

# 인공용승류를 이용한 어장환경 개선 연구

-3차년도 보고서-



농림수산식품자료실



0015093



해양수산부

# 제 출 문

## 해양수산부 장관 귀하

본 연구보고서를 “인공용승류를 이용한 어장환경 개선사업” 과제의 제 3차년도 최종 결과 보고서로 제출합니다.

2006년 12월

주 관 연구기관: 부경대학교 해양산업개발연구소  
연구 책임자: 류 청 로

□ 구조물의 효과평가 및 해수반응

연 구 기 관: 부경대학교

세부과제책임자: 김 동 선 박 맹 언

참 여 연 구 원: 조 규 대 유 정 화 김 정 년

성 규 열 이 병 관 황 석 범

김 필 근 김 영 환 박 호 섭

김 기 현 박 세 영 김 윤 하

김 의 준 김 문 호

연 구 기 관: 경상대학교

참 여 연 구 원: 김 무 찬 김 정 동 이 병 우  
박 종 진 정 연 규 송 행 섭  
박 현 제 김 남 중 곽 정 현

연 구 기 관: 부산대학교

참 여 연 구 원: 강 창 근 김 정 동 이 병 우  
박 종 진 정 연 규 송 행 섭  
박 현 제 김 남 중 곽 정 현

□ 시설물 제작 및 설치

연 구 기 관: (주) 삼성산업

참 여 연 구 원: 이 정 식 서 완 욱 김 경 훈  
김 영 안 김 익 상 최 종 혁

연 구 기 관: (주) 한국해양기술

참 여 연 구 원: 김 도 현 안 승 환 허 회 권  
박 경 원 이 성 일 김 성 권

부경대학교 해양산업개발연구소장

# 요 약 문

## < 연구조사분야 - 구조물의 효과평가 >

인공구조물 설치 주변해역의 물리환경특성은 다음과 같다. 인공용승 구조물에 대한 해수유동분포를 파악하기 위하여 ADCP를 이용하여 구조물 주변역에서 정선관측을 실시하였다. 3차년도 구조물 투하 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)과 구조물 투하 후인 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에는 직경 3km line에서 관측을 실시하였고, 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)에는 직경 6km line으로 관측을 실시하였다. 구조물 투하 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)의 결과 소조기시에는 지역적으로 동쪽역 및 서쪽역, 남쪽역 및 북쪽역에서 흐름의 방향 및 크기가 다르게 나타났으며 대조기에는 경계수심의 존재로 상층과 하층이 남동류 및 북동류로 각각 다르게 나타났다. 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에 실시한 관측 결과 흐름의 방향이 서로 달라지는 경계수심의 존재가 소조기에는 흐름이 약하여 강하게 나타났으나 대조기에는 유속의 세기가 커져 경계수심이 존재하지 않았고 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)의 관측 결과는 중조기에는 창조시와 낙조시에 수심과 지역별로 흐름이 다르게 분포하였고 소조기에는 북서류 및 남동류의 흐름이 우세하였고 중조기보다 흐름의 크기가 작게 나타났다.

본 연구의 목적인 저층에 존재하는 영양염을 표층으로 상승시키는 해수 순환의 역할을 가능하게 하는 것이 구조물에 의한 상승류의 존재 유무에 의하여 좌우된다. 따라서 유동관측 결과 연직 유동분포를 파악하여 상승류와 하강류의 분포를 살펴보았다.

연직유동성분(w-component)은 구조물 투하 전과 후의 직경 3km에서 실시



한 관측결과 구조물 투하 전보다 투하 후에 상승류의 분포가 우세하였으며, 그 크기도 강하게 나타났다. 직경 6km로 보다 더 넓은 범위에서 실시한 연직유동 분포의 관측결과 전체적으로 상승류의 분포가 우세하게 나타났으며 구조물 투하 전과 비교하여 보았을 때 상승류 및 하강류가 번갈아 나타나는 분포를 뚜렷하게 보이고 있다. 또한 동시간대의 수온관측 결과에서도 구조물 중심역에서 약 0.5~1°C 정도 저층의 수온분포가 상승하는 현상을 볼 수 있다.

따라서 구조물에 의한 상승류의 발생 등과 같은 해양환경변화는 해수 순환으로 인한 해수 수질개선뿐만 아니라 저층에 존재하고 있는 영양염 등을 표층으로 상승시킬 수 있는 것은 본 연구목적의 기본적인 메커니즘으로 작용할 수 있다. 또한 수온분포의 변화 즉, 구조물 주변역에서 저층의 수온 분포가 구조물에 의한 상승류의 효과로 인하여 상승하는 결과를 가져왔다. 이와 같은 현상은 해저에 구조물을 구축하여 발생한 현상으로 생각된다.

인공구조물 설치 주변해역의 수질환경특성은 다음과 같다. 용존산소는 4월에 가장 높았으며 5.98 ~ 8.66 mg/L의 범위를 보였다. 엽록소 a는 4월에 평균 1.21  $\mu\text{g/L}$ 의 값으로 가장 높았으며, 11월에 엽록소 a는 평균 0.23  $\mu\text{g/L}$ 을 보여 조사기간 중 가장 적은 양을 나타내었다. 암모니아질소는 4월에 평균 1.76  $\mu\text{M}$ 로서 다른 조사시기보다 상당히 높았다. 아질산질소는 11월에 평균 0.56  $\mu\text{M}$ 로 조사기간 중에서 가장 높은 농도를 보였으며, 질산질소는 10월에 평균 3.58  $\mu\text{M}$ 로 4월과 8월에 비해 증가하였다. 용존무기질소와 총질소는 11월에 각각 평균 11.02  $\mu\text{M}$ 과 5.91  $\mu\text{M}$ 로 조사기간 중 가장 높은 농도를 보였다. 용존무기인은 전반적으로 정점과 수심에 따라 가장 큰 차이를 보이고 있었다. 총인은 11월에 평균 1.22  $\mu\text{M}$ 로 조사기간 중 가장 높은 농도를 나타내었다. 결론적으로 인공구조물을 중심으로 동서남북 방향에서 주변에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타내는 특성을 보였다.

표층의 식물플랑크톤 평균 현존량은 2006년 4월, 8월, 10월, 11월에 각각 10,100cells/L, 6,582cells/L, 5,457cells/L, 3,957cells/L로 나타났으며, 중중

(25m depth)의 식물플랑크톤 평균 현존량은 4월, 8월, 10월, 11월에 각각 9,295cells/L, 5,136cells/L, 2,404cells/L, 5,033cells/L로 나타났다. 2005년도와 비교하였을 때 약 9배 증가하였다. 식물플랑크톤의 우점종을 보면 4월에 *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Nitzschia pungens*, 8월에는 *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Nitzschia pungens*, *Thalassiosira nitzchioides*, *Skeletonema costatum*, 10월에는 *Chaetoceros lorenzianus*, *N. pungens*, *Thalassiosira nitzchioides*로 나타났으며, 11월에는 *Nitzschia pungens*, *Skeletonema costatum*이 우점종으로 나타났다. 2005년도와 비교하였을 때 약간의 차이를 나타내었다. 동물플랑크톤의 풍도는 4월에 210.63~2,120.79inds/m<sup>3</sup> (평균 1,028.67inds/m<sup>3</sup>)이며, 8월에 281~843inds/m<sup>3</sup> (평균 485.36inds/m<sup>3</sup>)이며, 10월에 281~1,123.75inds/m<sup>3</sup> (평균 517.38inds/m<sup>3</sup>)이며, 11월에 131.25~871.8inds/m<sup>3</sup> (평균 225.38inds/m<sup>3</sup>)로 나타났다. 2005년도와 비교하였을 때 약 3배 증가하였다. 생균수 분포는 4월에 0.1~25×10<sup>3</sup>cfu/ml의 범위(평균 5.64×10<sup>3</sup>cfu/ml)로 나타났으며, 8월에 0.4~187×10<sup>3</sup>cfu/ml(평균 46.7×10<sup>3</sup>cfu/ml)로 나타났으며, 10월에 3~35×10<sup>3</sup>cfu/ml의 범위(평균 15.5×10<sup>3</sup>cfu/ml)로 나타났으며, 11월에 0.1~10.9×10<sup>3</sup>cfu/ml(평균 2.2×10<sup>3</sup> cfu/ml)로 나타났다. 2005년도와 비교하였을 때 약 1.3배 증가하였다.

매물도 주변해역의 어종조성과 월변동을 조사하기 위해, 2006년 2월에서 12월까지 정치망과 새우조망 어구를 사용하여 조사하였다. 조사기간 동안 총 12목 51과 80종의 어류가 채집되었는데, 정치망에서는 총 29종, 평균 999개체, 평균 110,824g의 생체량을 보였다. 새우조망에서는 총 64종, 평균 1,708개체, 평균 29,484g의 생체량을 보여 정치망에 비해 더 많은 어류가 출현하였다. 정치망에서는 전갱이, 자리돔, 송어가 우점하였고, 새우조망에서는 미역치, 홍어, 붕장어가 우점하였다. 군집분석 결과 종다양도, 종균등도, 종풍부도는 새우조망에서 더 높게 나타났다.

## < 연구조사분야 - 구조물의 해수반응 >

어장환경의 개선에 활용되는 석탄회 블록은 해양생태환경에 직·간접적으로 영향을 미칠 가능성이 존재하므로 해양환경의 보전을 위한 종합적인 안정성 평가가 필수 요소이다. 석탄회 블록의 해양환경에 대한 안정성 평가를 위하여 퇴적물의 광물조성, 화학조성 및 입도분석에 의한 퇴적물 기원 추정, 중금속 가능성 여부에 대한 평가, 석탄회 블록의 중량 변화, 압축강도시험 및 반응경로 모델링을 실시하였다.

연구지역 퇴적물의 광물조성은 석영과 일라이트가 주를 이루며, 소량의 사장석, 카올리나이트, 녹니석 등으로 구성되어 있다. 입도는 하부보다 표층에서 조립하며, 북부해역으로 갈수록 세립화되는 경향을 보인다. 분급(sorting)은 불량(poorly sorted) 또는 매우불량(very poorly sorted)하며, 왜도(skewness) 값은 양의 값(0.43-1.35)으로 조립질 퇴적물이 많이 포함되어 있음을 지시한다. 또한 첨도(Kurtosis)는 사질 퇴적물에서 높게 나타나는 경향을 보인다.

퇴적물의 중금속 농도 분포는 카드뮴, 납 및 코발트를 제외한 모든 중금속이 북서해역에서 상대적으로 높으며, 이는 입도에 의한 영향으로 판단된다. 퇴적물 내 중금속의 부화지수는 납과 코발트를 제외한 모든 중금속에서 1이하로서 낮은 특징을 보인다. 퇴적물의 REE 패턴은 1개 정점을 제외한 모든 정점에서 동일한 기원을 보이며, Nb/Al, Rb/Al 및 Ti/Al 분포에 의한 기원분석에서 상부와 하부퇴적물이 동일한 기원임을 지시한다.

일축압축강도 시험결과, 해수에 침적한 블록의 강도는 23-43MPa의 범위로서 침적시간이 오래될수록 강도가 증가하는 경향을 보인다. 모든 블록의 중량 변화는 -2.05-7.61%의 영역으로 미세한 변화만을 보이며, 해수 반응에 의해 용해되지 않는 것으로 판단된다.

## < 시설물 제작 및 설치 >

연근해역에 대형 인공구조물을 구축하여, 영양염과 용존산소가 풍부한 저층수를 표층으로 용승시킴으로써, 자연적인 해수수질 개선과 기초 생산력 증대 및 어군유집을 유도하기 위하여 산업부산물인 석탄회를 활용하여 최적 배합을 선정, 인공용승류를 발생시키는 3차년도분의 8,100EA의 블록을 제작하였다.

계류시설을 갖춘 해상기중기선, 예인선 등의 선박과 DGPS 및 해상측량프로그램(HYPACK)을 이용하여 해상 N 34° 36.00', E 128° 30.00'근방에 8,100개의 블록을 쌓아 높이 16~20m, 폭 42m, 길이 80m의 구조물을 설치하였다.

# Abstract

< Oceanic environmental research section :  
Effect and estimation of artificial upwelling structures >

Physical environment characteristics in waters around the artificial structure set up like following.

Temperature and salinity was seasonally changed at study area. that is in winter season (2nd March, 2005.), temperature distribution shows lower than  $0.5^{\circ}\text{C}$  in the vicinity. Temperature in the southeastern part of the outer area is higher than that in the northwestern part of the coast at area. Salinity distribution shows alike temperature. Vertical distributions of temperature and salinity show nearly homogeneous because the water column was mixed from the surface layer to near bottom. In spring season (3rd May, 2005.), the temperature not shows variation from the surface to near bottom layer. Salinity in the southern area is higher than that in the northern area. In summer season(4th August, 2005.), difference of temperature shows  $10.0^{\circ}\text{C}$  from the surface to near bottom because of increasing of solar radiation. There is strong stratification at 25m depth in summer season. Surface salinity in the eastern area lower than that in the western part of the study area. Salinity distribution at the middle and near bottom layer shows low concentration in the eastern part of the study area.

To investigate current pattern in the study area, current measurement was carried out during 25hours of spring tide and neap tide at st. A and

B. Current field was measured by ADCP an interval of 4m from subsurface to near bottom. Maximum current speed was measured 76.96cm/s at surface layer(8m, st.A) during spring tide(27~28th in January, 2005.).At middle layer(28m), maximum current speed was 75.50cm/s. Also, maximum current speed was 67.28cm/s at bottom layer(48m). From 22th to 23th in June of 2005, maximum current speed of surface layer(8m) was 74.86cm/s at st.A. At middle and bottom layer(48m), maximum current speed was measured 106.33cm/s and 73.38cm/s, respectively.

Current fields at st.B during neap tide (16~17th in April, 2005.) are as follow : At surface layer(8m), maximum current speed was 52.34cm/s. Maximum current speed was measured 54.74cm/s, 56.61cm/s and 46.26cm/s at surface(8m), middle(28m) and bottom layer(48m), respectively.

The concentration of dissolved oxygen (DO) was highest in April with a range from 5.98 to 8.66 mg/L. The concentrations of Chlorophyll-a was 1.21  $\mu\text{g/L}$  in April which was highest during the study period and 0.23  $\mu\text{g/L}$  in November which was lowest. The concentration of ammonia averaged 1.76  $\mu\text{M}$  in April, higher than that in the rest survey periods. The concentrations of nitrite and nitrate were highest in November and October with the values of 0.56  $\mu\text{M}$  and 3.58  $\mu\text{M}$ , respectively. The concentrations of DIN and TN were highest in November with 11.02  $\mu\text{M}$  and 5.91  $\mu\text{M}$ , respectively. The concentration of DIP showed the greatest gradient with station and depth. The concentration of TP was 1.22  $\mu\text{M}$  in November, displaying the highest values. As a result, distinctively high concentrations in dissolved inorganic nutrients were observed irregularly



with distance and depth along the four directions from the center of the artificial structures.

The mean standing crop of phytoplankton were 10,100cells/L(April, 2006.), 65.09cells/L(August, 2006.), 54.57cells/L(October, 2006.), and 39.57cells/L(November, 2006.) at the surface layer and 86.57cells/L(April, 2006.), 51.27cells/L(August, 2006.), 24.05cells/L(October, 2006.), 49.86cells/L(November, 2006.) at the middle layer(25m depth).

The standing crop of phytoplankton increased 3 times to the average when it compared with 2005. The dominant species of phytoplankton showed *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Nitzschia pungens* in April, *Chaetoceros pseudocurvisetum*, *Nitzschia pungens*, *Thalassiosira nitzchioides*, *Skeletonema costatum* in August, *Chaetoceros lorenzianus*, *Nitzschia pungens*, *Thalassiosira nitzchioides* in October, *Nitzschia pungens* *Skeletonema costatum* in November 2006.

The dominant species of a season phytoplankton changed some when it compared with 2005. The abundance of zooplankton ranged from 210.63 to 2,120.79inds/m<sup>3</sup> (mean 1,028.67nds/m<sup>3</sup>) in April, 281 to 843inds/m<sup>3</sup>(mean 485.36inds/m<sup>3</sup>) in August, 281 to 1,123.75inds/m<sup>3</sup> (mean 517.38nds/m<sup>3</sup>) in October, 131.25 to 871.8inds/m<sup>3</sup> (mean 225.38inds/m<sup>3</sup>) in November 2006. The abundance of zooplankton increased 3 times to the average when it compared with 2005.

The number of viable cell ranged from 0.1 to 25×10<sup>3</sup>cfu/ml(mean 5.64×10<sup>3</sup>cfu/ml) in April, 0.4 to 187×10<sup>3</sup>cfu/ml(mean 46.7×10<sup>3</sup>cfu/ml) in August, 3 to 35×10<sup>3</sup>cfu/ml(mean 15.5×10<sup>3</sup>cfu/ml) in October, 0.1 to 10.9×10<sup>3</sup>cfu/ml(mean 2.2×10<sup>3</sup> cfu/ml) in November 2006. The number of viable cell increased 1.3 times to the average when it compared with 2005.

The species composition and monthly variation with of fish assemblage in the water off Maemul-Do were studied using set net and shrimp trawl gear from February to December, 2006. During the study period, 12 orders 51 families and 80 species were collected. In set net, the number of species was total 29, individual was average 999ind., biomass was average 110,824g. In shrimp trawl gear, the number of species was 64, individuals was 1,708ind., biomas was 29,484g. The number of species, individuals and biomass was higher at shrimp trawl gear than the set net. *Trachurus japonicus*, *Chromis notatus* and *Mugil cephalus* dominated at set net and *Hypodytes rubripinnis*, *Raja kenojei* and *Conger myriaster* dominated at shrimp trawl gear. In results of the community analysis, diversity, evenness and richness was higher at shrimp trawl gear than set net.

**< Oceanic environmental research section :  
Seawater reaction of artificial upwelling structures >**

The assessment of environmental stability for the block made by coal ash mixture (ash block) is very important to conserve a marine ecosystem. In order to evaluate the environmental stability of the ash block, mineral composition, grain size analysis, evaluation of heavy metal pollution, source estimation of sediments, uniaxial compress test, weight change of ash block and reaction path modeling were investigated. Quartz and illite were most abundant mineral associated with plagioclase, halite, chlorite, smectite, and kaolinite. The mean grain size gradually increased toward surface and gradually decreased toward north. The

sorting is classified poorly sorted or very poorly sorted and its skewness is classified coarse-skewed. The kurtosis increase at the coarse grained sediments.

The concentration of heavy metal showed generally higher in northwestern part of study area and the distribution of heavy metal is affected by the grain size of sediments. The enrichment factor of heavy metals of sediments was lower than 1 except for Ni and Pb. The REE pattern indicates that all samples except for sample from 9 station are identical source. Moreover, Pair diagrams of Rb/Al vs. Ti/Al and Rb/Al vs. Nb/Al indicate that the source of upper sediments was very similar to source of lower sediments.

The uniaxial compressive strength ranges 23 to 43MPa and its strength increase with increasing the deposition time in seawater. The weight change of ash block ranges -2.05 to 7.61% and the rate of change is insignificant. The ash block seems to be insoluble in ocean environment.

### **< Manufactured and dropped the blocks of artificial upwelling structures >**

We had been manufactured 8,100 upwelling blocks for the second year allocation by finding the best mixture of industrial by-product called coal fly-ash and structured large artificial structure in near undersea marine area. The purposes of these upwelling blocks are to improve natural sea water quality and increase principle production level and building fish school's induction by upwelling the bottom sea water, which contains

nutritive sales and dissolved oxygen, to the ocean surface.

Using floating crane with possible 4 point mooring, tugboat, DGPS and Program of marine survey(HYPACK), we dropped the blocks total 8,100 around of N 34° 36.000', E 128° 30.000'. As a result of installation, the structure's height, width, length were 16~20m, 42m, and 80m respectively.

# - 목 차 -

요약문 .....	
그림 목차 .....	
표 목차 .....	
1. 연구개발의 필요성 .....	
2. 연구개발의 배경 .....	
3. 연구개발의 목표 및 내용 .....	
4. 연구의 기대효과 .....	
5. 연구추진계획 .....	
6. 연구내용 .....	
□ 연구조사분야 : 구조물의 효과 및 평가	
1.1. 물리환경조사.....	
1.1.1. 연구자료 및 방법 .....	
1.1.2. 연구결과 .....	
1.1.2.1. 연구해역의 수온 분포 .....	
1.1.2.2. 연구해역의 염분 분포 .....	
1.1.2.3. 연구해역의 해수유동 분포 .....	
1.1.2.4. 연구해역의 연직유동성분(w-component) 분포 .....	
1.1.3. 결론 .....	
1.2. 수질 환경 조사.....	
1.2.1. 재료 및 방법 .....	
1.2.2. 결과 및 고찰 .....	

1.2.2.1.	수심 .....	
1.2.2.2.	용존산소 .....	
1.2.2.2.	용존산소 .....	
1.2.2.3.	엽록소 a .....	
1.2.2.4.	부유성입자물질 .....	
1.2.2.5.	입자성유기물질 .....	
1.2.2.6.	암모니아질소 .....	
1.2.2.7.	아질산질소 .....	
1.2.2.8.	질산질소 .....	
1.2.2.9.	용존무기질소 .....	
1.2.2.10.	총질소 .....	
1.2.2.11.	용존무기인 .....	
1.2.2.12.	총인 .....	
1.3.	생물상 조사.....	
1.3.1.	식물 플랑크톤 .....	
1.3.2.	생균수 .....	
1.3.3.	동물 플랑크톤 조사.....	
1.3.4.	조사 결과 .....	
1.3.4.1.	식물 플랑크톤 .....	
1.3.4.2.	생균수 .....	
1.3.4.3.	동물 플랑크톤 .....	
1.4.	어류상 조사.....	
1.4.1.	연구 배경 .....	
1.4.2.	재료 및 방법 .....	
1.4.2.1.	조사해역 및 조사어구.....	
1.4.2.2.	측정 및 종동정 .....	
1.4.2.3.	자료 분석 .....	
1.4.3.	결과 .....	
1.4.3.1.	어종 목록 .....	



1.4.3.2. 분류군별 출현 양상 .....	
1.4.3.3. 정치망에서 채집된 어류 .....	
1.4.3.3.1. 어류 목록 .....	
1.4.3.3.2. 종조성 및 월변동 .....	
1.4.3.3.3. 군집유사도 .....	
1.4.3.4. 새우조망에서 채집된 어류 .....	
1.4.3.4.1. 어류 목록 .....	
1.4.3.4.2. 종조성 및 월변동 .....	
1.4.3.4.3. 군집유사도 .....	
1.4.3.4.4. 목표종 .....	
1.4.3.4.4.1 정치망 .....	
1.4.3.4.4.2 새우조망 .....	
1.4.3.4.5. 대조구에 의한 비교 .....	
1.4.3.4.6. 전년도 비교 .....	
1.4.4. 고찰 .....	

□ 연구조사분야 : 구조물의 해수반응

2.1. 연구의 필요성 .....	
2.1.1. 퇴적물 조성변화 모니터링 .....	
2.1.2. 블록의 물리적 안정성 .....	
2.2. 연구 배경 .....	
2.3. 연구 목표 .....	
2.3.1. 퇴적물 조성변화 모니터링 .....	
2.3.2. 블록의 물리적 안정성 .....	
2.4. 연구의 기대효과 .....	
2.5. 연구내용 .....	
2.5.1. 연구방법 .....	
2.5.1.1. 시료채취 .....	

2.5.1.2.	퇴적물의 광물조성 분석	.....
2.5.1.3.	입도분석	.....
2.5.1.4.	퇴적물의 중금속 분석	.....
2.5.1.5.	압축강도 시험	.....
2.5.1.6.	해수 침적에 따른 석탄회 블록의 중량 변화	.....
2.5.1.7.	반응경로 모델링	.....
2.5.2.	연구결과	.....
2.5.2.1.	퇴적물의 광물조성	.....
2.5.2.2.	퇴적물의 입도 분포	.....
2.5.2.3.	퇴적물 중금속의 수평 분포	.....
2.5.2.4.	퇴적물의 중금속의 부화특성	.....
2.5.2.5.	퇴적물의 희토류원소 패턴	.....
2.5.2.6.	해수 침적에 따른 석탄회 블록의 압축강도 변화	.....
2.5.2.7.	반응경로 모델링	.....
2.5.2.8.	석탄회 블록의 중량변화	.....
2.6.	결론	.....

□ 구조물의 제작 및 설치

3.	인공 용승 구조물 제작	.....
3.1.	시설물 제작	.....
3.1.1.	구조물 재료	.....
3.1.2.	구조물 배합	.....
3.1.3.	구조물 형태	.....
3.1.4.	구조물 품질	.....
3.2.	구조물의 제작 및 품질 관리	.....
3.2.1.	구조물 제조 및 관리	.....
3.2.2.	구조물의 품질 관리	.....
3.2.2.1.	일일현장배합관리	.....
3.2.2.2.	압축강도시험	.....

3.2.2.3. 기타시험 .....	
3.3. 몰드수리 및 부지관리 .....	
3.3.1. 형틀(몰드) 수리 .....	
3.3.2. 부지 관리 .....	
3.4. 연구 달성 내용 .....	
4. 인공 용승 구조물 설치 및 투하 .....	
4.1. 설치 계획 .....	
4.2. 설치 .....	
4.3. 설치 확인 .....	
4.3.1. 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar) 조사방법 .....	
4.3.2. 다중음향측심기(Multi-beam Sonar) 조사방법 .....	
4.3.3. 설치 확인 결과 .....	
4.4. 설치확인 결과 .....	
4.5. 연구 달성 내용 .....	
7. 연구 달성 내용 .....	
8. 결론 : 정책적 제안 .....	
9. 참고 문헌 .....	

# <CONTENTS>

Abstract .....	
List of Figures .....	
List of Tables .....	
1. Importance of the research project .....	
2. Background of the project .....	
3. Objectives and contents of the project .....	
4. Effect of the project .....	
5. Study plan of the project .....	
6. Contents of the research project .....	
<input type="checkbox"/> Oceanic environmental research section :	
Effect and estimation of artificial upwelling structures	
1.1. Study of physical environment .....	
1.1.1. Data and method of study .....	
1.1.2. Results .....	
1.1.2.1. Distribution of temperature in the study area .....	
1.1.2.2. Distribution of salinity in the study area .....	
1.1.2.3. Distribution of current in the study area .....	
1.1.2.4. Distribution of w-component in the study area .....	
1.1.3. Conclusions .....	
1.2. Study of water environment .....	
1.2.1. Data and method of study .....	

1.2.2. Result and conclusions .....	
1.2.2.1. Depth .....	
1.2.2.2. Dissolved oxygen .....	
1.2.2.3. Chlorophyll a .....	
1.2.2.4. Suspended particulate matter .....	
1.2.2.5. Particulate organic matter .....	
1.2.2.6. Ammonia .....	
1.2.2.7. Nitrite .....	
1.2.2.8. Nitrate .....	
1.2.2.9. Dissolved inorganic nitrogen .....	
1.2.2.10. Total nitrogen .....	
1.2.2.11. Dissolved inorganic phosphate .....	
1.2.2.12. Total phosphate .....	
1.3. Study of Biological environment .....	
1.3.1. Phytoplankton .....	
1.3.2. Bacteria .....	
1.3.3. Zooplankton .....	
1.3.4. Results .....	
1.3.4.1. Phytoplankton .....	
1.3.4.2. Bacteria .....	
1.3.4.3. Zooplankton .....	
1.4. Investigation of fish fauna .....	
1.4.1. Introduction of this study .....	
1.4.2. Materials and methods .....	
1.4.2.1. Sampling area and fishing gear .....	
1.4.2.2. Calculation and classification of species .....	
1.4.2.3. Analysis .....	
1.4.3. Results .....	
1.4.3.1. List of fish .....	

1.4.3.2. Aspect of appearance by taxon .....	
1.4.3.3. Sampling fish species list on set net .....	
1.4.3.3.1. List of fish species .....	
1.4.3.3.2. Composition of species and change by month .....	
1.4.3.3.3. Similarity of community .....	
1.4.3.4. Sampling fish species list on shrimp trawl gear .....	
1.4.3.4.1. List of fish species .....	
1.4.3.4.2. Composition of species and change by month .....	
1.4.3.4.3. Similarity of the fish community .....	
1.4.3.4.4. Target species .....	
1.4.3.4.4.1 Set net .....	
1.4.3.4.4.2 Shrimp trawl .....	
1.4.3.4.5. Comparative in according to the control site .....	
1.4.3.4.6. Comparative of last year .....	
1.4.4. Discussion .....	

Oceanic environmental research section :

Seawater reaction of artificial upwelling structures

2.1. Importance of the Research Project .....	
2.1.1. Monitoring of sediments .....	
2.1.2. Physical stability of blocks .....	
2.2. Background .....	
2.3. Aims of research .....	
2.3.1. Monitoring of sediments .....	
2.3.2. Physical stability of blocks .....	
2.4. Expectations .....	
2.5. Contents of the project .....	
2.5.1. Experimental methods .....	



2.5.1.1. Sediments sampling .....	
2.5.1.2. Mineralogical analysis of sediments .....	
2.5.1.3. Grain size analysis .....	
2.5.1.4. Heavy metal analysis of sediments .....	
2.5.1.5. Uniaxial compressive strength test .....	
2.5.1.6. Weight change of ash block .....	
2.5.1.7. Reaction path modeling .....	
2.5.2. Results .....	
2.5.2.1. Mineralogy of sediments .....	
2.5.2.2. Distribution of grain size in sediments .....	
2.5.2.3. Distribution of heavy metal in sediments .....	
2.5.2.4. Enrichment factor in sediments .....	
2.5.2.5. REEs pattern of sediments .....	
2.5.2.6. Uniaxial compressive strength of ash block .....	
2.5.2.7. Reaction path modelling .....	
2.5.2.8. Weight change of ash block .....	
2.6. Conclusions .....	

Manufactured and dropped the blocks of artificial upwelling structures

3. Manufacture of artificial upwelling structures .....	
3.1. Manufacture .....	
3.1.1. Material of the block .....	
3.1.2. Mixture of the block .....	
3.1.3. Shape of the block .....	
3.1.4. Quality of the block .....	
3.2. Manufacture and management .....	
3.2.1. Construction progress and control .....	
3.2.2. Quality control .....	
3.2.2.1. Mixture management .....	

3.2.2.2. Test of compressive strength .....	
3.2.2.3. Test of blocks .....	
3.3. Repair of mold and control of the manufacturing site .....	
3.3.1. Repair of mold .....	
3.3.2. Control of the manufacturing site .....	
3.4. Achievement of research objectives .....	
4. Establishment of artificial upwelling structures .....	
4.1. Establishment plan .....	
4.2. Establishment .....	
4.3. Establishment check .....	
4.4. Results .....	
4.5. Achievement of research objectives .....	
7. Achievement of research objectives .....	
8. Conclusion : Suggestions of policy (Administration) .....	
9. References .....	

# 그림 목 차

그림 1-1-1. 연구해역도(광역도). .....	
그림 1-1-2. 직경 3km인 관측라인과 CTD 관측정점(a), 직경 6km인 관측라인(b) (숫자는 CTD 관측 정점). .....	
그림 1-1-3. 정선관측 방법 모식도. ....	
그림 1-1-4. 탈·부착식 ADCP 유속계 현장관측 사진. ....	
그림 1-1-5. 직경 3km인 관측라인(a)과 직경 6km인 관측라인(b)의 3차원 구조물 지형. ....	
그림 1-1-6. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조. ....	
그림 1-1-7. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 수온의 수평 분포. ....	
그림 1-1-8. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조. ....	
그림 1-1-9. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 수온의 수평 분포. ....	
그림 1-1-10. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조. ....	
그림 1-1-11. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 수온의 수평 분포. ....	
그림 1-1-12. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 염분의 연직구조. ....	
그림 1-1-13. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 염분의 수평 분포. ....	
그림 1-1-14. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 염분의 연직구조. ....	
그림 1-1-15. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 염분의 수평 분포. ....	
그림 1-1-16. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line) 염분의 연직구조. ....	

- 그림 1-1-17. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 염분의 수평 분포. ....
- 그림 1-1-18. 2006년 5월 4일(소조기)와 5월 30일(대조기)의 조석자료(통영 검조소 기준). ....
- 그림 1-1-19. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-20. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-21. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-22. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-23. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-24. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-25. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 1, 2 및 5 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-26. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 6-9 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-27. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-28. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-29. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-30. 2006년 7월 27일(대조기)와 10월 14일(소조기)의 조석자료(통영 검조소 기준). ....
- 그림 1-1-31. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 1-3 line에서 관측된 연직

	유동분포. ....
그림 1-1-32.	2006년 7월 27일(대조기) 창조시 4-5 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-33.	2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-34.	2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-35.	2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-36.	2006년 10월 14일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-37.	2006년 10월 14일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-38.	2006년 10월 14일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포. ....
그림 1-1-39.	2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-40.	2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포. ....
그림 1-1-41.	2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포. ....
그림 1-1-42.	2006년 10월 27일(중조기)와 11월 30일(소조기)의 조석자료 (통영 검조소 기준). ....
그림 1-1-43.	2006년 10월 27일(중조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직유동분포. ....
그림 1-1-44.	2006년 10월 27일(중조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직유동분포. ....
그림 1-1-45.	2006년 11월 30일(소조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직유동분포. ....

- 그림 1-1-46. 2006년 11월 30일(소조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직유동분포. ....
- 그림 1-1-47. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-48. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-49. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-50. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-51. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-52. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-53. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 1, 2 및 5 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-54. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 6-9 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-55. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-56. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-57. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-58. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 1, 2 및 3 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-59. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 4 및 5 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-60. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직



- 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-61. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-62. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-63. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-64. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-65. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-66. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-67. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-68. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-69. 2006년 10월 14일(소조기) E-W line 과 S-N line에서 관측된 수온 연직분포. ....
- 그림 1-1-70. 2006년 10월 27일(중조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-71. 2006년 10월 27일(중조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-72. 2006년 10월 27일(중조기) E-W line 과 S-N line에서 관측된 수온 연직분포. ....
- 그림 1-1-73. 2006년 11월 30일(소조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....
- 그림 1-1-74. 2006년 11월 30일(소조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포. ....

그림 1-1-75. 2006년 11월 30일(소조기) E-W line 과 S-N line에서 관측 된 수온 연직분포. ....	
그림 1-2-1. 수질조사 정점. ....	
그림 1-2-2. 수질조사 정점의 수심. ....	
그림 1-2-3. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존 산소의 연직 구조. ....	
그림 1-2-4. 2006년 4월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포. ....	
그림 1-2-5. 2006년 8월 및 동서성분 (EW line)의 용존산소의 연직구조. ....	
그림 1-2-6. 2006년 8월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포. ....	
그림 1-2-7. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용 존산소의 연직 구조. ....	
그림 1-2-8. 2006년 10월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포.	
그림 1-2-9. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록 소 a의 연직 구조. ....	
그림 1-2-10. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 엽록소 a의 수평분포. ....	
그림 1-2-11. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조. ....	
그림 1-2-12. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 엽록소 a의 수평 분포. ....	
그림 1-2-13. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조. ....	
그림 1-2-14. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 엽록소 a의 수평 분포. ....	
그림 1-2-15. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조. ....	
그림 1-2-16. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 엽록소 a의 수평 분포. ....	
그림 1-2-17. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부 유성입자물질의 연직구조. ....	

- 그림 1-2-18. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-19. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조.
- 그림 1-2-20. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-21. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조. ....
- 그림 1-2-22. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-23. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조. ....
- 그림 1-2-24. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-25. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조. ....
- 그림 1-2-26. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-27. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조.
- 그림 1-2-28. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-29. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조. ....
- 그림 1-2-30. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-31. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조. ....
- 그림 1-2-32. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-33. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암

	모니아질소의 연직구조. ....
그림 1-2-34.	2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-35.	2006년 8월 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조. ....
그림 1-2-36.	2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-37.	2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조. ....
그림 1-2-38.	2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-39.	2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조. ....
그림 1-2-40.	2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-41.	2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조. ....
그림 1-2-42.	2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-43.	2006년 8월 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조. ....
그림 1-2-44.	2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-45.	2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조. ....
그림 1-2-46.	2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포. ....
그림 1-2-47.	2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조. ....
그림 1-2-48.	2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포. ....

- 그림 1-2-49. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직 구조. ....
- 그림 1-2-50. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-51. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-52. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-53. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-54. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-55. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-56. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-57. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-58. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-59. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-60. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-61. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-62. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-63. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-64. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near

- bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-65. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총  
질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-66. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)  
에서 총질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-67. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 총질소의 연직구조. ....
- 그림 1-2-68. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)  
에서 총질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-69. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의  
총질소의 연직 구조. ....
- 그림 1-2-70. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near  
bottom)에서 총질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-71. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의  
총질소의 연직 구조. ....
- 그림 1-2-72. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near  
bottom)에서 총질소의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-73. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용  
존무기인의 연직구조. ....
- 그림 1-2-74. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)  
에서 용존무기인의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-75. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 용존무기인의 연직구조. ...
- 그림 1-2-76. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)  
에서 용존무기인의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-77. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의  
용존무기인의 연직구조. ....
- 그림 1-2-78. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near  
bottom)에서 용존무기인의 수평 분포. ....
- 그림 1-2-79. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의  
용존무기인의 연직구조. ....

그림 1-2-80.	2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기인의 수평 분포. ....
그림 1-2-81.	2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조. ....
그림 1-2-82.	2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포. ....
그림 1-2-83.	2006년 8월 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조. ....
그림 1-2-84.	2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포. ....
그림 1-2-85.	2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조. ....
그림 1-2-86.	2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포. ....
그림 1-2-87.	2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조. ....
그림 1-2-88.	2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포. ....
그림 1-3-1.	춘계(2006년 4월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-2.	춘계(2006년 4월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-3.	하계(2006년 8월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-4.	하계(2006년 8월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-5.	추계(2006년 10월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-6.	추계(2006년 10월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-7.	동계(2006년 11월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-8.	동계(2006년 11월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성. ....
그림 1-3-9.	춘계(2006년 4월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량. ....
그림 1-3-10.	하계(2006년 8월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량. ....
그림 1-3-11.	추계(2006년 10월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량. ....
그림 1-3-12.	동계(2006년 11월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량. ....

그림 1-3-13.	춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-14.	춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-15.	춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-16.	하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-17.	하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-18.	하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-19.	추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-20.	추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-21.	추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-22.	동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-23.	동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-24.	동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-25.	춘계(2006년 4월) 표층(1m) 생균수.	.....
그림 1-3-26.	하계(2006년 8월) 표층(1m) 생균수.	.....
그림 1-3-27.	추계(2006년 10월) 표층(1m) 생균수.	.....
그림 1-3-28.	동계(2006년 11월) 표층(1m) 생균수.	.....
그림 1-3-29.	춘계(2006년 4월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.	.....
그림 1-3-30.	하계(2006년 8월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.	.....
그림 1-3-31.	추계(2006년 10월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.	.....
그림 1-3-32.	동계(2006년 11월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.	.....
그림 1-3-33.	춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-34.	춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-35.	춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-36.	하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-37.	하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-38.	하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 균등도지수.	.....
그림 1-3-39.	추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.	.....
그림 1-3-40.	추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.	.....
그림 1-3-41.	추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 균등도지수.	.....



그림 1-3-42. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 풍부도지수. ....	
그림 1-3-43. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 종다양성지수. ....	
그림 1-3-44. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 균등도지수. ....	
그림 1-4-1. 어류자원 조사를 실시한 해역도. ....	
그림 1-4-2. 분류군별 출현양상. ....	
그림. 1-4-3. 2006년 월별 종수, 개체수, 생체량. ....	
그림. 1-4-4. 2006년 월별 종풍부도, 종균등도, 종다양도 지수. ....	
그림 1-4-5. 2006년 월별 어류군집의 수지도. ....	
그림 1-4-6. 2006년 다차원척도분석에 따른 어류군집의 유사도. ....	
그림 1-4-7. 2006년 월별 종수, 개체수, 생체량. ....	
그림 1-4-8. 2006년 월별 종풍부도, 종균등도, 종다양도 지수. ....	
그림 1-4-9. 월별 어류군집의 수지도. ....	
그림 1-4-10. 다차원척도분석에 따른 어류군집의 유사도. ....	
그림 1-4-11. 전갱이의 월별 개체수와 생체량. ....	
그림 1-4-12. 송어의 월별 개체수와 생체량. ....	
그림 1-4-13. 농어의 생체량과 개체수. ....	
그림 1-4-14. 봉장어의 월별 개체수와 생체량. ....	
그림 1-4-15. 흥어의 월별 개체수와 생체량. ....	
그림 1-4-16. 물가자미의 월별 개체수와 생체량. ....	
그림 2-1-1. 시료채취 위치도. ....	
그림 2-1-2. 퇴적물 시료채취에 이용된 박스 코어와 시료채취 장면. ....	
그림 2-1-3. 박스 코어를 이용한 해양퇴적물 채취 과정. ....	
그림 2-1-4. X-선 회절분석기. ....	
그림 2-1-5. 입도분석 과정. (A)탄산염 제거, (B)습식분석, (C)로텡 요동기, (D)자동입도분석기. ....	
그림 2-1-6. 유도결합 플라즈마 방출분광기. ....	
그림 2-1-7. 코어제작 과정. ....	
그림 2-1-8. 1축 압축시험기. ....	
그림 2-1-9. 입도의 수평 분포. ....	

그림 2-1-10. 평균입도와 분급도 분포. ....	
그림 2-1-11. 평균입도와 왜도 분포. ....	
그림 2-1-12. 평균입도와 첨도 분포. ....	
그림 2-1-13. 퇴적물 내 카드뮴의 분포. ....	
그림 2-1-14. 퇴적물 내 납의 분포. ....	
그림 2-1-15. 퇴적물 내 니켈의 분포. ....	
그림 2-1-16. 퇴적물 내 구리의 분포. ....	
그림 2-1-17. 퇴적물 내 크롬의 분포. ....	
그림 2-1-18. 퇴적물 내 아연의 분포. ....	
그림 2-1-19. 퇴적물 내 코발트의 분포. ....	
그림 2-1-20. 퇴적물 내 망간의 분포. ....	
그림 2-1-21. 중금속의 부화지수. (A)카드뮴, (B)납, (C)니켈, (D)구리, (E) 크롬 (F)아연, (G)코발트, (H)망간. ....	
그림 2-1-22. 연구지역 퇴적물의 희토류원소 패턴. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-22. 계속. ....	
그림 2-1-23. 연구지역 퇴적물의 희토류원소 패턴(2005년). ....	
그림 2-1-24. Ti/Al-Rb/Al 과 Nb/Al-Rb/Al. ....	
그림 2-1-25. 석탄회블록으로 성형한 시료. ....	
그림 2-1-26. 시간경과에 따른 코어의 1축 압축강도. ....	
그림 2-1-27. 약한 부분을 따라 파괴된 코어. ....	
그림 2-1-28. 석탄회 블록-해수/퇴적물 반응 모델링 결과(17°C). 포화지수. ....	
그림 3-1-1. 용승류블록 제작 및 야적장 전경. ....	
그림 3-1-2. 용승류블록 재료. ....	
그림 3-1-3. 용승류블록의 형태. ....	
그림 3-2-1. 구조물(블록)제작과정. ....	

그림 3-2-2. 구조물(블록)제작과정. ....	.....
그림 3-2-3. 제작(생산) 관리일지. ....	.....
그림 3-2-4. 배합 관리일지. ....	.....
그림 3-2-5. 압축강도 시험일지. ....	.....
그림 3-2-6. 압축강도시험성적서(공인). ....	.....
그림 3-3-1. 부지 전경. ....	.....
그림 4-1-1. 인공용승류 블록 설치 위치도. ....	.....
그림 4-1-2. 등수심도(2005년). ....	.....
그림 4-1-3. 기존 설치된 구조물 이미지. ....	.....
그림 4-1-4. 설치계획도. ....	.....
그림 4-2-1. 제작에서 투하까지의 공정도. ....	.....
그림 4-2-2. 야적장. ....	.....
그림 4-2-3. 선착장. ....	.....
그림 4-2-4. 육상운반. ....	.....
그림 4-2-5. 해상기중기선 및 예인선. ....	.....
그림 4-2-6. 선적. ....	.....
그림 4-2-7. 적재확인. ....	.....
그림 4-2-8. 해상운반. ....	.....
그림 4-2-9. 계류. ....	.....
그림 4-2-10. 결색. ....	.....
그림 4-2-11. 투하. ....	.....
그림 4-2-12. GPS의 비콘. ....	.....
그림 4-2-13. 해상측량프로그램(HYPACK). ....	.....
그림 4-2-14 . 블록투하 방법. ....	.....
그림 4-3-1 .어탐기에 의한 확인. ....	.....
그림 4-3-2. Side Scan Sonar 조사 모식도 및 시스템 구성도. ....	.....
그림 4-3-3. Side Scan Sonar에 의한 확인. ....	.....
그림 4-3-4. 다중음향측심기(Multi-beam Sonar) 조사모식도 및 시스템 구성도. ....	.....

그림 4-3-5. Multi-beam Sonar에 의한 확인. ....	
그림 4-3-6. 잠수사에 의한 확인. ....	
그림 4-4-1. 3,543개 투하 후 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar) 영상. ....	
그림 4-4-2. 구조물의 2차원 영상. ....	
그림 4-4-3. 구조물의 3차원 영상. ....	
그림 4-4-4. 구조물의 부피(23,814m <sup>3</sup> ). ....	
그림 4-4-5. 구조물의 단면. ....	
그림 4-4-6. 구조물의 단면 D-D1형상. ....	
그림 4-4-7. 구조물의 단면 A1-A3형상. ....	
그림 4-4-8. 구조물의 단면 B1-B3형상. ....	
그림 4-4-9. 구조물의 단면 C1-C3형상. ....	
그림 4-4-10. 불가사리,성게(수심61m) ....	
그림 4-4-11. 따개비(수심57m). ....	
그림 4-4-12. 새우(수심57m). ....	
그림 4-4-13. 성게(수심42m). ....	

# List of Figures

Fig. 1-1-1. Study area(wide area). .....	
Fig. 1-1-2. Observation line along distance of 1.5km(a) and 3km(b) (Numbers is CTD observation point). .....	
Fig. 1-1-3. Schematic of line observation method. ....	
Fig. 1-1-4. Set up image of ADCP on the ship. ....	
Fig. 1-1-5. 3-dimensional bathymetry map along distance of 1.5km(a) and 3km(b). .....	
Fig. 1-1-6. Vertical distribution of temperature in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....	
Fig. 1-1-7. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in April, 2006. ....	
Fig. 1-1-8. Vertical distribution of EW line temperature in August, 2006. ....	
Fig. 1-1-9. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in August, 2006. ....	
Fig. 1-1-10. Vertical distribution of temperature in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower). .....	
Fig. 1-1-11. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in October, 2006. ....	
Fig. 1-1-12. Vertical distribution of salinity in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....	
Fig. 1-1-13. Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in April, 2006. ....	
Fig. 1-1-14. Vertical distribution of EW line salinity in August, 2006. ....	
Fig. 1-1-15. Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in August, 2006. ....	
Fig. 1-1-16. Vertical distribution of salinity in October, 2006(SN line:	

	upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-1-17.	Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in October, 2006. ....
Fig. 1-1-18.	Tide curve at 4th May (neap tide) and 30th May (spring tide), 2006 at Tongyoung. ....
Fig. 1-1-19.	Vertical distribution of stick vector along the E-W line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-20.	Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-21.	Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-22.	Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-23.	Vertical distribution of stick vector along the S-N line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-24.	Vertical distribution of stick vector along the S-N line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). ....
Fig. 1-1-25.	Vertical distribution of stick vector along the 1, 2 and 5 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide). ....
Fig. 1-1-26.	Vertical distribution of stick vector along the 6-9 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide). ....
Fig. 1-1-27.	Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). ....
Fig. 1-1-28.	Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). ....
Fig. 1-1-29.	Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). ....
Fig. 1-1-30.	Tide curve at 27th July (spring tide) and 14th October (neap tide), 2006 at Tongyoung. ....

- Fig. 1-1-31. Vertical distribution of stick vector along the 1-3 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-32. Vertical distribution of stick vector along the 4-5 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-33. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-34. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-35. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-36. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-37. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-38. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-39. Vertical distribution of stick vector along the E-W line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-40. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-41. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-42. Tide curve at 27th October(Mid tide) and 30th November(neap tide), 2006 at Tongyoung. ....
- Fig. 1-1-43. Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N line at flood current on 27th October 2006 (mid tide). .....
- Fig. 1-1-44. Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N line at ebb current on 27th October 2006 (mid tide). .....
- Fig. 1-1-45. Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N line

	at flood current on 30th November 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-46.	Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N line at ebb current on 30th November 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-47.	Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-48.	Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-49.	Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-50.	Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-51.	Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-52.	Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-53.	Vertical distribution of w-component along the 1, 2 and 5 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-54.	Vertical distribution of w-component along the 6-9 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-55.	Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-56.	Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-57.	Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-58.	Vertical distribution of w-component along the 1, 2 and 3 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide). .....
Fig. 1-1-59.	Vertical distribution of w-component along the 4 and 5 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide). .....



- Fig. 1-1-60. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-61. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-62. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide). .....
- Fig. 1-1-63. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-64. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-65. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-66. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-67. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-68. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-69. Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 14th October 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-70. Vertical distribution of w-component along the E-W and S-N line at ebb current on 27th October 2006(mid tide). ....
- Fig. 1-1-71. Vertical distribution of w-component along the E-W and S-N line at flood current on 27th October 2006(mid tide). ...
- Fig. 1-1-72. Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 27th October 2006(mid tide). .....
- Fig. 1-1-73. Vertical distribution of w-component along the E-W and S-N line at ebb current on 30th November 2006 (neap tide). .....
- Fig. 1-1-74. Vertical distribution of w-component along the E-W and S-N line

	at flood current on 30th November 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-1-75.	Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 30th November 2006 (neap tide). .....
Fig. 1-2-1.	Sampling station map. ....
Fig. 1-2-2.	Depth of sampling station. ....
Fig. 1-2-3.	Vertical distribution of dissolved oxygen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-4.	Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
Fig. 1-2-5.	Vertical distribution of EW line dissolved oxygen in August, 2006. ....
Fig. 1-2-6.	Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....
Fig. 1-2-7.	Vertical distribution of dissolved oxygen in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-8.	Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, 10m layer, 20m layer in October, 2006. ....
Fig. 1-2-9.	Vertical distribution of Chlorophyll a in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-10.	Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
Fig. 1-2-11.	Vertical distribution of EW line Chlorophyll a in August, 2006. ....
Fig. 1-2-12.	Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....
Fig. 1-2-13.	Vertical distribution of Chlorophyll a in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-14.	Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ....

- Fig. 1-2-15. Vertical distribution of Chlorophyll a in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
- Fig. 1-2-16. Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
- Fig. 1-2-17. Vertical distribution of suspended particulate matter in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
- Fig. 1-2-18. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-19. Vertical distribution of EW line suspended particulate matter in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-20. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. .
- Fig. 1-2-21. Vertical distribution of suspended particulate matter in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
- Fig. 1-2-22. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.
- Fig. 1-2-23. Vertical distribution of suspended particulate matter in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
- Fig. 1-2-24. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. .
- Fig. 1-2-25. Vertical distribution of particulate organic matter in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
- Fig. 1-2-26. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-27. Vertical distribution of EW line particulate organic matter in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-28. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. .
- Fig. 1-2-29. Vertical distribution of particulate organic matter in

	October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-30.	Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.
Fig. 1-2-31.	Vertical distribution of particulate organic matter in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-32.	Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
Fig. 1-2-33.	Vertical distribution of ammonia in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-34.	Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
Fig. 1-2-35.	Vertical distribution of EW line ammonia in August, 2006. ....
Fig. 1-2-36.	Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....
Fig. 1-2-37.	Vertical distribution of ammonia in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-38.	Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ....
Fig. 1-2-39.	Vertical distribution of ammonia in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-40.	Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
Fig. 1-2-41.	Vertical distribution of nitrite in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). .....
Fig. 1-2-42.	Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
Fig. 1-2-43.	Vertical distribution of EW line nitrite in August, 2006. ....
Fig. 1-2-44.	Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....

- Fig. 1-2-45. Vertical distribution of nitrite in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower) .....
- Fig. 1-2-46. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ....
- Fig. 1-2-47. Vertical distribution of nitrite in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-48. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
- Fig. 1-2-49. Vertical distribution of nitrate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-50. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-51. Vertical distribution of EW line nitrate in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-52. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-53. Vertical distribution of nitrate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-54. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ....
- Fig. 1-2-55. Vertical distribution of nitrate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-56. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
- Fig. 1-2-57. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-58. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-59. Vertical distribution of EW line dissolved inorganic nitrogen in August, 2006. ....

- Fig. 1-2-60. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ·
- Fig. 1-2-61. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-62. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.
- Fig. 1-2-63. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-64. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ···········
- Fig. 1-2-65. Vertical distribution of total nitrogen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-66. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ···········
- Fig. 1-2-67. Vertical distribution of EW layer total nitrogen in August, 2006. ···········
- Fig. 1-2-68. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ···········
- Fig. 1-2-69. Vertical distribution of total nitrogen in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-70. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ···········
- Fig. 1-2-71. Vertical distribution of total nitrogen in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-72. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ···········
- Fig. 1-2-73. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ···········
- Fig. 1-2-74. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at

- surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-75. Vertical distribution of EW line dissolved inorganic phosphate in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-76. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ..
- Fig. 1-2-77. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-78. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ...
- Fig. 1-2-79. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-80. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. .
- Fig. 1-2-81. Vertical distribution of total phosphate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-82. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006. ....
- Fig. 1-2-83. Vertical distribution of total phosphate in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-84. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006. ....
- Fig. 1-2-85. Vertical distribution of total phosphate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-86. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006. ....
- Fig. 1-2-87. Vertical distribution of total phosphate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower). ....
- Fig. 1-2-88. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006. ....
- Fig. 1-3-1. The species composition of phytoplankton in surface water

	in April, 2006. ....
Fig. 1-3-2.	The species composition of phytoplankton in 25m depth in April, 2006. ....
Fig. 1-3-3.	The species composition of phytoplankton in surface water in August, 2006. ....
Fig. 1-3-4.	The species composition of phytoplankton in 25m depth in August, 2006. ....
Fig. 1-3-5.	The species composition of phytoplankton in surface water in October, 2006. ....
Fig. 1-3-6.	The species composition of phytoplankton in 25m depth in October, 2006. ....
Fig. 1-3-7.	The species composition of phytoplankton in surface water in November, 2006. ....
Fig. 1-3-8	The species composition of phytoplankton in 25m depth in November, 2006. ....
Fig. 1-3-9.	Standing crop of phytoplankton in April, 2006. ....
Fig. 1-3-10.	Standing crop of phytoplankton in August, 2006. ....
Fig. 1-3-11.	Standing crop of phytoplankton in October, 2006. ....
Fig. 1-3-12.	Standing crop of phytoplankton in November, 2006. ....
Table 1-3-12.	Ecological literacy of phytoplankton in November, 2006 .....
Fig. 1-3-13.	Diversity index of phytoplankton in April, 2006. ....
Fig. 1-3-14.	Richness index of phytoplankton in April, 2006. ....
Fig. 1-3-15.	Evenness index of phytoplankton in April, 2006. ....
Fig. 1-3-16.	Diversity index of phytoplankton in August, 2006. ....
Fig. 1-3-17.	Richness index of phytoplankton in August, 2006. ....
Fig. 1-3-18.	Evenness index of phytoplankton in August, 2006. ....
Fig. 1-3-19.	Diversity index of phytoplankton in October, 2006. ....
Fig. 1-3-20.	Richness index of phytoplankton in October, 2006. ....
Fig. 1-3-21.	Evenness index of phytoplankton in October, 2006. ....



Fig. 1-3-22. Diversity index of phytoplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-3-23. Richness of phytoplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-3-24. Evenness of phytoplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-3-25. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface April, 2006. ....	
Fig. 1-3-26. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface August, 2006. ....	
Fig. 1-3-27. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface October, 2006. ....	
Fig. 1-3-28. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface November, 2006. ....	
Fig. 1-3-29 The species composition of zooplankton in April, 2006. ....	
Fig. 1-3-30. The species composition of zooplankton in August, 2006. .	
Fig. 1-3-31. The species composition of zooplankton in October, 2006. .	
Fig. 1-3-32 The species composition of zooplankton in November, 2006. .	
Fig. 1-3-33. Richness index of zooplankton in April, 2006. ....	
Fig. 1-3-34. Diversity index of zooplankton in April, 2006. ....	
Fig. 1-3-35. Evenness index of zooplankton in April, 2006. ....	
Fig. 1-3-36. Richness index of zooplankton in August, 2006. ....	
Fig. 1-3-37. Diversity index of zooplankton in August, 2006. ....	
Fig. 1-3-38. Evenness index of zooplankton in August, 2006. ....	
Fig. 1-3-39. Richness index of zooplankton in October, 2006. ....	
Fig. 1-3-40. Diversity index of zooplankton in October, 2006. ....	
Fig. 1-3-41. Evenness index of zooplankton in October, 2006. ....	
Fig. 1-3-42 Richness index of zooplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-3-43. Diversity index of zooplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-3-44. Evenness index of zooplankton in November, 2006. ....	
Fig. 1-4-1. Location of the small trawl and shrimp trawl area. ....	
Fig. 1-4-2. The aspect of appearance by the grouping classification. ...	

Fig. 1-4-3. The number of species, individuals, biomass in month, 2006. ·	
Fig. 1-4-4. Richness(d), Evenness(J'), Diversity(H') in month, 2006. ·····	
Fig. 1-4-5. Dendogram of the fish community in month, 2006. ·····	
Fig. 1-4-6. Similarity of the fish community by the MDS in month, 2006. ·····	
Fig. 1-4-7. The number of species, individuals, biomass in month, 2006. ···	
Fig. 1-4-8. Richness (d), Evenness (J'), Diversity (H') of species in month, 2006. ····	
Fig. 1-4-9. Dendogram of the fish community in month. ·····	
Fig. 1-4-10. Similarity of the fish community by the MDS. ·····	
Fig. 1-4-11. The individuals and biomass (g) of <i>Trachurus japonicus</i> in month. ·····	
Fig. 1-4-12. The individuals and biomass (g) of <i>Mugil cephalus</i> in month. ·····	
Fig. 1-4-13. The individuals and biomass (g) of <i>Lateolabrax japonicus</i> in month. ·····	
Fig. 1-4-14. The individuals and biomass (g) of <i>Conger myriaster</i> in month. ·····	
Fig. 1-4-15. The individuals and biomass (g) of <i>Raja kenoue</i> in month. ·····	
Fig. 1-4-16. The individuals and biomass (g) of <i>Eopsetta grigorjewi</i> in month. ·····	
Fig. 2-1-1. Sampling location of study area. ·····	
Fig. 2-1-2. Box core sampler. ·····	
Fig. 2-1-3. Photograph of sediment sampling by box core sampler. ·····	
Fig. 2-1-4. Photograph of X'Pert – MPD System. ·····	
Fig. 2-1-5. Photographs of partical size analysis process. (A) Decarbonization, (B)wet analysis, (C) RO-TAP Sieve Shaker and (D) sedigraph meter. ·····	
Fig. 2-1-6. Photograph of Inductively Coupled Plasma Atomic Emission	

Spectrometer (ICP/AES). .....	
Fig. 2-1-7. Photographs of core manufacture process. ....	
Fig. 2-1-8. Photograph of uniaxial compressive strength. ....	
Fig. 2-1-9. Distribution of mean grain size. ....	
Fig. 2-1-10. Pair diagram between mean grain size and sorting. ....	
Fig. 2-1-11. Pair diagram between mean grain size and skewness. ....	
Fig. 2-1-12. Pair diagram between mean grain size and kurtosis. ....	
Fig. 2-1-13. Distribution of Cd contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-14. Distribution of Pb contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-15. Distribution of Ni contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-16. Distribution of Cu contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-17. Distribution of Cr contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-18. Distribution of Zn contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-19. Distribution of Co contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-20. Distribution of Mn contents in sediments. ....	
Fig. 2-1-21. Enrichment factor (Ef) of heavymetal. (A)Cd, (B)Pb, (C)Ni, (D)Cu, (E)Cr, (F)Zn, (G)Co and (H)Mn. ....	
Fig. 2-1-22. Rare earth element patterns of sediments from different station. ....	
Fig. 2-1-22. Continued. ....	
Fig. 2-1-22. Continued. ....	
Fig. 2-1-22. Continued. ....	
Fig. 2-1-22. Continued. ....	
Fig. 2-1-22. Continued. ....	
Fig. 2-1-23. Rare earth element patterns of sediments from different station (in the year 2005). ....	
Fig. 2-1-24. Discrimination plots Ti/Al-Rb/Al and Nb/Al-Rb/Al. ....	
Fig. 2-1-25. Manufactured specimen of ash block. ....	
Fig. 2-1-26. Compressive strength of core as a function of time. ....	

Fig. 2-1-27. Core destroyed along the weak part. ....	
Fig. 2-1-28. Result of calculated ash block-seawater/sediment interaction at 17°C. Saturation Index. ....	
Fig. 3-1-1. View of the artificial upwelling block's manufacturing & storage Yard. ....	
Fig. 3-1-2. Material of artificial upwelling block. ....	
Fig. 3-1-3. Type of artificial upwelling block. ....	
Fig. 3-2-1. Production process of artificial upwelling-block. ....	
Fig. 3-2-2. Production process of artificial upwelling-block. ....	
Fig. 3-2-3. Manufacturing schedule sheet. ....	
Fig. 3-2-4. Mixing schedule sheet. ....	
Fig. 3-2-5. Schedule sheet of compress strength test. ....	
Fig. 3-2-6. Certification of compress strength test. ....	
Fig. 3-3-1. View of the manufacturing site. ....	
Fig. 4-1-1. The Map of structure installation. ....	
Fig. 4-1-2. Contours of water depth(2005). ....	
Fig. 4-1-3. Image of installed structure. ....	
Fig. 4-1-4. Plan cross section of structure. ....	
Fig. 4-2-1. Process of structure installation. ....	
Fig. 4-2-2. Open storage yard. ....	
Fig. 4-2-3. Harbor. ....	
Fig. 4-2-4. Ground transport. ....	
Fig. 4-2-5. Floating crane and tugboat. ....	
Fig. 4-2-6. Shipment. ....	
Fig. 4-2-7. Check of shipment. ....	
Fig. 4-2-8. Marine transport. ....	
Fig. 4-2-9. Mooring Buoy. ....	
Fig. 4-2-10. Band of blocks. ....	
Fig. 4-2-11. Dropping. ....	

Fig. 4-2-12. Beacon of GPS .....	
Fig. 4-2-13. Program of marine survey(HYPACK). .....	
Fig. 4-2-14. Dropping method of block . .....	
Fig. 4-3-1. Check with fishfinder. ....	
Fig. 4-3-2. Air view and systems of Side Scan Sonar. ....	
Fig. 4-3-3. Check with Side Scan Sonar. ....	
Fig. 4-3-4. Air view and System of Multi-beam Sonar. ....	
Fig. 4-3-5. Check with Multi-beam Sonar. ....	
Fig. 4-3-6. Check of Diver. ....	
Fig. 4-4-1. Side Scan Sonar's image after dropping(blocks = 3,543). ...	
Fig. 4-4-2. Image of structure(two dimension). ....	
Fig. 4-4-3. Image of structure(three dimension). ....	
Fig. 4-4-4. Volume of structures. ....	
Fig. 4-4-5. Image of Section. ....	
Fig. 4-4-6. Image of Section D-D1. ....	
Fig. 4-4-7. Image of Section A1-A3. ....	
Fig. 4-4-8. Image of Section B1-B3. ....	
Fig. 4-4-9. Image of Section C1-C3. ....	
Fig. 4-4-10. Starfish and sea urchin(Depth 61m). ....	
Fig. 4-4-11. Barnacle(Depth 57m). ....	
Fig. 4-4-12. Shrimp(Depth 57m). ....	
Fig. 4-4-13. Sea urchin(Depth 42m). ....	

# 표 목 차

표 1-1-1. 해수 유동 정선관측 개요 .....	
표 1-3-1. 춘계(2006년 4월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-1. 계 속 .....	
표 1-3-2. 춘계(2006년 4월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-2. 계 속 .....	
표 1-3-3. 하계(2006년 8월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-4. 하계(2006년 8월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-5. 추계(2006년 10월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-5. 계 속 .....	
표 1-3-6. 추계(2006년 10월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-6. 계 속 .....	
표 1-3-7. 동계(2006년 11월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-7. 계 속 .....	
표 1-3-8. 동계(2006년 11월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량 ( $\times 10^2$ cells/L) .....	
표 1-3-8. 계 속 .....	
표 1-3-9. 춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤 생태지수 .....	
표 1-3-10. 하계(2006년 8월) 식물플랑크톤 생태지수 .....	
표 1-3-11. 추계(2006년 10월) 식물플랑크톤 생태지수 .....	
표 1-3-12. 동계(2006년 11월) 식물플랑크톤 생태지수 .....	

표 1-3-13. 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m <sup>3</sup> )	.....
표 1-3-13. 계 속	.....
표 1-3-14. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m <sup>3</sup> )	.....
표 1-3-15. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m <sup>3</sup> )	.....
표 1-3-15계 속	.....
표 1-3-16 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m <sup>3</sup> )	.....
표 1-3-16계 속	.....
표 1-3-17 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤 생태지수	.....
표 1-3-18. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤 생태지수	.....
표 1-3-19. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤 생태지수	.....
표 1-3-20. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤 생태지수	.....
표 1-4-1. 정치망에서 채집된 어류의 개체수(N)와 생체량(B) (단위: 개체, g)	.....
표 1-4-1. 계속	.....
표 1-4-2. 2006년 월별 어류군집의 유사도	.....
표 1-4-3. 새우조망에서 채집된 어류의 개체수(N)와 생체량(B)	.....
표 1-4-3. 계속	.....
표 1-4-3. 계속	.....
표 1-4-3 계속	.....
표 1-4-4. 월별 어류군집의 유사도	.....
표 1-4-5. 대조구에 의한 비교	.....
표 1-4-6. 전년도(2005)와 비교(종다양도지수, 종수, 개체수, 생체량)	.....
표 2-1-1. 석탄회 내에 존재하는 광물의 풍화반응	.....
표 2-1-2. 시료채취 정점좌표	.....
표 2-1-3. 1축 압축시험에 이용된 코어의 특성	.....
표 2-1-4. 퇴적물의 광물조성	.....
표 2-1-5. 퇴적물의 채취 정점별 입도 분포(단위:%)	.....
표 2-1-6. 정점별 퇴적물의 중금속 함량(단위 : ppm)	.....
표 2-1-6. 계속	.....
표 2-1-7. 퇴적물의 중금속 부화지수	.....

표 2-1-7. 계속 .....	
표 2-1-8. 정점별 희토류 농도 .....	
표 2-1-8. 계속 .....	
표 2-1-9. 코어의 특성과 압축강도 .....	
표 2-1-10. 시간 변화에 따른 석탄회 블록의 중량 변화 .....	
표 3-1-1. 석탄회 배합표 .....	
표 3-1-2. 인공용승류블록(구조물) 규격 및 제원 .....	
표 4-1-1. 정점별 설치계획 수량 .....	
표 4-2-1. 정점별 설치 수량 .....	



## List of Tables

Table 1-1-1. Plan of line observation .....
Table 1-3-1. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in April, 2006 .....
Table 1-3-1. Continue .....
Table 1-3-2. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth in April, 2006 .....
Table 1-3-2. Continue .....
Table 1-3-3. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in August, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-4. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth in August, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-5. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in October, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-5. Continue .....
Table 1-3-6. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth in October, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-6. Continue .....
Table 1-3-7. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in November, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-7. Continue .....
Table 1-3-8. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth water in November, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L) .....
Table 1-3-8. Continue .....
Table 1-3-9. Ecological literacy of phytoplankton in April, 2006 .....
Table 1-3-10. Ecological literacy of phytoplankton in August, 2006 .....

Table 1-3-11. Ecological literacy of phytoplankton in October, 2006 .....	
Table 1-3-12. Ecological literacy of phytoplankton in November, 2006 .....	
Table 1-3-13. The species composition and density of zooplankton in April, 2006 .....	
Table 1-3-13. Continue .....	
Table 1-3-14. The species composition and density of zooplankton in August, 2006 .....	
Table 1-3-15. The species composition and density of zooplankton in October, 2006 .....	
Table 1-3-15 Continue .....	
Table 1-3-16 The species composition and density of zooplankton in November, 2006 .....	
Table 1-3-16 Continue .....	
Table 1-3-17 Ecological literacy of zooplankton in April, 2006 .....	
Table 1-3-18. Ecological literacy of zooplankton in August, 2006 .....	
Table 1-3-19. Ecological literacy of zooplankton in October, 2006 .....	
Table 1-3-20. Ecological literacy of zooplankton in November, 2006 .....	
Table 1-4-1. Individuals(N) and biomass(B) of the fish collected in set net .....	
Table 1-4-1. (Continued) .....	
Table 1-4-2. Similarity of the fish community in month, 2006 .....	
Table 1-4-3. Individuals(N) and biomass(B) of the fish collected in shrimp trawl gear .....	
Table 1-4-3. (Continued) .....	
Table 1-4-3. (Continued) .....	
Table 1-4-3. (Continued) .....	
Table 1-4-4. Similarity of the fish community in month .....	
Table 1-4-5. Compative in according to the contrast sea .....	
Table 1-4-6. Comparative of diversity, number of species, individuals and biomass of last year(2005) .....	

Table 2-1-2-1-1. Weathering reactions of the fly ash forming minerals .....	
Table 2-1-2. Coordinate of sampling location .....	
Table 2-1-3. Core properties of uniaxial compressive strength .....	
Table 2-1-4. Mineral compositions of sediments .....	
Table 2-1-5. Distribution of particle size at each station (unit in %) .....	
Table 2-1-6. Metal contents of each station (unit in ppm) .....	
Table 2-1-6. Continued .....	
Table 2-1-7. Enrichment factor of sediments .....	
Table 2-1-7. Continued .....	
Table 2-1-8. Rare earth element (REE) concentration from each station (unit in ppm) .....	
Table 2-1-8. Continued .....	
Table 2-1-9. Properties and compressive strength of core .....	
Table 2-1-10. Weight change of ash block as a function of time .....	
Table 3-1-1. Proportion Table of bottom ash .....	
Table 3-1-2. Specification of artificial upwelling block .....	
Table 4-1-1. Plan number of installation at a fixed point. ....	
Table 4-2-1. Number of installation at a fixed point. ....	

# 1. 연구개발의 필요성

## 1. 연구개발의 필요성

### 가. 근해해역 어장조성의 필요성

우리나라 수산업은 그동안 수산인 모두가 노력한 결과 연간 330만ton의 수산물을 생산하여, 세계 10위권의 선진수산국으로써의 면모를 확고히 함과 아울러 중요한 식량자원으로써 국가 경제발전에도 크게 기여하고 있다.

그러나 최근 유엔해양법의 발효와 연안국들이 앞을 다투어 200해리 경제수역을 선포함으로써 우리원양어선들의 조업어장이 계속 줄어들고 있다. 근해어업도 주변국인 일본, 중국 등의 배타적 경제수역 선포, 조업규제강화로 어장이 축소되고 있어 연안해역의 중요성이 크게 부각되고 있다. 또한, 최근 우리나라 연안역은 대규모의 간척사업확대 등으로 어장의 축소화와 더불어 도시화·산업화로 인한 산업 및 생활폐수의 유입으로 인하여 어장환경이 악화되고 있는 실정이다.

따라서 이러한 국내·외 어업여건의 변화에 능동적으로 대체하고, 연안어업을 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위해서는 수산자원조성사업의 중요성이 크게 요구되고 있는 실정이다.

### 나. 인공구조물의 소재: 산업부산물 재활용

석탄회는 석탄을 연소시킨 결과 발생하는 회(재)를 말하며, 현재 국내의 석탄회는 대부분 화력발전소에서 발생되고 있다. 국민의 생활수준 및 에너지 소비 증가 등에 따른 원활한 전력 수급을 위해 화력발전소와 더불어 석탄회 발생량도 증가 일로에 있다. 그 량은 1998년 380만ton에서 2004년에는 발생량 550만ton 중 360만ton 정도가 재활용되고 있고 아직까지 발생량의 약 35%인 190만 ton은 매립 등으로 처리되고 있는 실정이다.

산업부산물의 재활용의 하나로써 護岸工事등에 사용되는 콘크리트 블록에 석탄재를 대량으로 활용한 저비용의 제조 기술(애쉬크리트: 석탄재, 시멘트, 해수로 제조)을 개발하여 일본(Hazama社 등)에서는 인공해저산맥을 구축하

는 프로젝트 들을 진행하여 왔다. 그러나 애쉬크리트(ash-crete)는 비중이 콘크리트의 70~80%로 작고, 波 등의 외력을 받는 장소에서는 활용에 문제점이 발생하였다.

따라서 위와 같은 문제점을 개선하기 위하여, 지금까지 산업부산물로써 처분되고 있던 석탄회를 重量骨材로 첨가함으로써 종래의 콘크리트와 비슷한 비중으로 개선하였다. 더욱이 소형의 진동모터에 의한 고주파를 이용해서 재료의 밀도를 높임(超流体工法)으로써 강도 확보에 성공하였다. 이 기술의 활용에 의해 종래의 제조방법과 비교하여 5~10% 정도 싸게 제조하는 것이 가능하였고, 석탄재 뿐 만 아니라 금속 슬래그 등 산업부산물의 재활용에도 넓게 공헌 할 수 있다고 생각 되어진다.

## 2. 연구개발의 배경

## 2. 연구개발의 배경

### 가. 지형적 용승류 발생해역 : 좋은 어장형성

Ryther(1969)는 해양에서 용승류해역의 면적은 0.1%밖에 되지 않지만, 어류 생산량은 전해양의 1/2에 달한다고 보고하였다. 이와 같이 용승류해역이 어류생산성이 높은 이유로서는 영양염이 풍부한 저층수가 용승에 의해 유광층에까지 운반되어 식물플랑크톤을 대량 발생하여 해양 기초생산력이 향상되어서 먹이사슬에 의해 어류의 군집을 유도하기 때문이라고 생각되어진다. 또한, 용승류해역은 다른 해역과 비교해서 해조류, 새우류, 패류 등의 생산량이 약 3배, 우뚝가사리의 생산력은 약 10배에 달한다고 보고되고 있다(續辰·中尾, 1986).

### 나. 인공어초에 의한 수산자원 조성효과

인공어초에 의한 수산자원 조성효과는 사용 어초의 구조, 크기, 배치형태 및 시설규모 등의 요인에 의해 크게 영향을 받으나, 실제 어장이용 측면에서 볼 때 시설규모의 크기가 가장 중요한 요인이라 할 수 있다.

인공어초 시설어장은 어획량에 있어서, 일반 어장에 비해 1.2~12.0(평균 2.7배)의 효과가 있고, 자연초 어장보다 1.3~2.2배의 어획효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 어업생산에 집결되는 기능 이외에 미성어 보호 육성 등 자원배양 기능과 어군을 유도하는 유도기능을 갖고 있음이 확인되고 있다(국립수산진흥원, 1989, 1992).

### 다. 인공구조물에 의한 용승류 발생어장

위의 2가지 장점을 접목하여, 인위적으로 해양구조물(대형어초)을 설치함으로써 용승류를 발생시켜, 연안해역의 기초 생산력을 증대시켜 좋은 어장을 조성하려는 새로운 개념이 대두되고 있다.

연구사례를 보면, 일본의 豊後水道 宇和海에서 인공용승류발생구조물(가로:



45m, 세로: 10m)의 설치에 의한 효과는 조류유속이 2할 증가하고, 아표층의 클로로필 a 농도도 2~3배 증가, 동물플랑크톤의 개체수 및 침전량도 2배로 증가하였다. 또한, 저서생물이 설치 후 2년간은 감소하였으며 3년 이후에는 중·개체수도 증가하였던 것으로 밝혀졌다(Yanagi and Nakajima, 1991).

인공 용승류 발생구조물은 어초의 역할도 하여 정어리, 전갱이, 고등어 및 말쥐치 등과 같은 표·중층어가 구조물주위에 모여 있는 것도 밝혀졌다(柳 등, 1991). 위의 구조물을 3배의 크기로 하였을 때 그 효과는 구조물의 크기에 비례하여 증가하는 것으로 보고되었다(今村 등, 1995). 이를 토대로 일본에서는 長崎縣北松海域內에서 대규모 용승어장조성을 추진하였다(沿岸漁場造成技術研究會, 1996, 1997, 1998, 1999).

## 라. 우리나라의 어장환경조성 현황

현재 우리나라에서 실시되고 있는 어장환경개선사업으로는 1971년부터 현재까지 남해안, 서해안 및 동해안 연안역에서 인공어초사업이 실시되고 있다. 또한 바다목장화 사업(7개년 사업, 1999년부터 2004년까지; 9개년사업, 1998년부터 2006년까지)이 실시되고 있는 실정이다.

한편 어장환경조성사업인 인공용승류를 이용한 어장환경조성사업은 인공어초사업과 바다목장화 사업과는 또 다른 새로운 개념으로 기초사업이 2000년부터 2002년까지 3개년에 걸쳐 수행되었으며, 해양수산부(2004년부터 시행)에서 경상남도 매물도와 국도사이의 해역에서 시범사업으로 실시되고 있다. 현재 3차년도 사업을 완료하고 그 성과에 대한 효과부분의 연구도 동시에 시행되고 있는 실정이다.

### 3. 연구개발의 목표 및 내용

### 3. 연구개발의 목표 및 내용

#### 가. 연구개발의 목표

연근해 해역에 대형인공구조물을 구축하여 영양염과 용존산소가 풍부한 저층수를 표층으로 용승시킴으로써 자연적인 해수수질 개선과 기초생산력 증대 및 어군유도 하기 위함.

#### 나. 연구개발 기간

2006년 2월 8일부터 2006년 12월 20일 까지

#### 다. 연구개발의 범위

##### 가) 지역적 범위

연구해역은 남해안의 거제도 소매물도 앞바다를 중심으로 한다.

##### 나) 내용적 범위

##### ■ 연구조사분야

##### ○ 구조물 설치 효과조사 및 평가

- 현장의 물리환경, 수질환경, 생물상 조사
- 어류상 조사 및 수중환경 조사

##### ○ 구조물의 해수반응

- 블록의 중금속 등 용출 및 블록의 안정성 평가

##### ■ 시설물제작·설치분야

##### ○ 시설물제작 설치 공정

##### ○ 용승류 블록제작

- 재료/ 제조방법/ 품질관리/ 제작일지/ 검사/ 기타

##### ○ 블록의 운반 및 설치

- 육상운반 및 선적

- 해상운반 및 블록의 설치(투하)
- o 블록의 투하 확인
- 육안확인, 기계장비에 의한 확인 병행
- o 운반 및 설치 공사의 개선방안 제시

#### 4. 연구의 기대효과

## 4. 연구의 기대효과

### ■ 기술적 측면

- 용승류에 의한 원활한 해수순환으로 인한 해수수질의 개선을 통한 환경개선효과
- 대규모 해양구조물형성을 위한 투하 및 침설기술 개발
- 석탄회 재활용을 위한 소재 및 가공기술 개발효과
- 석탄회 재가공을 통한 미래지향적인 재활용방안 제시
- 석탄회 활용기술의 실용화로 자원 재활용 및 구조재료개발 분야 기술향상

### ■ 경제·산업적 측면

- 용승류에 의한 기초생산력 향상으로 좋은 어장형성으로 인한 어민 소득증대
- 암초생태계 형성으로 인한 암초성어, 회유어를 포함한 어군의 유집효과
- 연근해 수역의 입체적인 어장 조성의 적극적인 추진
- 저인망어업 등에 의한 불법어업방지로 남획방지 효과
- 석탄회 재활용에 의한 대규모 해양구조물의 설치가능성 제시(원가절감)
- 연근해역의 해양 레크레이션 산업(예 낚시 등)과의 연계에 의한 어민의 소득 증대효과
- 자원재활용을 통한 고부가가치 창출 및 경제성 제고
- 석탄회의 구조재료 활용 타당성 검증으로 회처리장 등의 전력산업 부대설비 건설비용 절감 및 친환경적 이미지 제고에 기여

## 5. 연구추진계획

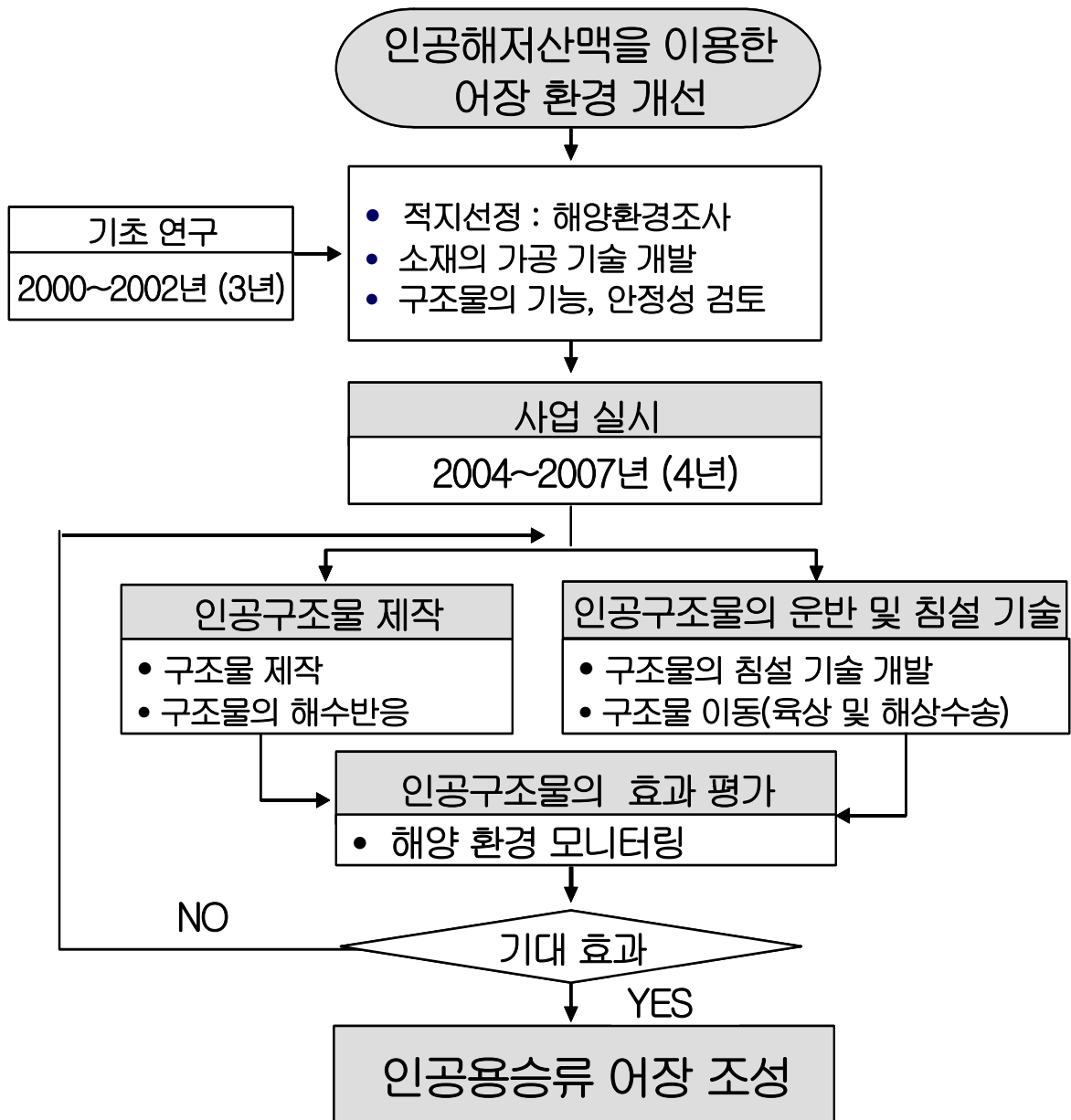
## 5. 연구추진계획

### 가. 연구의 추진체계

- 본 사업은 부경대학교 해양산업개발연구소를 주관연구기관으로 하며, 연구조사부분은 경상대학교 해양산업연구소가 참여하는 협동연구이며, 시설물 제작 및 설치부분의 기술적인 문제는 (주)삼성산업 기술연구소와 (주)한국해양기술이 참여하는 공동도급이다.
- 주관연구기관인 부경대학교 해양산업개발연구소는 본 연구과업의 목적을 달성하기 위하여 과업내용 중 일부를 관련 연구기관, 기술용역업체 및 민간환경단체에 위탁을 수행할 수 있다.
- 용승류블록 제작분야의 경우 삼성산업 기술연구소에서 품질관리분야를 담당하며, 시제품 제작실적을 보유한 (주)삼성산업이 블록 제작을 담당한다.
- 용승류블록의 침설은 (주)한국해양기술의 기술력으로 가장 이상적인 침설의 형태를 유도해 낸다.



나. 세부연구 과제간의 구성과 연관성



※ 사업실시 : 현재 사업 예산 50억 원, 사업비가 100억 원으로 증액될 경우 총 사업실시 기간은 2009년까지 연장 시행할 예정임.

다. 연구의 추진계획

<연구조사분야>

과업내용		추진일정(개월)											비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
구조물의 효과 평가	물리환경조사		관측 조사 준비	물리			관측 조사 준비	물리환경조사			자료 분석		총4회
				유동 시료				유동환경조사					총6회
	수질환경조사		조사 준비				조사 준비	시료채취				총4회	
					분석			분석/자료정리					
	생물상조사		조사 준비	시료			조사 준비	시료채취				총4회	
					시료/ 자료 분석			시료분석(배양동정)		자료정리			
	어류상조사	2월부터 11월까지 매월 1회 조사											
		자료분석 및 정리											
	최종보고												
월별공정(%)	5	5	10	10	5	10	15	15	15	5	5		
누계공정(%)	5	10	20	30	35	45	60	75	90	95	100		

연구내용		추진일정												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
구조물 해수 반응	퇴적물 모니터링	퇴적물 입도변화 조사분석												
		광물조성 변화 조사분석												
		화학조성(중금속)변화 조사분석												
		공극수 내 중금속 함량변화 조사분석												
기능안 정성	가능안	압축강도변화	해수에 침적한 블록 1개월 단위 회수, 압축강도 실험											
		중량변화	해수에 침적한 블록 1개월 단위 회수, 중량변화 실험											
		열화현상	해수에 침적한 블록 1개월 단위 회수, 광물동정											
반응경로 모델링 및 최종보 고서 작성											분석 결과를 이용			
월별공정(%)		5	5	10	10	15	15	10	10	10	5	5		
누계공정(%)		5	10	20	30	45	60	70	80	90	95	100		

<시설물 제작 및 설치>

연구 내용			추진 일정 (개월)									비고		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11
시설물 제작/ 설치	제작/ 침설	블록제작	블록 8,100EA 제작 64EA/일×125일≒8,100개						양생					
		블록침설							2,700개/개월×3개월 =8,100개					
최종보고												준비/보고		
월별공정(%)			5	10	10	10	15	20	20	5	0	2.5	2.5	
누계공정(%)			5	15	25	35	50	70	90	95	95	97.5	100	

## 6. 연구 내용

## 6. 연구 내용

### □ 연구 조사 분야 - 구조물의 효과 평가

인공구조물의 투하전과 후의 해양환경변화를 모니터링 하여 사업목적에 따른 기대효과를 점검한다. 당해연도(3차년도)는 전년도(1-3차년도)의 계속 사업으로써 구조물 투하해역을 중심으로 한 구조물 설치 후 효과를 평가하기 위하여 성층의 형성시기인 춘계, 하계 및 추계해황을 중심으로 해양관측 결과를 분석 및 평가한다.

당해 연도에 실시 할 연구는 다음과 같다. 구조물 투하지점(34° 36'N, 128° 30'E)을 중심으로 용승류 발생 가능 범위인 직경 3km 및 6km까지 확대하여 물리환경조사를 실시한다(그림 1-1-1). 또한 유동관측과 CTD 조사를 병행하여 구조물에 따른 유동변화와 수온 및 염분의 구조를 파악한다(2006년 10월 14일, 10월 27일, 11월 30일 : 수온 및 염분 관측, 그림 1-1-2 및 5).

수질환경조사는 투하해역(정점 01)을 중심으로 하여 구조물 투하지역 가까운 곳에서는 저층에서 표층까지 층별 조사를 실시하고, 그 외 넓은 해역에 대해서는 구조물 투하전후의 수질환경변화를 조사하기 위하여 표층(수면하 0.5m), 중층(25m) 및 저층(해저 면으로부터 1m)만을 대상으로 한다.

인공 용승은 영양염이 풍부한 저층수를 표층으로 공급하여 기초생산의 증가와 먹이생물, 상위 포식자의 증가로 이어지는 먹이 연쇄를 통해 어족자원을 증가시킨다. 또 인공 용승을 일으키기 위한 구조물 자체가 서식처 및 은신처의 기능을 함으로써 어족자원이 증가하여 어장환경조성에 긍정적인 역할을 할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 인공 구조물을 설치하기 전의 주변 해역 어류 군집에 미치는 영향과 변화를 파악하여 구조물 설치후의 어장환경조성의 비교치를 사전에 만들어 인공 구조물 설치후의 변화 상태를 규명하고자 한다.

따라서 인공 구조물을 설치 전·후의 어류의 변동양상을 조사한다. 또한 구조물 설치 전후의 구조물에 부착하는 암초성생물이나 해조류 및 구조물 주위에 서식하는 어류의 변화양상을 수중촬영을 이용하여 파악한다.

## 1.1. 물리환경조사

### 1.1.1. 연구자료 및 방법

연구해역에 대한 물리환경조사(해황 및 유동조사)를 실시하여 구조물에 따른 투하 해역의 물리적인 환경을 평가한다. 구조물 투하지점(34° 36'N, 128° 30'E)을 중심으로 용승류 발생 가능 범위인 직경 3km 및 6km까지 확대하여 물리환경조사를 실시한다(그림 1-1-1). 또한 유동관측과 CTD 조사를 병행하여 구조물에 따른 유동변화와 수온 및 염분의 구조를 파악한다(2006년 10월 14일, 10월 27일, 11월 30일 : 수온 및 염분 관측, 그림 1-1-2 및 5).

물리환경조사는 CTD(Sea-Bird Electronics, SBE-19 Seacat Profiler)를 이용하여 수온 및 염분 관측을 실시하였고 관측된 수온 및 염분 자료를 이용하여 구조물 투하 주변역에 대해서 성층구조 및 계절적 분포를 파악한다(그림 1-1-2).

해수유동조사는 구조물 중심을 직경 3km 및 구조물 설치로 인한 확산범위를 파악하기 위하여 관측거리를 확대한 직경 6km로 지나는 정선관측을 실시한다. 관측에 사용된 유속계는 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler, 300Khz, RD Instruments)를 선박에 장착하여 정선관측을 실시하였다(그림 1-1-3, 4). 인공용승 구조물 설치해역에 대하여 공간적인 해수유동 분포를 파악하기 위하여 정점관측보다 공간적 유동분포 파악이 용이한 정선관측을 실시하였다. 일반적으로 ADCP를 이용하여 정선관측을 실시하려면 대형 선박에 장착되어진 선저장착형 ADCP(vessel-mount ADCP)를 이용하여야 하지만 시간적·경제적 문제를 최소화하기 위하여 소형선박(10 ton 미만의 선박)에 ADCP를 거치하여 관측을 실시하였다.

관측 시기는 3차년도 구조물 투하 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)과 구조물 투하 후인 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)

에 동서 방향 및 남북 방향으로 관측선을 설정하여 구조물 중심( $34^{\circ} 36'N$ ,  $128^{\circ} 30'E$ )을 가로 지르는 line(3, 8 line), 구조물 주변을 지나는 line(2, 4 및 7, 9 line) 및 구조물에서 직경 3km 떨어진 line(1, 5 및 6, 10 line)에서 관측을 실시하였다(그림 1-1-5a). 또한 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)에 구조물로 인한 상승류의 확산 범위 및 효과를 파악하기 위하여 직경 6km로 보다 넓은 범위에서 관측을 실시하였다(그림 1-1-5b). 또한 정선 관측 시 선속은 여러 번의 테스트 결과 데이터의 최소 오차속도인 약 7 knot로 일정하게 유지하여 관측을 실시하였다. 관측 자료의 처리는 10 sec 및 60 sec 평균 처리된 자료를 사용하였으며, 수심 간격은 4m로 설정하였다.

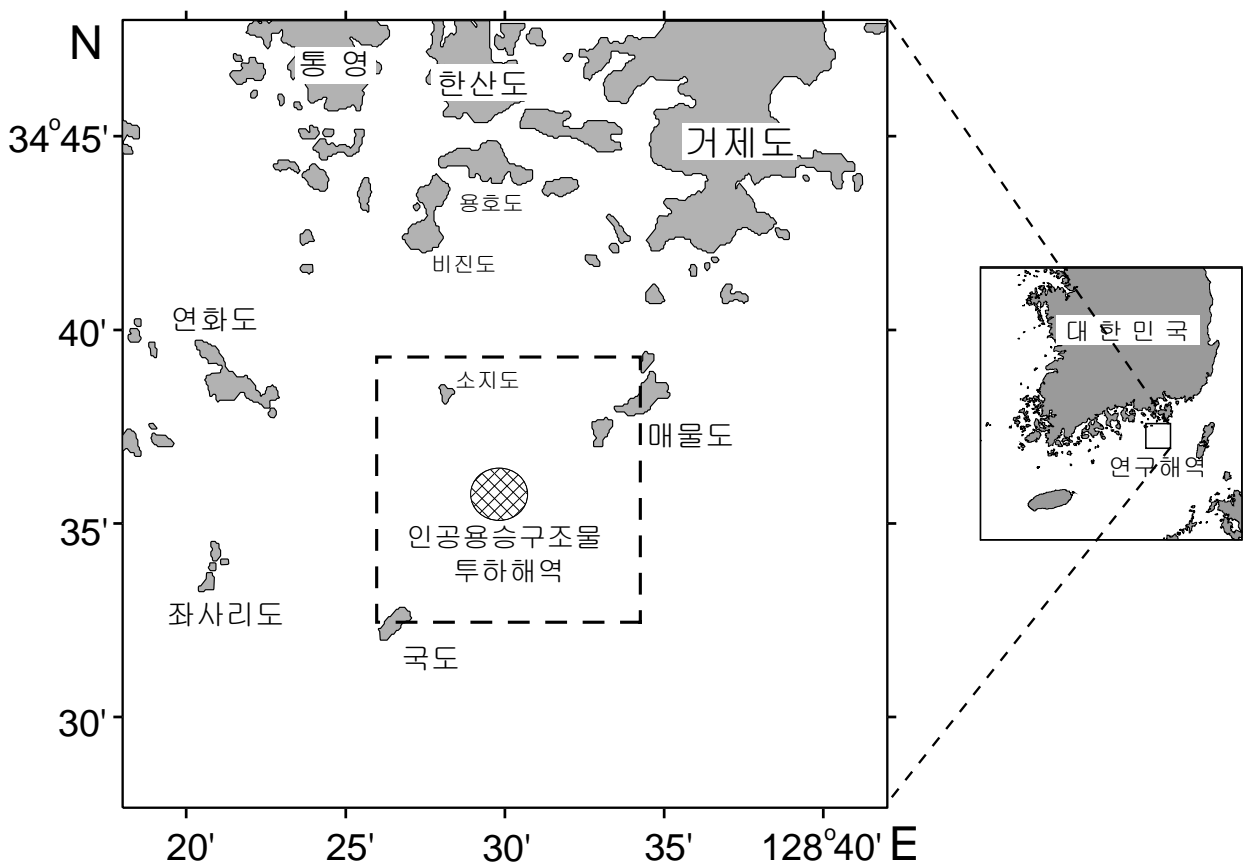


그림 1-1-1. 연구해역도(광역도).

Fig. 1-1-1. Study area(wide area).



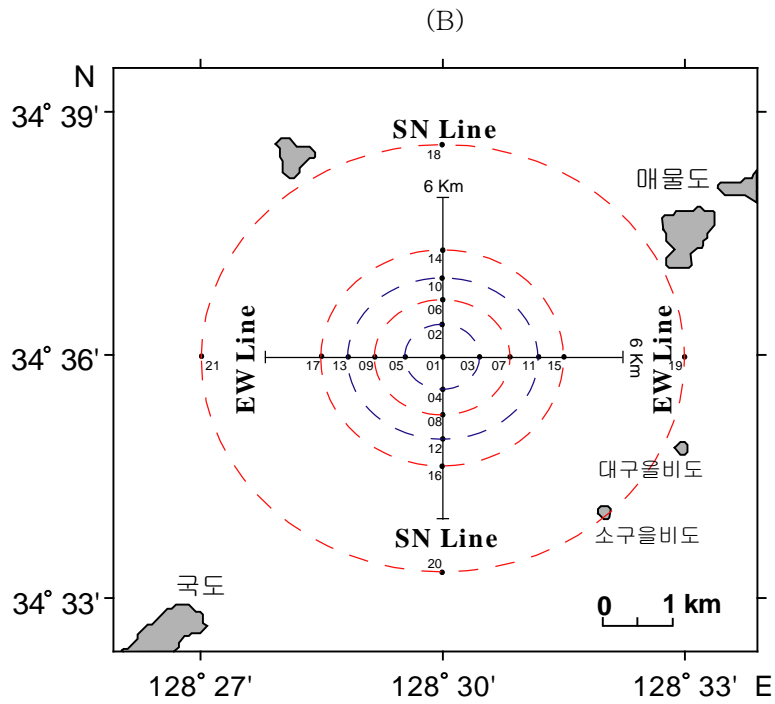
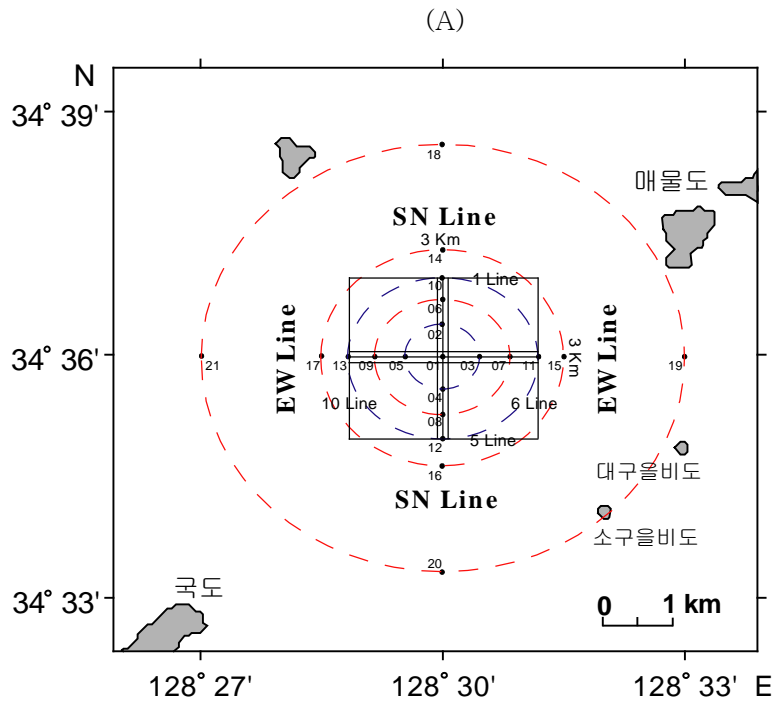


그림 1-1-2. 직경 3km인 관측라인과 CTD 관측정점(a), 직경 6km인 관측라인(b) (숫자는 CTD 관측 정점).

Fig. 1-1-2. Observation line along distance of 1.5km(a) and 3km(b) (Numbers is CTD observation point).

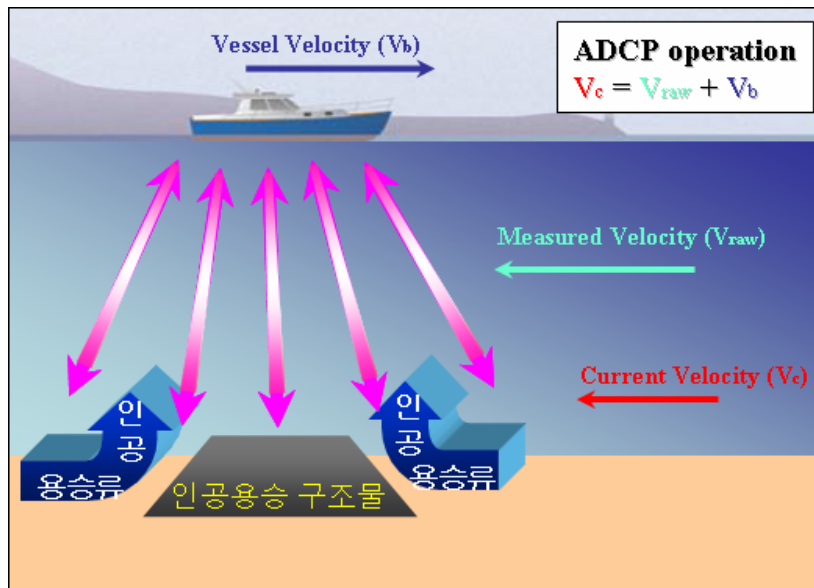


그림 1-1-3. 정선관측 방법 모식도.

Fig. 1-1-3. Schematic of line observation method.



그림 1-1-4. 탈·부착식 ADCP 유속계 현장관측 사진.

Fig. 1-1-4. Set up image of ADCP on the ship.

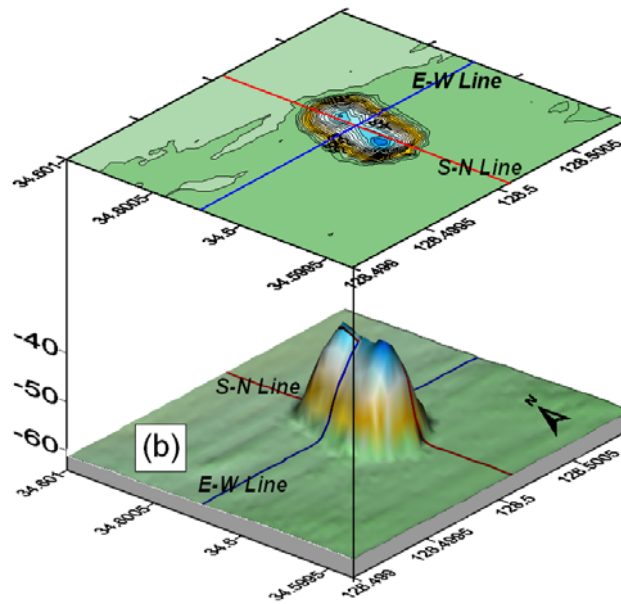
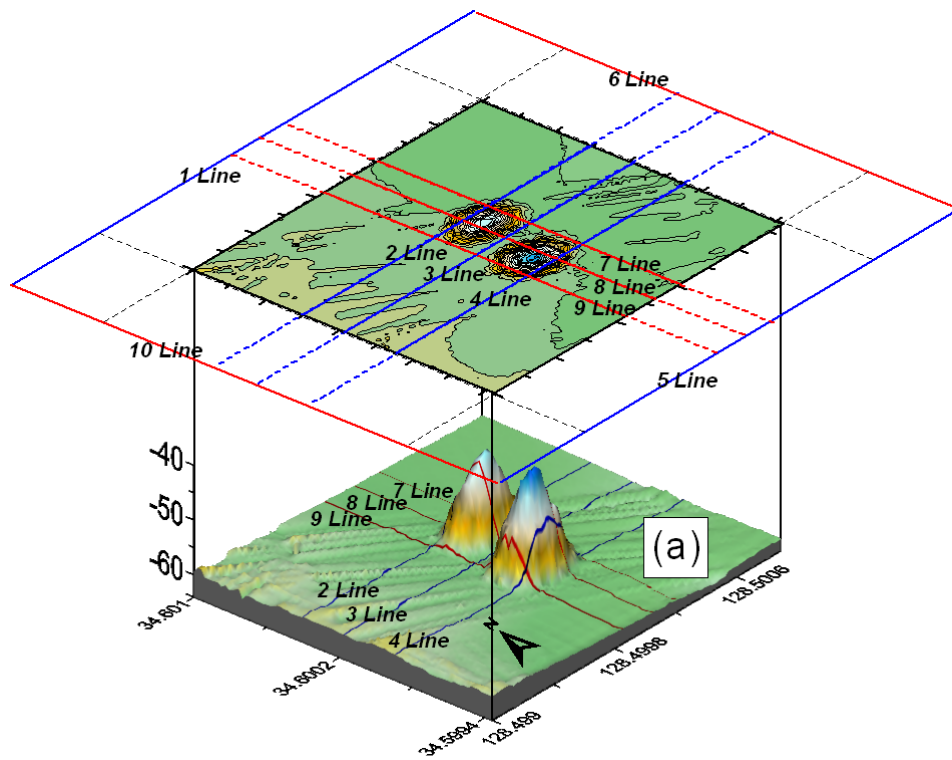


그림 1-1-5. 직경 3km인 관측라인(a)과 직경 6km인 관측라인(b)의 3차원 구조물 지형.

Fig. 1-1-5. 3-dimensional bathymetry map along distance of 3km(a) and 6km(b).

## 1.1.2. 연구결과

### 1.1.2.1. 연구해역의 수온 분포

연구해역의 수온의 계절분포를 보면 다음과 같다. 4월의 수온은 표층과 저층에 걸쳐 14.1~12.5℃의 분포를 보여 표층과 저층 사이에 온도 변화가 크게 나타나지 않았다. 정점별 수온의 수직분포를 남북성분 (SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들이 북쪽의 정점들에 비해 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 수온을 나타내었지만 가장 남쪽에 위치한 정점 20에서는 수심 10m부터 북쪽에 위치한 다른 정점들에 비해 낮은 수온을 나타내었다(그림 1-1-6). 따라서 남북성분의 수층별 평균 수온은 13.1(표층)~12.7(저층)의 분포로 표·저층간의 수온차는 약 0.4℃로 수온약층이 형성되지 않고 연직적인 혼합이 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 정점별 수온의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들이 수심이 더 깊었음에도 불구하고 서쪽의 정점들에 비해 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 수온을 나타내었다. 대부분의 정점에서 수심이 깊어질수록 수온이 감소하는 경향을 보였지만 서쪽에 위치한 대부분의 정점들에서는 평균 수심 20m를 기준으로 수심이 감소해도 수온이 변화하지 않는 경향을 나타내어 다른 정점들과 차이를 보이고 있다(그림 1-1-6). 동서성분의 수층별 평균 수온은 표층(13.6)~20m(12.8)까지는 남북성분에 비해 높았지만 20m 이심부터는 남북성분의 평균수온이 높은 경향을 나타내었다. 한편 수온의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 동쪽으로 고수온을 보였고 북쪽으로는 저수온 분포를 나타내고 있다(그림 1-1-7). 중층에서는 서쪽과 남쪽에서 조금 높은 수온을 보였지만 저층에서는 정점 간에 큰 차이를 보이지 않았다.

8월 수온은 전 수심 걸쳐 14.1~28.0 ℃의 수온 분포를 나타내어 정점과 수심에 따른 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 수온의 수직분포를 동서성분

(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들이 전 수심에 걸쳐 비교적 고수온을 보였다(그림 1-1-8). 구조물을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들의 경우 수심 20m를 지나면서 수온이 급격히 감소한 반면 동쪽에 위치한 정점들은 약 40m까지 비교적 완만하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 수온의 수평분포를 보면 표층에서는 구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점들이 조금 높은 수온을 보였으며, 중층 또한 동쪽에서 고수온 분포를 나타내었다. 저층에서는 서쪽에 위치한 정점 중 가장 서쪽에 위치한 15번 정점과 19번 정점이 다른 정점들에 비해 고수온을 나타내었다(그림 1-1-9).

10월 수온은 전 수심 걸쳐 13.2~22.4°C의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따른 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 수온의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1로부터 남쪽에 위치한 정점들에서 비교적 높았으며, 표층에서 수심 30m까지의 수온은 약 20°C 이상의 분포를 보이다가 수심 35m~45m 사이에서 급격하게 수온이 하강하는 경향을 보이고 있다(그림 1-1-10). 남북성분의 수층별 평균 수온은 약 22.2°C(표층)~13.4°C(저층)의 분포를 나타내어 수온의 변화가 크게 나타났다. 또한 구조물이 설치된 정점 1의 경우 다른 정점에 비해 깊은 수심까지 고수온이 나타나는 경향을 나타내었다. 정점별 수온의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점에서 저수온을 보였고, 남북성분과 마찬가지로 20°C 이상 수심 30m까지 지속되다가 수심 35m~45m 사이에서 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 동서성분의 수층별 평균 수온은 21.9°C(표층)~13.4°C(저층)의 범위를 나타내었으며 수심 45m이심에서는 비교적 저수온 분포로 수온의 변화가 발생하지 않는 경향을 보였다. 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 0.5km 거리에 있는 정점 3과 5는 다른 정점들에 비해 깊은 수심까지 고수온의 해수가 분포하는 경향을 보이고 있다. 한편 수온의 수평분포를 보면 표층에서는 큰 차이를 보이지 않고 고수온 분포를 보이고 있으며, 20m의 수심에서는 인공구조

물이 있는 정점 1을 기준으로 서쪽과 남쪽에 위치한 정점들에서 저수온 분포를 보였다(그림 1-1-11). 저층에서는 인공구조물이 위치한 정점 1에서 0.5km에 위치한 정점과 이를 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서 수온이 높게 나타나는 경향을 보였다.

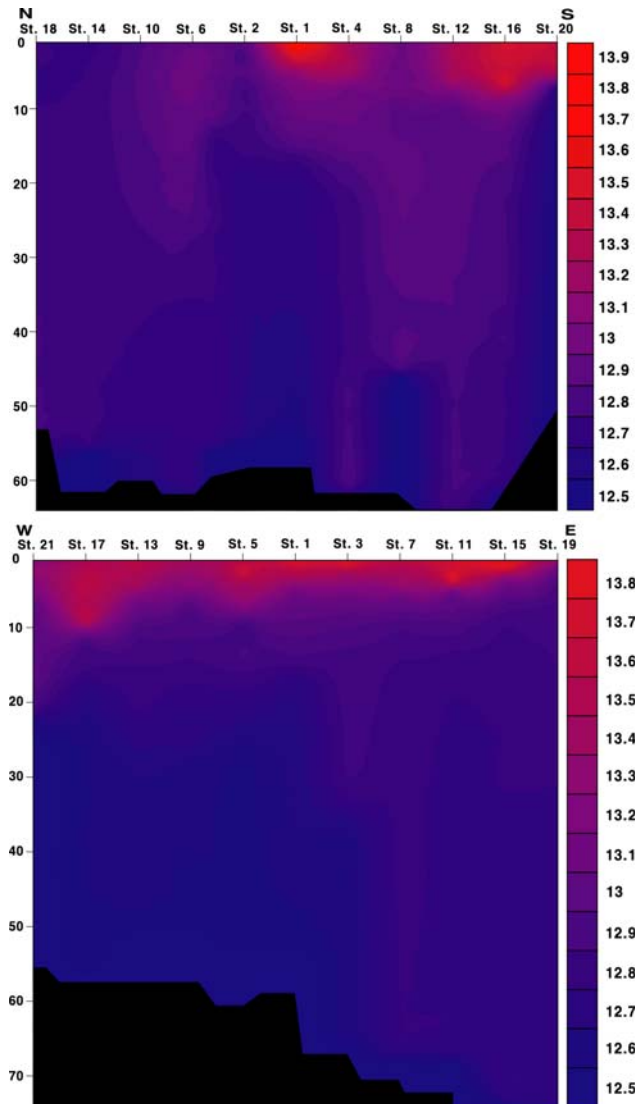


그림 1-1-6. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조.

Fig. 1-1-6. Vertical distribution of temperature in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

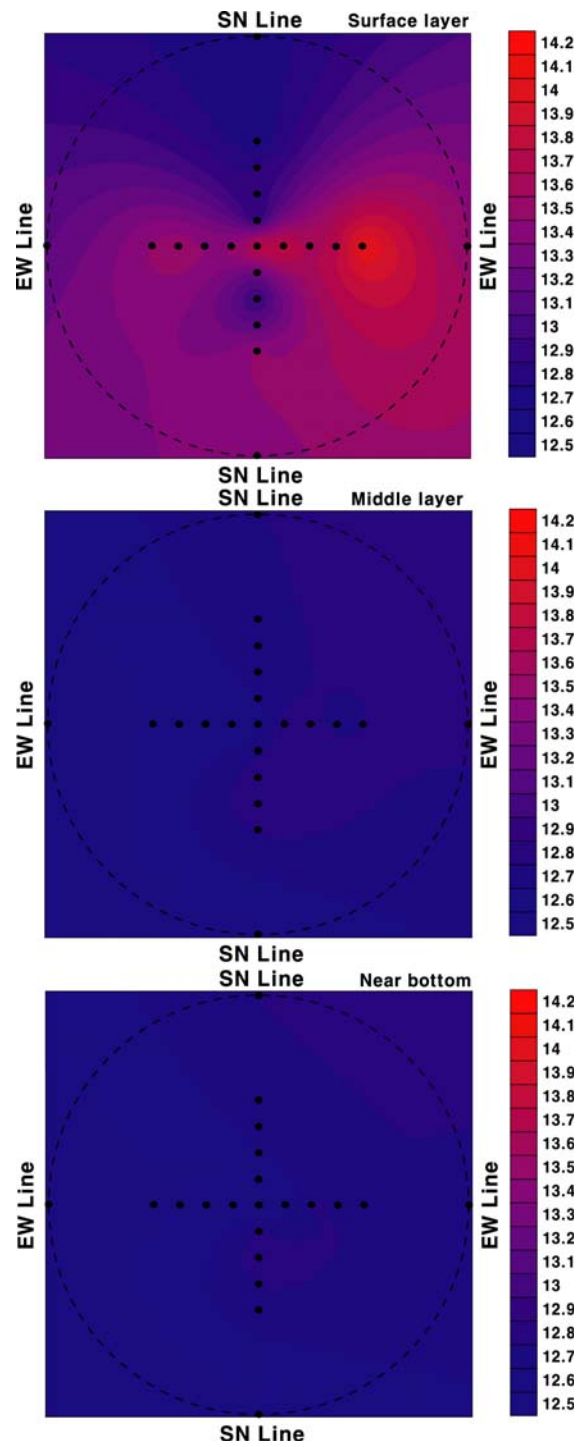


그림 1-1-7. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 수온의 수평 분포.

Fig. 1-1-7. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in April, 2006.

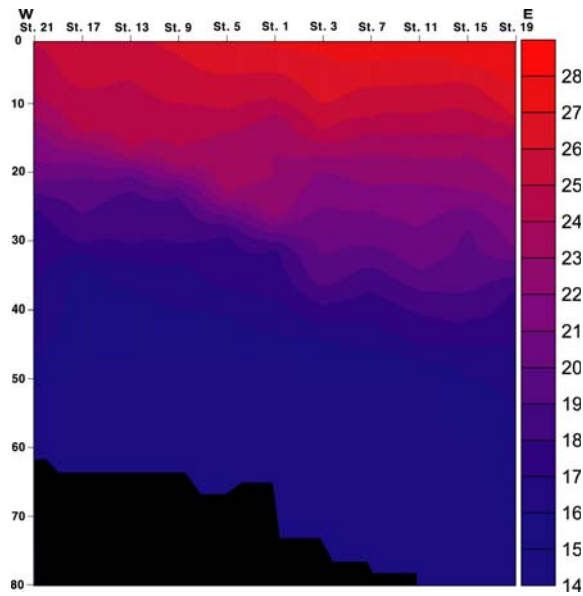


그림 1-1-8. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조.

Fig. 1-1-8. Vertical distribution of EW line temperature in August, 2006.

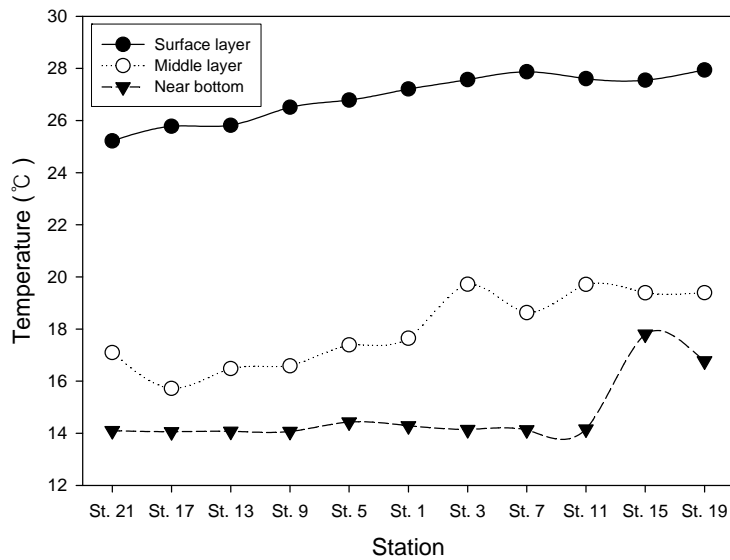


그림 1-1-9. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 수온의 수평 분포.

Fig. 1-1-9. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in August, 2006.



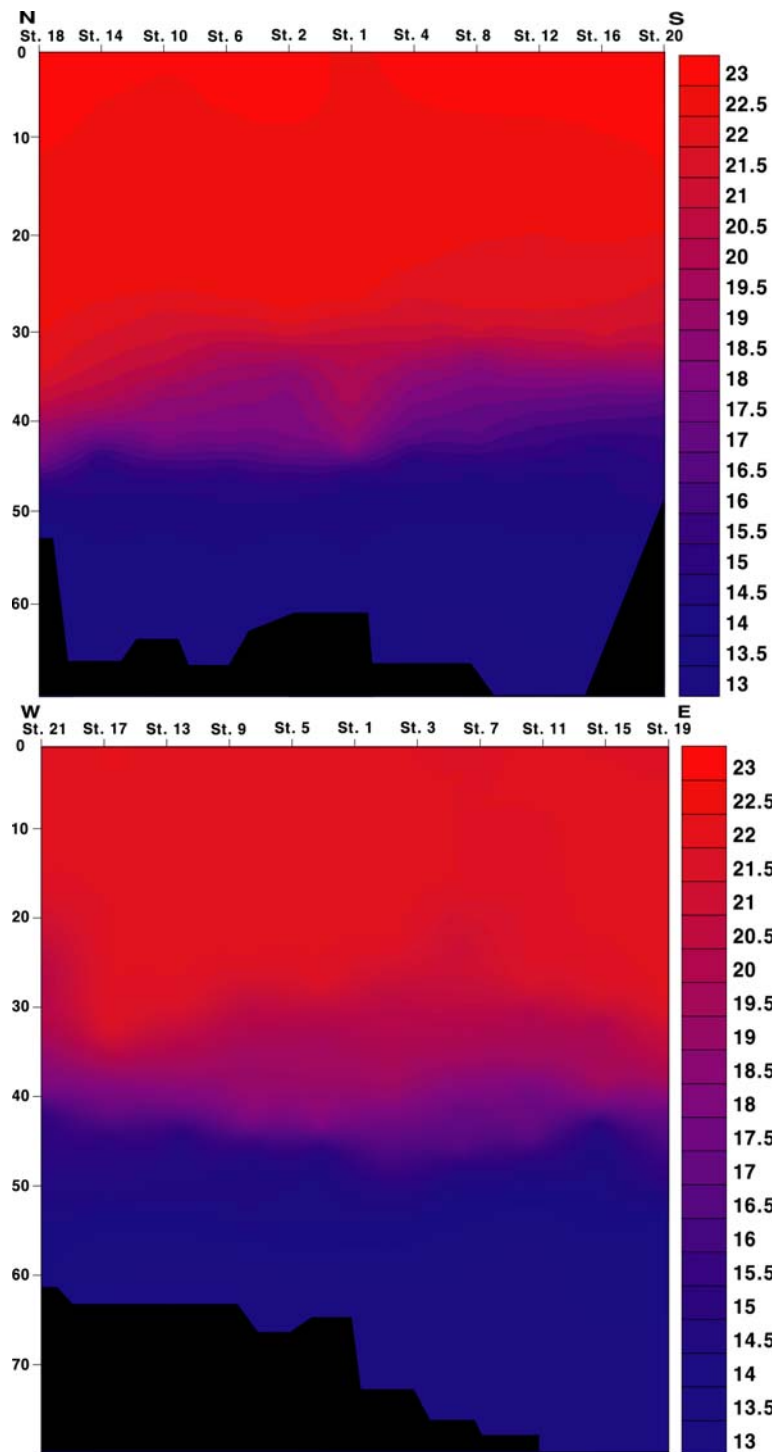


그림 1-1-10. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 수온 연직구조.

Fig. 1-1-10. Vertical distribution of temperature in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower).

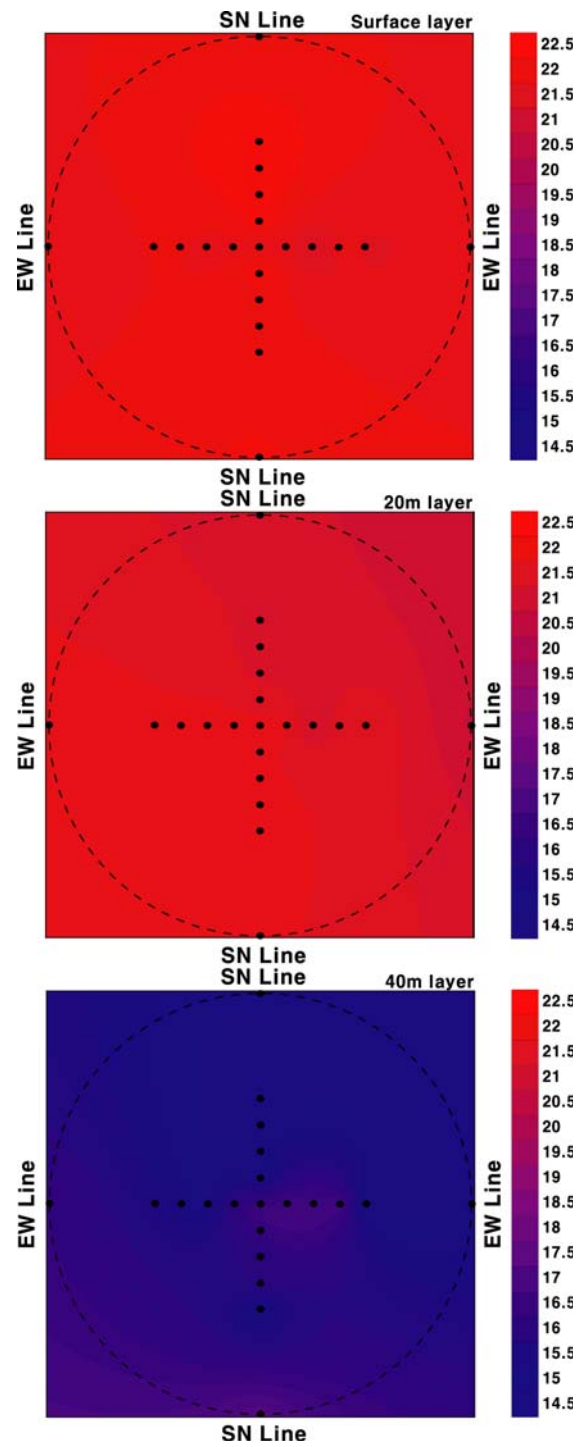


그림 1-1-11. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 수온의 수평 분포.

Fig. 1-1-11. Horizontal distribution of temperature at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in October, 2006.

### 1.1.2.2. 연구해역의 염분 분포

연구해역의 4월 염분은 표층과 저층에 걸쳐 33.11~34.77psu의 분포를 보여 표층과 저층 사이에 염분농도의 큰 차이를 나타나지 않았다. 정점별 염분의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들이 북쪽의 정점들에 비해 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 염분을 나타내었지만 가장 남쪽에 위치한 정점 20에서는 북쪽에 위치한 다른 정점들에 유사한 염분의 수직분포를 나타내었다(그림 1-1-12). 남북성분의 수층별 평균 염분은 표층에서 34.00psu를 나타내었고 10m (34.31psu)~저층(34.34psu)까지는 수심에 따른 큰 차이를 나타내지 않았다. 정점별 염분의 수직분포를 동서성분 (EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들이 서쪽의 정점들에 비해 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 염분을 나타내었다. 동서성분의 수층별 평균 염분은 표층에서 34.19psu를 나타내었고 수심 10m 및 20m에서는 각각 34.35psu, 34.34psu를 나타내었고 그 보다 깊은 수심에서는 34.33psu로 수심에 따른 염분차는 작았다. 염분의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 서쪽에서 가장 높은 염분을 나타내었고, 다음으로는 남쪽, 서쪽, 북쪽의 순이지만 그 차는 작았다(그림 1-1-13). 한편 중층과 저층에서는 정점 간 뚜렷한 차이는 볼 수 없었다.

8월에 염분은 평균 32.47psu을 나타내어 4월에 비해 염분농도가 감소하였으며, 표층과 저층에 걸쳐 30.24~33.89psu의 분포를 보여 표층과 저층 사이에 약 3.5psu 이상의 큰 염분차를 보이고 있다. 정점별 염분의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 전 수심에 걸쳐서 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들이 서쪽에 위치한 정점들에 비해 고염분 분포를 보이고 있다(그림 1-1-14). 서쪽에 위치한 정점들의 경우 수심 약 20m까지 비교적 저염분 분포를 보이다가 수심 20m 이심에서는 염분의 농도가 높아지고 염분의 변화폭이 일정한 경향을 보이고 있다. 한편 동

쪽에 위치한 정점들의 경우 수심 35m까지 완만하게 염분의 농도가 증가하다가 수심 35m 이심부터 염분의 변화는 거의 없었다. 8월 염분의 수평분포를 보면 표층에서는 비교적 큰 차이를 보이지 않았고, 중층과 저층에서는 구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에서 고염분 분포를 나타내었다(그림 1-1-15).

10월 염분은 평균 32.53psu로 표층과 저층에 걸쳐 33.56~33.55psu의 범위를 나타내어 표층과 저층 간의 염분 농도의 차는 작게 나타났다. 정점별 염분의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들이 남쪽에 위치한 정점들에 비해 저염분 농도를 보였으며, 수심 45m를 지나면서 염분 분포차는 거의 일어나지 않았다(그림 1-1-16). 남북성분의 수층별 평균 염분은 표층에서 31.80psu로 수심 20m까지 32.00psu의 저염분 분포를 보이다가 수심 40m에는 33.30psu를 나타냈다. 정점별 염분농도의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽과 서쪽으로 갈수록 염분농도가 감소하는 경향을 나타내어 인공구조물이 설치된 정점과 가까울수록 다른 정점들에 비해 고농도의 염분분포를 나타냈다. 동서성분의 수층별 평균 염분은 표층에서 31.60psu로 남북성분에 비해 조금 낮았으며 수심 10m 및 20m에서는 각각 31.85psu, 31.95psu를 나타냈다. 정점 간에는 염분이 큰 차이를 보이지 않았지만 수심 30m에서는 인공구조물이 설치된 정점 1의 주변역과 서쪽에 위치한 정점들에서 비교적 높은 염분농도를 보이고 있으며, 수심 45m이심에서는 정점 간 염분분포의 차이는 거의 없었다. 10월 염분의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 서쪽에서 저염분 분포를 나타내고, 그 이외의 해역에서는 비슷한 염분 분포를 보이고 있다(그림 1-1-17). 수심 20m에서는 북쪽과 서쪽에서 비교적 고염분 분포를 나타내고 서쪽과 남쪽역에서는 저염분 분포를 보이고 있다. 수심 40m에서는 정점 간 큰 차이를 보이지 않고 일정한 염분 농도분포를 보이고 있다.

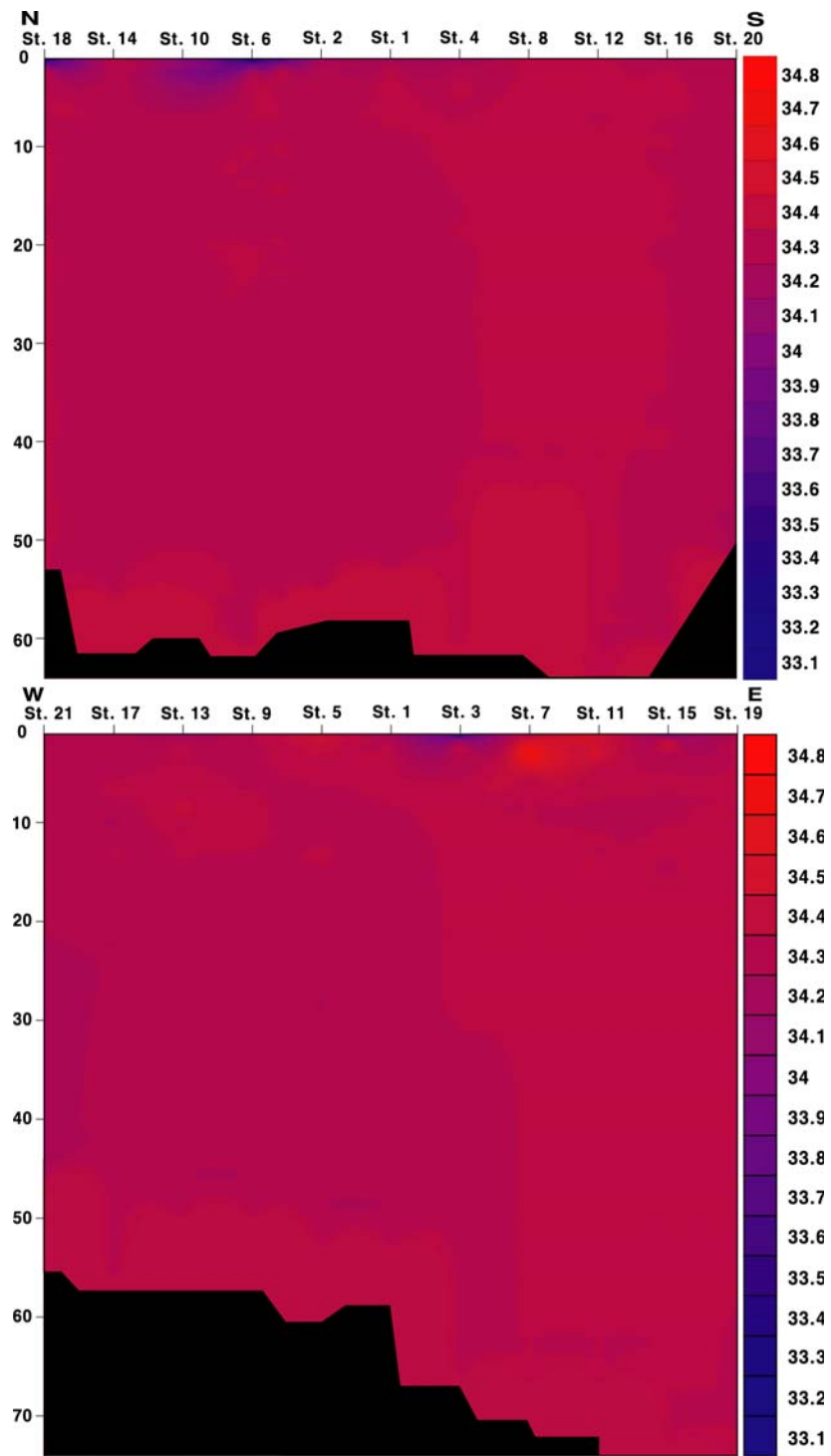


그림 1-1-12. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 염분의 연직구조.

Fig. 1-1-12. Vertical distribution of salinity in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

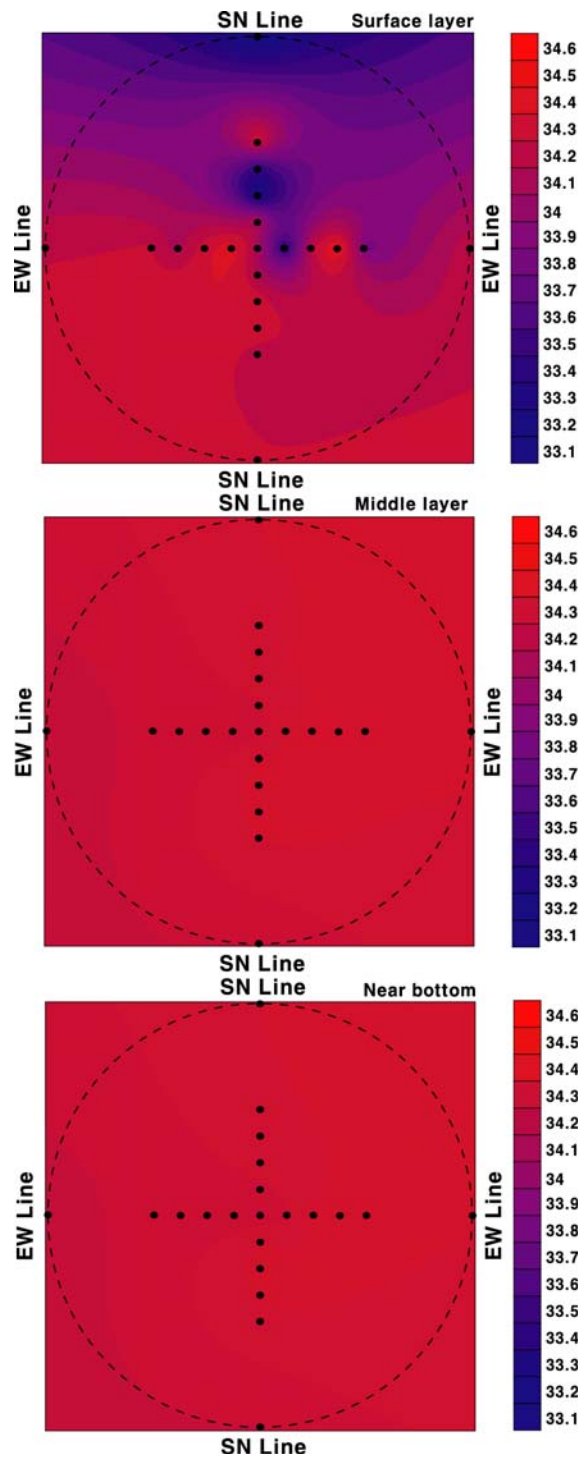


그림 1-1-13. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 염분의 수평 분포.

Fig. 1-1-13. Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in April, 2006.

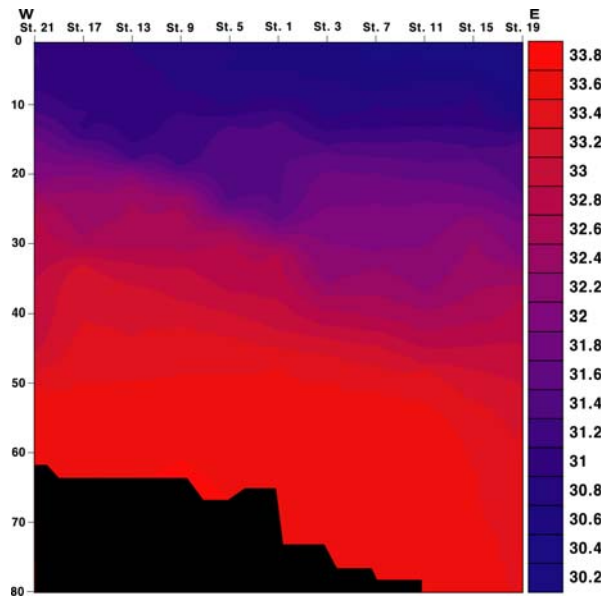


그림 1-1-14. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 염분의 연직구조.

Fig. 1-1-14. Vertical distribution of EW line salinity in August, 2006.

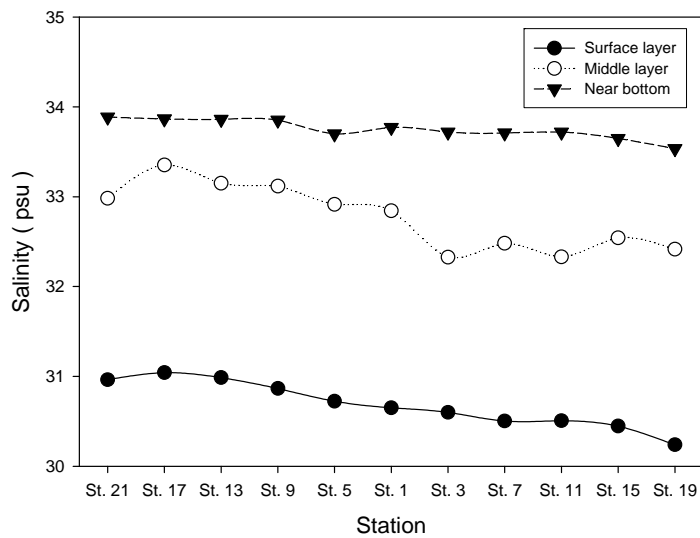


그림 1-1-15. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 염분의 수평 분포.

Fig. 1-1-15. Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in August, 2006.

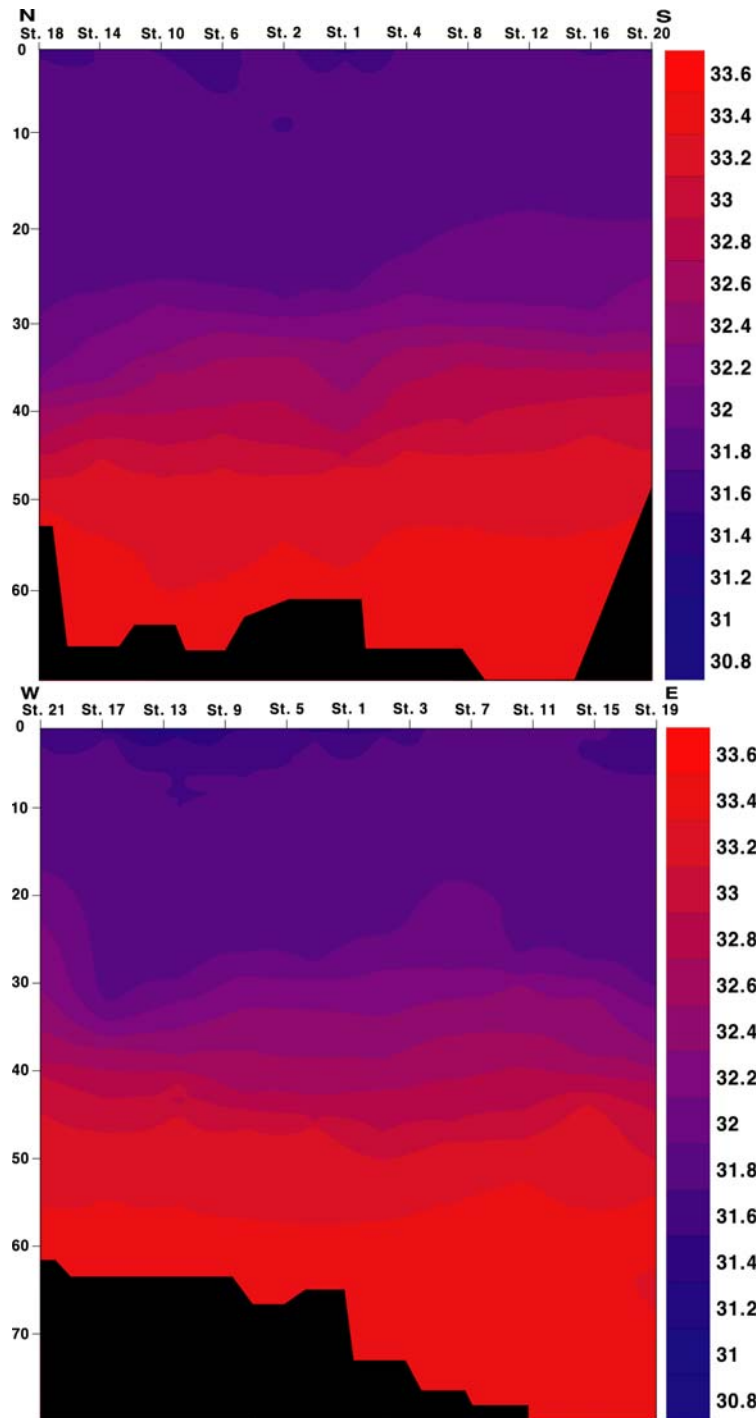


그림 1-1-16. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line) 염분의 연직구조.

Fig. 1-1-16. Vertical distribution of salinity in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).



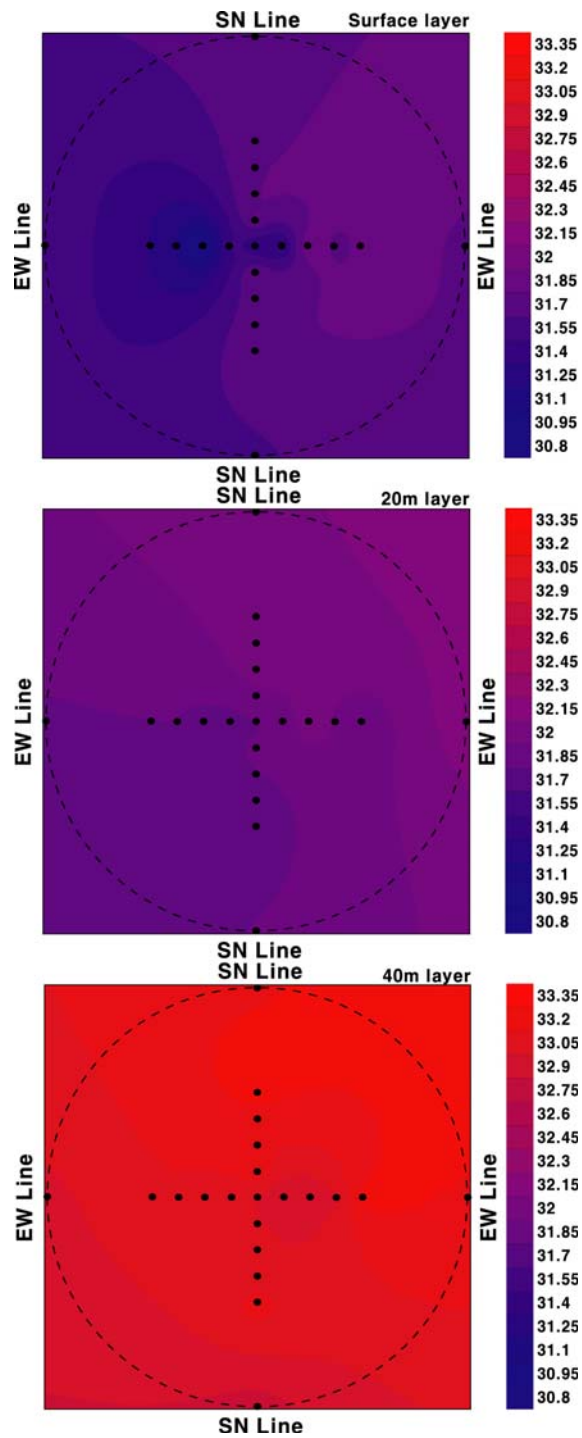


그림 1-1-17. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 염분의 수평 분포.

Fig. 1-1-17. Horizontal distribution of salinity at surface layer(1m), middle layer(30m), near bottom in October, 2006.

### 1.1.2.3. 연구해역의 해수 유동 분포

연구해역의 해수유동 관측 개요는 다음과 같다. 3차년도 구조물 투하 전인 2006년 5월 4일 및 5월 30일에 직경 3km의 E-W line과 S-N line으로 유동관측을 실시하였다. 한편 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일과 10월 14일에는 직경 3km로 유동관측을 실시하였다. 2006년 10월 14일 관측 시 CTD를 이용하여 수온 및 염분 관측도 병행하여 실시하였다. 구조물에 의한 확산 범위를 알기 위하여 기존의 직경 3km에서 실시한 조사 영역에서 직경 6km로 확대하여 2006년 10월 27일과 11월 30일에 정선관측을 실시하였으며 수온과 염분관측도 병행하여 실시하였다(Table 1-1-1).

표 1-1-1. 해수 유동 정선관측 개요

Table 1-1-1. Plan of line observation

구조물 형태	일시	조석시기	관측 line의 거리	각 조시별 순서	CTD 관측 유무
3차년도 구조물 투하 전	5월 4일	Neap tide	직경 3km	Flood - Ebb	×
	5월 30일	Spring tide	직경 3km	Flood - Ebb	×
3차년도 구조물 투하 완료 후	7월 27일	Spring tide	직경 3km	Ebb- Flood	×
	10월 14일	Neap tide	직경 3km	Ebb- Flood	○ (Flood)
	10월 27일	Mid tide (spring→neap)	직경 6 km	Flood - Ebb	○ (Flood)
	11월 27일	Neap tide	직경 6 km	Ebb - Flood	○ (Flood)

그림 1-1-18은 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)시에 실시한 관측 당일의 조석자료(통영검조소 기준)를 나타낸 것이다. 3차년도 구조물 투하 완료 전인 2006년 5월 4일 소조기에 실시한 정선관측은 창조류에서 낙조류 순으로 관측을 실시하였으며 5월 30일 대조기에 실시한 관측은 창조류에서 낙조류 순으로 관측을 실시하였다.

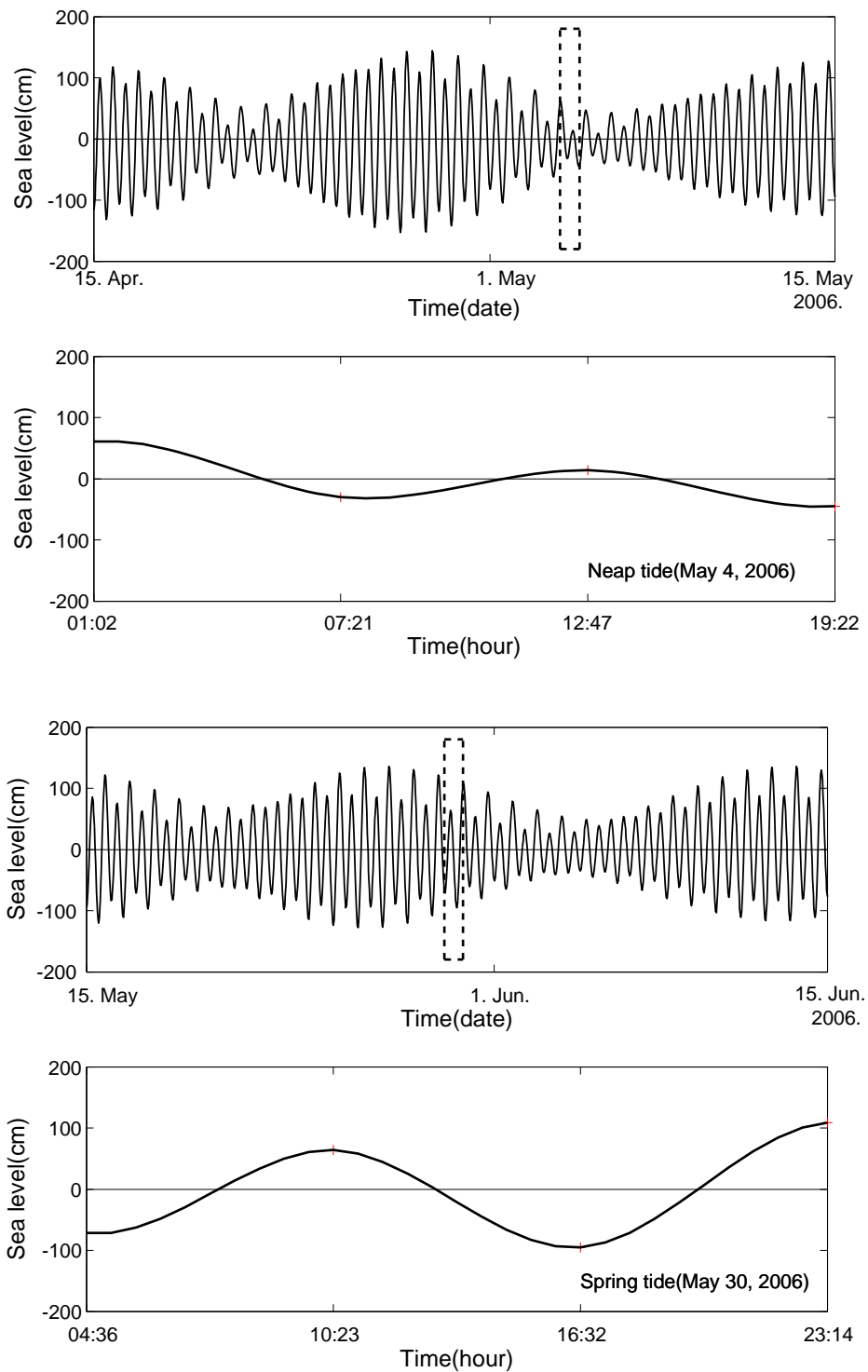


그림 1-1-18. 2006년 5월 4일(소조기)와 5월 30일(대조기)의 조석자료(통영  
검조소 기준).

Fig. 1-1-18. Tide curve at 4th May (neap tide) and 30th May  
(spring tide), 2006 at Tongyoung.

그림 1-1-19, 20 및 21는 2006년 5월 4일 소조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 각 그림의 x축은 E-W line 유동 조사시에는 경도( $^{\circ}$ ), S-N line 상에서는 위도( $^{\circ}$ )를 각각 나타내고 있으며, y축은 수심(m)을 나타내고 있다. 구조물에서 위도 상으로 직경 3km 떨어진 1 line과 5 line은 남동류의 흐름이 전 수심에 걸쳐 나타나고 있다. 또한 구조물의 중심부분을 지나간 2, 3, 4 line은 전 수심에서 남동류의 흐름이 전반적으로 우세하게 분포하고 있다. 한편 1-4 line에서의 수심 약 50m 이심부분에서는 남동류와 북동류의 흐름이 분산되는 분포를 나타내고 있다. 6 line은 표층에서부터 수심 약 43m까지의 분포는 남동류의 흐름이 전 지역에서 나타나고 있으나, 수심 약 43m 이심부에서는 남동류의 흐름과 북동류의 흐름과 작게 분산되어 나타나고 있다. 또한 구조물 주변지역인 7, 8 및 9 line에서 8 line을 제외한 7과 9 line은 전체적으로 남동류의 흐름이 우세하게 나타나고 있으며, 8 line에서는 수심 약 40 m 이심부에서 6 line과 마찬가지로 북동류와 함께 흐름이 분산되고 있다. 또한 8 line의 유속 크기는 7과 9 line의 분포보다 작게 나타났다. 그리고 10 line은 전체적으로 남동류의 흐름이 나타났으며 6-9 line 보다 유속크기가 작게 나타났다. 따라서 소조기 창조시의 유동을 보면 전반적으로 남동류의 흐름이 우세하였으며, 수심 43m 이심에서는 남동류와 북동류의 흐름이 분산하여 나타나는 해역도 있다.

그림 1-1-22, 23 및 24는 2006년 5월 4일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 구조물에서 위도 상으로 직경 3km 떨어진 1 line 은 구조물을 주변으로 서쪽역에서 북동류의 흐름이 미약하게 존재하고 있으며 구조물 주변부에서부터 동쪽역까지 남동류의 흐름이 전 수심에 걸쳐 우세하게 나타나고 있다. 또한 구조물 주변부를 지나간 2-4 line은 1 line과 비슷한 분포로 2 및 4 line의 서쪽역에서 북동류와 남동류의 분산되고 있으며, 3 line의 서쪽역에서는 북동류의 흐름이 남동류 보다 우세하게 나타났다. 또한 구조물 주변부에서부터 동쪽역까지는

2-4 line 모두 남동류의 흐름이 전 수심에 걸쳐 우세하게 나타났다. 가장 남쪽지역을 지나는 5 line은 1-4 line과는 다른 양상으로 전체적으로 북동류의 흐름이 우세하게 나타났으며, 동쪽역에서 남동류의 흐름이 일부 나타났다. 6 line은 전 수심에 걸쳐 남동류의 흐름이 우세하게 나타났으며, 구조물 주변부를 지나는 7과 9 line은 구조물 주변부의 남쪽역 수심 약 30 m 이심부터 구조물 주변역 수심 약 50m 까지는 남동류와 북동류의 흐름이 분산되거나 그 흐름이 미약하게 나타나고 있으며, 그 외 지역과 수심에서는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 또한 8 line에서는 북동류의 흐름과 그 범위가 커져 34.587-34.594°E까지 전 수심에서 북동류의 흐름이 나타나고 있으며 34.594°E 부터 북쪽역까지 수심 약 40m 이천에서는 남동류, 그 이심에서는 북동류의 흐름이 나타났다.

이와 같이 2006년 5월 4일 소조기에 실시한 정선관측 결과 창조시와 낙조시 모두 일부 지역과 수심을 제외하고 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

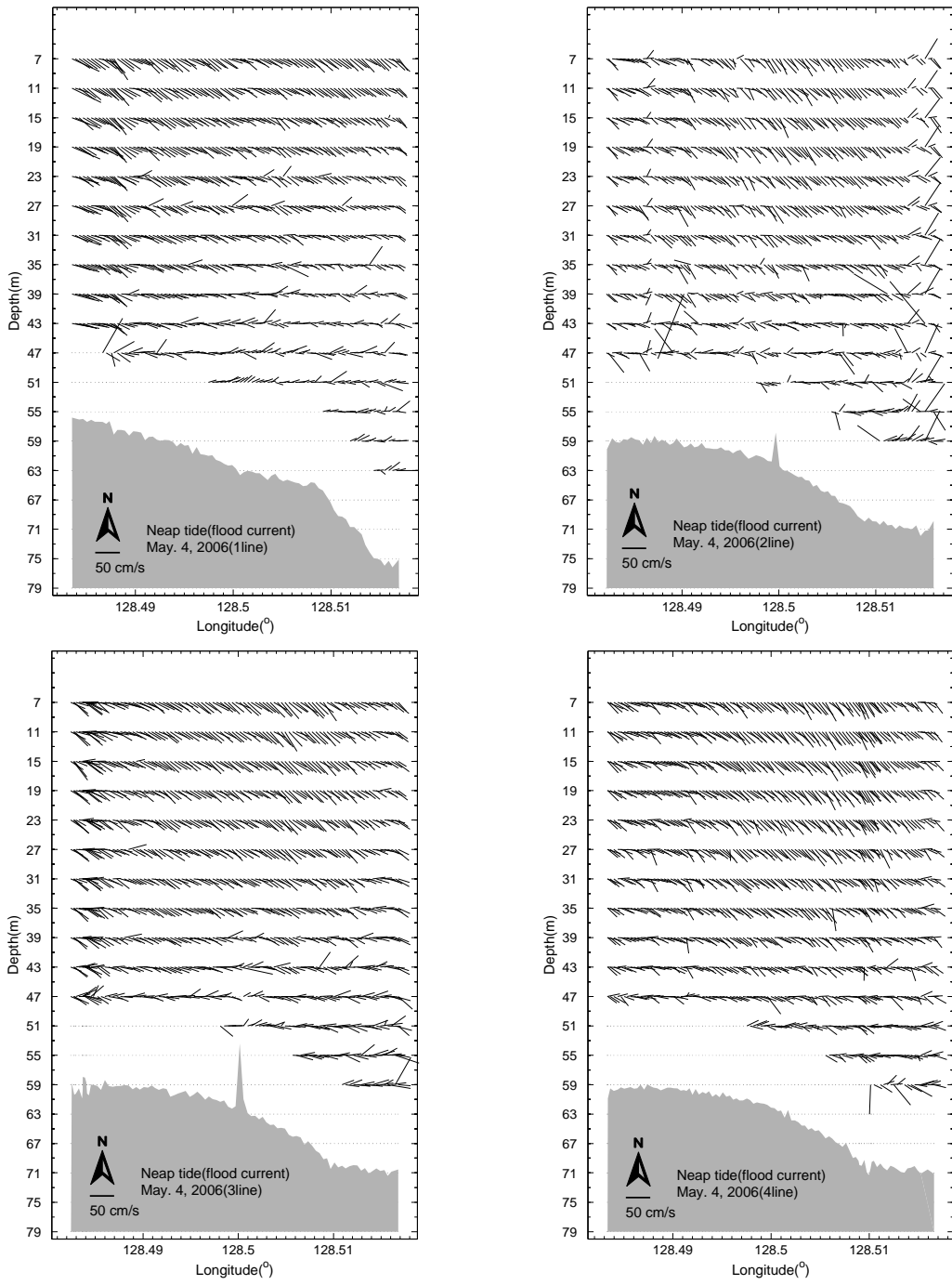


그림 1-1-19. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-19. Vertical distribution of stick vector along the E-W line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).

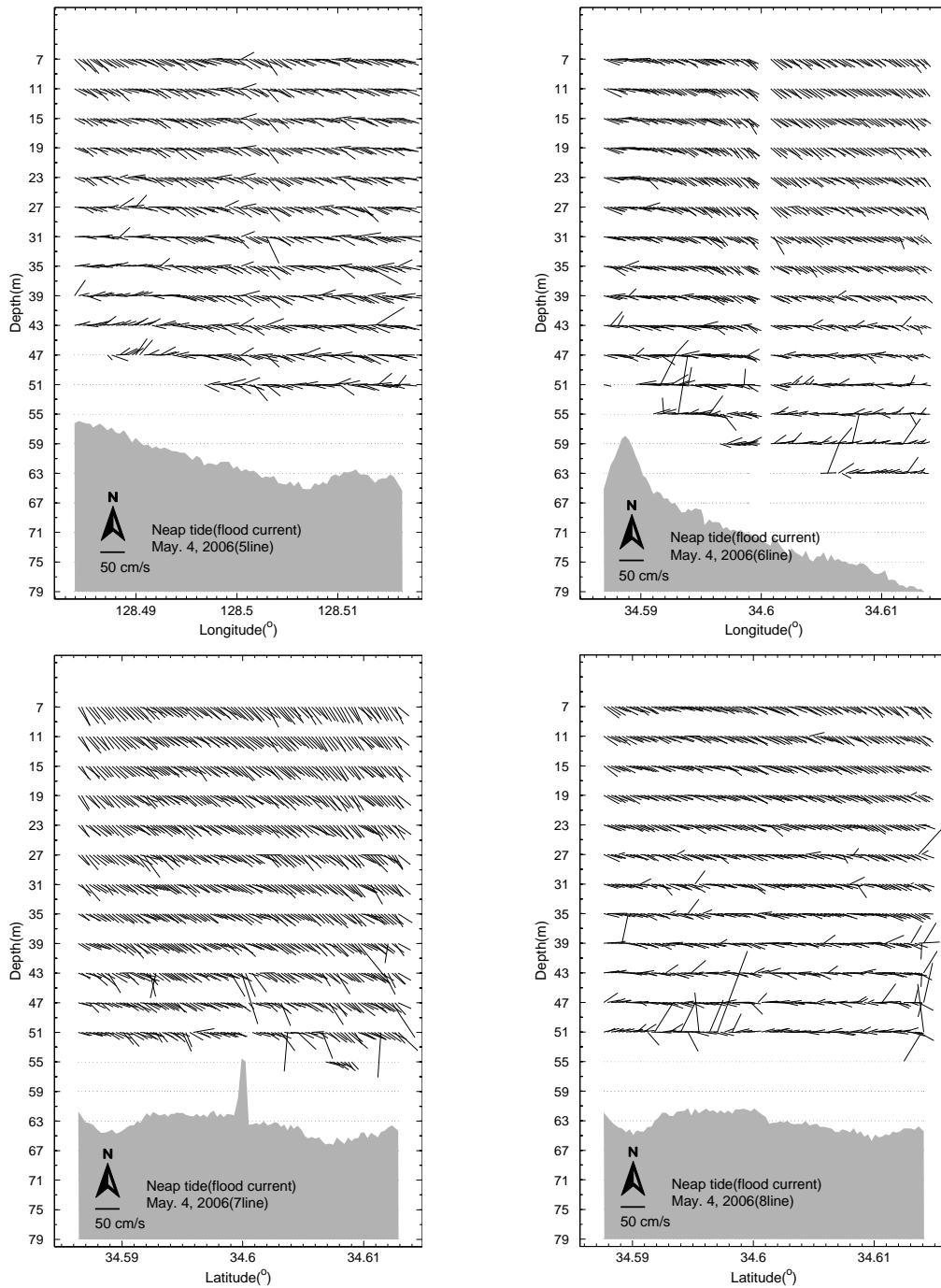


그림 1-1-20. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-20. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).

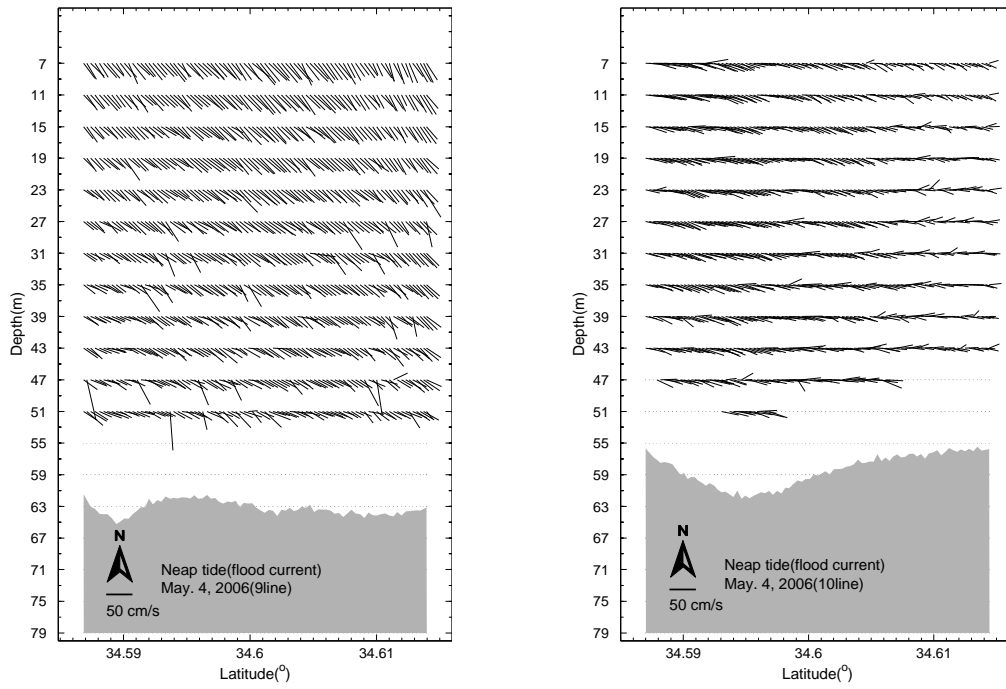


그림 1-1-21. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-21. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).



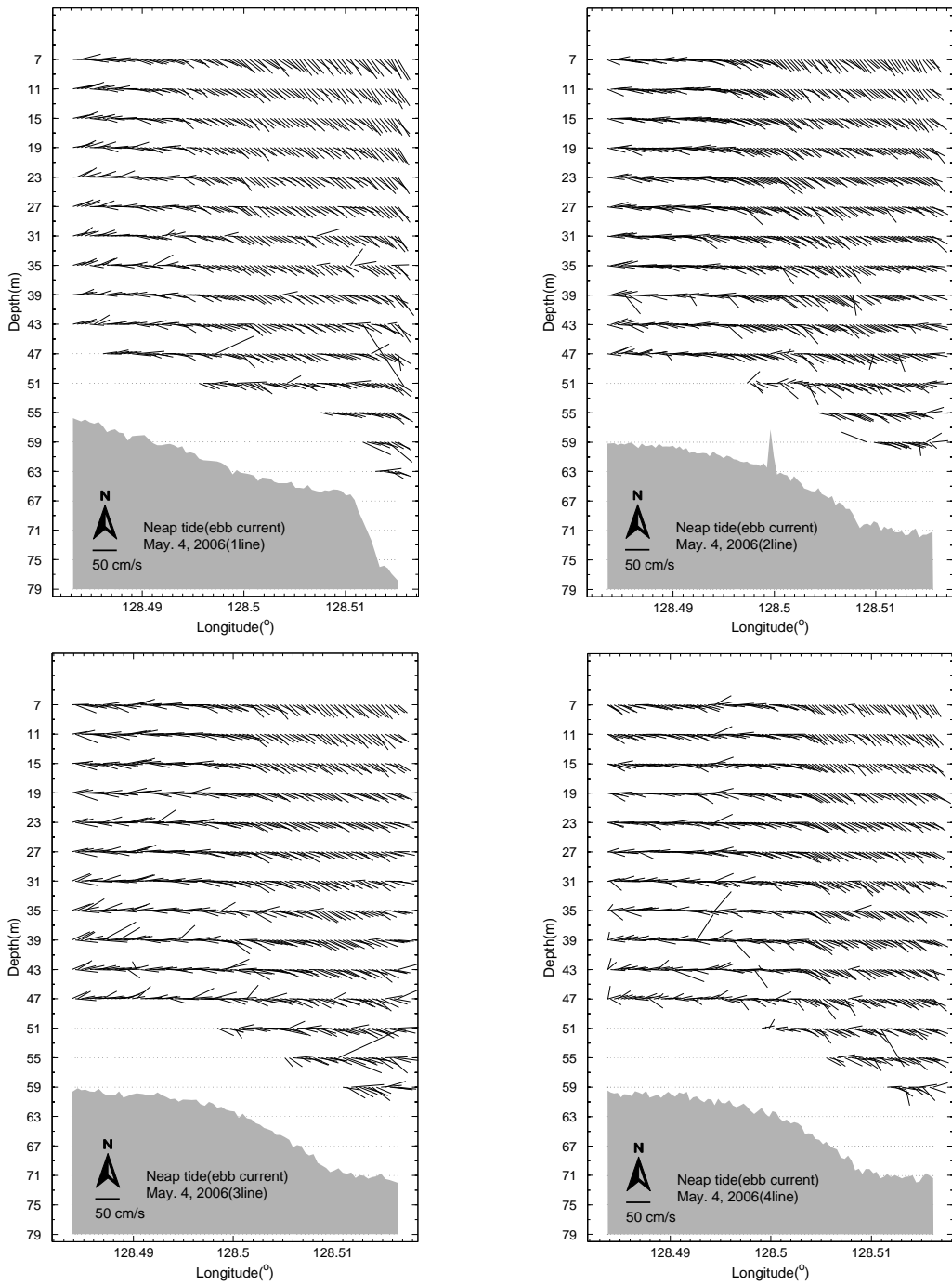


그림 1-1-22. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직유동 분포.

Fig. 1-1-22. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).

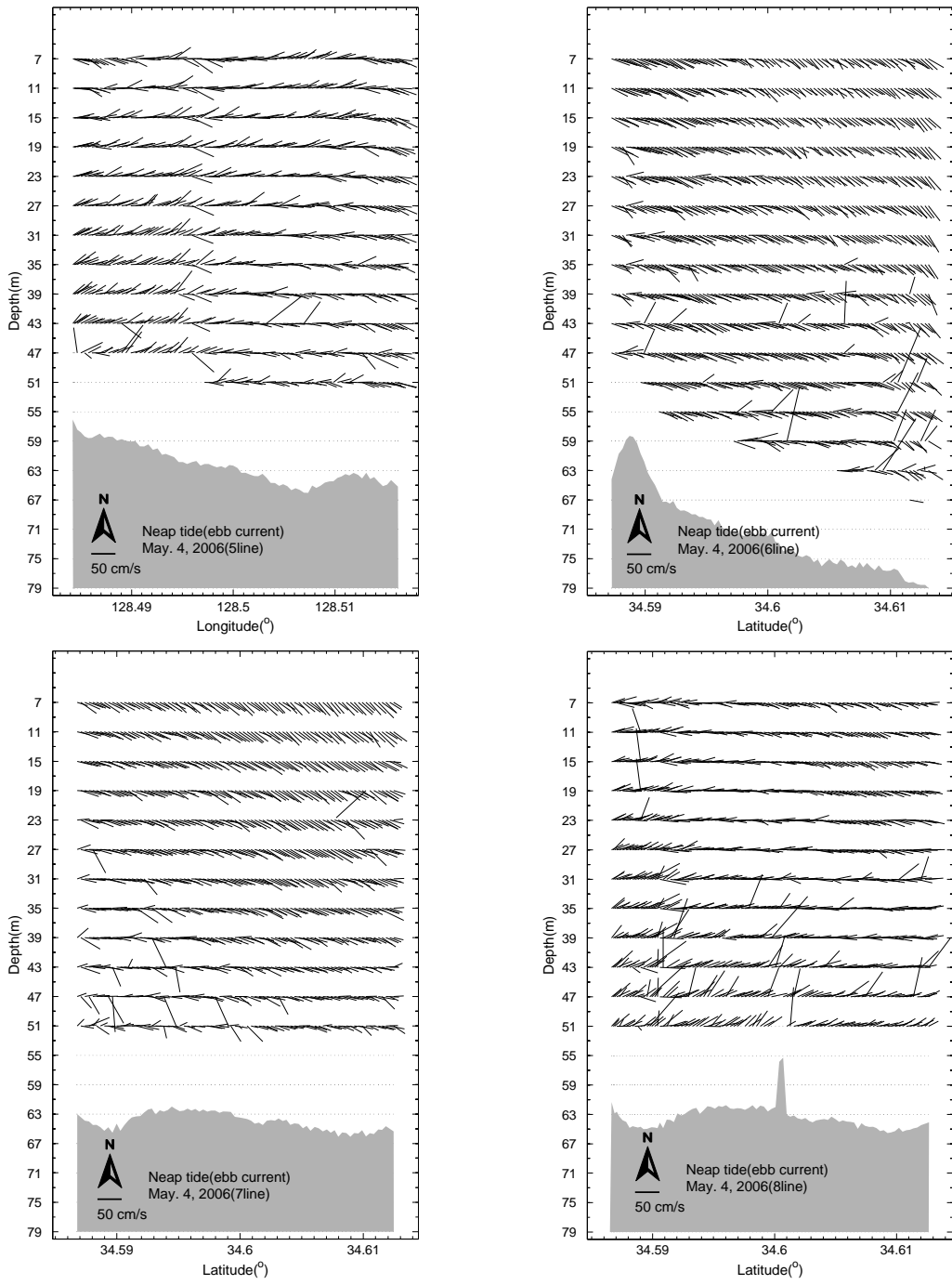


그림 1-1-23. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-23. Vertical distribution of stick vector along the S-N line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).

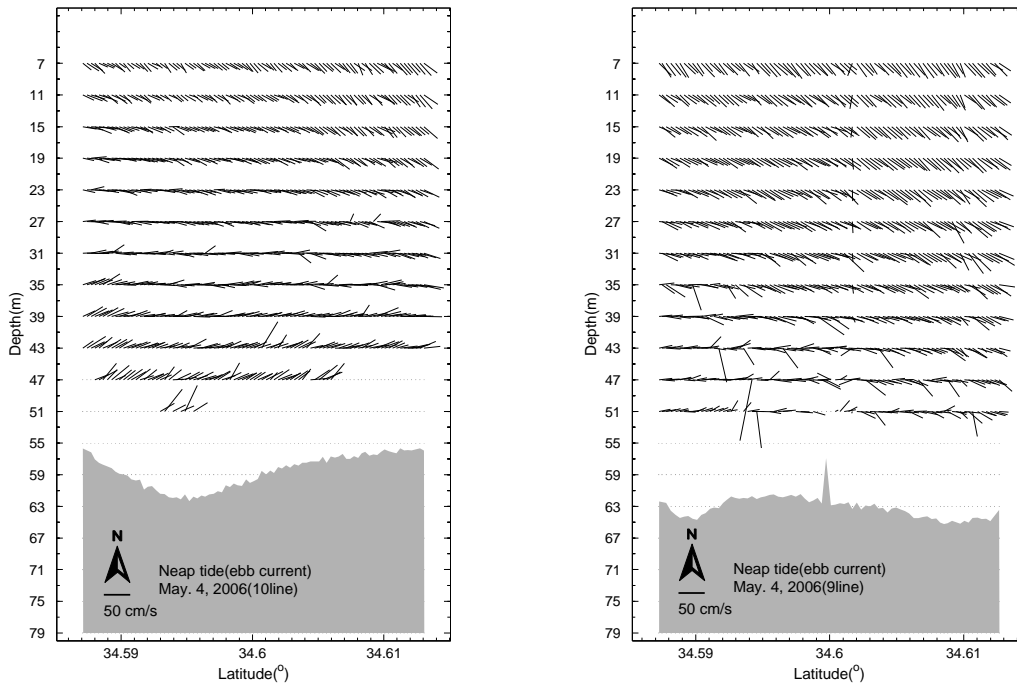


그림 1-1-24. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-24. Vertical distribution of stick vector along the S-N line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).

그림 1-1-25 및 26는 2006년 5월 30일 대조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 구조물에서 1.5km 떨어진 해역을 지나는 1 line은 수심 약 30m 이천에서 전 지역적으로 남동류의 흐름이 나타나고 있고 수심 약 30~35m 지역에서는 그 흐름이 남동류와 북동류로 미약하게 분산되고 있다. 또한 수심 약 40m 이심으로는 북동류와 북향류의 흐름이 우세하게 나타나고 있다. line 2에서는 구조물 주변에서 수심 약 30m를 기준으로 이천에서는 남향류, 이심에서는 북향류의 흐름이 우세하였다. 또한 동쪽역으로 갈수록 남동류와 북동류의 흐름의 경계가 되는 수심이 약 20m로 알아졌다. 5 line에서도 구조물 주변부 수심 약 30m 이천에서는 남향류, 그 이심에서는 북동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 구조물에서 횡축으로 1.5km 떨어진 6 line에서는 남쪽역인 34.587°N지

역에서는 전 수심에 걸쳐 북향류 및 북동류의 흐름이 우세하게 나타났으며 저층으로 갈수록 크기가 강하게 나타났다. 34.6°N에서는 수심 약 30m 이천에서는 남동류, 이십에서는 북향류 및 북동류의 흐름이 우세하게 나타났으며 저층에서의 북동류의 크기가 강하게 나타났다. 구조물 투하지역의 주변을 지나는 7 line에서는 6 line과 비슷한 흐름분포를 나타내고 있으나 남쪽역과 북쪽역의 종단면을 지나는 경계부의 상층에서는 6 line 보다 북향류의 흐름이 강하게 나타났다. 구조물 투하지역을 종단면으로 지나는 8 line은 수심 약 30m를 기준으로 이천에서는 남향류의 흐름이 우세하였고 이십에서는 북동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 9 line에서는 흐름의 방향이 달라지는 경계수심이 남쪽역으로 갈수록 얕아져 수심 약 20m 분포를 나타내고 있고 북쪽역에서는 최대 수심 약 40m까지 나타났다. 이러한 경계수심을 경계로 상층부의 남쪽역에서는 북동류의 흐름이 하단부의 남쪽역에서는 북동류의 흐름이 강하게 나타나고 있으며 북쪽역으로 갈수록 그 흐름이 약하게 존재하였다.

그림 1-1-27, 28 및 29은 2006년 5월 30일 대조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 1, 2, 3 및 4 line에서 수심 약 40m를 기준으로 이천에서는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났으며 해저지형을 따라 수심이 깊어질수록 북동류의 흐름이 미약하게 나타났다. 5 line에서는 수심 약 40m를 경계로 상층에서는 남동류, 하층에서는 북동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 구조물에서 1.5km 떨어진 line인 6 및 10 line에서 지역과 수심에 따라 남동류와 북동류의 흐름이 다르게 나타났으나, 구조물 주변부를 지나는 6, 7 및 8 line에서는 전 수심 및 지역에 걸쳐 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

이와 같이 2006년 5월 30일 대조기에 실시한 정선관측의 결과는 창조시에는 지역적으로 흐름의 방향이 달라지는 경계수심의 분포가 서로 다르게 나타났다. 경계수심의 상층에서는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났고, 하층에서는 북동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 또한 E-W line과 S-N line을

비교하면 E-W line은 동쪽역으로 갈수록 경계수심이 얕아지고 S-N line은 남쪽역으로 갈수록 경계수심이 얕아졌다. 또한 낙조시에는 창조시와 다르게 경계수심이 거의 존재하지 않았으며 S-N line의 6 및 10 line과 수심 약 50m 이심을 제외하고 남동류의 흐름이 전 수심에 걸쳐 우세하게 나타났다.

따라서 3차년도 구조물 투하 완료 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)에 실시한 정선관측 결과 소조기시에는 지역적으로 동쪽역 및 서쪽역, 남쪽역 및 북쪽역에서 흐름의 방향 및 크기가 다르게 나타났다. 또한 창조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났으나 대조기에는 경계수심의 존재로 상층과 하층이 남동류 및 북동류로 각각 다르게 나타났으며 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 이와 같이 대조기시의 흐름의 방향이 달라지는 경계수심의 존재는 구조물 투하 완료 전까지의 구조물의 형상이 2개의 해중산을 이루고 있기 때문에 해중산 사이의 골 지역에서 저층의 흐름이 변화하다가 상층까지 도달하지 못하고 골 지역으로 인하여 해수 유동이 분산되어 상층의 흐름과 하층의 흐름이 다르게 나타났다고 생각된다. 또한 소조기시에는 대조기시보다 전체적인 흐름의 크기가 미약하여 대조기보다 경계수심의 존재가 미약하게 나타났다고 생각된다.

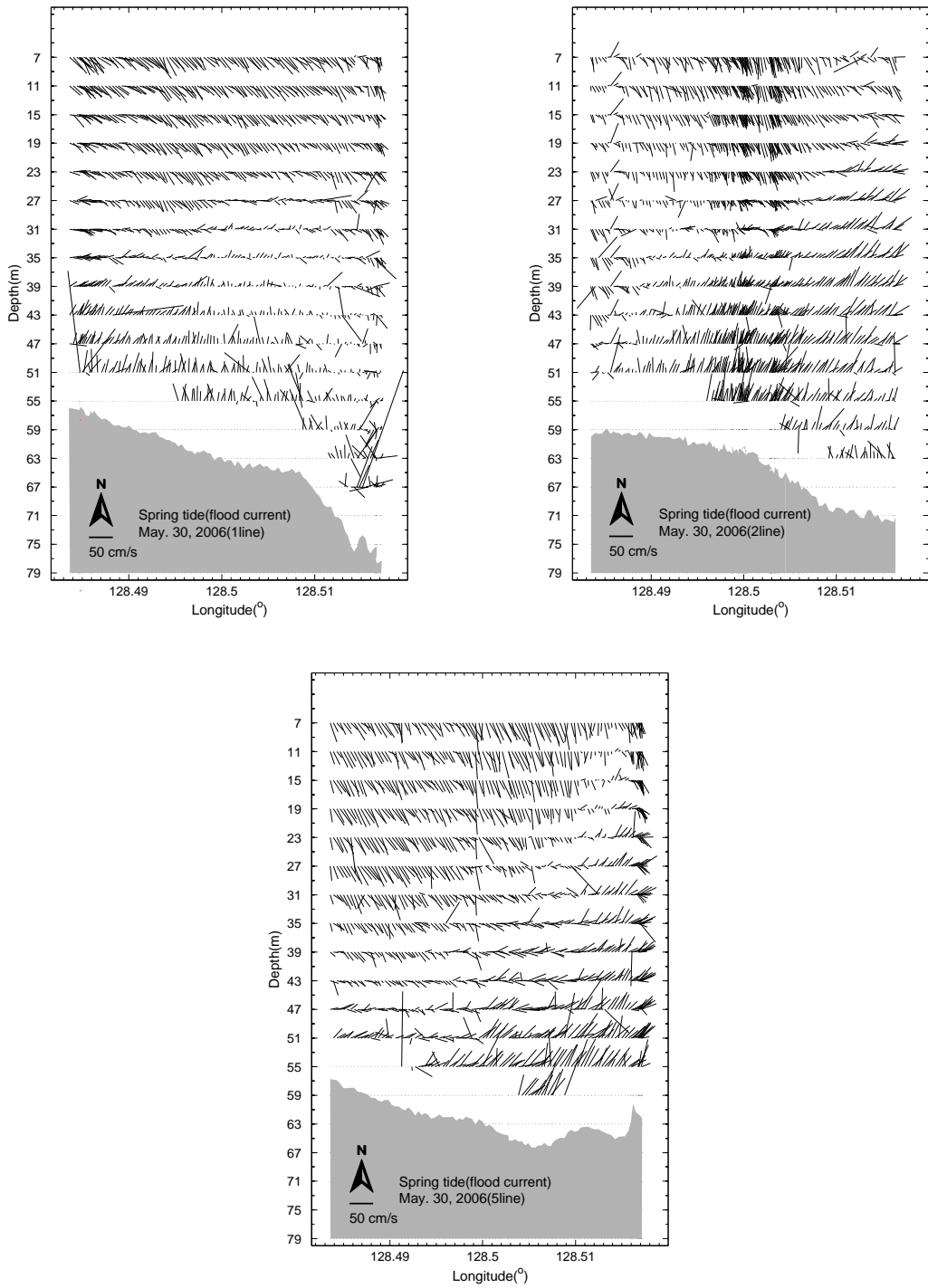


그림 1-1-25. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 1, 2 및 5 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-25. Vertical distribution of stick vector along the 1, 2 and 5 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide).

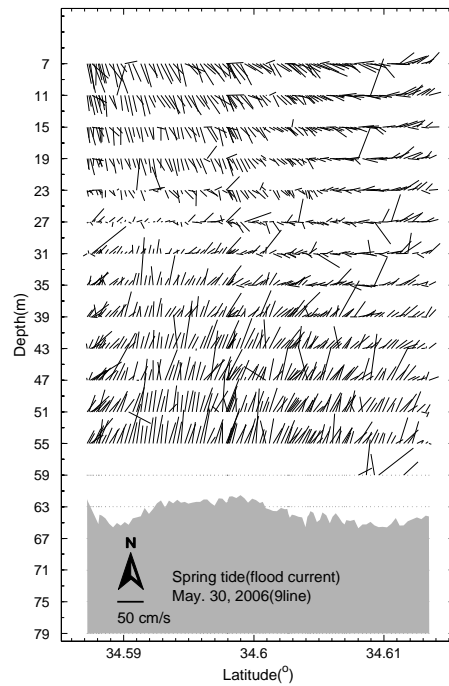
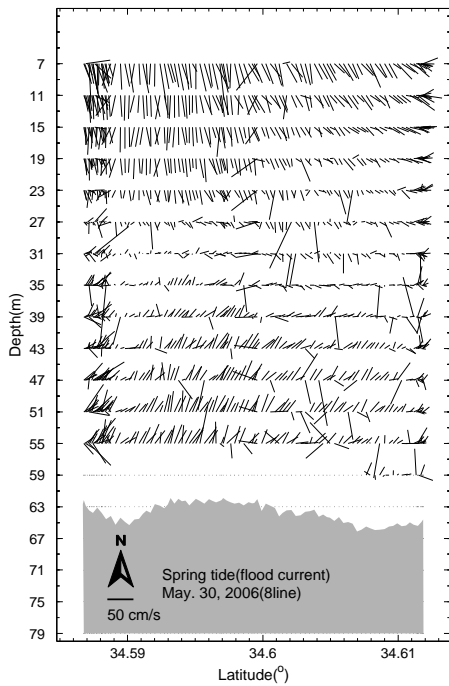
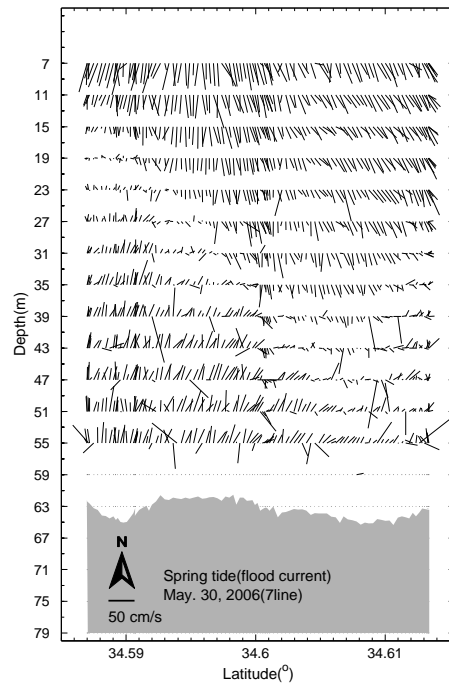
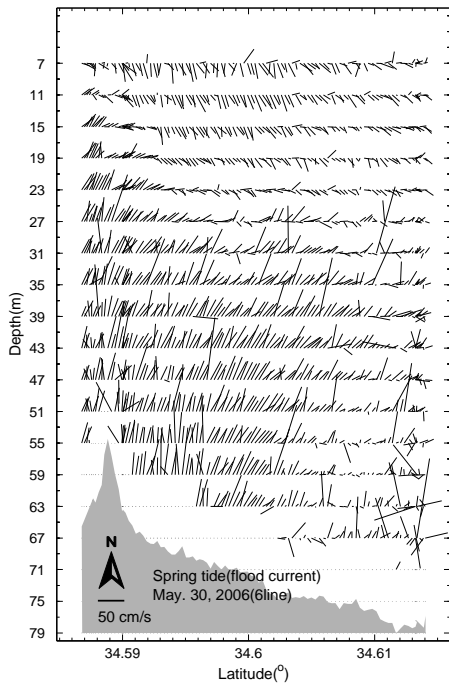


그림 1-1-26. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 6-9 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-26. Vertical distribution of stick vector along the 6-9 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide).

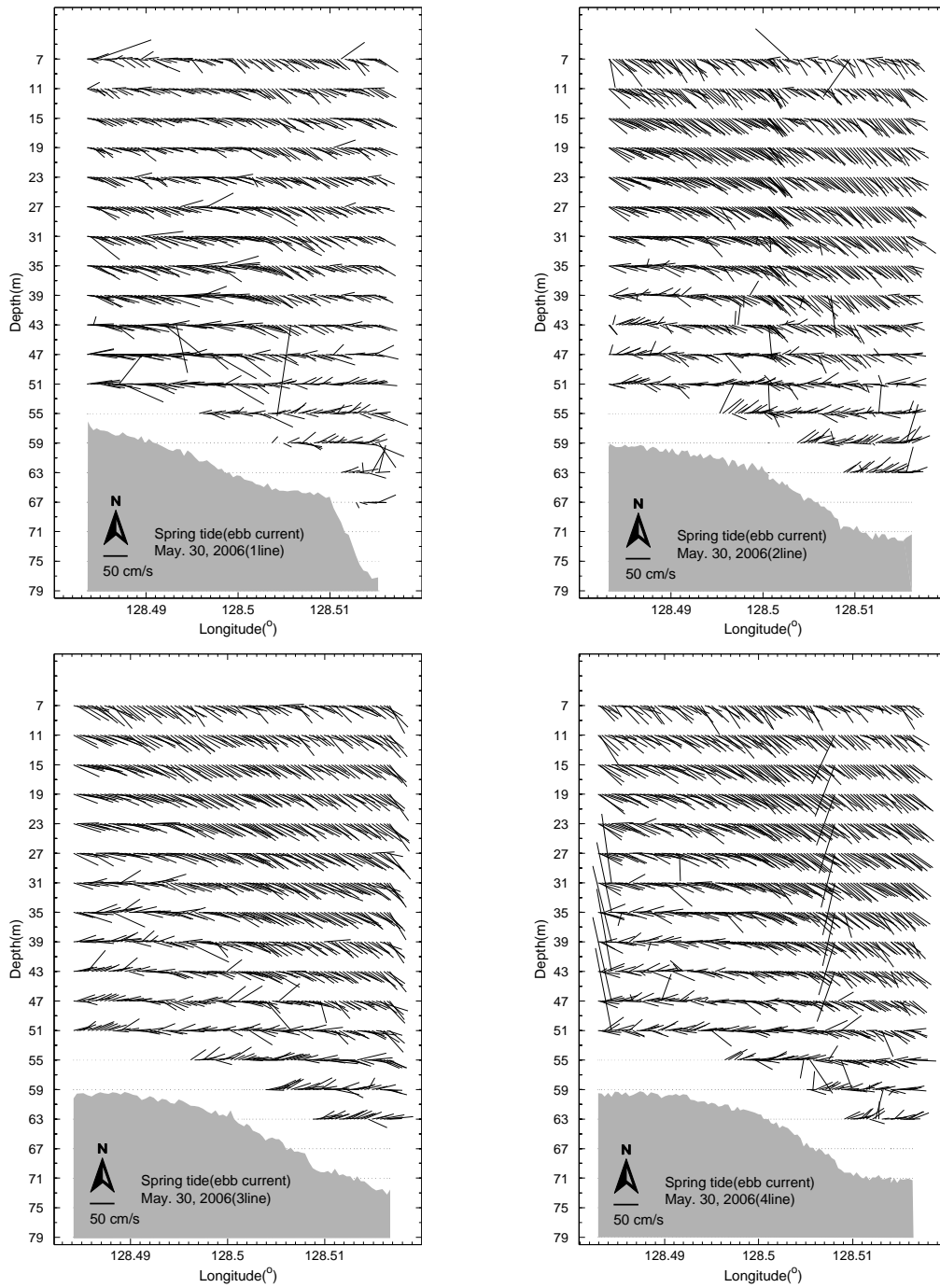


그림 1-1-27. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-27. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).



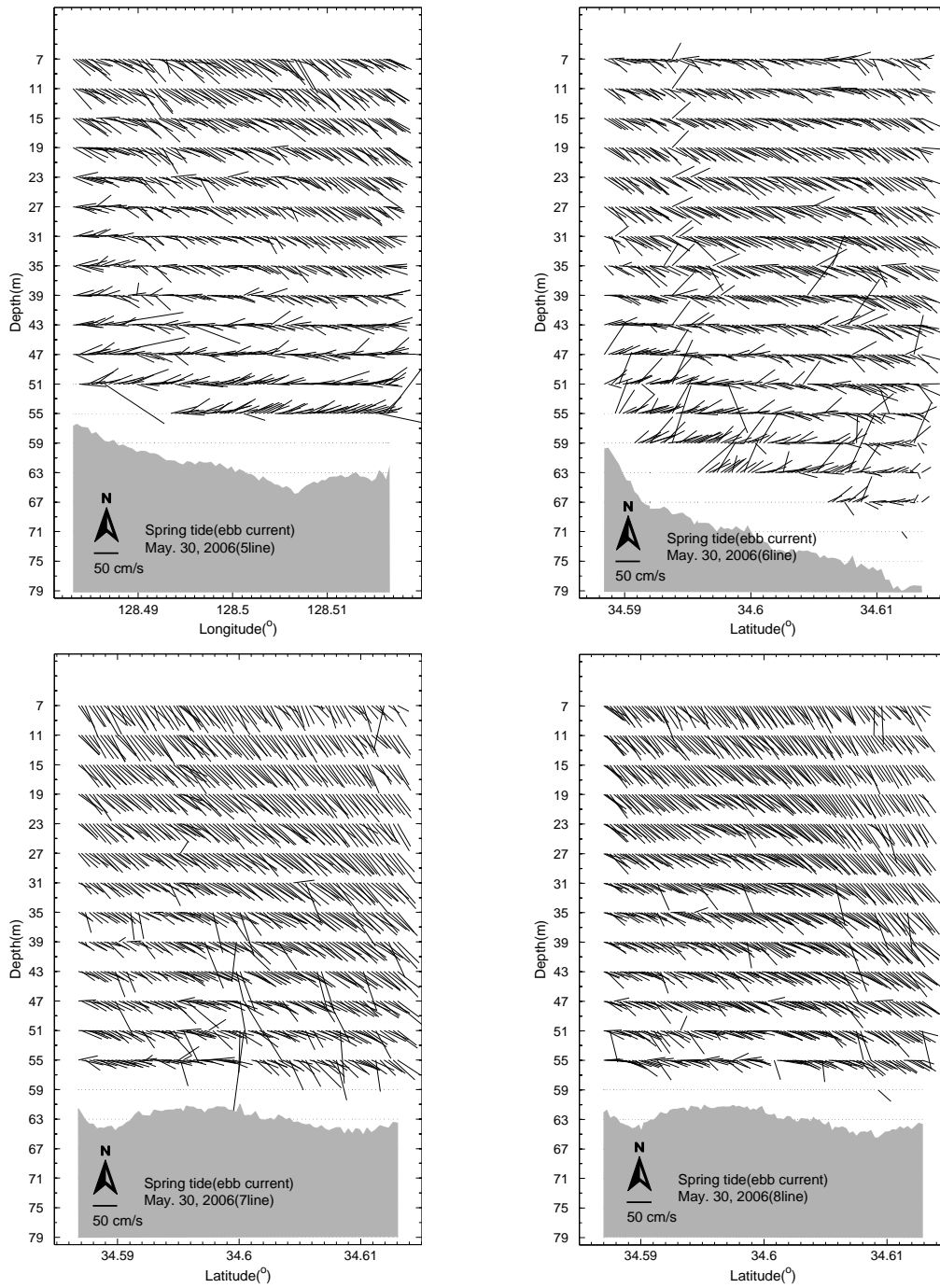


그림 1-1-28. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-28. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).

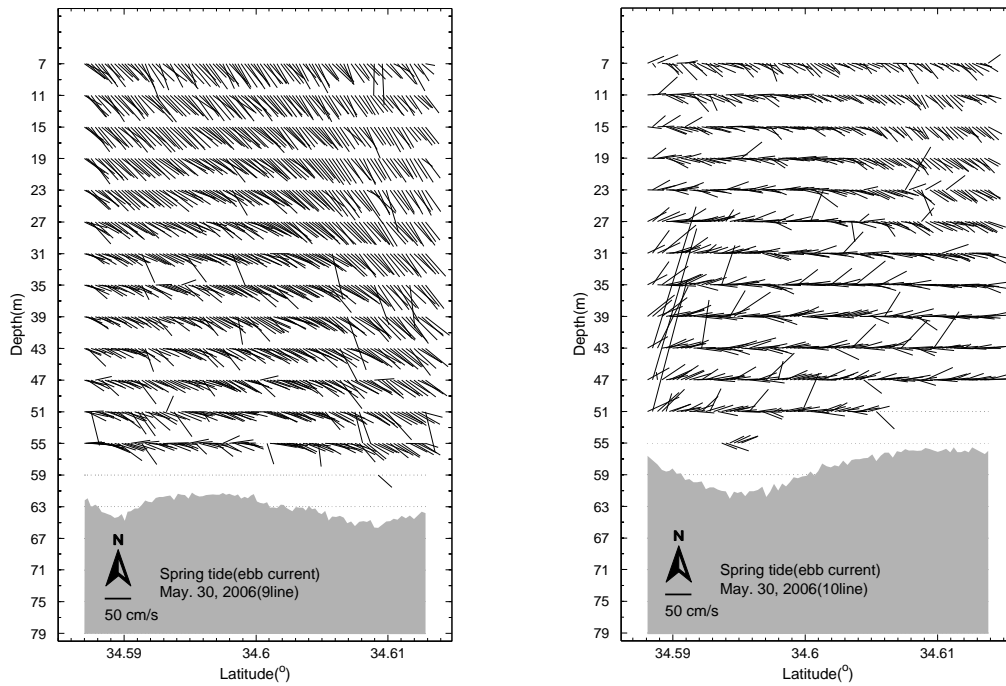


그림 1-1-29. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-29. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).

그림1-1-28은 2006년 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)시에 실시한 관측 당일의 조석자료(통영검조소 기준)를 나타낸 것이다. 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일 대조기에 실시한 정선관측은 낙조류에서 창조류 순으로 관측을 실시하였으며 10월 14일 소조기에 실시한 관측은 낙조류에서 창조류 순으로 관측을 실시하였다.

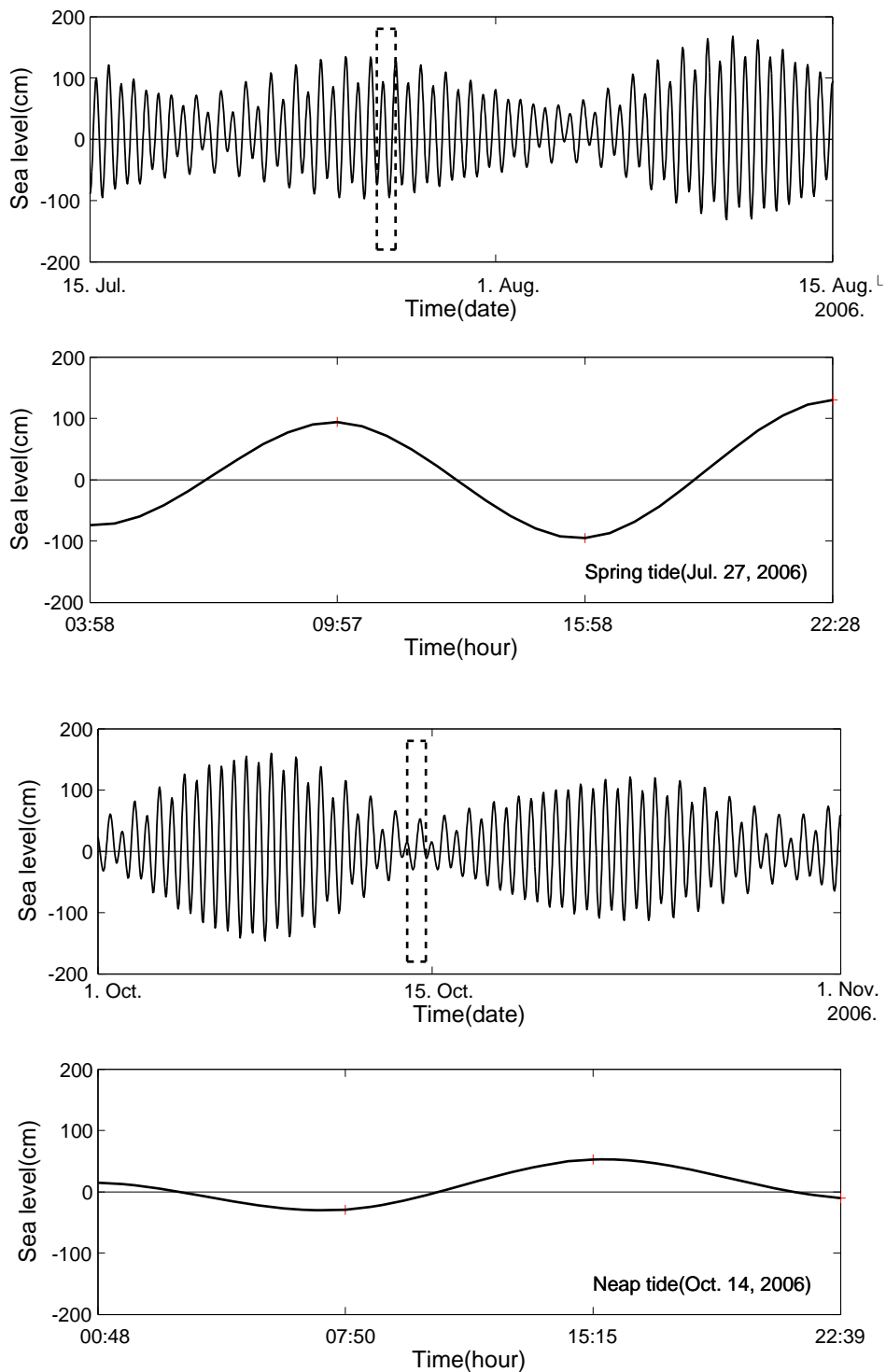


그림 1-1-30. 2006년 7월 27일(대조기)와 10월 14일(소조기)의 조석자료 (통영 검조소 기준).

Fig. 1-1-30. Tide curve at 27th July (spring tide) and 14th October (neap tide), 2006 at Tongyoung.

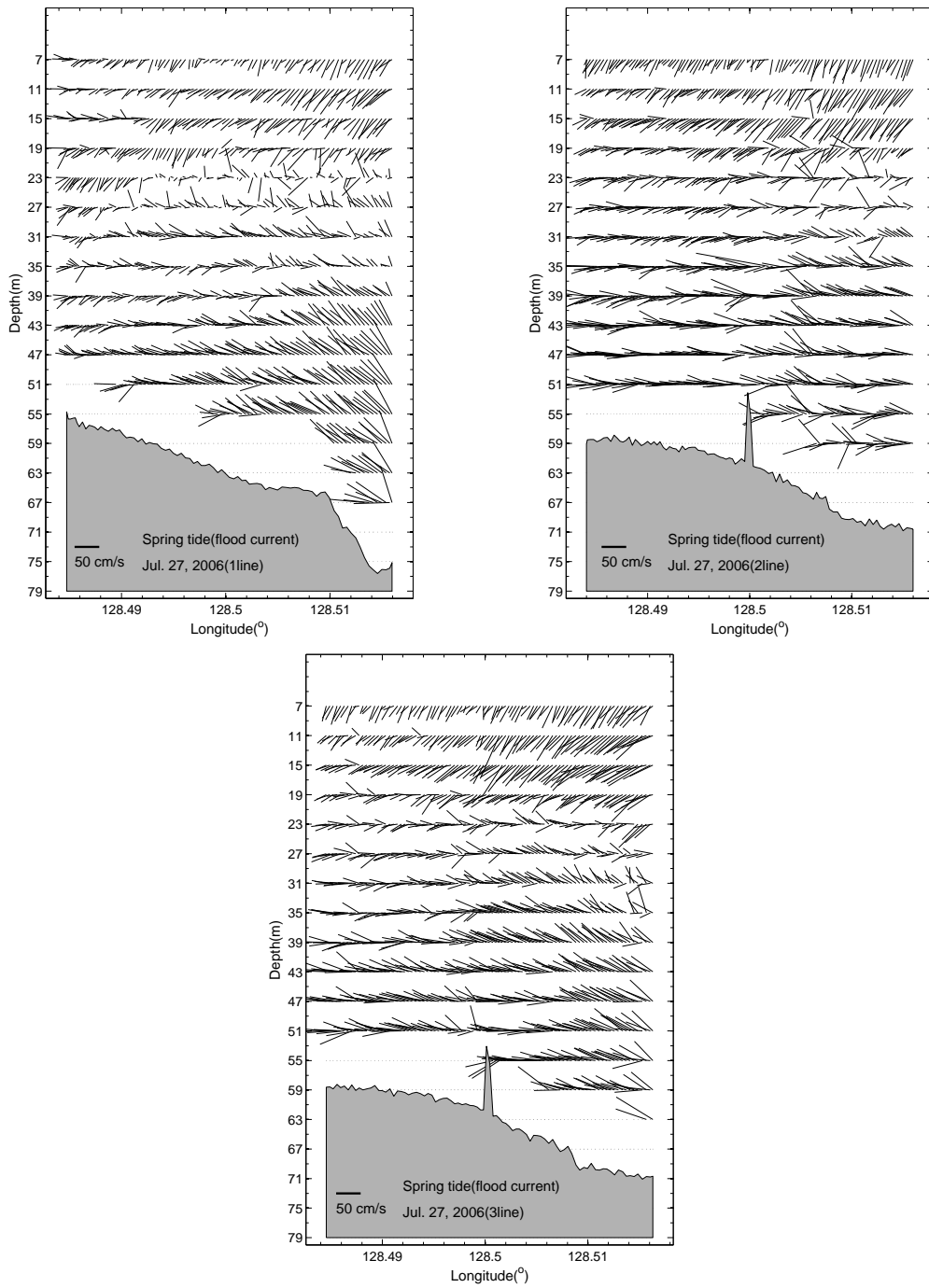


그림 1-1-31. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 1-3 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-31. Vertical distribution of stick vector along the 1-3 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide).

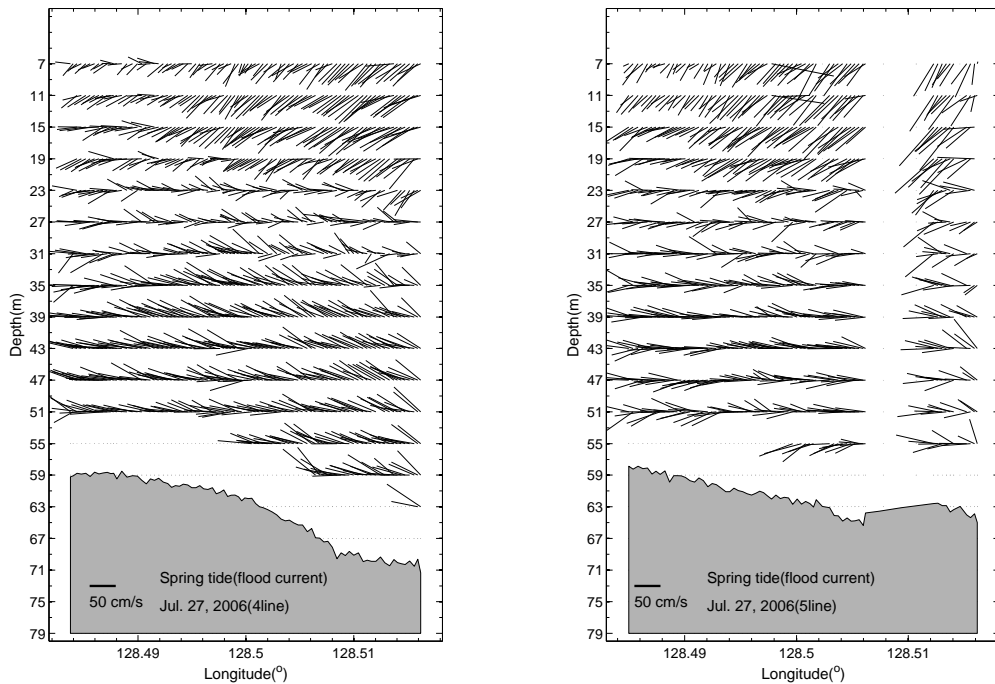


그림 1-1-32. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 4-5 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-32. Vertical distribution of stick vector along the 4-5 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide).

그림 1-1-31 및 32는 2006년 7월 27일 대조기 창조시에 실시한 E-W line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 1, 2, 3 및 4line에서는 동쪽역 수심 약 40m 이심에서 강한 북서류의 흐름이 나타났으며 수심 약 20m 이천에서는 강한 남서류의 흐름이 나타났다. 또한 수심 약 25~40m까지는 이천과 이심을 경계로 분산되는 흐름이 나타났다. 5 line에서는 수심 약 20m 이천에서 남서류의 흐름이 나타났고, 그 이심에서는 북서류와 남서류의 흐름이 교차하면서 나타났다.

그림 1-1-33, 34 및 35는 2006년 7월 27일 대조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 1 line 을 보면 지역적으로 수심 약 30m를 경계로 이천에서는 남동류의 흐름이 이심에서는 북동류의 흐름이 존재하다가 동쪽역 수심 약 60m 이심에서 다시

남동류의 흐름이 나타났다. 2 line에서는 서쪽역에서 남동류의 흐름이 전 수심에서 우세하게 나타났다. 이때 발생한 동쪽역의 분산되는 흐름은 기계 오작동으로 인한 오류 데이터라 생각된다. 한편 3 및 4 line에서는 전 수심에 걸쳐 남동류의 흐름이 우세하게 나타났으며 5 line에서도 남동류의 흐름이 3 및 4 line에서 보다 크게 나타났다. 구조물 주변 지역을 지나는 7, 8 및 9 line에서 전체적으로 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 또한 구조물로부터 1.5km 떨어진 6 및 10 line에서는 남동류의 흐름이 나타났지만 6 line에서는 전체적으로 북동류와 남동류의 교차되는 흐름이 나타났으며 10 line에서는 서쪽역에서도 북동류와 남동류의 교차되는 흐름이 나타났다.

이와 같이 2006년 7월 27일 대조기에 실시한 정선관측의 결과는 창조시에는 경계수심이 존재하였고 그 경계수심을 기준으로 하여 상층에서는 남서류, 하층에서는 북동류의 흐름이 나타났다. 또한 낙조시의 흐름은 E-W line 과 S-N line 모두 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

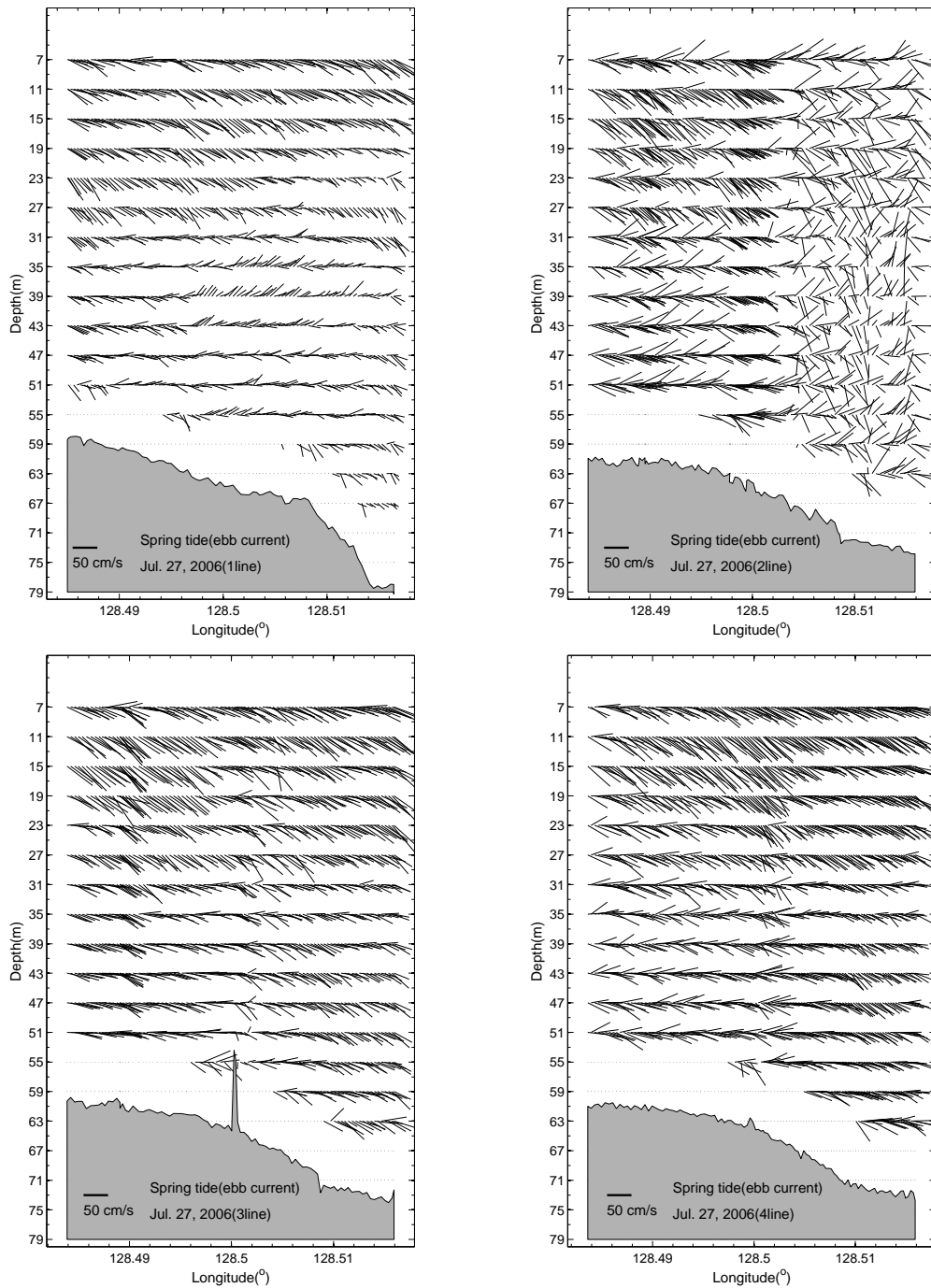


그림 1-1-33. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-33. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).

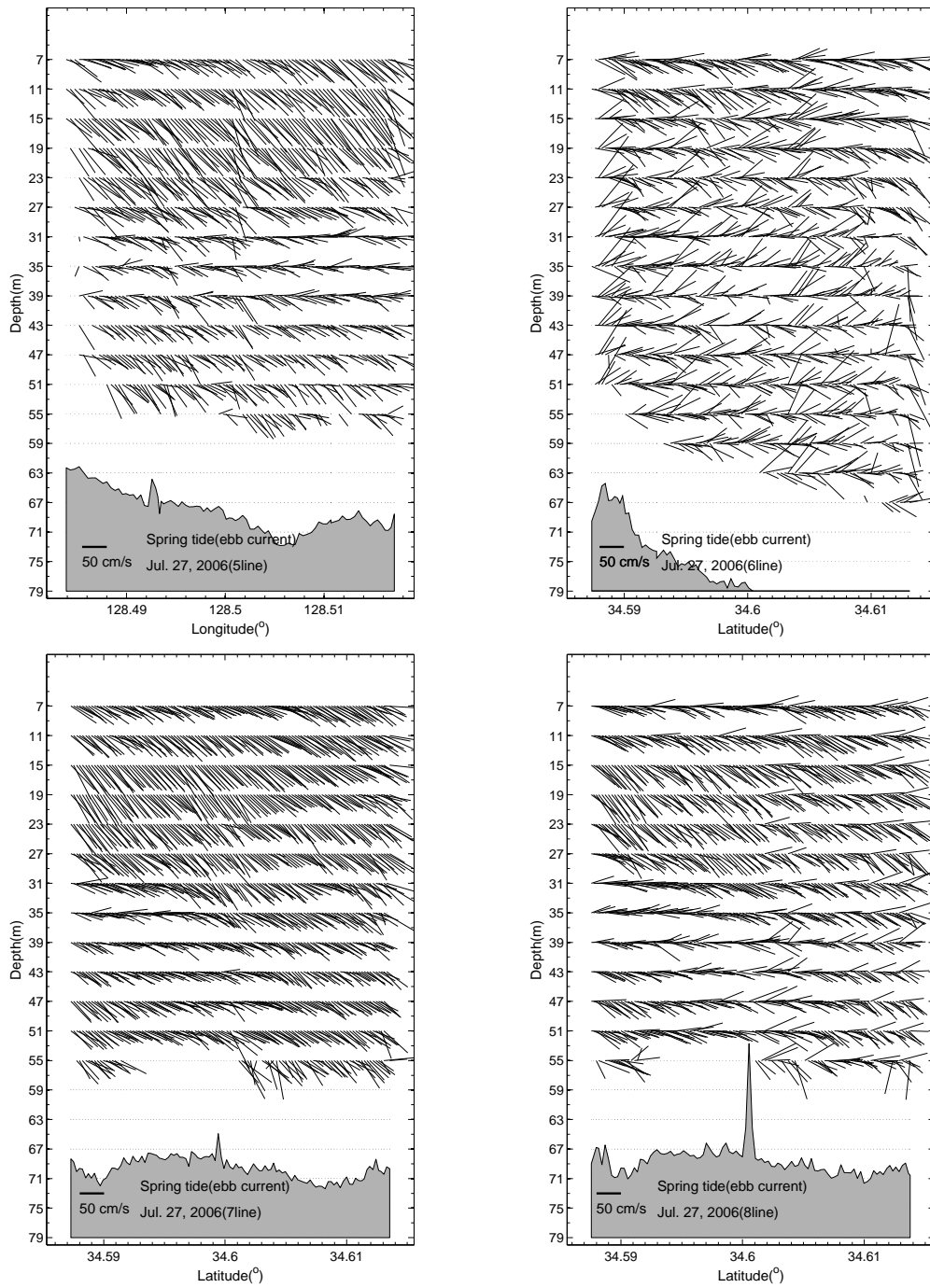


그림 1-1-34. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-34. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).



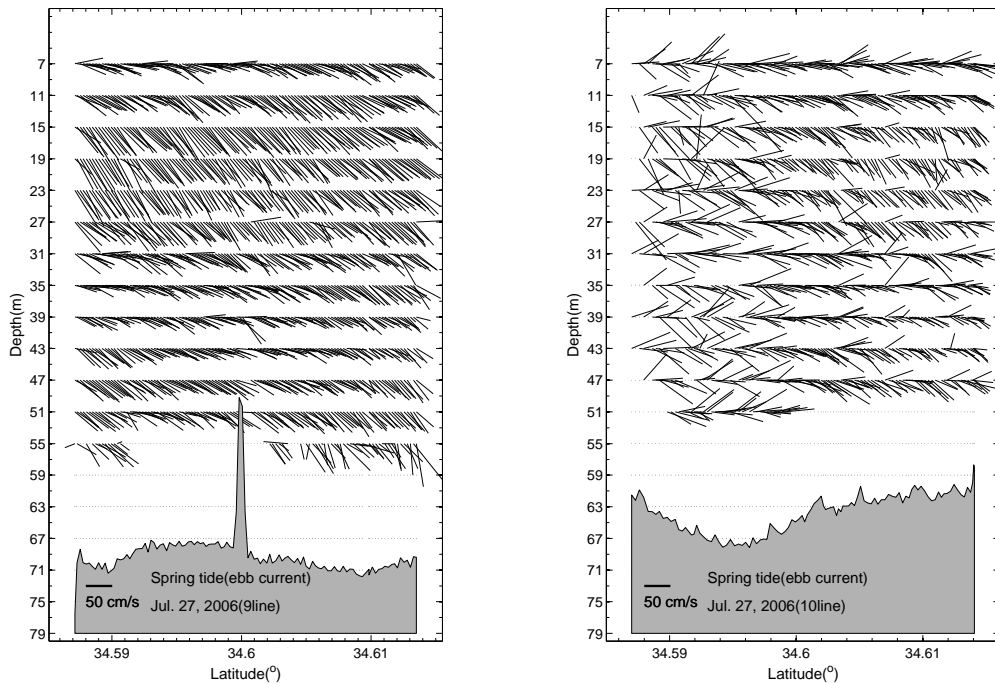


그림 1-1-35. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-35. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).

그림 1-1-36, 37 및 38은 2006년 10월 14일 소조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 1 line 에서는 수심 약 35m 이천에서 남향류 및 남동류의 흐름이 전 지역에서 강하게 나타났으며 그 이심에서는 흐름의 세기가 약해지고 저층으로 갈수록 북서류의 흐름이 미약하게 나타났다. 구조물 주변을 횡단하는 2, 3 및 4 line을 보면 전체적으로 수심 약 30-40m에서 경계수심이 존재하였고 경계 수심을 기준으로 상층에서는 남향류 및 남서류, 하층에서는 북서류의 흐름이 나타났다. 또한 5 line에서는 수심 약 35m 이천에서 남서류의 흐름이 나타났고 이심에서는 남서류와 북서류가 나타났다. 6 line에서는 수심 약 7-11m 까지의 흐름은 남서류의 흐름이 작게 나타났으나, 수심 약 20m의 북쪽역에

서 그 흐름의 방향이 바뀌어 북서류의 흐름이 나타났다. 구조물 주변부를 중단하는 7, 8 및 9 line에서는 전체적으로 북서류의 흐름이 우세하게 나타났으며 수심 약 7-11m에서는 그 흐름의 크기가 작게 나타났다. 또한 10 line에서도 7-9 line에서의 분포 패턴과 비슷한 양상으로 흐름이 나타났다.

그림 1-1-39, 40 및 41는 2006년 10월 14일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. 1 line에서는 동쪽역 수심 약 10m부터 서쪽역 수심 23m까지 남향류 및 남동류의 흐름이 나타났고 그 이심에서는 북서류의 흐름이 나타났다. 또한 수심 약 50m 이심에서는 그 흐름이 바뀌어 다시 남동류의 흐름이 나타났다. 2, 3, 4 및 5 line에서는 4개의 다른 흐름이 유사한 지역과 수심에서 존재하였다. 수심 약 30m 이천의 서쪽역에서는 남서류의 흐름이 우세하였고, 동쪽역에서는 북향류 및 북서류의 흐름이 나타났다. 또한 그 이심에서는 북서류의 흐름이 나타났으며 수심 50m 이심에서는 북향류 및 북동류의 흐름이 존재하였다. 6 line의 결과 수심 약 30m 이천에서 북동류의 흐름이 나타났고 서쪽역에서 그 흐름이 강하게 나타났다. 또한 7, 8, 9 및 10 line에서는 수심 약 30m를 기준으로 이천에서는 남향류 및 남동류의 흐름이 나타났으며 그 이심에서는 북서류의 흐름이 나타났고 수심 50m 이심에서는 흐름이 분산되거나 북동류 및 남동류의 흐름의 분포를 보이고 있다. 이러한 결과는 1 및 6 line을 제외한 2, 3, 4 및 5 line과 7, 8, 9 및 10 line의 유동분포는 비슷한 양상으로 흐름이 나타났다.

이와 같이 2006년 10월 14일 대조기에 실시한 정선관측의 결과는 창조시에는 1 line을 제외하고 수심 약 30m 이천에서는 서쪽역에서 남서류, 동쪽역에서 북서류의 흐름이 우세하였고 이심에서는 북서류가 존재하다가 수심 50m 이심에서는 북향류 및 북동류의 흐름이 존재하였다. 또한 낙조시의 결과 6 line을 제외하고 수심 약 30m를 기준으로 이천에서 남향류 및 남동류의 흐름이 나타났고 이심에서는 북향류 및 북서류의 흐름이 수심 약 50m 이심에서는 북향류 및 남향류가 나타나거나 북서류의 흐름이 나타났다. 이러

한 유동분포의 결과를 보면 10월(추계)인 관측시기에 경계수심(수심 약 30m)에서 성층이 형성되어 그 이천과 이심의 흐름이 서로 다르게 나타났다고 생각한다. 또한 수심 50m 지역에서 흐름이 서로 다른 이유는 구조물의 투하로 인한 저층에서의 확산 및 와류의 효과로 그 이천과 다르게 생각한다.

따라서 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에 실시한 정선관측 결과 대조기에는 창조시 수심 약 30m에서 경계수심이 존재하였고 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 분포하였다. 또한 소조기에는 경계수심(수심 약 30m)에서 창조시와 낙조시 모두 그 이천과 이심에서의 흐름이 서로 다르게 나타났고 수심 50m 이심에서 또 다른 흐름이 존재하였다. 따라서 이와 같이 흐름의 방향이 서로 달라지는 경계수심의 존재는 소조기에 흐름이 약하여 강하게 나타났으나 대조기에는 유속의 세기가 커져 경계수심이 존재하지 않았고 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

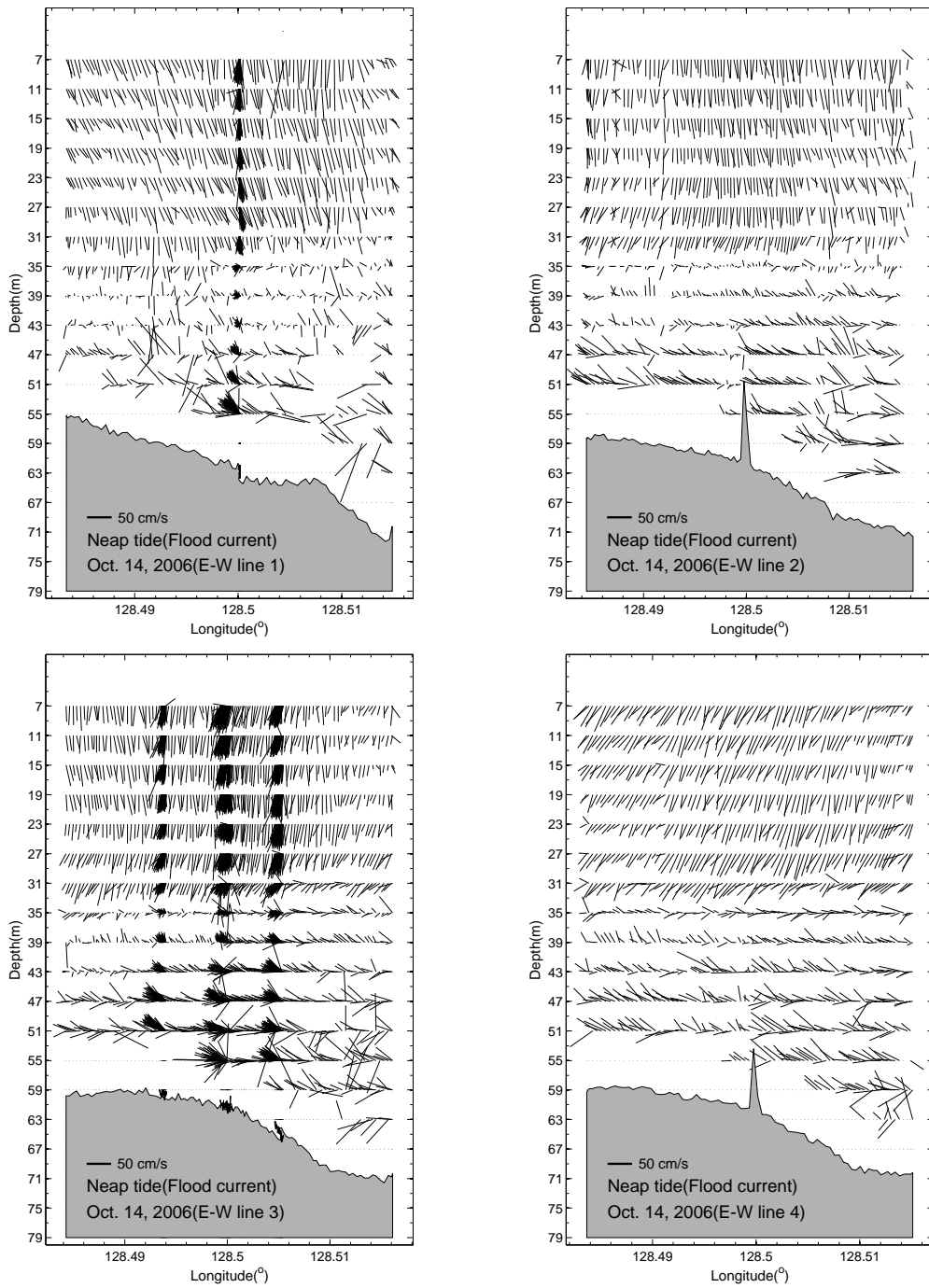


그림 1-1-36. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-36. Vertical distribution of stick vector along the 1-4 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

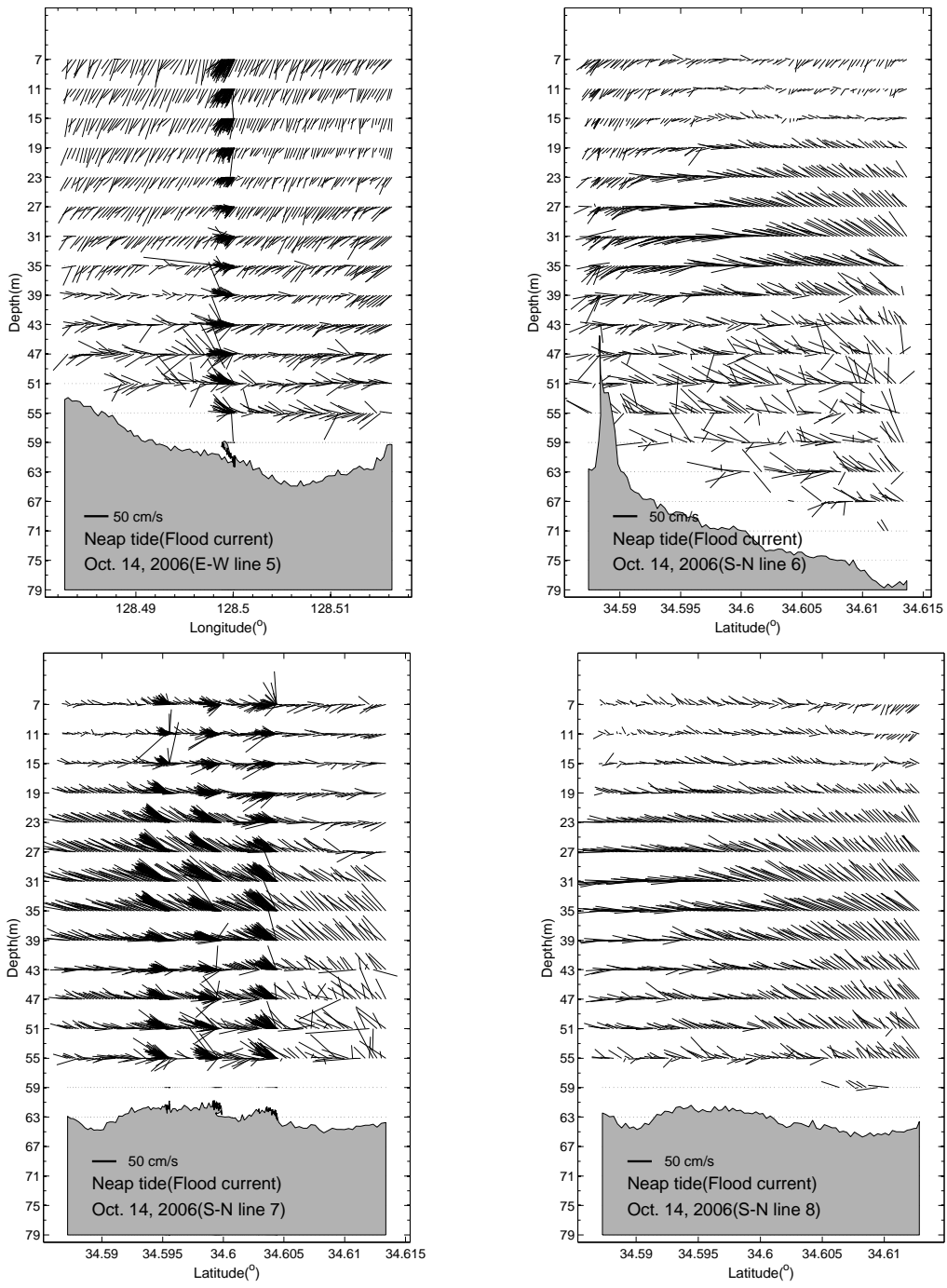


그림 1-1-37. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-37. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

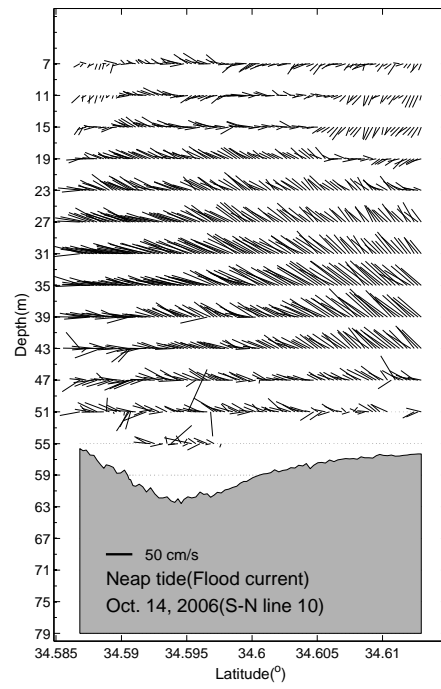
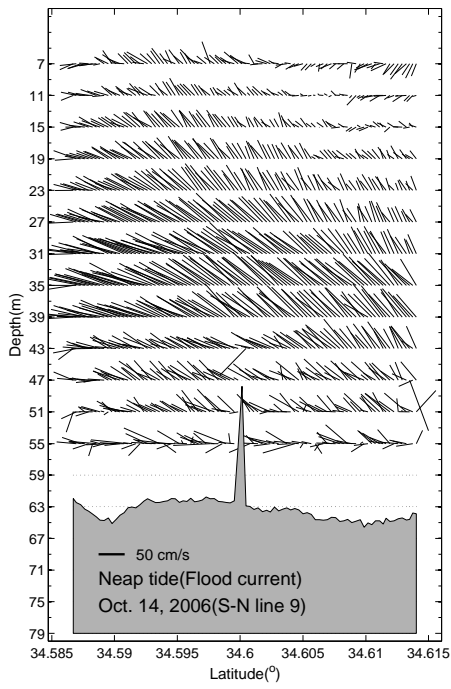


그림 1-1-38. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-38. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

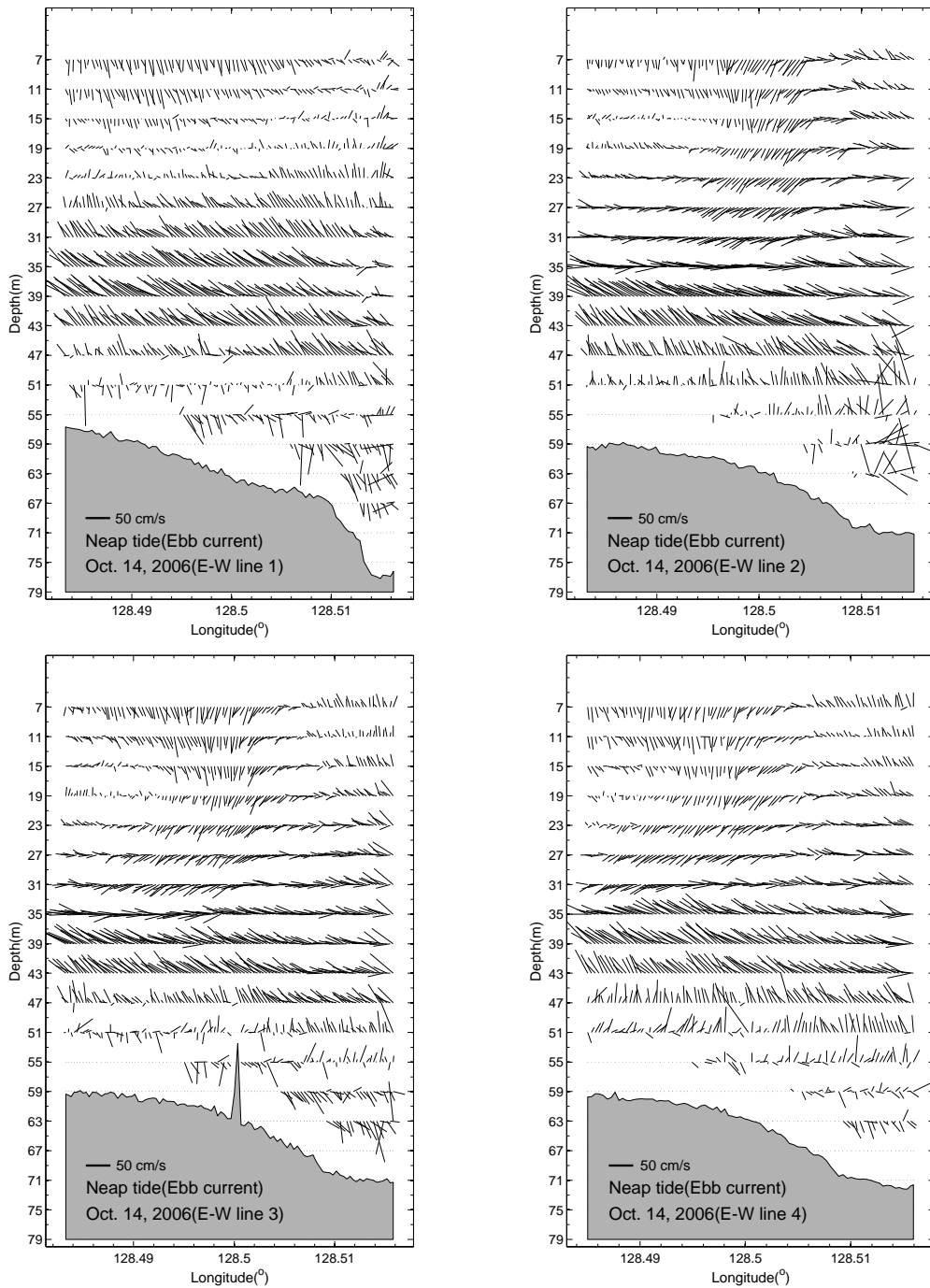


그림 1-1-39. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-39. Vertical distribution of stick vector along the E-W line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).

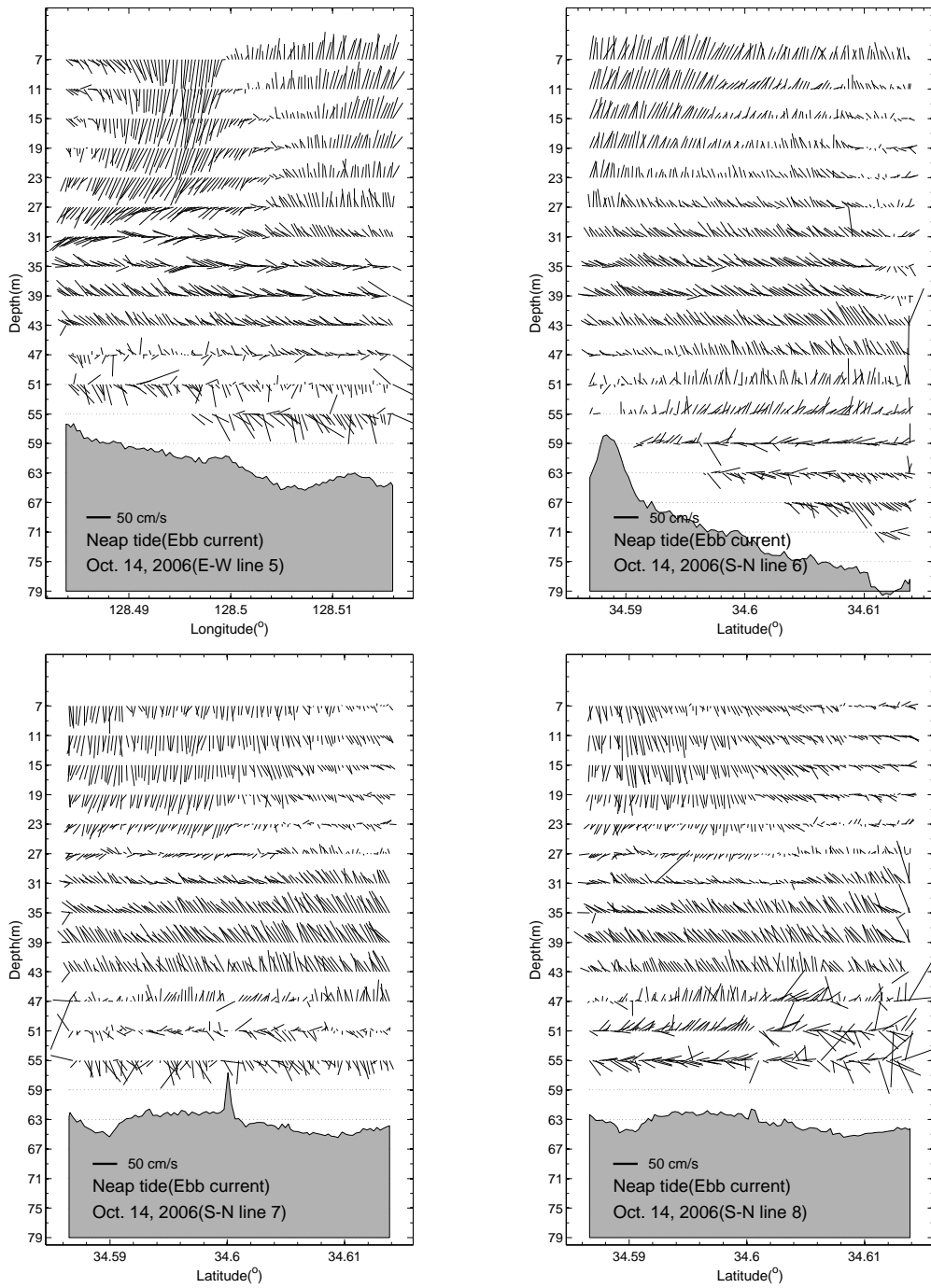


그림 1-1-40. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 유동분포.

Fig. 1-1-40. Vertical distribution of stick vector along the 5-8 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).



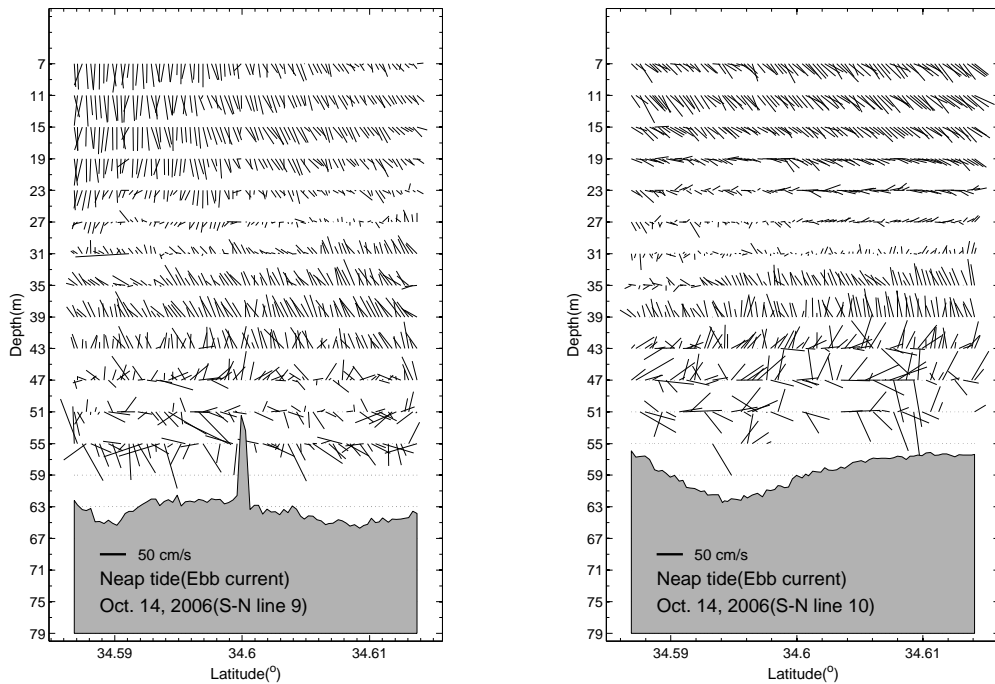


그림 1-1-41. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-41. Vertical distribution of stick vector along the 9-10 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).

그림1-1-42는 2006년 10월 27일(중조기 : 대조기→소조기) 및 11월 30일(소조기)시에 실시한 관측 당일의 조석자료(통영검조소 기준)를 나타낸 것이다. 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 10월 27일 중조기(대조기→소조기)에 실시한 정선관측은 창조류에서 낙조류 순으로 관측을 실시하였으며 11월 30일 소조기에 실시한 관측은 낙조류에서 창조류 순으로 관측을 실시하였다.

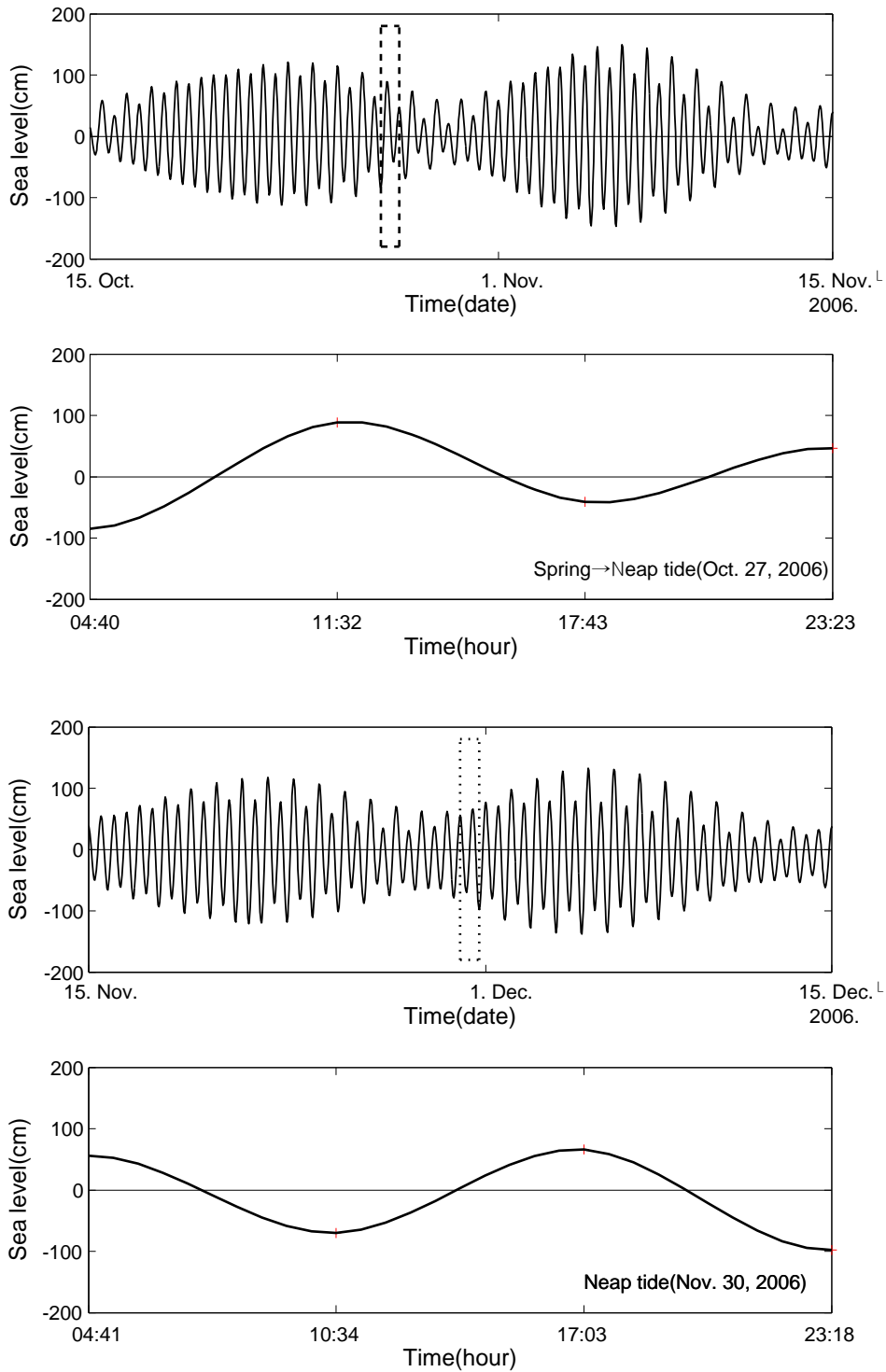


그림 1-1-42. 2006년 10월 27일(중조기)와 11월 30일(소조기)의 조석자료 (통영 검조소 기준).

Fig. 1-1-42. Tide curve at 27th October(Mid tide) and 30th November(neap tide), 2006 at Tongyoung.

그림 1-1-43은 2006년 10월 27일 중조기(대조기→소조기) 창조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line 및 2 line의 결과를 보면, 서쪽역에서 약  $128.478^{\circ}\text{E}$  까지의 흐름은 수심 약 20m를 경계로 상층에서는 남서류, 하층에서는 북서류의 흐름이 존재하였다. 또한  $128.478\sim 128.518^{\circ}\text{E}$ 의 흐름은 전 수심에서 북서류의 흐름이 강하게 나타났으며,  $128.518\sim 128.532^{\circ}\text{E}$ 까지의 흐름은 수심 약 20m를 기준으로 남서류의 흐름이 우세하였다. S-N 1 line 및 2 line에서의 결과를 보면 수심 약 15m 이천의 수심까지는 남서류의 흐름이 우세하였고, 그 이심에서는 북서류의 흐름이 우세하게 나타났다.

그림 1-1-44은 2006년 10월 27일 중조기(대조기→소조기) 낙조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line 및 2 line의 결과를 보면, 3개의 다른 흐름이 각각 나타났다. 구조물 투하지역을 중심으로 하여 중·저층에서는 북서류의 흐름이 우세하며 서쪽으로 갈수록 북서류는 전수심에 걸쳐서 나타났다. 또한 표층 및 중층에서 남서류의 흐름이 우세하게 나타났으며 동쪽역 저층에서는 남동류 및 북동류의 흐름이 존재하였다. S-N 1 line 및 2 line의 결과는 남쪽역에서  $34.62^{\circ}\text{N}$ 까지 수심 약 45m까지의 이천에서 북향류의 흐름이 나타났으며 동쪽역으로 갈수록 북향류가 아닌 남동류의 흐름이 나타났다.

이와 같이 2006년 10월 27일 중조기시에 실시한 정선관측의 결과는 창조시와 낙조시 모두 수심과 지역별로 흐름이 다르게 분포하였고, 창조시에는 북서류의 흐름이 우세하였으며 낙조시에는 E-W line에서 수심과 지역에 따라 흐름의 방향이 바뀌었고 S-N line에서는 북향류 및 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

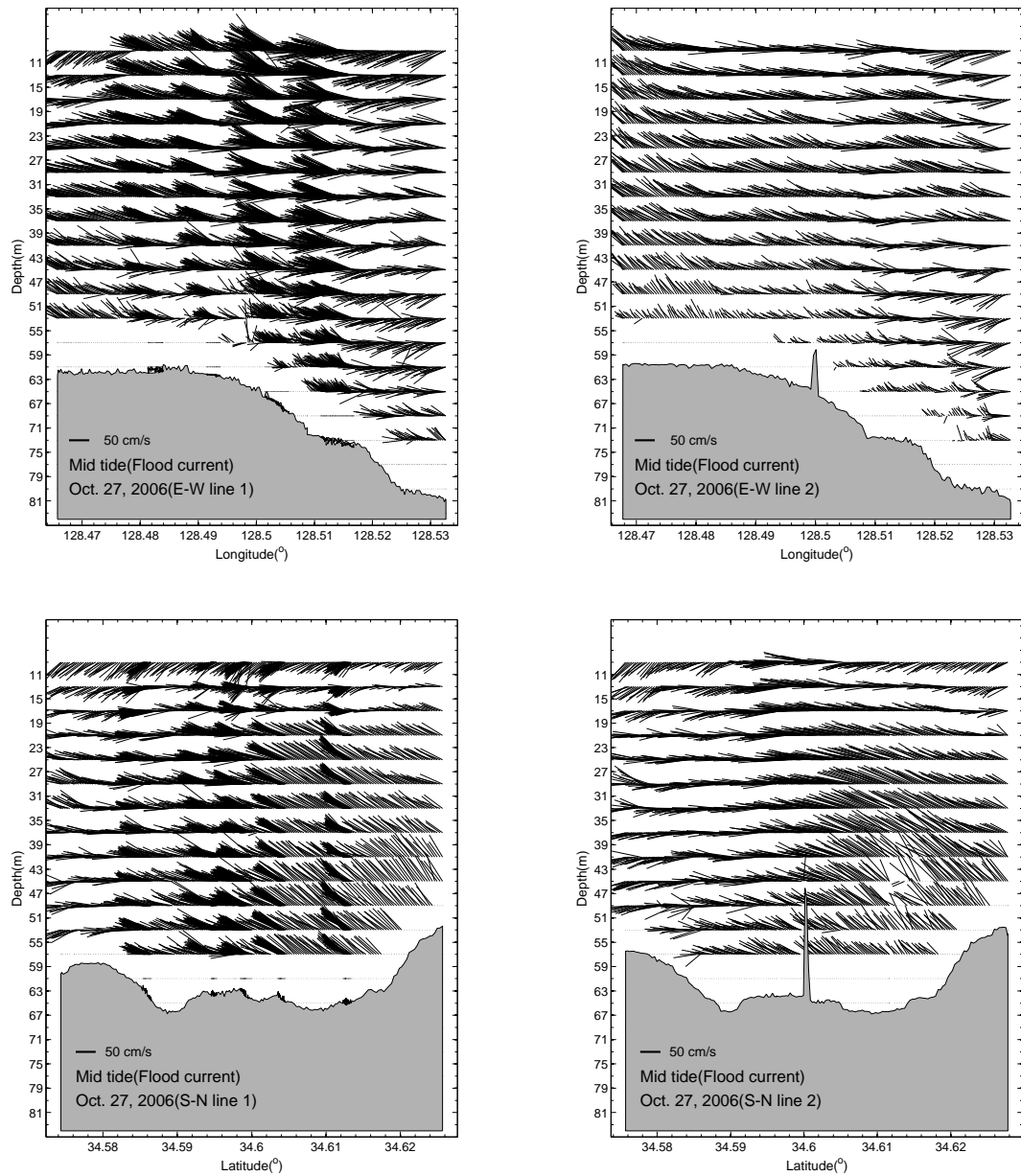


그림 1-1-43. 2006년 10월 27일(중조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-43. Vertical distribution of stick vector along the E-W and  
S-N line at flood current on 27th October 2006 (mid tide).

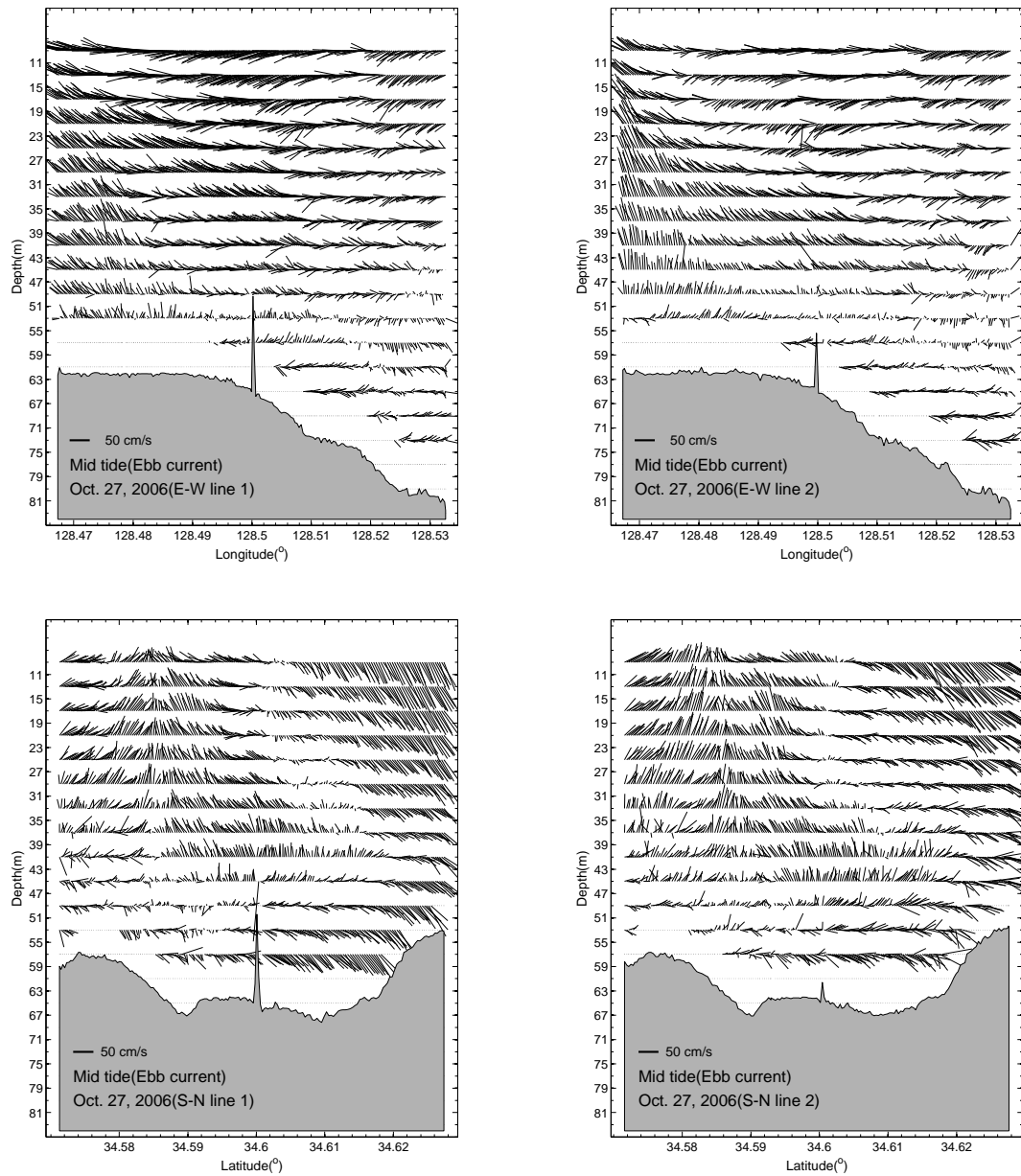


그림 1-1-44. 2006년 10월 27일(중조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-44. Vertical distribution of stick vector along the E-W and  
S-N line at ebb current on 27th October 2006 (mid tide).

그림 1-1-45는 2006년 11월 30일 소조기 창조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line 및 2 line의 결과를 보면 전체적으로 북서류의 흐름이 우세하였고 표층보다 저층의 흐름이 더 크게 나타났다. 또한 저층으로 갈수록 남서류의 분포가 일부 지역에서 나타났다. S-N 1 line 및 2 line의 결과는 남쪽역에서 34.584°N 까지의 지역에서 수심 약 20m 이천에서는 남서류의 흐름이 나타났으며 그 이심에서는 북서류의 흐름이 나타났다. 또한 34.584°N에서 동쪽역으로 갈수록 북서류의 흐름이 우세하게 나타났으며 1 line에서는 북서류의 크기가 강하게 나타났다.

그림 1-1-46은 2006년 11월 30일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 해수유동의 연직분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line 및 2 line의 결과를 보면 전 수심 및 지역에 걸쳐 남동류의 흐름이, S-N 1 line 및 2 line의 결과 또한 남동류의 흐름이 우세하게 분포하였다. 특히 S-N 1 line에서 북쪽역으로 갈수록 그 크기가 강하게 나타났으며 남동류 및 남향류의 성분이 나타났다.

이와 같이 2006년 11월 30일 소조기에 실시한 정선관측의 결과는 창조시에는 북서류의 흐름이 우세하게 분포하였으며 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 또한 창조시보다 낙조시의 흐름의 크기가 더 크게 나타남을 알 수 있다.

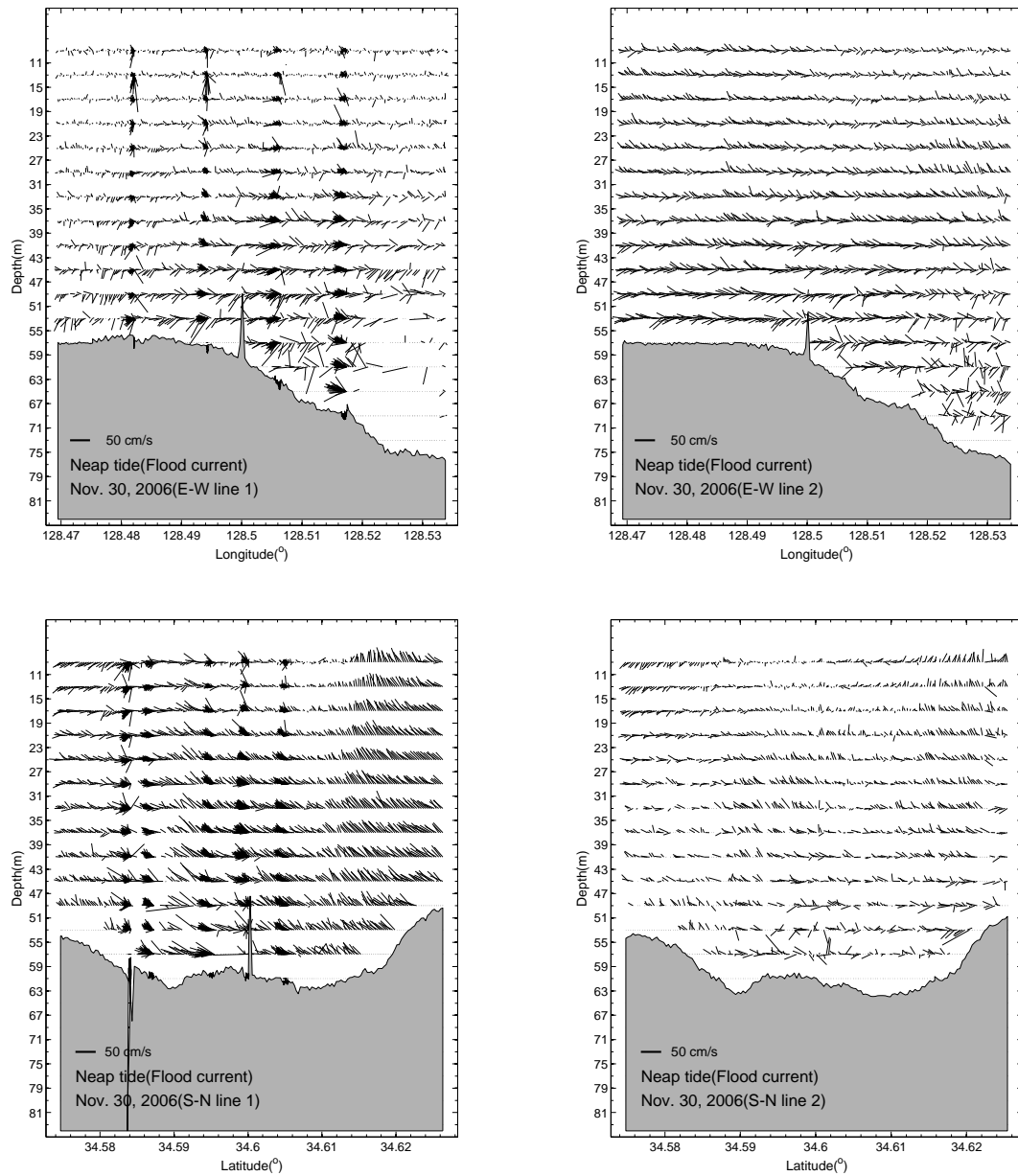


그림 1-1-45. 2006년 11월 30일(소조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-45. Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N  
line at flood current on 30th November 2006 (neap tide).

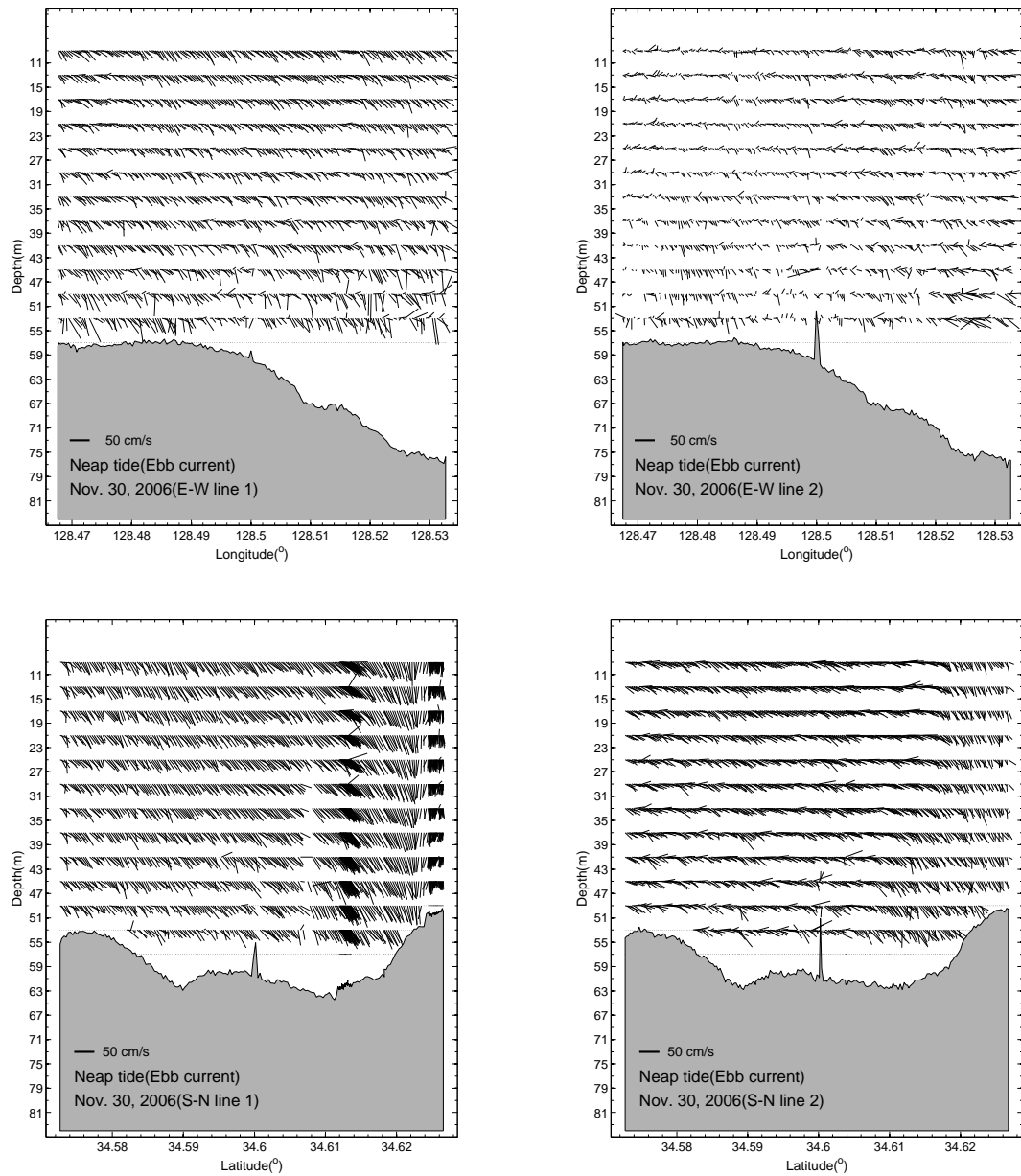


그림 1-1-46. 2006년 11월 30일(소조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직유동분포.

Fig. 1-1-46. Vertical distribution of stick vector along the E-W and S-N  
line at ebb current on 30th November 2006 (neap tide).



#### 1.1.2.4. 연구해역의 연직 유동성분(w-component) 분포

본 연구의 목적인 저층에 존재하는 영양염을 표층으로 상승시키는 해수 순환의 역할을 가능하게 하는 것이 구조물에 의한 상승류의 존재 유무에 의하여 좌우된다. 따라서 유동관측 결과 연직 유동분포를 파악하여 상승류와 하강류의 분포를 살펴보았다.

그림 1-1-47, 48 및 49는 2006년 5월 4일 소조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서의 음영부분은 (-)값인 하강류를 표시하고 있다.

1 line의 결과는 서쪽역에서 상승류의 분포가 나타났고 2 line에서는 서쪽역에서 2cm/s 이상의 상승류가 분포하였으며 동쪽역 끝단부분에서는 6cm/s 이상의 상승류가 분포하였다. 또한 3 line의 분포는 서쪽역과 구조물 주변역에서 상승류의 분포가 나타났으며 4 line에서는 구조물 주변에서 미약하게 상승류가 분포하였으나 전체적으로 하강류가 분포하였다. 5 line에서는 구조물 주변 동쪽역과 동쪽역에서 상승류의 분포가 나타났다. 6 line의 분포를 보면 구조물 주변 수심 40m 이심에서 상승류의 분포가 나타났으며 남쪽역으로 갈수록 그 크기가 4cm/s 이상으로 크게 나타났다. 7 line에서는 구조물 주변 34.6°N에서 2cm/s 크기의 상승류의 분포가, 8 line에서는 구조물 주변 남쪽편에서 상승류의 분포가 나타났으며 수심이 깊어질수록 그 크기가 4cm/s 이상의 분포를 보였다. 9 line에서는 수심 약 45m 이심의 구조물 주변 북쪽편과 남쪽편에서 상승류의 분포가 나타났다. 10 line에서는 구조물 주변 34.6°N에서 상승류의 분포가 미약하게 나타났다.

그림 1-1-50, 51 및 52은 2006년 5월 4일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 1 line의 분포는 동쪽역에서 2cm/s 이상의 상승류의 분포를 보이고 있으며 2 line에서는 전체적으로 하강류의 분포가 미약하게 나타났다. 3 line에서는 구조물 주변 수심 약 23~40m를 제외하고 전체적으로 상승류

의 분포가 우세하였으며 4 line에서는 구조물 주변 128.5°E와 동쪽역에서 상승류의 분포가 나타났다. 5 line에서는 전체적으로 2~4cm/s의 상승류가 분포하였으며 동쪽역 일부에서 하강류가 나타났다. 6 line에서는 전체적으로 2cm/s 이상의 상승류의 흐름이 우세하게 나타났으며 7 line에서는 북쪽역에서 2cm/s의 상승류가 분포하였다. 8 line에서는 34.59~34.607°N 까지의 지역에서 2cm/s 이상의 상승류가, 9 line에서는 34.597°N에서 북쪽역까지 2cm/s의 상승류가 분포하였으며 남쪽역 끝부분에서 하강류의 흐름이 나타났다. 10 line에서는 미약하게 상승류와 하강류가 전 지역에 걸쳐 번갈아 나타나는 분포를 보이고 있다.

이와 같이 2006년 5월 4일 소조기에 실시한 연직 유동성분 (w-component) 결과 창조시와 낙조시 모두 일부 지역과 수심을 제외하고 상승류의 흐름이 우세하게 나타났다.

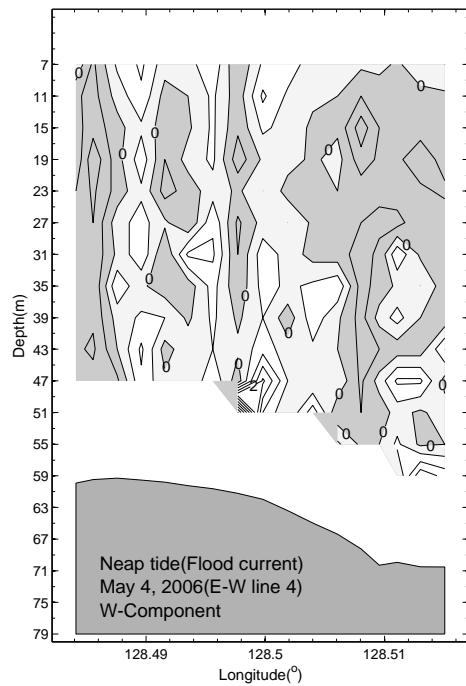
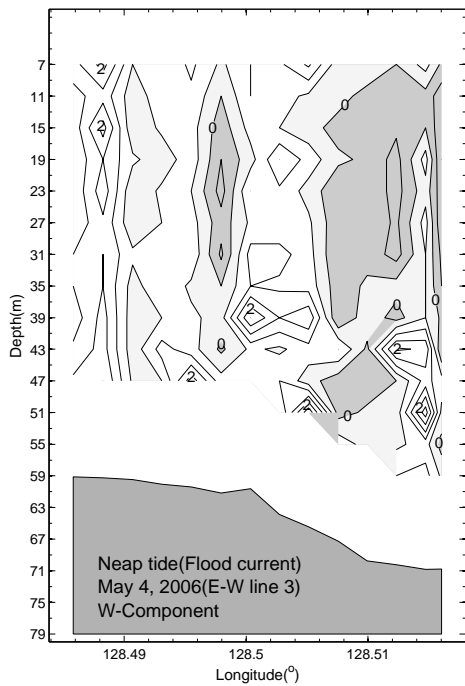
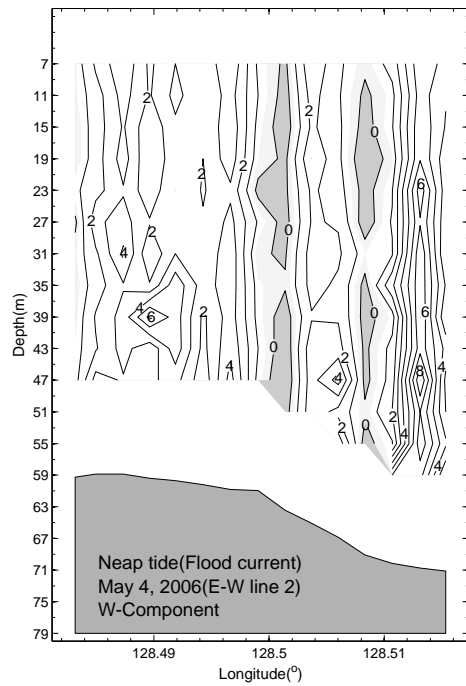
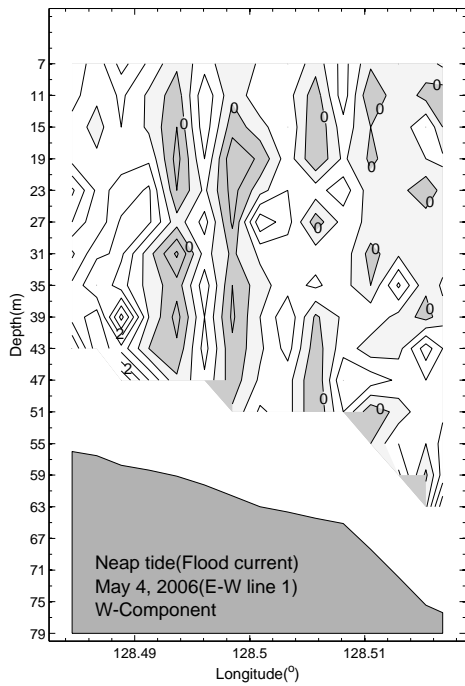


그림 1-1-47. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직성 분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-47. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).

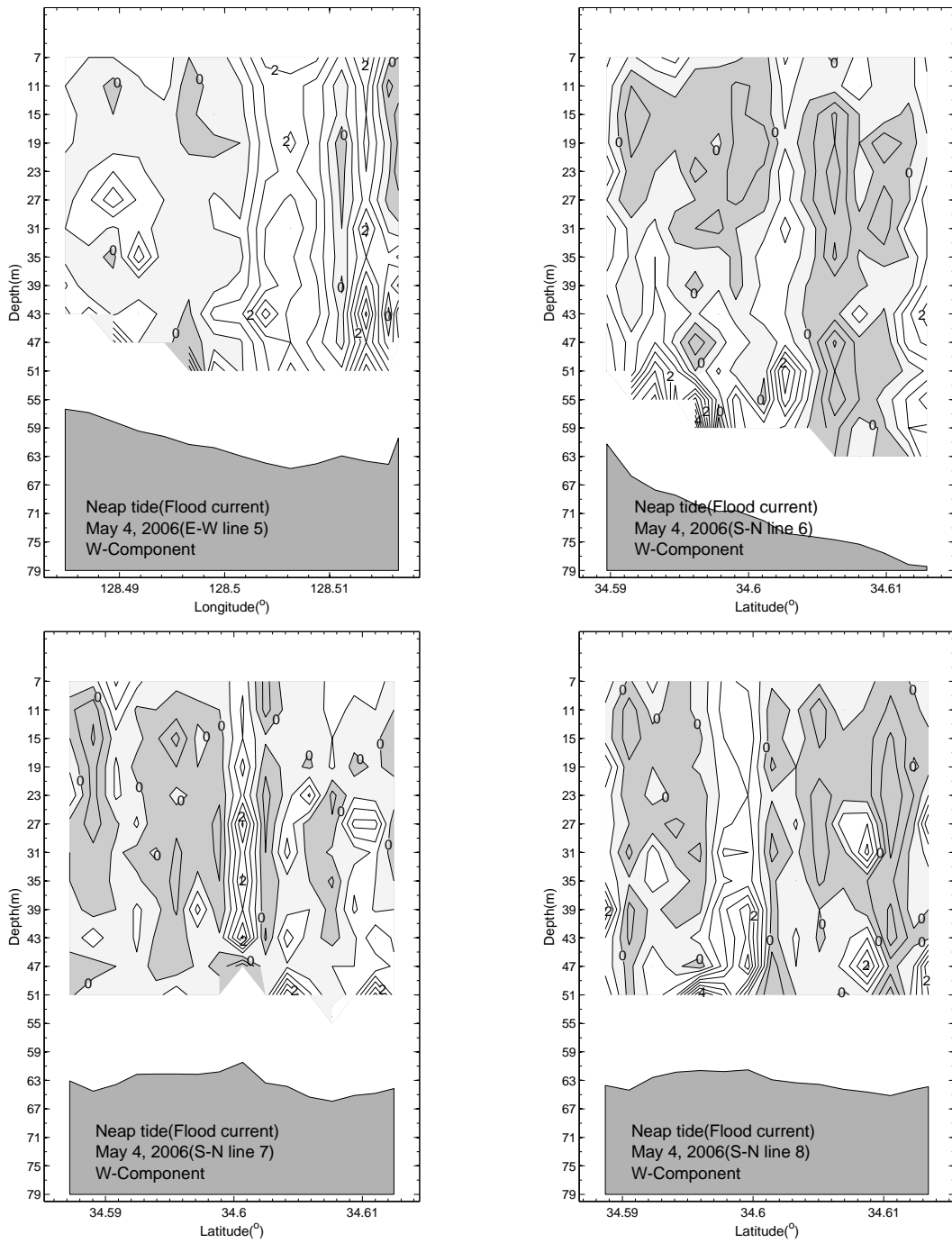


그림 1-1-48. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직성 분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-48. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).

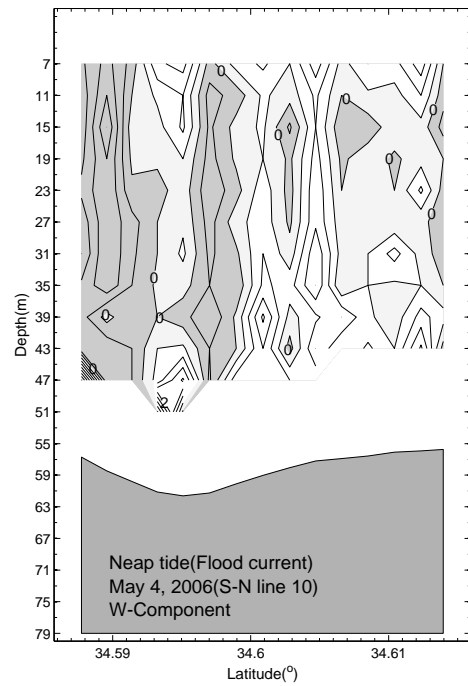
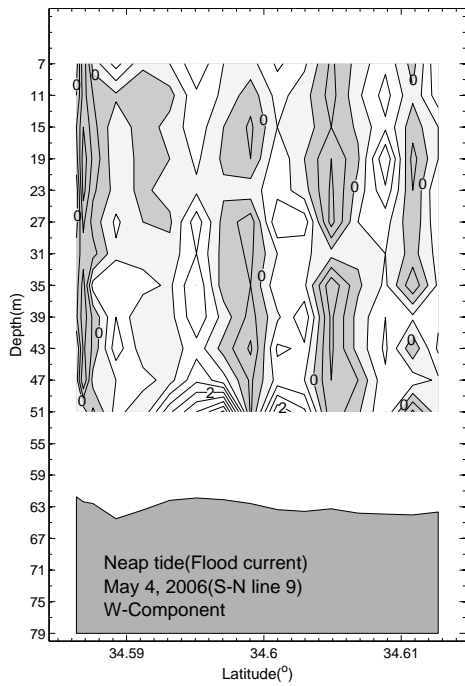


그림 1-1-49. 2006년 5월 4일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-49. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at flood current on 4th May 2006 (neap tide).

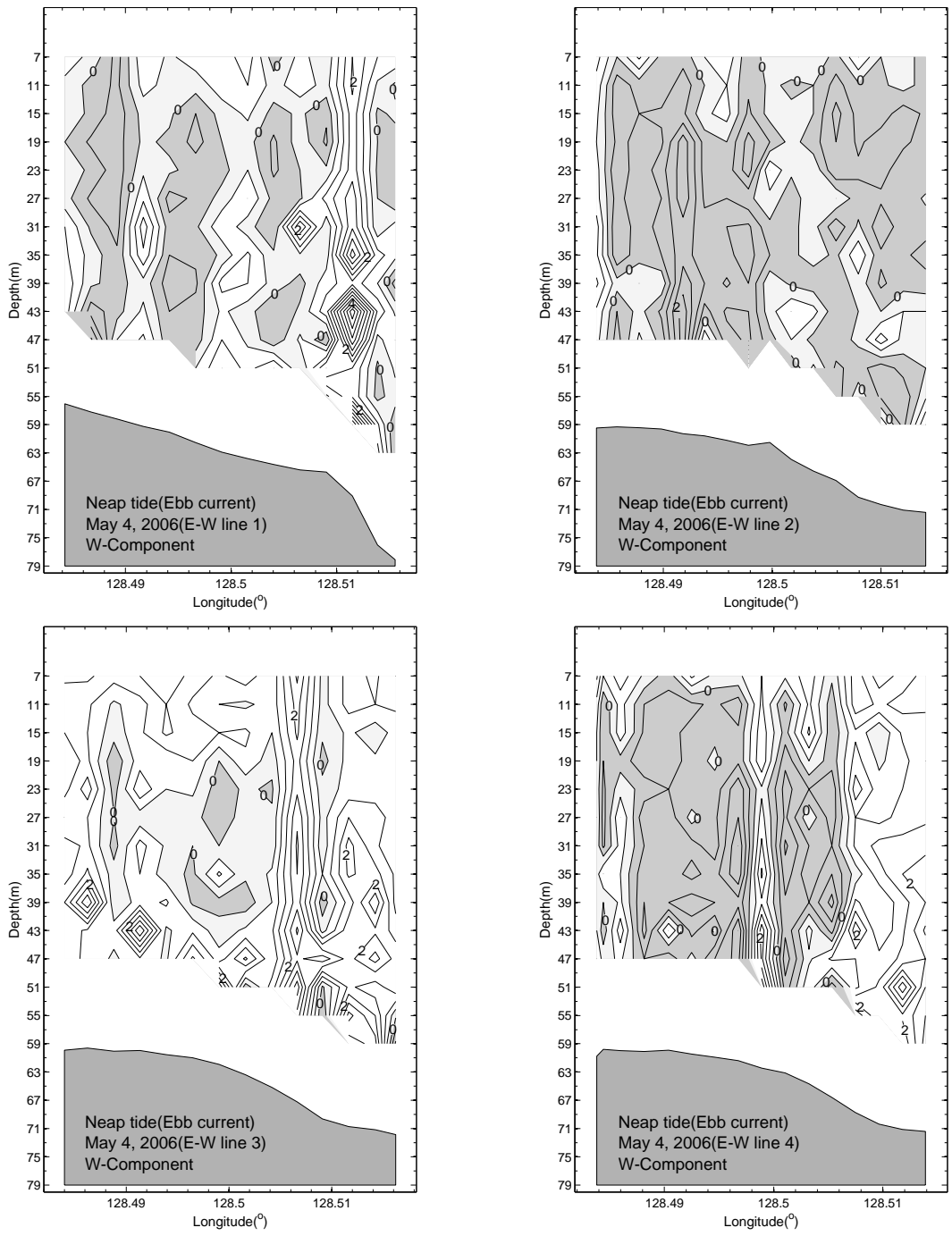


그림 1-1-50. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직성 분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-50. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).

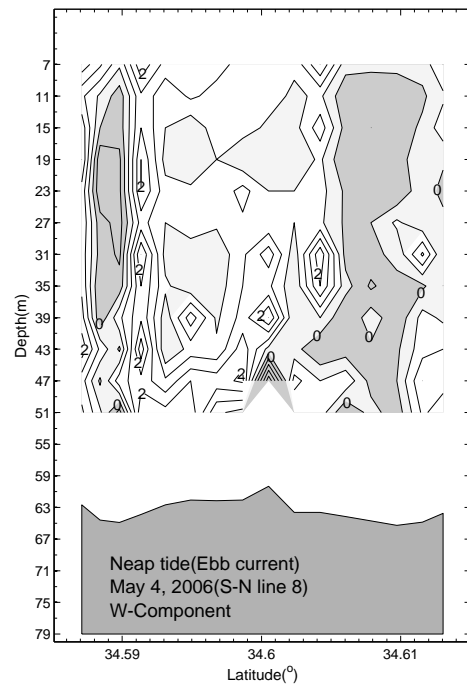
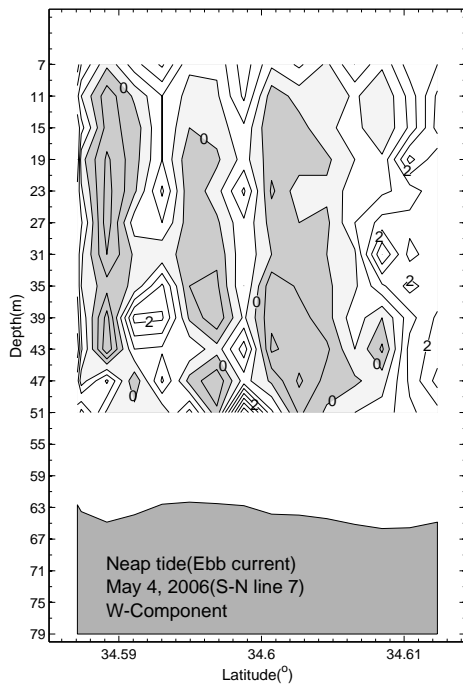
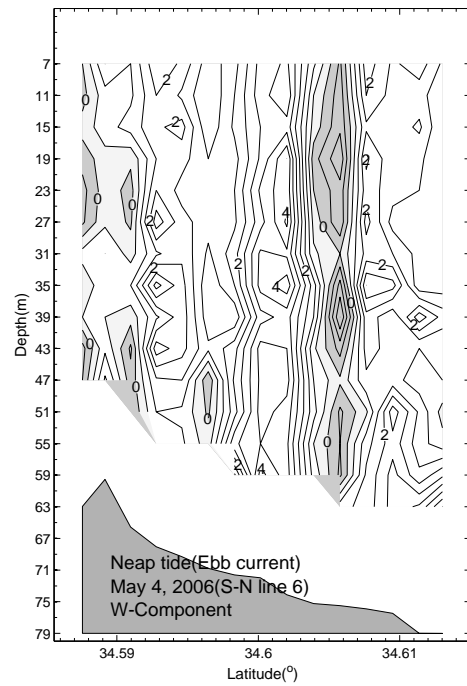
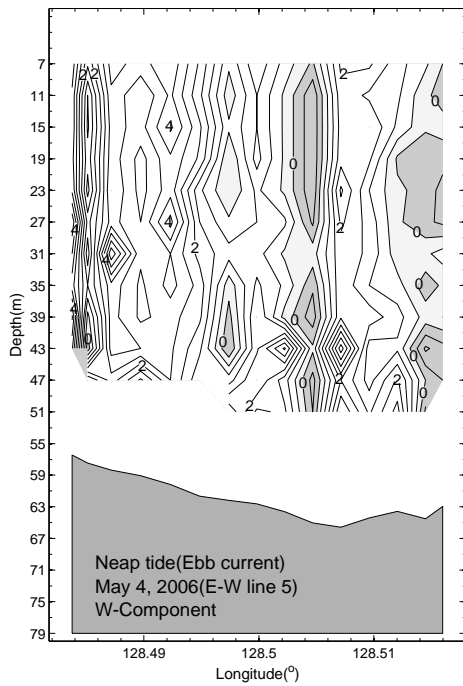


그림 1-1-51. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직성 분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-51. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).

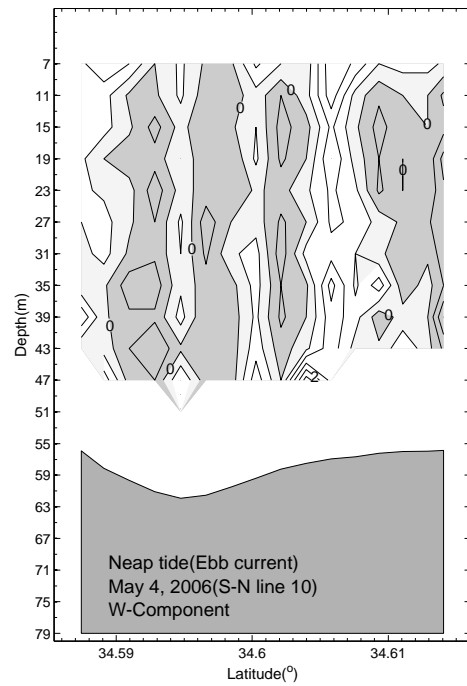
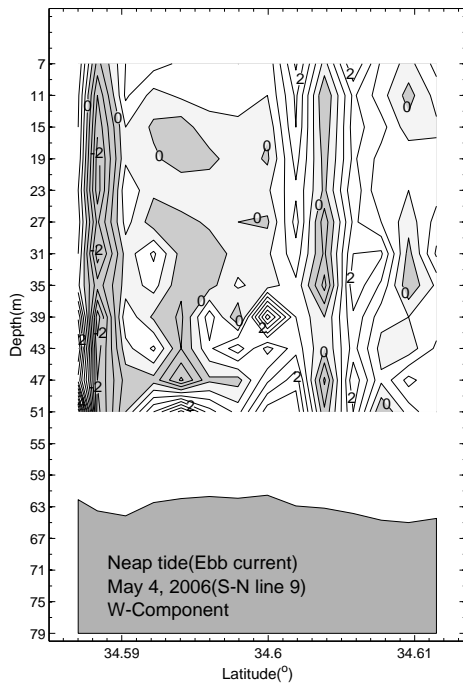


그림 1-1-52. 2006년 5월 4일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-52. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 4th May 2006 (neap tide).



그림 1-1-53 및 54는 2006년 5월 30일 대조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 1 line의 결과를 보면 구조물 주변 서쪽역에서 상승류의 흐름이 나타났으며, 동쪽역에서는 하강류 및 상승류의 흐름이 나타났다. 2 line는 구조물 중심 128.5°E에서 상승류의 분포가 전 수층에 걸쳐 나타났으며 동쪽역에서 상승류의 분포가 4cm/s 이상의 분포를 보이고 있다. 5 line에서의 결과는 전체적으로 상승류의 분포가 우세하게 나타났다. 6 line의 결과를 보면 구조물 주변인 34.6°N에서 상승류의 분포가 2cm/s 정도의 크기로 나타났다. 또한 7 line의 결과 구조물 주변의 북쪽역에서 상승류의 분포가 우세하였으며 남쪽역에서는 하강류의 분포가 나타났다. 8 line에서는 전반적으로 2cm/s의 상승류가 분포하였으며, 남쪽역 끝 부분지역에서 2cm/s의 하강류의 분포가 나타났다. 9 line에서는 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 상승류, 하강류에서 다시 상승류로 그 흐름이 번갈아 나타나는 경향을 보이고 있다.

그림 1-1-55, 56 및 57은 2006년 5월 30일 대조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 1 line의 결과 구조물 중심지역인 128.5°E와 그 동쪽역에서 상승류 분포가 나타났으며, 2 line에서는 구조물 중심지역에서는 하강류가 나타났으나 동쪽 및 서쪽역에서는 상승류의 분포를 보이고 있다. 그러나 동쪽역의 끝 부분으로 가서 다시 하강류의 분포가 나타났다. 3 line에서는 전반적으로 서쪽역에서는 상승류의 분포가, 동쪽역에서는 하강류의 분포가 나타났다. 4 line은 서쪽역에서는 상승류, 구조물 중심지역에서는 하강류, 동쪽역에서는 상승류, 동쪽 끝부분에서는 하강류의 흐름이 번갈아 가면서 나타나는 경향을 보이고 있다. 5 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 2cm/s 이상으로 나타났고, 특히 서쪽역에서는 그 크기가 보다 강하게 나타났다. 6 및 7 line에서는 전반적으로 2cm/s 이상의 하강류가 우세하게 나타났으며 8 line에서는 수심 약 20m 이천에서 상승류가 그 이심에서는 하강류의 분포가 나타났다. 또한 구조물 중심 동쪽역에서 2cm/s 크기의 상승류가 존재하였다.

9 line에서는 전체적으로 하강류의 흐름이 우세하게 존재하였으며, 구조물 중심역인 34.6°N에서 상승류의 분포가 미약하게 나타났다. 10 line에서는 하강류의 흐름이 우세하게 나타났으며 상승류의 분포도 일부 수층에서 존재하였다.

이와 같이 2006년 5월 30일 대조기에 실시한 연직 유동성분 (w-component) 결과 창조시와 낙조시, 동쪽 및 서쪽역, 남쪽 및 북쪽역에 걸쳐 상승류 및 하강류가 지역적으로 번갈아 나타나는 경향을 보였다.

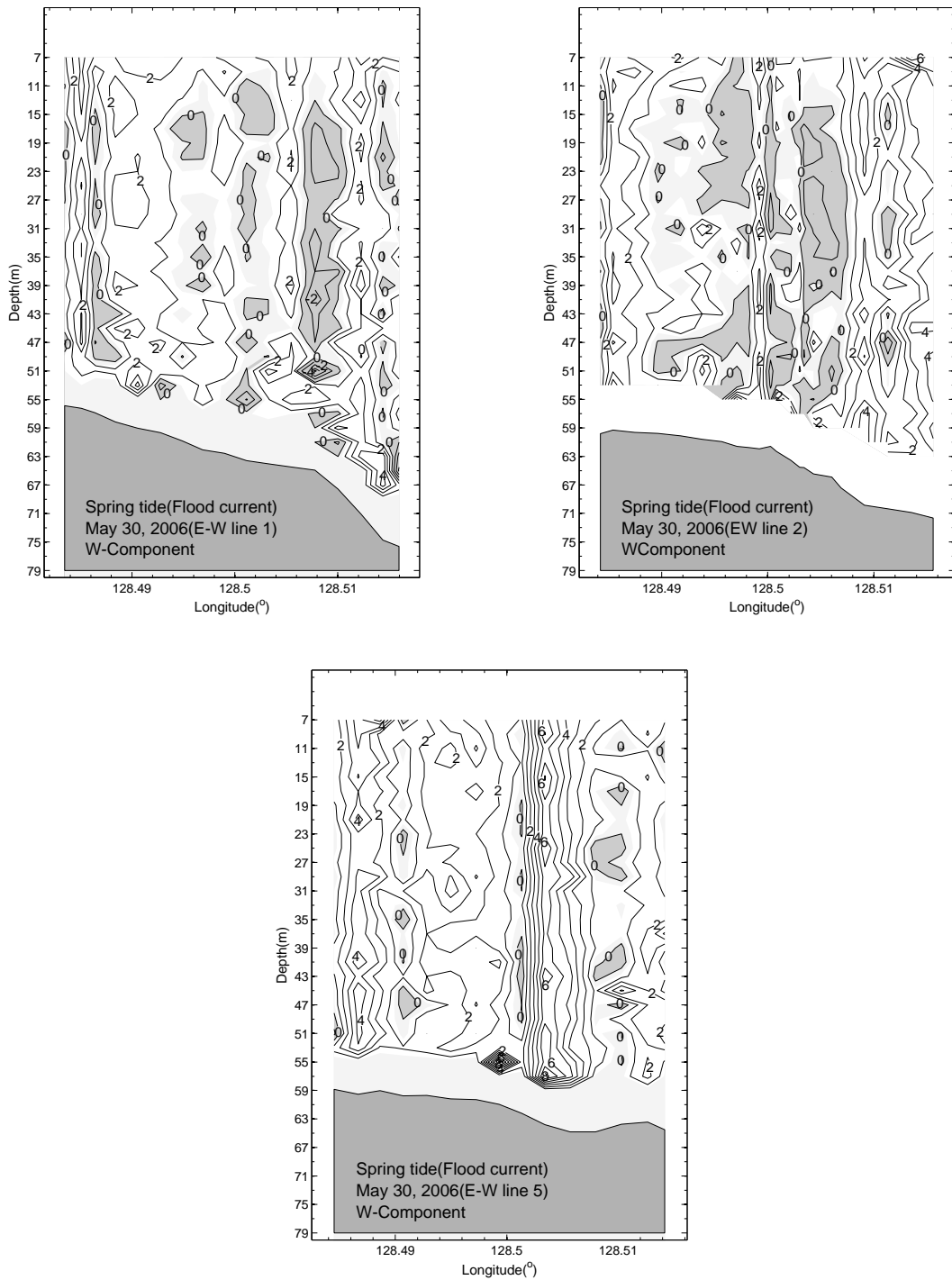


그림 1-1-53. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 1, 2 및 5 line에서 관측된  
연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-53. Vertical distribution of w-component along the 1, 2 and  
5 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide).

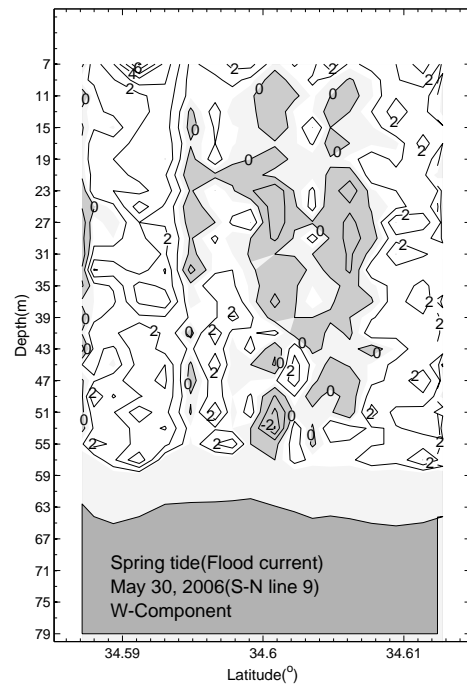
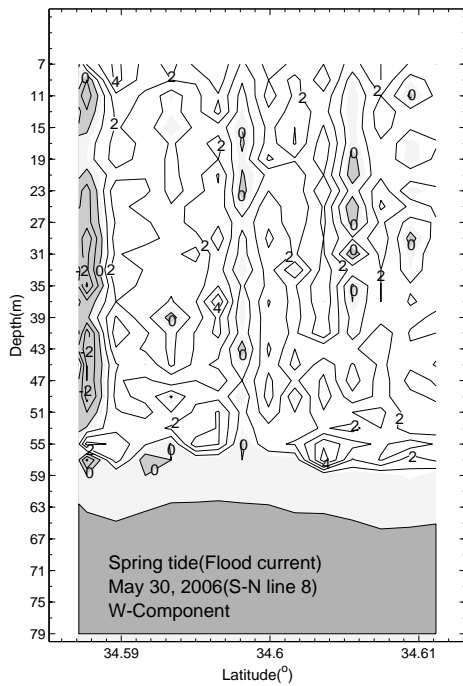
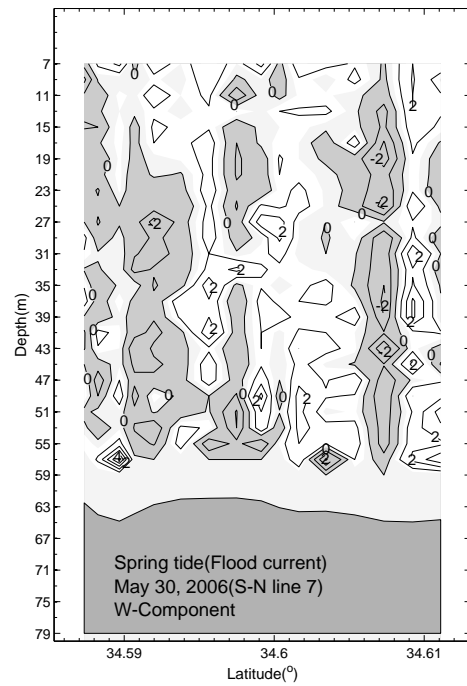
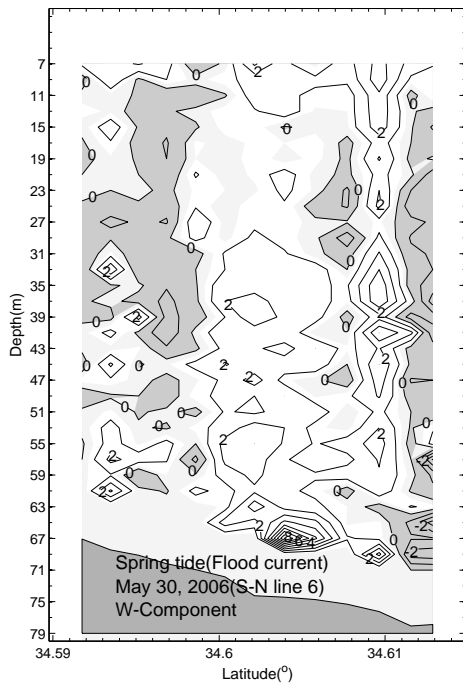


그림 1-1-54. 2006년 5월 30일(대조기) 창조시 6-9 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-54. Vertical distribution of w-component along the 6-9 line at flood current on 30th May 2006 (spring tide).

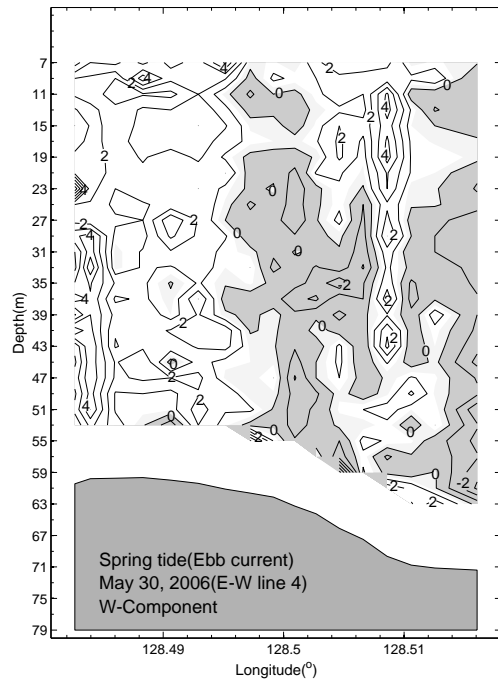
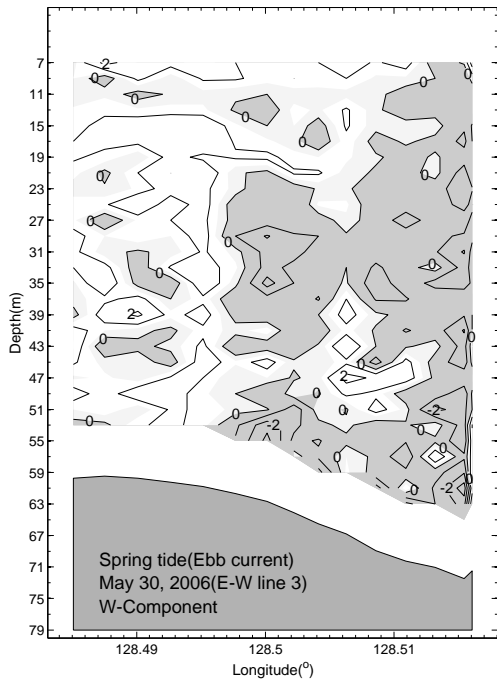
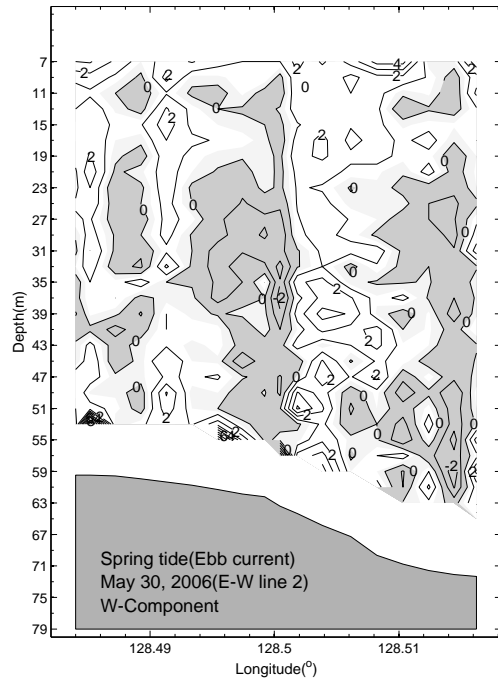
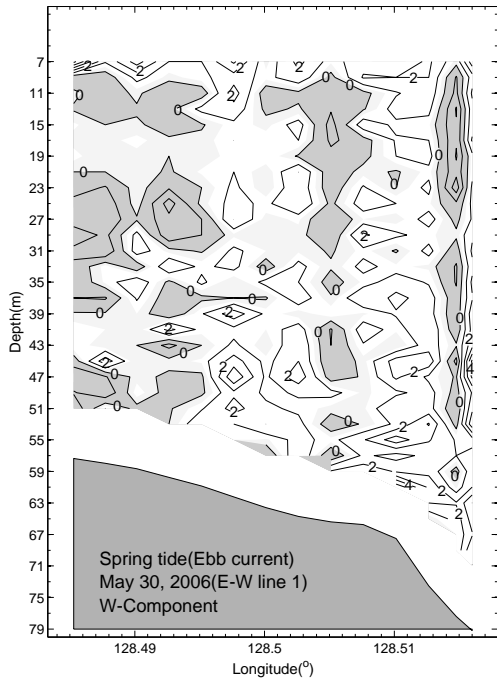


그림 1-1-55. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-55. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).

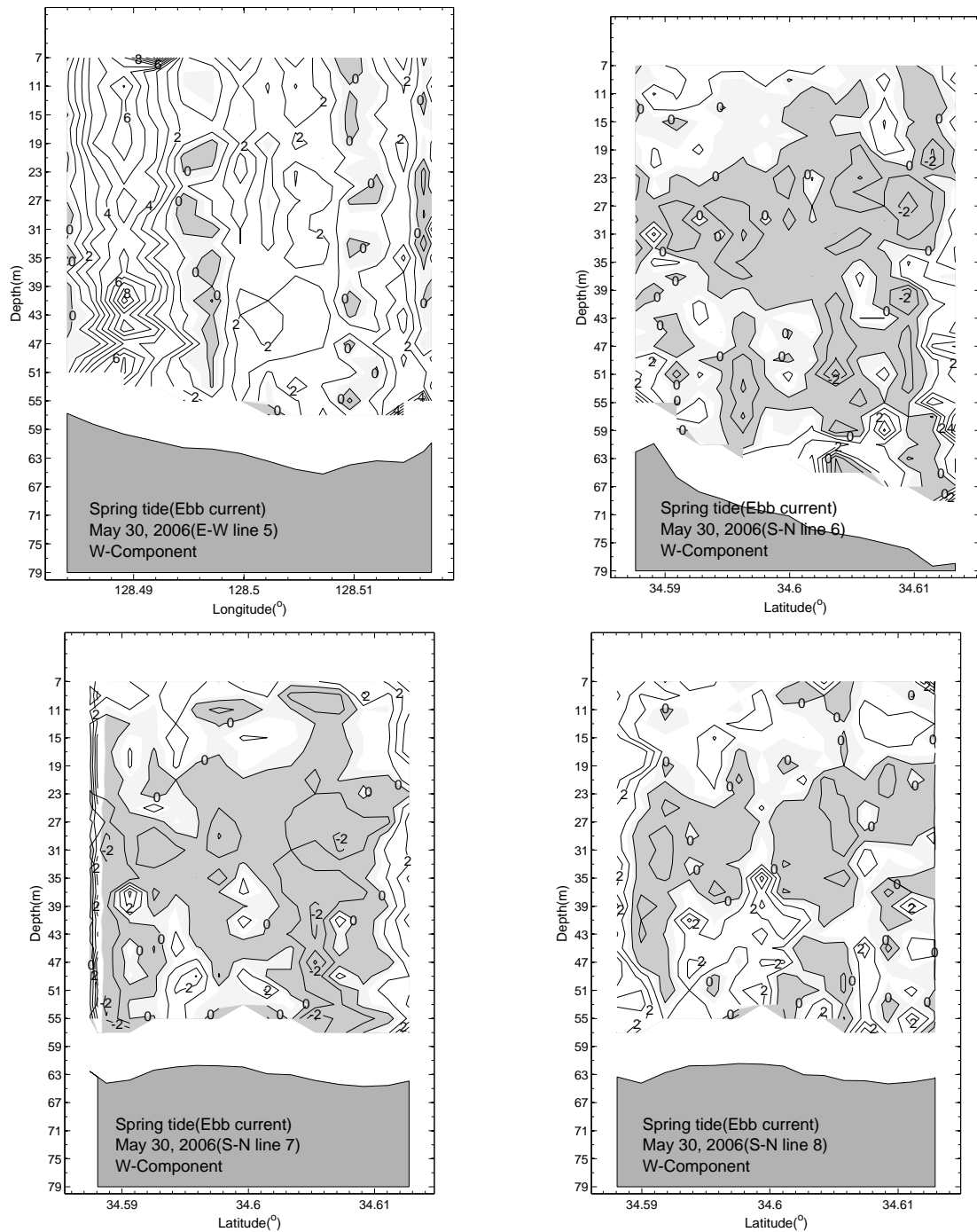


그림 1-1-56. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-56. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).

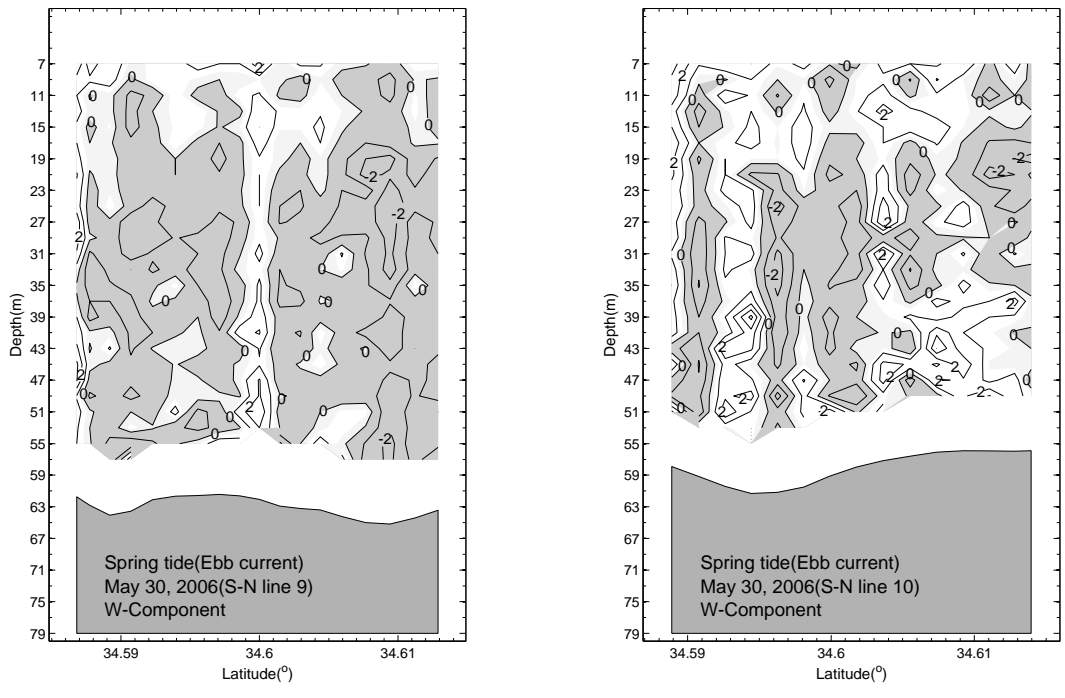


그림 1-1-57. 2006년 5월 30일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-57. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 30th May 2006 (spring tide).

그림 1-1-58 및 59는 2006년 7월 27일 대조기 창조시에 실시한 E-W line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서의 음영부분은 (-)값인 하강류를 표시하고 있다.

1 line의 연직유동분포를 보면 결과 구조물 주변역인 128.5°E에서 2cm/s의 크기로 상승류의 흐름이 우세하였으며 동쪽역으로 갈수록 그 크기가 강하게 나타났다. 2 line에서는 구조물 주변 동쪽역인 128.5~128.51°E에서 2cm/s 이상의 크기를 가지는 상승류의 분포가 나타났으며 3 line에서는 구조물 중심해역인 128.5°E의 지역을 제외하고 상승류의 분포가 전반적으로 우세하였다. 4 line에서는 서쪽역에서 동쪽역으로 갈수록 하강류에서 상승류, 상승류에서 하강류가 번갈아 가면서 나타나는 경향을 볼 수 있다. 또한 5 line에서는 전체적으로 4 cm/s이상의 크기로 상승류의 분포가 우세하게 나타났다.

그림 1-1-60, 61 및 62는 2006년 7월 27일 대조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 1 line에서의 분포는 구조물 중심역인 128.5°E에서 수심 약 20m 이천에서는 하강류의 흐름이, 그 이심에서는 상승류의 흐름이 나타났다. 2 line에서는 구조물 중심역을 제외한 동쪽역과 서쪽역에서 상승류의 흐름이 나타났으며, 특히 동쪽역에서 그 크기가 강하게 나타났다. 3 line에서는 서쪽 끝 부분에서 상승류의 흐름이 구조물 주변 동쪽역에서 하강류의 흐름이 나타났으며 다시 동쪽역으로 갈수록 상승류의 흐름이 나타났다. 4 line에서는 서쪽역에서 상승류의 흐름이 강하게 나타났으며 동쪽역으로 갈수록 하강류와 상승류가 번갈아 가면서 발생하였다. 5 line에서는 구조물 중심 서쪽역과 동쪽역에서 상승류의 흐름이 약 2cm/s 크기로 존재함을 볼 수 있다. 6 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 강하게 나타났으며, 7 line에서는 구조물 주변역에서 구조물 주변 북쪽역까지 하강류의 흐름이 존재하였으며 남쪽역에서는 수심 약 40m 이천에서는 하강류의 흐름이 그 이심에서는 상승류의 흐름이 나타났다. 8 line에서는 구조물 중심역에서 하강류가 약 4cm/s



이상의 크기로 존재하였으며, 남쪽 및 북쪽역에서 상승류의 분포가 약 2cm/s로 나타났다. 9 line에서는 전체적으로 하강류의 흐름이 우세하게 나타났다으며, 구조물 주변 북쪽역 수심 약 40m 이심에서 상승류가 존재하였다.

이와 같이 2006년 7월 27일 대조기에 실시한 연직 유동성분 (w-component) 결과는 창조시와 낙조시 모두 상승류의 분포가 하강류 보다 우세하게 나타났으며, 2006년 5월 30일의 결과와 유사한 상승류 및 하강류가 번갈아 분포하는 형태를 보이고 있다.

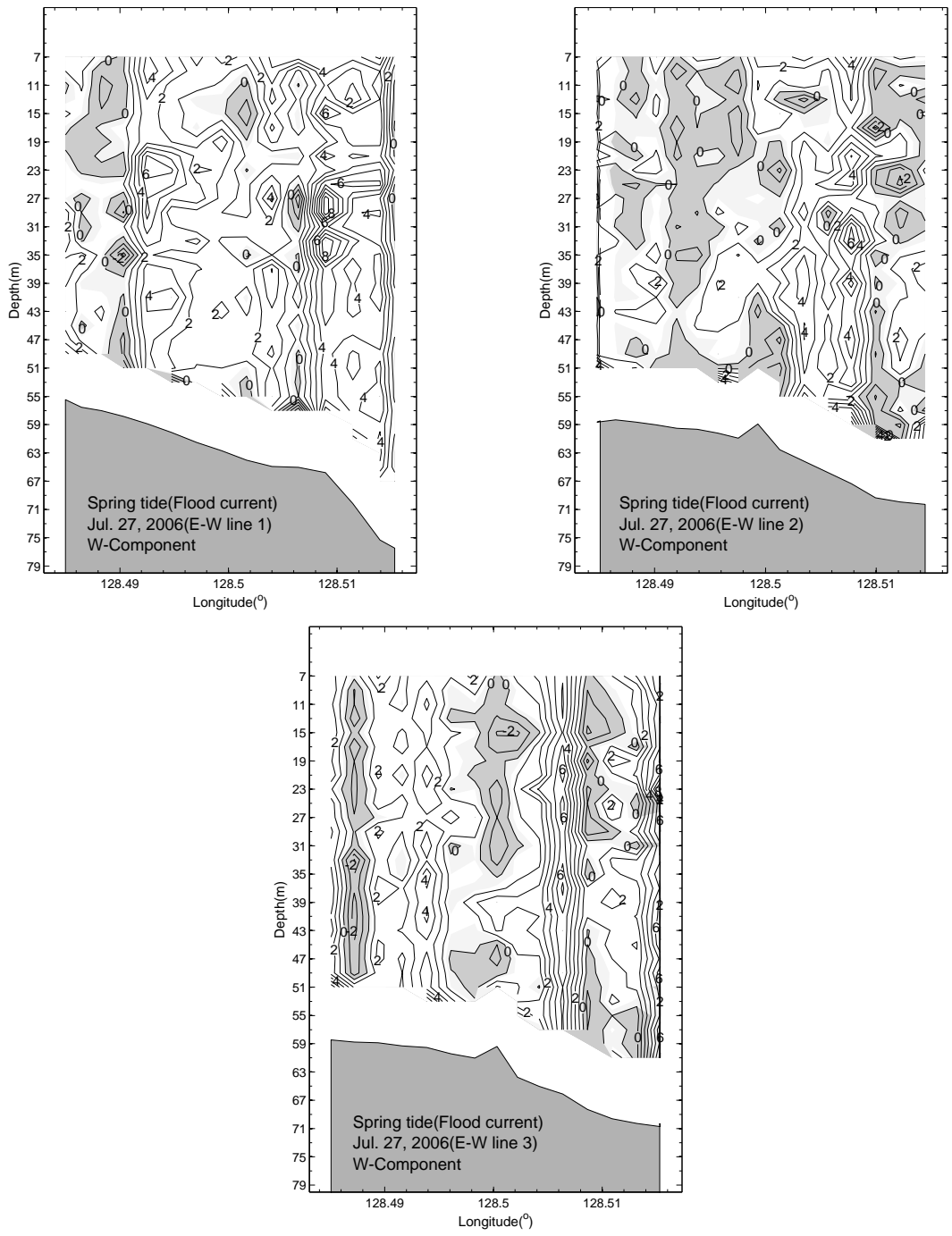


그림 1-1-58. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 1, 2 및 3 line에서 관측된  
연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-58. Vertical distribution of w-component along the 1, 2 and  
3 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide).

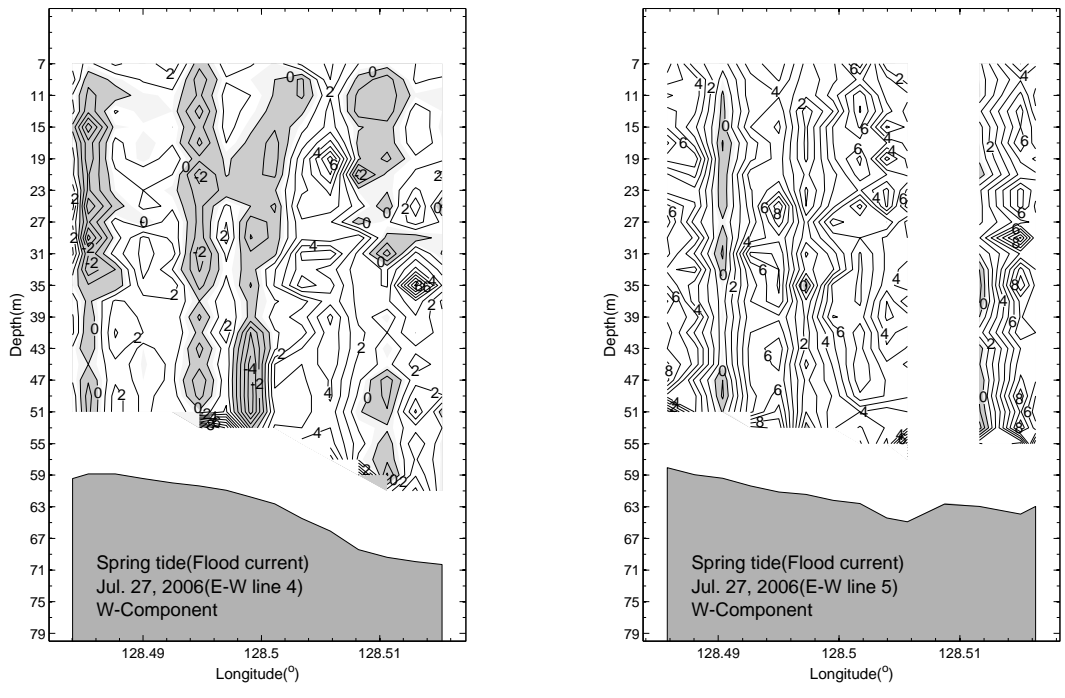


그림 1-1-59. 2006년 7월 27일(대조기) 창조시 4 및 5 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-59. Vertical distribution of w-component along the 4 and 5 line at flood current on 27th July 2006 (spring tide).

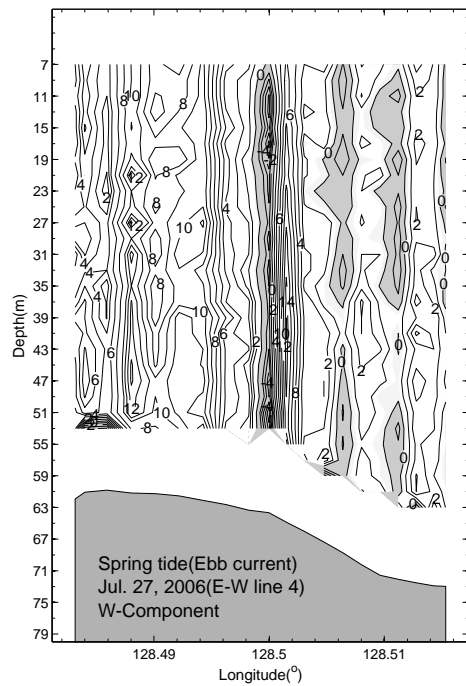
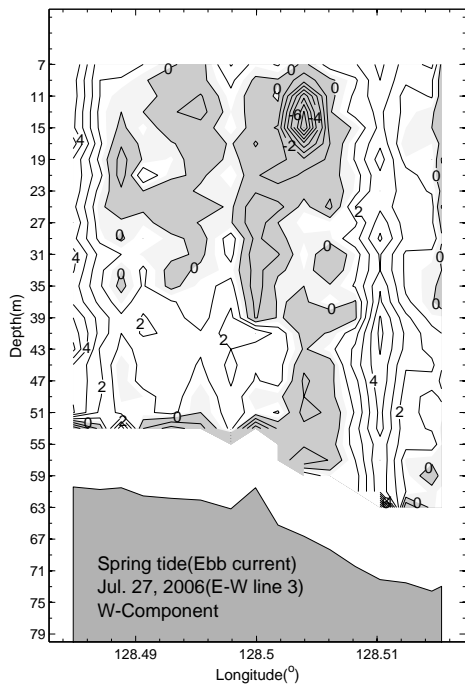
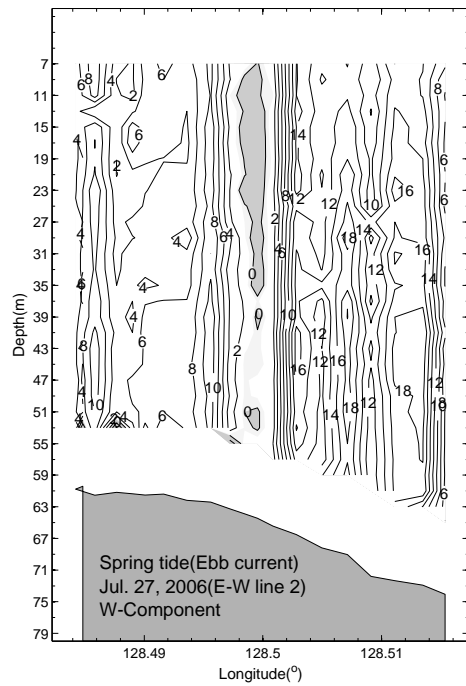
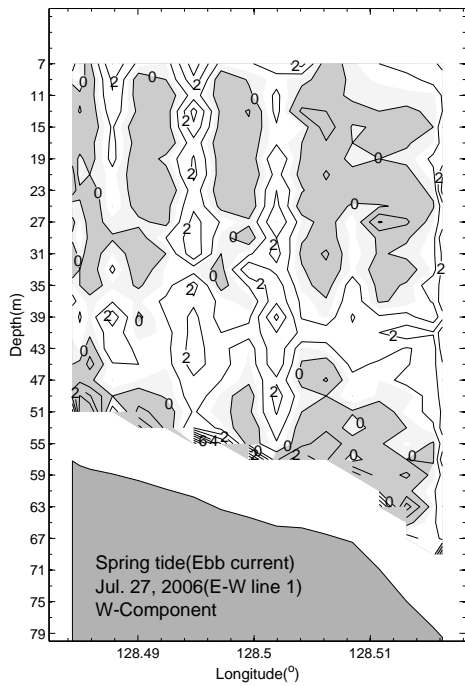


그림 1-1-60. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-60. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).

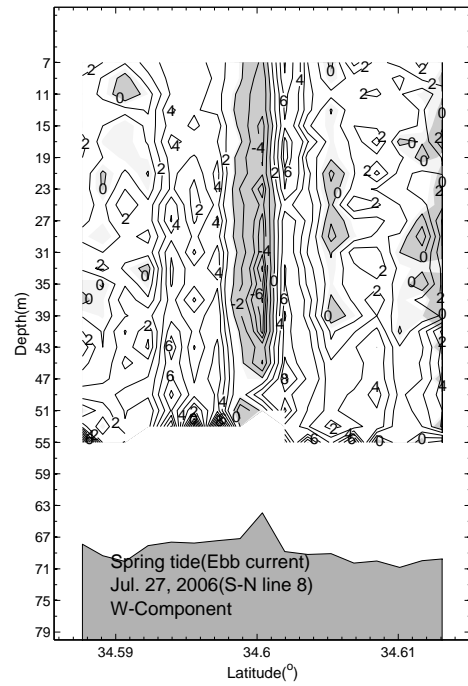
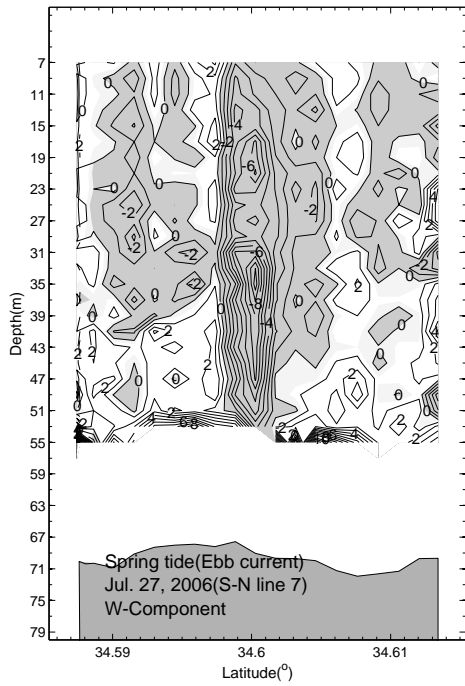
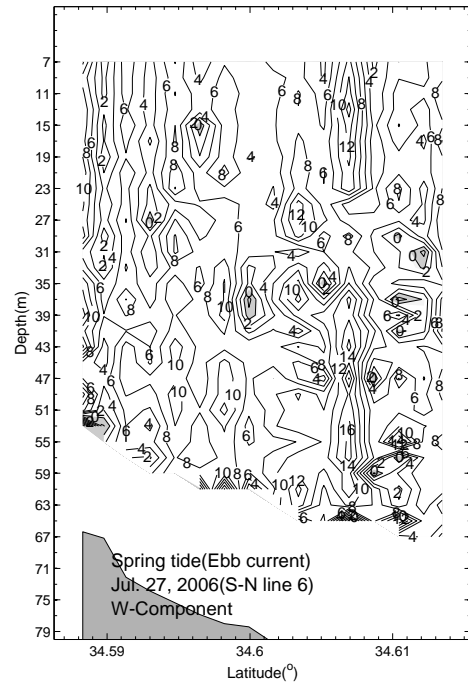
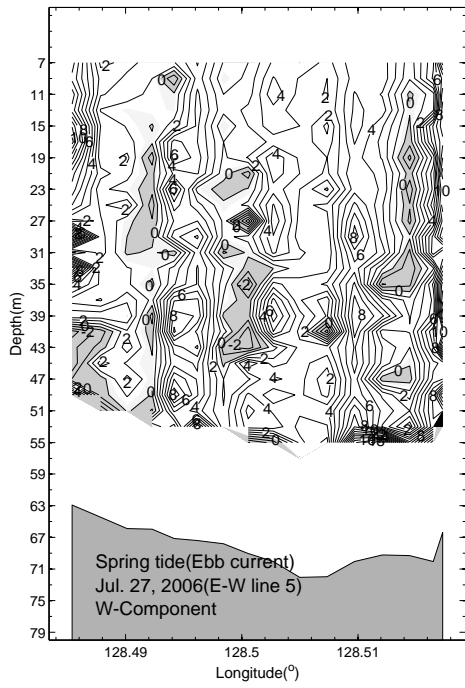


그림 1-1-61. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-61. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).

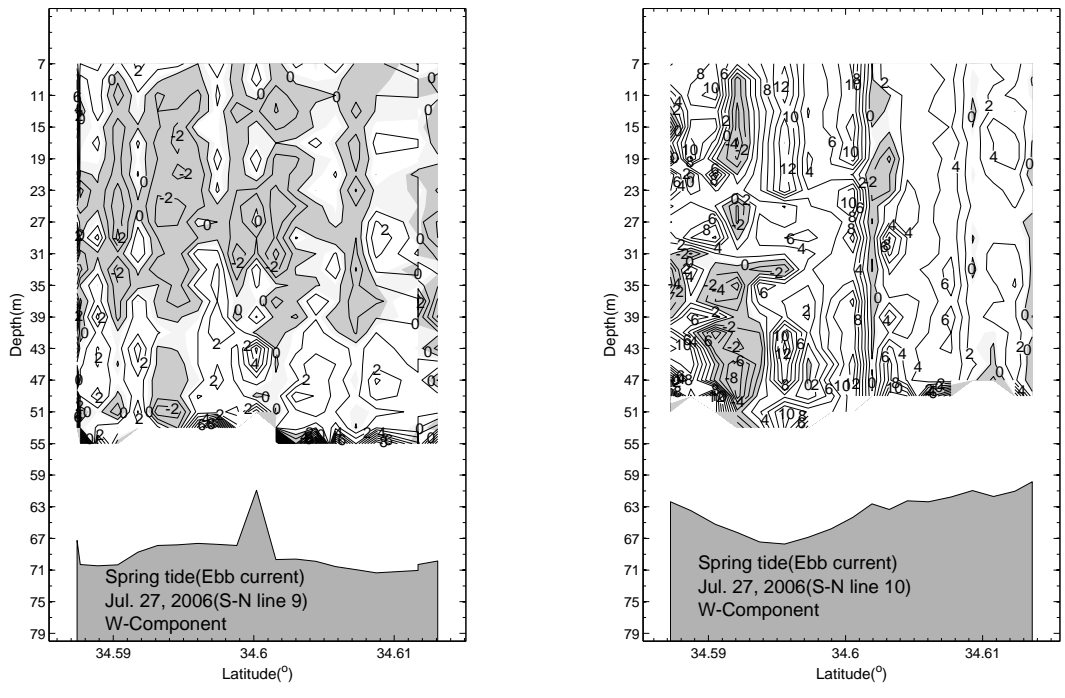


그림 1-1-62. 2006년 7월 27일(대조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-62. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 27th July 2006 (spring tide).

그림 1-1-63, 64 및 65는 2006년 10월 14일 소조기 창조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 먼저 1 line에서의 연직유동분포를 보면 구조물 주변 서쪽역 및 서쪽 끝 부분까지 하강류의 분포가 우세하였으며 동쪽역에서 수심 약 35m 이천에서 상승류의 흐름이 나타났다. 2 line에서는 서쪽역에서 동쪽역으로 갈수록 상승류 및 하강류의 흐름이 번갈아 나타나는 특성을 보이고 있으며, 3 line도 2 line에서와 유사한 흐름 분포를 보이고 있다. 4 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 약 4cm/s 이상의 크기로 존재하였으며 동쪽역 및 서쪽역 끝 부분에서 하강류가 미약하게 존재하였다. 5 line에서는 구조물 주변 서쪽역에서 상승류의 분포가 약 4cm/s의 크기로 존재하였으며 구조물 주변 및 동쪽역 수심 약 30m 이천에서 하강류의 분포가, 그 이십에서는 상승류와 하강류가 나타났다. 6 line에서는 구조물 주변 남쪽역에서 상승류의 분포가 나타났으며 북쪽역에서는 하강류의 흐름이 존재하였다. 7 line에서는 구조물 주변역에서 남쪽역까지 수심 약 35m 이천에서 하강류의 분포가 나타났으며 그 이십에서는 상승류의 분포가 나타났다. 또한 동쪽역에서는 상승류의 분포가 나타났으며 동쪽역의 끝 부분에서는 하강류가 미약하게 존재하였다. 8 line에서는 34.591~34.596°N 지역에서 전 수심에 걸쳐 하강류의 흐름이 존재하였으며 동쪽역에서 상승류의 분포가 나타났으며 저층으로 갈수록 상승류의 크기가 강한 분포특징을 보이고 있다. 9 line에서는 전체적으로 하강류의 분포가 우세하게 나타났으며, 10 line에서는 상승류, 하강류, 또 상승류로 흐름이 번갈아 가면서 나타나는 경향을 보였다.

그림 1-1-66, 67 및 68은 2006년 10월 14일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line 및 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. 1 line에서는 서쪽 끝부분과 동쪽 끝부분 저층부에서 상승류의 분포가 나타났다. 2 line에서는 전체적으로 하강류의 흐름이 우세하게 나타났으며 구조물 동쪽역 부분에서 상승류의 분포가 나타났다. 3 line에서는 전체적으로 2cm/s의 하강류의 분포가, 4 line에서는 수심 약 30m 이십에서는

하강류가 나타났으나 그 이심에서는 상승류의 분포를 보이고 있다. 5 line에서는 구조물 서쪽역에서 상승류의 분포가, 동쪽역에서는 하강류가 우세하였으며 저층에서 일부 상승류의 분포가 나타났다. 6 line에서는 하강류 및 상승류가 번갈아가면서 나타났으며, 7 line에서는 구조물 주변역 34.6°N에서 하강류의 분포가 나타났다. 또한 8 line에서는 상승류 및 하강류의 분포가 번갈아 나타났으며, 9 및 10 line에서도 이와 유사한 상승류 및 하강류 분포 양상을 보였다.

이와 같이 2006년 10월 14일 대조기에 실시한 연직 유동성분(w-component)의 결과는 창조시와 낙조시에 7월 27일 결과와 유사한 분포로 상승류 및 하강류가 번갈아 분포하였다.

한편 2006년 10월 14일에 유동관측과 동시 실시한 수온분포를 그림 1-1-69에 나타내었다. 수온의 연직 분포를 보면, E-W line에서 수심 약 25m 이천에서 동쪽역 및 서쪽역 전 지역에서 21°C 이상의 수온분포가 나타났으며 수심 약 30~40m까지 수온이 급변하는 약층을 형성하고 있다. 또한 수심 약 50m 이심에서는 15°C 이하의 분포를 나타내었다. S-N line에서는 수심 약 30m 이천에서 21°C이상의 분포를, 수심 약 30~40m에서 약층을 형성하였으며 저층에서는 15°C 이하의 수온분포를 나타내었다. 또한 구조물 중심에서 북쪽역에서 수심 약 30m 이심의 저수온이 상승하여 다른 주변지역의 수온분포와 다른 형태를 보이고 있다.



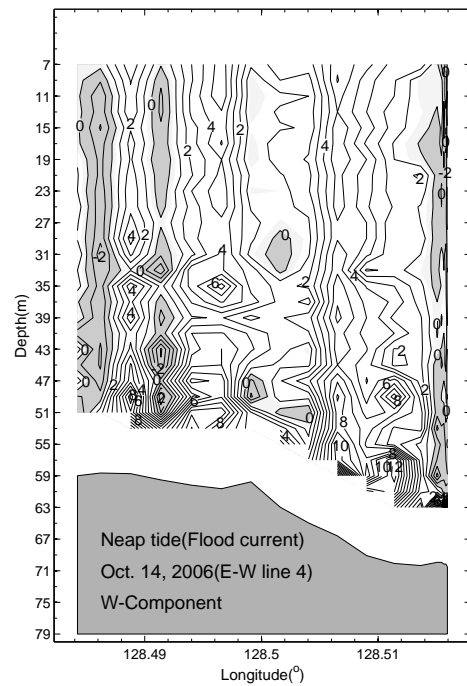
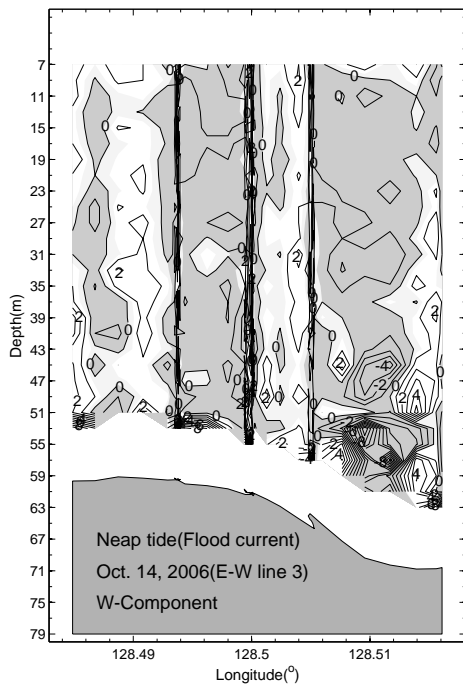
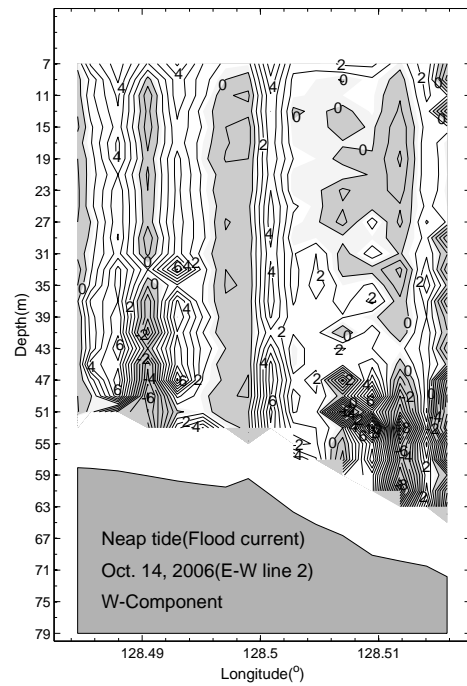
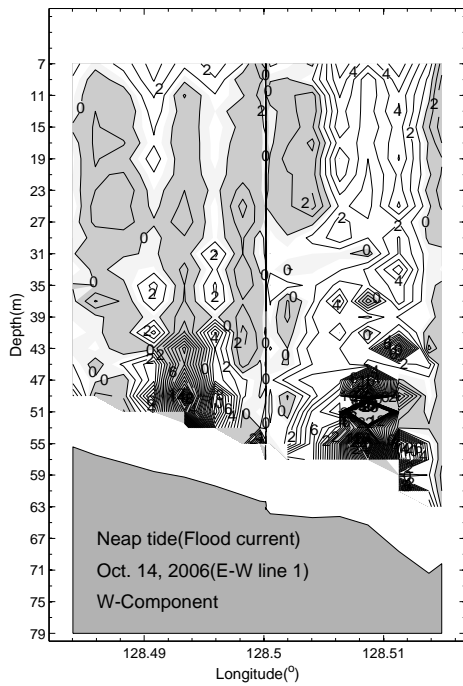


그림 1-1-63. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-63. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

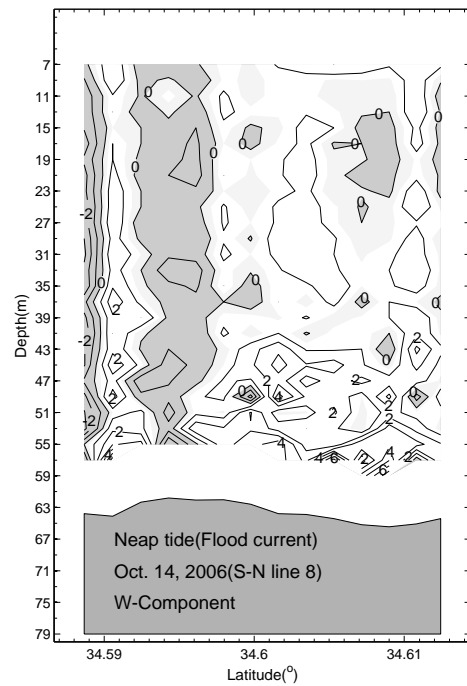
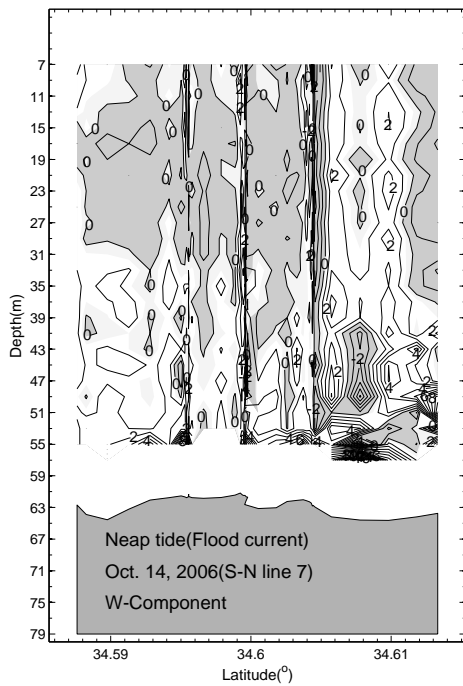
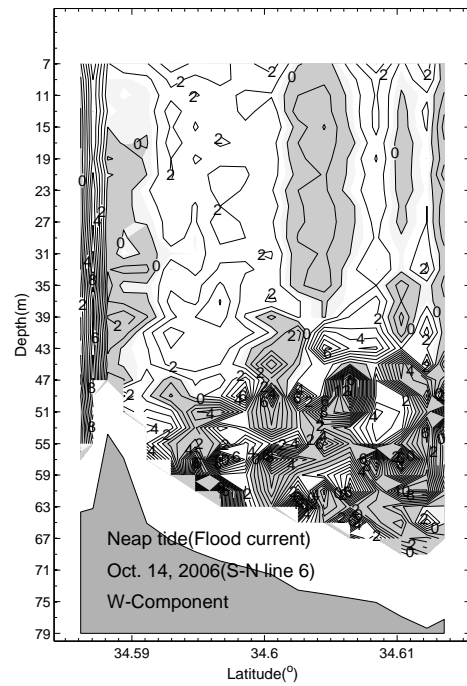
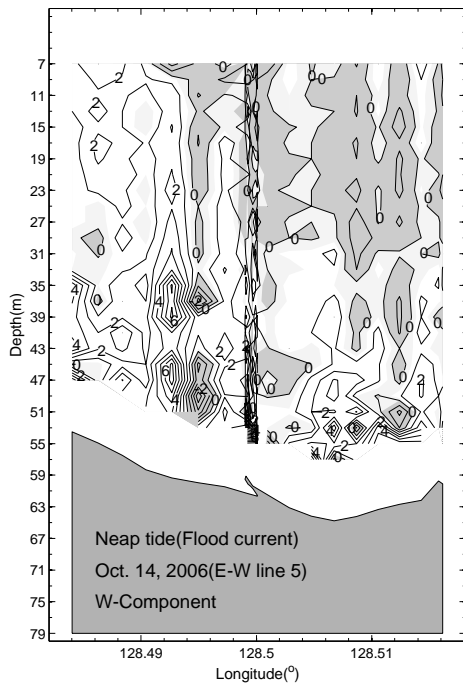


그림 1-1-64. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-64. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

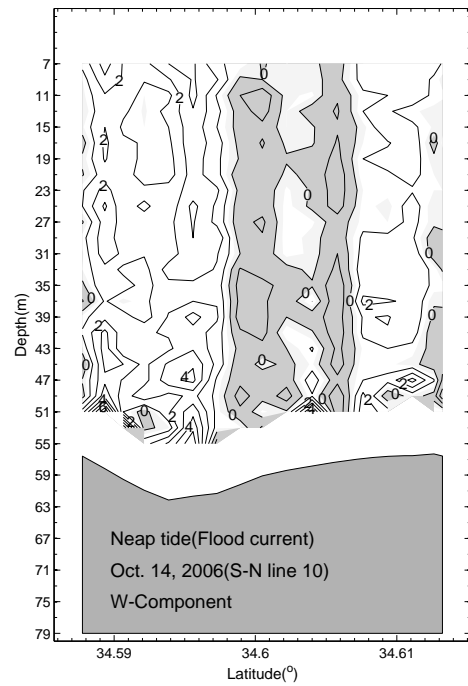
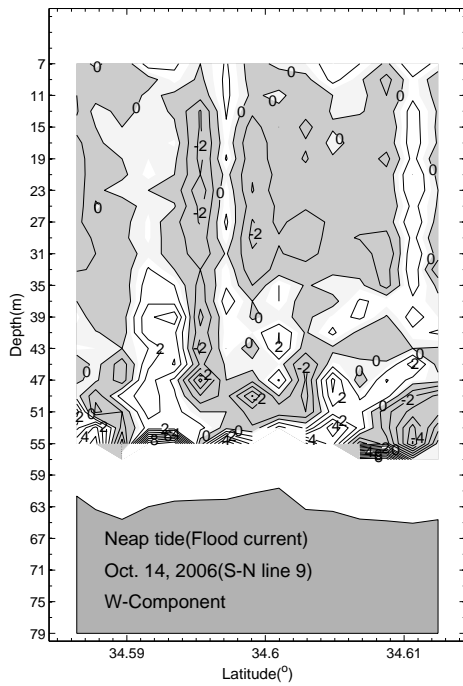


그림 1-1-65. 2006년 10월 14일(소조기) 창조시 9-10 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-65. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at flood current on 14th October 2006 (neap tide).

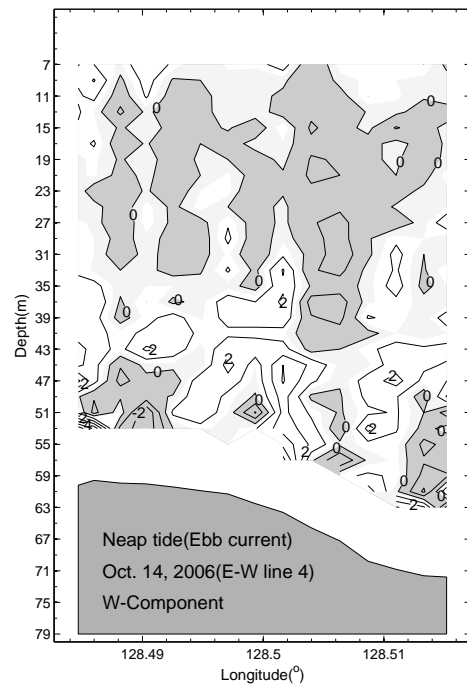
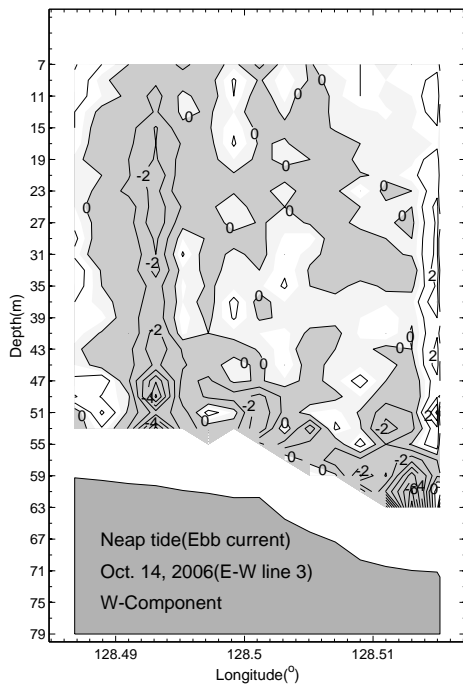
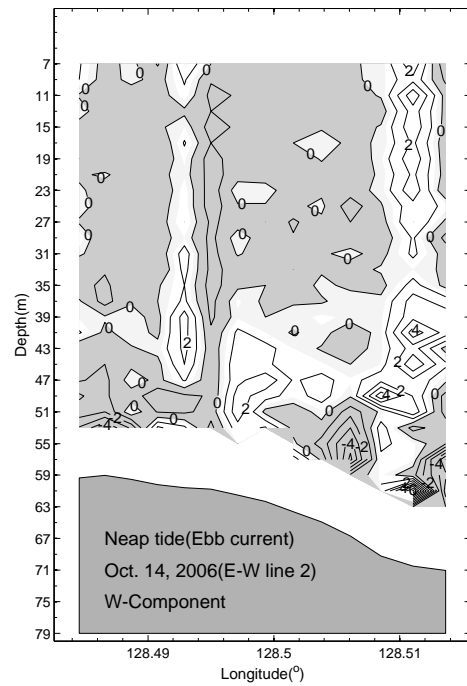
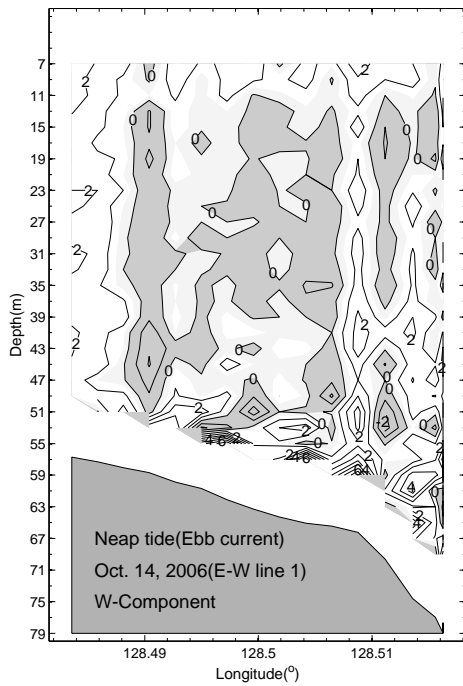


그림 1-1-66. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 1-4 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-66. Vertical distribution of w-component along the 1-4 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).

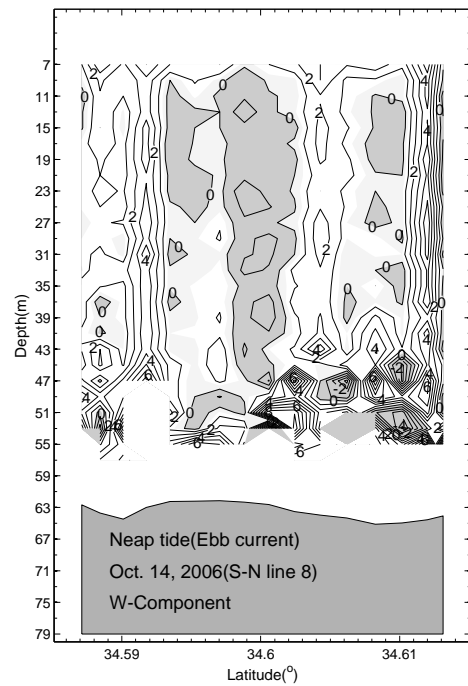
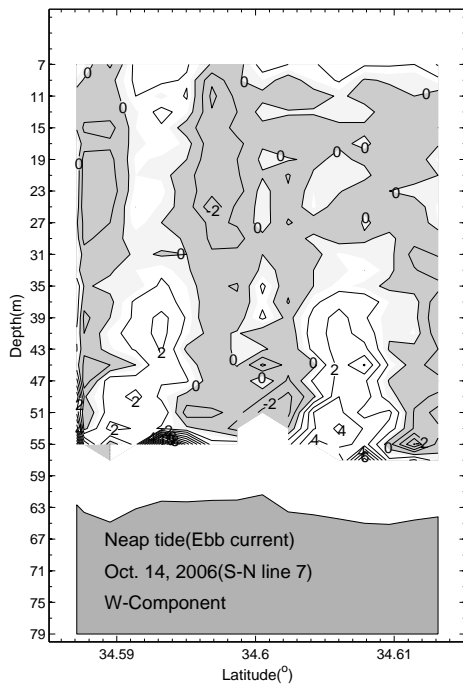
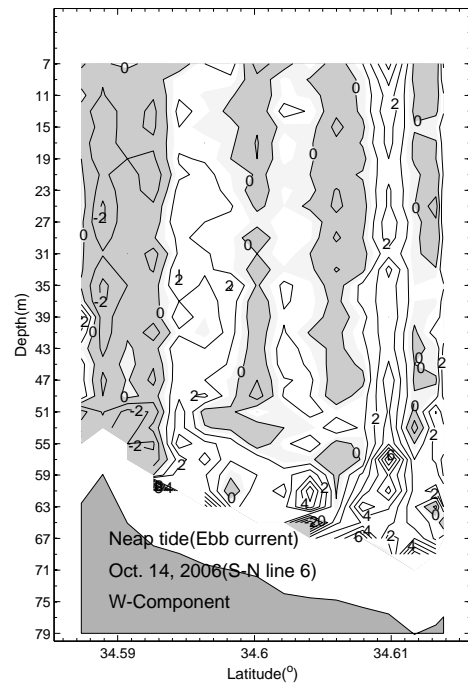
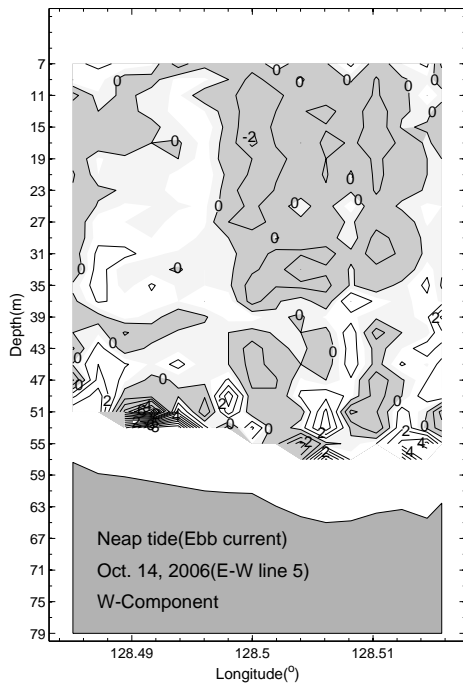


그림 1-1-67. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 5-8 line에서 관측된 연직 성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-67. Vertical distribution of w-component along the 5-8 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).

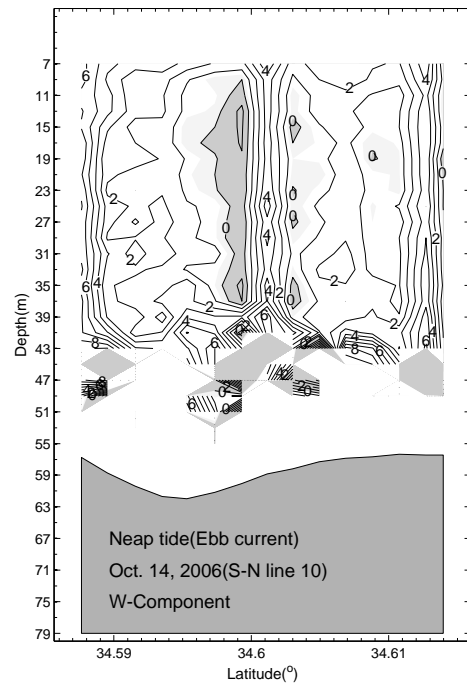
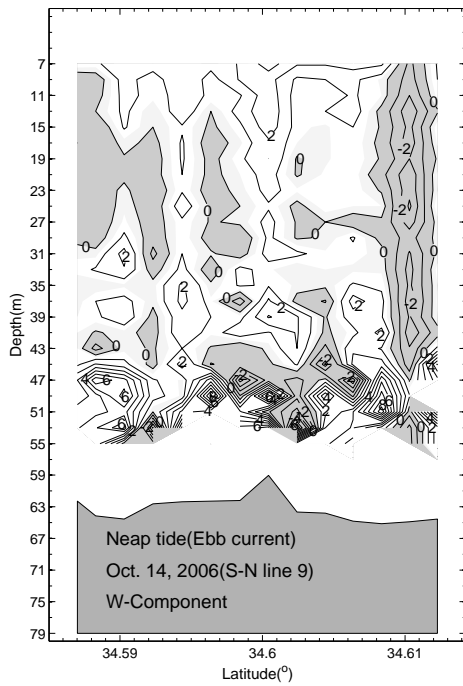


그림 1-1-68. 2006년 10월 14일(소조기) 낙조시 9-10 line에서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-68. Vertical distribution of w-component along the 9-10 line at ebb current on 14th October 2006 (neap tide).

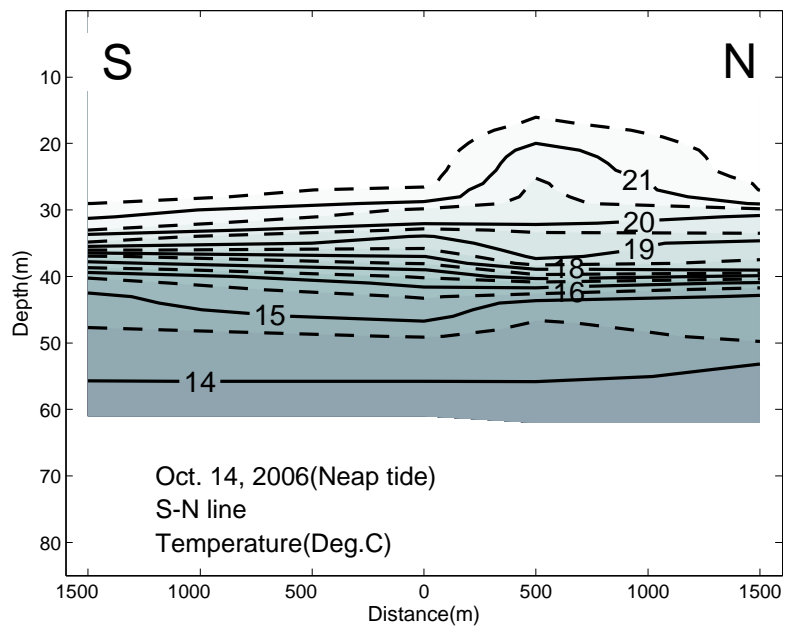
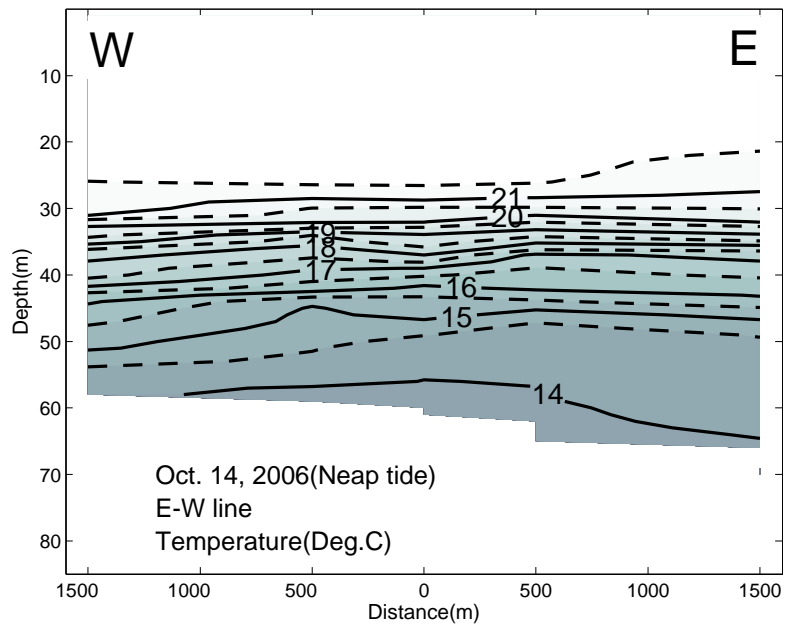


그림 1-1-69. 2006년 10월 14일(소조기) E-W line 과 S-N line에서 관측된 수온 연직분포.

Fig. 1-1-69. Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 14th October 2006 (neap tide).

그림 1-1-70은 2006년 10월 27일 중조기(대조기→소조기) 창조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line에서는 수심 약 30m 이천에서 하강류의 흐름이 나타났으며 그 이심에서는 하강류 및 상승류의 분포가 번갈아 가면서 나타났다. 2 line에서는 수심 약 25m 이천에서는 하강류의 분포가 우세하였으며 상승류 및 하강류가 번갈아 가면서 나타났다. S-N 1 line 및 2 line에서는 남쪽역에서 하강류의 흐름이 나타났으며 구조물 중심 및 동쪽역에서 수심 약 40m 이심에서 상승류의 흐름이 존재하였다.

그림 1-1-71은 2006년 10월 27일 중조기(대조기→소조기) 낙조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. E-W 2 line에서의 분포는 구조물 중심 서쪽역에서 수심 약 30m 이천에서 하강류의 분포가 나타났으며 그 이심에서는 상승류의 흐름이 존재하였다. 또한 구조물 주변 동쪽역에서는 상승류의 분포가 우세하게 존재하였다. S-N 2 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 우세하게 존재하였으며 구조물 중심부 수심 약 30m 이천에서 하강류가 일부 존재하였다.

또한 2006년 10월 27일에 유동관측과 동시에 실시한 수온 결과를 그림 1-1-72에 나타내었다. 동시기에 관측한 수온의 연직 분포를 보면, E-W line 및 S-N line에서 전체적인 수온 범위는 16~19°C로 나타났으며 구조물 중심역(34.6°N, 128.5°E)에서 주변의 동쪽, 서쪽, 남쪽 및 북쪽역에 비해 수온분포가 상승하는 경향을 볼 수 있다.



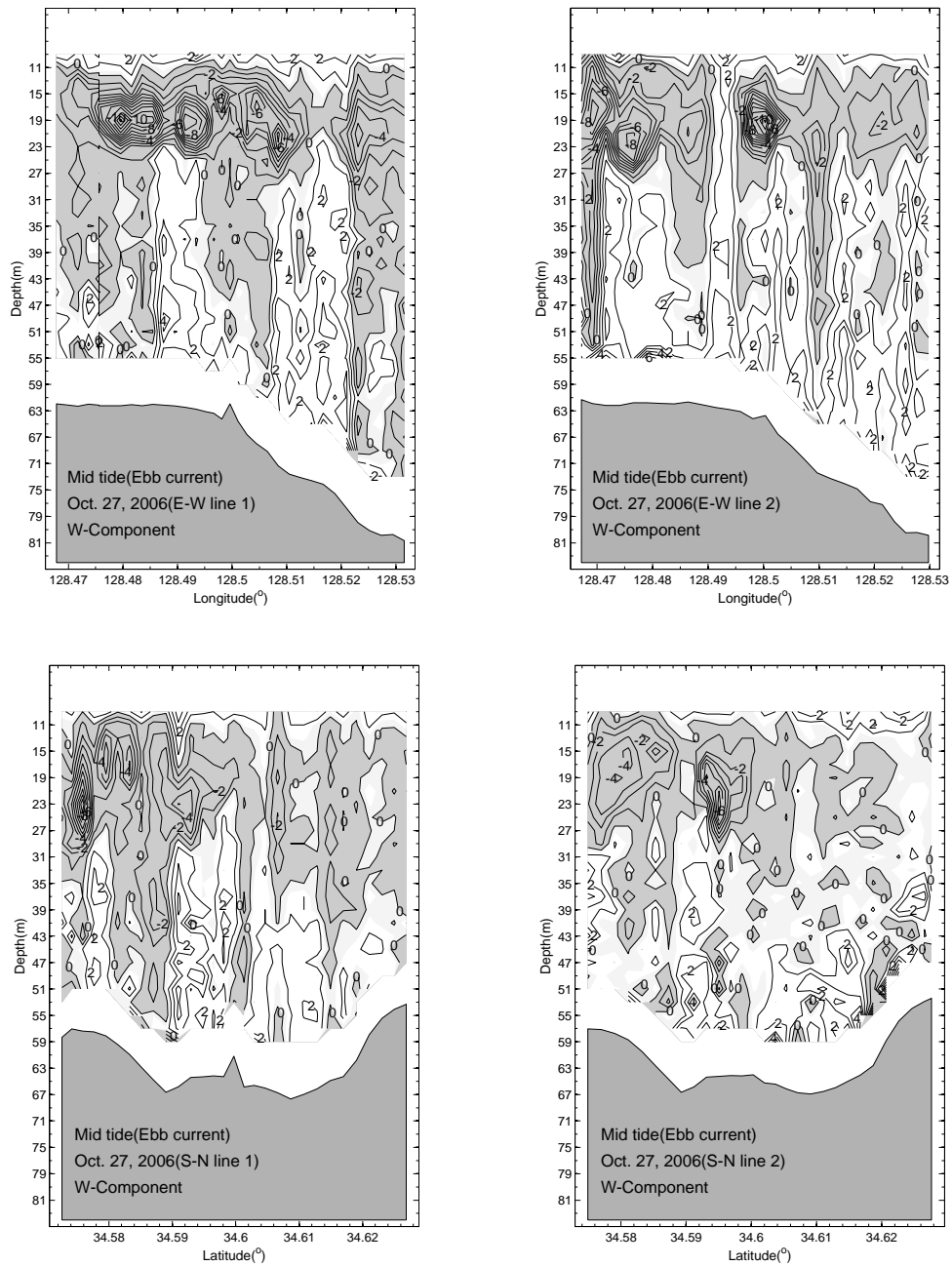


그림 1-1-70. 2006년 10월 27일(중조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-70. Vertical distribution of w-component along the E-W and  
S-N line at ebb current on 27th October 2006(mid tide).

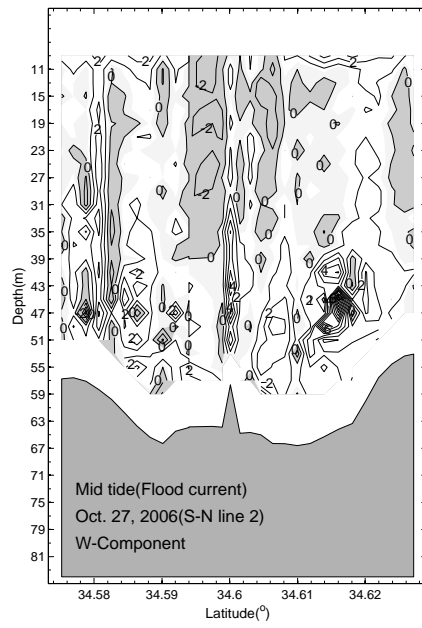
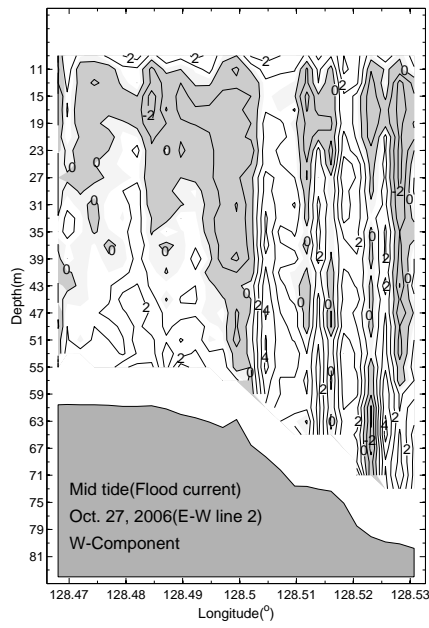


그림 1-1-71. 2006년 10월 27일(중조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-71. Vertical distribution of w-component along the E-W and  
S-N line at flood current on 27th October 2006(mid tide).

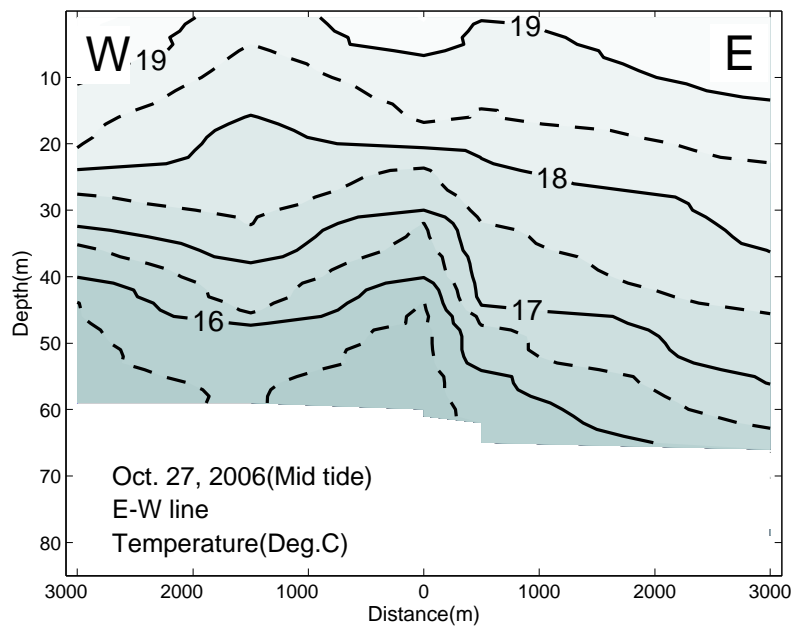
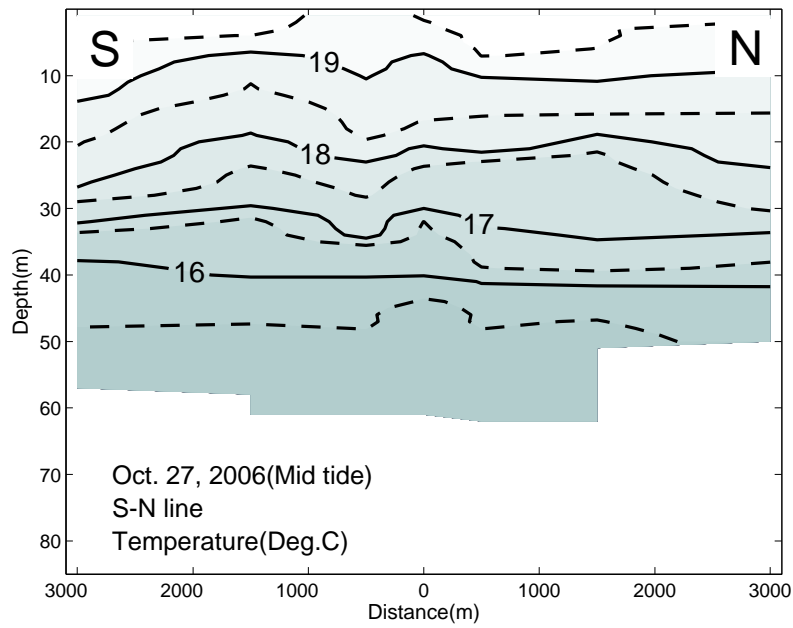


그림 1-1-72. 2006년 10월 27일(중조기) E-W line 과 S-N line에서 관측된 수온 연직분포.

Fig. 1-1-72. Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 27th October 2006(mid tide).

그림 1-1-73은 2006년 11월 30일 소조기 창조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. E-W 1 line 및 2 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 우세하게 나타났으며 S-N 1 line 및 2 line에서도 상승류의 흐름이 우세하게 나타났으며 북쪽역 끝부분에서 하강류가 일부 존재하였다.

그림 1-1-74는 2006년 11월 30일 소조기 낙조시에 실시한 E-W line과 S-N line에서의 연직 유동성분(w-component)의 분포를 나타낸 것이다. E-W 2 line에서는 동쪽역에서 서쪽역으로 갈수록 상승류에서 하강류로 변하여 가면서 나타나는 분포를 보였으며 S-N 2 line에서는 전체적으로 상승류의 흐름이 우세하게 나타났다.

이와 같이 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)에 실시한 연직 유동성분(w-component)의 결과는 전체적으로 상승류의 분포가 우세하게 나타났으며 구조물 투하 전인 5월 관측과 7월27일 및 10월 14일 관측에 관측 거리가 연장된 범위를 비교하여 보았을 때 상승류 및 하강류가 변하여 가면서 나타나는 분포를 보였다.

또한 2006년 11월 30일에 실시한 유동관측과 동시 관측한 수온결과를 그림 1-1-75에 나타내었다. 동시기에 관측한 수온의 연직 분포를 보면, 2006년 10월 27일의 분포와 유사하게 분포하였다. E-W line 및 S-N line에서 전체적인 수온 범위는 16~19°C로 나타났으며 구조물 중심역(34.6°N, 128.5°E)에서 주변의 동쪽, 서쪽, 남쪽 및 북쪽역에 비해 수온분포가 상승하는 특징을 볼 수 있다.

따라서 구조물에 의한 상승류의 발생 등과 같은 해양환경변화는 해수 순환으로 인한 해수 수질개선뿐만 아니라 저층에 존재하고 있는 영양염 등을 표층으로 상승시킬 수 있는 것은 본 연구목적의 기본적인 메커니즘으로 작용할 수 있다. 또한 수온분포의 변화 즉, 구조물 주변역에서 저층의 수온 분포가 구조물에 의한 상승류의 효과로 인하여 상승하는 결과를 가져왔다. 이외 같은 현상은 해저에 구조물을 구축하여 발생한 현상으로 생각된다.

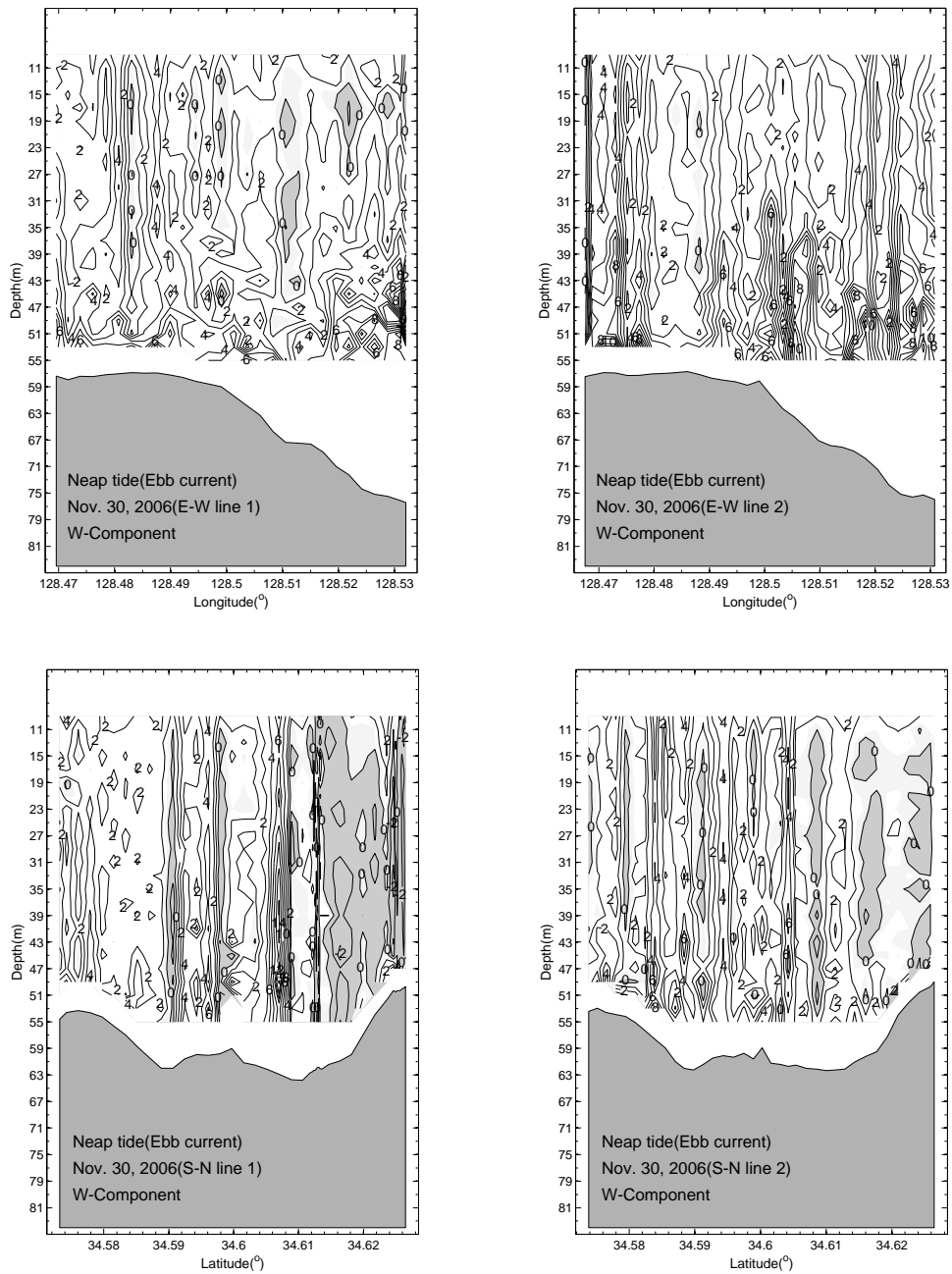


그림 1-1-73. 2006년 11월 30일(소조기) 낙조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-73. Vertical distribution of w-component along the E-W and  
S-N line at ebb current on 30th November 2006 (neap tide).

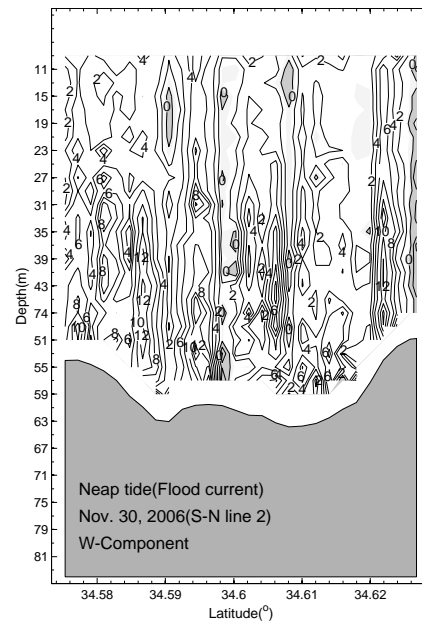
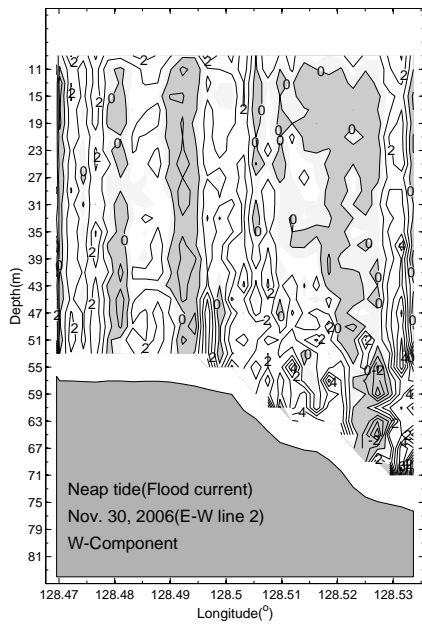


그림 1-1-74. 2006년 11월 30일(소조기) 창조시 E-W line 과 S-N line에  
서 관측된 연직성분(w-component) 분포.

Fig. 1-1-74. Vertical distribution of w-component along the E-W and S-N  
line at flood current on 30th November 2006 (neap tide).

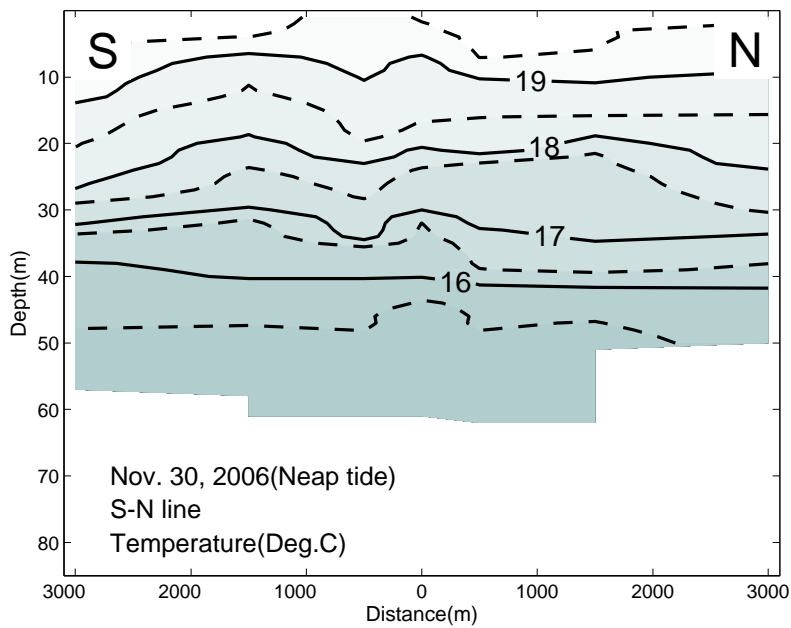
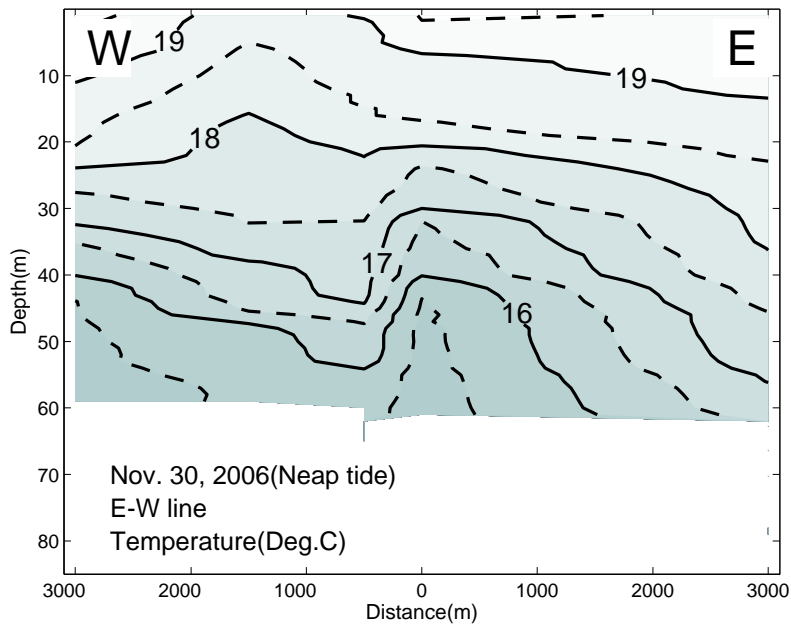


그림 1-1-75. 2006년 11월 30일(소조기) E-W line 과 S-N line에서 관측된 수온 연직분포.

Fig. 1-1-75. Vertical distribution of temperature along the E-W and S-N line on 30th November 2006 (neap tide).

### 1.1.3. 결론

인공용승 구조물에 대한 해수유동분포 변화를 파악하기 위하여 ADCP를 이용하여 구조물 주변역에서 정선관측을 실시하였다. 3차년도 구조물 투하 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)과 구조물 투하 후인 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에 동서 방향 및 남북 방향으로 관측선을 설정하여 구조물을 가로 지르는 line(3, 8 line), 구조물 주변을 지나는 line(2, 4 및 7, 9 line) 및 구조물에서 직경 3km 떨어진 line(1, 5 및 6, 10 line)에서 관측을 실시하였다. 또한 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월30일(소조기)에 구조물로 인한 상승류의 확산 범위 및 효과를 파악하기 위하여 직경 6km로 보다 넓은 범위에서 관측을 실시하였다.

따라서 3차년도 구조물 투하 완료 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)에 실시한 정선관측 결과 소조기시에는 지역적으로 동쪽역 및 서쪽역, 남쪽역 및 북쪽역에서 흐름의 방향 및 크기가 다르게 나타났다. 또한 창조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났으나 대조기에는 경계수심의 존재로 상층과 하층이 남동류 및 북동류로 각각 다르게 나타났으며 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다. 이와 같이 대조기시의 흐름의 방향이 달라지는 경계수심의 존재는 구조물 투하 완료 전까지의 구조물의 형상이 2개의 해중산을 이루고 있기 때문에 해중산 사이의 골 지역에서 저층의 흐름이 변화하다가 상층까지 도달하지 못하고 골 지역으로 인하여 해수 유동이 분산되어 상층의 흐름과 하층의 흐름이 다르게 나타났다고 생각된다. 또한 소조기시에는 대조기시보다 전체적인 흐름의 크기가 미약하여 대조기보다 경계수심의 존재가 미약하게 나타났다고 생각된다.

3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에 실시한 정선관측 결과 대조기에는 창조시 수심 약 30m에서 경계수심이 존재하였고 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하게 분포하였다. 또한 소조기에는 경계수심(수심 약 30m)에서 창조시와 낙조시 모두 그 이천과 이



심에서의 흐름이 서로 다르게 나타났고 수심 50m 이심에서 또 다른 흐름이 존재하였다. 따라서 이와 같이 흐름의 방향이 서로 달라지는 경계수심의 존재는 소조기에 흐름이 약하여 강하게 나타났으나 대조기에는 유속의 세기가 커져 경계수심이 존재하지 않았고 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

구조물 투하 완료 후인 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)의 직경 6km로 보다 더 넓은 범위에서 실시한 정선관측의 결과 중조기에는 창조시와 낙조시에 수심과 지역별로 흐름이 다르게 분포하였고 창조시에는 북서류의 흐름이 우세하였다. 또한 낙조시에는 서쪽역 및 남쪽역에서는 북서류의 흐름이 우세하였고 동쪽역에서는 남서류, 북쪽역에서는 남동류의 흐름이 우세하였다. 소조기에는 창조시에 북서류, 낙조시에는 남동류의 흐름이 우세하였고 중조기보다 흐름의 크기가 작게 나타났다.

본 연구의 목적인 저층에 존재하는 영양염을 표층으로 상승시키는 해수 순환의 역할을 가능하게 하는 것이 구조물에 의한 상승류의 존재 유무에 의하여 좌우된다. 따라서 유동관측 결과 연직 유동분포를 파악하여 상승류와 하강류의 분포를 살펴보았다.

연직유동(w-component)분포는 구조물 투하 전과 후의 직경 3km에서 실시한 정선관측결과 구조물 투하 전보다 투하 후에 상승류의 분포가 우세하였으며, 그 크기도 강하게 나타났다. 또한 상승류 및 하강류가 지역적으로 번갈아 나타나는 형태를 보이기도 하였다. 한편 직경 6km로 보다 더 넓은 범위에서 실시한 연직유동분포의 관측결과를 보면, 조사영역에서 상승류의 분포가 우세하게 나타났다. 구조물 투하 전인 2006년 5월 관측과 7월 27일 및 10월 14일의 관측과 연장된 범위를 비교하여 보았을 때 상승류 및 하강류가 번갈아 나타나는 분포를 뚜렷하게 보이고 있다. 이러한 연직유동관측결과와 동시관측을 실시한 수온의 연직분포를 보면 2006년 10월 14일 수온은 수심 약 30~40m까지 수온이 급변하는 약층을 형성하였으며 저층에서는 15°C 이하의 수온분포를 나타내었다. 또한 2006년 10월 27일 및 11월 30일 수온관측결과 구조물 중심역(34.6°N, 128.5°E)에서 주변의 동쪽, 서쪽,

남쪽 및 북쪽역에 비해 약 0.5~1°C 정도 저층의 수온분포가 상승하는 현상을 볼 수 있다.

따라서 구조물에 의한 상승류의 발생 등과 같은 해양환경변화는 해수 순환으로 인한 해수 수질개선뿐만 아니라 저층에 존재하고 있는 영양염 등을 표층으로 상승시킬 수 있는 것은 본 연구목적의 기본적인 메커니즘으로 작용할 수 있다. 또한 수온분포의 변화 즉, 구조물 주변역에서 저층의 수온 분포가 구조물에 의한 상승류의 효과로 인하여 상승하는 결과를 가져왔다. 이와 같은 현상은 해저에 구조물을 구축하여 발생한 현상으로 생각된다.

## 1.2. 수질 환경 조사

### 1.2.1 재료 및 방법

해양에 인공 구조물을 투하하여 인위적으로 용승류를 발생시켜 연안 해역에 수산자원을 조성하기 위한 일환으로 조성적지로 선정된 남해안의 매물도 주변 해역에서 2006년 4월부터 11월까지 4회에 걸쳐 수질환경에 대한 조사를 21개의 정점에서 실시하였다(그림 1-2-1).

수온(water temperature)과 염분(salinity) 그리고 용존산소(dissolved oxygen, DO)의 관측에 사용된 기기는 CTD(Conductivity Temperature Depth meter, SeaBird SBE-09)로 매 0.5초마다 데이터를 기록하도록 설정한 뒤 수심 1m 마다 자료를 평균하여 기록하였다. 수질환경의 조사는 인공 구조물을 투하한 정점(St. 1)과 이곳으로부터 0.5km 거리에 있는 정점 2~5의 정점에서는 10m 간격으로 실시하였으며, 그 외의 정점들에서는 표층과 중층 그리고 저층에서 실시하였다. 해수의 채취는 니스킨 채수기(Niskin bottle sampler)를 사용하였으며, 현장에서 채취한 해수는 폴리에틸렌병에 담아 냉장보관 후 실험실로 운반하여 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002)에 따라 분석을 실시하였으며, 각 항목별 분석방법은 다음과 같다.

부유성입자물질(SPM, suspended particulate matter)의 양은 해수 1kml를 미리 무게를 측정한 유리섬유여과지(GF/F filter, 직경 47mm)에 여과하여 60℃에서 48시간 동안 건조시킨 후 여과전과 여과후의 무게차이로부터 계산하여 mg/L로 나타내었다.

입자성유기물질(POM, particulate organic matter)의 양은 SPM을 측정한 유리섬유여과지(GF/F filter, 직경 47mm)를 시료와 함께 전기로(furnace)에서 550℃에서 5시간 동안 연소시킨 후 가열전과 가열후의 무게차이로부터 계산하여 mg/L로 나타내었다.

HPLC를 이용한 엽록소 a(chlorophyll a)분석을 위해 해수 1000 ml를 유

리섬유여과지(GF/F filter, 직경 47mm)로 여과한 후 냉동 보관하였다. 여과된 filter를 10 mL 시험관에서 100% acetone 5 mL로 색소를 추출하였다. 100  $\mu$ l의 내부표준물질(internal standard) canthaxanthin을 첨가한 다음 암냉소(-20°C)에서 24시간 이상 방치 후 시험관을 2000 rpm에서 10분 동안 원심분리 하고 GF/F로 재 여과하였다. 이 중 상등액 1 mL를 분취해 300  $\mu$ l의 3차 증류수와 잘 섞은 후, HPLC(Waters 2690) 100  $\mu$ l loop에 주입하여 분석하였으며, mg/L로 나타내었다.

암모니아질소는 시료중 암모니아질소를 염기성 차아염소산용액(NaOCl)과 산화반응하여 모노크롤아민을 생성한 후 페놀(phenol)과 촉매인 니트로프러시드( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )용액과 과량의 차아염소산에 의해 푸른색의 생성되는 청색의 인도페놀(indophenol)을 640nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다.

아질산질소 (nitrite,  $\text{NO}_2$ )는 질소화합물인 술페닐아미드( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2\cdot\text{N}_2\text{S}$ )와 산성하에서 반응시킨 후 디아조늄(diazonium)이온을 형성시킨다. 이 화합물을 이차적으로 염화나프틸에틸렌디아민( $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2\cdot 2\text{HCl}$ )과 반응시킨 후 543nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다. 질산질소(nitrate,  $\text{NO}_3$ )는 해수중 질산이온을 pH 8.5—이 카드뮴-구리 컬럼을 이용하여 아질산으로 환원시킨 다음 543nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다. 또한 용존무기질소(dissolved inorganic nitrogen; DIN)는 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 합으로 나타내었다.

인산인(phosphoric acid,  $\text{PO}_4$ )은 몰리브덴산암모늄(ammonium molybdate)용액과 반응하여 인산몰리브덴산 착화합물을 생성한 후 아스코르빈산 ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{C}_6$ )을 넣어 환원시키고 885nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다.

총질소(total nitrogen; T-N)는 해수 중의 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 유기성질소, 입자성질소 등을 알칼리성 과황산칼륨( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ )으로 분해하여 질산질소로 산화시킨 후 카드뮴-구리 컬럼을 통과시켜 질산이온을

아질산 이온으로 환원시킨 후 543nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다.

총인(total phosphorus; T-P)은 해수 중의 용존, 입자형태 또는 무기, 유기형태 등 모든 인 화합물을 과황산칼륨(K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)으로 산화하여 분해하여 인산염(PO<sub>4</sub>-P)의 형태로 변화시킨 다음 아스코르비산(C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>)을 넣어 환원시키고 885nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 비색정량하였다.

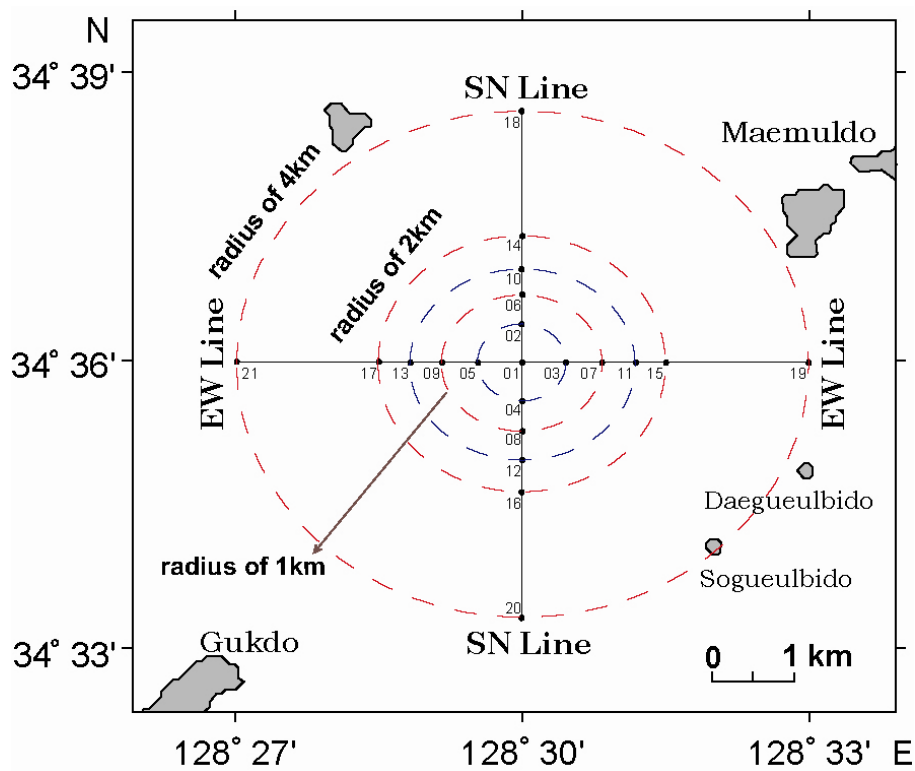


그림 1-2-1. 수질조사 정점.

Fig. 1-2-1-2-1. Sampling station map.

## 1.2.2 결과 및 고찰

### 1.2.2.1 수심

본 조사지역의 평균 수심은 52.5(St. 18)~80(St. 19)m를 나타내었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 반경 0.5km에 위치한 정점들에서는 60m 내외로 정점 1과 비슷한 수심을 나타내었다(그림 1-2-2). 반면 점차 멀어질수록 남쪽에 위치한 정점들은 완만하게 낮아진 반면 동쪽에 위치한 정점들은 급격하게 수심이 깊어지는 경향을 나타내었다. 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서는 점차적으로 수심이 낮아지는 경향을 나타내었고 북쪽에 위치한 정점들은 반경 1.5km까지는 비슷한 수심을 보였지만 점차 멀어질수록 낮아지는 경향을 나타내었다.

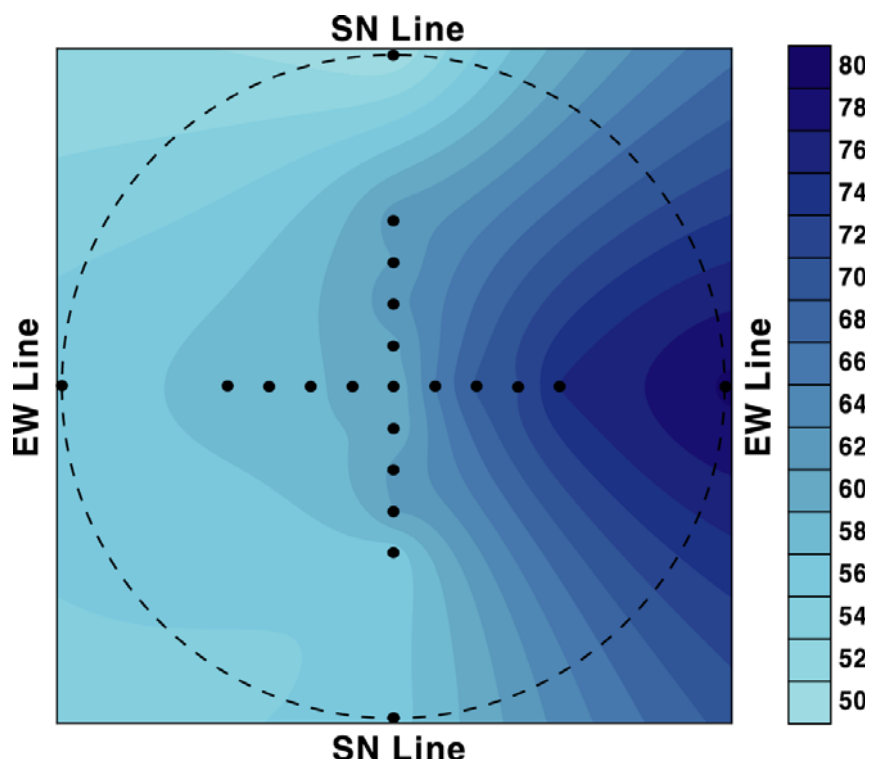


그림 1-2-2. 수질조사 정점의 수심.

Fig. 1-2-2. Depth of sampling station.

### 1.2.2.2 용존산소

용존산소는 4월에 5.98~8.66mg/L의 범위를 보여 정점과 수심에 따라 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존산소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점에 비해 남쪽에 위치한 정점들에서 전 수층에 걸쳐 높은 값을 나타내었다 (그림 1-2-3). 남북성분의 수층별 용존산소의 변화를 살펴보면 표층에서 평균 6.83mg/L로 낮았던 반면 점차 증가하여 26m~36m에서는 평균 8.33mg/L로 가장 높은 값을 나타내었으며, 수심이 점점 깊어지면서 감소하는 경향을 보여 저층에서는 8.31mg/L의 값을 나타내었지만 수심의 변화에 따른 용존산소의 감소는 크게 나타나지 않았다. 정점별 용존산소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높았으며, 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들이 서쪽에 위치한 정점들에 비해 높은 염분을 나타내었다. 동서성분의 수층별 평균 염분은 표층에서 6.96mg/L로 낮았던 반면 점차 증가하여 13m~21m에서는 평균 8.40mg/L로 남북성분에 비해 10m 이상 높은 수심에서 가장 높은 값을 나타내었다. 동서성분에서도 수심이 깊어짐에 따라 용존산소는 점차 감소하여 저층에서는 8.31mg/L를 나타내었다. 4월 용존산소의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 북쪽에서 낮은 용존산소를 보였고 남, 서, 동쪽에서는 큰 차이를 보이지 않았다(그림 1-2-4). 10m에서는 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서 가장 낮았고 서쪽과 남쪽에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 정점 1을 기준으로 2번을 제외한 0.5km 거리에 있는 정점들(정점 3~5)에서 다른 정점들에 비해 높은 용존산소를 나타내어 다른 정점들과 차이를 나타내었다. 20m에서는 정점간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

8월 용존산소는 평균 5.46mg/L를 나타내었으며 4.73~7.03mg/L의 범위를 보여 4월에 비해 용존산소의 양이 감소하였다. 정점별 용존산소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준

으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 나타내었는데, 서쪽에 위치한 정점들은 약 15~20m 수심에서 높은 용존산소를 보인 반면 동쪽에 위치한 정점들에서는 약 10m 수심에서 높은 용존산소를 보여 수심에 따른 차이를 나타내었다(그림 1-2-5). 10월 용존산소의 수평분포를 보면 표층에서는 가장 동쪽에 위치한 정점 15, 19에서 낮은 용존산소를 보였고, 중층에서는 구조물을 기준으로 동쪽에 위치한 정점 3, 7, 11에서 다른 정점들에 비해 높은 용존산소를 나타내었다. 저층에서는 정점들 간 차이를 보이지 않고 일정하게 낮은 농도를 보였다(그림 1-2-6).

10월 용존산소는 평균 5.75mg/L를 나타내었으며 4.30~7.90mg/L의 범위를 보여 정점과 수심에 따라 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존산소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들은 10m까지는 북쪽에 비해 높은 용존산소를 나타냈지만, 10m 밑으로는 북쪽에 위치한 정점에서 더 높은 용존산소를 보여 남쪽과 북쪽의 최고 용존산소를 보이는 수심에 있어 10m 정도의 차이를 나타내었다(그림 1-2-7). 남북성분의 수층별 용존산소의 변화를 살펴보면 표층에서 평균 6.67mg/L로 낮았던 반면 2m 층부터 급격히 증가하여 7.00mg/L 이상의 높은 용존산소를 유지하다가 15m의 수심에서는 6.94mg/L을 나타내었으며 30m가 되면서 급격히 감소하기 시작하여 5.70mg/L가 되었으며 이후 수심이 감소함에 따라 계속 용존산소의 양이 감소되어 저층에서는 4.40mg/L를 보였다. 정점별 용존산소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 깊은 수심까지 높은 용존산소의 분포를 보이는 것으로 나타났다. 동서성분의 용존산소의 분포는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에서 비교적 높게 나타났는데 깊은 수심까지 높은 용존산소분포를 보였다. 동서성분의 수층별 평균 염분은 6.63mg/L로 낮은 농도를 보였고 남북성분과 달리 15m 깊이부터 용존산소의 농도가 최고를 이루고 있었다. 25m 수심까지 비교적 높은 용존산소를 보였으며, 30m 수심에서는 서쪽의 용존산소가 동쪽에 위치한 정점들에 비해



높은 경향을 나타내었으며, 40m 이후로는 일정한 농도를 보였다.

10월 용존산소의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 북쪽에서 가장 높은 용존산소를 나타내었고 다음으로는 서쪽이 높았으며 남쪽과 동쪽은 비교적 낮은 용존산소를 보였다(그림 1-2-8). 10m의 수심에서는 가장 낮았던 남쪽에서 용존산소의 농도가 급격히 증가하는 경향을 보였으며, 서쪽과 동쪽은 큰 차이를 보이지 않고 비교적 표층과 비슷한 농도를 나타내었다. 20m의 수심에서는 북쪽에 위치한 정점들에서 용존산소의 농도가 급격하게 감소하는 경향을 나타내었으며 서쪽에 위치한 정점들은 용존산소가 증가하는 경향을 보였다. 30m 수심에서는 북쪽과 서쪽은 낮은 농도를 유지하며 비교적 일정한 용존산소를 나타내었지만 서쪽의 정점과 가장 남쪽에 위치한 정점에서 비교적 높은 용존산소를 나타내어 정점 간 차이를 보였다.

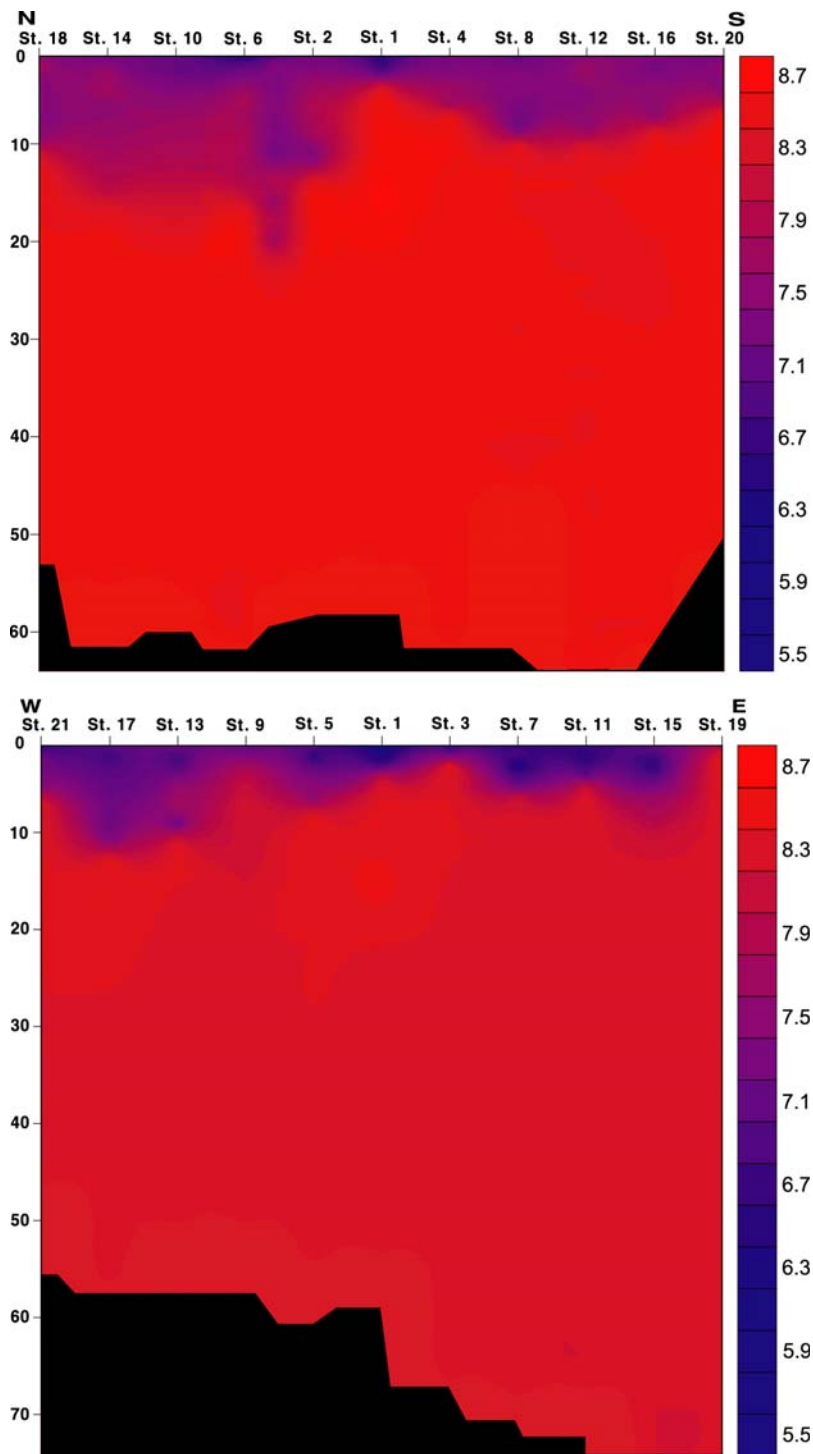


그림 1-2-3. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존산소의 연직 구조.

Fig. 1-2-3. Vertical distribution of dissolved oxygen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

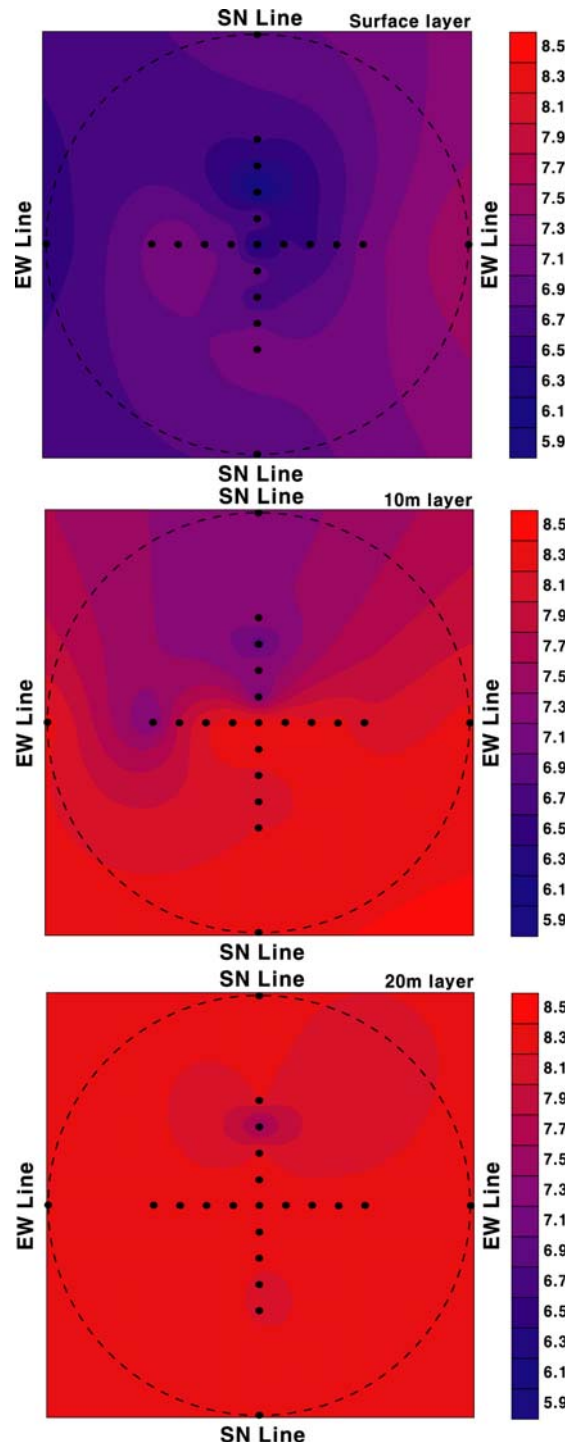


그림 1-2-4. 2006년 4월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포.

Fig. 1-2-4. Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

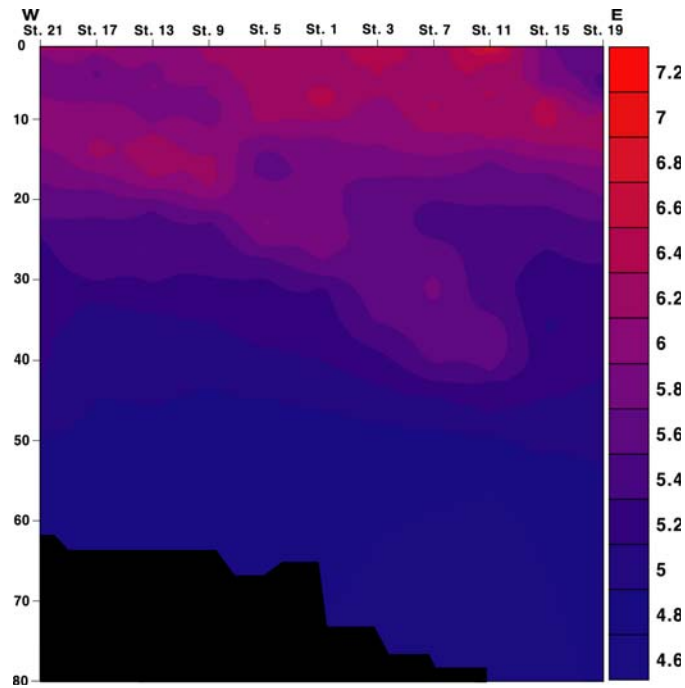


그림 1-2-5. 2006년 8월 및 동서성분 (EW line)의 용존산소의 연직구조.  
 Fig. 1-2-5. Vertical distribution of EW line dissolved oxygen in August, 2006.

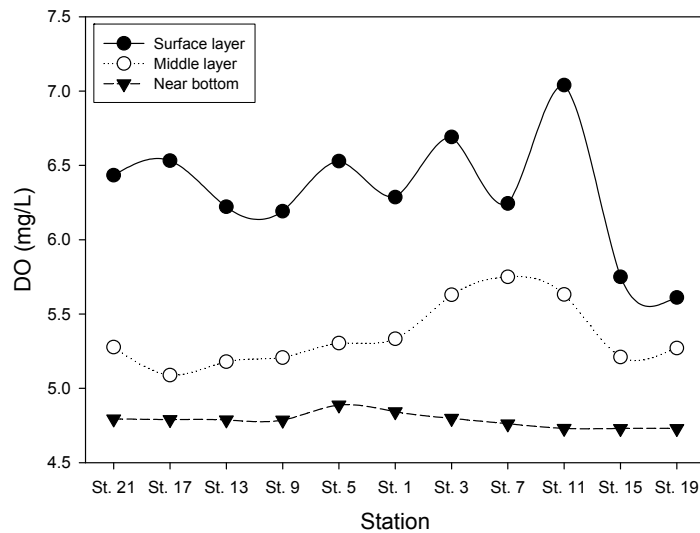


그림 1-2-6. 2006년 8월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포.  
 Fig. 1-2-6. Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

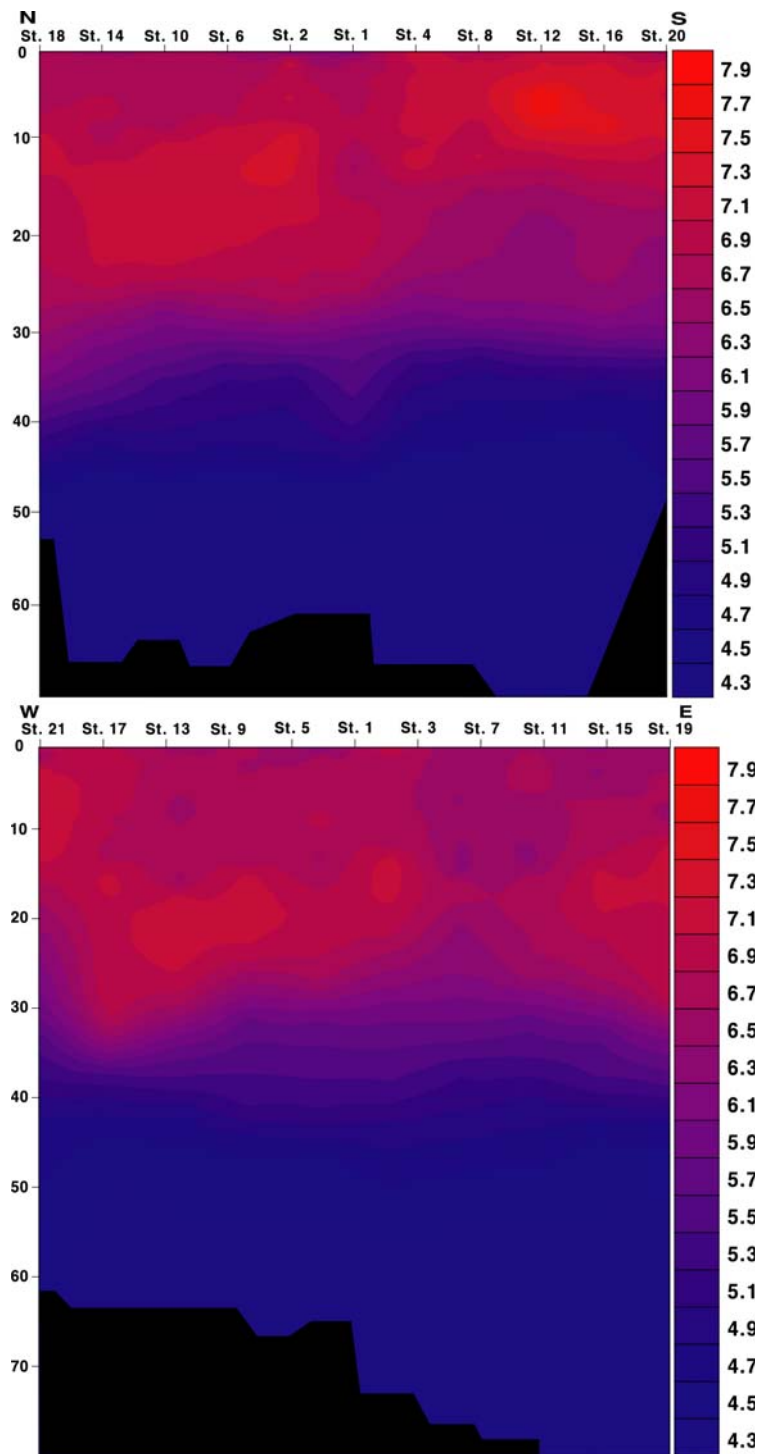


그림 1-2-7. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존산소의 연직 구조.

Fig. 1-2-7. Vertical distribution of dissolved oxygen in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower).

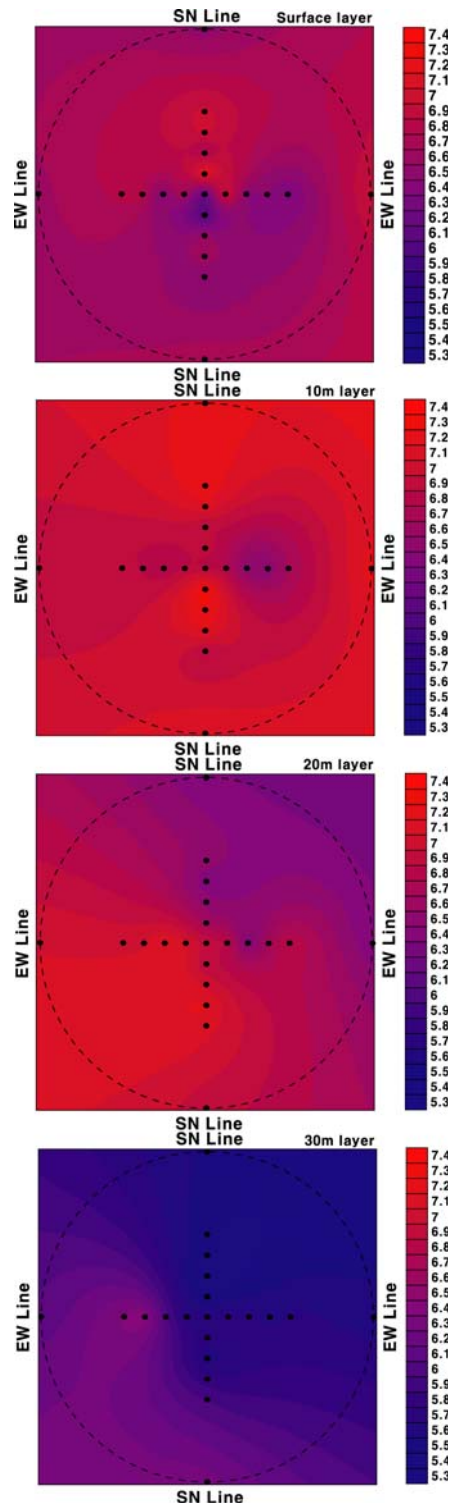


그림 1-2-8. 2006년 10월 표층 (1m), 10m, 및 20m에서 용존산소의 수평분포.

Fig. 1-2-8. Horizontal distribution of dissolved oxygen at surface layer, 10m layer, 20m layer in October, 2006.

### 1.2.2.3 엽록소 a

엽록소 a는 4월에 평균  $1.21\mu\text{g/L}$ 을 나타내었으며,  $0.15\sim 2.06\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였으며 정점과 수심에 따라 차이를 보이고 있었다. 정점별 엽록소 a의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 동서성분에 비해 높은 값을 나타내었는데, 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점에서 남쪽에 위치한 정점들에서 비해 높은 양을 나타내었으며, 수조물이 위치한 정점 1에서 0.5km에 위치한 정점들에서 높은 수치를 보이고 있었다(그림 1-2-9). 남북성분의 수층별 엽록소 a의 변화를 살펴보면 표층에서 평균  $1.30\mu\text{g/L}$ 을 나타내었고 중층에서는 평균  $1.425\mu\text{g/L}$ 로 증가하였으며, 저층에서는 감소하여 평균  $1.08\mu\text{g/L}$ 을 나타내었다. 정점별 엽록소 a의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들이 동쪽에 위치한 정점들에 비해 높은 엽록소 a의 양을 나타내었다. 동서성분의 수층별 평균 엽록소 a의 양은 표층에서  $1.21\mu\text{g/L}$ 로 낮았던 반면 점차 증가하여 중층에서는  $1.26\mu\text{g/L}$ 를 나타내었고 저층에서는  $0.90\mu\text{g/L}$ 를 나타내며 감소하는 경향을 나타내었다. 엽록소 a의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 북쪽과 서쪽에서 높은 경향을 나타내었으며 서쪽과 남쪽에서는 낮은 양을 보였다(그림 1-2-10). 중층에서는 정점 1을 기준으로 0.5km 거리에 있는 정점들(정점 2~5)에서 다른 정점들에 비해 높은 엽록소 a의 양을 나타내어 다른 정점들과 차이를 나타내었다. 서쪽의 낮은 수심을 보이는 정점들에서 비교적 높게 나타났다.

8월에 엽록소 a는 평균  $0.49\mu\text{g/L}$ 을 나타내어 4월에 비해 감소하였으며,  $0.04\sim 1.08\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보여 정점과 수심에 따라 차이를 보이고 있었다. 정점별 엽록소 a의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타났는데 특히 가장 동쪽에 위치한 정점 19에서 가장 높은 양을 보였다(그림 1-2-11). 엽록소 a의 수평분포를 보면 표층과 중층에서는 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한

정점들이 상대적으로 높은 양을 나타내었으며, 저층에서는 서쪽에 위치한 정점들에서 높은 양을 보였다(그림 1-2-12).

10월에 엽록소 a는 평균  $0.41\mu\text{g/L}$ 을 나타내어 8월과 유사했으며,  $0.02\sim 1.10\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보여 8월에 비해 변화의 폭이 좁은 것을 알 수 있었다. 정점별 엽록소 a의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점 4번과 8번에서 약 40m 수심까지 높은 수치를 보이고 있었으며, 북쪽으로는 가장 북쪽에 위치한 정점 18과 14번에서 약 40m의 수심까지 높은 엽록소 a의 양을 보였다(그림 1-2-13). 정점별 엽록소 a의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 남북성분에 비해 넓은 범위에 걸쳐 높은 엽록소 a의 양을 나타내었다. 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서는 3번과 7번에서 비교적 높은 양을 나타내었다. 엽록소 a의 양은 남북성분에 비해 동서성분에서 더 깊은 수심까지 넓은 범위에 걸쳐 높게 나타나는 경향을 보였다. 엽록소 a의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서 가장 낮은 양을 보이는 경향을 나타내었지만 가장 북쪽에 위치한 정점 18에서는 엽록소 a의 양이 증가하였다(그림 1-2-14). 반면 서쪽에 위치한 정점들에서는 전 점에서 비교적 많은 엽록소 a를 나타내었으며, 서쪽에 위치한 정점은 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 1.5km 거리에 있는 정점까지는 높게 나타났지만 거리가 멀어질수록 엽록소 a의 양이 감소하는 경향을 나타내었다. 남쪽에 위치한 정점들은 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 1km까지는 비교적 많은 엽록소 a의 양을 나타내었지만 거리가 멀어짐에 따라 점차 양이 감소하였다. 중층에서도 표층과 유사한 경향을 나타내었는데 북쪽에 위치한 정점들은 전체적으로 엽록소 a의 양이 감소하였고, 다른 방향에서는 비교적 유사한 양을 나타내었다. 저층에서는 엽록소 a는 전 정점에서 거의 나타나지 않았다. 11월에 엽록소 a는 평균  $0.23\mu\text{g/L}$ 을 보여 조사기간 중 가장 적은 양을 나타내었으며,  $0.01\sim 0.86\mu\text{g/L}$ 의 범위를 보였다. 정점별 엽록소 a의 수직분포를



남북성분(SN line)에서 살펴보면 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점에서 비교적 높게 나타나는 경향을 보였는데, 특히 정점 4번과 8번에서 약 45m 수심까지 많은 양의 엽록소 a를 나타내었다. 또한 표층에서는 가장 서쪽에 위치한 정점 19번에서 가장 높게 나타났지만, 수심 25m 이후부터는 매우 적은 양만이 나타나 정점 4번과 8번에 비해 깊은 수심까지는 분포하지 않았다. 구조물을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들은 남쪽에 위치한 정점들보다 낮은 수심까지만 엽록소 a가 분포하는 경향을 나타내었는데, 대부분의 정점에서 수심 20m 이후로는 그 양이 매우 적게 나타났지만 정점 14에서는 약 30m의 수심에서 조금 높은 양을 보였다(그림 1-2-15). 정점별 엽록소 a의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 남북성분에 비해 넓은 범위에 걸쳐 높은 엽록소 a의 양을 나타내었다. 동서성분에서는 구조물을 기준으로 0.5km 거리에 있는 정점들에서는 비교적 낮은 양의 엽록소 a를 나타내었지만 1km에 위치한 정점들부터 엽록소 a의 양이 증가하는 경향을 보였다. 동서성분은 남북성분에 비해 매우 깊은 수심까지 엽록소 a가 분포하는 경향을 나타내었는데, 정점 21에서는 수심 60m에서도 비교적 많은 엽록소 a의 양을 보였다. 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서는 평균적으로 약 45~50m의 수심까지 비교적 높은 엽록소 a의 양을 나타내었던 반면 서쪽에 위치한 정점들에서는 정점 21을 제외하고는 대부분 40m 이후로는 거의 나타나지 않았다. 엽록소 a의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 1을 기준으로 0.5km의 거리에 있는 정점들에서는 다른 정점들에 비해 적은 엽록소 a의 양을 나타내었고, 거리가 멀어짐에 따라 비교적 엽록소 a의 양이 증가하는 경향을 보였으며, 서쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타났었다(그림 1-2-16). 중층에서는 구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들에서는 엽록소 a가 거의 나타나지 않았지만 동쪽과 서쪽에 위치한 정점들에서는 비교적 높게 나타났다. 저층에서 엽록소 a는 가장 서쪽에 위치한 정점 21번과 17번에서 조금 보였을 뿐 다른 정점에서는 거의 나타나지 않았다.

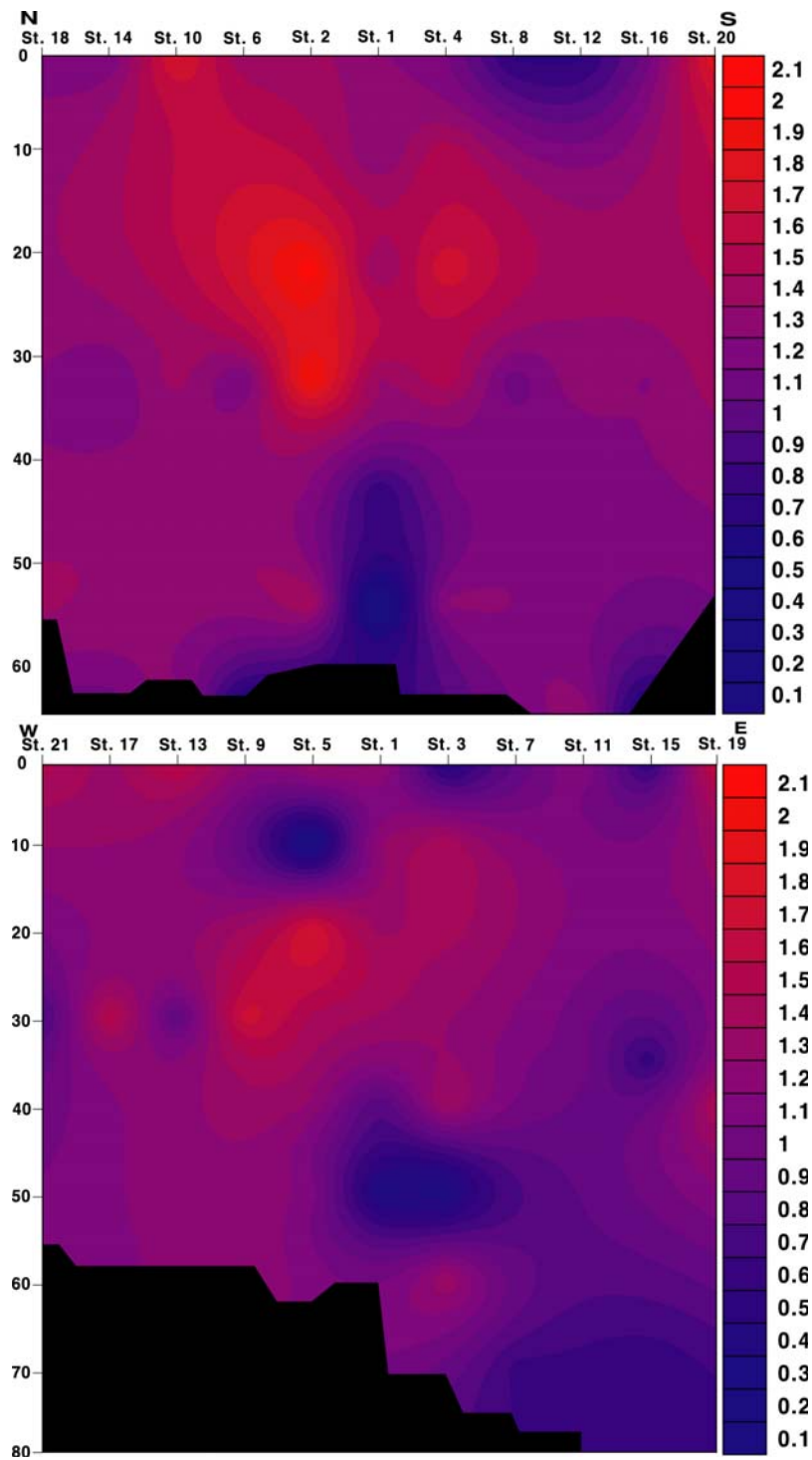


그림 1-2-9. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직 구조.

Fig. 1-2-9. Vertical distribution of Chlorophyll a in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

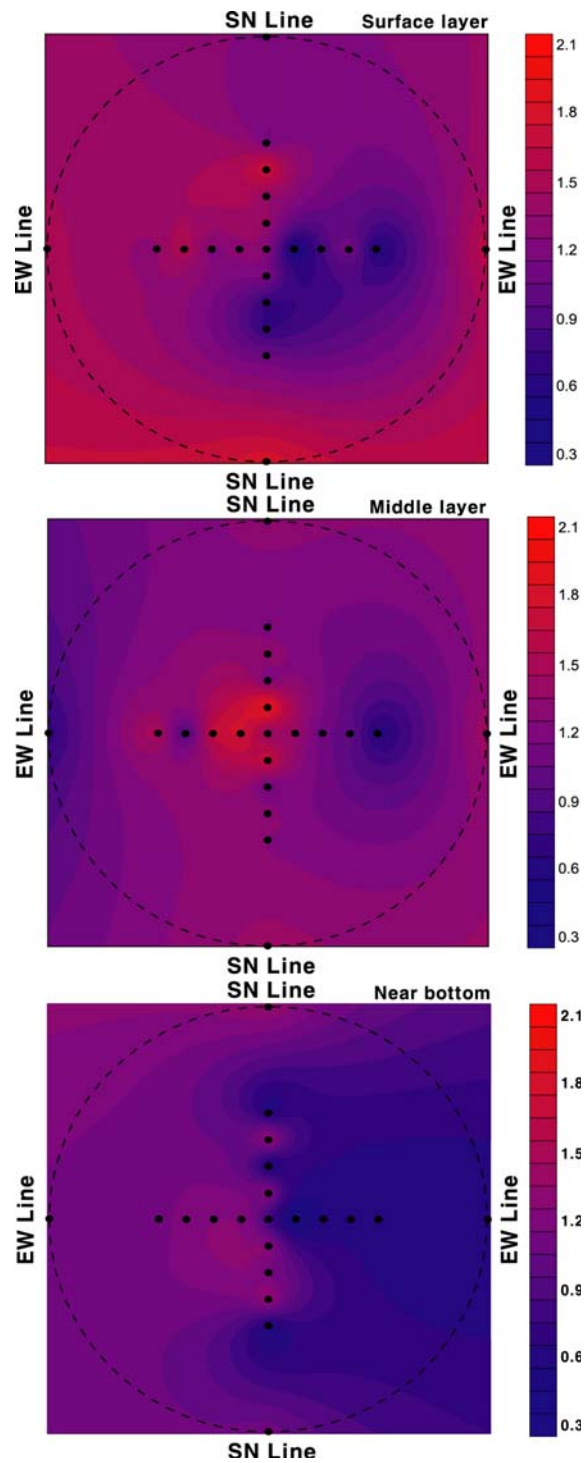


그림 1-2-10. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 엽록소 a의 수평분포.

Fig. 1-2-10. Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

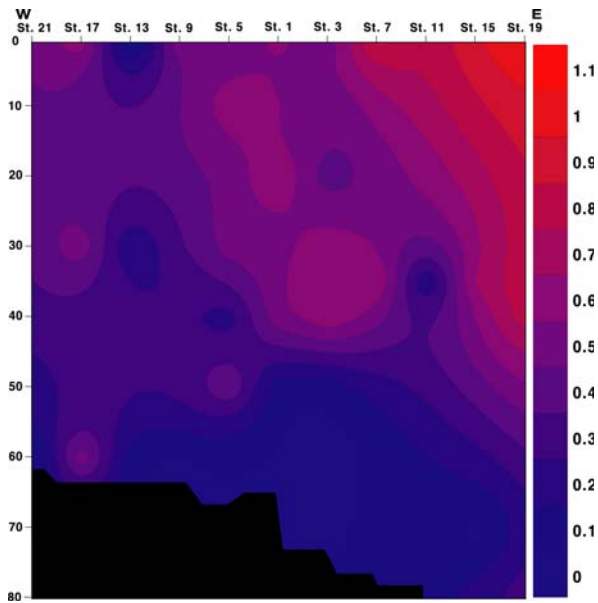


그림 1-2-11. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조.

Fig. 1-2-11. Vertical distribution of EW line Chlorophyll a in August, 2006.

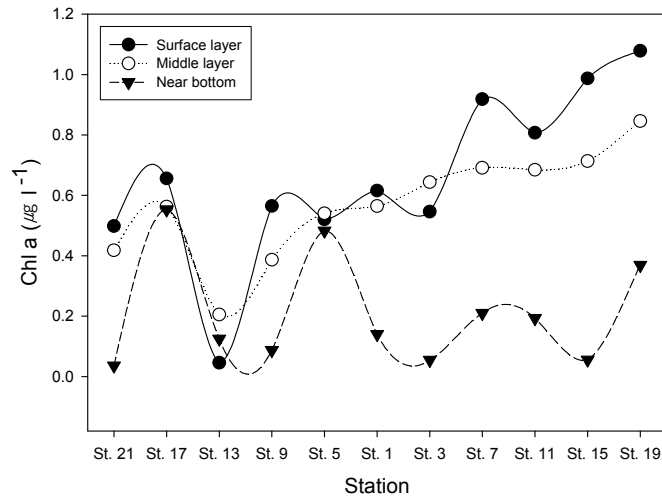


그림 1-2-12. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 엽록소 a의 수평 분포.

Fig. 1-2-12. Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

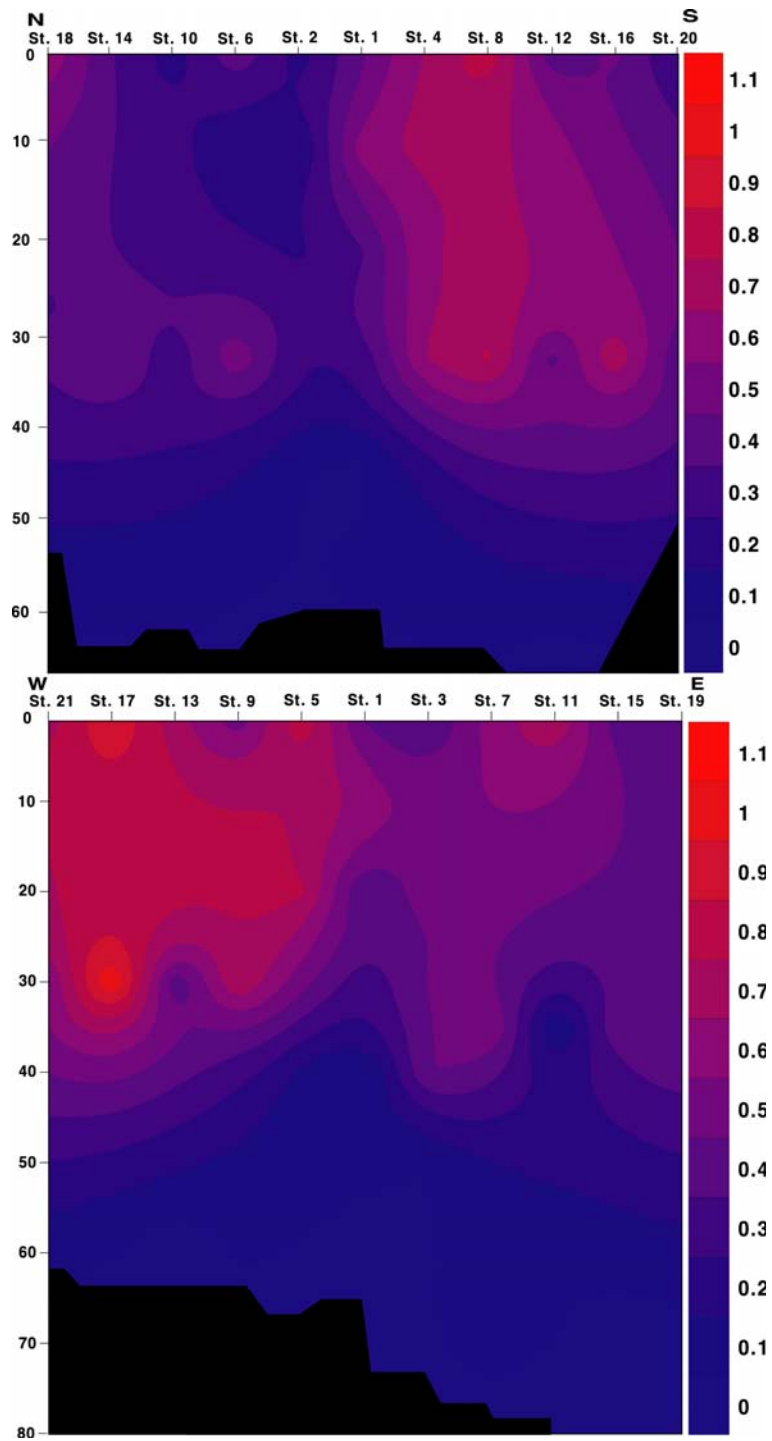


그림 1-2-13. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조.

Fig. 1-2-13. Vertical distribution of Chlorophyll a in October, 2006 (SN line: upper, EW line: lower).

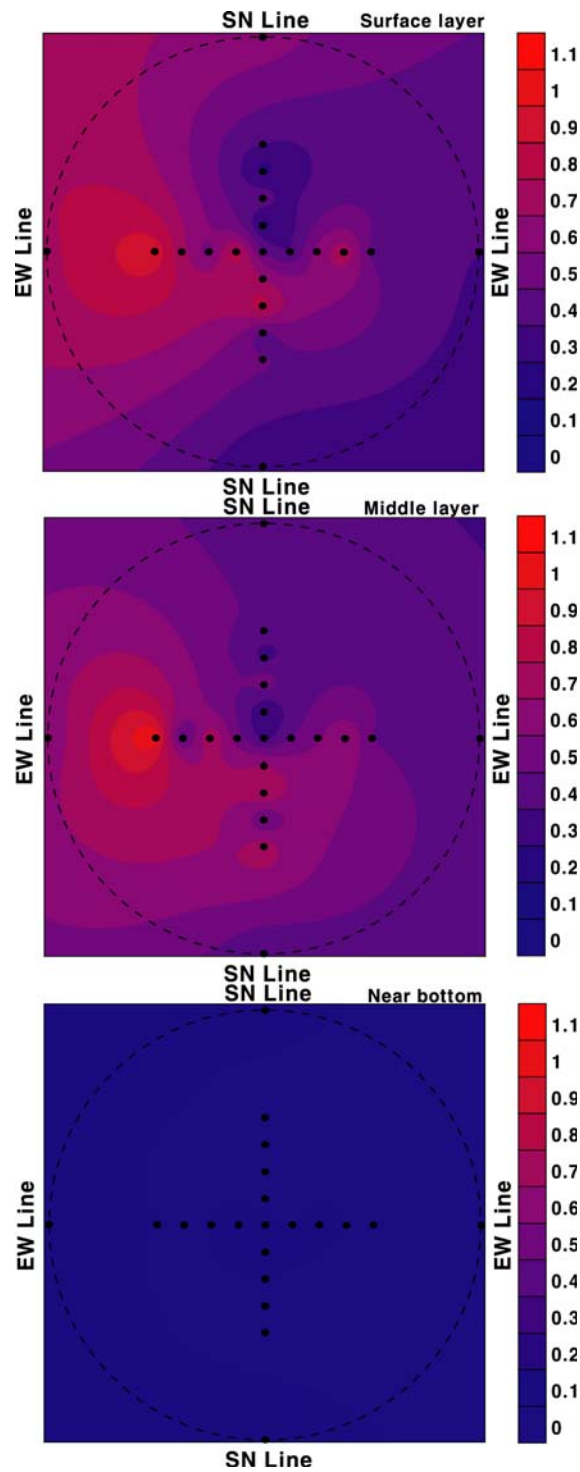


그림 1-2-14. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 엽록소 a의 수평 분포.

Fig. 1-2-14. Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

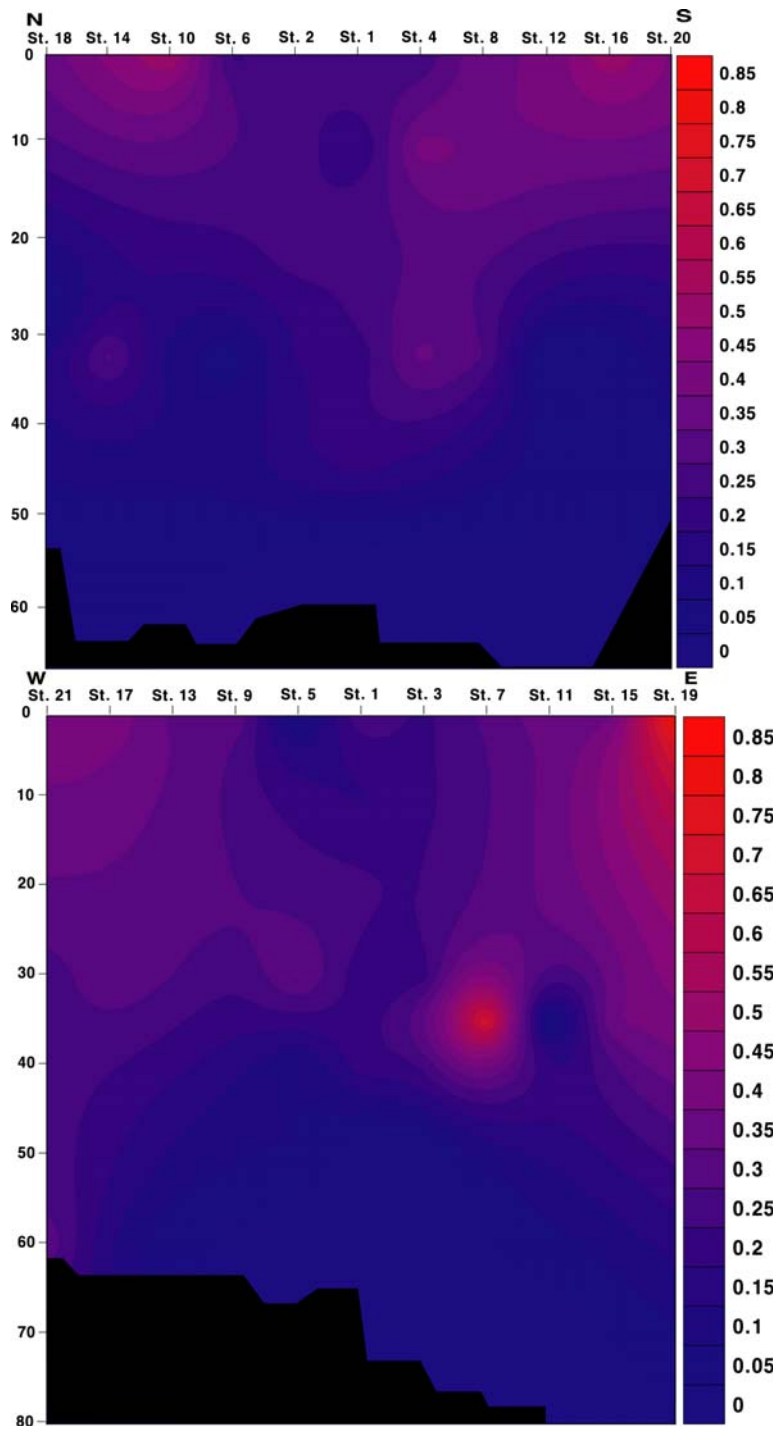


그림 1-2-15. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 엽록소 a의 연직구조.

Fig. 1-2-15. Vertical distribution of Chlorophyll a in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

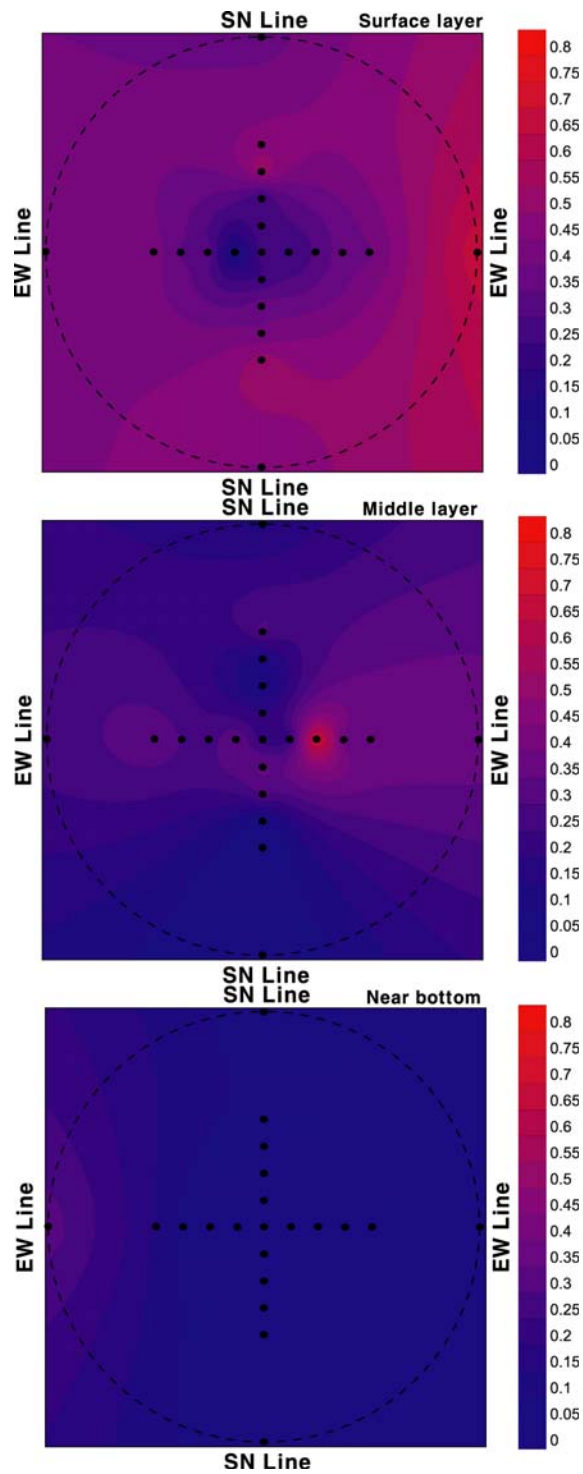


그림 1-2-16. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 엽록소 a의 수평 분포.

Fig. 1-2-16. Horizontal distribution of Chlorophyll a at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.



#### 1.2.2.4 부유성입자물질

부유성입자물질은 4월에 평균 3.0mg/L을 나타내었으며, 0.3~9.8mg/L의 범위를 나타내어 정점 및 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들의 경우 전 수심에 걸쳐 비교적 균일한 양을 보였던 반면 남쪽에 위치한 정점들의 경우는 20m의 수심까지는 부유성입자물질의 양이 작았지만 수심이 깊어짐에 따라 부유성입자물질의 양이 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-17). 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 그 양이 많았으며, 전 수심에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 전 수층에 걸쳐 고루 높게 나타나는 경향을 보였는데, 중층에서 비교적 많은 양의 부유성입자물질이 나타났다. 부유성입자물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서 가장 낮게 나타난 반면 동쪽에 위치한 정점들의 경우 매우 높은 양을 나타내었다. 반면 남쪽과 북쪽에 위치한 정점들은 비교적 균일한 분포를 보였지만 남쪽에 비해 북쪽에 위치한 정점들에서 부유성입자물질의 양이 많았다(그림 1-2-18). 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1km 근처에 위치한 정점들에서는 적은 부유성입자물질이 나타났던 반면 거리가 멀어지면서 부유성입자물질의 양이 증가하는 경향을 보였다. 저층에서는 남쪽에 위치한 정점에서 높은 양을 나타내었고 다른 정점들에서는 적은 양을 나타내었다.

부유성입자물질은 8월에 평균 3.8mg/L를 나타내었으며, 0.9~8.9mg/L의 범위를 나타내어 4월과 유사한 경향을 나타내었다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 전체적으로 유사한 경향을 나타내었는데, 수조물이 설치된 1번 정점에서는 적었던 반면 구조물을 중심으로 0.5km와 1km에 위치한 정점들에서 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히

저층에서 부유성입자물들이 높았다(그림 1-2-19). 부유성입자물질의 수평분포를 보면 동쪽에 위치한 정점들이 서쪽에 위치한 정점들에 비해 비교적 낮은 값을 보였는데, 정점 7번에서만 7.0mg/L로 높게 나타났다(그림 1-2-20). 중층은 전체 수심 중에서 부유성입자물질들이 가장 작았는데, 표층과는 반대로 동쪽이 서쪽보다 높은 양을 보였다. 저층에서는 구조물이 설치된 1번 정점을 기준으로 동쪽에 위치한 정점 3번과 7번에서 각각 8.5mg/L, 8.7mg/L로 가장 높은 부유성입자물질이 나타났지만 점차 멀어짐에 따라 그 양이 감소하였다. 반면 서쪽에 위치한 정점들은 평균 5.8mg/L로 비교적 균일하게 높았다. 10월에 부유성입자물질은 평균 5.0mg/L로 4월과 8월에 비해 증가하였으며, 0.7~13.1mg/L의 범위를 나타내어 정점 및 수심에 따라 변화의 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 따라 부유입자물질의 양이 차이가 나는 것을 볼 수 있었는데, 표층에서 25m 수심까지는 북쪽에 위치한 정점에서 높게 나타났던 반면, 30~50m의 수심에서는 남쪽에 위치한 정점에서 높게 나타났고, 이후에는 전 정점들에서 고루 높게 나타나는 경향을 보였다(그림 1-2-21). 구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들은 수심 10m까지는 비교적 높은 부유물질의 양을 나타내었지만 수심이 감소함에 따라 점차 감소하다가 약 40m의 수심에서 증가하는 경향을 보였고, 북쪽에 위치한 정점들의 경우는 표층에서 30m 수심까지는 비교적 높았지만 30~50m 수심까지는 낮은 양을 나타내었다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서 많은 양을 보였으며, 동쪽에 위치한 정점들에서는 매우 적었다. 특히 정점 13번과 17번은 전 수심에 걸쳐 많은 양의 부유성입자물질을 나타내어 저층의 물질들이 용승되는 것으로 보인다. 부유성입자물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 약 0.5~1.5km에 위치한 정점들에서 많은 양을 보였으며, 특히 동쪽과 남쪽에 위치한 정점들에서 많은 양을 나타내었다(그림 1-2-22). 중층

에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1km 이상의 거리에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였는데 동쪽과 남쪽의 정점들에서 부유성입자물질이 높았던 반면 북쪽에서는 그 양이 적었고 서쪽에 위치한 정점들에서는 거의 부유성입자물질들이 나타나지 않았다. 저층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽과 북쪽에 위치한 정점들에서 모두 높게 나타났으며, 동쪽과 서쪽에 위치한 정점들의 경우 구조물을 기준으로 1km까지는 높았던 반면 거리가 멀어지면서 감소하는 경향을 보였다.

10월에 부유성입자물질은 평균 5.6mg/L로 조사기간 중 가장 많은 양을 보였으며, 1.7~12.1mg/L의 범위를 나타내어 정점 및 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들에서 전 수심에 걸쳐 부유성입자물질의 양이 높게 나타났다(그림 1-2-23). 북쪽에 위치한 정점들의 경우 약 25m의 수심까지는 부유성입자물질이 거의 나타나지 않았으며 중층에서 정점 10번과 2번에서 증가하는 경향을 보였으며, 남쪽에 위치한 정점의 경우 표층에서 20m의 수심까지 정점 4번에서 매우 많은 양의 부유성입자물질을 보였는데 이후 감소하였다. 정점별 부유성입자물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서 전 수심에 걸쳐 고른 분포를 보이며 많은 양을 보였다. 반면 동쪽에 위치한 정점들의 경우는 정점 3에서는 전 수심에서 고른 부유성입자물질을 보였던 반면 다른 정점들에서는 표층에서 30m의 수심까지는 부유성입자물질이 거의 보이지 않다가 이후 조금씩 증가하여 저층에서 증가하는 경향을 보였다. 부유성입자물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽과 북쪽에 위치한 정점들에서는 거의 나타나지 않았던 반면 동쪽과 남쪽에 위치한 정점들에서는 매우 높은 양의 부유성입자물질들을 보였다(그림 1-2-24). 중층에서는 인공구조물이 설치된 1번 정점을 기준으로 0.5km에 위치한 정점들에서는 비교적 적은 양의 부유성입자물질을 보였던 반면 0.5~1.5km 사

이에 위치한 정점들에서는 비교적 높은 양의 부유성입자물질을 보였다. 저층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽과 북쪽에서는 0.5km의 거리에 있는 정점 2번과 4번에서 부유물질이 많았고, 서쪽과 동쪽에서는 1.5km의 거리에 있는 정점에서 11번과 13번에서 높게 나타나 남북성분과 동서성분 사이의 차이를 보였다.

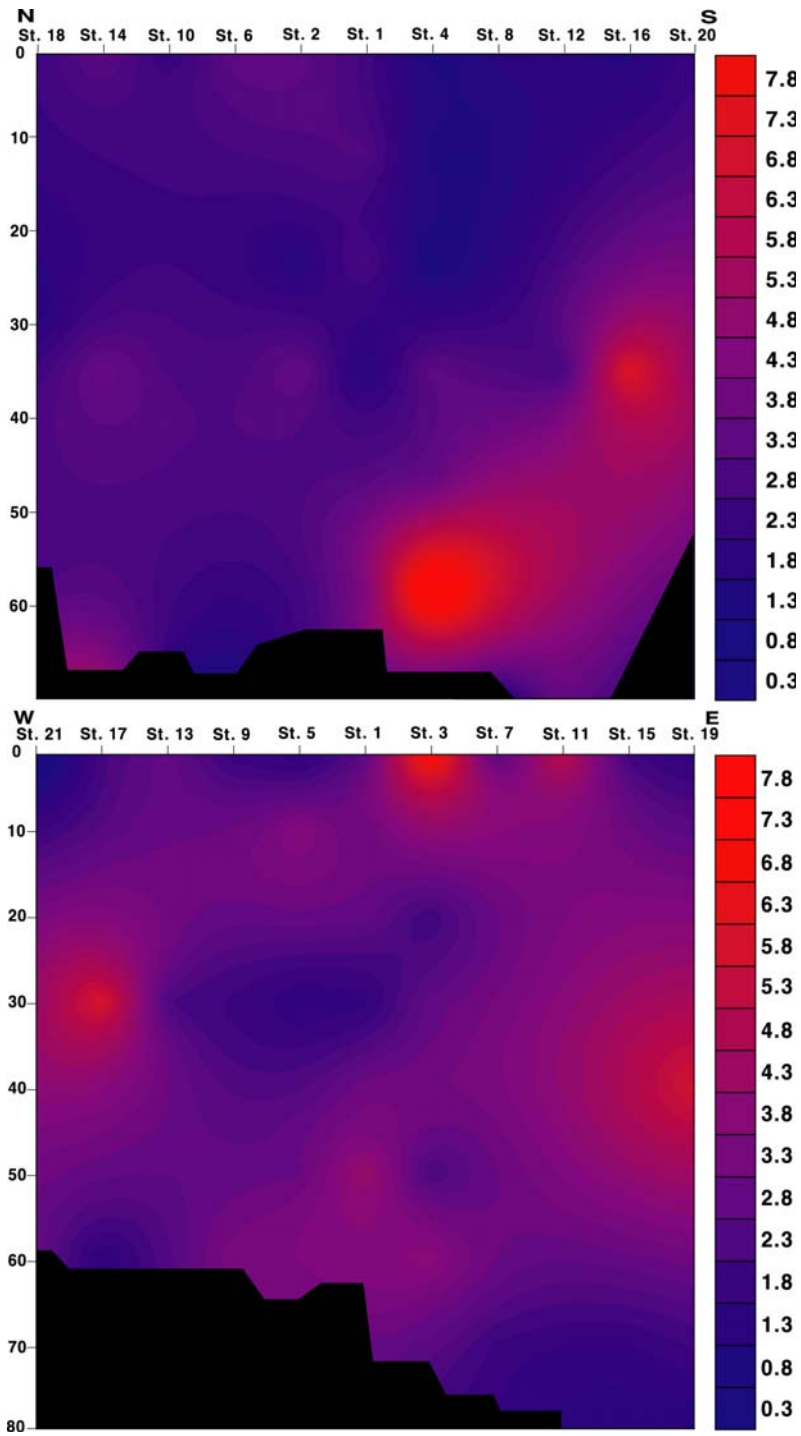


그림 1-2-17. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조.

Fig. 1-2-17. Vertical distribution of suspended particulate matter in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

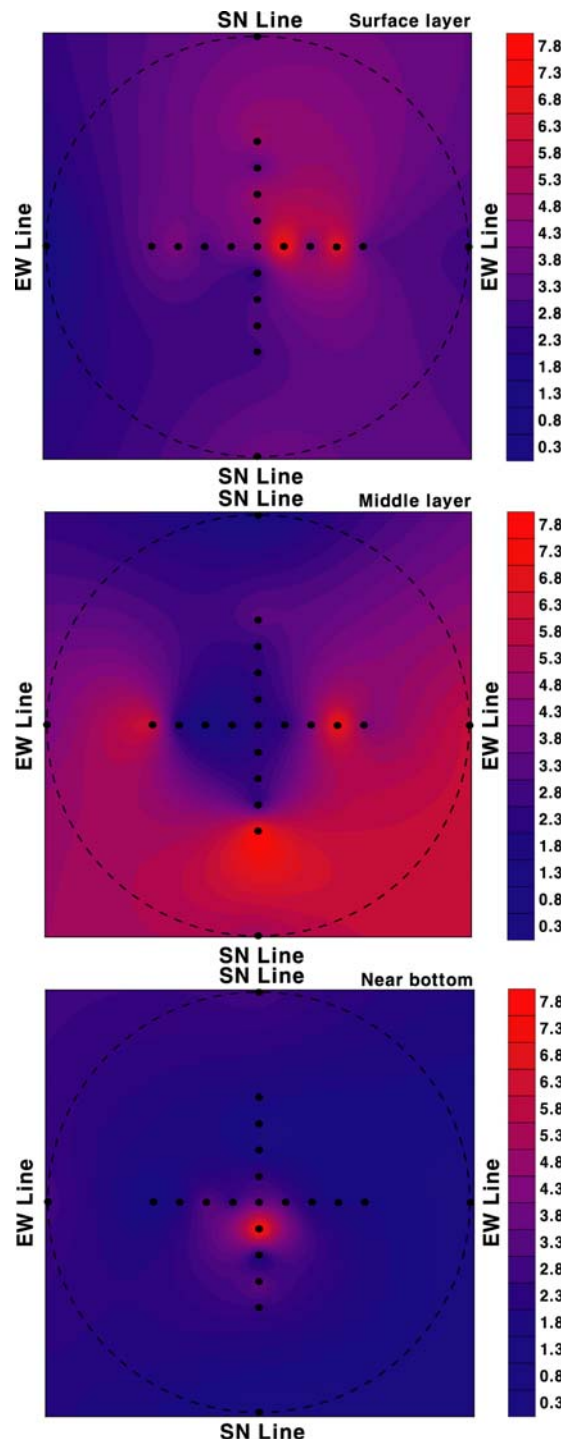


그림 1-2-18. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 부유성입자물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-18. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

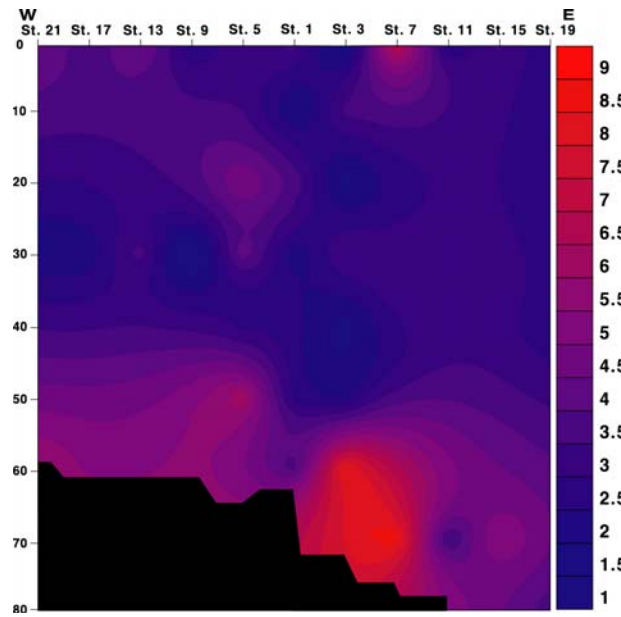


그림 1-2-19. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조.  
 Fig. 1-2-19. Vertical distribution of EW line suspended particulate matter in August, 2006.

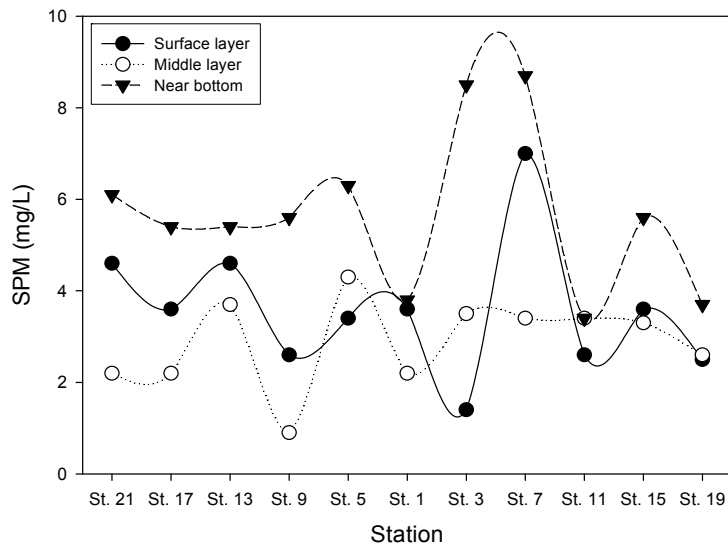


그림 1-2-20. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포.  
 Fig. 1-2-20. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

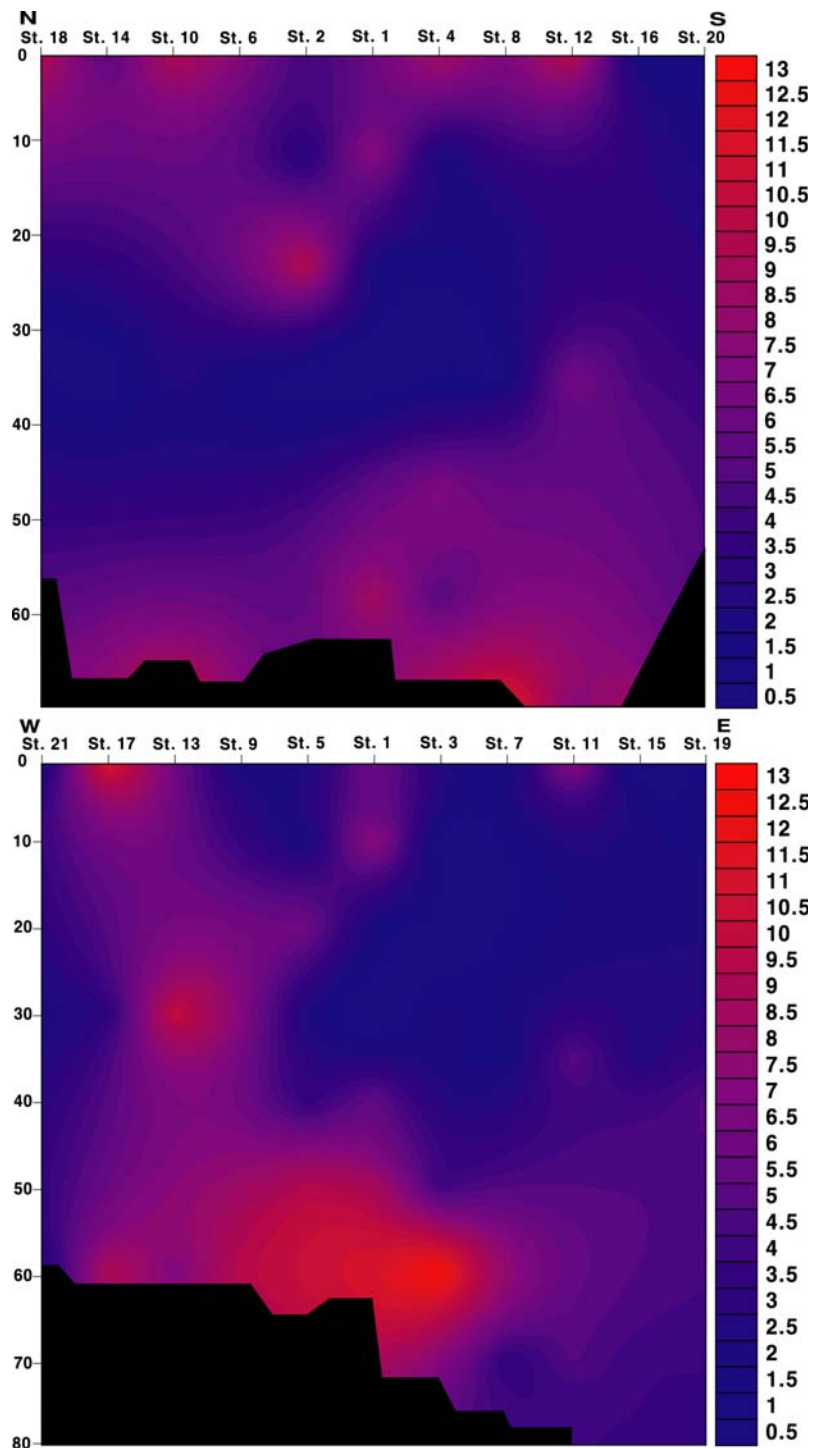


그림 1-2-21. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조.

Fig. 1-2-21. Vertical distribution of suspended particulate matter in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).



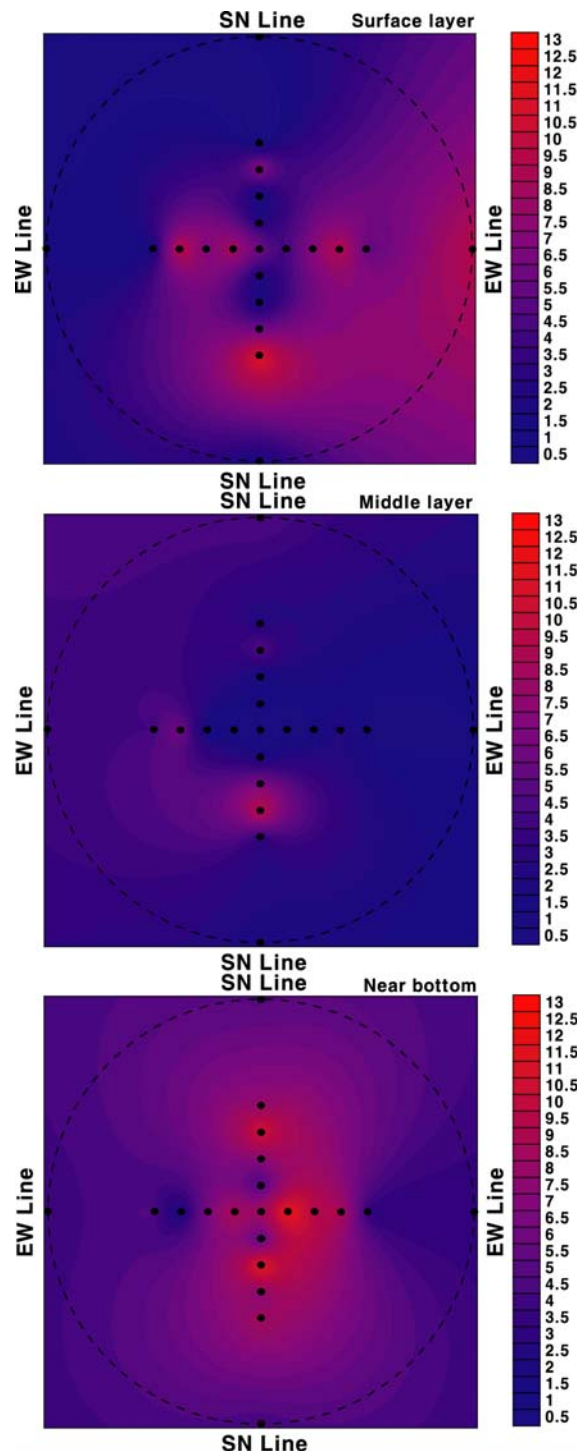


그림 1-2-22. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-22. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

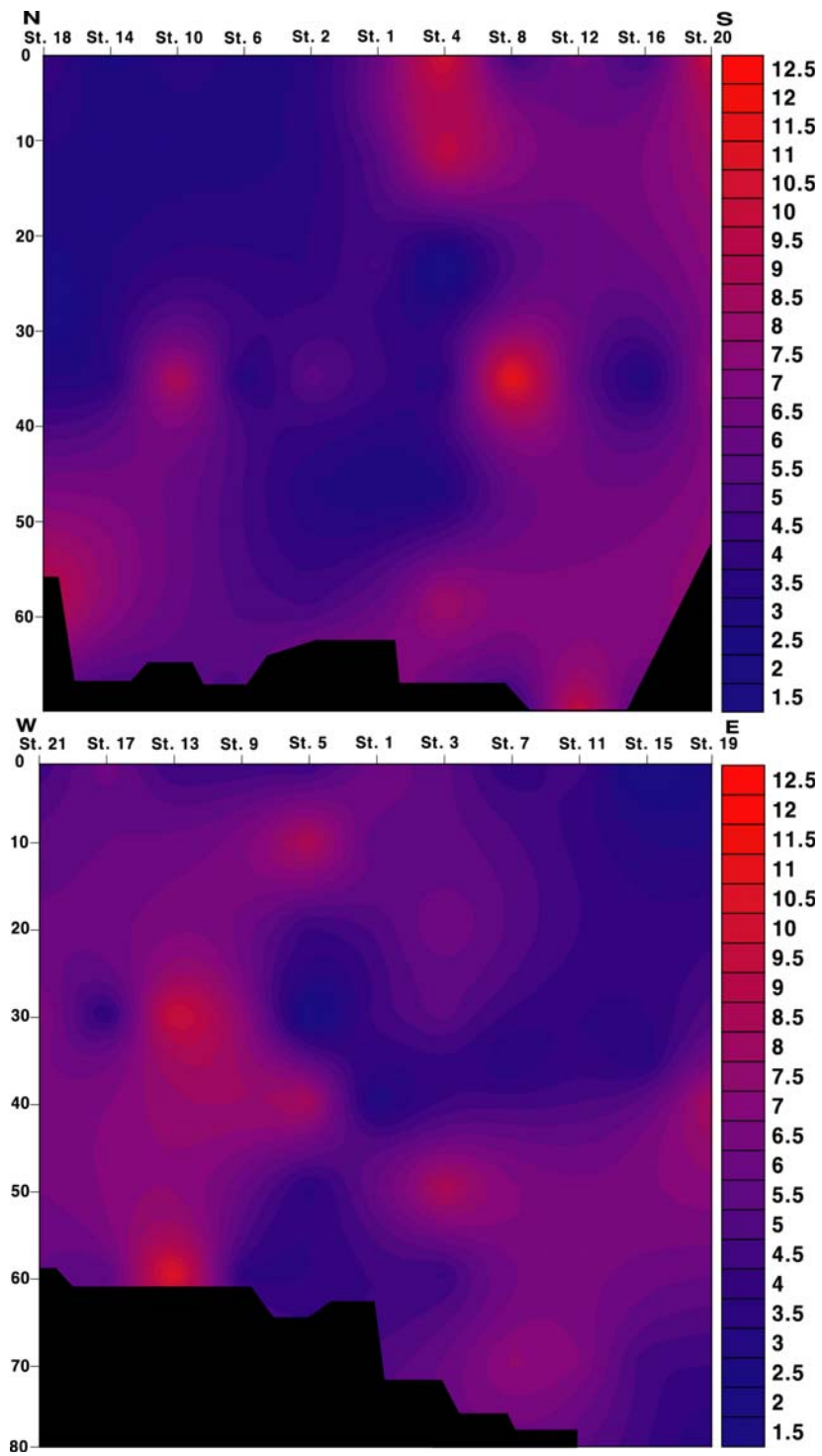


그림 1-2-23. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 부유성입자물질의 연직구조.

Fig. 1-2-23. Vertical distribution of suspended particulate matter in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

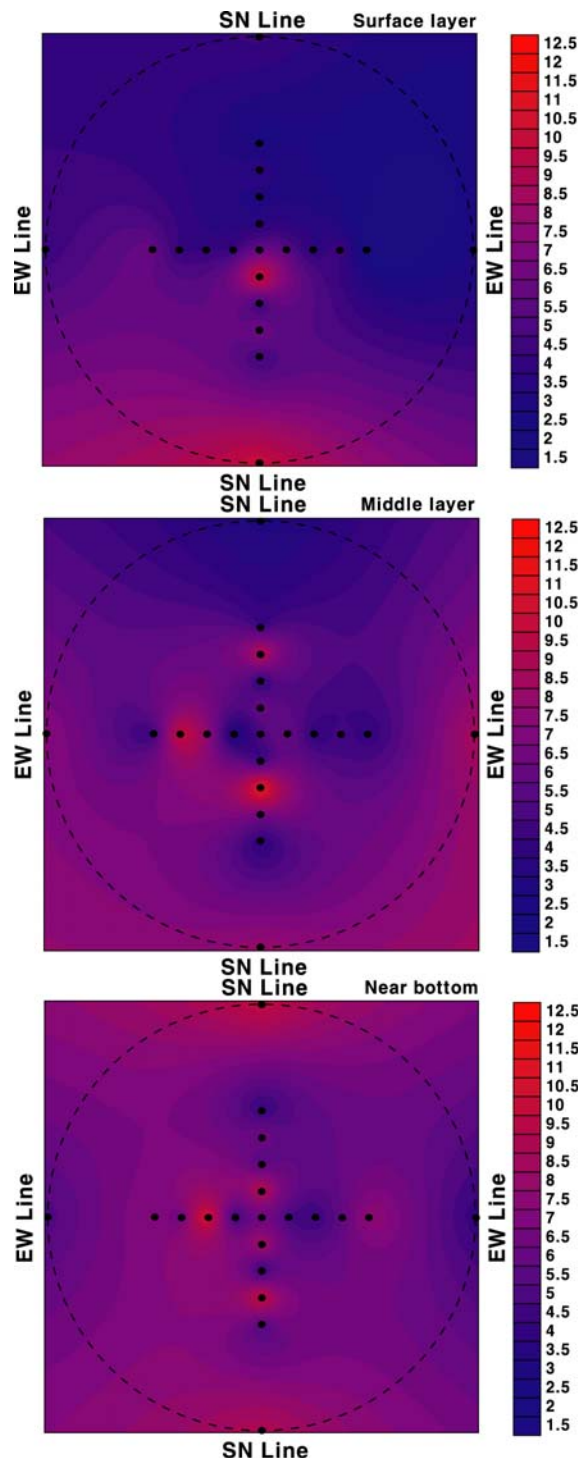


그림 1-2-24. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 부유성입자물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-24. Horizontal distribution of suspended particulate matter at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.5 입자성유기물질

입자성유기물질은 4월에 평균 1.3mg/L을 나타내었으며, 0.4~3.9mg/L의 범위를 나타내어 정점 및 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 북쪽에 위치한 정점들중 2번과 6번은 전 수층에 걸쳐 고른 분포를 보인 반면 그 외의 정점들은 30m의 수심부터 입자성유기물질이 증가하였다(그림1-2-25). 남쪽에 위치한 정점들은 전 수심에 걸쳐 비교적 고른 분포를 보이고 있었다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 그 양이 많았다. 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서 전 수층에 걸쳐 고루 높게 나타나는 경향을 보였으며, 동쪽에 위치한 정점들에서는 입자성유기물질이 양이 매우 적었다. 입자성유기물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다(그림 1-2-26). 또한 정점 1을 기준으로 1km이내의 정점들에서는 다른 곳에 위치한 정점들에 비해 높게 나타나는 경향을 보였다. 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1km 이내에 분포하는 정점들보다 먼 곳에 분포하는 정점에서 더 높은 양의 입자성유기물질을 나타내었다. 저층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서는 비교적 많은 양의 입자성유기물질이 나타난 반면 다른 쪽에서는 거의 나타나지 않았다.

8월에 입자성유기물질은 평균 2.2mg/L을 나타내어 4월에 비해 증가하였으며, 0.5~5.3mg/L의 범위를 나타내어 4월에 비해 정점 및 수심에 따라 차이가 더 크게 나타났다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 수심에 따라 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서는 표층에서 수심 20m까지

는 입자성유기물질이 많았던 반면 30m 이후부터는 동쪽에 위치한 정점들에서 더 많아지는 경향을 나타내었다(그림 1-2-27). 인공구조물로부터 서쪽으로 0.5km에 위치한 정점 5에서는 전 수층에 걸쳐 높은 양의 입자성유기물질을 보인 반면 동쪽으로 0.5km에 위치한 정점 3은 비교적 저층에서만 높게 나타나는 경향을 보였고 오히려 1km 지점에 위치한 정점 7에서 더 많은 양을 나타내었다. 입자성유기물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서 더 많은 양을 보였고 중층에서는 동쪽에 위치한 정점에서 더 많은 양을 나타내었다(그림 1-2-28). 저층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에서 높게 나타나는 경향을 보였다.

10월에 입자성유기물질은 평균 1.8mg/L을 나타내어 8월에 비해 조금 감소하였으며, 0.~5.1mg/L의 범위를 나타내어 8월과 유사하게 나타났다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들은 표층에서 약 25m 사이에서 높게 나타났던 반면 남쪽에 위치한 정점들에서는 입자성유기물질이 거의 나타나지 않았다(그림 1-2-29). 반면에 수심 30m부터 저층 사이에서는 남쪽에 위치한 정점들에서 많은 양의 입자성유기물질이 나타났고 북쪽에 위치한 정점들에서는 적게 나타났다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 수심에 따라 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서는 표층에서 약 35m 수심까지는 입자성유기물질이 많았던 반면 이후부터는 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 입자성유기물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남북성분에서는 0.5~1km의 거리에서 많은 양의 입자성유기물질을 보였던 반면 동서성분에서는 1.5km 지점에서 많이 나타났다(그림 1-2-30). 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에서는 입자성유기물질이 거의 나타나지 않았고, 서쪽에 위치한 정점들에

서는 높게 나타나는 경향을 보였다. 저층에서는 서쪽에 위치한 정점들에서 가장 적은 양의 입자성유기물질이 나타났고 남쪽에 위치한 정점들에서 가장 많은 양을 보였다.

10월에 입자성유기물질은 평균 1.2mg/L을 나타내어 조사기간 중에서 가장 작았으며, 0.2~4.3mg/L의 범위를 나타내어 4월과 유사하게 나타났다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들은 표층에서 약 20m 사이에서 높게 나타났던 반면 북쪽에 위치한 정점들에서는 정점 2를 외에는 양이 적었다(그림 1-2-31). 반면에 수심 20m부터 저층 사이에서는 정점들 간에 큰 차이를 보이지 않으며 비교적 많은 양의 입자성유기물질이 나타났다. 정점별 입자성유기물질의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 전 수층에 걸쳐 고르게 분포하는 경향을 보이고 있었지만, 저층에서는 동쪽에 위치한 정점에서 입자성유기물질이 더 많았다. 입자성유기물질의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 0.5km에 있는 정점들에서 많이 나타났고, 그 외의 정점들에서는 북쪽과 서쪽에 위치한 정점들에서는 거의 나타나지 않았다(그림 1-2-32). 중층에서는 인공기구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1.5km 이내의 정점들에서 많은 양의 입자성부유물질들이 나타나는 경향을 보였다. 저층에서는 남북성분에 비해 동서성분에서 상대적으로 많은 양의 입자성유기물질이 나타났다.

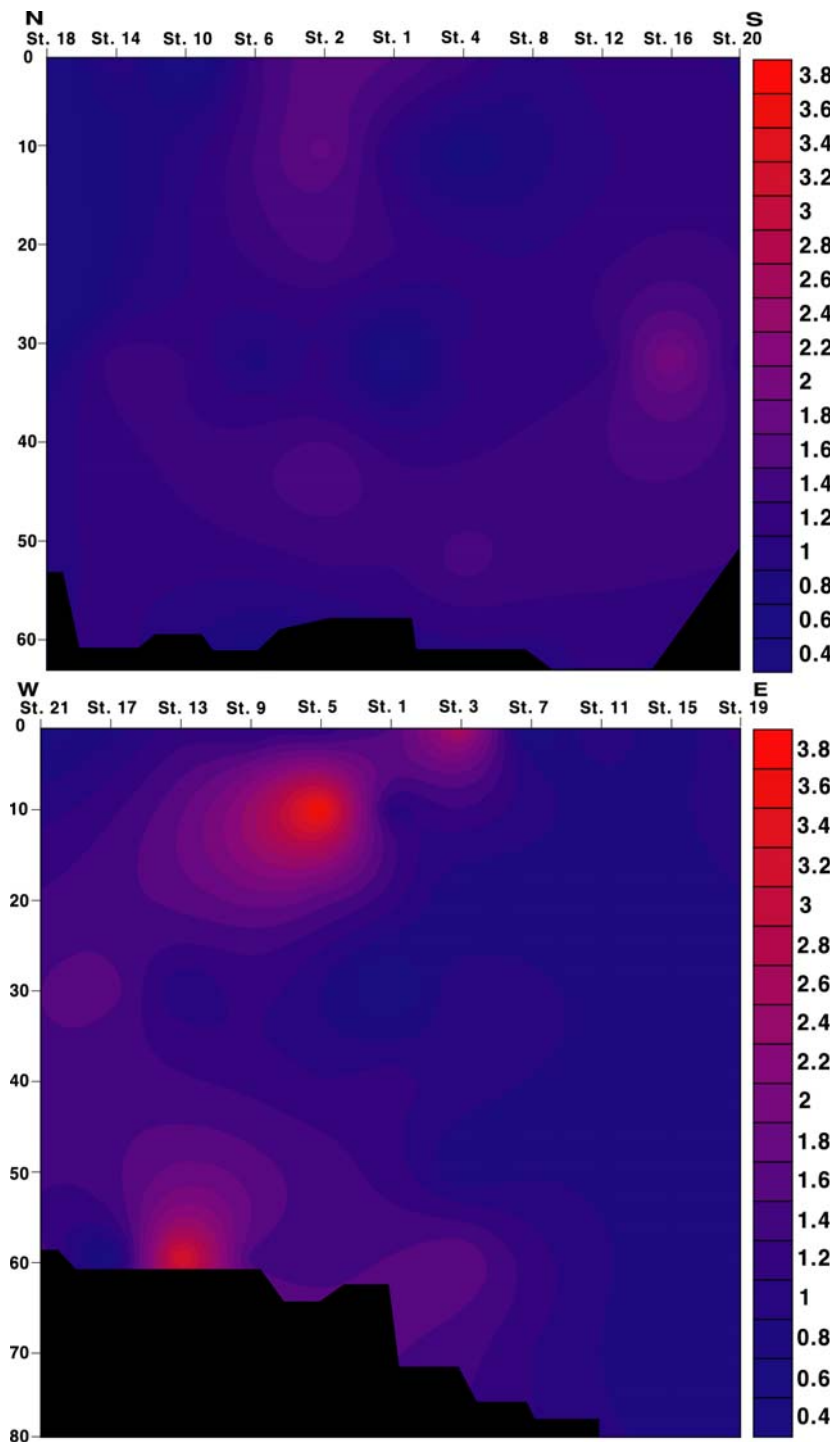


그림 1-2-25. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조.

Fig. 1-2-25. Vertical distribution of particulate organic matter in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

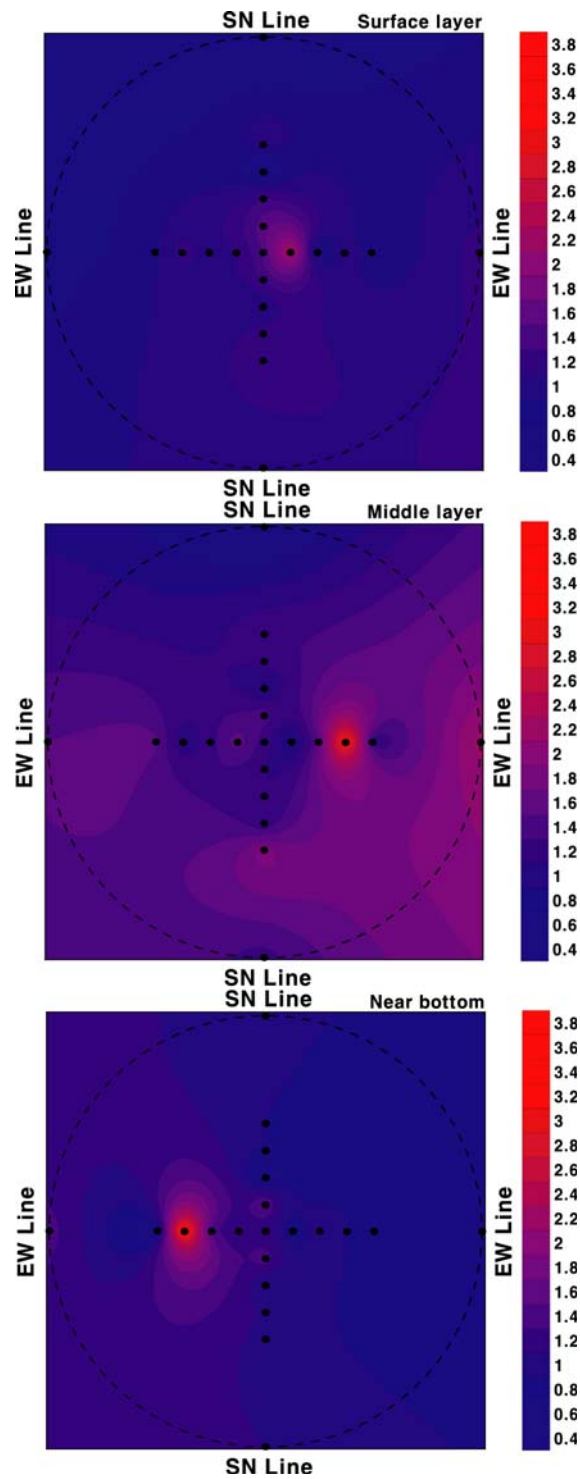


그림 1-2-26. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 입자성유기물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-26. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.



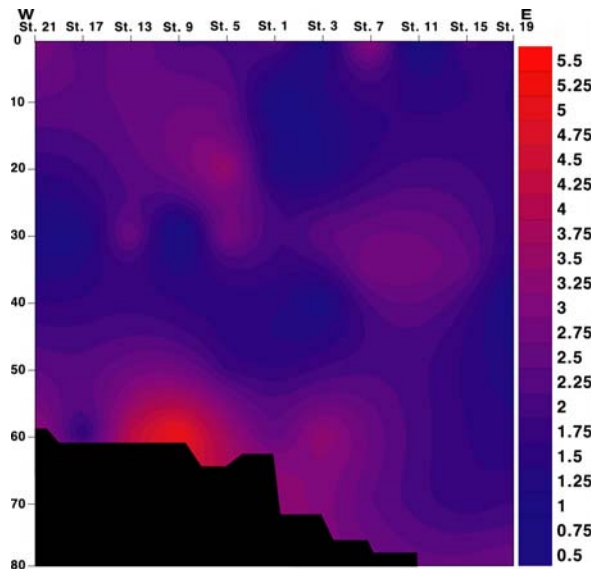


그림 1-2-27. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조.  
 Fig. 1-2-27. Vertical distribution of EW line particulate organic matter in August, 2006.

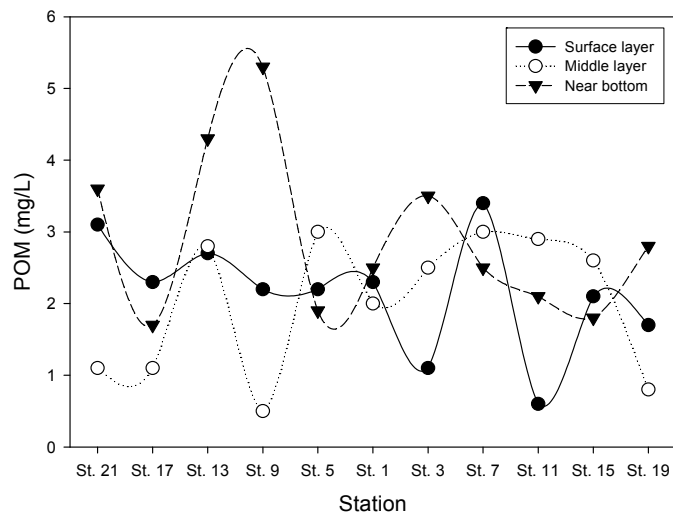


그림 1-2-28. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포.  
 Fig. 1-2-28. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

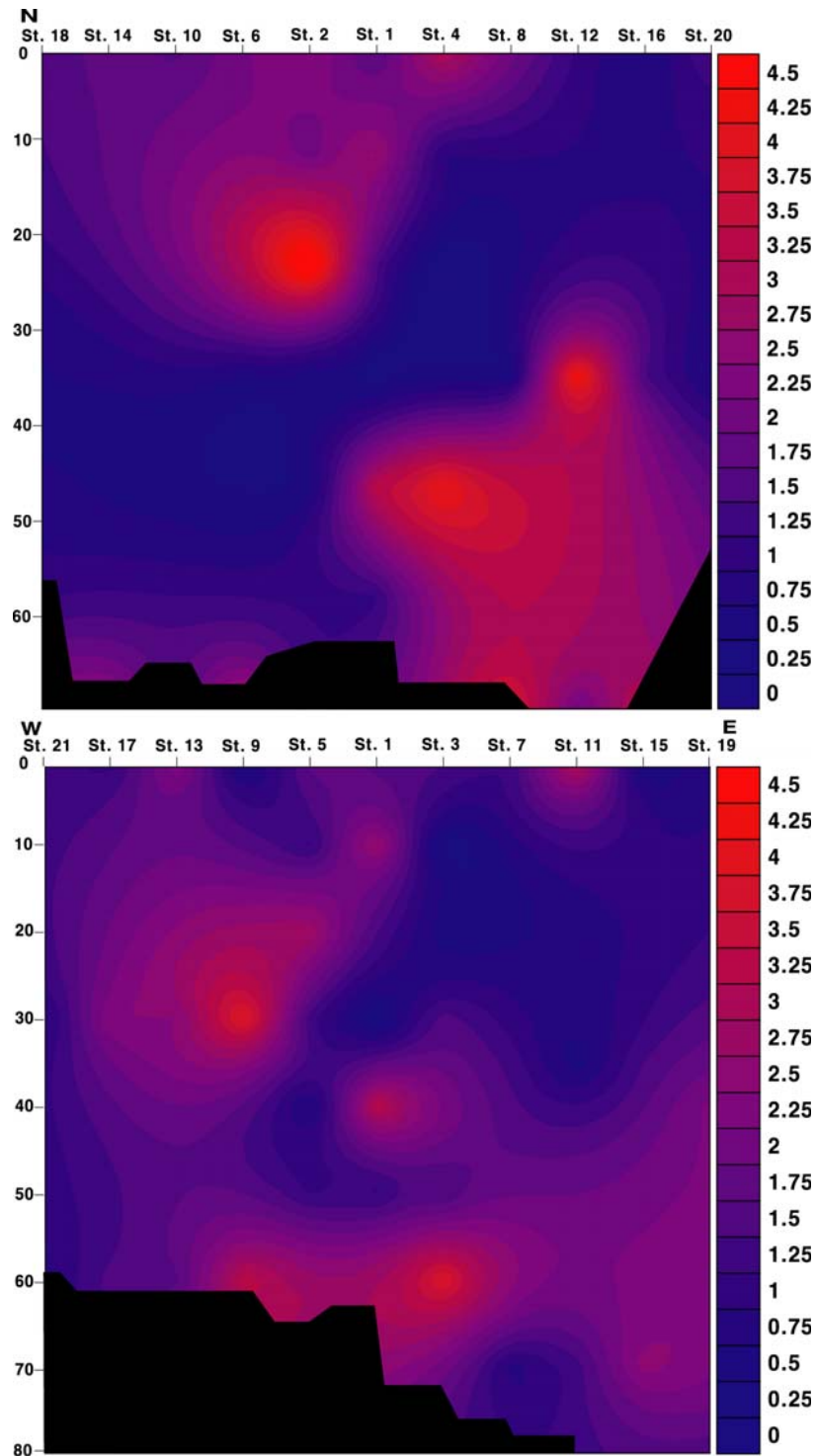


그림 1-2-29. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조.

Fig. 1-2-29. Vertical distribution of particulate organic matter in October 1, 2006 (SN line: upper, EW line: lower).

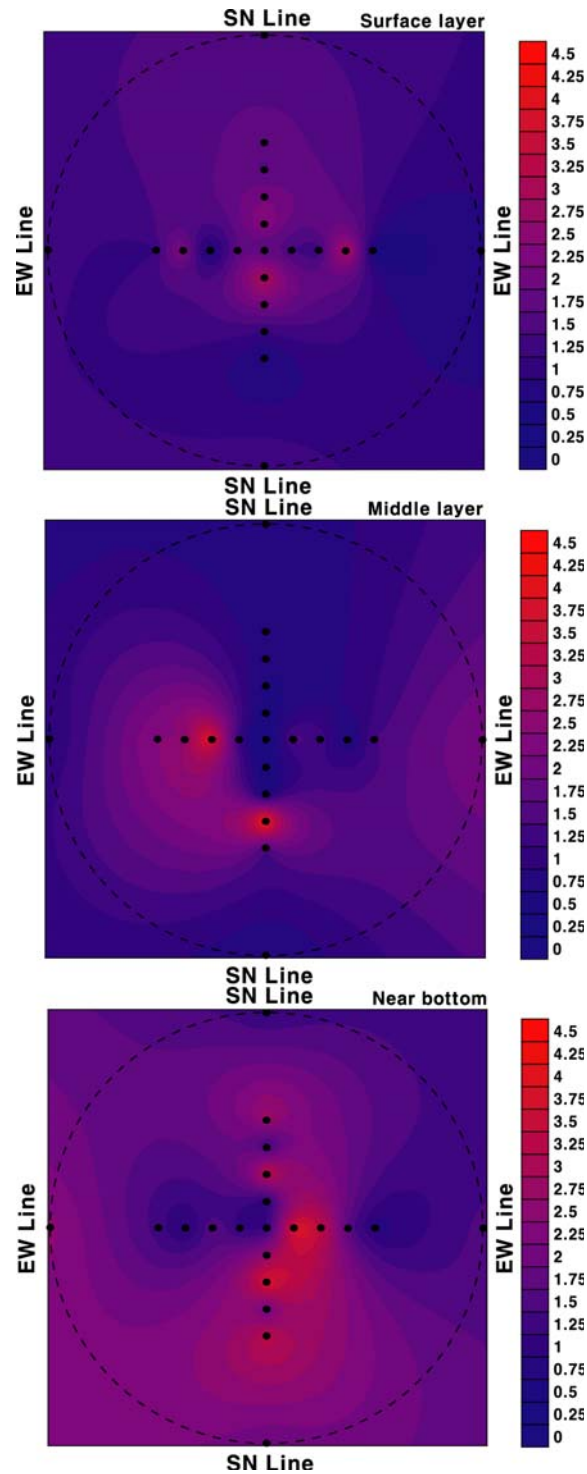


그림 1-2-30. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-30. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

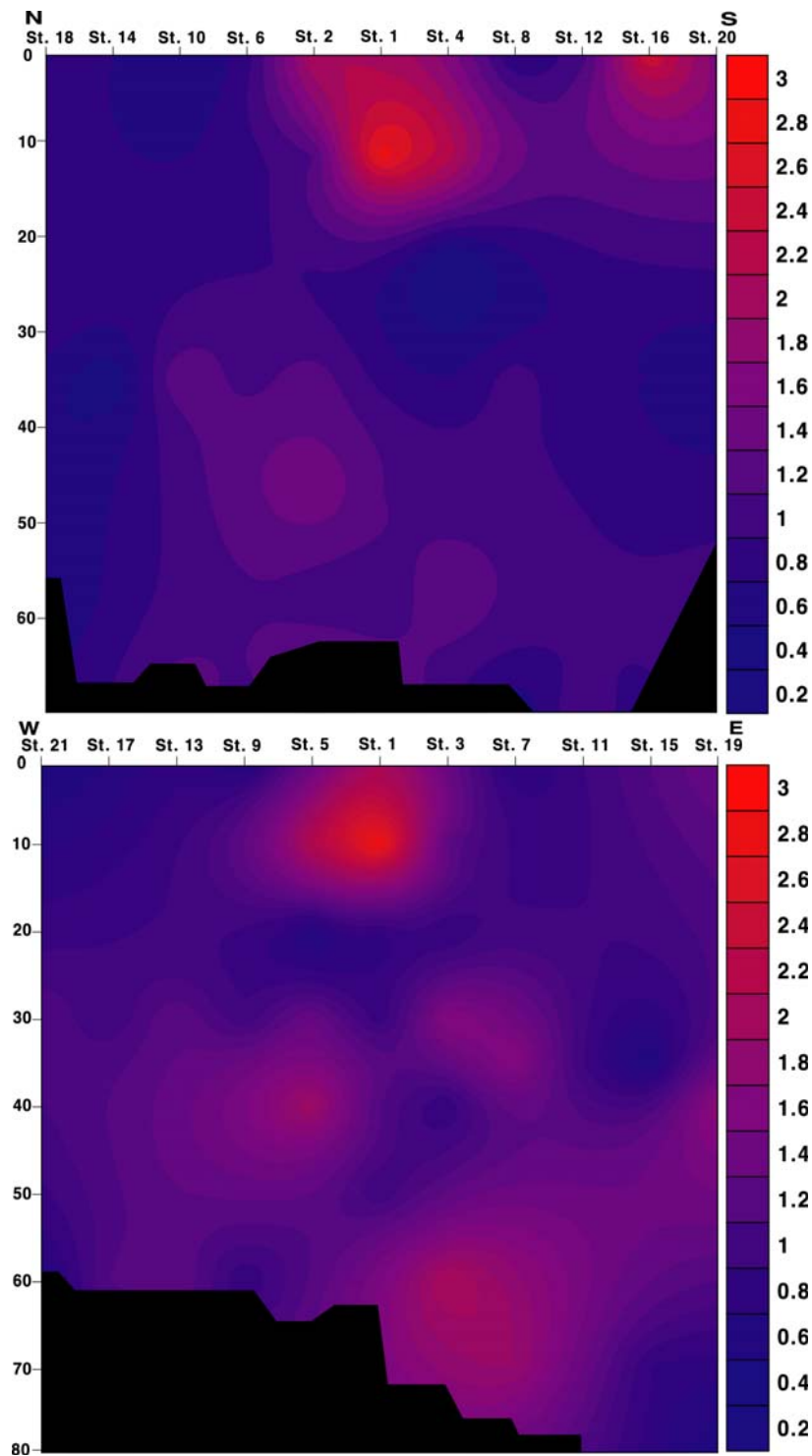


그림 1-2-31. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 입자성유기물질의 연직구조.

Fig. 1-2-31. Vertical distribution of particulate organic matter in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

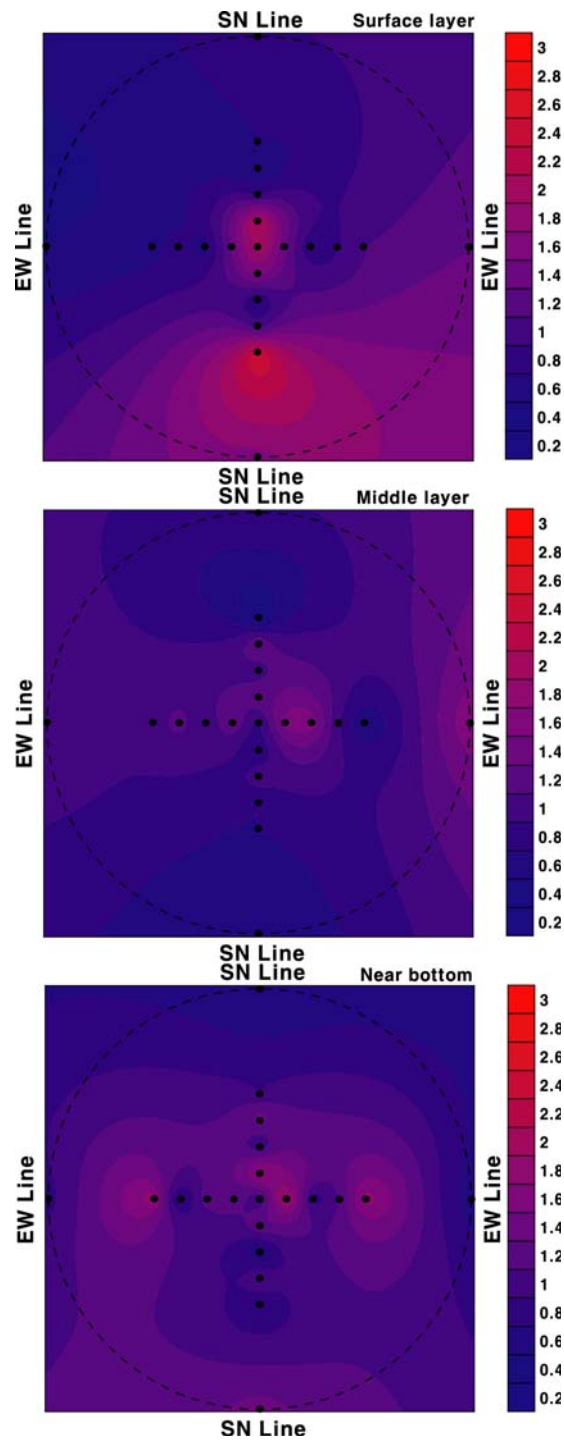


그림 1-2-32. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 입자성유기물질의 수평 분포.

Fig. 1-2-32. Horizontal distribution of particulate organic matter at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.6 암모니아질소

암모니아질소는 4월에 평균  $1.76\mu\text{M}$ 였고,  $1.21\sim 3.27\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서는 표층에서 30m의 수심까지 더 높은 농도로 출현하였고, 이후부터는 수심이 깊어짐에 따라 남쪽에서 증가하는 경향을 보였다(그림 1-2-33). 정점별 암모니아질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 그 양이 현저하게 작은 특징을 보였으며, 특히 표층에서 30m 수심까지는 암모니아질소가 거의 나타나지 않았다. 30m 이후의 수심에서는 동쪽에 위치한 정점에서 높은 농도를 보였다. 암모니아질소의 수평분포를 보면 표층에서는 전 정점에서 매우 낮은 분포를 보였으며, 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽과 북쪽에 1km에 위치한 정점에서 높은 농도의 암모니아질소를 보였고 그 외의 정점들에서는 매우 낮은 농도를 보였다(그림 1-2-34). 저층에서는 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타났으며 그 외의 정점들에서는 비교적 낮은 농도를 보였다.

8월에 암모니아질소는 평균  $0.58\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 크게 감소하였으며,  $0.32\sim 1.10\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 4월에 비해 정점과 수심에 따른 변화가 적었다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1km 이내에 위치한 정점들에서 전 수심에 걸쳐 높은 농도의 암모니아질소를 나타내었다(그림 1-2-35). 수층별로 보면 40m 이후에서는 전 정점에 걸쳐 비교적 높은 농도의 암모니아질소를 나타내었다. 암모니아질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에서 높은 농도를 보였으며, 동쪽에 위치한 정점에서는 정점 3을 제외하고는 낮은 농도를 나타내었다(그림 1-2-36). 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 중심으로 0.5km 이내에서 높은 농

도를 보였으며 그 외의 정점에서는 매우 낮은 농도를 나타내었다. 암모니아 질소는 저층에서 가장 높은 농도로 나타났으며 그 중 정점 9번과 21번에서 각각 0.97, 1.10 $\mu$ M로 높게 나타났다.

10월에 암모니아질소는 평균 0.71 $\mu$ M로 8월에 비해 조금 증가하였지만 4월에 비해 그 농도가 매우 낮았으며, 0.25~1.58 $\mu$ M의 범위를 나타내었다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서는 전 수심에 걸쳐 비교적 일정한 농도를 보였다(그림 1-2-37). 반면 서쪽에 위치한 정점들에서는 인공구조물을 중심으로 1.5km 이내의 정점에서는 수심 30m까지 비교적 높은 농도로 일정했던 반면 그 외의 정점들에서는 표층에서만 높게 나타나고 전 수심에서 낮은 암모니아질소 농도를 보였다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 농도가 높게 나타났으며, 인공구조물이 위치한 정점 1번을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 40m의 수심까지는 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 서쪽으로 1.5km보다 이내에 위치한 정점들에서는 높은 농도를 보였지만 그 외의 정점들에서는 낮았다. 반면 50m 수심보다 깊어지면서 전 정점에서 암모니아질소의 농도가 증가하는 경향을 보였다. 암모니아질소의 수평분포를 보면 표층에서는 동서성분에 비해 남북성분에서 더 높은 농도를 보였고, 중층에서는 구조물을 중심으로 2km 이내의 정점들에서 암모니아질소가 나타났다(그림 1-2-38). 저층에서는 남북성분에 비해 동서성분에서 높게 나타나는 경향을 보였는데, 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 2km 이내의 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다.

11월에 암모니아질소는 평균 0.56 $\mu$ M로 조사기간 중 가장 낮은 농도를 보였으며, 0.24~1.22 $\mu$ M의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따른 변화의 폭이 가장 좁게 나타났다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 표층에서 30m의 수심까지는 인공구조물이 설치된 정점

1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점에서 높게 나타났는데 그 중 가장 서쪽에 위치한 정점 18은 전체 수심에서 고른 농도의 암모니아질소를 나타내었다(그림 1-2-39). 반면 남쪽에 위치한 정점에서는 표층에서 30m의 수심까지는 암모니아질소가 거의 나타나지 않았으며 30m 이후의 수심에서 농도가 급격히 증가하는 경향을 보였다. 정점별 암모니아질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 농도가 높게 나타났으며, 인공구조물이 위치한 정점 1번을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 인공구조물을 기준으로 1km 이내에 위치한 정점들에서는 전 수심에 걸쳐 높은 농도를 보였던 반면 그 외의 정점들에서는 수심에 따라 변화의 폭이 크게 나타났다. 그 중 가장 서쪽에 위치한 정점 21은 전 수심 매우 낮은 암모니아질소를 보였으며, 전체 수심 중 50m에서 암모니아 질소가 가장 높은 농도를 나타내었다. 암모니아질소의 수평분포를 보면 표층에서는 가장 낮은 농도를 보였는데 인공구조물을 중심으로 남쪽에 위치한 정점들에서 매우 낮은 경향을 나타내었다(그림 1-2-40). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 동쪽과 남쪽에 위치한 정점들 중 먼 거리에 있는 정점들에서 암모니아질소의 농도가 증가하는 경향을 보였다. 저층에서도 인공구조물을 중심으로 먼 거리에 있는 정점들에서 높은 농도로 증가하는 경향을 나타내었다.



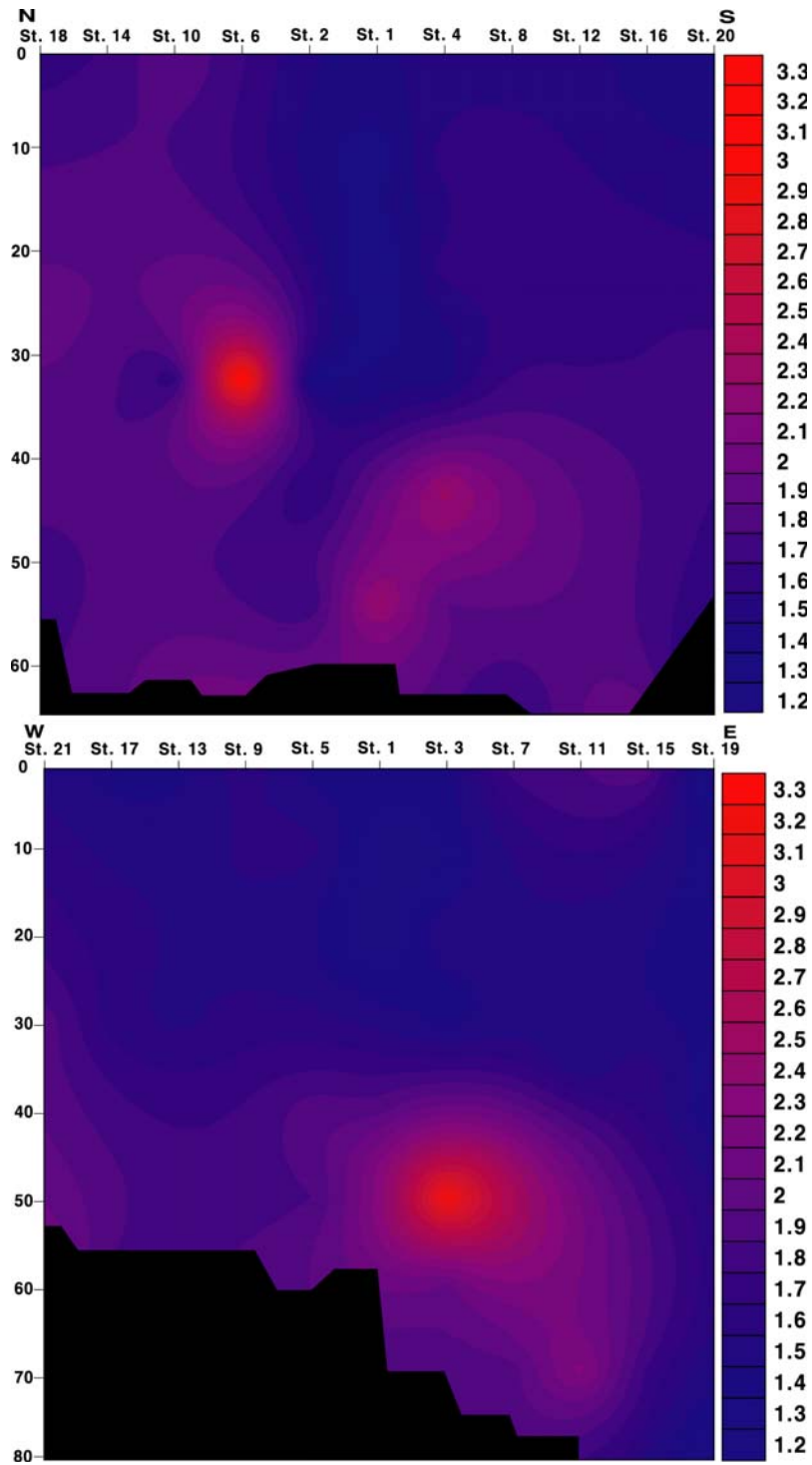


그림 1-2-33. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조.

Fig. 1-2-33. Vertical distribution of ammonia in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

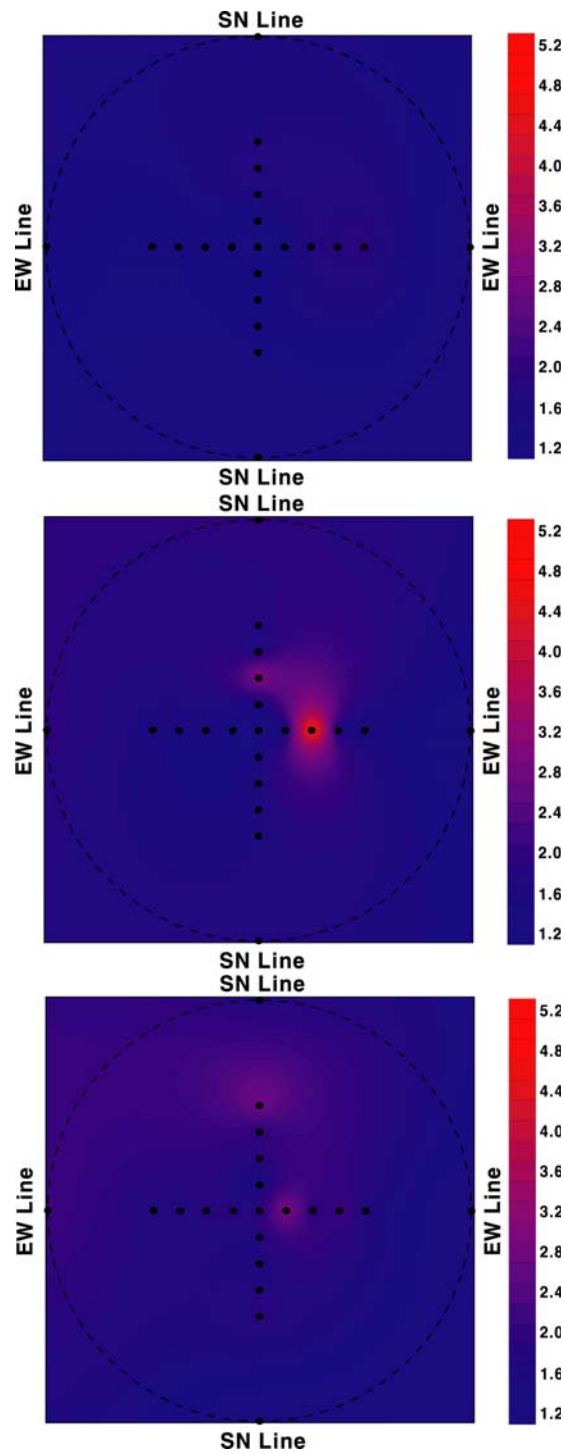


그림 1-2-34. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 암모니아질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-34. Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

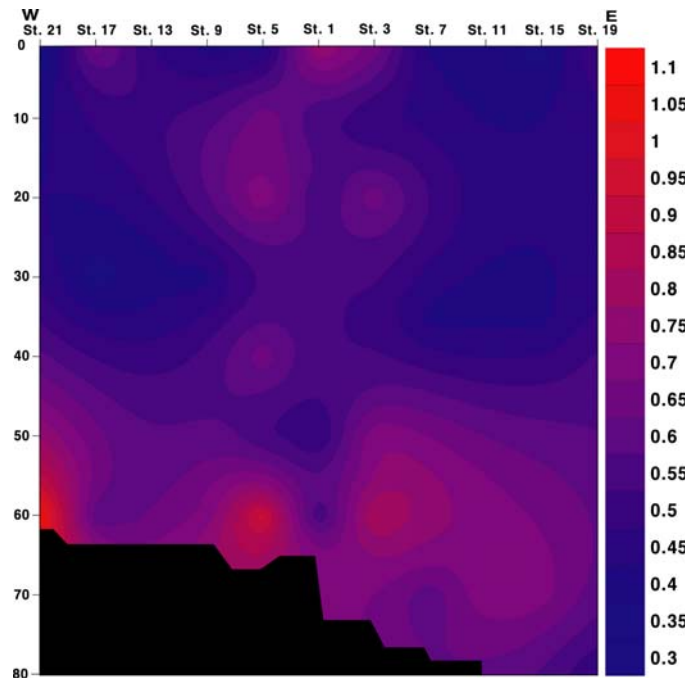


그림 1-2-35. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조.  
 Fig. 1-2-35. Vertical distribution of EW line ammonia in August, 2006.

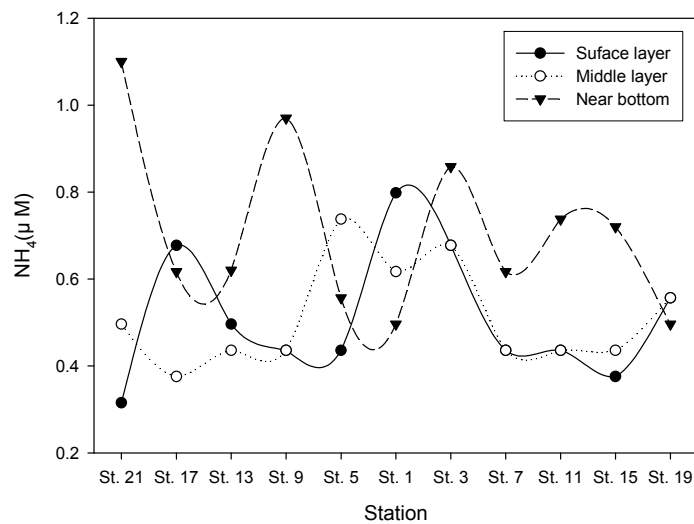


그림 1-2-36. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포.  
 Fig. 1-2-36. Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

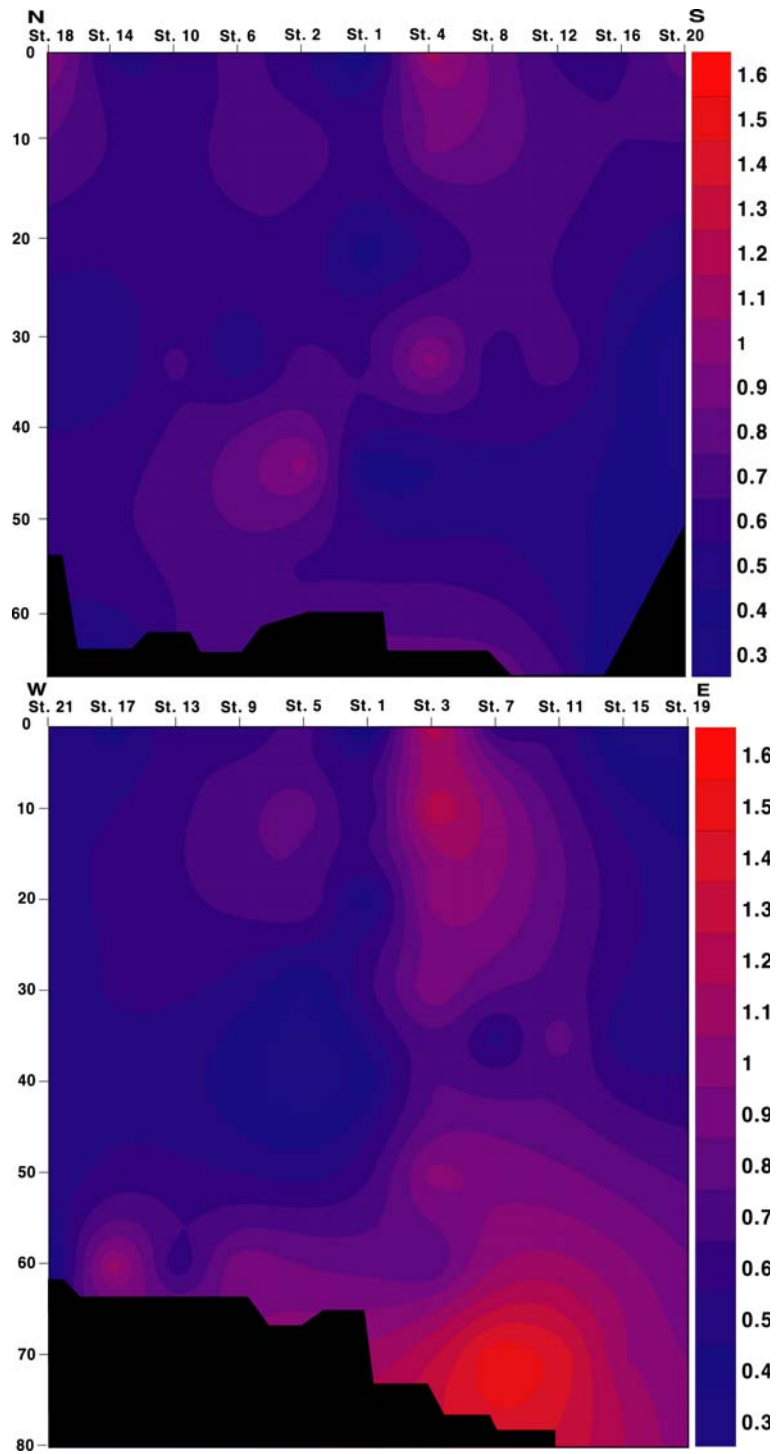


그림 1-2-37. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조.

Fig. 1-2-37. Vertical distribution of ammonia in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

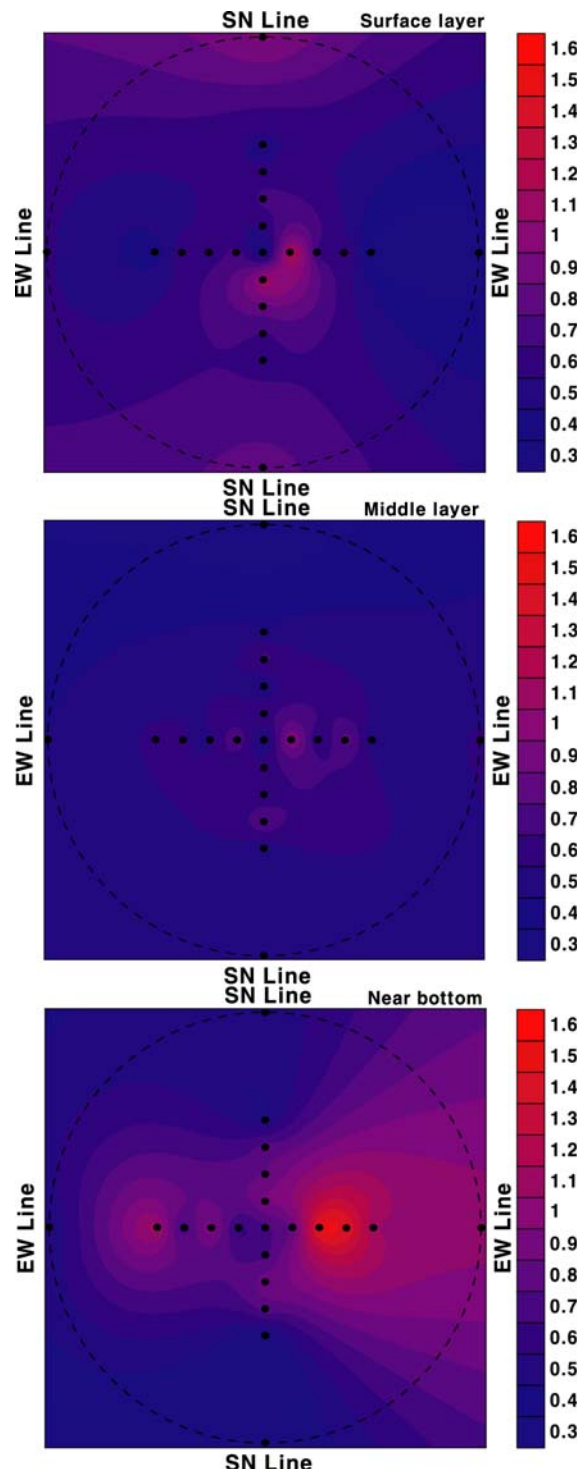


그림 1-2-38. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-38. Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

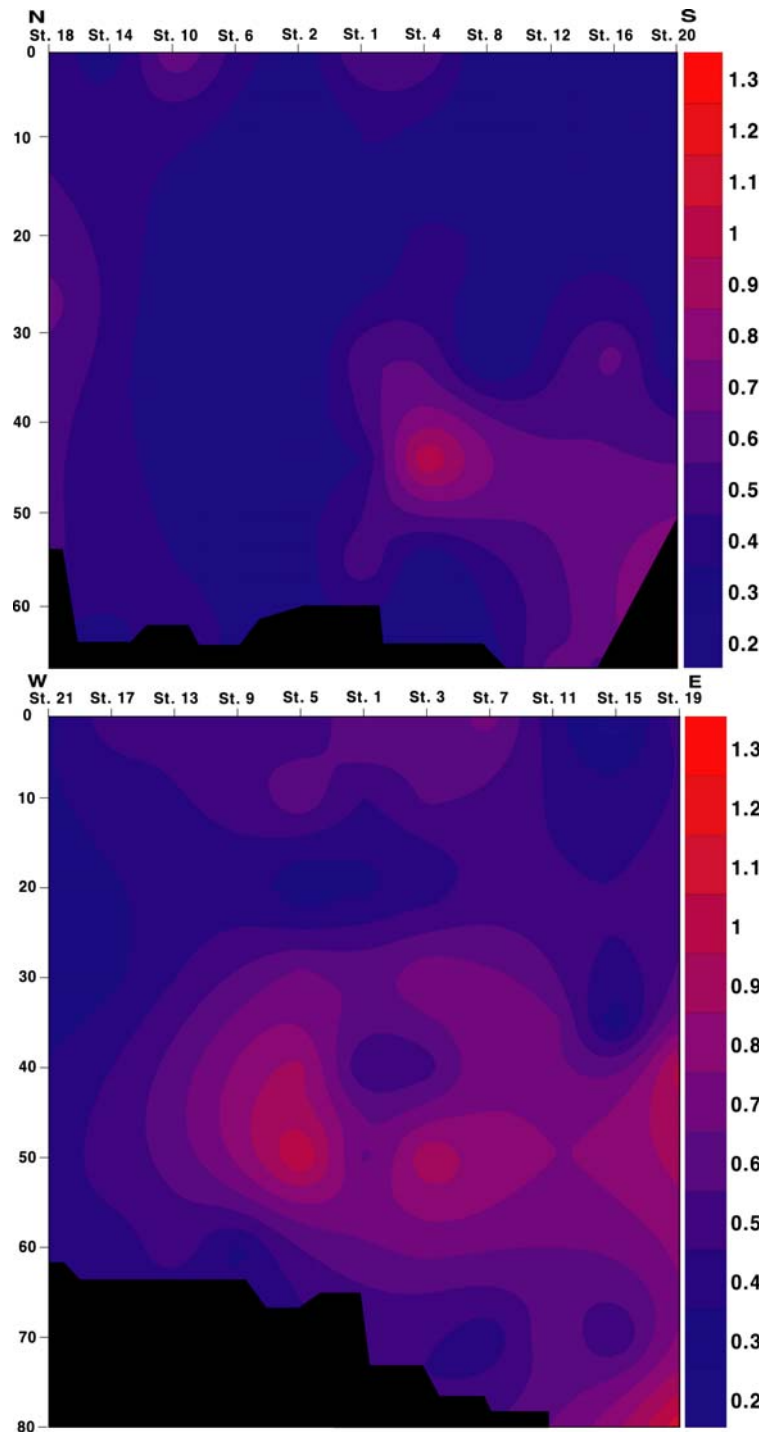


그림 1-2-39. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 암모니아질소의 연직구조.

Fig. 1-2-39. Vertical distribution of ammonia in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

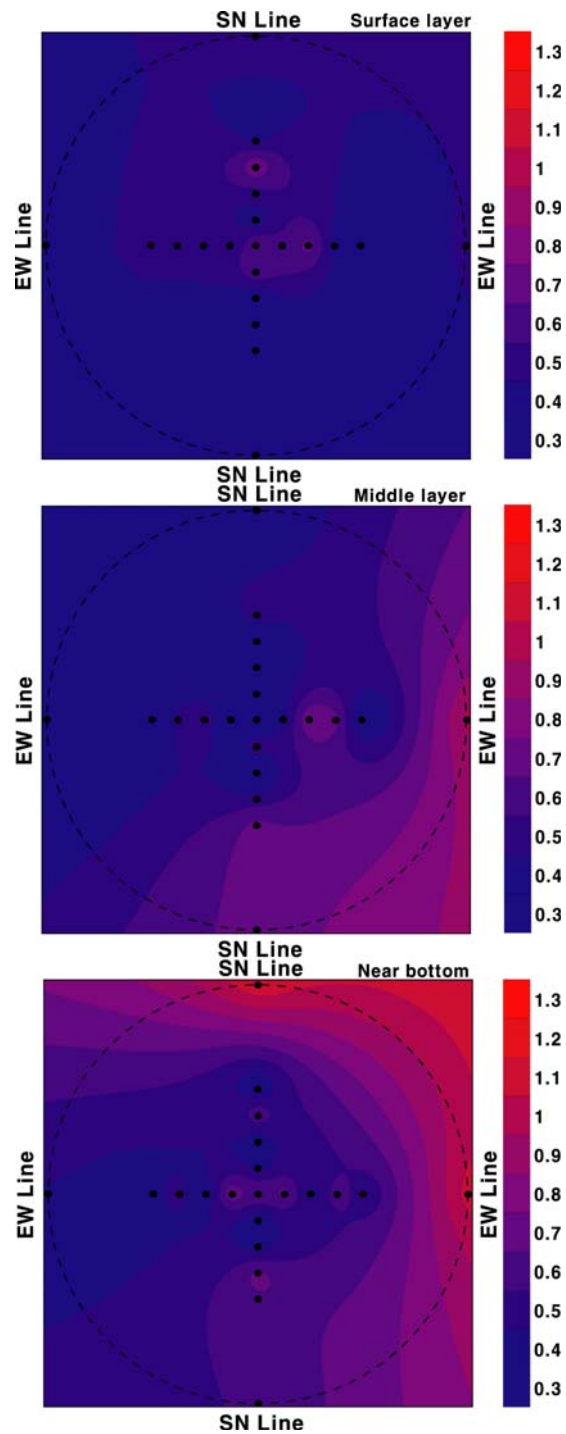


그림 1-2-40. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 암모니아질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-40. Horizontal distribution of ammonia at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.7 아질산질소

아질산질소는 4월에 평균  $0.20\mu\text{M}$ 였고,  $0.12\sim 0.38\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 정점에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1km보다 멀리 에 위치한 정점들은 전 수심에 걸쳐 일정한 농도를 보였던 반면 1km 이내에 위치한 정점들은 수심에 따라 아질산질소의 농도 차이를 보이고 있었다(그림 1-2-41). 인공구조물을 중심으로 1km 이내에 위치한 정점들은 표층에서 30m까지는 비교적 낮은 농도의 아질산질소를 나타내었고, 이후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 아질산질소가 낮은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 1.5km 보다 멀리 있는 정점들에서는 전 수심에서 일정한 농도를 보였고 1.5km 이내의 정점들에서는 수심에 따라 농도 차이가 크게 나타났다. 동서성분에서는 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 더 높은 농도의 아질산질소를 보였으며 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 아질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 1.5km에 위치한 정점에서 매우 낮은 농도의 아질산질소를 보이고 거리가 멀어짐에 따라 농도가 증가하였다(그림 1-2-42). 중층에서는 표층과 유사한 경향을 보였지만 인공구조물이 위치한 정점에서 아질산질소의 농도가 증가하였다. 저층에서는 전체적으로 아질산질소의 농도가 증가하였으며 특히 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서 그 농도가 많이 증가한 경향을 나타내었다.

8월에 아질산질소는 평균  $0.26\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 증가 하였으며,  $0.00\sim 0.56\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 차이를 보이고 있었다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 동쪽에서 높은 농도로 나타나는 경향을



보였다(그림 1-2-43). 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서는 전 수심에서 비교적 균일한 농도로 출현하는 경향을 보이니 반면 서쪽에 위치한 정점들에서는 약 40m의 수심까지는 아질산질소가 거의 나타나지 않았으나 이 후 농도가 급격히 증가하였다. 아질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점에서는 매우 낮은 농도를 보였고 동쪽에 위치한 정점들에서는 거리가 멀어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 보였다(그림 1-2-44). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 보였지만 전체적으로 표층에 비해 아질산질소의 농도가 높았다. 저층에서는 아질산질소가 가장 높은 농도로 나타나는 경향을 보였는데, 표층과 중층과 달리 서쪽에 위치한 정점들에서 더 높은 농도를 보였다.

10월에 아질산질소는 평균  $0.16\mu\text{M}$ 로 조사기간 중에서 가장 낮은 농도를 보였으며,  $0.00\sim 0.67\mu\text{M}$ 의 범위를 보여 4월과 8월에 비해 정점과 수심에 따라 농도 차이가 크게 나타났다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서는 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 25m까지 수심에서는 전 정점에서 매우 낮은 농도를 보였던 반면 수심이 깊어질수록 인공구조물과 가까운 정점부터 점차적으로 농도가 증가하는 경향을 보였다(그림 1-2-45). 남쪽에 위치한 정점에서는 전 수심에 걸쳐 일정한 농도를 보였다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 아질산질소의 농도가 매우 낮았으며, 특히 동쪽에 위치한 정점들에서는 아질산질소가 거의 나타나지 않았다. 서쪽에 위치한 정점들 중에서 가장 서쪽에 위치한 정점 21에서는 전 수심에서 비교적 고르게 나타나는 경향을 보였으며 다른 정점들에서는 매우 낮은 농도를 보였다. 아질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에서 가장 높게 나타나는 경향을 보였는데 그 외의 정점들에서는 매우 낮은 농도를 보였다(그림 1-2-46). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 나타내었는데, 중층에 비해 아질산질소의 농도가 높게 출현하였으며, 특히 동서성분 중

구조물을 중심으로 1km에 위치한 정점에서 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 저층에서 아질산질소의 농도가 가장 높게 나타났는데, 특히 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점에서 높았다.

11월에 아질산질소는 평균  $0.56\mu\text{M}$ 로 조사기간 중에서 가장 높은 농도를 보였으며,  $0.00\sim 1.09\mu\text{M}$ 로 조사기간 중 정점과 수심에 따라 농도 차이가 가장 크게 나타났다. 정점별 아질산질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 수심에 따라 농도의 변화가 큰 것을 알 수 있는데 인공구조물이 위치한 정점 1번은 전 수심에 걸쳐 일정하게 높은 농도를 보였고 북쪽에 위치한 정점은 2m의 수심부터 농도가 증가하였으며, 남쪽에 위치한 정점들은 인공구조물이 위치한 곳과 가까운 정점들에서 높은 농도를 보였다(그림 1-2-47). 정점별 아질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 아질산질소의 농도가 높게 나타났으며, 저층에서 그 농도가 낮게 나타나는 특징을 보였다. 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 0.5km 이내에 위치한 정점들에서 높은 농도를 보였다. 아질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에서 위치한 정점들에서는 매우 낮은 농도의 아질산질소의 분포를 보였던 반면 그 외의 정점들에서는 표층에서 높은 농도로 출현하였다(그림 1-2-48). 중층에 세는 표층과 유사한 경향을 나타내었지만 정점에 따라 아질산질소의 농도 차이를 보이고 있었다. 저층에서는 표층, 중층과 달리 인공구조물이 위치한 정점 1번을 기준으로 동쪽에 위치한 정점에서 매우 낮은 농도를 보였으며, 구조물이 위치한 정점과 그 주변 0.5km에 위치한 정점들에서 농도가 높게 나타났다.

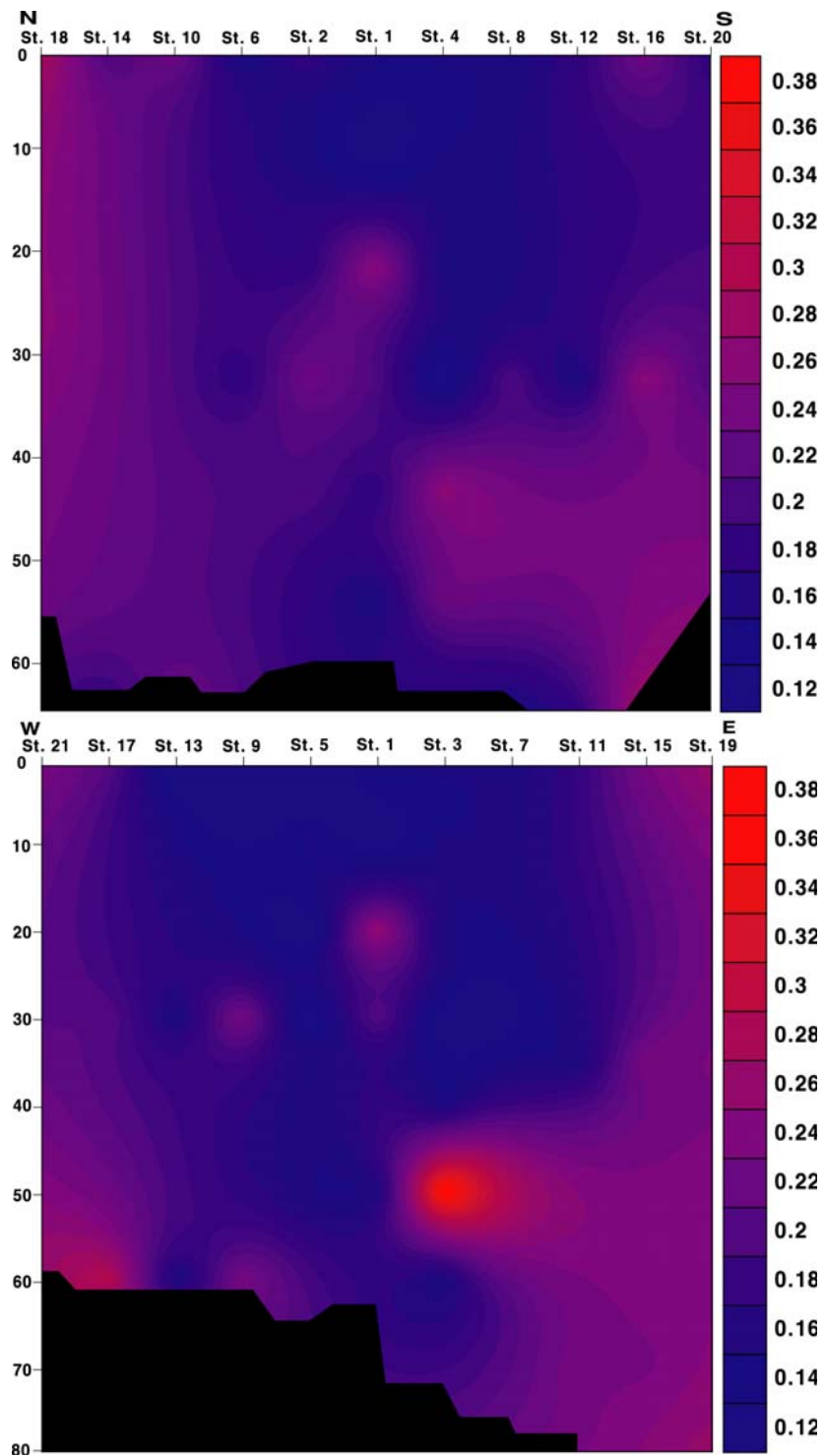


그림 1-2-41. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-41. Vertical distribution of nitrite in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

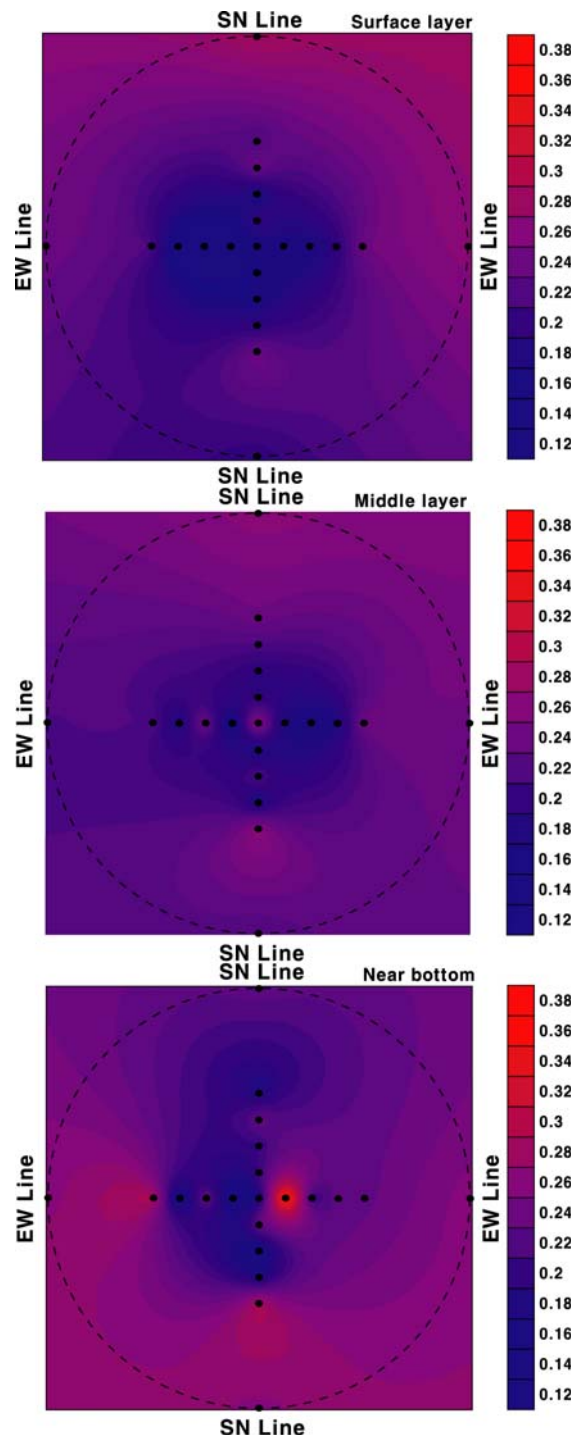


그림 1-2-42. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 아질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-42. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

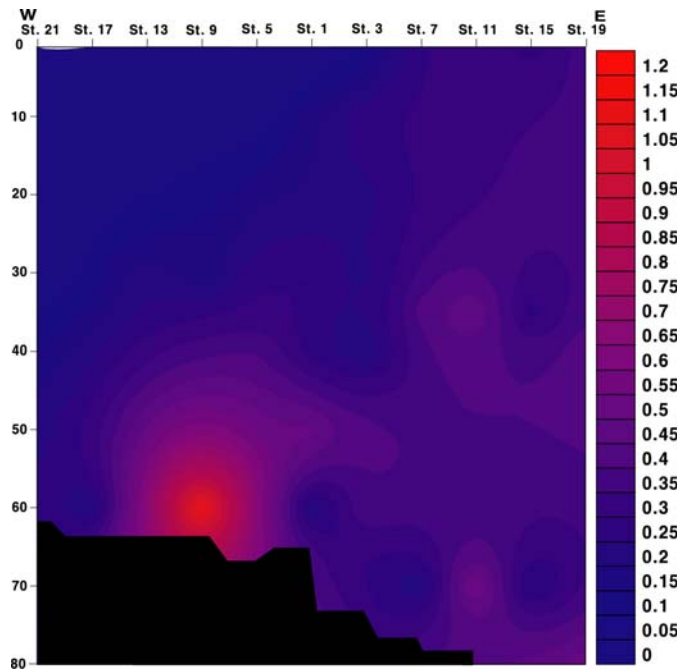


그림 1-2-43. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-43. Vertical distribution of EW line nitrite in August, 2006.

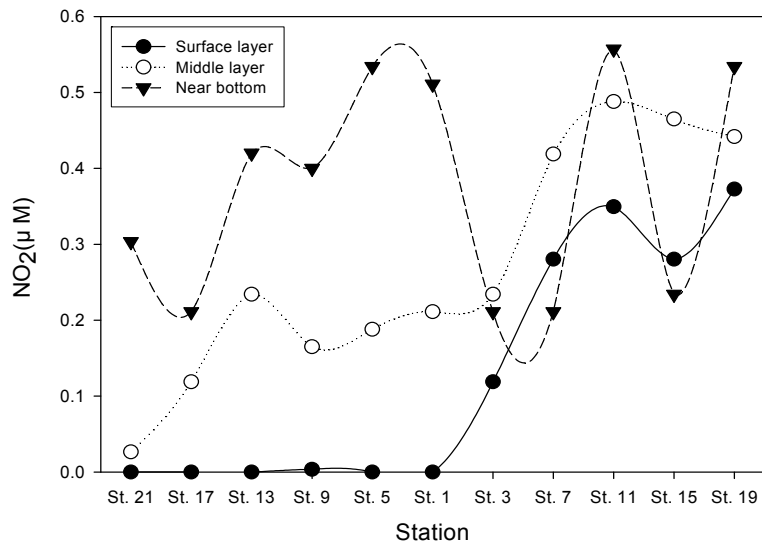


그림 1-2-44. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-44. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

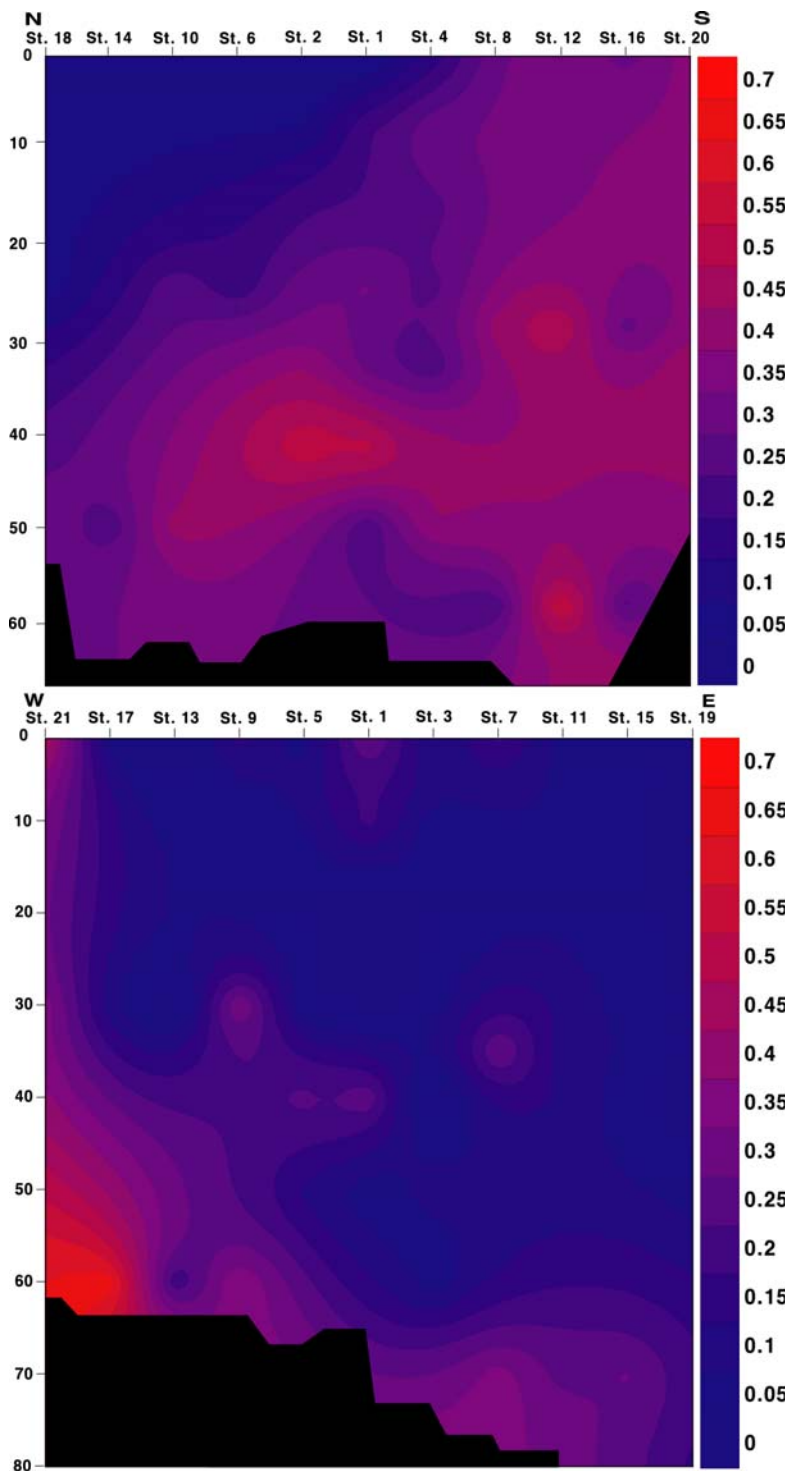


그림 1-2-45. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-45. Vertical distribution of nitrite in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower)

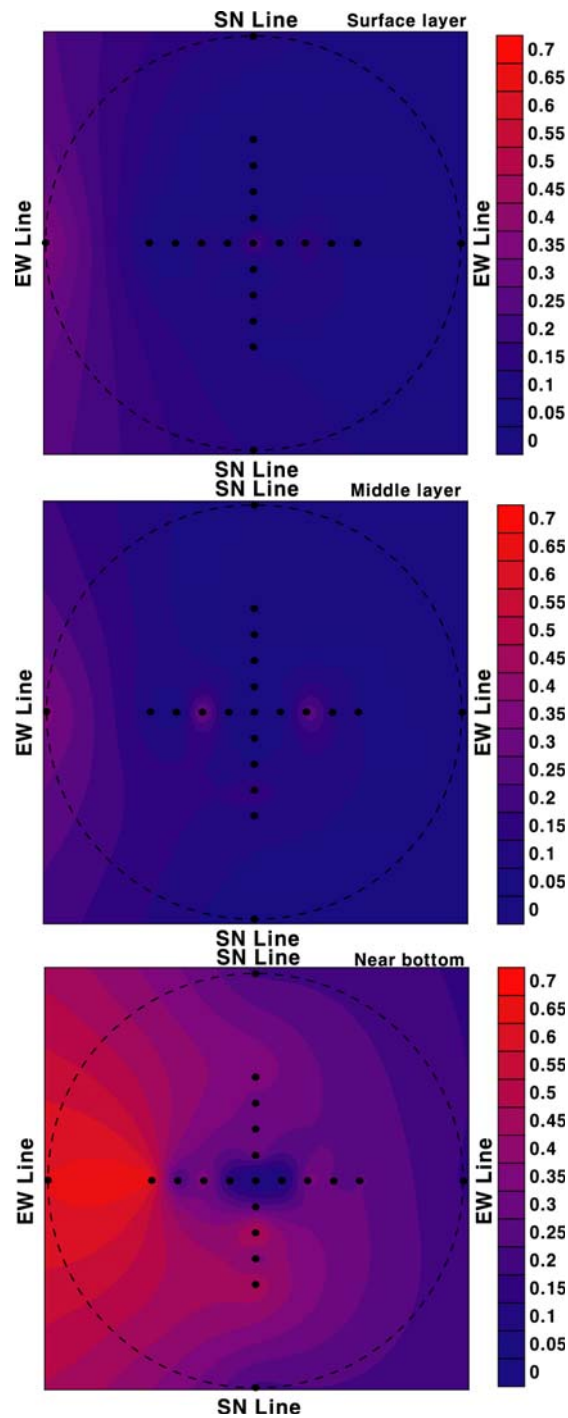


그림 1-2-46. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-46. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

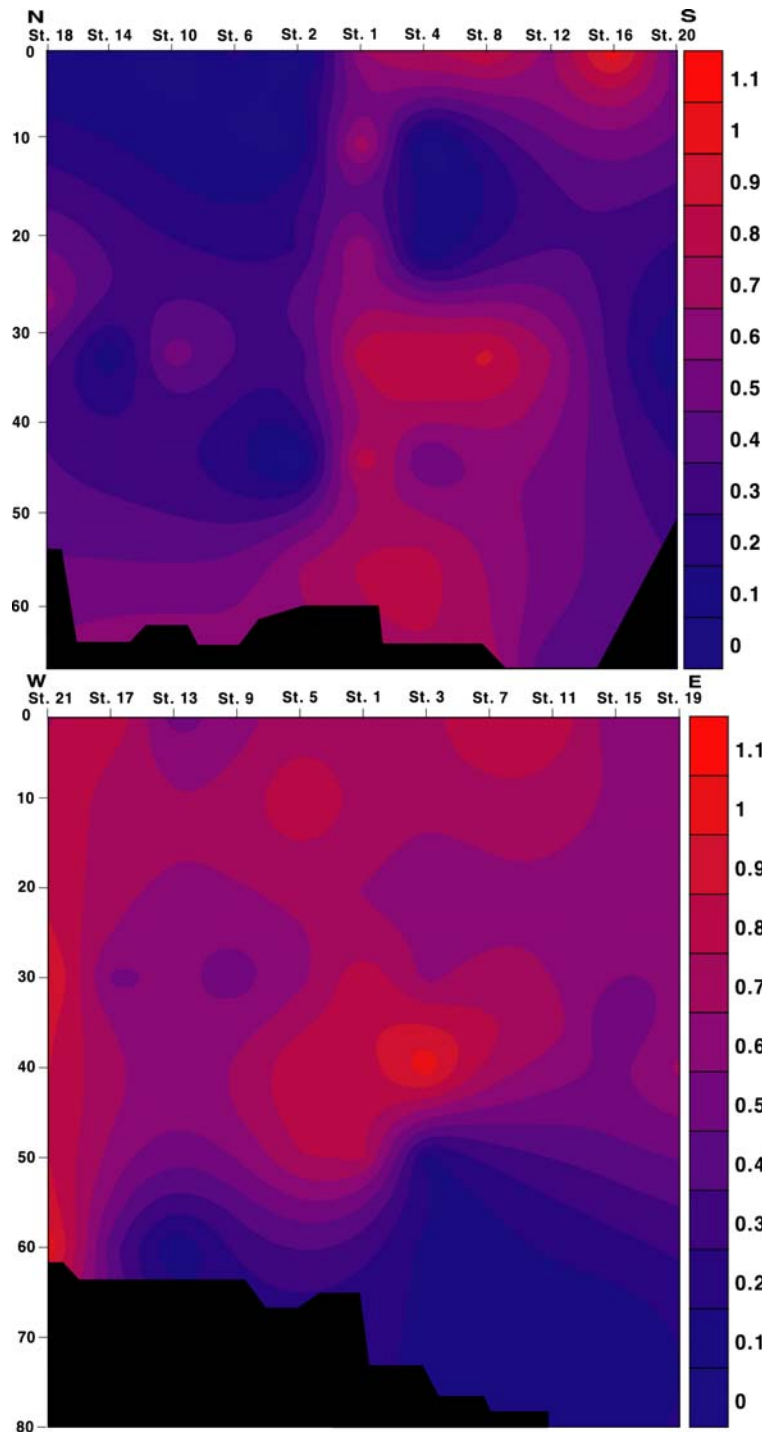


그림 1-2-47. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 아질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-47. Vertical distribution of nitrite in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).



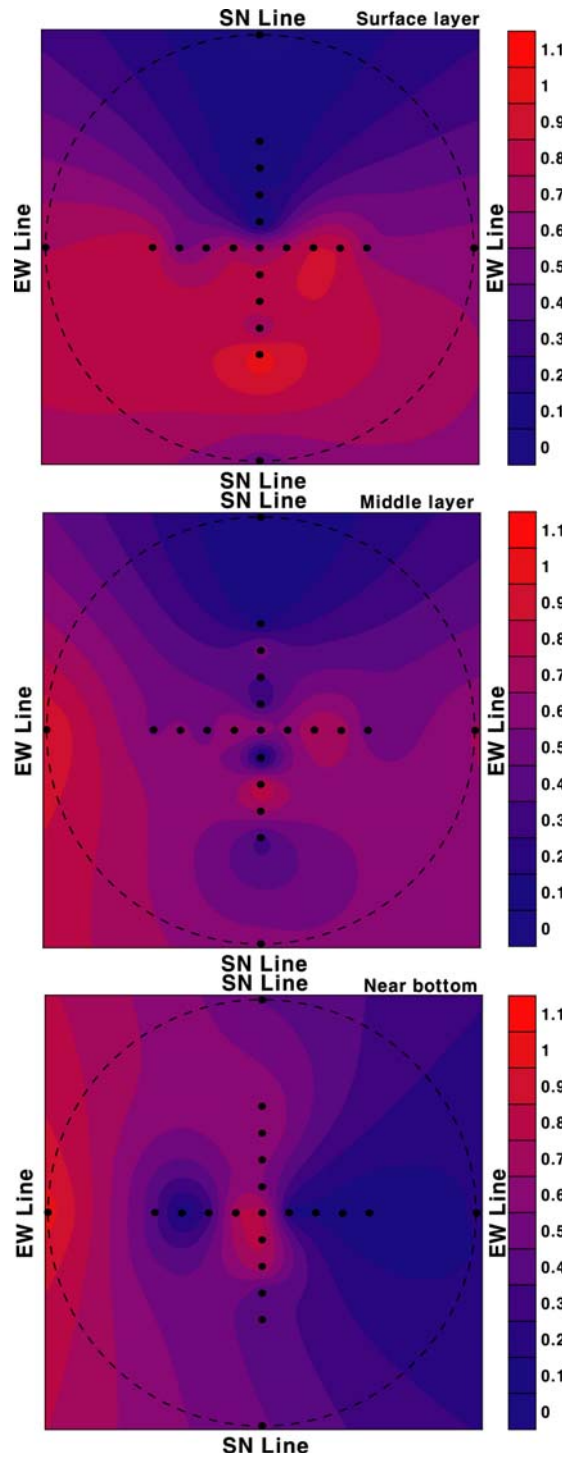


그림 1-2-48. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 아질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-48. Horizontal distribution of nitrite at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.8 질산질소

질산질소는 4월에 평균 1.02  $\mu\text{M}$ 였고, 0.83~1.37 $\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 질산질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 위치한 정점 1에서 높은 농도로 보였으며, 남쪽으로는 0.5km 이내의 정점까지 북쪽으로는 1.0km 이내의 범위까지 높은 농도를 유지하였다(그림 1-2-49). 그 외의 정점들에서는 질산질소의 농도가 낮은 특징을 보였다. 정점별 질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 질산질소가 높은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 위치한 정점 1의 농도가 높은 것과 그 주위 0.5km 이내의 정점에서 높은 농도를 보여 남북성분과 유사하였다. 또한 구조물을 중심으로 가장 서쪽과 동쪽에 위치한 정점들에서 전 수심에 걸쳐 비교적 높은 농도를 보이는 특징을 나타내었다. 질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1의 농도는 낮았지만 주변의 정점에서 높은 농도를 보였으며, 중층이 되면서 인공구조물이 위치한 정점 1에서 높은 농도를 보였다(그림 1-2-50). 동쪽에서 매우 높은 농도를 보이는 특징을 보였는데 가장 서쪽에 위치한 정점과 가장 동쪽에 위치한 정점에서 질산질소의 농도가 높게 나타났다. 저층에서는 인공구조물이 위치한 정점 1과 북쪽에 위치한 정점 2, 서쪽에 위치한 정점 5번에서 높은 농도를 보였지만 거리가 멀어짐에 따라 농도가 감소하다가 1.5km에 위치한 정점에서부터 다시 질산질소의 농도가 증가하는 경향을 보였다.

8월에 질산질소는 평균 3.102 $\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 증가하였고, 0.02~12.20 $\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 전 정점에서 표층~40m의 수심까지는 매우 낮은 농도의 질산질소의 분포를 보였다(그림 1-2-51). 반면 40m 이후의 수심에서는 전 정점에서 매우 높은 농도로 출현하는 경향을 보였는데, 특히 구조물을 중심으로 그 농도가 매우 높았다. 질산질소의 수평분포를 보면 표층과 중층에서는 유사한 경향을 나타내고 있었

는데 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 조금 높은 농도의 질산질소를 나타내었다(그림 1-2-52). 저층에서 질산질소의 농도가 가장 높게 나타났는데, 인공구조물을 중심으로 1.5km 이내의 정점들에서는 높은 농도를 보였던 반면 2.0km에 위치한 정점 15와 정점 17에서는 매우 낮은 농도를 보였다.

10월에 질산질소는 평균  $3.58\mu\text{M}$ 로 4월과 8월에 비해 증가하였고,  $0.00\sim 13.08\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 농도의 큰 차이를 보였다. 정점별 질산질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 표층에서 30m의 수심까지는 매우 낮은 농도를 보였다(그림 1-2-53). 이후의 수심에서는 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 가까운 정점에서부터 질산질소의 농도가 증가하는 경향을 나타내어, 50m의 수심이 지나면서 전 정점에서 고르게 높은 농도를 보였다. 정점별 질산질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분과 유사한 경향을 보였지만 남북성분에 비해 높은 농도를 나타내었다. 질산질소의 수평분포를 보면 표층에서는 전 정점에서 낮은 농도를 보였고, 중층에서는 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 남쪽에 위치한 정점 4번에만 비교적 높은 농도의 질산질소를 보였다(그림 1-2-54). 반면 저층에서는 대부분의 정점에서 높은 농도를 보였는데 이중 중층에서 높은 농도를 보였던 정점 4에서만 낮은 농도를 보여 다른 정점들과 차이를 나타내었다.

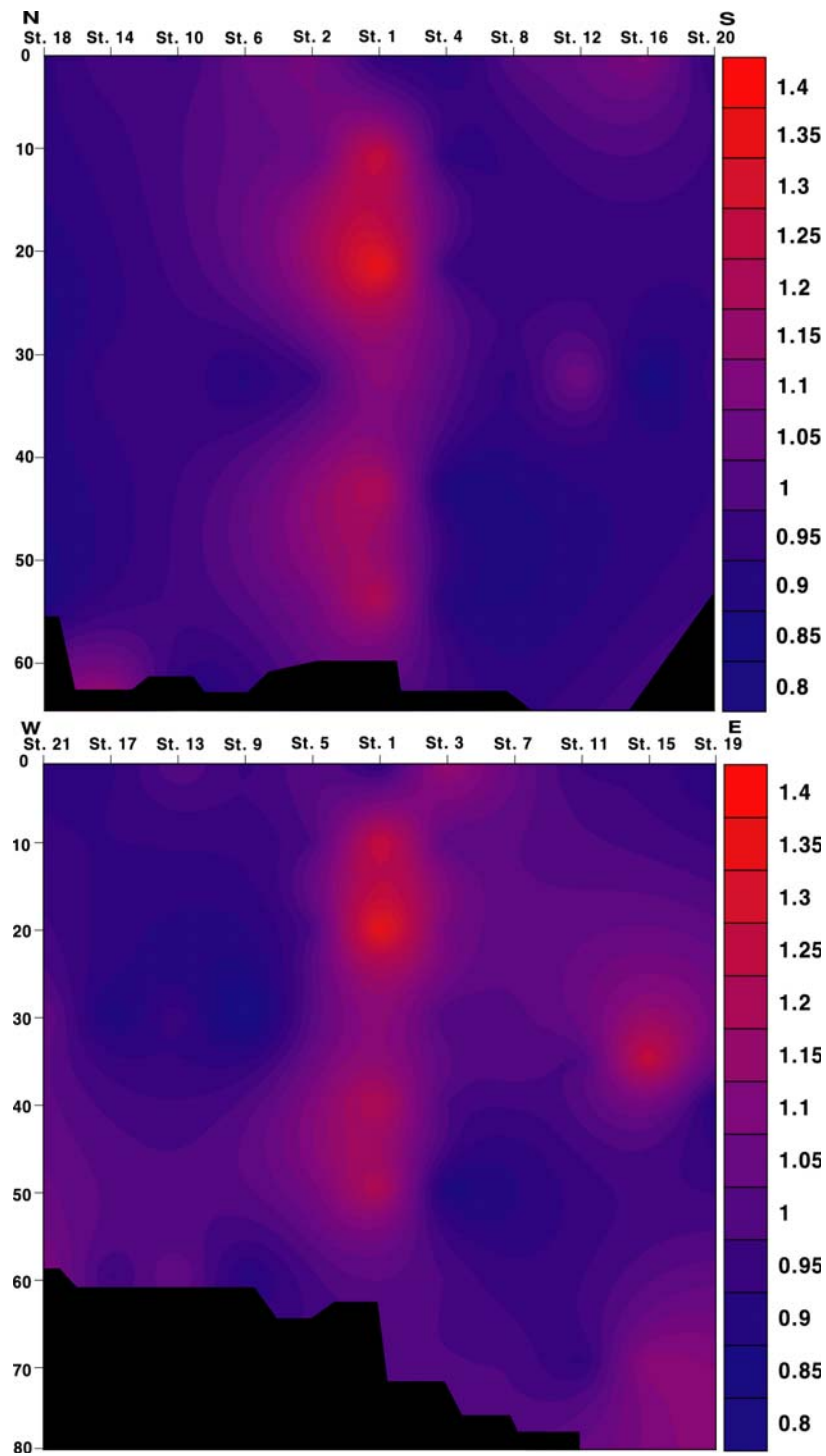


그림 1-2-49. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직 구조.

Fig. 1-2-49. Vertical distribution of nitrate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

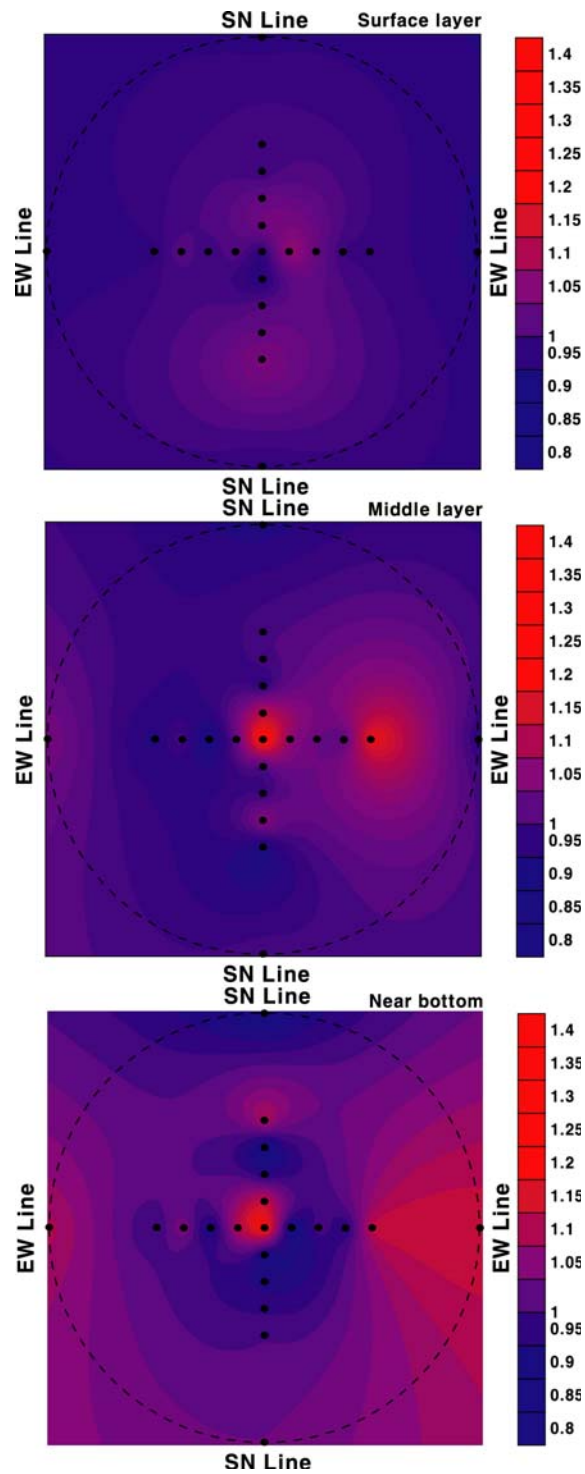


그림 1-2-50. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-50. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

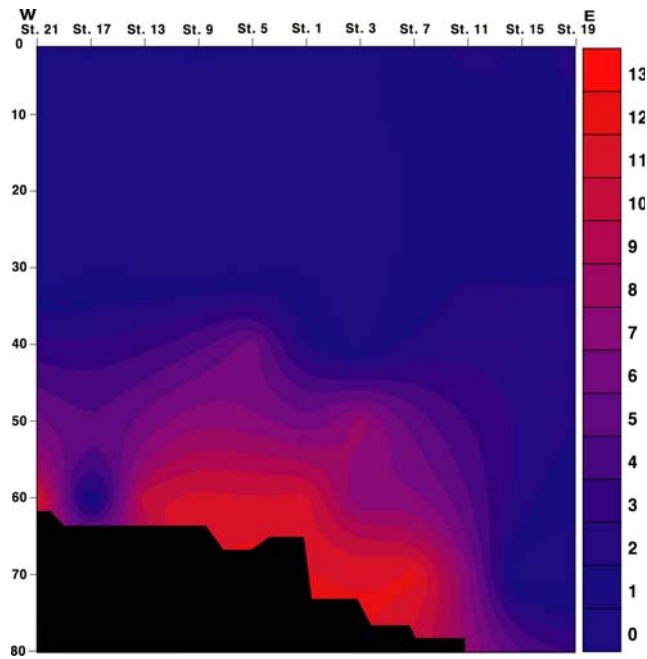


그림 1-2-51. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-51. Vertical distribution of EW line nitrate in August, 2006.

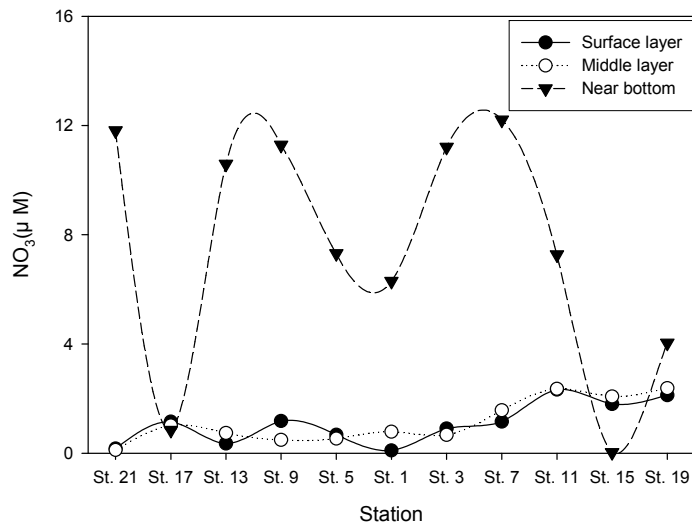


그림 1-2-52. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-52. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

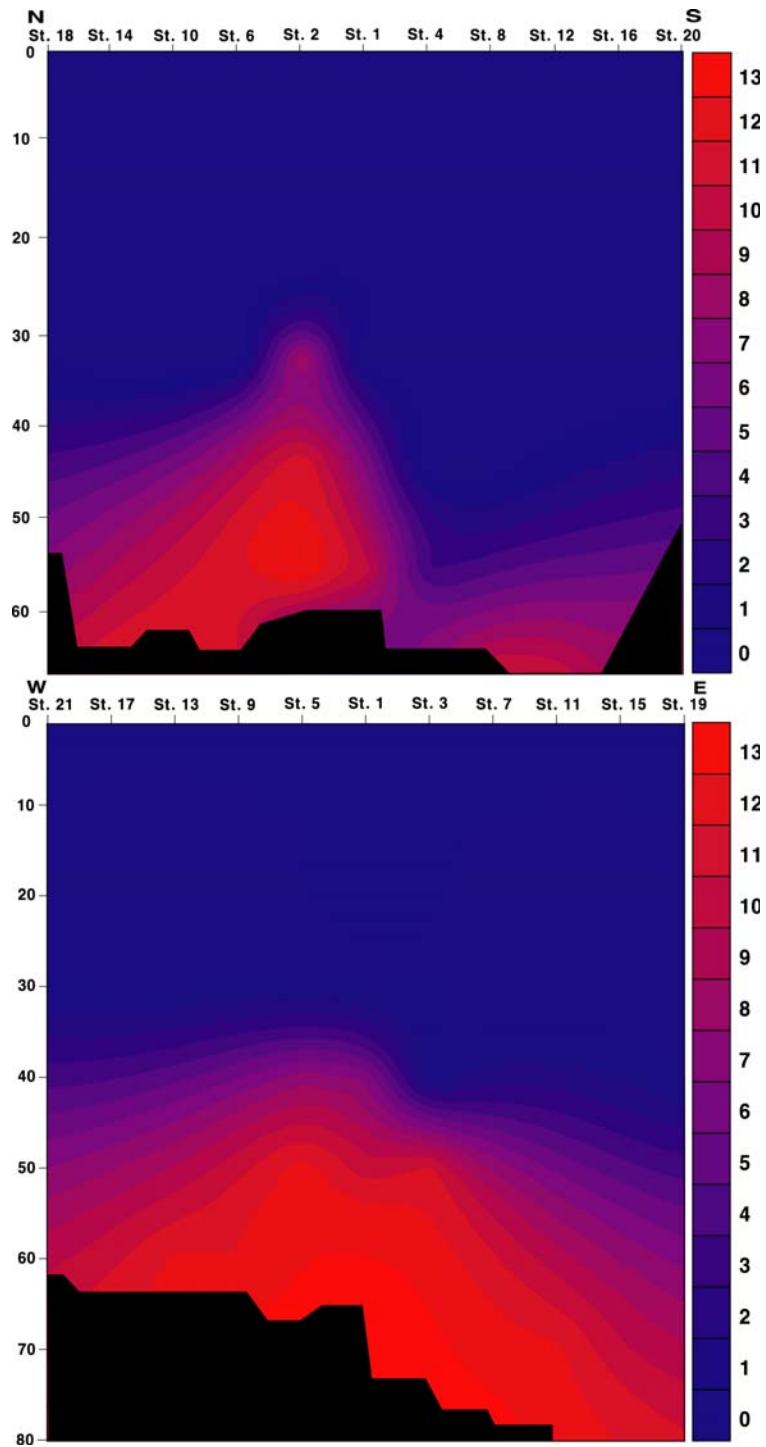


그림 1-2-53. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-53. Vertical distribution of nitrate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

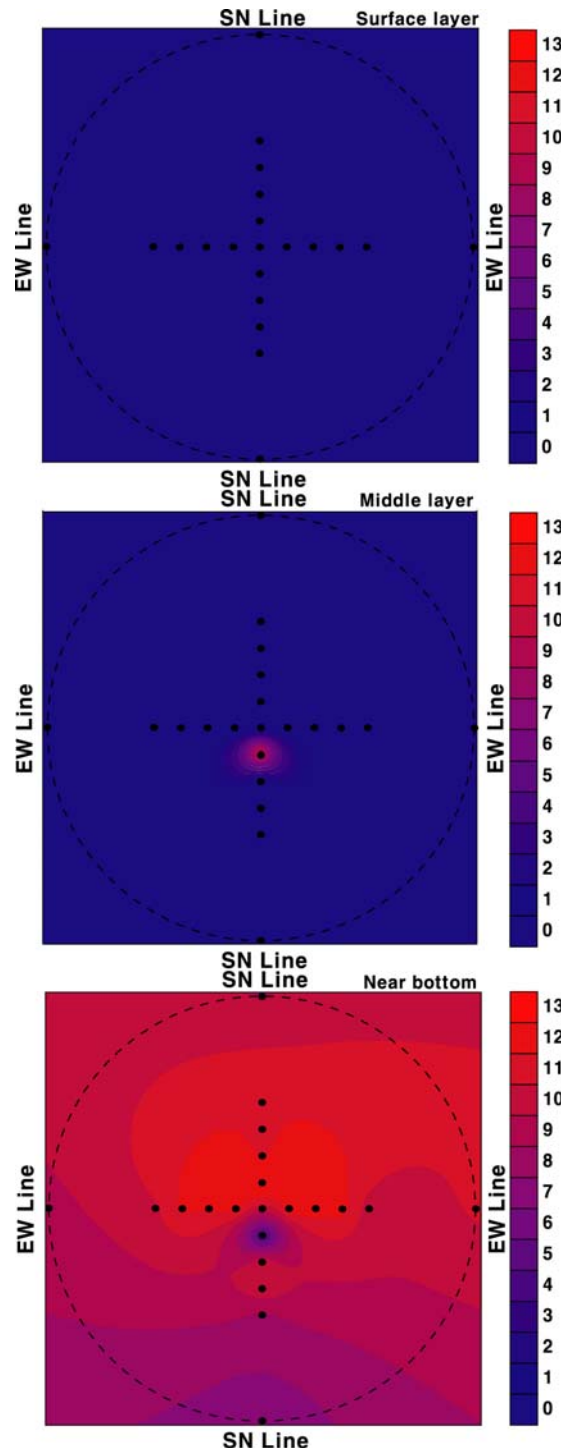


그림 1-2-54. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-54. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.



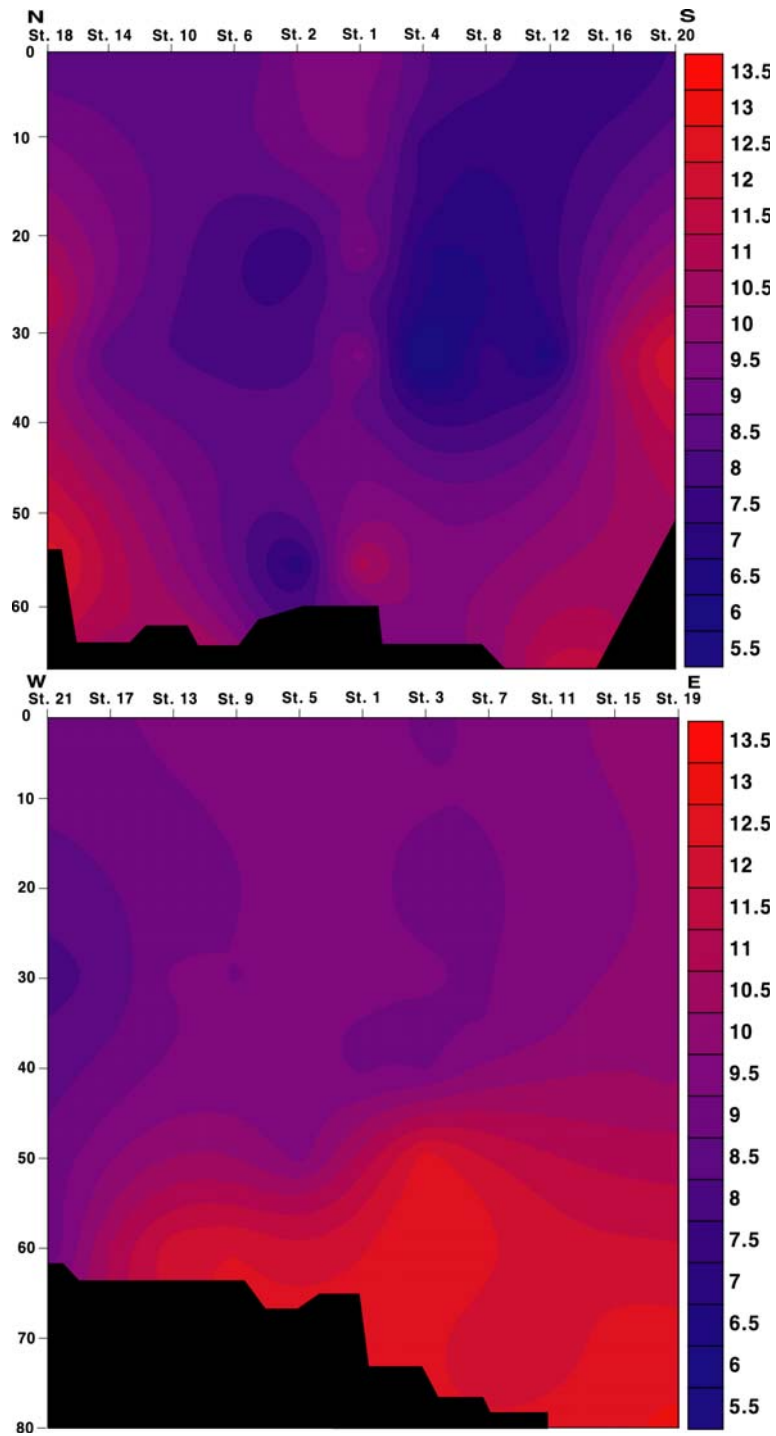


그림 1-2-55. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 질산질소의 연직구조.

Fig. 1-2-55. Vertical distribution of nitrate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

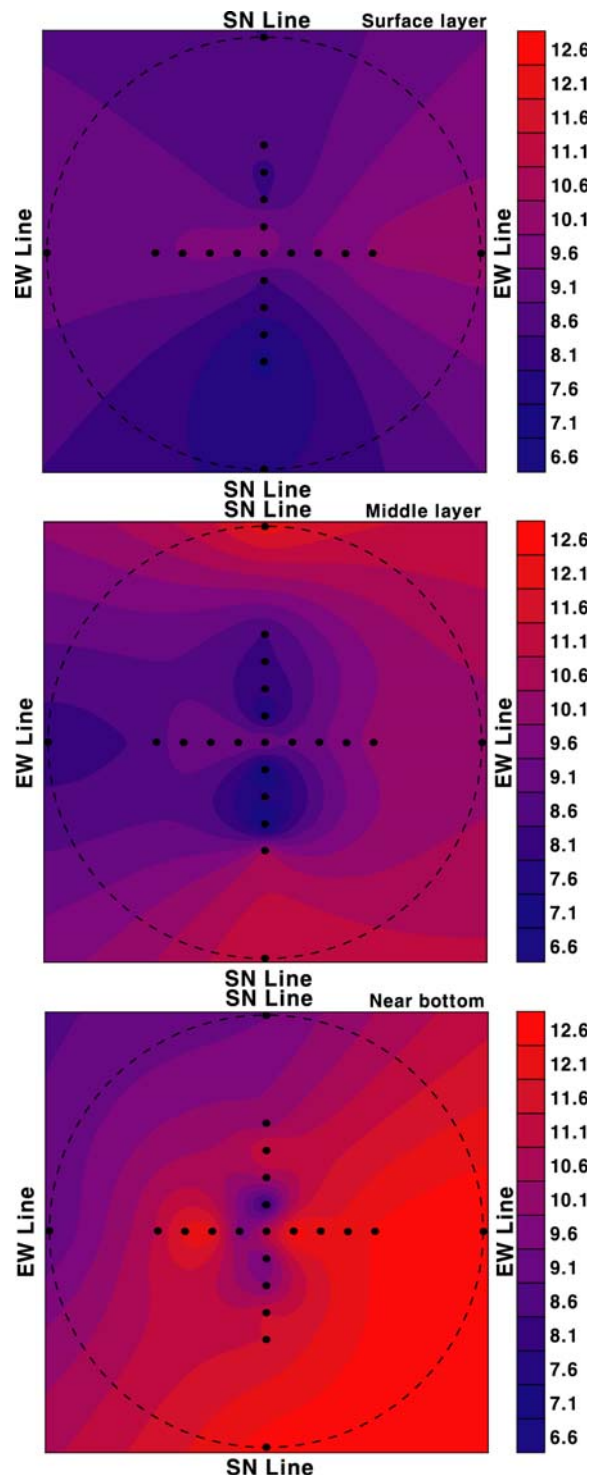


그림 1-2-56. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 질산질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-56. Horizontal distribution of nitrate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.9 용존무기질소

용존무기질소는 4월에 평균  $3.02\mu\text{M}$ 였고,  $2.39\sim 6.32\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들 중  $1.0\sim 1.5\text{km}$ 에 위치한 정점에서 전 수층에서 걸쳐 비교적 높은 농도를 나타내었다(그림 1-2-57). 반면 다른 정점들은 수심에 따라 농도의 변화의 폭이 크게 나타났으며, 인공구조물을 기준으로 남쪽에 위치한 정점에서는 표층에서  $30\text{m}$ 의 수심까지는 낮은 농도를 보이다가 이후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물을 중심으로 동쪽에서 비교적 높은 농도를 보였다. 전체적으로 표층에서  $30\text{m}$ 의 수심까지는 비교적 낮은 농도로 보였던 반면 수심이 깊어지면서 농도가 급격하게 증가하였다. 용존무기질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물을 중심으로 동쪽과 북쪽에서 다른 방향에 비해 조금 높은 농도를 보였지만 전체적으로 매우 낮은 농도였다(그림 1-2-58). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 보였는데, 인공구조물을 기준으로 동쪽과 북쪽에  $0.5\sim 1.0\text{km}$ 에 위치한 정점에서 용존무기질소의 농도가 급격하게 증가하였다. 저층에서도 인공구조물을 중심으로 동쪽과 북쪽에 위치한 정점에서 높은 농도로 보였으며, 가장 서쪽에 위치한 정점 21에서 농도가 증가하는 특징을 보였다.

8월에 용존무기질소는 평균  $4.37\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 농도가 증가하였고,  $0.48\sim 15.39\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 농도의 큰 차이를 나타내었다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 표층에서  $35\text{m}$ 의 수심까지는 매우 낮은 농도로 출현하였던 반면 이후의 수심부터는 농도가 급격히 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-59). 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점에서 더 높은 농도로 출현하는 경향을 보였으며, 인공구조물과 가까운 정점에서 더 농도가 높았다. 용존무

기질소의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 매우 낮은 농도를 보였는데 서쪽에 위치한 정점 17에서 비교적 높은 농도를 보였다(그림 1-2-60). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 나타내었는데, 특별히 높은 농도를 보이는 정점은 없었으며, 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점에서 조금 높게 나타났다. 저층에서 용존무기질소는 가장 높은 농도를 보였는데, 인공구조물을 중심으로 1.5km 이내에 위치한 정점들에서 높은 농도를 보이는 경향을 나타내었다.

10월에 용존무기질소는 평균  $4.61\mu\text{M}$ ,  $0.36\sim 14.55\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 8월과 유사한 경향을 보였다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점은 표층에서 40m까지는 매우 낮은 농도를 보이다가 이 후 수심이 감소함에 따라 농도가 높아지는 경향을 보였는데 인공구조물이 위치한 곳에서 가까울수록 그 농도가 높았다(그림 1-2-61). 인공구조물을 중심으로 남쪽에 위치한 정점에서는 표층에서 50m의 수심까지 낮은 농도를 보였으며 이 후 수심이 감소함에 따라 농도가 증가하는 경향을 보였다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분과 유사한 경향을 보였지만 남북성분에 더 높은 농도를 보였다. 인공구조물을 중심으로 서쪽에서 더 높은 농도를 나타내었는데, 수심 40m까지는 낮은 농도를 보였던 반면 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하였으며 동쪽에 위치한 정점들에서는 45m 이후의 수심에서 농도가 증가했다. 용존무기질소의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 낮은 농도의 분포를 보였으며, 중층에서도 표층과 유사한 경향을 보였지만 정점 4에서 높은 농도를 보이는 차이를 보였다(그림 1-2-62). 저층에서는 매우 높은 농도의 용존무기질소의 분포를 보였는데 전체적으로 높은 농도를 보였지만 중층에서 높은 농도를 보였던 정점 4에서 오히려 농도가 감소하였다.

11월에 용존무기질소는 평균  $11.02\mu\text{M}$ 로 조사기간 중 가장 높은 농도를 보였으며,  $7.67\sim 17.39\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 전체적으로 높은 농도를 보이

는 특징을 나타내었다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 0.5km 이내의 정점에서 높게 나타나는 경향을 나타내었으며 인공구조물과 거리가 멀어짐에 따라 농도가 감소하다가 2.0km 지점부터 농도가 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-63). 인공구조물을 중심으로 남쪽에 위치한 정점에서 비교적 높은 농도를 보였으며, 30m 이후의 수심에서 농도가 일정하게 높아지는 경향을 보였다. 정점별 용존무기질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 전체적으로 높은 농도를 보였는데, 표층에서 40m의 수심까지는 동쪽에 위치한 정점에서 높은 농도를 보였던 반면 수심이 깊어짐에 따라 서쪽에 위치한 정점에서 높아지는 경향을 보였다. 용존무기질소의 수평분포를 보면 표층에서는 동서성분에서 더 높은 농도로 출현하는 경향을 보였는데 인공구조물을 중심으로 남쪽과 북쪽에 위치한 정점 중 구조물에서 1.0~1.5km 사이에 위치한 정점에서 농도가 낮게 나타났다(그림 1-2-64). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 나타내었지만 전체적으로 농도가 증가하였으며, 저층에서는 용존무기질소의 농도가 가장 높게 나타났고 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점들에서 농도가 급격하게 증가한 경향을 보였다.

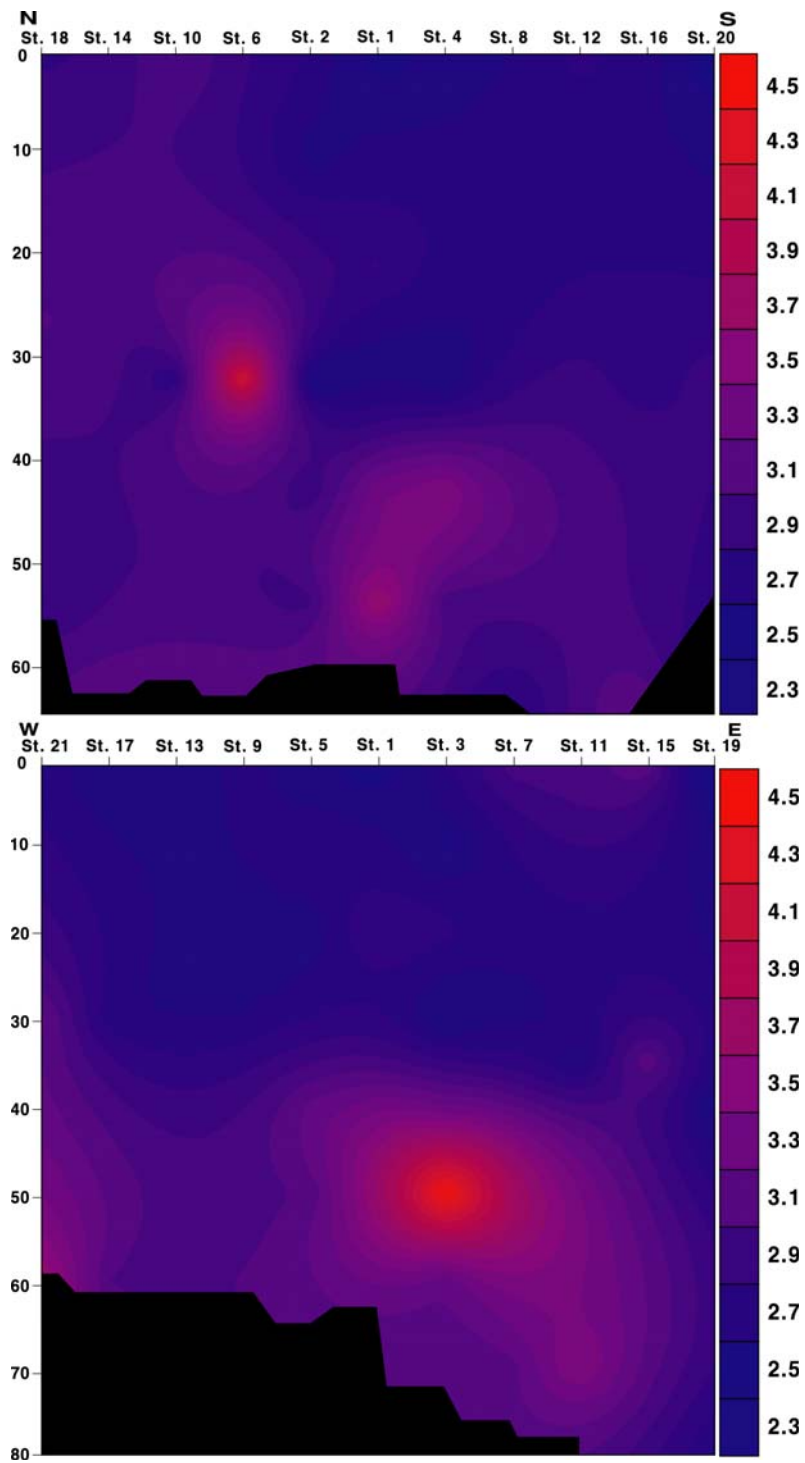


그림 1-2-57. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조.

Fig. 1-2-57. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

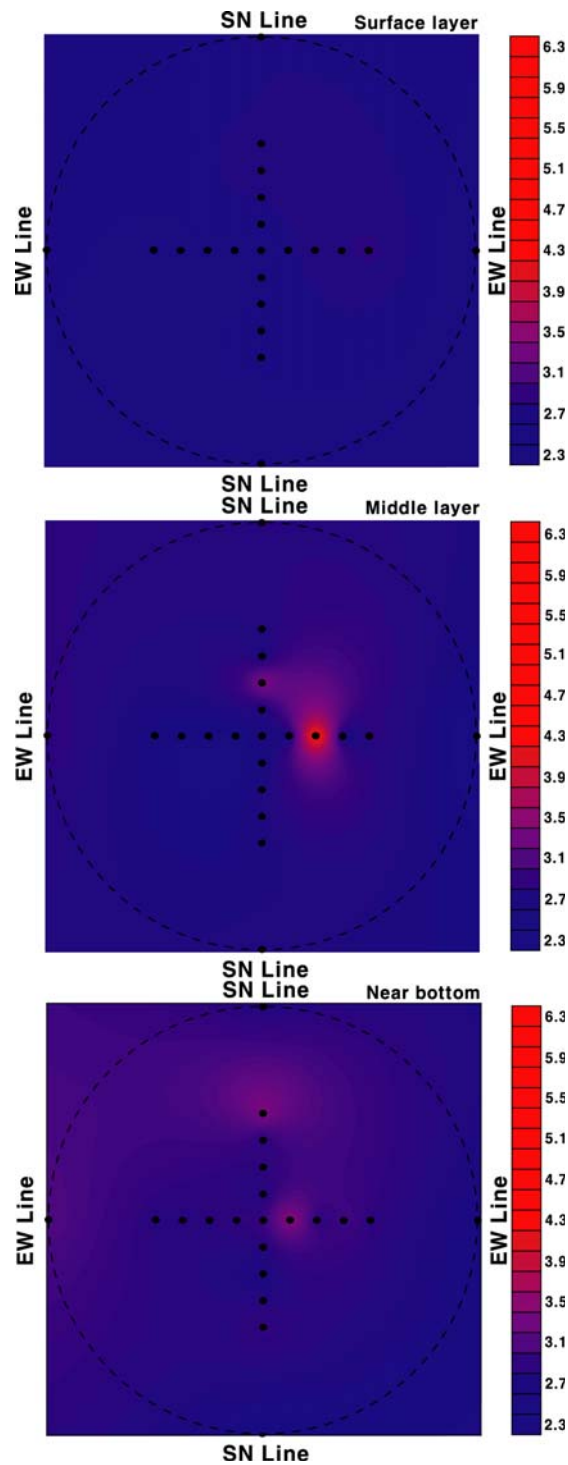


그림 1-2-58. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 용존무기질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-58. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

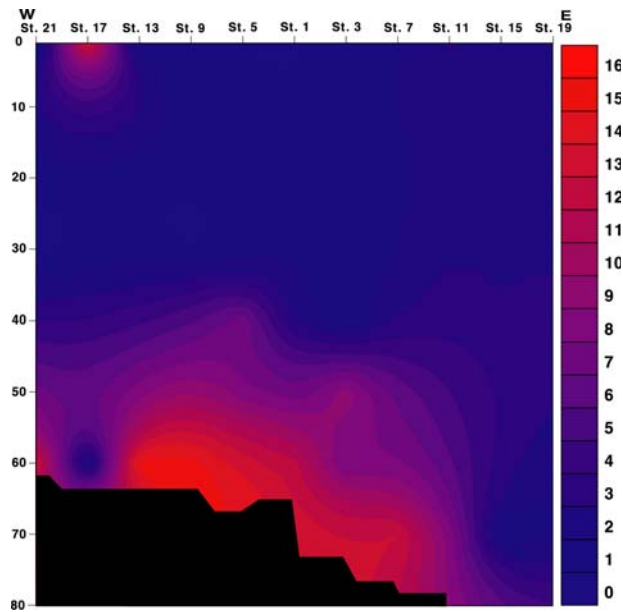


그림 1-2-59. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조.  
 Fig. 1-2-59. Vertical distribution of EW line dissolved inorganic nitrogen in August, 2006.

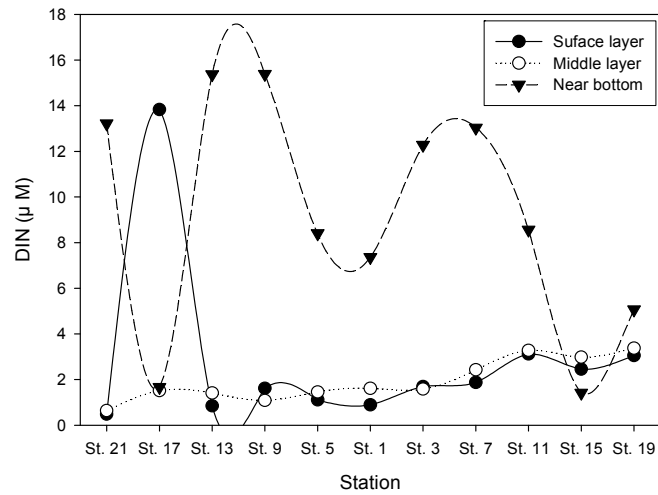


그림 1-2-60. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포.  
 Fig. 1-2-60. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.



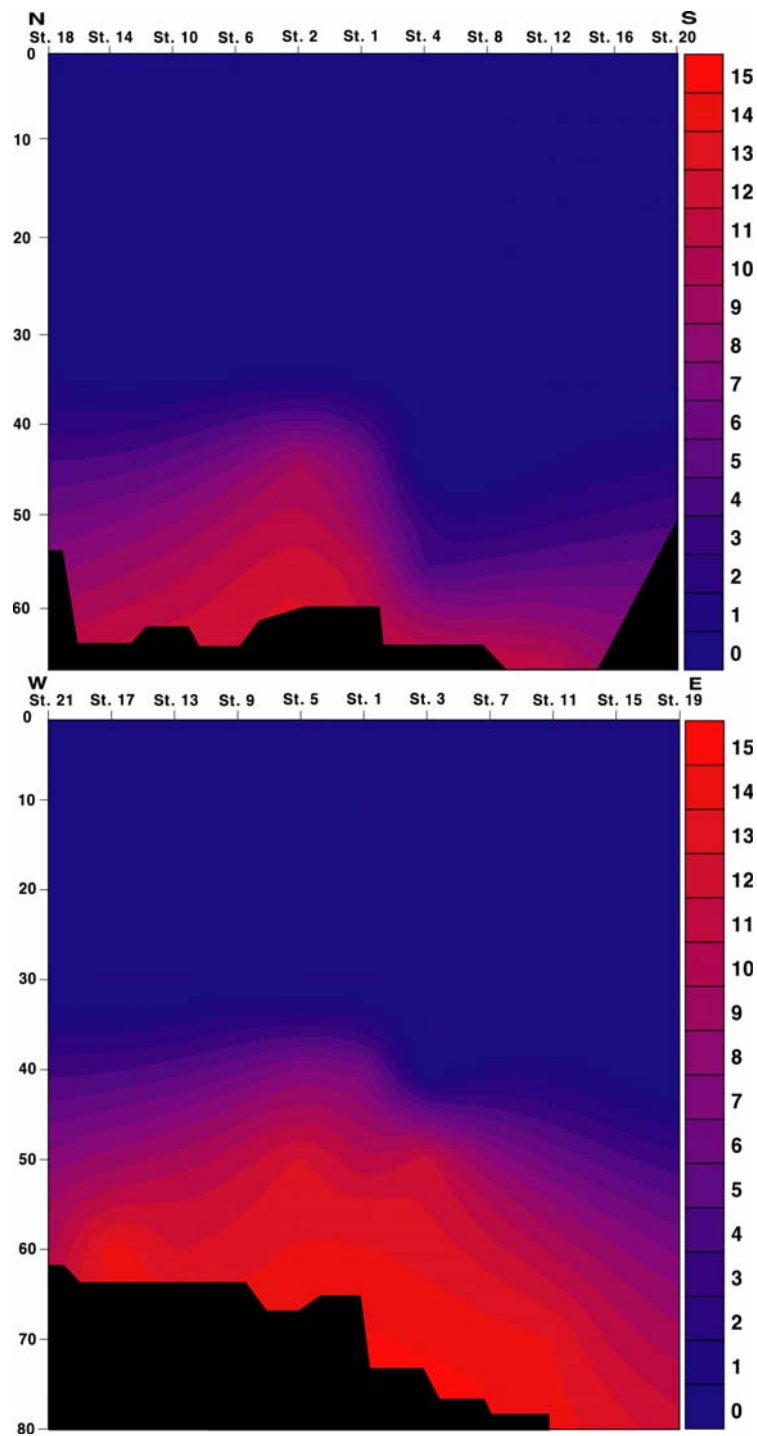


그림 1-2-61. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조.

Fig. 1-2-61. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

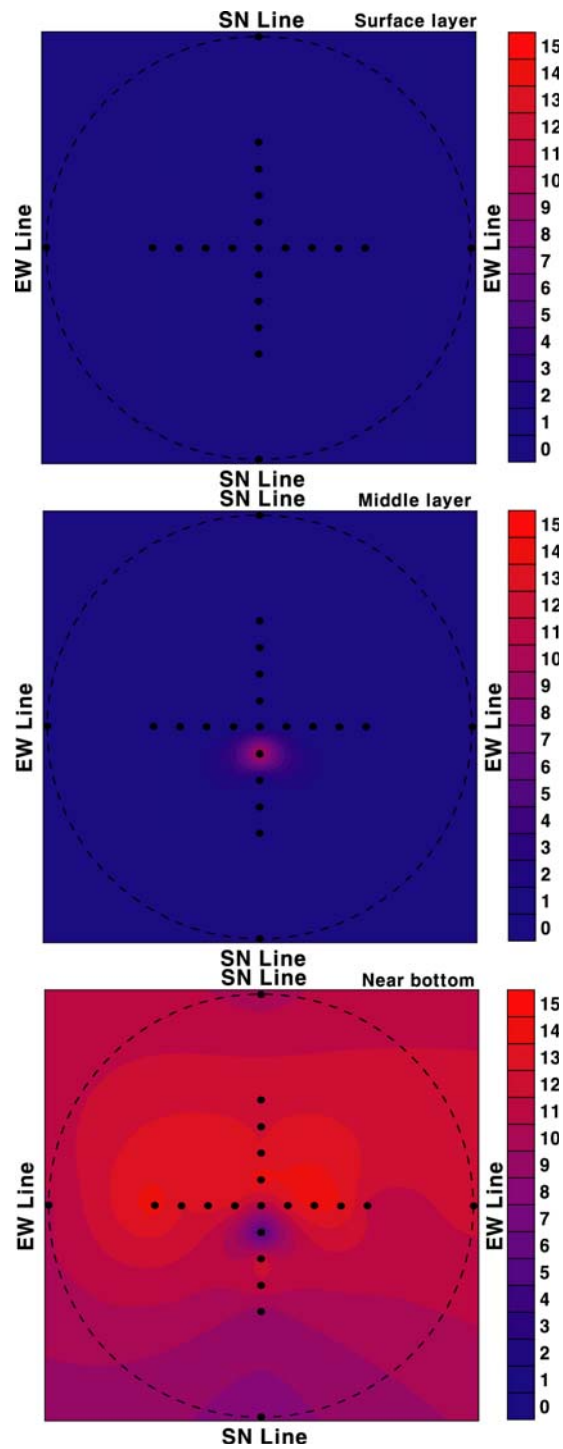


그림 1-2-62. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-62. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

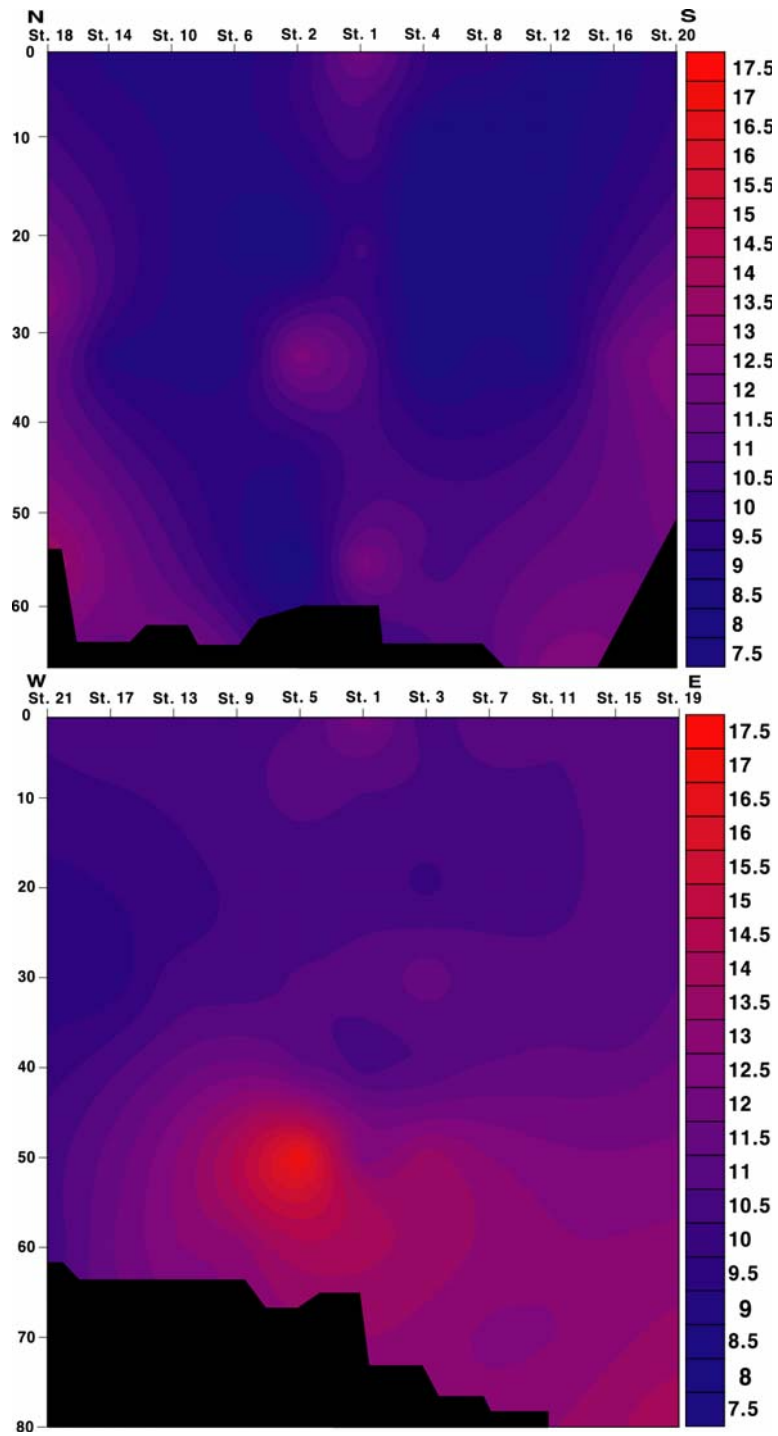


그림 1-2-63. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기질소의 연직구조.

Fig. 1-2-63. Vertical distribution of dissolved inorganic nitrogen in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

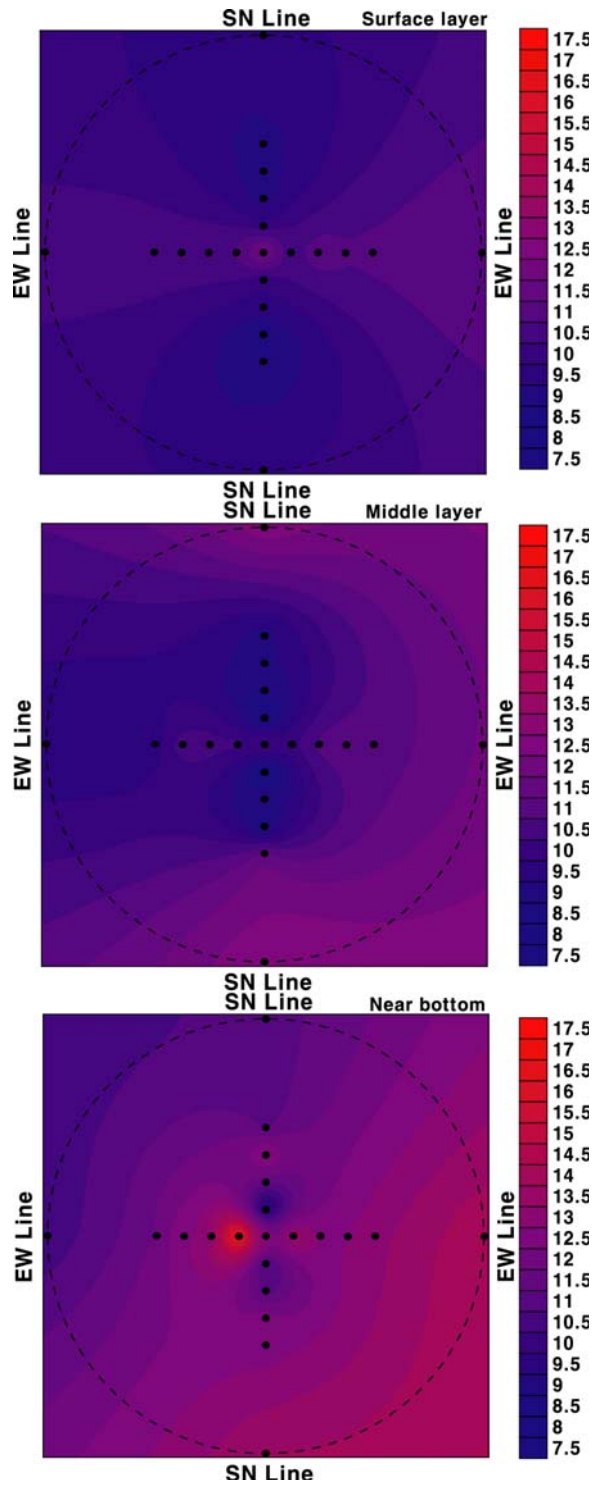


그림 1-2-64. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-64. Horizontal distribution of dissolved inorganic nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.10 총질소

총질소는 4월에 평균  $3.03\mu\text{M}$ 였고,  $2.47\sim 4.96\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 총질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 중심으로 남쪽에 위치한 정점에서 전 수심에 걸쳐 높게 나타나는 경향을 보였다(그림 1-2-65). 북쪽에 위치한 정점들 중 정점 2와 6번은 표층에서 30m의 수심까지 비교적 높은 농도를 보였지만 그 외의 정점들에서는 매우 낮은 농도를 보였고, 남쪽에 위치한 정점 4번과 8번, 12번은 30m의 수심에서 매우 높은 농도를 보이는 특징을 보였다. 정점별 총질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 낮은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 설치된 정점 1과 0.5km 이내의 정점들에서 높은 농도를 보이고 그 외의 다른 정점들에서는 전체적으로 낮은 농도를 보이는 특징을 나타내었다. 총질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점과 그 주변 0.5km 이내의 정점들과 남쪽에 위치한 정점 12번에서만 조금 높은 농도를 보였을 뿐 다른 정점들에서는 매우 낮은 농도의 총질소를 나타내었다(그림 1-2-66). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 남쪽에 위치한 정점들에서 높은 농도를 보였으며 특히 인공구조물에서 1.0km에 위치한 정점들에서 높은 농도를 나타내었다. 저층에서도 중층과 비슷한 경향을 나타내었지만 중층에 비해 낮은 농도의 분포를 보였다.

8월에 총질소는 평균  $4.83\ \mu\text{M}$ 로 4월에 농도가 증가하였으며,  $3.69\sim 7.62\ \mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 전체적으로 비교적 고른 분포를 보였다. 정점별 총질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점 중 17번만 높은 농도를 보였을 뿐 그 외의 정점들은 표층에서 40m의 수심까지 매우 낮은 농도를 나타내었으며 이 후 수심이 깊어짐에 따라 급격하게 농도가 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-67). 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들도 30m의 수심까지 비교적 낮은 농도로 출현하는 경향을 보였지만 서쪽에 위치한 정점

들에 비해 높은 농도를 보였다. 이 후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 보였는데 인공구조물을 중심으로 2.0km 이상의 정점들에서는 농도의 변화가 거의 없었다. 총질소의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 낮은 농도를 보였지만 서쪽에 위치한 정점 17에서 높은 농도를 보였다. 중층 또한 전체적으로 낮은 농도를 보였지만 표층에 비해 다소 높았으며 동쪽의 끝부분에 위치한 정점들에서 농도가 조금 증가하였다. 저층에서 총질소의 농도가 급격하게 증가하였는데, 특히 인공구조물과 1.5km 이내에 위치한 정점들에서 높게 나타났다.

10월에 총질소는 평균  $4.18\mu\text{M}$ 로 4월보다 높았지만 8월에 비해 다소 감소하였고,  $2.33\sim 7.11\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 총질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 중심으로 남쪽에 위치한 정점에서 높은 농도를 보였다(그림 1-2-69). 북쪽에 위치한 정점들은 대부분 30m의 수심까지는 비교적 낮은 농도를 보였으며 이후 수심이 깊어지면서 농도가 급격하게 증가하였다. 남쪽에 위치한 정점들 중 4번과 6번은 20~30m의 수심에서 높은 농도를 보였고 그 외의 정점들은 표층에서 40m의 수심까지 낮은 농도를 보이다가 이 후 수심이 깊어질수록 총질소의 농도가 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 정점별 총질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높은 농도로 분포하는 경향을 보였다. 인공구조물을 중심으로 가장 동쪽에 위치한 정점 15번과 19번은 전 수심에 걸쳐 높은 농도를 나타내었고, 그 외의 정점들은 표층에서 40m의 수심까지는 비교적 낮은 농도를 보였지만 이 후 수심이 깊어짐에 따라 급격하게 농도가 증가하였다. 총질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물을 중심으로 동쪽과 서쪽에 위치한 정점들은 1.0~1.5km에 위치한 정점에서 낮은 농도를 보였고 그 외의 정점들은 평균 정도의 농도를 나타내었다(그림 1-2-70). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 북쪽과 서쪽에 위치한 정점 중 0.5~1.5km에 위치한 정점들에서 낮은 농도를 보였으며, 동쪽의 끝부분에 위치한 정점들에서 농도가 증가하는 특징을 보였다. 저층에서는 동서

성분에서 농도가 더 높게 나타나는 특징을 보였으며, 인공구조물을 중심으로 남쪽에 위치한 정점 4번에서 총질소의 농도가 낮게 나타났다.

11월에 총질소는 평균 5.91 $\mu$ M로 조사기간 중에서 가장 높은 농도를 보였으며, 4.64~10.02 $\mu$ M의 범위를 보여 정점과 수심에 따라 농도의 변화가 크게 나타났다. 정점별 총질소의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1에서 높은 농도를 보였다(그림 1-2-71). 인공구조물을 중심으로 북쪽에 위치한 정점들 중 가장 북쪽에 위치한 정점 18번은 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 농도를 보였으며, 남쪽에 위치한 정점들 중 4번과 20번에서 전 수층에 걸쳐 높은 농도를 보였다. 정점별 총질소의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 정점 7번은 전 수층에 걸쳐 균일한 농도로 비교적 높게 나타났고, 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점들은 50m의 수심에서 높은 농도를 보이는 특징을 나타내었다. 총질소의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 위치한 정점 1번과 남쪽으로 0.5km 거리에 있는 정점 4번에서 높은 농도를 보였고, 동쪽으로 1.0km의 거리에 있는 정점 7번에서 높게 나타났다(그림 1-2-72). 중층에서는 북쪽을 제외하고 인공구조물을 중심으로 1.5km에 위치한 정점들에서 높은 농도를 보였고, 특히 남쪽에 위치한 정점들의 경우 거리가 멀어짐에 따라 농도가 증가하였다. 저층에서는 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점 5번에서 높은 농도를 보였다.

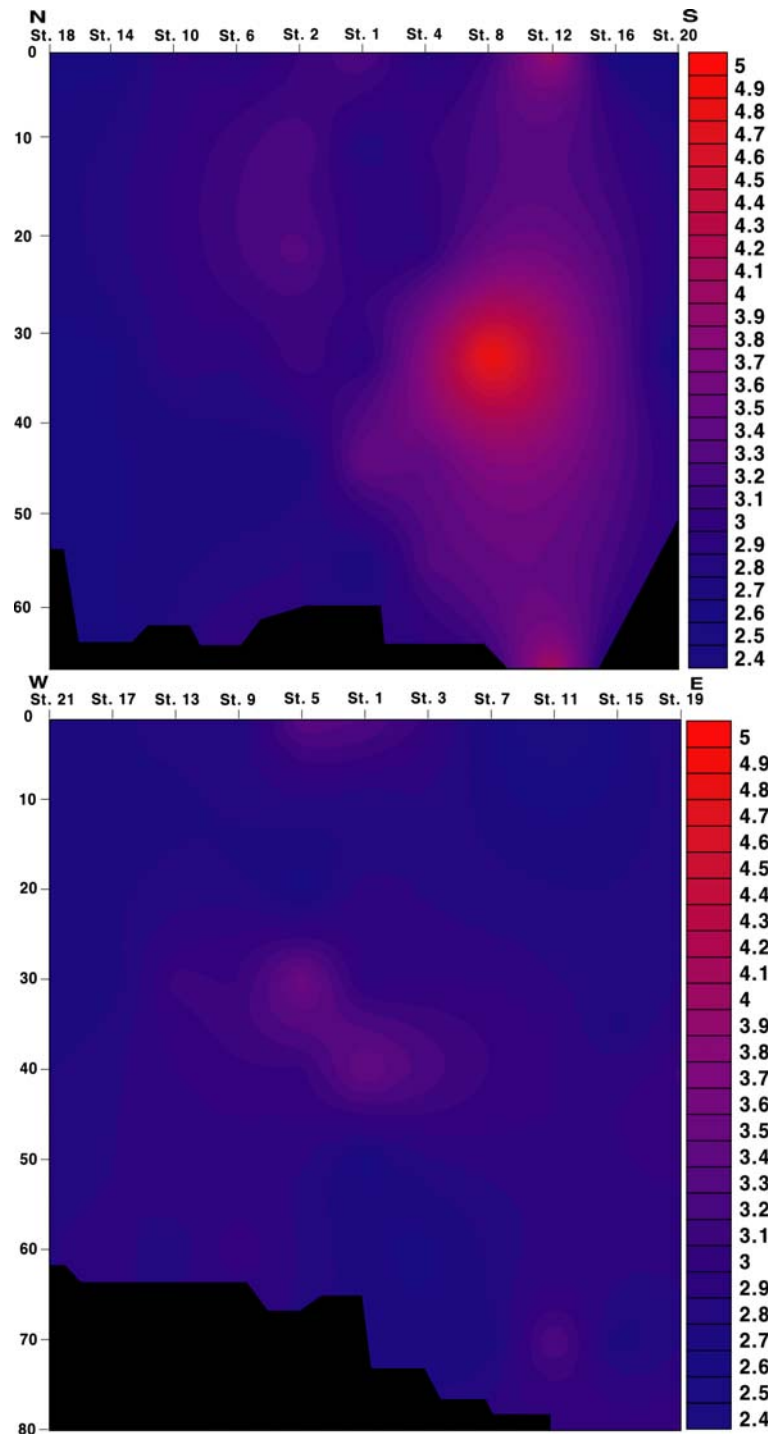


그림 1-2-65. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총질소의 연직구조.

Fig. 1-2-65. Vertical distribution of total nitrogen in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).



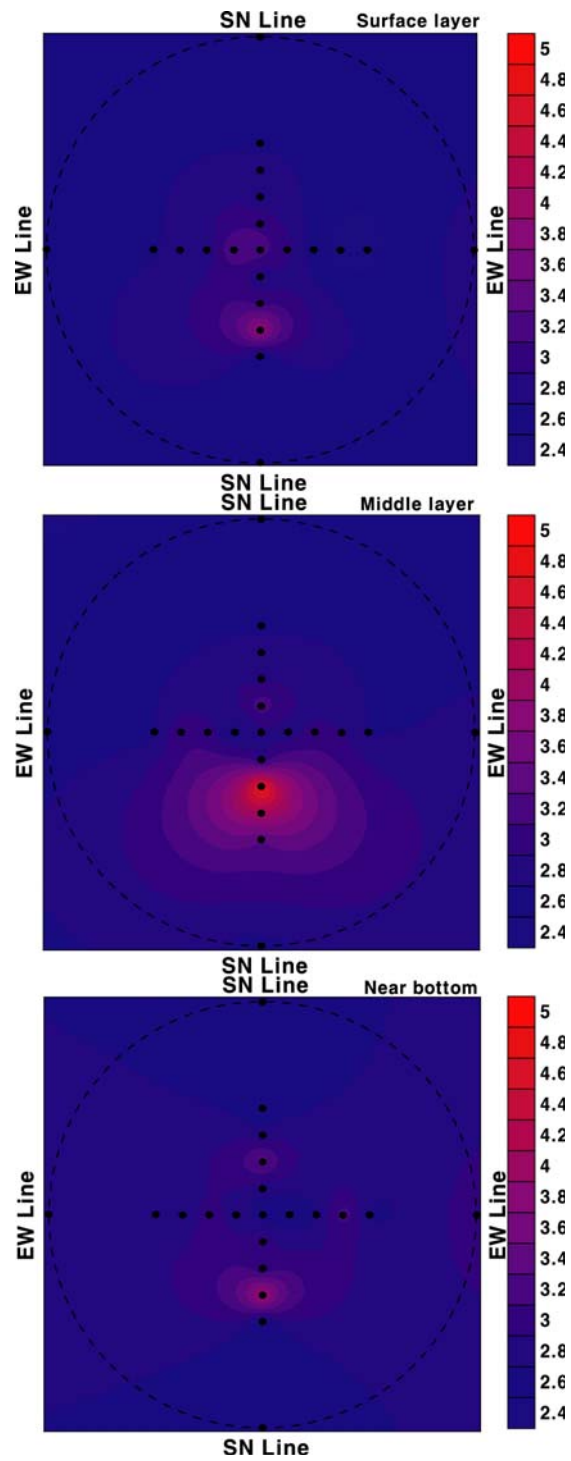


그림 1-2-66. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 총질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-66. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

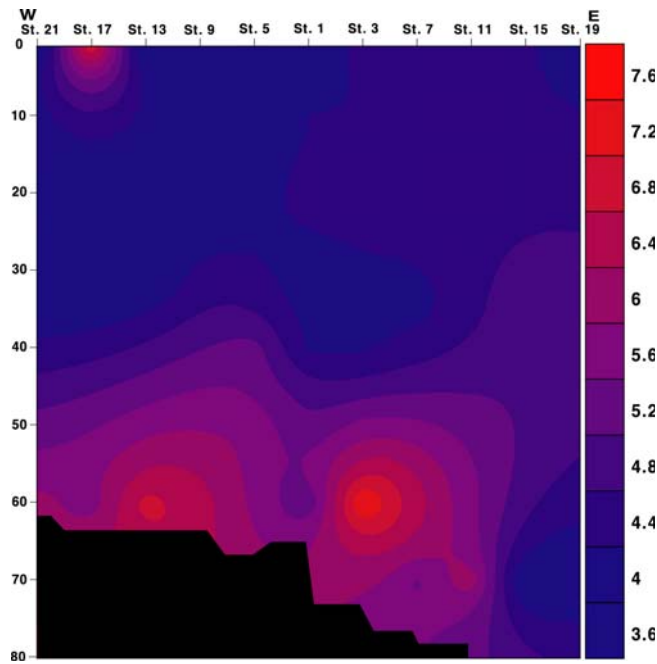


그림 1-2-67. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 총질소의 연직구조.  
 Fig. 1-2-67. Vertical distribution of EW layer total nitrogen in August, 2006.

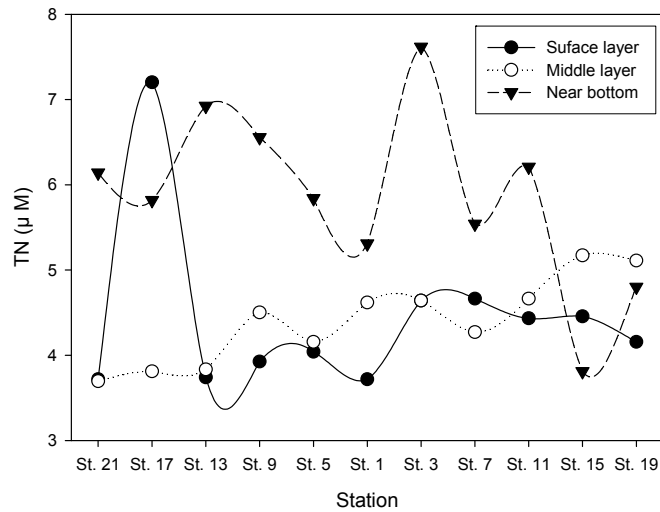


그림 1-2-68. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총질소의 수평 분포.  
 Fig. 1-2-68. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

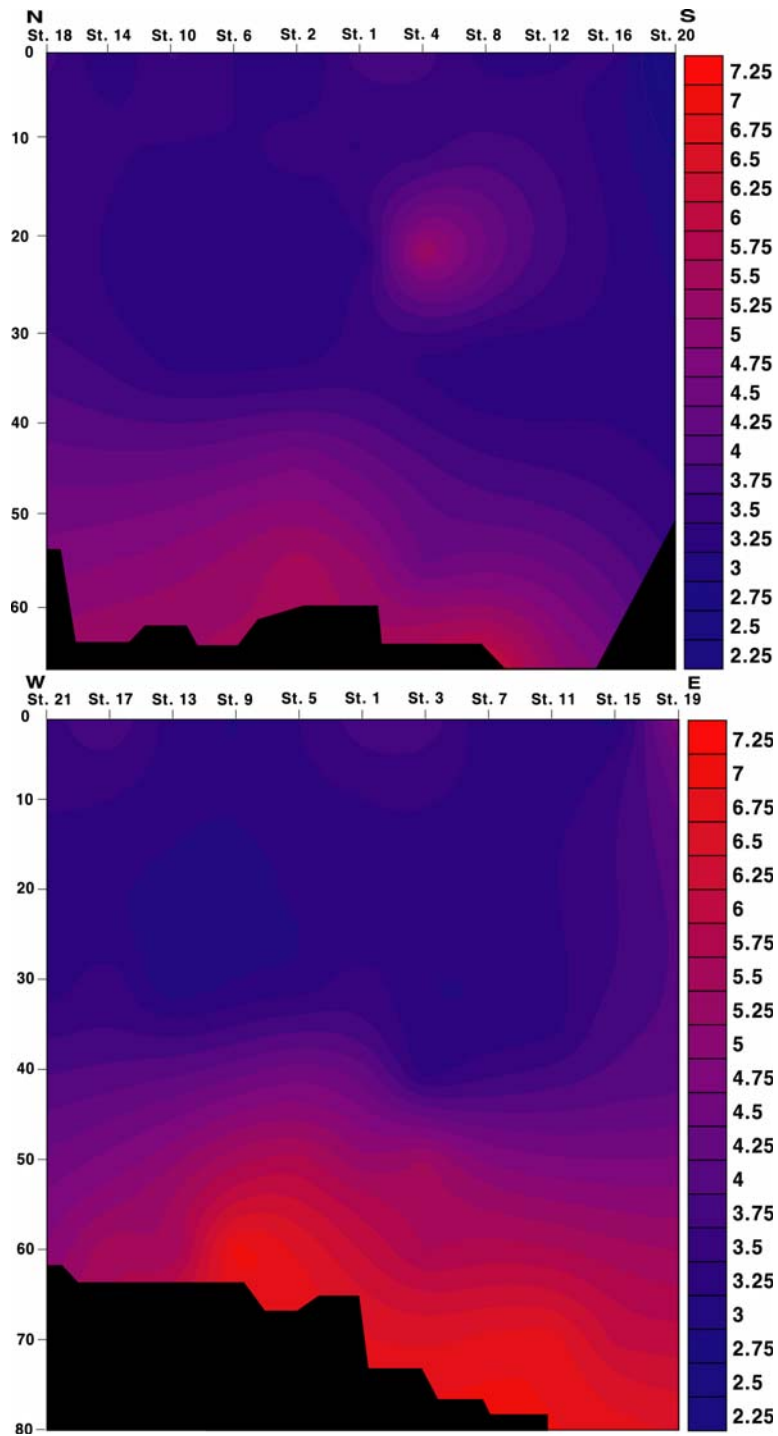


그림 1-2-69. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총질소의 연직 구조.

Fig. 1-2-69. Vertical distribution of total nitrogen in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

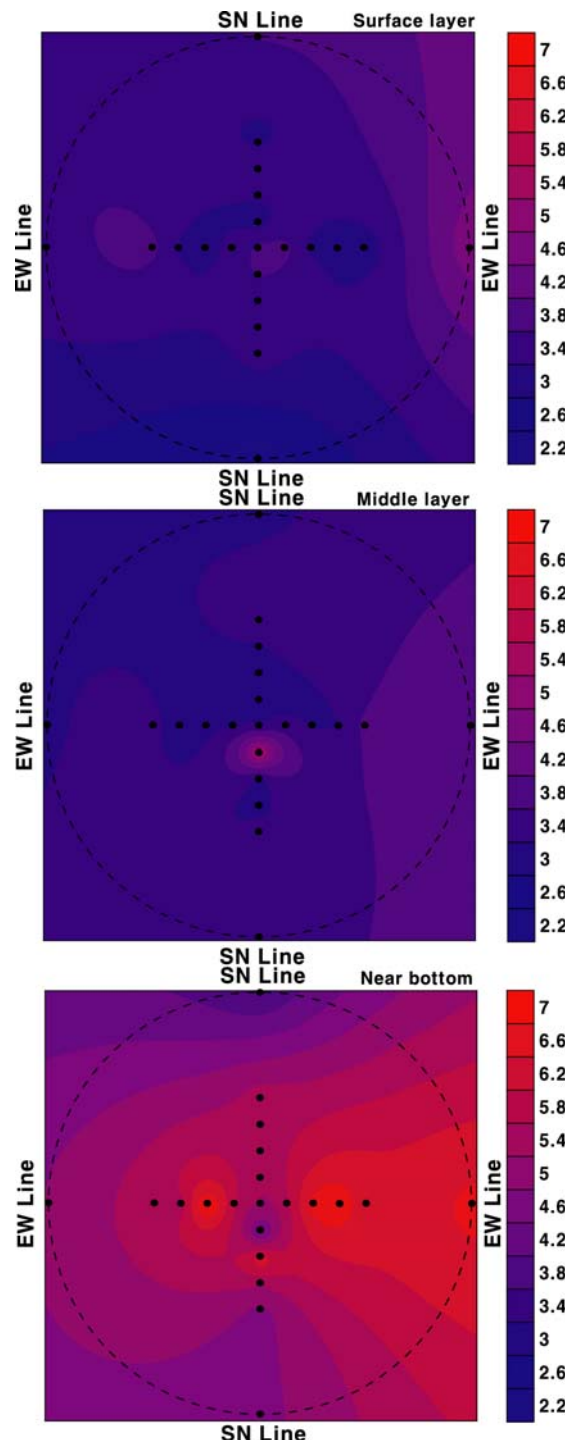


그림 1-2-70. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-70. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

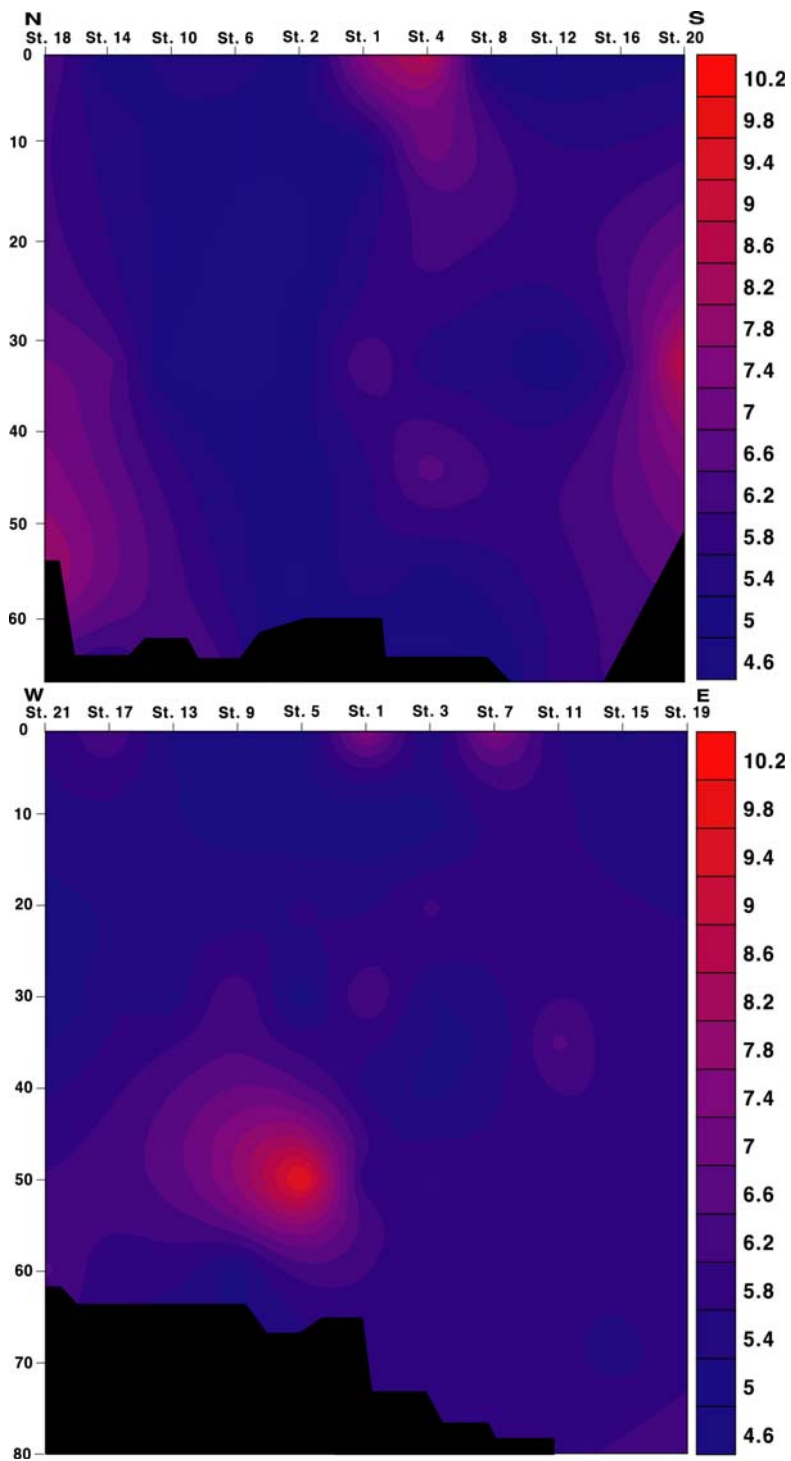


그림 1-2-71. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총질소의 연직 구조.

Fig. 1-2-71. Vertical distribution of total nitrogen in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

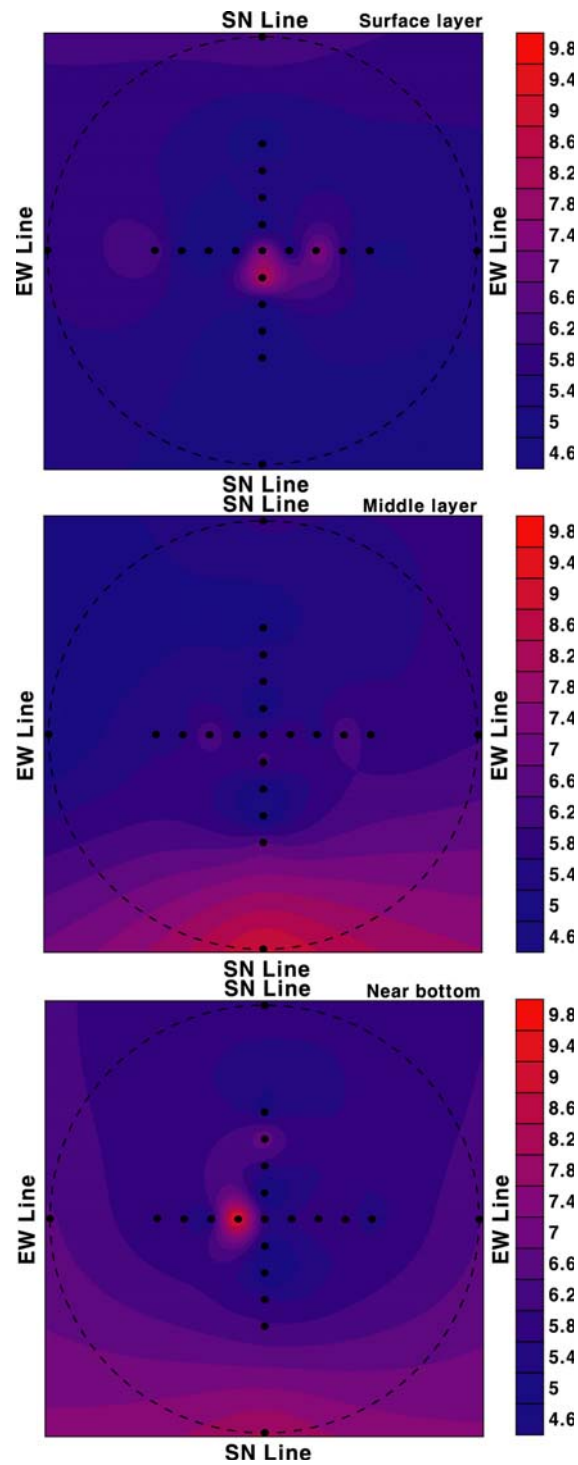


그림 1-2-72. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총질소의 수평 분포.

Fig. 1-2-72. Horizontal distribution of total nitrogen at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.2.2.11 용존무기인

용존무기인은 4월에 평균  $0.79\mu\text{M}$ 였고,  $0.63\sim 1.19\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 용존무기인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 전체적으로 중층에서부터 증가하는 경향을 보였으며, 인공구조물이 설치된 정점 1을 중심으로 남쪽에 위치한 정점 중에서 4번과 8번, 북쪽에 위치한 정점 주에서 6번과 18번은 전 수층에서 일정하게 높은 농도를 보였다(그림 1-2-73). 정점별 용존무기인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 낮은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들은 표층에서 정점 3번만 높은 농도를 나타내었을 뿐 표층에서 45m의 수심까지 매우 낮은 농도를 보였다. 서쪽에 위치한 정점들 중에서 5번과 17번, 21번은 전체의 수층에서 비교적 높은 농도로 출현하는 경향을 보였다. 용존무기인의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1번을 기준으로 남쪽에서 매우 낮은 농도를 보였으며 서쪽에 위치한 정점들에서 높은 농도를 나타내었다(그림 1-2-74). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서 농도가 감소한 반면 남쪽에 위치한 정점들에서 증가하는 경향을 보였다. 저층에서는 가장 높은 농도를 보이고 있었는데, 인공구조물을 중심으로 북쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타났다.

8월에 용존무기인은 평균  $0.35\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 농도가 크게 감소하였지만, 용존무기인의 분포는  $0.10\sim 1.27\mu\text{M}$ 를 보여 정점과 수심에 따라 더 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존무기인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 전 정점에서 표층에서 49m의 수심까지는 비교적 낮은 농도를 보이는 특징이 있었다(그림 1-2-75). 반면 40m부터 수심이 깊어질수록 용존무기인의 농도가 증가하였는데, 특히 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높았다. 용존무기인의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 낮은 농도를 보였으며 가장 서쪽 끝에 위치한 정점들에서 농도가 낮게

나타나는 경향을 보였다(그림 1-2-76). 중층도 역시 전체적으로 낮은 농도의 용존무기인을 나타내었는데, 표층과 비교하여 조금 낮은 농도를 나타내었다. 저층에서는 정점에 따라 농도의 큰 차이를 보이고 있었는데, 인공구조물이 설치된 1번 정점과 서쪽으로 1km 이내에 있는 정점들에서 낮은 농도를 보였고, 동쪽으로는 정점 11과 19번에서 낮은 농도를 보였으며 그 외의 정점들에서는 매우 높은 농도를 보였다.

10월에 용존무기인은 평균  $0.39\mu\text{M}$ 로 8월과 유사한 농도를 보였지만, 용존무기인의 분포는  $0.06\sim 1.36\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 더 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존무기인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1을 중심으로 남쪽에 위치한 정점들은 표층에서 45m의 수심까지는 매우 낮은 농도를 보이다가 이 후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-77). 인공구조물을 중심으로 북쪽에 위치한 정점들은 40m 이 후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 보였는데 이 중 14번과 18번은 30m부터 농도가 높게 나타나 다른 정점들과 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존무기인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 표층에서부터 45m의 수심까지는 매우 낮은 농도를 보이다가 이 후 수심이 깊어짐에 따라 급격하게 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 동쪽에 위치한 정점에서 더 높은 농도를 보이는 경향이 있었으며, 서쪽의 가장 끝에 위치한 정점 21번에서는 다른 정점들에 비해 낮은 농도를 보였다. 용존무기인의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 매우 낮은 농도를 나타내고 있었는데, 이 중 서쪽과 북쪽에 위치한 정점 18번과 21번은 다른 정점에 비해 조금 높은 농도를 보였다(그림 1-2-78). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 북쪽에 위치한 정점 14번에서 높은 농도를 나타내었을 뿐 이외의 정점들에서는 표층과 마찬가지로 매우 낮은 농도의 용존무기인의 분포를 보였다. 저층에서는 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서 가장 높은 농도



를 보였고 남쪽에 위치한 정점들에서 가장 낮은 농도를 보였다. 특히 가장 남쪽에 위치한 정점 20번과 가장 서쪽에 위치한 정점 21번에 낮은 농도를 보이고 있었다.

11월에 용존무기인은 평균  $0.76\mu\text{M}$ 로 8월과 10월에 비해 농도가 증가하여 4월과 유사한 농도를 보였으며, 용존무기인의 분포는  $0.43\sim 2.38\mu\text{M}$ 로 조사기간 동안 정점과 수심에 따라 가장 큰 차이를 보이고 있었다. 정점별 용존무기인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 전체적으로 매우 낮은 농도를 보이고 있었는데, 이 중 인공구조물이 설치된 정점 1번에서 비교적 높게 나타났으며 가장 북쪽에 위치한 정점 18번에서도 비교적 높은 농도를 보였다(그림 1-2-79). 정점별 용존무기인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 설치된 정점 1번에서 표층에서 높은 농도를 보였을 뿐 그 외의 정점들은 표층에서 40m의 수심까지 매우 낮은 농도를 보였다. 이 후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 증가하는 경향을 보였는데 인공구조물을 중심으로  $0.5\sim 1.0\text{km}$ 에 위치한 정점들에서 특히 농도가 높게 나타났다. 용존무기인의 수평분포를 보면 표층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1번에서만 높은 농도를 보였을 뿐 다른 정점에서는 비교적 낮은 농도를 보였다(그림 1-2-80). 중층에서도 전체적으로 매우 낮은 농도를 나타내고 있었는데, 가장 동쪽과 남쪽에 위치한 정점 19번과 20번에서 다소 농도가 증가한 경향을 나타내었다. 저층에서는 매우 높은 농도의 용존무기인을 보였는데, 인공구조물이 설치된 1번 정점을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서는 전체적으로 높은 농도를 보였던 반면 북쪽에 위치한 정점들은 비교적 낮은 농도를 보였다.

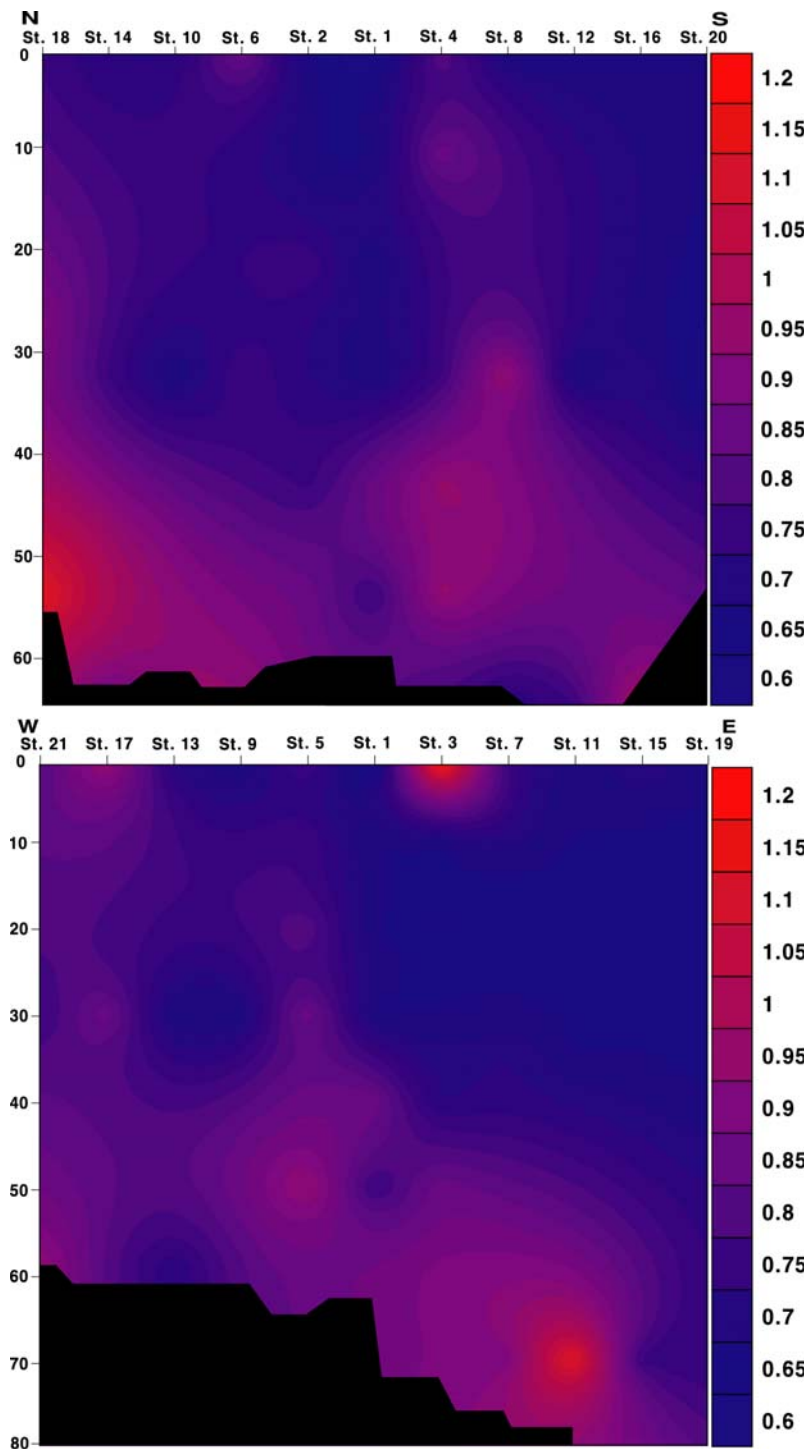


그림 1-2-73. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기인의 연직구조.

Fig. 1-2-73. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

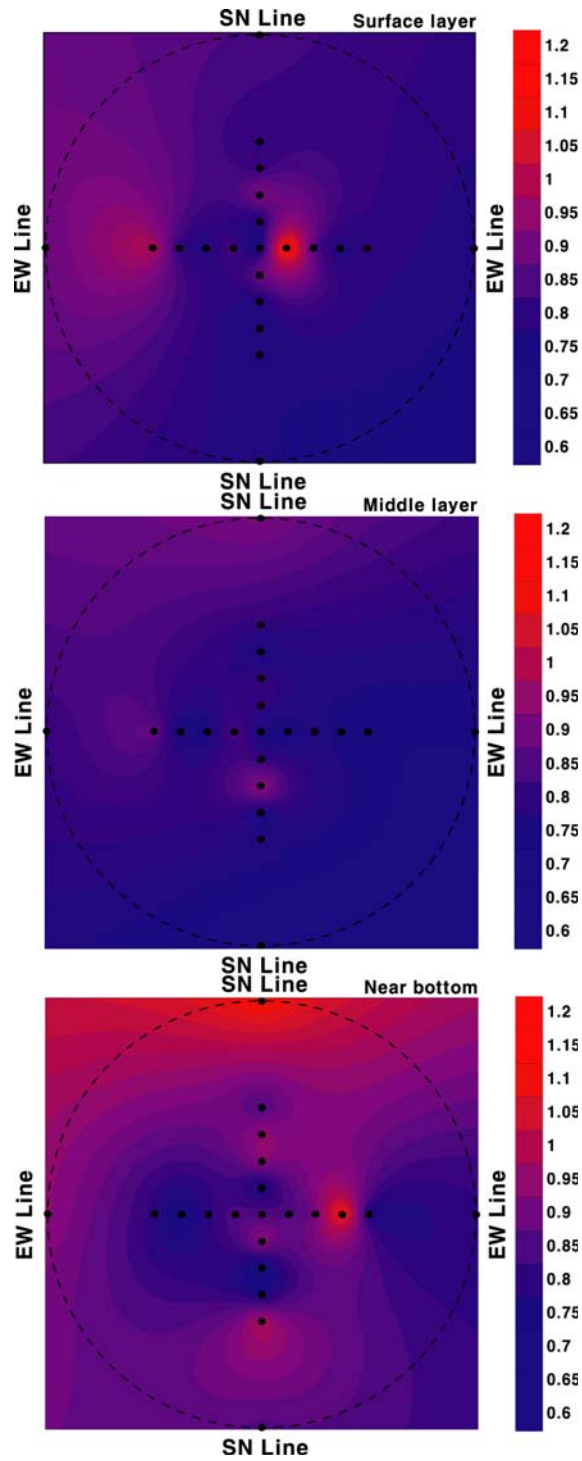


그림 1-2-74. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 용존무기인의 수평 분포.

Fig. 1-2-74. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

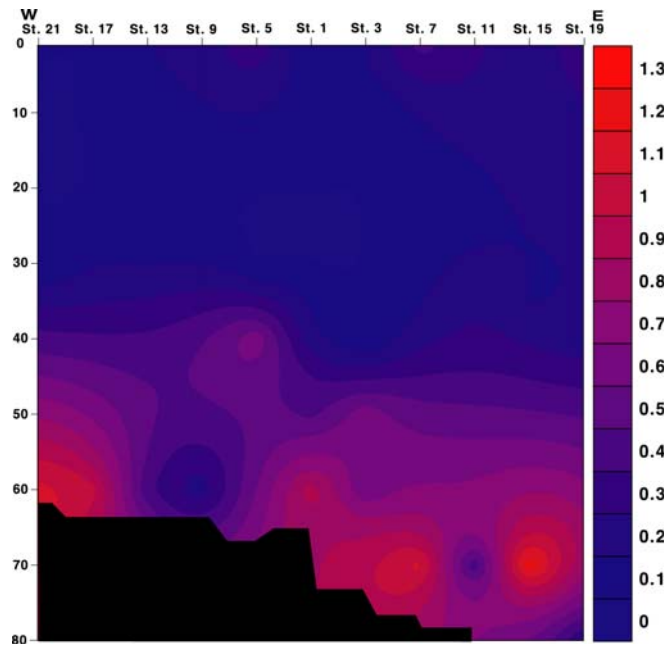


그림 1-2-75. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 용존무기인의 연직구조.

Fig. 1-2-75. Vertical distribution of EW line dissolved inorganic phosphate in August, 2006.

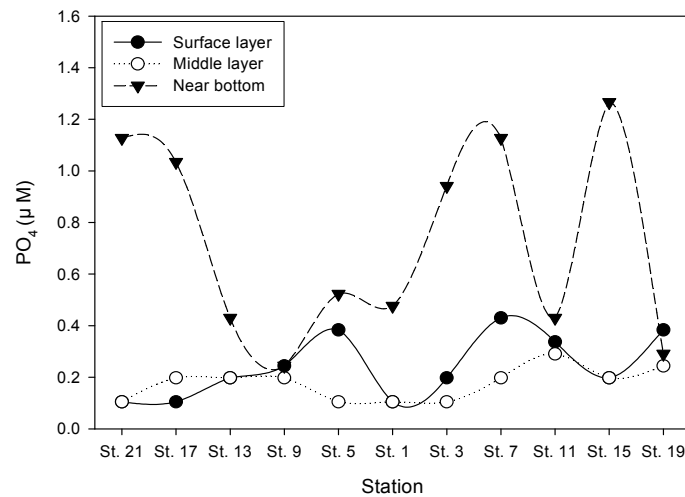


그림 1-2-76. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 용존무기인의 수평 분포.

Fig. 1-2-76. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

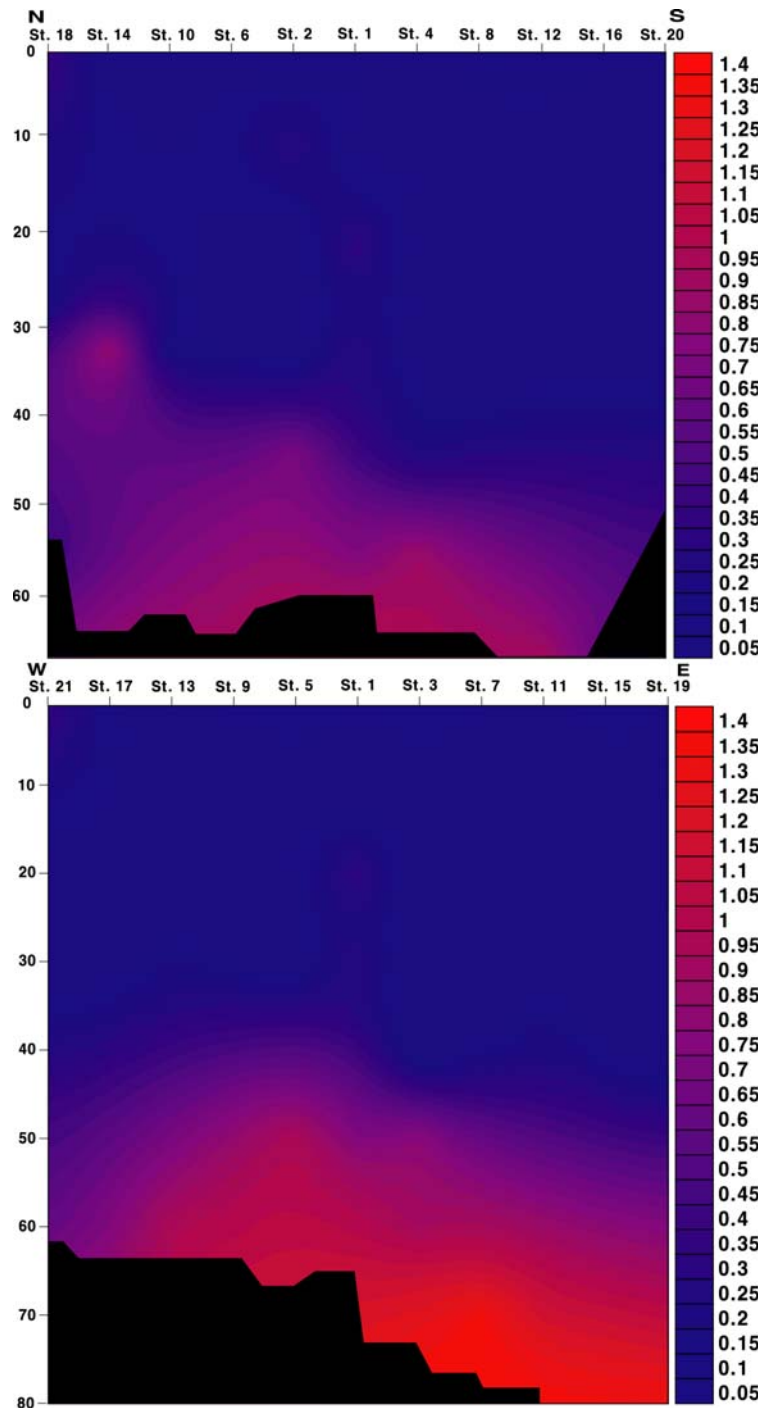


그림 1-2-77. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기인의 연직구조.

Fig. 1-2-77. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

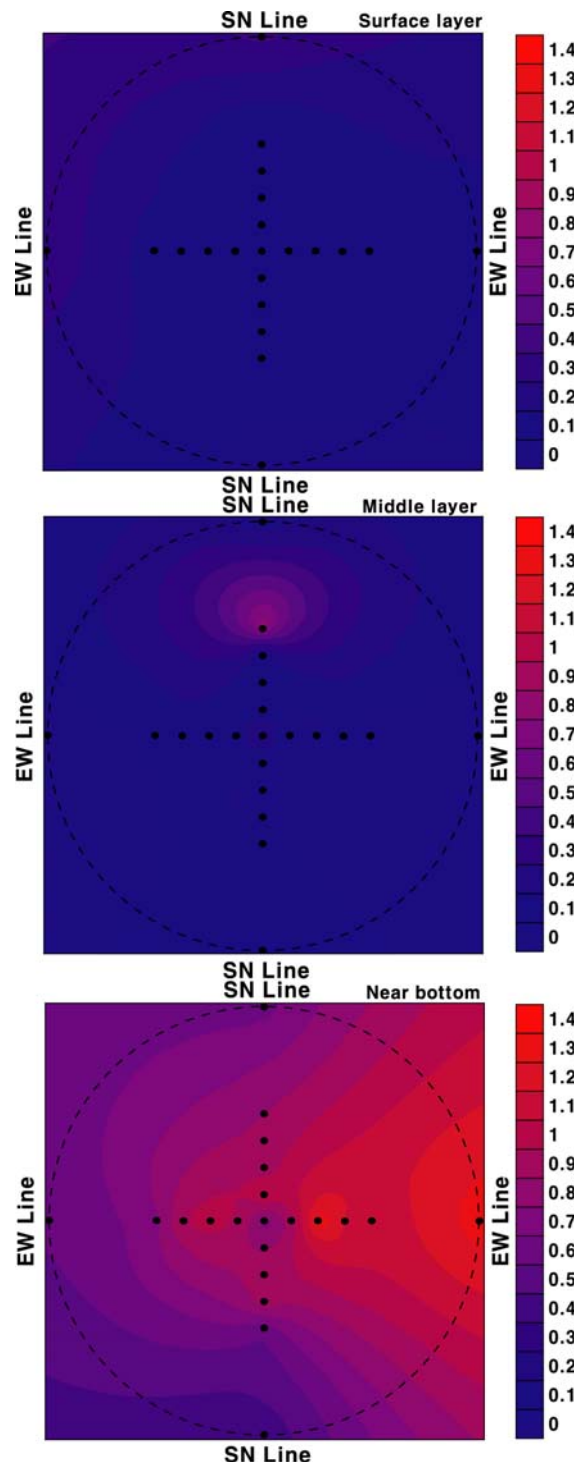


그림 1-2-78. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기인의 수평 분포.

Fig. 1-2-78. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.

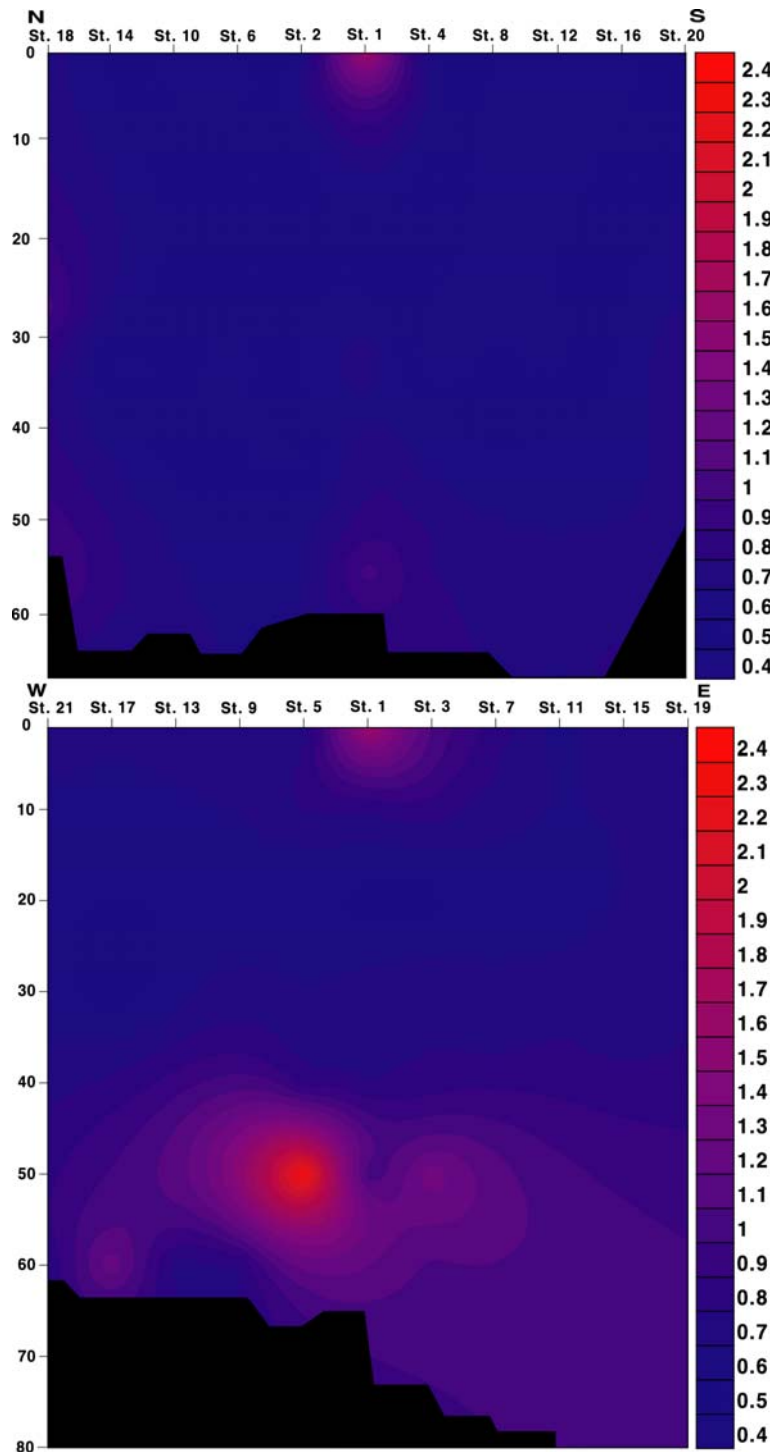


그림 1-2-79. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 용존무기인의 연직구조.

Fig. 1-2-79. Vertical distribution of dissolved inorganic phosphate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

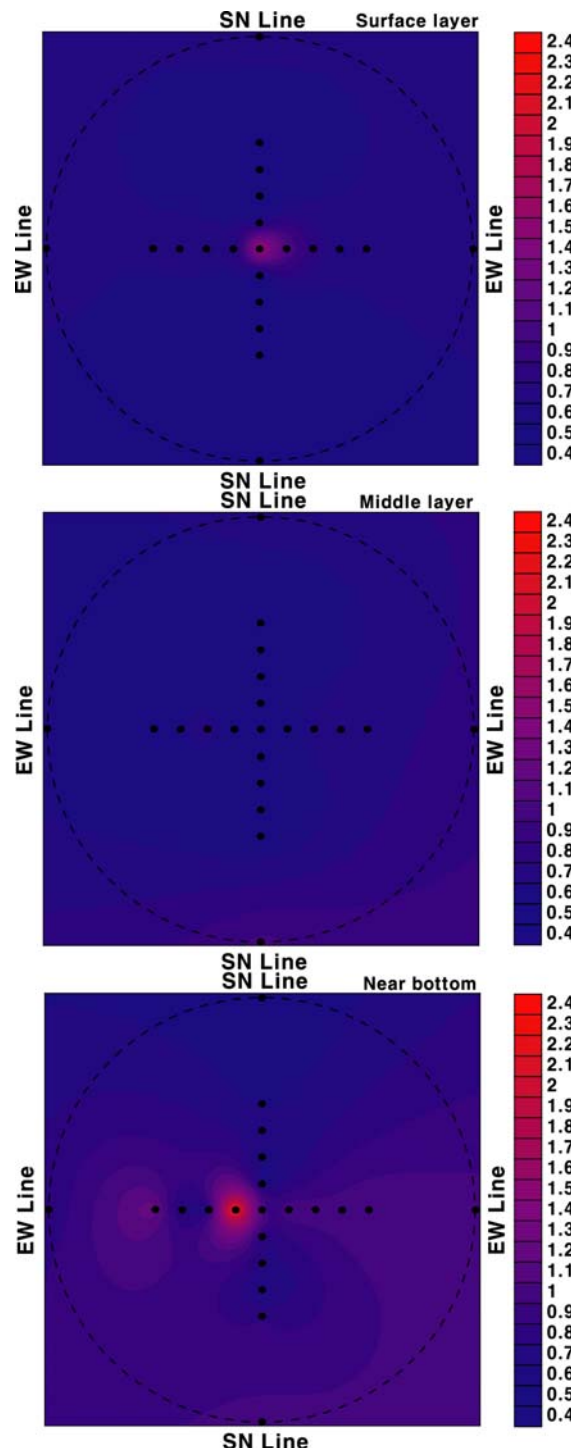


그림 1-2-80. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 용존무기인의 수평 분포.

Fig. 1-2-80. Horizontal distribution of dissolved inorganic phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.



### 1.2.2.12 총인

총인은 4월에 평균  $0.44\mu\text{M}$ 였고,  $0.06\sim 0.68\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내었다. 정점별 총인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 전 수층에서 비교적 고른 농도를 보이고 있었는데, 표층에서 비교적 높은 농도를 보였다(그림 1-2-81). 인공구조물이 설치된 1번 정점을 기준으로 남쪽에 위치한 정점들에서 높은 농도를 보였다. 정점별 총인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 낮은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 서쪽에 위치한 정점 9번과 13번은 전 수층에 걸쳐 일정한 농도를 나타내었다. 총인의 수평분포를 보면 표층에서는 동서성분에 비해 남북성분에서 더 높은 농도를 보였다(그림 1-2-82). 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로  $1.5\sim 2.0\text{km}$ 에 위치한 정점들에서 총인의 농도가 비교적 높게 나타나는 경향을 보였다. 중층에서는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로  $0.5\text{km}$  이내에 위치한 정점들에서 농도가 증가한 경향을 보였으며, 동쪽과 북쪽의 농도가 낮았던 반면 서쪽과 남쪽에 위치한 정점들에서 농도가 높게 나타났다. 저층에서는 중층과 반대로 농도가 낮게 나타났던 동쪽과 북쪽에 위치한 정점들에서 농도가 높게 나타나는 경향을 보였다.

8월에 총인은 평균  $1.02\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 농도가 증가하였고,  $0.18\sim 4.44\mu\text{M}$ 의 범위를 나타내어 정점과 수심에 따라 큰 차이를 보였다. 정점별 총인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 인공구조물이 설치된 정점 1번에서는 낮은 농도를 보이고 있었으며, 서쪽에 위치한 정점들에 비해 동쪽에 위치한 정점들에서 더 높은 농도를 보였다(그림 1-2-83). 인공구조물을 중심으로 서쪽에 위치한 정점들 중 9번과 5번은 전 수층에 걸쳐 비교적 높은 농도를 나타내었으며, 동쪽에 위치한 정점들은 정점 3번을 제외하고 전 수층에서 비교적 높은 농도를 나타내었지만 중층 이후 농도가 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다. 총인의 수평분포를 보면 표층에서는 정점 9번을

제외하고는 전체적으로 비교적 낮은 농도를 유지하였고, 중층에서는 동쪽에 위치한 정점 11번에서 농도가 증가하는 경향을 나타내었다(그림 1-2-84). 저층에서는 농도가 가장 높게 나타났는데 인공구조물이 위치한 정점 1을 기준으로 서쪽으로 1.0km에 위치한 정점들에서는 비교적 낮은 농도를 보였지만 그 외의 정점들에서는 매우 높은 농도를 나타내었다.

10월에 총인은 평균  $0.75\mu\text{M}$ 로 4월에 비해 높았지만 8월에 비해 감소하는 경향을 나타내었으며, 총인의 분포는  $0.40\sim 1.73\mu\text{M}$ 로 8월에 비해 정점에 따른 변화의 폭이 좁게 나타났다. 정점별 총인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 전 정점에서 표층에서 40m의 수심까지는 비교적 낮은 농도를 보이는 경향을 나타내었지만 이 중 가장 북쪽에 위치한 정점 18번은 30m의 수심부터 농도가 증가하였다(그림 1-2-85). 전체적인 총인의 농도는 인공구조물이 설치된 정점 1을 기준으로 북쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타났다. 정점별 총인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 전 정점에서 표층에서 40m의 수심까지는 매우 낮은 농도를 보이다가 이 후 수심이 깊어짐에 따라 농도가 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 동서성분 중에서 가장 서쪽에 위치한 정점 21번은 다른 정점들에 비해 농도가 낮은 경향을 보였다. 총인의 수평분포를 보면 표층에서는 전체적으로 낮은 농도를 보였는데, 이 중 가장 북쪽에 위치한 정점 18에서 비교적 높은 농도를 나타내었다(그림 1-2-86). 중층에서도 표층과 유사한 경향을 나타내었는데, 전체적으로 낮은 농도였지만 인공구조물을 중심으로 북쪽에 위치한 정점들 중 10번과 14번에서 다소 높은 농도의 총인을 보였다. 저층은 매우 높은 농도의 총인의 분포를 보였는데, 인공구조물이 설치된 1번 정점을 기준으로 동쪽에 위치한 정점들에서 가장 높았고, 남쪽에 위치한 정점들에서 가장 낮게 나타나는 경향을 보였다.

11월에 총인은 평균  $1.22\mu\text{M}$ 로 조사기간 중 가장 높은 농도를 나타내었고, 총인의 분포는  $0.84\sim 1.84\mu\text{M}$ 로 비교적 변화의 폭이 좁게 나타났다. 정

점별 총인의 수직분포를 남북성분(SN line)에서 살펴보면 정점에 따라 큰 차이를 보이고 있었는데 인공구조물이 설치된 정점 1번은 표층에서 10m의 수심까지 매우 높은 농도를 보였다. 가장 북쪽에 위치한 정점 18번은 전 수층에서 비교적 높은 농도를 보였으며 가장 남쪽에 위치한 정점 20번은 30m의 수심부터 농도가 증가하는 경향을 보였다. 정점별 총인의 수직분포를 동서성분(EW line)에서 살펴보면 남북성분에 비해 높은 농도로 분포하는 경향을 보였는데, 인공구조물을 중심으로 동쪽에 위치한 정점들에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 인공구조물을 중심으로 서쪽으로 1.0km 이내의 정점들은 비교적 전 수층에서 높게 나타나는 경향을 보였으며, 동쪽에 위치한 정점들은 40m 이후에 농도가 조금 증가하는 경향을 보였다. 총인의 수평분포를 보면 표층에서는 동서성분에서는 인공구조물을 중심으로 1.5km 이내에 위치한 정점들에서 높게 나타났으며, 남북성분에서는 0.5km 이내에서 높게 나타나는 경향을 보였다(그림 1-2-88). 중층에서는 인공구조물을 중심으로 0.5km 이내의 정점들에서 농도가 감소한 경향을 보였으며, 표층과 달리 북쪽에 정점들의 농도가 감소하고 낮았던 남쪽에 위치한 정점들에서 농도가 증가하였다. 저층에서는 가장 높은 농도의 총인의 분포를 보였는데, 동쪽을 제외한 다른 방향에서 인공구조물을 중심으로 1.5km 또는 2.0km의 지점에서만 농도가 낮게 나타나고 다른 정점들에서는 농도가 높게 나타나는 경향을 보였다.

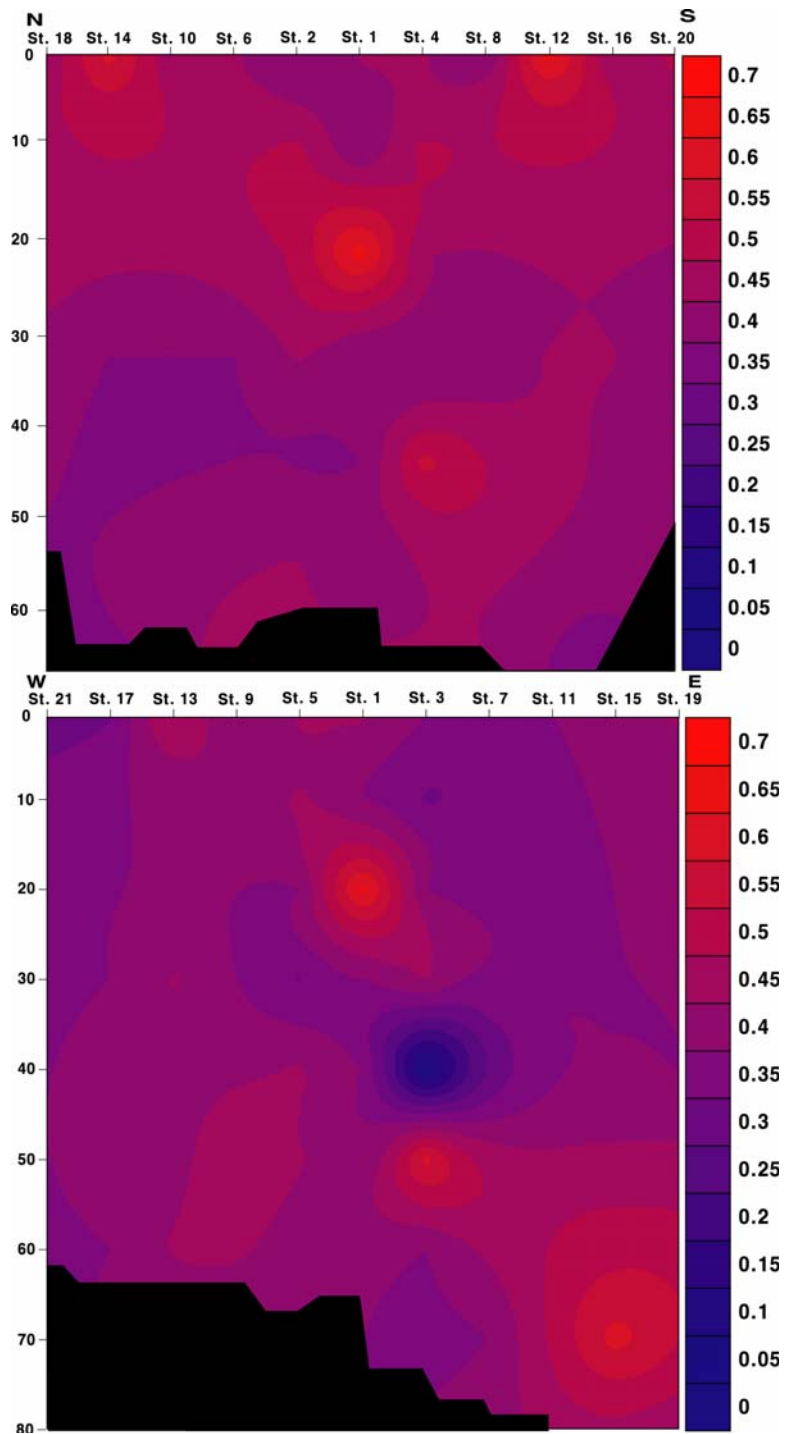


그림 1-2-81. 2006년 4월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조.

Fig. 1-2-81. Vertical distribution of total phosphate in April, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

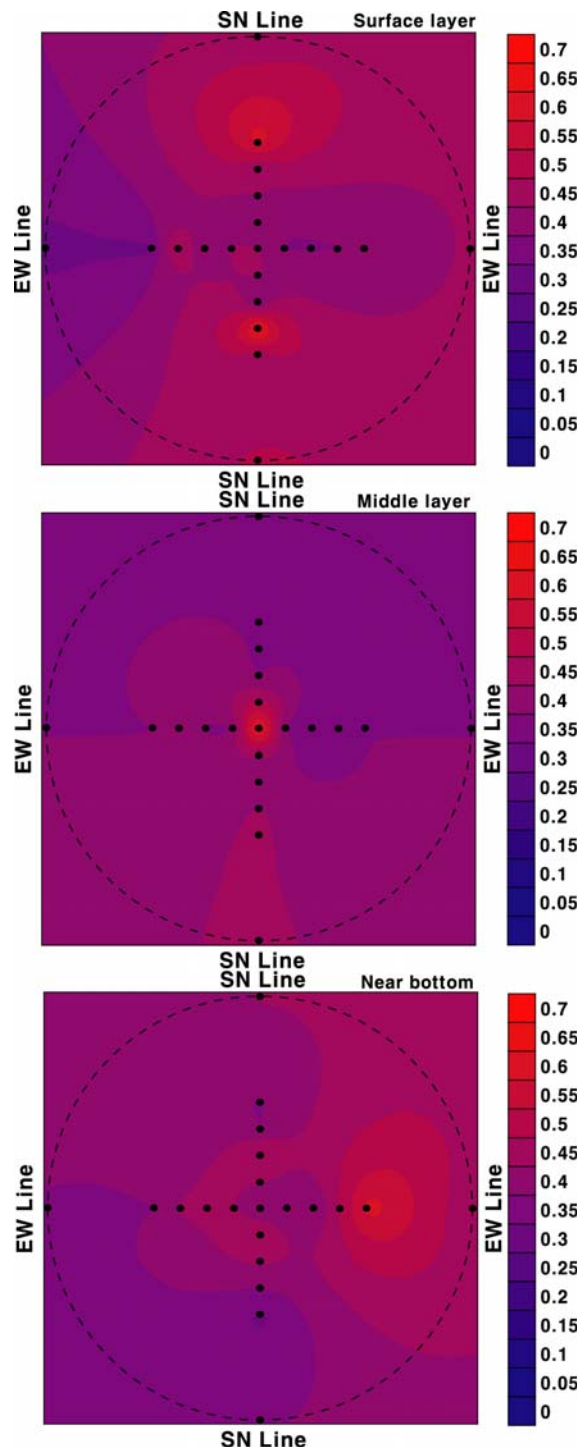


그림 1-2-82. 2006년 4월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom) 에서 총인의 수평 분포.

Fig. 1-2-82. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in April, 2006.

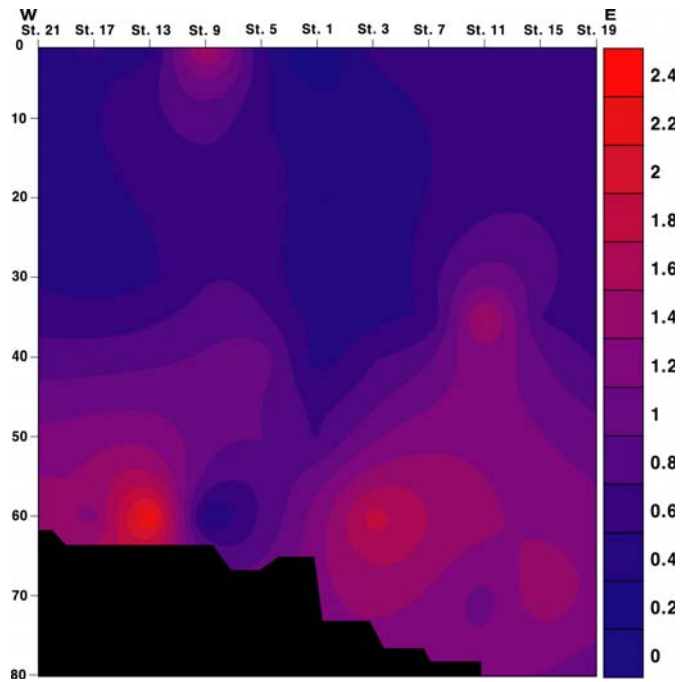


그림 1-2-83. 2006년 8월 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조.

Fig. 1-2-81. Vertical distribution of total phosphate in August, 2006.

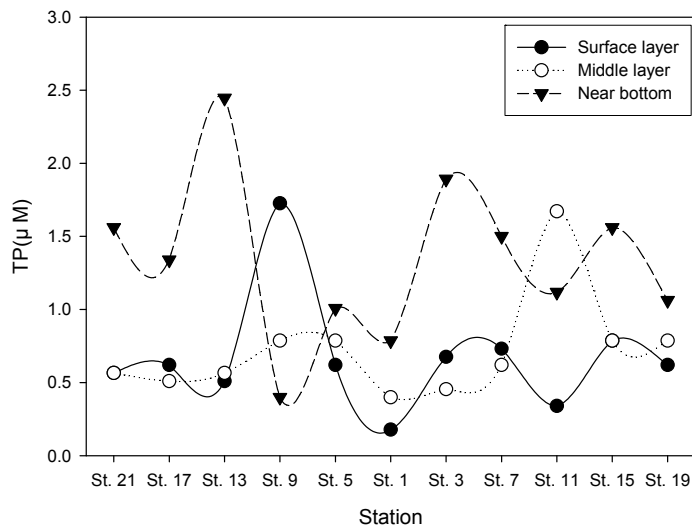


그림 1-2-84. 2006년 8월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포.

Fig. 1-2-84. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in August, 2006.

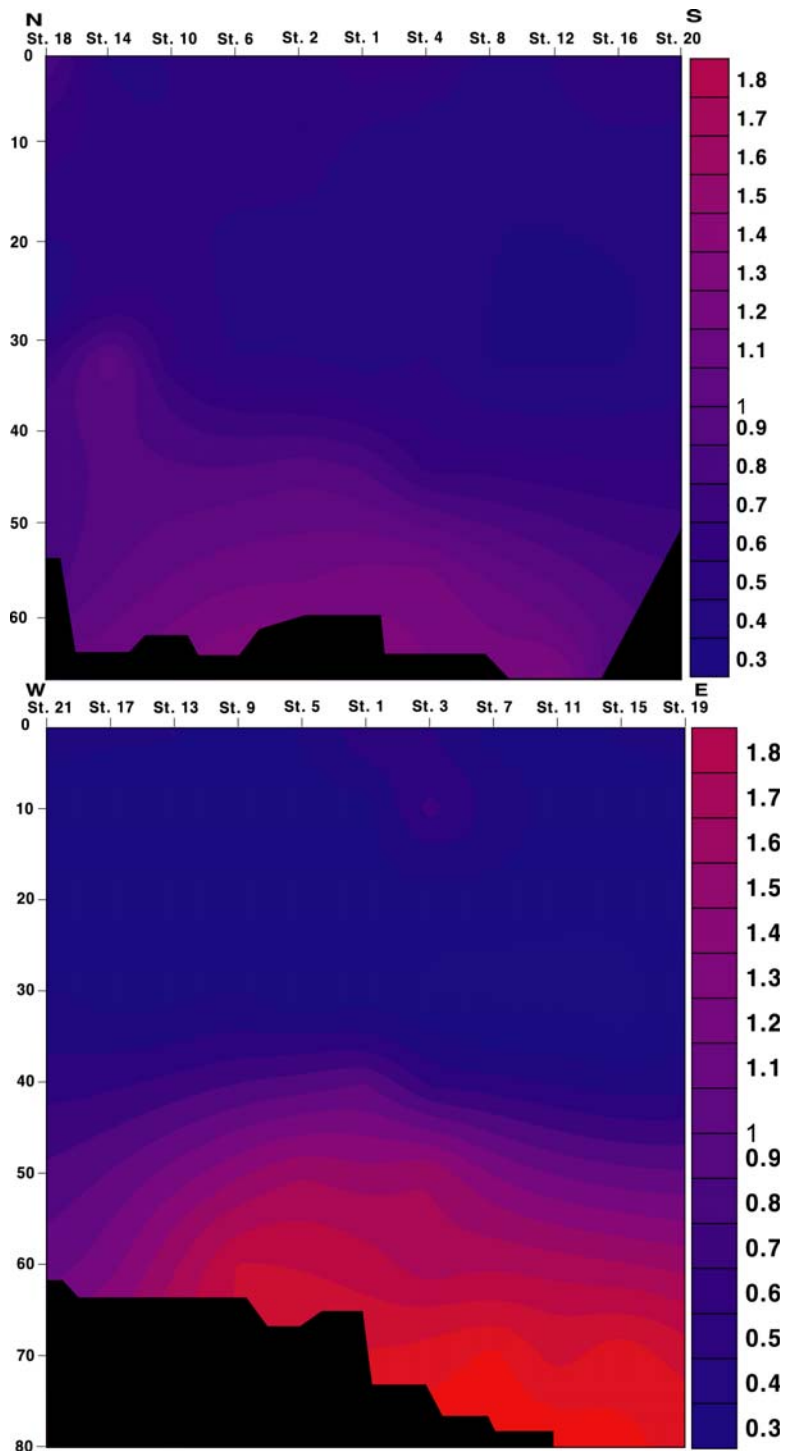


그림 1-2-85. 2006년 10월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조.

Fig. 1-2-85. Vertical distribution of total phosphate in October, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

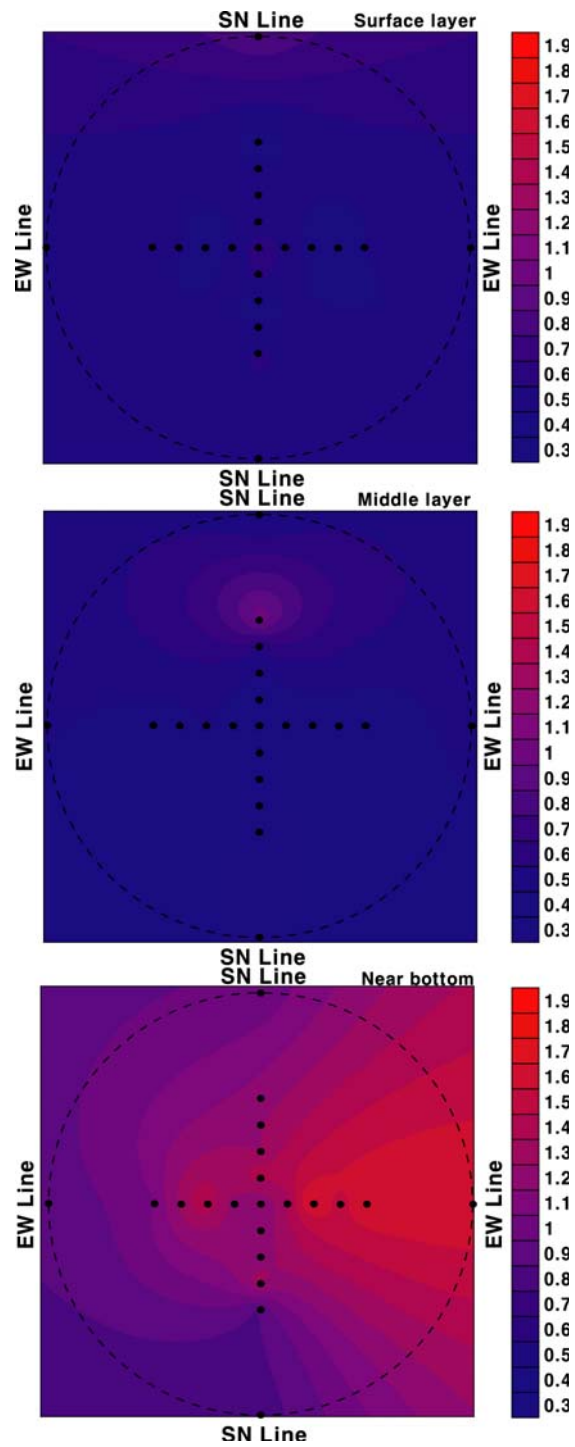


그림 1-2-86. 2006년 10월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포.

Fig. 1-2-86. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in October, 2006.



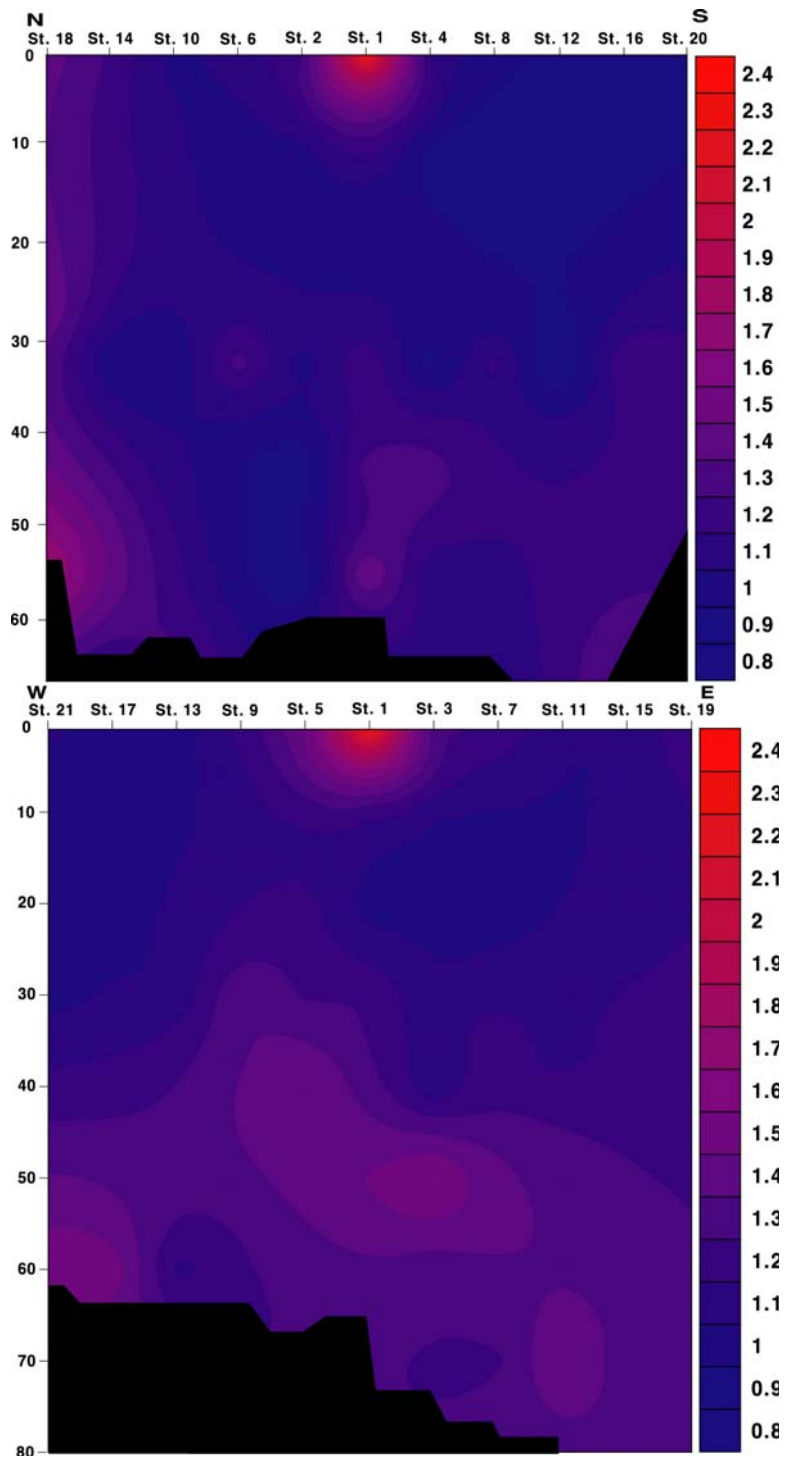


그림 1-2-87. 2006년 11월 남북성분 (SN line) 및 동서성분 (EW line)의 총인의 연직구조.

Fig. 1-2-87. Vertical distribution of total phosphate in November, 2006(SN line: upper, EW line: lower).

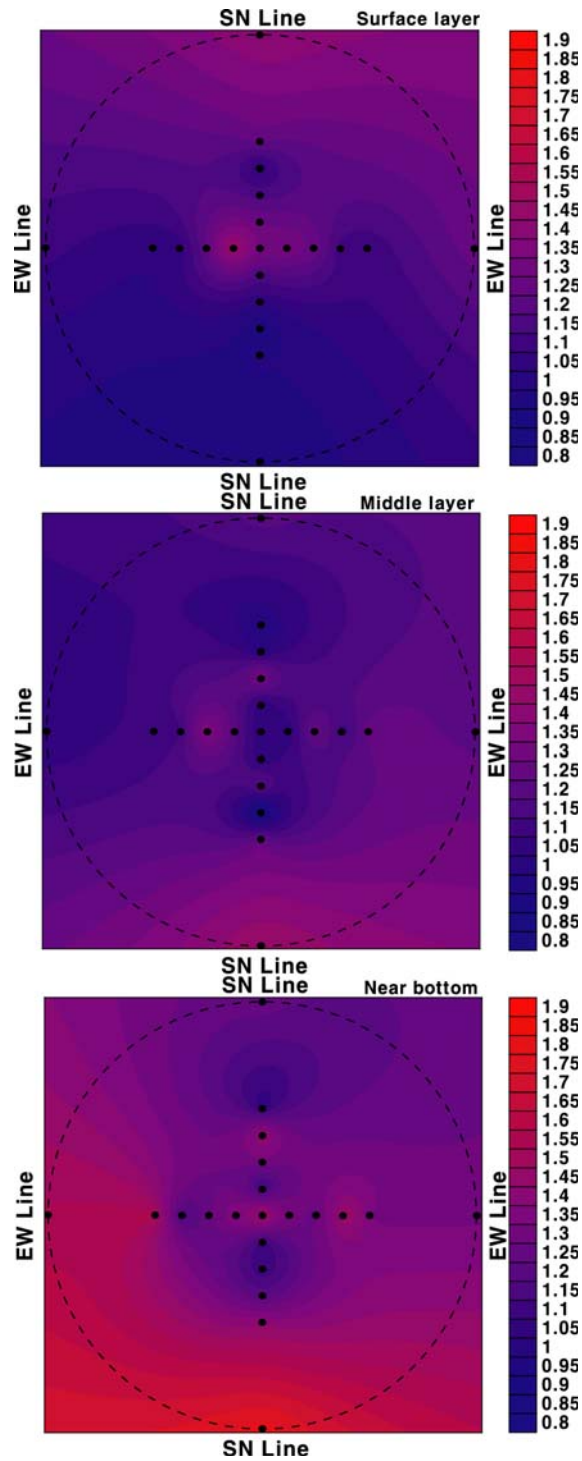


그림 1-2-88. 2006년 11월 표층 (1m), 중층 (30m), 및 저층 (near bottom)에서 총인의 수평 분포.

Fig. 1-2-88. Horizontal distribution of total phosphate at surface layer, middle layer, near bottom in November, 2006.

### 1.3. 생물상 조사

#### 1.3.1 식물플랑크톤

식물플랑크톤의 경우 2006년 4월, 8월, 10월, 11월 각 조사정점에서 Van Dorn 채수기로 표층 및 중층의 해수를 채수하여 1L용 폴리에틸렌 샘플 병에 넣어 Lugol 용액으로 현장에서 고정하여, 광을 차단시킨 후 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 24시간 이상 침전시켜 100ml로 농축하였으며, 각 시료는 Sedgwick-Rafter counting chamber를 사용하여 Nikon TS-100 현미경하에서 각 종을 계수 및 동정한 후 원래 해수 중 현존량으로 환산하였다.

시료의 분류 및 동정은 Cupp(1943), Dodge(1982), 山路(1991), Chihara and Murano(1996), Tomas(1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

식물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 생태지수인 종다양성지수(Species Diversity index), 균등성지수(Evenness index), 풍부도지수(Richness index)를 각각 구하였다.

풍부도지수(R)는 아래의 Margalef(1958)의 공식에 따라 구하였다

$$R = \frac{S-1}{\ell_n N}$$

여기서, N은 식물플랑크톤 현존량이고, S는 출현종수이다.

종다양성 지수(H')는 Shannon and Weaver(1963)의 아래의 공식을 따랐다.

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

여기서, N은 식물플랑크톤 현존량이고,  $n_i$ 은 각각의 종이 차지하는 세포수이다.

균등성지수(e)는 Lloyd and Ghelard(1964)와 Pielou(1966)의 아래의 식을 이용하였다.

$$e = \frac{H}{\ell_n S}$$

여기서, H'는 종다양성 지수이고 S는 출현종수이다.

전체 현존량의 10% 이상 생물량을 보인 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 정점의 식물플랑크톤 현존량 중에서 어떠한 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제1우점종으로 선정하였다.

### 1.3.2 생균수

2006년 4월, 8월, 10월, 11월 각 조사정점에서 MB채수기로 수심 1m에서 멸균된 채수병에 채수, 광을 차단 시킨후 실험실로 운반하였다. 미리 준비해 둔 멸균 해수 10ml에 샘플 1ml씩 넣어 10-2까지 희석한 후, 각 희석 용액을 Marine Agar media에 1ml씩 분주, 도말하여 배양하였다.

### 1.3.3 동물플랑크톤

2006년 4월, 8월, 10월, 11월 각 조사정점에서 동물플랑크톤 네트(구망 구직경 : 30cm 망목 : 300 $\mu$ m)로 중층에서 수직 채집하여 250ml용 폴리에틸렌 샘플병에 넣어 10% 중성 포르말린 용액으로 현장에서 고정하여, 광을 차단 시킨후 실험실로 운반하였다. 각 시료는 Nikon TS-100 현미경으로 각 종을 계수 및 동정한 후 원래 해수 중 현존량으로 환산하였다.

시료의 분류 및 동정은 Yoo (1995), Smith and Johnson(1996), Chihara and Murano(1997) 및 Young(2002) 등의 참고문헌을 이용하였다.

동물플랑크톤 군집을 분석하여 생태계의 기능을 파악하고자 생태지수인 종다양성지수(Species Diversity index), 균등성지수(Evenness index), 풍부도지수(Richness index)를 각각 구하였다.

풍부도지수(R)는 아래의 Margalef(1958)의 공식에 따라 구하였다.

$$R = \frac{S-1}{\ell_n N}$$

여기서, N은 동물플랑크톤 현존량이고, S는 출현종수이다.

종다양성 지수(H')는 Shannon and Weaver(1963)의 아래의 공식을 따랐다.

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

여기서, N은 동물플랑크톤 현존량이고,  $n_i$ 은 각각의 종이 차지하는 세포수이다.

균등성지수(e)는 Lloyd and Ghelard(1964)와 Pielou(1966)의 아래의 식을 이용하였다.

$$e = \frac{H'}{\ell_n S}$$

여기서, H'는 종다양성 지수이고 S는 출현종수이다.

전체 현존량의 10% 이상 생물량을 보인 종들을 대표적인 우점종으로 정리하였고 각 정점의 동물플랑크톤 현존량 중에서 어떠한 종이 차지하는 비율이 가장 높은 것을 제1우점종으로 선정하였다.

### 1.3.4 조사결과

#### 1.3.4.1 식물플랑크톤

##### 가. 종조성 및 현존량

조사해역의 식물플랑크톤의 종조성 및 현존량을 그림 1-3-1~1-3-8 및 표 1-3-1~1-3-8에 제시하였다.

춘계(2006년 4월) 조사해역 표층 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 23종, Dinophyceae(와편모조강) 4종 등 총 20속 27종으로 조사되었으며, 이 시기의 식물플랑크톤의 현존량은 4,800~16,000cells/L(평균 10,100cells/L)로 나타났다. 정점 20에서 가장 높은 현존량을 보였고, 정점 1과

10에서도 비교적 높은 현존량을 나타내었다. 블록 투하지점 (정점 1~5)의 평균 현존량은 조사해역의 평균 현존량보다 약간 높은 11,920cells/L 높았다. 비슷한 시기의 2005년도 조사에서는 *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros denticulatus*가 우점종으로 출현하였지만, 이 시기에서는 *Nitzschia pungens*, *Chaetoceros pseudocurvisetum*가 다른 출현종에 비해 각각 16.74%, 10.47%로 우점을 하였다(그림 1-3-1, 표 1-3-1).

한편 중층(25m) 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 21종 Dinophyceae(와편모조강) 5종 등 총 19속 26종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 98%로 대부분을 차지하여 표층과 같은 경향을 나타내었다. 이 시기의 식물플랑크톤 현존량은 2,300 ~14,300cells/L(평균 9,295cells/L)로 조사되었다. 정점 2와 10에서 다른 정점에 비해 상대적으로 높은 현존량을 보였다. 블록 투하지점 (정점 1~5)의 평균 현존량은 표층과 같이 조사해역의 평균 현존량보다 약간 높은 11,400cells/L 높았다. 출현종 중 *Nitzschia pungens*이 18.98%로 표층과 마찬가지로 제1 우점하였고, *Chaetoceros pseudocurvisetum*이 12.10%로 제2 우점하였다(그림 1-3-2, 표 1-3-2).

하계(2006년 8월) 조사해역 표층 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 18종, Dinophyceae(와편모조강) 2종 Chrysophyta(황금색조식물문) 2종 등 총 16속 22종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 98%로 출현빈도가 아주 높았다. 이 시기의 식물플랑크톤 현존량은 1,000~9,800cells/L(평균 6,582cells/L)로 조사되었다. 정점 19에서 다른 정점에 비해 높은 현존량을 보인 반면, 정점 13에서 가장 낮은 현존량을 보였다.

블록 투하지점의 평균 현존량은 춘계와는 달리 조사해역의 평균 현존량보다 약간 낮은 5,400cells/L로 나타났다.

비슷한 시기의 2005년도 조사에서는 *Chaetoceros compuressus*가 우점종으로 출현하였지만, 본 연구에서는 *Skeletonema costatum*과 *Chaetoceros pseudocurvisetum*이 다른 출현종에 비해 각각 19.27%,

15.78%를 차지하여 제1 우점 및 제2 우점을 하였다(그림 1-3-3, 표 1-3-3).

한편 중층(25m) 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 14종, Dinophyceae(와편모조강) 2종 Chrysophyta(황금색조식물문) 1종 등 총 13속 17종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 97.8%로 출현빈도가 높아 표층과 같은 경향을 나타내었다. 이 시기에서 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 1,700~9,000cells/L(평균 5,136cells/L)로 조사되었다. 정점 19에서 다른 정점과 달리 아주 높은 현존량을 보인 반면, 정점 1에서 가장 낮은 현존량을 보였다. 종조성에 있어서는 표층과 달리 *Nitzchia pungens*이 18.97%로 제1 우점하였고 그 다음으로 *Thalassiosira nitzchioides*가 15.96%로 우점을 하였다. *Thalassiosira nitzchioides*는 2005년도 조사결과에서도 우점종으로 출현한 종이었으며, 이 시기에서도 우점을 보였다(그림 1-3-4, 표 1-3-4).

추계(2006년 10월) 조사해역 표층 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 16종, Dinophyceae(와편모조강) 4종 Chrysophyta(황금색조식물문) 1종 등 총 16속 21종으로 조사되었다. 식물플랑크톤 현존량은 2,300~10,000cells/L(평균 5,457cells/L)이었다. 정점 8에서는 가장 높은 현존량을 보였으며, 정점 5와 17에서도 비교적 높은 현존량을 보였다. 블록 투하지점의 평균 현존량은 조사해역의 평균 현존량보다 약간 낮은 5,120cells/L로 나타났다. 출현종 중 *Nitzchia pungens*이 14.83%으로 제1 우점 하였고, *Chaetoceoros lorenzianus*이 12.13%로 제2 우점을 하였다. 비슷한 시기의 2005년도 조사에서 *Nitzchia pungens*는 2005년도에도 우점종으로 출현하였다(그림 1-3-5, 표 1-3-5).

한편 중층(25m) 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 15종 Dinophyceae(와편모조강) 3종 등 총 14속 18종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 97.2%로 대부분을 차지하여 표층과 같은 경향을 나타내었다. 이 시기의 출현한 식물플랑크톤의 현존량을 살펴보면 200~7,000cells/L(평균 2,404cells/L)로 조사되었다. 정점 7이 다른 정점에 비해 가장 높은 현존량

을 보였다. 출현종 중 *Nitzchia pungens*이 19.21% 제1 우점하였고, *Thalassiosira nitzchioides*가 13.86%로 제2 우점하였다(그림 1-3-6, 표 1-3-6).

동계(2006년 11월) 조사해역 표층 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 18종, Dinophyceae(와편모조강) 1종, Chrysophyceae(황금색조식물강) 1종 등 총 16속 20종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 98.7%로 출현빈도가 아주 높았다. 이 시기에 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 1,000~9,900cells/L(평균 3,957cells/L)로 조사되었다. 정점 19에서 가장 높은 현존량을 보인 반면, 정점 5에서 다른 정점에 비해 가장 낮은 현존량을 보였다. 블록 투하지점의 평균 현존량은 조사해역의 평균 현존량보다 약간 낮은 2,300cells/L로 나타났다. 비슷한 시기의 2005년도 조사에서는 *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Eucampia zodiacus*가 우점종으로 출현한 종이었지만, 이 시기에 출현종 중 *Skeletonema costatum*과 *Nitzchia pungens*이 각각 16.25%, 15.40%를 차지하여 제1 우점 및 제2 우점을 하였다(그림 1-3-7, 표 1-3-7).

한편 중층 식물플랑크톤의 종조성은 Bacillariophyceae(규조강) 14종, Dinophyceae(와편모조강) 1종, Chrysophyceae(황금색조식물강) 1종 등 총 16속 20종이었으며, 이 중 규조강이 전체의 98.3%로 출현빈도가 높아 표층과 같은 경향을 나타내었다. 이 시기의 출현한 식물플랑크톤의 현존량은 1,300~8,700cells/L(평균 5,033cells/L)로 나타났다. 정점 17이 다른 정점에 비해 가장 높은 현존량을 보인 반면, 정점 2에서 가장 낮은 현존량을 보였다. *Nitzchia pungens*과 *Skeletonema costatum*는 각각 20.63%, 15.57%를 차지하여 표층과 마찬가지로 제1 우점 및 제2 우점을 하였다(그림 1-3-8, 표 1-3-8).



표 1-3-1. 춘계(2006년 4월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)

Table 1-3-1. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in April, 2006

Species	Station											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>					28	12		24			24	
<i>Biddulphia longicuris</i>		5						8		5	6	
<i>Chaetoceros affinis</i>	15	21		18	24					8		
<i>Chaetoceros compressus</i>	24						18					32
<i>Chaetoceros danicus</i>		3		5	3					15		
<i>Chaetoceros didymus</i>				22			16					
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>	39	18	21			18			11	20		
<i>Chaetoceros decipiens</i>		23			9		13					4
<i>Coscinodiscus sp</i>		1			1	1					3	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	4	4		3	5		3				5	
<i>Ditylum brighwellii</i>	1							3		2		
<i>Eucampia zodiacus</i>		14				24	29	28			24	
<i>Leptocylindrus danicus</i>					15	8			15			16
<i>Melosira juergensii</i>		6		13							7	
<i>Nitzschia pungens</i>	42	25	15	18	33	12	31		13	21	10	12
<i>Oxyphsis oxytoxoides</i>				1								
<i>Paralia sulcata</i>		2		16						16	16	
<i>Pleurosigma sp</i>		1							1		1	1
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			4							16	18	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3	2		4	2							
<i>Stephanopyxis turris</i>	4			2		4				6	3	
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>	16		15	15	12				12	21		
<i>Thalassiosira rotula</i>		13							6	14		7
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Alexandrium fraterculus</i>						4				2		
<i>Ceratium fusus</i>			2	2						2	1	2
<i>Dinophysis acuminata</i>			1							1		
<i>Protoperdinium sp</i>		1								1	2	
출현종 수	9	15	6	12	10	8	6	4	6	15	13	7
출현 개체수	148	139	58	119	132	83	110	63	58	150	120	74

표 1-3-1. 계 속

Table 1-3-1. Continue

Species	Station										합계	우점율
	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>						16					104	4.90
<i>Biddulphia longicuris</i>	13			8		13	12		14		84	3.96
<i>Chaetoceros affinis</i>	10	16	14					14	14	27	181	8.53
<i>Chaetoceros compressus</i>					16	24					114	5.37
<i>Chaetoceros danicus</i>											26	1.23
<i>Chaetoceros didymus</i>									20		58	2.73
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>		18			13		16	36	12		222	10.47
<i>Chaetoceros decipiens</i>	18			12							79	3.72
<i>Coscinodiscus sp</i>		1		1							8	0.38
<i>Cylindrotheca closterium</i>		5			2			3			34	1.60
<i>Ditylum brighwellii</i>					4	1					11	0.52
<i>Eucampia zodiacus</i>	15	8		10		17	8	12			189	8.91
<i>Leptocylindrus danicus</i>		21				15			21		111	5.23
<i>Melosira juergensii</i>								5			31	1.46
<i>Nitzschia pungens</i>	21		12		14	13	21	27	15		355	16.74
<i>Oxyphsis oxytoxoides</i>	1										2	0.09
<i>Paralia sulcata</i>		9	8	7				16	8	12	110	5.19
<i>Pleurosigma sp</i>	3					2		1	2		12	0.57
<i>Rhizosolenia delicatula</i>						7			16		61	2.88
<i>Rhizosolenia setigera</i>	2			3	1		2	4	3		26	1.23
<i>Stephanopyxis turris</i>	8		4								31	1.46
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>	27		14		2		10	21	6		171	8.06
<i>Thalassiosira rotula</i>	11			7				12			70	3.30
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Alexandrium fraterculus</i>		2									8	0.38
<i>Ceratium fusus</i>						2					11	0.52
<i>Dinophysis acuminata</i>	1										3	0.14
<i>Protoperdinium sp</i>								1	2	2	9	0.42
출현종 수	12	8	6	7	7	11	10	12	11		27	
출현 개체수	130	80	52	48	52	110	105	160	130		2,121	100

표 1-3-2. 춘계(2006년 4월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)

Table 1-3-2. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth in April, 2006

Species	Station											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>					16			12				8
<i>Biddulphia longicuris</i>		12								8		
<i>Chaetoceros affinis</i>	12	14		8	16				6	13		
<i>Chaetoceros compressus</i>		18		16			13	6				16
<i>Chaetoceros danicus</i>				2	2					11		
<i>Chaetoceros didymus</i>		12		24	18		10					14
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>	19	16	12		14				13	24	16	
<i>Chaetoceros decipiens</i>							24					18
<i>Coscinodiscus sp</i>					2					1		
<i>Cylindrotheca closterium</i>		4	5	1								
<i>Ditylum brighwellii</i>			2							2		1
<i>Eucampia zodiacus</i>			29		8	4		11	12	10		12
<i>Leptocylindrus danicus</i>			25	12		10	12		12		18	15
<i>Melosira juergensii</i>		5		12							5	
<i>Nitzschia pungens</i>	24	29	21	28	21	12	10		13	28	21	25
<i>Paralia sulcata</i>		8		16						16		
<i>Pleurosigma sp</i>		2	2		1		2		2		1	4
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			5									
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	4		1	4					4		4
<i>Stephanopyxis turris</i>	3		4		5		1		4	4		
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		15	12	9	12					16	10	15
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Alexandrium fraterculus</i>						2				3		
<i>Ceratium furca</i>											1	1
<i>Ceratium fusus</i>			2			2		1		2		1
<i>Dinophysis acuminata</i>												
<i>Protoperdinium sp</i>		1	1	1	1					1	1	
출현종 수	5	13	12	12	13	5	7	4	8	15	7	13
출현 개체수	59	140	120	130	120	30	72	30	63	143	72	134

표 1-3-2. 계 속

Table 1-3-2. Continue

Species	Station										합계	우점율
	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>			2	4				16	12		70	3.85
<i>Biddulphia longicuris</i>	4			5						4	33	1.82
<i>Chaetoceros affinis</i>	3		14		8		12	14			120	6.60
<i>Chaetoceros compressus</i>								8			77	4.24
<i>Chaetoceros danicus</i>											15	0.83
<i>Chaetoceros didymus</i>	16								18	14	126	6.93
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>		8	16		18		24	26	14		220	12.10
<i>Chaetoceros decipiens</i>	12			13							67	3.69
<i>Coscinodiscus sp</i>	1	1								2	7	0.39
<i>Cylindrotheca closterium</i>			5					5			20	1.10
<i>Ditylum brighwellii</i>			2		1					2	10	0.55
<i>Eucampia zodiacus</i>	18				8		16	14	18		160	8.80
<i>Leptocylindrus danicus</i>	17									15	136	7.48
<i>Melosira juergensii</i>	7		12		4		5		5		55	3.03
<i>Nitzschia pungens</i>	31	12		13	12		15	14	16		345	18.98
<i>Paralia sulcata</i>	18		8							3	69	3.80
<i>Pleurosigma sp</i>	2	1					2			2	21	1.16
<i>Rhizosolenia delicatula</i>		6									11	0.61
<i>Rhizosolenia setigera</i>				3	2	3		3	4		33	1.82
<i>Stephanopyxis turris</i>	4		4							4	33	1.82
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		11			10	18		12	16		156	8.58
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Alexandrium fraterculus</i>	3									1	9	0.50
<i>Ceratium furca</i>								2			4	0.22
<i>Ceratium fusus</i>		2									10	0.55
<i>Dinophysis acuminata</i>					1						1	0.06
<i>Protoperdinium sp</i>	3								1		10	0.55
출현종 수	14	7	8	5	9	3	6	12	15		26	
출현 개체수	139	41	63	38	64	23	74	135	128		1,818	100

표 1-3-3. 하계(2006년 8월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)

Table 1-3-3. The species composition and standing crop of phytoplankton in surface water in August, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station											합계	우점율	
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>														
<i>Biddulphia longicuris</i>	5					6	2		8		4	25	3.49	
<i>Chaetoceros compressus</i>	8	12		16		12	2	9	8			67	9.36	
<i>Chaetoceros danicus</i>						3						3	0.42	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		6		15						4		25	3.49	
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>	16		6	18	18			15	16	24		113	15.78	
<i>Coscinodiscus sp.</i>		2				1					1	4	0.56	
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	1											1	0.14	
<i>Ebria tripartita</i>				1							1	2	0.28	
<i>Eucampia zodiacus</i>	16	5		15		12					8	56	7.82	
<i>Leptocylindrus danicus</i>					5			15	12			32	4.47	
<i>Melosira junergensii</i>	5				3					4		12	1.68	
<i>Nitzschia pungens</i>		13	15		12	9	6	18		21	14	108	15.08	
<i>Pleurosigma sp.</i>	1			2	1					2	1	7	0.98	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3	2	3	3		1			3			15	2.09	
<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>	4				6					4	4	18	2.51	
<i>Skeletonema costatum</i>		11	18	24		18		21	10	24	12	138	19.27	
<i>Stephanopyxis turris</i>			4		6				5			15	2.09	
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>			3		8	15		15		15	5	61	8.52	
<b>DINOPHYCEAE</b>														
<i>Ceratium fusus</i>	1	1			1						1	4	0.56	
<i>Protoperidinium sp.</i>		1		1		1		1	1		1	6	0.84	
<b>CHRYSOPHYTA</b>														
<i>Dictyocha fibula</i>											1	1	0.14	
<i>Dictyocha speculum</i>						1		1			1	3	0.42	
출현종 수	10	9	6	9	9	11	3	8	8	10	11	22		
출현 개체수	60	53	49	95	60	78	10	94	63	98	52	716	100	

표 1-3-4. 하계(2006년 8월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)  
 Table 1-3-4. The species composition and standing crop of phytoplankton  
 in 25m depth in August, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station											합 계	우점율	
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>														
<i>Chaetoceros compressus</i>	4			12		16		18		12			62	10.99
<i>Chaetoceros danicus</i>			1	3	1		3					1	9	1.60
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		8					4		5				17	3.01
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>			6		12			12	8	16	4		58	10.28
<i>Coscinodiscus sp.</i>				1									1	0.18
<i>Eucampia zodiacus</i>	8		8		8	8				8			40	7.09
<i>Leptocylindrus danicus</i>				7			16			12			35	6.21
<i>Melosira junergensii</i>			4	3	3	7				3	2		22	3.90
<i>Nitzschia pungens</i>	5	9	13	16		12		15	12	15	10		107	18.97
<i>Pleurosigma sp.</i>						3							3	0.53
<i>Rhizosolenia setigera</i>			1	4	3	3			4		3		18	3.19
<i>Rhizosolenia stolterforthii</i>					3	1							4	0.71
<i>Skeletonema costatum</i>			18	15				14	18	13	8		86	15.25
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>				12	12	18		12	12	9	15		90	15.96
<b>DINOPHYCEAE</b>														
<i>Ceratium fusus</i>		1				2						1	4	0.71
<i>Protoperdinium sp.</i>		1						2	1	2			6	1.06
<b>CHRYSOPHYTA</b>														
<i>Dictyocha speculum</i>							1					1	2	0.35
출현종 수	3	4	7	9	7	9	4	6	7	9	9		17	3.01
출현 개체수	17	19	51	73	42	70	24	73	60	90	45		564	100

표 1-3-5. 추계(2006년 10월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)  
 Table 1-3-5. The species composition and standing crop of phytoplankton  
 in surface water in October, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>													
<i>Asteionella glacialis</i>	8			10					14				
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>				12	9	16	16						
<i>Biddulphia longicuris</i>	16		4					18		2			
<i>Chaetoceros affinis</i>	6		12	8	15			28			14		
<i>Chaetoceros danicus</i>		3			2				3			2	
<i>Chaetoceros didymus</i>		5		4		14		18				14	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>					10		14		16	12	18		
<i>Coscinodiscus sp</i>			1	1	3	1						1	
<i>Ditylum brighwellii</i>			2				1		1				
<i>Eucampia zodiacus</i>	8			12	19	8		12					
<i>Leptocylindrus danicus</i>							8		14		18	5	
<i>Nitzschia pungens</i>	7		12	9	15	3	8	21			15	9	
<i>Odontella sinensis</i>		1			1					1			
<i>Pleurosigma sp</i>			2	1							2		
<i>Rhizosolenia setigera</i>		4	2		1		2		3				
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		8		10	5		9			6		12	
<b>DINOPHYCEAE</b>													
<i>Ceratium breve</i>		2			2		1			2			
<i>Ceratium furca</i>				1				2					
<i>Ceratium fusus</i>						1					1		
<i>Protoperdinium sp</i>					2		1				1		
<b>CHRYSOPHYTA</b>													
<i>Dictyocha fubula</i>			1					1			1		
출현종 수	5	6	8	10	12	6	9	7	6	5	8	6	
출현 개체수	45	23	36	68	84	43	60	100	51	23	70	43	

표 1-3-5. 계 속

Table 1-3-5. Continue

Species	Station										합계	우점율	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>													
<i>Asteionella glacialis</i>				5	2		5					44	3.84
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>				12			12					77	6.72
<i>Biddulphia longicuris</i>		12		8		2						62	5.41
<i>Chaetoceros affinis</i>	14				18	9		6				130	11.34
<i>Chaetoceros danicus</i>							2		5			17	1.48
<i>Chaetoceros didymus</i>	8	15			19							97	8.46
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>			15			18	15	6	15			139	12.13
<i>Coscinodiscus sp</i>		1									2	10	0.87
<i>Ditylum brighwellii</i>	2				1							7	0.61
<i>Eucampia zodiacus</i>	12	10	15	15	15					12		138	12.04
<i>Leptocylindrus danicus</i>			4		7	13	6					75	6.54
<i>Nitzschia pungens</i>	18			8	15			9	21			170	14.83
<i>Odontella sinensis</i>			1									4	0.35
<i>Pleurosigma sp</i>	1		2		2					1		11	0.96
<i>Rhizosolenia setigera</i>			2			3		1	3			21	1.83
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>	12			4	12	15		6	12			111	9.69
<b>DINOPHYCEAE</b>													
<i>Ceratium breve</i>	1		1									9	0.79
<i>Ceratium furca</i>									1			4	0.35
<i>Ceratium fusus</i>	1	1			2							6	0.52
<i>Protoperdinium sp</i>		1	1			2						8	0.70
<b>CHRYSOPHYTA</b>													
<i>Dictyocha fubula</i>			2							1		6	0.52
출현종 수	9	6	9	6	10	7	5	5	10			21	
출현 개체수	69	40	43	52	93	62	40	28	73			1,146	100



표 1-3-6. 추계(2006년 10월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)  
 Table 1-3-6. The species composition and standing crop of phytoplankton  
 in 25m depth in October, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Asteionella glacialis</i>			4										
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>				5				16				12	
<i>Biddulphia longicuris</i>			2						4				
<i>Chaetoceros affinis</i>								12		12			
<i>Chaetoceros danicus</i>		1							2				
<i>Chaetoceros didymus</i>					2		4			14		3	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>								14			12		4
<i>Coscinodiscus sp</i>												2	
<i>Ditylum brighwellii</i>					1	1		16					
<i>Eucampia zodiacus</i>									3		2		
<i>Leptocylindrus danicus</i>		4			2				8			3	
<i>Nitzschia pungens</i>			2			12	5	7	12				
<i>Pleurosigma sp</i>				1								2	
<i>Rhizosolenia setigera</i>								4					
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		6		3			3		6	6		15	3
<b>DINOPHYCEAE</b>													
<i>Ceratium furca</i>		1				1		1			2		
<i>Ceratium fusus</i>													1
<i>Protoperidinium sp</i>						1				2			
출현종 수		4	3	3	3	4	3	7	6	4	3	6	3
출현 개체수		12	8	9	5	15	12	70	35	34	16	37	8

표 1-3-6. 계 속

Table 1-3-6. Continue

Species	Station										합계	우점율
	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Asteionella glacialis</i>	3				5					2	14	2.77
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>		8									41	8.12
<i>Biddulphia longicuris</i>		2	5		3		4			3	23	4.55
<i>Chaetoceros affinis</i>			14	2						10	50	9.90
<i>Chaetoceros danicus</i>						1	2				6	1.19
<i>Chaetoceros didymus</i>	12				6						41	8.12
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>							12			12	54	10.69
<i>Coscinodiscus sp</i>			1			1					4	0.79
<i>Ditylum brighwellii</i>									1		19	3.76
<i>Eucampia zodiacus</i>				4	4		5	3			21	4.16
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3	12								4	36	7.13
<i>Nitzschia pungens</i>	10	12	9		12		16				97	19.21
<i>Pleurosigma sp</i>			1	1	1						6	1.19
<i>Rhizosolenia setigera</i>				2			3				9	1.78
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>	6		12		6					4	70	13.86
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Ceratium furca</i>		1		1							7	1.39
<i>Ceratium fusus</i>									1		2	0.40
<i>Protoperdinium sp</i>		1								1	5	0.99
출현종 수	5	6	6	5	7	2	6	5	5		18	
출현 개체수	34	36	42	10	37	2	42	10	31		505	100

표 1-3-7. 동계(2006년 11월) 표층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)  
 Table 1-3-7. The species composition and standing crop of phytoplankton  
 in surface water in November, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Chaetoceros danicus</i>							1					1
<i>Chaetoceros pendulus</i>											4	
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>		12					12	9		7		
<i>Coscinodiscus sp</i>												
<i>Cylindrotheca closterium</i>					1				2	2	2	
<i>Ditylum brighwellii</i>	1					1						1
<i>Eucampia zodiacus</i>		8	4		2			8		2	6	
<i>Leptocylindrus danicus</i>				11				12				
<i>Licmophora paradoxa</i>			4								3	4
<i>Melosira juergensii</i>						7			12		3	5
<i>Nitzschia pungens</i>	12	7			4	8	12	7	14	12		
<i>Pleurosigma sp</i>			1	2				2	2	1		3
<i>Rhizosolenia delicatula</i>												
<i>Rhizosolenia setigera</i>		1	2				4				5	4
<i>Rhizosolenia stolterforhii</i>	4					2					4	7
<i>Skeletonema costatum</i>	5		13		3	8	4			14	12	14
<i>Stephanopyxis turris</i>			2								2	4
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>	2			10				4		12		
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Ceratium furca</i>	1			1								2
<b>CHRYSOPHYTA</b>												
<i>Dictyocha speculum</i>		1		3								
출현종 수	6	5	6	5	4	5	5	6	4	8	9	9
출현 개체수	25	29	26	27	10	26	33	42	30	53	42	41

표 1-3-7. 계 속

Table 1-3-7. Continue

Species	Station										합계	우점율	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>													
<i>Chaetoceros danicus</i>				2								4	0.48
<i>Chaetoceros pendulus</i>			4									8	0.96
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>	12		12		14		16	14	15			123	14.80
<i>Coscinodiscus sp</i>								1				1	0.12
<i>Cylindrotheca closterium</i>			3					3				13	1.56
<i>Ditylum brighwellii</i>				1	2							6	0.72
<i>Eucampia zodiacus</i>		3			8		8	12				61	7.34
<i>Leptocylindrus danicus</i>	12	11					13					59	7.10
<i>Licmophora paradoxa</i>												11	1.32
<i>Melosira juergensii</i>			5	4		5	10	5				56	6.74
<i>Nitzschia pungens</i>				12	13		15	12				128	15.40
<i>Pleurosigma sp</i>			2	1		2	1					17	2.05
<i>Rhizosolenia delicatula</i>				12		13	14					39	4.69
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3		1							4		24	2.89
<i>Rhizosolenia stolterforhii</i>		4	4	8	2	6	3					44	5.29
<i>Skeletonema costatum</i>	5	13	8					16	7	13		135	16.25
<i>Stephanopyxis turris</i>				4	2					4		18	2.17
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		12		9				12		12		73	8.78
<b>DINOPHYCEAE</b>													
<i>Ceratium furca</i>			1									5	0.60
<b>CHRYSOPHYTA</b>													
<i>Dictyocha speculum</i>					1					1		6	0.72
출현종 수	4	5	9	9	7	6	11	5	6			20	
출현 개체수	32	43	40	53	42	39	99	50	49			831	100

표 1-3-8. 동계(2006년 11월) 중층의 식물플랑크톤 종 조성 및 현존량( $\times 10^2$ cells/L)

Table 1-3-8. The species composition and standing crop of phytoplankton in 25m depth water in November, 2006 ( $\times 10^2$ cells/L)

Species	Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Chaetoceros danicus</i>							3					3	
<i>Chaetoceros pendulus</i>				2					5				
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>		6					14	10	12	21		18	16
<i>Coscinodiscus sp</i>													1
<i>Cylindrotheca closterium</i>									5		5		
<i>Ditylum brighwellii</i>								1					
<i>Eucampia zodiacus</i>			3			6			8		12		12
<i>Leptocylindrus danicus</i>		6			6		15			13			
<i>Licmophora paradoxa</i>								4				4	
<i>Melosira juergensii</i>				5		5			4	7			
<i>Nitzschia pungens</i>		6			6		18	12	15	14	15	6	12
<i>Pleurosigma sp</i>						1	1		1			3	1
<i>Rhizosolenia delicatula</i>										8			
<i>Rhizosolenia setigera</i>					3		3	6			3	3	
<i>Rhizosolenia stolterforhii</i>									12	4			4
<i>Skeletonema costatum</i>		2		6		5	6	15	18		5	18	
<i>Stephanopyxis turris</i>					1					3			2
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>			4					14	3			12	6
<b>DINOPHYCEAE</b>													
<i>Ceratium furca</i>		1		1									
<b>CHRYSOPHYTA</b>													
<i>Dictyocha speculum</i>					1					2		2	
출현종 수		4	3	4	5	4	7	7	10	8	6	9	8
출현 개체수		15	13	14	17	17	60	62	83	72	40	69	54

표 1-3-8. 계 속

Table 1-3-8. Continue

Species	Station										합계	우점율
	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>												
<i>Chaetoceros danicus</i>		2						2	2		12	1.15
<i>Chaetoceros pendulus</i>		5		4			2				18	1.72
<i>Chaetoceros pseudocurvisetum</i>	10		13		10	16				16	162	15.47
<i>Coscinodiscus sp</i>		1			2					1	5	0.48
<i>Cylindrotheca closterium</i>							2				12	1.15
<i>Ditylum brighwellii</i>		3			3		1			1	9	0.86
<i>Eucampia zodiacus</i>				15					12		68	6.49
<i>Leptocylindrus danicus</i>	12				21	11					84	8.02
<i>Licmophora paradoxa</i>			2					4			14	1.34
<i>Melosira juergensii</i>		2		5	3	3			10		44	4.20
<i>Nitzschia pungens</i>		15	21		18			28	15	15	216	20.63
<i>Pleurosigma sp</i>	3		2						2		14	1.34
<i>Rhizosolenia delicatula</i>				16							24	2.29
<i>Rhizosolenia setigera</i>	5	4		3	2	1					33	3.15
<i>Rhizosolenia stolterforhii</i>	6							12	6		44	4.20
<i>Skeletonema costatum</i>	13	14	15	12	12	4				18	163	15.57
<i>Stephanopyxis turris</i>			1					3			10	0.96
<i>Thalassiosira nitzchioides</i>		12	3	13	16	9	3			3	98	9.36
<b>DINOPHYCEAE</b>												
<i>Ceratium furca</i>	3			2				1			8	0.76
<b>CHRYSOPHYTA</b>												
<i>Dictyocha speculum</i>			2			2					9	0.86
출현종 수	7	9	8	8	10	7	9	6	7		20	
출현 개체수	52	58	59	70	87	46	56	47	56		1,047	100

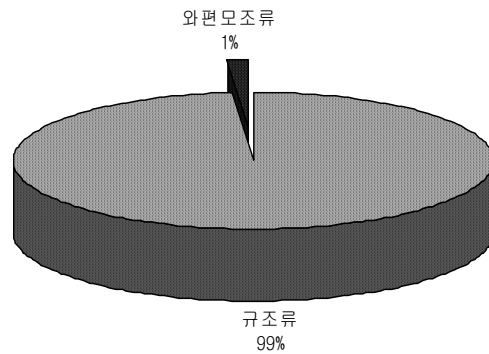


그림 1-3-1. 춘계(2006년 4월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-1. The species composition of phytoplankton in surface water in April, 2006.

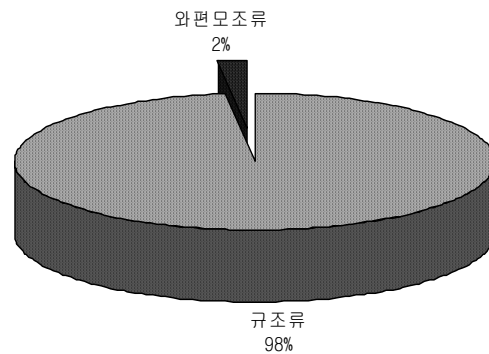


그림 1-3-2. 춘계(2006년 4월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-2. The species composition of phytoplankton in 25m depth in April, 2006.

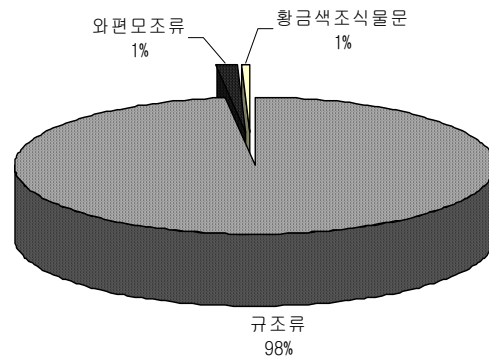


그림 1-3-3. 하계(2006년 8월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-3. The species composition of phytoplankton in surface water in August, 2006.

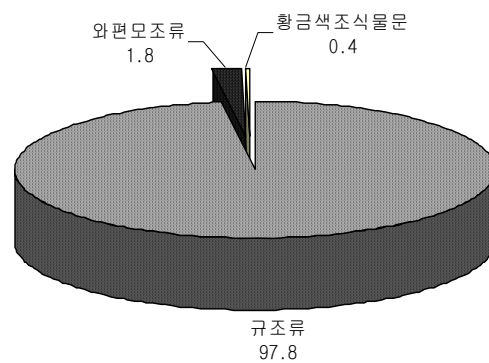


그림 1-3-4. 하계(2006년 8월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-4. The species composition of phytoplankton in 25m depth in August, 2006.



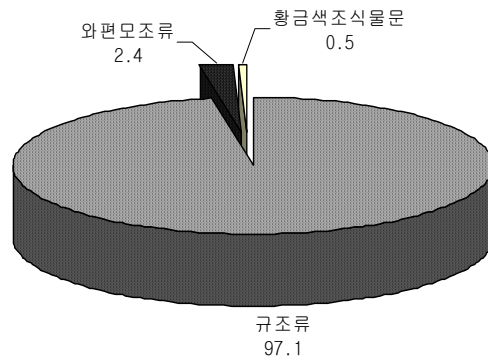


그림 1-3-5. 추계(2006년 10월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-5. The species composition of phytoplankton in surface water in October, 2006.

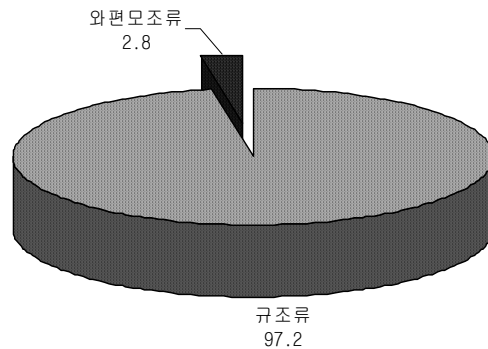


그림 1-3-6. 추계(2006년 10월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-6. The species composition of phytoplankton in 25m depth in October, 2006.

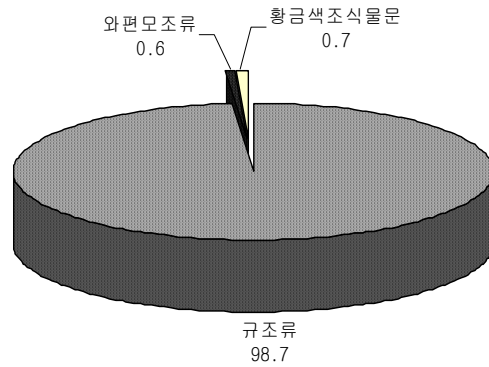


그림 1-3-7. 동계(2006년 11월) 출현한 표층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-7. The species composition of phytoplankton in surface water in November, 2006.

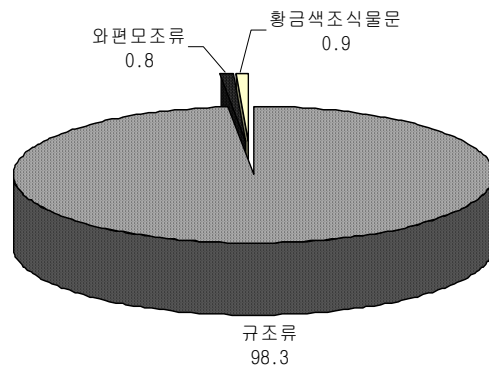


그림 1-3-8. 동계(2006년 11월) 출현한 중층 식물플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-8 The species composition of phytoplankton in 25m depth in November, 2006.

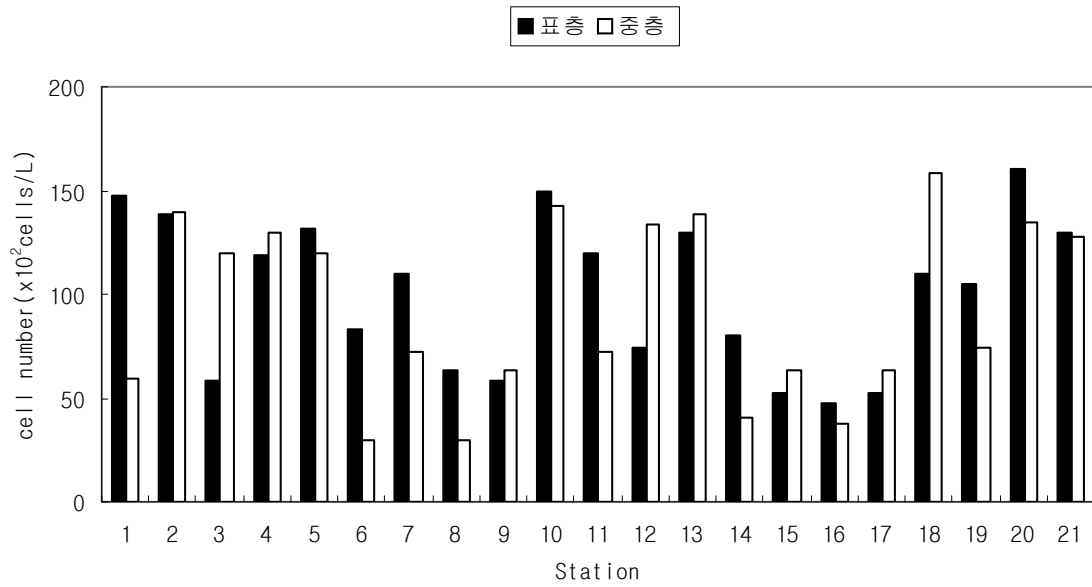


그림 1-3-9. 춘계(2006년 4월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량.

Fig. 1-3-9. Standing crop of phytoplankton in April, 2006.

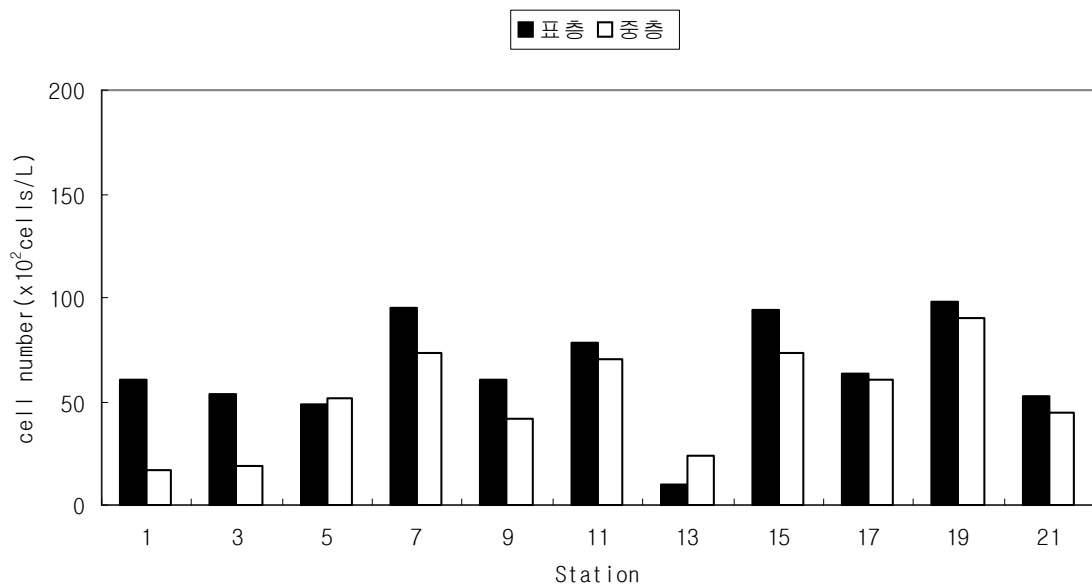


그림 1-3-10. 하계(2006년 8월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량.

Fig. 1-3-10. Standing crop of phytoplankton in August, 2006.

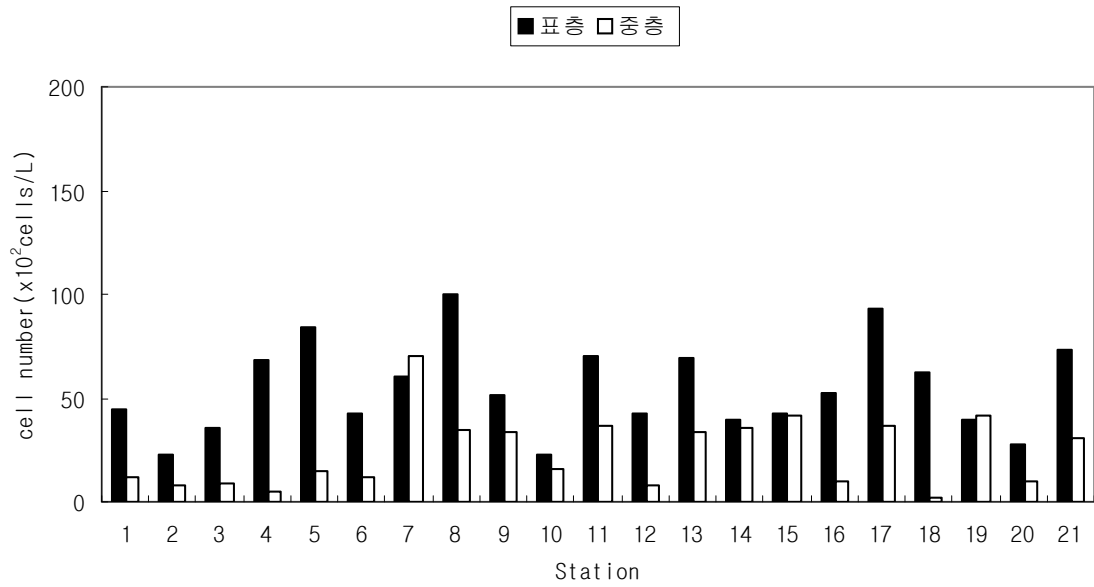


그림 1-3-11. 추계(2006년 10월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량.

Fig. 1-3-11. Standing crop of phytoplankton in October, 2006.

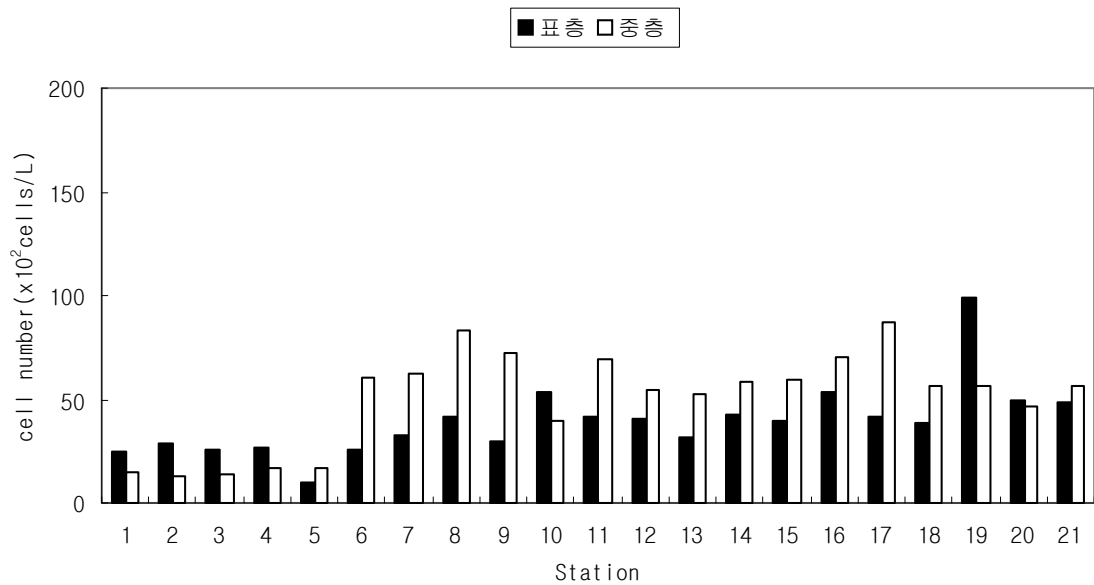


그림 1-3-12. 동계(2006년 11월) 출현한 식물플랑크톤의 현존량.

Fig. 1-3-12. Standing crop of phytoplankton in November, 2006.

## 나. 생태지수

조사해역의 식물플랑크톤 조사시기별 생태지수(종다양성지수, 풍부도지수, 균등성지수)를 그림 1-3-13~1-3-24 및 표 1-3-9~1-3-12에 나타내었다.

2006년 4월 표층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 1.14(정점 8)~2.39(정점 10)의 분포범위를 보여 정점 10이 상대적으로 가장 안정된 군집구조를 보였으며 이와 반대로 정점 8에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.72(정점 8)~2.84(정점 2)의 풍부도지수 범위를 보였으며, 0.78(정점 12)~0.92(정점 16)의 균등도지수 범위를 보였다.

한편 중층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 종다양성 지수는 0.67(정점 18)~2.42(정점 21)의 분포범위를 보여 정점 21가 상대적으로 군집구조가 안정되어 있음을 보여주었고, 정점 18에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.64(정점 18)~2.89(정점 21)의 풍부도지수 범위를, 0.61(정점 18)~0.91(정점 20)의 균등도지수 범위를 보였다.

2006년 8월 표층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 0.95(정점 13)~2.01(정점 11)의 분포범위를 나타내 정점 11가 가장 안정된 군집구조를 보였으며, 정점 13에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.87(정점 13)~2.53(정점 21)의 풍부도지수 분포범위를 보였고, 0.81(정점 19)~0.91(정점 17)의 균등도지수 분포범위를 나타내었다.

한편 중층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 종다양성지수는 1.26(정점 13)~2.30(정점 19)의 분포범위를 나타내 정점 19가 상대적으로 군집구조가 안정되어 있음을 보여주었고, 정점 13에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.71(정점 1)~2.10(정점 21)의 풍부도지수 분포범위를, 0.91(정점 13)~1.24(정점 1)의 균등도지수 분포범위를 보였다.

2006년 10월 표층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 0.90(정점 10)~1.94(정점 5)의 분포범위를 보

여 정점 5가 상대적으로 가장 안정된 군집구조를 보였으며 이와 반대로 정점 10에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 1.05(정점 1)~2.48(정점 5)의 풍부도지수 범위를 보였으며, 0.56(정점 10)~0.96(정점 1)의 균등도지수 범위를 보였다.

한편 중층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 종다양성 지수는 0.69(정점 18)~1.77(정점 17)의 분포범위를 보여 정점 17가 상대적으로 군집구조가 안정되어 있음을 보여주었고, 정점 18에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.72(정점 10)~1.74(정점 16, 20)의 풍부도지수 범위를, 0.52(정점 5)~1.00(정점 18)의 균등도지수 범위를 보였다.

2006년 11월 표층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 1.08(정점 9)~2.15(정점 19)의 분포범위를 나타내 정점 19가 가장 안정된 군집구조를 보였으며, 정점 9에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.87(정점 13)~2.18(정점 19)의 풍부도지수 분포범위를 보였고, 0.78(정점 9)~0.96(정점 20)의 균등도지수 분포범위를 나타내었다.

한편 중층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 종다양성지수는 1.06(정점 2)~2.08(정점 8)의 분포범위를 나타내 정점 2이 상대적으로 군집구조가 안정되어 있음을 보여주었고, 정점 8에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.78(정점 2)~2.04(정점 8)의 풍부도지수 분포범위를, 0.71(정점 19)~0.96(정점 2)의 균등도지수 분포범위를 보였다.

표 1-3-9. 춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-9. Ecological literacy of phytoplankton in April, 2006

St.	종다양성지수		풍부도지수		균등도지수	
	표층	중층	표층	중층	표층	중층
1	1.78	1.28	1.60	0.98	0.81	0.79
2	2.28	2.31	2.84	2.43	0.84	0.90
3	1.44	2.06	1.23	2.30	0.80	0.83
4	2.17	2.13	2.30	2.26	0.87	0.86
5	1.94	2.25	1.84	2.51	0.84	0.88
6	1.82	1.36	1.58	1.18	0.88	0.85
7	1.64	1.68	1.06	1.40	0.91	0.86
8	1.14	1.17	0.72	0.88	0.82	0.84
9	1.63	1.86	1.23	1.69	0.91	0.89
10	2.39	2.34	2.79	2.82	0.88	0.86
11	2.18	1.62	2.51	1.40	0.85	0.83
12	1.53	2.27	1.39	2.45	0.78	0.88
13	2.18	2.28	2.26	2.63	0.88	0.86
14	1.80	1.64	1.60	1.62	0.87	0.84
15	1.53	1.86	1.27	1.69	0.85	0.89
16	1.79	1.44	1.55	1.10	0.92	0.89
17	1.59	1.89	1.52	1.92	0.82	0.86
18	2.04	0.67	2.13	0.64	0.85	0.61
19	2.10	1.59	1.93	1.16	0.91	0.89
20	2.17	2.27	2.17	2.24	0.87	0.91
21	2.17	2.42	2.05	2.89	0.90	0.89

표 1-3-10. 하계(2006년 8월) 식물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-10. Ecological literacy of phytoplankton in August, 2006

St.	종다양성지수		풍부도지수		균등도지수	
	표층	중층	표층	중층	표층	중층
1	1.92	1.36	2.20	0.71	0.84	1.24
3	1.87	1.36	2.01	1.02	0.85	0.98
5	1.53	1.88	1.28	1.53	0.86	0.97
7	1.83	2.251	1.76	1.86	0.83	1.01
9	1.91	1.98	1.95	1.61	0.87	1.02
11	2.01	2.16	2.29	1.88	0.84	0.98
13	0.95	1.26	0.87	0.94	0.86	0.91
15	1.84	1.88	1.54	1.17	0.89	1.05
17	1.89	1.98	1.69	1.47	0.91	1.02
19	1.85	2.30	1.95	1.78	0.81	1.05
21	1.98	2.12	2.53	2.10	0.83	0.96

표 1-3-11. 추계(2006년 10월) 식물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-11. Ecological literacy of phytoplankton in October, 2006

St.	종다양성지수		풍부도지수		균등도지수	
	표층	중층	표층	중층	표층	중층
1	1.54	1.13	1.05	1.12	0.96	0.81
2	1.25	1.04	1.59	0.96	0.70	0.95
3	1.66	0.94	1.95	0.91	0.80	0.85
4	1.77	1.05	2.13	1.24	0.77	0.96
5	1.94	0.72	2.48	1.11	0.78	0.52
6	1.41	1.08	1.33	0.80	0.79	0.98
7	1.55	1.75	1.95	1.41	0.70	0.90
8	1.68	1.63	1.30	1.41	0.86	0.91
9	1.48	1.21	1.27	0.85	0.83	0.87
10	0.90	0.74	1.28	0.72	0.56	0.67
11	1.63	1.45	1.65	1.38	0.79	0.81
12	1.17	0.97	1.33	0.96	0.65	0.89
13	1.51	1.10	1.89	1.13	0.69	0.68
14	1.35	1.43	1.36	1.40	0.75	0.80
15	1.65	1.40	2.13	1.34	0.75	0.78
16	1.50	1.47	1.27	1.74	0.84	0.91
17	1.72	1.77	1.99	1.66	0.75	0.91
18	1.33	0.69	1.45	1.44	0.69	1.00
19	1.42	1.54	1.08	1.34	0.88	0.86
20	1.14	1.42	1.20	1.74	0.71	0.88
21	1.57	1.40	2.10	1.16	0.68	0.87



표 1-3-12. 동계(2006년 11월) 식물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-12. Ecological literacy of phytoplankton in November, 2006

St.	종다양성지수		풍부도지수		균등도지수	
	표층	중층	표층	중층	표층	중층
1	1.43	1.18	1.55	1.11	0.80	0.85
2	1.30	1.06	1.19	0.78	0.81	0.96
3	1.44	1.20	1.53	1.14	0.81	0.86
4	1.29	1.37	1.21	1.41	0.80	0.85
5	1.28	1.25	1.30	1.06	0.92	0.90
6	1.40	1.65	1.23	1.47	0.87	0.85
7	1.35	1.76	1.14	1.45	0.84	0.90
8	1.68	2.08	1.34	2.04	0.93	0.90
9	1.08	1.85	0.88	1.64	0.78	0.89
10	1.78	1.44	1.76	1.36	0.85	0.81
11	2.04	1.89	2.14	1.89	0.93	0.86
12	1.90	1.74	2.15	1.75	0.86	0.83
13	1.25	1.81	0.87	1.52	0.90	0.93
14	1.47	1.87	1.06	1.97	0.92	0.85
15	1.93	1.61	2.17	1.72	0.88	0.78
16	1.92	1.87	2.01	1.65	0.88	0.90
17	1.57	1.91	1.61	2.02	0.81	0.83
18	1.44	1.64	1.36	1.57	0.80	0.84
19	2.15	1.56	2.18	1.99	0.90	0.71
20	1.55	1.57	1.02	1.30	0.96	0.88
21	1.55	1.50	1.28	1.49	0.86	0.77

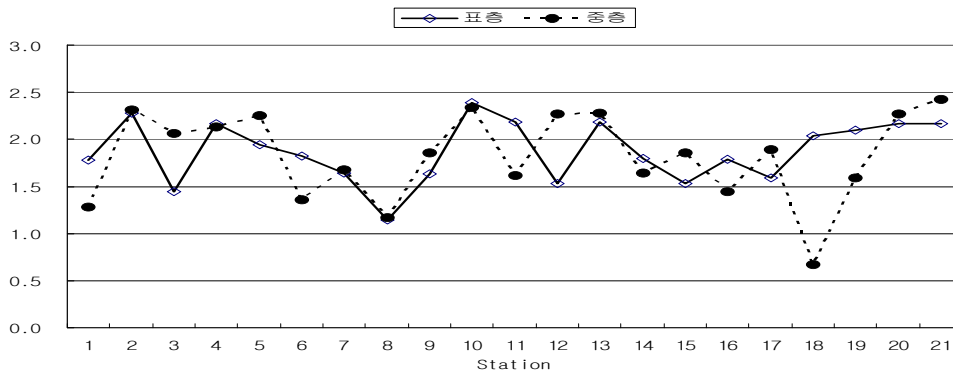


그림 1-3-13. 춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-13. Diversity index of phytoplankton in April, 2006.

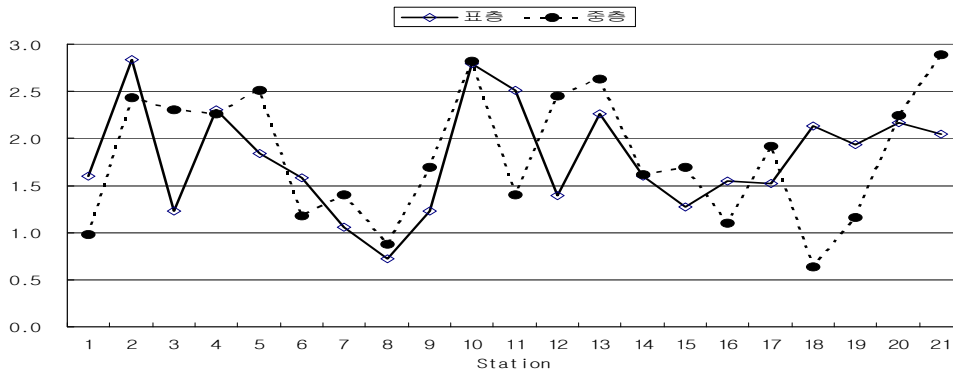


그림 1-3-14. 춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-14. Richness index of phytoplankton in April, 2006.

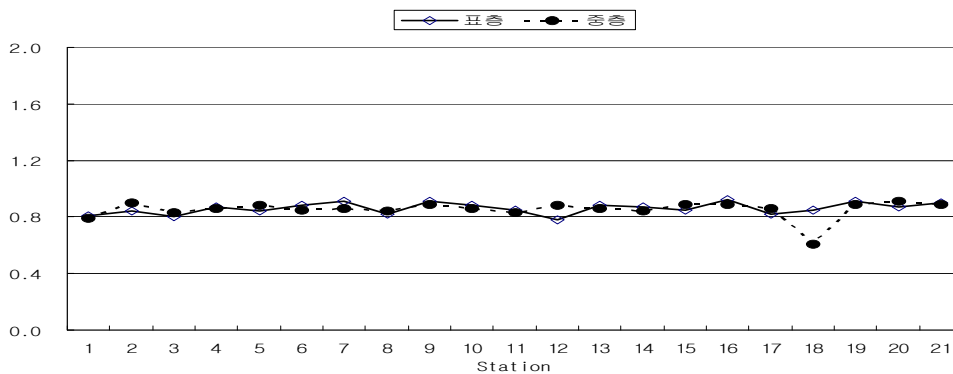


그림 1-3-15. 춘계(2006년 4월) 식물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-15. Evenness index of phytoplankton in April, 2006.

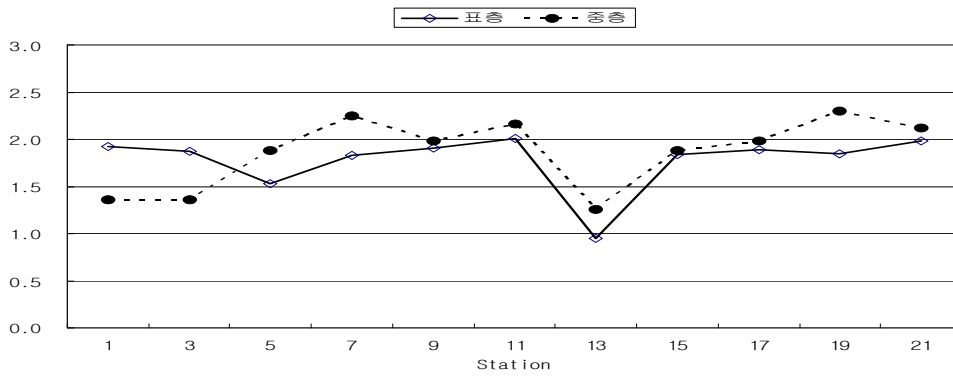


그림 1-3-16. 하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-16. Diversity index of phytoplankton in August, 2006.

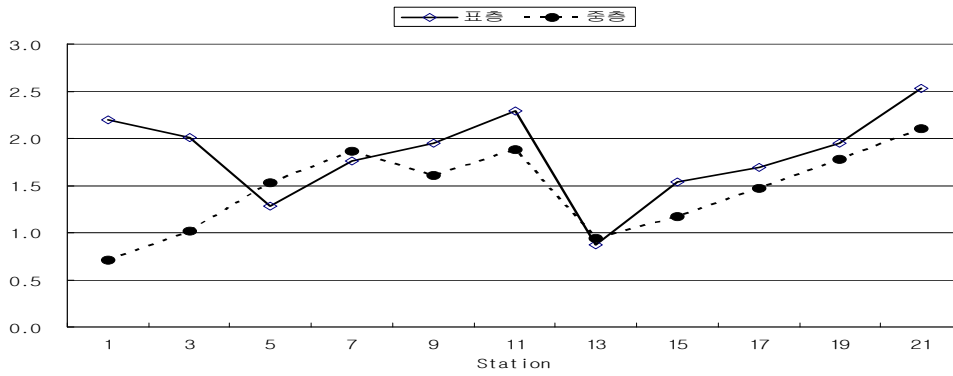


그림 1-3-17. 하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-17. Richness index of phytoplankton in August, 2006.

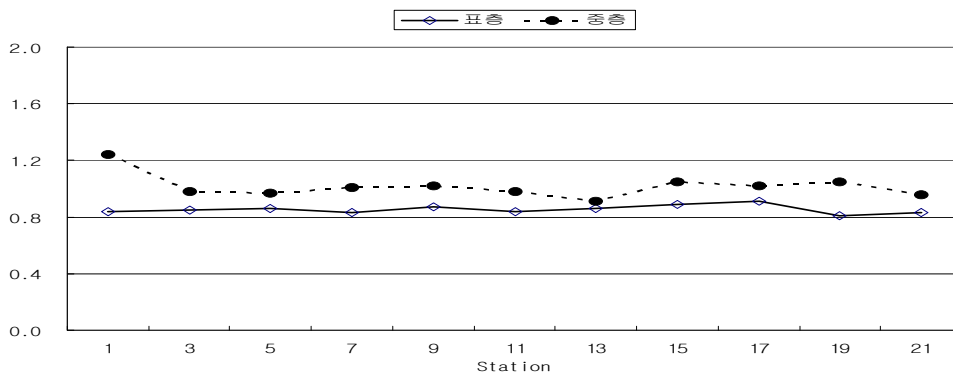


그림 1-3-18. 하계(2006년 8월) 식물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-18. Evenness index of phytoplankton in August, 2006.

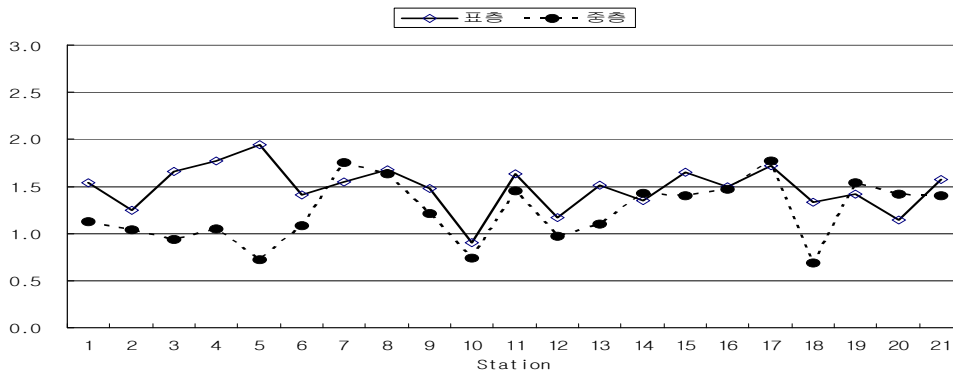


그림 1-3-19. 추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-19. Diversity index of phytoplankton in October, 2006.

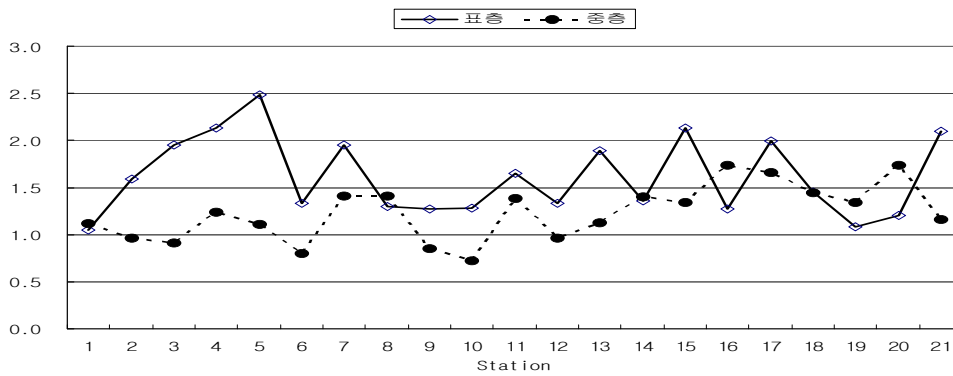


그림 1-3-20. 추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-20. Richness index of phytoplankton in October, 2006.

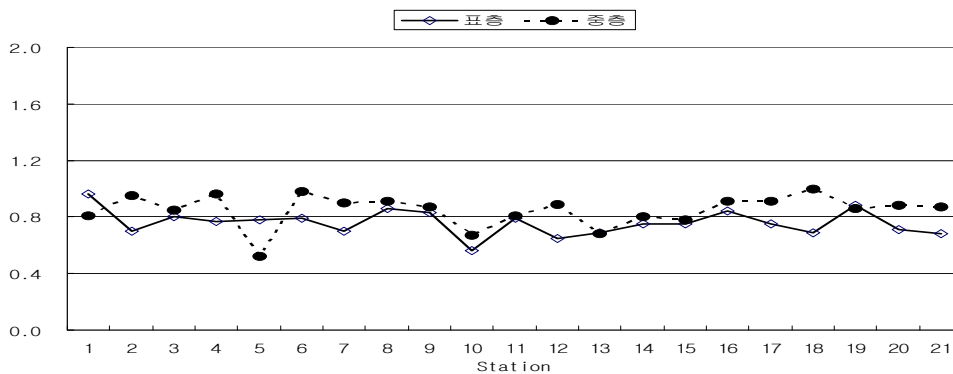


그림 1-3-21. 추계(2006년 10월) 식물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-21. Evenness index of phytoplankton in October, 2006.

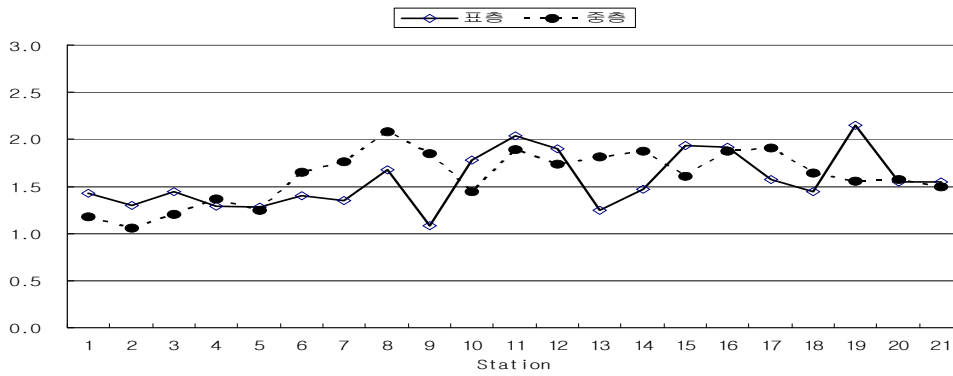


그림 1-3-22. 동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-22. Diversity index of phytoplankton in November, 2006.

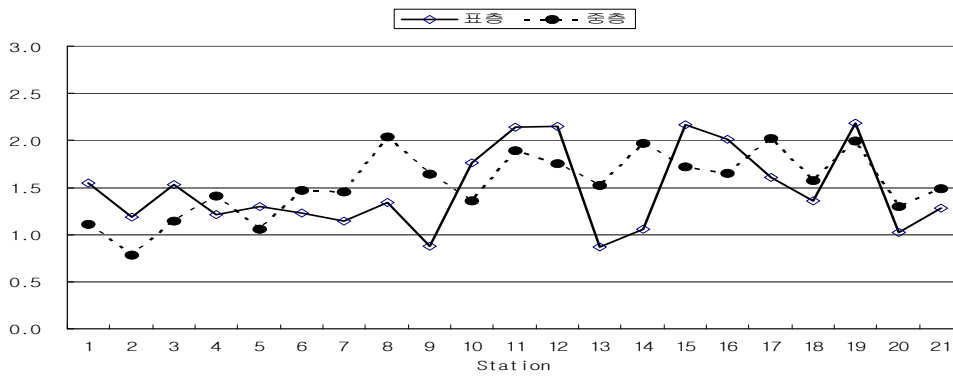


그림 1-3-23. 동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-23. Richness of phytoplankton in November, 2006.

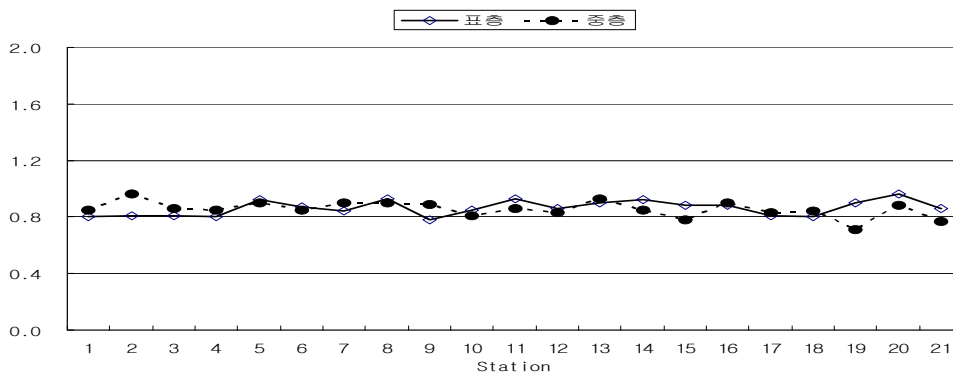


그림. 1-3-24. 동계(2006년 11월) 식물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-24. Evenness of phytoplankton in November, 2006.

#### 1.3.4.2 생균수

춘계(2006년 4월) 조사결과 정점별 생균수 분포를 그림 1-3-25에 나타내었다. 생균수 분포는  $0.1\sim 25\times 10^3\text{cfu/ml}$ 의 범위로 나타났으며, 평균생균수는  $5.64\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 나타났다. 정점 17에서 가장 높은 생균수( $25\times 10^3\text{cfu/ml}$ )를 보였으며, 정점 20에서도 그와 비슷한 생균수( $24\times 10^3\text{cfu/ml}$ )로 높게 조사되었다. 한편 정점 2, 8, 12에서  $0.1\sim 0.2\times 10^3\text{cfu/ml}$  범위로 낮은 분포를 보였다.

하계(2006년 8월) 조사결과 정점별 생균수 분포를 그림 1-3-26에 나타내었다. 생균수의 분포는  $0.4\sim 187\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 넓은 분포 범위를 보였으며, 평균생균수는  $46.7\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 나타났다. 정점 19에서 가장 높은 생균수( $187\times 10^3\text{cfu/ml}$ )를 나타냈으며, 정점 11에서  $158\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 상대적으로 높은 생균수 분포를 나타내었다.

한편, 정점 1, 13, 17에서  $0.4\sim 0.6\times 10^3\text{cfu/ml}$  범위로 가장 낮은 분포를 나타내었고, 정점 5, 9에서는 colony가 형성되지 않았다.

추계(2006년 10월) 조사결과 정점별 생균수 분포는 그림 1-3-27에 나타내었다. 생균수 분포는  $3\sim 35\times 10^3\text{cfu/ml}$ 의 범위로 나타났으며, 평균생균수는  $15.5\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 나타났다. 정점 8, 19에서 각각 34,  $35\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 가장 높은 생균수를 보인 반면, 정점 3, 20에서는  $5\times 10^3\text{cfu/ml}$ 이하로 가장 낮은 분포를 보였으며, 정점 9에서는 colony가 형성되지 않았다.

동계(2006년 11월) 조사결과 정점별 생균수 분포는 그림 1-3-28에 나타내었다. 생균수 분포는  $0.1\sim 10.9\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 나타났으며, 평균생균수는  $2.2\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로 나타났다. 정점 7에서 가장 높은 생균수( $10.9\times 10^3\text{cfu/ml}$ )를 나타낸 반면, 정점 1, 2, 11, 12에서는  $0.3\times 10^3\text{cfu/ml}$ 이하로 가장 낮은 분포를 보였으며, 정점 13에서는 colony가 형성되지 않았다. 2006년도 조사결과 전체적인 평균 생균수는  $17\times 10^3\text{cfu/ml}$ 로, 2005년도 조사결과  $5.2\times 10^3\text{cfu/ml}$ 보다 약 3배정도 높은 분포를 나타내었다.

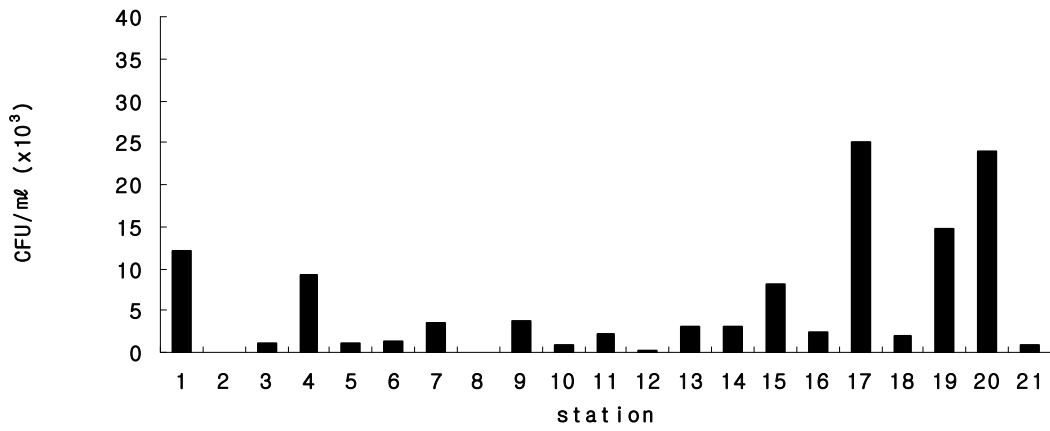


그림 1-3-25. 춘계(2006년 4월) 표층(1m) 생균수.

Fig. 1-3-25. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface April, 2006.

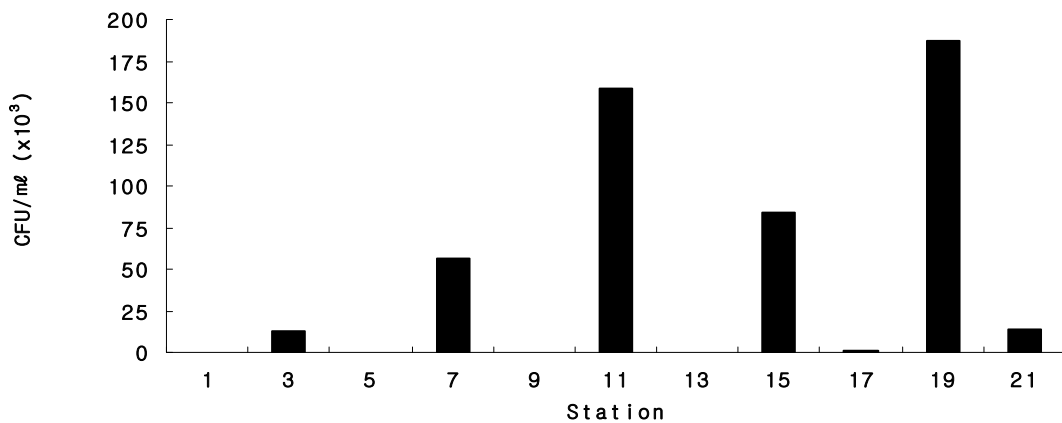


그림 1-3-26 하계(2006년 8월) 표층(1m) 생균수.

Fig. 1-3-26. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface August, 2006.

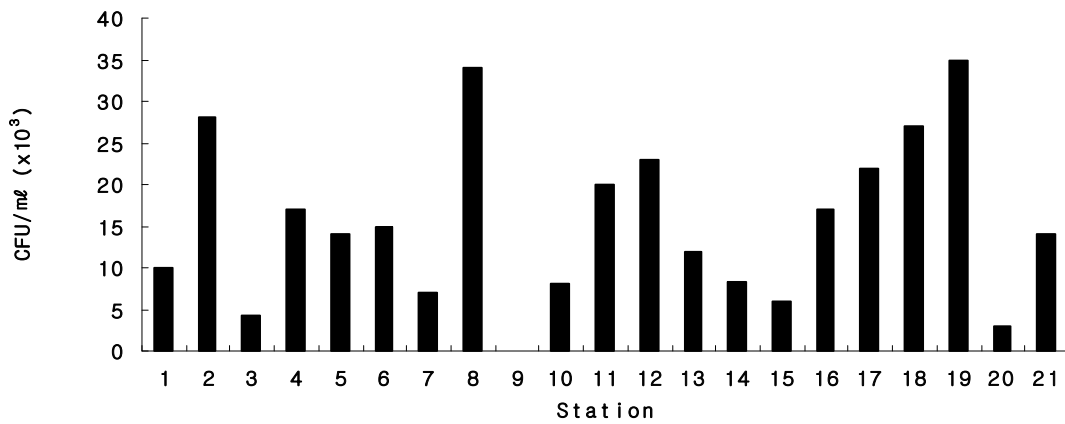


그림 1-3-27. 추계(2006년 10월) 표층(1m) 생균수.

Fig. 1-3-27. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface October, 2006.

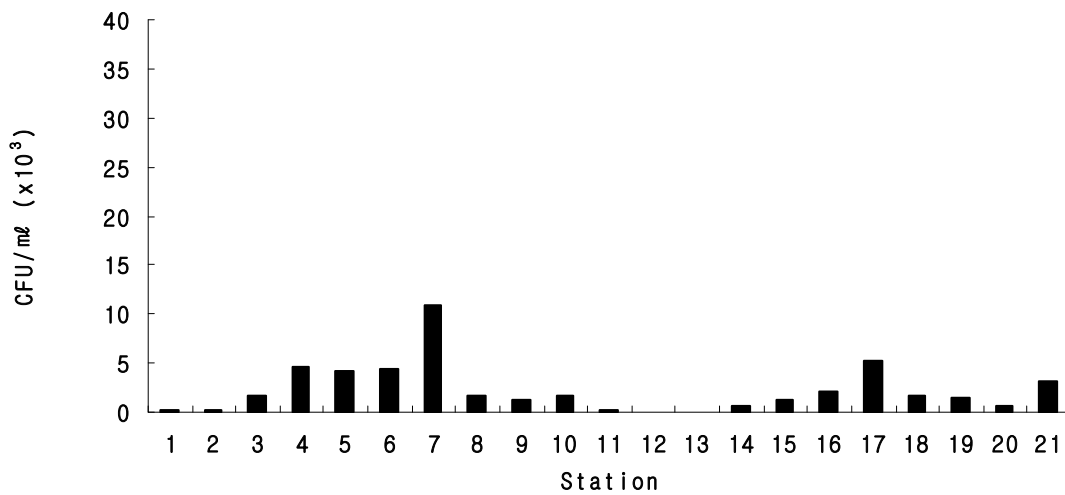


그림 1-3-28. 동계(2006년 11월) 표층(1m) 생균수.

Fig 1-3-28. Distribution of CFU(colony Forming Unit) in surface November, 2006.



### 1.3.4.3 동물플랑크톤

#### 가. 종조성 및 출현밀도

조사해역의 동물플랑크톤 조사시기별 종조성 및 출현밀도를 그림 1-3-29~1-3-32 및 표 1-3-13~1-3-16에 나타내었다.

춘계(2006년 4월) 조사결과 채집된 동물플랑크톤의 종조성은 전체를 큰 분류군으로 나누면 지각류, 요각류, 십각류, 원생동물, 모악동물이 출현 하였으며, 지각류 2종, 요각류 12종, 십각류 1종 그리고 원생동물 1종, 모악동물 1종이 출현하였다. 출현밀도는 전체 출현량 21,602.13inds/m<sup>3</sup> 중에서 지각류 295.12inds/m<sup>3</sup>, 요각류 19,916.57inds/m<sup>3</sup>, 십각류 997.18inds/m<sup>3</sup>, 원생동물 168.54inds/m<sup>3</sup>, 모악동물 224.72inds/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 평균 1028.67inds/m<sup>3</sup>이었다. 정점별로 최소 210.63inds/m<sup>3</sup>(정점 3), 최대 2120.79inds/m<sup>3</sup>(정점 2)범위를 보여 정점 사이의 차이를 많이 보였다. 2005년도 조사결과와 비교하였을 때 이 시기의 동물플랑크톤의 풍도는 약 3배 정도 증가하였다.

하계(2006년 8월) 조사결과 채집된 동물플랑크톤의 종조성은 전체를 큰 분류군으로 나누면 지각류 2종, 요각류 10종, 십각류 1종, 모악동물 1종이 출현하였다. 출현밀도는 전체 출현량 5,339.05inds/m<sup>3</sup> 중에서 지각류 140.5inds/m<sup>3</sup>, 요각류 4,917.55inds/m<sup>3</sup>, 십각류 140.5inds/m<sup>3</sup>, 모악동물 140.5inds/m<sup>3</sup>로 낮은 분포를 보였다.

평균 485.36inds/m<sup>3</sup>이었으며, 정점별로 281-843inds/m<sup>3</sup>의 범위를 보여 춘계조사에 비해 정점 간 차이는 많이 나타나지 않았다. 가장 높은 개체수 밀도를 보인 정점은 춘계조사와 다르게 정점 5로 다른 정점에 비해 많이 관찰되어진 반면 정점 3, 7, 11에서 가장 낮은 개체수를 보였다.

추계(2006년 10월) 조사결과 채집된 동물플랑크톤의 종조성은 전체를 큰 분류군으로 나누면 지각류 1종, 요각류 11종, 십각류 1종, 모악동물 1종이 출현하였다. 출현밀도는 평균 517.38inds/m<sup>3</sup>이었으며, 정점별로 최소

281inds/m<sup>3</sup>(정점 3, 9, 10, 11, 16 18), 최대 1,123.75inds/m<sup>3</sup>(정점 1)범위를 보였다. 2005년도 조사결과와 비교하였을 때 이 시기의 동물플랑크톤의 풍도는 약 2배 정도 증가하였다.

동계(2006년 11월) 조사결과 채집된 동물플랑크톤의 종조성은 전체를 큰 분류군으로 나누면 지각류 1종, 요각류 12종, 십각류 1종, 원생동물 1종, 모악동물 1종 출현하였다. 출현밀도는 전체 출현량 5384.04inds/m<sup>3</sup> 중에서 지각류 42.13inds/m<sup>3</sup>, 요각류 4,857.89inds/m<sup>3</sup>, 십각류 168.34inds/m<sup>3</sup>, 원생동물 42.13inds/m<sup>3</sup> 모악동물 42.13inds/m<sup>3</sup>로 조사되었다.

평균 225.38inds/m<sup>3</sup>이었으며, 정점별로 최소 131.25inds/m<sup>3</sup>(정점 16), 최대 871.8inds/m<sup>3</sup>(정점 21)범위를 보여 정점 사이의 차이가 많이 나타나지는 않았다.

표 1-3-13. 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m<sup>3</sup>)

Table 1-3-13. The species composition and density of zooplankton in April, 2006

Taxonomic group & species/Station	Station										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Protozoa											
<i>Noctiluca scintillans</i>		84.2					42.1				
Cladocerans											
<i>Evadne tergestina</i>									42.1		
<i>Penilia avirostris</i>							84.2			42.1	
Copepoda											
<i>Acartia danae</i>							42.1		42.1		
<i>Acartia hudsonia</i>	84.2						140.4			140.4	84.27
<i>Acartia negligens</i>		42.1		42.1		280.9	280.9	140.4		84.2	
<i>Acartia pacific</i>			42.1	84.2		463.3			224.7	224.7	140.4
<i>Oithona davisae</i>	84.2	1067.4	84.27	42.1					42.1		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	224.7	280.9		603.9			84.2				84.27
<i>Paracalanus indicus</i>	280.9	84.2	84.2	140.4		84.2	42.1		84.2		
<i>Sapphirina igromaculata</i>	42.1					140.45	84.27	84.27	84.2		
<i>Scolecithrix nicobarica</i>	140.4					84.2	42.1	140.4			
<i>Sinocalanus tenellus</i>					140.4	42.1		42.1	182.5	140.4	
<i>Temora discaudata</i>	42.1	421.3			84.2	84.2					
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	42.1	140.4			323.0	42.1					
Decapoda											
<i>Lucifer intermedius</i>	42.1				365.1	140.4	140.4				
Chaetognaths											
<i>Sagita intermedius</i>								42.1			42.13
Total abundance	983.1	2,120.7	210.6	1,825.8	1,362.3	1,039.3	258.2	449.1	786.5	632.0	352.1

표 1-3-13. 계 속

Table 1-3-13. Continue

Taxonomic group & species/Station	Station									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Protozoa										
<i>Noctiluca scintillans</i>					42.1					
Cladocerans										
<i>Evadne tergestina</i>										
<i>Penilia avirostris</i>			42.1					84.2		
Copepoda										
<i>Acartia danae</i>	140.4	182.5					182.5		84.2	
<i>Acartia hudsonia</i>	182.5	140.5		42.1		224.7		84.2		140.4
<i>Acartia negligens</i>		84.2				280.9		140.4		84.2
<i>Acartia pacific</i>										
<i>Oithona davisae</i>										
<i>Paracalanus aculeatus</i>	224.7	323.0	140.4	323.0	421.3	280.9	421.3	702.2	182.5	224.72
<i>Paracalanus indicus</i>	140.4	561.8	84.27	84.2	224.72	140.4	182.5	224.7	140.4	84.27
<i>Sapphirina igromaculata</i>										
<i>Scolecithrix nicobarica</i>				84.2			140.4		140.4	140.4
<i>Sinocalanus tenellus</i>	323.0	365.1		140.4	182.5	224.7		182.5	84.2	182.5
<i>Temora discaudata</i>	140.4	140.4	182.5	140.4	182.5		182.5		84.2	
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	84.2		224.7	42.1				182.5		
Decapoda										
<i>Lucifer intermedius</i>	140.4	182.5					84.2			
Chaetognaths										
<i>Sagita intermedius</i>		84.2						42.1		
Total abundance	1,736.4	2,064.7	674.1	856.7	1,054.3	1,151.6	1,193.6	1,643.2	716.2	856.7

표 1-3-14. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m<sup>3</sup>)

Table 1-3-14. The species composition and density of zooplankton in August, 2006

Taxonomic group & species/Station	Station										
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
Cladocerans											
<i>Evadne tergestina</i>			140.5								
<i>Penilia avirostris</i>											
Copepoda											
<i>Acartia danae</i>											
<i>Acartia hudsonia</i>									480.9		
<i>Acartia negligens</i>			421.5							140.9	140.9
<i>Acartia pacific</i>				140.5		140.5	140.5		140.9		
<i>Oithona davisae</i>		140.5									
<i>Paracalanus aculeatus</i>	421.3		140.5	140.5		140.5					140.9
<i>Paracalanus indicus</i>					421.5		140.5	280.9		280.9	140.9
<i>Sapphirina igromaculata</i>	140.5				280.9						
<i>Scolecithrix nicobarica</i>											
<i>Sinocalanus tenellus</i>			140.5				140.5				
<i>Temora discaudata</i>		140.5									
<i>Tortanus spinicaudatus</i>								140.5			
Decapoda											
<i>Lucifer intermedius</i>								140.5			
Chaetognaths											
<i>Sagita intermedius</i>											
Total abundance	561.8	281	843	281	702.4	281	421.5	561.9	621.8	421.8	422.7

표 1-3-13. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m<sup>3</sup>)

Table 1-3-13. The species composition and density of zooplankton in October, 2006

Taxonomic group & species/Station	Station										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cladocerans											
<i>Penilia avirostris</i>		421.3			421.3						
Copepoda											
<i>Acartia danae</i>							140.5	140.5			
<i>Acartia hudsonia</i>								280.9			140.5
<i>Acartia negligens</i>	421.3					140.5					140.5
<i>Acartia pacific</i>					140.5						
<i>Oithona davisae</i>											
<i>Paracalanus aculeatus</i>											
<i>Paracalanus indicus</i>	280.9		140.5			280.9					
<i>Sapphirina igromaculata</i>					140.5					140.5	
<i>Scolecithrix nicobarica</i>							280.9		140.5		
<i>Sinocalanus tenellus</i>		140.5									
<i>Temora discaudata</i>			140.5								
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	140.5				140.5	140.5					
Decapoda											
<i>Lucifer intermedius</i>	280.9			280.9				140.5	140.5	140.5	
Chaetognaths											
<i>Sagita intermedius</i>						140.5					
Total abundance	1123.7	561.8	281	421.45	842.85	702.45	421.45	561.85	281	281	281

표 1-3-13 계 속

Table 1-3-13. Continue

Taxonomic group & species/Station	Station									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Cladocerans										
<i>Penilia avirostris</i>										140.9
Copepoda										
<i>Acartia danae</i>							140.95		140.95	
<i>Acartia hudsonia</i>				140.95					421.95	
<i>Acartia negligens</i>								140.95		
<i>Acartia pacific</i>										
<i>Oithona davisae</i>										
<i>Paracalanus aculeatus</i>	280.9									
<i>Paracalanus indicus</i>		140.9								280.9
<i>Sapphirina igromaculata</i>									140.9	
<i>Scolecithrix nicobarica</i>		280.9			140.9			140.9		
<i>Sinocalanus tenellus</i>			280.9	280.9		140.9		140.9		
<i>Temora discaudata</i>		140.9				140.9				421.3
<i>Tortanus spinicaudatus</i>										
Decapoda										
<i>Lucifer intermedius</i>	140.9		280.9		140.9		140.9			
Chaetognaths										
<i>Sagita intermedius</i>						42.13				
Total abundance	421.45	562.4	561.9	421.9	281	324.0	281	703.2	703.2	843.2

표 1-3-14. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤 종조성 및 밀도(inds/m<sup>3</sup>)

Table 1-3-14. The species composition and density of zooplankton in November, 2006

Taxonomic group & species/Station	Station										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Protozoa											
<i>Noctiluca scintillans</i>										42.1	
Cladocerans											
<i>Penilia avirostris</i>		42.1									
Copepoda											
<i>Acartia danae</i>			42.1								
<i>Acartia hudsonia</i>			140.4						89.2	89.7	
<i>Acartia negligens</i>					140.4	42.1					
<i>Acartia pacific</i>										42.1	
<i>Oithona davisae</i>									42.1		
<i>Paracalanus aculeatus</i>		182.5		42.1	84.2		42.1				
<i>Paracalanus indicus</i>	182.5	42.1				89.2	140.4	42.1			
<i>Sapphirina igromaculata</i>								89.7			
<i>Scolecithrix nicobarica</i>	84.2			84.2							
<i>Sinocalanus tenellus</i>		84.2		140.4	42.13		42.1				
<i>Temora discaudata</i>			182.5			89.2	182.5				
<i>Tortanus spinicaudatus</i>						140.4		89.7			
Decapoda											
<i>Lucifer intermedius</i>	42.1				42.1						
Chaetognaths											
<i>Sagita intermedius</i>				42.1							
Total abundance	308.9	351.1	365.1	308.9	313.9	361.1	407.2	310.3	131.8	173.9	173.9



표 1-3-14 계 속

Table 1-3-14. Continue

Taxonomic group & species/Station	Station									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Protozoa										
<i>Noctiluca scintillans</i>										
Cladocerans										
<i>Penilia avirostris</i>	42.13									
Copepoda										
<i>Acartia danae</i>										
<i>Acartia hudsonia</i>										
<i>Acartia negligens</i>										
<i>Acartia pacific</i>										
<i>Oithona davisae</i>								42.13		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	89.27		42.13	140.45			42.13	140.5	42.13	89.27
<i>Paracalanus indicus</i>		89.27			89.27		42.13	42.13	140.5	140.5
<i>Sapphirina igromaculata</i>										
<i>Scolecithrix nicobarica</i>			89.27			42.13	140.45			
<i>Sinocalanus tenellus</i>								42.13		
<i>Temora discaudata</i>	89.27	42.13			42.13	89.27			42.13	42.13
<i>Tortanus spinicaudatus</i>			89.27							
Decapoda										
<i>Lucifer intermedius</i>		42.13				42.13				
Chaetognaths										
<i>Sagita intermedius</i>				42.13						
Total abundance	220.67	173.98	280.37	282.58	131.25	173.3	224.71	266.89	224.72	871.9

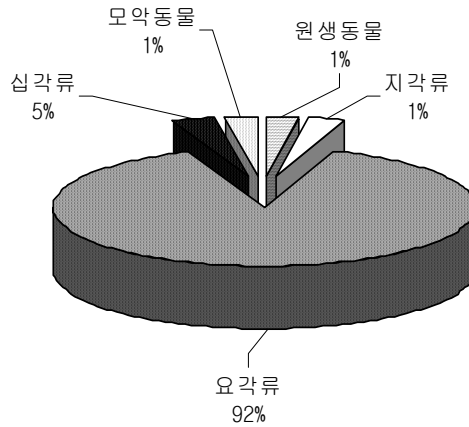


그림 1-3-29. 춘계(2006년 4월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-29 The species composition of zooplankton in April, 2006.

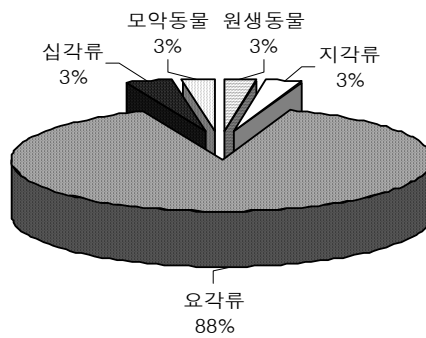


그림 1-3-30 하계(2006년 8월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-30. The species composition of zooplankton in August, 2006.

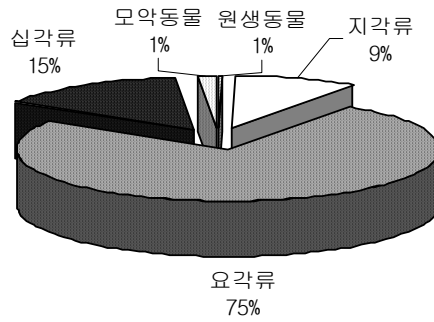


그림 1-3-31. 추계(2006년 10월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-31. The species composition of zooplankton in October, 2006.

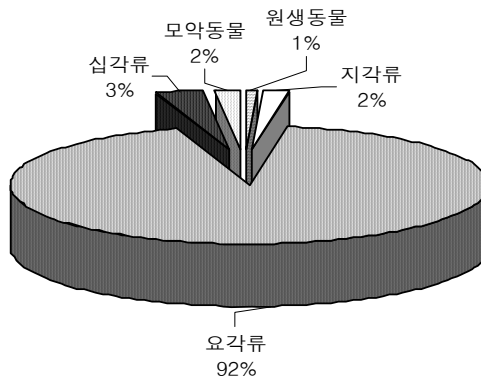


그림 1-3-32. 동계(2006년 11월) 출현한 동물 플랑크톤의 종 조성.

Fig. 1-3-32 The species composition of zooplankton in November, 2006.

## 나. 생태지수

조사해역의 동물플랑크톤 조사시기별 생태지수(종다양성지수, 풍부도지수, 균등성지수)를 그림 1-3-33~1-3-44 및 표 1-3-15~1-3-18에 나타내었다.

춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타 종다양성지수는 1.05(정점 3)~2.01(정점 12)의 분포범위를 보여 정점 12이 상대적으로 가장 안정된 군집구조를 보였으며 이와 반대로 정점 3에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.37(정점 3)~1.16(정점 1)의 풍부도지수 범위를 보였으며, 0.68(정점 2)~0.98(정점 17)의 균등도지수 범위 보였다.

하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 0.56(정점 1)~1.24(정점 5)의 분포범위를 나타내 정점 5가 가장 안정된 군집구조를 보였으며, 정점 1에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.15(정점 1)~0.45(정점 5)의 풍부도지수 분포범위를 보였고, 0.81(정점 1)~1.000(정점 3, 7, 11, 13)의 균등도지수 분포범위를 나타내었다.

추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 0.56(정점 2)~1.33(정점 6)의 분포범위를 보여 정점 6이 상대적으로 가장 안정된 군집구조를 보였으며 이와 반대로 정점 2에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.16(정점 2)~0.46(정점 6)의 풍부도지수 범위를 보였으며, 0.81(정점 2)~1.000(정점 3, 9, 10, 11, 18)의 균등도지수 범위를 보였다.

동계(2006년 11월) 표층 식물플랑크톤의 생태지수 조사결과 군집구조의 안정성을 나타내는 종다양성지수는 0.63(정점 9)~1.35(정점 8)의 분포범위를 나타내 정점 8가 가장 안정된 군집구조를 보였으며, 정점 9에서 가장 불안정한 구조를 나타냈다. 0.19(정점 15)~0.54(정점 19)의 풍부도지수 분포범위를 보였고, 0.66(정점 19)~0.97(정점 8)의 균등도지수 분포범위를 나타내었다.

표 1-3-15 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-15 Ecological literacy of zooplankton in April, 2006

St.	종다양성지수	풍부도지수	균등도지수
1	1.94	1.16	0.80
2	1.32	0.78	0.68
3	1.05	0.37	0.96
4	1.85	1.07	0.84
5	1.90	1.11	0.86
6	1.80	0.86	0.92
7	1.33	0.54	0.96
8	1.26	0.65	0.78
9	1.89	1.05	0.91
10	1.49	0.62	0.92
11	1.05	0.51	0.76
12	2.01	0.97	0.96
13	1.88	1.05	0.85
14	1.48	0.61	0.92
15	1.71	0.89	0.88
16	1.43	0.57	0.89
17	1.58	0.57	0.98
18	1.67	0.71	0.93
19	1.73	0.95	0.83
20	1.74	0.76	0.97
21	1.73	0.74	0.97

표 1-3-16. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-16. Ecological literacy of zooplankton in August, 2006

St.	종다양성지수	풍부도지수	균등도지수
1	0.56	0.16	0.81
3	0.69	0.18	1.00
5	1.24	0.45	0.90
7	0.69	0.18	1.00
9	0.67	0.15	0.98
11	0.69	0.18	1.00
13	1.10	0.33	1.00
15	1.04	0.37	0.95
17	0.64	0.17	0.92
19	0.64	0.17	0.92
21	1.04	0.32	0.95

표 1-3-17. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-17. Ecological literacy of zooplankton in October, 2006

St.	종다양성지수	풍부도지수	균등도지수
1	1.32	0.43	0.95
2	0.56	0.16	0.81
3	0.69	0.18	1.00
4	0.64	0.17	0.92
5	1.24	0.45	0.90
6	1.32	0.46	0.96
7	0.64	0.17	0.92
8	1.04	0.32	0.97
9	0.69	0.18	1.00
10	0.69	0.18	1.00
11	0.69	0.18	1.00
12	0.64	0.17	0.92
13	1.04	0.32	0.95
14	0.69	0.16	1.00
15	0.64	0.17	0.92
16	0.69	0.18	1.00
17	0.64	0.35	0.90
18	0.69	0.18	1.00
19	0.99	0.31	0.97
20	0.69	0.31	0.87
21	1.01	0.30	0.92

표 1-3-18. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤 생태지수

Table 1-3-18. Ecological literacy of zooplankton in November, 2006

St.	종다양성지수	풍부도지수	균등도지수
1	0.94	0.35	0.85
2	1.19	0.51	0.86
3	0.96	0.34	0.88
4	0.98	0.53	0.71
5	1.26	0.52	0.91
6	1.30	0.51	0.94
7	1.20	0.50	0.86
8	1.35	0.52	0.97
9	0.63	0.21	0.90
10	1.03	0.39	0.94
11	1.05	0.37	0.95
12	1.05	0.37	0.95
13	1.03	0.39	0.94
14	1.05	0.37	0.95
15	0.68	0.19	0.62
16	0.63	0.21	0.91
17	1.03	0.39	0.94
18	0.92	0.37	0.84
19	0.92	0.54	0.66
20	0.92	0.37	0.84
21	0.95	0.36	0.91

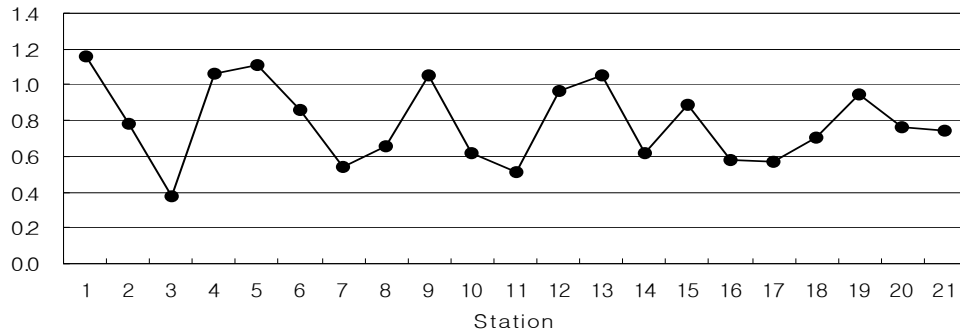


그림 1-3-33. 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-33. Richness index of zooplankton in April, 2006.

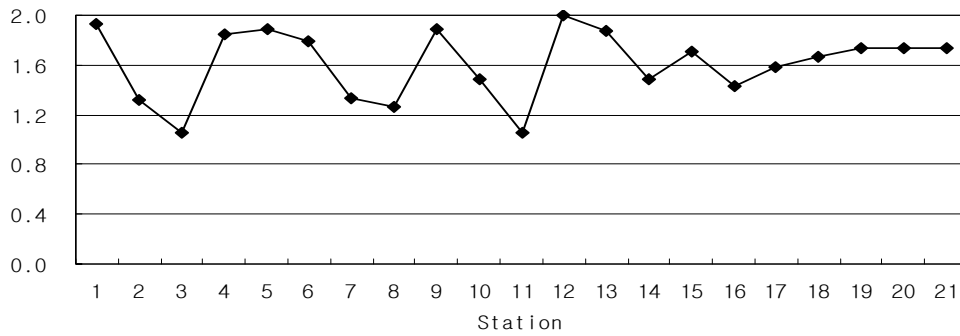


그림 1-3-34. 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-34. Diversity index of zooplankton in April, 2006.

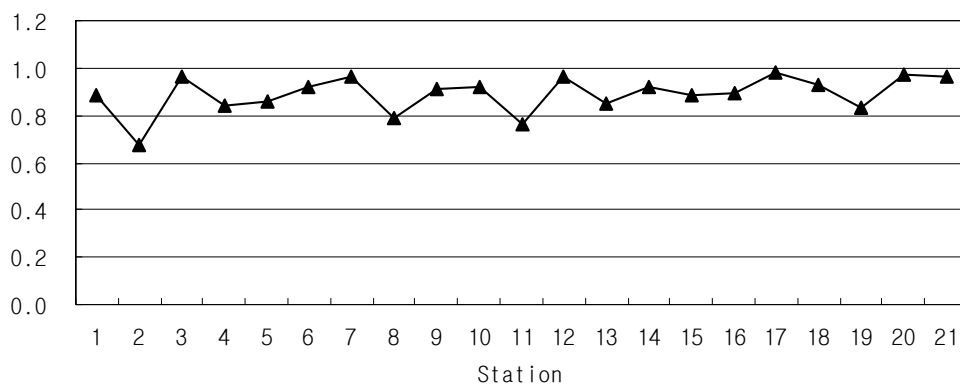


그림 1-3-35. 춘계(2006년 4월) 동물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-35. Evenness index of zooplankton in April, 2006.



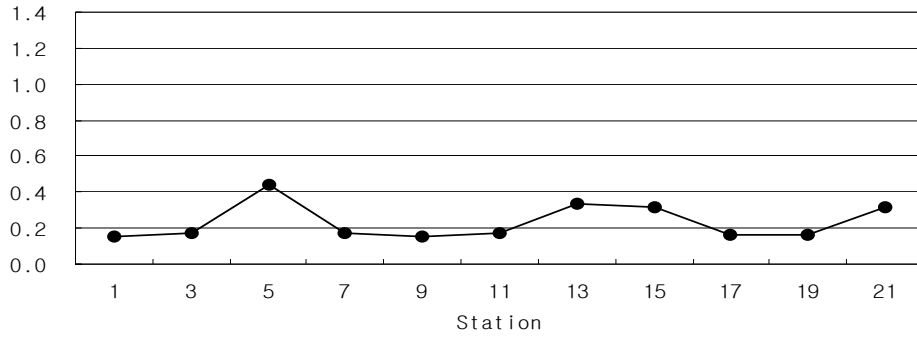


그림 1-3-36. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-36. Richness index of zooplankton in August, 2006.

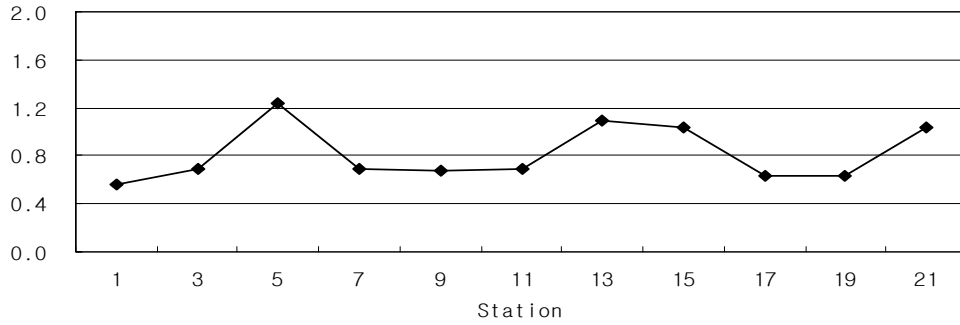


그림 1-3-37. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-37. Diversity index of zooplankton in August, 2006.

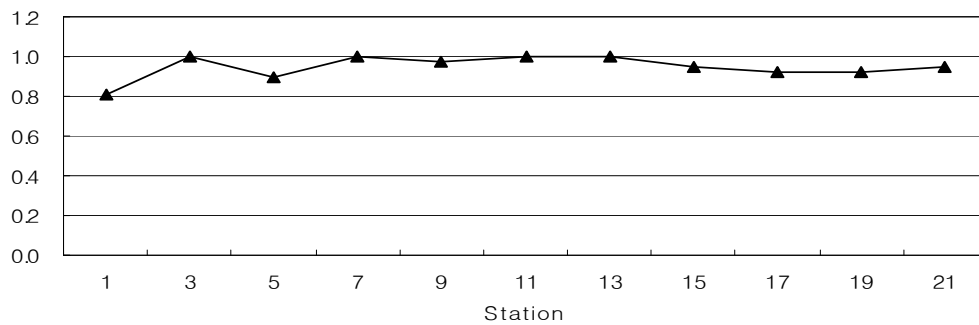


그림 1-3-38. 하계(2006년 8월) 동물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-38. Evenness index of zooplankton in August, 2006.

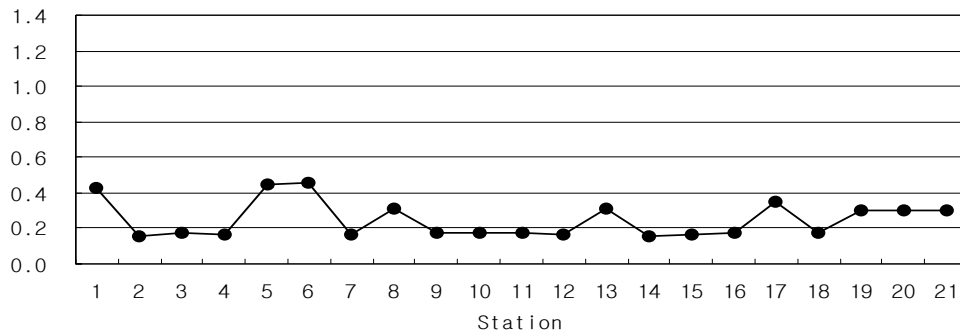


그림 1-3-39. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-39. Richness index of zooplankton in October, 2006.

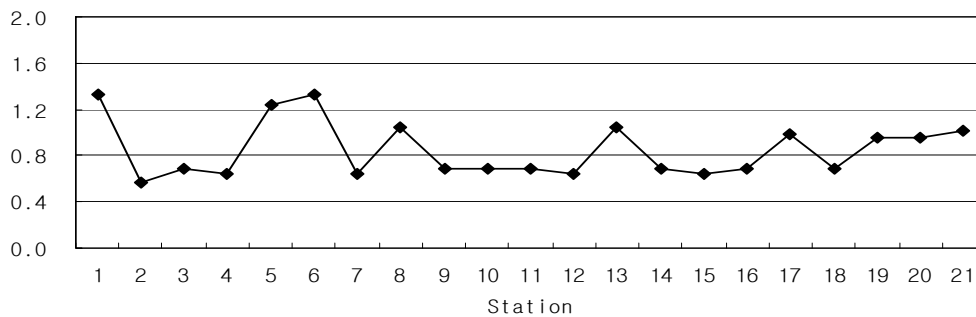


그림 1-3-40. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-40. Diversity index of zooplankton in October, 2006.

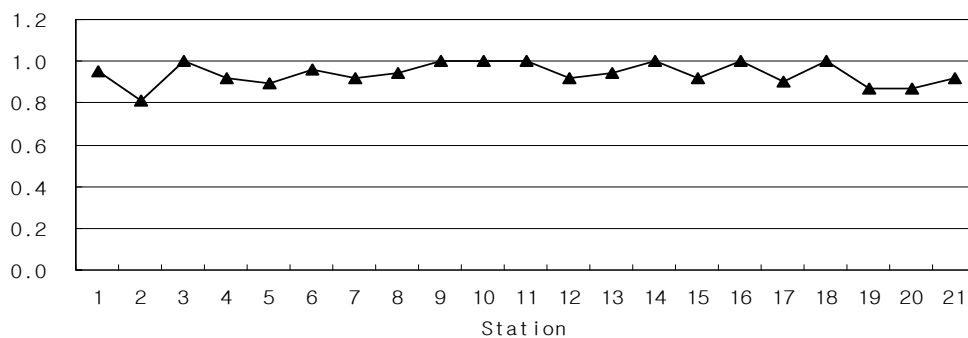


그림 1-3-41. 추계(2006년 10월) 동물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-41. Evenness index of zooplankton in October, 2006.

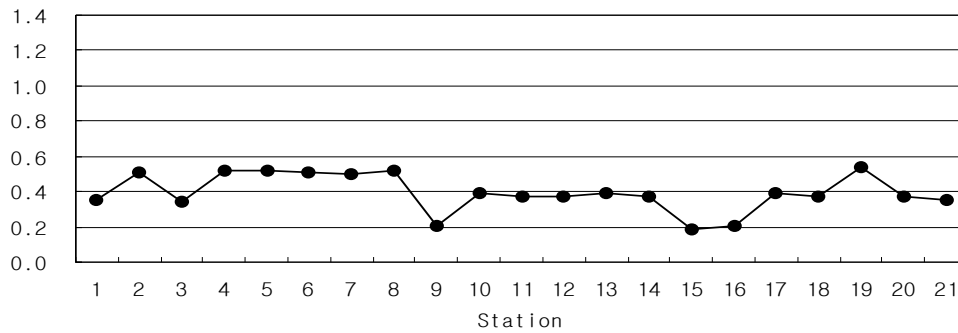


그림 1-3-42. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 풍부도지수.

Fig. 1-3-42 Richness index of zooplankton in November, 2006.

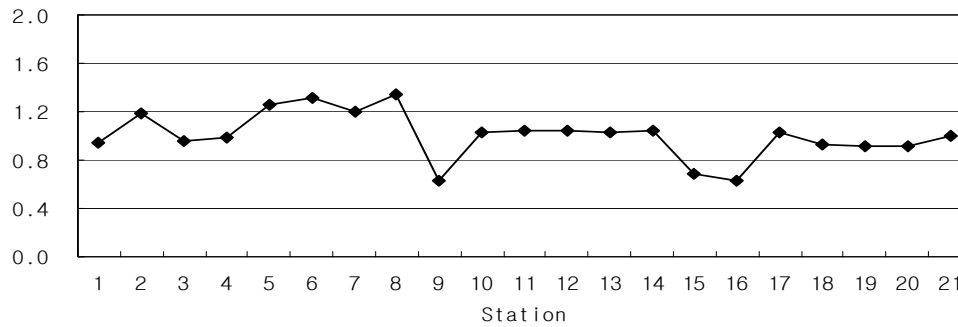


그림 1-3-43. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 종다양성지수.

Fig. 1-3-43. Diversity index of zooplankton in November, 2006.

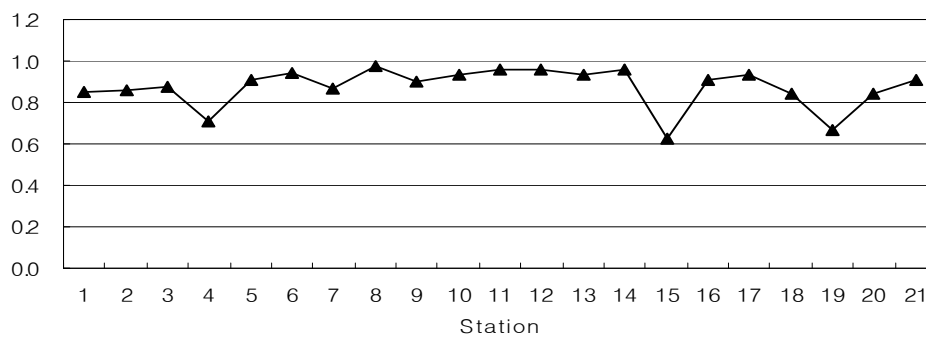


그림 1-3-44. 동계(2006년 11월) 동물플랑크톤의 균등도지수.

Fig. 1-3-44. Evenness index of zooplankton in November, 2006.

## 1.4 어류상 조사

### 1.4.1 연구배경

매물도 주변해역은 조류소통이 활발하며 빛, 염분도 및 각종 영양염류를 비롯하여 해양생물이 서식하기에 적당한 조건을 가지고 있다. 어업이 성행하는 해역으로 알려져 있으며, 2005년을 기준으로 약 40가구가 이 주변 해역에서 어업에 종사하는 것으로 알려져 있다. 또한 매물도 주변 해역의 조류와 해황의 변화가 극심하여 안정적인 어업생산의 어려움이 있는 실정이다.

따라서 본 조사는 매물도 주변 해역에서 인공구조물 설치를 전·후하여, 구조물이 어업생물 중 특히 큰 비중을 차지하는 어류자원의 변동에 직간접적인 영향을 구명하고자 하였다.

### 1.4.2 재료 및 방법

#### 1.4.2.1 조사해역 및 조사어구

2006년 2월부터 12월까지 매물도 부근해역 128°25′~128°35′E, 34°30′~34°40′N(그림 1-4-1)에서 어종조사를 실시하였으며, 조사해역의 수심별 채집을 위해 정치망(각망), 새우조망 등의 어구를 사용하였다.

표층 및 회유성 어류를 조사하기 위해, 통영시 한산면 매죽리 매물도 당금부락 지선에서 약 17~70m(평균 약 45m) 떨어진 어장크기가 약 3,000m<sup>2</sup>의 정치망(각망)에서 약 1일 경과한 어류를 대상으로 조사하였으며, 수심은 약 10~12m 내외였다.

중층 및 저서성 어류를 채집하기 위해, 새우조망 어구를 가진 어선에 승선하여 조사하였으며, 23~63m(평균수심 약 33m) 수심에 저질은 빨이 약간 섞인 모래지역이었으며, 사용된 어구의 크기는 예인망은 평균 길이 10m, 평

균 폭 10m였으며, 약 1Km의 거리를 두고, 30분간 2회 인망하였으며, 예인 면적은 10-2km<sup>2</sup>였으며, 수심은 약 23~63m(평균 약 33m) 내외였다.

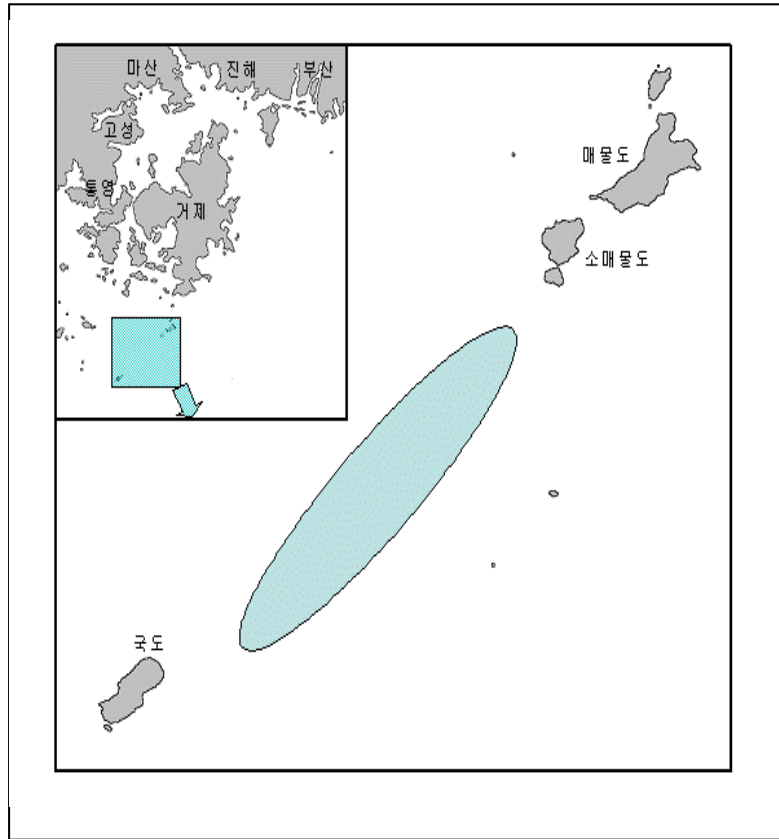


그림 1-4-1. 어류자원 조사를 실시한 해역도.

Fig. 1-4-1. Location of the small trawl and shrimp trawl area.

#### 1.4.2.2 측정 및 종동정

채집된 어류는 전량 또는 부분 채집하여 매물도 현지에서 동정 한 후 계측, 계량하였으며, 일부는 빙장 또는 10% 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하여 종동정 후, 종별 개체수와 생체량을 각각 측정하였다. 종동정은, 정(1977), Masuda et al.(1984), Nakabo et al.(1993), 김 등(2001)을 따랐으며, 학명과 종목록은 한국동물분류학회(1997)에 따랐다.

### 1.4.2.3 자료분석

정치망과 새우조망에서 월별 채집된 어류의 종수와 개체수를 바탕으로 군집의 특성을 밝히기 위하여 Shannon-Weaner에 의해 제기된 종다양도 지수 (Pielou, 1977)와 평균등도(Pielou, 1966)와 종풍부도를 구하였다.

정치망과 새우조망에서 출현한 어류의 종수와 개체수를 바탕으로 월별 어류군집의 유사성을 알아보기 위하여 군집유사도 분석(similarity)을 실시하였으며, Bray-Curtis 지수(Bray and Curtis, 1957)를 사용하였으며, group average 방식에 의한 수지도를 작성하였다. 또한 어류군집의 월별 변화를 과학하기 위하여 다변량분석 방법인 다차원척도법(MDS)을 사용하여 2차원 공간에 표시하였다. 통계분석에는 통계소프트웨어 Primer Ver. 5.0을 이용하였다.

### 1.4.3 결과

#### 1.4.3.1 어종목록

2006년 2월부터 12월까지 정치망과 새우조망에서 채집된 어류는 총 2강 12목 51과 80종이었다. 어종목록은 다음과 같다.

연골어강 Class Chondrichthys

홍어목 Order Rajiformes

가오리과 Family Rajidae

1. 홍어 *Raja kenojei*

조기강 Class Actinopterygii

뱀장어목 Order Anguilliformes

붕장어과 Family Congridae

2. 붕장어 *Conger japonicus*

청어목 Order Clupeiformes

멸치과 Family Engraulidae

3. 멸치 *Engraulis japonicus*

청어과 Family Clupeidae

4. 전어 *Konosirus punctatus*

홍매치목 Order Aulopiformes

히메치과 Family Aulopodidae

5. 히메치 *Aulopus japonicus*

매통이과 Family Synodontidae

6. 매통이 *Saurida undosquamis*

대구목 Order Gadiformes

민태과 Family Macrouridae

7. 줄비늘치 *Caelorinchus multispinosus*

대구과 Family Gadidae

8. 대구 *Gadus macrocephalus*

아귀목 Order Lophiiformes

아귀과 Family Lophiidae

9. 아귀 *Lophiomus setigerus*

10. 황아귀 *Lophius liulon*

승어목 Order Mugiliformes

승어과 Family Mugilidae

11. 승어 *Mugil cephalus*

달고기목 Order Zeiformes

달고기과 Family Zeidae

12. 달고기 *Zeus faber*

솜뱅이목 Order Scorpaeniformes

양볼락과 Family Scorpaenidae

13. 홍감펍 *Helicolenus hilgendorfi*

14. 미역치 *Hypodytes rubripinnis*

15. 볼락 *Sebastes inermis*

16. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*  
 17. 불볼락 *Sebastes thompsoni*
- 폴미역치과 Family Aploactinidae  
 18. 폴미역치 *Erisphex pottii*
- 성대구 Family Triglidae  
 19. 성대구 *Chelidonichthys spinosus*  
 20. 달강어 *Lepidotrigla microptera*
- 양태과 Family Platycephalidae  
 21. 양태 *Platycephalus indicus*
- 쥐노래미과 Family Hexagrammidae  
 22. 노래미 *Hexagrammos agrammus*  
 23. 쥐노래미 *Hexagrammus otakii*
- 독중개과 Family Cottidae  
 24. 가시망둑 *Pseudoblennius cottoides*
- 삼세기과 Family Hemitripterae  
 25. 삼세기 *Hemitripterus villosus*
- 꼼치과 Family Liparidae  
 26. 아가씨물메기 *Liparis agassizii*  
 27. 꼼치 *Liparis tanakai*  
 28. 물메기 *Liparis tessellatus*
- 농어목 Order Perciformes  
 농어과 Family Moronidae  
 29. 농어 *Lateolabrax japonicus*
- 반딧불게르치과 Family Acropomatidae  
 30. 반딧불게르치 *Acropoma japonicum*
- 바리과 Family Serranidae  
 31. 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*
- 동갈돔과 Family Apogonidae  
 32. 열동가리돔 *Apogon lineatus*  
 33. 줄도화돔 *Apogon semilineatus*



보리멸과 Family Sillaginidae

34. 청보리멸 *Sillago japonica*

35. 보리멸 *Sillago sihama*

전갱이과 Family Carangidae

36. 부시리 *Seriola lalandi*

37. 방어 *Seriola quinqueradiata*

38. 전갱이 *Thachurus japonicus*

39. 민전갱이 *Uraspis helvola*

주둥치과 Family Leiognathidae

40. 주둥치 *Leiognathus nuchalis*

하스돔과 Family Haemulidae

41. 벤자리 *Parapristipoma trilineatum*

도미과 Family Sparidae

42. 감성돔 *Acanthopagrus schlegeli*

43. 참돔 *Pagrus major*

민어과 Family Sciaenidae

44. 보구치 *Ayrosomus argentatus*

45. 참조기 *Pseudosciaena polyactis*

나비고기과 Family Chaetodontidae

46. 세동가리돔 *Chaetodon modestus*

돌돔과 Family Pomacanthidae

47. 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*

망상어과 Family Embiotocidae

48. 망상어 *Ditrema temmincki*

자리돔과 Family Pomacentridae

49. 자리돔 *Chromis notatus*

등가시치과 Family Zoarcidae

50. 등가시치 *Zoarces gilli*

장갱이과 Family Stichaeidae

51. 괴도라치 *Chirolophis japonicus*

황줄베도라치과 Family Pholididae

52. 점베도라치 *Pholis crassispina*

53. 흰베도라치 *Pholis fangi*

54. 베도라치 *Pholis nebulosa*

악어치과 Family Champsodontidae

55. 악어치 *Champsodon snyderi*

양동미리과 Family Pinguipedidae

56. 쌍동가리 *Parapercis sexfasciata*

까나리과 Family Ammodytidae

57. 까나리 *Ammodytes personatus*

통구멍과 Family Uranoscopidae

58. 푸렁통구멍 *Gnathagnus elongathus*

59. 얼룩통구멍 *Uranoscopus japonicus*

돛양태과 Family Callionymidae

60. 돛양태 *Repomucenus lunatus*

망둑어과 Family Gobiidae

61. 도화망둑 *Chaeturichthys hexanema*

갈치과 Family Trichiuridae

62. 갈치 *Tridhiurus lepturus*

고등어과 Family Scombridae

63. 삼치 *Scomberomous riphonius*

새돔과 Family Centrolophidae

64. 새돔 *Psenopsis anomala*

병어과 Family Stromateidae

65. 병어 *Pampus argenteus*

가자미목 Order Pleuronectiformes

넙치과 Family Paralichthyidae

66. 넙치 *Paralichthys olivaceus*

67. 점넙치 *Pseudorhombus pentophthalmus*

가자미과 Family Pleuronectidae

68. 줄가자미 *Cildoderma asperrimum*

69. 물가자미 *Eopsetta grigorjewi*

70. 돌가자미 *Kareius bicoloratus*

71. 문치가자미 *Limanda yokohame*

72. 도다리 *Pleronichthys cornutus*

납서대과 Family Soleidae

73. 노랑각시서대 *Zebrias fasciatus*

74. 궁제기서대 *Zebrias zebra*

참서대과 Family Cynoglossidae

75. 참서대 *Cynoglossus joyneri*

76. 개서대 *Cynoglossus robustus*

복어목 Order Tetraodontiformes

쥐치과 Family Monacanthidae

77. 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*

78. 말쥐치 *Thamnaconus modestus*

참복과 Family Tetraodontidae

79. 복섬 *Takiugu niphobles*

80. 줄복 *Takifigu pardalis*

#### 1.4.3.2 분류군별 출현양상

조사기간 중 채집된 어종을 분류군별로 비교하면, 농어목(Perciformes) 어류가 21과로 전체의 과(Family) 수준의 분류군수의 약 51%로 가장 우점하였으며, 썸뱅이목(Scorpaeniformes) 어류가 약 15%, 가자미목(Pleuronectiformes) 어류가 약 8%, 청어목(Clupeiformes), 홍메치목(Aulopiformes), 대구목(Gadiformes), 복어목(Tetraodontiformes) 어류가 각각 약 4%, 홍어목(Rajiformes), 뱀장어목(Anguilliformes), 아귀목(Lophiformes), 숭어목(Mugiliformes), 달고기목(Zeiformes) 어류가 각각 약 2%를 차지하였다(그림 1-4-2).

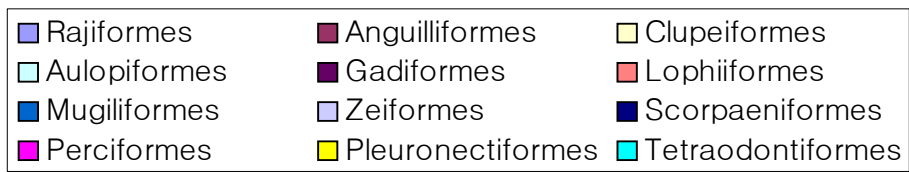
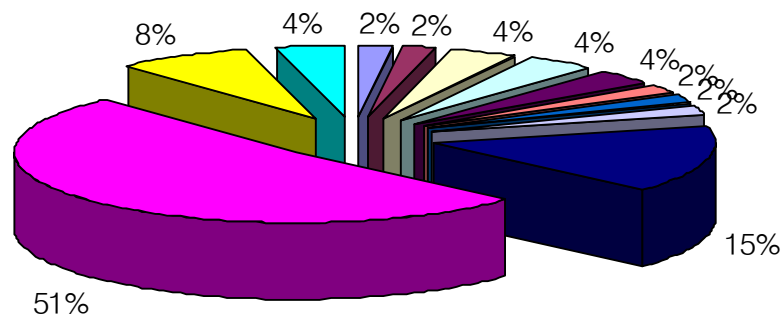


그림 1-4-2. 분류군별 출현양상.

Fig. 1-4-2. The aspect of appearance by the grouping classification.

### 1.4.3.3 정치망에서 채집된 어류

#### 1.4.3.3.1 어류목록

2006년 2월부터 12월까지 정치망에서 채집된 어류는 총 1강 5목 20과 29종이었다. 어류목록은 다음과 같다.

조기강 Class Actinopterygii

청어목 Order Clupeiformes

멸치과 Family Engraulidae

1. 멸치 *Engraulis japonicus*

청어과 Family Clupeidae

2. 전어 *Konosirus punctatus*

아귀목 Order Lophiiformes

아귀과 Family Lophiidae

3. 아귀 *Lophiomus setigerus*

승어목 Order Mugiliformes

승어과 Family Mugilidae

4. 승어 *Mugil cephalus*

달고기목 Order Zeiformes

달고기과 Family Zeidae

5. 달고기 *Zeus faber*

솜뱅이목 Order Scorpaeniformes

양볼락과 Family Scorpaenidae

6. 볼락 *Sebastes inermis*

7. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*

8. 불볼락 *Sebastes thompsoni*

노래미과 Family Hexagrammidae

9. 노래미 *Hexagrammos agrammus*

10. 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*

농어목 Order Perciformes

농어과 Family Moronidae

11. 농어 *Lateolabrax japonicus*

바리과 Family Serranidae

12. 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*

전갱이과 Family Carangidae

13. 부시리 *Seriola lalandi*

14. 방어 *Serilola quinquerqdiata*

15. 전갱이 *Trachurus japonicus*

16. 민전갱이 *Uraspis helvola*

도미과 Family Sparidae

17. 감성돔 *Acanthopagrus schlegeli*

18. 참돔 *Pagrus major*

돌돔과 Family Oplegnathidae

19. 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*  
 망상어과 Family Embiotocidae
20. 인상어 *Neodirema ransonneti*  
 자리돔과 Family Pomacentridae
21. 자리돔 *Chromis noatus*  
 고등어과 Family Scombridae
22. 삼치 *Scomberomorus riphonius*  
 셋돔과 Family Centrolophidae
23. 셋돔 *Psenopsis anomala*  
 가자미목 Order Pleuronectiformes
- 넙치과 Family Paralichthyidae
24. 넙치 *Paralichthys olivaceus*  
 가자미과 Family Pleuronectidae
25. 물가자미 *Eopseta grigorjewi*  
 복어목 Order Tetradontiformes
- 쥐치과 Family Monacanthidae
26. 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*  
 27. 말쥐치 *Thamnaconus modestus*
- 참복과 Family Tetraodontidae
28. 복섬 *Takiugu niphobles*  
 29. 졸복 *Takifugu pardalis*

#### 1.4.3.3.2 종조성 및 월변동

조사기간 동안 표층에서 채집된 어류는 총 29종의 어류가 출현하였으며, 평균 999의 개체수를 보였으며 생체량은 평균 110,824g을 나타내었다.

조사기간 중 어류의 종수는 4월에 16종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 8월에 3종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 개체수는 조사기간 중 11월에 1815 개체로 다른 계절에 비해 높게 나타났으며, 3월에 92개체로 매우 적

은 개체의 어류가 출현하는 경향을 나타내었다. 어류의 생체량을 보면 5월에 266,130g으로 가장 높게 나타났으며, 3월에 37,867g으로 가장 적었다.

이 중 전갱이(그림 1-4-3, 그림 1-4-4에서 극우점으로 제외)는 평균 450개체로 전체 개체수의 약 45%로 가장 우점 하였으며, 자리돔 약 240개체 약 24%, 불볼락 약 34개체 약 3%, 송어 24개체 약 2%, 농어 17개체 약 2% 등의 순으로 나타났으며, 생체량으로는 전갱이가 약 36,273g으로 전체 생체량의 약 33%로 가장 우점하였으며 그림 1-4-3에서 제외), 송어가 약 18,273g 약 17%, 자리돔 약 11,364g 약 10%, 농어 약 6,645kg 약 6%, 방어 약 4,318g 약 4% 등의 순으로 나타났다(표 1-4-1, 그림 1-4-3).

월별 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 어류군집의 생태지수를 분석한 결과 종다양도는 평균 약 1.2였고, 종균등도는 0.5, 종풍부도는 1.5를 나타내었다. 종다양도는 10월에 약 2.0로 가장 높게 나타났으며, 8월에 약 0.3으로 가장 낮게 나타났으며, 종균등도는 10월이 약 0.9로 가장 높았으며, 6월~8월이 각각 약 0.3으로 가장 낮게 나타났다. 종풍부도는 2월에 약 2.5로 가장 높았으며, 8월이 약 0.3으로 가장 낮았다 (그림 1-4-4).

정치망의 종다양도는 종균등도 및 종풍부도는 봄철과 가을철에 높게 나타나는 경향을 보였던 반면 수온이 상승하는 여름철(6월~8월) 사이에는 다른 계절들에 비해 매우 낮게 나타나는 특징을 보였다.

표 1-4-1. 정치망에서 채집된 어류의 개체수(N)와 생체량(B) (단위: 개체, g)

Table 1-4-1. Individuals(N) and biomass(B) of the fish collected in set net

표층어류	06' 2월		3월		4월		5월		6월		7월	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
출현어종	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
전갱이	45	2000	0	0	1042	50000	660	150000	125	1000	250	2000
송어	97	50000	1	1000	41	40000	102	100000	0	0	0	0
자리돔	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	50000	770	40000
농어	2	1350	1	620	83	20000	4	920	1	3400	1	2800
방어	18	7000	2	17000	2	1500	0	0	4	20000	4	2000
참돔	10	1650	2	1100	25	4000	31	5000	5	750	20	3000
불볼락	306	30000	1	95	0	0	0	0	0	0	0	0
볼락	0	0	0	0	8	968	10	3500	0	0	0	0
말쥐치	0	0	3	1450	5	925	0	0	0	0	131	30000
넙치	4	620	0	0	2	5000	0	0	9	10000	3	4000
아귀	0	0	1	2540	3	5000	2	1230	0	0	0	0
쥐치	6	708	0	0	5	670	11	1500	40	10000	0	0
인상어	0	0	74	12580	208	10000	0	0	0	0	0	0
감성돔	12	3000	1	480	0	0	0	0	0	0	0	0
돌돔	0	0	0	0	0	0	7	2000	1	780	10	2000
조피볼락	0	0	0	0	5	3000	0	0	0	0	0	0
노래미	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
전어	727	8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
복섬	0	0	0	0	30	2000	15	1000	200	5000	0	0
삼치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
달고기	2	420	0	0	1	970	0	0	0	0	0	0
쥐노래미	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
능성어	2	960	1	560	0	0	0	0	0	0	0	0
물가자미	3	480	0	0	5	870	0	0	0	0	0	0
셋돔	0	0	0	0	1	240	0	0	0	0	0	0
부시리	0	0	0	0	0	0	1	980	0	0	0	0
줄복	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
민전갱이	0	0	1	410	0	0	0	0	0	0	0	0
멸치	0	0	4	32	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	1234	106188	92	37867	1466	145143	843	266130	1585	100930	1189	85800



표 1-4-1. 계속

(단위: 개체, g)

Table 1-4-1. (Continued)

표층어류	8월		9월		10월		11월		12월		합계	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
출현어종	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
전갱이	0	0	288	23000	248	21000	1667	100000	625	50000	4950	399000
송어	0	0	0	0	0	0	0	0	25	10000	266	201000
자리돔	670	35000	0	0	0	0	0	0	0	0	2640	125000
농어	0	0	45	20000	45	22000	0	0	4	2000	186	73090
방어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	47500
참돔	0	0	52	12000	54	15000	8	3040	0	0	207	45540
불볼락	0	0	0	0	18	3000	0	0	50	9000	375	42095
볼락	0	0	55	10000	40	7000	0	0	250	20000	363	41468
말쥐치	0	0	0	0	0	0	0	0	2	510	141	32885
넙치	0	0	3	1350	5	2500	5	4000	3	2000	34	29470
아귀	0	0	0	0	0	0	31	20000	0	0	37	28770
쥐치	5	1200	22	5000	15	3000	7	182	12	2000	123	24260
인상어	0	0	0	0	0	0	2	105	0	0	284	22685
감성돔	0	0	0	0	0	0	70	16800	0	0	83	20280
돌돔	60	12000	0	0	0	0	20	1000	0	0	98	17780
조피볼락	0	0	8	2000	0	0	0	0	46	12000	59	17000
노래미	0	0	0	0	23	5000	0	0	35	8000	58	13000
전어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	727	8000
복섬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	245	8000
삼치	0	0	10	3000	8	2800	0	0	0	0	18	5800
달고기	0	0	1	230	1	320	5	2900	2	850	12	5690
쥐노래미	0	0	12	3000	12	2000	0	0	0	0	24	5000
능성어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1520
물가자미	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1350
샛돔	0	0	0	0	0	0	0	0	10	800	11	1040
부시리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	980
줄복	0	0	0	0	0	0	0	0	2	420	2	420
민전갱이	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	410
멸치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	32
합계	735	48200	496	79580	469	83620	1815	148027	1066	117580	10990	1219065

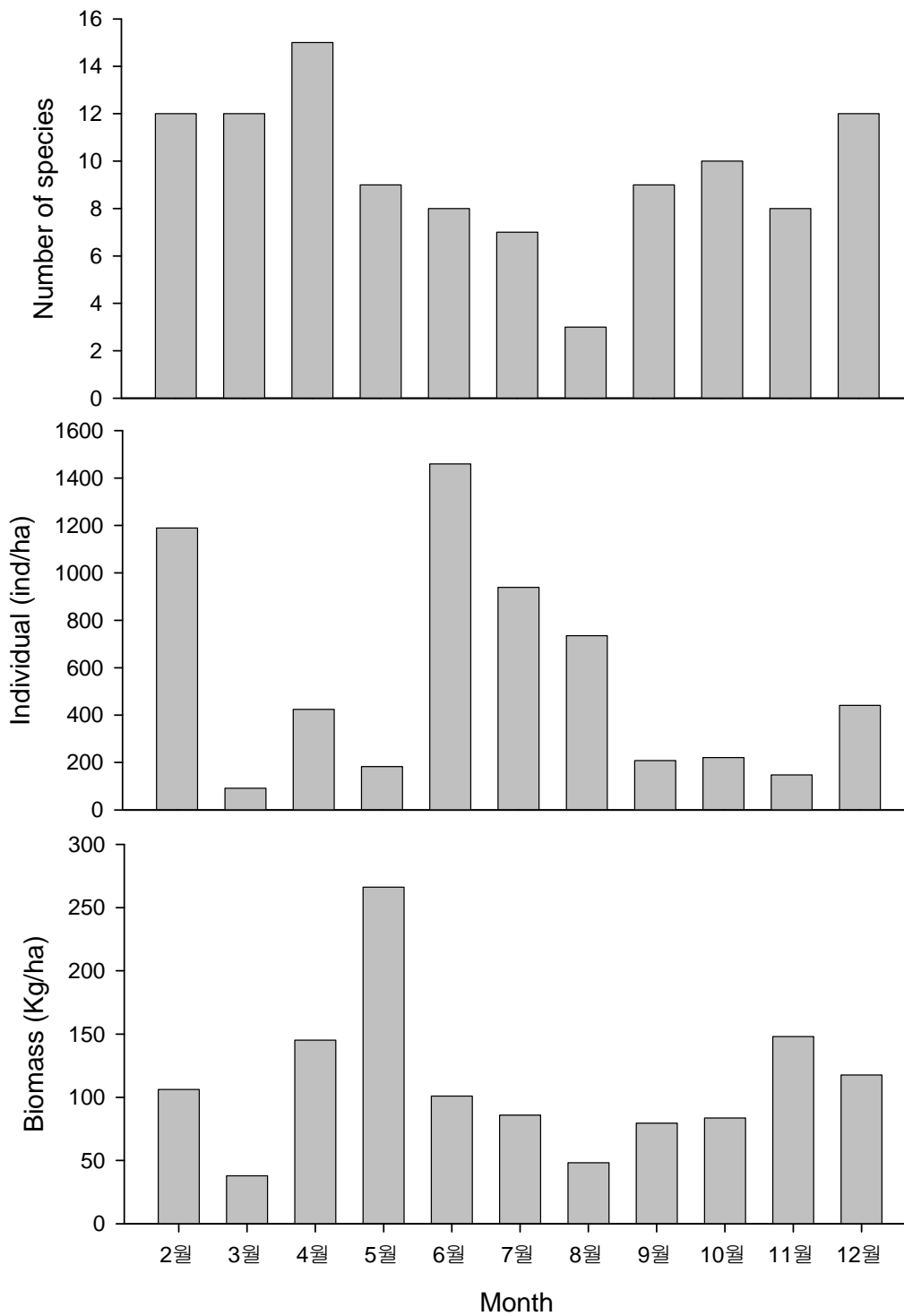


그림. 1-4-3. 2006년 월별 종수, 개체수, 생체량.

Fig. 1-4-3. The number of species, individuals, biomass in month, 2006.

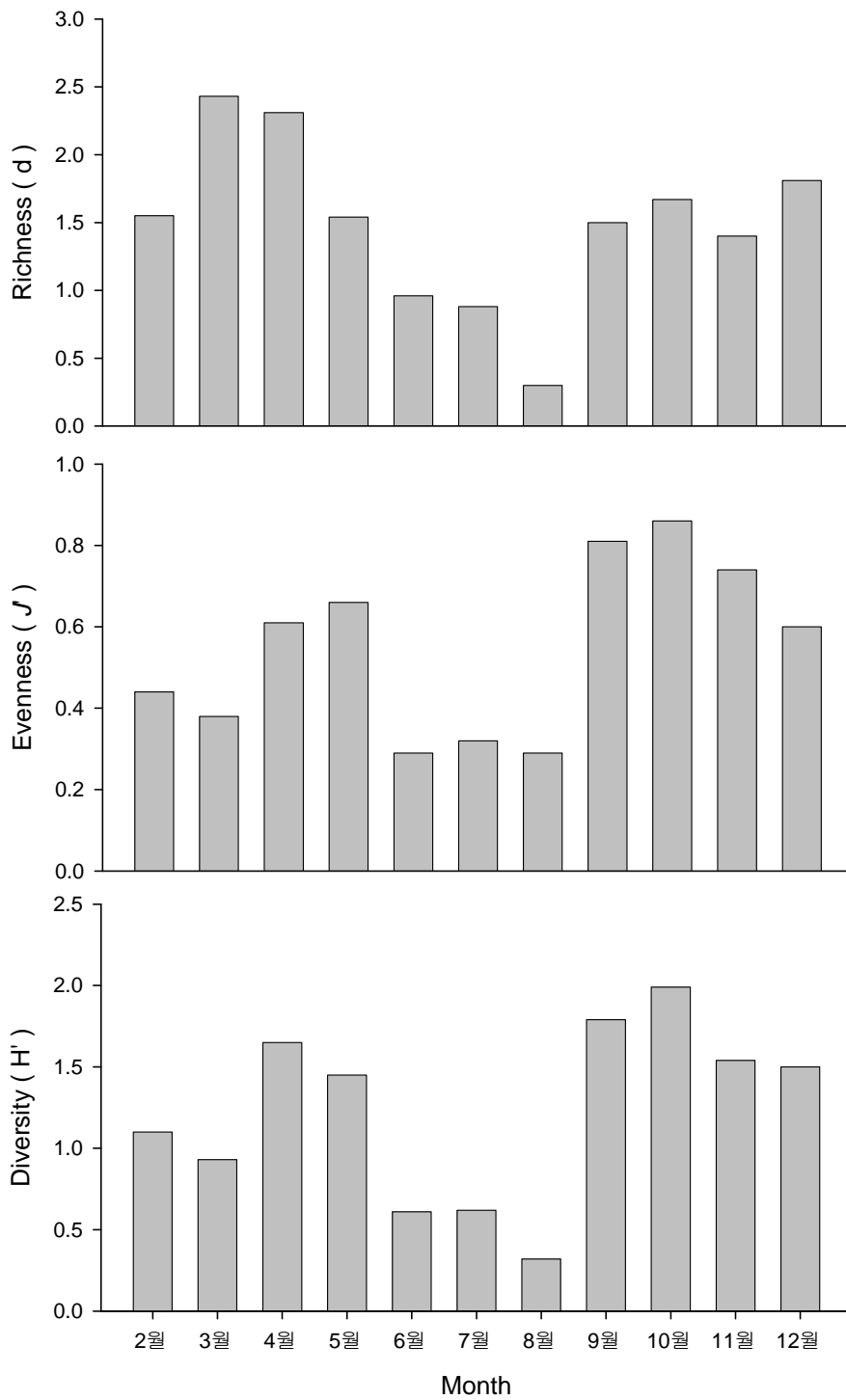


그림. 1-4-4. 2006년 월별 종풍부도, 종균등도, 종다양도 지수.

Fig. 1-4-4. Richness(d), Evenness(J'), Diversity(H') in month, 2006.

### 1.4.3.3.3 군집유사도

월별 출현하는 종과 개체수를 바탕으로 월별 어류상의 유사도를 살펴본 결과, 유사도 40%를 기준으로 5개의 그룹으로 분류되었는데, 1그룹은 6월, 7월, 8월, 2그룹은 4월, 5월, 9월, 10월, 12월로, 2월, 3월, 11월은 별도의 분리된 정점으로 나타났다(표 1-4-2, 그림 1-4-5, 그림 1-4-6).

그룹별 특징을 살펴보면 1그룹에서는 자리돔이 평균 880개체(평균 생체량 41,667g)로 가장 우점하는 종으로 나타났다. 다음으로는 전갱이가 125개체(1,000g), 복섬은 67개체(1,667g)의 순으로 우점하였다. 말쥐치는 67개체(1,667g), 돌돔은 24개체(4,927g)의 순으로 우점한 경향을 보였다. 2그룹은 1그룹에서 비해 수온이 낮은 계절들이 분포하는 특징을 보였는데, 2그룹에서는 아우점종이었던 전갱이가 평균 573개체(평균 생체량 58,800g)로 크게 증가하는 경향을 보였다. 볼락은 상대적으로 수온이 높은 1그룹의 계절에는 출현하지 않았지만 수온이 낮아지는 계절이 되면서 73개체(8,294g) 아우점하고 있었으며, 인상어 42개체(2,000g), 농어 36개체(12,984g), 송어 34개체(30,000g)의 순으로 우점하였다. 2월에는 전어가 727개체(생체량 8,000g)로 가장 우점하였으며, 볼락 306개체(30,000g), 송어 97개체(50,000g), 전갱이 45개체(2,000g), 방어 18개체(7,000g)의 순으로 우점하였다. 3월에는 인상어가 74개체(생체량 12,580g)으로 가장 우점하였으며, 멸치 4개체(32g), 말쥐치 3개체(1,450g), 방어와 참돔이 각각 2개체(17,000g, 1,100g)의 순으로 우점하였다. 11월에는 전갱이가 1,667개체(생체량 100,000g)으로 가장 우점하였으며, 감성돔 70개체(16,800g), 아귀 31개체(20,000g), 돌돔 20개체(1,000g), 참돔 8개체(3,040g)의 순으로 우점하였다.

표 1-4-2. 2006년 월별 어류군집의 유사도

Table 1-4-2. Similarity of the fish community in month, 2006

	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2월											
3월	35.89										
4월	43.81	45.496									
5월	36.174	26.703	57.388								
6월	30.7	19.964	37.799	41.463							
7월	26.015	29.982	32.091	29.08	65.532						
8월	8.4383	0	8.1609	24.294	53.84	53.556					
9월	31.217	13.331	51.851	43.198	32.658	26.006	11.008				
10월	39.034	18.165	43.049	40.505	30.656	24.381	10.159	82.471			
11월	37.681	29.29	37.363	39.27	33.379	30.686	29.809	34.446	33.234		
12월	40.683	21.545	49.686	36.086	19.589	17.474	9.0049	48.006	56.27	21.353	

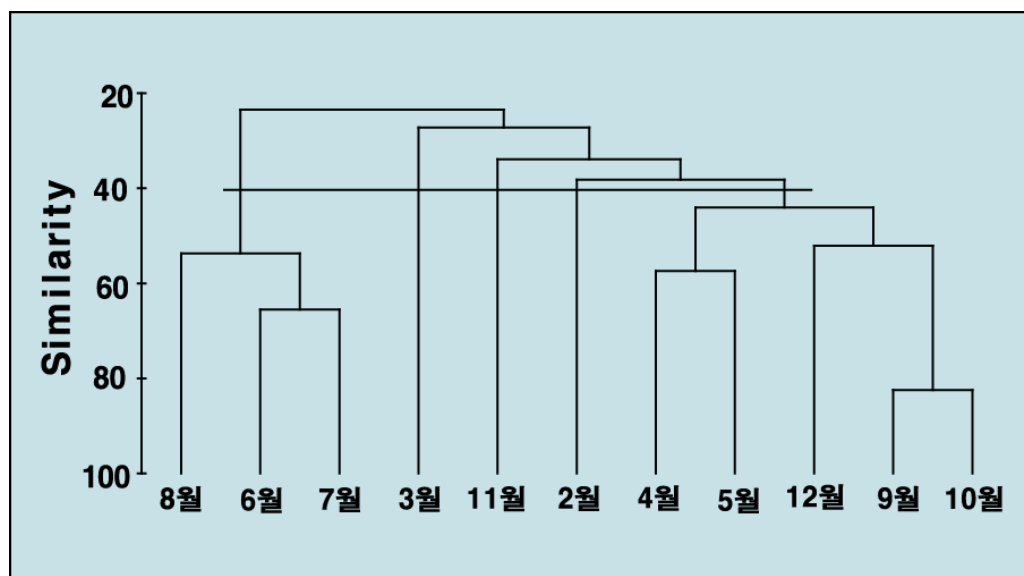


그림 1-4-5. 2006년 월별 어류군집의 수지도.

Fig. 1-4-5. Dendrogram of the fish community in month, 2006.

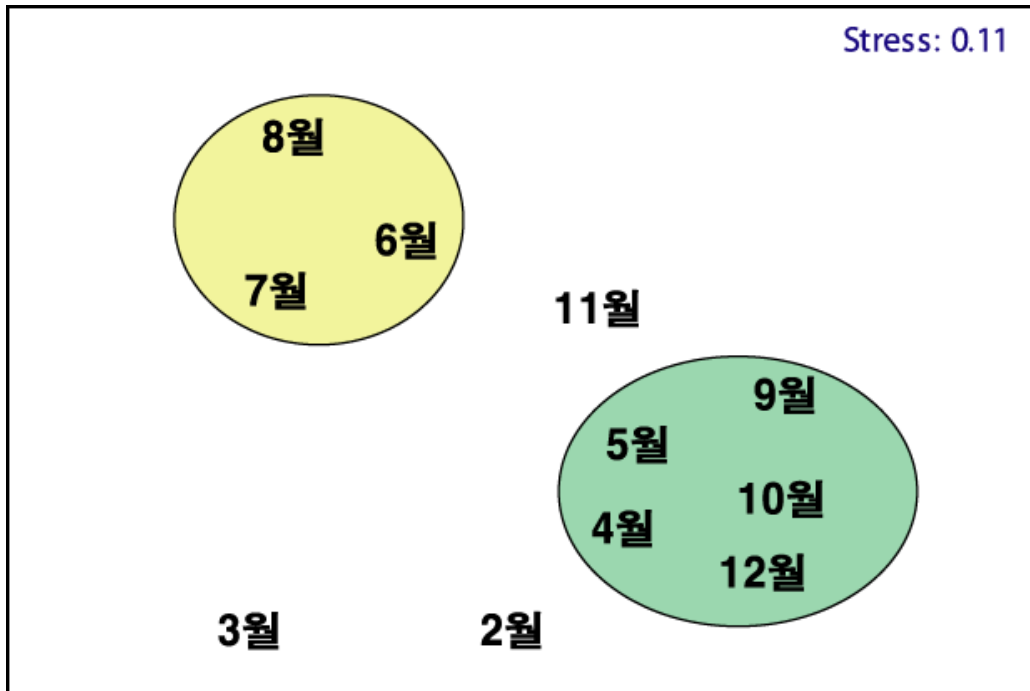


그림 1-4-6. 2006년 다차원척도분석에 따른 어류군집의 유사도.

Fig. 1-4-6. Similarity of the fish community by the MDS in month, 2006.

#### 1.4.3.4 새우조망에서 채집된 어류

##### 1.4.3.4.1 어류목록

2006년 2월부터 12월까지 새우조망에서 채집된 어종은 총 2강 11목 45과 64종이었다. 어류목록은 다음과 같다.

연골어강 Class Chondrichhyes

홍어목 Order Rajiformes

가오리과 Family Rajidae

1. 홍어 *Raja kenojei*

조기강 Class Actinopterygii

뱀장어목 Order Anguilliformes

뱀장어과 Family Congridae

2. 뱀장어 *Conger japonicus*

청어목 Order Clupeiformes

멸치과 Family Engraulididae

3. 멸치 *Engraulis japonicus*

홍메치목 Order Aulopiformes

히메치과 Family Aulopodidae

4. 히메치 *Aulopus japonicus*

메통이과 Family Synodontidae

5. 메통이 *Saurida undosquamis*

대구목 Order Gadiformes

민태과 Family Macrouridae

6. 줄비늘치 *Coleorhynchus multispinulosus*

대구과 Family Gadidae

7. 대구 *Gadus macrocephalus*

아귀목 Order Lophiiformes

아귀과 Family Lophiidae

8. 아귀 *Lophiomus setigerus*

9. 황아귀 *Lophius liulon*

달고기목 Order Zeiformes

달고기과 Family Zeidae

10. 달고기 *Zeus feber*

솜뱅이목 Order Scorpaeniformes

양볼락과 Family Scorpaenidae

11. 홍감펍 *Helicolenus hilgendorfi*

12. 미역치 *Hypodytes rubripinnis*

13. 불볼락 *Sebastes thompsoni*

폴미역치과 Family Aploactinidae

14. 폴미역치 *Erisphex pottii*

성대과 Family Triglidae

15. 성대 *Chelidonichthys spinosus*

16. 달강어 *Lepidotrigla microptera*

양태과 Family Platycephalidae

17. 양태 *Platycephalus indicus*

쥐노래미과 Family Hexagrammidae

18. 쥐노래미 *Hexagrammus otakii*

독중개과 Family Cotidae

19. 가시망둑 *Pseudoblennius cottoides*

삼세기과 Family Hemitripterae

20. 삼세기 *Hemitripteris villosus*

꼼치과 Family Liparidae

21. 아가씨물메기 *Liparis agassizii*

22. 꼼치 *Liparis tanakai*

23. 물메기 *Liparis tessellatus*

농어목 Order Perciformes

반딧불게르치과 Family Acropomatidae

24. 반딧불게르치 *Acropoma japonicum*

바리과 Family Serranidae

25. 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*

동갈돔과 Family Apogonidae

26. 열동가리돔 *Apogon lineatus*

27. 줄도화돔 *Apogon semilineatus*

보리멸과 Family Sillaginidae

28. 청보리멸 *Sillago japonica*

29. 보리멸 *Sillago sihama*

전갱이과 Family Carangidae

30. 전갱이 *Trachurus japonicus*

주둥치과 Family Leiognathidae

31. 주둥치 *Leiognathus nuchalis*



- 하스돔과 Family Haemulidae
32. 벤자리 *Parapristipoma trilineatum*
- 민어과 Family Sciaenidae
33. 보구치 *Ayrosomus argentatus*
34. 참조기 *Pseudosciaena polyactis*
- 나비고기과 Family Chaetodonidae
35. 세동가리돔 *Chaetodon modestus*
- 돌돔과 Family Oplegnathidae
36. 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*
- 등가시치과 Family Zoarcidae
37. 등가시치 *Zoarces gilli*
- 장갱이과 Family Stichaeidae
38. 괴도라치 *Chirolophis japonicus*
- 황줄베도라치과 Family Pholididae
39. 점베도라치 *Pholis crassispinia*
40. 흰베도라치 *Pholis fangi*
41. 베도라치 *Pholis nebulosa*
- 악어치과 Family Champsodontidae
42. 악어치 *Champsodon snyderi*
- 양동미리과 Family Pinguipedidae
43. 쌍동가리 *Parapercis sexfasciata*
- 까나리과 Family Ammodytidae
44. 까나리 *Ammodytes personatus*
- 통구멍과 Family Uranoscopidae
45. 푸렁통구멍 *Gnahagnus elongatus*
46. 얼룩통구멍 *Guranoscopus japonicus*
- 돛양태과 Family Callionymidae
47. 돛양태 *Repomucenus lunatus*
- 망둑어과 Family Gobiidae
48. 도화망둑 *Chaeturichthys hexanema*

갈치과 Family Trichiuridae

49. 갈치 *Trichiurus lepturus*

셋돔과 Family Centrolophidae

50. 셋돔 *Psenopsis anomala*

병어과 Family Stromateidae

51. 병어 *Pampus argenteus*

가자미목 Order Pleuronectiformes

넙치과 Family Paralichthyidae

52. 넙치 *Paralichthys olivaceus*

53. 점넙치 *Pseudorhombus pentophthalmus*

가자미과 Family Pleuronectidae

54. 줄가자미 *Clidoderma asperrimum*

55. 물가자미 *Eopseta grigorjewi*

56. 돌가자미 *Kareius bicoloratus*

57. 문치가자미 *Limanda yokohame*

58. 도다리 *Pleuronichys cornua*

납서대과 Family Soleidae

59. 노랑각시서대 *Zebrias fasciatus*

60. 궁제기서대 *Zebrias zebra*

참서대과 Family Cynoglossidae

61. 참서대 *Cynoglossus joyneri*

62. 개서대 *Cynoglossus robustus*

복어목 Order Tetraodontiformes

쥐치과 Family Monacanthidae

63. 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*

참복과 Family Tetraodontidae

64. 복섬 *Takifugu niphoble*

#### 1.4.3.4.2 종조성 및 월변동

조사기간 동안 새우조망에서 채집된 어류는 총 64종으로 표층에서 출현한 어류에 비해 다양한 종들이 출현하였다.

어류가 출현하였으며, 평균 1,708의 개체수를 보였으며 생체량은 평균 29,484g을 나타내었다.

조사기간 중 어류의 종수는 2월에 24종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 5월과 6월, 8월에 15종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 개체수는 조사기간 중 12월에 7,316 개체로 다른 계절에 비해 월등히 높게 나타났으며, 5월과 6월에 각각 99개체, 97개체로 매우 적은 개체의 어류가 출현하는 경향을 나타내었다. 어류의 생체량을 보면 가장 많은 개체수가 출현하였던 12월에 109,762g로 가장 높게 나타났으며, 5월에 3,559g로 가장 적었다.

조사기간 중 미역치(그림 1-4-7, 그림 1-4-8에서 극우점으로 제외)는 평균 1,467개체를 보여 전체 출현 개체수의 86%를 차지할 정도로 매우 우점하는 경향을 나타내었으며, 15,049g의 생체량을 보였다. 다음으로 열동가리돔이 82개체로 약 5%를 차지하였으며, 멸치가 36개체 약 2%, 붕장어가 30개체로 약 2%, 홍어가 18개체 약 1%의 순으로 우점하였다. 한편, 생체량은 미역치가 평균 15,049g으로 전체 생체량의 약 51%를 차지하여 매우 우점한 경향을 보였다. 다음으로 황아귀가 3,523g으로 약 12%를 차지하였으며, 아귀가 2524g으로 약 8.6%, 홍어가 2,524g으로 8.6%, 물가자미가 866g으로 약 2.9%, 열동가리돔이 731g으로 약 2.5%, 붕장어가 716g으로 약 2.4%의 순으로 우점하였다(표 1-4-3, 그림 1-4-7).

월별 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 어류군집의 생태지수를 분석한 결과 종다양도는 평균 약 1.9였고, 종균등도는 0.7, 종풍부도는 3.2를 나타내었다. 종다양도는 2월에 약 2.5로 가장 높게 나타났으며, 10월에 약 1.0로 가장 낮게 나타났으며, 종균등도는 2월, 3월, 11월이 각각 약 0.8로 가장 높았으며, 10월이 약 0.3으로 가장 낮게 나타났다. 종풍부도는 2월에 4.5로 가

장 높았으며, 10월이 2.5로 가장 낮았다(그림 1-4-8).

새우조망의 종다양도와 종균등도 및 종풍부도는 수온이 낮은 12월~3월 사이에는 비교적 높게 나타난 반면 비교적 수온이 높게 나타나는 8월~10월 사이에는 매우 낮게 나타나는 특징을 보였다.

표 1-4-3. 새우조망에서 채집된 어류의 개체수(N)와 생체량(B)(단위: 개체, g)

Table 1-4-3. Individuals(N) and biomass(B) of the fish collected in shrimp trawl gear

새우조망	06' 2월		3월		4월		5월		6월		7월	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
미역치	0	0	0	0	0	0	40	760	10	190	240	4560
황아귀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
아귀	6	1280	12	13298	4	13429	0	0	0	0	2	420
홍어	35	3100	18	1578	10	1798	4	719	10	1613	12	1936
물가자미	12	365	75	3390	67	5226	0	0	0	0	5	260
열동가리돔	0	0	0	0	3	15	1	4	19	90	45	215
붕장어	28	965	40	1360	25	835	0	0	0	0	35	80
성대	3	480	22	4136	0	0	0	0	6	1272	4	860
양태	6	950	3	594	45	1650	30	1200	0	0	2	540
베도라치	0	0	20	1313	17	1110	1	18	2	94	0	0
쌍동가리	30	2610	0	0	0	0	0	0	0	0	2	165
멸치	7	65	4	42	12	210	5	90	0	0	0	0
개서대	5	560	4	440	4	780	0	0	1	13	2	65
문치가자미	8	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	2	190
넙치	2	520	1	260	3	640	0	0	0	0	0	0
청보리멸	0	0	10	440	7	280	2	32	2	121	3	460
꼼치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
달고기	1	350	0	0	0	0	0	0	1	292	0	0
노랑각시서대	2	380	1	180	1	210	0	0	0	0	1	160
도다리	2	365	0	0	0	0	3	628	0	0	0	0
얼룩통구멍	0	0	8	496	5	320	0	0	0	0	0	0
과도라치	1	190	2	316	1	220	0	0	0	0	0	0
물메기	0	0	0	0	0	0	0	0	1	284	0	0
까나리	1	12	1	9	0	0	1	11	3	31	5	40
대구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
쥐노래미	0	0	2	21	0	0	1	14	0	0	0	0
도화망둑	4	57	6	84	0	0	2	6	0	0	1	11
궁제기서대	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
불볼락	2	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
뚝양태	3	38	5	70	4	52	0	0	0	0	0	0
악어치	0	0	1	68	0	0	0	0	6	4	0	0

표 1-4-3. 계속

Table 1-4-3. (Continued)

새우조망	06' 2월		3월		4월		5월		6월		7월	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
어중												
전갱이	3	84	0	0	1	22	5	30	5	10	2	6
줄가자미	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
홍감펍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
참조기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
쥐치	1	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
복섬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
능성어	1	18	5	88	0	0	0	0	0	0	0	0
보리멸	0	0	2	72	0	0	2	31	0	0	0	0
줄도화돔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
주둥치	2	26	6	35	4	22	1	4	0	0	0	0
흰배도라치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
반딧불게르치	0	0	0	0	0	0	0	0	27	75	0	0
아가씨물메기	1	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
돌가자미	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
풀미역치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼세기	0	0	0	0	0	0	0	0	3	49	0	0
등가시치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
셋돔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
참서대	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
갈치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
히메치	0	0	0	0	2	17	1	12	0	0	0	0
돌돔	0	0	1	28	0	0	0	0	0	0	0	0
달강어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
매통이	0	0	0	0	1	22	0	0	0	0	0	0
보구치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
가시망둑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
점넙치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
줄비늘치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
점배도라치	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0
세동가리돔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
푸령통구멍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
병어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
벤자리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
합계	166	13825	249	28318	216	26858	99	3559	97	4147	363	9968

표 1-4-3. 계속

(단위: 개체, g)

Table 1-4-3. (Continued)

새우조망	8월		9월		10월		11월		12월		합계	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
미역치	960	18240	720	11150	700	10500	6280	56043	7182	64092	16132	165535
황아귀	0	0	0	0	0	0	9	6542	20	32216	29	38758
아귀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	28427
홍어	10	99	17	1490	22	3389	20	1300	40	10740	198	27762
물가자미	2	155	1	80	0	0	0	0	1	55	163	9531
열동가리돔	190	2090	230	1772	410	3854	0	0	0	0	898	8040
붕장어	46	99	53	120	42	1363	37	1749	29	1309	335	7880
성대	0	0	0	0	1	187	0	0	1	129	37	7064
양태	0	0	0	0	0	0	0	0	1	76	87	5010
베도라치	16	180	5	230	36	921	5	126	0	0	102	3992
쌍동가리	3	247	2	94	0	0	1	25	2	136	40	3277
멸치	0	0	368	2079	0	0	0	0	0	0	396	2486
개서대	0	0	0	0	0	0	7	74	1	14	24	1946
문치가자미	1	67	1	80	0	0	0	0	2	458	14	1895
넙치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1420
청보리멸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	1333
꼼치	0	0	0	0	0	0	1	1279	0	0	1	1279
달고기	1	34	1	470	1	68	0	0	0	0	5	1214
노랑각시서대	0	0	0	0	0	0	1	134	1	134	7	1198
도다리	0	0	2	26	0	0	0	0	0	0	7	1019
얼룩통구멍	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	816
괴도라치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	726
물메기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	284
까나리	2	36	1	12	3	45	2	42	2	35	21	273
대구	0	0	0	0	0	0	8	238	0	0	8	238
쥐노래미	0	0	0	0	1	159	0	0	0	0	4	194
도화망둑	0	0	0	0	1	1	0	0	2	32	16	191
궁제기서대	0	0	1	41	1	67	0	0	1	80	3	188
볼볼락	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	160
툫양태	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	160
악어치	0	0	1	3	0	0	6	78	0	0	14	153
전갱이	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	152

표. 1-4-3 계속

Table 1-4-3. (Continued)

새우조망	8월		9월		10월		11월		12월		합계	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
어종	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
줄가자미	4	87	0	0	3	45	0	0	0	0	7	132
홍감펍	0	0	0	0	1	117	0	0	0	0	1	117
참조기	0	0	3	113	5	4	0	0	0	0	8	117
쥐치	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32	2	117
복섬	1	116	0	0	0	0	0	0	0	0	1	116
능성어	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	106
보리멸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	103
줄도화돔	0	0	0	0	0	0	0	0	26	95	26	95
주동치	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	14	95
흰베도라치	5	65	0	0	0	0	3	14	0	0	8	79
반딧불게르치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	75
아가씨물메기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	65
돌가자미	6	60	0	0	0	0	0	0	0	0	6	60
풀미역치	0	0	1	11	5	38	0	0	0	0	6	49
삼세기	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	49
등가시치	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45	1	45
셋돔	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45	1	45
참서대	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33
갈치	0	0	0	0	1	32	0	0	0	0	1	32
히메치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	29
돌돔	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28
달강어	0	0	2	25	0	0	0	0	0	0	2	25
매통이	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22
보구치	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	1	20
가시망둑	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	1	19
점넙치	0	0	1	14	0	0	0	0	0	0	1	14
줄비늘치	0	0	2	13	0	0	0	0	0	0	2	13
점베도라치	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9
세동가리돔	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	1	8
푸령통구멍	0	0	0	0	1	4	1	2	0	0	2	6
병어	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	3
벤자리	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	1	18
합계	1248	21608	1412	17823	1235	20797	6383	67662	7317	109780	18785	324327



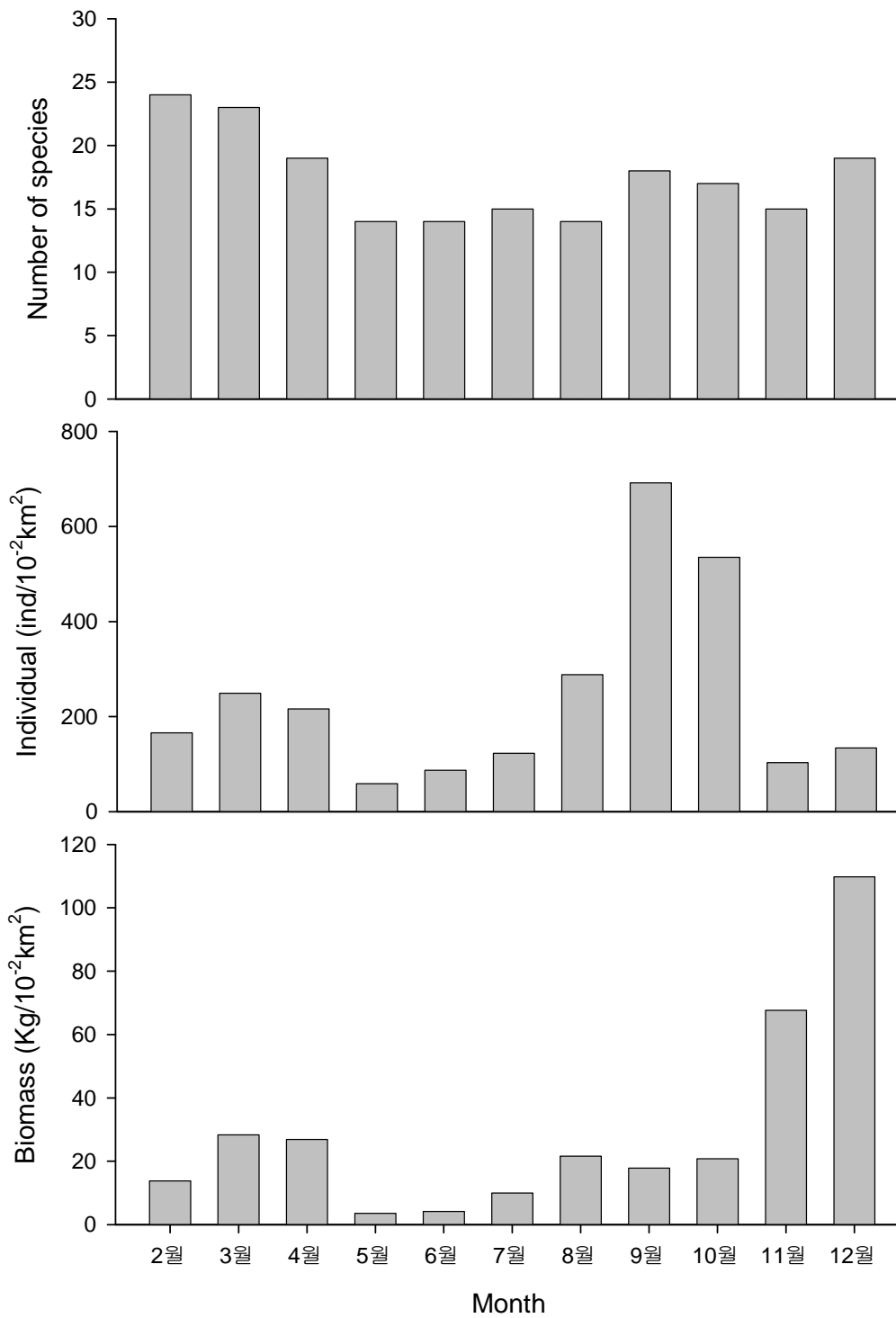


그림 1-4-7. 2006년 월별 종수, 개체수, 생체량.

Fig. 1-4-7. The number of species, individuals, biomass in month, 2006.

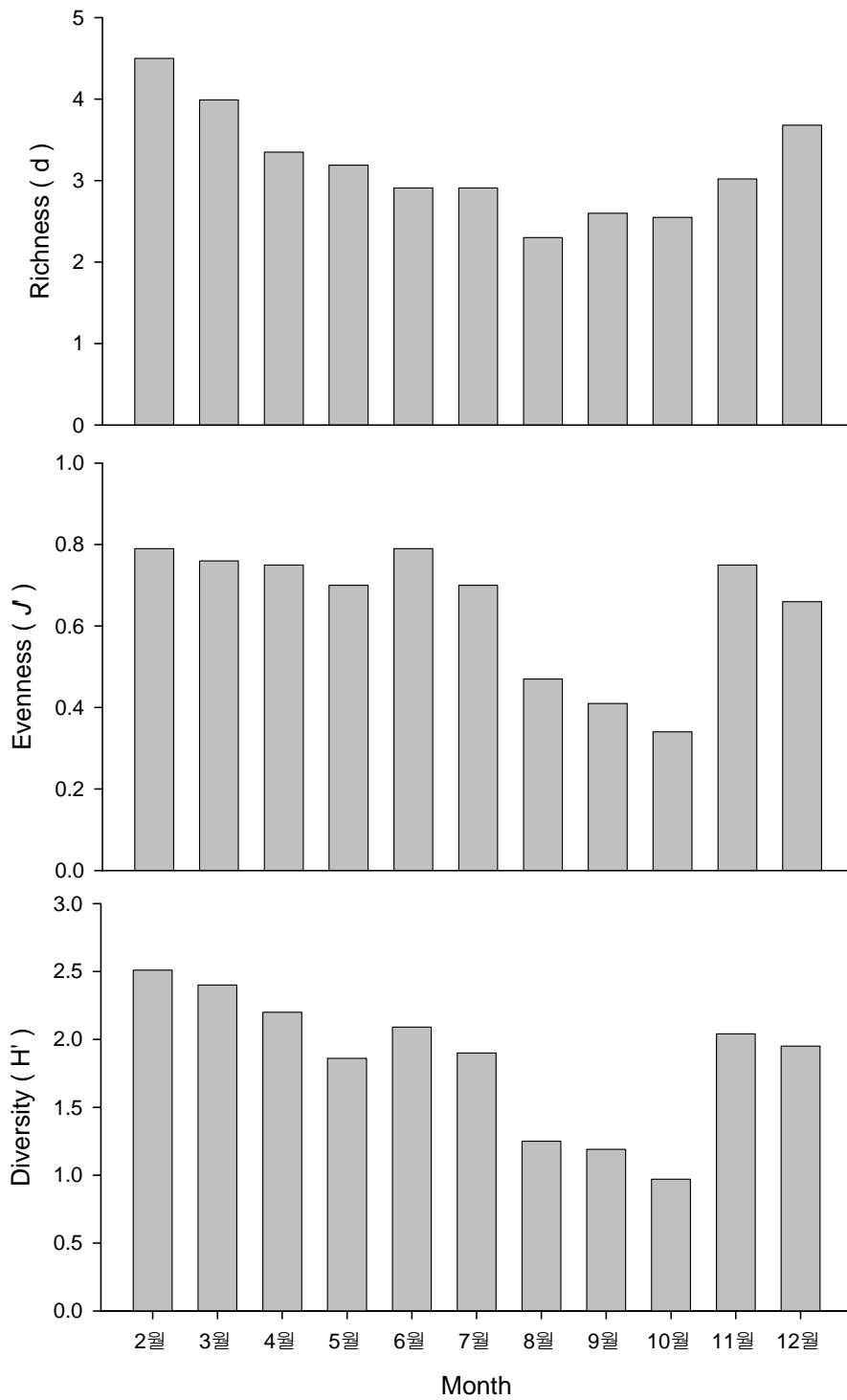


그림 1-4-8. 2006년 월별 종풍부도, 종균등도, 종다양도 지수.

Fig. 1-4-8. Richness (d), Evenness (J'), Diversity (H') of species in month, 2006.

#### 1.4.3.4.3. 군집유사도

월별 출현하는 종과 개체수의 유사성을 바탕으로 월별 어류군집의 유사도를 살펴보았다. 월별 어류군집을 유사도 40%를 기준으로 나눈 결과 4개의 그룹으로 분리되었다(표 1-4-4, 그림 1-4-9, 그림 1-4-10).

1그룹은 2월, 3월, 4월, 5월, 7월이 포함되어 있었고, 2그룹은 8월, 9월, 10월이, 3그룹은 11월, 12월이 포함되었으며, 6월은 독립되어 분해되었다.

그룹별 분석자료에 의하면, 1그룹에서는 개체수로는 미역치가 평균 56개체(평균 생체량 1,064g) 가장 우점하였으며, 물가자미가 32개체(1,848g), 붕장어가 26개체(648g), 양태가 17개체(987g), 홍어가 16개체(1,826g) 등의 순으로 우점하였다. 2그룹에서는 미역치가 평균 793개체(평균 생체량 13,297g)로 가장 우점하였으며, 열동가리돔이 277개체(2,572g), 멸치가 123개체(693g), 붕장어가 47개체(527g), 베도라치가 19개체(444g) 등의 순으로 나타났다. 3그룹에서는 미역치가 6,731개체(평균 생체량 60,068g)로 가장 우점하였으며, 붕장어가 33개체(1,529g), 홍어가 30개체(6,020g), 황아귀가 15개체(19,379g), 줄도화돔이 13개체(48g) 순으로 우점하였다. 4그룹은 반딧불게르치가 27개체(생체량 75g)로 가장 우점하였으며, 열동가리돔이 19개체(90g), 미역치와 홍어가 10개체(190g, 1,613g), 성대가 6개체(1,272g) 등의 순으로 우점하였다.

표 1-4-4. 월별 어류군집의 유사도

Table 1-4-4. Similarity of the fish community in month

	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2월											
3월	63.216										
4월	57.973	71.052									
5월	39.259	43.717	48.077								
6월	27.467	31.298	30.048	37.951							
7월	61.192	52.301	53.038	40.549	48.046						
8월	33.961	29.141	32.629	22.13	34.46	51.669					
9월	39.319	32.407	33.102	30.731	33.319	44.017	58.148				
10월	28.005	34.351	26.177	29.214	36.346	42.478	55.788	55.718			
11월	35.801	40.027	34.897	22.744	32.814	40.403	42.554	36.144	34.824		
12월	51.741	37.984	29.184	21.615	22.203	58.878	35.898	35.641	33.857	44.88	

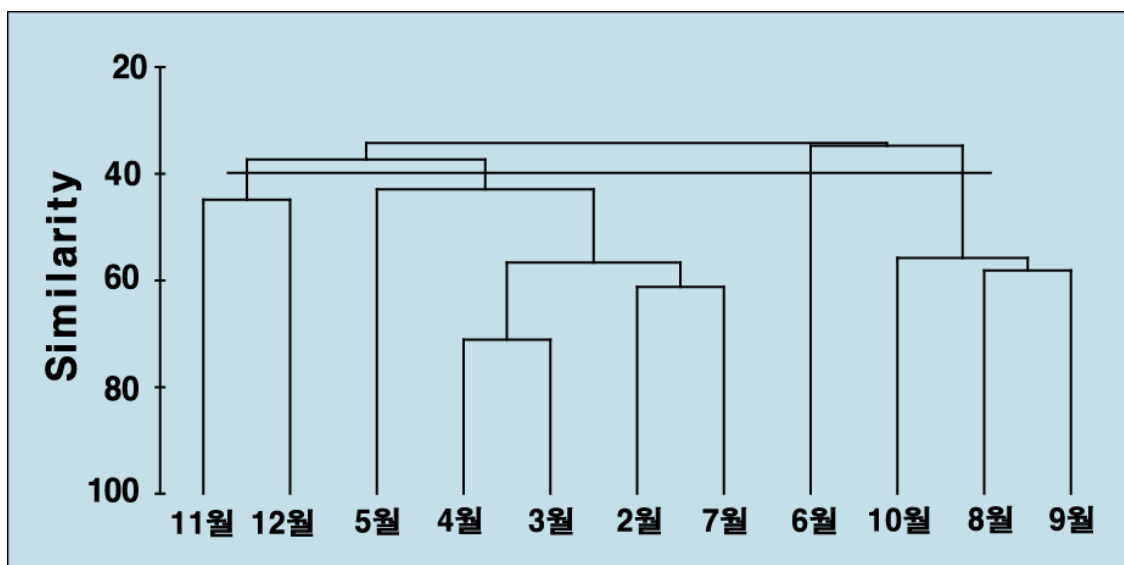


그림 1-4-9. 월별 어류군집의 수지도.

Fig. 1-4-9. Dendrogram of the fish community in month.

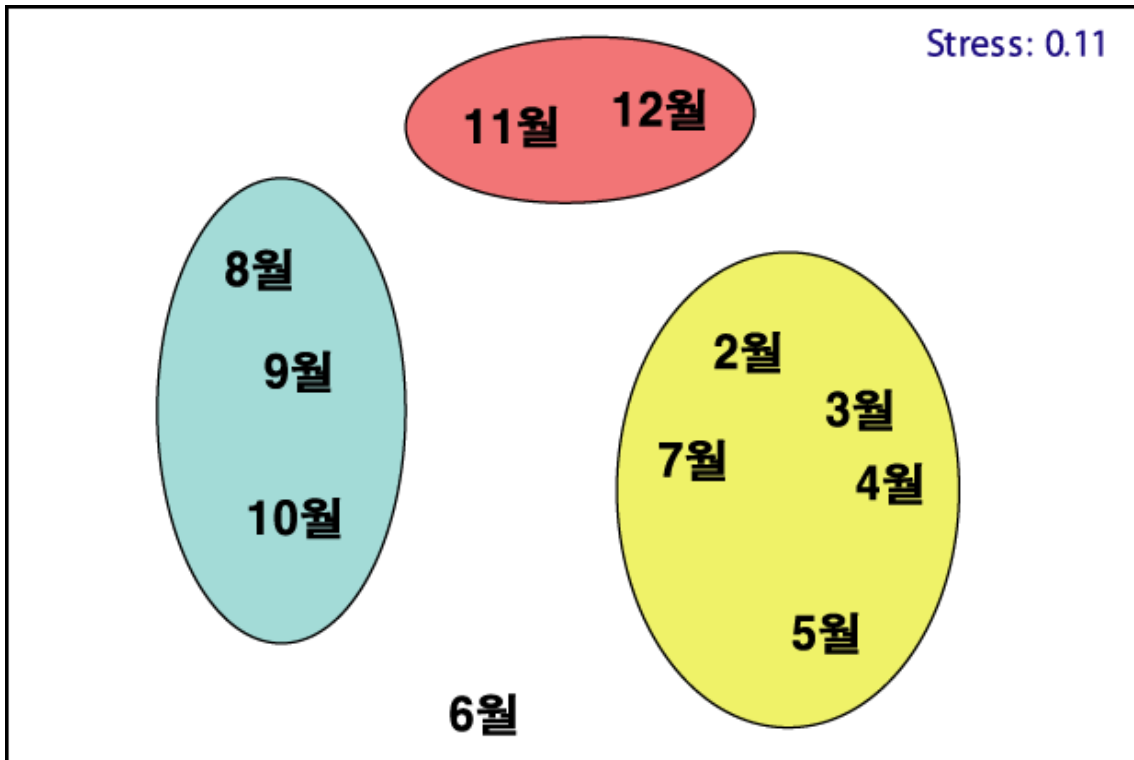


그림 1-4-10. 다차원척도분석에 따른 어류군집의 유사도.

Fig. 1-4-10. Similarity of the fish community by the MDS.

#### 1.4.3.4.4. 목표종

##### 1.4.3.4.4.1 정치망

2006년도 조사기간 중, 출현 빈도가 높은 어류 중에서 상업적 가치가 높은 종을 목표종으로 정하고 이들의 월별 출현 개체수의 변화와 생체량의 변화를 알아보았다. 정치망 조사결과 선정된 목표종은 전갱이, 송어, 농어였다.

##### a) 전갱이(Trachurus japonicus)

전갱이는 11월은 가장 높았으나 생체량은 5월에 높았다. 이는 11월에는 체장이 작은 개체가 대량으로 잡힌 경향을 보였다(그림 1-4-11).

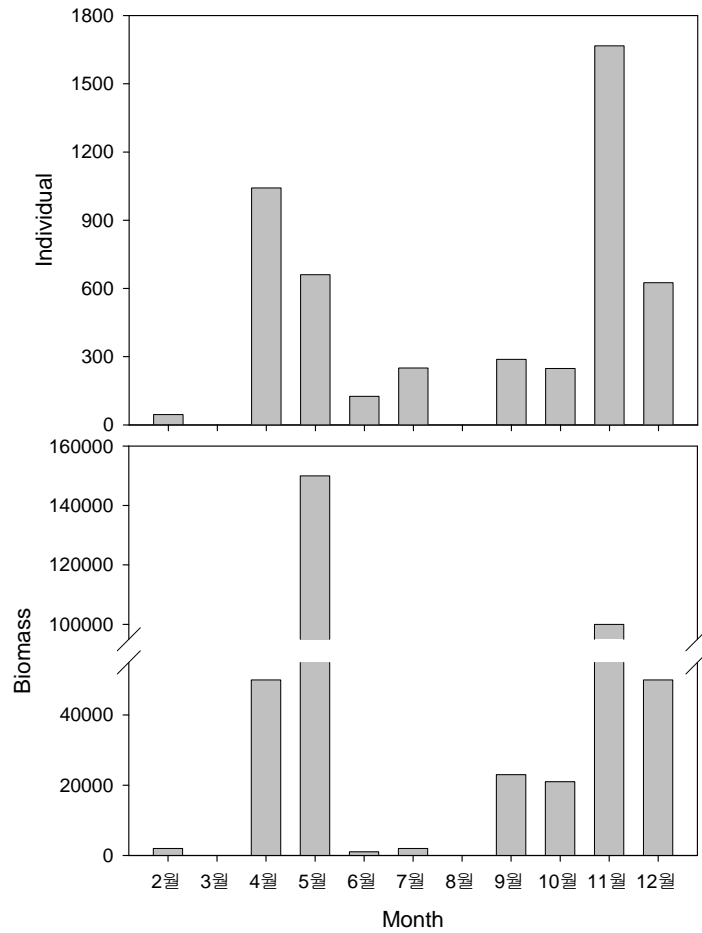


그림 1-4-11. 전갱이의 월별 개체수와 생체량.

Fig. 1-4-11. The individuals and biomass (g) of *Trachurus japonicus* in month.

b) 승어(*Mugil cephalus*)

승어는 개체수와 생체량이 5월에 매우 높게 나타났으며, 6~11월은 매우 낮아 거의 보이지 않다가 12월부터 서서히 높아지는 경향을 보였다(그림 1-4-12).

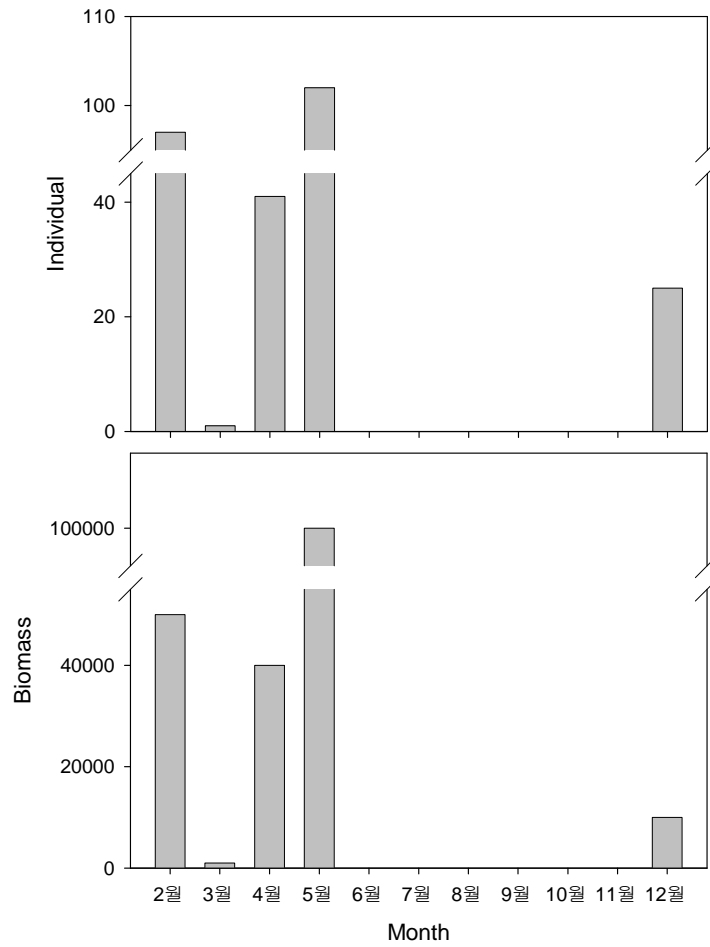


그림 1-4-12. 송어의 월별 개체수와 생체량.

Fig. 1-4-12. The individuals and biomass (g) of *Mugil cephalus* in month.

c) 농어(*Lateolabrax japonicus*)

농어는 개체수와 생체량이 4월, 9~10월에 각각 높은 경향을 보였다 (그림 1-4-13).

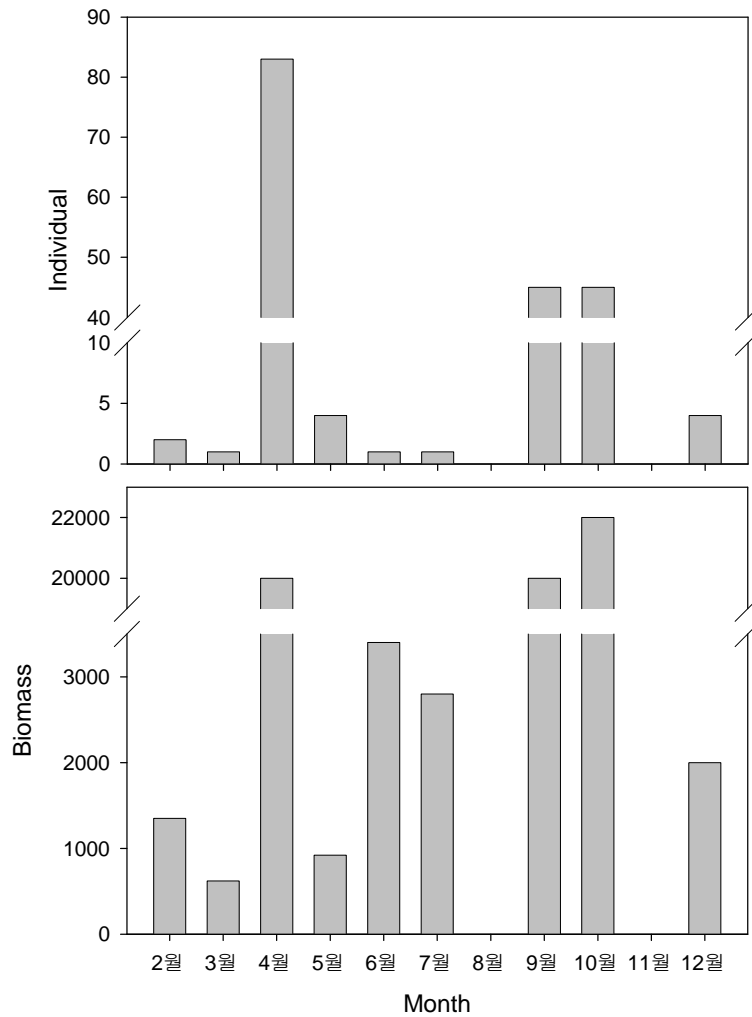


그림 1-4-13. 농어의 생체량과 개체수.

Fig. 1-4-13. The individuals and biomass (g) of *Lateolabrax japonicus* in month.

#### 1.4.3.4.4.2 새우조망

조사기간 중 출현 빈도가 높은 어류 중에서 상업적 가치가 높은 종을 목표종으로 정하고 이들의 월별 출현 개체수의 변화와 생체량의 변화를 알아보았다. 새우조망 조사결과 선정된 목표종은 붕장어, 홍어, 물가자미였다.



a) 붕장어(Conger myriaster)

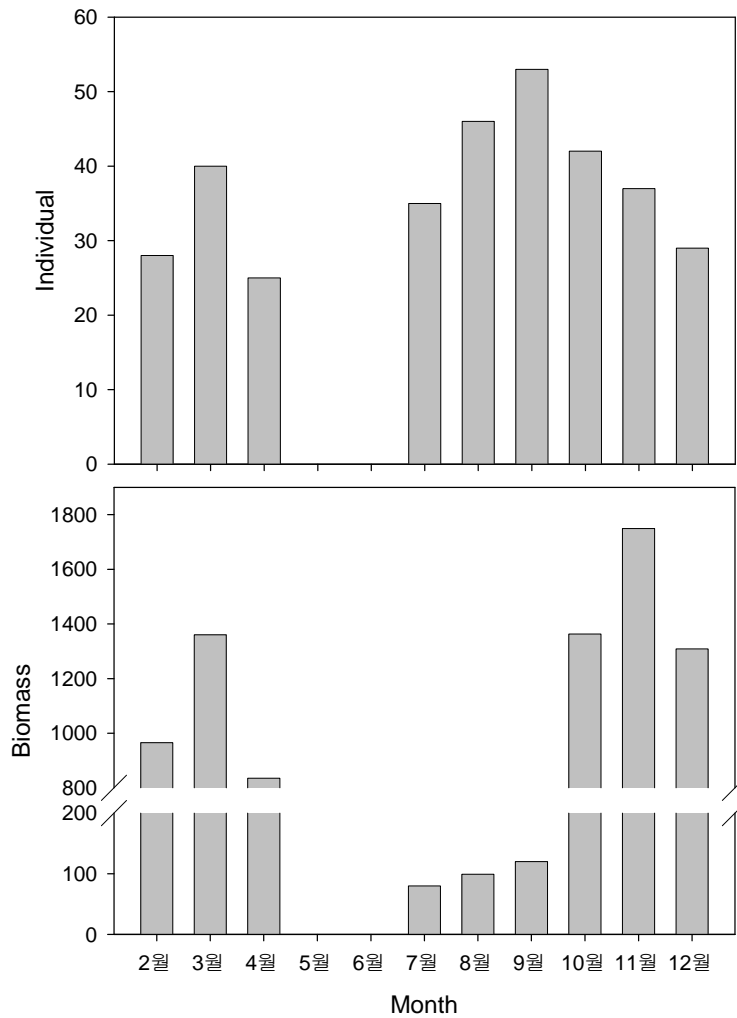


그림 1-4-14. 붕장어의 월별 개체수와 생체량.

Fig. 1-4-14. The individuals and biomass (g) of *Conger myriaster* in month.

b) 홍어(*Raja kenojei*)

홍어는 개체수와 생체량은 12월에 가장 높게 나타났다(그림 1-4-15).

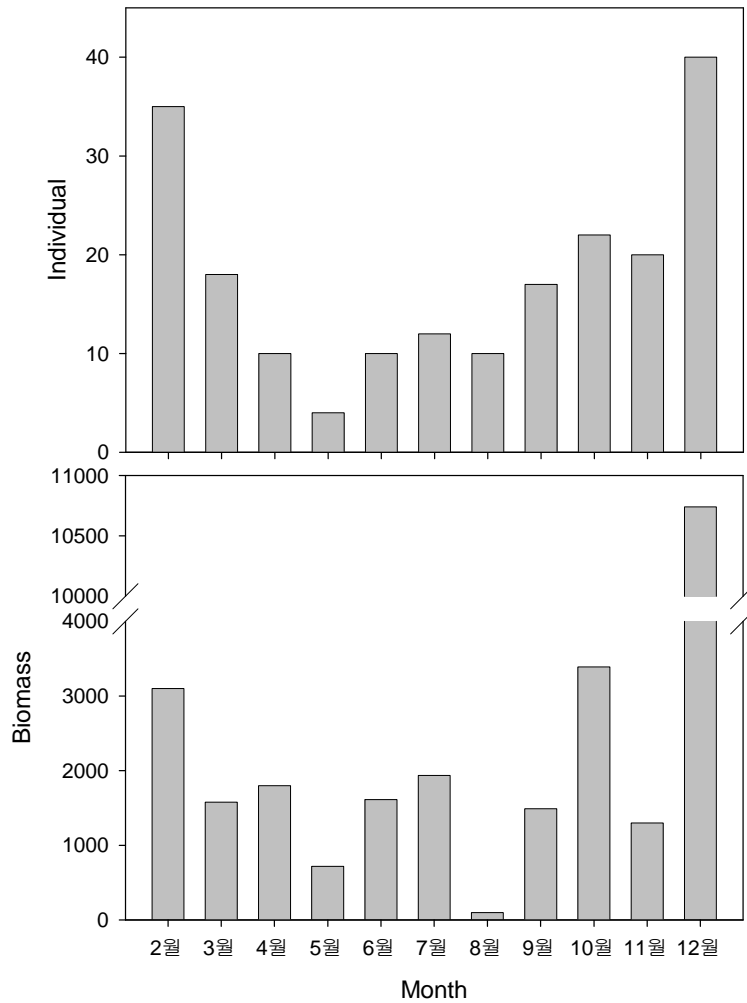


그림 1-4-15. 홍어의 월별 개체수와 생체량.

Fig. 1-4-15. The individuals and biomass (g) of *Raja kenojei* in month.

c) 물가자미(*Eopsetta grigorjewi*)

물가자미는 개체수와 생체량은 2월~4월에 높은 경향을 보였다(그림 1-4-16).

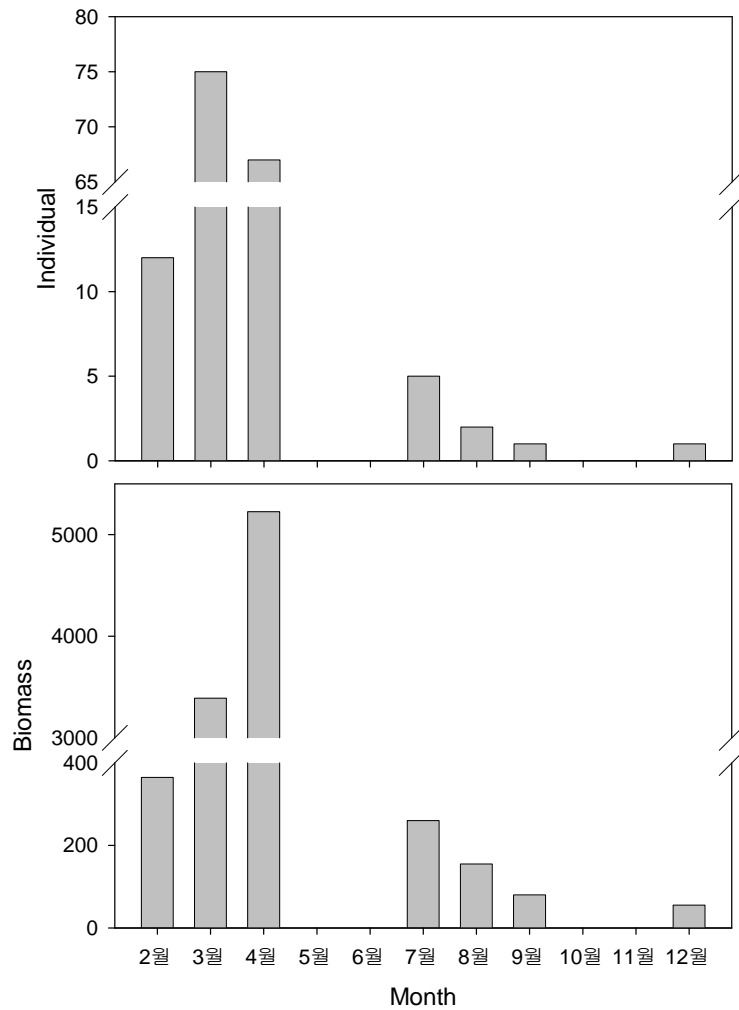


그림 1-4-16. 물가자미의 월별 개체수와 생체량.

Fig. 1-4-16. The individuals and biomass (g) of *Eopsetta grigorjewi* in month.

#### 1.4.4.5 대조구에 의한 비교

2006년을 5월, 6월, 11월, 12월을 각각 대조구를 정하여 비교한 결과, 구조물에서는 미역치, 붕장어, 황아귀 등이 우점하였으며, 대조구에서는 열동가리돔 등이 우점하였다(표 1-4-5).

표 1-4-5. 대조구에 의한 비교

Table 1-4-5. Compative in according to the contrast sea

출현어종	5월				6월				11월				12월			
	구조물		대조구		구조물		대조구		구조물		대조구		구조물		대조구	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
미역치	40	760	32	512	10	190			6280	56043			7182	64092		
황아귀									9	6542			20	32216		
홍어	4	719			10	1613			20	1300			40	10740		
열동가리돔			1	4	40	206	19	90			32	108			912	2616
붕장어									37	1749	10	470	29	1309	4	50
성대					6	1272	2	562					1	129		
아귀							1	1500								
양태	30	1200	3	114					1	1279			1	76		
꼼치																
도다리	3	628														

1.4.4.6 전년도 비교

2005년도 5월, 6월, 11월, 12월을 각각 비교해본 결과, 개체수를 제외하고 종다양도지수, 종수는 높은 경향을 보였으나, 생체량은 봄철(5월, 6월)이 높은 경향을 보였다(표 1-4-6).

표 1-4-6. 전년도(2005)와 비교(종다양도지수, 종수, 개체수, 생체량)

Table 1-4-6. Comparative of diversity, number of species, individuals and biomass of last year(2005)

표층어류	종다양도지수		종수		개체수		생체량 (g)	
	'05	'06	'05	'06	'05	'06	'05	'06
5월	0.1	1.4	5	9	856	183	55,590	266,130
6월	0.4	0.6	8	8	3,554	1,460	50,147	100,930
11월	1.6	1.5	11	8	202	148	1,505,621	148,027
12월	1.6	1.5	8	12	124	441	627,016	117,580

#### 1.4.4. 고찰

본 연구는 2006년 2월부터 12월까지는 매물도 주변 해역에서 정치망, 새우조망을 이용하여 표층어류와 회유성어류 및 중·저층어류를 조사하였다.

본 조사해역에서 전갱이에서는 전갱이가 개체수와 생체량에서 우점하였는데 이는 이 지역에서 전갱이의 산란이 전년도에 비해 대량으로 일어난 것이 아니라 생각되며, 전갱이는 대개 1~2월 경 대만 북동해역에서 산란하는 알려져 있으며, 대개 쿠로시오 해류를 타고 어란 및 자치어가 연안으로 수동적으로 이동된다고 한다. 2006년은 전년도에 비해 쿠로시오 해류의 지류인 대만난류의 영향이 우리나라에 큰 영향을 미쳐 전갱이의 어란과 자치어가 대량 수송되어 온 것으로 사료된다. 한편으로 자치어가 머무르면 성장하기에 적합한 해양환경이 점차적으로 조성되어 가고 있는 것으로 사료된다.

새우조망에서는 미역치가 구조물 설치해역에서 극우점하였는데, 이는 미역치의 형태 특징 중 독가시를 가지고 있다는 점이 경쟁에서 우위를 차지하여 이들 어류의 자원량을 증대시키는 한 원인으로 사료되며, 대조구에서 우점한 열동가리돔과 비교하면 미역치는 난류의 영향을 받는 해역을 선호하는

것으로 사료된다.

결과적으로 전년도 출현어종과 비교하여, 저서성 어류인 가자미목 어류의 다양한 출현은 구조물의 설치로 인한 효과의 일환으로 생각된다. 또한 조사 해역에 대한 목표종을 정하여 이들 어류의 월변동을 분석하여 인공구조물 설치후 어류자원에 미친 효과를 직간접적으로 규명해야 될 것으로 사료된다.

## □ 연구 조사 분야 - 구조물의 해수 반응

### 2.1 연구의 필요성

#### 2.1.1 퇴적물 조성 변화 모니터링

산업부산물 재활용에 따른 환경 안정성 평가에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있으며, 특히 물리적 특성, 중금속 용출에 대한 실험 및 현장 적용성에 대한 검토연구가 집중적으로 수행되고 있다(이우근 등, 1997; 정종태 등, 2000; K. L. Lin et. al., 2003; Futatsuka et. al., 2003). 석탄회에 대한 중금속용출 연구(박성민 등, 2003)에 의하면, 해수에서의 중금속 용출은 산화-환원 조건차이에 의해 담수에서보다 2-7.5배 정도 가속화되며, 해수의 pH 완충작용으로 중금속의 거동특성도 담수와 상당한 차이를 나타낸다. 또한 용출된 중금속들은 해수뿐 만 아니라 퇴적물에까지 영향을 미칠 가능성이 있다. 그러나 이러한 가능성에도 불구하고 퇴적물에 대한 안정성연구는 미흡한 실정이다.

이 연구는 석탄회를 활용한 인공 용승 구조물의 설치 해역에 대한 퇴적물의 광물조성, 화학조성 및 입도변화에 대한 연구가 이루어져야 한다.

#### 2.1.2 블록의 물리적 안정성

콘크리트 구조물은 해수, 오염된 지표수, 지하수, 공극수 및 대기 등으로부터 화학성분이 유입되어 성능저하가 발생할 수 있다(Al-Amoudi, et al., 1992; Bonen and Shark, 1994). 특히 해수 중에 포함된 알칼리 성분들은 블록 골재와의 반응을 촉진시키며, 콘크리트 내에서 균열과 팽창을 일으키는 물질을 형성한다. 또한, 탄산화 작용으로 형성되는 2차 광물들의 성분과 안정도의 차이에 의해 콘크리트의 성능이 저하된다(이효민 등, 2003). 한편,

해양퇴적물 내에 블록이 매몰될 경우 퇴적물 내의 유기물의 분해에 의한 국부적인 pH와 산소분압이 저하되며, 그 결과 알칼리로 활성화된 콘크리트의 저항도를 매우 감소시키는 것으로 보고되었다(Bakharev, 2003).

석탄회 블록은 시멘트와 석탄회, 결합재 및 경화재를 첨가하여 제작된 블록으로서, 해수 내 투여 시 블록의 기능적인 성능저하 연구가 요구되고 있다. 또한, 인공용승류 유도를 위한 해저산 조성에 이용되는 블록(높이 20m 정도)이 수십 년 이상 해수 및 해양퇴적물과 반응하므로 이에 대한 종합적인 검토가 이루어져야한다.

## 2.2 연구배경

남해로 유입하는 해류는 황해의 연안을 따라 제주해협으로 들어오는 서한연안류(West Korea coastal current)와 동지나해로부터 폭 넓게 유입하는 대마난류가 대표적이다. 서한연안류에 의해서 운반되는 퇴적물의 양은 남해연안의 퇴적물 수급에 있어 상당한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며, 남해저 퇴적물의 일라이트 분포는 대마난류에 의한 양자강 기원의 퇴적물 유입을 시사한다(Kang and Chough, 1982; Wells 1988; Lee et al., 1990; Park et al., 1976; Park and Han, 1985). 또한 퇴적물의 지화학적 성질은 근원지 물질의 조성은 물론 퇴적물의 운반 및 퇴적과정, 그리고 퇴적지의 제반 환경요인에 따라 조절되고 변화하게 된다(조영길 등, 1994).

본 연구지역인 매물도 해역 퇴적물은 서한연안류와 대마난류가 영향을 미치며, 육지에서 기원한 물질이 혼합된 지역으로 예상된다. 그러나 인공용승 구조물 설치에 의한 구조물-퇴적물 반응으로 연구지역 퇴적물의 국부적인 오염이 예상되며, 해류의 변화로 인해 연구지역 퇴적물의 입도변화 가능성과 외부기원 물질의 유입을 배제할 수 없다. 이와 같은 영향을 검토하기 위하여 연구지역 퇴적물의 입도, 화학조성 변화 및 외부기원물질 유입가능성 등과 같은 퇴적물의 특성변화에 대한 연구가 요구되는 실정이다.



석탄회 블록은 해수 중에 포함된 알칼리 성분과 탄산화 작용 등에 의해 블록의 성능이 저하되며 콘크리트의 저항도를 매우 감소시키게 된다. 또한 해양환경에서 석탄회 블록은 해수와 반응하여 풍화가 진행되며, 블록 구성물질의 용해 또는 침식에 의해 구조적 안정성에 영향을 받는다. 따라서 석탄회를 활용한 구조물의 기능적인 안정성을 판단하기 위하여 해양 내에 투여된 블록의 압축강도변화 및 중량변화와 같은 물리적인 안정성을 평가하여야 한다.

## 2.3 연구 목표

### 2.3.1 퇴적물 조성 변화 모니터링

인공용승 블록 설치에 의한 퇴적물의 환경변화를 관찰하였다. 입도분석을 실시하여 해류변화로 인한 수직 및 수평적인 입도변화를 파악하였으며, 화학 조성 분석을 통하여 중금속 분포 특성을 파악하였다. 또한 퇴적물의 광물조성을 분석하여 연구지역에 지배적으로 분포하는 광물을 조사하였다. 그리고 인공용승 블록 설치에 의한 국부적인 기원변화를 관찰하기 위하여 희토류원소 및 Nb/Al, Rb/Al 및 Ti/Al 비에 의한 퇴적물의 기원변화를 추정하였다.

### 2.3.2 블록의 물리적 안정성

해양에서 암석이 해수와 반응하여 용해되거나 침식(Thomas et.al., 1999) 되는 것과 같이 석탄회 블록도 해수와의 반응에 의해 구성 물질이 풍화되어 용해되거나 침식됨으로서 블록의 물리적 안정성에 영향을 미친다(표 2-1-1). 구조물의 안정성을 평가하기 위하여 해수와의 반응이 진행된 석탄회 블록 시료를 이용하여 1축 압축강도변화를 시험하였다. 또한 용해 또는 침식에 의한 중량변화를 관찰하였다.

표 2-1-1. 석탄회 내에 존재하는 광물의 풍화반응

Table 2-1-2-1-1. Weathering reactions of the fly ash forming minerals

Name (formular)	Weathering reactions
Quartz (SiO <sub>2</sub> )	Quartz → SiO <sub>2(aq)</sub>
Orthoclase (KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	4H <sup>+</sup> + orthoclase → K <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> + 3SiO <sub>2(aq)</sub> + 2H <sub>2</sub> O
Plagioclase	
Albite (NaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	4H <sup>+</sup> + albite → Na <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> + 3SiO <sub>2(aq)</sub> + 2H <sub>2</sub> O
Anorthite (CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	8H <sup>+</sup> + anorthite → Ca <sup>2+</sup> + 2Al <sup>3+</sup> + 2SiO <sub>2(aq)</sub> + 4H <sub>2</sub> O
Calcite (CaCO <sub>3</sub> )	H <sup>+</sup> + calcite → Ca <sup>2+</sup> + HCO <sub>3</sub>

## 2.4 연구의 기대효과

이 연구는 석탄회 블록 설치에 의한 퇴적물 환경변화를 관찰하기 위하여 입도, 중금속 분포 및 퇴적물 기원추정을 평가하였다. 그리고 장기간 해양에 침적될 석탄회 블록의 물리적 안정성을 평가하기 위하여 일축 압축강도 및 중량변화를 실시하였다.

연구결과는 구조물 설치에 의한 해양환경의 변화를 예측하는 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 블록의 물리적 안정성 평가연구는 해양에 투입될 블록의 재질 개선 및 제작방법 결정에 중요한 자료를 제시하게 될 것이다. 또한 석탄회 블록뿐만 아니라 각종 구조물 제작에 필요한 기초 자료 및 해양환경에서의 적용성 평가에 매우 유용하게 활용될 수 있다.

이 연구에 활용된 연구방법은 해양산업분야의 산·학·연 협력체계의 구축과 함께 해양환경에 적합한 기능성 콘크리트의 개발을 기대할 수 있으며, 이 분야의 전문 인력 양성에 기여할 것으로 생각된다.

## 2.5 연구내용

### 2.5.1 연구방법

#### 2.5.1.1 시료채취

인공용승 구조물이 설치된 매물도해역의 탐사는 부경대학교 해양탐사선 탐양호를 이용하여 2006년 4월 5일에서 7일까지 실시하였다(그림 2-1-1). 코어정점은 총 12개를 선정하였으며(표 2-1-2), 박스코어를 이용하여 불교란 시료를 채취하였다(그림 2-1-2). 회수된 불교란 시료들은 다시 PVC파이프를 이용하여 코어를 만들었으며, 분석 시까지 냉동 보관하였다(그림 2-1-3).

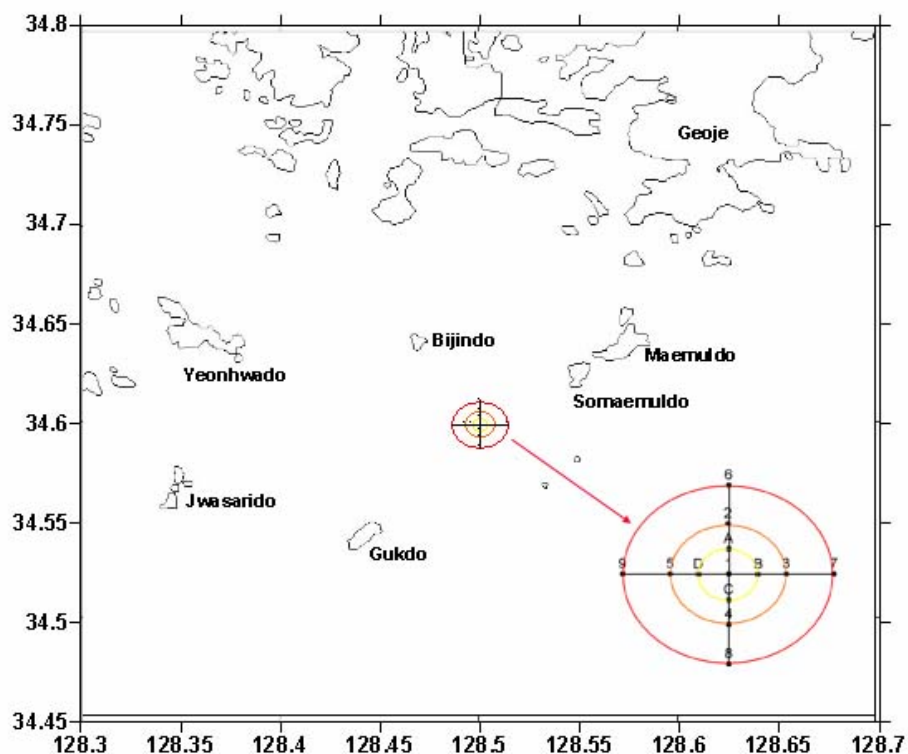


그림 2-1-1. 시료채취 위치도.

Fig. 2-1-1. Sampling location of study area.

표 2-1-2. 시료채취 정점좌표

Table 2-1-2. Coordinate of sampling location

Station	Longitude (x)	Latitude (y)
A	128.5000026	34.60289914
B	128.5038697	34.59951546
C	128.5000026	34.59614738
D	128.4960108	34.59954665
2	128.4998747	34.60624623
3	128.5076069	34.59958082
4	128.5000058	34.59291540
5	128.4922737	34.59958082
6	128.5000058	34.61134331
7	128.5138974	34.59958082
8	128.5000058	34.58768761
9	128.4859831	34.59958082



그림 2-1-2. 퇴적물 시료채취에 이용된 박스 코어와 시료채취 장면.

Fig. 2-1-2. Box core sampler.



그림 2-1-3. 박스 코아를 이용한 해양퇴적물 채취 과정.

Fig. 2-1-3. Photograph of sediment sampling by box core sampler.



### 2.5.1.2 퇴적물의 광물조성 분석

연구지역 퇴적물을 아게이트 몰타르(agate mortar)에서 200mesh 크기로 분쇄하여 X-선 회절분석을 실시하였다. 사용된 기기는 네델란드 PHILLIPS 사의 X'Pert - MPD System (부경대학교 공동실험실습관)으로 Cu-K $\alpha$ 을 이용하여 가속전압 40kV, 전류는 30mA의 조건으로 분석하였다(그림 2-1-4).

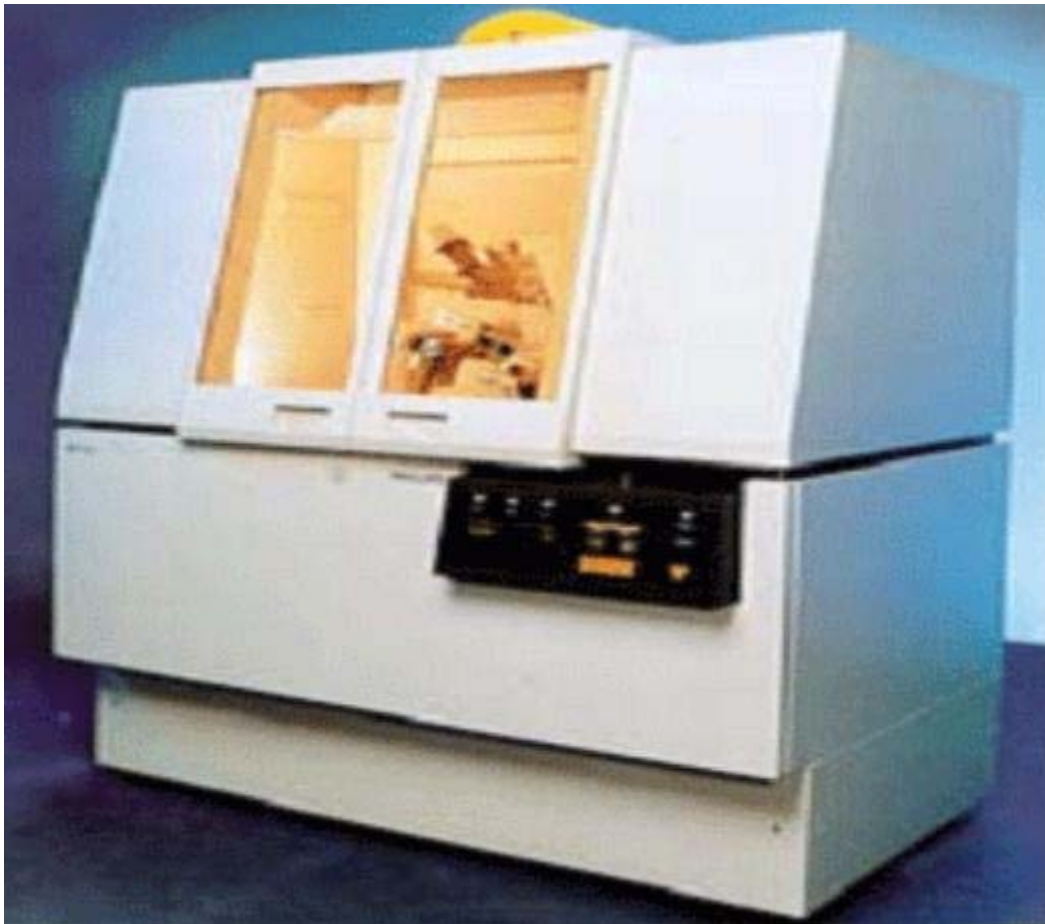


그림 2-1-4. X-선 회절분석기.

Fig. 2-1-4. Photograph of X'Pert - MPD System.

### 2.5.1.3 입도분석

해양 퇴적물의 수직적 입도 분포를 파악하기 위하여 표층, 약 15cm 지점의 중앙부 및 하부 시료를 채취하여 입도분석을 실시하였다. 30g의 시료를 1,000ml 비이커에 담고 6% 과산화수소수를 이용하여 유기물을 제거하였다. 증류수로 용해성 염분을 2회간 세척하고 0.1N 염산으로 탄산염을 제거하였다(그림 2-1-5A).

전처리된 시료는 4 $\Phi$  체를 이용하여 습식 체질하였다(그림 2-1-5B). 4 $\Phi$  이상의 사질 및 역질 입자들은 건조하여 로탭요동기(RO-TAP Sieve Shaker, 그림 2-1-5C)에 의해 1 $\Phi$  간격으로 분석하였다. 4 $\Phi$  이하의 실트 및 점토 입자들은 확산제(2%의 Sodiumhexametaphosphate) 50cc를 첨가하여 확산시킨 후 자동입도분석기(micromeritics, Sedigraph 5100, 그림 2-1-5D)를 이용하여 1 $\Phi$  간격으로 분석하였다. 분석 결과는 Folk and Ward (1968)와 Ward (1968)법에 따라 분류하였다.



(A)



(B)



(C)



(D)

그림 2-1-5. 입도분석 과정. (A)탄산염 제거, (B)습식분석, (C)로택 요동기, (D)자동입도분석기.

Fig. 2-1-5. Photographs of partical size analysis process. (A) Decarbonization, (B)wet analysis, (C) RO-TAP Sieve Shaker and (D) sedigraph meter.

#### 2.5.1.4 퇴적물의 중금속 분석

화학분석 시료는 0~1.0cm, 1.0~2.0cm, 2.0~4.0cm, 30~35cm 간격으로 bulk 시료를 채취하였으며, 시료를 50°C로 정치된 건조기에서 72시간 동안 완전히 건조시켰다. 건조된 해양퇴적물 시료를 텅스텐 카바이드 암석 분쇄기를 이용하여 완전 분말화 하였다. 주성분, 미량원소 및 희토류원소(REE: Rare Earth Elements)에 대한 분석을 위하여, 혼합산(질산-과염소산-불산)을 이용한 완전분해법을 이용하여 전처리를 하였으며, 희석배율은 1000/1(v/g)로 조절하였다. 시료 0.1g을 천칭한 후 PTFE 시험관에 넣고 2ml 질산, 1.0ml 과염소산, 5ml 불산을 차례대로 넣고 가열기에서 90°C로 3시간, 140°C로 3시간, 190°C로 10시간동안 가열하였다. 가열한 후 4M 염산 2ml를 넣고 70°C로 한 시간 가열한 후 냉각 시켜 0.3M 염산 8ml를 넣고 희석배율을 맞춘 후 화학분석을 실시하였다.

분석에 사용된 기기는 기초과학지원연구원의 유도결합플라즈마 원자방출 분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer)로 Perkin Elmer사의 Optima 4300DU와 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)로 Perkin Elmer사의 Elan 6100을 사용하였다(그림 2-1-6). 이 기기의 파장 범위는 160nm ~ 850nm이며, RF진동수는 27.15MHz, 최대출력은 1.6KW이다.



그림 2-1-6. 유도결합 플라즈마 방출분광기.

Fig. 2-1-6. Photograph of Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP/AES).

### 2.5.1.5 압축강도 시험

해수에 침적한 석탄회 블록의 압축강도변화를 실험하기 위하여 부경대학교 수산과학기술센터(경남 고성군 소재)의 순환수조(950cm×1600cm)를 이용하였다. 수조에 10cm 두께로 퇴적물을 충전한 후, 석탄회 블록 시료를 투입하였다. 해수에 침적한 석탄회 블록을 1개월 단위로 회수하여 1축 압축강도시험을 수행하였다.

석탄회 블록을 직경 42mm가 되도록 코어형상으로 성형하였다. 성형된 코어시료를 절단기에서 시료의 양쪽 단면을 절단하였으며, 편평도가 0.3mm 이하가 될 수 있도록 25mm/sec 이하로 연마하였다(그림 2-1-7).

0.3mm의 편평도를 가지는 코어시료는 3축 압축 시험기(유압서보액츄에이터)를 이용하여 1축 압축 시험을 시행하였다(그림 2-1-8). 시험방법은 ISRM Suggested Method (1981)에 준하여 시험하였다(표 2-1-3).

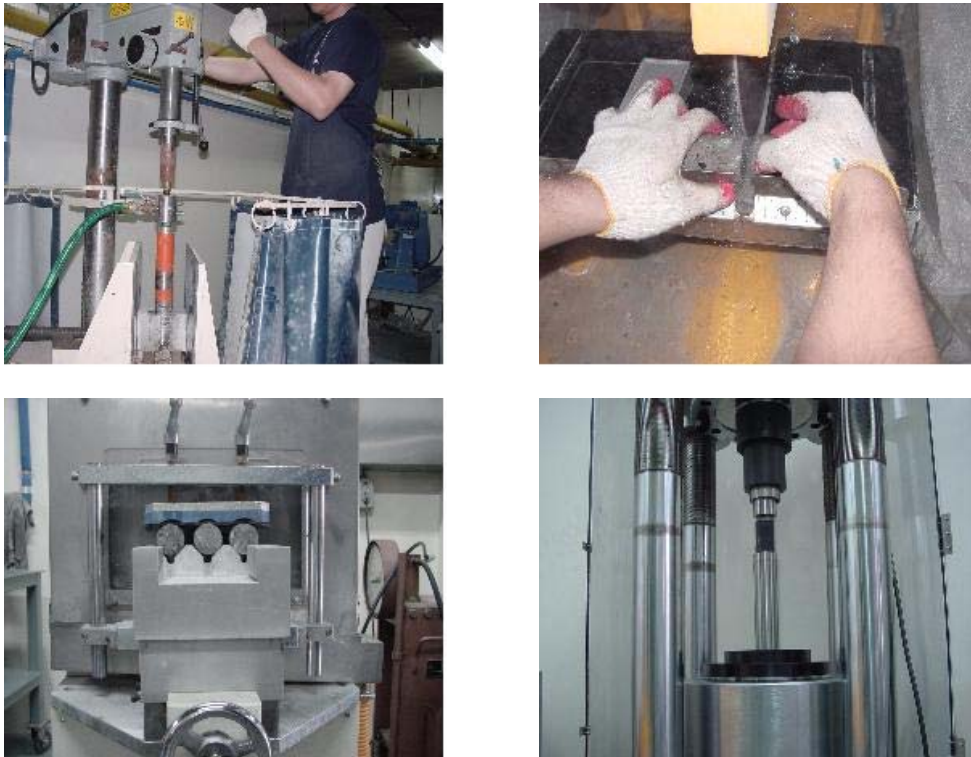


그림 2-1-7. 코어제작 과정.

Fig. 2-1-7. Photographs of core manufacture process.





그림 2-1-8. 1축 압축시험기.

Fig. 2-1-8. Photograph of uniaxial compressive strength.

표 2-1-3. 1축 압축시험에 이용된 코어의 특성

Table 2-1-3. Core properties of uniaxial compressive strength

	시료의 형상	시료의 크기	직경과 길이 의 비	길이 편평도	가압면의 평도	편 가압면의 경사도
ISRM	Core	54mm	2.5-3.0	0.3mm	0.02mm	1/1,000
This study	Core	42mm	2.0-3.0	0.3mm	0.02mm	1/1,000

### 2.5.1.6 해수 침적에 따른 석탄회 블록의 중량 변화

석탄회 블록의 중량변화 실험은 부경대학교 수산과학기술센터(경남 고성군 소재)의 순환수조(950cm×1600cm)에서 수행하였다. 수조에 10cm 두께로 퇴적물을 충전한 후, 7cm×5cm 크기의 석탄회 블록 시료를 투입하였다. 매 1개월 단위로 회수된 석탄회 블록 시료를 대상으로 과산화수소를 이용하여 유기물을 제거하였으며, 건조로에서 충분히 건조한 후 해수 반응 전·후의 중량 변화를 관찰하였다.

### 2.5.1.7 반응경로 모델링

프로그램 SOLVEQ와 CHILLER는 일차적으로 관심이 되는 수용액상(강우, 지하수, 해수, 열수 등)을 프로그램에서 미리 정해진 성분(components)으로 표현하여야 한다. 각 성분은 계(system)를 표현할 수 있는 최소의 이온과 분자로 이루어지며, 하나의 성분이 다른 성분에 의해 표현될 수 없다. 현재 SOLVEQ와 CHILLER에서 사용되는 성분은 37종으로서 주로 H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HS<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> 등의 비금속 및 금속이온과 SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 등의 전하를 띠지 않는 분자와 유기물 등으로 구성된다. 그 외 화학종은 이상의 성분을 결합하여 표현된다. 프로그램 SOLVEQ와 CHILLER에서 성분간의 결합(물-암석 상호반응)에 의해 생성될 수 있는 2차 생성물(derived species)은 25~300℃까지의 수용액상에 존재하는 이온 168종, 광물 159종 및 기체 12종이다.

SOLVEQ와 CHILLER는 주어진 성분, 양 및 계산조건에 의해 음이온과 양이온의 전기적 부하를 계산하여 음이온종과 양이온종의 총 부하 값이 일치하도록 성분의 양 및 종류를 평형 계산한다. 이어서 질량작용방정식(Mass-action equation) 및 질량보전방정식(Mass-balance equation)을 이용하여 주어진 조건(온도, 압력, 수용액상의 농도 등)에서 열역학적으로 안정



한 이온 및 2차 생성물(광물, 기체 등)의 양을 계산한다. 이상의 계산을 위한 각종 열역학적 데이터는 SOLTHERM 데이터 파일에 수록되어 있다.

SOLVEQFFM 운영하기 위해서는 입력 데이터 파일 SOLRUN이 필요하며, SOLRUN은 연구의 대상이 되는 수용액내의 성분과 양 및 SOLVEQ가 계산을 수행하기 위한 각종 정보가 미리 정해진 형식에 따라 표현되어야 한다. 특히 수용액상을 구성하는 성분 및 양은 SOLVEQ와 CHILLER에서 정해 놓은 성분과 형식에 따라 표현되어야 한다. 입력된 정보에 의해 SOLVEQ는 주어진 조건에 따라 수용액상에서의 다성분 평형계산을수행한 후 출력 데이터 파일 SOLOUT과 SOLPLOT이 출력된다. SOLOUT은 주어진 조건(온도, 압력 및 화학조성 등)에서 SOLVEQ에 의해 수행된 각종 계산결과, 즉 주어진 조건에서 평형상태로 존재하는 각종 광물, 기체 및 이온종들의 종류와 양(총 몰수, 몰랄농도, ppm 농도 등)이 수록되어 있으며, SOLPLOT는 계산의 결과를 그래프로 표현하기 위해 생성되는 파일이다.

CHILLER에서는 최초 입력되는 데이터 파일은 CHILLRUN이 되고, 출력되는 계산결과는 CHILLOUT와 CHILPLOT가 된다.

SOLTHERM 데이터 파일은 SOLVEQ와 CHILLER를 수행하기 위한 모든 열역학 데이터들이 수록되어 있다. 이 데이터 파일은 수용액상, 가스와 광물 등에 대한 모든 열역학 데이터를 포함하고 있다. 이 파일은 주석부, 활동도 계수(activity coefficient), 성분종(component species), 2차 생성물(수용액상), 가스, 광물 및 그 외 추가적인 자료 등의 7가지 부분으로 구성되어 있다.

## 2.5.2 연구 결과

### 2.5.2.1 퇴적물의 광물조성

연구지역 퇴적물은 석영, 장석, 암염, 클로라이트, 버미큘라이트, 일라이트 및 카올리나이트로 구성되어 있다. 1번과 4번 정점 퇴적물의 광물조성은 석영과 일라이트가 주를 이루며, 소량의 장석, 암염, 클로라이트, 버미큘라이트, 스펙타이트 및 카올리나이트로 구성된다. 3번 정점 퇴적물의 광물조성은 석영, 사장석 및 일라이트가 주를 이루며, 소량의 암염, 클로라이트, 버미큘라이트, 스펙타이트 및 카올리나이트가 존재한다(표 2-1-4).

표 2-1-4. 퇴적물의 광물조성

Table 2-1-4. Mineral compositions of sediments

Station	Qtz	Feldspar		Hal	Chl, Ver, Sme	Ill	Kao
		K-spar	Plag				
1	+++		+	+	+	++	+
3	+++		++	+	+	++	+
4	+++		+	+	+	++	+

Qtz: quartz, K-spar: K-feldspar, Plag: plagioclase, Hal: halite, Chl: chlorite, Ver: vermiculite, Sme: smectite, Ill: illite, Kao: kaolinite

+++ : Major, ++ : Minor, + : accessory

### 2.5.2.2 퇴적물의 입도 분포

연구지역에서 채취한 퇴적물의 평균입도는 3.60-5.45 $\phi$ 이며, 퇴적물 유형은 (g)mS (slightly gravelly muddy sand)가 우세하다. 그리고 2번과 7번 정점을 제외한 모든 정점의 입도는 상부로 갈수록 조립화되는 경향을 보인다. 모래의 함량은 36.68-73.41%의 영역으로 모든 정점에서 우세하게 나타나며, 특히 3번 정점의 표층에서 73.41%로 가장 높다(표 2-1-5).

하부 퇴적물 입도의 수평분포 특성은 3.73-5.45 $\phi$ 의 영역으로 연구지역의 남동지역인 7번 정점에서 조립하고 북서지역으로 갈수록 세립화되는 경향을 보인다. 중앙부 퇴적물 역시 남동지역에서 조립한 경향을 보이며, 북서지역으로 갈수록 세립화되는 경향을 보인다. 하부와 중앙 퇴적물 입도의 수평분포는 유사한 양상을 보이지만, 상부 퇴적물은 남동해역에서 조립하며, 북부해역에서 세립화되는 경향을 보인다(그림 2-1-9). 연구지역의 분급은 2.32-4.25의 영역으로 나쁘거나 상당히 나쁜(poorly sorted or very poorly sorted) 분급도를 보이고 있다(그림 2-1-10). 왜도값은 모든 정점에서 양의 값(0.43-1.35)을 보이고 있어 상대적으로 조립질 퇴적물이 많이 포함되어 있음을 지시하고 있다(그림 2-1-11). 첨도는 사질퇴적물에서 높게 나타는 경향을 보이며, 특히 상부와 하부 퇴적물에 비해 중앙부 퇴적물에서 더 높은 경향을 보인다(그림 2-1-12).

표 2-1-5. 퇴적물의 채취 정점별 입도 분포(단위:%)

Table 2-1-5. Distribution of particle size at each station (unit in %)

Station	Mz	Gravel	Sand	Silt	Clay	Sorting	Skewness	Kurtosis	Types
A-1	3.68	0.85	69.98	19.82	9.35	2.78	1.08	3.06	(g)mS
A-2	4.76	0.63	53.58	25.79	20.00	3.37	0.58	2.01	(g)mS
A-3	4.34	0.84	55.77	33.35	10.05	3.33	0.68	2.11	(g)mS
B-1	3.90	0.99	67.18	21.65	10.18	2.92	1.04	2.98	(g)mS
B-2	3.64	1.38	70.61	20.02	7.99	2.66	1.08	3.14	(g)mS
B-3	4.08	0.34	61.53	29.02	9.11	2.81	0.84	2.7	(g)mS
C-1	3.91	0.39	74.24	6.46	18.91	3.21	1.35	3.22	(g)mS
C-2	4.42	0.84	57.07	27.41	14.67	3.17	0.75	2.42	(g)mS
C-3	4.11	0.84	64.19	24.03	10.94	2.94	0.93	2.78	(g)mS
D-1	4.27	0.64	62.94	23.33	13.09	2.96	0.66	2.00	(g)mS
D-2	3.46	0.25	71.08	23.57	5.01	2.32	1.33	4.36	(g)mS
D-3	4.68	0.96	54.25	30.17	14.61	3.03	0.61	2.22	(g)mS
2-1	4.95	1.14	57.68	10.13	31.06	3.73	0.6	1.68	(g)mS
2-2	3.67	2.09	70.48	12.71	14.72	3.12	1.06	2.81	(g)mS
2-3	4.27	5.94	55.05	16.42	22.58	3.51	0.80	2.37	gmS
3-1	3.60	0.55	73.41	15.56	10.48	2.83	1.23	3.36	(g)mS
3-2	4.24	1.34	53.37	38.74	6.55	2.8	0.48	2.35	(g)mS
3-3	4.65	0.91	63.22	3.12	32.75	3.75	0.79	1.89	(g)mS
4-1	3.87	1.08	68.85	15.72	14.35	3.09	1.08	2.92	(g)mS
4-2	4.93	0.28	55.7	19.07	24.96	3.33	0.44	1.63	(g)mS
4-3	4.37	0.64	55.67	32.89	10.81	2.88	0.75	2.62	(g)mS
5-1	3.89	1.61	70.12	17.18	11.08	2.78	1.15	3.12	(g)mS
5-2	5.29	1.15	43.77	32.28	22.8	3.21	0.34	1.85	(g)sM
5-3	5.45	0.22	47.85	35.64	16.30	3.35	0.43	1.69	(g)mS
6-1	4.69	1.89	39.2	47.86	11.05	2.92	0.28	2.32	(g)sM
6-2	5.17	10.38	39.12	19.61	30.88	4.25	0.16	1.41	gsM
6-3	5.39	4.61	36.68	31.13	27.59	3.66	0.04	1.76	(g)sM
7-1	4.12	4.05	58.48	23.15	14.31	3.23	0.62	2.08	(g)mS
7-2	3.14	12.72	57.32	21.34	8.62	3.23	0.73	2.53	gmS
7-3	3.73	2.28	66.64	22.82	8.26	2.81	1.11	3.32	(g)mS
8-1	4.13	0.00	68.43	17.46	14.11	3.02	1.05	2.71	mS
8-2	4.47	2.31	54.55	30.6	12.55	3.14	0.64	2.37	(g)mS
8-3	4.31	3.63	53.93	26.42	16.02	3.18	0.76	2.58	(g)mS
9-1	4.33	0.43	60.01	29.14	10.41	2.7	0.93	2.8	(g)mS
9-2	4.69	0.12	55.63	30.3	13.95	2.9	0.76	2.34	(g)mS
9-3	4.65	0.2	53.49	36.05	10.26	2.65	0.66	2.43	(g)mS

\*mS : muddy sand, gmS : gravely muddy sand, (g)mS : slightly gravely muddy sand, gsM : gravely Sandy mud, (g)sM : slightly gravely sandy mud.

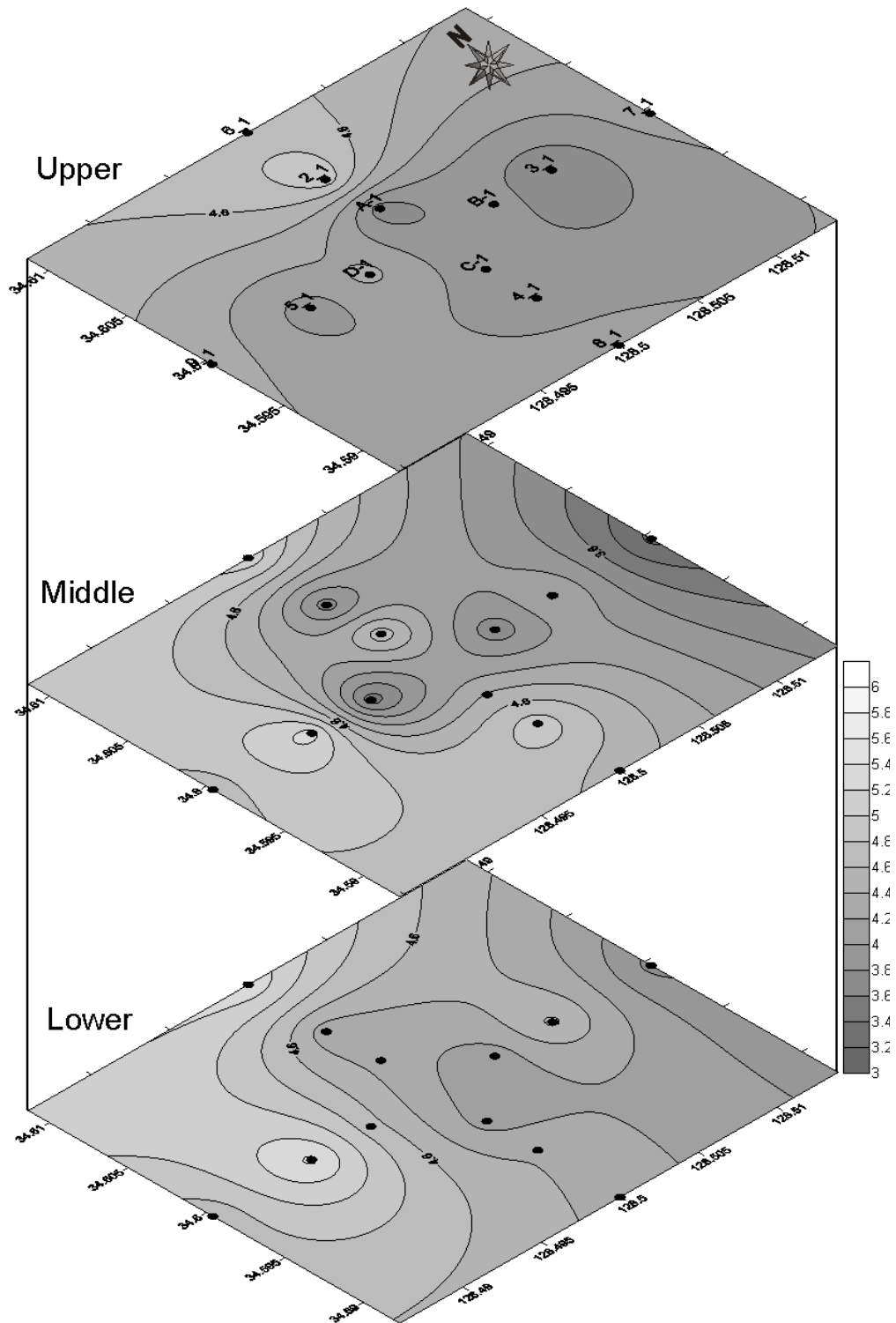


그림 2-1-9. 입도의 수평 분포.

Fig. 2-1-9. Distribution of mean grain size.

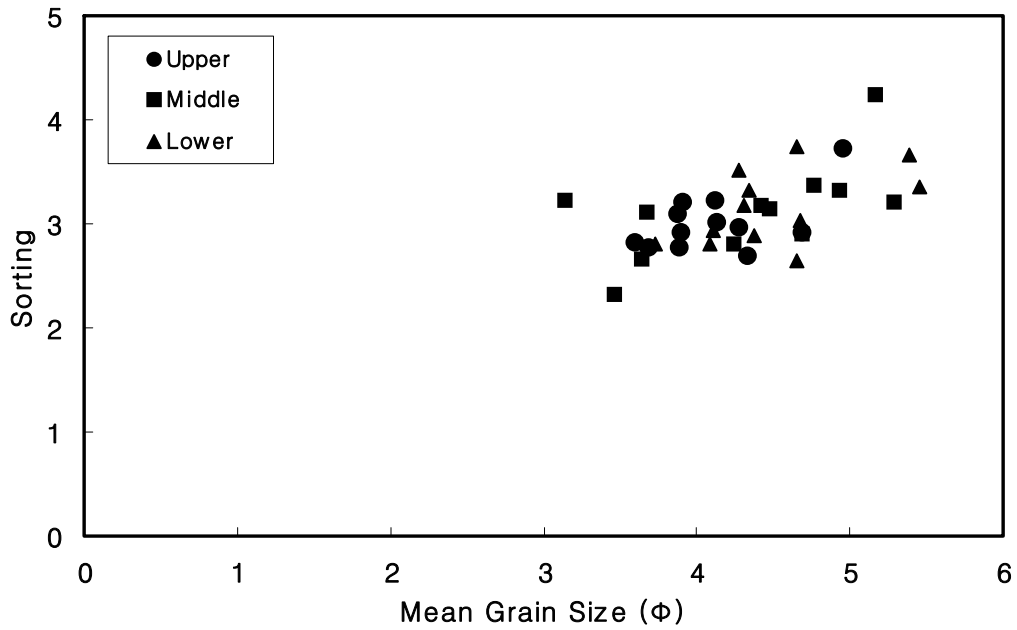


그림 2-1-10. 평균입도와 분급도 분포.

Fig. 2-1-10. Pair diagram between mean grain size and sorting.

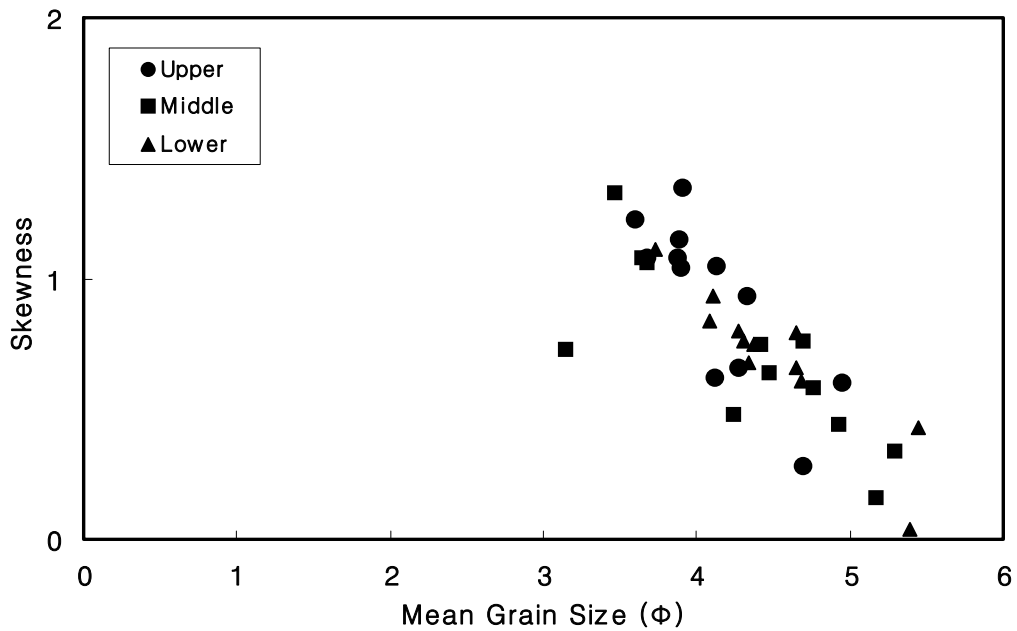


그림 2-1-11. 평균입도와 왜도 분포.

Fig. 2-1-11. Pair diagram between mean grain size and skewness.

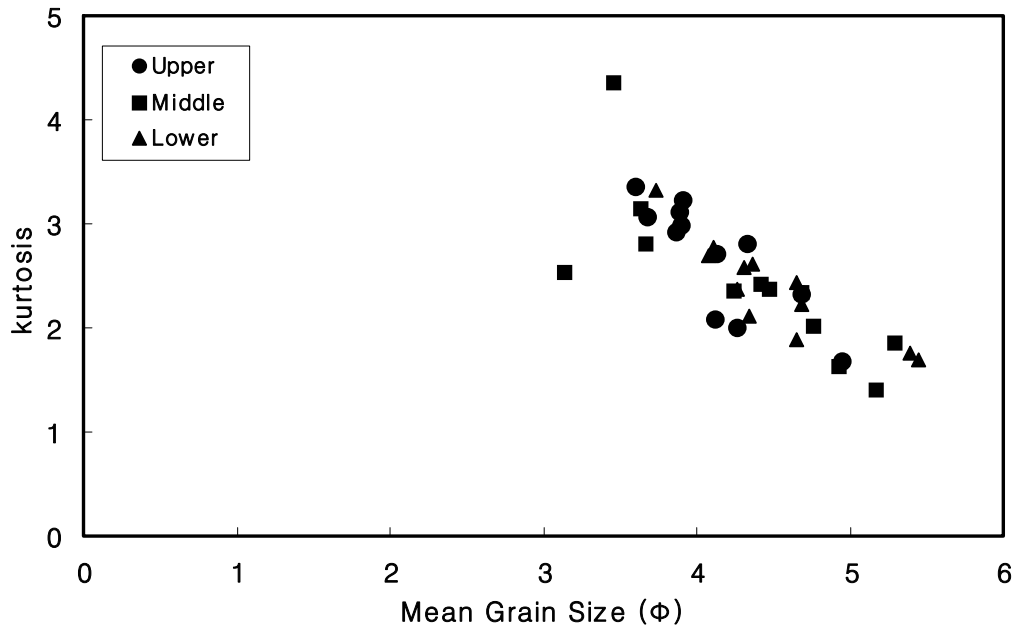


그림 2-1-12. 평균입도와 첨도 분포.

Fig. 2-1-12. Pair diagram between mean grain size and kurtosis.

### 2.5.2.3 퇴적물 중금속의 수평 분포

퇴적물 0-1, 1-2, 2-4cm 및 하부(30-35cm)의 중금속을 분석하였다(표 2-1-6). 연구지역 퇴적물 중금속의 수평분포 특성은 다음과 같다.

카드뮴 : 연구지역 퇴적물의 카드뮴 농도는 0.09-0.17ppm의 범위를 보이며, 연구지역의 동쪽과 북쪽해역에서 높은 경향을 보인다. 그러나 카드뮴의 농도 변화는 미약하다(그림 2-1-13).

납 : 연구지역 퇴적물의 납 농도는 18.9-31.4ppm의 범위를 보이며, 하부에서 상부 1cm 지점까지의 변화는 미약하다. 상부 퇴적물의 납 농도는 연구지역의 동쪽해역에서 높게 나타나며, 중앙부에 해당하는 D 정점에서 31.4ppm으로 가장 높은 농도를 보인다(그림 2-1-14).

니켈 : 표층부의 니켈 농도 분포는 연구지역의 북쪽에 해당하는 2번과 6번 정점에서 가장 높게 나타난다. 가장 낮은 정점은 4번 정점으로 이 정점을 기준으로 북서쪽으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보인다. 퇴적물의 2-4cm지점의 니켈농도 분포는 표층부와 유사한 경향을 보이며, 1-2cm와 하부는 서쪽과 동쪽으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보인다(그림 2-1-15).

구리 : 표층부의 구리 농도 분포는 4번 정점에서 가장 낮게 나타나며, 북서쪽으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보인다. 1-2cm 지점은 표층부와는 반대로 C와 4번 정점에서 가장 높게 나타나며, 북쪽으로 갈수록 농도가 낮아지는 경향을 보인다. 2-4cm 지점은 표층부의 구리 농도 분포와 비슷한 경향을 보이며, 하층은 D와 7번 정점에서 높은 농도를 보인다(그림 2-1-16).

크롬 : 표층부의 크롬 농도 분포는 A 정점에서 13.7ppm으로 가장 낮게 나타나며, 연구지역의 북쪽과 동쪽에 해당되는 6번과 7번 정점에서 가장 높게 나타난다. 1-2cm 지점은 중앙부를 기준으로 서쪽과 동쪽으로 갈수록 높은 농도를 보이며, 2-4cm 지점은 C 정점을 기준으로 북동쪽으로 갈수록 농도가



높아지는 경향을 보인다. 하층 역시 중앙부에 해당하는 A 정점에서 가장 낮은 농도를 보이며, 북쪽으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보인다(그림 2-1-17).

아연 : 표층부 퇴적물의 아연 농도 분포는 연구지역의 남쪽에 해당하는 4번정점에서 28.9ppm으로 가장 낮다. 그리고 표층부 중 아연의 농도가 가장 높은 정점은 연구지역의 서쪽해역인 9번 정점이다. 1-2cm와 2-4cm 지점은 서쪽과 동쪽으로 갈수록 높은 농도를 보이며, 하층은 연구지역의 중앙부에 해당하는 D 정점에서 가장 높게 나타난다(그림 2-1-18).

코발트 : 표층부 퇴적물의 코발트 농도 분포는 남쪽해역에서 가장 높게 나타나며, 북쪽으로 갈수록 농도가 낮아지는 경향을 보인다. 가장 높은 정점은 94ppm인 4번 정점이다. 1-2cm 지점은 3번 정점에서 가장 높게 나타나며, 북서해역으로 갈수록 낮은 경향을 보인다. 2-4cm 지점은 중앙부에서 다소 높은 농도를 보이며, 하층의 코발트 농도 분포는 미약한 변화를 보인다(그림 2-1-19).

망간 : 표층부 퇴적물의 망간 농도 분포는 중앙부인 A 정점에서 640ppm으로 가장 높게 나타난다. 1-2cm 지점과 2-4cm 지점은 북동해역이 다소 높게 나타나며, 하층의 망간 농도 분포는 미약한 변화만을 보인다(그림 2-1-20).

표 2-1-6. 정점별 퇴적물의 중금속 함량(단위 : ppm)

Table 2-1-6. Metal contents of each station (unit in ppm)

Station	Depth	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn	Co	Mn
A-1	0-1	0.10	22.8	10.6	5.27	13.7	39.5	36.5	640.1
A-2	1-2	0.10	20.7	11.3	5.45	27.4	41.2	32.1	339.1
A-3	2-4	0.11	22.0	14.9	7.44	37.3	52.0	38.9	327.8
A-4	Lower	0.11	19.3	12.9	7.12	20.9	43.2	33.2	329.1
B-1	0-1	0.10	21.2	11.9	6.56	32.9	43.6	32.9	519.1
B-2	1-2	0.10	21.5	12.0	6.04	38.7	44.0	51.7	372.2
B-3	2-4	0.11	20.1	12.4	6.01	31.1	46.3	70.6	346.6
B-4	Lower	0.12	18.8	14.0	5.91	39.8	46.1	33.4	332.3
C-1	0-1	0.09	20.9	11.7	5.21	28.2	36.0	63.5	458.7
C-2	1-2	0.09	21.6	10.0	7.23	26.0	38.2	52.8	348.4
C-3	2-4	0.09	20.5	10.7	5.34	19.4	40.1	52.1	303.5
C-4	Lower	0.13	18.8	13.4	6.82	35.3	52.6	29.5	319.6
D-1	0-1	0.09	31.4	10.2	4.95	26.9	38.7	51.3	513.7
D-2	1-2	0.11	19.8	10.6	5.22	28.3	40.9	33.6	359.9
D-3	2-4	0.11	21.0	12.2	6.65	31.1	44.8	40.2	330.9
D-4	Lower	0.14	19.8	17.9	7.70	44.4	57.8	37.4	365.8
2-1	0-1	0.10	25.5	14.4	7.65	34.0	42.7	62.1	449.9
2-2	1-2	0.10	23.5	13.5	6.82	38.5	40.3	20.9	324.7
2-3	2-4	0.12	22.2	15.7	8.02	43.5	49.1	16.0	320.3
2-4	Lower	0.15	20.4	15.1	6.83	42.2	41.9	39.2	289.1
3-1	0-1	0.12	22.1	10.4	5.25	31.9	43.5	91.4	453.1
3-2	1-2	0.12	21.1	12.5	6.31	34.3	37.7	113.6	312.5
3-3	2-4	0.10	22.8	12.7	6.50	35.7	40.1	21.1	334.5
3-4	Lower	0.17	24.1	13.7	6.05	36.8	40.9	15.5	300.0
4-1	0-1	0.13	21.7	8.8	4.79	26.0	28.9	94.0	440.6
4-2	1-2	0.11	21.3	10.4	5.90	31.3	35.6	44.5	370.5
4-3	2-4	0.11	20.7	10.5	5.44	31.9	36.1	29.7	272.6
4-4	Lower	0.14	20.8	11.6	5.61	32.7	36.3	46.6	283.5

표 2-1-6. 계속

Table 2-1-6. Continued

Station	Depth	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn	Co	Mn
5-1	0-1	0.09	21.1	10.2	5.02	30.2	34.5	43.1	419.7
5-2	1-2	0.11	23.1	14.3	8.12	43.7	46.7	19.2	350.2
5-3	2-4	0.10	23.1	13.2	8.30	36.1	46.1	14.4	296.3
5-4	Lower	0.13	19.8	12.4	5.90	33.3	37.8	14.7	273.6
6-1	0-1	0.13	22.0	14.0	8.93	37.3	46.4	17.0	481.2
6-2	1-2	0.13	21.1	11.4	6.00	30.6	38.7	30.7	459.0
6-3	2-4	0.17	24.1	13.5	11.91	38.7	44.0	21.7	362.5
6-4	Lower	0.17	21.1	10.4	4.82	61.1	34.2	10.7	282.4
7-1	0-1	0.15	27.1	12.0	6.44	37.0	42.5	33.5	478.6
7-2	1-2	0.13	24.5	16.2	8.60	44.8	59.1	24.0	478.3
7-3	2-4	0.10	23.0	14.5	7.49	41.0	68.4	20.3	440.2
7-4	Lower	0.14	19.9	18.4	8.64	50.1	53.0	39.3	352.2
8-1	0-1	0.10	22.9	12.3	5.78	29.5	41.9	81.1	478.8
8-2	1-2	0.09	21.6	13.3	6.79	36.1	46.0	59.6	383.7
8-3	2-4	0.11	19.8	12.1	5.77	31.0	46.6	12.0	322.9
8-4	Lower	0.13	18.9	14.6	6.51	35.2	47.6	12.2	351.0
9-1	0-1	0.10	23.3	14.8	7.34	38.3	54.3	49.4	548.8
9-2	1-2	0.10	21.8	16.7	8.38	41.4	56.9	35.6	396.4
9-3	2-4	0.11	20.4	17.0	8.50	36.8	59.8	53.1	368.0
9-4	Lower	0.13	20.4	16.7	6.90	37.3	54.4	37.7	343.8

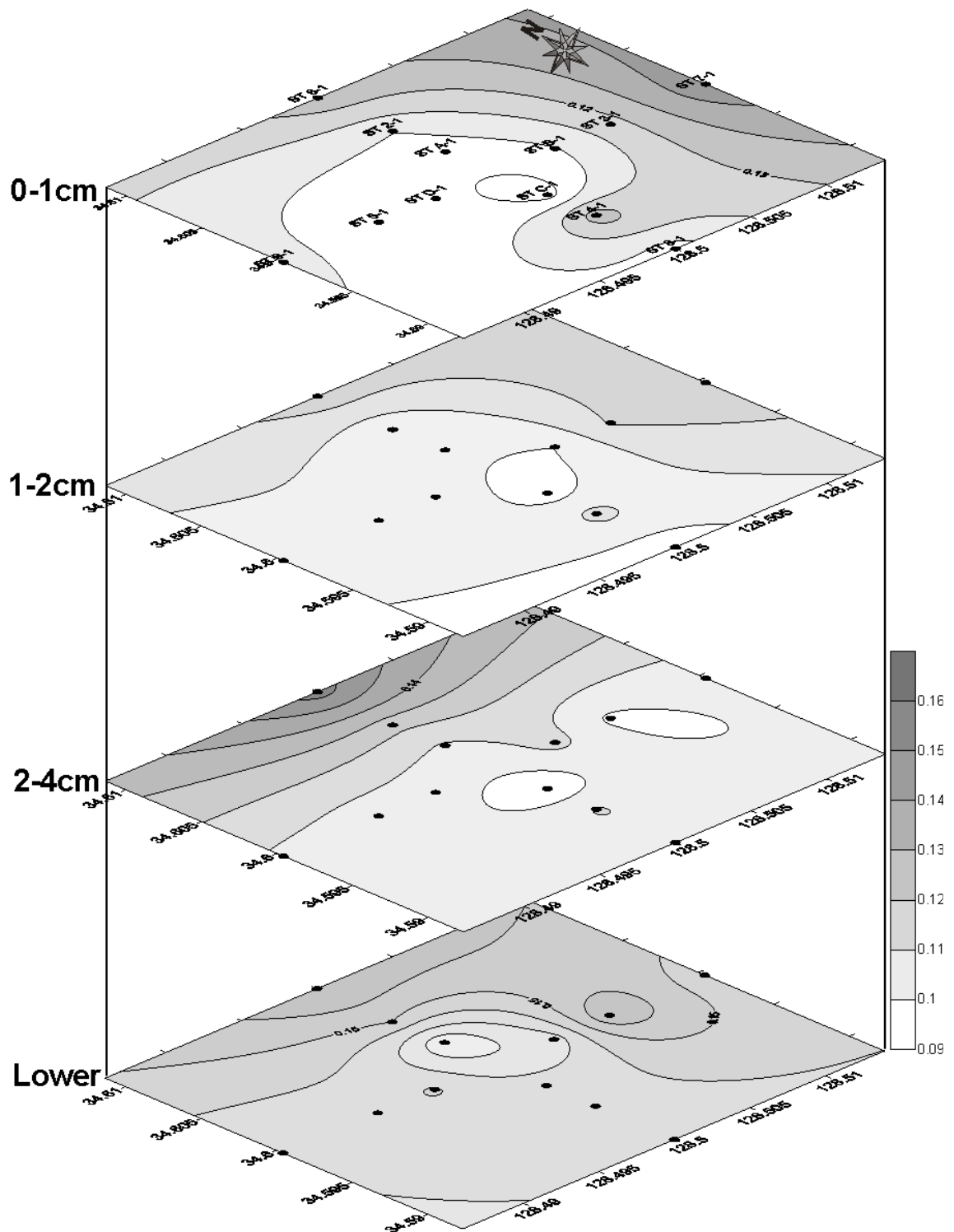


그림 2-1-13. 퇴적물 내 카드뮴의 분포.

Fig. 2-1-13. Distribution of Cd contents in sediments.

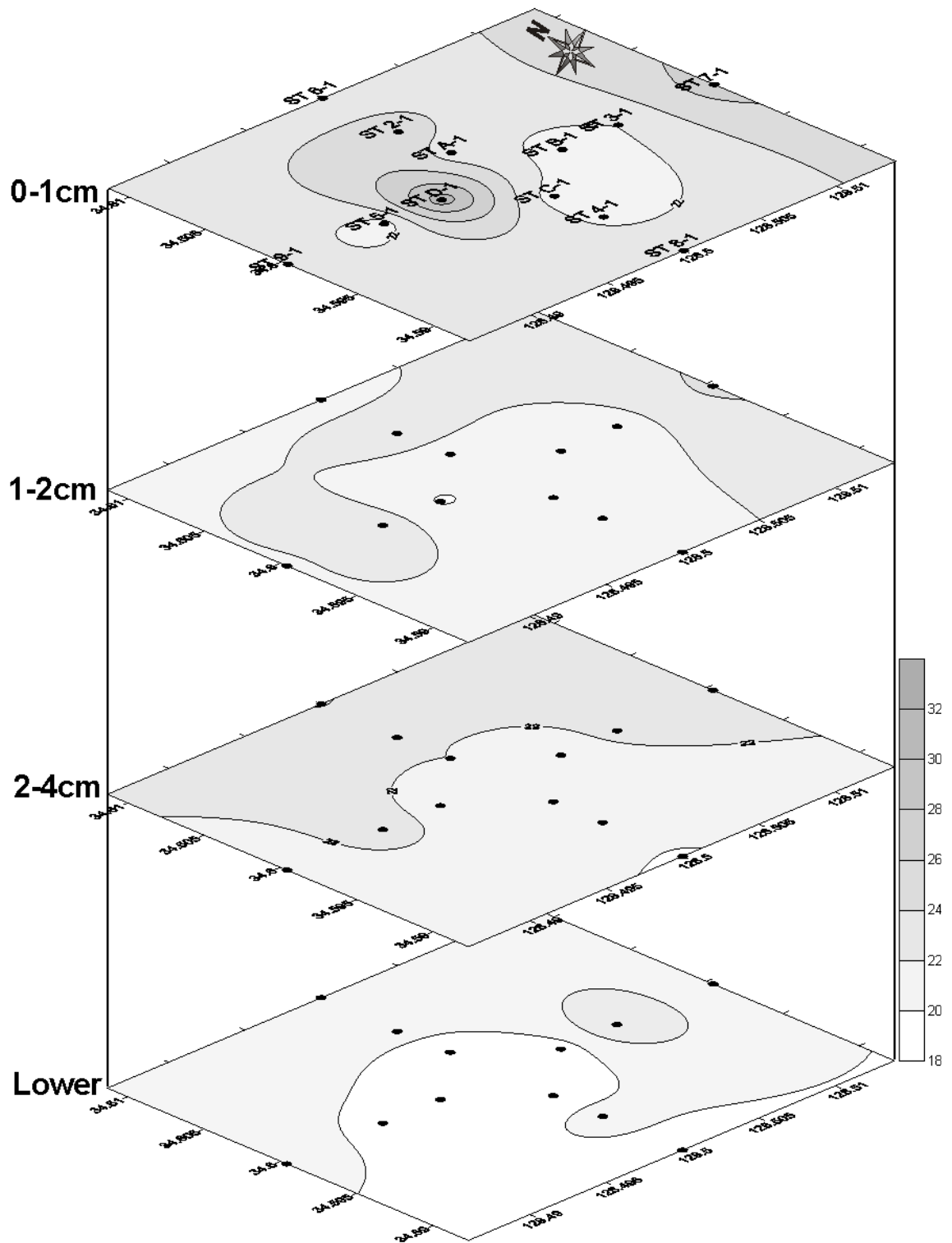


그림 2-1-14. 퇴적물 내 납의 분포.

Fig. 2-1-14. Distribution of Pb contents in sediments.

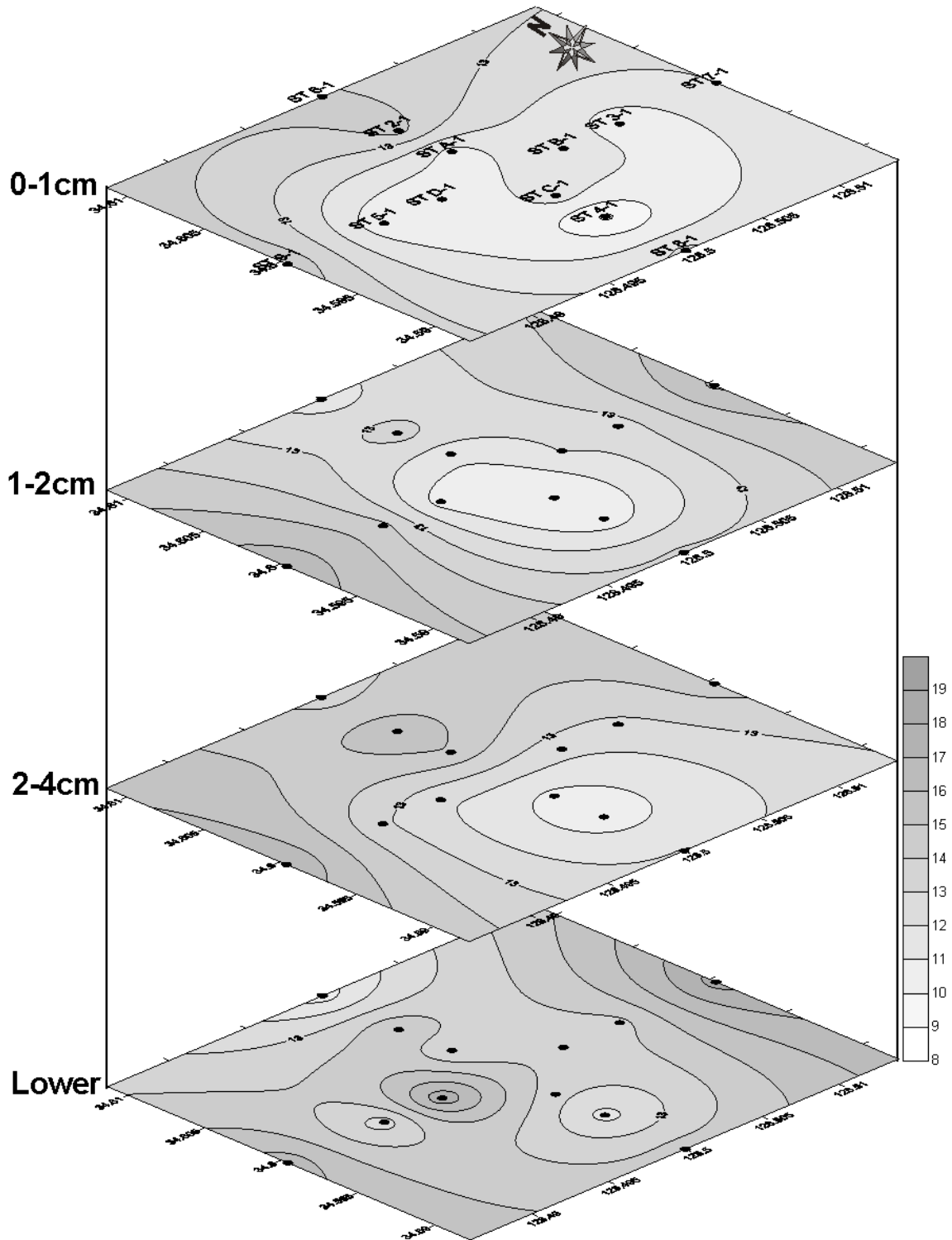


그림 2-1-15. 퇴적물 내 니켈의 분포.

Fig. 2-1-15. Distribution of Ni contents in sediments.

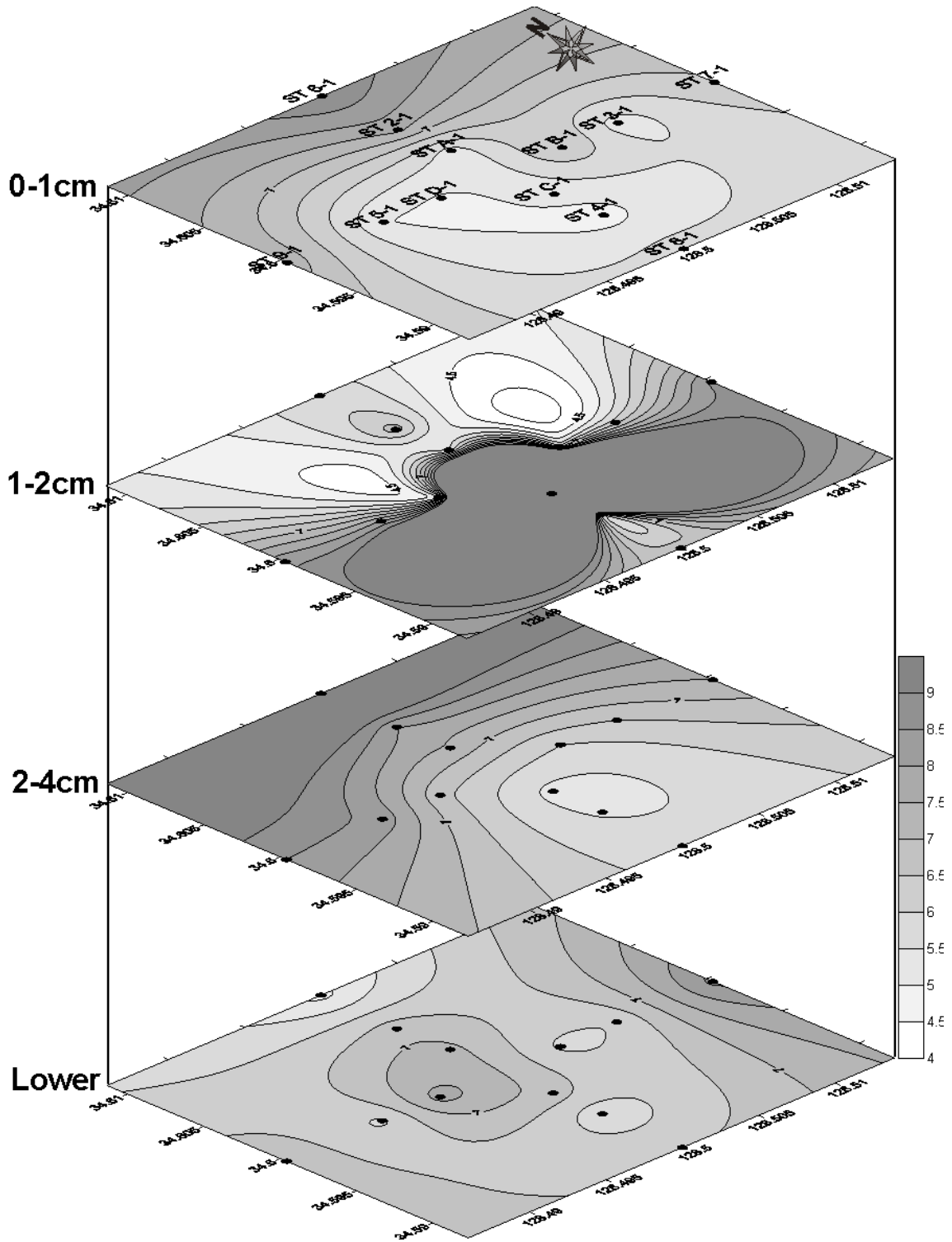


그림 2-1-16. 퇴적물 내 구리의 분포.

Fig. 2-1-16. Distribution of Cu contents in sediments.

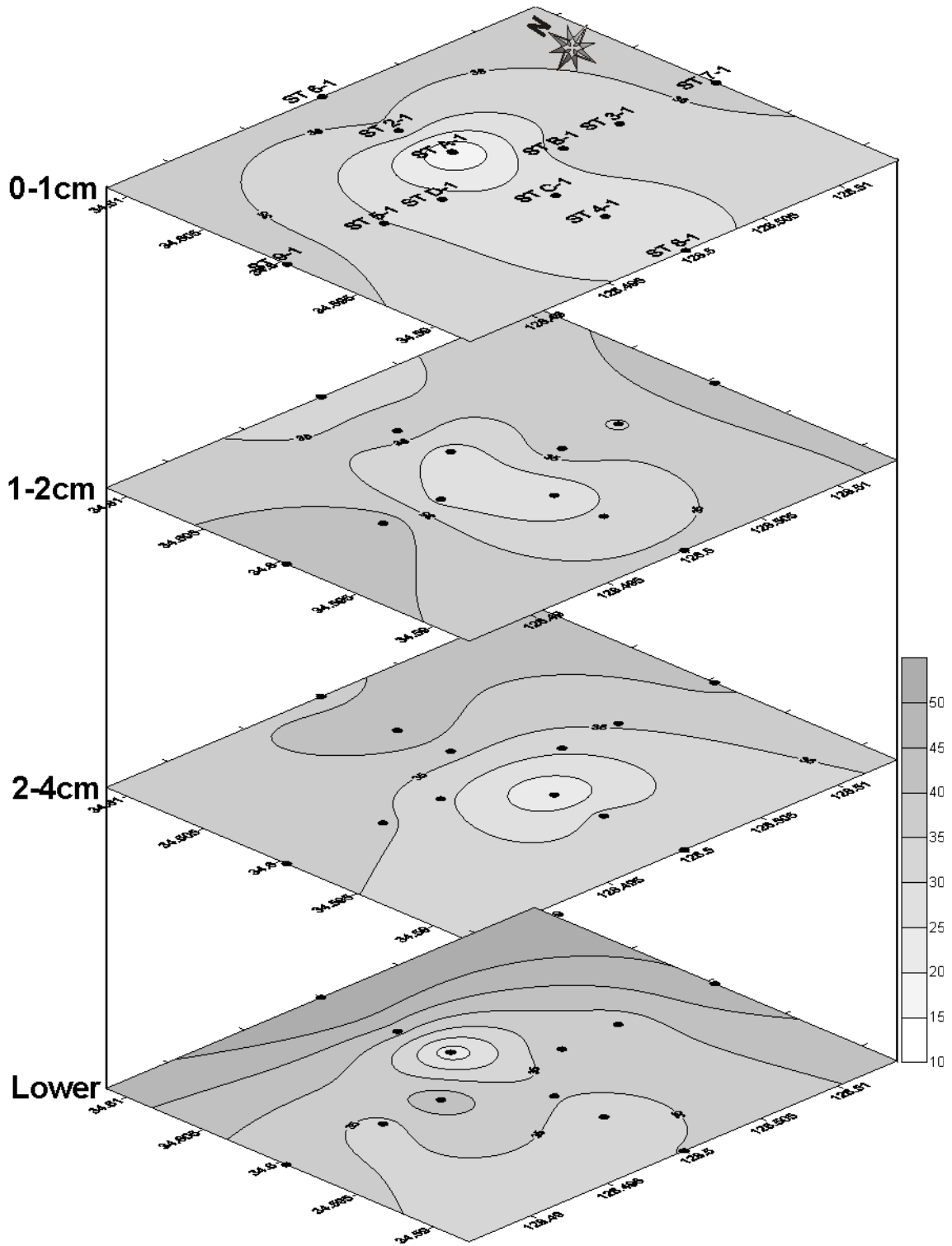


그림 2-1-17. 퇴적물 내 크롬의 분포.

Fig. 2-1-17. Distribution of Cr contents in sediments.



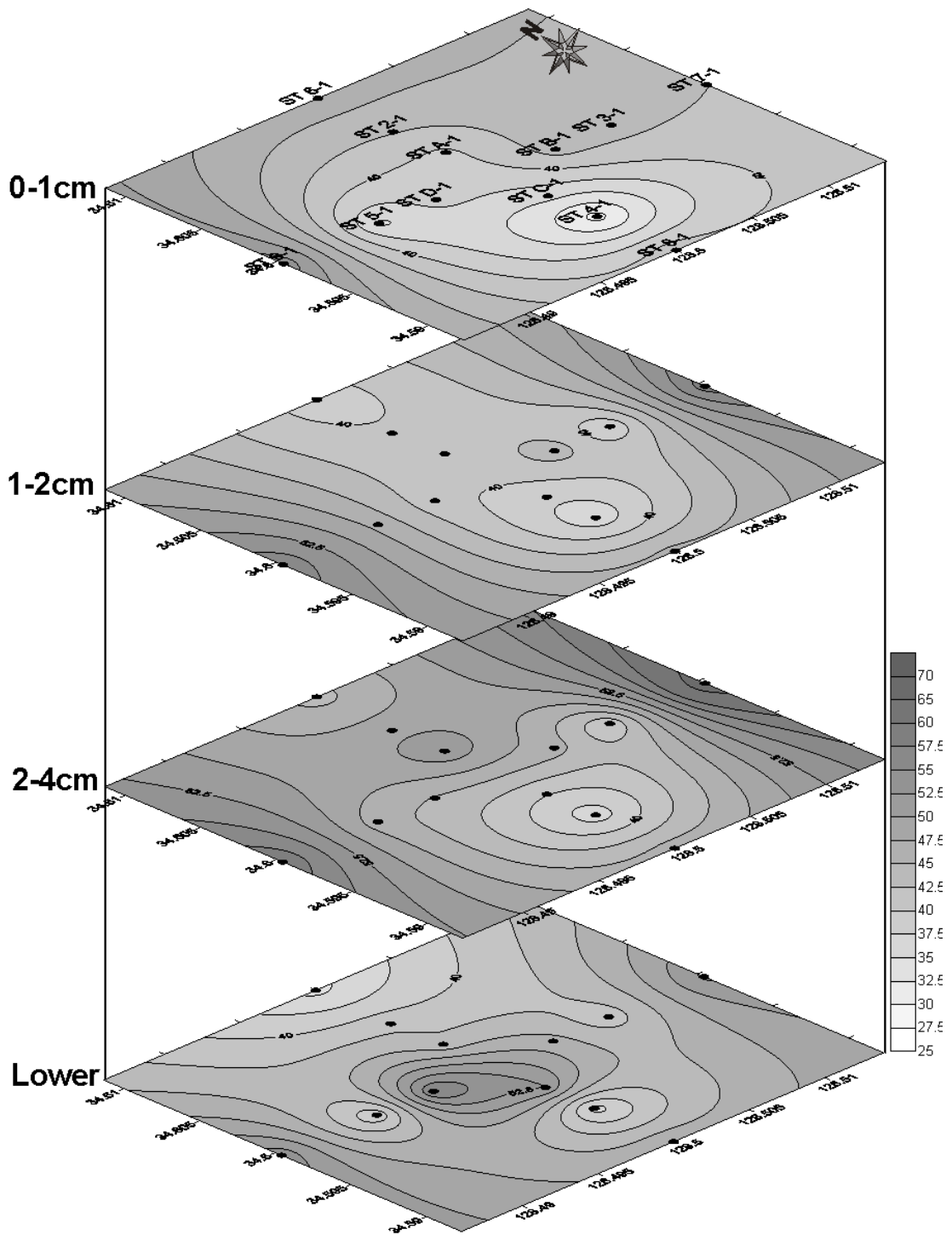


그림 2-1-18. 퇴적물 내 아연의 분포.

Fig. 2-1-18. Distribution of Zn contents in sediments.

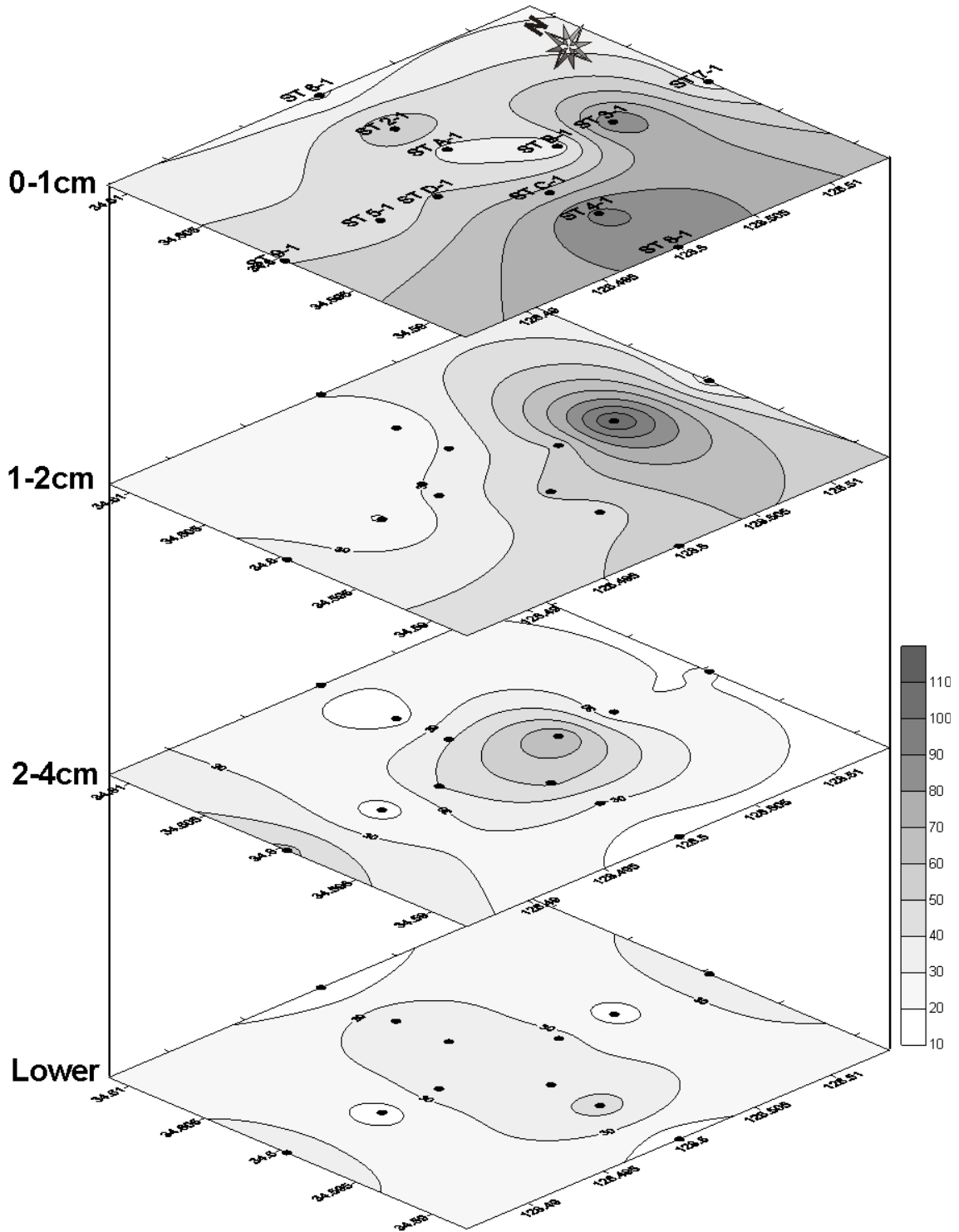


그림 2-1-19. 퇴적물 내 코발트의 분포.

Fig. 2-1-19. Distribution of Co contents in sediments.

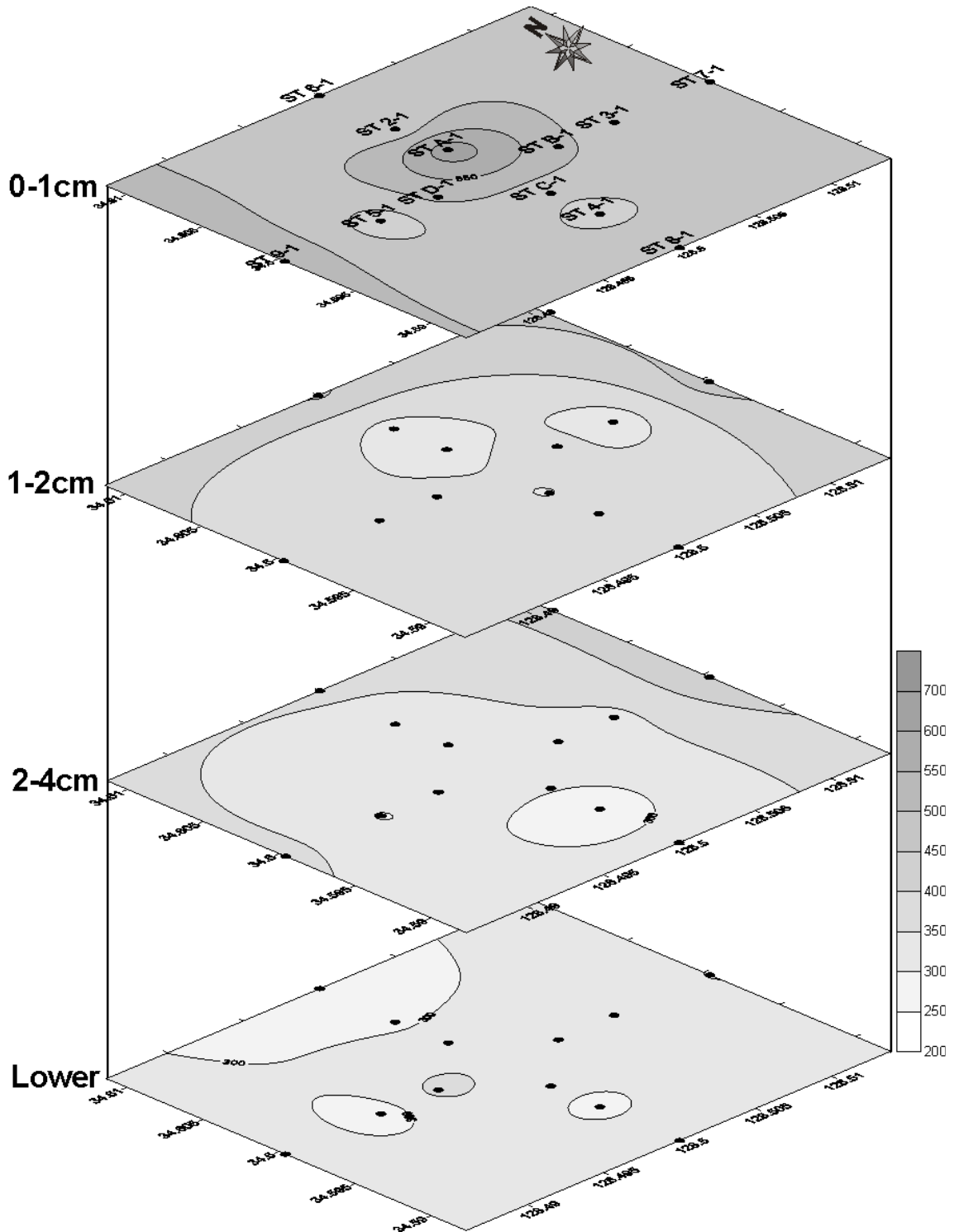


그림 2-1-20. 퇴적물 내 망간의 분포.

Fig. 2-1-20. Distribution of Mn contents in sediments.

#### 2.5.2.4 퇴적물 중금속의 부화특성

일부 중금속이나 유기물 함량은 퇴적물입자와 강한 상관관계를 가지고 있으며 또한 유기물이나 무기물은 수계내에서 침강하는 과정에서 강한 상관을 가진다(조영길 등, 1994; 조영길 등, 2000). 따라서 어떤 중금속이 농축되었다 하더라도 이는 유기물이나 다른 원소와 함께 거동하기 때문에 보존성 원소인 Al이나 Al과 강한 상관을 가지는 다른 원소로 표준화하는 과정이 필요하다. 또한 어떤 원소가 농축되었다고 하는 것은 퇴적물 중에 본래 있었던 자연적인 배경농도(Natural background value) 이상으로 초과한 것을 의미한다. 그러므로 어떤 원소가 농축되었는지 그렇지 않은지를 판단하기 위해서는 오염되지 않았다고 생각되는 배경농도를 기준으로 평균화하는 과정이 필요하다(현상민 등, 2003).

연구지역 퇴적물의 중금속 부화특성을 알기위하여 부화지수(Enrichment factor; Ef)를 조사하였다(표 2-1-7). 부화지수란 연구시료의 원소가 보존성 원소인 Al의 비를 지각평균 혹은 퇴적물 평균값으로 나누어준 값을 말한다. 부화지수가 1이라는 것은 부화되지 않았다고 생각되는 배경농도인 값과 같기 때문에 부화가 되지 않은 자연적인 농도로 생각해 볼 수 있다. 반면, 부화지수가 1이상인 것은 배경농도 이상으로 원소가 농축되어 있음을 지시하는 것이다(Kemp et al., 1976; Helz, 1976; Rule 1986; Lee et al., 1997; 이평구와 이재영, 1997; 이평구 등, 2001). 매물도해역 퇴적물의 부화지수를 구하기 위해 지각평균 값을 이용하였으며(Brian and Carleton, 1982), 계산식은 다음과 같다.

$$\text{부화지수(Enrichment factor; Ef)} = (X/Al)\text{퇴적물}/(X/Al)\text{지각평균}$$

인공용승 구조물 설치에 의한 특정원소의 부화여부를 알기위하여 퇴적물의 상층부와 하층부의 부화지수를 평균입도에 대해 표시하였다(그림

2-1-21). 카드뮴과 니켈, 크롬, 아연 및 망간은 부화지수가 1이하로 나타났으며, 평균입도와 큰 상관성을 보이지 않는다. 또한 상부와 하부의 부화지수가 모두 유사한 값을 보이고 있다. 그러나 납과 코발트의 부화지수는 1이상의 값을 보이고 있으며, 상부와 하부의 부화지수가 유사하거나 상부에서 다소 높은 값을 보인다. 그리고 평균입도가 큰 해역에서 부화지수가 높은 경향을 보인다. 납의 부화지수의 경우, 하부퇴적물과 상부퇴적물의 부화지수가 유사하게 나타나지만 D 정점과 7번 정점에서 다소 높은 부화지수를 보이고 있다. 그러나 상부퇴적물의 D 정점과 7번 정점을 제외한 모든 정점들은 하부퇴적물과 유사한 부화지수를 가지고 있어 인공용승 구조물 설치에 의한 특정지역 부화라고는 판단하기 힘들다. 또한 표 2-1-6에서 연구지역의 납 농도 분포는 19-31ppm으로 남해 대륙붕 표층퇴적물의 납 농도(16-40ppm)보다 낮거나 유사하게 나타나므로 남해 퇴적물의 특성을 반영한다고 할 수 있다(조영길 등 1994). 코발트 역시 하부 퇴적물에서 1이상의 부화지수를 나타내고 있으나, 인공용승 구조물 설치 이전 퇴적물에서도 1 이상의 부화지수를 나타내고 있어 인공 용승 구조물 설치에 의한 부화가 아닌 타기원의 유입에 의한 것으로 판단된다. 코발트의 배출원은 일반적으로 금속광산폐수, 제련소분진, 금속공장폐수, 자동차 배기, 배터리 등으로 육상기원의 유입을 배제할 수 없다.

표 2-1-7. 퇴적물의 중금속 부화지수

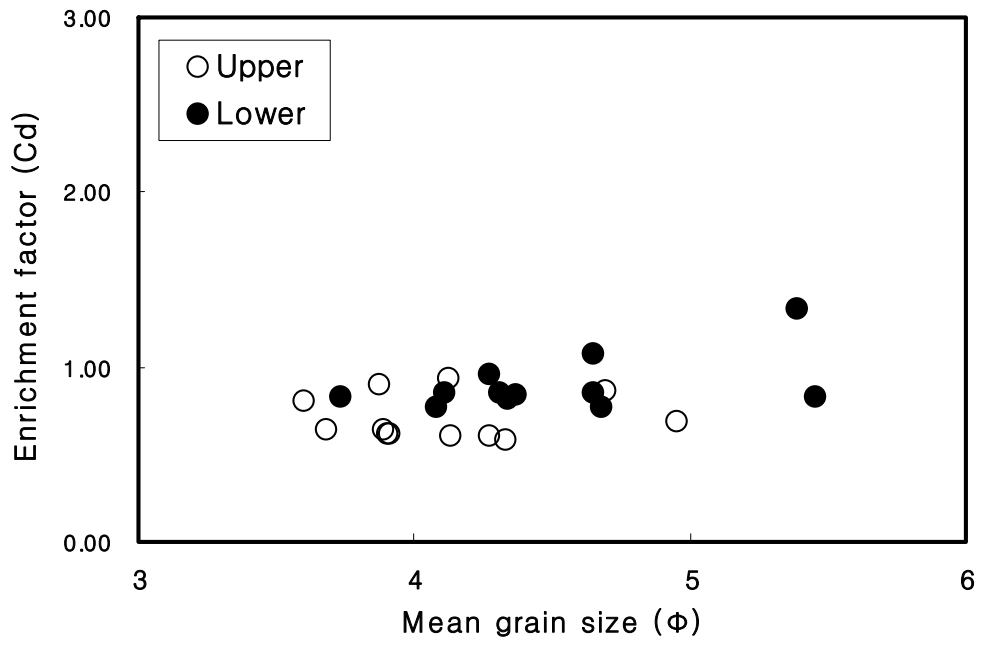
Table 2-1-7. Enrichment factor of sediments

Station	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn	Co	Mn
A-1	0.65	2.38	0.19	0.13	0.19	0.76	1.98	0.91
A-2	0.72	2.16	0.21	0.14	0.38	0.82	1.80	0.50
A-3	0.65	2.29	0.24	0.16	0.44	0.88	1.85	0.41
A-4	0.82	2.01	0.25	0.19	0.31	0.91	1.96	0.51
B-1	0.62	2.21	0.20	0.15	0.41	0.78	1.65	0.69
B-2	0.62	2.24	0.20	0.14	0.48	0.77	2.54	0.48
B-3	0.68	2.10	0.20	0.13	0.37	0.79	3.38	0.44
B-4	0.77	1.96	0.23	0.13	0.49	0.81	1.65	0.43
C-1	0.62	2.17	0.23	0.14	0.41	0.75	3.69	0.70
C-2	0.64	2.25	0.18	1.78	0.35	0.74	2.86	0.50
C-3	0.60	2.13	0.19	0.13	0.25	0.75	2.73	0.42
C-4	0.86	1.95	0.23	0.16	0.45	0.96	1.50	0.43
D-1	0.61	3.27	0.18	0.12	0.35	0.72	2.68	0.71
D-3	0.63	2.19	0.20	0.15	0.38	0.77	1.94	0.42
D-4	0.77	2.06	0.26	0.15	0.48	0.90	1.63	0.42

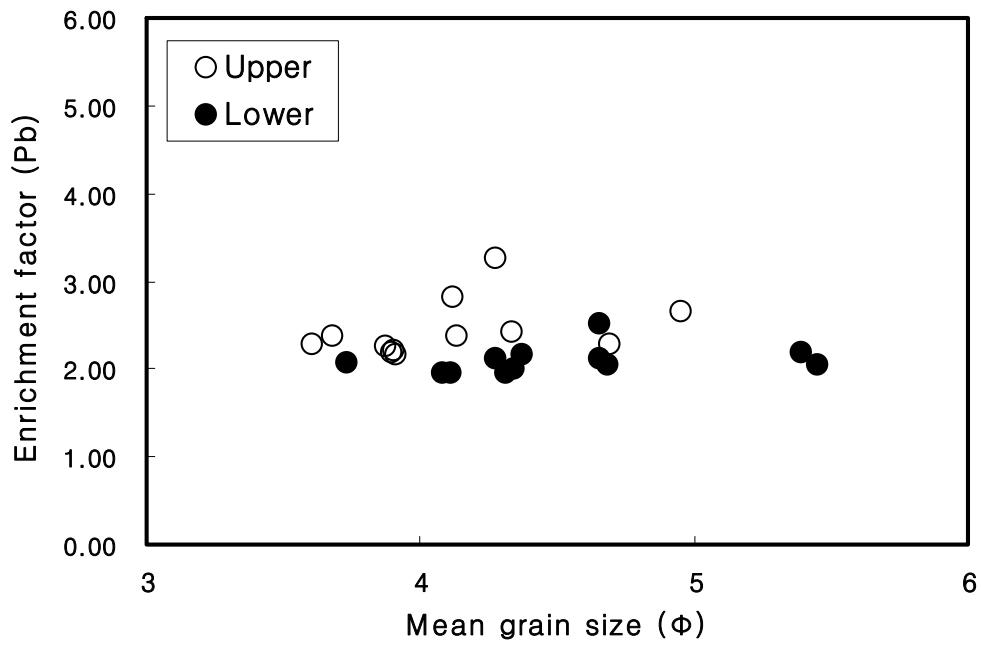
표 2-1-7. 계속

Table 2-1-7. Continued

Station	Cd	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn	Co	Mn
2-1	0.69	2.65	0.26	0.19	0.47	0.84	3.40	0.65
2-2	0.69	2.45	0.25	0.17	0.53	0.78	1.14	0.47
2-3	0.78	2.32	0.26	0.18	0.55	0.88	0.81	0.42
2-4	0.96	2.12	0.26	0.16	0.54	0.77	2.01	0.39
3-1	0.81	2.30	0.19	0.13	0.45	0.87	5.14	0.67
3-2	0.82	2.19	0.23	0.16	0.47	0.73	6.19	0.45
3-3	0.70	2.38	0.24	0.17	0.51	0.82	1.20	0.50
3-4	1.08	2.51	0.23	0.14	0.47	0.74	0.79	0.40
4-1	0.91	2.26	0.17	0.13	0.37	0.60	5.41	0.67
4-2	0.77	2.22	0.19	0.15	0.42	0.69	2.41	0.53
4-3	0.77	2.16	0.19	0.14	0.44	0.71	1.64	0.40
4-4	0.84	2.16	0.19	0.12	0.40	0.63	2.28	0.37
5-1	0.64	2.20	0.19	0.13	0.43	0.70	2.46	0.63
5-2	0.63	2.41	0.22	0.17	0.50	0.77	0.88	0.42
5-3	0.63	2.40	0.21	0.18	0.43	0.79	0.69	0.37
5-4	0.84	2.06	0.21	0.13	0.41	0.67	0.73	0.36
6-1	0.87	2.29	0.25	0.22	0.51	0.90	0.92	0.69
6-2	1.02	2.20	0.24	0.17	0.49	0.88	1.95	0.77
6-3	1.19	2.51	0.26	0.31	0.56	0.91	1.25	0.55
6-4	1.33	2.19	0.22	0.14	0.96	0.76	0.67	0.47
7-1	0.93	2.82	0.20	0.15	0.46	0.76	1.68	0.63
7-2	0.75	2.55	0.25	0.18	0.53	0.99	1.13	0.59
7-3	0.66	2.39	0.24	0.17	0.52	1.23	1.02	0.58
7-4	0.83	2.07	0.29	0.18	0.58	0.88	1.82	0.43
8-1	0.61	2.39	0.21	0.13	0.38	0.77	4.15	0.64
8-2	0.58	2.25	0.22	0.16	0.45	0.82	2.99	0.51
8-3	0.69	2.07	0.21	0.14	0.41	0.88	0.63	0.45
8-4	0.85	1.97	0.25	0.15	0.46	0.89	0.63	0.48
9-1	0.59	2.42	0.22	0.15	0.43	0.88	2.24	0.66
9-2	0.57	2.27	0.25	0.17	0.46	0.91	1.60	0.47
9-3	0.67	2.12	0.28	0.19	0.46	1.06	2.64	0.48
9-4	0.86	2.12	0.29	0.16	0.49	1.02	1.98	0.48

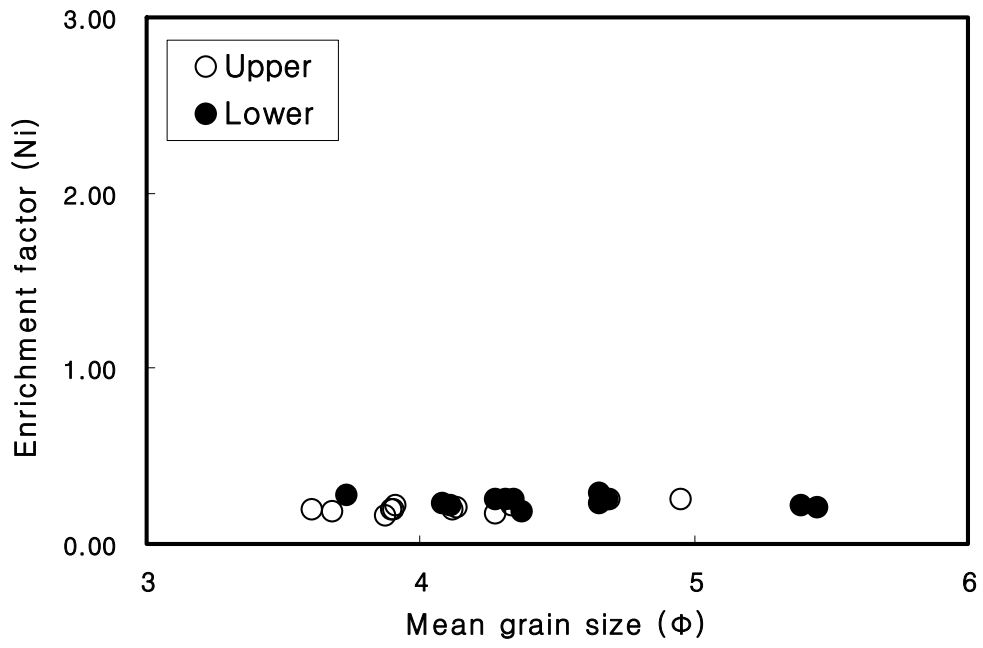


(A)

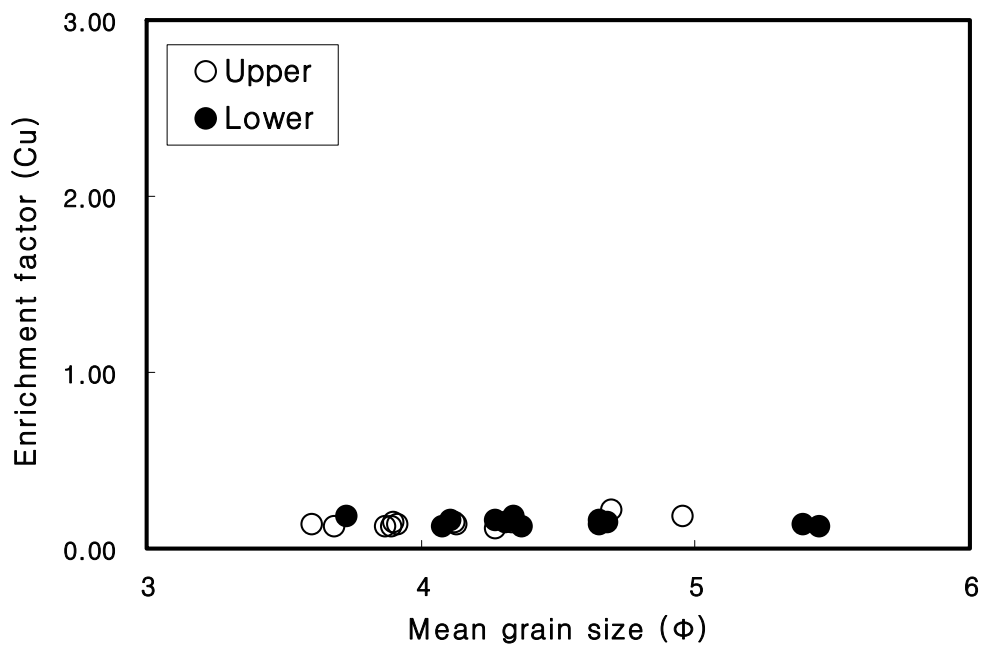


(B)

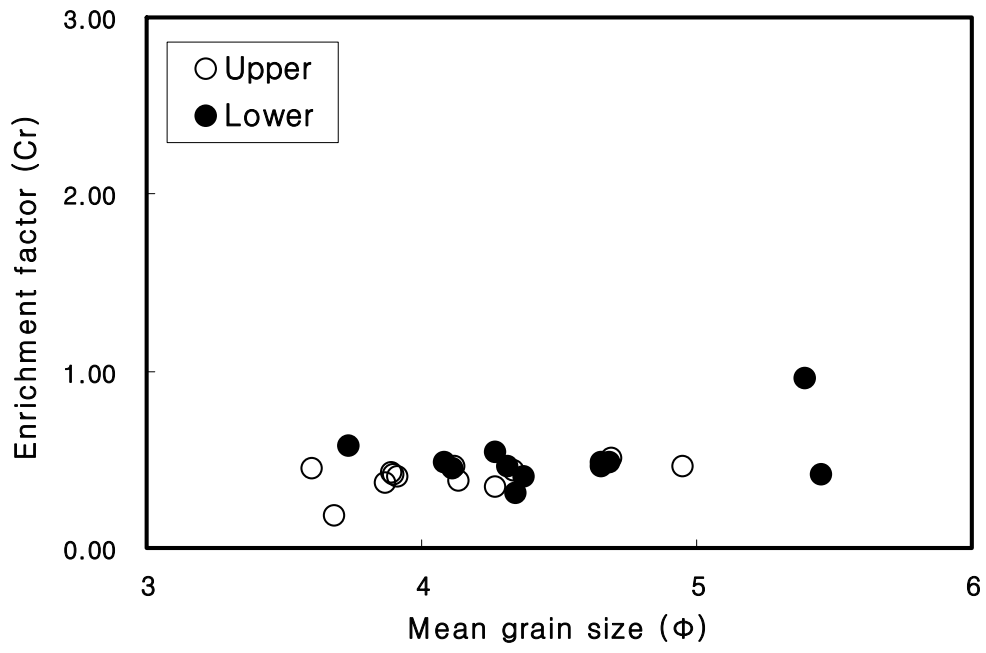




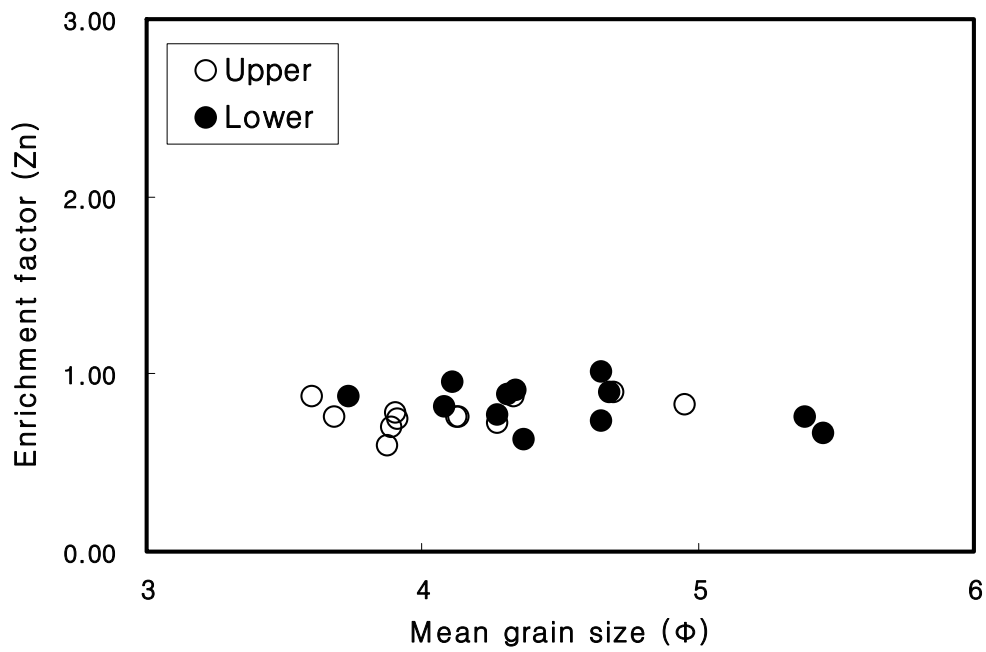
(C)



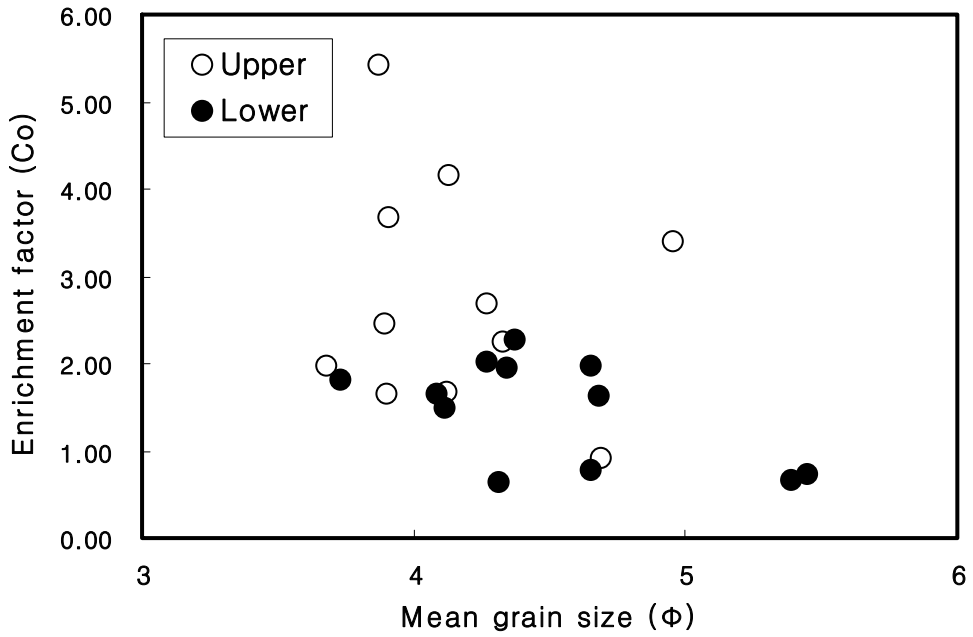
(D)



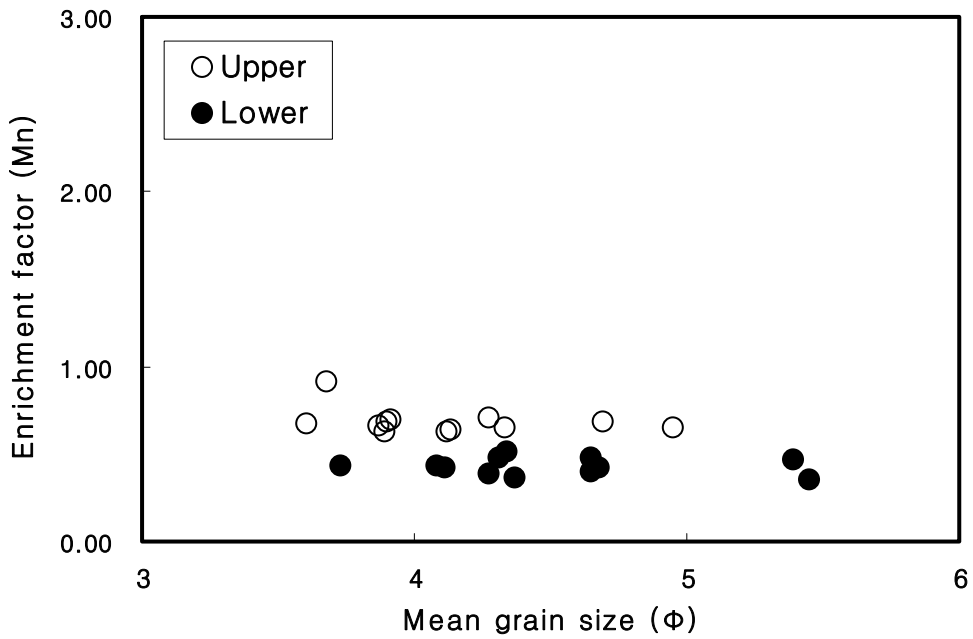
(E)



(F)



(G)



(H)

그림 2-1-21. 중금속의 부화지수. (A)카드뮴, (B)납, (C)니켈, (D)구리, (E) 크롬 (F)아연, (G)코발트, (H)망간.

Fig. 2-1-21. Enrichment factor (Ef) of heavymetal. (A)Cd, (B)Pb, (C)Ni, (D)Cu, (E)Cr, (F)Zn, (G)Co and (H)Mn.

### 2.5.2.5 퇴적물의 희토류원소 패턴

퇴적물의 화학조성은 퇴적물의 기원지 혹은 기원물질의 이동경로를 추적하는 데 매우 유용한 도구가 된다. 화학조성 중 주원소 성분은 운반과정에 따른 분급작용 등으로 광물입자의 크기에 따라 조성이 달라지는 등의 변화가 일어나기 때문에 기원지 암석과의 직접적 대비가 어렵다. 그럼에도 불구하고, 최근의 연구결과에 의하면 퇴적물의 기원을 밝히는데 있어서 희토류원소가 매우 유용한 도구가 될 수 있음이 밝혀졌다(Piper, 1985; Cullers et al., 1987; Elderfield et al., 1990; Sholkovitz, 1992; Sholkovitz and Szymczak, 2000; Yang et al., 2002; 이승구 외, 2003).

퇴적물의 수직별 REE 패턴을 이용하여 인공용승 구조물 설치에 의한 기원지의 변화를 관찰하였다. 표 2-1-8의 희토류원소 조성을 상부지각의 값을 이용하여 normalizing하였다. 연구지역 퇴적물의 희토류원소 패턴은 Eu와 Dy의 정(+)의 이상 값을 보이는 것이 공통적이다. A, C, 3번 및 9번 정점의 경우, 하부층의 경희토류의 함량의 변화가 크거나, 희토류원소 패턴 전체적인 함량변화가 큰 편이다. 또한 9번 정점의 경우, 퇴적물의 상부에 해당하는 1-2cm 지점에서 경희토류원소의 변화는 비슷하나, 중희토류원소에서 급격한 증가양상을 보인다(그림 2-1-22). 이는 9번 정점의 퇴적물의 기원이 동일하지 않은 것을 의미한다. 인공용승 구조물 설치이전인 2005년에 채취한 퇴적물의 희토류원소 패턴에서도 9번 정점에서 이상 값을 보이고 있다(그림 2-1-23). 이는 인공용승 구조물의 설치에 의한 것이 아닌 설치 이전의 다른 기원의 퇴적물이 부분적으로 퇴적된 것으로 판단된다. 연구해역의 수직적인 패턴은 하부를 제외한 모든 정점이 동일한 환경에서 퇴적된 것으로 판단되며, 수평 패턴 역시 9번 정점과 같은 일부 정점의 이상 값을 제외한 모든 정점에서 동일한 환경의 기원으로 판단된다.

Ti/Al, Nb/Al 그리고 Rb/Al 비는 희토류원소 패턴과 같이 퇴적물의 근원을 판단하는데 매우 유용한 지시자들로 제시된다(임동일, 2003). 연구지역

을 이들 Ti/Al, Nb/Al 그리고 Rb/Al비를 이용하여 하부와 상부의 기원지 변화를 도시하였다(그림 2-1-24). 연구지역의 Rb/Al값은 8-17영역으로 분포하고 있으며, Ti/Al값은 300-700의 영역에 분포하고 있다. 그리고 Nb/Al값은 0.5-1.5정도의 영역에 분포한다. Ti/Al과 Rb/Al 그래프에서 상부퇴적물은 하부 퇴적물의 특정 정점을 제외하고는 하부와 동일한 위치에 자리하고 있으며, 이러한 경향은 Nb/Al와 Rb/Al 그래프에서도 동일하게 나타난다. 그리고 연구지역 퇴적물의 Ti/Al, Nb/Al 그리고 Rb/Al 비는 동중국해에 위치한 황하강과 양쯔강의 Ti/Al, Nb/Al 그리고 Rb/Al 비보다 다소 낮은 값을 보인다. 임동일(2003)에 의하면 양자강으로부터 기원된 세립 퇴적물은 한반도 남해 연안역까지 운반 퇴적될 수 있음을 보여주었다. 그러나 연구지역 퇴적물의 기원은 동중국해의 황하강과 양쯔강의 값보다 낮은 값을 보여, 이들 기원으로 판단하기는 힘들다. 희토류원소 패턴과 Ti/Al, Nb/Al 그리고 Rb/Al 비의 결과에 의해 연구지역은 인공용승 구조물의 설치에 의한 퇴적물의 영향이 없는 것으로 판단된다.

표 2-1-8. 정점별 희토류 농도

Table 2-1-8. Rare earth element (REE) concentration from each station (unit in ppm)

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
A-1	0.60	0.59	0.60	0.62	0.68	0.69	0.64	0.58	0.62	0.53	0.53	0.51	0.51	0.54
A-2	0.65	0.63	0.64	0.66	0.70	0.73	0.66	0.58	0.63	0.55	0.55	0.57	0.57	0.60
A-3	0.55	0.52	0.53	0.54	0.59	0.64	0.55	0.47	0.52	0.45	0.45	0.45	0.45	0.47
A-4	0.81	0.80	0.77	0.77	0.81	0.73	0.72	0.60	0.61	0.52	0.54	0.54	0.54	0.61
B-1	0.62	0.60	0.63	0.65	0.70	0.75	0.66	0.58	0.61	0.53	0.51	0.51	0.51	0.53
B-2	0.67	0.64	0.68	0.69	0.75	0.77	0.70	0.63	0.66	0.57	0.57	0.55	0.54	0.56
B-3	0.57	0.60	0.61	0.62	0.72	0.76	0.69	0.61	0.64	0.55	0.54	0.55	0.54	0.55
B-4	0.55	0.56	0.57	0.59	0.68	0.75	0.65	0.56	0.60	0.52	0.51	0.50	0.51	0.52
C-1	0.59	0.57	0.62	0.64	0.72	0.68	0.64	0.56	0.58	0.51	0.51	0.48	0.49	0.49
C-2	0.47	0.48	0.49	0.50	0.55	0.60	0.52	0.46	0.49	0.41	0.42	0.41	0.43	0.43
C-3	0.56	0.56	0.58	0.60	0.66	0.69	0.62	0.55	0.57	0.50	0.49	0.46	0.47	0.49
C-4	0.34	0.36	0.37	0.38	0.42	0.44	0.41	0.35	0.39	0.34	0.35	0.34	0.34	0.36
D-1	0.57	0.52	0.56	0.57	0.62	0.65	0.58	0.52	0.54	0.46	0.48	0.47	0.47	0.50
D-2	0.71	0.66	0.70	0.71	0.74	0.70	0.68	0.57	0.58	0.49	0.50	0.46	0.46	0.48
D-3	0.69	0.65	0.68	0.68	0.71	0.68	0.64	0.55	0.57	0.49	0.49	0.49	0.48	0.49
D-4	0.62	0.59	0.62	0.63	0.65	0.69	0.60	0.53	0.55	0.48	0.47	0.47	0.46	0.48
2-1	0.55	0.51	0.55	0.57	0.62	0.63	0.58	0.50	0.55	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47
2-2	0.61	0.57	0.61	0.62	0.66	0.64	0.62	0.54	0.54	0.46	0.46	0.43	0.44	0.44
2-3	0.45	0.47	0.49	0.51	0.58	0.64	0.54	0.48	0.50	0.44	0.43	0.42	0.43	0.45
2-4	0.52	0.54	0.54	0.56	0.64	0.67	0.59	0.53	0.56	0.49	0.48	0.49	0.48	0.50

표 2-1-8. 계속

Table 2-1-8. Continued

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
3-1	0.83	0.77	0.82	0.83	0.88	0.75	0.77	0.65	0.64	0.52	0.51	0.50	0.48	0.49
3-2	0.53	0.56	0.56	0.58	0.64	0.65	0.59	0.50	0.53	0.45	0.45	0.44	0.46	0.46
3-3	0.59	0.56	0.60	0.62	0.69	0.78	0.66	0.58	0.60	0.52	0.52	0.50	0.50	0.51
3-4	0.73	0.70	0.72	0.73	0.79	0.79	0.77	0.72	0.75	0.64	0.63	0.61	0.61	0.62
4-1	0.67	0.62	0.66	0.67	0.74	0.79	0.68	0.61	0.63	0.54	0.54	0.55	0.53	0.56
4-2	0.60	0.55	0.59	0.60	0.66	0.76	0.63	0.57	0.61	0.54	0.54	0.55	0.55	0.54
4-3	0.77	0.71	0.74	0.76	0.83	0.83	0.77	0.65	0.67	0.58	0.58	0.58	0.58	0.59
4-4	0.80	0.72	0.76	0.77	0.81	0.83	0.74	0.66	0.68	0.58	0.58	0.58	0.58	0.56
5-1	0.68	0.63	0.66	0.67	0.72	0.77	0.67	0.57	0.61	0.53	0.54	0.53	0.55	0.54
5-2	0.69	0.64	0.67	0.68	0.73	0.74	0.68	0.59	0.63	0.54	0.56	0.57	0.56	0.57
5-3	0.63	0.62	0.64	0.66	0.74	0.79	0.70	0.58	0.66	0.57	0.57	0.56	0.53	0.57
5-4	0.61	0.57	0.63	0.65	0.70	0.82	0.70	0.60	0.65	0.57	0.57	0.56	0.55	0.57
6-1	0.64	0.58	0.62	0.62	0.66	0.70	0.60	0.50	0.51	0.43	0.44	0.42	0.42	0.45
6-2	0.71	0.64	0.69	0.71	0.75	0.74	0.68	0.56	0.57	0.49	0.47	0.47	0.47	0.48
6-3	0.66	0.60	0.64	0.65	0.68	0.73	0.67	0.61	0.72	0.65	0.67	0.70	0.69	0.72
6-4	0.71	0.66	0.71	0.72	0.77	0.78	0.72	0.61	0.63	0.54	0.54	0.54	0.53	0.56
7-1	0.59	0.54	0.58	0.59	0.63	0.69	0.59	0.53	0.56	0.48	0.48	0.47	0.47	0.48
7-2	0.65	0.61	0.65	0.67	0.73	0.83	0.70	0.61	0.66	0.56	0.56	0.54	0.56	0.58
7-3	0.67	0.62	0.67	0.69	0.75	0.79	0.69	0.60	0.63	0.55	0.55	0.52	0.54	0.52
7-4	0.64	0.58	0.61	0.62	0.65	0.77	0.61	0.55	0.55	0.48	0.47	0.47	0.47	0.49
8-1	0.67	0.62	0.65	0.67	0.73	0.74	0.69	0.62	0.67	0.59	0.61	0.61	0.61	0.60
8-2	0.60	0.54	0.58	0.59	0.64	0.66	0.60	0.51	0.55	0.46	0.48	0.45	0.46	0.47
8-3	0.64	0.57	0.62	0.63	0.66	0.69	0.62	0.56	0.60	0.52	0.54	0.53	0.54	0.58
8-4	0.67	0.63	0.67	0.69	0.75	0.68	0.66	0.55	0.56	0.48	0.49	0.50	0.48	0.48
9-1	0.82	0.76	0.82	0.84	0.88	0.84	0.79	0.66	0.70	0.61	0.62	0.62	0.63	0.64
9-2	0.87	0.83	0.86	0.88	0.95	0.87	0.98	0.98	1.19	1.17	1.29	1.37	1.39	1.45
9-3	0.84	0.78	0.82	0.84	0.88	0.85	0.81	0.71	0.76	0.64	0.63	0.67	0.65	0.66
9-4	0.50	0.61	0.54	0.58	0.70	0.77	0.69	0.64	0.69	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62

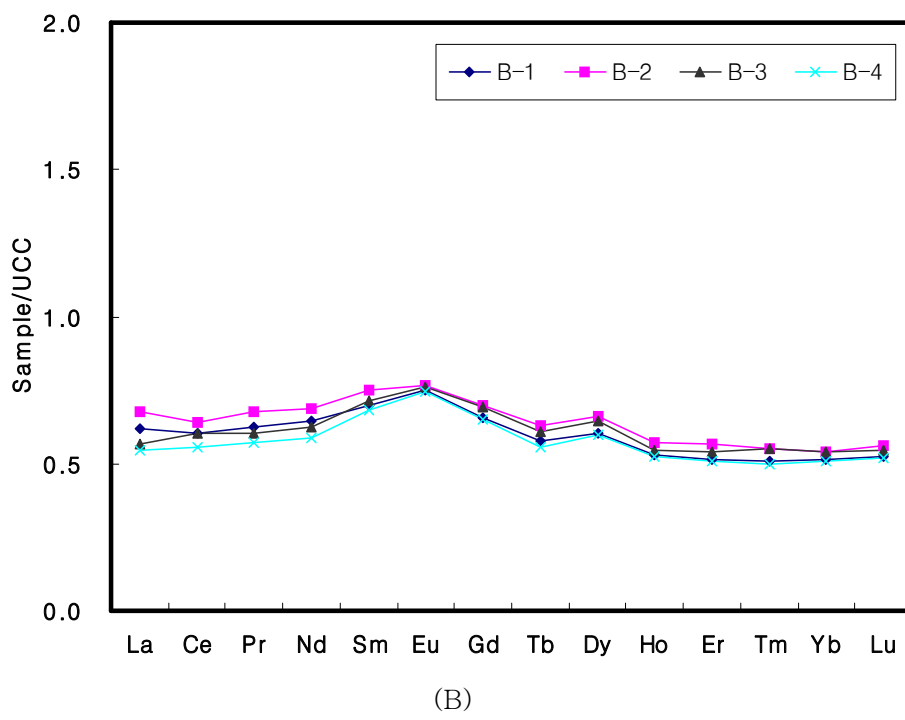
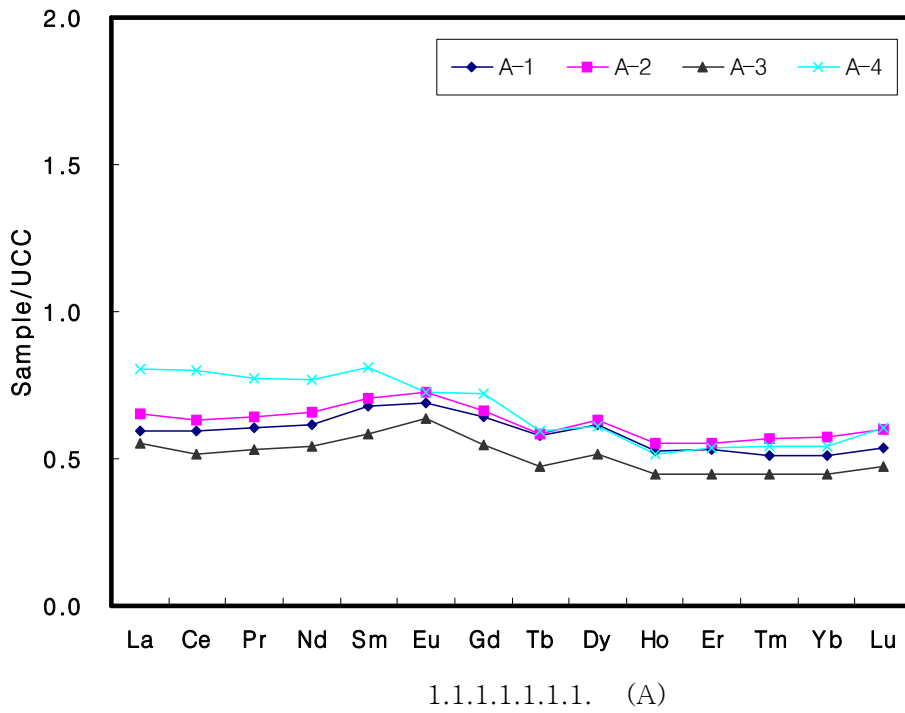
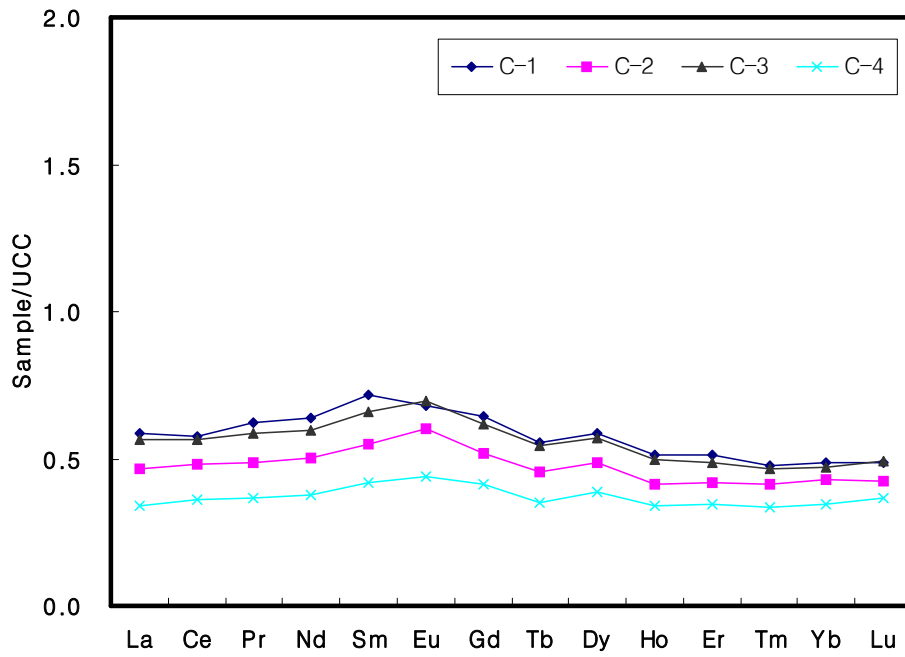


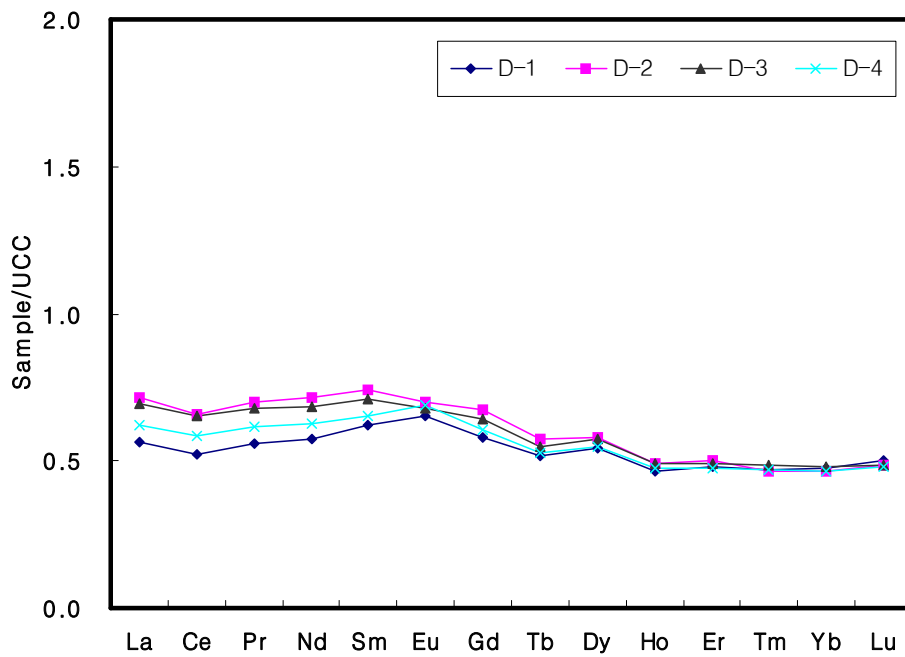
그림 2-1-22. 연구지역 퇴적물의 희토류원소 패턴.

Fig. 2-1-22. Rare earth element patterns of sediments from different station.





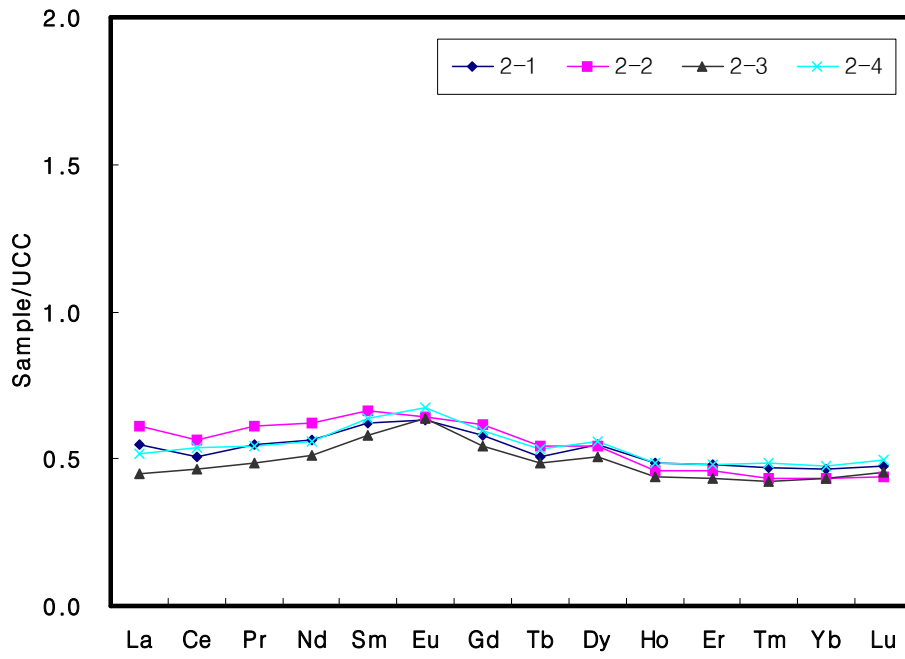
1.1.1.1.1.2. (C)



1.1.1.1.1.3. (D)

그림 2-1-22. 계속.

Fig. 2-1-22. Continued.



(E)

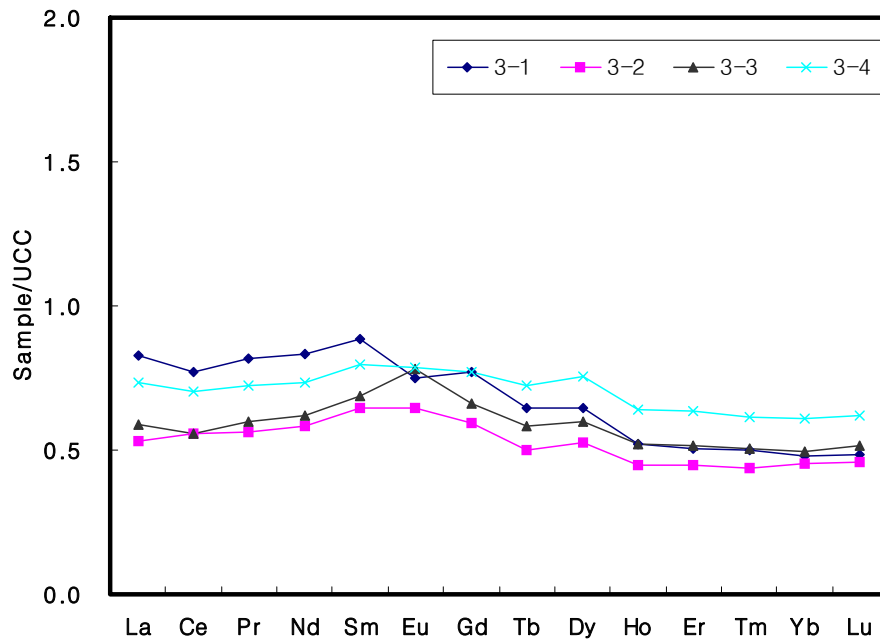
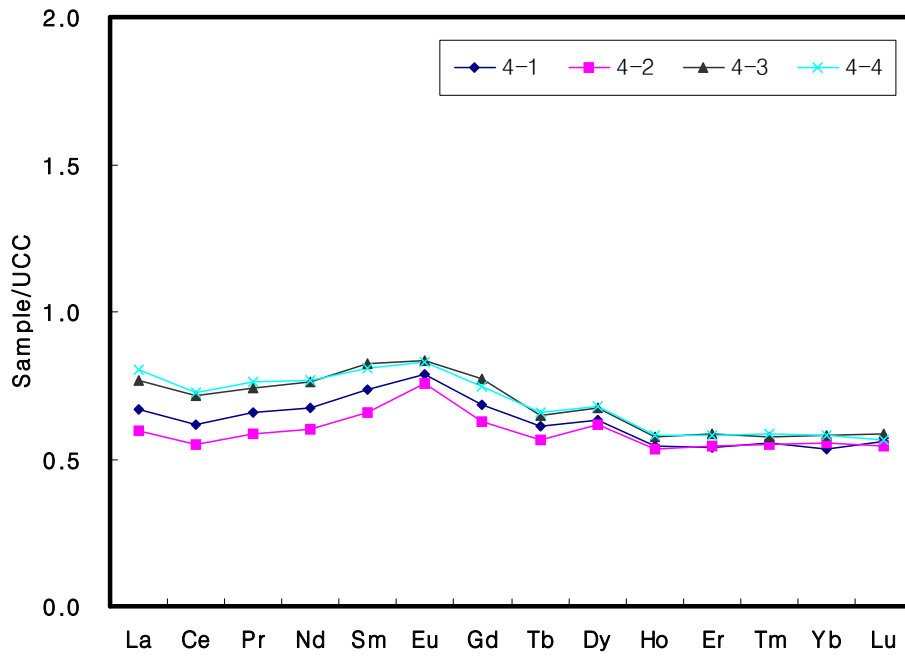
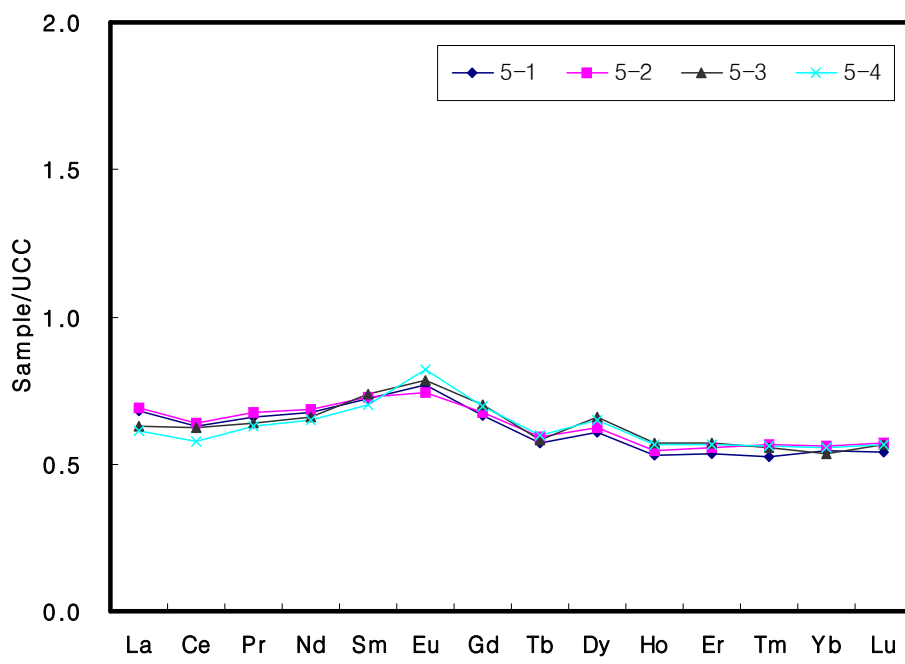


그림 2-1-22. 계속.

Fig. 2-1-22. Continued.



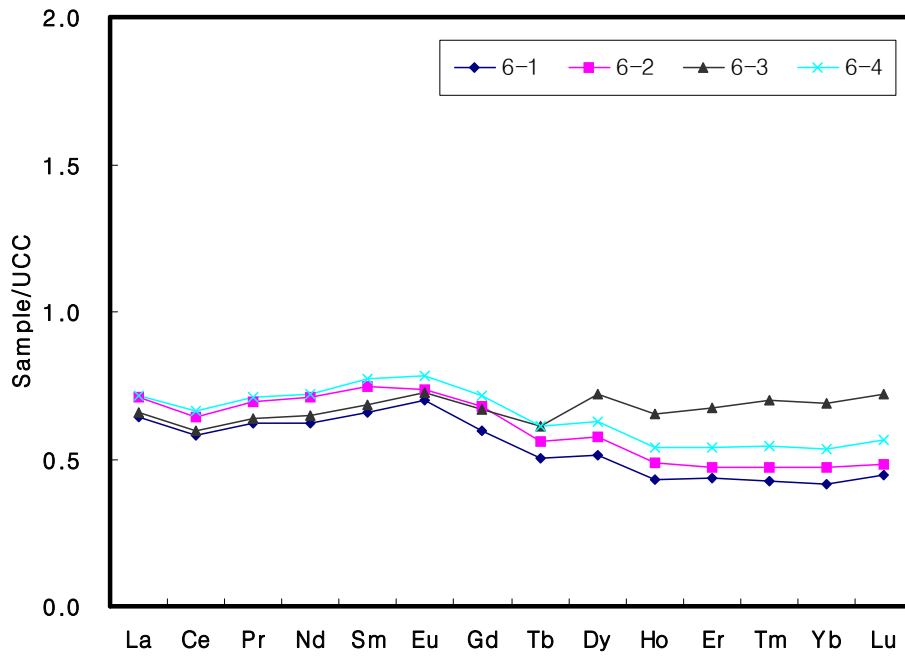
(G)



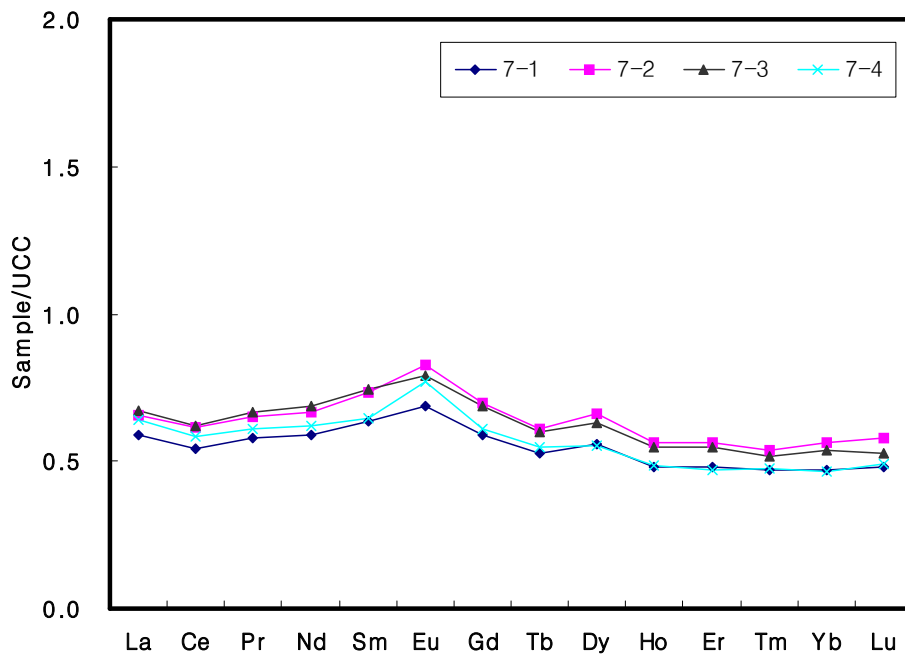
(H)

그림 2-1-22. 계속.

Fig. 2-1-22. Continued.



(I)



(J)

그림 2-1-22. 계속.

Fig. 2-1-22. Continued.

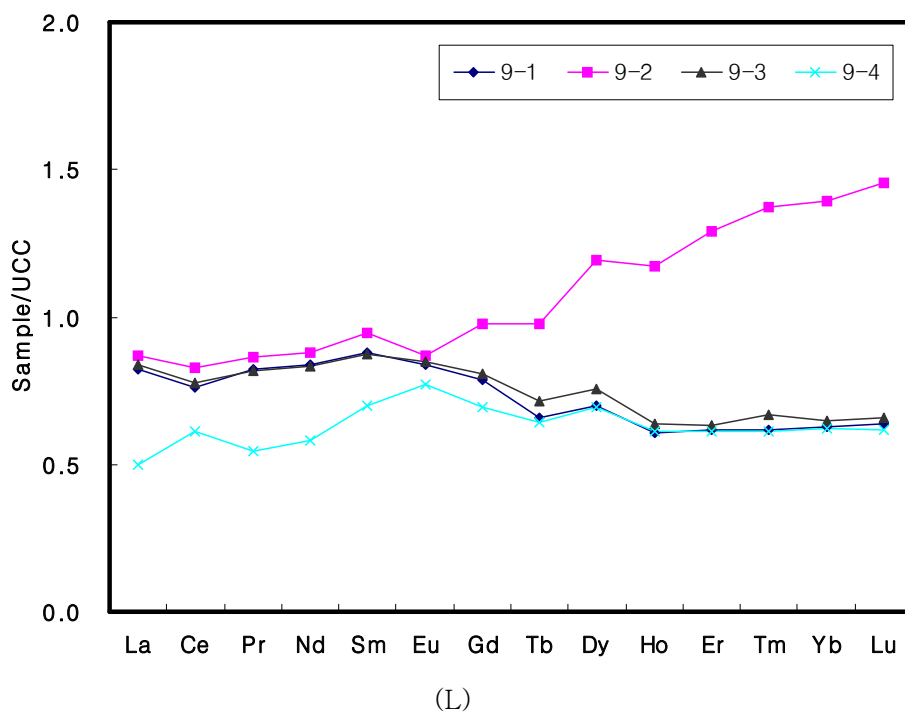
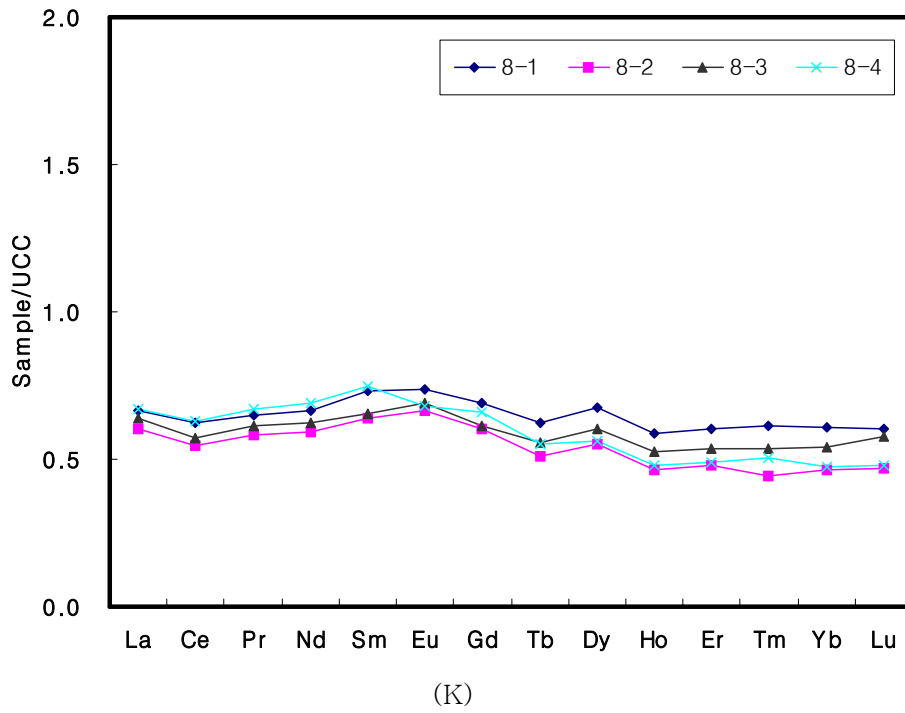


그림 2-1-22. 계속.

Fig. 2-1-22. Continued.

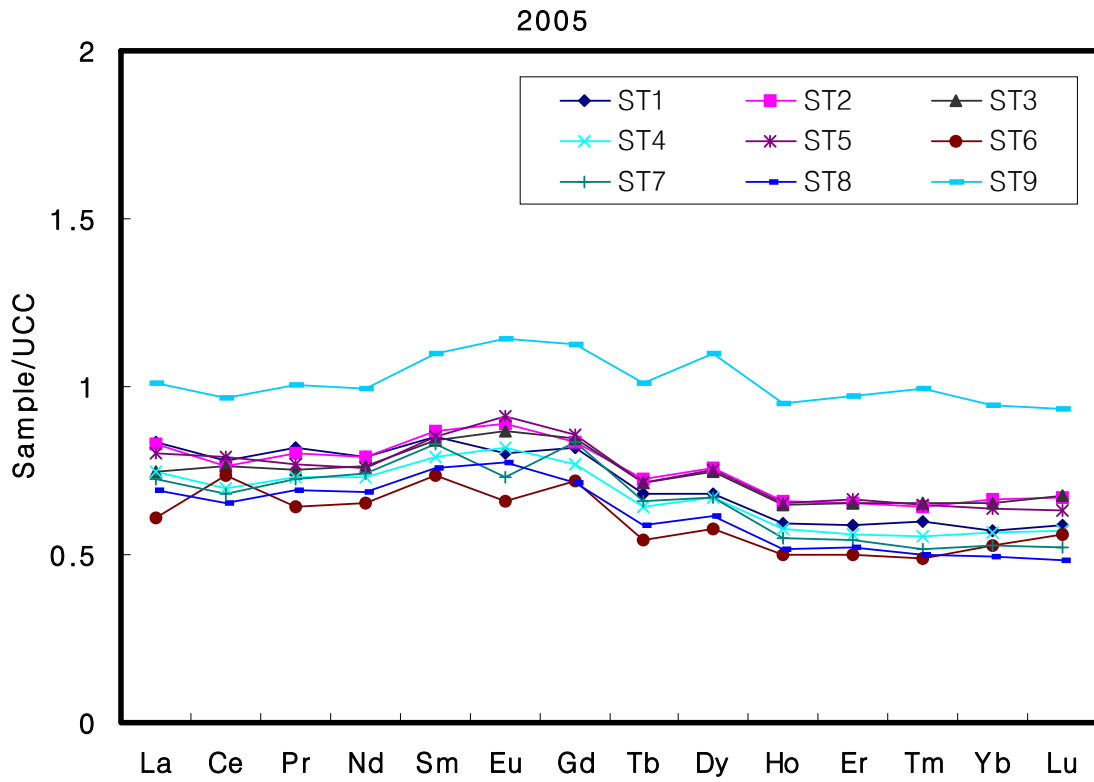


그림 2-1-23. 연구지역 퇴적물의 희토류원소 패턴(2005년).

Fig. 2-1-23. Rare earth element patterns of sediments from different station (in the year 2005).

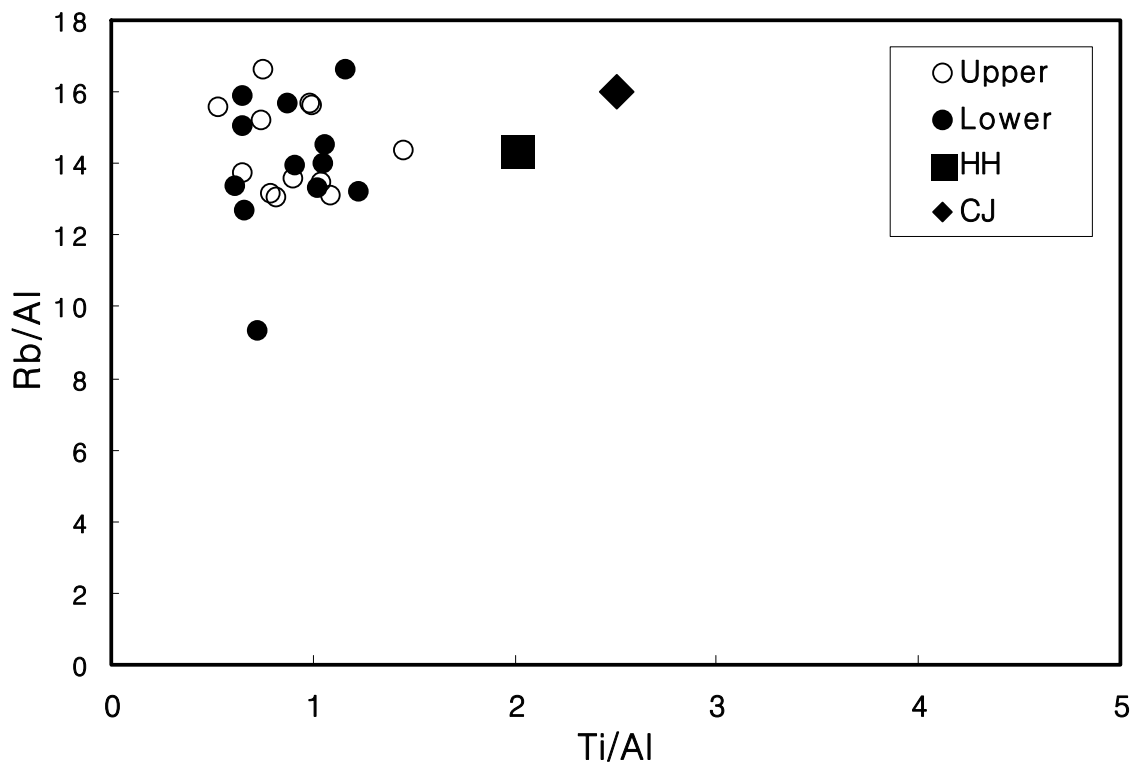
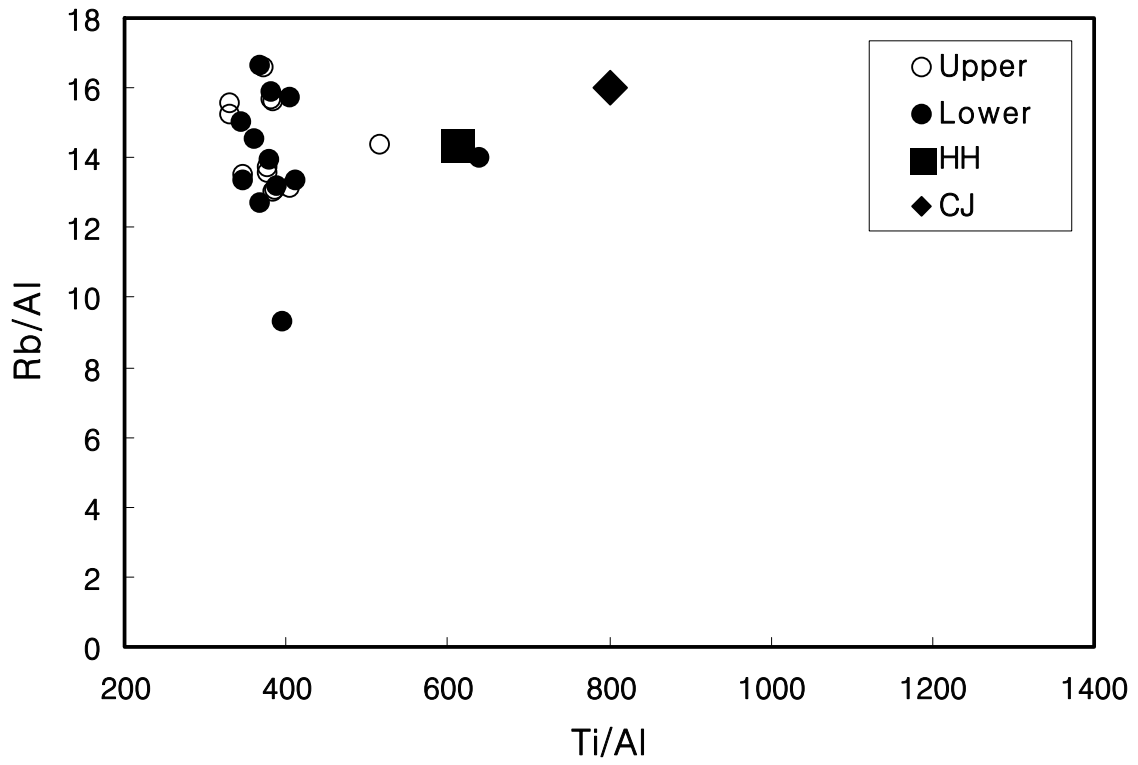


그림 2-1-24. Ti/Al-Rb/Al 과 Nb/Al-Rb/Al.

Fig. 2-1-24. Discrimination plots Ti/Al-Rb/Al and Nb/Al-Rb/Al.

### 2.5.2.6 해수에 침적한 석탄회 블록의 압축강도 변화

해수에 침적한 석탄회 블록의 1축 압축 강도 시험을 실시하였다. 석탄회 블록을 1개월 단위로 회수하여 코아 성형을 한 결과 직경은 42mm이며, 높이는 83-89cm로 직경과의 비가 2.0-3.0이 되었다(표 2-1-9, 그림 2-1-25).



그림 2-1-25. 석탄회블록으로 성형한 시료.

Fig. 2-1-25. Manufactured specimen of ash block.

석탄회 블록의 제작시 목표 강도는 21MPa이며, 제작 후 측정된 강도는 평균 23.23MPa로 목표 강도보다 높은 값을 보인다(해양수산부, 2005). 이들 석탄회 블록을 해수에 침적한 후 1축 압축강도를 실시한 결과, 23.059-43.848MPa의 영역을 보였으며(표 2-1-9), 침적시간에 따라 1축 압축강도를 도시하여 침적시간에 따른 1축압축강도 변화를 관찰하였다(그림 2-1-26). 침적시간에 따른 1축 압축강도는 침적시간이 증가함에 따라 강도



가 증가하는 경향을 보이며, 5개월, 10개월 및 12개월 침적한 시료에서만 낮은 압축강도를 보였다. 이들 시료들은 대부분 양생기간 중 골재와 시멘트의 배합이 잘되지 않았거나, 시멘트와 물의 배합이 잘되지 않은 부분을 따라 파괴되어 압축강도가 상대적으로 낮은 것으로 판단된다(그림 2-1-27). 그러나 5개월, 10개월 및 12개월 동안 침적한 시료들도 초기 압축강도보다 높거나 비슷한 값을 보여 해양 내에서 안전한 것으로 판단된다.

**표 2-1-9. 코어의 특성과 압축강도**

**Table 2-1-9. Properties and compressive strength of core**

Time (Month)	Radius (cm)	Diameter r (mm)	Height (mm)	P (kg)	P (N)	q <sub>u</sub> (N/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (Mpa)
0	2.12	42	86	3421.00	33,53	23,744,200. 74	23.744
1	2.10	42	84	4181.00	40,98	29,654,971. 55	29.655
2	2.12	42	84	4257.00	41,72	29,658,455. 20	29.658
3	2.10	42	84	5592.00	54,80	39,405,051. 08	39.405
4	2.11	42	83	5262.00	51,80	36,790,560. 08	36.791
5	2.09	42	84	4251.00	41,66	30,474,648. 13	30.475
6	2.10	42	84	5378.00	52,70	38,059,689. 68	38.060
7	2.00	42	85	5631.00	55,18	43,848,075. 96	43.848
8	2.12	42	84	6078.00	59,56	42,395,409. 21	42.395
9	2.12	42	88	5644.00	55,31	39,062,786. 48	39.063
10	2.13	42	89	4147.00	40,64	28,500,151. 02	28.500
11	2.13	42	89	5955.00	58,36	41,099,018. 31	41.099
12	2.12	42	88	3305.00	32,39	23,058,565. 61	23.059

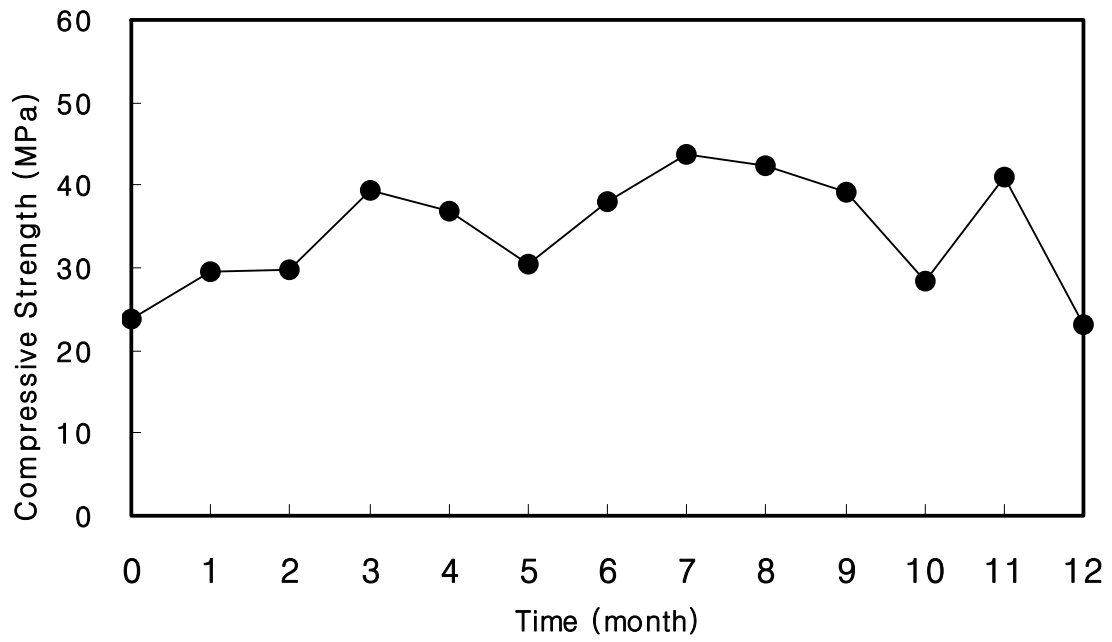


그림 2-1-26. 시간경과에 따른 코어의 1축 압축강도.

Fig. 2-1-26. Compressive strength of core as a function of time.

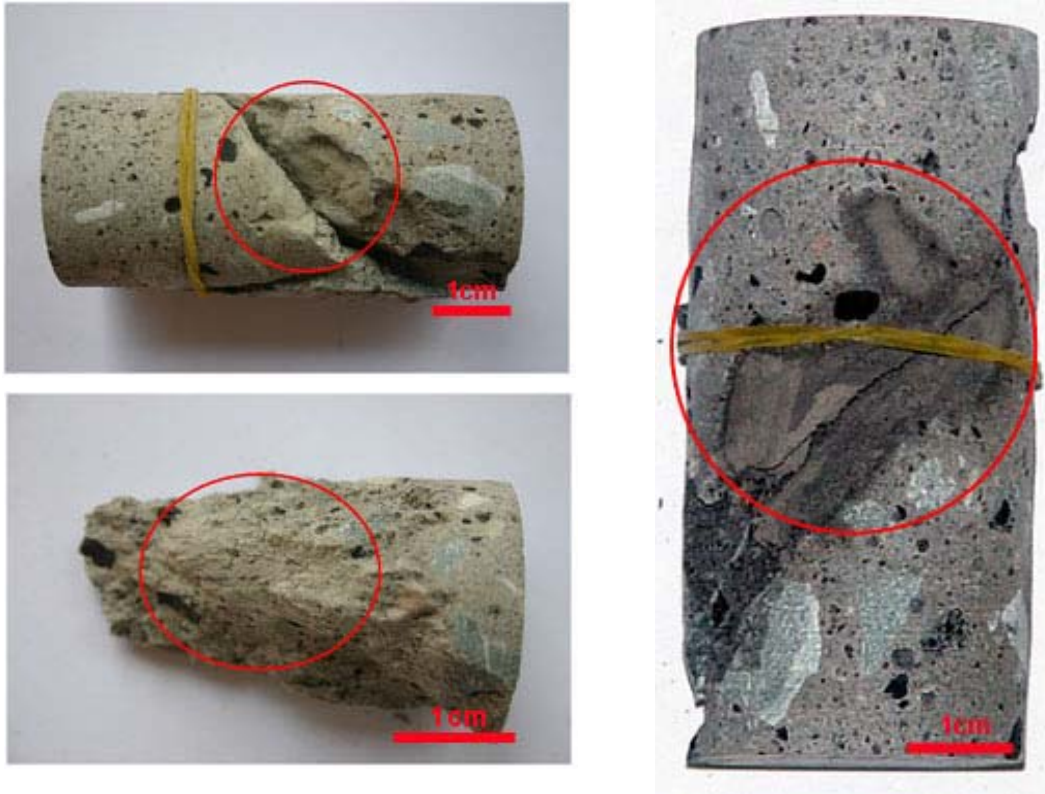


그림 2-1-27. 약한 부분을 따라 파괴된 코어.

Fig. 2-1-27. Core destroyed along the weak part.

### 2.5.2.7 반응경로 모델링

일반적으로 포화지수는 0 이상의 값은 포화 또는 과포화 상태를 설명하며, 0 이하의 값은 불포화 상태를 의미한다. 이것은 해양 내에서 포화지수가 0 이상의 값일 때 광물이 포화되어 침전될 수 있음을 지시하며, 0 이하의 값은 광물들이 재 용해 반응이 일어 날수 있음을 지시한다. 석탄회 블록-해수/퇴적물 반응 모델링을 실시하기 위하여 pH를 6~9의 영역으로 설정하여 퇴적물의 pH(6.5-7.5)와 해수의 pH(약 8)를 표현하였다. 그리고 해수의 온도는 17°C로 설정하였다.

pH 변화에 따른 광물의 포화지수를 살펴보면, 해수의 pH 조건(≈8)에서 모든 광물은 포화 또는 과포화 상태로 해수에서 안정한 상으로 존재한다. 그러나, 퇴적물의 pH 조건(≈7)에서 Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(S), clinochlore, aragonite, dolomite, calcite 등은 불포화 상태로 해수로 재 용해 반응이 일어날 수 있다. 이는 석탄회 블록의 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

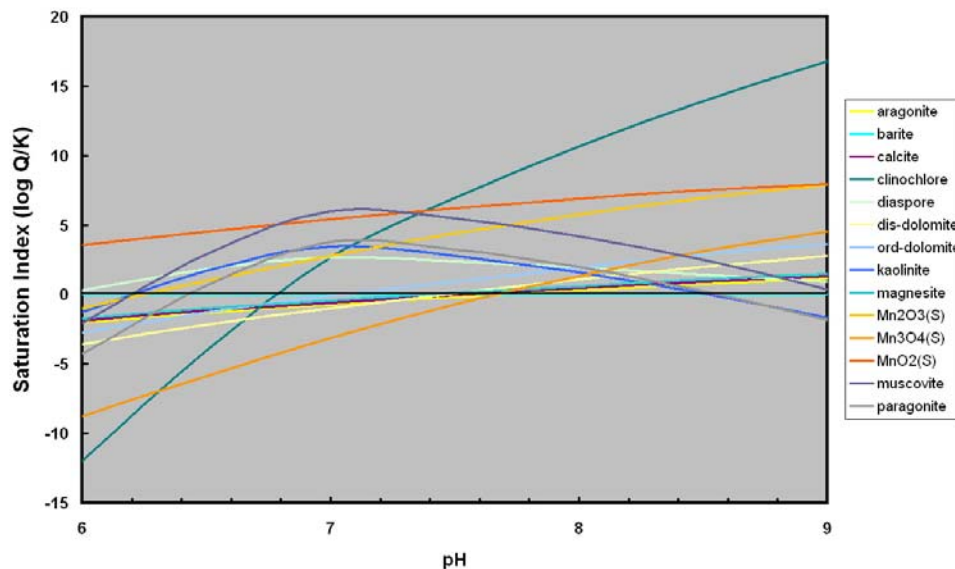


그림 2-1-28. 석탄회 블록-해수/퇴적물 반응 모델링 결과(17°C). 포화지수.

Fig. 2-1-28. Result of calculated ash block-seawater/sediment interaction at 17°C. Saturation Index.

### 2.5.2.8 석탄회 블록의 중량변화

해수 침적에 의한 석탄회 블록의 중량변화에서 해수에 침적하지 않은 원래의 석탄회 블록의 중량변화는 0.2%의 증가율을 보인 반면, 1개월 동안 해수와 반응한 석탄회 블록은 해수반응전의 중량(490.08g)보다 9.40g 증가한 499.48g으로 2%의 증가를 보였다. 2개월 동안 해수와 반응한 석탄회 블록은 해수반응전의 중량(442.55g)보다 16.66g 증가하여 459.21g를 나타내었다. 3개월, 4개월 및 5개월 동안 반응한 블록은 오히려 감소하는 경향을 보이며, 변화율이 각각 2.05, 0.66 및 0.38% 감소하였다. 그러나 6개월 이후부터 변화율이 다시 증가하는 경향을 보인다. 그 중 가장 큰 변화율은 보인 블록은 11개월 동안 침적한 블록(7.85%)이다(표 2-1-13). 이러한 중량의 변화는 105℃ 24시간 건조에서 휘발되지 않은 미량의 공극수의 양과 2차 광물 침전에 의한 중량변화로 생각된다. 이러한 결과는 석탄회 블록이 해수 침적에 의해 해수중의 성분과 결합하여 생성된 2차 광물 생성에 의한 중량 증가로 판단되며, 그 변화는 아주 미약한 것으로 판단된다.

표 2-1-10. 시간 변화에 따른 석탄회 블록의 중량 변화

Table 2-1-10. Weight change of ash block as a function of time

Reaction Time	Before reaction	After reaction	Rate of change (%)
	Unit in g		
added hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )			
	346.41	347.09	0.2
exposed to seawater			
1month	490.08	499.48	1.8
2month	442.55	459.21	3.63
3month	495.55	485.21	-2.05
4month	447.96	445.91	-0.66
5month	439.56	437.91	-0.38
6month	483.49	486.94	0.71
7month	474.29	487.75	2.76
8month	467.67	485.73	3.72
9month	477.19	516.51	7.61
10month	482.39	512.61	4.40
11month	472.38	475.39	0.61
12month	497.91	498.39	0.10

## 2.6 결론

어장 환경 개선에 이용되는 석탄회 블록의 환경 안정성 평가에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(가) 퇴적물의 광물조성은 석영과 일라이트가 주를 이루며, 소량의 사장석, 카올리나이트, 녹니석 등으로 구성되어 있다.

(나) 퇴적물의 평균입도는 3.60-5.46이며, 하부보다 표층에서 조립하며, 북부해역으로 갈수록 세립화되는 경향을 보인다.

(다) 퇴적물의 분급은 불량(poorly sorted) 또는 매우불량(very poorly sorted)하며, 왜도 값은 양의 값(0.43-1.35)으로 조립질 퇴적물이 많이 포함되어 있음을 지시한다. 또한 첨도는 사질 퇴적물에서 높게 나타나는 경향을 보인다.

(라) 퇴적물의 중금속 농도분포는 카드뮴, 납 및 코발트를 제외한 모든 중금속이 북서쪽 해역에서 상대적으로 높으며, 이는 입도에 의한 영향을 판단된다.

(마) 퇴적물 내 중금속 부화지수는 납과 코발트를 제외한 모든 중금속에서 1이하로 낮은 특징을 보인다.

(바) 퇴적물의 희토류원소 패턴은 1개 정점을 제외한 모든 정점에서 동일한 기원을 보이며, Nb/Al, Rb/Al 및 Ti/Al 분포는 연구지역의 상부와 하부 퇴적물이 동일한 기원임을 지시한다.

(사) 일축압축강도 시험결과, 해수에 침적한 블록의 강도는 23-43MPa의 범위로서 침적시간이 오래될수록 강도가 증가하는 경향을 보인다.

(아) 일부 압축강도가 낮은 시료는 양생 중 골재와 시멘트의 배합이 잘되지 않았거나, 물과 시멘트의 배합이 잘되지 않은 부분으로 판단되며, 이들 시료 역시 초기 압축강도인 23MPa보다 높은 강도를 보인다.

(자) 모델링 결과, 해수의 pH 조건( $\approx 8$ )에서 모든 광물은 포화 또는 과포화 상태로 해수에서 안정한 상으로 존재하지만, 퇴적물의 pH 조건( $\approx 7$ )에서



Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(S), clinochlore, aragonite, dolomite, calcite 등은 불포화 상태로 해수로 재 용해 반응이 일어날 수 있다. 그러나 이들 변화는 중량변화 (-2.05-7.61%)에서와 같이 아주 미세한 변화만을 보일 것으로 판단된다.

## □ 시설물 제작 및 설치

### 3. 인공 용승 구조물 제작

#### 3.1 시설물 제작

인공용승류를 발생시키는 시설물인 「인공 용승 구조물」을 석탄회를 활용하여 최적 블록형태로 제작.



그림 3-1-1. 용승류블록 제작 및 야적장 전경

Fig. 3-1-1. View of the artificial upwelling block's manufacturing & storage Yard.

3차년도 8,100개의 블록 제작을 목표로 수행하였으며, 구조물의 제작 및 야적장은 통영시 광도면 일대이다.

### 3.1.1 구조물의 재료

#### 가. 시멘트

시멘트는 KS L5201(포틀랜드 시멘트)규격에 규정한 것 또는 이와 동등이상의 것을 사용해야 하고, 시멘트 반입 시 공인된 기관 및 단체의 성적서를 통하여 확인하여야 하며 시멘트는 품질미달 시는 즉각 반송조치 한다. 보관은 방습 구조로 된 사일로에 저장하되, 하절기에 시멘트 온도가 80℃이상을 넘지 않도록 관리하고 장기간 저장한 시멘트는 사용 전에 시험하여 품질을 확인 후 사용하여야 한다.

#### 나. Fly Ash

Fly Ash 는 KS L5405(플라이 애쉬)규격에 규정한 것을 사용해야 하고, 방습 구조로 된 사일로에 저장하되, 장기간 저장한 Fly Ash 는 사용 전에 품질을 확인 후 사용하여야 한다.

#### 다. 골재

골재는 깨끗하고 단단하며, 내구적이고 적당한 입도를 가지며, 점토 덩어리, 유기물, 얇거나 긴 석편 등이 포함되지 않도록 하고 KS F2526(콘크리트용 골재) 및 KS F2527(콘크리트용 부순돌)에 적합하여야 하며, 한중환경에서는 골재가 얼음, 눈의 혼입 및 동결을 방지 할 수 있는 적절한 설비가 갖추어져야 하고 서중환경에서는 직사광선 및 외기에 의한 온도상승을 억제할 수 있도록 설비를 갖추어야 한다. 품종별로 칸을 막아 크고 작은 골재가 분리되지 않도록 하여야 하며, 바닥은 배수시설을 하여 눈, 비 및 이물질이 혼입되지 않도록 보호시설을 갖추어야 한다. 굵은 골재의 최대치수는 40mm 이하를 사용하여야 한다.

#### 라. 석탄회

석탄회는 화력발전소 가동 후 발생하는 부산물을 사용하여야 하며, 해안

빨 등 유해한 양을 함유해서는 안 되며 함수량도 배합에 영향을 주지 않는 범위 내(비중: 1.5ton/m<sup>3</sup> 전후)에서 한다.



그림 3-1-2. 용승류블록 재료.

Fig. 3-1-2. Material of artificial upwelling block.

### 3.1.2 구조물의 배합

KS F4009 「5. 품질」의 해당규정에 따른다. 배합사양은 대략적으로 시멘트 327kg, 플라이애쉬 15kg, 석탄회 160kg, 굵은 골재 931kg, 잔골재 690kg, 기타(혼화제)를 기본 배합으로 하며, 강도를 준수하는 범위 내에서 배합을 조정을 할 수 있다.

표 3-1-1. 석탄회 배합표

Table 3-1-1. Proportion Table of bottom ash

배 합	W/C (%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )						목표 Slump (cm)	목표강도 (kg/cm <sup>2</sup> )
		W	C	F/A	B/A	G	S		
석탄회	55	180	327	15	160	931	690	8	210

### 3.1.3 구조물의 형태

구조물은 가로, 세로, 높이 약 1000mm의 정육면체를 기본 형태로 하고, 하단부에 운반 및 적재용 홈과 상단부의 탈형 및 투하용 철근을 구비한다.

블록의 하단부는 인수·인도자간의 협의에 따라 제품의 본 기능발현(인위적인 용승류 생성)에 영향을 주지 않는 범위 내에서 변경이 가능하며, 블록 상단부의 철근 또한 강도, 탈형, 적재, 투하에 영향을 미치지 않는 범위내에서 형태(규격) 및 소재의 변경이 가능하다.

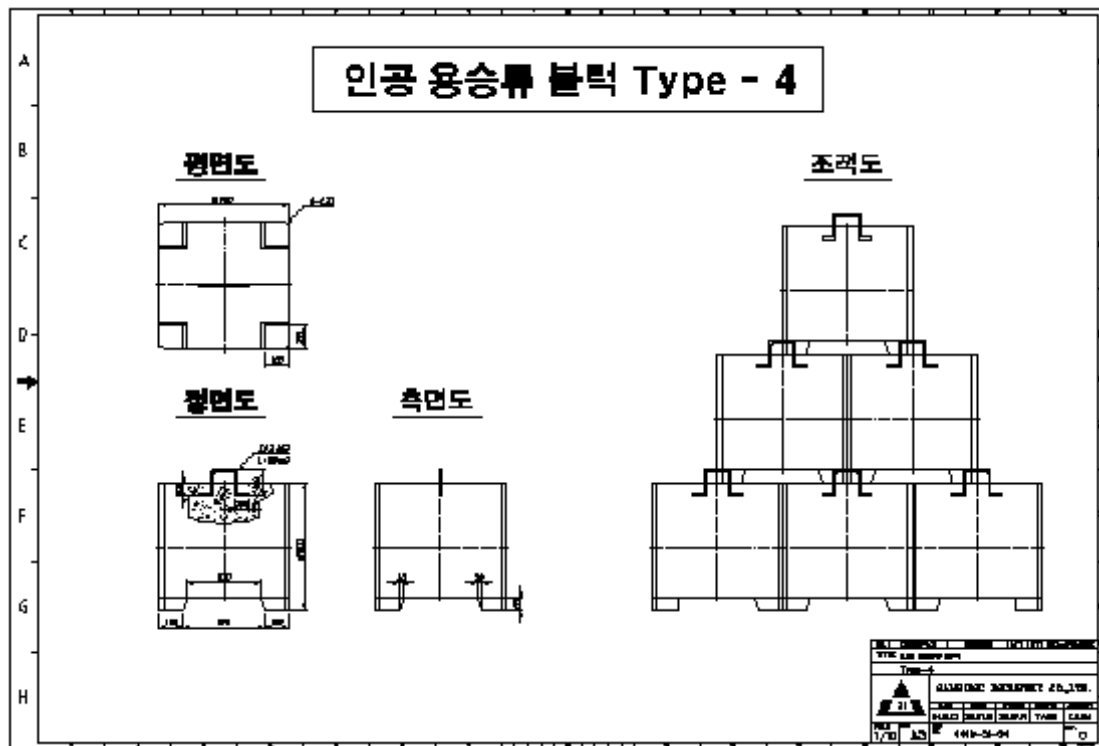


그림 3-1-3. 용승류블록의 형태.

Fig. 3-1-3. Type of artificial upwelling block.

### 3.1.4 구조물의 품질

#### 가. 겉모양

블록의 겉모양에는 자연적으로 발생하는 기포자국이나 균열을 제외한 해

로운 흠이나 충격에 의한 균열 등 결점이 없어야 하고, 콘크리트 제품의 특성상 탈형 및 운송 중 발생하는 파손은 제품의 본기능(인위적인 용승류 생성) 발현에 영향을 주지 않아야 한다.

#### 나. 제품의 규격 및 제원

표 3-1-2. 인공용승류블록(구조물) 규격 및 제원

Table 3-1-2. Specification of artificial upwelling block

구 분	치 수 (mm)			중량(kg)	콘크리트 강도(28일)
	가로	세로	높이		
인공용승류 블록(구조물)	1,000	1,000	1,000	1,900	210kgf/cm <sup>2</sup>

※허용오차 : ± 10%

#### 다. 모양

블록 모양은 정해진 도면을 따르고 제품의 하단부의 형상은 운반 및 적재가 가능토록 하며, 인수·인도자간의 협의에 따라 제품의 본 기능발현(인위적인 용승류 생성)에 영향을 주지 않는 범위 내에서 변경이 가능하다.

#### 라. 압축강도 시험

제품의 강도 시험횟수는 KS F4009에 준하여 150m<sup>3</sup>당 1회의 비율로 하고 다만, 인수·인도 당사자간의 협정에 따라 검사 로트의 크기를 조정 할 수 있으며 1회의 압축강도 시험결과는 임의의 1개운반차로부터 채취한 시료로 3개의 공시체를 제작하여 시험한 평균값으로 한다.

배합사양은 시방배합 <표 3-1-1>을 기준으로 강도 준수 및 작업성 향상을 위하여 강도를 만족하는 범위 내에서 조정가능하다.

## 3.2. 구조물의 제작 및 품질관리

### 3.2.1 구조물 제조 및 관리

블록(구조물)의 제조는 설계·제작된 형틀(몰드)에 산업부산물인 석탄회를 활용한 최적배합을 투입하고, 성형 후 탈형, 양생의 단계를 거쳐야 투하될 수 있다. 여기에서 양생은 재령 28일을 기본으로 한다. 공장제작시에는 증기양생으로 조기강도 발현이 가능하여, 즉시 2~3단 의 야적이 가능하겠으나, 일체의 작업을 자연양생에 의지해야하는 본 제조여건의 특성상 충분한 강도 발현 이후 추가적인 탈형 및 야적 등의 작업을 행해야 제품의 파손 및 결함을 방지할 수 있다. 따라서 제품 탈형을 위해 성형되는 1차 양생, 탈형 후 1단 적재하여 하중에 의한 파손을 방지 할 수 있도록 하는 2차 양생, 충분한 강도 발현 후 2~3단 적재하여 3차 양생으로 행해야 한다.

본 3차년도의 제작기간은 1~6월로 기상 및 기온 등의 여건에 따라 1차 양생 1~3일, 2차 양생 3~10일, 이후 3차 양생을 실시하여 제품 파손 및 불량률을 억제하고 양호한 품질로 관리할 수 있었다.

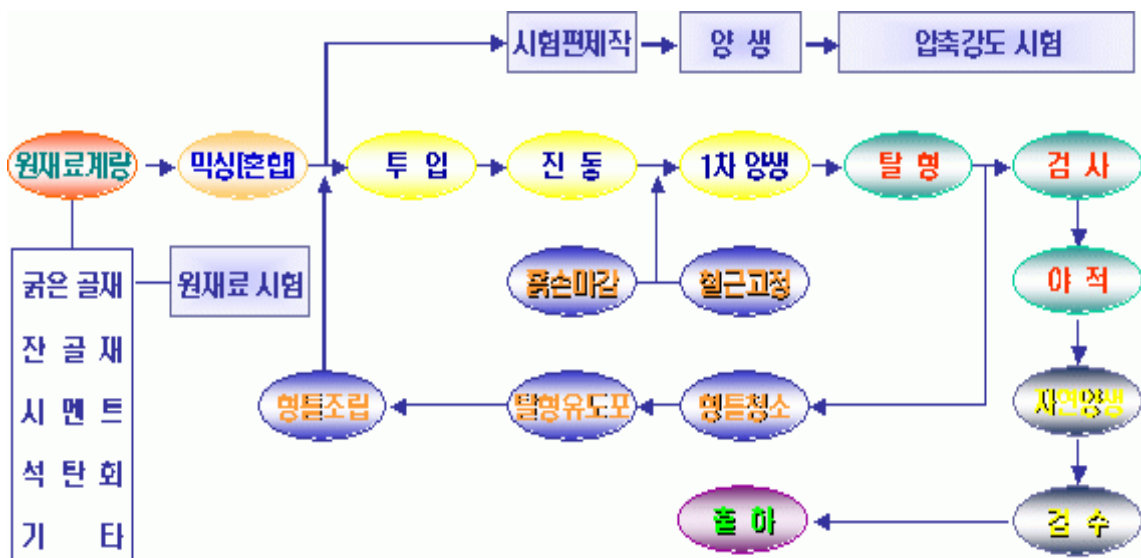


그림 3-2-1. 구조물(블록)제작과정.

Fig. 3-2-1. Production process of artificial upwelling-block.





그림 3-2-2. 구조물(블록)제작과정.

Fig. 3-2-2. Production process of artificial upwelling-block.





### 3.2.2 구조물 품질관리

#### 3.2.2.1 일일현장배합관리

시방배합을 보정하여 일일현장배합표를 기록 및 관리 하였다.

## 레미콘 현장 배합표

공 사 명 : 인공분출류블록 제작공사  
(인공분출류블록 이차환경 개선 연구사업)

의 회 자 : (주)왕성산업  
규 격 : 25-21-8

담당	검토	검토	승인

타설장소 : 경남 통영시 광도면  
인공분출류블록 제작공사 현장

---

### 현장 배합

호칭강도 (MPa)	W/C (%)	s/a (%)	단 위 재 료 량 (kg/m <sup>3</sup> )									
			w	C1	C2	S1	석탄회	G1	G2	AD1	AD2	
21												

<입도보정, 입도 및 표면수를 고려한 수정 - 일일 현장 배합표>

### 산출조건

(1)시방배합											
호칭강도 (MPa)	W/C (%)	s/a (%)	단 위 재 료 량 (kg/m <sup>3</sup> )								
			w	C1	C2	S1	석탄회	G1	G2	AD1	AD2
21											

(2)현장관리 상태			
관공재 5000체관통율(a)	굵은관재 5000체통과율(b)	관공재 표면수율(c)	굵은관재 표면수율(d)
%	%	%	%

(3)시험 및 확인			
구 분	일 자	시험(채취)자	입회(확인)자
시험검사	2006. .	(인)	(인)
기 타	시험 및 배합 장소 :		

그림 3-2-4. 배합 관리일지.

Fig. 3-2-4. Mixing schedule sheet.

### 3.2.2.2 압축강도시험

#### 가. 자체 압축강도 시험 및 성적서 관리

구조물 제작(투입) 시 매일 1회, 임의의 1개 운반차로부터 현장 채취한 시료로 3개의 공시체를 제작하여 KSF4009 따라 시험하고 자체 시험성적서로 관리하였다.

## 콘크리트 압축강도 시험(검사)성적서

공 사 명 : 인공분출류분류 제작공사  
(인공분출류분 이송한 어장환경 개선 연구사업)

의뢰자 : (주)왕성산업

시료명 : 콘크리트 공시체 (25-21-8)

담당	검토	검토	승인

채취장소 : 경남 통영시 장도면  
인공분출류분류 제작공사 현장

---

### 시험결과

시험항목	결 과	시험방법	종합판정
압축강도 (MPa)	1	K8 F 2405-01	
	2		
	3		

※시험성적서의용목적 : 품질시험 및 관리

### 시험조건


구 분	일 자	시험(채취)자	입회(확인)자
시료채취	2006. ...	(인)	(인)
시험검사	2006. ...	(인)	(인)
기 타	28일 기준, 수중양생, 공시체 크기(10×20cm) 시험장소 :		

그림 3-2-5. 압축강도 시험일지.

Fig. 3-2-5. Schedule sheet of compress strength test.

나. 압축강도 공인시험 의뢰

구조물(인공용승류 블록) 제작 현장에서 임의 채취한 시료 3개를 한국건설자재시험연구원에 압축강도 시험을 의뢰하고, 공인시험(검사)성적서를 통해 품질을 입증하였다.



## 한국건설자재시험연구원

### 부산·울산·경남지원

### 시험(검사)성적서

검 수 번 호 : 제 4213 호	검 수 일 자 : 2006. 04. 20.
공 사 명 : 인공 용승류 제작공사	채 취 일 : 2006. 03. 29.
발 주 자 : 해양수산청	시험(검사)계시일 : 2006. 04. 20.
의뢰자 : (주)삼성산업 김 경 훈	시험(검사)종료일 : 2006. 04. 26.
시 료 명 : 콘크리트 공시체(25-21-08)	채 취 자 : (주)삼성산업 김 경 훈
채 취 장 소 : 경남 통영시 광도면 덕포리 저대	입 회 자 : 마산지방수산청 공 정 일

---

시 험 결 과

시험항목		결과	시험방법
압축강도 (MPa)	28일	1 25.6	KS F 2405-'01
		2 25.0	
		3 26.6	

※ 시험성적서이용목적 : 품질시험  
 ※ 시험편 크기 : Φ100×200mm

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과이며, 동도 이외의 사용을 금합니다.  
 2. 이 성적서는 한국건설자재시험연구원의 사전 서면동의 없이 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

담당자 : 장기성 (055)371-2140

2006 년 04 월 28 일

## 한국건설자재시험연구원장

서울특별시 서초구 서초3동 1465-4, www.kiem.re.kr

부산·울산·경남지원 : 경남 양산시 물금읍 중산리 934-6, 전화 : (055)371-2140

1 - 1

그림 3-2-6. 압축강도시험성적서(공인).

Fig. 3-2-6. Certification of compress strength test.

#### 다. 슈미트햄머를 이용한 비파괴검사 시험

반발 경도법에 의한 콘크리트 강도시험을 Schmidt Hammer를 이용하여 2006.04.19 일 검사하고 성능을 확인하였다. 적용제품은 2006.03.22 일에 제조된 구조물로 재령 28일 강도 발현 제품을 대상으로 하였으며, 시험결과 기준 값(210kg/cm<sup>2</sup>) 이상으로 만족하였다.

### 3.2.2.3 기타시험

가. 공기량시험  
: 4.5±1.5%

나. 염화물 함유량시험  
: 0.3kg/m<sup>3</sup> 이하

다. 슬럼프시험  
: 8±2.5cm



## 3.3. 몰드수리 및 부지관리

### 3.3.1 형틀(몰드) 수리

기존 인공용승류블록 제조용 형틀 121SET에 대하여 아래의 내역과 같이 수리·보완 하였다.

#### 가. 1차 공장수리(2006.03.28)

몰드 1틀을 자체 공장수리 후 시험용으로 사용

#### 나. 2차 현장수리(2006.08.21~26)

몰드(102SET) 고무링 교체, 배수홀 천공, 체인걸이 부착 등 현장 수리작업 시행

#### 다. 3차 공장수리(2006.08.26 ~ 31)

몰드(18SET) 문짝 비틀림(휨)으로 현장수리가 불가능한 12SET에 대해 공장입고 후 수리작업 시행

#### 3.3.2 부지 관리

기존 부지(통영시 광도면)의 소유자 변경 등의 사유에 따라 삼천포항(사천시 동금동)에 200m<sup>2</sup>의 부지를 임대하고, 기존 부지에서 몰드 및 기자재를 철수하여 삼천포항으로 운송(2006.11.28) 및 적재 보관하였다.

기존 부지(통영시 광도면) 철거 전경



삼천포항(사천시 동금동) 야적 전경



그림3 3-3-1. 부지 전경.

Fig. 3-3-1. View of the manufacturing site.

### 3.4. 연구달성내용

연구개발목표	연구달성내용
시설물 제작	인공용승류를 유도하기 위해 산업부산물인 석탄회를 이용하여 8,100개의 블록을 제작하였다.

#### ※ 인공용승류 블록 월별 제조현황

기 간	제조 일수	생산수량	비 고
01월	-	70	1~2월 평균 2~3일의 1차 양생 기간을 확보 (총 몰드 120SET, 몰드 2~3교대생산 시행)  총 제조수량 8,158EA, 불량 13EA  정품 8,145EA, 일월45EA  출하 8,100EA
01월	10	406	
02월	20	656	
03월	15	787	
04월	20	2,279	
05월	24	2,756	
06월	11	1,191	
합 계		8,145	8,100EA 제품출하 05월 29일 ~ 07월 22일



## 4. 인공 용승 구조물 설치 및 투하

### 4.1. 설치 계획

구조물이 설치될 위치는 위도 N 34° 36', 경도 E 128° 30' 근방이며 경상남도 매물도에서 남서방향으로 약 7km 떨어져 있다(그림 4-1-1). 2005년도까지 기 설치된 블록 수는 총 11,015개로(1차년도 6,215개, 2차년도 4,800개) 그림 4-1-3과 같이 설치되어져 있다.

3차년도의 용승류 블록 설치 수량은 8,100개로써 1차년도(A지점)와 2차년도(B지점)에 설치한 구조물 사이에 표. 4-1-1과 같이 블록을 설치하여 높이 17m, 폭 42m, 길이 82.1m의 해저 구조물을 조성한다.

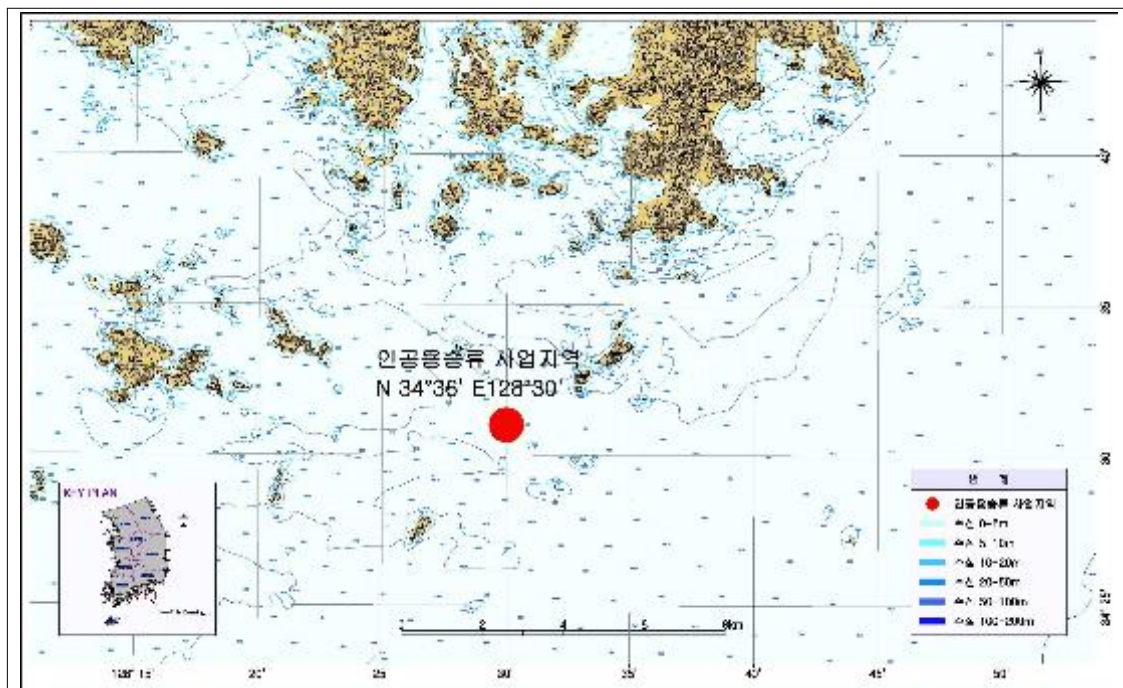


그림 4-1-1. 인공용승류 블록 설치 위치도.

Fig. 4-1-1. The Map of structure installation.



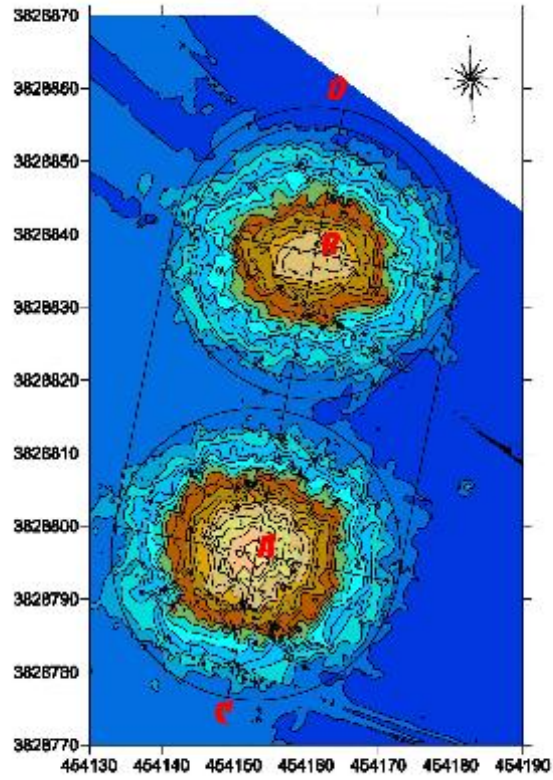


그림 4-1-2. 등수심도(2005년).

Fig. 4-1-2. Contours of water depth(2005).

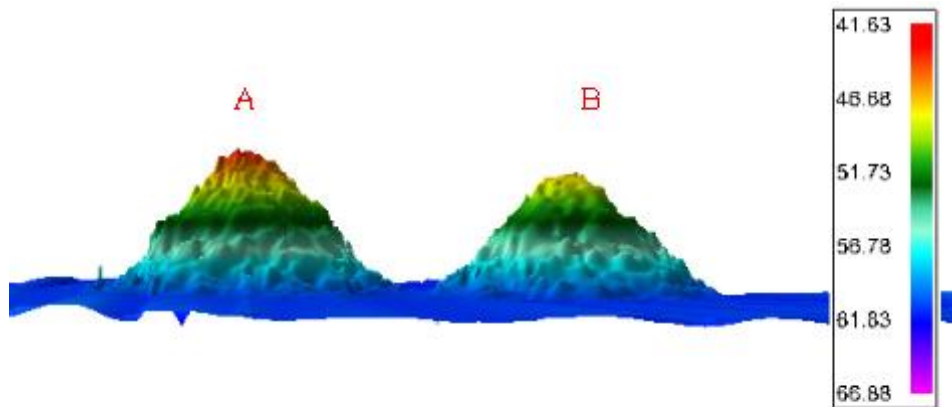


그림 4-1-3. 기존 설치된 구조물 이미지.

Fig. 4-1-3. Image of installed structure.

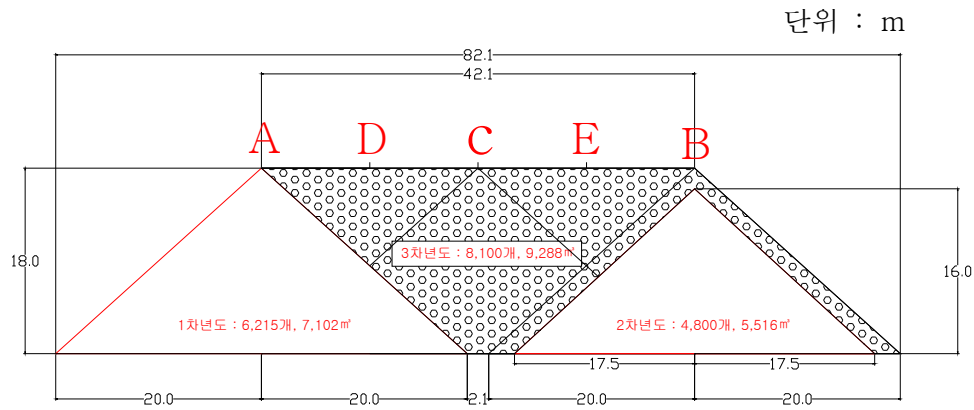


그림 4-1-4. 설치계획도.

Fig. 4-1-4. Plan cross section of structure.

표 4-1-1. 정점별 설치계획 수량

Table 4-1-1. Plan number of installation at a fixed point.

정 점	위 치	설치계획수량(개)	비 고
B	N34°36.020',E128°30.005'	1,400	2차년도 설치지점
C	N34°36.009',E128°30.003'	4,786	
D	N34°36.003',E128°30.001'	957	
E	N34°36.014',E128°30.004'	957	
계		8,100	

## 4.2. 설 치

용승류 블록의 제작 및 야적장은 통영시 광도면 안정리 덕적마을이며 선착장은 야적장에서 약 300m 떨어진 곳에 위치해 있다. 블록의 투하위치는 N 34° 36', 경도 E 128° 30'근방으로 경상남도 매물도에서 남서방향으로 약 7km 떨어진 있다.

블록반출은 지게차를 이용하여 트럭에 4개의 블록을 선적하여 반출하였으며 마산지방해양수산청 감독관의 검수를 거쳐 양생 28일을 초과한 블록만을 선적하였다. 선적은 해상기중기선의 크레인을 이용하여 블록을 4개씩 적재하였다.

해상운반 및 투하에 사용된 장비는 예인선과 해상기중기선(크레인 150ton), 바지선을 사용하였으며 해상운반시간은 선착장에서 투하장소까지 약 7시간이 소요되었다.

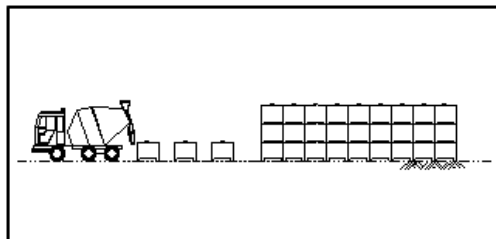
본 사업은 해상에서 이루어지는 작업으로 정확한 위치에 블록을 설치하기 위해서는 위치확보기술 및 계류시설이 필수적이다. 사용된 해상기중기선은 4점 묘박(錨泊)이 가능한 선박으로 4곳의 모서리에 앵커가 있어 조류의 흐름에 움직이지 않고 제자리에 있을 수 있다. 투하위치는 DGPS의 수신기를 크레인의 붐대 끝에 달고 해상측량프로그램(Hypack)에 투하좌표를 입력하여 설정하였다.

예인선의 GPS를 이용하여 투하지점 근처까지 온 뒤 바지선의 앵커를 예인선이 끌어서 내린 후 해상측량프로그램상의 모니터 상에 반경 5m내로 크레인의 붐대(DGPS 수신기)가 들어오도록 앵커를 앞뒤로 당겨 셋팅하였다. 셋팅이 완료되면 크레인의 와이어 로프에 블록의 4개씩 걸어 인양한 뒤 크레인의 기사가 노트북의 해상측량프로그램상의 투하위치를 모니터링 하면서 투하위치에 크레인을 이동 시킨 후 블록을 투하하였다. 투하방법은 그림 4-2-14와 같이 크레인의 와이어로프 1줄과 부이를 이용하여 블록이 해저면 바닥에 닿으면 부표의 부력에 의해 고리가 자동으로 풀리게 고안하여 설치하였다. 당초 설치계획 수량과 실 설치 수량은 다음 표와 같다.

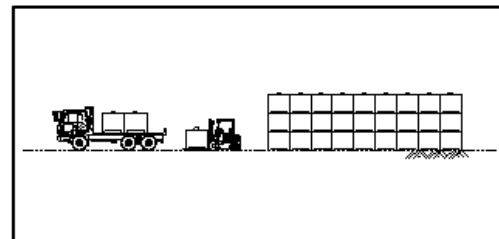
표 4-2-1. 정점별 설치 수량

Table 4-2-1. Number of installation at a fixed point.

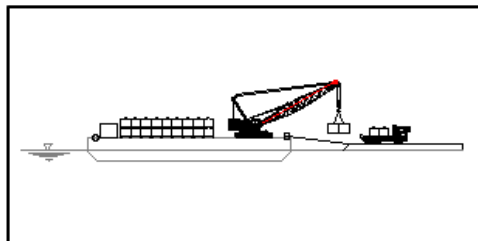
정 점	위 치	설치계획수량(개)	실설치수량(개)
B	N34°36.020',E128°30.005'	1,400	1,487
C	N34°36.009',E128°30.003'	4,786	4,101
D	N34°36.003',E128°30.001'	957	944
E	N34°36.014',E128°30.004'	957	1,568
계		8,100	8,100



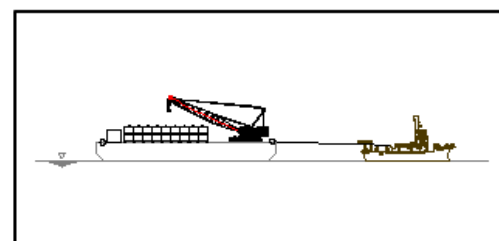
제작 및 양생(야적장)



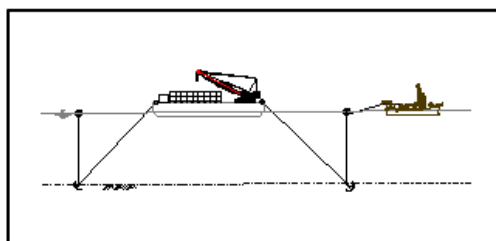
적재(야적장)



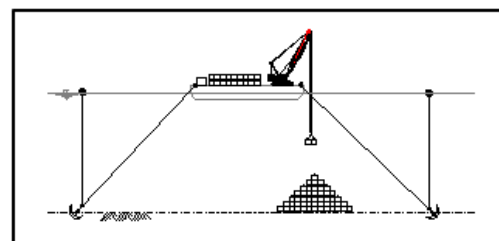
선적(선착장)



해상운반



Mooring



투하

그림 4-2-1. 제작에서 투하까지의 공정도.

Fig. 4-2-1. Process of structure installation.



그림 4-2-2. 야적장.

Fig. 4-2-2. Open storage yard.



그림 4-2-3. 선착장.

Fig. 4-2-3. Harbor.



그림 4-2-4. 육상운반.

Fig. 4-2-4. Ground transport.



그림 4-2-5. 해상기중기선 및 예인선.

Fig. 4-2-5. Floating crane and tugboat.



그림 4-2-6. 선적.

Fig. 4-2-6. Shipment.



그림 4-2-7. 적재확인.

Fig. 4-2-7. Check of shipment.





그림 4-2-8. 해상운반.

Fig. 4-2-8. Marine transport.



그림 4-2-9. 계류.

Fig. 4-2-9. Mooring Buoy.

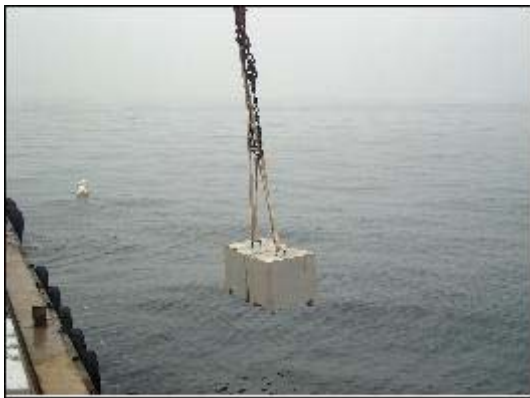


그림 4-2-10. 결색.

Fig. 4-2-10. Band of blocks.



그림 4-2-11. 투하.

Fig. 4-2-11. Dropping.

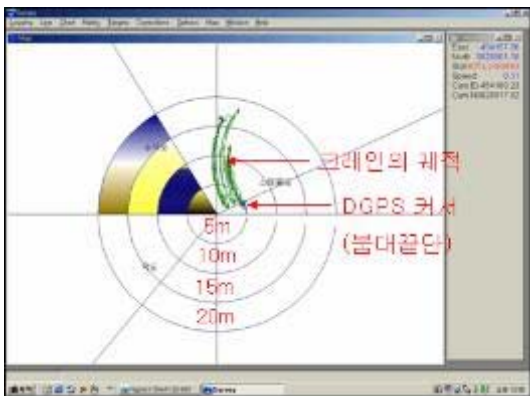


그림 4-2-12. GPS의 비콘.

Fig. 4-2-12. Beacon of GPS



그림 4-2-13. 해상측량프로그램(HYPACK).

Fig. 4-2-13. Program of marine survey(HYPACK).

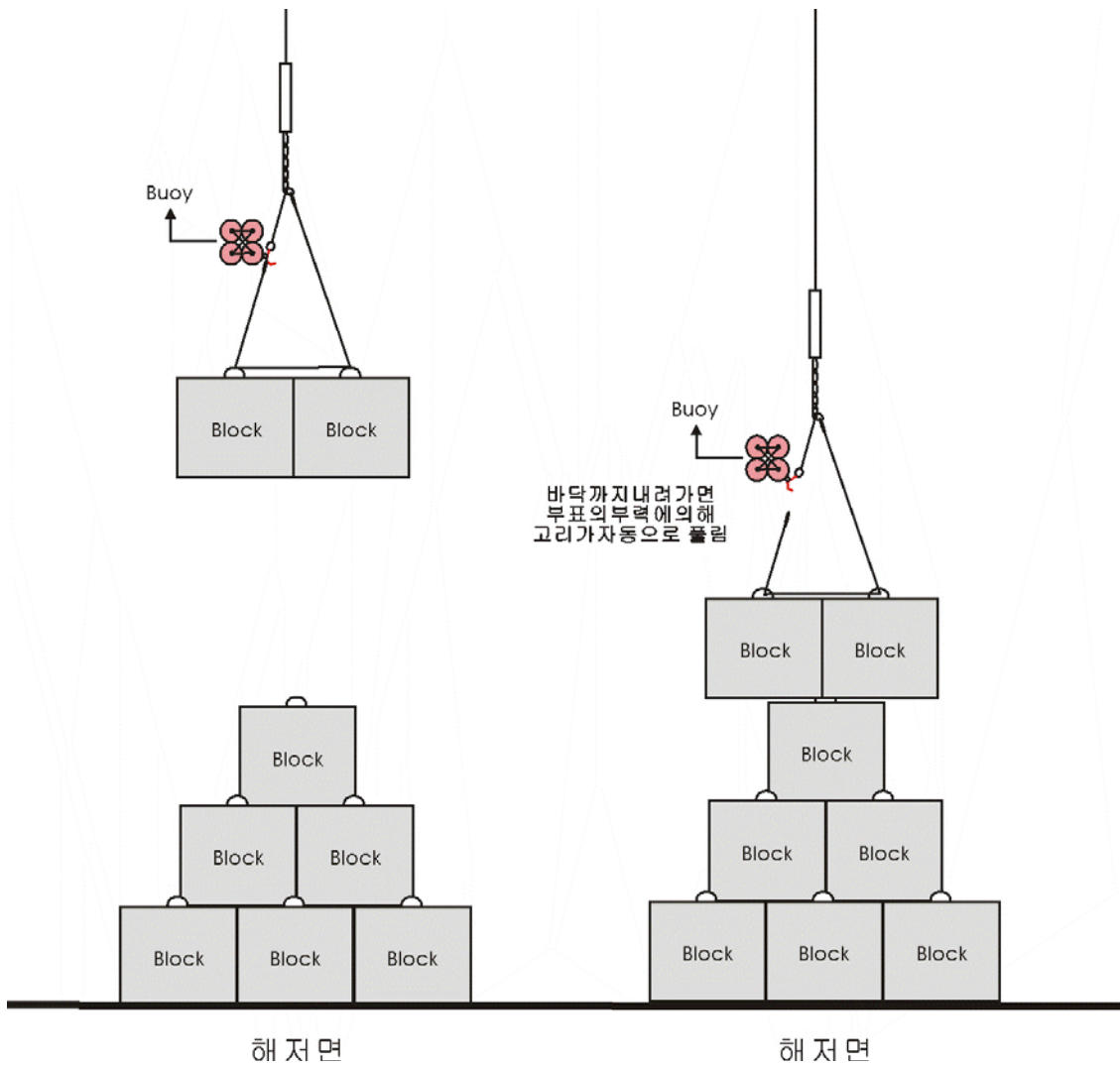


그림 4-2-14 . 블록투하 방법.

Fig. 4-2-14. Dropping method of block .

### 4.3. 설치 확인

설치확인은 블록 투하시 마다 현장에서 어탐기를 이용하여 개략적인 투하 높이 및 위치를 확인하였으며, 정밀한 설치 확인을 위하여 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar), 다중음향측심기 (Multi-beam Sonar)를 이용하였다. 또한 구조물 설치가 완료 된 후에 잠수사에 의한 수중촬영 및 육안 확인을 실시하였다.

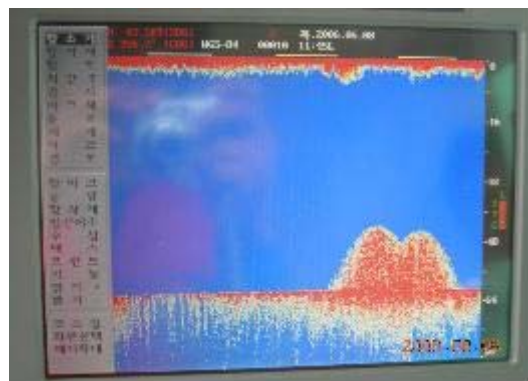


그림 4-3-1 .어탐기에 의한 확인.

Fig. 4-3-1. Check with fishfinder.

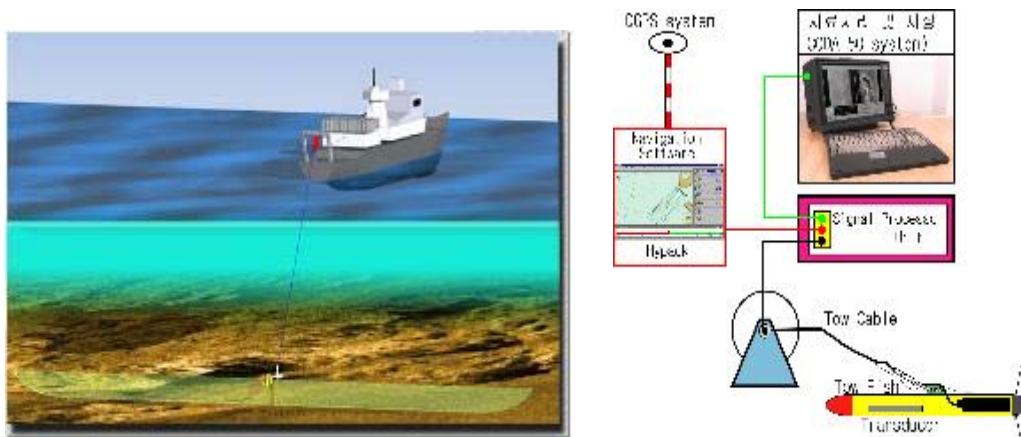


그림 4-3-2. Side Scan Sonar 조사 모식도 및 시스템 구성도.

Fig. 4-3-2. Air view and systems of Side Scan Sonar.





그림 4-3-3. Side Scan Sonar에 의한 확인.

Fig. 4-3-3. Check with Side Scan Sonar.

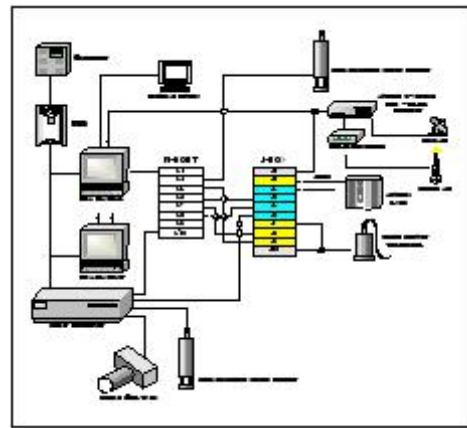
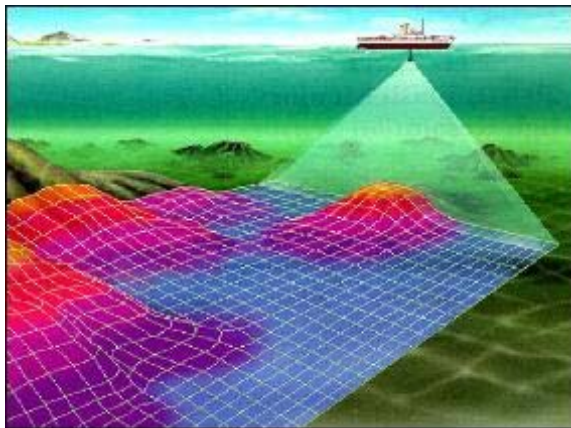


그림 4-3-4. 다중음향측심기(Multi-beam Sonar) 조사모식도 및 시스템 구성도.

Fig. 4-3-4. Air view and System of Multi-beam Sonar.



그림 4-3-5. Multi-beam Sonar에 의한 확인.

Fig. 4-3-5. Check with Multi-beam Sonar.



그림 4-3-6. 잠수사에 의한 확인.

Fig. 4-3-6. Check of Diver.

#### 4.4. 설치확인 결과

투하확인 결과 구조물은 높이 16~20m, 폭 42m, 길치 80m로 쌓여 있는 것을 확인 할 수 있었다.

그림 4-3-1은 3,543개 투하 후의 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar)의 영상을 나타낸 것으로 1차년도와 2차년도 구조물 사이를 메우고 있는 것을 보여주고 있다.

그림 4-4-2, 4-4-3은 8,100개의 블록을 투하 완료 후 조사한 다중음향 측심기(Multi-beam Sonar)의 2차원과 3차원의 영상을 나타낸 것으로 주변의 수심은 60m이고 구조물 정상에서의 수심은 40m로 의 최대 높이가 20m 쌓여져 있으며 구조물의 반경은 42m로 확인되었다. 또한 구조물의 부피는 23,814m<sup>3</sup>로 계산되었으며 공극률은 19.73%로 계산되어 졌다.

수중촬영 결과 바닥층의 수심은 61m이고 구조물 최상부 층의 수심은 41m였으며 불가사리, 따게비, 성게, 새우 등의 다양한 생물을 확인 할 수 있었다.

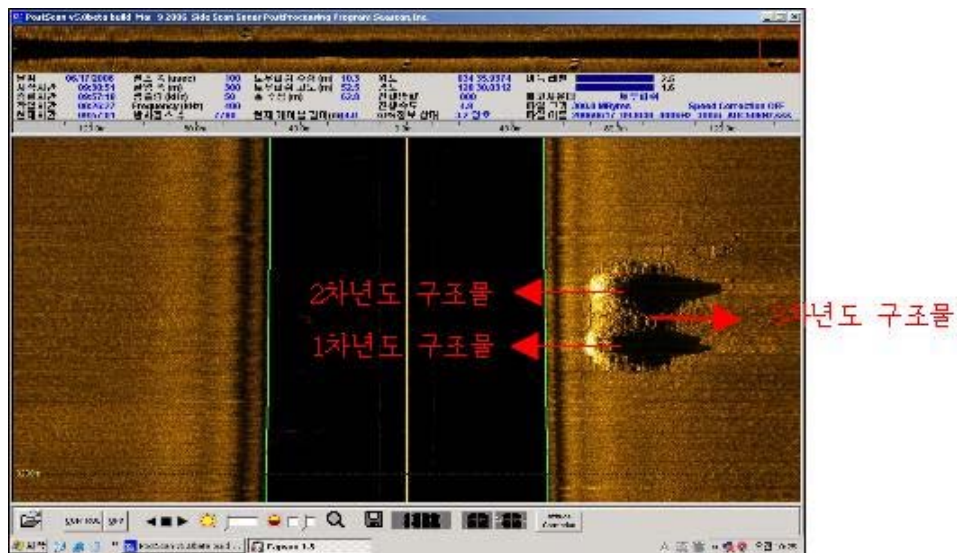


그림 4-4-1. 3,543개 투하 후 양방향 음파탐사기(Side Scan Sonar) 영상.

Fig. 4-4-1. Side Scan Sonar's image after dropping(blocks = 3,543).

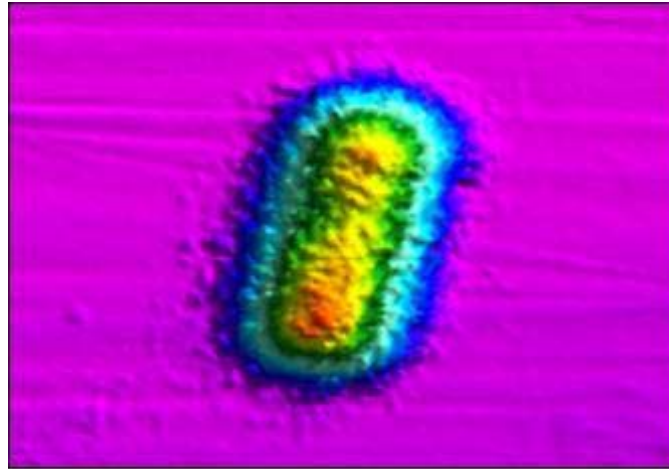


그림 4-4-2. 구조물의 2차원 영상.

Fig. 4-4-2. Image of structure(two dimension).

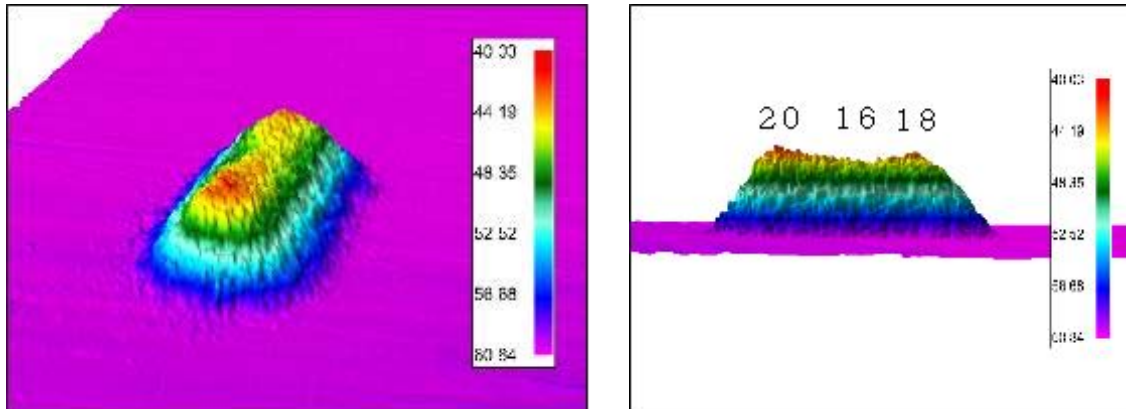


그림 4-4-3. 구조물의 3차원 영상.

Fig. 4-4-3. Image of structure(three dimension).



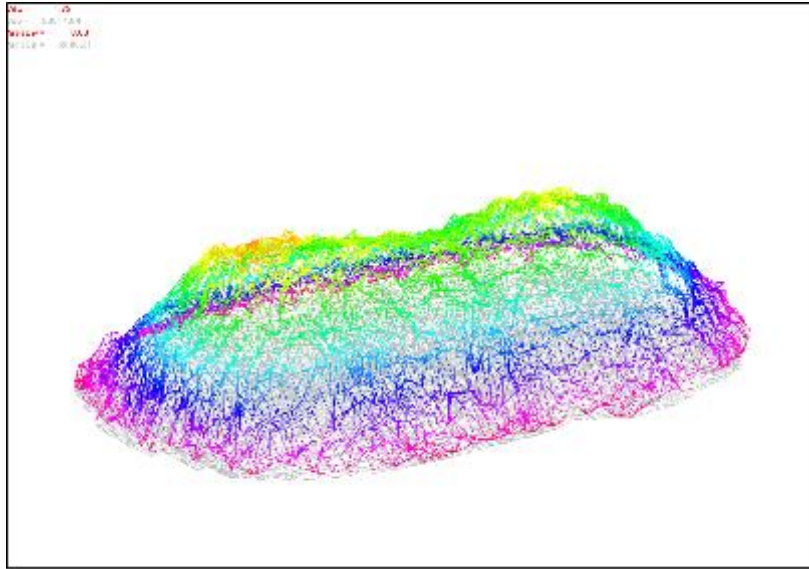


그림 4-4-4. 구조물의 부피(23,814m<sup>3</sup>).

Fig. 4-4-4. Volume of structures.

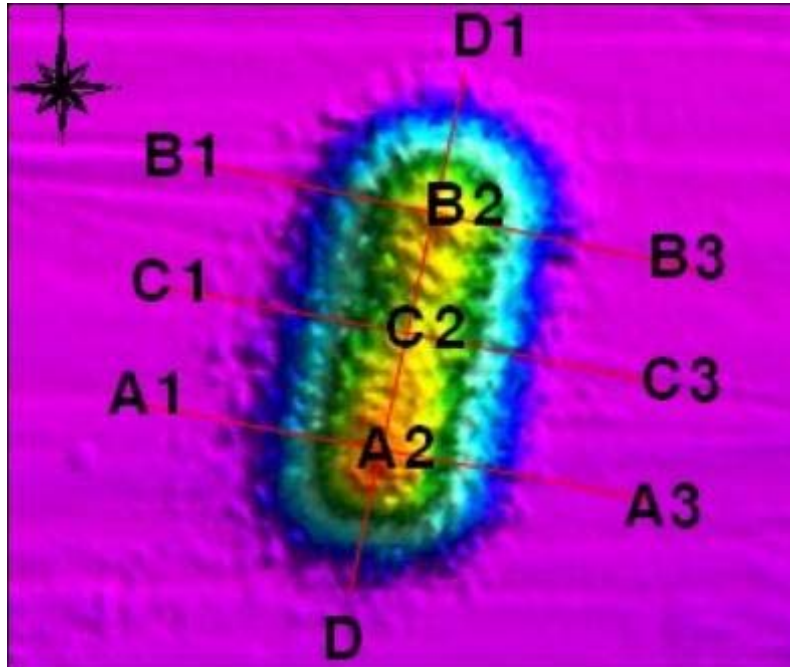


그림 4-4-5. 구조물의 단면.

Fig. 4-4-5. Image of Section.

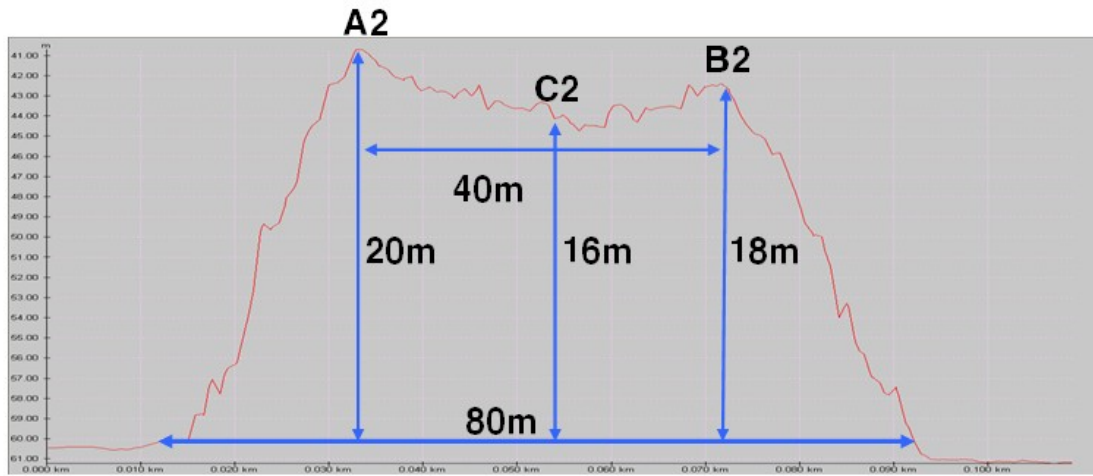


그림 4-4-6. 구조물의 단면 D-D1형상.

Fig. 4-4-6. Image of Section D-D1.

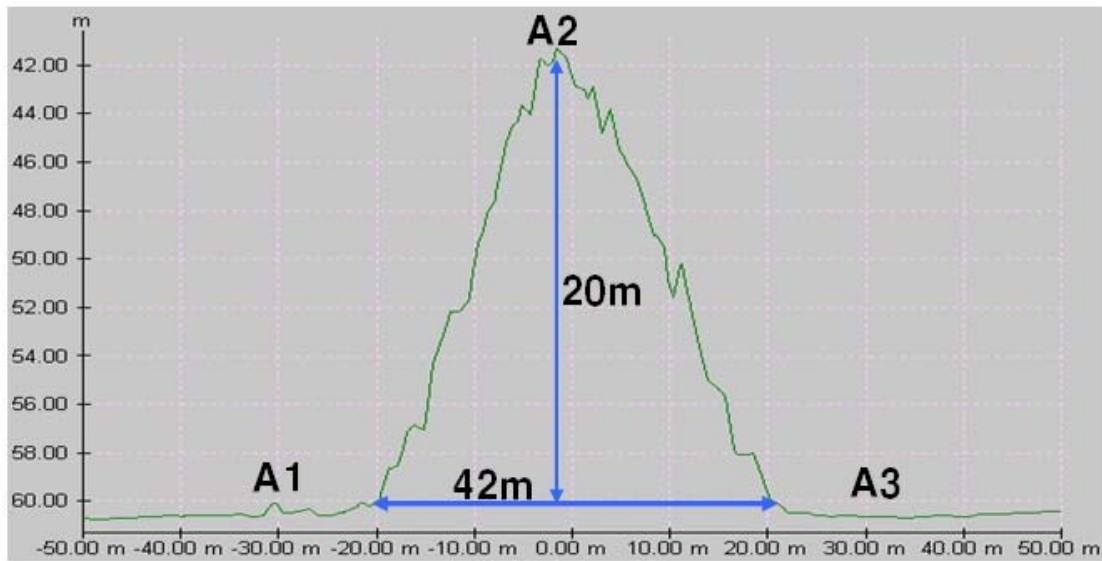


그림 4-4-7. 구조물의 단면 A1-A3형상.

Fig. 4-4-7. Image of Section A1-A3.

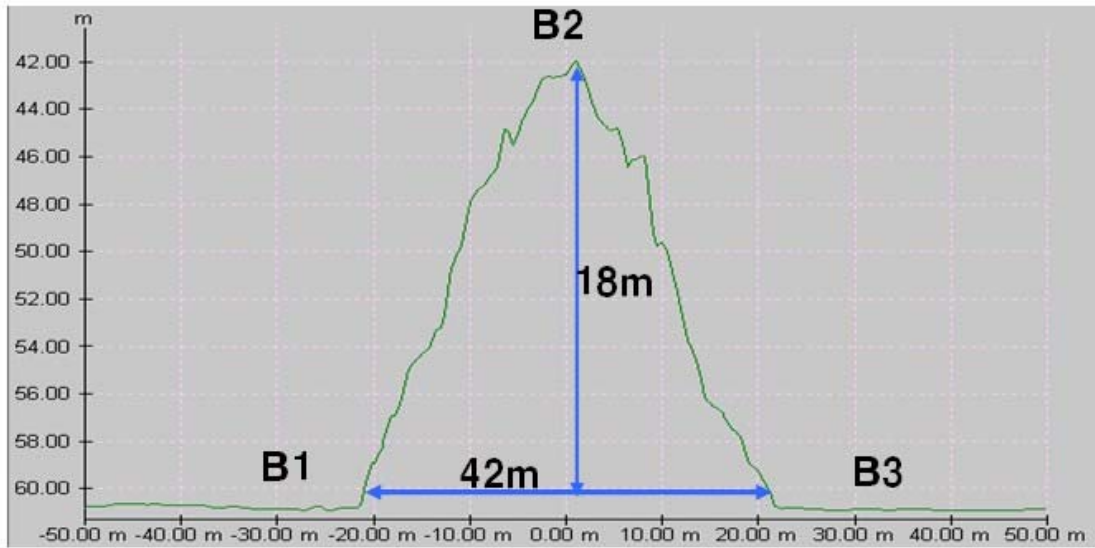


그림 4-4-8. 구조물의 단면 B1-B3형상.

Fig. 4-4-8. Image of Section B1-B3.

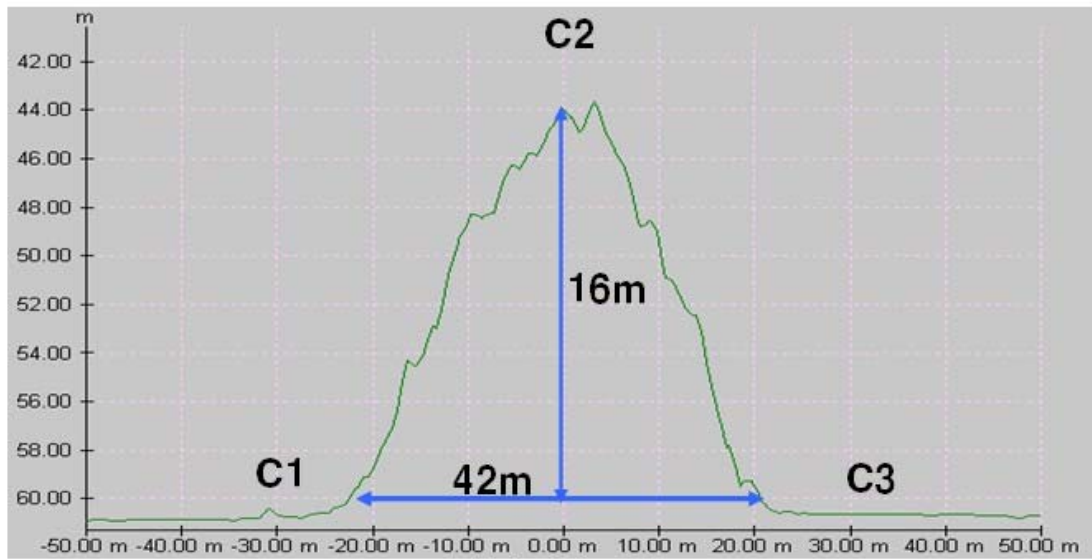


그림 4-4-9. 구조물의 단면 C1-C3형상.

Fig. 4-4-9. Image of Section C1-C3.



그림 4-4-10. 불가사리,성게(수심61m)

Fig. 4-4-10. Starfish and sea urchin(Depth 61m).



그림 4-4-11. 따개비(수심57m).

Fig. 4-4-11. Barnacle(Depth 57m).



그림 4-4-12. 새우(수심57m).

Fig. 4-4-12. Shrimp(Depth 57m).



그림 4-4-13. 성게(수심42m).

Fig. 4-4-13. Sea urchin(Depth 42m).



#### 4.5. 연구달성내용

연구개발목표	연구달성내용
시설물 제작	8,100개의 블록을 해상 N 34° 36.000', E 128° 30.000'근방에 투하하여 높이 16~20m, 폭 42m, 길이 80m의 인공용승류 구조물 설치완료

## 7. 연구 달성 내용

## 7. 연구 달성 내용

### □ 연구조사분야 - 구조물의 효과평가

#### 1.1 물리환경조사

○ 구조물 주변역에서 정선관측 결과에 따른 유동변화 파악 :

1) 3차년도 구조물 투하 완료 전인 2006년 5월 4일(소조기) 및 5월 30일(대조기)에 실시한 정선관측 결과 소조기시에는 지역적으로 동쪽역 및 서쪽역, 남쪽역 및 북쪽역에서 흐름의 방향 및 크기가 다르게 나타났다. 또한 대조기에는 유동변화가 발생하는 경계수심의 존재로 상승과 하층이 남동류 및 북동류로 각각 다르게 나타났다.

2) 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 7월 27일(대조기) 및 10월 14일(소조기)에 실시한 정선관측 결과 흐름의 방향이 서로 달라지는 경계수심의 존재는 소조기에 흐름이 약하여 강하게 나타났으나 대조기에는 유속의 세기가 커져 경계수심이 존재하지 않았고 남동류의 흐름이 우세하게 나타났다.

3) 3차년도 구조물 투하 완료 후인 2006년 10월 27일(중조기) 및 11월 30일(소조기)의 직경 6km로 보다 더 넓은 범위에서 실시한 정선관측의 결과 중조기에는 창조시와 낙조시에 수심과 지역별로 흐름이 다르게 분포하였고 소조기에는 북서류 및 남동류의 흐름이 우세하였고 중조기보다 흐름의 크기가 작게 나타남.

○ 구조물 주변역에서 정선관측 결과에 따른 연직유동성분 파악 : 본 연구의 목적인 저층에 존재하는 영양염을 표층으로 상승시키는 해수 순환의 역할을 가능하게 하는 것이 구조물에 의한 상승류의 존재 유무에 의하여 좌우된다. 따라서 유동관측 결과 연직 유동분포를 파악하여 상승류와 하강류의 분포를 살펴보았다.

1) 구조물 투하 전과 후의 직경 3km에서 실시한 정선관측결과 구조물 투하 전보다 투하 후에 상승류의 분포가 더 크게 나타났으며 상승류의

분포가 우세하게 나타남. 또한 상승류 및 하강류가 지역적으로 번갈아 나타나는 형태를 보이고 있음.

2) 직경 6km로 보다 더 넓은 범위에서 실시한 연직유동분포의 관측결과 전체적으로 상승류의 분포가 우세하게 나타났으며 구조물 투하 전인 5월 관측과 7월27일 및 10월 14일의 관측과 연장된 범위를 비교하여 보았을 때 상승류 및 하강류가 번갈아 나타나는 분포를 뚜렷하게 보이고 있음을 알 수 있다.

3) 따라서 구조물에 의한 상승류의 발생 등과 같은 해양환경변화는 해수 순환으로 인한 해수 수질개선뿐만 아니라 저층에 존재하고 있는 영양염 등을 표층으로 상승시킬 수 있는 것은 본 연구목적의 기본적인 메커니즘으로 작용할 수 있다.

○ 수온의 연직분포 :

1) 연직유동관측결과와 동시관측을 실시한 수온의 연직분포를 보면 2006년 10월 14일 수온은 수심 약 30~40m까지 수온이 급변하는 약층을 형성하였으며 저층에서는 15°C 이하의 수온분포를 나타내었다.

2) 또한 2006년 10월 27일 및 11월 30일 수온관측결과 구조물 중심역 (34.6°N, 128.5°E)에서 주변의 동쪽, 서쪽, 남쪽 및 북쪽역에 비해 약 0.5~1°C 정도 저층의 수온분포가 상승하는 현상을 볼 수 있다.

3) 수온분포의 변화 즉, 구조물 주변역에서 저층의 수온 분포가 구조물에 의한 상승류의 효과로 인하여 상승하는 결과를 가져왔다. 이와 같은 현상은 해저에 구조물을 구축하여 발생한 현상으로 생각된다.

## 1.2 수질환경조사

○ 3차년도 구조물 설치 후의 수질환경조사 달성요소는 다음과 같다.

1) 상승류의 존재는 저층으로부터 영양염의 공급이 발생하여 구조물 설치 주변해역에 높은 영양염 분포를 하고 있다.

2) 또한 상승류가 존재하는 지점에서는 높은 Chlorophyll a 및 입자유기

물(POM)농도가 나타나고 있다.

- 3) 결과적으로 상층류의 존재는 영양염의 공급과 함께 식물플랑크톤의 기초생산력을 높여준다는 것을 시사하고 있다.
- 4) 따라서 해저 인공구조물에 의한 용승류의 생성은 주변지역의 해양환경을 변화시켜 기초생산력을 높일 수 있다는 것을 제시하고 있다.

### 1.3 생물상조사

○ 생물상조사(식물·동물 및 생균수)의 3차년도 달성 결과는 다음과 같다.

- 1) 식물플랑크톤의 종조성 결과 계절별로 규조류가 대부분 차지하고 있다. 또한 구조물 구축 전보다 그 이 후에 약 3배의 종이 증가한 것으로 나타났다.
- 2) 동물플랑크톤의 경우 계절별 종조성은 요각류가 대부분을 차지하고 있다. 동물플랑크톤의 현존량을 보면, 구조물 구축전보다 구조물 구축 후가 약 1.3배로 증가함을 볼 수 있다.
- 3) 생균수의 결과를 보면, 전년도의 평균생균수  $5.2 \text{ CFU/ml} \times 10^3$  에 비해 3차년도에는  $17 \text{ CFU/ml} \times 10^3$  로 약 3배가 증가함을 볼 수 있다.

### 1.4 어류상조사

○ 인공구조물 구축지 역인 매물도 주변해역의 어종조성과 월변동을 조사하기 위해, 2006년 2월에서 12월까지 정치망과 새우조망 어구를 사용하여 조사하였다.

- 1) 조사기간 동안 총 12목 51과 80종의 어류가 채집되었는데, 정치망에서는 총 29종, 평균 999개체, 평균 110,824g의 생체량을 보였다. 새우조망에서는 총 64종, 평균 1,708개체, 평균 29,484g의 생체량을 보여 정치망에 비해 더 많은 어류가 출현하였다.
- 2) 정치망에서는 전갱이, 자리돔, 송어가 우점하였고, 새우조망에서는 미역치, 홍어, 붕장어가 우점하였다. 군집분석 결과 종다양도, 종균등도, 종풍부도는 새우조망에서 더 높게 나타났다.

- 3) 결과적으로 전년도 출현어종과 비교하여, 저서성 어류인 가자미목 어류의 다양한 출현은 구조물의 설치로 인한 효과의 일환으로 생각된다.
- 4) 또한 조사해역에 대한 목표종을 정하여 이들 어류의 월변동을 분석하여 인공구조물 설치후 어류자원에 미친 효과를 직간접적으로 규명해야 될 것으로 사료된다.

## □ 연구조사분야 - 해수반응

어장 환경 개선에 이용되는 석탄회 블록의 환경 안정성 평가에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

○ 퇴적물 모니터링 : 구조물 구축 해역의 해저 퇴적물 환경은 다음과 같다.

- 1) 퇴적물의 광물조성은 석영과 일라이트가 주를 이루며, 소량의 사장석, 카올리나이트, 암염, 녹니석 등이 구성되어 있음.
- 2) 퇴적물의 평균입도는 3.60~5.46이며, 상부로 갈수록 조립화 되고 북부해역으로 갈 수록 세립화 되는 경향을 보임.
- 3) 퇴적물의 분급은 Poorly sorted or very poorly sorted이며, 왜도 값은 양의 값으로 조립질 퇴적물이 많이 포함되어 있음을 지시함. 또한 침도는 사질퇴적물에서 높게 나타나는 경향을 보임.
- 4) 중금속의 수평분포는 카드뮴, 납 및 코발트를 제외한 모든 중금속이 북서쪽 해역에서 상대적으로 높은 농도를 보이며, 이는 입도에 의한 영향으로 판단된다.
- 5) 퇴적물 내 중금속의 부화도는 코발트를 제외한 모든 중금속에서 1이하 이거나 상부와 하부의 부화도의 차이를 보이지 않음.
- 6) 퇴적물의 REE 패턴과 Nb/Al, Rb/Al 및 Ti/Al 분포에서 거의 모든 정점에서 동일한 기원의 유입으로 판단한다.

○ 구조물의 물리적 안정성

- 1) 압축강도 시험결과, 해수에 침적 후 블록의 강도는 23~43MPa의 범위로서 침적시간이 오래될 수록 강도가 증가하는 경향을 보임.

- 2) 일부 압축강도가 낮은 사료는 양생 중 골재와 시멘트의 배합이 잘되지 않았거나, 물과 시멘트의 배합이 잘되지 않아 다른 시료보다 낮게 나타나는 것으로 판단됨.
- 3) 12개월 침적한 블록을 제외한 모든 블록에서의 중량변화는 -2.05~7.61%의 영역으로 미세한 변화만을 보임.

□ 시설물 제작

- 인공용승류를 발생시키는 3차년도분의 8,100EA의 블록을 제작하였다.
- 인공용승류 블록 월별 제조현황

기 간	제조일수	생산수량	비 고
01월	-	70	1~2월 평균 2~3일의 1차 양생 기간을 확보 (총 몰드 120SET, 몰드 2~3교대생산 시행)  총 제조수량 8,158EA, 불량 13EA  정품 8,145EA, 일월45EA  출하 8,100EA
01월	10	406	
02월	20	656	
03월	15	787	
04월	20	2,279	
05월	24	2,756	
06월	11	1,191	
합 계		8,145	8,100EA 제품출하 05월 29일 ~ 07월 22일

□ 시설물 설치

- 3차년도 구조물 설치 :  
계류시설을 갖춘 해상기중기선, 예인선 등의 선박과 DGPS 및 해상측량 프로그램(HYPACK)을 이용하여 해상 N 34° 36.00', E 128° 30.00'근방에 8,100개의 블록을 쌓아 높이 16~20m, 폭 42m, 길이 80m의 구조물을 설치하였다.

## 8. 결론 : 정책적 제안



## 8. 결론 : 정책적 제안

### 1. 사업예산 증액의 필요성 제안 : 사업비 증액에 따른 구조물 크기 효과

현재 사업비 50억원(2007년까지 실시)으로 조성될 수 있는 인공용승구조물은 길이 93m, 높이 18m 및 폭 45m 의 크기이다. 이것은 일본 나가사키현 키타마쓰우라 앞바다(1995~2000년: 6년)에 가로 120m, 세로 40m 및 높이 14m 크기의(총 예산 120억원)의 2/3 수준이다. 일본에서 인공용승구조물은 설치후 설치전보다 약 8배의 어획생산액의 증대로 어민소득의 효과를 가져왔다.

따라서 현재 시설되고 있는 구조물 설치에 따른 효과를 지금의 약 2~3배로 발생시키기 위해서는 구조물의 크기(현재 구조물의 약 70% 크기로 확대) 및 배치효과에 따른 사업비 증액(예산 증액 50억원, 총 사업비 100억원 : 2009년까지 실시)이 절실히 요구된다.

### 2. 연근해 해역의 입체적인 어장환경 조성의 필요성 제안

현재 인공용승류 해역이 실시되고 있는 해역은 남해안 거제도 남쪽 소매물도와 국도 사이의 해역에 국한되어 실시하고 있다. 따라서 적지해역으로 평가되는 남해안을 중심으로 하여 서남해안이나 동해 연안해역으로의 공간적 범위 확장이 필요 한다. 또한 인공용승류 해역의 조성 이후 이 지역에 대한 중장기적인 해양환경 모니터링을 실시하여 그 결과에 의해서 사업의 효과를 극대화 시킬 필요가 있다.

### 3. 유해생물(예, 적조생물)의 확산 방지의 새로운 기술 적용에 대한 필요성

인공용승구조물은 해저 구조물을 설치하여 인공용승류에 의한 저층의 저수온을 표층으로 상승시키는 효과를 가지고 있다. 이와 같은 현상을 이용하여 현재 매년 하계에 집중적으로 발생하는 남해안의 유해생물(예, 적조생물)

의 발생으로 인한 어민들의 수산업 피해 방지효과를 제공할 수 있다. 매년 하계 남해안에서 발생한 적조는 일반적으로 해류를 따라 확산되는 현상을 보이고 있으나, 2005년 하계에는 남해안에 걸쳐 있는 저수온대로 인하여 적조가 더 이상 퍼져 나갈 수가 없는 현상이었다. 따라서 본 연구에서 발생하는 저수온의 표층으로 상승효과는 적조생물의 확산에 대한 차단막 효과를 줄 수 있다. 이에 대한 연구도 본 사업과 더불어 진행된다면 유해생물의 확산을 막을 수 있는 새로운 기술로의 제안 이 가능해 진다.

#### 4. 인공용승구조물 안정성 시험 방법 및 평가에 대한 제안

1) 해양환경공정시험법(2002, 해양수산부)은 해수와 해저 퇴적물로 구분하여 시료의 채취, 보관 및 성분별 시험방법 등을 규정하고 있으나, 시험방법에 있어서 해양환경을 해수, 퇴적물 및 경계층과 같이 매우 상이한 지구화학적 환경을 구체적으로 구분하지 않고 있다. 폐기물공정시험법의 중금속 용출량은 해양에 장기간 침지되는 석탄회 블록의 중금속 용출 환경과는 매우 상이할 뿐 만 아니라, 6시간의 단시간 용출 결과를 적용하는 문제점을 안고 있어 해양에 적용하기에는 적절치 않다. 따라서 해양환경에 적합한 용출시험법이 필요하며, 장기 투여에 의한 중금속 용출가능성에 대한 평가방법이 도입되어야 한다.

해양에 투입되거나 노출된 콘크리트 구조물은 해수, 해저 퇴적물 내, 공극수 등과 반응하여 성능저하가 발생할 수 있다. 특히 해수 중에 포함된 알칼리 성분들은 블록 골재와의 반응으로 콘크리트 내에서 균열과 팽창을 일으키는 물질을 형성한다. 또한, 탄산화 작용으로 콘크리트의 성능이 저하되어 분해 될 경우 심각한 환경오염을 야기한다. 한편, 해양퇴적물 내에 블록이 매몰될 경우 퇴적물 내의 유기물의 분해에 의한 국부적인 pH와 산소분압이 저하되어 알칼리로 활성화된 콘크리트의 저항도를 매우 감소시킨다. 석탄회 블록 투여 시 블록 하부는 해양퇴적물에 매몰되며, 상부는 해수에 노출되게 된다. 따라서, 해양 환경을 블록의 해수에 대한 반응과 퇴적물 경계부 또는

퇴적물 내 공극수의 화학적 특성에 의한 영향 등으로 구분하여 기능적(물리적) 안정성이 평가되어야 한다.

## 2) 중금속 안정성 평가 방법

해양환경에서의 중금속 용출량은 해수의 수소이온농도(pH) 및 산화환원전위(Eh) 환경이 고려된 조건에서 수행되는 것이 필수적이다.

### ① 해수와의 반응

해수와의 반응 조건은 산화조건으로서 pH=8을 유지하고, 해수와 블록의 고액비는 20:1 이상이 되도록 한다. 그리고 Eh=400±50mV로 개방계(open system)를 유지한다. 또한 폐기물공정시험법상의 단시간(6시간) 적용을 보완하기 위하여 중금속 장기 용출실험을 4개월 이상으로 한다.

### ② 저질부와의 반응

저질부와의 반응 조건은 환원조건으로서 pH=6.5~7.5의 영역을 유지하고, 고액비는 20:1이상이 되도록 한다. Eh=0mV 이하를 유지시키며, 질소가스를 주입하여 DO=0mg/L이하가 유지될 수 있도록 폐쇄계(close system)를 유지한다. 실험기간은 4개월 이상으로 한다.

## 5. 구조물의 공학적 안정성 평가방법에 대한 제안

### 1) 사면 안정성 연구(블록의 형태)

인공용승을 형성하는 구조물의 설계는 국내 해양환경의 특성으로 볼 때 20m 정도로서 용승구조물 조성 후 해류에 의한 슬라이딩이나 붕락이 일어날 가능성을 배제할 수 없다. 그러므로 현재의 육면체 블록보다 유실이나 붕락에 대한 안정성이 높은 형태의 설계와 수리모형 실험에 대한 연구에 따른 블록모양의 다양화가 수행되어야 한다.

## 2) 기능(역학적) 안정성 평가

인공용승류 유도에 이용되는 블록은 수 십년 이상 해수 및 해양퇴적물과 반응하므로 이에 대한 종합적인 검토와 함께 공정시험법이 제안되어야 한다.

해양에 침적된 블록의 풍화반응평가를 위해 풍화가 일어날 수 있는 대표적인 부분을 박편과 연마편을 제작하고, 반사/편광 현미경 및 전자 현미경으로 조직과 구조의 변화를 분석한다. 그리고 2차 광물을 생성하거나 삭박 또는 파괴 가능성을 평가하기 위하여 X-선 회절분석을 실시하여 2차생성 광물을 분석하고, 블록의 중량변화를 관찰 한다.

## 6. 인공 용승류 블록 재료의 특성에 대한 제안

### 1) 블록 재료와 배합비 결정

블록을 제작하기 위해서는 블록 재료의 선별과 배합이 필수적이다. 결합재로 사용되는 물질은 포틀란트 시멘트이며, 골재와 첨가제로 사용되는 물질에는 슬래그, 석탄회 및 RMB(Red Mud Bauxite)등의 산업부산물을 이용할 수 있다. 이 물질들이 적절하게 배합이 되지 못할 경우 응결 저하 및 팽창 발생으로 내구성 저하뿐만 아니라 중금속 오염이 발생할 수 있다. 그러므로 결합재와 골재의 알맞은 선택 및 배합비 결정에 필요한 장기적인 연구가 수행되어야 한다.

### 2) 블록재료의 물리적 특성

해양 구조물에 이용되는 블록은 일정한 강도를 발현할 수 있어야한다. 블록은 해양 내에서 장기간 강도를 발현할 수 있도록 제작이 되어야 한다. 따라서 재료물질의 종류와 골재 및 첨가제의 배합에 따른 압축강도, 기계적 풍화양상 및 팽창에 의한 열하현상 등의 안정성에 대한 연구도 현재 진행되고 있는 사업과 더불어 장기적으로 여러 각도에서 수행되어야 한다.

## 9. 참 고 문 헌

## 9. 참고 문헌

- 강영실, 전경암, 1999. 한국 남해 연안전선의 생물·화학적 특성 및 영양역학 구조. 한국수산학회지, 32, pp.22~29.
- 국립수산진흥원, 1989, 전국연안 인공어초 어장 생산성조사, 사업보고 제82호.
- 국립수산진흥원, 1992, 한국연안 인공어초의 자원조성효과에 관한 연구, 사업보고 제95호.
- 국립수산진흥원, 1997. 해양환경공정시험방법. 한국해양학회. 316pp.
- 김용익· 명정구· 김영섭· 한경호· 강충배· 김진구. 2001. 한국해산어류도감. 도서출판 한글,pp. 382.
- 나춘기, 2004, 목포연안 갯벌 및 서식생물에서의 중금속 함량. 자원환경지질, 37(3), pp. 335~345.
- 박맹언, 김필근, 2003, 슬래그 블록의 해수반응에 의한 중금속 용출과 안정성 평가에 대한 연구방향, FOID 2003 국내 및 국외 학술발표회, pp.47~51.
- 양한섭, 김성수, 김규범. 1995. 득량만 표층수 중 영양염류의 시공간적 분포특성. 1. 영양염류의 계절변화와 기초생산 제한인자. 한국수산학회지, 28, pp.475~488.
- 이영식, 이재성, 정래홍, 김성수, 고우진, 김귀영, 박종수. 2001. 광양만에서 식물플랑크톤증식의 제한영양염. 한국해양학회지 「바다」, 6, 201~210.
- 이우근, 김진범, 김은미, 1997, 비산재 중에 함유된 중금속의 용출특성에 관한 연구(1), 한국폐기물학회, 14(3), pp.257~260.
- 이효민, 황진연, 진치섭, 2003, 해안지역 콘크리트의 성능저하 현상과 이에 수반되는 이차광물의 형성 특징, 자원환경지질, 36(5), pp.365~374.
- 전수경, 조영길, 2002, 서남해안 연근해저 퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국환경과학회지, 11(12), pp.1299~1305.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, pp. 727.
- 정종태, 성동모, 김진한, 유근우, 박수영, 박정환, 2000, 폐주물사의 용출특성에

- 관한 연구, 환경관리학회, 6(2), pp.165~170.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집(곤충제외). 아카데미서적, 서울, pp. 489.
- 한영수, 이재영, 2001, 소각재 용융슬래그의 중금속 용출특성에 관한 연구, 한국지하수토양환경학회, 6(1), pp.23~31.
- 해양수산부, 1997. 해양환경공정시험방법. pp.316.
- 해양수산부, 2002. 인공용승류를 활용한 어장환경조성에 관한 연구(3차년도). 184pp.
- 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험법. pp.330.
- 해양수산부, 2002, 해양오염방지법 제4조.
- 현상민, 이태희, 최진성, 최동립, 우한준, 2003, 광양만 및 여수해만 표층퇴적물의 지화학적 특성과 중금속 오염. The sea, 8(4), pp. 380~391.
- 환경부, 2000, 폐기물공정시험방법. pp. 190.
- Al-Amoudi, O.S.B. and Abduljawad, S.N., Rasheeduz-zarfar, and Maslehuddin, M., 1992, Effect of chloride and sulfate contamination in soils on corrosion of steel and concrete. Transportation Research Record, 1345, p. 67~73.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fishes of the Japanese archipelago. Tokai University Press, pp. 437.
- Blumberg, A.F. and G.L. Mellor, 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In: Three Dimensional Coastal Models (N.S. Heaps, ed.), American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1~16.
- Bonen, D. and Sarkar, S.L., 1994, Environmental attack on concrete. in Proceeding of the 16th International Conference on Cement

- Microscopy, Eds. Couda, C. F. Nisperos, A. and Bayles J. International Cement Microscopy Association, Texas, p. 11~ 23.
- Ezer, T., H. Arango, A.F. Shchepetkin., 2002. Developments in terrain-following ocean models: intercomparisons of numerical aspects. *Ocean Modelling* 4, pp.249~267.
- Gerdes, R., 1993. A primitive equation ocean circulation model using a general vertical coordinate transformation. 1. Description and testing of the model. *Journal of Geophysical Research* 98, 14,683~14,pp.701.
- Gimenez, S., Garcia, S., Blanco, M.T. and Palomo, A., 1992, The Behaviour of a Low Energy in Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and Sea Water Media, *Cement and Concrete Research*, 22, p. 793~803.
- Hitoshi NAKATA, Manabu YAMAUCHI, Yoshiaki MORINISHI and Kaoru MASUDA, 2003, Dissolution Behavior of Nutrients, Metal Elements and Fluorines from Steelmaking Slag to the Sea Water, *Tetsu-To-Hagane*, 89(4), p.393~400.
- Jeoung, I.G., K.S. Ha and J.D. Choi, 2004. Heavy metals in fish and shellfish at the coastal area of Tongyeong, Korea. *J. Ins. Marine Industry* 17, 39-46.
- K. L. Lin, K. S. Wang, B. Y. Tzeng, C. Y. Lin, 2003, The hydration characteristics and utilization of slag obtained by the vitrification of MSWI fly ash, *Waste Management*,
- Kwon, T.T. and C.W. Lee, 2001. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation, *Microchemical Journal* 70, pp. 255-264.
- Nakabo, T., M. Aizawa, Y. Anomura, Akihito, Y. Ikeda, K. Sakamoto, Kssss Shimada, H. Senoum, K. Hatookka, M. Hayashi, K. Hosoya,



- U. Yamada and T. Yoshino. 1993. Fishes of Japan with pictorial a keys to the species. Tokai Univ. Press, pp. 1162(in Japanese).
- Pacanowski, R.C., Gnanadesikan, A., 1998. Transient response in a z-level ocean model that resolves topography with partial cells. Monthly Weather Review 126, 3248~3270.
- Ryther,J.H, 1969, Photosynthesis and fish production in the sea, The production of organic matter and its conversation to higher forms of life vary throughout the world ocean. Science, 166, 72-76.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory to communication. Urban. Univ. Of Illinois Press, pp. 125.
- Simpaon, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163 : 1~688.
- Smagorinsky, J. 1963. General ciculation experiments with the primitive equation, I. The basic experiment. Monthly Weather Review, 91: 99~164.
- Sung, D.W. and Y.W. Lee, 1993. A study on the content of heavy metals of marine fish in Korean coastal water. Kor. J. Food Hygiene 8(4), 231-240.
- Sung, J. Y. 1994. Sedimentary environment and geoacoustic modeling of the shelf sediment, South Sea of Korea MS Thesis , National Fisheries University of Pusan, 114 pp (in Korea)
- Takayuki Futatsuka, Kiyoteru Shitogiden, Takahiro Miki, Tetsuya Nagasaka and Mitsutaka Hino, 2003, Dissolution Behavior of Elements in Steelmaking Slag into Artificial Seawater, Tetsu-to-Hagane, 89(4), p.382~387.
- T. Bakharev, J.G. Sanjayan, Y.-B. Cheng, 2003, Resistance of alkali-activated slag concrete to acid attack, Cement and Concrete Research, 33, p.1607~1611.

Thomas Pichler, W. Ian Ridley, Eric Nelson, 1999, Low-temperature alteration of dredged volcanics from the Southern Chile Ridge: additional information about early stages of seafloor weathering, *Marine Geology* 159, p.155~177.

Yanagi, T. and M. Nakajima, 1991, Change of oceanic condition by the man-made structure for upwelling. *Marine Pollution Bulletin*, 23, pp.131-135.

Winton, M., Hallberg, R., Gnanadesikan, a., 1998. Simulation of density-driven frictional downslope flow in z-coordinate ocean models. *Journal of Physical Oceanography* 28, 2,163~2,174.

沿岸漁場技術研究会, 1996, 1997, 1998, 1999, マウンド漁場造成システムの開発にする報告書.

今村 均・友田啓二郎・鈴木達雄・細野成一, 1995, 人工湧昇流発生漁場造成の研究, 沿岸工学論文集, 第42号, 1131-1135.

屬辰之介・中尾徹, 1986, 天然湧昇域の海洋環境特性について, 水産土木 第22巻 第2号.

柳哲雄・中鳴昌記・大竹臣哉・近藤浩右, 1991, 魚礁としての人工湧昇流発生構造物, 水産工学, 27, pp.73-77.