

BSPN 00239-737-3

沿岸域 開發에 따른 海洋生態界 變化 研究

A Study of the Marine Ecosystem on the Effects
of the Coastal Zone Development

1994. 9.

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 “沿岸域 開發에 따른 海洋生態界 變化 研究”의 최종
보고서로 제출합니다.

1994년 9월

한국해양연구소

연구 책임자 : 이 재 학

연구 원 : 곽 희 상 유 재 명

장 만 김 중 관

제 종 길 임 현 식

최 진 우 강 대 선

명 철 수 박 홍 식

이 중 수 이 형 곤

고 철 환(서울대학교)

홍 재 상(인하대학교)

이 태 원(충남대학교)

요 약 문

I. 제 목

沿岸域 開發에 따른 海洋 生態界 變化 研究

II. 연구개발의 목적 및 중요성

연안은 예로부터 수산자원의 채취와 양성을 위한 장소로서 인간에게 널리 활용되어 왔으며, 특히 지형적으로 외해와 다른 환경을 보이는 내만은 수산생물의 산란장과 성육장으로 중요한 역할을 하고 있다. 그러나, 최근들어 급속한 산업화에 따라 개발이 용이한 내만에 간석지 매립 및 용수확보를 위해 여러지역에 방조제가 건설됨으로서 이로인해 환경, 사회문제 등을 야기시키고 있다.

매립 및 방조제 건설에 의한 해안선 변화는 해수의 유동을 변화시키고, 퇴적상에 영향을 미친다. 이로서 저서생물의 서식양상을 변화하게 되고, 아울러, 저서 생물을 포식하는 저서어류에 직접적인 영향을 주어, 2차적으로 어류의 먹이인 플랑크톤, 고형유기물의 양에도 영향을 미치게 된다. 결국, 기존 생태계에 재구성이 이루어지며, 이 과정에서 어장 피해 등 경제적인 손실을 가져오게 된다.

최근에 여러 지역에서 수행되는 연안개발사업은 '환경영향평가'라고 하는 사전 조사를 한 후에 건설여부를 결정하고 있으며, 실제 건설사업에서 많은 학자들에 의해 이러한 과정이 수행되었다. 하지만 실제로 이러한 건설이 생태계에 어떠한 영향을 주는 지에 대한 사후 조사는 거의 이루어지지 않고 있어 사전에 조사된 결과에 대한 검증할 수가 없었다.

천수만은 현재 방조제 건설로 인해 주변 생태계가 변화하고 있는 것으로

로 예상되는 지역이다. 이 지역은 방조제 건설 이전에 유영생태계에 대한 조사가 수행된 적이 있었으며, 건설 직후에도 해양생태계에 대한 전반적인 조사가 수행된 바 있다. 이러한 자료들은 현재까지 변천되어온 과정을 비교할 수 있기 때문에 천수만은 연안역 개발에 따른 해양 생태계 변화를 연구하는데 적합한 지역이라고 생각되었다.

따라서 이 연구를 통해 현재 수행되고 있는 다른 지역에서의 방조제 건설이나 매립사업이 끝난 후 주변 생태계가 어떻게 변화할 것인지를 예측하는데 보다 합리적인 자료를 제공할 수 있을 것이다. 따라서 이 연구는 해안선 변화가 저서 생태계에 미치는 영향과 천이과정을 추적하여 전체 연안생태계의 변화과정을 추정하는데 목적이 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

천수만에서의 해양 생태계 조사를 다음과 같이 실시하였다.

- 현재까지 조사가 이루어졌던 시기의 자료를 토대로 과거와 현재의 생물상과 환경 자료를 정리.

- 1차년도에는 천수만 내부에 10개 정점을 선정하여 유영생태계와 저서생태계에 대한 조사를 계절별로 실시하여 계절별 종조성과 지역별 군집 변화 조사.

- 2차년도에는 저서생태계를 중심으로 2차회에 걸쳐 30개 정점을 선정하여, 입도조성과 탁도, 퇴적물 내의 유기탄소, 질소, 황의 함량분석, 저서생물의 종조성과 트롤을 사용한 대형 저서동물의 분포를 조사.

- 3차년도에는 2차년도의 조사를 바탕으로 지역별로 다양한 변화를 보이는 정점 15개를 선정하여 저서생물군집에 대한 정밀조사 실시.

IV. 연구개발의 결과와 활용에 대한 건의

수온과 염분도는 계절에 따라 표층과 저층간에 편차를 보이지 않았으

며, 강한 조석으로 인해 서해 연안과 유사한 양상을 보였다. 저층 용존 산소는 봄에 높게 나타났고, 여름에는 지역에 따라 차이를 보였다. 천수만 입구지역에서는 주기적인 조석으로 인한 빠른 유속으로 수괴의 상하층의 순환이 원활하기 때문에 연간 용존산소의 양이 유사하게 나타났다.

천수만의 퇴적물 구조는 매우 복잡하고, 남북방향으로 두 개의 수로가 형성되어 있으며, 수로의 저층은 굽은 모래질과 자갈, 패각으로 구성되었다. 특히, 만 입구에는 조석에 의한 빠른 유속으로 인해 암반과 자갈로 이루어져 있었다. 만의 중부에 위치한 죽도를 중심으로 북서방향에는 사니질의 대주가 형성되어 있었다. 입구와 대주지역, 수로를 제외한 전 지역은 니질 퇴적상으로 이루어졌으며, 방조제에 가까이 갈수록 평균 입도치가 높게 나타났다.

퇴적물내 유기물 함량은 여름과 가을에 높게 나타났고, 겨울과 봄철에 낮게 나타났다. 유기물의 분포는 퇴적상과도 연관이 있으며, 상관관계에서도 니질함량과 높은 상관관계를 가졌다. 퇴적물 내의 황 성분은 천수만 북부지역에서 높게 나타났으며, 천수만 입구로 갈수록 표층에서 황이 검출되지 않았다.

방조제 부근의 퇴적물 표면과 30cm 속의 퇴적물과의 시간차이는 11.74년으로 나타났으며, 30cm이하의 기질은 자갈과 암반 이었다. 결국, 퇴적물의 표면이 최근 퇴적된 것이고, 연속적으로 퇴적된 것이라는 가정 하에 표면의 니질 퇴적물이 최초로 퇴적된 시기는 약 12년전인 1982년 전후로 나타났다.

식물플랑크톤은 전 지역에서 저서성 규조류가 우점하는 것으로 나타났다. 조석과 빠른 수류로 인해 천수만 입구에서는 저서성 규조류가 연중 우점하였고, 봄에는 방조제 쪽으로 갈수록 표층에서 체인을 이루는 부유성 규조류가 증가하였다. 8월에는 방조제 부근에서 기수역에 서식하는 6종과 담수역에 서식하는 2종이 출현하였다.

동물플랑크톤은 종 수에 있어 가을철에 높게 나타났으며, 봄철에는 유

생이 다량 가입되었다. 가을철에는 요각류중에 *Calanus affinis*와 *Paracalanus parvus*가 전 정점에서 고른 출현을 보였으며, 요각류의 어린 유생인 copepodite가 나타나기 시작하였다. 겨울철에는 *Acartia biflosa*, *Centropages abdominalis*, *C. affinis*가 주로 만입구 정점에서 출현하였다. 종 조성은 지역적인 차이가 없이 모든 정점에서 유사한 형태를 나타냈다.

어류의 경우 천수만 내에서의 종 조성은 겨울철에 일부 내만성 어류가 수심이 깊은 곳에서 월동하는 것으로 나타났으며, 수온이 상승하는 봄철에는 월동하던 내만성 어종이 먼저 산란을 시작하고, 외해에서 월동한 부영성 어류와 저서성 어류의 성어가 만으로 들어와서 산란을 한다. 즉, 내만성 어종과 회유성 어종이 짧은 시간간격으로 천수만 내에서 산란을 한다. 산란된 난들은 부화하여 유어시기를 천수만 내에서 보내기 때문에 여름철에는 높은 개체수를 나타내고 있으나 생체량에 있어서는 낮게 나타났다.

저서생물 조사에서 3년동안 채집되었던 전체 종 수는 313종으로 지금까지 조사된 어느 지역보다도 다양한 종이 출현하였으나, 개체수는 종수에 비해 매우 빈약한 것으로 나타났다. 여름철에 전 정점에 걸쳐 어린 개체로 구성된 많은 저서동물이 출현하였다. 봄철에는 천수만 중부지역에만 여름철과 유사한 개체수가 출현하였으며, 북쪽 지역과 입구에서는 상당량이 감소하였다.

저서생물의 연중 다양도 지수는 봄철에 가장 높게 나타났다. 지역별로는 만 입구에서 방조제 쪽으로 갈수록 낮게 나타났다. 중부지역에 위치한 정점들은 연중 높은 유사도를 보였으며, 외해와 연결된 북쪽의 일부 지역과 천수만 입구에서는 여름철에 외해로 부터 어린 개체의 가입으로 일시적으로 매우 높은 유사도를 보였다가, 낮은 유사도를 나타내었다. 주요 출현종들은 분포유형에 있어서 전지역에 고른 분포를 보이는 종, 방조제 부근에서 출현한 종, 만 입구에 서식하는 종으로 나누어졌다.

천수만은 만입구와 방조제 서쪽이 외해와 연결되어 있으며, 조석으로

인해 수피가 남북으로 주기적으로 이동하므로 외양에서 유생의 유입이 용이하다. 하지만 복잡한 퇴적환경으로 인해 넓은 지역에서 지속적으로 저서생물이 성장할 수 있는 지역이 한정되어 있고, 대부분 지역에서 유생들이 착저후 얼마 되지않아 사망하는, 시기에 따라 생물 가입과 사망이 반복되는 불안정한 구조를 보이고 있었다. 북쪽의 방조제 부근 해역은 방조제 건설 이후 해수유동이 적어 침전된 니질 퇴적상에는 퇴적물내의 높은 함량의 유기물이 썩고 있었으며, 부정기적인 담수유입 등으로 인해 교란 현상이 일어나 생물이 지속적으로 정착, 서식하기에 어려운 환경여건을 지니고 있었다. 만 입구의 경우에는 조석에 의한 빠른 해수유동이 퇴적물의 재부유를 반복시켜서 연성퇴적층을 형성하지 못해 니질 또는 사질 퇴적상에 서식하는 생물이 성장하는데 어려운 환경여건을 지니고 있었다. 상대적으로 천수만 중부해역은 생물이 가장 다양하게 서식하는 사니질 퇴적상을 나타내고 있어서, 저서 생물이 서식하기에 안정된 지역으로 나타났다.

천수만은 방조제 건설로 인해 전반적으로 수피의 물리적 특성에 변화가 생기고, 퇴적상이 바뀜으로서 점진적으로 저서생태계가 변화하고 있었다. 저서생태계 변화에는 양식장 과밀에 따른 영향과 부정기적인 담수유입의 영향도 아울러 작용하는 것으로 보인다. 수피의 물리,화학적 변화는 일차적으로 표영생태계에 영향을 미쳤을 것이며, 이와함께 저서생태계가 천이하였으므로 천수만 내의 연안 생태계 구조가 상당한 변화를 일으켰을 것이다.

Summary

I. Title

A Study of the Marine Ecosystem on the Effects of Coastal Zone Development

II. Significance and Objectives

A coastal zone, which is economically important region as a spawning and nursery ground, has been exploited to collect and rear living marine resources for a long time. However, it has been deteriorated due to the rapid industrialization such as reclamation and sea-wall construction in recent days, causing many environmental and public health problems.

Topographic changes in coastal area by industrialization change the tidal current pattern resulting in changes of the sediment facies. Consequently, benthic ecosystems including demersal fishes, benthic diatoms and particulate organic matters are influenced directly and indirectly by the grain size composition of sediment. Further, total marine ecosystems will be deteriorated through food webs, which cause by a damage of fishery grounds.

Recently, coastal development projects in several regions have been decided depending on the results of ecological investigations so called 'Environmental Effect Assessment'. However, ecological predictions in the assessments were not usually tested after finishing the

developmental projects and further ecological monitoring on the ecosystem were hardly performed.

Marine ecosystems in Cheonsu Bay have been seriously influenced by sea-wall construction. Some investigations on the pelagic ecosystems have been conducted immediately after sea-wall construction. These monitoring data have been important values because they make it possible to compare ecosystems with those of the past. So, Cheonsu Bay is suitable area for investigating the effects of coastal development on the marine ecosystem.

So, if we can understand marine ecological processes in that area, this will be used as basic data to predict the changes in the marine ecosystem after coastal zone development. The aim of this study is to investigate the transitional processes in coastal benthic ecosystems during and after coastal development.

III. The scope of the study

Method for the study on coastal ecosystem Cheonsu Bay were as follows;

The first year - to collect some data from the previous reports studied around Cheonsu Bay and investigate seasonal variations of benthic and pelagic communities at 10 stations.

The second year - to investigate environmental factors, such as sediment grain size, bottom turbidity, carbon, nitrogen, sulfur contents in the surface sediments and benthic communities of macro- and mega benthos at 30 stations.

The third year - to continue the investigation in detail about

benthic communities at 15 stations based on the second year data.

IV. Results and suggestions from the study

Vertical deviation in water temperature and salinity in Cheonsu Bay was very small seasonally, due to the strong tidal currents as shown in the coastal areas of the Yellow Sea. The dissolved oxygen of bottom layer showed its maximum value in spring and some spatial deviations occurred in summer. The areas which located in the mouth of the bay showed similar values during all seasons because of continuous mixing between surface and bottom layer by tidal currents.

Cheonsu Bay had more various sediment facies than any other areas. The areas which located in the mouth of the bay were composed of rock and cobble, and channels which directed from south to north were composed of coarse sand, gravel stones and shell fragments. The middle area which were made up sand bars called 'daeju' were composed of sandy-mud, directed to north-south. Most of areas were composed of mud but in the mouth of bay, sand bar and two channels, gravelly sand with shell fragments were dominated. The nearer we approach toward the sea-wall construction, the finer mean grain size is.

Organic content in sediment was low in summer and autumn, but high in winter and spring. The proportion of organic content was related to mean grain size, and organic content showed high correlations with clay proportion in sediments. The high sulfur content in sediment was recorded in northern area. Sulfur content was hardly detected close to the mouth of bays.

The time interval between surface and 30cm depth in sediment around sea-wall construction was about 11.74 year by age dating. The sediments which below 30cm depth were composed of rock which inflowed in the process of construction. Thus the bottom sediments below 30cm depth were estimated to be settled approximately in 1982, about 12 years ago.

Benthic diatoms dominated in all stations during study period. They dominated at all times owing to tide and strong currents in the mouth of bay. The more goes into inner bay, the more increase the planktonic diatom form aggregated. The 6 brackish water species and 2 freshwater species were collected around the sea-wall construction in August. It seemed that these species had been inflowed from the freshwater discharged in August.

Zooplankton were characterized by the high species numbers in autumn. Planktonic larvae of zooplankton recruited abundantly in spring. *Calanus affinis* and *Paracalanus parvus* among copepods dominated in all areas, and the juvenile copepod called 'copepodite' appeared in autumn. *Acartia biflora*, *Centropages abdominalis* and *C. affinis* appeared mainly in the stations which were located in the mouth of the bay. Species composition of zooplankton showed similar patterns in all stations during the study period.

Habitat of fishes in Cheonsu Bay was as follows; Demersal fishes in the inner bay overwintering in deep layer in these areas. First, demersal fish living in inner bay spawned in spring, and pelagic and demersal fishes overwintering in outer bay came into the inner area and then spawned. Namely, domicial fish and migrating fish spawned orderly in Cheonsu Bay. Spawned eggs hatched and stayed during fish

larvae stage in this area. So, density of fishes was very high, but biomass was relatively low in summer.

Macrobenthic animals collected during three year study period comprised 313 species. Thus macrobenthic animals in Cheonsu Bay seemed more diverse than any other coastal areas, but abundance per species was very low. In summer, many juvenile were collected through out all stations. But in spring were collected same abundance as summer only in the middle areas of Cheonsu Bay and decreased of the stations which were located in north side and the mouth of bay.

Diversity was the highest in spring. In the northern part of Cheonsu Bay, species diversity decreased. According to cluster analysis, each station which was located in the middle area had high silmilarity at all times, but northern areas and the mouth of bay, which were connected with outer sea, had high similarity only during the period of recruitment of juveniles in summer. But as times go on, the similarity between two areas decreased. Macrobenthic fauna was clustered into 3 faunal groups, one was composed of species that live in all areas, another is composed of species that were found only in north area. the other was composed of species that were formed only in the mouth of the bay.

Cheonsu Bay comprised various sediment facies and were easy for juveniles to came into from outer sea. But in this area, continuous growth of animals was limited owing to various environmental factors. So, marine ecosystems had not been stable, because it was not long before recruited animals died in most of areas and juveniles recruit repeatedly every season. By regional groups, northern areas have made up mud flat owing to precipitation since sea-wall construction had

made, because of weakened currents and irregular freshwater discharge. So, organic matters in sediment seem to be decayed, and bring about bad environmental conditions where benthic animals grow hardly. The area around the mouth of the bay also was under bad environmental conditions which benthic animals grow hardly. These areas have strong current owing to tide. Thus, sediments were disturbed and resuspended. So, it was difficult for benthic animals in these areas to feed and grow. But the middle area has stable ecosystem. Sediment facies of the middle area was sandy mud which the most diverse benthic animals could inhabit in this type.

Benthic ecosystem in Cheonsu Bay has been changed due to the current system and sedimentary facies, which were affected and altered by the sea-wall construction and irregular freshwater discharge, and input of a lot of organic matter from neighbouring fish farms. So, Marine ecosystem, especially benthic ecosystem was affected by these environmental factors.

목 차

요약문	1
표 목차	21
그림목차	23
1. 서 론	31
1-1 연안 생태계에서 저서생물군집의 역할	31
1-2 저서동물 군집연구 현황	33
1-3 연안 개발 현황	34
1-4 연구목적, 현황 및 내용	36
1-4-1 연구 목적	36
1-4-2 연구현황	38
1-4-3 연구내용	39
2. 개 황	40
2-1 연안 지형 및 지질	40
2-1-1 연안 지형	40
2-1-2 지질	42
2-2 물리.화학적 환경	44
2-2-1 조석, 해류	44
2-2-2 수온, 염분, 강수량	45
2-3 수산자원의 이용도	47
2-3-1 수산물 생산량	47
2-3-2 양식장 분포	50
2-4 부유생태계의 분포	53
2-4-1 식물성 플랑크톤의 종 조성	53
2-4-2 동물성 플랑크톤의 종 조성	56
2-4-3 어류의 종조성	59

2-4-4 표영생태계의 생산구조와 에너지 유전	65
3. 재료 및 방법	68
3-1 연구지역 및 조사기간	68
3-2 물리, 화학적인 조사	68
3-2-1 수온, 염분도, 용존산소	68
3-2-2 탁도	68
3-3 퇴적학적인 조사	69
3-3-1 입도조성	69
3-3-2 유기물함량	69
3-3-3 친생물원소	69
3-3-4 퇴적을	70
3-4 생물조사	70
3-4-1 생물채집 및 동정	70
3-4-1-1 부유생물 조사	70
3-4-1-2 저서생물 조사	71
4. 결과	72
4-1 환경분석	72
4-1-1 물리 화학적 환경	72
4-1-1-1 수온	72
4-1-1-2 염분도	72
4-1-1-3 용존산소	74
4-1-1-4 부유물질농도	74
4-1-2 퇴적학적 환경	77
4-1-2-1 입도 조성	77
4-1-2-2 유기물함량	81
4-1-2-3 친생물원소	81
4-1-2-4 퇴적을	87

4-2 부유생물상조사	88
4-2-1 식물성플랑크톤	88
4-2-1-1 종조성	88
4-2-1-2 개체수와 우점종	89
4-2-2 동물성플랑크톤	101
4-2-2-1 종조성	101
4-2-2-2 개체수와 우점종	104
4-2-3 난,치자어	105
4-2-3-1 종조성	105
4-2-3-2 개체수 및 우점종	106
4-3 저서생물조사	109
4-3-1 춘계 생물상	109
4-3-1-1 종수 및 개체수 분포	109
4-3-1-2 우점종 분포	113
4-3-1-3 생태학적 제지수의 변화	130
4-3-1-4 집괴분석	134
4-3-1-5 그룹별 생물상	138
4-3-2 하계생물상	146
4-3-2-1 종수 및 개체수 분포	146
4-3-2-2 우점종의 분포	152
4-3-2-3 생태학적 제지수의 변화	169
4-3-2-4 집괴분석	173
4-3-2-5 그룹별 생물상	177
4-3-3 춘계와 하계 저서동물상 비교	182
4-3-3-1 종 수와 개체수의 비교	182
4-3-3-2 우점종 분포	190
4-3-3-3 생태학적 제지수의 변화	192
4-3-4 트롤 조사	192

4-4 환경과 생물상과의 관계	198
4-4-1 주요 환경요인 간의 관계	198
4-4-2 생물분포에 영향을 주는 요소	198
4-4-3 우점종 분포와 환경간의 관계	201
4-5 생물군집을 이용한 오염평가	207
4-5-1 대수정규분포를 이용한 평가기법	207
5. 고찰	211
5-1 환경요인	211
5-2 부유생물상	219
5-3 저서생물조사	224
5-4 환경과 생물상과의 관계	236
5-5 오염평가	239
6. 결론	243
참고문헌	247
부록	259

Contents

Abstract	6
List of Tables	21
List of Figures	23
1. Introduction	31
1-1 The role of benthic community	31
1-2 The conditions of benthic community studies	33
1-3 The conditions of coastal development	34
1-4 Objective, conditions and contents	36
1-4-1 Objectives	36
1-4-2 Conditions	38
1-4-3 Contents	39
2. Study area	40
2-1 Topography and Geological structure	40
2-1-1 Topography	40
2-1-2 Geological structure	42
2-2 Physical and chemical environments	44
2-2-1 Tide and current	44
2-2-2 Water temperature, salinity and precipitation	45
2-3 Fisheries in study area	47
2-3-1 Fishery productivity	47
2-3-2 Aquaculture conditions	50
2-4 Planktonic ecosystem	53
2-4-1 Composition of phytoplankton	53
2-4-2 Composition of zooplankton	56

2-4-3 Composition of Fishes	59
2-4-4 Planktonic production structure	65
3. Method and materials	68
3-1 Study area and duration	68
3-2 Physical and chemical survey	68
3-2-1 Water temperature, salinity, dissolved oxygen	68
3-2-2 Suspended matters	68
3-3 Geological survey	69
3-3-1 Sediment composition	69
3-3-2 Organic matters in sediment	69
3-3-3 C,H,N,S analysis	69
3-3-4 Sedimented rate	70
3-4 Biological survey	70
3-4-1 Sampling and identification	70
3-4-1-1 Planktonic survey	70
3-4-1-2 Benthic survey	71
4. Results	72
4-1 Environmental study	72
4-1-1 Physical and chemical environment	72
4-1-1-1 Water temperature	72
4-1-1-2 Salinity	72
4-1-1-3 Dissolved oxygen	74
4-1-1-4 Suspended matters	74
4-1-2 Sedimentological environment	77
4-1-2-1 Sediment composition	77
4-1-2-2 Organic matters	81
4-1-2-3 C,H,N,S in sediment	81

4-1-2-4 The rate of sedimentation	87
4-2 Planktonic Survey	88
4-2-1 Phytoplankton	88
4-2-1-1 Species composition	88
4-2-1-2 Abundance and dominant species	89
4-2-2 Zooplankton	101
4-2-2-1 Species Composition	101
4-2-2-2 Abundance and dominant species	104
4-2-3 Fish eggs and larvae	105
4-2-3-1 Species composition	105
4-2-3-2 Abundance and dominant species	106
4-3 Benthic survey	109
4-3-1 Benthic community in spring	109
4-3-1-1 Species composition	109
4-3-1-2 Dominant species	113
4-3-1-3 Ecological indices	130
4-3-1-4 Cluster analysis	134
4-3-1-4 Species composition based on cluster analysis	138
4-3-2 Benthic community in summer	146
4-3-2-1 Species composition	146
4-3-2-2 Dominant species	152
4-3-2-3 Ecological indices	169
4-3-2-4 Cluster analysis	173
4-3-2-5 Species composition based on cluster analysis	177
4-3-3 Variation of benthic communities between spring and summer	182
4-3-3-1 Species composition	182
4-3-3-2 Dominant species	190
4-3-3-3 Ecological indices	192

4-3-4 Trawl survey	192
4-4 Relations between communities and environments	198
4-4-1 Relation between environmental factors	198
4-4-2 Controlling factors in benthic ecosystem	198
4-4-3 Relations between major species and environment	201
4-5 Pollution monitoring using benthic community	207
4-5-1 Log-normal distribution	207
5. Discussion	211
5-1 Environment	211
5-2 Planktonic survey	219
5-3 Benthic survey	224
5-4 Relation between species and environments	236
5-5 Pollution monitoring	239
6. Conclusion	243
Reference	247
Appendix	259

List of Table

Table 1-2-1 Reclaiming conditions in the coastal areas of Yellow Sea in Korea.....	36
Table 2-3-1 Present areas of aquaculture ground in Cheonsu Bay.	52
Table 2-4-1 Dominant species of phytoplankton in Cheonsu Bay.....	55
Table 2-4-2 Dominant species of zooplankton in Cheonsu Bay.....	58
Table 2-4-3 Species list of fish eggs in Cheonsu Bay.....	60
Table 2-4-4 Species list of fish larvae in Cheonsu Bay.....	61
Table 2-4-5 Species list of fishes in Cheonsu Bay.....	64
Table 4-1-1 Total Carbon, Hydrogen, Nitrogen, Sulfur in surface sediment Cheonsu Bay, August 1993.....	85
Table 4-1-2 Results of peaks in the background spectrum of HPGe.....	87
Table 4-2-1 Dominant species of phytoplankton in Cheonsu Bay	97
Table 4-2-2 Dominant species and ecological characteristics in Cheonsu Bay.....	104
Table 4-2-3 Distribution of egg and fish larvae in Cheonsu Bay.....	106
Table 4-3-1 Number of species , abundance and number of stations in major taxonomic groups in April 1993.....	111
Table 4-3-2 Dominant species list ranked by Le Bris index.....	116
Table 4-3-3 Ecological indices in each station, April 1993.....	131
Table 4-3-4 List of characteristics species each group in April 1993.....	140
Table 4-3-5 Number of species,abundance and number of stations in major taxonomic group in August 1993.....	148
Table 4-3-6 Dominant species list ranked by Le Bris index.....	155
Table 4-3-7 Ecological indices in each station August 1993.....	170
Table 4-3-8 List of major species and species composition each group in August 1993.....	179



Table 4-4-1 The correlation matrix between environmental variables
and species compositions in Cheonsu Bay. 199

Table 4-4-2 Eigenvalues and Eigenvectors in PCA analysis. 200

List of Figures

Fig. 2-1-1 Map showing bathymetry of Cheonsu Bay (in meter).-----	41
Fig. 2-1-2 Map showing geological structure around Cheonsu Bay. (after MOST 1975) -----	43
Fig. 2-2-1 Tidal cycle according to time-scale in Cheonsu Bay. (after Hydrographic observatory, 1991) -----	46
Fig. 2-2-2 Variation of Air temperature in each month around Cheonsu Bay during recent five years.-----	48
Fig. 2-2-3 Variation of Water temperature each month around Cheonsu Bay during recent five years.-----	48
Fig. 2-2-4 Variation of mean Air temperature and mean water temperature around Cheonsu Bay during recent five years.-----	49
Fig. 2-2-5 Variation of precipitation in each month around Cheonsu Bay during recent five years.-----	49
Fig. 2-3-1 Distribution of shell-fish farms in Cheonsu Bay.-----	51
Fig. 2-4-1 Scheme of energy transfer through a plankton community in Cheonsu pelagic ecosystem (After Shin. 1988) -----	66
Fig. 4-1-1 Comparison of surface and bottom temperature during sampling period.-----	73
Fig. 4-1-2 Comparison of surface and bottom salinity during sampling period.-----	73
Fig. 4-1-3 Seasonal fluctuation of dissolved oxygen in bottom area at each station.-----	75
Fig. 4-1-4 Seasonal fluctuation of mean dissolved oxygen in bottom area.-----	75
Fig. 4-1-5 Comparison of suspended matter in bottom area at each station.-----	76

Fig. 4-1-6 Comparison of mean suspended matter in bottom area at each station.	76
Fig. 4-1-7 Distribution of sediment grain size(ϕ) in Cheonsu Bay.	78
Fig. 4-1-8 Distribution of sand proportion(%) in Cheonsu Bay.	79
Fig. 4-1-9 Distribution of clay proportion(%) in Cheonsu Bay.	80
Fig. 4-1-10 Seasonal fluctuations of organic contents(%) in sediment at each station.	82
Fig. 4-1-11 Seasonal fluctuations of mean organic contents(%) in sediment.	82
Fig. 4-1-12 Distribution of organic contents(%) in sediment April 1993.	83
Fig. 4-1-13 Distribution of organic contents(%) in sediment August 1993.	84
Fig. 4-1-14 Total carbon, Nitrogen, Hydrogen and Sulfur(%) in surface sediment at Cheonsu Bay, August, 1993.	86
Fig. 4-2-1 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area November 1991.	90
Fig. 4-2-2 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area November 1991.	91
Fig. 4-2-3 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area February 1992.	92
Fig. 4-2-4 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area February 1992.	93
Fig. 4-2-5 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area May 1992.	94
Fig. 4-2-6 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area May 1992.	95
Fig. 4-2-7 Distribution of mean phytoplankton standing crops in surface area.	96
Fig. 4-2-8 Distribution of mean phytoplankton standing crops in bottom area.	96

Fig. 4-2-9 Comparison of diversity index between surface and bottom area at each station.(Upper: Nov., 1991, Middle: Feb.,1992, Below: May, 1992)	99
Fig. 4-2-10 Seasonal variations of mean diversity index at each station. (Upper: surface, Below: bottom)	100
Fig. 4-2-11 Relationship between diversity index and abundance at each station. (Upper: surface, Below: bottom, f:Nov.,1991, w:Feb.,1992, s:May, 1992)	102
Fig. 4-2-12 Number of species in zooplankton communities during studying period.	103
Fig. 4-2-13 Mean abundance in zooplankton communities during studying period.	103
Fig. 4-3-1 Map showing the sampling station April, 1993.	110
Fig. 4-3-2 The proportion of number of species by taxonomic groups in Cheonsu Bay, April 1993.	111
Fig. 4-3-3 The proportion of Abundance by taxonomic groups in Cheonsu Bay, April 1993.	112
Fig. 4-3-4 The relationship between abundance and number of species at each station.	112
Fig. 4-3-5 Distribution of number of species in study area April 1993.	114
Fig. 4-3-6 Distribution of total abundance in study area April 1993.	115
Fig. 4-3-7 Distribution of <i>Lumbrineris longifolia</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	118
Fig. 4-3-8 Distribution of <i>Sigambra tentaculata</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	119
Fig. 4-3-9 Distribution of <i>Neptys oligobranchia</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	120
Fig. 4-3-10 Distribution of <i>Theora fragilis</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	121

Fig. 4-3-11	Distribution of <i>Aoridae</i> unid. in Cheonsu Bay, April 1993.	122
Fig. 4-3-12	Distribution of <i>Eriopiselle sechelensis</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	123
Fig. 4-3-13	Distribution of <i>Ampharete arctica</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	124
Fig. 4-3-14	Distribution of <i>Prionospio krusadensis</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	125
Fig. 4-3-15	Distribution of <i>Glycinde</i> sp. in Cheonsu Bay, April 1993.	126
Fig. 4-3-16	Distribution of <i>Arcidea</i> sp. in Cheonsu Bay, April 1993.	127
Fig. 4-3-17	Distribution of <i>Moerella jedoensis</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	128
Fig. 4-3-18	Distribution of <i>Glycera chirori</i> in Cheonsu Bay, April 1993.	129
Fig. 4-3-19	The relationship between diversity index and species compositions (upper: number of species, lower: abundance)	132
Fig. 4-3-20	The relationship between richness index and species compositions (upper: number of species, lower: abundance)	133
Fig. 4-3-21	Areas of three station group from cluster analysis.	135
Fig. 4-3-22	Dendrogram showing the result of cluster analysis among stations, April 1993	136
Fig. 4-3-23	Dendrogram showing the result of cluster analysis among characteristics species collected, April 1993.	137
Fig. 4-3-24	The proportion of number of species in each groups from cluster analysis.	139
Fig. 4-3-25	Number of species by phyla at each group from cluster analysis.	139
Fig. 4-3-26	The proportion of abundance at station groups from cluster analysis.	141

Fig. 4-3-27	Abundance by phyla at each group from cluster analysis.	141
Fig. 4-3-28	Mean diversity (upper) and mean richness (lower) at each group from cluster analysis.	143
Fig. 4-3-29	Mean evenness (upper) and mean dominance (lower) at each group from cluster analysis.	145
Fig. 4-3-30	Map showing the sampling station, August 1993.	147
Fig. 4-3-31	The proportion of number of species at each group in Cheonsu Bay, August 1993.	148
Fig. 4-3-32	Distribution of number of species in study area August 1993.	149
Fig. 4-3-33	The proportion of number of species by major taxonomic groups at each station.	150
Fig. 4-3-34	The proportion of abundance by major taxonomic groups at each station.	150
Fig. 4-3-35	The proportion of abundance by taxonomic groups in Cheonsu Bay, August 1993.	151
Fig. 4-3-36	The relationship between abundance and number of species at each station.	151
Fig. 4-3-37	Distribution of abundance in study area, August 1993.	156
Fig. 4-3-38	Distribution of <i>Theora fragilis</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	157
Fig. 4-3-39	Distribution of <i>Lumbrineris longifolia</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	158
Fig. 4-3-40	Distribution of <i>Philine argentata</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	159
Fig. 4-3-41	Distribution of <i>Neptys oligobrauchia</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	160
Fig. 4-3-42	Distribution of <i>Rapthidopus ciliatus</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	161

Fig. 4-3-43	Distribution of <i>Sternapis scutata</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	162
Fig. 4-3-44	Distribution of <i>Glycinde</i> sp. in Cheonsu Bay, August 1993.	163
Fig. 4-3-45	Distribution of <i>Heteromastus</i> sp. in Cheonsu Bay, August 1993.	164
Fig. 4-3-46	Distribution of <i>Moerella jodoensis</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	165
Fig. 4-3-47	Distribution of <i>Glycera chirori</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	166
Fig. 4-3-48	Distribution of <i>Amphareta anetica</i> in Cheonsu Bay, August 1993.	167
Fig. 4-3-49	Distribution of <i>Arcidea</i> sp. in Cheonsu Bay, August 1993.	168
Fig. 4-3-50	The relationship between ecological index (Diversity) and species compositions (upper:number of species, lower: abundance) at each station, August 1993.	171
Fig. 4-3-51	The relationship between ecological index (richness) and species compositions (upper:number of species, lower: abundance) at each station, August 1993.	172
Fig. 4-3-52	Dendrogram showing the result of cluster analysis among stations, August 1993.	174
Fig. 4-3-53	Areas of each group from cluster analysis.	175
Fig. 4-3-54	Dendrogram showing the result of cluster analysis among characteristics species, August, 1993.	176
Fig. 4-3-55	The proportion of number of species at each group from cluster analysis.	178
Fig. 4-3-56	The proportion of abundance at each group from cluster analysis.	178
Fig. 4-3-57	Mean diversity (upper) and mean richness (lower) at each group from cluster analysis.	181

Fig. 4-3-58 Mean evenness (upper) and mean dominance (lower) at each group from cluster analysis.	183
Fig. 4-3-59 Map showing sampling station carried successive investigation.	184
Fig. 4-3-60 Comparison of number of species at each station.	185
Fig. 4-3-61 Comparison of abundance at each station.	185
Fig. 4-3-62 Comparison of mollusca community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).	187
Fig. 4-3-63 Comparison of Arthropoda community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).	188
Fig. 4-3-64 Comparison of polychaeta community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).	189
Fig. 4-3-65 Distribution of dominant species at each station (upper: <i>Theora fragilis</i> , middle: <i>Lumbrineris longifolia</i> lower: <i>Glycinde</i> sp., Black: April 1993, Slash: August 1993).	191
Fig. 4-3-66 Distribution of dominant species at each station (upper: <i>Philine argentata</i> , middle: <i>Sternaspis scutata</i> lower: <i>Moerella jodoensis</i> lower: <i>Glycinde</i> sp., Black: April 1993, Slash: August 1993).	193
Fig. 4-3-67 Comparison of ecological indices at each station between April 1993 and August 1993 (upper: diversity index, lower: richness).	194
Fig. 4-3-68 Map showing the trawl sampling station.	195
Fig. 4-3-69 The proportion of species composition by phyla investigated using trawl sampler (upper: number of species lower: individuals).	197
Fig. 4-4-2 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: <i>T. fragilis</i> , lower: <i>L.longifolia</i>).	202

Fig. 4-4-3 Relationship between dominant species and environmental factors(upper: <i>Arcidea</i> sp., lower: <i>P. argentata</i>).	203
Fig. 4-4-4 Relationship between dominant species and environmental factors(upper: <i>S.scutata</i> , lower: <i>P.krusadensis</i>).	204
Fig. 4-4-5 Relationship between dominant species and environmental factors(upper: <i>Glycinde</i> sp., lower: <i>M.jedoensis</i>).	205
Fig. 4-4-6 Relationship between dominant species and environmental factors(upper: <i>N.oligobranchia</i> , lower: <i>A.arctica</i>).	206
Fig. 4-4-7 Log-normal plot of station E(upper), F(lower) in Cheonsu Bay.	208
Fig. 4-4-8 Log-normal plot of station J(upper), K(lower) in Cheonsu Bay.	209

1. 서론

1-1 연안 생태계에서 저서생물군집의 역할

연안은 예로부터 수산자원의 채취와 양성을 위한 장소로서 인간에게 널리 활용되어 왔다. 특히 지형적으로 외해와 다른 환경을 보이는 내만(內灣)의 경우에는 주로 수산생물의 산란장과 성육장 역할을 하여 왔으며, 최근들어 산업화가 되면서 입지적인 조건으로 인해 개발의 주 대상이 되어왔다. 공업단지과 주거지가 조성되었고, 상주인구가 증가하였다. 또한 이로 인한 도시하수나 산업폐수와 같은 부산물들이 배출되어 연안 특히 내만 생태계에 직접적인 영향을 주고 있다.

과거에는 해양 생태계조사에 부유생물과 어류의 조사에만 국한 되었으며, 최근에 와서 관심을 가지게 된 저서생물 연구에서 해양생태계의 구조와 기능을 정립하는데 유영생물군집 뿐 아니라 저서생물군집도 매우 중요하게 작용한다는 것이 밝혀졌다. 저서동물 연구는 Peterson이 덴마크의 Limfjord에서 저서어류의 먹이생물로서 저서동물의 양적분포를 밝힐 목적으로 저서군집을 조사하다가, 저서환경이 다를 경우 저서동물의 분포도 달라진다는 사실을 알게 되어 군집과 우점종의 개념을 도입한 것이 저서생물군집 연구의 시초라 할 수 있다(임, 1993). 저서동물은 저서어류나 다른 저서무척추 동물의 먹이로 이용되며, 해양에서 퇴적되는 부식질 유기물을 소화하여 퇴적물을 정화시키고, 퇴적층을 교란시켜서 박테리아 등에 의한 유기물 분해를 원활하게 하며, 수괴에서 저질로 침전되는 영양염의 재순환 시키고, 유기물을 재부유시켜서 다른 여과식자의 먹이로 이용될 수 있도록 한다. 최근에 와서 육지에서 많은 양의 영양염이 방출되어 연안을 부영양화 시키게 되고, 식물플랑크톤을 대량 번식시킴으로서 입자성 유기물의 양을 증가시킨다. 저서동물은 어느정도 이러한 유기물질을 조절하는 기능을 하기도 하지만 대량으로 발생한 경우에는 오히려 저서동물의 군집에 영향을 미치게 된다. 저서동물의 경우 대부분이 정착성이며, 이동능력이 있어도 행동반경이 좁기 때문에 환경변화에 능동적으로 대처할 능력이 부족하다. 즉, 유기물이나 독성물질에 의한 오염이 발생하는 경우

에 즉각적으로 저서동물군집 구조에 영향을 미치게 되어, 생물상 변화를 측정하여 오염물질이 생태계에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 결국, 저서동물의 군집구조를 지속적으로 관찰할 경우에 서식처의 환경변화에 대한 많은 정보를 얻을 수 있으며, 특정 오염물질에 민감한 종을 알아낼 경우에는 이들의 개체군 변화와 신체부위의 장기적인 변화를 관찰함으로써 오염 정도를 알아낼 수도 있다. 그러므로 저서동물군집을 분석하는 것은 다른 생물을 이용하는 것보다도 해양환경을 모니터링 하는데 더욱 유효하다고 할 수 있다.

최근에 와서 오염의 증가로 인한 환경 문제의 대두로 인해 지속적인 환경감시체계가 연구되고 있는 실정이다. 해양의 경우에는 크게 수질에 대한 평가와 퇴적물에 대한 평가, 생물을 대상으로한 평가 등 세가지로 나누어 볼 수 있다. 수질에 대한 평가의 경우는 오염물질의 종류, 총량 등에 대한 모델작성이 용이하고, 빠른 기간내에 분석할 수 있다는 장점이 있으며, 퇴적물의 경우에는 오염물질이 시간적으로 누적되어 고농도를 나타내는 장점이 있으며, 채집이 용이하다. 하지만 이러한 자료들이 생태계에 미치는 실제 가용한 양에 대한 정보는 알 수 없다. 결국 생물을 대상으로한 조사가 축적농도량, 서식환경 등을 파악할 수 있는데, 이 중에서도 채집이 용이하고, 지속적으로 모니터링할 수 있는 종은 대부분이 저서생물이다. 최근에는 특정 환경 변화에 민감한 종을 관찰하여 지표종으로 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

연안개발에 따른 환경변화를 측정하는 경우에도 표영생물의 생물량과 개체군의 변화로 어느정도 측정할 수도 있지만 저서생물을 이용하는 경우 더욱 효율적인 결과를 얻을 수 있다. 연안개발은 우선적으로 수류의 흐름을 바꾸어 놓으며, 이러한 물리적인 요인에 따라 퇴적상에 영향을 미친다. 침식과 퇴적현상의 변화가 일어나서 퇴적물의 입도가 변한다. 이는 저서생물에 지대한 영향을 미치는 요소이다(Sanders, 1962; Holland, 1976; Flint, 1980; Choi and Koh, 1990). 퇴적상의 변화는 순간적으로 생물상에도 영향을 미치며, 군집의 변화양상을 파악함으로써 향후 생물상을 예측할 수 있다.

퇴적상 변화에 따른 연구 이외에 실제로 저서생물군집에 의한 환경변화를 조사한 예를 보면, 임(1993)은 진해만에서 저서생물군집의 변화가 여름철 높은 표층수온과 낮은 염분으로 인한 성층형성으로 수괴의 순환이 원활하지 못하여

형성되는 빈산소 수괴에 의한것으로 밝혀졌으며, 일본에서는 저서동물의 현존량을 조사하여 유용어류의 환경수용력을 예측하기도 하였다(Matsumiya *et al.*, 1986). 또한 저서동물의 현존량이 이들의 섭이량으로 인해 식물플랑크톤의 생체량을 조절하는 요인으로 작용한다는 조사도 있었다(Hily, 1991).

저서동물 군집조사는 먹이사슬이나 먹이망 등 해양생태계의 역학관계를 이해하는데 필수적으로 이루어져야 할 부분이며, 환경변화가 해양생물에 미치는 영향을 평가하거나 생태계변화를 예측하는데 가장 효율적인 조사방법이라고 본다.

1-2 저서동물 군집연구 현황

서양의 연안국가들은 오래 전부터 해양생태계에 관심을 두고 종조성이나 군집변화에 대한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 저서생물에 대한 연구는 다른 분야에 비해 상대적으로 늦게 수행되었다. 한편, 국내에서는 오래전부터 일부 유용저서생물을 단백질원으로 이용할 목적으로 양식을 시도하였으나 연안 저서생태계에 대한 연구는 최근에 와서 진행되었다. Yi(1975)에 의해 부산 동호만 조간대에서 실시된 저서동물군집 조사를 시초로 Lee(1976)의 부산 연안 저서군집조사, Yi *et al.*(1982)에 의한 울산만 저서군집조사, Lee *et al.*(1983)의 가로림만의 조하대 저서군집조사, Hong and Lee(1983)의 마산만에서의 오염에 의한 저서생물군집조사, Choi and Koh(1984), 신과 고(1990), 정(1992)의 광양만에서의 다모류 군집조사, Hong(1987), 임 등(1992), 임(1993)에 의한 진해만 저서동물군집조사, Shin *et al.*(1989), Yoo(1992), 신 등(1992)의 경기만 조사, 최(1990)의 동해안 대륙붕에 서식하는 다모류 군집조사, 임 등(1991)의 여름철 여자만 저서동물군집조사, Choi and Koh(1992)의 군산연안 다모류 섭식조합에 따른 분포, 신 등(1992)에 의한 영일만 다모류 군집 조사 등 연안 여러지역에서 조사가 수행되었다. 이들 대부분은 환경변화에 따른 저서동물군집의 변화에 관한 조사이며, 주로 퇴적상의 변화, 계절적인 수온, 염분, 용존산소의 변화, 탁도 변화 지형적인 영향에 따라 군집이 어떠한 영향을 받는지에 초점을 두었다. 또한 국내 여건상 모든 생물군에 대한 동정이

이루어지지 않아 생물군 중에 가장 우점하는 다모류 군집만을 조사한 경우도 있으며, 최근들어 다모류 섭식조합에 따른 분석에 이르고 있다. 최근에 와서는 조간대 조사가 활발히 진행되고 있으며(Frey et al., 1987; Koh and Shin, 1989; Park, 1991; 안과 고, 1992), 외해역으로 조사범위가 확대되어 황해의 다모류군집(Lee, 1987; Lee and Chin, 1989; Lee and Huh, 1988), 연체동물군집(Je et al., 1988, 1991) 등 생물군 별로 조사가 수행되었다. 이러한 자료의 축적으로 최근에는 저서생물을 이용한 환경평가 방법을 모색하고 있다. 이 등(1993)에 의하면 연안해역 해양오염 평가를 저서생물의 분포와 식성지수를 이용하여 시도하였으며, 이 등(1994)에서도 이와 동일한 방법으로 진해만에서 저서동물의 군집에 의한 환경평가를 시도하였다. 임(1993)이 진해만에서 대수-정규 분포 응용법(Log-normal Distribution method)과 개체수-생물량 비교법(ABC-Method)을 제시하여 오염정도를 측정하는 기법을 실행하였다.

저서생태계는 유영생태계에 비해 비교할 수 없이 다양한 생물군으로 구성되어 있어, 종조성을 밝히는데 많은 시간과 전문 인력이 확보되어야 하지만, 국내의 경우 전반적인 생물상 파악이 이루어지지 않은 상황에서 급속한 연안 개발이 이루어지고 있으며, 산업발전으로 인해 연안 오염이 심각한 지경에 이르고 있다. 이러한 현실속에서 정확한 환경변화 양상을 파악하기 위해서는 작은 규모로 대상지역을 선정하여 지속적인 조사가 수행되고, 환경변화에 따른 사후 변화양상을 동시에 관찰하여, 타 지역의 조사에 중요한 사례를 만드는 것이 우선적으로 선행되어야 할 것이다. 이러한 자료를 바탕으로 연안개발에 따른 생태계 변화를 연구한다면 더욱 효율적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.

1-3 연안 개발 현황

농경사회를 지향해온 우리나라는 해방이후 많은 간석지가 매립의 대상이 되어 왔으며, 용수확보를 위해 여러지역에 방조제가 건설되었다. 1970년대 이후에는 인구의 증가와 급격한 도시화, 공업화로 국토의 가용면적이 줄어들어 토지재원이 심각한 한계성을 들어내었고, 산악지대가 대부분인 우리나라의 지

형적인 여건과 개발비 절감효과, 자원이 빈약한 상황에서 물자공급이 원활한
임해 공업단지조성의 이유로 많은 연안이 개발되었다. 우리나라의 대규모 간
척사업의 역사는 1910 ~ 1945년의 일제 강점기에서 부터 시작된다. 그 기간
에는 주로 군량미 확보를 위해 일본이 임의대로 매립을 하였고, 해방이후
1945년 ~ 1960년 재건기를 거쳐 1961년 제3공화국이 들어서면서 공유수면 매
립계획을 세워 정부차원에서 본격적으로 간척사업을 벌여왔다.

해방이후 1993년 말까지 조성된 간척지는 모두 1,616지구에 59,900ha에 이
르고 있으며, 현재 정부는 2011년까지 17조1천3백억원을 투입하여 국토의 약
2.3%에 해당하는 7억6천만평의 공유수면을 매립해 농업용지와 공업용지를 개
발할 계획이다. 우리나라는 서해안에 넓은 간척지가 발달하여 연안 매립에
매우 용이한 환경을 지니고 있다. 많은 양의 어패류를 수확하거나 양식을 하
여 유용한 단백질원을 확보하면서도 ‘불모의 땅’이라는 편견을 가진 이들의
입안으로 없어져갔다. 일부 경제학자들의 계산에 의하면 간척지는 1에이커
당 약 3만4천달러의 가치를 가지고 있는것에 비해 육지부분은 2천달러로 무려
17배의 경제적 가치를 지니고 있는 것으로 나타났다. 최근 국내에서도 환경
변화에 많은 관심을 보이면서, 연안개발의 신중성을 고려해야 한다는 목소리
가 커져가고 있다. 실제 연안개발 이전에 ‘환경영향평가’를 연구기관이나 학
자들에 의해 수행되어 왔는데, 생태계연구의 국내여건이 정책수립에 절대적인
자료를 제공하지 못하고 있는 실정이다. 외국의 예를 들면 간척이 활발한 네
덜란드의 경우 간척후보지를 선정한 후 20 ~ 30년 정도의 사전 조사를 수행
하고, 환경에 대한 악영향을 최소화하는 방향에서 20년 이상의 외곽공사를 하
고 매우 적은 부분을 매립한다. 또한 미국의 일부 지역에서는 공사로 인해
주변 환경에 영향을 미치는 경우에는 방조제 등을 다시 붕괴하여 습지를 원상
태로 복원하는 작업이 최근에 진행되고 있다. 우리나라의 경우 사적, 사후
처리가 미흡한 상태에서 현재 여러곳에서 매립공사가 진행중에 있으며, 또한
실시될 예정이다(Table 1-2-1)

Table 1-2-1. Reclaiming conditions in the coastal areas
of Yellow Sea in Korea.

	Past	Recent	Future
Ongjin		26,650ha	
Youngjong		12,550ha	
Sihwa		17,300ha	
Asan			8,510ha
Daeho	7,648ha		
Garolim			9,290ha
Sosan A,B	15,593ha		
Chonsu			19,860ha
Gyehwa	3,933ha		
Semangeum		40,100ha	
Youngsan	10,823ha	7,433ha	28,400ha

천수만의 경우에도 1982년 10월과 1984년 3월에 각각 B지구와 A지구의 물막이 공사가 끝나면서 7.7km에 달하는 방조제가 건설되어 47,000,000평의 바다가 간척되어 33,000,000평의 농경지가 조성되었다. 또한 Table 1-2-1 에서 보듯이 천수만 내부 죽도 북쪽 대주지역 19,860ha가 매립될 계획에 있다.

1-4 연구목적, 현황 및 내용

1-4-1 연구 목적

급속도로 진행되는 산업화로 인해 반도국인 우리나라는 해양을 통해 물량

수송이 이루어지고 있어, 연안역에 산업시설과 이에 필요한 주거지역 등 부대 시설을 확충해 가고 있다. 국토의 가용 면적 부족으로 인해 결국, 넓은 간석지를 가지고 있는 서해안을 주 대상으로 매립과 방조제 건설이 이루어지고 있으며, 이로 인해 해안선이 바뀌고, 산업화, 도시화의 부산물인 각종 오염물질이 연안으로 방류되어 오염부하가 높아지고 있다. 해안선의 변화는 해수의 유동을 변화시켜서 퇴적물의 분포를 변화시킨다. 생태계는 어느 정도의 자정 능력을 가지고 있지만 심각한 오염에 따른 생태계의 회복에는 오랜 시간을 필요로 하며, 회복기간에 비해 점차로 늘어나는 오염물질 방류로 인해 연안환경은 서서히 악화되어가고 있다.

천수만의 경우는 이렇다 할 대형 공업단지나 도시가 형성되어 있지 않으며, 다만 고정리에 화력발전소가 있고, 조석의 영향으로 대천에서 유출되는 하수가 일부 유입될 수 있지만 그 양은 매우 미비할 것으로 생각된다. 1984년 서산 A, B지구에 방조제가 건설되어 전체 면적의 30%가 호수화 되어, 해수 순환이 변화가 생기면서 이 지역에 서식하는 해산생물의 양이 급격히 감소하고 있다. 방조제 건설 이전에는 강한 조석의 영향으로 김 양식이 성행하였고, 어업방식도 정치망, 낭장망 어업이 주류를 이루었다. 하지만 조류의 약화로 인해 점토질 퇴적물의 침전량이 증가하여 김 생산량이 급격히 감소하였고, 최근에는 양식이 이루어 지지 않고 있으며, 어업방식도 트롤과 형망이 주류를 이루게 되었다. 하지만 그나마 어획고도 급격히 감소하였다. 물막이 공사 이후 퇴적상의 변화로 인해 1988년부터 2-3년 동안 새조개가 번성하여 이 지역 어획고를 담당하였으나 지속적인 점토질 퇴적물의 침전으로 인해 최근에 와서 서식지역이 국부적으로 감소하였다.

최근에 여러지역에서 수행되는 연안 개발 사업은 '환경영향평가'라는 사전 생태조사를 한 후에 건설여부를 결정하게 하고 있으며, 실제 건설사업이 많은 학자들에 의해 이러한 과정을 거쳐 수행되었다. 하지만 실제로 이러한 건설이 사후에 어떠한 영향을 주는 지에 대한 사후 조사는 거의 이루어지지 않고 있어 사전에 조사된 결과에 대한 검증이 거의 이루어지고 있지 않다.

천수만은 방조제 안쪽의 농업에 의한 농약 방제 실수, 1993년 발생한 방제용 항공기 유류 저장고의 붕괴로 인한 유류유입등 국부적인 오염 사고를 제외

하고는 다른 지역에 비해 오염 영향이 미비한 지역이다. 단지 방조제 건설에 의한 유속의 약화가 주변 생태계에 중요한 영향을 미치고 있다. 유속의 흐름이 약해지는 것과 이동방향이 바뀌는 것은 이미 퇴적된 퇴적물에 영향을 미쳐서 수류의 방향에 따라 재부유와 퇴적을 반복 시킬수 있으며, 이로 인해 해저 지형이 변화하기도 한다. 이러한 입도조성의 변화는 저서생태계에 중요한 영향을 미치며, 이를 포식하는 저서어류와 먹이로 사용되는 플랑크톤, 고형유기물 양에 영향을 미치게 된다. 결국, 기존 생태계에서 재구성이 이루어지며, 이 과정에서 어장 피해 등 경제적인 손실을 가져오게 된다. 이러한 진행상황을 정확히 밝혀낸다면, 현재 수행되고 있는 다른 방조제 건설이나 매립사업이 끝난 후 주변 해양생태계가 어떻게 변화할 것인지를 예측하는데 보다 정확한 자료로서 제공될 수 있을 것이다.

인위적인 해안선 변화가 주변 해양생태계에 어떠한 영향을 미치며, 특히 저서생태계의 변화 과정을 밝히는데 그 목적이 있다.

1-4-2 연구현황

천수만은 진해만이나 마산만과 같이 산업화에 따른 오염량 증가에 의한 생태계변화에 대해 민감한 관심을 보이는 지역은 아니지만 조차가 크고, 좁은 수로로 형성된 입지적 여건으로 조력발전소 예비타당성 조사를 실시한바 있으며(과기처 1974), 당시 충분한 경제성을 인정 받았다. 1975년에는 해양개발연구소에 의해 고정리 화력발전소 건설에 따른 환경영향평가를 실시한 적이 있다. 이밖에 심과 이(1979)에 의한 식물플랑크톤의 종조성에 대한 조사가 수행되었으며, Lee and Seok(1984)에 의해 정치망을 사용한 어류의 종조성에 대한 조사가 수행되었다. 1985년부터 1988년에 이르는 3년동안 심 등(1988)에 의해 종합적인 해양생태계조사가 이루어졌다. 당시 실시된 조사를 근거로 식물성플랑크톤의 종조성과 공간분포에 대한 조사(Shim and Yeo, 1988), 영양염 분포에 관한 조사(Cho, 1987), 부유생물군의 생산구조와 에너지 유동에 관한 조사(신, 1989), 부유물질내의 유기탄소유동에 관한 조사(이, 1988)가 수행되었다. 이로 인해 당시 표영생태계에서의 에너지 유전과 먹이구조는 어느 정도 밝혀

졌다. 하지만 저서생태계가 배제되어 있는 상황에서 전반적인 해양생태구조를 해석하는 것은 매우 어려운 일이었다. 실제로 당시에 저서생물군집에 관한 조사도 수행되었지만, 종 동정이 이루어지지 않아 퇴적상과 생물량의 비교, 우점종의 계별별, 지역별 비교 등에 중점을 두었다.

본 조사는 심 등(1988)에 의한 조사 이후 6년의 기간을 두고 실시한 것이지만 우선 저서생물군집에서는 서식하는 종 조차도 밝혀지지 않은 상황에서 우선 정확한 생물상을 파악하고, 이 후 환경적 변화와 생물상 변화, 생태계의 변화과정을 추론해 보고, 저서생태계 구조를 밝히는데 주력하였다.

1-4-3 연구내용

현재까지 조사가 이루어졌던 시기의 자료를 토대로 과거와 현재의 생물상과 환경 변화를 알아보고, 1차년도에는 천수만 내부에 10개 정점을 선정하여 유영생태계와 저서생태계에 대한 조사를 계절별로 실시하여 계절별 종조성과 지역별 군집변화를 알아보는데 주력하였으며, 2차년도에는 저서생태계를 중심으로 2차례에 걸쳐 30개 정점을 선정하여, 입도조성과 탁도, 퇴적물 내의 유기탄소, 질소, 황의 성분 분석, 저서생물의 종조성과 트롤을 사용한 대형 무척추동물의 분포를 조사하였다. 3차년도에는 2차년도의 조사를 바탕으로 지역별로 다양한 변화를 보이는 정점 15개를 선정하여 저서생물 군집에 대한 정밀 조사를 실시하였다.

2. 개 황

2-1 연안 지형 및 지질

2-1-1 연안 지형

연구해역인 천수만은 황해연안의 중부지역(북위 $36^{\circ} 23' \sim 36^{\circ} 37'$, 동경 $126^{\circ} 20' \sim 126^{\circ} 30'$)에 위치한 천해성 내만으로 안면도와 육지로 둘러싸여 있으며, 후빙기의 해수면 상승에 의해 침수되어 형성된 것으로 보여진다(박, 1976). 본래 만의 길이가 40km, 만 입구의 폭이 5.5km로 총 면적이 380km^2 이었는데, 서산 간척사업으로 인해 약 150km^2 가 육지로 되거나 담수호가 되어, 현재는 남북 방향으로 길이가 29km, 동서 방향으로 폭이 약 8km, 총면적은 약 230km^2 로 감소하였다. 만 서측에 위치한 안면도, 입구에 위치한 원산도, 효자도 등 많은 섬들이 산재해 있고, 내부에도 죽도, 간월도 등이 있다. 만 외부와의 해수교환은 만 입구의 원산도와 고정리 사이의 동수로와, 안면도와 원산도사이의 서수로를 통해 해수순환은 무시해도 될 정도로 미미하다(이, 1988).

천수만의 해저지형과 수심구배를 살펴보면, 입구에 위치한 대천항 부근의 수심분포는 20m 이하이며, 등심선의 대체적인 형태는 외해에서 북동 방향으로 평형을 이루고 있다(Fig. 2-1-1). 해안선 부근의 수심은 매우 얕으며 요철이 심해 수심이 복잡하나 남쪽 부근의 수심은 3m 이상이며, 5m 등심선은 남서쪽에서 동북 방향으로 대각선을 이루고 있다. 동남쪽은 5m 이하, 북서쪽은 5m 이상의 수심을 보이고 있어 북서끝은 18m의 수심을 나타낸다. 해안선 부근에는 간사지 구역이 많으나 방파제 끝 부분에서 항내 선착장까지의 진입로는 수심 1.0m 이상을 유지한다. 소형선박들이 많은 관계로 현재 동쪽으로 항을 확장 중이며, 준설로 인하여 간사지 지역인 곳에 2.0m의 수심이 나타나고 있다.

천수만 입구에 위치한 고정항은 유속이 매우 강하고 안마도, 목도, 월도, 항도, 상목도, 하목도, 육도, 삼형제도 등 많은 섬과 무수한 노, 간출암 등이

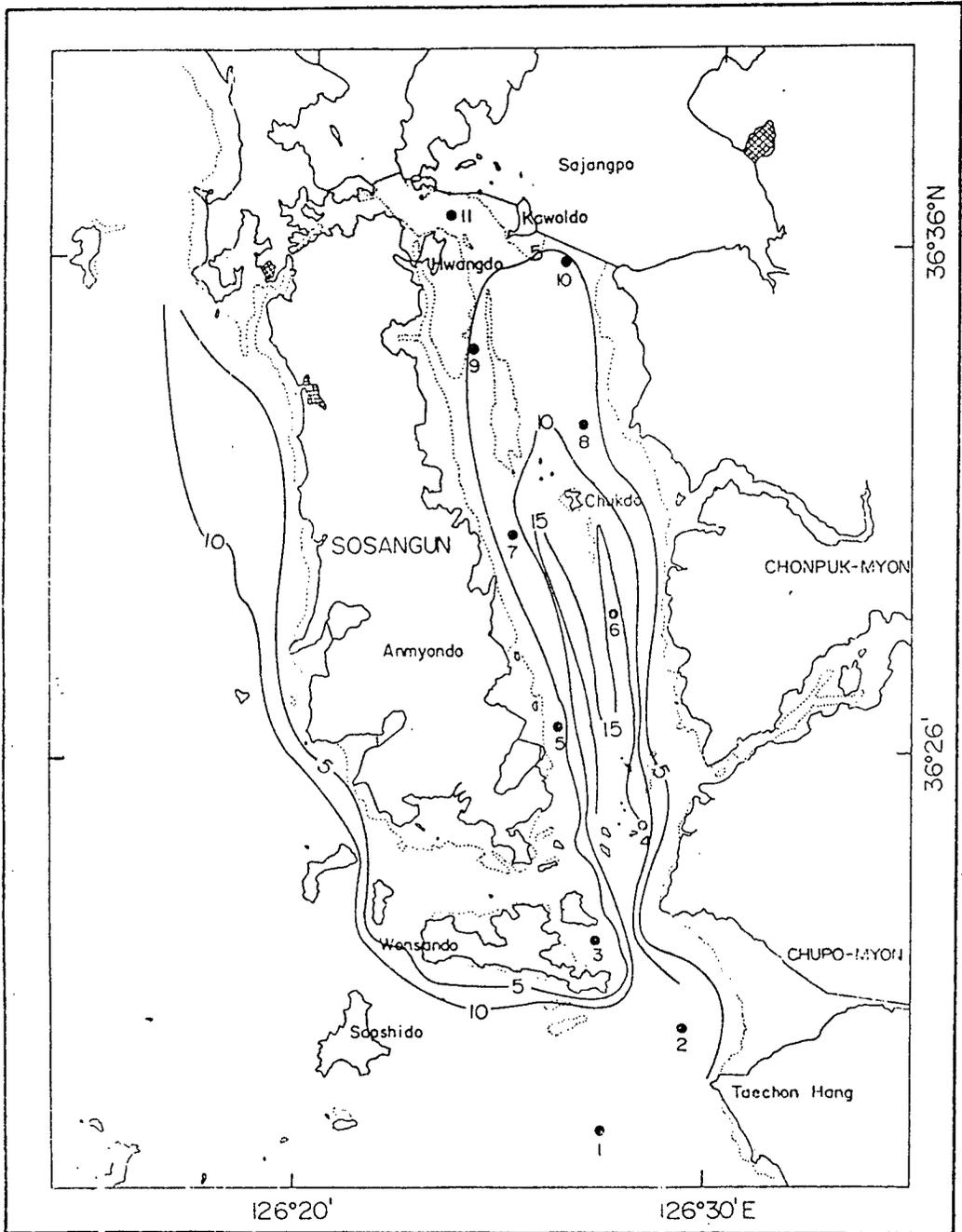
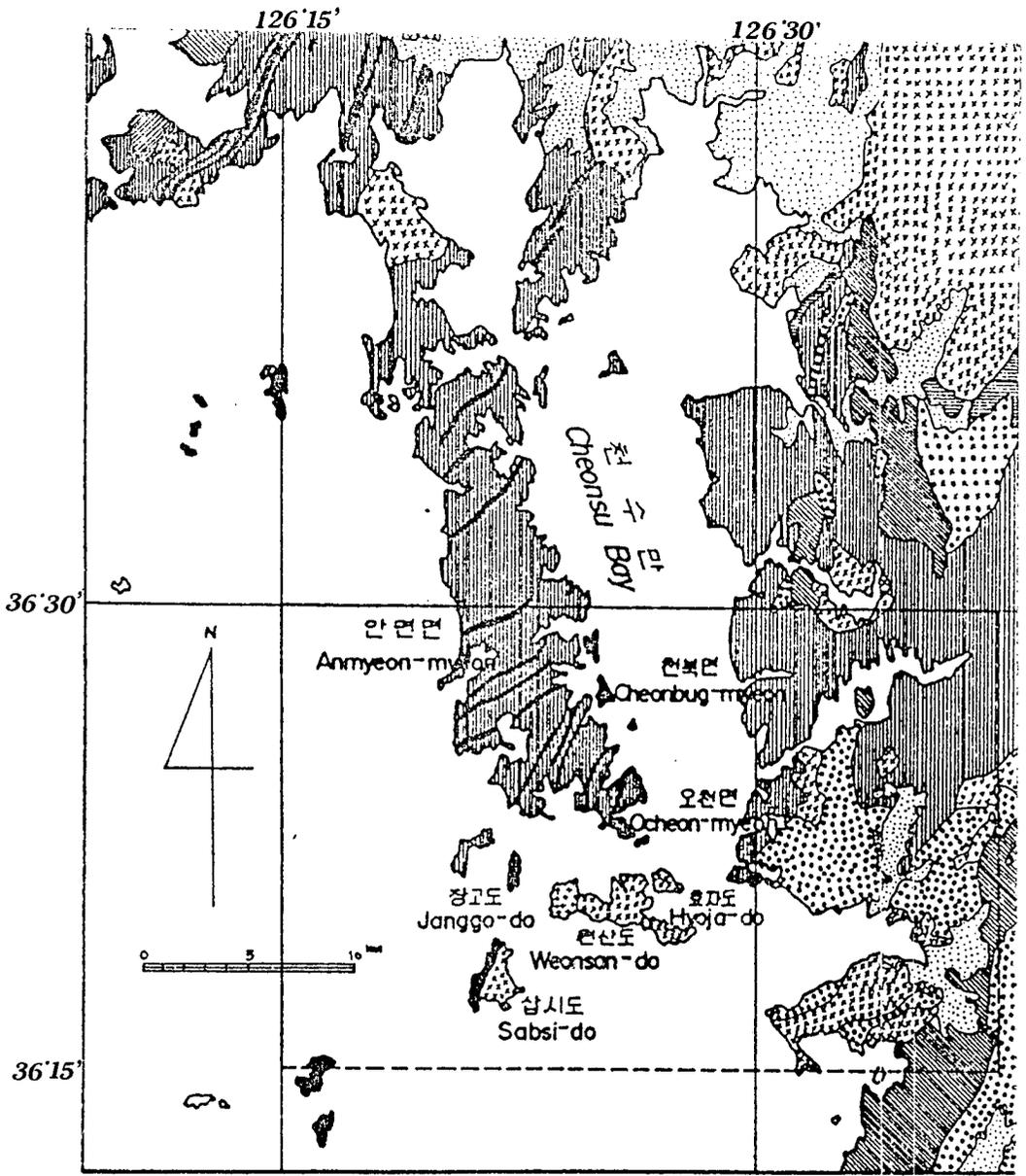


Fig. 2-1-1 Map showing bathymetry of Cheonsu Bay (in meter).

산재해 있어 해면에 와류가 생겨 항해에 매우 위험한 구역이다. 주 항로는 본 구역의 동쪽에 치우쳐 수심이 20m 이상을 나타내지만 매우 협소하다. 북쪽으로 올라오면서 안마도에 이르면, 수심이 급격히 얕아 지면서 많은 섬들과 노, 간출암이 군집해 있어 수심의 기복이 심하며, 간사지도 폭넓게 분포되어 있다(수로국, 1992). 만입구의 수도는 원산도 동쪽 부분과 송도 사이로 부터 들어가며, 서쪽의 효자도, 간여도, 추도, 노지지도와 동쪽의 가덕도, 삼현제도, 육도와 의 사이를 통한다. 만 입구의 폭은 약 1.8km이나 효자도 동쪽과 가덕도 사이는 740m, 노지지도와 육도사이는 840m로 수심은 12~29m에 이른다. 만 내부에는 입구에서 약 17km 지점에 7개의 소도로 구성된 죽도가 있다. 이 섬은 천수만 북서쪽에 남북으로 약 4km, 폭 약 900m에 이르는 대주와 연결되어 있다. 죽도 부근의 일부를 제외하고는 저조시 대주는 모두 드러난다(수로국, 1991). 만으로 유입되는 하천은 세류로 만 중앙 우측의 금리천과 만 입구 우측의 상전천 등이 있으며, 만 북부 좌단의 적성강과 만 북부 우측의 덕문천, 해미천, 와룡천 등은 서산 간척사업으로 만들어진 방조제 내로 유입되어 수문을 통해 비 정기적으로 천수만에 방류된다. 만으로 유입되는 담수의 영향은 강우기를 제외하고는 크지 않으나(심과 이, 1979; 심 등, 1988), 만 북부의 방조제에서 비정기적으로 방출되는 담수는 염분 뿐 아니라 영양염의 동태에도 변화를 야기시켜(심 등, 1988), 식물플랑크톤에 영향을 주고, 더 나아가 생태계 전반에 변화를 초래할 수 있다.

2-1-2 지질

조사지역을 둘러싸고 있는 육지와 섬의 지질은 선캄브리아기에 속하는 규암(硅岩), 석영편암류(石英片岩類)와 편마암류, 이들을 부정합으로 피복하는 대동계의 퇴적암층, 대동계 퇴적암층을 관입한 화성암류 및 이들을 부정합으로 피복하는 경상계의 퇴적암 등으로 구성되었다(Fig. 2-1-2). 규암, 석영편암류는 편마암류와 같이 본 지역의 기저를 이루고 있는데, 전자가 천북면 및 오천면 해안과 안면도를 포함한 도서지역에 넓게 분포하는 반면, 편마암류는 전 연안지역에 넓게 분포한다. 본지역의 지질구조는 대동계층의 퇴적 이전에 있



LEGEND

- | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|
| Quartz Porphyry | Banded Gneiss | Granitic Gneiss |
| Schist | Plutonic Rocks | Granites |
| Volcanic Rocks | Quartzite | Alluvium |
| Aplite | Daedong Group | |

Fig. 2-1-2 Map showing geological structure around Cheonsu Bay. (after MOST 1975)

있던 지각변동과 퇴적 이후에 있었던 지각변동으로 나눌 수 있다. 대동계층의 기저를 이루는 규암류와 편마암류는 대동계층의 퇴적 이전에 있었던 지각변동으로 인해 이미 교란되어서 습곡과 단층을 형성시키며, 광역적인 변성작용을 수반하여 대동계 퇴적층과는 구별되는 변성암류가 형성되고, 대동계층 퇴적 이후에 일어난 지각변동은 대동계층 뿐만 아니라 그 하부층인 규암류와 편마암류에 다시 변형을 준것으로 나타났다. 이 지각변동으로 인해 대동계층에는 향사와 배향구조가 많이 발달되어 있으며, 이에 수반된 화성암류의 관입은 대동계층의 일부에도 변성작용을 일으켜 국부적으로 편마암화 되어 있는 것을 볼 수 있다.

2-2 물리.화학적 환경

2-2-1 조석, 해류

천수만의 조석은 반일주조가 특징이며(해양연구소, 1975; 한국전력공사, 1985), 평균 고조는 4m이고, 대조시에는 9m 이상이 되는 경우도 있다(해양연구소 1975; 박, 1976). 조사기간 동안 만 입구에 위치한 고정검조소(북위 36° 24', 동경 126° 29')에서 관측된 평균 조차는 약 4.71m이었다(수로국, 1991). 이러한 큰 수위의 변화와 더불어 외만에서 좁은 만입구로 조석이 전파될때 강한 조류가 발생하여 만 입구에서는 4~6 knot의 강한 조류가 흐르고(해양연구소, 1978), 이로 인해 천수만 내에서의 해수순환은 매우 활발한 편이다.

조석에 따른 유속의 변화는 조류의 방향이 변하면서 유속이 급속히 증가하다가 최대 유속에 도달한 후에는 보다 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 고정리 부근에서는 최대유속이 1.51 m/sec이었고, 방조제 부근에서는 0.26 m/sec로 만 입구에 비해 매우 느리게 나타났다(심 등, 1988; 이, 1988). 아세아 항업(1979)이 방조제 건설 전에 방조제 부근 정점보다 내만에 위치한 수로에서 조사한 최대 유속은 1.0~1.75 m/sec로 방조제 건설 이후에 측정한 심 등(1988)의 조사시 보다 상당히 크게 나타났다. 즉, 방조제 건설이 수로를 차

단하여 내만에서의 유속을 건설 이전보다 크게 감소시키고 있으며, 해수유동에 상당한 영향을 준 것으로 보인다. 평균유속은 저층으로 갈수록 감소하였다. 조류의 방향은 정남북 방향으로 썰물때는 만 내부로 유입되고, 밀물때에는 만 외부로 유출되었다(이, 1988). 만내부의 수도가 남북으로 형성되어 조류는 지세에 따라 흐르고 있으며, 유속은 만내부에서 조류가 1.2kn, 낙조류가 1.9kn로써 낙조류가 우세하며, 만 입구는 수도 폭이 좁아 유속이 강하게 흐르고 있다. 창조류는 3.4kn이며, 낙조류는 3.1kn로써 창조류가 약간 우세한 편이다. 창(낙)조류는 안홍항 조석의 저조후 0.2~1.2(고조후 0.1~1.3)시경에 전류하여 고조후 0.1~1.3(저조후 0.2~1.2)시경까지 약 6.1~6.3(6.1~6.3)시간 지속된다. 최강 창(낙)조류는 연간 평균 대조기 때 약 0.7~3.6(0.6~3.1)kn로 안홍항 조석의 저조전 0.9시 에서 저조후 1.2(고조후 0.1-1.3)시경에 일어난다. 고정항 조석의 조형(F)은 0.20, 관측지점의 조형(F)는 0.10으로 대개 같은 조석형태(0~0.25)로 나타났으며, 반일주조가 우세한 조형으로 1일 2회의 규칙적인 창.낙조류가 거의 일정한 간격으로 일어나고, 일조부 등은 태음의 적위가 최대로 된 후 약 1.5일경에 최대로 나타나고, 춘,추계는 양현에, 하·동계는 삭망경에 현저하다(Fig. 2-2-1). 유속은 삭.망 후 달(태음)이 자오선 경과시로부터 약 2일에 최강유속이 일어나고, 대조기의 평균 최강유속은 창조류가 약 2kn이며, 낙조류는 약 1.5kn이다. 평균 창조류 간격은 16분으로 달(태음)이 자오선 경과한 후 약 16분에 최강 창조류가 일어나고 평균 낙조류 간격은 6시간 28분이다.

2-2-2 수온,염분,강수량

1986년에 신(1989)에 의한 조사에 의하면 수층간의 온도차이는 대부분 1.0℃를 넘지 않을 정도로 수직변화가 미비한데 비하여 정점간에는 최고 4.9℃의 차이를 나타내어 수직분포 보다는 수평분포에 더 큰 변화를 보이고 있다. 하지만 이는 동시 측정에 의한 것이 아니므로 태양의 복사열에 의한 가열을 고려해야 할 것으로 보이며, 결국 지역간의 온도차는 크지 않은 것으로 보인다.

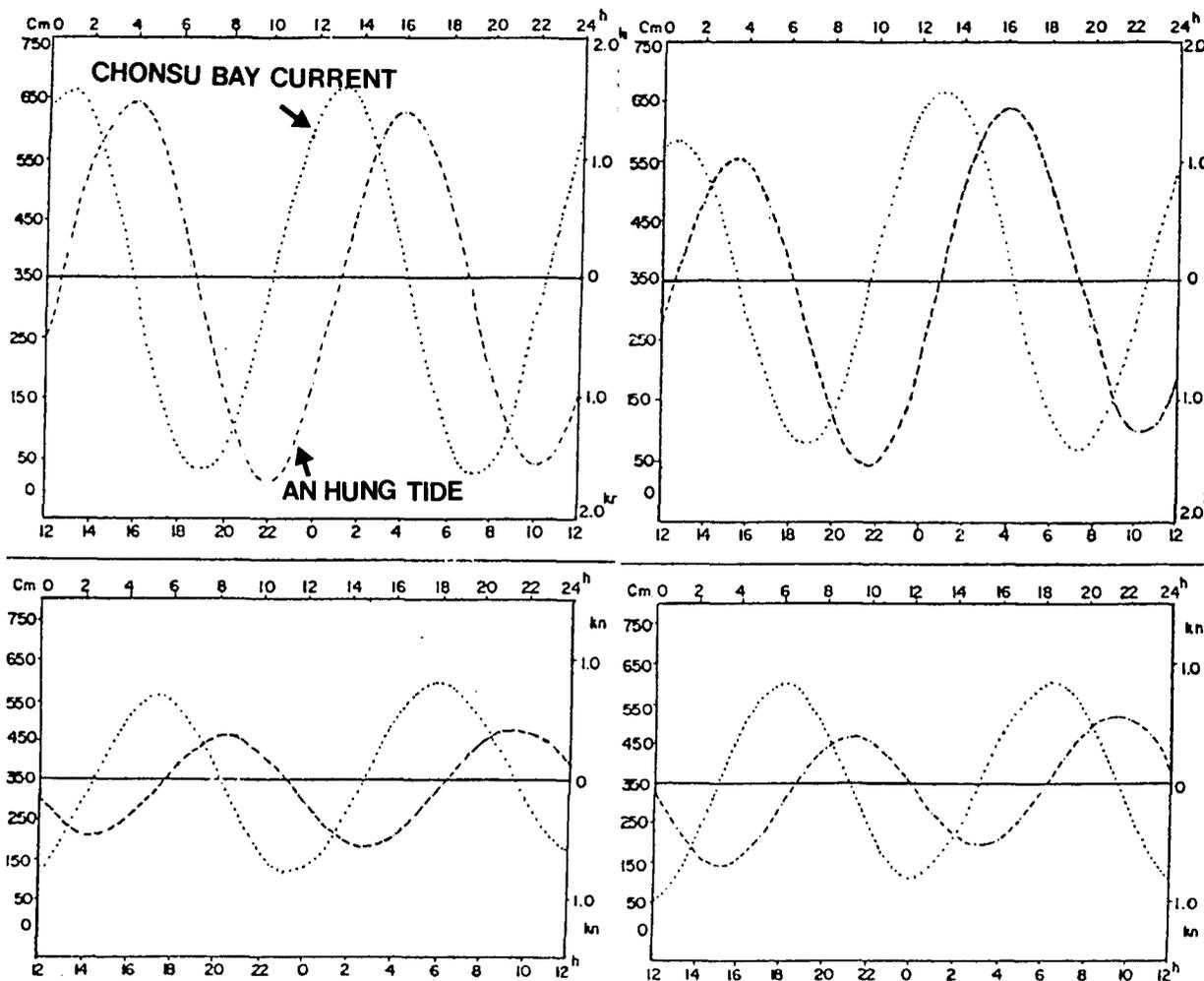


Fig. 2-2-1 Tidal cycle according to time-scale in Cheonsu Bay.
 (after Hydrographic observatory, 1991).

최근 5년간 기온의 분포는 1월에 -0.92°C 로 가장 낮게 나타났으며, 8월에 24.8°C 로 가장 높았다. 2월과 11월이 연간 기온 편차가 가장 심하게 나타났으며, 5년동안 심한 기온의 변화를 보인적은 없는 것으로 나타났다(Fig. 2-2-2). 연간 기온 편차는 25°C 정도로 나타났다.

수온의 경우 2월에 5.05°C 로 가장 낮게 나타났으며, 8월에 26°C 로 가장 높게 나타났다. 연간 수온변화는 약 20°C 정도로 월별 편차는 1°C 내외로 나타났다(Fig. 2-2-3). 기온과 수온의 차이는 1월에 7.5°C 로 가장 크게 나타났으며, 겨울철에는 평균 3°C 이상 수온이 높게 나타났으며, 3월하순 이후에는 기온이 수온보다 높게 나타났다. 이러한 경향은 7월 중순에 다시 역전되며, 겨울철까지 지속적으로 차이를 보였다(Fig. 2-2-4).

또한 염분도 조사에서는 1986년 10월 평균 28.8% 에서 4월에는 31.7% 의 변화를 보이는데, 8월, 9월, 10월에는 30% 이하로 나타났다. 수직적인 차이는 1% 이하로 적었다.

강수량의 경우 월평균 963mm 로 나타났으며, 최근 5년간 자료에 의하면 8월에 1987mm 로 가장 많은 비가 내렸다. 가장 적은 강수량을 보인 시기는 10월로 204mm 를 기록하였다(Fig. 2-2-5) 6월의 경우 연간 편차가 가장 크게 나타났는데, 이는 1990년에 집중 호우를 기록하였기 때문이다.

2-3 수산자원의 이용도

2-3-1 수산물 생산량

천수만은 수산생물의 양식에 적합한 환경을 이루고 있어 패류와 김양식이 성행하고(해양연구소, 1978; 한국전력공사, 1985), 어류의 좋은 서식처와 산란장으로서(Lee, 1983; Lee and Seok, 1984; 차, 1987), 빠른 조류를 이용한 정치망 어업이 성행하였는데(석, 1982), 서산 간척공사 이후로 만 내부의 수산생물의 생산량이 감소하는 추세를 보이고 있다. 내부의 간척지에서는 석화 양식이 성행하였으며, 바지락, 낙지등이 주로 생산되었고, 농어, 도미류, 민어, 송어 등 회귀성 고급어종이 생산되었다. 방조제 공사가 마무리 될 무렵인 1986년,

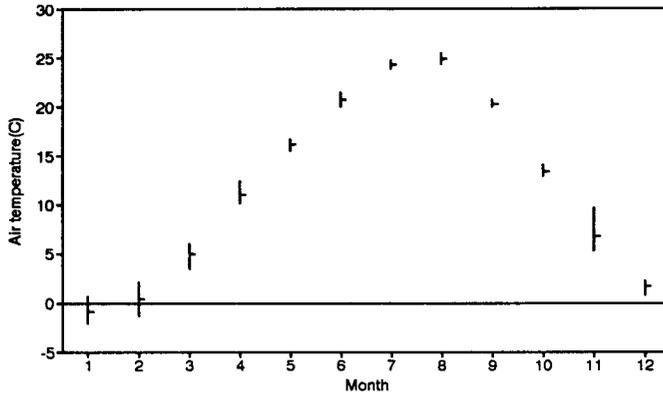


Fig. 2-2-2 Variation of Air temperature in each month around Cheonsu Bay during recent five years.

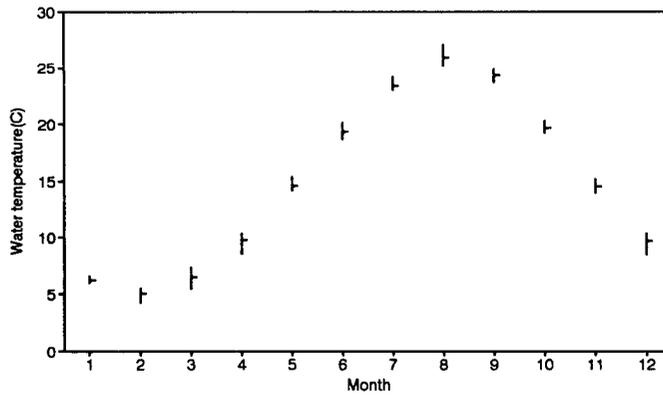


Fig. 2-2-3 Variation of Water temperature each month around Cheonsu Bay during recent five years.

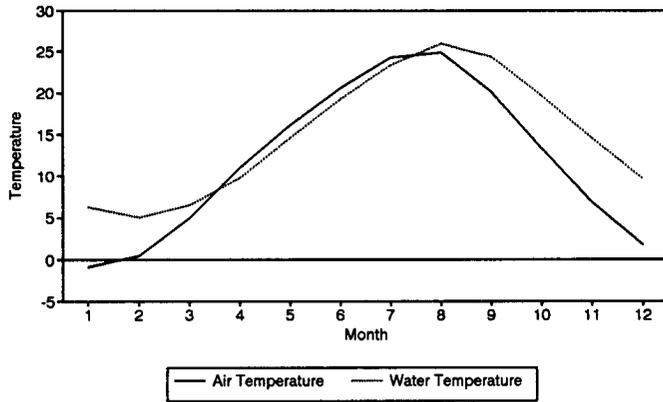


Fig. 2-2-4. Variation of mean Air temperature and mean water temperature near Cheonsu Bay during recent five years.

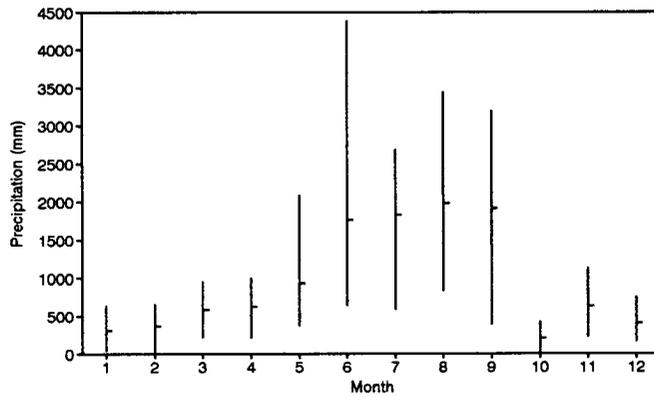


Fig. 2-2-5 Variation of precipitation in each month around Cheonsu Bay during recent five years.

천수만 지역의 어류 생산량은 12,150ton이었으나 방조제가 완공된 이후인 1991년에는 4,750ton으로 약 62%가 감소하였다. 갑각류의 경우 77년에는 6,000ton 수준이었으나 최근에는 거의 잡히지 않으며, 그나마 어획된 양의 대부분이 사매(私賣)되어 정확한 생산량을 알 수 없다. 낙지 등 연체동물의 경우 77년 20,000ton에서 91년 5,000ton으로 거의 $\frac{1}{4}$ 로 감소하였다. 결국, 자연 어획이 격감하게 되고, 양식에 의한 굴과 바지락이 생산량의 주류를 이루었으나 최근 잦은 폐사로 인해 생산량을 급격히 하락한 것으로 보여진다. 1988년 물막이 공사가 끝난 직후에는 유속의 감소로 인한 퇴적상의 변화로 인해 많은 양의 새조개가 번식하였으나 최근에는 거의 생산되지 않고 있다.

2-3-2 양식장 분포

천수만 인근해역에는 다수종의 무척추동물과 해조류, 어류의 양식이 성행하고 있다. 1990년 현재 149개의 면허건수에 2,014ha의 면적에서 양식이 이루어지고 있다(Fig. 2-3-1). 이 중에 천수만 내부에서 시행되고 있는 양식은 연체동물의 축제식과 가두리 양식 등이다. 축제식은 간월도 주변과 천북면, 오천면 일대의 굴양식이며, 이곳에 바지락 치패를 함께 투하한 것이다. 이 외에 천수만 북쪽에 위치한 서산군 창리 일대와 간월도 주변에서 가두리 양식이 수행되고 있으며, 우럭이 주종을 이룬다.

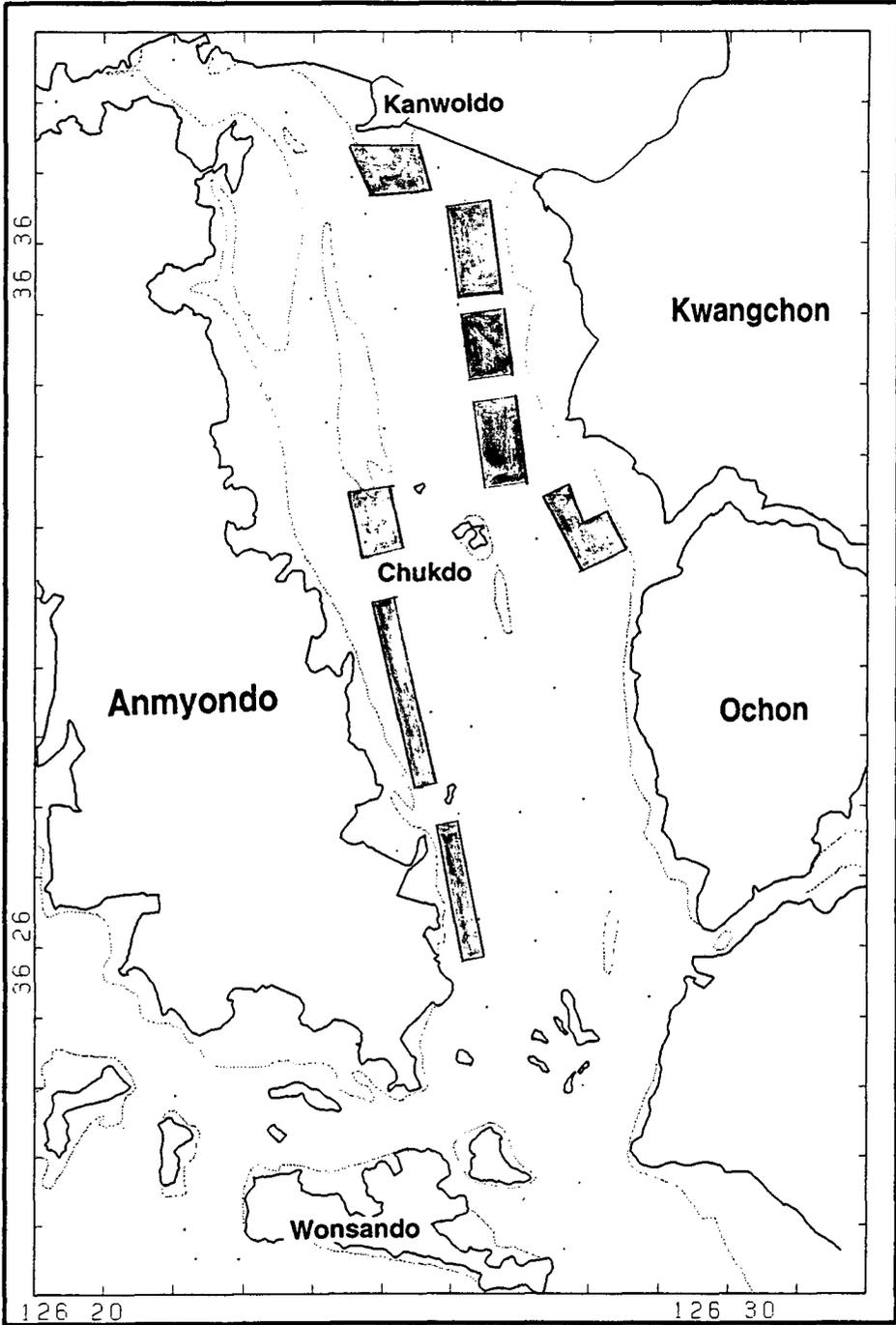


Fig. 2-3-1 Distribution of shell-fish farms in Cheonsu Bay.

Table 2-3-1. Present areas of aquaculture ground in Cheonsu Bay.

Class	Species	Method	Conditions		Remark
			Frequency	Area(ha)	
Aquaculture	Oyster	Lined, Stoned	13	137.34	
	Clam	Seeded	7	75	
	Clam	Seeded	2	13	
	Clam	Seeded	2	20	
	Conch	Cultured	1	3	
	Laver	Anchored	33	959.14	
	Laver	Floated net	10	324	
	Sea mustard	Lined	3	21	
	Sea cucumber,	Stoned	40	138.75	
	Abalone				
	Cockle	Seeded	5	90	
	Sea squirt	Lined	9	128	
	Fishes	Aquarium	15	14	
		Aquarium	3	0.39	
		Embarked	4	71.45	
	Shrimp	Embarked	2	19.67	
Fixed net	Net		1	10	
Total			149	2,014.75	

2-4 부유생태계의 분포

2-4-1 식물성 플랑크톤의 종 조성

천수만에서의 식물플랑크톤 조사는 유(1962)에 의해 처음 시도되었으며, 이후에 심과 이(1979), 심 등(1988)에 의해 조사되었다. 유(1962)는 1회 조사에 의한 종조성을 밝힌것으로 총 44종이 출현하였으며, 심과 이(1979)는 1977년 부터 1년동안 계절별로 실시하여 17과 40속 141종을 채집하였다. 봄철에는 천수만 하부지역에서 많은 생체량을 나타내었으며, 가을철에는 전지역에서 고른 분포를 보였으며, 특히 천수만 북부에 위치한 간월도 부근에서 비교적 많은 개체가 출현하였다. 전 기간 고른 출현양상을 보인 우점종으로는 *Nitzschia longissima*, *Coscinodiscus ocellusiridis*, *Biddulphia sinensis*로 나타났다(Table 2-4-1). 심 등(1988)에 의한 조사에서는 1년간 매월 채집한 결과, 7문 9강 20목 39과 89속 209종 9변종 2품종이 출현하였다. 전체 출현 종수 중에 규조류가 69.1%를 차지하였으며, 전 해역에 걸쳐 가장 우세하게 나타났다. 이들은 주로 연안성 및 기수성 규조류로 구성되었으며, 저서성 규조류가 55종 출현하여, 강한 조류에 의한 수직혼합에 따른 지역적 특성을 뒷받침하였다. 쌍편모조류는 48종이 출현하여 전 출현 종수의 21.8%를 차지하였으며, 규조류 다음으로 중요한 구성종 군이나, 정량적으로는 적은 비중을 차지하였다. 그 외 소수 군집으로 규질편모류, 남조류, 녹조류 등이 20종 출현하였다. 천수만 지역에서 연중 출현한 종으로는 *Paralia sulcata*, *Skeletonema costatum*, *Eucampia zodiacus*, *Chaetoceros debili*등이 있다. nanoplankton의 종조성에서는 10월에 방조제에서 방류되는 담수의 영향을 받은것으로 사료되는 종들이 출현하였다. *Skeletonema minimum*, *Merismopedia elegans* 등은 담수성이며, *Prorocentrum minimum*은 광염성으로 1 ~ 33‰에서 생존할 수 있는 종이다. 이들은 여름철 풍수기가 지난 다음 방조제 근처 정점에서 대량으로 채집되었으며, 결국, 방조제에서 유출된 것으로 추측하였다. Net plankton의 현존량은 48 cells/ml ~ 3,720 cells/ml로 수층간의 변화는 적는데 반해 수역에 따른 차이가 있어 대체로 만입구에서 만 내부로 갈수록 현존량이

증가하는 추세를 보였다. 현존량은 KORDI(1978)의 4 ~ 332 cells/ml과 심과 이(1979)의 25 ~ 129 cells/ml보다 매우 높은 수준으로 조사시기, 방법, 정점이 약간씩 다르지만 방조제 건설 이후 현존량이 증가한 것으로 나타났다. 계절별 현존량은 3월과 8월에 급증하는 것으로 나타났으며, 8월의 경우에는 방조제에서 방류된 다량의 담수로 인해 만 입구쪽으로 영양염이 확산되면서 식물플랑크톤의 성장을 자극한 것으로 추측하였다. 심과 여(1988)는 당시 현존량의 증가가 nanoplankton의 개체수가 차지하는 비율이 높기 때문인 것으로 결론 지었으며, 이는 방조제의 수문을 통해 비 정기적으로 방류되는 담수의 영향 때문으로 추측하였다.

천수만 내의 일차생산력을 알아보기 위한 클로로필 측정에서 0.91 ~ 14.93 μ g/l로 나타났다(Cho,1988). 이는 서해 연안의 0.13 ~ 6.20 μ g/l(장과 심,1985)보다는 높은 수치를 보인 것이다. 월별 클로로필의 양은 9월부터 12월까지 감소하다가 1월부터 증가하기 시작하여 3월에 최대치를 나타냈다. 또한 천수만에서 특이할 만한 사항은 저생성 규조류가 55종이 출현하여 전체 출현 종수의 22.8%를 차지한 것이다. 대표적인 종으로는 *Paralia sulcata*를 들 수 있는데, 강한 조류에 의해 외해의 영향을 받고 있는 만입구의 정점에서는 연중 상당히 높은 비율로 출현하였는데 반해 만내부로 갈수록 저층에서 주로 채집되었다. 이는 원래 천수만 내부가 조류의 영향이 강한 지역으로 침전된 부유입자들이 재부유하였지만 방조제 건설이 조류의 세기에 영향을 미쳐서 만 입구에서만 재부유현상이 일어났기 때문으로 추측하였다.

Table 2-2에 의하면 방조제 건설 이전에 *N.longissima*, *C. ocellusiridis*가 우점종으로 나타난 반면에 건설 후에는 *P.sulcata*, *S.costatum* 등이 우점종으로 나타났다.

Table 2-4-1 Dominant species of Phytoplankton in Cheonsu Bay.

Origin	Species	Month (1977-1978)								
		10	11	12	6	7	8			
Shim and Lee (1979)	<i>Nitzschia longissima</i>	*	*	*	*	*	*	*		
	<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>	*	*	*	*	*	*	*		
	<i>C. centralis</i>	*	*	*						
	<i>C. concinniformis</i>	*	*	*						
	<i>C. radiatus</i>	*	*	*						
	<i>Rhizosolenia robusta</i>	*	*	*						
	<i>Biddulphia sinensis</i>	*	*	*	*	*	*	*		
	<i>Chaetoceros decipiens</i>	*	*	*						
	<i>Paralia sulcata</i>				*	*	*			
<i>Streptotheca thamensis</i>				*	*	*				
		Month(1985-1986)								
		9	10	12	1	3	4	5	6	8
Shim and Yeo (1988)	<i>Paralia sulcata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Skeletonema costatum</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Eucampia zodiacus</i>	*								*
	<i>Chaetoceros debilis</i>	*		*	*	*				
	<i>Ch. sulcata</i>					*				
	<i>Detonula pumila</i>					*				
	<i>Asterionella kariana</i>					*				
	<i>Nitzschia seriata</i>						*			
	<i>Leptocylindrus minimus</i>						*			
	<i>Leptocylindrus danicus</i>								*	
	<i>Ch. curvisetus</i>									*
	<i>Rhizosolenia fragilisima</i>									*
	<i>Dinophysis ovum</i>									*
	<i>Ch. socialis</i>		*							
<i>Ch. dentienlatum</i>	*		*							

(*: present)

2-4-2 동물성 플랑크톤의 종 조성

천수만 지역에서 동물플랑크톤에 대한 조사는 미비하여 Shim and Park(1983)에 의한 황해 중동부 연안의 동물플랑크톤 분포조사가 있다. 심 등(1988)에 의한 조사에서는 Microzooplankton과 Macrozooplankton을 나누어 조사하였다. Microzooplankton은 총 34종의 유종섬모충류가 동정되었다. Tintinnopsis속에 속하는 종이 13종으로 가장 많은 종수를 보였으며, 5월과 8월에 적은 종 수가 출현하였고, 6월에 19종이 출현하여 가장 많은 종 수가 출현하였다. 출현 개체수는 $390 \text{ inds/m}^3 \sim 24,850 \text{ inds/m}^3$ 으로 변화폭이 매우 크게 나타났으며, 내만이 만입구보다 계절적인 변화폭이 크게 나타났다. 개체수의 공간분포는 시기에 관계없이 내만으로 갈수록 증가하는 양상을 보였다. Microzooplankton은 연중 월별 우점종이 다르게 나타났는데, 9월에는 *Tintinnopsis tocanfinensis*, 10월에는 *Amphionellopsis acuta*, 12월, 1월에는 *T. nucula*, 3월에는 *T. baltica*, 4월과 5월에는 *T. beroidea*, 6월에는 *Favella taraikaensis*, 8월에는 *T. beroidea*등이 우점하였다(Table 2-4-2). 매달 우점종이 변할 정도로 천이가 뚜렷한 것은 유종섬모충류으로써 매우 빠른 세대교체가 이루어지고, 높은 섭취율과 동화율을 가지고 있어 짧은 시간 내에 빠르게 개체군이 증식할 수 있는 능력이 있기 때문이다. 또한 유종섬모충류는 온도에 민감하기 때문에 연중 수온의 변화가 큰 천수만에서 우점종의 변화를 촉진시키는 요인으로 작용한다. Macrozooplankton은 총 41개 종으로 동정되었다. 이는 protozoan 1, hydromedusae 1, siphonophore 1, ctenophores 1, cledocerans 2, copepod 21, chaethognathes 2, appendicularians 2 등 총 8종의 유생군으로 구성되었다. Copepod가 동물플랑크톤에서는 우점을 나타내는 것은 잘 알려진 사실로, 천수만에서도 *Noctiluca scintillans*가 다량 출현한 8,9월을 제외하고는 동물플랑크톤의 출현량 중에 약 60%를 copepod가 차지하였다. 동물플랑크톤의 개체수는 계절에 따라 변화폭이 커서 $475 \text{ inds/m}^3 \sim 132,181 \text{ inds/m}^3$ 으로 나타났다. 월별 평균 출현 개체수는 8월에 $30,029 \text{ inds/m}^3$ 로 가장 많이 출현하였고, 3월에 $1,480 \text{ inds/m}^3$ 로 가장 적은 출현을

보였다. 월별 개체수의 양은 copepod의 양에 따라 좌우되었다. 온대수역에서 종조성의 계절 변화는 온도에 의해 크게 영향을 받는다. 천수만의 경우, 수온이 7℃이하인 겨울과 이른 봄에는 동물플랑크톤의 개체수가 상당히 낮다. 수온이 증가하면서 개체수가 증가하는 것을 보면 온도가 계절 변화의 중요한 요인으로 작용하고 있음을 추론할 수 있다. 그러나 10℃ 이상일 경우, 봄의 우점종은 *C. abdominalis*와 *Acartia clausi*이며, 가을의 우점종은 *P. parvus*, *C. affinis*로 다르게 나타나기 때문에 온도만으로 동물플랑크톤의 종조성 변화를 설명할 수 없고, 봄에는 net plankton이 우점하고, 가을에는 nanoplankton이 우점하여 먹이가 되는 식물플랑크톤의 차이로 봄에는 크기가 큰 동물플랑크톤이 우점하고, 가을에는 크기가 작은 동물플랑크톤이 우점한 것으로 동물플랑크톤의 섭이 양식의 차이에 따라 영향을 주는 것으로 추론하였다.

Table 2-4-2 Dominant species of zooplankton in Cheonsu Bay.

(After shin (1988) :in korean)

species	Month								
	9	10	12	1	3	4	5	6	8
Microzooplankton									
<i>Tintinnopsis boroidea</i>	*	*		*	*	*	*	*	*
<i>T. lomanni</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Stenosmella steini</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Codonellopsis nipponica</i>		*		*		*		*	
<i>Ptychocylis obtusa</i>					*	*	*		
<i>Coxillella annulata</i>								*	
<i>Leprotintinnus simplex</i>	*	*							
<i>Coxillella intermedia</i>	*								
<i>Amphonellopsis acute</i>	*	*							
<i>Metacyclis jorgensenii</i>	*								
<i>T. brevicollis</i>			*						
<i>S. parviellis</i>				*					
Macrozooplankton									
<i>Noctiluca scintillans</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Paracalanus parvus</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Corycaeus affinis</i>	*	*	*	*	*	*		*	*
<i>Acartia clausi</i>		*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Centropages abdominalis</i>			*	*	*	*	*	*	*

(*: present)

2-4-3 어류의 종조성

연안역은 생산성이 높은 해역으로 많은 종류의 어류가 산란, 생육, 섭이의 장소로 이용하고 있어 어장으로서의 가치가 높다. 어류의 경우 한 종이 일정 지역에서 산란과 성장을 동시에 하는 정착성 종이 있는가 하면, 초기성장과 산란장이 다른 회귀성 종도 있다. 그러므로 성어의 종 조성과 난, 치자어의 조사가 동시에 이루어져야 한다.

천수만에서도 1978년 해양개발구소에 의해 천수만 하부지역인 고정리주변의 조사가 이루어 졌으며, 이후에도 Lee and Seok(1984), 차와 심(1986), 차 등(1988), 심 등(1988)에 의한 조사가 수행되었다.

① 어란(魚卵) 분포

1985년부터 1986년까지 1년간 천수만을 포함한 황해 중동부 연안에서 어란 군집의 계절 변동이 차와 심(1988)에 의해 조사되었다. 19개 분류군이 채집되었는데, 이 중에 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 많은 비중을 차지하였으며, 청보리멸(*Sillago japonicus*), 전어(*Clupanodon punctatus*), 밴댕이(*Herklotsichthys zunasi*)가 우점종으로 나타났다. 난의 분포는 수온이 상승하는 5월 이후에 증가하면서 7월에 가장 많은 양이 채집되었고, 12월부터 3월까지의 거의 채집되지 않았다. 천수만에서 대천항에 이르는 지역은 금강유역에 비해 채집양이 매우 적었다. 그러나 전어의 난의 경우에는 6월 중 천수만 유역에서 가장 많이 나타났고, 돛양태류의 난은 천수만과 연안쪽에서 5월에 집중적으로 나타났다(Table 2-4-3).

Table 2-4-3. Species list of fish eggs in Cheonsu Bay

(After Cha and shim, 1988)

Species	month											Dominance (%)
	7	8	9	10	12	1	2	3	4	5	6	
<i>Engraulis japonicus</i>		*									*	89.5
<i>Sillago japonicus</i>		*	*								*	2.5
<i>Clupanodon punctatus</i>											*	2.4
<i>Herklotsichtys zunasi</i>		*									*	1.7
<i>Callionymidae unid.</i>		*	*	*							*	1.6
<i>Scomberomorus nipponius</i>		*										0.0
<i>Inimicus japonicus</i>		*										0.0
<i>Lateolabrax japonicus</i>					*							0.0

(*: present)

② 치자어의 분포

어란의 분포와 동일시기에 조사가 이루어졌다. 차 등(1990)에 의하면, 총 45개 분류군이 채집되었는데, 어란의 분포와 매우 유사하여, 겨울철에는 거의 출현하지 않았으며, 5월 이후에 본격적으로 나타났다(Table 2-4-4). 전체 출현량 중 7월에 가장 많은 양이 채집되었다. 천수만 주변은 주로 5월에서 6월 사이에 가장 많은 양이 채집되었는데, 이는 전어의 치어가 집중적으로 나타났기 때문이며, 6월에는 밴댕이의 산란에 의한 것으로 나타났다. 천수만은 이러한 회귀종의 산란장으로 사용되고 있다.

Table 2-4-4. Species list of fish larvae in Cheonsu Bay
(After Cha *et al.*, 1990)

Species	month											Dominance (%)
	7	8	9	10	12	1	2	3	4	5	6	
<i>Enedrias fangi</i>					*	*	*	*	*	*	*	45.2
<i>Engraulis japonica</i>	*	*	*	*							*	27.5
<i>Sardiaella zunosi</i>	*	*										10.6
<i>Callionymidae unid.</i>	*	*	*	*						*	*	4.6
<i>Sillego japonica</i>	*	*										3
<i>Acanthogobius pflaumi</i>	*	*	*								*	1.9
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	*	*	*									1.8
<i>Ammodytes personatus</i>					*	*	*	*	*	*		0.9
<i>Cynoglossus unid.</i>	*	*	*	*								0.9
<i>Omobranchus elegans</i>	*	*	*									0.5
<i>Hexagrammos ottakii</i>					*	*						0.5
<i>Syngnathus schegeli</i>	*	*	*	*								0.4
<i>Acanthogobius fluvimanus</i>	*	*										0.2
<i>Konosirus punctatus</i>										*	*	0.2
<i>Pleuronichthys cornutus</i>									*	*		0.1
<i>Apogon linenlus</i>	*	*	*									0.1
<i>Ctenotrytauchen microcephalum</i>	*	*	*									0.1
<i>Stichaeus grigorjewi</i>										*		0.1
<i>Amblychaeturichthys haxanema</i>										*		0.1
<i>Luciogobius guttatus</i>									*	*	*	0.1
<i>Chirolophis japonicus</i>					*	*						0.1
<i>Sebastes schlegeli</i>										*	*	0.1>
<i>Hippocampus aterrimus</i>	*	*	*	*								0.1>
<i>Lateolabrax japonicus</i>					*	*	*					0.1>
<i>Argyrosomus argentatus</i>	*	*										0.1>
<i>Platycephalus indicus</i>	*									*		0.1>
<i>Scomberomorus niphonius</i>	*											0.1>
<i>Acanthogobius lactipes</i>		*										0.1>
<i>Hemitripterus villosus</i>						*						0.1>
<i>Sebastes schlegeli</i>										*		0.1>
<i>Inimicus japonicus</i>	*											0.1>
<i>Hemiramphus sajori</i>										*		0.1>
<i>Thamnaconus modestus</i>			*									0.1>

(*: present)

③ 성어의 분포

천수만 유역의 어류조사는 해양개발연구소(1978)에 의한 고정리 주변가 처음으로 당시 가덕도, 효자도 앞 해상에 낭장망 3틀을 설치하였다. 총 14종이 채집되었으며, 밴댕이가 가장 많은 개체수를 나타냈고, 학꽂치, 꼬치고기, 매통이 등이 채집되었다. 이 후에 Lee and Seok(1984)에 의해 1981년과 1982년에 정치망을 사용하여 천수만 입구에서 5회 채집을 실시한 결과 64종의 어류가 채집되었다. 이른 봄의 경우 전반적으로 어획량은 적었으나, 배도라치(*Enedias fangi*), 까나리(*Ammodytes personatus*)가 우점종으로 나타났다. 출현 종수와 개체수, 어획량은 5월에 최대치를 보였으며, 이는 어류가 산란 및 섭이를 위해 만으로 회유하여 들어오기 때문으로 추론하였다. 성어의 경우 치자어와는 다르게 여름철에 그 양이 격감하였는데, 이는 산란 후 성어의 사망으로 인한 것이며, 가을철 다시 어획량은 증가하였지만 대부분이 그 해에 부화된 밴댕이, 멸치, 전어의 유어들인 것으로 나타났다(Table 2-4-5).

연안성어류를 서식처에 따라 부영성어류, 저서성어류로 나누어 진다. 이들의 서식처는 물리 화학적 환경요인이 서로 다르고, 부영성어류의 경우 유연능력이 뛰어나고 분포범위가 다르기 때문에 정량분석을 위한 채집에 어려움이 있음에 비해 저서어류는 비교적 느리고, 어류군의 정의가 부영성어류에 비해 쉽기 때문에 트롤과 같은 이동성 채집기기를 사용하여도 정량조사가 용이하다. 이러한 두 가지 요인을 고려하여 본격적인 조사가 심 등(1988)에 의해 실시되었다. 부영성 어류는 천수만 안쪽에 위치한 남당리 부근에서 저인망을 사용하였으며, 저서어류의 경우에는 입구와 내부 두개의 정점에서 소형 오토 트롤을 이용하였다.

조사기간 중에 총 57종의 어류가 출현하였으며, 이 중에 부영성어류는 총 42종이 채집되었고, 출현종의 대부분이 망둑어류가 차지하였다. 채집된 대부분의 어류가 체중이 10g 미만인 작은 개체로 구성되었다. 우점종으로는 얼룩망둑(*Chanogobius moronana*), 날개망둑(*Fabonigobius gymnachen*), 줄공치(*Hemiramphus kurumeus*), 실망둑(*Cryptocentrus filifer*)등으로 나타났다. 계절별 출현 양상은 겨울에는 2~4종 밖에 채집되지 않았고, 3월이후 수온이 상

증하면서 출현 종수가 증가하여 7월에는 20종이 채집되었다. 계절별 특징을 보이는 종으로는 얼룩망둑과 날개망둑은 연중 지속적인 출현을 보였으며, 배도라치의 경우 봄에 집중적으로 나타났다. 유영성어류 중에 연중 서식하는 주거종(resident species)로 나타난것은 풀망둑(*Acanthogobius hasta*), 꺾정이(*Thachidermus fasciatus*), 얼룩망둑, 날개망둑 등 8종으로 보이며, 여름철에 나타나는 종으로는 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)과 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 7월에 일시적으로 나타나는 일시방문종(temporary visitor)은 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*) 등 7종으로 분류하였다. 유영성어류의 경우 종조성이 일년을 주기로 변화되어 가는 양상을 보였다.

저서성어류는 총 32종이 채집되었다. 이 중에 망둑어 과에 속하는 종이 8종으로 가장 많은 비중을 차지하였다. 9월에 가장 많은 종이 채집되었으며, 수온이 상승하면서 저서어류의 종조성이 바뀌어 갔다. 대부분의 종이 소수 개체만이 채집되었다. 연중 지속적으로 출현한 주거종으로는 쉬쉬망둑, 실망둑, 참서대 등이 포함되며, 이들은 3월에서 5월사이에 성체가 대량 출현하고, 7월부터 유어들이 소수 출현하는 것으로 볼 때 성어들은 산란을 하고, 유어들은 내만에 널리 분포하는 것으로 추정되었다. 회유종으로는 민태, 보구치 등으로 밝혀졌는데, 5월에서 11월 사이에 주로 출현하여 외해에서 월동을 하고 수온이 높아지면 내만으로 들어오는 것으로 추정되었다.

Table 2-4-5. Species list of fishes in Cheonsu Bay.

Cha et al., (1990)	Lee and Seok (1984)
<i>Acanthogobius fluvimanus</i>	<i>Triakis scyllia</i>
<i>Acanthogobius hasta</i>	<i>Raja kenojei</i>
<i>Acanthogobius lactipes</i>	<i>Dasyatis akajei</i>
<i>Acanthogobius schlegelii</i>	<i>Konosirus punctatus</i>
<i>Acanthogobius pflaumi</i>	<i>Harengula zunasi</i>
<i>Apogon linenlus</i>	<i>Ilisha elongata</i>
<i>Astroronger myriaster</i>	<i>Setipinna taty</i>
<i>Callionymus flagris</i>	<i>Thrissa koreana</i>
<i>Chaenogobius mororana</i>	<i>Thrissa mystax</i>
<i>Chaeturichthya stigmatias</i>	<i>Engraulis japonica</i>
<i>Coilia ectenes</i>	<i>Coilia ectenes</i>
<i>Collichthys luridus</i>	<i>Plecoglossus altivelis</i>
<i>Cryptocentrus filifer</i>	<i>Saurida undosquamis</i>
<i>Ctenotrytauchen microcephalum</i>	<i>Astroronger myriaster</i>
<i>Cynoglossus joyneri</i>	<i>Tylosurus melanotus</i>
<i>Enedrias fangi</i>	<i>Cololabis saira</i>
<i>Enedrias natulosa</i>	<i>Hemiramphus sajori</i>
<i>Engraulis japonica</i>	<i>Syngnathus schegeli</i>
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	<i>Hippocampus coronatus</i>
<i>Hemiramphus kurumeus</i>	<i>Sphyaena pinguis</i>
<i>Hesitripterus graunauthen</i>	<i>Liza carinata</i>
<i>Hexagrammos ottakii</i>	<i>Lateolabrax japonicus</i>
<i>Inimicus japonicus</i>	<i>Apogon linenlus</i>
<i>Johnius belengerii</i>	<i>Sillego japonica</i>
<i>Konosirus punctatus</i>	<i>Hapalogenys mucronatus</i>
<i>Koreius bicoloratus</i>	<i>Nibea albiflora</i>
<i>Lateolabrax japonicus</i>	<i>Nibea argentatus</i>
<i>Leignathus nuchalis</i>	<i>Johnius belengerii</i>
<i>Linanda schrencki</i>	<i>Pseudosciaena crocea</i>
<i>Linanda hercansteini</i>	<i>Collichthys niveatus</i>
<i>Liza carinata</i>	<i>Collichthys lucidus</i>
<i>Maraenasor cinereus</i>	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
<i>Mugilogobius obei</i>	<i>Oplegnathus fasciatus</i>
<i>Nevodan aodpustus</i>	<i>Trachurus japonicus</i>
<i>Nibea albiflora</i>	<i>Seriola aureovittata</i>
<i>Nibea argentatus</i>	<i>Enedrias fangi</i>
<i>Paralichthys olivaceus</i>	<i>Zoarces gillii</i>
<i>Periopthalmus cantonensis</i>	<i>Ammodytes personatus</i>
<i>Platycephalus indicus</i>	<i>Callionymus flagris</i>
<i>Raja kenojei</i>	<i>Trichiurus lepturus</i>
<i>Repomucenus beniteguri</i>	<i>Scomberomorus niphonius</i>
<i>Sardiaella zunosi</i>	<i>Pampus argenteus</i>
<i>Saurida elongata</i>	<i>Gobid spp.</i>
<i>Sebastes schlegeli</i>	<i>Gobius pflaumi</i>
<i>Sillego japonica</i>	<i>Gobius gymnauchen</i>
<i>Sphyaena pinguis</i>	<i>Cryptocentrus filifer</i>
<i>Syngnathus schegeli</i>	<i>Chaeturichthya stigmatias</i>
<i>Tokifugu niphobles</i>	<i>Chaeturichthya hexanema</i>
<i>Tokifugu poerilenorus</i>	<i>Trianopogon barbatus</i>
<i>Tokifugu rubripes</i>	<i>Tridentiger trigoncephalus</i>
<i>Thachidermus fuscatus</i>	<i>Aboma tsushima</i>
<i>Trichiurus lepturus</i>	<i>Sebastes schlegeli</i>
<i>Tridentiger trigoncephalus</i>	<i>Inimicus japonicus</i>
<i>Thrissa koreana</i>	<i>Hexagrammos ottakii</i>
<i>Thrissa mystax</i>	<i>Platycephalus indicus</i>
<i>Trianopogon barbatus</i>	<i>Laparis sp.</i>
<i>Tridentiger trigoncephalus</i>	<i>Pleuronichthys cornutus</i>
<i>Varasper varigatus</i>	<i>Zebrias zebrinus</i>
<i>Zoarces gillii</i>	<i>Areliscus joyneri</i>
	<i>Novadonmodestus</i>
	<i>Fugu spp.</i>

2-4-4 표영생태계의 생산구조와 에너지 유전

표영생태계의 에너지 유전을 알아보기 위한 조사가 신(1988)에 의해 시도되었다. 각 생물군의 생체량은 탄소(C)단위로 환산하여 영양단계별 전달과정을 정리하였으며, 이(1988)는 천수만 내의 부유물질내의 유기탄소량을 측정하였다.

이(1988)에 의해 조사된 1986년 4월 천수만 내에서의 부유물질내의 유기탄소의 양은 만입구의 경우 강한 유속으로 인해 재부유와 난류의 혼합이 활발하여 전 수층이 수직적으로 균일한 값을 나타내었다. 만 북단의 경우에는 유속이 약하여 재부유가 중층까지 일어나며, 따라서 표층이 중,저층과 구분되었다.

부유물질의 농도는 조석에 따른 변동을 보이며, 해수가 일시 정지하는 간조와 만조 부근에서 낮고, 이후 유속의 증가와 함께 높아지며, 유속이 가장 강한 밀물과 썰물의 한 가운데에서 최대값을 보였다.

만 입구에서 수괴내의 부유물질내 유기탄소의 총량은 조위의 변화와 유사하게 변하고 있는데, 간조에서 만조까지 밀물이 진행되고 있는 동안 유기탄소의 총량이 2배이상 증가하였다. 엽록소의 총량도 2배이상 증가하여, 내만에서 유기탄소의 총량이 약 1.6배 증가하였다. 이와 같이 재부유작용에 의한 수괴내로 유기물의 풍부한 공급이 일차생산이나 이차생산이 매우 높을 것으로 추론하였다.

부유생물군의 탄소량은 식물플랑크톤 58.6 ~ 684.7 $\mu\text{gC/l}$, 부유미생물 20.5 ~ 69.1 $\mu\text{gC/l}$, 소형동물플랑크톤 0.2 ~ 166.4 $\mu\text{gC/l}$, 대형동물플랑크톤 42.0 $\mu\text{gC/l}$ 으로 천수만 수괴 내의 부유고형유기탄소에 기여하는 정도는 식물플랑크톤이 연 평균 22.92%, 대형동물플랑크톤이 4.62%, 부유성 미생물이 4.17%, 소형동물플랑크톤이 2.27%이며, 나머지 66.1%는 고형유기물인 것으로 추론하였다. 이들은 잡식성 동물플랑크톤의 먹이로 이용될 것으로 추측하였다(Fig.2-4-1).

천수만에 입사된 태양에너지 중 0.19%인 2,280 Kcal/m²/yr가 식물플랑크톤에 의해 고정된것으로 평가되어, 다른 지역에 비해 낮게 나타났다. 이는 연구

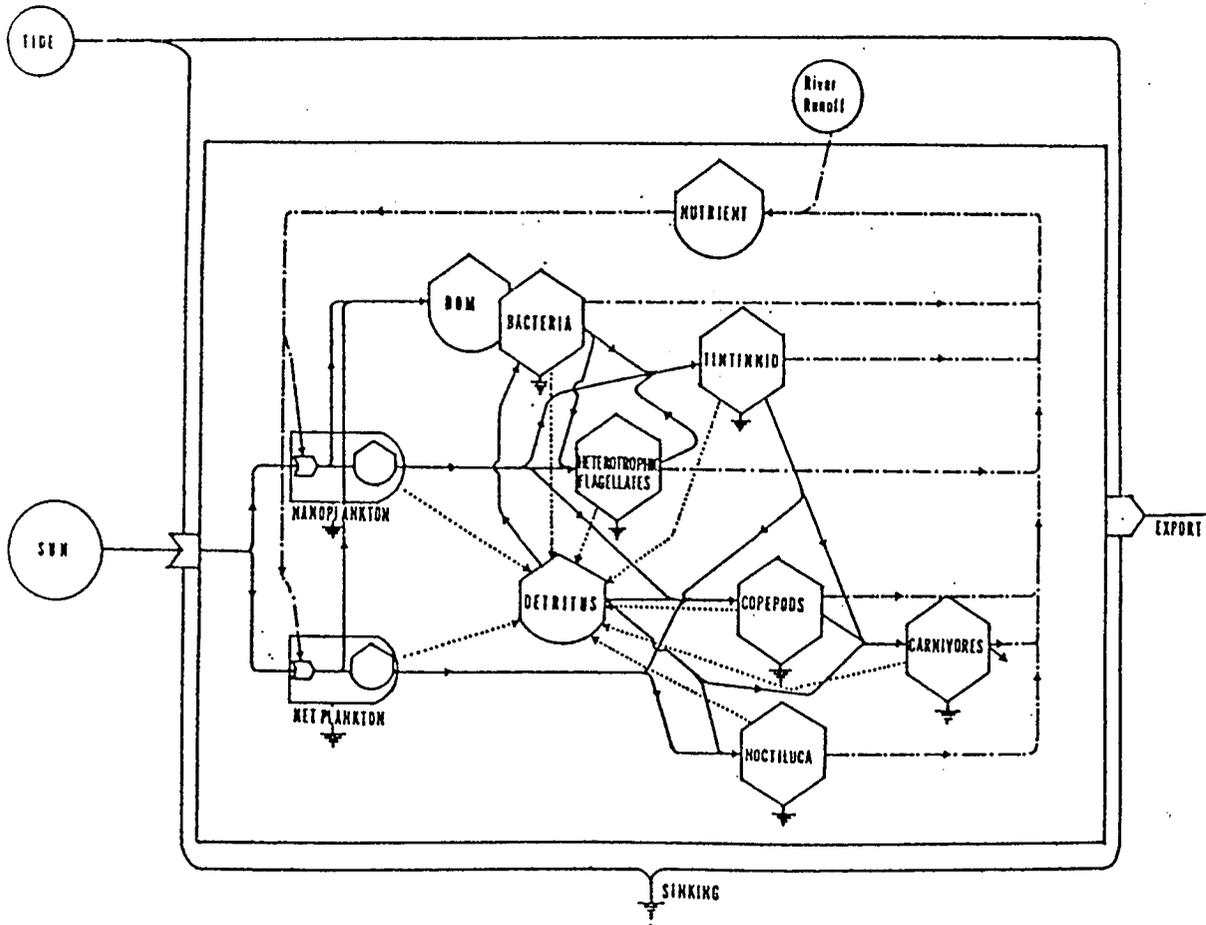


Fig. 2-4-1 Scheme of energy transfer through a plankton community in Cheonsu pelagic ecosystem (After Shin, 1988).

해역이 강한 조류로 인해 부유고형물질이 많아 매우 혼탁하기 때문인 것으로 추론하였다. Nanoplankton의 연간 순일차생산량은 $906\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$, net plankton의 연간 순일차생산량은 $804\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$ 로 나타났다. 표영생물군의 이차생산은 부유 미생물 $280\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$, 종속영양 미세편모조류 $225.1\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$, 소형동물플랑크톤 $116\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$, 대형동물플랑크톤 $167.5\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$, 육식성동물플랑크톤 $42.5\text{Kcal/m}^2/\text{yr}$ 로 각각 추정하였다.

동물플랑크톤에 의해 섭식되는 일차 생산량은 전체의 51.8%로 대형동물플랑크톤에 31.3%, 소형동물플랑크톤에 20.5%가 섭식되는 것으로 추정되었다. 부유미생물의 이차생산 중 73%는 식물플랑크톤에서 분비된 DOM(Dissolved Organic Matter)으로 부터, 27%는 유기고형물질로 부터 얻은것으로 추정하였다.

신(1988)은 천수만에서의 표영생태계 영양전달경로를 다음과 같이 추측하였다.

- 1) Net phytoplankton → 초식성 대형동물플랑크톤 → 육식성 동물플랑크톤
- 2) Nanophytoplankton → 작은 요각류, 유종섬모충류 → 큰 육식성 대형동물플랑크톤
- 3) DOM → 박테리아 → 종속영양 미세편모조류 → 유종섬모충류 → 대형동물플랑크톤
- 4) Detritus → 대형동물플랑크톤 → 육식성 동물플랑크톤

3. 재료 및 방법

3-1 연구지역 및 조사기간

본 조사는 1991년부터 1994년까지 3년동안 천수만 유역에서 실시하였다. 1차년도인 1991년부터 1992년까지는 11개 정점에서 수온, 염분, 용존산소, 입도조성, 퇴적물내의 유기물 함량 등의 환경요인과 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 난.치자어, 저서동물 조사를 실시하였다. 1차년도인 1992년부터 1993년까지는 2차례에 걸쳐 30개의 정점을 설정하여 입도조성과 퇴적물의 유기물 함량, 퇴적물내의 탄소, 질소, 황 성분 조사, 저서동물, 대형저서동물 등 저서생태계 위주로 전반적인 조사를 수행하였다. 3차년도에는 2차년도의 조사에서 15개 정점을 선정하여 저서 환경변화를 중심으로 조사하였다.

3-2 물리, 화학적인 조사

3-2-1 수온, 염분도, 용존산소

수온과 염분은 각 정점에서 CTD(SBE-19)를 사용하여 측정하였으며, 용존산소는 DO meter(Yellow Springs instrument)를 사용하여 표층과 저층을 각각 측정하였다. 한편 용존산소 포화도는 Weiss(1970)식에 따라 계산하였다.

3-2-2 탁도

2차년도 조사에서 각 정점마다 Niskin bottle을 사용하여 저층수를 11 가량 채취하였다. 이를 실험실 상에서 GF/C filter paper에 걸러서 단위 체적당 부유물질의 양을 환산하였다.

3-3 퇴적학적인 조사

3-3-1 입도조성

조사해역의 퇴적물 입도 분석을 위하여 각 정점에서 채집된 퇴적물을 500ml 플라스틱 용기에 담아 실험실로 운반하였다. 시료는 실험실에서 3% 과산화수소수와 0.1N의 염산을 차례로 넣어 유기물과 탄산염을 제거하고, 물같이 될 다음, 습식 체질(Wet sieving)을 하여 4 ϕ 이상의 세립질 시료는 약 1.5g을 취하여 0.1% calgon용액을 300ml넣고, 진동기로 균일하게 분산시킨 후 Sedigraph 5000D 입도분석기를 사용하여 분석하였다. 퇴적물 입도에 의한 퇴적상의 분류는 Shepard(1954)의 방법에 따랐으며, 분급도는 Folk and Ward(1967)공식으로 계산하였다.

3-3-2 유기물함량

조사해역에서 채집된 표층퇴적물을 현장에서 냉동시킨 후에 실험실에서 일정량을 건조시킨 후에 막자사발에 갈아서 분말을 만든 후, 2g 정도를 도가니에 넣어 550℃의 전기로에서 3시간 태운후 재의 무게를 환산하였다.

3-3-3 친생물원소

퇴적물내에 포함되어진 유기탄소는 냉동건조된 퇴적물 약 0.2g에 진한 염산 5ml을 가하여 탄산염 광물을 녹여 제거한 후에 5 ~ 10mg을 0.1mg까지 정확한 무게를 잰 후 1500℃로 태운후 용출되는 가스를 Carlo Erba CNS 원소분석기로 정량 측정하여 C, H, N, S 의 양을 측정하였다.

3-3-4 퇴적물

천수만 내의 퇴적물을 알아보기 위해 1994년 5월 채집시 3개 정점에서 SCUBA 장비를 사용하여 저층에 40cm의 코아를 박아서 실험실로 운반하였다. 실험실 상에서 2cm 간격으로 퇴적물을 절단하여 습중량을 측정하고, 80℃ 건조기에서 3일간 건조시킨후, 무게를 측정하여 함수량을 측정하였다. 건조된 시료는 막자사발을 이용하여 곱게 갈아서 4φ 체로 모두 걸러내어 냉동 보관하였다. 보관된 시료는 기초과학 지원센터에서 MCA(multichannel analysis)를 이용한 저준위방사선 측정법을 사용하여 γ -선 양을 측정하였다.

3-4 생물조사

3-4-1 생물채집 및 동정

3-4-1-1 부유생물 조사

① 식물플랑크톤

식물플랑크톤의 정성적 연구를 위한 시료를 현장에서 Kitahara type plankton net(mesh size NXX.25, 60 μ m)를 사용하여 수직 예인한 후 증성포르말린 용액으로 고정하였다. 식물플랑크톤의 정량분석을 위한 시료는 Niskin 채수기로 현장에서 채수한 후 1l의 폴리에틸렌 병에 옮겨 Lugol's solution으로 고정한 후 aluminium foil로 빛을 차단하여 보관하였다. 보관된 시료들은 실험실에서 안정되게 가라앉혀 상층액은 교란없이 추출하고, 남은 시료는 McAlice의 처리방법에 따라 처리한 후 Sedgwick-Rafter counting chamber를 이용하여 현미경하에서 계수하였다.

② 동물플랑크톤

동물플랑크톤의 채집은 막구직경 60cm, 망목 335 μ m의 봉고네트로 표층에서 채집하였다. 정량분석을 위하여 봉고네트에 유량계(General Oceanics,

I.N.C.)를 부착하였으며, 채집된 표본은 현장에서 6%의 중성포르말린으로 고정하였다. 고정된 시료는 우점종이 100개체 이상 되도록(UNESCO, 1979) 분할기(Folson splitter)로 분할하여 Bogorov 계수판에서 각 분류군 별로 계수한 후 단위체적당(m³) 개체수로 환산하였다.

③ 어란, 치자어

채집은 망구직경이 60cm인 Bongo Net, 망목 505 μ m를 사용하여 표층채집하였으며, 정량분석을 위하여 네트입구에 유속계를 부착하였다. 예망속도는 2knot 정도로 10분간 예망하였으며, 치자어의 채집에 관한 일반적인 사항들은 Smith and Richardson(1977)을 따랐다. 채집된 표본은 선상에서 해수 중성포르말린 7%의 농도로 고정하였다. 고정된 표본은 실험실에서 해부현미경을 사용하여 어란과 치자어 만을 분리한 후 동정하였다.

3-4-1-2 저서생물 조사

저서동물 채집기구로는 van Veen Grab(0.1m²)을 이용하여 매 정점 마다 3회 채집을 실시하였다. 채집된 퇴적물은 선상에서 1mm망목의 체로 거른 후 그 잔존물을 플라스틱 샘플병에 담고, 10% 중성포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 동물군별로 선별하고, 전체 습중량을 측정 한 다음, 종 단위까지 동정하였다. 또한 각 종마다 개체수를 세고, 종별 습중량을 측정하였다. 이 때 연체동물의 경우 패각의 무게를 포함시켰으며, 다모류나 갑각류의 경우 서관(棲管)은 제외시켰다.

대형저서동물의 분포를 알아보기 위해 1993년에 두차례에 걸쳐 각 5개 정점을 선정하여 망목이 1.5cm이고, 이중망으로 된 Agassiz trawl을 3knot의 속도로 5분간 예인하였다. 현장에서 채집된 시료는 전부 포르말린으로 고정하여 실험실 상에서 위와 동일한 방법을 취하였다.

4. 결과

4-1 환경분석

4-1-1 물리 화학적 환경

4-1-1-1 수온

CTD에 의해 조사기간동안 실시된 동선 측정에서 표층과 저층의 수온 차이는 거의 나타나지 않았다(Fig. 4-1-1). 가장 낮은 수온을 나타낸 것은 92년 2월 조사로 표층수온이 평균 4.48℃, 저층수온이 평균 4.35℃를 나타냈다. 가장 높은 수온을 나타낸것은 92년 8월 조사로 표층수온이 25.76℃, 저층수온이 25.46℃를 나타냈다.

표층과 저층간에 수온 편차는 여름철에 0.3 - 1℃ 정도의 편차를 보이다가 가을과 겨울에는 거의 유사한 온도를 나타냈다. 계절적으로 20℃이상의 온도차이를 나타냈으며, 지역간에 온도편차는 무시할 정도이다.

4-1-1-2 염분도

염분도의 경우 연간 31‰ - 33‰ 정도의 편차를 보였다. 가장 낮은 염분도를 기록한 것은 92년 8월 조사에서 표층이 31.4‰, 저층이 31.44‰를 나타냈다(Fig. 4-1-2).

조사기간을 통해 저층이 표층보다 약 0.2‰정도 높게 나타났으며, 정점간의 염분도 편차는 표층과 저층이 유사하게 나타났다. 겨울철의 경우 정점간에 편차가 매우 적은 반면, 여름철에는 폭넓은 범위를 보였다. 1993년 8월의 경우 표층염분도가 31.5‰ 인데 반해 저층은 32.2‰을 나타내어 높은 염분도 차이를 보였다.

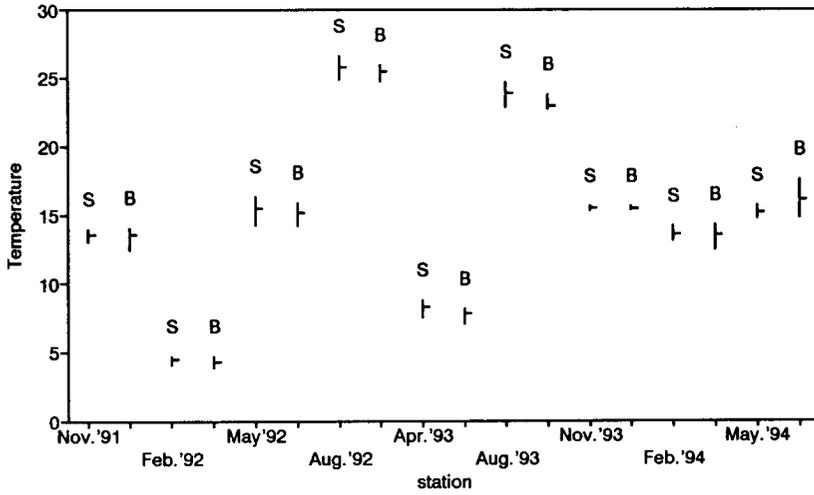


Fig. 4-1-1 Comparison of surface and bottom temperature during sampling period.

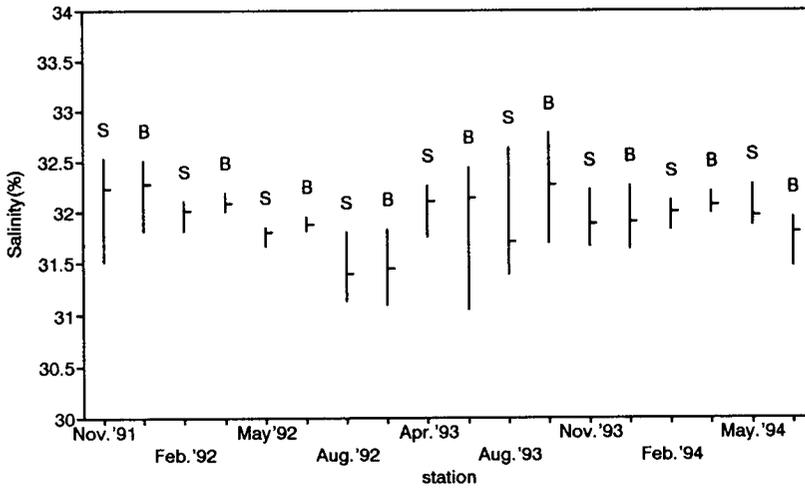


Fig. 4-1-2 Comparison of surface and bottom salinity during sampling period.

4-1-1-3 용존산소

계절별 저층의 용존산소의 변화는 봄철이 전반적으로 낮게 나타났다(Fig.4-1-3). 봄철의 경우 가장 높은 정점은 최고 11.3 ml/l이고 가장 낮게 나타난 정점은 9.58 ml/l로서 평균 10.41 ml/l 를 나타냈다. 가장 낮은 용존산소를 보인 여름철에는 9.30 - 7.70 ml/l의 분포범위를 나타냈으며, 평균 8.61 ml/l를 나타냈다. 가을철의 경우 9.30 - 7.70 ml/l를 보였으며, 평균 8.61 ml/l를 나타냈다. 겨울철에는 8.42 - 7.70 ml/l를 보였으며, 평균 8.12 ml/l를 나타냈다(Fig. 4-1-4).

겨울철에 저층에서 가장 높은 용존산소량을 보였으며, 여름철에 가장 낮게 나타나다가 가을에 접어들어 증가하는 양상을 보였다. 정점간의 편차도 가을철이 가장 낮게 나타났다. 정점별 용존산소의 양은 가을과 겨울철에는 천수만 안쪽으로 갈수록 증가하였으며, 봄과 여름철에는 지역적인 경향없이 방조제 부근 정점에서 낮게 나타났다(Fig. 4-1-3).

4-1-1-4 부유물질농도

1993년 4월과 1993년 11월에 저층수를 채수하여 부유물질농도를 측정하였다. 1993년 4월에는 평균 27.2mg/l를 나타내었으며, 가장 높게 나타난 지역은 방조제 부근으로 46mg/l이고, 가장 낮게 나타난 지역은 정점 21에서 12mg/l를 나타냈다(Fig. 4-1-5).

11월 조사에서는 평균 18.5mg/l를 나타내어 4월보다는 낮은 수치를 보였다. 가장 높게 나타난 지역은 4월과 마찬가지로 천수만 북부지역인 정점 6에서 40mg/l로 나타났으며, 가장 낮게 나타난 지역은 북쪽 수로에 위치한 정점 2, 3, 4로 10mg/l를 나타냈다.

계절별로 각 정점간에 부유물질농도의 변화는 봄과 가을이 유사하게 나타났으며, 봄철에 천수만 북쪽에서 매우 높게 나타났다(Fig. 4-1-6). 가

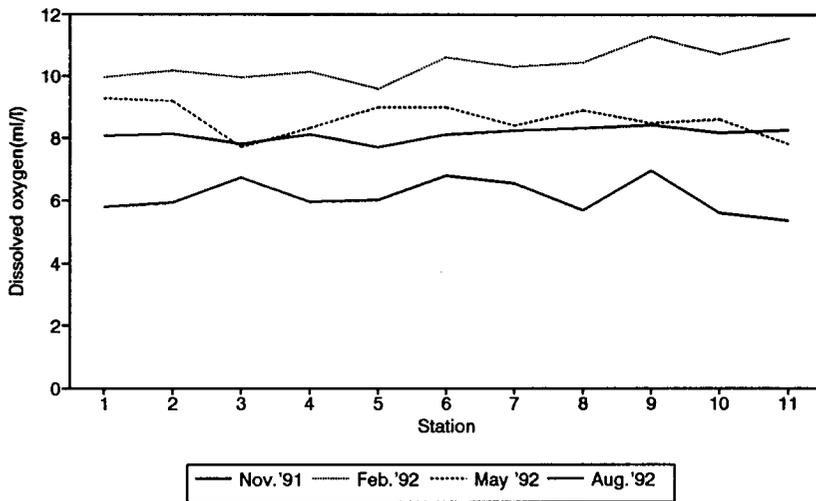


Fig. 4-1-3 Seasonal fluctuation of dissolved oxygen in bottom area at each station.

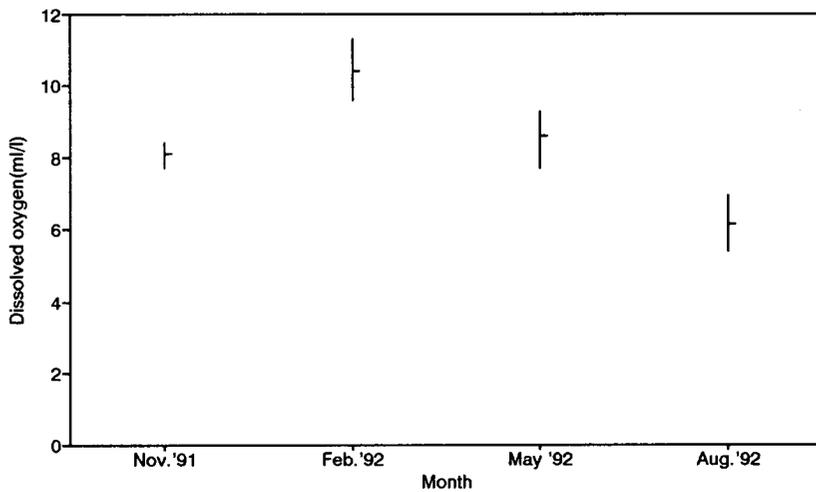


Fig. 4-1-4 Seasonal fluctuation of mean dissolved oxygen in bottom area.

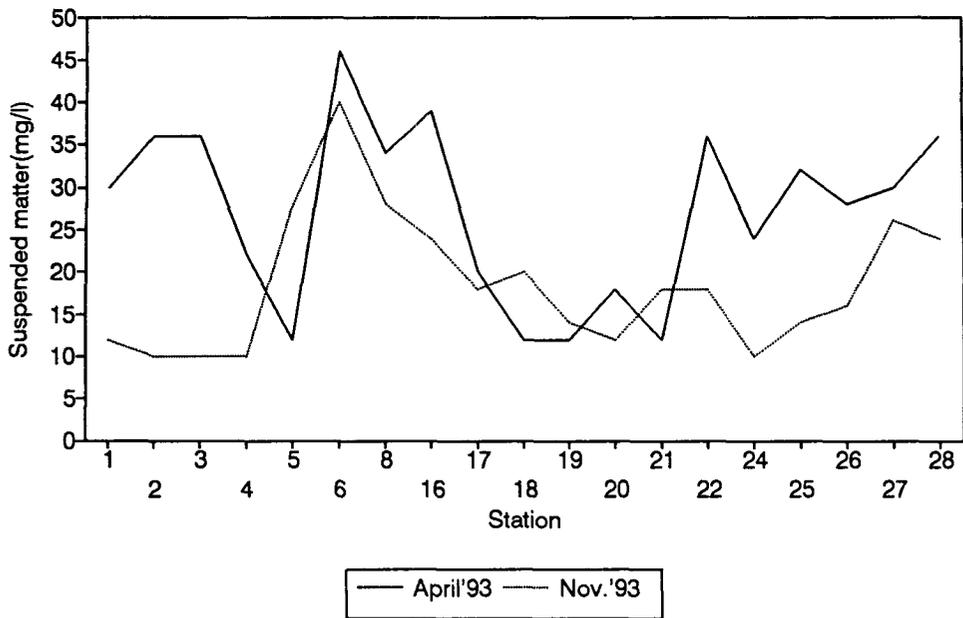


Fig. 4-1-5 Comparison of suspended matter in bottom area at each station.

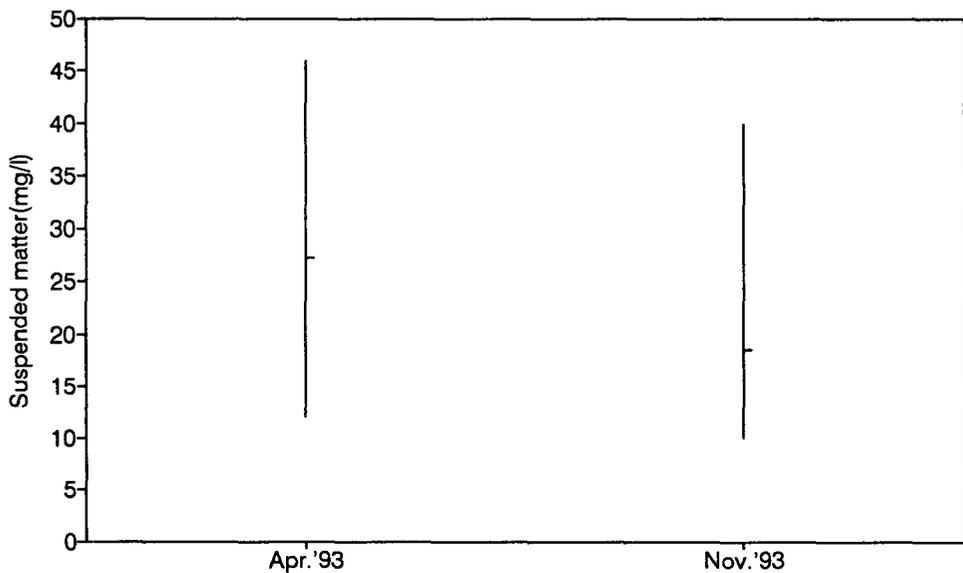


Fig. 4-1-6 Comparison of mean suspended matter in bottom area at each station.

을철의 경우 이 지역이 봄철보다는 약간 감소하는 경향이 있으나 다른 지역에 비해 높은 탁도를 나타냈다.

4-1-2 퇴적학적 환경

4-1-2-1 입도 조성

1993년 두차례에 걸친 퇴적 입도조성조사를 실시하였다. 만 전체가 매우 복잡한 퇴적상을 보이고 있다. 봄철 평균 입도치(mean phi)에서는 천수만 북부지역이 7.0이상을 나타내어 매우 세립질로 나타났으며, 특히 방조제 부근에서는 8.0이상으로 완전 니질로 구성된 퇴적상을 보였다. 이는 대주를 중심으로 안면도 방향으로 매우 조립화되는 양상을 보였으며, 죽도 이남지역에서는 천수만 입구로 갈수록 사질의 함량이 증가하여, 평균입도치가 4 전후로 조립해가는 경향을 보였으며 오천항 입구에서는 니질이 거의 없는 사질 퇴적상을 이루어 평균입도치가 2 이하를 나타냈다(Fig. 4-1-7).

8월의 경우도 4월과 유사한 양상을 보여 천수만 북부 방조제 부근에서는 평균입도치가 7이상이며, 방조제 수문 부근에서는 사질 함량이 약간 증가하여 부분적으로 6이하를 나타냈다. 퇴적물 내의 사질 함량은 광천항 부근과 천수만 북쪽지역의 경우 사질의 함량이 거의 없는 상황이며, 주로 안면도 방향을 갈수록 모래질로 구성되어 있다(Fig. 4-1-8).

니질의 함량의 경우 천수만 북쪽 지역에서 50%이상의 함유율을 보였으며, 방조제를 중심으로 멀어질수록 점차적으로 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4-1-9).

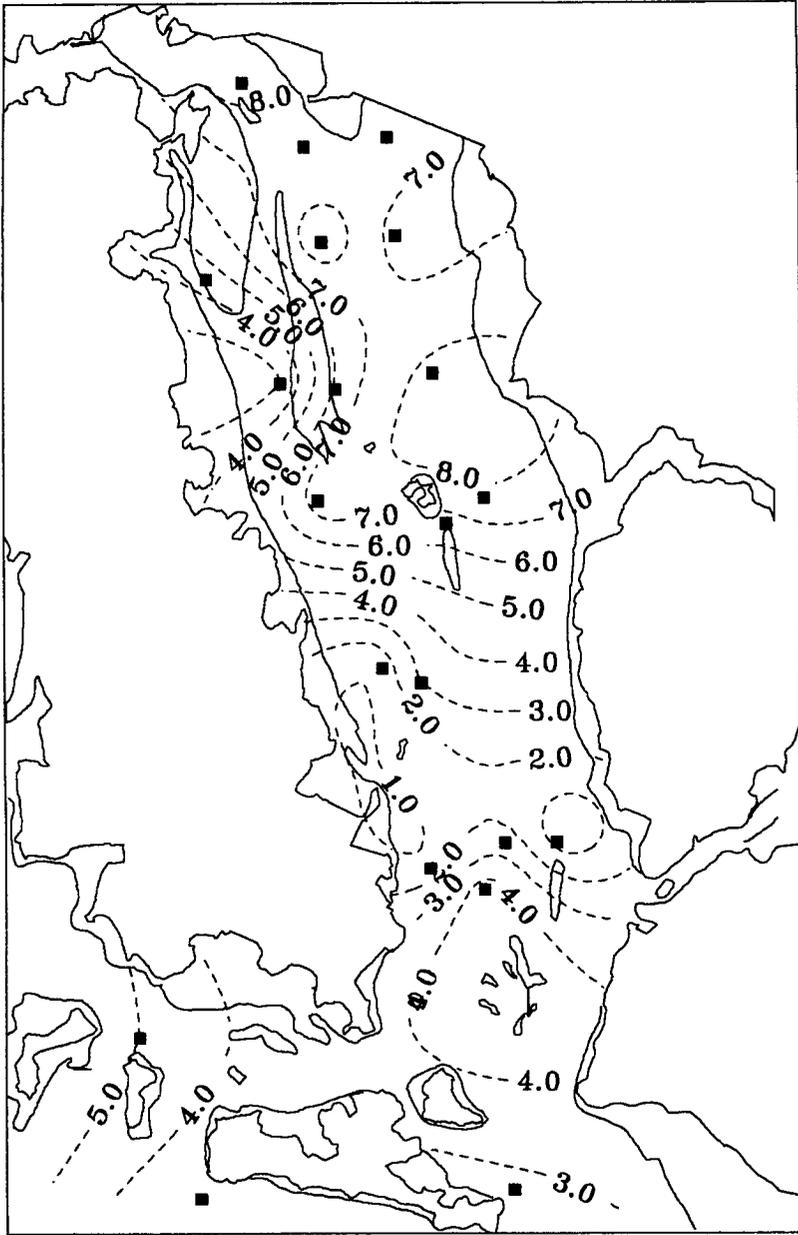


Fig. 4-1-7 Distribution of sediment grain size(ϕ) in Cheonsu Bay.

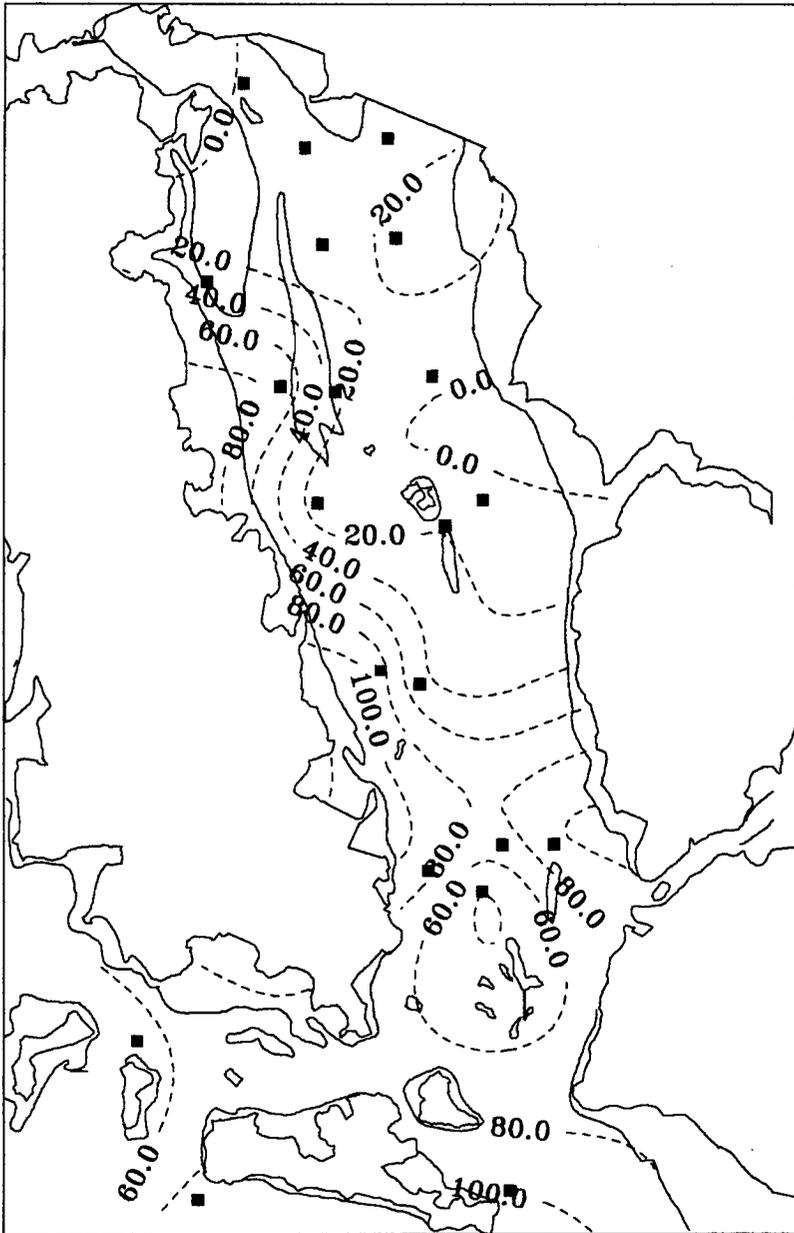


Fig. 4-1-8 Distribution of sand proportion(%) in Cheonsu Bay.

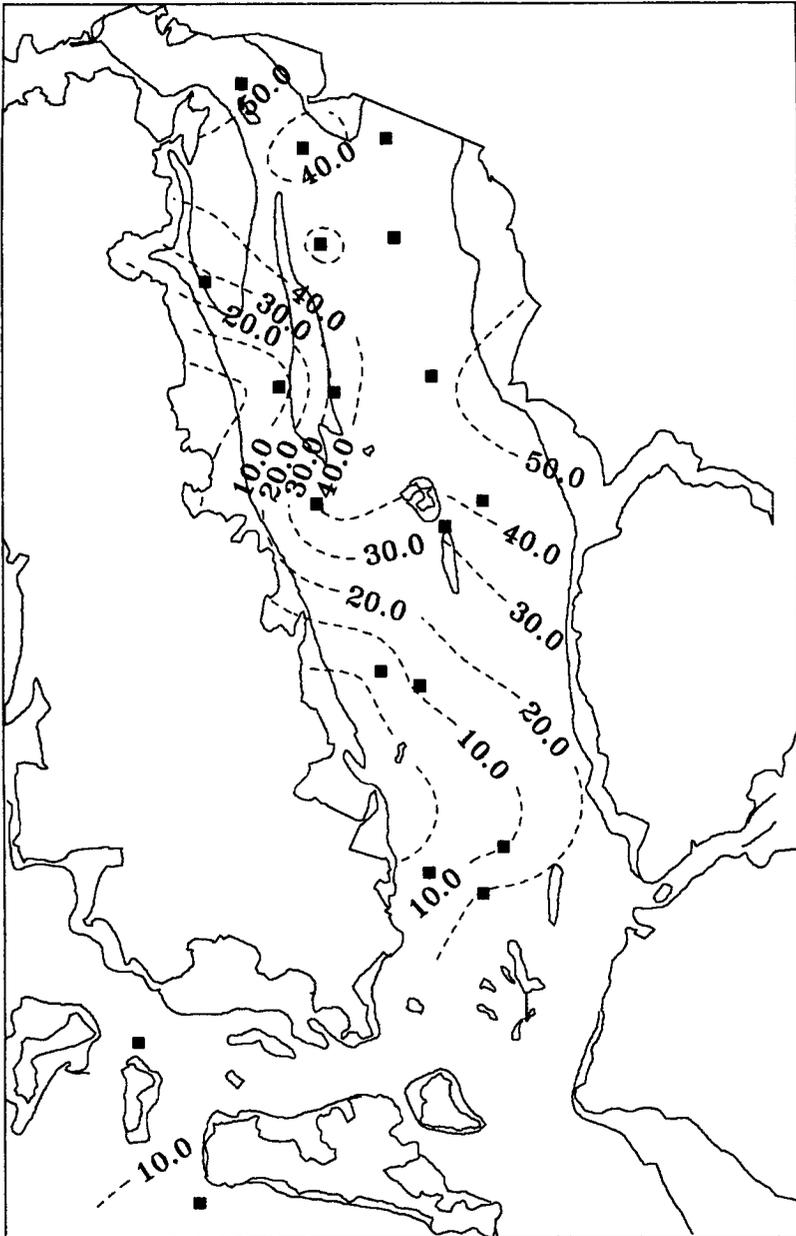


Fig. 4-1-9 Distribution of clay proportion(%) in Cheonsu Bay.

4-1-2-2 유기물 함량

계절별 측정된 퇴적물 내의 유기물함량은 천수만 입구에서 내만역으로 갈수록 유기물 함량이 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4-1-10). 천수만 입구에 위치한 정점 4에서 연중 가장 낮은 값을 보였으며, 방조제 입구인 정점 10에서는 11월 조사에서 가장 높게 나타났고, 겨울철에 가장 낮게 나타났다. 계절별 평균 유기물 함량은 여름철에 가장 높게 나타났다.

여름철의 경우 평균 4.39%로 나타났으며, 가을철에는 4.19, 겨울철에는 3.61, 봄철에는 3.44로 나타났다(Fig. 4-1-11). 봄철 지역별 유기물 함량을 보면 대주지역과 천수만 입구에 1.0이하로 낮게 나타났으며, 방조제 부근과 광천항 입구 등에서는 6.0%이상으로 매우 높은 함유율을 보였다(Fig.4-1-12). 여름철에는 죽도부근의 정점에서 5.0%이상으로 높은 함유율을 나타냈으며, 방조제 부근에서는 봄철과 유사하게 나타나서 함유량의 변화를 보이지 않았다(Fig. 4-1-13). 여름철에는 특히 가두리 양식장 밀집되어 있는 간월도 부근에서 7.0%이상의 높은 함유량을 나타냈다.

4-1-2-3 친생물원소 함량

1993년 8월 조사시 각 정점에서 채집된 표층 퇴적물을 이용하여 퇴적물 내에 포함된 탄소, 수소, 질소, 황의 함량을 조사한 결과는 다음과 같다(Table 4-2-1).

표층 퇴적물에 포함된 탄소는 평균 1.27%로 나타났으며, 가장 많은 양이 포함되어 있는 지역은 정점 16이고, 가장 적게 포함된 지역은 정점 13으로 나타났다. 수소의 경우 평균 0.42%로서 가장 많은 양이 포함되어 있는 지역은 정점 9이고, 가장 적게 포함된 지역은 정점 13으로 나타났다.

질소의 경우 평균 0.09%로 나타났으며, 가장 많은 양이 포함된 지역은 정점 17이고, 가장 적게 포함된 지역은 정점 14로 나타났다. 황은 평균 0.41%로

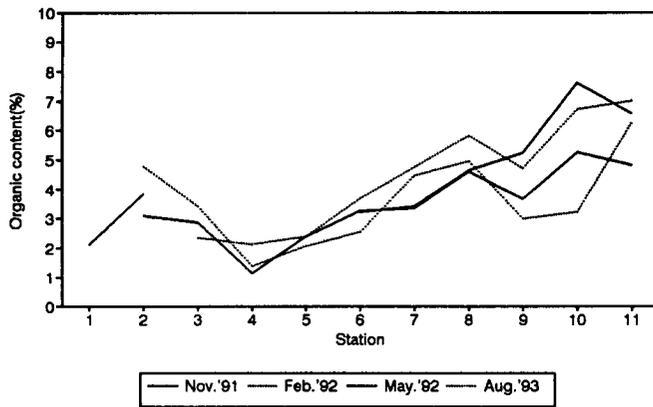


Fig. 4-1-10 Seasonal fluctuations of organic contents(%) in sediment at each station.

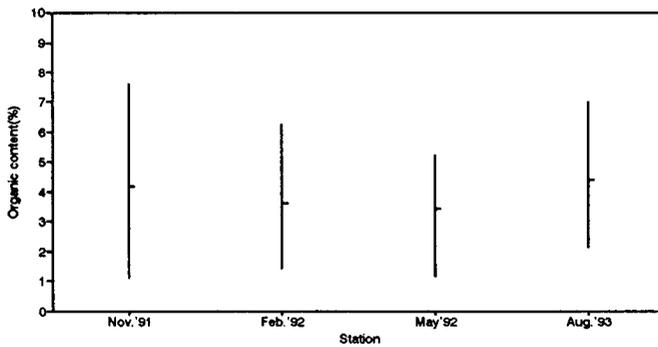


Fig. 4-1-11 Seasonal fluctuations of mean organic contents(%) in sediment.

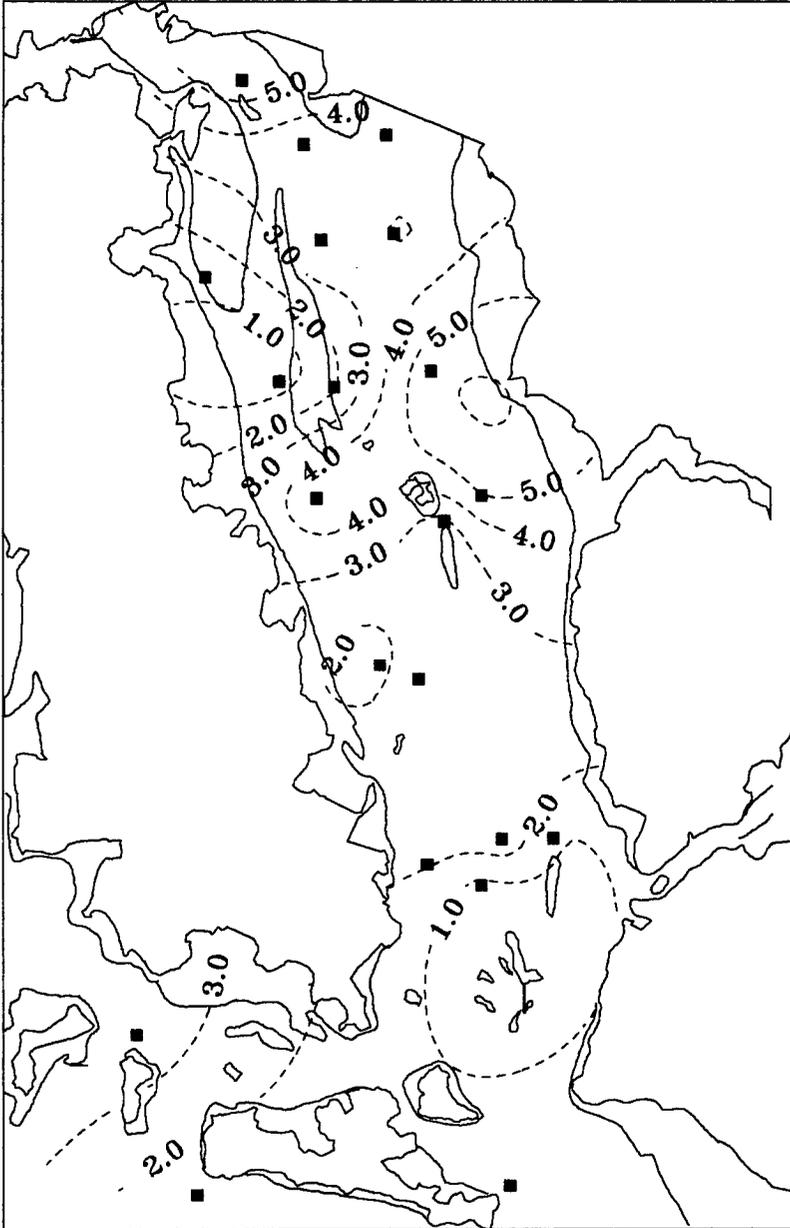


Fig. 4-1-12 Distribution of organic contents(%) in sediment April 1993.

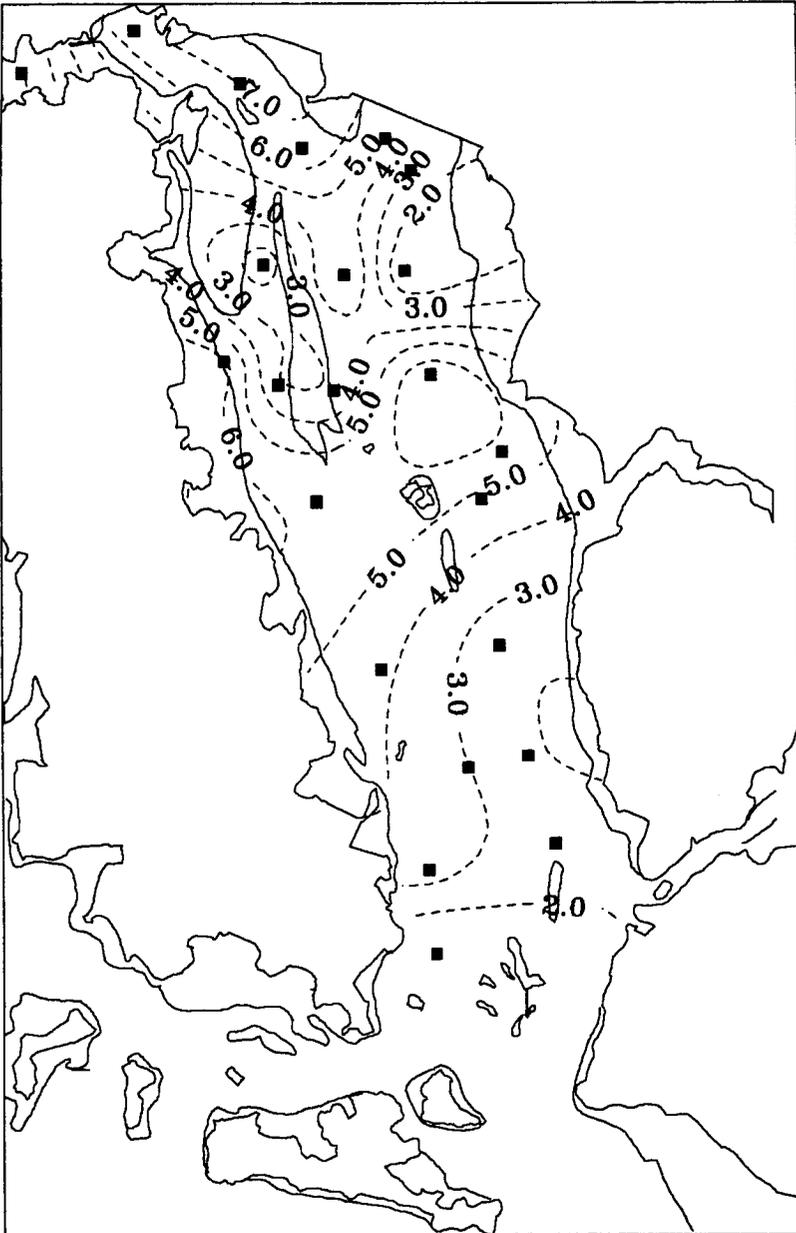


Fig. 4-1-13 Distribution of organic contents(5) in sediment August 1993.

나타났는데, 가장 많은 양이 포함되어 있는 지역은 정점 1이고, 가장 적게 포함된 지역은 정점 13, 14, 16, 17에서 검출되지 않았다.

Table 4-1-1. Total Carbon, Hydrogen, Nitrogen, Sulfur in surface sediment Cheonsu Bay, August 1993.

St.	Carbon	Hydrogen	Nitrogen	Sulfur
	Avg(%)±Std	Avg(%)±Std	Avg(%)±Std	Avg(%)±
1	1.09±0.01	0.59±0.08	0.13±0.01	0.77±0.18
2	0.73±0.03	0.44±0.04	0.08±0.02	0.19±0.27
3	0.72±0.02	0.44±0.01	0.11±0.01	0.9±0.11
4	1.12±0.13	0.43±0.04	0.12±0.05	
5	1.4±0.03	0.57±0.02	0.14±0.03	0.66±0.11
6	1.07±0.04	0.46±0.06	0.1±0.06	0.36±0.27
7	0.67±0.16	0.19± 0	0.04±0.05	
8	1.05±0.08	0.47±0.02	0.07±0.02	0.14±0.19
9	1.53±0.54	0.73±0.19	0.14±0.06	0.28±0.39
10	1.02±0.05	0.48±0.02	0.13±0.01	0.24±0.24
11	0.84±0.03	0.45±0.02	0.07±0.01	
12	1.02±0.02	0.52±0.06	0.09±0.02	0.11±0.16
13	0.52±0.05	0.09±0.02	0± 0	
14	1.55±0.06	0.24± 0	0.03±0.01	
16	4.46±0.07	0.19±0.02	0.06±0.01	
17	1.48±0.02	0.39±0.05	0.21±0.08	
Avg	1.27±0.08	0.42±0.04	0.09±0.03	0.41±0.21

탄소량은 방조제 부근에 위치한 정점 7,8에서 낮게 나타났으며, 수류의 흐름이 약한 천수만 북쪽 지역에서 1 % 미만을 나타냈다(Fig. 4-1-14). 질소량은 전 정점에서 낮게 나타났으며, 지역적인 차이는 보이지 않았다. 황의 경우에는 천수만 입구쪽으로 치우친 정점에서는 측정되지 않았으며,

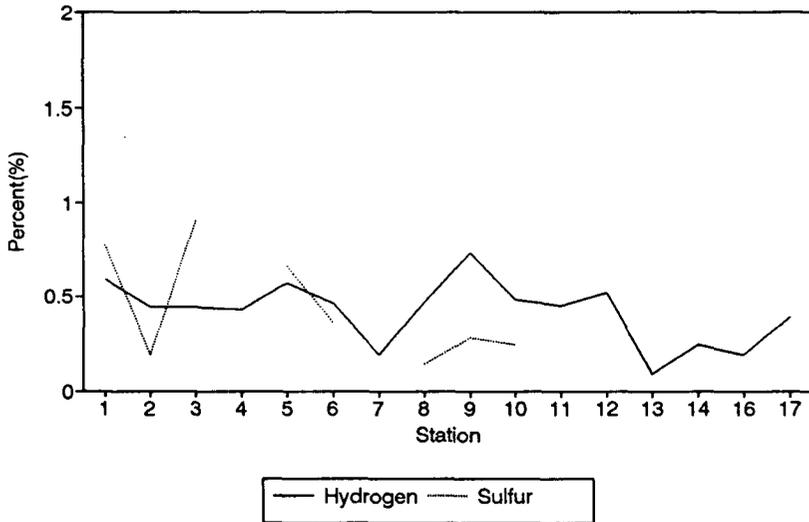
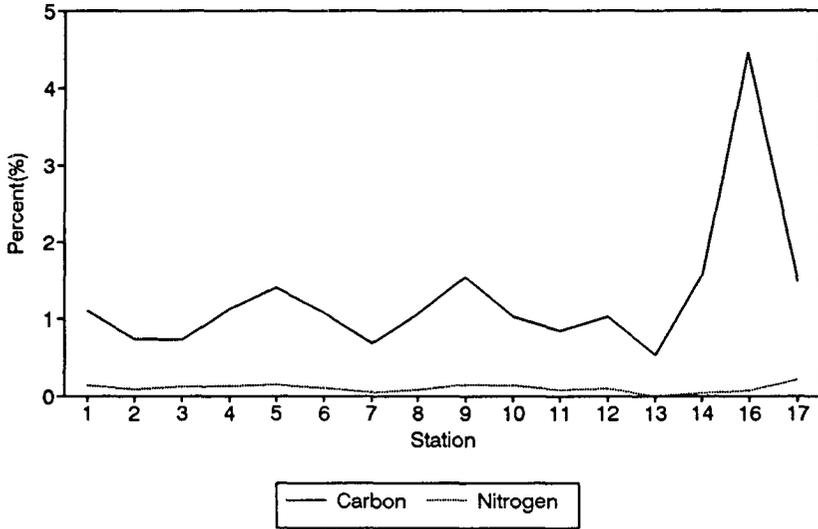


Fig. 4-1-14 Total carbon, Nitrogen, Hydrogen and Sulfur(%) in surface sediment at Cheonsu Bay, August, 1993.

천수만 북쪽에 위치한 정점 3, 5, 6, 방조제 부근에 위치한 정점 8 등에서 1 %미만의 함유량을 나타냈다.

4-1-2-4 퇴적물

고품위 게르마늄 반도체 광자 검출기(High Purity Germanium Photon Dector; HPGe)를 사용하여 퇴적물의 저준위 방사능 계측을 실시하였다. 시료는 방조제가 건설된 정점 8 부근에서 채집한 것을 사용하였다. 표층 퇴적물 4.90g에서 활동도가 6.4348 dpm/g가 측정되었으며, 13-17cm깊이의 퇴적물에서는 1.3222dpm/g, 가장 깊은 곳의 퇴적물인 23-26cm에서 채취된 시료에서는 4.4653dpm/g이 측정되었다(Table 4-2-2).

Table 4-1-2 Results of peaks in the background spectrum of HPGe.

	Surface	14-17cm	23-26cm
Live time	500,000sec	500,000sec	500,000sec
Weight	4.9012g	4.9921g	4.8982g
Energy(keV)	46.5	46.5	46.5
Counts	4577.25	1377.5	3569.75
Background	10	86	86
Total(cpm)	0.5493	0.1653	0.4283
Bkg(cpm)	0.006	0.0516	0.0516
Net(cpm)	0.5432	0.1137	0.3768
Net/g(cpm/g)	0.1108	0.0227	0.0769
int.Norm.	2.7369	0.5624	1.8993
Efficiency	0.4253	0.4253	0.4253
Activity(dpm/g)	6.4346	1.3222	4.4653
+/-	0.0494	0.0414	0.0538

가장 최근에 퇴적된 표층 퇴적물의 활동도를 대비하여 가장 깊은 곳의 퇴적물이 퇴적된 시기를 계산한 결과 11.74년의 기간이 걸린 것으로 나타났다. 표층퇴적물이 퇴적된 시간을 알 수 없지만 이들이 최근에 퇴적된 것으로 가정한다면 현재 1994년을 기준으로 1983년 전후에 퇴적된 것으로 계산되었다. 하지만 중간부분의 퇴적물인 14-17cm에서 채취된 시료의 활동도를 대비해서 계산해보면 매우낮은 활동도 수치로 인해 50.88년이 걸린 것으로 나타났다.

4-2 부유생물상조사

4-2-1 식물 플랑크톤

4-2-1-1 종조성

1991년부터 1992년까지 3차례에 걸쳐 실시한 조사에서 총 88종의 식물 플랑크톤이 출현하였다. 이 중에 규조류가 72종으로 전체 출현종수의 81%를 차지하였으며, 와편모조류가 12종, 규질편모류가 2종, 녹조류가 1종, 남조류가 1종이 출현하였다. 88종 중에 부유성 식물플랑크톤이 57종, 저서성 식물플랑크톤이 31종으로 나타났고, 80종은 황해 연안 및 인접한 외해역에 넓게 분포하는 종이며, 나머지 8종 중 6종은 연안역 및 기수역에 분포하는 종이고, 2종은 담수역에 분포하는 종으로 나타났다.

월별 출현양상은 1991년 11월에 72종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 1992년 2월에는 52종, 1992년 5월에는 55종이 출현하였다.

가장 다양하게 출현한 규조류는 *Chaeticeros*속으로 10종 이상이 나타났으며, *Coscinodiscus*속과 *Nitzschia*속이 각각 6종, 5종으로 나타났다. 겨울에 출현 중인 *Rhizosolenia setigera*, *Asterionella glacialis*, *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrius danicus* 등은 성장가능 수온이 넓은 범위의 광온성 규조류들이 대부분을 이루고 있으며, 낮은 수온에서만 성장할 수 있는 종은 *Thalassiosira nordenskioldii*가 나타났다.

4-2-1-2 개체수와 우점종

단위 면적당 출현한 개체수는 5월채집에서 표층과 저층이 모두 가장 많은 개체가 출현하였다. 11월에는 표층이 평균 207,576 cells/l이 채집되었고, 가장 많은 개체가 출현한 곳은 정점 11로 490,320 cells/l, 가장 적은 개체가 출현한 곳은 정점 4로 37,660 cells/l로 나타났다(Fig. 4-2-1). 천수만 입구에서는 적은 개체가 출현하였으며, 내만역으로 갈수록 출현양이 증가하였다.

2월에는 표층이 평균 167,451 cells/l로 가장 적은 개체가 출현하였다. 정점별로 출현한 개체의 폭이 가장 커서 정점 11에서는 570,000 cells/l로 가장 많은 개체가 출현하였으며, 정점 4에서는 53,580 cells/l로 가장 적은 개체가 출현하였다(Fig. 4-2-3). 5월에는 평균 235,923 cells/l이 출현하였으며, 정점 3에서 가장 많은 개체가 출현하였고, 정점 8에서 가장 적은 개체가 출현하였다(Fig.4-2-5).

저층의 경우도 표층과 유사한 출현양상을 보였다. 11월에는 평균 248,398 cells/l이 출현하였고, 내만역에서 많은 개체가 출현하였다(Fig. 4-2-2). 2월에는 평균 182,040 cells/l이 출현하였으며, 내만역에서 많은 개체가 채집되었다(Fig. 4-2-4). 5월에는 평균 296,292 cells/l를 나타냈으며, 겨울철과는 반대로 내만역에서 출현한 개체가 적고, 천수만 입구로 갈수록 증가하였다(Fig. 4-2-6).

출현양은 11월과 2월에는 천수만 입구의 정점보다는 내만역에 위치한 정점에서 월등한 개체가 출현하였으나 5월에는 모든 정점에서 유사한 출현량을 보였으며, 특히 만입구 정점에서 많은 개체가 출현하였다.

계절별 각 정점에서 표층에 출현한 식물플랑크톤의 개체수는 겨울철에 낮게 나타났고, 봄철에 다시 증가하는 경향을 보였다(Fig. 4-2-7). 겨울철에는 정점간에 출현량의 편차가 크게 나타났으며, 봄철에는 전 지역에서

Legend: $10^5 \leq$ ● $10^5 <$ ● $\leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 <$ ● $\leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 >$ ●

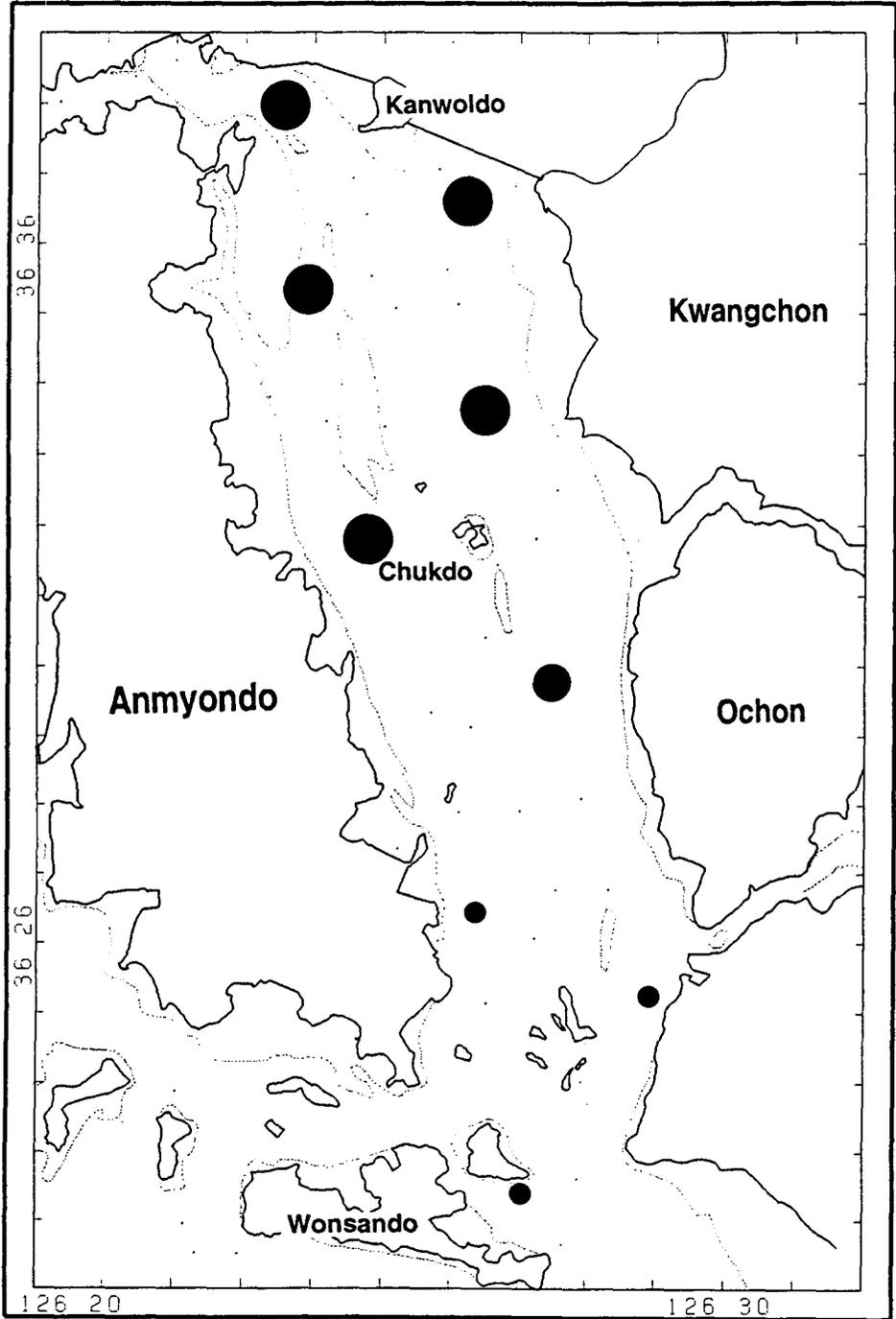


Fig. 4-2-1 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area November 1991.

Legend: $10^5 \leq$ ● $10^5 <$ ● $\leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 <$ ● $\leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 >$ ●

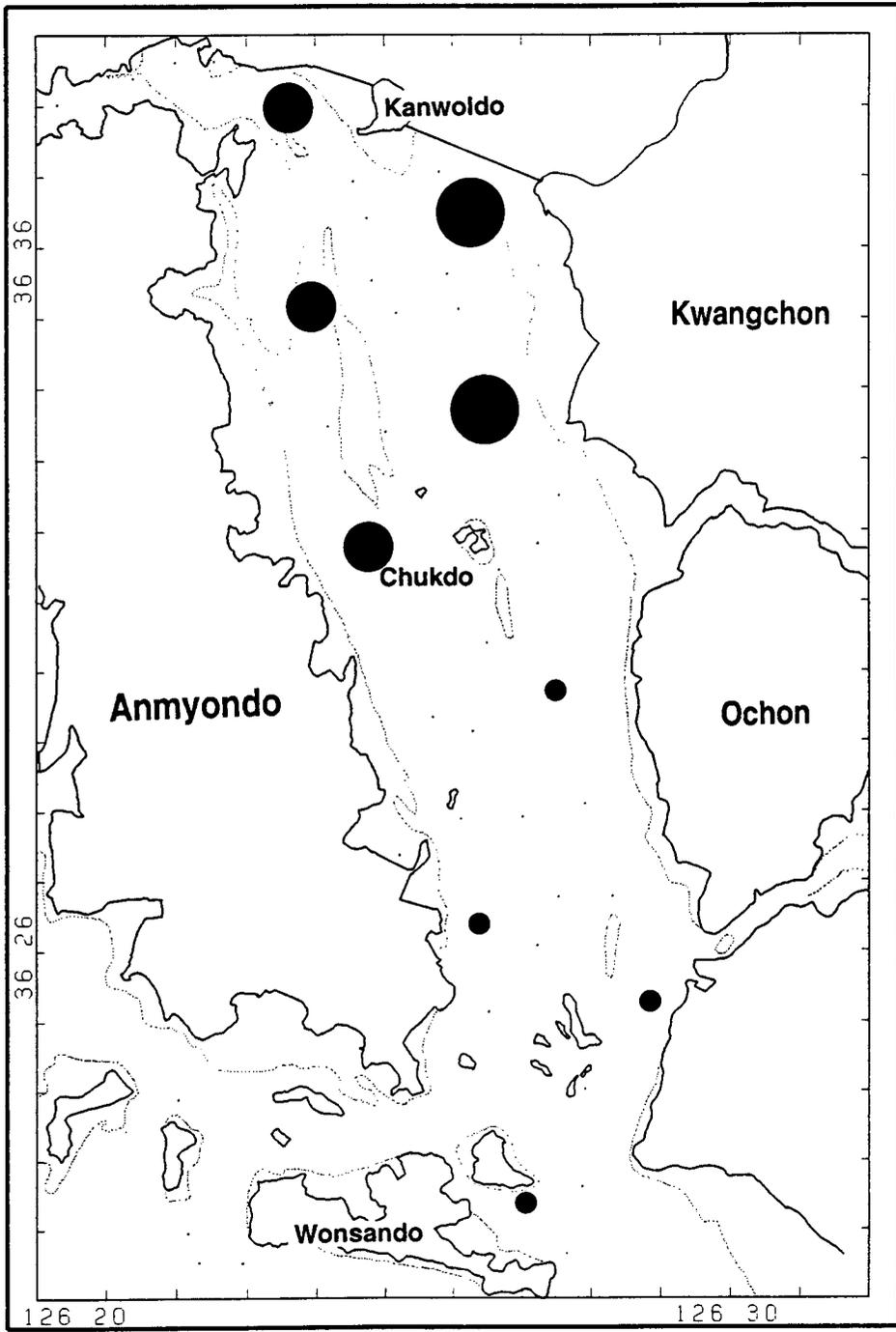


Fig. 4-2-2 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area November 1991.

Legend: $10^5 \leq$ ● $10^5 <$ ● $\leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 <$ ● $\leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 >$ ●

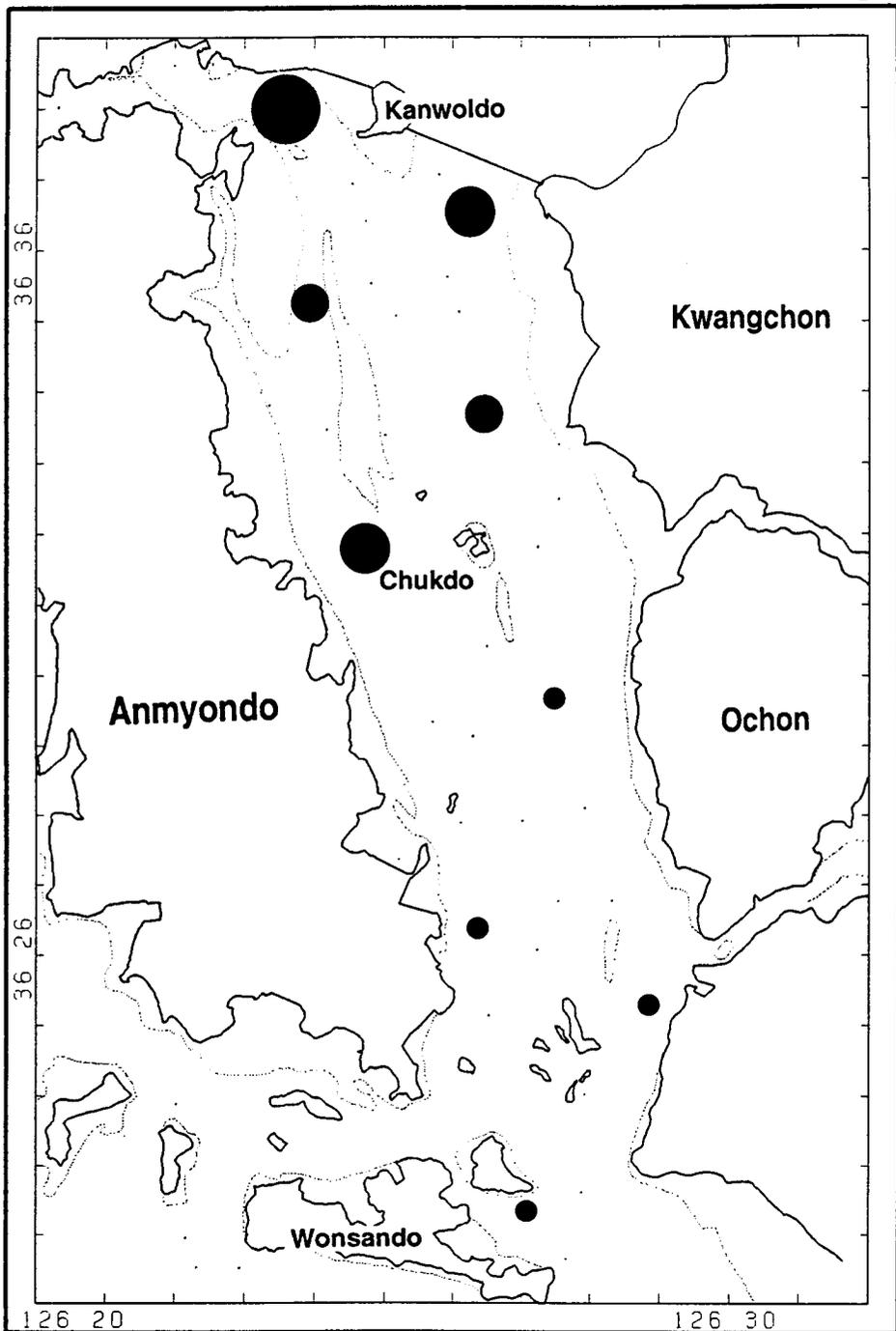


Fig. 4-2-3 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area February 1992.

Legend: $10^5 \leq$ ● $10^5 <$ ● $\leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 <$ ● $\leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 >$ ●

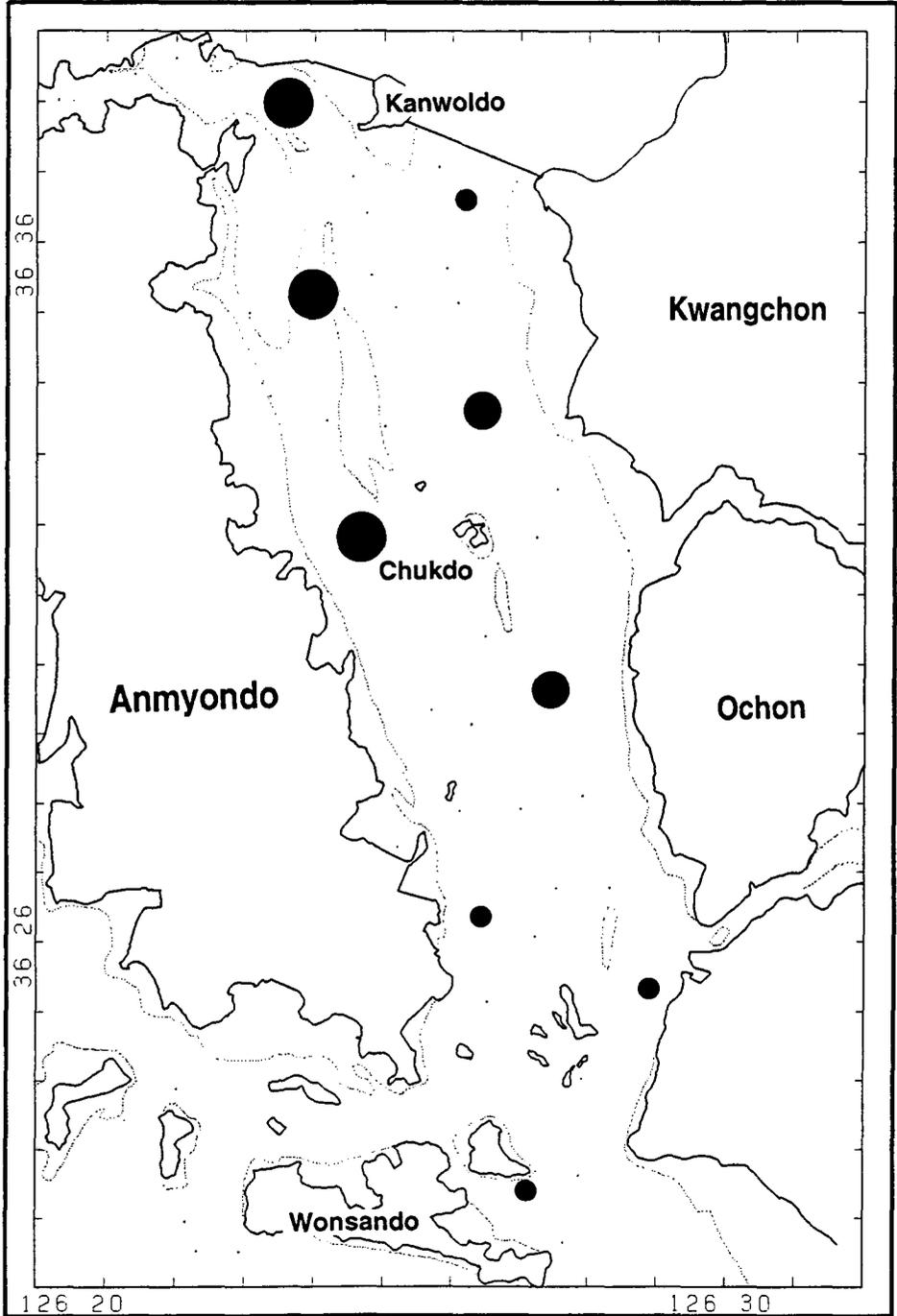


Fig. 4-2-4 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area February 1992.

Legend: $10^5 \leq$ ● $10^5 <$ ● $\leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 <$ ● $\leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 >$ ●

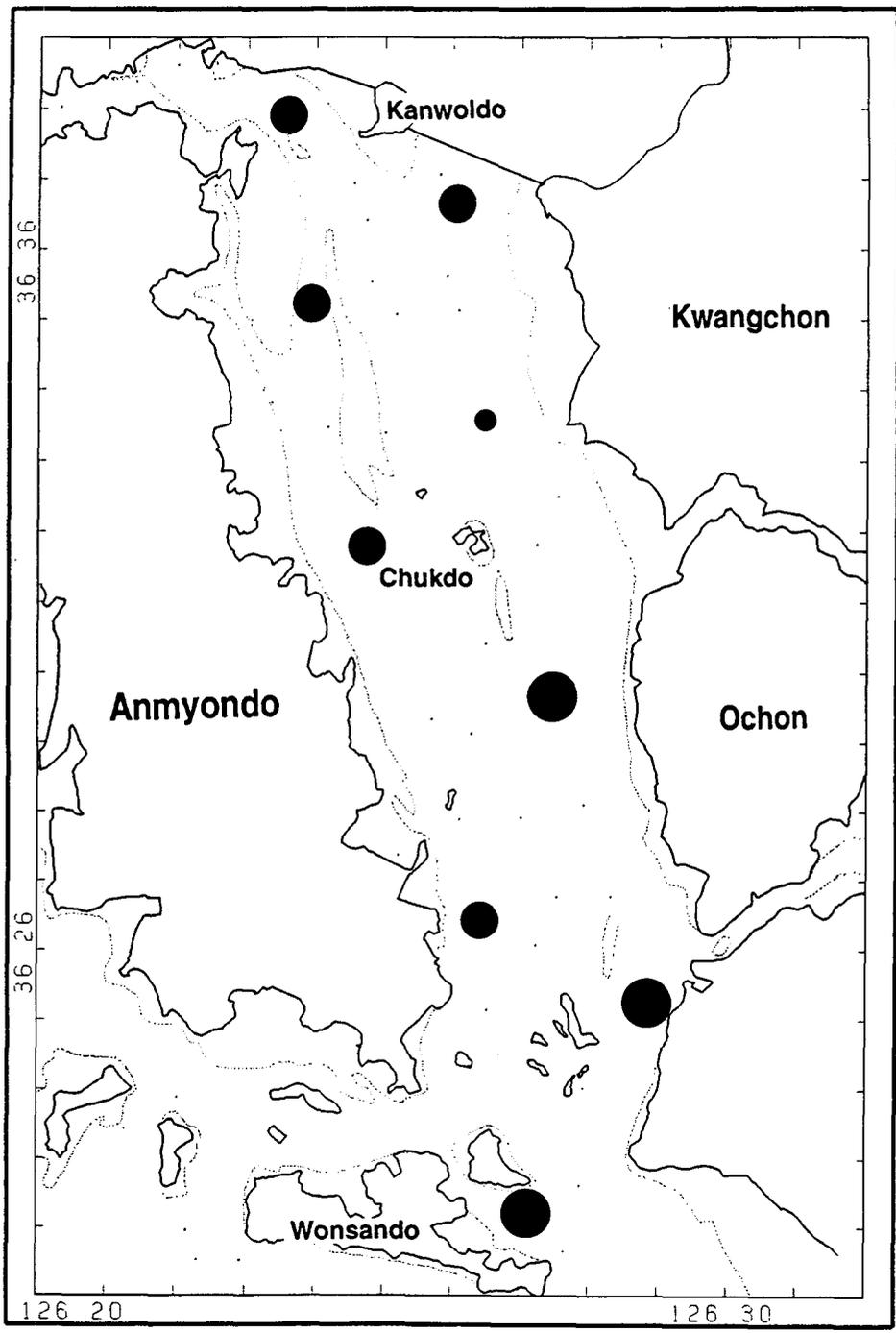


Fig. 4-2-5 Distribution of phytoplankton standing crops in surface area May 1992.

Legend: $10^5 \leq \bullet$ $10^5 < \bullet \leq 3 \times 10^5$ $3 \times 10^5 < \bullet \leq 5 \times 10^5$ $5 \times 10^5 > \bullet$

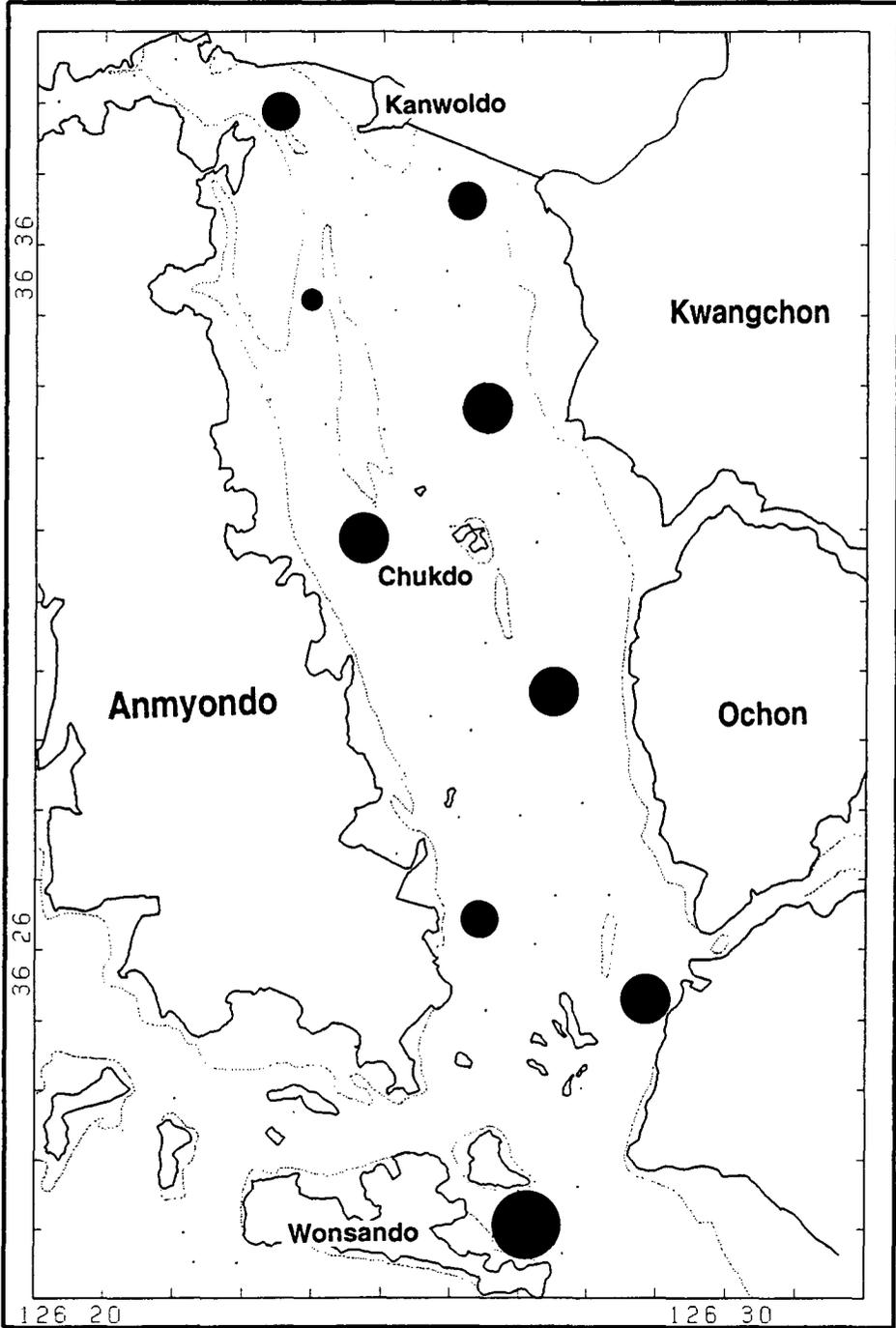


Fig. 4-2-6 Distribution of phytoplankton standing crops in bottom area May 1992.

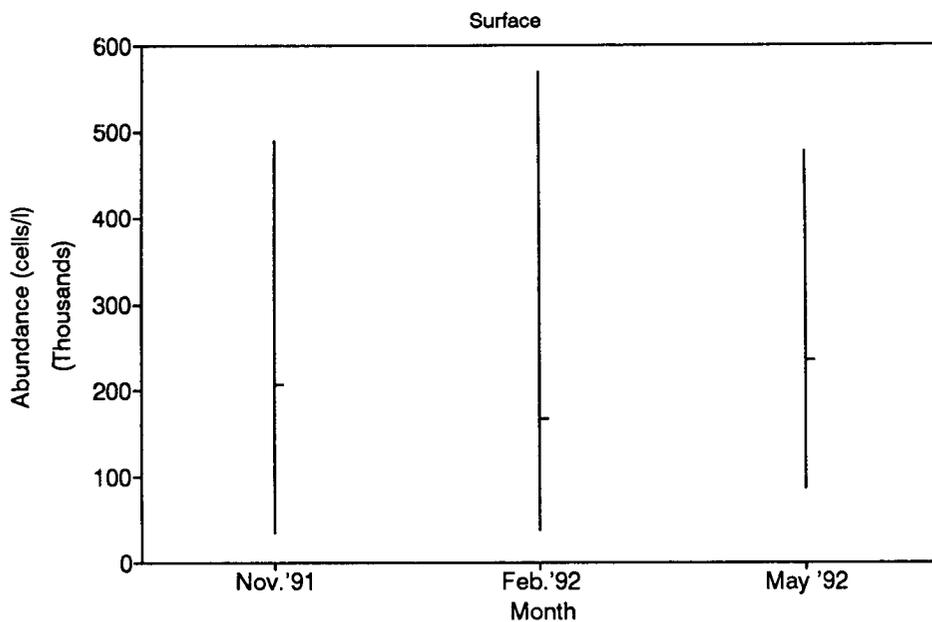


Fig. 4-2-7 Distribution of mean phytoplankton standing crops in surface area.

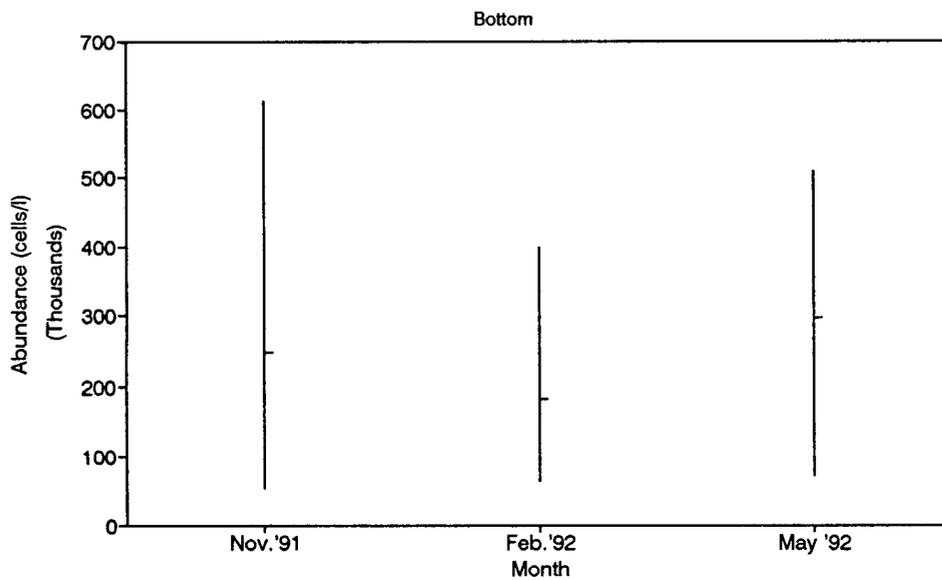


Fig. 4-2-8 Distribution of mean phytoplankton standing crops in bottom area.

우세한 출현량을 보여서 정점간의 편차가 적게 나타났다.

저층의 경우 평균 출현 개체수는 표층보다는 높게 나타났으며, 계절별 변화는 표층과 유사하게 나타났다(Fig. 4-2-8). 겨울철의 경우 표층에서는 정점별 출현량의 편차가 크게 나타남에 비해 저층의 경우에는 전 지역에서 유사한 개체의 출현을 보였다. 오히려 가을철에 지역적인 편차가 크게 나타났다.

각 시기별로 채집된 종 중에 우점종의 분포는 표층과 저층이 거의 유사하게 나타났다. 계절별로 가을철(11월)에는 *Nitzschia longissima*, *Chaetoceros laureri* 등이 우점종으로 나타났으며, 겨울철(2월)에는 *Rhizosolenia setiger*, *Paralia sulcata*, *Chaetoceros* sp.가 우점종으로 나타났다. 봄철에는 *Nitzschia pungens*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* sp. 등이 우점종으로 나타났다.

Table 4-2-1. Dominant species of phytoplankton in Cheonsu Bay.

Month	Dominant species	
	Surface	Bottom
November (1991)	<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Nitzschia longissima</i>
	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Paralia sulcata</i>
	<i>Chaetoceros laureri</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Chaetoceros debris</i>
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>C. laureri</i>
February (1992)	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Rhizosolenia setiger</i>
	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Chaetoceros</i> sp.
	<i>Chaetoceros</i> sp.	
May (1992)	<i>Nitzschia pungens</i>	<i>Nitzschia pungens</i>
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>
	<i>Chaetoceros debilis</i>	<i>Thalassiosira</i> sp.
	<i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Bacillaria paxillifer</i>

정점별로 우점종을 살펴보면, 만입구역과 내만역에서의 우점종 분포가 뚜렷한 양상을 보였으며, 만입구에서는 저생성 규조류인 *P. sulcata*, *N. longissima*가 높은 점유율을 보이며 우점하고 있고, 내만역에서는 chain형을 이루는 부유성 규조류인 *C. lauderi*, *C. debilis*, *L. danicus*등이 높은 점유율을 보였다(Table 4-2-1).

4-2-1-3 다양도

계절별 각 정점간에 다양도는 표층과 저층이 유사하게 나타났다. 그러나 5월에는 만입구를 제외한 전 지역에서 저층이 표층보다 높은 다양도를 나타냈다. 11월에는 표층이 평균 2.39, 저층이 2.48를 나타냈으며, 2월에는 표층이 1.77, 저층이 1.91, 5월에는 표층이 1.54, 저층이 1.94으로 나타났다(Fig.4-2-9) 전반적으로 만 입구에서 내만역으로 갈수록 다양도는 감소하는 것으로 나타났으나, 2월에 저층에서는 만입구에서 내만역으로 갈수록 다양도가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 4-2-9).

봄철에는 방조제 부근으로 갈수록 표층에서의 다양도가 급격히 감소하고, 저층의 경우 오히려 증가하여 저층과 표층간의 차이가 크게 나타났다.

계절별 다양도는 표층에서 가을철에 가장 높게 나타났으며, 봄철에 낮게 나타났다(Fig. 4-2-10). 저층에서는 봄철이 겨울철과 유사한 양상을 보였다. 정점별 편차에서는 겨울철의 경우 매우 적게 나타났으며, 저층에서는 가을철에 낮게 나타났다.

다양도와 출현 개체수 간에 관계를 도식해 보면, 표층의 경우 만입구의 정점과 내만역이 양분되어 있으며, 만입구에서는 가을철에 개체수는 적으나 다양도는 높게 나타났으며, 겨울을 지나 봄으로 갈수록 개체수는 유사하지만 다양도가 감소하는 것으로 나타났다. 내만역의 경우에는 가을철이 높은 다양도를 나타내며, 정점마다 출현 개체수가 시간적인 차이를 보이지 않고 다양하게 나타났다. 저층의 경우에는 지역적인 차이는 보이지 않

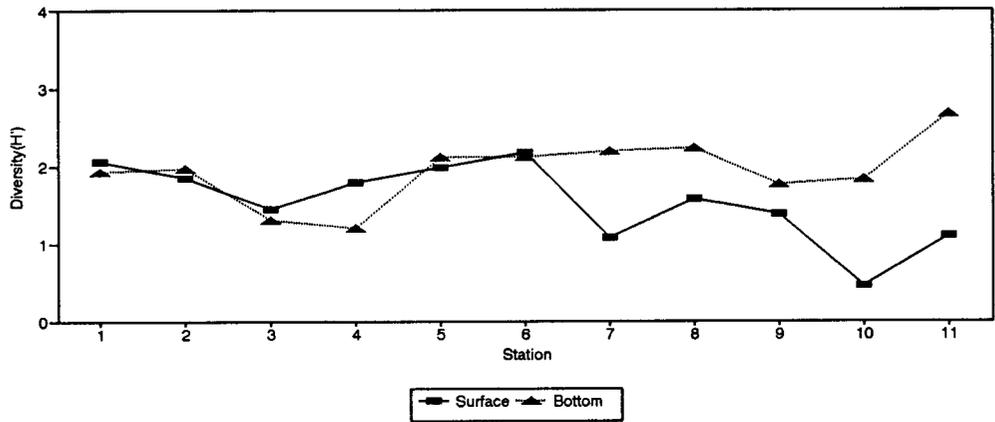
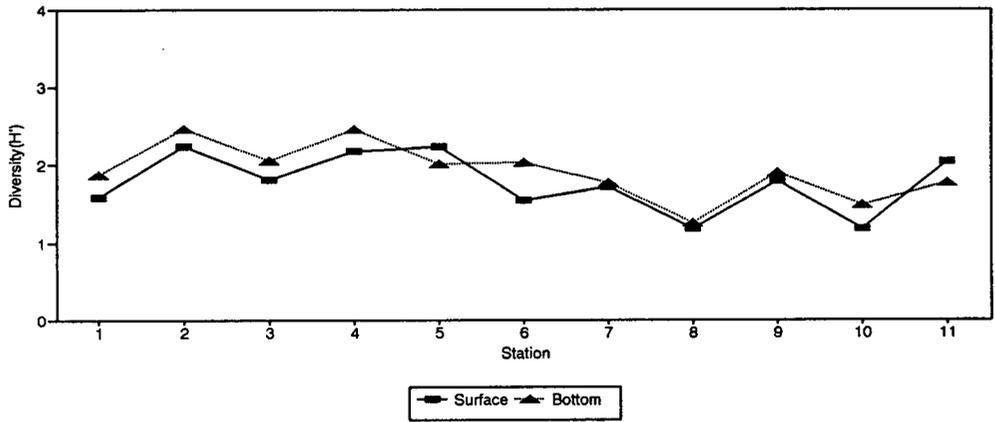
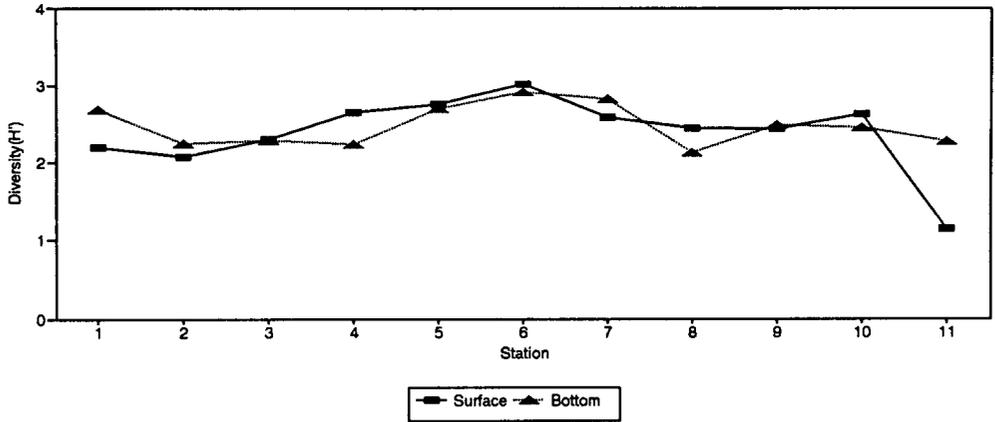


Fig. 4-2-9 Comparison of diversity index between surface and bottom area at each station. (Upper: Nov., 1991, Middle: Feb., 1992, lower: May, 1992)

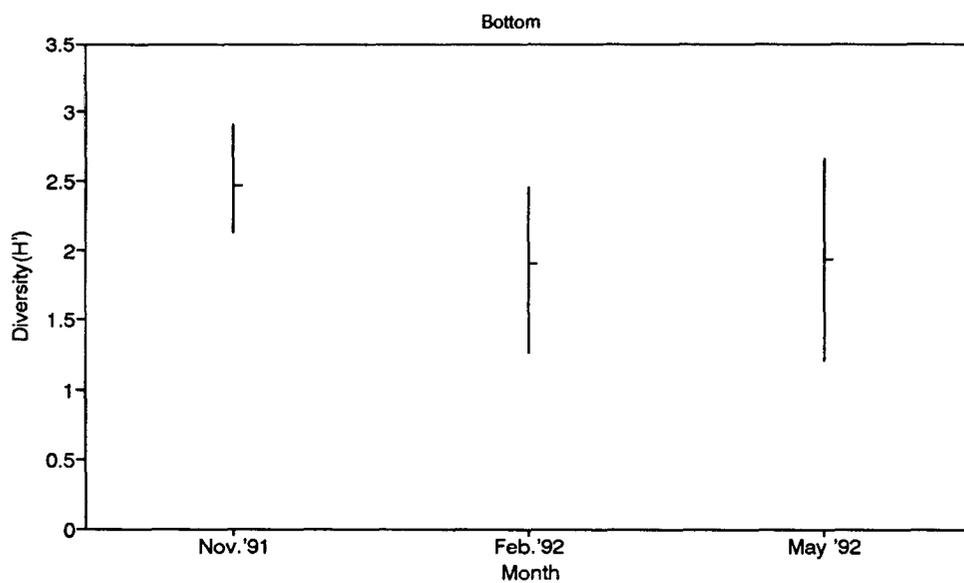
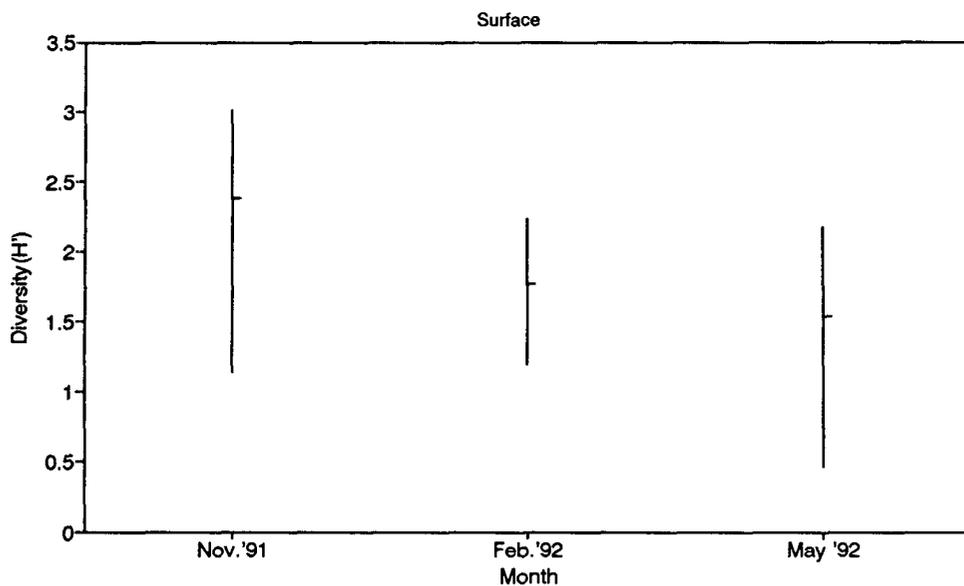


Fig. 4-2-10 Seasonal variations of mean diversity index at each station. (Upper: surface, lower: bottom)

며, 겨울철이 비교적 높은 다양도를 나타냈으며, 겨울철에 개체수와 다양도가 모두 낮게 나타났다(Fig. 4-2-11).

5월에 우점종으로 나타나는 *Nitzschia pungens*는 부유성 식물플랑크톤으로 만 전역에 걸쳐 대 증식이 일어나고 있어 높은 점유율을 보였으며, 다음으로 *Leptocylindrus danicus*가 만 입구에 높은 점유율을 보이고 있으나 내만역에서는 적은양의 개체수를 나타낸다. 단지 내만역의 경우 많은 개체가 색소가 없는 dead cell형태로 나타나고 있어 이 지역에서는 이미 높은 증식이 일어난 후 영양염을 포함한 환경요인의 영향으로 소멸단계에 접어들었으며, 우점종이 바뀌어가는 천이과정이 일어난 것으로 보여진다.

다양도와 개체수의 비를 보면 표층에서는 만입구와 내만역 정점이 완전히 구분되어 있으며, 5월에 접어들면서 다양도가 감소하는 양상은 부유성규조류의 증식에 의한 것으로 보인다. 저층의 경우에는 지역에 관계없이 다양한 분포를 보이지만 가을에 높은 다양성을 보이며, 겨울철에는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 가을철 양호한 영양염 상태에서 많은 종이 나타나다가 수온이 감소하면서 수온에 약한 종들이 휴면상태에 들어가거나 사라지기 때문으로 보인다.

4-2-2 동물 플랑크톤

4-2-2-1 종조성

조사기간 중에 출현한 동물플랑크톤은 원생동물, 강장동물, 모악류, 지각류, 요각류, 기타 유생 등으로 총 41개의 분류군이 출현하였다. 계절별로 가을철에 32개 분류군이 출현하여, 가장 많은 종이 출현하였으며, 겨울철과 봄철에는 각각 22, 23개의 분류군이 출현하였다.

분류군 중에 가장 높은 출현 종수를 보인 분류군은 요각류로 총 16종이 출현하였으며, 계절별로는 가을철에 12종, 겨울철에 11종, 봄에 6종으로 나타났다(Fig. 4-2-12). 가을철 기타 분류군에서 많은 종이 출현한 것은

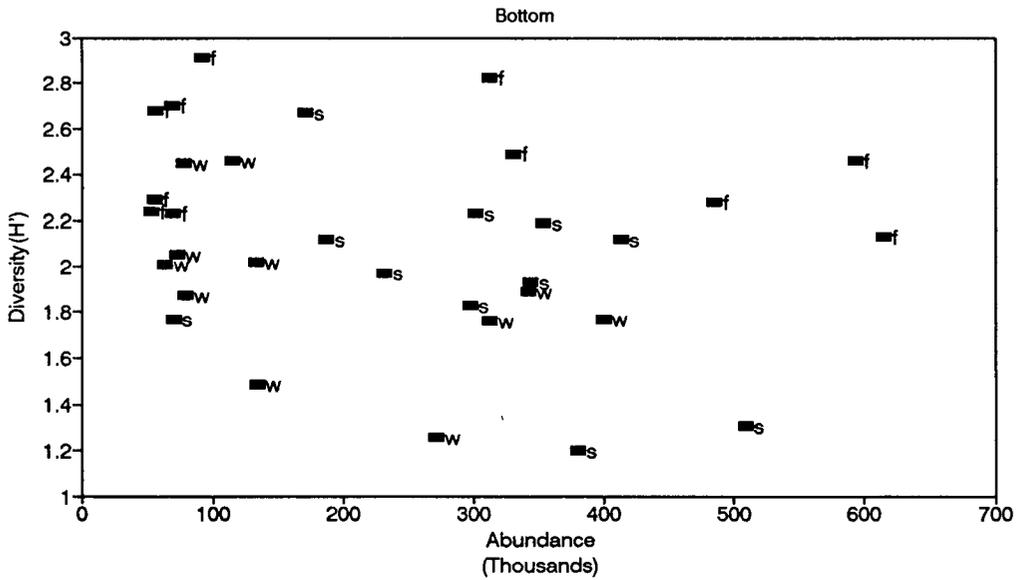
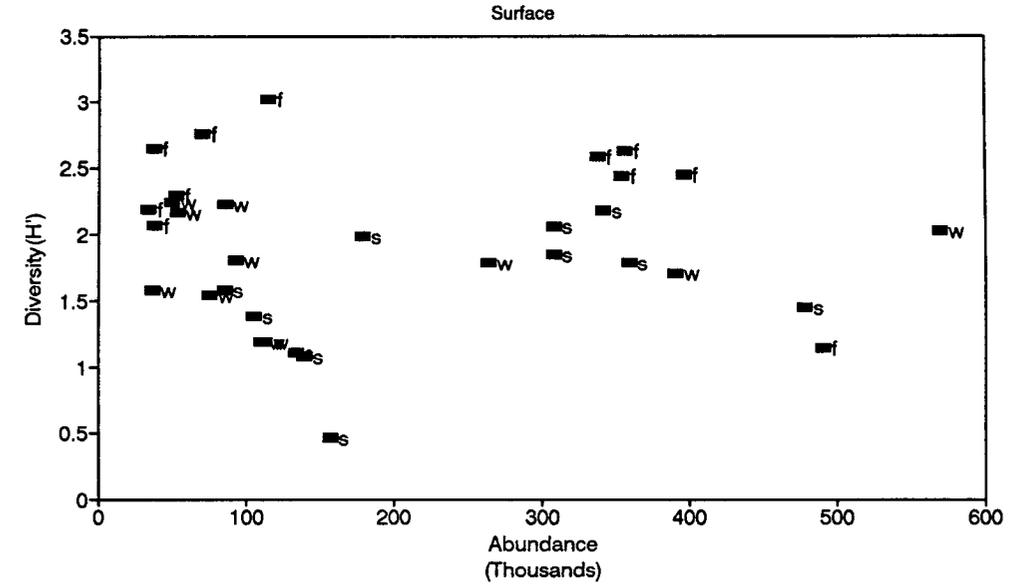


Fig. 4-2-11 Relationship between diversity index and abundance at each station. (Upper: surface, lower: bottom, f:Nov.,1991, w:Feb.,1992, s:May, 1992)

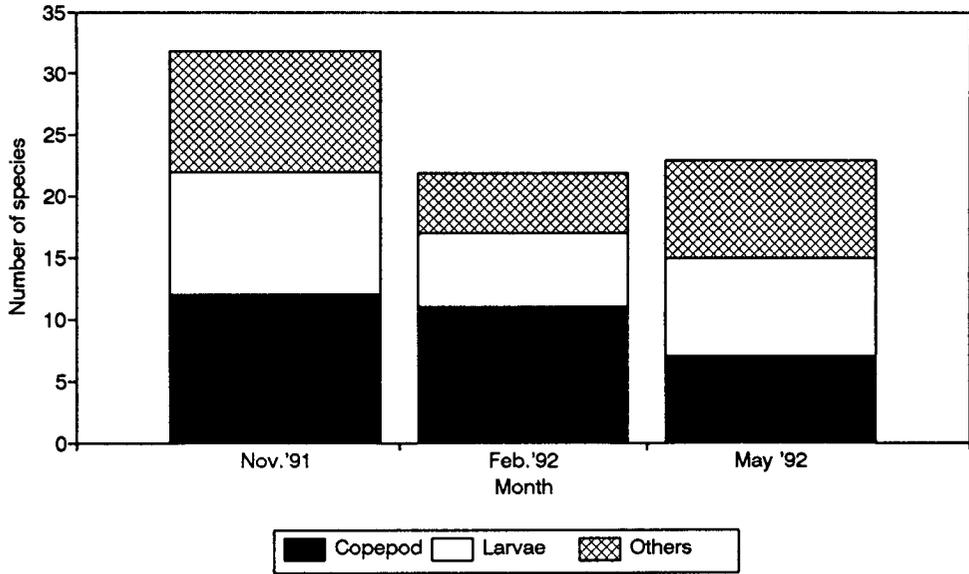


Fig. 4-2-12 Number of species in zooplankton communities during studying period.

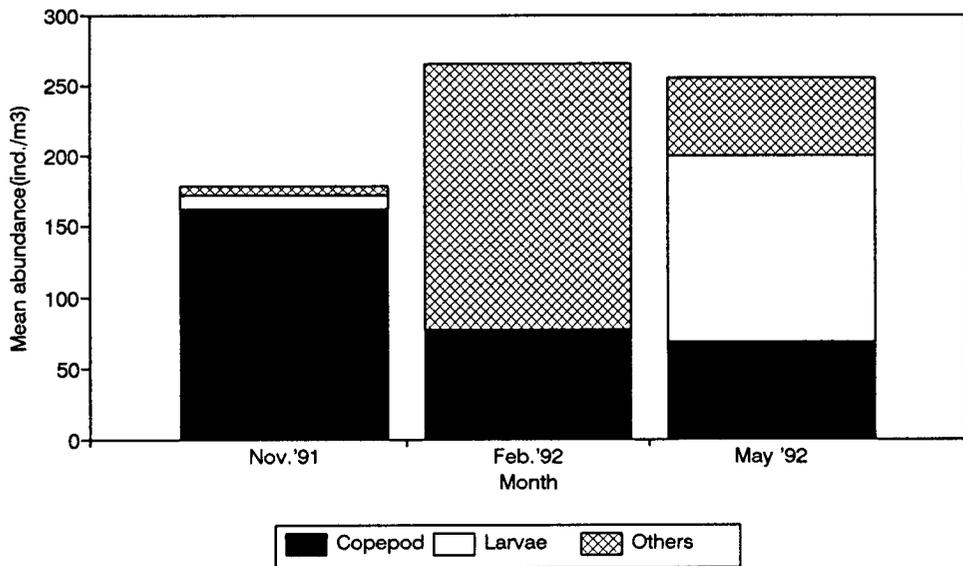


Fig. 4-2-13 Mean abundance in zooplankton communities during studying period.

모악류의 출현에 의한 것이다.

4-2-2-2 개체수와 우점종

출현한 동물플랑크톤의 평균 개체수는 겨울철이 266개체/m³로 가장 많고, 봄철이 256개체/m³, 가을철이 179개체/m³로 가장 적은 개체가 출현하였다. 가을철의 경우 대부분이 요각류가 차지하였고, 봄철에는 유생이 많은 개체가 출현하였다. 겨울철에는 유생이 거의 출현하지 않았다 (Fig.4-2-13).

계절별로 출현한 우점종은 가을철의 경우 *Corycaeus affinis*, *Paracalnus parvus*가 전정점에서 고른 출현을 하였으며, 겨울철의 경우 *Noctiluca scintillans*가 내만역 정점 10과 11에서 대량으로 채집되었으며, 요각류로는 *Acartia bifilosa*가 우점하였다. 만입구에서는

Table 4-2-2. Dominant species and ecological characteristics in Cheonsu Bay.

	Month		
	November '91	February '92	May '92
No. of species	32	22	23
Mean abundance	179	266	256
Diversity(H')	1.68	1.25	1.31
Richness	4.44	1.78	2.35
Evenness(J)	0.59	0.55	0.52
Dominant species			
	<i>C. affinis</i>	<i>N. scintillans</i>	<i>N. scintillans</i>
	<i>P. parvus</i>	<i>A. bifilosa</i>	<i>Evadne nordmanni</i>

*Corycaerus affinis*가 일부 나타났다. 봄철에는 난(卵)이 전해역에서 다량 채집되었으며, *Noctiluca scintillans*가 만입구와 내만역에서 많은 양이 출현하였다(Table 4-2-1).

다양도는 가을철에 평균 1.68로 가장 높게 나타났으며, 겨울철이 1.25로 낮게 나타났다. 풍도의 경우에도 가을철에 4.44로 가장 높게 나타났으며, 겨울철에는 1.78을 나타냈다. 군동도에서는 봄철이 0.52로 가장 낮게 나타났다(Table 4-2-1).

4-2-3 난,치자어

4-2-3-1 종조성

조사기간 중 어란은 4개의 분류군이 출현하였으며, 치자어는 12개 분류군이 출현하였다. 어란 중에 동정된 종은 멸치(*Engraulis japonicus*)와 전어(*Konosirus punctatus*)이고, 치자어 중에서는 멸치, 전어, 개불락(*Sebastes pachycephalus*), 보리멸(*Sillago sihama*), 고등어(*Scomber japonicus*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 게르치(*Scombrops boops*), 흰베도라치(*Enedrias fangi*) 등으로 나타났다.

계절별 어란과 치자어의 분포는 가을철의 경우 동정되지 않은 어란이 대부분의 정점에서 4-5 eggs/1,000m³ 소량 출현하였으며, 치자어의 경우 쥐노래미, 망둑어류(Gobiidae unid.), 게르치가 출현하였는데, 쥐노래미는 천수만 외곽지역인 정점 1에서만 출현하였으며, 게르치는 정점 5, 망둑어류는 정점 7에서 출현하였다. 겨울철에는 어란이 전혀 출현하지 않았으며, 치자어로는 흰베도라치만이 출현하였다. 출현 지역도 만 입구지역에 국한되어 나타났다(Table 4-2-2).

Table 4-2-3. Distribution of Egg and Fish larvae in Cheonsu Bay.

Month	Species		Station										
	Egg	Larvae	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nov. '91	Unknown unid.		*	*	*	*	*	*	*		*		*
	<i>Hexagrammos octogrammus</i>		*										
	Gobiidae unid.									*			
	<i>Scombrops boops</i>							*					
Feb. '92	<i>Enedrias fangi</i>		*	*	*	*	*	*	*	*		*	
May '92	<i>Engraulis japonica</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Konosirus punctatus</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Callionymidae unid.		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Engraulis japonica</i>		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Konosirus punctatus</i>			*	*		*	*				*	
	Gobiidae unid.		*	*	*			*		*	*	*	*
	Callionymidae unid.						*	*		*	*	*	
	<i>Sebastes</i> sp.		*					*					
	<i>Sebates pachycephalus</i>			*									
	<i>Sillago sihama</i>												*
	<i>Scomber japonicus</i>		*										

4-2-3-2 개체수 및 우점종

봄철에는 어란과 치자어가 다량 출현하였다. 멸치의 경우 어란과 치자어가 전 정점에 걸쳐 채집되었으며, 특히 내만역에 위치한 정점 10에서 다량 출현하였다.

치자어는 정점마다 어란과 유사한 비율로 출현하였다. 전어의 경우에는 어란은 전 정점에서 채집되었는데, 특히 만입구에서 다량 출현하였다. 치자어는 만입구에 위치한 정점에서만 소량 채집되었다(Fig. 4-2-14).

어란의 경우에도 만 입구에서 집중적으로 나타났다. 돛양태류

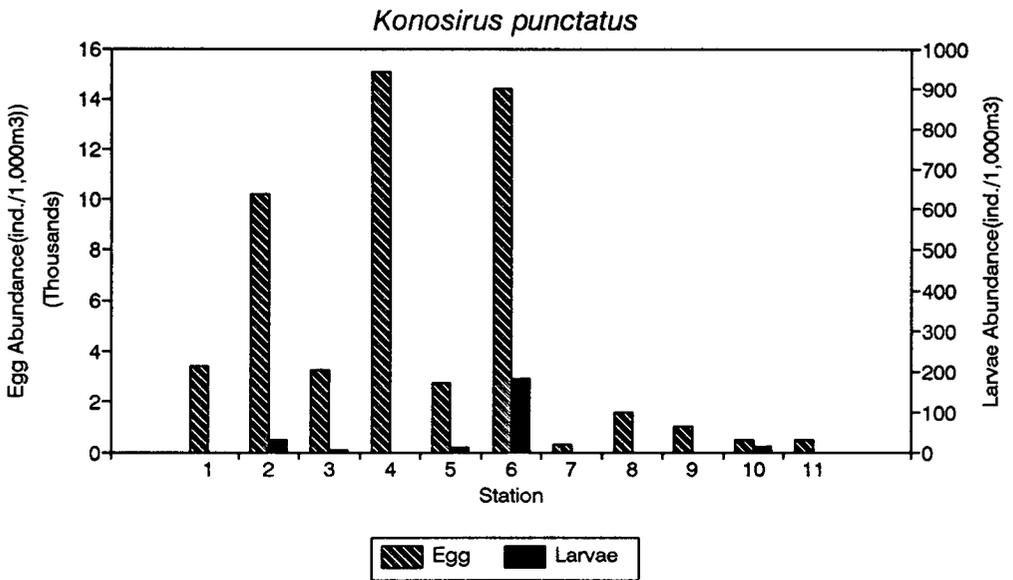
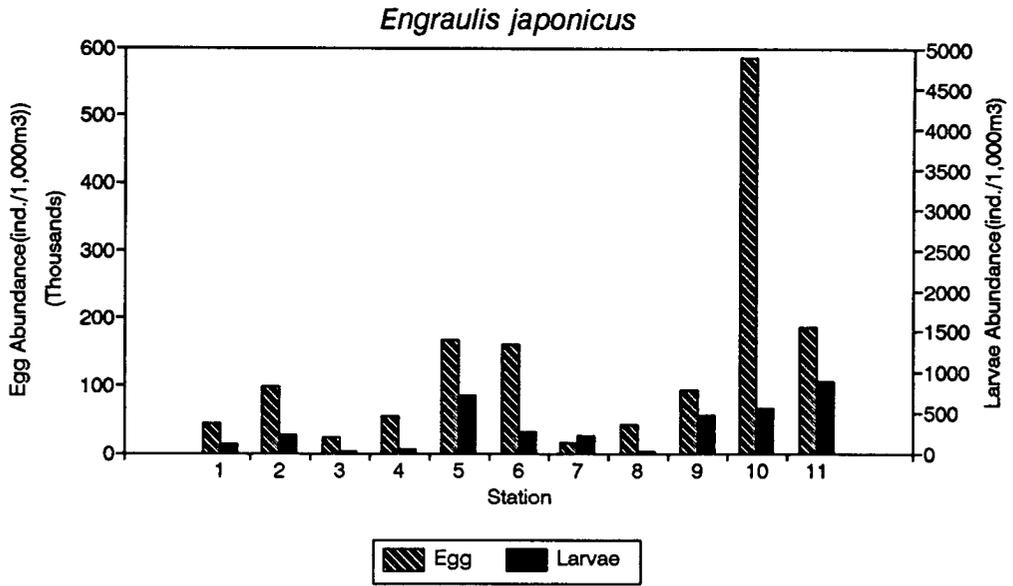


Fig. 4-2-14 Comparison to dominant species between egg and larvae at each station (Upper: *Engraulis japonicus*, lower: *Konosirus punctatus*)

(Callionymidae unid.)의 경우 적은 양이지만 전 정점에 걸쳐 어란이 출현하였으며, 치자어의 경우에는 내만역에 위치한 정점에서 소량 출현하였다. 망둑어류의 경우 어란은 채집되지 않았으나 치자어는 정점 4,5,8,9를 제외한 전 정점에서 채집되었다.

4-3 저서생물조사

4-3-1 춘계 생물상

4-3-1-1 종수 및 개체수 분포

1993년 4월에 총 23개의 정점에서 실시된 저서생물 조사에서 총 179종의 생물이 출현하였다(Fig. 4-3-1). 분류군 별로 보면, 환형동물(Annelid) 중 다모류가 63종으로 전체 출현 종 중에 35.2%를 차지하여 가장 많은 종이 출현한 분류군이며, 연체동물(Mollusca)이 43종(24.0%), 절지동물(Arthropoda) 중 갑각류(Crustacea)가 49종(27.4%), 극피동물(Echinodermata)이 13종(7.3%), 기타 분류군이 11종(6.1%) 출현하였다(Fig. 4-3-2). 기타 분류군에는 강장동물(Cnidaria) 3종, 성구동물(Sipunculida) 2종, 완족동물(Brachiopoda) 1종, 유형동물(Nemertina) 4종, 척삭동물(Chordata) 1종이 포함되었다(Table 4-3-1).

출현한 개체수는 총 3,348개체로 이 중에 다모류가 1,842개체로 전체 출현 개체수 중에 55%를 차지하여 가장 많은 개체가 출현한 분류군으로 나타났으며, 연체동물이 699개체(20.9%), 갑각류가 682개체(20.4%), 극피동물이 49개체(1.5%), 기타 분류군이 76개체(1.7%)로 나타났다(Fig. 4-3-3). 기타 분류군에는 강장동물이 5개체, 성구동물 14개체, 완족동물 31개체, 유형동물 24개체, 척삭동물 2개체가 포함되었다(Table 4-3-1).

동물군 별로 출현한 정점 수를 비교해보면, 다모류가 정점 3과 28을 제외한 전 정점에서 출현하였으며, 연체동물의 경우 정점 15, 22, 23을 제외한 20개 정점에서, 갑각류의 경우 정점 3, 28을 제외한 21개 정점에서 출현하였다. 극피동물은 14개 정점에서 출현하였다(Table 4-3-1).

정점별로 가장 많은 종이 출현한 지역은 천수만 입구 원산도 주변인 정점 20에서 64종이 출현하였고, 정점 21에서도 60종이 출현하였다. 천수

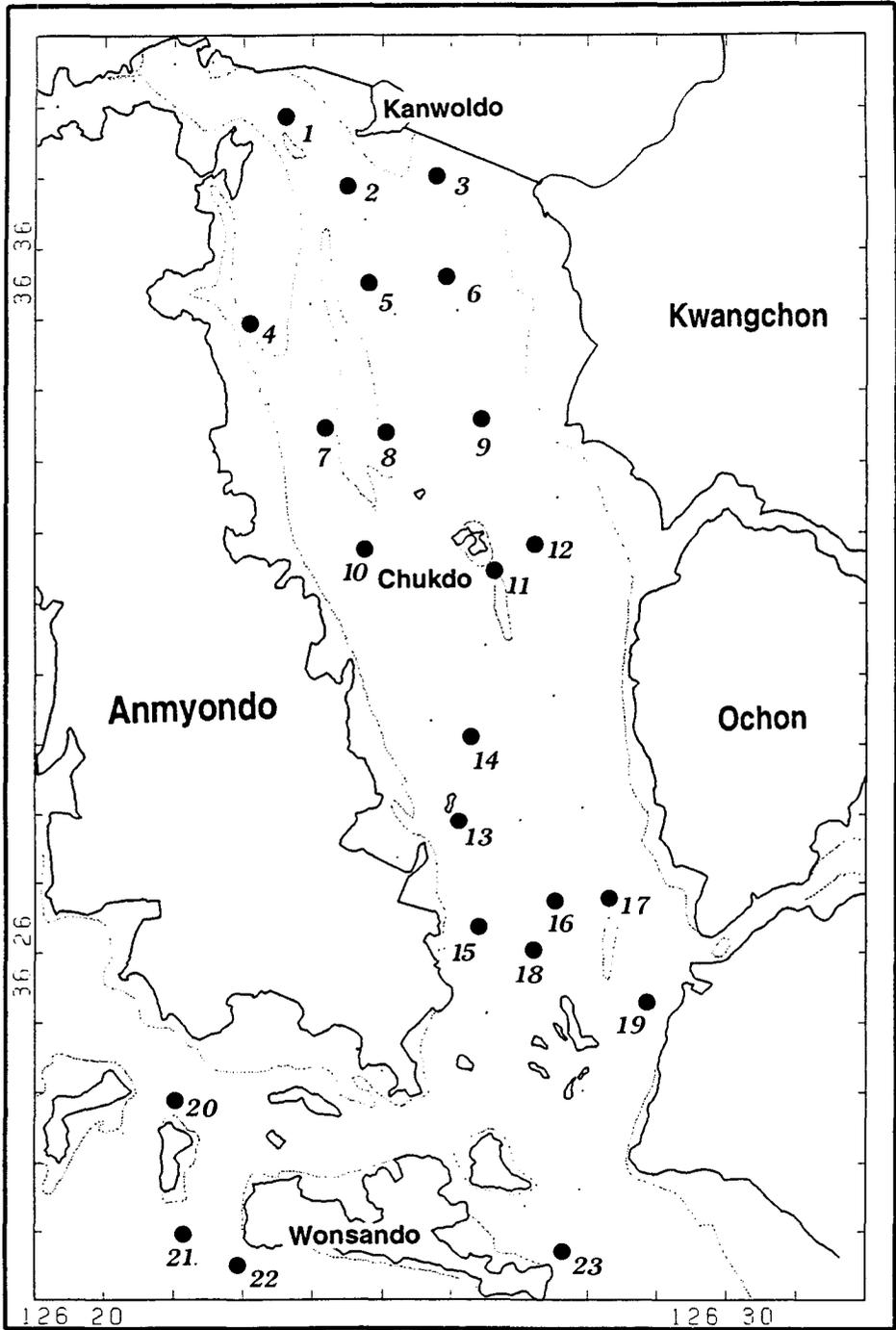


Fig. 4-3-1 Map showing the sampling station April, 1993.

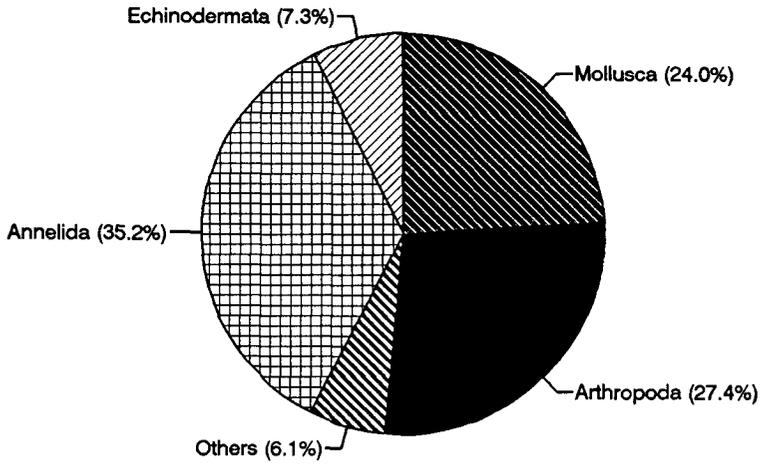


Fig. 4-3-2 The proportion of number of species by taxonomic groups in Cheonsu Bay, April 1993.

Table 4-3-1 Number of species , abundance and number of stations in major taxonomic groups in April 1993.

Taxonomy	Number of species (%)	Abundance (ind./0.3m ²)	Number of stations(%)
Mollusca	43 (24.0)	699 (20.9)	20 (87.0)
Arthropoda	49 (27.4)	682 (20.4)	21 (91.3)
Annelida	63 (35.2)	1,842 (55.0)	21 (91.3)
Echinodermata	13 (7.3)	49 (1.5)	14 (60.9)
Others	11 (6.1)	76 (1.7)	15 (65.2)
Cnidaria	3 (1.7)	5 (0.1)	5 (21.7)
Sipunculida	2 (1.1)	14 (0.4)	5 (21.7)
Brachiopoda	1 (0.6)	31 (0.9)	3 (13.0)
Nemertina	4 (2.2)	24 (0.7)	13 (56.5)
Chordata	1 (0.6)	2 (0.1)	2 (8.7)
Total	179	3,348	23

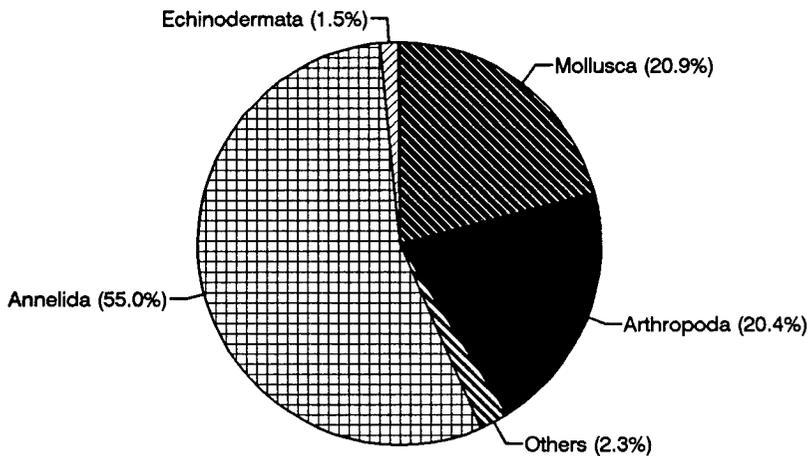


Fig. 4-3-3 The proportion of Abundance by taxonomic groups in Cheonsu Bay, April 1993.

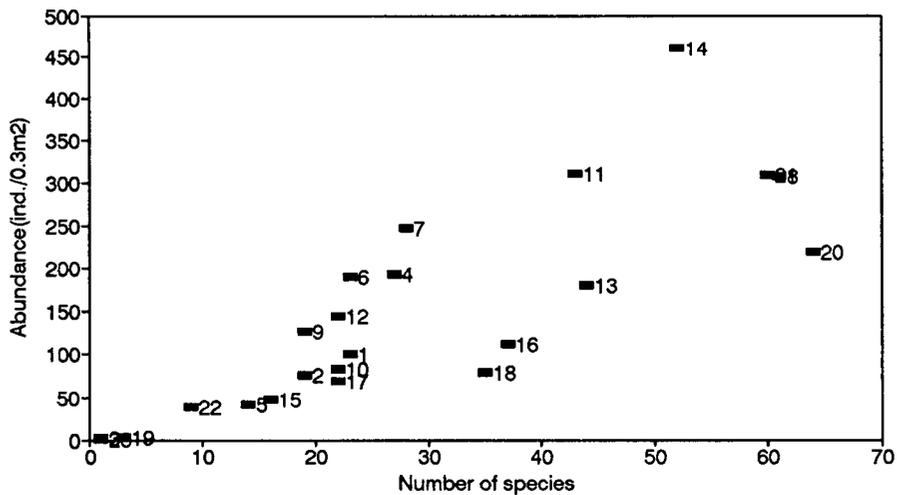


Fig. 4-3-4 The relationship between abundance and number of species at each station.

만 내부지역에서는 대주 부근에 위치한 정점 8에서 61종, 정점 14에서 52종이 출현하였다. 가장 적은 종이 출현한 정점은 방조제 부근에 위치한 정점 3으로 1종 출현하였고, 원산도 부근에 위치한 정점 23에서도 1종 출현하였다. 정점별 출현 종수는 평균 29종으로 나타났다(Fig. 4-3-5).

정점별 평균 출현 개체수는 145개체로 나타났으며, 이 중에 가장 많은 개체가 출현한 지역은 정점 14로 461개체가 출현하였다. 300개체 이상이 출현한 지역은 정점 8,11,21 등 네개 지역이다. 가장 적은 개체수를 나타낸 지역은 정점 23으로 단지 1개체 만이 출현하였다. 정점 3의 경우 2개체 만이 출현하였다(Fig. 4-3-6).

정점별 출현 개체수와 종수를 비교해보면, 정점 8,14,20,12을 제외한 모든 정점에서 50종 이하, 300여개체가 채집되었으며, 지역마다 차이가 있지만 10-30종사이, 50-200개체정도의 분포를 보이고 있다(Fig. 4-3-4).

4-3-1-2 우점종 분포

출현 빈도와 각 정점에서 출현한 개체수를 동일한 상황에서 측정하는 Le Bris index에 의한 우점종 분포는 Table 4-3-2에서 볼 수 있다. 가장 많은 개체가 출현한 종은 이매패류인 *Theora fragilis*로 12개 정점에서 337개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 10%를 차지하였다. 다음으로 다모류인 *Lumbrineris longifolia*로 13개 정점에서 272개체(8.1%)가 출현하였다. 전체 출현개체수가 100개체이상 출현한 종은 모두 7종 뿐이며, 위에서 언급한 2종 이외에 *Neptyx oligobranchia*, *Prionospio krusadensis*, *Glycinde* sp., *Arcidea* sp. 갑각류인 Aoridae unid. 등이다.

가장 많은 출현 빈도를 보인 종으로는 15개 정점에서 출현한 다모류인 *Glycera chiori*, *Gricinde* sp.가 있으며, 14개 정점에서 출현한 다모류인 *P.krusadensis*와 이매패류인 *Moerella jedoensis*가 있다. 10개 정점 이상의 지역에서 출현한 종은 모두 12종으로 나타났다.

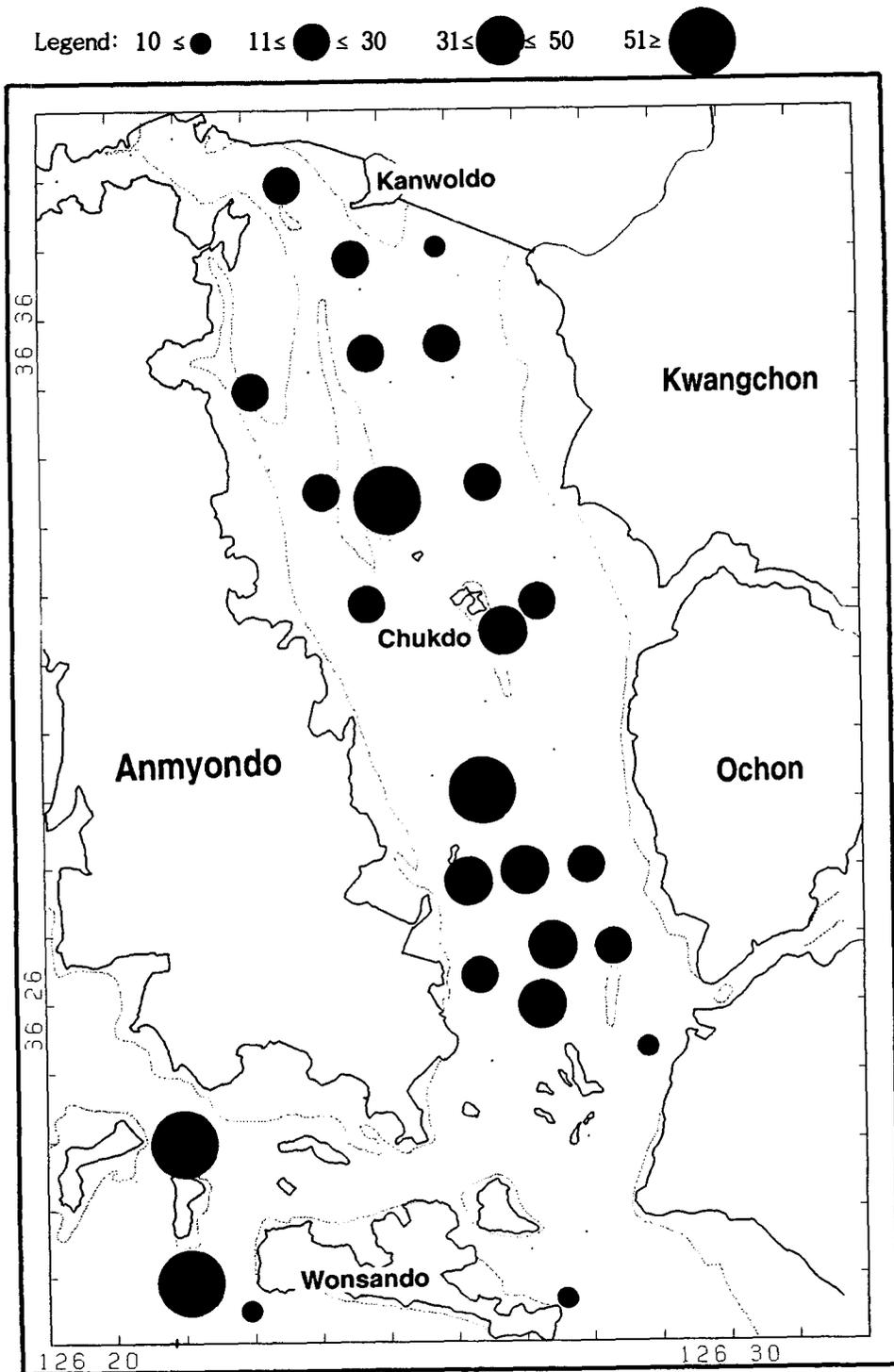


Fig. 4-3-5 Distribution of number of species in study area April 1993.

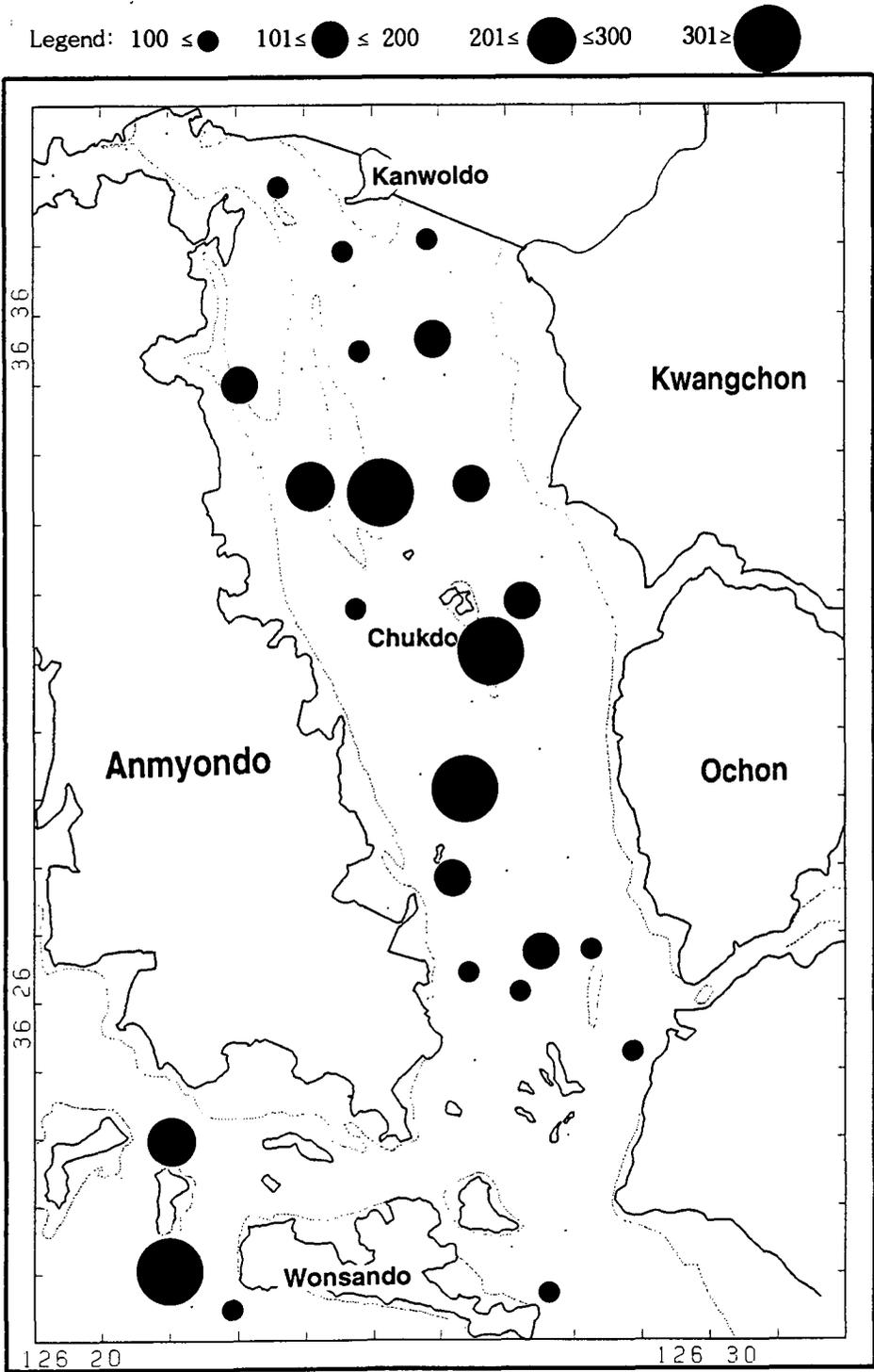


Fig. 4-3-6 Distribution of total abundance in study area April 1993.

Table 4-3-2. Dominant species list ranked by Le Bris Index.

Rank	Species	*Phy	Total ind.	% of ind.	Freq.	% of Freq.	Lebris
1	<i>Lumbrineris longifolia</i>	po	272	8.12	13	56.52	6198794
2	<i>Sigambra tentaculata</i>	po	72	2.15	13	56.52	2792843
3	<i>Nephtys oligobranchia</i>	po	259	7.74	13	56.52	1863993
4	<i>Theora fragilis</i>	bi	337	10.07	12	52.17	1189422
5	<i>Aoridae</i> unid.	cr	137	4.09	8	34.78	876368
6	<i>Glycinde</i> sp.	po	130	3.88	15	65.22	716447
7	<i>Prionospio krusadensis</i>	po	226	6.75	14	60.87	650287
8	<i>Arcidea</i> sp.	po	107	3.20	10	43.48	609061
9	<i>Amphareta arctica</i>	po	70	2.09	13	56.52	539544
10	<i>Eriopisella sechelensis</i>	cr	43	1.28	9	39.13	538554
11	<i>Moerella jedoensis</i>	bi	63	1.88	14	60.87	467552
12	<i>Glycera chirori</i>	po	66	1.97	15	65.22	460209
13	<i>Heteromastus</i> sp.	po	71	2.12	8	34.78	443631
14	<i>Eteone longa</i>	po	14	0.42	5	21.74	412937
15	<i>Gammaridae</i> unid.	cr	19	0.57	8	34.78	411839
16	<i>Sternaspis scutata</i>	po	61	1.82	9	39.13	339786
17	<i>Abrina lunella</i>	bi	25	0.75	8	34.78	328984
18	<i>Ampelisca</i> sp.	cr	29	0.87	7	30.43	297045
19	<i>Anatides koreana</i>	po	26	0.78	9	39.13	287240
20	<i>Raphidopus ciliatus</i>	cr	41	1.22	6	26.09	241497
21	<i>Anisocobula venusta</i>	bi	15	0.45	5	21.74	239930
22	<i>Magelona japonica</i>	po	25	0.75	9	39.13	207283
23	<i>Cumacea</i> unid.	cr	22	0.66	8	34.78	191956
24	<i>Eunice artemata</i>	po	15	0.45	2	8.70	190424
25	<i>Dosinia</i> sp.	bi	10	0.30	7	30.43	137761
26	<i>Gammaropsis utinomi</i>	cr	37	1.11	9	39.13	136752
27	<i>Dorisca</i> cf. <i>nana</i>	bi	24	0.72	6	26.09	113031
28	<i>Clymenella</i> sp.	po	19	0.57	8	34.78	87064
29	<i>Pinnixa rathbuni</i>	cr	11	0.33	3	13.04	82303
30	<i>Lumbrineris japonica</i>	po	80	2.39	7	30.43	81157

(* Phy: bi:Bivalve, ga:Gastropoda, ne:Nemertina, cr:Crustacea, po:Polychaeta)

Le Bris index에 의한 봄철 천수만 지역에서 가장 우점하는 저서동물은 *Lumbrineris longifolia*로 나타났다. 이 종은 모두 13개 정점에서 272개체가 출현하여 전체출현 개체수의 8.1%를 차지하였다. 다음으로 *Sigambra tentaculata*, *Neptycs oligobranchia* 순으로 10위 내에 들어있는 우점종 중에 다모류가 6종은 가장 많고, 갑각류가 3종, 이매패류가 1종으로 나타났다.

우점종의 분포를 보면 *L.longifolia*는 정점 14에서 97개체가 출현하여 가장 많은 개체가 출현하였으며, 정점 6에서 76개체, 정점 11에서 47개체, 정점 4에서 28개체가 출현하였다. 출현 분포는 방조제 부근을 제외한 전 지역에서 고른 분포를 보였으며, 만 외부지역에서는 거의 출현하지 않았다 (Fig. 4-3-7).

다모류인 *S.tentaculata*의 경우 정점 5에서 20개체가 출현하였으며, 만 중앙 부분에서 고른 분포를 보였다. 만 입구와 만 외부 지역에서는 거의 출현하지 않았다(Fig. 4-3-8).

*N.oligobranchia*의 경우 정점 7에서 94개체가 출현하였으며, 정점 14와 정점 20에서도 각각 44,40개체가 출현하였다. 이 종은 방조제 부근을 제외하고는 전 지역에서 고른 분포를 보였다(Fig. 4-3-9).

이매패류인 *T.fragilis*는 정점 11에서 99개체가 출현하였으며, 정점 12와 14에서 각각 49, 94개체가 출현하였다. 분포는 주로 죽도 부근 지역에서 출현하고 있으며, 양쪽 수로를 제외한 만 중앙부근에서만 출현하였다 (Fig. 4-3-10).

갑각류인 Aoridae unid.는 단각류에 속하는 크기가 매우 작은 종으로 정점 4에서 38개체, 정점 14에서는 48개체가 채집되었다. 주로 사질함량이 많은 정점인 대주 부근과 천수만 입구 서쪽 연안의 정점에서 주로 출현하였다(Fig. 4-3-11). 갑각류인 *Eiopisella sechelensis*는 정점 10에서 17종이 출현하는등 정점마다 소수의 개체가 출현하였으며, 주로 죽도 부근 정점에서는 모두 출현하였다(Fig. 4-3-12).

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 $31 \leq$ ● ≤ 50 $51 \geq$ ●

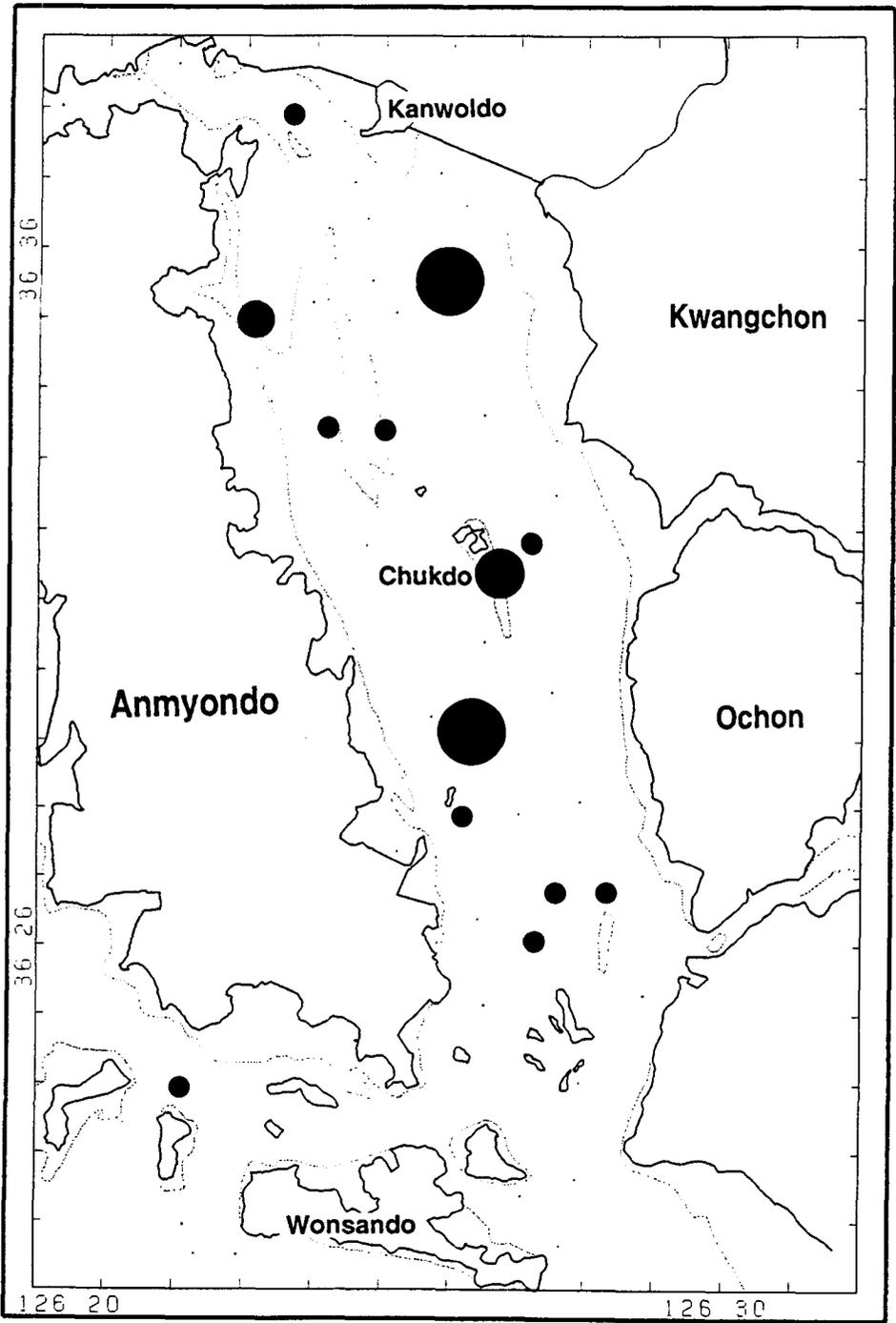


Fig. 4-3-7 Distribution of *Lumbrineris longifolia* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

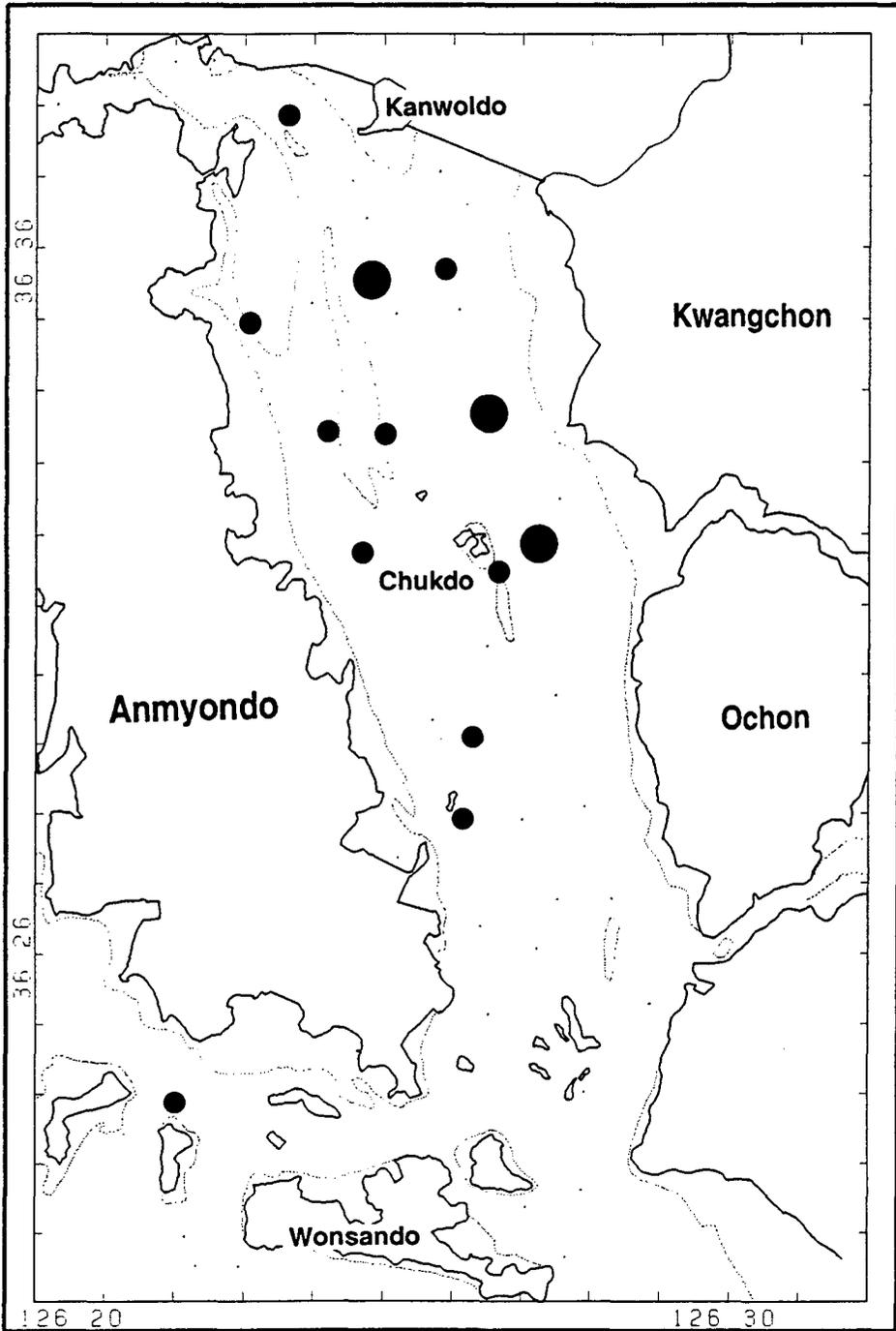


Fig. 4-3-8 Distribution of *Sigambra tentaculata* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

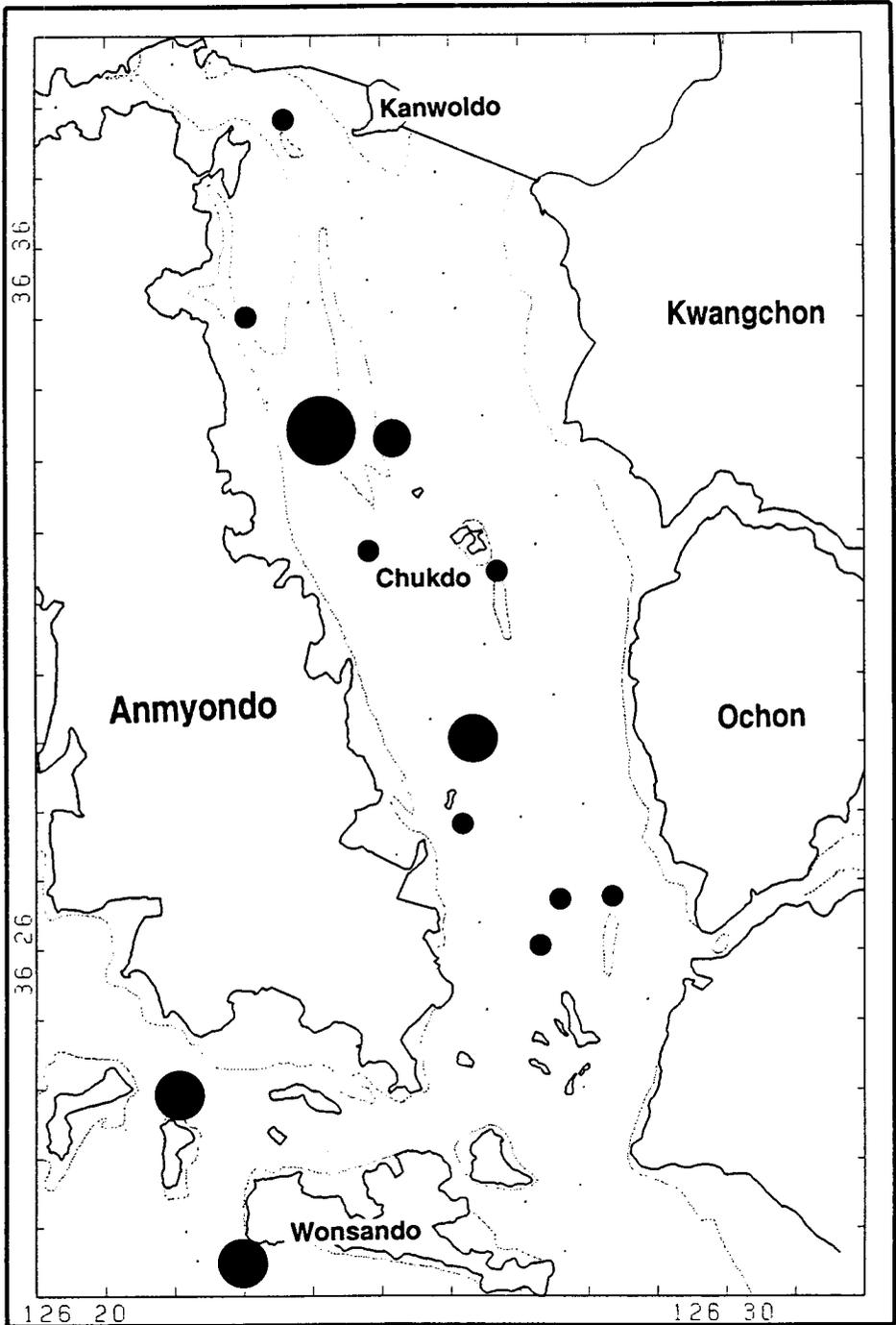


Fig. 4-3-9 Distribution of *Neptys oligobranchia* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: 10 ≤ ● 11 ≤ ● ≤ 30 31 ≤ ● ≤ 50 51 ≥ ●

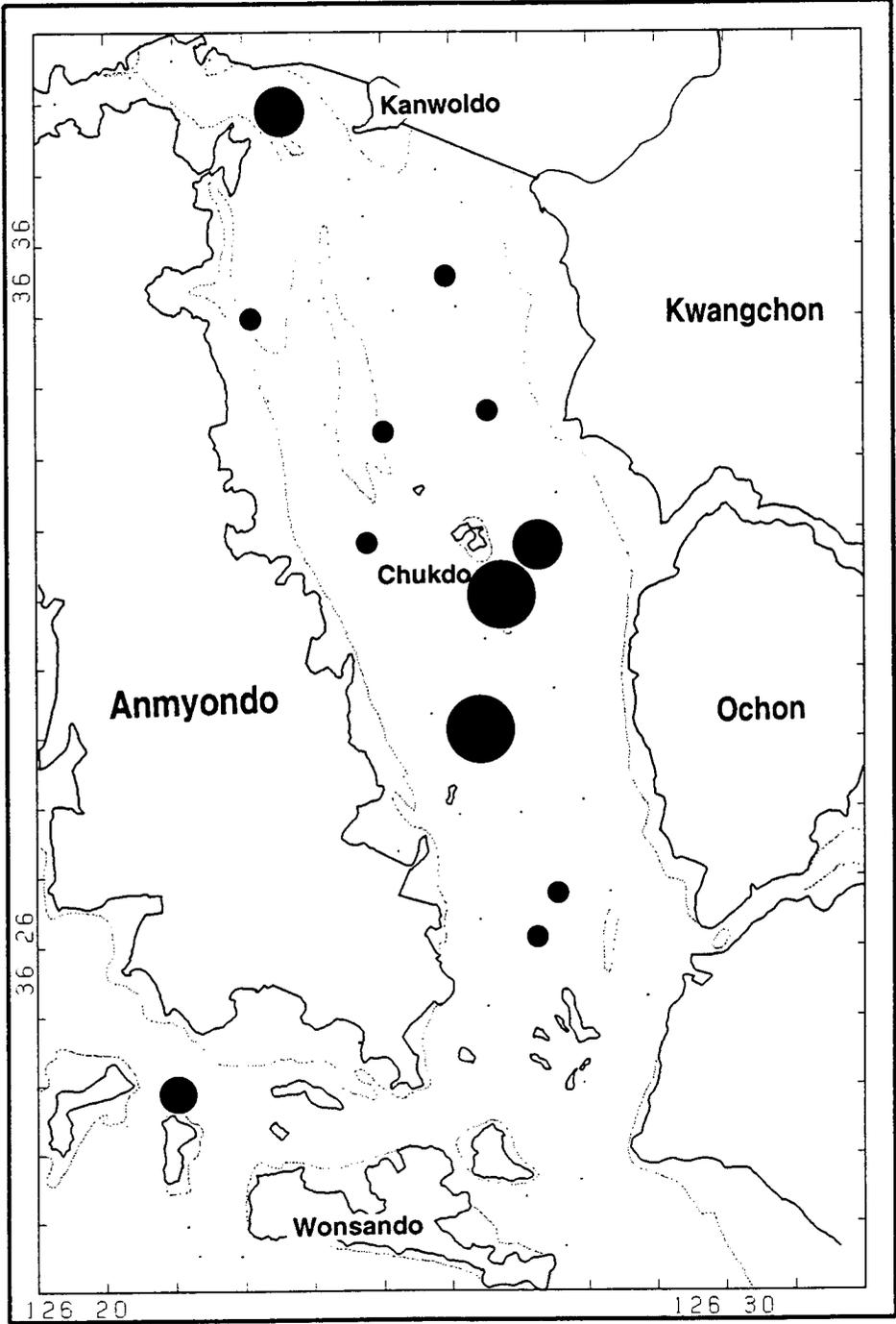


Fig. 4-3-10 Distribution of *Theora fragilis* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

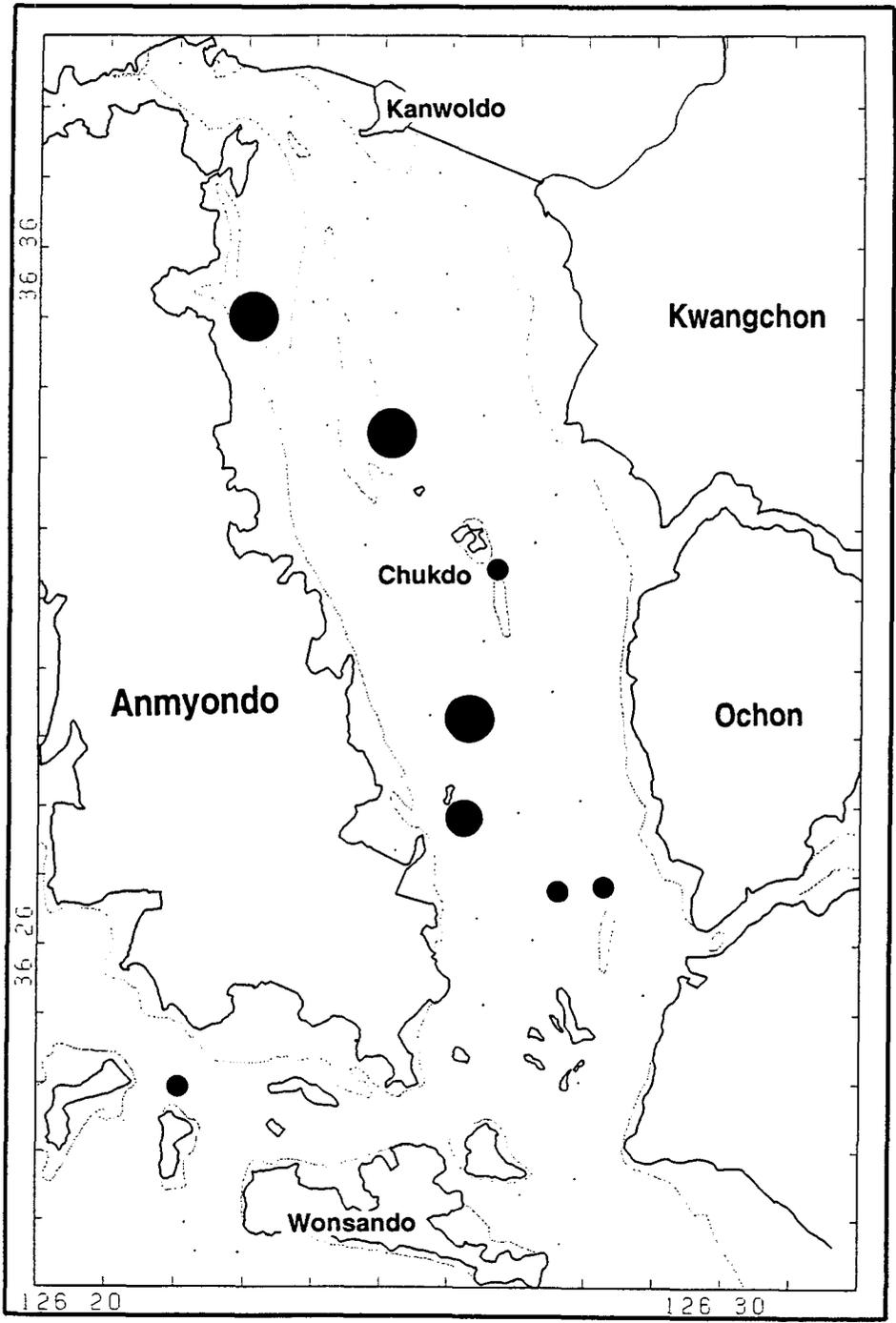


Fig. 4-3-11 Distribution of Aoridae unid. in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 $31 \leq$ ● ≤ 50 $51 \geq$ ●

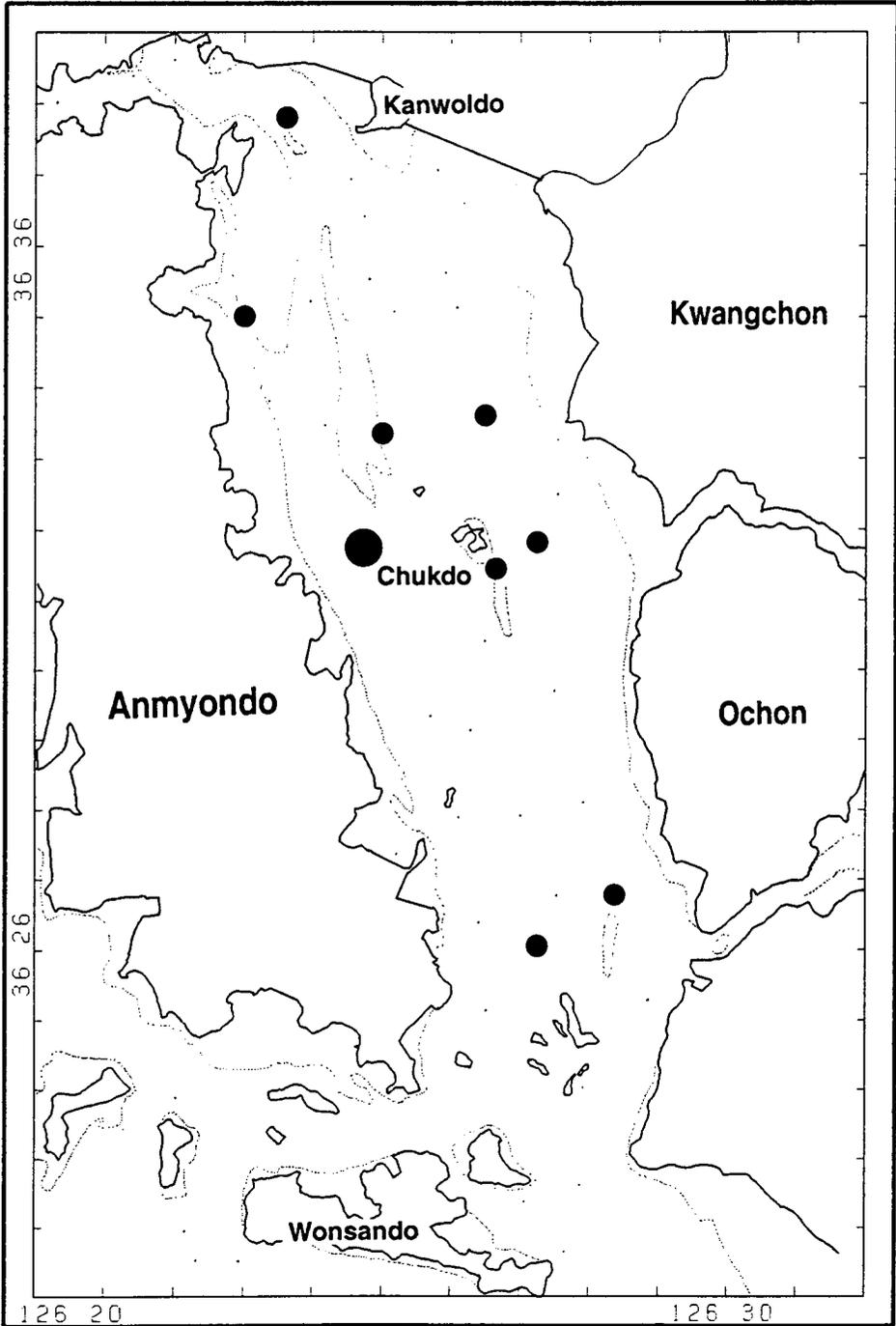


Fig. 4-3-12 Distribution of *Eriopiselle sechelensis* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

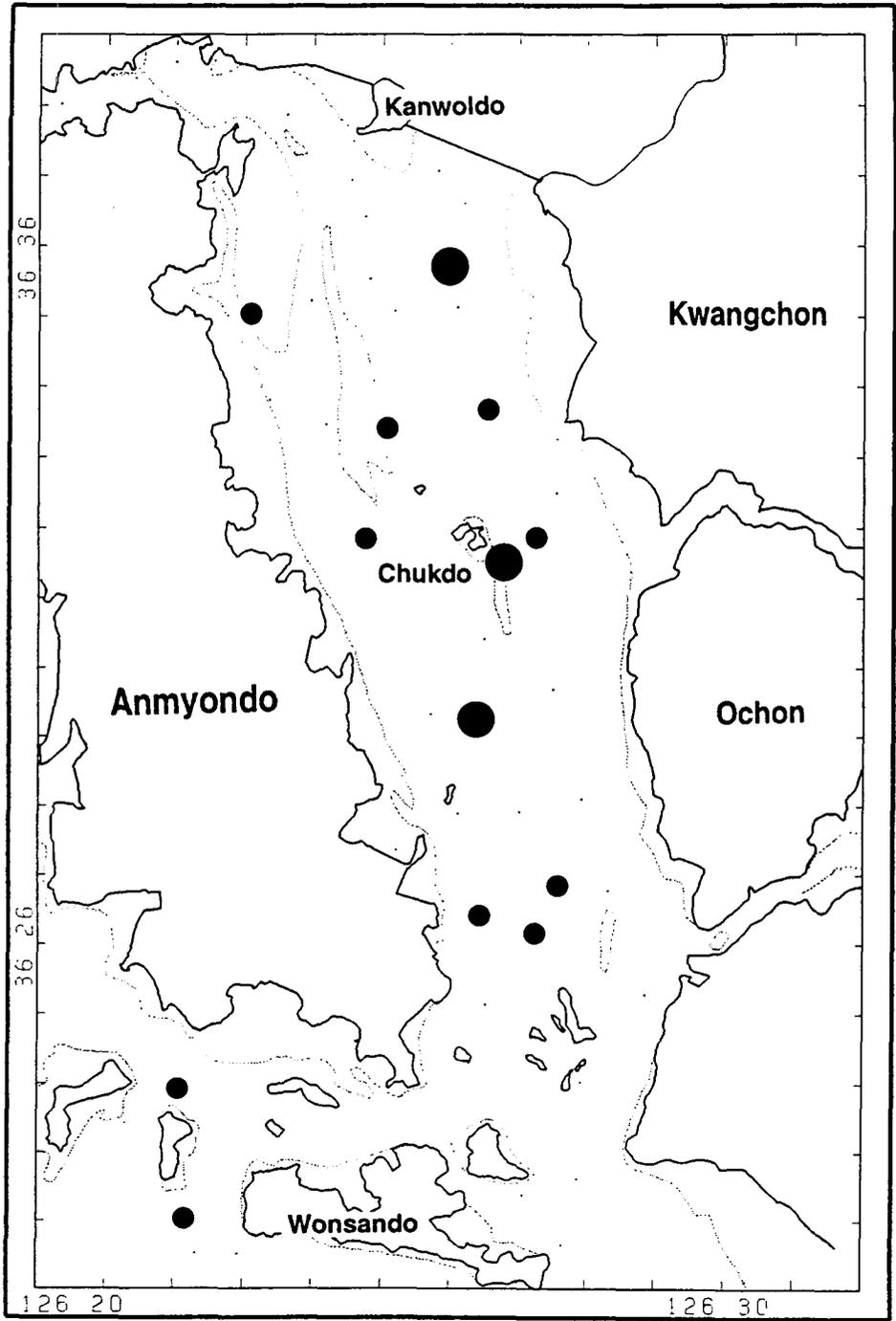


Fig. 4-3-13 Distribution of *Ampharete arctica* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

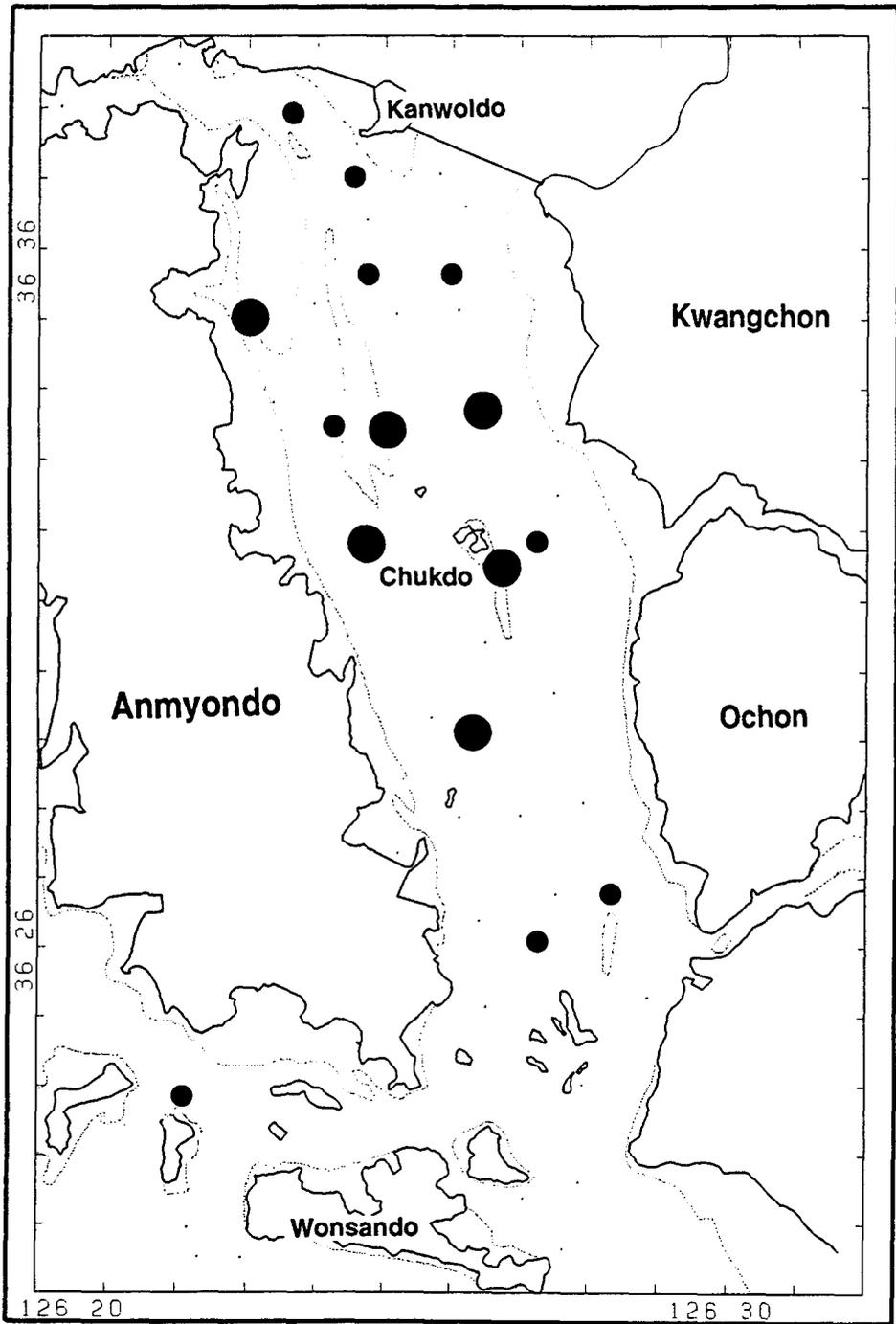


Fig. 4-3-15 Distribution of *Glycinde* sp. in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

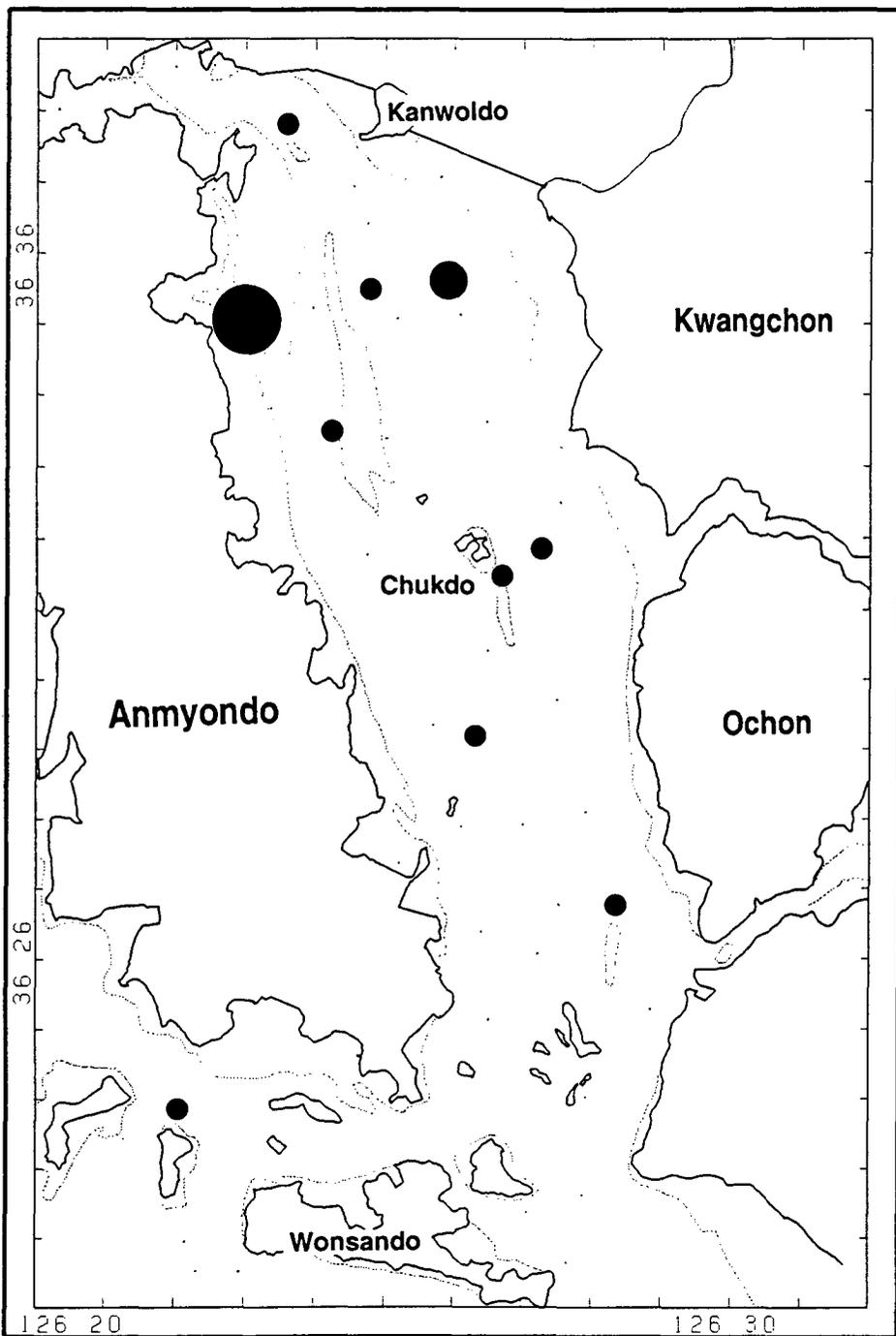


Fig. 4-3-16 Distribution of *Arcidea* sp. in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

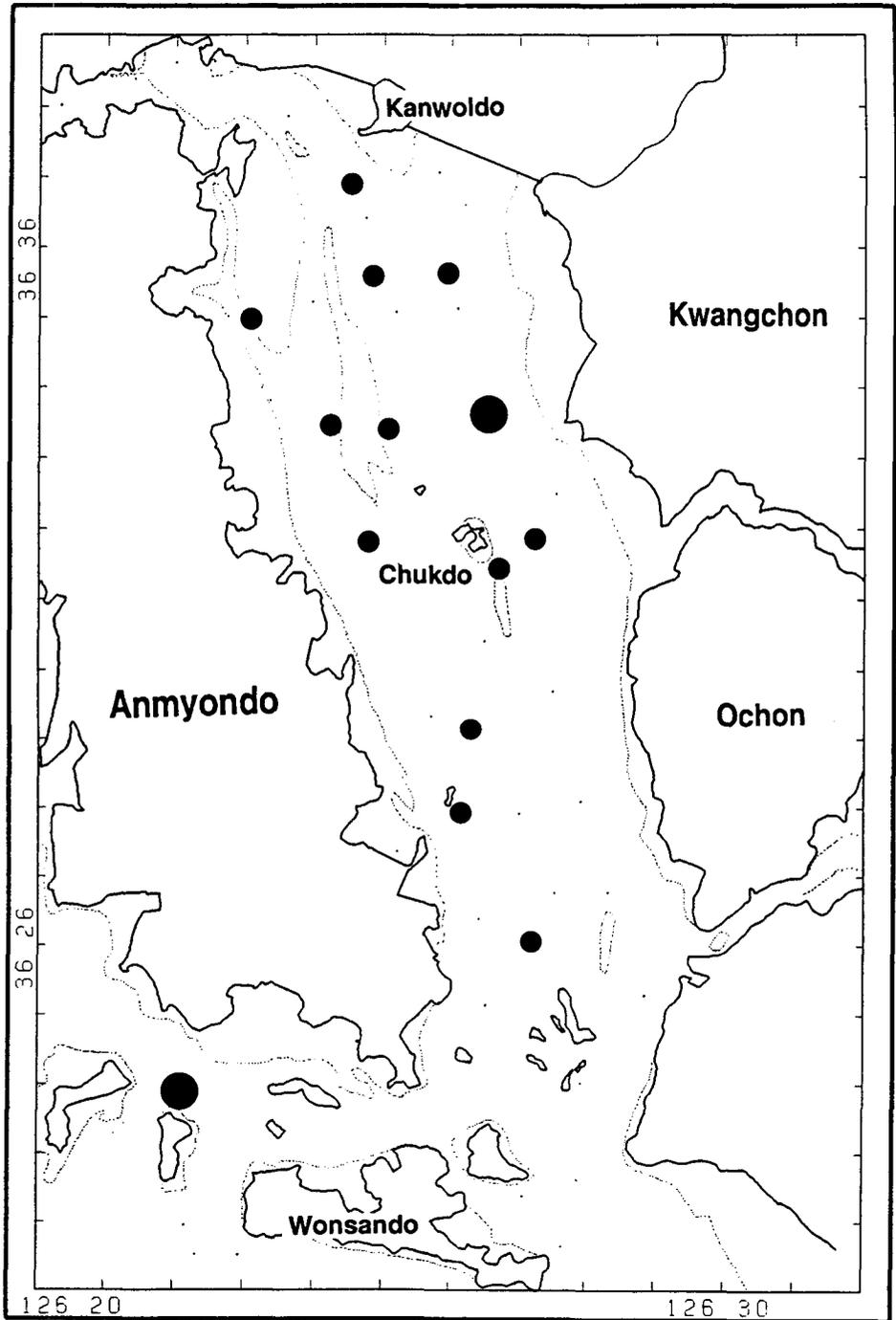


Fig. 4-3-17 Distribution of *Moerella jedoensis* in Cheonsu Bay, April 1993.

Legend: $10 \leq$ ● $11 \leq$ ● ≤ 30 ● $31 \leq$ ● ≤ 50 ● $51 \geq$ ●

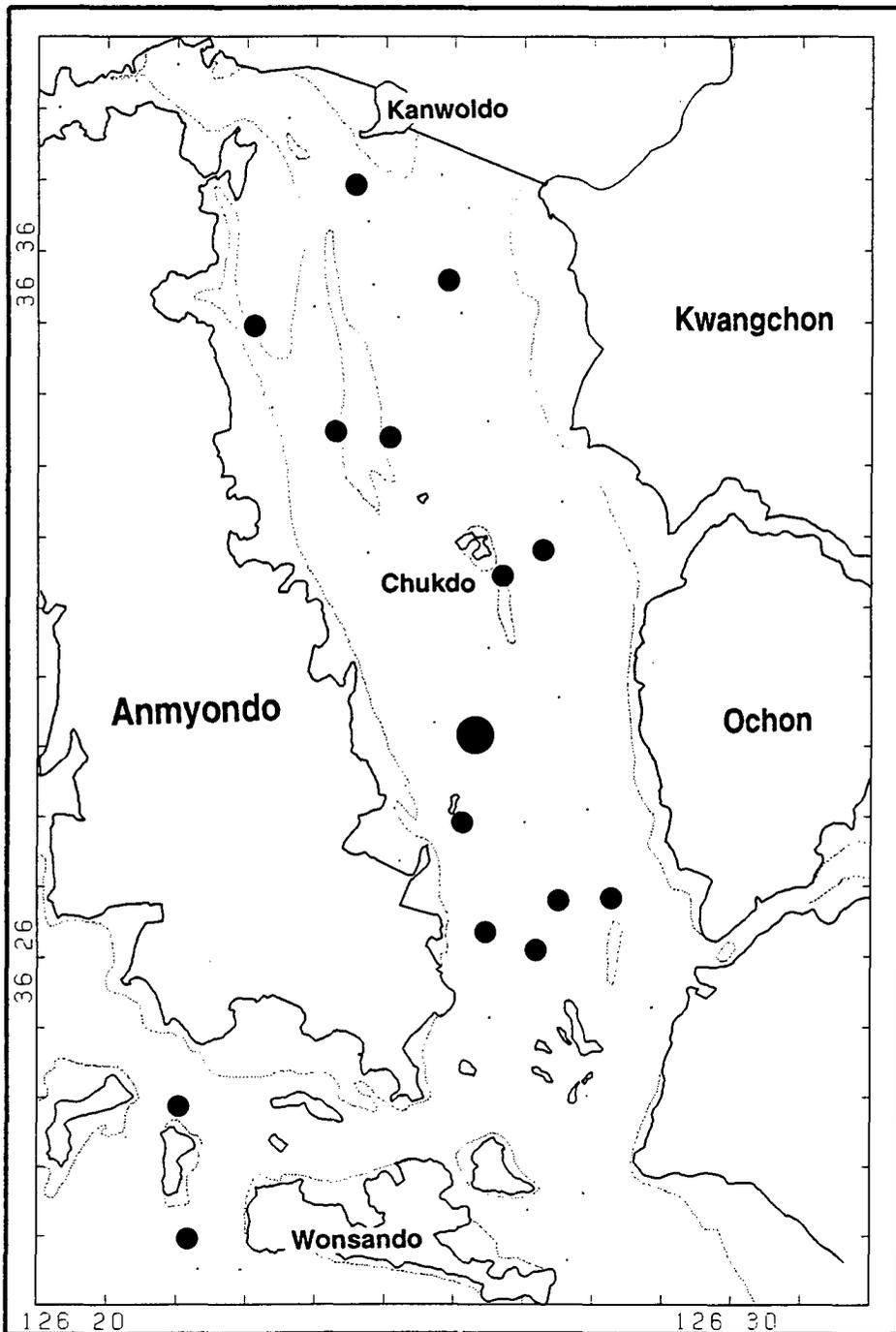


Fig. 4-3-18 Distribution of *Glycera chirori* in Cheonsu Bay, April 1993.

다모류인 *Amphareta arctica*는 정점 14에서 25개체가 출현하였으며, 13개 정점에서 출현하였다. 방조제 부근 지역과 만입구를 제외하고 전 지역에서 고른 출현을 보였다(Fig. 4-3-13).

다모류인 *Prionospio krusadensis*는 정점 8에서 82개체가 출현하였으며, 죽도부근에서 많은 개체가 출현하였다. 방조제 부근을 제외한 전 지역에서 소량의 출현을 보였다(Fig. 4-3-14). 다모류인 *Glycinde* sp.는 총 130개체가 출현하였으며, 방조제 부근 정점을 제외한 전 지역에서 고른 분포를 보였다(Fig. 4-3-15). *Aricidea* sp.도 죽도부근을 중심으로 10개 정점에서 출현하였다(Fig. 4-3-16).

이매패류인 *Moerella jedoensis*는 방조제 부근을 제외한 전 지역에서 소량이 출현하였다. 출현한 개체의 크기도 매우 작아서 최근에 가입된 것으로 보인다(Fig. 4-3-17).

다모류인 *Glycera chirori*도 천수만 전지역에 걸쳐 고른 출현 양상을 보였지만 출현 개체수는 매우 미비하였다(Fig. 4-3-18).

4-3-1-3 생태학적 제지수의 변화

다양도(Diversity)는 1.27-3.21의 범위로 나타났으며, 가장 낮게 나타난 지역은 정점 22이고, 가장 높게 나타난 지역은 정점 13이다. 평균 2.28을 나타냈으며, 지역별로는 내만 상부 지역인 정점 4,5,6,7에서 낮게 나타났으며, 죽도 이남 지역에서는 높은 다양도를 나타냈다.

풍도(Richness)는 1.66-6.91로 지역에 따라 큰 편차를 보였다. 가장 높은 지역은 정점 8이며, 가장 낮게 나타난 지역은 정점 22이다. 평균 4.15를 나타냈다.

균등도의 경우 정점 13에서 0.93으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 정점 6에서 0.64로 가장 낮은 값을 보였다. 평균은 0.76으로 나타났으며,

천수만 내만역보다는 입구쪽에서 높게 나타났다.

Table 4-3-3. Ecological indices in each station, April 1993.

Station	Diversity	Richness	Evenness	Dominance
1	2.04	3.94	0.69	0.57
2	2.23	3.05	0.85	0.42
4	1.99	3.65	0.66	0.58
5	1.9	3.23	0.74	0.59
6	1.88	3.44	0.64	0.6
7	1.87	3.16	0.65	0.64
8	2.84	6.91	0.77	0.39
9	2.02	2.51	0.79	0.46
10	2.24	3.92	0.78	0.42
11	2.51	6.15	0.7	0.49
12	2.13	3.24	0.75	0.51
13	3.12	5.55	0.93	0.23
14	2.56	5.59	0.72	0.43
15	2.06	2.75	0.86	0.47
16	3.03	6.07	0.9	0.21
17	1.53	2.48	0.64	0.69
18	2.93	5.49	0.92	0.23
20	2.94	6.89	0.81	0.34
21	2.51	3.51	0.84	0.37
22	1.27	1.66	0.65	0.73
Max	3.12	6.91	0.93	0.73
Min	1.27	1.66	0.64	0.21
Average	2.28	4.15	0.76	0.47

우점도의 경우 정점 22에서 가장 높게 나타났으며, 정점 16에서 0.21로 낮게 나타났다. 종수가 많이 나타난 만 입구쪽이 낮게 나타났으며, 내만역에서 높은 값을 나타냈다(Table 4-3-3).

다양도와 종 수간의 관계를 보면, 크게 세개의 그룹으로 나누어 졌다. 대부분의 정점이 다양도가 2이고, 종 수가 20종 내외로 나타났으며, 정점

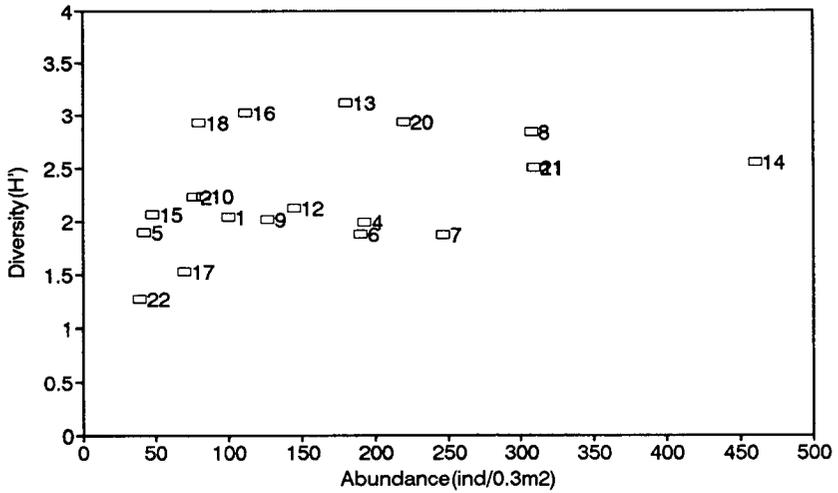
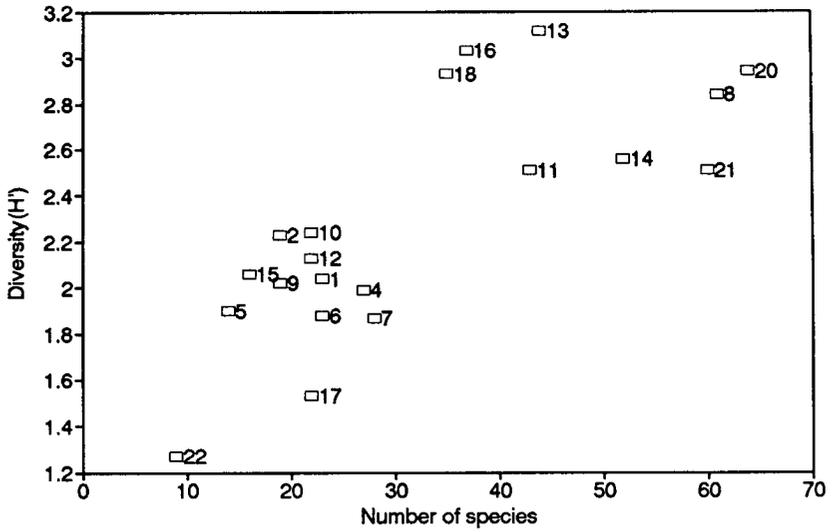


Fig. 4-3-19 The relationship between diversity index and species compositions (upper: number of species, lower: abundance)

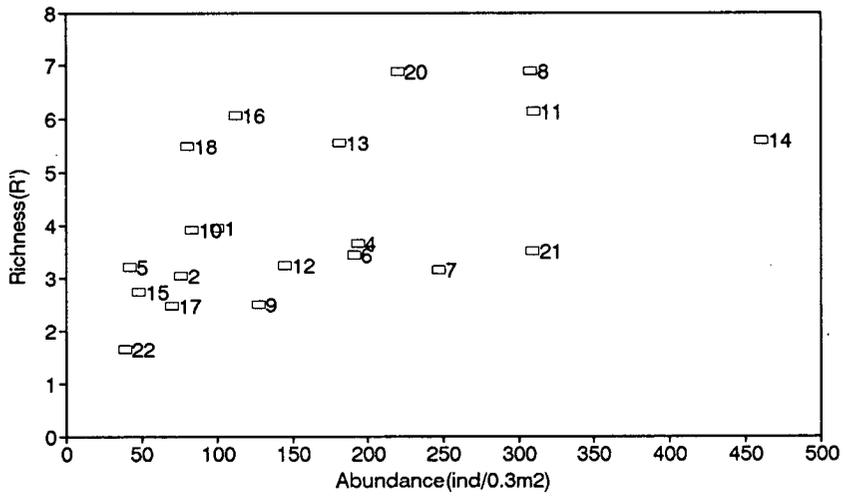
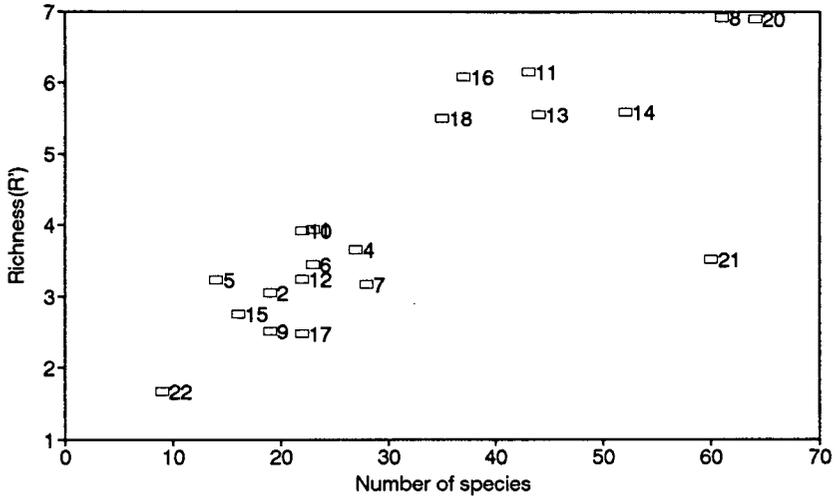


Fig. 4-3-20 The relationship between richness index and species compositions (upper: number of species, lower: abundance)

13,16,18의 경우에는 높은 다양도를 나타냈고, 정점 8,11,14,20,21의 경우 많은 종 수와 높은 다양도를 나타냈다(Fig.4-3-19).

다양도와 개체수 간에는 만입구에 위치한 정점들이 내만역과 유사한 개체수에 비해 높은 다양도를 보이고 있어, 만입구 정점들이 종수와 개체수가 모두 풍부한 것으로 나타났다(Fig. 4-3-19) 이는 풍도와 종수의 관계, 풍도와 개체수의 관계에서도 나타났다.(Fig. 4-3-20) 내만역과 만 입구의 정점이 종 수와 개체수에서 차이를 보이고 있다.

4-3-1-4 집괴분석

전체 출현 종 수와 개체수를 존재유무에 따라 집괴 분석한 결과 크게 네개의 그룹으로 나누어지며, 정점 7의 경우 독특한 생물상을 가지는 별도의 그룹을 이루었으며, 정점 3, 21,22,23의 경우에는 전혀 유사도를 보이지 않는 정점으로 나타났다(Fig. 4-3-21). 그룹 1은 방조제 부근의 천수만 북쪽에 위치한 5개 정점으로 이루어졌다. 그룹 2는 대주를 중심으로 천수만 입구에 이르기 까지 폭넓은 지역을 포함하고 있어 총 9개 정점으로 이루어져있다. 정점 3의 경우 만입구 2개의 정점으로 구성되었으며, 그룹 4는 천수만 입구 양쪽 연안에 위치한 정점 15,17등 2개로 구성되었다 (Fig.4-3-22)

천수만에서 출현한 종 중에 10개체 이상 채집된 47종을 대상으로 집괴분석을 한 결과 크게 3개 그룹으로 나누어졌다(Fig. 4-3-23). 29종이 포함되어진 그룹은 주로 천수만 북쪽 지역에서 죽도 이남에 이르는 지역에서 출현한 종들이 포함되어 있으며, 전지역에서 고루 출현하는 *L.longifolia*, *G.chirori* 등도 여기에 포함되었다. 죽도부근에서 만 입구로 이르기까지 출현한 종인 *P.krusadensis*, *P.paradoxa*들도 이 그룹에 포함되었다.

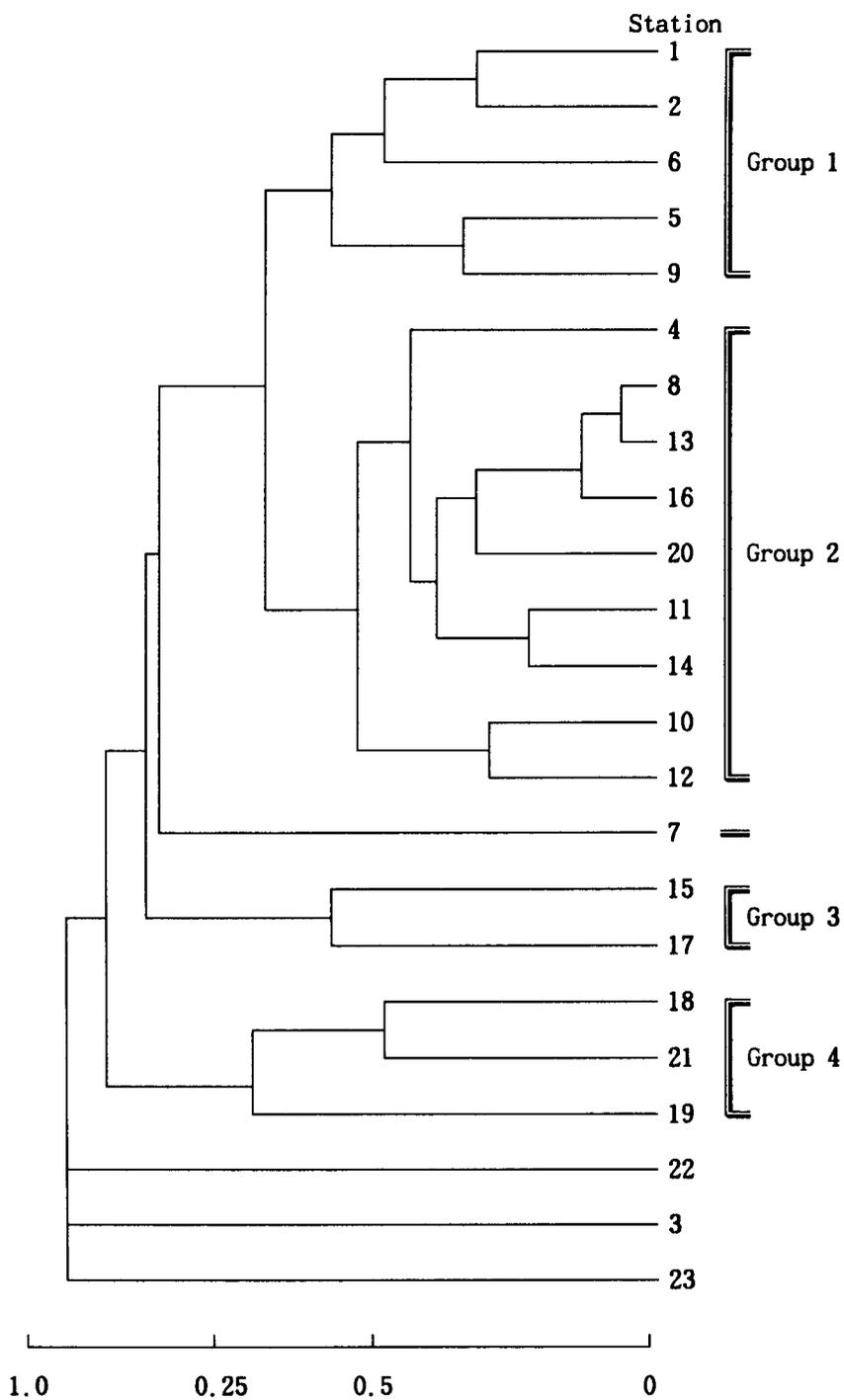


Fig. 4-3-21 Areas of three station group from cluster analysis.

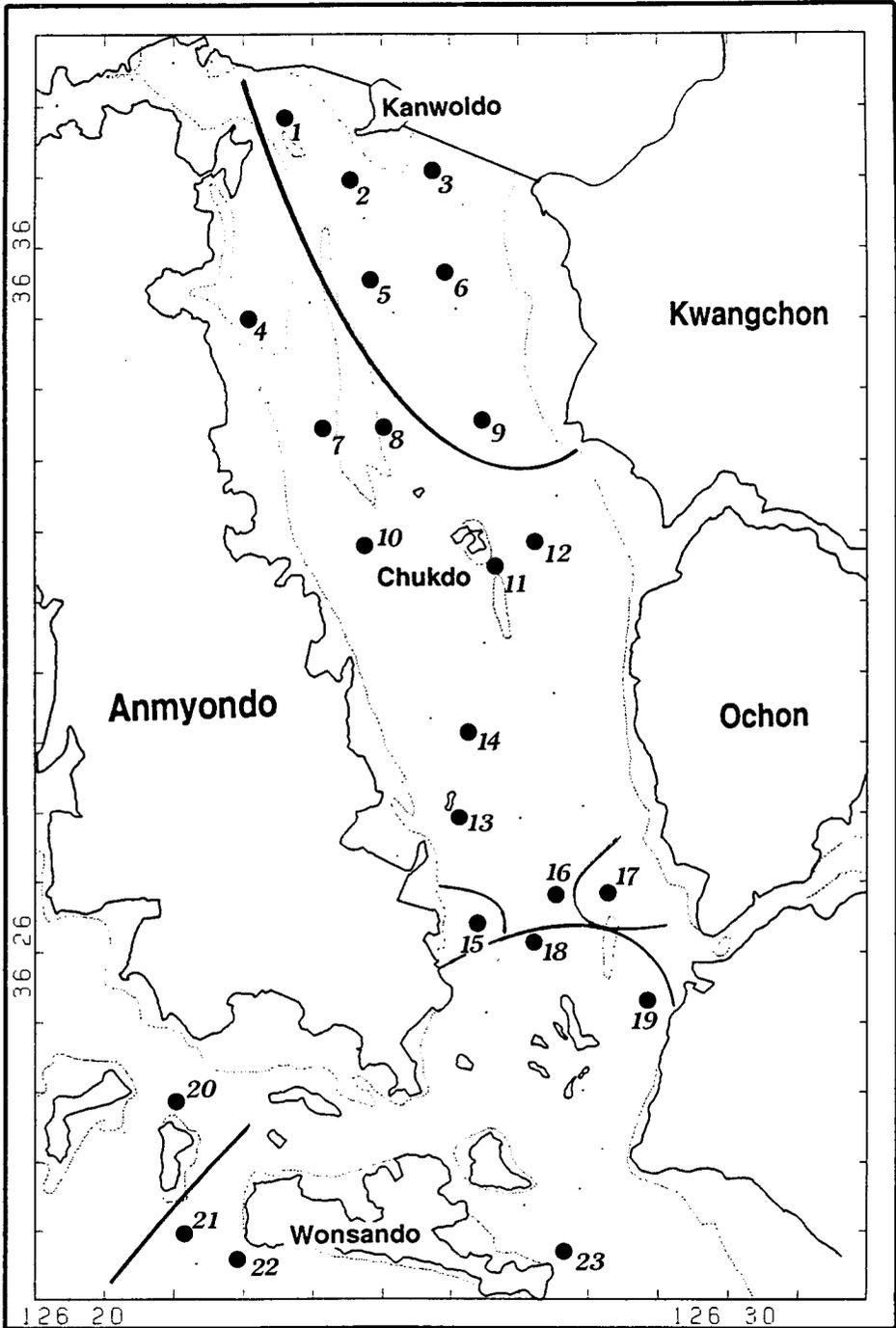


Fig. 4-3-22 Dendrogram showing the result of cluster analysis among stations, April 1993.

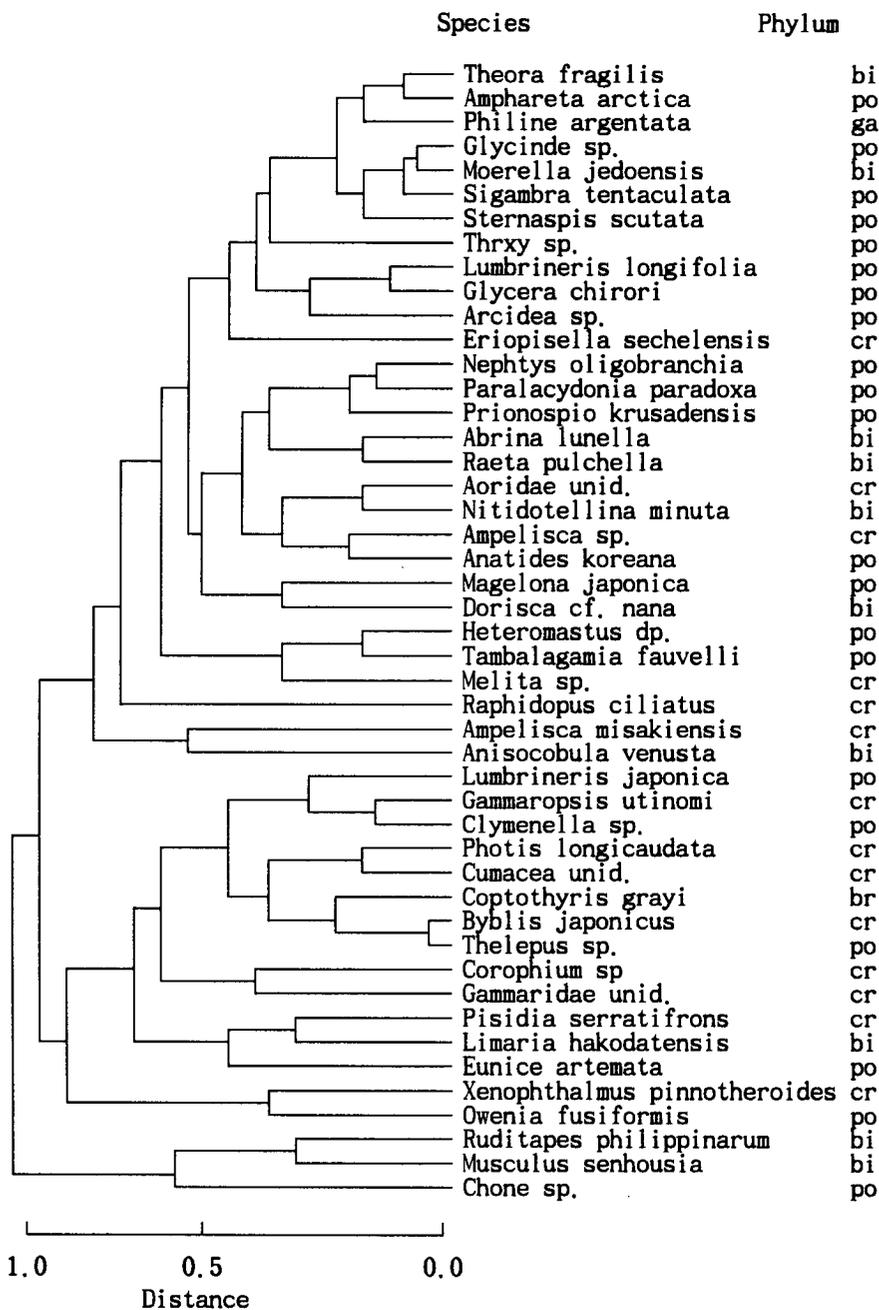


Fig. 4-3-23 Dendrogram showing the result of cluster analysis among characteristics species collected, April 1993.

(* phylum: bi→Bivalvia, ga→Gastropoda, po→Polychaeta
cr→Crustacea, br→Brachiopoda)

다른 그룹은 만입구에서 출현하는 15종으로 구성되었다. 정점 13,14,16,20 등을 중심으로 *Lumbrineris japonica*, *Gammaropsis utinomi* 등이 포함되었다. 만 북쪽에서도 출현하지만 만입구 정점에서 많은 개체가 출현한 *Photis longicaudata*, *Owenia fusiformis*등도 여기에 포함되었다. 또다른 한그룹은 3종으로 구성되어있는데, 대주에 위치한 정점 7에서 집중적으로 출현한 종으로 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 종뱀(*Musculus senhousia*), 관갯지렁이류인 *Chone* sp.등이 포함되었다.

4-3-1-5 그룹별 생물상

Group 1은 천수만 북쪽에 위치한 5개 정점으로 구성되었으며, 총 52종이 출현하여 18.4%를 차지하였으며, group 2는 118종이 출현하여 41.7%를 차지하였고, group 3은 2개정점에 33종만이 출현하여 11.7%를 차지하였고, group 4는 5개 정점에 80종이 출현하여 28.3%를 차지하였다(Fig. 4-3-24).

동물군별로 비교해 보면 group 1에서는 연체동물이 13종, 갑각류가 13종, 다모류가 23종, 극피류가 2종, 기타동물군이 1종으로 나타났으며, group 2에서는 연체동물이 21종, 갑각류가 34종, 다모류가 49종, 극피동물이 5종, 기타동물군이 9종 출현하였다. group 3은 연체동물이 4종, 갑각류가 17종, 극피동물은 한 종도 출현하지 않았으며, 기타동물군이 4종 출현하였다. group 4는 연체동물이 17종, 갑각류가 18종, 다모류가 33종, 극리동물이 7종, 기타동물군이 5종 출현하였다(Fig. 4-3-25). 모든 동물군에서 group 2가 가장 많은 종이 출현하였다. 천수만 상부에 위치한 group 1의 경우 5개 정점을 포함하고 있으나 만입구의 3개 정점만으로 구성된 group 4보다도 적은 종수를 보였다. 즉, 만 상부에서 입구로 갈수록 각 정점에서 출현한 종 수가 증가하고 있음을 알 수 있다.

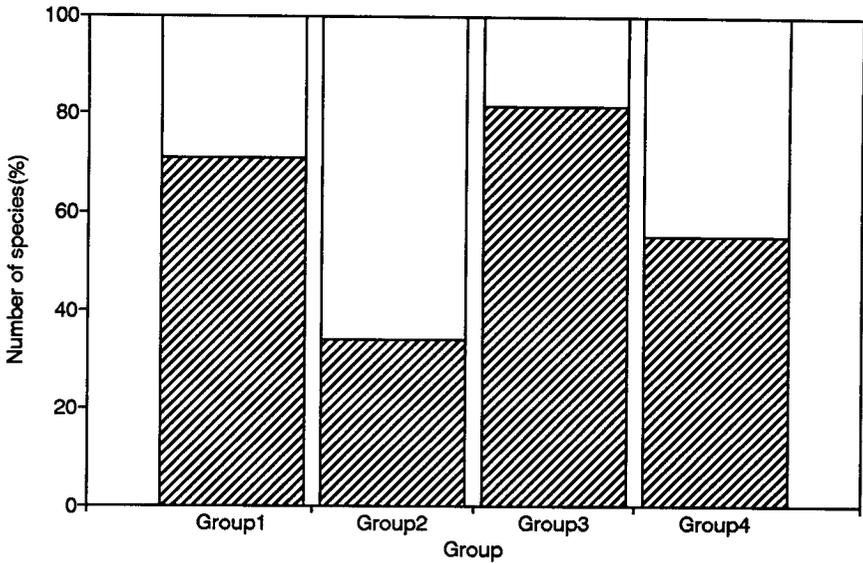


Fig. 4-3-24 The proportion of number of species in each groups from cluster analysis.

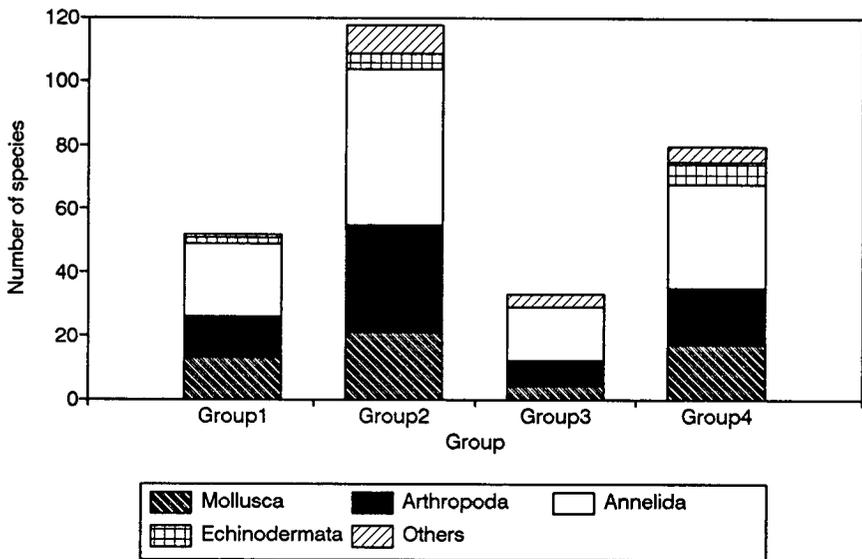


Fig. 4-3-25 Number of species by phyla at each group from cluster analysis.

개체수에서는 group 1에서 536개체, group 2에서 2013개체, group 3에서 118개체, group 4에서 392개체가 출현하였으며, 이를 정점별로 평균 출현 개체수를 환산하면, group 1은 평균 107개체, group 2는 평균 223개체, group 3은 평균 59개체, group 4는 평균 130개체가 출현한 것으로 나타났다(Fig. 4-3-26). 죽도부근 정점들로 구성된 지역이 종 수도 다양하고, 평균 출현 개체수도 가장 높게 나타났다. 또한 천수만 상부 지역보다는 하부지역이 정점당 출현하는 평균 개체수가 높게 나타났다.

분류군별 출현 개체수의 비는 group 1에서는 연체동물이 105개체, 갑각류가 77개체, 다모류가 337개체, 극피동물이 14개체, 기타동물군이 3개체로 나타났으며, group 2에서는 연체동물이 448개체, 갑각류도 연체동물과 동일한 개체가 나타났고, 다모류는 790개체, 극피동물은 14개체, 기타동물군이 26개체 출현하였다. Group 3에서는 연체동물이 6개체, 갑각류가 12개체, 다모류가 87개체, 기타동물군이 13개체 출현하였으며, group 4에서는 연체동물이 54개체, 갑각류가 127개체, 다모류가 161개체, 극피동물이 18개체, 기타동물군이 32개체 출현하였다. 개체수에서도 다모류가 모든 정점에서 대부분을 차지하였지만 지역별로 상부지역에서는 이매패류가 비교적 높은 비중을 차지하고 있는데 비해 하부지역에서는 갑각류가 많은 양이 출현한것으로 나타났다(Fig. 4-3-27).

Table 4-3-4. List of Characteristics species each group in April 1993.

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
<i>S. tentaculata</i>	<i>T. fragilis</i>	<i>P. krusadensis</i>	<i>L. japonica</i>
<i>Glycinde</i> sp.	<i>P. krusadensis</i>	<i>Sipuncula</i> unid.1	<i>P. serratiforns</i>
<i>P. krusadensis</i>	<i>L. longifolia</i>	<i>O. fusiformis</i>	<i>C. grayi</i>
<i>T. fragilis</i>	<i>N. oligobranchia</i>	<i>Glycinde</i> sp.	<i>L. hakodatensis</i>
<i>M. jedoensis</i>	Aoridae unid	<i>Magelona japonica</i>	<i>Byblis japonicus</i>

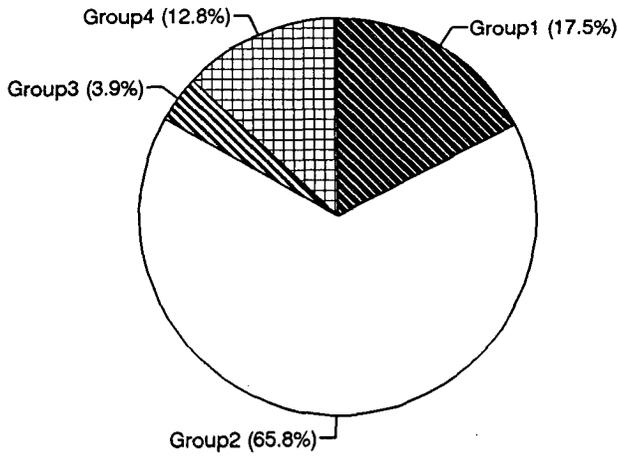


Fig. 4-3-26 The proportion of abundance at station groups from cluster analysis.

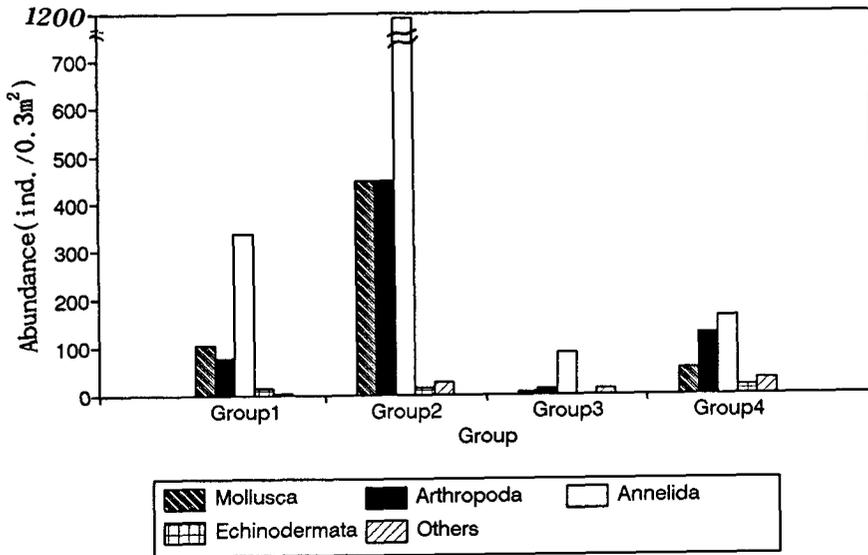


Fig. 4-3-27 Abundance by phyla at each group from cluster analysis.

각 group마다 우점하는 종을 살펴보면 group 1에서는 다모류와 이매패류가 주 종을 이루고 있다. *S.tentaculata*의 경우 정점 5와 9에서 각각 20개체가 출현하였으며, *Glycinde* sp의 경우 전 정점에서 모두 출현하였다. *P.krusadensis*는 정점 9에서 35개체가 출현하였고, *T.fragilis*는 정점 1에서 다량 출현하였다. Group 2에서는 *T.fragilis*가 정점 11,12,14에서 모두 90개체이상 출현하여 가장 많은 개체가 출현한 종이며, 다음으로 *P.krusadensis*, *L.longifolia*, *N.oligoranchia* 등의 다모류가 우점종으로 나타났다. Group 3에서는 2개 정점만이 포함되어 우점종이라고 볼 수 없으며, 두 정점에서 모두 출현한 종은 *Magelona japonica* 한 종 뿐이었다. *P.krusadensis*는 정점 17에서 31개체가 출현하였으며, 성구동물인 Sipunculida unid.이 정점 15에서 9개체가 출현하여 중요종으로 나타났다. Group 4의 경우는 다른 정점과 우점종이 거의 중복되지 않는 독특한 종들이 우점종으로 출현하였다. 전 정점에서 출현한 종은 한 종도 없으며, 주로 정점 21에서 출현 종들이 우점종으로 나타났다. 다모류인 *Lumbrineris japonica*는 정점 21에서 51개체가 출현하였으며, 단각류에 속하는 *Pisidia serratifrons*도 정점 21에서 31개체가 출현하였다. 암반에 부착하여 서식하는 완족동물인 *Coptothyris grayi*는 정점 21에서 26개체가 채집되었다(Table 4-3-4).

Group 별 생태학적 제지수를 비교해보면 다양도는 group 1에서 2.01, group 2에서 2.59, group 3에서 1.79, group 4에서 2.72로 group 4에서 가장 높게 나타났다. 가장 많은 정점이 포함된 group 2가 넓은 편차를 나타냈다(Fig. 4-3-28).

풍도는 group 1에서 3.32, group 2에서 5.33, group 3에서 2.62, group 4에서 4.5로 group 2가 가장 높게 나타났다. group 3에서는 2개의 정점이 거의 유사한 풍도를 보이고 있으며, group 4에서는 3개정점이 각기 큰차이의 풍도를 보이고 있다(Fig. 4-3-28).

균등도는 group 1에서 0.74, group 2에서 0.78, group 3에서 0.75,

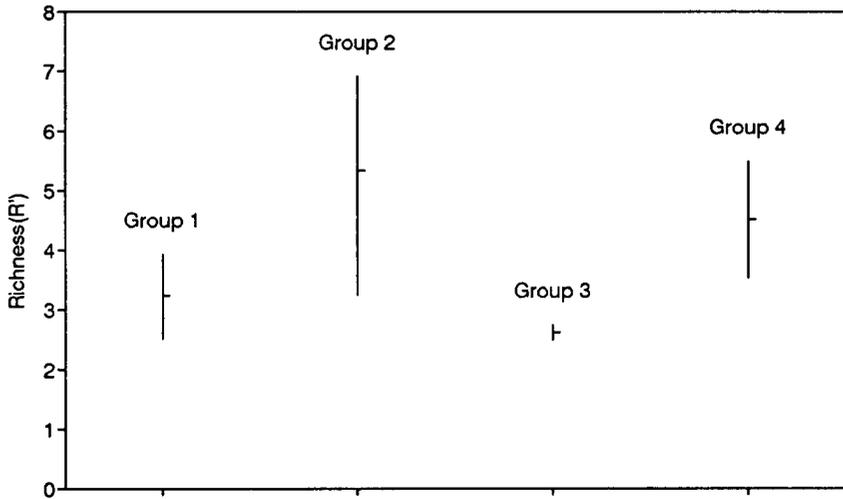
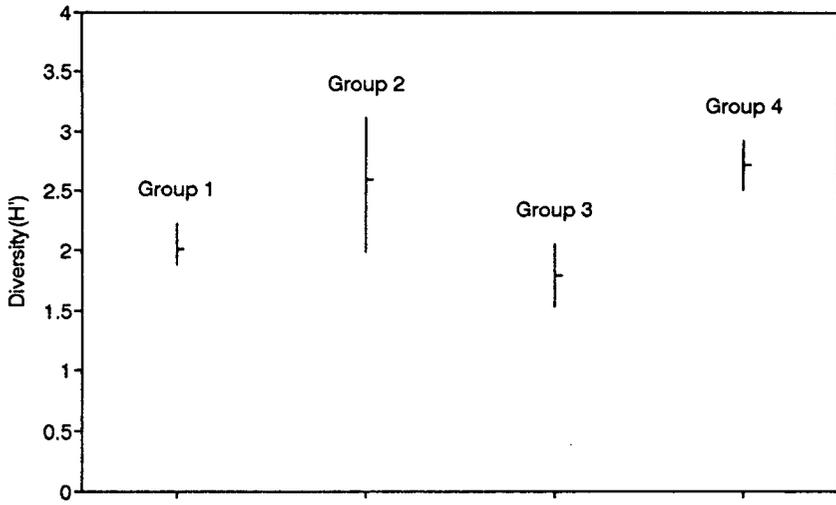


Fig. 4-3-28 Mean diversity (upper) and mean richness (lower) at each group from cluster analysis.

group 4에서 0.88을 나타냈다. 모든 group에서 유사한 값을 나타내고 있으며, group 4의 경우 한 종이 1개체 출현한 경우가 많아서 높은 값을 보였다(Fig.4-3-29).

우점도의 경우 group 1에서는 0.53, group 2에서는 0.4, group 3에서는 0.58, group 4에서는 0.3으로 나타났으며, 전반적으로 낮은 값을 나타냈다. 이는 한 지역에서 집중적으로 출현하는 종이 없으며, 모든 종이 적은 개체가 출현하는 경향을 보이기 때문이다. 각기 1개체씩 출현하는 양상을 보이는 group 4가 가장 낮은 값을 보였다(Fig. 4-3-29).

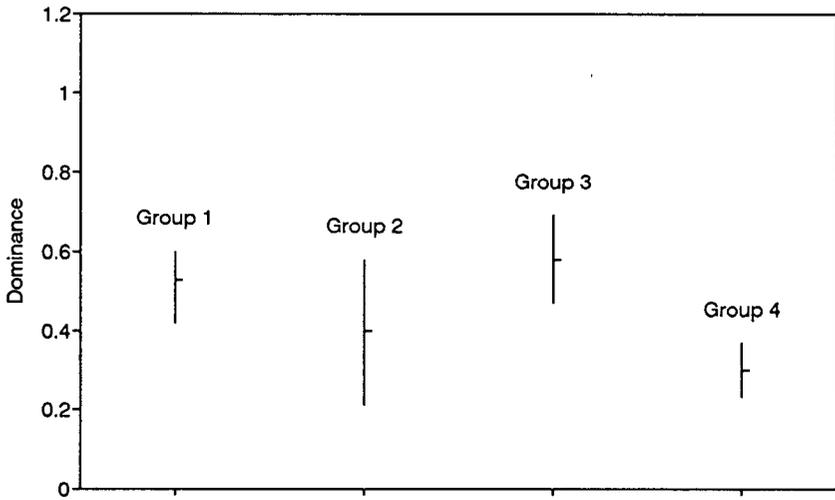
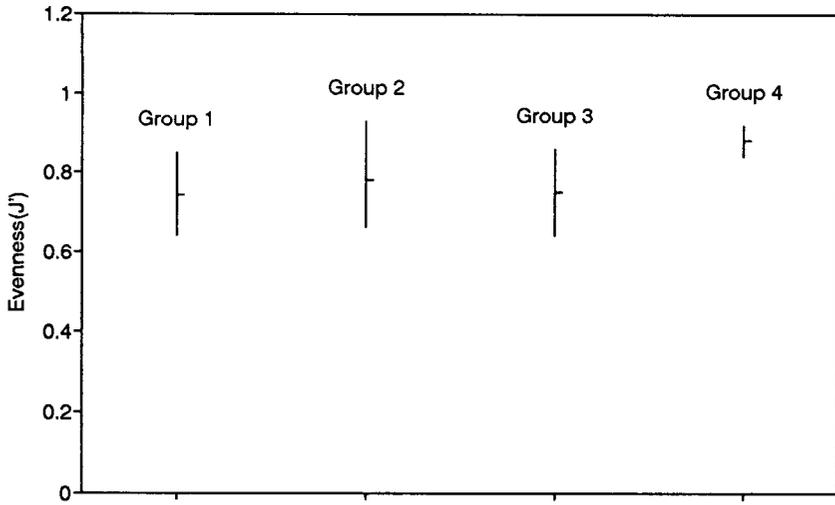


Fig. 4-3-29 Mean evenness (upper) and mean dominance (lower) at each group from cluster analysis.

4-3-2 하계생물상

4-3-2-1 종수 및 개체수 분포

1993년 8월에 천수만에서 30개 정점을 선정하여 조사하였다(Fig. 4-3-30). 저서생물은 총 200종에 10,236개체가 채집되었다(Table 4-3-5).

동물군 별로 종 수는 다모류가 84종으로 전체 출현 종수의 42.0%를 차지하였으며, 갑각류가 54종(27.0%), 연체동물이 41종(20.5%), 극피동물이 9종(4.5%), 기타 동물군이 12종(6.0%)를 차지하였다(Fig. 4-3-31). 기타 동물군으로는 4개 동물군이 포함되었는데, 강장동물이 5종, 성구동물이 2종, 편형동물이 1종, 유형동물이 4종 등이다. 41종이 출현한 연체동물에는 다판강류(Polyplacophora)가 1종, 복족류(Gastropoda)가 18종, 이매패류가 22종이 포함되었다.

정점별 종 수의 출현 양은 평균 34종이 출현 한 것으로 나타났으며, 정점 30에서 가장 많은 종이 출현하였으며, 정점 29에서 7종이 출현하여 가장 작은 종수를 나타냈다. 지역별로 내만역에 위치한 정점에서는 평균 20여종이 출현하였고, 천수만 입구로 갈수록 종 수는 증가하는 것으로 나타났다(Fig.4-3-32).

분류군별로 종 수의 분포를 보면 가장 많은 부분을 차지하고 있는 다모류의 경우 정점 30에서 51종이 출현하였고, 정점 12,29에서 4종이 출현하였다. 갑각류의 경우 정점 30에서 20종이 출현하였으며, 정점 29의 경우 한 종도 출현하지 않았다. 연체동물의 경우 모든 정점에서 10종 미만의 고른 출현 양상을 보였다(Fig. 4-3-33)

개체수에서는 다모류가 4,414개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 43.1%를 차지하였으며, 연체동물은 4,053개체(39.6%), 절지동물은 1,351개체(13.2%), 극피동물 312개체(3.1%), 기타동물군(1.0%)를 차지하였다(Fig. 4-4-35). 소량이 출현한 기타동물군에는 강장동물이 12개체, 성구동물이 6

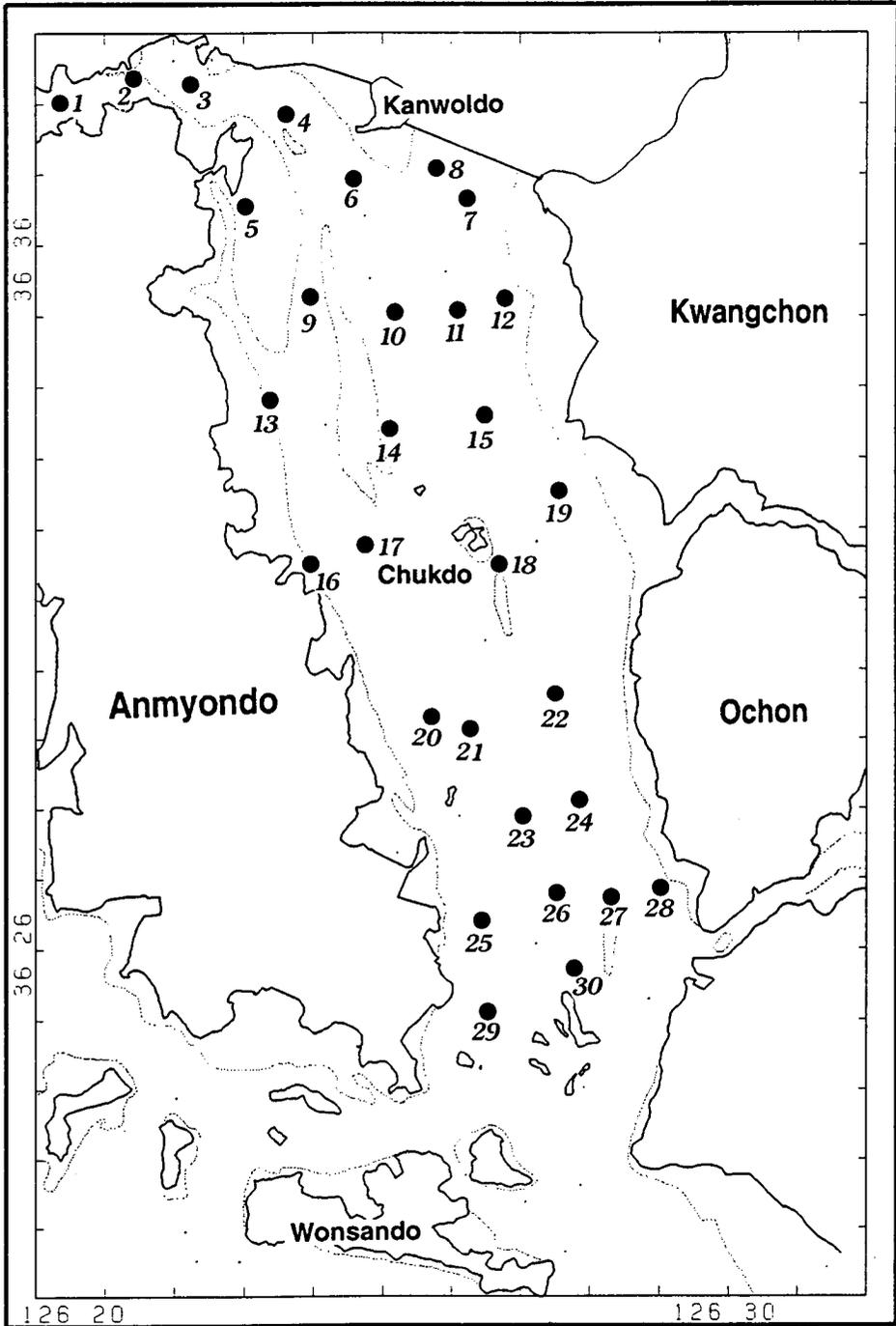


Fig. 4-3-30 Map showing the sampling station, August 1993.

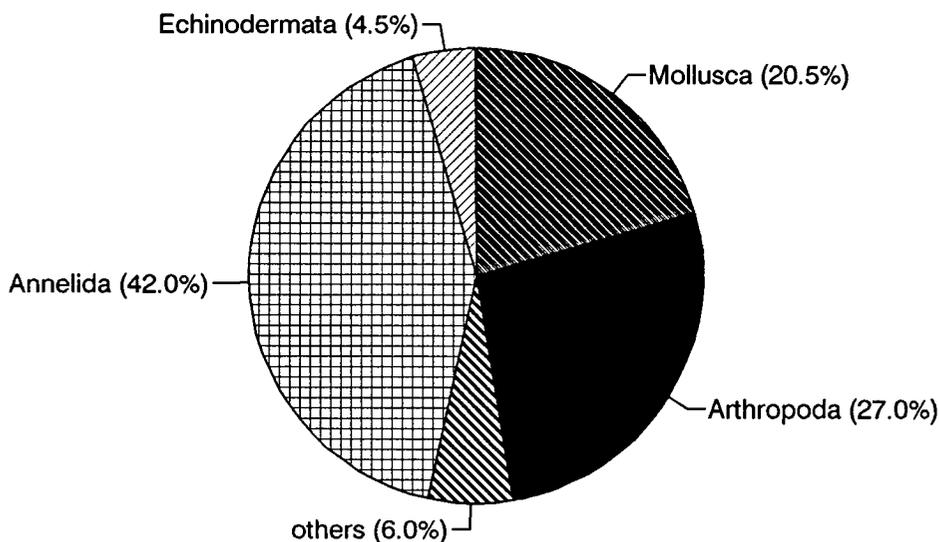


Fig. 4-3-31 The proportion of number of species at each group in Cheonsu Bay, August 1993.

Table 4-3-5. Number of specie, abundance and number of stations in major taxonomic group in August 1993.

Taxonomy	Number of species(%)	Abundance (ind./0.3m ²)	Number of stations(%)
Mollusca	41 (20.5)	4,053 (39.6)	30 (100)
Arthropoda	54 (27)	1,351 (13.2)	29 (96.7)
Annelida	84 (42)	4,414 (43.1)	30 (100)
Echinodermata	9 (4.5)	316 (3.0)	26 (86.7)
Others	12 (6)	102 (1.0)	29 (96.7)
Cnidaria	5 (2.5)	12 (0.1)	8 (26.7)
Sipunculida	2 (1)	6 (0.1)	5 (16.7)
Platyhelminthes	1 (0.5)	22 (0.2)	11 (36.7)
Nemertina	4 (2)	62 (0.6)	21 (70)
Total	200	10,236	30

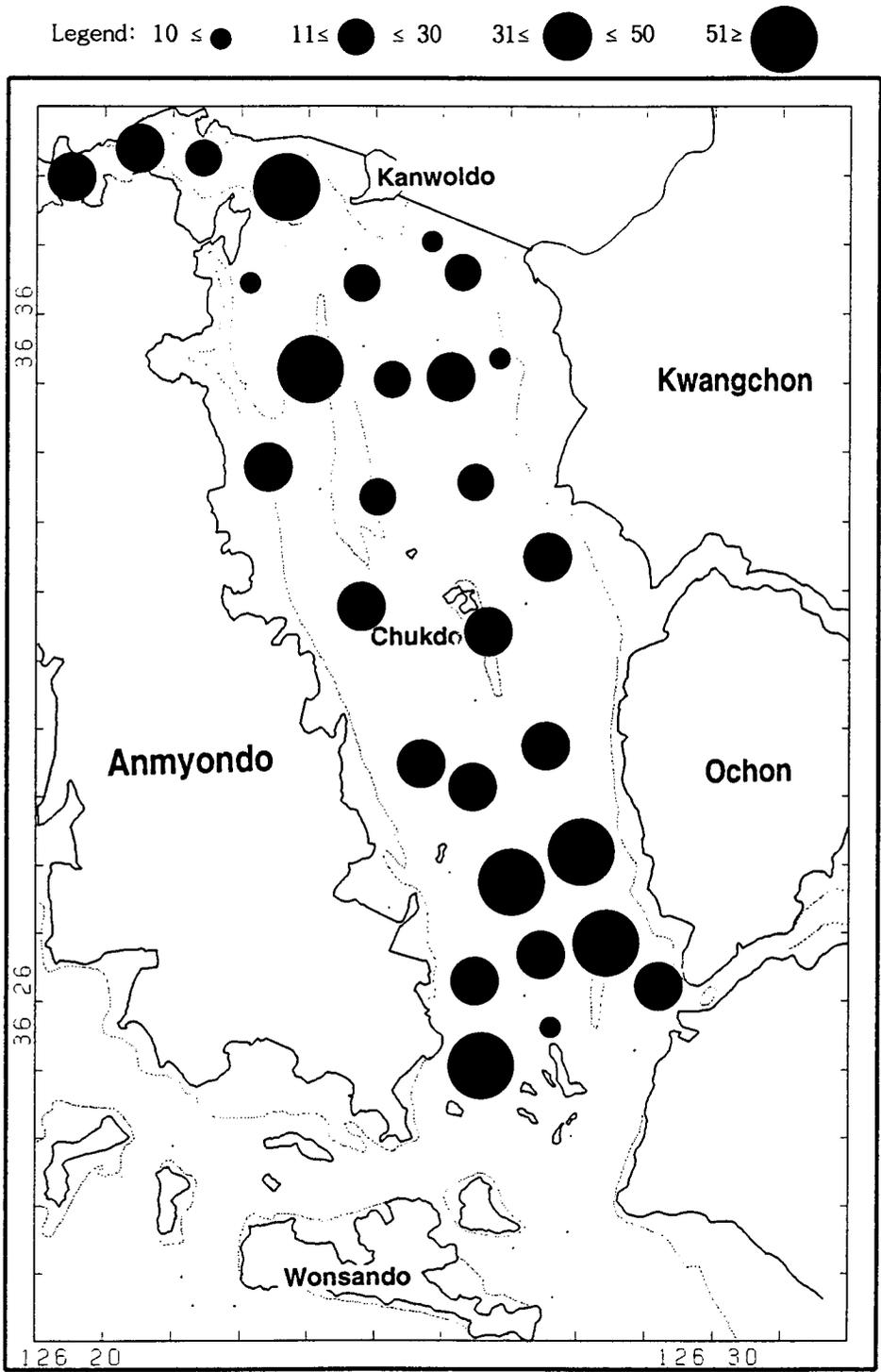


Fig. 4-3-32 Distribution of number of species in study area, August 1993.

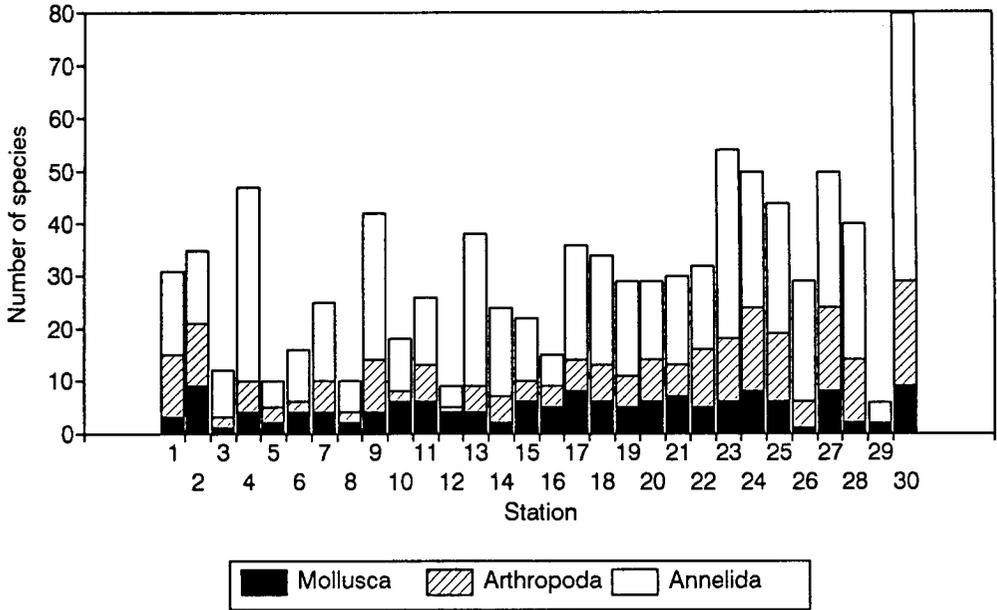


Fig. 4-3-33 The proportion of number of species by major taxonomic groups at each station.

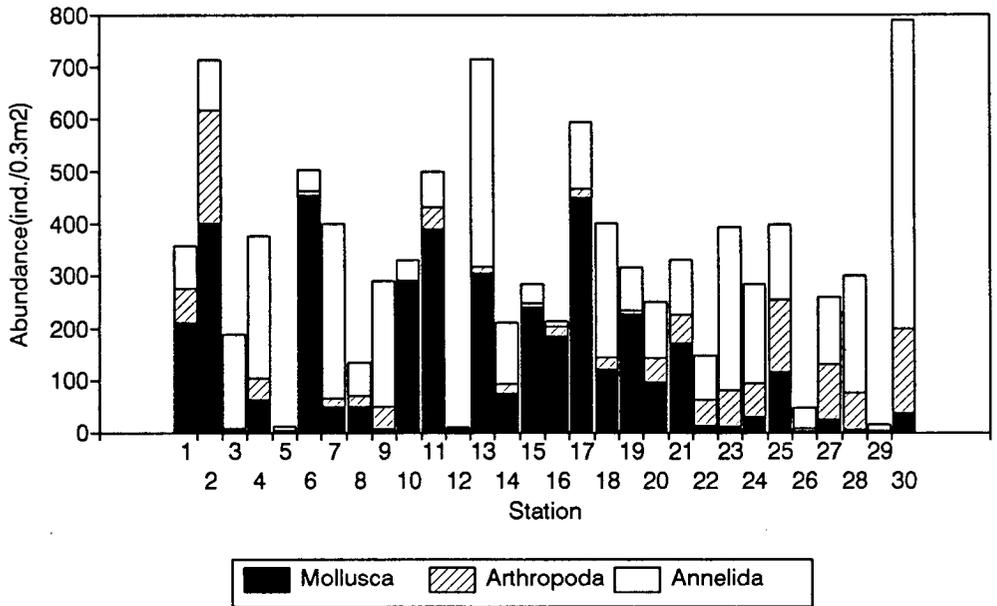


Fig. 4-3-34 The proportion of abundance by major taxonomic groups at each station.

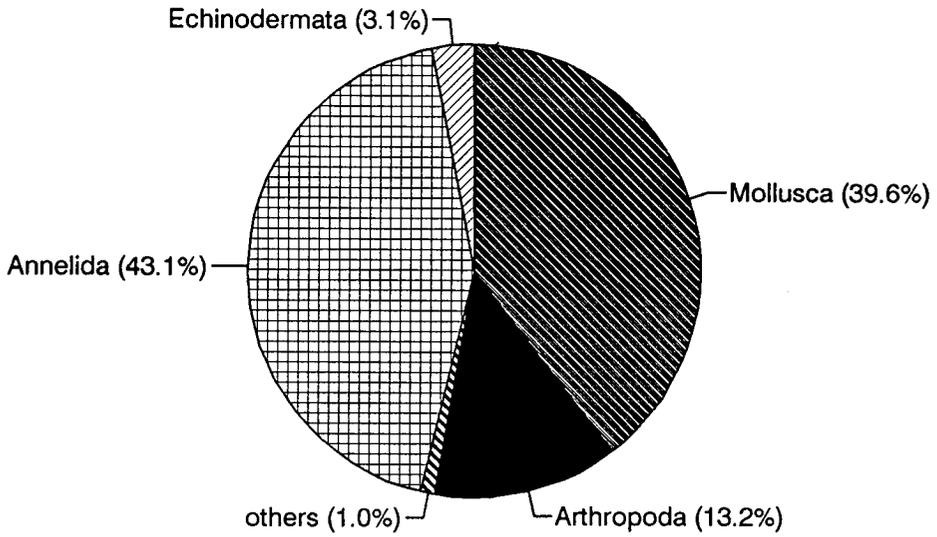


Fig. 4-3-35 The proportion of abundance by taxonomic groups in Cheonsu Bay, August 1993.

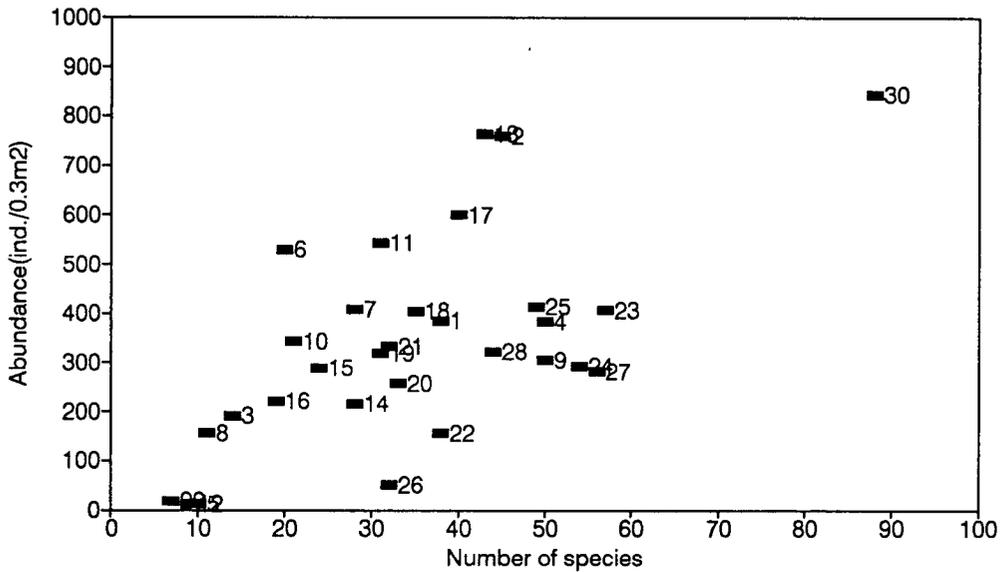


Fig. 4-3-36 The relationship between abundance and number of species at each station.

개체, 편형동물이 22개체, 유형동물이 2개체 포함되었다. 연체동물 중에는 다판류가 5개체, 이매패류가 3,809개체, 복족류가 239개체 포함되었다 (Table 4-3-5).

지역별 개체수 분포는 지역적인 차이를 보이지 않고 전반적으로 유사한 개체수가 출현하였으며, 육지에 인접한 정점인 5, 12, 29 등에서 소량 채집되었다. 정점별 평균 출현 개체수는 341개체이며, 정점 20에서 843개체로 가장 많은 양이 출현하였으며, 정점 12에서 단지 13개체만이 출현하였다(Fig. 4-3-37).

주요 동물군 별로 출현 개체수를 비교해보면, 연체동물의 경우 천수만 상부지역에서 출현개체수의 대부분을 차지하다가 하부로 갈수록 개체수가 감소하는 경향을 보였으며, 절지동물의 경우 반대로 상부지역에서는 적은 양을 보이다가 하부로 갈수록 출현개체수가 증가하는 양상을 보였다. 다모류의 경우 죽도를 중심으로 중앙 부분에서 적은 양이 출현하는 양상을 보였다(Fig. 4-3-34).

정점당 출현 개체수와 종수와의 관계는 천수만 입구의 정점인 정점 23,25,27,28 등이 개체수에 비해 많은 종 수를 나타냈으며, 대부분의 정점이 20-40종, 200-600개체가 출현하는 양상을 보였다(Fig. 4-3-36).

4-3-2-2 우점종의 분포

하계 조사에서 가장 많은 개체가 출현한 종은 이매패류인 *T.fragilis*로 22개 정점에서 2,884개체가 출현하여 전체 출현개체수의 28.2%를 차지하였다. 다음으로 많은 개체가 출현한 것은 다모류인 *L.longifolia*로 21개 정점에서 1,313개체가 출현하였다. 이들 두종은 Le Bris index에 의한 우점종 평가에서도 우점종으로 나타났다(Table 4-3-6).

*T.fragilis*의 경우 해안가에 위치한 정점을 제외하고는 천수만 상부에서 중부에 이르기까지 고른 출현을 하였다. 천수만 입구에서는 일부 정점에서 소량이 출현하였으며, 거의 출현하지 않았다. 가장 많이 출현한 정점은 간

월도 부근에 위치한 정점 6으로 432개체가 출현하였으며, 정점 17에서도 401개체가 출현하였다(Fig. 4-3-38).

*L.longifolia*는 정점 14에서 314개체가 출현하여 가장 많은 개체가 출현하였으며, *T.fragilis*와 유사한 지역에서 출현하였지만 *T.fragilis*가 많이 출현한 지역에서는 상대적으로 적은 개체수를 보였다(Fig.4-3-39).

복족류인 *Philine argentata*는 176개체가 출현하였는데 21개 정점에서 출현하여 높은 출현빈도로 인해 우점종으로 나타났다. 이 종은 가장 많은 개체가 출현한 지역은 정점 16으로 18개체가 출현하였다. 전반적으로 한 정점에서 10개체 미만이 출현하였다. 천수만 지역 전반에 걸쳐 고른 출현 양상을 보였다(Fig. 4-3-40).

다모류인 *N.oligobranchia*는 24개 정점에서 76개체가 출현하였다. 가장 많은 개체가 출현한 지역은 정점 30으로 불과 9개가 출현한 것에 불과하다. 하지만 전 정점에 걸쳐 고른 출현양상을 보였다(Fig. 4-3-41).

갑각류인 *Raphidopus cillatus*는 22개 정점에서 154개체가 출현하였다. 정점 6에서 30에 이르기까지 고른 출현 양상을 보였다. 특히 정점 25에서 21개체가 출현하여 가장 많은 개체가 출현한 것으로 나타났다(Fig.4-3-42).

다모류인 오뚜기 갯지렁이(*Sternapis scutata*)는 12개 정점에서 267개체가 채집되었다. 주로 천수만 중부지역인 정점 13에서 25에 이르는 지역에서 집중적으로 출현하였으며, 정점 20에서 73개체가 출현하여 가장 많은 개체가 출현한 것으로 나타났다(Fig.4-3-43).

다모류인 *Glycinde* sp.는 19개 정점에서 156개체가 채집되었다. 주로 죽도 이남지역에서 주로 출현하였으며, 정점 21에서 23개체가 출현하여 가장 많은 개체가 출현한 것으로 나타났다(Fig.4-3-44).

다모류인 *Heteromastus* sp.는 15개 정점에서 73개체가 출현하였다. 정점 6에서 21개체가 출현하여 가장 많은 출현을 하였으며, 주로 수심이 낮거나 조간대 지역에 위치한 정점인 5, 14, 16, 27 등에서 출현하였다

(Fig.4-3-45).

이때패류인 *M.jedoensis*는 17개 정점에서 200개체가 출현하였다. 주로 죽도 이남지역에서 출현하였으며, 정점 25에서 41개체가 출현하여 가장 많은 출현을 보였다(Fig.4-3-46). 천수만지역에서 비교적 수심이 깊고, 모래와 펄이 혼재된 퇴적상을 지닌 지역에서 주로 많은 개체가 나타났다(Fig.).

다모류인 *G.chirori*는 23개 정점에서 87개체가 출현하여, 채집된 생물 중에 가장 많은 정점에서 출현한 것으로 나타났다. 그러나 정점당 출현 개체수가 10개체 미만으로 나타났으며, 정점 9에서 12개체가 출현한 것이 가장 많은 양이 채집된 것이다(Fig.4-3-47).

다모류인 *Amphareta arctica*는 14개 정점에서 262개체가 출현하였다. 전체 출현 개체수에서는 높은 비중을 차지하지만 정점 30에서 무려 150개체가 출현하였으며, 다른 정점에서는 평균10개체 미만으로 소량 출현하였다(Fig.4-3-48). 주로 죽도 이남지역에서만 서식하는 것으로 나타났다.

다모류인 *Arcidea* sp.는 17개 정점에서 109개체가 채집되었다. 정점 3에서 29개체가 채집되어 가장 많이 출현한 지역이며, 평균 10개체 미만으로 천수만 중부지역을 중심으로 분포하였다(Fig.4-3-49).

이때패류인 *Mytilus edulis galloprovincialis*는 613개체가 출현하여 출현 종 중에 3번째로 많은 개체가 출현하였지만 정점 1,3,4등 3군데 정점에서만 출현하였고, 다른 지역에서는 전혀 출현하지 않았다.

Table 4-3-6. Dominant species list ranked by Le Bris Index.

Rank	Species	*Phy	Total ind.	% of ind.	Freq. ind.	% of freq.	Le Bris index
1	<i>Theora fragilis</i>	bi	2884	28.18	22	73.33	17764786
2	<i>Lumbrineris longifolia</i>	po	1313	12.83	21	70.00	9038145
3	<i>Philine argentata</i>	ga	176	1.72	21	70.00	1489590
4	<i>Nephtys oligobranchia</i>	po	76	0.74	24	80.00	1438081
5	<i>Raphidopus ciliatus</i>	cr	154	1.50	22	73.33	1307048
6	<i>Sternaspis scutata</i>	po	267	2.61	12	40.00	1090432
7	<i>Glycinde</i> sp.	po	156	1.52	19	63.33	1007167
8	<i>Heteromastus</i> sp.	po	73	0.71	15	50.00	996466
9	<i>Moerella jedoensis</i>	bi	200	1.95	17	56.67	984862
10	<i>Glycera chirori</i>	po	85	0.83	23	76.67	946304
11	<i>Amphareta arctica</i>	po	262	2.56	14	46.67	900883
12	<i>Arcidea</i> sp.	po	109	1.06	17	56.67	823135
13	<i>Sigambra tentaculata</i>	po	110	1.07	19	63.33	711780
14	<i>Thrxys</i> sp.	po	105	1.03	16	53.33	663063
15	<i>Protankyra bidentata</i>	ec	136	1.33	16	53.33	618384
16	<i>Anatides koreana</i>	po	96	0.94	17	56.67	609880
17	<i>Terebellides horikoshii</i>	po	184	1.80	12	40.00	603999
18	<i>Amaoana</i> sp.1	po	129	1.26	16	53.33	577342
19	<i>Gammaropsis utinomi</i>	cr	176	1.72	8	26.67	421355
20	<i>Amphicteis gunneri</i>	po	114	1.11	9	30.00	404840
21	<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	bi	613	5.99	3	10.00	367094
22	<i>Nemertina</i> unid.1	ne	40	0.39	18	60.00	327863
23	<i>Melita</i> sp.	cr	78	0.76	12	40.00	297889
24	<i>Ampelisca</i> sp.	cr	97	0.95	11	36.67	282652
25	<i>Prionospio krusadensis</i>	po	100	0.98	11	36.67	280002
26	<i>Ampelisca misakiensis</i>	cr	128	1.25	6	20.00	279560
27	<i>Harmothoe</i> sp.	po	85	0.83	12	40.00	267939
28	<i>Eriopisella sechellensis</i>	cr	75	0.73	11	36.67	251327
29	<i>Chaetozone spinosa</i>	po	100	0.98	7	23.33	205957
30	<i>Syllidae</i> unid.	po	52	0.51	9	30.00	192583

(*Phy: bi→Bivalvia, ga→Gastropoda, cr→Crustacea, po→Polychaeta
ne→Nemertina, ec→Echinodermata)

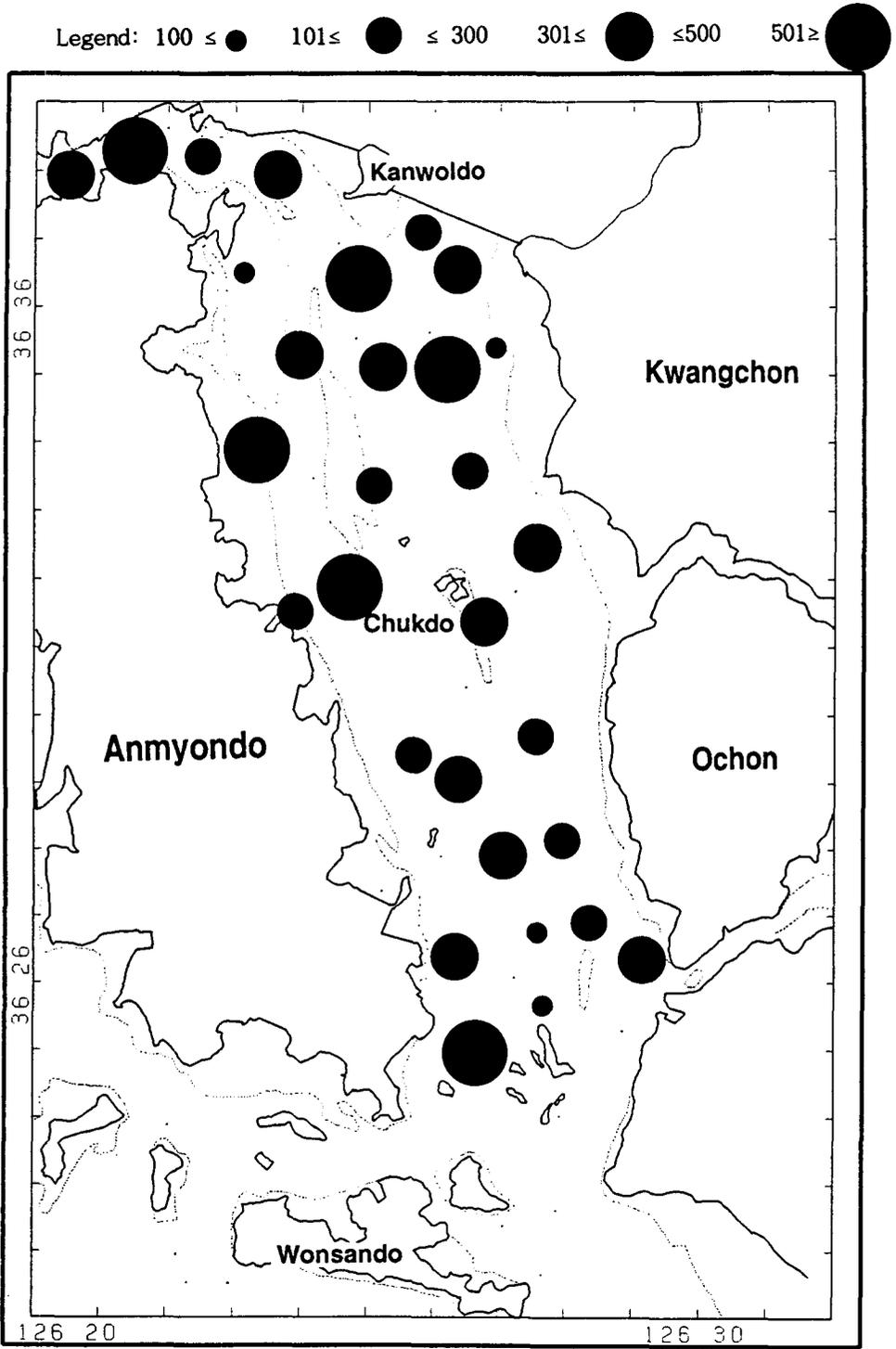


Fig. 4-3-37 Distribution of abundance in study area, August 1993.

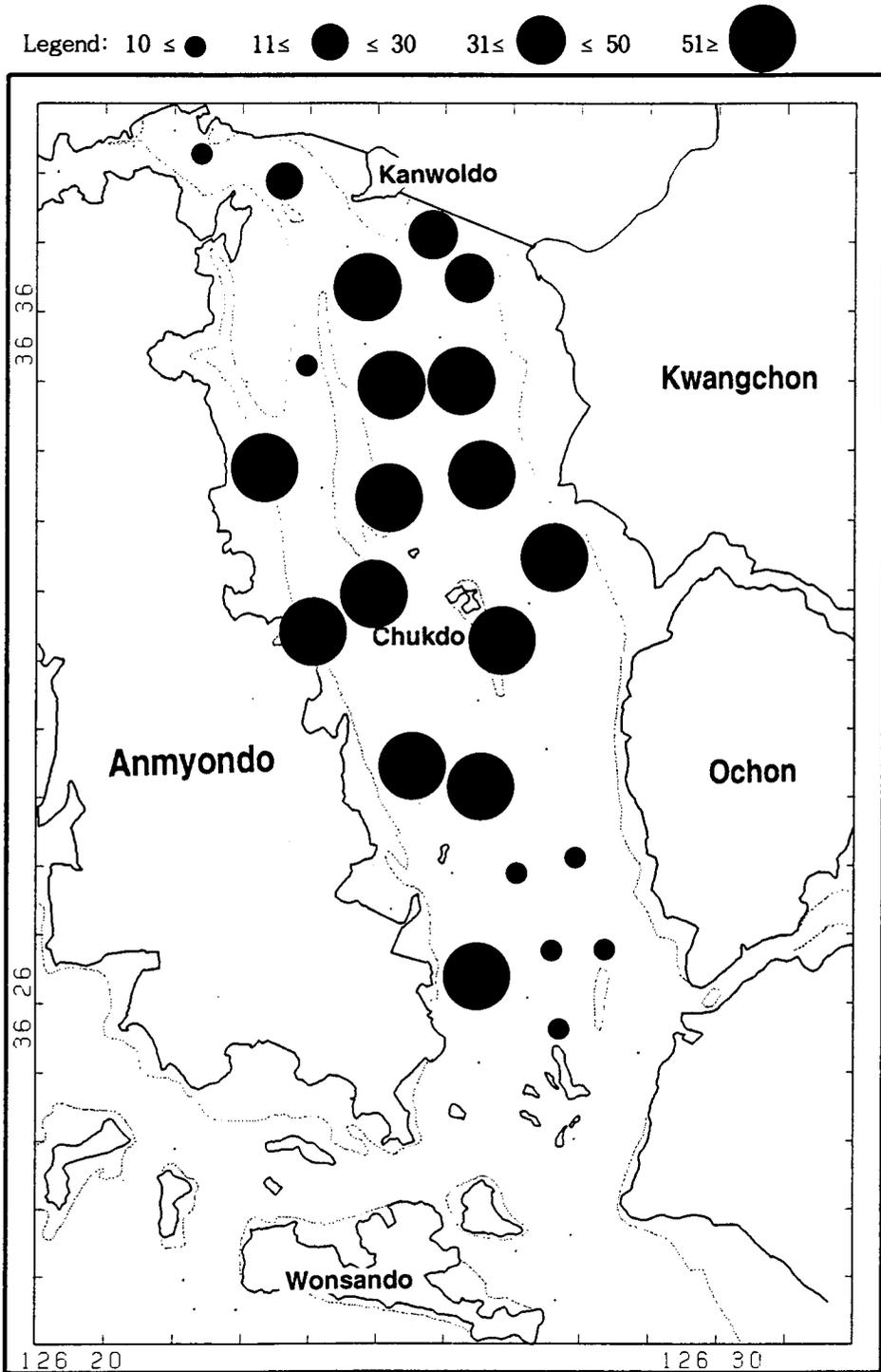


Fig. 4-3-38 Distribution of *Theora fragilis* in Cheonsu Bay, August 1993.

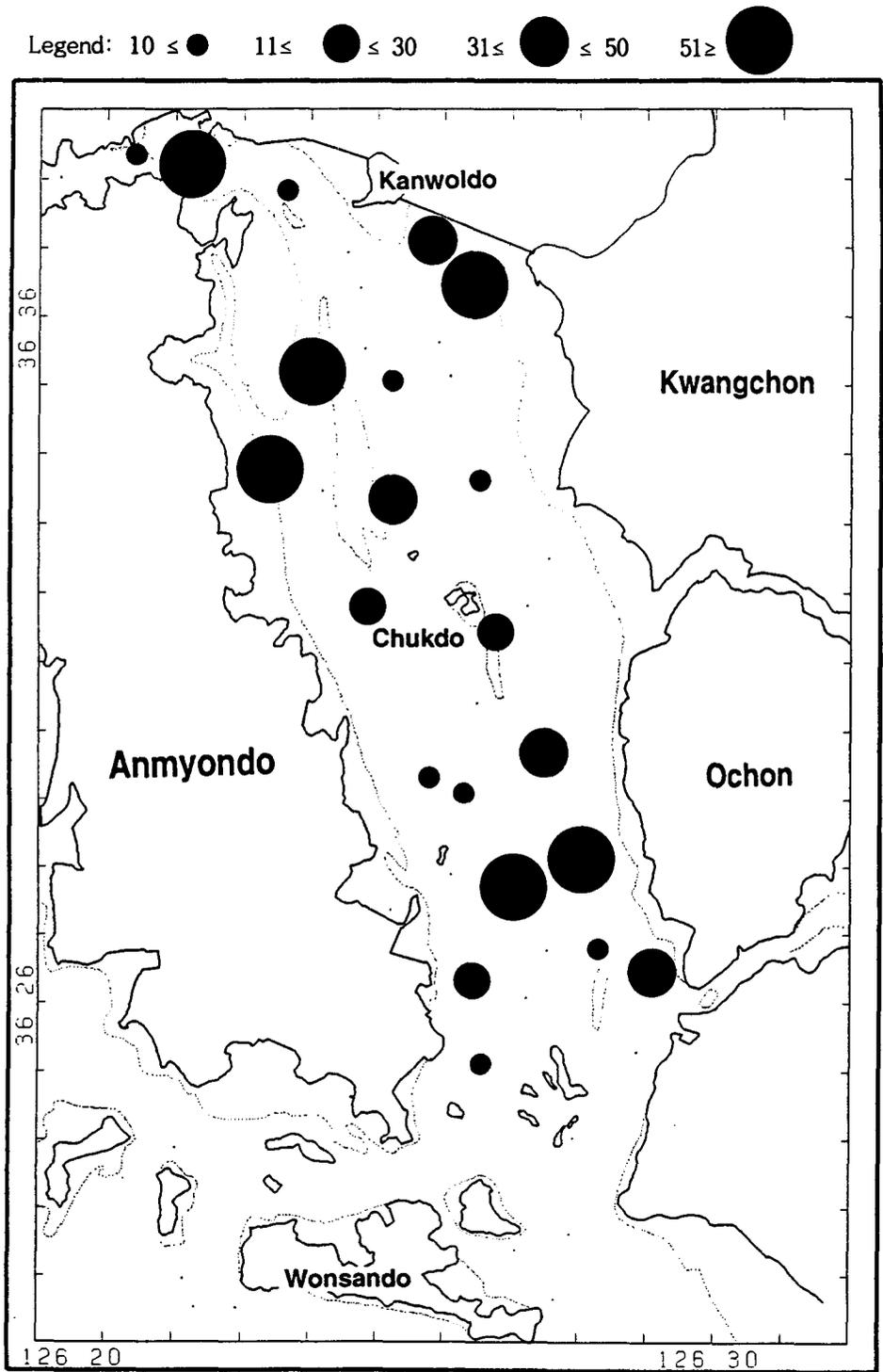


Fig. 4-3-39 Distribution of *Lumbrineris longifolia* in Cheonsu Bay, August 1993.

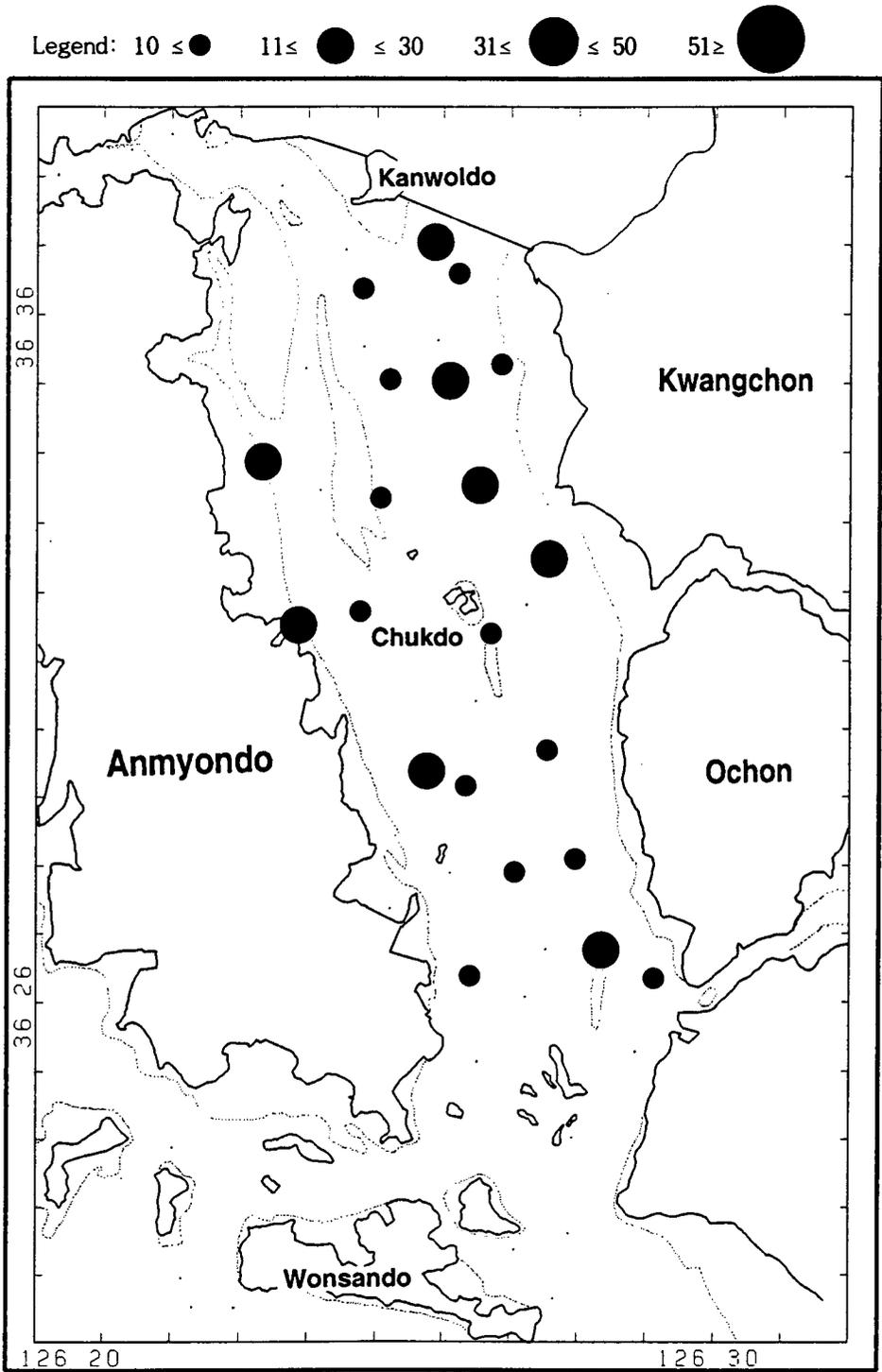


Fig. 4-3-40 Distribution of *Philine argentata* in Cheonsu Bay, August 1993.

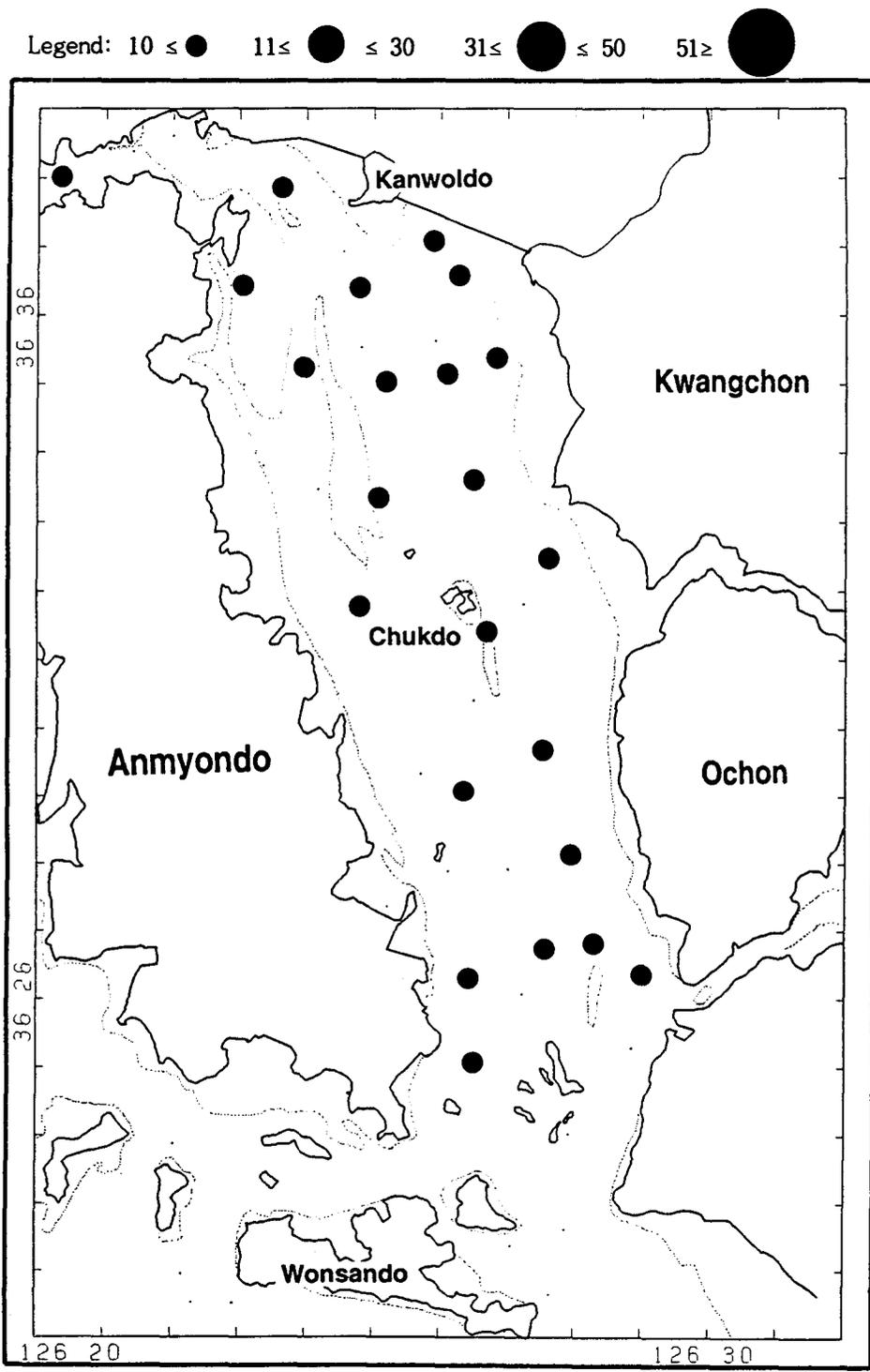


Fig. 4-3-41 Distribution of *Neptys oligobrauchia* in Cheonsu Bay, August 1993.

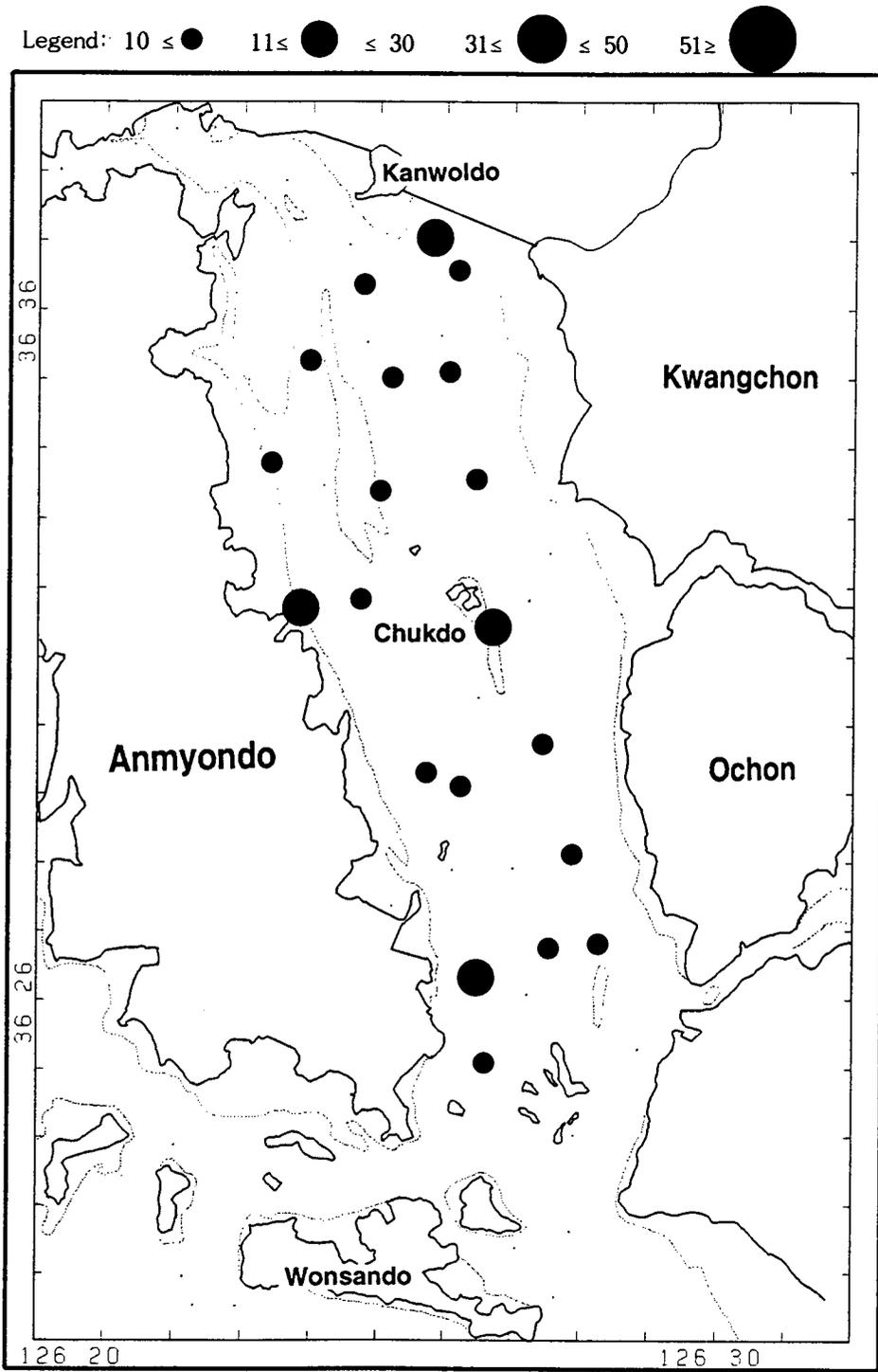


Fig. 4-3-42 Distribution of *Raphidopus ciliatus* in Cheonsu Bay, August 1993.

Legend: 10 ≤ ● 11 ≤ ● ≤ 30 31 ≤ ● ≤ 50 51 ≥ ●

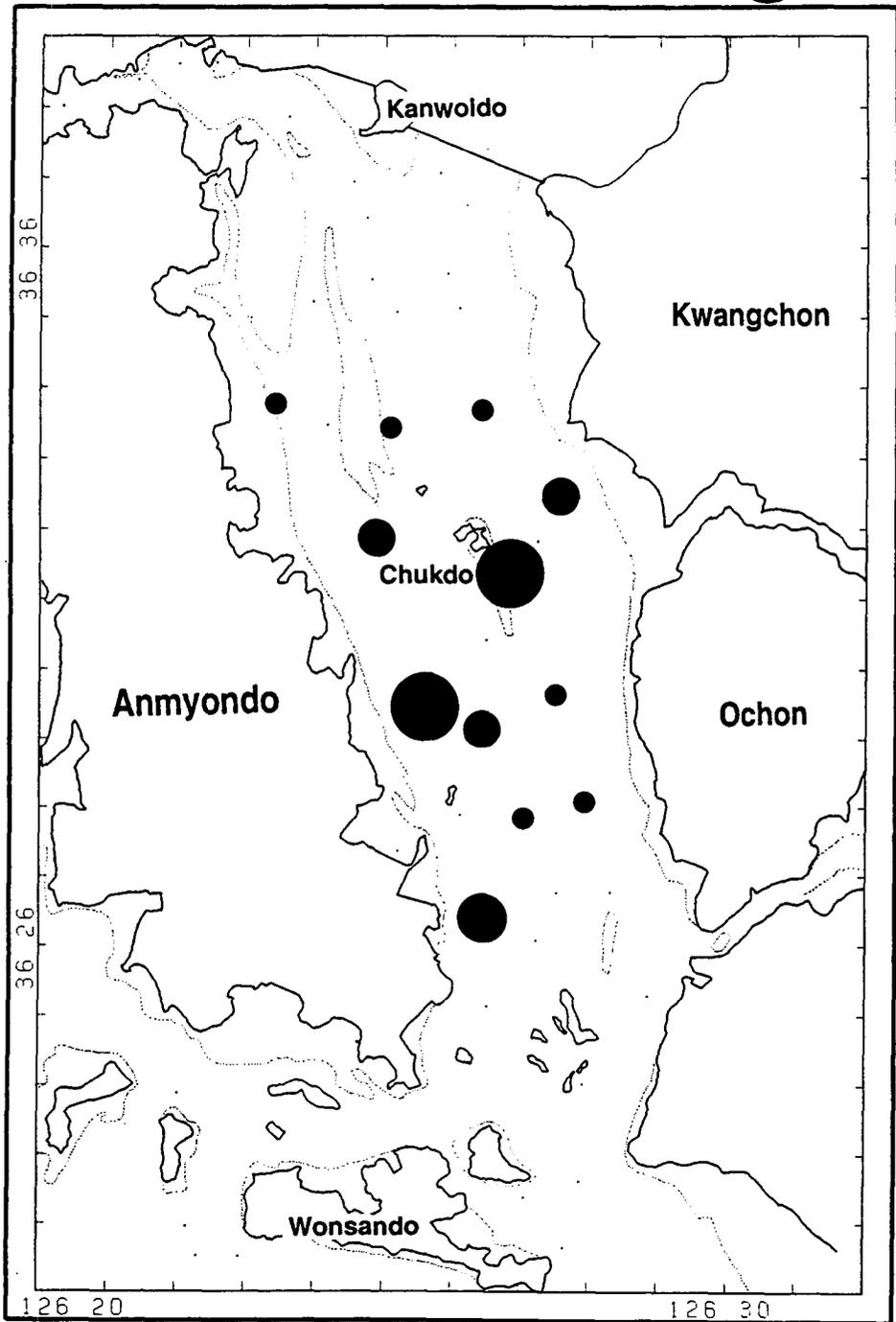


Fig. 4-3-43 Distribution of *Sternapis scutata* in Cheonsu Bay, August 1993.

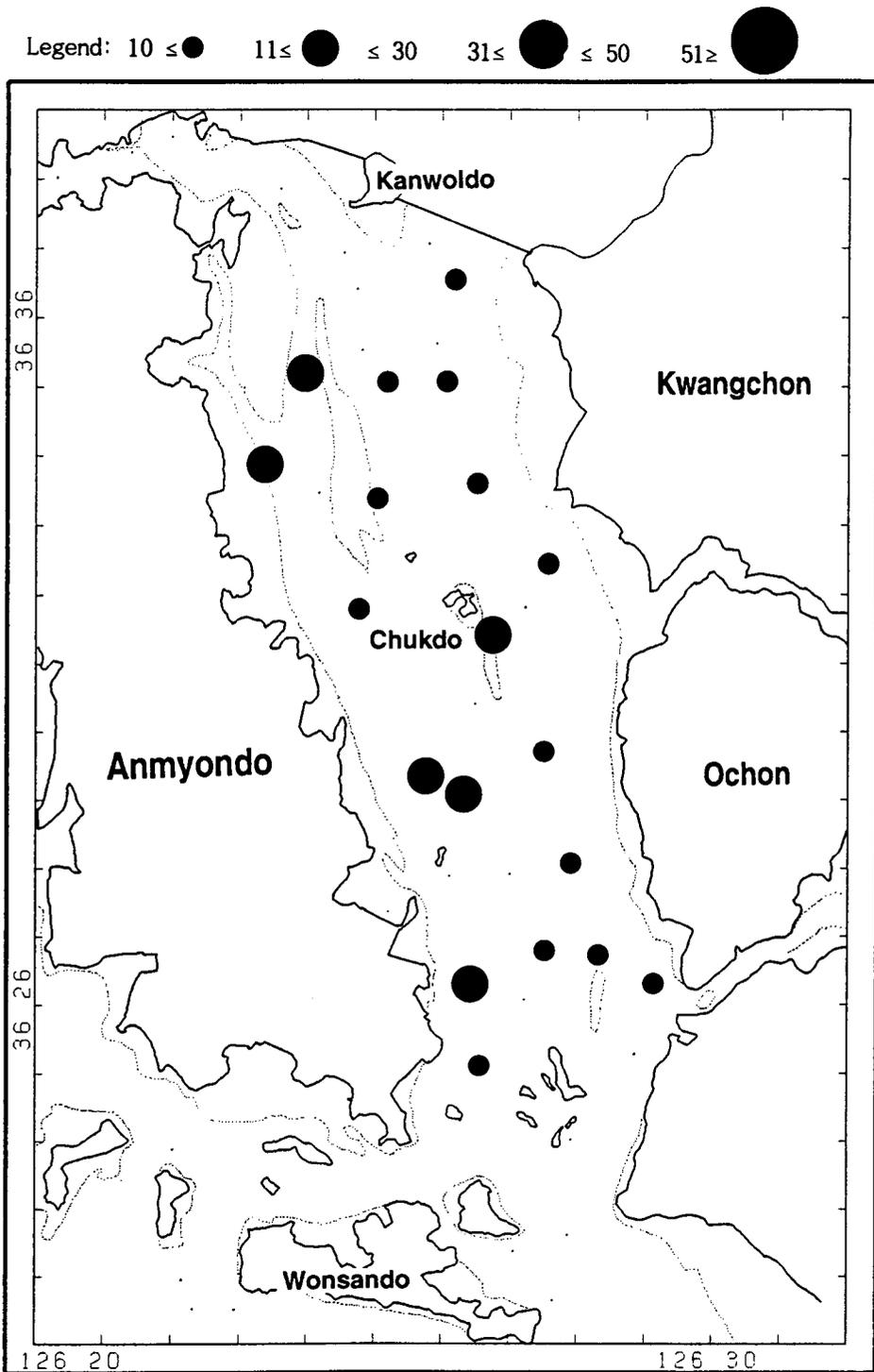


Fig. 4-3-44 Distribution of *Glycinde* sp. in Cheonsu Bay, August 1993.

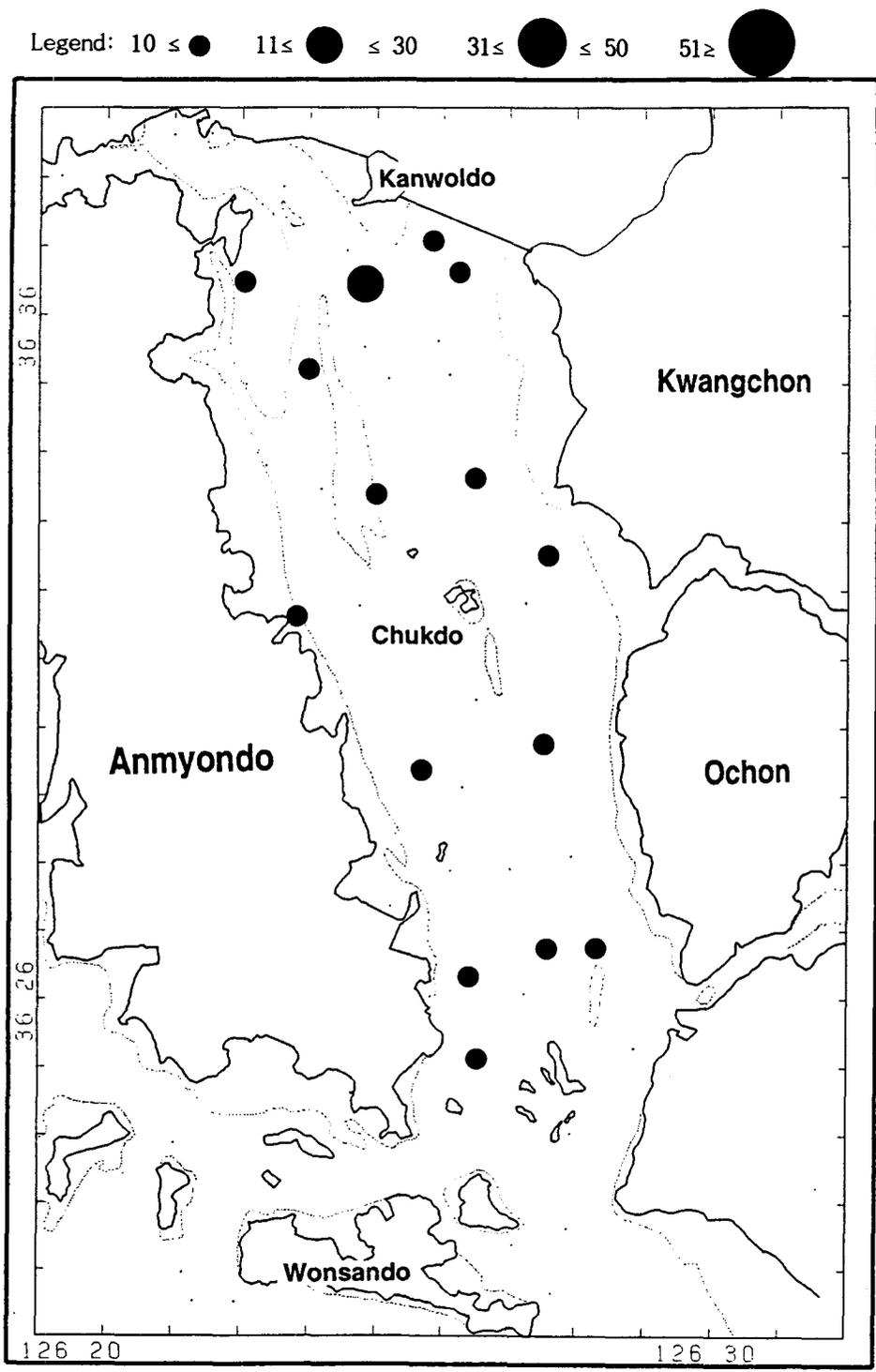


Fig. 4-3-45 Distribution of *Heteromastus* sp. in Cheonsu Bay, August 1993.

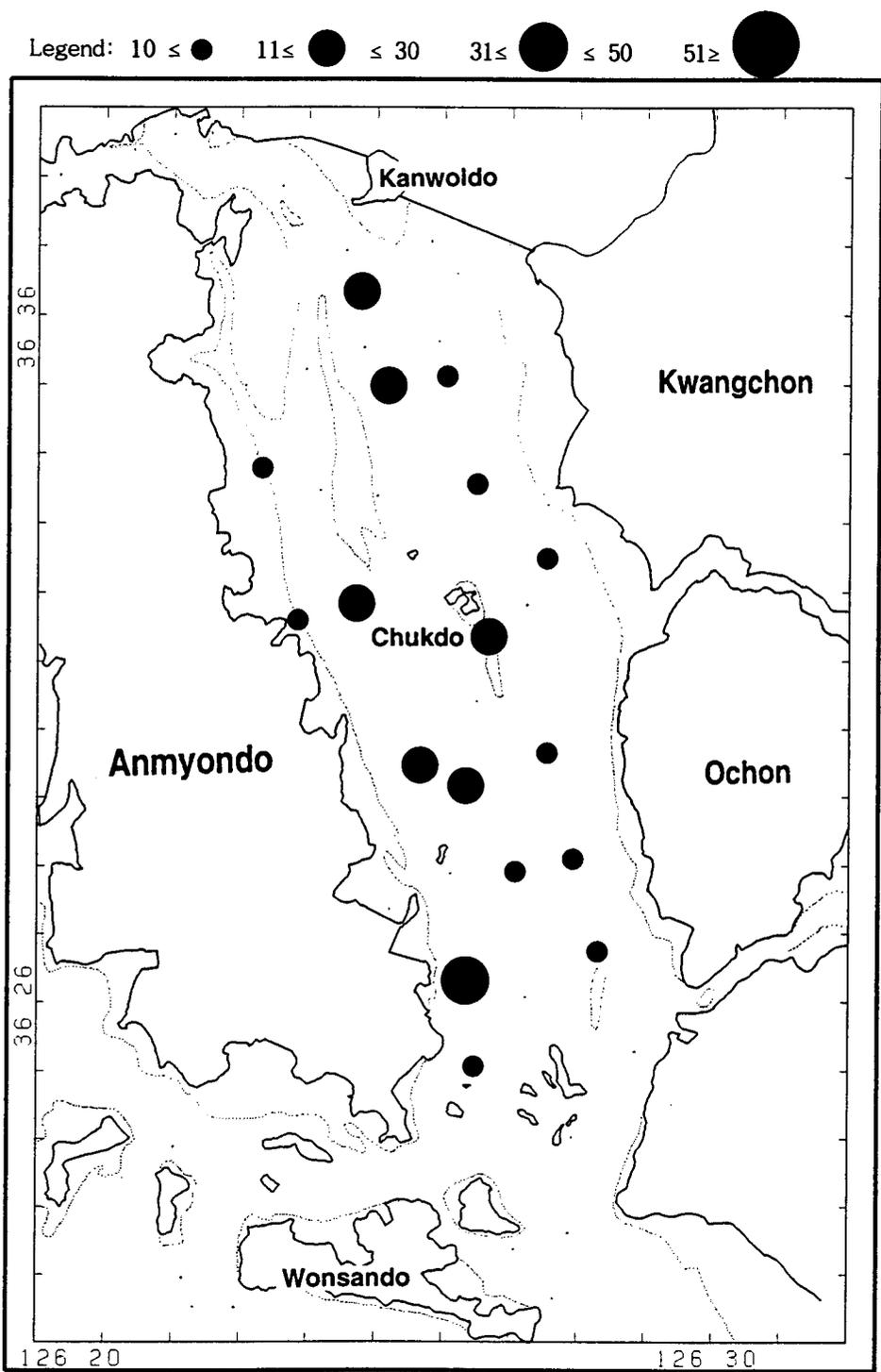


Fig. 4-3-46 Distribution of *Moerella jedoensis* in Cheonsu Bay, August 1993.

Legend: $10 \leq \bullet$ $11 \leq \bullet \leq 30$ $31 \leq \bullet \leq 50$ $51 \geq \bullet$

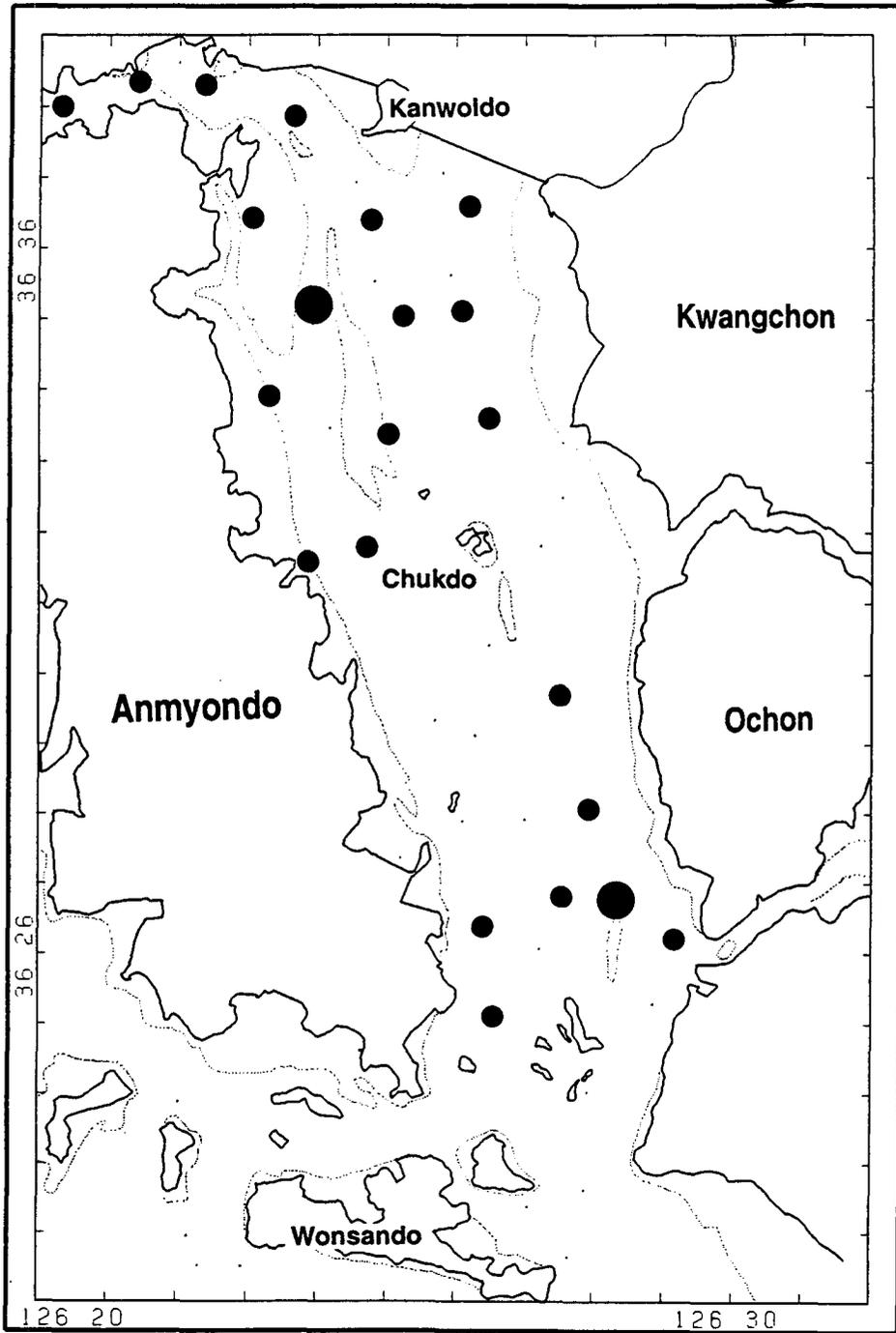


Fig. 4-3-47 Distribution of *Glycera chirori* in Cheonsu Bay, August 1993.

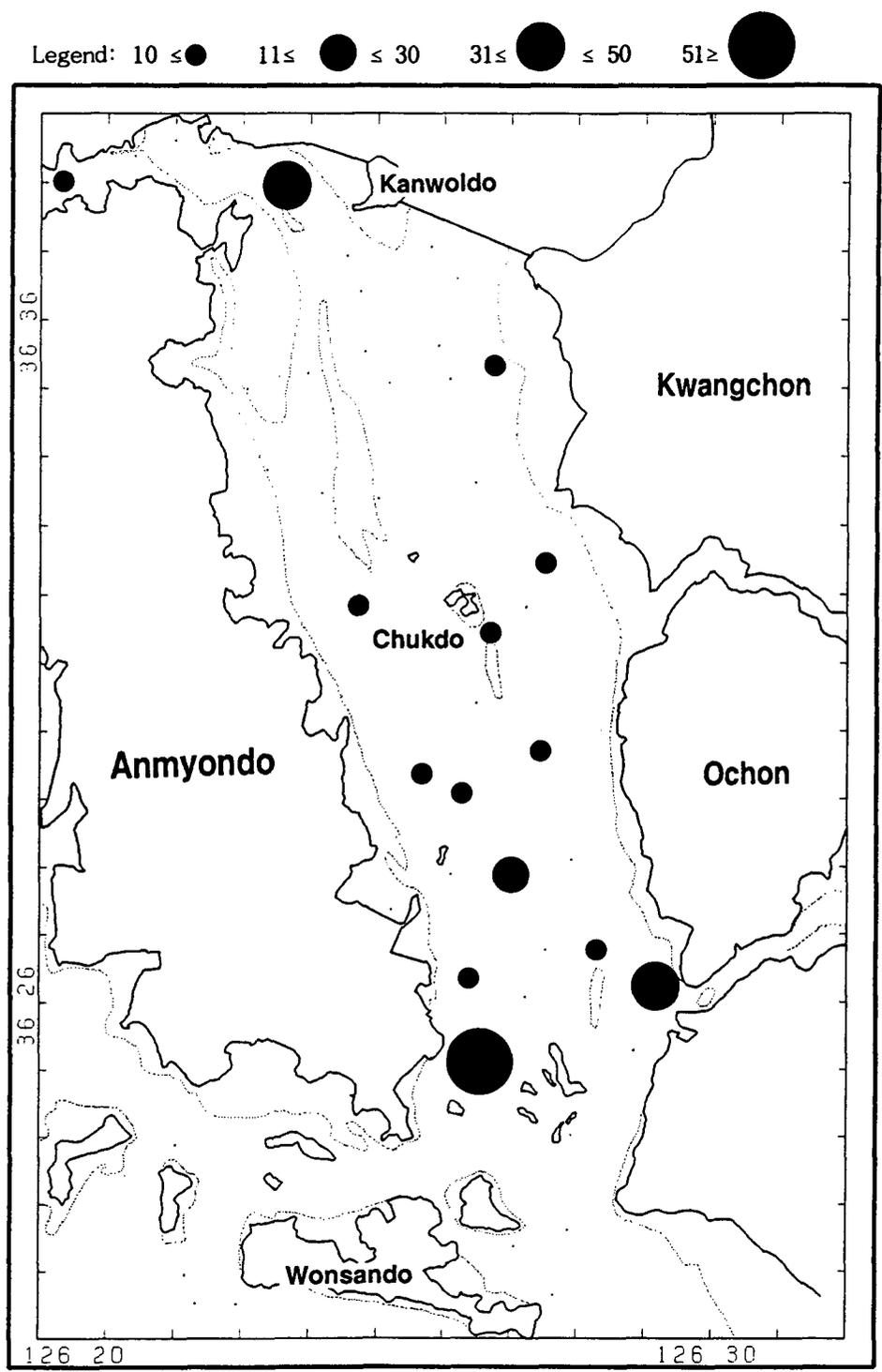


Fig. 4-3-48 Distribution of *Amphareta anetica* in Cheonsu Bay, August 1993.

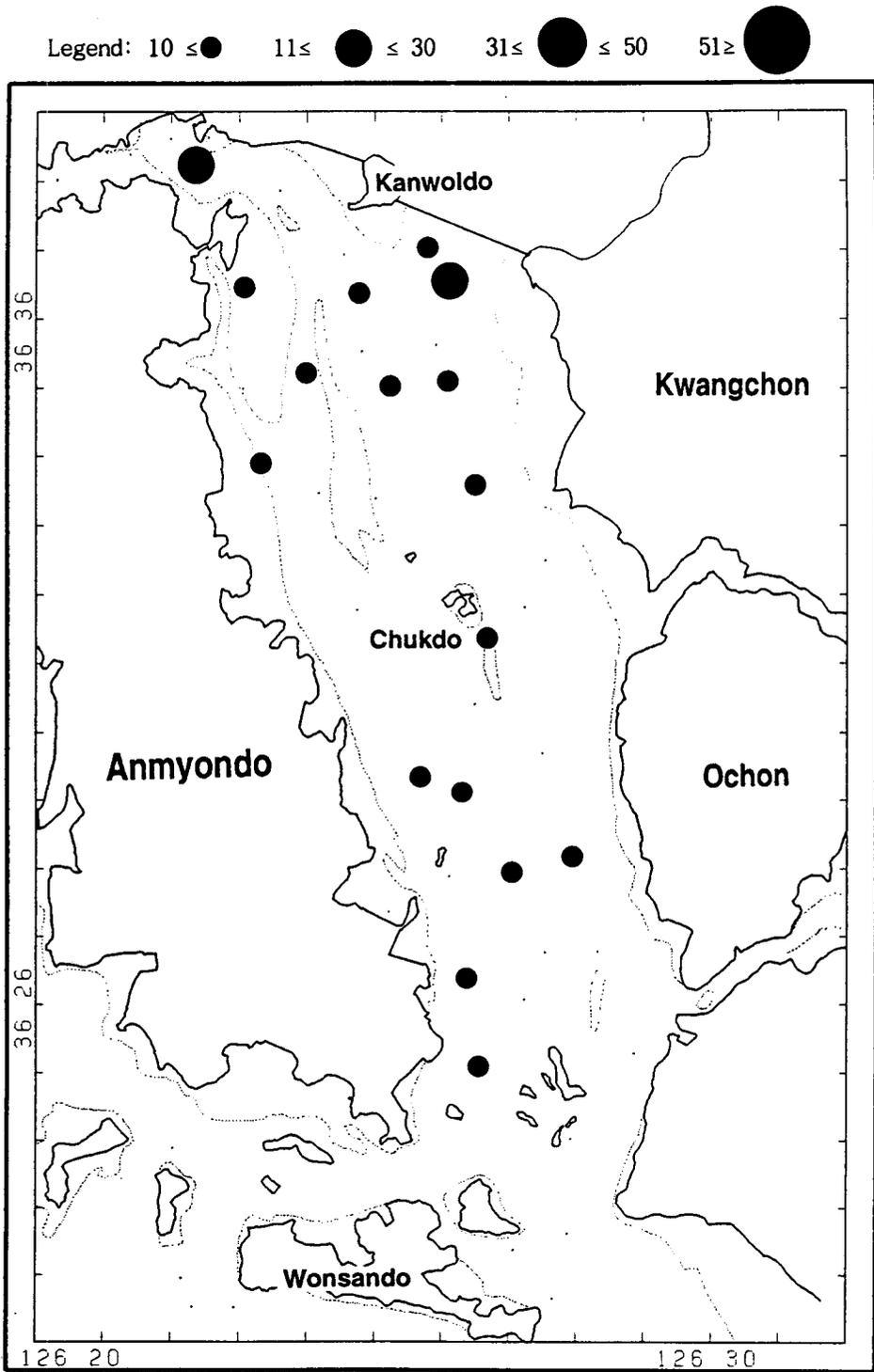


Fig. 4-3-49 Distribution of *Arcidea* sp. in Cheonsu Bay, August 1993.

4-3-2-3 생태학적 제지수의 변화

각 정점에서의 다양도는 평균 2.57로 나타났으며, 가장 낮은 지역은 정점 12로 1.37이며, 가장 높은 지역은 정점 30으로 3.41로 나타났다. 육지에 가까운 지역에 위치한 정점들이 낮은 다양도를 나타냈으며, 천수만 상부지역에서 입구로 갈수록 다양도가 증가하는 것으로 나타났다.

풍도의 경우 평균 6.59로 가장 높게 나타난 지역은 정점 30으로 11.22로 나타났고, 가장 낮게 나타난 지역은 정점 8로 2.73이 나타났다. 지역적으로는 죽도 부근인 천수만 중앙부에서 높게 나타났다.

균등도의 경우 평균 0.73으로 정점 4에서 0.85로 가장 높게 나타났으며, 정점 13에서 0.42로 가장 낮은 수치를 보였다. 균등도의 경우도 다양도와 유사하게 천수만 상부지역이 낮은 경향을 보이고, 입구로 갈수록 높게 나타났다.

우점도의 경우 평균 0.46으로 정점 13에서 0.77로 가장 높게 나타났으며, 정점 4에서 0.25로 가장 낮은 값을 보였다(Table 4-3-7).

다양도와 각 정점간에 출현 종수와이 관계를 보면 방조제부근과 외양과 교류가 원활이 이루어지는 상부지역과 입구 정점인 29에서 적은 종수와 적은 다양도를 나타냈다. 이외의 지역에서는 다양도와 종수가 유사한 값을 보였다. 다양도와 정점별 개체수와의 비교에서는 지역적인 경향은 나타나지 않았다(Fig.4-3-50).

풍도와 정점별 종수와의 관계는 전정점이 비례적인 양상을 보였다. 즉 종수가 증가하면 풍도도 증가하는 것으로 육지부근의 정점들이 풍도와 종수가 적게 나타났다. 우점도와 개체수간의 관계는 일정한 패턴을 보이지 않았다(Fig.4-3-51).

Table 4-3-7. Ecological indices in each station, August 1993.

Station	Diversity	Richness	Evenness	Dominance
1	2.23	6.21	0.61	0.57
2	2.87	6.93	0.76	0.38
3	2.00	3.97	0.64	0.62
4	3.30	8.08	0.85	0.25
5	2.37	5.06	0.74	0.50
6	2.05	3.28	0.76	0.56
7	1.67	4.86	0.49	0.73
8	1.85	2.73	0.70	0.59
9	2.48	7.64	0.65	0.51
10	2.84	6.16	0.85	0.33
11	2.66	5.34	0.79	0.38
13	1.56	6.37	0.42	0.77
14	2.94	7.58	0.79	0.37
15	2.69	5.90	0.81	0.42
16	2.23	4.20	0.77	0.56
17	2.63	6.71	0.74	0.46
18	2.77	7.23	0.73	0.36
19	2.60	6.55	0.73	0.42
20	2.62	6.64	0.72	0.45
21	2.51	5.62	0.72	0.40
22	3.06	7.26	0.84	0.31
23	2.87	9.01	0.72	0.44
24	2.92	10.57	0.70	0.47
25	3.27	9.64	0.81	0.29
26	2.92	8.69	0.77	0.40
27	3.33	10.03	0.82	0.28
28	3.10	8.12	0.80	0.27
30	3.41	11.22	0.79	0.27
Max	3.41	11.22	0.85	0.77
Min	1.56	2.73	0.42	0.25
Average	2.63	6.84	0.73	0.44

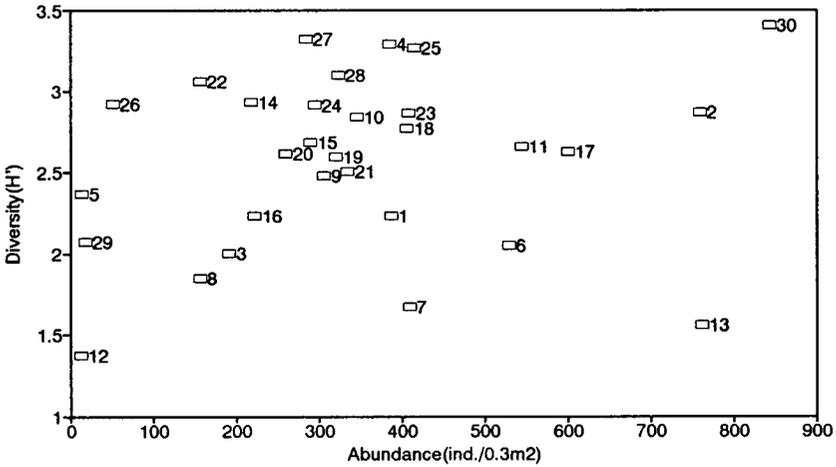
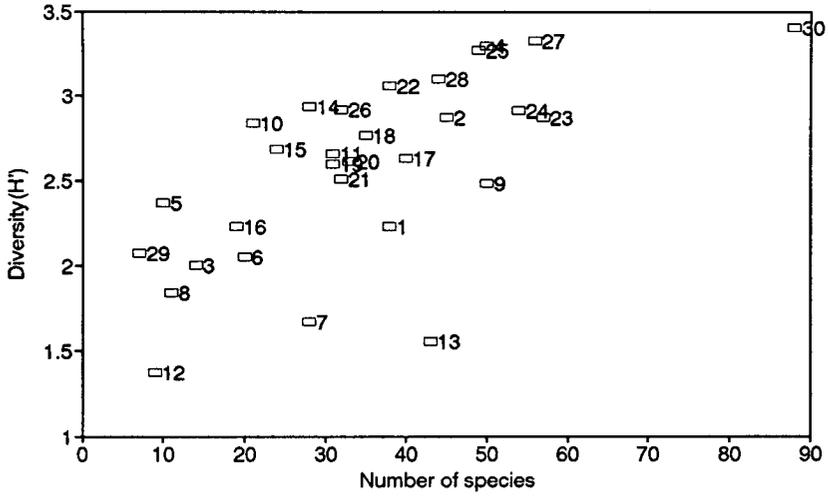


Fig. 4-3-50 The relationship between ecological index (Diversity) and species compositions (upper: number of species, lower: abundance) at each station, August 1993.

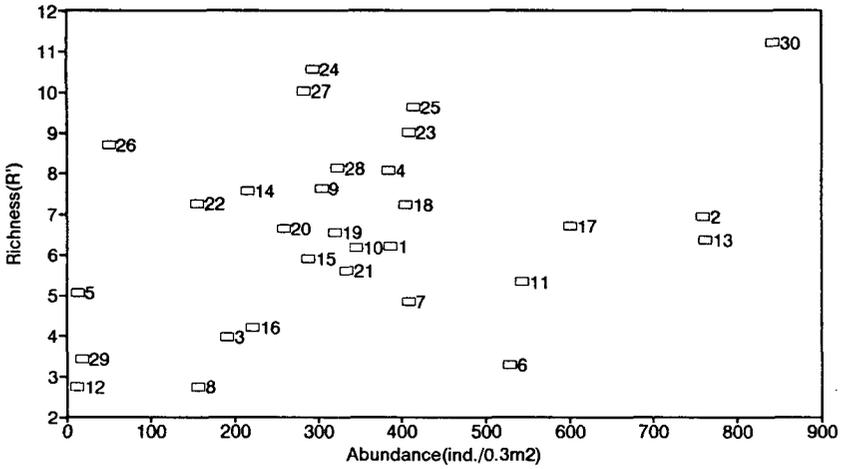
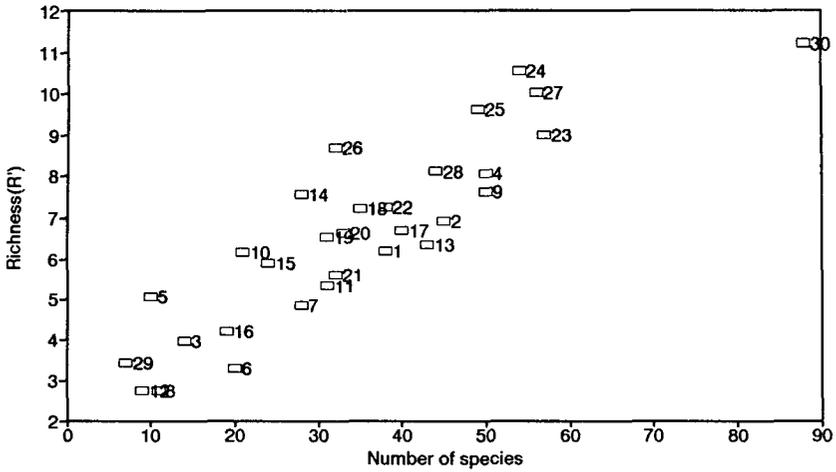


Fig. 4-3-51 The relationship between ecological index (richness) and species compositions (upper: number of species, lower: abundance) at each station, August 1993.

4-3-2-4 집괴분석

전체 출현 종수를 존재유무에 따라 집괴분석한 결과, 크게 3개의 그룹으로 분리되었고, 정점 29와 정점 12는 전혀 유사성을 보이지 않는 정점으로 나타났다(Fig.4-3-52). 그룹 1은 정점 1, 2, 4, 9, 23, 30, 26, 27, 28 등 9개 정점이 포함되었다. 주로 외해와 통해있는 천수만 북부지역 정점과 오천항은 중심으로한 천수만 입구쪽 정점들로 구성되었다(Fig.4-3-53). 그룹 2는 총 16개 정점으로 구성되었으며, 만내에 위치한 대부분의 정점이 여기에 포함되었다. 그룹 3은 정점 3,5,10등 3개 정점으로 구성되었다. 주로 그룹 1에 인접한 정점들로 구성되어 있는데, 이들은 조간대 지역으로 썰물시 오랜기간 노출되어 있는 지역이다.

8월에 채집된 종 중에 총 출현개체수가 100개체 이상 출현한 21종에 대한 중간 집괴분석을 실시한 결과 출현지역에 따라 크게 3개 그룹으로 나누어 졌다. *T.fragilis*, *L.longifolia*, *S.tentaculata*, *Arcidea* sp. 등은 천수만 전역에서 고른 분포를 보이는 종으로 출현량에는 차이가 있지만 동일 정점에서 채집된 종들이다. *M. edulis galloprovincialis*와 *Corophium* sp.는 정점 1과 2에서만 집중적으로 출현한 종으로 유사도를 보였으며, *Terebellides horikoshii*, *Amaoana* sp.1, *Amphicteis gunneri*, *Gammaropsis utinomi* 등은 천수만 입구에서만 집중적으로 출현하는 종들로 유사도를 나타냈다(Fig.4-3-54).

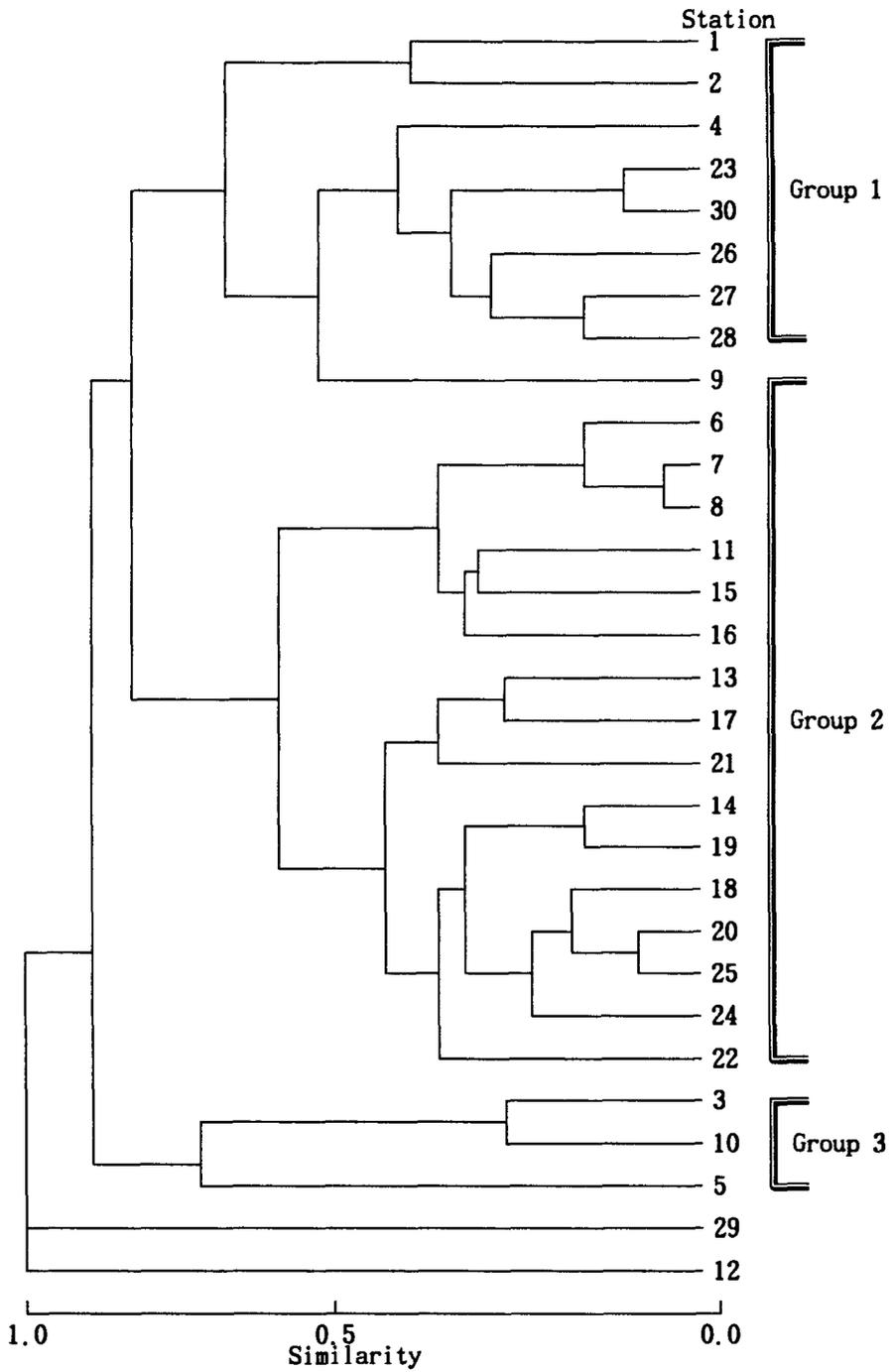


Fig. 4-3-52 Dendrogram showing the result of cluster analysis among stations, August 1993.

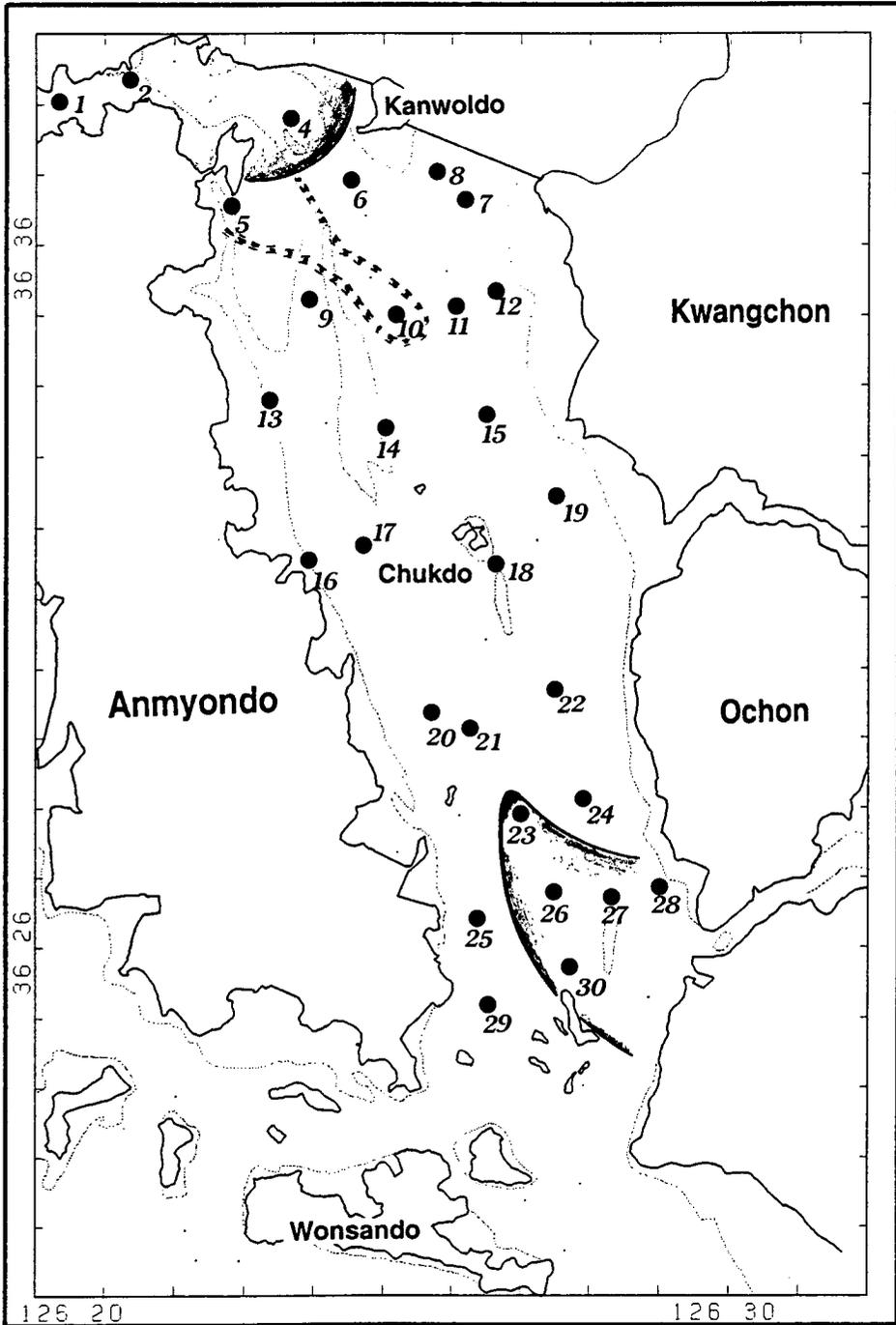


Fig. 4-3-53 Areas of each group from cluster analysis.

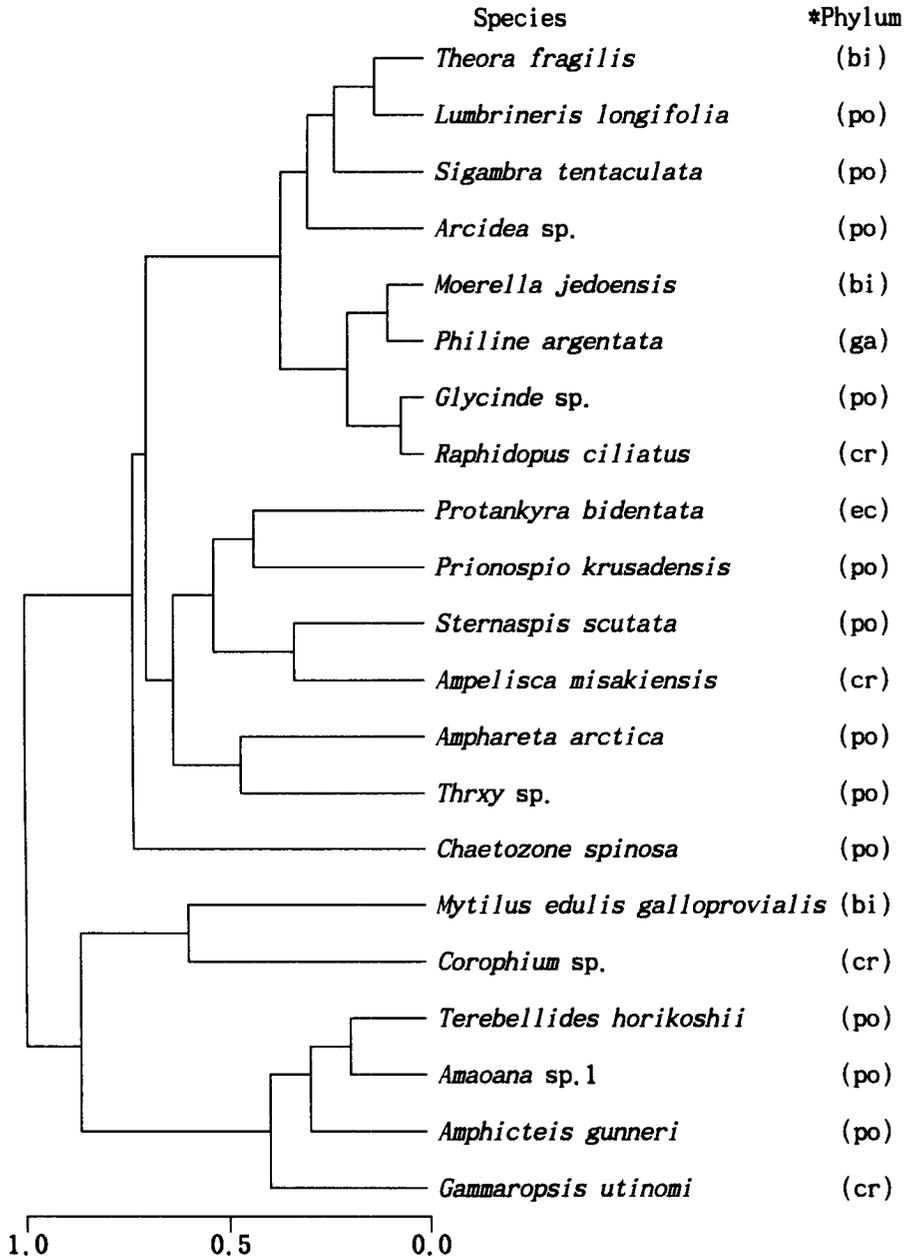


Fig. 4-3-54 Dendrogram showing the result of cluster analysis among characteristic species, August, 1993.

(*Phylum: bi→Bivalvia, ga→Gastropoda, cr→Crustacea,
po→Polychaeta, ec→Echinodermata)

4-3-2-5 그룹별 생물상

집괴분석으로 나누어진 3개의 그룹별 생물 조성을 알아보면, 그룹 1에서는 총 156종이 채집되었으며, 이는 전체 출현 종의 78% 해당한다 (Table. 4-3-8). 그룹 2에서는 125종이 출현하여 전체 출현종의 62.6%가 해당되었으며, 그룹 3의 경우에는 33종이 출현하여 16.5%를 차지하였다.

동물군 별로 보면 그룹 1의 경우 연체동물이 22종, 갑각류가 41종, 다모류가 74종, 극피동물이 8종 기타동물군이 11종으로 나타났으며, 그룹 2에서는 연체동물이 26종, 갑각류가 29종, 다모류가 59종, 극피동물이 4종, 기타동물군이 7종으로 나타났다. 가장 적은 종이 출현한 그룹 3에서는 연체동물이 8종, 갑각류가 5종, 다모류가 15종, 극피동물이 3종, 기타 동물군이 2종 출현하였다(Fig.4-3-55). 정점수와 포함하고 있는 지역의 크기에 있어서는 그룹 2가 월등하지만 종 수에 있어서는 그룹 1이 더욱 많이 나타났다. 갑각류와 다모류의 경우 그룹 1에서 많은 종이 나타난 반면에 연체동물은 그룹 2에서 4종이 더 출현하였다.

개체수에 있어서는 그룹 1에서 3,745개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 36.6%를 차지하였으며, 그룹 2에서는 5,910개체가 출현하여 57.5%를 차지하였다. 그룹 3에서는 550개체만이 출현하여 5.4%를 차지하였다. 동물군별 출현 개체수는 그룹 1에서 연체동물이 764개체, 갑각류가 786개체, 다모류가 1,989개체, 극피동물이 147개체, 기타동물이 59개체가 출현하였으며, 그룹 2에서는 연체동물이 2,980개체, 갑각류가 554개체, 다모류가 2,180개체, 극피동물이 156개체, 기타동물군이 40개체 출현하였다. 그룹 3에서는 연체동물이 298개체, 갑각류가 10개체, 다모류가 227개체, 극피동물이 13개체, 기타동물군이 2개체 출현하였다(Fig.4-3-56). 그룹 1에서는 다모류가 가장 많이 출현한 동물군이며, 연체동물의 경우 정점 1,2에서 집중적으로 출현한 *Mytilus edulis galloprovincialis*가 대부분을 차지하였다. 그룹 2에서는 연체동물과 다모류가 전체 출현 개체수의 대부분을 차지하였다.

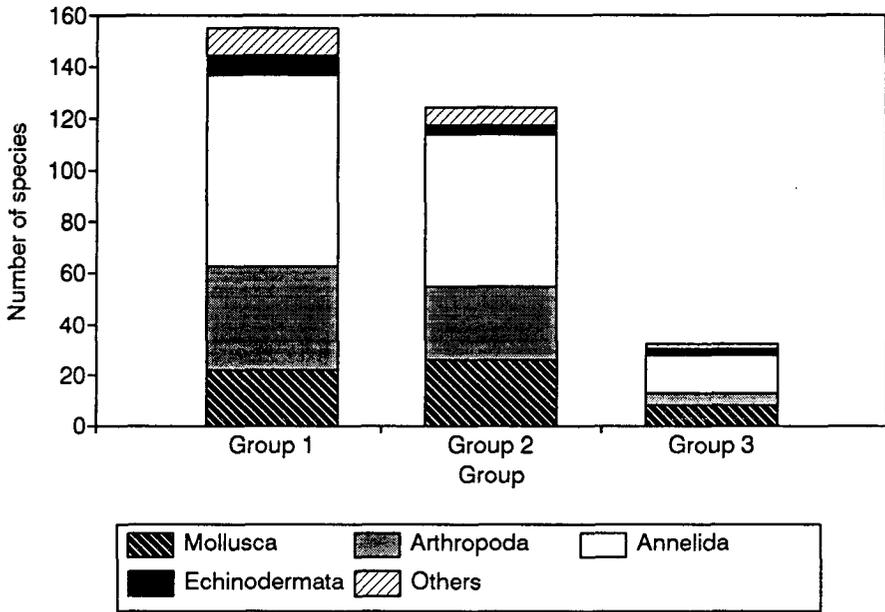


Fig. 4-3-55 The proportion of number of species at each group from cluster analysis.

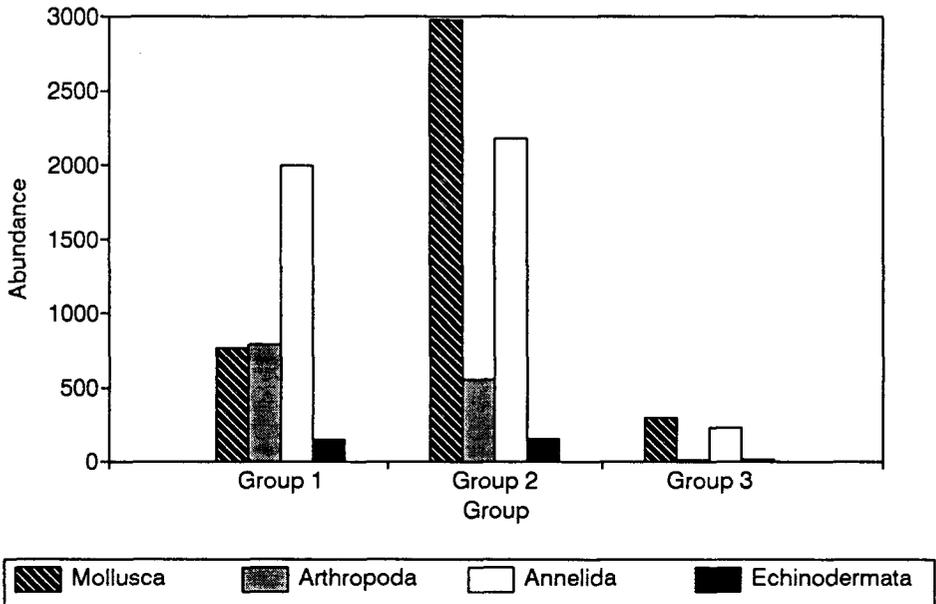


Fig. 4-3-56 The proportion of abundance at each group from cluster analysis.

Table 4-3-8. List of major species and species composition each group in August 1993.

Group 1	Group 2	Group 3
Number of species		
156	125	33
Individuals		
3,745	5,910	550
Major species		
<i>L. longifolia</i>	<i>T. fragilis</i>	<i>T. fragilis</i>
<i>M. galloprovincialis</i>	<i>L. longifolia</i>	<i>L. longifolia</i>
<i>A. arctica</i>	<i>S. scutata</i>	<i>M. jedoensis</i>
<i>G. utinomi</i>	<i>P. argentata</i>	<i>Aricidea</i> sp.
<i>A. gunneri</i>	<i>R. ciliatus</i>	<i>S. tentaculata</i>

각 그룹별로 우점종을 정리해보면, 그룹 1의 경우 다모류인 *L.longifolia*가 7개 정점에서 출현하여 가장 우점하는 종으로 나타났다. 이 종은 천수만 지역에서 우점하는 종으로 주로 만 입구에서 많은 개체가 출현하여 이 그룹에 연결되었다.

*M.galloprovincialis*는 전 조사기간 중에 정점 1,2,4에서만 출현한 종으로 이들 정점의 유사도에 큰 작용을 한 종이다.

다모류인 *Amphareta arctica*는 6개 정점에서 출현하였는데, 정점 4에서 42개체, 정점 30에서 150개체가 채집되었다. 주로 천수만 하부지역에서 출현하였으나 이 그룹에 속한 정점에서 집중적으로 출현하였다. 그룹 2에서 우점하는 종으로는 *Tfragilis*인데 정점 22를 제외한 전 정점에서 많은 개체가 출현하였다.

*L.longifolia*는 12개 정점에서 출현하였는데, 출현 개체수가 매우 높게 나타났다. 오뚜기 갯지렁이(*S.scutata*)는 총 11개 정점에서 출현하였는데, 출현하였던 모든 정점이 그룹 2에 포함되어 있다. 주로 죽도 부근에서 출현하며, 그룹 1이 포함되어 있는 하부정점에서는 한 개체도 출현되지 않

았다.

*Philine argentata*는 그룹 2에 속하는 전정점에서 출현하였다. *R.ciliatus*의 경우도 정점 19를 제외한 전 정점에서 출현하였다. 그룹 3에서는 *T.fragilis*와 *L.longifolia*가 우점종으로 나타났으며, 2개의 정점에서 출현하였다.

Arcidea sp.의 경우 모든 정점에서 출현하였으며, *M.jedoensis*의 경우 정점 10에서만 26개체 출현하였다.

그룹별 생태학적 제지수를 비교해 보면, 다양도의 경우 그룹 1에서는 평균 2.95, 그룹 2에서는 2.50, 그룹 3에서는 2.41로 나타났다. 그룹 1의 경우 정점 30에서 3.41로 높게 나타났으며, 그룹 1에서 2.23으로 낮게 나타났다. 평균 다양도는 가장 높게 나타났다(Fig.4-3-57). 그룹 2에서는 정점 25에서 3.27로 가장 높게 나타났으며, 정점 13에서 1.56으로 가장 낮게 나타났다. 그룹 3의 경우에는 정점 10에서 2.84로 가장 높게 나타났으며, 정점 3에서 2.00으로 낮게 나타났다(Fig.4-3-57).

풍도의 경우 그룹 1에서는 평균 8.44, 그룹 2에서는 6.28, 그룹 3에서는 5.06으로 나타났다. 그룹 1의 경우 정점 30에서 11.22로 높게 나타났으며, 정점 1에서 6.21로 낮게 나타났다. 평균 풍도는 3개 그룹 중에 가장 높게 나타났다(Fig.4-3-57). 그룹 2에서는 정점 24에서 10.57로 가장 높게 나타났으며, 정점 8에서 2.73으로 가장 낮게 나타났다. 그룹 3의 경우에는 정점 10에서 6.16으로 가장 높게 나타났으며, 정점 3에서 3.97로 낮게 나타났다.

균등도의 경우 3개의 그룹이 유사하게 나타났다. 그룹 1의 경우 평균 0.75, 그룹 2는 0.72, 그룹 3은 0.74를 나타내었다. 그룹 1의 경우 정점 4에서 0.85로 높게 나타났으며, 정점 1에서 0.61로 낮게 나타났다. 그룹 2에서는 정점 22에서 0.84로 가장 높게 나타났으며, 정점 13에서 0.42로 가장 낮게 나타났다. 그룹 3의 경우에는 정점 10에서 0.85로 가장 높게 나타났으며, 정점 3에서 0.64로 낮게 나타났다(Fig.4-3-58).

우점도 지수의 경우도 그룹 1에서 비교적 낮게 나타났으며, 그룹 1과

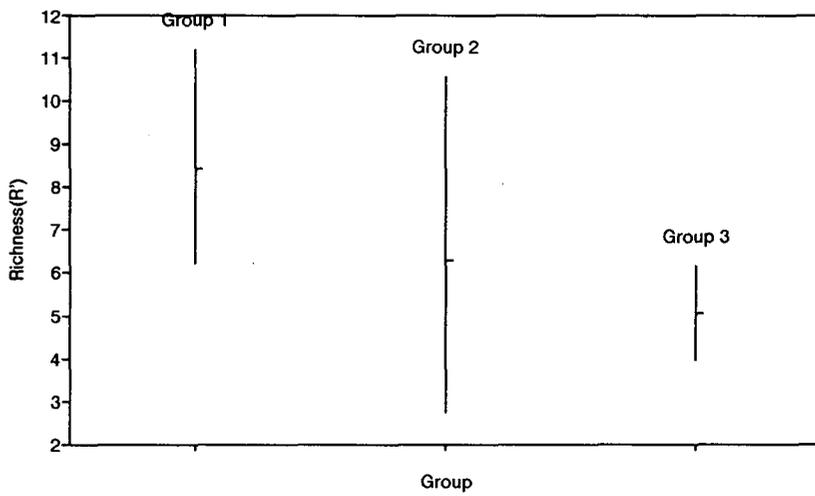
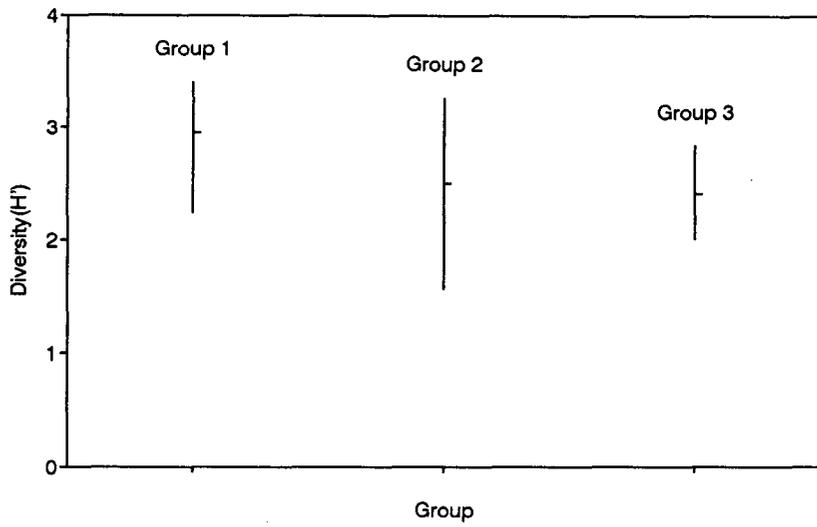


Fig. 4-3-57 Mean diversity (upper) and mean richness (lower) at each group from cluster analysis.

3에서 유사한 수치를 나타냈다(Fig.4-3-58). 그룹별 평균치는 그룹 1에서 0.37, 그룹 2에서 0.47, 그룹 3에서 0.48로 나타났다. 그룹 1의 경우 정점 1에서 0.57로 높게 나타났으며, 정점 4에서 0.25로 낮게 나타났다. 그룹 2에서는 정점 13에서 0.77로 가장 높게 나타났으며, 정점 25에서 0.29로 가장 낮게 나타났다. 그룹 3의 경우에는 정점 3에서 0.62로 가장 높게 나타났으며, 정점 10에서 0.33으로 낮게 나타났다.

4-3-3 춘계와 하계 저서동물상 비교

4-3-3-1 종 수와 개체수의 비교

1993년4월에 23개 정점에서 실시된 춘계 저서동물군 조사와 1993년 8월에 실시된 하계 저서동물군 조사에서 총 273종의 저서생물이 채집되었다. 하지만 시기적인 차이와 조사 정점이 일부 다르고 정점수도 다르기 때문에 두차례 조사하였던 지역의 입도 조성을 비교하여 동일한 정점만을 골라 내었다. 두차례에 걸친 조사에서 천수만 전역에 13개 지점이 중복 조사되었다(Fig. 4-3-59).

이들 중복된 정점을 새로 나열하여 계절 간에 종수와 개체수를 비교해 보았다. 13개 지역에 두차례 조사에서 총 139종의 생물이 출현한 것으로 나타났으며, 개체수는 봄철에 1930개체가 출현하였고, 여름철에는 4552개체가 출현하여 봄철에 비해 약 3배 가량 증가하였다.

정점별 종 수에 있어 정점 F,J,L을 제외하고는 모든 정점에서 여름철에 출현한 종 수가 우세하며, 봄철의 경우 정점당 평균 27종이 출현한 반면 여름철에는 56종이 출현하였다(Fig.4-3-60). 가장 적은 종이 출현한 지역은 방조제 부근에 위치한 정점 C로 봄철에는 1종만이 출현하였으며, 여름철에는 11종이 출현하였다. 가장 많은 종이 출현한 지역은 봄철의 경우 천수만 중부에 위치한 정점 F로 61종이 출현하였으며, 여름철에는 정점 M에서 56종이 출현하였다. 봄철의 경우 정점간에 출현 종 수의 기록이 심한 반면에 여름철에는 감소하였다.

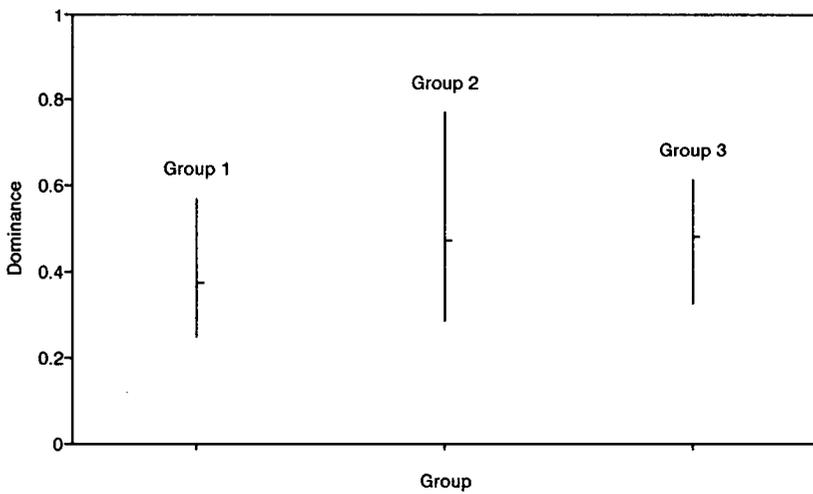
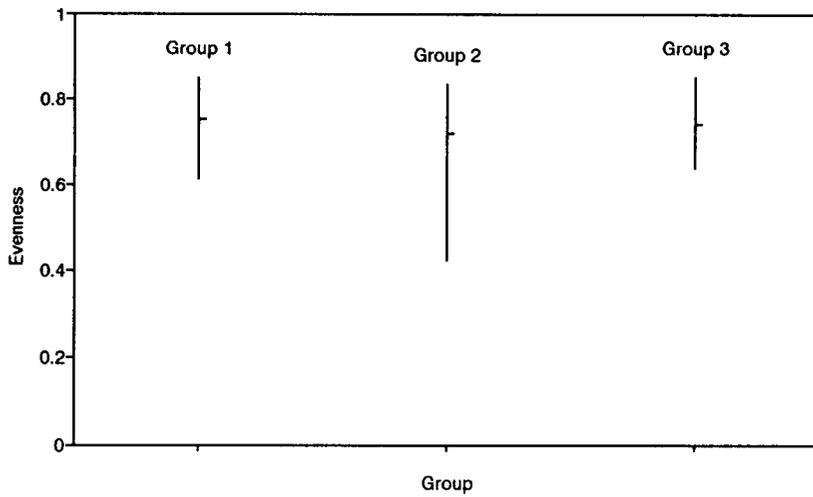


Fig. 4-3-58 Mean evenness (upper) and mean dominance (lower) at each group from cluster analysis.

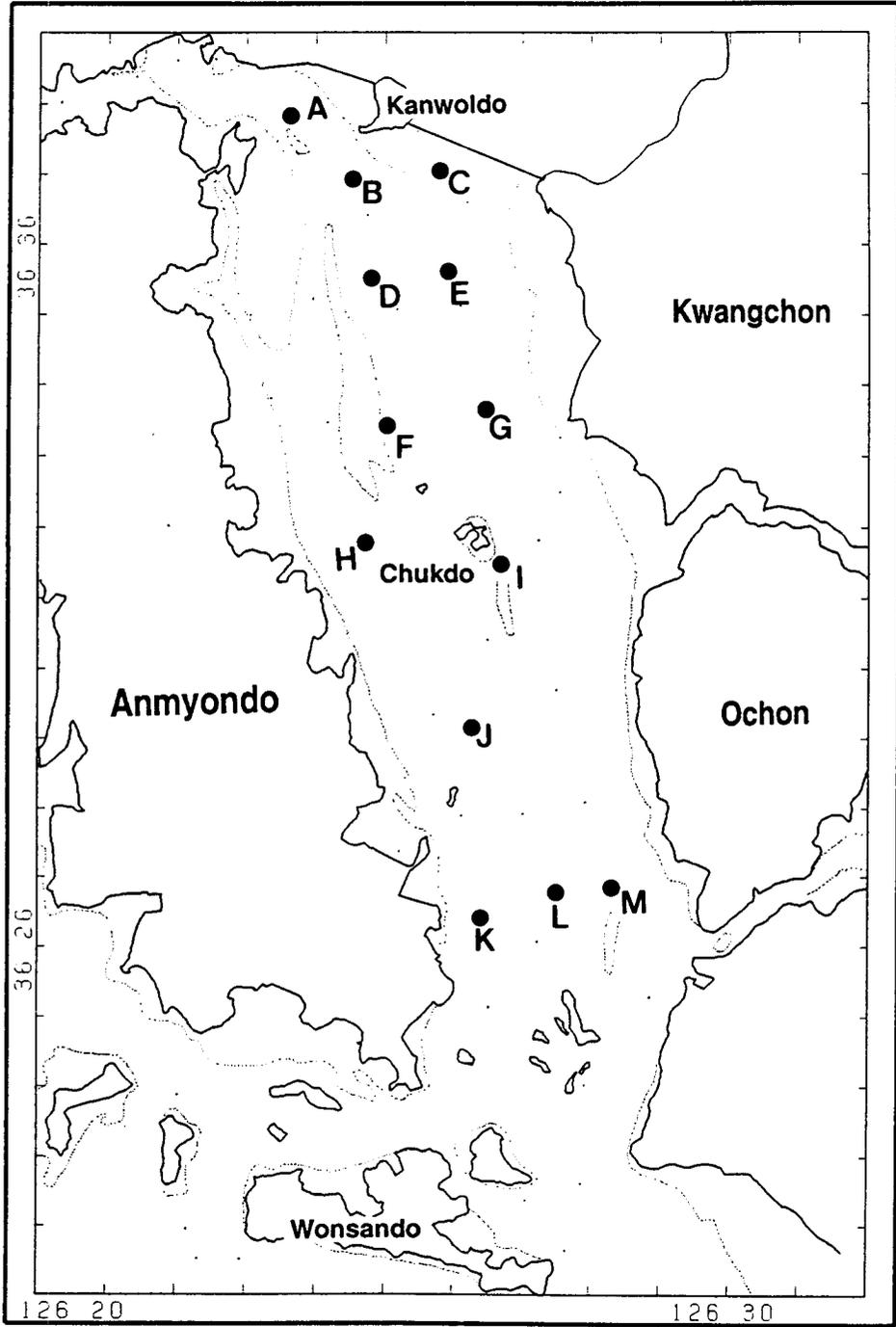


Fig. 4-3-59 Map showing sampling station carried successive investigation.

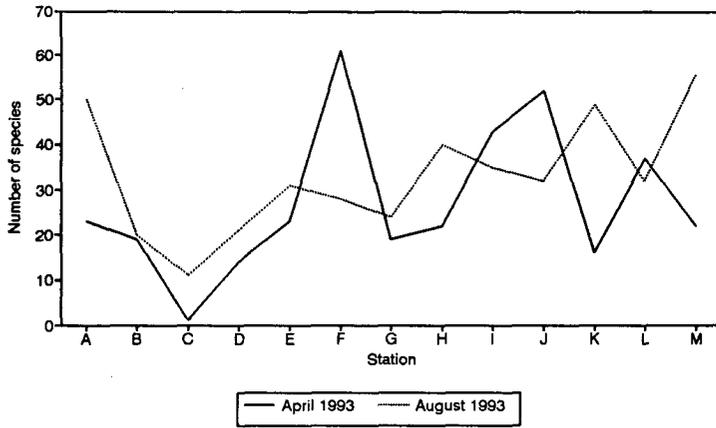


Fig. 4-3-60 Comparison of number of species at each station.

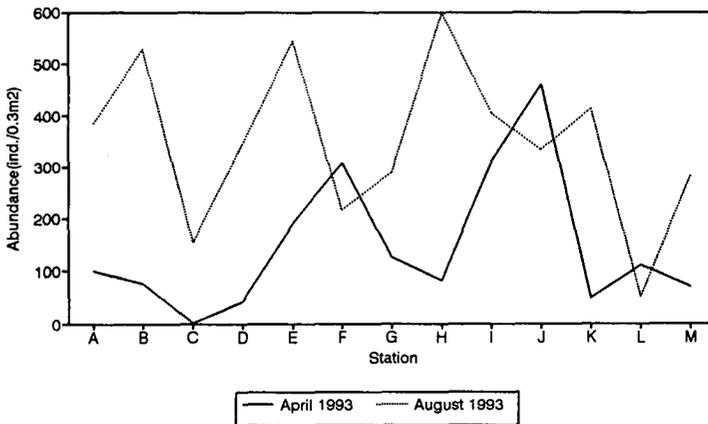


Fig. 4-3-61 Comparison of abundance at each station.

정점별 개체수에 있어서 봄철에는 정점당 평균 148개체가 출현하였으며, 여름철에는 350개체가 출현하였다. 정점 F,J,L을 제외하고는 전정점에서 여름철이 많은 개체수를 기록하였다. 개체수가 가장 적은 정점 C의 경우에도 156개체가 출현하였다(Fig. 4-3-61). 가장 많은 개체가 출현한 정점은 봄철의 경우 정점 J이며 461개체가 출현하였고, 여름철에는 5개 정점에서 400개체 이상이 출현하는 많은 생물이 나타났으며, 정점 H에서 600개체가 출현하였다. 가장 적은 생물이 출현한 곳은 봄철의 경우 정점 C로 단 2개체만이 출현하였으며, 여름철에는 정점 L로 51개체가 출현하였다.

분류군 별로 비교해 보면 연체동물의 경우 봄철에 평균 5.3종, 여름철에 평균 5.1종으로 계절적으로 차이를 보이지 않았다. 개체수의 경우 봄철에는 평균 31개체가 출현한 반면 여름철에는 188개체가 출현하였다. 봄철의 경우 정점 I,J등지에서 다량 출현하였으며, 기타정점에서는 20개체미만의 소량이 출현하였다. 그러나 여름철의 경우 지역적인 편차가 크게 나타나면서 가장 많은 개체가 출현한 정점은 H로 450개체가 출현하였다(Fig. 4-3-62).

갑각류의 경우 봄철에는 6.9종, 여름철에 6.2종이 출현하였으며, 봄철에는 천수만 하부지역에서 많은 종이 출현하였으며, 여름철에는 중부지역부터 많은 종이 출현하고 있었다(Fig. 4-3-63). 개체수의 경우 봄철에는 평균 27개체가 출현하였으며, 여름철에는 평균 38개체가 출현하였다. 봄철에는 정점 J에서 가장 많은 개체가 출현하였으며, 여름철에는 전 정점에서 봄철보다 출현량이 적게 나타났으며, 정점 K,M에서 급격한 출현양상을 보였다.

다모류의 경우 봄철에는 평균 31종이 출현하였고, 여름에는 37종이 출현하였다. 여름에는 정점 F,J를 제외하고 전 정점에서 우세하였다. 특히 외해와 연결되어 있는 정점인 A,K,L,M에서 여름철에 많은 종 수가 출현하였다(Fig. 4-3-64). 출현한 개체수에서는 총 2,570개체가 출현하였으며, 봄철에 평균 86개체, 여름철에 평균 111개체로 나타났다. 다모류의 경우

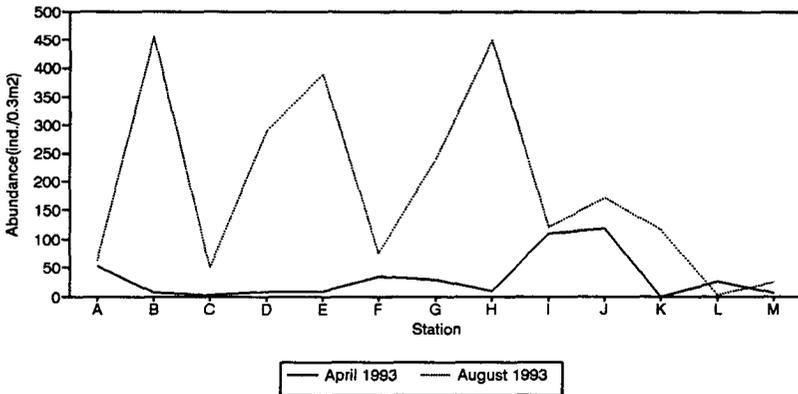
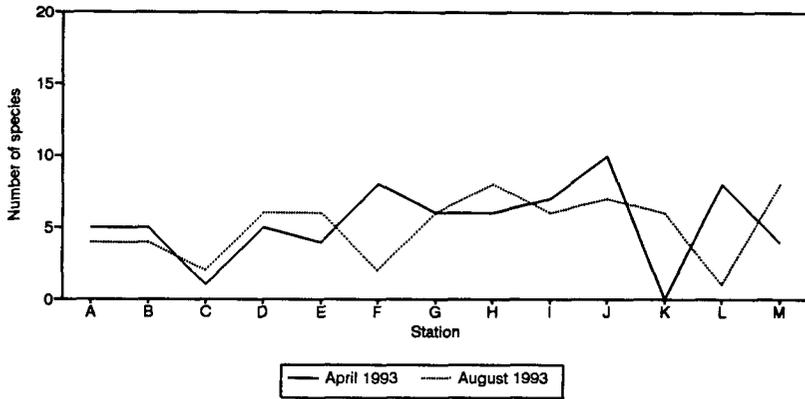


Fig. 4-3-62 Comparison of mollusca community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).

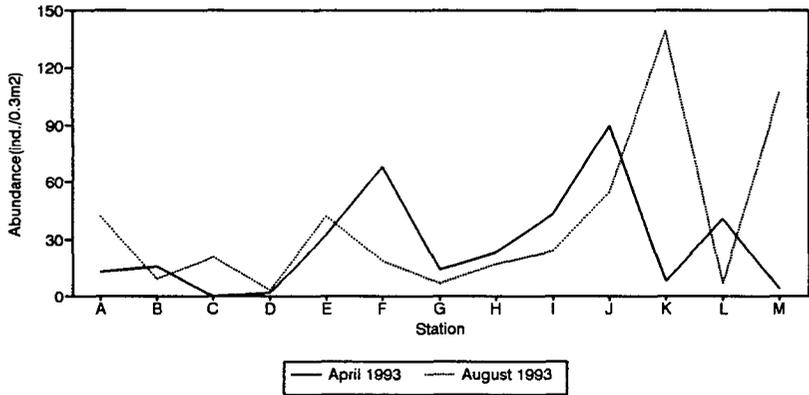
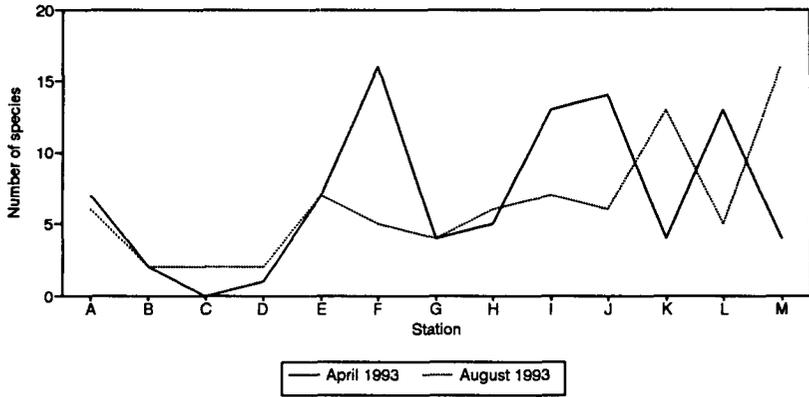


Fig. 4-3-63 Comparison of Arthropoda community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).

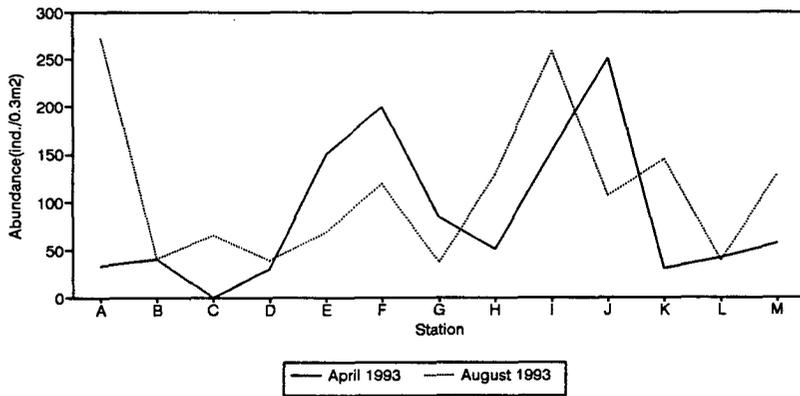
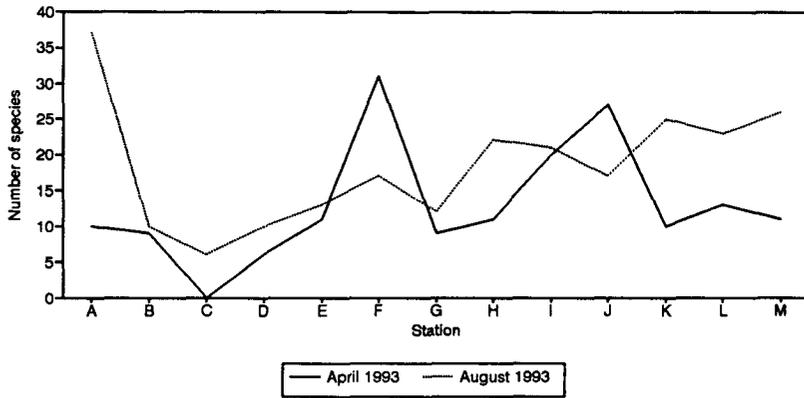


Fig. 4-3-64 Comparison of polychaeta community at each station between spring and summer (upper: number of species lower: abundance).

종 수와 는 달리 만 입구에 위치한 정점에서는 여름철 개체수의 증가가 나타나지 않았으며, 방조제 부근에 위치한 정점 C와 북쪽 외해와 연결된 정점 A를 제외하고는 봄철보다 감소하였다.

4-3-3-2 우점종 분포

1993년 조사에서 가장 많은개체가 출현한 종으로는 이매패류인 *Tfragilis*이며, 총 2,361개체가 출현하였으며, 봄철에는 7개 정점, 여름철에는 전 정점에서 출현하였다. 평균 118 개체가 출현하였으며, 여름철에 집중적으로 출현하였다. 봄철에는 정점 A와 죽도부근인 정점I, J에서 소량 출현하였으며, 여름철의 경우 천수만 중앙부에 위치한 정점인 B,D,E,G,H 등에서 다량 출현하였다(Fig. 4-3-65). 다모류인 *L.longifolia*는 총 404개체가 출현하였으며, 정점당 평균 24개체가 출현하였다. 봄철의 경우 6개 정점에서 출현하였는데, 정점 E,J에서 집중적으로 출현하였다. 여름철에는 10개 정점에서 출현하였는데, 봄철에 출현 지역에서는 오히려 개체수가 감소하였으며, 정점 C,F에서 증가하였다(Fig. 4-3-65).

다모류인 *Glycinde* sp. 정점 C를 제외한 전 정점에서 출현하였다. 총 199개체가 채집되었으며, 봄철에는 죽도 부근에 위치한 9개 정점에서만 출현하였으며, 여름철에는 봄철에 출현한 지역은 개체수가 감소하고, 하부지역에서 증가하였다(Fig. 4-3-65).

복족류에 속하는 *P.argentata*의 경우 전 정점에서 총 114개체가 출현하였다. 봄철에는 매 정점마다 1-2개체 정도 소량이 출현한데 반해 여름철에는 만 입구를 제외한 전 정점에서 평균 10개체 정도 출현하였다(Fig. 4-3-66). 다모류인 *S.scutata*는 총 7개 정점에서 195개체가 출현하였다. 봄철과 여름철에 출현한 지역은 유사하지만 개체수에서는 많은 차이를 보였다. 봄철의 경우 정점당 평균 8개체가 채집되었으며, 여름철에는 개체수가 급증하였다(Fig. 4-3-66).

소형 이매패류인 *M. jedoensis*는 10개 정점에서 191개체가 출현하였

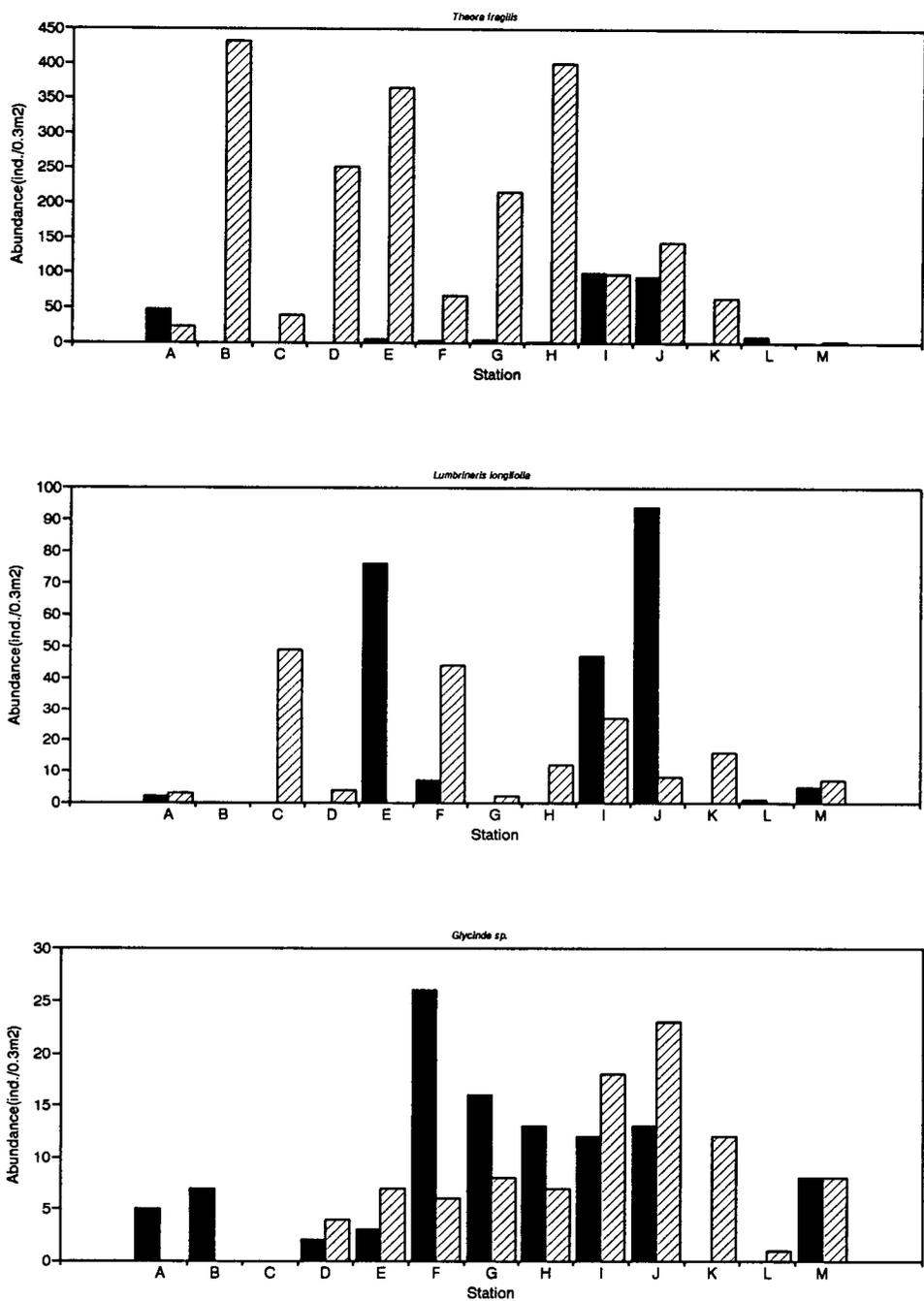


Fig. 4-3-65 Distribution of dominant species at each station (upper: *Theora fragilis*, middle: *Lumbrineris longifolia* lower: *Glycinde* sp., Black: April 1993, Slash: August 1993).

다. 봄철에는 정점 G에서 19개체가 출현하였으며, 다른 정점에서는 5개체 미만이 채집되었다. 그러나 여름철에는 모든 정점에서 출현 개체수가 급증하였다(Fig. 4-3-66)

4-3-3-3 생태학적 제지수의 변화

다양도의 경우 봄철에는 평균 2.24를 나타내었으며, 정점 M에서 1.53으로 가장 낮게 나타났고, 정점 L에서 3.03으로 가장 높게 나타났다. 여름철에는 평균 2.75로 봄철보다는 높게 나타났다. 정점 C에서 1.85로 낮게 나타났고, 정점 M에서 3.33으로 가장 높게 나타났다. 정점 C의 경우 봄철에 생물이 1개체만이 출현하여 다양도를 측정할 수 없었다. 여름철에는 정점 C를 제외하고는 정점간에 유사하게 나타났는데, 봄철에는 지역적으로 변화 폭이 크게 나타났다. 특히 정점 M의 경우 봄철에 가장 낮은 다양도를 나타낸 데 비해 여름철에는 가장 높은 다양도를 나타냈다(Fig.4-3-67).

풍도의 경우 봄철에는 평균 4.17로 나타났으며, 정점 M에서 2.48로 가장 낮게 나타났고, 정점 F에서 6.91로 가장 높게 나타났다. 여름철에는 평균 6.69로 봄철보다는 월등하게 높은 값을 보였다. 정점 M에서 10.03으로 가장 높게 나타났으며, 정점 C에서 2.73으로 가장 낮게 나타났다. 봄철의 경우 지역에 따라 값의 변화가 크게 나타났음에 비해, 여름철에는 정점 B,C를 제외하고는 만입구로 갈수록 증가하는 경향을 보였다(Fig.4-3-67).

4-3-4 트롤 조사

1993년 4월 5개 정점과 1993년 8월 4개 정점에서 Agassiz 트롤을 사용하여 대형저서동물 조사를 실시하였다. 3Knot의 속도로 5분간 예인한 결과 총 44종, 612개체의 생물을 채집하였다. 이를 동물군 별로 보면 4개 동물군으로 나누어 지는데, 연체동물 13종, 극피동물 9종, 갑각류 18종, 기타 동물군 4종이며, 기타 동물군으로 유형동물 1종, 강장동물 3종 등이 있다. 정점별로 정점 7에서 21종이 출현하여 가장 많은 종수를 나타냈으며, 정점

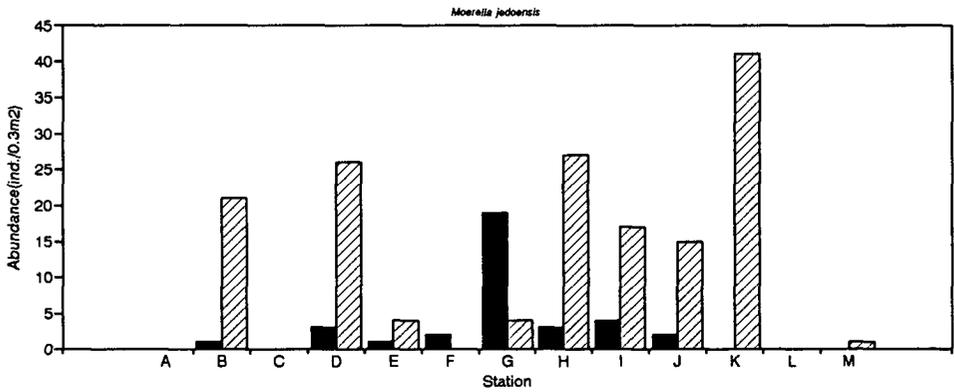
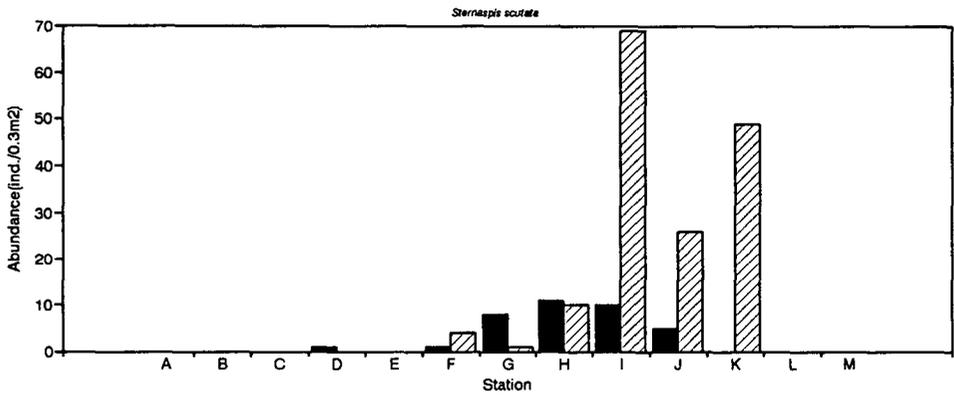
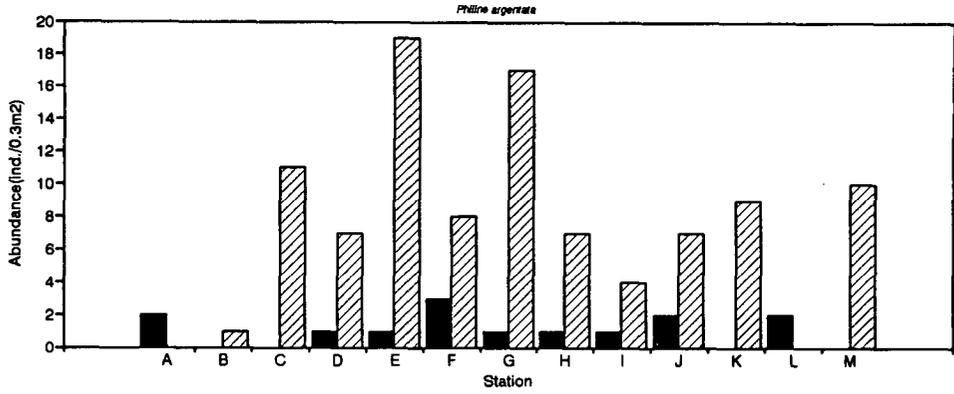


Fig. 4-3-66 Distribution of dominant species at each station (upper: *Philine argentata*, middle: *Sternaspis scutata* lower: *Moerella jedoensis* lower: *Glycinde* sp., Black: April 1993, Slash: August 1993).

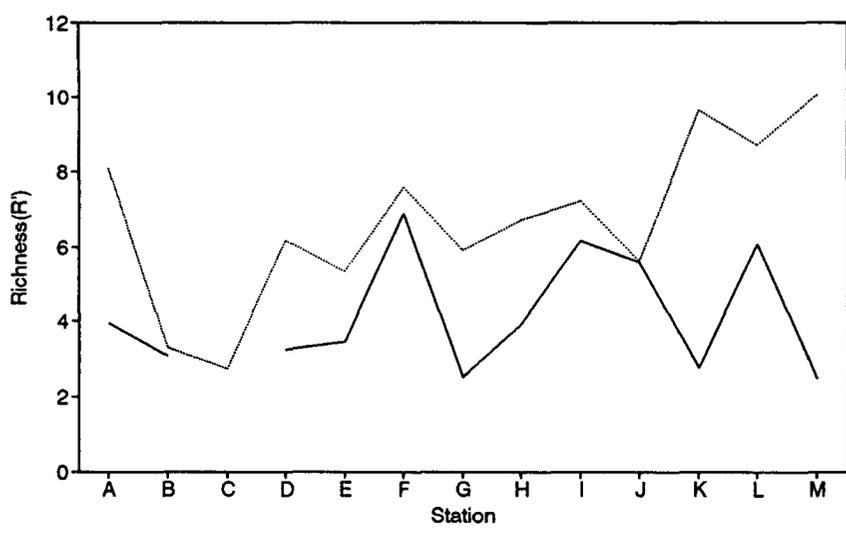
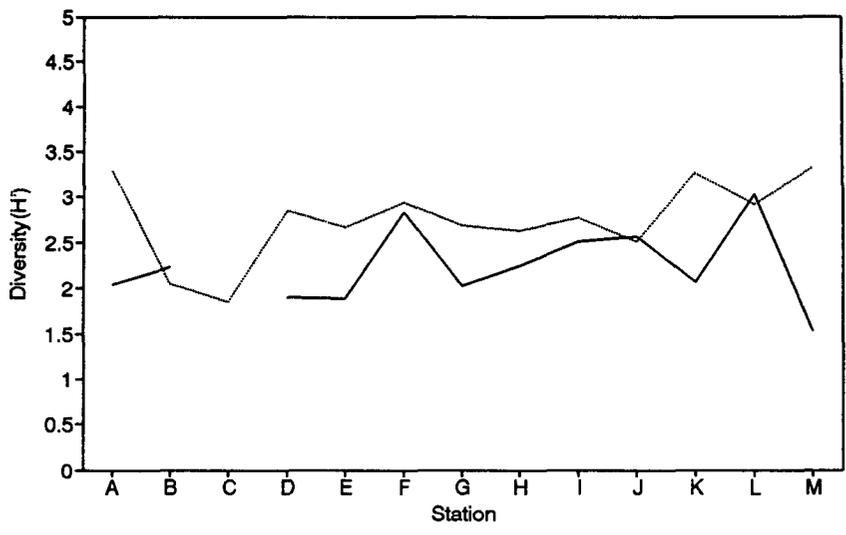


Fig. 4-3-67 Comparison of ecological indices at each station between April 1993 and August 1993 (upper: diversity index, lower: richness).

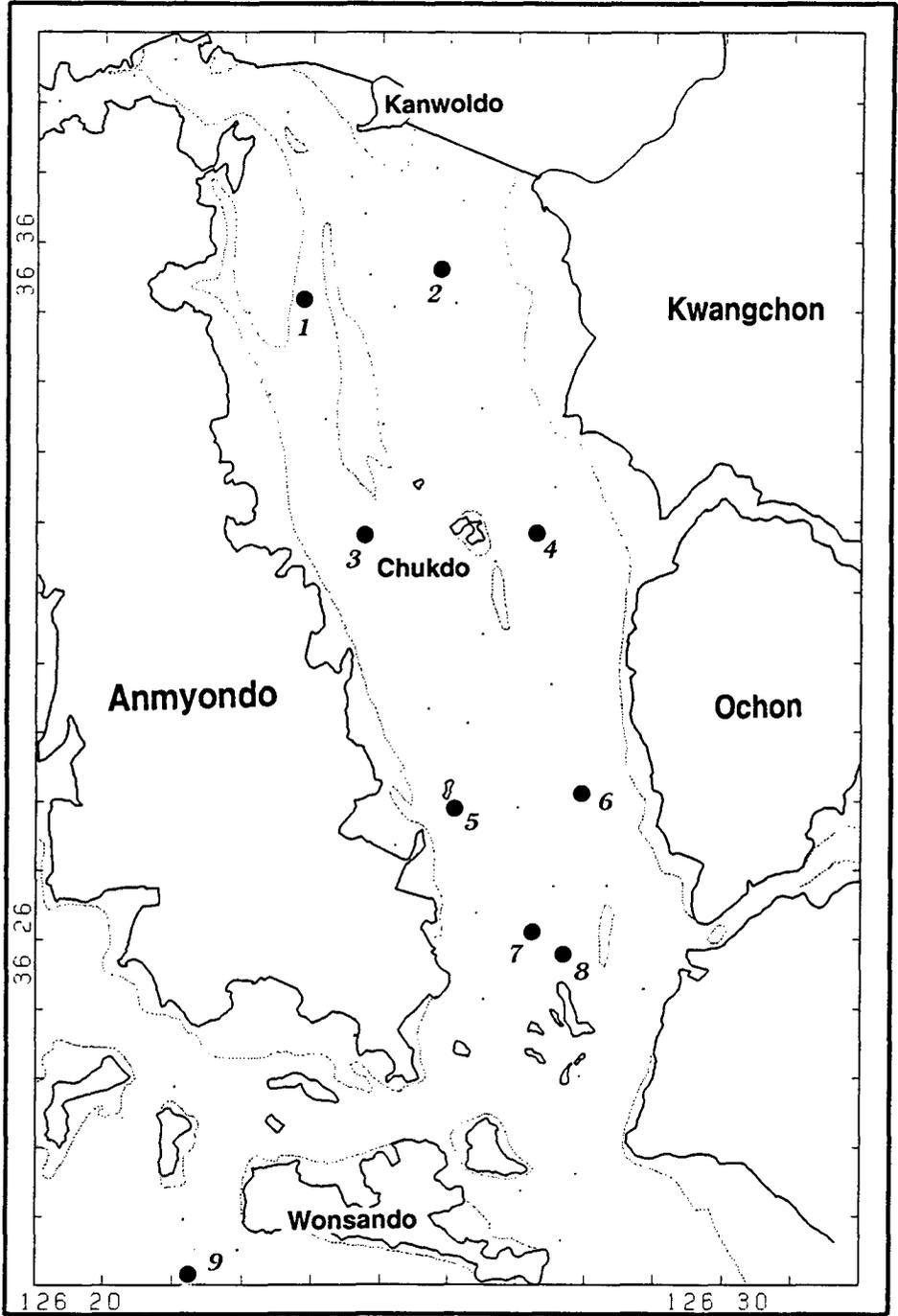


Fig. 4-3-68 Map showing the trawl sampling station.

6에서는 5종만이 출현하여 가장 적은 종수를 나타냈다(Fig.4-3-68).

정점별 출현한 생물의 분류군은 정점 7에서 7종이 출현하였으며, 정점 1과 6에서는 한 종도 출현하지 않았다. 갑각류의 경우 정점 7에서 9종이 출현하였고, 정점 8에서는 한 종도 출현하지 않았다. 극피동물은 전 정점에서 출현하였는데, 정점 2,4에서 각각 4종이 출현하였다. 기타동물군으로는 정점 6에서 유형동물인 *Lineus* sp. 1개체, 정점 9에서 강장동물인 Anthozoa unid., 정점 7에서는 강장동물인 Pennatulacea unid. 2개체, 정점 4와 9에서는 말미잘류 1개체씩 채집되었다(Fig. 4-3-69).

정점별 개체수 분포에 있어서 정점 3에서 293개체가 출현하였다. 이 중에 복족류인 *Philine argentata*가 267개체가 채집되었다. 정점 5에서도 69개체가 채집되었는데, 이 중에는 *P. argentata*가 21개체, 이매패류인 *M.jedoensis*가 37개체로 대부분을 차지하였다(Fig. 4-3-69). 갑각류의 경우 정점 1과 2에서 각각 21개체가 출현하였는데, 이 지역에서는 *Parthenoppe granulata*가 각각 4, 10개체가 출현하였다. 극피동물의 경우 정점 1과 2에서 각각 21개체가 출현하였는데, 정점 1의 경우 별불가사리 (*Asterias pectinifera*)가 8개체, 분지성게류(*Temnopluerus toreumaticus*)가 11개체 출현하였다. 정점 2에서는 닳해삼(*Protankyra bidentata*)이 13개체 출현하였다.

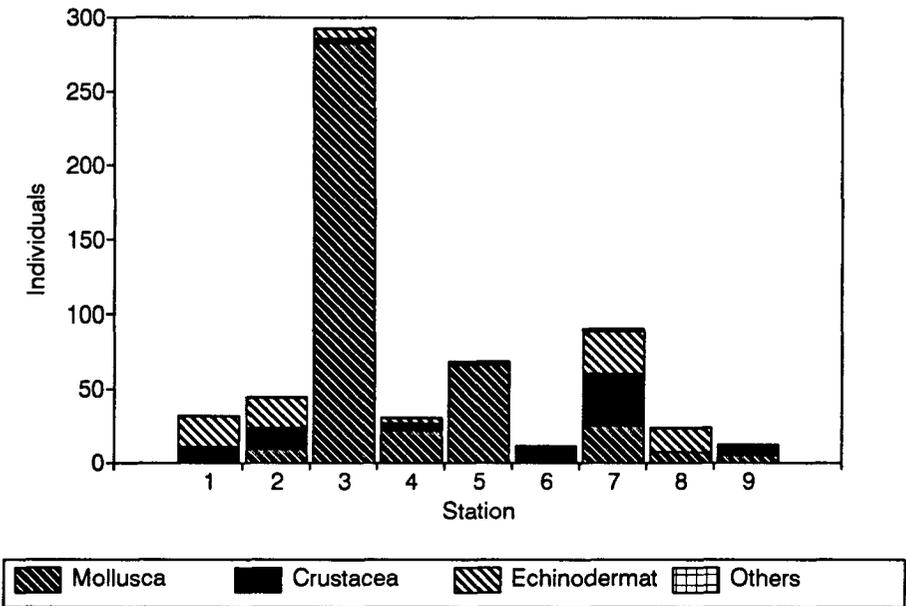
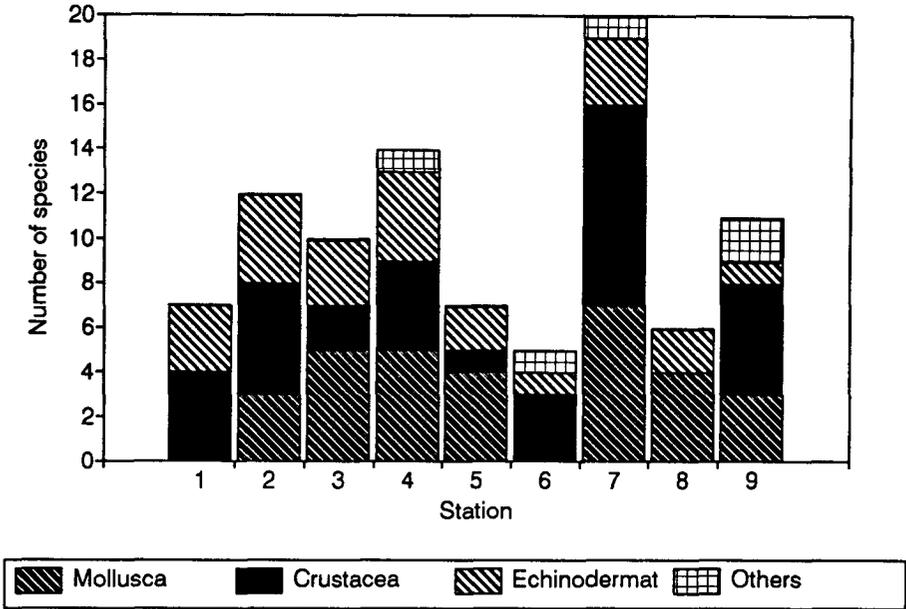


Fig. 4-3-69 The proportion of species composition by phyla investigated using trawl sampler (upper: number of species lower: individuals).

4-4 환경과 생물상과의 관계

4-4-1 주요환경요인과의 관계.

전 기간동안 측정된 환경자료와 생물 종조성 간에 상관관계를 알아보았다(Table 4-4-1). 환경자료 중에 수온은 현장에서 측정된 저층 자료이며, 염분도의 경우도 저층자료이다. 용존산소도 저층자료를 사용하였으며, 유기물함량의 경우 퇴적물 표층 약 1cm정도를 추출하여 시료로 사용하였다. 수온의 경우 염분과 -0.73 , 용존산소와 -0.92 로 높은 음의 상관관계를 보였다. 수온은 퇴적상과 유기물농도, 생물자료와는 전혀 상관이 없는것으로 나타났다.

염분도의 경우도 퇴적상과는 전혀 상관관계를 보이지 않았으며, 생물 자료에서 개체수와 -0.51 로 음의 상관관계를 보였다. 용존산소의 경우도 퇴적상과는 전혀 상관관계를 나타내지 않았으며, 개체수와 낮은 음의 상관관계를 나타냈다.

퇴적상의 경우 모래함량은 점토 및 유기물 함량과 높은 음의 상관관계를 가지며, 다른 환경요인과는 상관관계를 나타내지 않았으며, 생물자료와도 상관관계를 나타내지 않았다. 점토함량은 종수와 음의 상관관계를 나타냈다. 즉, 점토함량이 적을수록 종 수가 증가하였으며, 이로 인해 다양도지수, 풍도등과 음의 상관관계를 나타냈다.

생물조사와 동시에 수행한 환경조사에서 저서생물상과 상관관계를 보이는 것은 저층 용존 산소량과 퇴적물내의 점토함량으로 나타났다.

4-4-2 생물분포에 영향을 주는 요소

각 정점별로 측정된 환경자료를 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

자료로부터 적재된 고유값은 첫번째 주성분에 적재된 값이 전체 변동의 81%를 설명해 주고 있으며,두번째 주성분에 적재된 값은 전체 변동의 31%를

Table 4-4-1. The correlation matrix between environmental variables and species compositions in Cheonsu Bay.

Water	1.0000																			
Tem. (°C)	0.0																			
Bottom	-0.7235	1.0000																		
Sal. (%)	0.0001	0.0																		
D.O.	-0.9164	0.8048	1.0000																	
	0.0001	0.0001	0.0																	
Sand	-0.0633	0.0724	-0.0131	1.0000																
	0.5890	0.5423	0.9250	0.0																
Clay	0.0925	-0.1005	-0.0641	-0.8764	1.0000															
	0.4599	0.4291	0.6682	0.0001	0.0															
Mean	0.0428	-0.0840	-0.0011	-0.9363	0.9314	1.0000														
Phi(φ)	0.7149	0.4797	0.9933	0.0001	0.0001	0.0														
Organic	0.2158	-0.2452	-0.1148	-0.7515	0.7332	0.7834	1.0000													
Content	0.0629	0.0365	0.4083	0.0001	0.0001	0.0001	0.0													
Number	0.0217	-0.0820	-0.0408	0.0695	-0.4613	-0.1859	-0.0671	1.00000												
of sp.	0.8382	0.4445	0.7410	0.5454	0.0001	0.1031	0.5590	0.0												
Abundance	0.2924	-0.5129	-0.3741	-0.1762	-0.1010	0.1108	0.2409	0.63441	1.00000											
	0.0049	0.0001	0.0017	0.1226	0.4085	0.3339	0.0336	0.0001	0.0											
Diversity	0.0860	-0.0616	-0.0466	0.0613	-0.3684	-0.1740	-0.1114	0.70315	0.26816	1.00000										
	0.4338	0.5772	0.7123	0.6089	0.0023	0.1437	0.3513	0.0001	0.0115	0.0										
Richness	0.2062	-0.2150	-0.0686	0.1351	-0.4409	-0.2511	-0.1125	0.79152	0.41359	0.88704	1.0000									
	0.0583	0.0495	0.4825	0.2576	0.0002	0.0333	0.3465	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0								
Water	Bottom				Mean	Organic	Number	Abundance												
Tem(°C)	Sal.(%)	D.O.	Sand	Clay	Phi(φ)	Content	of sp.	Diversity	Richness											

설명해 주고 있어서, 처음 두개의 주성분이 전체 변동의 92%를 설명하였다 (Table 4-4-2). 처음 두개의 주성분에 해당되는 고유값도 3.87과 1.84로 1보다 크며, 세번째 주성분의 고유값은 0.39로 낮게 나타났다.

첫번째 주성분에 대응되는 고유벡터들의 값은 주로 퇴적상과 관련된 자료들이 적재되어 있다. 사질함량의 경우 음의 방향으로 적재되었으며, 평균입도 치와 유기물함량 등은 양의 방향으로 적재되었다. 결국, 정점별 입도의 조성에 따라 나누어주는 변수라고 할 수 있다.

두번째 주성분에 대응되는 고유벡터들의 값은 수온과 염분이 적재되어 있다. 수온의 경우 음의 방향으로, 염분의 경우 양의 방향으로 적재되어 각 정점이 계절별 크게 나누어졌다(Fig. 4-4-1) .

Table 4-4-2. Eigenvalues and Eigenvectors in PCA analysis.

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	3.67202	1.83315	0.612003	0.61200
PRIN2	1.83886	1.47161	0.306477	0.91848
PRIN3	0.36725	0.30242	0.061209	0.97969
PRIN4	0.06484	0.02025	0.010806	0.99049
PRIN5	0.04459	0.03214	0.007431	0.99793
PRIN6	0.01245	.	0.002074	1.00000

Eigenvectors						
	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5	PRIN6
TEM	0.242	-.643	-.205	-.071	-.068	0.689
SAL	-.255	0.637	0.124	-.101	-.079	0.704
SAND	-.477	-.232	0.254	0.770	0.207	0.127
CLAY	0.477	0.250	-.209	0.212	0.780	0.102
PHI	0.479	0.241	-.181	0.585	-.580	0.005
OC	0.436	-.062	0.894	-.052	0.000	0.049

Y축을 따라 계절에 따른 구분이 이루어 졌다. 상층부에 위치한 정점은 1993년 4월에 조사하였던 정점으로 구성되었으며, 하부층에 위치한 정점은 1993년 8월에 조사하였던 정점으로 구성되었다. X축을 따라서는 퇴적상에 따라 정점이 나열되었는데, 니질 함량이 많은 퇴적상을 가진 정점들은 주로 오른 쪽으로 배치되어 있으며, 사질함량이 많은 퇴적상을 가진 정점들은 왼쪽으로 배열되었다. 지역적으로 천수만 북쪽 지역과 방조제부근에 위치한 정점들

이 오른쪽 상단에 배치되어 있으며, 대주부근과 죽도 이남에 위치한 정점들이 왼쪽 하단에 배치되었다.

PRIN.2

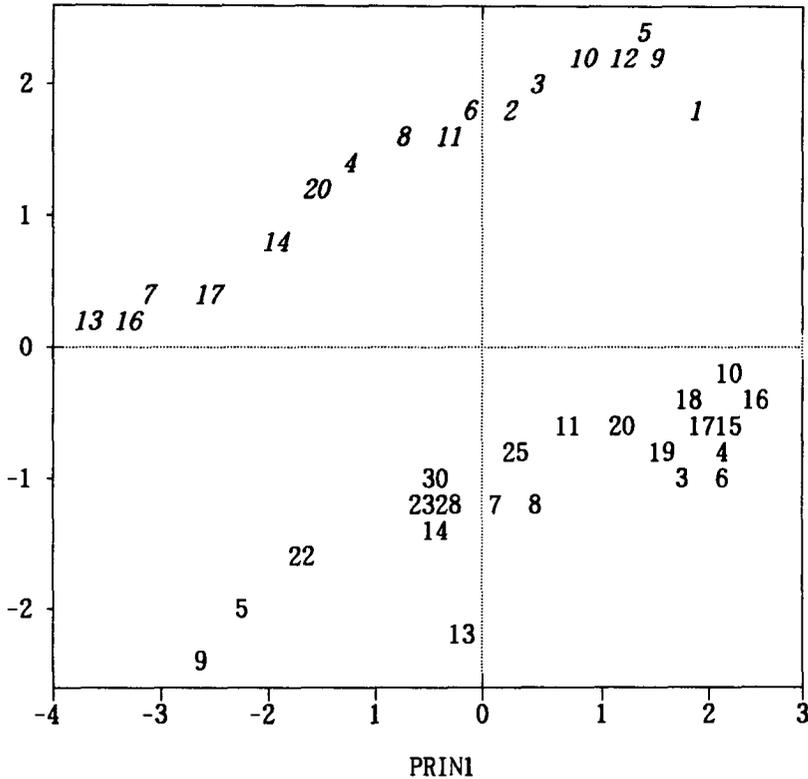


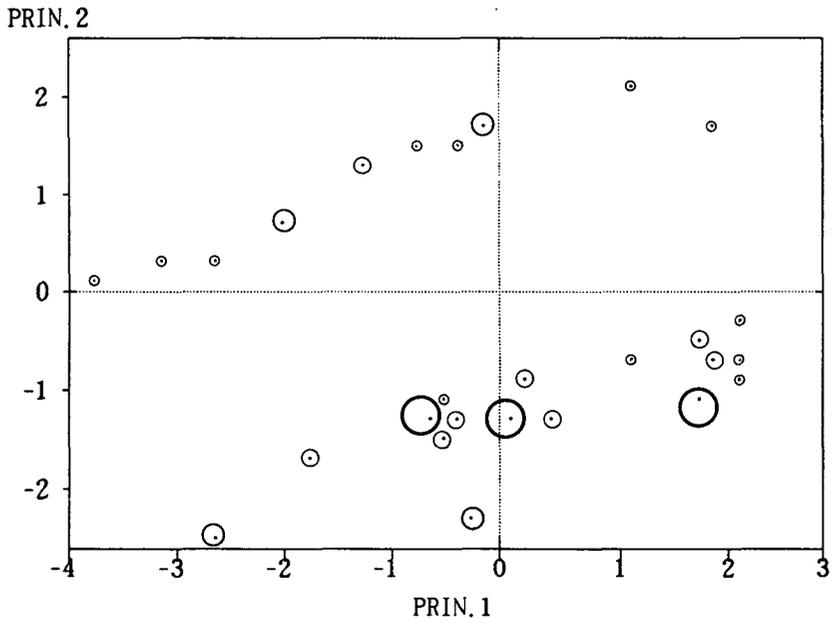
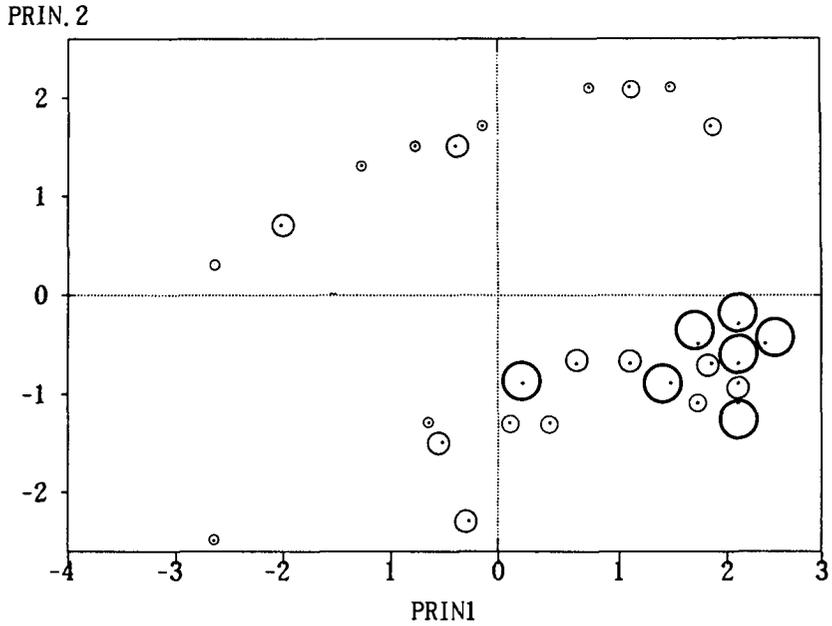
Fig. 4-4-1 Plot of stations of environmental variable on the first two Principal Component Analysis.
(Symbol is value of station, Aug., 1993, Italic: April 1993.)

4-4-3 우점종의 분포와 환경간의 관계

조사기간동안 각 정점에서 측정된 환경자료로 분석한 주성분 분석자료에 조사기간동안 증점적으로 나타난 우점종을 정점별로 표기하였다.

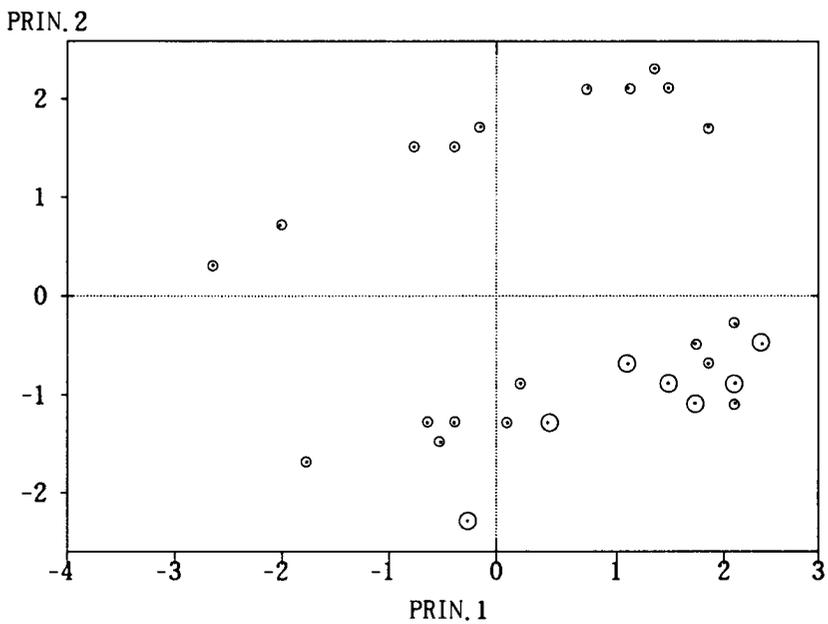
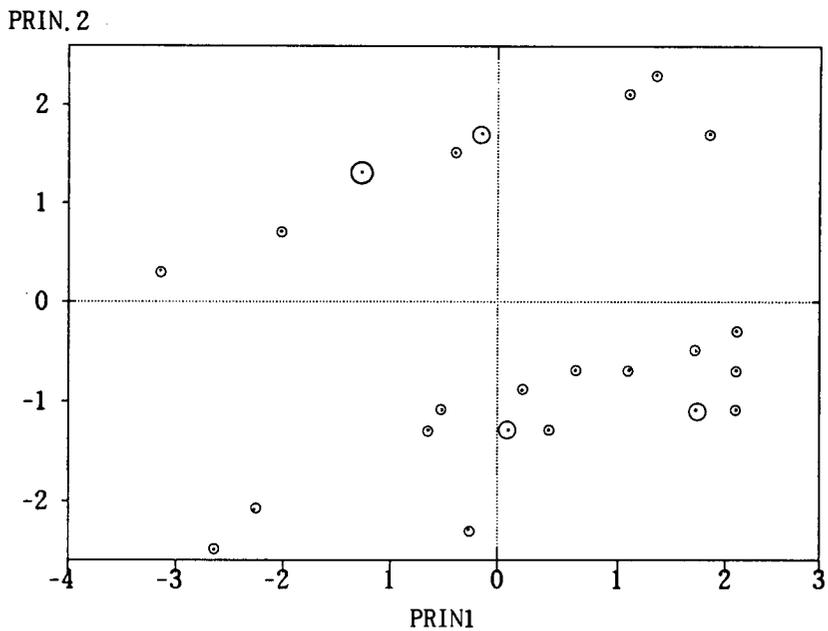
가장 많이 출현한 종인 *Tfragilis*는 봄철에는 폭넓은 지역에서 소량의 개체가 출현하였는데, 여름철에는 염분이 비교적 낮고, 퇴적물에 니질 함량이 많은 지역에 집중적으로 출현하는 양상을 보였다(Fig. 4-4-2).

*L.longifolia*의 경우 봄철에는 여름철보다 출현한 개체가 빈약하지만 주로



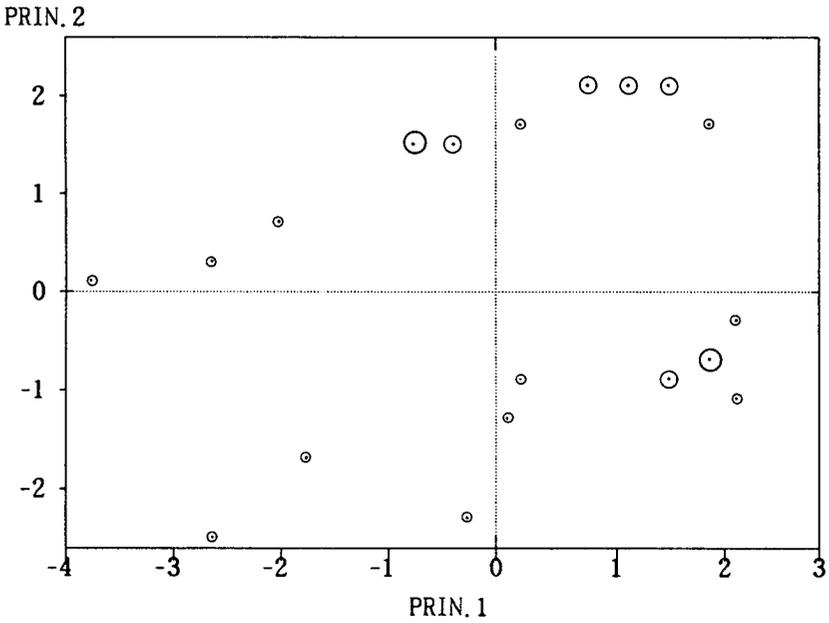
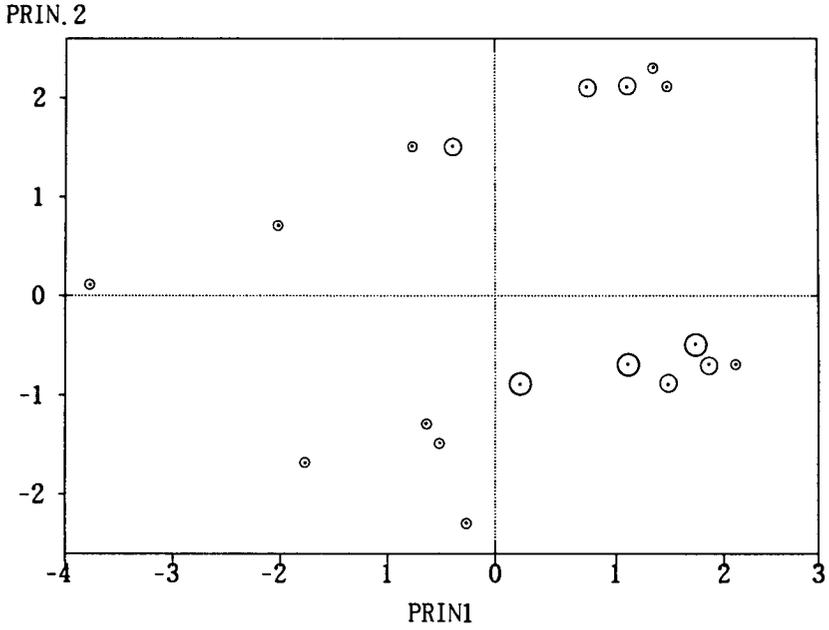
Legend: $10 < \circ$ $10 \leq \circ < 50$ $50 \leq \circ < 100$ $100 \geq \bigcirc$

Fig. 4-4-2 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: *T. fragilis*, lower: *L. longifolia*).



Legend: $10 < \circ$ $10 \leq \circ < 50$ $50 \leq \circ < 100$ $100 \geq \bigcirc$

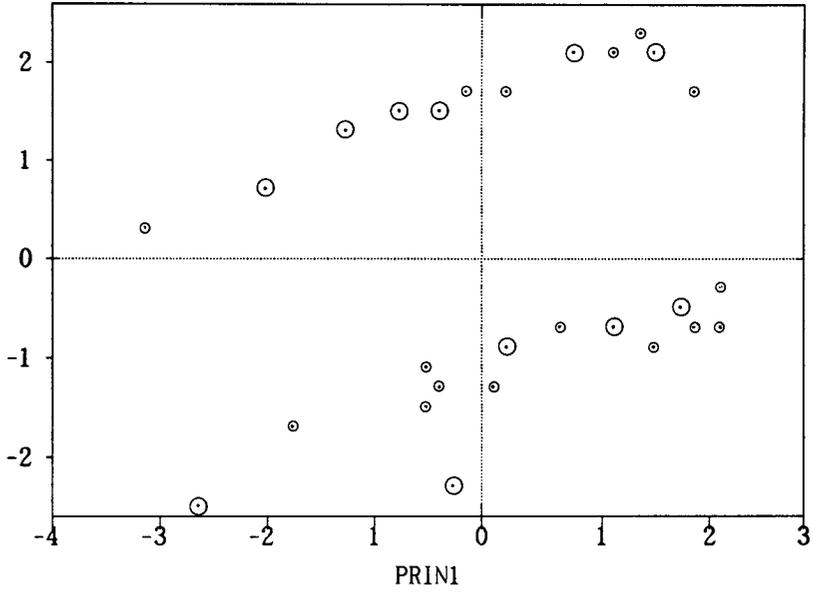
Fig. 4-4-3 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: *Arcidea sp.*, lower: *P. argentata*).



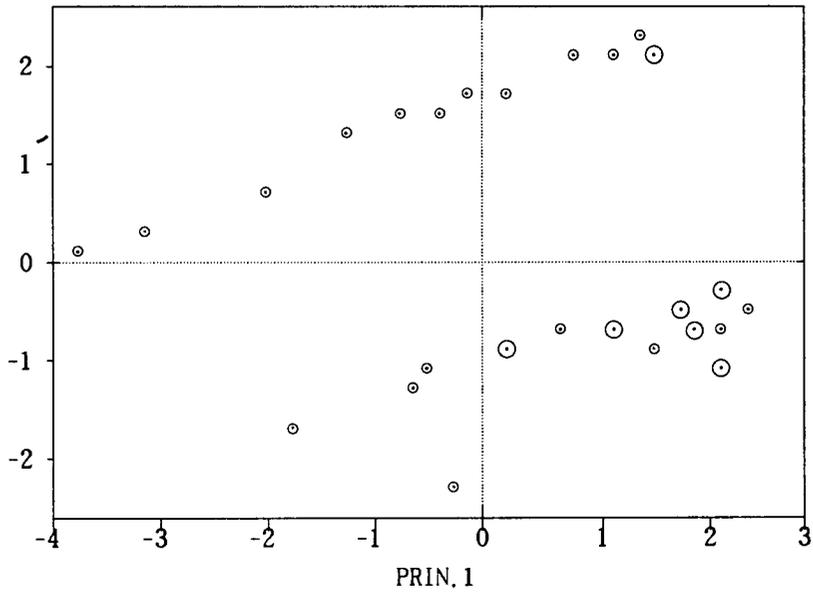
Legend: $10 < \circ$ $10 \leq \circ < 50$ $50 \leq \circ < 100$ $100 \geq \bigcirc$

Fig. 4-4-4 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: *S. scutata*, lower: *P. krusadensis*).

PRIN. 2

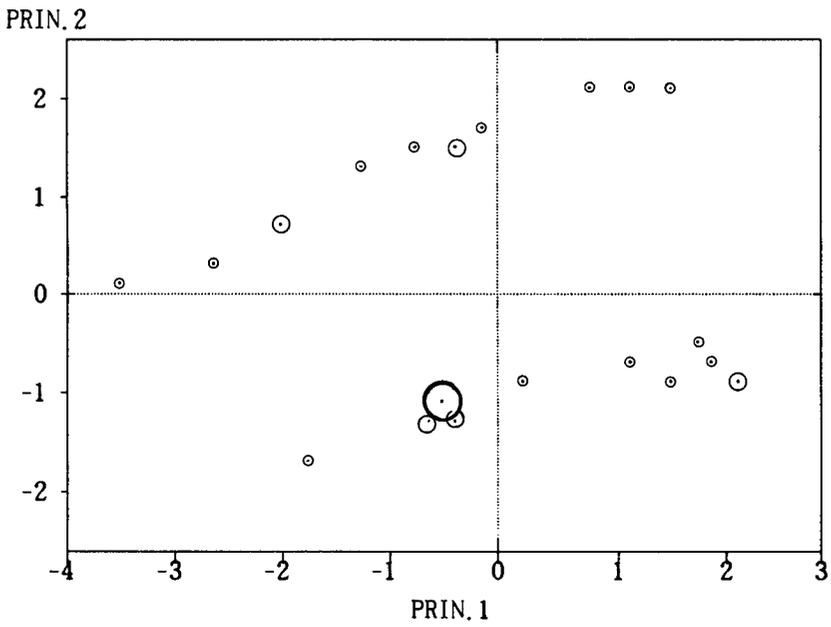
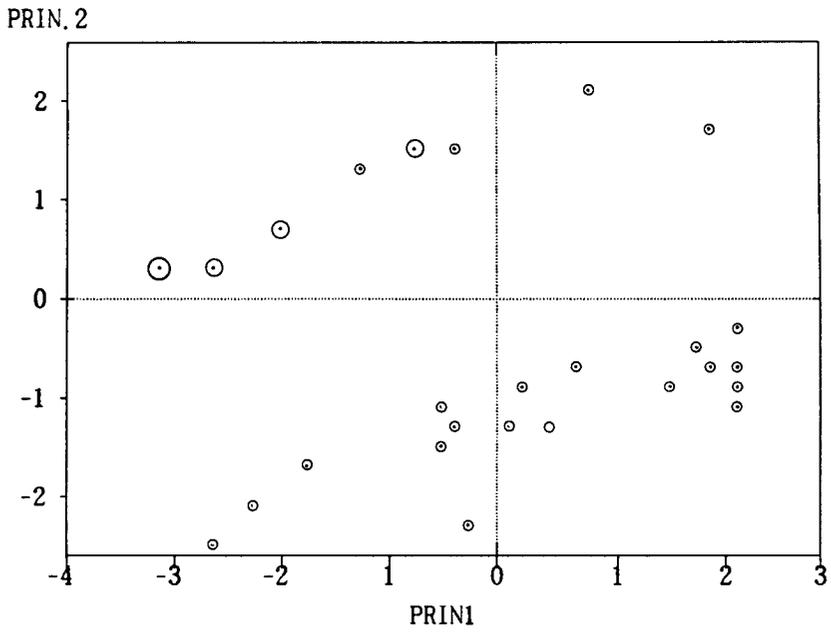


PRIN. 2



Legend: $10 < \circ$ $10 \leq \circ < 50$ $50 \leq \circ < 100$ $100 \geq \bigcirc$

Fig. 4-4-5 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: *Glycinde* sp., lower: *M. jedoensis*).



Legend: $10 <$ ○ $10 \leq$ ○ $50 <$ ○ $100 \geq$ ○

Fig. 4-4-6 Relationship between dominant species and environmental factors (upper: *N. oligobranchia*, lower: *A. arctica*).

사질함량이 높은 지역에서 출현하였으며, 여름철에는 전 정점에 걸쳐 대규모로 출현하였는데, 사질과 니질이 혼성된 지역에서 많은 개체가 출현하였다(Fig. 4-4-2).

Arcidea sp.는 여름철에 전 정점에 걸쳐 적은 양이 출현하였으며, 봄철에도 출현 개체수의 양은 여름철과 유사하지만 출현한 지역에 매우 감소하였다. 환경적인 요인에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 4-4-3). 다모류인 *P. argentata*의 경우 봄철과 여름철이 유사한 환경에서 출현하였으며, 여름철의 경우 니질함량이 높은 지역에서 많은 개체가 출현하였다.

*S. scutata*의 경우 염분도가 비교적 낮고 니질함량이 높은 지역에서 많은 개체가 출현하였으며, 여름철이 봄철보다 출현 개체수가 증가하였다(Fig. 4-4-4). *P. krusadensis*는 봄철에 전 정점에서 고른 출현양상을 보이다가 여름철에는 국부적인 지역에서만 출현하였으며, 환경요인에 따른 출현 개체의 차이는 나타나지 않았다.

Glycinde sp.의 경우 봄철과 여름철 모두 전 정점에서 고른 출현양상을 보였으며, 조사된 환경요인에 포괄적으로 적용하는 것으로 나타났다(Fig. 4-4-5).

*M. jedoensis*의 경우도 계절적인 차이는 나타나지 않았고, 환경요인에도 포괄적으로 적용하고 있으며, 여름철에 니질함량이 높은 지역에서 다소 많은 개체가 출현하였다.

*N. oligobranchia*의 경우 여름철에 전 정점에서 소량의 개체가 출현하였는데, 봄철에는 사질함량이 높고, 염분도가 높은 지역의 정점에서 많은 개체가 출현하였다(Fig. 4-4-6). *A. arctica*는 봄철에 전 정점에서 소량이 출현하였는데, 여름철에는 퇴적상이 니사질인 지역에서만 국부적으로 많은 개체가 출현하였다.

4-5 생물군집을 이용한 오염평가

4-5-1 대수정규분포를 이용한 평가기법

1993년 4월과 8월에 실시한 조사를 근거로 천수만 북부지역에서부터 입구까지 4개 정점을 선정하여 대수정규분포(Log-normal distribution)를 적용하였

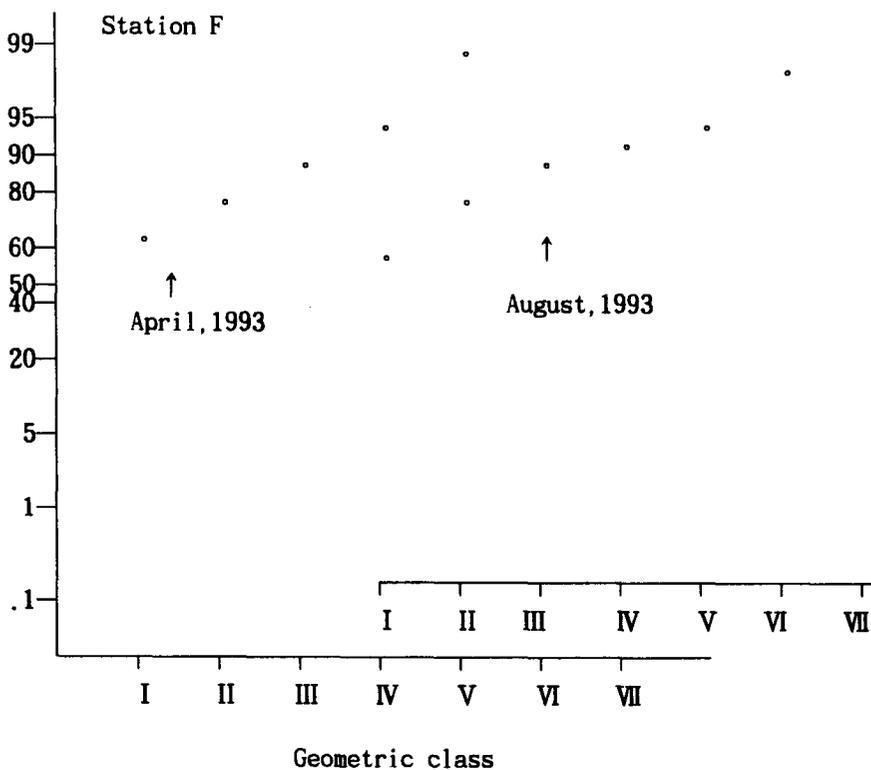
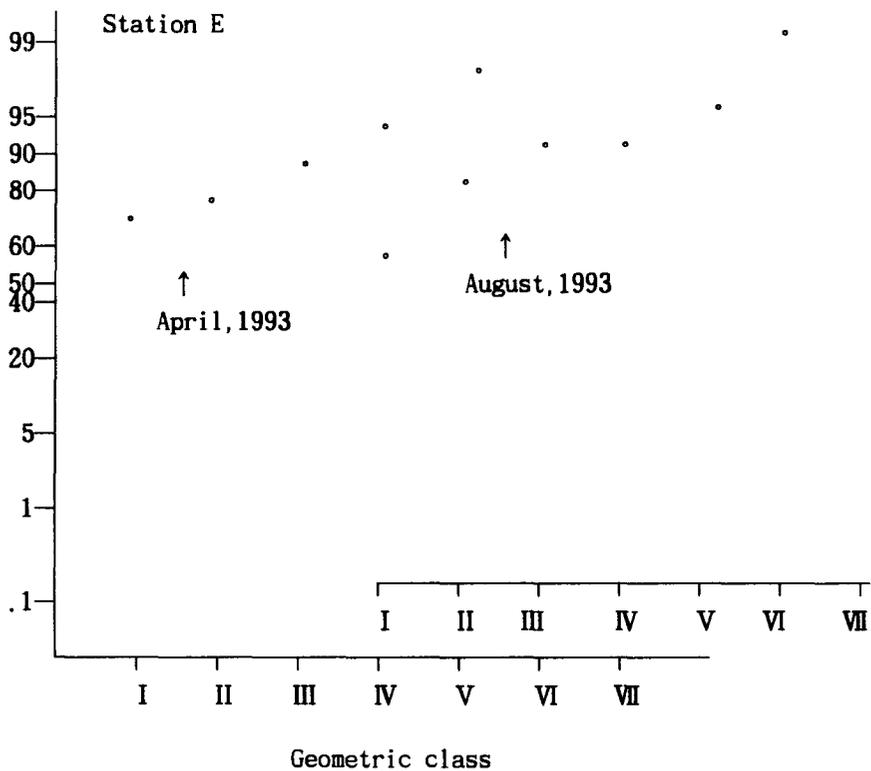


Fig. 4-4-7 Log-normal plot of station E(upper), F(lower) in Cheonsu Bay.

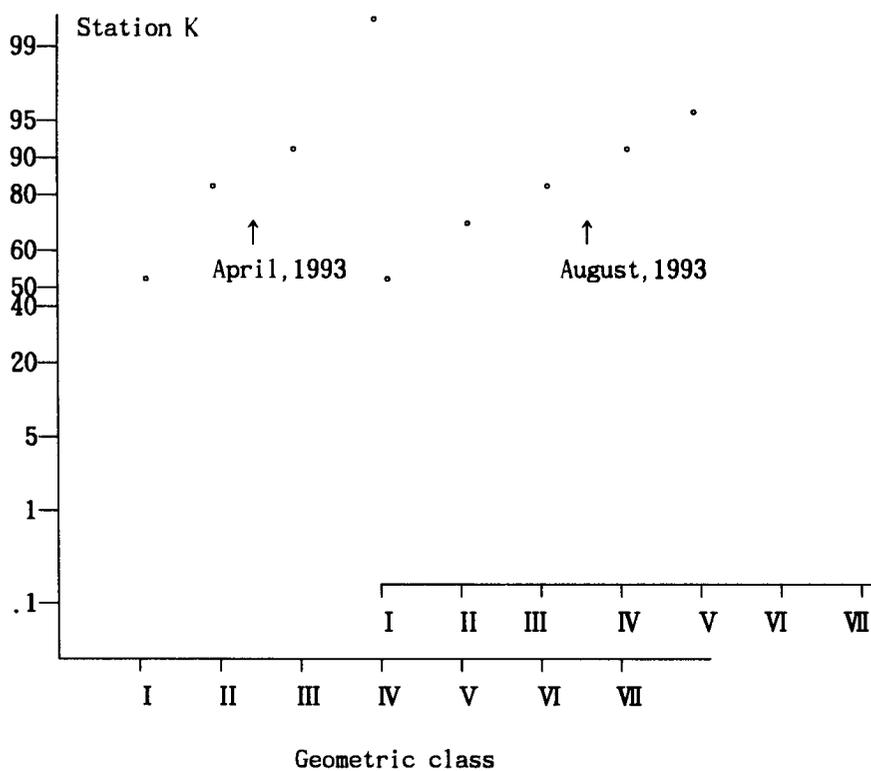
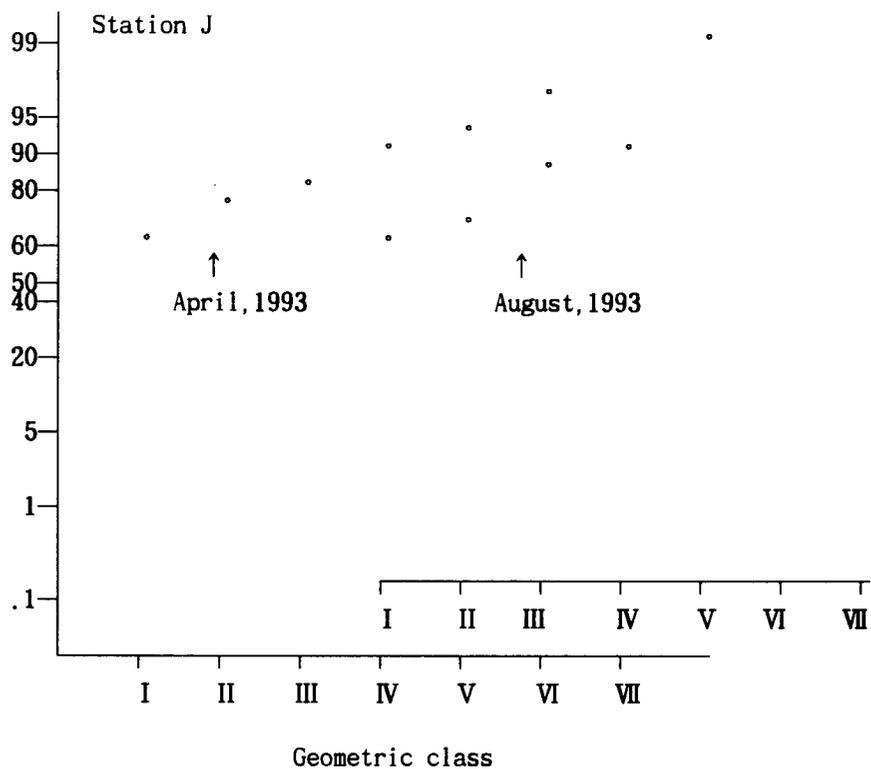


Fig. 4-4-8 Log-normal plot of station J(upper), K(lower) in Cheonsu Bay.

다. 정점E의 경우에는 봄철에 각 계급군(class)이 직선형태를 이루었지만 여름철에는 네번째 계급군에 속하는 종이 증가하여 직선이 흐트러지는 양상을 보였다(Fig. 4-4-7). 이는 군집에 변동이 있는 것으로 새로운 종이 대량 가입하거나 현존하는 종의 개체수가 급격히 감소하는 경우에 발생한다.

정점 F도 봄철에는 직선형태를 나타내다가 여름철에 네번째 계급군의 감소로 인해 흐트러니 경향을 보였다. 기울기에서도 봄철보다 감소하였다. 또한 여름철에 변곡이 생기는 부분이 정점E보다는 완만하게 나타났다.

정점 J는 봄철과 여름철이 유사한 직선형을 나타냈다(Fig. 4-4-8). 다만 직선의 기울기가 여름철에 증가하는 형태를 나타냈다. 정점 K는 여름철에 완만한 직선형을 나타냈으며, 봄철에 급격한 직선형태를 나타냈다.

5. 고 찰

5-1 환경요인

수온은 저서생태계에서 생물의 서식범위를 결정하거나 군집을 형성하는데 매우 중요하게 작용하는 부분이며(Buchanan and Moore, 1986), 생물이 먹이를 섭취하는 양을 제한하는 작용을 한다(Hily, 1991). Ansell(1978)에 의하면 수온이 생물의 생식주기에 영향을 주며, 생식시기를 결정하는데 중요한 작용을 한다고 하였다.

천수만은 수층 별로 수온차를 알아본 결과, 여름철 일부지역에서 최대 1℃ 편차를 제외한 대부분의 정점에서는 수층별 수온차가 관찰되지 않았다. 이는 수괴의 변화에 따른 차이이기 보다는 낮에 태양의 복사열에 의해 표층이 더워지기 때문으로 생각된다. 하지만, 조석차가 5m에 이르는 반일주조 형태를 취하고, 간출시 평균 3 knot에 이르는 수류의 이동이 있고, 흐름이 원활한 반 폐쇄성 만이기 때문에 복사열이 전달되는 양도 매우 미흡할 것으로 본다. 이로 인해 정점 간 수온 편차는 무시할 정도이다. 계절적인 수온편차는 연평균 21℃이며, 수온에 영향을 주는 연속적인 담수의 유입이 미흡하고, 조석에 의해 수괴의 교차가 원활하기 때문에 서해안의 전반적인 수온차와 유사하게 나타났다.

강수량은 6월부터 9월에 집중적으로 증가하여, 월 평균 963mm를 기록하였다. 연간 최대 강수량을 보인 시기는 8월이다. 천수만에는 하구역이 형성되어 있지 않고, 작은 하천이 여러군데 있으나, 유입되는 담수량은 미비하다. 그러나 강수량은 천수만 북쪽에 만들어진 방조제에서 방류하는 담수의 양과 직결되기 때문에 이 지역에서는 고려해야 할 환경요인 중 하나이다. 일시적 또는 국부적인 담수의 방류는 유영생물뿐 아니라 저서생물에도 영향을 미치며, 갑자기 발생한 강한 수류로 인해 저층이 교란되면

서 탁도가 증가하고, 담수에 포함된 많은 유기물과 영양염 등이 생물상의 변화에 중대한 영향을 미치는 것은 널리 알려진 사실이다. 실제로 경기만에서 풍수기에 상당량의 담수의 유입이 생물상에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(유, 1992). 많은 양의 비가 내릴 경우에는 담수호의 수량을 조절해야 하므로, 결국 수문을 개방하는 횟수가 많아지고, 방류되는 양도 증가하기 때문에 천수만 같은 곳에서는 내부지역의 염분도가 일시적으로 변하고, 탁도도 증가하게 된다. 이러한 경우에는 물론 퇴적상도 영향을 미치며, 염분의 감소는 수괴에 밀도층을 이루게하여, 산소의 공급을 어렵게하여, 저서생물의 양이 감소하는 원인이 된다(Boesch *et al.*, 1976). 이러한 현상으로 잦은 수문 개방은 저서생태계의 안정성을 파괴하며, 서식생물의 지속적인 성장에 영향을 주게된다.

천수만 입구인 고정항에서 정기적으로 측정된 염분도의 연간 변화에서 최저 28.8‰에서 최고 31.7‰을 나타냈으나(수로국 1991), 본 조사기간 중에는 31 - 33‰의 편차를 보였으며, 저층과 표층의 차이는 거의 볼 수 없었다. 1993년 8월 조사에서 저층과 표층이 1‰ 가량 차이를 보인것은 조사기간 중에 불규칙적인 강우로 인한 것으로 사료된다. 앞에서 언급되지 않았지만 1994년 10월에 방조제 안쪽의 저층 염분도를 측정한 결과 11.4‰을 나타냈으며, 당시 방조제 외부지역에서 동시에 측정한 저층 염분도는 30.4‰를 나타냈다. 방조제 내부저층은 아직까지도 약간의 염분을 포함하고 있으며, 표층의 경우 3.2‰로 거의 담수 형태를 지니고 있었다. 염분이 다른 환경요인보다 전반적인 생물상에 더 밀접하게 영향을 미친다는 것을 단정하기는 어렵지만 일부 종에서는 개체군의 변화에 민감하게 작용하였다(Pearson and Rosenberg, 1978).

용존산소가 저서생태계에 미치는 영향은 임(1993)에 의한 진해만 조사에서 상세히 제시되었다. 천수만에서의 봄철 용존산소는 지역적인 차이가 없이 평균 10ml/l로 높게 나타난 반면에, 여름철에는 지역적인 차이가 크게 나타났다. 특히 천수만 북쪽에 위치한 방조제와 창리 부근의 가두리

양식장 주변에서는 7ml/l이하로 낮게 나타났다. 저층 용존산소가 감소하는 것은 여름철 복사열에 의한 표층 수온상승으로 염분약층이 발달하여 수괴의 혼합이 원활하지 않기 때문이며(Bailey *et al.*, 1985), 온도상승으로 인한 생물의 호흡량 증가와 유기물 분해가 활발해 짐으로서 용존산소가 계속 소모되어 빈산소 수괴가 형성되었기 때문이다(Kitching *et al.*, 1976). 용존산소의 감소에 가장 영향을 미치는 요소는 저층에 함유된 유기물 농도이며, 실제로 Yang and Hong(1988)에 의하면 진해만에서 퇴적물의 유기탄소량과 저층수괴의 용존산소량에는 지수 함수적인 역관계가 성립된다고 하였다. 임(1993)의 조사에서도 진해만에서 여름철 생물량이 급격히 감소한 것이 용존산소 감소에 의한 빈 산소수괴에 의한다고 하였다. 이번 조사에서도 천수만 방조제 부근 정점들은 조석의 흐름이 1knot 미만으로 매우 약하고, 수문을 통해 유출되는 유기물과 영양염에 직접적인 영향을 받았으며, 창리 부근의 가두리 양식장은 어류의 먹이공급과 배설물의 침전으로 많은 유기물이 공급되었다. 이로 인한 영향으로 다른 지역보다 더 많은 용존산소가 감소한 것으로 보여진다.

천수만 입구지역의 경우 연간 용존산소의 양이 변화를 보이지 않는 것은 주기적인 조석으로 인해 빠른 유속으로 수괴의 상하층의 순환이 원활하기 때문으로 보인다.

1993년 4월과 11월에 두차례 실시한 저층 부유물질 농도에서는 방조제 부근이 높게 나타났고, 오히려 천수만 입구지역이 낮게 나타났다. 시료채취과정에서 동선관측을 실시하여 조석에 따른 부유물질의 변화를 알 수 없었으며, 이로 인해 각 지역의 부유물질량은 대표성을 가지지 못한 것으로 판단된다. 그러므로 조석의 영향을 많이 받는 지역에서 농도가 낮은 결과를 보였던 것으로 추측할 수 있다. 조사 당시에 조사기간이 조석 주기 전반에 걸쳐 실시되었기 때문에 지역적인 차이는 알 수 없었지만 계절적인 차이는 나타낼 수 있었다. 계절적으로 부유물질의 농도는 4월이 11월보다 높게 나타났으며, 4월은 부유생물이 증식하는 시기로 수심이 낮

고, 저서규조류가 우점하는 천수만 지역에서 이들의 영향도 간과할 수 없다고 생각된다. 4월의 경우 방조제 부근에서 매우 높게 나타났고, 당시 채집시기가 정조시인 점으로 미루어 부유생물의 증식에 의해 탁도가 높아진 것으로 보여진다. 저서생태계에서 탁도의 증가는 생물의 섭식활동에 영향을 미친다(Rhoads and Young, 1971). 방조제 부근에서는 저수지의 수량 조절로 인해 비정규적으로 담수를 방류하고 있으며, 이때 많은 양의 육성기원 부유물질등이 유입되며, 빠른 수류가 발생하여 니질 퇴적상인 인근 지역의 퇴적물을 재부유시키게 된다. 이러한 원인으로 저층이 매우 혼탁해질 우려가 있다. 이들은 주기적인 조석의 영향으로 넓은 지역으로 확대될 수 있으며, 침전하는데도 많은 시간이 소모되기 때문에 이 지역에서 서식하고 있는 저서생물에게는 먹이공급에나 호흡면에서 영향을 미칠 수도 있다.

퇴적환경은 저서생물상에 중요한 영향을 미치는 환경요인으로 퇴적물의 입자조성에 따라 생물분포와 섭식형태가 다르게 나타난다(Sanders, 1956, 1958; Rhoads & Young, 1971; Boesch, 1973; 홍, 1989; Shin *et al.*, 1989; 박, 1991). 또한 입도조성이 생물 다양도를 결정하는 중요한 환경요인으로 작용하여, 사니질(Sandymud) 지역이 다양한 생물이 서식하는 것으로 알려져 있다(Sanders, 1962). 천수만에서는 지역에 따라 소규모로 매우 다양한 퇴적상이 형성 되어있다. 퇴적상은 해수의 유동에 의해 영향을 받으며, 세립한 퇴적상을 구성한 지역의 경우에는 해수의 유동이 매우 적다는 것을 의미한다. 방조제 부근에는 니질로 조성되었으나, 수문 부근에는 조립질의 육성 퇴적물이 퇴적되어 있었다. 수문개방시 일시적으로 유입된 것인지, 방조제 건설 당시에 흘러 내려온 것인지에 대해서는 알 수 없지만 빠른 수류로 인해 세립퇴적물이 침전하지 못하여, 조립질만으로 구성되었을 것이다. 그리고 이들 조립 퇴적물이 수문개방으로 인해 유입된 것이라면, 비주기적으로 많은 양의 육상기원 토사유입은 저질의 안정성을 방해하여 저서생태계에 커다란 영향을 줄 것으로 생각된다. 퇴

적물의 안정성은 저서생물의 분포를 결정하는데 중요한 요인으로 작용한다(Boyden and Little, 1973; Eagle, 1973, Cranford et al.,1985).

Luckenbach(1986)에 의하면, 불규칙적인 토사유입은 서관을 형성하거나 구멍을 파고 사는 저서동물의 서식을 어렵게 하고 있으며, 퇴적물 표층에 서식하는 미세한 생물들의 서식을 방해하여 먹이 공급을 어렵게 한다고 하였다. 박(1976)의 조사에 의하면 방조제 건설 이전에 간월도 부근 지역은 모두 사질로 구성된 퇴적상을 이루고 있는 것으로 나타났으며, 최근에는 천수만 상부지역 안면도 부근에 형성되어 죽도 부근까지 이어지는 대주 지역만이 사질의 함량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 간월도를 걸쳐 서산 부근까지 이르는 조류가 방조제에 의해 이동이 어렵게 되면서 흐름이 약해지고, 그나마 상부 지역, 창리 부근에 의해로 통하는 수로가 열려 있어 조석에 따른 조류의 흐름이 이루어질 수 있기 때문인 것으로 보여진다. 대주지역에서 패류를 채집하는 현지 어민들에 의하면, 그나마 옛날 퇴적상을 보이고 있는 대주 지역도 면적이 계속 줄어들고, 펄이 끼여서 패류의 서식량이 크게 감소한다고 하였다. 이 지역은 현재 매립 예정지역으로 지정되어 있으나 천수만 내에서 가장 다양한 저서생물이 서식하는 지역이기도 하다. 심 등(1988)의 조사에 의한 퇴적환경에서도 당시의 사질 함량이 현재보다는 높게 나타났다. 사주 부근의 경우에도 퇴적 현상이 일어나는 것으로 보이지만 천수만 내에서는 비교적 더딘 속도로 진행되고 있다고 볼 수 있으며, 이들의 변화에 대해 조사한다면 방조제 건설 이후에 생물상의 변화양상을 유추할 수도 있을것으로 사료된다. 방조제 부근의 퇴적상도 니질함량이 높으면서 니질이 매우 유연하여 실제로 다이빙 관찰을 실시한 결과 늪과 같이 매우 유연한 상태였으며, 퇴적물을 관찰하기 위해 코아(corer)를 사용하여 채집을 실시한 결과 깊이 30cm정도 이하에는 커다란 자갈 층이 형성되어 있는 것으로 나타났다.

결국, 천수만의 퇴적물 구조는 빠른 조석의 영향으로 만 입구에는 암반과 자갈로 구성되어 있으며, 간월도를 중심으로한 동편과 서편에 형성

된 두 개의 수로가 형성되어 있고, 퇴적상은 굵은 모래질와 자갈, 사해패각으로 구성되었다. 과거의 천수만의 해저 퇴적물 분포를 보면 만 입구와 간월도 동서 수로에서 기반암이 노출되어 있고, 대부분의 저질이 모래로 구성되었으며(국립지리원, 1977), 그 후에 조사된 천수만 북부의 저질분포에서도 상당지역이 모래로 되어 있었다(아세아항업, 1979). 그러나 방조제 건설 이후 수행된 이(1988)의 연구에서는 상당지역의 퇴적상이 사니질로 변화된것으로 나타났으며, 당시 이(1988)는 퇴적물의 입도와 퇴적물 내의 유기물 함량이 조류의 속도에 의해 좌우되고 있다고 결론 지었다. 따라서 방조제의 건설로 인해 조류의 속도가 감소하므로 말미암아 부유물질의 침전을 가속시키므로 해저면의 퇴적상이 변화된 것으로 사료된다. 실제로 당시에 분석된 입도 조성에 의하면, 방조제 부근을 포함한 천수만 북부지역은 니사질 또는 사니질로 되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 이와 같은 퇴적상도 현재와 상당한 차이를 나타내고 있었다. 결국 방조제 건설 이전에는 사질의 퇴적상이었으나, 건설 이후 1987년에는 사니질로 되었다가, 1993년 현재에는 완전한 니질로 재조성된 것으로 나타났다.

천수만 입구에서는 갑각류와 거미불가사리류가 많이 나타나고 내만에서는 다모류와 이매패류가 우점하여 퇴적상의 변화에 따른 종조성과 풍부도의 차이를 지적한 바 있다(이, 1988). 따라서 강한 유속으로 저서생물이 살 수 없었던 내만의 수로에서 저서생물의 생육이 가능하게 되고, 조류의 활발한 혼합작용으로 저서성 여과섭식생물에게 식물플랑크톤이 직접 먹이로 이용되던 곳은 조류의 약화로 성층이 되어 저서동물은 감소하고 동식물플랑크톤이 증가된 것으로 사료된다.

퇴적물 내의 유기물 함량은 조석주기에 따른 유입과 재부유현상에 좌우되며, 이는 생물 분포에 영향을 미친다(Nichols, 1977), 이러한 유기물의 형성과정은 해수중의 콜로이드 형태의 유기물들이 세립입자와 함께 퇴적하거나 퇴적물 내에서의 일차생산 및 인간의 활동에 의해 유입되며, 퇴적물내의 분해나 재부유 작용에 의해 유출된다(Harwig, 1976). 또한, 유기물

분포는 유기물이 부착할 수 있는 넓은 표면적을 가지고 음전하되어 유기물의 흡착자로 작용하는 입도와 관련이 되고 있다(Longbottom, 1970). 천수만의 경우 유기물 함량이 계절적으로 여름과 가을에 높게 나타나고, 겨울과 봄철에 낮게 나타났으며, 천수만 북부지역으로 갈수록 증가하고, 입구로 갈수록 감소하였다. 유기물의 분포는 퇴적상과도 연관이 있으며, 상관 관계에서도 니질함량과 높은 상관관계를 가졌다. 특히 여름철 천수만 제일북쪽에 위치한 창리 부근에서 7%이상의 높은 수치를 보인것은 이 지역이 가두리 양식장이 밀집되어 있는 곳이기 때문이며, 죽도 오른쪽 정점 16에서 높게 나타난 것은 오전 부근의 하천이 위치하여 육지에서 유기물이 배출되었기 때문인 것으로 사료된다.

봄철 시료를 친생물원소 분석을 실시한 결과 탄소함량은 지역적으로는 연소법에 의해 측정된 유기물 함량과 유사한 결과를 보였으나 함량면에서는 많은 차이를 보였다. 유기탄소의 경우 평균 1.3%의 함량을 나타냈다. 결국, 측정방법에 따른 절대값의 오차가 매우 큰 것으로 나타났으나 상대적으로 전반적인 분포를 비교하는데는 두 방법 모두 동일한 결과를 얻을 수 있다고 본다. 퇴적물에 산소교환이 안되는 경우에는 썩게되고 박테리아에 의해 황성분이 증가하게 되는데 천수만 북부지역에서 높게 나타났으며, 천수만 입구로 갈수록 표층에서 황이 검출되지 않았다. 천수만 북부지역 처럼 표층에서 황성분이 검출된다는 것은 퇴적물에 구멍을 파고 사는 생물의 양이 매우 적으며, 퇴적물을 구성하는 입자 자체도 매우 적어서 공극이 거의 없는 상태라고 생각해도 좋을 것이다. 천수만 북쪽 방조제부근과 가두리 양식장 밀집지역에서는 퇴적물과 해수사이에 교환이 이루어지지 않아 퇴적물에 섞인 유기물이 썩는 것으로 보인다.

방조제 부근의 퇴적물이 언제 퇴적되었으며, 퇴적시간이 어느정도인지 알아보기 위해 방사성 동위원소 검사를 실시하였다. 우리나라 주변해역은 육상에서의 토지 및 수자원 이용 관례가 최근들어 크게 변하고 있고, 간척지 매립, 해안구조물 설치 등으로 주변해역 퇴적물의 이동 및 분

배양상이 급격하게 변화되고 있다. 서남해역의 경우 니질퇴적물이 많이 분포하고 있지만 이들의 기원과 운반형태에 대해서는 잘 알려지지 않고 있어 짧은 연도내의 이동량을 측정하는 방법이 요구되었다(해양연, 1992). ^{210}Pb (반감기 22.3년)와 ^{137}Cs (반감기 30.0년)는 최근 백년이내의 짧은 시간규모의 퇴적역학을 이해하는데 지금까지 알려진 방법 중에서 가장 효과적이다. 측정방법에는 알파입자 측정법과 감마입자 측정법이 있는데, 알파입자 측정방법이 매우 빠르고 효율이 높게 나타나고 있지만 본 조사에서는 조사기간의 촉박으로 기기 사용시간의 문제 등으로 인해 감마 측정방법을 사용하였다. 이 시료를 사용하여 측정한 결과 표층퇴적물과 저층퇴적물과의 시간차이는 11.74년이 걸리는 것으로 나타났다. 하지만 중간 단계인 14-17cm에서는 이보다 훨씬 오랜기간이 50년이 걸렸다. 만일 표층퇴적물이 최근 퇴적된 것으로 가정한다면 저층 시료가 퇴적된 시기는 1982년 전후로 생각된다. 실제 이 지역에 방조제가 1984년 완공되었기 때문에 거의 비슷한 결과라고 생각된다. 실제로 퇴적물 시료를 채취하기 위해 직접 다이빙을 하여 관찰한 결과 방조제 부근에서는 펄이 매우 유연하여 마치 늪에 빠진 형태로 코아가 매우 쉽게 박혔으며, 약 30cm 깊이에서는 더이상 들어가지 않았다. 이를 확인하기 위해 손을 넣어 보았더니 커다란 자갈들과 모가난 돌들이 산재해 있었다. 이러한 자갈들은 방조제 건설시 유입된 것으로 보이며, 이들로 구성된 층이 너무 두터워서 더 이상 깊이로 작업할 수 없었다. 결국, 이지역에 퇴적된 퇴적물은 방조제 건설 이후에 퇴적된 것으로 보이며, 수류의 이동이 약화되어 초기에는 느린 유속에 이동되는 입자들이 빠른 침전을 나타내고 있었으며, 이후에는 수문의 영향에 따른 육성 퇴적물의 유입과, 잦은 퇴적물의 교란에 의한 재부유로 인해 서로 섞이는 현상으로 중간단계에서는 더욱 오랜 기간이 나타난것으로 보인다. 이러한 결과에 대한 보완작업이 필수적이라 생각되며, 우선 알파검정에 의한 측정방법을 사용하고, 측정 깊이는 좀더 세분화 한다면 정확한 퇴적율을 구할 수 있을것으로 보인다.

5-2. 부유생물상

천수만에서의 부유생물상 조사는 오래전부터 수행되어 많은 자료가 축적되어 있다. 초기에 식물플랑크톤조사에서 밝혀진 종 수는 측정 기간과 지역에 따라 약간의 차이가 나타나지만 방조제 건설 이전의 자료인 심과 이(1979)의 조사와 심과 여(1988)에서의 우점종은 한 종도 겹치지 않고 완전히 다른 양상을 보였다. 방조제 건설 이후에는 저서성 규조류가 우점하고, 표층에서도 조석과 빠른 수류로 인해 천수만 입구에서도 저서성 규조류가 우점하였다. 이러한 영향으로 우점종이 대부분 저서성 플랑크톤이 차지하고 있는 것으로 보여지며, 건설 이전 보다는 유속이 매우 약해져서 외부에서 유입되는 수량이 적기 때문에 플랑크톤의 유입도 상대적으로 적은 것으로 보이며, 이로 인해 내부에서 성장하는 저서성 플랑크톤이 상대적으로 우점하는 결과를 나타낸 것으로 보인다.

이번조사에서도 전 계절을 통해 저서성 규조류가 우점종의 대부분을 차지하였으며, 그 중에 11월에 가장 많은 종이 출현하였는데, Cho(1988)에 의하면 천수만의 영양염 농도는 식물플랑크톤의 생산력 감소 및 7월에서 10월사이 증가된 강우량에 의한 만으로 유입되는 담수의 증가로 높게 나타나고 있으며, 이러한 영양염 조건하에서 적정 성장 수온 범위내의 식물플랑크톤이 비교적 다양한 분포를 보이는 것으로 보여진다.

천수만 지역에 우점하는 *Chaetoceros*속의 종들은 11월이나 2월에 비해 수온이 상승된 5월에 적은 종수를 나타내는 현상도 수괴내의 영양염 감소에 따른 소멸 및 resting spore의 형성과 관련된 결과로 보여진다.

본 조사에서 나타난 88종의 식물플랑크톤은 신(1988)의 262종에 비하면 매우 적은 종수이다. 이는 조사가 3회에 걸쳐서 이루어졌고, 이 중 2회는 plankton net에 의해 채집된 시료가 아닌 정량시료를 기초로 하여 정성분석이 이루어진 것이다.

천수만에서 우점하는 종들의 특징을 보면, 5월에 내만역에서 우점하는 *Chaetoceros debilis*는 낮은 질산염 상태에서는 휴면포자를 형성하여 증식에 제한을 받는 종이며(Garrison, 1981), 11월에 내만역에서 우점하는 *Leptocylindrus danicus*, *Chaetoceros lauderi*도 생장에 적당하지 않은 환경에서는 휴면포자를 형성하는 종으로 알려졌다(French and Hargares, 1985). 따라서 Cho(1988)에 의해 조사된 천수만에서의 계절에 따른 영양염 동태와 본 조사에서의 개체 출현 양상을 비교해 볼때, 11월의 내만수역은 비교적 양호한 영양상태하에 있음을 추측할 수 있다. 하지만 이 종은 수온이 5℃이하로 내려가면 영양세포가 생존하기 어려운 특성을 지니고 있어 영양염이 풍부하여도 수온 하락에 의해 증식이 중단되고, 일부는 휴면포자를 형성하여 수괴내에 매우 낮은 현존량을 나타낸다. 결국, 환경에 폭넓게 적응하는 종이 양호한 영양 하에서 높은 증식율을 보일 수 있다.

2월에는 저서성 규조류인 *Paralia sulcata*가 우점종으로 나타나고 있는데, 이는 강한 조류로 인한 수층의 혼합으로 인해 일시성 부유 규조류인 *Paralia sulcata*를 재부유 시킨 것으로 보인다. 하지만 5월에는 대량 발생한 부유성 규조류로 인해 상대적으로 높은 점유율을 보이지 못한 것으로 생각된다.

특히 천수만 입구에서는 저서성 규조류가 연중 우점으로 나타났지만 내만으로 갈수록 체인을 이루는 부유성 규조류인 *C. lauderi*, *C. debilis*, *L. danicus*등이 높은 점유율을 보였다. 또한 심 등(1988)의 조사에서도 8월에 기수역 및 담수에 서식하는 종이 출현하였으며, 이번 조사에서도 6종의 기수역에 서식하는 종과 2종의 담수역에 서식하는 종이 출현하였다. 이들은 모두 방조제 부근 정점에서만 출현하였으며, 출현시기도 8월 전후에 주로 나타났다. 이로서 수문을 통해 담수가 유입되고 있으며, 강수량이 가장 많은 8월의 경우 특히 많은 양의 담수가 유입되어 담수종이 천수만 내에서 발견되는 것으로 보인다.

천수만에서의 동물플랑크톤의 출현량은 심 등(1988)에 의한 1986년 당

시 보다 현저하게 적은 개체가 출현하였다. 당시 가을철 채집에서 7,655 개체/m³가 채집되었으며, 겨울철에 5,914 개체/m³ 봄철에 3,610 개체/m³가 채집되었다. 이는 중수에서나 개체수에서 모두 차이를 보였으며, 당시 환경상황과 현재를 자세히 검토해 볼 필요가 있다. 이번조사에서는 전 정점을 동선관측을 실시하여 조석의 방향에 따라 채집량이 차이를 보이겠지만 중수에서도 현저한 차이가 나타나고 있는 것은 군집상에 변화를 예측할 수 있으며, 신(1988)은 당시 micro-zooplankton과 Macro-zooplankton으로 나누어 조사를 하였으며, 이번 조사에서는 micro-zooplankton이 배제된 상황이었다. 이들에 대한 분석이 이루어 진다면 중수의 변화상에 대한 좀더 자세한 정보를 얻을수 있을 것으로 보인다.

중 수에 있어 가을철 기타 동물군의 중수가 증가한것은 모악류가 채집되었기 때문이며, 봄철에는 유생이 다량 가입되었다. 평균 개체수에 있어서도 가을철에는 요각류가 대다수를 차지하였으나 겨울철에는 유생이 거의 나타나지 않았고, 내만역에 위치한 정점 10, 11에서 *N.scintillans*가 다량 출현하였다. 봄철에는 *N.scintillans*가 국부적으로 출현하였고, 만입구의 정점에서는 고른 출현양상을 보였으며, 전체 정점에서는 유생의 대량 출현으로 인해 개체수에서 많은 비중을 차지하였다.

가을철에는 요각류중에 *C.affinis*와 *P.parvus*가 전 정점에서 고른 출현을 보였으며, 요각류의 어린 유생인 copepodite가 나타나기 시작하였다. 겨울철에는 *A.biflosa*, *C. abdominalis*, *C.affinis*가 주로 만입구 정점에서 출현하였으며, copepodite가 전 정점에서 고르게 많은 개체가 출현하였다. 내만역에서는 *N.scintillans*가 다량 출현하였는데, 이 종은 가을에는 채집되지 않다가 겨울에 대량 출현하고, 봄에는 만입구에서 대량 출현하였다. 한편 봄철에는 유생과 난이 대량 출현하여 요각류의 비중이 적어진 것으로 보이지만 요각류의 경우 중수나 개체수에서 큰 차이를 나타내고 있지 않았으며, 지역적인 종조성도 모든 정점에서 유사한 형태를 나타냈다.

다양도, 풍부도, 균등도 등은 전 정점에서 고르게 나타내고 있으며, 겨울철 내만역에서의 *N.scintillans*의 집중 출현으로 인해 일시적인 변동이 일어났다. 전반적으로 가을철에 높게 나타났으며, 계절적으로도 유사한 양상을 보였다.

본 조사에서 난,치자어의 경우 방조제 건설 이후에 군집의 변화양상을 밝히기에는 조사이전의 자료가 없기 때문에 어려우며, 건설 이후에 차 등(1988)에 의한 조사와 비교해보았다. 2월의 경우 본 조사에서는 흰배도라치 1종만이 채집되었는데, 차 등(1988)은 까나리(*Ammodytes personatus*), 꼼치류(*Liparis* sp.), 농어(*Lateolabrax japonicus*)등 3종이 더 출현하였다. 이들은 모두 겨울 산란군으로 채집에 시기적인 차이나 온도등 시기에 따른 환경적인 차이로 인해 출현여부가 다르게 나타난것으로 보여진다.

5월 회유성 어종인 멸치의 경우 전정점에서 난과 치자어가 출현하고,각 정점에서 난의 출현양과 유사한 비율로 치자어가 출현하여 산란과 부화가 활발히 진행되고 있는 것으로 사료되며, 전어의 경우는 만입구에서 난이 대량 출현하였고, 치자어는 소수 채집된것으로 보아 최근에 산란이 이루어져서 부화가 되는 단계로 보여진다.

시기적인 차이로 이른봄에 산란하는 정주성 어종의 난은 발견되지 않았으며, 5월 이후에 많은 회유성 어종의 산란으로 많은 양의 난과 치자어가 출현할 것으로 보여진다.

본 조사기간 중에 채집이 이루어지지 않았지만 난,치자어의 종조성과 개체수를 비교해 보면 천수만내의 어류의 양이 급격히 감소하고 있는 것을 추론할 수 있다. Lee and Seok(1984)에 의하면 천수만의 부영어류군집이나 조간대 어류 군집은 일반적으로 수온이 낮은 겨울에 소수의 어류가 채집되고, 수온이 높아지면서 외해나 깊은곳에서 월동한 회유어류가 만으로 유입되어 높은 생물량이 관찰되었다. 하지만 심 등(1988)에 의하면, 저서성 어류는 이와는 달리 겨울과 봄에 많은 양이 채집되었고, 그 이후 생물량이 감소하는 것을 보여준다. 이는 저서성 어류의 경우 천수만의 수

심이 깊은 곳을 월동장으로 이용하지만 유어들의 생육장으로는 활용하지 않아 수온이 낮은 시기에 어류량이 많고, 여름에는 상대적으로 생물량이 적은 것으로 추정하였다.

천수만 내의 종 조성은 수온이 낮은 겨울에는 밴댕이, 전어, 민태 등의 회유종은 외해에서 월동을 하고, 내만성인 망둑어과에 속하는 종들은 수심 깊은 곳에서 월동하기 때문에 만내의 수심이 깊은 곳에서는 높은 생물량을 유지한다. 하지만 수온이 상승하는 봄에는 월동하던 내만성 어종이 산란을 시작하고, 이후에 외해에서 월동한 멸치, 밴댕이 등 부영성 어류와 민태, 보구치 등 저서성 어류의 성어가 만으로 들어와서 산란을 한다. 즉, 내만성 어종과 회유성 어종이 짧은 시간간격으로 천수만 내에서 산란을 하게 된다.

산란된 난들은 부화하여 유어시기를 천수만 내에서 보내게 되므로 여름철에는 높은 개체수를 나타내고 있으나 생체량에 있어서는 낮게 나타난다. 천수만 어류군집을 구성하는 대부분의 종이 크기가 작고, 수명이 1-2년 정도이며, 여름 이후에는 성어가 거의 출현하지 않는 것으로 보아 산란 후 사망율이 매우 높은 것으로 추정하였다.

심 등(1988)은 천수만이 계절에 따라 수온변화가 심해서 어류의 종조성과 양적 변동이 심한 것으로 추론 하였으며, 이 지역에 서식하는 어종이 크기가 작고, 수명이 짧아 산란, 성장 등 생활사에 따른 계절변동이 뚜렷하다는 것을 밝혔다. 어류군집에서 수온이 매우 중요하게 작용하지만 정주성 어종의 경우 먹이와 탁도, 염분 변화 등도 매우 중요하게 작용한다. McIntyre and Eleftheriou(1968)에 의하면, 저서생물이 저서어류의 먹이로서 매우 중요한 부분을 차지한다고 하였으며, 천수만에서의 저서동물 군집 변화가 정주성 어종의 밀도에 어느정도 영향을 미칠것으로 보여진다. 또한 방조제 건설로 인해 일시적인 수문 방류에 따른 염분도 변화와 탁도의 변화 등도 순간적으로 어류에 영향을 미치는 요소이다.

5-3. 저서생물조사

1991년부터 1992년까지 10개 정점에서 실시한 저서생물 조사에서는 총 10개의 생물군에 191종 5,959개체의 저서동물이 채집되었다. 1993년 4월에는 23개 정점에서 9개 생물군에 179종 3,348개체의 생물이 채집되었으며, 1993년 8월에 실시한 조사에서는 30개 정점에서 8개 생물군에 200종 10,236개체가 채집되었다. 조사 정점 수가 증가할수록 출현한 종 수가 증가하였다. 1993년 4월에는 주로 천수만 입구를 중심으로 조사가 실시되었고, 1993년 8월에는 방조제 부근을 포함하여 천수만 북쪽 지역을 중심으로 실시되었다. 실제로는 4월과 8월의 조사 정점을 동일하게 계획하였으나, 조사 당시 기상 문제로 인해 4월에 북쪽 지역의 정점이 상당수 누락되었다. 3년동안 출현한 전체 종 수는 313종으로 이때까지 조사된 어느 지역보다도 다양한 종으로 구성된 것으로 밝혀졌다. 진해만의 의 경우에는 287종(임, 1993)이 출현하였으며, 울산만은 127종(Yi *et al.*, 1982), 여자만의 142종(임 등, 1991), 경기만의 경우 87종(Shin *et al.*, 1989)이 출현한 것으로 밝혀졌다. 하지만 동일지역에서도 종 수는 채집시기와 채집량, 채집회수에 따라 다르기 때문에 정확한 비교라고는 할 수 없다. 또한 국내 여건상 생물을 동정하는데 있어서도 상당한 문제점을 가지고 있다. 실제로 국내에는 저서동물을 분류하는 학자가 매우 적으며, 전문 학자 한 명도 없는 분류군도 적지 않기 때문이다. 모든 출현 생물을 해당 전문가가 모두 동정할 수 없는 상황이기 때문에 이런 점에서 발생한 오차도 매우 클 것으로 보인다.

1991년 조사된 10개 정점은 1993년 총 39개 정점에서 실시한 조사에 비해 생물이 매우 빈약하였으며, 연중 생물 변화가 적은 수로 지역을 정점으로 선택하였음을 알 수 있었다. 또한 대부분 정점이 유사한 퇴적환경을 가지고 있어 천수만에서 모니터링을 해야하는 지역이 다수 누락되어 있었다. 또한 채집기기상의 문제점도 지적되었다. 1993년에 두차례에 걸

쳐 9개 정점에서 실시한 트롤조사에서 기존의 그랩 채집기에서 누락된 생물이 17종이 채집되었으며, 조사가 실시된 지역의 그랩채집기에 의한 생물과 비교해 본 결과 대형생물의 대부분이 누락되어 있었다. 제 등(1991)에 의한 조사에서도 채집기로 형망을 사용하여 대형저서동물만을 채집한 결과, 천수만 하부에 형성되어 있는 암반 지역에서는 강장동물(Cnidaria), 태형동물(Bryozoa) 등 다양한 고착성 저서생물이 채집되었다. 결국, 한 지역에서 생물상에 대한 정밀한 연구가 수행되려면 우선, 전반적인 생물상 조사가 2회이상 선행되어야 하고, 이에 따라 상이한 환경여건을 지닌 지역의 생물상을 파악하고, 이를 자료로 조사정점을 선정하여 지속적인 모니터링을 실시하는 것이 가장 바람직한 방법이다. 특히 천수만의 경우 산란이 활발하게 일어난 5-7월 이후 여름철에는 전 정점에 걸쳐 많은 종의 생물이 출현한다. 하지만 대부분이 동정하기 어려운 어린 개체들로 구성되었다. 4월에 실시된 채집에서 모든 지역의 종 수와 개체 수가 감소한 것으로 나타났다. 천수만은 만입구에서 상부지역까지 매우 다양한 퇴적상을 가지고 있으며, 주기적인 조석으로 인해 외양에서 유생의 유입이 용이하다. 하지만 복잡한 환경으로 인해 지속적으로 성장하는 생물로 구성되어진 안정된 생태계 구조를 나타내지 못하고, 시기에 따라 생물 가입이 반복되는 불안정한 구조를 보이고 있다.

다양한 종 조성을 보이는 원인을 진해만(임, 1993)의 경우에는 내부에서의 해수가 순환되지 않는 환경과 외부의 다양한 퇴적상을 이루는 환경이 혼재하여 나타난 것으로 보았으며, 최와 고(1984)에 의한 광양만 조사에서는 하구역에 인접하여 규칙적인 토사 유입으로 인한 다양한 퇴적환경의 조성에 의한다고 하였다. 개체수의 자료에서는 이러한 현상이 더욱 뚜렷하여 여름철에는 전 정점에서 고른 개체수의 분포를 보였으나 봄철에는 천수만 중부지역에만 여름철과 유사한 개체수가 출현하였으며, 북쪽 지역과 입구에서는 상당량이 감소한 것으로 나타났다. 이는 북쪽의 경우 늪과 같은 유연한 니질로 구성된 퇴적상에 수류의 유동이 매우 적고, 부

정기적인 담수유입 등으로 인해 생물이 서식하기에 어려운 환경여건을 지니고 있으며, 입구의 경우 조석에 의한 빠른 해수유동이 퇴적물의 재부유를 반복시켜서 생물이 서식하는데 어려운 환경여건을 지니고 있기 때문으로 보인다. 반면에 천수만 중부해역은 생물이 가장 다양하게 서식하는 사니질 퇴적상을 나타내고 있으며, 생물에게 직접적으로 자극을 주는 환경변화가 나타나지 않는 지역이기 때문에 상대적으로 생물이 서식하기에 안정된 지역으로 볼 수 있다.

저서생태계의 변화는 계절적인 차이와 환경적인 요인에 좌우되지만 특히 퇴적상에 따라 크게 영향을 받는다. 퇴적상이 다양한 경우에는 저서동물의 밀도가 높고, 종조성도 다양해 진다(Tamaki & Kikuchi, 1983; Shin and Koh, 1990; Lee *et al.*, 1983; Shin *et al.*, 1989). 천수만에서는 중부해역이 이러한 퇴적상을 지니고 있으며, 특히 죽도 부근의 대주 지역은 연중 가장 다양한 생물과 많은 개체수가 출현한 것으로 나타났다. 하지만 방조제 건설 이후에 사니질 퇴적물이 침전되는 지역이 지속적으로 확대되고 있으며, 이러한 경향은 지속적인 조사가 이루어져야 알 수 있겠지만 앞으로 지속될 것으로 보인다. 대주 지역은 과거의 천수만 생물상을 보존하고 있는 유일한 지역이라고 생각되며, 이들의 변화과정을 지속적으로 모니터 한다면 과거이래로 조사하지 못했던 방조제 건설 이후에 변화되는 퇴적상에 의한 생물상 변화과정을 추론할 수 있을 것으로 생각된다.

환형동물은 저서생태계에서 가장 우점하는 동물군이며,(Sanders, 1958; 이 와 진, 1989) 저서동물 군집의 현존량이나 종 조성에 있어서 매우 중요한 위치를 차지한다(Hong *et al.*, 1982; Lee, 1976; Shin *et al.*, 1989). 천수만에서는 총 112종이 출현하였고, 여름철 조사에서는 84종이 출현하였고 개체수에서는 43%를 차지하였다. 봄철 조사에서는 63종에 전체 개체수의 55%를 차지하였다. 1991년 1년간 실시된 조사에서는 75종에 총 출현 개체수의 62.7%를 차지하였다. 광양만의 경우 141종(정, 1992), 울산만에서는 67종(Yi *et al.*, 1982), 영일만의 경우에는 72종(신

등,1992)이 출현하였고, 부산 연안의 경우 출현 개체수의 90% 이상을 차지하였다(Lee, 1976), 환형동물은 퇴적물의 입도조성과 유기물함량이 가장 중요한 환경요인으로 알려져 있어(Sanders, 1968), 일본의 Matsushima 만에서 다모류의 개체수 비율 증가 원인이 인근 도시의 유기물 유입으로 인한 퇴적물내의 유기물 증가와 관련이 있는 것으로 밝혀졌으며(Kitamori & Kanno, 1967), 유기물 유입은 기회종에게 호적인 환경을 제공함으로써 밀도를 높이는데 기여한다고 하였다(Ansari *et al.*, 1986).

중 수와 개체수 면에서 천수만 전체에 고른 분포를 보이지만, 여름철에는 중부지역에서 연체동물이 *T. fragilis*, *P. argentata* 등이 다량 출현하여 상대적으로 적은 비중을 차지하였다. 그러나 겨울이 지난 후에 연체동물은 격감하지만 다모류는 중 수나 개체수에서 큰 변화를 보이지 않았다. 결국 다모류는 천수만의 환경 변화에 민감하게 작용하지 않는 동물군으로 나타났다. 하지만 일부지역에서는 중 수의 변화가 뚜렷하여, 1992년 조사에서 여름철 천수만 하부 지역에 기회종인 *C. capitata*가 급증하였으며, 이후에 *P. pinnata*, *S. scutata*등의 가입이 활발히 이루어졌지만 여름철에는 다시 격감하는 양상을 보였다. 하지만 이러한 변화는 1993년에는 나타나지 않았으며, 특히 여름철에 급증하였던 *C. capitata*는 전혀 출현하지 않았다. 여전히 다른 지역보다 생물량은 적지만 1992년보다는 다양한 생물이 출현하였다. 여름철에는 생물이 전반적으로 격감하는 현상은 동일하지만 생물상에서는 전혀 다른 결과를 나타냈다. 즉, 1993년에는 개체수의 변화가 나타났으며, 생물상은 다른 계절과 동일하였다. 정확한 원인을 알 수 없지만 1992년의 경우 생물상 전반에 영향을 미치는 순간적인 환경 변화가 일어난 것으로 보인다. 한 예로 상부지역 방조제에서의 수문 개방으로 인한 담수 방류가 원인 중에 중요한 부분을 차지할 것으로 본다. 이러한 담수의 방류가 일어날 경우 서식생물군에 피해를 주기도 하지만 유기물 유입의 증가로 기회종이 다량 서식하는 조건을 제공함으로써 새로운 저서 환경을 형성한다.

*C. capitata*는 잘 알려진 기회종으로서 유기물의 함량이 높고, 육지로 부터 인위적인 영향을 많이 받는 지역에 주로 나타나는 광염성 종이다 (Grassle & Grassle, 1974). 진해만의 경우 여름철에는 거의 나타나지 않았다가, 가을 이후에 본격적으로 출현하는 종으로 4월에 가장 많은 출현량을 보이다가 여름철에 완전히 소멸되었고, 이듬해 2월에 다시 출현하였다(임, 1993). 천수만의 경우도 수문 방류로 인한 인위적인 영향을 가장 받기 쉬운 방조제 부근에서만 출현하였으며, 또한 가을에 집중적으로 출현한 것으로 보아 진해만 보다는 시기적으로 조금 빠르지만 유사한 서식 형태를 보였다.

천수만 전반에 걸쳐 지역별로 상대적 종조성의 변화는 계절적으로 유사하게 반복되고 있지만 가장 중요한 점은 산업종의 서식이 매우 한정적이며, 특히 1988년 전후에 크게 번성했던 새조개의 경우 1992년에는 성체가 일부 채집되었으나 그 이후에는 전혀 나타나지 않았다. 또한 바지락의 경우도 대주지역 조간대에서 국부적으로 출현하였다. 하지만 바지락이나 동죽, 개량조개 등의 치패가 여름철에 여러지역에서 출현하여 이 지역에 착저하는 것으로 나타났다. 하지만 성장은 극히 일부 지역에서만 나타나는 것으로 보인다. 현재 천수만 지역에는 많은 지역에 신고된 양식장이 있으며, 이들 대부분이 새조개 양식장으로 실제 조사시 양식장에서의 조사를 방해하여 조사가 지속적으로 수행되지 못했다. 하지만 이들 지역의 양식장을 대상으로 정확한 수확량과 대상종 선정, 환경여건을 고려해야 할 것으로 본다. 최근 천수만 내의 저서패류 어획량이 격감하여 천수만 북쪽 지역에서는 가두리 양식이 성행하고 있다. 이 지역은 수류의 흐름이 미약한 지역으로 저서생태계는 이미 안정성을 잃었다고 볼 수 있지만, 한편으로 인공 사료와 배설물 침전, 담수 방류 등으로 영양염의 공급이 과다할 것으로 생각된다. 이러한 현상은 부영양화를 일으켜서 단기적으로 적조를 발생시킬 우려가 있다. 결국 방조제 건설 이외에 양식장의 증가가 천수만 생태계의 변화를 부정적인 측면에서 가속시키고 있는 셈이다.

결국, 이 지역에서는 주기적인 조석의 변화와 방조제 건설로 인한 일시적인 담수의 유입이 저서생태계를 조절하는 주요한 요인으로 보이며, 퇴적상의 변화, 지역적으로 양식장에 의한 유기물의 다량유입과 담수 방류에 의해 방조제에 축적된 유기 물질들의 유입이 영향을 미치는 것으로 보인다. 이러한 요인에 대한 정확한 규명을 위해서는 더욱 세부적인 조사가 추진되어야 할 것으로 본다.

종조성을 정리하는데 있어 우점종에 대한 기준은 다양하다. 일부는 개체수에 따르며, 출현 개체수에 출현 빈도수를 참조한 경우도 있다. 본 조사에서는 개체수의 양과 출현 빈도 수를 동일한 조건으로 계산하는 Le Bris index(1988)를 사용하였다.

2차 보고서에서는 1992년에 가장 우점한 종이 *A. jeffreysii*로 나타났으며, 1993년에는 한 종도 출현하지 않았다. 다만 *Arcidea sp.*가 출현하였는데, 이는 동일 종으로 기재상에 오차로 인한 것이다. 이 종은 봄철에 10개 정점에서 107개체가 출현하였으며, 여름철에는 17개 정점에서 109개체가 출현하였다. 진해만에서도 우점하는 종으로 임(1993)에 의하면 해수의 교환이 원활하고, 유기 오염도가 낮은 지역에서는 나타나지 않는다고 하였으며, 가을과 겨울철에 주로 출현한다고 하였다. 천수만의 경우에는 전 지역을 통해 전반적으로 서식하고 있으며, 해수의 교환이 원활하지 못한 상부지역 정점에서 주로 출현하였다. 가을에서 봄철까지 나타나며, 여름철에는 개체수가 격감하는 등 진해만과 유사한 양상을 보였다. 결국 세립한 퇴적상을 보이는 유속이 느린 지역을 선호하며, 계절적으로는 가을에서 봄철까지 출현하는 종으로 볼 수 있다.

*P. pinnata*는 1992년에 가장 많은 개체가 출현한 종이다. 이 종은 유기물이 풍부하고 여름철에 산소량이 감소하는 해역에서 우점하는 종이며(Yokoyama, 1981), Tamai(1981)에 의하면 4가지 타입으로 구분되는데 이들은 각각 서식수심과 생태적인 지위(niche)가 다르다고 하였다. 종의 서식밀도는 여름과 가을철에 낮고, 겨울철에 증가하며, 종의 발생시기는 봄

에서 여름에 걸쳐 년 1회로서 가입시기와 개체군의 밀도 증가 시기가 일치한다고 하였다(Takahashi *et al.*, 1986). 임(1993)에 의하면 진해만에서 우점하는 종으로 가을에서 봄까지 우점하다가 여름에는 개체수가 감소한다고 하였으며, Hong & Lee(1983)에 의하면 마산만에서도 우점하는 종으로 오염이 매우 심하지 않은 내만역에 주로 나타난다고 하였다. 본 조사에서는 이 종이 거의 출현하지 않았으며, 동일 생물군인 spionidae계통의 종이 여러종으로 나누어졌다. 1992년에 채집된 생물의 동정에 문제가 있는 것으로 보이며, 본 조사에서는 좀 더 세분화된 것으로 보인다. 1993년에는 동일 과(科)에 속하는 *P. krusadensis*가 봄철에 우점종으로 나타났으며, 여름철에는 서식 정점과 개체수가 격감하는 것으로 나타났다. 이는 임(1993)의 조사와 유사하며, 여름철에 개체가 격감하는 것으로 보아 여름 이후에 주로 가입이 이루어지며, 퇴적상이 사니질인 지역에 우점하는 것으로 나타났다. 이 종은 다른 환경요인보다는 퇴적상과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다.

*T. fragilis*는 퇴적물 여과 섭식자(deposit feeder)로서 유기물이 풍부한 퇴적물에 높은 밀도로 서식하며(Poore & Kudenov, 1978), 내만 저서생물의 민감도를 나타내는 지표종으로 사용된다(Sanukida *et al.*, 1981). 국내 내만역에서 우점하는 종으로 여자만에서 2-69 ind./m²(임 등, 1992), 울산만에서 112.5 ind./m²(Yi *et al.*, 1982), 진해만에서는 83 ind./m²(임, 1993) 등이 출현하였다. 이 종의 밀도 증가는 유기오염과 계절적인 산소 결핍현상과 관련이 있으며, 치패의 착저와 생존은 저층수괴의 용존 산소에 따라 영향 받는다(Kikuchi & Tanaka, 1976). 진해만의 경우 여름에 치패의 출현량이 높으며, 가을철에 감소하다가 겨울철에 다시 증가하는 것으로 나타났는데 이는 본지역과 동일한 현상으로 나타나며, 유속의 흐름이 낮고, 생물 종 수가 적은 상부지역에서 출현하는 것도 임(1993)의 결과와 동일하다. 여름철에 전 지역에서 50개체 이상 출현하여 가장 우점하는 종으로 나타났지만 봄철에는 죽도 이남지역에 한정되어 나

타난다. 여름철에 출현한 개체는 대부분이 최근에 착저하여 패각의 각장의 길이가 5mm정도이며, 대형개체는 거의 볼 수 없었다(심 1988). 하지만 봄철에는 제법 성장한 개체가 주를 이루어 초기에 전 지역에 고른 착저를 보이지만 대부분의 지역에서는 사망하고, 일부지역에서만 서식하는 것으로 보인다. 특히 봄철 천수만 북쪽 지역에서는 죽은 패각이 퇴적물 속에 다량 포함되어 있는 것으로 나타났다.

*S. scutata*는 표층하 퇴적물 식자(정, 1992)로서 전세계적으로 분포하는 종으로 우리나라 연안에서 풍부하게 발견되는 종이다. 이 종은 세립하고 유기물이 많은 내만보다는 상대적으로 조립하고 유기물량이 적당하며, 외해의 영향을 받는 곳에서 서식밀도가 높게 나타난다(임, 1993). 진해만에서는 평균 26 ind./m²이 출현하였고, 계절적인 편차가 없으며, 광양만에서는 21.3 ind./m²(정, 1992)가 출현하였다. 1992년 조사에서는 다른 우점종보다는 계절적인 편차가 적으며, 중부해역에 주로 출현하는 것으로 나타났으나, 1993년 조사에서 여름철에 천수만 중부해역에서 집중적으로 출현하였고, 봄철에는 서식지역은 유사하나 출현양이 감소하였다. 주로 여름철에 많이 출현하는 것으로 보이며, 생태적인 특징은 임(1993)의 결과와 일치하고 있다.

1993년 조사에서는 이외에 *L. longifolia*, *N. oligobranchia*, *Glycinde* sp., *G. chirori* 등의 다모류가 우점종으로 나타났다. *L. longifolia*는 봄철에 13개 정점에서 272개체가 출현하여 두번째로 많은 개체수를 나타냈으며, 여름철에도 21개 정점에서 1,313개체가 출현하여 두번째로 많은 개체수를 기록하였다. 여름철에는 외해와 연결이 용이한 입구와 북쪽 지역에서 다량 출현하였으며, 봄철에는 이들 지역에서 거의 출현하지 않고, 중부지역에서 주로 출현하였다. 여름철 외해에서 유생이 대량 가입된 것으로 보이며, 성장은 주로 중부지역에서만 나타나는 것으로 보인다. 결국, 천수만 내부에서의 산란이 이루어 지기 보다는 외부에서 유입되어 오는 것으로 예상할 수 있다.

*N. oligobranchia*의 경우도 여름철 전 정점에서 소량 출현하였는데, 봄철에는 중부해역에서만 출현하였다. *Glycinde* sp.는 봄철과 여름철에 출현한 정점과 개체수가 거의 유사하게 나타났다. 우점종 중에서 유일한 현상으로 1992년 조사시에도 유사한 현상을 보였다. 결국, 천수만 내에서 전 정점에서 고른 출현을 보이는 종은 *Glycinde* sp. 한 종인 것으로 보인다.

*Glycera chirori*의 경우에도 해수의 유동이 활발한 지역에서 여름에 많은 개체가 출현하며, 봄철에는 개체수가 격감하는 것으로 나타났다. 해수의 유동이 원활하고, 퇴적상은 사질의 함량이 있는 지역에서 서식하는 것으로 나타났다. 천수만 지역은 '우점종'이라는 용어를 사용하기에 어색한 지역이라 볼 수 있다. 가장 많이 출현한 종이 전체 개체수의 10%미만이며, 가장 많은 개체가 출현한 10종의 총 개체수가 전체 출현 개체수의 50%미만으로 나타났다. 또한 각 정점마다 개체수에 있어 계절적인 변화가 매우 심하고, 출현하는 생물도 매우 다양하게 나타났다. 특히 해수의 유동이 큰 천수만 입구에서는 단각류 등 이동성 생물이 다양하게 출현하였으며, 방조제 부근에서는 계절별로 출현한 생물량의 편차가 매우 크게 나타났다.

1992년 조사에서 환경자료가 부족하여 우점종의 분포를 통해 환경조성을 유추해 보았는데, 그 결과 상부 지역의 경우 퇴적상이 세립하고 해수의 유동이 매우 적으며, 계절별 용존 산소량의 변화가 심한 지역으로 사료 된다. 실제로 1993년 저서환경 전반에 걸친 환경 조사에서 이와 유사한 결과가 도출되었으며, 결국, 생물상의 변화를 정확히 파악한다면 조사 지역의 생물상 만으로도 환경을 파악할 수 있다고 하여도 무방할 것으로 생각된다. 우점종으로 선정된 종 중에는 기회종이 다수 포함되어 있으며, 이들은 안정된 환경에 서식하는 생물보다는 급변하는 환경에 일시적으로 출현하는 종으로서 이들이 계절별로 번갈아 우점하는 것으로 보아, 천수만의 저서생태계는 불안정한 환경구조를 가지고 있다고 유추해 볼 수 있

다.

천수만에서의 연중 다양도 지수는 봄철에 가장 높게 나타났다. 천수만에서는 정점 또는 시기별로 한 차례 만 출현하는 종들이 많다. 1992년 봄철의 경우도 25%에 해당하는 30종이 단 한차례만 출현하였다. 지역별로 천수만 하부에 위치한 정점에서 계절에 관계없이 다양도가 높게 나타나고 있으며, 상부 정점에서는 연중 계속해서 낮게 나타났다. 하부지역의 경우 특정하게 많은 개체가 출현하는 종이 없으며, 이동이 용이한 단각류 등이 계절별로 다양하게 나타나고 있다. 또한 복합적인 퇴적상을 가지고, 패각이나 자갈에 고착하는 생물이 다양하게 출현하였다. 이는 하부지역이 조석주기에 따라 해수의 유동이 원활한 지역이고, 다양한 퇴적상을 보이고 있기 때문에 보여진다. 1992년에는 여름철에 가장 낮은 다양도를 나타낸데 비해, 정점수를 늘인 1993년에는 여름철이 봄철보다 높은 다양성을 나타냈다. 이는 전 정점을 통해 많은 양의 생물 가입이 이루어졌고, 하부지역의 다양한 생물상에 변화가 일어나지 않았기 때문인 것으로 보인다.

1992년에는 풍부도의 경우 계절적인 편차가 매우 동일한 양상을 보이는 것은 매 계절별로 출현하는 기회종이 있어 이들이 일시에 나타나지 않고, 시기에 따라 다양하게 출현하기 때문이다. 예를들면, 가을철에는 *C. capitata* 겨울철에는 *T. fragilis*, 봄철에는 *P. pinnata* 등이 각기 다른 정점에서 일시에 출현하고 있기 때문에 해석하였는데, 1993년의 조사에서는 계절적으로 풍부도의 편차가 매우 크게 나타났다. 여름철에는 외해와 연결된 지역에서 매우 높은 풍도를 보인데 반해 봄철에는 중부해역에서 높은 풍도를 보였다. 즉, 천수만에서는 대부분의 생물이 여름철에 가입되고, 주로 외부에서 유입되는 종이 대부분이지만, 생물이 성장할 수 있는 조건을 갖춘 지역에 한정되어 주로 중부해역에서 많은 생물이 생존하는 것으로 볼 수 있다.

균등도의 경우에는 연평균 0.76으로 진해만의 0.44-0.77(임, 1993), 경기만의 0.63(Yoo, 1992) 보다도 높게 나타났다. 경기만의 경우 한강으

로 인해 계절에 따라 많은 양의 담수가 유입되고, 복잡한 해안구조와 주기적인 조석의 영향을 받는 지역이지만 천수만보다 낮은 균등도를 보였다. 이는 천수만이 우점종이 뚜렷하지 않고, 일시적으로 유입되는 종이 매우 많기 때문인 것으로 본다.

우점도에서는 기회종의 유입시기와 장소에 따라 현저한 차이를 보이기 때문에 정점간에 많은 편차를 보인다. 여름철에는 방조제 부근 정점에서 높은 우점도를 보이지만 봄철에는 전 정점에서 유사한 수치를 나타냈다. 이 지역은 모든 정점에서 우점하는 종이 없다고 볼 수 있으며, 그나마 방조제 부근에 선택적으로 착저하여 높은 우점도를 보인 지역도 생물 대부분이 사망하기 때문에 봄철에는 낮은 수치를 나타냈다.

1992년 계절별 정점간 유사도 분석에서 적은 정점 수에도 불구하고, 천수만 해역을 크게 3개의 그룹으로 나누었고, 이는 정점별 기회종의 출현에 의해 몇 개의 소그룹으로 나누어졌다. 특히 가을철에는 유사한 정점이 거의 나타나지 않아서 5개의 그룹으로 나뉘었는데, 이는 상부지역의 정점들이 각기 상이한 종으로 구성되어 있기 때문이다. 당시의 조사가 1년동안의 자료를 분석한 결과이고, 지속적인 조사가 수행된다면, 천수만 내에서 정확한 생물 서식 양상을 파악할 수 있을것으로 본다고 서술하였다. 하지만, 실제 1993년 20개 이상의 정점에서 조사를 수행하였지만 봄철에는 4개의 그룹으로 나누었고, 그나마 4개 정점은 전혀 유사성이 없는 것으로 나타났다. 여름철의 경우에는 3개의 그룹으로 나누어 졌으며, 2개 정점이 전혀 유사성이 없는 것으로 나타났다. 그러나 이들 간의 유사도는 해수의 유입이 용이한 지역에서 계절적인 변화가 크게 일어났다. 여름철에는 천수만 북쪽과 입구 부근이 유사성이 높게 나타났고, 방조제 부근 정점들이 중부해역과 동일 그룹으로 연결되었다. 그러나 봄철에는 북쪽 지역이 하나의 그룹을 형성하고 남쪽 지역도 하나의 상이한 그룹으로 형성되었다. 이는 여름철 외부에서 유입되는 어린 개체들이 착저하여 동일한 생물군으로 이루어 졌으나, 봄철에는 환경에 따른 생물의 선호가 결정

되고 외부에서 유입되는 종이 거의 없기 때문에 서로 상이한 그룹으로 나누어 진것으로 보여진다. 진해만의 경우에 임(1993)에 의하면 여름철 내만의 저층에 빈산소 수괴가 형성되어 생물 군집이 일시적으로 사라지고, 다시 재구성되는 양상을 보인다고 하여, 환경의 변화에 따라 그룹이 재배열되는 것으로 해석하였지만, 천수만에서는 환경적인 영향 보다는 생물의 서식지 선호에 따른 성장이 정점간의 유사도를 결정하였다고 본다. 그러므로 각 그룹별 주요종이 전혀 다르게 나타났다. 이러한 서식양상을 정확하게 해석하기 위해서는 1994년 조사결과의 분석이 연계되면 좀더 정확한 결과를 볼 수 있을것으로 생각한다. 하지만 생물의 서식정도는 환경 영향이 지배적이므로 결국 환경 차이에 의해 나누어 진다고 볼 수도 있다. 하지만 이러한 결과는 지속적인 모니터를 실시하여야 가능하며, 만일 이러한 현상이 방조제 건설이후 환경 변화에 대한 적응 과정이라면 연안 개발이 활발한 우리나라 연안에서 차후 해양생태계의 변화과정을 예측할 수 있는 중요한 자료가 될 것이다.

봄철과 여름철의 생물간에 유사도는 크게 천수만 중부지역과 입구에 위치한 정점에서 출현한 생물군으로 나누어 진다. 봄철에는 천수만 북쪽의 생물상이 너무 빈약하고, 지역에만 서식하는 생물이 없기 때문에 중부지역과 같은 그룹으로 나누어 졌으며, 여름철에는 모든 정점에서 가입이 이루어진 종들과 북쪽에서 주로 가입된 종들, 입구에서 서식하는 종들로 나누어졌다.

봄철과 가을철의 조사에서 중복된 정점은 13개로 이들 생물상의 절대적 비교를 하므로써 지역별 생물상 변화를 보았으며, 모든 정점에서 여름철이 우세한 생물상을 나타냈다. 생물상에 큰 영향을 주는 생물군은 연체동물로 이매패류인 *T. fragilis*, 복족류인 *P. argentata* 등이 여름철 대량 가입하여 전체 생물상 변화에 영향을 미쳤다. 종 수에 있어서는 봄철의 경우 지역별로 다양하게 분포하나 여름철에는 북쪽에서 입구쪽으로 갈수록 증가하였다. 즉, 전반적인 가입이 발생하였고, 입구쪽에서는 고착성

생물들과 단각류 등에 다량 출현하였기 때문이다. 그러나 개체수에서는 다른 양상을 보여서 봄철에는 중부지역에서만 다량 출현하였으며, 여름철에는 북쪽 지역까지 폭넓은 출현을 보였다.

대형저서생물의 분포를 보기위한 트롤조사에서는 그랩조사에서 출현하지 않은 대형생물들이 다량 출현하였다. 표생동물인 *P. argentata*가 봄철에 죽도 부근에서 다량 출현하였는데, 그랩조사에서는 거의 출현하지 않은 종이다. 하지만 여름철에는 전 정점에 걸쳐 어린 개체들이 다량 출현하고 있어 조석에 따라 외해에서 유입된 것이 아니라 천수만 내부에 서식하는 종이 봄에 산란하여 전역에 착저한 것으로 추론할 수 있다. 하지만 주 서식지는 사질함량이 높은 퇴적상에서 성장하는 것으로 알 수 있다. 또한 천수만에는 *A. pectinifera*, *A. amuresis*, *L. quinaris* 등 대형 불가사리가 우점하며, 북쪽 지역에는 닻해삼, 분지성게류(*T. reevisi*, *T. toreumaticus*)가 우점하는 것으로 나타났으며, 입구지역에서는 고착성 생물들이 우점하는 것으로 나타났다. 결국, 그랩조사에서의 우점종과 다른 양상을 보였으며, 산업종들은 주꾸미(*O. ocellatus*), 새우류가 소량 출현하였고, 펄에 서식하는 망둑어가 채집되었다. 이 지역은 현재 간월도 어촌계를 중심으로 소규모로 트롤작업이 수행되고 있는데, 이것은 양식장 해역과 조간대 지역을 제외하면, 매우 적은 면적에서 심각한 어업행위가 시행되고 있는 것이다. 현재, 지역적으로 다르지만, 주로 꼴뚜기와 새우류가 소량 어획되고 있다. 일부 산업종마저도 수시로 수행되는 트롤어업으로 감소되고 있는 실정으로 생태계의 안정도를 더욱 어렵게 하고 있다.

5-4 환경과 생물상과의 관계

조사와 동시에 수행한 환경요인의 상관 관계를 알아보았는데, 저층의 온도와 염분도, 용존산소등 물리적 환경요인들은 퇴적 환경과는 전혀 상관성을 가지고 있지 않았다. 퇴적환경은 계절적인 변화와는 상관관계가 없

으며, 독립적으로 지속적인 변화가 일어나고 있는 것으로 나타났다. 즉, 계절적인 변화 없이 북쪽 방조제 건설 이후 니질의 침전이 발생하고 있고, 지속적으로 천수만 하부로 점점 확산되고 있으며, 이에 따라 유기물의 함량이 좌우되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 니질성분의 퇴적물이 침전될 경우 지화학적 환경에도 영향을 미치며(Barns, 1984), 이로 인해 내생저서생물에도 영향을 미치게 된다.

종 수는 퇴적상과 밀접한 관계를 가지고 있어 니질의 함량이 서식하는 생물의 종 수에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며, 개체수는 계절적인 영향이 크게 나타나기 때문에 저층의 염분도와 용존산소와 밀접한 관계를 이루고 있다. 즉, 생물 다양성은 퇴적상과 밀접한 관계를 보이고 있지만 생물량은 물리적인 환경에 좌우되는 것으로 나타났다. 하지만 주 성분 분석에 의하면, 환경요인이 수온과 염분에 의해 제 1축으로 적재되고, 퇴적환경에 따라 제 2축에 적재되는 양상을 나타내는데, 여기에 우점하는 생물을 대입해보면, 생물가입이 주로 여름철에 발생하고, 전지역에서 고른 가입이 일어나고 있기 때문에 일시적인 개체수 증가가 발생하고 있지만 시간이 지남에 따라 개체수가 감소하는 것으로 보아 개체수의 변화가 수온과 염분과 상관관계를 가지는 것은 연중 가입에 따른 변화에 의한 것이며, 실제로 생물 군집을 좌우하는 것은 퇴적상으로 보여진다. 퇴적상이 생물에 미치는 영향은 저서생태계 연구에서 잘 알려진 사실로, 특히 섭식관계와 서식처에 영향을 준다(Sanders, 1958; Boesch, 1973).

우점종의 분포에서도 퇴적상에 따라 선택적으로 나타나는 종으로는 *T. fragilis*, *L. longifolia*, *S. scutata*, *N. oligobranchia*, *P. argentata* 등이 속하며, 이들은 대부분이 초기 착저시기에 천수만 전 지역에서 고르게 분포하다가 퇴적상에 따라 서식하는 지역이 각기 다르게 나타났다. 또한 *Arcidea* sp. *Glycinde* sp.의 경우에는 계절적인 개체수의 차이는 나타나지만 조사가 수행된 환경요인과는 상관관계를 가지지 않는 것으로 나타났다.

저서환경 조사는 퇴적상의 변화와 퇴적물에 농축되어 있는 각종 물질의 축적량을 조사함과 동시에 저서생물군집의 변화를 관찰함으로써 환경변화를 유추할 수 있다. 현재 생물조사시 군집 분석에 따른 종 조성의 변화를 오염에 따른 종조성의 연구로 인해 오염지시종을 밝혀내어 이들의 서식양상을 파악함으로써 손쉽게 오염정도를 파악할 수 있는 단계에 이르렀으며, 종 조성을 수치화하여 생태계의 안정도를 평가하는 방법이 개발되고 있다. 전 세계적으로 *C. capitata*가 잘 알려진 오염지시종으로 일시적인 환경변화로 생물군집이 소멸되는 경우 가장 우선적으로 나타나는 종으로 알려져 있다. 유기물 오염이 심한 지역의 저서동물 군집은 주로 무산소 또는 빈산소에 대한 내성이 강하고, 연중 산란이 가능하며, 개체의 크기가 작고, 생활사가 짧은 종들이 여기에 해당된다. 또한, 이러한 종들은 여름철 저층에 무산소층이 형성되어, 생물이 서식할 수 없는 조건이 된 이후 가을철에 큰 개체군을 형성한다(Pearson and Rosenberg, 1978). 외국의 경우 오염지시종에 대한 연구가 활발히 진행되어 있으며, 본 조사에서 출현한 종 중에 지시종으로 밝혀진 종을 나열해보면, *L. longifolia* 와 동일 속에 속하는 *Theora rubrica* 등이 일본에서 오염지시종으로 밝혀졌으며 (Kitamori and funae, 1959; Kitamori *et al.*, 1959), *Tharyx* sp., *Minuspio cirrifera* 등이 홍콩에서 오염지시종으로 사용되고 있다(Thomson and Shin, 1983). 국내에서는 최근들어 지표종을 선정하는 연구가 진행되었는데, Lee(1976)는 다모류인 *Sabella albicans*, *Lumbrineris brevicira*, *Cirratulus cirratus*를 오염지시종으로 분류하였으며, 임(1993)은 진해만에서 *Paraprionospio pinnata*, *Lumbrineris longifolia*, *Theora fragilis*, *Raetellops pulchella*, *Sigambra tentaculata*를 오염지시종으로 분류하였다. 이들 종은 천수만에서도 출현하는 종으로서 이 중에 *T. fragilis*, *L. longifolia*는 우점종으로 나타났다. 천수만에서는 오히려 이러한 오염지시종이 우점하고 있으며, 연중 지속적인 출현을 보이고 있어, 오염지시종으로 분류하기 난감하다. 이전 조사를 근거로 해석한다면, 생태계가 전혀 안

정되지 못하여 기회종들 만이 번갈아 서식하는 것으로 해석할 수 있으며, 다른 각도에서는 이러한 현상이 연중 계속되어 나름대로 이러한 생태계를 구성하고 있는 것으로 볼 수도 있다. 다만 저서생물면에서 볼때, 산업적인 측면에서는 과거와 같은 어장으로서의 기능은 줄어든 것으로 보여지며, 현재 수행되는 굴양식이나 바지락 양식 등으로 대체 효과를 얻을수 있을 것으로 보이나 이러한 과정도 지속적으로 생산성을 유지하는 것에 대한 문제는 고려해 보아야 할 것이다.

5-5 오염평가

최근에 환경문제가 대두되면서 해양에서 환경오염에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초기에는 수질에 대한 화학적 연구와 부유생물상에 대한 연구로 환경 오염 측정을 시도하였다. 하지만 이들은 지속적으로 이동하고 있어서 오염의 영향을 장기적으로 모니터링하는데 문제점을 야기하고 있어서 최근에는 저서 환경을 이용한 연구가 활발하다. 연안에서 유입된 물리적인 변화를 지속적으로 감시할 수 있고, 이동력이 거의 없는 저서생물의 변화를 관찰할 경우에 오염의 영향이 생태계에 미치는 결과를 알 수 있다(이 등, 1993). 과거에는 군집을 분석하고 환경자료와의 관계를 연계하여 생태계를 파악하였기 때문에 환경조사와 생물조사를 동시에 수행하였다. 하지만 최근에는 생물조사만으로 생태계의 안정도를 파악하려는 기법이 연구되고 있다.

생물의 종 수와 개체수에 의미를 부여한 다양도지수(Shannon and Wiener, 1949) 방법이 정점간의 다양성을 비교하는데 널리 사용되었다. 이 방법은 종의 특성을 고려하지 못하고, 종조성의 수치적인 의미 만을 부여하여 동일한 수치를 나타낼때 유사한 환경이라는 결론을 내릴수 있다. Word(1978)에 의한 내서동물의 영양지수를 이용한 방법(Infaunal Trophic Index)이 있는데, 이것은 생물의 섭식구조의 자료를 사용함으로 생물의 섭

식유형에 따라 생물을 분류하여 오염정도를 파악하는 방법이다. 이 등(1993, 1994)에 의해 우리나라에서 조사된 저서곤집 자료를 이용하여 평가한 적이 있으며, 진해만에서도 오염정도를 본 기법을 이용하여 분석한 적이 있다. 하지만 이방법의 최대 난점은 서식하는 모든 생물의 섭식형태를 파악하여야 한다는 것이다. 국내 여건상 생물 동정도 제대로 안된 상황에서 외국의 자료만으로 섭식형태를 유추한다면 정확한 지수로서 작용하기 어려울 것으로 보인다.

이러한 기법 중에는 그래프를 이용하여 지역별 생태계 안정도를 파악할 수 있는 방법도 있다. 가장 오래된 방법으로는 Rarefaction curve(Sanders, 1968)가 있다. 단위 개체수 당 출현 종수를 추정하여 비교하는 방식이며, 프로그램으로 개발되어 널리 사용되고 있다. 생물다양성에 근거를 둔것으로 지역별로 상대적인 비교는 가능하지만 다른 지역과 계절적인 가입시기의 차이 등을 고려할 수 없다.

종 개체수-생물량곡선 (SAB curve)는 Perarson and Rosenberg(1978)에 의해 연구된 것으로 오염원에 따른 개체수의 변화와 생체량의 변화를 비교한 방식으로 특히 기회종이 이입되었을때 이를 지적해 내어 오염여부를 판정할 수 있다. 하지만 어린 개체의 대량가입과 기회종을 구분할 수 없다.

대수 정규분포 응용법(Log-normal distribution)은 생태계에서 생물 분포의 안정성을 정규분포를 이룬다는 이론에서 착안된 원리(Gray, 1979)로 개체군은 일반적으로 산술적이기 보다는 기하학적으로 증가하며, 대수-정규분포를 나타낸다(May, 1975). 이러한 이론은 많은 저서 곤집 생태를 잘 반영하는 것으로 알려졌다(Gray, 1979). 그러므로 이러한 이론을 이용하여 각 종의 개체수를 기하등급(geometric class)로 나누어 확률지에 도식함으로써 기울기의 변화로 오염정도를 판정하는 방법이다. 일정 해역내에서 저서곤집을 대표할 만한 모든 종이 포함될 정도로 충분하면, 오염이 안된 해역에서의 저서동물 군집은 대수, 정규 분포를 기대할 수 있다. 이를 확률

지상에 그리면 직선 형태가 된다. 표본양이 너무 적을 경우에는 대수 정규 분포를 기대할 수 없으며, 오염해역일 경우에 평형군집이 깨어지게 되고, 기회종이 우점함으로써 직선이 꺾여서, 변곡점이 생긴다. 시간이 경과한 후 군집이 안정을 찾게 되면, 다시 직선을 이루며, 기하등급이 더욱 많아지게 되고, 정규 확률지 상에서 분포곡선의 경사는 완만하게 된다(Gray, 1979), 이 방법은 생물량이 충분해야 하며, 환경변화가 심한 지역, 계절에 따른 생물상 변화가 심한 지역에서는 해석의 오류를 범하기 쉽다.

국내에서는 Yoo(1992)에 의해 경기만에서 처음으로 시도 되었으며, 당시에 환경적인 교란에 의해 군집영향을 받아 변곡점이 형성되었는데, 담수의 영향에 의한 것으로 추론하였다. 임(1993)은 진해만에서 이 방법을 사용하였는데, 내만의 정점에서 유기오염의 영향을 변곡점이 발생하였으며, 외해에서는 군집이 안정화 되어 있는 것으로 나타났다. 본 조사에서는 계절별로 변곡점은 발생하지 않았으나 채집된 생물량이 너무 적기 때문에 정확한 결과를 유추하기 어려웠다. 일정 지역이 유기오염의 영향을 받는 것으로 나타나지 않았으며, 적은 개체의 생물이 많고, 우점종을 선정하기 어려울 정도로 많은 개체가 출현하는 종이 없기 때문에 기울기가 증가함으로써 군집이 안정되지 못한 것으로 추측할 수 있다. 현재 국내에서 가장 많이 이용하였던 방법으로 다른 지역과 비교가 용이하다는 생각과 생체량을 측정할 필요없이 오염정도를 판단할 수 있기 때문에 프로그램화 하였다(Appendix).

다음에 언급된 다른 측정방법도 있지만 각각의 문제점이 계절적인 가입에 의한 생물량 증가에 대한 오판, 채집 면적에 관한 문제점 등이 매우 유사하다.

종 개체수 순위곡선(Rank species abundance curve)은 Shaw *et al.*(1983)에 의해 연구된 방법으로 우점종 만으로 오염정도를 평가한다. 모든 생물을 동정하지 않아도 되지만 우점종의 기준이 명확하지 않고, 계절적인 변이가 심한경우에 오류를 범할 수 있다.

순위빈도곡선(Rank frequency diagram)은 Frontier(1985)에 의해 연구된 방법으로 가장 우점하는 종에서 적은 개체수가 나타나는 종까지 기울기의 형태로 천이과정을 추적하는 방법이다. 계절적인 생물 가입에 의한 생물군의 혼선을 예측하기 어렵다. 임(1993)은 진해만에서 유기오염에 의한 생물군집 평가에 이 방법을 추천하였다. 이 방법은 환경 및 생물자료로부터 얻어진 정보를 잘 반영하고 있다고 하였다.

개체수-생물량 비교법(Abundance- Biomass Comparison)은 군집내에서 종에 관계없이 개체수와 생체량의 변화만으로 오염정도를 판정하는 방법으로 Warwick(1986)에 의해 개발되었다. 군집을 대표할 수 있는 채집방법과 채집크기를 결정해야 하는 문제점이 있다.

현재까지 다양한 방법이 개발되었지만 모두 종 수준에서 개체수 자료와 생체량 자료를 응용한 것이며, 연 중 계절별로 가입에 따른 개체수 증가와 채집면적 결정, 기회종의 판정 등 동일한 문제점을 가지고 있다. 하지만 안정된 군집구조 이론을 근거로 만들어졌기 때문에 이에 따른 고찰을 정확히 서술한다면 상대적인 경향을 측정하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 또한, 일정 지역에서 일시적인 조사에 의한 판정에는 큰 오류가 따르지만, 지속적으로 모니터링을 실시할 경우에는 환경변화에 따른 생태계 변화양상을 파악하기에는 큰 무리가 없을 것으로 보인다.

천수만에서는 이 중에 한 가지 방법을 선정하여 응용해 보았는데, 서식생물이 너무 부족하고, 특정한 우점종이 없고, 종별 매우 적은 개체가 서식하며, 지역마다 퇴적상 등 환경요인이 다르기 때문에 오염정도를 알아내기에는 무리가 있다고 본다. 결국, 정점별 상대적인 비교는 어려우며, 지속적인 조사에 의한 한 지역의 천이과정을 관찰할 경우에 용이하다고 생각된다.

6. 결 론

- 저층 수온과 염분도는 계절에 따라 표층과 저층간에 편차를 보이지 않았으며, 주기적인 조석으로 인해 서해 연안과 유사한 양상을 보였다.

저층 용존 산소는 봄에 높게 나타났고, 여름에는 지역에 따라 차이를 보였다. 천수만 북부지역에 위치한 방조제 부근과 가두리 양식장 부근에서 낮게 나타났으며, 천수만 입구지역에서는 주기적인 조석으로 인해 빠른 유속으로 수괴의 상하층의 순환이 원활하기 때문에 연간 용존산소의 양이 유사하게 나타났다.

- 천수만의 퇴적물 구조는 매우 복잡하여 만 입구에는 조석과 빠른 유속으로 인해 암반과 자갈로 구성되어 있으며, 남북방향으로 두 개의 수로가 형성되어 있고, 굽은 모래질와 자갈, 패각으로 구성되었다. 중부에 위치한 죽도를 중심으로 북서방향에는 대주가 형성되어 있고, 퇴적상은 사니질로 구성되었다. 천수만 입구와 대주지역, 수로를 제외한 전 지역이 니질로 구성되었고, 방조제 부근으로 갈수록 평균 입도치가 높게 나타났다.

- 퇴적물 내 유기물 함량은 여름과 가을에 높게 나타났고, 겨울과 봄철에 낮게 나타났다. 유기물의 분포는 퇴적상과도 연관이 있으며, 상관관계에서도 니질함량과 높은 상관관계를 가졌다. 퇴적물 내의 황 성분은 천수만 북부지역에서 높게 나타났으며, 천수만 입구로 갈수록 표층에서 황이 검출되지 않았다.

- 방조제 부근에서 표층퇴적물과 30cm 저층퇴적물과의 시간차이는 11.74년이 걸리는 것으로 나타났으며, 그 이하 지역은 공사로 인한 자갈과 암반으로 구성되어 있었다. 결국, 표층퇴적물이 최근 퇴적된 것으로 가정한다면 저층 퇴적물이 퇴적된 시기는 1982년 전후로 나타났다.

- 식물플랑크톤은 전 지역에서 저서성 규조류가 우점하는 것으로 나타났다. 조석과 빠른 수류로 인해 천수만 입구에서는 저서성 규조류가 연중 우점하였고, 봄에는 내만으로 갈수록 체인을 이루는 부유성 규조류가 증가

하였다. 8월에는 방조제 부근에서 6종의 기수역에 서식하는 종과 2종의 담수역에 서식하는 종이 출현하였다. 이로서 수문을 통해 담수가 유입되고 있으며, 강수량이 가장 많은 8월의 경우 특히 많은 양의 담수가 유입되는 것을 알 수 있다.

- 동물플랑크톤은 중 수에 있어 가을철에 높게 나타났으며, 봄철에는 유생이 다량 가입되었다. 가을철에는 요각류중에 *C.affinis*와 *P.parvus*가 전 정점에서 고른 출현을 보였으며, 요각류의 어린 유생인 copepodite가 나타나기 시작하였다. 겨울철에는 *A.biflosa*, *C. abdominalis*, *C.affinis*가 주로 만입구 정점에서 출현하였다. 종 조성은 지역적인 차이가 없이 모든 정점에서 유사한 형태를 나타냈다.

- 어류의 경우 천수만 내의 종 조성은 겨울철에 일부 내만성 어류가 수심이 깊은 곳에서 월동하는 것으로 나타났으며, 수온이 상승하는 봄철에는 월동하던 내만성 어종이 먼저 산란을 시작하고, 외해에서 월동한 부영성 어류와 저서성 어류의 성어가 만으로 들어와서 산란을 한다. 즉, 내만성 어종과 회유성 어종이 짧은 시간간격으로 천수만 내에서 산란을 한다. 산란된 난들은 부화하여 유어시기를 천수만 내에서 보내기 때문에 여름철에는 높은 개체수를 나타내고 있으나 생체량에 있어서는 낮게 나타났다.

- 저서생물 조사에서 3년동안 출현한 전체 종 수는 313종으로 이때까지 조사된 어느지역보다도 다양한 종으로 구성되었고, 출현한 개체수는 종수에 비해 매우 빈약한 것으로 밝혀졌다. 여름철에 전 정점에 걸쳐 어린 개체로 구성된 많은 종의 생물이 출현하였다. 하지만, 봄철에는 천수만 중부지역에만 여름철과 유사한 개체수가 출현하였으며, 북쪽 지역과 입구에서는 상당량이 감소하였다.

- 천수만에서의 연중 다양도 지수는 봄철에 가장 높게 나타났다. 지역별로 천수만 입구에서 북쪽 지역으로 갈수록 낮게 나타났다. 정점간 유사도 분석에서 중부지역은 연중 높은 유사도를 보인 반면에 외해와 연결된 북쪽 지역과 천수만 입구에서는 여름철에는 외해로 부터 어린 개체의 가

입으로 인해 매우 높은 유사도를 보였고, 시간이 지날수록 낮은 유사도를 보였다. 중간 유사도에서는 전지역에 고른 분포를 보이는 종, 북쪽 지역에서 출현한 종, 입구에 서식하는 종으로 나누어졌다.

- 천수만은 만입구에서 상부지역까지 매우 다양한 퇴적상을 가지고 있으며, 주기적인 조석으로 인해 외양에서 유생의 유입이 용이하다. 하지만 복잡한 환경으로 인해 지속적으로 생물이 성장할 수 있는 지역이 한정되어 있고, 대부분 지역이 착저후 사망하여 안정된 생태계 구조를 나타내지 못하고, 시기에 따라 생물 가입이 반복되는 불안정한 구조를 보이고 있다. 지역적으로 북쪽의 경우에는 방조제 건설 이후 침전된 니질 퇴적상에 해수의 유동이 매우 적어 높은 함유율을 보인 퇴적물내의 유기물이 썩고 있으며, 부정기적인 담수유입 등으로 인해 생물이 성장하기에 어려운 환경여건을 지니고 있다. 만 입구의 경우에는 조석에 의한 빠른 해수유동이 퇴적물의 재부유를 반복시켜서 생물이 성장하는데 어려운 환경여건을 지니고 있다. 반면에 천수만 중부해역은 생물이 가장 다양하게 서식하는 사니질 퇴적상을 나타내고 있으며, 생물에게 직접적으로 자극을 주는 환경변화가 나타나지 않는 지역이기 때문에 상대적으로 천수만 내에서 생물이 서식하기에 안정된 지역으로 나타났다.

- 천수만은 방조제 건설로 인해 전반적으로 유속에 변화가 생기고, 퇴적상이 바뀔으로서 저서생태계가 변화하였다. 현재 수문을 통한 일시적인 담수의 유입과 유속감소로 인한 퇴적상의 변화, 지역적으로 양식장에 의한 유기물의 다량유입과 방조제내에 축적된 유기 물질들의 유입 등이 저서생태계에 영향을 미치는 요인으로 작용하고 있다.

- 현재 천수만의 저서생태계를 구성하는 생물군은 다음과 같이 크게 세가지 형태로 구분할 수 있다.

① 천수만 내에 정주하는 생물군: 대주부근에서 서식하는 생물로 여름철 산란하여 조석에 의해 전 지역에 어린개체를 착저시키지만 시간이 지날수록 다른 지역에서는 성장하지 못하고, 대주 지역에서만 성장하는 종으

로 구성되었다(*P. argentata*, *T. fragilis*, *M. jedoensis*)

② 여름철에 가입되는 생물군: 황해 연안에 서식하는 생물로 매년 여름철 조석의 영향으로 천수만 내부에 가입하여 착저하지만 성장하지 못하고 사망하는 종으로 출현한 대부분의 종이 여기에 속한다. (*L. longifolia*, *N. oligobranchia*)

③ 전지역에서 고르게 서식하는 종: 개체수는 소량이지만 전 지역에서 고른 출현을 보이는 종으로 대형 저서동물과 일부 다모류가 여기에 속한다. (*A. pectinifera*, *A. amurensis*, *E. cordatum*, *Glycinde* sp.)

참고문헌

- 과학기술처, 1992. 연안역 개발에 따른 해양 생태계 변화 연구 (1차년도).
BSPG 00158-464-3. 93PP.
- 과학기술처, 1992. 방사능 동위원소를 이용한 퇴적물과 오염물질의 퇴적역학
연구.(IAEA RCA RAS/8/065 한국연구)(제 1차년도) BSPG 00146-501-4.
167pp.
- 과학기술처, 1993. 연안역 개발에 따른 해양 생태계 변화 연구 (2차년도).
BSPNG 00178-607-3. 104PP.
- 과학기술처, 1993. 방조제 축조에 따른 퇴적환경변화 연구(I)
BSPN 00208-626-5. 175pp.
- 국립수산진흥원, 1988-1992. 해양조사연보.
- 국립지리원, 1977. 연안해역 지형 측량 보고서. 56p.
- 기상청, 1988-1992. 기상연보.
- 박동원, 1976. 원격탐사에 의한 서해안 천수만 간척지 지형 연구. 과학기술처
R-76-72, 83Ppp.
- 박홍식, 1991. 인천연안 조간대 저서생물의 생태학적 분포. 인하대 석사학위논
문. 124pp.
- 석규진, 1982. 천수만 입구에서 채집된 어류의 종조성. 서울대 석사학위논문.
38pp.
- 수로국 1991-1992 수로기술연보.
- 신윤근, 1989. 천수만 표영생태계의 부유생물군 생산구조와 에너지 유동에
관한 연구. 서울대 이학박사학위논문 146pp.
- 신현출, 강성길, 고철환, 1992. 경기만 남부 해역의 저서다모류 군집.
한국해양학회지, 27 : 164 - 172.
- 신현출, 고철환, 1990. 광양만 다모류군집의 시.공간적 변화. 한국해양학회지,
25 : 205 - 216.

- 신현출, 최성순, 고철환, 1992. 영일만 다모류 군집의 계절적 공간적 변화.
한국해양학회지, 27 : 46 - 54.
- 심재형, 이원호, 1979. 서해 천수만의 식물플랑크톤에 대하여. 한국해양학회지,
14(1): 6-14.
- 심재형, 고철환, 이태원, 김상종, 박용철, 1988. 황해 내만역의 해양생태계
분석. 한국과학재단보고서, 246pp.
- 아세아항업, 1979. 서산 AB 지구 간척지 개발조사 보고서. 현대종합기술개발
주식회사. 110p.
- 안순모, 고철환, 1992. 서해 만경.동진 조간대의 환경과 저서동물 분포.
한국해양학회지,27(1) 78-90.
- 안인영, 강영철, 최진우, 1993. 한국서해 반월조간대 연성저질에 서식하는 저서
동물군집에 대한 오염의 영향. 한국해양연구소, BSPE 00327-580-7, pp. 63.
- 유광일, 1981. 고정화전 어업피해범위 조사보고. 한국전력 보고서, 116-131.
- 유성규, 1962. 충청남도 연안(어청도, 천수만, 군산지역)에 있어서
Microplankton의 양 및 조성에 관한 연구. 중앙수지 간사지 기본 조사보고,
2: 57-72.
- 심재형, 이원호, 1979. 서해 천수만의 식물플랑크톤에 대하여. 한국해양학회지,
14(1): 6-14.
- 이대호, 1988. 천수만에서의 부유물질내 유기탄소의 유동. 서울대석사학위논문,
55pp.
- 이재학, 1987. 황해의 저서다모류에 대한 생태학적 연구, 부산수대
박사학위논문, 157pp.
- 이재학, 허형택, 1988. 해양 저서다모류 분포에 영향을 주는 환경요인에 관한
연구. 해양연구 10(1): 15-22.
- 이재학, 진 평, 1989. 황해의 저서군집내에서 다모류의 분포유형. 한수지,
20(3): 224-229.
- 이재학, 최진우, 제종길, 임현식, 1993. 해양환경관리기술- 해양 저서생물상에
의한 환경평가. 과학기술처, 95pp.

- 이재학, 제종길, 임현식, 1994. 진해만의 저서동물 군집에 의한 환경평가. 한국 해양연구소, 73pp.
- 임현식, 1993. 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 수산학박사 학위논문, pp. 311.
- 임현식, 제종길, 최진우, 이재학, 1991. 여자만에서의 여름철 저서동물의 분포. 해양연구, 13 : 31 - 46.
- 임현식, 최진우, 제종길, 이재학, 1992. 진해만 양식장 밀집지역의 저서동물 분포. 한국수산학회지, 25 : 115 -132.
- 장만, 심재형, 1986. 춘계 서해의 식물플랑크톤 연구. 해양연구 8(1): 1-11.
- 정래홍, 1992. 광양만 저서다모류 군집에 관한 연구. 인하대학교 석사학위논문, 96pp.
- 제종길, 박홍식, 임현식, 이종수, 1991. 황해의 충남연안에서 형망으로 조사된 저서무척추동물의 분포. 황해연구, 4: 103-119.
- 제종길, 이순길, 최진우, 1988. 황해 남동해역의 연성저질에 서식하는 연체동물의 분포. 해양연구, 10 : 17 - 27.
- 제종길, 장 만, 박홍식, 1991. 남해 연성저질에 서식하는 연체동물의 분포. 한국패류학회지, 7 : 30 - 48.
- 차성식, 1987. 황해 중동부 연안역의 부유성 난치자어 군집에 관한 연구. 서울대 박사학위 논문 144pp.
- 차성식, 심재형, 1988. 황해 중동부 연안역의 부유성 어란 군집의 계절 변화. 한국해양학회지, 23(4): 184-193.
- 차성식, 유재명, 김종만, 1990. 황해 중동부 연안역의 치자어 군집의 계절 변동. 한국해양학회지 25(2): 96-105.
- 최진우. 1990. 한국 동해의 대륙붕과 대륙사면에 서식하는 저서다모류 군집. 서울대학교 대학원 이학박사학위논문, pp. 166.
- 한전 기술연구원, 1987. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-87-1.

- 한국전력공사, 1985. 보령, 삼천포 T/P냉각수가 연안양식 수산물에 미치는 영향조사(Ⅱ). 한국전력보고서, KRC-84C-J01. 443pp.
- 해양연구소, 1975. 천수만 조력발전 예비타당성 조사. 과학기술처, R-75-39. 171p.
- 해양연구소, 1978. 고정리 화력발전소 건설지점 부근해역에 대한 해양생태학적 기초조사 연구. KORDI Rep. BSPI 00014-14-3. 138pp.
- 홍재상, 1989. 벤토스의 활동과 해저퇴적물. 황해연구, 2:63-89.
- Ansari, Z.A., B.S. Ingole and A.H. Parulekar, 1986. Effect of high organic enrichment of benthic polychaete population in an estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 17(8): 361-365.
- Ansell, A.D., 1978. Comparison of events in the seasonal cycle for *Donax vittatus* and *D. trunculus* in European Waters. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 16: 191-198.
- Bailey, G.W., C.J. de B. Beyers and S.R.Lipschitz. 1985. Seasonal variation of oxygen deficiency in waters off southern south west Africa in 1975 and 1976 and its relation to the catchability and distribution of the cape lock lobster *Jasus Lalandii*. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 3:197-214.
- Barns, R.S.K., 1984. Estuarine biology, 2nd ed. Camelot press, Southampton. 77p.
- Beukema, J.J., W. de Ruin and J.J.M. Jansen, 1978. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea: long-term changes during a period with mild winters. *Neth. J. Sea Res.*, 12(1): 58-77.
- Bilyard, G.R., 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Mar. Pollut. Bull.* 18(11): 581-585.
- Boesch, D.F., 1973. Classification and community structure of macrobenthos in the Hampton Roads Area, Virginia. *Mar. Biol.* 21: 226-244.

- Boesch, D.F., R.J. Diaz and R.W. Virstein, 1976. Effects of Tropical Storm Agnes on Soft-bottom Macrobenthic Communities of the James and York Estuaries and the Lower Chesapeake Bay. *Chesapeake Science* 17(4): 246-259.
- Boyden, C.R. and C. Little, 1973. Faunal distribution in soft sediments of the Severn estuary. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 1: 203-214.
- Buchanan, J.B. and J.J. Moore, 1986. A broad review of variability and persistence in the Northumberland benthic fauna. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 66: 641-657.
- Cato, I., I. Olsson and R. Rosenberg, 1980. Recovery and decontamination of estuary. In *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*. Olausson I. and I. Cato, ed. John Wiley and Sons Ltd., 403-440.
- Cho, J.S., 1988. Primary productivity and nutrient dynamics in Chonsu Bay, Yellow Sea. M.S. Thesis. Inha Univ. 66pp.
- Choi, J. W. and C. H. Koh, 1984. A study on the polychaete community in Kwangyang Bay,, Southern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 19 : 153 - 162.
- Choi, J. W. and C. H. Koh, 1992. The distribution and feeding guides of the polychaete community in the west coast of Kunsan, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 27 : 197 - 209.
- Cranford, P.J., Peer, D.L. and Gordon, D.C., 1985. Population dynamics and production of *Macoma balthica* in Cumberland Basin and Shepody Bay,, Bay, of Fundy. *Neth. Jour. Sea Res.*, 19(2):135-146.
- Duineveld, G.C.A., A. Kunitzer, U. Niermann, P.A.W.J. De Wilde and J.S. Gray, 1991. The macrobenthos of the North sea. *Neth. J. Sea Res.* 28(1/2): 53-65.

- Eagle, R.A., 1973. Benthic studies in the South east of Liverpool Bay,. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 1: 285-299.
- French, F.W. and P.E.Hargraves, 1985. Spore formation in the life cycles of the diatoms *Chaetoceros diadema* and *Leptocylindrus danicus*. *J.Phy.* 21: 477-483.
- Frey, R.W., J.S.HONG, J.D.Howard, B.K. Park and S.J.Han. 1987. Zonation of benthos on a macrotidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana marit.* 19(4/6), 295-329.
- Frontier, S., 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 23: 253-312.
- Garrison, D.L., 1981. Monterey Bay, Phytoplankton. II. Resting Spore Cycles in Coastal Diatom Populations *J. Plan. Res.* 3(1): 137-156.
- Grassle, J.F. and J.P. Grassle, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic ploychaetes. *J. Mar. Res.* 32(2): 253-284.
- Gray, J.S., 1976. The fauna of the polluted River Tees estuary. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 4: 653-676.
- Gray, J.S. and F.B. Mirza, 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities *Mar. Pollut. Bull.*, 10(5): 142-146.
- Gray, J.S., 1981. Detecting pollution induced changes in communities using the log-normal distribution of individuals among species. *Mar. Pollut. Bull.* 12(5): 173-176.
- Hartley, J.P., 1982. Methods for monitoring offshore macrobenthos. *Mar. Pollut. Bull.* 13: 150-154.
- Hartwig, E.O., 1976. The impact of nitrogen and phosphorus release from a siliceous sediment on the overlying water. *In Estuarine Processis.* M.Wiley, ed. Academic Press, New York, p103-117.

- Hily, C., 1991. Is the activity of benthic suspension feeders a factor controlling water quality in the Bay, of Brest? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 69: 179-188.
- 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(2): 169-179.
- Hong, S.Y., U.J. Han and E.I. Paik, 1982. Marine Macrobenthos distribution and the substrate condition of Suyeong Bay,. *Publ. Ins. Mar. Sci.*, Nat. Fish. Univ. Busan 14: 1-21.
- Hong, J.S., 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay, System, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 22(4): 246-256.
- Hulbert, S.H., 1971. The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecol.*, 52:577-586.
- Jeong, H.J., 1988. An ecological study on marine tintinnids(ciliated protozoa; order tintinnida) in Cheonsu Bay,, Korea. M.S. Thesis. SNU, 60pp.
- Kikuchi, T., 1979. Some aspects of ecology, life cycle and taxonomy of the polychaeta *Capitella capitata*, so called pollution indicator: A review. *Benthos Res*, 17/18: 33-51.
- Kikuchi, T. and M. Tanaka, 1976. Some aspects on the ecology of a short-lived semelid bivalve, *Theora lata*(Hinds), with special reference to its opportunistic life history. *Physiol. Ecol.*, Japan. 17: 261-271.
- Kitamori, R. and H. Kanno, 1967. On the benthonic communities of Matsusshima Bay,. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab*, 27: 77-92.
- Kitamori, R. and K.Funae, 1959. The benthic community in polluted coastal water. (III) Osaka Bay,. *Bull. Nakai Reg. Fish. Res. Lab.*, 12: 215-221.
- Kitching, J.A., F.J.Ebling, J.C. Gamble, R. Hoare, A.A.Q.R. McLeod and T.A. Norton, 1976. The ecology of Lough Inc. Seasonal changes in the western though. *J. Anim. Ecol.* 44(3): 731-758

- Koh, C.H. and H.C.Shin, 1988. Environmental Characteristics and distribution of macrobenthos in the mudflat of the west coast of Korea(Yellow Sea). *Neth. Jour. Sea Res.*, 22(3): 279-290.
- Le Bris, H., 1988. Fonctionnement des ecosystèmes benthiques cotiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. These doc., Univ. Bretagne Occidentale, Brest.
- Lee, J.H., 1976. A study of on the benthic fauna along the Busan coast, Korea. *Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ., Pusan*, 9: 49-70.
- Lee, J.H., J.S. Hong and S.K. Yi, 1983. Studies on the benthic fauna in Garolim Bay,, Korea.(subtidal soft-bottom community). *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18(2): 111-116.
- Lee, T.W., 1983. Age composition and reproductive period of the shad(*Konosirus punctatus*), in Cheonsu Bay,, *J. Oceanol. Soc. Kor.* 18(2): 161-168.
- Lee T.W. and K.J.Seok, 1984. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes in Cheonsu Bay,, *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 19(2): 217-228.
- Ling, W.B. and R.B. Clark, 1983. Marine pollution research in China. *Mar. Pollut. Bull.* 14(6): 210-212.
- Longbottom, M.R., 1970. The distribution of *Arenicola marina*(L.) with particular references to the effects of particla size and organic matter of the sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 5:138-157.
- Luckenbach, M.W., 1986. Sediment stability around animal tube: The roles of htdrodynamic processes and biotic activity. *Limnol. & Ocaenogr.*, 31(4): 779-787.
- Margalef, R., 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publnes Inst. Biol. apl.* Barcelona, 9: 5-27.

- Matsumiya, Y., T. Kogychi and H.Sudo, 1986. A consideration on sampling efficiency and quantitative sampling for benthos, especially gammaridean amphipod. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 60:41-51.
- May, R.M., 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: Ecology and evolution of communities. Cody, M.L. and J.M.Diamond, ed. Belknap Press, Cambridge. Mass. 81-170.
- McIntyre, A.D. and A. Eleftheriou, 1968. The bottom fauna of a flatfish nursery ground. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 48: 113-142.
- McNaughton, S.J., 1968. Structure and function in California grassland. *Ecology*, 49: 962-972.
- Mills, E.L., 1975. Benthic organisms and the structure of marine ecosystems. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32: 1657-1663.
- Nichols, F.H., 1977. Infaunal biomass and production on a mud flat, San Francisco Bay. In: Ecology of Marine Benthos Ed. by B.C.Coull, The Belle W. Baruch Library in marine science No. 6, Univ. South Carolina Press, Columbia, South Carolina 339-358.
- Pearson, T.H. and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16: 229-311.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity different types of biological collection. *J. Theoret. Biol.* 13: 131-144.
- Poore, G.C.B. and J.O. Kudenov, 1978. Benthos of the Port of Melbourne: The Yarra River and Hobsons Bay,, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 29: 141-155.
- Reish, D.J., 1980. Effect of domestic wastes on the benthic marine communities of southern California. *Helgolander Meeresunters.* 33: 377-383.

- Rhoad, D.C. and Young, D.K., 1971. Animal-sediment relations in Cape Cod Bay,, Massachusetta II. Reworking by *Molpadia oolitica*. *Mar. Biol.*, 11: 255-261.
- Sanders, H.L., 1956. The biology of marine bottom communities. *Bull. Bingham Oceanogr. Collection*, 15: 346-414.
- Sanders, H.L., 1958. Benthic studies in Buzzards Bay,. I .Animal-sediment relationships. *Limnol. & Oceanogr.*, 3(3): 245-258.
- Sanders, H.L., Goudsmit,E.L., and Hampson,G.E., 1962. Astudy of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetta. *Limnol. Oceanogr.*, 17:63-79.
- Sanders, H.L., 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Naturalist*. 102(925): 243-282.
- Sanukida, S., H. Okamoto and M. Hitomi, 1981. On the behavior of the indicator species of marine bottom pollution. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, 47(7): 863-869.
- Shannon, C.E. and W.Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125pp.
- Shaw, K.M., P.J.D. Lambshead, and H.M. Platt, 1983. Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special references to nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11: 195-202.
- Shim, J.H. and C, Park, 1982. On the composition and the abundance distribution of zooplankton in the Yellow Sea in April, 1981. *J. Oceanol. Soc. Kor.* 17(2):95-101.
- Shim, J.H. and H.G. Yeo, 1988. Spatial and Temporal variations of phytoplankton in Chonsu Bay,. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 23(3): 130-145
- Shin, H.C., J.W. Choi, and C.H. Koh, 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter-and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay,, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 24(4): 184-193.

- Shin, H.C. and C.H.Koh, 1990. Temporal and spatial variation of polychaeta community in Kwangyang Bay,, Southern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 25(4): 205-216.
- Shin, H.C., S.S. Choi and C.H. Koh, 1992. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay,, southeastern Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 27: 46-54.
- Takahashi, T., T. Maeda, T. Nakatani and N. Yanagawa, 1986. Temporal and sapatial distributions of macrobenthos in Mutsu Bay,. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 52(8): 1339-1349.
- Tamai, K., 1981. Some morphological aspects and distributions of four types of Paraprionospio(polychaeta: Spionidae) found from adjacent waters to western part of Japan. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*,13: 41-58.
- Tamaki,A. and Kikuchi,T., 1983. Spatial arrangement of macrobenthic assemblages on an intertidal sand flats, Tomika Bay,. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 7(1): 41-60.
- Thomson,G.B. and P.K.S.Shin, 1983. Sewabe pollution and the infaunal benthos of Victoria Harbour, Hong Kong. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 67: 279-299.
- Warwick,R.M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 92: 557-562.
- Word, J.Q., 1978. The infaunal trophic index. *In: Coastal water research Project. Annual Report*, 19-39.
- Yang, D.B. and G.H.Hong. 1982. Nutrients and chlorophyll a variations at a fixed station during the red tides in the Jinhae Bay,. *J. Oceanol. Soc. Korea*. 17(1): 19-26.
- Yi, S.K., J.S. Hong and J.H. Lee, 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay,, Korea. *Bull. of KORDI*, 4: 17-26.

- Yokoyama, H., 1990. Distribution of macrobenthic animals in the rivers and the harbor area of Osaka city. *Benthos Res.*, 38: 37-40.
- Yoo, J.W., 1992. The community structure and distribution of the benthic macrofauna in Han estuary and Kyonggi Bay,, Korea. M. S. Thesis, Inha Univ. 100pp.
- Yun, K.H., 1987. Seasonal variation and production of zooplankton in Chonsu Bay,, Korea. M.S. Thesis, SNU. 48pp.

Appendix

Appendix 1. List showing abundance (ind./0.3m²) at station in Cheonsu Bay
April 1993.

Species	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.		
Cnidaria																												
Pennatulacea unid.									1					1		1										3	3	
Actinaria unid.1																		1								1	1	
Actinaria unid.2																												
Actinaria unid.3																												
Actinaria unid.4																						1				1	1	
Sipunculida																												
Sipunculus nudus																							1			1	1	
Sipuncula unid.1								1	1						9	1							1			13	5	
Sipuncula unid.2																												
Brachiopoda																												
Coptothyris grayi									1					4									26			31	3	
Platyhelminthes																												
Turbellaria unid.																												
Nemertina																												
Lineus sp.									1					1							1		1			4	4	
Nemertina unid.1		2		4	1					1					1		1					2				12	7	
Nemertina unid.2				1																		1				2	2	
Nemertina unid.3								1		1		1	1								1		1			6	6	
Mollusca																												
Polyplacophora																												
Polyplacophora unid.																							1	6		7	2	
Bivalvia																												
Abrina lunella		1	2					2	2					7	5		4					2				25	8	
Alveus ojanus(?)																												
Anisocobula venusta			2								1			6		5		1									15	5
Anodontia stearnsiana																												
Arca boucardi																							2			2	1	
Arcopsis symmetrica																												
Atrina pectinata														1													1	1
Barbatia stearnsi																												
Bivalvia unid.1																												
Bivalvia unid.2																												
Bivalvia unid.3																												
Bivalvia unid.4																												
Boniopsis tsurumaru							1				2															3	2	
Cadella narutoensis																		3								3	1	
Calyptrea yokoyamai																								1	2	3	2	
Claudiconcha sp.																												
Clinocardium(?) sp.																								4		4	1	
Cyathodonta(?) sp.								1																		1	1	
Dorisca cf. nana									11	1		2		4	5			1								24	6	
Dorisca sp.																												
Dosinia sp.				1	1				2		1	2					2					1				10	7	
Enucula tenuis																										1	1	

Appendix 1 - Continued

Species	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.		
<i>Gregariella coralliophage</i>																				1					1	1		
<i>Hiatella orientalis</i>																							3			3	1	
<i>Limaria hakodatensis</i>																							22			22	1	
<i>Limaria</i> sp.																												
<i>Mecoma tokyoensis</i>		1																								1	1	
<i>Mactra</i> cf. <i>depressa</i>								3																		3	1	
<i>Mactra chinensis</i>								5																		5	1	
<i>Megacardita feruginosa</i>																				1	1	1				3	3	
<i>Modiolus elongatus</i>															1											1	1	
<i>Moerella jedoensis</i>		1		1	3	1	3	2	19	3	4	5	3	2						2	14					63	14	
<i>Moerella irideocens</i>																												
<i>Musculus cupreus</i>																						1				1	1	
<i>Musculus senhousia</i>								21																		21	1	
<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>																						1				1	1	
<i>Nitidbellina minuta</i>					1			9		1	7	4		1							7					30	7	
<i>Nitidbellina nitidula</i>								3						4												7	2	
<i>Raeta pulchella</i>		2	1		2			3	2	1			5	1		2					1					20	10	
<i>Ruditapes philippinarum</i>				2				46																		48	2	
Tellinidae unid.														1		1										2	2	
<i>Theora fragilis</i>		47		3		5		3	4	1	99	49		94		9	3			3	20					337	12	
<i>Thyasira tokunagai</i>																												
Gastropoda																												
<i>Agatha</i> cf. <i>vingo</i>																							1			1	1	
<i>Ambina</i> sp.1																												
<i>Ambina</i> sp.2																												
<i>Calyptrea yokoyamai</i>																												
<i>Cantharus cecillei</i>																												
<i>Cingulina</i> sp.									2			1														3	2	
<i>Crassispira</i> sp.																				1						1	1	
<i>Cusveulima</i> (?) sp.																						1				1	1	
<i>Eocylichna cylindrella</i>																												
<i>Eulima maria</i>																												
<i>Liocina trochiformis</i>																					1					1	1	
<i>Mitra</i> sp.																												
<i>Mitrella burchardi</i>																							1			1	1	
<i>Monula musia</i>														1												1	1	
<i>Monula terebra</i>																												
<i>Nassarius fraterculus</i>																												
<i>Nassarius festvus</i>																												
<i>Obstomia omeensis</i>																												
<i>Obstomia</i> sp.																							1			1	1	
Patellidae unid.																												
<i>Pleurobranchaea noraezealandiae</i>																												
<i>Pleurobranchaea</i> sp.																												
<i>Philine argentata</i>		2			1	1		3	1	1	1	1	1		2		2					4				19	11	
<i>Phine</i> sp.																												
<i>Ringicula niinoi</i>																												
<i>Tiberia</i> sp.																												
<i>Triphora albeolatus</i>					1																					1	1	
Trochidae unid.																												
Gastropoda unid.																												
Cephalopoda																												
<i>Octopus</i> sp.																								1		1	1	

Appendix 1 - Continued

Species	\ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.	
Arthropoda																											
Crustacea																											
<i>Alpheus japonicus</i>																						1			1	1	
<i>Ampelisca bocki</i>																											
<i>Alpheus</i> sp.																							1		1	1	
<i>Ampelisca brevicornis</i>									1	2		2										1			6	4	
<i>Ampelisca misakiensis</i>												1	9								8				18	3	
<i>Ampelisca</i> sp.									6		1	5		9		2						3	3		29	7	
<i>Aora</i> sp.																											
Aoridae unid.				38					21		4	16	48		7	1					2				137	8	
<i>Apseudes</i> sp.																						10			10	1	
<i>Asthenoganthus inaequipes</i>		1	8				2											1	1						13	5	
<i>Athanas</i> sp.		1						2	3																6	3	
<i>Byblis japonicus</i>									5				3		2						2	15			27	5	
<i>Callinassa japonicus</i>																											
<i>Callinassa</i> sp.																											
<i>Camptandrium sexdentatum</i>																											
<i>Caprella</i> sp.																											
<i>Caprella acanthogaster</i>																											
<i>Ceradocus capensis</i>																	1								1	1	
<i>Cheribdis biaculata</i>																											
<i>Chitinomandibulum</i> sp.												3	1	2											6	3	
<i>Cirolana japonensis</i>														1							2				3	2	
<i>Cirolana</i> sp.																											
Copepoda unid.																											
<i>Corophium</i> sp.							1				1	5									2	12			21	5	
Crab juv.																											
<i>Cragon</i> sp.																											
<i>Cragon affinis</i>							1																		1	1	
<i>Quamea</i> unid.				1				4	1		5	2	6	2							1				22	8	
<i>Eocuma hilgendorfi</i>																											
<i>Erictonius pugnax</i>							2																		2	1	
<i>Eriopisella sechelensis</i>		1		3				4	8	17	6	2						1	1						43	9	
<i>Eucrate crenata</i>										1	1	4	1	2								2				11	6
Gammaridae unid.				2	1	5		3	1													1	1	5		19	8
<i>Gammaropsis utinomi</i>				1	1	7								2	5	9		5			2	5			37	9	
<i>Grandifoxus</i> sp.																											
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>																											
<i>Heptacarpus rectirostris</i>																											
<i>Idunella chilensis</i>											3	3	1												7	3	
<i>Ilyoplax</i> sp.																											
<i>Iphinoe sagamiensis</i>																											
<i>Latreutes planirostris</i>																						1			1	1	
<i>Leptochella gracilis</i>		1		6				1		1	3														12	5	
<i>Leucosia</i> sp.																											
<i>Leucothoe incisa</i>																1									1	1	
<i>Liljebrogia japonica</i>																	1								1	1	
<i>Macrophthalmus dilatatus</i>							4																		4	1	
<i>Macrophthalmus japonicus</i>																											
<i>Maera</i> sp.																											
<i>Mandibulofoxus</i> sp.																											
<i>Melita</i> cf. <i>koreana</i>																											
<i>Melita</i> sp.		5					1				14		4												24	4	
<i>Monoculodes</i> sp.																											

Appendix 1 - Continued

Species	\ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.	
Mysis unid.																											
Nebalia bipes																											
Oratosquilla oratoria																											
Orchomene sp.														1											1	1	
Paradorippe granulata				1				1					1	1											4	4	
Paranthura sp.																						3			3	1	
Parthenope(Platylabus) varidus																											
Petalonera cf. sheni																											
Photis longicaudata		1							8					20	16		4	4				6			59	7	
Pilumnus minutus																						8			8	1	
Pilyra pisum																											
Pinnixa rathbuni					2			2					7												11	3	
Pinnixa sp.																1									1	1	
Pisidia serratifrons																1						31			32	2	
Podocerus sp.								1																	1	1	
Polyona asiaticus								1					4			1									6	3	
Pugettia quadridens																						1			1	1	
Pycnogonida unid.														1											1	1	
Raphidopus ciliatus		3	8				25		1		1						3								41	6	
Synchelidium sp.																						1			1	1	
Tritodynamia horvathi								2					5			2									9	3	
Typhlocarcinus sp.			1					1		1	1	1					1								6	6	
Upogebia major													1												1	1	
Urithee sp.																		1							1	1	
Xanthidae unid.																							3		3	1	
Xenopthalmus pimtheroides							1						1									22	4		28	4	
Annelida																											
Polychaeta																											
Aglaothamus chinensis																											
Agaophamus sp.																		1							1	1	
Amaoana sp.1								2				1		1		1		1		1	1				7	6	
Amphareta arctica			1		2		6	1	1	18	4		25	1	2		6				1	2			70	13	
Amphicteis gunneri								1					1	3							3	1			9	5	
Aphisamytha japonica									1																1	1	
Anatides koreana					2			2			11	5	2	1		1					1	1			26	9	
Arabella iricolor																						3	5		8	2	
Arcidea sp.		2		69	4	19	6				3	1	1			1					1				107	10	
Amundia lancealis																											
Amundia lanceolata							13																		13	1	
Brada villosa								1	1	1									1						4	4	
Chaetozone setosa																											
Chaetozone spinosa																											
Chone sp.								4					10									2			16	3	
Cirrifornia tentaculata																											
Clymenella sp.			1					2					3	4	1	1					3	4			19	8	
Crysopetalidae unid.																											
Diopatra sugokai																						1	1		2	2	
Dorvillea sp.																											
Drilonereis sp.																											
Eteone longa								3					1	1							3	6			14	5	
Euchone sp.																											

Appendix 1 - Continued

Species	\ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.			
Eulalia sp.																									1	1	1		
Eunice artemata																			7							8	15	2	
Eunice sp.																													
Glycera capitata																4		2									6	2	
Glycera chirori			3		6		5	3	2				2	1	8	15	4	6	1	1		4	5				66	15	
Glycinde sp.		5	7		11	2	3	3	26	16	13	12	7		13						8	3					1	130	15
Goniada maculata																						1					1	2	2
Haploscoloplos elongatus								5						1	2												1	9	4
Harmothoe imbricata																													
Harmothoe sp.																				2	1					4	7	3	
Hesiospina sp.						1				1		1		1														4	4
Heteromastus sp.		8	20				37		1		1	1			2										1		71	8	
Lagis bocki		1	1		2				1													2						7	5
Laonice cirrata									1													2	2					5	3
Lepidonotus sp.		1							1					5								1					1	9	5
Lumbrineris heteropoda										2																		3	2
Lumbrineris japonica								1						6	1	3	11								7	51	80	7	
Lumbrineris latreilli																													
Lumbrineris longifolia		2			28		76	1	7			47	1	3	94			1	5	4		3					272	13	
Lumbrineris nipponica																													
Megelona japonica			1						2			4		2	2	3			5	3		3						25	9
Merphysa sanguinea							1									3												4	2
Melima cristata																													
Micronephthys sp.																1			1									2	2
Myriochele sp.																										1		1	1
Neathes succinea																													
Nectoneanthes latipoda																													
Nephtys caeca																													
Nephtys oligobranchia		3			3			94	27		3	2		8	44		10	1	1		40		23			259	13		
Nereidae unid.																													
Nereis longior		1				3		3			2			1						1		1					12	7	
Notomastus sp.			1							1																		2	2
Oncoscolex sp.									1																			1	1
Onuphis sp.																											1	1	1
Owenia fusiformis								2						3		9						6		4			24	5	
Paralacydonia paradoxa				1				3	1					2	2		3		3		8		1				24	9	
Parapriono pinnata				1		1									1													3	3
Pherusa plumosa															2							1	1					4	3
Ptylo felix																													
Pista cristata																													
Pista sp.																					2		1					3	2
Poecilochaetus johnsoni													1														1	2	2
Polydora sp.									1																		1	2	2
Polynoidae unid.1			1							1																		2	2
Polynoidae unid.2																													
Praxillella affinis																													
Prionospio cirrifera																													
Prionospio krusadensis		5	4						82	36	15	22	23	1	1		1	31	2		1		3			226	14		
Prionospio pinnata																													
Sabellidae unid.									1			4		4														9	3
Sabellidae unid.2																													
Sacilibregma inflatum																													
Scoloplos armiger								12					1															13	2

Appendix 1 - Continued

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Freq.		
Sigalionidae unid.												1									1	5		7	3		
Sigambra tentaculata	5			2	20	2	1	3	19	3	2	11	1	2							1				72	13	
Spiochaetopterus costarum								1			1	2	8												12	4	
Spiochaetopterus sp.				3						1															4	2	
Spionidae unid.							3							1											4	2	
Spionidae unid.3																											
Spirobranchus tetraceros																						2			2	1	
Sternaspis scutata					1			1	8	11	10	16	8	5							1				61	9	
Syllidae unid.																						2			2	1	
Tambalagania fauvelii		2				1		9			1			9											22	5	
Terebellidae unid.																											
Terebellides horikoshii									2													2			4	2	
Thelepus sp.								3				2				1		1			4	10			21	6	
Thryx sp.			1				1	1		1	7	2		1	1					1	1				17	10	
Trichobranthus sp.1											2		5									4			11	3	
Echinodermata																											
Crinoidea																											
Crinoidea unid.																						1			1	1	
Asteroidea																											
Asterias pectinifera									1													1	1		3	3	
Asterias aurensis																					1	1			2	2	
Ophiuroidea																											
Amphiura sp.		1																							1	1	
Ophiura kinbergi								1		2												6	1		10	4	
Ophiothrix sp.																						2		7	9	2	
Amphiura cf. vadicola												1													1	1	
Ophioplus mirabilis																							3		3	1	
Ophactis sp.																											
Ophioplus megapodus																											
Echinoidea																											
Echinocardium cordatum																							1		1	1	
Holothuroidea																											
Protankyra bidentata		1	10			1	1									1									14	5	
Temnopleurus reevesi																						1			2	2	
Holothuroidea unid.1																							1		1	1	
Holothuroidea unid.2																							1		1	1	
Chordata																											
Cephalochoordata																								1		2	2
															1	11									12	2	
Number of species	23	19	1	27	14	23	28	61	19	22	43	22	44	52	16	37	22	36	3	64	60	9	1	645	23		
Sum	100	76	2	193	42	191	247	308	127	83	310	145	181	461	48	112	70	80	3	220	309	39	1	3348	23		

Appendix 2. List showing abundance (ind./0.3m²) at station in Cheonsu Bay August 1993.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	Fre.		
Cnidaria																																		
Pennatulacea unid.																						1	1	1			1					4	4	
Actinaria unid.1	3																															3	1	
Actinaria unid.2		1																															1	1
Actinaria unid.3	1								1																				1			3	3	
Actinaria unid.4									1																							1	1	
Sipunculida																																		
Sipunculus nudus																																		
Sipuncula unid.1		1							2													1					1					5	4	
Sipuncula unid.2			1																													1	1	
Brachiopoda																																		
Coptothyris grayi																																		
Platyhelminthes																																		
Turbellaria unid.																																		
	4	4				2					1		3	1		2											1		1		1	22	11	
Nemertina																																		
Lineus sp.																																		
		1				2			1				1	1		1	1					1	1	1	1		2	1		1	16	14		
Nemertina unid.1	1	1				1	1		5	1	1			1			1			1		1	1	5	1		2	2	1	3	40	18		
Nemertina unid.2				1			3																									4	2	
Nemertina unid.3				1																		1										2	2	
Mollusca																																		
Polyplacophora																																		
Polyplacophora unid.																																		
		2																						1			2					5	3	
Bivalvia																																		
Abrina lunella																																		
							1														1						2	1		4	9	5		
Alvenius ojiianus(?)																																		
Anisocobula venusta		2							3														4				7		2			18	5	
Anodontia stearnsiana																																		
																1																1	1	
Arca boucardi																																		
Arcopsis symmetrica																																		
Atrina pectinata																																		
Barbatia stearnsi																																		
Bivalvia unid.1																																		
																												1				1	1	
Bivalvia unid.2																																		
												1				1																2	2	
Bivalvia unid.3																																		
																					1											1	1	
Bivalvia unid.4																																		
Boniopsis tsurumaru																																		
									1	1																						2	2	
Cadella narutoensis																																		
Calyptrea yokoyamai																																		
Claudioncha sp.																																		
Clinocardium(?) sp.																																		
Cyathodonta(?) sp.																																		
Dorisca cf. nana																																		
Dorisca sp.																																		
Dosinia sp.										1							1						2	1		3	1					9	6	
Ennucula tenuis																																		
Gregariella coralliophage																																		
Hiatella orientalis		5																													3	8	2	
Limaria hakodatensis																																		
Limaria sp.																																		

Appendix 2 - Continued.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	Freq.	
<i>Macoma tokyoensis</i>				2		1	4			2																				9	4		
<i>Mactra cf. depressa</i>																																	
<i>Mactra chinensis</i>																																	
<i>Megacardita feruginosa</i>																							1								1	1	
<i>Modiolus elongatus</i>																																	
<i>Moerella jedbensis</i>						21				26	4		1		4	1	27	17	4	14	15	5	3	9	41		1		7	200	17		
<i>Moerella irideocana</i>										2					1		2														5	3	
<i>Musculus cupreus</i>		1																													1	1	
<i>Musculus senhousia</i>		7																													7	1	
<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	196	381			36																											613	3
<i>Nitidotellina minuta</i>		1																						4							1	6	3
<i>Nitidotellina nitidula</i>																																	
<i>Raeta pulchella</i>											1		1				5							1	1							11	6
<i>Ruditapes philippinarum</i>	14	1			1				2																			1				19	5
Tellinidae unid.																															1	1	1
<i>Theora fragilis</i>		6	23		432	38	39	1	252	364		290	67	216	164	401	97	207	69	143			2	7	63		2		1	2884	22		
<i>Thyasira tokunagai</i>																								1								1	1
Gastropoda																																	
<i>Agatha cf. virgo</i>																																	
<i>Armina sp. 1</i>																					1											1	1
<i>Armina sp. 2</i>										1																						1	1
<i>Calyptrea yokoyamai</i>											1																					1	1
<i>Cantharus ocelliei</i>																						1		2						1	4	3	
<i>Cingulina sp.</i>																					1	2									3	2	
<i>Crassispira sp.</i>																																	
<i>Cusveulima (?) sp.</i>																																	
<i>Eocylichna cylindrella</i>															2																	2	1
<i>Eulima maria</i>																1																1	1
<i>Limacina trochiformis</i>																																	
<i>Mitra sp.</i>																																	
<i>Mitrella burchardi</i>																																	
<i>Mormula sumia</i>																																	
<i>Mormula terebra</i>																					1											1	1
<i>Nassarius fraterculus</i>					1							3																				4	2
<i>Nassarius festus</i>																																	
<i>Odobostomia omeiensis</i>																																	
<i>Odobostomia sp.</i>																	4	1														5	2
Patellidae unid.		1																														1	1
<i>Pleurobranchaea noraezealandiae</i>				2																											3	5	2
<i>Pleurobranchaea sp.</i>																																	
<i>Philine argentata</i>						1	8	11		7	19	1	13	8	17	18	7	4	15	10	7	1	4	2	9		10	4			176	21	
<i>Phine sp.</i>																														16	16	1	
<i>Ringicula niinoi</i>																	1															1	1
<i>Tiberia sp.</i>																									1							1	1
<i>Triphora albeolatus</i>																																1	1
Trochidae unid.		1																					3	4			1	3			12	5	
Gastropoda unid.																	3	1													4	2	
Cephalopoda																																	
<i>Octopus sp.</i>																																	

Appendix 2 - Continued.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	Fre.		
Melita cf. koreana																																		
Melita sp.	4	12							22	2					2	1			5	17	1		4	5		3					78	12		
Monoculodes sp.					1																										1	1		
Myeid unid.																										1					1	1		
Nebalia bipes		1		25																								2			28	3		
Oratosquilla oratoria																																		
Orchomene sp.																																		
Paradorippe granulata																											1				1	1		
Paranthura sp.	3	15																														18	2	
Partinope validus																															1	1	1	
Petalomera cf. sheni																																		
Photis longicaudata																		1	3		1	3	7	8		6				2	31	8		
Pilumnus minutus																																		
Pilyra pisum																																		
Pinnixa rathbuni		2									1														1						4	3		
Pinnixa sp.																																		
Pisidia seratifrons		7		4										1		1												4	1	1	19	7		
Podocerus sp.																																		
Polyonyx asiaticus	2	1																							1						9	10	2	
Pugettia quadridens																																		
Pycnogonida unid.																																		
Raphidopus ciliatus	21					4	2	20	1	2	6		9	3	1	16	8	10		1	3	1		9	21	2	7	4		3	154	22		
Rhynchoplax setirostris																																		
Synchelidium sp.								4															2	6			14	3		7	36	6		
Tanaidacea unid.																																		
Tritodynamia horvathi									1																							1	1	
Typhlocarcinus villosus																																		
Upogebia major																									1							1	1	
Xenophthalmus pimtheroides																																		
																																	1	1
Amelida																																		
Polychaeta																																		
Aglaophamus chinensis																	1															1	1	
Aglaophamus sp.																																		
Amaeona sp.1				16					1				9	1					3	4	2	1		8	7	6	2	2	3	10	54	129	16	
Aphareta arctica	3			42								1							2	5	1	1	1	5	15		1	5	30	150	262	14		
Aphicteis gunneri				8									2		1									18	1		9	24	4	47	114	9		
Aphisamytha japonica																																		
Arietides koreana				7					2				5	8				3	9	1	2	2		5	12	4	1	13	1	1	20	96	17	
Arabella iricolor																																		
Arcidea sp.			29		1	1	41	6	1	2	8		4		1						2	2	1		3	2	3			2	109	17		
Araucania lanceolis	7			8																												15	2	
Araucania lanceolata																																		
Brada villosa																																		
Chaetozone setosa						10					1			3			1	2		1						1						8	5	
Chaetozone spinosa			1							1			2	2						70	1		23									100	7	
Chone sp.																																		
Cirrifornia tentaculata	2		3	3										1														1			4	12	6	
Clymenella sp.																																		
Crysopetalidae unid.		2		1																												3	2	
Diopatra sugokai				2						1	1														5	1	1	1	1		5	18	9	

Appendix 2 - Continued.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	Fre.		
<i>Dorvillea</i> sp.		5	1	16			1		1																			1	2	3	30	8		
<i>Drilonereis</i> sp.											1											1									2	2		
<i>Eteone longa</i>				6					1					1								1				3			1	13	6			
<i>Euchone</i> sp.		2																												1	3	2		
<i>Eulalia</i> sp.																										1					1	1		
<i>Eunice artemata</i>																						2								11	13	2		
<i>Eunice</i> sp.																										1				4	5	2		
<i>Glycera capitata</i>										5														1							6	2		
<i>Glycera chirori</i>	1	5	1	4	1	1	9	12	1	5		1	2	1	2	3				1		4		6	2	3	11	4		5	85	23		
<i>Glycinde</i> sp.							6	17	4	7		11	6	8			7	18	8	11	23	5		2	12	1	8	1		1	156	19		
<i>Goniada maculata</i>							5											1					1		1						8	4		
<i>Haploscoloplos elongatus</i>																																		
<i>Harmothoe imbricata</i>																							1							8	9	2		
<i>Harmothoe</i> sp.	7	37		21			1		4			1		2		1		1								2	1			7	85	12		
<i>Hesiospina</i> sp.				2			1														1						1					5	4	
<i>Heteromastus</i> sp.				5	21		8	1	1				7	2	1				1	4		8			2	2	1			9	73	15		
<i>Lagis bocki</i>											1										1											2	2	
<i>Laonice cirrata</i>		1		6																				3				1		14	25	5		
<i>Lepidonotus</i> sp.	4	7		1				4		2		1			2					1		1	1	1						3	28	12		
<i>Lumbrineris heteropoda</i>		2									1			1								1										5	4	
<i>Lumbrineris japonica</i>				5						3														6	1		2	5	6		8	36	8	
<i>Lumbrineris latreilli</i>																														1	1	1		
<i>Lumbrineris longifolia</i>		5	128	3			244	49	129	4		314	44	2		12	27			2	8	32	115	118	16		7	46		8	1313	21		
<i>Lumbrineris nipponica</i>	1							1		36																1						39	4	
<i>Magelona japonica</i>				2													1	2	1					3	1		1	1		9	21	9		
<i>Merphysa sanguinea</i>							1					1										1										3	3	
<i>Melina cristata</i>				6									1										1	1		2		5		17	33	7		
<i>Micronephthys</i> sp.									34																					8		42	2	
<i>Myriochele</i> sp.	2			1																							1			1	5	4		
<i>Neathes succinea</i>			7																													15	2	
<i>Nectoneanthes latipoda</i>						1	1				1	1			1																		6	6
<i>Nephtys caeca</i>																								1									1	1
<i>Nephtys oligobranchia</i>	4			5	1	1	1	4	1	1	2	3	5	7	1			3	1	2		2	3	4	1	1	7	7		9	76	24		
<i>Nereidae</i> unid.		2		3																				2								8	4	
<i>Nereis longior</i>				1							3	4	1							3			2	2	1	1	1	1		4	24	12		
<i>Notomastus</i> sp.												1											2		1	1		2		1	8	6		
<i>Oncoscolex</i> sp.										2																				4	6	2		
<i>Onuphis</i> sp.																																		
<i>Owenia fusiformis</i>	25	11								1																						37	3	
<i>Paralacydonia paradoxa</i>										1		3	4				2	1	2				3	3	3	1		2			25	11		
<i>Parapriono pinnata</i>												1	2					19	1		9		1	1							34	7		
<i>Pherusa plumosa</i>				4																				1			2		11	18	4			
<i>Phylo felix</i>													3										1								4	2		
<i>Pista cristata</i>																			1			1	1	1	1					7	11	5		
<i>Pista</i> sp.	15	8		1						2																5					32	6		
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>												1						1								2		1			5	4		
<i>Polydora</i> sp.																														2	2	1		
<i>Polynoidae</i> unid.1						1		1				1											1		1							6	6	
<i>Polynoidae</i> unid.2																														1	1	1		
<i>Praxillella affinis</i>													3											28	3	1	52	11	98	6				

Appendix 2 - Continued.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	Fre.	
<i>Prionospio cirrifera</i>	1	1	2						9						1											1			1	16	7		
<i>Prionospio krusadensis</i>						2	4		2	1			4				54		18	4	1	3			7						100	11	
<i>Prionospio pinnata</i>						1																			2						3	2	
<i>Sabellidae</i> unid.				3									4											1			7			1	16	5	
<i>Sabellidae</i> unid,2																								1						4	5	2	
<i>Saclibregma inflatum</i>					2																										2	4	2
<i>Scoloplos armiger</i>					1						1	1												2		1					6	5	
<i>Sigalionidae</i> unid.				1									1							1	1						1	2		2	9	7	
<i>Sigambra tentaculata</i>	1	5	16		8		5		17				4	1	16	4	1	8	9	4				2	1	2		1		5	110	19	
<i>Spiochaetopterus costarum</i>									2																							2	1
<i>Spiochaetopterus</i> sp.																																	
<i>Spionidae</i> unid.				1								1											1	1		1	10			2	17	7	
<i>Spionidae</i> unid,3																												6			6	1	
<i>Spirobranchus tetraceros</i>																																	
<i>Sternaspis scutata</i>													2	4	1		10	69	19	73	26	8	3	3	49							267	12
<i>Syllidae</i> unid.	6	10							1														2			2	10	1	1	19	52	9	
<i>Tambalagania fauveli</i>																							4	2				6		4	16	4	
<i>Terebellidae</i> unid.	1			2																											1	4	3
<i>Terebellides horikoshii</i>				12								8			1	12			4			62	11	12	1	1	29		31	184	12		
<i>Thelepus</i> sp.		1	42																				1							5	49	4	
<i>Thryx</i> sp.		4	2		4	2	1	1	7		1		25			19	2	5					2	14		1			15	105	16		
<i>Trichobranchus</i> sp.1											1				1	1						1	7	1						2	14	7	
																							1			1						2	2
<i>Echinodermata</i>																																	
<i>Crinoidea</i>																																	
<i>Crinoidea</i> unid.																																	
<i>Asterioidea</i>																																	
<i>Asterias pectinifera</i>		13											1																	1	15	3	
<i>Asterias aurensis</i>		7		5																												12	2
<i>Echinoidea</i>																																	
<i>Temnopleurus reevesi</i>	1	2							1																							4	3
<i>Echinocardium cordatum</i>										4	3					1		1	1							7					17	6	
<i>Chiuroidea</i>																																	
<i>Amphiura</i> sp.																																	
<i>Ophiura kirbergi</i>										1		1		3	1		2		2	1						4	1	15		2	33	11	
<i>Ophiotrix</i> sp.			1						1																						4	6	3
<i>Amphiura</i> cf. <i>vadicola</i>																																	
<i>Ophioplus mirabilis</i>																																	
<i>Ophactis</i> sp.	18	10																														28	2
<i>Ophioplus megapomus</i>		6							1																		1	1	17		39	65	6
<i>Holothuroidea</i>																																	
<i>Protankyra bidentata</i>	1				19	3	19		8	37		39	1	1	2	1				1	1	1			1	1					136	16	
<i>Holothuroidea</i> unid.1																																	
<i>Holothuroidea</i> unid.2																																	
Number of species	38	45	14	50	10	20	28	11	50	21	31	9	43	28	24	19	40	35	31	33	32	38	58	54	49	33	56	44	7	88	200		
Sum	387	760	191	385	14	529	409	156	306	345	544	13	762	217	289	222	600	405	320	259	334	156	409	294	414	52	283	323	18	843	10236		

Appendix 4 List showing abundance(ind./0.3m²) at each station in Cheonsu Bay November 1993.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.				
Sipunculida																													
Sipuncula unid.1																									1	1	1		
Sipuncula unid.2																										6	6	1	
Echiura																													
Echiura unid.				1																							1	1	
Platyhelminthes																													
Turbellaria unid.											1															3	4	2	
Nemertina																													
Lineus sp.							1	1	1				1	2	1				1								8	7	
Nemertina unid.1							2	1	1			3					6	3								4	2	7	
Nemertina unid.2																													
Nemertina unid.3									1								1					1	1	1	1	4	4		
Mollusca																													
Polyplacophora																													
Polyplacophora unid.																										1	2	3	2
Bivalvia																													
Abrina lunella			1						1		2					1										1	6	5	
Alveus ojarus(?)								15											2								17	2	
Anisocobula venusta								1								6										15	22	3	
Anodontia stearnsiana													1														1	1	
Bivalvia unid.5																										6	6	1	
Boniopsis tsurumaru									2				2														4	2	
Cadella narutoensis										1																	1	1	
Doriscia cf. nana																		2								3	5	2	
Dosinia sp.									3				3	1					1								8	4	
Limaria hakodatensis																										1	1	1	
Macoma tokyoensis			2			14	2	1	2						1		1										23	7	
Mactra cf. depressa								3											3		1						7	3	
Moerella jedoensis								19	10				9	15	5	1	16	5								8	88	9	
Moerella irideocens														1													1	1	
Musculus cupreus																										1	1	1	
Musculus senhousia																			1								1	1	
Nitidotellina minuta																		2									2	1	
Pitar indescoroides																			1	1							2	2	
Raeta pulchella																				6						2	8	2	
Ruditapes philippinarum													1														1	1	
Theora fragilis			6		20		2	7	8				3		2												48	7	
Calyptraea yokoyamai																										1	1	1	
Cantharus ocelliei																											3	3	1
Cingulina sp.								2					1														3	2	
Crassispira sp.			3					2					1	1	1												8	5	
Mitrella burchardi													1														1	1	
Odobomia omeiensis									3																		3	1	
Philine argentata							1	1	1				1		1												5	5	
Pyrrunculus tokyoensis									1																		1	1	
Ringicula niioi									5				1	2													8	3	
Teinostoma sp.														1													1	1	
Tiberia sp.															2	1											3	2	
Trochidae unid.																										1	1	1	
Gastropoda unid.									1																		1	1	

Appendix 4 - Continued

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Freq.		
Arthropoda																											
<i>Alpheus japonicus</i>										3														3	1		
<i>Ampelisca brevicornis</i>						1				1								2	4					8	4		
<i>Ampelisca misakiensis</i>						16			3				1	1				20	23			23		87	7		
<i>Ampelisca</i> sp.						2									1			9	22			6	3	43	6		
<i>Aoridae</i> unid.													1												1	1	
<i>Asthenoganthus inaequipes</i>								12	16										1						29	3	
<i>Atheres</i> sp.										1															1	1	
<i>Caprella acanthogaster</i>	1																								1	1	
<i>Chitinomandibulum</i> sp.						1													1						2	2	
<i>Cirolana japonensis</i>																							1		1	1	
<i>Corophium</i> sp.										1															1	1	
<i>Crangon</i> sp.																			1						1	1	
<i>Cumacea</i> unid.															1									1	2	2	
<i>Eriopisella sechelensis</i>							11						3	17				56	40			4		131	6		
<i>Eucrate crenata</i>	1														1					1				5	8	4	
<i>Gammaride</i> unid.				1																					1	1	
<i>Gammaropsis utinomi</i>																								3	3	1	
<i>Heptacarpus rectirostris</i>	1																								1	1	
<i>Idunella chilensis</i>						1									4			19	8			1		33	5		
<i>Iphinoe saigaiensis</i>															1	1		6	5	2		1		16	6		
<i>Leptochella gracilis</i>																					1				1	1	
<i>Leucosia</i> sp.										1															1	1	
<i>Liljeborgia japonica</i>	1																								1	1	
<i>Melita</i> sp.				1			1						1							6					9	4	
<i>Mysis</i> unid.																			2						2	1	
<i>Oratosquilla oratoria</i>																							1		1	1	
<i>Paradorippe granulata</i>															1										1	1	
<i>Parthenope(Platylabus) varidus</i>																								1	1	1	
<i>Petalomera</i> cf. <i>sheni</i>	1																								1	1	
<i>Photis longicaudata</i>										2			2									8			12	3	
<i>Pilyra pisum</i>										1															1	1	
<i>Pinnixa rathbuni</i>								7																	7	1	
<i>Raphidopus ciliatus</i>									1																	1	1
<i>Synchelidium</i> sp.		5																		2					7	2	
<i>Typhlocarcinus</i> sp.																									1	1	1
<i>Upogebia major</i>										1																1	1
Echinodermata																											
Asteridea																											
<i>Asterias pectinifera</i>																									1	1	1
Ophiuroidea																											
<i>Ophiura kinbergi</i>				1									3	1				4								9	4
<i>Ophiothrix</i> sp.																									6	6	1
<i>Ophioplus megapomus</i>															1										7	8	2
<i>Echinocardium cordatum</i>						1			7				2	2				1	1						14	6	
<i>Protankyra bidentata</i>				1		1														1					3	3	
<i>Holothuroidea</i> unid.1										1		1														2	2
<i>Holothuroidea</i> unid.2																									1	1	1
Chordata																											
Cephalocordata																											
																									10	1	1
Number of species																											
	6	0	0	9	0	9	4	6	20	19	0	3	15	7	18	6	6	18	12	9	12	12	14		87		
Sum	10	0	0	17	0	54	18	25	94	39	0	4	34	11	54	10	17	147	33	109	45	57	36		814		

Appendix 5. List showing abundance(ind./0.3m²) at each station in Cheonsu Bay February 1994.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre				
Cnidaria																													
Pennatulacea unid.																								3	3	1			
Sipunculida																													
Sipuncula unid.1																									1	1	1		
Platyhelminthes																													
Turbellaria unid.													1						3		1				5	3			
Nemertina																													
Lineus sp.								2												1					1	4	3		
Nemertina unid.1	1								1											1					1	5	9	5	
Nemertina unid.2			1																							1	1		
Nemertina unid.3									1																1	1	3	3	
Mollusca																													
Bivalvia																													
Abrina lunella								1																		4	5	2	
Boniopsis tsurumaru									1																		1	1	
Doriscia cf. nana										1				1					1	1	1				1	4	9	6	
Dosinia sp.									1							1											3	3	
Lyonsia ventricosa																								1	1	2	2		
Mecoma tokyoensis			2																								2	1	
Mactra cf. depressa									1	1										7							9	3	
Moerella jedoensis								1	3	1			9	3	4					7	15	3		4		5	1		
Musculus senhousia										1																	1	1	
Nitidotellina nitidula																									2	2	1		
Pitar indescoroides																								2		2	1		
Raeta pulchella																									4	1	5	2	
Ruditapes philippinarum									1	8																	9	2	
Theora fragilis	3		2			124	32	6					7	3	18											36	3	234	1
Gastropoda																													
Philine argentata	1		1			1	1	2								4			3	6	5					24	9		
Arthropoda																													
Crustacea																													
Alpheus japonicus										3																	3	1	
Ampelisca brevicornis						1			1										2	4							8	4	
Ampelisca misakiensis						16		3				1	1						20	23	23						87	7	
Ampelisca sp.						2								1					9	22		6	3				43	6	
Aoridae unid.													1														1	1	
Asthenoganthus inaequipes								12	16											1							29	3	
Athanas sp.										1																	1	1	
Caprella acanthogaster	1																										1	1	
Chitinomandibulum sp.						1															1						2	2	
Cirolana japonensis																								1			1	1	
Corophium sp.										1																	1	1	
Crangon sp.																										1	1		
Cumacea unid.																											1	2	2
Eriopisella sechelensis							11						3	17						56	40		4				131	6	
Eucrate crenata	1														1											1	5	8	4

Appendix 5 - Continued

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre		
Gammaridae unid.				1																				1	1		
Gammaropsis utinomi																							3	3	1		
Heptacarpus rectirostris	1																								1	1	
Idunella chilensis						1								4		19		8		1					33	5	
Iphinoe sagamiensis														1	1			6	5	2		1			16	6	
Leptochella gracilis																				1					1	1	
Leucosia sp.										1															1	1	
Liljeborgia japonica	1																								1	1	
Melita sp.				1			1						1							6					9	4	
Mysis unid.																		2							2	1	
Oratosquilla oratoria																						1			1	1	
Paradorippe granulata														1											1	1	
Parthenope(Platylambrus) varidus																							1	1	1	1	
Petalomera cf. sheni	1																								1	1	
Photis longicaudata										2			2								8				12	3	
Pilyra pisum										1															1	1	
Pinnixa rathbuni								7																	7	1	
Raphidopus ciliatus									1																1	1	
Synchelidium sp.	5																		2						7	2	
Typhlocarcinus sp.																								1	1	1	
Upogebia major										1															1	1	
Echinodermata																											
Ophiuroidea																											
Amphiura sp.																											
Ophiura kinbergi								1					2					1	1						5	4	
Ophiothrix sp.	1																								1	1	
Ophioplus megapopus	2								1											1				3	7	4	
Echinoidea																											
Echinocardium cordatum																			6	2			4		12	3	
Holothuroidea																											
Protankyra bidentata								2	1																3	2	
Number of species																											
Sum	18	0	3	5	0	32	129	60	33	25	0	0	27	0	34	28	0	148	78	125	0	51	37	833	23	23	

Appendix 5 List showing abundance(ind./m²) at each station in Cheonsu Bay May 1994.

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Fre.		
Cnidaria																											
Pennatulacea unid.																							1	1	1		
Actinaria unid.4		2																							2	1	
Sipunculida																											
Sipunculus nudus																1							1	2	4	3	
Sipuncula unid.1																2									2	1	
Brachiopoda																											
Coptothyris grayi															1								2		3	2	
Platyhelminthes																											
Turbellaria unid.																		1	1				1		3	3	
Nemertina																											
Lineus sp.						1						1			1	1	1			1			3		8	6	
Nemertina unid.1	1	1			2											3	1					1	5		14	7	
Nemertina unid.2								1		1					1							1	2		6	5	
Nemertina unid.3															2	1	1				1		3		8	5	
Mollusca																											
Polyplacophora																											
Polyplacophora unid.																							1	1	2	2	
Bivalvia																											
Abrina lunella																11	3	9	5	3			1		32	6	
Alvenius ojaranus(?)																1	3	1		8					13	4	
Anisocobula venusta																							3		3	1	
Arcopsis symmetrica		1																							1	1	
Bivalvia unid.4																		1							1	1	
Cadella narutoensis		1									1														2	2	
Doriscia cf. nana																		1					7		8	2	
Dosinia sp.															3			1		1			1		6	4	
Hiatella orientalis																						1			1	1	
Limaria hakodatensis																								1		1	
Lyonsia ventricosa																								2		2	
Macoma tokyoensis			3	1																					7	3	
Mactra cf. depressa															4				2	3	13	1			23	5	
Mactra chinensis						2																			2	1	
Megacardita feruginosa		1																							1	1	
Modiolus elongatus															2										2	1	
Moerella jedoensis															8	1	7	3	12	10	6			12	59	8	
Musculus cupreus																								1		1	
Nitidotellina minuta															2									2		4	
Pitar indescoroides																			1						1	1	
Raeta pulchella						4		2											2						8	3	
Ruditapes philippinarum		1										1													2	2	
Tellinidae unid.																								3		3	
Theora fragilis		8				8								4		6	6	10	6	5				22		75	
Gastropoda																											
Philine argentata		4				7		2		1				14		3	6	7	6	5						55	1

Appendix 5 - Continued

Species \ Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Sum	Freq.			
Arthropoda																												
Crustacea																												
<i>Alpheus japonicus</i>																							1		1	1		
<i>Ampelisca brevicornis</i>																	1								1	1		
<i>Ampelisca misakiensis</i>													22				3	9	16	8			1	3	62	7		
<i>Ampelisca</i> sp.														1		1	12							1	5	2	5	
<i>Apeudes</i> sp.																							1		1	1		
<i>Asthenoganthus inaequipes</i>		6		5						1					1	22	3	5			4				47	8		
<i>Athanas</i> sp.																								5	5	1		
<i>Byblis japonicus</i>																								3	3	1		
<i>Chitinowendibulus</i> sp.																2				1					3	2		
<i>Cirolana japonensis</i>						1																		1	2	2		
<i>Cirolana</i> sp.												3													3	1		
Copepoda unid.	4	5		1	10	14			9	2	11			3	3		3	39	24	4					132	14		
<i>Corophium</i> sp.																							1		1	1		
<i>Cumacea</i> unid.														1					1				2	1	5	4		
<i>Eocuma hilgendorfi</i>																								1	1	1		
<i>Eriopisella sechelensis</i>														8	5	5	27	16	1						62	6		
<i>Eucreta crenata</i>														4					1					6	11	3		
<i>Gammaridae</i> unid.														1	1		6				1				9	4		
<i>Gammaropsis utinomi</i>							1							1								2			4	3		
<i>Idunella chilensis</i>														2	2		3	9							16	4		
<i>Ilyoplax</i> sp.		1																							1	1		
<i>Iphinoe sagamiensis</i>														4	3	4	8	7	3							29	6	
<i>Isopoda</i> unid.												2														2	1	
<i>Leptochella gracilis</i>																1								5	6	2		
<i>Liljebrogia japonica</i>																								1	1	1		
<i>Macrophthalmus japonicus</i>										11																11	1	
<i>Melita</i> sp.									1					8	1											1	3	
<i>Mysis</i> unid.																	1									1	1	
<i>Nebalia bipes</i>																								1		1	1	
<i>Oratosquilla oratoria</i>																								1		1	1	
<i>Paranthura</i> sp.																								2		2	1	
<i>Photis longicaudata</i>														1												1	1	
<i>Pilyra pisum</i>													1													1	1	
<i>Pinnixa</i> sp.																								1		1	1	
<i>Raphidopus ciliatus</i>		5		1		7										10	1	1							25	6		
<i>Upogebia major</i>															1											1	1	
Echinodermata																												
Asteroidea																												
<i>Asterias pectinifera</i>																												
<i>Asterias amurensis</i>															1									3	1	5	3	
Ophiuroidea																												
<i>Ophiura kinbergi</i>							3							1												4	2	
<i>Ophiotrix</i> sp.			1																						3	4	2	
<i>Ophioplus megapopus</i>															2										27	1	3	3
Echinoidea																												
<i>Echinocardium cordatum</i>																	8	1	3	7	2					21	5	
Holothuroidea																												
<i>Protankyra bidentata</i>			2		1	1											8	1	5	1	4					23	8	
Number of species	0	14	2	5	0	11	1	5	0	6	0	6	1	14	16	20	19	24	15	16	11	13	31			78		
Sum	0	38	4	13	0	37	10	20	0	24	0	10	11	82	24	101	48	130	128	89	20	40	107			936		

Appendix 6. List showing individuals of benthic megaro-fauna
in Cheonsu Bay

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SUM	FRE
Nemertina											
Lineus sp.						1				1	1
Cnidaria											
Anthozoa unid.									*	0	1
pennatulacea unid.							2			2	1
Actinaria unid.4				1					1	2	2
Mollusca											
Gastropoda											
Rapana venosa		1	3				1		2	7	4
Philine argentata		7	267	5	21		7	1		308	6
Bivalvia											
Moerella jedoensis			1	10	37					48	3
Megacardita ferruginosa							5			5	1
Cantharus cecillei							5	2		7	2
Sepiola birostrata		1							1	2	2
Octopus ocellatus			2						3	2	3
Pleurobanchaea novaezealandiae			10	2	2		5			19	4
Ostrea denselamellosa							1			1	1
Mactra tokyoensis					6					6	1
Siliqua pulchella				1						1	1
Neverita didyma				4					1	5	2
Musculus senhousia							1			1	1
Arthropoda											
Crustacea											
Parthenope validus	4	10				3	3			20	4
Paradorippe granulata	1	1				5				7	3
Charybdis japonica		2	1							3	2
Charbdis bimaculata				1						1	1
Eucrate crenata	3		2	2		2	7			16	5
Alpheus brevicristatus									1	1	1
Cragon affinis				1	1		7		1	10	4
Metapenaeus joyneri		1								1	1
Parapenaeopsis sp.		1					1			2	2
Pugettia quadridens				1			1		1	3	3
Majiidae unid.							3			3	1
Oratosquilla oratoria	3									3	1
Xenophthalmus pinnotheroides									1	1	1
Photis longicaudata							3			3	1
Melita sp.							1			1	1
Diogenes edwardsii									1	1	1

Appendix 6 - Continued

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SUM	FRE
<i>Heptacarpus</i> sp.							3			3	1
<i>Leptochella gracilis</i>							7			7	1
Echinodermata											
Asteroidea											
<i>Asterias amurensis</i>			3	5	1	1		4		14	5
<i>Asterias pectinifera</i>	8							18		26	2
<i>Luidia quinaria</i>			2	1	1					4	3
Echinoidea											
<i>Echinocardium cordatum</i>					1		1			2	2
<i>Temnopluerus reevisi</i>	2	3						4	2	11	4
<i>Temnopluerus toreumaticus</i>	11							13		24	2
Ophiuroidea											
<i>Ophiura kinbergi</i>				1	1			7		9	3
<i>Ophiothrix</i> sp.						1				1	1
Holothuroidea											
<i>Protankyra bidentata</i>										13	1
Number of species											
	7	12	10	14	7	5	21	6	11	44	
Sum	32	45	293	32	69	12	92	24	13	612	

Appendix 7 List showing sediment facies in Cheon Bay

Sampling date : November, 1991

Sediment Texture

St.	Sediment Texture				Type	Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Phi	content			
1	7.94	89.41	2.65		gs	0.41	2.08	1.35	0.21	4.66
2	12.81	31.79	29.96	25.44	gm	4.70	3.83	4.46	0.05	1.95
4	0.57	99.26	0.18		(g)s	0.60	1.08	0.59	0.55	7.59
6	12.36	60.20	12.49	14.94	gms	2.40	3.23	4.13	1.08	2.87
7	6.76	36.18	31.77	25.29	gm	5.16	3.43	4.02	0.16	2.11
8		9.48	47.73	42.78	m	7.59	4.63	3.03	-0.01	2.11
9		3.56	44.81	51.64	m	8.44	5.23	2.78	-0.04	1.74
10		2.50	41.11	56.39	m	8.57	7.62	2.37	-0.06	2.07
11		1.96	41.41	56.63	m	8.59	6.55	2.46	-0.08	1.91

Sampling date : February, 1992

Sediment Texture

St.	Sediment Texture				Type	Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Phi	content			
2	1.88	34.41	34.79	28.92	(g)sm	5.95	4.78	3.72	0.23	2.06
3		16.29	54.61	29.10	sm	6.61	3.43	2.75	0.59	2.29
4	0.82	98.79	0.39		(g)s	0.26	1.39	0.58	1.27	14.69
5	1.48	78.36	11.80	8.36	(g)ms	2.38	2.05	3.14	1.63	5.06
6	7.75	25.94	61.34	4.96	gm	4.09	2.54	2.94	-0.25	3.19
7		7.28	48.30	44.42	m	7.72	4.47	2.79	0.11	1.87
8		8.23	50.03	41.74	m	7.57	4.95	2.66	0.16	2.05
9	4.40	37.10	34.62	23.88	(g)sm	5.09	2.99	3.73	0.17	2.30
10		36.56	38.12	25.32	sm	6.05	3.22	3.03	0.70	2.31
11		1.73	40.85	57.42	m	8.80	6.27	2.59	-0.09	1.70

Appendix 7 - Continued.

Sampling date : February, 1992

Sediment Texture

St.	Sediment Texture					Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay	Type	Phi	content			
2	5.65	63.06	16.42	14.87	gms	3.07	3.08	3.88	1.01	2.95
3	5.17	55.54	24.63	14.65	gms	3.96	2.87	3.52	0.74	3.07
4	0.52	99.34	0.14		(g)s	0.51	1.12	0.45	1.13	17.85
5	6.76	60.21	20.23	12.79	gms	3.68	2.38	3.42	0.85	3.48
6	4.49	34.39	31.65	29.46	(g)sm	5.48	3.27	4.25	0.13	1.86
7		15.23	54.31	30.46	sm	6.80	3.34	2.97	0.62	2.15
8		6.15	48.76	45.09	m	7.92	4.60	2.95	0.03	1.91
9	3.62	3.88	88.88	3.62	(g)m	6.11	3.65	2.10	-2.29	10.64
10		1.84	43.18	54.99	m	8.65	5.24	2.56	-0.01	1.72
11		9.75	40.29	49.96	m	7.95	4.81	2.93	-0.26	2.30

Sampling date : April, 1993

Sediment Texture

St.	Sediment Texture					Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay	Type	Phi	content			
1		2.25	41.55	56.20	m	8.53	5.68	2.43	-0.05	1.94
2		14.11	51.10	34.80	sm	7.08	3.29	3.05	0.26	2.09
3	0.87	12.77	42.32	44.05	(g)sm	7.41	3.73	3.38	-0.47	2.70
4	20.71	29.82	21.81	27.66	gm	4.46	1.36	4.80	0.15	1.76
5		3.06	44.76	52.18	m	8.48	3.97	2.47	-0.12	1.99
6		28.06	29.61	42.33	sm	6.58	2.86	4.14	-0.28	1.74
7	8.32	74.65	12.49	4.54	gsm	2.95	0.60	2.62	0.66	5.63
8	5.19	25.45	36.40	32.96	gm	6.16	1.89	3.98	-0.12	2.20

Appendix 7 - Continued.

Sampling date : April, 1993

Sediment Texture

St.	Sediment Texture				Type	Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Phi	content			
9		2.57	48.89	48.54	m	8.23	5.70	2.72	0.13	1.72
10		10.93	48.88	40.19	sm	7.47	4.80	2.96	0.21	1.85
11	2.30	18.67	47.26	31.78	(g)sm	6.53	2.69	3.52	-0.01	2.58
12		4.88	51.70	43.42	m	7.79	5.03	2.79	0.22	1.78
13	2.53	90.00	4.76	2.71	(g)s	1.22	1.65	2.12	3.01	13.96
14	17.91	44.05	25.74	12.30	gsm	3.11	2.74	3.99	0.44	2.80
16	2.79	86.90	6.17	4.14	(g)ms	1.39	2.10	2.52	2.48	9.56
17	2.94	71.18	16.73	9.15	(g)ms	2.51	2.68	3.37	1.36	4.13
18	3.84	96.01	0.15		(g)s	0.52	1.08	0.77	-0.30	4.24
20	10.10	39.81	29.07	21.02	gm	4.43	0.80	4.14	0.27	2.25
24		52.02	30.59	17.39	ms	4.98	3.56	3.11	1.10	3.14
27		88.75	9.35	1.90	ms	3.02	1.37	1.43	3.52	20.77
28		99.77	0.23		s	2.68	1.61	1.01	-0.52	1.54

Sampling date : August, 1993

Sediment Texture

St.	Sediment Texture				Type	Mean	Organic	Std	Skw.	Kurt.
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Phi	content			
1	3.72	94.39	1.89		(g)s	1.63	1.68	1.12	-1.05	6.70
3		20.94	33.87	45.19	sm	7.27	6.65	3.29	-0.23	2.00
4	0.54	13.88	35.72	49.87	(g)sm	7.70	7.01	3.25	-0.44	2.48
5	2.04	73.79	19.77	4.40	(g)ms	3.64	1.28	2.18	1.47	8.52
6		1.31	57.48	41.20	m	7.71	6.72	2.47	0.52	1.90
7	2.18	30.45	45.06	22.31	(g)sm	5.74	2.77	3.38	0.36	2.74

Appendix 7 - Continued.

Sampling date : August, 1993										
Sediment Texture										
St.	Gravel	Sand	Silt	Clay	Type	Mean Phi	Organic content	Std	Skw.	Kurt.
8	0.35	35.74	36.63	27.28	(g)sm	5.74	4.71	3.55	0.31	2.09
9	22.86	68.50	4.90	3.73	gms	0.94	1.43	2.73	1.84	7.28
10		4.85	40.97	54.18	m	8.31	5.15	2.53	-0.21	2.36
11	1.81	22.69	31.85	43.65	(g)sm	7.04	1.02	3.73	-0.29	2.08
12	1.27	95.92	2.81		(g)s	2.23	1.86	0.93	-0.82	5.87
13	0.31	58.13	31.59	9.36	(g)sm	4.39	6.31	2.48	1.62	5.92
14		3.19	46.86	49.95	m	8.26	3.08	2.70	0.08	1.74
15		10.98	40.24	48.78	sm	8.15	6.89	2.91	-0.01	1.72
16		2.85	44.43	52.71	m	8.49	6.06	2.69	0.00	1.71
17		4.09	48.41	47.50	m	8.01	5.81	2.77	0.13	1.75
18		3.88	48.61	47.50	m	8.13	4.75	2.85	0.11	1.66
19		14.23	45.19	40.58	sm	7.46	5.78	3.16	0.06	1.94
20		16.73	44.97	38.30	sm	7.23	4.22	3.09	0.36	1.70
21		28.02	43.23	28.75	sm	6.43	3.67	3.06	0.72	2.11
22	0.95	62.36	21.62	15.07	(g)sm	3.39	2.38	3.77	0.87	2.65
23	5.61	49.05	25.91	19.43	gms	4.69	3.02	3.66	0.54	2.75
24	2.63	79.66	8.32	9.39	(g)ms	2.33	2.12	3.31	1.69	5.08
25		29.10	44.72	26.19	sm	6.25	3.47	3.05	0.87	2.35
27	21.47	64.65	7.46	6.42	gms	1.11	2.35	3.23	1.91	6.15
28	19.06	37.80	21.44	21.70	gm	3.50	4.16	4.90	0.35	1.93
29	33.87	66.13			sg	-0.83	0.69	0.57	0.30	8.60
30	18.46	37.71	24.89	18.94	gm	3.61	4.03	4.64	0.22	2.21

Appendix 8. List showing Environmental conditions at each station
in Cheonsu Bay.

Sampling date: November, 1991

St. Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1 27	13.8	13.6	32.50	32.41	8.07	8.18
2 24	13.8	13.7	32.51	32.47	8.12	8.29
3 12	14.1	14.0	32.41	32.37	7.8	7.9
4 14	13.7	13.7	32.35	32.46	8.1	8.17
5 26	13.8	14.0	32.37	32.54	7.7	7.9
6 20	13.8	13.7	32.38	32.37	8.1	8.38
7 21	13.5	13.5	32.18	32.15	8.23	8.44
8 15	13.4	13.4	31.94	32.01	8.32	9.2
9 12	12.4	13.0	31.81	31.51	8.42	8.77
10 17	13.5	13.5	32.36	32.04	8.18	8.92
11 13	13.6	13.4			8.26	8.66

Sampling date: February, 1992

St. Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1 19.2	4.69	4.70	32.07	32.05	12.14	9.74
2 21.7	4.75	4.74	32.09	32.09	9.19	8.88
3 17.0	4.43	4.70	32.07	32.06	10.83	9.87
4 8.1	4.76	4.76	32.00	32.09	9.09	9.47
5 14.1	4.49	4.50	32.09	32.11	9.84	9.41
6 14.1	4.27	4.73	32.14	32.04	10.20	9.56
7 21.2	4.06	4.08	32.12	32.08	10.40	10.20
8 5.5	4.07	4.18	32.02	31.89	10.46	10.48
9 3.0	4.04	4.08	32.20	32.05	11.65	11.85
10 3.0	4.40	4.75	32.10	31.81	10.74	10.08
11 13.2	3.86	4.05	32.08	31.85	10.76	10.55

Appendix 8 - continued.

Sampling date: May, 1992

St. Depth	(m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
		Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1	17.30	14.83	14.79	31.85	31.86	9	9.3
2	18.14	14.94	14.81	31.86	31.88	9	9.2
3	22.31	14.22	14.17			7.8	7.7
4	8.42	14.85	14.77	31.83	31.86	8.3	8.3
5	26.00	15.40	14.96	31.81	31.88	8.6	9
6	15.52	15.17	15.02	31.81	31.85	8.9	9
7	10.02	16.23	15.51	31.75	31.90	8.4	8.4
8	19.30	16.15	15.19	31.81	31.96	8.7	8.9
9	8.24	16.32	15.94	31.81	31.90	8.2	8.5
10	11.88	16.33	15.87	31.80	31.81	8.4	8.6
11	19.25	16.40	15.57	31.66	31.86	8.2	7.8

Sampling date: August, 1992

St. Depth	(m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
		Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1	26.13	25.21	25.02	31.70	31.73	5.92	5.79
2	21.43	25.22	24.99	31.64	31.78	6.14	5.94
3	9.57	24.80	24.72	31.80	31.84	6.84	6.73
4	6.38	25.42	25.32	31.56	31.60	6.48	5.95
5	18.90	25.62	25.36	31.31	31.54	6.45	6.03
6	7.58	26.62	25.90	31.29	31.42	7.50	6.80
7	11.22	26.02	25.86	31.13	31.10	7.01	6.56
8	16.19	25.94	25.59	31.41	31.36	7.91	5.68
9	10.33	26.18	25.99	31.21	31.13	7.24	6.95
10	10.42	26.18	25.51	31.18	31.27	7.45	5.62
11	16.45	26.11	25.77	31.13	31.11	6.71	5.36

Appendix 8 - continued.

Sampling date: April, 1993

St.	Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
		Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1	19.02	8.331	8.085	32.082	31.051		
2	13.26	8.283	8.121	32.117	32.134		
3	13.07	8.541	8.184	32.084	32.086		
4	9.95	8.060	7.934	32.171	32.199		
5	17.42	8.386	8.108	32.101	32.104		
6	12.69	8.360	8.073	32.118	32.175		
7	3.99	7.883	7.792	32.134	32.187		
8	13.26	8.646	8.106	32.145	32.150		
9	16.47	8.832	8.036	32.120	32.145		
10	9.47	8.543	7.905	32.230	32.443		
11	6.07	8.235	8.065	32.262	32.171		
12	18.74	8.590	7.769	32.141	32.292		
13	13.16	8.312	7.444	32.164	32.283		
15	13.26	8.312	7.442	32.164	32.288		
16	19.02	7.713	7.198	31.828	32.164		
17	16.75	7.537	7.037	31.990	32.178		
18	7.58	7.381	7.234	31.989	32.15		
19	21.20	7.240	7.202	32.109	32.162		
20	21.86	8.196	7.078	31.747	32.089		
22	27.34	7.390	7.068	32.094	32.172		
24	17.04	6.774	6.677	32.136	32.162		
25	13.35	6.809	6.591	32.086	32.171		
26	15.43	6.574	6.489	32.128	32.17		
27	7.399	6.588	6.601	32.174	32.178		
28	18.83	6.720	6.347	32.167	32.200		

Appendix 8 - continued.

Sampling date: August, 1993

St.	Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
		Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
1	8.97	22.89	22.74	28.75	28.87	4.38	4.39
2	14.29	22.88	22.71	28.75	28.94	4.27	4.16
3	8.08	22.82	22.81	28.85	28.86	4.43	4.43
4	15.18	23.08	22.66	28.64	28.96	4.47	4.29
5	20.06	24.16	22.78	28.60	29.38	7.32	5.91
6	2.31	23.76	23.69	28.66	28.69	5.28	5.36
7	15.62	24.70	22.76	28.60	29.10	6.71	5.04
8	20.51	23.87	22.63	28.54	29.17	5.94	4.56
9	9.41	24.26	23.08	28.47	28.98	6.54	5.62
10	21.39	23.83	22.66	28.62	29.34	6.80	4.72
11	12.52	24.25	23.01	28.65	29.23	7.21	5.33
12	6.30	24.36	23.86	28.76	28.84	7.33	6.65
13	8.08	23.82	23.20	28.67	28.84	6.31	5.70
14	14.29	24.02	22.82	28.45	29.19	7.02	5.45
15	9.85	24.08	22.95	28.59	29.07	7.11	5.25
15	17.84	24.50	22.82	28.58	29.29	8.33	5.63
16	20.51	24.14	22.78	28.39	29.30	6.62	5.36
17	15.18	24.56	22.81	28.54	29.16	5.94	5.40
18	20.06	24.45	22.82	28.56	29.31	6.61	5.98
19	22.28	24.64	22.68	28.38	29.52	6.52	5.53
20	25.83	23.98	22.70	28.58	29.57	5.92	5.40
21							
22	25.39	24.60	22.65	28.45	29.67	6.63	5.52
23							

Appendix 8 - continued.

Sampling date: November, 1993

St.	Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
		Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
5	20.51	15.51	15.37	31.66	31.66	8.06	7.69
6	16.51	15.47	15.39	31.67	31.65	7.89	8.22
8	19.62	15.55	15.30	31.75	31.75	8.33	9.01
9	21.39	15.54	15.37	31.68	31.63	7.80	7.95
10	10.30	15.52	15.48	31.68	31.75	7.49	7.59
11	19.17	15.44	15.45	31.80	31.81	7.57	7.71
12	13.85	15.47	15.51	31.88	31.84	8.36	9.26
14	10.74	15.56	15.56	31.90	31.91	7.97	8.56
15	20.06	15.47	15.49	31.84	31.87	7.44	7.79
16	19.17	15.36	15.32	31.83	31.84	7.18	8.04
17	21.39	15.47	15.45	31.85	31.87	7.51	8.04
18	12.52	15.66	15.63	31.92	31.95	8.57	8.75
19	14.29	15.67	15.52	31.92	31.93	8.42	8.94
20	20.06	15.70	15.65	31.95	32.02	7.82	7.83
21	21.39	15.28	15.45	31.98	32.03	7.62	8.35
23	25.39	15.71	15.58	32.07	32.22	7.67	7.91
24	23.17	15.51	15.49	32.13	32.26	7.56	8.34
25	17.40	15.56	15.48	32.22	32.24	7.78	8.24

Appendix 8 - continued.

Sampling date: May, 1994

St. Depth (m)	Temperature(°C)		Salinity(‰)		Dissolved Oxygen(ml/l)	
	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.	Bot.	Sur.
4	19.07	15.618	17.046	31.997	31.895	
5	22.63	15.477	17.591	32.008	31.647	
6	20.67	15.723	17.538	31.998	31.839	
8	16.77	15.625	17.593	32.074	31.846	
9	23.82	14.837	17.369	32.278	31.467	
10	17.30	15.732	17.423	32.049	31.696	
12	7.44	15.605	16.308	32.042	31.952	
14	7.53	15.508	15.913	31.954	31.921	
18	23.51	14.897	15.631	31.887	31.757	
19	16.85	14.756	14.895	31.892	31.821	
20	30.22	14.716	15.365	31.883	31.790	
21	23.16	15.332	15.672	31.894	31.807	
22	19.70	14.694	14.742	31.879	31.870	
23	22.09	14.671	14.826	31.860	31.793	
24	22.45	14.849	15.118	31.897	31.837	
25	22.14	15.058	15.349	31.894	31.840	

- Log-normal distribution analysis using C-language -

```
#include <stdio,h>
#include <math,h>
#include <graphics,h>
#include "lj_graph,i"
#include "ep_graph,i"

#define ESC 27

int gprintfxy(int x, int y, char *format, ...);

int FILE_MAX, IN_DATA_MAX_ROW, IN_DATA_MAX_COL, INDEX, TABLE_COL;
int GRP_LEFT, GRP_TOP, GRP_RIGHT, GRP_BOTTOM, DIV_X, DIV_Y;

char *file[10]={"aaa.cfg",}, no_str[20];
FILE *fd0, *fd1;
int in_data[300][30], total[30];
float t_num[2][20][30], t_perc[2][20][30];
int in_row, in_col, idx, set_load;
int i, j, k;

main()
{
    clrscr();
    set_load=0;
    finding_cfg_file();
    run();
}

main_menu()
{
    char key;
    clrscr();

    gotoxy(20,10); printf("* Configuration");
    gotoxy(20,11); printf("* Loading");
    gotoxy(20,12); printf("* Graph");
    gotoxy(20,13); printf("* Save results");
    gotoxy(20,14); printf("* Quit");
}

run()
{
    char key;

    start:
```

```

    main_menu();
    key=getch();
    if(key=='c') configuration();
    else if(key=='l') loading();
    else if(key=='g') graph();
    else if(key=='s') save_result();
    else if(key=='q') exit(0);
    goto start;
}

finding_cfg_file()
{
    fd0=fopen(file[0], "r");
    if(fd0==NULL) {
        fclose(fd0);
        gotoxy(10,7);printf("Confuration File not found.....");
        gotoxy(10,8);printf("We have default setting values.");
        gotoxy(10,9);printf("Press any key...");
        default_config();
        getch();
    }
    else {
        fclose(fd0);
        read_config();
    }
}

default_config()
{
    FILE_MAX=10;
    IN_DATA_MAX_ROW=300;
    IN_DATA_MAX_COL=30;
    TABLE_COL=2;
    GRP_LEFT=150;
    GRP_TOP=100;
    GRP_RIGHT=550;
    GRP_BOTTOM=400;
    DIV_X=5;
    DIV_Y=20;
}

read_config()
{
    fd0=fopen(file[0], "r");
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &FILE_MAX);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &IN_DATA_MAX_ROW);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &IN_DATA_MAX_COL);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &TABLE_COL);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_LEFT);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_TOP);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_RIGHT);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_BOTTOM);
}

```

```

        fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &DIV_X);
        fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &DIV_Y);
    fclose(fd0);
}

configuration()
{
char key;

    clrscr();
    display_config();

    gotoxy(10,18);printf("Change Config [y/n=<ret>/a=<default>] ? ");
    key=getch();
    if(key=='y') {
        input_config();
        save_config();
    }
    else if(key=='a') {
        default_config();
        display_config();
        save_config();
    }
}

display_config()
{
    clrscr();
    gotoxy(10,4);printf("Configuration Values");

    gotoxy(10,6); printf("FILE_MAX      : %8d", FILE_MAX);
    gotoxy(10,7); printf("IN_DATA_MAX_ROW : %8d", IN_DATA_MAX_ROW);
    gotoxy(10,8); printf("IN_DATA_MAX_COL : %8d", IN_DATA_MAX_COL);
    gotoxy(10,9); printf("TABLE_COL       : %8d", TABLE_COL);
    gotoxy(10,10);printf("GRP_LEFT        : %8d", GRP_LEFT);
    gotoxy(10,11);printf("GRP_TOP         : %8d", GRP_TOP);
    gotoxy(10,12);printf("GRP_RIGHT       : %8d", GRP_RIGHT);
    gotoxy(10,13);printf("GRP_BOTTOM      : %8d", GRP_BOTTOM);
    gotoxy(10,14);printf("DIV_X           : %8d", DIV_X);
    gotoxy(10,15);printf("DIV_Y           : %8d", DIV_Y);
}

input_config()
{
    gotoxy(40,10);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_LEFT);
    gotoxy(40,11);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_TOP);
    gotoxy(40,12);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_RIGHT);
    gotoxy(40,13);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_BOTTOM);
    gotoxy(40,14);printf(" => ");scanf("%d",&DIV_X);
    gotoxy(40,15);printf(" => ");scanf("%d",&DIV_Y);
}

```

```
save_config()
```

```

{
char key;
gotoxy(10,20); printf("Save config to file [y/n=<ret>] ? ");
key=getch();
if(key=='y') {
    fd0=fopen(file[0],"w");
    fprintf(fd0, "\nFILE_MAX %d", FILE_MAX);
    fprintf(fd0, "\nIN_DATA_MAX_ROW %d", IN_DATA_MAX_ROW);
    fprintf(fd0, "\nIN_DATA_MAX_COL %d", IN_DATA_MAX_COL);
    fprintf(fd0, "\nTABLE_COL %d", TABLE_COL);
    fprintf(fd0, "\nGRP_LEFT %d", GRP_LEFT);
    fprintf(fd0, "\nGRP_TOP %d", GRP_TOP);
    fprintf(fd0, "\nGRP_RIGHT %d", GRP_RIGHT);
    fprintf(fd0, "\nGRP_BOTTOM %d", GRP_BOTTOM);
    fprintf(fd0, "\nDIV_X %d", DIV_X);
    fprintf(fd0, "\nDIV_Y %d", DIV_Y);
    fclose(fd0);
}
}

init_prog()
{
    for(i=0;i<IN_DATA_MAX_ROW;i++) {
        for(j=0;j<IN_DATA_MAX_COL;j++) {
            in_data[i][j]=0; total[j]=0;
        }
    }
    for(i=0;i<INDEX;i++) {
        for(j=0;j<IN_DATA_MAX_COL;j++) {
            for(k=0;k<TABLE_COL;k++) {
                t_num[k][i][j]=0;
                t_perc[k][i][j]=0;
            }
        }
    }
    in_row=0; in_col=0; idx=0; set_load=0;
}

loading()
{
    clrscr();
    init_prog();
    gotoxy(10,7);printf("# Input filename : ");
    scanf("%s",file[1]);

    gotoxy(10,8);printf("# Index value : ");
    scanf("%d",&idx);

    if((fd1=fopen(file[1],"r"))==NULL) {
        fclose(fd1);
        gotoxy(10,10);printf("File not found...");
    }
}

```

```

        gotoxy(10,11);printf("Press any key.");
        getch();
        goto bottom;
}
set_load=1;

fscanf(fd1,"%d %d",&in_row,&in_col);

for(i=0;i<in_row;i++) {
    for(j=0;j<in_col;j++) {
        fscanf(fd1,"%d",&in_data[i][j]);
        total[j]=total[j]+in_data[i][j];
    }
}
fclose(fd1);

for(i=0;i<in_row;i++) {
    for(j=0;j<in_col;j++) {
        for(k=0;k<idx;k++) {
            if(k==0) {
                if( (1.<=(float)in_data[i][j]) && ((float)in_data[i][j]<=pow(2,k+1)) ) {
                    t_num[0][k][j]=t_num[0][k][j]+in_data[i][j];
                }
            }
            else {
                if( (pow(2,k)<(float)in_data[i][j]) && ((float)in_data[i][j]<=pow(2,k+1)) ) {
                    t_num[0][k][j]=t_num[0][k][j]+in_data[i][j];
                }
            }
            if( (float)in_data[i][j]<=pow(2,k+1) ) {
                t_num[1][k][j]=t_num[1][k][j]+in_data[i][j];
            }
        }
    }
}

for(i=0;i<idx;i++) {
    for(j=0;j<in_col;j++) {
        t_perc[0][i][j]=100*t_num[0][i][j]/total[j];
        t_perc[1][i][j]=100*t_num[1][i][j]/total[j];
    }
}

bottom::
}

save_result()
{
    gotoxy(10,20); printf("# Save filename [<ret>=\`CALL2.RES\`]: ");
    scanf("%s", file[2]);
    if(file[2]=="") file[2]="CALL2.RES\n";
    fd1=fopen(file[2],"w");

```

```

fprintf(fd1, "\nTotal\n");
for(j=0;j<in_col;j++) {
    fprintf(fd1, "%7d", total[j]);
}

fprintf(fd1, "\nTable 1\n");
for(i=0;i<idx;i++) {
    for(j=0;j<in_col;j++) {
        fprintf(fd1, "%5.0f(%3.0f\%) ", t_num[0][i][j], t_perc[0][i][j]);
    }
    fprintf(fd1, "\n");
}

fprintf(fd1, "\nTable 2\n");
for(i=0;i<idx;i++) {
    for(j=0;j<in_col;j++) {
        fprintf(fd1, "%5.0f(%3.0f\%) ", t_num[1][i][j], t_perc[1][i][j]);
    }
    fprintf(fd1, "\n");
}
fclose(fd1);
}

float z;
graph()
{
float rho=.25, myu=0.;
float x,y,y0;
int Gd=DETECT,Gm;
char key;

if(set_load==0) {
    clrscr();
    gotoxy(10,10);printf("Data file not loaded....");
    gotoxy(10,12);printf("Press any key...");
    getch();
    goto bottom;
}

initgraph(&Gd,&Gm,"n:\\tc\\bgi");

for(j=0;j<in_col;j++) {
    cleardevice();
    settextstyle(SANS_SERIF_FONT, HORIZ_DIR, 5);
    settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);
    gprintfxy(((GRP_LEFT-50)+GRP_RIGHT)/2, GRP_TOP-50, "Log Normal Distribution");

    settextstyle(DEFAULT_FONT, HORIZ_DIR, 1);
    settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);

    rectangle(GRP_LEFT, GRP_TOP, GRP_RIGHT, GRP_BOTTOM);
    for(z=-0.5; z<=0.55; z=z+1.0/DIV_Y) {
        y0=(1./((rho*sqrt(2*M_PI))))*exp( -0.5*pow( ((0. -myu)/rho), 2 ) );

```

```

        y=(1./(rho*sqrt(2*M_PI)))*exp( -0.5*pow( ((z-myu)/rho),2 ) );

    if(z<=0) y=y;
    else    y=-y+2*y0;
/*      gprintfxy(GRP_LEFT-30,GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3),"%3.0f",z); */

        line(GRP_LEFT-5,GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3),
            GRP_LEFT,GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3));
    }
    for(i=0;i<idx;i++) {
        line((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT,GRP_BOTTOM,
            (i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT,GRP_BOTTOM+5);
        settextstyle(SMALL_FONT,HORIZ_DIR,4);
        settextjustify(CENTER_TEXT,TOP_TEXT);
        gprintfxy((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT,GRP_BOTTOM+7,"%d",i+1);
    }

    for(i=0;i<idx;i++) {
        x=t_perc[1][i][j]/100.-0.5;
        y0=(1./(rho*sqrt(2*M_PI)))*exp( -0.5*pow( ((0.-myu)/rho),2 ) );
        y=(1./(rho*sqrt(2*M_PI)))*exp( -0.5*pow( ((x-myu)/rho),2 ) );

        if(x<=0) y=y;
        else    y=-y+2*y0;
/* if(i==0) moveto((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT,GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3));
    else    lineto((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT,GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3));
*/

        rectangle(((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT)-2,
            (GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3))-2,
            ((i+1)*((GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/10)+GRP_LEFT)+2,
            (GRP_BOTTOM-y*((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/3))+2);
    }

    while((key=getch())!=' '){
        if(key==ESC) goto bottom;
/*      if(key=='p') LJ_Graphic(1); */
        if(key=='p') Print_Graph(1,1);
        if(key=='s') save_pic();
    }
}

bottom:
    closegraph();
}

int gprintfxy(int x, int y, char *format, ...)
{
    char str[256];
    int cnt;
    va_list arglist;
    va_start(arglist, format);
    cnt = vsprintf(str, format, arglist);
    outtextxy(x, y, str);
    /* buffer to build string into */
    /* result of sprintf for return */
    /* argument list pointer */
    /* initialize va... functions */
    /* prints string to buffer */
    /* send string in graphics mode */
}

```

```

        va_end(arglist);
        return cnt;
    }

    /* close va... functions */
    /* return the conversion count */

save_pic()
{
    int i,j;
    char im;
    FILE *fd;

    fd=fopen("PIC.IMG","w");

    for(i=0;i<640;i++) {
        for(j=0;j<480;j++) {
            im=getpixel(i,j);
            fputc(im,fd);
        }
    }
    fclose(fd);

    cleardevice();
    fd=fopen("PIC.IMG","r");

    for(i=0;i<640;i++) {
        for(j=0;j<480;j++) {
            im=fgetc(fd);
            putpixel(i,j,im);
        }
    }
    fclose(fd);
}

```

- ABC method analysis using C-language -

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include "lj_graph.i"
#include "ep_graph.i"

#define ESC 27

int gprintfxy(int x, int y, char *format, ...);

int FILE_MAX, IN_DATA_MAX_ROW, IN_DATA_MAX_COL, GRP_LEFT;
int GRP_TOP, GRP_RIGHT, GRP_BOTTOM, DIV_X, DIV_Y;

char *file[10]={"bbb.cfg",}, no_str[20];
char str[3][30]={"A : Number of species", "B : Abundance", "C : Biomass"};
FILE *fd0, *fd1;
int Gd=DETECT, Gm;
float in_data[100][10], max_data[10], min_data[10];
float idx_scale_y[10], idx_scale_x;
int in_row, in_col, gpx, gpy;
int i, j, k;
int set_load;

main()
{
    clrscr();
    set_load=0;
    finding_cfg_file();
    run();
}

main_menu()
{
    char key;
    clrscr();

    gotoxy(20,9): printf("* X,Y Scale");
    gotoxy(20,10): printf("* Configuration");
    gotoxy(20,11): printf("* Loading");
    gotoxy(20,12): printf("* Graph");
    gotoxy(20,13): printf("* Quit");
}

run()
{
    char key;
```

```

start:
    main_menu();
    key=getch();
    if(key=='c') configuration();
    else if(key=='s') xy_scale();
    else if(key=='l') loading();
    else if(key=='g') graph();
    else if(key=='q') exit(0);
    goto start;
}

finding_cfg_file()
{
    fd0=fopen(file[0], "r");
    if(fd0==NULL) {
        fclose(fd0);
        gotoxy(10,7):printf("Confuration File not found.....");
        gotoxy(10,8):printf("We have default setting values.");
        gotoxy(10,9):printf("Press any key...");
        default_config();
        getch();
    }
    else {
        fclose(fd0);
        read_config();
    }
}

default_config()
{
    FILE_MAX=10;
    IN_DATA_MAX_ROW=100;
    IN_DATA_MAX_COL=10;
    GRP_LEFT=200;
    GRP_TOP=100;
    GRP_RIGHT=600;
    GRP_BOTTOM=400;
    DIV_X=1;
    DIV_Y=5;
}

read_config()
{
    fd0=fopen(file[0], "r");
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &FILE_MAX);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &IN_DATA_MAX_ROW);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &IN_DATA_MAX_COL);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_LEFT);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_TOP);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_RIGHT);
    fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &GRP_BOTTOM);
}

```

```

        fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &DIV_X);
        fscanf(fd0, "%s %d", no_str, &DIV_Y);
fclose(fd0);
}

configuration()
{
char key;

    clrscr();
    display_config();
    gotoxy(10,18);printf("Change Config [y/n=<ret>/a=<default>] ? ");
    key=getch();
    if(key=='y') {
        input_config();
        save_config();
    }
    else if(key=='a') {
        default_config();
        display_config();
        save_config();
    }
}

display_config()
{
    clrscr();
    gotoxy(10,4);printf("Configuration Values");

    gotoxy(10,6); printf("FILE_MAX      : %3d", FILE_MAX);
    gotoxy(10,7); printf("IN_DATA_MAX_ROW : %3d", IN_DATA_MAX_ROW);
    gotoxy(10,8); printf("IN_DATA_MAX_COL : %3d", IN_DATA_MAX_COL);
    gotoxy(10,9); printf("GRP_LEFT       : %3d", GRP_LEFT);
    gotoxy(10,10);printf("GRP_TOP        : %3d", GRP_TOP);
    gotoxy(10,11);printf("GRP_RIGHT      : %3d", GRP_RIGHT);
    gotoxy(10,12);printf("GRP_BOTTOM     : %3d", GRP_BOTTOM);
    gotoxy(10,13);printf("DIV_X          : %3d", DIV_X);
    gotoxy(10,14);printf("DIV_Y          : %3d", DIV_Y);
}

input_config()
{
    gotoxy(40,9); printf(" => ");scanf("%d",&GRP_LEFT);
    gotoxy(40,10);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_TOP);
    gotoxy(40,11);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_RIGHT);
    gotoxy(40,12);printf(" => ");scanf("%d",&GRP_BOTTOM);
    gotoxy(40,13);printf(" => ");scanf("%d",&DIV_X);
    gotoxy(40,14);printf(" => ");scanf("%d",&DIV_Y);
}

save_config()
{
char key;

```

```

gotoxy(10,20): printf("Save config to file [y/n=<ret>] ? ");
key=getch();
if(key=='y') {
    fd0=fopen(file[0], "w");
    fprintf(fd0, "\nFILE_MAX %d", FILE_MAX);
    fprintf(fd0, "\nIN_DATA_MAX_ROW %d", IN_DATA_MAX_ROW);
    fprintf(fd0, "\nIN_DATA_MAX_COL %d", IN_DATA_MAX_COL);
    fprintf(fd0, "\nGRP_LEFT %d", GRP_LEFT);
    fprintf(fd0, "\nGRP_TOP %d", GRP_TOP);
    fprintf(fd0, "\nGRP_RIGHT %d", GRP_RIGHT);
    fprintf(fd0, "\nGRP_BOTTOM %d", GRP_BOTTOM);
    fprintf(fd0, "\nDIV_X %d", DIV_X);
    fprintf(fd0, "\nDIV_Y %d", DIV_Y);
    fclose(fd0);
}
}

init_prog()
{
    for(i=0; i<IN_DATA_MAX_ROW; i++) {
        for(j=0; j<IN_DATA_MAX_COL; j++) {
            in_data[i][j]=0;
        }
    }

    for(j=0; j<IN_DATA_MAX_COL; j++) {
        max_data[j]=0; min_data[j]=0;
        idx_scale_y[j]=0; idx_scale_x=0;
    }

    in_row=0; in_col=0; gpx=0; gpy=0;
}

loading()
{
    clrscr();
    init_prog();
    gotoxy(10,7):printf("# Input filename : ");
    scanf("%s", file[1]);

    if((fd1=fopen(file[1], "r"))==NULL) {
        fclose(fd1);
        gotoxy(10,10):printf("File not found....");
        gotoxy(10,11):printf("Press any key.");
        getch();
        goto bottom;
    }

    set_load=1;

    fscanf(fd1, "%d %d", &in_row, &in_col);
}

```

```

for(i=0; i<in_row; i++) {
    for(j=0; j<in_col; j++) {
        fscanf(fd1, "%f", &in_data[i][j]);
    }
}

fclose(fd1);

for(i=0; i<in_row; i++) {
    for(j=0; j<in_col; j++) {
        if(i==0) {
            max_data[j]=in_data[0][0];
            min_data[j]=in_data[0][0];
        }
        else {
            if(max_data[j]<in_data[i][j]) max_data[j]=in_data[i][j];
            if(min_data[j]>in_data[i][j]) min_data[j]=in_data[i][j];
        }
    }
}

bottom::
}

xy_scale()
{
float y_max[10];
int i;

if(set_load!=0) {
    clrscr();
    for(i=0; i<in_col; i++) {
        gotoxy(10,10); printf("# Y Scale");
        gotoxy(10, i+11); printf("Y Maximum Scale Value of %c [%7.2f] : ", '\x41'+i, max_data[i]);
        scanf("%f", &y_max[i]);
        if(max_data[i] < y_max[i]) max_data[i]=y_max[i];
    }
}
else {
    gotoxy(10,10); printf("File not loaded!");
    gotoxy(10,11); printf("Press any key...");
    getch();
}
}

graph()
{
char key;

if(set_load==0) {
    clrscr();
    gotoxy(10,10); printf("Data file not loaded...");
    gotoxy(10,12); printf("Press any key...");
}
}

```

```

        getch();
        goto bottom;
    }
    initgraph(&Gd, &Gm, "n:\\tc\\bgi");

    settextstyle(SANS_SERIF_FONT, HORIZ_DIR, 5);
    settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);
    gprintfxy(((GRP_LEFT-50)+GRP_RIGHT)/2, GRP_TOP-50, "SAB Curve");

    for(j=0; j<in_col; j++) {
        idx_scale_y[j]=(GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/max_data[j];
    }
    idx_scale_x=(GRP_RIGHT-GRP_LEFT)/in_row;

    line(GRP_LEFT-100, GRP_TOP, GRP_LEFT-100, GRP_BOTTOM);
    line(GRP_LEFT-50, GRP_TOP, GRP_LEFT-50, GRP_BOTTOM);
    line(GRP_LEFT-100, GRP_BOTTOM, GRP_LEFT, GRP_BOTTOM);
    rectangle(GRP_LEFT, GRP_TOP, GRP_RIGHT+10, GRP_BOTTOM);

    for(i=0; i<in_row+1; i++) {
        gpx=GRP_LEFT+(i)*idx_scale_x;
        if((i%DIV_X)==0) line(gpx, GRP_BOTTOM, gpx, GRP_BOTTOM+5);
    }
    settextstyle(SMALL_FONT, HORIZ_DIR, 4);
    settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);
    for(i=0; i<in_row+1; i++) {
        gpx=GRP_LEFT+(i)*idx_scale_x;
        if((i%DIV_X)==0) gprintfxy(gpx, GRP_BOTTOM+8, "%d", i);
    }

    for(j=0; j<in_col; j++) {
        for(i=0; i<DIV_Y; i++) {
            line((GRP_LEFT-100)+50*j-7, GRP_TOP+((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/DIV_Y)*i,
                (GRP_LEFT-100)+50*j, GRP_TOP+((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/DIV_Y)*i);
        }
    }
    settextstyle(SMALL_FONT, HORIZ_DIR, 4);
    settextjustify(LEFT_TEXT, TOP_TEXT);
    for(j=0; j<in_col; j++) {
        for(i=0; i<DIV_Y; i++) {
            gprintfxy((GRP_LEFT-100)+50*j-50, GRP_TOP+((GRP_BOTTOM-GRP_TOP)/DIV_Y)*i, "%8.2f",
                max_data[j]*(DIV_Y-i)/DIV_Y);
        }
    }

    for(j=0; j<in_col; j++) {
        setlinestyle(j, 1, 0);
        for(i=0; i<in_row; i++) {
            setcolor(j+3);

```

```

        gpx=GRP_LEFT+(i+1)*idx_scale_x;
        gpy=GRP_BOTTOM-(in_data[i][j]*idx_scale_y[j]);
        if(i==0) moveto(gpx,gpy);
        else    lineto(gpx,gpy);
    }
}

setcolor(15);
for(j=0;j<in_col;j++) {
    setcolor(j+3);
    settextstyle(SANS_SERIF_FONT,HORIZ_DIR,3);
    settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);
    gprintfxy((GRP_LEFT-100)+50*j-25, GRP_BOTTOM+3, "%c", '\x41'+j);
    settextstyle(SMALL_FONT, HORIZ_DIR, 4);
    settextjustify(LEFT_TEXT, TOP_TEXT);
    gprintfxy(GRP_LEFT-100, GRP_BOTTOM+30+10*j, "%s", str[j]);
    setlinestyle(j, 1, 0);
    line(GRP_LEFT+50, GRP_BOTTOM+35+10*j, GRP_LEFT+100, GRP_BOTTOM+35+10*j);
}

while((key=getch())!=ESC){
    if(key=='p') Print_Graph(1,1);
/*    if(key=='p') LJ_Graphic(1);*/
    if(key=='s') save_pic();
}
closegraph();
bottom:;
}

int gprintfxy(int x, int y, char *format, ...)
{
    char str[256];                /* buffer to build string into */
    int cnt;                      /* result of sprintf for return */
    va_list arglist;             /* argument list pointer */
    va_start(arglist, format);   /* initialize va... functions */
    cnt = vsprintf(str, format, arglist); /* prints string to buffer */
    outtextxy(x, y, str);        /* send string in graphics mode */
    va_end(arglist);             /* close va... functions */
    return cnt;                  /* return the conversion count */
}

save_pic()
{
    int i,j;
    char im;
    FILE *fd;

    fd=fopen("PIC.IMG", "w");

    for(i=0;i<640;i++) {
        for(j=0;j<480;j++) {
            im=getpixel(i,j);

```

```
                fputc(im, fd);
            }
        }
    fclose(fd);

    cleardevice();
    fd=fopen("PIC.IMG", "r");

    for(i=0; i<640; i++) {
        for(j=0; j<480; j++) {
            im=fgetc(fd);
            putpixel(i, j, im);
        }
    }
    fclose(fd);
}
```