고, 외곽역으로 갈수록 감소하였으나 평균 유기탄소 함량이 2.2%에 이르는 높은 값을 보였다(Fig. 3-29). 미륵도 인접 연안에는 양식장들이 분포하고 있어서 유기탄소 함량이 3.3~3.8%로 높았고 수로역에서는 3% 이하의 다소 낮은 값을 보였다.

3.3. 식물 플랑크톤 및 기초생산

3.3.1. 앵강만

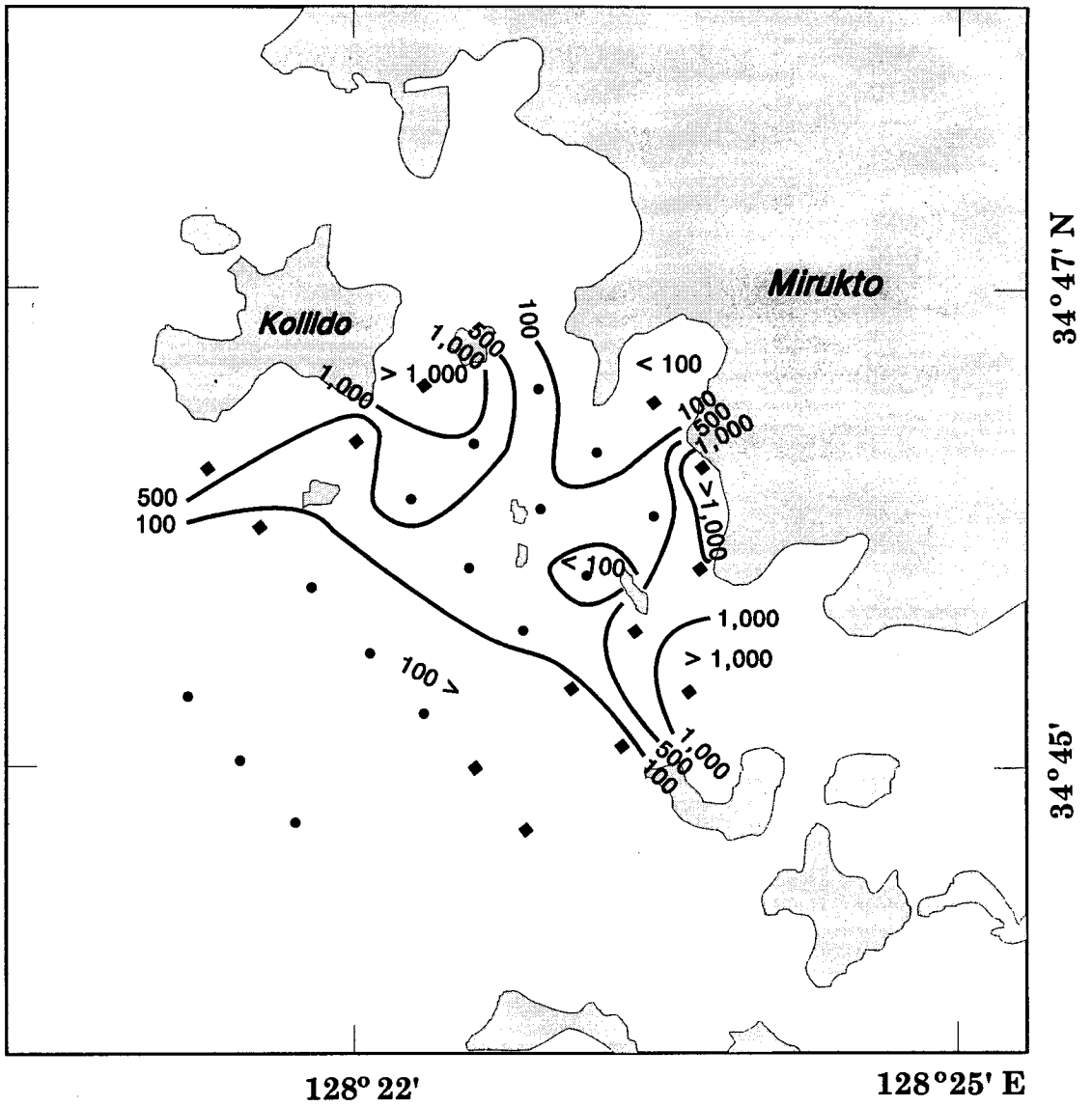


Fig.3-27. Distribution of gravels and stones($\text{g}/0.3\text{m}^2$) in sediment sampled in the study area of Tongyung coastal area (May, 1996).

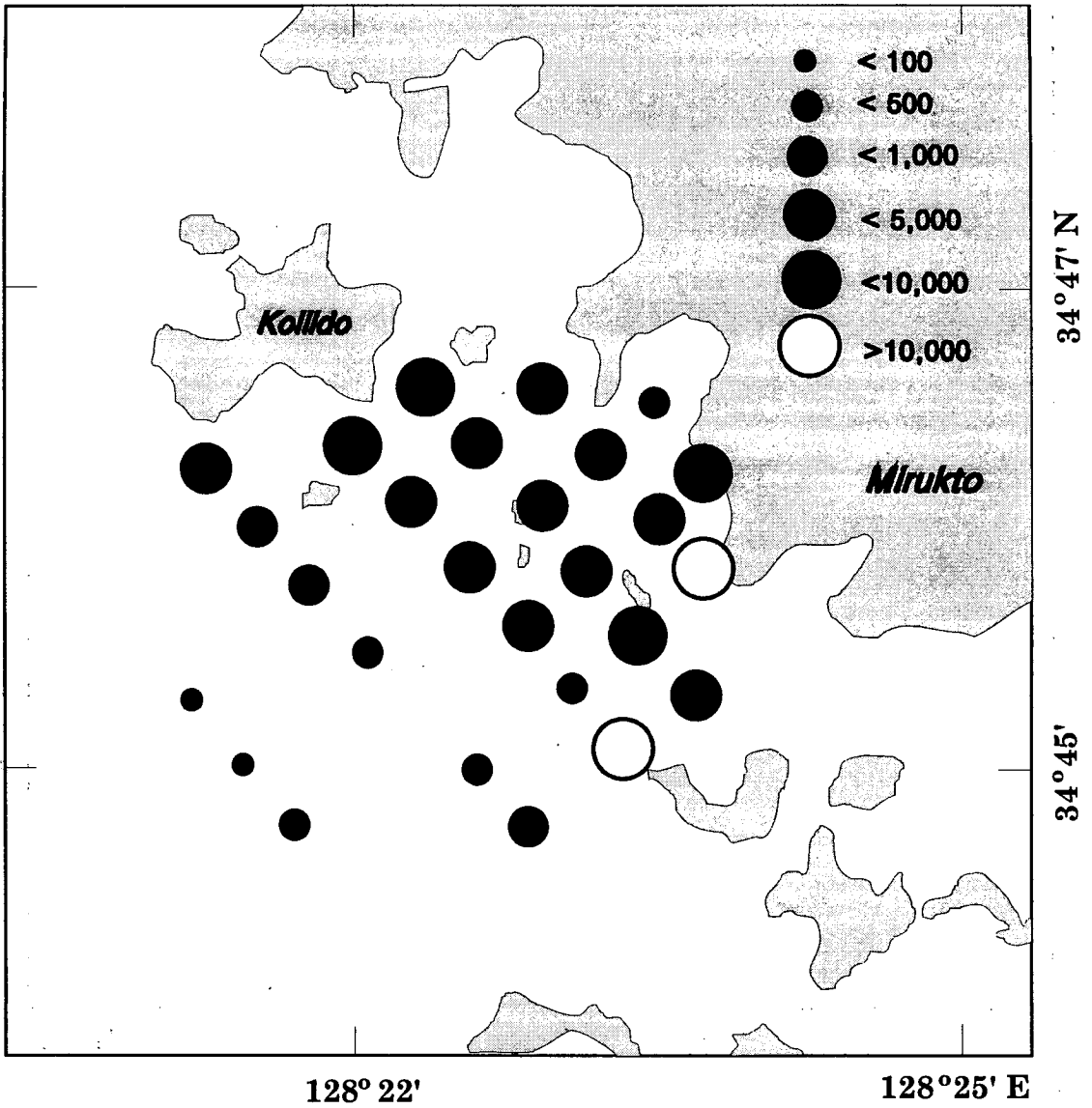


Fig.3-28. Distribution of shell fragments(g/0.3m²) in sediment sampled in the study area of Tonggyung (May 1996).

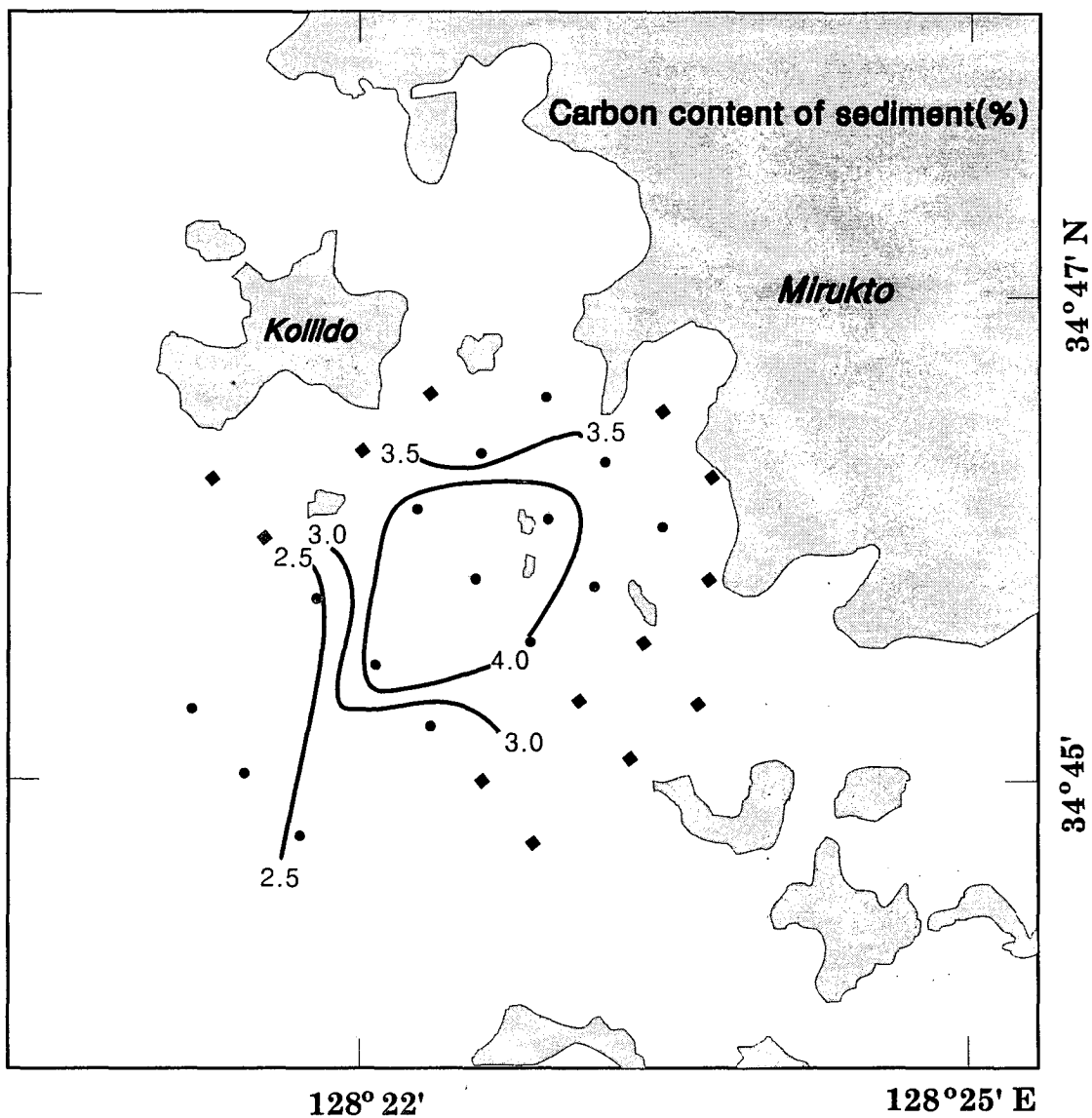


Fig.3-29. The spatial distribution of organic carbon content of surface sediments in Tongyung coastal area.

○ 현존량 (세포수)

95년 8월에 조사된 식물플랑크톤의 세포수는 380.2 - 896.0 cells ml⁻¹의 범위였다(Fig. 3-30). 같은 시기에 조사된 통영해역 보다는 약간 낮은 경향을 보인다. 각 정점간 분포 양상은 만 내부에서 만 입구로 가면서 감소하는 뚜렷한 구배를 보인다. 만 내부의 정점 3에서 약 900 cells ml⁻¹ 정도로 최대이며, 만 입구의 정점 10, 16, 18에서 약 400 cells ml⁻¹으로 최소를 보이고 그 사이의 정점은 중간 수준을 보인다.

○ 종조성 및 우점종

95년 8월에 조사에서 주로 출현한 분류군은 규조류와 와편모조류였다(Table 3-11). 이 해역 역시 통영과 마찬가지로 규조류가 압도적으로 우세해 전 정점에 걸쳐 97.9% 이상을 차지하고 있었다. 우점종으로는 전 정점에서 *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* 한 종이 총세포수의 대부분을 차지해 전체 군집을 대표하고 있었다.

○ 엽록소 a 및 기초생산력

엽록소 a의 분포는 95년 5월에 2.0~3.6 mg/m³, 8월에 2.5~5.34mg/m³의 분포를 보였으며 5월에는 만 내측과 외측의 차이가 크지 않았으나 8월 조사시에는 만 외측이 더 높은 것으로 나타났으며 표층보다 저층에서의 분포가 더 높은 것으로 나타났다(Table 3-12). 5월의 일차생산력은 4.00~37.74 μg-C/m³/h 였으며 8월 표층의 일차생산력은 7.2~45.9 μg-C/m³/h의 범위를 보였는데 5월과 8월 모두 만 내측에서의 생산력이 높은 것으로 나타났다(Table 3-12). 일차생산력을 엽록소 a의 농도로 나눈 동화계수는 5월에 1.38~15.7(평균 7.1)이었으며 표층에서 평균 10.94, 저층에서 평균 3.22로 표층에서의 동화계수가 높았다. 8월의 표층에서는 1.35~18.07의 범위를 보

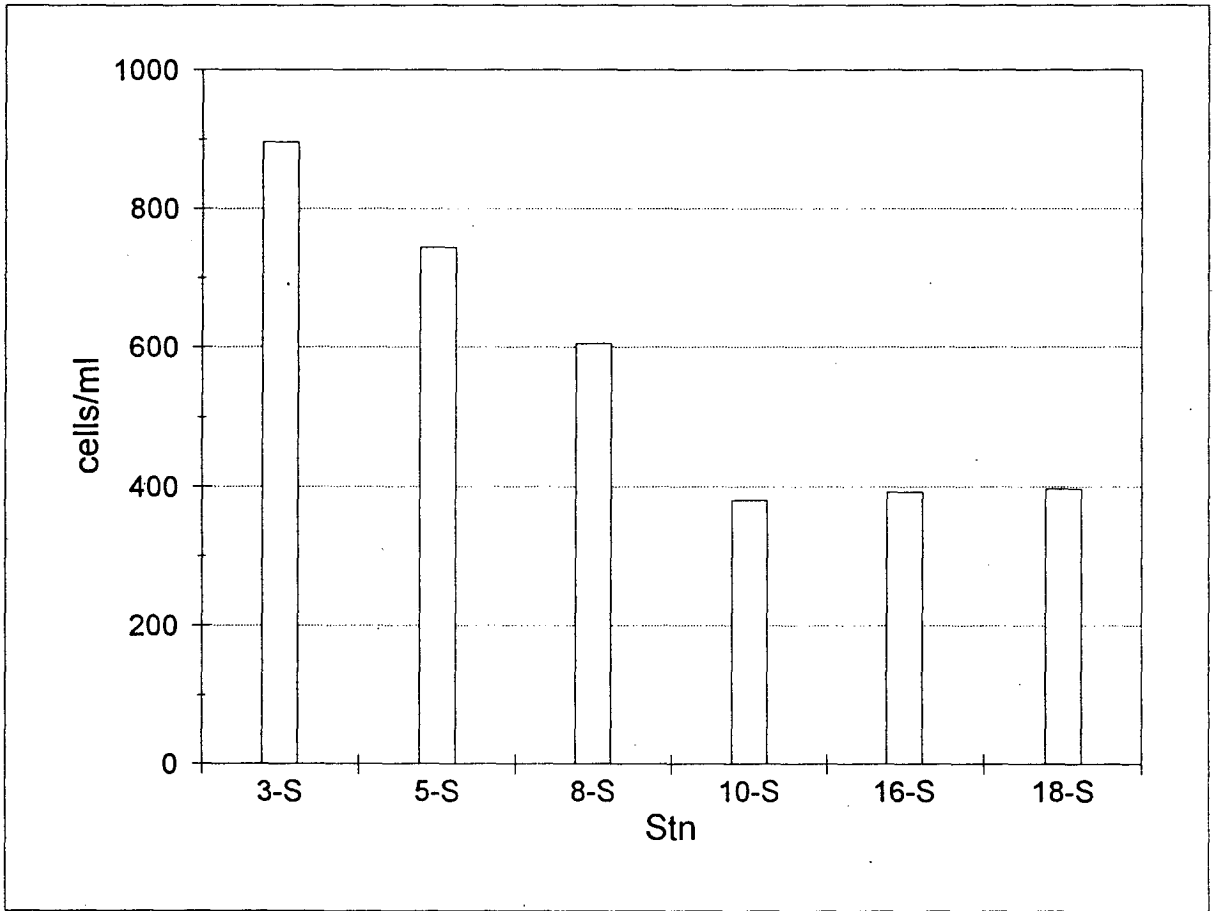


Fig.3-30. Phytoplankton cell densities of Aenggang Bay.

Table 3-11. Dominant species of phytoplankton in Tongyoug coastal area

Tongyong 9508					Station			
Species	1-S	3-S	7-S	9-S	10-S	12-S	13-S	15-S
<i>Chaetoceros affinis</i>	200	113	119	++	++	++	++	-
<i>Chaetoceros compressus</i>	356	200	++	100	194	138	-	++
<i>Nitzschia seriata</i>	181	294	181	150	138	244	++	106
<i>Rhizosolenia setigera</i>	144	194	331	238	231	144	369	306

Tongyong 9511					Station			
Species	1-S	3-S	7-S	9-S	10-S	12-S	13-S	15-S
<i>Chaetoceros debilis</i>	++	+	++	++	++	++	++	++
<i>Nitzschia closterium</i>	+	+	++	+	+	+	+	++
<i>Paralia sulcata</i>	++	+	-	-	+	-	-	-

* - : absent, + : <10, ++ : <100, numbers in cells/ml

Table 3-12. Distribution of chl.-a(mg/m^3) and primary productivity($\text{mg-C}/\text{m}^3/\text{hr}$) at each site in Aenggang Bay

Station	May 1995		Aug. 1995	
	Chl. a (mg/m^3)	PP ($\mu\text{g-C}/\text{m}^3/\text{h}$)	Chl. a (mg/m^3)	PP ($\mu\text{g-C}/\text{m}^3/\text{h}$)
3-0	2.27	34.49	2.54	45.9
3-B	3.60	25.69	4.27	
5-0	2.14	22.17	3.07	33.3
5-B	2.00	9.08	4.01	
10-0	2.40	37.74	3.74	29.5
10-B	2.27	3.13	5.21	
16-0	2.27	17.40	5.34	7.2
16-B	2.80	4.00	4.01	
18-0	3.07	17.71		
18-B	2.54	4.08		

였으나 3번 정점의 18.1을 제외하면 평균 2.4로 가을 및 겨울(임 등, 1995)과 비슷한 수준인 것으로 나타났다. 위의 결과로 보아 8월 조사시기에는 이미 식물플랑크톤이 쇠퇴기에 접어든 것으로 사료된다.

3.3.2. 통영 연안역

○ 현존량

95년 8월과 11월에 조사된 식물플랑크톤의 세포수를 Fig. 3-31에 나타냈다. 8월의 세포수는 562.5 - 1493.8 cells ml⁻¹ 범위로 비교적 높은 수준이었다. 특히 안쪽의 정점 1과 3에서 가장 높아 각각 1400 cells ml⁻¹ 이상으로 매우 높은 값을 보였다. 한편, 가장 바깥쪽에 위치한 정점 13과 15에서 가장 낮아 정점 15에서는 600 cells ml⁻¹ 이하의 최소값을 보였다. 중간에 위치한 정점에서는 그 사이 값을 보여 전반적으로 볼 때 식물플랑크톤의 세포수는 안쪽에서 바깥쪽으로 가면서 감소하는 경향을 보인다. 11월에 조사된 세포수는 51.6 - 83.8 cells ml⁻¹ 의 범위로 8월 조사에 비해 상당히 감소한 양상을 보였다. 그러나 각 정점간의 차이가 심하지 않아 뚜렷한 특성이 없는 비교적 균등한 분포를 보였다.

○ 종조성 및 우점종

조사기간중 주로 출현한 분류군은 규조류, 와편모조류, 그리고 규질편모조류 등이었다. 높은 세포수를 보인 95년 8월에는 전 정점에서 규조류가 총 세포수의 97.9 % 이상을 차지하고 있어 압도적으로 우세한 분류군으로 나타났다. 그외의 분류군으로는 소량의 와편모조류가 나타났다. 세포수가 상당히 감소한 11월에도 규조류가 압도적인 우세를 보여 전 정점에서 88.1 % 이상을 총세포수에서 차지했다. 그외 소량의 와편모조류와 규질편모조류가 출현

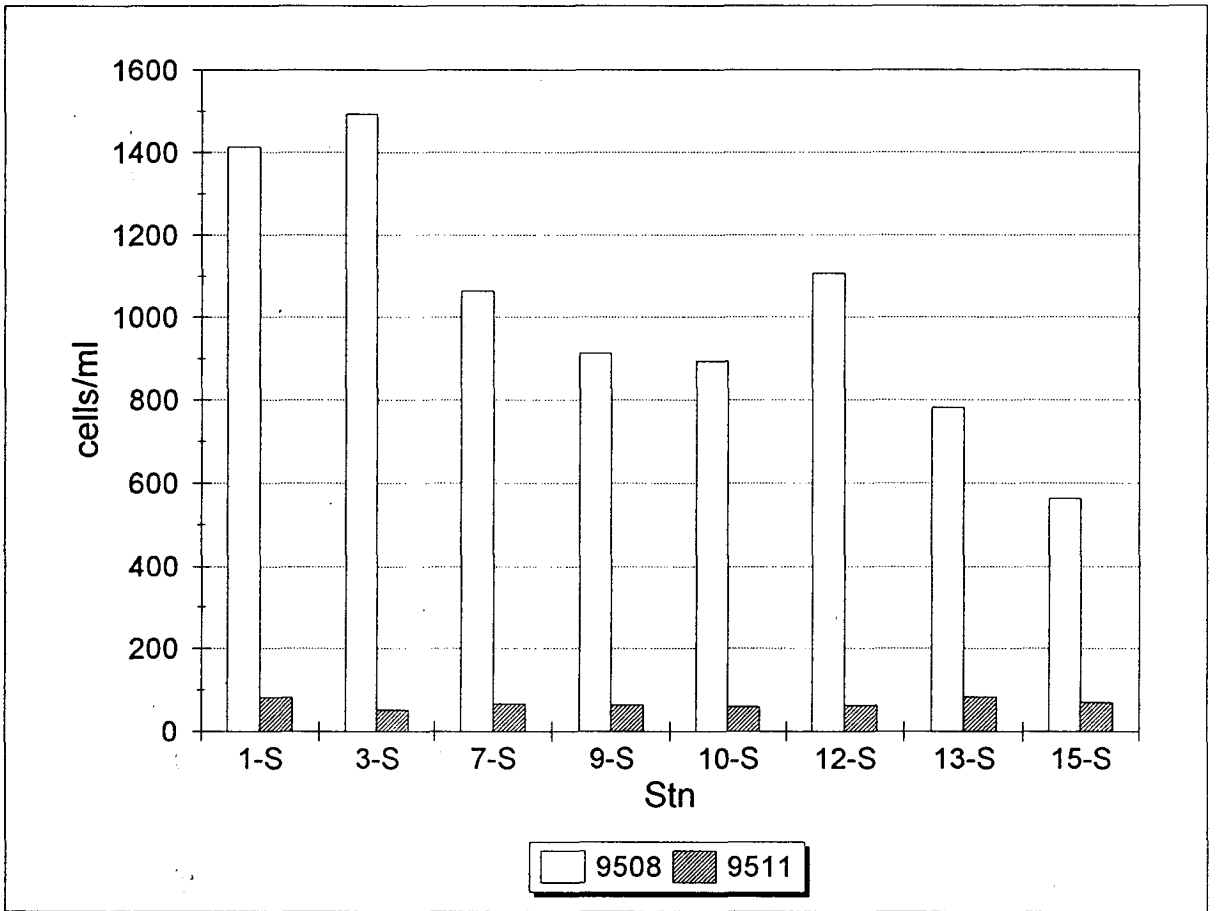


Fig.3-31. Phytoplankton cell densities of Tongyung coastal area.

하고 있다.

각 정점에서 총세포수의 10 % 이상을 차지하며 전반적으로 출현빈도가 높은 종을 우점종으로 선택하여 Table 3-11 에 나타냈다. 95년 8월 조사에서는 *Rhizosolenia setigera*, *Nitzschia seriata*가 가장 우세하게 나타났으며, *Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros affinis* 등이 우점종으로 출현했다. 낮은 세포수를 보인 11월 조사에서는 *Chaetoceros debilis*, *Nitzschia closterium*, *Paralia sulcata* 등이 우세하게 나타난다.

3.4. 미생물

3.4.1. 앵강만

○ 총세균수 및 종속영양세균수

95년 5월의 총세균수는 $3.1\sim 9.3 \times 10^5$ cells/ml의 분포를 보였으며, 8월에는 $0.7\sim 1.8 \times 10^6$ cell/ml로 8월에 높은 분포를 보였다(Table 3-13). 5월과 8월 모두 표층보다는 저층에서의 총세균수가 더 높은 분포를 보였으며 만 내측과 외측의 차이가 나타나지 않는 비교적 고른 분포를 보였다. 조사기간중의 총세균수 분포는 $3.7\sim 4.9 \times 10^5$ cells/ml를 보인 겨울철(임 등, 1995)에 비해 증가한 것으로 나타났으며 대한해협(제 등, 1994), 동해남서부(유 등, 1995), 경기만 외해역(강 등, 1990) 등에 비해서는 다소 높은 분포를 보였으나 경기만 연안(강 등, 1990), 군산인근해역(이 등, 1991)에 비해서는 낮은 분포를 보여 앵강만의 총세균수 분포는 연안해역보다는 낮고 외해역에 비해서는 비슷하거나 높은 분포를 보이는 것으로 나타났다.

95년 5월의 종속영양세균수는 145~1125 CFU/ml의 범위를 보였으며 수심이 얇은 3번정점의 저층에서 1125 CFU/ml로 최고값을 보였다(Table

Table 3-13. Distribution of total bacterial number(TBN), bacterial biomass(BBM), heterotrophic bacterial number(HBN), bacterial productivity(BP) and turn-over rate of ¹⁴C-glucose(Tr-glc.) at each site in Aenggang Bay

Sampling Period	Station	TBN (cells/ml)	BBM (ug-C/l)	BP (ug-C/l/hr)	Tr-glc. (%/hr)	HBN (CFU/ml)
May 1995	3-0	3.7 x 10 ³	6.31	0.20	2.58	495
	3-B	9.3 x 10 ⁵	13.88	0.14	0.01	1125
	5-0	3.7 x 10 ⁵	6.17	0.15	0.04	150
	5-B	3.5 x 10 ⁵	6.07	0.28	0.06	165
	10-0	3.5 x 10 ⁵	6.29	0.37	0.16	450
	10-B	4.5 x 10 ⁵	7.12	0.28	0.02	200
	16-0	3.2 x 10 ⁵	5.71	0.28	0.01	510
	16-B	4.6 x 10 ⁵	7.47	0.42	0.05	150
	18-0	3.1 x 10 ⁵	5.56	0.16	0.10	195
18-B	4.8 x 10 ⁵	7.86	0.22	0.05	145	
Aug. 1995	3-0	7.5 x 10 ³	13.78	1.23	0.13	
	3-B	1.6 x 10 ⁶	27.29	1.21	0.03	
	5-0	8.0 x 10 ⁵	13.87	0.80	0.08	
	5-B	1.5 x 10 ⁶	23.70	1.27	0.14	
	10-0	1.0 x 10 ⁶	17.28	0.24	0.05	
	10-B	1.8 x 10 ⁶	30.07	0.87	0.14	
	16-0	7.0 x 10 ⁵	12.32	0.74	0.06	
	16-B	1.1 x 10 ⁶	18.86	1.54	0.09	

3-13). 평균적으로는 표층에서 360 CFU/ml, 저층에서 357 CFU/ml로 표층과 저층의 차이가 보이지 않았으나 10, 16번정점에서는 표층의 종속영양세균수가 저층의 2배이상 높은 값을 보여 표층에서의 세균활성이 높은 것으로 사료된다. 5월의 종속영양세균수는 1월(임 등, 1995)에 비해 2배 이상 높은 값을 보였으며 동시기 동해남서부에 비해서도 높은 분포를 보였으나 대한해협(제 등, 1992)과는 비슷한 수준이었으며 군산부근 조간대(Lee *et al.*, 1990), 인천연안(강 등, 1990)에 비해서는 낮은 범위를 보여 종속영양세균수의 분포로 볼 때 앵강만은 저영양상태인 것으로 사료된다.

○ 종속영양활성

^{14}C -glucose 의 전환율로 구한 세균의 종속영양활성은 95년 5월에 0.01~2.58 %/h, 8월에 0.03~0.14 %/h 의 범위를 보였으며 2.58 %/h의 높은 비율을 보인 정점 3의 표층을 제외하면 전체적으로 매우 낮은 값을 보였다(Table 3-13). 종속영양활성도의 수심에 따른 분포는 총세균수와 마찬가지로 표층보다는 저층에서 좀 더 높은 것으로 나타났으며 5월에 비해 8월에 더 높은 값을 보여 표층에서의 활성이 더 높았던 가을, 겨울과 대조를 보였다. 포도당의 전환율로 측정된 앵강만의 종속영양활성은 대한해협(제 등, 1994), North Sea(Lancelot and Billen, 1984), 경기만 연안(강 등, 1990) 및 앵강만의 가을과 겨울(임 등, 1995)에 비해서도 매우 낮았으며, 경기만의 외해역(강 등, 1990)과 비슷한 수준으로 나타났다.

○ 세균생산력

95년 5월의 세균생산력은 0.14~0.42 $\mu\text{g-C/l/h}$ 의 범위를 보였으며 8월에는 0.74~1.54 $\mu\text{g-C/l/h}$ 의 범위를 보였다(Table 3-13). 5월의 세균생산력은 94년 11월에 비해 낮은 값을 보였으나 8월의 경우에는 높은 세균수의 분

포에 비례하여 세균생산력도 높은 것으로 나타났다. 세균생산력의 수심에 따른 분포는 총세균수의 분포와 마찬가지로 대부분의 정점에서 저층에서 더 높은 것으로 나타났다. 앵강만의 세균생산력은 대한해협 주변해역(제 등, 1992, 1993), 경기만 외해역(강 등, 1990)과 비교해 다소 높은 수준이었으나 La Salvaje Beach(Barcina *et al.*, 1992), Sapelo Isl.(Sherr *et al.*, 1989) 등의 연안역에 비해서는 낮은 것으로 나타났다.

○ 유기물분해능

β -D-glucosidase의 활성으로 측정된 다당류의 가수분해율(Hr)은 95년 5월에 0.05~0.24 %/h, 8월에 0.17~0.37 %/h였으며 최고가수분해속도(V_{MAX})는 5월에 8.67~14.29 nM/l/h, 8월에 5.99~8.74 nM/l/h로 5월에 더 높은 분해능을 보였다. Chitinase의 경우에도 가수분해율은 5월에 0.03~0.19 %/h, 8월에 0.02~0.06 %/h로 5월에 더 높았으나 V_{MAX} 의 경우에는 5월에 2.8~5.6 nM/l/h, 8월에 1.7~10.6 nM/l/h로 8월에 더 높은 것으로 나타났다. Aminopeptide의 가수분해율은 5월에 0.16~0.51 %/h, 8월에 0.18~0.58 %/h로 8월에 약간 더 높았으며 V_{MAX} 는 5월에 14.4~42.6 nM/l/h, 8월에 7.3~14.3 nM/l/h로 5월에 높은 값을 보였다(Table 3-14). 조사기간 중 aminopeptidase의 V_{MAX} 및 가수분해율은 대서양 북동부에서 측정된 값과 비슷하거나 낮은 수준이었다(Hoppe *et al.*, 1993).

해양환경에서 세균에게 공급되는 유기물의 대부분은 고분자형태를 지니며 이들 고분자유기물을 곧장 이용이 가능한 저분자물질로 분해시키기 위하여 미생물은 aminopeptidase, glucosidase 등을 비롯한 다양한 종류의 가수분해효소를 세포외로 분비한다(Chróst, 1990). 따라서 저분자형태의 유기물이 부족할 경우 세균은 세포외로 다량의 효소를 분비하여 활성이 왕성해 지지만 저분자유기물이 풍부할 경우에는 활성이 상대적으로 약해지게 된다.

Table 3-14. Distribution of extracellular enzyme activity at each site in Aenggang Bay

Sampling Period	Station	Aminopeptidase		β -glucosidase		Chitinase	
		V _{MAX} (nM/l/hr)	Hr (%/hr)	V _{MAX} (nM/l/hr)	Hr (%/hr)	V _{MAX} (nM/l/hr)	Hr (%/hr)
May 1995	3S	42.56	0.16	10.30	0.16	2.81	0.07
	3B	35.07	0.31	14.29	0.05	4.46	0.15
	5S		0.35	11.87	0.17	3.19	0.03
	5B	29.33	0.37	12.07	0.21	4.76	0.04
	10S	30.95	0.41	10.19	0.24	3.19	0.15
	10B	36.35	0.36	10.28	0.15	5.10	0.12
	16S	28.58	0.36	10.20	0.07	3.90	0.19
	16B	17.57	0.35	8.67	0.12	5.63	0.10
	18S	28.24	0.19	10.87	0.20	2.76	0.17
	18B	14.39	0.51	12.97	0.16	3.65	0.19
Aug. 1995	3S	7.28	0.58	5.99	0.37	10.64	0.06
	3B	7.61	0.34	7.01	0.28	7.47	0.03
	5S	9.23	0.18	6.46	0.24	7.45	0.03
	5B	10.49	0.24	6.10	0.22	9.65	0.02
	10S	10.33	0.25	7.11	0.16	6.53	0.04
	10B	14.30	0.39	7.24	0.17	8.34	0.02
	16S	11.22	0.26	8.74	0.23	4.32	0.03
	16B	11.77	0.24	7.77	0.27	1.67	0.04

앵강만의 총세균수와 생산력은 8월에 가장 높게 나타났으나 종속영양활성이 나 세포외효소활성은 다른 계절에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났는데 이는 시기적으로 보아 이미 수층에 저분자유기물이 충분히 공급되어 있기 때문인 것으로 추측된다.

3.4.2. 통영 연안역

○ 총세균수

조사기간 중 총세균수는 $7.6 - 29 \times 10^5$ cells/ml 의 범위로 분포하였으며 8월보다 11월, 1월에 더 높은 분포를 보였으며 6월에 상대적으로 낮은 분포를 보이는 것으로 나타났다. 특히 5, 8번정점의 저층을 제외하면 11월보다 1월에 더 높은 총세균수의 분포를 보여 전반적으로 총세균수가 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3-32).

○ 종속영양세균수

종속영양세균수는 200 - 3720 CFU/ml 의 분포를 보였다. 육지에 가까운 2번정점과 수심이 얇은 5번 정점에서는 11월에 가장 높은 분포를 보였으며 1월에도 8월과 비슷한 수준을 유지하는 것으로 나타나 총세균수의 분포와 비교적 유사한 계절적 경향을 보였다(Fig. 3-33). 그러나 8번정점의 표층에서는 8월에 비해 11월, 1월에 낮은 분포를 보이는 것으로 나타나 차이를 보였다. 종속영양세균수의 이와같은 분포는 290~44,800 CFU/ml의 범위를 보인 양식장 내부 및 그 주변, 군산부근 조간대(Lee *et al.*, 1990), 여수연안(정과 신, 1996) 등에 비해서는 비교적 낮았으며 경기만 외해역(장 등, 1990)이나 대한해협(제 등, 1994)에 비해서는 높은 범위에 속하였다. 또한 8월의 동중국해(정과 신, 1996)와 비교해 비슷한 분포를 보이는 것으로 나타

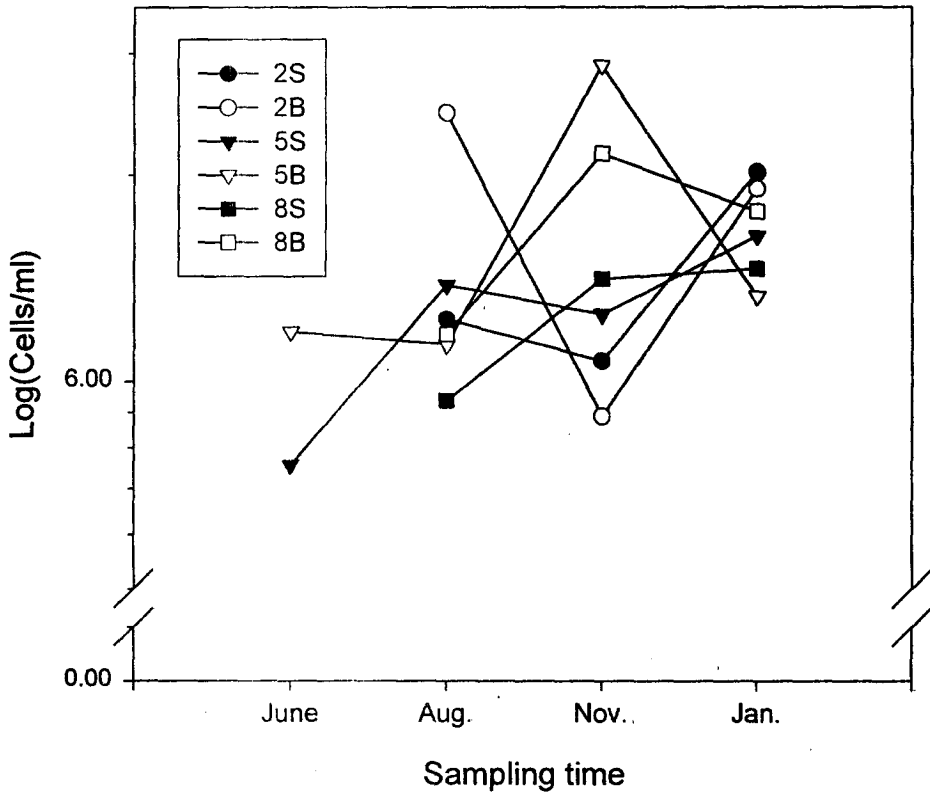
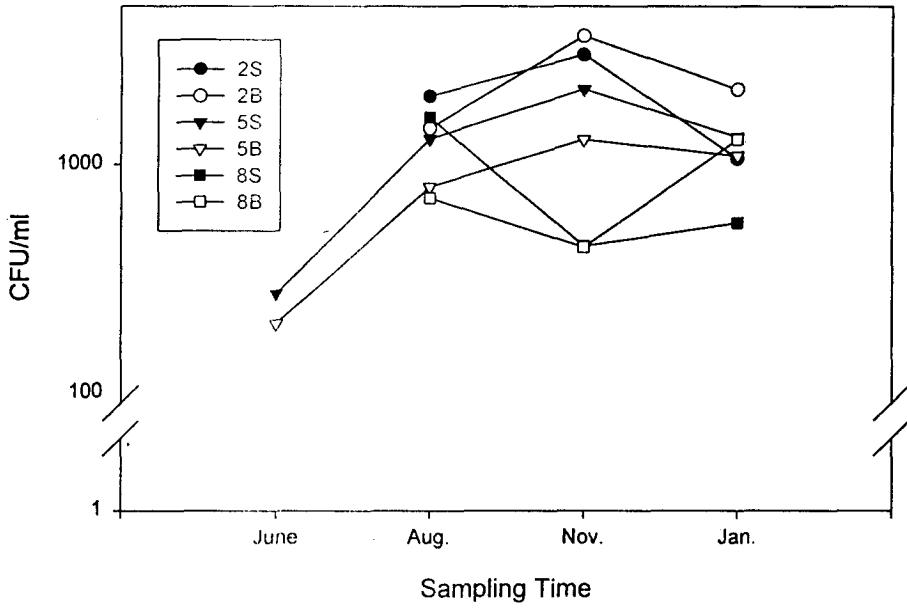


Fig.3-32. Fluctuations of total bacterial number at each sampling site of Tongyung caostal area (S=surface layer, B= bottom layer).

a) Water column



b) Sediment

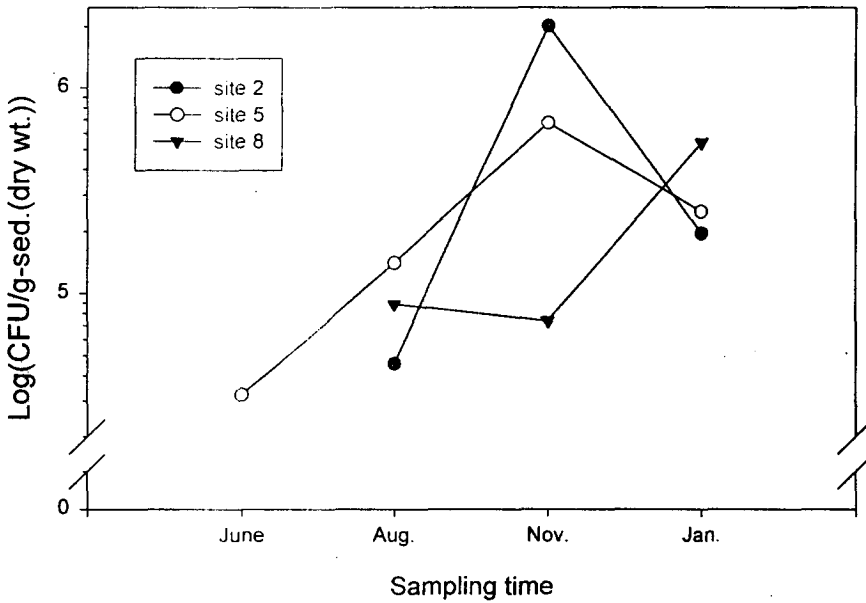


Fig.3-33. Fluctuations of heterotrophic bacterial number at each sampling site Tongyung coastal area (S=surface layer, B= bottom layer).

a) Water column

b) Sediment

나 본 조사정점들의 경우 유기오염의 영향이 적은 것으로 판단된다.

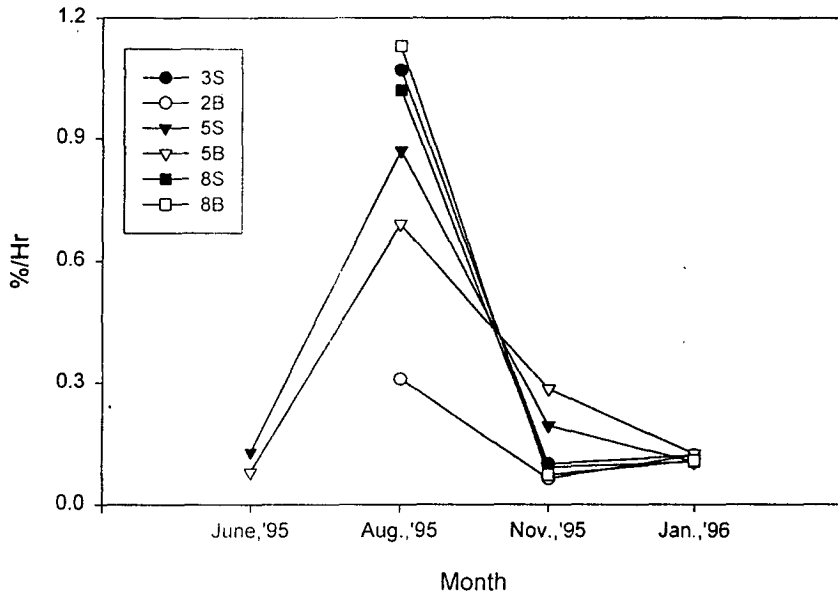
퇴적토에서의 종속영양세균수는 $4.58 \times 10^4 \sim 2.01 \times 10^6$ CFU/g(dry wt.)의 분포를 보였으며 2번정점과 5번정점에서는 수층에서와 같이 11월에 상대적으로 높은 분포를 보였으며 8번정점에서는 1월에 높은 분포를 저층수에서의 종속영양세균수 분포와 동일한 경향을 보였다(Fig. 3-33). 본 정점 퇴적토에서의 종속영양세균수 분포는 서천연안(최와 이, 1996), 남해퇴적토(김과 이, 1992), 2월의 양식장 저층 등에 비해서는 낮은 범위에 속하였으며 금강하구(이, 1987)와 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

○ 세균의 세포의 단백질가수분해효소 활성

Amino-peptidase는 aminopeptide 즉 단백질성분을 아미노산과 같은 저분자물질로 가수분해시켜 세균이 이용 할 수 있도록 만든다. 수층에 존재하는 저분자유기물이 부족해 질 경우 세균은 부족한 저분자유기물의 원활한 공급을 위하여 세포의 가수분해효소를 왕성하게 생산하여 고분자 유기물을 저분자로 분해하고자 하게 되며 결과적으로 leu-MCA로 대표되는 고분자유기물의 가수분해속도(V_{MAX})가 높아지게 된다. 따라서 aminopeptide의 가수분해율 및 최고가수분해도로부터 대상생태계의 유기물 수지의 지표가 된다.

leu-MCA를 기질로하여 측정한 세포의 aminopeptidase 활성은 11월에 높은 분포를 보인 총세균수 및 종속영양세균수와는 달리 8월에 높은 값을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 3-34). Aminopeptide의 가수분해율은 정점 8의 저층에서 1.13 %/h 로 최고값을 보였으며 모든 정점에서 8월에 가장 높은 분포를 보였으며 1월에는 정점간의 차이를 거의 보이지 않는 것으로 나타났다. 최고가수분해속도는 8월에 정점 5의 저층에서 37.5 nM/1/h 로 가장 높은 값을 보였으며 정점3의 저층에서는 11월에 더 낮은 값을 보여 가수분해율과는 차이를 보였으며 정점간, 계절간의 차이도 가수분해율에 비해 작

a) Hydrolysis rate



b) Maximum velocity

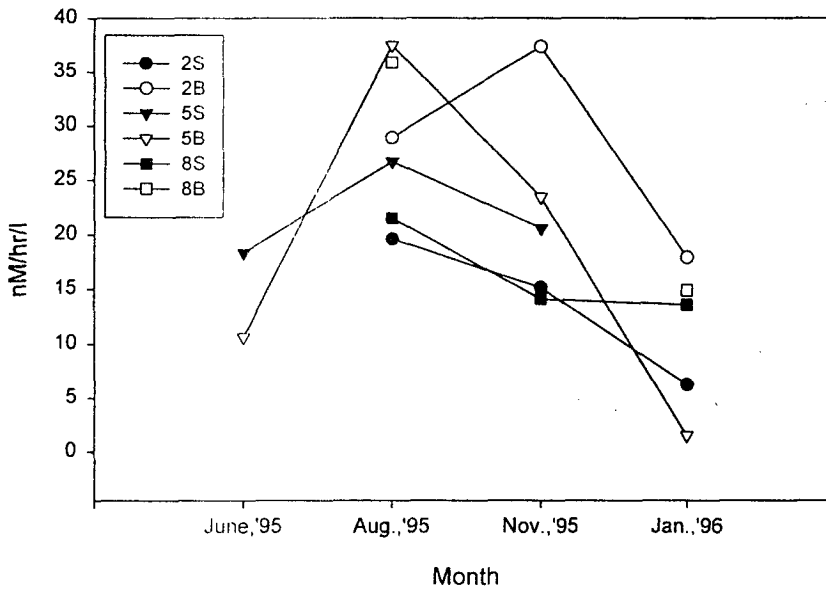


Fig.3-34. Fluctuations of aminopeptidase activity at each sampling site

Tongyung coastal area (S=surface layer, B= bottom layer.)

a) Hydrolysis rate

b) Maximum velocity

은 것으로 나타났다. 이와같은 aminopeptidase의 활성은 대서양 북동부에서 측정된 값과 비슷하거나 낮은 수준(Hoppe *et al.*, 1993)으로 조사해역의 유기물수지가 낮은 것을 반영하는 것으로 사료된다.

○ 아미노산 이용능

^{14}C -leucine의 최고동화속도는 8월에 가수분해율이 높고 최고가수분해속도가 빠른 정점 8의 저층에서 0.36 nM/l/h로 높게 나타났으며 다음으로 정점 5의 저층에서 높은 값을 보였다(Fig. 3-35). 아미노산 이용능도 aminopeptide의 가수분해율과 마찬가지로 8월에 가장 높은 분포를 보인 후 11월, 1월로 가면서 급격히 감소하는 것으로 나타나 8월보다는 11월에 더 높은 분포를 보인 총세균수 및 종속영양세균수와는 일치하지 않는 경향을 보였다. 일반적으로 종속영양세균수는 쉽게 이용가능한 유기물의 양과 전체적인 미생물의 활성을 반영하지만(김과 이, 1992) 본 정점들에서 종속영양세균수가 활성과 일치하지 않는 경향을 보인것은 본 정점들의 경우 세균의 활성이 수온, 영양염 등의 물리화학적인 요소에 크게 영향을 받고 있기 때문인 것으로 사료된다.

3.5. 동물플랑크톤

3.5.1. 앵강만

○ 종 조성

조사기간 중 출현한 동물플랑크톤은 야광충, 강장동물, 모악동물, 지각류, 요각류, 기타 유생 등으로 분류되었다. 이 중 요각류가 가장 많은 출현 종수를 보였다. 조사 기간동안 출현한 요각류는 *Acartia clausi*, *A. steueri*,

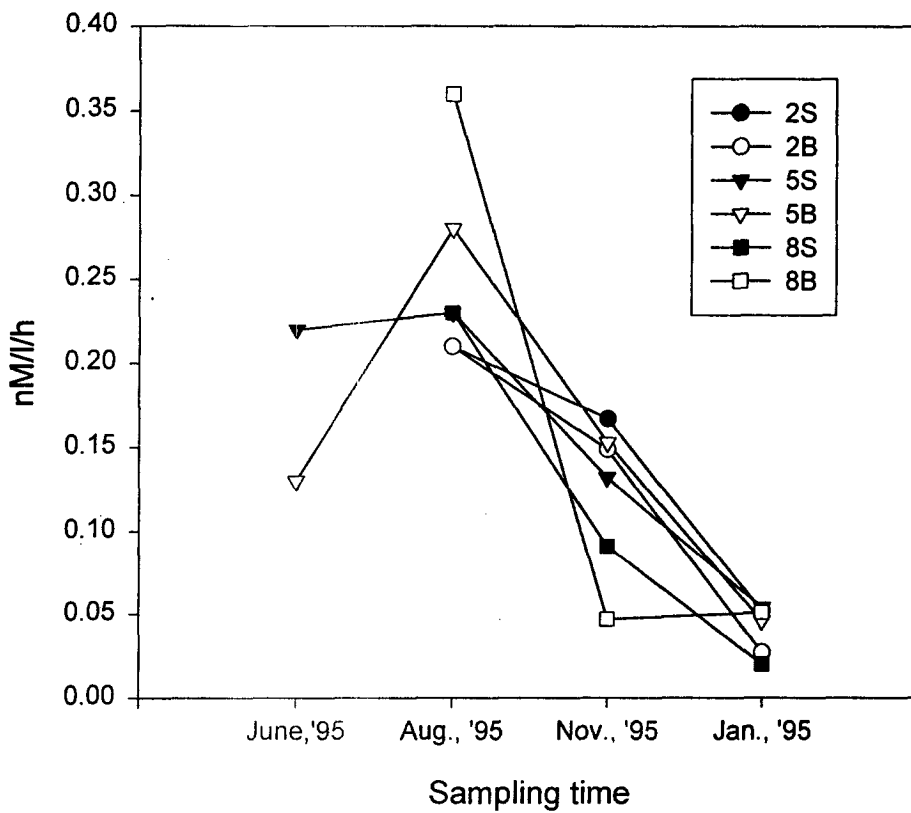


Fig.3-35. Fluctuations of maximum uptake rate of ^{14}C -leucine at each sampling site in Tongyung coastal area (S=surface layer, B=bottom layer).

Calanus sinicus, *Centropages abdominalis*, *C. furcatus*, *Corycaeus* sp., *Labidocera acuta*, *L. bipinnata*, *Oithona* sp., *Oncaea* sp., *Paracalanus* sp., *Temora turbinata*, *Tortanus forcipatus* 였다. 동물플랑크톤의 출현 분류군은 10월에 26개, 1월에 21개로 큰 차이를 보이지 않았으나 10월에 다소 많은 분류군이 출현하였다. 유생군의 copepodite를 포함하여 8 종류로서, 요각류 다음으로 높았다. 유생군의 출현수는 10월과 1월에 모두 8 종류가 출현 하였다(Table 3-15, 16).

○ 출현량

동물플랑크톤은 10월에 평균 1,251 indiv./m³, 1월에 평균 875 indiv./m³ 출현하여 10월에 다소 높은 출현량을 보였다(Fig. 3-36).

본 조사에서는 10월에 *Noctiluca scintillans* 가 가장 높은 출현량을 보여 전체 동물플랑크톤의 50.2%를 차지 하였고, *Penilia avirostris* 가 25.0%로 높게 출현한 우점종 이었다. 요각류는 10.7%의 출현율을 보였다. 1월에는 요각류가 전체 동물플랑크톤 중 50.2%의 출현율을 보여 가장 높은 출현량을 보였으며, *Noctiluca scintillans* 가 39.1%, *Evadne tergestina* 가 10.7% 출현하여 요각류 다음으로 높게 출현한 우점종 이었다. 1월에는 요각류 중 copepodite 가 전체 동물플랑크톤 중 19.2%, *Acartia clausi* 가 14.7%, *Centropages abdominalis*가 10.4%의 출현율을 나타내어 요각류 중 우점하여 출현한 종 이었다.해양에서 동물플랑크톤 중 가장 우점하여 출현하는 분류군은 요각류(Raymont,1983; Nybakken,1982; Parsons *et al.*,1984)이나 본 조사에서는 *Noctiluca scintillans* 와 지각류인 *Penilia avirostris* 가 높게 출현하는 양상을 보였다.

계절별 종 조성의 변화를 살펴보면 *Noctiluca scintillans* 가 10월과 1월에 걸쳐 모두 우점하여 출현하는 분류군 이었으며, 지각류 중 *Penilia*

Table 3-15. Numerical abundance of zooplankton in October, 1994

Species/Station	unit: indiv./m ³						mean
	1	2	3	4	5	6	
<i>Noctiluca scintillans</i>	2838	316	176	159	5	163	610
radiolarians			16	9	51	6	14
<i>Sagitta</i> sp.	5	7	33	16	7	2	12
<i>Evadne tergestina</i>	29	7	33	18			15
<i>Penilia avirostris</i>	403	599	580	181	34	25	304
siphonophora	29	20	2	38	32	33	26
<i>Acartia steueri</i>	34	35	31	7	5		19
<i>Calanus sinicus</i>					2	2	1
<i>Centropages furcatus</i>			1		4	6	2
<i>Corycaeus</i> sp.	11	5	2	14	23	12	11
<i>Labidocera acuta</i>					0		0
<i>Oithona</i> sp.			2	5	2		2
<i>Oncaea</i> sp.				2	7	2	2
<i>paracalanus</i> sp.		7				8	2
<i>Temora turbinata</i>	29	35	22	49	9	21	27
<i>Tortanus forcipatus</i>	3	2					1
copepodite	34	20	51	74	88	112	63
pteropoda					2	2	1
appendicularia		13	13	9	32	12	13
zoaea	3	10	4	4		10	5
calyptopis	3		7	13	2	12	6
mysis					2	6	1
polychaet larvae	3						0
mollusc larvae				2	4	2	1
echinoderm larvae	16	23	89	118	117	103	78
fish eggs			2				0
TOTAL ABUNDANCE	3440	1099	1064	718	428	539	1215

* : > 1 indiv./m³

Table 3-16. Numerical abundance of zooplankton in January, 1995

Species/Station	unit: indiv./m ³						
	2	5	8	11	14	17	mean
<i>Noctiluca scintillans</i>	1186	405	195	167	47	51	342
<i>Sagitta</i> sp.	2	2	6	1	2	6	3
<i>Evadne tergestina</i>	230	218	64	39	8	5	94
<i>Penilia avirostris</i>			3	1	2		1
<i>siphonophora</i>	5	2		3	2	1	2
<i>Acartia clausi</i>	293	201	70	54	82	70	128
<i>Calanus sinicus</i>		7	3	1	19	11	7
<i>Centropages abdominalis</i>	230	169	70	48	19	8	91
<i>Corycaeus</i> sp.	27	12	14	19	25	16	19
<i>Oithona</i> sp.						3	1
<i>paracalanus</i> sp.							*
<i>Temora turbinata</i>	5				2		1
copepodites	257	227	103	106	136	179	168
appendicularians	14	14	3	3		2	6
nauplius		5					1
zoëa				4			1
calyptopis					14	5	3
mysis					6	5	2
polychaete larvae		2					*
mollusk larvae	5						1
echinoderm larvae			3		8	19	5
TOTAL ABUNDANCE	2254	1264	534	446	372	381	875

* : > 1 indiv./m³

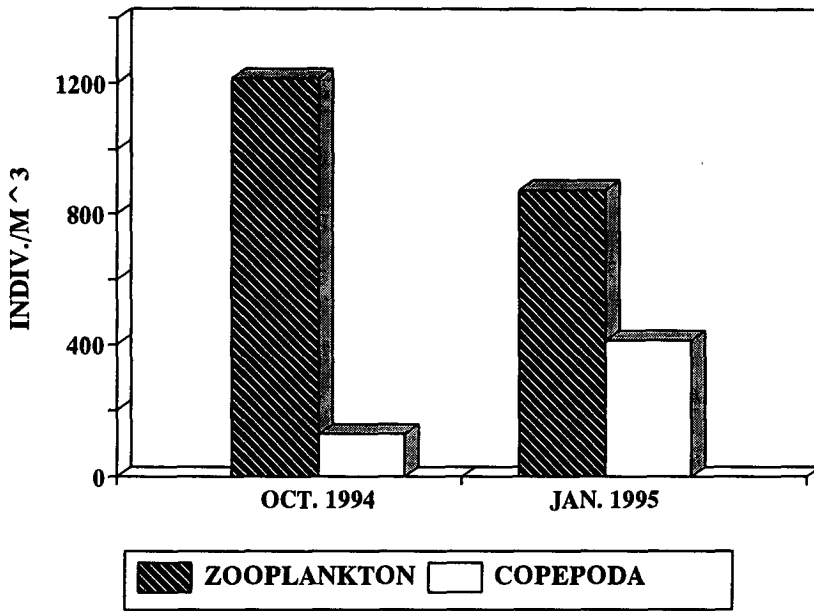


Fig.3-36. Abundances of total zooplankton and copepods in Aenggang Bay.

avirostris 는 10월에 우점하여 출현하였으나 1월에는 0.1%의 극히 낮은 출현율을 보였다. 반면 지각류 중 *Evadne tergestina* 는 10월에 1.2%의 낮은 출현율을 나타냈으나 겨울철인 1월에는 전체 동물플랑크톤 중 10.7%로 우점하여 출현하였다. *Centropages* 속은 10월에 *Centropages furcatus* 가 미량 출현하였으나 1월에는 전혀 출현하지 않은 반면, *Centropages abdominalis* 는 10월에 출현하지 않았으나 1월에는 10.4%의 높은 출현율을 보였다. *Acartia* 속은 10월에 *Acartia steueri*, 1월에는 *Acartia clausi* 가 출현 하였다. 그러나 10월에는 *Acartia steueri* 가 19 indiv./m³로 전체 동물플랑크톤의 1.5%를 차지한 반면 1월에는 *A. clausi* 가 128 indiv./m³ 로 출현량이 높았다.

동물플랑크톤의 정점별 출현량은 10월과 1월에 모두 외만으로 갈수록 높은 출현량을 보였다. 10월에는 *Noctiluca scintillans* 가 2,838 indiv./m³ 로 높게 출현한 정점 2에서 3,440 indiv./m³ 로 가장 높은 출현량을 보였으며, 정점 14에서 428 indiv./m³으로 가장 낮은 출현량을 보였다. 10월의 정점별 요각류의 출현량은 전 정점에 걸쳐 103-163 indiv./m³ 로 정점간 출현량의 변화를 보이지 않았다. 1월에도 만의 안쪽으로 갈수록 전체 동물플랑크톤의 출현량이 높게 나타나 정점 2에서 2,254 indiv./m³ 로 가장 높은 출현량을 보였으며 외만에 위치한 정점 14와 17에서 각각 372, 381 indiv./m³ 의 가장 낮은 출현량을 보였다. 요각류의 출현량도 정점 2에서 812 indiv./m³ 로 가장 높았으며, 정점 8,11,14,17 에서 낮은 경향을 보였다(Fig. 3-37, 38).

○ 다양도 및 유사도 분석

동물플랑크톤의 다양성 지수(diversity index)는 10월과 1월에 각각 1.28과 1.30으로 큰 변화를 보이지 않았으나 10월의 경우 외만으로 갈수록 다양도 지수가 높아지는 경향을 보였으며, 1월에는 정점간 다양도 지수의 변화

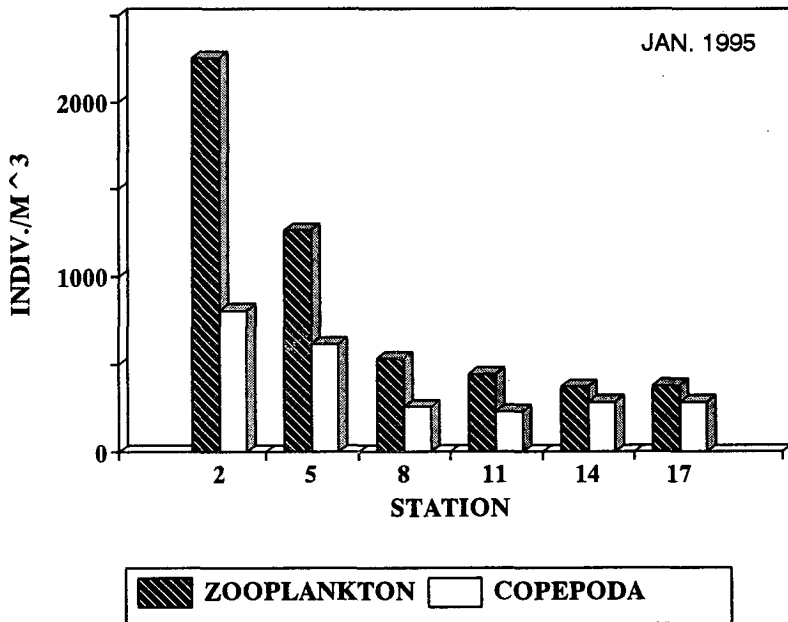
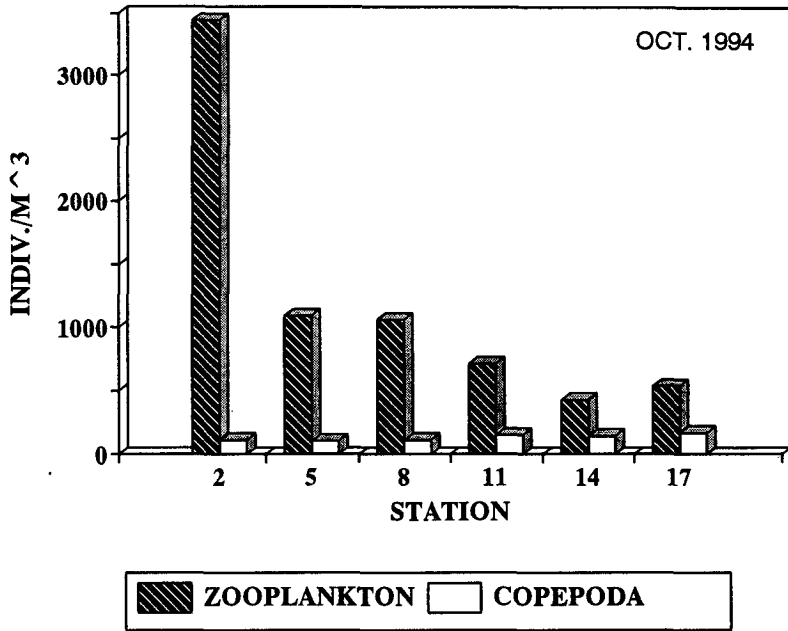


Fig.3-37. Abundances of total zooplankton and copepods at each station in Aenggang Bay.

October 1994

January 1995

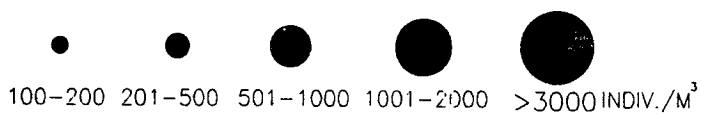
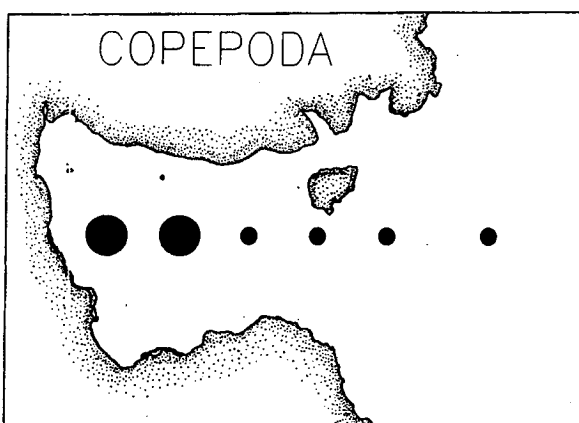
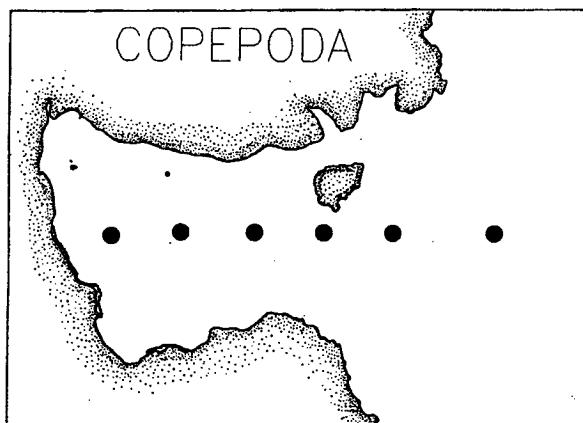
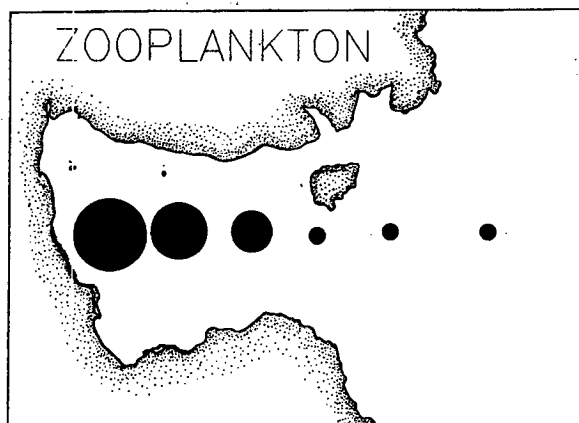
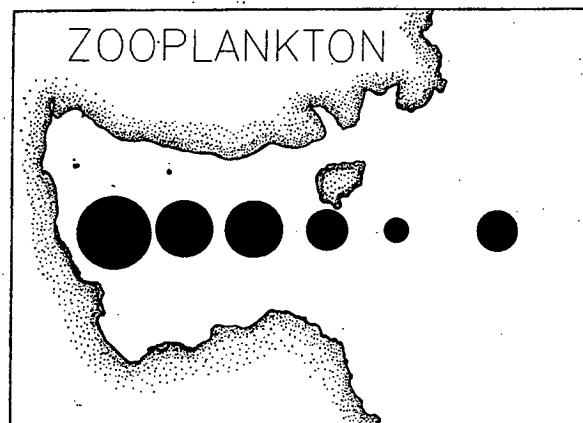


Fig.3-38. Spatial distribution of zooplankton and copepods in Aenggang Bay.

가 크지 않았다(Table 3-17). 동물플랑크톤의 출현량에 의한 정점간 유사도 분석(cluster analysis)을 살펴보면 10월에는 정점 2의 한 해역, 정점 5, 8의 해역 그리고 정점 11, 14, 17의 해역으로 구분되었다. 그리고 1월에는 정점 1의 해역, 정점 5, 8, 11 해역과 정점 14, 17의 해역으로 구분되었다(Fig. 3-39). 유사도 분석의 결과 본 해역은 동물플랑크톤의 종 조성 및 출현량의 차이에 의해 외만과 내만이 뚜렷이 구분되는 양상을 보였다.

Noctiluca scintillans 와 지각류는 수온, 영양염 및 먹이에 의해 일시적으로 출현량이 급격히 증가하는 종으로서 본 조사에서는 외만에 비해 내만에서 출현량이 매우 높은 경향을 보였다. 또한 유사도 분석에 의해 조사해역이 다소 다른 수괴 특성을 보였다. 이러한 두 계절에 걸친 동물플랑크톤의 연구결과에 의하면 특히 수온이 높은 계절에는 내만과 외만의 수괴가 서로 원활히 순환되지 않을 것으로 보인다. 이는 본 해역에서 해양목장화 사업이 시행될 경우 내만의 부영양화 등과 같은 현상에 의해 발생하는 영향을 배제할 수 없음을 시사한다. 그러나 단 2회의 조사로는 이러한 결과를 확증하기 어렵다. 따라서 해양생태계의 먹이사슬에서 유용자원인 어류의 중요한 먹이가 되는 동물플랑크톤의 연구가 다른 물리, 화학, 생물학적요인과 병행하여 좀 더 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

3.5.2. 통영 연안역

○ 동물플랑크톤 군집

조사해역에서 출현하는 동물플랑크톤의 분류군은 Table 3-18에 계절별로 나타냈다. 6월에는 정점 8에서 야광충이 1500개체/m³ 이상 출현하였고 요각류를 비롯한 다른 분류군도 다른 정점에 비해 높은 개체수를 보였다. 8월에는 적조를 유발하는 야광충이 전 정점에서 다량 출현

Table 3-17. Diversity of zooplankton community in Aenggang Bay

STATION	Oct. 1994	Jan. 1995
2	0.61	1.39
5	1.50	1.40
8	1.36	1.26
11	1.30	1.13
14	1.37	1.25
17	1.56	1.36

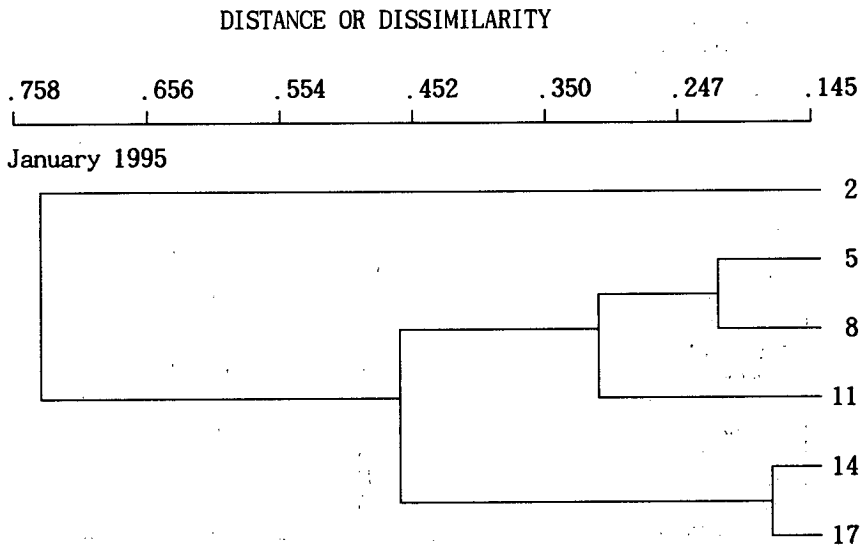
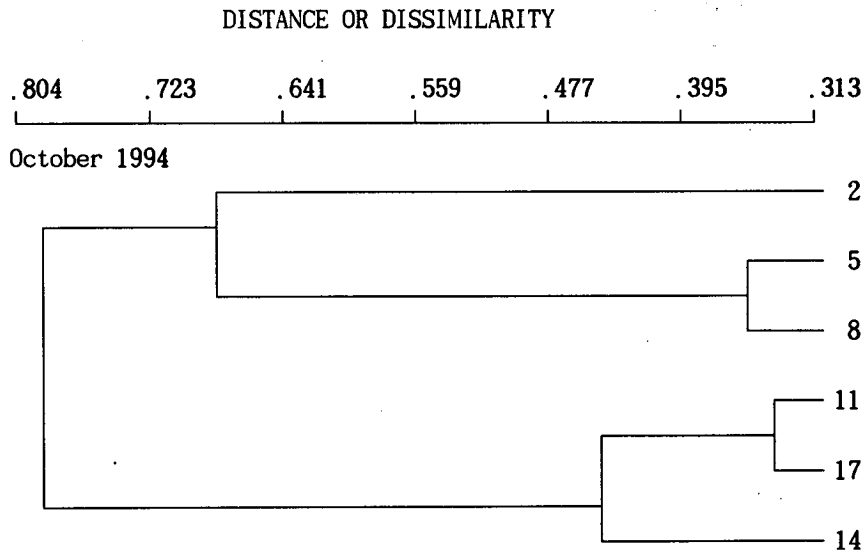


Fig.3-39. Dendrogram of the zooplankton community in Aenggang Bay.

Table 3-18. Abundance (inds./m³) of dominant zooplankton groups in the study area in each season

Months	Zooplankton Groups\Station	St. 2	St. 8	St. 11	St. 14
Jun. (Spring)	Noctiluca		1,536	374	
	Siphonophorans	6	52	20	23
	Copepods	25	48	6	6
	Copepodites	19	112	10	17
	Cladocerans				18
	Ostracods				
	Amphipods				
	Chaetognaths	4	148	4	15
	Appendicularians				
	Polychaete larvae				
	Cirriped larvae	5	12	12	41
	Decapod larvae	11	36	24	9
	Mysid	10	40	22	11
	Echinoderm larvae				
Aug. (Summer)	Noctiluca	4,650	2,904	2,016	2,142
	Siphonophorans	4	3		3
	Copepods	60	43	42	53
	Copepodites	29	26	65	97
	Cladocerans	510	137	150	162
	Ostracods				
	Amphipods				
	Chaetognaths	5	3	2	7
	Appendicularians			9	5
	Polychaete larvae				
	Cirriped larvae				
	Decapod larvae	33	14	20	33
	Mysid	23	32	14	21
	Echinoderm larvae				
Nov. (Fall)	Noctiluca				
	Siphonophorans	1	3		
	Copepods	68	58	34	31
	Copepodites	922	501	308	196
	Cladocerans	2	9	1	
	Ostracods		1		
	Amphipods	2	1		
	Chaetognaths	22	12	17	19
	Appendicularians	5	4	6	6
	Polychaete larvae	5	6		
	Cirriped larvae	1	2	2	2
	Decapod larvae	11	1	2	3
	Mysid	7	4		
	Echinoderm larvae	3	2	3	4
Feb. (Winter)	Noctiluca	6	8	42	25
	Siphonophorans	1		1	3
	Copepods	185	163	67	99
	Copepodites	47	109	45	66
	Cladocerans				
	Ostracods				
	Amphipods				
	Chaetognaths				1
	Appendicularians			2	
	Polychaete larvae	2			
	Cirriped larvae				
	Decapod larvae				
	Mysid		2	1	4
	Echinoderm larvae				

하였으며 특히 가장 내만 쪽 정점 2 에서 개체수가 가장 높았다. 지각류가 내만 쪽 정점에서 가장 많이 출현한 것과는 대조적으로 코페포다이트 유생기를 포함한 요각류는 외만 쪽 정점인 정점 11과 14에서 더 높았다. 11월에는 야광충이 출현하지 않은 반면 가장 다양한 분류군이 출현하였으며 특히 요각류의 개체수가 두드러지게 많았다. 요각류의 정점별 분포는 8월과는 반대로 내만으로 갈수록 증가하는 양상을 보였다. 2월에는 전반적으로 출현 분류군의 숫자가 감소하였으며 요각류가 거의 단독으로 우점하였다. 11월 경우와 마찬가지로 내만 쪽에서 더 많은 개체수가 출현하였다.

○ 동물플랑크톤의 섭식 습성

소화관 내용물, 섭식에 사용되는 부속지의 구조, 실험실에서의 섭식실험 등으로 부터 얻은 동물플랑크톤의 먹이 습성에 관한 연구결과를 종합해 보면 전형적인 육식성 종을 제외하고는 대부분의 동물플랑크톤은 잡식성인 것임을 알 수 있다. 육상동물과는 달리 전형적인 초식성 종은 해양 동물플랑크톤에서는 보기 힘들다. 이러한 점이 차후 해양생태계의 먹이망 연구에서 당면하게 될 어려운 점이다. 기 조사된 결과를 바탕으로 본 조사해역에서 출현하는 대표적인 동물플랑크톤 그룹의 먹이 습성을 살펴보면 다음과 같다.

강장동물은 대부분 육식성이나 근구해파리류는 소형 동물플랑크톤 뿐만 아니라 식물플랑크톤도 먹는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 촉수에 접촉하는 어떠한 동물이나 먹는다. 본 조사해역에서도 관해파리가 흔히 출현한다. 지각류는 잡식성 여과식자로 크기가 아주 작은 입자도 먹는 것으로 알려져 있다. *Penilia* 는 식물플랑크톤을 선호하는 경향이 있는 반면 *Evadne* 와 *Podon* 은 소형플랑크톤을 선호하는 것으로 알려져 있다. 조사해역에서는 하계에 지각류의 출현량이 높았다. 요각류는 가장 다양한 섭식습성을 가진 분류군으로 대부

분 잡식성이나 초식성 요각류와 육식성 요각류도 있다. 먹이 선택에 관한 실험적 연구 결과 요각류의 먹이 선택 폭은 넓은 것으로 나타났고, 심지어는 초식성이라 생각되는 경우에도 작은 동물성 먹이를 잡아먹는 것이 관찰되었다 (Lonsdale *et al.*, 1979). 조사해역에서 특히 우점하는 칼라노이드 요각류는 대부분 해수 중에 떠있는 입자를 여과하여 먹는 여과식자이다. 모악류는 전형적인 육식성으로 요각류는 물론 치자어를 먹는 경우도 있다. 화살벌레의 포식은 특히 요각류의 군집에 영향을 미치는 요소이다. 유생류는 초식성 및 유기쇄설입자식자로 알려져 있다. 이들은 정교한 여과망을 가진 젤라틴질 껍질을 분비하는 독특한 방법으로 먹이를 잡아 먹는다. 꼬리를 파동쳐 물을 펌프질하여 껍질안으로 보내고 물속에 있는 식물플랑크톤이나 미소플랑크톤을 먹이 여과망으로 걸러 입쪽으로 빨아 들인다. 유생류인 *Oikopleura dioica*의 먹이 여과망은 아주 섬세한 섬유망으로 이루어졌고, 구멍이 아주 작아 박테리아보다 작은 입자도 효과적으로 먹을 수 있다. 다모환충류 유생의 먹이 습성에 대해 자세히 알려져 있지는 않지만 식물플랑크톤을 섭취하는 것으로 알려져 있다. 특히 요각류에 비해 유독성 와편모조류의 효율적인 섭식자이다 (Watras *et al.*, 1985).

○ 동물플랑크톤의 섭식률

섭식실험을 통하여 측정한 요각류의 여과율은 Table 3-19(네번째 줄)에서 보는 바와 같이 13.36~14.88 ml/copepod/day 였다. 이 섭식률에 현장의 4개 정점에서 채집하여 측정한 m^3 당 요각류의 평균 개체수를 곱해 $1 m^3$ 안에 서식하는 요각류 군집의 총 여과율을 계산한 후 조사기간의 평균 엽록소 양 (Table 3-19 첫째 줄)을 이용해 하루에 요각류 군집이 먹은 엽록소의 양을 계산하였다. 이 엽록소의 양은 탄소 대 엽록소의 비 60을 이용하여 탄소량으로 환산하였다. 따라서 6월에는 요각류 군집이 식물플랑크톤의 생물량의 31.2%를 섭식하였고, 11월에는 생물량의 64.1%를 섭식한 것으로 나타났으며, 1월에는

Table 3-19. Phytoplankton biomass(mgC/m³), Community ingestion rates(mgC/copepods in m³/day), Community grazing rates(mg Chl-a/copepods in m³/day) and individual filtration rates(ml/animal/day) of copepods at the study area in each season

	Jun.	Aug.	Nov.	Jan.
Phytoplankton biomass (mgC/m ³)	122.40	-	42.00	27.00
Community ingestion rates (mgC/copepods in m ³ /day)	38.24	-	26.93	48.93
Community grazing rates (mg Chl-a/copepods in m ³ /day)	0.63	-	0.45	0.81
Individual filtration rates (ml/animal/day)	14.88	-	13.36	14.16

-: 8월은 여과율이 음수값이 나와 실험결과를 제외했음.

181.2%를 섭식하였다. 동계에 나타난 높은 값은 현장의 요각류의 개체수가 많은 것에서 비롯된 것이고 각 개체의 여과율은 다른 계절과 유사하였다. 일반적으로 부영양화가 심한 연안해역에서 동물플랑크톤이 소비하는 식물플랑크톤의 양은 일차생산의 10% 이내인 것으로 알려져 있으며 (Lara-Lara *et al.*, 1990), 외양에서는 이것보다 많은 양을 소비한다. 이번 조사에서는 식물플랑크톤의 일차생산력을 측정하지 않았기 때문에 직접 비교는 어려우나 인근 마산해역에서 동계에 측정한 수치가 식물플랑크톤 생물량의 10% 이내인 것 비하면, 본 조사해역에서 동물플랑크톤의 섭식압력은 높은 편이다. 이와 같이 일차생산에 의한 유기물의 많은 양이 먹이망의 상위단계로 전달되는 점만으로 판단한다면 본 조사해역은 유용수산자원의 생산에 좋은 곳이라 사료된다. 그러나 전체 생태계의 먹이망 구조와 기능이 밝혀지고 대상해역의 수용능력이 측정되어야만 해양목장의 적지인지 평가될 것이다. 계절별 실험 중 하계 실험은 동물플랑크톤의 여과율이 음수값이 나왔다. 이런 결과는 동물플랑크톤이 먹지 않았다고 보다 실험중 식물플랑크톤의 성장률이 섭식률보다 커서 발생한 실험의 오류라고 판단되어 실험결과에서 제외시켰다.

○ 동물플랑크톤 섭식에 영향을 미치는 요인

온도와 먹이는 동물플랑크톤의 섭식률에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 요각류의 온도내성 범위에서는 일반적으로 수온이 증가할수록 섭식률이 증가하는 것으로 알려져 있다 (Anraku, 1964a). 실험을 하기 전에 요각류가 먹이가 충분한 환경에 있었는지 또는 굶었는지 여부도 섭식률에 큰 영향을 미친다. 동물플랑크톤 섭식률을 측정하기 위한 초창기 실험에서는 현장에서 채집한 요각류의 섭식률을 인위적으로 증가시키기 위해 이 동물을 실험 전에 하루나 그 이상 여과해수에 넣어 굶긴 후 실험을 하였다. 실례로 Runge (1980)는 22-26 시간동안 굶은 *Calanus pacificus*의 여과율과 굶지 않은 동종의 여과율을 비교

하여 미리 굵은 요각류가 굵지 않은 것보다 1.5~3.1배 여과율이 높다는 것을 발견하였다. 그러나 여과율에 미치는 이런 금식(禁食)효과는 종에 따라 다르다는 결과도 있어 (Paffenhöfer, 1976) 다양한 종을 대상으로 더 많은 실험이 요구된다. 연안역에 서식하는 동물플랑크톤에게서는 금식효과가 중요하지 않을 수도 있으나, 많은 외양성 동물플랑크톤이 주야수직이동을 하면서 먹이를 간헐적으로 먹는 것에 비추어 보면 실험실에서 실제 여과율을 얻기 위해서는 금식효과를 고려해야 할 것이다. 또한 자연상태하에서 식물플랑크톤의 불균등분포(patchy distribution)를 고려한다면 요각류의 섭식률은 해역에 따라 다를 것이다.

섭식률은 실험하는 용기의 크기에 따라서도 영향을 받을 수 있다. Cushing (1958)은 5~500ml 용량의 용기를 사용하여 *Temora longicornis*의 여과율을 측정한 실험에서 용기 크기의 증가에 따라 여과율이 비례적으로 증가하는 것을 관찰하였다. 그러나 *Calanus finmarchicus*와 *Acartia tonsa*를 사용한 실험 결과는 이와 같은 용기 효과는 100 ml 이하 용량의 용기 경우에 해당되고 이보다 큰 용량의 용기에는 해당되지 않음을 보여 주었다 (Anraku, 1964b). 일반적으로 실험용기의 크기는 실험하고자 하는 생물의 크기나 활동성 등에 따라 결정된다. 요각류의 경우에는 주로 1~2 l의 용기가 주로 사용된다. 그러나 자연상태하에서는 용기에 의한 섭식률의 차이를 고려할 필요가 없다.

실험용기 안에서 먹이 입자가 균일하게 분포하도록 유지하는 것이 여과식자인 동물플랑크톤의 섭식 실험에서는 필수적이고, 따라서 적절한 기구를 사용하여 용기를 잘 흔들어 주어야 한다. 그러나 기계적인 교란이 시각이나 후각 또는 촉각을 통하여 먹이를 찾는 요각류의 경우 먹이를 찾는 데 방해가 되어 섭식률에 영향을 미칠 수 있으나 이 문제에 관해서는 잘 알려지지 않았다. 회전판이나 기계적인 혼합장치를 사용하여 실험을 할 때는 이와 같은 문제점을 고려해야 한다. 현장에서 배양을 하는 경우 해수의 움직임으로 이런 문제점을

을 감소시킬 수 있다. 흔히 많이 쓰이는 실험기구로는 원반형의 플랑크톤휠(plankton wheel)로 실험용기를 부착하고 저속으로 회전시켜 용기속의 먹이입자를 균일하게 해준다. 자석젓개(magnetic stirrer)를 사용하기도 하나 먹이입자 및 초식성 동물플랑크톤에게 물리적인 해를 입힐 수도 있다.

실험 기간동안 조류가 성장하는 것은 대조 용기를 사용하여 추정하나 실험 용기와 대조 용기 안의 조류의 성장률은 실험 용기 안의 동물들이 영양분을 배설하므로 같지 않을 수 있다 (Roman and Rublee, 1980). 이것은 특히 빈 영양 상태의 해수를 사용했을 때 더욱 뚜렷하다. 즉 동물플랑크톤의 배설물은 먹이인 식물플랑크톤의 성장을 촉진하기 때문에 실험용기안의 식물플랑크톤이 대조용기안의 식물플랑크톤보다 더 빨리 성장할 수 있다. 이러한 이유로 먹이가 되는 조류의 성장을 최소화하기 위해 대부분 어두운 곳에서 섭식실험을 진행한다. 이 때 빛의 유무 및 강도도 섭식률에 영향을 미칠 수 있다. *Calanus finmarchicus*의 경우 어두운 곳에서 조류를 더 먹는다는 실험결과도 있으나 그러한 광량효과는 *Acartia tonsa*나 *Calanus helgolandicus*에게 조류를 먹었을 경우에는 나타나지 않았다 (Richman and Rogers, 1969). 그러나 *Corycaeus anglicus*처럼 먹이를 찾는 데 시각을 이용하는 요각류의 경우는 빛이 있는 곳에서 측정된 포식률이 어두운 곳에서 측정된 것의 10 배 이상이란 것이 보고되었다 (Gophen and Harris, 1981).

먹이 입자의 크기와 농도는 해양 동물플랑크톤의 먹이 섭식률에 영향을 미치는 두가지 중요한 변수이다. 동물플랑크톤이 소비할 수 있는 먹이 크기의 적정 범위 내에서는 일반적으로 먹이가 클수록 높은 여과율이 관찰되며, 먹이 농도가 아주 낮을 때 초식성 요각류는 여과를 중지하던지 여과속도를 늦춘다고 알려져 있다. 이러한 임계먹이농도는 동물의 종에 따라, 또는 먹이 (실험실에서 배양된 조류나 천연 먹이입자) 종류별로 실험적으로 측정이 되어 왔으나 상당한 변이가 있다. 이와 같은 사실은 다양한 크기의 식물플랑크톤이 존재하

는 자연상태하에서 동물플랑크톤의 섭식압력이 서로 다른 크기의 식물플랑크톤에 다르게 작용하여 식물플랑크톤 군집의 천이를 유발할 수 있는 가능성이 있음을 시사한다.

이상과 같이 동물플랑크톤의 섭식률에 미치는 영향은 실험실에서 주로 밝혀졌다. 그러나 현장에서의 동물플랑크톤의 섭식률도 실험실에서 밝혀진 내용과 그다지 큰 차이는 보이지 않을 것이다. 우리가 동물플랑크톤의 섭식률에 관심을 갖는 것은 앞서 언급한 대로 일차생산에 의해 만들어진 유기물을 궁극적으로 많은 수산자원생물에게 전달하는 역할을 하기 때문이다. 따라서 해양목장의 개발을 위해서는 이러한 영양역학 관계에 대한 이해가 요구되고, 이는 자원량의 추정이나 어획량을 결정하는 판단기준이 될 수 있을 것이다.

3.6. 난 치자어 및 어류상

3.6.1. 앵강만

○ 종조성

본 조사해역에서 부유성 어란은 전 계절에 걸쳐 출현하였다. 동정된 어란은 여름철에 4종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 봄, 가을, 겨울철 순으로 각각 3, 2, 1종으로 나타났다. 동정된 어란은 멸치(*Engraulis japonicus*), 돛양태류(*Callionymidae*), 참서대류(*Cynoglossus* sp.) 그리고 기타 미동정 어란이었으며 이 중 출현량 비율이 가장 높은 종은 멸치로 전체 출현량의 88.7%를 차지하여 우점하였다. 돛양태류, 참서대류가 각각 1.4, 0.4%였고 미분류된 어란은 9.5%였다(Table 3-20).

치자어는 전 계절에 출현하였으며, 총 19개 분류군이 동정되었다. 여름철

Table 3-20. The mean abundance of fish eggs and larvae in Aenggang Bay
(Indiv., 1,000m³)

Species \ Stations	Oct.	Jan.	Jun.	Aug.	Total	%
Eggs						
<i>Engraulis japonicus</i>			17354	907	18261	88.7
Callionymidae	5		266	20	291	1.4
<i>Cynoglossus</i> sp.				84	84	0.4
Unknown spp.	1	16	132	1810	1959	9.5
Total	6	16	17752	2821	20595	100.0
Larvae						
<i>Engraulis japonicus</i>	2		3616	57	3675	93.9
Callionymidae	3		56		59	1.5
<i>Hexagrammos otakii</i>		56			56	1.4
<i>Sillago japonica</i>				34	34	0.9
Gobiidae			14	17	31	0.8
Blennidae			11		11	0.3
<i>Platycephalus indicus</i>				5	5	0.1
<i>Ammodytes personatus</i>		5			5	0.1
<i>Takifugu</i> sp.				5	5	0.1
<i>Pictyblennius yatabei</i>				4	4	0.1
<i>Leiognathus nuchalis</i>				4	4	0.1
<i>Hypodytes rubripinis</i>				3	3	0.1
<i>Rudarius ercodes</i>				3	3	0.1
<i>Omobranchus elegans</i>				3	3	0.1
<i>Enedrias fangi</i>		3			3	0.1
Mullidae			2		2	0.1
Pleuronectidae			2		2	0.1
Myctophidae	1				1	*
Unknown spp.			9		9	0.2
Total	6	64	3710	135	3915	100.0

* : <0.1%

에 10개 분류군으로 출현종 수가 가장 많았고 봄철이 7종, 가을과 겨울철은 각각 3종이 출현하였다(Fig. 3-40). 종별 출현량 비율은 멸치가 전체 출현량의 93.9%로 극우점하였고, 다음으로 돛양태류, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)가 각각 1.5, 1.4%였으며 나머지 분류군은 모두 1% 미만으로 출현량 비율이 매우 낮았다(Table 3-20).

○ 출현량

어란의 계절별 평균 출현량은 봄철(6월)에 17,752 개체/1,000m³, 여름철(8월)에 2,821 개체/1,000m³, 겨울철(1월)에 16 개체/1,000m³, 가을철(10월)에 6 개체/1,000m³였다(Fig. 3-41).

어란의 계절에 따른 정점별 출현량을 보면, 가을철은 만 입구인 정점 8과 11에서 소량이 출현하였고 출현량 범위는 14~20 개체/1,000m³였다. 겨울철은 만 입구인 정점 8과 만 바깥쪽인 정점 14, 17에서 소량이 출현하였고 출현량 범위는 17~44 개체/1,000m³였다. 봄철은 전 조사정점에서 2,149~80,762 개체/1,000m³의 범위로 출현하였다. 봄철은 연안성 어류의 산란성기이므로 정점간 출현량이 대체적으로 고른 편이었으나 만 입구인 정점 11과 가장 바깥쪽인 정점 17의 출현량이 특히 높았다. 여름철에는 어란이 전 조사정점에서 출현하였으며 출현량 범위는 1,681~5,289 개체/1,000m³였다. 만 안쪽인 정점 5의 출현량이 가장 높았고 만 바깥쪽으로 갈수록 점점 낮아지는 경향이었으나 봄철과 마찬가지로 정점간 출현량이 고른 편이었다(Table 3-21, Fig. 3-42).

치자어의 계절별 평균 출현량은 어란과 마찬가지로 봄철에 가장 높은 3,710 개체/1,000m³였고, 여름, 겨울, 가을철 순으로 각각 135, 64, 6 개체/1,000m³였다(Fig. 3-41).

치자어의 정점별 출현량을 보면 먼저 조사계절 중 출현량이 가장 적었

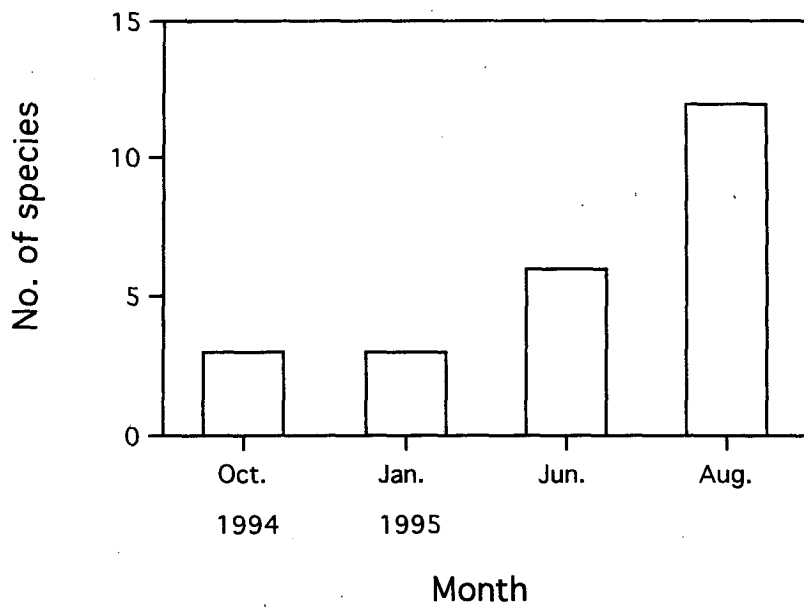


Fig.3-40. Seasonal variation in number of species of fish larvae in Aenggang Bay.

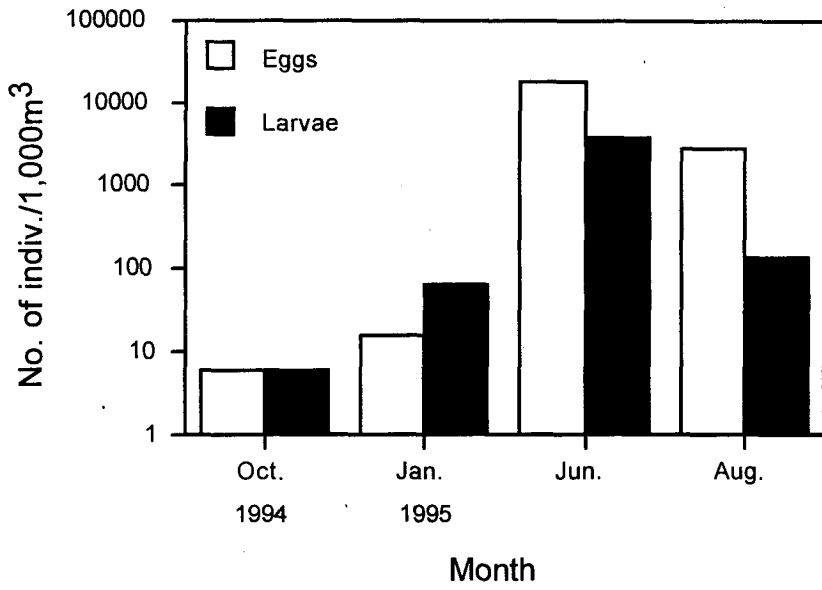


Fig.3-41. Mean abundance of fish eggs and larvae in Aenggang Bay.

Table 3-21. The abundance of fish eggs and larvae at each station in Aenggang Bay

October, 1994		(Indiv./1,000m ³)					
Species \ Stations	2	5	8	11	14	17	Total
Eggs							
Callionymidae	0	0	7	20	0	0	27
Unknown spp.	0	0	7	0	0	0	7
Total	0	0	14	20	0	0	34
Larvae							
Callionymidae	18	0	0	0	0	0	18
<i>Engraulis japonicus</i>	9	0	0	0	0	0	9
Myctophidae	0	0	7	0	0	0	7
Total	27	0	7	0	0	0	34

January, 1995		(Indiv./1,000m ³)					
Species \ Stations	2	5	8	11	14	17	Total
Eggs							
Unknow spp.	0	0	44	0	34	17	95
Total	0	0	44	0	34	17	95
Larvae							
<i>Hexagrammos otakii</i>	89	173	54	0	13	8	337
<i>Ammodytes personatus</i>	0	8	0	7	13	0	28
<i>Enedrias fangi</i>	0	0	0	0	7	8	15
Total	89	181	54	7	33	16	380

Table 3-21. (continued)

June, 1995		(Indiv./1,000m ³)					
Species \ Stations	2	5	8	11	14	17	Total
Eggs							
<i>Engraulis japonicus</i>	2372	2253	2084	10215	6485	80717	104126
Callionymidae	0	0	0	1265	332	0	1597
Unknown spp.	85	61	65	533	0	45	789
Total	2457	2314	2149	12013	6817	80762	106512
Larvae							
<i>Engraulis japonicus</i>	2062	741	2236	4327	6074	6253	21693
Callionymidae	11	30	33	181	80	0	335
Gobiidae	11	30	33	10	0	0	84
Blennidae	43	20	0	0	0	0	63
Pleuronectidae	11	0	0	0	0	0	11
Mullidae	0	0	0	10	0	0	10
Unknown spp.	11	20	22	0	0	0	53
Total	2149	841	2324	4528	6154	6253	22249
August, 1995		(Indiv./1,000m ³)					
Species \ Stations	5	8	11	14	17	Total	
Eggs							
<i>Engraulis japonicus</i>	2918	1391	81	102	42	4534	
<i>Cynoglossus</i> sp.	0	45	242	135	0	422	
Callioymidae	0	30	0	68	0	98	
Unknown spp.	2371	1451	1965	1626	1639	9052	
Total	5289	2917	2288	1931	1681	14106	
Larvae							
<i>Engraulis japonicus</i>	14	90	0	17	166	287	
<i>Sillago japonica</i>	56	45	27	0	42	170	
Gobiidae	14	15	54	0	0	83	
<i>Takifugu</i> sp.	0	0	27	0	0	27	
<i>Platycephalus indicus</i>	0	0	27	0	0	27	
<i>Leiognathus nuchalis</i>	0	0	0	0	21	21	
<i>Pictyblennius yatabei</i>	0	0	0	0	21	21	
<i>Rudarius ercodes</i>	0	15	0	0	0	15	
<i>Hypodytes rubripinis</i>	14	0	0	0	0	14	
<i>Omobranchus elegans</i>	14	0	0	0	0	14	
Total	112	165	135	17	250	679	

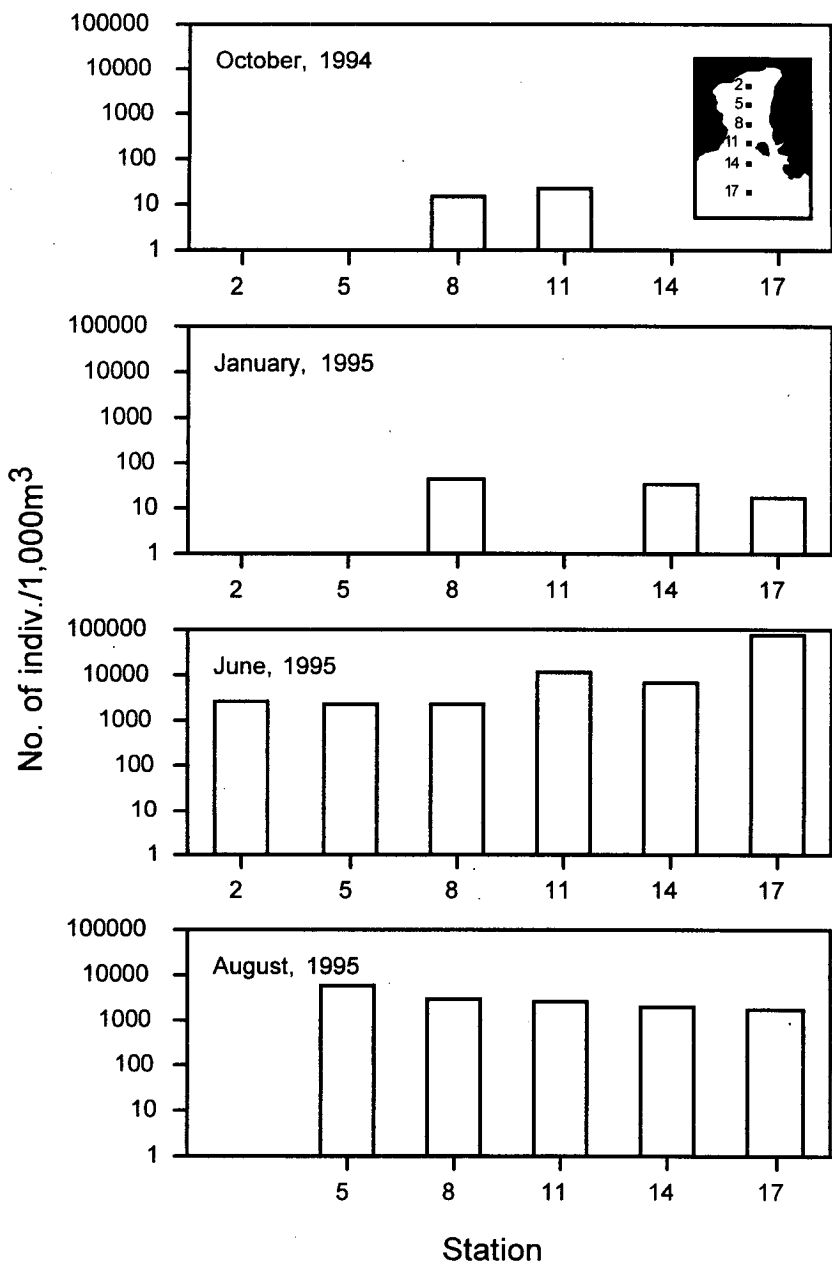


Fig.3-42. The abundance of fish eggs at each station in Aenggang Bay.

던 가을철에는 만 안쪽인 정점 2와 8에서 소량이 출현하였고 출현량 범위는 7~27 개체/1,000m³였다. 겨울철에 치자어는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 7~181 개체/1,000m³였다. 대체적으로 만 바깥쪽보다 안쪽인 정점 2, 5, 8에서 출현량이 높은 경향이였다. 이것은 11~12월에 만 안쪽에 산란된 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)가 치어기를 거치는 동안 채집되어 겨울철 출현량의 88.7%를 차지했기 때문으로 생각된다. 조사계절 중 출현량이 가장 높은 봄철은 치자어가 전 조사정점에서 모두 출현하였고 출현량 범위는 841~6,253 개체/1,000m³였다. 정점별 출현경향은 대체적으로 고른 편이었으나 만 안쪽에서 바깥쪽으로 가면서 점차 높아져 가장 바깥쪽인 정점 17의 출현량이 가장 높았다. 여름철에는 치자어가 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 17~250 개체/1,000m³였다. 만 입구인 정점 14에서 출현량이 가장 낮았고, 그 외의 정점에서는 비교적 고른 출현분포를 보였다(Table 3-21, Fig. 3-43).

본 조사에서 치자어는 인근해역인 광양만(유와 차, 1988; 차와 박, 1994)의 조사에 비해 가을, 겨울철은 출현종수와 출현량이 비슷하였으나, 봄과 여름철은 광양만(유와 차, 1988; 차와 박, 1994)보다 출현종수와 출현량이 다소 감소하였다. 이 두 조사에서 우점종으로 출현한 멸치, 까나리, 쥐노래미 등이 본 조사에서도 출현하는 것으로 보아 본 조사해역은 광양만과 비교적 유사한 종조성을 갖고 있는 해역으로 생각된다.

○ 주요 출현종의 분포양상

본 조사에서 출현한 주요 어란 및 치자어 중에서 주요종인 멸치(*Engraulis japonicus*)와 돛양태류(Callionymidae), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 출현량 분포양상은 다음과 같다.

멸치 : 전체 출현 어란의 88.7%, 치자어의 93.9%를 차지하여 극우점하

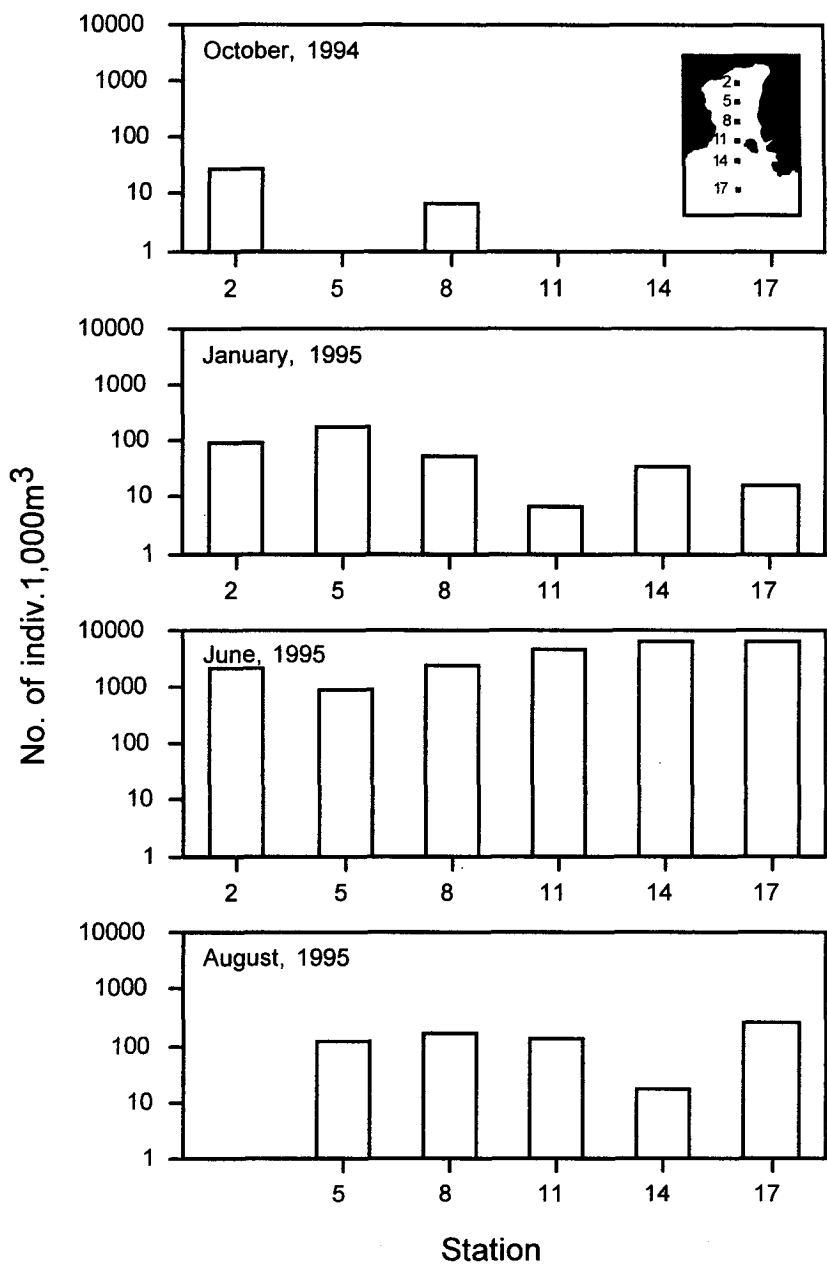


Fig.3-43. The abundance of fish larvae at each station in Aenggang Bay.

였다. 어란은 봄철(6월)과 여름철(8월)에 출현하였으며 어란의 계절별 평균 출현량은 봄, 여름철에 각각 17,354, 907 개체/1,000m³였다. 봄철에 어란은 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 2,084~80,717 개체/1,000m³로 대체적으로 만 안쪽보다는 바깥쪽인 정점 11과 17에서 높은 출현량을 보였다. 여름철에도 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 42~2,918 개체/1,000m³로 만 안쪽인 정점 5에서 가장 높은 출현량을 나타내었고 바깥쪽으로 갈수록 점점 줄어드는 양상을 보였다. 치자어는 겨울철(1월)을 제외한 가을(10월), 봄(6월), 여름(8월)철에 출현하였으며 계절별 평균 출현량은 가을, 봄, 여름철에 각각 2, 3,616, 57 개체/1,000m³였다. 가을철에 치자어는 만 안쪽인 정점 2에서만 소량이 출현하였다. 봄철에는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 741~6,253 개체/1,000m³로 만 안쪽에서 바깥쪽으로 갈수록 출현량이 높은 경향을 보였다. 여름철에는 정점 11을 제외한 전 정점에서 출현하였고 출현량 범위는 14~166 개체/1,000m³로 봄철과 마찬가지로 만 안쪽보다는 바깥쪽의 출현량이 다소 높은 경향이였다(Fig. 3-44). 멸치 치자어는 광양만(유와 차, 1988; 차와 박, 1994)보다 다소 높은 출현량을 보였고 우점도도 훨씬 높아 남해안 멸치의 산란·성육장으로 활용가능함을 알 수 있었다.

뚝양태류 : 가을과 봄철에 출현하였고 계절별 평균 출현량은 각각 2, 56 개체/1,000m³였다. 가을철에 어란은 만 입구인 정점 8과 11에서 각각 7, 20 개체/1,000m³가 출현하였고, 치자어는 만 가장 안쪽 정점에서 소량이 출현하였다. 봄철에 어란은 만 입구인 정점 11과 14에서 각각 1,265, 332 개체/1,000m³가 출현하였고 치자어는 만 가장 바깥쪽인 정점 17을 제외한 전 정점에서 11~181 개체/1,000m³의 범위로 출현하였다.

쥐노래미 : 겨울철에 출현하였으며 겨울철 치자어 출현량의 88.7%를 차지하여 우점하였다. 만 입구인 정점 11을 제외한 전 정점에서 출현하였으며

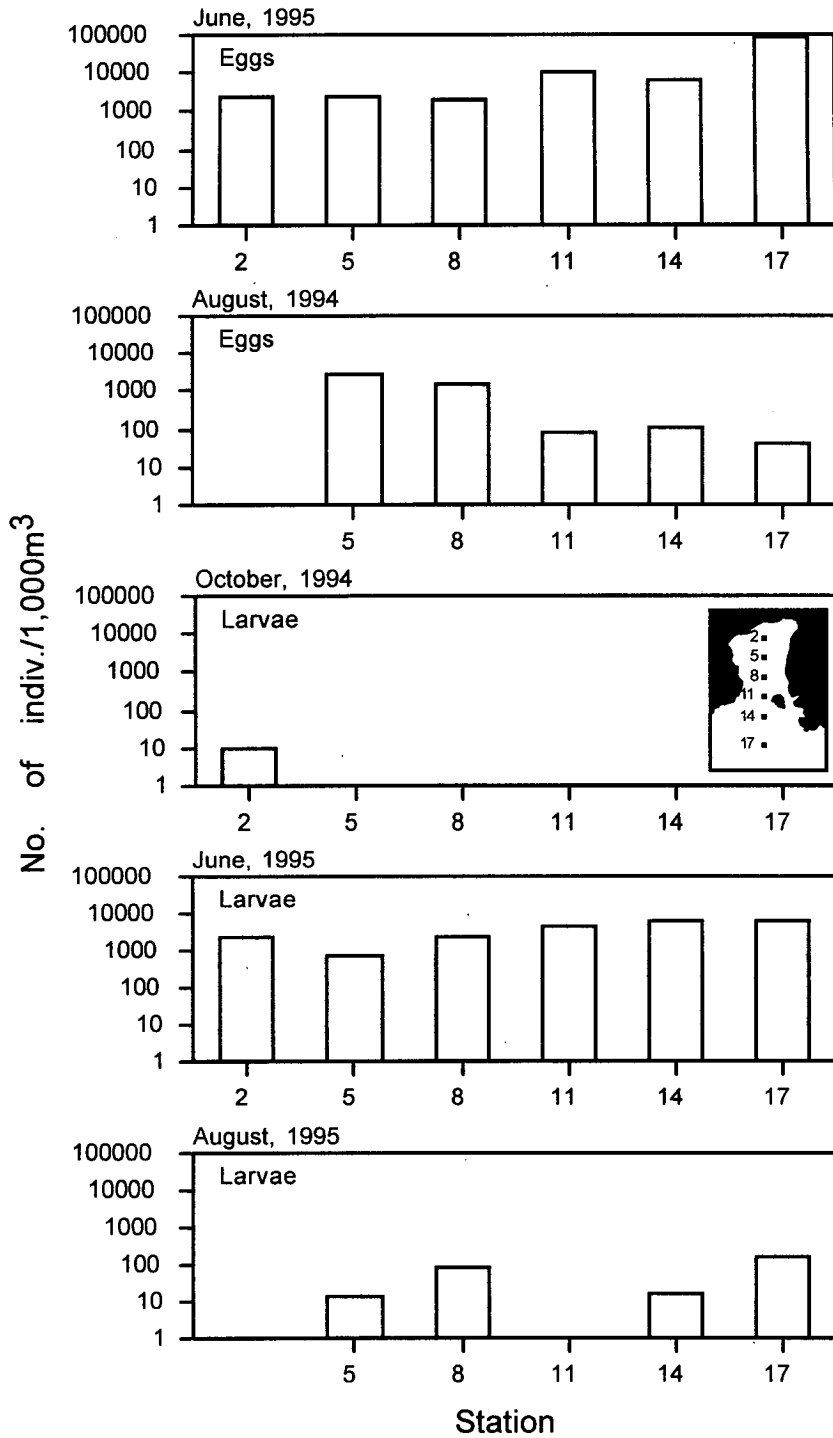


Fig.3-44. The abundance of eggs and larvae of *Engraulis japonicus* at each station in Aenggang Bay.

출현량 범위는 8~173 개체/1,000m³로 만 바깥쪽 보다는 안쪽의 출현량이 높았다.

그밖에 출현량은 적었지만 중요한 상업성 어종으로 양태(*Platycephalus indicus*), 까나리(*Ammodytes personatus*), 복어류(*Takifugu* sp.), 그물코쥐치(*Rudarius ercodes*), 붕넙치류(Pleuronectidae) 등이 있었다.

양태 : 수심 2~60m의 연안이나 내만에 서식하는 온대 및 열대성 물고기로 먼바다와 트인 얇은 바다의 내해에 많고 모래가 섞인 퇴적물로 된 바닥이나 해초가 있는 곳에 서식한다. 크기는 보통 30cm 전후이지만 큰 것은 50cm에 무게 2kg 정도 되는 것도 있다. 또한 담수에서도 어느 정도 생존 가능하고 여러 양태류 중에서 양태가 가장 크게 성장하는 것으로 알려져 있다.

까나리 : 우리나라 전 연해에 분포하는 근해어로서 유어는 보통 1~6m의 해저 모래 속에 들어가서 생활한다. 여름철에는 하면을 하고 산란기는 4~6월경으로 알려져 있다.

복어류 : 복어무리는 전 세계적으로 120~130종이나 되며 주로 열대, 아열대 해역에 서식하는 것으로 알려져 있는데 우리 나라에는 남해의 제주도 주변 해역에 많이 분포한다. 식용으로 주로 이용되는 복어는 대부분 봄철에 산란기를 맞으며 군집을 이루어 해협이나 섬 주변의 일정한 장소에 서식하는 것으로 알려져 있다.

그물코쥐치 : 우리 나라 남부해와 제주도 연해 및 일본 중부 이남에 분포한다. 산란기는 5월 하순에서 8월경이고 치어기에는 떠다니는 해조류속에 군집을 이루어 서식하면서 표층 근처를 헤엄치며 작은 갑각류와 패류를 먹는다. 성어는 내만의 모래 밑 진질지대에 서식하면서 해저 근처를 헤엄쳐 다닌다.

붕넙치류 : 가자미목의 붕넙치류는 온대 및 한대에 서식하는 종으로 우

리 나라의 전 연안에 서식한다. 미성어 단계에서부터 횡감이나 어포 등 상업적으로 이용되는 중요한 수산자원이다. 붕넙치류는 대부분, 눈이 있는 위쪽의 체색은 주변 환경과 비슷한 보호색을 나타내며 이러한 보호색은 모래와 자갈을 놓은 수족관의 붕넙치류에서도 볼 수 있다. 먹이는 종에 따라 약간의 차이는 있지만 대체로 눈이 한쪽으로 모이기 이전의 유영생활 단계에서는 미세한 부유생물을 먹고 눈의 이동이 끝날 즈음 저서생활로 들어가면서 모래 속 등에 사는 작은 갑각류를 먹고 생활하다가 성어가 되면 갑각류, 다모충류, 작은 조개류, 극피동물을 먹는 것으로 알려져 있다.

○ 성어

앵강만에서 채집된 성어는 총 30개 분류군으로 이 중 가을철에 26종이 출현하여 가장 많은 출현종 수를 보였고 다음으로 여름, 봄, 겨울철 순으로 각각 5, 4, 3종이 출현하였다(Table 3-22). 그리고 가을, 봄, 여름 등 세 계절에 걸쳐 출현한 종은 멸치(*Engraulis japonicus*)였다. 이종은 연안회유성 어종으로 우리 나라 연안에서 연중 산란, 서식하며 특히 남해연안에 많은 것으로 알려져 있다. 가을과 봄철에 동시에 출현한 종으로는 학공치(*Hemiramphus sajori*), 농어(*Lateolabrax japonicus*) 등이 있었다. 이들은 모두 기수역까지 올라오는 종으로 이 중 학공치의 알은 침성란으로 해조류에 부착시키는 것으로 알려져 있다. 가을과 여름철에 동시에 출현한 종은 삼치(*Scomberomorus niphonius*)와 전갱이(*Trachurus japonicus*)로 이들은 내만으로 올라와 부유성 알을 산란한다. 그리고 가을과 겨울에 동시에 출현한 종은 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*)과 실양태(*Repomucenus valenciennei*) 2 종으로 이 두 종은 본 조사해역에 년중 서식하는 고유종으로 생각된다. 또한 정치망에 의해 채집된 종의 대부분이 저인망으로도 채집되었으며 정치망에서만 채집된 종으로는 실망둑(*Cryptocentrus filifer*), 점넙

Table 3-22. The list of species captured in the Aenggang Bay

Scientific name		Oct.	Month Jan.	June	Aug.
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑	*			
<i>Amblychaeturichthy heanema</i>	도하망둑	*	*		
<i>Apogon lineatus</i>	열동가리돔	*			
<i>Argyrosomus argentatus</i>	보구치	*			
<i>Caranx sexfasciatus</i>	줄전갱이	*			
<i>Conger cinereus</i>	갯장어	*			
<i>Conger myriaster</i>	붕장어	*			
<i>Cryptocentrus filifer</i>	실망둑	*			
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	빨갱이		*		
<i>Cynoglossus</i> sp.	서대류				*
<i>Enedrias fangi</i>	흰베도라치	*			
<i>Enedrias nebulosa</i>	베도라치	*			
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치			*	*
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	*			
<i>Hemiramphus sajori</i>	학공치	*		*	
<i>Konosirus punctatus</i>	전어	*			
<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	*		*	
<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치	*			
<i>Limanda yokohame</i>	문치가자미	*			
<i>Pagrus major</i>	참돔	*			
<i>Pseudorhombus pentopthalmus</i>	점넙치	*			
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	실양태	*	*		
<i>Sardinella zunasi</i>	밴댕이	*			
<i>Scomber japonicus</i>	고등어				*
<i>Scomberomorus niphonius</i>	삼치	*			*
<i>Seriola quinqueradiata</i>	방어			*	
<i>Sphyrena pinguis</i>	꼬치고기	*			
<i>Thryssa hamiltoni</i>	플반지	*			
<i>Thryssa koreana</i>	근어리	*			
<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이	*			*
<i>Trichiurus lepturus</i>	갈치	*			

치(*Pesudorhynchus pentophthalmus*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 방어, 고등어(*Scomber japonicus*), 서대류(*Cynoglossus* sp.) 등이 있었다.

본 조사해역에서 가을철에 가장 많은 개체수가 채집된 종은 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)로 저인망에 의해 조사된 3개 정점에서 평균 299개체(평균 습중량 1,613.0 g)가 채집되었다. 그리고 비교적 출현 개체수가 많은 종류는 풀반지(*Thryssa hamiltoni*, 평균 개체수: 65, 평균 습중량 : 423.1 g), 곤어리(*Thryssa koreana*, 평균 개체수: 69, 평균 습중량: 358.9 g), 보구치(*Argyrosomus argentatus*, 평균 개체수 35, 평균 습중량 611.2 g)이었다. 이 종들의 체장과 습중량 범위는 다음과 같다. 주둥치는 체장 53-67mm, 습중량 3.4-7.9(평균 5.4)g, 풀반지는 61-105mm, 4.3-8.6(평균 6.4)g, 곤어리 67-106 mm, 3.1-12.5(평균 5.2)g, 보구치 55 - 117 mm, 2.8 - 31.1(평균 17.3)g 이었다. 그리고 겨울철에 우점종으로 출현한 도화망둑이 있으나 이 종의 출현량은 가을철보다 매우 적었다(Table 3-23, 3-24).

특히 본 조사해역에서 채집된 어류자원 중 상업적으로 개발 가치가 있는 종으로서 보구치(*Argyrosomus argentatus*), 참돔(*Pagrus major*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 갯장어(*Conger cinereus*), 문치가자미(*Limanda yokohame*), 전어(*Konosirus punctatus*), 학공치 등이 있으며, 농어와 학공치를 제외하고는 가을철에만 출현하였다. 이 종들의 생태적 특징은 다음과 같다.

참돔(*Pagrus major*) : 우리 나라의 전 연안(정, 1977), 제주도 주변해역과 동중국해의 200 m 이하의 대륙붕 등에 널리 분포하고 있으며, 이 종의 산란기는 4-7월경으로 알려져 있다(Yamada *et al.*, 1986). 알은 15°C에서 3-4일, 20°C에서 2일 이내에 부화하고(정, 1977), 비교적 가두리 양식이 용이한 종으로 알려져 있다(김, 1993).

농어(*Lateolabrax japonicus*) : 우리 나라, 중국, 대만, 일본 홋카이도 이

Table 3-23. The wet weight and individuals of adult fishes captured in the study area

N : Number of individuals, W : Wet weight(g)

Species	Month	October		January			
		Trawl		Set-net		Trawl	
		N	W(g)	N	W(g)	N	W(g)
<i>Acanthogobius flavimanus</i>		*	2.4				
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>		9	27.7	1	2.8	2	3.7
<i>Apogon lineatus</i>		1	2.8	1	1.5		
<i>Argyrosomus argentatus</i>		35	611.2				
<i>Caranx sexgasciatus</i>		2	16.7				
<i>Conger cinereus</i>		*	23.5	1	214.4		
<i>Conger myriaster</i>		1	39.8	2	31.8		
<i>Cryptocentrus filifer</i>				1	10.3		
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>						*	1.0
<i>Enedrias fangi</i>		*	3.1				
<i>Enedrias nebulosa</i>		*	15.8				
<i>Engraulis japonicus</i>		10	21.3				
<i>Hemiramphus sajori</i>		1	23.3				
<i>Konosirus punctatus</i>		*	22.9				
<i>Lateolabax japonicus</i>		1	66.2				
<i>Leiognathus nuchalis</i>		299	1613.0				
<i>Limanda yokohame</i>		*	20.9				
<i>Pagrus major</i>		*	9.2				
<i>Pesudorhombus pentoptalmus</i>				2	17.2		
<i>Rebomucenus valenciennesi</i>		1	2.1	2	4.9	1	3.1
<i>Sardinella zunasi</i>		2	13.2				
<i>Scomberomorus niphonius</i>				1	327.8		
<i>Sphyrena pinguis</i>		12	639.5	4	193.2		
<i>Thrysa hamiltoni</i>		65	423.1				
<i>Thrysa koreana</i>		69	358.9				
<i>Trachurus japonicus</i>		*	2.0				
<i>Trichiurus lepturus</i>		*	5.8	3	63.0		
Total		499	3,964.4	18	866.9	3	7.8

Table 3-24. The wet weight and individuals of adult fishes captured in Aenggang Bay

N : Number of individuals, W : Wet weight(g)

October, 1994

Species \ Stations	trawl net										set net	
	2		8		17		mean		N	W	N	W
	N	W	N	W	N	W	N	W				
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1	7.1	-	-	-	-	-	-	0.3	2.4	-	-
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	27	83.0	-	-	-	-	-	-	9.0	27.7	1	2.8
<i>Apogon lineatus</i>	1	3.1	2	5.2	-	-	-	-	1.0	2.8	1	1.5
<i>Argyrosomus argentatus</i>	2	17.2	24	630.0	80	1186.0	35.3	611.2	2.0	16.7	-	-
<i>Caranx sexfasciatus</i>	1	70.6	-	-	6	50.2	2.0	23.5	0.3	39.8	1	214.0
<i>Conger cinereus</i>	-	-	1	44.4	3	74.9	1.3	39.8	1.3	39.8	2	31.8
<i>Conger myriaster</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10.3
<i>Cryptocentrus filifer</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enedrias fangi</i>	-	-	-	-	1	9.3	0.3	3.1	0.3	3.1	-	-
<i>Enedrias nebulosa</i>	-	-	-	-	1	47.5	0.3	15.8	0.3	15.8	-	-
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	-	-	30	64.0	10.0	21.3	0.7	23.3	-	-
<i>Hemiramphus sajori</i>	-	-	-	-	2	70.0	0.7	23.3	0.7	23.3	-	-
<i>Konosirus punctatus</i>	-	-	-	-	1	67.4	0.3	22.5	0.3	22.5	-	-
<i>Lateolabax japonicus</i>	-	-	-	-	2	198.7	0.7	66.2	0.7	66.2	-	-
<i>Leiognathus nuchalis</i>	30	297.7	446	2232.0	420	2309.0	298.7	1613	0.3	20.9	-	-
<i>Limanda yokohame</i>	1	62.8	-	-	-	-	-	-	0.3	9.2	-	-
<i>Pagrus major</i>	-	-	-	-	1	27.5	0.3	9.2	0.3	9.2	-	-
<i>Pseudorhombus pentopthalmus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	17.2
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	4	6.2	-	-	-	-	-	-	1.3	2.1	2	4.9
<i>Sardinella zunasi</i>	-	-	-	-	6	39.7	2.0	13.2	2.0	13.2	-	-
<i>Scomberomorus niphonius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	328.0
<i>Sphyrna pinguis</i>	3	84.7	6	238.0	27	1596.0	12.0	639.5	12.0	639.5	4	193.0
<i>Thryssa hamiltoni</i>	5	33.1	21	119.0	168	1117.0	64.7	423.1	64.7	423.1	-	-
<i>Thryssa koreana</i>	1	7.8	29	150.0	176	919.0	68.7	358.9	68.7	358.9	-	-
<i>Trachurus japonicus</i>	-	-	-	-	1	6.1	0.3	2	0.3	2	-	-
<i>Trichiurus lepturus</i>	-	-	-	-	1	17.4	0.3	5.8	0.3	5.8	3	63.0
Total	76	673.3	529	3418.6	926	7801.0	510.1	3964.0	18	867.0	18	867.0

Table 3-24. (continued)

January, 1995

Species \ Stations	trwal net												평균	
	5		8		11		14		17		평균			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
<i>Amblychaeturichthys heanema</i> 도하망둑	1	0.9	4	4	-	-	3	4.4	3	9.4	2.2	3.7		
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i> 빨갱이	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.1	0.2	0.6		
<i>Repomucenus valenciennei</i> 실양태	2	6.2	-	-	1	0.7	2	3.2	1	5.2	1.2	3.1		
Total	3	7.1	4	4	1	0.7	5	7.6	5	17.7	3.6	7.4		

Table 3-24. (continued)
October, 1994

Species \ Stations	trawl net										set net		
	2		8		17		mean		N	W	N	W	
	N	W	N	W	N	W	N	W					
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	1	7.1	-	-	-	-	-	0.3	2.4	-	-	-	
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	27	83.0	-	-	-	-	-	9.0	27.7	1	2.8	-	
<i>Apogon lineatus</i>	1	3.1	2	5.2	-	-	-	1.0	2.8	1	1.5	-	
<i>Argyrosomus argentatus</i>	2	17.2	24	630.0	80	1186.0	35.3	611.2	-	-	-	-	
<i>Caranx sexfasciatus</i>	-	-	-	-	6	50.2	2.0	16.7	-	-	-	-	
<i>Conger cinereus</i>	1	70.6	-	-	-	-	0.3	23.5	-	1	214.0	-	
<i>Conger myriaster</i>	-	-	1	44.4	3	74.9	1.3	39.8	2	31.8	-	-	
<i>Cryptocentrus filifer</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10.3	-	
<i>Enedrias fangi</i>	-	-	-	-	-	9.3	0.3	3.1	-	-	-	-	
<i>Enedrias nebulosa</i>	-	-	-	-	1	47.5	0.3	15.8	-	-	-	-	
<i>Engraulis japonicus</i>	-	-	-	-	30	64.0	10.0	21.3	-	-	-	-	
<i>Hemiramphus sajori</i>	-	-	-	-	2	70.0	0.7	23.3	-	-	-	-	
<i>Konosirus punctatus</i>	-	-	-	-	1	67.4	0.3	22.5	-	-	-	-	
<i>Lateolabax japonicus</i>	-	-	-	-	2	198.7	0.7	66.2	-	-	-	-	
<i>Leiognathus nuchalis</i>	30	297.7	446	2232.0	420	2309.0	298.7	1613	-	-	-	-	
<i>Limanda yokohame</i>	1	62.8	-	-	-	-	0.3	20.9	-	-	-	-	
<i>Pagrus major</i>	-	-	-	-	1	27.5	0.3	9.2	-	-	-	-	
<i>Pseudorhombus pentoptthalmus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	17.2	-	
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	4	6.2	-	-	-	-	1.3	2.1	-	2	4.9	-	
<i>Sardinella zunasi</i>	-	-	-	-	6	39.7	2.0	13.2	-	-	-	-	
<i>Scomberomorus niphonius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	328.0	-	
<i>Sphyrena pinguis</i>	3	84.7	6	238.0	27	1596.0	12.0	639.5	-	4	193.0	-	
<i>Thryssa hamiltoni</i>	5	33.1	21	119.0	168	1117.0	64.7	423.1	-	-	-	-	
<i>Thryssa koreana</i>	1	7.8	29	150.0	176	919.0	68.7	358.9	-	-	-	-	
<i>Trachurus japonicus</i>	-	-	-	-	1	6.1	0.3	2	-	-	-	-	
<i>Trichiurus lepturus</i>	-	-	-	-	1	17.4	0.3	5.8	-	3	63.0	-	
Total	76	673.3	529	3418.6	926	7801.0	510.1	3964.0	18	867.0	-	-	

Table 3-24. (continued)
January, 1995

Species \ Stations	trawl net												평균	
	5		8		11		14		17		평균			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
<i>Amblychaeturichthys heanema</i> 도하망둑	1	0.9	4	4	-	-	3	4.4	3	9.4	2.2	3.7		
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i> 빨갱이	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.1	0.2	0.6		
<i>Repomucenus valenciennesi</i> 실양태	2	6.2	-	-	1	0.7	2	3.2	1	5.2	1.2	3.1		
Total	3	7.1	4	4	1	0.7	5	7.6	5	17.7	3.6	7.4		

남 등 널리 분포하는 종이다. 가을-겨울(10-4월)에 민물과 기수가 만나는 연안이나 하구역에 산란한다(정, 1977).

문치가자미(*Limanda yokohame*) : 부산, 원산 연근해 및 일본 홋카이도 남부 이남, 황해, 그리고 동중국해에 분포하는 종으로(정, 1977; Yamada, 1986), 정(1977)은 이 종의 산란기를 6-9월, 15°C내외에서 약 3주만에 부화되는 종으로 보고하였으나, Yamada *et al.*(1986)은 12-2월로 보고하고 있다.

붕장어 : 우리 나라 및 일본 연안 그리고 동중국해에 분포하며 분포한 계는 북위 30° 이북으로 쿠로시오 난류의 영향을 받는 해역으로 알려져 있다. 주로 내만의 해조류가 무성한 모래 바닥이나 담수의 유입이 있는 내만 및 섬주변의 물 흐름이 완만한 장소에 군집을 이루어 산다. 서식수심은 10~30m로 겨울에는 100m 내외의 깊은 장소로 이동하는 것으로 알려져 있다. 산란기는 늦은 봄부터 늦여름까지인데 산란장은 아직 분명하지 않으나 연안이 아닌 서남부의 섬 주변으로 추측하고 있다. 붕장어는 만 안에서는 어린 물고기, 게, 새우를 주로 먹으며 먼바다의 섬 주변에서는 새우를 주로 먹는 것으로 알려져 있다.

갯장어 : 우리 나라 서남부 연해, 일본 중부이남, 대만, 필리핀 등 온대, 열대지방에 서식하는 종으로 외해보다 내해에 많으며 수심 20~50m 깊이의 모래 진흙바닥과 암초사이에 살지만 때로는 깊은 바다로 이동하기도 한다. 야행성으로 밤이 되면 활동을 시작하며 물고기나 조개류를 잡아먹는다. 산란기는 5~7월경이고 부화된 자어는 체장 약 7.4cm에서 변태를 하는 것으로 알려져 있다.

전어 : 우리 나라 남해와 서해에 많고 일본의 중부이남, 중국, 인도 등지에 분포한다. 주로 연안과 내만의 표층 및 중층에 서식하고, 그다지 큰 회유는 없으며 보통 30m 이내의 다소 얇은 곳에 서식한다. 산란기는 3~6월경으로 입하 전후로 떼를 지어와서는 풀 밑의 개흙을 먹으며 연안의 얇은 바

다, 특히 만 내의 밑층에서 산란한다. 우리 나라 연안에서 연간 6,000~8,000톤 정도 어획되는 매우 중요한 수산물이다.

학공치 : 아시아의 동부 및 인도양의 동쪽 연안에 많고 내만의 하천 입구에 서식하며 강이나 호수에 살고 있는 종류도 있다. 수심 50m 이내의 조용한 바다에 떼를 지어 사는 물고기로 우리 나라 연안에서는 봄, 여름에 걸쳐 북상하고, 수온이 내려가는 가을, 겨울철에 남하하는 계절적인 회유성 물고기를 알려져 있다. 일생동안 작은 동물성 부유생물 또는 갑각류를 즐겨 먹는다. 대개 4~5월경 바닷물이 접하는 강 하구의 해조류가 많고 얕은 곳에 주야로 산란하며 산란된 알은 난막 주위에 실같이 나온 부속사에 의해서 해조류에 부착한다.

3.6.2. 통영 연안역

○ 종조성

본 조사해역에서 부유성 어란은 전 계절에 걸쳐 출현하였다. 여름철(8월)에 4종의 어란이 동정되었으며 4계절 중 가장 많은 종이 출현하였고, 봄(6월), 가을철(11월)에는 각각 2종, 겨울철(2월)은 미분류된 1종만이 출현하였다. 분류된 어란은 멸치(*Engraulis japonicus*), 참서대류(*Cynoglossus* sp.), 돛양태류(Callionymidae) 그리고 기타 미동정 어란이었으며 이 중 출현량 비율이 가장 높은 종은 멸치로 전체 출현량의 92.1%를 차지하여 우점하였다. 다음으로 참서대류가 1.3%, 돛양태류는 0.1% 미만이었고 미분류된 어란은 6.5%였다(Table 3-25).

치자어는 전 계절에 출현하였으며, 총 20개 분류군이 동정되었다. 여름철에 13개 분류군으로 출현종수가 가장 많았고 봄철에 11종이 출현하여, 봄과 여름철 출현종이 모두 17종으로 대부분의 치자어가 출현하였다. 겨울철

Table 3-25. The mean abundance of fish eggs and larvae in Tongyung coastal area

(Indiv./1,000m³)

Species \ Month	Jun.	Aug.	Nov.	Feb.	Total	%
Eggs						
<i>Engraulis japonicus</i>	37957	448	4		38409	92.1
<i>Cynoglossus</i> spp.		548			548	1.3
Callionymidae		12			12	0.0
Unknown spp.	1285	1412	12	12	2721	6.5
Total	39242	2420	16	12	41690	100.0
Larvae						
<i>Engraulis japonicus</i>	1407	1026			2433	70.9
Callionymidae	160		8		168	4.9
Gobiidae	57	110			167	4.9
<i>Sillago japonica</i>		161			161	4.7
<i>Pictiblennius yatabei</i>	99	13			112	3.3
<i>Scartella cristata</i>		89			89	2.6
<i>Hexagrammos otakii</i>				59	59	1.7
<i>Sillago sihama</i>		30			30	0.9
<i>Platycephalus indicus</i>	1	24			25	0.7
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	8	14			22	0.6
Mullidae	19				19	0.6
<i>Takifugu</i> sp.		16			16	0.5
<i>Ammodytes personatus</i>				11	11	0.3
<i>Omobranchus elegans</i>	1	8			9	0.3
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>		8			8	0.2
<i>Leiognathus nuchalis</i>		8			8	0.2
Pleuronectidae	5				5	0.1
<i>Sebastes schlegeli</i>				3	3	0.1
<i>Apogon</i> sp.	2				2	0.1
Unknown spp.	32	52			84	2.4
Total	1791	1559	8	73	3431	100.0

은 3종, 가을철은 1종만이 출현하였다(Fig. 3-45). 종별 출현량 비율은 멸치가 전체 출현량의 70.9%로 우점하였고, 돛양대류, 망둥어류가 각각 4.9%였다. 다음으로 청보리멸, *Pictiblennius yatabei*, *Scartella cistata*, 쥐노래미가 각각 4.7, 3.3, 2.6, 1.7%를 차지하였으며 나머지 분류군은 모두 1% 미만으로 출현량 비율이 매우 낮았다. 출현량 역시 봄철에 52.2%, 여름철에 45.4%로 치자어의 출현종수 뿐 아니라 출현량도 매우 높아 전체 출현량의 대부분을 차지하였다(Table 3-25). 그리고 인근해역인 앵강만과는 출현종수와 출현량의 분포가 유사하였다.

○ 출현량

어란의 계절별 평균 출현량은 봄철(6월)에 39,242 개체/1,000m³, 여름철(8월)에 2,420 개체/1,000m³, 가을철(10월)에 16 개체/1,000m³, 겨울철(1월)에 12 개체/1,000m³였다(Fig. 3-46).

어란의 계절에 따른 정점별 출현량을 보면, 먼저 봄철은 전 조사정점에서 4,451~108,412 개체/1,000m³의 범위로 출현하였으며 곤리도 남쪽인 정점 14에서 가장 높은 출현량을 보였고 소장두도 부근인 정점 8에서 가장 출현량이 낮았다. 여름철은 전 조사정점에서 516~4,275 개체/1,000m³의 범위로 출현하였으며 바깥쪽에서 미륵도 서쪽으로 갈수록 높은 출현량을 보이는 경향이였다. 가을철에는 정점 11과 14에서 소량이 출현하였고 겨울철에도 미륵도 서쪽에서 곤리도 남쪽까지의 정점 2, 8, 11에서 소량 출현하였다(Table 3-26, Fig. 3-47). 대체적으로 인근해역인 앵강만 조사와 비슷한 분포를 보였으나 봄철에는 멸치 어란의 극우점으로 앵강만보다 훨씬 높은 출현량을 나타내었다.

치자어의 계절별 평균 출현량은 봄철에 1,791, 여름철에 1,559 개체/1,000m³였고 가을, 겨울철에 각각 8, 73 개체/1,000m³였다(Fig. 3-46).

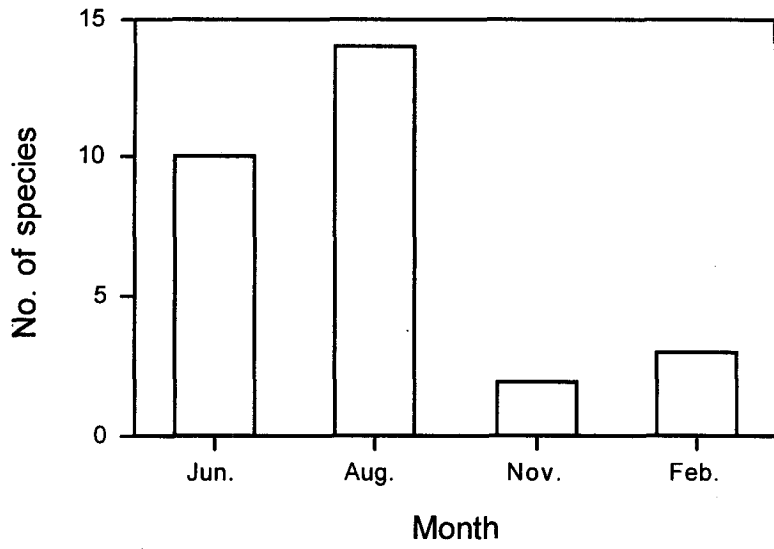


Fig.3-45. Seasonal variation in unumber of species of fish larvae in Tongyung coastal area.

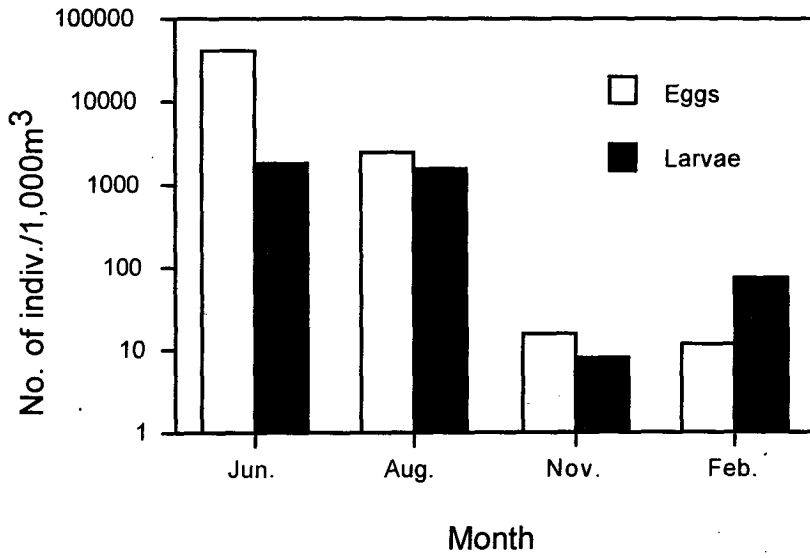


Fig.3-46. Mean abundance of fish eggs and larvae in Tongyung coastal area.

Table 3-26. The abundance of fish eggs and larvae at each station in
Tongyung coastal area

June, 1995		(Indiv./1,000m ³)				
Species\Stations	2	8	11	14	Total	
Eggs						
<i>Engraulis japonicus</i>	12091	2110	30174	107453	151828	
Unknown spp.	1433	2341	408	959	5141	
Total	13524	4451	30582	108412	156969	
Larvae						
<i>Engraulis japonicus</i>	620	399	1884	2724	5627	
Callionymidae	14	58	159	407	638	
<i>Pictyblennius yatabei</i>	161	101	91	41	394	
Gobiidae	41	22	50	114	227	
Mullidae	14	0	27	33	74	
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	5	0	27	0	32	
Pleuronectidae	5	7	9	0	21	
<i>Apogon</i> sp.	0	7	0	0	7	
<i>Platycephalus indicus</i>	0	0	5	0	5	
<i>Omobranchus elegans</i>	5	0	0	0	5	
Unknown spp.	18	7	36	65	126	
Total	883	601	2288	3384	7156	
August, 1995						
		(Indiv./1,000m ³)				
Species\Stations	2	8	11	14	Total	
Eggs						
<i>Cynoglossus</i> spp.	514	646	1033	0	2193	
<i>Engraulis japonicus</i>	1093	526	172	0	1791	
Callionymidae	0	0	0	47	47	
Unknown spp.	2668	1794	717	469	5648	
Total	4275	2966	1922	516	9679	
Larvae						
<i>Engraulis japonicus</i>	2379	502	660	562	4103	
<i>Sillago japonica</i>	386	24	0	234	644	
Gobiidae	129	215	0	94	438	
<i>Scartella cristata</i>	354	0	0	0	354	
<i>Sillago sihama</i>	0	120	0	0	120	
<i>Platycephalus indicus</i>	0	0	0	94	94	
<i>Takifugu</i> sp.	64	0	0	0	64	
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	32	24	0	0	56	
<i>Pictiblennius yatabei</i>	0	24	29	0	53	
<i>Leiognathus nuchalis</i>	32	0	0	0	32	
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	32	0	0	0	32	
<i>Omobranchus elegans</i>	32	0	0	0	32	
Unknown spp.	32	24	57	94	207	
Total	3472	933	746	1078	6229	

Table 3-26. (continued)

November, 1995

(Indiv./1,000m³)

Species\Stations	2	8	11	14	Total
Eggs					
<i>Engraulis japonicus</i>	0	0	14	0	14
Unknown spp.	0	0	14	32	46
Total	0	0	28	32	60
Larvae					
Callionymidae	14	0	0	16	30
Total	14	0	0	16	30

February, 1996

(Indiv./1,000m³)

Species\Stations	2	8	11	14	Total
Eggs					
Unknown spp.	10	25	11	0	46
Total	10	25	11	0	46
Larvae					
<i>Hexagrammos otakii</i>	20	193	22	0	235
<i>Ammodytes personatus</i>	0	42	0	0	42
<i>Sebastes schlegeli</i>	10	0	0	0	10
Total	30	235	22	0	287

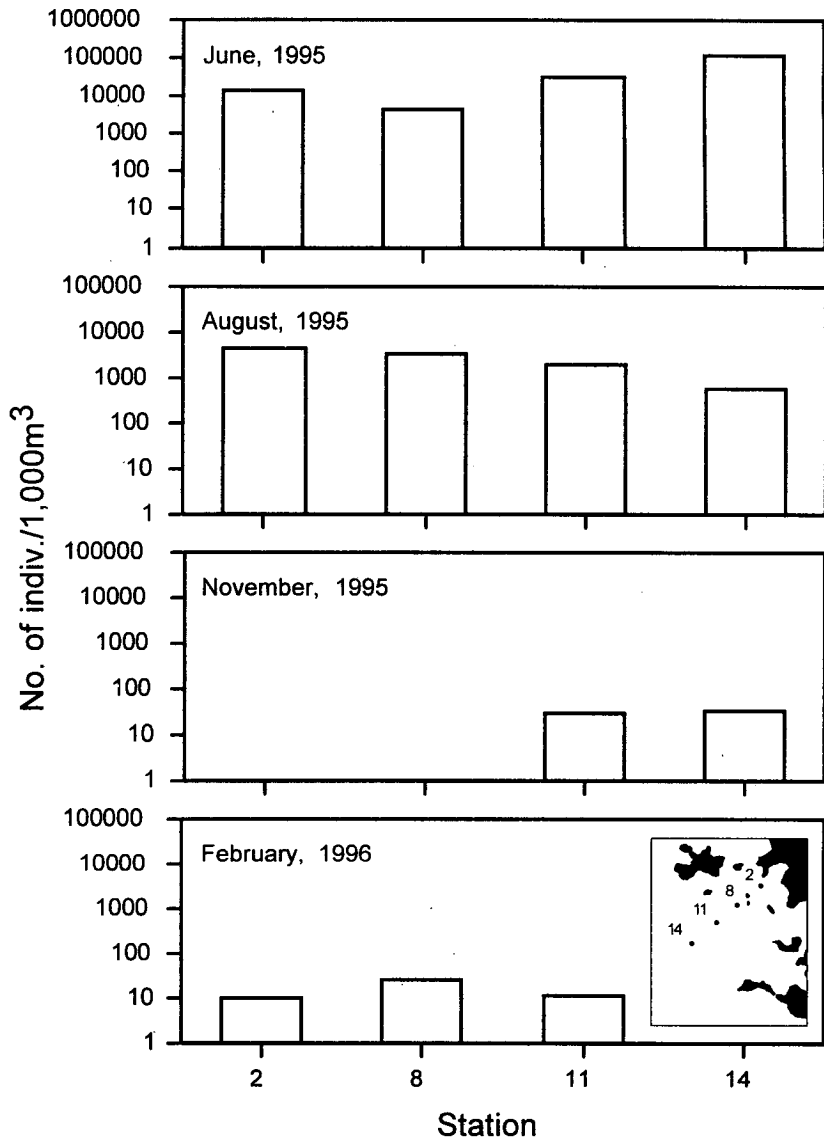


Fig.3-47. The abundance of fish eggs at each station in Tongyung coastal area.

치자어의 정점별 출현량을 보면 먼저 조사계절 중 출현량이 가장 높았던 봄철에는 전 조사정점에서 601~3,384 개체/1,000m³의 범위로 출현하였으며 곤리도 남서쪽인 정점 14에서 가장 높은 출현량을 보였다. 여름철에는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 746~3,472 개체/1,000m³로 비교적 고른 분포를 보였으나 미륵도 주변의 정점 2에서 다소 높은 출현량을 보였다. 가을철은 정점 2와 14에서 각각 14, 16 개체/1,000m³가 출현하여 전 조사계절 중 가장 낮은 출현량을 나타내었다. 겨울철은 정점 14를 제외한 정점에서 출현하였고 출현량 범위는 22~235 개체/1,000m³였다. 멸치가 우점하였던 봄, 여름철과는 달리 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)가 전체 출현량의 81.9%로 우점하였고 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)과 까나리(*Ammodytes personatus*)가 소량 출현하고 있었다(Table 3-26, Fig. 3-48). 치자어가 대체적으로 봄철에 가장 높고, 가을철에 가장 낮은 출현경향은 인근해역인 앵강만, 광양만(유와 차, 1988; 차와 박, 1994)과 비슷하였으나 봄보다 여름철 출현량이 다소 높았던 진해만(1992) 조사와는 차이를 보였다.

○ 주요 출현종의 분포양상

본 조사에서 출현한 주요 치자어 중에서 멸치 (*Engraulis japonicus*)와 돛양태류 (Callionymidae), 망둥어 (Gobiidae sp.)의 출현량 분포양상은 다음과 같다.

멸치 : 전체 출현 어란의 92.1%, 치자어의 70.9%를 차지하여 극우점하였다. 어란은 봄(6월), 여름(8월), 가을(11월)철에 출현하였으며 어란의 계절별 평균 출현량은 봄, 여름, 가을철에 각각 37,957, 448, 4 개체/1,000m³였다. 출현량이 가장 높게 나타난 봄철에는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 2,110~107,453 개체/1,000m³로 곤리도 남쪽의 정점 14에서 가장 높은 출현량을 보였다. 여름철에는 정점 14를 제외한 전 정점에서 출현하였고

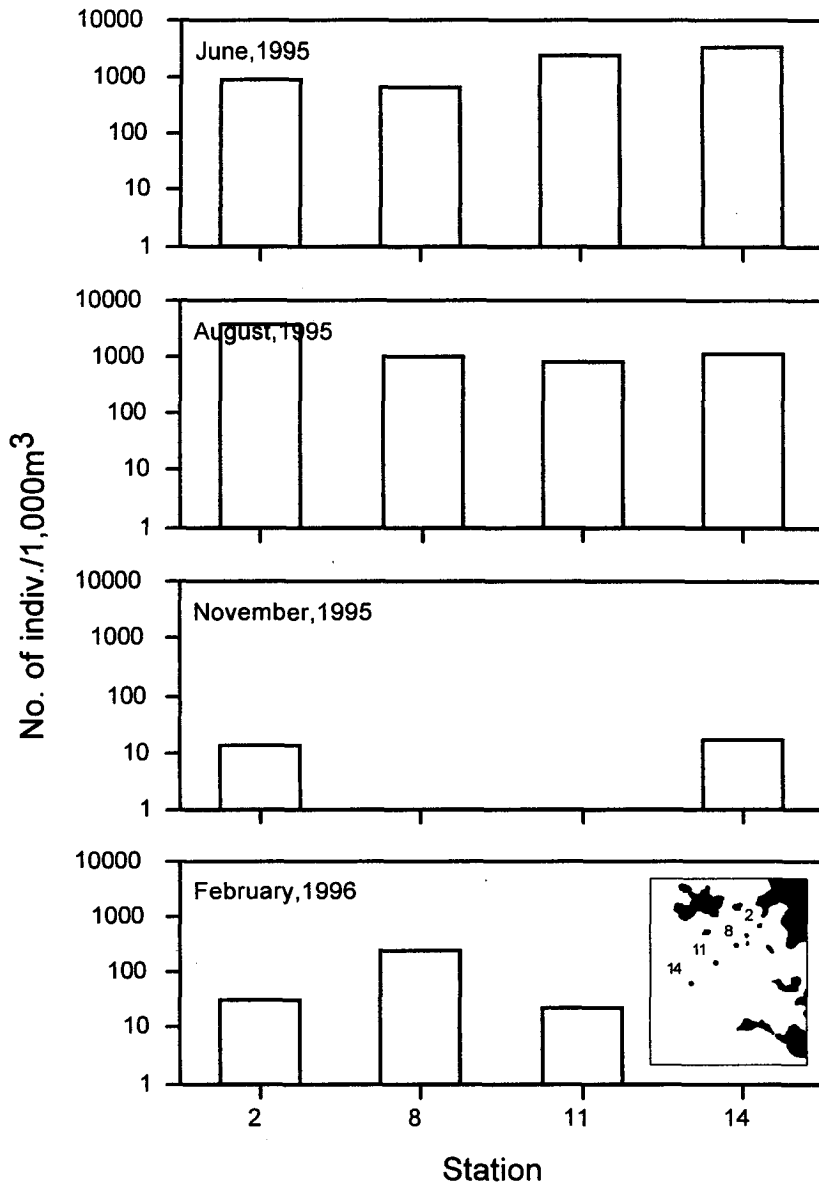


Fig.3-48. The abundance of fish larvae at each station in Tongyung coastal area.

출현량 범위는 172~1,093 개체/1,000m³로 미루도 주변의 정점 2에서 가장 높은 출현량을 나타내었다. 가을철에는 곤리도 남쪽의 정점 11에서만 소량 출현하였다. 치자어는 봄(6월), 여름(8월)철에 출현하였으며 치자어의 계절별 평균 출현량은 봄, 여름철에 각각 1,407와 1,026 개체/1,000m³였다. 봄철에는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 399~2,724 개체/1,000m³로 미루도 주변보다는 곤리도 남서쪽 정점에서 출현량이 높은 경향을 보였다. 여름철에도 전 정점에서 출현하였고 출현량 범위는 502~2,397 개체/1,000m³로 미루도 서쪽의 정점 2에서 가장 높은 출현량을 보였다(Fig. 3-49). 앵강만의 조사와는 봄철 출현량은 비슷하였으나 여름철에는 본 조사의 출현량이 훨씬 높았고 진해만보다는 봄, 여름철 모두 매우 높은 출현량을 나타내었다. 또한 광양만(유와 차, 1988; 차와 박, 1994)보다 다소 높은 출현량을 보였고 우점도도 높았다. 대체적으로 인근해역보다 출현량이 높게 나타난 것은 본 조사 해역이 양식장내에 위치하여 유기물질이 풍부하기 때문인 것으로 생각된다.

돛양태류 : 어란은 여름철에만 소량 출현하였다. 치자어는 봄과 가을철에 출현하였고 계절별 평균 출현량은 각각 160, 8 개체/1,000m³였다. 봄철에는 전 조사정점에서 출현하였다. 출현량 범위는 14~407 개체/1,000m³로 앵강만 조사보다 다소 높았고 미루도 남쪽의 정점 14에서 가장 높은 출현량을 보였다. 가을철에는 정점 2와 14에서만 소량 출현하였다.

망둥어류 : 봄, 여름철에 출현하였으며 치자어의 계절별 평균 출현량은 각각 57, 110 개체/1,000m³로 앵강만 조사와 비슷하였다. 봄철에는 전 조사정점에서 출현하였고 출현량 범위는 22~114 개체/1,000m³였다. 여름철에는 정점 11을 제외한 전 정점에서 출현하였고 출현량 범위는 94~215 개체/1,000m³로 봄철에 비해 다소 높은 출현량을 보였다.

그밖에 중요 상업종으로는 양태(*Platycephalus indicus*), 복어류(*Takifugu* sp.), 붕넙치류(Pleuronectidae), 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 등

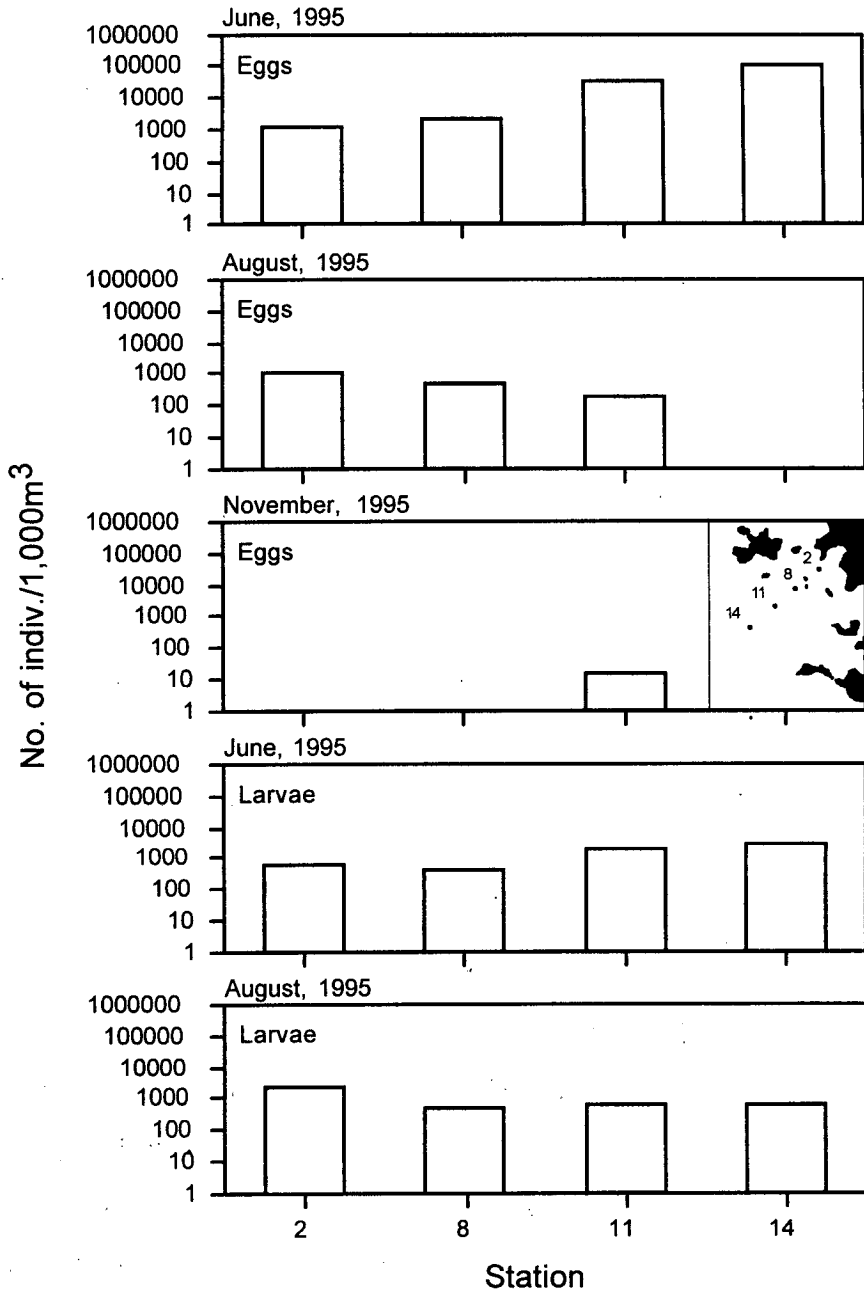


Fig.3-49. The abundance of eggs and larvae of *Engraulis japonicus* at each stations in Tongyung coastal area.

이 출현하였다.

양태 : 수심 2~60m의 연안이나 내만에 서식하는 온대 및 열대성 물고기
기로 먼바다와 트인 얕은 바다의 내해에 많고 모래가 섞인 흙으로 된 바닥
이나 해초가 있는 곳에 서식한다. 크기는 보통 30cm 전후이지만 큰 것은
50cm에 무게 2kg 정도 되는 것도 있다. 또한 담수에서도 어느 정도 생존
가능하고 여러 양태류 중에서 양태가 가장 크게 성장하는 것으로 알려져 있
다.

복어류 : 복어무리는 전 세계적으로 120~130종이나 되며 주로 열대, 아
열대 해역에 서식하는 것으로 알려져 있는데 우리 나라에는 남해의 제주도
주변 해역에 많이 분포한다. 식용으로 주로 이용되는 복어는 대부분 봄철에
산란기를 맞으며 군집을 이루어 해협이나 섬 주변의 일정한 장소에 서식하
는 것으로 알려져 있다.

붕넵치류 : 가자미목의 붕넵치류는 온대 및 한대에 서식하는 종으로 우
리 나라의 전 연안에 서식한다. 미성어 단계에서부터 횡감이나 어포 등 상
업적으로 이용되는 중요한 수산자원이다. 붕넵치류는 대부분, 눈이 있는 위
쪽의 체색은 주변 환경과 비슷한 보호색을 나타내며 이러한 보호색은 모래
와 자갈을 놓은 수족관의 붕넵치류에서도 볼 수 있다. 먹이는 종에 따라 약
간의 차이는 있지만 대체로 눈이 한쪽으로 모이기 이전의 유영생활 단계에
서는 미세한 부유생물을 먹고 눈의 이동이 끝날 즈음 저서생활로 들어가면
서 모래 속 등에 사는 작은 갑각류를 먹고 생활하다가 성어가 되면 갑각류,
다모류, 작은 조개류, 극피동물을 먹는 것으로 알려져 있다.

조피볼낙 : 우리 나라, 일본, 중국 근해, 특히 서해의 중국쪽 해역이 주
분포 해역으로 알려져 있다. 주로 수심 10~100m의 암초지대에 많고 야간에는 표층 및 중층에 부상하여 그다지 이동하지 않지만 주간에는 군집을 이루
어 활발히 운동하는데 특히 아침, 저녁에 활동이 뚜렷하다. 산란기는 4~6월

로 연안의 암초지대에 산란하는 것으로 알려져 있다.

○ 월별 출현 현황

1995년 8월부터 1996년 8월까지 통영에서 채집된 치자어는 모두 11목 34과 81종으로 분류되었다. 그중 科 단위까지만 분류된 것은 6종이었으며 屬 단위까지만 분류된 것은 14종으로 종 단위까지 분류된 종은 모두 68종이었다(Appendix 3-1). 한편, 우리나라에서 처음으로 기록되는 종은 날치과의 *Hirundichthys oxycephalus*, 청베도라치과의 *Scartella cristata* 의 2종이었다.

조사 기간중 대상 해역에서 채집된 자치어의 월별 목록은 Table 3-27에 나타내었다. 전체출현종수 중 멸치는 년중 출현하였으며, 세줄베도라치는 1월에서 6월까지, 점베도라치는 12에서 6월까지 비교적 광범위하게 출현하였으며, 그 다음으로 쥐노래미가 12에서 4월까지 출현하였다. 또한 출현개체수에서는 세줄베도라치가 240마리로 가장 많았으며, 그 다음으로 멸치가 217마리를 차지하였고 불락이 185마리, 돌팍망둑이 146마리, 쥐노래미가 92마리를 차지하여 비교적 많이 출현하였다.

한편 계절별 출현은 봄에 39종, 여름에 43종, 가을에 10종, 겨울에 17종이 출현하여 봄과 여름에 집중적으로 출현하였다.

3.7. 연성저질의 저서생물

3.7.1. 앵강만

○ 종조성

앵강만에서 1994년 10월부터 1995년 8월까지 4계절에 걸쳐 출현한 저서

Table 3-27. List of species in each month in Tongyung coastal area from October, 1995 to August, 1996

r,

species \ month	'95 10	11	12	'96 1	2	3	4	5	6	7	8
검봉장어 <i>Conger japonicus</i>											
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>											
밴댕이 <i>Sardinella zunasi</i>											
엘퉁이 <i>Maurolicus muelleri</i>											
황매퉁이 <i>Trachinocephalus myops</i>											
동갈메기 <i>Sirembo imberbis</i>											
새날치속 <i>Cypselurus</i> sp.											
<i>Hirundichthys oxycephalus</i>											
큰가시고기속 <i>Gasterosteus</i> sp.											
실고기 <i>Syngnathus schlegeli</i>											
산호해마 <i>Hippocampus japonicus</i>											
불락 <i>Sebastes inermis</i>											
개불락 <i>Sebastes pachycephalus</i>											
조피불락 <i>Sebastes schlegeli</i>											
우럭불락 <i>Sebastes hubbsi</i>											
불불락 <i>Sebastes thompsoni</i>											
홍감펍 <i>Helicolenus hilgendorfi</i>											
불락속 <i>Sebastes</i> sp.											
양불락과 <i>Scorpaenidae</i> sp.											
성대 <i>Chelidonichthys spinosus</i>											

Table 3-27. (continued)

species	month											
	'95 10	11	12	'96 1	2	3	4	5	6	7	8	
취노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>												
노래미 <i>Hexagrammos agrammus</i>												
무늬횃대 <i>Furcina oshimae</i>												
알롱횃대 <i>Furcina ishikavae</i>												
가시망둑 <i>Pseudoblennius cottoides</i>												
돌딱망둑 <i>Pseudoblennius percoides</i>												
창치 <i>Vellitor centropomus</i>												
독중개속 <i>Cottus</i> sp.												
돌딱망둑속 <i>Pseudoblennius</i> sp.												
꿈치 <i>Liparis tanakai</i>												
<i>Lethotremus</i> sp.												
농어 <i>Lateolabrax japonicus</i>												
보리멸 <i>Sillago sihama</i>												
청보리멸 <i>Sillago japonica</i>												
전쟁이 <i>Trachurus japonicus</i>												
가라지속 <i>Decapterus</i> sp.												
점주등치 <i>Leiognathus rivulatus</i>												
백미돔 <i>Lobotes surinamensis</i>												
감성돔 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>												
돌돔 <i>Oplegnathus fasciatus</i>												
인상어 <i>Neoditrema ransonneli</i>												

Table 3-27. (continued)

species \ month	'95 10	11	12	'96 1	2	3	4	5	6	7	8
자리돔 <i>Chromis notatus</i>											
세줄베도라치 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>											
괴도라치 <i>Chirolophis japonicus</i>											
장어베도라치 <i>Lumpenus sagitta</i>											
참육점날개 <i>Ophithocentrus ocellatus</i>											
그물베도라치 <i>Dictyosoma burgeri</i>											
베도라치 <i>Pholis nebulosa</i>											
점베도라치 <i>Pholis crassispina</i>											
황줄베도라치속 <i>Pholis</i> , sp.											
황줄베도라치과 Pholidae sp.											
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>											
가막베도라치 <i>Enneapterygius etheostomus</i>											
먹도라치과 Tripterygiidae sp.											
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>											
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>											
두줄베도라치 <i>Petroscirtes breviceps</i>											
<i>Scartella cristata</i>											
앞동갈베도라치속 <i>Omobranchus</i> sp.											
청베도라치과 Blenniidae sp.											
날뚝양태 <i>Repomucenus beniteguri</i>											

Table 3-27. (continued)

species	month	'95 10	11	12	'96 1	2	3	4	5	6	7	8
동갈양태속 <i>Repomucenus</i> sp.												
큰미끈망둑 <i>Luciogobius grandis</i>												
미끈망둑 <i>Luciogobius guttatus</i>												
아작망둑 <i>Tridentiger barbatus</i>												
갈문망둑 <i>Rhinogobius giurinus</i>												
날망둑속 <i>Chaenogobius</i> sp.												
미끈망둑속 <i>Luciogobius</i> sp.												
아작망둑속 <i>Tridentiger</i> sp.												
망둑어과 Gobiidae sp. 1												
망둑어과 Gobiidae sp. 2												
고등어 <i>Scomber japonicus</i>												
삼치속 <i>Scomberomorus</i> sp.												
홍가자미 <i>Hippoglossoides dubius</i>												
용가자미 <i>Cleisthenes pinetorum</i>												
물가자미 <i>Eopsetta grigorjewi</i>												
슬봉가자미 <i>Lepidopsetta mochigarei</i>												
문치가자미 <i>Limanda yokohamae</i>												
개서대 <i>Cynoglossus robustus</i>												
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>												
그물코쥐치 <i>Rudarius ercodes</i>												

동물의 종조성을 보면 다음과 같다. 먼저 출현 종수에 있어서의 결과를 보면 가을철에는 115종에 속하는 2,946개체가 출현하였다. 다모류에 속하는 종이 46종(40%), 연체동물에서는 33종(28.7%), 갑각류에는 25종(21.7%), 극피동물에는 6종(5.2%)이 출현하여 다모류가 가장 많은 종수를 보였다. 동계인 1995년 1월에는 113종, 6,536개체가 출현하였는데 다모류가 56(50.2%)종으로 가장 많은 종수를 보였고 갑각류 26종(23.1%), 연체동물 19종(16.8%), 극피동물 6종(5.3%) 순으로 출현 종수를 보였다. 봄철에는 145종, 9,200개체가 출현하였는데 다모류에서 64종(44.1%), 갑각류에서 34종(23.4%), 연체동물에서 25종(17.2%), 극피동물에서 8종(5.5%)이 출현하였다. 여름철에는 153종에 속하는 10,640개체가 출현하여, 조사기간 중에서 최대 출현량을 보였다. 다모류에서 67종(43.8%), 갑각류에서 34종(22.0%), 연체동물에서 25종(16.3%), 극피동물에서 11종(7.2%)이 출현하였다. 각 동물군별 출현 종수의 구성 비율에 있어서는 계절별로 매우 유사한 값을 가지는 양상을 보였다.

○ 우점종

주요 우점종의 구성에 있어서 일부 종에서 계절적인 변화를 보였으나, 대체로 동일 종들이 우점비율만 달리한 채 전 계절에 걸쳐 출현하였다. 1994년 가을에는 다모류의 *Lumbrineris longifolia* 가 전체 출현량의 16.3%를 차지하여 가장 우점한 종이었고, 갑각류의 *Eriopisella schellensis* (16.3%), *Xenophthalmus pinnotheroides* (12.9%) 등이 주요 우점종이었다 (Table 3-28). 한편 겨울철에는 연체동물의 *Fustiaria nipponica*가 전체 개체수의 43.6%를 차지할 정도로 많은 출현개체수를 보였고, 갑각류의 *Erictonins pugnax* (10.1%) *E. sechellensis* (5.3%), *X. pinnotheroides* (4.2%), 다모류의 *L. longifolia* (5.7%) *Mediomastus* sp. (3.6%) 등이 주요 우점종으로 나타났다.

Table 3-28. Dominant species of the macrobenthos in Aenggang Bay (a) October, 1994; (b) January, 1995; (c) May, 1995; (d) August, 1995

(a) October 1994

Species name	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	481	16.3	16.3
<i>Eriopisella sechellensis</i> (C)	479	16.3	32.6
<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i> (C)	379	12.9	45.5
<i>Mediomastus</i> sp.(P)	281	9.5	55.0
<i>Tharyx</i> sp.(P)	202	6.9	61.9
<i>Pinnixa rathbuni</i> (C)	141	4.8	66.7
<i>Thelepus</i> sp.(P)	85	2.9	69.6
<i>Sternaspis scutata</i> (P)	72	2.4	72.0

(b) January 1995

Species name	Total inds.	%	Cum. %
<i>Fustiaria nipponica</i> (M)	2582	43.6	43.6
<i>Erictonius pugnax</i> (C)	662	10.1	53.8
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	373	5.7	59.5
<i>Eriopisella sechellensis</i> (C)	346	5.3	64.8
<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i> (C)	276	4.2	69.0
<i>Mediomastus</i> sp.(P)	234	3.6	72.6
<i>Tharyx</i> sp.(P)	141	2.2	74.7

Table 3-28. (continued)

(C) May 1995

Species name	Total inds.	%	Cum. %
<i>Ditrupa arietina</i> (P)	2356	25.6	25.6
<i>Tharyx</i> sp.(P)	1407	15.3	40.9
<i>Heteromastus</i> sp.(P)	691	7.5	48.4
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	636	6.9	55.3
<i>Xenopthalmus pinnotheroides</i> (C)	373	4.1	59.4
<i>Eriopisella sechellensis</i> (C)	257	2.8	62.2
<i>Magelona japonica</i> (P)	245	2.7	64.9
<i>Sigambra tentaculata</i> (P)	229	2.4	67.3
<i>Praxillella affinis</i> (P)	200	2.2	69.5

(d) August 1995

Species name	Total inds.	%	Cum. %
<i>Ditrupa arietina</i> (P)	2935	27.6	27.6
<i>Tharyx</i> sp.(P)	1838	17.3	44.9
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	1136	10.7	55.5
<i>Xenopthalmus pinnotheroides</i> (C)	408	3.8	59.4
<i>Heteromastus</i> sp(P)	382	3.6	63.0
<i>Corophium sinense</i> (C)	337	3.2	66.1
<i>Theora fragilis</i> (M)	334	3.1	69.3
<i>Praxillella affinis</i> (P)	273	2.6	71.9
<i>Alvenius ojanus</i> (M)	236	2.2	74.0
<i>Eriopisella sechellensis</i> (C)	200	1.9	75.9

봄철에는 석회관을 가진 다모류인 *Ditrupa arietina*가 전체 개체수의 25.6%를 차지하여 우점하였고, 다모류의 *Tharyx* sp. (15.3%), *Heteromastus* sp. (7.5%), *L. longifolia* (6.9%), 갑각류의 *X. pinnotheroides* (4.1%), *E. sechellensis* (2.8%) 등이 우점종으로 출현하였다. 여름철에도 봄철에 가장 우점하였던 다모류의 *D. arietina*가 전체 출현량의 27.6%를 차지하여 가장 우점한 종이였다. 이 외에 다모류의 *Tharyx* sp. (17.3%), *L. longifolia* (10.7%), *Heteromastus* sp. (3.6%), 갑각류의 *X. pinnotheroides* (3.8%), *Corophium sinense* (3.2%), *E. Sechellensis* (1.9%), 연체동물의 *Theora fragilis* (3.1%), *Alveolus ojanus* (2.2%) 등이 우점종으로 나타났다. 우점종 조성의 특징을 보면, 대부분의 다모류 우점종은 유기물 함량이 높은 곳에 우점하는 종들이며, 갑각류에 속하는 종들의 출현량이 많다는 것과 연체동물의 이미패류에 속하는 우점종은 계절적인 출현량의 변화가 크다는 것을 들 수 있었다. 특히 여름철에 유기물 함량이 높은 곳에 많이 출현하는 종인 *Theora fragilis*가 우점한 것을 들 수 있다.

한편 Agassiz trawl에 의해 채집된 저서동물의 우점종 조성을 보면 대략 20종 이내에 있는 종들이 계절적으로 출현량을 달리하여 우점하고 있었다(Table 3-29). 대체로 겨울철이 다른 계절과 우점종이 달랐고 봄철과 여름철은 유사한 우점종의 조성을 보였다. 겨울철에는 극피동물의 거미불가사리류에 속하는 *Ophiura kinbergi*가 우점하였고, 연체동물의 *Fustiaria nipponica*, *Philline argentata*, 다모류의 *L. longifolia*, 갑각류의 *Crangon affinis* 순으로 우점하였다. 봄철에는 갑각류의 계류인 *X. pinnotheroides*, 다모류의 *Ditrupa arietina*, 거미불가사리류의 *O. kinbergi*, 연체동물의 *P. argentata* 순으로 우점하였다. 여름철에는 다모류의 *D. arietina*, *L. longifolia*, 갑각류의 *X. pinnotheroides*, 극피동물의 *Pinnixa* sp. 순으로 우점하였다.

Table 3-29. The dominant species and their abundance rank in each season collected by Agassiz trawl in Aenggang Bay

Species	Jan. 1995	May 1995	Aug. 1995
<i>Ophiura kinbergi</i> (E)	1	3	-
<i>Fustiaria nipponica</i> (M)	2	-	9
<i>Phylline argentata</i> (M)	3	4	5
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	4	-	2
<i>Crangon affinis</i> (C)	5	-	-
<i>Lagis bocki</i> (P)	6	-	-
<i>Fulvia mutica</i> (M)	7	-	-
<i>Briaster owstoni</i> (E)	8	-	-
<i>Erictonius pugnax</i> (C)	9	-	-
<i>Thelepus</i> sp.(P)	10	-	-
<i>Xenopthalmus pinnotheroides</i> (C)	-	1	3
<i>Ditrupa arietina</i> (P)	-	2	1
<i>Raeta pulchella</i> (M)	-	5	8
<i>Echinocardium cordatum</i> (E)	-	6	-
<i>Pinnixa</i> sp.(E)	-	-	4
<i>Praxillella affinis</i> (P)	-	-	6
<i>Sternaspis scutata</i> (P)	-	-	7
<i>Zeuxis</i> sp.(M)	-	-	10

○ 분포 양상

앵강만 저서동물 군집의 출현 종수, 개체수, 생물량 등에 있어서 지역적인 분포 양상을 계절별로 보면 다음과 같다. 먼저 출현 종수에 있어서는 앵강만 중앙의 노도를 중심으로 안쪽에서 대체로 많은 종수가 출현한 반면에만 입구역과 내만에서는 상대적으로 적은 출현종수를 보였다(Fig. 3-50). 정점별 출현 종수를 보면 10월에는 정점 9에서 46종으로 가장 많은 종수가 출현하였고, 겨울철에도 정점 9에서 49종으로 최대치를 보였다. 봄철에도 노도 북쪽에 있는 정점 12와 정점 9에서 각각 75종과 64종으로 최대 출현종수를 보였고, 여름철 역시 노도 북쪽의 정점 6, 9, 12에서 56~57종이 출현하여 최대치를 보였다.

출현 개체수에 있어서는 전 계절에 걸쳐서 만의 좌측지역에서 상대적으로 적은 개체수를 보였고, 내만역에서 많은 출현개체수를 보였다. 만입구에서는 가을과 겨울철에는 100개체/0.3m²이하의 적은 출현량을 보였지만 봄철과 여름철에는 다모류의 *Ditrupea arietina*의 대량 출현으로 봄에는 700개체/0.3m², 여름철에는 500개체/0.3m²에 달하는 높은 서식밀도를 나타내었다(Fig. 3-51). 최대 출현개체수를 보인 정점도 계절에 따라 달라져 지역간 출현량에 있어서 계절적인 변화를 보였다. 가을에는 노도 남쪽의 정점 15에서, 겨울에는 내만의 정점 1에서 1037개체/0.3m²를 보인 반면에 봄철과 여름철에는 만입구의 정점 16과 17에서 최대치를 보였다.

생물량에 있어서도 출현종과 개체수의 분포양상과 유사한 양상을 보였는데 앵강만의 좌측지역과 만입구의 3개 정점에서 상대적으로 적은 생물량을 보였고, 내만과 노도 북쪽에서 상대적으로 많은 생물량이 출현하였다(Fig. 3-52). 가을철에는 내만의 정점 3에서 261g/0.3m²으로 최대치를 보였고, 겨울철에는 노도 북쪽의 정점 9와 12에서 각각 127g과 156g/0.3m²으로

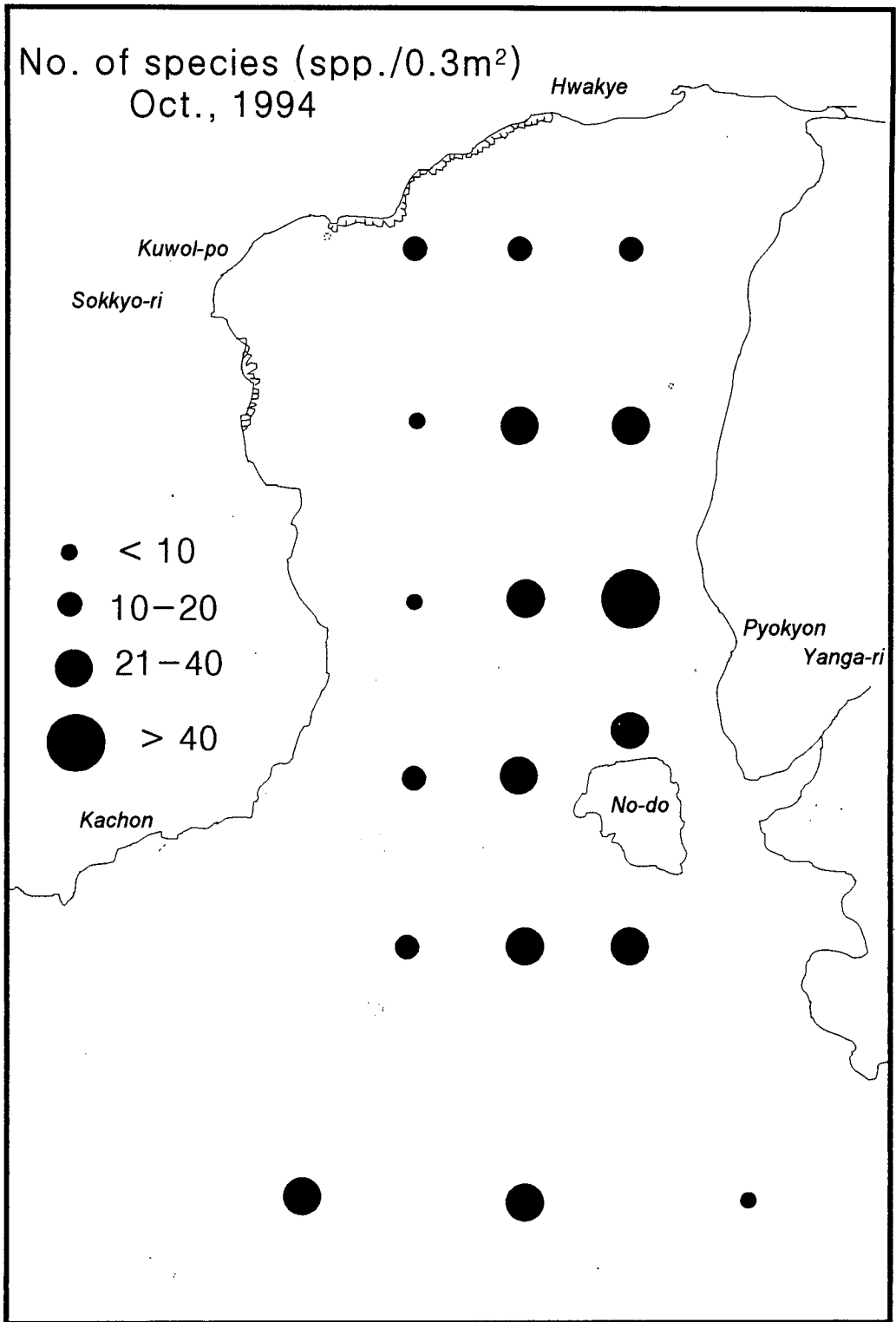


Fig.3-50. The number of macrobenthic species occurred in Aenggang Bay.

(a) October, 1994

(b) January, 1995

(c) May, 1995

(d) August, 1995

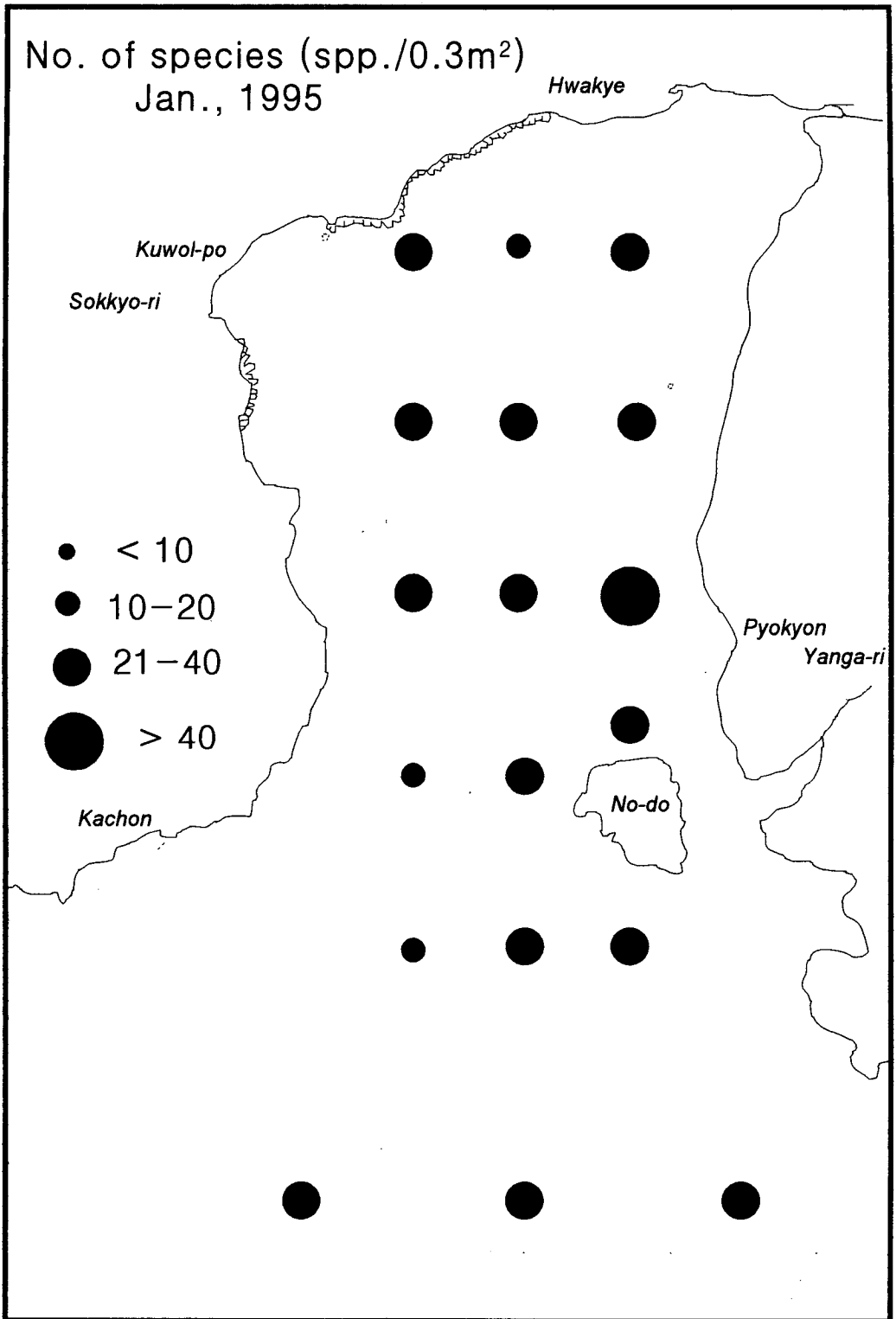


Fig.3-50 (continued)

No. of species (spp./0.3m²)
May., 1995

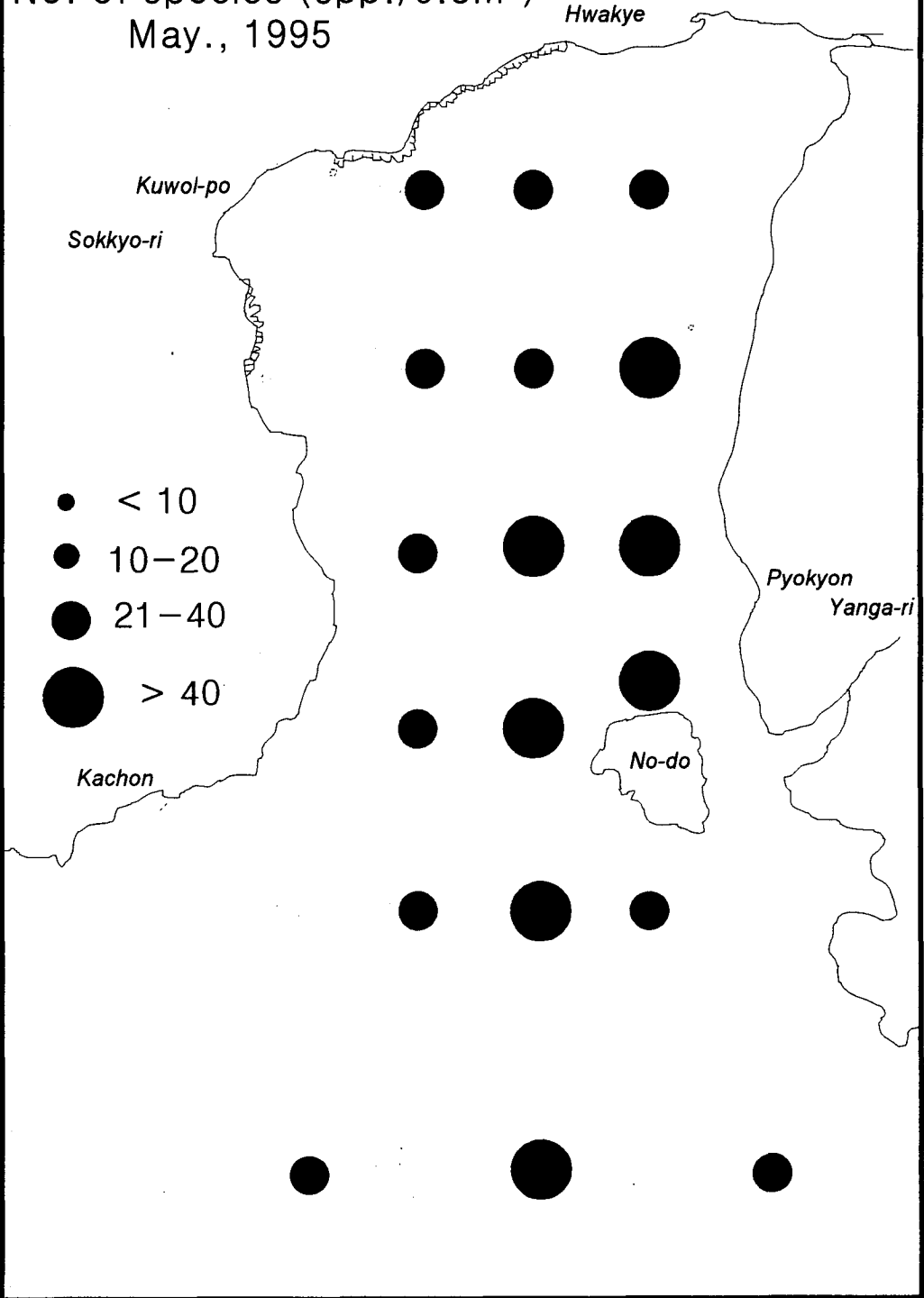


Fig.3-50 (continued)

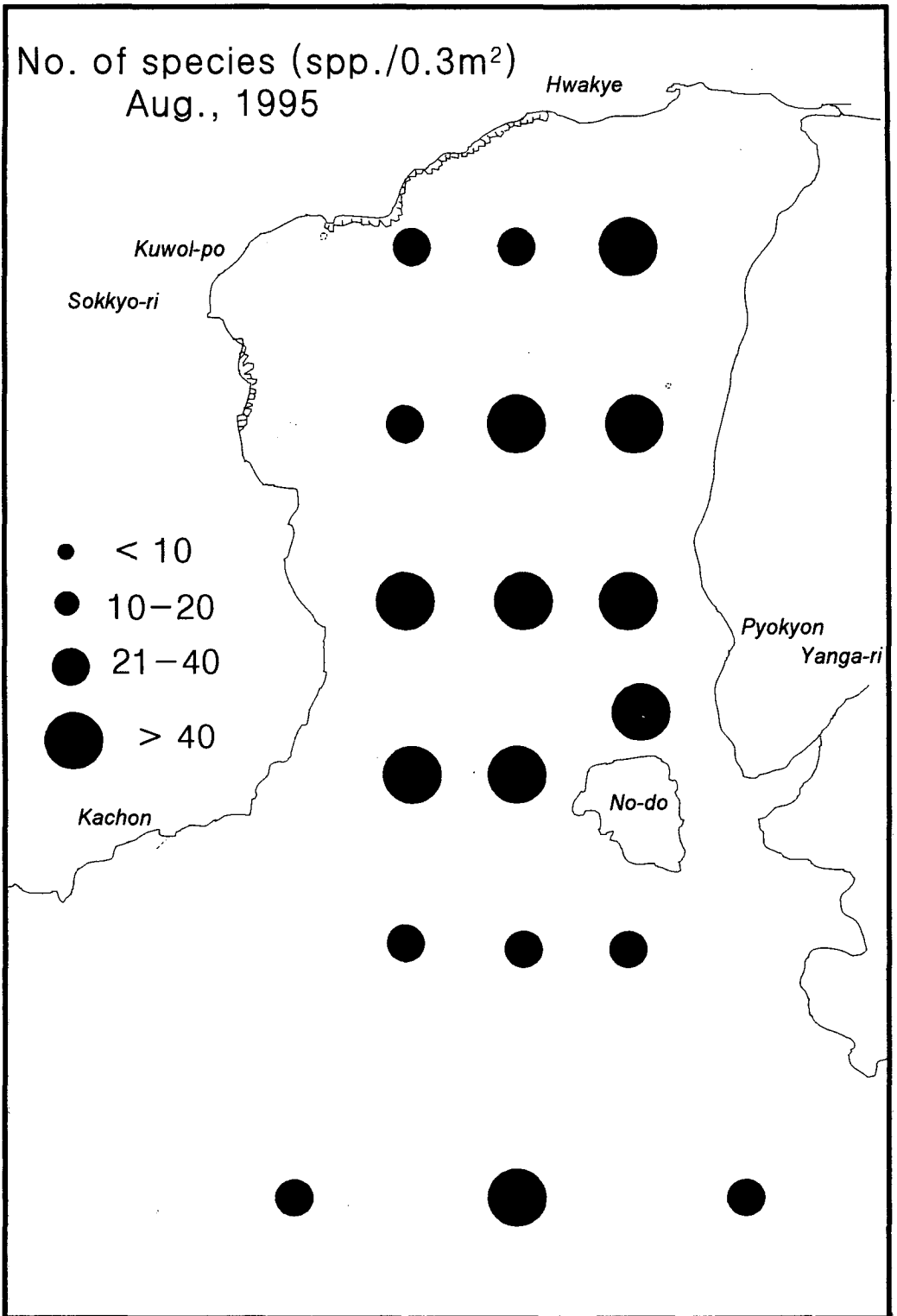


Fig.3-50 (continued)

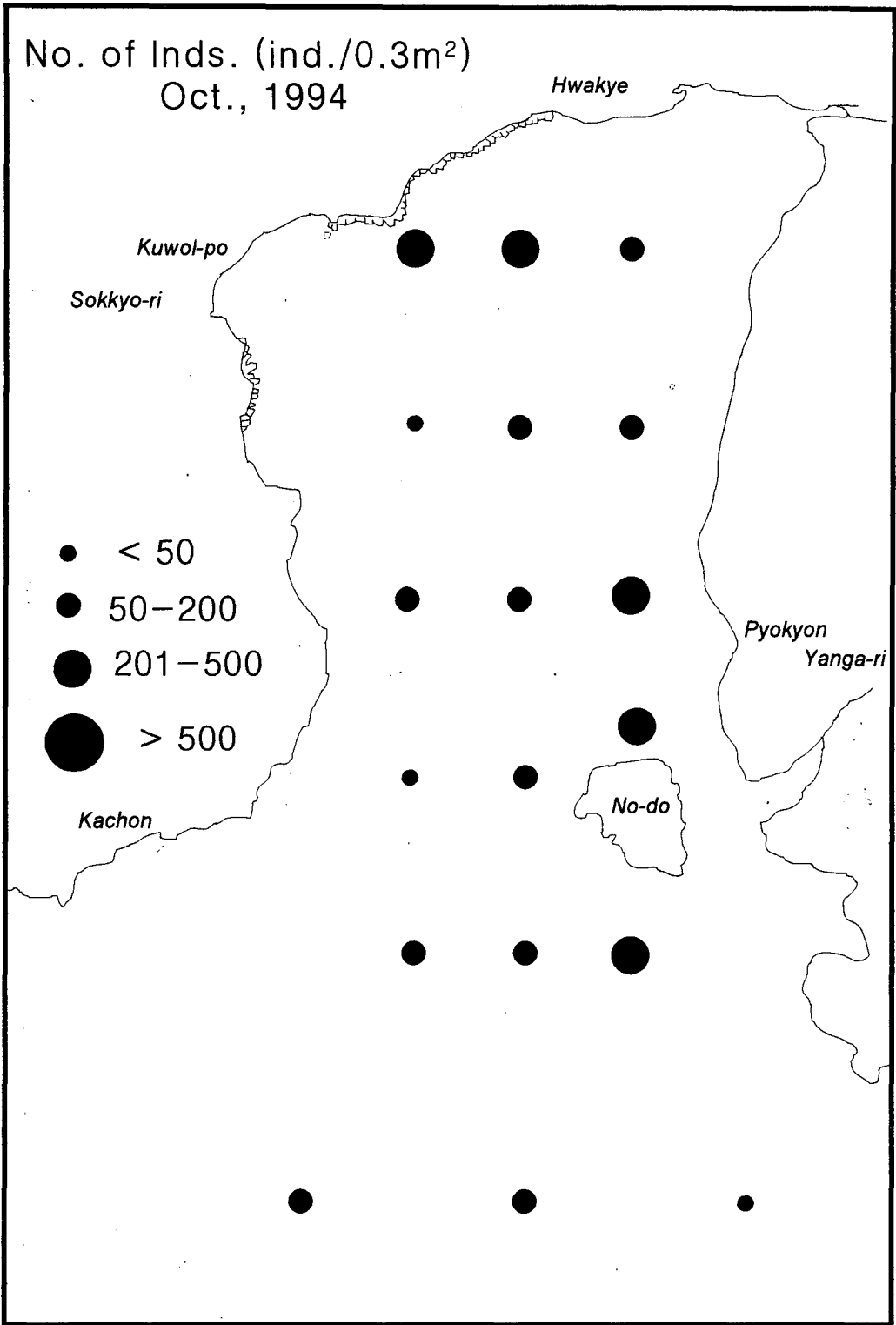


Fig.3-51. The number of individuals of macrobenthos occurred in Aenggang Bay.

(a) October, 1994

(b) January, 1995

(c) May, 1995

(d) August, 1995

No. of Inds. (ind./0.3m²)
Jan., 1995

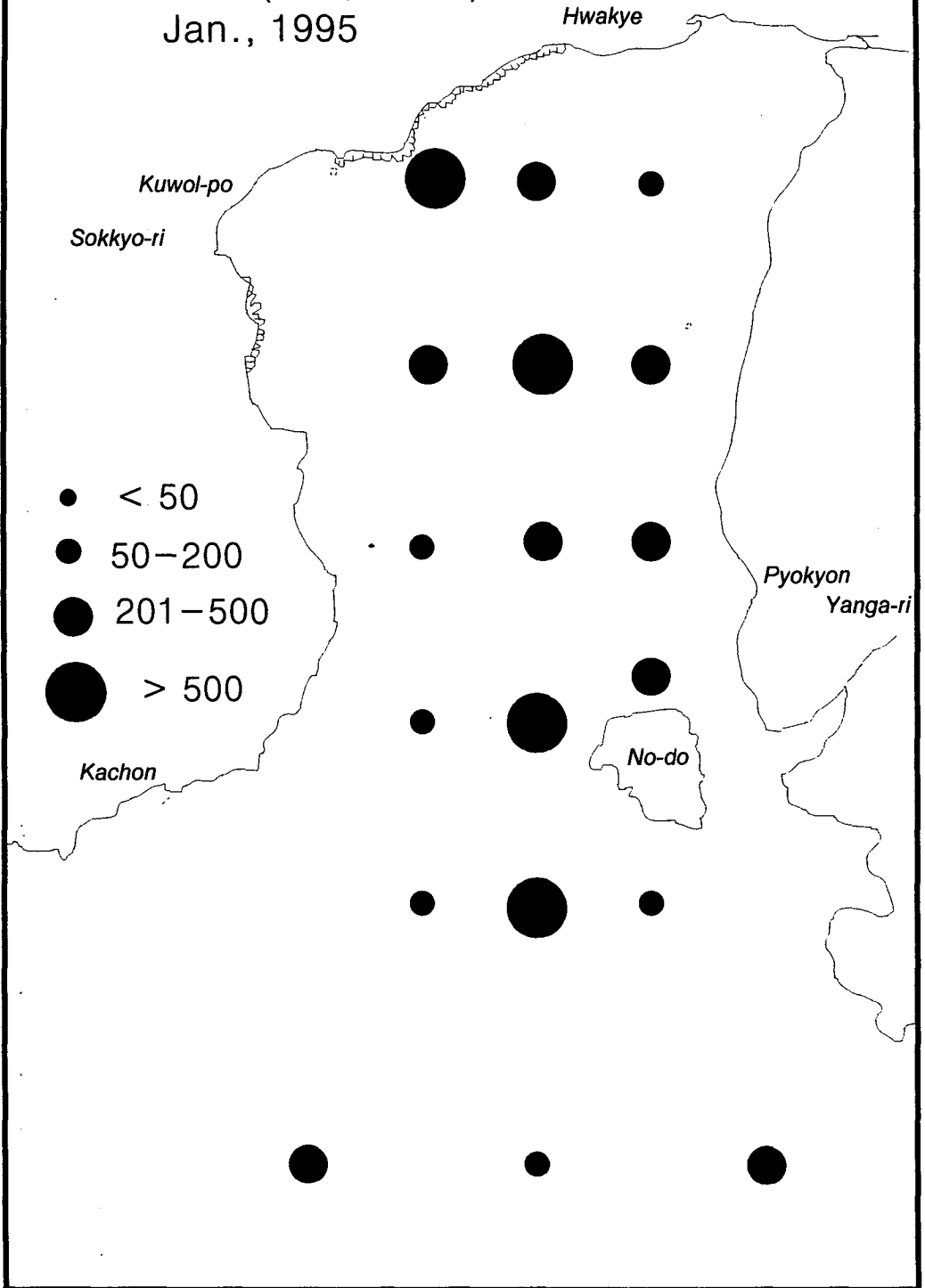


Fig.3-51 (continued)

No. of Inds. (ind./0.3m²)
May., 1995

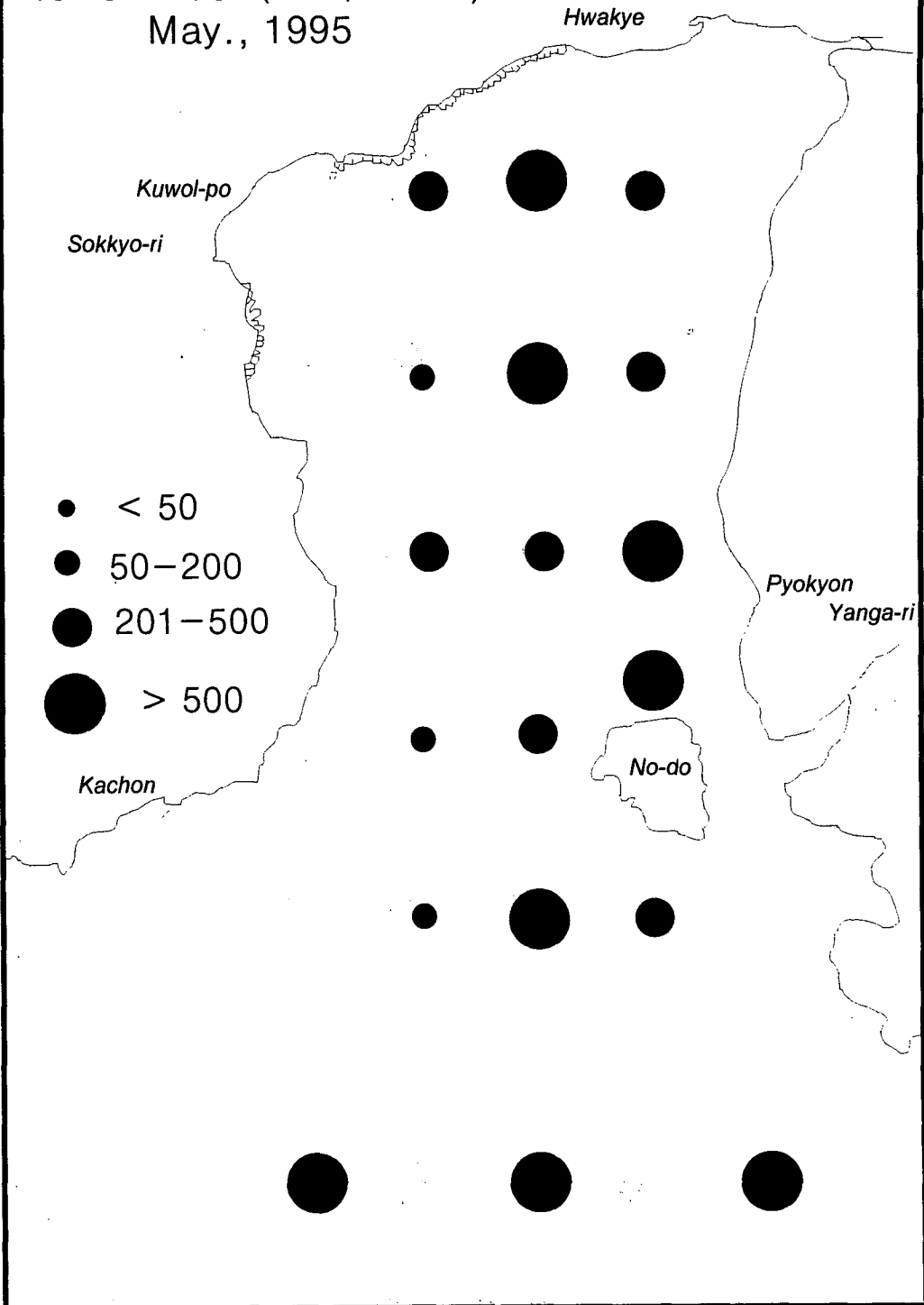


Fig. 3-51 (continued)

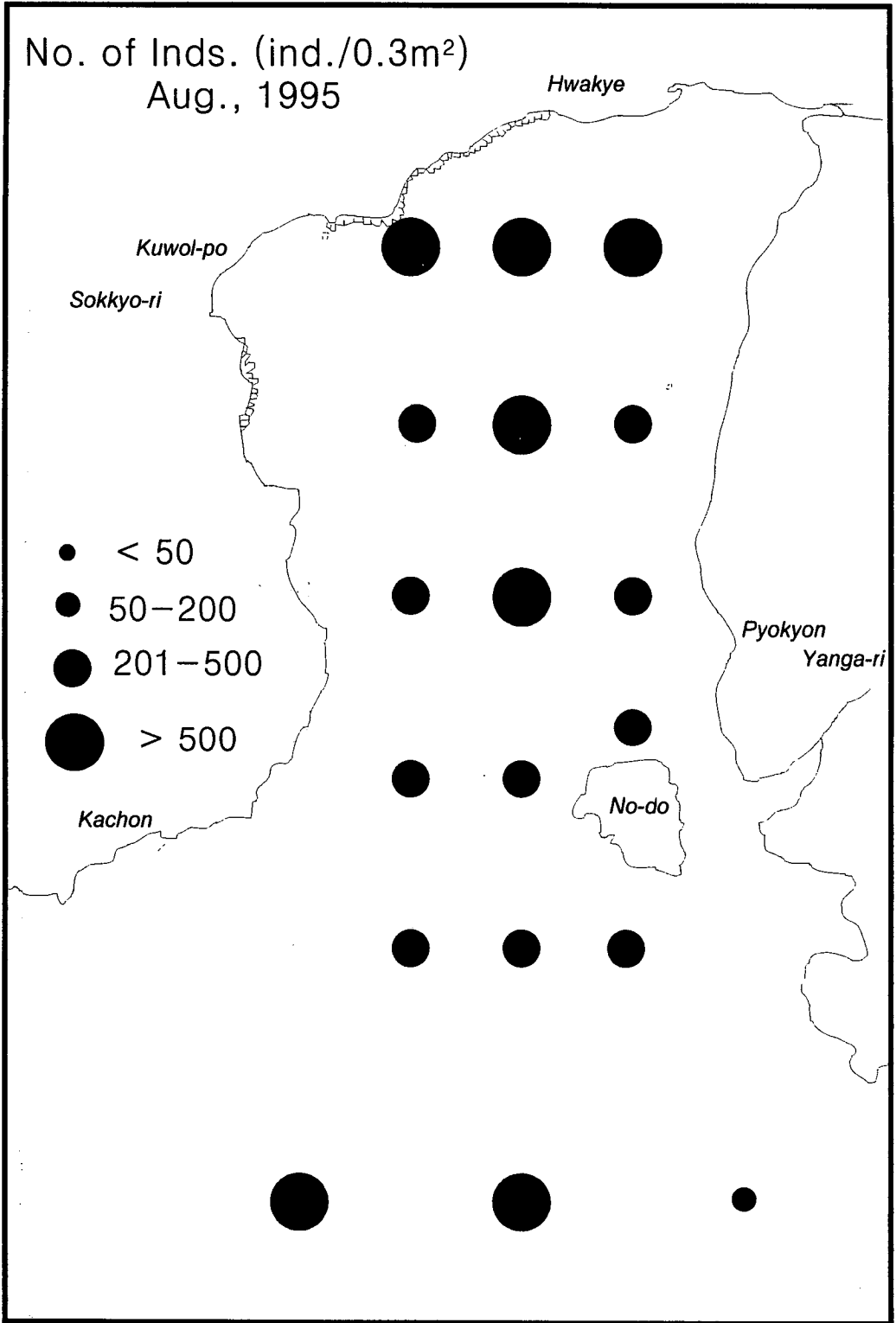


Fig.3-51 (continued)

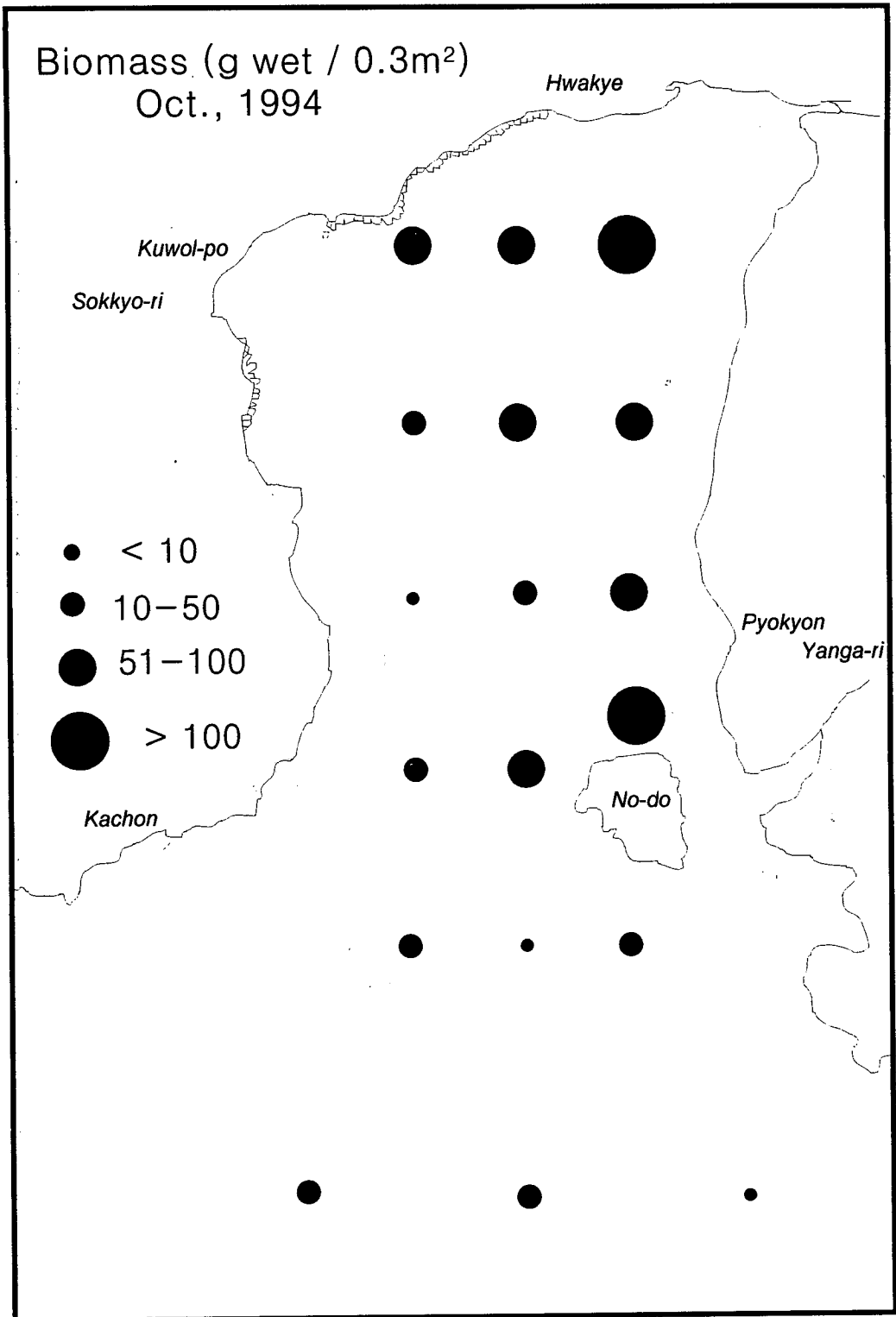


Fig.3-52. Biomass of macrobenthos occurred in Aenggang Bay.

- (a) October, 1994 (b) January, 1995
(c) May, 1995 (d) August, 1995

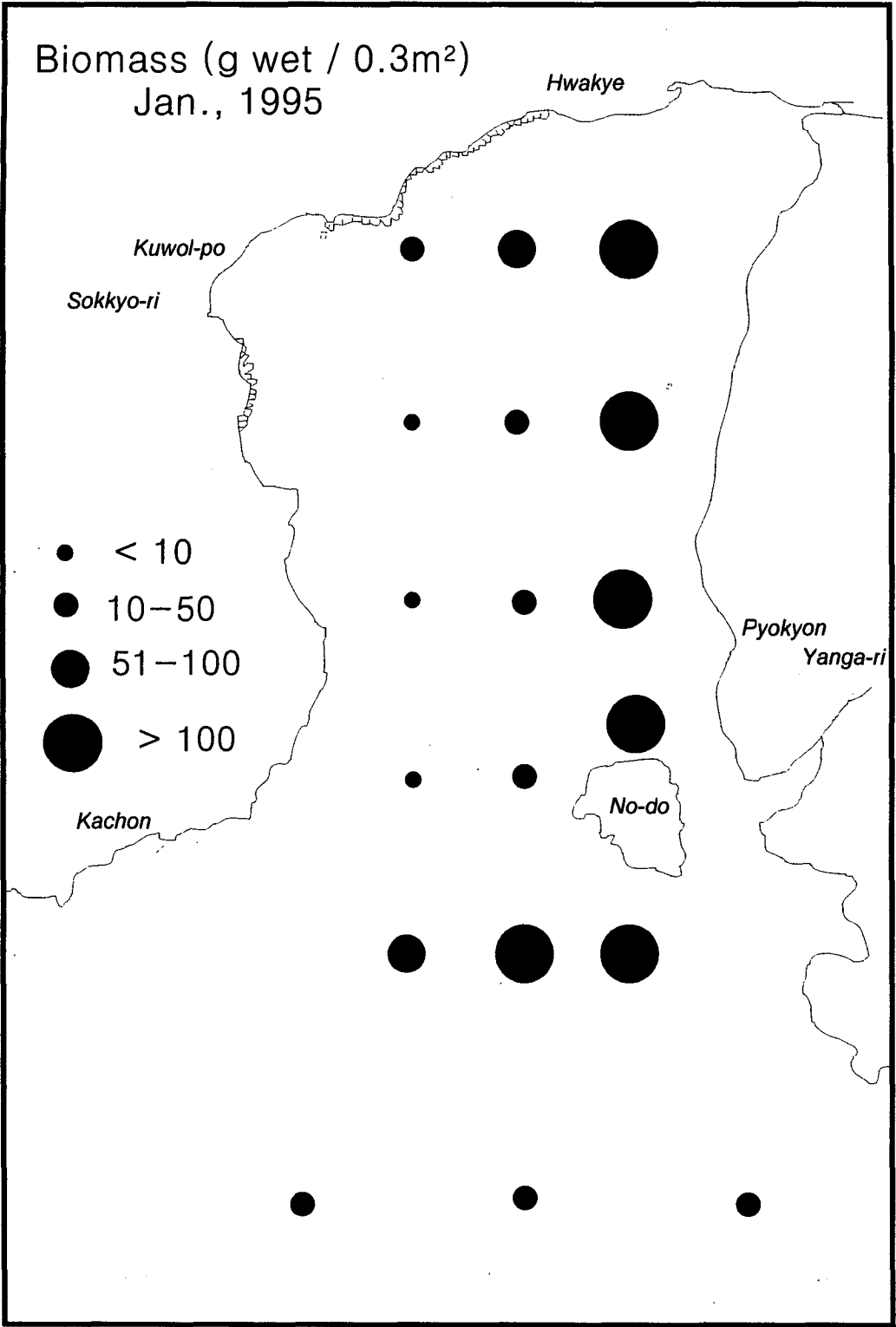


Fig. 3-52 (continued)

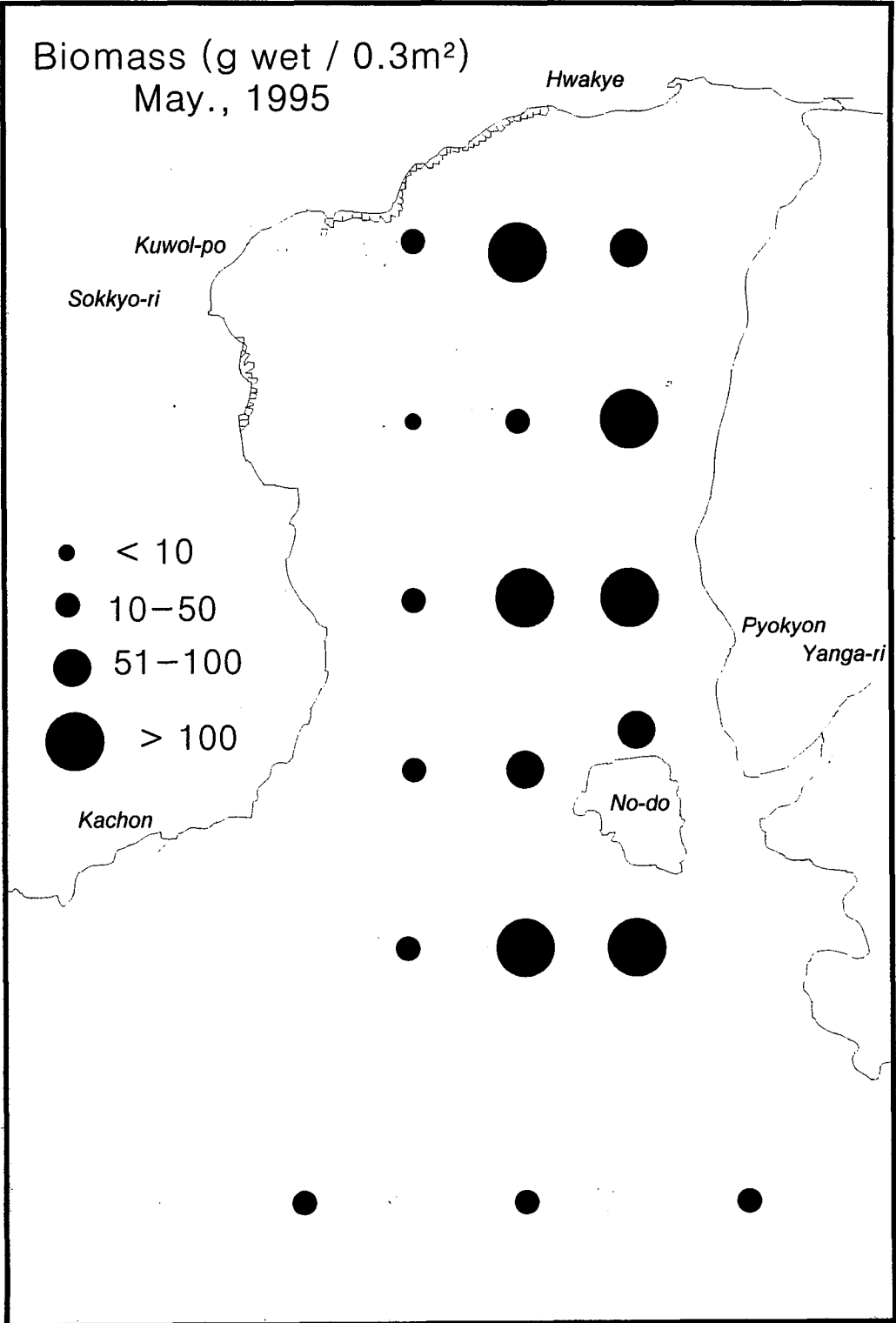


Fig. 3-52 (continued)

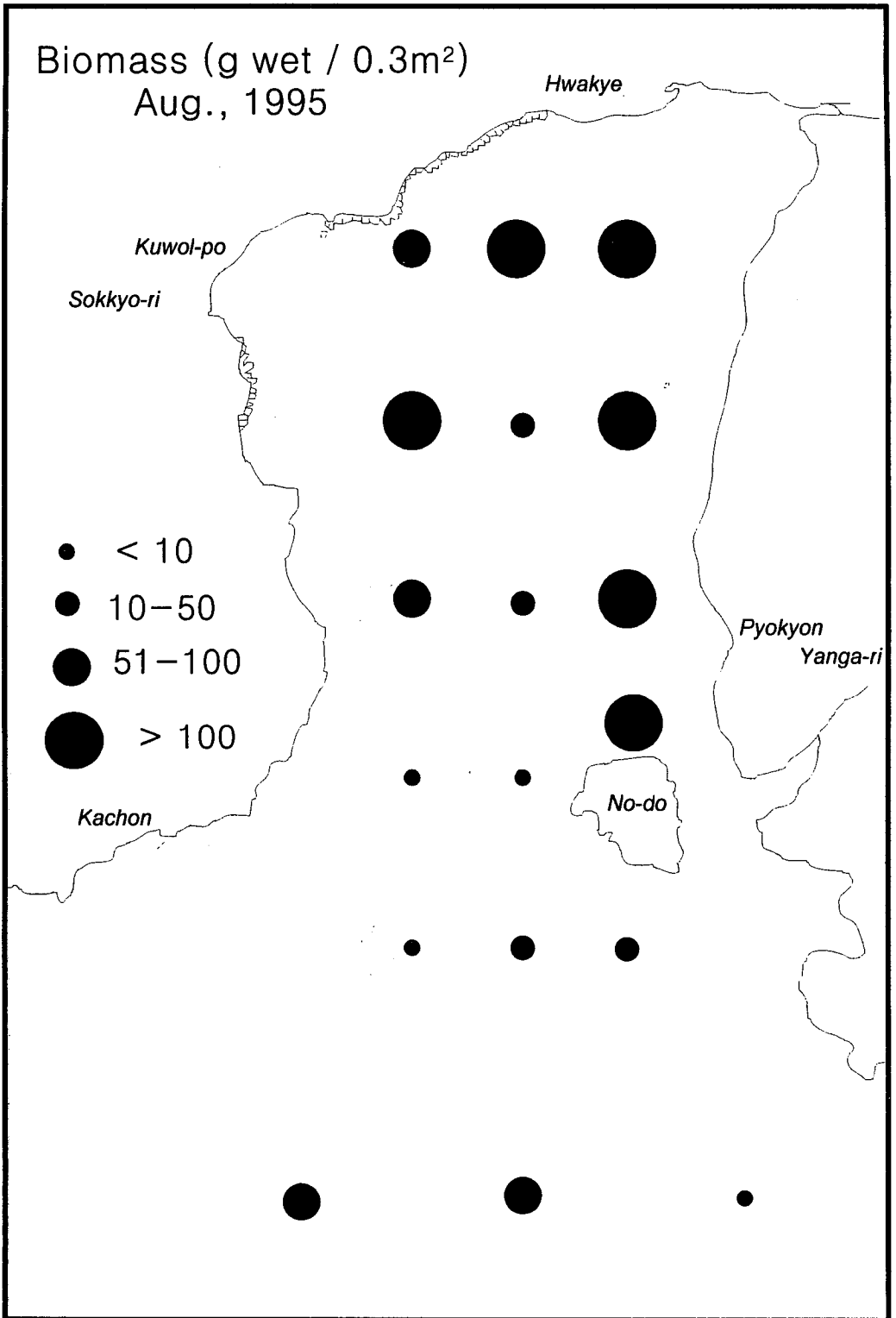


Fig. 3-52 (continued)

많은 생물량을 보였다.

○ 군집 조성

군집의 종조성에 있어서 종 풍부도와 균등도를 고려하여 하나의 지수로 요약한 군집지수로는 Shannon 의 종다양성지수(H')를 들 수 있다. 앵강만의 각 정점별 종다양성 지수를 계절별로 보면 다음과 같다. 정점 7에서 0.68로 최소값을 보였고, 만 입구의 정점 16에서 2.82로 최대값을 보였다(Fig. 3-53). 가을철의 H' 값은 일차적으로 종수에 의해 결정되고, 이차적으로는 우점종의 조성비율에 의해 달라진다. 정점 4, 7, 18 등지에서 H' 값이 1.0 내외로 낮은 것은 출현종수가 7종 이내인 것에 기인하며, 정점 9에서 46종의 최대 출현종수를 보였으나 H' 값은 2.10에 불과 하였는데, 이는 우점종의 높은 우점도에 의한 영향이다. 겨울에는 정점 14에서 $H'=0.92$ 로 최소치를 보였고, 정점 6에서 $H'=2.78$ 로 최대값을 나타내었다. 정점 14에서는 출현종수가 36종이나 높은 우점도에 의해서 H' 에 있어서 최소치를 보였다. 봄철에는 가을과 겨울철에 비해서 평균적으로 높은 H' 값을 보였으며, 정점 5에서 $H'=0.80$ 으로 최소값을, 노도 북쪽에 위치한 정점 6과 9에서 $H'=3.34$ 로 최대치를 보였다. 여름철에도 출현종수의 전반적인 증가로 인하여 H' 값이 봄철과 유사한 수준이었다. 정점 11에서 $H'=3.34$ 로 최대치를 보인 반면에 만입구인 정점 16과 17에서 다모류의 한 종인 *D. arietina*가 극히 우점하여, H' 값이 0.35와 0.90으로 가장 낮았다.

18개 정점에서 출현한 저서동물 자료를 사용하여 행한 집괴분석에서 계절별로 매우 유사한 수지도를 나타냈다. 가을철 조사의 경우 만 내부에 위치한 정점들과 정점 6 과8 정점9, 12 등의 독특한 군집 및 기타 외해 지역 등 크게 3개 군집으로 나누어졌다(Fig. 3-54). 겨울철의 경우 정점 6과 9가 동일 군집으로, 정점 8과 12가 동일 군집으로 나누어져서 4개 군집으로 나

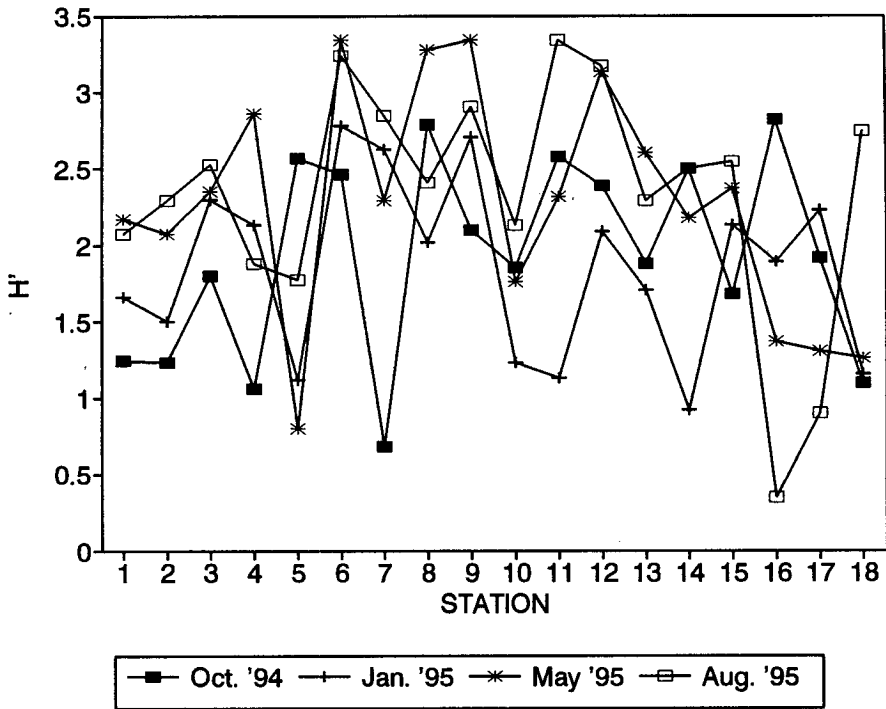


Fig.3-53. The values of Shannon's species diversity of macrobenthos in Aenggang Bay.

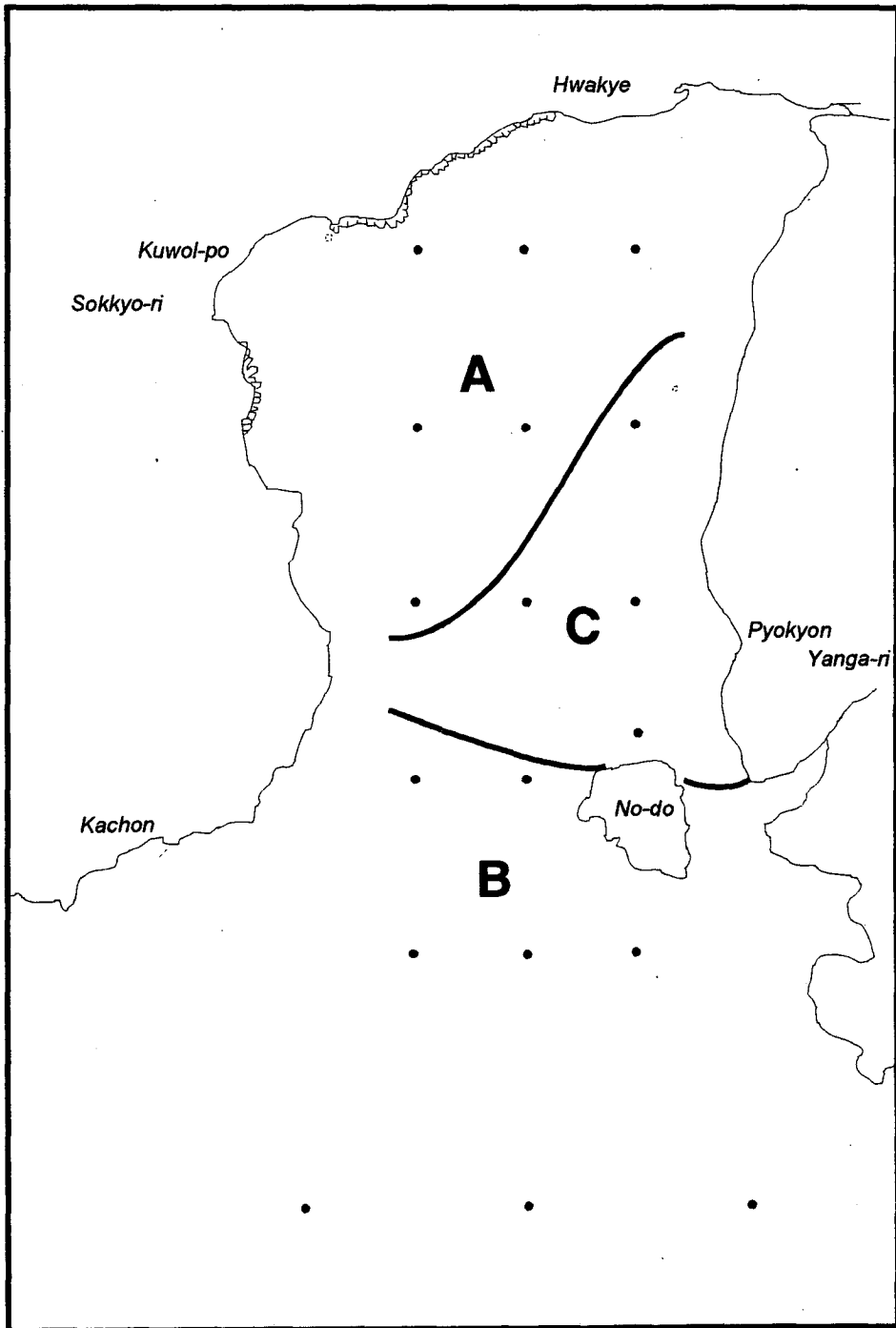


Fig.3-54. The macrobenthic faunal assemblages in Aenggang Bay.

A : *Lumbrineris* - *Xenopthalmus* assemblage

B : *Ditrupa* - *Fustiaria* assemblage

C : *Eriopisella* - *Praxillella* assemblage

누어졌다. 하지만 봄철의 경우에는 외해의 정점 18이 내만의 정점과 동일한 군집으로 묶여지고, 정점 12가 독립적인 군집으로, 정점 6, 8, 9가 하나의 군집으로 나누어졌다. 봄철의 경우 정점 18이 내만과 동일한 군집으로 묶이는 것이 특이할 사항이며, 이는 정점 위치가 연안쪽으로 치우쳐 있는 것에 기인한 것으로 보인다. 한편, 여름철의 경우에도 내만과 외해역, 정점 6과 정점 9, 12 등 4개 군집으로 구성되었다. 결과적으로 내만과 외해역이 상이한 생물군으로 이루어져 있으며, 정점 6과 8, 9, 12등이 독특한 생물상으로 이루어져 계절에 따라 차이를 나타내고 있었다. 정점 6의 경우 다른 정점보다 사질의 함량이 높은 지역으로 모자반이 부분적으로 군락을 형성하는 지역이다. 또한 정점 8, 9, 12는 가두리 양식이 성행하는 지역으로 다른 지역보다 인위적 영향이 많이 미치는 지역이다. 결국, 앵강만은 내만과 외해역이 상이한 군집구조를 가지고 있으며, 내만의 경우 계절에 따라 국부적으로 상이한 군집으로 구성됨을 알 수 있었다.

3.7.2. 통영 연안역의 저서생물

○ 종조성

1995년 6월에 통영시 산양면 미륵도 앞 연안역의 15개 정점에서 출현한 저서동물은 총 188종, 6,630개체 였다. 출현 종수에 있어서는 다모류가 가장 많이 차지하였는데 78종(41.5%)이 출현하였다. 갑각류도 63종(33.5%)이 출현하였고 연체동물 57종(30.3%), 극피동물 23종(2.2%) 순으로 출현 종수를 나타내었다.

1995년의 여름철에는 178종에 속하는 6,570개체가 출현하였으며 출현 종수에 있어서 다모류가 71종(39.9%)으로 가장 많았고, 갑각류에서 69종(33.8%), 연체동물에서 60종(33.7%), 극피동물에서 29종(16.3%) 등으로 봄철과 유사한 동물군별 종수의 조성을 보였다.

1995년 가을철에는 170종에 속하는 5,989개체가 출현하였다. 다모류에서 81종(42.7%)이 출현하였고, 갑각류에서 41종(21.6%), 연체동물에서 30종(15.8%), 극피동물에서 19종(10%)이 출현하여 다모류의 종수가 증가한 반면에 갑각류와 연체동물의 출현 종수가 봄철과 여름철에 비해 크게 감소하였다.

1996년 1월의 겨울철에는 161종에 속하는 4,346개체가 출현하였는데 이중 다모류에서 77종(47.8%)이 출현하였고, 연체동물에서 24종(14.9%), 갑각류에서 34종(21.1%), 극피동물에서 13종(8.1%) 순으로 출현 종수를 보였다. 가을철의 출현 종수와 비교해서 갑각류와 연체동물의 종조성 비율이 낮아졌고 다모류는 증가하였다.

1996년의 봄철에는 총 28개 조사정점에서 저서동물이 채집되었는데 총 224종에 속하는 10,170개체가 출현하였다. 그러나 앞선 계절의 15개 정점에서 출현한 저서동물은 169종 5,012개체로 나타났다. 각 동물군별 출현 종수를 보면 다모류에서 82종(36.6%)이, 연체동물에서 37종(16.5%), 갑각류에서 67종(29.9%), 극피동물에서 15종(6.7%)이 출현하였다. 15개 정점에서는 다모류가 73종(43.1%), 연체동물이 27종(16.6%), 갑각류에서 40종(23.7%), 극피동물에서 14종(8.3%) 등이 출현하여 가을철이나 겨울철의 출현종 조성비율과 매우 유사하였다.

○ 우점종

통영연안역의 저서동물군집의 우점종을 계절별로 보면 주요 우점종의 종류는 그다지 바뀌지 않고 출현량에 있어서만 중간 차이를 보여주는 것이 특징이다(Table 3-30).

1995년의 봄철에는 다모류의 *Lumbrineris longifolia* 가 전체 출현량의 27.2% 를 차지하여 가장 우점한 종이었고, 그 외에 다모류에 속하는 우점종

Table 3-30. Dominant species of the macrobenthos in the Tongyung coastal area (a) June, 1995; (b) August, 1995; (c) November, 1995; (d) January, 1996; (e) May 1996
(a) June 1995

Species name.	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	1804	27.2	27.2
<i>Alvegnis ojanus</i> (M)	660	10.0	37.2
<i>Ophiopholis mirabilis</i> (E)	429	6.5	43.7
<i>Heteromastus</i> sp.(P)	339	5.1	48.8
<i>Glycera chirori</i> (P)	222	3.3	52.1
<i>Amphiura</i> sp.(E)	208	3.1	55.2
<i>Ampharete arctica</i> (P)	194	2.9	58.1
<i>Magelona japonica</i> (P)	156	2.4	60.5
<i>Amaeana</i> sp.(P)	153	2.3	62.8
<i>Glycinde</i> sp.(P)	142	2.1	64.9
<i>Nephtys oligobranchia</i> (P)	139	2.1	67.0

(b) August 1995

Species name	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	1227	18.7	18.7
<i>Amphiura</i> sp.(E)	724	11.0	29.7
<i>Amaeana</i> sp.(P)	467	7.1	36.8
<i>Heteromastus</i> sp.(P)	463	7.0	43.8
<i>Corophium sinense</i> (C)	368	5.6	49.4
<i>Amphioplus</i> sp.(E)	201	3.1	52.5
<i>Tharyx</i> sp.(P)	188	2.9	55.4
<i>Ophiopholis mirabilis</i> (E)	160	2.4	57.8
<i>Glycera chirori</i> (P)	152	2.3	60.1
<i>Glycinde</i> sp.(P)	148	2.3	62.4
<i>Ninoe japonica</i> (P)	146	2.3	64.7
<i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	145	2.2	66.9
<i>Eriopisella sechellensis</i> (C)	132	2.0	68.9

Table 3-30. (continued)

(c) November 1995

Species	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	1689	28.2	28.2
<i>Amphiura</i> sp.(E)	501	8.4	36.6
<i>Amaeana</i> sp.(P)	396	6.6	43.2
<i>Amphioplus</i> sp.(E)	264	4.4	47.6
<i>Mediomastus</i> sp.(P)	167	2.8	50.4
<i>Alvenius ojanus</i> (M)	150	2.5	52.9
<i>Glycera chirori</i> (P)	148	2.5	55.4
<i>Ophiopholis mirabilis</i> (E)	131	2.2	57.6
<i>Nephtys oligobranchia</i> (P)	123	2.1	59.7

(d) January 1996

Species	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	1370	31.5	31.5
<i>Tharyx</i> sp.(P)	394	9.1	40.6
<i>Amphiura</i> sp.(E)	211	4.9	45.5
<i>Mediomastus</i> sp.(P)	197	4.5	51.0
<i>Amaeana</i> sp.(P)	146	3.4	54.4
<i>Glycera chirori</i> (P)	139	3.2	57.6
<i>Amphioplus</i> sp. 1(E)	115	2.7	60.3
<i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	109	2.5	62.8
<i>Amphioplus</i> sp. 2(E)	105	2.4	65.2

Table 3-30. (continued)

(e) May 1996

Species	Total inds.	%	Cum. %
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	2395	23.6	23.6
<i>Amphiura</i> sp.(E)	785	7.7	31.3
<i>Ampharete arctica</i> (P)	565	5.6	36.9
<i>Tharyx</i> sp.(P)	379	3.7	40.6
Gammaridae unid.(C)	336	3.3	43.9
<i>Ophiopholis mirabilis</i> (E)	307	3.0	46.9
<i>Glycera chirori</i> (P)	302	3.0	49.9
<i>Amphioplus</i> sp. 2(E)	286	2.8	52.7
<i>Amphioplus megapomus</i> (E)	219	2.2	54.9
<i>Nephtys oligobranchia</i> (P)	214	2.1	57.0

으로는 *Heteromastus* sp. (5.1%), *Glycera chirori* (3.3%), *Ampharete arctica* (2.9%), *Magelona japonica* (2.4%) 등이었다. 연체동물의 *Alvenius ojanus* (10.0%), 극피동물의 *Ophiopholis mirabilis* (6.5%) 와 *Amphiura* sp. (3.1%) 등이 봄철의 우점종으로 나타났다. *L. longifolia*의 주된 출현 지역은 장두도와 곤리도 및 미륵도로 연결되는 내만역이며 *A. ojanus*와 *Heteromastus* sp.는 외곽역에서 많이 출현하였고 *O. mirabilis*는 미륵도에 인접한 해안역에서 주로 분포하였다.(Fig. 3-55).

여름철에는 다모류의 *L. longifolia* (18.7%), *Amaeana* sp. (7.1%), *Heteromastus* sp. (7.0%), 극피동물의 *Amphiura* sp. (11.0%), *Amphioplus* sp. (3.1%), 갑각류의 *Corophium sinense* (5.6%) 등이 주요 우점종이었고, 진해만의 오염지역에서 우점한 종으로 알려진 다모류의 *Paraprionospio pinnata* 도 전체 개체수의 2.0 %를 차지하였다. 여름철에는 *L. longifolia*와 *Amaeana* sp.의 주 분포지역이 장두도를 중심으로 한 안팎이며, 가장 내부 역에는 *Heteromastus* sp.와 *Amphiura* sp.가 많이 출현하였다(Fig. 3-56).

1995년의 가을에도 가장 우세한 종은 다모류의 *L. longifolia* (28.2%) 이며, 극피동물의 *Amphiura* sp. (8.4%), *Amphioplus* sp. (4.4%), *Ophiopholis mirabilis* (2.2%) 등과 연체동물의 *Alvenius ojanus* (2.5%), 다모류의 *Amaeana* sp. (6.6%), *Mediomastus* sp. (2.8%) 등이 주요 우점종이었다. 가을철에는 *L. longifolia*의 출현양상이 봄철과 유사하였고, *Amphiura* sp.는 장두도에서, *amaeana* sp.는 장두도 외곽에서, *Amphioplus* sp.는 장두도 남쪽 지역에서 많은 출현량을 보였다(Fig. 3-57).

겨울철에는 *L. longifolia* 의 비중이 31.5% 로 증가하였고, 다모류의 *Tharyx* sp. (9.1%), *Mediomastus* sp. (4.5%), *Amaeana* sp. (3.44), *Glycera chirori* (3.2%), *Paraprionospio pinnata*(2.5%) 등과 극피동물의 *Amphiura* sp. (4.9%), *Amphioplus* sp. (2.7%) 등이 우점하였다. 겨울철에는 *L.*

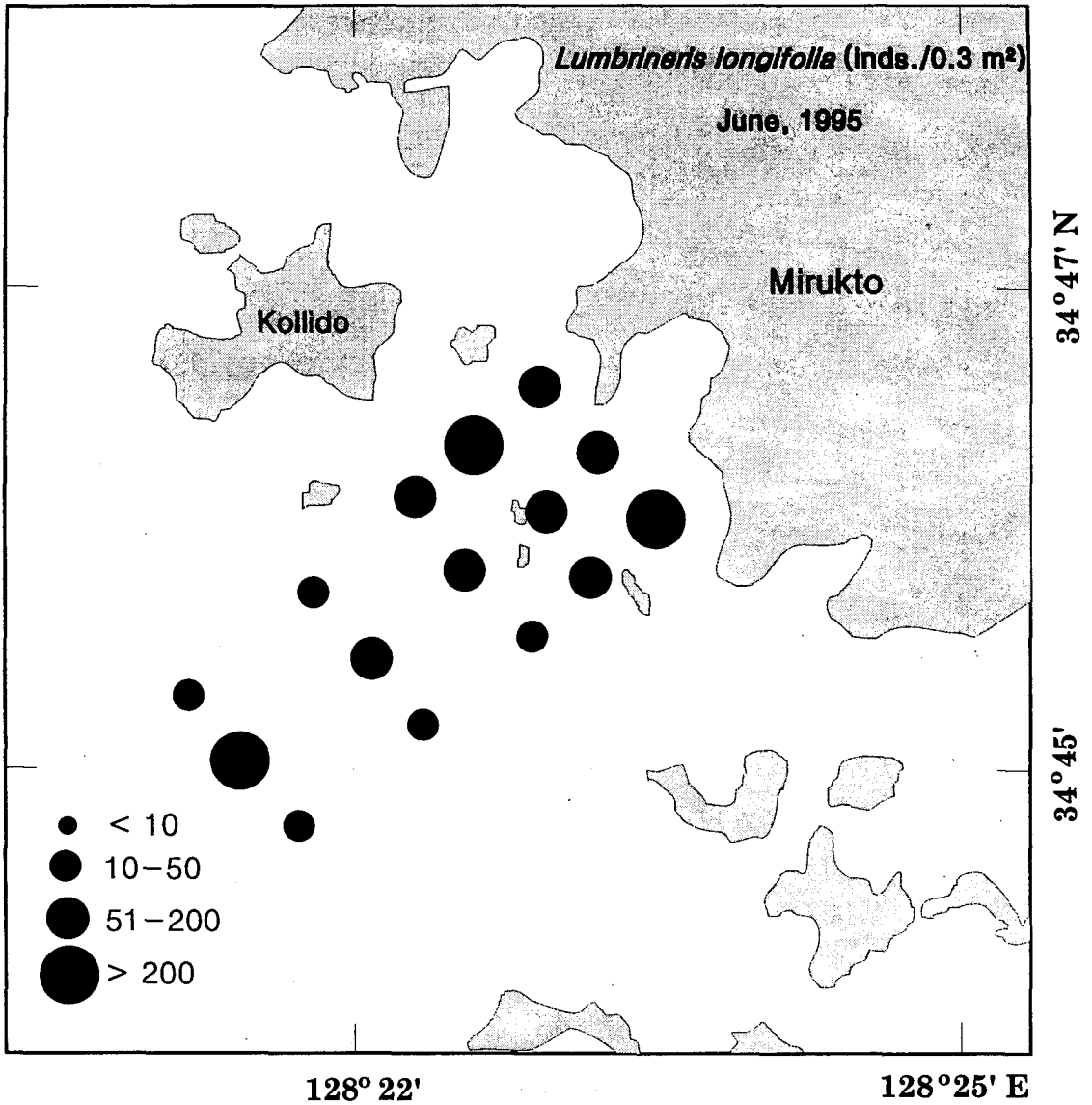


Fig.3-55. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during June, 1995.

- (a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Alvenius ojanus*
(c) *Ophiopholis mirabilis* (d) *Heteromastus* sp.

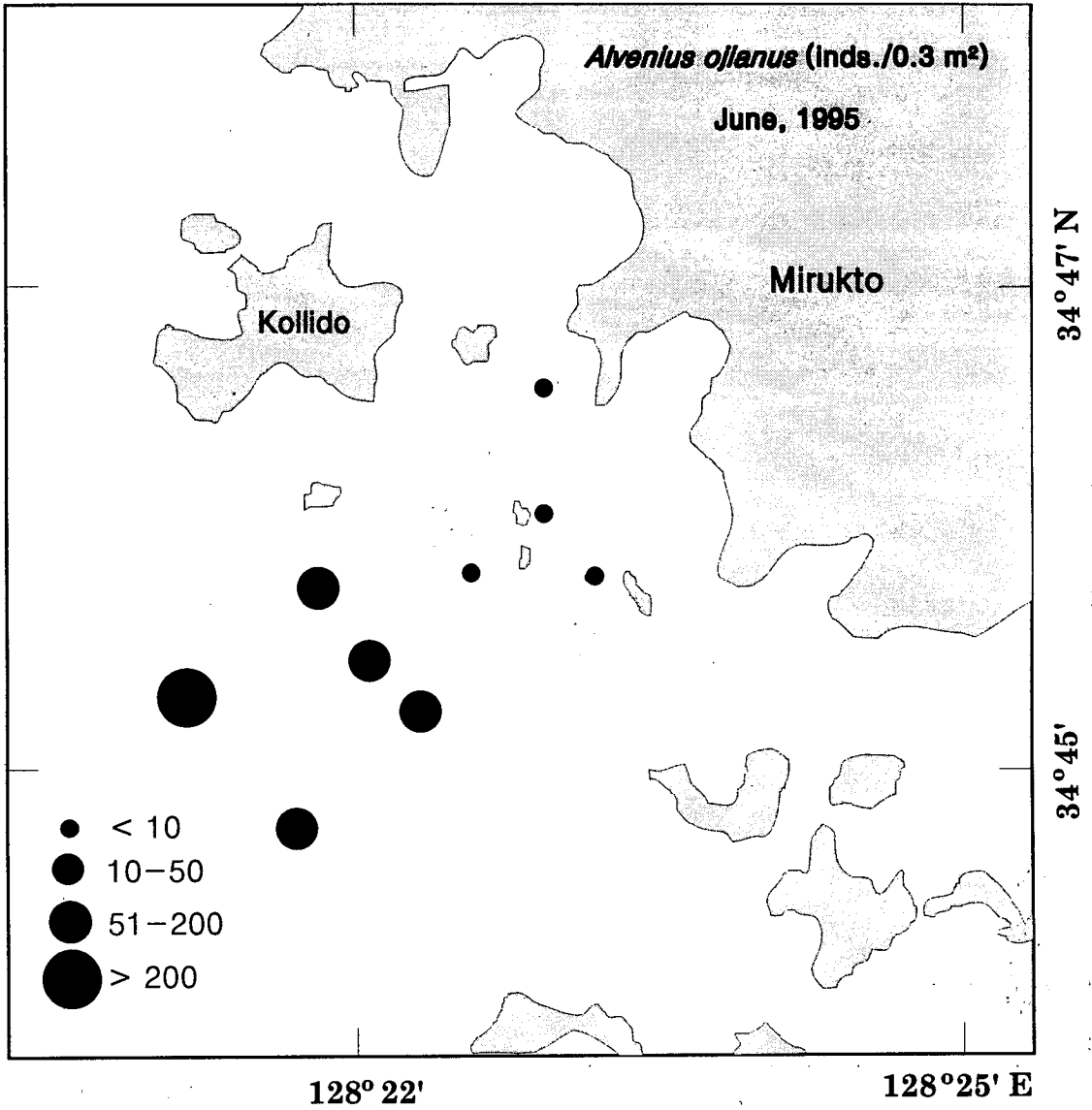


Fig. 3-55 (continued)

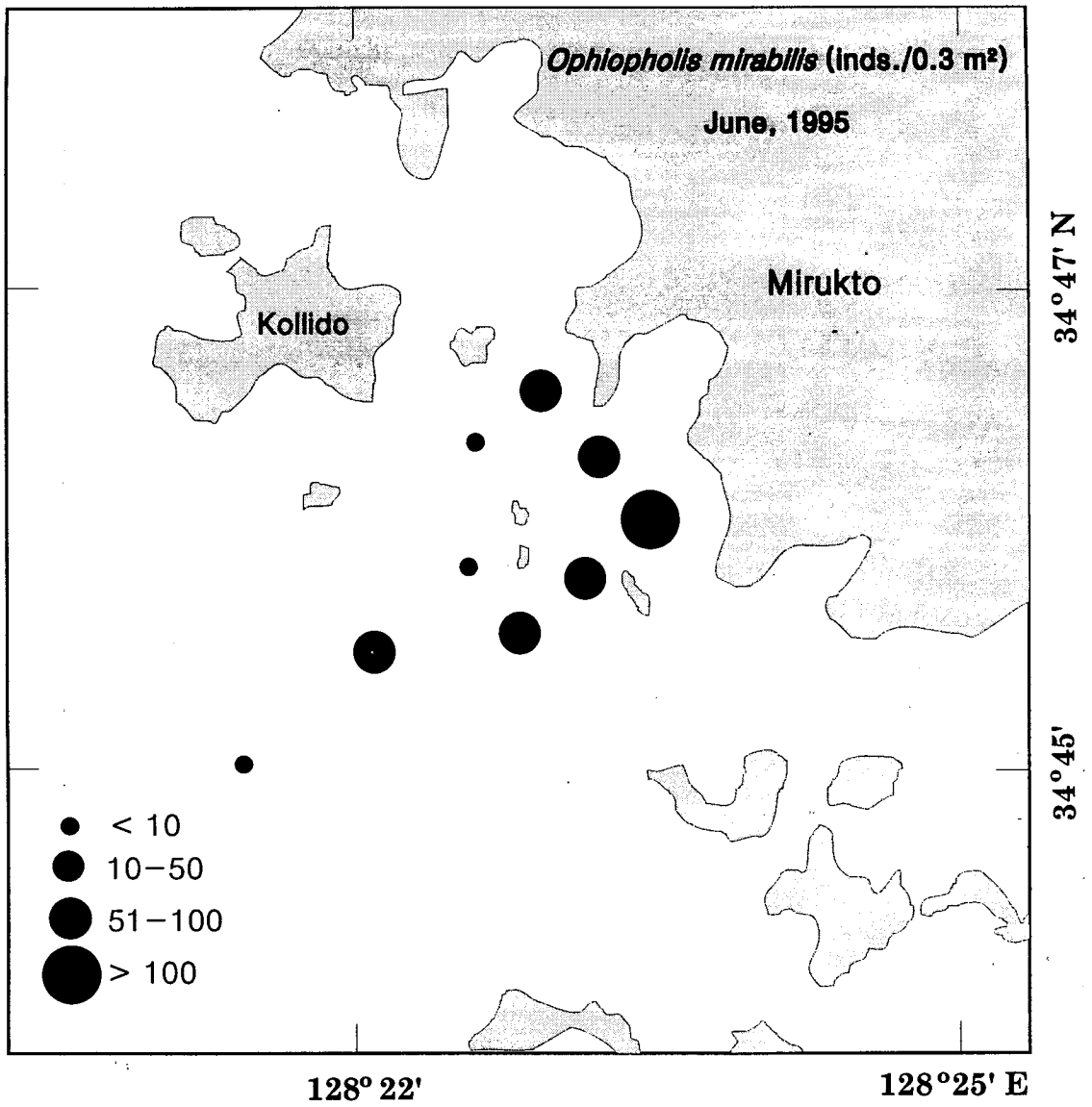


Fig. 3-55 (continued)

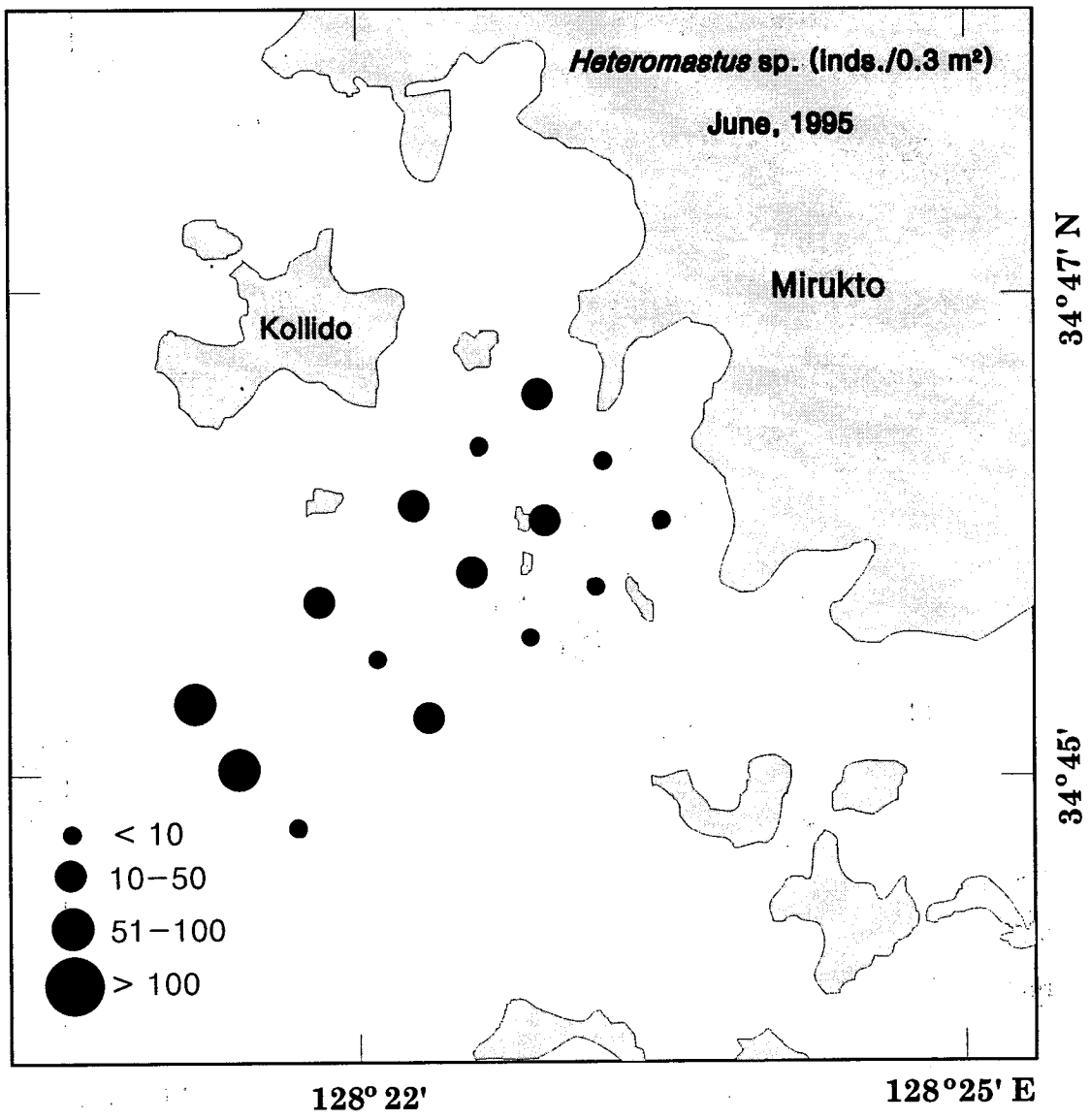


Fig. 3-55 (continued)

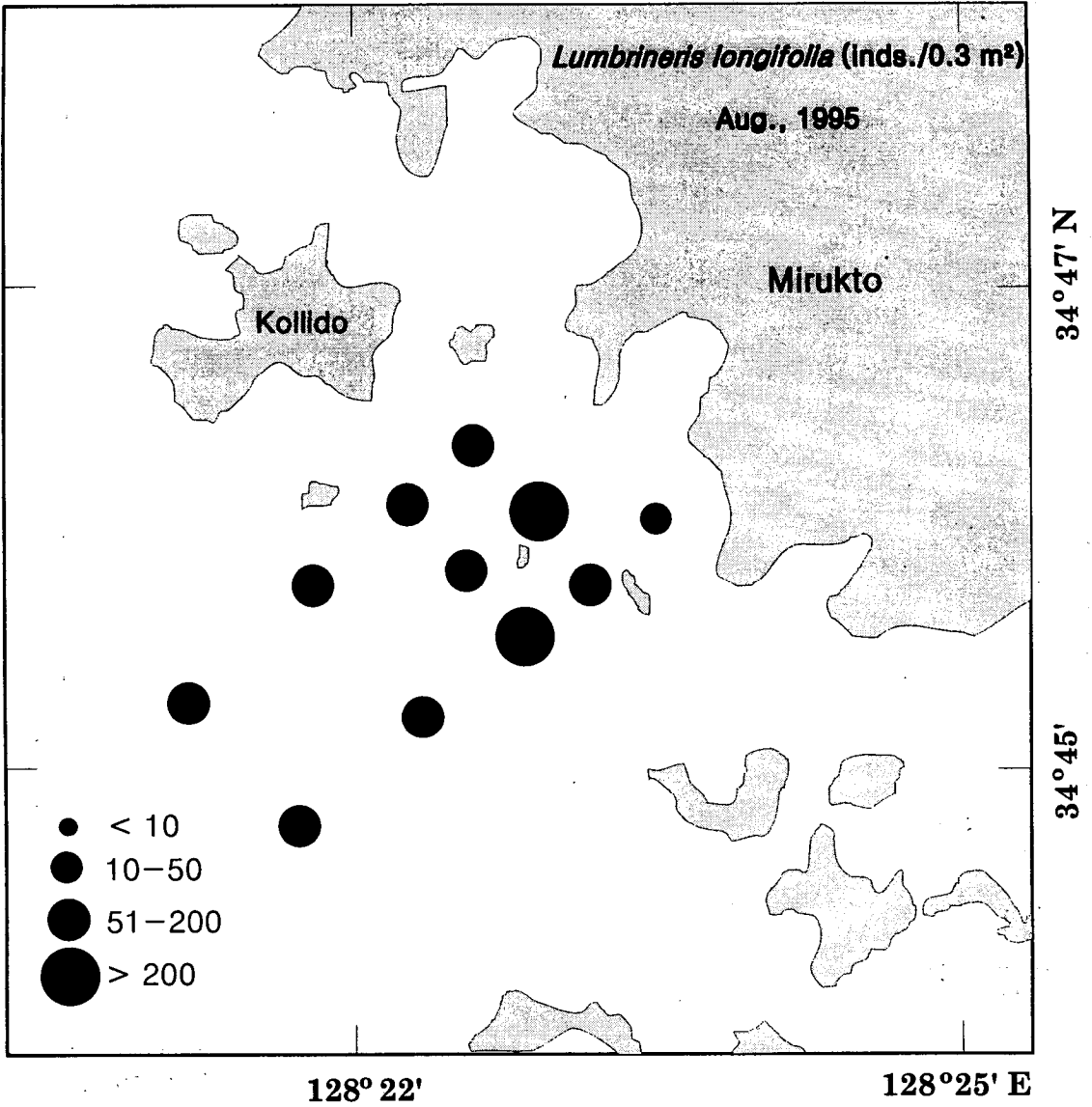


Fig.3-56. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during August, 1995.

- (a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Amaeana* sp. (d) *Heteromastus* sp.

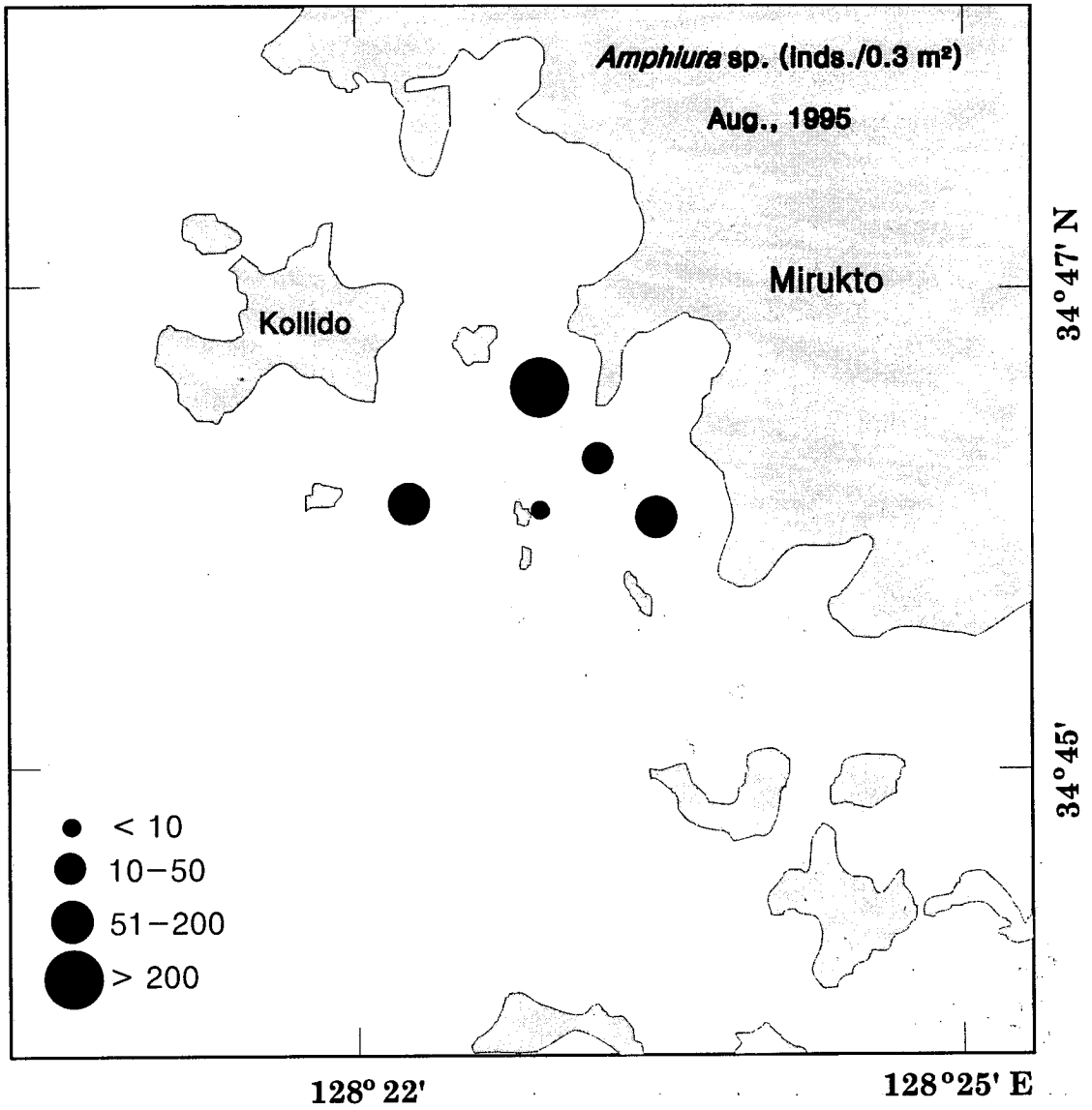


Fig.3-56 (continued)

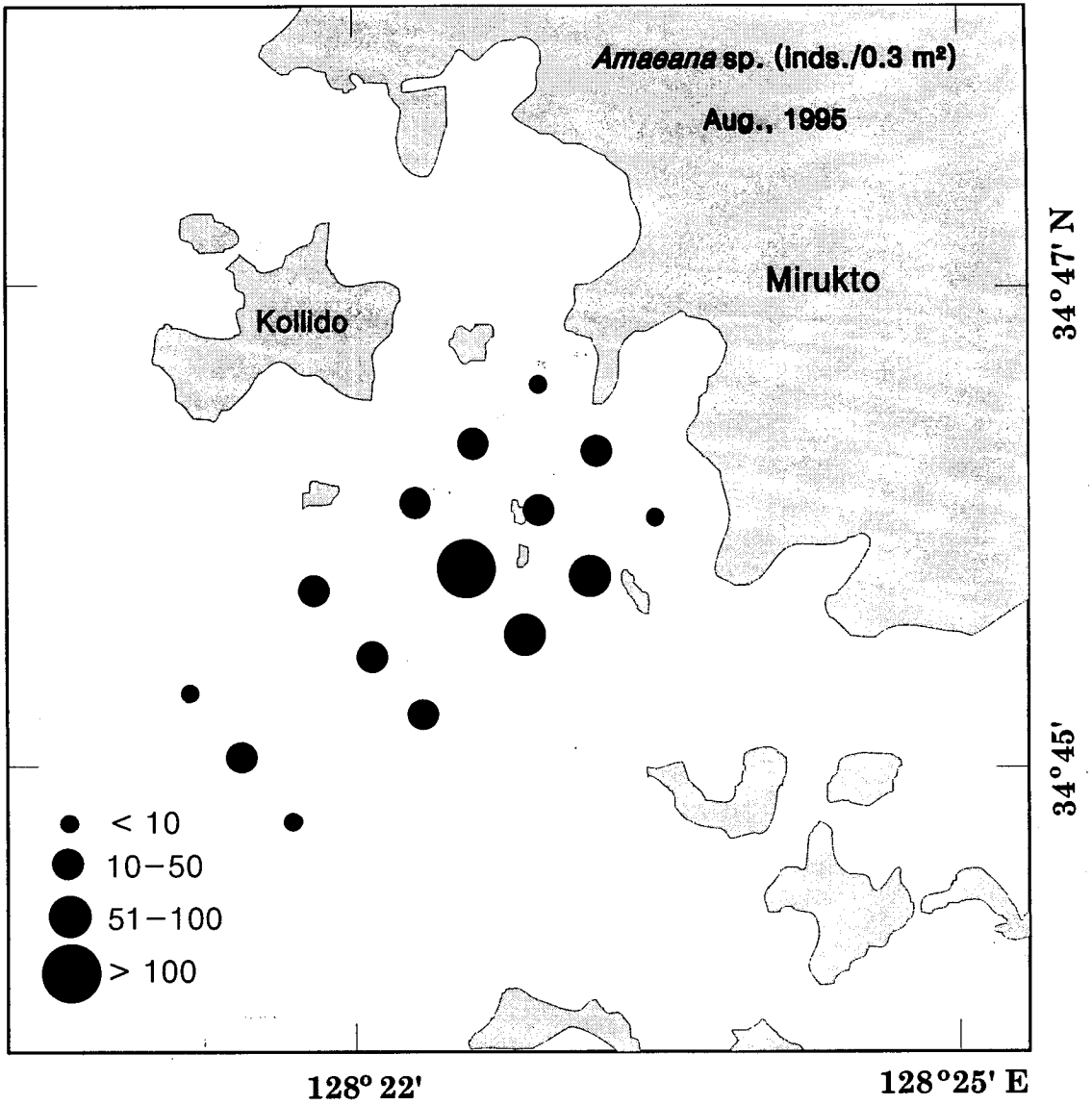


Fig.3-56 (continued)

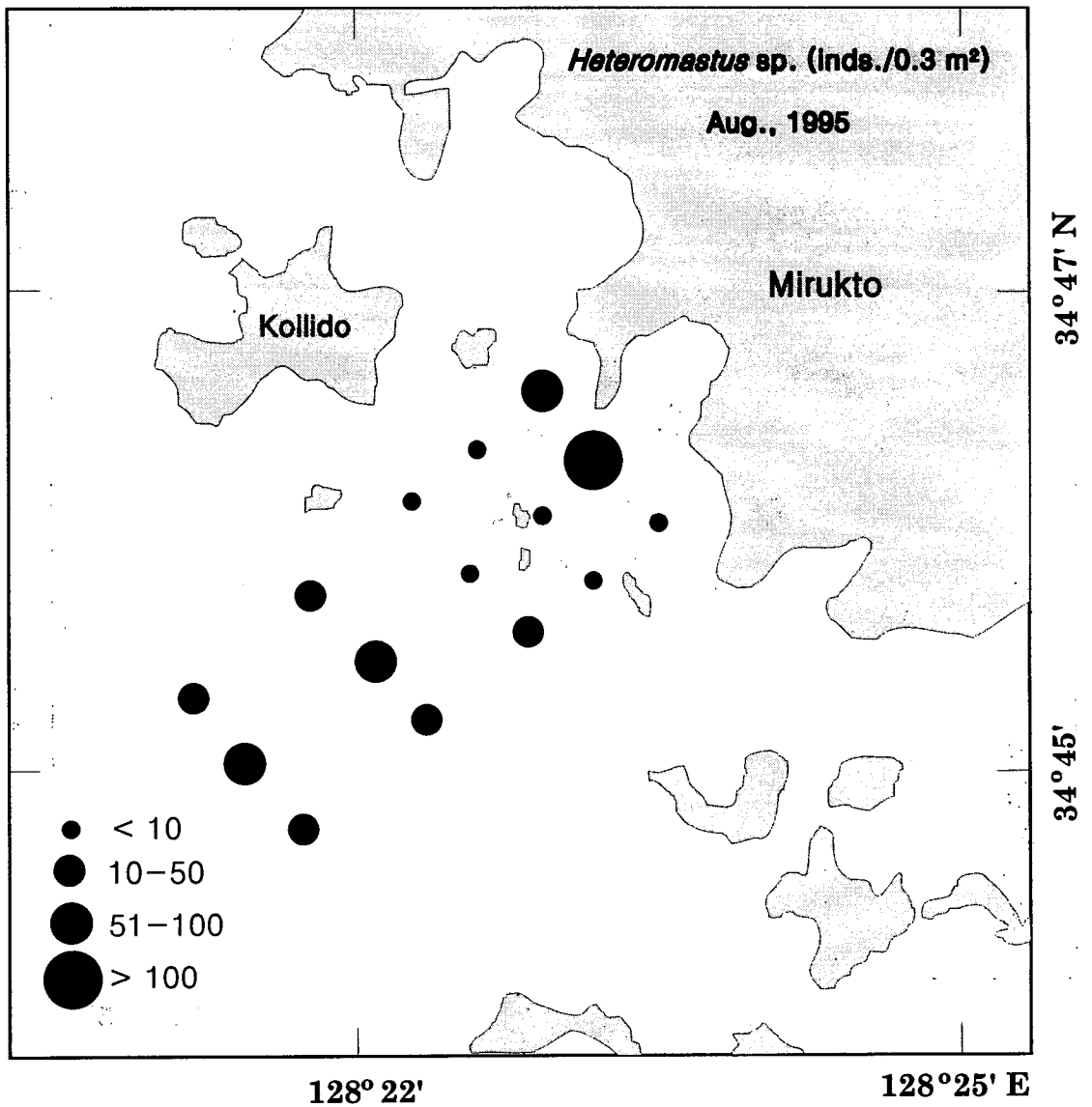


Fig.3-56 (continued)

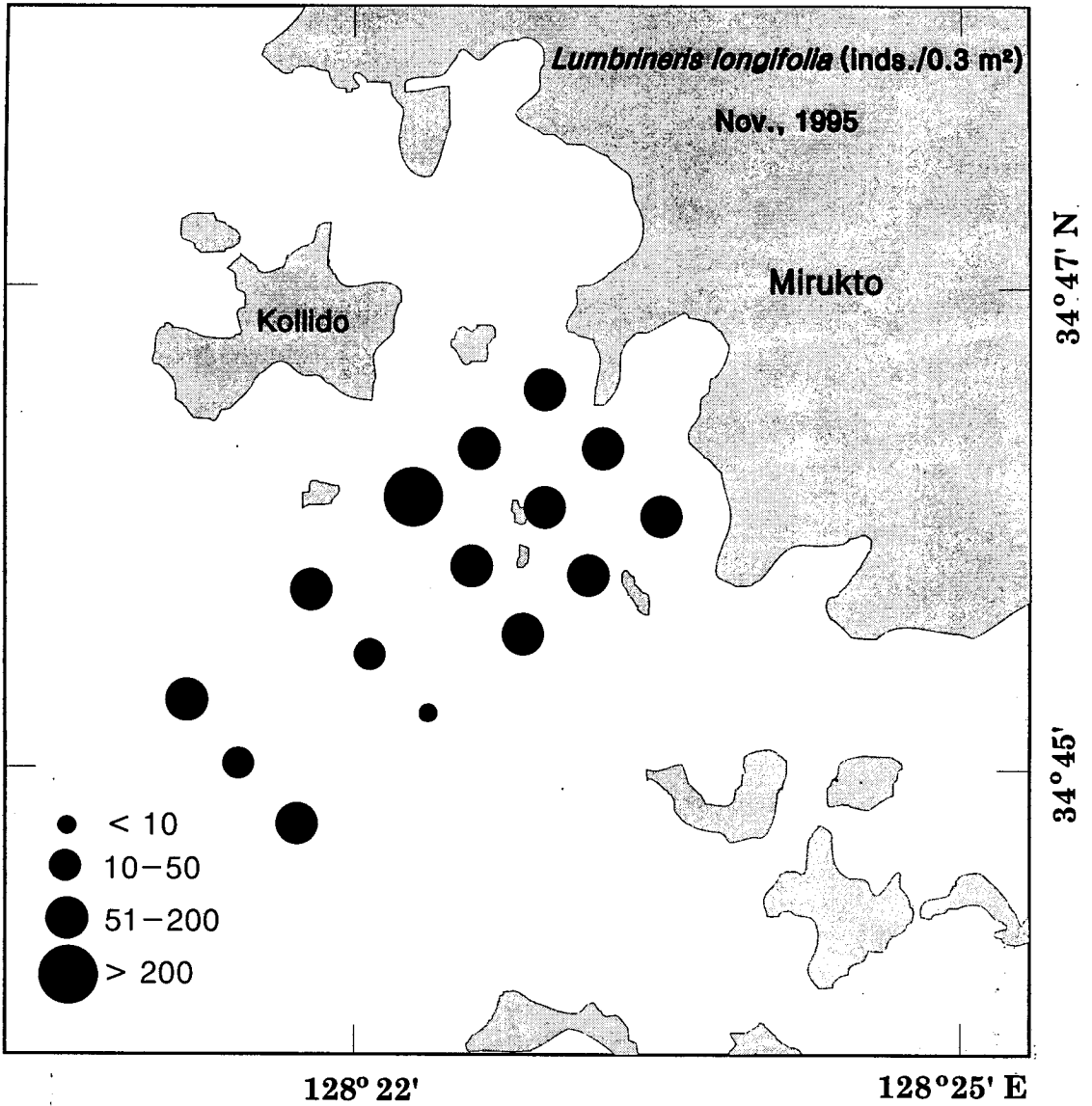


Fig.3-57. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during November, 1995.

- (a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Amaeana* sp. (d) *Amphioplus* sp.

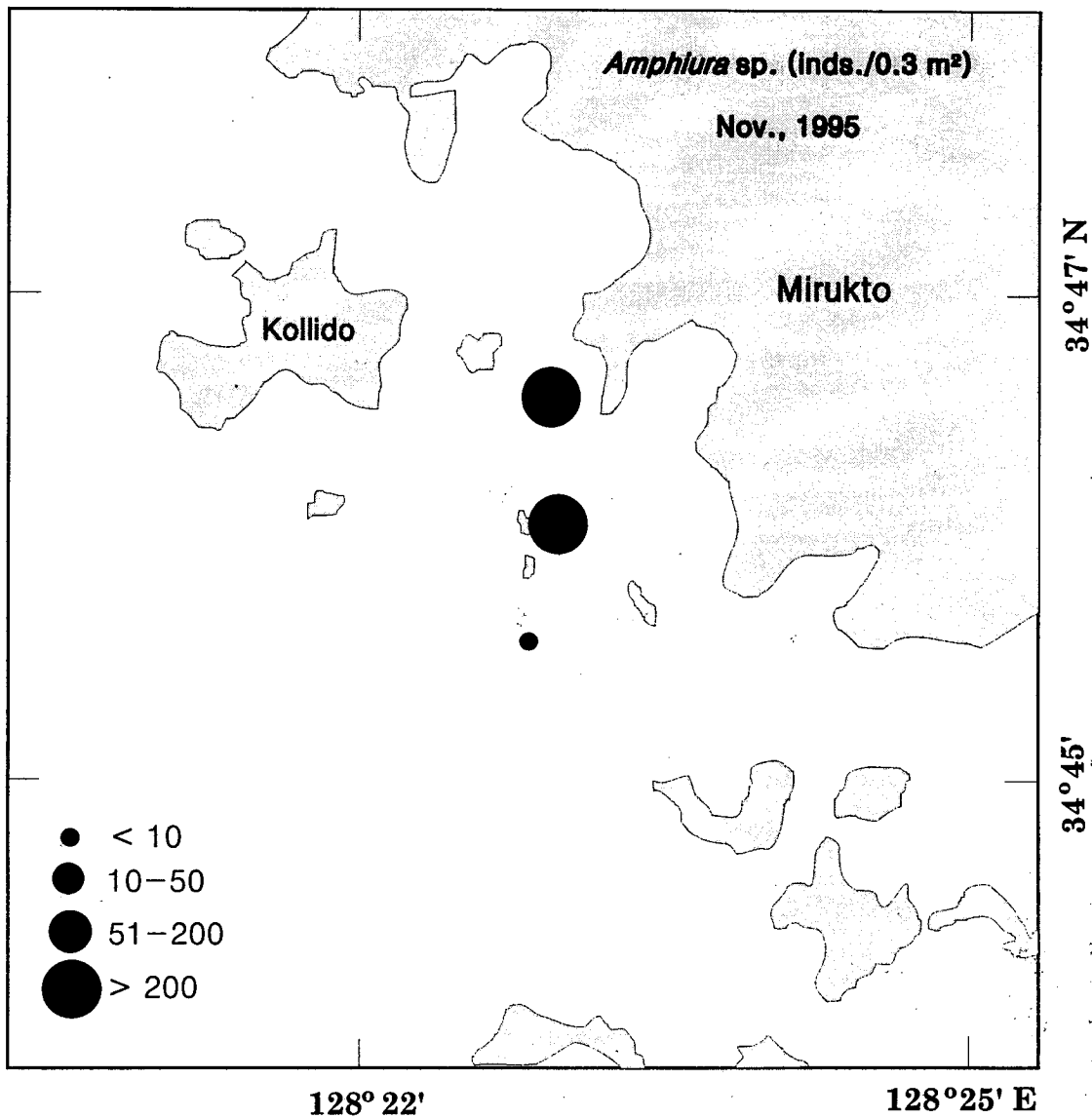


Fig.3-57 (continued)

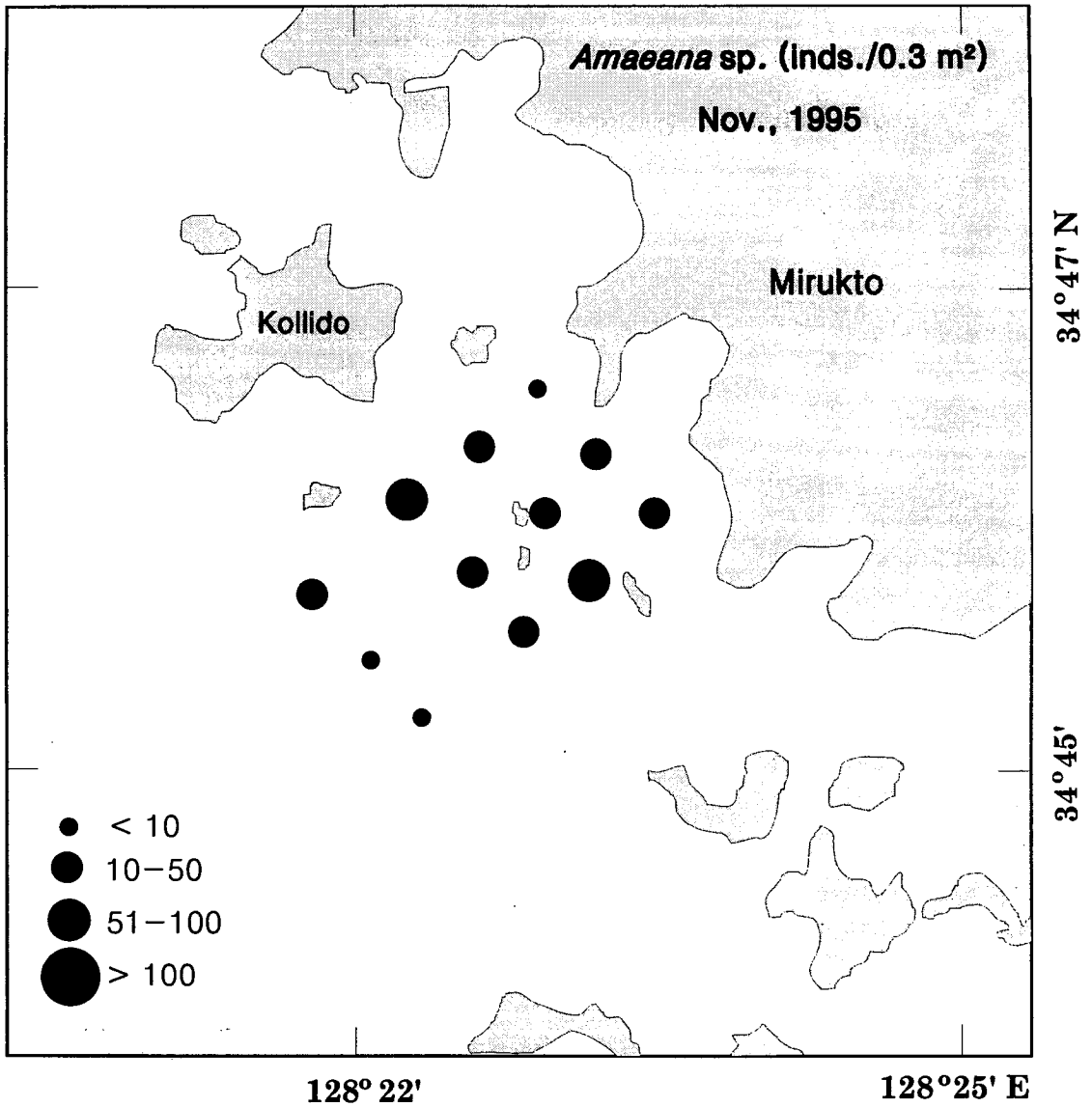


Fig. 3-57 (continued)

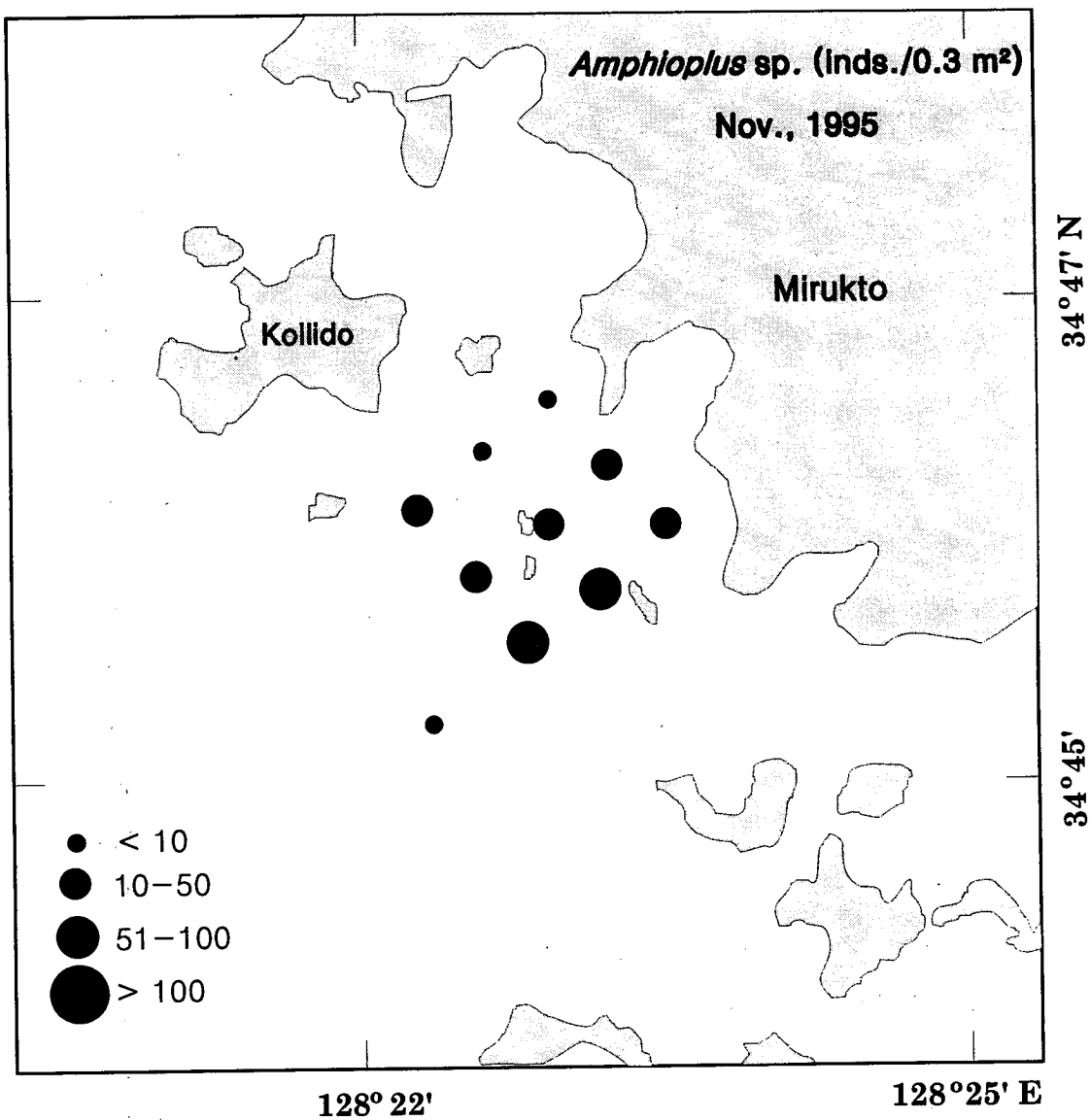


Fig. 3-57 (continued)

*longifolia*가 거의 전 정점에 걸쳐서 비슷한 출현량을 보였고, *Tharyx* sp.와 *Amphiura* sp.는 장두도 안쪽 연안역에서, *Mediomastus* sp.는 외곽역에서 더 많은 출현량을 보였다(Fig. 3-58).

1996년 봄철에도 다모류의 *L. longifolia* (23.6%), *Ampharete arctica* (5.6%), *Tharyx* sp. (3.7%), *Glycera chirori* (3.0%)와 극피동물의 *Amphiura* sp. (7.7%), *Ophiopholis mirabilis* (3.0%), *Amphioplus* sp. (2.8%), 갑각류의 Gammaridae unid. (3.3%) 등이 우점종으로 출현하였다. *L. longifolia*는 1996년 봄철에도 1995년 봄철과 유사한 분포양상을 보였는데 미륙도 인접해역에서 더 많은 출현량을 보였다. *Tharyx* sp.도 곤리도와 미륙도 인접지역에서 최대 출현량을 보였고, *Amphiura* sp.는 곤리도 남쪽면에서, *Ampharete arctica*는 조사해역의 중앙부에서 최대 출현량을 보였다(Fig. 3-59).

1995년 봄철과 1996년 봄철의 우점종을 비교하면 1995년에 우점하였던 연체동물의 *Alvenius ojanus*가 1996년 봄에는 출현량이 극히 적은 반면에 갑각류와 다모류의 *Ampharete arctica*와 *Tharyx* sp.의 비중이 증가하였다.

표층에 주로 서식하는 거대형 저서동물의 종조성을 보기위해 Agassiz 트롤로 채집된 저서동물에서는 27종 정도의 우점종이 출현하였다(Table 3-31). 극피동물의 거미불가사리 일종인 *Ophiopholis mirabilis*는 봄철과 가을철에 가장 많이 출현하였고 겨울철에도 우점한 종이였다. 한편 여름철에는 집게의 일종인 *Diogenes edwardsii*, 조개류의 *Zeuxis castus*가 다모류의 *Lumbrineris longifolia* 와 더불어 우점한 동물이었다. 앵강만과 비교하면 분류군의 수준에서는 유사한 조성을 보이나 종 수준에서는 두 지역간에 다른 종조성을 보여 저서환경에 있어서의 두 지역간 차이를 반영하였다.

○ 분포 양상

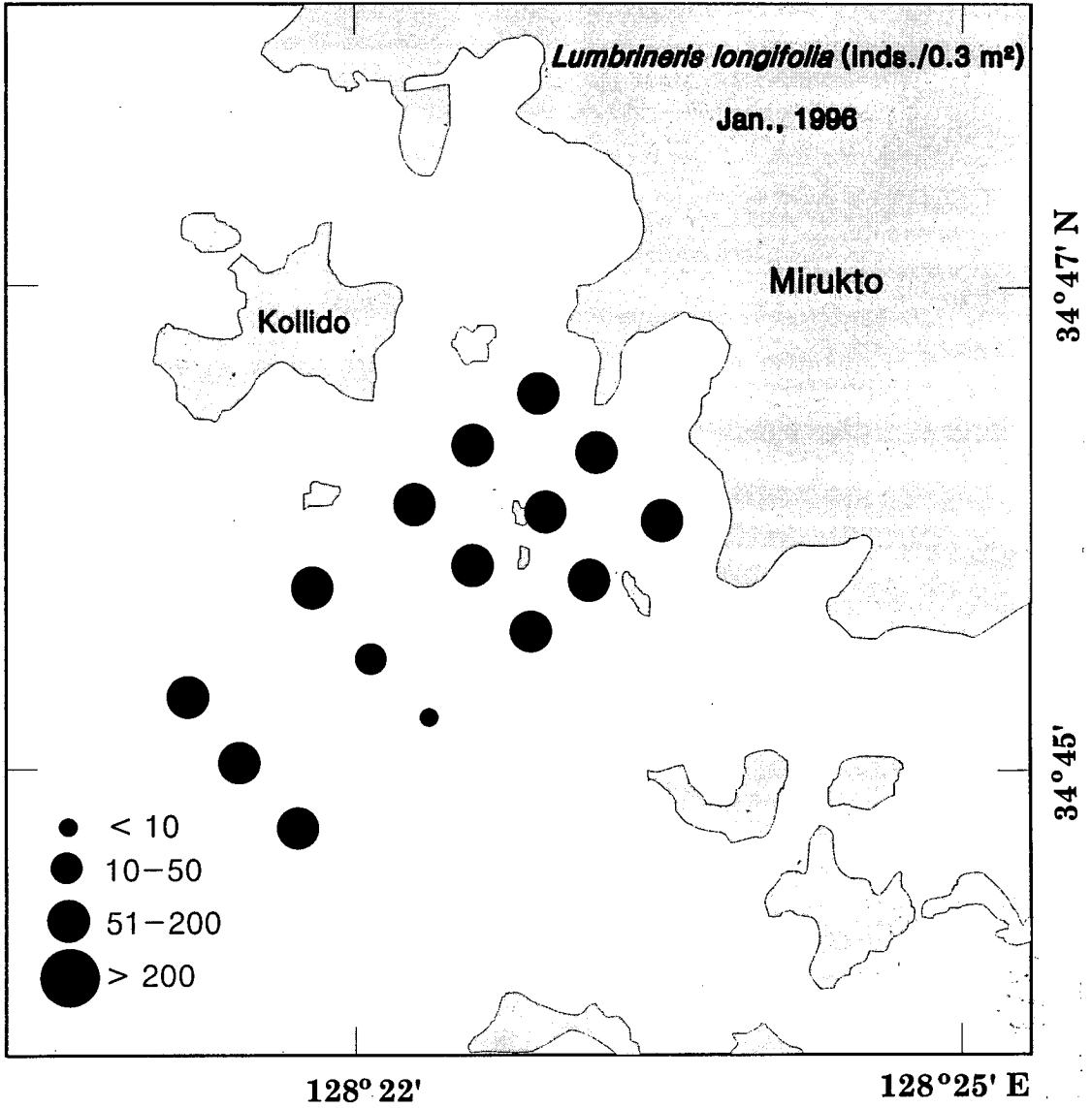


Fig.3-58. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during January, 1996.

- (a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Tharyx* sp.
(c) *Amphiura* sp. (d) *Mediomastus* sp.

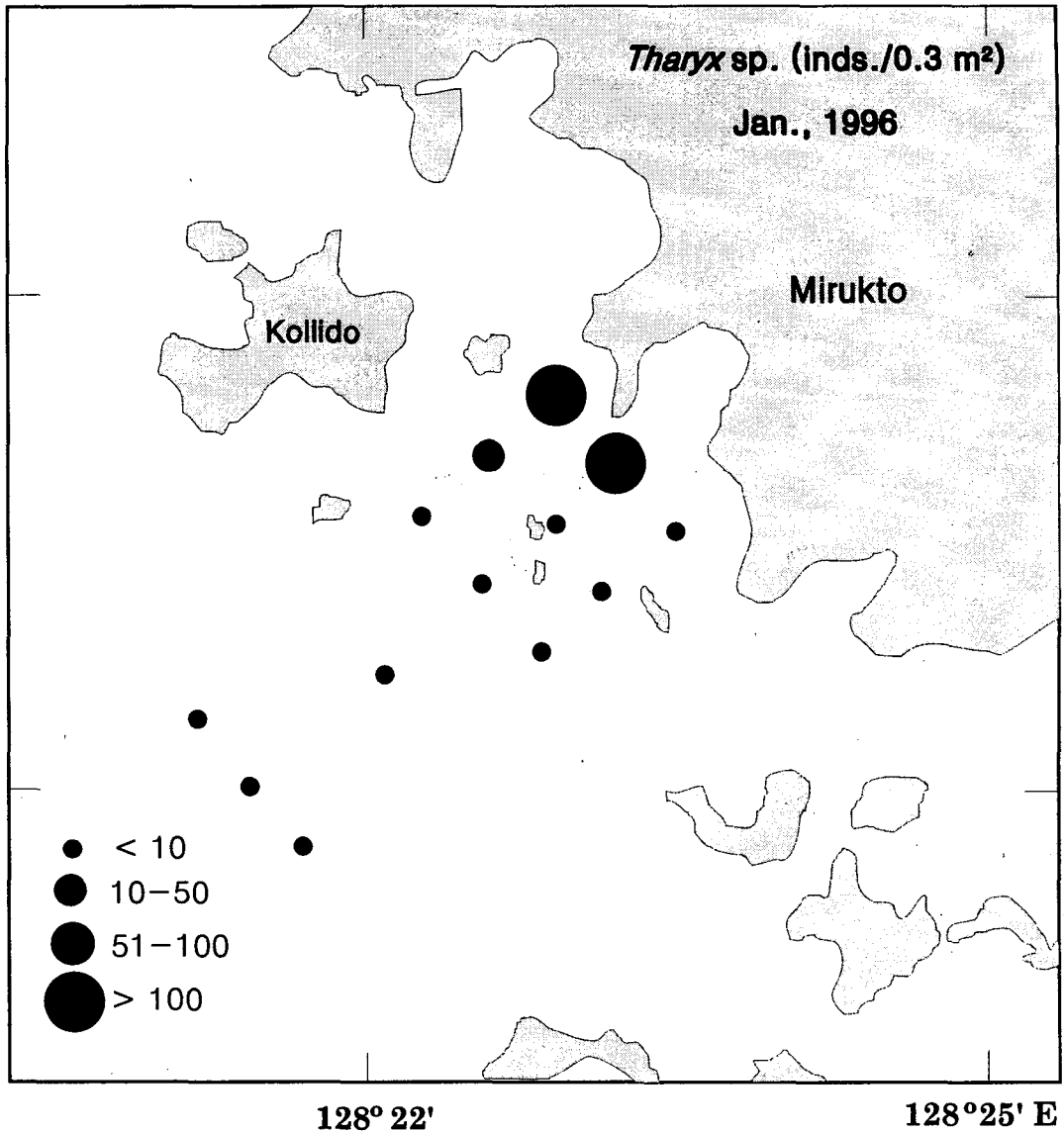


Fig. 3-58 (continued)

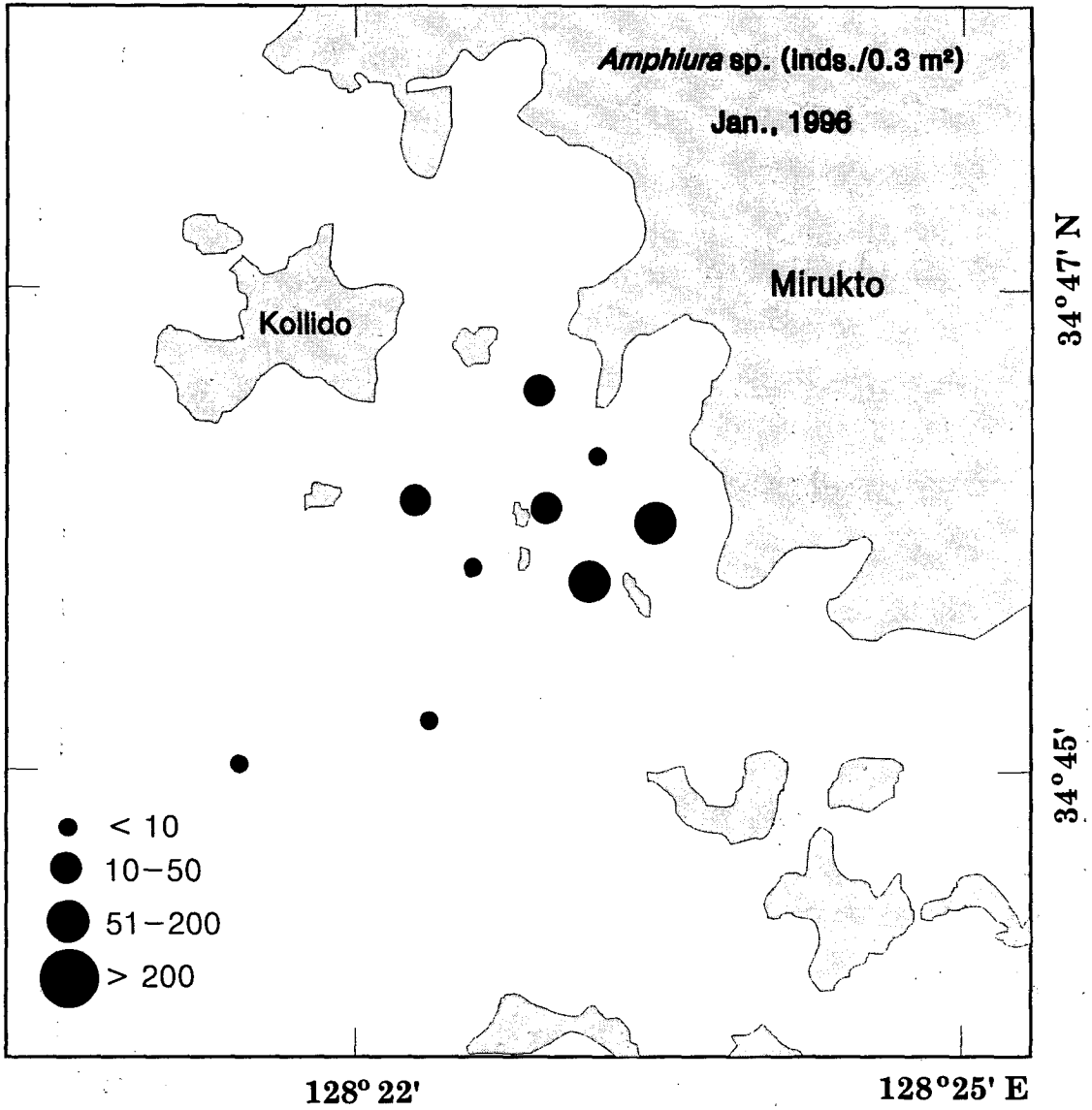


Fig. 3-58 (continued)

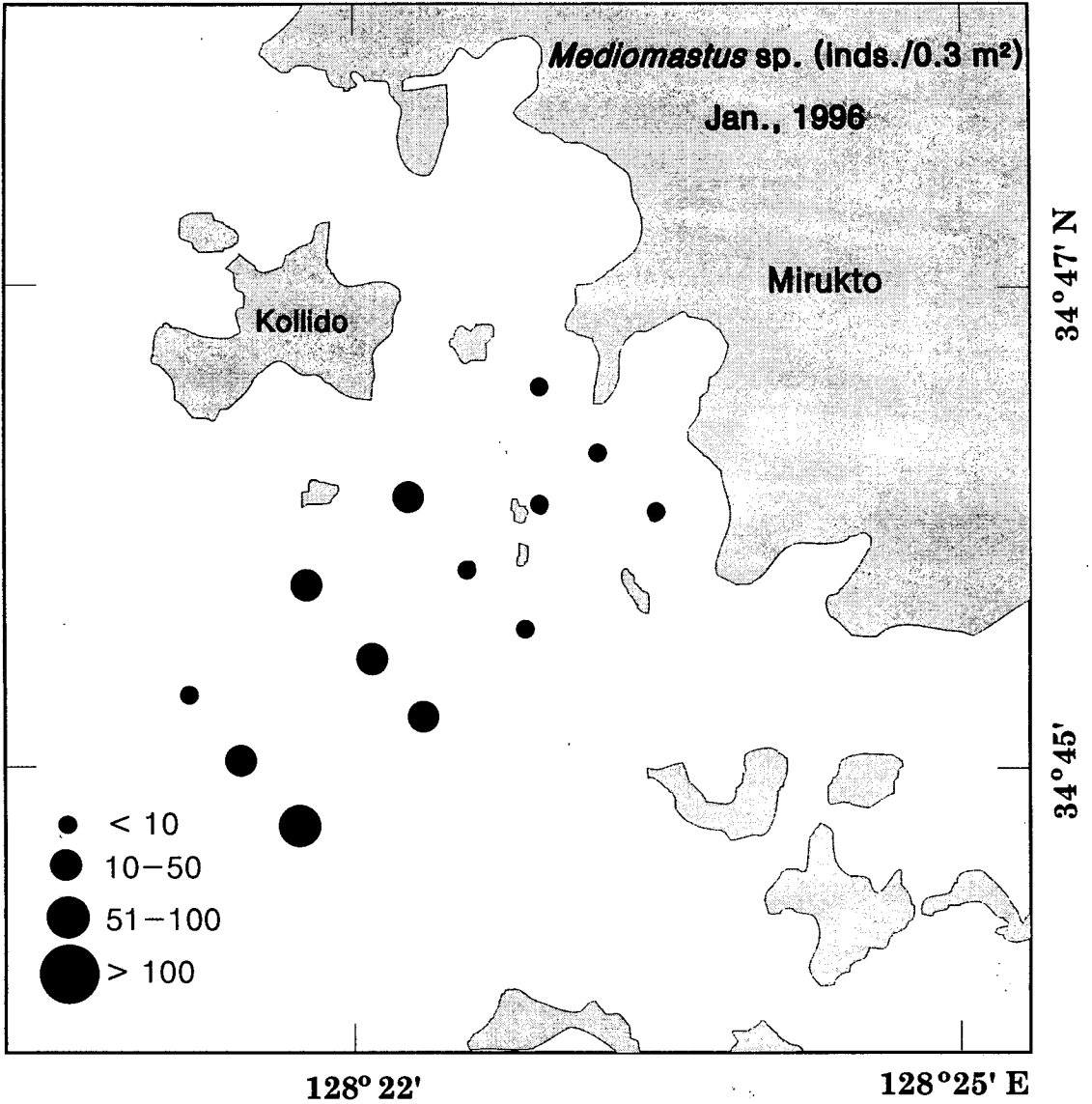


Fig.3-58 (continued)

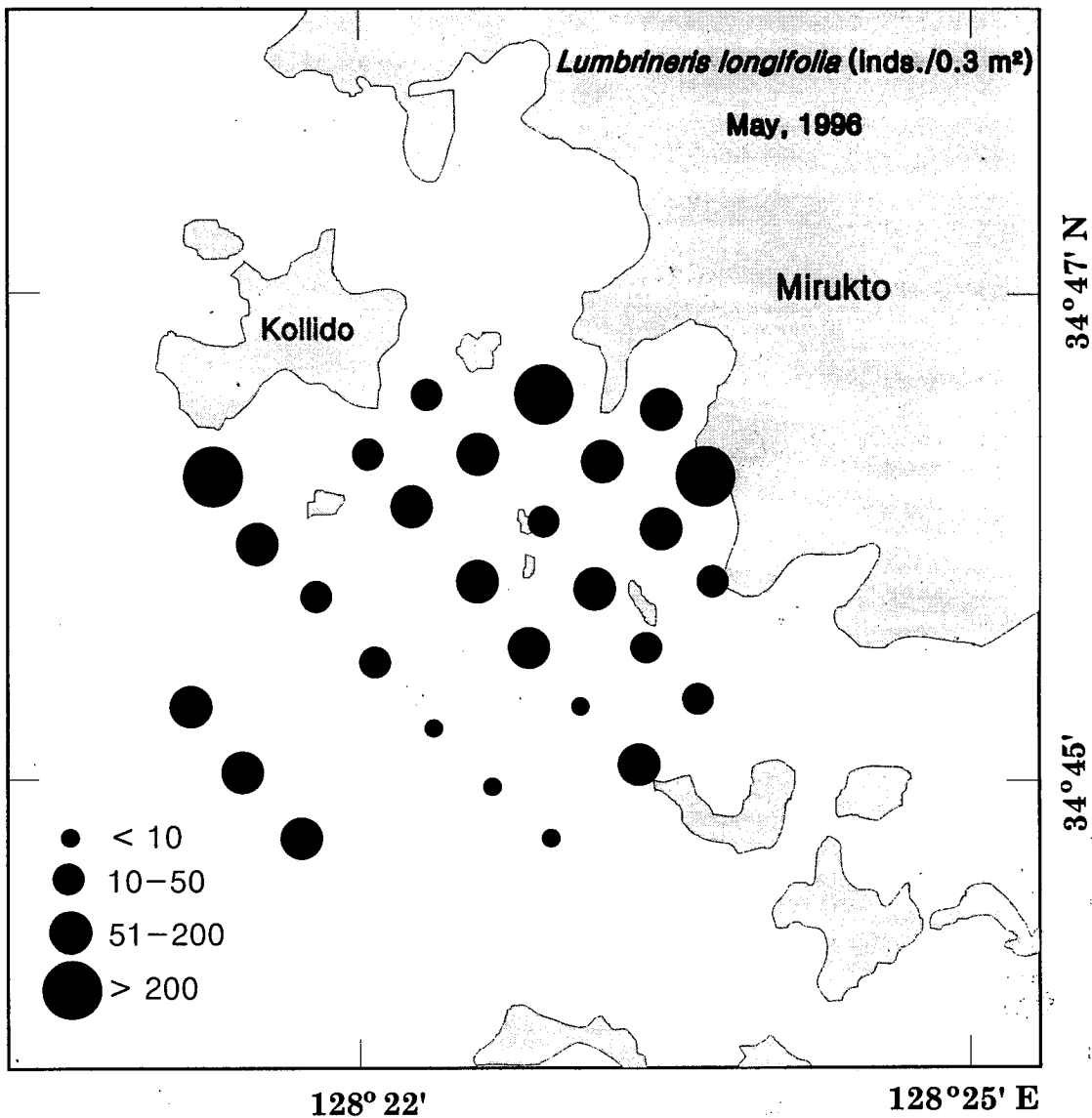


Fig.3-59. The spatial distribution of dominant species of macrobenthic community in Tongyung coastal area during May, 1996.

- (a) *Lumbrineris longifolia* (b) *Amphiura* sp.
(c) *Ampharete arctica* (d) *Tharyx* sp.

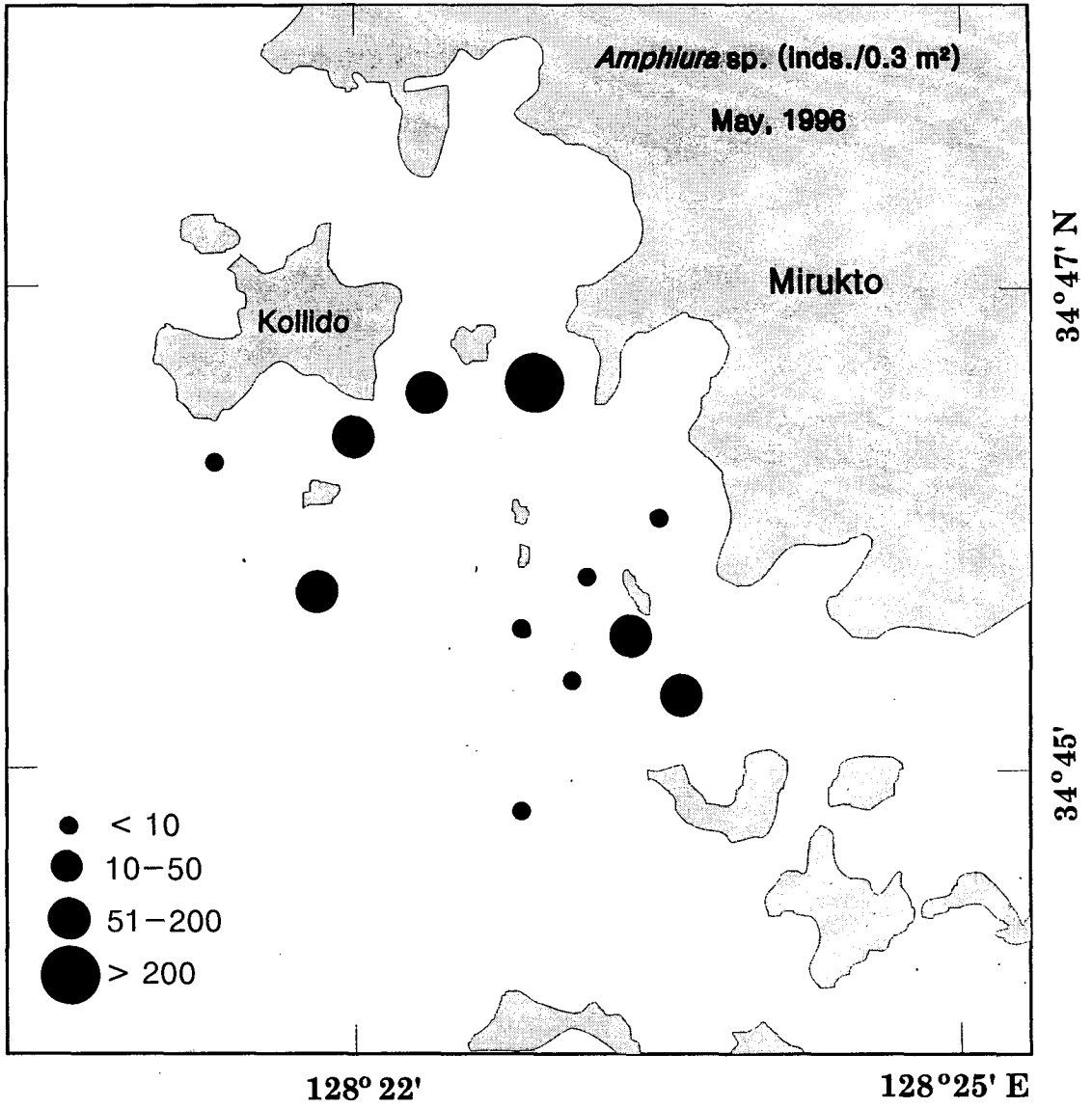


Fig. 3-59 (continued)

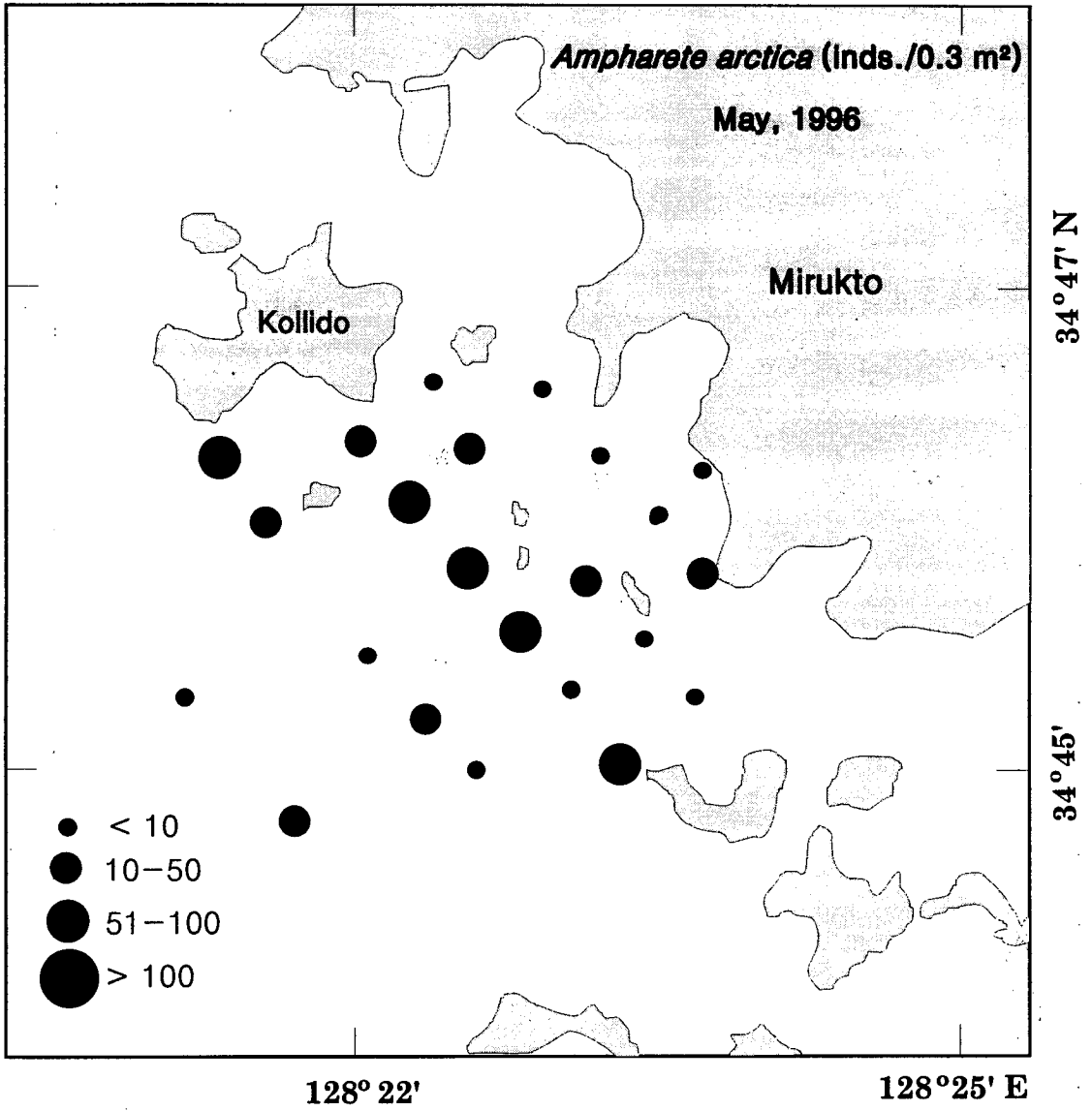


Fig. 3-59 (continued)

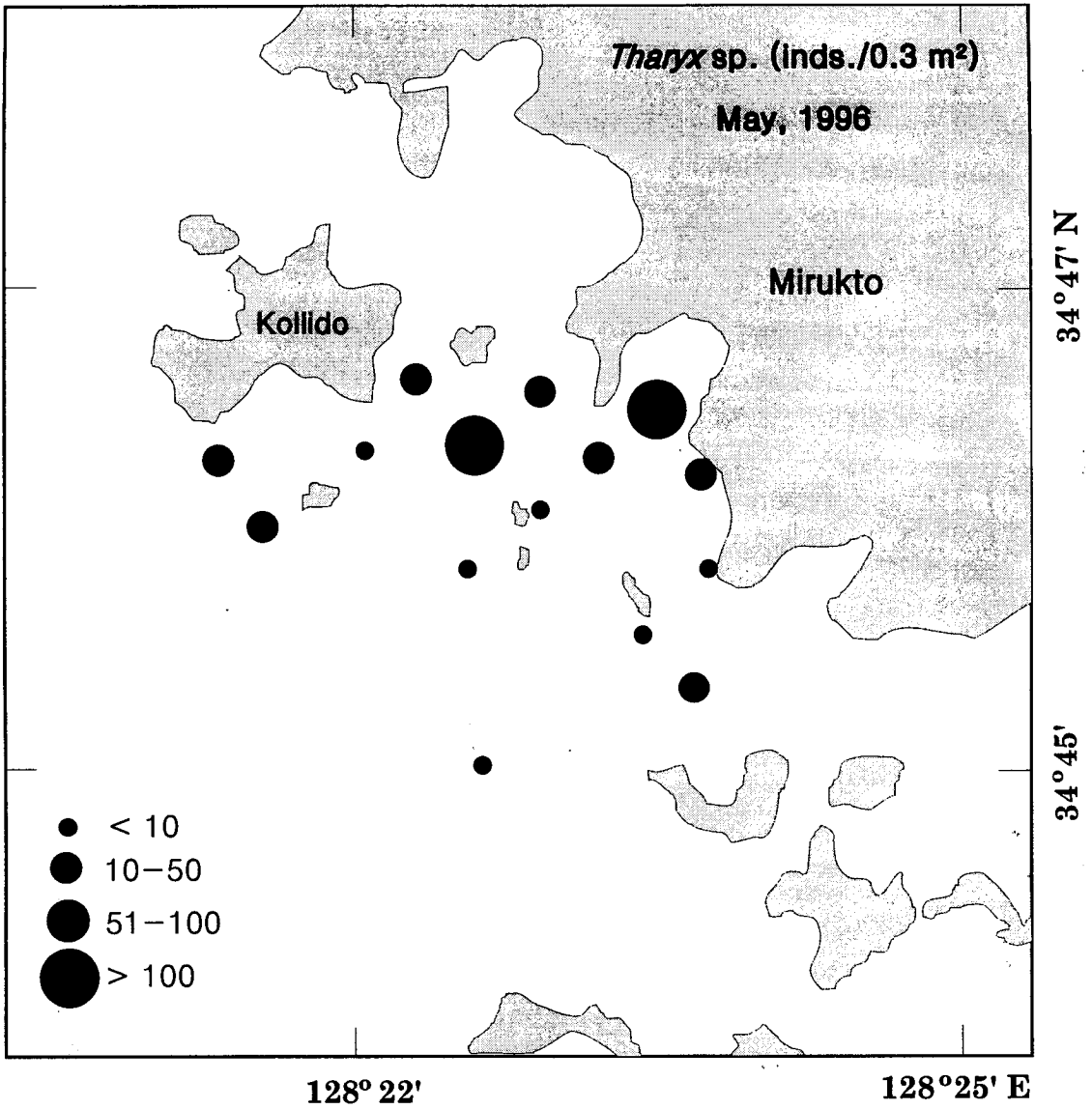


Fig. 3-59 (continued)

Table 3-31. The dominant species and their abundance rank in each season collected by Agassiz trawl in Tongyung coastal area

Species	June '95	Aug. '95	Nov. '95	Jan. '96	May '96
<i>Ophiopholis mirabilis</i> (E)	1	-	1	2	2
<i>Zeuxis castus</i> (M)	2	3	-	-	-
<i>Episiphone cf. jamakawai</i> (M)	3	-	-	-	-
<i>Ophiura kinbergi</i> (E)	4	-	4	-	-
Actinaria unid.(A)	5	-	-	3	10
Gammaridae unid.(C)	6	-	-	-	3
<i>Diogenes edwardsii</i> (C)	7	2	8	6	-
<i>Corophium</i> sp.(C)	8	7	-	-	-
<i>Albenius ojanus</i> (M)	9	-	-	-	-
<i>Siphonalia fusoides</i> (M)	10	6	-	-	-
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	-	1	-	-	-
<i>Harmothoe</i> sp.(P)	-	4	-	-	-
<i>Corophium sinense</i> (C)	-	5	-	-	-
<i>Symmius candatus</i> (C)	-	8	9	-	-
<i>Acila divaricata</i> (M)	-	9	-	-	-
<i>Amphisamytha japonica</i> (P)	-	10	-	-	-
<i>Amphioplus ancistrotrus</i> (E)	-	-	2	-	7
<i>Stegophiura sladendi</i> (E)	-	-	3	1	5
Ascididae unid.(Ch.)	-	-	5	-	-
<i>Phascolosoma</i> sp.(S)	-	-	6	-	6
<i>Crangon affinis</i> (C)	-	-	7	4	-
<i>Leptochela gracilis</i> (C)	-	-	10	-	-
<i>Pagurus constaus</i> (C)	-	-	-	5	-
<i>Caprella</i> sp.(C)	-	-	-	-	1
<i>Amphiura</i> sp.(E)	-	-	-	-	4
<i>Ampharete arctica</i> (P)	-	-	-	-	9
<i>Orchomenella</i> sp.(C)	-	-	-	-	8

저서동물의 출현량에 있어서 지역적인 분포양상을 보면 계절적인 차이를 보였다. 먼저 출현 종 수에 있어서는 장두도 주변에서 대체로 많은 종수가 출현하였고, 연안에서 멀어질수록 또는 수로역에서 가까운 곳에서는 종의 수가 적었다. 또한 장두도 외곽에서 장두도와 인접한 정점에서도 출현 종수가 많았다(Fig. 3-60). 1995년 6월에는 대장두도에 인접한 정점 5에서 83종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 외곽역에서는 30종 내외로 가장 적은 수의 저서동물이 출현하였다.

여름철에도 장두도에 인접한 정점 5에서 74종으로 최대 출현 종수를 보였고, 미륵도와 장두도 사이의 해역에서 60여종 내외의 출현 종수를 보였다. 가장 바깥지역의 정점들에서 30종 정도가 출현하였다. 이러한 출현 종수의 분포양상은 가을철과 겨울철에도 유사하게 나타났다. 한편 1996년 5월의 조사에서도 곤리도 부근 해역과 미륵도 인접해역에서 60-80종에 이르는 많은 종이 분포하였다. 출현 개체수의 지역적인 분포를 보면 출현 종수와 유사한 경향을 보여 미륵도 연안역에 인접한 정점들에서 다른 지역에 비해 상대적으로 많은 개체수가 출현하였고, 외곽역에서는 출현개체수가 적었다(Fig. 3-61).

지역별 생물량에 있어서 외부지역인 정점 13과 14에서 비교적 높게 나타났으며, 내만으로 갈수록 적은 생물량을 보였다(Fig. 3-62). 봄철의 경우 13-140 g Wet/0.3m²로 지역별로 큰 차이를 보이지만 전반적으로 외해역에서 현저하게 높게 나타났으며, 내만에 위치한 정점 1,2,3에서 낮게 나타났다. 여름철에는 12-170 g Wet/0.3m²의 범위로 대장두도 부근에서 높게 나타났으며, 오히려 외해 지역에서 낮게 나타났다. 가을철의 경우 전반적으로 모든 정점에서 생물량은 낮은 수치를 나타냈으며, 상대적인 비교에서 여름철과 유사한 양상을 나타냈으나 장두도부근인 정점 9에서 가장 높은 수치를 나타냈다. 생물량에서는 장두도 부근이 높은 수치를 나타냈으며, 연안에서는 수

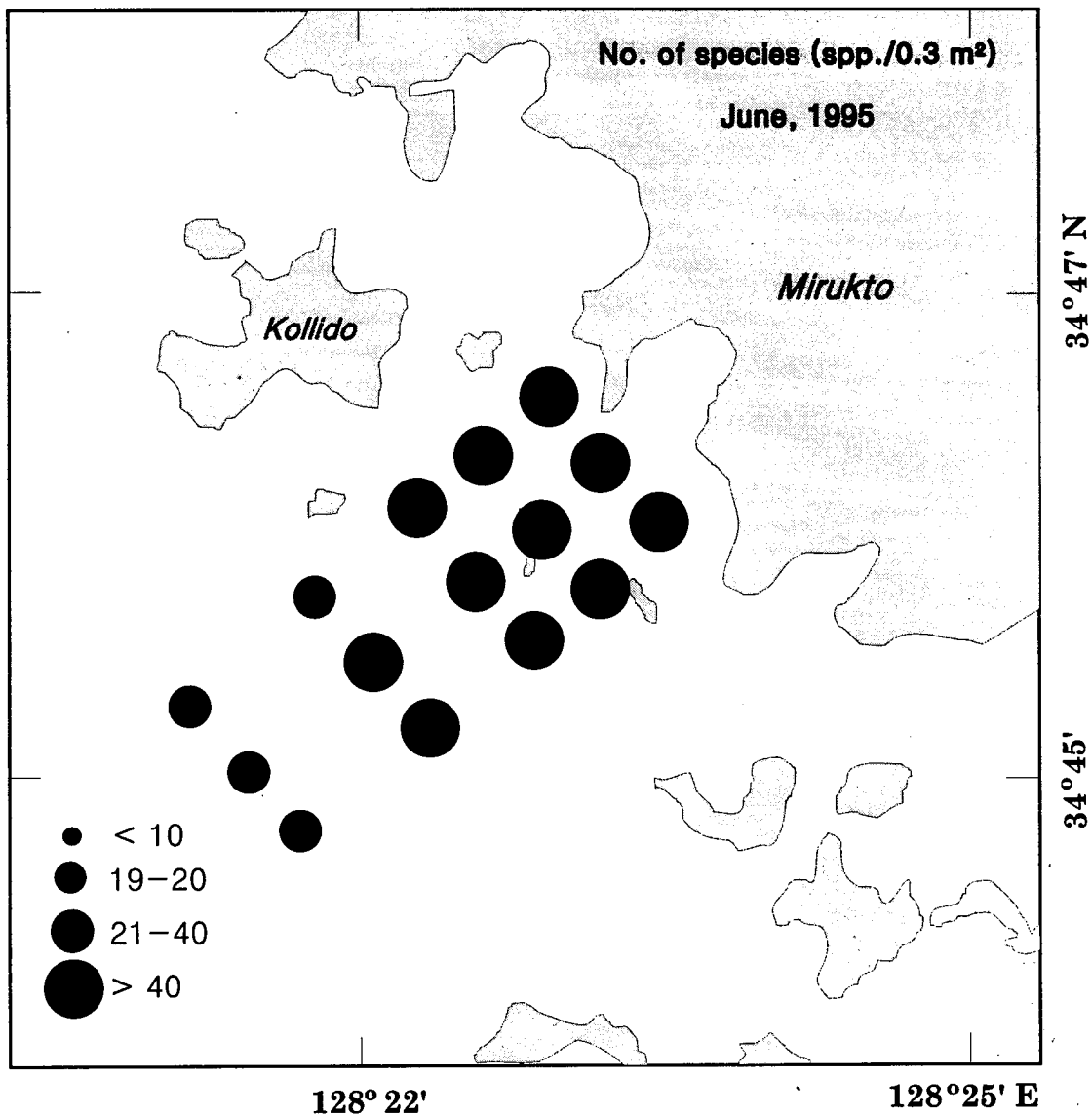


Fig.3-60. The number of macrofaunal species occurred in Tongyung coastal area.

- (a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995
(d) January, 1996 (e) May, 1996

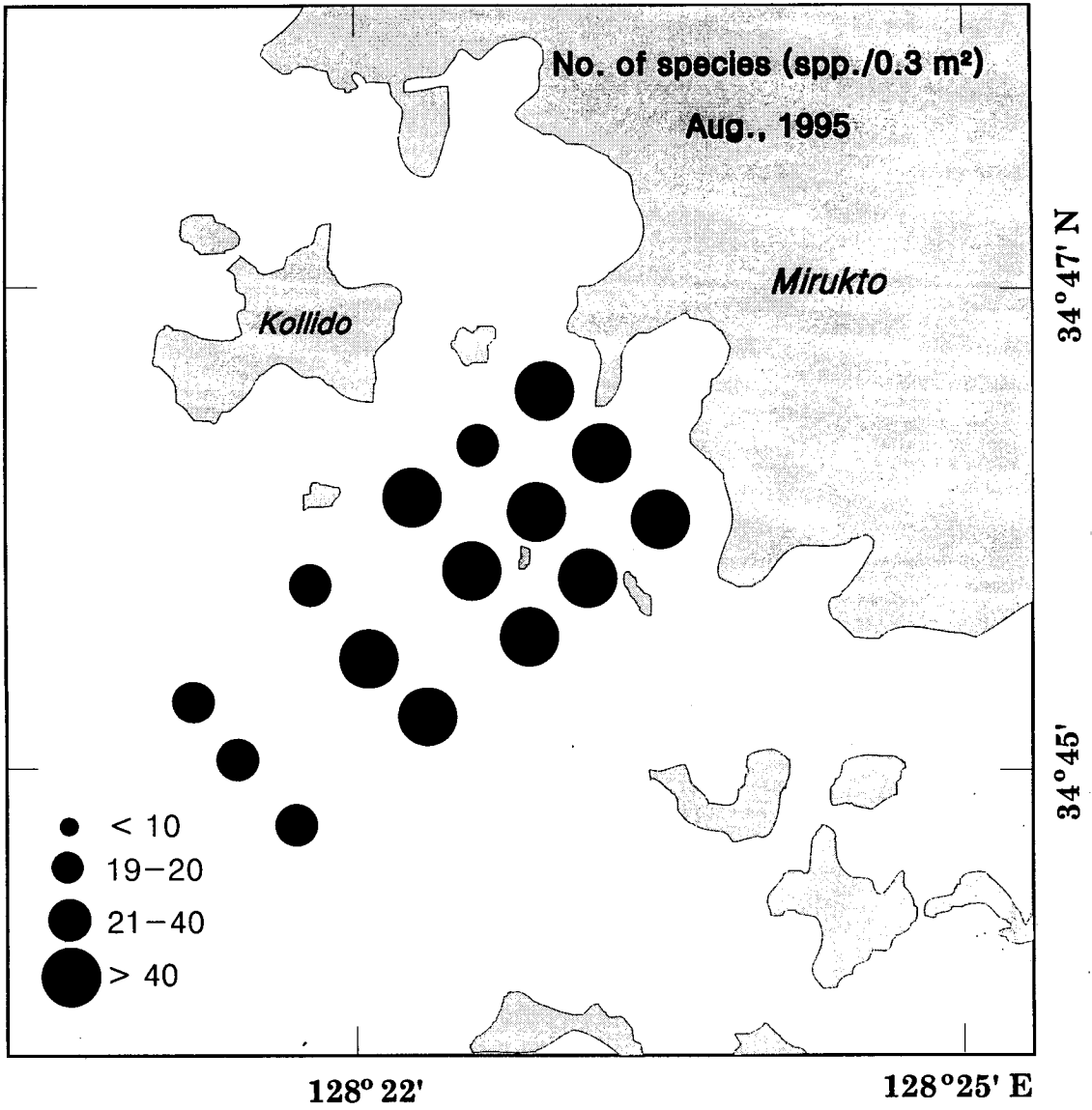


Fig. 3-60 (continued)

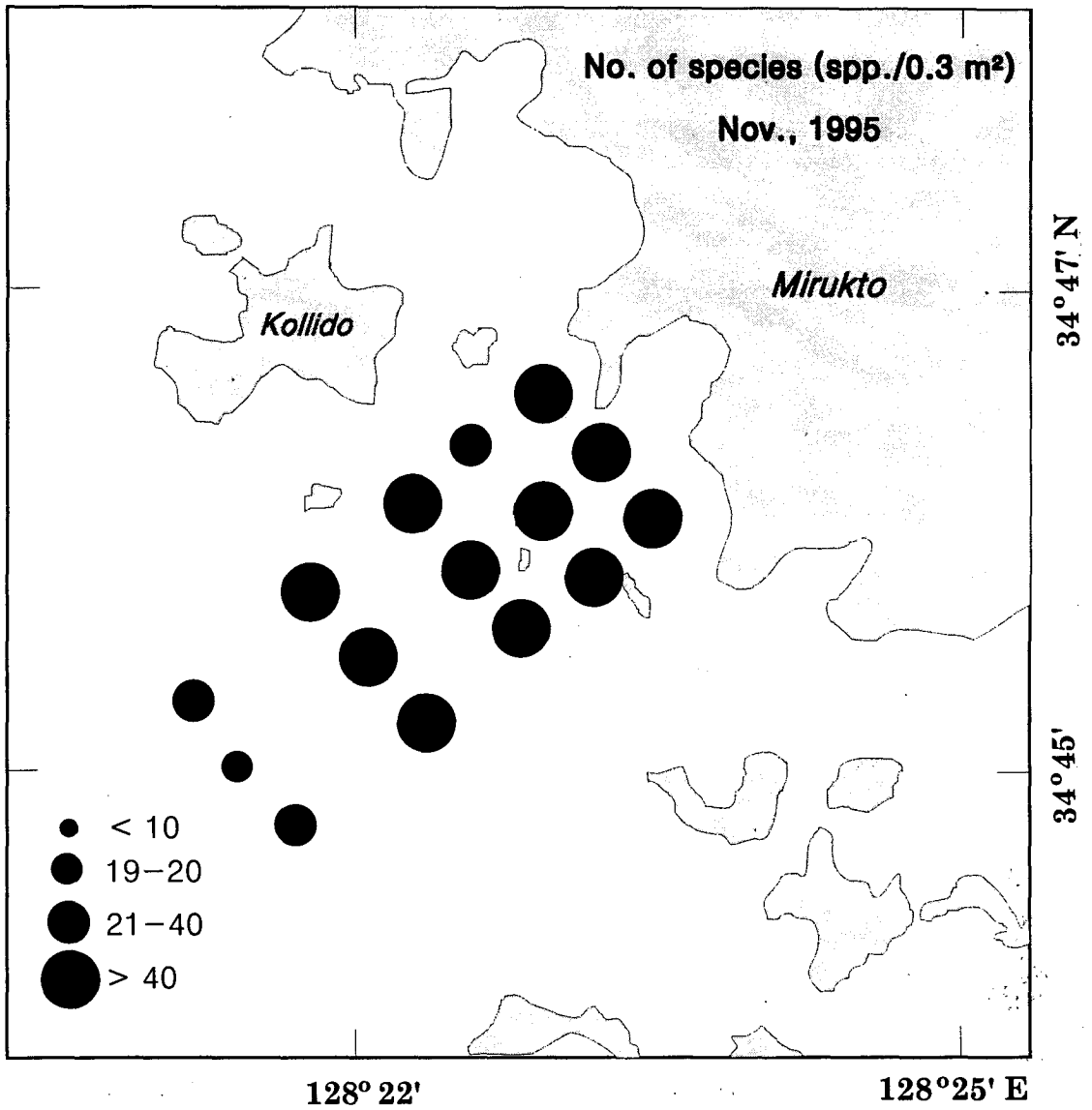


Fig.3-60 (continued)

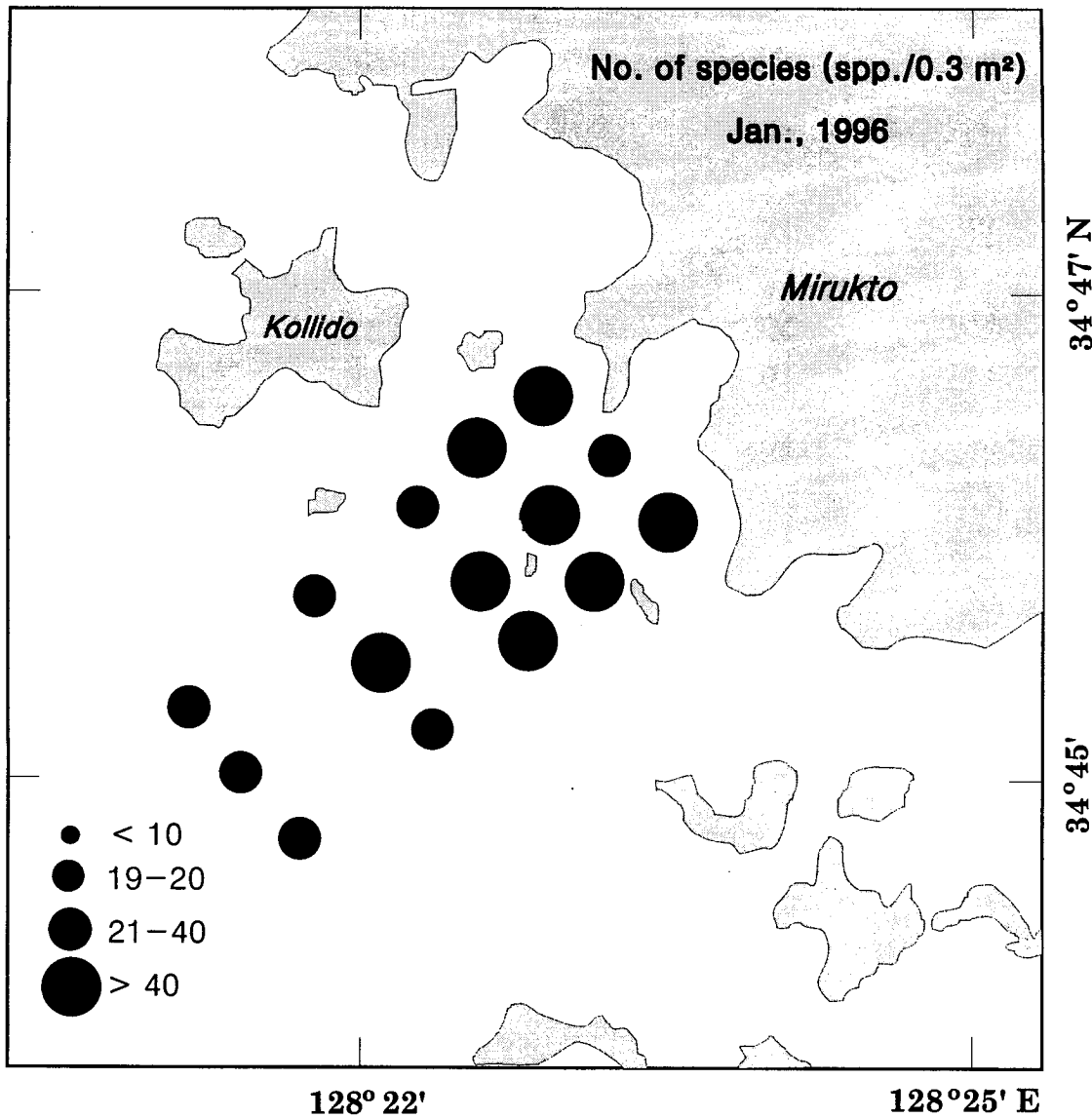


Fig.3-60 (continued)

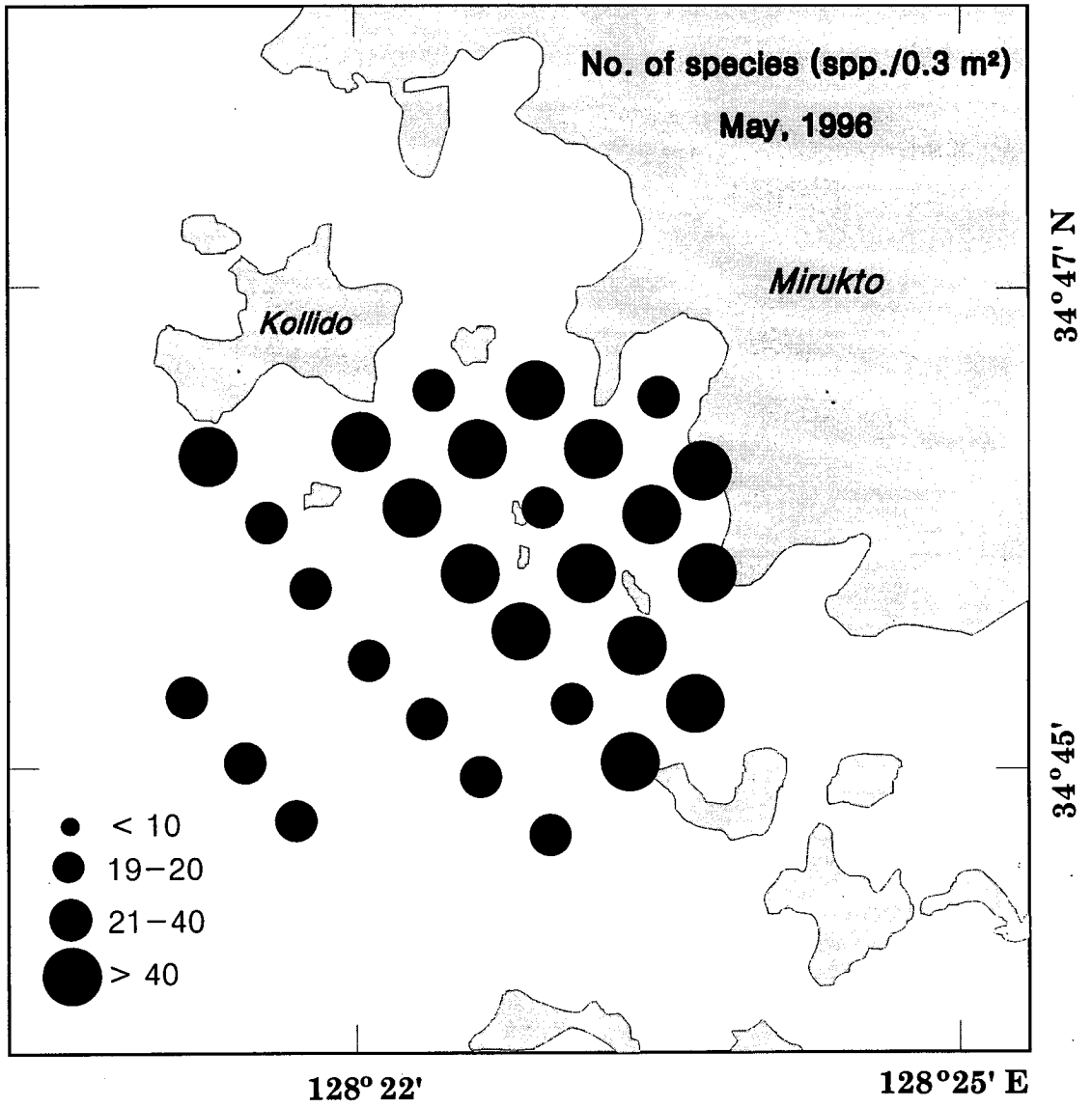


Fig. 3-60 (continued)

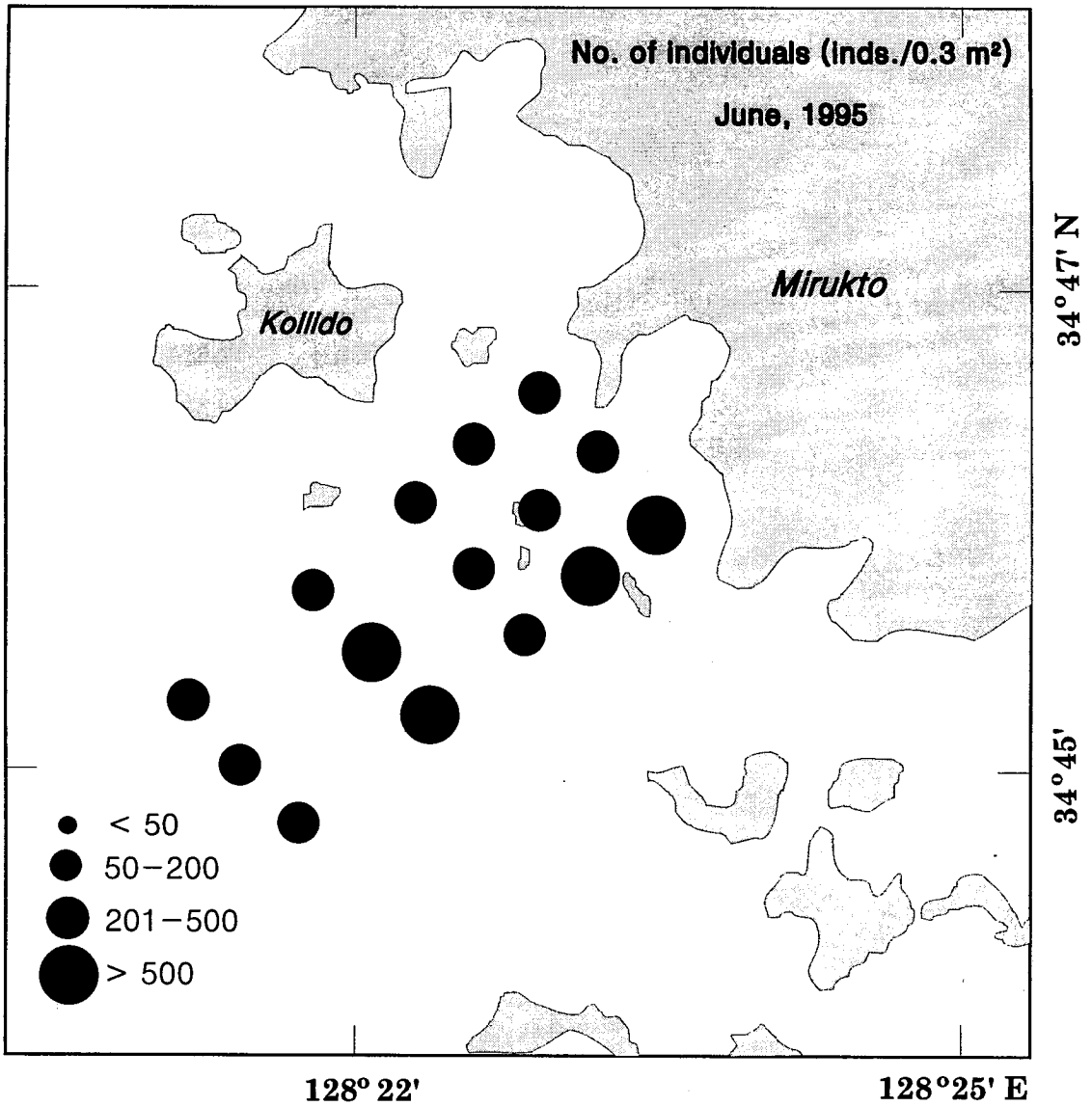


Fig.3-61. The number of individuals of macrobenthos occurred in Tongyung coastal area.

- (a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995
(d) January, 1996 (e) May, 1996

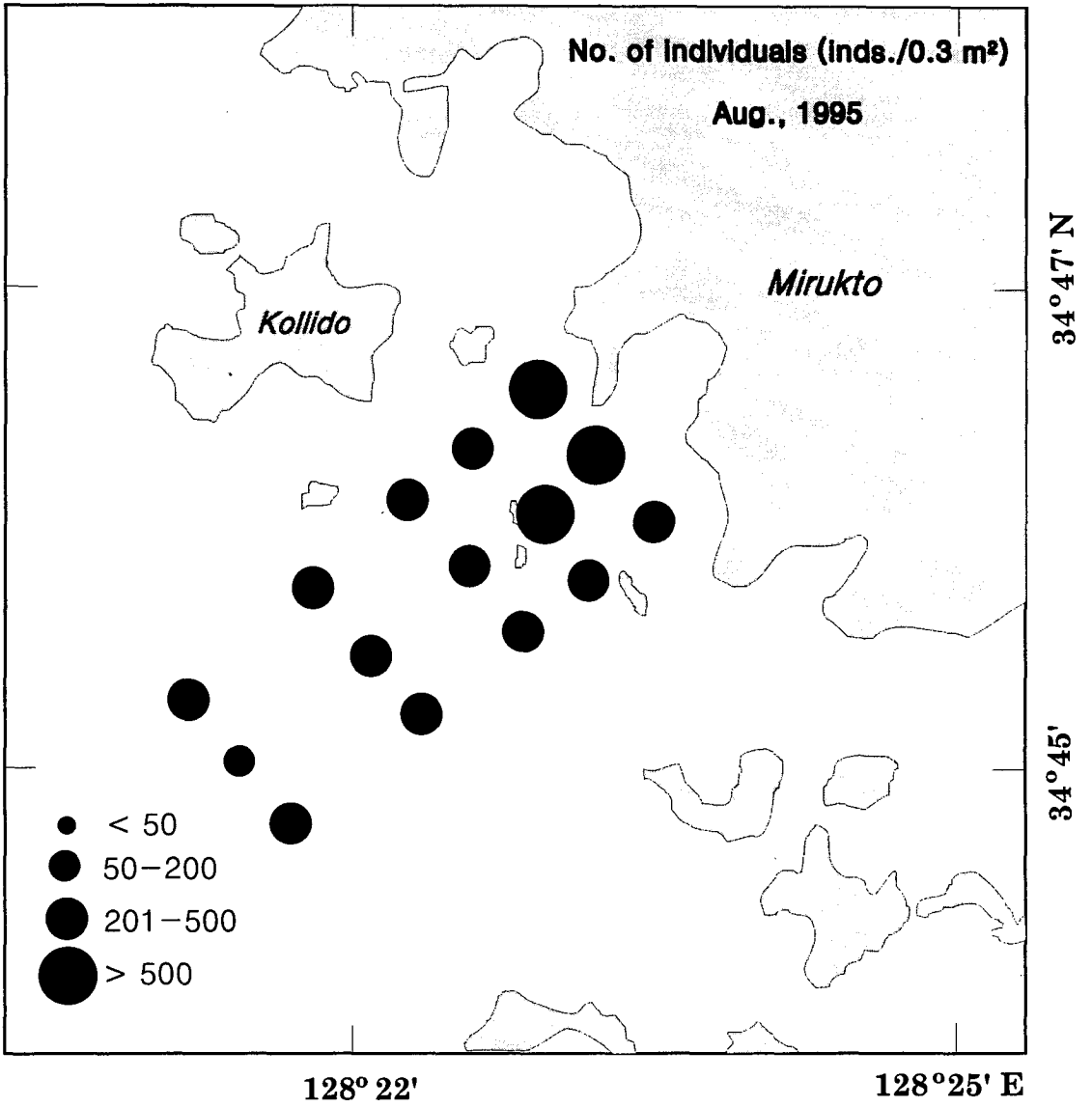


Fig. 3-61 (continued)

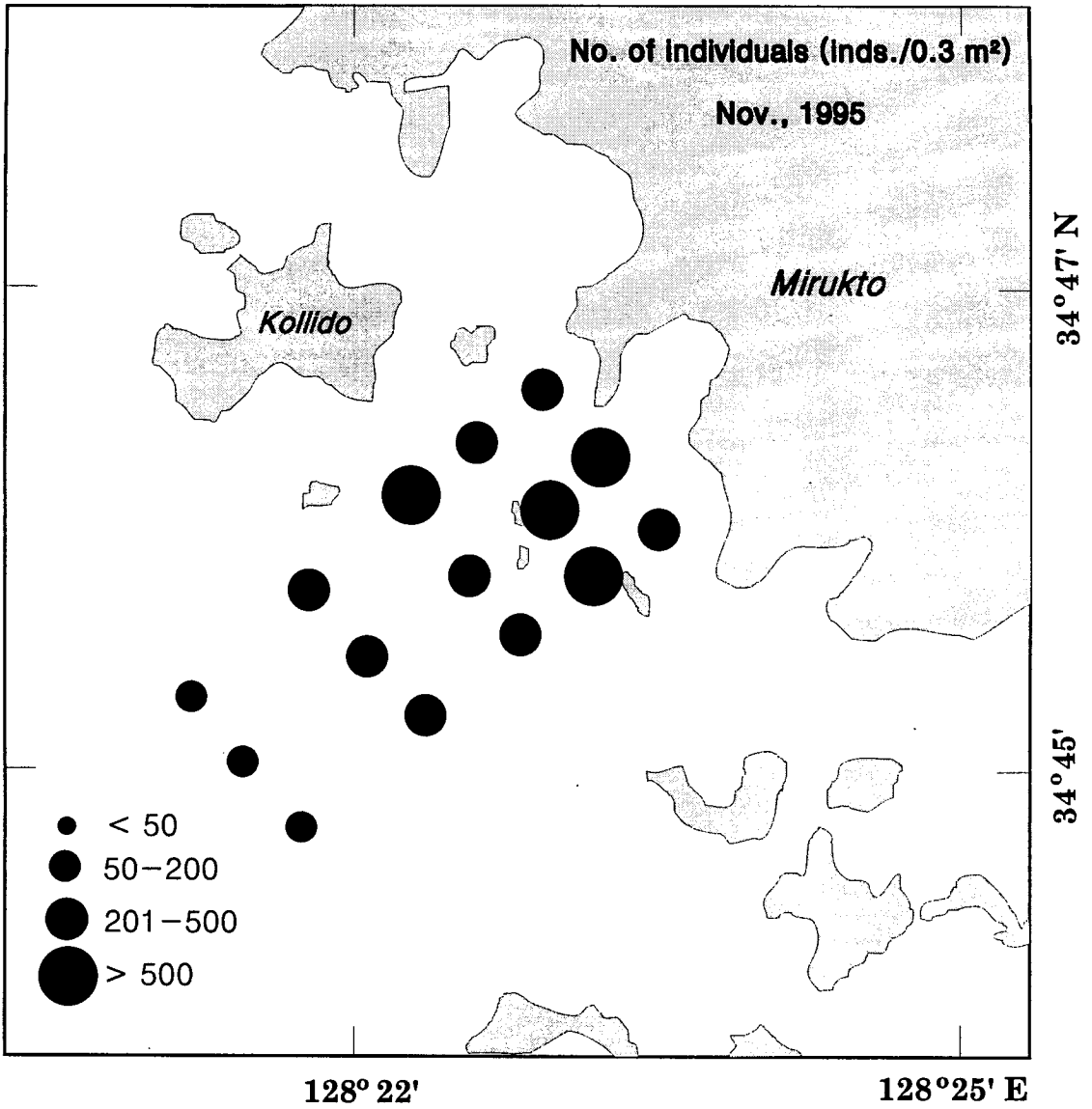


Fig.3-61 (continued)

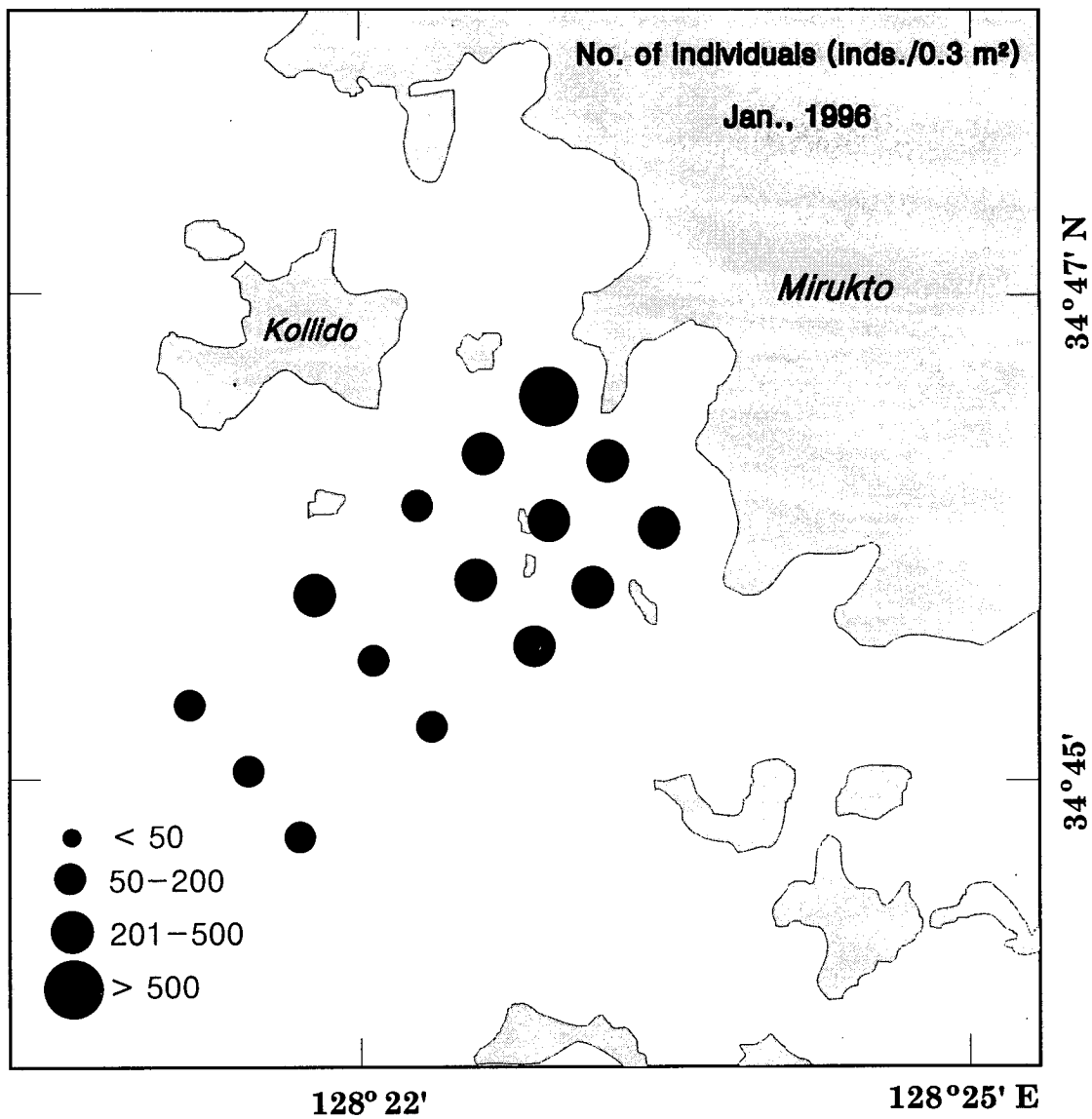


Fig.3-61 (continued)

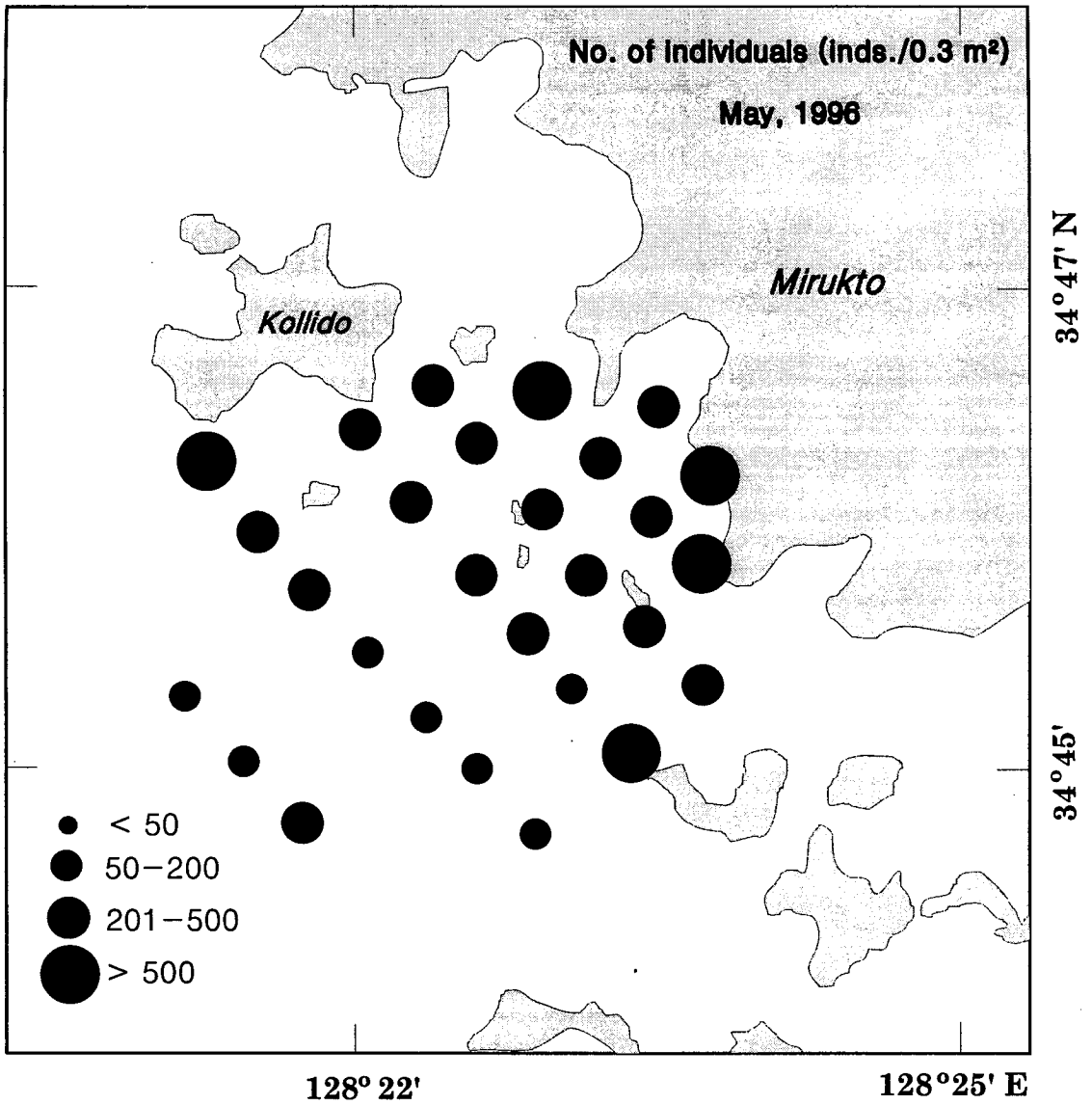


Fig. 3-61 (continued)

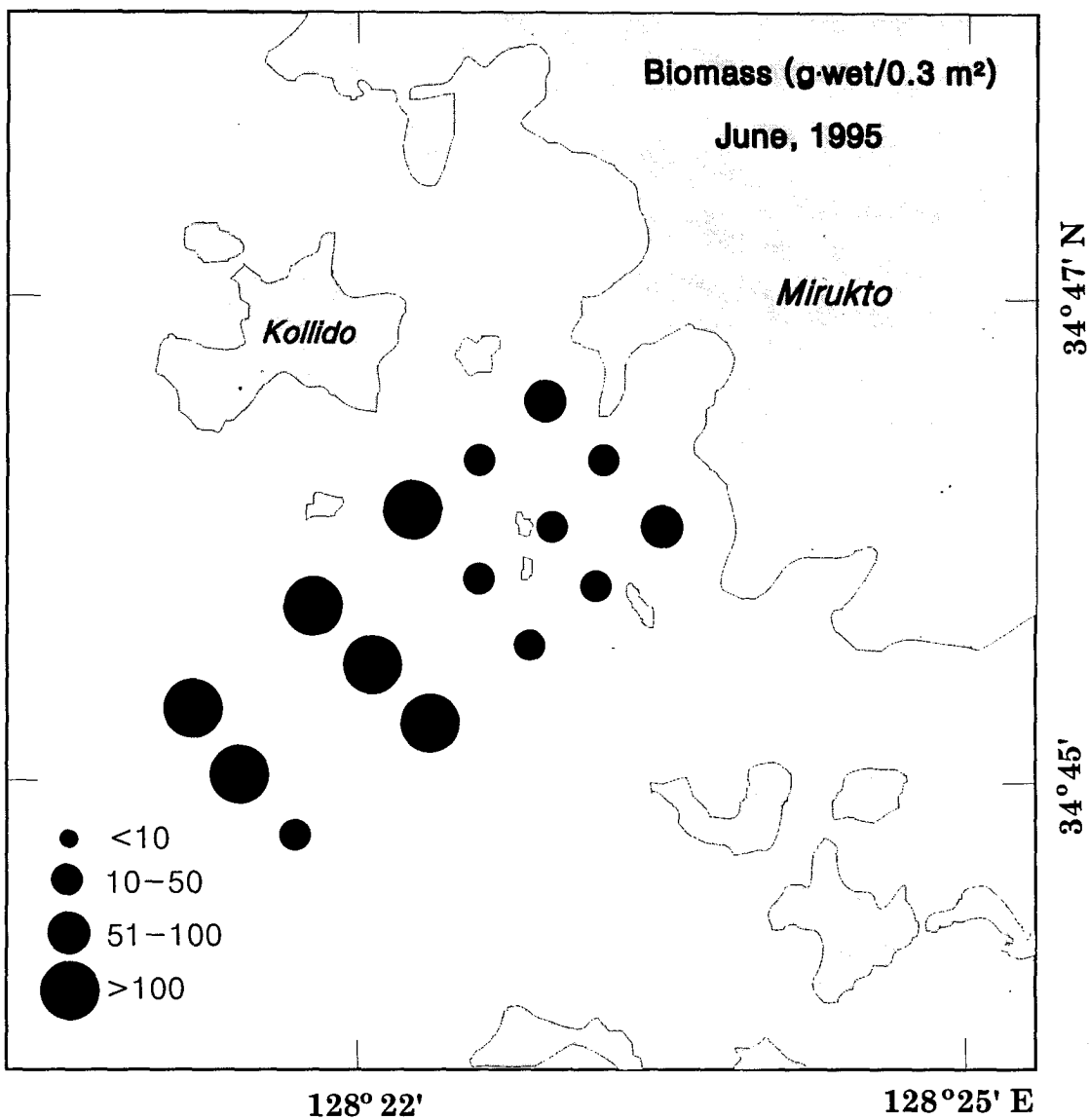


Fig.3-62. Biomass of macrobenthos occurred in Tongyung coastal area.

(a) June, 1995 (b) August, 1995 (c) November, 1995

(d) January, 1996 (e) May, 1996

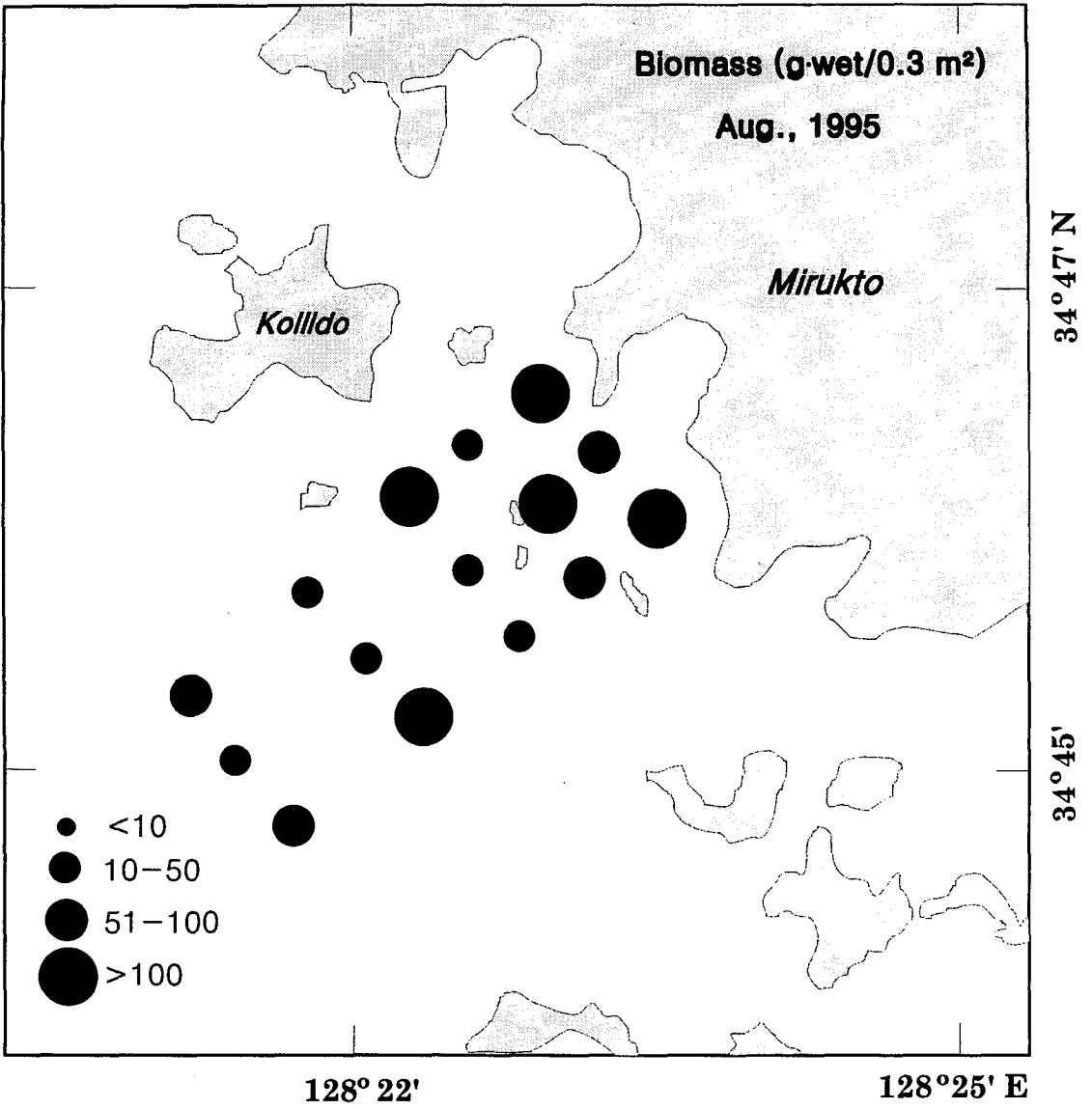


Fig. 3-62 (continued)

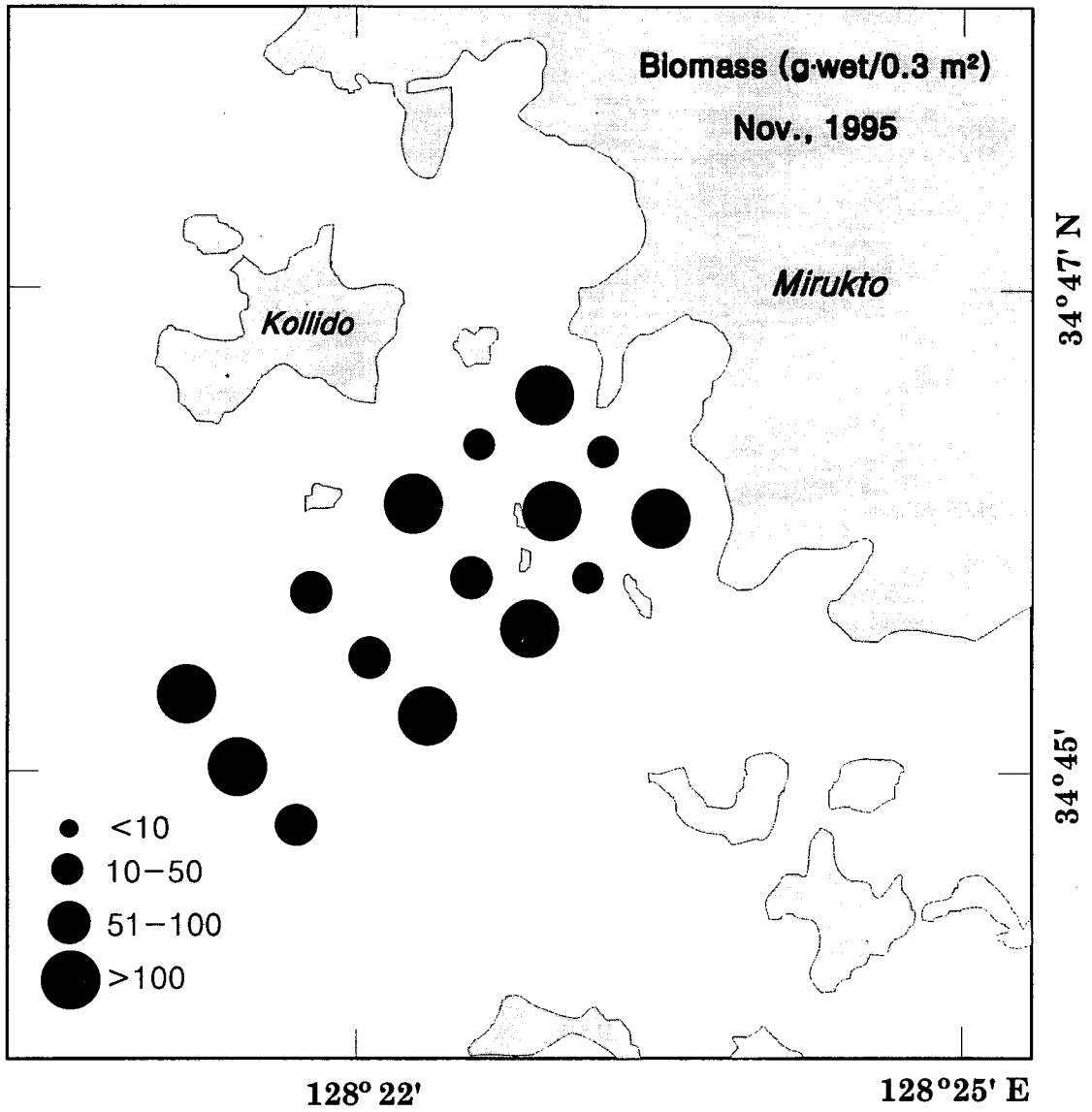


Fig.3-62 (continued)

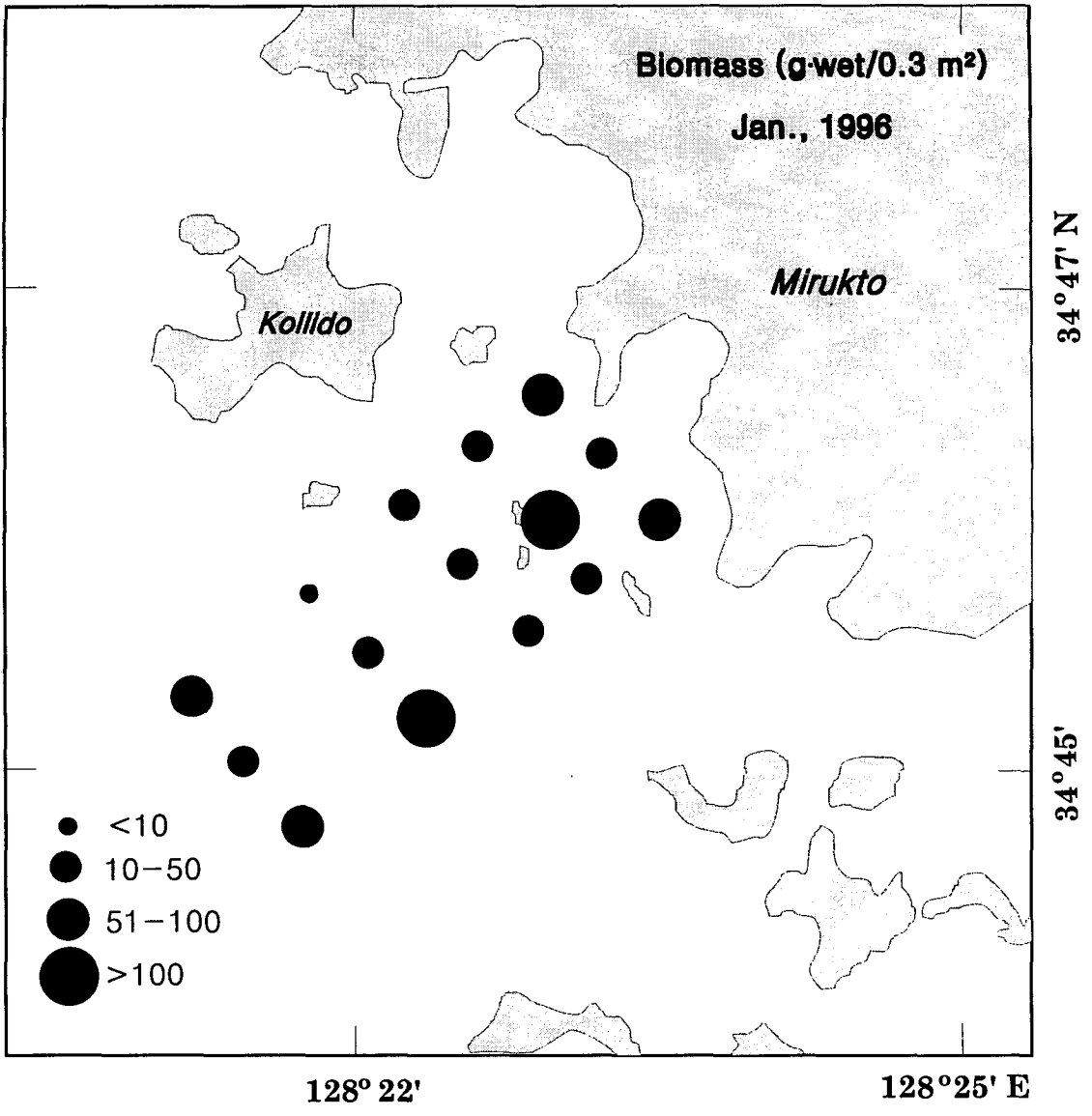


Fig. 3-62 (continued)

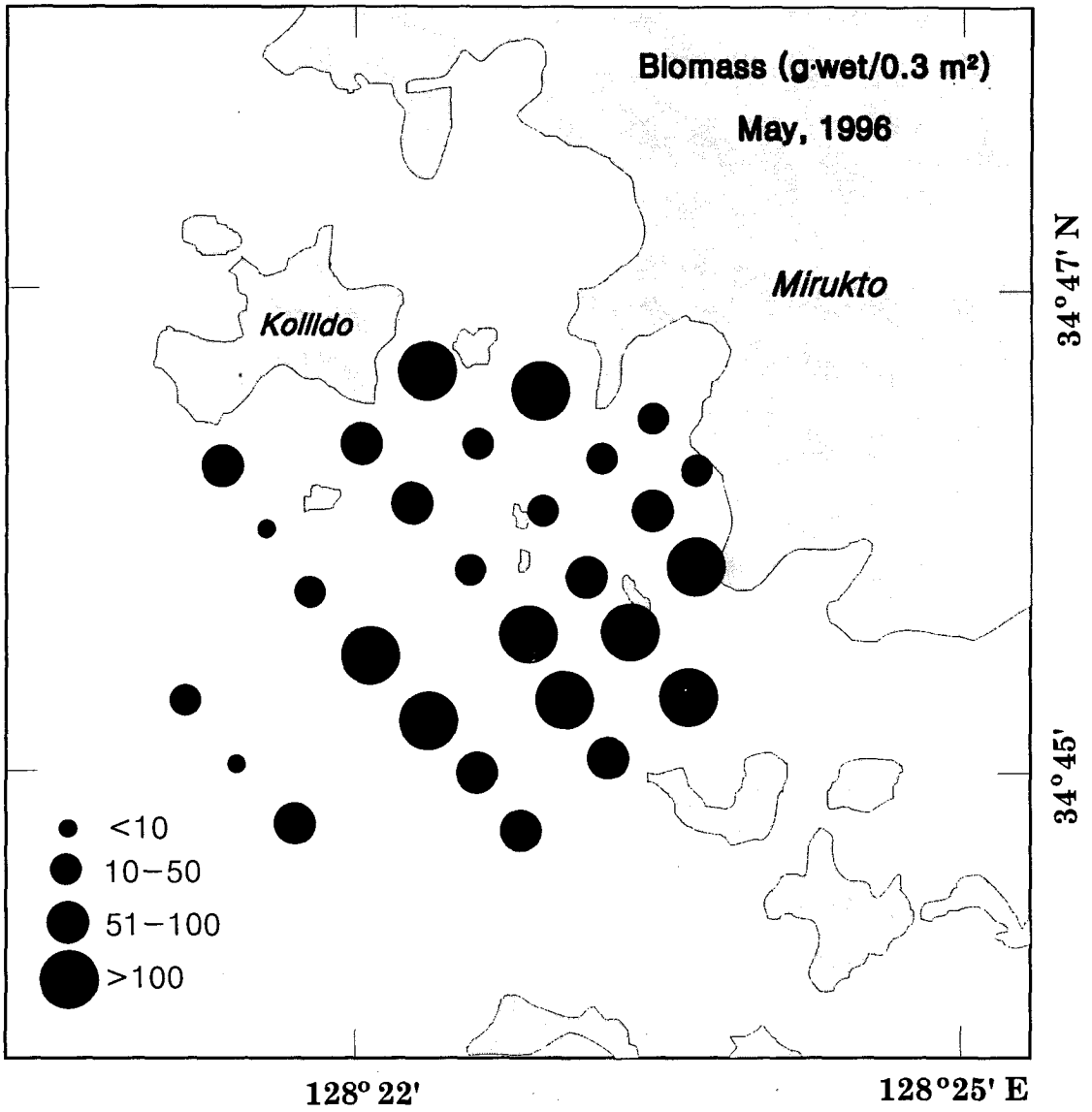


Fig.3-62 (continued)

치의 변화가 매우 복잡한 양상을 보였다.

○ 군집 구조

15개 정점에서 4 계절간 조사한 다양도지수에서는 1.6-3.4 범위를 보였다(Fig. 3-63). 봄철의 경우 대장두도 부근의 정점 5에서 3.4로 가장 높게 나타났다으며, 외해에 위치한 정점 14에서 1.6으로 낮은 수치를 보였다. 여름철의 경우 정점 11에서 3.1로 가장 높은 수치를 나타냈으며, 정점 4에서 1.8로 가장 낮은 수치를 나타냈다. 그러나 가을철에는 봄철과는 반대로 정점 5에서 1.6으로 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 정점 14에서 3.4로 가장 높은 수치를 보였다. 겨울철에는 정점 2에서 1.8, 정점 11에서 3.3를 나타냈다. 전반적으로 연안 지역이 낮은 다양도 지수를 나타냈으며, 정점 11과 14 등 외해역이 높게 나타났다.

출현한 종 조성을 이용한 집괴분석 결과 대략 3개 군집으로 나누어졌다(Fig. 3-64). 우선 외해역의 4개 정점과 내만의 5개 정점으로 구성된 군집과 대장도도 부근의 정점 5, 정점 7, 8, 10으로 구성된 군집 등으로 나타났다. 이러한 양상은 약간의 공간적 차이를 보이긴 하지만 여름철에도 유사한 양상을 나타냈다. 외해 지역의 5개 정점으로 구성된 군집과 장두도 부근의 정점 5, 기타 정점으로 나누어 지는데, 다만 정점 1이 독특한 군집으로 형성되었다. 즉, 연안쪽이 일부 상이한 군집으로 나누어지면서 차이를 나타냈지만 가을철에는 다시 봄철과 동일한 군집 구조를 나타냈다. 이러한 군집구조는 겨울철에 와서 상이한 구조를 보였다. 겨울철에는 가장 외해에 위치한 정점 15가 독립된 군집을 형성하고 있으며, 연안의 정점 1과 3, 장두도 부근의 정점 5와 8 등의 군집구조를 보였다.

1996년 5월 대규모 조사에서도 크게 내만지역과 외해역이 상이한 군집 구조를 보이며, 내만지역의 경우 수로가 형성된 지역과 연안에 치우친 지역

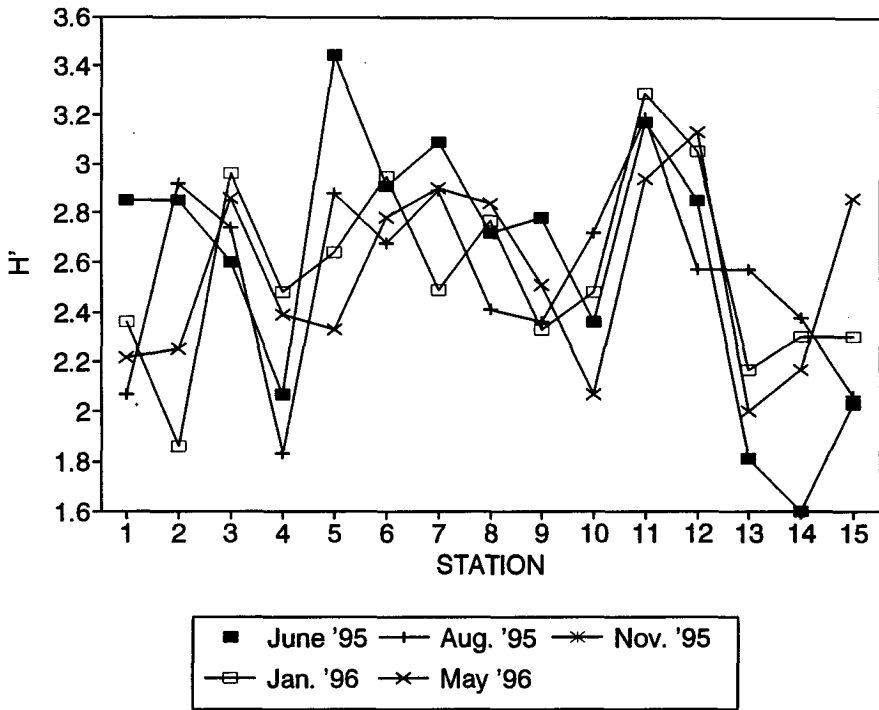


Fig.3-63. The values of Shannon's species diversity of macrobenthos in Tongyung coastal area.

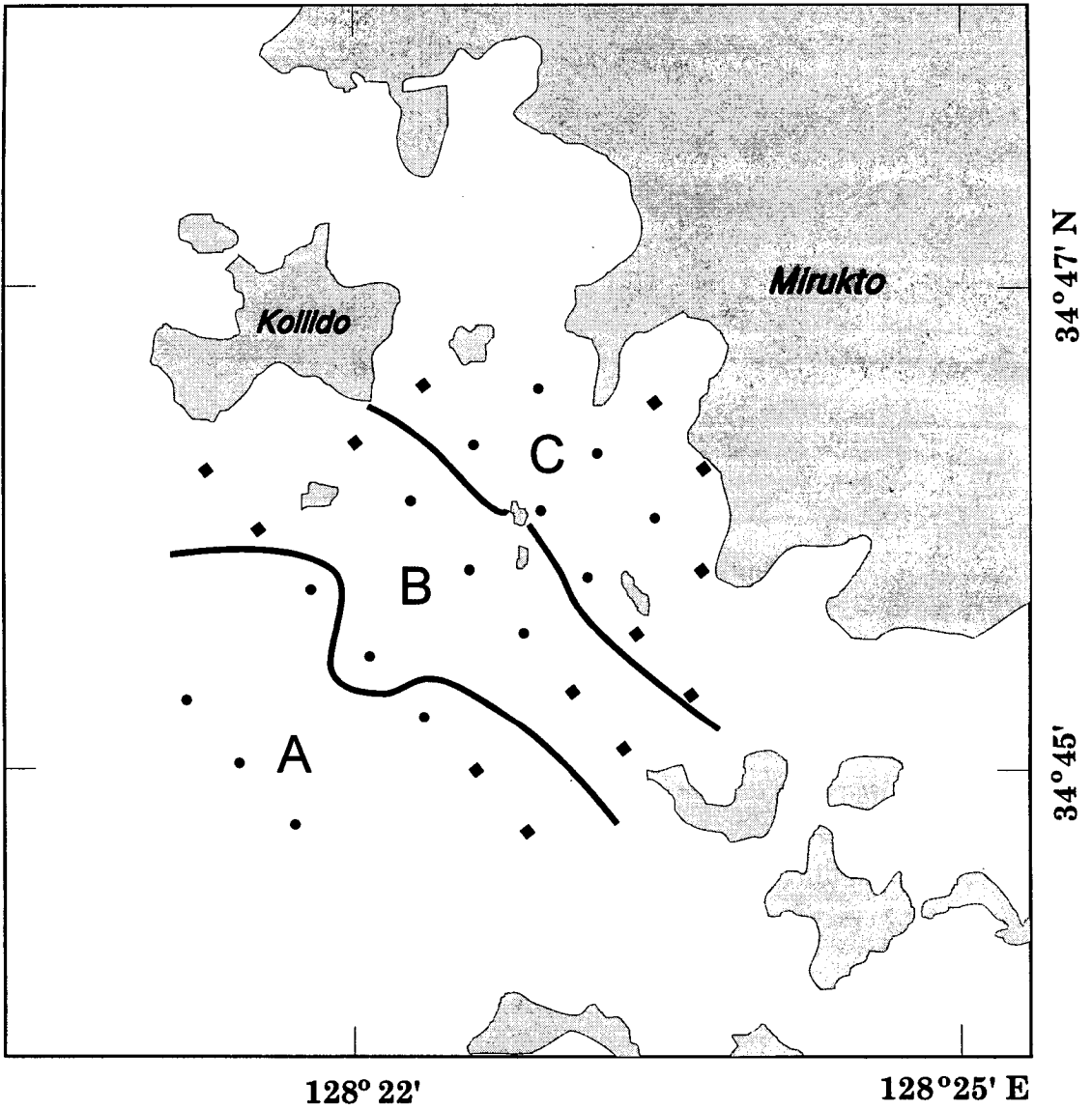


Fig.3-64. The macrobenthic faunal assemblages in Tongyung coastal area.

A : *Alvenius* - *Heteromastus* assemblage

B : *Ampharete* - *Ameana* assemblage

C : *Ophiopholis* - *Tharyx* assemblage

이 서로 상이한 군집을 형성하였다. 즉, 계절적인 차이가 있지만 크게 내만역과 외해역으로 구분되고 장두도 부근이 독특한 군집을 형성하는 것으로 볼 수 있다. 또한 내만의 경우 지형적인 차이점에 따른 여러요인등(퇴적상, 해황, 수심 등) 저서생물의 가입과 성장에 영향을 미치고 있어 상이한 결과를 나타내는 것으로 보인다.

3.8. 바위해안의 저서생물

3.8.1. 앵강만

○ 해조류

가) 분류군별 출현종수

본 조사를 통해 채집·동정된 해조류는 녹조류 9종, 갈조류 38종, 그리고 홍조류 106종을 포함한 총 153종이었다. 이 수치에서 볼 수 있듯이 앵강만 일대의 해조군집은 대부분 소형인 홍조류에 의해 구성되어 있는 것으로 나타났다. 출현종수를 조사지점별로 비교해 볼 때, 앵강만 입구에 위치한 노도의 출현종수가 70.8종으로 만 내측에 위치한 형제섬의 55.3종이나 만 외측 외양에 위치한 소취도의 63.0종에 비해 많았다. 특히 소취도에 비해 노도의 출현종수가 많았던 점은 '내만에서 외양으로 이행될수록 군집을 이루는 구성종수가 많아진다'는 일반적인 사실과는 다르다는 점이 주목되었다. 출현종수의 계절적 변동을 살피기 위해 각 계절별로 실시된 현장조사의 결과 3 곳 조사지점 모두에서 가을철부터 봄철까지 출현종수가 증가하고 여름철에 현격히 감소함을 볼 수 있었다. 출현종수의 증감시기에 있어 주로 변화하는 분류군은 홍조류 또는 녹조류이며 특히 홍조류의 변화폭이 매우 컸고, 반면 녹조류의 변화는 매우 적었던 것으로 나타

났다. 또한 가을철부터 봄철까지 출현종수가 증가하는 시기에 있어 형제섬의 봄철 출현종수가 크게 증가됨이 매우 주목되었는데, 이는 형제섬이 만 내측에 위치하여 군집을 둘러싼 물리·화학적 환경특성이 노도 또는 소취도에 비해 불안정하기 때문으로 풀이된다(Table 3-32, 3-33).

군집의 구성종을 Littler and Arnold(1982)의 6 가지 형태적인 분류군으로 구분하여 이 해역에서 각 분류군의 구성비를 살펴보면 직립분기형(coarsely branched)의 구성비가 35.3%로 가장 높았고, 사상형(delicately branched, 26.1%), 막상형(thin tubular and sheet like, 15.7%), 다육질형(thick blades and branched, 11.1%), 그리고 각상홍조류(coralline, 각각 5.9%)의 순으로 구성비가 높았다. 해중립을 이루는 주요 구성원인 다육질형은 3 곳 조사지점 모두에서 10 종 이하로 지역간에 큰 차이가 없었고, 반면 직립분기형, 사상형, 막상형과 같은 군집의 천이 초기에 우점하는 단년생의 구성종수가 지점간에 상이하게 나타났다. 또한 형태분류군의 계절변동에 있어 출현종수의 증감이 뚜렷한 겨울부터 여름까지 구성종수의 변화가 가장 큰 분류군은 주로 단년생으로 이루어진 직립분기형, 사상형, 막상형(thin tubular and sheet like)이었고, 반면 다년생인 다육질형, 각상홍조류(coralline)의 구성종수의 변화율은 상대적으로 낮게 나타났다(Table 3-34).

나) 군집구조

a. 조간대

만 내측에 위치한 형제섬의 조간대 군집구조를 볼 때, 가을철의 군집구조는 지충이(*Sargassum thunbergii*)를 중심으로 구성됨을 볼 수 있고, 겨울철에는 지충이(*S. thunbergii*), 돌김(*Porphyra suborbiculata*), 애기돌가사리(*Gigartina intermedia*) 등으로 보다 다양한 우점종들에 의해 구성

Table 3-32. List of marine benthic algal species occurred at three investigated localities in the Aenggang Bay. Functional forms of algal species are classified to the six groups; TTS : thin tubular and sheet like, DB : delicately branched, CB : coarsely branched, TBB : thick blades and branched, AC : articulated calcarous, ENC : encrusting

SPECIES	FF	Hyunguesum				Nodo				Sochuido			
		Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.
CHLORLPHYTA													
<i>Enteromorpha compressa</i>	TTS	+	+	+								+	
<i>Enteromorpha conglobata</i>	TTS				+								
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	TSS				+								
<i>Enteromorpha linza</i>	TTS				+								
<i>Ulva pertusa</i>	TTS	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cladophora pusilla</i>	DB	+	+	+	+			+	+	+	+		
<i>Bryopsis plumosa</i>	DB				+							+	
<i>Codium adhaerens</i>	CB								+			+	
<i>Codium fragile</i>	CB			+	+			+	+			+	
PHAEOPHYTA													
<i>Acinetospora crinita</i>	TTS				+				+			+	
<i>Giffordia mitchellae</i>	DB	+	+			+	+						
<i>Ralfsia verrucosa</i>	CB								+	+			
<i>Chordaria flagelliformis</i>	CB				+								
<i>Papenfussiella kurumo</i>	CB			+				+					
<i>Ishige okamurae</i>	CB					+	+	+		+	+	+	
<i>Leathesia difformis</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	
<i>Peterospongium rugosum</i>	CB											+	
<i>Colpomenia bullosa</i>	CB					+	+						
<i>Colpomenia sinuosa</i>	CB	+	+	+		+	+	+					
<i>Petalonia fascia</i>	TTS									+	+		
<i>Systosiphon lomentaria</i>	TTS	+	+	+					+	+	+		
<i>Myelophycus simplex</i>	CB	+	+	+								+	
<i>Spacelaria yamadae</i>	DB	+	+			+	+						
<i>Sphacelaria variabilis</i>	DB	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	
<i>Sphacelaria yamadae</i>	DB									+	+		
<i>Desmarestia viridis</i>	CB			+				+				+	
<i>Undaria pinnatifida</i>	TBB	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	
<i>Ecklonia cava</i>	TBB					+	+	+		+	+	+	
<i>Ecklonia kurome</i>	TBB					+	+						
<i>Dictyopteris divaricata</i>	TBB					+	+		+				
<i>Dictyopteris latiuscula</i>	TBB			+	+			+	+	+	+		
<i>Dictyopteris prolifera</i>	TBB	+	+	+	+							+	
<i>Dictyopteris undulata</i>	TBB				+								
<i>Dictyota dichotoma</i>	TTS			+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Dilophus okamurae</i>	TTS					+	+	+					

Table 3-32. (continued)

SPECIES	FF	Hyunguesum				Nodo				Sochuido			
		Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.
<i>Pachydictyon coriaceum</i>	CB									+	+		
<i>Padina arborescens</i>	CB					+	+	+	+				
<i>Myagropsis myagroides</i>	TBB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hizikia fusiformis</i>	TBB	+	+	+		+	+	+		+	+	+	
<i>Sargassum fulvellum</i>	TBB											+	
<i>Sargassum horneri</i>	TBB	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>Sargassum micracanthum</i>	TBB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum piluliferum</i>	TBB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum pinnatifidum</i>	TBB							+					
<i>Sargassum sagamianum</i>	TBB			+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sargassum serratifolium</i>	TBB									+	+	+	+
<i>Sargassum thunbergii</i>	TBB	+	+	+		+	+	+					
RHODOPHYTA													
<i>Erythrotrichia carnea</i>	DB	+	+			+	+			+	+		
<i>Bangia atropurpurea</i>	DB							+					
<i>Porphyra suborbiculata</i>	DB	+	+			+	+		+			+	
<i>Auduinella daviesii</i>	DB							+	+			+	
<i>Auduinella densa</i>	DB							+					
<i>Auduinella sanctae-thomae</i>	DB			+				+		+	+		
<i>Scinaia japonica</i>	CB				+								
<i>Gelidium amansii</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gelidium divaricatum</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gelidium vagum</i>	CB							+					
<i>Pterocladia capillacea</i>	CB			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pterocladia rugosum</i>	CB					+	+						
<i>Nemalion vermiculare</i>	TTS			+								+	
<i>Peyssonnelia caulifera</i>	CB			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hildenbrandtia rubra</i>	ENC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fosliella zostericola</i>	ENC									+	+		
<i>Heteroderma sargasii</i>	ENC			+	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>	ENC	+	+										
<i>Lithophyllum shioense</i>	ENC			+	+		+				+		
<i>Lithophyllum yendoi</i>	ENC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lithothamnion cystocarpioideum</i>	ENC					+	+	+		+	+	+	+
<i>Lithothamnion simulans</i>	ENC					+	+						
<i>Tenarea tumidulum</i>	ENC				+								
<i>Amphiroa dilatata</i>	AC				+				+	+			+
<i>Amphiroa echigoensis</i>	AC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa ephedraea</i>	AC	+	+			+	+	+					
<i>Amphiroa misakiensis</i>	AC			+		+	+	+					
<i>Amphiroa pusilla</i>	AC	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
<i>Amphiroa zonata</i>	AC					+	+						

Table 3-32. (continued)

SPECIES	FF	Hyunguesum				Nodo				Sochuido			
		Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.
<i>Corallina pilulifera</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Jania adhaerens</i>	AC					+	+	+					
<i>Jania arborescens</i>	AC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Marginisporum aberrans</i>	AC	+	+		+								+
<i>Carpopeltis affinis</i>	CB	+	+	+				+				+	+
<i>Carpopeltis crispata</i>	CB			+									
<i>Grateloupia divaricata</i>	CB			+								+	+
<i>Grateloupia filicina</i>	CB											+	
<i>Grateloupia imbricata</i>	CB									+	+		
<i>Grateloupia prolongata</i>	CB				+				+	+			+
<i>Grateloupia turuturu</i>	CB							+	+			+	+
<i>Halymenia acuminata</i>	CB												+
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	CB								+			+	+
<i>Gloiopeltis tenax</i>	CB	+	+	+									
<i>Callophyllis adhaerens</i>	TTS												+
<i>Callophyllis adnata</i>	TTS				+			+					+
<i>Callophyllis japonica</i>	TTS		+			+	+	+	+		+		+
<i>Cruoriella japonica</i>	CB	+	+	+				+		+	+		
<i>Cauracanthus okamurae</i>	CB	+	+	+									
<i>Plocamium telfairiae</i>	TTS					+	+	+		+	+		+
<i>Hypnea charoides</i>	CB				+				+		+		
<i>Hypnea japonica</i>	CB					+	+	+					
<i>Hypnea pannosa</i>	CB								+				
<i>Hypnea saidana</i>	CB								+				+
<i>Hypnea variabilis</i>	CB							+					
<i>Gracilaria textorii</i>	CB				+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	CB			+					+	+	+	+	+
<i>Gigartina intermedia</i>	CB	+	+	+		+	+	+		+	+		
<i>Gigartina tenella</i>	CB		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhodymenia intricata</i>	TTS			+	+					+	+	+	+
<i>Lomentaria catenata</i>	CB					+	+		+			+	
<i>Lomentaria lubrica</i>	CB	+	+						+	+			
<i>Champia bifida</i>	DB							+	+			+	
<i>Champia expansa</i>	DB							+					
<i>Champia japonica</i>	DB			+				+	+			+	
<i>Champia parvula</i>	DB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anotrichium furcellatum</i>	DB									+	+		
<i>Anotrichium yagii</i>	TTS			+									
<i>Anthithamnion sparsum</i>	TTS												+
<i>Anthithamnion nipponicum</i>	TTS					+	+	+					+
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>	DB	+	+										
<i>Callithamnion corymbosum</i>	DB											+	
<i>Camphylaephora crassa</i>	DB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Centroceras clavulatum</i>	DB	+	+										
<i>Ceramiopsis japonica</i>	DB							+					

Table 3-32. (continued)

SPECIES	FF	Hyunguesum				Nodo				Sochuido				
		Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	
<i>Ceramium cimbricum</i>	DB												+	
<i>Ceramium paniculatum</i>	DB			+					+					+
<i>Ceramium tenerrimum</i>	DB			+		+	+	+	+					+
<i>Crouania attenuata</i>	DB											+	+	
<i>Griffitsia coacta</i>	DB			+										
<i>Herpochondria dentata</i>	TTS			+	+	+	+	+				+	+	
<i>Herpochondria elegans</i>	TTS					+	+	+	+			+	+	+
<i>Platythamnion yezoensis</i>	DB			+	+							+	+	+
<i>Spyridia filamentosa</i>	DB			+										+
<i>Acrosorium flabellatum</i>	TTS	+	+						+			+	+	
<i>Acrosorium polyneurum</i>	TTS				+	+	+	+				+	+	+
<i>Acrosorium uncinatum</i>	TTS					+	+	+						+
<i>ErythroGLOSSUM minimum</i>	DB											+	+	
<i>ErythroGLOSSUM pinnatum</i>	DB				+	+	+							+
<i>ErythroGLOSSUM rugosum</i>	DB					+	+							+
<i>Dasya sessilis</i>	DB				+	+	+							+
<i>Heterosiphonia japonica</i>	DB			+				+						
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	DB			+	+	+	+	+					+	+
<i>Chondria crassicaulis</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Herposiphonia fissidentoides</i>	DB							+	+					
<i>Laurencia intermedia</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+
<i>Laurencia pinnata</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+						
<i>Laurencia undulata</i>	CB			+	+									+
<i>Laurencia venusta</i>	CB	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Polysiphonia japonica</i>	DB			+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Polysiphonia morrowii</i>	DB	+	+			+	+	+				+	+	
<i>Polysiphonia subtilissima</i>	DB			+			+	+	+			+	+	+
<i>Polysiphonia yendoi</i>	DB											+	+	+
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	CB					+	+	+						+
<i>Symphyocladia marchantioides</i>	CB			+	+	+	+	+	+			+	+	
<i>Symphyocladia pentata</i>	CB			+	+	+	+	+	+			+	+	+

Table 3-33. Species composition of three algal communities in three floristic groups

Division	Hyungjesum					Nodo					Sochuido					total
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	
Chlorophyta	3	3	7	3	4.0	1	1	3	4	2.3	2	2	5	3	3.0	9
	(6.4)	(6.1)	(9.7)	(5.7)	(7.0)	(1.4)	(1.4)	(3.6)	(7.0)	(3.4)	(3.2)	(2.9)	(6.8)	(6.4)	(4.8)	(5.9)
Phaeophyta	15	15	18	13	15.3	21	21	22	11	18.8	17	18	18	7	15.0	38
	(31.9)	(30.6)	(25.0)	(24.5)	(28.0)	(30.0)	(29.2)	(26.2)	(19.3)	(26.2)	(27.0)	(26.1)	(24.7)	(14.9)	(23.2)	(24.8)
Rhodophyta	29	31	47	37	36.0	48	50	59	42	49.8	44	49	50	37	45.0	106
	(61.7)	(63.3)	(65.3)	(69.8)	(65.0)	(68.6)	(69.4)	(70.2)	(73.7)	(70.5)	(69.8)	(71.0)	(68.5)	(78.7)	(72.0)	(69.3)
total	47	49	72	53	55.3	70	72	84	57	70.8	63	69	73	47	63.0	153

Table 3-34. Species composition of three algal communities in six functional-form groups

Functional form	Hyungjesum					Nodo					Sochuido					total
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	AVG.	
Thin tubular and sheet like	4	5	12	5	6.5	10	10	13	5	9.5	10	11	13	7	10.3	24
	(8.5)	(10.2)	(16.7)	(9.4)	(11.2)	(14.3)	(13.9)	(15.5)	(8.8)	(13.1)	(15.9)	(15.9)	(17.8)	(14.9)	(16.1)	(15.7)
Delicately branched	11	11	15	10	11.8	14	15	21	14	16.0	14	16	16	7	13.3	40
	(23.4)	(22.4)	(20.8)	(18.9)	(21.4)	(20.0)	(20.8)	(25.0)	(24.6)	(22.6)	(22.2)	(23.2)	(21.9)	(14.9)	(20.6)	(26.1)
Coarsely branched	16	17	27	20	20.0	23	23	29	25	25.0	22	23	27	19	22.8	54
	(34.0)	(34.7)	(37.5)	(37.7)	(36.0)	(32.9)	(31.9)	(34.5)	(43.9)	(35.8)	(34.9)	(33.3)	(37.0)	(40.4)	(36.4)	(35.3)
Thick blades and branched	8	8	10	8	8.5	11	11	11	7	10.0	9	9	10	6	8.5	17
	(17.0)	(16.3)	(13.9)	(15.1)	(15.6)	(15.7)	(15.3)	(13.1)	(12.3)	(14.1)	(14.3)	(13.0)	(13.7)	(12.8)	(13.4)	(11.1)
Articulated coralline	5	5	4	5	4.8	7	7	6	3	5.8	4	4	3	4	3.8	9
	(10.6)	(10.2)	(5.6)	(9.4)	(9.0)	(10.0)	(9.7)	(7.1)	(5.3)	(8.0)	(6.3)	(5.8)	(4.1)	(8.5)	(6.2)	(5.9)
Encrusting coralline	3	3	4	5	3.8	5	6	4	3	4.5	4	6	4	4	4.5	9
	(6.4)	(6.1)	(5.6)	(9.4)	(6.9)	(7.1)	(8.3)	(4.8)	(5.3)	(6.4)	(6.3)	(8.7)	(5.5)	(8.5)	(7.3)	(5.9)
total	47	49	72	53	55.3	70	72	84	57	70.8	63	69	73	47	63.0	153

됨을 볼 수 있었다. 봄 역시 조간대 하부층에서는 지층이(*S. thunbergii*)를 중심으로 군집이 구성되어 있음을 볼 수 있고 특징점은 조고 150~200cm에서 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*)가 피도 10% 수준으로 번무하고 있음을 볼 수 있었다. 여름철에는 조간대 식생이 보다 단순화 되고 지층이(*S. thunbergii*) 대신 개서실(*Chondria crassicaulis*)을 중심으로 구성되는 것으로 나타났다. 형제섬의 봄철과 여름철의 조고 100~50cm에서 생물량은 각각 1200, 2000g-fresh weight/m² 수준으로 겨울철에 비해 봄철이 높게 나타났다. 조간대 군집의 구성종 역시 가을과 여름에 비해 일반적으로 해조류가 급속히 성장하는 겨울철 또는 봄철에 높게 나타났다(Table 3-35).

만 입구에 위치한 노도의 조간대 식생은 형제섬이나 소취도에 비해 매우 단순하였다. 연중 지층이(*S. thunbergii*)와 툯(*Hizikia fusiformis*)으로 군집이 구조되어 있음을 볼 수 있었고, 다만 겨울철 일시적으로 돌김(*P. suborbiculata*)이 최대 35% 수준으로 우점함을 볼 수 있었다. 봄철과 여름철 조고 150~100cm에서 조사된 생물량은 각각 1320, 2240g-fresh weight/m² 수준이었으며, 봄철의 생물량이 겨울철의 2배 정도 높게 나타났다. 조간대 군집의 구성종 역시 가을과 여름에 비해 일반적으로 해조류가 급속히 성장하는 겨울철 또는 봄철에 높게 나타났다(Table 3-36).

만 외측에 위치한 소취도의 조간대 군집구조는 만내측 또는 입구에 위치한 형제섬과 노도와는 매우 상이하였다. 연중 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*)이 피도 10% 이상 우점하며, 조하대 하부층에서는 툯(*H. fusiformis*) 가을부터 여름까지 25% 이상 우점하였다. 가을철 작은구슬산호말(*C. pilulifera*)과 툯(*H. fusiformis*) 이외의 우점종으로는 엔도혹돌잎(*Lithophyllum yendoi*)이 주요 군집 구성종으로 나타났으며, 겨울철에는 돌김(*P. suborbiculata*), 개서실(*C. crassicaulis*), 비틀대모자반(*Sargassum*

Table 3-35. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Hyungjesum on Aenggang Bay

TIDAL LEVEL	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50
SPECIES (cm from datum)	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0
AUTUMN										
<i>Enteromorpha compressa</i>					1					
<i>Sargassum thunbergii</i>									20	
WINTER										
<i>Enteromorpha compressa</i>					1					
<i>Ulva pertusa</i>								1		
<i>Scytosiphon lomentaria</i>									1	
<i>Gelidium divaricatum</i>										5
<i>Lithothamnion yendoii</i>										1
<i>Chondria crassicaulis</i>										25
<i>Sargassum thunbergii</i>								4		1
<i>Lethesia difformis</i>										5
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>								3		5
<i>Myelophycus simplex</i>					1					
<i>Porphyra suborbiculata</i>								2		35
<i>Gigartina intermedia</i>										30
biomass (g-fresh weight/m ²)										1200
SPRING										
<i>Chondria crassicaulis</i>										4
<i>Corallina pilulifera</i>								2		2
<i>Enteromorpha compressa</i>										2
<i>Gigartina intermedia</i>										2
<i>Gloiopeltis furcata</i>							10			4
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>										4
<i>Lethesia difformis</i>										4
<i>Polysiphonia yendoii</i>										3
<i>Sargassum thunbergii</i>							2	8		26
<i>Undaria pinnatifida</i>										4
biomass (g-fresh weight/m ²)										2000
SUMMER										
<i>Gelidium divaricatum</i>					2	1				
<i>Corallina pilulifera</i>										1
<i>Polysiphonia yendoii</i>										1
<i>Chondria crassicaulis</i>										20
<i>Sargassum thunbergii</i>										11

Table 3-36. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Nodo on Aenggang Bay

TIDAL LEVEL	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0
SPECIES (cm from datum)	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0	
AUTUMN											
<i>Hizikia fusiformis</i>								10	5		
<i>Sargassum thunbergii</i>								15	21		
WINTER											
<i>Enteromorpha compressa</i>					1	1					
<i>Petrospongium rugosum</i>							1				
<i>Hizikia fusiformis</i>									20	5	
<i>Sargassum thunbergii</i>								20	24		
<i>Lethesia difformis</i>								1			
<i>Porphyra suborbiculata</i>								10	8		
biomass (g-fresh weight/m ²)									1320		
SPRING											
<i>Gelidium divaricatum</i>					1	1					
<i>Ichige okamurae</i>						3		1			
<i>Petrospongium rugosum</i>								3			
<i>Corallina pilulifera</i>								1			
<i>Hizikia fusiformis</i>									30		
<i>Nemalion vermiculare</i>							2	1			
<i>Chondria crassicaulis</i>									3		
<i>Sargassum thunbergii</i>							10	4	28		
<i>Colpomenia sinuosa</i>								1			
<i>Lethesia difformis</i>									6		
biomass (g-fresh weight/m ²)									2240		
SUMMER											
<i>Gelidium divaricatum</i>					1						
<i>Hizikia fusiformis</i>									15	10	
<i>Sargassum thunbergii</i>								15	15		

sagamianum), 미역(*Undaria pinnatifida*)으로 나타났다. 조고 100~50cm에서 조사된 겨울철의 생물량은 1920g-fresh weight/m² 였고, 봄철의 생물량은 3280g-fresh weight/m² 수준으로 봄철의 생물량이 겨울철의 약 2배 정도 높았다(Table 3-37).

이상과 같이 앵강만 주변의 조간대 해조군집의 구조는 연중 지충이(*S. thunbergii*), 툫(*H. fusiformis*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*)을 중심으로 구성되는 것으로 나타났고, 이들 중 이외에 계절적 환경특성에 연관된 개체군의 동태에 따라 일시적으로 특정종이 우점하는 것으로 나타났다. 그 대표적인 종으로서는 돌김(*P. suborbiculata*)으로서 조사된 3 곳 지점 모두에서 겨울철에 피도 최소 10% 이상 우점하는 것으로 나타났다. 또한 특정조위에서 관찰된 생물량의 계절적 변화를 볼 때, 3 곳 조사지점 모두에서 겨울보다는 봄철의 생물량이 훨씬 컸던 것으로 나타났다. 이러한 점은 이 지역 조간대 해조군집의 동태에 있어 군집을 구성하는 주요종들의 성장이 봄철에 집중적으로 이루어 짐을 볼 수 있다. 반면 봄철이후 여름철에 출현종수와 구성종의 피도가 급속히 감소하는 것은 군집 구성종의 대부분이 생식세포 방출후 엽체의 소실에 의한 것으로 풀이된다.

군집의 구조는 일반적으로 군집을 둘러싼 환경의 변화에 따라 공간적으로 매우 이질적인 특성을 나타내며, 본 조사에서도 조간대 군집구조가 조사지점간에 약간의 차이를 나타내었다. 특히 주목할 점은 조고 150~50cm 사이에서 조사된 생물량이 만 내측에 위치한 형제섬으로부터 만 외측에 위치한 소취도로 공간적으로 이행됨에 따라 크지는 경향을 보여 내만보다는 외양성에서 생물량이 크진다는 일반적인 사실에 부합되었다. 또한 조간대 주요 구성원중 내만성 해조류인 지충이(*S. thunbergii*)가 만 입구 내측으로 위치한 형제섬이나 노도에서만 우점하였고, 반면 외양성 해조류인 툫(*H. fusiformis*)은 만 입구 외측으로 위치한 노도와 소취도에서

Table 3-37. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of Sochido on Aenggang Bay

TIDAL LEVEL	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0
SPECIES (cm from datum)	450	400	350	300	250	200	150	100	50		
AUTUMN											
<i>Gelidium divaricatum</i>					1						
<i>Petrospongium rugosum</i>								8			
<i>Corallina pilulifera</i>						1	1	6	30	15	10
<i>Hizikia fusiformis</i>							1		25	30	
<i>Lithothamnion yendoi</i>					1		9				
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>							1				
<i>Ceramium paniculatum</i>									1	1	
<i>Hypnea saidana</i>										2	
<i>Ahnfeltia paradoxa</i>							1				
WINTER											
<i>Ulva pertusa</i>					1		1				
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					3						
<i>Petrospongium rugosum</i>								2	1		
<i>Corallina pilulifera</i>					1	1		6	37	10	20
<i>Hizikia fusiformis</i>							1		25	60	
<i>Chondria crassicaulis</i>									16	20	
<i>Porphyra suborbiculata</i>					36	85		10			
Blue-green algal films					2	1					
<i>Leathesia difformis</i>									1	1	
<i>Amphiroa pusilla</i>									1		
<i>Sargassum sagamianum</i>											70
<i>Undaria pinnatifida</i>											10
biomass (g-fresh weight/m ²)											1920
SPRING											
<i>Scytosiphon lomentaria</i>					1						
<i>Petrospongium rugosum</i>					1						
<i>Corallina pilulifera</i>					1		2		5	12	
<i>Hizikia fusiformis</i>							1		26	82	
<i>Lithothamnion yendoi</i>					1						
<i>Polysiphonia yendoi</i>					1						
<i>Nemalion vermiculare</i>									1		
<i>Chondria crassicaulis</i>									1		
biomass (g-fresh weight/m ²)											3280
SUMMER											
<i>Petrospongium rugosum</i>					1		1	4			
<i>Corallina pilulifera</i>					1			30	15		
<i>Hizikia fusiformis</i>								2	2		
<i>Lithothamnion yendoi</i>								1			
<i>Polysiphonia yendoi</i>							1				
<i>Chondria crassicaulis</i>							1	1	1		
<i>Ceramium tenerrimum</i>					1						
<i>Grateloupia prolongata</i>											
<i>Lomentaria catenata</i>											
<i>Polysiphonia yendoi</i>							2	4			
<i>Curiosopsis japonica</i>								1			

우점하여 식생구조의 공간적인 차이를 뚜렷히 나타내었다. 특히 소취도의 겨울철 조간대 최하부의 우점종으로 나타났던 비틀대모자반(*S. sagamianum*)은 외양성 해조류로서 소취도가 외양성 군집특성을 지니고 있음을 강하게 시사하였다. 그러나 3 곳 조사지점에서 공히 암반 부착성 저서동물인 격판담치(*Septifer virgatus*)의 주분포대인 조고 300cm로부터 해조류가 출현하기 시작한 점은 내만에서 외양으로 이행될 수록 파도에너지의 작용과 연관된 해조분포의 상한이 달라진다는 일반적인 사실과 대비되어 매우 주목되었다. 그렇지만 해조류외에 조간대 암반 부착동물의 분포상한을 비교해 볼 때 만 입구 내측의 형제섬과 노도보다는 만 외측 소취도의 생물분포상한이 높다는 점은 조간대 암반군집의 수직분포에 미치는 파도에너지의 작용이 중요하다는 것을 보여주고 있다.

본 해역에서 나타난 앵강만 주변 해역의 조간대 해조군집의 구조를 남해 연안 해역에 대해 이미 보고된 기존의 결과와 대비해 보는 것은 한 지역 해조군집의 특성을 이해하는데 많은 정보를 제공해 준다. 따라서 현재까지 여러 연구에서 보고된 조간대 해조군집의 층위구조를 알아보면, 조간대 상부를 대표하는 주요 구성종은 파래(*Enteromorpha* sp.), 애기우뭇가사리(*Gelidium divaricatum*), 돌김(*P. suborbiculata*), 불등풀가사리(*G. furcata*) 등으로 정리할 수 있으며, 중부에서는 툫(*H. fusiformis*), 지충이(*S. thunbergii*), 작은구슬산호말(*C. pilulifera*), 개서실(*C. crassicaulis*), 패(*Ishige* sp.)가 주요 구성종으로 나타나며, 하부에서는 모자반류(*Sargassum* spp.)와 돌가사리(*Gigartina tenella*) 등 보다 다양한 종으로 구성됨을 볼 수 있다(Table 3-38). 그렇지만 송 등(1970)에 의해 조사된 오동도의 해조군집은 본 조사의 앵강만 주변의 조간대 해조군집과 가장 유사한 구조를 갖는 것으로 볼 수 있다. 두 지점은 지리적으로 인접되어 군집을 둘러싼 해역의 물리적 환경특성이 다른 어떤 조사지 보다 유사하

Table 3-38. Intertidal zonation of several sites located in the South Sea of Korea

Localities	intertidal zonations			References
	High	Mid	Low	
Odon-do	<i>Enteromorpha</i> sp. <i>Ulva pertusa</i> <i>Gelidium divaricatum</i>	<i>Hizikia fusiformis</i> <i>Sargassum thunbergii</i> <i>Corallina pilulifera</i> <i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Sargassum sagamianum</i> <i>Gigartina tenella</i> <i>Pterocladia tenuis</i>	송 등(1970)
Gejudo	<i>Porphyra suborbiculata</i>	<i>Ishige okamurae</i>	<i>Sargassum ringgoldianum</i>	이(1974)
Tolsando	<i>Gelidium divaricatum</i>	<i>Sargassum thunbergii</i> <i>Ulva pertusa</i> <i>Hizikia fusiformis</i> <i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Leathesia difformis</i> <i>Chondria crassicaulis</i> <i>Polysiphonia urceolata</i>	손 등(1984)
Samchonpo	<i>Gloiopeltis furcata</i>	<i>Sargassum thunbergii</i> <i>Chondria crassicaulis</i>	<i>Lometaria catenata</i>	손(1987)
Songsanpo	<i>Gloiopeltis furcata</i>	<i>Ishige sinicola</i>	<i>Laurencia okamurae</i> <i>Sargassum confusum</i>	손(1987)
Geomundo	<i>Gloiopeltis furcata</i> <i>Gelidium divaricatum</i>	<i>Ishige sinicola</i> <i>Hizikia fusiformis</i> <i>Sargassum thunbergii</i>	<i>Sargassum horneri</i> <i>Gigartina intermedia</i> <i>Corallina pilulifera</i>	고(1990)
10 islands from Munsum to Pijindo	<i>Gloiopeltis</i> spp. <i>Gelidium divaricatum</i> <i>Porphyra suborbiculata</i> <i>Nemalion vermiculare</i>	<i>Corallina pilulifera</i> <i>Chondria crassicaulis</i> <i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Laurencia</i> spp. <i>Sargassum sagamianum</i> <i>Chondrus</i> spp. <i>Symphyocladia latiuscula</i> <i>Gigartina</i> spp. <i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	강 등(1993)

게 작용하는 것으로 보인다.

b. 조하대

본 조사의 결과 앵강만 주변 형제섬, 노도, 소취도의 조하대 해조군집은 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 외틀개모자반(*Myagropsis myagroides*), 툽니모자반(*Sargassum serratifolium*), 감태(*Ecklonia cava*), 미역(*Undaria pinnatifida*) 등과 같은 다육질형(thick baldes and branches)의 대형 갈조류와 개우무(*Pterocladia capillacea*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 참가시우무(*Hypnea charoides*), 깃꼴서실(*Laurencia pinnata*), 애기서실(*Laurencia venusta*) 등과 같은 직립분기형(coarsely branched)의 비교적 소형 홍조류와 왜게발(*Amphiroa echigoensis*), 난쟁이게발(*Amphiroa misakiensis*), 애기게발(*Amphiroa pusilla*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 나무꼴애기산호말(*Jania arborescens*), 엔도흑돌잎(*Lithophyllum yendoi*), 진분홍딱지(*Hildenbrandtia rubra*) 등의 산호조류에 의해 구성됨을 볼 수 있었다. 3곳 조사지점의 조하대 군집구조는 공통적으로 해수면으로부터 수심 2메타에 이르는 소형 홍조류 중심의 surf wrack zone, 수심 2메타에서 8메타에 이르는 대형 갈조류 중심의 algal forest zone, 그리고 그 이하의 수심에서는 해조류의 생물량이 급속히 감소하는 deep zone으로 구성되어 있었다. 만 입구 외측에 위치한 노도와 소취도의 surf wrack zone의 우점종은 개우무(*P. capillacea*), 비틀대모자반(*S. sagamianum*), 우뭇가사리(*G. amansii*) 등이었고, 만 내측의 형제섬에서는 깃꼴서실(*L. pinnata*), 애기게발(*A. pusilla*), 미역(*U. pinnatifida*) 등으로 구성되어 노도와 소취도와는 약간의 차이를 보였다. 반면 algal forest zone에서는 세 곳 조사지점 모두에서 공통적으로 잔가시모자반(*S. micracanthum*), 구슬모자반(*S.*

piluliferum) 등의 대형 갈조류를 중심으로 군집이 구성되어 있었으나, 소취도의 조하대 수심 8메타에서 기타 2 곳 조사지점과는 달리 톱니모자반 (*S. serratifolium*)과 감태(*E. cava*)에 의해 군집구조가 이루어져 있다는 점이 주목되었다. deep zone에서는 조사지점 모두에서 진분홍딱지(*H. rubra*)만이 소수 분포하였고, 형제섬과는 달리 노도와 소취도에서는 떡꼬시래기(*Gracilaria textorii*)가 소수 분포하였다. 따라서 조하대 군집을 이루는 구성원은 조사지점간에 조사지점간에 뚜렷한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 또한 군집의 시간간적인 변동을 살피기 위해 실시된 계절별 조사의 결과에서도 각 조사지점의 조하대 군집의 구조는 뚜렷한 계절변화 없이 연중 일정한 것으로 나타났다(Table 3-39).

이렇듯 앵강만 주변 3 곳 조사지점의 조하대 해조군집의 구조가 시·공간적으로 일정한 이유는 각 군집이 다년생 대형 갈조류 중심의 주요 구성원들로 형성되어 안정성의 수준이 매우 높고, 또한 군집을 둘러싼 물리적 환경특성이 좁은 지역내에서 뚜렷한 차이를 보이지 않았기 때문이라 풀이된다. 다만 Table 3-40의 각 조사수심별 출현종수와 생물량의 변화에서 볼 수 있듯이 만 내측에 위치한 형제섬보다는 특히 만 외측에 위치한 소취도의 해조군집이 양적으로 풍부하다는 점과 수심별 출현종수와 생물량의 감소량을 볼 때, 만 입구 내측으로 위치한 형제섬과 노도보다는 소취도의 출현종수와 생물량이 완만하게 감소하는 것은 소취도의 수심이 깊고, 깊은 수심에 따른 퇴적물 재부유 작용이 적었기 때문에 보다 깊은 수심까지 대형 갈조류의 생육범위가 확장될 수 있었던 것으로 풀이된다. 앵강만 주변 조하대 해조군집의 algal forest zone에서의 생물량은 만 내측 형제섬의 경우 580g-fresh weight/m², 만 입구의 노도에서는 621g-fresh weight/m², 만 외측에 위치한 소취도에서는 764g-fresh weight/m² 수준으로 나타났다.

Table 3-39. Species occurrence (percent coverage in 50x50cm²) in the subtidal zone of three investigated algal communities

Species	Hyungjesum				Nodo				Sochuido				sum
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	
Subtidal 0m													
<i>Pterocladia capillacea</i>					2	1	5	10	15	10	15	40	98
<i>Sargassum sagamianum</i>					10	10	13	10	5	5	15	10	78
<i>Amphiroa pusilla</i>	10	15	10	10					2	2	2	15	66
<i>Gelidium amansii</i>	3	3	5	5	2	2	3	10	2	1	1	25	62
<i>Laurencia pinnata</i>	10	10	5	25	2	2	2	5					61
<i>Undaria pinnatifida</i>			30	5			11						46
<i>Corallina pilulifera</i>	2	3	3	1	1	1	3	2	2	1	2	15	36
<i>Laurencia venusta</i>	2	3	3	3	1	1	5	5		1		1	25
<i>Hypnea charoides</i>								10	3				13
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>								12				1	13
<i>Herpochondria dentata</i>				5			3						8
<i>Gracilaria textorii</i>									5			1	6
<i>Gigartina tenella</i>									2	1	1	2	6
<i>Amphiroa echigoensis</i>									2	3			5
<i>Acrosorium polyneurum</i>												2	2
<i>Ulva pertusa</i>												1	1
<i>Champia parvula</i>			1										1
Subtidal 2m													
<i>Sargassum micracanthum</i>	5	10	5	2	15	20	30	2	15	10	40	20	174
<i>Sargassum piluliferum</i>	10	12	25	5	5	10	25	5	10	10	20	15	152
<i>Amphiroa echigoensis</i>	5	5	12	25	1	1	1	5			3	10	68
<i>Amphiroa misakiensis</i>	2	5	15	4	10	10	2	2					50
<i>Pterocladia capillacea</i>				1			2		15	10	5	15	48
<i>Gelidium amansii</i>	3	3	3	1	2	3	2	1	5	2	15	7	47
<i>Undaria pinnatifida</i>			11			5			20				36
<i>Amphiroa pusilla</i>	11	15	3	3	1	1	2						36
<i>Jania arborescens</i>	5	5	10	10	1	1	1	1					34
<i>Laurencia venusta</i>	3	3	5	3	1	1	1	3	1	1	1	1	24
<i>Sargassum horneri</i>		3	15	3		1		1					23
<i>Hypnea charoides</i>				13				8					21
<i>Gigartina tenella</i>		1	1			1	1	1		1	5	2	13
<i>Lithophyllum yendoi</i>			1	5			1	3				2	12
<i>Hildenbrandtia rubra</i>				1			1	3	1	1	1	2	10
<i>Polysiphonia japonica</i>			1	5			1			1		1	9
<i>Polysiphonia subtilissima</i>			1				3			1	3		8
<i>Laurencia intermedia</i>			3				1				2		6
<i>Laurencia undulata</i>			1	3							2		6
<i>Acrosorium polyneurum</i>									1	1	2	2	6
<i>Corallina pilulifera</i>					2	1	1	1		1			6
<i>Dictyopteris prolifera</i>	1	1	2	2									6
<i>Champia japonica</i>			5										5
<i>Dictyopteris divaricata</i>								5					5
<i>Symphocladia pentata</i>				1		1		1		1			5
<i>Ceramium tenerrimum</i>						1		1			1	1	4
<i>Cladophora pusilla</i>			1	1				1		1			4

Table 3-39. (continued)

Species	Hyungjesum				Nodo				Sochuido				sum
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	
<i>Herpochondria elegans</i>					1		1			2			4
<i>Heteroderma sargasii</i>							1			2	1		4
<i>Sphacelaria variabilis</i>			2	1			1						4
<i>Codium fragile</i>			2	2									4
<i>Camphylaephora crassa</i>				1			1			1			3
<i>Champia parvula</i>			1	1					1				3
<i>Dictyopteris undulata</i>				3									3
<i>Dictyota dichotoma</i>			1		1				1				3
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>									2	1			3
<i>Papenfussiella kurumo</i>			3										3
<i>Peyssonnelia caulifera</i>				1				1				1	3
<i>Symphyocladia marchantioides</i>			1	1				1					3
<i>Colpomenia sinuosa</i>							2						2
<i>Cruiopsis japonica</i>		1							1				2
<i>Herpochondria dentata</i>					1				1				2
<i>Herposiphonia fissidentoides</i>							1	1					2
<i>Laurencia pinnata</i>					2								2
<i>Lithothamnion cystocarpioideum</i>					1				1				2
<i>Marginisporum aberrans</i>		2											2
<i>Myagropsis myagroides</i>								2					2
<i>Scinaia japonica</i>				1									1
Subtidal 4m													
<i>Sargassum micracanthum</i>	10	12	75	25				2	18	15	10	30	197
<i>Sargassum piluliferum</i>					5	10	8	70	15	15	15	40	178
<i>Myagropsis myagroides</i>					15	50	25						90
<i>Hypnea charoides</i>				40									40
<i>Lithophyllum yendoi</i>					5	5	15	2	3	2	5	1	38
<i>Gelidium amansii</i>	3	3	3	5	2	10	3				3	1	33
<i>Amphiroa echigoensis</i>	2	3	8	5							3	1	22
<i>Hildenbrandtia rubra</i>					2	3	3	3			5	1	17
<i>Pterocladia capillacea</i>							3		5	1	2	5	16
<i>Lomentaria catenata</i>											10		10
<i>Sargassum pinnatifidum</i>							10						10
<i>Undaria pinnatifida</i>					10								10
<i>Camphylaephora crassa</i>					5	1	2		1				9
<i>Gigartina tenella</i>							5	1			2	1	9
<i>Heteroderma sargasii</i>						1	1	3	1				6
<i>Polysiphonia subtilissima</i>							5	1					6
<i>Jania arborescens</i>					1	1	1		1	1	1		6
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					1	1	1	1	1				5
<i>Ecklonia cava</i>												5	5
<i>Lithophyllum shioense</i>					1				3				4
<i>Sphacelaria variabilis</i>					1	1	1		1				4
<i>Amphiroa dilatata</i>									3				3
<i>Cladophora pusilla</i>									1	2			3
<i>Hypnea charoides</i>									3				3
<i>Auduinella daviesii</i>							1	1					2

Table 3-39. (continued)

Species	Hyungjesum				Nodo				Sochuido				sum
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	
<i>Ceramium tenerrimum</i>							1					1	2
<i>Champia japonica</i>								2					2
<i>Gracilaria textorii</i>											1	1	2
<i>Herpochondria elegans</i>								1			1		2
<i>Polysiphonia japonica</i>					1					1			2
<i>Porphyra suborbiculata</i>								2					2
<i>Sargassum serratifolium</i>												1	1
Subtidal 6m													
<i>Sargassum micracanthum</i>	5	15	20	25	5		2	5	12	13	15	25	142
<i>Lithophyllum yendoii</i>					2		15	10	5	2	5	1	40
<i>Myagropsis myagroides</i>									5	10	5	20	40
<i>Sargassum piluliferum</i>	5	5	10	5				3					28
<i>Sargassum serratifolium</i>									5	5	5	8	23
<i>Amphiroa echigoensis</i>	2	2	2	3		1					3	8	21
<i>Gigartina tenella</i>				1	2	1	2		2	1	1	2	12
<i>Ecklonia cava</i>												10	10
<i>Gelidium amansii</i>		1	1	2	2	1	1				1		9
<i>Hildenbrandtia rubra</i>								2	2	1	3	1	7
<i>Jania arborescens</i>	1	1	1	1			2			1			7
<i>Pterocladia capillacea</i>						1			2	1	1	1	6
<i>Gracilaria textorii</i>									2	1	1	2	6
<i>Marginisporum aberrans</i>									1	2	1	1	5
<i>Peyssonnelia caulifera</i>							1		1	1	1	1	5
<i>Padina arborescens</i>								5					5
<i>Polysiphonia subtilissima</i>						1	3						4
<i>Ceramium tenerrimum</i>				1			1					1	3
<i>Champia parvula</i>		1	1				1						3
<i>Colpomenia sinuosa</i>							3						3
<i>Herpochondria dentata</i>				1			2						3
<i>Sphacelaria variabilis</i>						1	1			1			3
<i>Corallina pilulifera</i>							1		1	1			3
<i>Acrosorium flabellatum</i>		1					1						2
<i>Amphiroa misakiensis</i>						1	1						2
<i>Callophyllis japonica</i>							1					1	2
<i>Heterosiphonia pulchra</i>										1		1	2
<i>Hypnea charoides</i>										2			2
<i>Ulva pertusa</i>												1	1
Subtidal 8m													
<i>Sargassum serratifolium</i>									10	10	15	40	75
<i>Ecklonia cava</i>									5	5	15	20	45
<i>Lithophyllum yendoii</i>	5	5	5	5	1	1	1	1	2	2	3	1	32
<i>Sargassum micracanthum</i>		3	5	5				5					18
<i>Amphiroa echigoensis</i>					2	1	1	1	2	2	1	5	15
<i>Myagropsis myagroides</i>			5	5								5	15
<i>Hildenbrandtia rubra</i>					1	1	1	1	5	2	2	1	14
<i>Gracilaria textorii</i>							1	3	2	2	1	5	14

Table 3-39. (continued)

Species	Hyungjesum				Nodo				Sochuido				sum
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	
<i>Dictyopteris latiuscula</i>			5	5				1					11
<i>Gigartina tenella</i>					1	1	1	5				1	9
<i>Gelidium amansii</i>								1				8	9
<i>Pterocladia capillacea</i>							1	1				1	3
<i>Sphacelaria variabilis</i>					1	1	1						3
<i>Cladophora pusilla</i>							1				1		2
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					1			1					2
<i>Polysiphonia subtilissima</i>					1	1							2
<i>Symphyocladia marchantioides</i>					1	1							2
<i>Plocamium telfairiae</i>												1	1
<i>Dictyota dichotoma</i>								1					1
<i>Leathesia difformis</i>				1									1
Subtidal 10m													
<i>Hildenbrandtia rubra</i>	2	3	1	5	1			10	2	1	2	1	28
<i>Gracilaria textorii</i>								3				5	8
<i>Gelidium amansii</i>					2			3			2		7
<i>Heterosiphonia pulchra</i>			1				1				2		4
<i>Ecklonia cava</i>									2			2	4
<i>Platythamnion yezoense</i>			1	1									2
<i>Sphacelaria variabilis</i>			1					1					2
<i>Symphyocladia pentata</i>			1	1									2

Table 3-40. Number of species and biomass(g-fresh weight) at each depth of the studied algal communities in Aenggang Bay

Depth	Hyungjesum					Nodo					Sochuido				
	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	avg.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	avg.	Aut.	Win.	Spr.	Sum.	avg.
number of species															
subtidal 0m	5	5	7	7	6	6	6	8	8	7	7	10	6	11	8
subtidal 2m	9	13	25	26	18	9	19	21	22	17	7	20	18	14	15
subtidal 4m	3	3	3	4	3	7	13	16	14	12	5	14	13	12	11
subtidal 6m	4	7	9	5	6	4	7	17	3	7	11	15	12	16	13
subtidal 8m	1	2	4	5	3	4	8	10	12	8	6	6	7	11	7
subtidal 10m	1	1	5	3	2	2	0	1	4	1	2	1	3	3	2
biomass(g-fresh weight/m ²)															
subtidal 0m	320	896	452	556		632	1024	200	618		1380	1768	360	1169	
subtidal 2m	500	1740	288	842		400	2408	172	993		880	2640	240	1253	
subtidal 4m	120	1328	292	580		400	1400	64	621		600	1612	80	764	
subtidal 6m	120	120	120	120		440	120	40	200		480	1612	80	724	
subtidal 8m	40	40	8	29		40	40	20	33		100	120	20	80	
subtidal 10m						4	4	4	4		80	80	20	60	

해양목장화라는 측면에서 조하대 해조군집 특히 해중림을 이루는 대형갈조군집의 역할은 매우 중요하다. 연안 해역에 형성된 해중림은 생태계의 중요한 기초생산자로서의 기능은 물론 어류 또는 무척추동물을 포함한 다양한 분류군의 서식공간 또는 산란장으로 이용되고 있다. 더욱이 이들 해조군집에 의해 생성된 유기물은 초식먹이 연쇄 혹은 잔사먹이 연쇄를 따라 해조표면에 서식하는 동물군을 포함한 여러 종속영양 동물의 에너지원이 되고, 이들 이차 생산자 역시 피식에 의해 더 높은 영양단계로 전이된다. 이처럼 해중림의 연안 생태계의 동태에 중요한 역할을 하지만, 실제 자연상태에 있어서는 그 구조와 조성이 시·공간적으로 매우 다양하게 변화하여 기능면에서도 이질적인 특성을 보이는 것으로 알려져 있다. 특히 조하대 군집구조의 공간변화가 일차적으로 군집을 둘러싼 물리적 환경특성에 따라 변화하는 것과는 달리 시간적인 변화는 군집 구성원의 출생과 사망 등과 같은 개체군 동태는 물론 가입후 경쟁, 초식작용 등의 모든 생물학적 상호관계에 의해 지배된다. 따라서 어느 한 지역에 해중림을 건설하여 안정된 생물 생산량을 유지하기 위해서는 일차적으로 그 해역에 적합한 생물종을 선정하는 것도 중요하지만 해당 개체군의 유지라는 측면에서 개체군의 동태와 관리가 더욱 요망된다고 보아야 할 것이다.

○ 저서동물

가) 출현종 및 서식환경

경성저질은 연성저질과는 다른 물리적, 화학적 요인이 작용하기 때문에 서식하는 생물의 생태나 군집조성에 있어서도 완전히 다른 형태를 나타낸다. 간단히 예를 들면, 연성저질의 경우 표면과 기질 속 등 3차원의 서식구조를 가지는 반면에 경성저질의 경우 2차원적인 구조만을 가지고 있다. 따라서 생물이 서식할 수 있는 공간이 상당히 작아지기 때문에 공

간 경쟁이 매우 치열한 양상을 보인다. 경성저질은 동물뿐 아니라 조류에게도 부착할 수 있는 기질을 제공하기 때문에, 이는 공간경쟁에 있어 더욱 복잡한 양상을 만들기도 하지만 해조류 번식에 의한 수많은 미세환경이 존재하고 있어 저서생물에게 다양한 서식처를 제공한다(Thorson, 1957). 또한 풍부한 먹이 제공으로 인해 자연적인 3차원적 서식구조를 형성하게 된다. 이러한 미세환경의 다양성에는 고착생물 또는 딱딱한 껍질을 이나 몸을 가진 저서생물들이 기여하는 바도 적지 않다(환경처, 1994).

본 연구지역은 연안에서 외양으로 서로 다른 물리적요인이 작용하는 지역이고, 경사면과 구성하는 암반의 형태 및 성분이 다르기 때문에 상호간 우점종의 서식범위를 비교하기에는 어려움이 있지만 계절별 군집 동태를 파악하는데는 충분히 좋은 자료를 제공하였다.

3개 정점의 경성저질에서 4회에 걸쳐 채집된 무척추동물은 11개 동물군(Phylum)에 총 156종으로, 형제섬에서 83종으로 가장 적은 종 수를 보였고, 노도에서 98종, 소취도에서 132종으로 가장 많은 종 수를 나타냈다(Table 3-41). 형제섬이나 노도에서 관찰된 생물의 대부분이 소취에서도 나타났으며, 대신 밀도 면에서는 각 지역간에 큰 차이를 보였다. 동물군별로 비교해 보면, 절지동물(Arthropoda)이 53종으로 가장 많은 종 수를 보였으며, 연체동물(Mollusca)이 41종, 환형동물(Annelid)이 22종, 극피동물(Echinodermata)이 15종으로 4개의 동물군만이 10종이상의 종 수를 나타냈다. 출현한 종은 조간대 지역과 조하대 지역이 각기 다르게 나타났다. 조간대 지역에서는 44종이 출현한 반면, 조하대지역에서는 130종이 출현하였다. 조간대 하부지역(Infralittoral fring)과 조하대 상부지역(Infralittoral zone)의 경우에는 동일한 생물분포대(Zonation)를 가지는 종들이 간혹 있어서 두지역에 동시에 나타나는 종이 중복되어 다수 포함되었다. 특히, 편형동물(Platyhelminthes), 유형동물(Nemertina), 태형동물

Table 3-41. Number of species in each taxonomic group at tidal level

(I: Intertidal zone, S: Subtidal zone, T: Total number of species in each area)

	Hyungje			Nodo			Sochi			Total		
	I	S	T	I	S	T	I	S	T	I	S	T
Porifera	1	2	3	1	0	1	1	5	6	1	6	7
Cnidaria	2	1	3	2	1	3	2	3	5	2	3	5
Platyhelminthes	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Nemertina	0	1	1	0	2	2	0	3	3	0	3	3
Bryozoa	0	1	1	0	2	2	0	2	2	0	2	2
Sipunculida	0	2	2	0	2	2	1	2	2	1	2	2
Mollusca	9	12	20	13	16	28	14	22	35	16	27	41
Annelid	5	11	13	4	12	12	4	16	16	7	22	22
Arthropoda	6	24	28	4	34	35	13	37	43	17	47	53
Echinodermata	1	11	8	1	12	8	1	15	15	1	15	15
Chordata	0	3	3	0	4	4	0	5	5	0	5	5
Total	24	69	83	25	86	98	36	111	132	45	133	156

(Bryozoa), 척삭동물(Chordata)의 경우에는 조간대 지역에서 한 종도 출현하지 않았다. 하지만 서식밀도 면에서는 조간대 지역이 매우 높으며, 생물간의 서식구역이 확실하게 구분되었다.

조간대 지역의 경우 절지동물과 연체동물이 각각 17, 16종으로 많은 종 수를 나타냈으며, 환형동물은 7종에 불과하였다. 실제 조간대 지역에서는 주기적인 노출에 의한 환경적인 영향을 심하게 받는 지역으로 이들은 생물에게 명확한 수직구배를 만들게 하고 있다. 즉, 생물학적인 포식작용에 약하고, 노출에 오래 견딜수 있는 생물들은 최상부 지역에서 생물분포대를 형성하며, 건조에 대한 내성이 작은 생물들은 하부지역에 분포대를 형성한다. 하지만 경성저질의 경우 기질(substrate)의 형태 및 종류가 분포하는 생물의 종 구성에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 암반의 경사도에 따라 분포대의 범위가 좌우되며, 암반의 굴곡에 따라 조수웅덩이(tide pool)가 형성되어 있거나, 간출시 수분을 보유할 수 있는 틈이 있는 경우에는 분포대에 관계없이 조하대 상부지역에 서식하는 생물이 서식할 수 있다.

형제섬의 경우 조간대 지역에서는 24종, 조하대 지역에서는 69종이 출현하였다. 다른 지역보다 현저히 적은 종 수를 나타냈다. 조간대에서는 연체동물이 가장 많은 종 수를 보였으며, 환형동물과 절지동물이 각각 5, 6종을 나타냈다. 형제섬의 경우 암반의 구조가 단순하여 틈이나 조수웅덩이가 발달하지 않은 기질을 가지고 있어 종 구성에 있어 매우 단순하며, 조하대지역의 경우도 물리적영향이 약한 지역이고, 필이 많이 덮여 있어서 생물상이 전반적으로 빈약한 지역이다.

노도의 경우 조간대에서 25종, 조하대 지역에서 86종이 출현하였다. 조간대 지역의 경우 형제섬과 유사한 양상을 보였으며, 연체동물이 13종으로 가장 많은 종 수를 보였다. 조하대에서는 대부분의 동물군에서 형제섬보다 많은 종 수를 보였다. 절지동물이 34종으로 가장 많은 종 수가

출현하였으며, 연체동물이 16종, 환형동물과 극피동물이 각각 12종 출현하였다. 조간대 상부지역의 경우 급경사를 이루어서 생물 분포면적은 형제섬보다는 적지만 생물 종 조성은 유사하다. 그러나 조간대하부와 조하대 지역의 경우 틈이 발달하고, 복잡한 기질 구조를 가지고 있어 종 수에서 크게 증가하는 양상을 보였다.

소취도에서는 조간대지역의 경우 35종, 조하대지역의 경우 110종으로 다른 두 지역과는 현격한 차이를 보이며, 다양한 종이 출현하였다. 조간대에서는 절지동물이 13종 출현하였는데, 대부분이 단각류(Amphipoda)에 속하는 종으로 조간대 하부 지역에 밀생하는 굵은줄격판담치(*Septifer virgatus*)의 족사(byssal threads)부근에 주로 서식하는 종들이다. 소취도는 조하대 하부지역에 10m길이의 테라스가 조성되어 있고, 군데군데 조수 웅덩이가 발달하고 있어서 조간대에 서식하는 생물 종 수가 급격히 증가한 것이며, 조하대 지역도 해조류의 성장이 원활하여 은신처를 제공되기 때문에 다양한 생물 들이 서식하였다.

전반적으로 외해지역으로 갈수록 종 조성이 다양한 것으로 나타났는데, 물리적인 영향으로 인한 생물의 가입이 원활한 면도 있지만 각 조사 지역의 기질 형태에 따른 차이라고도 볼 수 있다. 다만 조하대 생물상에서의 차이는 형제섬의 경우 기질에 펄이 덮여있어 생물의 부착이나 서식에 어려움을 주고 있지만 소취의 경우 해조류가 발달하여 또하나의 서식처를 제공함으로써 다양한 생물군집을 구성한 것이 지역간의 차이점이라고 볼 수 있다.

나) 암반생태계의 수직 구조

조간대는 해양과 바다가 접하는 지역으로 지형과 환경조건이 매우 복잡하고, 서식하는 생물의 종 수와 개체수가 비교적 풍부하다(윤과 홍, 1995). 간출시에는 노출로 인한 건조와, 강우시 염분도의 변화, 기온, 조류

의 포식 등 서식하는 생물이 육상환경에 적응해야 하며, 밀물시에는 지속적인 파도에 의한 물리적인 영향 및 대양성 생물의 포식 등 해양성 환경에 적응해야 한다. 이러한 복잡한 환경으로 인해 수직적인 구조의 차이를 보이기 때문에 생물의 적응방식에 따라 다양한 서식 패턴을 갖는다. 기질의 경사도는 생물의 수직분포범위를 결정하는 중요한 요인이며, 실제로 파도에 노출된 해안일지라도 기질의 경사가 급하면, 조간대 생물이 수직분포의 폭이 좁아진다. 또한 이러한 물리적인 영향보다 생물학적인 영향도 무시할 수 없다. 암반 기질은 생물이 서식하는데, 평면 공간만을 주어지기 때문에 공간경쟁이 매우 치열하다. 또한 포식관계로 인해 포식자들로부터 피하기 위해 더욱 강한 환경적인 적응성을 보여준다(Lewis, 1964; Stephenson and Stephenson, 1972).

조하대 경성저질의 경우 상부 조하대에서는 하부조간대와 연속적인 생물분포대를 형성하면서 하부로 갈수록 즉, 수심 2m 이후에는 해조류가 군락을 이룬다. 해조류의 부착조(holdfast)는 암반 뿐 아니라 고착성 동물에도 붙게 되며, 복잡한 이중 구조를 이루며, 암반과 부착생물 사이에는 해수의 유동에 따라 부유물질들이 쌓이고, 크기가 작은 생물들이 서식하게 된다. 해조류 서식에 따른 1차소비자에 해당하는 저서생물이 서식하게 되고, 이들 주위에 숨어사는 작은 생물들과 고착성 생물들이 서식하므로, 매우 다양한 생물상을 나타낸다. 하지만 수심이 깊어질수록 서식하는 생물상은 매우 단순해지며, 대형생물이나 군락을 형성하는 생물들이 주로 서식한다. 영강만의 경우 상부조하대에서는 매우 다양하고 많은 생물이 서식하는 것으로 나타났다. 출현한 대부분의 생물이 이 지역에서 출현하여 가장 높은 다양도를 나타냈다.

본 조사에서 각 지역마다 1개의 정선을 선정하여 방형구 내의 생물을 계수한 결과, 형제섬에서는 최상부 약 530cm 높이에서 생물이 나타나기

시작했다. 이 지역에는 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*)이 출현하였는데, 상층부에서는 개체수가 매우 빈약하였고, 약 300cm전후의 높이에서부터 분포대를 형성하는 양상을 보였다(Table 3-42). 이러한 분포양상은 밀도는 다소 차이를 나타내지만 전반적인 종조성에서는 계절에 따른 차이를 보이지 않았다. 좁쌀무늬총알고둥은 총알고둥(*Littorina brevicula*)와 유사한 모양을 지니고 있어 어린 개체의 경우 현장 구분이 매우 어렵다. 하지만 총알고둥의 경우 좁쌀무늬총알고둥 보다 하부지역에 서식하고 있고 분포범위도 크다. 하지만 형제섬의 경우 기질 경사면이 완만한 반면에 암반구조가 평평하고, 은신처가 거의 없는 구조로 총알고둥류가 서식하기 어려운 특성을 지니고 있다. 조간대 중 상부지역인 400~350cm 지점부터 조무래기따개비(*Chthamalus challengeri*)가 출현하였다. 조무래기따개비는 조간대 상층부인 400cm지점에서 상조간대지역까지 폭넓게 분포하는 종으로 200cm높이에서는 약 90%이상의 피도(coverage)를 나타낸다. 결국 이들이 서식하는 조위에는 다른 부착성 생물이 거의 서식하지 못하며, 이들이 가입되기 이전에 부착된 생물에는 이들이 패각에 다시 부착하는 형태를 취한다. 하지만 주로 노출된 암반에서만 나타나며, 수분을 포함한 틈이나 조수웅덩이 등에서는 나타나지 않는다. 즉, 다른 생물보다 건조에 대한 내성이 강하며, 공간경쟁에 대해서는 약하게 작용한다고 볼 수 있다. 다음으로 폭넓은 분포대를 보이는 종으로는 굵은격판담치(*S. virgatus*)로 약 300cm지점에서 간혹 나타나다가 조간대 하부지역에서는 지역에 따라 피도가 거의 100%에 이르는 것으로 나타났다. 굵은 격판담치는 상부지역에서는 주로 틈(crevice)을 따라 나란히 줄을 이루어 서식하는 것으로 나타났지만, 하부지역에서는 암반의 형태에 관계없이 넓은 분포대를 형성하였다. 이 종의 경우 수분이 어느정도 공급되거나 유지될 수 있는 지역에 분포하는 것으로 보이며, 이들이 서식하는 곳에서는 조무래

Table 3-42. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Hyungjesum on Aenggang Bay

SPECIES	TIDAL LEVELS														
	750 -700	700 -650	650 -600	600 -550	550 -500	500 -450	450 -400	400 -350	350 -300	300 -250	250 -200	200 -150	150 -100	100 -50	50 -0
Nov., 1995															
<i>Nodilittorina exigua</i>					2	6	5	45	162	457					
<i>Littorina brevicula</i>									1	102					
<i>Heminerita japonica</i>									1	1	4				
<i>Chthamalus challengeri</i>								17	1982	3930	2040				
<i>Tetraclita japonica</i>										2	88				
<i>Septifer virgatus</i>									18	137	165				
Acnthochiton unid.									1						
<i>Purpura clavigera</i>										22	13				
<i>Patella stelleriformis</i>										2					
<i>Collisella dorsuosa</i>										1					
Feb., 1996															
<i>Nodilittorina exigua</i>						4	4	26	139	375	612				
<i>Littorina brevicula</i>									6	17	83	85			
<i>Heminerita japonica</i>										1	3				
<i>Chthamalus challengeri</i>								226	2488	4631	7917	162	180		
<i>Tetraclita japonica</i>										13	21	2			
<i>Septifer virgatus</i>									1	5	249	95	466	14	
Acnthochiton unid.										2	8	4	7		
<i>Purpura clavigera</i>										1	1	16	11	19	
<i>Patella stelleriformis</i>											1	1			
<i>Saxostrea echinata</i>											1				
<i>Collisella dorsuosa</i>										1	1	1	3		
Sulphuridae unid.												2	2	5	
<i>Anthopleura japonica</i>											1	1			
<i>Actinia aquinia</i>												1			
<i>Halichondris japonica</i>												2	3	3	
June, 1996															
<i>Nodilittorina exigua</i>						1	6	1	8						
<i>Littorina brevicula</i>									6	12	17	83	85		
<i>Heminerita japonica</i>										8	2				
<i>Chthamalus challengeri</i>								2	1164	5600	9125	92	530		
<i>Pollicipes mittela</i>										10	10				
<i>Tetraclita japonica</i>										6	16	18			
<i>Septifer virgatus</i>									8	30	233	318	6		
Acnthochiton unid.										7	14	9	3	4	
<i>Purpura clavigera</i>										92	25	15	33	41	
<i>Saxostrea echinata</i>											2	2			
<i>Collisella dorsuosa</i>													3	3	
Limpets										7	2	1	2	1	
<i>Anthopleura japonica</i>											25	7			
<i>Actinia aquinia</i>										8	2	2	1		
Sulphuridae unid.											2	7	5	11	
<i>Halichondris japonica</i>												4	3		
Aug., 1996															
<i>Nodilittorina exigua</i>						1	6	11	8						
<i>Littorina brevicula</i>								1	93	183	144				
<i>Heminerita japonica</i>										5	10				
<i>Chthamalus challengeri</i>									252	2250	1065	3200	3200		
<i>Pollicipes mittela</i>										23	20				
<i>Tetraclita japonica</i>										16	72	40	40		
<i>Septifer virgatus</i>										3	183	175	261	261	
Acnthochiton unid.											8	7	7		
<i>Purpura clavigera</i>											220	254	212	212	
<i>Saxostrea echinata</i>											1	1	1		
<i>Collisella dorsuosa</i>											2				
Limpets										8					
<i>Anthopleura japonica</i>											14	10	10		
<i>Actinia aquinia</i>											3	3	3		
Sulphuridae unid.											8	7	5	18	

기따개비가 거의 나타나지 않았다.

조간대 하부지역으로 갈수록 분포대를 형성하지는 않지만 암반의 형태에 따라 다양한 생물들이 나타났다. 틈이나 조무래기따개비의 분포가 적은 지역에서는 삿갓조개(*Patella stellaeformis*)와 배말류(*Collisella dorsuosa*) 등이 나타났으며, 수분함량이 높은 틈에서는 거북손(*Pollicipes mittela*) 등이 굵은격판담치와 공간경쟁을 보였고, 그늘진 지역에서는 검은큰따개비(*Tetraclita japonica*) 등이 산재하는 것으로 나타났다. 전반적으로 가을철과 겨울철 출현한 종 수에서 현격한 차이를 보이고 있는 것은 겨울철의 경우 가을철보다는 조석의 변화가 큰 시기에 조사를 수행하였기 때문으로 가을철에 출현하지 않은 대부분의 종들은 조간대 하부 지역에서만 서식하는 종들이었다. 실제로 조간대 상부에 분포대를 형성하는 종들은 출현한 개체수나 피도, 수직분포도에서 유사한 형태를 보였다(Table 3-42). 겨울철에 조사된 150cm 이하지역에서는 석회관갯지렁이류(*Serpulidae*)와 해변해면류(*Halichondria japonica*)등이 소규모로 분포대를 형성하였다. 또한, 포식성이 강한 복족류인 대수리(*Purpura clavigera*)가 굵은격판담치 분포대나 겨울철에 굴 유생이 착저한 조간대 하부지역에서 나타났다. 조수웅덩이에서는 갈색꽃해변말미잘(*Anthopleura japonica*)와 해변말미잘(*Actinia aquina*)등이 출현하였다. 겨울철에 하부지역에 김, 파래 등 해조류가 번성하지만 수온이 올라가는 봄에는 해조류가 사라지고, 격판담치 군락이 증가하는 양상을 보였다. 하부지역의 경우도 심한 공간경쟁을 보이고 있지 않으며, 굵은격판담치나, 석회조류, 해변해면류등이 국부적으로 독립적인 분포대를 형성하였다.

형제섬에서는 조하대 지역이 수심 약 7m정도로 구성되어 있으며, 암반이 급경사를 이루었고, 저층에는 펄로 이루어져 있다. 상층부에는 따개비류(*Balanus* sp.)와 굴(*Crassostea* cf. *nipponica*)등이 고착생물로 나타났다

으며, 해조류의 번식으로 인해 부착조에 서식하는 다모류(Polychaeta)인 *Eunice antennata*와 단각류인 *Jassa falcata*, 성구동물인 상어껍질별벌레(*Phascolosoma scolops*)등이 출현하였다. 이 지역은 어민들의 양식장으로 최근에 육상에서 대형 암반을 운반해 와서 투석한 지역으로 이로 인해 섬에서 이어지는 암반의 수직적 분포를 관찰하기 어려웠다. 새로 투입된 기질은 매끈하고 틈이 없어서 피복성동물들이 주로 서식하는 환경을 나타냈다(Fig. 3-65).

암반의 위치에 따라 서식하는 생물이 다르게 나타났는데, 아직까지 해조류의 가입은 매우 미비하였고, 대형동물, 해면동물이 국부적으로 군체를 형성하였으며, 상부지역에는 굴 유생이 일부 착저되어 있는 것으로 나타났다. 수심 4m이후 에서는 생물상이 매우 빈약하여 별불가사리(*Asterina pectinifera*)와 아무르불가사리(*Astrerias amurensis*) 등이 출현하였다. 또한 최근에 가입된 크기가 작은 멧게류(*Halocynthia roretzi*, *Halocynthia igaboja*) 등이 서식하였으며, 미더덕(*Styela clava*)등도 노출된 암반에 부착되었다. 수심이 낮고, 바닥이 펄로 구성되어 암반에 얇게 펄이 코팅되어 있어서 다른 이동성 고착생물이 서식하기에는 어려운 조건을 나타내고 있다. 그러나 이러한 조건에서 서식하는 퇴적물 식자인 해삼(*Stichopus japonicus*)이 암반이나 바닥에 다량서식하고 있으며, 암반 틈 사이에서는 소라(*Batillus cornutus*)가 서식하는 것으로 나타났다. 이 지역은 어민들에 의해 1994년 가을에 전복 치패가 투하된 양식장이지만 조사된 자료 의하면 전복은 전혀 나타나지 않았다. 전복의 양성을 위해 투하한 암석에는 펄이 얇게 덮여있으며, 전복이 서식할 만한 틈이 없는 구조를 가졌다. 전복의 경우 해조류나 암반에 얇게 깔린 미세조류를 먹고 사는데, 기질에는 아직 해조류가 착저하지 않고 있으며, 특히, 이 지역은 다른 지역에 비해 해조류가 서식하는 부분이 매우 적은 지역이다. 그러므로

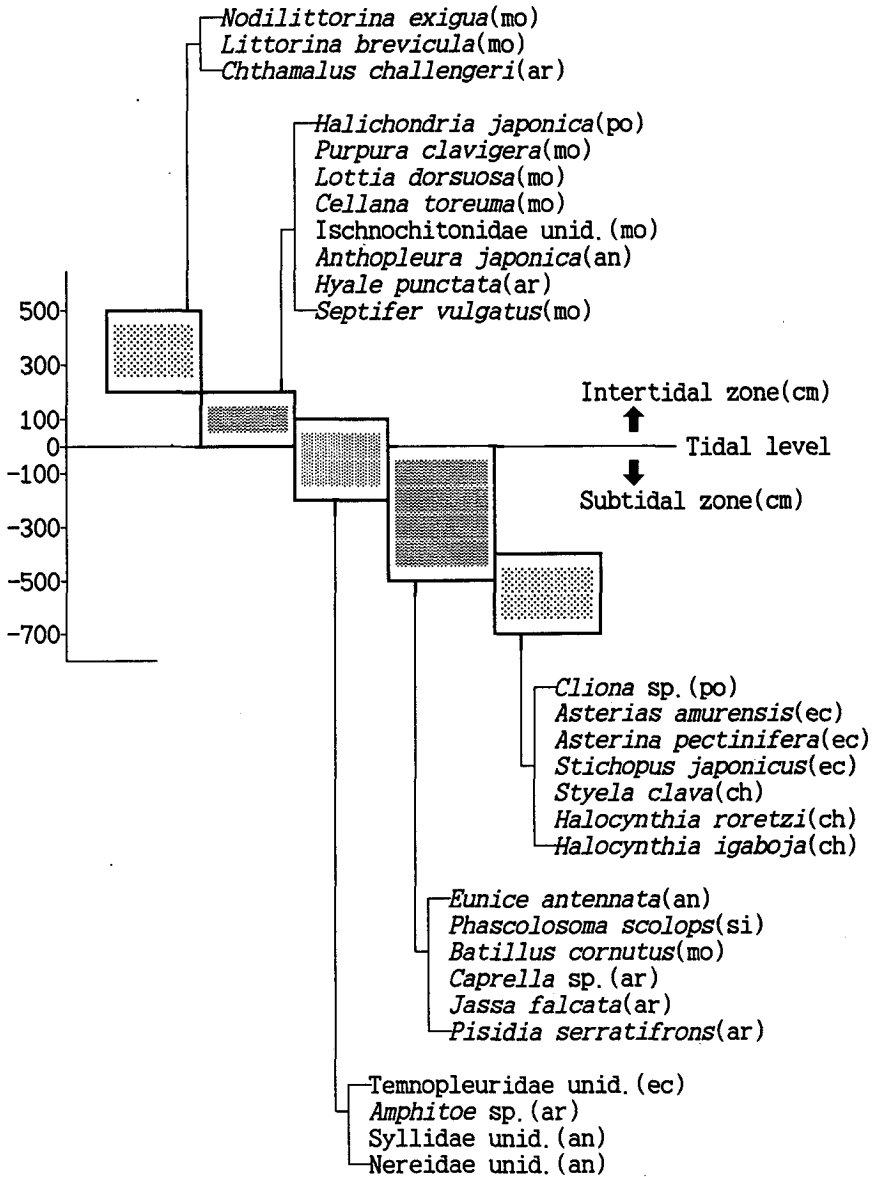


Fig.3-65. Vertical zonations of macrobenthos in Hyungje sum (po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ▨: lower species density zone, ▩: middle species density zone, ▪: higher species density zone).

전복 양성을 위해서는 우선 암반에 해조류가 착저를 시작해야 하며, 유기 물질이 정착하고 미세조류가 서식하기 위해 펄 등의 물질이 쌓이지 않는 것이 좋다.

노도의 경우 급한 경사와 암반에 굴곡이 매우 심하게 나타나고 있으므로, 조간대 최상부 700cm지점부터 좁쌀무늬총알고둥이 서식하기 시작하였다(Table 3-43). 하지만 이러한 암반의 특성으로 인해 조무래기따개비의 경우 350cm지점에서 밀생하며, 분포대는 형제섬보다 적게 나타났다. 조간대하부에서는 심한 공간경쟁을 보였다. 굵은격판담치가 넓은 분포대를 보이며, 겨울철에는 이들이 서식하는 공간 위에 김(*Pophyra* sp.)이 다량 착저하여 서식하고 있었다. 수직형 암반구조로 인해 틈사이에는 거북손이 나타나며, 그늘지고 파도의 영향이 비교적 약한 지역에서는 공간경쟁이 적은 지역에는 검은큰따개비가 서식하였다.

노도는 수심이 약 9m 정도이며, 조간대에 비해 완만한 경사를 틀이루로 약 4m부근에 계단형 구조를 보인다. 저층은 둥근 자갈로 구성되어 있고, 암반과 저층에는 모두 얇게 펄로 코팅되어 있다. 상부지역에는 다양한 해조류가 서식하고, 기저부에는 굴등이 붙어 있으며, 기저부와 고착생물사이에 펄이 쌓여 있어서 다모류, 성구동물등이 출현하였다. 하지만 형제섬에 비해 미역 등 대형갈조류가 서식하여, 이를 섭식하는 밤고둥(Buccinidae)등이 서식하였으며, 대형동물 등이 군락을 형성하였다. 하지만 4m부근에 형성된 계단형 구조가 수직분포를 구분하는 역할을 하여 이하 지역에서는 일부 홍조류가 출현하였을 뿐 해조류가 격감하였으며, 히드로충류(Hydroidea)와 멍게류가 주로 서식하였다. 멍게는 형제섬보다는 개체가 매우 크고 분포량도 높게 나타났다. 생물분포 구조는 형제섬과 유사하게 나타났다. 암반에 해삼이대량으로 서식하고 있으며, 저층의 자갈 밑부분에는 뱀거미불가사리(*Ophiachella gorgonia*)가 출현하였으며, 암반에는

Table 3-43. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Nodo located in the entrance of Aenggang Bay

SPECIES	TIDAL LEVELS	750 -700	700 -650	650 -600	600 -550	550 -500	500 -450	450 -400	400 -350	350 -300	300 -250	250 -200	200 -150	150 -100	100 -50	50 -0
Nov., 1995																
<i>Nodilittorina exigua</i>		4	8	9	1		5	1	3	6	1					
<i>Littorina brevicula</i>									8	2	2					
<i>Chthamalus challengeri</i>									65	2300	825					
<i>Pollicipes mittela</i>										1	1		1			
<i>Tetraclita japonica</i>														14		
<i>Septifer virgatus</i>														36		
Acnthochiton unid.										1	1			3		
<i>Saxostrea echinata</i>														6		
Feb., 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>			4	4	14	19	36	2								
<i>Littorina brevicula</i>							1	3	26	58	2					
<i>Heminerita japonica</i>								6	2							
<i>Chthamalus challengeri</i>								173	148	480	448					
<i>Pollicipes mittela</i>						20		2	4							
<i>Tetraclita japonica</i>									3	15	8	26	61			
<i>Septifer virgatus</i>								10	102	145	276	23				
Acnthochiton unid.									5	13	22	18	8			
<i>Purpura clavigera</i>									3	4	12			9		
<i>Patella stellaeformis</i>								1	1	11	6	3	8			
Sulphuridae unid.														1		
<i>Anthopleura japonica</i>											1		1			
<i>Actinia aquinia</i>											1	3	2	9		
June, 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>				5	11	14	2	2								
<i>Littorina brevicula</i>							26	15	3							
<i>Heminerita japonica</i>								10	5							
<i>Chthamalus challengeri</i>							253	171	2150	2687						
<i>Pollicipes mittela</i>									2	1						
<i>Tetraclita japonica</i>									7	19	10	55				
<i>Septifer virgatus</i>									2	35	63	204	3			
Acnthochiton unid.									7	18	21	15				
<i>Purpura clavigera</i>									5	10	7	13				
<i>Saxostrea echinata</i>										1						
<i>Collisella dorsuosa</i>							1			1	4	4				
Limpets									1	1						
<i>Anthopleura japonica</i>										1	1	12				
<i>Actinia aquinia</i>										1	3	1				
Sulphuridae unid.														1		
<i>Halichondris japonica</i>											1	1				
Aug., 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>				1	8	8	4									
<i>Littorina brevicula</i>						3	6	15	1							
<i>Heminerita japonica</i>							17	21	3							
<i>Chthamalus challengeri</i>							16	5018	4680	2235						
<i>Tetraclita japonica</i>										2	5	11				
<i>Septifer virgatus</i>									2	52	61	225	17			
Acnthochiton unid.									23	21	15	11				
<i>Purpura clavigera</i>										5	11					
<i>Collisella dorsuosa</i>									2	1	1	2				
Limpets							6	4	1	2						
<i>Anthopleura japonica</i>									5	1	1	12				
<i>Actinia aquinia</i>										1	3	1				
Sulphuridae unid.										6	12	17				

별불가사리와 아무르불가사리가 나타났다. 특이할 사항으로는 수심 약 9m 부근에 중심반(Disk plate)이 약 0.5cm 정도인 *Amphioplus megapomus*가 분포대를 형성하며 밀생하였다. 이 지역에는 다른 생물이 거의 서식하지 않으며, 기질에 두텁게 펄이 덮여있고, 드문드문 해삼만이 서식하고 있다. 이 두 종은 표층의 퇴적물을 걸러먹는 퇴적물식자이기 때문에 이 지역에서 서식하기 용이한 조건을 지니고 있다. 하지만 *A. megapomus*의 분포대는 약 1m정도이며, 저층에서는 전혀 나타나지 않았다. 이러한 분포대의 범위와 변화과정에 대해서는 좀 더 시간을 두고 조사되어야 할 것이다(Fig. 3-66).

소취도의 경우 외해로 노출된 형태와 굴곡이 심한 암반구조, 조간대 상부에 형성된 급경사와 250 cm지점에 형성된 폭 10m 정도의 수평한 테라스구조로 인해 두지역과는 다른 생물 분포상을 나타내었다. 조간대 상부에서는 750cm지점부터 좁쌀무늬총알고둥이 서식하였으며, 400 cm 지점에 약 100cm깊이의 틈이 형성되어 있으며, 이러한 틈의 영향으로 조무래기 따개비의 경우 지속적인 분포대를 나타내지 않았다. 또한 테라스구조에서도 상부지역에서만 약간의 조무래기따개비가 나타났으며, 조사지역 중에 분포량이 가장 빈약한 것으로 나타났다. 하지만, 총알고둥(*L. brevicula*)이 현저하게 많은 개체가 서식하였으며, 출현한 개체수의 경우도 평균각장이 1cm정도로 다른지역에서 볼 수 없는 큰 개체들로 구성되었다. 총알고둥의 경우 조무래기따개비와 유사한 분포대를 구성하지만 먹이 습득방법이 암반에 얇게 덮은 유기물질을 긁어 먹는 형태를 취하기 때문에 조무래기따개비가 많은 양이 분포하는 경우 고른 기질을 가진 지역 보다는 먹이 공급이 원활하지 않다. 하지만 이동이 원활하기 때문에 크기에 따른 수직구배가 형성되는 종으로 알려져 있다. 소취도의 경우 조무래기따개비의 분포가 빈약하고, 이외에 다른 생물이 우점하지 않으며, 암

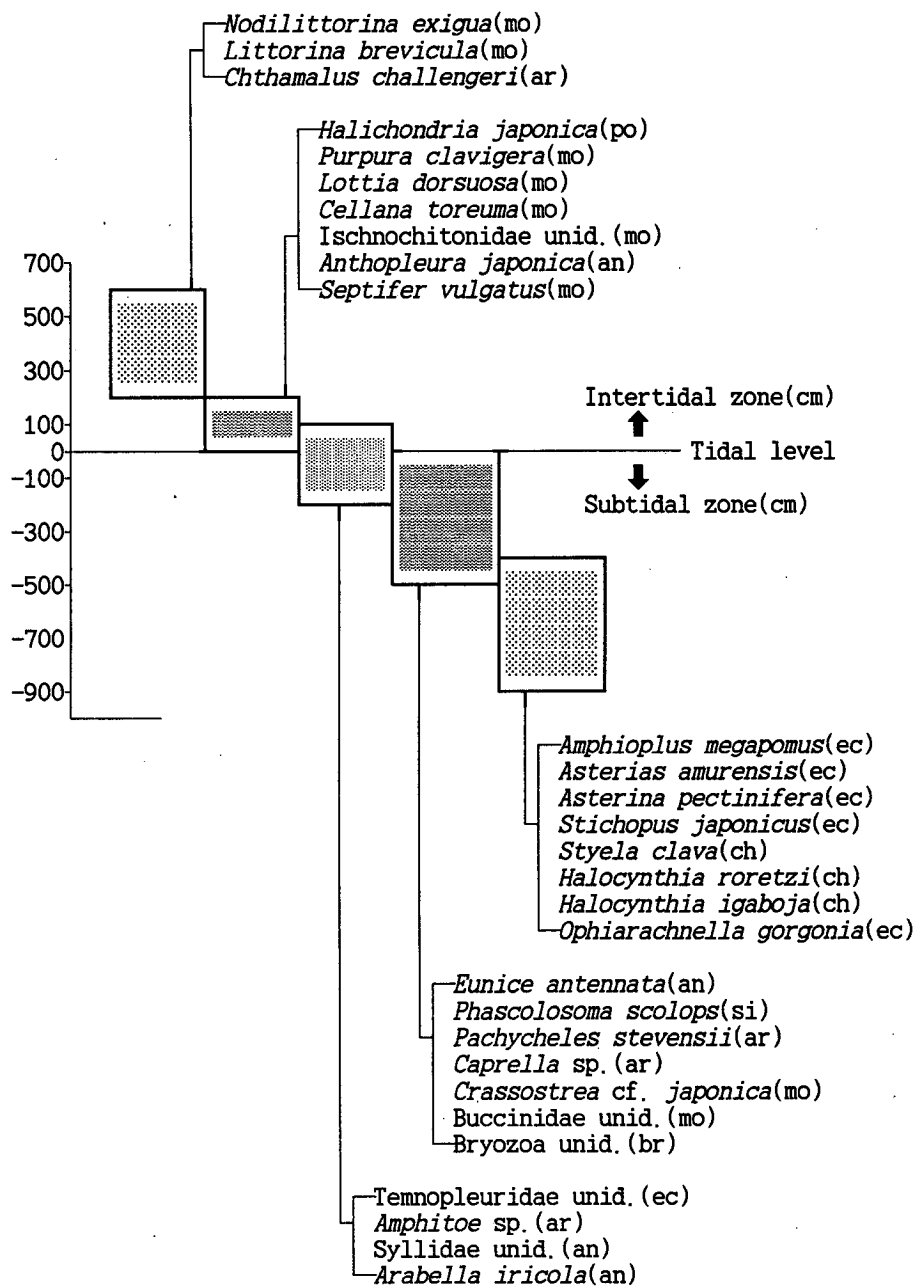


Fig.3-66. Vertical zonations of macrobenthos in No do(po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ⋄: lower density zone, ▨: middle density zone, ▩: higher density zone).

반구조가 평탄한 형태이기 때문에 총알고둥이 먹이를 습득하는데 용이한 환경조건을 가지고 있어서 상대적으로 큰 개체들로 구성되어 있는 것으로 보인다. 테라스구조에는 많은 조수웅덩이가 형성되어 있어 내부에는 조하대에서 나타나는 분지성게류(*Temnopleurus* sp.)와 해변해면류, 석회조류, 석회관갯지렁이등이 다량 출현하였다. 즉, 조수웅덩이가 형성됨으로 인해 간출시에도 항상 수분이 형성되어 있으므로 일반적인 수직분포보다는 상이한 분포패턴을 나타냈다. 조간대 하부지역인 200cm이하는 다시 경사를 이루며, 계단형 층구조를 나타냈다. 이러한 암반구조로 인해 분포대를 이루는 생물이 층에 따라 나타나는 모양을 이루며, 상층부에는 다른 지역과 다르게 검은큰따개비가 다량서식하였으며, 중층부에는 굵은격판담치, 하층부에는 석회조류와 석회관갯지렁이가 분포대를 형성하였다. 소취도의 경우 가을철과 겨울철에 조사한 조위가 유사하여 계절적인 비교가 가능하였다. 개체수에서는 약간 차이를 보였지만 피도에서는 유사한 형태를 나타냈다. 이것으로 유추해 보면 가을과 겨울철에는 생물상에 변화가 거의 나타나지 않은것으로 보인다. 다만, 겨울철에 주로 성장하는 해조류가 번성하여, 착저된 고착생물의 윗부분을 덮고있는 모습을 취한다. 실제로, 조간대지역에 서식하는 생물의 가입시기는 주로 여름철과 가을철이 대부분으로 실제 현재로는 내만과 외만의 상대적인 종조성 만을 비교할 수 있다. 앵강만의 경우 조간대 지역에서는 암반의 구조와 파도 등 물리적인 요인이 생물의 수직분포를 좌우하는 것으로 보이며, 지역에 따른 생물상의 현격한 차이는 나타나지 않았다(Table 3-44).

소취도의 경우 수심이 약 13m 정도이며, 조하대 상부지역에는 완만한 경사를 보이다가 수심 약 5m 부터 급경사를 이룬다. 조하대 상부지역은 간조선과 유사한 생물상을 보였으며, 수심 약 2m지점까지는 굴과 석회조류, 태형동물등 부착성 생물이 심한 공간 경쟁을 하면서 미역, 감태 등의

Table 3-44. The dominant species and their occurrences at each tidal level of Socuido located in the outside of Aenggang Bay

SPECIES	TIDAL LEVELS															
	750 -700	700 -650	650 -600	600 -550	550 -500	500 -450	450 -400	400 -350	350 -300	300 -250	250 -200	200 -150	150 -100	100 -50	50 -0	
Nov., 1995																
<i>Nodilittorina exigua</i>	6	0	1	1	17	11	14	2								
<i>Littorina brevicula</i>								9	1							
<i>Heminerita japonica</i>								4								
<i>Chthamalus challengeri</i>						114	205	157	9	42						
<i>Pollicipes mittela</i>							2	1		12	2					
<i>Tetraclita japonica</i>										21	8	13	59			
<i>Septifer virgatus</i>										62	21	17	320			
<i>Acnthochiton</i> unid.										13	7	7	11			
<i>Purpura clavigera</i>										14	15	6	4			
<i>Patella stellaeformis</i>											1					
<i>Saxostrea echinata</i>											1					
<i>Collisella dorsuosa</i>									1	4	3	3				
Sulphuridae unid.											1	1	1			
<i>Anthopleura japonica</i>										10	3		1			
<i>Actinia aquinia</i>										2	6	1	4			
<i>Halichondris japonica</i>										1	1					
Feb., 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>	6		1	2	22		7	2								
<i>Littorina brevicula</i>					10	27	6	1	10							
<i>Heminerita japonica</i>						7										
<i>Chthamalus challengeri</i>					24	497	17	151	187	3						
<i>Pollicipes mittela</i>						2		1	2	1						
<i>Tetraclita japonica</i>									9	27	111	9				
<i>Septifer virgatus</i>									6	60	138	1				
<i>Acnthochiton</i> unid.									2	4	4	1				
<i>Purpura clavigera</i>										6	4					
<i>Patella stellaeformis</i>								2	3	1	4	3				
<i>Saxostrea echinata</i>										1						
Sulphuridae unid.											1		1			
<i>Anthopleura japonica</i>									27	14						
<i>Actinia aquinia</i>									1	3			1			
<i>Halichondris japonica</i>											1					
June, 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>	7	1			10	13	11	1								
<i>Littorina brevicula</i>							6	1	1							
<i>Heminerita japonica</i>									1							
<i>Chthamalus challengeri</i>						11	277	23	194	7						
<i>Pollicipes mittela</i>						1	2		3	1						
<i>Tetraclita japonica</i>										21	90	100	39			
<i>Septifer virgatus</i>									1	6	13	52	20			
<i>Acnthochiton</i> unid.										10	10	17	8			
<i>Purpura clavigera</i>										9	14	18	16			
<i>Collisella dorsuosa</i>									3	1			8			
Limpets													2			
<i>Anthopleura japonica</i>									1	10			2			
<i>Actinia aquinia</i>										20	5					
Sulphuridae unid.											1	11	19			
<i>Halichondris japonica</i>										2	4	1				
Aug., 1996																
<i>Nodilittorina exigua</i>	1	1		4	1											
<i>Littorina brevicula</i>						12	21	7	11	5						
<i>Heminerita japonica</i>							2		1							
<i>Chthamalus challengeri</i>						54	132	15	9899	825	1388					
<i>Pollicipes mittela</i>							2		10	22						
<i>Tetraclita japonica</i>									8	23	105	68	8			
<i>Septifer virgatus</i>										23	275	115				
<i>Acnthochiton</i> unid.									1	11	12	3	2			
<i>Purpura clavigera</i>										2	16	31	3			
<i>Collisella dorsuosa</i>										1	1	1	1			
Limpets									6	3						
<i>Anthopleura japonica</i>									1	87						
<i>Actinia aquinia</i>										2	2	2	2			
Sulphuridae unid.											1	17	29			
<i>Halichondris japonica</i>										24	3	2				

대형갈조류등이 붙어있다. 복잡한 생물상으로 인해 다양한 생물이 서식하고 있으며, 앵강만 주변 지역에서 출현한 생물의 대부분이 이 지역에서 출현하였다. 3m지점에서는 모자반이 기저부를 두고 길게 서식하고 있어서 암반에 붙어 서식하는 생물은 점점 감소하기 시작하였다. 이들 모자반의 분포대는 약 50cm정도를 유지하다가 하부지역에 경사가 급해지면서 멍게류와 히드라충류가 서식하고, 드물게 별불가사리가 출현하였다. 이 지역도 암반에는 펄이 덮여있으며, 하부지역도 암반으로 구성되고, 펄로 덮여 있다. 수심 10m이하 지역은 멍게가 높은 밀도를 나타냈으며, 저층에는 해삼이 주로 서식하였다. 조하대 암반 생물상은 수심 2m까지의 생물분포대에서 차이를 보였으며, 그 이하지역에서는 모두 유사한 생물상을 나타냈다. 암반에 펄이 덮여있어 암반을 기어다니며, 해조류를 섭식하는 유용 복족류는 거의 나타나지 않았으며, 해수 중에서 먹이를 구하는 현탁물식자가 우점하였다. 유용 수산물로는 해삼과 멍게를 들 수 있으며, 이 지역에서 공동 양식장으로 허가된 전복류의 경우 오히려 서식조건이 원활하지 않은 것으로 보여진다. 이는 암반의 경사가 심하고, 이들이 서식할 수 있는 틈이 거의 없는 평탄한 기질로 이루어져 있으며, 펄로 덮여있어 부착하기 원활하지 않은 조건을 지니고 있다. 하지만 멍게의 경우 기질만 충분히 확보된다면 많은 양을 확보할 수 있을 것으로 보여진다(Fig. 3-67).

3.8.2. 통영 주변해역

○ 해조류

가) 분류군별 출현종수

본 조사를 통해 채집·동정된 해조류는 녹조류 6종, 갈조류 12종, 그리고 홍조류 48종을 포함한 총 66종으로 구성종의 대부분이 홍조류인 것으로

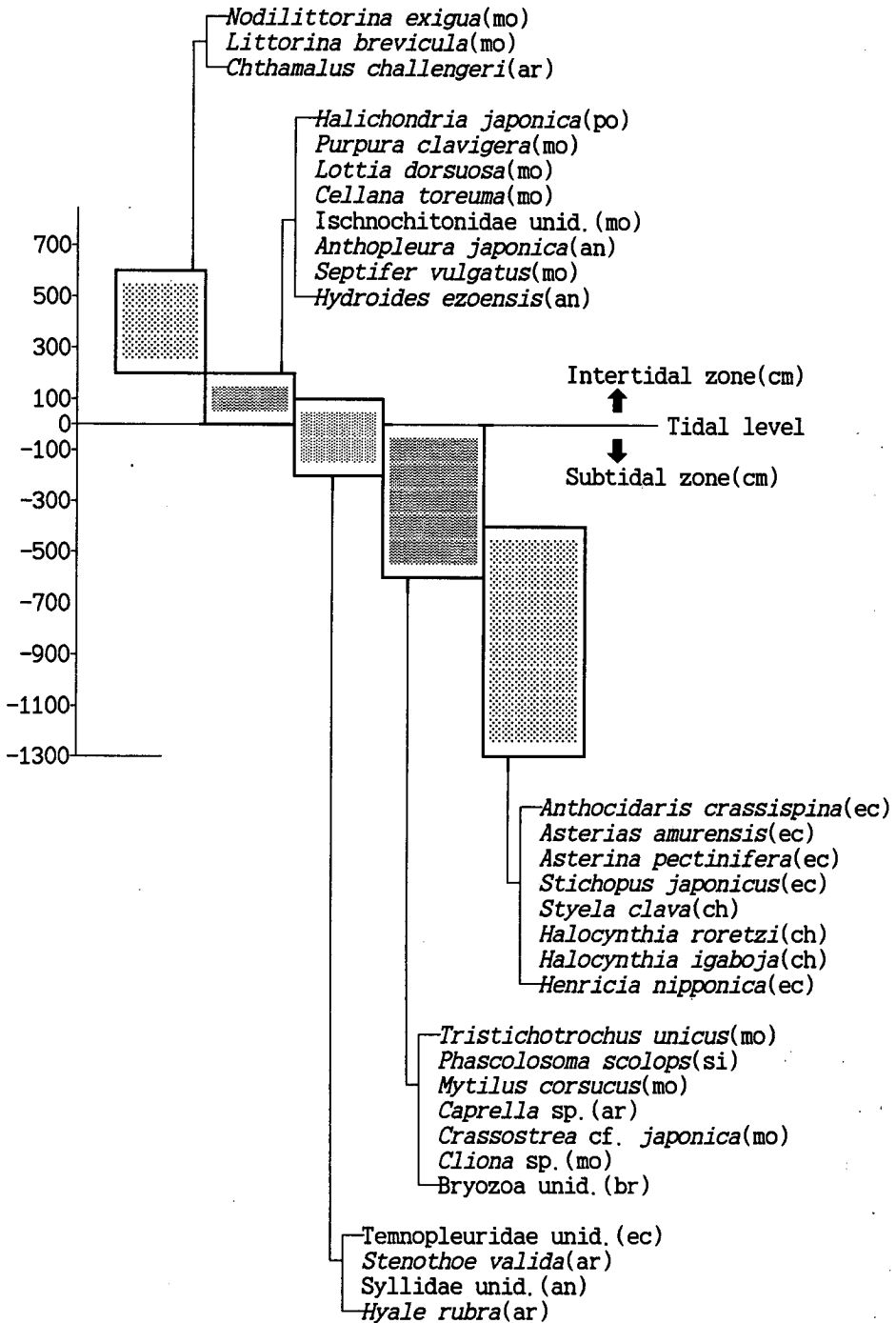


Fig.3-67. Vertical zonations of macrobenthos in Sochido(po:Porifera, mo:Mollusca, ar:Arthropoda, an:Annelid, si:Sipunculida, ch:Chordata, ec:Echinodermata, ⚭: lower density zone, ⚭: middle density zone, ⚭: higher density zone).

나타났다. 출현종수가 가장 많았던 계절은 봄철로서 총 34종이 관찰되었고, 그의 계절에서는 23~26종으로 유사하였다(Table 3-45, 46).

군집의 구성종을 Littler와 Arnold (1982)의 6 가지 형태적인 분류군으로 구분하여 조사지점의 각 분류군별 구성비를 살펴보면 직립분기형(coarsely branched)의 구성비가 36.4%로 가장 높았고, 사상형(delicately branched, 25.8%), 다육질형(thick blades and branched, 12.1%), 막상형(thin tubular and sheet like, 10.6%), 그리고 각상홍조류(coralline, 각각 7.6%)의 순으로 구성비가 높았다. 해중립을 이루는 주요 구성원인 다육질형은 연중 5 종 이하로 큰 차이가 없었고, 반면 직립분기형, 사상형과 같은 군집의 천이 초기에 우점하는 단년생의 구성종수는 계절별로 비교적 큰 폭으로 변화하였다 (Table 3-47).

나) 군집구조

a. 조간대

본 조사지점의 암반 조간대에서 해조류가 출현하는 조고는 250cm 수준으로 매우 낮았고, 해조류의 종수와 생물량이 급속히 증가하는 조고 약 200cm 수준이었다. 조간대의 군집은 지충이(*Sargassum thunbergii*), 엔도흑돌잎(*Lithophyllum yendoi*), 개서실(*Chondria crassicaulis*), 애기돌가사리(*Gigartina intermedia*), 툃(*Hizikia fusiformis*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 애기서실(*Laurencia venusta*) 등과 같은 주요 우점종에 의해 구성되어 있었고, 특히 지충이(*S. thunbergii*)는 여름철을 제외한 전 계절을 통해 군집의 주요 우점종으로 나타나 이 지역 조간대 해조군집이 지충이(*S. thunbergii*)를 중심으로 구조되어 있음을 볼 수 있었다. 봄철 우점종은 지충이(*S. thunbergii*), 엔도흑돌잎(*L. yendoi*), 개서실(*C. crassicaulis*)으로 나타났으나 여름철에는 지충이(*S. thunbergii*) 대신 엔도흑돌잎(*L. yendoi*)과 툃

Table 3-45. List of algal species in the coastal rocky benthic communities of Tongyung. Functional forms of algal species are classified to the six groups; TTS : thin tubular and sheet like, DB : delicately branched, CB : coarsely branched, TBB : thick blades and branched, AC : articulated calcareous, ENC : encrusting

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter	habitats	life span	FF
CHLOROPHYTA							
<i>Monostoroma nitidum</i>				+	S(I)	P	TTS
<i>Enteromorpha compressa</i>	+				I		TTS
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	+	+	S(I)	A	TTS
<i>Bryopsis plumosa</i>			+		I		DB
<i>Codium adhaerens</i>	+				I(S)		CB
<i>Codium fragile</i>		+			S(I)	P	CB
PHAEOPHYTA							
<i>Giffordia</i> sp.	+				I(S)		DB
<i>Papenfussiella kuromo</i>	+				S	P	CB
<i>Leathesia difformis</i>	+				I		CB
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+			+	I		CB
<i>Spacelaria variabilis</i>	+				I(S)	P	DB
<i>Undaria pinnatifida</i>			+	+	S(I)	A	TBB
<i>Ecklonia stolonifera</i>	+				S		TBB
<i>Myagropsis myagroides</i>	+	+		+	S	P	TBB
<i>Hizikia fusiformis</i>	+	+	+		I	P	TBB
<i>Sargassum horneri</i>		+	+		S	A	TBB
<i>Sargassum micracanthum</i>		+			S	P	TBB
<i>Sargassum thunbergii</i>	+	+			I	P	TBB
RHODOPHYTA							
<i>Erythrotrichia carnea</i>	+				I		TTS
<i>Auduinella sanctae-thomae</i>	+				I		DB
<i>Gelidium amansii</i>	+	+	+	+	S	P	CB
<i>Gelidium pacificum</i>			+		S	P	CB
<i>Pterocladia capillacea</i>			+		S(I)	P	CB
<i>Hildenbrandtia dawsonii</i>			+		S	P	ENC
<i>Dermatolithon canescens</i>	+				S	P	ENC
<i>Lithophyllum okamurae</i>		+	+		S(I)		ENC
<i>Lithothamnion erubescens</i>				+	S(I)		ENC
<i>Tenarea tumidulum</i>			+		S(I)		ENC

Table 3-45. (continued)

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter	habitats	life span	FF
<i>Amphiroa echigoensis</i>	+	+			S	P	AC
<i>Amphiroa misakensis</i>			+		I(S)	P	AC
<i>Corallina pilulifera</i>	+	+	+		I, S	P	AC
<i>Jania arborescens</i>		+			I(S)		AC
<i>Marginisporum aberrans</i>			+		S(I)		AC
<i>Carpopeltis crispata</i>		+		+	I		CB
<i>Grateloupia divaricata</i>				+	S(I)		CB
<i>Grateloupia turuturu</i>		+			S(I)	P	CB
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>				+	I(S)	P	TBB
<i>Gloiopeltis furcata</i>	+				I		TTS
<i>Cauracanthus okamurae</i>	+	+			I		CB
<i>Plocamium ovicornis</i>	+			+	S(I)		CB
<i>Hypnea charoides</i>		+			S		CB
<i>Hypnea saidana</i>			+		I		CB
<i>Gracilaria textorii</i>	+	+		+	S	P	CB
<i>Chondrus crispus</i>	+		+		I(S)	P	CB
<i>Gigartina tenella</i>	+	+	+		S	P	CB
<i>Lomentaria catenata</i>		+	+	+	I	P	CB
<i>Lomentaria lubrica</i>	+				I		CB
<i>Champia parvula</i>	+		+	+	I		TTS
<i>Anotrichium furcellatum</i>	+		+		S(I)		DB
<i>Anththamnion nopponicum</i>			+	+	S(I)		DB
<i>Anththamnion sparsum</i>				+	S(I)		DB
<i>Camphyleophora crassa</i>		+			S		DB
<i>Centroceras clavulatum</i>		+			I	A	DB
<i>Ceramium kondoi</i>				+	I		DB
<i>Ceramium tenerrimum</i>	+		+	+	I		DB
<i>Griffithia japonica</i>				+	I(S)		DB
<i>Herpochondraia dentata</i>			+		S(I)	A	DB
<i>Platythamnion yezoensis</i>			+		S	P	DB
<i>Acrosorium polyneurum</i>	+	+	+	+	S(I)		TTS
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	+		+	+	S(I)	A	DB
<i>Chondria crassicaulis</i>	+	+			I	P	CB
<i>Laurencia pinnatifida</i>	+				I		CB
<i>Laurencia venusta</i>	+				I		CB

Table 3-45. (continued)

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter	habitats	life span	FF
<i>Polysiphonia japonica</i>				+	I, S	A	DB
<i>Polysiphonia morrowii</i>				+	I(S)	P	DB
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	+				I(S)	A	CB

* I : intertidal zone, S : subtidal zone, A : annual, P : perennial

Table 3-46. Species composition of the coastal rocky benthic communities of Tongyung in three floristic groups

Divisions	Spring	Summer	Autumn	Winter	total
Chlorophyta	3(8.8)	2(8.7)	2(7.7)	2(8.7)	6(9.1)
Phaeophyta	9(26.5)	5(21.7)	3(11.5)	3(13.0)	12(18.2)
Rhodophyta	22(64.7)	16(69.6)	21(80.8)	18(78.3)	48(72.7)
Total	34	23	26	23	66

Table 3-47. Species composition of the coastal rocky benthic communities of
Tongyung in six functional-form groups

Functional-form groups	Spring	Summer	Autumn	Winter	total
Thin tubular and sheetlike	6(17.6)	2(8.7)	3(11.5)	4(17.4)	7(10.6)
Delicately branched	6(17.6)	2(8.7)	7(26.9)	8(34.8)	17(25.8)
Coarsely branched	15(44.1)	10(43.5)	7(26.9)	7(30.4)	24(36.4)
Thick blades and branches	4(11.8)	5(21.7)	3(11.5)	3(13.0)	8(12.1)
Articulated coralline	2(5.9)	3(13.0)	3(11.5)	0(0.0)	5(7.6)
Encrusting coralline	1(2.9)	1(4.3)	3(11.5)	1(4.3)	5(7.6)
Total	34	23	26	23	66

(*H. fusiformis*)이 우점하는 것으로 나타났으며, 가을철에는 봄철과 마찬가지로 지충이(*S. thunbergii*), 엔도혹돌잎(*L. yendoi*)이 우점하였다. 겨울철에는 지충이(*S. thunbergii*), 툯(*H. fusiformis*), 애기돌가사리(*G. intermedia*), 애기서실(*L. venusta*) 등이 군집의 주요종으로 나타났다. 조간대 해조군집에서 해조류가 가장 밀생하는 조고 150cm에서의 생물량은 여름철 1050 g-fresh weight/m²에서 봄철 2400 g-fresh weight/m² 수준이었고, 생물량은 봄철에 생물량이 가장 높았다가 대부분 해조류의 생식기인 여름철에서 가장 낮아지고 겨울부터 서서히 증가하는 계절변화를 나타내었다(Table 3-48).

b. 조하대

조하대 해조군집의 우점종은 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*), 왜게발(*Amphiroa misakensis*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 참가시우무(*Hypnea charoides*), 외틀개모자반(*Myagropsis myagroides*), 떡꼬시래기(*Gracilaria textorii*) 등이며, 특히 수심 2m 지점을 중심으로 위 우점종 중심의 해조군집이 발달해 있었고 그 이하의 수심에서는 비교적 완만한 경사면으로 산발적으로 분포하는 암반에 소수의 해조류가 수심 6m까지 분포하였다. 이렇듯 본 조사지점에서 해조군집의 수직분포범위가 앞섰던 이유는 조사지선이 퇴적작용이 활발한 장두도의 북쪽면에 위치하여 해조류가 부착할 수 있는 암반기질이 충분하지 않았기 때문으로 풀이된다. 봄철 이 지역 해조군집은 수심 2m를 형성되어 있었고, 주요 우점종은 구멍갈파래(*U. pertusa*)로서 수심 2m에서 그 피도는 40%에 이르렀다. 여름철에는 잔가시모자반(*S. micracanthum*), 외틀개모자반(*M. myagroides*), 참가시우무(*H. charoides*) 등을 포함한 다양한 구성종들이 2m에서 군락을 이

Table 3-48. The dominant species and their occurrences(percent coverage) at each tidal level of the coastal rocky benthic algal community of Tongyung

Tadal level	360	332	305	277	250	218	187	156	106
SPRING									
<i>Ulva pertusa</i>					1		4	2	
<i>Sargassum thunbergii</i>							15	15	
<i>Lithophyllum yendoi</i>							10	10	
<i>Ishige okamurae</i>					1				
<i>Hizikia fusiformis</i>							3		
<i>Colpomenia sinuosa</i>							1		
<i>Chondria crassicaulis</i>							20		
biomass(g-fresh weight/m ²)								2400	
SUMMER									
<i>Ulva pertusa</i>								2	
<i>Sargassum thunbergii</i>						2		5	
<i>Lithophyllum yendoi</i>						2	4	30	40
<i>Hizikia fusiformis</i>								20	1
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>									1
<i>Gigartina intermedia</i>								5	
<i>Gelidium divaricatum</i>					1	1	1		
<i>Corallina pilulifera</i>								4	5
<i>Chondria crassicaulis</i>								2	5
<i>Centroceras clavulatum</i>								5	
<i>Cauracanthus okamurae</i>								5	
biomass(g-fresh weight/m ²)								1050	
AUTUMN									
<i>Ulva pertusa</i>									5
<i>Sargassum thunbergii</i>						1	8	10	10
<i>Lithophyllum yendoi</i>							5	10	8
<i>Hizikia fusiformis</i>								5	
<i>Hildenbrandtia dawsonii</i>								1	
<i>Gigartina tenella</i>								2	
<i>Gelidium amansii</i>								3	
<i>Corallina pilulifera</i>								1	
<i>Chondrus crispus</i>								3	
<i>Bryopsis plumosa</i>								1	
<i>Anththamnion nopponicum</i>								1	
biomass(g-fresh weight/m ²)								1832	
WINTER									
<i>Sargassum thunbergii</i>						1	1	55	10
<i>Hizikia fusiformis</i>								32	
<i>Gigartina intermedia</i>									22
<i>Laurencia venusta</i>									16
<i>Ulva pertusa</i>						1	1		
<i>Myelophycus simplex</i>						1	1		
<i>Cauracanthus okamurae</i>						1	1		
biomass(g-fresh weight/m ²)								2052	

루는 것으로 나타났고, 수심 4m에서는 생물량이 급속히 감소하여 구멍갈파래(*U. pertusa*)를 포함한 몇 종만이 분포하였다. 그러나 수심 6m에서는 산발적으로 분포하는 암반에 구멍갈파래(*U. pertusa*), 참가시우무(*H. charoides*), 외톨개모자반(*M. myagroides*), 왜게발(*A. misakensis*), 떡꼬시래기(*G. textorii*) 등이 밀생하였다. 이는 이 지역 조하대에서 해조류가 서식할 수 있는 기질이 퇴적작용과 연관되어 수심 2m 이하로 매우 불안정하게 분포하고 있음을 강하게 시사하고 있다. 가을철에는 수심 2m에서 왜게발(*A. misakensis*)과 우뭇가사리(*G. amansii*)의 우점도가 비교적 높았고, 4m에서는 미역(*U. pinnatifida*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이 피도 5% 수준으로 소수 분포하였다. 겨울철에는 우뭇가사리(*G. amansii*), 미역(*U. pinnatifida*)의 25% 수준으로 매우 높았고, 개도박(*P. lanceolata*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*)의 우점도는 각각 15%, 10%로 나타났다. 이상과 같이 계절별 우점종의 변화에서 군집을 구성하는 주요 우점종이 계절별로 매우 상이함을 볼 수 있고, 전반적으로 해조군집의 안정화 수준이 매우 낮다고 판단되었다(Table 3-49). 이 지역 조하대의 생물량은 수심 2m에서 약 871 g-fresh weight/m²이었으며, 수심 4m에서는 114 g-fresh weight/m² 수준으로 매우 낮은 것으로 나타났다. 조하대의 생물량이 가장 높아지는 시기는 겨울철로 1320 g-fresh weight/m² 수준이었으며, 생물량이 가장 낮은 시기는 가을철 44g-fresh weight/m²으로 나타났다(Table 3-50). 특히 조간대와 달리 겨울철에 생물량이 가장 높고 이후 감소하여 가을철에 생물량이 가장 낮아지는 것은 해조군집의 동태에 있어 극히 이례적인 현상으로 이는 이 지역 조하대의 환경특성이 해조군집이 발달하기에 적절하지 않다고 풀이된다. 따라서 향후 이 지역에서 이루어질 목장화와 해중립 조성을 위해서는 적합한 기질을 제공하여 해조군집이 발달할 수 있는 환경을 조성하는 것이 우선적으로 해결해야할 문제라고 판단된다.

Table 3-49. Species occurrence (percent coverage in 50x50cm²) in the
subtidal zone of the rocky benthic algal communities of
Tongyung

species	Spring	Summer	Autumn	Winter	sum
subtidal zone : 2m					
<i>Ulva pertusa</i>	40		3		43
<i>Sargassum micracanthum</i>		30			30
<i>Gelidium amansii</i>			5	25	30
<i>Undaria pinnatifida</i>				25	25
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>				15	15
<i>Lomentaria catenata</i>		2	2	10	14
<i>Amphiroa misakensis</i>			12		12
<i>Myagropsis myagroides</i>		5			5
<i>Hypnea charoides</i>		5			5
<i>Lithophyllum okamurae</i>		1	2		3
<i>Dermatolithon canescens</i>	3				3
<i>Chondria crassicaulis</i>	3				3
<i>Heterosiphonia pulchra</i>			2		2
<i>Grateloupia turuturu</i>		2			2
<i>Gigartina tenella</i>			2		2
<i>Codium fragile</i>		2			2
<i>Chondrus crispus</i>	1		1		2
<i>Acrosorium polyneurum</i>			2		2
<i>Tenarea tumidulum</i>			1		1
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	1				1
<i>Spacelaria variabilis</i>	1				1
<i>Sargassum horneri</i>		1			1
<i>Polysiphonia japonica</i>				1	1
<i>Lomentaria lubrica</i>	1				1
<i>Laurencia pinnatifida</i>	1				1
<i>Jania arborescens</i>		1			1
<i>Hypnea saidana</i>			1		1
<i>Herpochondraia dentata</i>			1		1
<i>Gracilaria textorii</i>		1			1
<i>Gigartina intermedia</i>	1				1
<i>Corallina pilulifera</i>	1				1
<i>Champia parvula</i>			1		1
<i>Carpopeltis crispata</i>		1			1
<i>Camphyleophora crassa</i>		1			1
<i>Anotrichium furcellatum</i>			1		1
subtidal zone : 4m					
<i>Ulva pertusa</i>	1	5			6
<i>Undaria pinnatifida</i>			5		5
<i>Sargassum horneri</i>			5		5

Table 3-49. (continued)

species	Spring	Summer	Autumn	Winter	sum
<i>Gigartina tenella</i>		1	2		3
<i>Amphiroa echigoensis</i>		3			3
<i>Acrosorium polyneurum</i>		1	2		3
<i>Pterocladia capillacea</i>			2		2
<i>Gelidium pacificum</i>			2		2
<i>Platythamnion yezoensis</i>			1		1
<i>Marginisporum aberrans</i>			1		1
<i>Hypnea charoides</i>		1			1
<i>Hildenbrandtia dawsonii</i>			1		1
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	1				1
<i>Herpochondraia dentata</i>			1		1
<i>Ceramium tenerrimum</i>			1		1
subtidal zone : 6m					
<i>Ulva pertusa</i>		35			35
<i>Hypnea charoides</i>		10			10
<i>Myagropsis myagroides</i>		5			5
<i>Amphiroa echigoensis</i>		5			5
<i>Gracilaria textorii</i>		5			5
<i>Acrosorium polyneurum</i>		1			1
<i>Gigartina tenella</i>		1			1

○ 저서동물

4 계절 동안 관찰된 경성 조간대의 저서동물의 분포에서 동물군간에 뚜렷한 구역(zonation)을 가지고 있는 것으로 나타났다. 각 계절마다 조간대에서 서식하는 우점종의 구역범위와 밀도는 차이가 있지만 상부에서 하부에 이르는 고유의 권역을 점유하고 있었다. 조간대 최상부의 경우 육상 식물이 점유하고 있으며, 조위 경사도에서 400cm에 이르는 지점부터 지의류(Lichen)가 나타나면서 360cm 지점부터 좁쌀무늬총알고둥(*Nodilittorina exigua*)이 출현하였다. 좁쌀무늬총알고둥의 경우 개체수가 미비하고, 분포권역도 가을철에 약간 증가할뿐 유사한 양상을 나타냈다. 총알고둥(*Littorina brevicula*)의 경우 360cm 지점에서 출현하는 종으로 6월과 8월 조사에서는 매우 작은 구역을 가지고 있었으나 11월과 1월의 경우 180cm까지 폭넓은 권역을 형성하였다. 11월의 경우 각장의 크기가 5mm이하인 새로 가입된 종이 조간대 하부에 다량으로 서식하는 것으로 여름철 가입이 있은후에 착저하여 성장하는 것으로 보여진다. 총알고둥의 경우 고착성이 아닌 표서동물로서 이동이 용이하지만 부착기능이 약하여 외부의 물리적영향에 약하기 때문에 주로 조간대 상부에 서식하며, 다만 어린시절의 경우 크기가 작기 때문에 조무래기따개비 (*Chthamalus challengeri*) 군집에 숨어서 서식이 용이하여 폭넓은 권역을 형성하는 것으로 보여진다(Table 3-51).

조무래기 따개비는 조간대 중상부에 폭넓은 권역을 형성하는 대표적인 종으로 본 조사지역에서도 폭넓은 권역을 형성하는 것으로 나타났다. 다만 계절에 따른 밀도가 다소 차이를 나타냈는데, 가을철 급격한 증가를 보였으며, 본 조사지역이 암반에 틈이 없는 노출된 지역이라 조무래기따개비의 서식이 매우 유리한 지역으로 다른 생물의 부착보다 좋은 경쟁력을 가지고 있다.

Table 3-50. Number of species and biomass(g-fresh weight) at each depth of the studied algal communities of Tongyung

Depth	Spring	Summer	Autumn	Winter	Sum
Number of species					
subtidal 2m	10	12	14	5	35
subtidal 4m	2	5	11		15
subtidal 6m		7			
Biomass(g-fresh weight/m ²)					
subtidal 2m	920	800	444	1320	871
subtidal 4m	102	120	120		114
subtidal 6m		222			

Table 3-51. The dominant macrobenthos and their occurrences at each tidal level of Tongyung

Quadret No. Tidal level(cm)	1	2	3	4	5	6 360	7 330	8 300	9 270	10 240	11 210	12 180	13 150	14 120
June, 1995														
Lichen				*	*									
<i>Nodilittorina exigua</i>						54	125							
<i>Littorina brevicula</i>							28	118	90					
<i>Heminerita japonica</i>									1	4				1
<i>Chthamalus challengeri</i>							255	530	1890	4560	6322	6650	4583	
<i>Pollicipes mittela</i>									2	9	9			
<i>Tetraclita japonica</i>											115	66		
<i>Septifer virgatus</i>										1				
Acanthochiton unid.										1	16	2		
<i>Purpura clavigera</i>										36	35	85		9
<i>Saxostrea echinata</i>													1	
<i>Collisella dorsuosa</i>													1	7
Limpets											1	2		3
<i>Actinia aquinia</i>										15	30	8		
Surpuridae unid.											1	2		2
<i>Halichondris japonica</i>													1	
Sept., 1995														
Lichen				*	*									
<i>Nodilittorina exigua</i>						55	192	310	535	50				
<i>Littorina brevicula</i>							48	33						
<i>Heminerita japonica</i>								2	4	21	42			
<i>Chthamalus challengeri</i>							280	476	2125	3795	5382	7700	5120	
<i>Pollicipes mittela</i>									2	8	8			
<i>Septifer virgatus</i>								2	2		2	1		1
Acanthochiton unid.											13	8		2
<i>Purpura clavigera</i>										2	2	4		5
<i>Saxostrea echinata</i>												1		1
<i>Collisella dorsuosa</i>											2	5	15	2
Limpets											1			1
<i>Anthopleura japonica</i>									2		24	7		2
<i>Actinia aquinia</i>											1	1		1
Surpuridae unid.											1	2		1

(*: presents)

Table 3-51. (continued)

Quadret No. Tidal level(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
						360	330	300	270	240	210	180	150	120
Nov., 1995														
Lichen				* *										
<i>Nodilittorina exigua</i>					25	114	135							
<i>Littorina brevicula</i>					4	260	580	675	456		5		2	
<i>Heminerita japonica</i>							5	23	24					
<i>Chthamalus challengeri</i>					137	149	5850	16300	9800	31900			8736	
<i>Pollicipes mittela</i>								4	7		3	3	2	
<i>Tetraclita japonica</i>												4	2	
Acathochiton unid.									1	11		2		
<i>Purpura clavigera</i>									1	3		2	8	
<i>Saxostrea echinata</i>														2
<i>Collisella dorsuosa</i>													15	2
Limpets											2	5	16	1
<i>Anthopleura japonica</i>											1	20	6	
<i>Actinia aquinia</i>									2	7	1	1	1	1
Surpuridae unid.											2	4		
Jan., 1996														
Lichen				* *										
<i>Nodilittorina exigua</i>					23	56		128	184					
<i>Littorina brevicula</i>							66	6	22		52	52		
<i>Heminerita japonica</i>								1	15		5	5		
<i>Chthamalus challengeri</i>					140	255	6623	8850	16300	13200			6300	
<i>Pollicipes mittela</i>									9		3	3		
<i>Septifer virgatus</i>									24		3	3		
Acathochiton unid.											6	6		
<i>Saxostrea echinata</i>									11		6	6		
<i>Collisella dorsuosa</i>											2	2		
<i>Anthopleura japonica</i>											1	1		
<i>Actinia aquinia</i>									1		4	4		
Surpuridae unid.											1	1		

(*: presents)

하부지역으로 갈수록 다양한 생물들이 서식하기 시작하였다. 특히, 하부 지역은 급격한 경사를 이루거나, 움푹 파인 틈이 형성되어 있기 때문에 수분함량이 비교적 원활하여 다른 고착성 생물이나 표서동물이 다양하게 분포하였다. 중부지역의 경우 거북손(*Pollicipes mittela*)과 검은큰따개비(*Tetraclita japonica*)가 그늘진 곳이나 틈사이에 서식하였으며, tide pool이 형성된 지역에는 *Anthopleura japonica*, *Actinia aquinia* 등 말미잘이 서식하였다. 이들 고착성 생물의 계절적 차이는 크게 나타나지 않았으며, 다만 해조류가 대거 가입하는 가을철 이후에는 고착성 생물의 몸에도 부착하여 표면을 완전히 피복하는 복잡하고 다양한 생물상을 나타내고 있다. 하부지역에 특이한 상황은 조위 120cm 이하지역은 암반 표면에 모래가 퇴적된 연성저질로 연결되어 하부지역에 우점하는 격판담치(*Septifer virgatus*)등이 나타나지 않았다. 즉, 전형적인 경성조간대의 분포형태가 아닌 조간대 중하부 지역까지 나타나는 암반생태계를 구성하고 있다고 할 수 있다.

조위별 각 생물상간의 피도를 보면, 6월과 9월의 경우 공간이 비교적 나타나는 빈약한 생물상을 나타냈으며, 조무래기따개비가 주류를 이루는 모양을 보였다. 조무래기따개비의 경우 210cm 이하 지역에서는 전체 피도의 50%이상을 나타내고 있으며, 가을철과 겨울철의 경우 70%를 육박하는 면적에 분포하였다(Fig. 3-68).

계절별 분포의 차이점은 해조류의 분포를 들 수 있다. 6월과 9월 경우 조간대하부 (180cm 이하지역) 일부 지역에서 지충이와 파래류가 피도를 유지하고 있다가 11월이후부터 본격적인 가입이 시작되면서 1월에는 150cm 이하지역에서 50%를 육박하는 피도를 나타냈다. 하지만 해조류의 경우 고착성 생물의 표면에 다시부착하는 형태를 취하기 때문에 부착 기저면이 없어도 충분히 부착하는 양상을 보였다. 결국 실제 모든 동물군의 피도가 100%를 넘는 모양을 보인다. 즉, 겨울철 해조류의 가입으로 매우 복잡하고 풍부한

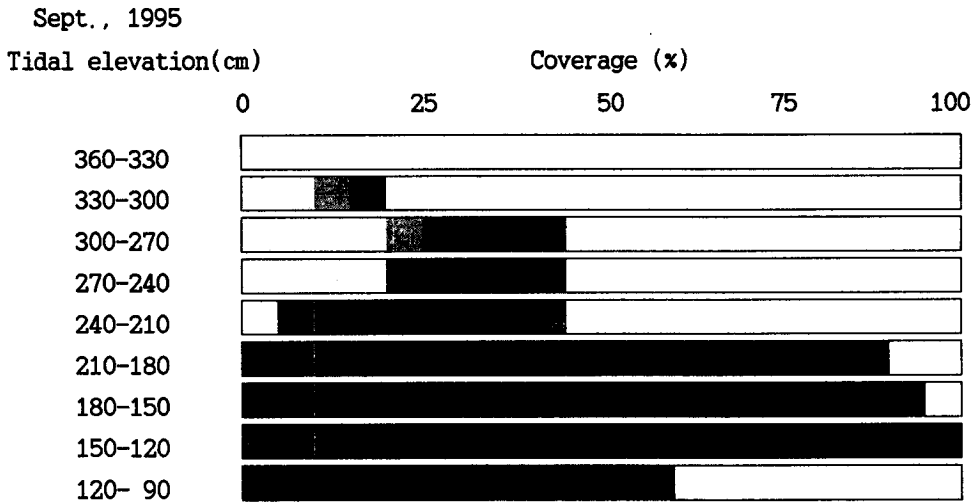
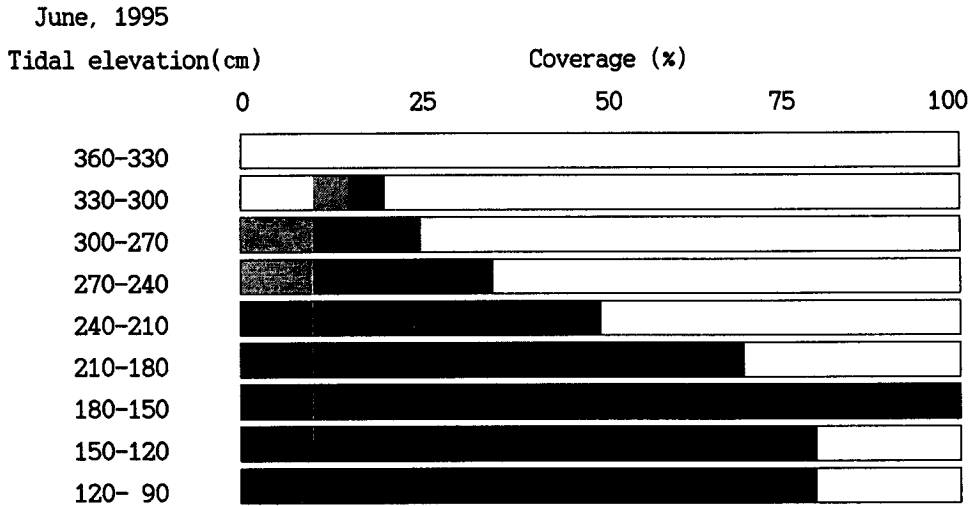
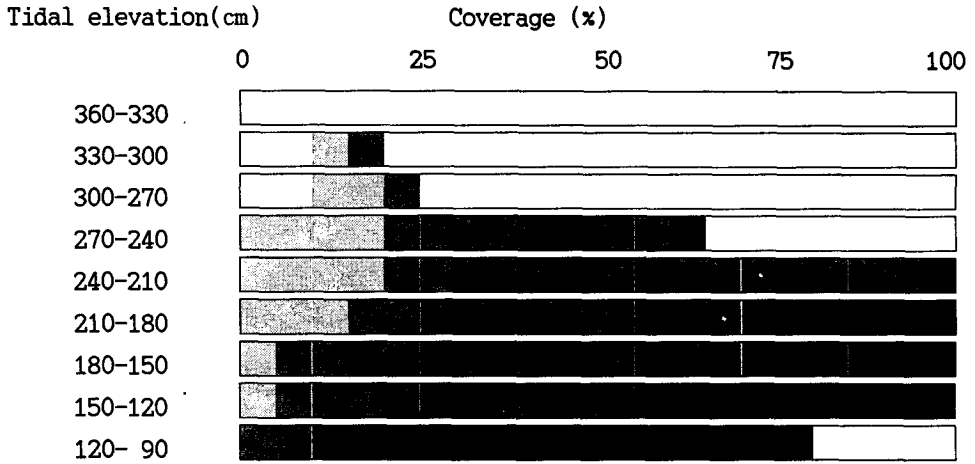


Fig.3-68. Vertical zonation and coverage of macrobenthos on intertidal rocky shore in Tongyung.

(: *Nodilittorina exigua*, Gastropoda; : *Littorina brevicula*, Gastropoda; : *Chthamalus challengerii*, Cirripedia; : Other invertebrate animals; : Macro algae)

Nov., 1995



Jan., 1996

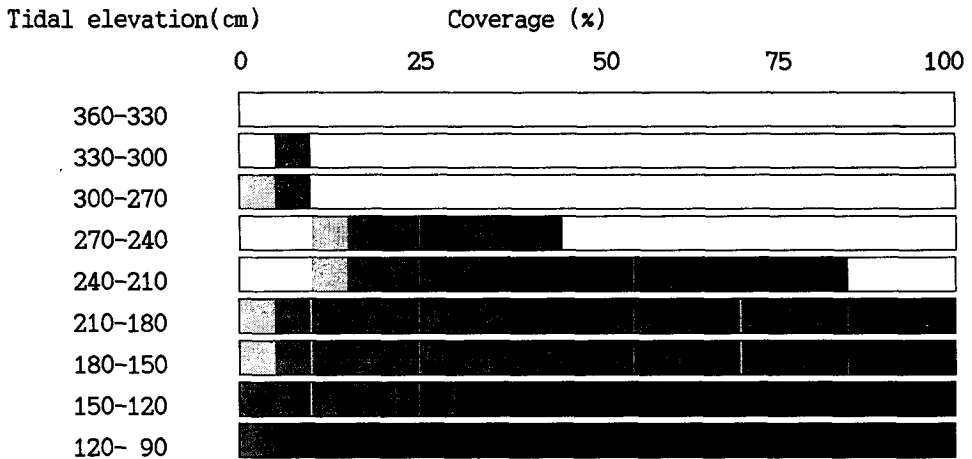


Fig.3-68. Continued

군집을 구성하고 있으며, 수온이 올라가 해조류의 엽상체가 녹게 되면, 다시 동물군에 의한 군집이 남게 된다.

조사지역의 경우 부착이 용이한 암반 기저물이 부족한 양상을 보여서 기저영향을 할수 있는 부분만 제공되면 계절에 따라 충분한 해조류가 부착될 수 있는 가능성을 보였다. 실제 자료로 제공할 수 없는 부분이지만 잠수에 의한 조하대 지역을 관찰해 보면, 패각이나 다른 침전물에도 해조류가 붙어 물리적저항에 따라 파도에 휩쓸리는 모양을 관찰하였다. 따라서 일정 기질을 제공할 경우 해조류의 이식을 매우 용이할 것으로 보이며, 이에 따른 저서생물의 가입또한 활발할 것으로 보여진다.

○ 조하대 생물군집의 서식지 유형조사

본 조사의 결과, 여름철 충무 주변 조하대 암반 저서 생물 군집은 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 참가시우무(*Hypnea charoides*), 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*), 곱피(*Ecklonia stolonifera*) 등을 중심으로 구조되어 있었다. 이들 조사지점에서 해조군집의 형성범위는 수심 8~12m까지였으며, 대부분 조사지점에서 공통적으로 수심은 2~5m에서 가시우무(*H. charoides*)의 우점도가 20% 이상으로 매우 높았다. 조사지점 2, 4, 5, 6의 상부쪽 수심 2~5m에서는 구멍갈파래(*U. pertusa*)가 피도 30% 수준으로 뚜렷한 대상구조를 나타내었으며, 반면 조사지점 1, 3에서는 잔가시모자반(*S. micracanthum*)이 키작은 수관(canopy)를 형성하였다. 이렇듯 단년생 직립분기형태(coarsely branched)의 가시우무(*Hypnea charoides*)와 막상형(thin tubular and sheet like)의 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)가 우점하고 다년생 대형 갈조류 중심의 다육질(thick blade)의 출현비가 적었던 주요 원인은 주요 대형 갈조류의 계절적 소장에 따른 것으로 풀이된다. 즉, 조사된 시기에 대부

분의 대형 갈조류는 생식세포를 방출하고 엽상체의 대부분이 유실되었던 반면, 참가시우무(*H. charoides*)와 구멍갈파래(*U. pertusa*)를 포함한 소형 기회종은 canopy종의 소멸과 빈자리 형성을 적절히 이용하여 번무하였기 때문이다. 그러나 site 1 옆 투하된 인공어초 주변의 수심 8~10m에서는 팽생 이모자반(*Sargassum horneri*)의 유체들이 다량으로 가입되어 있어 비록 이 시기에 이들의 생물량은 크지 않았지만 가을철 이후 성장에 따라 해중림 조성에 기여할 것으로 예상된다. 또한 조사기간중 site 1, 3, 4, 6의 deep zone에서 볼 수 있듯이 평균체장 50~60cm의 다년생 곱피(*E. stolonifera*)가 뚜렷한 patch 분포를 나타내어 매우 주목되었고, 이러한 양상은 이 지역 해조군집이 조사지점에 따라 저층 퇴적물의 재부유에 따른 물리적 교란작용에 큰 영향을 받지 않는다는 점을 강하게 시사하고 있다. 본 조사지역 해조군집의 특징중 하나는 외양도서의 해조군집에서 흔히 나타나는 대상구조(zonation)가 뚜렷하지 않다는 것이었다. 대부분의 조사지점에서는 해중림을 이루는 algal forest zone이 뚜렷하지 않았고, 통상적으로 수면으로부터 수심 3m사이에 형성되는 surf wrack zone이 수심 8m까지 확장되어 있었다. 수심 8m 이하에서는 생물량이 급속히 감소하는 deep zone으로 이어져 있었다. 이렇듯 이 해역에서 algal forest zone이 뚜렷하지 않았던 주된 원인 또한 해중림의 주요 구성원인 대형 갈조류의 계절적 소장에서 찾아 볼 수 있다. 이점은 계절적으로 변화하는 군집의 동태는 외부의 물리적 교란에 의한 것 이라기 보다는 군집을 구성하는 개체군들의 동태에 따라 변화하는 군집의 내재적 속성에 의한 것으로 목장화 사업을 목적으로 한 해중림 조성에 대단히 어려운 문제점으로 작용할 수 있다. 즉, 목장화를 위한 해중림의 기능은 목적하는 상위 food level의 무척추 동물 및 척추동물의 안정적인 서식공간을 제공하는 것이기 때문에 해중림이 종 고유의 내적인 속성에 의해 불안정으로 변화하는 것은 기능적인 측면에서 효율성이 매우 낮아지는 과정이라

볼 수 있다. 때문에 이 해역에서 효율적인 해중림 조성을 위해서는 뚜렷한 계절적 소장을 나타내지 않는 종인 곶피(*E. stolonifera*)를 목적종으로 선정할 필요성이 있으며, 동시에 감태(*E. cava*)와 같은 남해안 다년생종의 도입 또한 적극적으로 검토되어야 할 것이다. 다만 이들 종에 대해서는 개체군 생태학적 정보가 현재까지 충분히 축적되어 있지 않기 때문에 충분한 기초 연구가 필요할 것이며, 해중림 조성에 있어 단시간내 또는 일시적인 극대화를 위해서는 이 해역의 잠재 우점종인 팽생이모자반(*S. horneri*)이나 미역(*U. pinnatifida*)을 목적종으로 선정하는 것도 해중림 조성의 한 방법이 될 것으로 사료된다(Table 3-52).

Table 3-52. Vertical zonation of the six rocky benthic algal communities of

Tongyung in the summer season of 1996

Depth	site. 1		site. 2		site. 3		site. 4		site. 5		site. 6	
	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC
0-2m	<i>M. myagroides</i>	35	<i>U. pertusa</i>	75	<i>M. myagroides</i>	45	<i>U. pertusa</i>	50	<i>U. pertusa</i>	35	<i>U. pertusa</i>	25
	<i>H. charoides</i>	35	<i>G. flabelliformis</i>	1	<i>C. crispus</i>	5	<i>G. tenella</i>	5	<i>G. tenella</i>	2	<i>H. charoides</i>	25
	<i>U. pertusa</i>	1	<i>C. wrightii</i>	1	<i>G. amansii</i>	5	<i>Jania spp.</i>	5	<i>Jania spp.</i>	2	<i>Jania spp.</i>	5
	<i>C. crispus</i>	1	<i>Jania spp.</i>	1	<i>G. tenella</i>	5	<i>G. flabelliformis</i>	3	<i>G. flabelliformis</i>	2	<i>G. tenella</i>	3
	<i>M. aberrans</i>	1	<i>D. latiuscula</i>	1	<i>L. catenata</i>	5	<i>H. charoides</i>	3	<i>H. charoides</i>	2		
	<i>G. amansii</i>	1	<i>P. caulifera</i>	1	<i>P. lanceolata</i>	5						
	<i>C. crispus</i>	1			<i>U. pertusa</i>	3						
<i>P. arborescens</i>	1											
2-5m	<i>S. micracanthum</i>	20			<i>H. charoides</i>	25	<i>H. charoides</i>	30	<i>H. charoides</i>	25	<i>M. myagroides</i>	25
	<i>H. charoides</i>	18			<i>M. myagroides</i>	15	<i>U. pertusa</i>	10	<i>U. pertusa</i>	15	<i>H. charoides</i>	15
	<i>P. lanceolata</i>	7			<i>P. lanceolata</i>	3	<i>G. tenella</i>	5	<i>G. tenella</i>	2	<i>U. pertusa</i>	10
	<i>M. myagroides</i>	5			<i>U. pertusa</i>	3	<i>Jania spp.</i>	5	<i>Jania spp.</i>	2	<i>G. tenella</i>	5
	<i>U. pertusa</i>	1			<i>S. micracanthum</i>	3	<i>G. flabelliformis</i>	3		1		
	<i>P. arborescens</i>	1			<i>G. amansii</i>	3						
	<i>G. amansii</i>	1			<i>C. crispus</i>	3						
	<i>C. crispus</i>	1										
	<i>Sargassum sp.</i>	1										
5-8m	<i>E. stolonifera</i>	5	<i>U. pertusa</i>	35	<i>M. myagroides</i>	10	<i>U. pertusa</i>	40			<i>U. pertusa</i>	5
	<i>H. dentata</i>	3	<i>H. charoides</i>	15	<i>H. charoides</i>	5	<i>M. myagroides</i>	30			<i>E. stolonifera</i>	13
			<i>C. fragile</i>	2	<i>U. pertusa</i>	3	<i>H. charoides</i>	5			<i>G. tenella</i>	3
					<i>G. sparsa</i>	3	<i>G. tenella</i>	5			<i>H. charoides</i>	3
					<i>D. latiuscula</i>	3	<i>M. aberrans</i>	5			<i>P. telfairiae</i>	3
					<i>G. textorii</i>	3		5			<i>C. crispus</i>	3
										<i>D. latiuscula</i>	3	
										<i>P. caulifera</i>	2	
										<i>Spyridia sp.</i>	1	

Table 3-52. (continued)

Depth	site. 1		site. 2		site. 3		site. 4		site. 5		site. 6	
	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC	species	PC
8-10m			<i>C. fragile</i> <i>U. pertusa</i> <i>G. textorii</i> <i>C. japonica</i> <i>H. charoides</i> <i>D. viridis</i>	1 1 1 1 1	<i>S. micracanthum</i> <i>E. stolonifera</i> <i>S. japonica</i> <i>H. pulchra</i>	5 5 1 1	<i>E. stolonifera</i> <i>M. myagroides</i> <i>Amphiroa</i> sp.	25 5 1			<i>E. stolonifera</i> <i>U. pertusa</i> <i>P. lanceolata</i> <i>G. sparsa</i> <i>L. cystocarpioideum</i> <i>M. aberrans</i> <i>C. crispus</i> <i>H. charoides</i>	15 3 5 5 3 3 3 3
10-12m			<i>B. plumosa</i> <i>S. horneri</i> <i>C. pusilla</i> <i>C. fragile</i>	1 1 1 1					<i>M. aberrans</i> <i>G. textorii</i> <i>C. japonica</i> <i>U. pertusa</i> <i>P. telfairiae</i> <i>P. caulifera</i>	3 3 2 2 1 2		

PC: percent coverage in each 0.25m² quadrat; *B. plumosa*: *Bryopsis plumosa*, *C. crispus*: *Chondrus crispus*, *C. fragile*: *Codium fragile*, *C. japonica*: *Calliophyllis japonica*, *C. pusilla*: *Cladophora pusilla*, *C. wrightii*: *Chrysmenia japonica*, *D. latiuscula*: *Dictyopteris latiuscula*, *D. viridis*: *Desmarestia viridis*, *E. stolonifera*: *Ecklonia stolonifera*, *G. amanii*: *Gelidium amanii*, *G. flabelliformis*: *Gymnogongrus flabelliformis*, *G. sparsa*: *Grateloupia sparsa*, *G. tenella*: *Gigartina tenella*, *G. textorii*: *Gracilaria textorii*, *G. turuturu*: *Grateloupia turuturu*, *H. charoides*: *Hypnea charoides*, *H. dentata*: *Herpochordia dentata*, *H. pulchra*: *Heterosiphonia pulchra*, *L. catenata*: *Lomenatria catenata*, *L. cystocarpioideum*: *Lythothamnion cystocarpioideum*, *M. aberrans*: *Marginisporum aberrans*, *M. myagroides*: *Myagropsis myagroides*, *P. arborescens*: *Pedina arborescens*, *P. caulifera*: *Peyssonnelia caulifera*, *P. lanceolata*: *Pachymeniopsis lanceolata*, *P. telfairiae*: *Plocamium telfairiae*, *S. horneri*: *Sargassum horneri*, *S. japonica*: *Scinaia japonica*, *S. micracanthum*: *Sargassum micracanthum*, *U. pertusa*: *Ulva pertusa*

제4절 가두리 주변 저층의 저서생물

4.1. 저서환경

1995년 8월과 1996년 1월에 가두리에서 측정된 화학, 물리적환경은 해수온도가 여름에 18.3 °C, 1월에 10.7 °C로 나타났다. 염분도는 여름의 33.58 ‰보다 겨울에 34.41 ‰로 높게 나타났고, 용존산소값은 겨울철에 10.97 mg/l로 여름철의 8.91 mg/l보다 높게 나타났다. COD도 겨울철에 1.8 mg/l로서 1.4 mg/l 값을 보인 여름철 보다 높았다. 영양염인 PO₄는 여름에 0.73 μg · at/l, 겨울에 0.53 μg · at/l 을 보였고, NO₃는 여름에 17.20 μg · at/l 과 겨울에 5.81 μg · at/l 값으로 여름철에 높은 값을 보였다. 또한, 퇴적물내 유기탄소함량은 4.8 %, 평균입도는 9.1 φ였다 (Table 3-53).

4.2. 미생물

○ 총세균수 및 종속영양세균수

조사기간 중 총세균수는 0.73 - 2.2 x 10⁶ cells/ml 의 범위를 보였다. 계절에 따른 분포경향을 보면 양식장에서는 8월에 최고를 보인 반면 달아포구와의 중간정점에서는 11월에 최고를 보여 양식장과 차이를 보였으며 양식장의 경우 8월 이외에는 저층의 분포가 더 높은 반면 중간정점에서는 대체로 표층의 분포가 더 높은 것으로 나타났다. 조사기간 중 양식장의 종속영양세균수는 표층에서 970 - 44,800 CFU/ml, 저층에서 1,190 - 18,900 CFU/ml 의 범위를 보였으며 중간정점에서는 표층에서 400 - 28,000 CFU/ml, 저층에서 290 - 4,400 CFU/ml 의 분포를 보였다. 총세균수와 마찬가지로 양식장의 경우 8월에 가장 높은 분포를 보였으며 다른 때와는 달

Table 3-53. The environmental conditions at the fish culture cage in
Tongyung coastal area

period	August 1995	January 1996
Temp.(°C)	18.3	10.7
Sal.(‰)	33.58	34.41
DO(mg/ℓ)	8.91	10.97
COD(mg/ℓ)	1.4	1.8
PO ₄ (μg · at/ℓ)	0.73	0.53
NO ₃ (μg · at/ℓ)	17.20	5.81
Carbon(%)	4.8	
Mz(Φ)	9.1	

리 이 시기에는 표층에서 높은 분포를 보였다. 그러나 중간정점에서는 11월에 특히 높은 분포를 보였으며 저층의 경우에는 상대적으로 낮은 분포를 보였다.

○ 세균에 의한 aminopeptide의 분해, 흡수 및 광물화과정

1) 1995년 6월

기질의 자연농도와 효소계수와와의 합(Kt+Sn)으로 측정된 aminopeptide의 양은 7318 - 8940 사이로 큰 차이를 보이지 않았으나 aminopeptide의 가수분해율과 최고가수분해율은 두 정점 모두 표층에서 더 높게 나타났으며 정점별로는 표저층 모두 양식장에서 다소 높게 나타났다. aminopeptide의 가수분해율(hydrolysis rate, Hr)과 아미노산의 전환율(turnover rate, Tr)을 비교해 보면 양식장 표층에서 약 9.5배, 저층에서 16.5배 정도로 아미노산 전환율이 높게 나타났으며 중간정점의 경우에도 표층에서 약 9.4배, 저층에서 약 12.8배 정도 아미노산 전환율이 높은 것으로 나타났다. Tr/Hr의 비율은 저분자유기물수지의 지표가 되는데 특히 저층의 비율이 매우 높은 것으로 보아 상대적으로 저층에서의 저분자유기물 공급이 원활하지 못한 것을 뜻한다. 세균생산력은 양식장표층에서 1.38 ug-C/l/hr로 가장 높았으며 양식장저층과 중간정점은 0.15 - 0.24 ug-C/l/hr로 낮은 생산력을 보였으며 중간정점 저층의 5.4 %를 제외하면 동화된 아미노산 중 15.7±1.5 % 정도가 광물화 과정을 거쳐 이산화탄소로 되돌려지는 것으로 나타났으며 그에 상응하는 질소계 영양염이 생성될 것으로 추정된다.

2) 1995년 8월

8월의 경우 양식장 표층의 Kt+Sn 값은 8630으로 6월에 비해 큰 차이가 없으나 양식장 저층과 중간정점의 값은 각각 4427과 5644로 6월에 비해 줄어든 것으로 나타났다. aminopeptide의 가수분해율은 모든 정점에서 크게

증가하였으나 아미노산 전환율은 중간정점에서 감소한 것으로 나타났다. 양식장표층과 저층에서의 세균생산력은 각각 4.02, 1.13 ug-C/l/hr 였으며 중간정점에서는 각각 0.22, 0.21 ug-C/l/hr로 양식장에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다. 조사시기의 양식장표층과 저층에서의 호흡을 통한 광물화 정도는 각각 13.1, 15.5 % 였으며 중간정점에서도 각각 20.1, 15.8 % 였다. Tr/Hr의 비율은 양식장표층에서 19.1로 매우 높게 나타났으나 다른 정점들에서는 2.2 - 4.1 사이의 낮은 비율을 보여 주로 양식장표층에서 유기물오염도가 높은 것으로 사료된다.

3) 1995년 11월

aminopeptide의 가수분해율이 0.12 - 0.23 % 로 전 정점에서 낮은 값을 보였다. 양식장 표층의 경우 전환율 및 세균생산력 등도 6월, 8월에 비해 크게 줄어 들었으며 Tr/Hr 이 약 1.5 정도로 나타나 이 시기의 유기물 오염이 심하지 않은 것으로 나타났다. 저층의 경우에도 가수분해율, 생산력 등은 크게 줄어들었으나 전환율은 1.15 % 로 비교적 높게 나타났으며 Tr/Hr의 비율이 6.8 정도로 비교적 높게 나타났다. 그러나 중간정점의 표층에서는 Tr/Hr 이 45배 정도로 세균의 활성이 급격히 증가하는 중인 것으로 판단되며 이에 따라 생산력도 상대적으로 높게 나타났다. 광물화비율은 양어장 표층에서 약 29 % 로 매우 높게 나타났으며 기타의 곳에서는 7 % 내외의 낮은 비율을 보였다. 이와 같은 결과는 양식장 표층의 경우 영양의 불균형 현상으로 인해 에너지 소모가 많은 것으로 보이며 다른 정점들의 경우 안정된 유기환경을 이룬 것으로 생각된다.

해외에서는 1985년 필리핀의 마닐라에서 열린 'Conference on Detrital systems for Aquaculture' 에서 미생물의 역할에 대한 집중적인 연구결과 발표가 있을 만큼 이미 오래전부터 수산양식분야에서 미생물의 역할에 대한 연구가 이루어져 왔다. 그 중에서도 질소및 인원의 순환, 분뇨에 의한 유기

물조성의 변화와 이에 따른 미생물군집의 천이에 관한 연구, 양식이후의 퇴적토에서의 유기물분해과정에 대한 연구 등이 활발히 이루어지고 있으며 질병에 대처하기 위한 연구 역시 활발하게 이루어지고 있다. 국내외적으로 Rio 환경협약(1993) 이후 범세계적으로 환경에 관한 관심은 높아져 가고 있다. 또한 국가경제에 있어서 해양의 중요성 역시 새롭게 인식되어 해양환경 보호를 위한 각종 제안이나 기획기사 등(예 - 조선일보 SOS 캠페인)이 신문지상을 장식하고 있다. 그러나 채집어업의 경우에는 상황이 악화되어 일본이 배타적 경제수역 선포를 준비하는 등으로 인하여 국내 어선이 활동할 수 있는 어장이 점점 줄어드는 실정이며, 연안에서의 양식어업 역시 이미 포화상태에 다다르고 있다. 이에 따라 외양에서의 양식이나 좀 더 큰 차원에서의 해양목장에 대한 관심이 고조되고 있으며, 연안에서의 양식어업 역시 밀식 등으로 인한 수확량의 감소나 환경악화 등으로 인한 집단폐사현상이 자주 발생하고 있다. 또한 1995년에는 Sea Prince호 사고 등을 비롯한 여러 건의 유조선사고와 적조의 발생 등 국민의 관심을 바다로 돌리게 할 사건사고가 많았으며 해양환경보존에 관한 인식 역시 매우 고조된 상황이다. 따라서 양식해역의 환경수용량의 산출과 그에 따른 수질의 관리는 양식장 운영의 필수적인 요소가 되고 있다. 그러므로 해양생태계의 자정작용과 영양염류의 재순환과 관계되는 미생물의 역할에 대한 연구가 요구된다.

4.3. 대형저서생물(macrobenthos)

2개의 정점에서 3회에 걸쳐 그랩에 의해 채집된 가두리 밑 저서 동물은 총 45종으로 환형동물(Annelida)에 속하는 다모류(Polychaeta)가 22종으로 가장 많은 종 수를 나타냈으며, 다음으로 절지동물(Arthropoda)이 18종, 연

체동물(Mollusca)이 3종, 편형동물(Platyhelminthes)과 극피동물(Echinodermata)이 각 1종 등으로 나타났다 (Table 3-54). 절지동물의 경우 모든 출현종이 갑각류(Crustacea)로 구성되었다. 연체동물은 모두 이매패류로 이 중에는 부착성 이매패류인 진주담치(*Mytilus edulis galloprovincialis*) 등이 포함되었다. 진주담치의 경우 가두리의 망 또는 기타 부착물에 부착하여 서식하는 종으로 여러 물리적, 생물학적 현상에 의해 떨어져 저층으로 가라앉은 것으로 추정된다. 극피동물의 경우 거미불가사리(Ophiuroidea)에 속하는 *Ophiura kinbergi*가 출현하였다. 이 종은 통영일대에서 많은 수는 아니지만 연안 연성저질에 서식하는 것으로 알려진 종이다. 하지만 이곳에서 출현한 종의 경우 크기가 매우 작은 어린 개체로 주서식처가 아닌 일부 가입된 것으로 보인다.

계절별 전체 출현 종수는 8월의 경우 16종, 11월은 24종, 1월은 21종으로 여름철에 가장 적은 종 수를 나타냈으며, 가을철 가장 높은 종 수를 나타냈다. 여름철이 종 수에서 일부 차이를 보였는데 주로 많은 종 수를 나타낸 동물군인 다모류와 갑각류가 급격히 감소하였기 때문이다.

개체수에서도 이와 유사한 양상을 나타냈다. 다모류가 총 1,289개체로 가장 높은 비중을 차지하였고, 절지동물 중에 갑각류가 272개체, 연체동물과 편형동물이 각각 8개체, 극피동물이 1개체 출현하였다 (Table 3-54). 계절별 전체 출현 개체수에서도 8월의 경우 136개체, 11월에 874개체, 1월에 568개체로 여름철 상당히 낮은 개체수를 나타냈으며, 가을철이 가장 높게 나타났다.

계절별 개체수의 분포 역시 다모류와 갑각류의 출현 양상이 좌우하였으며 연체동물의 경우 여름철에만 출현하였다. 각 정점에서 출현한 종의 집괴 분석 결과 각 정점이 상호 유사한 양상을 보였으며, 여름철 조사가 다른 계절과 다소 유사성이 낮은 양상을 나타냈다 (Fig. 3-69).

Table 3-54. Number of species and abundance of each taxonomical groups under the fish cage in Tongyung

Taxon.	Aug., 1995		Nov., 1995		Jan., 1996		SUM
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	
Number of species							
Platyhelminthes		1	1	1			1
Molluscs	3	1					3
Annelid	3	4	8	9	11	9	22
Arthropoda	3	4	9	4	7	1	18
Echinodermata	1						1
Abundance							
Platyhelminthes		3	4	1			8
Molluscs	4	4					8
Annelid	38	22	299	528	255	147	1,289
Arthropoda	12	52	32	10	99	67	272
Echinodermata	1						1

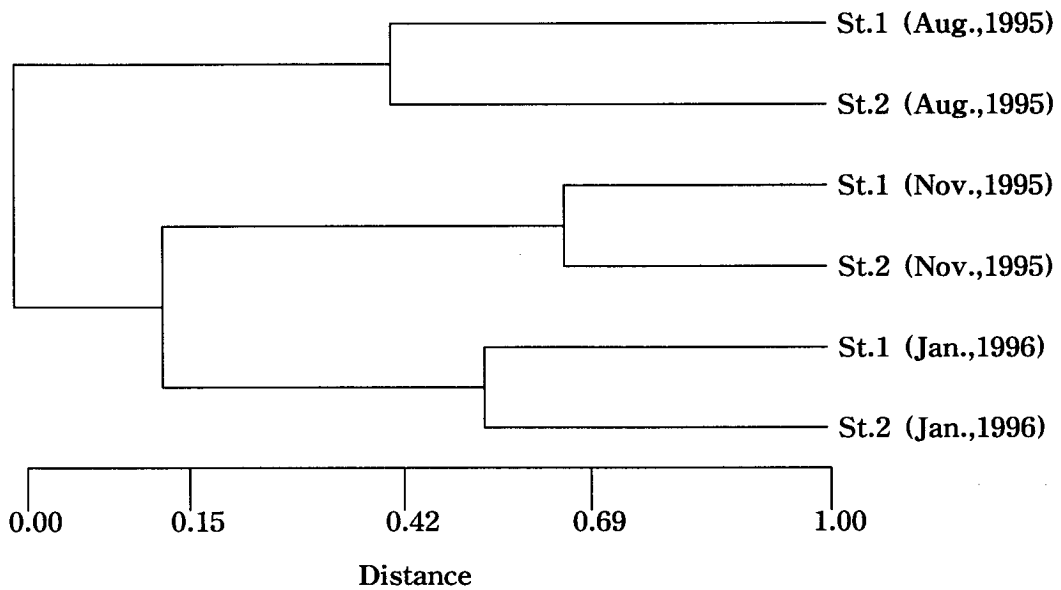


Fig.3-69. Dendrogram showing clusters of samling stations.

조사지역의 정점별 다양도 지수는 0.6~1.8로 매우 낮게 나타났으며, 가을철 조사에서 오히려 가장 낮은 수치를 보였다 (Table 3-55). 균동도 지수의 경우도 유사한 양상을 나타냈다. 이러한 결과는 우점종의 분포를 보면 쉽게 이해될 수 있는데, 이 지역에서 가장 우점한 종은 다모류에 속하는 *Capitella capitata*로 총 1,129개체가 출현하였다. 이는 전체 출현 개체수의 71.5%에 해당하는 상당한 양으로 이 지역에서 대표적인 우점종이라 할 수 있다. 하지만 이 종의 경우도 여름철에는 매우 낮은 출현양상을 나타내다가 가을철에 집중적으로 출현하였다. *C. capitata*는 전세계 연안에서 출현하는 범세계적인 종으로 알려져 있으며, 특히 유기입자의 농도가 높은 지역에서 급격히 출현하는 기회종으로 알려져 있어서 일부에서는 오염지시종으로 활용되기도 하는 종이다.

다음으로 절지동물에 속하는 *Nebalia bipes*가 우점종으로 나타났다. 이 종은 연갑아강(Mala-costracata)에 속하는 종으로 부패된 퇴적층이나 유기 함량이 높은 곳에 서식하는 종으로 알려져 있다. 역시 양식장이나 만성 유기오염이 심한 지역에 서식하는 일종의 오염지시종에 속하는 종이다. 이렇듯 유기물의 농도가 높은 지역에 서식하는 종들이 전체 출현종의 80%이상 차지하고 있어 가두리 양식장밑은 막대한양의 유기물 유입에 의해 생태학적으로 만성 오염 지역으로 구분 될 수 있다. 하지만 이 지역에서도 계절적으로는 약간의 차이를 보인다. 여름철에는 오염지시종을 포함하여 모든 종의 출현이 매우 빈약하게 나타났으며, 가을철에 다소 많은 생물이 서식하는 것으로 나타났다. 특히 오염지시종의 회복이 눈에 띄는 부분이다. 일반적으로 여름철의 경우 수온 증가에 따른 수온약층의 형성으로 인해 수피의 혼합이 원활치 않아서 해저에 빈산소 수피가 형성된다는 것이 여러 학자들의 이론으로 유기물의 유입이 많은 경우 일시적으로 무생물 지역이 형성되고, 수온이 하강하면서 다시 정상 상태로 회복되는 양상에 대한 경향이 여러학자들

Table 3-55. Ecological characteristics and dominant species in each station

	Aug., 1995		Nov., 1995		Jan., 1996	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
Number of species	10	10	18	14	18	10
Abundance	55	81	335	539	354	214
Diversity index	1.3	1.8	0.8	0.6	1.7	1.2
Evenness	0.5	0.8	0.3	0.2	0.6	0.5
Dominant species						
<i>Capitella capitata</i>	36	17	285	478	199	114
<i>Nebalia bipes</i>	9	13	6	2	36	67
<i>Dorvillea</i> sp.		1	2	16	6	13
<i>Melita</i> sp.	1		5		26	
<i>Prionospio japonica</i>					26	3
<i>Liljeborgia</i> sp.		27		1		

에 의해 관찰되었다. 본 조사에서도 1회성 조사에 의해 다소 미흡한 부분은 있지만 여름철 급격한 환경적인 변화가 작은 생물들에게 영향을 미쳐서 전반적인 군집에 변화를 가져오고, 여름이 지나면서 회복기를 맞으면서 많은 양의 기회종이 가입되는 양상을 유추할 수 있다. 하지만 만성적인 유기물의 유입으로 인해 정상적인 생태계로 복구되기 보다는 이러한 양상이 반복되면서 기회종들이 연간 우점하는 양상을 나타내는 것으로 보인다.

특히 가두리 아래 지역에서 무시할 수 없는 우점종이 두 종류가 있다. 이는 해성강 (Asteroidea)에 속하는 불가사리류로 별불가사리 (*Asterina pectinifera*)와 아무르불가사리 (*Asterias amurensis*)를 들 수 있다. 2차례에 걸친 잠수 조사에 의한 분포 조사에서 11월 조사의 경우 별불가사리는 37 개체/m², 아무르불가사리의 경우 22개체/m²를 나타냈다. 또한 1월조사에서는 별불가사리의 경우 45개체/m², 아무르불가사리의 경우 3개체/m²를 나타냈다. 이들의 생체량은 11월 별불가사리가 64.8 g (dry)/m², 아무르불가사리는 88.8 g (dry)/m², 1월에는 별불가사리가 75.6 g (dry)/m², 아무르불가사리가 27.1 g (dry)/m²를 나타냈다. 이는 상당한 생물을 나타낸 것으로 저서생물군집에서 매우 특이한 현상을 나타낸 것이다. 일반적으로 양식에 의한 인위적인 조성에서도 이렇게 높은 생물량을 나타내기에는 어려우며, 특히 이들이 모두 표서동물(epifauna)로서 표층에서 서식하기 때문에 피도로 환산할 경우 양식장 바닥의 대부분을 피복하고 있다고 말할 수 있다.

별불가사리의 경우 썩은 유기물이나 침전된 유기물들을 먹는 습성이 있어서 가두리 밑에서는 지속적인 먹이 공급을 받을수 있는 천혜의 서식처라 할 수 있다. 하지만 아무르불가사리의 경우 활발한 포식자임에도 불구하고 높은 출현율을 보이는 것은 가두리에 부착된 진주담치가 여러 요인에 의해 떨어져 나가서 가라앉고 일부는 무리를 이루어 서식하기 때문에 역시 상당한 먹이를 이 지역에서 확보할 수 있게 된다. 이러한 관점에서는 이들은

Table 3-56. Distribution of Asteroidea under the fish cage

Date	Quad.	<i>Asterina pectinifera</i>			<i>Asterias amurensis</i>		
		Ind.	Length	Dwt	Ind.	Length	Dwt
Nov., 1995	1	7	61.76	19.63	4	85.48	18.32
	2	5	54.09	14.82	10	90.81	22.60
	3	8	57.74	17.23			
	4	6	56.79	16.63	8	89.24	19.18
	5	8	49.94	13.05	5	91.02	26.37
	6	15	55.71	17.44	1	89.74	15.44
	7	14	52.23	14.44	10	85.42	22.97
	8	11	56.86	16.36	6	100.18	30.57
	AVG	9.3	55.64	16.20	5.5	90.27	22.21
Mean per m ²		37		64.79	22		77.72
Jan., 1996	1	14	57.04	18.81			
	2	6	57.54	20.33	1	76.68	12.12
	3	13	62.76	21.89			
	4	12	50.85	14.61	2	81.96	14.96
	AVG	11	57.05	18.91	0.8	39.66	6.77
Mean per m ²		45		75.64	3		27.09

가두리에서 유입되는 상당량의 유기물을 흡수함으로써 저층의 부패를 방지하는 역할을 하기도 하지만 퇴적층의 대부분을 덮고 있기 때문에 다른 생물의 가입과 생존에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 생태계 구조상에서는 안정화에 방해가 주는 것은 사실이지만 양식사업이 인위적으로 생태계에 심각한 부하량을 주는 일이기 때문에 자연적인 정화에 있어 불가사리는 상당한 역할을 하고 있을 것으로 짐작할 수 있다. 관찰에 의한 것이지만 양식장에서 10m이상만 벗어나도 m²당 1개체의 불가사리도 관찰하기 어려울 정도로 매우 빈약한 서식 양상을 보이기도 한다. 이러한 점을 고려한다면 불가사리에 대한 역할과 이를 효율적으로 연구함으로써 인근 해역의 효과적 이용에 단서를 찾을 수 있을 것이라 생각된다.

4.4. 중형저서생물(meiofauna)

○ 출현 개체수

양 해역의 각 조사정점에서 출현한 중형저서생물의 총 개체수는, 장두도 가두리 설치 예정해역 퇴적물(St. A)로부터는 7702 inds./10cm²를 보였고 (Table 3-57), 초도 앞 해역의 기존 가두리 밑 해저퇴적물(St. B)로부터는 432 inds./10cm²를 보였다 (Table 3-58). 가장 우점하는 것은 양 해역 모두 Nematoda(선충류) 이었다. 선충류는 St. A 에서 4634 inds./10cm²이었고, St. B에서는 289 inds./10cm²이었다. 그 다음으로 우점하는 생물군은 Sarcomastigophora, 저서성 Harpacticoida 순 이었다. Sarcomastigophora는 St. A 에서 1,612 inds./10cm²를 나타내었고, St. B 에서는 69 inds./10cm²의 값을 보였다. 그에 비해 저서성 Harpacticoida는 St. A에서 431 inds./10cm², St. B에서 15 inds./10cm²의 값을 나타냈다. St. A에서 그 다음으로 우점하는 그룹은 Nauplius, Nemertina, Ciliophora, Polychaeta 순 이었는데, 이들 그룹

Table 3-57. The number of individuals of meiobenthos at Changdudo(St. A)
in Tongyung coastal area

	(/cm ²)										
/cm	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	Total
Nematoda	1034	1192	996	576	451	216	136	23	8	2	4634
Sarcomastigophora	560	453	298	88	108	88	12	3	1	1	1612
Harpacticoida	174	47	79	60	32	26	12	1			431
Nauplius	48	53	49	38	22	11	4	1			226
Nemertina	24	68	36	4	31	10	6	5	2	2	188
Ciliophora	31	37	27	20	11	11	5				142
Polychaeta	29	14	10	9	10	7	12	11	6	4	112
Gastropoda	4	28	12	7	3						54
Bivalve	32	3	6	2	2	2	1		1		49
Entoprocta	1										1
Turbellaria	25	7	5	5	8	8	1	2			61
Kinorhyncha	31	12		1							44
Tube worm	8	3	7	6	7	4					35
Ostracoda	12	3	1		1	1					18
Bryozoa	1	4	6			2					13
Oligochaeta	1	1		2	7						11
Haracaroidea	4										4
Amphipoda	2		1								3
Pripaulida	2		1								3
Tunicata	2										2
Aplacophora	2										2
Gastrotricha							1				1
Mystacocarida					1						1
Tanaidacea	1										1
Others	16	11	6	6	8	6	1				54
Total	2044	1936	1540	824	702	392	191	46	18	9	7702

Table 3-58. The number of individuals of meiobenthos at the fish cage(Chodo, St. B) in Tongyung coastal area

	(cm)										
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	Total
Nematoda	183	36	31	9	7	9	6	5	2	1	289
Sarcomastigophora	31	5	3	8	7	7	1	3	3	1	69
Harpacticoida	12	2	1								15
Polychaeta	6	2					1				9
Nauplius	2		3	1	1		2				9
Bivalve	3				2	1					6
Gastropoda				1	1	1					3
Tube worm			3								3
Ciliophora	1	1	1								3
Ostracoda			2			1					3
Oligochaeta	1										1
Bryozoa					1	1					2
Sipuncula	1										1
Turbellaria	1										1
Others	6	5	2	2	1	1	1				18
Total	247	51	46	21	20	21	11	8	5	2	432

은 모두 100개체 이상의 높은 값을 나타냈다. 그 다음으로 Turbellaria 가 61, 고등류가 54, 이매패류가 49 inds./10cm² 등의 순으로 출현하였다. 또한 깨끗한 해역을 선호하며, 환경의 오염 등의 변화에 민감하게 반응한다고 알려진 Kinorhyncha 도 44 inds./10cm²를 나타냈다. St. B에서는 Nematoda, Sarcomastigophora, 저서성 Harpacticoida 다음으로 다모류, Nauplius 가 우점하여 각각 9 inds./10cm² 를 보였고 그 외에 Nauplius, 이매패류 등도 다소 나타났다. St. B 는 전반적으로 각 그룹별 극히 소수의 개체수를 보여주고 있다. 즉 St. A에서의 출현 개체 수는 St. B에 비해 무려 18배의 높은 값을 나타냈다. 이를 1 평방미터로 환산하면 St. A는 7.7×10^5 개체를 보였고, St. B는 4.3×10^4 개체의 값이 된다. 중형저서생물의 일반적인 해역에서의 값은 $10^5 \sim 10^6$ 개체 정도로, St. A는 이 값의 범위에 해당하나 St. B의 경우는 이 값보다 한 자리가 적은 값을 보였다. 이처럼 St. A와 St. B가 개체수에서 많은 차이를 보이는 이유는 양 해역이 조금 떨어진 곳이기 때문에, 서식환경이 서로 다르기 때문이라는 일반적이고 전반적인 추측도 가능하겠지만, 그것보다 St. B해역은 약 7년간에 걸친 가두리 양식으로 인하여 가두리 양식장 저질 환경이 표층의 양식장으로 부터의 유입물질로 인해 부영양화 되어 있기때문이 아닌가 생각되어 진다. 그로 인하여 부영양화된 환경에 서식할 수 있는 그룹의 생물만이 서식할 수 있게 되어 개체수가 감소하였다고 생각되어 진다. 이를 뒷받침 할 수 있는 또 다른 근거를 뒤의 N/C, N/K ratio에서 부연 설명하기로 한다.

○ 군집구성 및 주요 생물군

양 해역에 나타난 중형저서생물의 군집 구성을 보면, 장두도 가두리 설치 예정해역 해저 퇴적물에서는 총 24개의 분류군이 출현하였고 (Table 3-57), 기존 가두리 설치 양식장의 해저 퇴적물로부터는 총 14개의 분류군

이 출현 하였다(Table 3-58).

각 군집의 비율을 보면, 양 해역에서 모두 Nematoda가 가장 높게 나타나, 장두도 가두리 설치 예정 해역(St. A)에서, 전층을 평균한 값이 60.2 %이고 (Table 3-59), 초도 앞바다 가두리 양식 해역(St. B)에서 66.9 %이었다 (Table 3-60). 그 다음으로 높은 비율을 차지하는 것은 Sarcostigophora로 St. A에서 20.9 %, St. B에서 16 %를 차지했다. 양 해역 모두 Nematoda, Sarcostigophora의 두 그룹이 80 %이상을 차지했다. 또한 양 해역에서의 수직적인 비율을 보면 (Fig. 3-70), Nematoda는 St. A에서 중형 저서생물군집 전체의 개체수가 극히 적은 8~9, 9~10cm 층을 제외하고는 전 층에서 50% 이상을 나타냈고, St. B에서는 중간층(4~6cm)에서 다소 감소하였다가 다시 그 이외의 층에서 높아지는 경향을 보였다. Sarcostigophora는 St. A에서는 4cm이하의 층이 표층보다 전반적으로 높은 비율을 차지하고 있었으나, St. B에서는 표층에서 높고 심층부에서 낮은 비율을 나타냈다. 또한 다모류는 St. A에서 다른 그룹이 퇴적물 깊이에 따라 감소하는 것에 비해 전 층에서 비교적 고르게 분포하고 있기 때문에, 퇴적물 표층보다 심층부(8~10cm)에서 높은 비율을 나타냈다.

일반적으로 중형저서 생물은 선충류와 유공충류가 우점한다는 것과 비교해 보면 (Shirayama, 1984a), 이들 양 해역에서의 군집조성이 Nematoda와 Sarcostigophora의 두 그룹이 전체의 80% 이상을 차지하는 것은 다른 조사결과와 비슷한 조성을 보이고 있다 할 수 있다.

○ 수직분포

양 해역에서의 퇴적물 깊이에 따른 중형저서 생물 군집의 수직 분포를 보면, 양 해역 모두 표층 0~1cm에 가장 밀집되어 서식하고 있음을 보였다 (Fig. 3-71; Fig. 3-72). 또한 전 층의 개체수에 있어서도 St. A의 경우가

Table 3-59. The percentage of major meiofaunal group occurred at St. A

	(%)										
/cm	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	Total
Nematoda	50.6	62.0	64.7	69.9	64.2	55.1	71.2	50.0	44.4	22.2	60.2
Sarcomastigophora	27.4	23.0	19.4	10.7	15.4	22.4	6.3	6.5	5.6	11.1	20.9
Harpacticoida	8.5	2.4	5.1	7.3	4.6	6.6	6.3	2.2	0.0	0.0	5.6
Nauplius	2.4	2.8	3.2	4.6	3.1	2.8	2.1	2.2	0.0	0.0	2.9
Nemertina	1.2	3.5	2.3	0.5	4.4	2.6	3.1	10.9	11.1	22.2	2.4
Ciliophora	1.5	1.9	1.8	2.4	1.6	2.8	2.6	0.0	0.0	0.0	1.9
Polychaeta	1.4	0.7	0.6	1.1	1.4	1.8	6.3	23.9	33.3	44.5	1.5
Others	7.0	3.7	2.9	3.5	5.3	5.9	2.1	4.3	5.6	0.0	4.6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Table 3-60. The percentage of major meiofaunal group occurred at St. B

											(%)
/cm	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	Total
Nematoda	74.0	70.6	67.4	42.9	35.0	42.9	54.5	62.5	40.0	50.0	66.9
Sarcomastigophora	12.6	9.8	6.5	38.1	35.0	33.3	9.1	37.5	60.0	50.0	16.0
Harpacticoida	4.9	3.9	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
Polychaeta	2.4	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	2.1
Nauplius	0.8	0.0	6.5	4.7	5.0	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	2.1
Bivalve	1.2	0.0	0.0	0.0	10.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
Others	4.1	11.8	17.4	14.3	15.0	19.0	9.1	0.0	0.0	0.0	8.1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

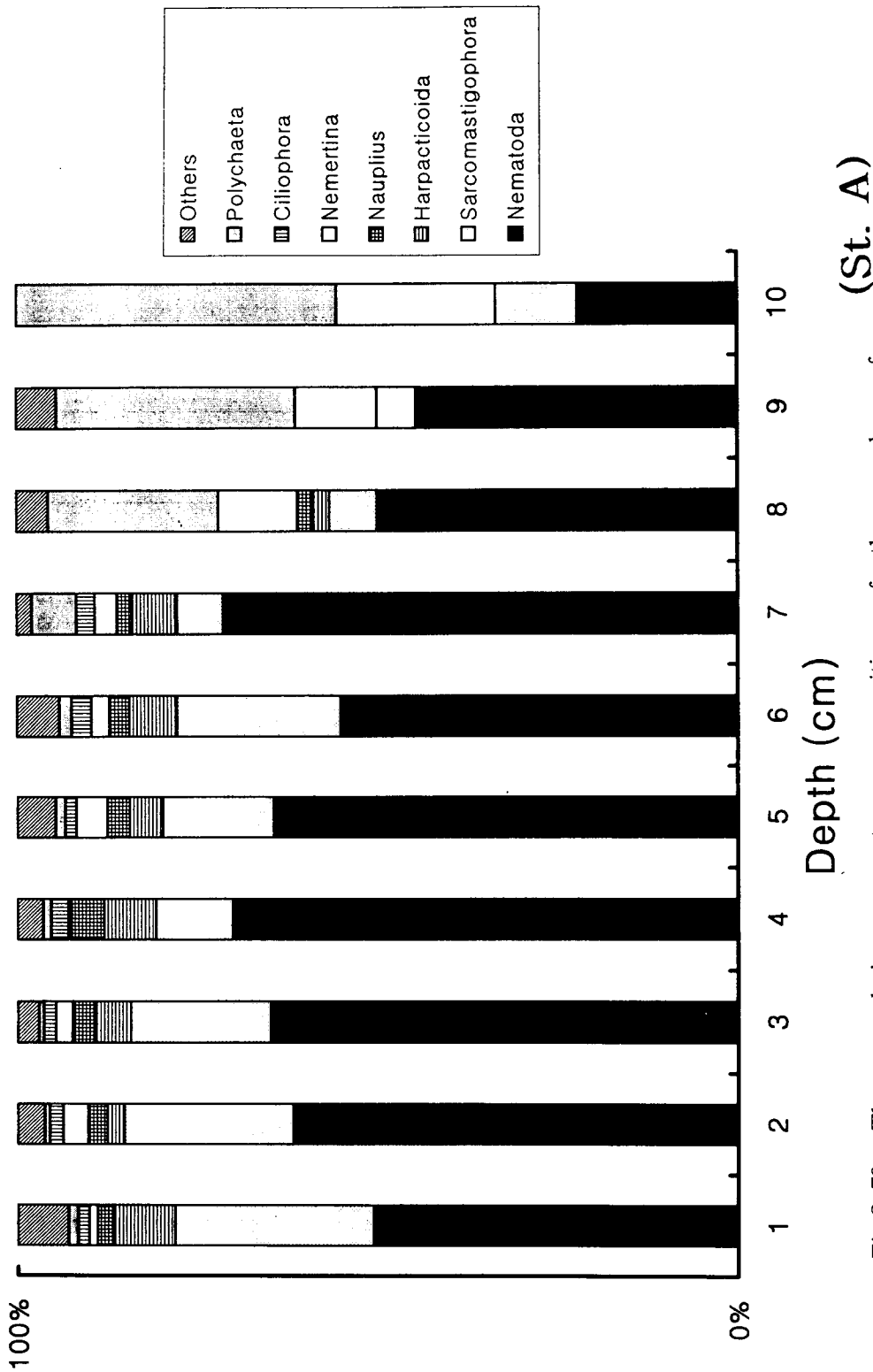


Fig.3-70. The cumulative percentage composition of the number of individuals at St. A and St. B with respect to the sediment depth.

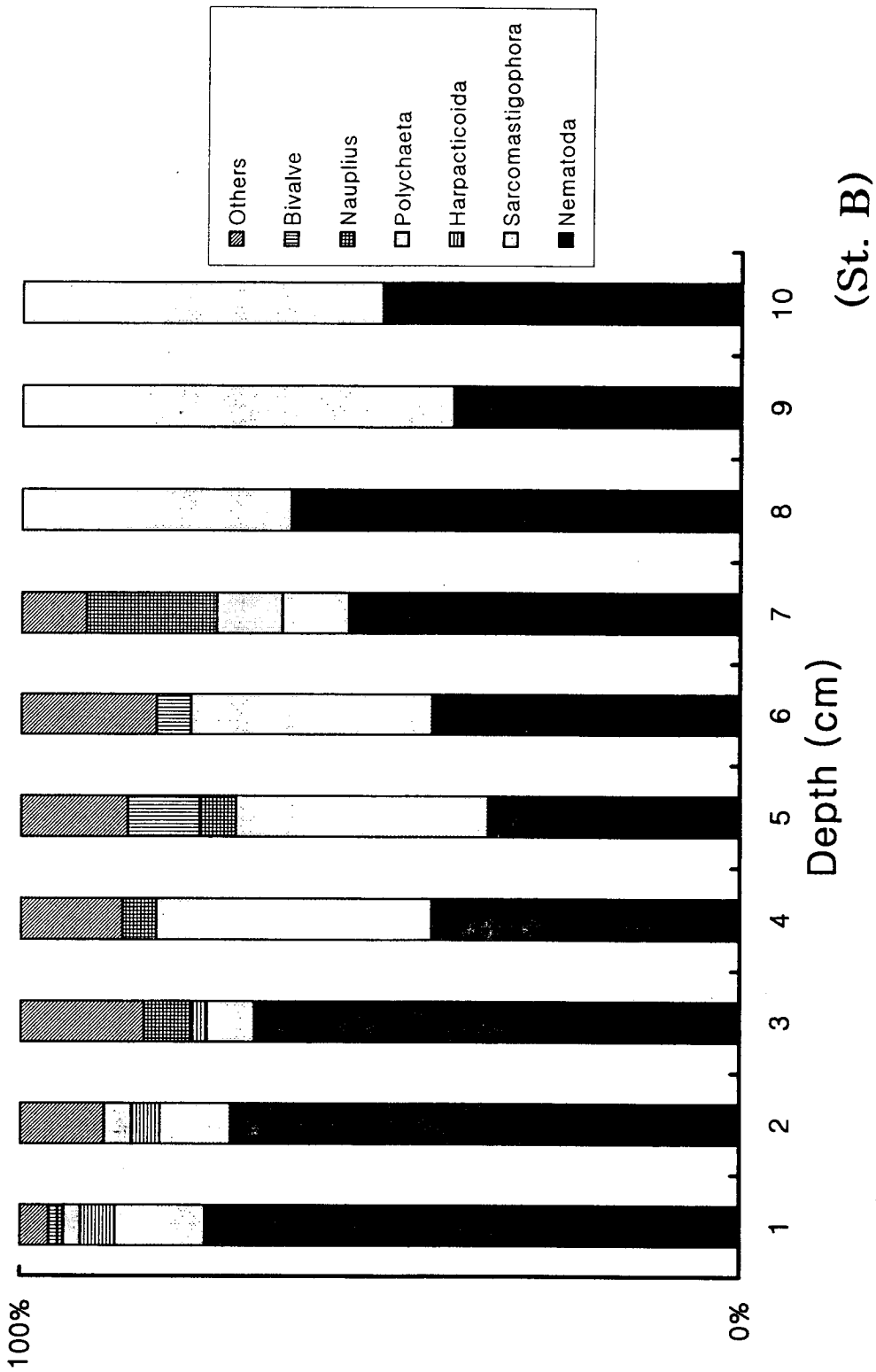


Fig. 3-70. (continued)

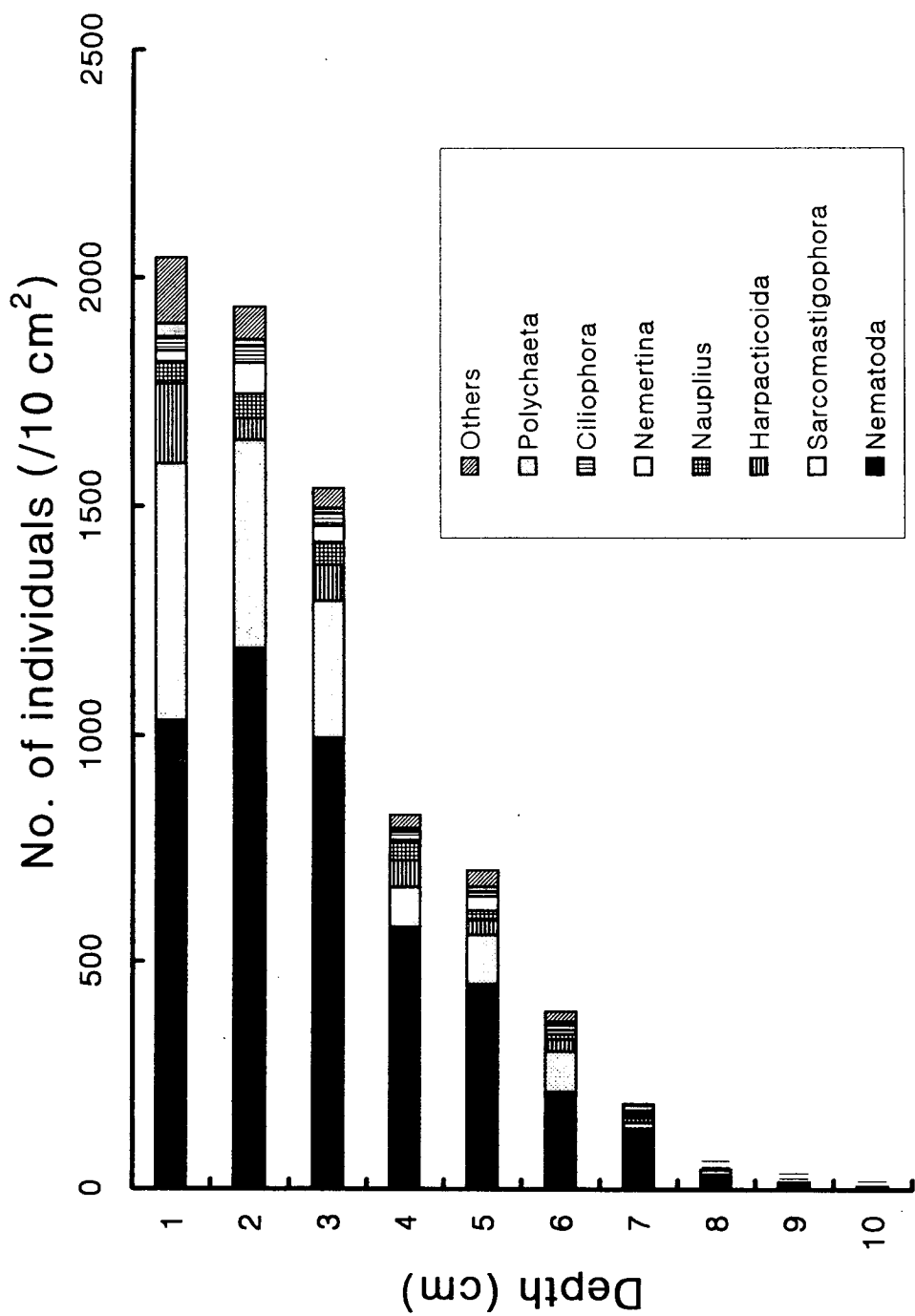


Fig.3-71. The vertical distribution of meiobenthos at St. A .

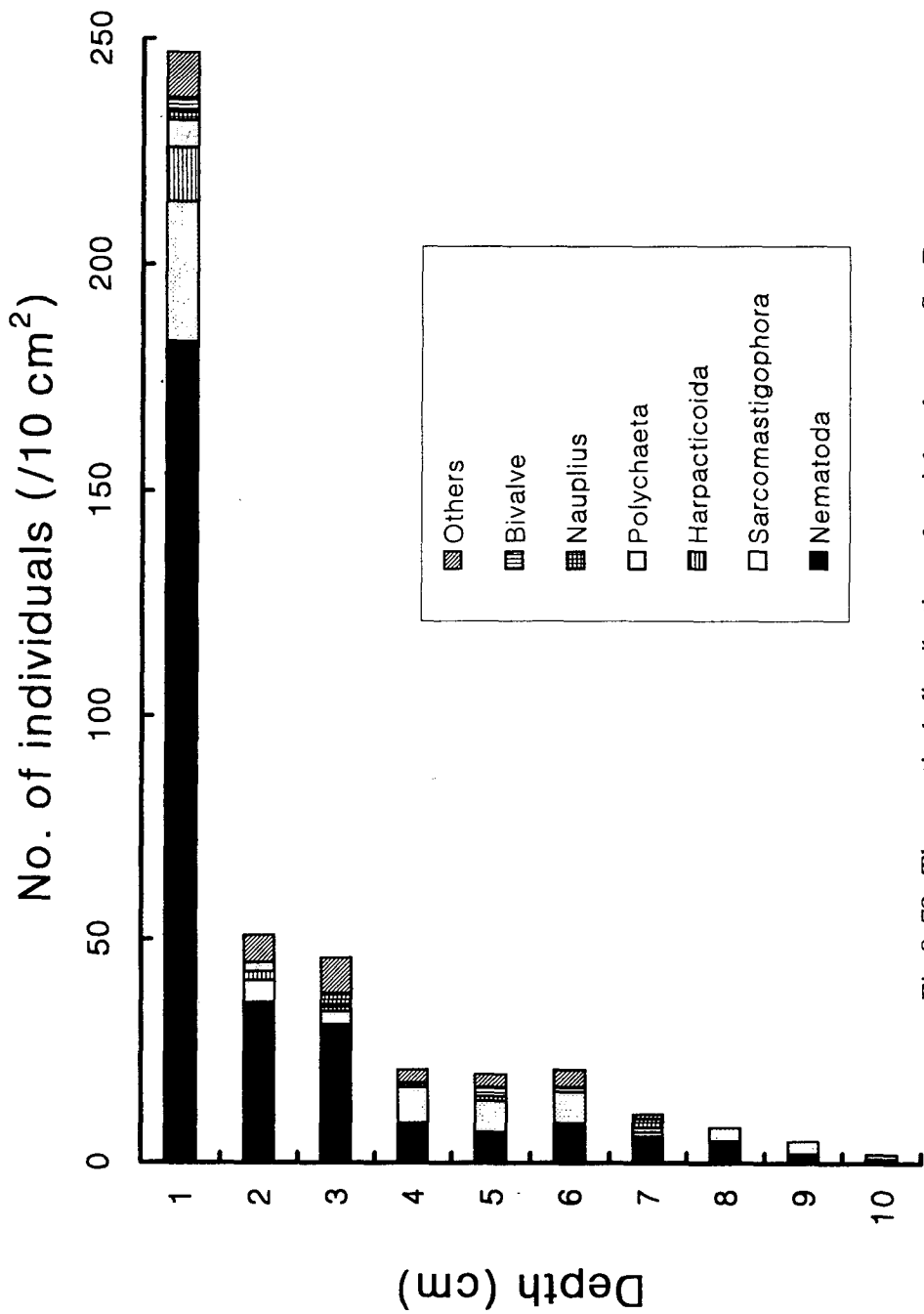


Fig.3-72. The vertical distribution of meiobenthos at St. B.

St. B보다 높게 나타났다 (Fig. 3-73).

장두도 가두리 양식 예정 해역(St.A)은, 표층 0~1cm에서 2,044 inds./10 cm², 1~2cm에서 1,936 inds./10cm², 2~3cm에서 1,540 inds./10cm²으로 퇴적물 표층에서 심부로 갈수록, 개체수가 서서히 감소함을 나타내고 있음에 비해, 초도 앞바다의 기존 가두리 양식장(St. B)의 경우는 표층 0~1cm에서 247 inds./10cm², 1~2cm에서 51 inds./10cm², 2~3cm에서 46 inds./10cm², 3~4cm에서 21 inds./10cm²로, 1~2cm층에서부터 개체수가 급격히 감소하여, 표층 이외의 전층에서 약 50개체 이하의 개체수를 보였다. 양 해역 모두 9~10cm층에서 St. A는 9 inds./10cm², St. B는 2 inds./10cm²로 거의 생물이 출현하지 않았다. 즉 표층 0cm~10cm에 전 개체수의 95%이상이 분포하고 있다 할 수 있겠다. 양 해역에서 가장 우점하고 있는 Nematoda의 경우 St. A에서는 표층 0~1cm의 1,034 inds./10cm²보다 오히려 1~2cm층에서 조금 많은 1034 inds./10cm²을 보였고, 2~3cm에서도 996 inds./10cm²를 나타냈다. 표층보다 조금 깊은 1~2cm에 보다 더 많은 개체수를 보인 것은, 그 해역이 해류의 흐름이 빠른 지역이거나 혹은 치자어등의 포식자로 인하여 표층으로부터의 회피 또는 생물상호간의 먹이관계등이 그 원인으로 생각해 볼 수 있겠지만, 이에 대한 보다 정확한 이유는 차후의 이에 관련된 조사가 요구 되어진다. 이에 비해 St. B의 Nematoda는 표층 0~1cm에서 183 inds./10cm², 1~2cm층에서는 36 inds./10cm², 2~3cm층에서는 31 inds./10cm², 3~4cm층에서는 9 inds./10cm²으로 표층 0~1cm에 비해 그 이하층에서 개체수가 급격히 떨어지는 현상을 보였다. 이는 이 지역이 약 7년간에 걸쳐 가두리 양식을 하여 왔던 지역으로 상층부로부터의 유기물질의 유입이 해져 퇴적물 환경을 변화시켜 산소등의 환경과 먹이 조건이 좋은 표층 0~1cm층을 선호하게 되어졌거나, 표층 이하의 층은 점점 부영양화 되어져 표층 0~1cm층에서만 서식할 수 있는 그룹만이 생존 가능하게 되었을 가능성등을 예상할 수 있겠다.

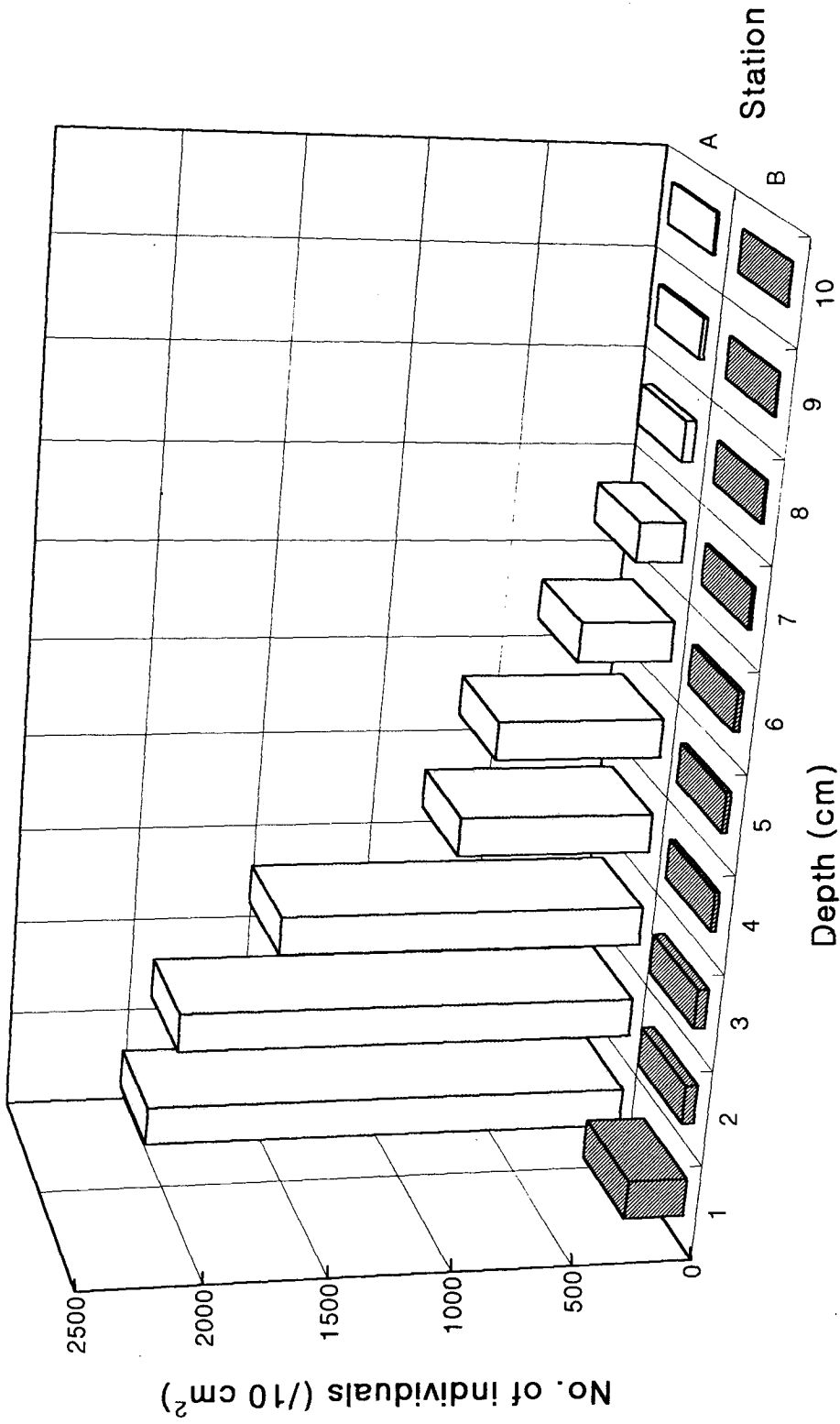


Fig.3-73. The number of individuals at both stations with sediment depth.

그 다음 우점종인 *Sarcomastigophora*도 이와 비슷한 현상을 보여 St. A에서는 표층 0~1cm에서 560 inds./10cm³, 1~2cm 층에서는 453 inds./10cm³, 2~3cm 층에서 298 inds./10cm³를 나타내 표층 0~3cm 층에서 밀집되어있는 현상을 보이지만, St. B에서는 표층 0~1cm에 31 inds./10cm³, 1~2cm 층에서는 5 inds./10cm³, 2~3cm 층에서는 3 inds./10cm³으로 표층 0~1cm 이하의 층에서 급격히 감소함을 보였다.

또한 이매패류인 경우 St. A에서 표층 0~1cm층에서 32 inds./10cm³, 1~2cm 층에서 32 inds./10cm³로 표층 0~1cm층에 밀집되어 있음을 보여 주었는데, 이는 이들 그룹이 중형저서생물의 크기 구분에 들어가는 시기는 유생 시기이기 때문에 그들의 정착 그리고 먹이조건을 생각한다면 표층 0~1cm 층에 높게 나타나는 것이 당연시 되어진다고 하겠다.

*Kinorhyncha*의 경우 St. A에서 표층 0~1cm층에서 31 inds./10cm³, 1~2cm층에서 12 inds./10cm³, 2~3cm층에서 0 inds./10cm³로 표층부에 밀집하고 있음을 보였는데, 이들 그룹은 중형저서생물 그룹 중 환경의 변화에 무엇보다 민감하며 깨끗한 해역을 선호하기 때문에 산소 조건 등이 좋은 표층부에 밀집하고 있다고 생각된다.

○ N/C ratio 및 N/K ratio

양 해역에서의 N/C, N/K ratio를 살펴보면 장두도의 가두리 설치 예정 해역(St. A)에서의 N/C ratio는 10.8, 초도의 기존 가두리 양식장(St. B)에서는 19.3으로 St. B가 St. A에 비해 약 2배의 값을 보였다. 또, N/K의 값은 St. A에서 105임에 비해, St. B에서는 무한대의 값, 즉 *Kinorhyncha*가 1개체도 서식하고 있지 않음을 보였다 (Table 3-61).

저서성 *Harpacticoida*는 빈산소 환경에 민감하고, 환경의 악화 특히 유기오염의 진행에 따라 개체수가 감소한다. 한편 선충류는 그룹자체로써, 환

Table 3-61. The Nematode/Harpacticoid and Nematode/Kinorhyncha ratios at both sites in Tongyung coastal area

	Chodo(St. A)	Changdudo(St. B)
Nematoda	4634	289
Harpacticoida	431	15
Kinorhyncha	44	0
<i>N/C</i> ratio	10.8	19.3
<i>N/K</i> ratio	105	∞

경의 변화에 대한 인성이 높을뿐 아니라 일부의 그룹은 빈산소 환경을 보다 더 좋아하는 서식 특성을 갖고 있다. 그렇기 때문에 양자의 비율 (Nematoda / Harpacticoida)은 환경 오염이 진행된 해역에서 높고 오염이 심한 장소에서는 저서성 Harpacticoida가 없어지기 때문에 무한대로 될 수 있다. 또한 Kinorhyncha는 저서성 Harpacticoida 보다도 더욱 환경의 악화에 민감한 동물이라고 알려져 있어, 이 양자를 병용하면 환경오염의 지표로써 유용하게 활용할 수 있다 하겠다. 이미 N/C비는 환경 오염의 하나의 지표로써 활용되어져 왔다(Raffaelli ; 1981, 1987 : Coull *et al.*, 1981 : 板岡 등, 1995).

앞에서 서술한 것과 같은 관점에서 볼때 St. A에 비해 St. B가 N/C ratio는 약 2배, N/K ratio는 St. B가 무한대의 값을 보였다. St. A는 해류의 흐름이 비교적 빠른 장소로서 가두리등이 인공적 요소가 피해를 주지 않는 지역으로 자연 상태의 그대로를 보여주고 있고, St. B는 약 7년간에 걸쳐 가두리 양식을 하였던 곳으로 먹이가 되는 사료의 공급과 양식어류에 의한 배설등의 원인으로부터 유기오염화가 상당히 진행되어진 지역일 것이라 쉽게 예상할 수 있다. 이를 뒷받침 할 수 있는 보충자료로서 같은 시기는 아니지만 1995년에 조사되어진 St. B와 그주변 15개 정점에서의 carbon 값을 비교 해보면 St. B가 다른 정점에 비해 약2배의 높은 값을 보여주고 있음에서도 판단할 수 있으리라 본다. 따라서 St. B의 경우가 St. A보다 N/C 비의 값이 약 2배로 높게 나타나고, Kinorhyncha가 1개체도 서식하고 있지 않는 현상이 일어났다고 생각된다.

제5절 주요 생물의 INVENTORY

일차적으로 선정된 INVENTORY 대상생물들은 모두 33종이었으며, 분류군별로 보면 절지동물이 9종, 척삭동물이 6종, 환형동물이 2종, 극피동물이 5종, 연체동물이 6종, 해조류의 갈조식물이 5종이었다. 척삭동물에는 피낭류(명게류)와 어류가 포함되었다. 이들은 조사해역에 서식하는 종으로 어류의 먹이생물인 동물플랑크톤의 요각류이거나 생태계 내의 주요 우점생물, 환경의 변화를 지시하는 환경지표종, 양식장의 시설물에 부착하여 피해를 입힐 수 있는 부착생물, 그리고 해양목장화사업에서 연구대상 자원생물로 지목해야 하는 생물들이었다 (Table 3-62; Appendix 3-2).

이들 생물들에 관한 생물학적 정보를 계속 수집하고 연구하여 이를 데이터베이스로 만들어 조사해역 생태계 관리에 중요한 자료로 활용할 것이다. 특히 차기 연구년도에서는 연구 대상생물 중 일부 자원생물의 생활사 연구와 종묘사육 방법을 개발하고, 또한 환경지표종인 생물들을 지속적으로 감시하고자 한다. 이는 목장화지역이 환경 악화로 인해 큰 피해가 발생하기 이전에 환경을 평가하고 예측할 수 있도록 하기 위해서이다. 이를 위해서는 주요 생물에 대한 보다 정확한 생물학적 정보를 획득하기 위한 연구가 수행되어야 한다.

Table 3-62. Flora and faunal list for inventory

Phylum	Species	Remarks
Arthropoda	<i>Acartis erythroea</i>	Prey for fishes
	<i>Temora discaudata</i>	"
	<i>Labidocera bipinnata</i>	"
	<i>Pontella securifer</i>	"
	<i>Diogenes edwardsi</i>	Dominant species
	<i>Crangon affinis</i>	"
	<i>Cancer gibbosulus</i>	"
	<i>Caridis bimaculata</i>	"
Chordata	<i>Pugettia incisa</i>	"
	<i>Styela clava</i>	Target species ¹
	<i>Halocynthia roretzi</i>	"
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	"
	<i>Sebastes schlegeli</i>	"
	<i>Sebastes inermis</i>	"
Annelida	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	"
	<i>Lumbrineris longifolia</i>	Indicator species
Echinodermata	<i>Capitella capitata</i>	Indicator species
	<i>Ophiopholis mirabilis</i>	Dominant species
	<i>Stegophiura sladeni</i>	"
	<i>Luidia quinaria</i>	"
	<i>Asterias amurensis</i>	"
Mollusca	<i>Asterina pectinifera</i>	"
	<i>Atrina pinnata japonica</i>	Target species ¹
	<i>Haliotis discus</i>	"
	<i>Fulvia mutica</i>	"
	<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	Fouling species
	<i>Octopus vulgaris</i>	Target species ¹
Phaeophyta	<i>Theora fragilis</i>	Indicator species
	<i>Sargassum horeri</i>	Target species ²
	<i>Myagropsis myagroides</i>	"
	<i>Sargassum micracanthum</i>	"
	<i>Undaria pinnatifida</i>	"
	<i>Ecklonia stolonifera</i>	"

Target species ¹ are for ocean ranching.

Target species ² are for underwater algae forest.

제6절 고찰 및 결론

통영의 미륵도와 곤리도 인근의 해양목장화 조사지역은 수심이 30 미터 이내로 완만하고 조류의 소통이 원활하여 해수유동의 변화가 매우 심한 지역이다. 조사지역이 주변의 다른 해역과 수로로 연결되어 있으면서 작은 섬들을 여럿 가지고 있기 때문이다. 조차가 큰 시기인 대조시에는 조류의 흐름이 더욱 빠르고 연안의 수심이 얇은 곳에서는 탁도가 매우 높아진다. 주변의 내만이나 흐름이 완만한 곳에는 어김없이 많은 양식장이 위치하고 있다. 또한 계절에 따라 수온의 변화가 연중 약 15℃에 이를 정도로 심한 편이다. 용존산소는 봄과 여름에 표층에서 과포화 상태에 이르며, 여름철 저층에서는 70% 수준이다. 이러한 물리적인 여건이 이 지역의 서식환경을 결정하며 저서생물상과 부유·유영생물상의 다양성 정도에 크게 영향을 미치게 된다.

수층의 부유 생태계 구조파악을 위해서는 동물플랑크톤을 중심으로한 먹이망 구조파악이 필요하다. 식물플랑크톤에 의한 일차생산은 생태계의 모든 종속영양생물의 생존을 직·간접적으로 유지시켜 주므로, 생태계의 수용능력을 결정하는 중요한 요소가 된다. 식물플랑크톤에 의한 광합성 산물은 상업적으로 유용한 수산자원생물에게 직접 이용되기도 하고 먹이망 구조에서 식물플랑크톤의 주된 섭식자이고 치자어의 주요 먹이생물인 동물플랑크톤을 거쳐 간접적으로 이용되기도 한다. 따라서 유용수산자원의 효율적 관리 및 생산량 증대를 위해서는 식물플랑크톤의 광합성에 의해 생성된 유기물질이 부유생태계내 먹이망을 통해 이들에게 어떻게 얼마나 전달되는가에 대한 이해가 필요하다. 이러한 에너지의 전달을 정량화하기 위해서는 우선 생태계의 각 구성원들 사이에 피식자-포식자 관계를 파악하고 그들 사이의 섭식률을 비롯한 호흡률, 배설률, 동화율 등을 측정하여야 한다.

해양목장의 효율적인 운영을 위해서는 각종 구조물을 이용한 어장을 조성하고, 어장환경을 관리하며, 증양식 기술을 개발하고 새로운 대상어종을 발굴하는 것도 중요하겠지만 어장주변 해양생태계의 수용능력을 평가하는 것도 중요하다. 차후 해양목장화사업을 수행함에 있어서 해양생물분야에서 중점을 두어야 할 분야는 일차생산자에서 유용수산자원에 이르기까지의 전체 먹이망구조를 파악하고, 피식자-포식자의 관계를 통해 전달되는 물질의 정량화 연구가 필요하다 하겠다. 또한 조사해역 부유생태계 먹이망을 단순화 시킨 Fig. 3-74에서 볼 수 있듯이 수산자원은 이와 같은 먹이망을 통하여 성장, 번식하므로 각 생물군 사이의 물질순환 및 에너지흐름에 대한 이해는 효율적인 수산자원의 어획 및 양식에 필수적인 것이다. 먹이망은 부유생태계내의 모든 종을 다 고려한다면 상당히 복잡해지고 모든 종간의 영양역학적 관계를 조사하는 것은 많은 노력과 시간을 투자해야 가능할 것이다. 따라서 각 영양단계의 대표적인 우점종을 대상으로 단순화시킨 먹이망을 통해 물질순환 및 에너지흐름에 대한 이해를 하는 것이 효과적일 것이다. 이번 조사에서는 식물플랑크톤과 초식성 요각류사이의 영양역학관계만을 조사하였으나, 궁극적으로는 위에 도시한 먹이망을 통해 각 구성원들 사이에 이동되는 물질의 양을 정량화하는 것이 필요할 것이다.

수층 생태계에서의 먹이망 구조를 파악하기 위한 또 다른 방법으로는 지방질 성분을 분석하는 방법이 있다. 수산자원 중 주된 지질 공급원은 어류 등이고 이들의 중요한 먹이원은 동물플랑크톤이다. 동물플랑크톤은 해양생태계에서 식물플랑크톤 및 원생동물을 포식하는 1차 소비자이며, 어류 및 치자어 등에 먹이를 공급하는 2차 생산자의 역할을 하는 중요한 구성군이다. 따라서 동물플랑크톤이 이들의 하위 영양단계인 식물플랑크톤 등의 섭식으로 부터 상위 영양단계인 어류 및 치자어로 전달되는 에너지 흐름의 경로를 동물플랑크톤의 지질 조성 연구를 통해 규명하는 것이 필요하다. 그

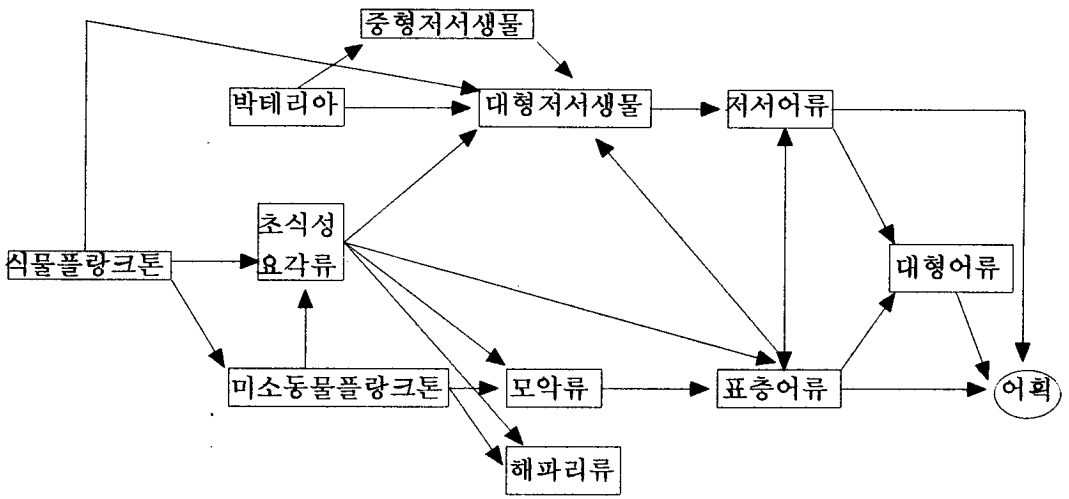


Fig.3-74. Possible food web for the fisheries of the study area.

러나 우리나라의 동물플랑크톤 연구는 지리적 분포 및 계절 변화에 따른 종 조성 및 출현량에 대한 연구와 환경요인에 의한 동물플랑크톤의 분포특성 규명이 주류를 이루었다. 그러므로 기존의 연구들을 토대로 먹이망에서의 이들의 역할과 서식환경에 따른 생리,생화학적 적응방법 및 역할을 규명하는데에는 많은 어려움이 있다. 즉, energy flow 의 측면에서 동물플랑크톤의 역할을 이해하기 위해서 종조성 및 출현량을 탄소량 등에 의한 단위로 적용시키는 것이 바람직하나 기존의 연구는 출현개체수, 습중량 및 건중량 등의 단위로 조사가 시행되어 이에 대한 적용이 매우 어려웠다. 따라서 동물플랑크톤 지질 조성의 연구를 통해 이들의 출현량을 탄소량으로 나타내 먹이망에서의 energy flow를 명확히 밝힐 수 있다.

통영주변 해역에 서식하는 어류는 치자어를 기준하여 많은 종이 출현하고 있으나, 계절에 따라 심한 변화를 보인다. 봄철에 외해로부터 연안으로 접근하는 자리돔과 같은 난류성 어류들이 겨울에 접어들면 남쪽으로 되돌아가기 때문이다. 이러한 특성은 어류상이나 난·치어 종류가 적지 않으나 관리가 용이하지 않는 원인이 된다. 따라서 불락이나 넙치등 정착성 어류나 저서성 어류가 관리의 편이성으로 해양목장화의 일차적인 대상어종이 된다.

조사지역의 연성저질 환경은 니질퇴적상과 자갈 또는 모래가 섞인 니질퇴적상 환경으로 크게 대별된다. 즉, 연명포 항 내와 연명포 입구 주변의 니질퇴적상 지역, 조도수도로부터 미륵도에 인접하면서 곤리도로 이어지는 지역의 모래, 자갈, 돌멩이 그리고 패각이 많이 포함되어있는 니질퇴적상 그리고 그 외곽에 놓여있는 니질이 93%가 넘고 분급도가 낮은 니질퇴적상이 그것이다. 이러한 퇴적상의 차이는 저서생물의 서식환경을 다양하게 하고 궁극적으로 종다양성을 높게 만든다. 패각이나 자갈의 비중이 높은 조사지점에서는 저층의 암반에 서식하는 생물들이 다수 발견되는 것도 경성기질을

선호하는 저서생물에게 기질을 제공하기 때문이다. 그러나 연안에 위치한 기존의 가두리 양식시설에 의해 저층 퇴적물내 유기탄소의 함량이 3~4%에 이르는 점을 볼 때 이 해역의 분포하는 퇴적물에는 유기물 축적이 매우 심하다는 것을 알 수 있었다.

조하대 연성저질의 저서동물군집을 조사한 결과, 다모류 *Lumbrineris longifolia*의 우점도가 연중 매우 높게 나타났다. 특히 이 종은 진해만 중에서도 양식장이 밀집된 지역에서 400~500개체/m²의 서식밀도를 보이는 종으로(임 등, 1992) 조사해역내 양식장의 존재유무와 종의 분포간에는 어느 정도 연관을 지니는 것으로 보인다. 겨울철과 봄철에는 *Mediomastus* sp. 와 *Capitella capitata* 가 우점종이었는데, 봄철에 *C. capitata* 는 한 정점에서 1,070개체/m²의 높은 서식밀도를 보였고, 갑각류의 *Ericthonius pugnax* 도 918개체/m²의 서식밀도를 보였다. 또한 *C. capitata* 는 유기물의 침적상태가 매우 높은 통영 연안역의 저도에 있는 가두리 양식장의 밑에서도 우점도가 매우 높게 나타났음을 주목해 볼 때, 오염지표종으로서 본 종에 대한 지속적인 감시가 필요할 것으로 판단된다. 여름철에 빈산소 수괴가 형성된 진해만의 양식장 환경에서 우점한 다모류의 *L. longifolia* 는 다른 저서동물이 없는 빈 공간을 차지하거나 환경내성이 강한 종인 것으로 생각되며, 한국 연안역의 내만역에서 환경교란이 있거나 유기물 유입이 많은 곳에서 우점한 종이었다(신과 고, 1990; 임, 1993; 임등, 1991; Hong *et al*, 1983; Lee and Paik, 1995). 따라서 통영 연안역에서 전 조사 기간에 걸쳐 *L. longifolia* 가 가장 우점한 종으로 출현한 것은 통영 연안역의 저서퇴적물 환경은 점차 유기물이 집적되고 있음을 시사하며, 앞으로 저서환경관리를 위한 생물학적 모니터링이 필요함을 보여주고 있다. 특히 미륵도와 인접한 곳에는 기존의 가두리 양식장이 위치하고 있어서 주된 유기물 유입원으로 작용하고 있어서 이에 대한 모니터링도 필요하다고 생각된다.

바위해안의 생물군집은 수심 5m까지는 해조류가 비교적 번무하는 편이나 그보다 깊은 수심에서는 탁도의 증가로 해조류의 서식을 어렵게 한다. 해조류의 서식여부가 일부 종의 먹이생물이나 피신처로서 필요한 해조장 또는 수중립 조성의 수심을 결정하게 되고, 적어도 수심 5m 전후에 인공어초를 설치해야 한다는 뜻이 된다. 그러나 정착성 어류의 은신처를 위해서 보다 깊은 수심에서 어초의 설치도 고려해야 할 것이다. 또한 조사기간 중 조하대의 deep zone에서 볼 수 있듯이 평균체장 50~60cm의 다년생 곰피(*E. stolonifera*)가 뚜렷한 patch 분포를 나타내어 매우 주목되었고, 이러한 양상은 이 지역 해조군집이 지역에 따라 저층 퇴적물의 재부유에 따른 물리적 교란작용에 큰 영향을 받지 않는다는 점을 강하게 시사하고 있다. 본 조사 지역 해조군집의 특징 중 하나는 외양도서의 해조군집에서 흔히 나타나는 대상구조(zonation)가 뚜렷하지 않다는 것이었다. 대부분의 조사지점에서는 해중립을 이루는 algal forest zone이 뚜렷하지 않았고, 통상적으로 수면으로부터 수심 3 m 사이에 형성되는 surf wrack zone이 수심 8 m까지 확장되어 있었다. 수심 8 m 이하에서는 생물량이 급속히 감소하는 deep zone으로 이어져 있었다. 이렇듯 이 해역에서 algal forest zone이 뚜렷하지 않았던 주된 원인 또한 해중립의 주요 구성원인 대형 갈조류의 계절적 소장에서 찾아볼 수 있다. 이점은 계절적으로 변화하는 군집의 동태는 외부의 물리적 교란에 의한 것이라기 보다는 군집을 구성하는 개체군들의 동태에 따라 변화하는 군집의 내재적 속성에 의한 것으로 목장화 사업을 목적으로 한 해중립 조성에 대단히 어려운 문제점으로 작용할 수 있다. 즉, 목장화를 위한 해중립의 기능은 목적하는 상위 food level의 무척추 동물 및 척추동물의 안정적인 서식공간을 제공하는 것이기 때문에 해중립이 종 고유의 내적인 속성에 의해 불안정으로 변화하는 것은 기능적인 측면에서 효율성이 매우 낮아지는 과정이라 볼 수 있다. 때문에 이 해역에서 효율적인 해중립 조성을 위해서

는 뚜렷한 계절적 소장을 나타내지 않는 종인 곰피(*E. stolonifera*)를 목적종으로 선정할 필요성이 있으며, 동시에 감태(*E. cava*)와 같은 남해안 다년생 종의 도입 또한 적극적으로 검토되어야 할 것이다. 다만 이들 종에 대해서는 개체군 생태학적 정보가 현재까지 충분히 축적되어 있지 않기 때문에 충분한 기초 연구가 필요할 것이며, 해중림 구성에 있어 단시간내 또는 일시적인 극대화를 위해서는 이 해역의 잠재 우점종인 팽생이모자반(*S. horneri*)이나 미역(*U. pinnatifida*)을 목적종으로 선정하는 것도 해중림 조성의 한 방법이 될 것으로 사료된다. 그리고 해중림의 관리라는 측면에서 조성된 해중림은 그 구조와 조성이 시간적으로 매우 다양하게 변화하여 기능면에서도 이질적인 특성을 보일 것으로 예측된다. 특히 시간적인 변화는 군집 구성원의 출생과 사망 등과 같은 개체군 동태는 물론 가입후 경쟁, 초식작용 등의 모든 생물학적 상호관계에 의해 지배되므로 어느 한 지역에 해중림을 건설하여 안정된 생물 생산량을 유지하기 위해서는 일차적으로 그 해역에 적합한 생물종을 선정하는 것도 중요하지만 해당 개체군의 유지라는 측면에서 개체군의 동태와 관리가 더욱 요망된다고 보아야 할 것이다.

가두리 양식장 주변의 환경변화와 저서생물의 관계를 볼 때, 지금까지 수행된 연구의 대부분은 이들의 대부분은 대형저서생물에 관한 것이었으나, 최근 해양환경을 평가함에 있어 중형저서생물의 유효성에 대한 관심이 점차 높아지고 있다(Sandulli and Nicola, 1990). 선충류와 유공충류에 이어서 숫적으로 많은 동물군은 저서성 요각류인 Harpacticoida류이다. 이 동물군은 개체수가 적당한 밀도로 존재하고, 다른 동물군에 비해 분류학적 연구가 진보되어 있어, 동정이 쉽다는 것으로부터 생태학적 연구가 무엇보다 잘 진행되어져 있다(Coull, 1988). 아주 거친 입자의 모래 저질 등 특수한 서식지에 있어서는 이 종류가 선충류보다 많고 무엇보다 우점하는 생물군이 되기도 한다(Kim, 1996). 요각류는 빈산소환경에 민감하고 환경의 악화 특히 유기

오염의 진행에 따라 개체수가 감소한다. 한편 선충류는 그룹 자체로써 환경의 변동에 인성이 높은 것 뿐 아니라, 일부의 그룹이 빈 산소 환경을 보다 더 좋아하는 서식 특성을 갖고 있다. 그렇기 때문에 양자의 비율(선충류/Harpacticoida류)은 환경오염이 진행된 해역에서 높고, 자연상태에 가까운 장소에서는 낮다(1에서 10정도). 한편 Kinorhyncha는 Harpacticoida 보다도 더욱 환경의 악화에 민감한 동물이라고 알려져 있다. 따라서 Nematoda/Kinorhyncha 비를 Nematoda/Harpacticoida 비와 병용할 수 있으리라 생각된다. 따라서 가두리 양식으로 인하여 해양저서생태계에 미치는 영향을 다소 분석한 결과, 장두도의 가두리 설치 예정 해역(St. A)에서의 N/C ratio는 10.8, 초도의 기존 가두리 양식장(St. B)에서는 19.3으로 St. B가 St. A에 비해 약 2배의 값을 보였다. 또, N/K의 값은 St. A에서 105임에 비해, St. B에서는 무한대의 값, 즉 Kinorhyncha가 1개체도 서식하고 있지 않음을 보였다. N/C ratio는 St. A에 비해 St. B가 약 2배, N/K ratio는 St. B가 무한대의 값을 보였다. 이 결과는 St. A는 해류의 흐름이 비교적 빠른 장소로써 가두리등이 인공적 요소가 피해를 주지 않는 지역으로 자연 상태의 그대로를 보여주고 있고, St. B는 약 7년간에 걸쳐 가두리 양식을 하였던 곳으로 먹이가 되는 사료의 공급과 양식어류에 의한 배설등의 원인으로 부터 유기오염화가 상당히 진행되어진 지역일 것이라 쉽게 예상할 수 있다. 따라서 중형동물의 관점에서 볼 때, 가두리 양식시설로 인한 저서환경에 다량의 유기물이 축적될 것으로 예상되므로 중형동물을 중심으로한 지속적인 모니터링을 통해 체계적인 처리방법의 강구가 절실히 요구된다.

가두리 밑 저서생물군집에서는 해성강(Asteroidea)의 별불가사리(*Asterina pectinifera*)와 아무르불가사리(*Asterias amurensis*)가 우점하고 있었다. 이들의 생물량은 11월 별불가사리가 64.8 g-dry/m², 아무르불가사리는 88.8 g-dry/m², 1월에는 별불가사리가 75.6 g-dry/m², 아무르불가사리가

27.1 g-dry/m²를 나타냈다. 이는 상당한 생물량을 나타낸 것으로 저서생물군집에서 매우 특이한 현상을 나타낸 것이다. 일반적으로 양식에 의한 인위적인 조성에서도 이렇게 높은 생물량을 나타내기에는 어려우며, 특히 이들이 모두 표서동물(epifauna)로서 표층에서 서식하기 때문에 피도로 환산할 경우 양식장 바닥의 대부분을 피복하고 있다고 말할 수 있다. 별불가사리의 경우 썩은 유기물이나 침전된 유기물들을 먹는 습성이 있어서 가두리 밑에서는 지속적인 먹이 공급을 받을 수 있는 천혜의 서식처라 할 수 있다. 하지만 아무르불가사리의 경우 활발한 포식자임에도 불구하고 높은 출현율을 보이는 것은 가두리에 부착된 진주담치가 여러 요인에 의해 떨어져 나가서 가라앉고 일부는 무리를 이루어 서식하기 때문에 역시 상당한 먹이를 이 지역에서 확보할 수 있게 된다. 이는 가두리에서 유입되는 상당량의 유기물을 흡수함으로써 저층의 부패를 방지하는 역할을 하기도 하지만 퇴적층의 대부분을 덮고 있기 때문에 다른 생물의 가입과 생존에 영향을 미치기도 한다. 저서생물군집의 구조적인 측면에서는 군집의 안정성을 낮추는 점도 있지만 양식사업이 인위적으로 생태계에 심각한 부하량을 주는 일이기 때문에 자연적인 정화에 있어 불가사리는 상당한 역할을 하고 있는 것으로 짐작할 수 있다. 관찰에 의한 것이지만 양식장에서 10m이상만 벗어나도 m²당 1개체의 불가사리도 관찰하기 어려울 정도로 매우 빈약한 출현량을 보이기도 한다. 이러한 점을 고려한다면 불가사리에 대한 역할과 이를 효율적으로 연구함으로써 인근 해역의 효과적 이용에 단서를 찾을 수 있을 것이라 생각된다. 아울러 유기물 오염 지시종으로 알려진 *C. capitata*의 유기물 정화능력을 조사하고, 이들의 잠재적 포식자인 불가사리와의 생태학적 역할관계를 규명함으로써 가두리 양식장의 가장 중요한 문제점인 자가오염현상을 효율적으로 해결할 수 있는 방법을 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

통영 주변 해역은 삼각형 형태로 남북으로 나누어지는데, 대장두도가 있

는 북쪽의 지역은 모래 또는 자갈이 섞인 니질지역으로 상대적으로 조립질인 퇴적물과 돌맹이 그리고 사각들이 포함되어 있다. 이와같은 환경은 미세한 서식환경을 많이 조성하고 있어서 다양한 생물상이 존재할 수 있는 여건을 제공한다. 북쪽지역이 니질퇴적상의 남쪽지역보다 종다양도가 높은 것도 이와같은 환경특성에 기인한다. 연명포 항과 입구 주변은 저질의 퇴적상과 관계없이 생물량이 매우 높는데, 그 이유는 연명포 항내와 입구 주변에 많은 양식장으로부터 유기물이 유출되어 불가사리류와 같은 대형 저서동물을 유인하였기 때문이다. 생물상과 우점종의 분포 등 여러가지 정황으로 볼때 이 일대의 저서환경은 부영양화에 의한 오염이 진행되고 있음을 나타내고 있다. 오염이 확산되기 전에 오염을 판정하고 관리할 수 있는 모니터링 체계를 갖추는 것이 전체 목장화 관리에 매우 중요하다. 이와 같은 해역은 소수 종(저서어류나 기타 저서생물)을 전 해역에 적용시키기에는 어려움이 있으나, 다양한 해양생물을 대상으로 실험을 할 수 있다 (Fig. 3-75).

이상의 결과를 볼 때, 통영 연안역의 북쪽지역에는 대장두도를 비롯한 도서가 많고 비교적 퇴적물이 조립하므로 암반 주변의 정착성 어류가 서식하기에 남쪽지역에 비해 상대적으로 유리한 조건을 갖추고 있다. 따라서 북쪽은 암반지역 정착성 어류를, 남쪽은 니질퇴적상에 서식한 저서성 어류를 대상으로 실험하는 것이 좋다. 또한 해양목장화 해역을 관리하고 어초를 투하하기 위해서는 전반적인 서식환경을 고려하는 것이 바람직하다. 따라서 해중립 조성을 위한 인공어초의 투하는 상대적으로 암반지역이 많고 저층이 조립질인 북쪽지역이 훨씬 유리한 것으로 판단된다. 또한 북쪽지역 일부로서 남쪽지역과의 접경지역과 곤리도의 북서쪽에서는 키조개가 서식하는 것이 확인되고 있어 이곳에서 저서성 목장화 대상생물로서 키조개 등 이매패류의 실험사육을 권장해 볼만 하다. 뿐만 아니라 조사해역 내의 바위해안에서는 전복과 문어를 대상으로 방류와 방류이후 성장과정을 추적하며 최적

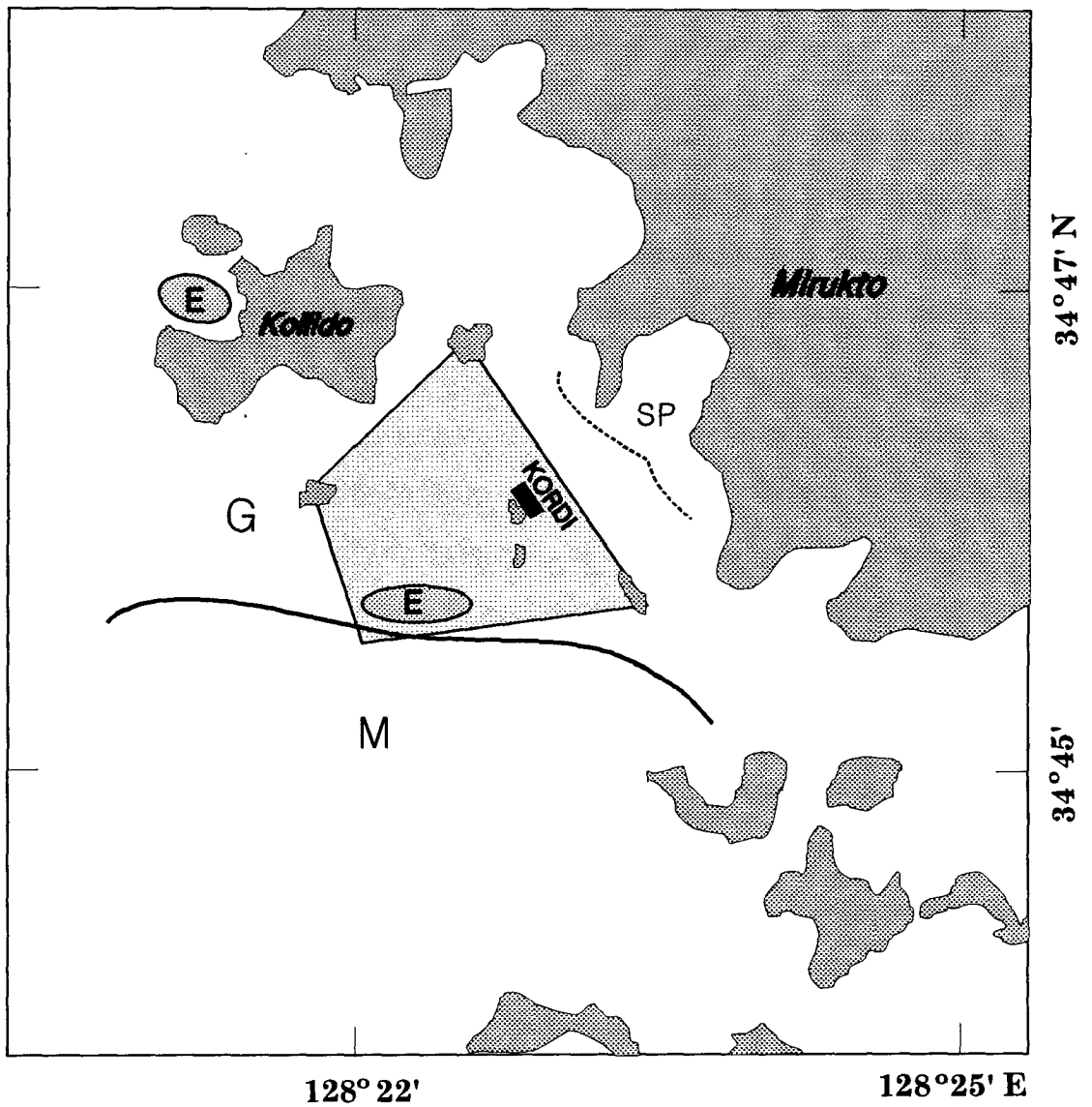


Fig.3-75. Expected area for Ocean Ranching(spat area) in the study area, Tongyung.

(E : possible area for experimental study, G : sandy or gravelly mud area, M : mud area, SP : might be semi-polluted area, KORDI : experimental cage of KORDI)

서식조건을 확인하여 차후 바위해안도 목장화의 중요한 한 부분으로 활용되기를 기대한다. 미륵도에 인접해 있는 북쪽지역이 여러가지 여건으로 볼 때 목장화 연구를 수행하기에 유리하기는 하지만 부영양화가 가속되는 것으로 여겨지는 연명포와 인접해 있어 목장화 연구를 추진하기 위해서는 수질과 해류의 지속적이고 정확한 실시간 관측과 관리가 필요하다.

참 고 문 헌

- 강래선, 제종길, 홍재상. 1992. 남해의 하계 해조군집. 1. 조건대. 한국수산학회지, 26(1): 49~62.
- 강찬수, 이기승, 김명운, 권개경, 김용학, 박성주, 이건형, 김상중, 1990. 경기만의 종속영양세균 군집의 분포 및 활성. 한국미생물학회지, 28: 324-330.
- 김동성, 1997. 북동 태평양 심해저 퇴적물에 서식하는 중형저서생물의 군집 조성. 한국해양학회지 (in press).
- 고남표. 1990. 거문도의 해산자원에 관한 생태학적 연구. 조류학회지, 5(1): 1~37.
- 김상진, 이건형, 1992. 남해 퇴적토에서 종속영양세균의 분포 및 세포의 효소활성. 미생물학회지, 30: 383-390.
- 김인배, 1933. 어류양식. 361pp. 신흥출판사, 부산.
- 김종만, 유재명, 명정구, 임주열, 1986. 한국연근해 어란 치자어도감. 해양연구소 보고서 BSPE 00060-98-3, 369pp.
- 문태석, 최혜승, 1994. 학림 어류양식장 환경조사. 수진사업보고, 114: 13-35.
- 신현출, 고철환, 1990. 광양만 다모류 군집의 시·공간적 변화. 한국해양학회지, 25: 205-216.
- 손철현, 이인규, 강제원. 1982. 남해안 돌산도의 해조 I. 부산수대연보, 14: 37~50.
- 손철현. 1987. 한국 해조류의 식물지리학적 특성과 군집의 정량적 분석. 전남대 박사학위논문, 111pp.
- 송상호, 최정신, 손철현. 1971. 여름철 오동도의 해조상. 여수수전 논문집, 4: 18~28.

- 유재명, 김성, 이은경, 이종수, 1992. 진해만의 부유성 어란과 치자어 분포. 해양연구, 14(2): 77-87.
- 유재명, 차성식, 1988. 광양만 부유성 난, 자치어의 출현량 변동. 해양연구, 10(1): 79-84.
- 유재명 등, 1995. 생물해양학 분야 pp.193-264 In (변상경 등) 한국해역 종합해양환경도 작성연구-동해남서부(1차년도)-. 한국해양연구소 보고서 BSPN00262-806-1.
- 윤성규, 홍재상, 1995. 해양생물학 -저서동물 중심- : 229-248.
- 이기완. 1974. 제주대학 임해연구소 부근의 해조분포 및 식생. 제주대학 논문집. 6: 269~284.
- 이건형, 1987. 금강하구 퇴적토에서의 중속영양세균의 분포에 미치는 환경요인과 계절적 우점속에 관하여. 미생물학회지, 25: 137-143.
- 이건형, 이다미, 김상중, 1991. 군산인근 해역에서 해양세균의 균체수와 biovolume. 미생물학회지, 29: 402-407.
- 이종문, 이원찬, 박상언, 1994. 가두리 양식장 환경조사. 수진사업보고, 115: 1-12.
- 이택열, 김용익, 진평, 강용주, 1981. 한국 연근해 어란·치자도감. 109pp. 부산수대 해양연구소
- 임현식, 최진우, 제종길, 이재학, 1992. 진해만 양식장 밀집해역의 저서동물 분포. 한국수산학회지, 25(2): 115-132.
- 임현식, 1993. 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 수산학박사 학위논문, 311pp.
- 임현식, 제종길, 최진우, 이재학, 1991. 여자만의 여름철 저서동물의 분포. 해양연구, 13: 31-46.
- 임현식 등, 1995. 제 2절 목장해역의 생태계. In (허형택 등) 해양목장화를

- 위한 기반연구, pp. 111-208, 한국해양연구소 보고서 BSPN00256-814-3.
- 정규진, 신석우, 1996. 여수연안 및 동중국해의 세균상. 1.일반세균, *Vibrio spp.*, 대장균군 균수에 따른 수평 분포. 한국수산학회지, 29 : 9-16.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 서울. 727pp. 일지사.
- 冲山宗雄, 1988. 日本産稚魚圖鑑. 1154pp. 東海大學出版會. 東京.
- 中坊徹次, 1993. 魚類檢索. 1474 pp. 東海大學出版會, 東京.
- 제종길 등, 1992. 생물해양학 분야. In (곽희상 등) 한국해양 종합해양자원도 작성연구-대한해협(1차년도)-, pp.105-140, 한국해양연구소 보고서 BSPN00159-463-3.
- 제종길 등, 1993. 생물해양학 분야. In (곽희상 등) 한국해양 종합해양자원도 작성연구 -대한해협(2차년도)-, pp.271-339, 한국해양연구소 보고서 BSPN00185-601-3.
- 제종길 등, 1994. 생물해양학 분야. In (곽희상 등) 한국해양 종합해양자원도 작성연구 -대한해협(3차년도)-, pp.305-308, 한국해양연구소 보고서 BSPN00227-733-3.
- 차성식, 박광재, 1994. 광양만 부유성 난 자치어의 분포. 한국어류학회지, 6(1): 60-70
- 차성식, 허성희, 1988. 낙동강 하구 부근의 부유성 난 자치어의 출현량 변동. 한국어업기술학회지, 24(4): 135-143.
- 최강국, 이건형, 1996. 서천 연안 퇴적토에서 종속영양세균의 분포와 세포의 효소활성과의 관계. 미생물과 산업, 22: 119-126.
- 한국해양연구소. 1991. 남해암반에 서식하는 저서생물상. BSPE 00187-357-3.
- 환경처. 1994. '93 자연생태계 지역정밀조사 보고서 -서귀포 문섬, 범섬,

숲섬 일대- 277pp.

- Anraku, M., 1964a. Influence of the Cape Cod Canal on the hydrography and on the copepods in Buzzards Bay and Cape Cod bay, Massachusetts. II. respiration and feeding. *Limnol. Oceanogr.*, 9:195-206.
- Anraku, M., 1964b. Some technical problems encountered in quantitative studies of grazing and predation by marine planktonic copepods. *J. Oceanogr. Soc. Japan.*, 20:221-231.
- Båmstedt, U., 1986. Chemical composition and energy content, In: The biological chemistry of marine copepods, PP1-20. Ed. by Corner, E.D.S., S.C.M. O'Hara, Oxford Univ. Press.
- Barcina, I, B. Ayo, M. Unanue, L. Egea and J. Iriberry., 1992. Comparison of rates of flagellate bacterioivory and bacterial production in a marine coastal system. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58 : 3850-3856.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- Chróst, R.J., 1990. 3. Microbial ectoenzymes in aquatic environments. In Overbeck, J. and R.J. Chróst(ed.) Aquatic microbial ecology, pp. 47-78. Springer-Verlag, New York.
- Coull, B. C., G. R. F. Hicks and J. B. J. Wells, 1981. Nematode/Copepod ratio for monitoring pollution: A rebuttal. *Mar. Poll. Bull.*, 12 : 378-381.
- Coull, B. C., 1988. "Ecology of the Marine Meiofauna", in "Introduction to the study of Meiofauna". 18-38pp. ed. by Higgins and Thiel, Smithsonian Institution Press, Washington D. C.

- Cushing, D. H., 1958. The effect of grazing in reducing the primary production: A review. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 153 : 152-164.
- Fuhrman, J. A. and F. Azam., 1982. Thymidine incorporation as measure of bacterioplankton production in marine surface waters. *Mar. Biol.*, 66 : 109-120.
- Gerlach, S. A., 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities, *Oecologia*, 6 : 176-190.
- Gocke, K., 1977. Heterotrophic activity. pp 198-222. In G. Rheinheimer (ed.). Microbial ecology of a brackish water environment, Springer-Verlag, Berlin.
- Gophen, F. and R. P. Harris, 1981. Visual predation by a marine cyclopoid copepod, *Corycaeus anglicus*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 61: 391-399.
- Hong, J. S. and J. H. Lee, 1983. Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18: 169-179.
- Hopkins, C.C.E., J.R. Sargent, E.M. Nilssen, 1993. Total lipid content, and lipid and fatty acid composition of the deep-water prawn *Pandalus borealis* from Balsfjord, northern Norway: growth and feeding relationships. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 96 : 217-228.
- Hoppe, H. G., 1993. Use of fluorogenic model substrates for extracellular enzyme activity measurement of bacteria. pp. 423-431. In Kemp P. F., B. F. Sherr, E. B. Sherr and J. J. Cole(ed.) handbook of methods in aquatic microbial ecology. Lewis Publishers, Boca

Raton, Florida.

- Hoppe, H. G., H. Ducklow and B. Karrasch., 1993. Evidence for dependency of bacterial growth on enzymatic hydrolysis of particulate organic matter in the mesopelagic ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 93 : 277-283.
- Kattner, G., H. J. Hirche and M. Krause, 1989. Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from Fram Strait, the Arctic. *Mar. Biol.*, 102 : 473-480
- Kim, D. S. and Y. Shirayama., 1996. Seasonal fluctuation of meiobenthos inhabiting subtidal coarse sand in Otsuchi Bay, with special reference to free-living nematodes. *Benthos Res.*, 51(1): 9-20.
- Kogure, K., R. Koike., 1987. Particle count determination of bacterial biomass in seawater. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53 : 274-277.
- Lancelot, C. and G. Billen., 1984. Activity of heterotrophic bacteria and its coupling to primary production during the spring phytoplankton bloom in the southern bight of North Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 29 : 721-730.
- Lee, G.-H., S.-J. Kim, W.-H. Lee and D.-M. Lee., 1990. Seasonal distribution and characteristics of heterotrophic marine bacteria in the intertidal zone near Kunsan of Yellow Sea, Korea. *Kor. J. Microbiol.*, 28 : 331-336.
- Lee, R.F. and J. Hirota, 1973. Wax esters in tropical zooplankton and nekton and the geographical distribution of wax esters in marine copepods. *Limnol. Oceanogr.*, 18 : 227-239.
- Lee, R. F., 1974. Lipid composition of the copepod *Calanus hyperboreas*

- from the Arctic Ocean. Changes with depth and season. *Mar. Biol.*, 26 : 313-318.
- Lee, R. F., J. C. Nevenzel, G.-A. Paffenhöfer, and A. A. Benson, 1970. The metabolism of wax esters and other lipids by the marine copepod, *Calanus helgolandicus*. *J. Lipid Research*, 11: 237-240.
- Lewis, J. R. 1964. The ecology of rocky shores. 323pp. Hodder and Stoughton, London.
- Littler, M. M. and K.E. Arnold. 1982. Primary productivity of marine macroalgal functional-form groups from southwestern North America. *J. Phycology*. 18, 307~311.
- Lonsdale, D. J., D. R. Heinle and C. Siegfried, 1979. Carnivorous feeding behavior of the adult calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 36 : 235-248.
- Lee, S. and J. A. Fuhrman., 1987. Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53 : 1298-1309. von
- Lee, S. -W. and E.-I. Paik, 1995. Density composition and feeding guild of the dominant polychaetous community in shallow muddy bottom in Tomioka Bay, Amakusa, Japan. *J. Korean Fish. Soc.*, 28(6): 793-804.
- Looij, A. and B. Riemann., 1993. Measurements of bacterial production in coastal marine environments using leucine: application of kinetic approach to correct for isotope dilution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 102 : 97-104.
- Mare, M. F., 1942. A study of a marine benthic community with special

- reference to the microorganisms, *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom*, 25 : 517-554.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino., 1984. The fishes of the Japanese archipelago. 437pp. & 370pl. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- McIntyre, A. D., 1969. Ecology of marine meiobenthos, *Biol. Rev.*, 44 : 245-290.
- Morris, R.J., 1971. Variations in the fatty acid composition of oceanic euphausiids. *Deep-Sea Research*, 18 : 525-529.
- Moser, H. G., W. S. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall, Jr., and S. L. Richardson., 1984. Ontogeny and systematics of fishes. The American Society of Ichthyologists and Herpetologists., 760pp.
- Nakabo, T., 1993. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. 1474pp. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Nybakken, J.W., 1982. Marine biology an ecological approach. 446pp. Harper and Row Publ.,
- Ohman, M. D., 1996. Freezing and storage of copepod samples for the analysis of lipids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 130: 295-298.
- Okiyama, M., 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. 1154pp., Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Paffenhofer, G.-A., 1976. Feeding, growth, and food conversion efficiency of the marine planktonic copepod *Calanus helgolandicus*. *Limnol. Oceanogr.*, 21 : 39-50.
- Parsons, T.R., M. Takahashi and B. Hargrave, 1984. Biological

- oceanographic processes, 3rd ed. Pergamon press, 4p.
- Price, J. H., D. E. G. Irvine and W. F. Farnham. 1980. The shore environment, Vol. 1; Methods. Academic Press. 1-131.
- Raffaelli, D. and C. F. Mason., 1981. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. *Mar. Pollut. Bull.*, 12 : 158-163.
- Rajendran, N., E. Fujiyoshi, and O. Matsuda, 1991. Fatty acids and fatty alcohols of zooplankton from coastal upwelling area of Hyuga Nada, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(12) : 2277-2284.
- Raymont, J.E.G., 1983. Plankton and productivity in the oceans, 2nd ed. Vol.2-zooplankton, Pergamon press, 1-51.
- Reise, K. and P. Ax., 1979. A meiofaunal "thiobios" limite to the anaerobic system of marine sand does not exist. *Mar. Biol.*, 54 : 225-237.
- Richman, S. and J. N. Rogers, 1969. The feeding of *Calanus helgolandicus* on synchronously growing populations of the marine diatom *Ditylum brightwelli*. *Limnol. Oceanogr.*, 14 :701-709.
- Roman, M. R. and P. A. Rublee, 1981. Containment effects in copepod grazing experiments: A plea to end the black box approach. *Limnol. Oceanogr.*, 25 : 982-990.
- Runge, J. A., 1980. Effects of hunger and season on the feeding behavior of *Calanus pacificus*. *Limnol. Oceanogr.*, 25 : 134-145.
- Russell, F. S., 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. 534pp. Academic Press, London.
- Sargent, J. R. and S. Falk-Petersen, 1981. Ecological investigations on

- the zooplankton community in Balsfjorden, Northern Norway: lipids and fatty acids in *Meganctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschi* and *T. inermis* mid-winter. *Mar. Biol.*, 62 : 131-137.
- Sargent, J. R. and R. J. Henderson, 1986. Lipids. In: The biological chemistry of marine copepods, pp 59, Ed. by E.D.S. Corner and S.C.M. O'Hara. pp 59. Oxford Univ. Press.
- Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. 125pp. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Sherr, F.B., E.B. Sherr and C. Pedrós-Alió., 1989. Simultaneous measurement of bacterioplankton production and protozoan bacterivory in estuarine water. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 54 : 209-219.
- Shirayama, Y., 1982. Ecology of deep-sea meiobenthos in the sediment profile. 85pp. D. Sc. Thesis, University of Tokyo, Tokyo.
- Shirayama, Y., 1983. Size structure of deep-sea meio- and macrobenthos in the western Pacific. *Int. Revue ges. Hydrobiologia*, 68 : 799-810.
- Shirayama, Y., 1984a. The abundance of deep-sea meiobenthos in the western Pacific in relation to environmental factors. *Oceanological Acta*, 7 : 113-121.
- Shirayama, Y., 1984b. Vertical distribution of meiobenthos in the sediment profile in bathyal, abyssal and hadal deep-sea systems of the western Pacific. *Oceanological Acta*, 7 :123-129.
- Stepheson, T. A. and A. Stepheon. 1972. Life between tidemarks on Rocky Shores. Fremann & Co., Sanfrancisco.
- Strickland, J. D. H., 1960. Measuring the production of marine plankton. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 122: 1-172.

- Thiel, H., 1975. The size structure of the deep-sea benthos, *Int. Revue ges. Hydrobiologia*, 60 : 575-606.
- Thiel, H., 1979. Structural aspects of the deep-sea benthos. *Ambio Spec. Rep.*, 6 : 25-31.
- Thomas, M. I. H. 1985. Littoral community structure and zonation on the rocky shores of Bermuda. *Bull. of Marine Science*, 37(3): 570-578
- Thorson, G. 1957. Bottom community(sublittoral and shallow shelf). *Geol. Soc. Am. Mem. Treat. Marine Ecol. Palaeoecol.*, I *Marine Ecology*, 67: 461-537.
- UNESCO. 1979. Zooplankton sampling. UNESCO press, 3rd Ed., Paris, 1-174
- Uno, S. and S. Ueno, 1981. Diurnal periodicity of the marine diatom *Chaetoceros debilis* in turbidometric continuous culture. II. Chlorophyll *a*, carbon and adenosine triphosphate in the cell. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 28 : 103-109.
- Virtue, P., R. E. Johannes, P. D. Nichols and J. W. Young, 1995. Biochemical composition of *Nyctiphanes australis* and its possible use as an aquaculture feed source: lipids, pigments and fluoride content. *Marine Biology*, 122 : 121-128.
- Watras, C. J., V. C. Garcon, R. J. Olson, S. W. Chisholm and D. M. Anderson, 1985. The effect of zooplankton grazing on estuarine blooms of the toxic dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*. *J. Plankton Res.*, 7(6) : 891-908.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida, and K. Honjo, 1986. Fishes of the

East China Sea and Yellow Sea. *Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*
501pp.

Yingst, J. Y., 1978. Patterns of micro-and meiofaunal abundance in the marine sediments, measured with the adenosine triphosphate assay. *Mar. Biol.*, 47 : 41-54.

Zimmermann. R., 1977. Estimation of bacterial number and biomass by epifluorescence microscopy and scanning electron microscopy pp. 103~120. In G. Rheinheimer(ed.) *Microbial ecology of a brackish water environment.* Springer-Verlag, Berlin.

제 4 장 어장조성기술

제1절 후보지 선정을 위한 현장관측

1.1. 앵강만 현장관측

앵강만의 입구와 만내의 한 곳에서 유속과 유향을 측정하였다. 측정점의 위치는 Fig. 4-1과 같고 같다. 측정시각은 1995년 5월 30일(음 5.1)이고 기간은 한 조석주기를 대상으로 하였다. 한 조석주기간 측정한 유속중에서 최대유속은 밀물과 썰물시 각각 다음과 같다. 참고로 밀물은 만입구에서 만내로, 썰물은 그 반대로 작용한다.

- 만입구에서 썰물시 최대유속과 유향

상층 : 30.5cm/s , 196°

중층 : 31.6cm/s , 265°

하층 : 13.6cm/s , 238°

- 만내에서 썰물시 최대유속과 유향

상층 : 28.1cm/s , 207°

중층 : 17.1cm/s , 208°

하층 : 171.cm/s , 229°

- 만입구에서 밀물시 최대유속과 유향

상층 : 25.5cm/s , 207°

중층 : 26.3cm/s , 222°

하층 : 24.9cm/s , 211°

- 만내에서 밀물시 최대유속과 유향

상층 : 29.0cm/s , 168°

중층 : 30.5cm/s , 174°

하층 : 33.4cm/s , 165°

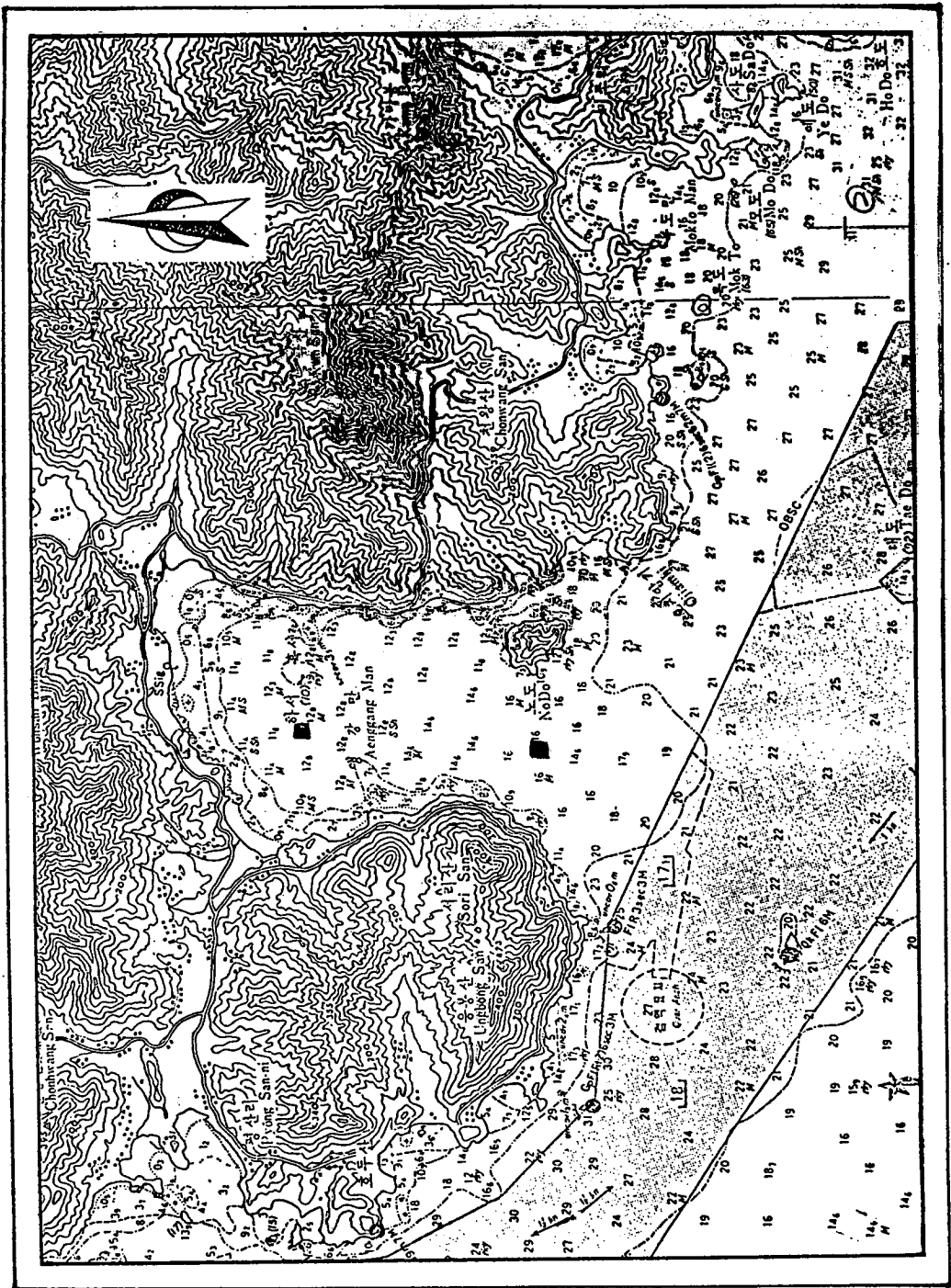


Fig.4-1. Field measurement in Aenggang Bay.

1.2. 총무 현장관측

현장의 가두리 입주예정지인 대장두도와 축도사이에서 유속계와 측심기를 이용하여 유속과 수심을 측정하였다. 측정점의 위치는 Fig. 4-2와 같다. 수심측정은 해도에 표시되어 있는 수심의 정확성 여부를 확인하기 위한 것이었는데 그대로 이용하여도 무방한 것으로 판명되었으나 수심자료간의 거리가 300-500m 정도이기 때문에 보다 자세한 수심자료를 필요로 할 경우에는 정밀 수심측량이 필요하다.

1995년 7월 19일(음 6.22) 한 조석주기에 걸쳐서 유속을 측정한 결과 최대유속과 유향은 밀물과 썰물시 각각 다음과 같다. 참고로 밀물은 북서쪽으로, 썰물은 남동쪽으로 향하는 흐름이다.

- 밀물시 최대유속과 유향
 - 상층 : 28.7cm/s , 350°
 - 중층 : 9.5cm/s , 335°
 - 하층 : 7.6cm/s , 200°
- 썰물시 최대유속과 유향
 - 상층 : 28.9cm/s , 125°
 - 중층 : 21.9cm/s , 135°
 - 하층 : 11.9cm/s , 100°

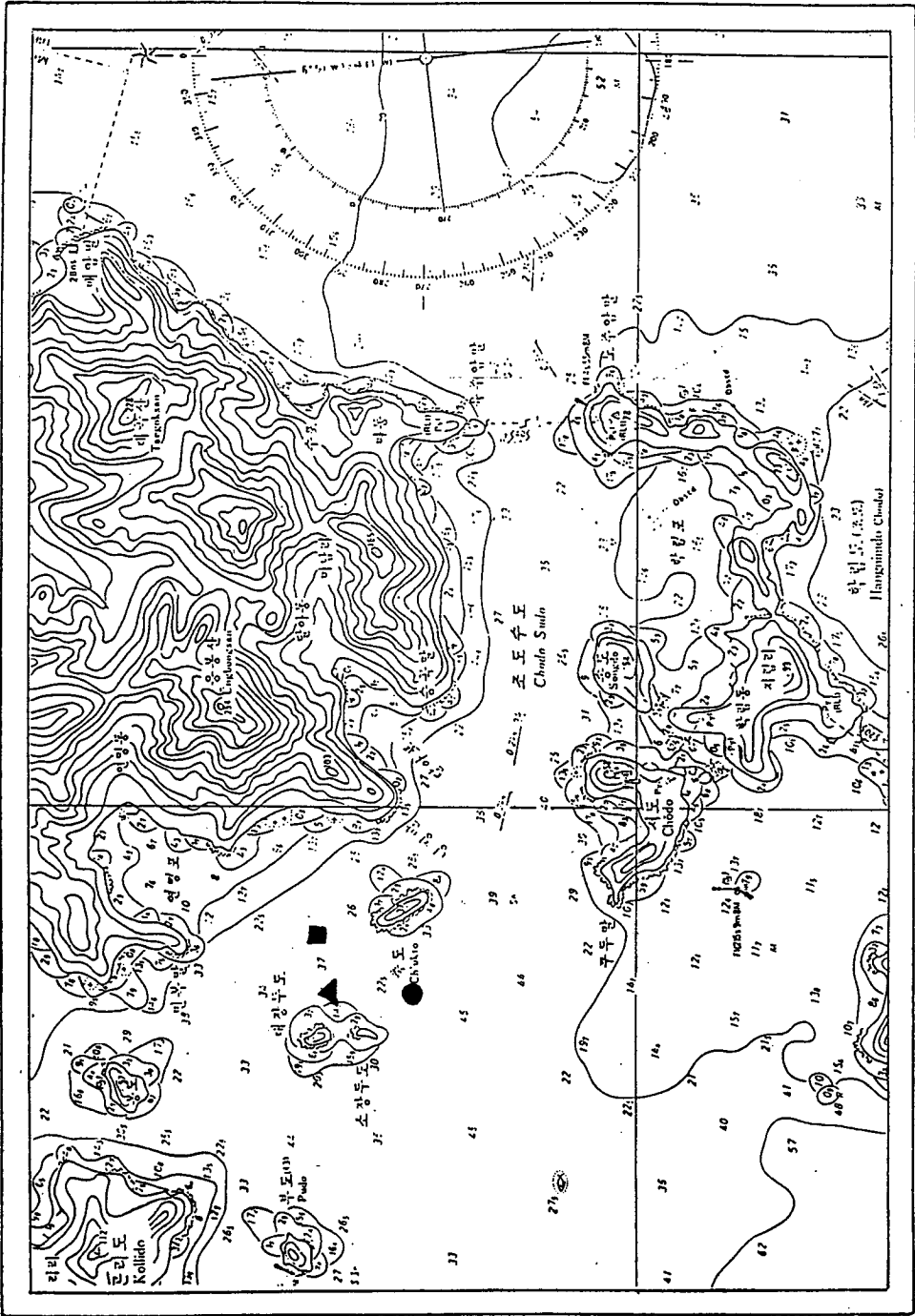


Fig.4-2. Field measurement in Tongyung coastal area.

1.3. 차후의 현장관측

금년도의 유속관측은 앵강만과 충무해역에서의 대략적인 유속패턴을 보기 위하여 유속계를 하루동안 계류하여 측정하였는데 해양목장 후보지가 확정되면 최소한 15일 이상의 장기계류를 통하여 해당해역의 장기간의 유속변화특성을 파악할 필요가 있다. 이를 위하여 현재 장기 유속관측장비인 RCM7을 확보하였는데 이를 통하여 유속자료의 안정적 확보가 가능하다. 이 장비는 유속이외에도 유향, 수온, 염분을 측정할 수 있기 때문에 유속자료와 함께 해당지역의 어류 및 정착성 어종의 행동을 연구할 때 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

현재 충무해역의 해도에는 수심이 300-500m 간격으로 표시되어 있어 해양목장사업의 성공을 위해서는 해저의 복잡정도에 따라 다르겠지만 대상해역의 좀 더 세밀한 精度의 수심자료가 확보되어야 할 것으로 사료되어 정밀 수심측량이 요구된다.

제2절 浮遊式 防波堤

2.1. 서론

浮遊式 防波堤는 既存 着底式 방파제를 설치하기 어려운 大水深 海역이나 軟弱지반에 경제적으로 설치가 가능한 구조물로 港內 水質惡化를 저감할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나, 긴 주기 파랑의 遮斷에 脆弱한 면을 지니고 있어 대규모 항만의 외곽 방파제로는 사용이 어렵고, 비교적 파랑조건이 溫和한 海역이나, 소규모의 漁場 및 양식시설 등에 適用이 가능하다.

부유식 방파제에 대한 연구는 영국, 미국, 캐나다, 일본 등에서 주로 수행되고 있으며, 특히 일본에서 집중적으로 연구, 시공되고 있다. Ofuya(1968), Carver(1979) 등이 상자형 Pontoon에 대하여 수리모형실험을 수행하였다. Davison(1971)은 Catamaran형 부소파제에 대하여 연구하였으며, Sethness과 Moore(1973)는 파랑간섭형 방파제를 개발하여 수리모형실험을 실시하였다. 이외에도 많은 연구가 수행되었으며 한국해양연구소(1989)의 보고서에 상세히 기술되어 있다. 이중 Pontoon식이 현재까지 설계 및 시공된 부유식 방파제중 가장 일반적인 형태로 볼 수 있는데 특히 단면이 구형인 Pontoon은 부유식 방파제의 개념적인 수리특성을 파악하는데 있어 중요한 역할을 차지하고 있다.

본 연구사업에서는 浮遊式 방파제중 가장 일반적인 형태인 箱子形 Pontoon을 대상으로 비교적 긴 주기의 파랑을 遮斷할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 차단방안으로써 浮體 底面 兩端에 鉛直板을 부착하여 이에 대한 水理模型實驗과 수치해석을 수행하여 단순 상자형 부유식 방파제보다 파랑의 차단효과가 우수한지를 점검하였다.

2.2. 水理模型實驗

2.2.1. 단일 상자형 부유식 방파제

부유식 방파제의 가장 큰 문제점은 주기가 긴 파랑에 대한 파랑차단 정도가 미미하다는 것이다. 따라서, 부유식 방파제의 장점을 살리면서 기존의 착저식 방파제와 같은 정도의 파랑 차단효과를 얻는 것은 거의 불가능하지만 부유식 방파제의 형태를 적절히 선택함으로써 어느 정도는 개선할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 Fig. 4-3에 보인 바와 같이 부유식 방파제의 저면 양단에 연직방향으로 두께가 얇은 판을 부착하는 방안을 구상하였다. 이와 같이 부유식 방파제의 저면에 판을 부착하는 목적은 鉛直方向 浮體運動에 대한 附加質量을 증가시키고 부체의 연직운동에 대한 共振週期를 장주기 쪽으로 이동시켜 좀 더 긴 주기의 파랑에 유리하게 하고자 하는 것이다. 또한, 吃水를 증가시킨 효과와 판주위에서의 와류 등에 의한 에너지 감소효과도 아울러 기대하였다.

2.2.2. 모형의 제작

실험에 사용한 부유식 방파제의 모형은 Fig. 4-4에 보인 바와 같이 현수 계류선에 의해 지지되는 폭 50cm, 길이 98cm, 높이 20cm의 상자형 Pontoon으로 철판으로 제작하였다. 계류시스템은 총길이 4.0m, 수중중량 410gf/m인 체인을 사용하여 모형의 전후에 1개씩 설치하여 구성하였다. Pontoon 내부에는 연직봉이 설치되어 있어 철판 또는 추로써 모형의 무게중심, 質量慣性 모멘트 등을 조정할 수 있도록 설계되어 있다(Fig. 4-5 참조). 실험 부체의 중량은 49kgf로 吃水(d_j) 10cm로 정하였으며, 무게중심의 위치는

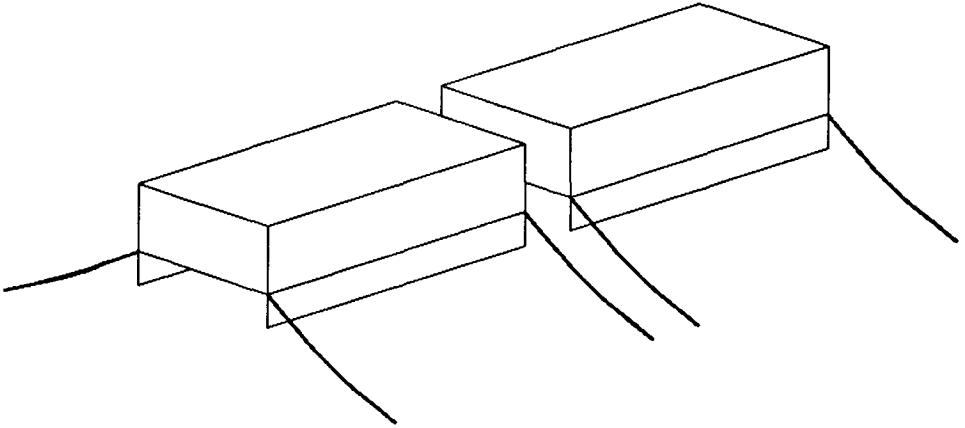


Fig.4-3. Sketch of pontoon type floating breakwaters for protecting relatively long period waves with vertical plates

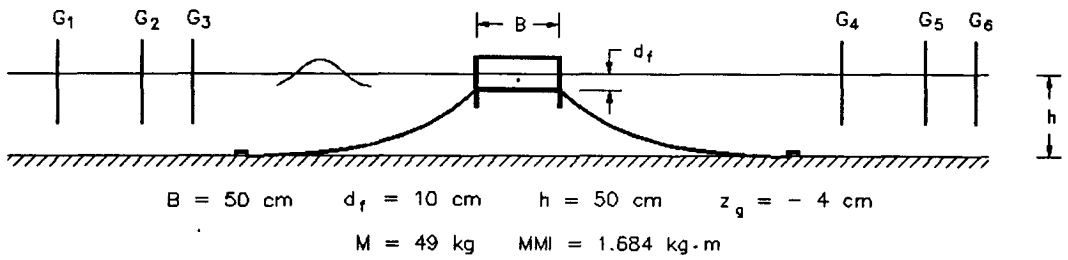


Fig.4-4. Floating breakwater model and wave gauges

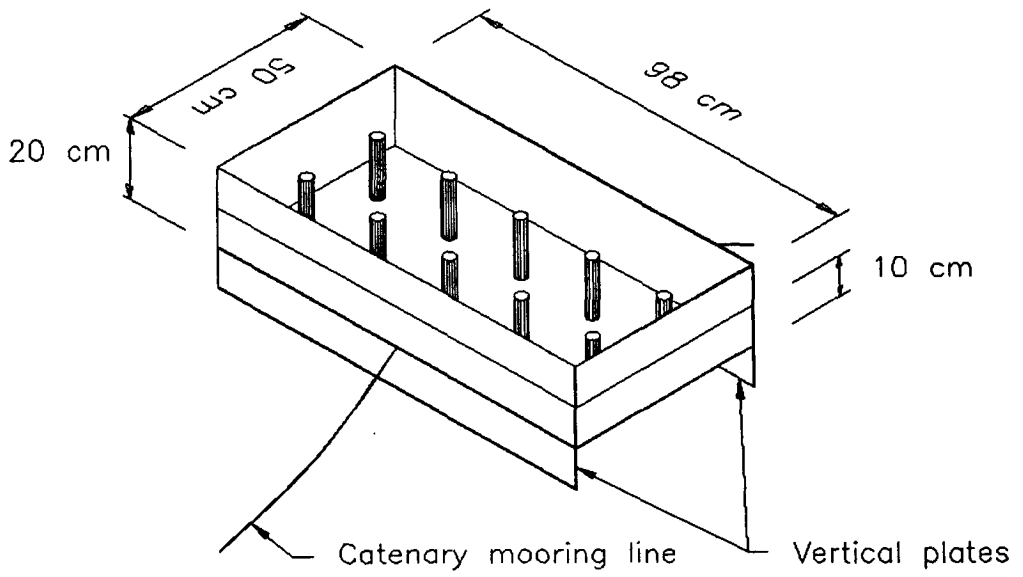


Fig.4-5. Internal view of the floating breakwater

수면하 4cm로 설정하였다. 질량관성 모멘트(MMI: Mass Moment of Inertia)는 1.684kg · m이다. 부체의 전후 양측면 하단에는 볼트가 설치되어 있어 높이가 다른 연직판을 교체하며 실험이 가능하도록 제작되어 있다.

2.2.3. 實驗條件 및 計測機器

수리실험은 규척파를 대상으로 수심 50cm에서 수행하였다. 실험에 사용한 파랑조건은 입사파장이 부체폭에 비하여 2배에서 10배 까지 되는 9개조건으로 Table 4-1에 보인 바와 같다.

사용된 계측기기는 부체의 전후에 각각 3개씩 설치된 저항식 파고계인데 부체에 반사된 전면의 반사파와 부체를 통과한 후면의 투과파를 측정하기 위하여 설치되었다. 파고를 측정하기 위해서는 통상 한 개의 파고계면 가능하나 반사파가 섞여 있을 경우에는 순수한 입사파에서 이들을 분리해야 하므로 2개 이상의 파고계가 필요하다.

Table 4-1. Experimental wave conditions for single pontoon type breakwater

주기, T(sec)	0.8	0.85	0.9	0.97	1.06	1.18	1.37	1.7	2.4
파고, H(cm)	3.0	4.0	4.0	5.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0
B / L	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1

2.3. 數值模型實驗

浮遊式 防波堤의 전달특성을 數值的으로 精密解析하기 위해 사용한 수치모델은 有限要素法에 기초하여 개발된 것으로 放射境界條件을 無限要素로 처리한 모델이다. 이 수치모델은 본 방파제 모형과 같이 부체의 底面에 두께가 얇은 鉛直板이 부착된 경우에도 適用이 可能하다는 장점이 있다(韓國海洋研究所, 1991; 박우선 等, 1991). 본 모델에 사용된 지배방정식과 경계조건, 해석결과로부터 얻어질 수 있는 부체에 작용하는 파압 및 전파력, 부가질량 및 파랑감쇠력, 부체의 운동방정식 등을 정리하면 다음과 같다.

2.3.1. 支配方程式 및 境界條件

Fig. 4-6과 같이 파고가 $2\zeta_a$ 이고 진동수가 ω 인 규칙파가 수심 h 에 위치한 부유식 방파제에 입사하는 경우, 파동장은 다음과 같이 2차원 Laplace 방정식을 만족하는 속도포텐셜 Φ 로 나타낼 수 있다.

$$\nabla^2 \Phi(x, z, t) = 0 \quad (3.3.1)$$

여기서, $\nabla^2(\cdot) = \partial^2(\cdot)/\partial x^2 + \partial^2(\cdot)/\partial z^2$ 이다. 파동장의 각 경계면, 즉, 정수면(S_j) 및 파동장의 바닥면(S_a), 물체의 표면(S_b)에서의 경계조건은 아래와 같이 나타내진다.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\omega^2}{g} \Phi \quad \text{on } S_j \quad (3.3.2)$$

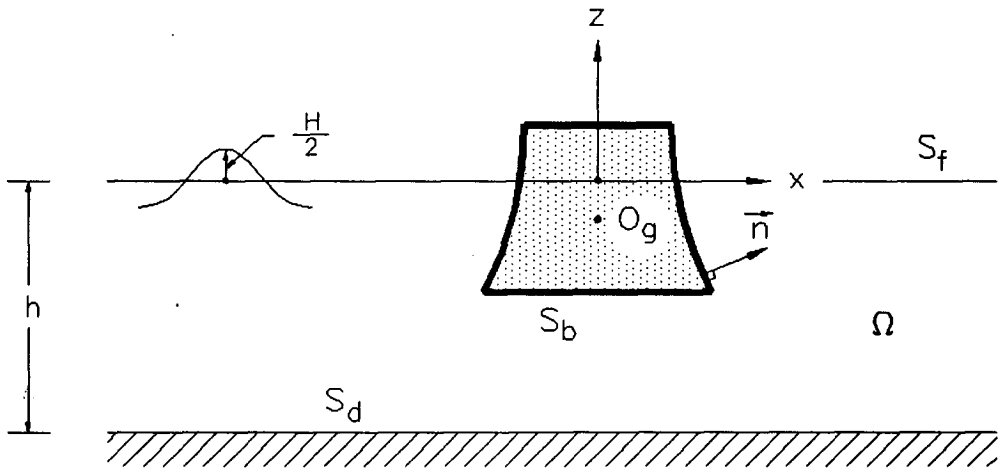


Fig.4-6. Definition sketch for a boundary value problem

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0 \quad \text{on } S_a \quad (3.3.3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = V_n \quad \text{on } S_b \quad (3.3.4)$$

여기서, $\partial(\cdot)/\partial n$ 은 물체표면에서 파동장으로 향하는 法線방향의 미분을 의미하며, g 는 중력가속도를 나타낸다. V_n 은 물체표면에서 波動場으로 향하는 수입자의 法線速度를 의미한다.

구조물의 운동은 Fig. 4-7에 정의된 바와 같이 좌우운동(sway), 상하운동(heave) 및 橫動搖(roll) 등 세방향의 調和運動으로 나타낼 수 있다. 각 방향의 운동을 下添字 1, 2, 3으로 표시하였을 때, V_n 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_n = \operatorname{Re} \left[\sum_{j=1}^3 -i \omega n_j \xi_j e^{-i\omega t} \right] \quad (3.3.5)$$

여기서, $\operatorname{Re}(\cdot)$ 는 괄호안 값의 실수부를 의미하며, ξ_j 는 j -방향 운동의 複素數 振幅을 나타낸다. n_j 는 물체표면에서 파동장으로 향하는 법선벡터의 각 방향 성분에 관련된 값으로 다음과 같이 정의된다.

$$n_1 = n_x \quad (3.3.6a)$$

$$n_2 = n_z \quad (3.3.6b)$$

$$n_3 = -(z - z_g) n_x + (x - x_g) n_z \quad (3.3.6c)$$

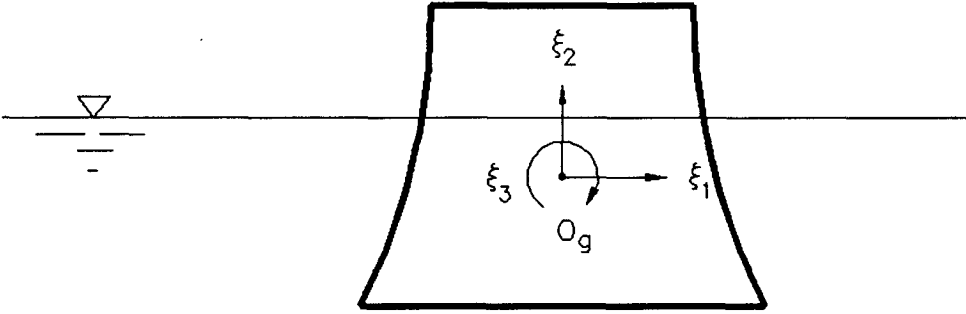


Fig.4-7. Definition of body motion

여기서, n_x, n_z 는 물체표면에 수직한 법선벡터의 x 및 z 방향의 성분을 나타내며, (x_g, z_g) 는 물체의 운동중심(O_g)의 좌표이다.

속도포텐셜, ϕ 는 아래와 같이 각 성분파별 파랑포텐셜의 합으로 나타낼 수 있다.

$$\phi = \text{Re} \left[\left(\phi_0 + \phi_4 + \sum_{j=1}^3 \phi_j \xi_j \right) e^{-i\omega t} \right] \quad (3.3.7)$$

여기서, ϕ_0 는 入射波에 의한 성분, ϕ_4 는 回折波에 의한 성분, ϕ_j 는 j -방향운동에 관련된 放射波에 의한 성분을 나타낸다. 이 중, 회절파 및 방사파에 의한 포텐셜은 무한경계면(S_r)에서 다음의 방사경계조건을 만족하여야 한다(Sommerfeld, 1949).

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left[\frac{\partial \phi_j}{\partial r} - ik_0 \phi_j \right] = 0 \quad \text{for } j = 1, 2, 3, 4 \quad (3.3.8)$$

여기서, $r = |x|$, $i = \sqrt{-1}$ 이며, k_0 는 입사파의 파수로 다음의 分散方程式으로 부터 계산된다.

$$k_0 \tanh(k_0 d) = \frac{\omega^2}{g} \quad (3.3.9)$$

선형회절이론에 의하면 식(3.3.1) ~ (3.3.4) 및 (3.3.8)로 주어진 경계치문제는 ϕ_0 와 ϕ_4 가 관련된 회절문제와 ϕ_j ($j = 1, 2, 3$)가 관련된 방사문제로 분리하여 해석할 수 있다. 따라서, 식(3.3.5)와 (3.3.7)을 식(3.3.4)에 대입한 후, 회절문제와 방사문제로 분리하면 물체표면에서의 경계조건은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{\partial \phi_j}{\partial n} = \begin{cases} -i\omega n_j & \text{for } j = 1, 2, 3 \\ -\frac{\partial \phi_0}{\partial x} n_x - \frac{\partial \phi_0}{\partial z} n_z & \text{for } j = 4 \end{cases} \quad (3.3.10)$$

여기서, ϕ_0 는 입사파의 포텐셜로 다음과 같이 나타내진다.

$$\phi_0 = -i \frac{g \zeta_a}{\omega} \frac{\cosh[k_0(z+d)]}{\cosh(k_0 d)} e^{ik_0 x} \quad (3.3.11)$$

2.3.2. 動壓力 및 全波力

물체표면 및 유체장 임의의 위치에서의 동압력, $p(x, z, t)$ 는 선형화된 Bernoulli 방정식으로 부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$p(x, z, t) = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

$$= \operatorname{Re} \left[i\omega\rho \left(\phi_0 + \phi_4 + \sum_{j=1}^3 \phi_j \xi_j \right) e^{-i\omega t} \right] \quad (3.3.12)$$

구조물에 작용하는 전파력은 물체표면에서의 압력을 적분함으로써 구할 수 있다. 수평, 수직 및 운동중심에 대한 회전방향의 전파력은 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} F_j &= - \int_{S_b} p(x, z, t) n_j dS_b \\ &= \operatorname{Re} \left[\left(F_j^e + \sum_{k=1}^3 F_{jk}^r \right) e^{-i\omega t} \right] \quad \text{for } j = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (3.3.13)$$

여기서, F_j^e 는 $\phi_0 + \phi_4$ 에 관련된 파랑기진력이며, F_{jk}^r 은 방사포텐셜, ϕ_k 에 관계된 힘으로 부가질량계수, μ_{jk} 와 파랑감쇠계수, λ_{jk} 로 나타낼 수 있다.

$$F_j^e = -i\omega\rho \int_{S_b} (\phi_0 + \phi_4) n_j dS_b \quad (3.3.14)$$

$$F_{jk}^e = -i\omega\rho \int_{S_b} \phi_k n_j dS_b = -\omega^2 \mu_{jk} - i\omega \lambda_{jk} \quad (3.3.15)$$

여기서, μ_{jk} 와 λ_{jk} 는 아래와 같이 나타내지며,

$$\mu_{jk} = -\frac{1}{\omega^2} \operatorname{Re}(F_{jk}^r) \quad (3.3.16a)$$

$$\lambda_{jk} = -\frac{1}{\omega} \operatorname{Im}(F_{jk}^r) \quad (3.3.16b)$$

$\operatorname{Im}(\cdot)$ 은 각각 괄호안 값의 허수부를 의미한다.

2.3.3. 運動方程式

본 연구사업에서 다루는 부유식 방파제는 懸垂 繫留方式에 의해 지지되는 구조물로 거동에 따라 복원력이 변하는 비선형성을 지니고 있다. 구조물의 운동에 주안점을 두고 정밀해석을 할 경우에는 이러한 비선형성을 고려할 수 있는 시간영역해법을 사용하여야 한다. 그러나, 본 연구에서와 같이 부유식 방파제의 투과특성을 파악하는데 주안점을 두는 경우에는 이러한 時間領域解法을 사용하는 것은 비경제적이다. 따라서, 본 연구사업에서는 계류선의 비선형 復原力을 초기평형상태의 剛性으로 선형화하여 주파수영역에서 수행하였다.

周波數 領域에서의 부유식 방파제의 운동방정식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\sum_{k=1}^3 [-\omega^2(m_{jk} + \mu_{jk}) - i\omega(b_{jk} + \lambda_{jk}) + (c_{jk}^b + c_{jk}^m)] \xi_k = F_j^e \quad (3.3.17)$$

여기서, m_{jk} , b_{jk} 는 각각 구조물 자체의 질량 및 감쇠계수를 나타내며,

c_{jk}^b, c_{jk}^m 는 각각 정수압 및 선형화된 현수 계류선에 의한 剛性係數를 나타낸다.

μ_{jk}, λ_{jk} 는 식(3.3.16)의 부가질량 및 波浪減衰係數를 나타내며, F_j^e 는 식(3.3.14)의 波浪起振力 係數이다.

2.3.4. 전달율

부유식 방파제의 전달율은 散亂波의 영향이 없는 위치에서의 포텐셜로부터 다음의 관계식을 이용하여 구할 수 있다.

$$K_T = \frac{\omega}{g} \frac{|\phi_0 + \phi_4 + \sum_{j=1}^3 \phi_j \xi_j|_{x=\infty, z=0}}{\zeta_a} \quad (3.3.18)$$

이론적으로 전달율의 산정은 위 식에 나타낸 바와 같이 $x = \infty$ 에서 하여야 하나 산란파의 영향은 물체로부터 어느정도 떨어지면 거의 사라지게 된다. 따라서, 본 연구에서는 내부 有限要素領域과 외부 無限要素領域의 경계부근에서 산정하였다.

2.4. 수치 및 수리실험의 結果分析

부유식 방파제의 수리특성을 파악하기 위하여 단일 상자형 부유식 방파제와 이의 底面 兩端에 연직방향으로 판을 부착한 경우에 대해서 수치 및 수리모형실험을 실시하였다.

2.4.1. 연직판이 없는 경우

단면이 직사각형인 Pontoon에 대한 수치 및 수리모형실험으로 부터 얻어진 전달율을 Fig. 4-8에 서로 비교하여 나타내었다. 여기서 횡축 B/L 은 파장에 대한 방파제의 폭의 비를 나타내는 무차원 변수이다. 비교결과를 살펴보면 두 결과가 서로 비교적 잘 일치함을 알 수 있다. 전반적으로 전달율이 실험치에 비하여 계산치가 크게 예측된 것은 수치모델에서 고려되지 않는 유체의 점성, 계류시스템을 통한 에너지 손실 등에 기인된 것으로 판단된다.

傳達率을 살펴보면 부유식 방파제의 설계시 고려해야 할 중요한 현상을 볼 수 있다. 즉, 파랑차단효과가 우수한 특정 파랑조건대가 존재(본 구조물의 경우는 B/L 이 0.4 부근)한다는 것이다. 이와 같은 현상은 부유체의 동적 특성과 밀접한 관계를 가지고 일어나는 것으로 수치모델의 결과를 근거하여 살펴보면 아주 명확하다. 수치모델에서 전달파는 식 (3.3.7)과 같이 1) 고정된 부유식 방파제에 입사파랑이 투과되어 발생된 파, 2) 부체의 左右運動(sway)에 의해 발생된 파, 3) 上下運動(heave)에 의한 파, 4) 종방향 回轉運動(roll)에 의한 파 등 4가지 파랑성분의 선형중첩으로 나타내지며, 각 성분파랑의 위상은 서로 다르게 나타난다.

Fig. 4-9에 제시한 성분파별 전달율과 Fig. 4-10의 위상차를 살펴보면 전달율이 최소가 되는 파랑조건에서는 이 4가지 파랑성분들의 위상이 이들을 서로 상쇄시키는 방향으로 작용됨을 알 수 있다. 즉, B/L 이 0.4일 때의 성분파별 位相差를 살펴보면, 전달율이 가장 큰 상하운동(heave)의 경우(전달율(K_{T2}) 0.71, 위상차 -12°)를 기준으로 했을 때, 고정된 부유식 방파제에 입사파랑이 투과되어 발생된 파의 경우(전달율(K_{T4}) 0.25, 위상차 137°), 좌우운동(sway)에 의해 발생된 파의 경우(전달율(K_{T1}) 0.33, 위상차

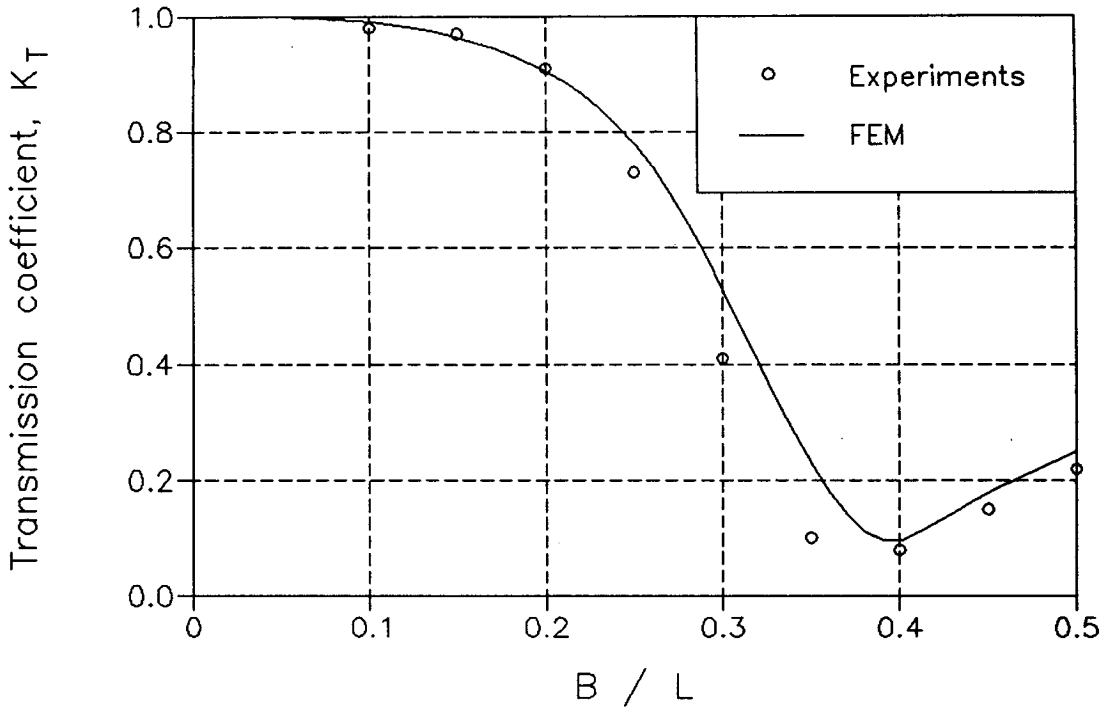


Fig.4-8. Transmission coefficients of the conventional pontoon type floating breakwater

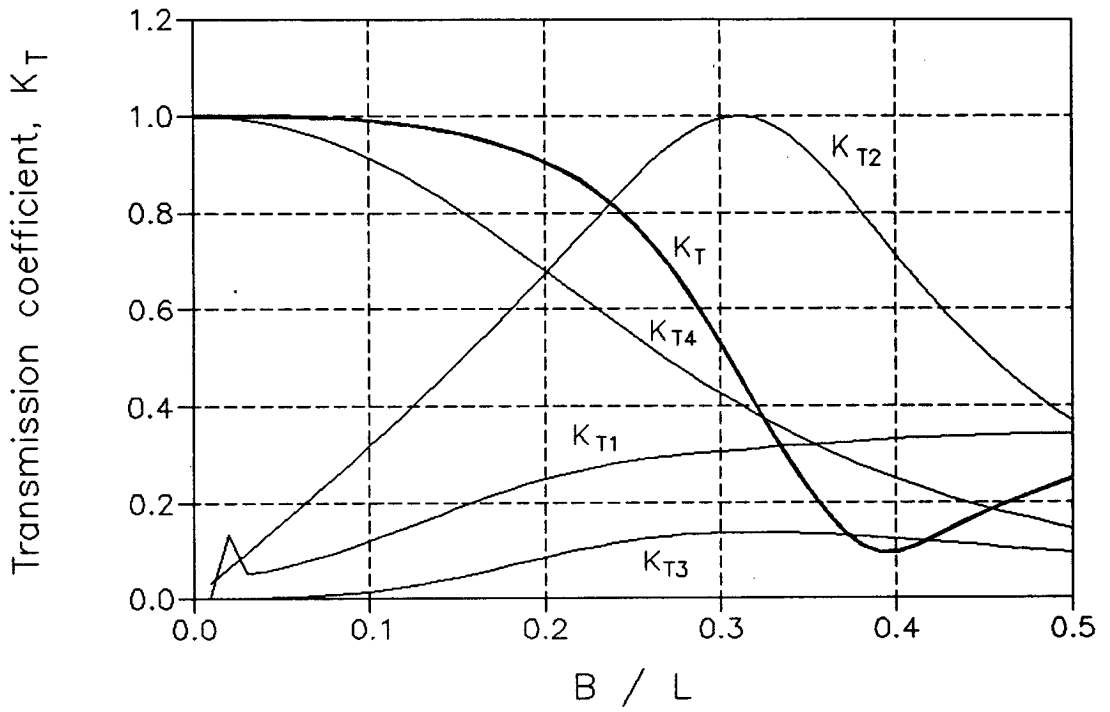


Fig.4-9. Transmission coefficients for individual wave components of the conventional pontoon type floating breakwater

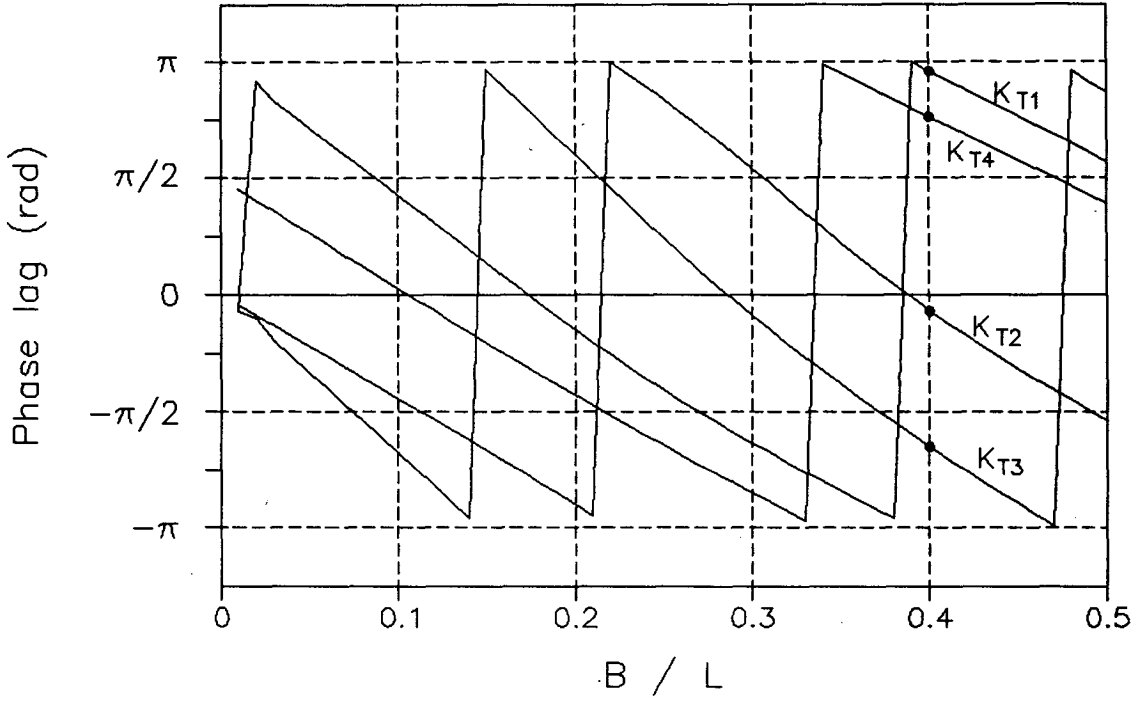


Fig.4-10. Phase lags for individual wave components of the conventional pontoon type floating breakwater

173°), 종방향 회전운동(roll)에 의한 파의 경우(전달율(K_{T3})은 0.12, 위상차 -117°)의 상하운동에 의한 전달율에 대해 각각 149°, 185°, 105°의 위상차를 보여 상쇄되는 방향으로 작용됨을 알 수 있다.

또 한가지 중요한 사실은 전달율이 최소가 되는 주기대는 상하운동의 공진주기 부근(이 보다 약간 짧은 주기쪽)이라는 것이다. B/L 이 0.4가 되는 파랑조건에 대한 수리모형실험시에도 상하운동이 증폭되어 발생됨을 관찰한 바 있다. 이와 같은 사실은 부유식 방파제의 설계시 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 설치대상해역의 파랑에너지가 밀집되어 있는 주기대에 상하운동의 共振週期가 위치하도록 부유식 방파제를 설계하면 보다 우수한 방파성능을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

2.4.2. 鉛直板을 부착한 경우

부유식 방파제의 底面 兩端에 연직방향으로 얇은 판을 부착한 경우에 대한 전달율을 Fig. 4-11 ~ 4-12에 나타내었다. 수리실험치와 계산치가 비교적 서로 잘 일치함을 볼 수 있으며, 연직판을 부착함으로써 파랑차단효과가 우수한 파랑조건대가 보다 긴 주기쪽으로 이동함을 볼 수 있다.

Fig. 4-8과 같이 판을 부착하지 않은 경우는 B/L 이 0.4부근에서 최소가 되지만, 흘수의 0.5배 길이의 연직판을 부착한 경우는 0.33부근에서 최소가 되며, 판의 길이가 흘수의 1.0배인 경우는 0.27부근에서 최소가 된다. 반면, 짧은 주기쪽의 파랑조건에 대해서는 수치 및 수리모형실험 결과 모두 전달율이 증가되는 것으로 예측하고 있음을 볼 수 있다.

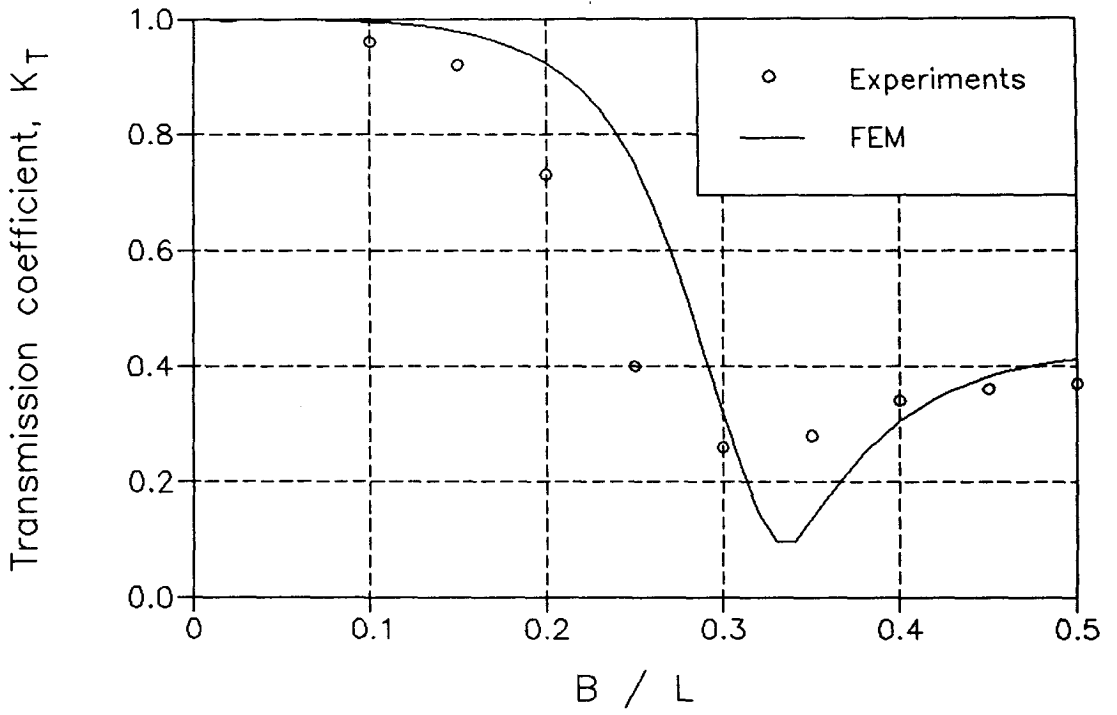


Fig.4-11. Transmission coefficients of the pontoon type floating breakwater with $0.5 d$ long vertical plates

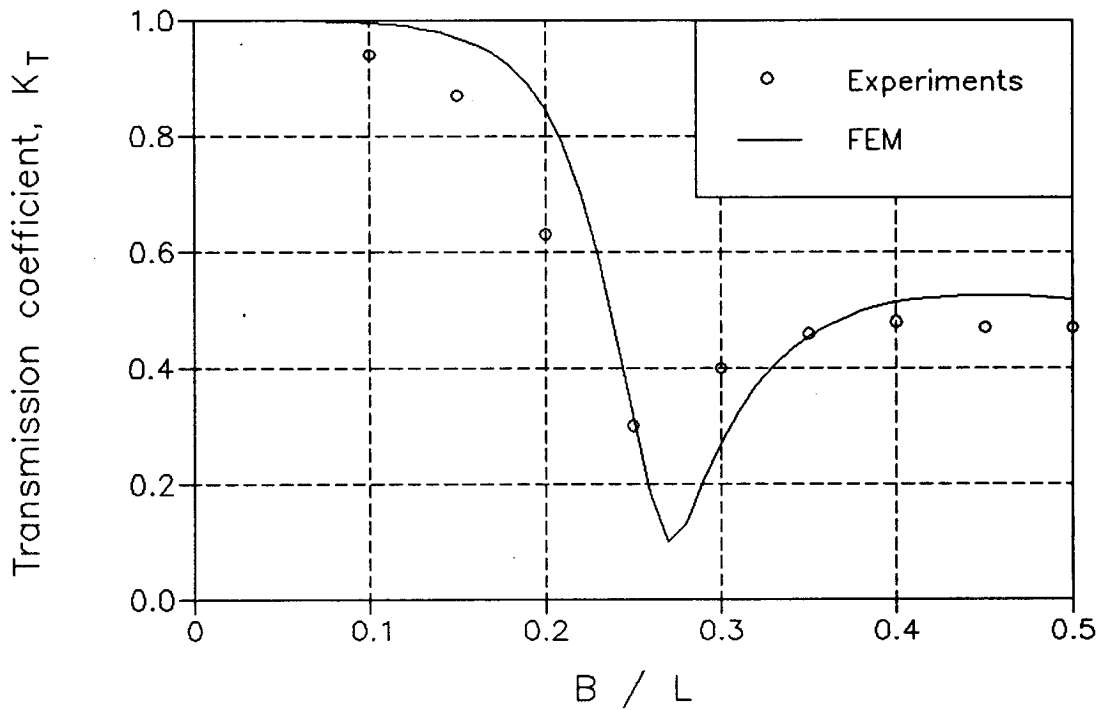


Fig.4-12. Transmission coefficients of the pontoon type floating breakwater with 1.0 d long vertical plates

2.5. 고찰

본 장에서는 浮遊式 透過性 防波堤에 대해서 기술하였다. 단면이 직사각형인 Pontoon형 부유식 방파제를 대상으로 수리특성과파악을 위한 수리모형실험을 수행하였다. 또한, 비교적 긴 주기의 파랑에 취약하다는 기존 부유식 방파제의 문제점의 개선방안으로 부체 저면 양단에 연직판을 부착하는 안을 구상하여 성능해석을 수행하였다.

수리 및 수치실험결과 부유식 방파제는 동적특성에 따라 방파성능이 민감하게 변함을 알 수 있었다. 특히, 방파성능이 우수한 파랑조건대는 상하운동의 共振週期和 밀접한 관계에 있으며, 이 주기대는 공진주기보다 약간 짧은 쪽에 위치함을 알 수 있었다. 부체의 저면 양단에 연직판을 부착하는 방안은 단주기 파랑조건에 대해서는 차단성능이 다소 떨어지게 되는 문제점이 있기는 하지만 부유식 방파제가 일반적으로 안고 있는 문제인 장주기 파랑의 차단효과는 우수함이 입증되었다. 이러한 현상의 주된 원인은 판의 부착에 의한 상하운동 방향의 부가질량 증가에 기인된 것으로 부유식 방파제의 설계시 유용할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 설치대상해역의 파랑에너지가 밀집되어 있는 주기대에 상하운동의 공진주기가 위치하도록 부유식 방파제의 폭, 흘수 및 연직방향으로 판의 길이 등을 결정하면 보다 우수한 방파성능을 보이는 부유식 방파제를 설계할 수 있을 것이다.

제3절 魚群探知센서

3.1. 서 론

3.1.1. 연구의 필요성

음향센서는 음향에너지를 전기적인 에너지로 또는 전기적인 에너지를 음향에너지로 바꾸어 주는 變換機(transducer)로서 공기중에서 사용되는 음향센서와 수중에서 사용되는 음향센서의 두 가지가 있다. 마이크, 스피커 등 공기중에서 사용되는 음향센서의 경우에는 국내에서도 생산되고 있으나 수중에서 사용되는 센서는 거의 전적으로 외국의 제품을 수입하여 쓰고 있는 실정이다. 수중음향센서는 유속관측장비인 ADCP, 音響測深機, 수중음향통신, 어군탐지기, 해군작전에서 쓰이는 능동 및 수동 소나, air gun 탐사장비, 해저지층탐사기, acoustic release 등 해양에서 다양하게 활용되지만 우리는 국내시장의 영세성 및 지원연구기관의 부재로 연구개발이 부진하였다. 진해의 국방과학연구소에서 특수한 목적의 수중센서를 개발하고 있으나 필요시 소량 주문제작의 형태이며, 과거에 금성사에서 잠시 어군탐지기를 생산한 적이 있었으나 그 때도 어군탐지센서는 미국에서 수입된 것을 사용하였다. 현재는 해양전자를 포함한 몇 개의 중소기업에서 상업성이 있는 어군탐지기를 생산하고 있으나 어군탐지기의 핵심요소인 센서는 일본과 미국에서 전량 수입하고 있는 실정이다.

선진국에서는 미국의 AIRMAR, RADARSONICS, 덴마크의 RESON, 일본의 YOKIN 등을 비롯한 많은 회사들이 독자적으로 음향센서를 개발하여 시판하고 있다. 구 소련의 경우에는 일찍부터 음향전문 연구기관을 설립하여 센서기술이 앞서 있으며 특히 재료분야와 기계적인 설계 및 제작기술이 뛰어나다. 중국에서는 1950년대 말 中國科學院 聲學研究所를 설립하고 음향선진국인 구 소련의 지원을

받아 본격적인 연구를 시작하여 최근에는 수중스피커, 수중청음기, 어군탐지센서, 초음파센서, 지층탐사기 등 많은 제품을 개발하여 상품화를 시도하고 있다. 현재 중국의 어군탐지기는 上海漁具研究所 와 寧波航海機器所에서 생산되고 있다.

따라서 몇몇 선진국에서만 독점 생산되고 있는 수중음향관련 장비는 일반적으로 그 수요가 작으므로 매우 고가임에도 불구하고 필요한 경우 외국으로부터 구입할 수 밖에 없는 실정이다. 어선에 필수적인 어군탐지기의 경우에는 예외적으로 국내에서도 상업성이 충분히 있으나, 센서개발의 경험이 없고 투자의 위험성 때문에 어군탐지기의 핵심부품에 해당하는 센서는 전량 수입에 의존하고, 국내업체는 마이크로프로세서와 컴퓨터를 이용하여 본체를 만들고 여기에 수입센서를 결합하여 완제품을 만들고 있다. 그나마 가격이 오르더라도 국내자체의 제작기술을 배양하지 않는 한 기술적 및 경제적인 측면에서 선진국에 계속 종속될 수 밖에 없다.

현재 우리의 자체적인 능력으로는 어군탐지센서의 개발이 힘들지만 그 동안 이 분야에 많은 기술축적을 이루고 있는 중국의 도움을 받을 경우 단기간에 전수받을 수 있을 것으로 기대된다. 또한 수중음향센서는 그 기본원리가 비슷하기 때문에 일단 어군탐지센서기술이 확보되면 이를 기반으로 다른 여러 종류의 음향센서를 개발할 수 있을 것이다.

3.1.2. 연구의 목표 및 내용

연구의 목표는 두가지로 나눌 수 있다. 첫째는 중국성학연구소의 협조하에 50/200 kHz 겸용 압전소자를 이용한 어군탐지센서를 개발하는 것이고, 둘째는 개발된 어군탐지센서의 각종 성능을 평가하여 선진국의 제품과 비교하는데 있다.

수중에서 사용되는 음향트랜스듀서는 보통 단일 주파수에서 작동하므로 공기중에서 요구되는 균일한 주파수응답(flat frequency response) 특성보다는 단

일 주파수 근처에서 강력한 반응을 일으키도록 설계된 공진 트랜스듀서가 사용된다. 주파수의 선택은 어종에 따라 달라지며 Table 4-2에 보이는 바와 같다. 일반적으로 많이 사용하고 있는 트랜스듀서의 주파수가 50 kHz, 200 kHz

Table 4-2. Frequency selection for the kind of fishes

주파수 (KHz)	작은 새우	참새우	왕가제미	오징어	정어리	정갱이	고등어	참꽂치	노랑꼬리고기	다랭이	대구	복어	해저고기	가다랭어	청어
200	x	x	x	x	x	x	x								
75	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
50				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
28					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

이므로 본 과제에서는 단일 트랜스듀서에서 두 가지 주파수 겸용의 dual-mode 어군탐지 트랜스듀서를 개발하였다.

압전재료는 전압이 가해지면 기계적으로 반응하게 되며 반대로 기계적인 변화가 주어지면 전압을 발생하게 된다. 압전도자를 만들기 위해서는 polycrystalline 도자를 고온에서 가열하여 구운다음에 전극을 설치하고 세라믹재료를 極化하기 위하여 DC 전류를 가한다. 일단 극화되면 재료는 압전성질을 갖게되며 압전도자 센서에 이용된다. 가장 널리 사용되고 있는 압전재료로는 barium titanate (BT) 과 lead zircotitanate (PZT)의 두 종류가 있는데 본 과제에서 개발된 센서는 후자의 것을 사용하였다. 미국에서는 laminated steel-aluminum (L/SA), laminated steel-steel (L/SS) 등의 재료를 쓰기도 하고 일본은 PZT에서 개발된 multi-component solid ceramics 등

의 재료를 써서 다양한 요구에 부응하고 있다.

압전소자의 형상 및 크기는 공진주파수 및 지향성을 결정하게 되며 여기서는 디스크형(disk)의 소자를 사용하였다. 이 경우 두께방향(thickness)의 진동모드는 200 kHz를, 원방향(radial)의 진동모드는 50 kHz를 각각 발생시키게 된다. 압전소자와 전파매질인 물사이의 공간을 정합층(acoustic window)이라 하는데 트랜스듀서의 성능 및 신뢰도에 영향을 줄 수 있는 구조변수로서 역시 가장 중요한 요소는 재료의 선택이다. 우레탄(urethane), 플라스틱, 또는 에폭시(epoxy) 등이 있는데 각각 장·단점이 있으며 여기서는 우레탄을 사용하였다.

어군탐지센서는 해수 및 압력에 견딜 수 있어야 하며 혹독한 수중조건하에서도 높은 신뢰성이 있어야 한다. 완벽한 방수, 뛰어난 기계적 강도 및 온도 특성 등을 고려하여 일본의 제품이 고체 우레탄 고무 몰딩 또는 네오프렌(neoprene) 고무 몰딩 기술을 사용하고 있는데 개발된 어군탐지센서는 정합층을 제외한 케이싱(casing)은 銅鑄造物(bronze casting)을 사용하였다.

제작된 어군탐지센서는 성능평가가 필수적이다. 여기에는 빔패턴(beam pattern), 송·수신 성능(transmit and receive sensitivity), 임피던스, ringing, sidelobes, spurious radiation 등 각종 성능평가 요소들이 있다. 이와 같은 평가를 통하여 문제점을 파악하고 설계단계에서부터 그 성능을 개선하기 위한 여러가지 방안을 모색하게 된다. 이를 위하여 해양연구소의 수조에 자료처리 시스템, 신호발생기, 파워 앰프, 컴퓨터, 모니터, 회전모타, 송수신기 등으로 구성된 음향성능 평가시스템이 구축되었다.

3.2. 어군탐지센서의 제작

3.2.1. 설계

전형적인 압전초음파센서는 Fig. 4-13에 나타난 바와 같다. 크게 나누어 음향신호를 발신하고 수신하는 압전진동자와 광대역, 고감도, 잡음감소를 위해 설치한 진동자 앞뒤의 정합층과 후면층, 그리고 외부 측정기기와의 원활한 접속을 위한 정합회로로 구성되어 있다. 이들 부품들의 특성에 따라 음향신호를 발신하는 발신기(projector), 그리고 수신하는 수신기(receiver), 필요에 따라 발신기와 수신기 역할을 동시에(transducer) 수행할 수도 있다.

초음파센서는 제작에 앞서 사용 용도와 기능에 따라 성능의 최적화를 이룰 수 있도록 이론적인 모델 및 설계과정을 거친다. 초음파센서는 Fig. 4-13에서 보듯이 여러개의 기계적 매질과 전기회로 그리고 음파가 진행되는 음향매질로 구성되어 있다. 이들 상이한 특성을 가지는 부분을 각각 해석해서 나중에 합친다는 것은 번거롭고 힘든 일이다. 따라서 이러한 어려움을 극복하고 정확한 해석을 위하여 제시된 방법이 등가회로 설계법인데 이는 센서의 기계, 음향매질을 유사한 특성을 가지는 전기부품으로 대체하여 센서 전체의 특성을 전기회로로 나타낼 수 있도록 하는 것이다. 그러나 이 방법은 선형모델이므로 센서의 3차원적 특성이나 비선형 특성을 해석하는데는 구조적인 한계가 있으므로 有限要素法, 境界要素法과 같은 복잡한 설계기술이 이용되기도 한다. 이와 같은 설계법에 의해 센서의 시간 및 주파수영역에서의 특성들을 사전에 모델링하고 원하는 용도에 맞도록 구조를 최적화시키는 작업을 거친다. 모델링결과는 나아가 제작된 센서의 성능이 설계대로 나오는지 판단하는 기준자료가 된다.

어군탐지센서는 구조가 간단하여 음향센서중에서는 가장 기초적이라 할 수 있는데 Fig. 4-14, 4-15에는 개발된 어군탐지센서의 설계도 및 이와 같은 설계도에 의해 완성된 센서의 모습을 각각 보여주고 있다.

3.2.2. 압전세라믹

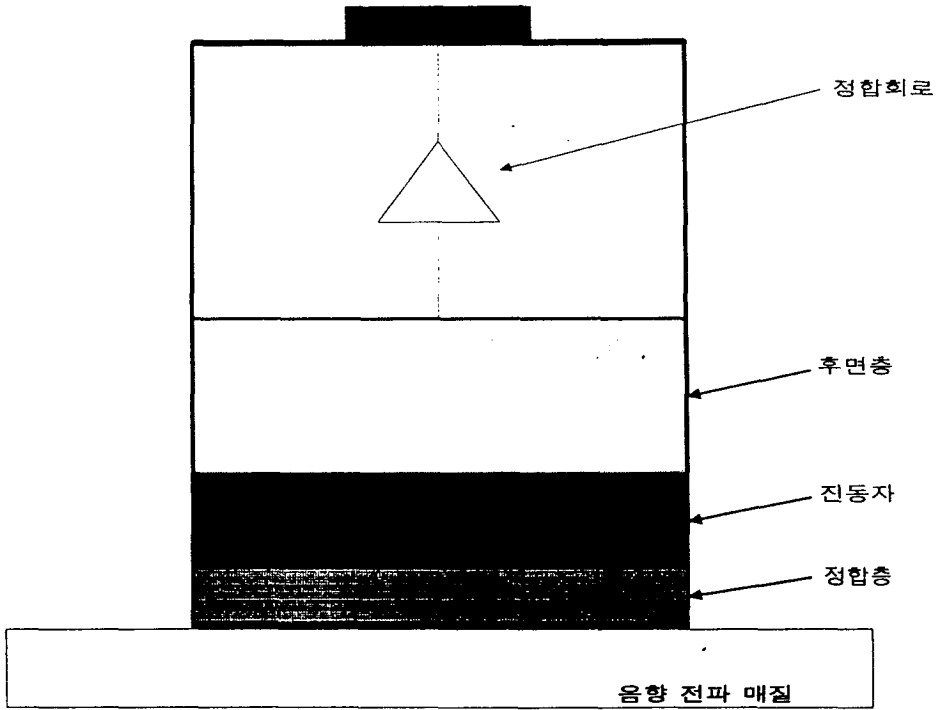


Fig.4-13. Fundamental structure of ultrasonic transducers

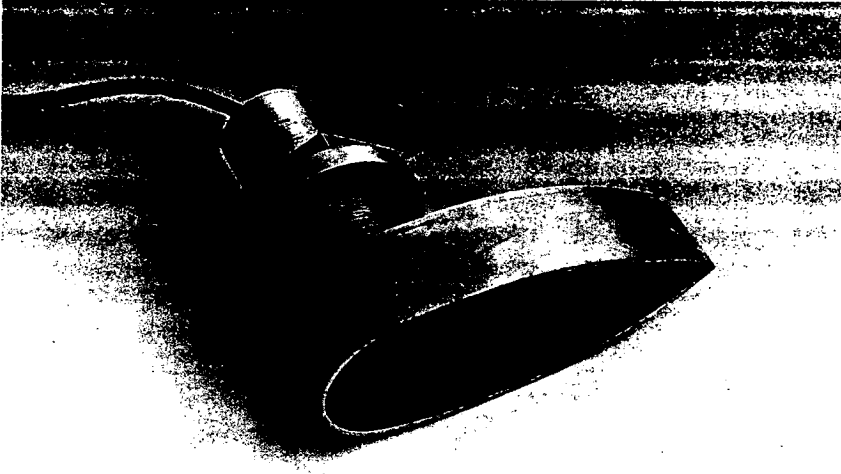


Fig.4-14. Design of piezoelectric fish finding transducer

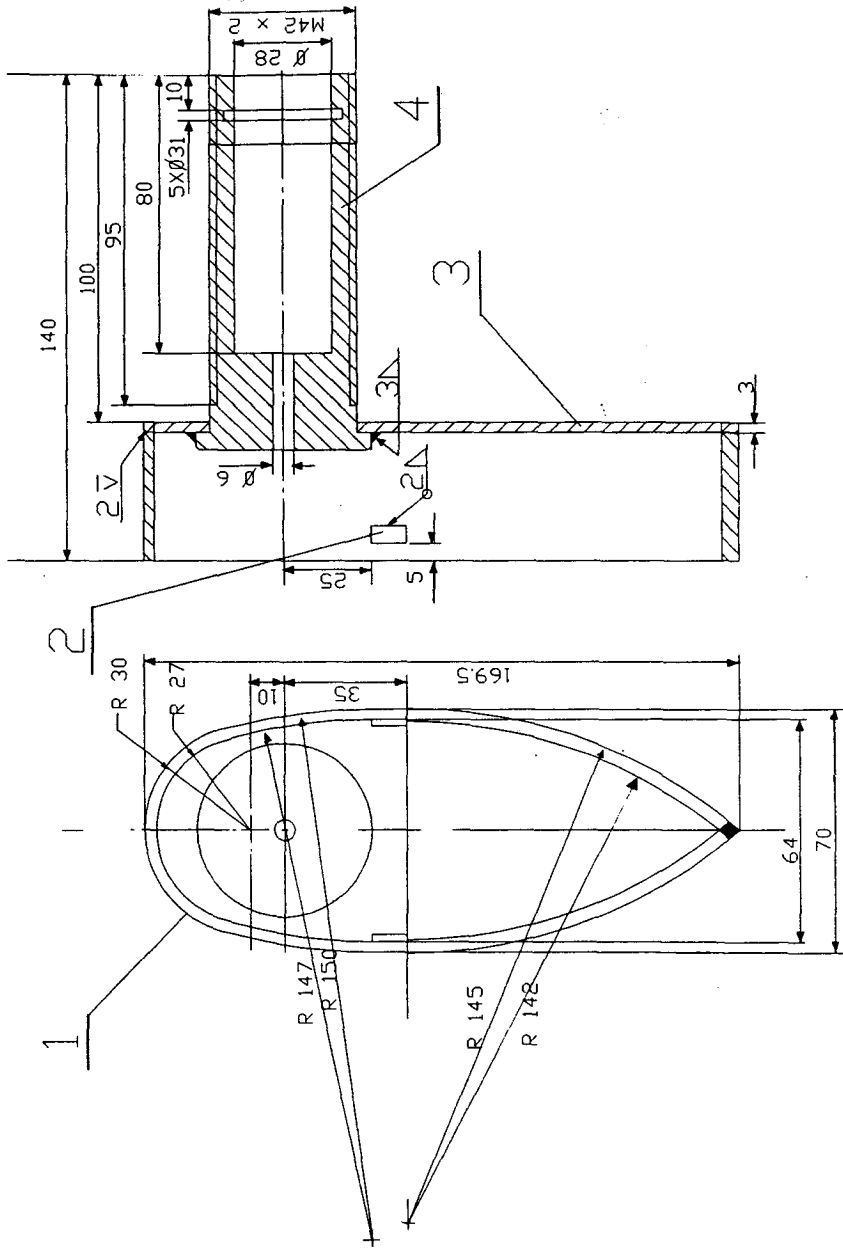


Fig.4-15. Developed piezoelectric fish finding transducer

Fig. 4-13의 초음파센서의 구성요소 가운데 가장 중요한 압전진동자는 압전물질로 만들어진다. 압전물질이란 그에 가해지는 기계적 에너지와 전기적 에너지를 서로간에 변환시킬 수 있는 특성을 가진 재료를 말한다. 널리 사용되는 재료로는 PZT(lead Zircotitanate), BaTiO₃ 등과 같은 다결정세라믹(polycrystalline), Quartz, LiNbO₃ 과 같은 단결정세라믹(crystal), 그리고 PVDF 같은 고분자재료(polymer)가 있다. 다결정세라믹은 저가이고 초음파 발신, 수신효과가 돋보이나 특성의 불균일성, 시효현상이 문제점으로 나타나고 단결정세라믹은 반대로 특성이 균일하고 시효현상은 적으나 고가이고 초음파 발신효율이 떨어지는 문제점이 있다. 고분자재료는 음향임피던스가 물과 비슷하고 형상변경이 용이하다는 장점이 있으나, 사용 온도대역이 좁고 사용가능한 두께가 제한적이라는 단점이 있다. 이 외에도 이들 재료의 장단점을 보완한 복합재료(composites)가 있다.

본 과제에서는 어군탐지센서의 압전재료로 PZT를 사용하였으며 Fig. 4-16은 그 제조공정을 보여주고 있는데 다음과 같다.

(1) 배합

분말의 세라믹은 주어진 처방에 따라 원료를 배합한다.

(2) 제1차 진동마찰

배합한 원료를 볼밀(ball mill)로 진동 마찰한다.

(3) 하소

진동마찰이 끝난 후 배합된 원료를 채로 걸러내어 도가니에 넣고 하소로(爐)에 들여놓은 후 하소한다.

(4) 제2차 진동마찰

하소되어 나온 원료를 볼밀로 제 2 차 진동마찰을 시킨다.

(5) 과립하기

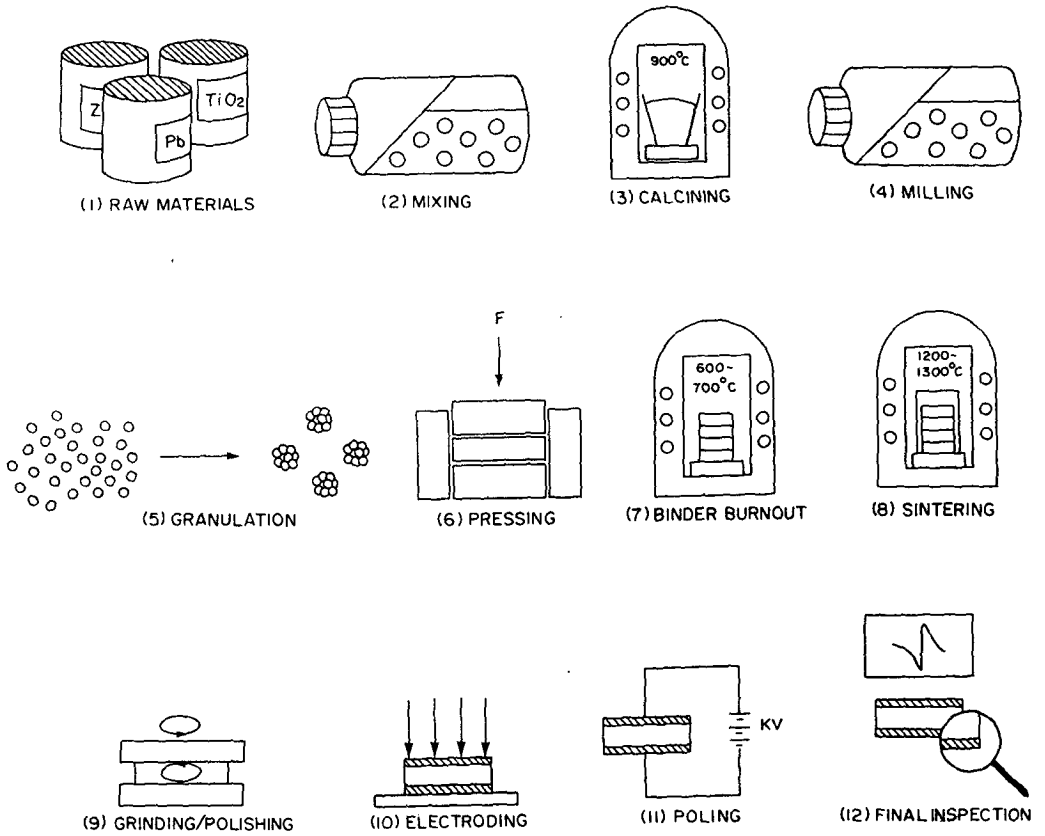


그림 3. 압전 소자의 제조 공정

Fig.4-16. Manufacturing process of piezoelectric ceramic

제2차 진동마찰하여 나온 원료와 접착제를 유발에 넣고 갈아서 채로 걸러낸다. 결정립도가 너무 작거나 크지 않도록 적절하게 조정한다.

(6) 세라믹 소재형성

프레스를 이용하여 원하는 모형으로 세라믹 소재를 만든다.

(7) 접착제 제거

세라믹 소재를 내화판에 차례로 놓고, 로(爐)에 들여놓은 후 적당한 온도로 접착제를 제거한다.

(8) 소결(燒結)

접착제를 제거하여 나온 세라믹 소재를 산화알루미늄(AIO)판에 차례로 쌓아 놓은 후 산화알루미늄으로 만든 도가니로 씌워 놓는다. 다시 로(爐)에 들여놓고 소결한다.

(9) 연마(研磨)

소결되어 나온 세라믹을 치수대로 성형가공을 한다.

(10) 은풀을 바른다.

성형가공을 하여 나온 세라믹은 표면의 틈과 간격에 가루가 박혀있고 또 기름도 붙어있기 때문에 초음파 세척기로 세척한다. 세척후 건조기에 넣어서 말린 후에 은풀을 바른다. 은풀을 바른 후 내화판에 차례로 놓고 로(爐)에 들여놓은 후 적당한 온도로 은풀을 말린다.

(11) 극화(極化)

은풀이 연은(煙銀)하여 나온 세라믹을 일정한 電機場, 일정한 온도, 일정한 시간동안에 극화를 시킨다. 재료에 따라 주어진 조건아래서 극화를 한다. 예를 들어 PZT-4는 변압기 기름이 있는 유조에서 120도 근처에서 전압은 3000 V/mm 로 시간은 6~7분 등의 조건에서 극화를 하는데 요구되는 성능에 따라 조건을 조정한다.

(12) 성능 측정

극화되어 나온 압전 세라믹의 성능을 측정한다.

3.2.3. 정합층(acoustic window)

정합층이란 압전진동자와 음파매질(통상 물)사이의 원활한 음향결합이 이루어질 수 있도록 진동자 전면에 부가해준 얇은 층을 말한다. 세라믹 진동자의 경우 음향임피던스는 통상 30Mrayl 이상이고 물의 그것은 1.5Mrayl 정도이므로 이 상태에서는 초음파가 물로 전파하지 못하고 그 경계면에서 대부분 반사되어 진동자 내부의 열에너지로 소비되어 버린다. 이를 극복하기 위하여 진동자와 물의 임피던스의 중간값을 가지는 정합층을 설치해주게 된다.

정합층의 재료로는 부드러운 우레탄(urethane) 또는 견고한 플라스틱이 사용되는데 각각 장단점이 있다. 우레탄은 낮은 임피던스와 최대감도를, 견고한 플라스틱은 광역주파수특성, 높은 임피던스, 그리고 전형적으로 낮은 감도를 갖고 있다. 낮은 durometer의 우레탄은 트랜스듀서의 수명을 길게 해주고 물에 의한 흡수손실을 줄여줄 수 있는 뛰어난 가수분해적(hydrolytic) 안정성을 제공해준다. 또한 부드러운 재료가 주는 유연성은 온도차가 클 때 발생할 수 있는 정합층과 하우징(housing)간의 틈을 줄여줄 수 있다. 플라스틱은 보다 빠르게 물에 젖으며 고속에서 낮은 음향소음을 발생시킨다.

본 과제에서는 정합층의 재료로 중국산 폴리우레탄을 이용하였다. 폴리우레탄 수지는 종류가 다양하며 그 중에는 해수에 잘 견디고 고무처럼 접착력과 탄성이 좋은 것이 있다. 폴리우레탄 수지는 에폭시 수지와 마찬가지로 주제와 경화제의 두 부분으로 나뉘어지는데, 그 다양성은 주제와 경화제의 R과 R' 성분에 의해 정해진다. 다음 식은 우레탄 결합(R NHCOO)이 만들어지는 일반적인 반응식이다.

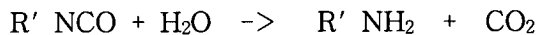
주제 + 경화제 -> 폴리우레탄



수중 음향센서 제작을 위한 재료가 되기 위해서는 폴리우레탄 수지의 특성이 음향학적으로 해수와 비슷하여야 하고, 음의 감쇠율이 적고, 접착력이 강하고, 해수 중에서의 장시간 사용에도 견딜 수 있어야 한다. 이러한 폴리우레탄 수지는 독일, 일본, 미국 등 여러나라에서 시판되고 있으며, 중국은 한 화학공장에서 자국내의 수요를 위해서 제조하고 있다고 한다.

본 과제에서는 경기도 군포시 건설화학 기술연구소에서 추천하는 폴리우레탄 수지 샘플을 제공받아 시험해 봄으로써, 수중센서용으로 적합한 폴리우레탄 수지의 국내 제조 가능성을 알아 보았다. 폴리우레탄을 성형하여 음향특성과 접착강도를 측정해 본 결과 샘플로 제공받은 것은 그 특성이 중국의 수지와 비슷하였으나, 접착력은 약한 것으로 나타났다. 건설화학 담당자에 의하면 외제와 비슷한 수지의 개발에는 성형과 시험을 반복해보아야 하므로, 이러한 수지의 국내개발은 수요가 많으면 가능하다고 하였다.

접착제로 진동자를 부착할 때에는 음파전달에 영향을 주는 기포를 방지하는 것이 중요하다. 특히, 폴리우레탄 수지의 경우에는 경화제가 수분과 반응할 때 다음식과 같이 이산화탄소가 발생하게 된다.



따라서 수분의 유입을 방지하고 기포가 빠져나가도록 진공펌프가 연결된 밀폐 건조용기 속에서 작업하여야 한다. 이 경우, 주제와 경화제의 반응에서도 우레탄 결합보다 약한 NH C=O NH R'(Urea Bond)가 만들어져서 제품의 강도를 떨어뜨리게 된다.

3.3. 어군탐지센서의 성능평가

3.3.1. 성능평가 수리실험실

제작된 음향센서는 초기 설계단계에서 목표로 한 성능에 도달하였는지를 파악하기 위하여 필수적으로 실험실에서 여러 가지 성능평가를 수행하게 된다. 성능평가를 위한 요소로는 센서의 송·수신 효율(transmit and receive sensitivity), 임피던스(impedance), 지향성(directionality beam pattern), ringing, sidelobes, spurious radiation 등 여러 가지가 있다. 이와 같은 평가를 통하여 문제점을 파악하고 설계단계에서부터 그 성능을 개선하기 위한 방안을 모색하게 되는 것이다.

음향센서의 여러 가지 성능을 평가할 수 있는 시스템이 한국해양연구소가 보유하고 있는 폭 6m, 길이 4.8m, 깊이 5m의 수조에 구축되었다 (Fig. 4-17). 신호발생기, 파워 앰프, 밴드패스 필터, 컴퓨터, 모니터, 회전모터, 송수신기 등으로 구성되는데 Fig. 4-18은 어군탐지센서의 송신 감도(transmitting voltage response)를 측정하기 위한 구성도를 보여주고 있다. 자세한 설명은 다음 절에 있으므로 여기서는 테스트 변수 및 센서회전장치를 살펴보기로 한다.

○ 테스트 변수(Test parameters)

Fig. 4-19는 성능평가를 위한 음향수조실험실에서의 관측을 위한 공통적인 기본 테스트 변수들을 보여주고 있는데 다음과 같다.

- a. power amplifier output level: 送信機(projector)를 구동하는데 필요한 적절한 파워앰프의 선택.
- b. ping length: 파형의 펄스 길이(microseconds) 또는 적절한 사이클수(작수) 선택. 이 변수는 신호가 steady state 상태에 충분히 도달할 수 있도록 조정되어야 한다.
- c. pings per measurement: 매 관측에 사용되는 핑 수(1-99)의 선택. 자료의

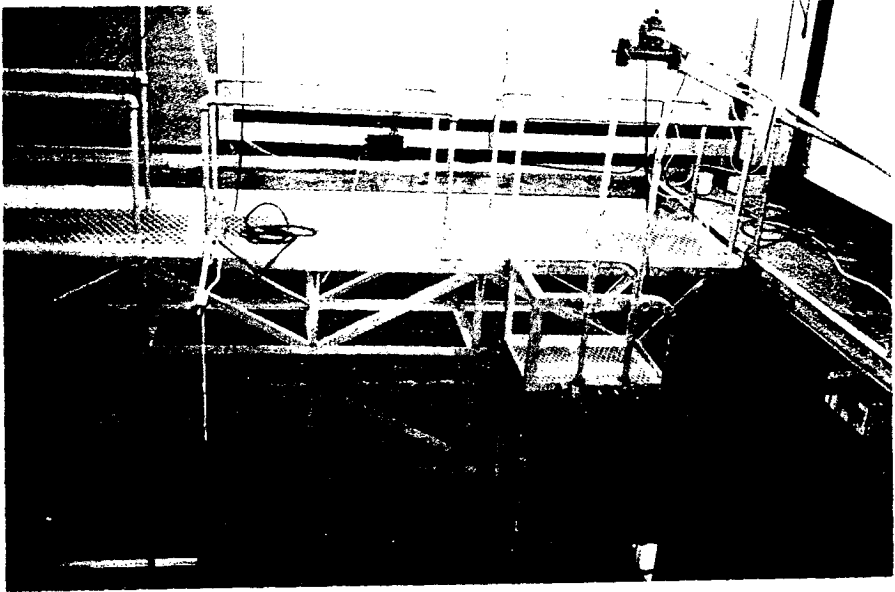


Fig.4-17. Underwater acoustic water tank for transducer calibration system

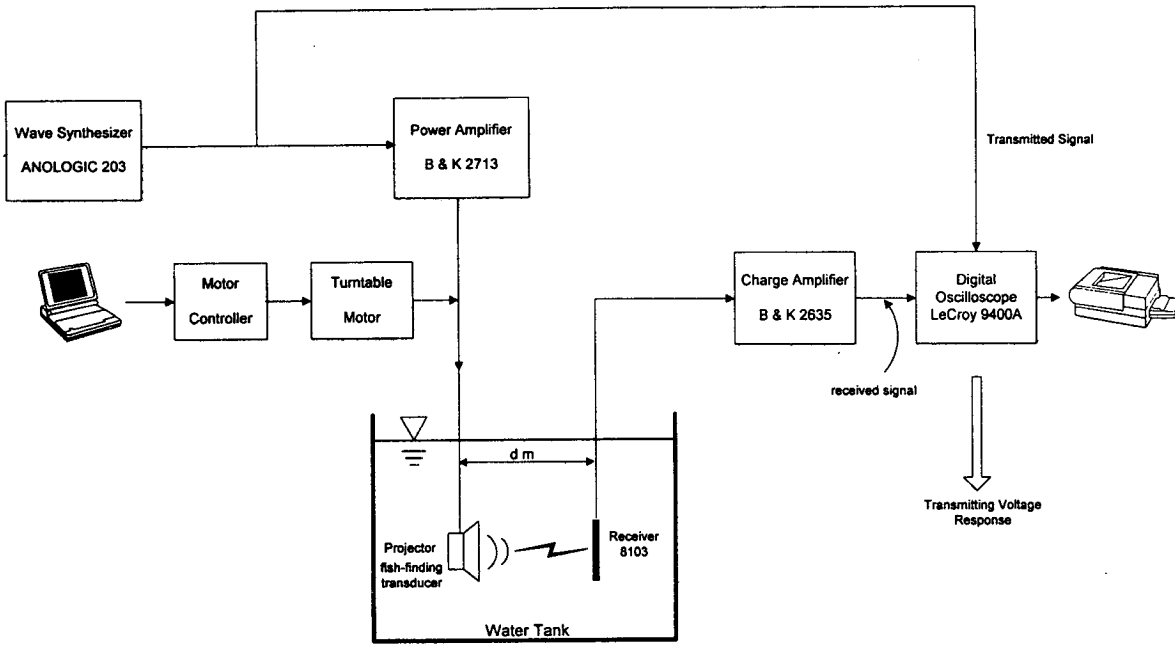


Fig.4-18. Block diagram of transducer calibration system for evaluating transmitting voltage response (TVR)

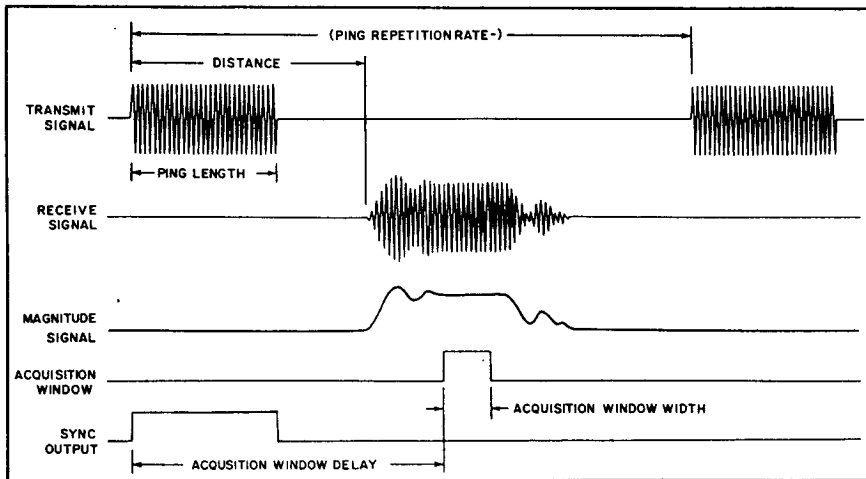


Fig.4-19. Timing parameters

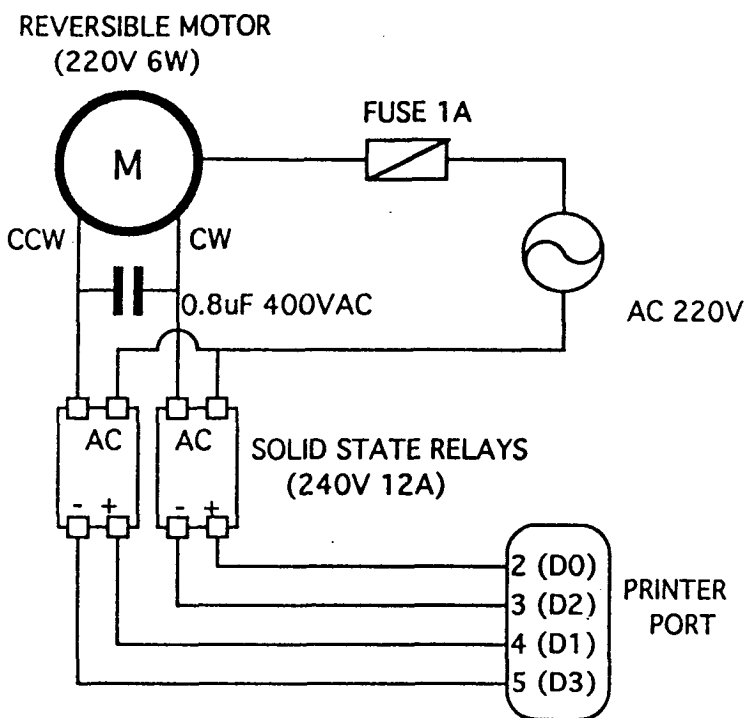


Fig.4-20. Electric circuit for the transducer turntable (device that rotates the transducer)

변동성을 감소시키기 위하여 평균값을 취하게 된다.

- d. ping repetition rate: 초당 펄스의 반복 비율 (Hz). 반복율은 수조의 잔향이 다음 관측에 영향을 주지 않도록 조정된다.
- e. acquisition window delay: 송신펄스의 시작점에서 관측창(acquisition window)의 시작점까지의 시간. 신호가 steady state 상태에 도달되는 점에서 관측되도록 한다.
- f. acquisition window width: 자료샘플을 위한 기간의 선택. 윈도우폭은 관측 신호가 steady state 상태에 도달한 기간을 포함하여야 한다.
- g. distance: 기준 트랜스듀서에서 성능평가를 위한 트랜스듀서까지의 거리는 직접 측정하거나, 송수신된 신호의 커서에 의해, 또는 송수신 신호의 correlation에 의해 결정된다.

측정을 시작하기 이전에 위에 언급된 시스템 변수들이 설정되어야 한다. 펄스 길이 b는 수신된 신호의 transient가 소멸될 수 있는 충분한 시간을 줄 수 있고 또한 steady state 상태의 신호를 충분히 제공할 수 있도록 선택하여야 한다. 거리 g는 수동적으로 또는 커서에 의해 또는 송수신 신호의 correlation 관측에 의해서 자동적으로 알 수 있다. e 와 f는 관측사가 수신된 신호의 파형이 steady state 상태에 도달한 구역을 설정함으로써 설정된다. 관측사는 오실로그 코프를 이용해서 어널로그 신호를 볼 수 있고 시스템의 모니터 스크린상에서 볼 수도 있다.

○ 센서회전장치

센서회전장치는 센서의 방향에 따른 빔 패턴을 측정하기 위한 것으로 일정한 속도로 회전하는 모터를 한 번에 원하는 각도만큼 돌려주는 것이다. 여기서는 Fig. 4-20와 같이 제어박스(control box)를 모터와 컴퓨터의 병렬프린터 포트에 연결하여 컴퓨터의 프로그램으로 제어할 수 있도록 설계하였으며 모터는 (주)성신정공의 Reversible Motor S6R06GB(사용전압 220V, AC 60Hz, 출력 6W,

회전수 1500rpm)를 사용하였다. 회전속도를 줄이기 위하여 1800:1의 감속기어를 부착하였고 프로그램은 비주얼 베이직(visual basic)을 이용하여 만들었는데 메뉴형식으로 되어 있어서 쉽게 쓸 수 있도록 하였다 (Fig. 4-21).

Fig. 4-8 Formulation of computer Visual Basic programming for driving motors

3.3.2. 성능평가

○ 임피던스(Impedance)

트랜스듀서의 성능을 평가할 때 제일 먼저 측정하는 요소로서 센서를 둘러싸고 있는 음향매질에 대하여 센서가 움직이는데 얼마나 힘이 드는지를 나타내는 변수로서 일반적으로 複素數이며 Z 로 표시한다. 즉 $Z=R+jX$ 이며 R 은 Resistance, X 는 Reactance라 한다. 임피던스의 역수인 Admittance Y 로도 나타내는데 Y 또한 복소수로서 $Y=G+jB$, G 는 conductance, B 는 susceptance 라 한다.

트랜스듀서는 특정한 주파수에서 심하게 진동하게 되며 이러한 주파수를 공진주파수라 한다. 엄밀히 얘기하면 세 개의 다른 정의가 존재하지만 거의 비슷하므로 여기서는 G 가 최대이거나 임피던스 또는 어드미턴스의 위상이 0인 경우를 공진주파수로 하였다. 임피던스를 측정하기 위하여 트랜스듀서를 물에 담근 다음 HP 4194A 장비를 사용하였으며 Fig. 4-22은 본 과제에서 제작된 어군탐지 트랜스듀서의 G 와 B 가 주파수 40 kHz - 240 kHz 범위에서

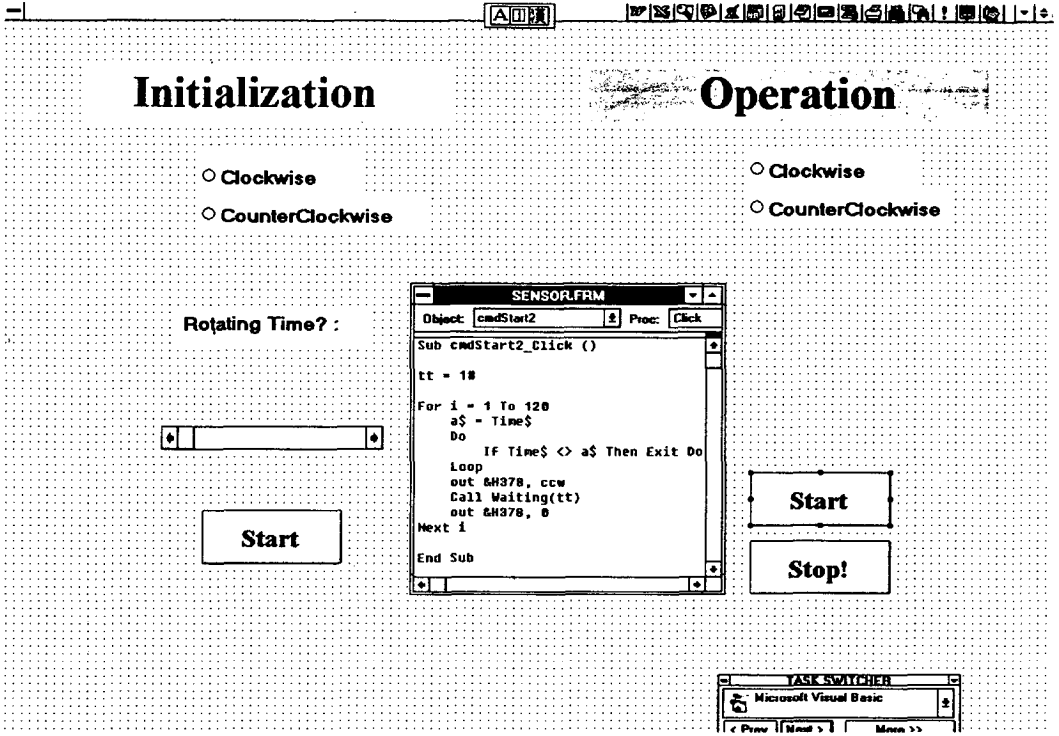
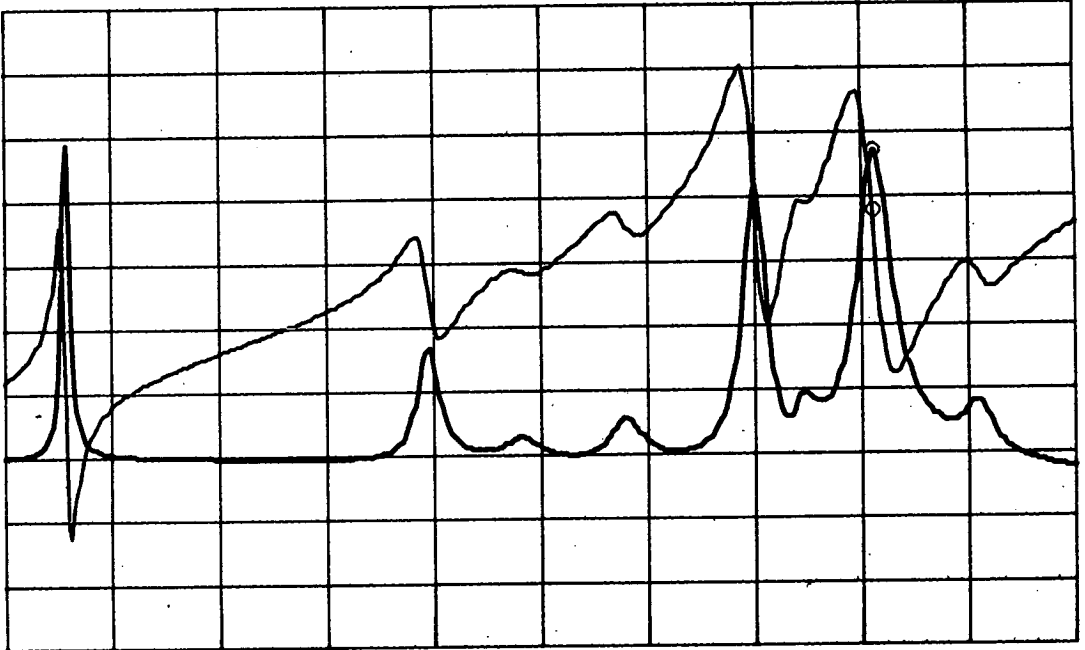


Fig.4-21. Formulation of computer visual basic programming for driving motors

A: G B: B o MKR 202 000.000 Hz
 A MAX 3.500 mS REAL 2.35710 mS
 B MAX 3.500 mS IMAG 1.89592 mS



A/DIV 500.0 μ S START 40 000.000 Hz
 B/DIV 500.0 μ S STOP 240 000.000 Hz
 PSCALE= 2000, 800, 9200, 7208

Fig.4-22. Admittance Y for the developed fish finding transducer.

어떻게 변하는지를 보여주고 있다. 예상대로 50 kHz, 200 kHz 부근에서 conductance G 가 극대값을 나타내고 있다. Fig. 4-23은 실수부인 G 를 x축에 허수부인 B 를 y축의 복소수평면에서 주파수변화에 따른 admittance를 보여준다.

○ 送信感度(Transmit Voltage Response, TVR)

송신감도는 이미 보정된 표준 트랜스듀서와 성능을 평가하고자 하는 트랜스듀서를 비교하여 결정한다. Fig. 4-18은 송신감도를 관측하기 위한 시스템 구성도를 보여주고 있는데 수신을 위한 표준 트랜스듀서 수신기로는 B&K의 8103을 사용하고 정확한 보정을 위하여 charge amplifier 2635를 이용하였다. 송신감도 S_v 의 단위는 dB re $1 \mu\text{Pa}/\text{V}$ 1 meter로서 송신기로부터 1 미터 떨어진 곳에서 트랜스듀서에 가해진 볼트당 형성되는 音壓(pressure)으로서 다음과 같다.

$$S_v = \frac{p}{V} \Big|_{r=1m} = \frac{1}{V} \frac{e_{oc}}{M_o}$$

여기서 e_{oc} 는 수신기의 전압, M_o 는 표준수신기의 수신감도 $M_o = \frac{e_{oc}}{p}$ 이며 이 때 우리가 알고 있는 값이다. 따라서 송신감도 S_v 를 dB로 나타내면

$$S_v(\text{dB}) = 20 \log(S_v) = -20 \log M_o + 20 \log \frac{e_{oc}}{V} + 20 \log a$$

여기서 뒤에 보이는 $20 \log a$ 는 거리를 보정해주기 위한 항목으로 음파가 구면으로 확산될 때의 기하학적인 손실에 해당한다. 따라서 송신감도 S_v 는 송신전압 V 와 수신전압 e_{oc} 의 상대적 비율만 알면 쉽게 계산할 수 있다.

본 과제에서는 수조의 폭이 4.8m 임을 고려하여 펄스의 길이는 1 msec, 펄스간의 간격은 20 msec, 거리 d 는 1.5 m를 선택하였으며 Fig. 4-24, 4-25은 주파수가 51.45 kHz 일 때 송신된 신호와 수신된 신호를 각각 보여주고

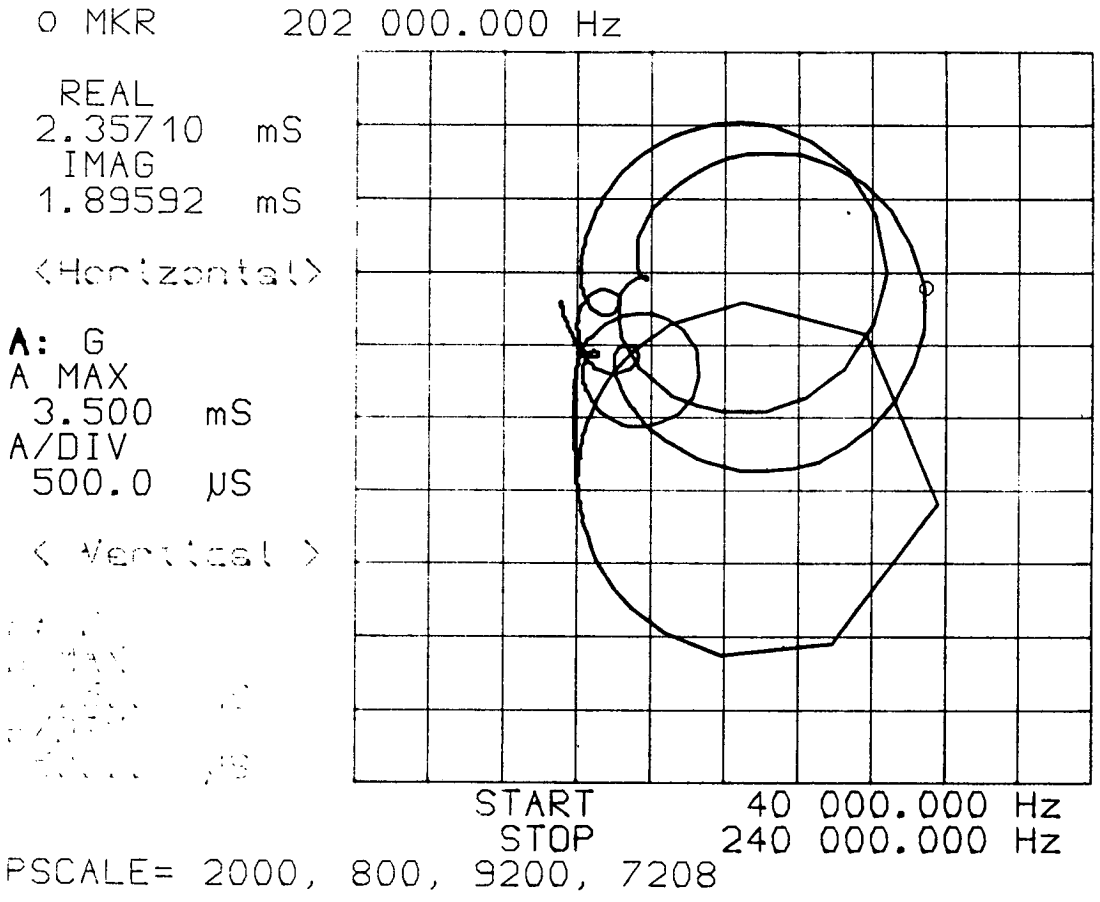


Fig.4-23. Admittance Y plotted as a function of frequency on the complex plane.

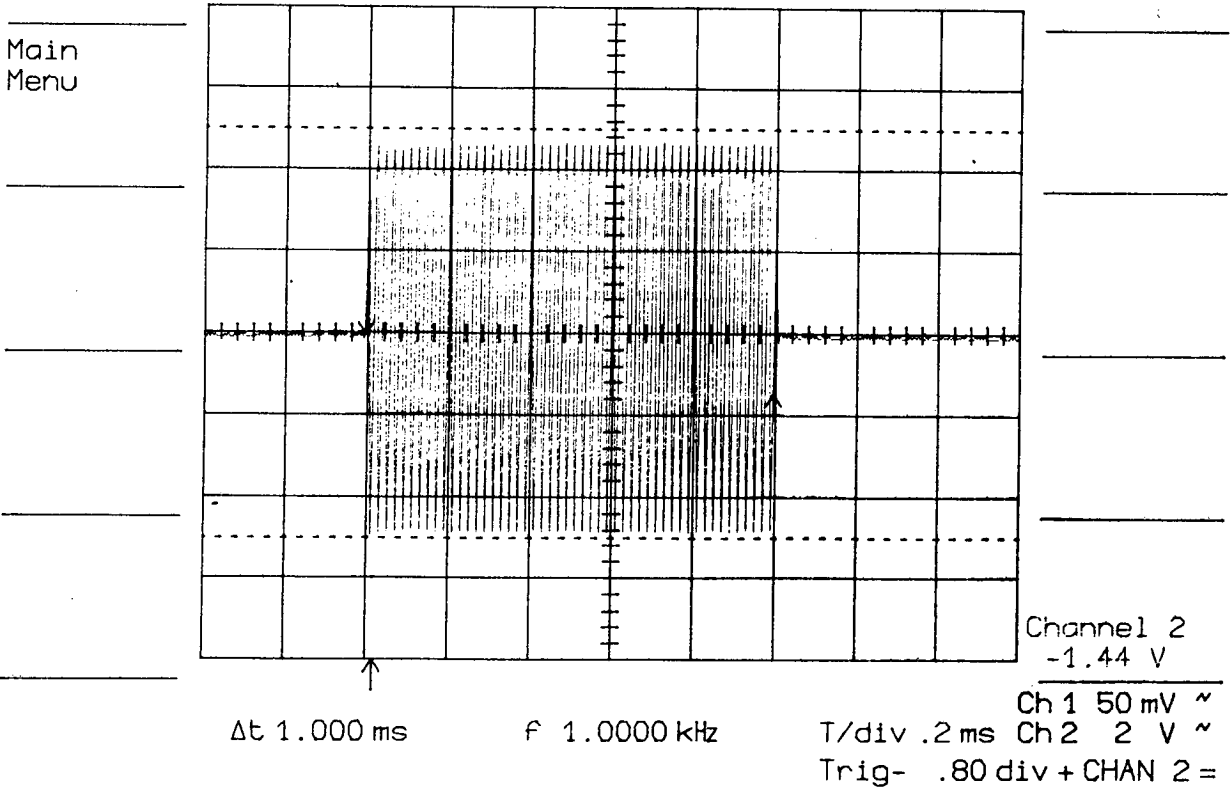


Fig.4-24. 50 kHz transmitted signal for measuring transmit voltage response.

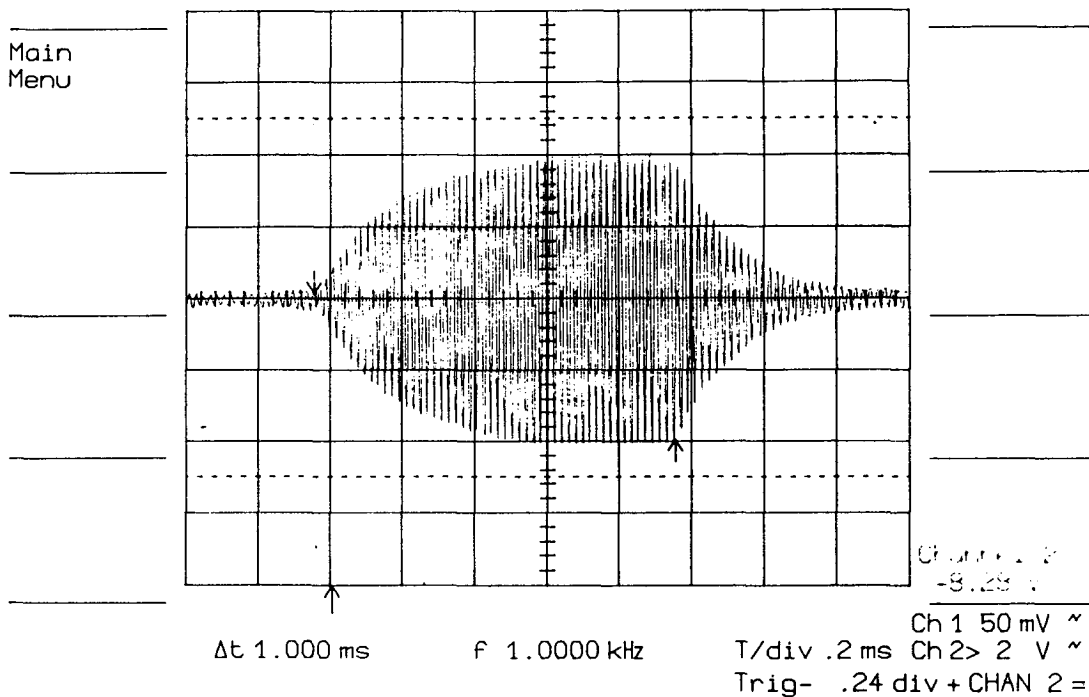


Fig.4-25. The signal received at the standard hydrophone B&K 8103.

있다. 이 때 송신감도는 위 식을 사용할 경우 약 151 dB가 된다. 같은 방법으로 송신주파수 200 kHz 부근에서의 송신감도는 172 dB가 됨을 알 수 있었는데 이 수치는 중국의 성학연구소에서 측정한 값과 거의 같다.

○ 수신감도(Receive Voltage Response, RVR)

수신감도는 송신감도를 측정할 때와는 반대로 송신감도 S_v 가 알려져 있는 표준 projector를 송신기로, 어군탐지센서는 수신기로 사용하게 되며 Fig. 4-26 수신감도측정을 위한 시스템 구성도를 보여준다. $S_v = p/V|_{1m}$ 이므로 수신감도 M 은

$$M = \frac{e_{oc}}{p(d)} = \frac{e_{oc}}{S_v V/d}$$

따라서 M 을 dB로 나타내면 (dB re 1V/ μ Pa)

$$M(dB) = -20 \log S_v + 20 \log \frac{e_{oc}}{V} + 20 \log d$$

앞의 경우와 마찬가지로 송수신 신호의 전압비율 e_{oc}/V 만 알면 수신감도를 쉽게 계산할 수 있다.

여기서는 표준 projector로 B&K 8104를 사용하였는데 50kHz에서 수신된 신호가 Fig. 4-27에 보이고 있다. 본 과제에서 개발된 어군탐지센서의 경우 위의 식을 이용하여 계산된 수신감도는 50 kHz에서 -188 dB, 200 kHz에서 -196 dB 인데 이 수치는 중국성학연구소에서 계측된 -190 dB, -195 dB와 거의 비슷하였다.

○ 빔패턴(Directivity Beam Pattern)

송수신감도의 방향에 따른 변화를 측정함으로써 음파에너지의 지향성을 측정하는 것이다. 이를 위하여 모터를 이용한 센서회전장치가 설치되었으며, 컴퓨터에 연결하여 프로그램으로 제어를 할 수 있도록 하였다. 앞에서 계산

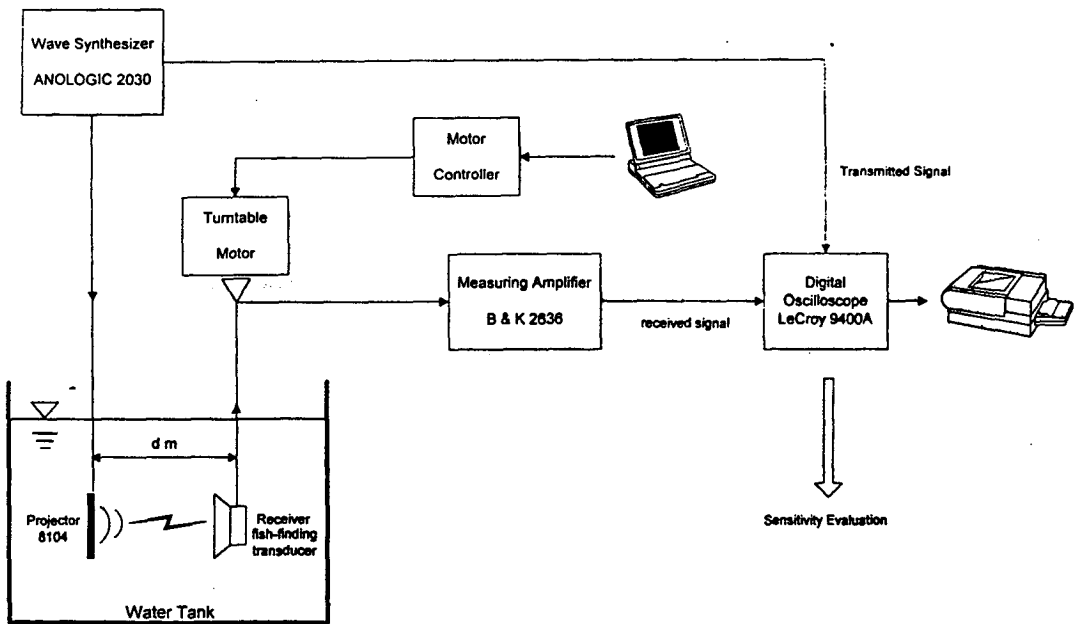


Fig.4-26. Block diagram of transducer calibration system for evaluation receiving voltage response (RVR)

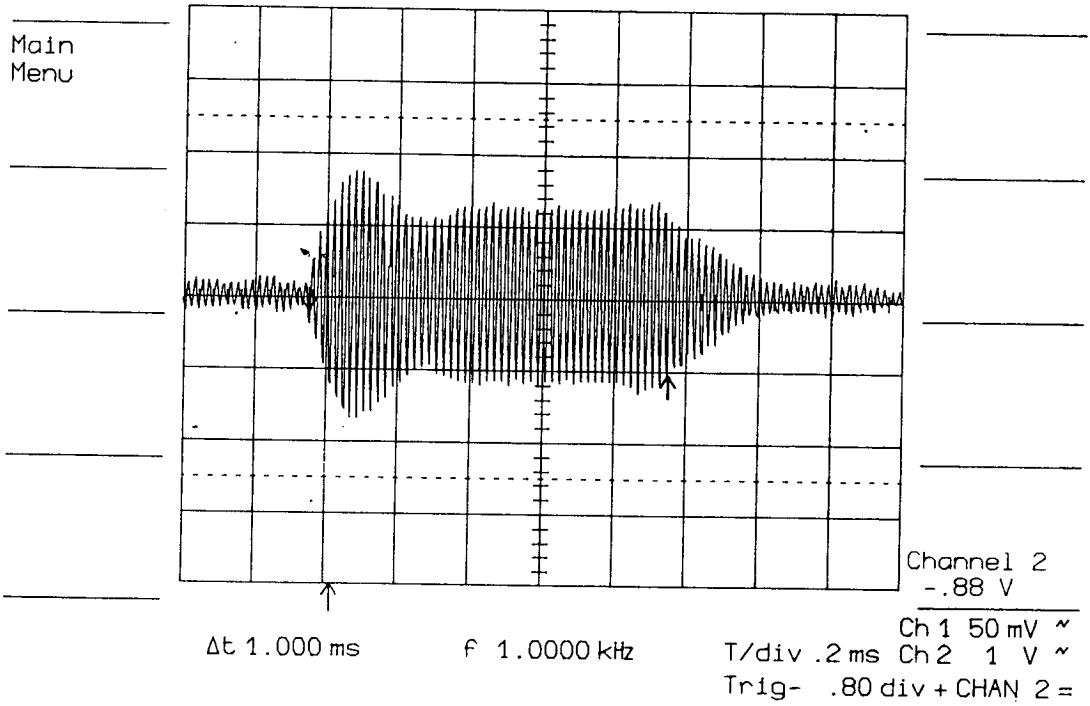


Fig.4-27. The signal of our fish finding transducer for the 50 kHz signal transmitted by a standard projector B&K 8104

된 송수신 감도는 트랜스듀서의 정면에서 측정된 값으로 최대값이며 일반적으로 정면에서 멀어질수록 작아지지만 경우에 따라서는 다시 커지는 극대값이 존재하기도 하며 이를 sidelobe라 한다. sidelobe가 크면 트랜스듀서의 성능을 저하시키므로 이를 최소화하여야 한다. 일반적으로 최대값으로부터 3dB 줄어드는 지점까지의 각을 θ_{-3dB} 빔폭(Beamwidth)이라 하며 지향성을 나타내는 변수로 널리 쓰이고 있다. 에너지가 반으로 줄 경우 $10\log(1/2) = -3\text{ dB}$ 이므로 이 각을 half-power beamwidth라고도 한다. (linear scale의 경우에는 $1/\sqrt{2} = 0.707$ 에 해당한다.)

Fig. 4-28은 제작된 어군탐지센서의 50 kHz에서의 송신 빔패턴을 보여주고 있는데 linear scale이며 3도 간격으로 측정된 값이다. 이때의 빔폭은 약 40도가 됨을 알 수 있다. 고주파수로 갈수록 빔폭이 줄어들게 되며 Fig. 4-29는 어군탐지센서의 200 kHz에서의 빔패턴을 보여주고 있다. 1도 간격으로 측정하였는데 빔폭이 약 10도가 됨을 알 수 있다. 이 결과는 중국성학연구소에서 관측된 결과와 거의 같다.

3.4. 결론

중국과학원 성학연구소의 지원을 받아 성능면에서 음향선진국인 미국제품에 비하여 손색이 없는 어군탐지센서를 개발하였다. 일반적으로 어군탐지센서는 50 kHz 또는 200 kHz의 공진주파수 신호를 사용하고 있으며 그 선택은 관심 어군의 특성에 따라 결정된다. 본 과제에서 개발된 어군탐지센서는 한 개의 센서에서 두 개의 주파수를 발생시킬 수 있는 dual-mode 센서로서 디스크 모양의 압전소자(piezoelectric-ceramic)가 원주방향(radial mode)의 진동을 할 때에는 50 kHz, 두께방향(thickness mode)의 진동시에는 200 kHz를 각각 발생시

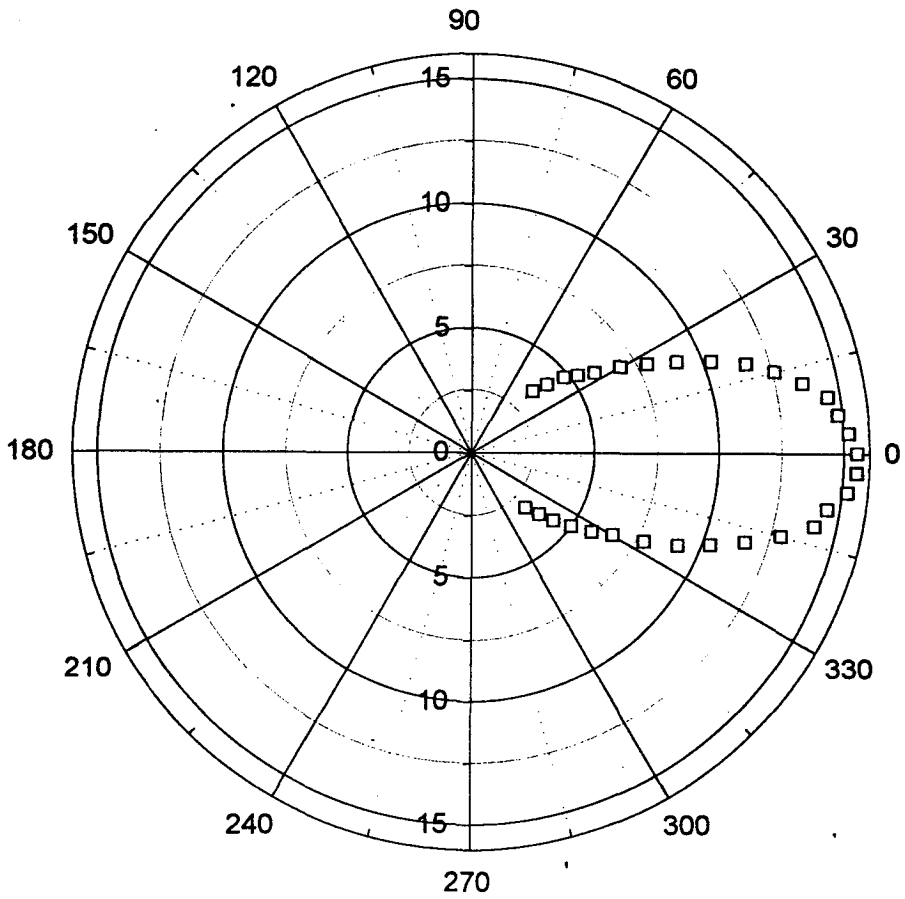


Fig.4-28. Directivity beam pattern for fish finding transducer at 50 kHz.

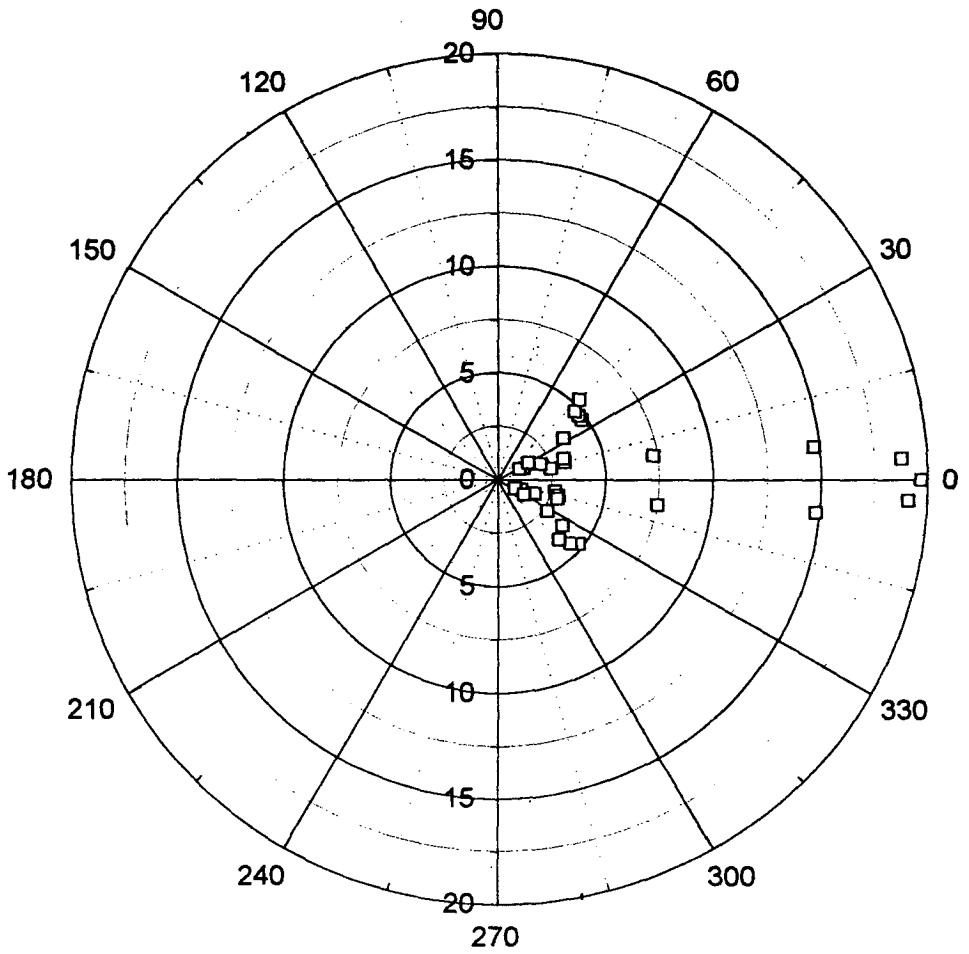


Fig.4-29. Directivity beam pattern for fish finding transducer at 200 kHz.

키게 된다.

압전재료는 전압이 가해지면 기계적으로 반응하게되며 반대로 기계적인 변화가 주어지면 전압을 발생하게 된다. 압전도자를 만들기 위해서는 polycrystalline 도자를 고온에서 가열하여 구운다음에 전극을 설치하고 세라믹재료를 극화하기 위하여 DC 전류를 가한다. 일단 극화되면 재료는 압전성질을 갖게되며 압전도자 센서에 이용된다. 가장 널리 사용되고 있는 압전재료로는 barium titanate (BT) 과 lead zirconate titanate (PZT)의 두 종류가 있는데 본 과제에서 개발된 센서는 후자의 것을 사용하였다. 미국에서는 laminated steel-aluminum (L/SA), laminated steel-steel (L/SS) 등의 재료를 쓰기도 하고 일본은 PZT에서 개발된 multi-component solid ceramics 등의 재료를 써서 다양한 요구에 부응하고 있다.

어군탐지센서는 해수 및 압력에 견딜 수 있어야 하며 혹독한 수중조건하에서도 높은 신뢰성이 있어야 한다. 완벽한 방수, 뛰어난 기계적 강도 및 온도 특성 등을 고려하여 일본의 제품이 고체 우레탄 고무 몰딩 또는 네오프렌(neoprene) 고무 몰딩 기술을 사용하고 있는데 개발된 어군탐지센서는 정합층을 제외한 케이싱(casing)은 銅鑄造物(bronze casting)을 사용하였다. 정합층의 재료로는 중국과 미국의 제품이 제작이 간편한 폴리우레탄을 사용하고 있는데 고무와 비교하여 내구성, 방수 등에서 뒤떨어진다.

제작된 어군탐지센서는 성능평가가 필수적이다. 여기에는 빔패턴(pattern), 송·수신 성능(transmit and receive sensitivity), 임피던스, ringing, sidelobes, spurious radiation 등 각종 성능평가 요소들이 있다. 이와 같은 평가를 통하여 문제점을 파악하고 설계단계에서부터 그 성능을 개선하기위한 여러가지 방안을 모색하게 된다. 이를 위하여 해양연구소가 보유하고 있는 폭 6m, 길이 4.8m, 깊이 5m의 수조(水槽)에 음향센서의 여러 가지 성능을 평가할 수 있는 시스템이 구축되었는데 자료처리시스템, 신호발생기, 파워 앰프, 컴퓨터, 모니터, 회전모터, 송수신기 등으로 구성되어 있다. 이와 같은 시설은

국내에서는 진해의 국방과학연구소에 이어서 두 번째이며 앞으로 민간 차원에서 많은 활용이 기대된다.

본 과제에서 개발된 중국의 어군탐지센서는 그 성능면에서 미국의 제품과 비슷하면서도 가격을 낮출 수 있기 때문에 충분히 경쟁력이 있다고 할 수 있다. 그러나 상품화를 위해서는 우리의 기술이 요구되는데 예를 들면 외형의 깔끔한 디자인을 비롯하여 유속계, 온도센서 등을 선택적으로 음향센서에 부착이 가능하도록 하는 것이다. 전반적인 성능은 기술선진국답게 일본제품이 가장 앞서 있으며 가격이 비싸다는 점에도 불구하고 현재 우리시장의 약 50-60%를 차지하고 있음을 볼 때 역시 좋은 제품을 만들 수 있는 기술력만이 무한경쟁의 시대에서의 생존할 수 있음을 보여준다 하겠다.

참고문헌

- 박우선, 이달수, 오영민, 정원무, 1991, 연직 2차원 回折 및 放射문제 해석을 위한 無限要素, 한국해안·해양공학회지, 3(4) : 235-243.
- 韓國海洋研究所, 1989. 海洋構造物의 波力吸收를 위한 新素材 開發 研究 (I), BSPG 00077-224-2.
- 韓國海洋研究所, 1991. 海洋構造物의 波力吸收를 위한 新素材 開發 研究 (I), BSPG 00125-387-2.
- Carver, R.D., 1979, Floating breakwater wave attenuation tests for East Bay Marina, Olympia Harbor, Washington, Tech. Rep. HL-79-13, U.S. Army Eng. Waterways Exp. Station, Vicksburg, Miss.
- Davidson, D.D., 1971, Wave transmission and mooring force tests of floating breakwater, Oak Harbor, Washington, Tech. Rep. HL-71-3, U.S. Army Eng. Waterways Exp. Station, Vicksburg, Miss.
- Ofuya, A.O., 1968, On floating breakwaters, Research Rep. No. CE-60, Queen's Univ. Kingston, Ontario, Canada.
- Sethness, E.D. Jr. and Moore, W.L., 1973, The performance of an offset breakwater configuration in wind-generated waves, Tech. Rep. HYD-D18-7301, Univ. of Texas, Austin.
- Sommerfeld, A., 1949, Partial differential equation in physics, Academic press, New York.

**Appendix 1. Species List of Fishes Occurred in
Tongyung Coastal Area during the
Study Period**

뱀장어목 Anguilliformes

1. 붕장어과 Congridae

- 1) 검붕장어 *Conger japonicus* Bleeker

청어목 Clupeiformes

2. 멸치과 Engraulidae

- 2) 멸치 *Engraulis japonicus* Temminck et Schlegel

3. 청어과 Clupeidae

- 3) 밴댕이 *Sardinella zunasi* (Bleeker)

앨퉁이목 Stomiiformes

4. 앨퉁이과 Sternoptychidae

- 4) 앨퉁이 *Maurolicus muelleri* (Gmelin)

홍메치목 Aulopiformes

5. 매퉁이과 Synodontidae

- 5) 황매퉁이 *Trachinocephalus myops* (Forster)

참치목 Ophidiformes

6. 참치과 Ophidiidae

- 6) 동갈메기 *Sirembo imberbis* (Temminck et Schlegel)

동갈치목 Beloniformes

7. 날치과 Exocoetidae

- 7) 새날치속 *Cypselurus* sp.

- 8) *Hirundichthys oxycephalus* (Bleeker)*

큰가시고기목 Gasterosteiformes

8. 큰가시고기과 Gasterosteidae

9) 큰가시고기속 *Gasterosteus* sp.

9. 실고기과 Syngnathidae

10) 실고기 *Syngnathus schlegeli* Kaup

11) 산호해마 *Hippocampus japonicus* Kaup

솜뱅이목 Scorpaeniformes

10. 양볼락과 Scorpaenidae

12) 볼락 *Sebastes inermis* Cuvier

13) 개볼락 *Sebastes pachycephalus* Temminck et Schlegel

14) 조피볼락 *Sebastes schlegeli* Hilgendorf

15) 우럭볼락 *Sebastes hubbsi* (Matsubara)

16) 불볼락 *Sebastes thompsoni* (Jordan et Hubbs)

17) 홍감팽 *Helicolenus hilgendorfi* (Steindachner et Döderlein)

18) 볼락속 *Sebastes* sp.

19) Scorpaenidae sp.

11. 성대과 Triglidae

20) 성대 *Chelidonichthys spinosus* (McClelland)

12. 쥐노래미과 Hexagrammidae

21) 쥐노래미 *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks

22) 노래미 *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel)

13. 독중개과 Cottidae

23) 무늬횃대 *Furcina oshimae* Jordan et Starks

24) 알롱횃대 *Furcina ishikawae* Jordan et Starks

25) 가시망둑 *Pseudoblennius cottoides* (Richardson)

26) 들꽂망둑 *Pseudoblennius percoides* Günther

27) 창치 *Vellitor centropomus* Richardson

- 28) 독중개속 *Cottus* sp.
- 29) 돌팍망둑속 *Pseudoblennius* sp.
14. 꼼치과 Liparidae
- 30) 꼼치 *Liparis tanakai* (Gilbert et Bürke)
- 31) *Lethotremus* sp.
- 농어목 Perciformes
15. 농어과 Moronidae
- 32) 농어 *Lateolabrax japonicus* (Cuvier)
16. 보리멸과 Sillaginidae
- 33) 보리멸 *Sillago sihama* (Forsskål)
- 34) 청보리멸 *Sillago japonica* Temminck et Schlegel
17. 전갱이과 Carangidae
- 35) 전갱이 *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)
- 36) 가라지속 *Decapterus* sp.
18. 주둥치과 Leiognathidae
- 37) 점주둥치 *Leiognathus rivulatus* (Temminck et Schlegel)
19. 백미돔과 Lobotidae
- 38) 백미돔 *Lobotes surinamensis* (Bloch)
20. 도미과 Sparidae
- 39) 감성돔 *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker)
21. 돌돔과 Oplegnathidae
- 40) 돌돔 *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel)
22. 망상어과 Embiotocidae
- 41) 인상어 *Neoditrema ransonneli* Steindachner
23. 자리돔과 Pomacentridae
- 42) 자리돔 *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel)
24. 장갱이과 Stichaeidae
- 43) 세줄베도라치 *Ernogrammus hexagrammus* (Temminck et Schlegel)

- 44) 피도라치 *Chirolophis japonicus* (Herzenstein)
- 45) 장어베도라치 *Lumpenus sagitta* Wilimovsky
- 46) 참육점날개 *Ophisthocentrus ocellatus* (Tilesius)
- 47) 그물베도라치 *Dictyosoma burgeri* Van der Hoeven
25. 황줄베도라치과 Pholidae
- 48) 베도라치 *Pholis nebulosa* (Temminck et Schlegel)
- 49) 점베도라치 *Pholis crassispina* (Temminck et Schlegel)
- 50) 황줄베도라치속 *Pholis* sp.
- 51) 황줄베도라치과 Pholidae sp.
26. 까나리과 Ammodytidae
- 52) 까나리 *Ammodytes personatus* Girard
27. 먹도라치과 Tripterygiidae
- 53) 가막베도라치 *Enneapterygius theostomus* (Jordan et Seale)
- 54) 먹도라치과 Tripterygiidae sp.
28. 청베도라치과 Blenniidae
- 55) 청베도라치 *Parablennius yatabei* (Jordan et Snyder)
- 56) 앞동갈베도라치 *Omobranchus elegans* (Steindachner)
- 57) 두줄베도라치 *Petroscirtes breviceps* (Valenciennes)
- 58) *Scartella cristata* (Linnaeus)*
- 59) 앞동갈베도라치속 *Omobranchus* sp.
- 60) 청베도라치과 Blenniidae sp.
29. 돛양태과 Callionymidae
- 61) 날돛양태 *Repomucenus beniteguri* (Jordan et Snyder)
- 62) 동갈양태속 *Repomucenus* sp.
30. 망둑어과 Gobiidae
- 63) 큰미끈망둑 *Luciogobius grandis* Arai
- 64) 미끈망둑 *Luciogobius guttatus* Gill
- 65) 갈문망둑 *Rhinogobius giurinus* (Rutter)

66) 아작망둑 *Tridentiger barbatus* (Günther)

67) 날망둑속 *Chaenogobius* sp.

68) 미끈망둑속 *Luciogobius* sp.

69) 아작망둑속 *Tridentiger* sp.

70) 망둑어과 Gobiidae sp. 1

71) 망둑어과 Gobiidae sp. 2

31. 고등어과 Scombridae

72) 고등어 *Scomber japonicus* Houttuyn

73) 삼치속 *Scomberomorus* sp.

가자미목 Pleuronectiformes

32. 가자미과 Pleuronectidae

74) 홍가자미 *Hippoglossoides dubius* Schmidt

75) 용가자미 *Cleisthenes pinetorum* (Schmidt)

76) 물가자미 *Eopsetta grigorjewi* (Herzenstein)

77) 술붕가자미 *Lepidopsetta mochigarei* Snyder

78) 문치가자미 *Limanda yokohamae* (Günther)

33. 참서대과 Cynoglossidae

79) 개서대 *Cynoglossus robustus* Günther

80) 참서대 *Cynoglossus joyneri* Günther

복어목 Tetraodontiformes

34. 쥐치과 Monacanthidae

81) 그물코쥐치 *Rudarius ercodes* Jordan et Fowler

Appendix 3-2. Inventory

종 명(일반명) *Acartia erythraea*

Phylum: Arthropoda

Class: Copepoda

Order: Calanoida

Family: Acartiidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

암컷:체장 1.3~1.5mm.전 두부는 둥글다. 두 흉부는 가늘다. 제 5흉지는 끝 부분에는 극이 굽은 모양을 한다. 제 5흉지 안쪽의 측면에는 2개의 소극이 있다. 생식절은 길고 타원형이다.

수컷:체장 1.1~1.3mm.두 흉부의 모양은 암컷과 같다. 제 2 복절에는 뒤쪽의 측면으로 2개의 극이 있다. 제 3,4 복절에는 뒤쪽의 배 측면에 2개의 매우 작은 소극이 있다.

동정시 주의사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

Acartia erythraea - 제 5흉지의 왼쪽 첫마디는 직사형이다.

Acartia darae - 제 5 흉지의 왼쪽 첫마디는 중앙 안쪽으로 유상 돌기가 있다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

난해·내만성으로 동 중국해, 태평양, 인도양의 열대 해역에 분포

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

섭이 형태 - 잡식성 섭이자(Omnivore)

참고 문헌

1 한국 동식물 도감. 35권 (해양 동물 플랑크톤), 1995. 교육부

2 일본 해양 플랑크톤 도감

종 명 (일반명) *Temora discaudata*

Phylum: Arthropoda

Class: Copepoda

Order: Calanoida

Family: Temoidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

암컷: 길이 1.5~1.7mm. 전 두부는 둥글고,액각은 짧고 얇다. 두부와 흉부는 불완전하게 분리되어 있다. 항절과 미부 차지는 오른쪽이 더 길다. 제 1 측각은 몸체보다 길다. 수컷: 길이 1.5~1.7mm. 일반적인 모양은 암컷과 같으나. 복부는 5마디이고, 제 5흉지는 좌 우 비대칭이다. 미부 차지는 거의 좌우 상칭이다. 왼쪽 제 5흉지의 2번째 마디는 크고 앞사귀 모양이며, 안쪽에 이빨 모양의 작은 돌기들이 있다.

동정시 주의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

Tewora - 제 4,5 흉절은 융합되어 있고 제 1흉절 계지는 2마디다.

Eurytemora - 제 4,5흉절은 분리되어 있고 제 1흉절 계지는 1마디다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

난해·외양성으로 태평양,인도양, 지중해, 열대 해역에 분포

한국의 경우 여름철 남쪽해역에 주로 분포하며 황해 연안에는 드물다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자. 습성 등)

섭이 형태 - 잡식성 섭이자(Omnivore)

참고 문헌

- 1.한국 동식물 도감. 35권 (해양 동물 플랑크톤) 1995 교육부
- 2.일본 해양 플랑크톤 도감

종 명 (일반명) *Labidocera bipinnata*

Phylum: Arthropoda

Class: Copepoda

Order: Calanoida

Family: Pontellidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

암컷: 체장 1.8~2.2mm머리의 홑 부분은 삼각형이며, 머리 좌우의 뒤쪽으로 가늘고 뾰족한 돌기가 나와 있다. 복부는 3마디로 되어 있다. 미부 차지는 불규칙한 모양이며, 왼쪽이 오른 쪽 보다 크다. 제 5홑지는 약간 비대칭으로 왼쪽 외지 정단에는 2개의 극이 있는 반면, 오른쪽에는 3개의 극을 가지고 있다.

수컷: 체장 1.8~2.2mm.두 홑부의 형태는 암컷과 유사하나, 눈이 암컷보다 크다. 제 5홑절의 오른쪽 끝의 안쪽에 또 하나의 돌기가 있으며, 두 돌기 사이에는 작은 거치가 있다. 제 5홑시 왼쪽 셋째 마디의 외연 말단에는 크고 작은 2개의 극이 있으며, 내연 중앙에는 작은 극이 하나 있다.

동정시 주의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

L. bipinnata - 암컷의 경우 제 5홑절이 끝이 분지되어 있으며, 수컷의 경우 제 1복절의 오른쪽이 돌출되어 있다.

L. japonica - 암컷의 경우 제 5홑절의 끝이 분지되어 있지 않으며, 수컷의 경우 제 1복절의 오른쪽이 돌출되어 있지 않다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

난해성으로 인도양,태평양 등에 분포)

한국 근해를 비롯한 극동 해역에 널리 분포한다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

육성성 섭이자(Carnivore)로 알려진 *Labidocera* sp.의 한 종류

참고 문헌

1. 한국 동식물 도감. 35권 (해양 동물 플랑크톤) 1995. 교육부
2. 일본 해양 플랑크톤 도감

종 명 (일반명) *Pontella securifer*

Phylum: Arthropoda

Class: Copepoda

Order: Calanoida

Family: pontellidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

암컷: 길이 3.9~4.0mm. 전 두부는 삼각형이며, 두부와 흉부는 분리되어 있다. 제 5흉절의 양쪽 끝이 뾰족하며 좌우 비대칭이다. 미부 차지는 좌우 비대칭이다. 복부는 2마디로 되어있으며, 찌그러진 모양을 하고 있다.

수컷: 길이 3.4~3.65mm. 머리의 앞 부분은 삼각형이며 발달된 눈을 가지고 있다. 머리좌우에 날카로운 돌기가 있고, 미부 차지는 좌우 대칭이다. 오른쪽 제 1촉각은 교미시 암컷을 잡기 위한 기관으로 사용된다.

동정시 유의사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

P. securifer - (우)생식절의 배면은 덮개물이 있으며, 도미 모양을 하고 있다. 오른쪽 미강모의 기부는 팽대하지 않는다.

P. latifurca - (우)생식절의 배면은 덮개물이 없다. 오른쪽 미강모의 기부는 팽대하다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

난해·외양성으로 여름·가을철에 주로 출현한다.

태평양, 인도양, 열대 지역에 출현,

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

육식성(?)

참고 문헌

1. 한국 동식물 도감. 35권 (해양 동물 플랑크톤) 1995. 교육부
2. 일본 해양 플랑크톤 도감.

종 명(일반명) <i>Diogenes edwardsii</i> (넓적원손집게)	Phylum: Arthropoda 절지동물문 Class: Crustacea 갑각강 Order: Decapoda 십각목 Family: Paguridae 집게과
----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

기 제

이마뿔이 발달하지 않았으며, 양 눈자루 사이에 긴 가시가 있다. 왼쪽 집게다리가 매우 넓고 크며, 발목마디의 바깥면 윤곽이 정삼각형에 가깝다. 또한 양옆면에는 매끈하나 아랫면에는 털이나 있다. 윗모서리와 아래 바깥면 모서리에는 과립들이 배열되어 있고, 자리마디의 바로 앞에는 커다란 돌기가 있다. 갑각은 연한 붉은 빛깔을 내며, 다리에는 연한 적갈색 가락지 무늬가 있다. 왼쪽손은 회고 배는 황색이다.

동정시 주의 사항

넓적원손집게 속은 현재 2종이 보고되어 있으며, 다른 한종은 *Diogenes nitidimanus* (긴원손집게)로 분류학적 특징으로는 왼쪽 집게다리가 매우 길고, 크며, 발목마디가 원기둥 모양에 가깝다.

생 태

황해에서 남해, 동해남부에 이르는 우리나라 연안 전반에서 서식하는 것으로 보고되었으며, 일본 연안, 동지나해에서 홍콩에 이르는 지역에 분포하는 것으로 알려졌다. 어린개체는 조간대에서 수심이 낮은 곳까지 분포하지만 성체의 경우 훨씬 깊은 곳에도 존재한다. 성체의 왼쪽 손 바깥면에는 말미잘인 *Sargartia paguri*가 부착하여 공생한다. 또한 이 종이 들어 있는 조개껍데기에도 말미잘이 붙어있는 경우가 많다.

생활사에 관한 정보

7-8월에 포란하여 산란하는 것으로 나타났다. 주로 패각의 선택이 용이한 수로 지역에 분포하며, 모래지역에서 펄에 이르기까지 다양한 퇴적상에서 서식하는 것으로 알려져 있다.

참고 문헌

김훈수, 1973, 한국동식물도감 제 14권 동물편(집게, 게류), 문교부. 206-210

종 명(일반명) Phylum: Arthropoda 절지동물문
Crangon affinis(자주새우) Class: Crustacea 갑각강
 Order: Decapoda 십각목
 Family: Crangonidae 자주새우과

기재

갑각 윗면에는 앞뒤로 이어지는 마루가 전혀 없거나 등면 정중선에 뚜렷하지 않은 마루가 있다. 이마뿔은 비교적 작고 짧으며, 배마디의 마루는 없거나 뚜렷하지 않다. 이마뿔의 길이는 변이성이 커서 매우 짧고, 등그스름한 경우도 있다. 눈구멍의 바깥모퉁이에는 작은 이가 있다. 살아있을 때는 몸에 흑갈색 색소포가 수없이 많이 널려있다.

동정시 주의 사항

현재 국내에 보고되어 있는 자주새우속에는 자주새우를 포함하여 총 5종으로 이들의 서식환경이 매우 유사하다. 갑각의 등에 위릿가시가 2개인 경우 두 가지 자주새우(*C. communis*)이며, 위입가시가 갑각의 중간쯤에 위치하는 경우 들창뿔자주새우(*C. sagamiensis*), 이마뿔이 길어서 눈을 지나가는 경우 매끈 자주새우(*C. dalli*), 이마뿔이 길고, 등면 정중선에 뚜렷한 마루가 있는 경우 마루자주새우(*C. hakodatei*)로 나누어진다.

생태

우리나라 전연안에 걸쳐 서식하는 것으로 나타났으며, 일본, 중국에서 사할린 캄차카에 이르는 지역에서도 기재되었다. 내해 또는 내만의 얕은 곳에 서식하며, 서해안의 경우 조간대지역의 건강망에 대량 채집되는 것으로 보아 연안의 조류를 따라 이동하는 것으로 보여진다.

생활사에 관한 정보

4월에서 6월에 포란하여 여름철에 산란하는 것으로 알려져 있다. 퇴적물에서 서식하는 미세한 생물등을 포식하며 여과식 식자의 형태를 나타낸다.

참고문헌

김훈수, 1977, 한국동식물도감 제 19권 동물편(새우류), 문교부 292-306

종 명 (일반명) <i>Cancer gibbosulus</i> (두드리기은행게)	Phylum: Arthropoda 절지동물문 Class: Crustacea 갑각강 Order: Decapoda 십각목 Family: Cancridae 은행게과
-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

갑각은 그 나비가 길이보다 긴 타원형이다. 더듬이의 채찍은 퇴화하였거나 발달한 경우에도 짧다. 앞옆가장자리에는 크기가 비슷한 이들이 촘촘히 있어 톱날모양을 이룬다. 갑각의 윤곽은 부채모양이며, 앞옆가장자리에 9개의 낮은 삼각형의 이로 갈라져 있으며, 작은것과 큰 것이 번갈아 배열되어 있고, 맨 뒤의 것은 매우작다. 갑각의 등면은 전반적으로 불룩하고, 낮은 사마귀모양의 돌기가 있다 또한 매우 작은 돌기와 짧은털이 촘촘히 나 있다. 갑각과 집게다리의 등면에는 연한 회색바탕에 고동색 무늬가 있으며, 걷는다리의 등면은 연한 고동색이다.

등정시 주의 사항

은행게 종류는 현재 3종이 기재되었다. 은행게의 경우가 가장 큰 종류로 앞옆가장자리에 11개의 이가 발달하였다. 또한 꼬마은행게의 경우 가장 크기가 작으며, 갑각에 연한 털이 덮여있지 않고, 갑각의 등면은 희미한 녹색바탕에 진한 고동색 무늬가 있다.

생태

황해 남부에서 남해, 부산에 이르는 연안 얕은 바다(30 - 100m 지점)의 모래가 섞인 진흙바닥 또는 조개껍데기가 많은 모래바닥이나 수로 등지에서 산다. 분포지역은 일본 연안과 중국 북부 해안, 동지나해에서 서식하는 것으로 알려져 있다.

생활사에 관한 정보

참고 문헌

- 김훈수, 1973, 한국동식물도감 제 14권 동물편(집게, 게류), 문교부. 331-332
- Sakai, T., 1976, Crabs of Japan and the adjacent seas, Kodansa, 317-318
-

종 명 (일반명) <i>Charbdis bimaculata</i> (두점박이민꽃게)	Phylum: Arthropoda 절지동물문 Class: Crustacea 갑각강 Order: Decapoda 십각목 Family: Portunidae 꽃게과
-------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

이마나비가 갑각나비의 1/2에 훨씬 미치지 못한다. 갑각의 앞옆가장자리에 눈뿔니를 제외하고 5개의 이가 있다(민꽃게의 특징). 집게다리의 뒷모서리 끝에 가시가 1개 있다. 양아가미구역에는 각각 1개씩의 적갈색 점무늬가 있다. 살아있을 때의 갑각 등면은 바탕이 연한 보라색이고, 무늬들은 진한 자색이다.

동정시 주의 사항

현재 민꽃게류는 총 5종이 기재되어 있다. 집게다리의 손바닥에 가시의 수로 이들을 쉽게 구분할 수 있다. 즉 5개의 가시를 가진 것은 민꽃게 (*C. japonica*)와 홍색 민꽃게(*C. acuta*)가 있으며, 4개의 예리한 가시가 있는 경우 얼룩민꽃게 (*C. riversandersoni*)와 안경민꽃게(*C. miles*) 등이 있다.

생태

황해 인천 이남지역에서 남해, 동해 남부 영일만에 이르는 폭넓은 지역에서 분포함. 수심 20-430m 깊이의 모래, 진흙 또는 조개껍데기가 많은 지역에서 서식한다. 주로 새우잡이 어망이나 저인망에서 채집된다. 과거에는 사료로 사용하였으나 최근들어 자원의 고갈로 인해 꽃게의 대용으로 사용된다. 이종은 전세계적인 분포를 보이는 종으로 동부아시아에서 인도, 아프리카 등지에서도 서식하는 것으로 기록됨.

생활사에 관한 정보

참고 문헌

김훈수, 1973, 한국동식물도감 제 14권 동물편(집게, 게류), 문교부, 359-361

Sakai, T., 1976, Crabs of Japan and the adjacent seas, Kodansha, 364-365

종 명(일반명)
Pugettia incisa
(오늬이파물맞이게)

Phylum: Arthropoda
Class: Crustacea 갑각강
Order: Decapoda 십각목
Family: Majidae 물맞이게과

기재

이마에 나타난 2개의 돌기는 V자 모양으로(약 60° 정도) 벌어져 있다. 끝이 뾰족하여 꼬부라진털이 나있다. 갑각의 등면은 어느정도 불룩하다. 눈뿔가시는 간구역 가시와 완전히 합쳐져서 날개모양을 이룬다. 엽통구역의 돌기는 원뿔모양이고, 뾰족하다.

동점시 주의 사항

물맞이게 속에는 2종이 보고되어 있다. 이 종 이외에 뿔물맞이게가 있는데 우리나라 전 연안에서 서식하는 종으로 대부분의 물맞이게를 이 종으로 인식하기 쉽다. 차이점으로는 엽통구역의 돌기가 뾰족하며, 갑각등면이 전반적으로 등글며, 돌기가 선명하지 않다.

생태

남해와 제주도, 동해남부 등지에서 서식하는 것으로 나타났다. 일본 남부역과 중국, 동지나해에서도 서식한다. 주로 조하대 수심 30-100m에 이르는 지역에 서식하며, 진흙 또는 모래진흙 바닥에 산다. 갑각의 길이는 성체의 경우 18mm 내외 폭은 15mm 내외이며, 이마의 뿔이 약 4.5mm 정도이다.

생활사에 관한 정보

참고 문헌

김훈수, 1973, 한국동식물도감 제 14권 동물편(집게, 게류), 문교부. 529-530
Sakai, T., 1976, Crabs of Japan and the adjacent seas, Kodansa, 195-196

종 명 (일반명) *Paralichthys olivaceus* Phylum: Chordata
Class: Osteichthyes
Order: Pleuronectina
Family: Bothidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

몸은 긴 타원형이고 눈은 왼쪽에 모여 있다. 눈이 있는 쪽의 몸은 갈색 또는 녹갈색을 띠며 유백색 원형 반문이 몸 전체에 흩어져 있다. 눈이 없는 쪽 몸은 흰색이며 특별한 무늬나 반점은 없다. 입이 큰 편이며 몸 길이는 60cm전후이다.

동정시 주의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

넙치의 특징 중 눈의 위치와 입의 크기로서 다른 가자미류와 쉽게 구별할 수 있다. 눈이 좌측에 모여 있어 (대부분의 가자미류는 오른쪽에 위치) 항문을 아래로 하여 정상 위치로 몸을 두면 머리가 좌측에 위치한다. 넙치의 입은 커서 눈의 뒤까지 어져 있으나 대부분의 가자미류는 입이 작아 눈 뒤까지 어지지 않는다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

우리나라 전 연안에 서식하고 있으며 수심 20~200m층 바닥에 서식한다. 봄이면 연안 가까이 접안하여 산란한다. 서식 수온은 8~18℃ 범위이다. 여름에는 연안의 얕은 곳, 겨울에는 깊은 곳으로 이동한다. 빨과 모래가 섞인 바닥을 좋아한다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

봄에 44~45cm급 이상인 암컷은 연안으로 접근하여 산란하며 45~60cm 급 1마리는 14~40만개의 알을 수차례에 나누어 산란한다. 부화한 새끼들은 동물성 플랑크톤을 먹으며 표층 생활을 하다가 1.7~1.8cm 정도 크기에서 치어기로 변태하면서 바닥 생활로 전환한다. 1년에 약 25cm, 2년에 35cm정도로 자라면서, 성장함에 따라 어류나 대형 갑각류를 포식하는 전형적인 육식성 어류이다.

참고 문헌

종 명 (일반명) <i>Sebastes schlegeli</i>	Phylum: Chordata
	Class:
	Order: Cottida
	Family: Scorpaenidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

전형적인 볼락형의 체형을 갖고 있으며 크기가 50cm급에 달하는 대형종이다. 체색은 암회갈색, 회흑색 등 회색이 짙으며 어릴때는 4~5줄의 불분명한 가로무늬를 갖고 있다가 성장함에 따라 없어진다. 머리에는 코가시, 안전극, 안후극, 귀가시 및 노정극과 같은 짧은 강한 가시가 있다.

동정시 유의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

외형상 볼락과 매우 유사하지만, 성어의 경우 회흑색이 강하다.(유어 약간 녹색을 띤 회색). 따라서 우선 갈색, 적갈색, 흑갈색을 띠는 볼락과는 구분할 수 있다. 뺨에는 눈에서 뒤쪽으로 비스듬히 내려오는 검은색 띠 무늬가 2개 있다. 등 지느러미(D.)XIII-11~B; 뒷지느러미 .(A.) III-6~8; 새파수는 23~28.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

연안 암굴지대에 서식하며 여름철에는 얕은 곳, 겨울철에는 비교적 깊은 곳에서 지낸다. 우리 나라 전 연안에 서식하며, 특히 서해에 그 자원이 많다. 서식 수온은 대개 8~12℃이다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

난태생이로서 봄철 4~5월 사이에 부화한 자어를 산출한다. 40cm 정도 크기의 암컷 1마리는 11~24만 마리의 부화 자어를 산출한다. 자연에서는 1년만에 약 12cm, 2년생이 20cm이다. 여름때에는 동물성 플랑크톤, 새우, 곤장이류 등을 먹다가 성장함에 따라 소형어류, 게, 새우류등 육식성이 강해진다.

종 명 (일반명) *Sebastes inermis* Phylum: Chordata
 Class:
 Order: Cottida
 Family: Scorpaenidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

몸은 방추형으로 흑갈색(또는 갈색)이며 서식처에 따라서 체색 변화가 심하다. 체측에 5~6줄의 흑색 가로띠가 있다. 눈이 매우 크며 안쪽 아가미 뚜껑(전대개골)에 5개의 가시가 있다. 머리에 안전촉, 안상극, 노정극 등 짧은 가시들이 있다. 15~20cm급에 흔하며 30cm 가넘는 놈도 있다.

동정시 주의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

불블락(*S. thompsoni*)과 유사하지만 불블락은 불락보다 체색이 노랑색을 띤 붉은 빛을 띠며 체측이 윤곽이 뚜렷한 5줄의 갈색 가로띠를 갖고 있다. 체측 비늘수는 불락이 41~48개 인데, 비해 불블락은 52~56개로 많다.

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

암초가 잘 발달한 연안에 서식하며, 난태생이다. 나이가 들수록 정착성이 강하며 3년이면 15~20cm급으로 자라며 무리를 짓기도 한다. 우리나라 서, 남해에 널리 분포하며 연안에 흔하다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

11~12월 사이에 암, 수컷이 교미를 하여 초봄에 산출한다. 부화자어는 4~5mm로 눈은 이미 발달하여 은색 홍색을 갖고 있다. 크기가 5cm정도까지는 표층 생활을 하다가 치어기를 지나면서 바닥쪽으로 내려간다. 어릴때는 동물성 플랑크톤을 먹고 살다가 자라면서 육식성으로 바뀌며 야행성이 강하다.

종 명 (일반명) *Hypodytes rubripinnis* Phylum: Chortada
Class:
Order: Cottida
Family: Congiopodidae

기재

(크기, 형태, 색깔 등)

크기가 10cm전후의 소형종이며, 머리 윗 부분 경사가 급한 편이다. 체색은 적갈색 바탕에 흰색, 흑색점이 있다. 배는 주홍색을 띠며 옆구리, 등, 가슴 및 꼬리 지느러미에 불규칙한 흑갈색무늬가 있어 전체적으로 화려한 모습이다.

등정시 주의 사항

(유사종 또는 자매종과의 차이점)

2~4번째 등지느러미의 극(가시)은 매우 긴 편이며, 등 지느러미 가시에는 강한 독을 갖고있다. 뒷 지느러미에는 3개의 극(III)과 3~5개의 줄기가 있다. (유사종인 풀미역치(*Erisphexpotti*)는 한개의 극(I)과 10~13개의 줄기가 있다. 미역치보다 깊은 바다에 살고 있다.)

생태

(분포 범위, 서식처, 생태 특이성 등)

우리나라 중남부 연안 따뜻한 바다에 서식한다.

암초지역이나 잔모래(빨) 바닥에도 서식한다.

생활사에 관한 정보

(발생, 생식, 성장률과 사망률, 먹이와 포식자, 습성 등)

산란에는 7~8월경으로 지름 0.8~0.9mm크기의 부성난을 낳는다.

부화한 새끼는 가슴지느러미가 크다.

참고 문헌

종 명 (일반명) <i>Styela clava</i> (미더덕)	Phylum: Chordata 척삭동물문 Class: Ascidiacea 해초강 Order: Pleurogona 측성해초목 Family: Styelidae 미더덕과
-----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

몸은 굽은 곤봉모양이며, 긴 자루를 가질때는 아주 길다. 랑고 자루의 아래쪽이 바위에 부착해 있다. 입수공과 출수공 모두 몸의 앞쪽 끝에 있으며, 4엽이고, 양 물관은 전혀 만들지 않고 있다. 외피는 가죽모양이며 어떤 부분에서는 0.5mm의 두께이다. 몸의 아랫부분 또는 자루부분의 표면에는 아주 불규칙한 주름이 있으며, 앞부분에는 가로주름 또는 불규칙한 홈이나 있다. 특히 양수공 가까이에는 불규칙한 돌기가 많이 있다. 몸의 색깔은 이들이 사는 바다 밑바닥에 따라 다르며, 보통 황갈색에서 회갈색 또는 등황색을 띠며 내면은 백색을 하고 있다.

동정시 주의 사항

미더덕의 경우 몸아래부분에 자루의 유무를 확인한다. 자루가 없는 경우 촉수의 수에 따라 종이 나누어 진다. 긴자루가 있는 경우 몸의 표면에 주름 또는 끝이 뾰족한 돌기물의 여부를 관찰하고, 자루의 길이와 생식샘의 형태를 관찰한다.

생태

우리나라 삼면 연안에서 흔히 볼 수 있다. 부착기질이 있는 경우 어디에나 서식하며, 몸자체가 해면, 히드라, 군체멍게로 덮여 있다. 이 종은 일본 전역과 오토츠크해까지 서식하는 것으로 알려져 있다.

생활사에 관한 정보

참고문헌

노분조, 1977, 한국동식물도감 제 20권 동물편(해면, 히드라, 해초류), 문교부 343-348

종 명 (일반명)

Halocynthia roretzi(명게)

Phylum: Chordata 척삭동물문

Class: Ascidiacea 해초강

Order: Pleurogona 측성해초목

Family: Pyuridae 명게과

기 제

몸은 타원형이며, 표면에는 굵은 유두상 돌기가 많이 있고, 몸의 뒤쪽 끝에 있는 다수의 뿌리 모양의 돌기에 의해 다 른 물질이 부착해 있다. 입수공은 몸의 앞쪽 끝에 있고, 출수 공은 입수공보다 뒤쪽에 있으며, 양수공 모두 4엽이다. 표면 에는 작은 비늘세포 같은 부분으로 나누어져있고, 유두상 돌기 끝에는 가끔 미세한 가시모양의 돌기가 남아있다. 입수공과 출수공의 주위에는 표면에 미세한 작은 가시를 가진 작은 가 시가 있다. 물관 끝의 안쪽에 있는 미세한 작은 가시는 단순 하며 길이가 640 μ 에 달한다.

등정시 주의 사항

양식이 활발히 진행되어 유명한 종으로 특이한 외형상 의 특징으로 누구나 쉽게 구분할 수 있는 종이다. 몸의 표면 은 많은 유기상 돌기 또는 가시모양 돌기로 덮여있다.

생 태

우리나라 전연안에 서식하지만 동해안과 남해안에 많 다 조하대 지역 수m에서 20m내외에 주로 서식한다. 암수동체로 서 위새강 외벽에 암수 1조씩의 생식기관이 있다. 암수 생식 문은 다같이 위새강으로 열려 있기 때문에 알이나 정자는 위 새강에 나온 다음 출수구를 거쳐 해수 중에 나와 수정한다. 11월에서 3월사이에 방란, 방정하며, 부착후 2년이 되면 성체 가 된다. 우리나라에서 대표적인 양식종으로 글리코젠 함량이 높은 동물이다. 겨울철 산란을 하기 때문에 여름철이 가장 맛 이 좋다. 특수한 맛은 불포화알콜인 신티올 때문인데, 특소는 이맛이 입맛을 자극한다. 수온이 5-24 $^{\circ}$ C 범위에서 서식하며, 해수의 비중이 높은 외해에 연한 곳에 주로 서식한다.

생활사에 관한 정보

수정후 난황을 거둬하여 약 1일만에 반투명한 올챙이 모양의 미충형 유생기를 가지며, 이후 6시간이 지나면, 꼬리 부분이 흡수되는 변태과정을 가진다. 서식환경에 따라 성장률

은 다르지만 약 1년만에 직경 3-4cm(7-12g) 정도로 성장하며, 2년이 지나면 8-10cm(115-150g)으로 성장한다.

참고문헌

유성규, 1995, 천해양식 신흥출판사, 205-216

노분조, 1977, 한국동식물도감 제 20권 동물편(해면, 히드라, 해초류), 문교부 343-348

종 명(일반명) *Lumbrineris longifolia* (송곳갯지렁이류) **Phylum :** Annelida
Class : Polychaeta
Order : Sedentariata
Family : Lumbrineridae

기재

몸 길이 34mm, 체폭 1mm 정도, 체절수는 210여개 정도이다. 입 앞 마디는 납작한 원통형 으로 눈이나 기관이 없다. 첫 두 체절에는 가시가 없고 다음의 체절보다 약간 짧다. 몸 후 반부의 뒤 가지 수염이 가늘고 길며 앞 쪽으로 향해 비스듬히 나 있다. 꼬리부분에는 2쌍의 손가락 모양의 돌기가 나 있다.

동정시 주의 사항

막으로 싸인 가시 (hooded hook) 가 첫번째 가시마디부터 출현하는가를 조사하고 측각의 acicula 색깔이 노란색임을 확인하고, 뒷 부분의 setal lobes이 상당히 깊고 앞쪽으로 구부러진 형태를 확인함. 36번째 가시마디까지만 capillary setae가 존재한다.

생태

한국, 일본 연안역과 황해와 동해 등 북동아시아 해역에 분포한다. 본 종은 퇴적물 속에서 자유롭게 이동하며, 주로 표층퇴적물을 먹이로 취하는 것으로 알려져 있다. 또한 유기물 함량이 높거나 퇴적상에 mud가 우세한 지역에서 우점하는 종이다.

생활사에 관한 정보

산란이나 성장에 대한 정보는 아직 없고, 섭식에 관한 정보도 매우 미흡한 상태에 있어서 이 부분에 대한 조사가 요구된다.

참고문헌

- Imajina, M. and M. Higuchi, 1975. Lumbrinerdea of Polychaetous annelids from Japan,with descriptions of six new species. Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. A, 1(1) : 5-37.
- Lee, S-E, and E-I. Park, 1995. Density composition and feeding guild of the dominant polychaetous community in shallow muddy bottom in Tomioka Bay, Amakusa, Japan. J.Korean Fish. Soc. 28 (6) : 793-804
- Lim, H-S., J-W. Choi, J-G. Je and J-H , Lee, 1992. Distribution pattern of macrozoobenthos at the farming ground in the western part of chinhae Bay, Korea. Bull. Korean Fish. Soc. 25 (2) : 115-132.

종 명(일반명)

Capitella capitata Eisig, 1887
(등가시버들갯지렁이)

Phylum : Annelida

Class : Polychaeta

Order : Calitallida

Family : Capitellidae

기재

몸 앞쪽은 원통모양이고 열째가시마디부터는 네모난 긴 통처럼 되고 좌우 옆쪽이 움푹 들어간 길다란 홈을 이룬다. 입앞마디는 앞끝부분이 둥글게 되고, 다른 마디에 비하여 매우 납작하다 목덜미 부분에는 깊게 파인 홈을 가지며, 눈은 없다. 몸 앞부분 일곱째가시마디까지는 등다리와 배다리가시 모두 가장자리를 가진 바늘 모양이며, 나머지 마디의 배다리가시는 긴 자루의 끝에 5개의 이빨이 주머니에 싸여 있다. 수컷에서는 여덟째 내지 아홉째가시마디의 등가시가 특수하게 변형되어 다른 마디의 가시보다 굵고 편평하며 끝이 약간 굽어진 생식가시로 된다. 이 생식가시 중 여덟째 것은 정상적인 우치인 뒤로 향하고 있지만 아홉째가시마디의 생식가시는 여덟째 가시마디의 바늘 가운데 부분으로 향하고 있다.

몸 길이는 최대 22~30mm이고, 몸 나비는 1~1.5mm이다.

마디수는 95~110개이다.

동정시 주의 사항

본 종에는 10 종류 이상의 자매종 (sibling species)가 있는 것으로 알려져 있고, 구분이 우어려우며, 단지 생활사나 재생산유형, 효소의 위치 등으로 구분된다. 자매종간에도 형태적인 차이가 있는데, ①배부분의 체절 수, ②배 다리가시의 수, ③생식가시의 수, ④항문의 위치 등에서 차이가 있다.

생태

등가시버들갯지렁이는 범세계적으로 분포하는 종으로 알려져 있다. 본 종의 주요 서식지는 도시 생활폐수나 양식장 잉여사료 등에 의해 퇴적물에 유기물 함량이 높은 곳이며, 기름오염으로 기존의 군집이 없어진 빈 공간이며, 기름오염 후 최초로 정착하며 수십만 개체/m²에 이르는 고

밀도로 서식한다. 따라서 본 종은 유기물 오염이나 기름오염 등 환경교란에 재빨리 반응하여 큰 개체군을 형성하는 기회종이기 때문에 유기물 오염이나 대한 지시종(indicator species)으로 이용되고 있다.

생활사에 관한 정보

산란, 발생 : 앞컷은 수정란은 서관의 내부에 점액질을 분비하여 부착한다. 난경은 250 μ m정도이고, 부화후에 부유시기를 1~2일을 거쳐 착지한다. 부유 중 섭식을 하는 유생인 경우에는 7일간의 부유생활 후 착지한다. 수온이 22 $^{\circ}$ C에서 20일만에 체강에 난이 발달하고, 25~40일에 교미산란한다. 본 종의 수명은 대략 6~8개월로 알려져 있다. 생산량과 생물량의 비율인 P/B ratio는 4.9이나 적절한 표식압이 부유시에는 P/B ratio가 19까지 증가한다. 실내사육시의 성장율은 정착 후 2개월째에 8mm/month로 최대를 보이고, 3개월 이후는 산란으로 성장이 둔화된다. 개체별 성장율은 220~280 μ g/mg/day 였다. R/B ratio=0.08 먹이로는 퇴적물 표층에 있는 detritus를 취하며

참고문헌

Wu. B., P. Quin, and S. Zhang, 1988. Morphology, reproduction ecology and isoenzymeelectrophoresis of Capitella complex in Qingdao.

Tsutsumi, H. and T, kikuchi, 1984. study of the life history of Capitella capitata(polychaeta : Calitellidae) in Amakusa, South Japan in cluding a monparison with other geographical regions, Mar. Biol., 80 : 315-321.

Tenore, K. R. and E. J. Chesney, Jr. 1985. The effects of interaction of rate of food supply and population density on the bioenergetics of the opportunistic polychaete, Capitella Capitata (type 1). Limnol, & Oceanogro, 30(6) : 1188-1195

백의인, 1989. 한국동식물도감 제 31권 동물편 (갯지렁이류), 국정교과서 주식회사.

종 명 (일반명) **Phylum:** Echinodermata 극피동물문
Ophiopholis mirabilis **Class:** Ophiuroidea 거미불가사리 강
(빨거미불가사리) **Order:** Myophiurida 폐사미 목
 Family: Ophiactidae
 뱀이거미불가사리과

기재

디스크판의 외형이 원형이다. 또한 많은 견고한 granules로 이루어진 크고작은 판으로 덮여있다. Radial shield가 크고, 타원형이거나 끝이 뾰족한 삼각형의 형태로 분리되어있다. Interradialventral disk는 뾰족한 침이 부착된 가는 비늘로 덮여있다. Arm spine이 짧고, 6개의 spine이 있으며, 안쪽으로 갈수록 가장 짧다. Tentacle scale이 한개이고 작다. Dorsal arm plate (배완판)의 양쪽에는 큰 보조판과 작은 보조판이 있다.

동정시 주의 사항

빨거미불가사리류 중 국내에 기재된 종은 4종으로 배완판에 큰보조판의 유무에 따라 나눌수 있다. 큰보조판이 없는 경우 완극의 길이에 따라 *O. aculeata*(뾰족빨거미불가사리), *O. japonica*(왜빨거미불가사리)로 나눌수 있다. 우리나라에 서식하는 종의 경우 몸의 색깔과 반위에 나있는 극(spine)의 정도에 있어 변이가 심하다.

생태

우리나라의 경우 동해, 대한해협, 황해 등 연안에 주로 서식하며, 서식범위는 10 - 950m에 이른다. 퇴적상의 경우 자갈, 펄, 조개껍데기 등이 혼재된 수로에서 밀생한다. 한국이외에는 동지나해나 일본의 쓰가루만 부근에서 서식하는 것으로 나타났다.

생활사에 관한 정보

참고문헌

- 신 숙, 1984, 한국산 거미불가사리류의 계통분류학적 연구, 이화여자대학교박사학위 청구논문 59-64
 - JFRCA., 1990, Echinoderms from continental shelf and slope around Japan, p83
-

종 명 (일반명) <i>Luidia quinaria</i> (검은띠불가사리)	Phylum: Echinodermata 극피동물문 Class: Asteroidea 불가사리 강 Order: Phanerozonia 현대목 목 Family: Luidiidae 검은띠불가사리
---------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

팔이 5개이고, 디스크반 중앙에서 각 팔부분의 Carinal line을 따라 어두운색(길은 밤색계통)이 퍼져있다. 표면부분이 작은 paxillae로 덮여있고, 디스크 중앙에 10-20개의 극이나와 있다. Superomarginal plate는 abactrinal plate와 유사한 형태를 보이며, inferomarginal plates와는 상반된 형태를 취한다. 두 개의 턱을 가진 커다란 pedicellaria는 커다란 가시의 옆쪽으로 놓여있다. Adambulacral plate의 표면은 일련의 작은 침이 나열되어 있다.

동정시 주의 사항

검은띠불가사리과에 속하는 종으로는 현재 국내에 1종만이 기재되어 있으며, 일본의 경우 *L. maculata*가 기재되어 있는데, 이 종은 다리가 8개로 구성되어 있어 쉽게 구분이 용이하다.

생태

우리나라의 경우 화해 중부이남과 남해 동해남부해역에서 서식하고 있으며, 세계적으로는 일본 남부해역, 남중국해, 태평양, 인도양 연안에 분포하는 것으로 기재되었다. 수심 10-200m인 연안에서 주로 서식하며, 퇴적상이 펄모래로 구성된 지역에서 서식한다.

생활사에 관한 정보

참고 문헌

JFRCA., 1990, Echinoderms from continental shelf and slope around Japan, p39
 신일본동물도감 (下), 1978, 북룡관 p51

종 명(일반명)
Asterias amurensis
(아무르불가사리)

Phylum: Echinodermata 극피동물문
Class: Asteroidea 해성강
Order: Forcipulata 차극목
Family: Asteriidae 불가사리과

기재

팔의 수는 5개이다. 표면에 끝이 뾰족한 가는 침이 드문 드문 나있다. 이들은 uniguiculate straight pedicellariae에 의해 둘러싸여져 있다. Papular 지역은 곧은 pedicellariae가 드물게 분포한다. Adambulacral spine가 plate인근에 1개 또는 2개 많은 경우 2-3개가 나타난다. 끝이 잘린 한개의 커다란 가시가 각 adambulacral plates에 존재한다. 이들 adambulacral plate 사이나 위에는 크고 곧은 pedicellariae가 있다. 표면의 가시에는 크기가 작은 한무더기의 곧은 pedicellariae가 있다. 체색은 종마다 특이한 색체를 띠며, 주로 노란색, 분홍색, 노란바탕의 분홍색 점 등을 그린종들도 있다.

동정시 주의 사항

이 종의 경우 아종으로 *A. amurensis versicolor*로 동정되는 경우가 있다. 우리나라에서도 노와신(1980)이 분화시키고 있으나, 일본의 경우 처음에는 두 종으로 기재하다가 많은 논란을 가진 끝에 한 종으로 통일하였다.

생태

우리나라 전연안에 서식하는 것으로 나타났으며, 일본의 경우 사할린에서 큐슈에 이르는 전지역에서 서식한다. 굉장한 포식력을 가진 종으로 패류 양식장 등에서는 해적생물로 엄청난 재산 피해를 주는 종이다. 최근들어 이들이 해상수단의 폭주로 인해 bilge water를 통해 유생이 세계 전해역으로 퍼져나가서 호주의 경우 심각한 해적생물로 골치를 앓고 있기도 하다.

참고문헌

JFRCA., 1990, Echinoderms from continental shelf and slope around Japan V.1 p61
B.J.Rho and S. Shin, 1980, A systematic study on the Echinoderms in Korea, 4. Asteroidea, J. of Kor. Res. Inst. Liv. 26 65-104

종 명 (일반명) <i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)	Phylum: Echinodermata 극피동물문 Class: Asteroidea 해성강 Order: Spinulosa 유극목 Family: Asterinidae 별불가사리과
------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

기 제

팔이 5개이며, 팔사이가 약간 오목하게 들어간 오각형 형태를 나타낸다. 표면은 원추형이며, 특히 반의 radial area는 팔의 중앙부위가 등글게 솟아오른 형태를 나타낸다. Actinal portion은 평평하다. 끝점에 5개의 spinelet을 가진다. Accessory abactinal plate는 형태면에서 타원형이고, principal plates 보다 작다. Abactinal plates 중에 Papular area는 한개의 papulae를 가진다. Actinal plate는 매우 규칙적으로 정돈되어 있다. actinal face에는 papulae가 없다. Adambulacralarmature는 두줄의 납작한 침으로 구성되어 있다. 첫줄에는 3-4개 둘째줄에는 4-6개 정도이다.

동정시 주의 사항

색이 매우 다양하다. 또한 모양의 변이도 심하여 얼핏 다른 종으로 구분하게 되며, 팔이 6개인 변종도 자주 나타난다.

생 태

우리나라에서 가장 대표적인 해성류이다. 우리나라 전 연안에 서식하는 것으로 나타났으며, 일본의 경우 사할린에서 큐슈에 이르는 전지역에서 서식한다. 어린시기에는 연안 바위 밑에서 서식하다가 일정한 크기가 되면 밖으로 나온다. 조간대에서 수심 100m에 이르는 연안에서 주로 서식한다. 다만 암반이나 펄을 가리지 않고 바다속 어디에서나 서식하며, 약한 동물의 수액을 먹거나 암반이나 기질, 펄표면의 유기물을 먹기도 한다.

참 고 문 헌

JFRC.A., 1990, Echinoderms from continental shelf and slope around Japan V.1 p54
 B.J.Rho and S. Shin, 1980, A systematic study on the Echinoderms in Korea, 4. Asteroidea, J. of Kor. Res. Inst. Liv. 26 65-104

종 명(일반명) <i>Atrina pinnata japonica</i> (키조개)	Phylum : Mollusca 연체동물군 Class : Bivalvia 이매패류 Order : Eutaxodonta 진다치목 Family : Pinnidae 피조개과
------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

대형종으로 크기는 성체가 30cm에 이르고 모양이 삼각형이며, 패각은 얇고 건조하며 잘 파손된다.

표피에는 약한 성장맥과 방사능이 있으며 비늘 모양의 작은 돌기가 많이 나있다. 교치는 없고 인대로서 연결된다. 패각(껍데기)은 청록색이고 안쪽은 검고 진주광택이 약간 있다.

동정시 주의 사항

생태

우리나라 서·남해안의 내만, 일본, 대만 등지에 분포한다.
저조선에서부터 수심 50 에까지 내만역에 주로 퇴적층 내에 서식한다.
퇴적층은 모래질이 50~80% 되는 곳에 많다.
저질을 족사로 부착하여 수직으로 몸을 지지한다.

생활사에 관한 정보

자웅이체이며 산란시기는 6월부터 9월까지이고 부유유생은 삼각형이다

참고문헌

김종만. 1987. 해양생물생태자료집, 한국해양연구소 보고서 BSPE 00091-136-3.

종 명(일반명) <i>Haliotis discus</i> (전복 또는 참전복)	Phylum : Mollusca 연체동물군 Class : Gastropoda 복족강 Order : Archaeogastropoda 원시복족목 Family : Haliotidae 전복과
----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

외형 상하원형이고, 패각은 두껍고 단단하다. 호흡공(공열)은 앞쪽의 3-5 개만이 열려 있고, 호흡공 사이의 간격이 비교적 넓다. 패각의 내면은 회은색이며 진주 광택을 띤다.

동정시 주의 사항

오분자기류 (*Suculus disersicolor*) 는 상대적으로 전복보다 크기가 작고 열린 호흡공의 수가 6-7 개로 더 많다. 왕전복(*N. madaka*) 은 패각 표면이 매우 거칠고 호흡공 주위 솟아있으며, 말전복 (*N. gigantea*) 는 매우 큰 개체로 패각 표면이 적갈색을 띠고 내면에 강한 진주 광택을 낸다.

생태

우리나라 전 연안 및 일본과 중국 연안에 분포한다. 야행성이면 야간에는 암석지역의 후미진 곳에 머물다가 야간에는 외부로 나와 섭식활동을 한다. 냉온대종으로 수온 7℃이하나 27℃ 이상에서는 섭식할 능력이 저하한다.

치패인 경우 10~25℃ 가 서식적정수온이나 이 범위내에서 수온이 높을수록 성장이 빠르다. 어린시기에는 부착 규조류를 섭식한

생활사에 관한 정보

담륜자(trochophore) 유생과 벨리저(veliger) 유생 시기를 거쳐 착지를 한다. 산란기는 7~11월이며, 산란적정 수온은 20℃전후이다.

부유시기에는 야간에는 수심 6m 정도에 머물다가 주간에는 수심 3m 까지 진출한다. 실험에 의하면 수정에서 착지완료까지의 시간은 17.3℃에서 130시간, 20℃ 에서 93-99 시간이 소모된다고 한다.

참고문헌

김종만, 1987. 해양생물생태자료집, 한국해양연구소 보고서 BSPE 00091-136-3.

최병래, 1992. 한국동식물도감, 제 33권 동물편(연체동물 II). 문교부.

종 명(일반명) <i>Fulvia mutica</i> (새조개)	Phylum : Mollusca 연체동물문 Class : Bivalvia 이매패강 Order : Polaeohetecodonis 고이치 목 Family : Cardiidae 새조개과
-----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

기재

원형인 껍데기로 두께는 얇으며 대형인 이매패류이다. 표면에는 털들이 나있고, 방사맥은 각정부위에서는 미약하나 껍데기의 가장자리에서는 규칙적이고 뚜렷하여 46~47 줄이다. 색깔은 황백색이며 각정부는 연붉은색을 띤다. 내면은 붉은색이다.

동정시 주의 사항

생태

주로 내만의 세립질 퇴적층이 서식하며 서식적정수온은 8~28℃ 이다. 우리나라 남·서해안 내만에 분포한다.

생활사에 관한 정보

자웅동체이며 1년생이 (각장 3.8cm) 지난 후에는 산란이 가능하며 각장이 8.5cm인 성체의 포란수는 약 400 만개이다. 산란시기는 5~10월이며, 봄철에는 14~15℃ 로 수온이 상승하는 시기, 가을에는 24~18℃ 로 수온이 하강하는 시기에 산란한다. 치패의 출현시기는 7~8월이며, 니질이 60% 이상인 사니질을 착저기질로 선출한다. 수명은 3~4 년생이다.

참고문헌

김종만, 1987. 해양생물생태자료집, 한국해양연구소 보고서 BSPE 00091-136-3.
 유종생, 1979. 한국현색패류도감. 일지사

종 명(일반명)
Mytilys edulis galloprovincialis
(진주담치)

Phylum : Mollusca 연체동물문
Class : Bivalvia 이매패강
Order : Eutaxodonta 진다치목
Family : Mytilidae 홍합과

기재

껍데기는 암청색이며 연보라빛을 띠고 각정부의는 갈색을 나타낸다. 이빨의 수는 3~4개이며, 껍데기의 등쪽 가장자리가 뒷쪽으로갈수록 약간 굽어지고 전체 패각의 횡단면은 아래쪽(배쪽)이 볼록하다. 패각 내부는 암청색이며 진주광택이 약하다.

동정시 주의 사항

홍합(*M. coruscus*)은 각정부의가 구부러져 있고 패각이 두꺼우며 내부는 진주광택이 강하다. *Mytilus*속 내의 다른 종자는 패가그이 가장자리와 횡단면의 모양, 이빨이 수에서 차이가 난다.

생태

속초이남 동해안의 항내나 서·남해안의 내만 지역에 광범위하게 분포하고 있으며, 점차 그 분포해역을 넓혀가고 있다. 남유럽이 원산지이며 일본을 통하여 우리나라 연안에 전파된 종으로 알려져 있다. 양식장 지역에서 가두리그물이나 구조물에 부착하여 하중을 높여 피해를 입히기도 한다.

생활사에 관한 정보

담물자유생→벨리저유생→D형 유생→Umbo기 등 부유기를 거치며 부유기간은 1개월이다. 1차 착지하는 시기에는 수심이 얇은 곳이나 조간대에 많으나, 일정시간이 지난후 2차 부착지로 이동한다. 수명은 2년 이상이다.

참고문헌

김종만, 1987. 해양생물생태자료집, 한국해양연구소 보고서 BSPE 00091-136-3.
제종길, 장창익, 이수형, 1990. 한국산 홍합속(*Mytilus*)(홍합과: 이매패강) 3종의 형태 특성과 분포, 한구패류학회지, 6(1) :22~32.

종 명(일반명) <i>Octopus vulgaris</i> (왜문어 또는 참문어)	Phylum : Mollusca 연체동물문 Class : Cephalopoda 두족강 Order : Family :
------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

기재

동정시 주의 사항

생태

우리나라 전연안의 암반지역 해조숲과 암초 사이에 서식하며, 갑각류, 작은 어류가 패류를 포식한다. 전세계 온대해역의 전체에 광범위하게 분포한다. 대개 저조한에서부터 100m까지의 수심에 서식한다.

생활사에 관한 정보

산란은 대개 5~6월에 하며, 포란 수는 5~20 만개이고, 산란적정 수온은 15~20℃ 정도이고 부유어만은 약 30~40 일간 이때는 동물플랑크톤을 섭식한다. 전장이 약 11mm 이상이 되면 착지하여 저서생활을 한다. 산란후 유생이 부화하고 나면 사망한다.

참고문헌

김종만, 1987. 해양생물생태자료집, 한국해양연구소 보고서 BSPE 00091-136-3.

종 명(일반명)
Theora fragilis

Phylum : Mollusca 연체동물문
Class : Bivalvia 이매패강
Order :
Family :

기재

패각은 계란모양이며, 회백색을 띠고 얇아 반투명하다.

동정시 주의 사항

생태

조간대 하부에서 수심 50m까지의 니질 퇴적물의 표층에 주로 서식하며, 유기오염, 해역의 저서동물 군집에서 우점종으로 많이 출현한다.

황해와 우리나라 남·서해안의 나뭇잎을 띠고 일본·중국의 연안에 분포한다.

생활사에 관한 정보

주 산란시기는 5~7월이다.

참고문헌

임현식, 홍재상, 제종길, 1995. 진해만에서 애기반투명조개 *Theora fragilis*(Mollusca : Bivalvia)의 분포, 한국패류학회지, 11(1) : 21~34.

종 명 (일반명)
Sargassum horneri
(팽생이모자반)

Division: Phaeophyta
Class: Phaeophyceae
Order: Fucales
Family: Sargassaceae

기재

엽체는 황갈색, 몸은 보통 3~5m이며, 서식하는 수심에 따라서는 최대 10m에 이르기도 한다. 줄기의 중앙부와 상부는 원주상이며 미끈해도 줄기의 하부와 가지에는 가시가 있다. 줄기에는 잎의 기부에서 세로로 홈이 있고 다소 비틀어 진다. 잎 전체의 윤곽은 긴 타원형 또는 선상인데 깃꼴로 거의 중륵까지 분열하며 기포는 원주상이고 길이는 10~14 mm, 굵기는 2.0~2.5 mm 이며 짧은 자루가 있다. 기포의 끝에는 잎과 모양이 동일한 관옆이 있다.

동정시 유의사항

생태

우리나라 전역에 분포한다. 특히 봄철 동해안 파도에너지가 적은 내만에 큰 숲을 이룬다. 서식하는 수심에 따라 개체의 크기가 많은 차이를 보이며, 독립적으로 분포하는 개체보다는 patch 특성을 뚜렷히 나타낸다. 특히 동 종의 patch는 성장률이 가장 높은 봄철에 뚜렷한 수관을 형성하기 때문에 수관하부에 서식하는 해조류는 거의 없다.

생활사에 관한 정보

동 종은 단년생임. 5월부터 6월 사이에 생식세포를 방출하고, 급속히 유실된다. 성장한 엽체의 작은가지에서 발생한 생식기탁으로부터 방출된 생식세포는 해수중에 떠다니며 착생하고, 10월까지 느리게 성장한다. 대개 육안으로 유엽이 관찰되기 시작하는 것은 9월부터이다. 10월 이후 3월까지 엽체는 급속히 성장하고 빠르면 3월부터 생식기탁을 형성한다.

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감, 제 8권 식물편(해조류), 465pp. 문교부.

종 명 (일반명)
Myagropsismyagroides
 (외톨개모자반)

Division: Phaeophyta
 Class: Phaeophyceae
 Order: Fucales
 Family: Cystoceriaceae

기재

엽체는 황갈색, 뿌리는 낮은 원추상이며, 직경 5~7cm, 고무처럼 연하다. 뿌리표면에서 1~4개 또는 그 이상의 줄기가 나오고 줄기의 표면에는 혹이 많다. 중심가지는 매우 근접하여 줄기의 양측에서 우상으로 나와서 광개한다. 길이 1~3m이며, 중심가지는 편원이고 여러차례 기꼴로 분기하며, 작은 가지의 양 가장자리에 잎을 가진다. 앞에는 중륵이 있고, 선상이며 가늘고 깃꼴로 분기한다. 기포는 타원형이며 양 끝이 가늘고 상부의 것은 방추상이다. 기포는 가는 실모양의 관엽을 가진다.

동정시 유의사항

생태

우리나라 동해남부로부터 남해역에 분포한다. 수심 5 메타 이내에 생육한다.

생활사에 관한 정보

동 종은 다년생임. 5월부터 6월 사이에 생식세포를 방출하고, 중심가지 부분이 급속히 유실된다. 다음해 뿌리주변의 줄기에서는 다시 중심가지가 재생한다.

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감, 제 8권 식물편(해조류), 465pp. 문교부.

종 명 (일반명)
Sargassum micracanthum
(잔가시모자반)

Division: Phaeophyta
Class: Phaeophyceae
Order: Fucales
Family: Sargassaceae

기재

뿌리는 접시모양이며 줄기는 단독, 또는 다수의 중심가지에서 나누어 지고 중심가지는 세 개로 굴곡이 진 형태이며 다소 비뚤어진다. 각 굴곡에서는 가시가 있다. 곁가지는 짧고 사상 또는 원주상이다. 몸의 높이는 30 cm이며, 기부의 잎은 주걱꼴 또는 대잎꼴이며 짧은 자루가 있고 톱니 모양이 아니다. 상부의 잎은 실모양 또는 가는 대잎꼴이며 서로 마주보며 패여져 있고 융기한 중륵이 있다. 패여진 모양은 삼각꼴이며 중륵까지 깊게 패여져 있다. 기포는 타원형 또는 구형이고 톱니가 있는 관엽을 가진다.

등정시 유의사항

생태

우리나라 전역에 비교적 탁도가 낮은 곳에 분포한다. 대개 수심 5 메타 이내에 키작은 수관을 형성한다.

생활사에 관한 정보

명확히 밝혀져 있지 않음.

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감, 제 8권 식물편(해조류), 465pp. 문교부.

종 명 (일반명)
Undaria pinnatifida
(미역)

Division: Phaeophyta
Class: Phaeophyceae
Order: Laminariales
Family: Alariaceae

기재

엽체는 황갈색, 몸은 보통 1 m이내이다. 뿌리의 모양은 나무의 뿌리와 흡사하다. 줄기는 편압되어 있으며, 줄기의 상부는 엽상부의 증류으로 되고 잎은 좌우에 깃털과 같이 나열된다. 줄기의 양측에는 주름있고, 개체의 성장에 따라 이 주름이 포자엽이 된다.

동정시 유의사항

미역은 잎의 형태적 차이나 지리적 분포에 의해 남방형과 북방형으로 나뉜다. 일반적으로 남방형은 잎이 패여진 정도가 얇고 엽체의 길이에 비해 찢어진 잎의 수가 많다. 포자엽의 주름수도 2~4개로 적고, 포자엽과 엽상부가 이어지는 경우가 많다. 북방형은 대형이며 줄기가 길고 잎이 패여진 깊이가 깊고 찢어진 잎의 수가 적은 대신 포자엽의 주름 수는 대단히 많다.

생태

우리나라 전역에 분포한다. 비교적 파도에너지가 강한 곳의 수심 3 메타 이내에 서식한다.

생활사에 관한 정보

동 종은 단년생임. 3월부터 6월 사이에 생식세포를 방출하고, 급속히 유실된다. 줄기 아랫쪽의 포자탁에서 방출된 유주자는 해수중에 떠다니며 착생하고, 착생한 후 1일 이내에 배우체로 발아한다. 배우체 상태로 고수온기인 여름철을 지나며, 수온이 낮아지는 가을철에 성숙하여 수정한 난으로부터 어린포자체가 발달한다. 포자체는 11월부터 4월까지 급속히 성장한다.

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감, 제 8권 식물편(해조류), 465pp. 문교부.

종 명 (일반명)
Ecklonia stolonifera
(곰피)

Division: Phaeophyta
Class: Phaeophyceae
Order: Laminariales
Family: Laminariaceae

기재

엽체는 암갈색, 몸은 보통 1 m이내이다. 뿌리, 줄기, 엽상부가 뚜렷히 구분된다. 원주상의 줄기는 상부에서 편평하게 되고 엽상부가 전개된다.

동정시 유의사항

생태

대개 수심 깊은 곳에서 생육한다고 알려져 있으나, 부착기질만 있으며 해수면 가까이에서도 생육함을 볼 수 있다. 자연 개체군의 경우 섬 5 메타 이하에서 생육함을 볼 수 있다. 이는 동 종의 수직분포는 유용한 빛과 기질의 상관에 의해 나타난다고 볼 수 있다.

생활사에 관한 정보

어린 엽체는 봄에 나타나고 1 년생 개체의 크기는 줄기 5~10cm, 지름 5mm, 중앙엽의 길이 20~30cm, 폭 4cm 정도이다. 2 년생의 경우 가을과 겨울에 엽상부에 형성된 포자낭군에서 포자가 방출되며, 포자 방출 후 엽상부는 녹아지고 줄기부분 가까이의 성장점 이하만 남게된다. 이후 성장점에서 새로운 엽상부가 발달하고, 다음해 여름까지 급속히 성장한다. 대개 엽체가 충분히 성장하기 위해서는 2,3년이 소요된다.

참고문헌

강제원. 1968. 한국동식물도감, 제 8권 식물편(해조류), 465pp. 문교부.
