

## 한국 주요 항에 출현하는 하계 동물플랑크톤 군집 특성

서민호 · 신경순 · 장민철 · 서호영<sup>1,\*</sup>

한국해양과학기술원 선박평형수센터, <sup>1</sup>전남대학교 환경해양학

### Occurrence Patterns of Zooplankton Present in Ports of Korea during Summer

Min Ho Seo, Kyeongsoon Shin, Min-Chul Jang and Ho Young Soh<sup>1,\*</sup>

Ballast Water Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST),  
Geoje 656-834, Korea

<sup>1</sup>Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-649, Korea

**Abstract** - Zooplankton community in the major ports of Korea, which were characterized by a specific marine environmental condition during summer, was studied. Water temperature in the ports of western areas was higher and while those in the East Sea was lower. Contradictorily, the salinity was lowest in the western areas, while being highest in the eastern area. The Chl-*a* concentration was highest in the southern areas and lowest in the eastern one. Zooplankton taxa were most diverse in the western areas and simplest in the eastern one. Copepods predominantly occurred in the western areas, but their abundance relatively decreased in the southern and eastern areas. Cluster analysis revealed that copepod communities were classified into 3 summit groups, the western, southern and eastern areas. The results indicate that zooplankton communities in Korean ports may be affected by biological factors like Chl-*a* concentration in addition to environmental factor such as temperature and salinity.

**Key words** : Korean trade ports, copepods, chl-*a*, distribution, diversity

## 서 론

한반도 주변 해역은 크게 서해, 남해, 동해의 서로 다른 환경 특성을 나타내는 해역으로 구분할 수 있다. 서해는 중국대륙과 한반도에 의해 둘러싸여 있는 반폐쇄적 해역으로 북쪽으로는 발해만과 연결되어 있으며, 남쪽은 제주도와 중국의 상해(양자강 하구의 남단)를 잇는 선에 의해 동중국해와 구분되고 있다. 또한 조석의 영향이 크고, 바다와 연결된 강들이 많이 위치하고 있을

뿐만 아니라, 한국과 중국의 대도시, 대규모의 산업 단지, 농지, 축산농가 등이 밀집되어 있어 여기로부터 배출되는 생활하수, 산업폐수, 농업용 살충제, 축산 분뇨 등의 육상 기원 오염원에 심각하게 노출되어 있다(Lim *et al.* 2009). 동해는 서해와는 대조적으로 조석의 영향이 적으나, 대한해협으로 유입되는 고온, 고염의 대마난류와 동해 북부로부터 연안을 따라 남하하는 저온, 저염의 북한한류(North Korea Cold Current)의 영향을 받고 있다. 이 두 해류는 계절 또는 기상 조건에 따라 유입량 및 유입 경로가 변화하며, 그 결과 동해 연안 해황은 매우 다양한 특성을 보인다(Lee 2004). 남해는 작은 만과 수많은 섬으로 구성된 전형적인 리아스식 해안지형이 잘 발달

\* Corresponding author: Ho Young Soh, Tel. 061-659-7147,  
Fax. 061-659-7149, E-mail. hysoh@chonnam.ac.kr

되어 있으며, 수심이 얇고 해수유동이 적으며, 계절에 따라 대마 난류와 남해 고유 연안수가 서로 만나 해양환경 특성을 달리하는 전선역을 형성하고 있다 (Lee 2004). 이처럼 한반도 해역은 각 해역에 따라 차이는 있으나, 전형적인 온대해역으로 봄과 가을에 식물플랑크톤 대번식이 발생하며, 이에 따라 동물플랑크톤 현존량은 여름과 가을에 가장 높은 값을 보인다 (Kim 1972).

해양 먹이망에서 동물플랑크톤은 일차생산자인 식물플랑크톤을 섭식하고, 상위 포식자들에게 먹힘으로 일차생산자에 합성된 유기에너지를 상위포식자에게 전달하는 중간고리 역할을 담당하고 있다. 또한 동물플랑크톤은 해양생태계에서 일어나는 많은 물리·화학적, 생물적 요인에 직접적이고 민감하게 반응을 하기 때문에 해양생태계 반응 연구를 위한 우수한 후보이며, 환경변화의 지시자로 인식되고 있다 (Mackas *et al.* 2001).

본 연구는 서해, 남해, 동해 11개 주요 항을 대상으로 여름에 수온, 염분 및 식물플랑크톤 생체량이 동물플랑크톤 군집 동태에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

각각 고유한 해양환경 특성을 보이는 서해, 남해 및 동해에 위치해 있는 인천항, 평택항, 대산항, 군산항, 목포항 (서해 해역), 광양항, 마산항, 부산항 (남해 해역), 울산항, 포항항, 동해항 (동해 해역)을 대상으로 2010년 8월에 각 해역의 해황과 동물플랑크톤 채집을 실시하였다.

동물플랑크톤은 Norpac Net (망목 220  $\mu\text{m}$ , 망구 45 cm)를 사용하여  $1\text{ m s}^{-1}$ 의 속도로 3회 수직 채집을 실시하였다. 또한 정량분석을 위해 망구에 유수계 (Hydro-Bios co.)를 부착하여 여과 해수량을 측정하였다. 채집된 시료는 선상에서 중성포르말린을 사용하여 시료의 최종농도가 5~10%가 되도록 고정하였다. 종조성 및 출현개체수 파악을 위해 시료의 분할이 필요한 경우 Folsom식 분할기를 사용하여 적정량 분할한 후, UNESCO식 계수판에 옮긴 후 계수 하였다. 동물플랑크톤의 동정은 해부현미경 (Nikon SMX 1000)을 사용하여 요각류를 중심으로 종 수준까지 동정하였다. 종동정을 위해 보다 세밀한 관찰이 필요한 경우 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경 (Nikon ECLIPSE 80i)에서 관찰하였다. 중형동물플랑크톤의 주요 분류군의 종 동정과 학명에 대한 분류체계는 Chihara and Murano (1997), Soh and Suh (2000), Boxshall and Halsey (2004), Ueda and Bucklin (2006)을 따랐다. 동물플랑크톤 정량분석은 동물 분류군 별 개체수

와 출현 빈도, 그리고 정점 별 개체수로 표현하였다. 수온과 염분은 다항목 수질측정기 (YSI-6500)를 사용하여 측정하였으며, 동물플랑크톤 먹이의 척도인 식물플랑크톤 생체량은 Parsons *et al.* (1984)에 따라 해수를 500 mL 채수한 후, Whatman GF/F로 여과하였으며, 여과된 필터들은 chl-*a* 추출용액인 아세톤 90% 10 mL가 담긴 차광 시험관에 넣고 12시간이 지난 후 24시간 내로 Fluorometer (Turner Designs 10-AU)를 사용하여 측정하였다.

동물플랑크톤의 해역 별 종 다양성을 파악하기 위해 종 다양성 지수 ( $H'$ )를 Shannon-Weaver (1963)의 다음식에 의하여 구하였다.

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

$s$  = 출현종수,

$P_i$  = 총출현개체수에 대한  $i$ 종의 개체수 비율

동물플랑크톤의 해역별 군집 특성을 파악하기 위해서 종 동정이 가능한 요각류를 대상으로 순위를 정한 후 출현 빈도가 전체 상위 1% 이상 출현한 분류군을 선택 후 다변량 분석법인 분류법 (classification)과 배열법 (ordination)을 이용하여 군집분석을 실시하였다. 군집분석에 대한 분류군의 출현 개체수 자료는 조사 해역과 종 사이의 개체군 밀도차이에 의한 자료의 편중을 피하고, 대상 자료의 분포를 정규화하기 위하여 로그 ( $\log x + 1$ ) 지수로 변환한 자료를 이용하였다. 중형동물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도 측정을 위해 Bray-Curtis 유사도 지수를 토대로 비가중 산술평균 (UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 집괴분석 (hierarchical cluster analysis)을 시행하여 nMDS (non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 수행하였다. 군집분석의 결과로 구분된 각 군집에 영향을 미치는 분류군을 파악하기 위해 SIMPER (similarity-percentages procedure) 분석을 수행하였다 (Clarke and Warwick 2001). 중형동물플랑크톤과 환경요인 사이에 상호 관계를 파악하기 위하여 각 해역에 우점 출현한 요각류를 대상으로 정준상관분석 (Canonical correspondence analysis: CCA)을 CANOCO ver. 4.5 software를 이용하여 분석하였다 (ter Braak and Verdonschot 1995).

## 결 과

### 1. 연구해역의 기초환경

서해에 위치한 항들의 수온 범위는 23.6 (대산항 정점 3) ~ 27.3°C (군산항 정점 2)로 높게 나타난 반면, 동해의

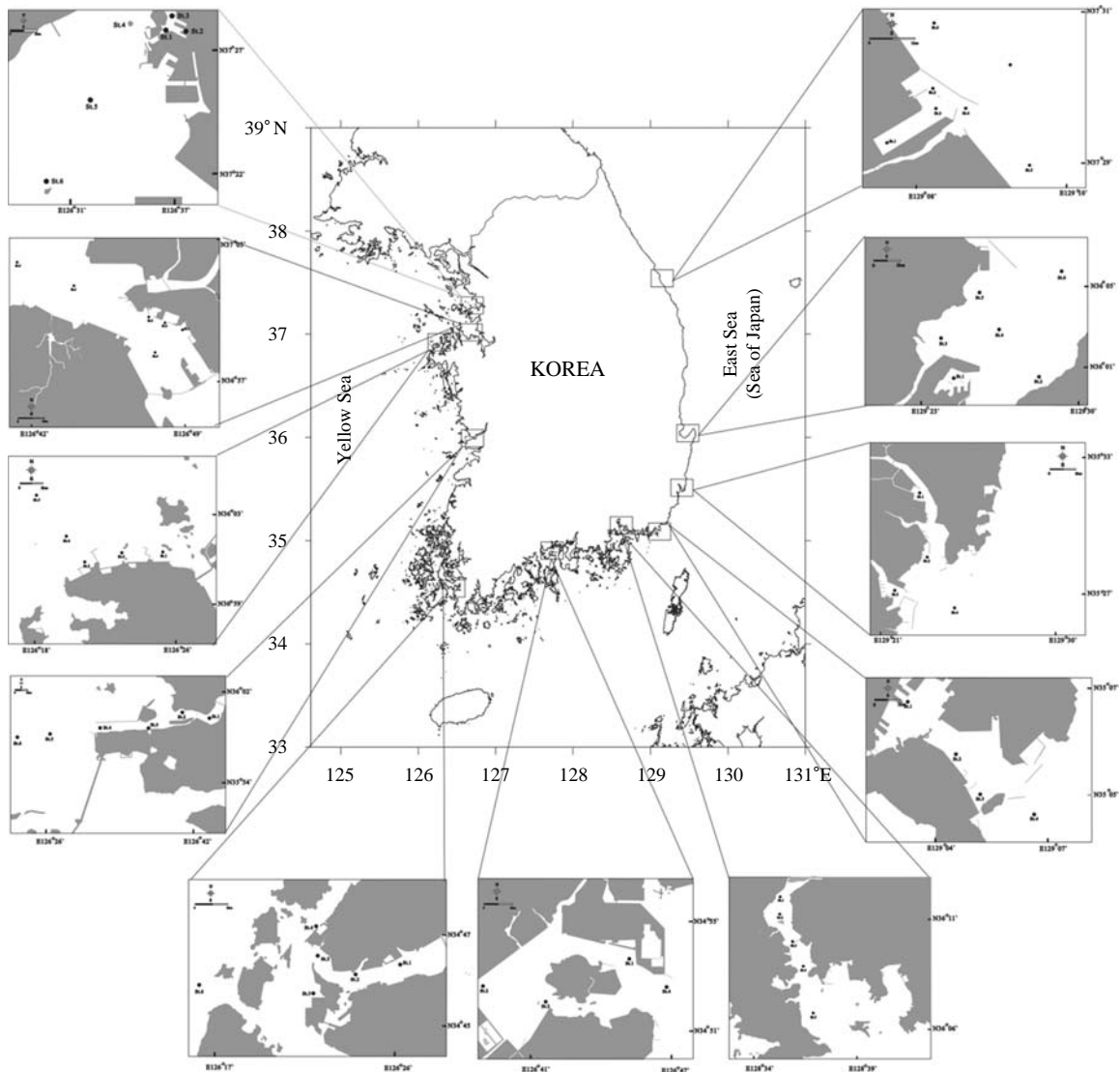


Fig. 1. Map of sampling stations in the study area.

항들은 17.5(울산항 정점 1)~24.7°C(포항항 정점 2)로 낮게 나타났다. 남해 항들은 22.2°C(부산항 정점 3)~27.9°C(마산항 정점 1)였다. 동해에 위치한 항들의 평균 수온이 가장 낮게 나타났으며, 서해로 갈수록 점차 평균 수온은 상승하였다. 염분 또한 수온 변화와 마찬가지로 담수의 유입량이 많은 서해의 항들에서 4.1(군산항 정점 1)~30.4psu(대산항 정점 4)로 변화가 가장 심하였다. 동해는 30.7(울산항 정점 1)~32.4psu(포항항 정점 3, 6)로 그 변화 폭이 가장 낮은 반면, 남해는 21.7(광양항 정점 3)~30.6psu(부산항 정점 4)로 서해와 동해의 중간 정도의 변화 폭을 보였다. 특히, 서해의 군산항과 목포항은 금강과 영산강으로부터 유입되는 담수의 영향을 직접적으

로 받는 곳으로, 하구둑 근처 정점에서는 상당히 낮은 염분 농도를 보였다. 식물플랑크톤 생체량의 경우 동해는 0.1(울산항 정점 2)~8.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ (동해항 정점 4)(평균 4 $\mu\text{g L}^{-1}$ )로 가장 낮았으며, 남해는 7.4(부산항 정점 4)~64.9 $\mu\text{g L}^{-1}$ (광양항 정점 3)(평균 26.3 $\mu\text{g L}^{-1}$ )로 가장 높았다. 서해는 0.4(평택항 정점 1)~45.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (목포항 정점 3)(평균 8.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ )으로 수온, 염분과 달리 남해와 동해의 중간 값을 보였다. 서해의 군산항에서 남해 해역에 위치한 광양항으로 갈수록 점차 식물플랑크톤의 생체량은 증가한 반면, 마산항, 부산항을 지나면서 다른 지역과 비슷하게 나타났다(Fig. 2).

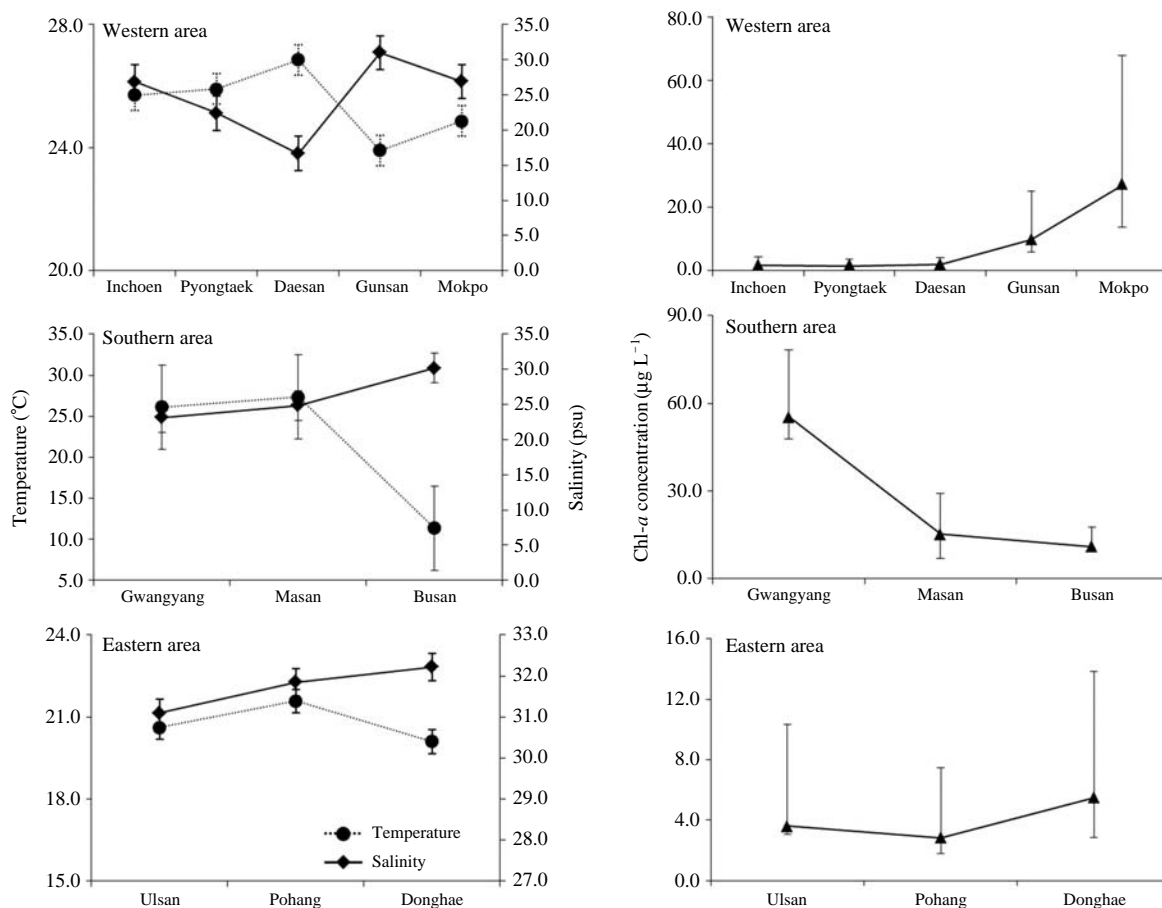


Fig. 2. Temperature, salinity, and chl-a concentration in the study area.

## 2. 연구해역에 출현하는 동물플랑크톤의 분류군 수 및 주요 분류군

동물플랑크톤 분류군 수는 중 동정이 가능한 요각류 24종을 포함하여 총 54 분류군이 출현하였다. 서해 해역은 44 분류군이 출현하였으며, 남해 해역은 35 분류군이, 동해 해역은 32 분류군이 출현하였다. 서해가 가장 높은 출현을 보였으며 동해로 갈수록 점차 감소하였다. 서해의 대산항과 남해의 부산항에서는 평균 21 분류군 이상의 높은 출현을 보였다. 담수의 영향을 강하게 받는 군산항과 목포항은 담수성 동물플랑크톤이 출현하였다(Table 1).

주요 분류군으로는 야광충, 지각류, 요각류, 따개비류, 이매패류, 십각류, 크릴류, 복족류, 불가사리류, 환형 동물류의 유생들이 출현하였으며, 해파리류, 개형류, 화살벌레류, 미충류, 담수성 동물플랑크톤은 기타 분류군으로 구분되었다. 서해에서는 요각류가 평균 79.9%의 높은 출현을 보였으며, 기타 분류군, 각 종 유생류, *Noctiluca scintillans*의 순으로 우점 출현하였다. 남해와 동해는 서해와

달리 요각류의 출현 비율이 낮았으며, 지각류가 최우점 분류군으로 출현하였다. 이외에 남해는 요각류, *N. scintillans*, 각 종 유생류, 기타 분류군이, 동해는 요각류, 각 종 유생류, *N. scintillans*, 기타 분류군의 순으로 출현하였다. 서해에서 남해로 갈수록 요각류의 출현 비율이 점차 감소하다. 동해항에서 증가를 보였다. 지각류의 경우 서해의 군산항과 남해의 광양항에서 소수 출현한 반면, 마산항에서 높은 출현을 보였다(Fig. 3).

## 3. 동물플랑크톤의 개체수 수 및 우점종, 종 다양도 지수

동물플랑크톤 개체수는 서해가 512.7 (인천항 정점 6) ~ 12,165.8 ind.m<sup>-3</sup> (평택항 정점 1) (평균 3,013 ind.m<sup>-3</sup>), 남해가 1,720.1 (광양항 정점 4) ~ 12,035.9 ind.m<sup>-3</sup> (마산항 정점 5) (평균 4,778.5 ind.m<sup>-3</sup>), 동해가 74.6 (동해항 정점 3) ~ 4,712.6 ind.m<sup>-3</sup> (포항항 정점 3) (평균 1,537.9 ind.m<sup>-3</sup>) 범위를 보였다. 동해에서 가장 낮은 개체수를 보였으며,

**Table 1.** List of zooplankton, its total abundance (ind.m<sup>-3</sup>), and diversity index (H') in the study area

	Western area	Southern area	Eastern area
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0
Unidentified siphonophora	0	0	0
Unidentified trachymedusae	0	0	0
Unidentified ostracods	0	0	0
<i>Podon leuckarti</i>	0	0	0
<i>Evadne tergesfina</i>	0	0	0
<i>Penilia avirostris</i>		0	0
<i>Acartia hudsonica</i>			0
<i>Acartia hongii</i>	0		
<i>Acartia omorii</i>		0	0
<i>Acartia erythraea</i>		0	
<i>Acartia sinjiensis</i>	0	0	
<i>Acartia steueri</i>			0
<i>Acartia ohtsukai</i>	0	0	
<i>Acartia pacifica</i>			0
<i>Acartia copepodite</i>	0	0	0
<i>Calanus sinicus</i>	0	0	0
<i>Calanus copepodite</i>	0	0	0
<i>Centropages tenuiremis</i>	0	0	
<i>Centropages dorsispinatus</i>	0		
Centropages copepodite	0		0
<i>Calanopia thompsoni</i>	0		
<i>Labidocera euchaeta</i>	0	0	
<i>Labidocera rotunda</i>	0		
<i>Labidocera copepodite</i>	0		
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	0	0	0
<i>Pavocalanus crassirostris</i>	0		
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0	0	
<i>Pseudodiaptomus copepodite</i>	0		
<i>Tortanus dextrirobatus</i>	0		
<i>Tortanus forcipatus</i>	0	0	
<i>Tortanus spinicaudatus</i>	0		
<i>Tortanus copepodite</i>	0		
<i>Corycaeus affinis</i>	0	0	0
<i>Oithona</i> spp.	0	0	0
<i>Oncaea</i> sp.	0		
Unidentified harpacticoids	0	0	
Unidentified amphipods		0	0
Unidentified doliolida		0	0
Unidentified salpa			0
<i>Sagitta crassa</i>	0	0	0
<i>Sagitta enflata</i>			0
<i>Oikopleura dioica</i>	0	0	0
Cirriped larvae	0	0	0
Bivalve larvae	0	0	0
Decapod larvae	0	0	0
Euphausiid larvae	0	0	0
Gastropod larvae	0	0	0
Ophiopluteus larvae	0	0	0
Polychaeta larvae	0	0	0
Fish larvae	0	0	
Fish egg	0	0	0
Freshwater cladocerans	0		0
Freshwater copepods	0		
No of Taxa	15.6±3.7	18.1±3.1	13.4±2.4
Total abundance (indiv.m <sup>-3</sup> )	3112.4±2493.8	4852.6±3223.9	1537.9±1491.4
H'	1.78±0.37	1.85±0.22	1.73±0.36

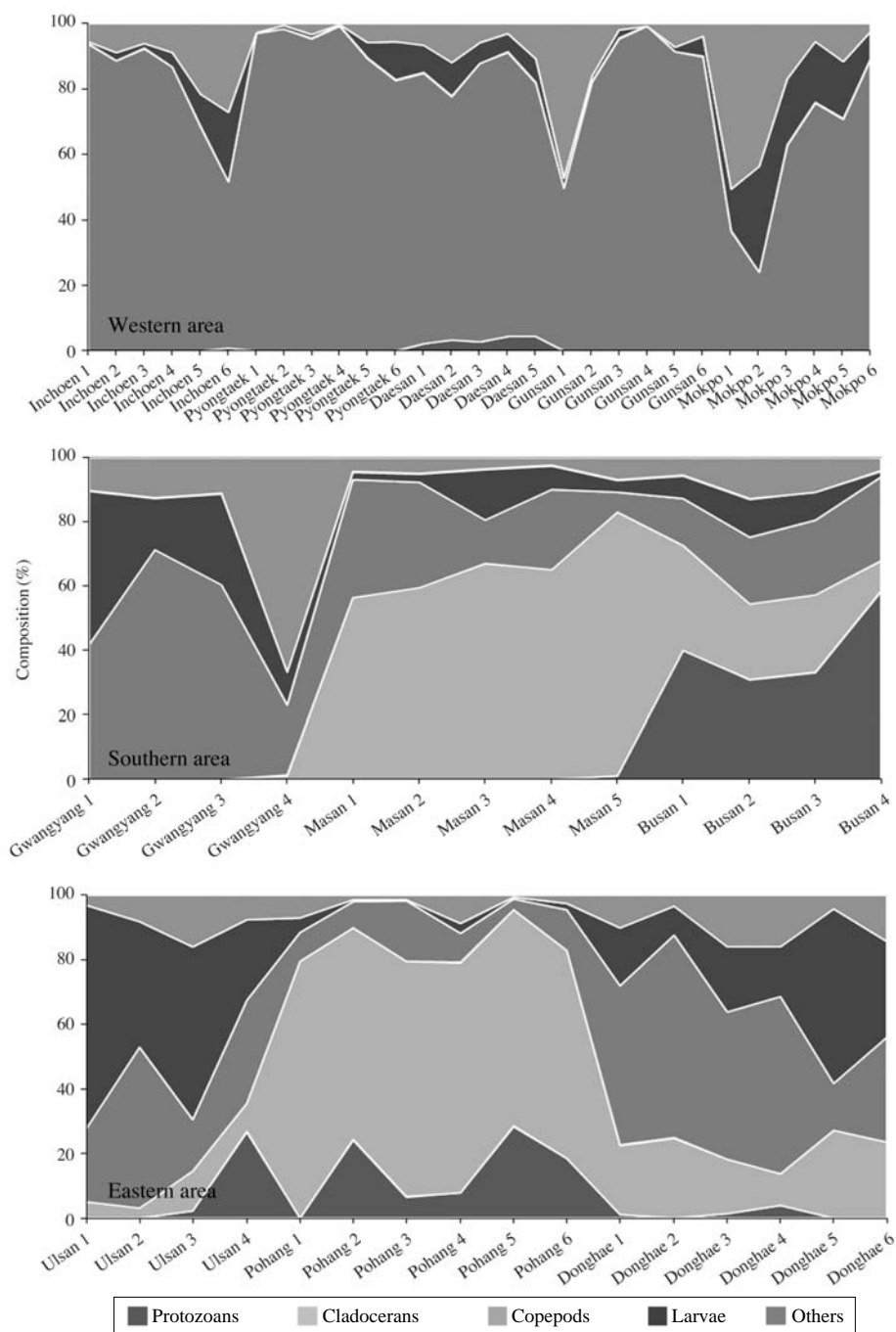


Fig. 3. Major taxa of zooplankton in the study area.

서·남해 순으로 출현 개체수는 점차 증가 하였다(Table 1). 이는 동물플랑크톤의 먹이인 식물플랑크톤의 생체량의 결과와 유사하다. 식물플랑크톤의 생체량이 높은 남해 해역에서 동물플랑크톤의 출현 개체수는 증가하였으며, 동해로 갈수록 식물플랑크톤 생체량의 감소에 따라 동물플랑크톤의 출현 개체수 또한 감소하였다(Fig. 4).

우점 출현한 동물플랑크톤의 공간적 분포를 살펴보면, 요각류인 *Paracalanus parvus* s.l.는 전 해역에서 높은 출현을 보였다. *Pavocalanus crassirostris*는 서해 해역에서 높은 출현을 보였으나, 남해와 동해에서는 출현하지 않았다. 지각류인 *Penilia avirostris*, *Evadne tergestina*는 서해에서는 낮은 출현을 보였으나, 남해의 마산항에서 출

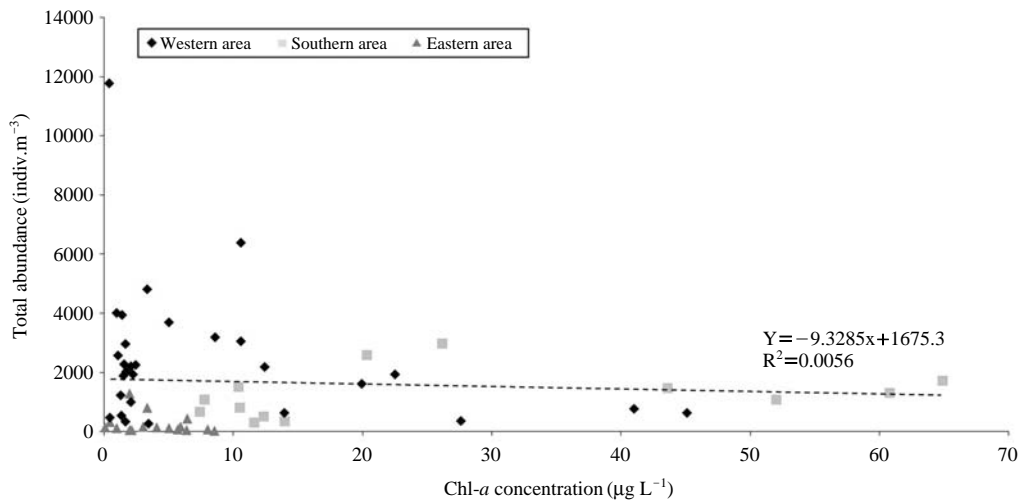


Fig. 4. Correlation of chl-a concentration and total zooplankton abundance in the study area.

현 밀도가 높아졌으며, 동해로 갈수록 점차 감소하였다. *N. scintillans*은 서해 대산항에서 낮은 출현 밀도를 보인 반면, 남해와 동해로 갈수록 점차 출현 밀도가 높아졌다. 종 다양도 지수는 서해가 0.8(평택항 정점 1, 2)~2.2(인천항 정점 5)(평균 1.7), 남해가 1.5(부산항 정점 4)~2.3(부산항 정점 2)(평균 1.9), 동해가 1.2(포항항 정점 2)~2.5(동해항 정점 3)(평균 1.7)로 나타났다. 동물플랑크톤의 출현 개체수와 같이 남해에서 높게 나타났으며, 동·서해로 갈수록 종 다양도 지수는 감소하였다. 이는 남해 해역이 다른 해역보다 환경이 안정되어 있으며 높은 번식률이 수반되는 해역이라 할 수 있다(Table 1).

4. 연구해역에 출현하는 주요 요각류의 출현양상과 환경과의 관계

서해에서는 *P. parvus* s. l., *P. crassirostris*가 30% 이상의 높은 출현을 보였으며, *Acartia hongii*, *Acartia ohtsukai* 또한 5% 이상의 출현을 보였다. 이외에 Cyclopoida에 속하는 *Corycaeus affinis*가 우점종을 형성하였다. 남해에서는 *P. parvus* s. l.가 40% 이상의 높은 출현을 보였으며, *Acartia omorii*와 *Acartia erythraea*와 Cyclopoida에 속하는 *Oithona* spp., *C. affinis* 순으로 우점 출현하였다. 동해는 다른 해역과 달리 요각류의 출현 종 수가 8종으로 상당히 낮았다. *P. parvus* s. l.가 55% 이상으로 최우점하였으며, *C. affinis*, *A. omorii*의 순으로 우점 출현하였다(Table 1).

집괴분석 결과 연구지역은 서해와 동해 두 지역으로 뚜렷이 구분되었으며, 남해는 동해와 보다 유사한 특징

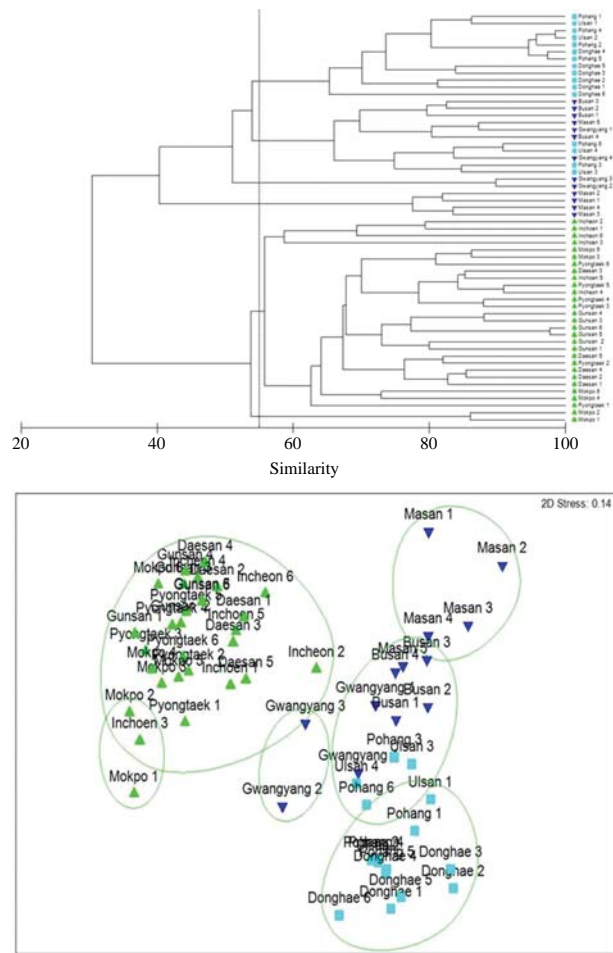
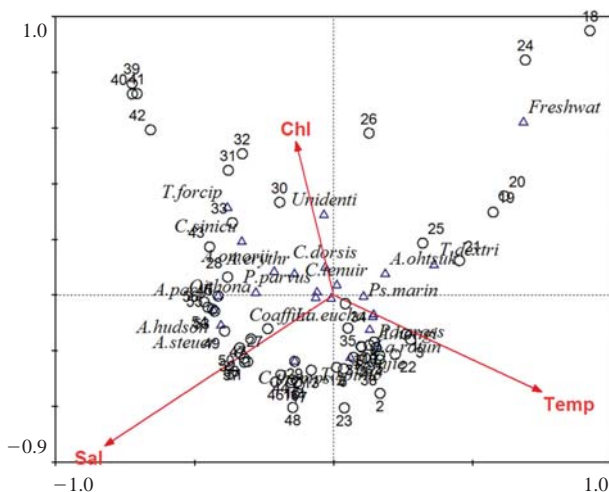


Fig. 5. Dendrogram clustering for Bray-Curtis similarities, Non-metric MDS ordination plot based on copepods abundance in the study area.

**Table 2.** Summary of Canonical Correspondence Analysis (CCA) for relationship between dominant copepod abundance and environmental factors in study area

	AX1	AX2
Eigenvalues	0.228	0.093
Species-environment correlations	0.787	0.727
Cumulative percentage variance		
of species data	9.6	13.5
of species-environment relation	58.1	81.8
Sum of all eigenvalues	2.385	
Sum of all canonical eigenvalues	0.393	



**Fig. 6.** Canonical Correspondence Analysis (CCA) ordination diagrams related to environmental factors (temperature, salinity, chl-*a*) and dominant copepod abundance in the study area.

을 보였다 (Fig. 5). SIMPER 분석을 통해 기여율 5% 이상인 요각류를 살펴 본 결과 서해의 경우 *P. parvus* s. l., *P. crassirostris*, *A. hongii*, *A. ohtukai*가, 남해 해역에서는 *P. parvus* s. l., *Oithona* spp., *A. omorii*, *C. affinis*가, 동해에서는 *P. parvus* s. l., *Oithona* spp.가 중요한 종으로 출현하였다. *P. crassirostris*의 경우 서해에서만 높게 출현하였으며, 남해, 동해로 갈수록 Cyclopoidae에 속하는 *Oithona* spp.의 출현이 점차 증가하였다. 정준 분석결과 제1축 (Axis 1)과 2축 (Axis 2)의 고유치 (Eigenvalues)는 각각 0.17, 0.01로 나타났으며, 1축과 2축의 전체 자료에 대한 누적 기여율은 21.9%를 나타냈다 (Table 2). 또한 제1, 2축에서 환경 요인 (수온, 염분, 식물플랑크톤 생체량)이 조사기간 출현한 동물플랑크톤 변화의 99.4%의 변화를 설명하였다 (Fig. 6). 그 결과 *P. parvus* s. l.은 식물플랑크톤 생체량과 염분에 양의 상관성을 나타냈으며, *A. hongii*와 *P. crassirostris*는 염분에 음의 상관성을 나타냈으며, *Oitho-*

*na* spp.는 수온에 음의 상관성을 염분에 양의 상관성을, *C. affinis*는 염분에 양의 상관성을 나타냈다 ( $P < 0.05$ ).

## 고찰

동물플랑크톤 분류군은 종 동정이 가능한 요각류 23종을 포함하여 총 54 분류군이 출현을 하였다. 서해의 경우 요각류 18종을 포함하여 44 분류군이, 남해에서는 요각류 12종을 포함하여 35 분류군이, 동해에서는 요각류 8종을 포함하여 32분류군이 출현하였다. 한반도 주변해역에 출현하는 동물플랑크톤 분류군 수는 동해에서 가장 다양한 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 서해에서 동해로 갈수록 분류군 수가 감소하는 현상을 보였다. 이와 같은 현상은 본 조사지역이 내만에 국한되어 있어 외양종의 출현보다는 연안 기수종의 출현이 분류군수 증가에 상대적으로 크게 작용한 결과일 수 있다.

서해, 남해, 동해에서 모두 요각류가 가장 우점 분류군으로 나타났다. *N. scintillans*과 지각류는 서해에서는 극히 적은 출현 비율을 보였으나, 남해와 동해에서는 높은 출현을 보였다. 출현 개체수는 식물플랑크톤 현존량이 가장 낮게 나타난 동해에서 가장 낮은 반면 (평균 1,537.9 ind.m<sup>-3</sup>), 식물플랑크톤 현존량이 가장 높게 나타난 남해에서 가장 높았다 (평균 4,778.5 ind.m<sup>-3</sup>). 이는 식물플랑크톤 현존량의 증감과 동물플랑크톤의 개체수 변화 사이에는 서로 밀접한 관계가 있다는 기존의 연구결과 (Jhon 1965; Soh and Suh 1993; Irigoien *et al.* 2004)와도 잘 일치하였다 ( $P < 0.05$ , Fig. 4). 그러나, 주요 출현 종은 지역에 따라 다소 다른 양상을 보였다. 세 해역에서 공통으로 출현한 *P. parvus* s. l.은 우리나라 모든 해역에서 연중 우점 출현한다 (Suh *et al.* 1991). 본 연구에서는 전형적인 초식자인 *P. parvus* s. l.가 서해 해역에서 가장 높은 출현을 보였으나, 동해로 갈수록 그 개체수는 점차 감소하였다. 전형적 기수종이자 초식자인 *P. crassirostris*는 서해에서만 우점 출현하였다. 이외에 잡식성인 *A. hongii*와 육식자인 *C. affinis*가 주요 종으로 출현하였다. 남해에서는 상대적으로 높은 염분에서 우점하는 잡식성의 *A. omorii*가 *A. hongii*의 생태적 지위를 대체하고 있으며, 이외에 육식성인 *Oithona* spp.와 *C. affinis*가 주요 종으로 출현하였다. 동해에서는 *P. parvus* s. l.와 *Oithona* spp.가 주요 우점종이었다. 집괴분석 결과는 이들 출현 특성을 반영하여 서해와 동해가 뚜렷이 구분되었으며, 남해는 이 두 지역의 중간적인 특성을 보여, 한국 연안에 영향을 미치는 해류 특성과 잘 일치하였다.



서해, 남해, 동해에서 우점 출현한 Cyclopoida인 *Oithona* spp.와 *C. affinis*는 미세생물 먹이환에서 최종육식자로서 생태적 지위를 차지하고 있다. 또한 Cyclopoida는 많은 자치어의 중요한 먹이이며, 육식성 동물플랑크톤인 화살벌레류와 해파리류의 먹이로 매우 중요한 위치에 놓여 있다 (Buskey 2003; Nip *et al.* 2003; Giesecke and Gonzalez 2004; Hansen *et al.* 2004; Reiss *et al.* 2005). 그럼에도 불구하고 Calanoida 요각류에 비해 상대적으로 크기가 작아 중형동물플랑크톤 채집 망으로 채집 시 그 수가 과소 평가 될 수 있으므로 (Marlowe and Miller 1975) 주의가 필요하다.

한편, Rey *et al.* (2001)는 *Calanus helgolandicus* nauplii 유생의 섭식률 연구에서 그들의 발달 단계와 몸의 크기에 따라 섭식률이 달라질 수 있음을 보였다. 또한 *Oithona*의 성체는 Calanoida 미성숙체나 성체보다 적은 식물플랑크톤 생체량에서 적응 할 수 있음을 보여 주고 있다 (Saiz *et al.* 2003). 그러므로 서해, 남해에서 Calanoida 요각류의 우점 출현과 동해에서의 Cyclopoida 요각류의 우점 출현은 식물플랑크톤의 생체량과 같은 생물학적인 차이에 의해서도 나타날 수 있음을 보여 준다. 이러한 사실은 동물플랑크톤 군집 연구에 수온, 염분과 같은 물리적인 환경요소 이외에 보다 많은 생물학적 요소에 대한 검토가 필요함을 시사하고 있다.

## 적 요

각기 다른 해양환경 특성을 보이는 서해, 남해, 동해 주요 항을 대상으로 여름철 동물플랑크톤 군집구조에 대하여 조사를 실시하였다. 서해 항들에서 가장 높은 수온을 보였으며, 남해, 동해로 갈수록 감소하였다. 이와 반대로 염분은 서해에서 가장 낮았으며, 동해에서 가장 높았다. 식물플랑크톤 생체량은 남해에서 가장 높았으며, 서해, 동해 순으로 낮았다. 동물플랑크톤 출현 분류군수는 서해, 남해, 동해 순으로 높았다. 요각류는 서해에서 최우점 분류군이었으나, 남해와 동해에서 그 중요도가 감소하였다. *Paracalanus parvus* s. l.가 전 해역에서 우점 출현하였다. 이외에 서해에서는 *Acartia hongii*, *A. ohtsukai*, *Pavocalanus crassirostris*가 우점 출현하였으며, 남해에서는 *A. omorii*가, 동해에서는 *A. omorii*, *Oithona* spp.가 우점 출현하였다. 여름철 한국 주요 항은 지역에 따라 확실히 구분되었다. 동물플랑크톤의 군집 특성은 수온, 염분 이외에 식물플랑크톤 생체량 차이에 영향을 받는 것으로 나타났다.

## REFERENCES

- Boxshall GA and SH Halsey. 2004. An Introduction to Copepod Diversity. Ray Soc. London, pp. 421.
- Buskey EJ. 2003. Behavioural adaptations of the cubozoan medusa *Triripedia cystophora* for feeding on copepod (*Dioithona oculata*) swarms. *Mar. Biol.* 142:225-232.
- Chihara M and M Murano. 1997. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo.
- Clarke KR and RM Warwick. 2001. Change in marine communities: and approach to statistical analysis and interpretation, 2<sup>nd</sup> ed. Primer E Ltd. Plymouth. p.171.
- Giesecke R and HE Gonzalez. 2004. Feeding of *Sagitta enflata* and vertical distribution of chaetognaths in relation to low oxygen concentrations. *J. Plankton Res.* 26:475-486.
- Hansen FC, C Möllmann, U Schütz and HH Hinrichsen. 2004. Spatiotemporal distribution of *Oithona similis* in the Bornholm Basin (Central Baltic Sea). *J. Plankton Res.* 26:659-668.
- Irigoin X, J Huisman and RP Harris. 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature* 429:863-867.
- Jhon HM. 1965. Phytoplankton-zooplankton relationships in Narragansett Bay. *Limnol. Oceaenogr.* 10:185-191.
- Kim YS. 1972. Secular variation of zooplankton biomass in the south sea of Korea. *Bull. Korean. Fish. Soc.* 5:108-114.
- Lee CR. 2004. Vertical distribution and community properties of mesozooplankton in the East Sea. Ph. D. Chungnam Nat. Univ. pp. 163.
- Lim DH, WD Yoon, JY Yang and Y Lee. 2009. The seasonal fluctuation of zooplankton in the Yellow Sea. *J. Korean Soc. Mar. Environ. & Safety* 3:1-3.
- Mackas DM, RE Thomson and M Galbraith. 2001. Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, 1985-1999, and their covariations with oceanographic conditions. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 58:685-702.
- Marlowe CJ and CB Miller. 1975. Patterns of vertical distribution and migration of zooplankton at Ocean Station "P". *Limnol. Oceaenogr.* 20:824-844.
- Nip THM, W Ho and CH Wong. 2003. Feeding ecology of larval and juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) and Japanese seaperch (*Lateolabrax japonicus*) in Tolo Harbour, Hong Kong. *Environ. Biol. Fish.* 66:197-209.
- Parsons TR, Y Maita and GM Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. pp. 173.
- Reiss C, I Mc Laren and P Avendano. 2005. Feeding ecology of silver larvae on the Western Bank, Scotian Shelf, and com-

- parison with Atlantic Cod. J. Fish. Biol. 66:703-720.
- Rey C, R Harris, X Irgionien, R Head and F Carlotti. 2001. Influence of algal diet on growth and ingestion of *Calanus helgolandicus* nauplii. Mar. Ecol. Prog. Ser. 216:151-165.
- Saiz E, A Calbet and E Broglio. 2003. Effects of small-scale turbulence on copepods: the case of *Oithona davisae*. Limnol. Oceanogr. 48:1304-1311.
- Shannon CE and W Wiever. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Soh HY and HL Suh. 1993. Seasonal fluctuation of the abundance of the planktonic copepods in Kwangyang Bay. Korean J. Environ. Biol. 11:26-34.
- Soh HY and HL Suh. 2000. A new species of *Acartia* (Copepoda, Calanoida) from the Yellow Sea. J. Plankton Res. 22: 321-337.
- Suh HL, HY Soh and SS Cha. 1991. Salinity and distribution of zooplankton in the estuarine system of Mankyong River and Dongjin River. J. Oceanal. Soc. Korea. 26:181-192.
- ter Braak CJF and PFM Verdonschot. 1995. Cononical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. Aqua. Sci. 57:1015-1621.
- Ueda H and A Bucklin. 2006. *Acartia* (*Odontacaria*) *ohtsukai*, a new brackish-water calanoid copepod from Arake Bay, Japan, with a redescription of the closely related *A. pacifica* from Seto Inland Sea. Hydrobiologia 506:77-91.

Received: 21 October 2013

Revised: 22 November 2013

Revision accepted: 25 November 2013