박사학위논문

제주도 남쪽 해역에 있어서 저서어 분포에 관한 기초적 연구

제주대학교 대학원

어 업 학 과

김 용 주

2005년 6월

제주도 남쪽 해역에 있어서의 저서어 분포에 관한 기초적 연구

지도교수 서 두 옥

김 용 주

이 논문을 수산학 박사학위 논문으로 제출함

2005년 6월

김용주의 수산학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 안 장 영

위 원 신 형 일

위 원 정 용 진

위 원 김 석 종

위 원 서 두 옥

제주대학교 대학원

2005년 6월

STUDIES ON DISTRIBUTION OF DEMERSAL FISHES IN THE SOUTHERN WATERS OF JEJU ISLAND

Yong-Ju Kim
(Supervised by professor Du-Ok Seo)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF FISHERIES SCIENCE

DEPARTMENT OF FISHERY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2005. 6

목 차

LIST OF FIGURES ····· iv

LIST OF TABLES ····· viii

SUMMARY ····· 1

Ⅰ. 서론 ····· 4

Ⅱ. 자료 및 방법 ····· 7

1. 해양환경조사 ····· 7
2. 동물플랑크톤 조사 ····· 11
3. 계량어군탐지기에 의한 저서어 자원조사 ····· 14
   1) 조사 해역 ····· 14
   2) 조사 방법 ····· 18
   3) 해석 방법 ····· 19
4. 트롤 조업에 의한 저서어 분포조사 ····· 21
   1) 조업 해역 ····· 21
   2) 조사 방법 ····· 24
   3) 해석 방법 ····· 26

Ⅲ. 결과 ····· 27

1. 해양환경조사 ····· 27
   1) 2001년 6월의 수괴분포 ····· 27
      (1) 수온의 수평 분포 ····· 27
      (2) 염분의 수평 분포 ····· 29
      (3) 현장밀도의 수평 분포 ····· 31

(4) Chrolophyll-a 의 수평 분포 ····· 32
(5) 주요 정점에 있어서 수괴의 연직 분포 ····· 33
(6) 주요 정선에 있어서 수괴의 연직 분포 ····· 35
2) 2003년 6월의 수괴분포 ····· 38
(1) 수온의 수평 분포 ····· 38
(2) 염분의 수평 분포 ····· 40
(3) 현장밀도의 수평 분포 ····· 42
(4) Chrolophyll-a 의 수평 분포 ····· 44
(5) 주요 정점에 있어서 수괴의 연직 분포 ····· 46
(6) 주요 정선에 있어서 수괴의 연직 분포 ····· 48
2. 동물플랑크톤 조사 ····· 53
3. 계량어군탐지기에 의한 저서어 자원조사 ····· 69
1) 수평적 분포 ····· 69
2) 연직적 분포 ····· 75
4. 트롤 조업에 의한 저서어 자원조사 ····· 82
1) 2001년 어획량 및 어종조성 ····· 82
(1) 어획량 ····· 82
(2) 어류의 종조성 ····· 85
(3) 조업 해역별 출현어종의 정량적 조사 ····· 88
(4) 생태학적 제지수 ····· 91
2) 2002년 어획량 및 종조성 ····· 93
(1) 어획량 ····· 93
(2) 어류의 종조성 ····· 95
(3) 조업 해역별 출현어종의 정량적 조사 ····· 98
(4) 생태학적 제지수 ····· 101
3) 2003년 어획량 및 종조성 ····· 103
(1) 어획량 ····· 103
(2) 어류의 종조성 ····· 103

Ⅳ. 고찰 ····· 106
1. 해양환경과 플랑크톤 ····· 106
2. 음향 자원조사와 저서어 자원조사 ····· 110

Ⅴ. 결론 ····· 113

Appendix 1. ····· 116

참고문헌 ····· 122

감사의 글 ····· 126

LIST OF FIGURES

Fig. 2-1. Map showing stations for hydrographic observation. ····· 9
Fig. 2-2. Photographic views of submersible fluorometer. ····· 10
Fig. 2-3. Map showing stations for zooplankton survey. ····· 12
Fig. 2-4. Close-open-close net for zooplankton survey. ····· 13
Fig. 2-5. Survey line of acoustic transect in June, 2001. ····· 15
Fig. 2-6. Survey line of acoustic transect in July, 2002. ····· 16
Fig. 2-7. Survey line of acoustic transect in June, 2003. ····· 17
Fig. 2-8. Data acquisition system. ····· 18
Fig. 2-9. Principle of scientific echo integration. ····· 20
Fig. 2-10. Operation sea area for demersal trawl in southern waters of Jeju Island for this study. ····· 22
Fig. 2-11. Developed drawing for trawl net used in this study. ····· 25
Fig. 3-1. Horizontal distributions of water temperature at 0m, 10m, 25m and 50m layers in June, 2001. ····· 28
Fig. 3-2. Horizontal distributions of salinity at 0m, 10m, 25m and50m layers in June, 2001. ····· 30
Fig. 3-3. Horizontal distributions of sigma-t at 0m, 10m, 25m and 50m in June, 2001. ····· 31
Fig. 3-4. Horizontal distributions of chlorophyll-*a* concentration at 0m, 10m, 25m and 50m in June, 2001. ····· 32
Fig. 3-5. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* at the major stations in June, 2001. ····· 34
Fig. 3-6. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* on S-1 line in June, 2001. ····· 36
Fig. 3-7. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* on S-2 line in June, 2001. ····· 37
Fig. 3-8. Horizontal distributions of water temperature at 0m, 10m, 25m

and 50m layers in June, 2003. ····· 39
Fig. 3-9. Horizontal distributions of salinity at 0m, 10m, 25m and 50m layers in June, 2003. ····· 41
Fig. 3-10. Horizontal distributions of sigma-t at 0m, 10m, 25m and 50m layers in in June, 2003. ····· 43
Fig. 3-11. Horizontal distributions of chlorophyll-*a* concentration at 0m, 10m, 25m and 50m layers in June, 2003. ····· 45
Fig. 3-12. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* at the major stations in June, 2003. ····· 47
Fig. 3-13. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* concentration on H-1 line in June, 2003. ····· 49
Fig. 3-14. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* concentration on H-2 line in June, 2003. ····· 50
Fig. 3-15. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* concentration on K-1 line in June, 2003. ····· 51
Fig. 3-16. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* concentration on K-2 line in June, 2003. ····· 52
Fig. 3-17. Distribution of zooplankton in June, 2001. ····· 55
Fig. 3-18. Composition rate of major taxa in 2001. ····· 56
Fig. 3-19. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in June, 2001. ····· 57
Fig. 3-20. Distribution of zooplankton in July, 2002. ····· 60
Fig. 3-21. Composition rate of major taxa in 2002. ····· 61
Fig. 3-22. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in July, 2002. ····· 62
Fig. 3-23. Distribution of zooplankton in June, 2003. ····· 65
Fig. 3-24. Composition rate of major taxa in 2003. ····· 66
Fig. 3-25. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in June, 2003. ····· 67
Fig. 3-26. Horizontal distribution of volume backscattering strength in Ju-

ne, 2001. ····· 70
Fig. 3-27. Horizontal distribution of volume backscattering strength in July, 2002.
(a) : 38㎑ (b) : 120㎑ ····· 71
Fig. 3-28. Horizontal distribution of volume backscattering strength In June, 2003.
(a) : 38㎑ (b) : 120㎑ ····· 73
Fig. 3-29. Vertical distribution of volume backscattering strength in June, 2001. ····· 76
Fig. 3-30. Vertical distribution of volume backscattering strength in July, 2002.
(Upper : 38㎑, Lower : 120㎑) ····· 77
Fig. 3-31. Vertical distribution of volume backscattering strength In June, 2003.
(Upper : 38㎑, Lower : 120㎑) ····· 79
Fig. 3-32. Species composition of fishes fauna by demersal trawl in June, 2001.
(a) : Number of individuals (b) : Biomass ····· 86
Fig. 3-33. Variation of total numbers of species, individuals and biomass of the fishes collected by demersal trawl in June, 2001. ····· 90
Fig. 3-34. Variation of diversity index , richness, evenness and dominance in June, 2001. ····· 92
Fig. 3-35. Species composition of fishes fauna in southern waters of Jeju-Island by demersal trawl in July, 2002.
(a) : Number (b) : Biomass ····· 97
Fig. 3-36. Variation of total numbers of species, individuals and biomass of the fishes collected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July, 2002. ····· 100
Fig. 3-37. Variation of diversity index, richness, evenness and dominance by demersal trawl in July, 2002. ····· 102

Fig. 3-38. Species composition of fishes fauna in southern waters of Jeju Island in June, 2003.
(a) : Number of individuals (b) : Biomass ····· 105
Fig. 4-1. A comparison of the length and make up of food chains from the following areas.
(a) High-productivity coastal waters
(b) A boundary-current upwelling area
(c) Low productivity open-acean waters ····· 108

LIST OF TABLES

Table 1. Details of demersal trawl operation conducted in southern waters of Jeju Island for this study ····· 23
Table 2. Frequency of zooplankton in 2001 ····· 54
Table 3. Frequency of zooplankton occurring in 2002 ····· 59
Table 4. Frequency of zooplankton occurring in June, 2003 ····· 64
Table 5. Details of zooplankton and acoustic survey for this study ····· 81
Table 6. Species composition of fishes collected by demersal trawl in southern waters of Jeju Island in June, 2001 ····· 83
Table 7. Number of class, others, families, and species of fishes collected by demersal trawl in June, 2001 ····· 87
Table 8. Species composition of fishes collected by bottom trawl in July 2002 ····· 94
Table 9. Number of class, others, families, and species of fishescollected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July 2002 ····· 96
Table 10. Species composition of fishes collected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in June, 2003 ····· 104
Table 11. Catches collected by Bottom trawl in Southern Waters of Korea and Southern waters of Jeju Island in Summer ····· 111

SUMMARY

Providing basic data for the evaluation of fishery resources and the structure of marine ecosystem, oceanographic observation by fluorometer, zooplankton survey by open-close-open net , fisheries resources estimation by scientific echosounder and distribution of demersal fishes by bottom trawl were investigated at the southern waters of JeJu Island by training ship "DONGBAEK(Gross tonnage 1,057, Horse power 2,200)" belong to Yosu National university in 2001, 2002 and 2003 during early summer. and analyzed marine environmental system, zooplankton distribution, abundance and species composition of fishes, ecology indices and fish catches for three years.

The results obtained and can be summarized as follows :

1. The temperature and salinity were more higher eastern area than western area during early summer season in the East China Sea. But the depth of thermohaline were to be shallow to go to western part in the research area.

2. However, the Chl-a density were higher than western area than eastern area. The low Chl-a concentration originated from Tsushima warm current and the high Chl-a concentration were controlled by the Coastal waters of Chinese Continent and cold water of Yellow Sea.

3. According to the examination of collections from the net sampling, in 2001, Copepoda comprised 72.1% of zooplanktons inhabiting the sound scattering layer, while Mollusca, Chaetognaths, and Doliolida accounted for 7.7%, 5.3% and 2.4% respectively. And in 2002, the ratio of Copepoda was 77.3%, Chaetognaths 8.3% and *Euphausia pacifica* 5.2%. And in 2003, the

ratio of Copepoda was 74.2%, Amphipoda 8.8%, *Euphausia pacifica* 6.8% and Decapod 6.4%. *Euphausia pacifica* was increased to go to southern in the East China Sea.

4. Appearance of zooplankton was high the southern part and the slope area of the East China Sea.

5. The patch of fish were appeared around 31°N and 127°E that volume of backscattering strength(SV) was -68dB by the scientific echosounder at 38kHz in 2001.

6. The patch of fish were detected at the area of 32°N and 124.5°E, which the SV was -65dB at 38kHz. Also The same patch of fish SV was -60dB at 120kHz in 2002 year survey area.

7. At frequency of 38kHz, The patch of fish distributed around 32°N and 124.5°E which SV was -68dB, 32.5°N and 124.5°E -64dB and 32°N and 125°E -60dB respectively. Also same patch of fish were distributed around 32°N and 124.5°E which SV was -68dB, 32.5°N and 124.5°E -64dB, and 32°N and 125°E -68dB in 2003 year survey area.

8. The investigation was carried out at the 12 stations. The catches collected by the bottom trawl in the investigation area of the southern waters of Jeju Island were 156.11kg/hour in 01T6, 152.19kg/hour in 01T2, 143.10kg/hour in 01T3 and less than 35kg/hour in the other stations. In result, the catches on 2003 were higher than those of 2001 and 2002 which is the west part of the investigation area.

9. The Proportion of species having a major portion were 46.7% for Japanese horse mackerel, *Trachurus japonicus*, 2.7% for White-tongued

crevalle, *Uraspis helvola*, 2.5% for Wart perch, *Psenopsis anomala*, 2.4% for Hair tail, *Trichiurus lepturus*, 2.2% for Angler, *Lophiomus setigerus* on 2001, 29.2% for Anchovy, *Engraulis japonicus*, 24.8% for Grassfish, *Liparis tanakai*, 6.0% for Gurnard, *Chelidonichthys spinosus*, 4.9% for Spotted velvetfish, *Erisphex pottii*, 4.4% for Tiger shark, *Scyliorhinus toraxme* on 2002 and 42.3% for Anchovy, *Engraulis japonicus*, 18.0% for Angler, *Lophiomus setigerus*, 14.4% for Spotted velvetfish, *Erisphex pottii*, 4.0% for Blackthroat seaperch, *Doederleinia berycoides*. In the west part of the investigation area, the ratio of the small fish was high.

10. In results of the operation of the bottom trawl on 2001 and 2002, diversity index of each stations ranged between 0.26 and 2.07, and it showed the richness index of 1.71~3.8, the evenness index of 0.09~0.92 and dominance index of 0.48~0.97. The index of diversity, richness, evenness and dominance were the highest in 01T1, 01T2, 02T3 and 01T6, and those were the lowest in 01T6, 02T1, 01T6 and 02T3 respectively. In investigation area, index of diversity, richness and dominance were high on 2001, and index of evenness was high on 2002.

Ⅰ. 서 론

일반적으로 동중국해는 타이완 북동에서 규수남단에 연결된 난세이 제도에 의해서 태평양과 분리된 부속해로써, 제주도와 양자강 하구를 연결한 선으로 황해와 구분한다. 이 해역은 적도해역에서 발원하여 일본열도의 남쪽을 북동방향으로 진행하며 동측으로 사행하는 쿠로시오 해류 일부가 분기하여 형성된 쓰시마 난류와 중국대륙의 양자강 등과 같은 대형 하천으로부터 풍부한 영양염류를 포함하는 육수가 다량으로 유입되어 형성되는 중국대륙 연안수 및 동절기 표면 냉각으로 형성된 황해 냉수 등 다양한 수괴의 영향을 받고 있으며(井尙, 1974; Zang과 Weng, 1996), 지형적으로는 동쪽의 난세이 제도를 따라 깊이 1,000m가 넘는 해분이 형성되어 있고, 중국대륙쪽은 60～200m 깊이의 대륙붕이 넓게 펼쳐져서 기초 생산력이 높아 좋은 어장을 형성한다.

그러므로 동중국해는 각종 어류의 월동장 및 색이장으로써 매우 중요한 해역이기도 하며(田, 1957; 宇田, 1960), 한국, 중국, 일본, 대만 등이 공동으로 어업을 행하는 동북아시아의 중요한 대륙붕 어장으로 靑山(1960), 박(1990), 金(1994) 등의 트롤에 의한 어획시험이 이루어져왔다. 이러한 동중국해는 지형적으로 동서의 수심차가 심하고 쓰시마 난류, 중국대륙 연안수 및 황해 냉수 등 수온, 염분 등이 다른 다양한 수괴가 서로 상접하여 복잡한 환경 특성을 나타내고 있으며, 대륙붕역의 특성에 관한 俵(1985), 수온전선에 관한 양(1998) 등 , 어장과 해황에 관하여 曺(1982), 曺 등(1984), 洪(1985)의 비교적 다양한 연구가 행해지고 있는 해역이기도 하다.

생태계에서 기초생산자로서 중요한 역할을 하는 식물플랑크톤은 생태계 내의 물리화학적 요인에 따라 종조성이나 출현량에 있어 변동을 보인다. 이들의 시공간적 변동을 파악하는 것은 생태계의 물질순환을 밝히기 위한 기초 자료로써 중요하며, 어족 생물자원의 먹이가 되는 동물플랑크톤에 대한 조사는 유용수산자원의 생산력 평가를 위해서 뿐만 아니라, 해양생태계

의 먹이 연쇄의 과정을 이해하는 데 있어서도 매우 중요하다.

또한, 동물플랑크톤은 음파산란층을 형성하고 있는 중요 해양 생물의 하나이며(Medwin 등, 1998; Lee 등, 1999), 저서어류의 먹이로서 생태계에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 동중국해 동물플랑크톤과 음향산란층에 관해서는 강 등(2003), 서(2004) 등의 연구 보고가 있다. 이러한 동물플랑크톤의 분포는 수괴의 특성 및 해류 방향과 같은 물리해양학적 요인 이외에 이들을 먹이로 하는 저서 어류의 분포에 커다란 영향을 미친다.

한편, 어군탐지기는 해양산업의 발달과 함께 꾸준히 발전되어 현재에는 과학어군탐지기라는 계량어군탐지기가 개발 보급되어 짧은 시간에 넓은 해역을 대상으로 각 수층에 대한 다양한 해양생물의 공간적 분포를 정량적으로 평가할 수 있으며, 해양생태계의 파악은 물론 어업자원 관리를 위한 자원 평가 등의 도구로도 활용되고 있다(Johannesson 등, 1983). 음향을 이용한 자원량 추정은 Cocharan(1977), Burczynski(1982), Jojnson과Miston(1983), Maclennan과 Simmonds(1992) 등에 의해서 연구되어 왔다. 또한, 계량어군탐지기를 이용한 동중국해의 저서어 자원조사로는 朴 등(1990), 尹 등(1993), 李 등(1995), 이 등(1996a, 1996b), 이(2002), 황 등(2002), 황 등(2003)의 연구가 있으며, 음향산란층에 관한 연구로는 이 등(1990a, 1999b)의 연구가 있다.

동중국해의 대륙붕 어장은 한국, 일본, 중국, 대만 어선간의 경쟁적인 조업으로 자원고갈의 징후가 나타나고 있고, 이 해역에서 어업생물자원의 효율적 이용 및 관리의 필요성이 요구되고 있는 실정이다. 여러 종류의 어류가 혼재하여 서식하고 자원이 고갈 되어가는 해역에서 저서어류의 자원조사에서 종조성 변화와 양적 변동을 추정에는 트롤에 의한 조사방법이 보편적으로 이용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 조사 해역을 제주도의 남쪽해역으로 범위를 한정하고 2001년, 2002년과 2003년도 하계 해양조사, 과학어탐조사 및 어획자료를 이용하여, 이 해역에 대한 하계 해양 생태의 구조 파악 및 수산 자원량을 평가하는 데 필요한 기초적 자료를 제공할 목적으로 현장 측정용 형광

광도계를 이용한 해양환경조사, Close-open-close Net를 이용한 동물플랑크톤 분포 조사, 계량어군탐지기를 이용한 음향자원조사 및 트롤조업에 의한 저서어 분포 조사를 실시하여 년도별 해양환경, 동물플랑크톤분포 , 어류의 종조성, 생태지수 및 어획량을 조사해역별로 비교 분석하였다.

Ⅱ. 자료 및 방법

동중국해의 일부분인 제주도 남쪽해역에 있어서 해양생태계 구조를 파악하고, 해양환경과 저서어류와의 관계 규명, 해양환경과 동물플랑크톤과의 관계를 규명하기 위해 2001년 6월 24일부터 6월 28일까지, 2002년 7월 7일부터 7월 9일까지, 2003년 6월 26일부터 6월 30일까지 3년도에 걸쳐 여수대학교 실습선 동백호(1,050 G/T, 2,200마력)를 이용하여 해양환경조사, Close-open-close net를 이용한 동물플랑크톤 조사, 계량어군탐지기를 이용한 조사와 트롤조업에 의한 저서어 분포 조사를 실시하였다.

1. 해양환경조사

해양환경 조사는 수온, 염분 및 Chlorophyll-*a* 농도를 측정하기 위하여 Fig. 2-1에서 보는 바와 같이, 2001년 6월 25일부터 6월 28일까지 한・일 공동 수역을 중심으로 17개 정점, 2003년 6월 26부터 30일까지 제주 서남쪽 해역을 중심으로 10개 정점을 대상으로 정선 관측을 실시하였다.

또한, Fig. 2-1의 정점 (●)은 2001년에 조사한 관측 정점이며, 정점 (◆)은 2003년에 조사한 관측 정점이며 각 정점별 번호(01S1～03S12)는 조사해역의 년도와 순번을 나타내며, 조사 해역의 연직분포특성을 파악하기 위하여 정선을 S-1, S-2 와 H-1, H-2 및 K-1, K-2로 하였다.

수온, 염분 및 Chrolophyll-*a* 농도를 측정하기 위하여 Fig. 2-2에서 보는 바와 같이 광도 및 형광센서가 부착되어 있는 현장측정용형광광도계(Submersible Fluorometer, Alec Co., ACL 1151-D)를 이용하여 표층에서 약 80*m*까지 연속 측정하여 약 1*m* 간격으로 정리, 분석하였다. 다만, 엽록소의 경우 측정값의 보정을 위해서 일부 관측지점의 표층에서 해수 500 ㎖를 채수하여 분광광도법, 즉 박막여과지(pore size; 0.45㎛, dia-meter; 47㎜)가 장착된 여과기를 이용하여 흡인 여과시킨 후, 여과 포집된 박막

여과지를 90%의 아세톤을 용매로 추출시킨 다음, 원심분리기로 분리(3,000rpm, 15min0)된 상등액을 UV Spectrophotometer(Kotron Co., Unikon 922)에 의해 비색 측정하는 방법에 의해 얻어진 값으로 보정하여 측정값으로 하였다.

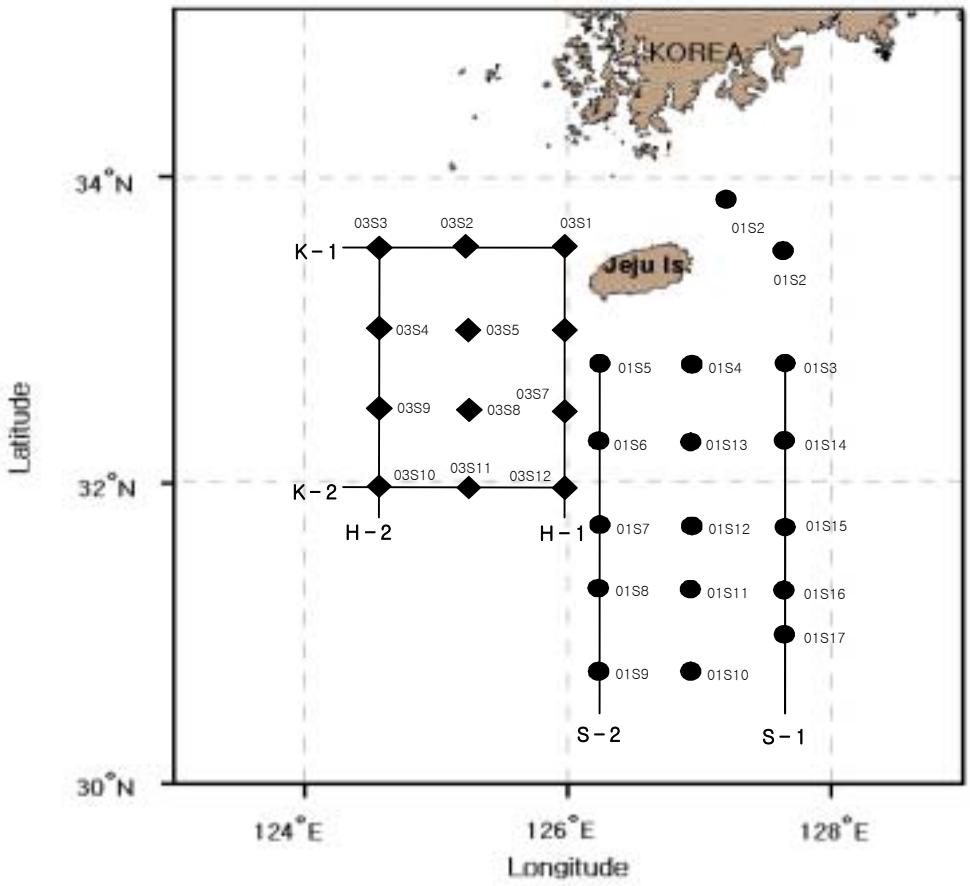


Fig. 2-1. Map showing stations for hydrographic observation.
(● : 2001 ◆ : 2003)

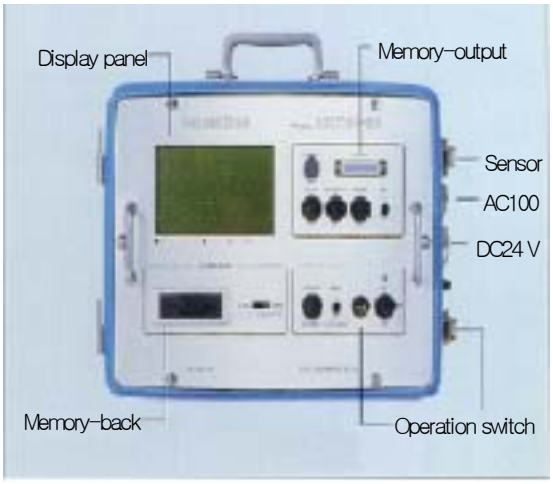


Fig. 2-2. Photographic views of submersible fluorometer.

2. 동물플랑크톤 조사

동물플랑크톤 조사는 Fig. 2-3에서 보는 바와 같이, 2001년 6월 25일부터 6월 28일까지 한・일 공동 수역을 중심으로 17개 정점(●), 2002년 7월8일부터 9일까지 제주도 서남쪽해역 정점 7개(▲), 2003년 6월 28일부터 30일까지 제주 서남쪽 10개 정점(◆)에서 실시하였고, 각 정점별 번호(01P1~03P12)는 조사 년도의 순번을 나타낸다. 동물플랑크톤의 채집은 계량형 어군탐지기(Simrad EK-500)에 부착되어진 주파수 38kHz와 120kHz의 음향신호에 의한 에코그램으로부터 동물플랑크톤의 음파산란층 수심을 추정한 후, Fig. 2-4와 같이 Close-open-close net(망구직경 100*cm*, 망목크기 300 ㎛)를 이용하여 음향산란층을 2~3*Knot*의 속도로 15분간 예인하여 채집하였다.

그리고, 동물플랑크톤의 수직 분포 양상을 파악하기 위하여 수온약층을 경계로 상층과 하층을 분리 채집하였으며, close-open-close net가 정확한 위치에 투하되었는지를 확인하기 위하여 자기식 수온 수심계(Vemcl, Minilog-TDR)를 부착하였다. 채집된 시료는 현장에서 즉시 5% 중성포르마린으로 고정하였다. 동물플랑크톤의 동정 및 계수는 Folsom 분할기를 사용하여 1/16~1/32까지 분할하였으며, 여과량은 네트 입구에 부착된 여과계(Hydro-Bios Kiel)의 회전수로부터 환산하여 산출하였으며 출현 개체수는 ind./㎥으로 나타내었다.

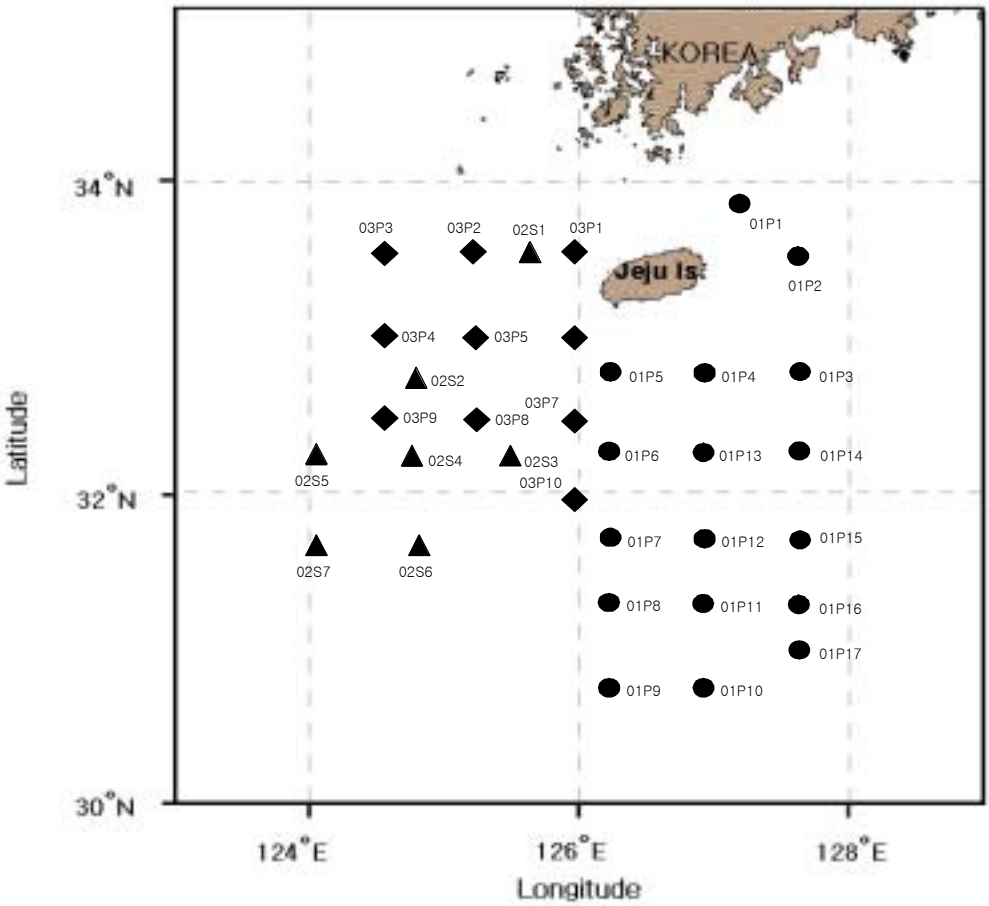


Fig. 2-3. Map showing stations for zooplankton survey.
(● : 2001 ▲ : 2002 ◆ : 2003)

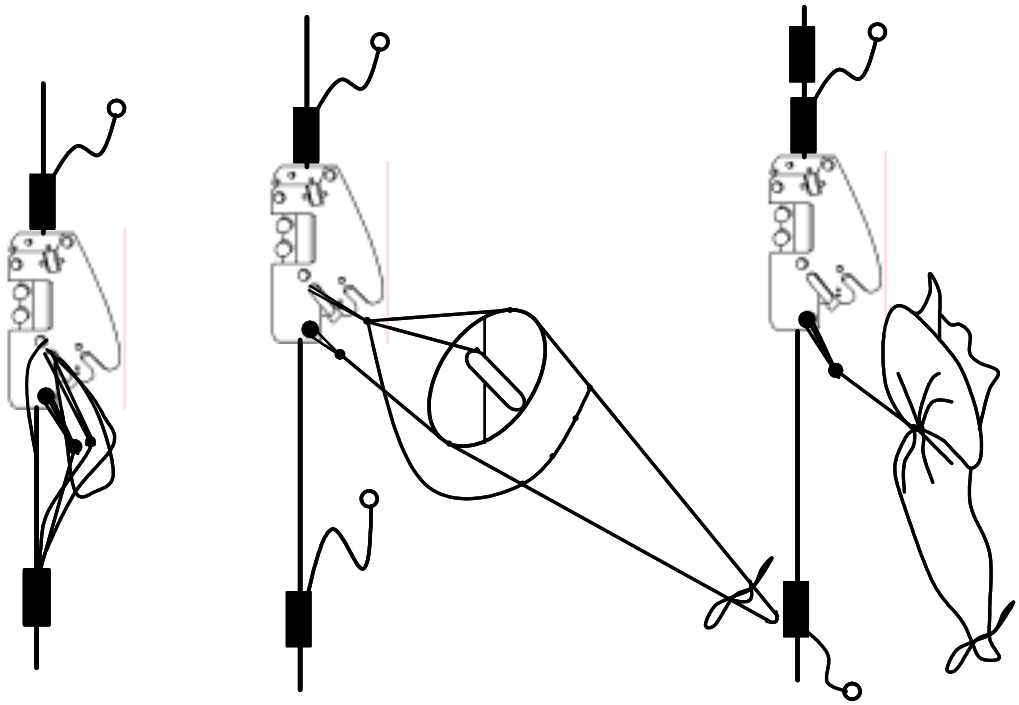


Fig. 2-4. Close-open-close net for zooplankton survey.

3. 계량어군탐지기에 의한 저서어 자원조사

1) 조사 해역

계량어군탐지기를 이용한 저서어 자원 조사는 2001년 6월 24일부터 6월 28일(Fig. 2-5), 2002년 7월 8일부터 7월 9일(Fig. 2-6) 그리고 2003년 6월 28일부터 6월 30일(Fig. 2-7)에 이루어졌다.

각 연도별 조사선의 남북 간격은 30마일로 설정하였다. 2001년도 조사선에 있어서 각 부분별 명칭은 자료를 분석하기 위하여 대략적으로 조사를 시작한 제일 북쪽 Line을 E-1로 하고, 대각도로 침로를 변경한 때마다 조사선의 명칭을 부여하여 E-1 ~ E-7로 하였다.

2002년도 조사선의 각 부분별 명칭도 2001년도의 경우와 같이 대각도로 침로를 변경한 때마다 번호를 부여하여 F-1 ~ F-7로 하였다. 2003년도 2001년 및 2002년과 같은 방법으로 번호를 부여하여 G-1 ~ G-7로 부여하였다.

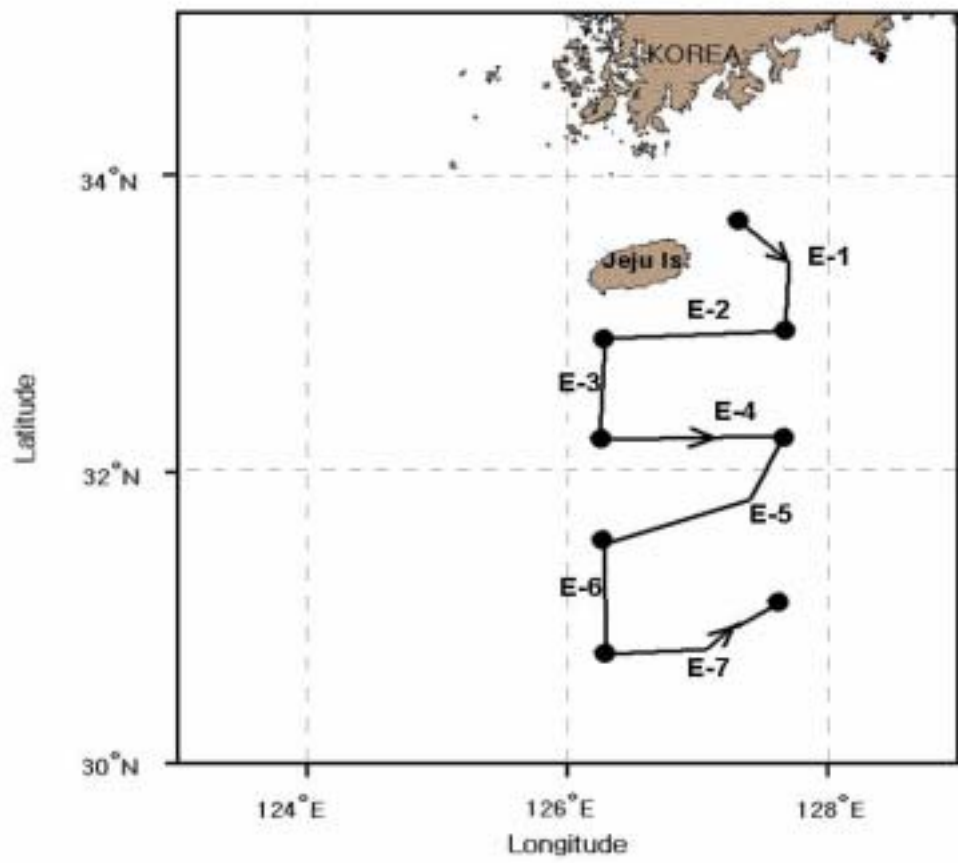


Fig. 2-5. Survey line of acoustic transect in June, 2001.

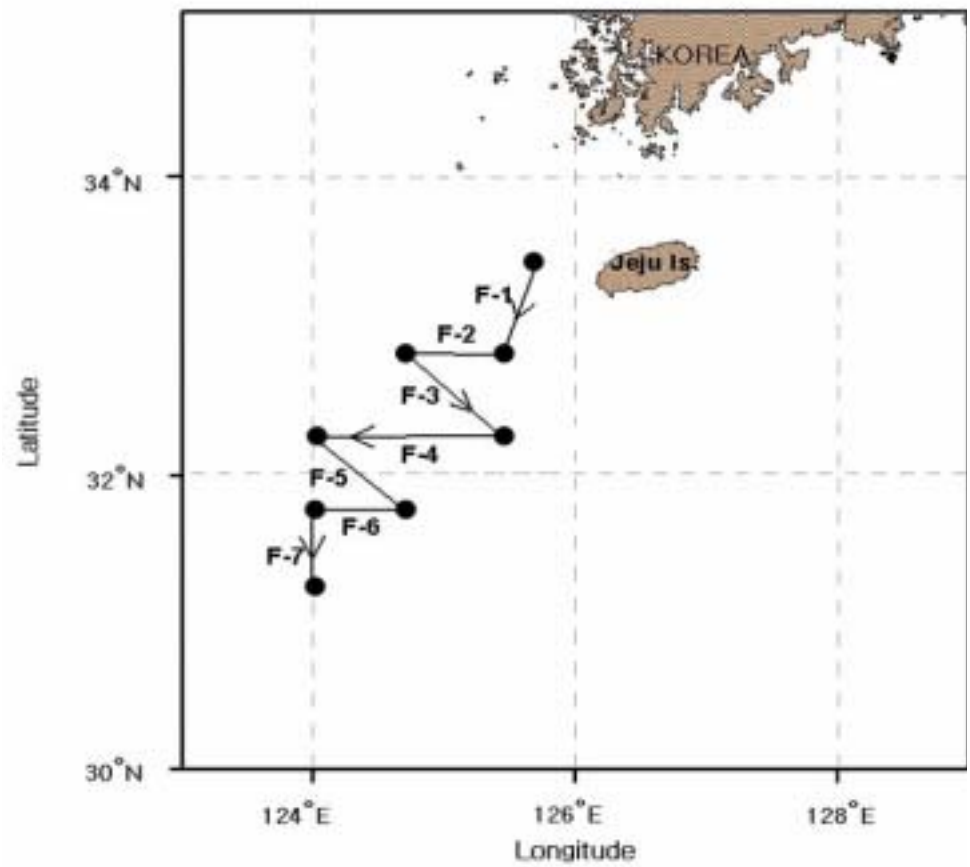


Fig. 2-6. Survey line of acoustic transect in July, 2002.

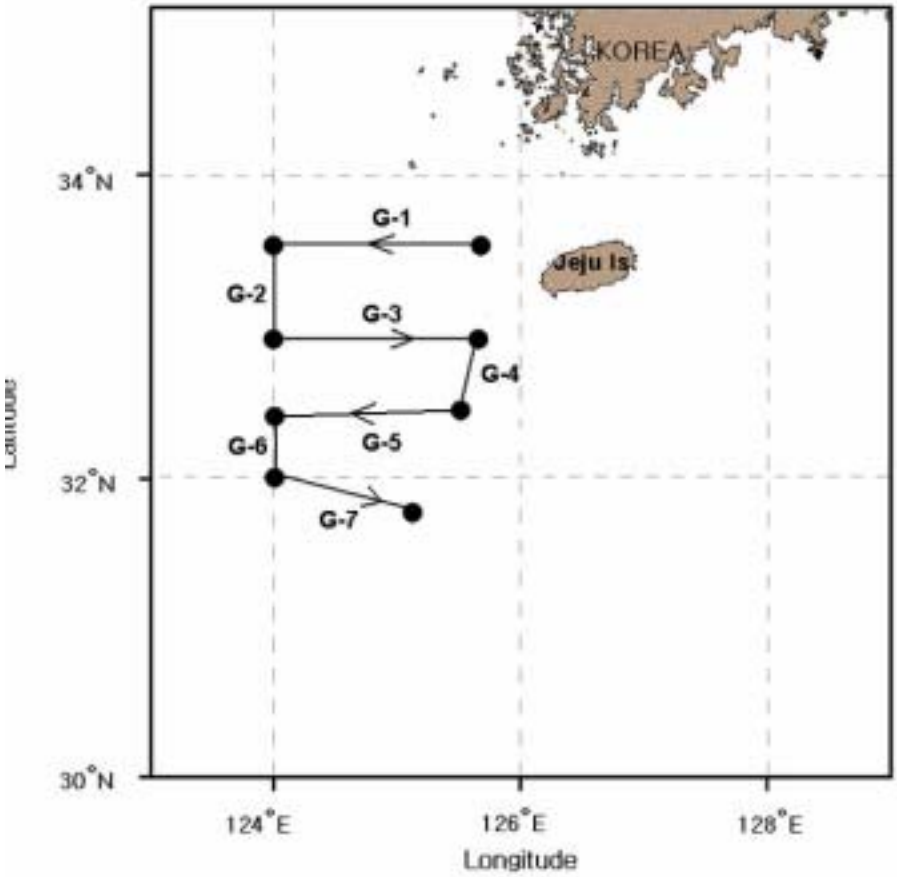


Fig. 2-7. Survey line of acoustic transect in June, 2003.

2) 조사 방법

계량어군탐지기(Simrad EK-500)를 이용한 저서어 자원 조사는 Fig. 2-8과 같이 송・수신기로부터 취득한 음향데이터를 음향처리시스템(BI-500)에 저장하고, 저장된 자료는 후처리 시스템인 BI-500과 에코적분분석시스템(Echoview)을 이용하여 어종별 또는 수심별로 분석하였으며, 마우스를 이용하여 어군이 존재하는 수심층에 대한 분석과 아울러, 환경잡음을 제외시킨후 생물에 대한 S_v(체적후방산란계수)를 산출하여, 어획자료와 비교하였다.

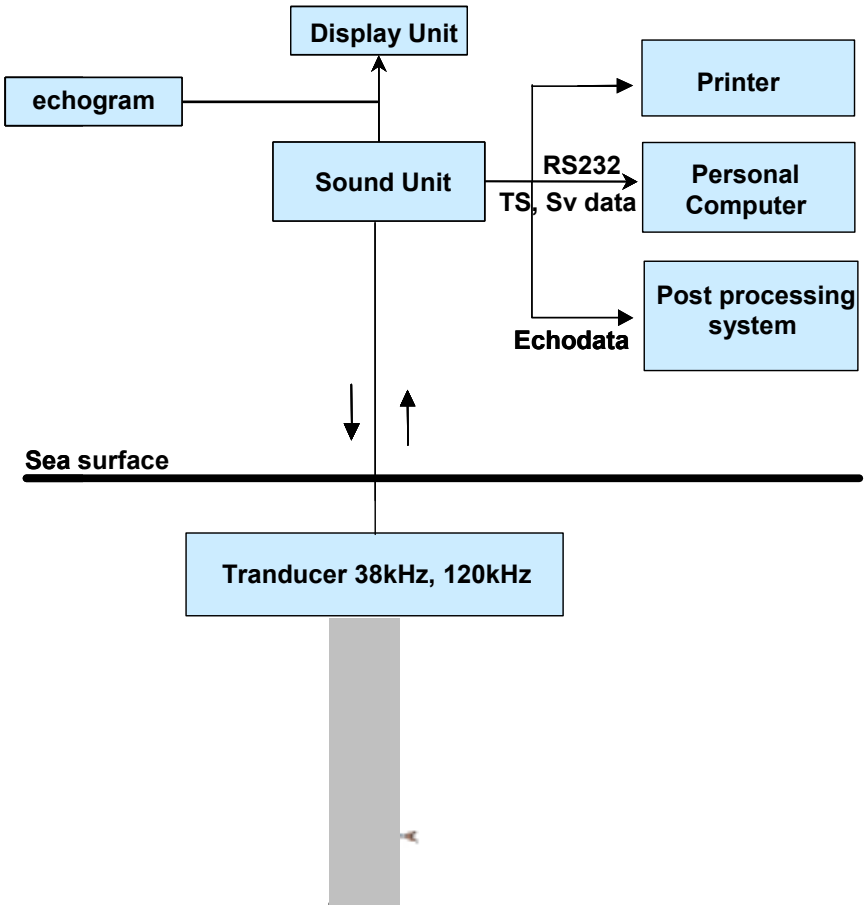


Fig. 2-8. Data acquisition system.

3) 해석방법

계량어군탐지기에서는 Fig. 2-9와 같이, Johanneson 과 Mitson(1983)의 음향적분이론을 바탕으로 면적산란계수(S_A, Area backscattering coefficient)를 도출하고, 이것을 이용하여 어족생물의 분포밀도를 추정한다.

Fig. 2-9에서와 같이 어족생물이 균일하게 분포하고, 어군감쇠와 다중산란을 무시할 수 있는 경우, 어군의 체적후방산란계수 S_V는 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$S_V = \rho_V \bar{\sigma}_{bs} \qquad (1)$$

여기서, ρ_V는 어류의 평균분포밀도($fish/m^3$), $\bar{\sigma}_{bs}$는 단체어의 평균후방산란단면적(m^2)이고, (1)식으로부터 체적산란강도 $SV(dB)$는 (2)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$SV = TS + 10 \log \rho_V \qquad (2)$$

따라서, 어족생물의 echo level로부터 SV와 대상어군의 평균 반사강도 TS(target strength)를 구하면 (2)식에 의해 대상어군의 분포밀도 ρ_V를 구할 수 있다.

한편, 체적산란계수와 면적산란계수 사이에는 (3)식과 같이

$$S_A = \int_{z1}^{z2} S_V(z)\, dz \qquad (3)$$

의 관계가 성립하고, 여기서 $[z_1, z_2]$는 음향적분수심구간이다. 이렇게 하여 산출된 S_A값으로부터 임의의 해역에 대한 평균면적산란계수 S_A는 (4)식에 의해 구할 수 있다.

$$S_A = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^{M} \int_{z1}^{z2} S_V(z) dz \qquad (4)$$

여기서, M은 송신펄스의 수이다. 이 값을 1 nm^2의 해역에 대한 평균면

적산란계수로 환산한 S_A와 평균체적산란계수 S_V 사이에는

$$S_V = \frac{S_A}{4\pi r_0^2 (1852m/nm)^2 (r_2 - r_1)} \qquad (5)$$

의 관계가 성립하고, 여기서, r_0 는 단위거리, r_1, r_2 는 음향적분의 수심 구간이다.

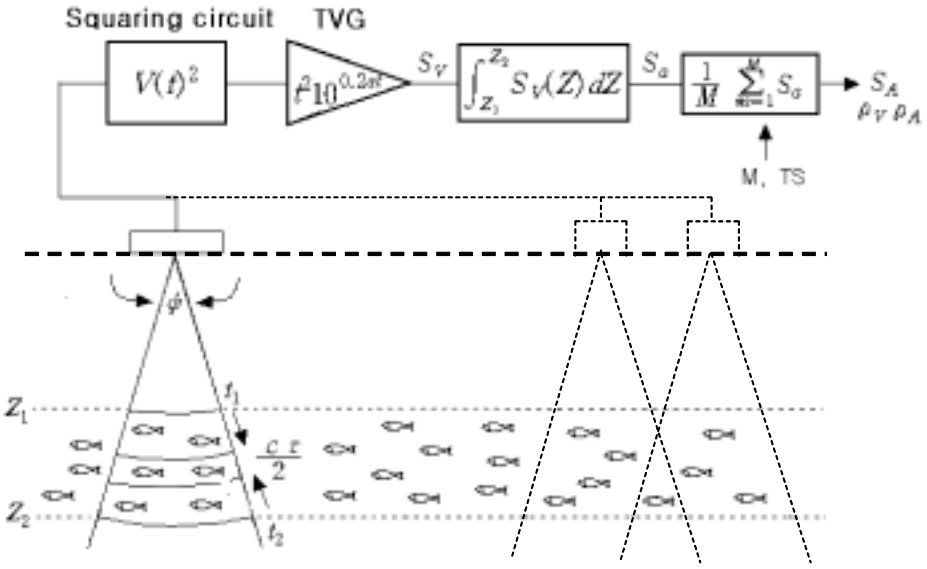


Fig. 2-9. Principle of scientific echo integration.

4. 트롤조업에 의한 저서어 자원조사

1) 조업해역

트롤 조업에 의한 저서어 자원조사는 Fig. 2-10에 나타낸 것과 같이 2001년 6월 26일부터 6월 28일까지 6개 해역, 2002년 7월 8일부터 7월 9일까지 3개 해역, 2003년 6월 28일부터 6월 29일까지 3개 해역에서 실시하였다.

트롤 조업 지점에 부여한 번호(01T1~03T3)는 조사 년도와 조사순번을 나타내며, 각 지점별 트롤 조업의 상세는 Table 1과 같다.

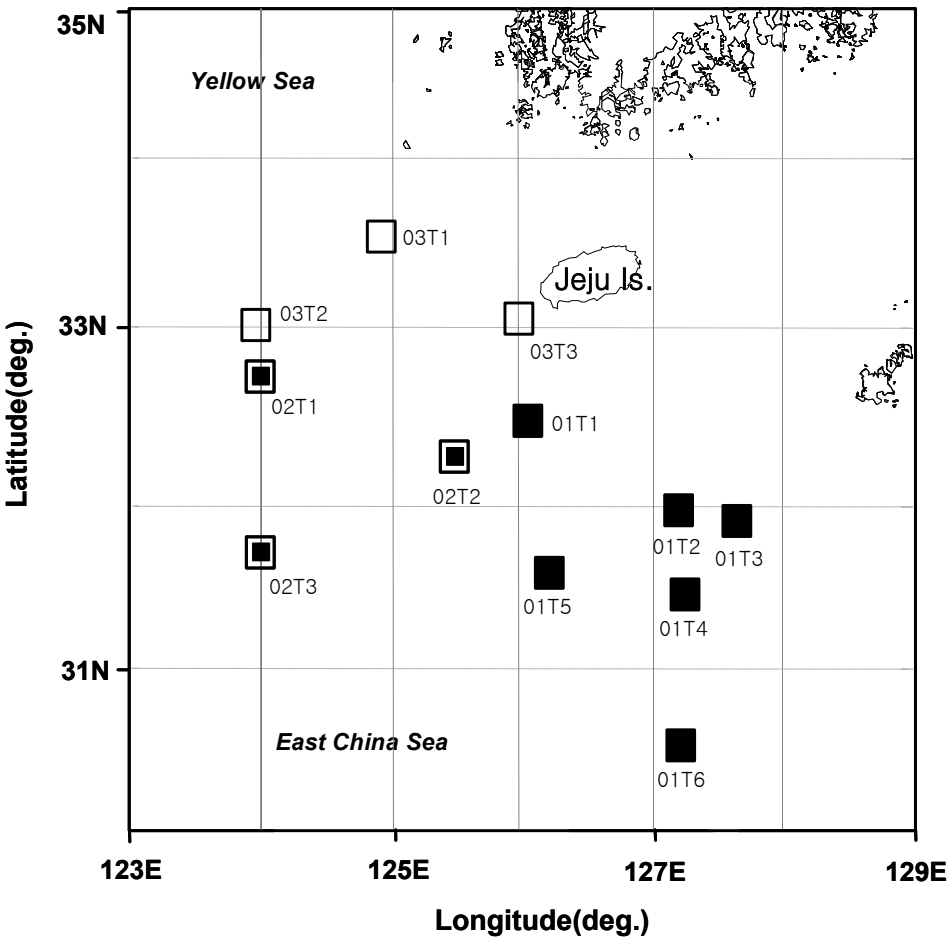


Fig. 2-10. Operation sea area for demersal trawl in southern waters of Jeju Island for this study.

(■ : 2001 ▣ : 2002 □ : 2003)

Table 1. Details for demersal trawl operation conducted in southern waters of Jeju Island for this study

Trawl area	Setting Time (Day/month/year)	Position		Direction (°)	Towing Duration	Towing speed (k′t)	Depth (m)
		Lat.(N)	Long.(E)				
01T1	1310 (26/Jun/2001)	32° 44.6′	126° 17.9′	135	1^h00^m	3.8	105
01T2	0615 (27/Jun/2001)	31° 46.8′	127° 43.9′	270	1^h00^m	3.8	102
01T3	0840 (27/Jun/2001)	31° 47.6′	127° 39.8′	225	1^h00^m	3.6	124
01T4	1325 (27/Jun/2001)	31° 43.9′	127° 07.1′	270	1^h00^m	4.0	103
01T05	1840 (27/Jun/2001)	31° 42.8′	126° 24.7′	135	1^h00^m	3.6	71
01T6	0650 (28/Jun/2001)	30° 48.6′	127° 02.1′	270	1^h00^m	3.8	102
02T1	1240 (08/Jul/2002)	32° 42.3′	124° 49.2′	135	1^h00^m	3.8	41
02T2	1825 (08/Jul/2002)	32° 14.4′	125° 21.7′	270	1^h00^m	3.5	58
02T03	1425 (09/Jul/2002)	31° 44.5′	123° 59.6′	120	1^h00^m	3.6	41
03T1	1845 (28/Jun/2003)	33° 28.9′	124° 51.5′	270	1^h00^m	3.6	73
03T2	0605 (29/Jun/2003)	32° 59.6′	124° 00.1′	090	1^h00^m	4.0	40
03T3	1650 (29/Jun/2003)	33° 00.2′	125° 45.9′	200	1^h00^m	3.8	38

2) 조사방법

트롤 조업에 의한 저서어 분포조사에 사용된 그물은 Fig. 2-11에 나타낸 것과 같이 전체의 길이가 69.72*m*이고, 뜸줄과 발줄의 길이는 각각 53.0*m*, 63.1*m* 인 저층트롤 그물이며, 3년의 조사기간 동안 중 동일한 어구를 사용하였다.

또한, 트롤 조업은 저서어류의 일주기 운동을 고려하여 일출 후부터 일몰 전까지로 한정하였고, 예망속도는 3.5~4.0*knot*, 망고는 5*m*가 유지되도록 하여 1시간 동안 예망하였다.

어획물은 양망 후 어종별로 분류하여, 마리수를 파악하고, 개체의 크기(*mm*) 및 체중(*g*)을 측정하였다. 어획된 종의 분류는 정(1977), 한국과학기술원 해양연구소(1990), 국립수산진흥원(1994,1998, 2001), 국립수산과학원(2004), 한 등(2002) 및 水産廳西海區水産硏究所(1981)에 따랐다.

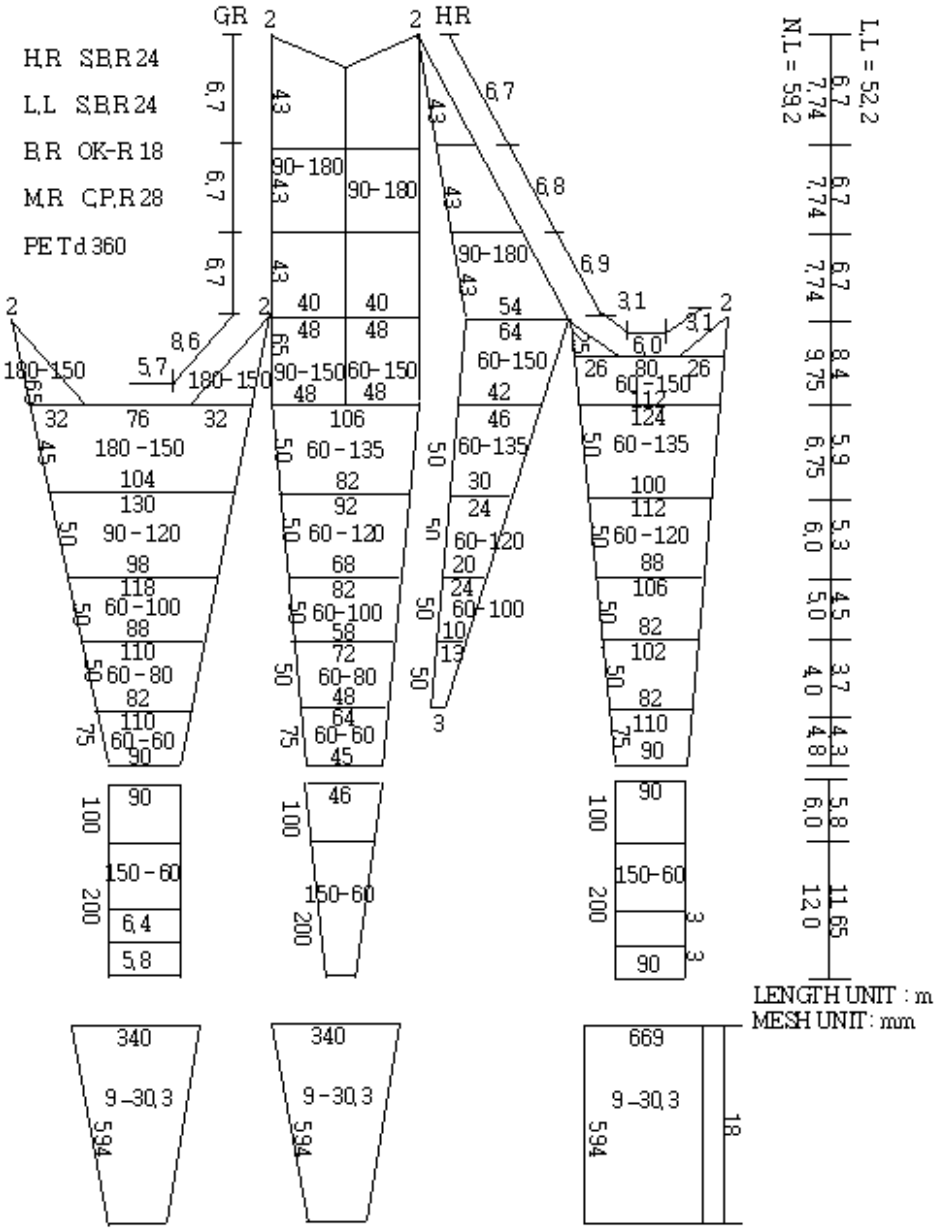


Fig. 2-11. Developed drawing for trawl net used in this study.

3) 해석방법

어획물은 조업 해역별로 출현 어종, 어종별 개체수 및 중량을 측정하여, 조업 해역별 CPUE(*kg/hr*)를 계산하였으며, 조사 위치에 따른 어종별 어획량의 차이를 비교하였다. 조업 해역별로 군집의 특성을 설명하는 생태지수에는 종다양성지수(Shannon 과 Wiener, 1963), 종풍부도지수(Margalef, 1958), 종균등도지수(Pielou, 1966) 및 우점도지수(McNaughton, 1968)를 구하였으며, 그 계산방식은 아래와 같다.

종다양성지수 : $H' = -\sum P_i \times \ln(P_i)$

P_i : i 번째 종의 점유율

종풍부도지수 : R = (S - 1)/ln(N)

S : 출현종수

N : 총출현 개체수

종균등도지수 : $J = H' / \ln(S)$

우점도지수 : $D = (Y_1 + Y_2) / Y$

Y : 총개체수

Y_1 : 첫 번째 우점종의 개체수

Y_2 : 두 번째 우점종의 개체수

Ⅲ. 결과

제주도 남쪽해역에서 2001년 6월 25일부터 28일, 2002년 7월 8일부터 9일 그리고 2003년 6월 28일부터 30일에 현장측정용형광광도계에 의한 해양환경조사, 동물플랑크톤조사, 계량어군탐지기에 의한 저서 자원조사와 트롤 조업에 의한 저서어 분포조사를 실시한 결과이다.

1. 해양환경조사

1) 2001년 6월의 수괴분포

(1) 수온의 수평 분포

수온의 수평분포는 Fig. 3-1과 같이 0*m*, 10*m*, 25*m* 및 50*m* 수층으로 구분하여 나타내었다. 표층 수온은 조사 해역의 남쪽에서 난류가 북상하는 양상을 보이며, 10*m* 수층에서도 전반적으로는 표층과 유사하나 조사대상 서쪽에서 저온수가 우측으로 압박하여 유입되는 경향이 보여진다. 한편, 25*m* 및 50*m* 수층은 제주도 남서쪽에서 저온수가 강하게 우측으로 압박되어 남쪽에서 북상하는 쓰시마난류의 서쪽 진행을 막고 있어 제주도 남쪽은 서쪽 수괴의 영향권에 들어 있음을 알 수 있다.

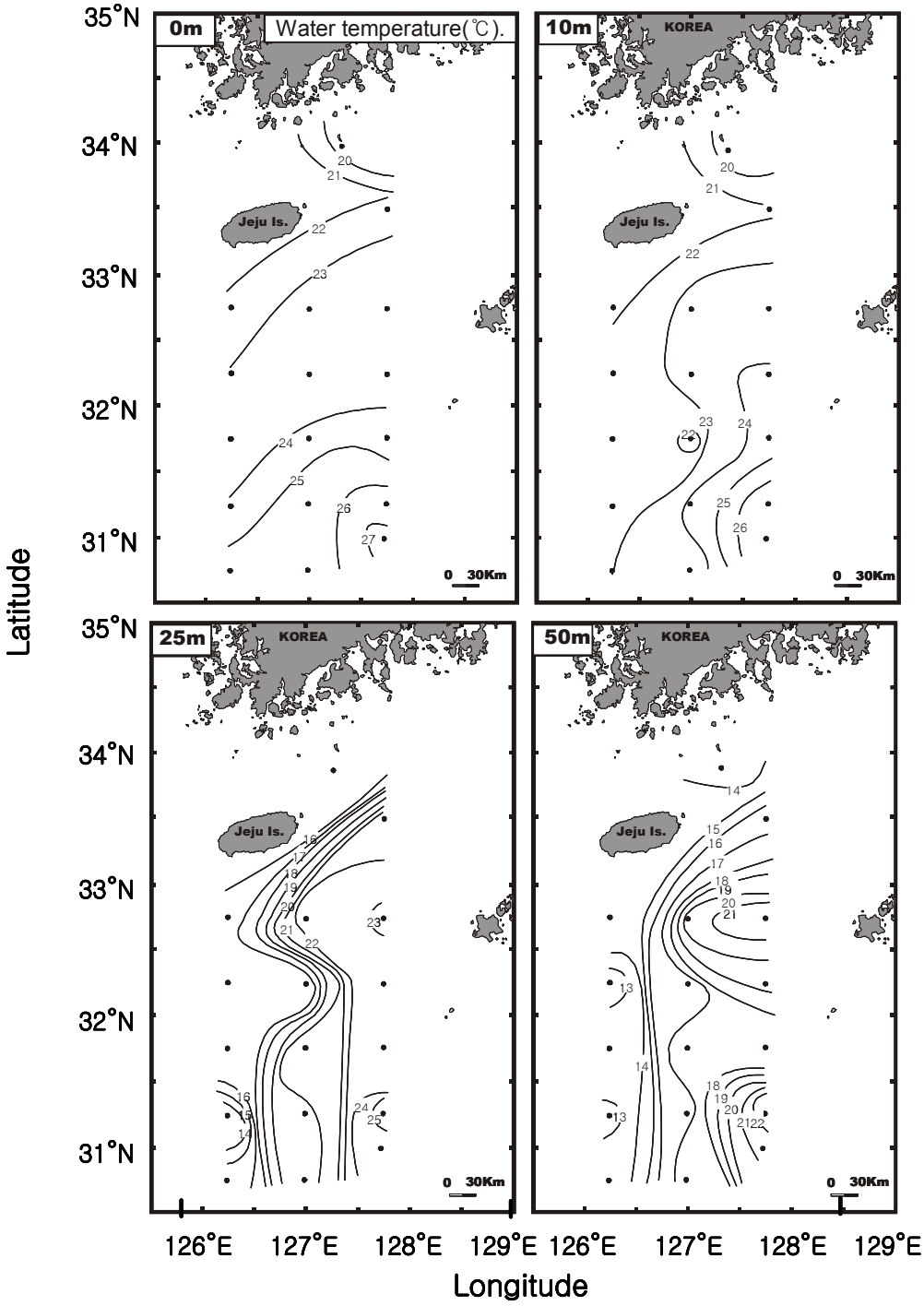


Fig. 3-1. Horizontal distributions of water temperature at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* in June, 2001.

(2) 염분의 수평 분포

염분의 수평분포를 Fig. 3-2와 같이 0*m*, 10*m*, 25*m* 및 50*m* 수층으로 구분하여 나타내었다. 수온과는 달리 다소 복잡한 양상을 나타내고 있으며 표층에서는 조사 해역 오른쪽에 33.0psu 이상이 고염수가 확장되어 나타나고 있지만, 중앙과 왼쪽 상단부에서 32.0psu 이하의 저염수가 조사해역으로 압박해오는 양상을 나타낸다. 10*m*와 25*m* 수층에서도 전반적인 경향은 표층과 유사하여 왼쪽에서 저염수가 오른쪽에서 고염수가 조사대상 해역으로 유입되어 오는 양상을 나타낸다. 그러나 쓰시마난류 본류의 성질을 나타내는 50*m* 층에서는 조사대상 왼쪽 하단부 일부 해역에서 34.0psu 이하의 염분수가, 그리고 오른쪽 상단의 대부분 해역에서는 34.0psu 이상의 염분수가 나타났다.

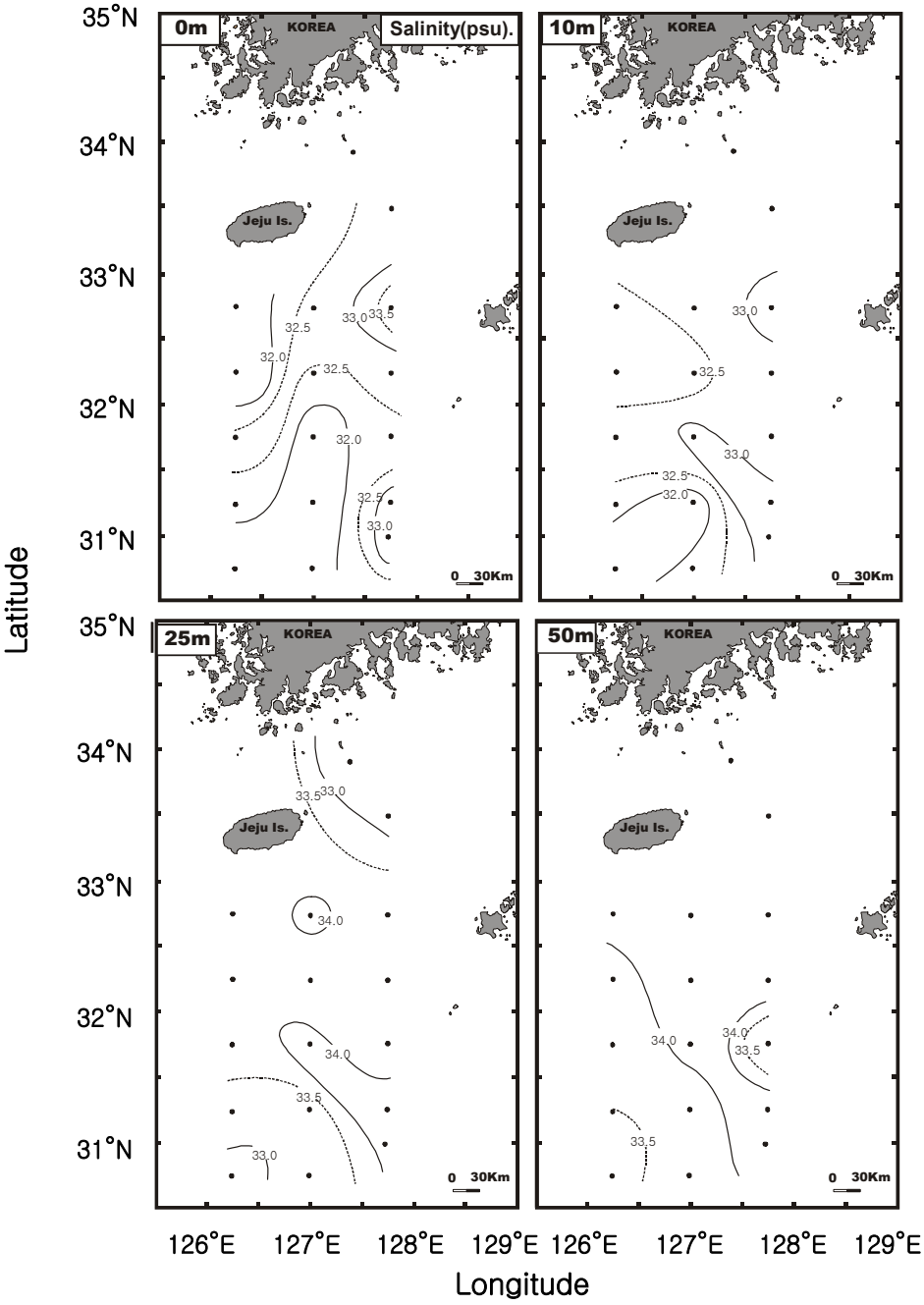


Fig. 3-2. Horizontal distributions of salinity at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* in June, 2001.

(3) 현장밀도의 수평 분포

현장밀도의 수평분포를 Fig. 3-3과 같이 0*m*, 10*m*, 25*m* 및 50*m* 수층으로 구분하여 나타내었다. 밀도는 염분농도보다 수온에 의해 지배되는 양상을 나타내고 있으며, 황해냉수의 영향을 받는 조사 해역의 서남쪽에서 25.0Kg/L 이상의 고밀도를 나타내었다.

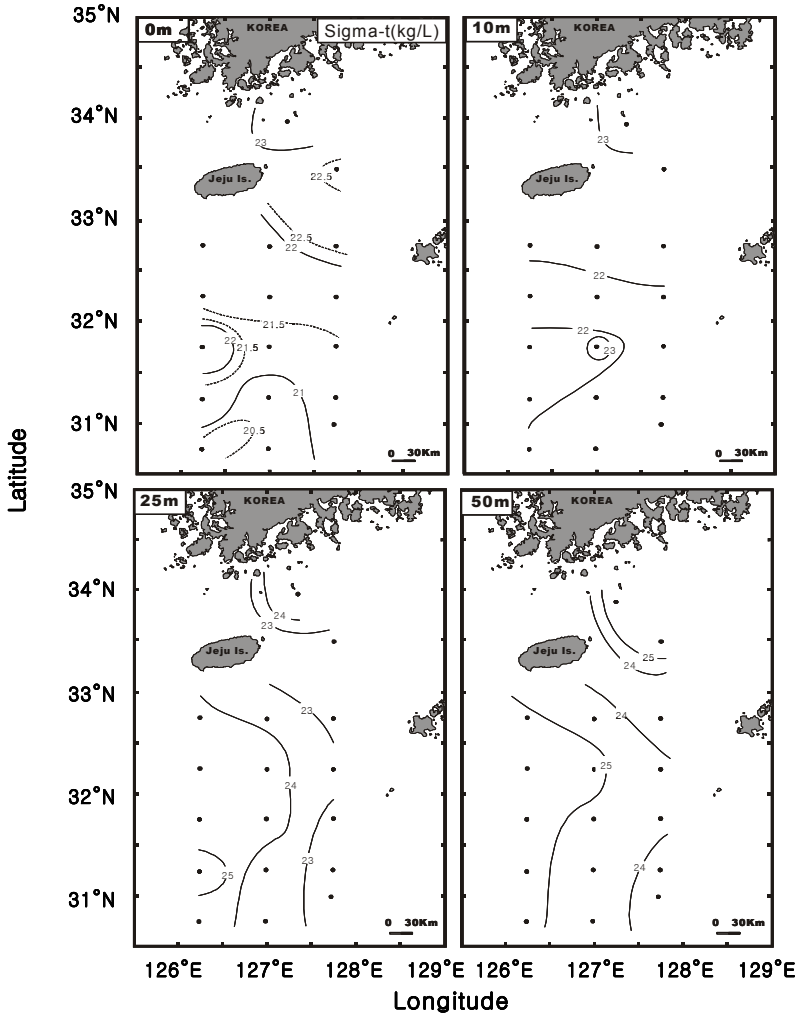


Fig. 3-3. Horizontal distributions of sigma-t at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* in June, 2001.

(4) Chlorophyll-*a*의 수평 분포

Chlorophyll-*a*의 수평적 분포 조사결과는 Fig. 3-4에서 보는 바와 같이 식물플랑크톤 생물량을 나타내는 Chlorophyll-*a* 량이 수괴에 따라 다르게 나타나고 있다. 전반적으로는 쓰시마 난류 해역에서 낮고, 황해냉수괴가 확장되는 저온수괴에서 높게 나타났다. 특히, 25*m* 수층의 제주도 남쪽 해역은 황해냉수의 영향을 받는 수괴가 강하게 오른쪽으로 확장되는 양상을 보여주는 데, 이 수괴에서 매우 높은 출현량을 나타내었다.

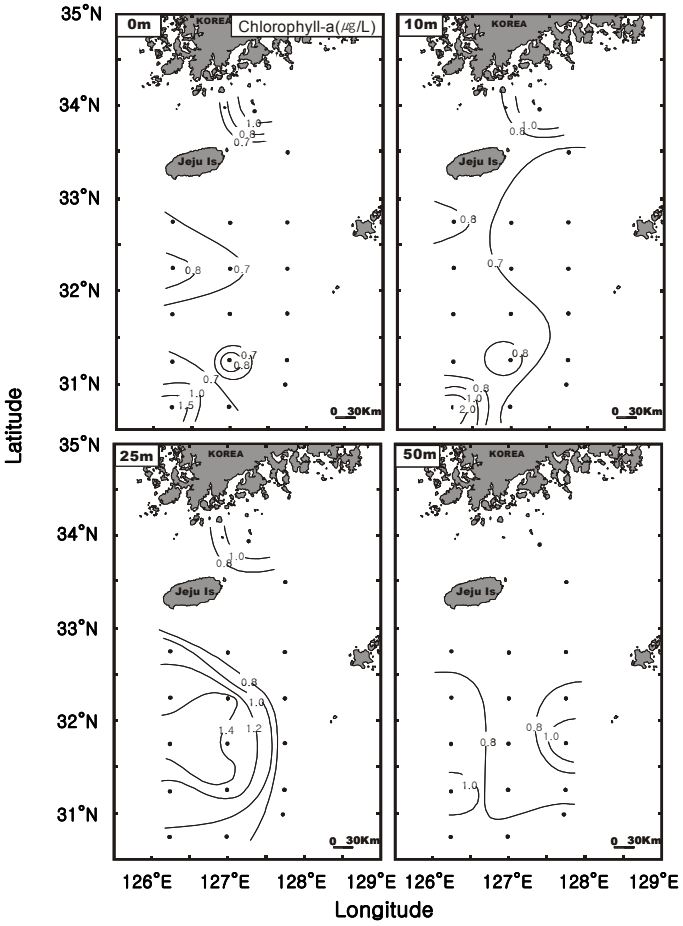


Fig. 3-4. Horizontal distributions of chlorophyll *a* concentration at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* in June, 2001.

(5) 주요 정점에 있어서 수괴의 연직 분포

조사 해역에 있어서 주요 정점의 연직 분포 조사결과는 Fig. 3-5와 같이 제주도 북동해역의 정점01S2와 조사 해역의 중앙부에 위치하는 정점 01S7, 01S12, 01S15에서의 수온, 염분, 밀도 그리고 Chlorophyll-*a* 농도를 나타내었다. Fig. 3-5에서 보면, 정점에 따라 다소 차이는 있으나, 수온 약층은 약 15*m*에서 30*m*사이 수심에서 보여진다. 특히 약층의 심도는 조사 해역 왼쪽에서 오른 쪽으로 갈수록 깊어지는 경향을 나타내고 있다. 염분 및 밀도 약층은 제주도 북동해역인 정점 01S2와 S-2 line 상의 01S7에서는 수온 약층이 형성되는 수층에서 보여지나, 쓰시마 난류 영향을 강하게 받는 해역에서는 수온 약층보다 표층인 10*m*에서 15*m*의 수층에서 보여진다. Chlorophyll-*a* 농도의 최대값은 수온 약층이나 밀도 수층의 하부에서 보여지며, 쓰시마 난류 영향을 강하게 받는 정점 01S15에서는 50*m* 층 부근에서 보여지고 있다.

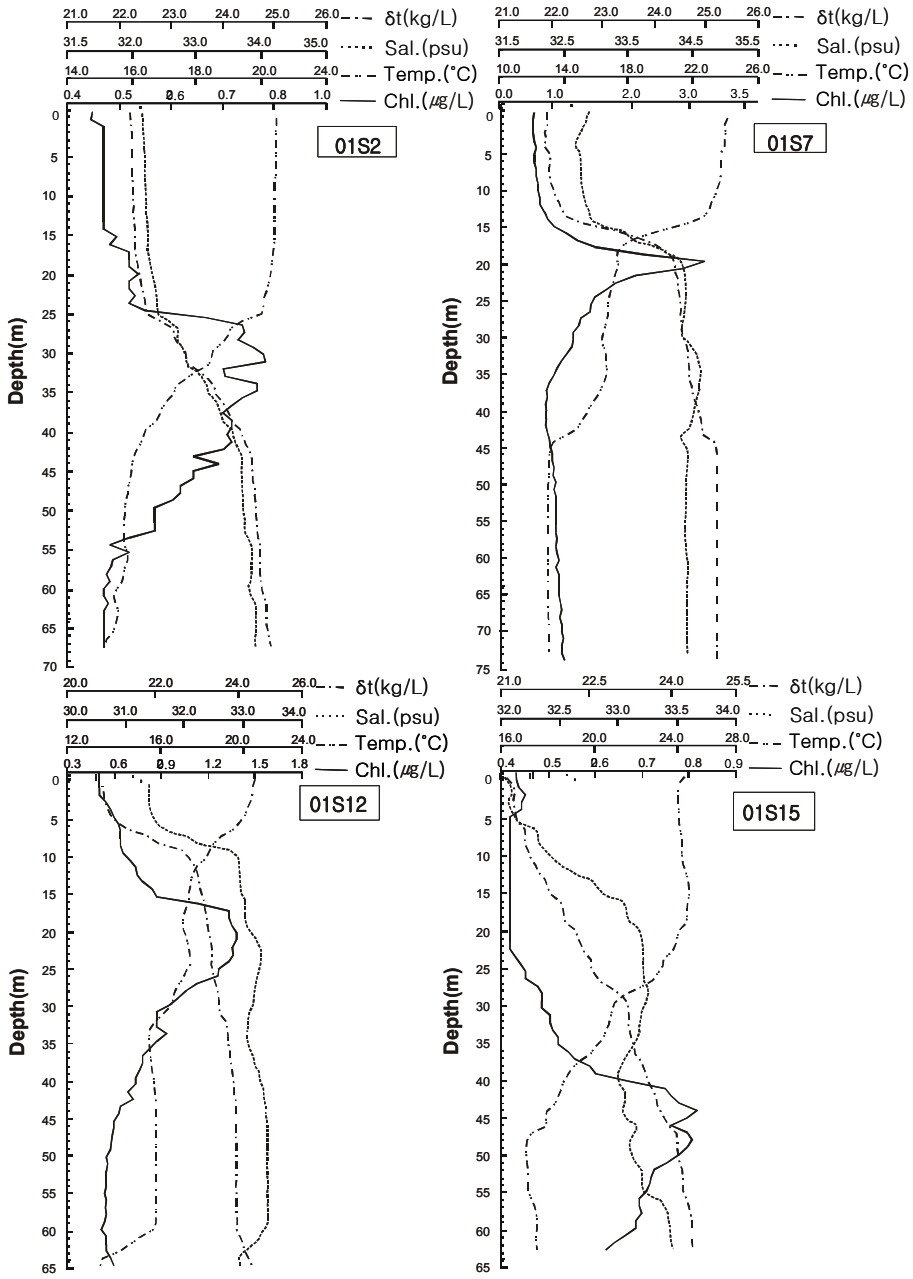


Fig. 3-5. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll *a* at the major stations in June, 2001.

(6) 주요 정선에 있어서 수괴의 연직 분포

Fig. 3-6은 경도 127°45′E인 S-1단면에서의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a* 량의 연직단면을 나타내고 있다. S-1단면의 경우는 북단의 정점 01S1과 01S2 수층의 일부를 제외하면 50*m* 수심까지 수온 20℃ 이상에 염분 34.0psu 이하, 즉 고온 저염의 전통적인 쓰시마 난류 수괴가 광범위하게 분포하고 있으며, 50*m* 이심에서는 저온에 고밀도 특성을 나타내는 황해 냉수 수괴의 영향이 강하게 지배되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 Chlorophyll-*a* 농도도 황해냉수나 중국대륙연안수의 영향을 받는 수괴에서 상대적으로 높고, 쓰시마 난류 수괴에서 낮은 경향을 보여주었다.

Fig. 3-7은 경도 126°15′E인 S-2단면에서의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a*의 연직단면을 나타내고 있다. S-2단면의 경우는 S-1 단면과는 달리 15*m* 수심 부근에서 강한 수온약층을 나타내고 있으며, 약층 상부에는 20℃ 이상 33.0psu 이하의 고온 저염의 수괴가 점유하는 반면, 약층 하부에서는 20℃ 이하, 33.0psu 이상의 저온 고염의 수괴가, 특히 50*m* 이심에서는 13℃이하, 34.0psu 이상의 매우 낮은 수온의 고염분 수괴가 출현하고 있다. 즉, 대부분 수층에서 쓰시마 난류 수괴 영향보다는 황해냉수괴나 중국대륙연안수의 영향을 강하게 받는 것으로 나타났다. Chlorophyll-*a* 농도도 고온, 저염과 저온, 고염의 수괴가 혼합된 형태의 중층과 최남단에 위치하는 해역에서 1.0㎍/L 이상으로 비교적 높은 생물량을 나타내었다.

이와 같은 결과는 조사대상 해역의 생물생산을 지배하는 영양염류 공급원은 중국대륙에서 기원하는 연안수임을 간접적으로 시사하고 있어 중국대륙연안수의 확장여하에 의해 생물생산이 달라질 수 있음을 나타낸다(Edmond 등., 1985).

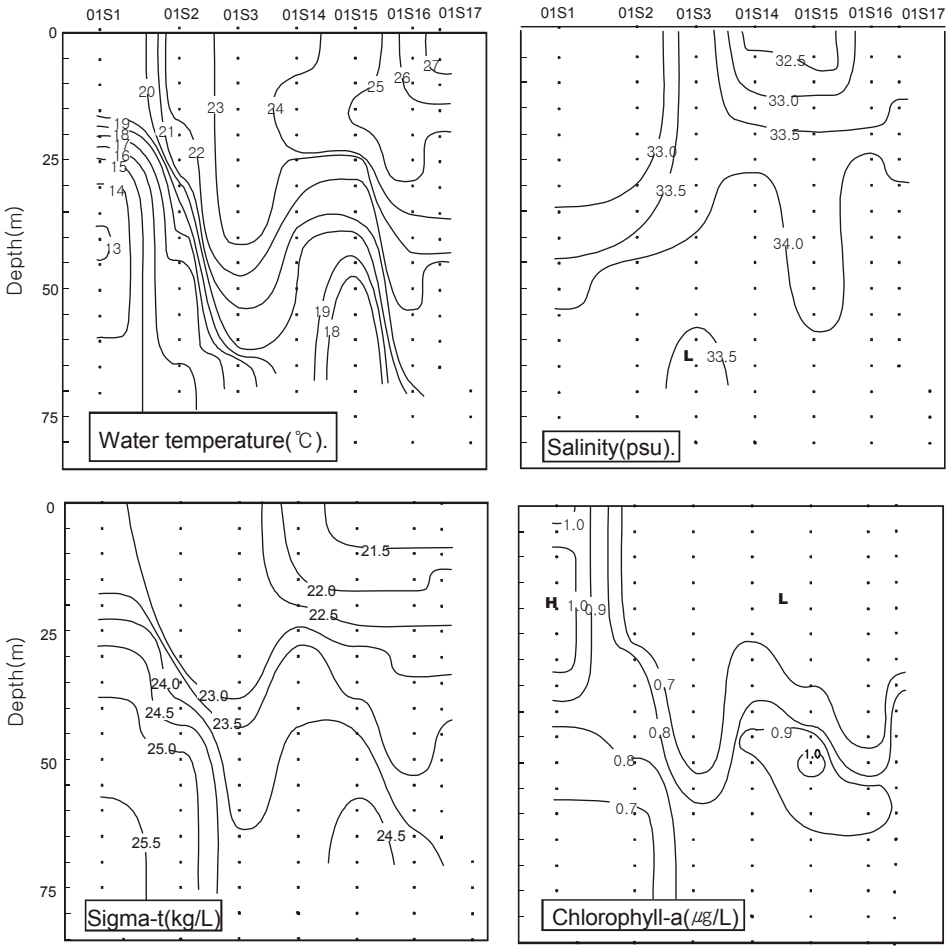


Fig. 3-6. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* on S-1 line in June, 2001.

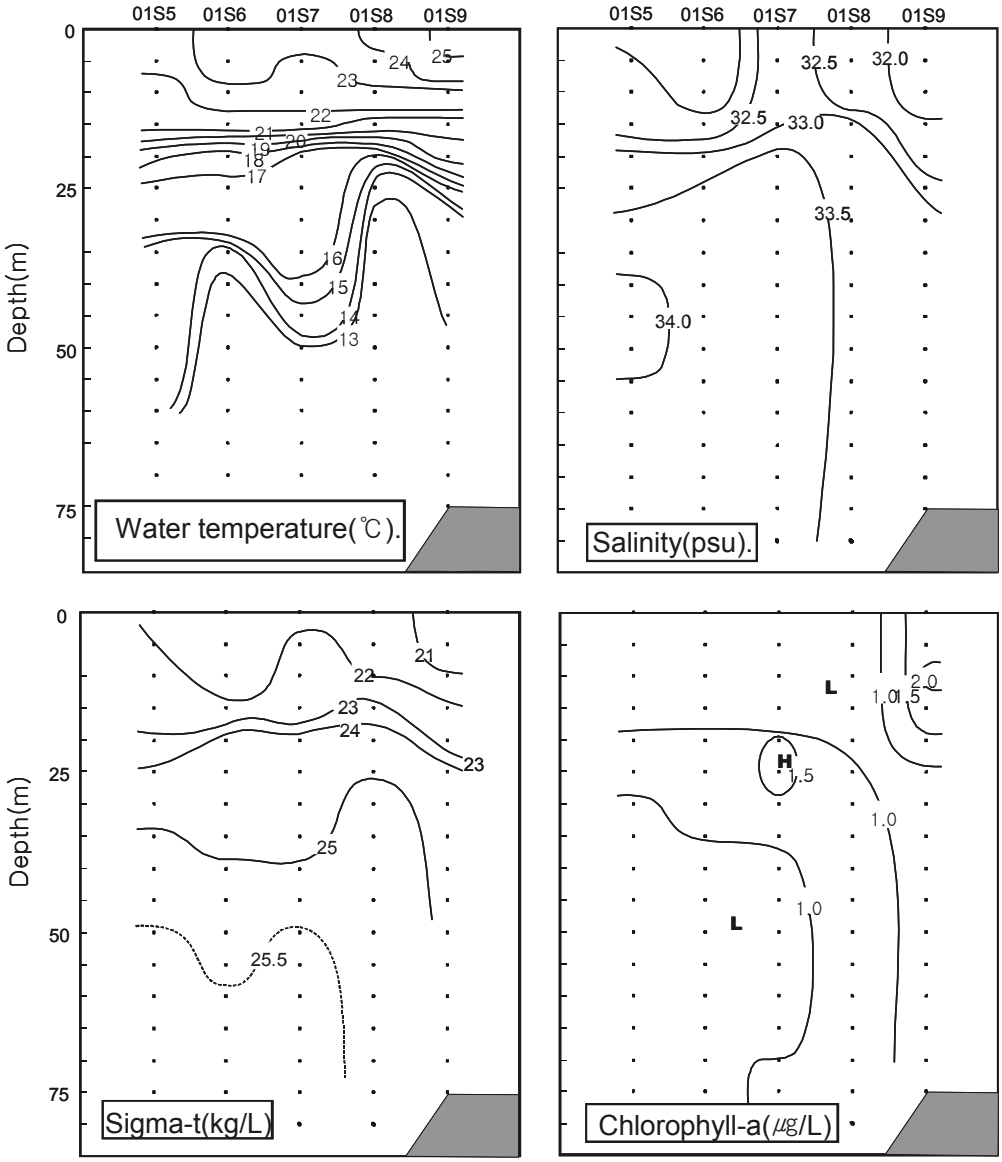


Fig. 3-7. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* on S-2 line in June, 2001.

2) 2003년 6월의 수괴분포

(1) 수온의 수평분포

수온의 수평분포를 Fig. 3-8과 같이 0*m*, 10*m*, 25*m* 및 50*m* 수층으로 구분하여 나타내었다. 조사 해역은 황해저층냉수와 쓰시마 난류, 그리고 중국대륙연안수가 세력범위를 달리하며 복잡한 해황을 보이는 해역이다. 조사 시점에 있어서 표층 수온은 전 해역에서 중국대륙연안수의 영향을 강하게 받고 있는 것으로 보였으며, 10*m* 수층은 남서해역의 고온인 중국대륙연안수의 영향을 강하게 받고 있지만, 조사해역의 중앙부에서는 황해저층냉수괴의 영향을 비교적 강하게 받는 것으로 보여 졌다. 25*m* 수층은 남서해역의 고온인 중국대륙연안수 영향을 북서, 남동의 중앙부 해역은 저온의 냉수괴 영향을 나타내는 반면 북동의 제주서쪽은 고온의 쓰시마 난류의 영향을 받는 것으로 판단되었다. 그러나 50*m* 수층은 제주도 남서쪽에서 쓰시마 난류의 영향을 받고 북서해역에서는 저온의 황해냉수괴 영향을 강하게 받고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 조사해역에 있어서 쿠로시오 기원의 난수와 황해냉수 기원의 저온수, 그리고 중국대륙기원의 고온 저염의 연안수가 혼재하면서 세력권을 달리한다는 기존의 연구결과와 같다고 할 수 있다

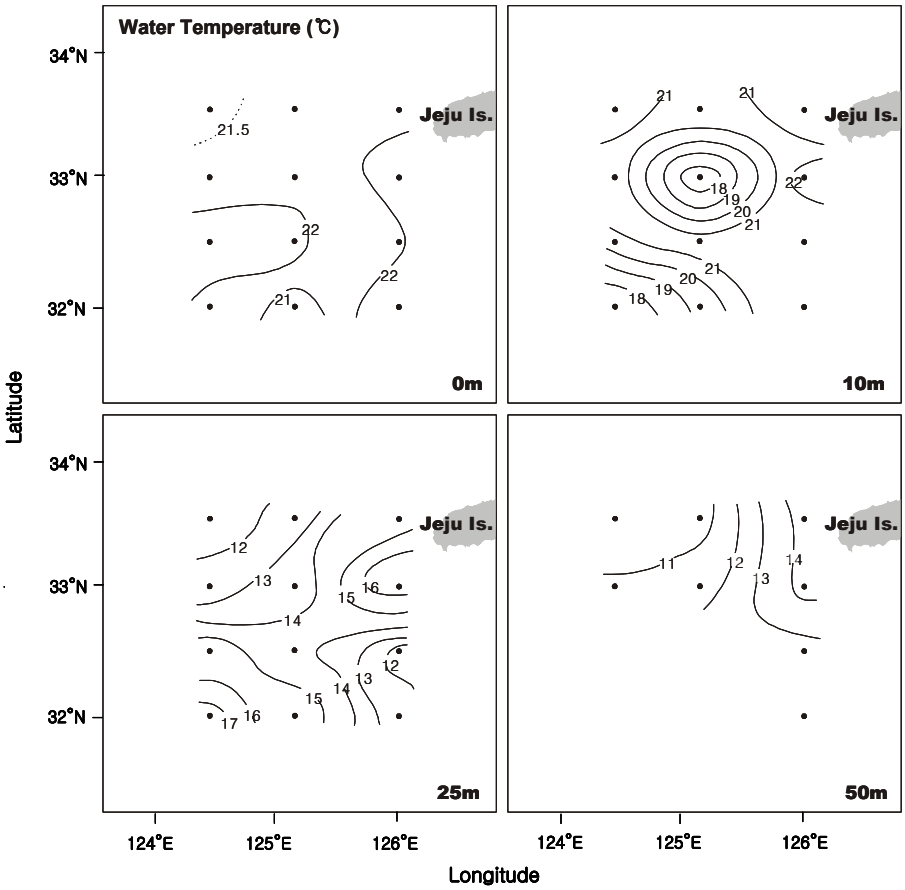


Fig. 3-8. Horizontal distributions of water temperature at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* layers in June, 2003.

(2) 염분의 수평 분포

Fig. 3-9에 나타낸 것과 같이 염분은 수온과는 달리 담수 유입 지표로 쉽게 이용될 수 있다, 조사 기간동안은 예년에 비해 많은 강수현상으로 대부분 해역의 표층에서는 31.0psu 이하의 저염으로 육상기원 수괴영향이 강하게 나타났다. 10m 수층도 표층과 유사하여 전체적으로는 낮은 염분을 보였으며, 특히 조사해역의 남서쪽인 양자강 하구에 인접한 해역에서는 30.0psu 이하의 매우 낮은 염분분포를 보였다. 그러나 25m 수층은 북서해역에서 33.0psu 이상의 염분을 보이는 황해저층냉수괴와 연안수가 혼합된 양상을 보였으며, 50m 수층은 제주 남서쪽 해역에서 34.0psu 이상의 쓰시마 난류 특성을 보이는 수괴와 대륙사면을 타고 남하한 것으로 보이는 33.0psu 내외의 황해저층냉수괴가 혼합된 특성을 보였다.

이와 같은 결과는 2001년의 조사에서 쓰시마 난류, 황해저층냉수 및 중국대륙연안수가 매우 복잡한 양상을 보였던 것과는 달리 중국대륙연안수의 영향으로 쓰시마 난류 세력이 약화되어 있음을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

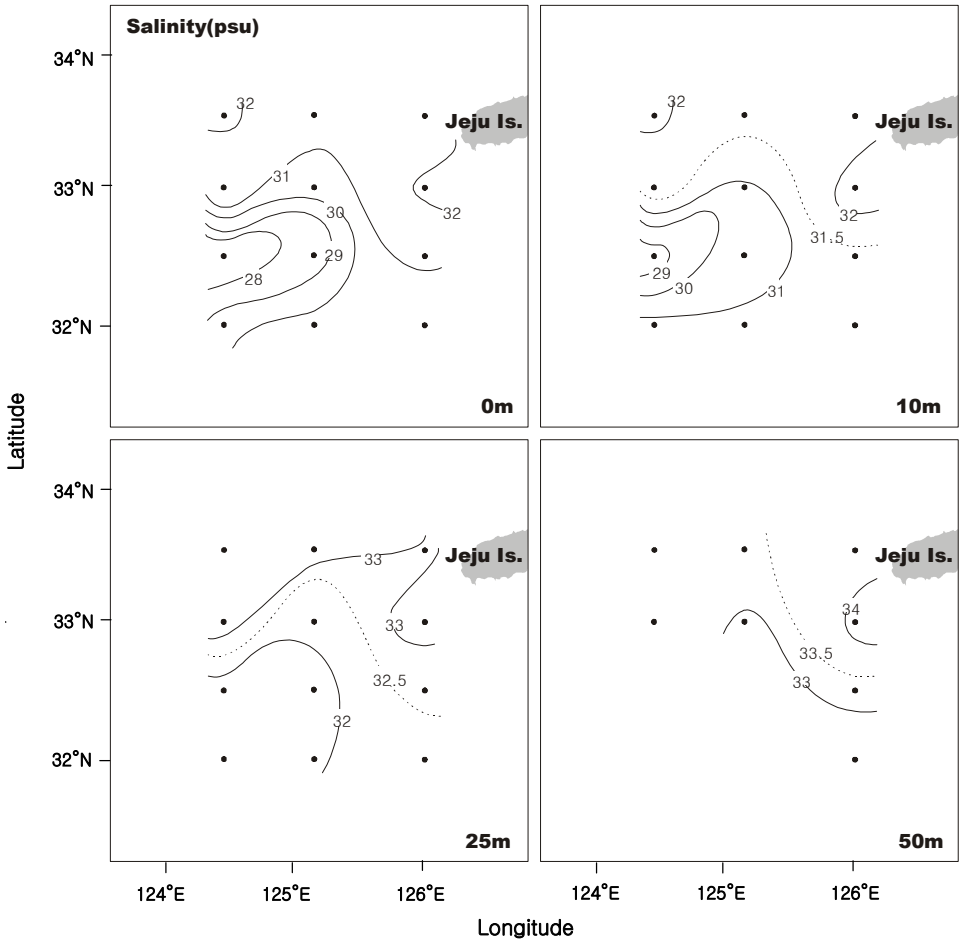


Fig. 3-9. Horizontal distributions of salinity at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* layers in June, 2003.

(3) 현장밀도의 수평 분포

현장밀도는 2001년 조사시 염분보다 수온에 의해 지배되었던 양상과는 달리 Fig. 3-10에 타나낸 것과 같이 강한 중국대륙연안수 영향으로 염분에 의해 지배되어 염분의 공간적 분포와 매우 유사하였다. 즉, 표층과 10*m* 수층에서는 중국대륙연안수의 영향을 강하게 받아 조사 대상 대부분에서 22.0kg/L 이하의 밀도를 보이고 있으나, 25*m* 수층에서는 조사 해역의 북서쪽에서 황해저층냉수의 영향을 받아 25.0kg/L 이상의 고밀도를 보였다. 또한, 50*m* 수층에서는 대부분 해역에서 25.5kg/L 이상의 매우 높은 밀도를 나타내었다.

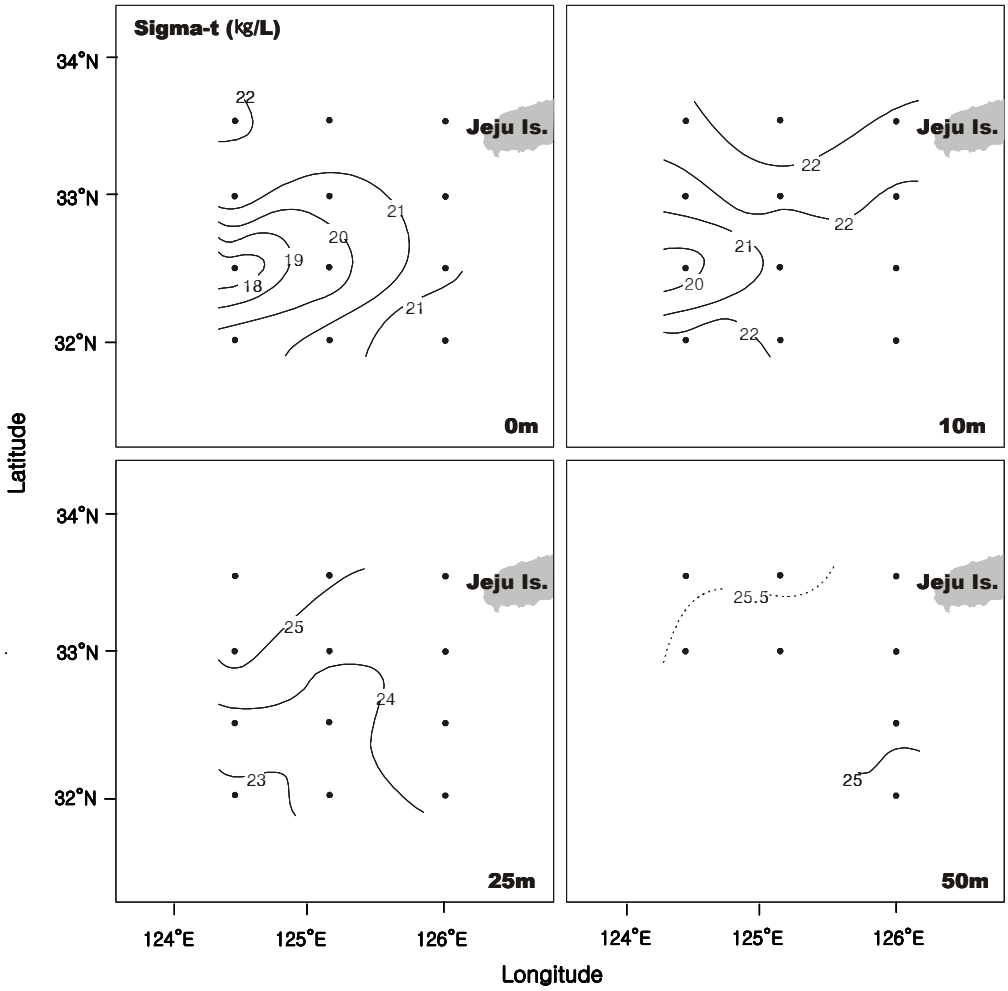


Fig. 3-10. Horizontal distributions of sigma-t at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* layers in June, 2003.

(4) Chrolophyll-*a*의 수평 분포

Chrolophyll-*a*의 수평적 분포는 Fig. 3-11에서 보는 바와 같이 전반적으로 높은 값을 나타내었으며, 10*m*에서 25*m* 사이 수층, 특히 수온약층 부근에서 높은 농도를 보였으며, 10*m* 수층의 경우에는 1.04 ㎍/L에서 6.08 ㎍/L의 범위에서 변화하였다.

또한, 공간적으로도 표층은 조사해역 서남부에서 비교적 높은 농도를 보이고 있으나, 10*m* 수층에서는 변동 폭이 매우 크고, 양자강 하구에 가까운 해역에서 10 ㎍/L 내외의 높은 농도를 보이는 것에 반해 제주도 남서쪽 해역에서는 2 ㎍/L이하의 상대적으로 낮은 생물량을 나타내었다. 25*m* 수층에서도 전체적인 절대값은 낮아지지만 10*m* 수층과 유사한 경향을 나타내고 있으며, 50*m* 수층에서는 혼탁한 특성을 보이는 황해저층냉수괴의 영향을 받는 수역에서 상대적으로 높은 생물량을 보였다. 한편, 조사해역의 Chlorophyll-*a* 농도는 수괴에 따라 다르게 나타나, 쓰시마 난류 해역에서 낮고, 중국대륙연안수 및 황해냉수괴가 확장되는 해역에서 높은 경향을 보였다.

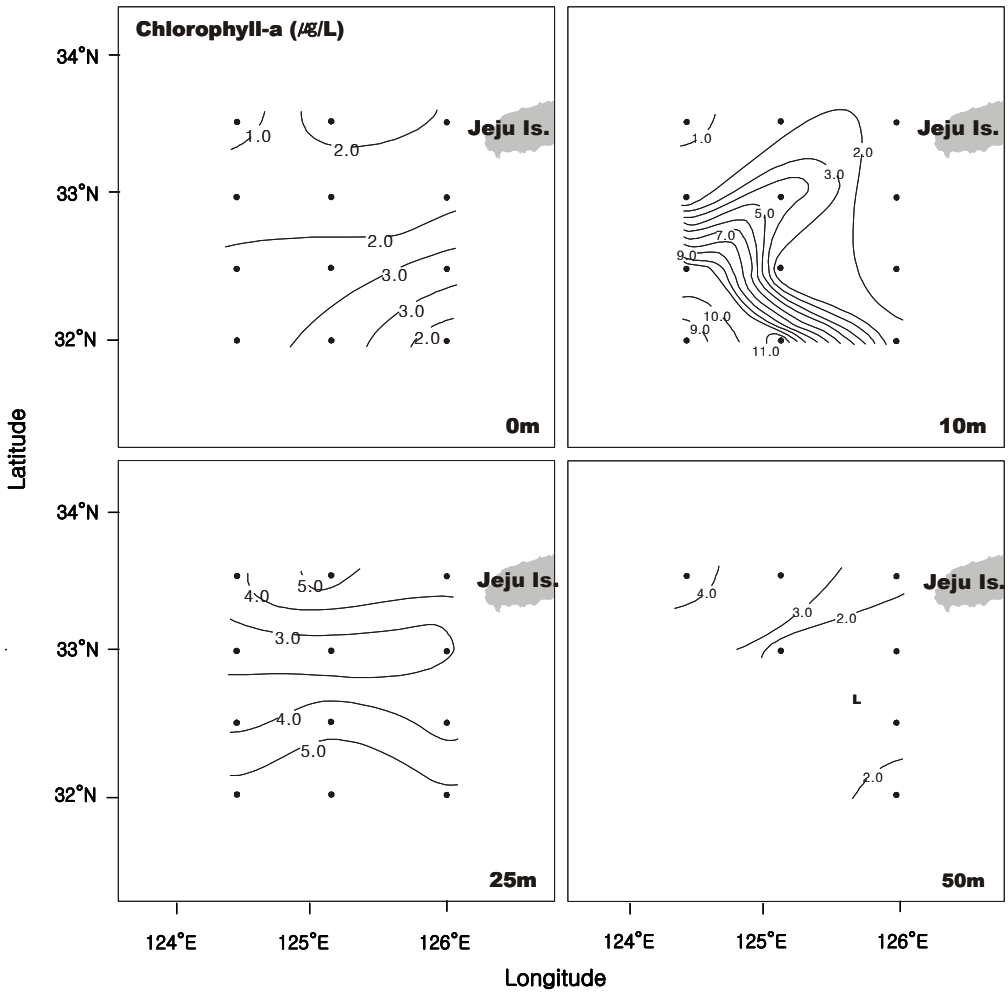


Fig. 3-11. Horizontal distributions of chlorophyll *a* concentration at 0*m*, 10*m*, 25*m* and 50*m* in June, 2003.

(5) 주요 정점에 있어서 수괴의 연직 분포

정점별 수괴의 연직 분포 조사는 Fig. 3-12와 같이 조사해역의 북서에서 남동으로 정점 03S3, 03S5, 03S10과 03S12에서의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a* 농도를 조사 했으며, 그 결과는 담수 영향이 많은 정점에서 수온 및 밀도약층 형성 수심이 낮아지는 경향을 보였고, 양자강 하구에 가장 인접한 정점 03S10에서는 10*m*보다 낮은 수심에서 약층이 나타났다.

그러나 전체적으로는 수심 10*m* 부근에서 수온과 밀도약층이 나타났으며, 가장 수심이 깊은 정점 03S12에서는 약 20*m* 부근에서 약층이 나타났다. 즉 수온 및 밀도 약층의 형성 수심은 조사 해역의 왼쪽에서 오른 쪽으로 갈수록 깊어지는 경향을 나타내어 2001년 조사결과와 유사하였다. 다만, 조사 해역에서 보여 지는 Chlorophyll-*a* 농도의 최대값은 일반적으로 수온약층과 밀도약층의 수심 또는 약간 하부에서 보여 지나, 정점 03S3에서는 약층보다 2배 정도 깊은 수심인 30*m* 부근의 수층에서 보여 지는 이례적인 특징을 나타내었다. 특히 정점 03S3과 03S12에서는 약층 하부에서 Chlorophyll-*a* 농도가 최대값을 보인 후 낮아지다가 수심이 깊어짐에 따라 증가하였다.

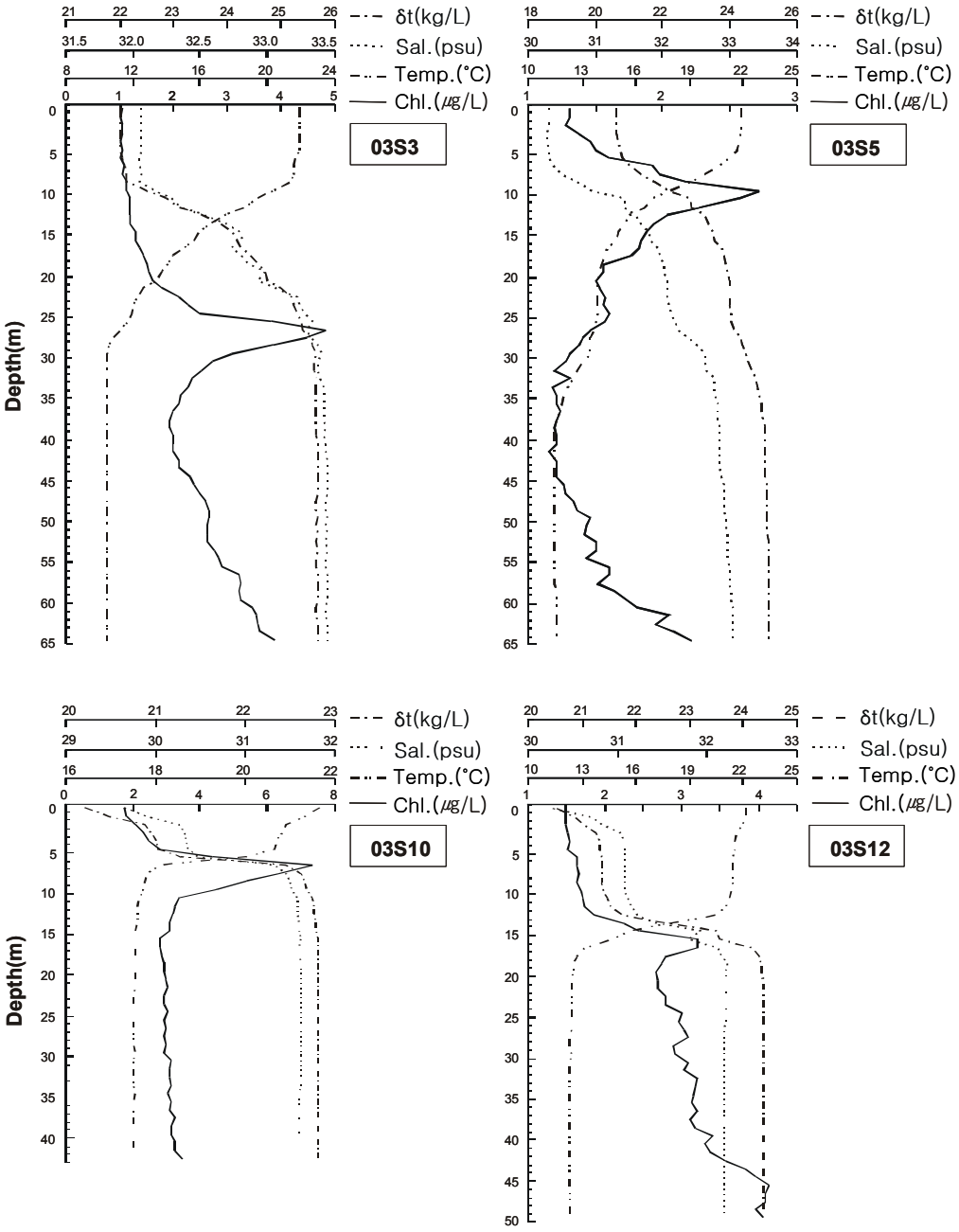


Fig. 3-12. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll *a* at the major stations in June, 2003.

(6) 주요 정선에 있어서 수괴의 연직 분포

Fig. 3-13에 나타낸 것과 같이 조사해역의 가장 오른쪽에 위치하는 경도 125°50′E의 정선 H-1 단면의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a* 의 분포를 보면, 수심 10*m*~20*m*에서 매우 급한 구배의 수온약층이 보여 지며, 20*m* 이심에서는 남부해역을 중심으로 14℃ 이하의 저온수가 광범위하게 분포하는 것으로 나타났다. 염분은 표층에서 약 15*m* 수층까지는 32.0psu 보다 낮은 염분을 나타내나, 저층에서는 33.0psu 이상의 비교적 높은 농도를 보였다. 그러나 정점 03S6의 표층에서는 32.0psu 이상의 농도로 외부 유입가능성을 나타내는 염분 불연속선을 보였다. 현장밀도는 수온의 분포와 유사하여 10*m*에서 20*m* 수층에 급한 밀도구배를 나타내나, 20*m* 이심에서는 북부해역에서 25.0Kg/L 이상의 고밀도수가 분포하였다. Chlorophyll-*a* 농도는 수온약층과 밀도 약층이 보여 지는 불연속선에서 3 ㎍/L 이상의 높은 값을 보이는 반면, 표층과 저층에서 2.0 ㎍/L보다 낮은 농도를 나타내었다.

Fig. 3-14에 나타낸 것과 같이 조사해역의 가장 왼쪽에 위치하는 경도 124° 00′E의 정선 H-2 단면 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a* 의 분포를 보면, 수온은 10*m* 내외의 수심에서 급한 온도구배의 약층이 보여 지며, 약층 형성수심은 남쪽으로 갈수록 얕아지는 특성을 나타내었다. 또한 저층에서는 황해에 인접하는 북쪽의 정점 03S3에서 황해저층냉수괴인 11℃ 이하의 해수가 남쪽으로 확장하면서 수온이 높아지는 특성을 보였다. 염분은 냉수괴의 영향이 비교적 강한 북단의 정점 03S3과 정점 03S4의 표층과 중·저층을 제외하고는 전 해역에서 32.0psu 이하의 낮은 농도를 보이며, 특히 남단의 정점 03S9와 03S10에서는 표층에 30.0psu 이하의 저염분수가 광범위하게 분포하여 저층의 냉수괴가 남하하는 것을 방해하는 양상을 보였다. 현장밀도는 표층에서 염분의 분포에 의해 지배되는 반면, 저층은 수온에 의해 지배되는 특성을 나타내어 염분과 수온의 분포를 종합한 분포특성을 나타내었다. 즉, 10*m* 전후의 수심에서 22.0Kg/L 내외의 값으로 급한

밀도구배가 보여 지나, 남쪽의 표층에서는 20.0Kg/L 이하의 저밀도수가 북부의 저층에서는 25.0Kg/L 이상의 고밀도수가 넓게 분포하였다. Chlorophyll-*a* 농도는 수온약층과 밀도약층이 보여지는 불연속선에서 3~4 ㎍/L이상의 높은 값을 보이는 반면, 표층에서 2.0 ㎍/L보다 낮은 농도를 나타내었다. 특히 정점 03S9를 중심으로 하는 불연속선은 중국대륙연안수와 황해저층냉수괴에 형성되는 것으로 판단되었다.

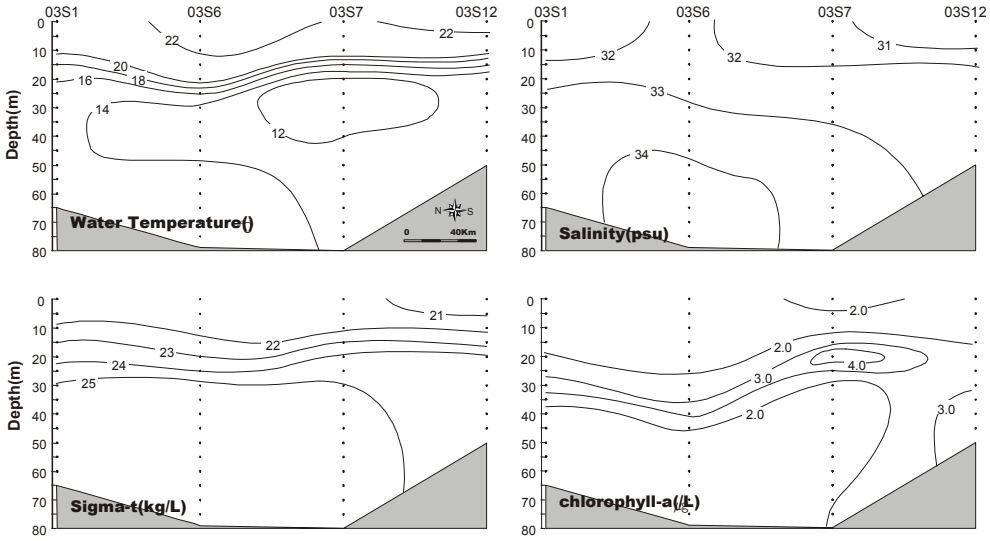


Fig. 3-13. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll *a* concentration on H-1 line in June, 2003.

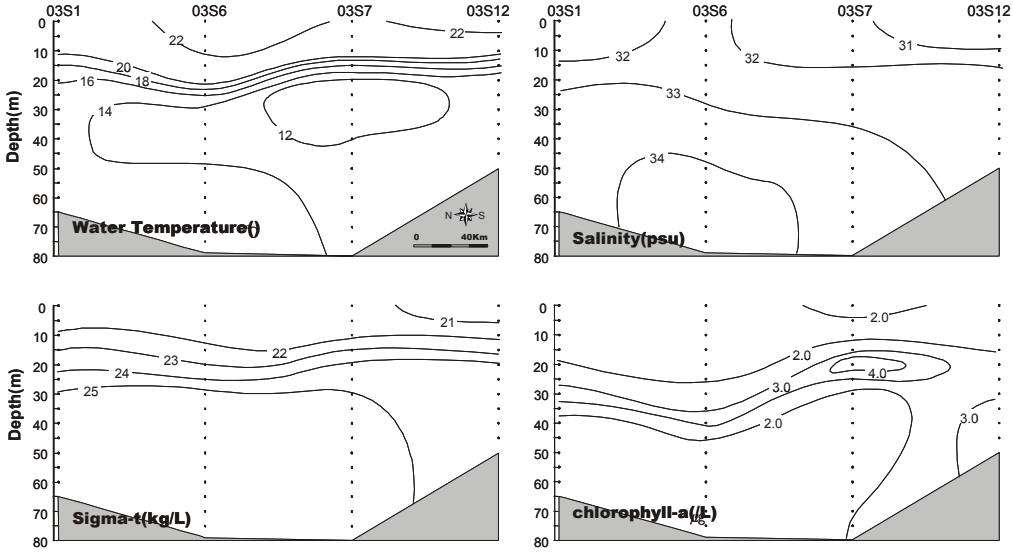


Fig. 3-14. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll *a* concentration on H-2 line in June, 2003.

그리고 Fig. 3-15는 조사해역의 가장 북쪽에 위치한 위도 33°30′N의 정선 K-1 단면에서의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a* 의 분포를 나타내고 있다. 수온은 10*m*에서 20*m* 수심에서 급한 온도 구배가 보여 지며, 20*m* 이심에서는 서부해역의 저층에서 11℃ 이하의 저층 냉수괴가 오른쪽으로 확장되는 양상을 나타내었다. 염분은 정점 03S3을 제외하고는 표층에서 약 10*m* 수층까지는 32.0psu 보다 낮은 연안수 특성을 보이며 동측으로 갈수록 저염수의 수층이 깊어지는 특성을 보이나, 저층에서는 33.0 psu 이상의 저층 냉수괴 특성을 보였다. 현장밀도는 수온의 분포와 유사하여 10*m*에서 20*m* 사이 수층에 강한 밀도구배를 나타내나, 20*m* 이심에서는 25 이상의 고밀도 수가 분포하였다. Chlorophyll-*a* 농도는 수온약층과 밀도약층이 보여 지는 불연속선에서 3 μg/L이상의 높은 값을 보이는 반면, 표층과 저층에서 2.0 μg/L보다 낮은 농도를 나타내었다.

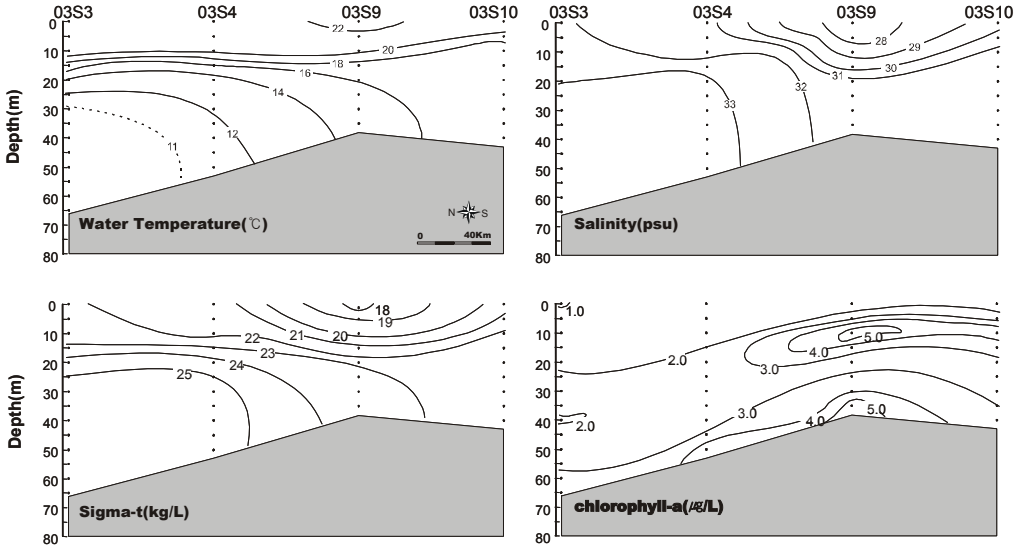


Fig. 3-15. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll *a* concentration on K-1 line in June, 2003.

Fig. 3-16은 남쪽수역인 위도 32°00′N의 정선 K-2 단면에서의 수온, 염분, 밀도 및 Chlorophyll-*a*의 분포를 나타내고 있다. 수온은 5*m* ~10*m* 수심에서 급한 온도구배가 보여 지나, 약층이 형성된 수심은 오른쪽으로 갈수록 깊어지는 특성을 보였다. 또한 가장 동측에 위치하는 정점 03S12의 저층에 보여 지는 저온수는 황해에서 남하하는 저층냉수괴가 해저의 지형적 특성에 의해 50*m* 이상의 대륙사면을 따라 남하한 것으로 판단되어졌다. 염분은 표층에서 약 10*m* 수층까지는 31.0psu 보다 낮은 저염수가 광범위하게 분포하고 있으며, 10*m* 이심에서도 32.0psu 이상의 비교적 낮은 염분 농도를 보이는 수괴가 넓게 분포하는 특성을 나타내었다. 현장밀도는 정선 H-2 단면과 유사하여 표층은 수온에, 저층에 염분에 대응하는 분포를 보였다. Chlorophyll-*a* 농도는 수온과 밀도 약층이 보여 지는 불연속선에서 5 ㎍/L이상의 매우 높은 값을 보이는 반면, 표층에서 2.0 ㎍/L 전후의 상대적으로 낮은 농도를 나타내었다. 다만

저층에서 3 ㎍/L이상의 고밀도의 생물량이 보여 지는 것은 관측기기가 현탁물질에 의해 반응하는 특성으로부터 기인되는 기계적 오차로 볼 수 있다.

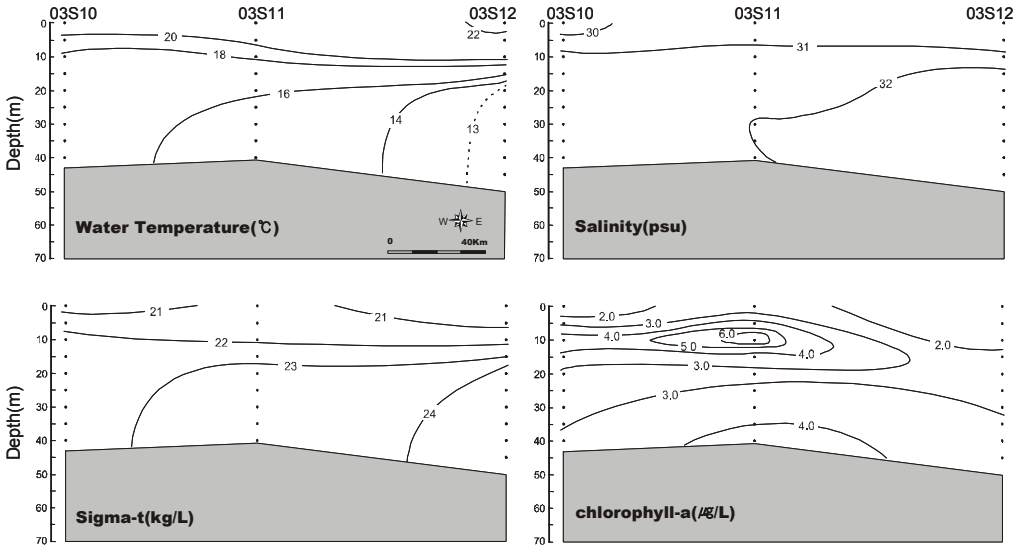


Fig. 3-16. Vertical profiles of water temperature, salinity, sigma-t and chlorophyll-*a* concentration on K-2 line in June, 2003.

이와 같은 결과는 동중국해 서방해역의 식물플랑크톤 생물생산을 지배하는 영양염류 공급원은 중국대륙에서 기원하는 연안수에 의존하는 비율이 매우 큰 것을 시사하는 내용이라 할 수 있다. Guo와 Zang(1996), 오 등(1999)은 춘계와 추계에 양자강수가 영향을 미치는 해역에서 식물플랑크톤 밀도와 chlorophyll-*a* 농도가 높다고 밝혔으며, 이 해역인 동중국해 서방해역의 생물생산을 기존 조사(윤, 2002)들과 비교하면 중국대륙연안수의 확장 여하에 따라 식물플랑크톤 생산이 지배되고 있음을 나타낸다고 할 수 있다.

2. 동물플랑크톤 조사

2001년 6월의 조사 결과는 각 정점별 종별 출현율을 Table 2에 나타내었고, 각 정점별 출현 개체수를 Fig. 3-17에 나타내었다. 각 정점별 개체수는 정점 01P10에서 1,273 ind./m^3로 가장 높았으며, 정점 01P16, 01P9, 01P12에서 비교적 많은 개체수가 나타나, 조사해역의 남쪽 정점에서 높은 출현율을 보였다.

또한, 각 정점에 있어서 출현 비율은 요각류가 55.9%(정점 01P11)~90.6%(정점 01P12)으로 모든 조사정점에서 가장 우점 하는 분류군이었다. 연체동물은 정점 01P10, 01P11, 01P15에서 25% 이상의 높은 출현 비율을 보였으나, 그 밖의 조사정점에서는 10% 이하로 나타났다. 그 이외에 10% 이상의 출현 비율을 나타낸 분류군으로는 정점 사이에 다소 차이는 있으나, 화살벌레류(정점 01P5, 01P9, 01P13), 피낭류(정점 01P1), 단각류(정점 01P6), 관수모류(정점 01P16), 미충류(정점 01P16)로 나타났다. 그리고 동물플랑크톤 종 중 비교적 대형종인 난바다곤쟁이류(크릴새우류)는 정점 01P7~01P9 사이에서 요각류와 화살벌레류 다음으로 높은 출현 비율을 보였다.

Fig. 3-18은 주요 출현종에 대한 각 정점별 출현율을 나타낸 것으로 요각류가 전체의 72.1%, 연체동물이 7.7%, 화살벌레류 5.3% , 돌리오리다류가 2.4%, 단각류가 1.9%로 전체의 89.4%를 차지하였다.

Fig. 3-19는 플랑크톤 채집시의 음향산란층, 출현 개체수, 일시 등을 나타낸 것으로 음향산란층과 플랑크톤 채집 수심이 전부 일치하지는 않았다. 한편 음향산란층은 주간에는 하강하고 야간에는 상승하는 일주운동을 보였다.

Table 2. Frequency of zooplankton in 2001

Unit : %

Species / Station	01P1	01P2	01P3	01P4	01P5	01P6	01P7	01P8	01P9	01P10	01P11	01P12	01P13	01P14	01P15	01P16	01P17
Copepoda(요각류)	78.6	81.0	80.2	66.9	83.7	80.0	89.7	82.8	78.0	59.9	55.9	90.6	71.5	84.4	65.8	73.9	82.8
Chaetognatha(화살벌레류)	1.5	3.3	2.5	1.7	11.4	6.6	6.1	4.3	10.1	2.0	6.1	5.0	10.3	4.0	3.4	6.2	6.1
Mollusca(연체동물)	0.0	0.0	9.7	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	35.0	26.4	2.0	6.9	6.6	25.4	1.9	1.9
Doliolida(돌리오리다류)	15.4	0.8	3.2	6.3	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	1.5	0.1	4.1	0.4	1.4	0.5	0.2
Amphipoda(단각류)	2.3	2.5	2.1	3.0	0.0	13.1	0.0	2.1	0.0	0.1	0.0	1.2	0.9	1.4	1.0	1.2	0.9
Euphausiidae(난바다곤쟁이류)	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.4	9.0	5.8	0.1	1.7	0.0	1.6	0.2	0.2	0.0	0.2
Decapod larvae(십각류 유생)	1.5	2.3	1.0	1.3	0.3	0.2	0.7	1.4	1.6	0.1	5.4	0.2	2.2	0.4	0.9	1.4	0.7
Ostracoda(패충류)	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0
Appendicularia(미충목)	0.6	4.8	0.2	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.1	0.2	0.2	10.7	0.7
Gnathophiurina(악사이아목)	0.0	0.0	0.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.2	0.6	1.9	0.5
Polychaete larvae(다모류 유생)	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.2
Siphonoporal(관해파리류)	0.0	0.5	0.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	0.0	0.2	0.0	0.9	0.3	0.2	0.7	0.5
Rhizopodea(근족충강)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.5
Coelenterates(자포동물류)	0.0	2.8	0.6	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7	1.4	0.7	0.4	1.0	0.5
Mysid(곤쟁이류)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0
Cladocerans(지각류)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
Total(Ind./m³)	103	225	136	260	337	235	325	189	572	1273	127	495	190	321	267	706	243

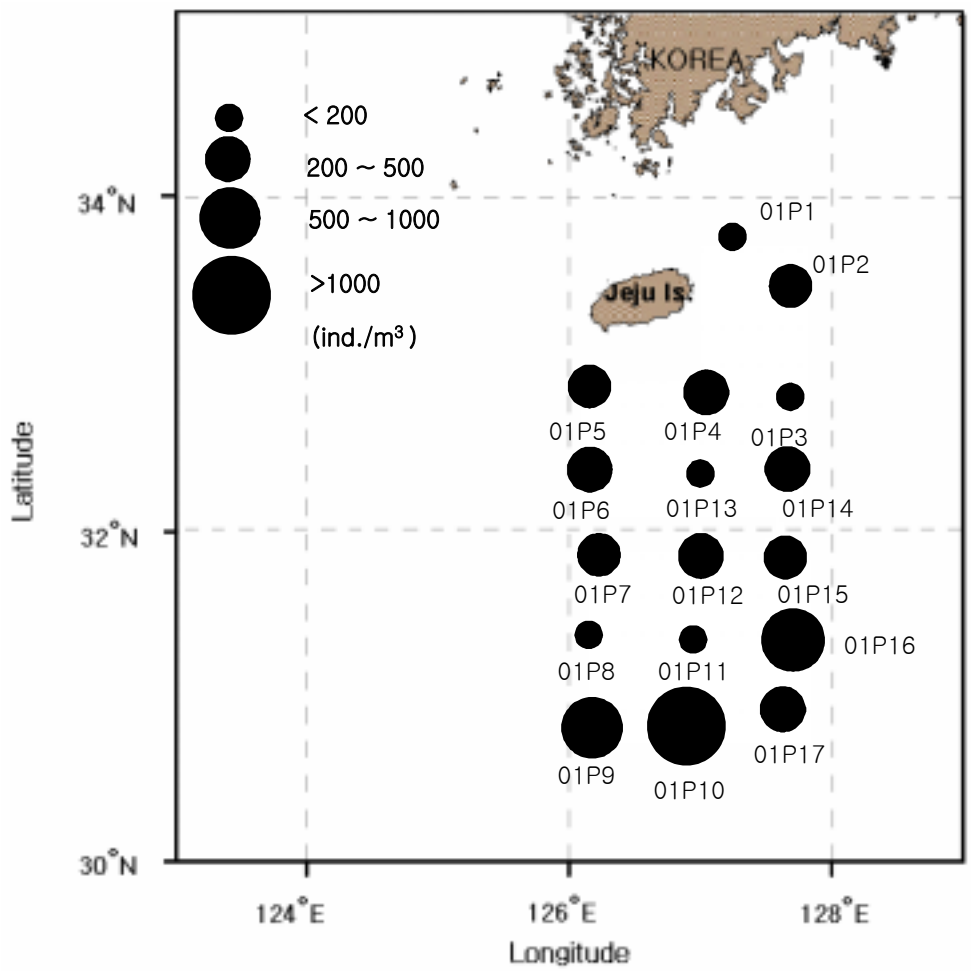


Fig. 3-17. Distribution of zooplankton in June, 2001.

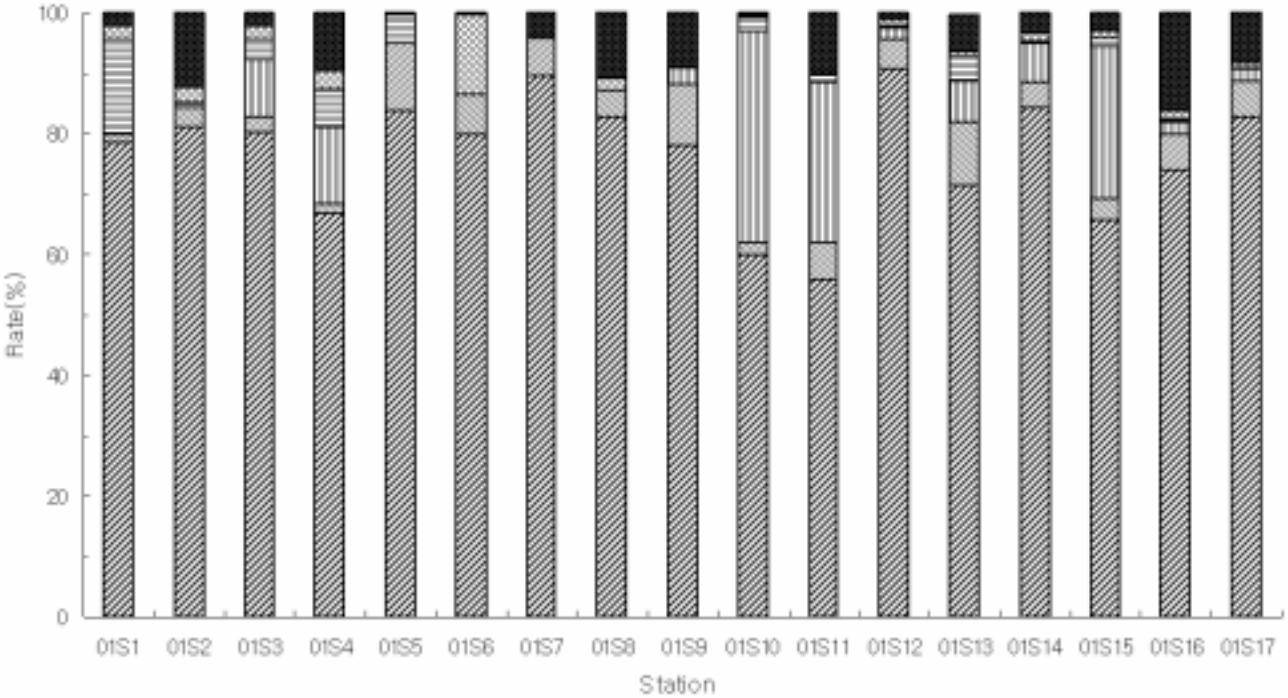


Fig. 3-18. Composition rate of major taxa in 2001.

Copepoda(요각류) Chaetognaths(화살벌레류)
Mollusca(연체동물) Doliolida(돌리오리다류)
Amphipoda(단각류) Others(기타)

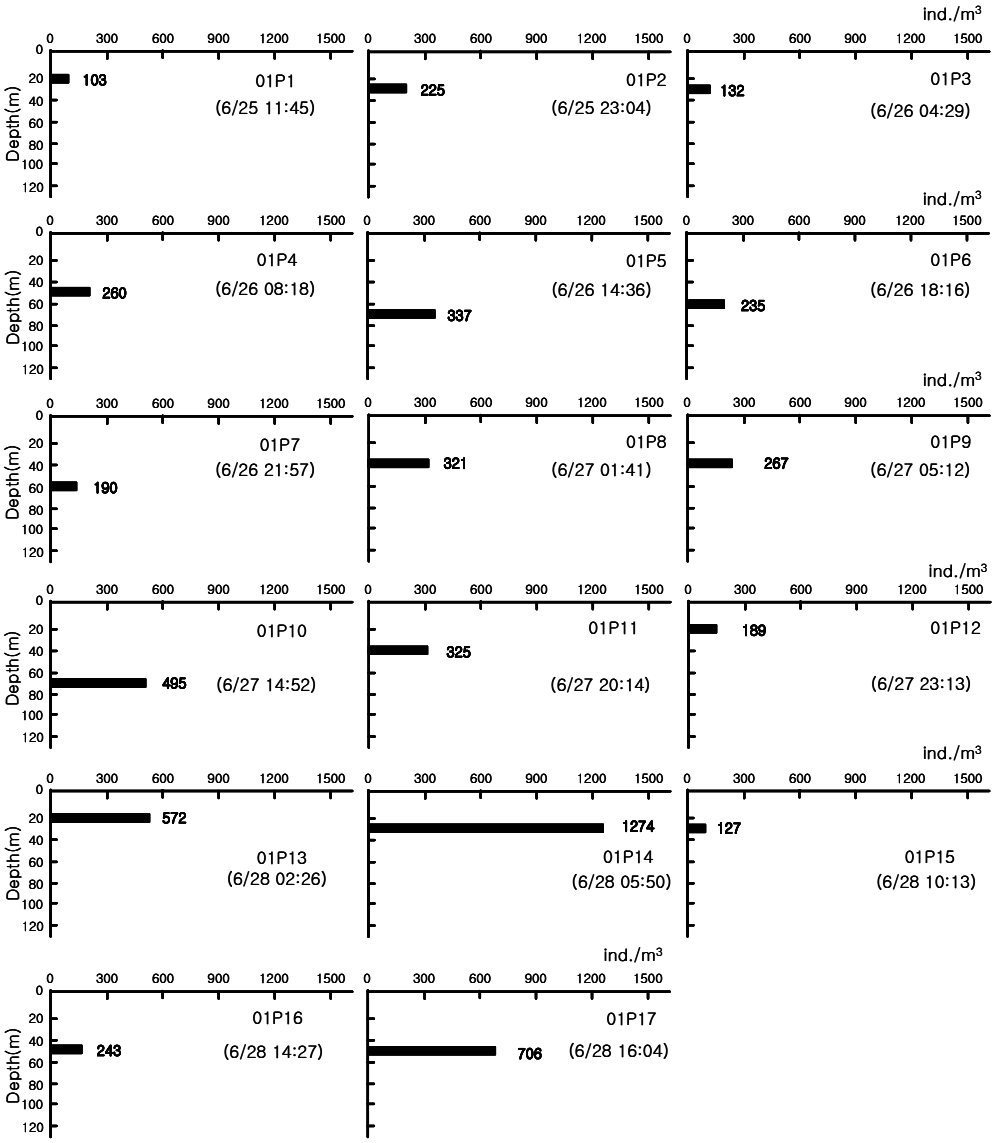


Fig. 3-19. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in June, 2001.

2002년의 조사에서 각 정점별 동물플랑크톤의 출현 비율을 Table 3 에 나타내었고, 각 정점별 개체수의 분포는 Fig. 3-20과 같다.

각 정점별 개체수는 정점 02P07에서 가장 많은 863ind./m^3가 출현하였으며, 02P05에서도 630ind./m^3가 출현하였고, 02P06에서는 출현 개체수가 아주 적었다.

요각류가 전체 정점에서 35.7%(정점 02P6)~95.6%(정점 02P2)로 가장 우점하였고, 화살벌레류는 모든 정점에서 0.4%~33.3%로 출현하였으며, 정점 02P6에서 33.3%로 높은 출현량을 보였다. 크릴새우류는 정점 02P6을 제외하고 모든 정점에서 채집되었으며 정점 02P1에서 가장 높은 출현율을 보였다.

그 외에 단각류는 정점 02P2, 02P3, 02P5, 02P7에서, 십각류는 정점 02P1, 02P2, 02P4, 02P5, 02P7에서, 곤쟁이류와 패충류는 정점 02P7에서 출현하였다..

Fig. 3-21은 주요 출현종에 대한 각 정점별 출현율을 나타낸 것으로 요각류가 전체의 77.3%, 화살벌레류 8.3% ,그리고 난바다곤쟁이류(크릴새우류) 5.2%로 전체의 90.8%를 차지하였다.

Fig. 3-22는 플랑크톤채집시의 음향산란층, 출현개체수, 일시 등을 나타낸 것으로 음향산란층과 플랑크톤채집수심이 전부 일치하지는 않았다. 음향산란층은 주간에는 하강하고 야간에는 상승하는 일주운동을 나타내었다.

Table 3. Frequency of zooplankton occurring in 2002

Unit : %

Species \ Station	02P1	02P2	02P3	02P4	02P5	02P6	02P7
Copepods(요각류)	76.3	95.6	63.0	91.1	90.4	35.7	89.5
Euphausiids(난바다곤쟁이류)	18.3	0.8	9.5	3.1	1.7	0.0	2.8
Amphipods(단각류)	0.0	2.4	3.7	0.0	0.8	0.0	0.2
Lucifer sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Decapods(십각류)	0.8	0.8	0.0	0.9	2.5	0.0	1.6
Mysiids(곤쟁이류)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Cumacea쿠마류)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
Ostracods(패충류)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Euphausiids larvae(난바다곤쟁이 유생)	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0
Chaetognatha(화살벌레류)	4.6	0.4	4.9	4.3	3.8	33.3	6.9
Nematods(선충류)	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Polychaets(다모류유생)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonite(암모나이트)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.0	0.0
Eggs(난)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
fish larvae(어류 유생)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Total (ind./m^3)	**225**	**121**	**201**	**427**	**630**	**3**	**864**

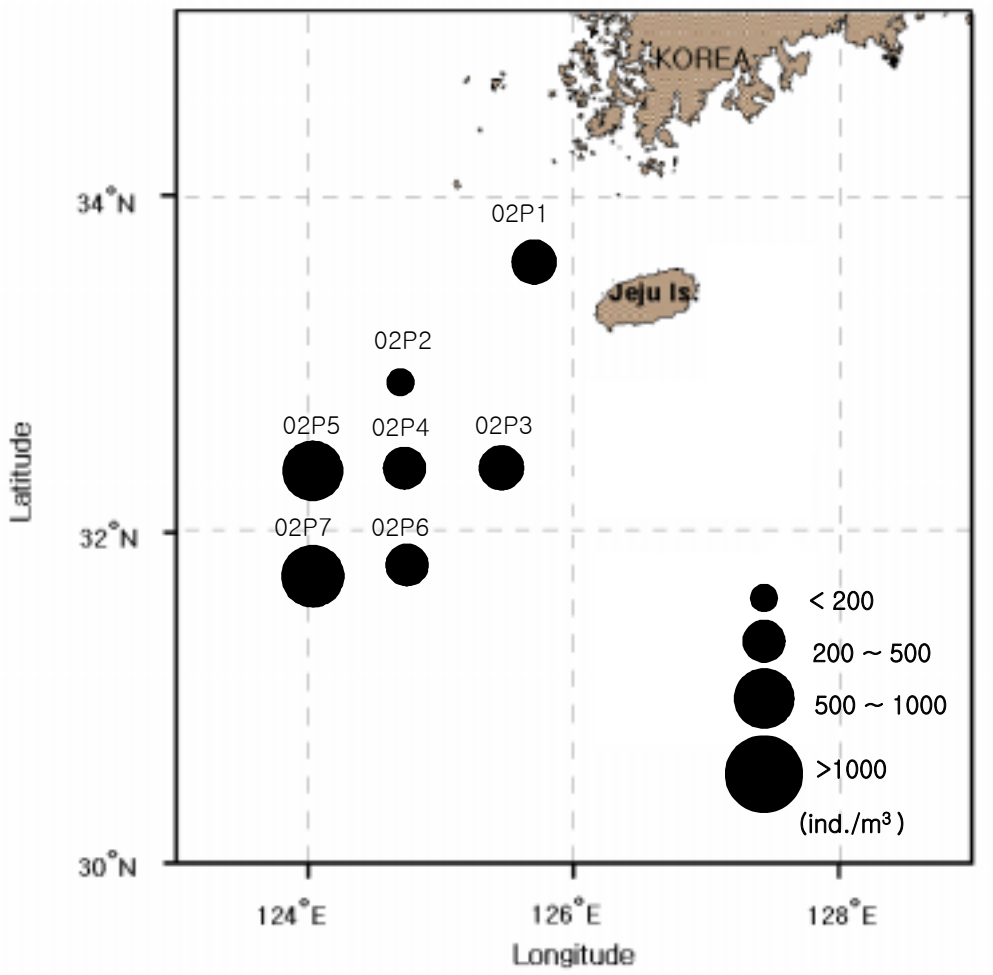


Fig. 3-20. Distribution of zooplankton in July, 2002.

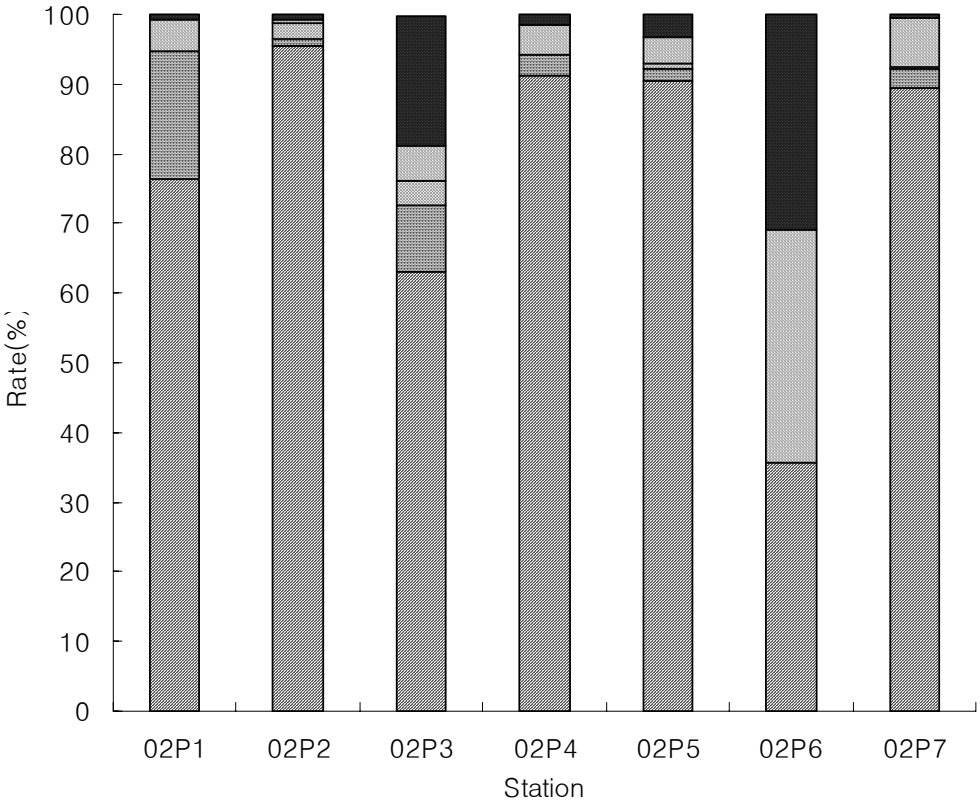


Fig. 3-21. Composition rate of major taxa in 2002.

Copepods(요각류) Euphausiids(난바다곤쟁이류)
Amphipods(단각류) Chaetognatha(화살벌레류)
Others(기타)

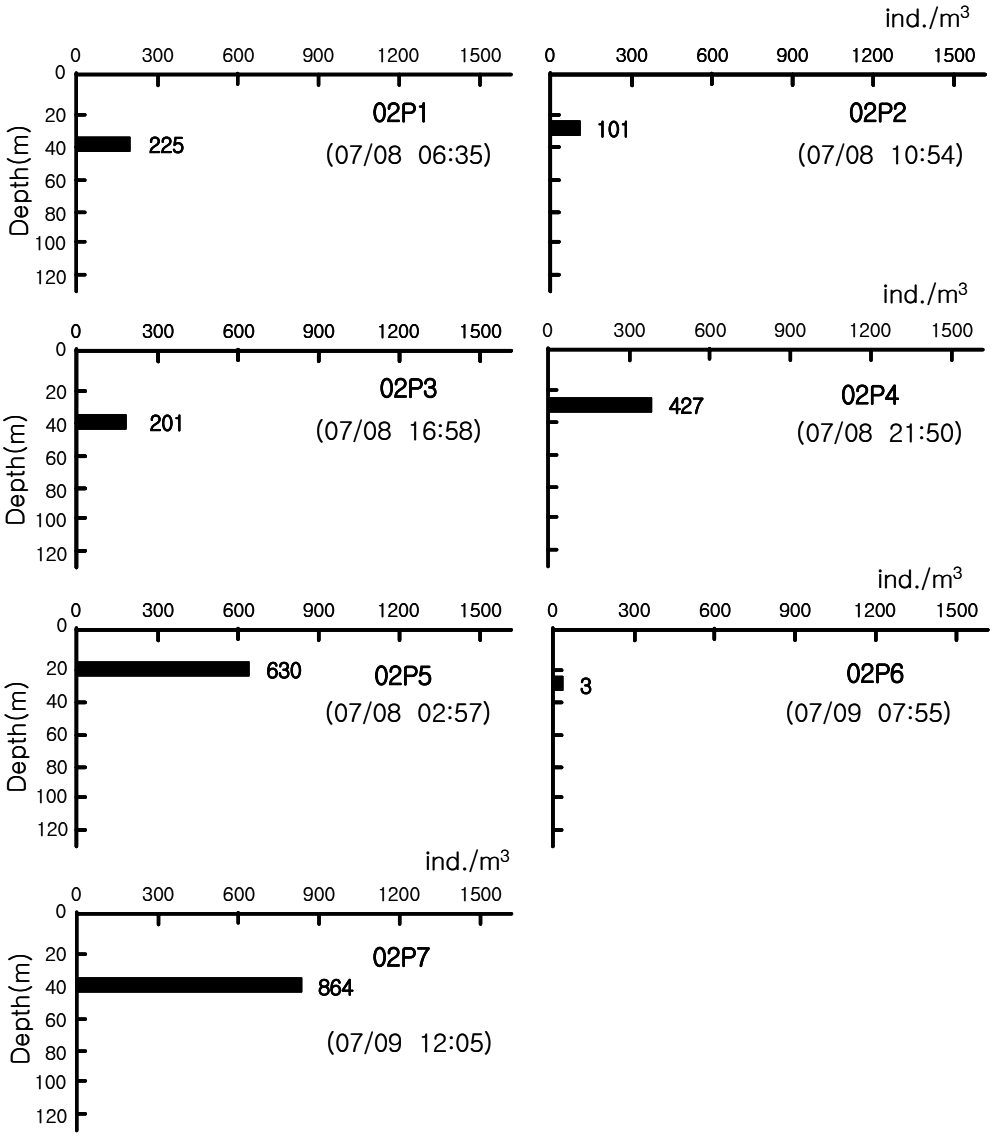


Fig. 3-22. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in June, 2002.

2003년의 조사에서 각 정점별 동물플랑크톤의 출현비율은 Table 4와 같고 각 정점별 개체수의 분포는 Fig. 3-23과 같다.

각 정점별 개체수의 분포는 정점 03P5에서 가장 많은 132,063ind./m^3, 다음으로 03P8에서 1,059ind./m^3가 출현하였으며, 03P2과 03P3에서도 500ind./m^3 이상 출현하였다.

각 정점에 있어서 종별 출현 비율은 요각류가 44.1%(정점03P6)~91.1%(정점 03P1)로 모든 조사 정점에서 가장 우점하였다. 동물플랑크톤 중 비교적 대형종인 크릴새우는 극히 적은 양이기는 하지만 모든 정점에서 고루 출현하였으며, 그 가운데 정점 03P3과 03P5에서 14.2%와 29.2%로 높은 출현량을 나타냈다. 단각류 역시 모든 정점에서 출현하였고, 정점 03P4, 03P6, 03P7에서 각각 21.6%, 27.4%, 28.74%로 우점하였다. 화살벌레류도 모든 정점에서 출현하였고, 정점 03P4에서 가장 우점하였다. 유생은 크릴새우류, 십각류와 약간의 어류 유생이 발견되었다. 그 외에 10% 미만으로 출현 비율을 나타낸 분류군으로는 곤쟁이류(정점 03P1, 03P5, 03P9, 03P10), 패충류(정점 03P1, 03P6, 03P8), 쿠마류(정점 03P3, 03P5), 다모류 유생(정점 03P5), 해파리(정점 03P7, 03P10), 유공충(정점 03P4, 03P6)이 있었다.

Fig. 3-24는 주요 출현종에 대한 각 정점별 출현율을 나타낸 것으로 요각류가 전체의 74.2%, 단각류가 8.8%, 난바다곤쟁이류(크릴새우류)가 6.8%, 십각류가 6.4%로 전체의 96.2%를 차지하였다.

Fig. 3-25는 플랑크톤채집시의 음향산란층, 출현 개체수, 일시 등을 나타낸 것으로 음향산란층과 플랑크톤채집수심이 전부 일치하지는 않았다. 음향산란층은 주간에는 하강하고 야간에는 상승하는 일주운동을 보였다.

Table 4. Frquency of zooplankton occurring in June, 2003

Unit : %

Species \ Station	03P1	03P2	03P3	03P4	03P5	03P6	03P7	03P8	03P9	03P10
Copepoda(요각류)	91.9	83.3	78.4	52.4	64.3	44.1	62.7	90.9	83.8	90.2
Euphausiids(난바다곤쟁이류)	0.3	9.2	14.2	0.6	29.2	0.7	4.8	8.3	0.5	0.6
Euphausiids larvae(난바다곤쟁이류 유생)	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
Amphipoda(단각류)	1.2	0.2	6.7	21.6	2.3	27.4	28.7	0.5	0.0	0.0
Decapoda(십각류)	2.6	6.9	0.5	22.6	1.5	6.9	3.2	0.2	12.1	8.2
Decapoda larvae(십각류 유생)	1.1	0.3	0.0	0.2	0.0	0.5	0.5	0.0	1.2	0.6
Mysiid(곤쟁이류)	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Ostracoda(패충류)	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0
Cumacea(쿠마류)	0.0	0.0	0.2	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Polychaeta(다모류)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Eggs(난)	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	11.1	0.0	0.0	1.9	0.0
Fish larvae(자치어)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
jelly fish(해파리)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Foraminifera(유공충)	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Total(ind./m^3)	**161**	**551**	**992**	**238**	**1320**	**510**	**230**	**1059**	**257**	**256**

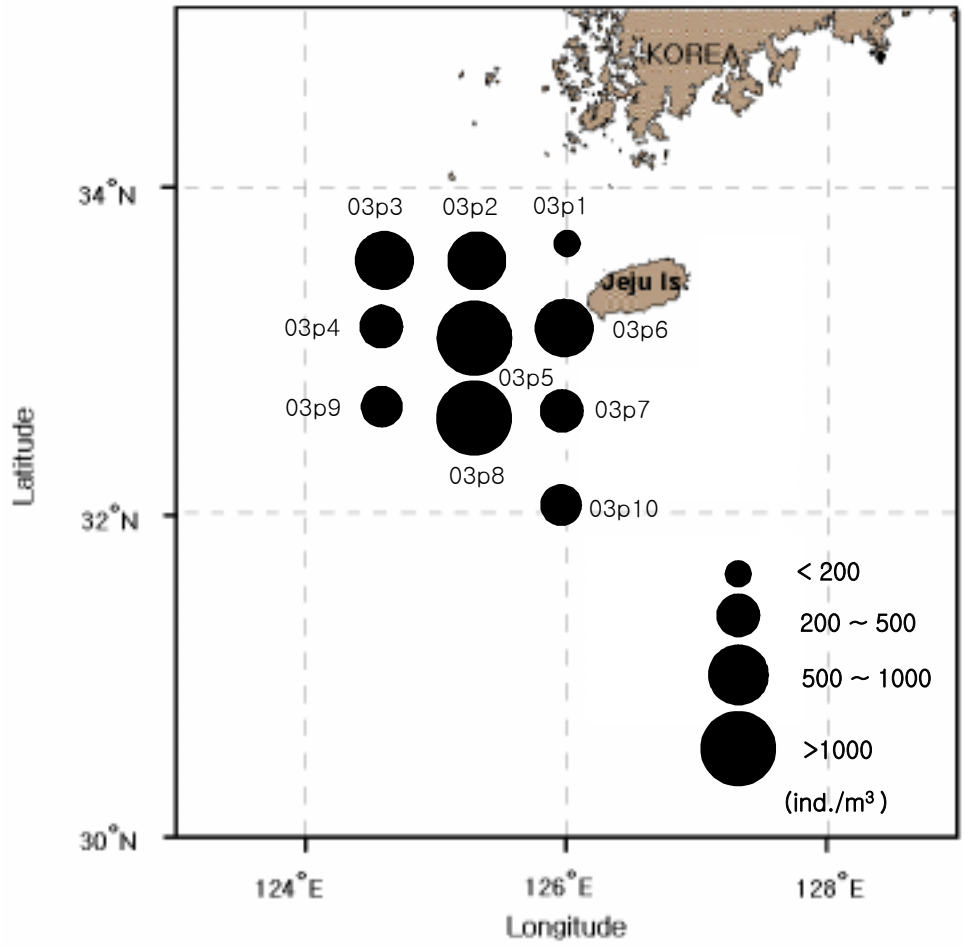


Fig. 3-23. Distribution of zooplankton in June, 2003.

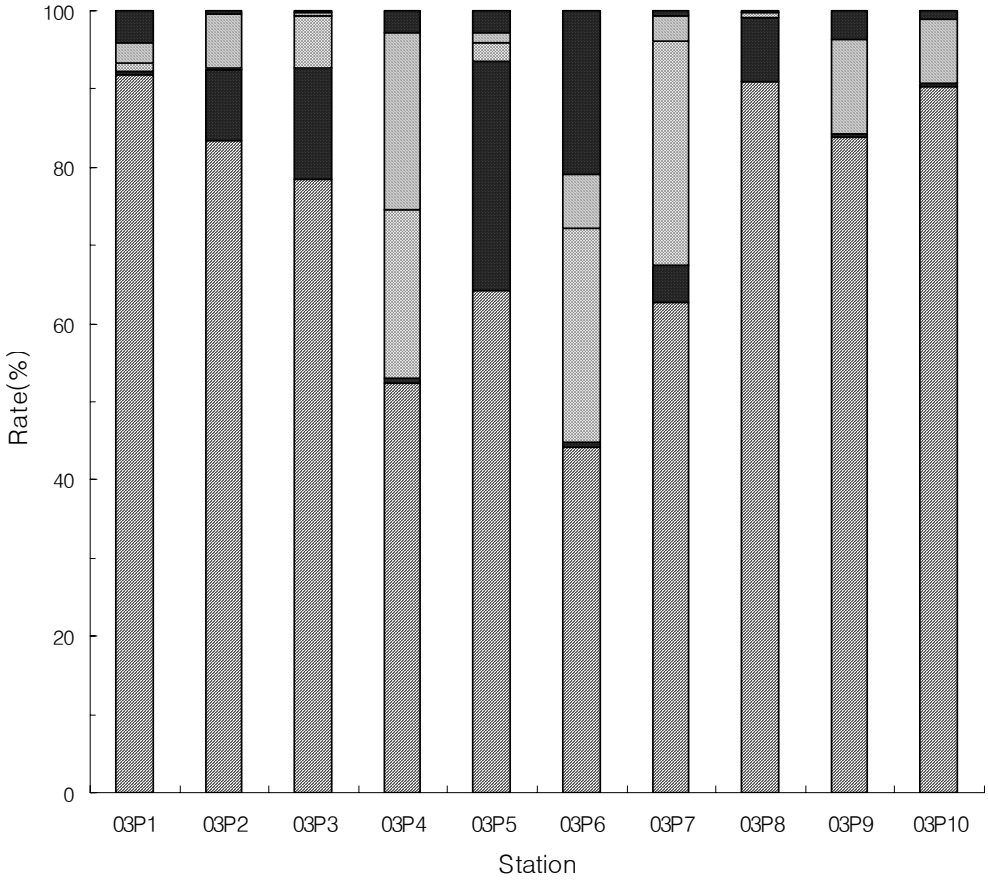


Fig. 3-24. Composition rate of major taxa in 2003.

Copepoda(요각류) Euphausiids(난바다곤쟁이류)
Amphipoda(단각류) Decapoda(십각류)
Others(기타)

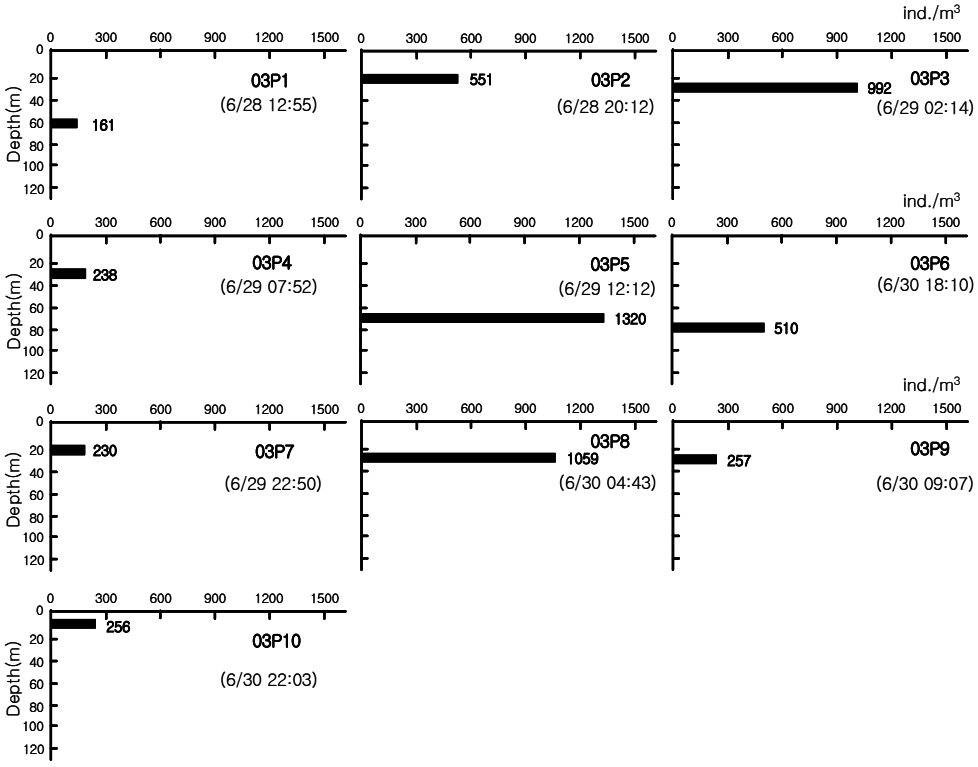


Fig. 3-25. Relationship of collecting depth with occurring frequency at each station in June, 2003.

동물플랑크톤의 분포는 시간적으로나 공간적으로 매우 다양하게 변화하였으며, 대부분이 24시간을 주기로 수직이동을 하는 데 야간에는 표층, 주간에는 심층에 존재하는 것으로 나타났다. 수직운동은 식물플랑크톤이 많은 수심으로 이동함으로써 동물플랑크톤간의 종간경쟁을 최소화하거나, 먹이를 먹지 않는 낮 동안 수온이 낮은 곳에 있음으로써 신진대사율을 떨어뜨려 에너지를 보존하므로써 개체의 성장을 높이고 군집의 생존을 유지하는 것으로 보여진다.

3. 계량어군탐지기에 의한 저서어 자원조사

1) 수평적 분포

2001년의 음향자원조사는 Fig. 3-26과 같이 조사선상을 선속 8～10*knot*로 항주하면서 주파수 38㎑와 120㎑ 송수신기를 이용하여 수집한 자료이며, 후처리 시스템인 BI-500을 이용하여 에코그램을 재생한 후 전 수층을 대상으로 적분한 다음 5mile마다 체적후방산란강도(SV)를 구하였다. 2001년도 조사에서는 자료를 수집하는 과정에서 전원잡음, 선박에 설치된 타 장비(도플러 로그)등에 의한 노이즈로 인하여 120㎑의 음향자료와 38㎑의 일부 음향자료는 활용할 수 없었다. 따라서 38㎑만을 이용하여 분석한 결과 조사해역의 남쪽 위도 31°N, 경도 127°E의 SV(체적후방산란강도) -68dB 전후의 어군이 팻치분포(patchy distribution)를 하였으며 위도 32°～33°N사이에서는 어군이 거의 출현하지 않았다.

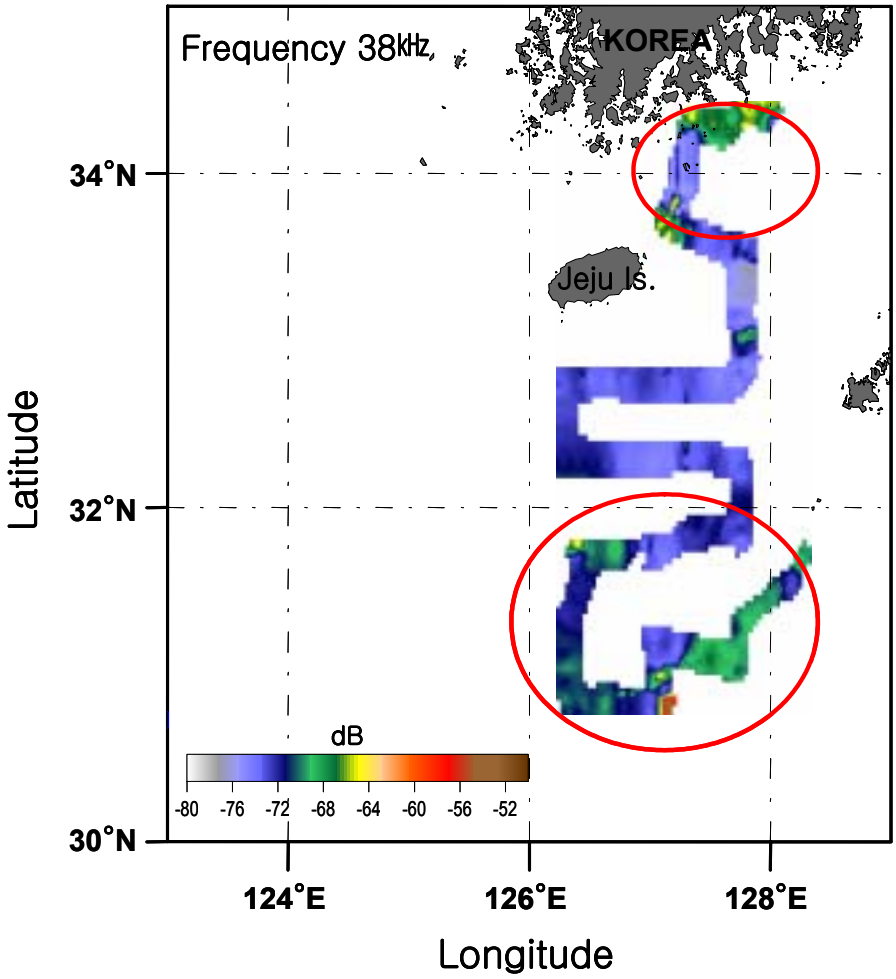


Fig. 3-26. Horizontal distribution of the volume backscattering strength in June, 2001.

2002년의 음향자원조사는 Fig. 3-27과 같이 주파수 38㎑, 120㎑의 송수신기를 이용하였다. 38㎑에서 조사해역의 남서쪽 해역 위도 32°N, 경도 124.5°E에서 SV -65dB전후, 120kHz에서도 위도 32°N, 경도 124.5°E에서 SV -60dB 전후의 어군이 팻치분포를 하였으며 120㎑에서는 상대적으로 높은 밀도의 어군이 출현하였다.

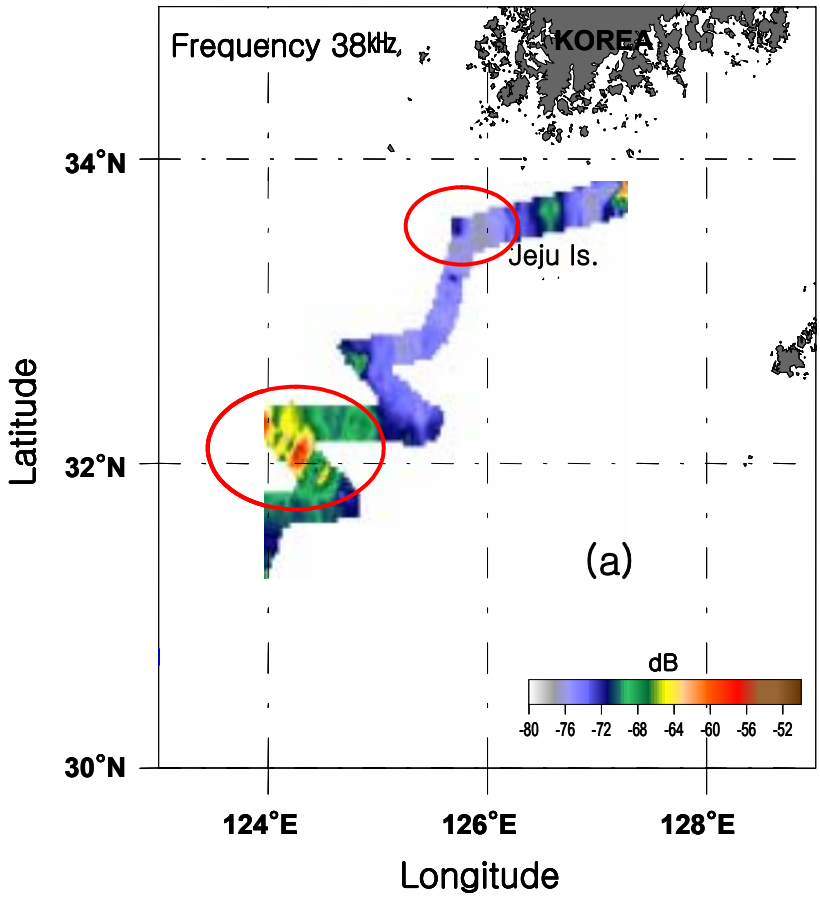


Fig. 3-27. Horizontal distribution of volume backscattering strength in July, 2002.

(a) : 38kHz (b) : 120kHz

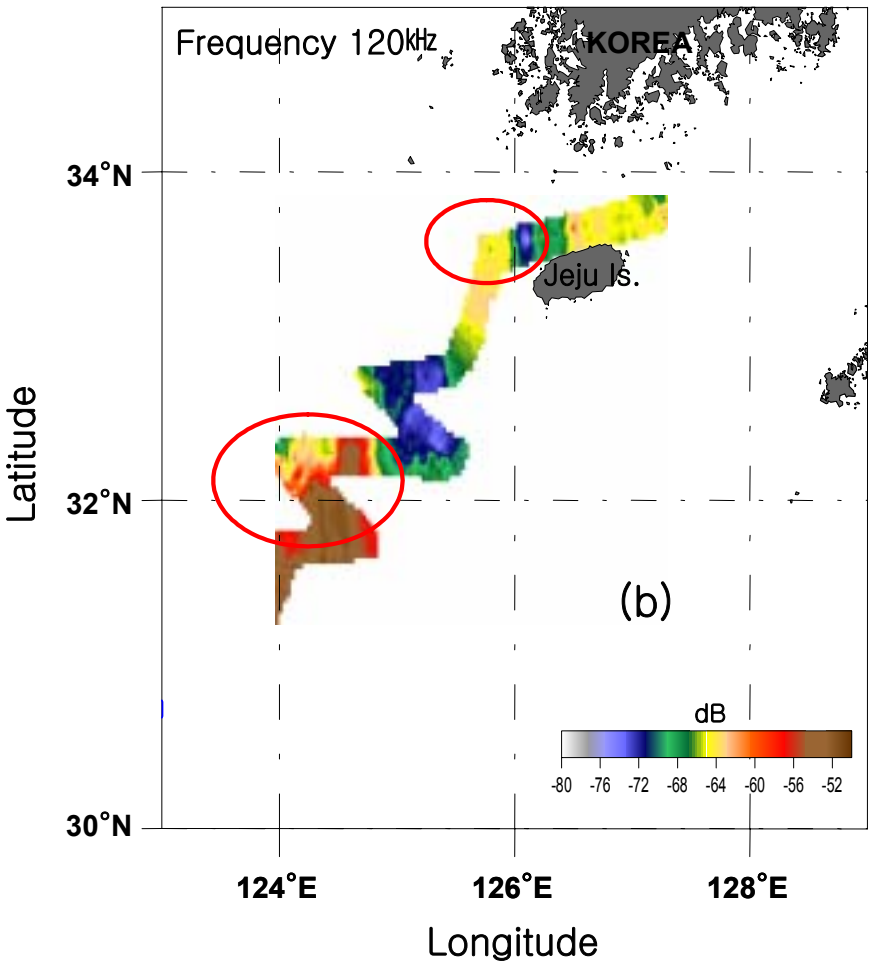


Fig. 3-27. Continued

2003년도 음향자원조사는 Fig. 3-28과 같이 주파수 38㎑, 120㎑의 송수신기를 이용하였다. 주파수 38㎑에서는 조사해역의 남서쪽 해역위도 32°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -68dB 전후, 위도 32.5°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -64dB, 위도 32°N, 경도 125°E 해역에서 -60dB 전후, 120㎑에서도 조사해역의 남서쪽 해역인 위도 32°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -68dB 전후, 위도 32.5°N, 경도 124.5°E 해역에서SV -64dB, 위도 32°N, 경도 125°E 해역에서 -68dB 전후의 어군이 팻치분포를 하였다.

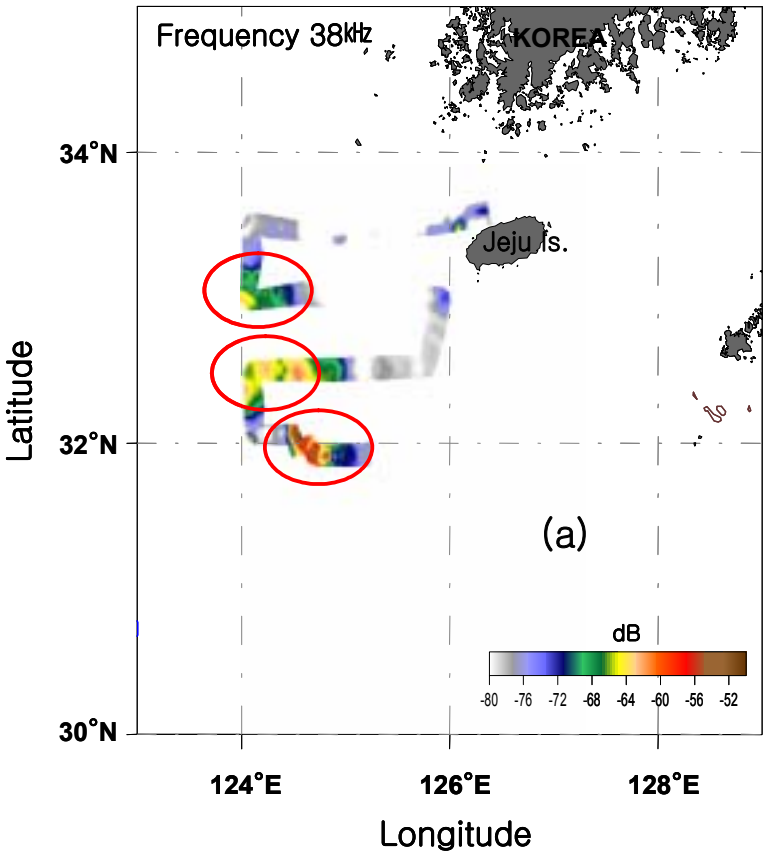


Fig. 3-28. Horizontal distribution of volume backscattering strength in June, 2003.

(a) : 38kHz (b) : 120kHz

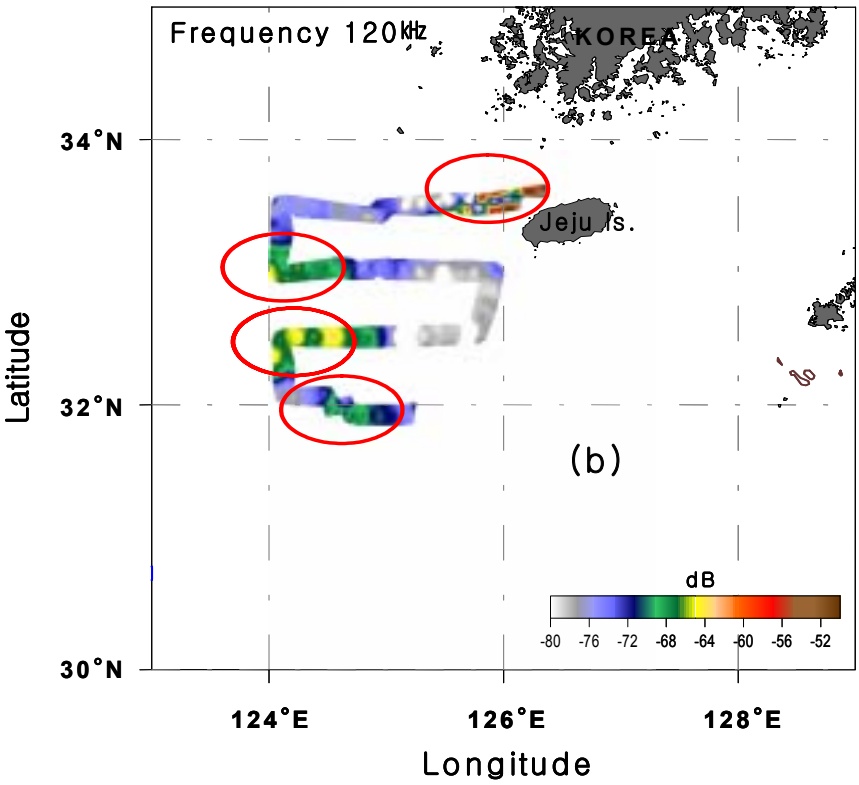


Fig. 3-28. Continued

2) 연직적 분포

2001년의 조사의 연직적 분포도는 Fig. 3-29와 같이 나타내었으며 조사를 시작한 제일 북쪽 Line을 E-1으로 하고 대각도로 침로를 변경할 때 마다 번호를 부여하여 E-1~E-7로 하였으며 주파수 38㎑만을 측정하였다. 조사 기간 중 6월 25일 23시부터 6월 27일 10시까지는 표층부터 수심 70m까지 자료를 수집할 수 없었다. 또 에코그램의 앞부분 6월 24일 08시부터 21시까지는 남해안에서 수집된 음향자료이다. 조사해역의 에코그램을 음향자료 분석 시스템(Echoview 3.00, Sonadata)을 이용하여 시간 간격 120초로 수평 적분하여 평균하였다. 그림의 왼쪽부터 시간의 경과에 따라 2시간 간격으로 수직선을 그었으며, 그때 에코그램의 상단에 시간을 지방시각으로 표시하였다. 그리고 에코그램상의 빨간색 선은 계량어군탐지기를 이용하여 음향 산란층을 관찰하고, 계량어군탐지기의 에코그램으로 부터 음향 산란층의 분포 위치와 수심을 파악한 다음, 분포 수심과 일치하도록 Close-open-close net를 투망하여 예망한 지점을 나타내고 있으며 번호(01P1- 03P10)는 년도와 순번을 나타내었다.

조사 해역의 에코그램에서 표층에서는 E-1의 6월 25일 23시에 SV -64 dB 전후, E-5의 6월 27일 21시에서 E-6의 28일 05시 사이에서 -60dB정도의 생물군이 분포하였으며, E-7의 6월28일 12시에서 19시 사이의 중층에서 -60dB 전후의 고밀도 생물군이 분포하였다.

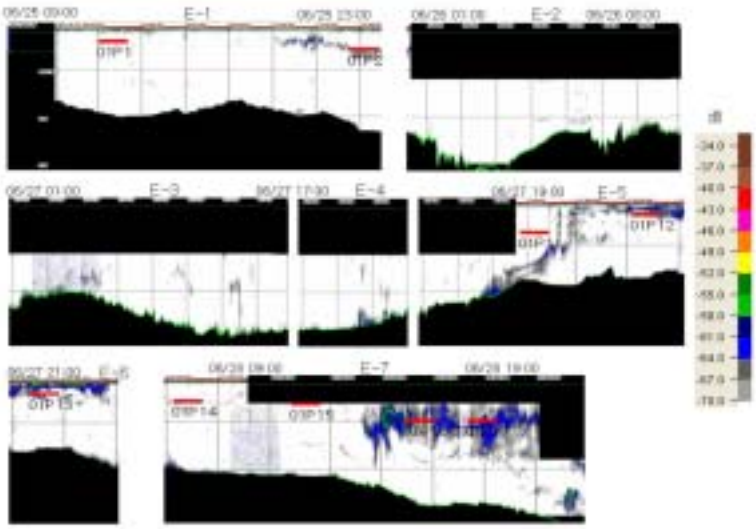


Fig. 3-29. Vertical distribution of volume backscattering strength in June, 2001.

2002년의 조사에서 얻은 연직적 분포는 Fig. 3-30과 같이 1시간 간격으로 수직선을 그었으며 조사를 시작한 제일 북쪽 line을 F-1 으로 하고 대각도로 침로를 변경할 때마다 번호를 부여 하여 F-1 ~ F-7으로 하였으며 에코그램상의 빨간색 선은 Close-open-close net의 예망지점이며 번호는 년도와 순번을 나타내었다.

주파수 38㎑에서표층에서 F-4 Line의 7월 9일 02시부터 F-5의 7월 9일 05시까지 SV -45dB 전후의 농밀한 생물군이 나타났으며 중 저층에서는 F-1의 7월 8일 06시부터 08시까지 F-2의 7월 8일 10시부터는 -60dB 전후의 농밀한 생물군이 발견되었으며 120㎑에서도 거의 비슷한 양상이었다.

또한, F-1에서 F-3 까지는 수심 70m 부근에서 음향산란층이라고 생각되는 층이 형성되었으며, F-4에서는 7월 8일 20시 부근에서는 음향산란층이 상승하였으며 , 그때의 SV는 -60～-45dB로 아주 높게 나타났다. F-5에서는 음향산란층이 하강하였으며 F-6과 F-7에서는 수심 25m를 중심으로 어군이 분포하고 있음을 알 수 있다. 120㎑에서도 비슷한 양상을 보이고 있으며 F-1의 에코그램은 환경잡음으로 생각된다.

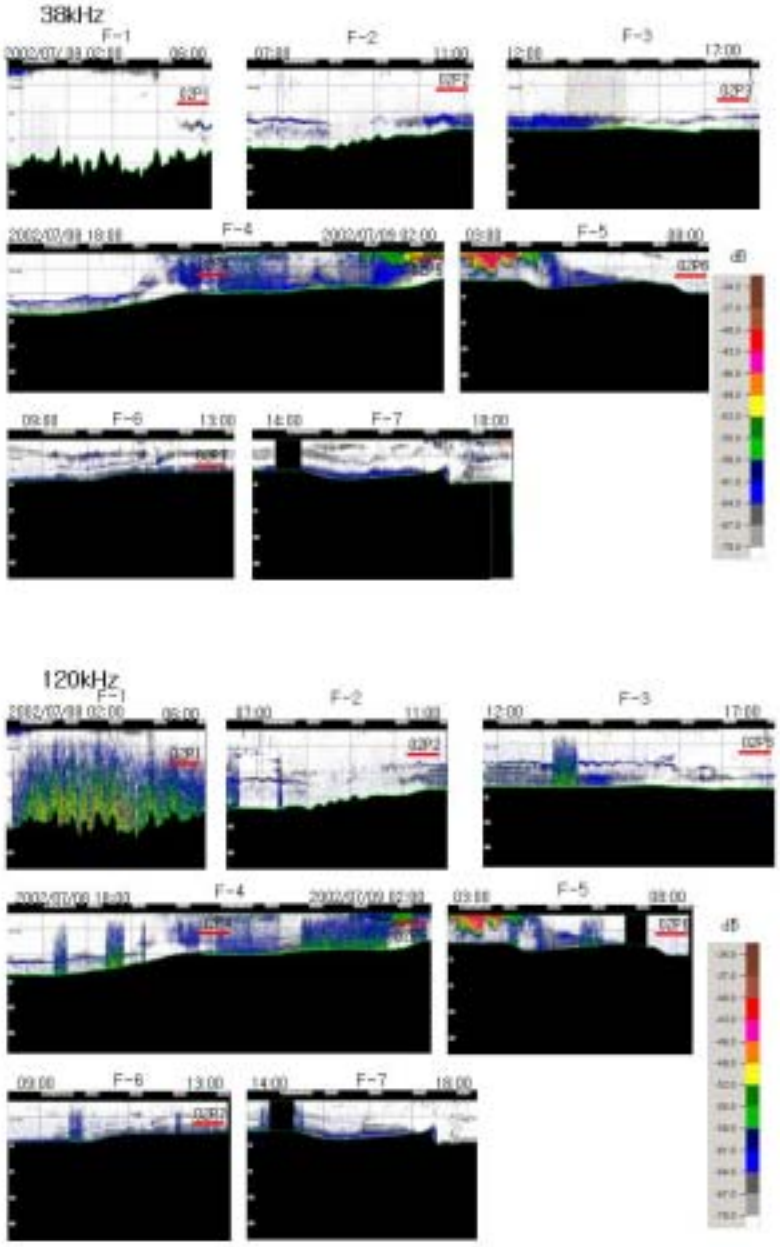


Fig. 3-30. Vertical distribution of volume backscattering strength in July, 2002.
(Upper : 38kHz, Lower : 120kHz)

2003년의 조사에서 얻은 연직적 분포는 Fig. 3-31과 같이 3시간마다 연직선을 그었으며 제일 북쪽 조사선을 G-1으로 하고, 침로를 대각도로 변침할 때마다 번호를 부여하여 G-1~G-7로 하였다.

주파수 38㎑의 에코그램으로 부터는 G-1의 6월28일 21시부터 G-2의 6월 29일 06시까지 표층부근에서 SV가 -64 ~ -61dB인 생물이 분포하였고, G-3의 6월 29일 17부터 G-4의 6월 29일 24사이에서도 표층부근에서 SV가 -60 dB 전후의 생물군이 분포하였다. 그리고 G-5의 6월 30일 04시경과 G-7의 6월 30일 21시의 표층부근에서 SV가 -60dB 전후의 생물이 분포하였다. 한편 G-2의 6월 29일 04시부터 G-3의 6월 29일 12시 부근까지는 해저부근에서 -58dB의 고밀도 생물이 분포하였으며 그 수직폭은 10m정도 였다. 또, G-5의 6월 30일 03시부터 G-6의 6월 30일 12시 사이의 수심 25m와 해저부근에 두 개의 생물군이 분리되어 나타났으며, G-7의 6월 30일 18시경에도 해저부근에서 생물군이 분포하고 있는 것으로 나타났다.

120㎑의 에코그램에서는 위쪽 38㎑ 와 거의 유사하게 생물이 출현하였으나, 특이한 것은 120㎑의 G-1의 6월 28일 21시경의 중층과 저층에서 -61~ -70dB의 생물군과 G-3의 6월 29일 11시부터 G-4의 6월 29일 19시 사이에 해저로부터 20m 떨어진 층에서 SV가 -65dB 전후인 생물군이 120㎑에서는 나타났으나, 38㎑에서는 나타나지 않았다. 이와 같이 120㎑에서는 잘 나타나나, 38㎑에서는 잘 나타나지 않는 생물군은 치어와 같은 작은 어류나 플랑크톤의 군집에 의해 생긴 음향산란층으로 추정된다.

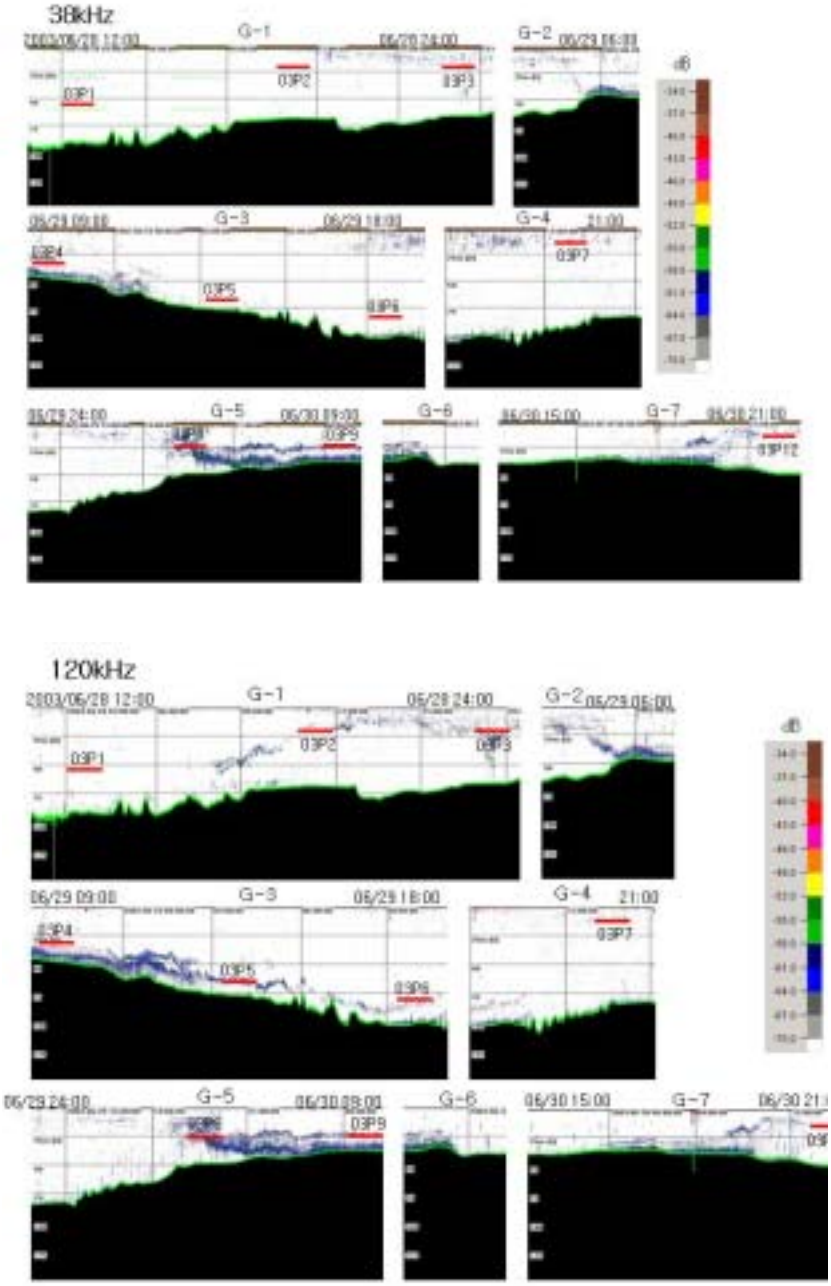


Fig. 3-31. Vertical distribution of volume backscattering strength in June, 2003.
(Upper : 38kHz, Lower : 120kHz)

Table 5는 2001부터 2003년까지 Close-open-close net로 채집해서 얻은 동물플랑크톤의 각 정점에서의 우점종, 개체수 밀도, 예망수심, 예망시간과 그때의 평균 SV값을 나타내고 있다. Table 5에서 보는 바와 같이 Net에 의해 채집된 동물플랑크톤의 개체수 밀도와 평균 SV값이 전체 정점에서 대체적으로 비슷한 경향을 내타내고 있다. Net가 음향 산란층이라고 생각되는 층을 정확하게 예망한 경우에는 개체수 밀도가 높게 나타났고(01P13, 01P14, 01P17, 02P4, 02P5, 02P7, 03P3, 03P5, 03P6, 03P8), 음향 산란층이 형성되지 않았거나 채집망이 음향 산란층이 존재하는 수심을 정확히 통과하지 못한 정점(01P1, 02P1, 02P2, 02P3, 03P1)에서는 밀도가 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 차이점은 채집망을 이용한 동물 플랑크톤의 밀도 관측에서 음향 산란층의 위치와 수심의 파악이 중요함을 보여주고 있으며, Net 채집에 의해 확인된 개체수밀도와 평균 SV 사이에는 차이가 있을 수 있음을 의미한다.

또한, 음향 산란층을 구성하는 동물플랑크톤의 출현량은 수심 50m 이상의 경사면에 위치한 정점에서 많이 채집되었다. 음향 산란층을 주로 구성하는 동물플랑크톤은 요각류, 난바다곤쟁이류, 단각류 세 분류군이 90%이상을 차지하였다.

한편, 동물플랑크톤은 사면 지역을 중심으로 높은 출현량을 보였는데, 이것은 난바다곤쟁이류의 높은 생물량 때문인 것으로 사료된다. 또 음향 산란층은 주간에 저층부, 야간에는 수온약층을 중심으로 상층부로 상승하는 것으로 나타났다.

Table 5. Details of zooplankton and acoustic survey for this study

Year	Net-Tow Date	Net-Tow time	Station No.	SSL	Avg. SV(dB)	ind./m^3	Dominant species(%)
2001	6/25	11:45	01P1	20	-75	103	Copepoda(78.6), Doliolida(15.4)
		23:03	01P2	30	-66	225	Copepoda(81.0), Appendicularia(4.8)
	6/27	20:14	01P11	40	-70	325	Copepoda(89.7), Chaetognaths(6.1)
		23:13	01P12	20	-67	189	Copepoda(82.2), Euphausiidae(9.0)
	6/28	02:26	01P13	20	-63	572	Copepoda(78.0), Euphausiidae(5.8), Chaetognaths(10.1)
		05:50	01P14	30	-62	1274	Copepoda(59.9), Mollusca(35.0), Euphausiidae(0.1)
		10:13	01P15	30	-70	127	Copepoda(55.9), Mollusca(35.0), Euphausiidae(1.7)
		14:27	01P16	50	-62	243	Copepoda(82.8), Chaetognaths(6.1)
		16:04	01P17	50	-60	706	Copepoda(73.9), Chaethgnaths(6.2)
2002	7/8	06:35	02P1	40	-67	225	Copepoda(76.3), Euphausiidae(18.3), Chaetognatha(4.6)
		10:54	02P2	30	-69	101	Copepoda(95.6), Amphipods(2.4),Euphausiidae(0.8)
		16:58	02P3	40	-64	201	Copepoda(63.0), Euphipods(9.5), Nematods(7.4)
		21:50	02P4	30	-59	427	Copepoda(91.1), Euphausiidae(3.1), Chaetognatha(4.3)
	7/9	02:57	02P5	20	-52	630	Copepoda(90.4), Euphausiidae(1.7), Chaetognatha(3.8)
		07:55	02P6	30	-68	3	Copepoda(35.7), Chaetognatha(33.3), Ammonite(31.0)
		12:05	02P7	40	-60	864	Copepoda(89.5), Euphausiidae(2.8), Chaetognatha(6.9)
2003	6/28	12:55	03P1	60	-70	161	Copepoda(91.9), Decapoda(2.6), Ostracoda(2.6)
		20:12	03P2	20	-64	551	Copepoda(83.3), Euphausiidae(9.2), Decapoda(6.9)
	6/29	02:14	03P3	30	-63	992	Copepoda(78.4), Euphausiidae(14.2), Amphipoda(6.7)
		07:52	03P4	30	-65	238	Copepoda(52.4), Amphipoda(21.6), Decapoda(22.6)
		12:12	03P5	70	-62	1320	Copepoda(64.3), Euphausiidae(29.2), Amphipoda(2.3)
	6/30	18:10	03P6	80	-65	510	Copepoda(44.1), Amphipoda(27.4), Decapoda(6.9)
		22:50	03P7	20	-64	230	Copepoda(62.7), Euphausiids(4.8), Amphipoda(28.7)
		04:43	03P8	30	-61	1059	Copepoda(90.9), Euphausiidae(8.3)
		09:07	03P9	30	-60	257	Copepoda(83.8), Euphausiidae(0.5), Decapoda(12.1)
		22:03	03P12	10	-62	256	Copepoda(90.2), Euphausiidae(0.6), Decapoda(8.2)

4. 트롤 조업에 의한 저서어 자원조사

1) 2001년 어획량 및 종조성

(1) 어획량

트롤 조업에 의한 저서어 자원 조사는 Table 1과 Fig. 2-10에 나타낸 것과 같이 6개의 해역에서 실시하였다.

각 해역에 있어서 어류의 어획량은 Table 6에서와 같이 01T1해역에서 32.54kg, 01T2해역에서 152.19kg, 01T3해역에서 143.10kg, 01T4해역에서 18.23kg, 01T5해역에서 1.90kg 그리고 01T6해역에서 156.11kg으로 나타났다. 조사 해역 가운데 서쪽에 위치한 조업 해역(01T1, 01T4, 01T5)에서의 어획은 저조한 반면 대륙붕 사면 가까이에 있는 조업 해역(01T2, 01T3, 01T6)에서는 비교적 어획량이 많았다.

Table 6. Species composition of the fishes collected by demersal trawl in southern waters of Jeju Island in June, 2001

Species \ Area	01T1		01T2		01T3		01T4		01T5		01T6		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Trachurus japonicus	43	7.91	616	81.00	794	135.00					1,380	150.00	2,833	373.91
Pagrus major			3	0.54	1	0.22	3	0.36			7	0.44	14	1.56
Uraspis helvola			103	13.39							4	0.60	107	13.99
Lophiomus setigerus	4	0.37	68	8.16			1	1.85	14	1.05	1	0.33	88	11.76
Psenopsis anomala	4	0.24	31	1.65			59	3.17			3	0.30	97	5.36
Trichiurus lepturus	12	3.13	78	10.20			3	0.38			2	0.32	95	14.03
Doederleinia berycoides	9	0.25	30	4.63	3	0.70	44	2.92			3	0.23	89	8.73
Lepidotrigla guentheri			84	5.08	3	0.17							87	5.25
Scomber japonicus	55	8.22	15	2.55			5	1.65			2	0.37	77	12.79
Neobythites sivicolus	28	7.82					24	5.38			11	0.23	63	13.43
Zeus faber			40	14.70	1	0.47	1	0.41			1	0.05	43	15.63
Thamnaconus hypargyreus			36	2.40	3	0.22							39	2.62
Lepidotrigla abyssalis			38	0.50									38	0.50
Chelidonichthys spinosus	1	0.27	32	4.89									33	5.16
Branchiostegus japonicus							6	0.57					6	0.57
Scorpaena izensis			13	0.19							1	0.36	14	0.55
Caelorinchus multispinulosus	17	0.15							5	0.07	1	0.07	23	0.29
Raja acutispina			3	0.95	5	1.27							8	2.22
Champsodon snyderi	2	0.01	2	0.01			7	0.03			2	0.01	13	0.06
Scyliorhinus torazame					1	0.32							1	0.32
Zenopsis nebulosa							1	0.09					1	0.09
Pleuronichthys cornutus	2	0.48			7	0.67	1	0.28					10	1.43
Acropoma japonicum							5	0.04			3	0.07	8	0.11
Apogon lineatus	3	0.02							1	0.00			4	0.02
Sphyraena pinguis					1	0.26							1	0.26
Echelus uropterus			4	0.08			2	0.07					6	0.15
Muraenesox bagio									1	0.40	4	0.75	5	1.15
Pseudosciaena crocea							5	0.37					5	0.37
Uranoscopus japonicus							1	0.31			3	0.13	4	0.44
Amblychaeturichthys hexanema									5	0.05			5	0.05
Chaunax abei					5	0.68							5	0.68
Ganthophis nystroemi			4	0.25							1	0.13	5	0.38

N : Number of individuals W : Biomass(kg)

Table 6. Continued

Aulopus japonicus			1	0.09			1	0.04					2	0.13
Erisphex pottii					5	0.04							5	0.04
Conger mriaster	4	3.05											4	3.05
Gnathagnus elongatus	1	0.41							2	0.31	1	1.10	4	1.82
Upeneus bensasi			1	0.06									1	0.06
Minous pusillus			4	0.18									4	0.18
Engraulis japonicus	3	0.11											3	0.11
Synodus macrops			2	0.02			1	0.01					3	0.03
Halieutaea stellata	1	0.10									1	0.26	2	0.36
Priacanthus macracanthus							2	0.24					2	0.24
Foetorepus altivelis					2	0.15							2	0.15
Sebasiscus tertius			2	0.13									2	0.13
Glossanodon semifasciatus			2	0.10									2	0.10
Triacanthodes anomalus			2	0.01									2	0.01
Raja kenojei					1	1.60							1	1.60
Cookeolus japonicus					1	1.60							1	1.05
Muraenesox cinereus											1	0.32	1	0.32
Microcanthus strigatus			1	0.26									1	0.26
Niphon spinosus			1	0.14									1	0.14
Daicocus peterseni					1	0.11							1	0.11
Pseudorhombus cinnamoneus					1	0.07							1	0.07
Pseudorhombus pentophthalmus							1	0.06					1	0.06
Bembras japonica					1	0.05							1	0.05
Triodon macropterus					1	0.05							1	0.05
Apogon carinatus											1	0.03	1	0.03
Bembrops curvatura			1	0.03									1	0.03
Peristedion orientale									1	0.02			1	0.02
Leiognathus nuchalis											1	0.01	1	0.01
Benthosema pterotum											1	0.00	1	0.00
Total	189	32.54	1,217	152.19	837	143.10	173	18.23	29	1.90	1,435	156.11	3,880	504.07
Number of Species	16		28		19		20		7		23		61	

(2) 어류의 종조성

어획된 어류는 Table 7에서와 같이 총 2강 15목 46과 61종으로 총어획량은 3,880개체, 504.07kg이었으며, 이들의 개체수와 생체량은 Fig. 3-32와 같았다.

연골어류는 2목 2과 3종이었고, 경골어류가 13목 44과 58종이었다. 채집된 15목 어류 중에서 농어목 어류가 20과 25종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 다음으로 쏨뱅이목 어류가 5과 10종이었으며, 이들 2목에 포함된 어류가 총 35종으로 전체 출현종수의 57.38%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다.

과별로 가장 다양한 종이 출현한 어류는 성대과 어류로 4종이 출현하였고, 그 다음으로 양볼락과 어류가 3종 출현하였으며, 가오리과, 갯장어과, 붕장어과, 달고기과, 반디불게르치과, 뿔돔과, 동갈돔과, 전갱이과, 통구멍과, 넙치과의 어류가 각각 2종씩 출현하였다(Appendix Ⅰ).

조사기간 중에 전갱이가 2,833개체 출현하여 가장 우점하는 종으로 나타났고, 그 외 100개체 이상 출현한 어종은 민전갱이로 이들 2종이 전체 개체수의 75.77%를 차지하여 조사해역에서 우점종으로 나타났으며, 다음으로 50개체 이상 출현한 종은 아귀, 샛돔, 갈치, 눈볼대, 꼬마달재, 고등어, 그물메기로 이들 7종이 전체 개체수의 15.36%를 차지하였다.

생체량은 전체 504.07kg 중에 전갱이가 373.91kg 어획되어 74.33%를 차지하였고, 생체량 10kg 이상 출현한 어종은 민전갱이, 아귀, 갈치, 고등어, 그물메기, 달고기였다.

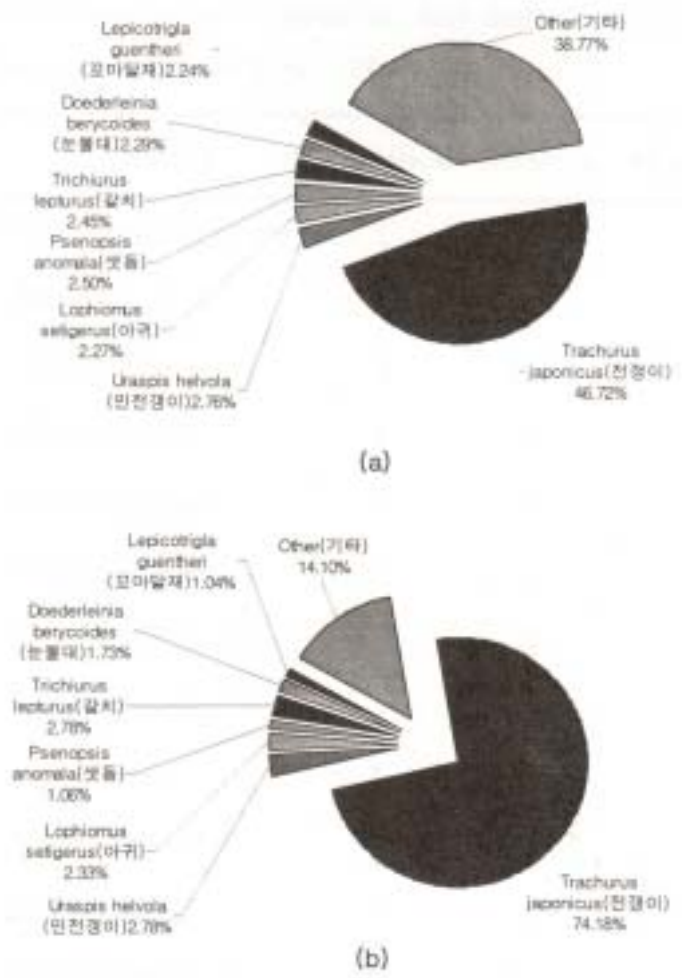


Fig. 3-32. Species composition of fishes fauna by demersal trawl in June, 2001.

(a) : Number of individuals (b) : Biomass

조사기간 동안 채집된 어류 중에서 3개체 이하로 출현량이 현저하게 적었던 종은 두툽상어, 민달고기, 꼬치고기, 히메치, 노랑촉수, 멸치, 수다꽃동멸, 빨강부치, 홍치, 도화양태, 붉은쏨뱅이, 샛멸, 분홍쥐치, 홍어, 뿔돔, 갯장어 범돔, 다금바리, 별쭉지성대, 별넙치, 점넙치, 빨간양태, 불뚝복, 먹테얼게비늘, 갈색무늬동미리, 황성대, 주둥치, 대주둥치 및 깃비늘치였다.

Table 7. Number of class, others, families, and species of fishes collected by demersal trawl in June, 2001

Classes	Orders	Families	Species	Abundance(%)
Chondrichthyes	Carcharhiniformes	1	1	0.03
	Rajiformes	1	2	0.23
Actinopterygii	Anguilliformes	3	5	0.54
	Clupeiformes	1	1	0.08
	Osmeriformes	1	1	0.05
	Aulopiformes	2	2	0.13
	Myctophiformes	1	1	0.03
	Ophidiiformes	1	1	1.62
	Gadiformes	1	1	0.59
	Lophiiformes	3	3	2.45
	Zeiformes	1	2	1.13
	Scorpaeniformes	5	10	4.79
	Perciformes	20	25	86.93
	Pleuronectiformes	2	3	0.31
	Tetraodontiformes	3	3	1.08
Total		46	61	100.00

(3) 조업 해역별 출현어종의 정량적 조사

어획된 어류는 Table 6과 같고 각 해역별 출현종과 생체량과 개체수를 그라프로 나타낸 것은 Fig. 3-33과 같다. 출현종을 조사한 결과, 전 출현종수가 61종이었고, 조업 해역 01T5에서는 7종이 출현하여 종수가 가장 적었으며, 조업 해역 01T2에서는 28종이 출현하여 조사조업 해역 중에서 가장 많은 종이 출현하였다.

출현한 개체수와 생체량은 조업 해역 01T6에서 가장 많았고, 조업 해역 01T5에서 가장 적은 양이 채집되었다.

조업 해역 01T1에서 체집된 어류는 1강 8목 16과 16종 189개체로 연골어류는 채집되지 않았고, 농어목 어류가 8과 8종으로 가장 우점하는 목으로 나타났다. 고등어가 55개체 8.22kg, 전갱이 43개체 7.912kg, 그물메기가 28개체 7.824kg이 채집되어 이들 3종이 조업 해역 3에서 출현한 개체수의 66.67%와 생체량의 73.67%를 차지하여 우점하였다. 그밖에 10개체 이상 채집된 종은 줄비늘치와 갈치였다. 조업 해역 01T1에서만 채집된 어종은 붕장어와 멸치였다.

조업 해역 01T2에서 채집된 어류는 2강 9목 23과 28종, 1217개체로, 조업 해역 중에서 가장 많은 종이 출현하였으며, 농어목 어류가 11과 12종 출현하여 가장 우점하는 목으로 나타났으며, 다음으로 쏨뱅이목 어류가 2과 6종 출현하였다. 채집된 28종 중에서 참돔이 616개체, 81.0kg이 채집되어 조업 해역 01T2에서 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 다음으로 50개체 이상 채집된 어류는 민전갱이, 꼬마달재, 갈치, 아귀의 4종이었고, 10개체 이상 채집된 종은 달고기, 밑달갱이, 별쥐치, 성대, 샛돔, 눈볼대, 고등어, 살살치였다. 동중국해의 전체 조사해역 중에서 조업 해역 01T2에서만 채집된 어종은 밑달갱이, 말락쏠치, 붉은쏨뱅이, 샛멸, 분홍쥐치, 범돔, 다금바리, 갈색무늬동미리였다.

조업 해역 01T3에서 채집된 어류는 2강 8목 18과 19종, 837개체였고, 농어목 어류가 6과 6종 출현하였으며, 다음으로 쏨뱅이목 어류가 4과 4종 출현하여 우점하는 목으로 나타났다. 전갱이가 794개체, 135.0kg 채집되어 조업 해역 01T3에서 채집된 개체수의 94.86%와 생체량의 94.35%를 차지하여 우점하는

종으로 나타났으며, 조업 해역 01T3에서만 채집된 종은 녹점술아귀, 풀미역치, 도화양태, 홍어, 뿔돔, 별쭉지성대, 별넙치, 빨간양태, 불뚝복이였다.

조업 해역 01T4에서 채집된 어류는 1강 7목 18과 20종, 173개체였으며, 농어목 어류가 10과 11종 출현하여 우점하는 목으로 나타났다. 샛돔, 눈볼대, 그물메기의 순으로 우점하였으며, 조업 해역 01T4에서만 채집된 어종은 부세, 홍치 점넙치였다.

조업 해역 01T5에서 채집된 어류는 1강 5목 7과 7종, 29개체로 조사조업 해역 중에서 가장 적은 양의 어류가 채집되었으며, 아귀가 14개체, 1.045kg이 채집되어 조업 해역01T5에서 우점하는 종이였다. 전체 조업해역 중 조업 해역 01T5에서만 채집된 어종은 도화망둑과 황성대였다.

조업 해역 01T6에서 채집된 어류는 1강 8목 19과 23종, 1,435개체 156.093kg로 2001년 조업 해역 중에서 가장 많은 양의 어류가 채집되었으며, 농어목 어류가 10과 13종 출현하여 가장 우점하였다. 채집된 23종 중에서 전갱이가 1380개체, 150.0kg이 채집되어 조업 해역 01T6에서 채집된 개체수의 96.17%와 생체량의 96.10%를 차지하여 우점하였다. 전체 조사해역 중에서 조업 해역 01T6에서만 채집된 어종은 갯장어, 먹테얼게비늘, 주둥치, 깃비늘치였다.

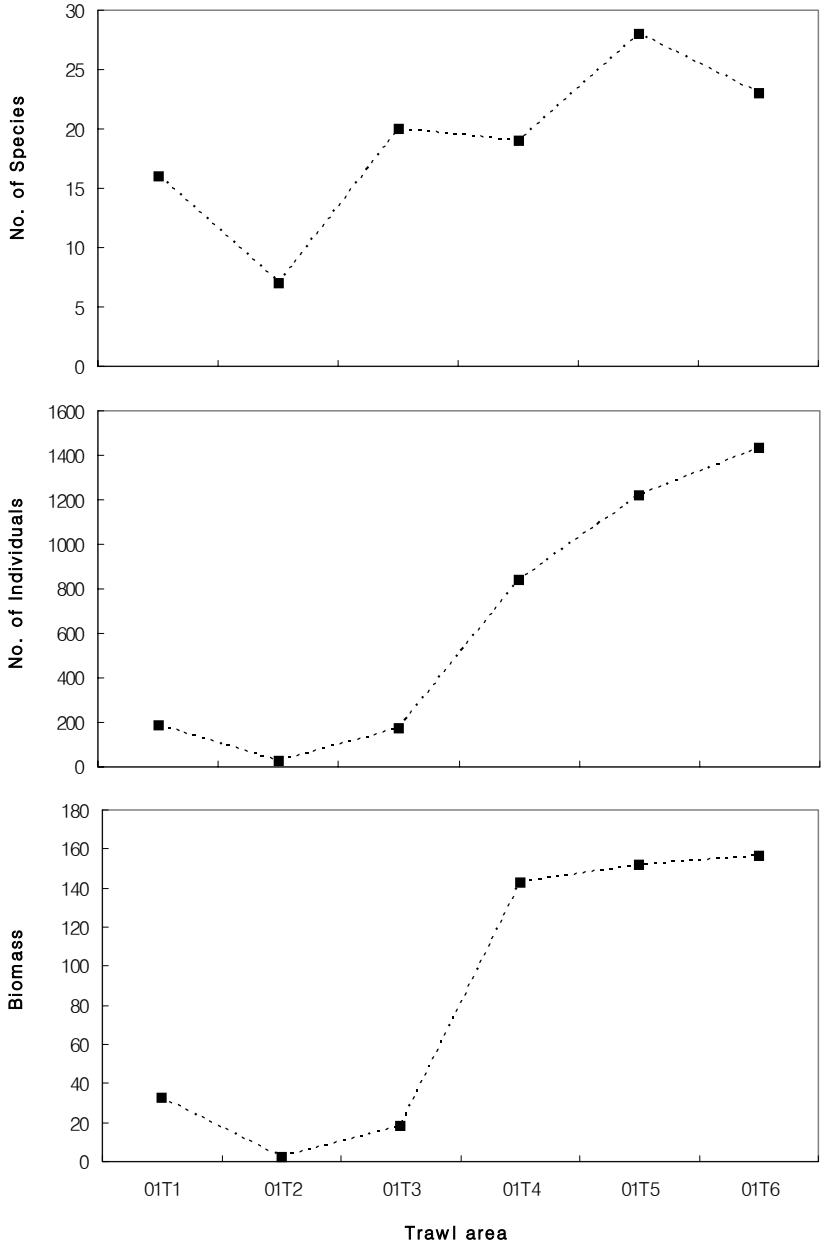


Fig. 3-33. Variation of total numbers of species, individuals and biomass of fishes collected by demersal trawl in June, 2001.

(4) 생태학적 제지수

생태학적 제지수는 Fig. 3-34와 같으며 종다양도지수의 범위는 0.2685~2.0714으로 조업 해역 01T1에서 가장 높은 값을 보였고, 다음으로 조업 해역 01T4에서 2.0248로 높은 값을 보였으며, 조업 해역 01T6에서 다양도지수가 가장 낮은 값을 보였고, 조업 해역 01T3에서도 낮게 나타났다.

균등도지수의 범위는 0.0856~0.7660으로 조업 해역 01T5에서 가장 높았고, 다음으로 조업 해역 01T1에서 0.7471로 높게 나타났으며, 조업 해역 01T6에서는 종다양도지수와 같이 가장 낮은 값을 나타났으며, 조업 해역 01T3에서도 0.1145로 낮게 나타났다.

우점도 지수의 범위는 0.5185~0.9693으로 다양도 지수, 균등도 지수와는 반대로 조업 해역 01T6에서 가장 높게 나타났으며, 조업 해역 01T1에서 가장 낮게 나타났다.

조업 해역 01T6에서 종다양도 지수와 균등도 지수가 가장 낮고, 우점도 지수가 가장 높게 나타난 이유는 조업 해역 01T6에 출현한 23종 중에서 전갱이가 전 출현개체수의 96.17%로 매우 높은 비율을 차지하여 우점하였기 때문이였다.

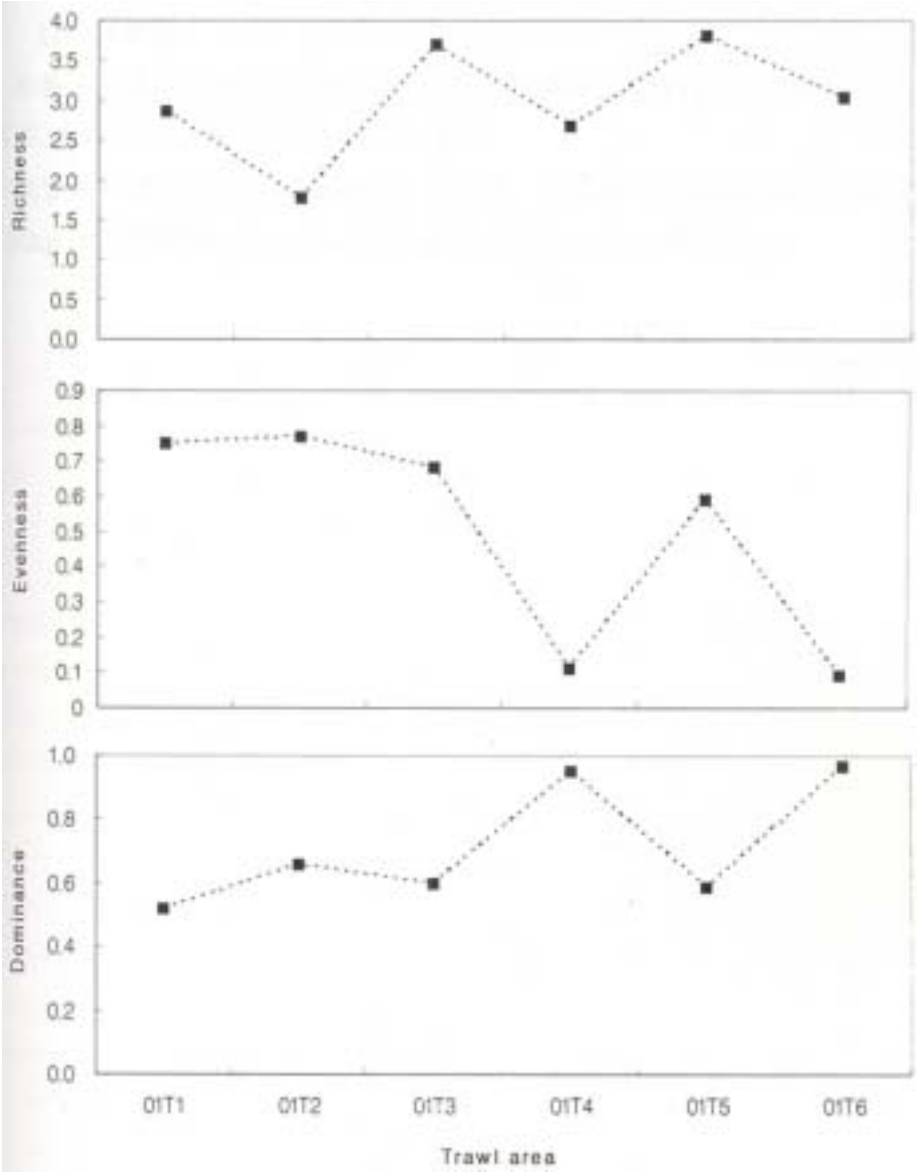


Fig. 3-34. Variation of diversity index, richness, evenness and dominance in June, 2001.

2) 2002년 어획량 및 종조성

(1) 어획량

트롤 조업을 이용한 저서어 자원 조사는 Table 1 과 Fig. 2-10에서 나타낸 것과 같이 3개의 해역에서 이루어 졌다.

조업 해역별 어획량은 Table 8과 같으며, 02T1에서 6.54kg, 02T2해역에서 7.84kg, 02T3해역에서 1.46kg으로 평균 5.28kg으로 나타났다.

Table 8. Species composition of fishes collected by in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July, 2002

Species \ Area	02T1		02T2		02T3		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W
Scyliorhinusus torazame	3	0.67	5	1.06			8	1.73
Muraenesox bagio					1	0.32	1	0.32
Muraenesox cinereus	1	0.12					1	0.12
Engraulis japonicus	22	0.41	31	0.52			53	0.93
Hoplobrotula armata			3	0.49			3	0.49
Lophius litulon	3	0.69	3	0.64			6	1.33
Erisphex pottii	3	0.03	3	0.02	3	0.03	9	0.08
Chelidonichthys spinosus	2	0.42	9	1.8			11	2.22
Liparis agassizii	2	0.06					2	0.06
Liparis tanakai	32	0.83	13	0.35			45	2.22
Apogon lineatus					5	0.08	5	0.08
Trachurus japonicus			1	0.15			1	0.15
Hapalogenys mucronatus					1	0.12	1	0.12
Argyrosomus argentatus					6	0.24	6	0.24
Collichthy lucidus			1	0.04			1	0.04
Pseudosciaena polyactis	2	0.11	3	0.17			5	0.28
Gnathagnus elongatus			1	0.16			1	0.16
Trichiurus lepturus	1	0.26	1	0.22	2	0.51	4	0.99
Scomber japonicus	7	2.94					7	2.94
Psenopsis anomala					2	0.06	2	0.06
Cynoglossus abbreviatus					3	0.1	3	0.1
Pleuronichthys cornutus			6	2.22			6	2.22
Total	**78**	**6.54**	**80**	**7.84**	**23**	**1.46**	**181**	**15.84**
Number of Species	**11**		**13**		**8**		**22**	

N : Number of individuals W : Biomass(kg)

(2) 어류의 종조성

어류의 종조성은 Table 9와 같으며 어획된 어류는 2강 8목 19과 22종으로 181개체, 15.84kg이었으며, 이들의 어획 개체수와 생체량은 Fig. 3-36와 같았다.

연골어류는 1목 1과 1종이었고, 경골어류가 7목 18과 21종이었다. 채집된 8목 어류 중에서 농어목 어류가 8과 10종으로 가장 많은 종이 출현하였고, 다음으로 쏨뱅이목 어류가 3과 4종이었으며, 이들 2목에 포함된 어류가 총 14종으로 전체 출현종수의 63.64%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다. 과별로 가장 다양한 종이 출현한 어류는 민어과 어류로 3종이 출현하였고, 그 다음으로 꼼치과의 어류가 2종 출현하였다(Appendix 1).

Table 9. Number of class, others, families, and species of the fishes collected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July, 2002

Classes	Orders	Families	Species	Abundance(%)
Chondrichthyes	Carcharhiniformes	1	1	4.42
Actinopterygii	Anguillifromes	2	2	1.10
	Clupeiformes	1	1	29.28
	Ophidiiformes	1	1	1.66
	Lophiiformes	1	1	3.31
	Scorpaeniformes	3	4	37.02
	Perciformes	8	10	18.23
	Pleuronectiformes	2	2	4.97
Total		19	22	100.00

조사기간 중에 100개체 이상 출현한 어종은 없었으며, 50개체 이상 출현한 종도 멸치뿐이었다.

생체량은 전체 15.84kg 중에 고등어가 2.94kg이 어획되어 18.56%를 차지하였고, 다음으로 생체량 2kg 이상 출현한 어종은 성대와 용서대가 있었다.

조사기간 동안 채집된 어류 중에서 3개체 이하로 출현량이 현저하게 적었던 종은 갯장어, 붕장어, 아가씨물메기, 전갱이, 군평선이, 황강달이, 푸렁퉁구멍, 샛돔의 8종이었다.

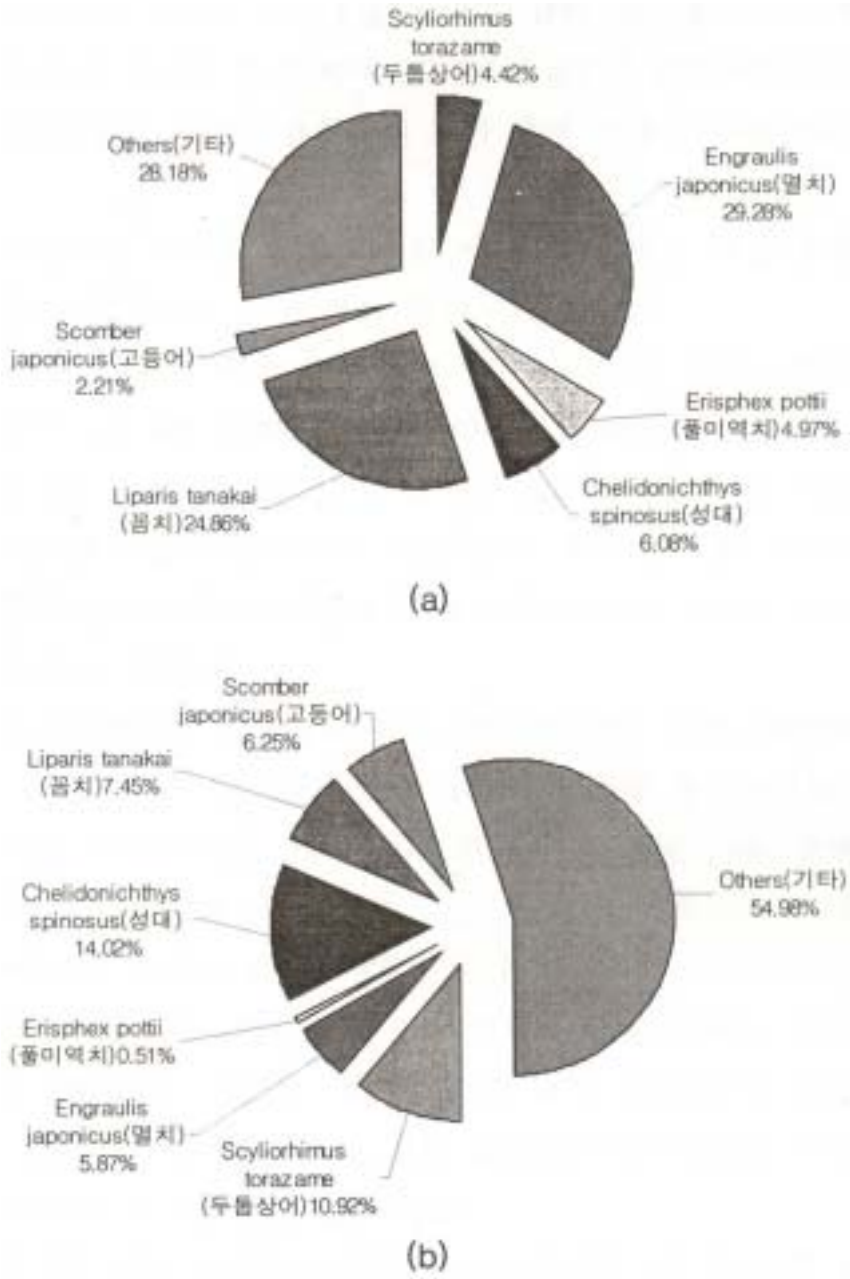


Fig. 3-35. Species composition of fishes fauna in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July, 2002.
(a) : Number (b) : Biomass

(3) 조업 해역별 출현어종의 정량적 조사

조업 해역별 어획된 어류는 Table 8과 같고 각 해역별 출현종과 생체량과 개체수를 그라프로 나타낸 것은 Fig. 3-36과 같다. 출현종을 조사한 결과, 전체 출현종수 22종 중에서 조업 해역 02T3에서 8종이 출현하여 가장 적었으며, 조업 해역 02T2에서 13종이 출현하여 조사 해역 중에서 가장 많은 종이 출현하였다.

출현한 개체수와 생체량에서는 조업 해역 02T2에서 가장 우위를 나타냈고, 조업 해역 02T3에서 가장 적은 양이 채집되었다.

조업 해역 02T1에서 채집된 어류는 2강 6목 10과 11종, 78개체였고, 쏨뱅이목 어류가 3과 4종 출현하였으며, 다음으로 농어목 어류가 3과 3종 출현하여 우점하는 목으로 나타났다. 꼼치가 32개체, 0.83 kg 채집되어 조업 해역 02T1에서 채집된 개체수의 41.02%와 생체량의 12.69%를 차지하여 우점하는 종으로 나타났으며, 조업 해역 02T1에서만 채집된 종으로는 아가씨물메기의 1종이 있었다.

조업 해역 02T2에서 채집된 어류는 2강 7목 12과 13종, 80개체 출현하였으며, 농어 어류가 4과 5종 출현하여 가장 우점하는 목으로 나타났으며, 다음으로 쏨뱅이 어류가 3과 3종이 출현하였다. 채집된 13종 중에서 멸치가 31개체, 0.52kg 채집되어 조업 해역 02T2에서 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 다음으로 10개체 이상 채집된 어류는 꼼치가 13개체, 0.35kg 있었고, 그밖에 10개체 이하 채집된 종으로 두툽상어, 붉은메기, 황아귀, 풀미역치, 전갱이, 황강달이, 참조기, 푸렁퉁구멍, 갈치, 도다리가 있었다. 동중국해의 전체 조사해역 중에서 조업 해역 02T2에서만 채집된 어종으로는 황강달이, 푸렁통구멍, 도다리의 3종이었다.

조업 해역 02T3에서 채집된 어류는 1강 4목 8과 8종, 23개체 1.46kg로 조사조업 해역 중에서 가장 적은 양의 어류가 채집되었으며, 농어목 어류가 5과 5종 출현하여 가장 우점하였다. 채집된 8종 중에서 보구치가 6개체, 0.24kg 채집되어 조업 해역 02T3에서 채집된 개체 수의 75.00%와 생체량의 16.43%를 차지하여 우점하였다. 동중국해의 전체 조사해역 중에서 조업

해역 02T3에서만 채집된 어종은 갯장어, 열동가리돔, 군평선이, 보구치, 샛돔, 용서대의 6종이었다.

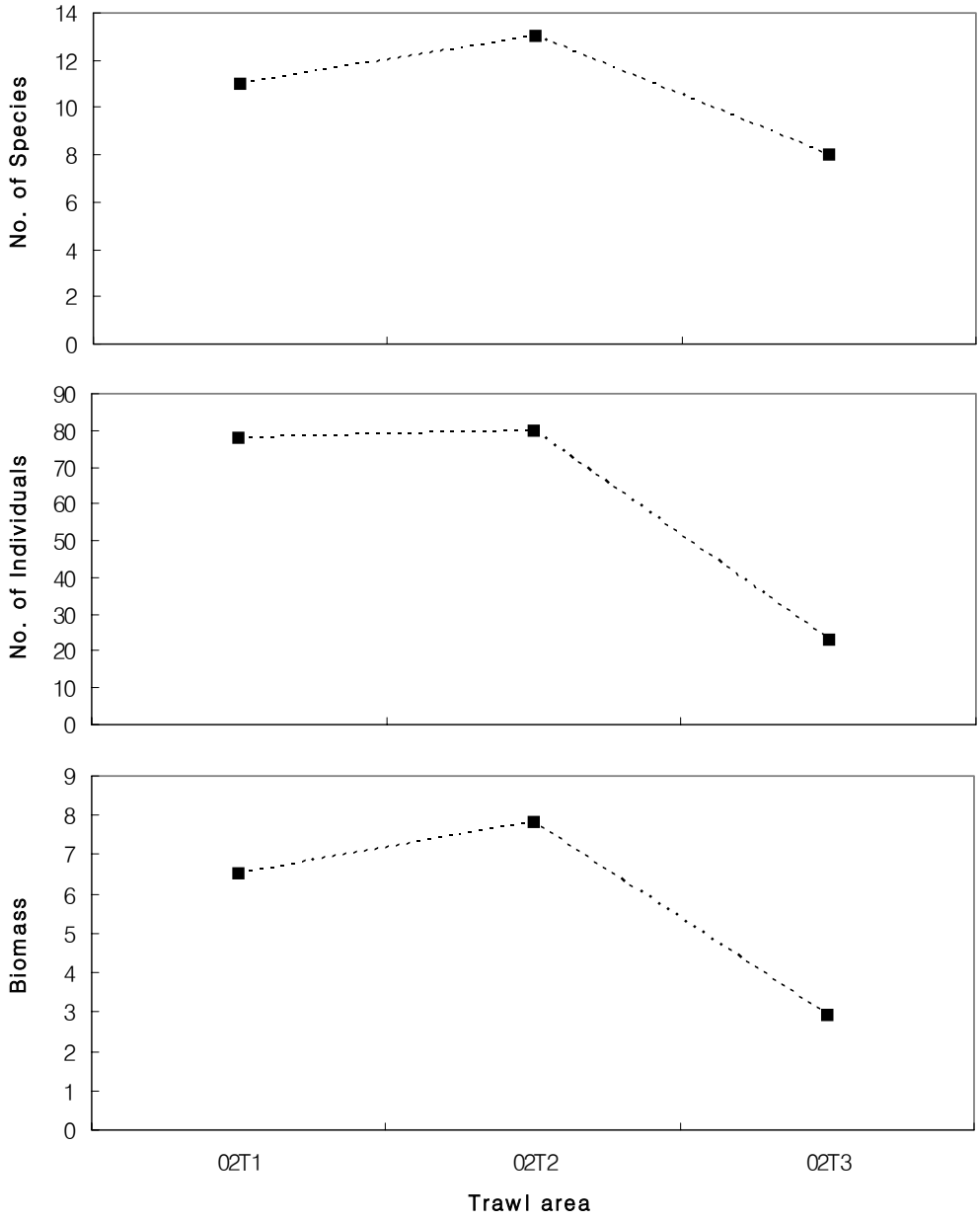


Fig. 3-36. Variation in total numbers of species, individuals and biomass of the fishes collected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in July, 2002.

(4) 생태학적 제지수

생태학적 제주는 Fig. 3-37과 같으며 종다양도지수의 범위는 1.71～1.91로 조업 해역 02T3에서 가장 높은 값을 보였고, 02T1에서 가장 낮은 값을 보였다. 종풍부도 지수의 범위는 2.3～2.74로 조업 해역 02T2에서 가장 높은 값을 보였고, 02T3에서 가장 낮은 값을 보였다. 균등도지수의 범위는 0.71～0.92로 조업 지점 02T3에서 가장 높았고, 02T1에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 우점도 지수의 범위는 0.48～0.69로 조업 지점 02T1에서 가장 높았고, 02T3에서 가장 낮게 나타났다.

생태계에서 종의 다양성과 안정성관계에 대하여 알아보면, 계절적인 변화가 없는 온대 천해역에서는 군집의 다양성이 낮게 나타났으며 온대지방의 수심 300m이하에서 다양성이 높게 나타났다. Sanders(1968)는 장기간 안정한 환경은 다양성이 높은 군집을 형성하게 된다고 하였다. 안정된 환경 하에서는 생물종간의 극심한 경쟁이나 포식자와 먹이 사이의 불균형 관계 등이 해소되어 점차 많은 종들이 살게 된다. 물론, 이들 개개의 종 들이 견딜 수 있는 환경의 범위는 좁으나 전체적으로 이러한 군집은 환경의 변화에 대해 역학적으로 안정되어있다. 반면 환경의 압박이 많거나 불규칙적으로 변화하는 환경에서는 다양성이 낮은 군집이 형성된다. 이렇게 예측하기 힘든 환경에서는 환경의 광범위한 변화에 견딜 수 있는 종만이 생존할 수 있으며, 이러한 군집은 환경의 변화에 불안정하다고 할 수 있다.

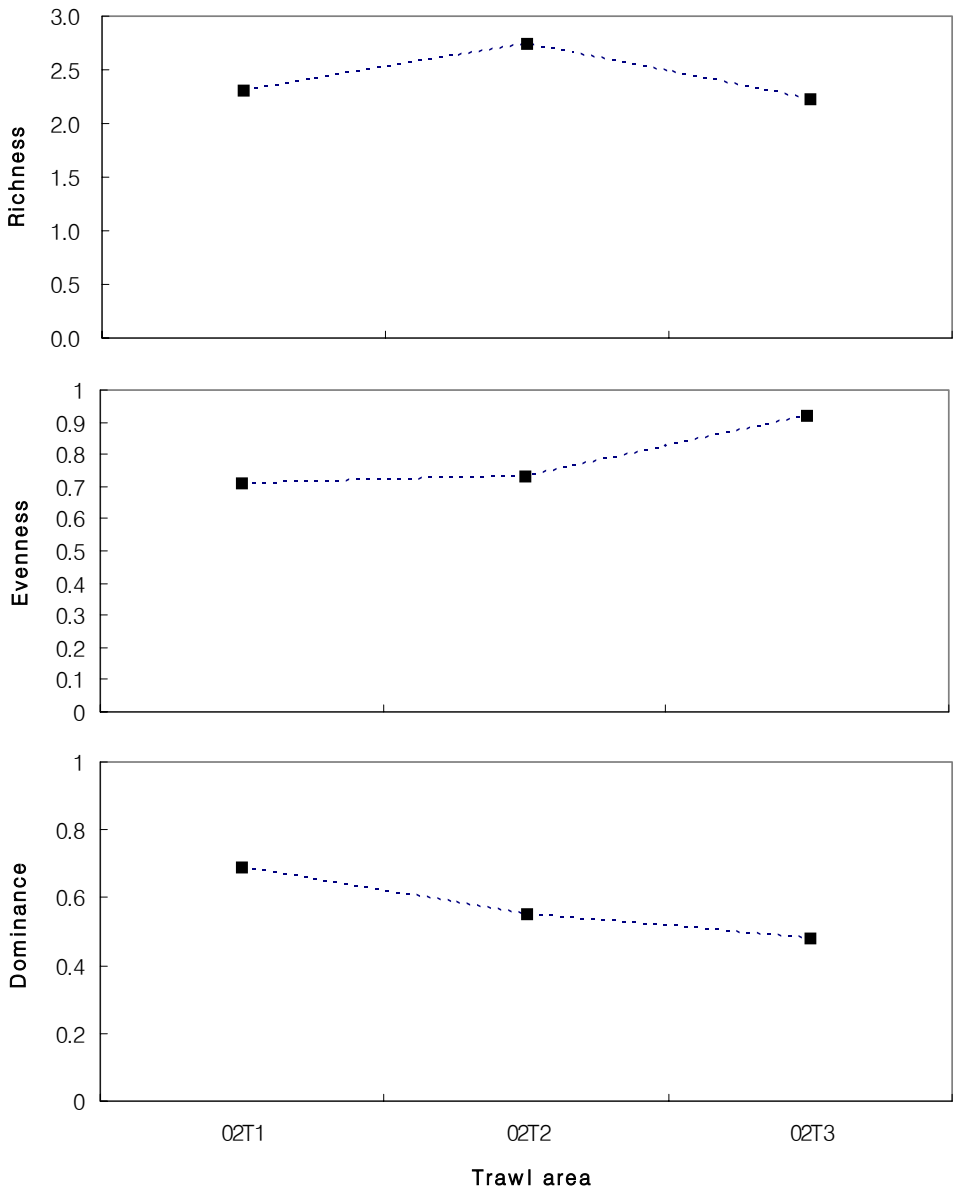


Fig. 3-37. Variation of diversity index, richness, evenness and dominance by demersal trawl in July, 2002.

3) 2003년 어획량 및 종조성

(1) 어획량

저서어 자원 조사는 Table 1과 Fig. 2-10에 나타낸 것과 같이 3개의 해역에서 이루어졌다.

어류의 어획량은 Table 10에서 보는 것과 같이, 03T1에서 79개체, 19.70kg이고, 03T2해역에서 311개체, 7.24kg이며, 03T3해역에서는 130개체, 12.30kg으로 나타나 어류의 어획량은 매우 적었다.

(2) 어류의 종조성

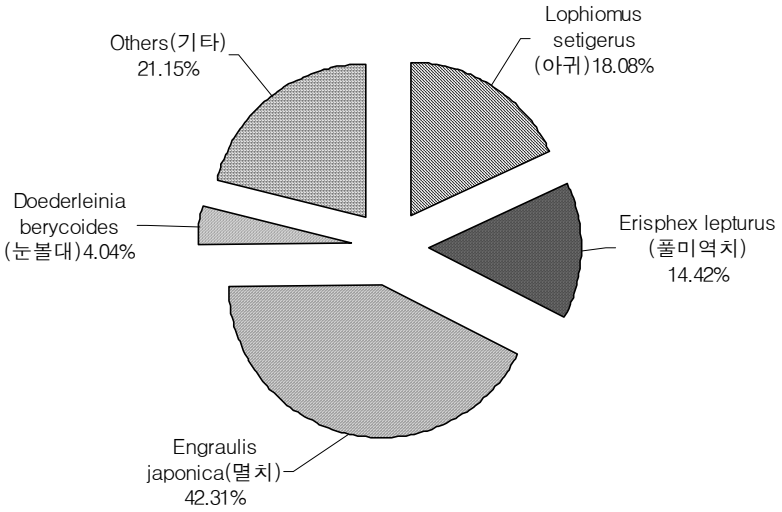
어류의 종조성은 Table 10과 같으며, 어획 개체수와 생체량은 Fig. 3-38과 같다.

어획 개체수가 100마리 이상인 것은 멸치 1종뿐이었고, 50개체 이상인 어종도 아귀와 풀미역치 2종이었다. 어획 어종수도 적고, 어획량도 매우 적었다.

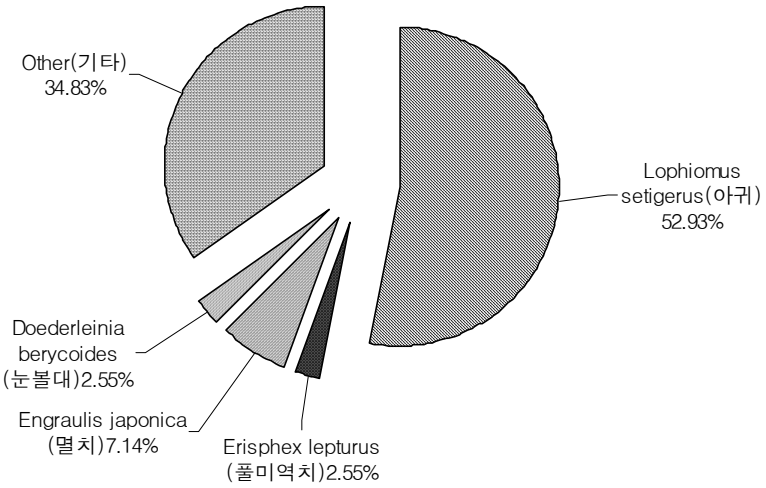
Table 10. Species composition of the fishes collected in southern waters of Jeju Island by demersal trawl in June, 2003

Species \ Area	03T1		03T2		03T3		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W
Tanakius kitaharai(가자미)	13	2.62					13	2.62
Engraulis japonicus(멸치)	20	0.8	200	2			220	2.8
Lophiomus setigerus(아귀)	36	15.3	21	2.24	37	3.23	94	20.77
Doederleinia berycoides(눈볼대)	4	0.28			17	0.72	21	1
Chelidonichthys spinosus(성대)			3	0.2	7	0.18	10	0.38
Trichiurus lepturus(갈치)					5	0.4	5	0.4
Erisphex pottii(풀미역치)			75	1			75	1
Plotosus lineatus(쏠종개)					9	0.84	9	0.84
Coilia mystus(싱어)					17	1.9	17	1.9
Liparis tanakai(꼼치)			3	0.49			3	0.49
Other(기타)	6	0.7	9	1.31	38	5.03	53	7.04
Total	**79**	**19.7**	**311**	**7.24**	**130**	**12.3**	**520**	**39.24**

N : Number of individuals W : Biomass(kg)



(a)



(b)

Fig. 3-38. Species composition of fishes fauna in southern waters of Jeju Island in June, 2003.
(a) : Number of individuals (b) : Biomass

Ⅳ. 고찰

1. 해양환경과 플랑크톤

동물플랑크톤은 식물플랑크톤과 달리 어느 정도 유영능력이 있고 환경에 대한 반응이 식물플랑크톤처럼 민감하지 않다. 연안해역은 환경의 변화가 심하기 때문에 내성이 강한 종들만이 서식하므로 종 다양성 지수가 낮다.

또한, 동물플랑크톤은 식물플랑크톤과 밀접하게 연관되어 있어 일차생산력이 높은 연안해역에서의 현존량이 외양역에 비해 많다. 한반도 주변 연안해역에 출현하는 동물플랑크톤 중에는 요각류가 양적으로 가장 많고 다음으로 많이 출현하는 어종은 모악동물인 화살 벌레였다.

해양생태계에서 동물플랑크톤은 이차생산자로서 식물성플랑크톤 광합성 에너지를 어류나 고래 등 포식자에게 전달해주는 고리 역할을 담당하고 있다. 또한 동물플랑크톤의 일부 분류군은 무리를 형성하여 밤에는 표층에서 먹이를 먹고 낮에는 저층으로 이동하는 주·야 수직 이동을 한다. 주·야 수직이동 중에 배설되는 분립에 의한 입자성 유기물의 하향 유동은 표층에너지의 저층전달에 크게 기여한다.

외양역의 일차 생산도 식물플랑크톤에 의해 유광층에서 이루어지므로 소비자인 어류도 표층부근에 많고 수심이 깊어지면 적어진다. 외양은 일차생산력이 낮아 먹이가 적고 포식압력이 크지만 넓은 서식공간이 있어 이 환경에 적응하기만 하면 많은 생물이 살아갈 수 있는 장점이 있다. 이렇게 단점을 극복하고 장점을 이용하는 방향으로 적응된 생물들이 외양에는 많아 다양한 어류가 채집된다. 어류는 대양의 전 해역에 걸쳐 분포하고 있으며 활발한 운동력을 지니고 있기 때문에 그들 자신의 분포를 능동적으로 조절함으로써 생존기회를 증진 시킨다.

동물플랑크톤과 어류생산량 사이에는 대체적으로 비례의 관계가 성립한다. 그럼에도 불구하고 어류의 성장을 결정하는 다른 환경요인들, 즉 수온

의 이상변동 등 어류개체군의 밀도와 독립적 환경요인들에 의해 이러한 관계가 깨어질 때가 종종 있다.

이외에도 어류는 자신들이 좋아하는 먹이를 섭이하는 선택력이 있다. 예를들면, 어류들은 해파리 등의 동물플랑크톤은 아무리 많아도 거의 먹지 않고 갑각류로 구성된 동물플랑크톤 즉, 요각류 등의 통상적인 동물플랑크톤 만을 집중적으로 포식하게 된다.

Garrison(2002)은 제일 큰 동물인 고래상어(어류)와 수염고래(포유류)는 큰 동물을 쫓아 공격하는 데 에너지를 쓰지 않지만, 동물플랑크톤을 모아 한꺼번에 많은 양을 먹는다. 이렇게 해서 고래와 같이 먹이를 여과하여 먹는 포식자는 먹이가 만들어지는 먹이망의 아래단계에서 에너지를 얻기 때문에 효율과 양에 있어서 유리하다. 이들이 먹는 플랑크톤 즉 크릴과 같은 갑각류는 일차소비자라기보다는 작은 일차소비자를 먹는 다소 큰 이차소비자이다.

어업생물자원은 해양에 균등하게 분포하지 않고 대개 수심 200m보다 얕은 대륙붕에 국한되어 있어 대개의 어업은 대륙붕 해역에서 이루어지고 있다. 생산력이 높은 어장은 주로 대륙붕이 넓게 발달하거나 용승이 일어나서 수괴내로의 영양공급이 원활한 해역에 형성되어있다. 그러나 대륙붕 해역에 어업이 집중되어 있기는 하지만, 대륙붕 어디나 생산력이 높은 것은 아니다.

한반도 주변어장은 60년대 이후 어로장비의 현대화로 계속 넓어졌고 어획량도 증가하였으나 80년대에는 어획노력의 가중으로 인한 어획량의 증가에도 불구하고 남획으로 인하여 단위면적당 생산량은 크게 감소하였다. 황해는 남획으로 인하여 자원이 감소하고 자원조성이 변화된 대표적인 해역 가운데 하나이다. 이 해역에서 1960년대까지 어획량은 계속 증가하였으나 1970년대 남획의 징후가 나타나다가 최근에는 뚜렷이 감소하고 있다. 1950년대에는 조기류, 가자미류, 대구, 가오리 등의 상업성 대형저서어류가 주를 이루었으나 1980년대에는 멸치, 반지, 오징어 등의 상업성이 낮은 부어류가 주를 이루고 있다.

또한, 황해의 어획물 조성은 1960년대에 어류가 80%이상을 차지하였으나 1980년대 말에는 어류가 50%이하로 감소하고 1960년대에 10% 미만이었던 새우, 게류가 20%이상으로 증가하였다.

따라서 주 어종과 어획물의 조성의 변화는 생태계의 변화를 의미하며 이러한 변화에는 해수순환과 같은 환경적인 변화에 의한 영향 뿐만 아니라 남획 및 오염과 같은 영향도 있을 것으로 추정된다.

Fig, 4-1은 먹이사슬 형태의 차이를 나타낸 것이다 : (a)는 먹이사슬이 대단히 짧고 간단하며 (b)는 군을 이루지 않은 규조류가 요각류에 의해 포식되고 요각류는 어류에 의해 포식되며 (c)는 일반적인 현상으로 규조류 - 식물플랑크톤 - 소형부유생물 - 중형부유생물으로 이어지고, 중형부유 생물은 다랑어와 같은 대형어류에 의해 포식되는 것을 나타낸 것이다(Benard 등, 1987).

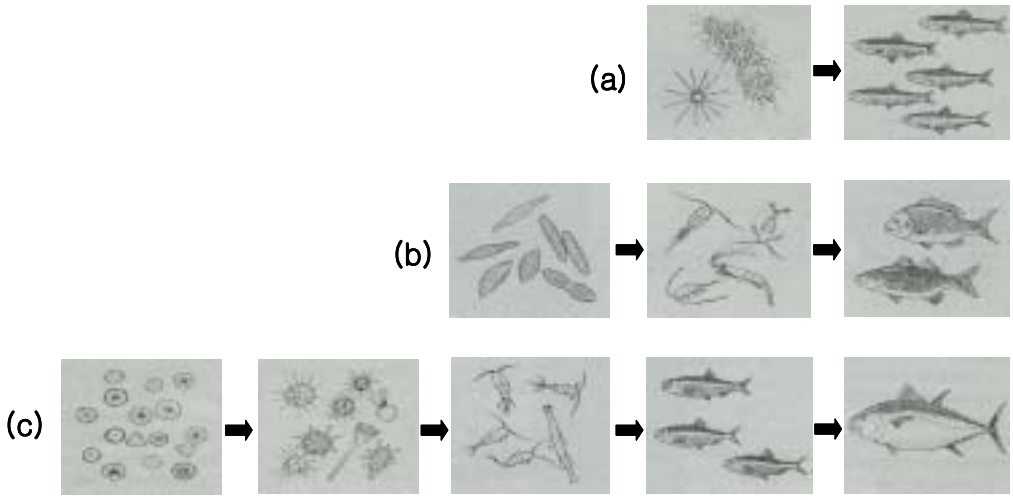


Fig. 4-1. A comparison of the length and make up of food chains from the following areas.
(a) High-productivity coastal waters (b) A boundary-current upwelling area (c) Low productivity open-ocean waters

생태계에 존재하는 영양단계의 수는 환경에 따라 다르다. Ryther(1969)는 해양의 여러 환경을 외양, 연안과 용승지역으로 분류하여, 각각의 환경에서 파악되는 영양단계와 생태계의 구성생물 특성으로 외양역의 경우는 영양단계가 4~6개이고 생태계수는 약 10% 낮고, 연안역 또는 대륙붕 해역의 경우는 외양역에 비해 영양단계가 1~2개 적고, 생태계수는 외양역보다 15%정도 작으며, 용승해역에서는 영양단계의 수가 적어 2~3개이고 생태계수가 약 20%로 높은 것이 특징으로 멸치 등이 식물플랑크톤을 먹는 2단계이다.

따라서 본 연구에서는 2001년의 어획과 2002년 및 2003년의 어획 결과를 위의 생태계 분류와 비교하면 2001년에는(b), (c)의 유형을 보이나, 2002년과 2003년에는 소형어류와 갑각류 및 해파리가 대량으로 어획된 것으로 부터 (a)와 (b)의 유형에 가까운 것으로 볼 수 있었다.

2. 음향 자원조사와 저서어 자원조사

저층트롤조사에 의해 얻어진 어획자료와 계량어군탐지기로부터 구한 음향자료의 체적후방산란강도를 비교하면, 일반적으로 어획량이 많으며 SV 값도 높게 나타난다고 생각할 수 있으나, 어획량이 적고 SV도 적게 나타난 01T4점과 같은 곳이 있는가 하면, 01T5정점과 같이 어획량은 거의 없었으나 SV가 다소 높게 나타나는 곳도 있었다.

반면에 01T3, 01T4 및 01T6과 같이 비교적 어획량과 SV가 정비례하는 해역도 있었다. 어획량이 많은 곳에서는 반드시 SV 높게 나타나야 하는 것이 일반적이라 생각되어지며, 북태평양의 명태, 청어, 대구 그리고 북대서양의 고등어, 청어 그리고 남미 페루의 멸치와 같이 회유성 어종을 대상으로 중층어구와 계량어군탐지기를 이용한 자원조사의 경우는 거의 어획량과 음향자원조사에 의한 자원량이 일치한다는 연구 결과가 보고된 바 있다. 그러나 저층을 대상으로 음향자원조사를 할 경우에 있어서는 음파의 물리적 특성에 의해 거리분해능과 해저 데드존에 의해 해저와 해저에 아주 가까이 있는 어군을 분리하지 못한다는 특성이 있기 때문에 저서어를 대상으로 음향자원조사를 실시할 경우는 이를 고려하지 않으면 안된다.

120kHz에서는 잘 나타나나, 38kHz에서는 잘 나타나지 않는 생물군은 치어와 같은 작은 어류나 플랑크톤의 군집에 의해 생긴 음향산란층으로 추정된다. 03T1과 03T2의 트롤조사 정점에서 대량의 해파리가 어획 되었는데, 에코그램을 통하여 그들의 서식수심과 해역특성을 파악해 보면 중층과 저층에 음향산란층 존재하였다.

조사해역과 조사 연도에 따른 어획량의 변동을 살펴보면, 조사기간에 어획된 어류의 종수는 모두 70종이었다. 어획량은 2001년 6회의 조업에서 504.07kg, 2002년 3회의 조업에서 15.84kg 그리고 2003년 3회의 조업에서 39.24kg으로 나타났다. 이것을 조업 해역별로 보면, 동중국해의 동쪽에서는 비교적 어획량이 많은 것에 비해, 서쪽에서는 어획량이 극히 적다는 것을 알 수 있다.

그리고 조업 구역에 따른 어획량의 차이를 살펴보기 위하여 비교 조업해역으로 한국 남해를 선정하여 같은 시기에 동일한 어구를 사용하여 시험 조업한 하였고, 각 시험 조사 연도별 어획량은 Table 10에 나타내었다.

Table 11. Catches collected by Bottom Trawl in the Southern Waters of Korea and Southern waters of Jeju Island in Summer

Year \ Trawl area	Southern Waters of Korea			Southern waters of Jeju Island		
	NO. of towing	Catch (kg)	CPUE (kg/hour)	NO. of towing	Catch (kg)	CPUE (kg/hour)
2001	1	87.48	87.480	6	504.07	84.011
2002	4	401.14	100.285	3	15.84	5.280
2003	3	253.19	84.396	3	39.24	13.080

한국 남해안에서의 8회 조업에서는 평균 어획량이 92.73kg(41.97kg~147.75kg)이었고, 본 연구 조사해역의 12회 조업에서는 평균 46.48kg(1.46kg~156.11kg)으로 나타났다. 위의 조업 결과에서 알 수 있듯이 제주도 남쪽 해역의 어획량은 2001년에 조사한 대륙붕 사면 부근의 일부 수역(01T2, 01T3, 01T6)을 제외하면 평균 어획량이 한국 남해안의 12.8%에 지나지 않았다.

1989년 11월 북해도 대학 실습선 오소로마루가 제주도 남쪽에서 행한 시험 조업의 결과도 경도 126°E 선을 중심으로 동서의 CPUE(kg/hour)를 비

교하면 동쪽이 164.2kg이고 서쪽이 96.2kg으로 나타났으며, 2004년 국립수산과학원의 연근해 자원조사에서는 제주 근해에서 1시간 예망 당 어획량은 4월에 52.5kg, 10월~11월에 169.3kg이었다. 끝자루 망목은 본 연구에서 보다 약 10*mm* 작은 것을 사용하고 있는데 어류의 종수는 전반기 115종, 후반기 113종이었다. 이러한 어획 결과는 우리나라의 제주도 근해에 비하여, 동중국해의 서쪽 해역은 어획의 대상이 되는 저서 어류의 양이 매우 적은 것으로 생각되며, 그 원인으로서는 어장환경의 특성 및 해양오염, 해파리의 발생과 과도한 어획으로 인한 자원의 고갈로 추정할 수 있을 것이다.

Ⅴ. 결 론

제주도 남쪽해역에 있어서 2001년, 2002년 그리고 2003년도에 여수대학교 실습선 동백호를 이용하여 하계의 해양 생태계의 구조 파악 및 수산 자원량을 평가하는 데 필요한 기초적 자료를 제공할 목적으로 현장측정용 형광광도계를 이용한 해양환경조사, Close-open-close Net를 이용한 동물플랑크톤 분포 조사, 계량어군탐지기를 이용한 음향자원조사 그리고 트롤조업에 의한 저서어 분포조사를 실시하고, 년도별 해양환경, 동물플랑크톤, 어류의 어획량, 종조성 및 생태학적 제지수 등을 비교 분석하면 다음과 같다.

1. 2001년의 조사 해역에서는 2003년의 조사해역보다 수온과 염분이 높은 서저동고 현상을 나타났으며, 수온약층과 밀도 약층의 깊이는 서쪽으로 갈수록 낮은 깊이에 형성되었다.

2. Chlorophyll-*a* 양은 2001년의 조사해역보다 2003년의 조사해역에서 높게 나타낸 서고 동저현상을 나타냈으며, 전반적으로는 쓰시마 난류 해역에서 낮고, 중국대륙연안수와 황해냉수가 확장되는 저온수괴에서 높게 나타났다.

3. 동물플랑크톤은 2001년 조사해역에서는 요각류가72.1%, 연체동물 7.7%, 화살벌레류5.3%, 돌리오리다류가 2.4%로 전체 출현량의 87.5%, 2002년에는 요각류77.3%, 화살벌레류 8.3%,난바다곤쟁이류 5.2%로 전체의 90.8%, 2003년에는 요각류74.2%, 단각류 8.8%, 난바다곤쟁이류 6.8%, 십각류가 6.4%로 전체의 96.2%이었으며, 서쪽으로 갈수록 난바다 곤쟁이의 출현량이 증가하였다.

4. 동물플랑크톤의 출현량은 조사해역의 서쪽해역에서 비교적 높은 출현

량을 보였고 사면지역에서 높은 출현량을 보였다.

5. 2001년의 어군탐지기에 의한 자원조사에서는 38kHz에서 분석한 결과, 조사해역의 남쪽 위도 31°N, 경도 127°E의 SV(체적후방산란강도) -68dB 전후의 어군이 팻치분포(patchy distribution)를 하였다.

6. 2002년의 어군탐지기에 의한 자원조사에서 38㎑에서 조사해역의 남서쪽 해역 위도 32°N, 경도 124.5°E에서 SV -65전후, 120kHz에서도 위도 32°N, 경도 124.5°E에서 SV -60 전후의 어군이 팻치분포를 하였으며, 120㎑에서는 상대적으로 높은 밀도의 어군이 출현 하였다.

7. 2003년도 어군탐지기에 의한 자원조사 주파수 38㎑에서는 조사해역의 남서쪽 해역위도 32°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -68dB 전후, 위도 32.5°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -64dB, 위도 32°N, 경도 125°E 해역에서 -60dB 전후, 120㎑에서도 조사해역의 남서쪽 해역인 위도 32°N, 경도 124.5°E 해역에서 SV -68dB 전후, 위도 32.5°N, 경도 124.5°E 해역에서SV -64dB, 위도 32°N, 경도 125°E 해역에서 -68dB 전후의 어군이 팻치분포를 하였다.

8. 조사 해역에서의 12회의 조업 결과 어획량은 2001년도에 조업해역 01T6에서 156.11kg, 01T2에서 152.19kg 및 01T3해역에서 143.10kg의 순으로 높게 나타났고, 나머지 해역에서는 35kg이하로써 2001년의 조사해역에서 2002~2003년의 조사해역인 서쪽으로 갈수록 어획량이 적었다.

9. 2001년도의 조사해역에서의 어류 종조성은 전갱이 46.7%, 민전갱이 2.7%, 샛돔 2.5%, 갈치 2.4%, 아귀 2.2% 순이었으며, 2002년의 조사에서는 멸치 29.2%, 꼼치 24.8%, 성대 6.0%, 풀미역치 4.9%, 두톱상어 4.4% 순이

었고, 2003년도의 조사에서는 멸치 42.3%, 아귀 18.0%, 풀미역치 14.4%, 눈볼대 4.0% 순이었으며 조사해역의 서쪽해역에서 멸치 등의 소형어류가 많이 어획되었다.

10. 생태학적 제지수는 2001년과 2002년의 조업 결과를 살펴보면, 종다양성지수는 0.26~2.07의 범위였으며, 01T1에서 가장 높았고, 01T6에서 가장 낮았다. 종풍부도지수는 1.71~3.8의 범위였으며, 01T2에서 가장 높았고, 02T1에서 가장 낮았다. 종균등도지수는 0.09~0.92의 범위였으며, 02T3에서 가장 높았고, 01T6에서 가장 낮게 나타났다. 우점도지수는 0.48~0.97의 범위였으며, 01T6에서 가장 높았고, 02T3에서 가장 낮게 나타났다. 따라서 2001년의 조사해역에서는 종다양성지수, 종풍부도지수, 우점도지수가 높았으며 2002년의 조사해역에서는 종균등도지수가 높았다.

Appendix 1. List of the fishes collected by trawl fishery in the East China Sea

Class, Order, Family, Species and Korean Name.

Class Chondrichthyes 연골어綱
Order Carcharhiniformes 흉상어目
Family Scyliorhinidae 두툽상어科
1. Scyliorhinus toraxme (Tanaka) 두툽상어

Order Rajiformes 홍어目
Family Rajidae 가오리科
2. Raja kwangrungensis 광동홍어
3. Raja kenojei Muler et Henle 홍어

Class Actinopterygii 조기綱
Order Anguilliformes 뱀장어目
Family Ophichthidae 바다뱀科
4. Echelus uropterus (Temmnick et Schlegel)날붕장어
Family Muraenesocidae 갯장어科
5. Muraenesox bagio (Hamilton) 갈창갯장어
6. Muraenesox cinereus (Forsskal) 갯장어
Family Congridae 붕장어科
7. Conger myriaster (Brevoot) 붕장어
8. Ganthophis nystromi (Jordan et Snyder)은붕장어

Order Clupeiformes 청어目
Family Engraulidae 멸치科

9. Engraulis japonicus (Houttuyn) 멸치

Order Osmeriformes 바다빙어目
Fmaily Argentinidae 샛멸科
10. Glossanodon semifasciatus (Kishinouye) 샛멸

Order Aulopiformes 홍메치目
Family Aulopodidae 홍메치科
11. Aulopus japonicus Guthetr 히메치
Family Synodontidae 매퉁이科
12. Synodus macrops Tanaka 수다꽃동멸

Order Myctophiformes 샛비늘치目
Family Myctophidae 샛비늘치科
13. Benthosema pterotum (Alcock) 깃비늘치

Order ophidiiformes 첨치目
Family Ophidiidae 첨치科
14, Neobythites sicvicolus (Jordan et Snyder)그물메기
15. Hoplobrotula armata (Temminck et Schlegel) 붉은메기

Order Gadiformes 대구目
Family Macrouridae 민태科
16. Caelorinchus multispinulosus Katayama 줄비늘치

Order Lophiiformes 아귀目
Family Lophiidae 아귀科
17. Lophiomus setigerus(Vahl) 아귀

18. Sophius litulon (Jordan) 황아귀
Family Chaunacidae 술아귀科
19. Chaunax abei le Danois 녹점술아귀
Family Ogcocephalidae 부치科
20. Halieutaea stellata(Vahl) 빨강부치

Order Zeiformes 달고기目
Family Zeidae 달고기科
21. Zenopsis nebulosa(Temminck et Schlegel) 민달고기
22.Zeus faber Linnaeus 달고기

Order Scorpaeniformes 쏨뱅이目
Family Dactylopteridae 쭉지성대科
23. Daicocus peterseni(Nystro) 별쭉지성대
Family Scorpaenidae 양볼락科
24. Minous pusillus Temminck et Schlegel 말락쏠치
25. Scorpaena izensis Jordan et Starks 살살치
26. Sebastiscus tertius Barsukov et Chen 붉은쏨뱅이
Family Aploactinidae 풀미역치科
27. Erisphex pottii(steindachner) 풀미역치
Family Triglidae 성대科
28. Chelidonichthys spinosus(McClleland) 성대
29. Lepidotrigla abyssalis Jordan et Starks 밑달갱이
30. Lepidotrigla guentheri Hilgendorf 꼬마달재
31. Peristedion orientale Temminck et Schlegel 황성대
Family Bembridae 빨간양태科
32. Bembras japonica Cuvier 빨간양태
Family Liparidae 꼼치科

33. Liparis agcssizii Putnam 아가씨물메기
34. Liparis tanakai (Gilvert et Burke) 꼼치

Order Perciformes 농어目
Family Acropomatidae 반딧불게르치科
35. Acropoma japonicum Guther 반딧불게르치
36. Doederleinia berycoides(Higendorf) 눈볼대
Family Serranidae 바리科
37. Niphon spinosus Cuvier 다금바리
Family Priacanthidae 뿔돔科
38. Cookeolus japonicus(Cuvier) 뿔돔
39. Priacanthus macracanthus Cuvier 홍치
Family Apogonidae 동갈돔科
40. Apogon carinatus Cuvier 먹테얼게비늘
41. Apogon lineatus Temminck et Schlegel 열동가리돔
Family Branchiostegidae 옥돔科
42. Branchopstegis japonicus (Houttuyn) 옥돔
Family Carangidae 전갱이科
43. Trachurus japonicus (Temminck et Schlegel) 전갱이
44. Uraspis helvola (Forster) 민전갱이
Family Haemulidae 하스돔科
45. Hapalogenys mucronatus (Eydoux et Souleyet) 균평선이
Family Leiognathidae 주둥치科
46. Leiognathus nuchalis (Temminck et Schlegel) 주둥치
Family Sparidae 도미科
47. Pagrus major(Temminck et Schlegel) 참돔
Family Sciaenidae 민어科
48. Pseudosciaena crocea(Richardson) 부세

49. Argyrosomus argentatus (Houttuyn) 보구치
50. Collichthys lucidus (Richardson) 황강달이
51. Pseudosciaena polyactis Bleeker 참조기
Family Mullidae 촉수科
52. Upeneus bensasi(Temminck et Schlegel) 노랑촉수
Family Kyphosidae 황줄깜정이科
53. Microcanthus strigatus(Cuvier) 범돔
Family Champsodontidae 악어치科
54. Champsodon snyderi Franz 악어치
Family Percophidae 꼬리점눈퉁이科
55. Bembrops curvatura Okada et Suzuki 갈색무늬동미리
Family Uranoscopidae 통구멍科
56. Gnathagnus elongatus (Temminck et Schlegel) 푸렁통구멍
57. Uranoscopus japonicus Houttuyn 얼룩통구멍
Family Callionymidae 돛양태科
58. Foetorepus altivelis (Temminck et Schlegel) 도화양태
Family Gobiidae 망둑어科
59. Amblychaeturichthys hexanema(Bleeker) 도화망둑
Family Sphyraenidae 꼬치고기科
60. Sphyraena pinguis Guther 꼬치고기
Family Trichiuridae 갈치科
61. Trichiurus lepturus Linnaeus 갈치
Family Scombridae 고등어科
62. Scomber japonicus Houttuyn 고등어
Family Centrolophidae 샛돔科
63. Psenopsis anomala(Temminck et Schlegel) 샛돔

Order Pleuronectiformes 가자미目

Family Paralichthyidae 넙치科

64. Pseudorhombus cinnamoneus (Temminck et Schlegel) 별넙치

65. Pseudorhombus pentophthalmus Guther 점넙치

Family Pleuronectidae 가자미科

66. Pleronichthys cornutus (Temminck et Schlegel) 도다리

Family Cynoglossidae 참서대科

67. Cynoglossus abbreviatus (Gray) 용서대

Order Tetraodontiformes 복어目

Family Triacanthodidae 분홍쥐치科

68. Triacanthodes anomalus (Temminck et Schlegel) 분홍쥐치

Family Monacanthidae 쥐치科

69. Thamnaconus hypargyreus (Cope) 별쥐치

Family Triodontidae 불뚝복科

70. Triodon macropterus Lesson 불뚝복

참 고 문 헌

Benard W. Pipkin, Donn S. Gorsline, Richard E. Casey and Douglas E. Hammond. 1987. Laboratory exercise in oceanography. w.h. freeman and company. pp.181～182.

Burczynski, J., 1982. Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass, FAO. Fisheries Technical Paper. 191 Rev.1, pp.31～48.

Cochran, W. G. 1977. Sampling techinques(3rd ed.) John Wiley and Sons, New York, 428pp.

Edmond, J.M., Spivack, B.C. Grant, M.H. Hu, Z. Chen, S. Chen and X. Zeng, 1985. Chemical dynamics of the Changjiang estuary. *Continental Shelf Research*, 4,. pp.17～36.

Guo Y. J. and Y.S. Zang. 1996. Characteristics of phytoplankton distribution in Yellow Sea. *The Yellow Sea*, 2(1). pp.90～103.

Johannesson, K.A. and Mitson, R.B., 1983.: Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation, FAO. Fisheries Technical. Paper. 240pp.

Lee M. A., J.R. Wang, T.J. Cheng, S.C. Chou and K.T. Lee, 1999. A case study on the category composition and distribution of zooplankton in the sound scattering layer of offshore waters of north Taiwan, *J. Fish. Soc. Taiwan*, 26, pp. 133～144.

Maclennan, D.N. and Simmonds, E.J., 1992. Fisheries acoustics. Champman & Hall. pp.164～120.

Margalef, R.,1958. Information theory in ecology. Gen. Syst., 3. pp. 157～175.

McNaughton. S.J., 1968. Structure and function in California grassland. Ecology. 49. pp. 962～972.

Medwin, H. and C. S. Clay, 1998. Biomass echoes, revelation, and scattering models. In : Fundmentals of acoustical oceanography. Academic Press, pp. 348～404.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. T. Theoret. Biol., 13. pp. 131～144.

Ryther, J.H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. The production of organic matter and its conversion to higher forms of life vary throughout the world ocean. *Science*.. 166.pp. 72～76.

Sanders, H.L. 1986. Amer. Nat., p102, 243.

Shannon C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinosis. Press. Urbana. p. 177.

Tom Garrison, 2002. Oceanography 3rd edition. Korean Language Edition. A division of Thomson Asia Pte Ltd. pp.351～352.

Zhang, Q.L. and X.C. Weng.1996. Analysis of water masses in the south Yellow Sea in spring. *The Yellow Sea*. 2(1). pp. 74～82.

青山恒雄, 1980. 底魚資源, 恒星社 厚生閣, pp. 117～165.

井上尙文. 1974. 對馬暖流, 日本水産學會編, 恒星社 厚生閣, 東京, pp. 27～55.

宇田道隆. 1960. 海洋漁場學, 水産學全集, 恒星社 厚生閣. 東京, 347p.

俵佶, 1985. 東シナ 海陸棚の特性. 海洋科學, 17(10). pp. 611～620.

辻田時美, 1957. 東シナ海 及び 對馬海峽の漁業海洋學. 1. 漁場の水槐構造との 態學的特徵. 西水硏硏報, 13, pp. 1～47.

水産廳西海區水産硏究所, 1981. 東支那海・黃海のさかな.

강돈혁・황두진・서호영・윤양호・서해립・김용주・신현출, 2003. 동중국해 음향 산란층내의 euphausiid(*Euphausia pacifia*) 밀도추정. 한국수산학회지. 36(6): 749～756.

金三坤, 1994, 韓國南海와 東中國海의 底棲魚資源에 대한 트로올漁具의 網目選擇에 관한 硏究. 濟州大學校大學院 博士學位論文. 133 pp.

박중희・이주희・양용림・윤갑동, 1990. 東支那海 底棲魚類의 資源調査硏究. 1.

트로올에 의한 어획시험. 韓國漁業技術學會誌, 26(2): 133～142.

朴仲熙・辛亨鎰・尹甲東・李昊在・卓圻錫, 1990. 東支那海 底棲魚類의 資源調査硏究. 2. 底棲魚類資源의 音響學的調査. 韓國漁業技術學會誌, 26(2): 143～150.

박병권・양재삼, 1992, 일반해양학, 양문출판사. pp. 233～235.

서호영・김혜선, 2004. 하계 동중국해에서 DSL을 형성하는 동물플랑크톤분포와 수직이동. 여수대학교 수산과학연구소, 한국 연안 및 동중국해의 해양생태계 연구보고서. pp. 94～101.

양영진・김상현・노홍길・정동근. 1999. 한국 남・서해 및 동중국해 북부해역에출현하는 표층수온전선과 선망어장과의 관계. 한국수산학회지.32(5): 618～625.

오연주・강영실・박정훈, 1999. 동중국해북부해역 클로로필-a의 분포특성과 해양환경특성. 한국수산학회지, 32(1): 88～97.

尹甲東・梁龍林・辛亨鎰・李珠熙・曺圭大・李昊在, 1993. 東支那海 底棲漁業 資源調査硏究. 韓國漁業技術學會誌, 29(3): 183～189.

윤양호, 2002. 하계 동중국해 해양환경과 식물플랑크톤 생물량의 공간적 분포특성. 여수대학교 수산과학연구소, 한국연안 및 동중국해의 해양생태계 연구보고서, pp. 20～67.

李昊在・辛亨鎰・朴仲熙, 1990. 東支那海의 超音波散亂層에 관한 硏究-Ⅰ. 散亂信號의 晝夜變動, 韓國漁業技術學會誌, 26(1): 14～19.

李昊在・辛亨鎰・朴仲熙・金三坤・張志元, 1990. 東支那海의 超音波散亂層에 관한 硏究-Ⅱ. 體積散亂强度의 鉛直分布, 韓國漁業技術學會誌, 26(1): 20～25.

李昊在・辛亨鎰・申泂浩. 1995. 音響에 의한 魚族生物의 資源調査硏究-Ⅰ. 魚群反射强度의 推定. 韓國漁業技術學會誌, 31(2): 142～152.

이대재・이원우. 1996. 濟州道 東南海域의 底棲漁業資源 調査硏究. 음향에 의한 어업 생물의 분포밀도 추정. 韓國漁業技術學會誌, 32(3): 266～272.

이대재・이원우. 1996. 濟州道 東南海域의 底棲魚資源調査硏究. 트롤 어획물의 조성과 어구효율이 어군반사강도에 미치는 영향. 韓國漁業技術學會誌, 32(3): 257～265.

이대재, 2002. 1997년 춘계의 동중국해 및 황해에 대한 어군의 분포특성, 韓國漁業技術學會誌 , 38(3): 241～248.

정문기, 1977. 한국어도보. 일지사.

曺圭大・洪鐵勳・金容文, 1984. 고등어 漁獲量 變動에 따른 東支那海 漁場과 海況. 韓國漁業技術學會誌, 20(2) :83～90.

曺圭大, 1982. 黃海底層冷水가 底魚類漁場에 미치는 影響. 韓國漁業技術學會誌. 18(1): 25～33.

한경호・진동수・백승록, 2002. 2001년 하계 동중국해의 어류상. 여수대학교 수산과학연구소 논문집, 11: 62-75.

洪鐵勳, 1985. 東支那海・黃海 부세 漁場과 海況과의 關係. 한국수산학회지, 18(1): 67～73.

황두진・김용주・신형호・윤양호・손창환, 2002. 음향을 이용한 동중국해의 어족자원분포에 관한 연구. 여수대학교 수산과학연구소 논문집, 11: 76～82

황두진・강돈혁・김용주・신형호・윤양호, 2003. 2002년 하계동중국해에 있어서 음향을 이용한 어족자원분포에 관한 연구. 여수대학교 수산과학연구소 논문집, 12: 110～117.

한국과학기술원 해양연구소, 1990. 한국산두족류에 관한연구(1).

국립수산진흥원, 1994. 한국연근해 유용어류도감, 예문사.

국립수산진흥원, 1998. 연근해주요어종의 생태와어장. 예문사.

국립수산진흥원, 2001. 한국새우류도감. 한글그라픽스.

국립수산과학원, 2004. 수산자원조사지침. 예문사.

국립수산과학원, 2004. 한국연근해유용어류도감(제2판). 한글.

감사의 글

오랜기간 동안 저에게 격려와 충고로 지도하여 주신 서두옥 교수님의 크나 큰 고마움과 소중한 인연을 마음속 깊이 간직하면서 은혜는 잊지 않겠습니다.

부족한 논문을 정성스럽게 다듬어주시고 언제나 마음 편하게 해 주셨던 안장영 교수님, 항상 뵙고 싶고 그래서 많은 심려를 끼쳐 드렸던 정용진 교수님, 격려하고 배려하며 따뜻한 관심을 가져 주신 김석종 교수님, 먼 길을 마다 않고 달려오셔서 격려해 주신 부경대학교 신형일 교수님께 감사드립니다. 많은 격려를 하여 주신 안영화 교수님, 최찬문 교수님께 감사드립니다.

오랫동안 이끌어주시고 후원하여 주신 박정식 교수님께 감사드리며 건강하시길 기원합니다.

항상 염려해 주시고 챙겨주시며 용기를 북돋아 주신 여수대학교 김동수 교수님, 김대안 교수님, 부경대학교 김삼곤 교수님에게 감사드립니다.

논문심사 일정상 자리를 비운 동안 직무를 대행하기 위해 비행기까지 타시며 심사일정을 순조롭게 하고 자료 제공과 많은 조언을 하여 주신 신형호 교수님, 연구에 바쁘신 중에도 논문의 전체적인 구성과 일정을 챙기고 멀리까지 오셔서 격려와 응원을 아끼지 않으신 황두진 교수님, 자료 제공과 논문 작성에 적극적이고 훌륭하게 협조해 주신 정순범 교수님, 교수님들의 의리를 가슴 깊이 간직하겠습니다.

또한, 자료를 제공해 주시고 언제나 협조적으로 많은 조언을 하여 주신 여수대학교 윤양호 교수님, 한경호 교수님, 서호영 교수님께 감사드립니다.

자료 정리와 궂은일을 도맡아 챙겨주며 열성적으로 도와준 여수대학교의 항해사 김대진 님, 바쁜 학업 중에도 자료를 정리하고 마무리까지 협력을 아끼지 않았던 대학원생 손용욱님에게 감사하며, 앞으로 더욱 정진하시고 무궁한 발전을 기원합니다.

한라산 기슭에서 낯선 저에게 협조를 아끼지 않았던 대학원 김병엽 님, 이창헌 님, 김병기 님과 최종 검토와 인쇄 및 제출 등에 수고해 주신 안젬마 님의 노고에 감사하며 앞날에 큰 영광이 있기를 기원합니다.

빈 자리를 채워주고 묵묵히 내조한 아내에게 더 없이 고맙고, 노환의 어머님께 드리면서 아들 지태와 따님 지선에게도 전한다.

본 논문의 자료를 위한 해상 실험을 위하여 궂은 날씨와 거친 파도와 어려움을 함께 이겼던 여수대학교 실습선 동백호의 승조원 여러분에게 가슴 깊이 감사드리며, 건강과 행복이 함께 하시길 기원합니다.

많은 분들의 협력으로 얻어진 연구 결과는 발전을 위한 초석으로 새기면서 새롭게 시작한다는 겸손한 마음으로 더욱 노력할 것을 다짐하며, 도움을 주신 모든 분들께 머리 숙여 깊이 감사드립니다.