

理學碩士 學位論文

한국 동해에 출현하는 동물플랑크톤의
종조성 및 양적분포특성

Species Composition and abundance of Zooplankton in the
Oceanic province of the East Sea, Korea.

指導教授 盧 一

2006年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋生命環境學科

鄭 溟 元

理學碩士 學位論文

한국 동해에 출현하는 동물플랑크톤의
종조성 및 양적 분포특성

Species Composition and abundance of Zooplankton in the
East Sea, Korea.

指導教授 蘆 一

2006年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋生命環境學科

鄭 溟 元

本 論文을 鄭溟元의 理學碩士
學位論文으로 認准함.

위원장 이학박사 강 효 진 (인)

위 원 이학박사 노 일 (인)

위 원 이학박사 이 호 진 (인)

2005년 12월

한국해양대학교 대학원

목 차

목 차	i
Abstract	ii
표 목 차	iv
그림목차	v
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법.....	3
II-1. 조사해역 및 시기	3
II-2. 조사 및 분석방법	7
III. 결과 및 고찰	12
III-1. 수온 및 염분(Temperature and Salinity)	12
III-2. 영양염류(Nutrients)	19
III-2.1. 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)	19
III-2.2. 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)	19
III-2.3. 암모니아태소($\text{NH}_3\text{-N}$)	21
III-2.4. 인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)	21
III-2.5. 규산태 규소($\text{Si(OH)}_2\text{-Si}$)	23
III-2.6. N:P ratio	25
III-3. 동물플랑크톤의 종조성(Species Composition)	26
III-4. 동물플랑크톤의 총 생물량(Total Biomass)	64
IV. 요 약	67
V. 참고문헌	69
VI. 부 록	75

Species Composition and Abundance of Zooplankton in the East Sea, Korea.

by
Ho-Won Jung.

Division of Marine Bioscience & Environment
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

This study was performed in order to clarify species composition, biomass and distributional pattern of zooplankton community, and to investigate the relationship between zooplankton community and the environmental factors of the study area.

Of average biomass of zooplankton, Southern East-Sea having the highest water temperature and salinity, showed the highest biomass, as well as relatively high species diversity. However, Central East-Sea which has the characteristic of water mass of mixed-up of the two, Southern and Northern East-Sea, showed relatively high biomass, even though the species diversity was low.

Northern East-Sea which is affected by cold currents such as North Korea Cold Water, showed low biomass, as well as low species diversity.

In general, the study area showed relatively low biomass of zooplankton, compared with coastal areas of Korea. This was due to the study area having a characteristic of open sea in terms of oceanographic point of view.

Copepods were the dominant taxonomical group in the study area. Among them, the predominant species was *Calanus sinicus*, which seems to be eurythermal and euryhaline.

I found the biomass of zooplankton of the study area generally showed less denser than the West and South Korea Sea, which have the characteristics of shallow coastal waters. The study area (East-Sea) follows a open-sea water characteristic, consequently showing the zooplankton community structure affected by major ocean currents.

Warm water species, such as a cladocera (*Evadne tergestina*), a chaetognath (*Sagitta minima*), and *Noctiluca scintillans* occurred predominantly in Southern East-Sea, in which warm Kuroshio Current directly affects.

In order to search for the seasonal variation of zooplankton community, and to accumulate biogeographical` data on zooplankton in the East Sea of Korea, seasonal surveys covering the whole area of the East Sea, preferably the synoptic observation, would be continued.

표 목 차

Table. 1	Location of the stations for zooplankton sampling	6
Table. 2	Stational occurrence of copepods in the study area	27
Table. 3	Stational occurrence of zooplankton(except copepods) in the study area	29

그림 목 차

Fig. 1 Map showing the sampling stations in the study area.....	4
Fig. 2 Detailed map showing sampling for physico-chemical parameters for each station in the study area.....	5
Fig. 3 Picture of Rosette sampler with CTD.....	8
Fig. 4 Picture of zooplankton sampling with zooplankton net.....	11
Fig. 5 Picture of modified folsom splitte.....	11
Fig. 6 Distribution of temperature and salinity with depth in the study area.....	13
Fig. 7 Distribution of temperature and salinity with depth at Southern East-Sea(Area A).....	15
Fig. 8 Distribution of temperature and salinity with depth at Central East-Sea(Area B).....	16
Fig. 9 Distribution of temperature and salinity with depth at Northern East-Sea(Area C).....	17
Fig. 10 T-S diagram in the study area.....	18
Fig. 11 Spatial variation $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ in the study area.....	20
Fig. 12 Spatial variation $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in the study area.....	22
Fig. 13 Spatial variation $\text{Si(OH)}_2\text{-Si}$ in the study area.....	24
Fig. 14 Distribution of N:P ratio in the study area.....	24
Fig. 15 Spatial distribution of <i>Calanus sinicus</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	31
Fig. 16 Spatial distribution of <i>Calanus tenuicornis</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	32
Fig. 17 Spatial distribution of <i>Acartia clausi</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	33
Fig. 18 Spatial distribution of <i>Caldacia tenuicornis</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	35

Fig. 19 Spatial distribution of <i>Clausocalanus arcuicornis</i> (indiv./m ³) in the study area.....	36
Fig. 20 Spatial distribution of <i>Ctenocalanus vanus</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	37
Fig. 21 Spatial distribution of <i>Centropages bradyi</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	38
Fig. 22 Spatial distribution of <i>Scolecithricella minor</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	39
Fig. 23 Spatial distribution of <i>Oithona plumifera</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	41
Fig. 24 Spatial distribution of <i>Paracalanus parvus</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	42
Fig. 25 Spatial distribution of <i>Temora stylifera</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	43
Fig. 26 Spatial distribution of <i>Metridia lucens</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	44
Fig. 27 Spatial distribution of <i>Pseudocalanus minutus</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	45
Fig. 28 Spatial distribution of <i>Paracalanus aculeatus</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	46
Fig. 29 Spatial distribution of <i>Macrosetella gracilis</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	47
Fig. 30 Spatial distribution of <i>Undinula darwini</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	48
Fig. 31 Spatial distribution of <i>Evadne tergestina</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	50
Fig. 32 Spatial distribution of <i>Hyperia galba</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	51
Fig. 33 Spatial distribution of <i>Sagitta minima</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	

study area.....	53
Fig. 34 Spatial distribution of <i>Sagitta pulchra</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	54
Fig. 35 Spatial distribution of <i>Sagitta bedoti</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	55
Fig. 36 Spatial distribution of <i>Neomysis intermedia</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	57
Fig. 37 Spatial distribution of <i>Euphausia pacifica</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	58
Fig. 38 Spatial distribution of <i>Atlanta turriculata</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	60
Fig. 39 Spatial distribution of <i>Noctiluca scintillans</i> stocks(indiv./m ³) in the study area.....	61
Fig. 40 Species diversity in the styuy area.....	63
Fig. 41 Spatial variation of biomass of zooplankton at East-Sea, May 2004.....	66

I. 서론

동해는 한반도의 동쪽에 위치하며 주변의 국가들이 공해를 공유한 북태평양의 부속해이다. 동해는 평균 수심이 약 1,500m(최대수심 약 3,700m)인 북서태평양의 연해로서 지중해적인 성격을 지니면서도 한반도, 일본열도 및 시베리아대륙으로 둘러싸여 있어서 반 폐쇄적인 지리적 특성을 가지고 있는 해역으로서 태평양의 축소판이라고 할 만큼 유사성이 많은 것(문 등, 1996)으로 나타나고 있다. 동해의 상부 수층(100m 이하)에는 수온 및 염분의 변화가 크고 이 수층들은 수온, 염분 및 용존산소의 특성치에 따라 대마난류 표층수(Tsushima Surface Water, TSW), 대마난류 중층수(Tsushima Middle Water, TMW), 동해 중층수(East Sea Intermediate Water, ESIW) 및 북한 한류수(North Korea Cold Water, NKCW)등의 수괴로 구분되고 있다(강 등, 1977). 이러한 각 수괴는 동해의 연안 쪽에서 연안에 평행한 전선, 동해 중부해역에서 동서방향의 전선 그리고 각 수괴의 이상발달로 형성된 불규칙한 전선 등을 형성하고 있으며 이러한 전선의 구조나 위치는 년별, 계절별로 변화한다고 알려져 있다(박 등, 1998). 이러한 현상들로 볼 때 동해는 대양의 특성을 가지고 있어 해양학적 연구의 장으로서 연구가치가 높다.

동해에 대한 연구조사는 우리나라에서 미미하게 보고 되고 있으며, 현재까지 보고 된 동해의 물리·화학·생물·지질해양학적인 연구도 연안 해역에 관한 연구가 중심이 되어 진행되어 왔다. 연안해역을 중심으로 보고 된 해양학적 연구자료 중에서도 남해, 서해보다 동해에 대한 연구 자료는 상대적으로 낮은 비율을 차지한다.

근래에 이루어진 동해에 대한 해양학적 연구는 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성(허 등, 1991), 동해고유수의 해양학적 특성(조 등, 1994) 및 동해 묵호 연안과 울릉도의 해수면 변화(이 등, 1991)와 같은 해수유동 및 해양생태학적 분야가 대부분이다.

동물플랑크톤의 분포는 수괴의 혼합과 같은 물리적인 현상에 의해서 영향을 받으며(Poulet and Williams, 1991), 먹이망 내에서 상위영양단계인 자치어와의 상호작용과 같은 생물학적 요인에 의해서도 영향을 받을 수 있다(윤, 1998). 특히 대양성 해역인 동해에서는 해류가 동물플랑크톤 분포에 절대적 영향을 미친다.

우리나라 근해에 서식하는 동물플랑크톤의 관해서도 연안 해역에서 이루어지는 연구조사가 많으며, 특히 동해의 연안 해역에서 보고 된 동물플랑크톤에 관한 연구 자료는 남·서해의 연안해역에서 보고 된 동물플랑크톤의 연구 자료 보다 많지 않다. 남·서해의 연안해역에서 보고 된 동물플랑크톤의 연구 자료는, 연안해역의 주위환경에 따른 오염지표종의 군집(박 등, 2001)과 계절에 따른 동물플랑크톤의 출현특성(김, 2004)등으로 종조성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 동해 연안해역에서 연구된 자료로는 특정종의 생리생태학적인 특징 및 성장과 생산력(이와 박, 2005)에 대한 것이 주로 보고 되고 있다. 이렇게 동해에서 연구된 자료도 연안해역에 국한되어 있으며, 동해의 중앙해역에서 이루어진 조사 자료는 거의 찾아볼 수 없고 북방한계선과 EEZ를 벗어난 해역에서의 전체 동물플랑크톤 분류군에 대한 연구는 이번 조사가 최초이다.

본 연구는 동해의 연안해역에서 많이 벗어난 중앙해역을 3개의 해역으로 구분하여 해역별로 형성되어 있는 물리·화학적 특성에 따른 동물플랑크톤의 종조성과 양적분포 특성을 알아보고 해역별 해양생태학적 특성을 고찰하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

II-1. 조사해역 및 시기

본 조사는 공동조사의 일환으로 이루어졌으며, 공동조사의 목적은 대양성 기후를 띤 동해의 포괄적인 해양특성을 연구하는 데에 그 목적이 있다. 한국해양대학교 해양오염실험실, 서울대학교 해양연구소, 부산대학교 해양과학과, 러시아 극동해양연구소(POI)가 공동으로 조사를 진행하였으며 조사용 선박은 러시아 POI 연구소 소속의 관측연구선 ADMIK호(800t급)를 이용하였다. 공동조사의 목적에 따라 각각의 연구 분야별로 조사가 이루어 졌으며(Fig. 2), 본 연구에서는 동물플랑크톤의 종조성과 양적분포를 규명하기 위한 조사를 실시하였다. 2004년 5월 6일부터 20일까지 동해연안의 포항근해에서 독도 주변해역인 동해 남부해역과 러시아 연해주까지의 범위인 동해 중앙 및 북부해역에 걸쳐 총 18개의 정점에서 동물플랑크톤에 관한 조사가 이루어 졌다(Fig. 1 and Table 1). 연구 해역을 크게 3개의 해역으로 나누었다: St 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 13의 동해 남부 해역(Area A)과 St 16, 17, 18, 20의 동해 중앙 해역(Area B), 그리고 St 26, 28, 31, 33, 35의 동해 북부 해역(Area C). 15일 동안의 조사기간 중에 별다른 기상이상 현상은 없었으나 포항 이남의 해역에서는 표층에서 북동쪽으로 편향된 해류가 흐르는 것을 관측 하였고, 독도근해부터 연해주 근해까지 조사지역의 표층은 특별한 해류의 흐름이나 너울 등이 없이 평온한 상태를 보였다.

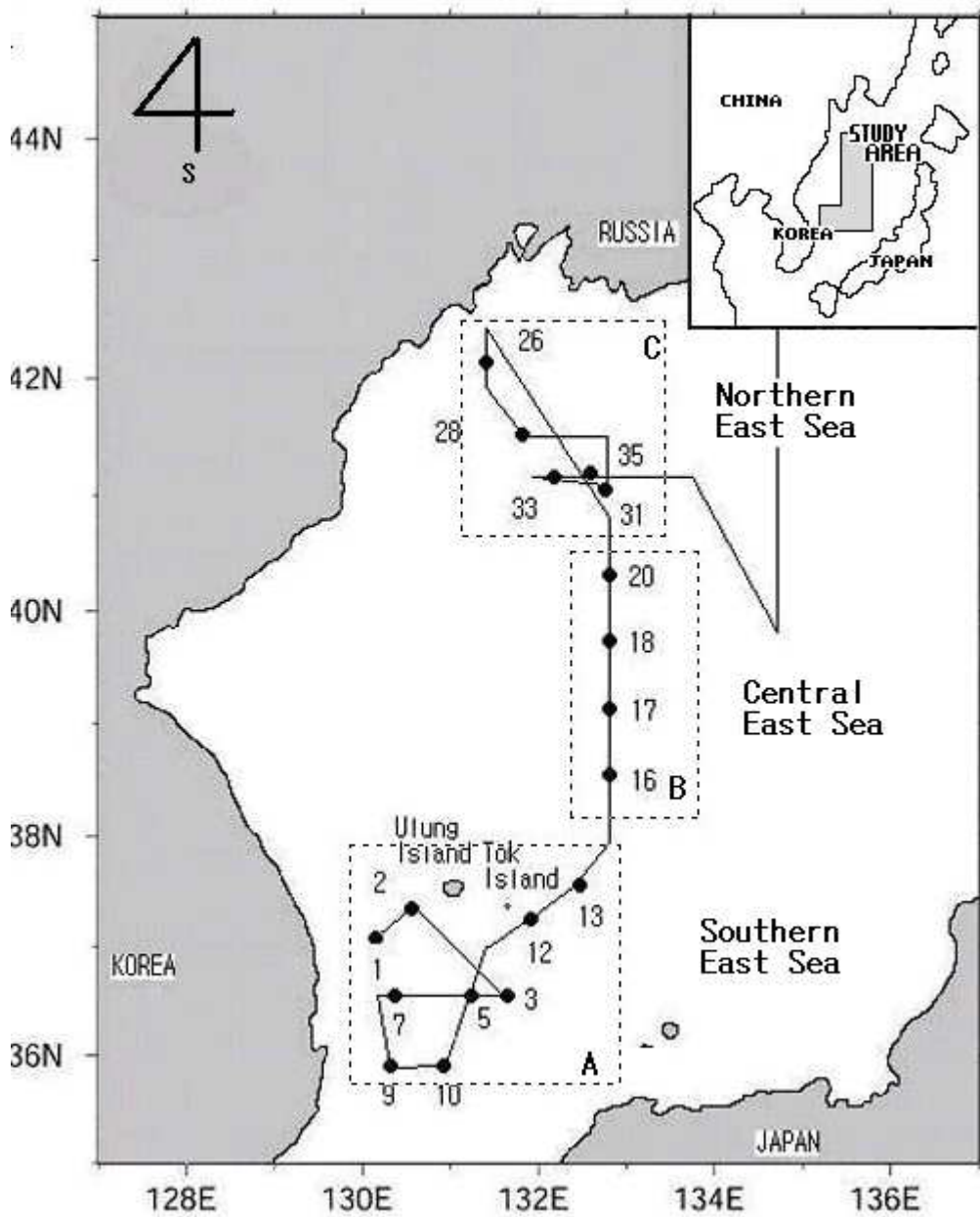


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the study area, May 2004.

The East Sea, May 2004 Cruise

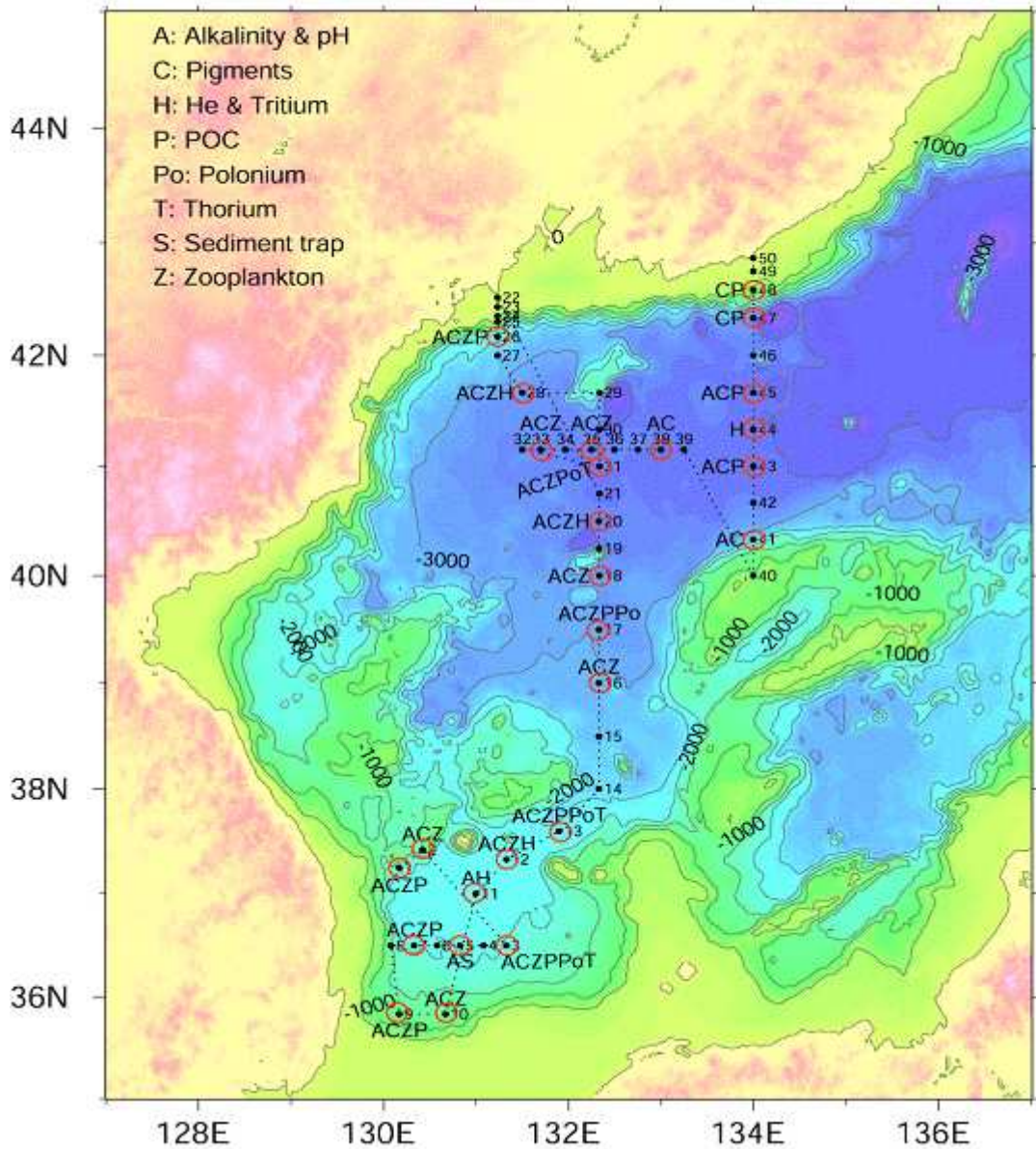


Fig. 2. Detailed map showing sampling for physico-chemical parameters for each station in the study area.

Table 1. Location of the stations for zooplankton sampling.

Area	Station	Latitude(°)	Longitude(°)
Southern East Sea (Area A)	1	37.25	130.17
	2	37.42	130.42
	3	36.50	131.33
	5	36.50	130.83
	7	36.50	130.33
	9	35.83	130.17
	10	35.83	130.67
	12	37.33	131.33
Central East Sea (Area B)	13	37.60	131.90
	16	39.00	132.33
	17	39.50	132.33
	18	39.75	132.33
Northern East Sea (Area C)	20	40.25	132.33
	26	42.17	131.23
	28	41.67	131.51
	31	41.00	131.78
	33	41.00	132.33
	35	41.00	133.88

II-2. 조사 및 분석방법

II-2.1. 수온 및 염분(Temperature and Salinity)

수온(Temperature)과 염분(Salinity)은 전 정점(Fig. 2)에서 모두 측정하였으며, 영양염 분석을 위한 채수는 동물플랑크톤을 채집하는 정점(Fig. 1)에서만 실시하였다.

Rosette Sampler에 부착된 CTD(Fig. 3)를 이용, 표층, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 100m의 수온과 염분을 측정하였다.

II-2.2. 영양염류(Nutrients)

영양염류 분석을 위한 채수를 위해 수온 및 염분과 마찬가지로 Rosette Sampler(Fig. 3)를 사용하였는데, 표층, 10m, 20m, 30m, 50m, 75m, 100m의 수층을 채수하였다. 채수된 해수는 해양환경공정시험법(2002)에 의해 분석하였다. 분석대상의 해수를 5개의 시험관에 동일한 양을 분할하여 여과 후에 시약을 넣어 발색 후 분광광도계를 이용하여 측정, Blank와 비교하여 각각의 영양염류 농도를 계산하였다.

II-2.2.1 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)

비색분석에서는 시수를 동, 카드뮴 칼럼(Cu-Cd column)등에 의하여 질산염을 아질산염으로 환원시켜 얻어진 환원수(2차 시수)의 아질산염 농도를 구하여, 칼럼의 환원율과 아질산염의 검량선 으로부터 아질산염의 농도를 구하는 방법을 이용하였다.



Fig. 3. Picture of Rosette sampler with CTD.

II-2.2.2 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)

발색 시약 첨가 후 30분이 지난 시점에서 1cm cell 을 가지고 분광광도계의 530nm의 파장의 흡광도를 측정하여 미리 만들어둔 검량선과 비교하여 농도를 산출하였다.

II-2.2.3 암모니아태 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)

측정은 5cm cell을 가지고 분광광도계의 630nm 파장에서 흡광도를 측정, 미리 만들어 둔 검량선과 비교하여 농도를 산출하였다.

II-2.2.4 인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)

측정은 발색시약 혼합 이후 30분 정도 지나면 최대 발색에 달하기에 발색시약 혼합 30분 후에 5cm cell을 이용, 분광광도계 885nm의 청색 파장대에서 흡광도를 측정하여 미리 작성해 놓은 검량선과 비교하여 농도를 산출하였다.

II-2.2.5 규산태 규소($\text{Si(OH)}_2\text{-Si}$)

측정은 발색 30분 후 1cm cell을 이용하여 810nm의 청색 파장에서 흡광도를 측정하고 미리 만든 검량선과 비교, 검토하여 농도를 산출하였다.

II-2.3. 동물플랑크톤

II-2.3.1 채집방법

본 연구에서 사용된 Net(Fig.4)는 구경이 75cm인 Zooplankton Net(mesh size $330\mu\text{m}$)로서 채집 방법은 정선된 정점에서 Net의 하부에 15kg의 weight를 달아서 수직채집을 하였다. Net의 여과거리는 100m로 통일하였고, 정점별로 채집경사가 일직선으로 수직에 가까운 각도를 보이는 정점이 있는 반면에, 15° 이상의 경사 각도를 보이며 채집된 정점도 있었다. 대체적으로 독도 이남의 해역에서는 불균일하였으나 동해중앙해역에서는 전혀 채집 각도를 보이지 않고 수직

으로 채집되었다. Sample을 채집 후 최종농도가 4%가 되도록 중성 formalin으로 고정하여 분석 전까지 보관하였다.

II-2.3.2 생물량(Biomass)

동물플랑크톤의 생물량을 산출하기 위해, 채집된 시료를 자체 제작한 modified Folsom splitter(Fig. 5)로 분할하고, 분할된 subsample은 Bogorov 계수관을 이용하여 정량분석 하였으며, 출현된 개체수의 산출은 단위체적당 개체수 산출방법(individuals/m³)을 사용하여 계산하였다. 여과된 수량을 산출하기 위해 적용된 식은 아래와 같다.

$$\pi r^2 \times D = Volume \quad ;$$

D; Distance filtered(m)
r; radius of the zooplankton net used

II-2.3.3 종다양성

종 다양성 지수(Species Diversity Index, *SD*)는 다음의 방정식을 이용하였다. 여기서 *N*은 동물플랑크톤 총 개체수이고, *n_i*는 *i*번째 분류군의 개체수이며, *s*는 출현 종수이다(Shannon and Weaver, 1963).

$$SD = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$



Fig. 4. Picture of zooplankton sampling with zooplankton net(mesh size $330\mu\text{m}$).



Fig. 5. Picture of modified Folsom splitter made in our own lab for separating zooplankton samples.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Ⅲ-1. 수온 및 염분(Temperature and Salinity)

수온은 광물질, 유기물 등의 농도 변화를 유발하는 생화학 과정에 관여하고 용존산소 등과 같은 기체의 포화도에도 영향을 미칠 뿐만 아니라, 물리적인 측면에서 수괴의 특성과 변화양상을 규명하는데 있어서 주요한 요인이 되고, 다른 환경 요인의 변화에도 밀접한 관계를 가진다. 수온은 일조량 및 대기 온도에 크게 영향을 받는다. 그리고 내만의 해역에서는 수심이 얕아 기상 변동에 의해 천해역과 육지에 인접한 해역에서 열의 대류가 활발히 이루어지는 것으로 알려져 있다(Riley and Chester, 1971).

표층에서 100m까지의 수온은 동해남부해역(Area A)에서 가장 높게 나타났고 동해 중부해역(Area B)과 동해북부해역(Area C)으로 갈수록 낮아졌다(Fig. 6, 7, 8). 표층에서 100m까지의 염분도 수온과 마찬가지로 동해남부해역(Area A)에서 가장 높고 동해북부해역(Area C)에서 가장 낮게 나타났다.

표층에서의 최고 수온은 동해남부해역(Area A)에서 14.547℃였으며(Fig. 6), 100m 수층에서의 수온은 동해중앙해역과 동해북부해역이 거의 유사하였다(Fig. 8). 100m 수심에서의 최고 수온도 역시 동해남부해역(Area A)에서 13.497℃로 나타났으며, 저층에서의 최저수온은 동해북부해역(Area C)에서 1.448℃로 나타났다. 본 연구지역의 수온 분포는 동해의 남부해역에 흐르는 난류와 직접적인 연관이 있다. 수온 분포양상은 표층에서 100m수층까지의 수온변화 범위가 3.0~12.0℃이라는 이 등(1996)의 연구 결과와 일치한다.

염분의 분포는 수심에 따라 일정하지 않고 불규칙적인 양상이 나타났다. 표층에서 최고치를 보인 해역은 동해남부해역(Area. A)의 34.202psu이었고, 최저치는 동해북부해역(Area C)에서 33.909psu이었다. 100m의 수층에서의 최고치는 동해남부해역(Area A)에서 34.388psu이었고, 최저치는 동해중앙해역(Area B)

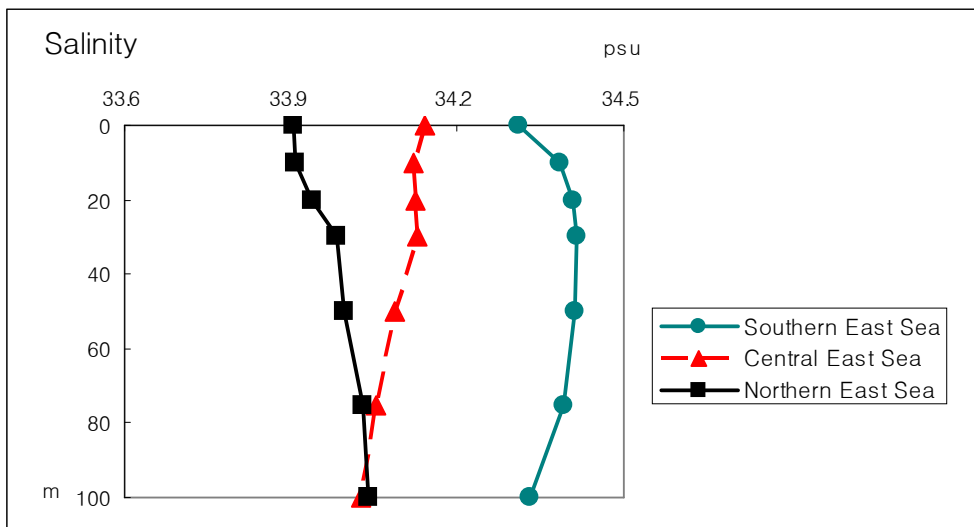
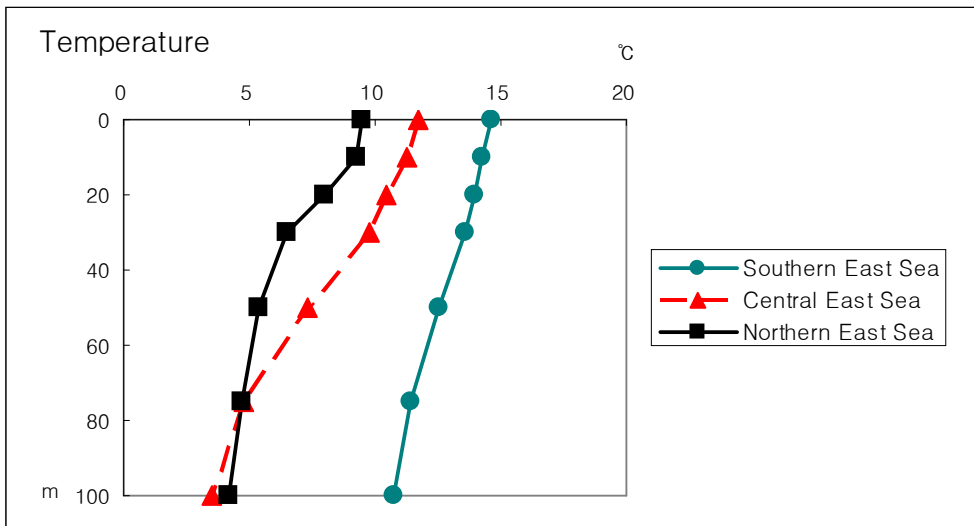


Fig. 6. Distribution of temperature and salinity with depth in the study area, May 2004.

에서 34.011psu이었다(Fig. 6).

동해남부해역(Area A)의 50m수층에서 염분이 높게 나타난 이유는 고염의 대마난류가 동해 중층으로 침투한 결과로 보이지만, 저염수괴의 표층확장 가능성도 있기 때문에 현 자료만으로는 확정지을 수 없다.

수온과 염분이 동해남부해역(Area A)에서 높게 나온 것은 수괴의 폭이 좁고 깊이가 깊은 대마난류 유입의 영향으로 보이며, 이 사실은 이 등(2003)이 밝힌 바와 같이 동해 일부 해역도 대마난류의 영향에 따른 34.6psu의 고염분수가 유입되고 있다는 연구 보고와 일치하는 결과이다. 그러므로 대마난류가 동해에 직접적으로 영향을 미치는 범위는 동해남부해역이라고 할 수 있다. 대마난류는 다시 쓰가루난류와 쏘야난류 등으로 분산된다(양 등, 1995).

T-S Diagram(Fig. 10)을 보면 해류의 영향에 따른 수온·염분 분포를 확연히 알 수 있다. 동해남부해역(Area A)이 고온·고염, 동해북부지역(Area C)은 저온·저염, 동해중앙해역(Area B)은 동해북부해역(Area C)과 동해남부해역(Area A)의 중간정도에 해당되는 수괴특성을 나타내고 있는 사실은 본 연구해역이 난·한류 영향에 따라 특정한 수온·염분 분포특성을 나타내는 지역임을 말해준다.

본 조사의 결과는 춘계 동해의 수온·염분 분포를 고찰한 조 등(1994)의 결과(10°C~15°C, 34.0psu~34.3psu)와 유사하다. 결과적으로 동해 북부해역(Area C)은 연해주에서 청진연안으로 이어지는 3대 한류(리만 한류, 북해도 한류, 북한 한류)의 영향을 받는 반면에, 동해 남부 해역(Area A)은 난류인 쿠로시오의 영향권(강과 최, 1977)에 있어 본 연구해역인 동해의 3해역(Area A, B, C)의 수괴가 확연히 구분됨을 알 수 있다. 한편, 동해중앙해역(Area B)과 동해북부해역(Area C)의 수괴가 저층에서 중첩되는 사실로 보아 동해중앙해역(Area B)과 동해북부해역(Area C)의 저층 수괴는 동일한 것으로 생각되며 동해중앙해역(Area B)의 표층수괴의 수온·염분 분포는 난·한류의 혼합과정이 활발하게 이루어진 결과로 보인다.

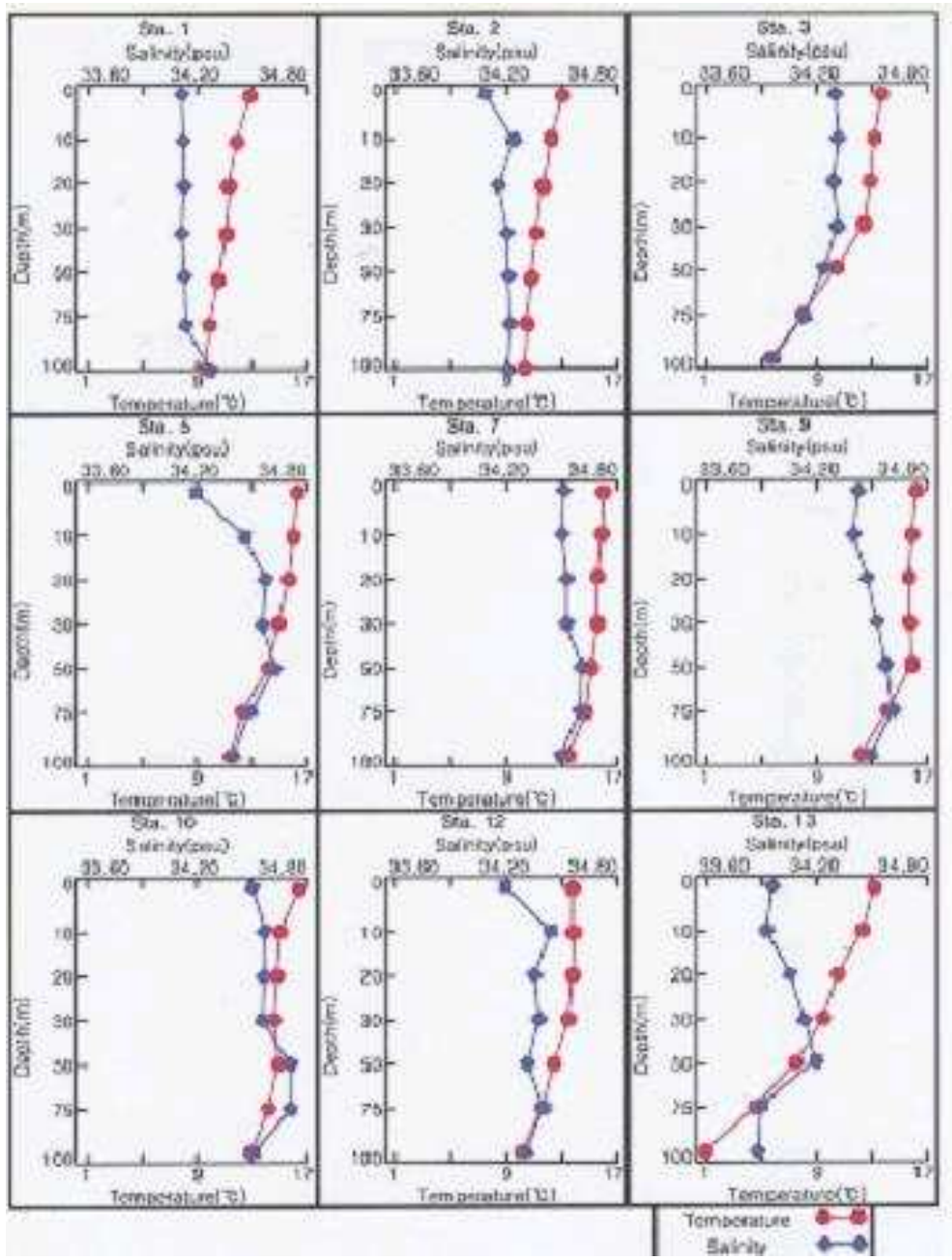


Fig. 7. Distribution of temperature and salinity with depth at Southern East-Sea(Area A), May 2004.

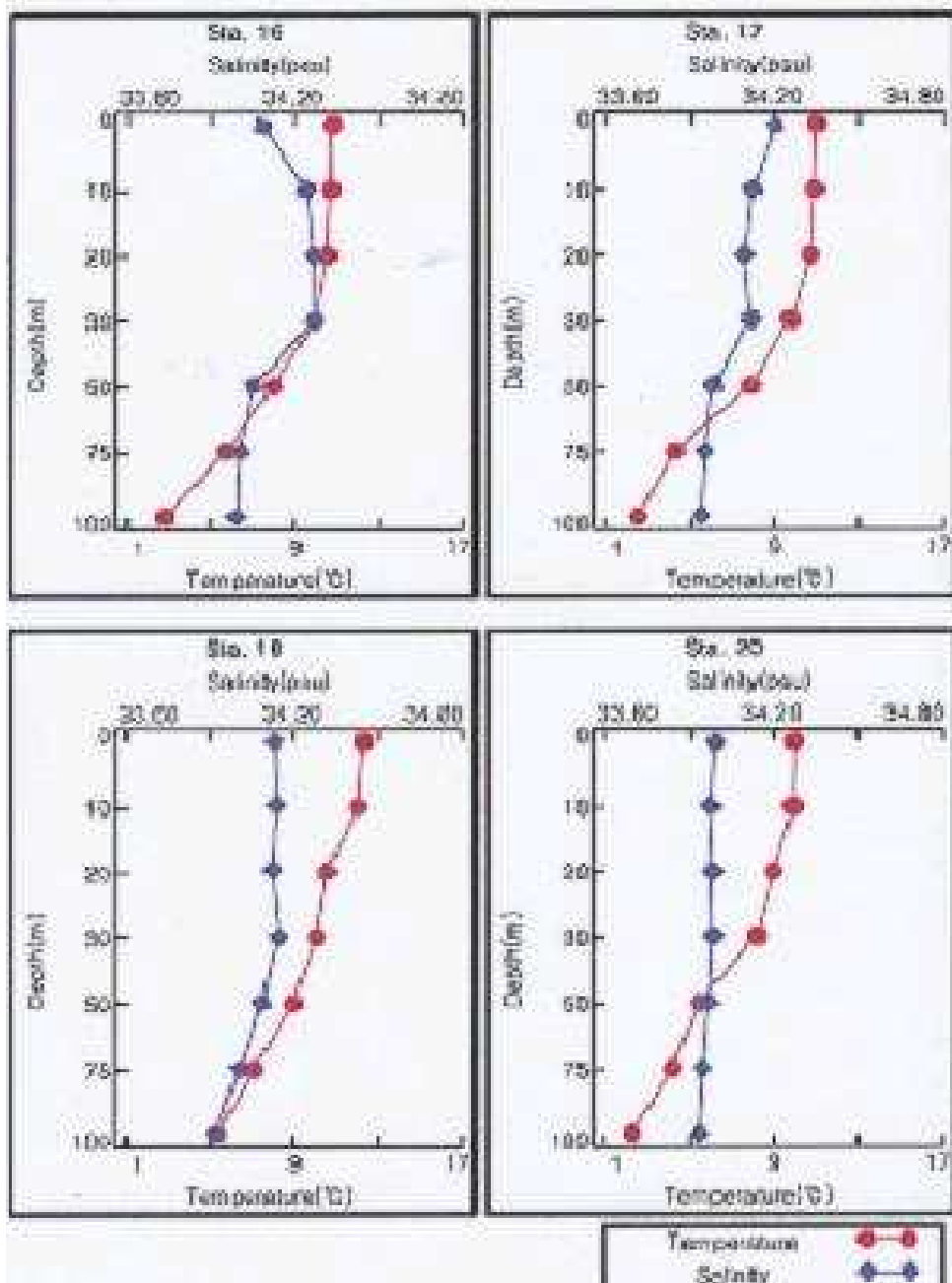


Fig. 8. Distribution of temperature and salinity with depth at Central East-Sea(Area B), May 2004.

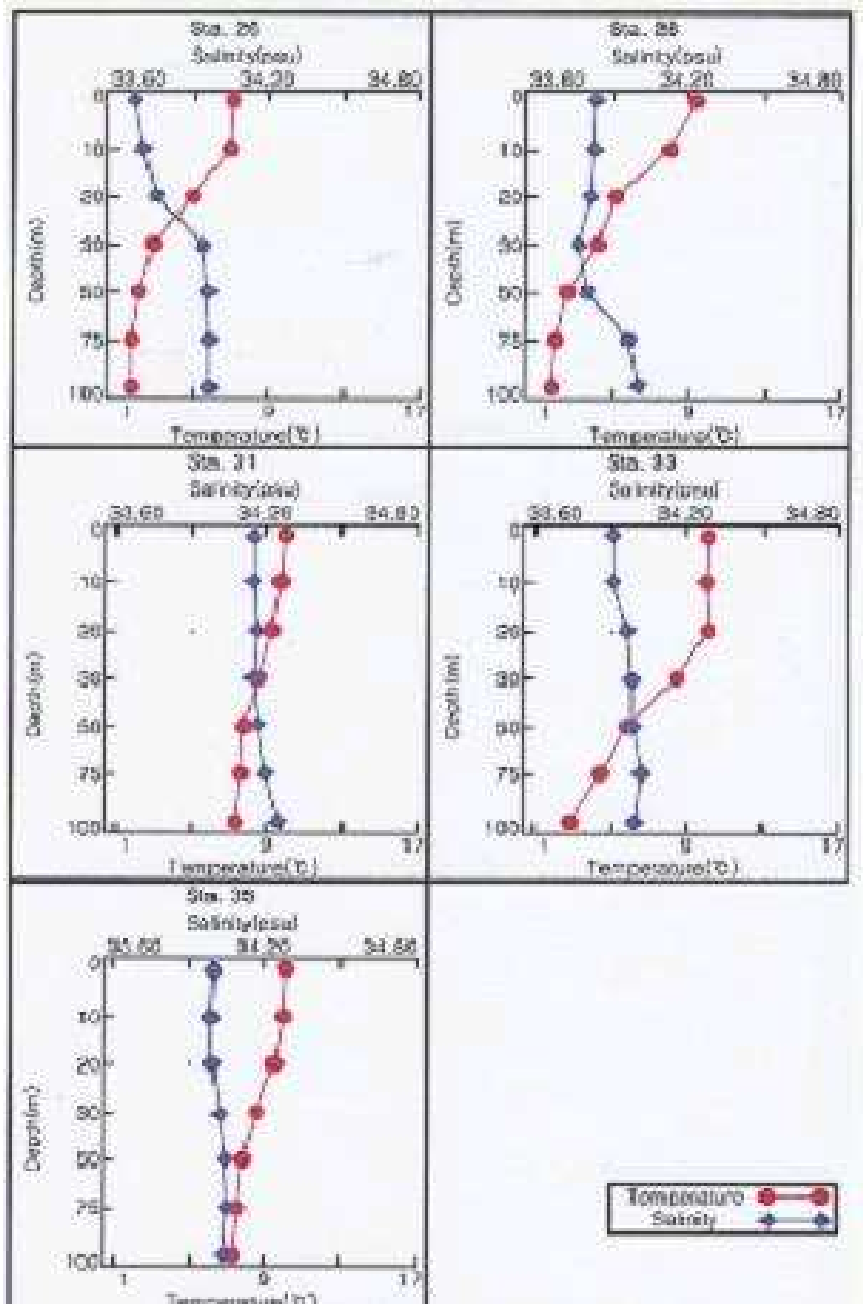


Fig. 9. Distribution of temperature and salinity with depth at Northern East-Sea(Area C), May 2004.

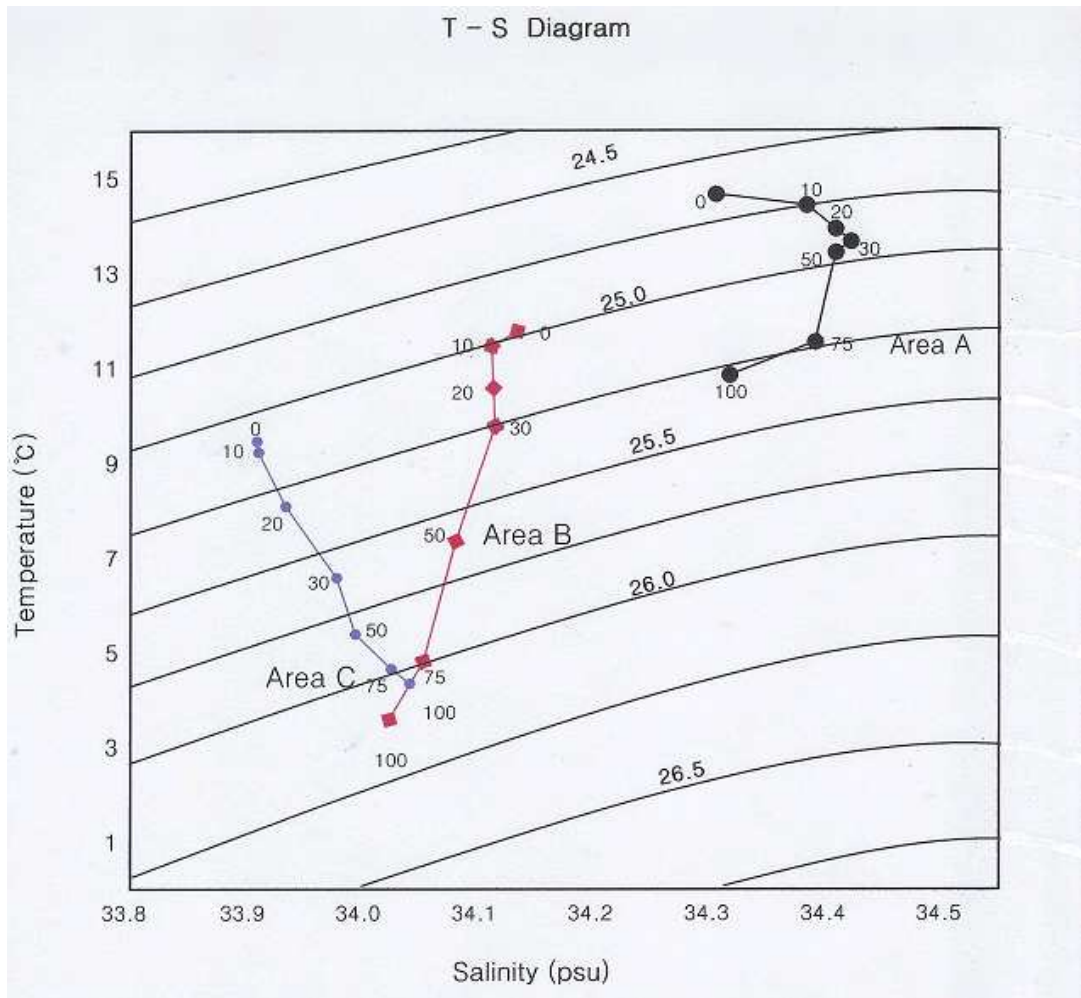


Fig.10. T-S Diagram in the Study area(Area A, Southern East-Sea ; Area B , Central East-Sea ; Area C, Northern East-Sea), May 2004.

III-2. 영양염류(Nutrients)

본 연구해역에서 영양염의 수직 분포는 큰 변동을 나타내지 않았으며, 연안 해역에서 나타난 것과 같이 수심이 증가할수록 높은 농도를 보이는 일반적인 양상을 보였다(Fig. 11, 12, 13, 14).

III-2.1. 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)

해수중의 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 농도는 보통 $0\sim 40.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 암모니아와 아질산이 산화해서 생기는 것으로 보여지며, 표층수보다 심층수에서 그 농도가 높게 나타난다(최, 2004).

본 조사에서 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)는 암모니아태 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)와 같이 표층에서는 현저히 고갈되어 있고, 저층으로 갈수록 농도가 높아지는 양상을 보였다. 최고 농도를 보인 해역의 수층은 동해중앙해역(Area B)의 100m수층($11.946\mu\text{g}/\text{m}^3$)이었다(Fig. 11).

따라서 본 조사결과는 동해안은 표면 혼합층 아래에서부터 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 연직농도가 변화가 있다는 문 등(1996)의 결과와 일치 하였다. 일반적으로 연안 해역에서 나타나는 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 분포는 강·하천 등의 영향으로 공간적 불균질성이 큰 반면(김 등, 2003), 본 연구해역인 동해는 수심의 증가에 따라 농도가 증가하는 것을 볼 수 있는데(Fig. 11), 광합성 작용을 하기 위해 식물플랑크톤이 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)를 섭취하기 때문에 일어난 결과이다.

III-2.2. 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)

아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)는 질산화 박테리아에 의하여 암모니아 이온으로부터 생

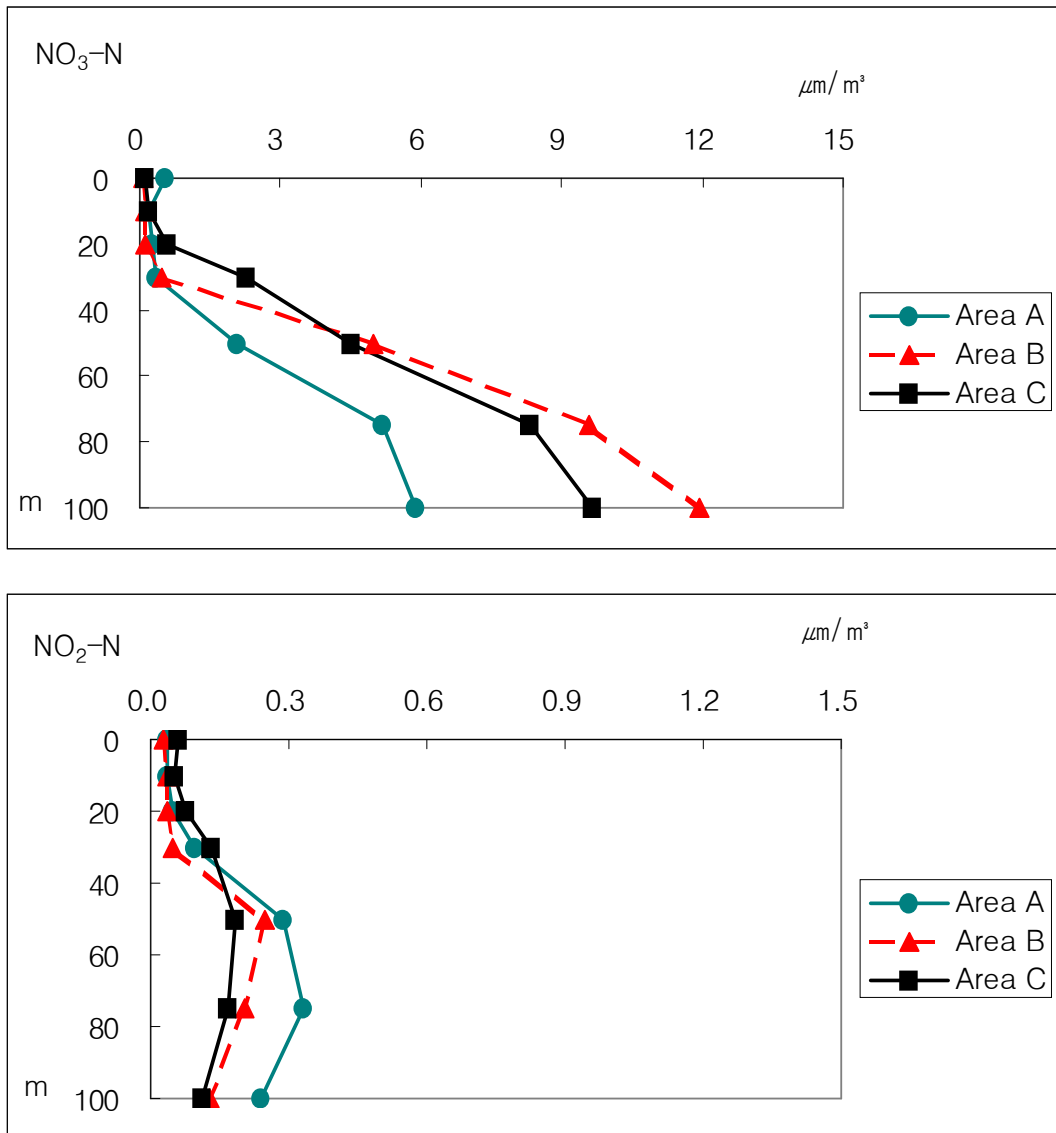


Fig. 11. Spatial variation of NO₃-N and NO₂-N in the study area, May 2004

성되며, 해수 중의 분포양상도 암모니아염의 분포와 매우 유사하다. 일반적으로 연안해역에서 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)의 분포 범위는 표층에서는 $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만으로 분포하나 수심이 깊어질수록 $2\sim 3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 보인다(최, 2004).

본 연구해역에서 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)의 분포는 전 해역(Area A, B, C)에서 공통적인 특징을 보였는데, 표층에는 고갈되어 있으며 50m 수층에서 최대치를 보이다가 그보다 깊어짐에 따라 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 11).

화학적으로 불안정한 아질산태 질소($\text{NO}_2\text{-N}$)가 50m 이심에서 점차 감소하는 것은, 50m 이심에서 질산화 박테리아의 활동에 의해 질산태 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)로의 전이가 활발하게 일어난 것으로 사료되며, 더욱 많은 자료 축적이 되어야 확실한 결론에 도달할 수 있을 것이다.

III-2.3. 암모니아태 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)

일반적으로 우리나라 연안해역에서 나타나는 암모니아태 질소의 농도는 $0\sim 7.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도이다. 조사해역의 환경적 특성에 따라 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도를 보이는 해역이 있지만 연안해역에서 분포하는 암모니아태 질소($\text{NH}_3\text{-N}$)의 농도는 $7.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내의 분포를 보인다(한, 2003).

본 조사해역에서는 전체적으로 표층에서 고갈되어 있고 심층으로 내려갈수록 증가하는 것을 알 수가 있다. 표층 고갈의 원인은 광합성 작용을 하기 위해 식물플랑크톤이 암모니아태 질소를 이용하기 때문이다.

III-2.4. 인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)

인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)의 농도는 일반적으로 표층에서 낮고 수심의 증가와 함께 높게 나타난다. 수중 인산태($\text{PO}_4\text{-P}$)의 기원은 생물체의 분해에서 유래하는 부분이 많고, 때에 따라서는 $3.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도에 달하는 경우도 있으나, 용존량

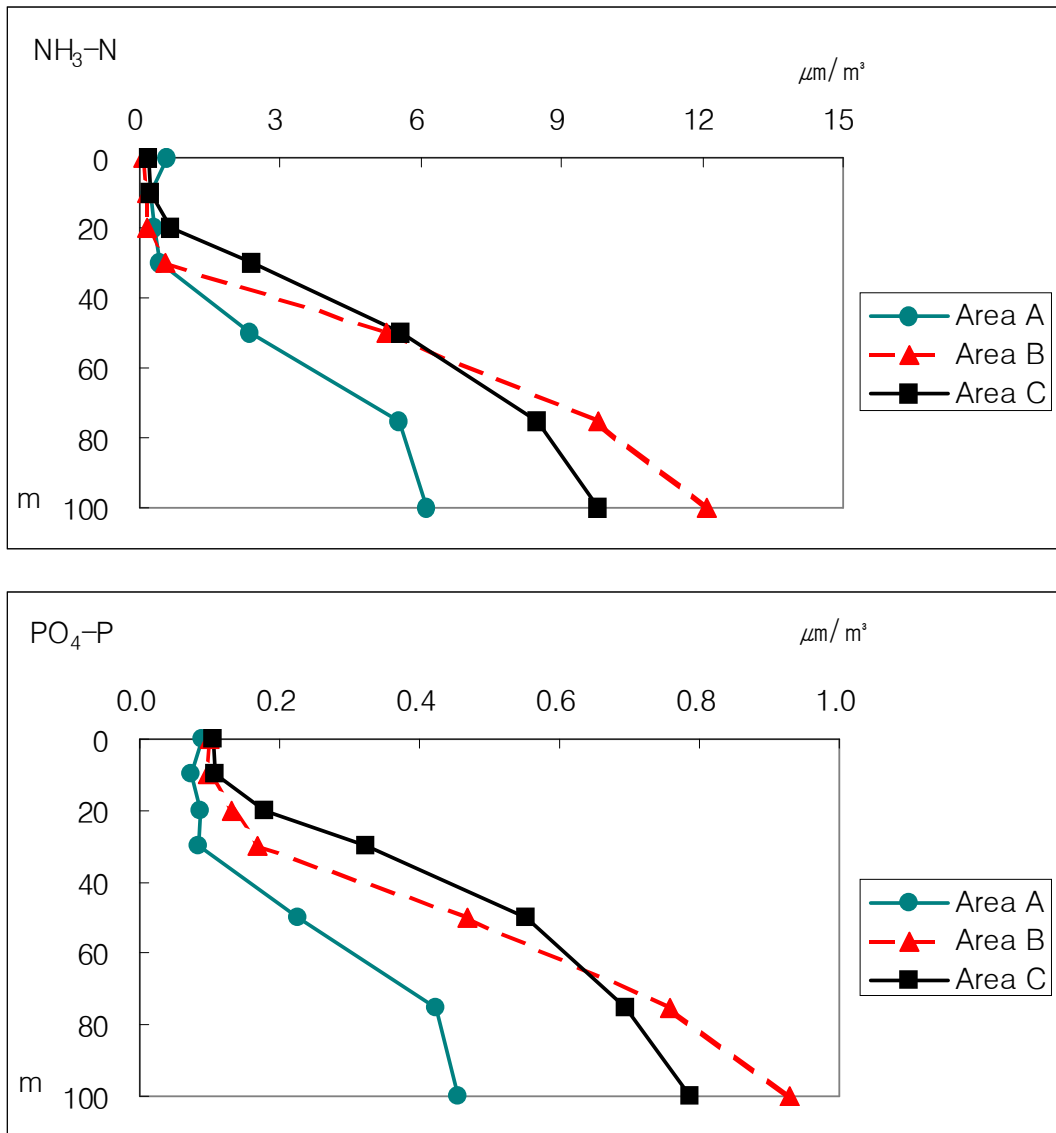


Fig. 12. Spatial variation of NH₃-N and PO₄-P in the study area, May 2004

은 매우 낮아서 연안 해역에서 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 내외의 농도를 나타내고 있으며, $1.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상을 나타내는 경우는 매우 드물다(최, 2004).

본 조사해역에서 인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)이 최고의 농도를 보이는 해역은 동해중앙 해역(Area B)의 100m수층($0.928\mu\text{g}/\text{m}^3$)이었으며 표층에는 다른 영양염류와 같이 고갈된 상태를 보였다(Fig. 12).

일반적으로 연안해역에서는 하천의 영향을 받아 인의 농도가 높게 나오는 데 (양과 김, 2002) 반해, 본 조사해역의 인산태 인($\text{PO}_4\text{-P}$)의 농도는 전체적으로 낮게 나타나 외양역 영양염 분포의 일반적 특성을 따르는 해역임을 알 수가 있다.

III-2.5. 규산태 규소($\text{Si}(\text{OH})_2\text{-Si}$)

규산태 규소($\text{Si}(\text{OH})_2\text{-Si}$)는 규조나 기타 일부 생물에 각을 구성하고 있는 중요원소로서 이들 생물군집에 의하여 흡수·배출된다.

일반적으로 해양에서의 규산염 농도는 표층에서 낮고 수심이 증가함과 더불어 높아진다. 규소(Si)가 냉수에서 더 잘 녹는 성질 때문에 난류계의 해양에서 보다 한류계의 해양에서 농도가 높고, 또 육수는 해수에 비하여 규소(Si)의 농도가 매우 높기 때문에 하천수가 유입되는 연안 해역에서는 농도가 높게 나타난다. 규산($\text{Si}(\text{OH})_2$)은 식물플랑크톤의 계절적 천이에서 종조성을 변화시키는데 기여(규조에서 편모조로)하고 있고, 시기에 따라서는 규조류의 성장에 제한요인으로 작용하고 있다.

규산태 규소($\text{Si}(\text{OH})_2\text{-Si}$)는 전 해역(Area A, B, C)에서 유사하게 표층에서 $4\sim 5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도를 보였다가 심층으로 갈수록 증가하였다(Fig. 13).

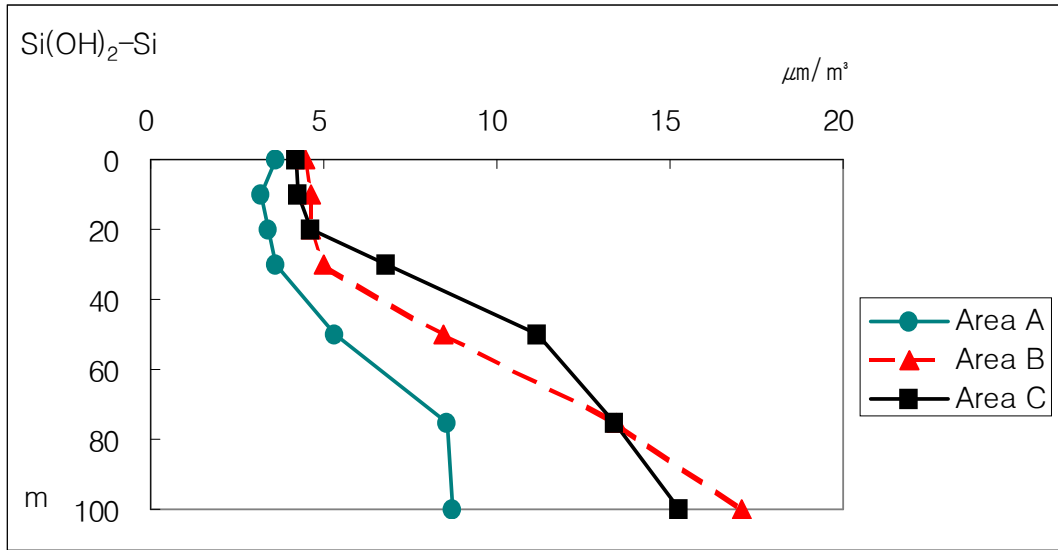


Fig. 13. Spatial variation of Si(OH)₂-Si in the study area, May 2004

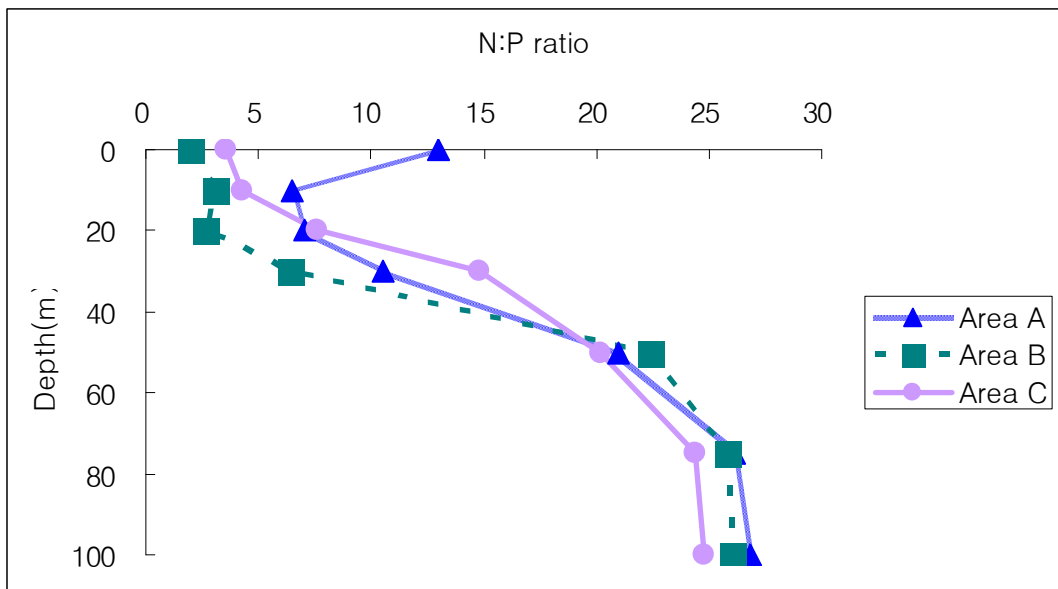


Fig. 14. Distribution of N:P ratio in the study area, May 2004

Ⅲ-2.6. N:P ratio

N:P ratio는 전 해역(Area A, B, C)의 30m 수층까지는 Redfield ratio 중 16 이하의 농도를 보이고(Fig. 14), 50m 이상의 수층에서는 16이상으로 증가하는 공통적인 특징이 나타났다. 이 사실로서 동해는 전 해역(Area A, B, C)의 30m 수층까지는 빈영양 수괴를 형성하고 있다는 것을 알 수 있다.

Ⅲ-3. 동물플랑크톤의 종조성(Species Composition)

해양에 있어서 환경요인을 수반한 종조성을 규명함으로써 조사해역의 생태학적 특성을 판단할 수 있으며, 동물플랑크톤의 현존량을 조사함으로써 조사해역의 생산력을 추정할 수 있다(노, 1981). 동물플랑크톤은 전체의 해역에서 총 30개의 종이 나타났으며 대체적으로 요각류가 최우점군으로 나타났고, 곤쟁이류, 난바다곤쟁이류가 제2의 우점군으로 출현하였다. 총 출현된 종을 분류군별로 살펴보면 요각류(Copepods)가 16종, 모악류(Chatognaths)가 3종(*Sagitta minima*, *Sagitta pulchra*, *Sagitta bedoti*), 곤쟁이류가(Mysid) 1종(*Neomysis intermedia*), 난바다곤쟁이류(Euphausiid)가 1종(*Euphausia pacifica*), 원생동물(Protozoa)이 1종(*Noctiluca scintillans*), 지각류(Cladocera)가 2종(*Evadne tergestina*, *Penilia schmackeri*), 단각류(Ampipoda)가 2종(*Hyperia galba*, *Phronimopsis spinifera*), 일시플랑크톤(meroplankton)인 복족류(Gastropoda)가 1종(*Atlanta turriculata*), 척색동물문(Chordata)이 1종(*Okiopleura laborad*), 십각류(Decapoda)가 1종(*Lucifer raynaudii*), 기타 어란(Fish egg) 등이 출현하였다.

연안역의 경우에는 생태적 환경이 복잡하게 얽혀 있어 영양염류의 유입과 식물플랑크톤의 군집에 따라 동물플랑크톤의 이동 및 현존량 변화가 매우 심하다. 특히 연안역은 규조류(Diatom)와 와편모조류(Dinoflagellate)의 군집에 따라 요각류(Copepods)의 군집분포가 영향을 받는다. 그러나, 대양역의 성격을 띠는 동해 외양역은 출현종의 개체수가 아주 적은 특징을 나타낸다. 요각류(Copepods)는 몇 정점을 제외하고는 대부분의 정점에서 최우점 하는 양상(Table 2)을 보였으며, 동해북부해역(Area C)에서는 요각류를 비롯한 전체적인 동물플랑크톤의 출현 개체수가 아주 낮음을 알 수가 있다. 이 결과는 출현종의 수와 출현량이 연안역에 비하여 현저히 감소하는 외양역의 일반적인 특성을 반영한다.

Table 2. Stational occurrence of copepods in the study area, May 2004.

Name of Species	Area A									Area B				Area C				
	1	2	3	5	7	9	10	12	13	16	17	18	20	26	28	31	33	35
<i>Acartia clausi</i>	3	2	7	1		5	6	4	1	1			1	2		11		
<i>Calanus sinicus</i>	37	35	35	5	1	24	12		23	15	70	19	21	21	8	4	3	10
<i>Calanus tenuicornis</i>	16	23		2		12	15	27	7	4		14	2	3				1
<i>Candacia tenuicornis</i>	1	19	9		2		3	16	1	4	40	1	1	2		1	2	1
<i>Ctenocalanus vanus</i>		5				8		11	15	1		3	1	1	1		1	
<i>Centropages bradyi</i>	1	1		1	2			2	1	1	1	1						
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	2	4			4	6	3	3		2	35	19	2		4	1		4
<i>Metridia lucens</i>		1						32		1	1							
<i>Paracalanus parvus</i>	1		3													1		
<i>Paracalanus aculeatus</i>	1							1										2
<i>Pseudocalanus minutus</i>			2					2		3				1	1			
<i>Scolecithricella minor</i>	8		28	1		16	5											
<i>Temora stylifera</i>	2	1						4	1			1		1	1			
<i>Undinula darwini</i>			12															1
<i>Oithona plumifera</i>	1	1	8	1		4	1			2						1		
<i>Macrosetella gracilis</i>		1	4							1								1
Total	565									268				91				

(individuals/m³)

출현한 주요 우점종으로는 *Calanus sinicus*, *Calanus tenuicornis*, *Candacia tenuicornis*, *Clausocalanus arcuicornis*가 출현하였고, 모든 해역에서 최우점종은 *Calanus sinicus*로 나타났다. 요각류(copepoda)를 제외한 개체군 중에서는 *Neomysis intermedia*, *Hyperia galba*가 우점종이었다. 이 종들은 동해에 넓게 분포하고 있다(Table 2 and 3).

동해남부해역(Area A)에서는 출현종의 수와 출현량이 다른 해역들에 비하여 높은 편이며, 동해중앙해역과 동해북부해역에서는 출현종의 수와 출현량이 적은 것을 볼 수 있다.

종속영양생물(Heterotrophic Organism)인 *Noctiluca scintillans*와 일시플랑크톤(meroplankton)인 *Atlanta turriculata*는 고온·고염한 동해남부해역(Area A)에 집중적으로 분포하여, 이 종들이 난수성임을 알 수 있다(Table. 3). 요각류(Copepods)와 요각류(Copepods)를 제외한 동물플랑크톤(Zooplankton except copepods)의 출현비율을 보면 요각류(Copepods)는 대략 78%를 차지하고 요각류(Copepods) 이외의 다른 동물플랑크톤(Zooplankton except copepods)은 22% 정도의 출현 비율을 보이고 있다. 이것은 동해에서도 동물플랑크톤 군집 중 요각류(Copepods)가 최우점 군이라는 것을 보여준다. 하지만, 동해남부해역(Area A)에서 부분적으로 야광충과 복족류가 우점하는 특징도 나타났다(Table. 3). 남해나 서해에서 우점하는 *Acartia*속(윤과 최, 2003)의 종 출현이 상대적으로 낮은 것이 동해 외양역의 특징이다. 기수역의 경우에는 계절과 강수에 의한 염분 변화에 의하여 동물플랑크톤(Zooplankton) 분포 양상이 다르게 나타난다(박 등, 2002). 대양성 해역인 동해는 강수에는 전혀 영향을 받지 않고 태풍 등의 물리적인 현상과 냉수대의 출현에 의하여 큰 변동을 가져오는 것(이 등, 2004)이 연안역에 출현하는 동물플랑크톤 군집 분포와의 차이이다.

이밖에 쿠로시오 해류의 난류성 지표종인 *Sagitta bedoti*와 대양에서 연안수와 외양수의 다른 수괴가 혼합되는 해역의 대표적 지표종인 *Sagitta minima*가 정점별로 출현하는 것을 보아 동해남부해역(Area A)은 고온·고염한 수괴흐름의 영향권 내에 있으며 부분적으로 연안수가 혼입되는 지역으로 판단된다.

Table 3. Stational occurrence of zooplankton(except copepods) in the study area, May 2004.

Name of Species	Area A									Area B				Area C				
	1	2	3	5	7	9	10	12	13	16	17	18	20	26	28	31	33	35
<i>Sagitta pulchra</i>	1		2									1	1			1		
<i>Sagitta bedoti</i>	1		3			2					1							
<i>Sagitta minima</i>			9				3	3	1			1						
<i>Evadne tergestina</i>				1	2			1	1									1
<i>Penilia schmackeri</i>	1	2	3					4	1					1	1	1		
<i>Neomysis intermedia</i>	2	10	47	4	6	1	1	1	3	1	1		1	1			1	1
<i>Euphausia pacifica</i>	1	4	54	1	1	3	1	7			1							
<i>Hyperia galba</i>	1		14	1	2	5		6	1	1	1	1	1	1				1
<i>Phronimopsis spinifera</i>				1	1			1			1	1	1					1
<i>Lucifer raynaudii</i>		5	1															
<i>Oikopleura laboradoriensis</i>	1			1	1	1				1								
<i>Atlanta turriculata</i>				277			23		1		1							
<i>Noctiluca scintillans</i>				1	69	115	5	4								4		
Fish egg		1			23	11												
Total						761					17					22		

(individuals/m³)

나 등(1997)은 동해남부 해역은 난류의 직접적인 영향을 받아 난수성 종이 출현한다고 보고하였다. 본 연구의 동해남부해역(Area A)에서 난수성 종인 *Sagitta minima*와 *Noctiluca scintillans*등이 많이 출현한 사실은 나 등(1997)의 연구보고와 일치한다.

III-3.1. 요각류(Copepods)

출현된 요각류(Copepods) 중 가장 우점한 *Calanus sinicus*의 형태학적 특징은 두부와 흉부가 분리되어 있으며 1촉각의 길이가 체장과 동일하다(Isamu, 1996). 전 세계적으로 북태평양과 북대서양에 많이 분포한다(Takashi etc., 1986)고 알려져 있다. 동해도 북태평양의 범주에 있다. *C. sinicus*는 전 해역(Area A, B, C)에서 출현을 하였다(Fig. 15). 본 종은 연안해역에서 많은 군집을 형성(김, 1986)하기도 하지만, 본 조사에서와 같이 대양역에서도 상당히 많은 양이 출현하는 사실로서 본 종은 동해 연안역과 외양역에 광범위하게 분포하는 종으로 사료된다.

*Calanus tenuicornis*는 요각류(Copepods)중에서 *C. sinicus* 다음으로 우점하는 양상을 보였다. *C. sinicus*와 동일한 형태이기는 하나 크기가 *C. sinicus*의 절반 정도이다. 전 세계적으로 온대해역에 분포하며 대한해협에서 많이 출현되는 종으로 알려져 있다(Isamu, 1996). 동해남부해역(Area A)과 동해중앙해역(Area B)에서 많은 양이 출현하였으나(Fig. 16), 동해북부해역(Area C)에서는 빈약한 출현양상을 보임으로 본종은 온난한 해역을 선호하는 난수성 종으로 사료된다.

*Acartia clausi*는 형태적으로 보면 액사가 없으며 제 1촉각이 생식절 중간 근처까지 내려오는 특징을 볼 수 있다. *A. clausi*는 냉수성 종이다(Sanae and Tosshiro, 2003). 원래 *A. clausi*는 과거 한국 연안에서 우점적으로 출현하는 종으로 연안 생태계에 중요한 위치를 차지한다(심과 노, 1982)고 할 수 있는데, 현재에는 *A. omori*로 재분류(강과 이, 1990)가 된 종이다. *A. omori*는 오

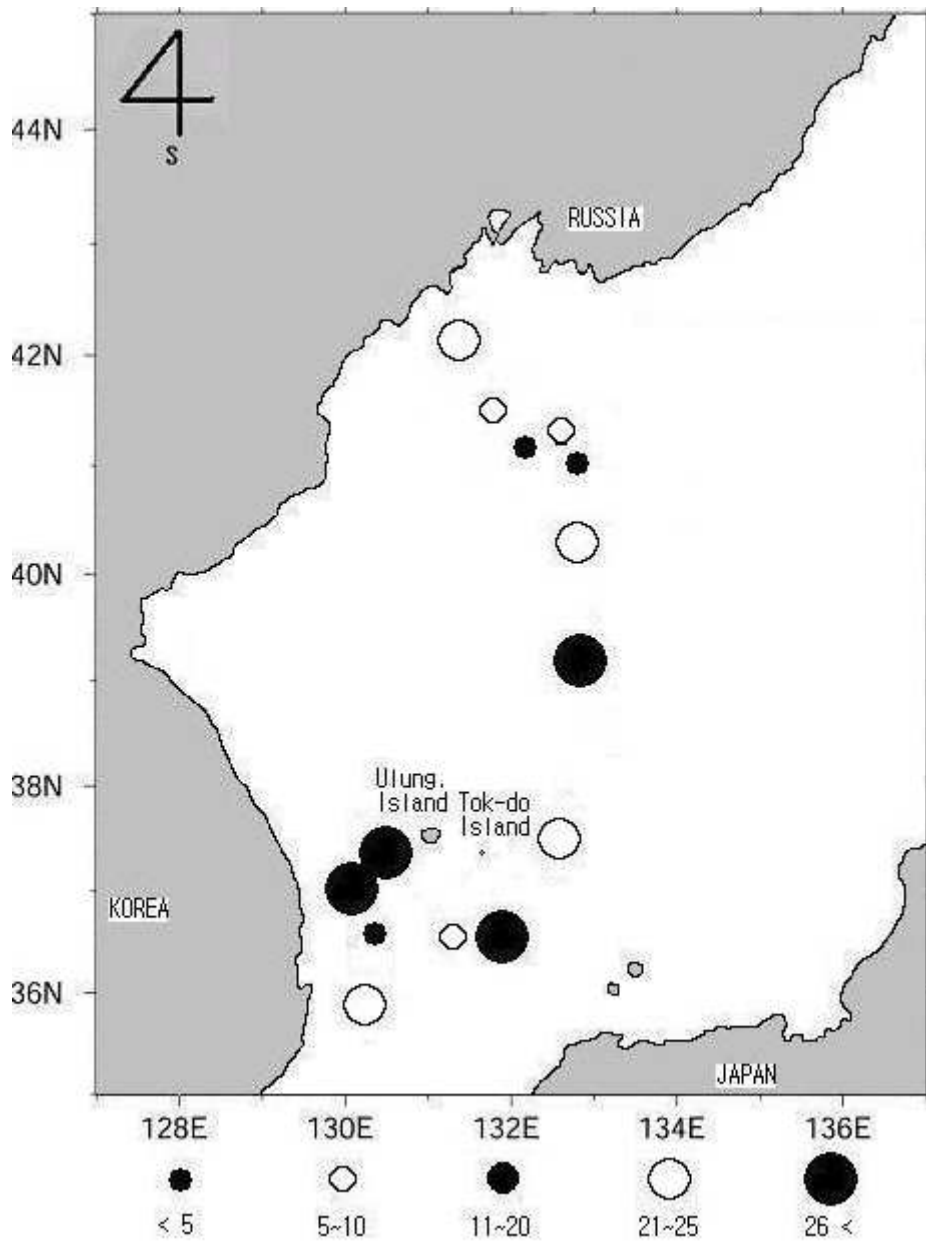


Fig. 15. Spatial distribution of *Calanus sinicus* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

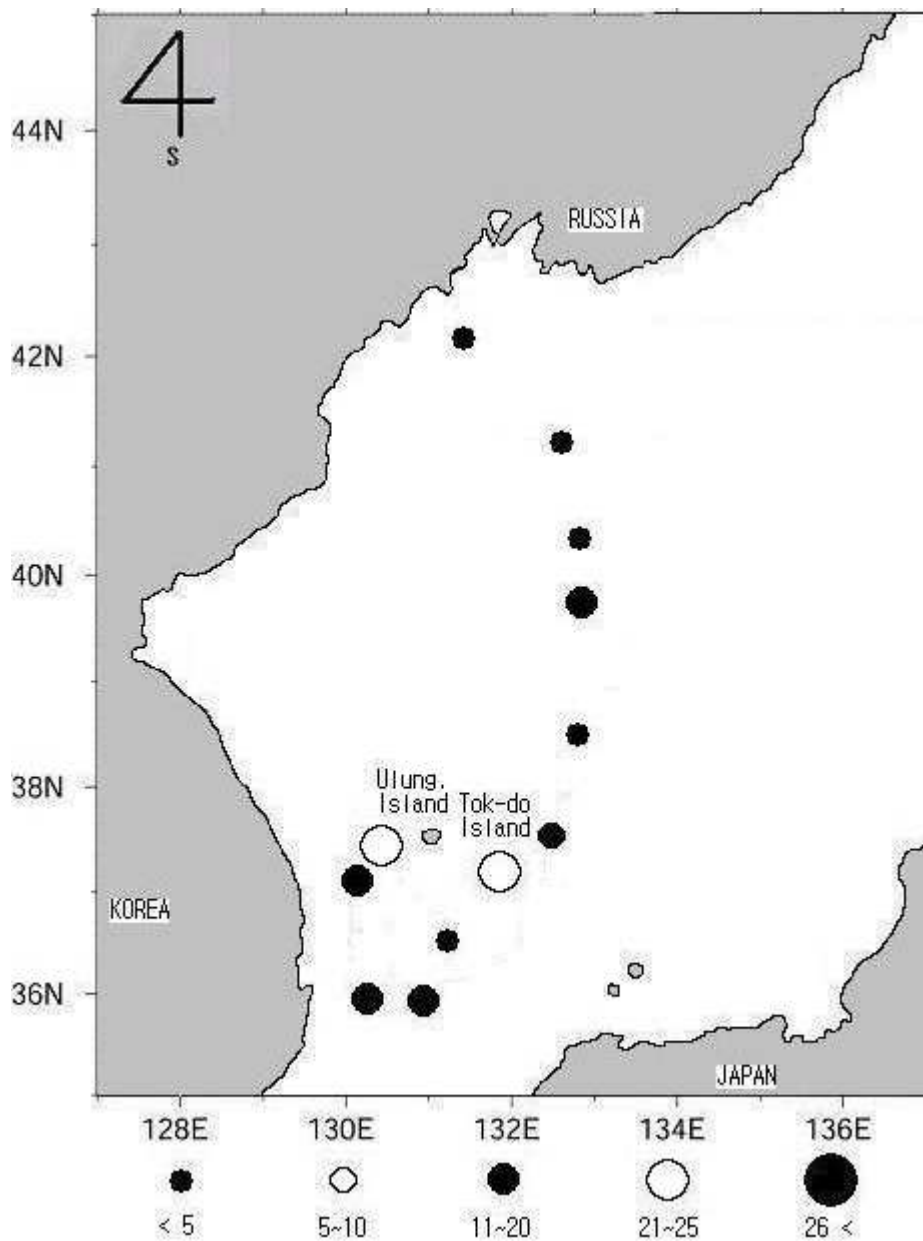


Fig. 16. Spatial distribution of *Calanus tenuicornis* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

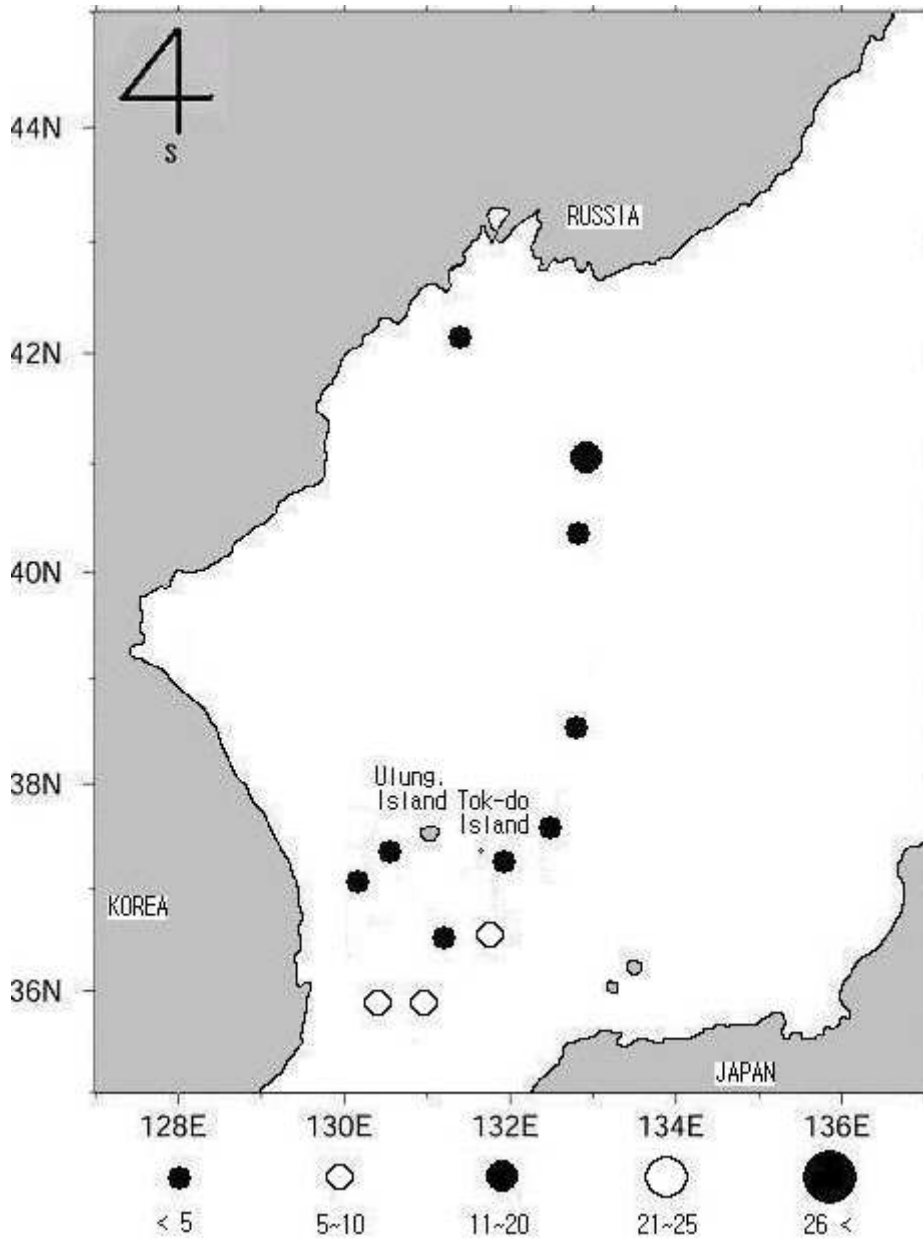


Fig. 17. Spatial distribution of *Acartia clausi* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

염된 해역에서 특히 풍부하여 동물플랑크톤 중에서 오염 지표성을 띠는 종(강과 이, 1990)으로 밝혀져 있다. 또한, Bradford(1976)도 동경만에서 출현하는 *A. clausi*가 형태학적으로 다르다고 밝히며, *A. omorii*라는 신종으로 기재한 후 *A. clausi*에 대한 재분류가 시도된 종이기도 하다. *A. omorii*는 내만역의 오염된 해역의 쇄파대에서 우점(박 등, 2001)을 보이지만 오염되지 않은 외양역에도 폭넓게 출현하는 종으로 생각된다. 냉수종인데도 불구하고 전 해역(Area A, B, C)에 분포하는 것(Fig. 17)은, 전 해역(Area A, B, C)의 평균수온이 10°C 부근을 보여 시기적으로 수온이 높지 않은 계절에는 난류영향권역에 까지 그 분포범위가 확장되는 생태학적 특성을 보여주기 때문으로 생각된다.

*Candacia tenuicornis*는 대표적인 온대성 종으로 아열대 지방의 고염한 해역에 주로 분포한다(Omori, 1984)고 알려져 있다. 동해남부해역(Area A)에서 많이 출현하였고, 동해중앙해역(Area B)에서도 부분적으로 다량 출현 하여(Fig. 18) 5월에는 본 종이 동해에 광범위하게 분포하는 특성을 보여주었다.

*Clausocalanus arcuicornis*는 1.2mm이내의 작은 크기의 요각류로서 남해안에 많이 분포하는 요각류(강과 이, 1990)라는 보고가 있다. 동해중앙해역(Area B)에 다량 출현하였는데(Fig. 19), *Clausocalanus arcuicornis*는 *Candacia tenuicornis*의 분포와 유사하다.

*Ctenocalanus vanus*는 연안해역에 많이 분포하는 것으로 알려져 있다(김, 1987). 그러나, 본 조사에서는 동해 전 해역(Area A, B, C)에서 5~20 individuals/m³의 고른 출현량을 보여 본 종의 생태적 적소는 연안역에 국한되지 않는 것으로 판단된다.

온수성 종인 *Centropages bradyi*는 동해북부해역에는 출현하지 않아 기존에 알려져 있는 바와 같이 본 종이 난류에 국한되는 생태적 특성을 보이는 것으로 생각된다.

*Scolecithricella minor*는 우리나라 근해에서 유일하게 동해에만 분포(강, 2003)하는데, *Scolecithricella*속 중에서 유일하게 온대성해역의 표층에서 서식한다(Carin, 2005). 동해남부해역(Area A)에서 많은 출현량이 나타났으며(F

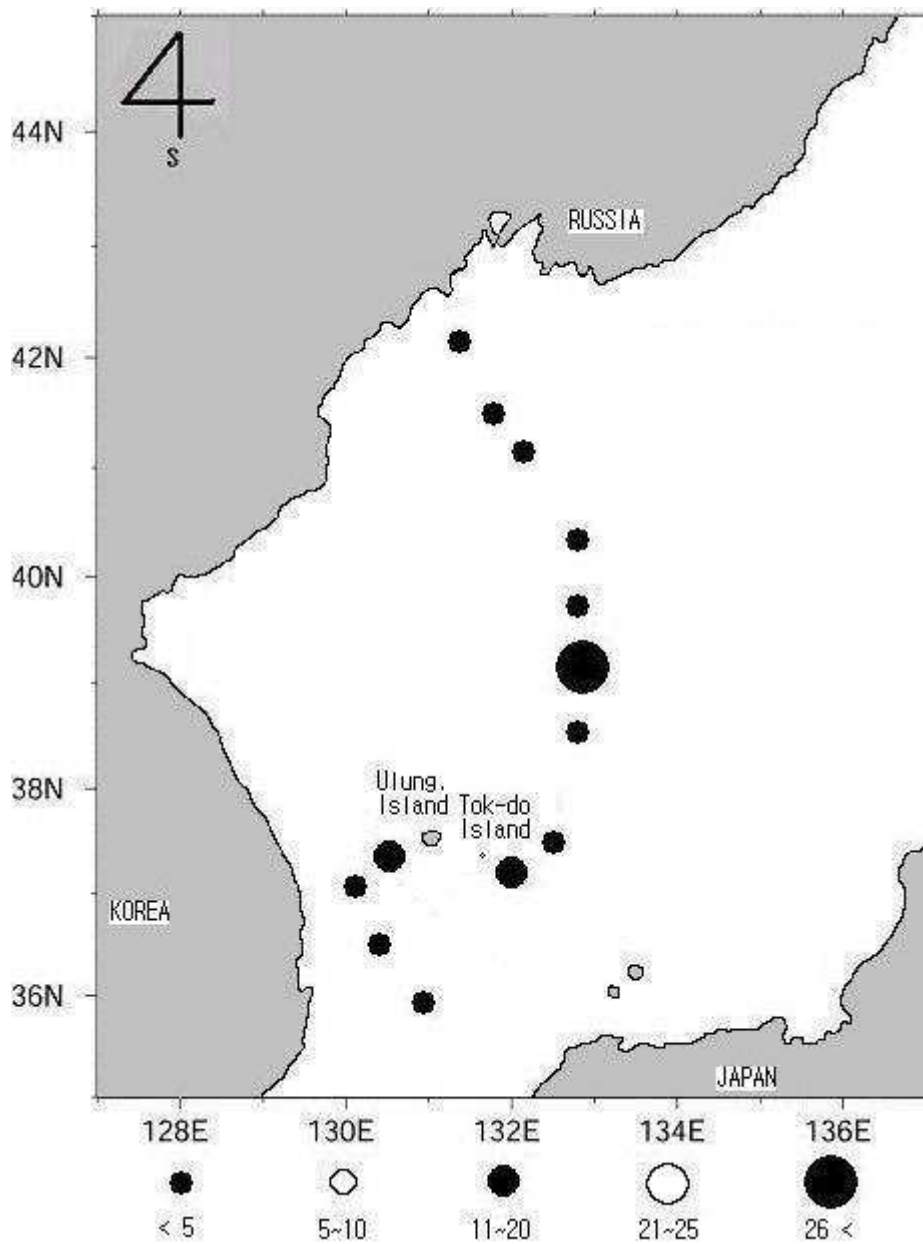


Fig. 18. Spatial distribution of *Candacia tenuicornis* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

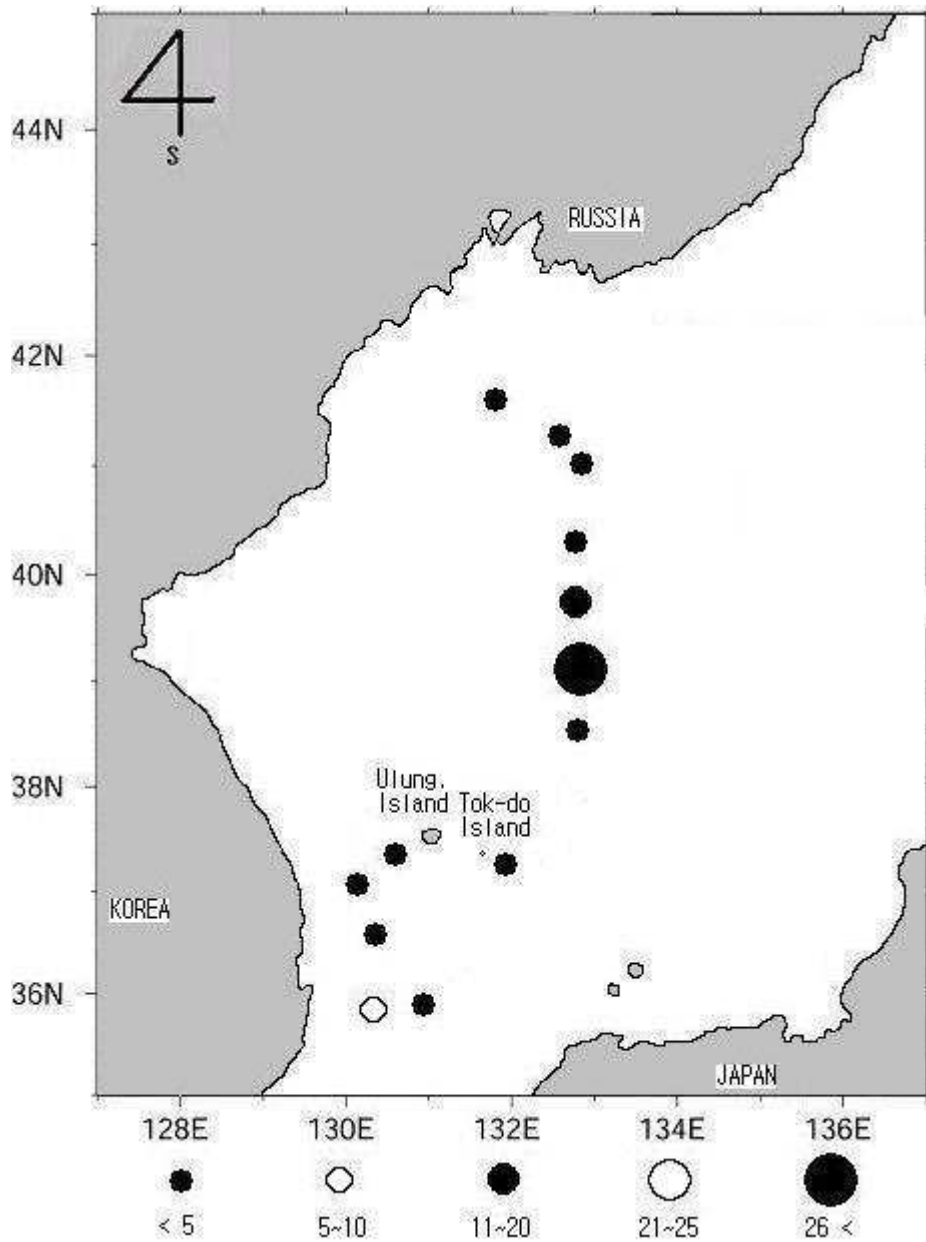


Fig. 19. Spatial distribution of *Clausocalanus arcuicornis* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

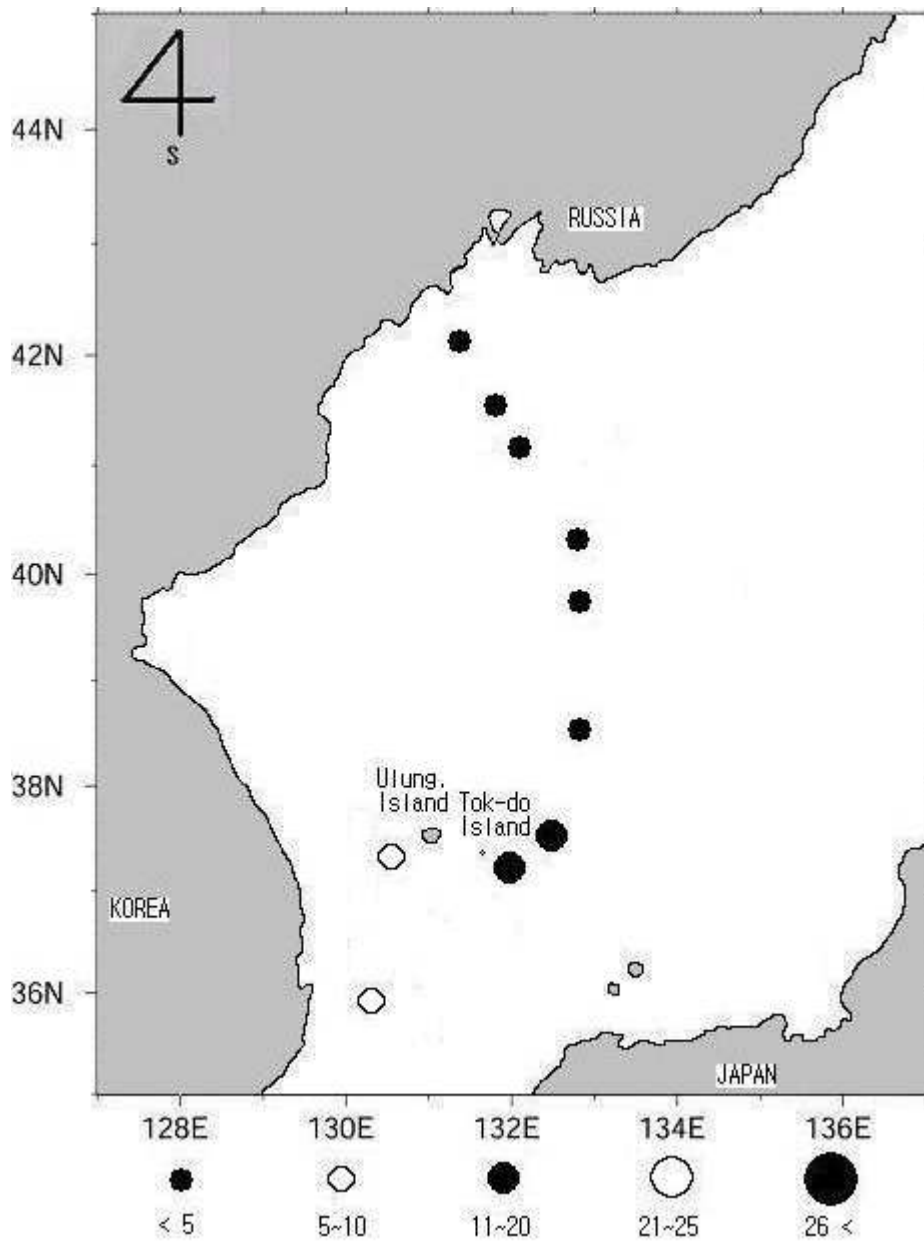


Fig. 20. Spatial distribution of *Ctenocalanus vanus* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

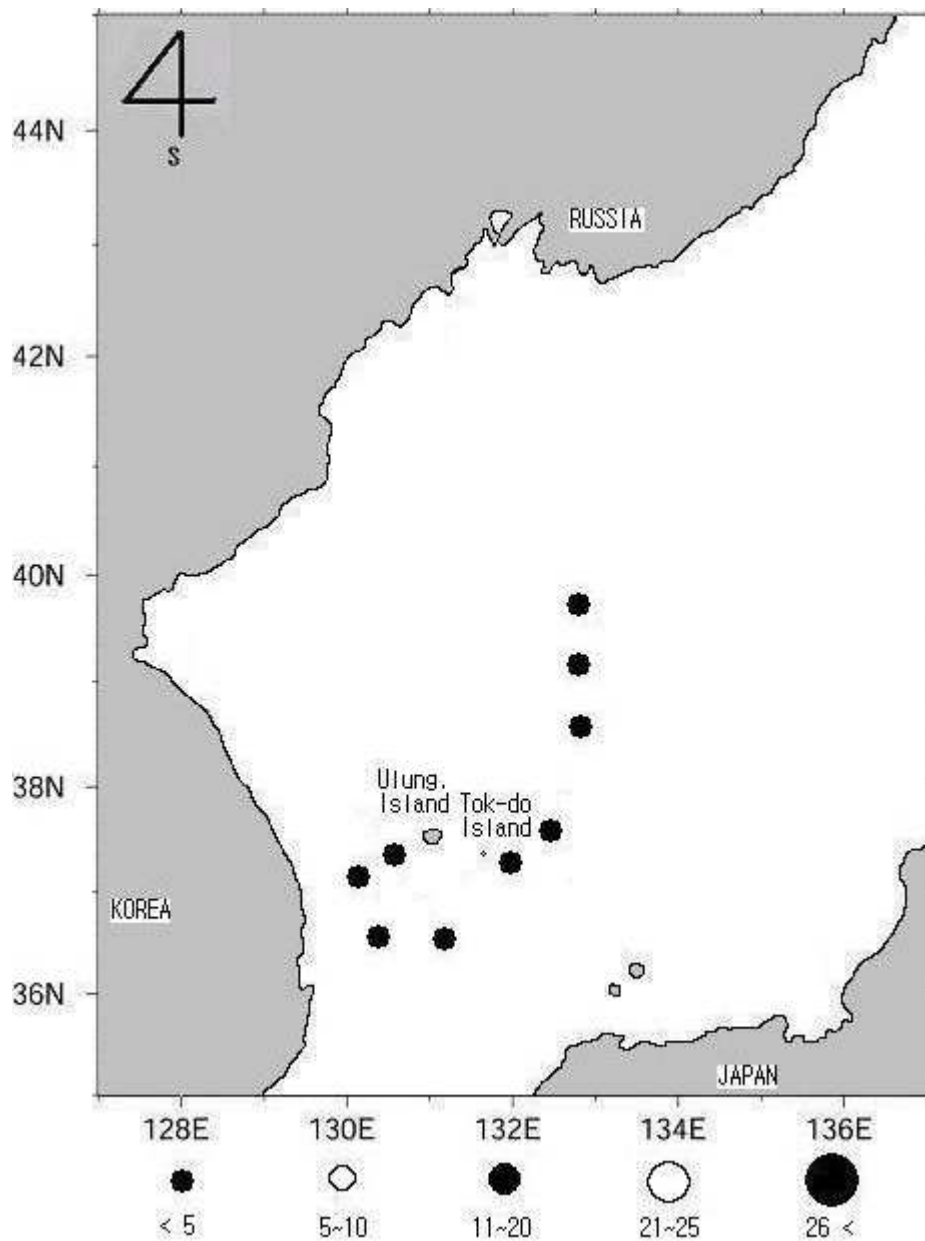


Fig. 21. Spatial distribution of *Centropages bradyi* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

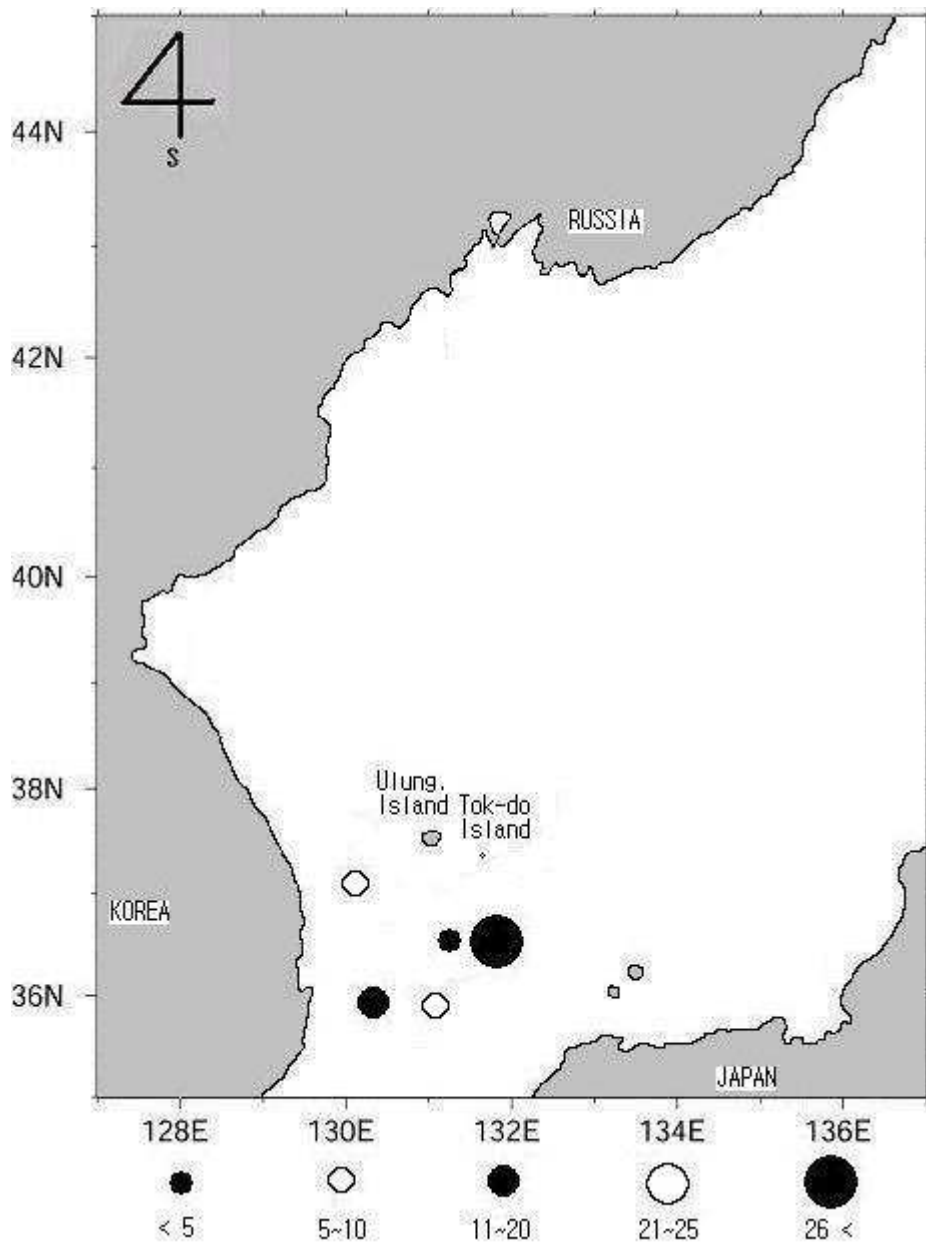


Fig. 22. Spatial distribution of *Scolecithricella minor* stocks(indiv./ m^3) in the study area, May 2004.

ig. 22), 동해중앙해역(Area B)과 동해북부해역(Area C)에 출현이 전혀 없었던 사실은 Carin(2005)의 연구결과를 재확인 해준다.

*Oithona plumifera*는 본 연구에서 출현된 요각류(Copepods)중에서 유일하게 Order Calanodia에 해당되지 않고, Order Cyclopoida에 해당되는 종이다. 우리나라에서는 동해남부 연안과 제주 근해에 많이 분포하는 것으로 보고되고 있다(고, 1996). 본 연구에서는 많은 양은 아니나, 동해남부해역(Area A)에 집중적으로 출현하는 것(Fig. 23)으로 보아 본 종은 난수의 특성을 갖고 있는 것으로 생각된다.

Paracalanus parvus(Fig. 24)는 한국연안에서 많이 출현하는 종으로 알려져 있다(Lee, 1989 and Lim, 1994). *P. parvus*의 형태학적 특징은 체장이 0.75~0.99mm정도이고 머리 앞부분이 둥글고, 측면에서 보았을 때 등에 혹처럼 튀어나온 부위가 없으며, 제2~4유영지의 외지 세 번째 마디절 외연 상단부에 Spine이 있으나 말단부에는 Spine이 없는 특징이 있다. 동해남부해역(Area A)과 동해북부해역(Area C)에서 소량 출현한 사실로 보아 본 종은 전형적인 연안성 종으로 생각된다.

그 외에 *Temora stylifera*(Fig. 25), *Metridia lucens*(Fig. 26), *Pseudocalanus minutus*(Fig. 27), *Paracalanus aculeatus* (Fig. 28), *Macrosetella gracilis* (Fig. 29), *Undinula darwini*(Fig. 30)가 출현하였다. 그러나, 이 개체군들은 해역별(Area A, B, C)로 적은 양이 출현 하여 연구해역에서 차지하는 생태학적 중요성은 그리 크지 않은 것으로 판단된다.

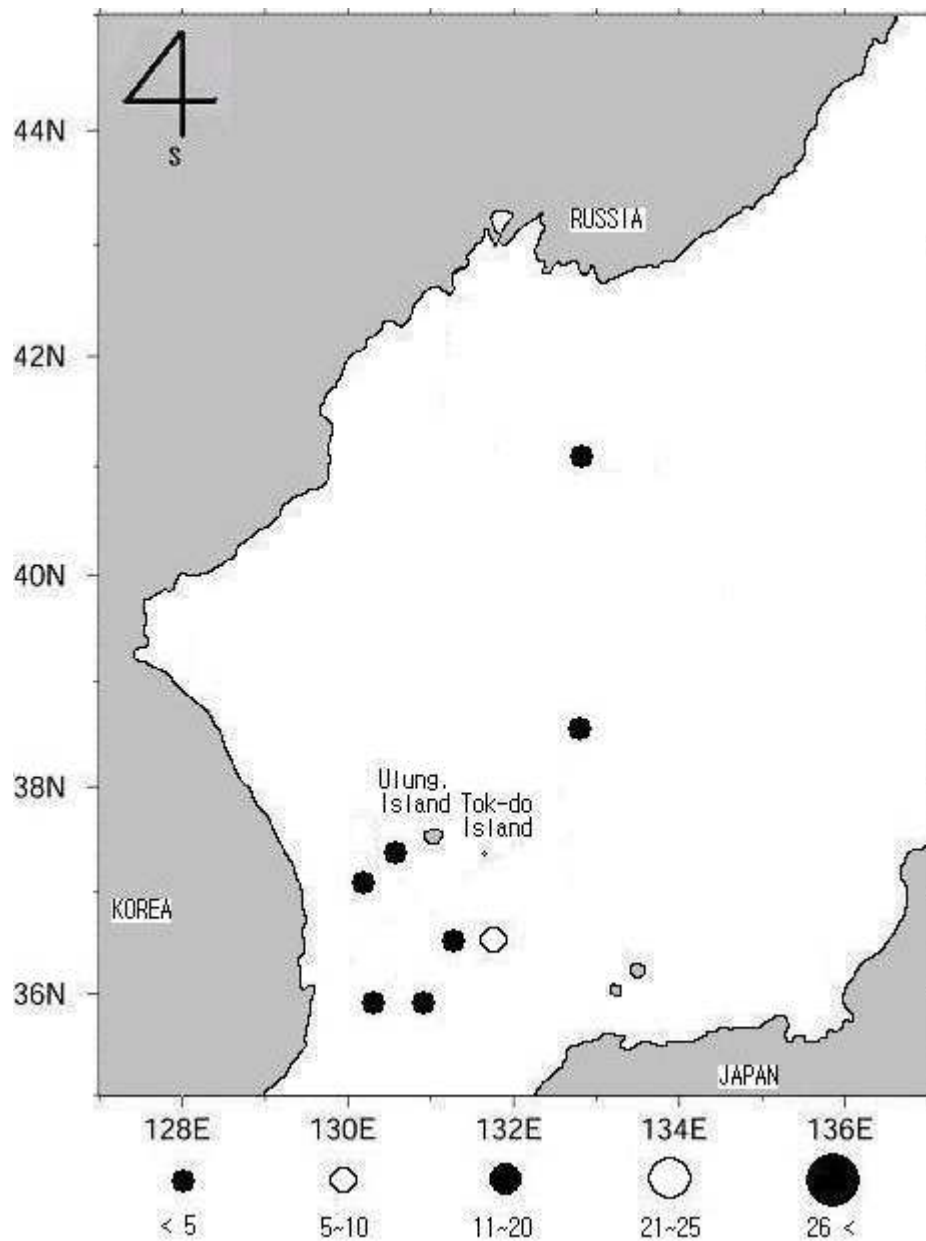


Fig. 23. Spatial distribution of *Oithona plumifera* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

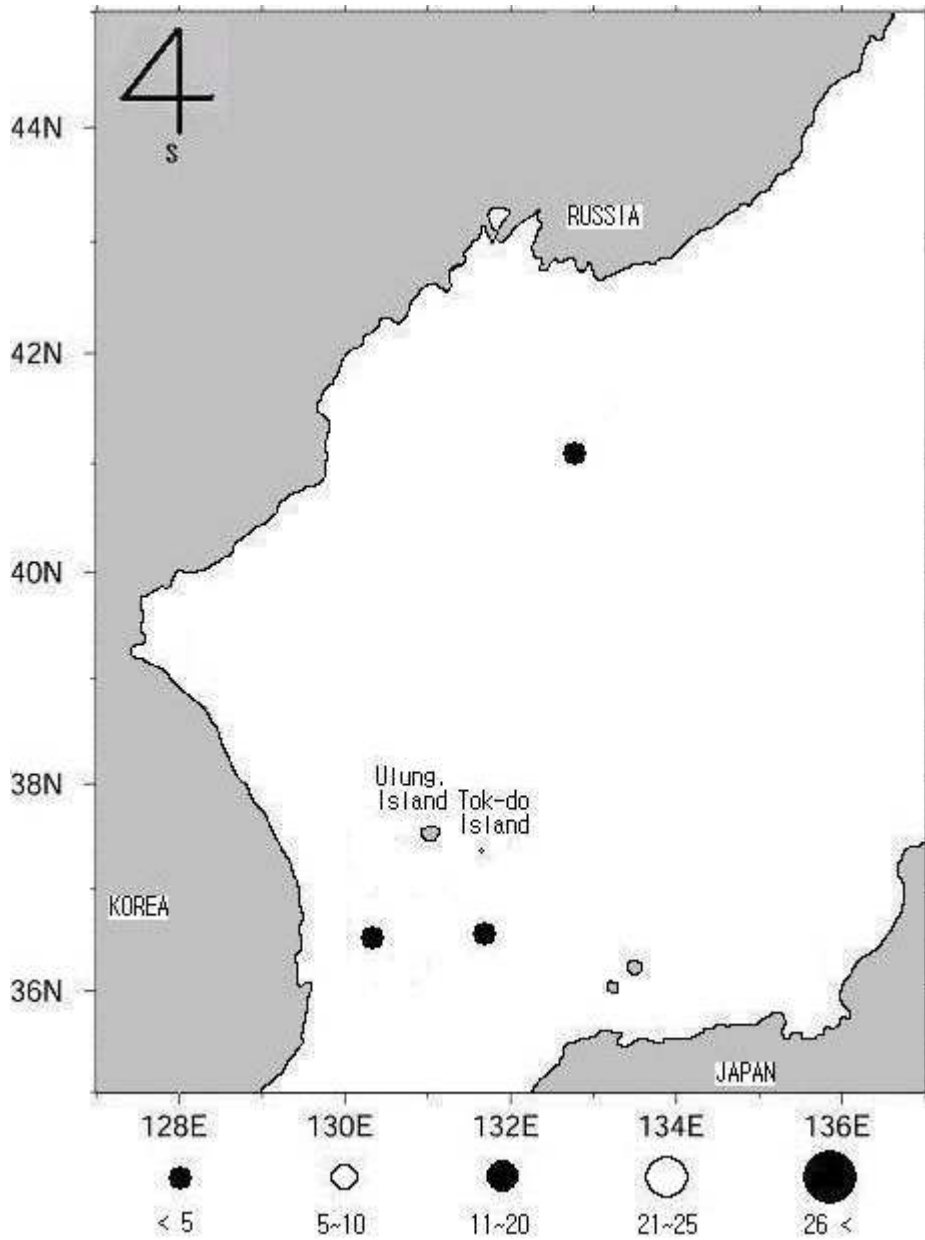


Fig. 24. Spatial distribution of *Paracalanus parvus* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

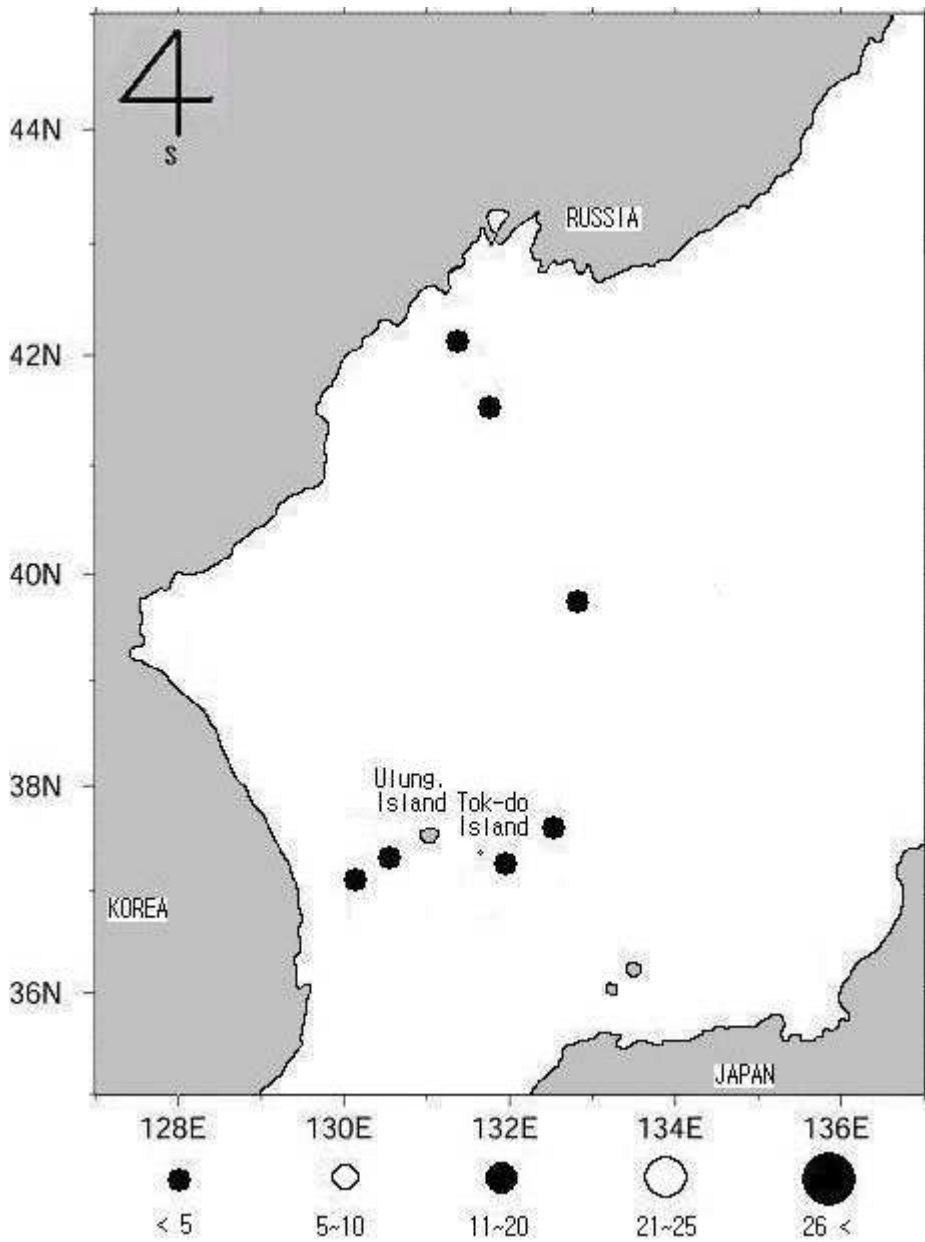


Fig. 25. Spatial distribution of *Temora stylifera* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

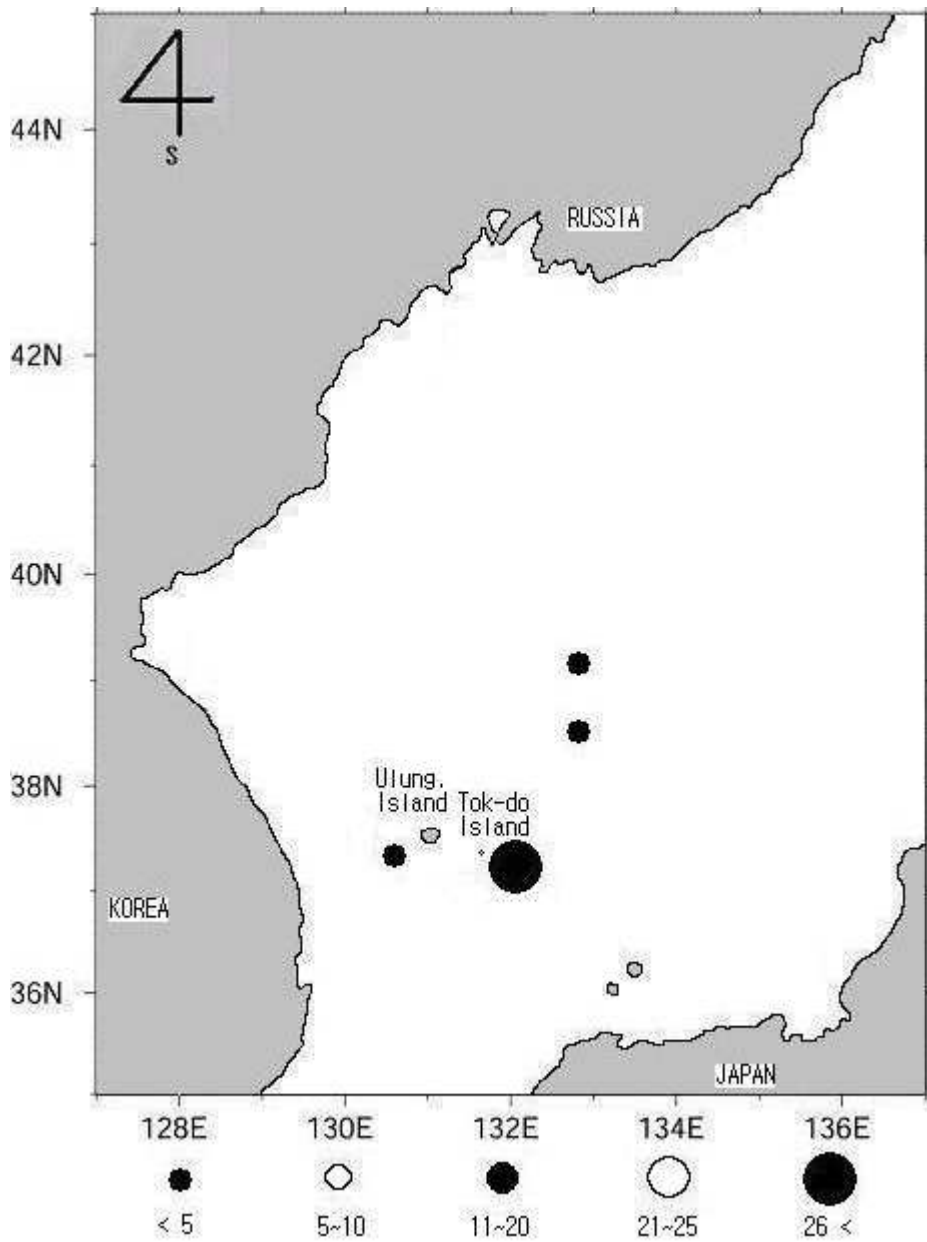


Fig. 26. Spatial distribution of *Metridia lucens* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

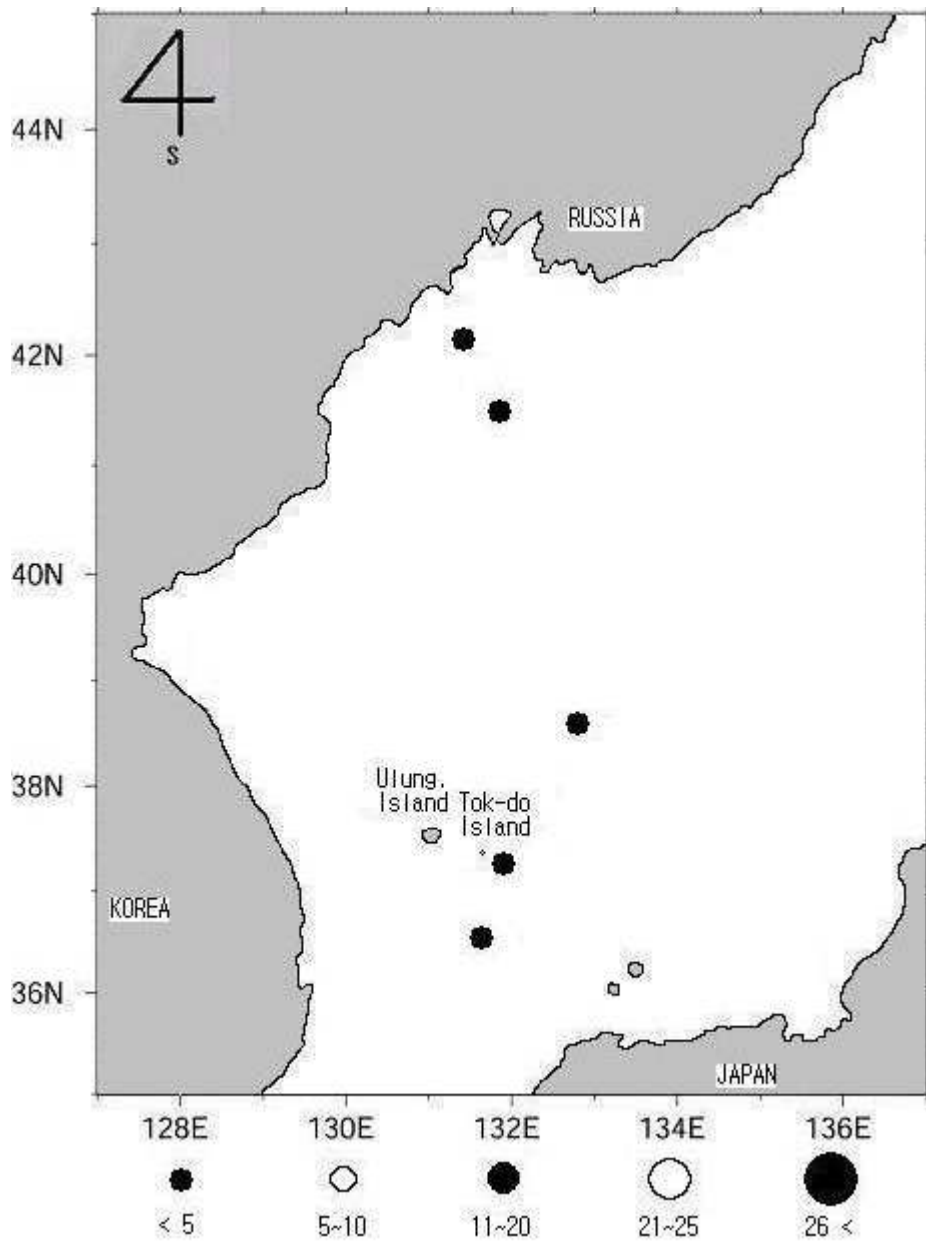


Fig. 27. Spatial distribution of *Pseudocalanus minutus* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

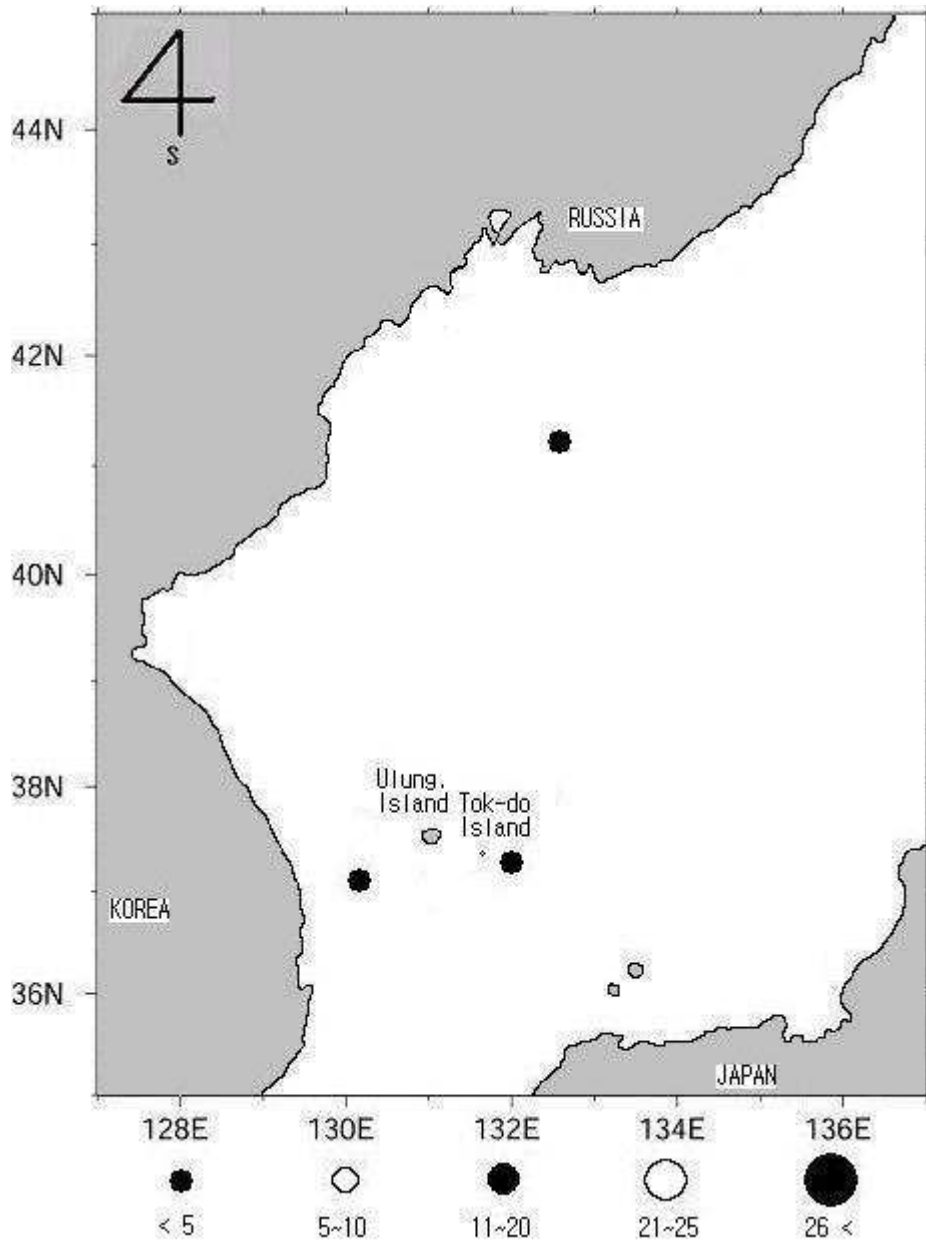


Fig. 28. Spatial distribution of *Paracalanus aculeatus* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

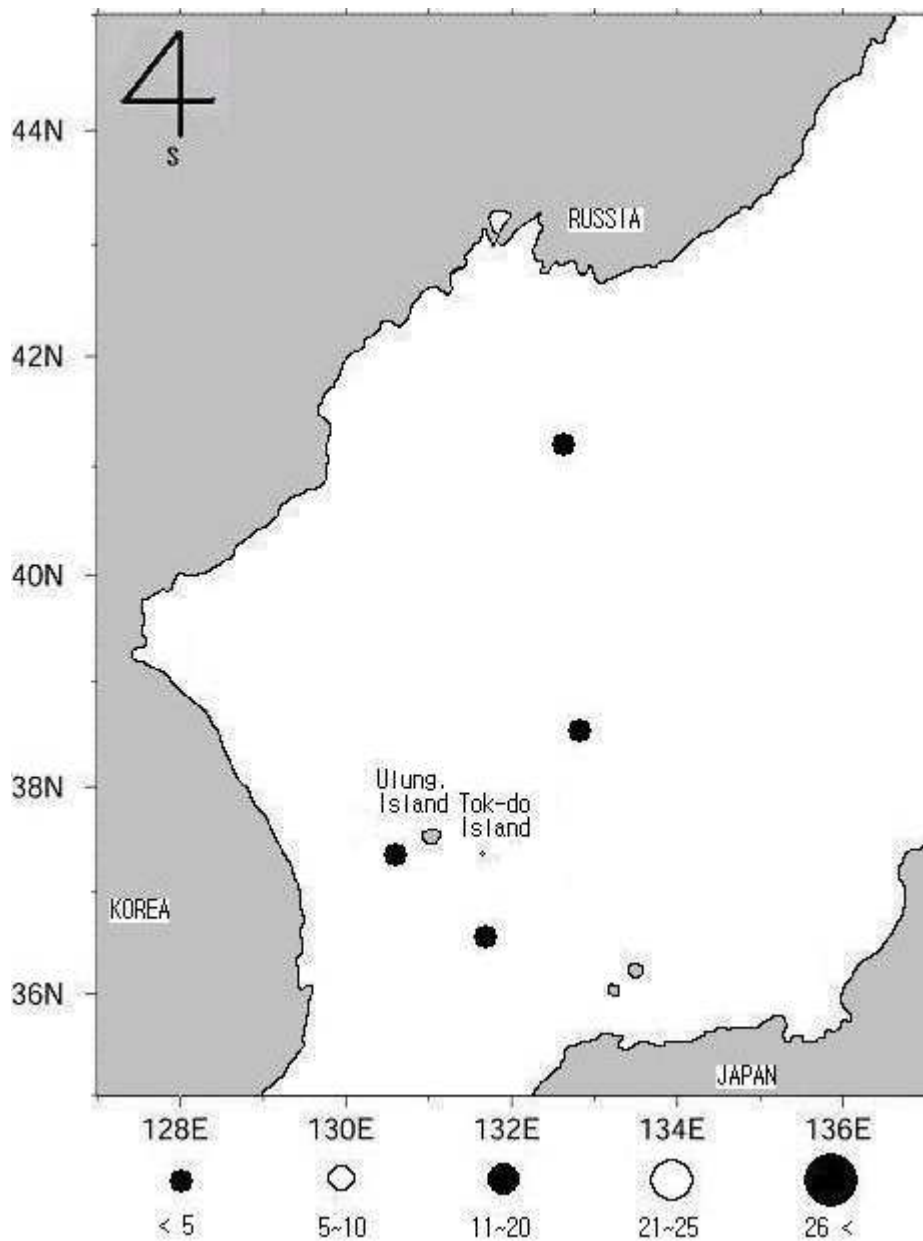


Fig. 29. Spatial distribution of *Macrosetella gracilis* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

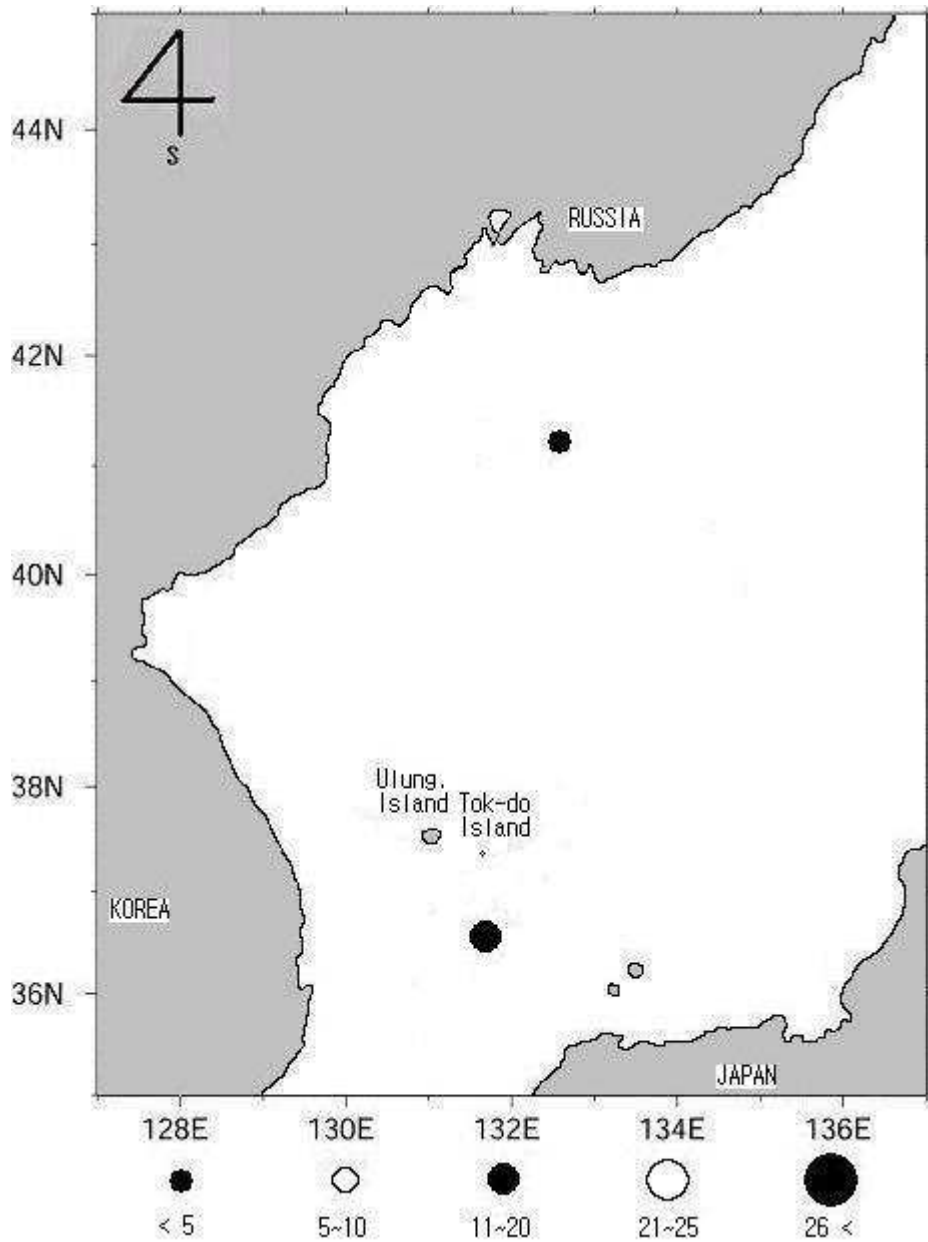


Fig. 30. Spatial distribution of *Undinula darwini* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

III-3.2. 지각류와 단각류(Cladocera and Ampipoda)

부유성 지각류(Cladocera)인 *Evadne tergestina*의 두부는 크며, 흉각은 내엽과 외엽으로 이루어져 있다. 동해남부해역(Area A)에서 5 individuals/m³ 이하로 출현 하였다(Fig. 31). *E. tergestina*는 연안해역에서 시기에 따라 주요 우점 군으로 나타난다(고 등, 1996). 동해의 연안해역에서 20 individuals/m³ 정도가 출현한다는 보고가 있는데(강, 2003), 본 조사에서 동해 외양역의 출현량은 매우 적다. 다시 말해 본 종은 연안성 종으로, 외양역의 출현은 연안·외양수괴 혼합에 의한 결과로 보여 진다. 근래에 들어와서는 연안 해역에서 대상 먹이생물인 식물플랑크톤의 분포에 기인하여 출현(김 등, 1993)한다는 보고와 봄에 출현빈도가 높으며, 여름과 가을에 출현량이 낮다(유와 김, 1987)는 보고가 있다. 일반적으로 본 종은 한국 연안해역에서 수온이 점진적으로 상승하는 봄철에 다량 출현하며 수온 하강기인 초가을에는 종적을 갖추는 난수성인 생태적 특성을 보여준다.

단각류(Ampipoda)인 *Hyperia galba*(Fig. 32)는 두부는 길이에 비하여 높이가 훨씬 길고 두부의 전방 하단부가 약간 뾰족하게 나와 있는 특징을 보인다. 표층에서 수심 300m까지 널리 분포하며 동해북부해역(Area C)을 제외하고는 모두 출현하였다. 우리나라에서는 대마난류가 통과하는 해역 부근에서 많이 출현한다(유, 1992). 한편, *H. galba*는 원래 대서양과 인도양에 그 기원을 두고 많이 분포하지만 인도양과 접해 있는 고염의 태평양 아열대 해역에서 많은 양이 출현한다(Carin J. 2005). 본 조사결과 *H. galba*가 온수성이라는 종래의 보고가 있었으나 동해의 전 해역(Area A, B, C)에 폭넓게 분포하는 것으로 보아 광온성 종으로 판단될 수도 있어 본 종에 대한 장기적인 생태학적 연구가 필요하다. 최근에는 *H. galba*가 남해의 연안역의 쇄파대에서도 분포(서와 유, 1997)한다고 보고 되었다. 그리고, 잘피밭에서도 출현한다는 보고(정 등, 2004)도 있다.

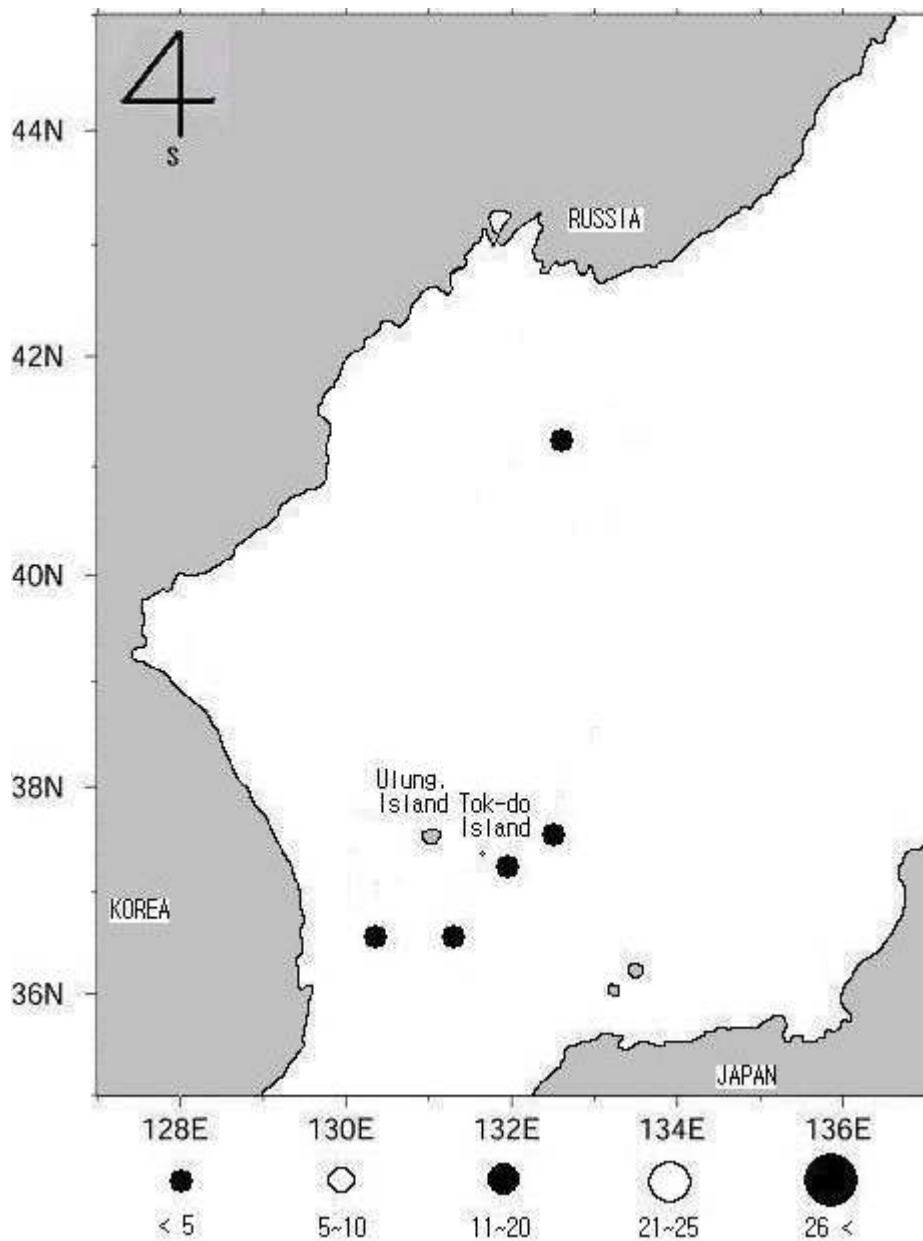


Fig. 31. Spatial distribution of *Evadne tergestina* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

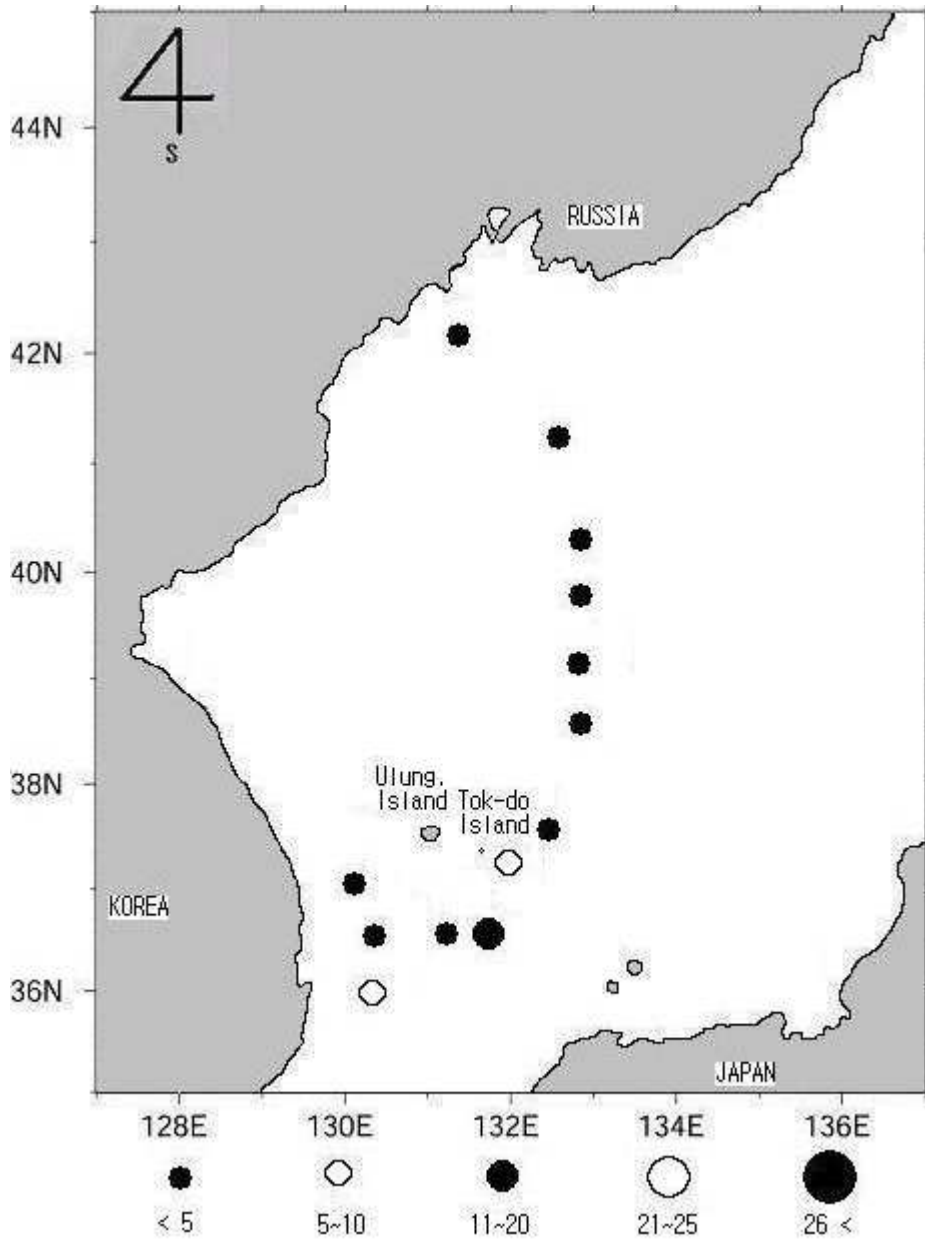


Fig. 32. Spatial distribution of *Hyperia galba* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

III-3.3. 모악류(Chaetognaths)

모악류는 *Sagitta minima*, *Sagitta pulchra*, *Sagitta bedoti*의 3가지 종이 출현하였는데(Table. 3), 그 중 *S. minima*(Fig. 33)는 동해남부해역(Area A)에서 많이 출현하였다. *S. minima*의 형태는 동체가 반투명하고 연약하며 미부 횡경막 부근에서 현저히 축소되는 특징적인 면을 보였다. *S. minima*는 고온·고염의 수괴에 다량 분포(박 등, 1991)하는 난수성 종으로 본 연구에서도 동해남부해역(Area A)에서 다량 출현한 것은 이 종이 난수성의 생태학적 특성을 갖는 종이라는 것을 다시 한번 확인케 한다. *S. minima*는 울릉도 보다 위에 위치한 위도의 해역에서 수괴에 따라 분포한다(박 등, 1991)는 보고가 있다. 하지만, 본 연구에서 고온·고염의 동해남부해역(Area A)에서 집중적으로 출현한 것은 박 등(1991)의 연구결과와 상치된다. 그 이유는 본 종 출현의 지리적인 위치가 계절적 난·한류의 흐름패턴의 변화에 따라 달라지기 때문인 것으로 사료된다.

Sagitta pulchra(Fig. 34)는 냉수대와 온수대에서 모두 출현하는 종이다(Isamu, 1996). 동해남부해역(Area A)과 동해중앙해역(Area B)에 부분적으로 출현하고 있지만, 출현량이 작아 본 연구해역에서 본 종은 생태적으로 큰 비중을 차지하지 않는 종으로 판단된다.

*Sagitta bedoti*는 난수성의 대표적인 종으로 알려져 있다(박, 1970). 적은 출현량이지만 동해남부해역에서(Area A) 집중적으로 출현하는 것(Fig. 35)은 박(1970)의 연구를 재확인 해 준다.

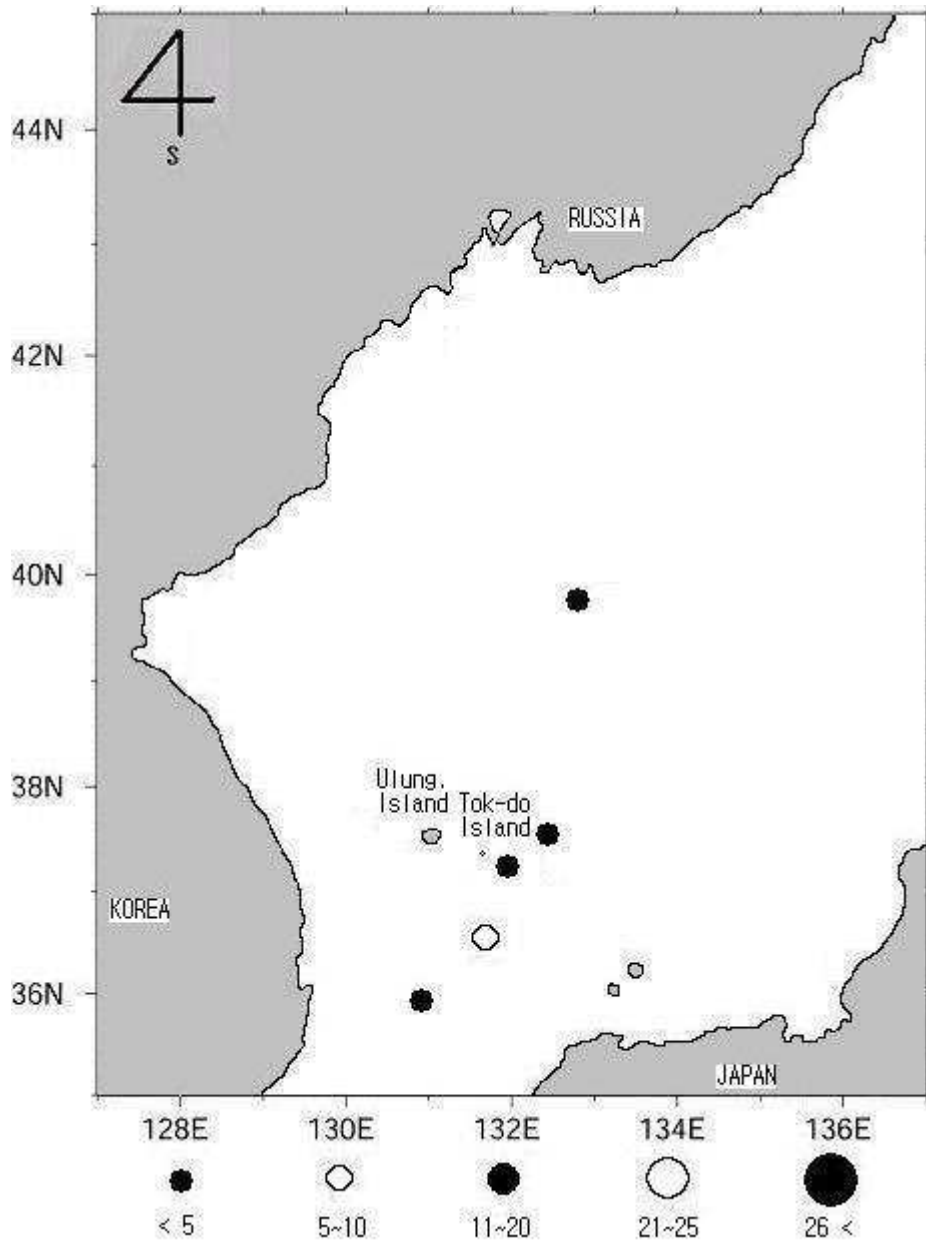


Fig. 33. Spatial distribution of *Sagitta minima* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

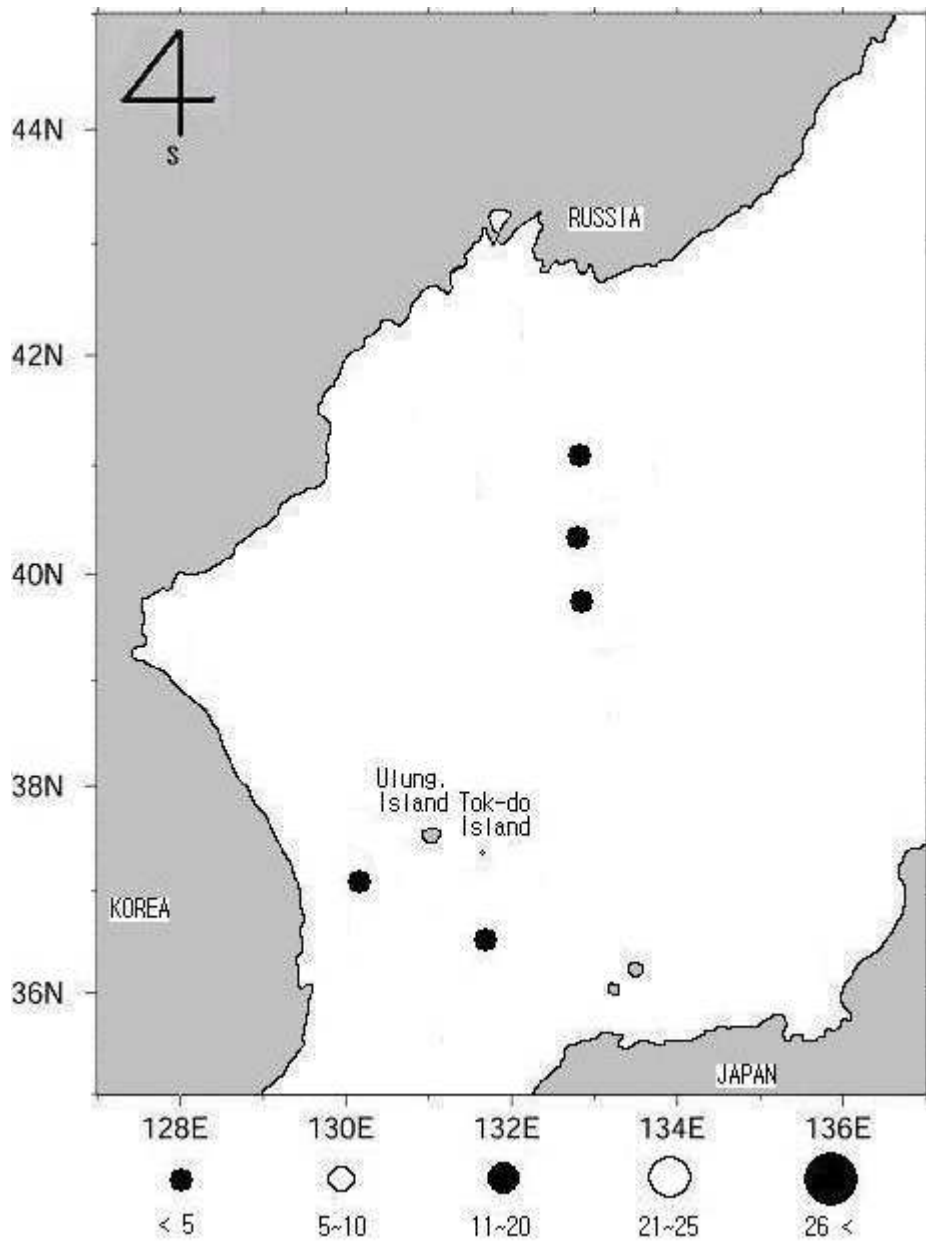


Fig. 34. Spatial distribution of *Sagitta pulchra* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

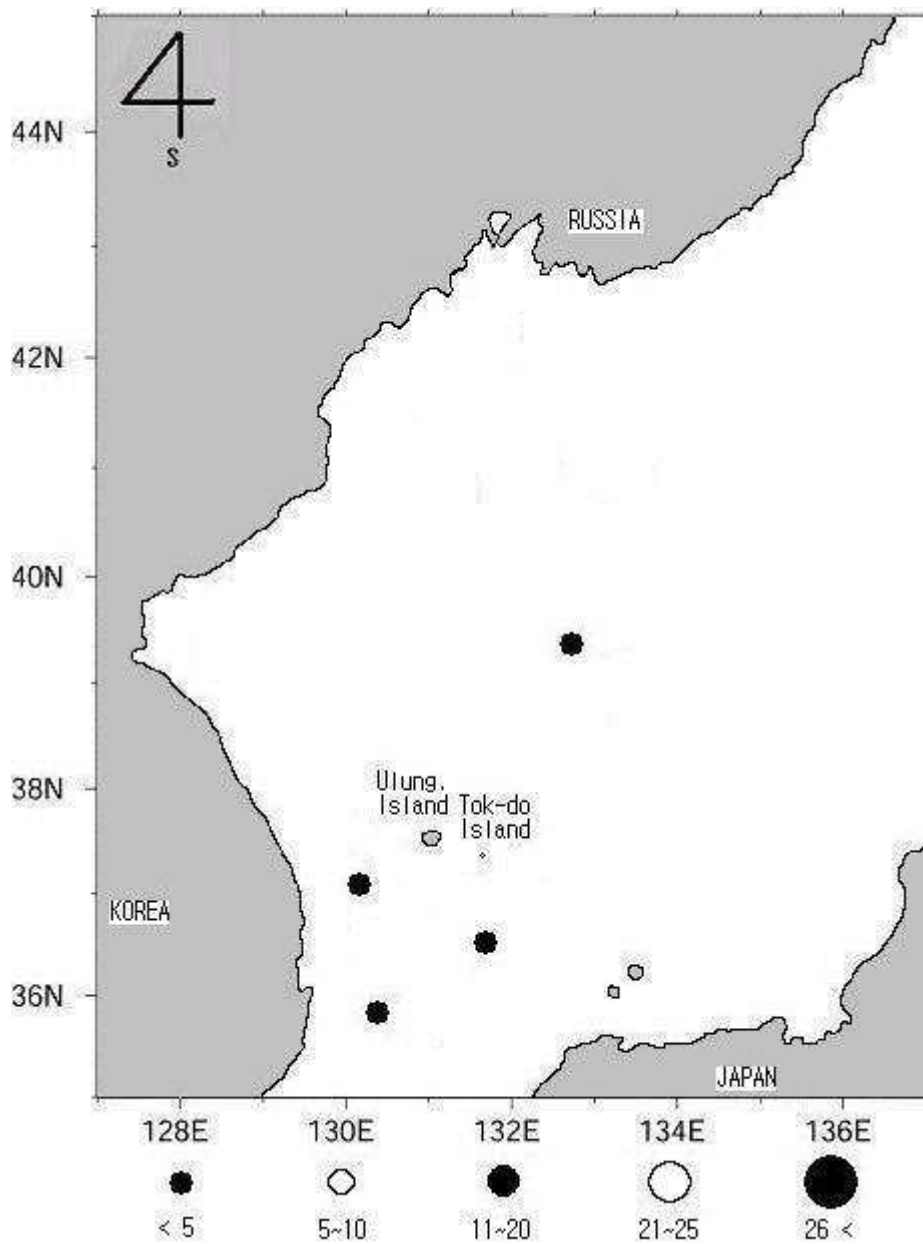


Fig. 35. Spatial distribution of *Sagitta bedoti* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

Ⅲ-3.4. 곤쟁이류와 난바다곤쟁이류(Mysids and Euphausiid)

곤쟁이류(Mysids)의 *Neomysis intermedia*의 형태는 액각이 둥글게 되어있고 끝이 뾰족하게 나와 있는 형태적 특징이 있다. *N. intermedia* 역시 동해남부해역(Area A)에서 높게 출현하였으나 전 조사해역에 고루 분포하는 양상을 보였다(Fig. 36). 대체적으로 *Neomysis*속은 거의 초호와 같은 환경에 많은 양이 군집하는 양상(유, 1985)을 나타내는데, 연안해역이 아닌 넓은 개방형 해역에서는 그 해역의 특성에 따라 부분적인 군집을 하기도 한다(Winker and Greve, 2004).

난바다곤쟁이류(Euphausiid)의 *Euphausia pacifica*(Fig. 37)는 형태학적으로 갑각의 앞부분이 거의 돌출하지 않으며 아랫부분의 중간에는 매우 발달한 극(Spine)이 나와 있는 특징이 있다. 동해남부해역(Area A)에서 최대 출현량을 나타냈다. 최근 광양만 인근해역에서 상당히 많은 양의 출현을 보이고 있는 *Pseudouphausia sinicus*와는 형태학적으로 비슷하지만 크기와 측각의 형태로 구분된다(김, 2005). 본 종은 북아메리카 대륙의 콜롬비아 인근의 기수역에서 출현한다(Valerie etc., 1991)는 보고도 있지만, 이러한 점들은 최근 문제되고 있는 벨러스트 수의 유입의 영향으로 추론되고 있다. 일반적으로 *E. pacifica*는 학명적 어원 그대로 북태평양의 한대 해역과 동해 및 오호츠크해에 기원을 두고 분포하고 있다. 동해에서 *E. pacifica*의 분포는 연안 해역에서 출현하는 양이 많으며, 외양역으로 갈수록 작아지는데(Suh etc., 1998), 한류와 난류가 교차하는 북해도 북부 연안에 군집하는 양상이 있다(Kazushi etc., 1998). 동해 전역(Area A, B, C)에 걸쳐 출현한 것으로 보아 이 종은 냉수성 종이이지만, 동해남부해역(Area A)의 수온이 14℃ 전후로 형성되어 있는 점으로 볼 때, 계절에 따라서 난류역에도 혼입되어 출현 하는 종으로 판단된다.

*Euphausia pacifica*가 동해 남부 연안에만 출현한다는 연구(홍 등, 1994)와는 다르게 본 종은 연구해역에서 고온·고염한 해역과 저온·저염한 해역 모두 분포하였다.

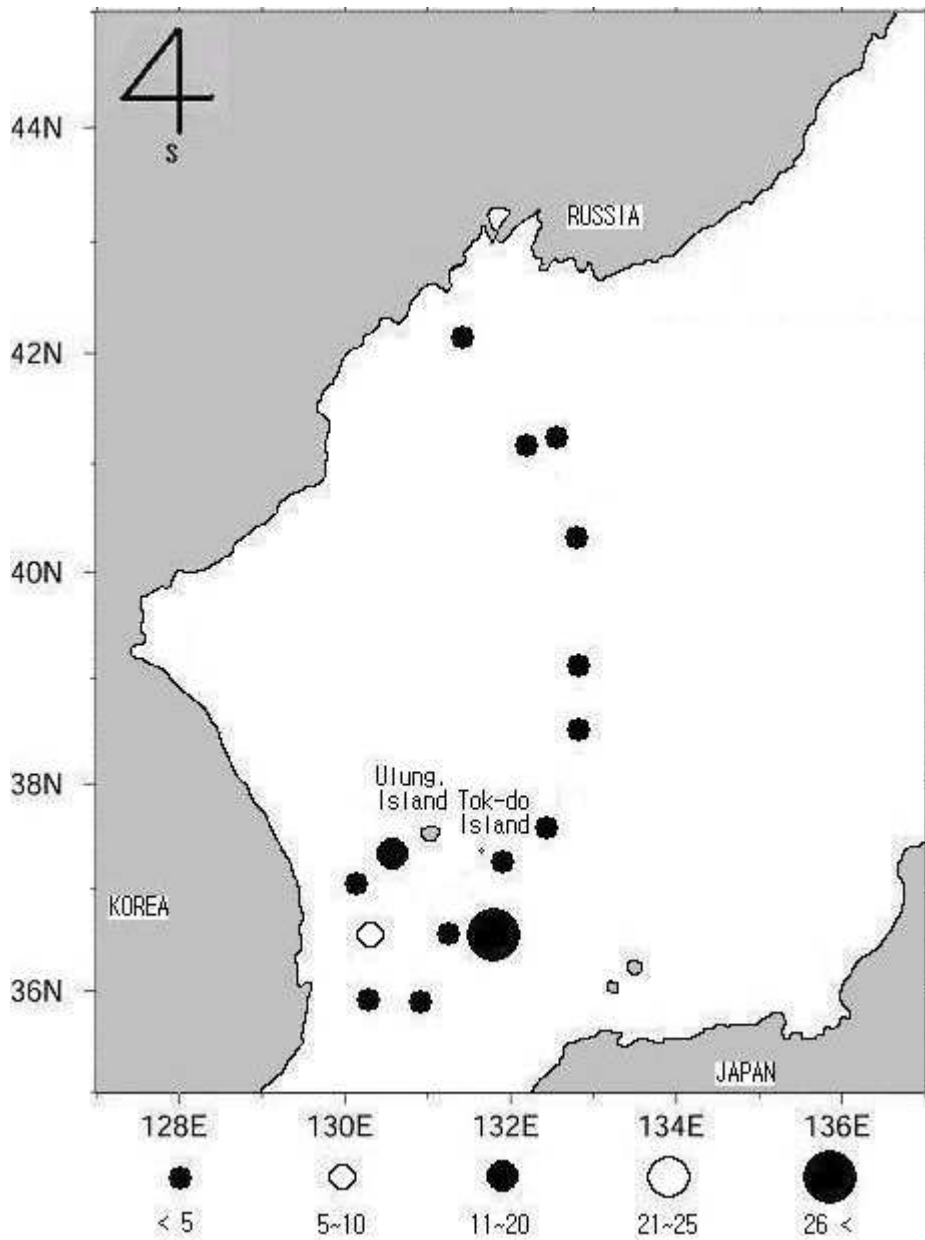


Fig. 36. Spatial distribution of *Neomysis intermedia* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

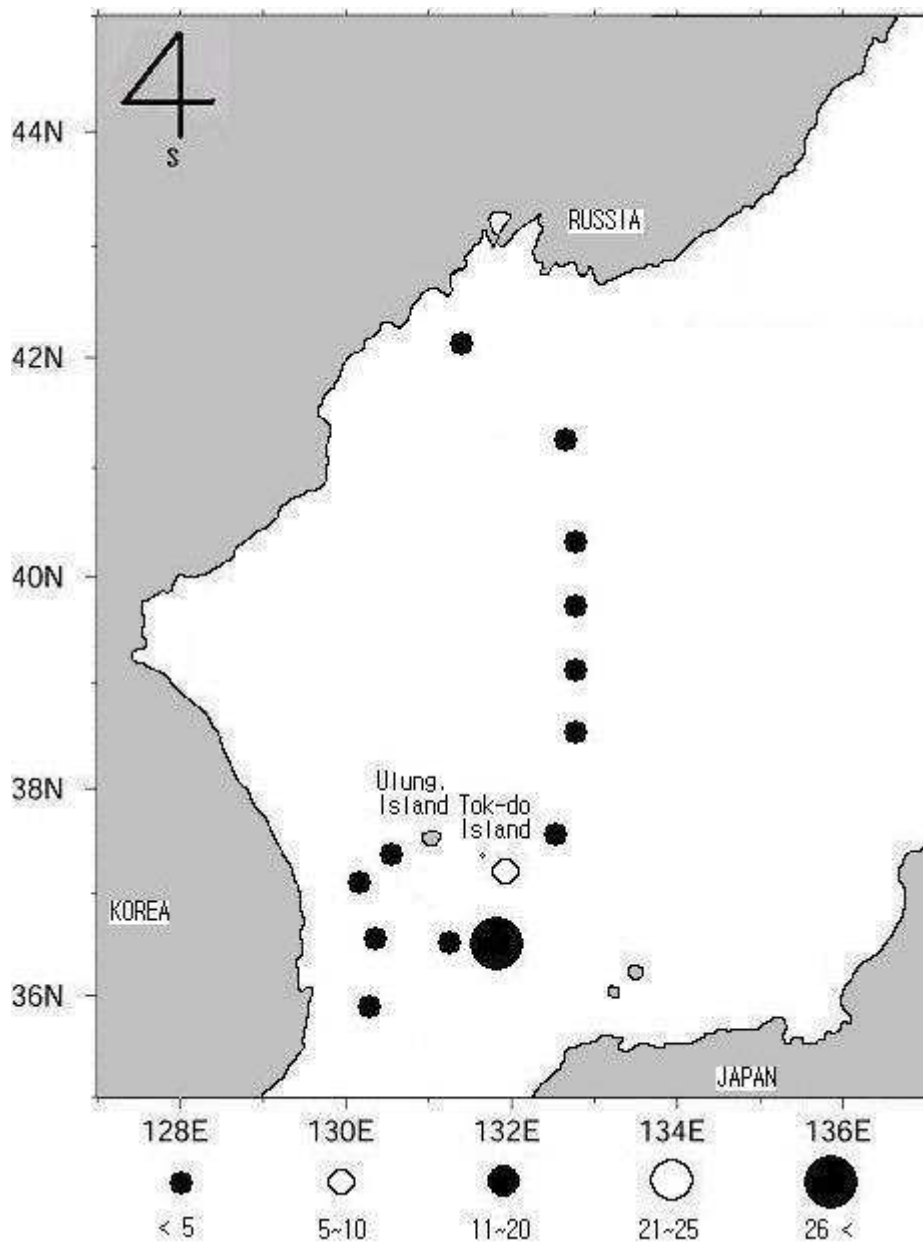


Fig. 37. Spatial distribution of *Euphausia pacifica* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

III-3.5. 복족류와 척색류(Gastropoda and Chordata)

복족류(Gastropoda)인 *Atlanta turriculata*(Fig. 38)는 형태학적으로 평면으로 된 고둥과 같은 모양으로 소용돌이의 형상을 띠고 있다. 동해남부해역(Area A)에서 집중적인 종 출현양상을 보였다. *A. turriculata*는 전형적인 난류성 종이다. 김 등(2003)은 대마난류가 거제도과 대마도 사이를 통과하여 울진 근해까지 연안을 따라 흐르다가 동해의 중앙해역으로 흐른다고 하였다. 본 연구에서 *Atlanta turriculata*의 분포는(Fig. 38) 대마난류의 영향을 받아 출현한 것으로 보인다.

척색류(Chordata)인 *Okiopleura laborad*는 형태학적 특징은 외형이 가늘고 길게 생겼지만 미부가 둥글게 형성되어서 구분하기가 쉽고 올챙이와 같은 형상을 띠고 있으며, 두부는 몸체의 20%정도를 차지한다. 많은 양은 아니지만 *Atlanta turriculata*와 동일하게 동해남부해역(Area A)에서만 출현하여(Table. 3), 본 종은 난수성 종으로 판단된다. *Okiopleura laborad*은 동해 남부의 해안을 지나 동해 중앙으로 흐르는 해류인 대마난류 영향(김 등, 2003)을 받아 출현한 것으로 보인다.

III-3.6. 야광충(*Noctiluca scintillans*)

원생동물에 속하는 *Noctiluca scintillans*(Fig. 39)는 동해남부해역(Area A)에서 대량으로 출현하였으며, *N. scintillans*가 출현시에는 요각류(copepods)의 상대적인 개체수가 급감하는 것을 볼 수가 있다.

형태학적으로 외면상 2mm정도에 꺾데기가 없는 특징(Imaz, 2005)을 보이고 있는데, 대체적으로 야간에 주위의 물리적인 영향을 받아 발광하는 성질을 가지고 있다(Takashi etc., 1986). *N. scintillans*의 출현해역은 *N. scintillans*가 최우점하는 특성을 보인다(이, 1995)는 점에서 다른 연안역에서도 동일하게 나타나는 현상으로 *N. scintillans*는 주위환경의 밀접한 영향을 받아 Blooming

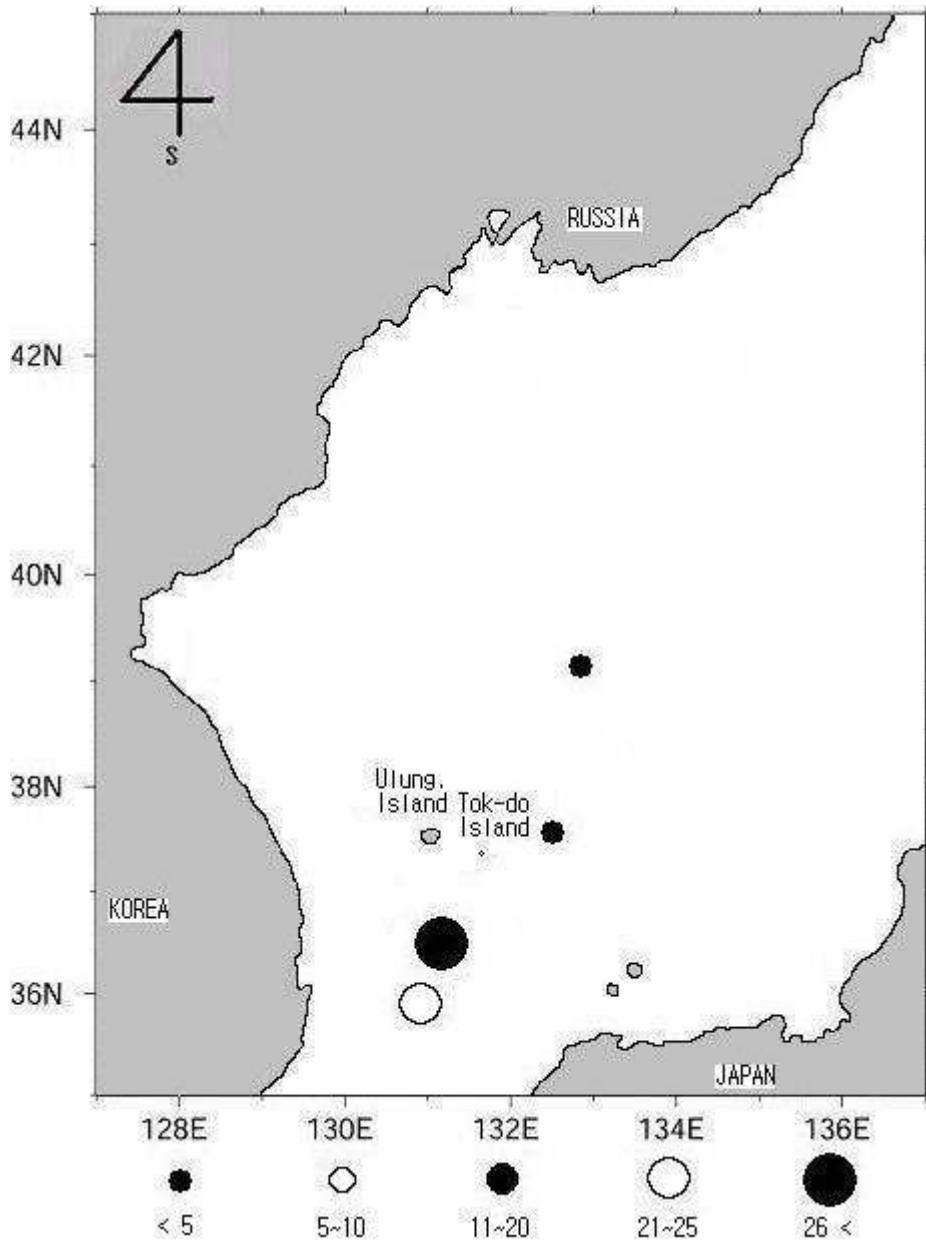


Fig. 38. Spatial distribution of *Atlanta turriculata* stocks(indiv./m³) in the study area, May 2004.

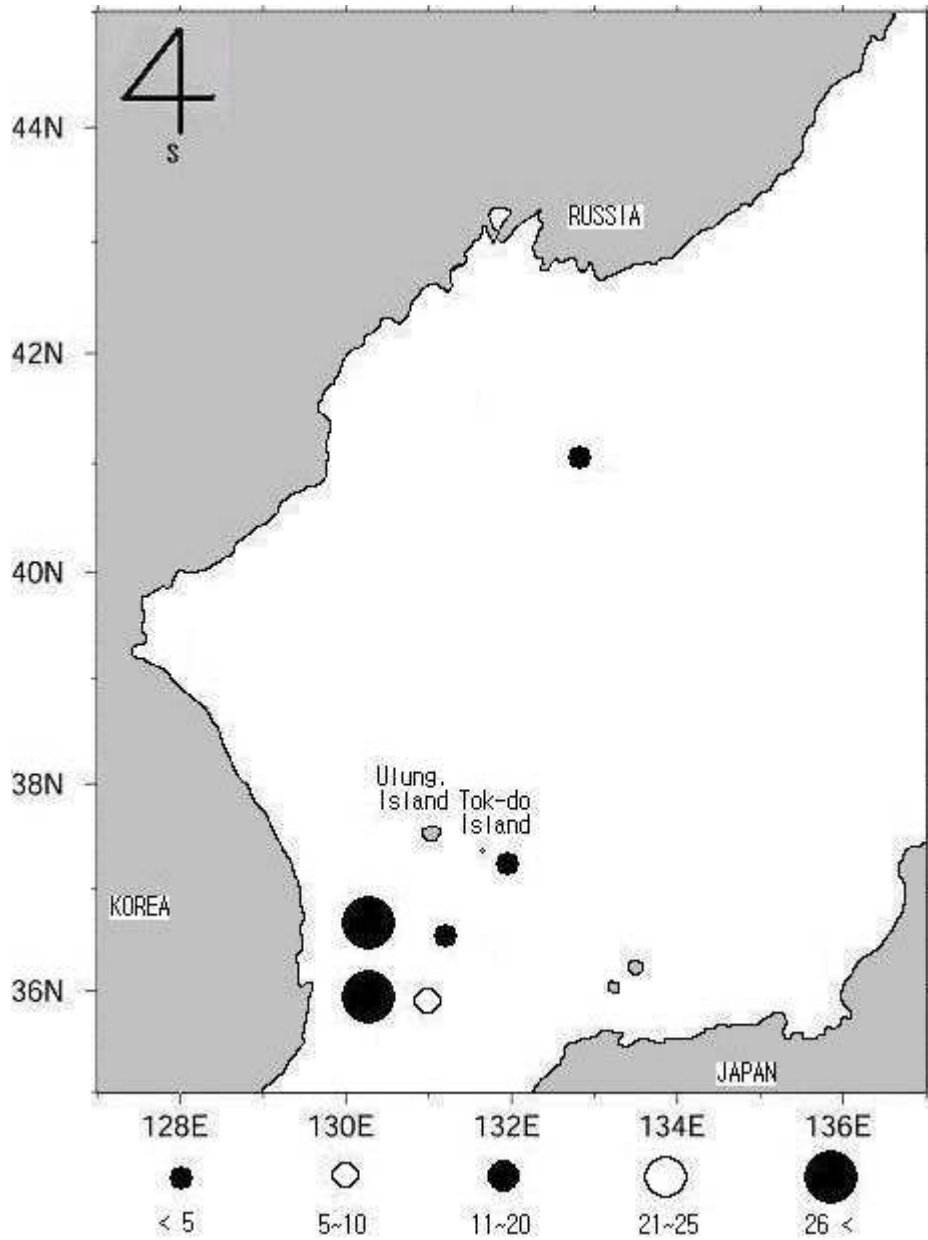


Fig. 39. Spatial distribution of *Noctiluca scintillans* stocks(indiv./m³) in the study area May, 2004.

을 일으킨다(정, 2003).

동해남부해역(Area A)에서 집중적으로 출현하는 것으로 보아, *N. scintillans* 는 난수성 지표종이며 연안역에 집중적으로 서식하는 생태적 특성을 가진 종으로 사료된다. 한편, 외양역에서의 *N. scintillans* 분포양상은 연안해역과는 달리 표층해류를 따라 부유하면서 군집하는 현상을 보인다(Masanori etc., 1998).

III-3.7. 종 다양성 지수(Species Diversity)

다양성의 공간적 변화를 일으키는 요인으로 공간적 불 균질성 요인(MacAthue, 1969), 경쟁 요인(Cowell and Futuyma, 1971), 섭식 요인(Paine, 1970), 환경안정성요인(Sanders, 1968) 및 생산력 요인(Whiteside and Harmsworth, 1972) 등이 널리 알려져 있다.

전체적인 종 다양성 지수는 평균 1.65로 매우 낮았다. 고온·고염의 동해 남부해역(Area A)에서 비교적 높은 종 다양도(1.72)를 나타냈으며(Fig. 40), 저온·저염의 동해북부해역(Area C)에서는 1.56으로 낮게 나타났다.

종 다양성의 결과를 볼 때 본 조사해역은 다양성이 아주 낮은 외해의 특성을 보이고 있다. 본 조사해역의 다양성이 낮은 요인으로 환경안정성 요인과 생산력요인이 주된 것으로 판단된다.



Fig. 40. Species diversity in the study area, May 2004.

III-4. 동물플랑크톤의 총 생물량(Total Biomass)

동물플랑크톤의 생물량(Biomass)은 전체적으로 요각류의 양이 가장 많았는데, 동해중앙해역(Area B)에서 출현한 종들 중에서 *Calanus sinicus*가 평균 32 individuals/m³로 가장 많았고(Fig. 27), 요각류(Copepods)가 출현된 총 생물량 중 큰 비중을 차지하는 특징이 나타났다. 이전에 동해의 연안해역에서 이루어진 동물플랑크톤의 시공간적인 분포에 대하여 조사한 박 등(1998)의 연구결과와 유사하게 본 조사에서도 동해에 서식하는 동물플랑크톤의 생물량은 외양역이 연안해역보다 적다. 또한, 동해의 전역에서 요각류가(Copepods) 우점하는 공통된 특징이 있다.

요각류를 제외한 종(except copepods)의 생물량을 보면(Table 3) 동해남부해역(Area A)의 St. 5에서 *Atlanta turriculata*가 227 individual/m³로 다른 정점에 비하여 상당히 많은 출현량을 보였다. St. 9에서는 *Noctiluca scintillans*가 115 individual/m³(Fig. 41)로 많은 양이 출현하였는데, 난류성 해류인 쿠로시오의 영향으로 동해남부해역(Area A)에 고온·고염한 수괴가 형성되어 난수성 종들이 서식하기에 적당한 환경이 조성되었기 때문이다.

동해남부해역(Area A)에 출현한 요각류(Copepods)의 평균 출현량은 35.3 individual/m³이고, 동해중앙해역(Area B)은 16.8 individual/m³이며, 동해북부해역(Area C)은 5.7 individual/m³로 나타났다. 요각류(Copepods)를 제외한 동물플랑크톤의 해역별(Area A, B, C) 평균 출현량을 보면 동해남부해역(Area A)에서는 *Atlanta turriculata*와 *Noctiluca scintillans*같은 난수성 종의 다량출현에 기인하여 평균 54.4 individual/m³로 크게 나타났고, 동해중앙해역(Area B)에서는 1.2 individual/m³, 동해북부해역에는 1.6 individual/m³으로 낮은 출현량을 보였다.

동해북부해역(Area C)에서 생물량이 적고 종 다양성 지수도 가장 낮은 양상을 보임으로서 한류 영향권의 일반적인 생태특성을 보여준다.

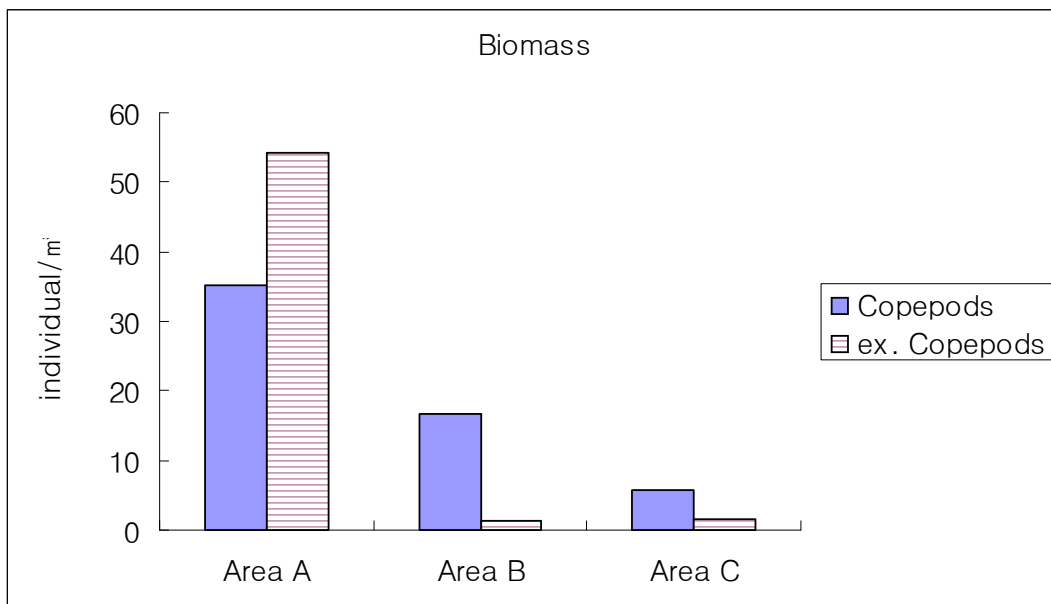


Fig. 41 Spatial variation of biomass of zooplankton at East-Sea, May 2004.

IV. 요약

동물플랑크톤의 종조성과 양적분포 특성에 대한 본 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 동해 전 해역(Area A, B, C)에 출현한 동물플랑크톤 출현량의 각 해역별 평균을 보면 동해남부해역(Area A)은 수온과 염분이 가장 높으면서 생물량도 가장 많고(평균 148 individuals/m³), 비교적 높은 종 다양성을 보였다. 동해 중앙해역은(Area B) 요각류(Copepods)가 많이 출현하여 전체적인 생물량(평균 71 individuals/m³)에 큰 비중을 차지하였고, 동해북부해역(Area C)은 한류의 영향권 안에 있으므로 수온과 염분의 농도가 낮으며 종의 다양성과 생물량(총 23 individual/m³)도 작은 결과를 보였다.
2. 본 조사해역에 분포하는 동물플랑크톤의 생물량이 연안 해역에 비하여 많지는 않지만, 거의 모든 해역에서 요각류가 최우점하는 양상을 볼 수가 있었다. 최우점종은 요각류(Copepods)인 *Calanus sinicus*로 거의 모든 정점에서 출현하는 광온·광염성 종으로 판단된다(Fig. 28).
3. 본 조사해역은 남서해에 비해 동물플랑크톤의 출현량이 낮다. 그 이유는 남해와 서해는 천해의 성격을 띤 해역으로 연안역의 특성을 잘 나타내는데 반해 본 조사해역의 동물플랑크톤 군집은 약간의 연안역 수괴의 혼입을 나타내는 종조성이 보이지만, 대부분 해류의 흐름에 따른 군집특성을 나타내는 외양의 특성을 갖고 있기 때문이다.
4. 난수성 종인 지각류(*Evadne tergestina*), 모악류(*Sagitta minima*), 야광충(*Noctiluca scintillans*)이 동해남부해역(Area A)에 우점 출현한 사실은, 동해남부해역(Area A)이 난류인 쿠로시오의 직접적 영향권 내에 있음을 말해준다.

향후 동물플랑크톤의 계절적 변동양상을 추적하고 동물플랑크톤에 관한 동물 지리학적 자료축적을 위해 동해 전역을 포괄하는 계절적 조사가 계속 진행되어야 할 필요성이 있다.

V. 참고 문헌

- 강영실. 2003. 한국 동해 연안의 동물플랑크톤. 심재형 교수 정년기념논문집, 201~217
- 강영실, 이삼석. 1990. 한국 근해 동물 부유생물 현존량의 계절적 변동에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고서, 45; 13~21
- 강용균, 최석원. 1977. 대마난류와 쿠로시오 해역 연안 수온의 연간변화 및 연별변동. 한국수산학회지, 18; 497~506
- 고유봉, 오봉철, 최영찬. 1996. 부유성 동물플랑크톤의 현존량과 분포특성. 한국수산학회지, 29; 271~278
- 김병섭. 2004. 광양만 동물플랑크톤 군집의 계절변화. 여수대학교 석사학위논문. 110pp
- 김상우, 유태가 이소다, 토모노리 아즈마야. 2003. 표층혼합층 생태계모형을 이용한 동해 식물플랑크톤의 계절변화. 한국수산학회지, 36; 178~186
- 김세화, 윤양호, 원부탁(Takashi Onbe). 1993. 해산지각류의 먹이에 관한 보고. 한국해양학회 26; 55~64
- 김혜선, 강돈혁, 김용주, 신현출, 서호영, 윤양호, 황두진. 2003. 동중국해 음향산란층내의 euphausiid(*Euphausia pacifica*) 밀도추정. 한국수산학회지. 32; 115~121
- 김혜선. 2005. *Pseudouphausia sinica* 군집의 기원과 유생의 발달단계. 여수대학교 석사학위논문. 63pp
- 나정열, 한상규, 서장원, 노의근, 강인식. 1997. 한국 동해에서의 해면기압, 해수면 온도와 해상풍의 경험적 직교함수 분석. 한국수산학회지, 30; 188~202
- 노 일. 1981. 여수해만 및 인접해역의 동물성 플랑크톤의 종조성과 양적 분포에 대하여. 서울대학교 대학원 논문집. 5~11.

- 문창호, 양한섭, 이광우. 1996. 동해 극전선역의 영양염류 순환과정(I. 추계 수괴와 영양염 분포와의 관계). 한국수산학회지, 29; 503~526
- 박은옥, 서해립, 서호영. 2001. 돌산도 모래해안 쇄파대에 나타나는 요각류 *Acattia omori* 분포에 미치는 주야·조석·계절효과. 한국수산학회지, 34; 594~599
- 박주석. 1970. 한국근해의 모악류에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고서. 6; 1~174
- 박주석, 이삼석, 강영실, 허성희. 1991. 한국 동해 중부 해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성. 한국수산학회지; 24; 203~212
- 박 철, 이평강, 양성렬. 2002. 계절과 염분 변화에 따른 섬진강 하구역 동물플랑크톤의 분포 변화. 한국해양학회지. 7-2; 51~59
- 박 철, 최중기. 1997. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집:1 종목록, 우점종 분포, 종간 유연관계. 한국수산학회지, 30; 225~238
- 박 철, 이창래, 김정창. 1998. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집:2. 수온과 분포의 관계. 한국수산학회지, 31; 749~759
- 서해립, 유옥환. 1997. 돌산도 모래해안 쇄파대에 사는 저서성 단각류의 겨울철 대상분포. 한국수산학회지 30; 562~570
- 서호영, 서해립. 1993. 광양만의 부유성 요각류 출현량의 계절변동. 한국환경생물학회지, 11; 26~34
- 수산진흥원. 1997. 한국근해 30년 평균 수온 및 변동범위 157pp
- 심재형, 노 일. 1982. 여수 근해산 동물플랑크톤의 종조성과 양적분포. Proc. Natur. Sci. S.N.U., 7; 165~183
- 양재삼, 김영태. 2002. 곰소만 조간대에서의 인의 시공간적 분포. 한국해양학회지, 7-3; 171~180
- 양재삼, 김기현, 김영태. 2003. 곰소만 조간대 해수 내 질소 성분의 시공간적 인 분포. 한국해양학회지, 8-3; 251~261
- 양한섭, 김성수, 이재철. 1995. 동해 중부해역에서 ^{210}Po 과 ^{234}Th 의 순환에 대

- 한 소용돌이의 영향. 한국해양학회지, 30; 279~287
- 유광일. 1984. 한국산 동물플랑크톤 연구의 발자취. 운초 정영호박사 회갑 기념논문집, 359~363
- 유광일. 1985. 한국(韓國) 경포산 부새우(*Neomysis intermedia*)의 분류학적 기재. 한국육수학회 21; 86~92
- 유광일. 1992. 우리나라 플랑크톤 연구의 현황과 전망. 해양연구소, 해양연구, 14; 205~216
- 유광일, 김세화. 1987. 진해만 해산 지각류의 계절적인 소장. 한국해양학회, 24; 255~265
- 윤성진. 1998. 광양만 주변해역의 동물플랑크톤 분포 : 수괴 지표 종을 중심으로. 한국해양대학교 석사학위논문. 114pp
- 이균우, 박흠기. 2005. 수온과 염분에 따른 5종 요각류의 성장과 생산력. 한국수산학회지, 38; 12~19
- 이정근. 1995. 야광충(夜光蟲)-*Noctiluca scintillans*의 증식과 환경조건에 관한 기초연구. 한국수산학회지, 춘계수산관련공동학회; 특별강연(해양 및 양식분야) 10pp
- 이재철, 김순영. 1991. 한국 동해 묵호와 울릉도의 해수면의 변화. 한국수산학회지, 26; 22~28
- 이창래, 박 철, 문창호. 2004. 울산-감포 해역의 냉수 출현과 동물플랑크톤 분포. 한국해양학회지, 9-2; 51~63
- 이충일, 조규대, 김상우. 2003. 동해의 대마난류 분포역에서 음속의 변동. 한국수산학회지, 36; 170~177
- 이행필, 양한섭, 김기현. 1996. 춘계 한국 동해남부 연안해역에서 해수 중²¹⁰P와 ²³⁴Th의 제거. 한국수산학회지, 29; 332~344
- 정승진, 유옥환, 서해립. 2004. 광양만 잘피밭에 서식하는 단각류의 계절변동과 식성. 한국수산학회, 37; 212~220
- 정호원. 2003. 여수연안 해역에 분포하는 *Noctiluca*속과 Gelatinous Zooplankt

- on의 출현특성. 여수대학교 학사학위논문, 18pp
- 조규대, 최용규, 양성기, 홍철훈. 1994. 동해고유수의 해양학적 특성. 한국환경과학회지, 3; 317~331
- 최임호. 2004. 한국 남해 중앙부 해역의 식물플랑크톤 군집특성에 관한 연구. 여수대학교 석사학위논문 122pp
- 한국해양공정시험방법. 2002. 해양수산부 528pp
- 한명일. 2003. 광양만 및 여수해만 식물플랑크톤 생물량 변동에 영향을 미치는 환경특성. 여수대학교 석사학위논문 253pp
- 허성희, 박주석, 이삼석, 강영실. 1991. 동한국 동해 중부 해역의 지표성 요각류 및 모악류의 분포와 수괴 특성. 한국수산학회지, 25; 26~32
- 홍성운, 마채우, 강영실. 1994. 부산항 해역의 지표성 요각류 분포 및 동물플랑크톤 군집. 한국해양학회지, 29; 132~144
- 해양연구원. 2005. 기후변동과 동해의 반응. 한국해양연구원 연구발표, 1~10
- Bradford, J. M. 1976. Partial revision of the *Acartia* subgenus *Acartia*. *New Zeal. J. Mar. Freshwat. Res.* 10; 159~202
- Carin J. Ashjian, Cabell S. Davis, Scott M. Gallagher and Philip Alatalo. 2005. Characterization of the zooplankton community, size composition, and distribution in relation to hydrography in the Japan/East Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Volume 52, Issues 11-13, June 2005, Pages 1363-1392
- Cowell, R. K. and D.J. Futuyama 1971. On the measurement of niche breadth and Overlap. *Ecol.* 52:567-576
- Isamu Yamaji. 1996. Illustrations of the marine plankton of Japan, Hoikusha 79pp
- İ. Noyan Imaz, Erdogan Okus, and Ahsen Yoosuke. 2005. Evidences for influence of a heterotrophic dinoflagellate (*Noctiluca scintillans*) on zooplankton community structure in a highly stratified basin.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 64, Issues 2-3, 475-485

- Kazushi Miyashita, Ichiro Aoki, Tadashi Asami, Hideki Mori, Kenji Taki. 1998. Study on acoustical estimation of distribution and abundance of Isada krill , *Euphausia pacifica* Hansen , off the Sanriku and off the Jhoban, Northern Japan. 123pp
- Lee, W. C. 1989. Ecological study on copepod community Masan Bay. M. S. Thesis, Hanyang Univ., 66pp (in Korean).
- Lim, D. H. 1994. Ecological study on copepod community in Korean waters. Ph. D. Thesis. Hanyang Univ., 168pp (in Korean).
- Macathur, R. H. 1969. Patterns of communities in the tropics. *Biol. J. Lim. Soc.* 1 : 19~30.
- Masanori S. Sato, Masaaki Suzuki and Hiroshi Hayashi. 1998. The density of a homogeneous population of cells controls resetting of the program for swarmer formation in the unicellular marine microorganism *Noctiluca scintillans*. *Experimental Cell Research*, Volume 245, Issue 2, 15, Pages 290~293
- Poulet. S. A. and Williams. 1991. Characteristics and propertoos of copepods affecting the recruitment of fish larvae. Proceeding of the fourth international conference on copepoda. *Bull. Plankton Soc. Japan Spec*, Vol.(1991):271~290.
- Riely, J. P. and Chester. 1971. Introduction to marine chemistry. Academic Press. 465pp.
- Sanae Chiba and Toshiro Saino. 2003. Variation in mesozooplankton community structure in the Japan/East Sea(1991~1999) with possible influence of the ENSO scale climatic variability. *Progress In Oceanography*, Volume 57, Issues 3-4, 317~339

- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Ame. Natural.*, 102 : 243~282.
- Shannon, C. E., and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana. 225pp
- Suh. H.Y. and Suh. H.L. 1998. Seasonal fluctuaion of the abundance of the planktonic copepods in Kwagyang Bay. *Korean J. Environ. Biol.*, 11(1), 25~34 (in Korean).
- Takashi Onbe and M. Madhupratap. 1986. Structure and species diversity of the zooplankton community of the Inland Sea of Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 23, Issue 5, 725~737
- Valerie A. Funk and Louis A. Hobson. 1991. Temporal variations in the carotenoid composition and content of *Euphausia pacifica* Hansen in Saanich Inlet, British Columbia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 148, Issue 1, 30, 93~104
- Winkler Gesche and Greve Wulf. 2004. Trophodynamics of two interacting species of estuarine mysids, *Praunus flexuosus* and *Neomysis integer*, and their predation on the Calanoid copepod *Eurytemora affinis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 308, Issue 1, 8 September 2004, 127~146
- Whiteside. M. C. and R. V. Harmsworth. 1972. Species diversity in chydroid(Cladocera) communities. *Ecol.* 48 ; 28~35

VI. 부 록



Calanus sinicus



Calanus sinicus



Calanus tenuicornis



Candacia tunuicornis



Acartia



Clausocalanus arcuicornis



Centropages bradyi



Scolecithricella minor



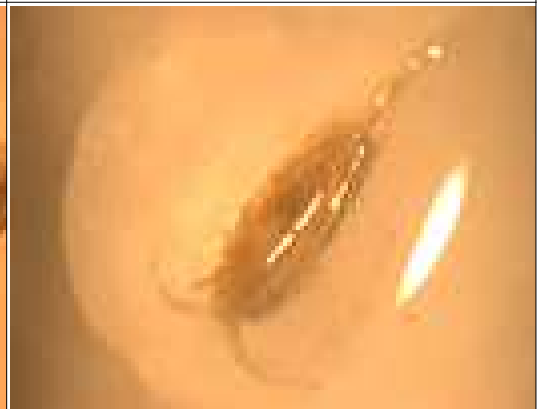
Oithona plunifera



Paracalanus parvus



Temora stylifera



Metridia lucens



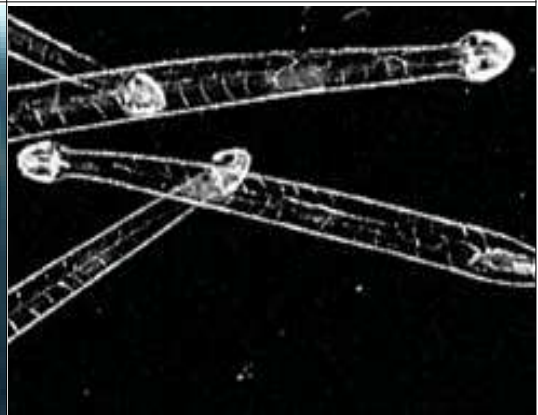
Pseudocalanus minutus



Segitta minima



Segitta pulchra



Segitta bedoti



Hyperia galba



Neomycis intermedia



Euphausia pacifica



Oikopleura laboradoriensis



Noctiluca scintilans



Noctiluca scintilans