

여수 금오열도 연안에서 동물플랑크톤 군집의 계절 변동

오 현 주* · 문 성 용¹ · 서 호 영¹

국립수산과학원 대외협력과
¹전남대학교 해양기술학부 환경해양학전공

Seasonal Changes of Zooplankton Communities along the Coast of Geumo Archipelago, Yeosu

Hyun-Ju Oh*, Seong Yong Moon¹ and Ho Young Soh¹

External Research Cooperation Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

¹Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-649, Korea

Abstract - To understand the seasonal changes in the zooplankton community, we investigated their occurrence patterns and environmental factors during four seasons at 9 stations along the coast of Geumo Archipelago, Yeosu. A total of 44 taxa were sampled, with an abundance ranging from 15 ~ 28,183 inds. m⁻³, among which *Noctiluca scintillans* predominated. *Noctiluca scintillans*, *Paracalaus parvus* s. l., *Acartia (Acartiura) omorii*, *Oithona* spp., *Aidanosagitta crassa*, *dedapods* larvae, copepods nauplii, and copepodites were the most abundant taxa detected. Species diversity of zooplankton was high in autumn and winter, but it was relatively low in summer and spring. Non-metric multidimensional scaling (nMDS) revealed significant differences in the structures of the zooplankton community among the seasons. Our results showed that the seasonal variation in zooplankton community along the coast of Guemo Archipelago, Yeosu were attributable to seasonal changes in temperature, salinity, and Chl. *a* concentration. Additionally, this particularly study area might have been specifically influenced by occurs of the neritic species.

Key words : zooplankton community, temperature, salinity, nMDS, neritic species, Geumo Archipelago

서 론

우리나라 남해 중부에 위치하는 여수 금오열도는 가막만 남부해역의 금오도, 안도, 소리도를 포함하는 도서로 계절에 따라서 대마난류(Tsushima Warm Cuirrent), 남해 연안수(Korean Southern Coastal Waters), 황해 기원

의 찬 연안수가 서로 만나 다양한 해양환경 특성을 보이며(Chang *et al.* 2000; Choo 2002; Lim *et al.* 2003), 수심이 비교적 낮은 천해성 해역으로 수산생물들의 산란장이나 색이장으로 이용되고 있을 뿐 아니라 다양한 어류가 서식하고 분포하는 천해 어장으로 수산자원학적으로 가치가 높은 해역이다(Han and Oh 2007; Hwang *et al.* 2008). 이와 같이 금오열도는 수산자원학적으로 가치가 높은 해역이기 때문에 수산자원의 지속적인 생산성 확보와 더불어 이들을 유지 관리하는 기술을 수립하기 위

* Corresponding author: Hyun-Ju Oh, Tel. 051-720-2721, Fax. 051-720-2727, E-mail. hjoh@nfrdi.go.kr

해 2001년을 시작으로 2010년까지 11,000 ha에 해당하는 면적이 수산자원관리 수면으로 지정되어 대규모 정부 사업의 일환인 전남 바다목장화 사업이 진행되어 현재는 이곳의 수산자원생물들을 지속적으로 보전 관리하고 있다. 바다목장 조성의 목표는 해역에 방류하여 조성된 생물자원을 어떠한 형태로든지 설정된 해역에서 잘 성장하고 정착할 수 있게 하여 높은 생산성 확보에 역점이 있다(KORDI 2003). 이와 같은 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다도 대상생물들을 인위적으로 지속 가능하게 관리할 수 있는 구체적인 방안이 요구되어 최근 들어 야간에 점등(빛)을 활용하여 동물플랑크톤을 유도시킨 후 이들의 자연 먹이생물로서의 이용가치에 대한 연구가 수행되었다(Park *et al.* 2003; Yoon and Choi 2006; Yoon *et al.* 2008, 2009).

자연 환경에서 대부분의 어류 자·치어들은 대부분 동물플랑크톤을 주 먹이원으로 하기 때문에(Hunter 1981; Evjemo *et al.* 2003), 해역의 잠재적인 수산생산력 평가를 위해서는 동물플랑크톤 연구가 필수적이라 하겠다. 남해 연안에 출현하는 동물플랑크톤의 계절 군집 연구에서 내만의 경우 계절에 따른 수온, 염분과 엽록소-*a* 농도, 야광충(*Noctiluca scintillans*)의 대량 증식이 개방적인 해역에서는 대마난류의 세력확장에 기인한 난류성 분류군(특히 요각류)에 기인된 군집이 조절될 수 있음을 제시하였다(Moon *et al.* 2010). 그러나 해양생태계에서의 동물플랑크톤의 군집은 다양한 수괴 변화에 따라서 복잡하게 반응하는데(Alcarz *et al.* 2007; Kâ and Hwang 2011), 앞서 언급한 바와 같이 연구해역인 금오열도는 개방적인 해역이고 지형학적으로 북쪽으로는 섬진강의 영향을 받고 있는 광양만이 위치하고 있고 이곳에서 유입되는 내만수와 더불어 남쪽으로는 계절에 따라서 쿠로시오 해류(Kuroshio Current)의 지류인 대마 난류의 영향을 받는 해역이기 때문에 계절에 따라서 내만종과 외양성 난류종들의 출현 양상에 의해서 동물플랑크톤 군집이 조절될 가능성이 높은 해역이다(Park *et al.* 1990; Kang and Hong 1995; Jeong *et al.* 2008a, b; Wi *et al.* 2009; Moon *et al.* 2010). 이와 같이 금오열도는 계절에 따라서 수괴가 복잡하게 형성되는 해역이기 때문에 이곳의 해양생태계 구조와 기능을 이해하기 위해서는 식물플랑크톤을 주 먹이로 하는 이차생산자이면서 어류를 포함하는 다양한 수산자원들의 먹이원으로 이용되어 잠재적인 수산생산력의 결정(Beaugrand *et al.* 2003; Sherr and Sherr 2009)과 해역의 표영생태계 특성을 판단할 수 있는 유용한 정보로 제공될 수 있는 동물플랑크톤 군집 연구는 반드시 수반되어야 하지만 금오열도 북동부 일부 해역

을 포함한 남해 연안을 중심으로 수행된 연구만 있을 뿐이다(Park *et al.* 1990; Moon *et al.* 2010). 따라서 이번 연구에서는 전남 바다목장해역으로 지정 관리되고 있는 금오열도 연안에서 계절조사를 통하여 얻어진 동물플랑크톤에 대해서 계절에 따른 종 구성과 군집구조를 파악하고 군집에 영향을 주는 주요 분류군을 파악하여 금오열도 해역의 표영생태계를 이해함에 있어서 기초자료를 제공함에 목적을 두었다.

재료 및 방법

1. 환경요인 조사 및 분석

현장조사는 금오열도 연안을 대상으로 모두 9개 정점을 선정하여 사계절의 수괴 특성이 뚜렷하게 관측되는 2003년 8월(여름철), 11월(가을철), 2004년 1월(겨울철), 4월(봄철)에 걸쳐 계절 조사를 실시하였다(Fig. 1). 수온과 염분은 각 정점에서 CTD(Alec Co., ACL 1151-D)를 사용하여 표층을 대상으로 측정하였다. 각 정점에서 표층을 대상으로 채수한 시료 중 500 mL를 GF/F 여과지(직경 25 mm, Whatman®, pore size 0.7 μm)를 이용하여 거른 후 GF/F 여과지는 Chlorophyll *a* (Chl. *a*) 농도 분석을 위해 냉동하였다. Chl. *a* 농도는 보관된 GF/F 여과지를 90% 아세톤 10 mL가 담긴 차광시험관에 넣고 12시

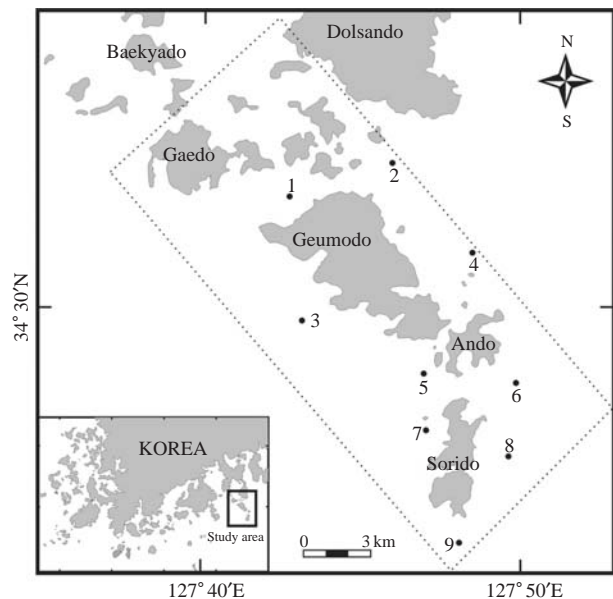


Fig. 1. Map showing of study sites along the coast of Geumdo Archipelago.

간 지난 후 24시간 이내에 Fluorometer (Turner Desings® 10-AU)를 사용하여 측정하였다(Parsons *et al.* 1984).

2. 동물플랑크톤 채집과 동정

동물플랑크톤 채집은 Norpac 네트(망구직경 45 cm, 망목크기 330 μm)를 이용하여 9개 정점에서 수직 끌기로 채집하였다. 각 정점에서 채집된 시료는 최종농도 5%가 되도록 중성포르말린으로 고정하였다. 시료의 정량분석을 위하여 네트 입구에 유속계 (Hydro-Bios model 438115)를 부착하여 여과 해수량을 산출하였다. 동물플랑크톤의 종 조성과 출현 개체수 자료 중 시료의 분할이 필요할 때는 Folsom식 부차시료기를 이용하여 시료를 분할 후, UNESCO식 계수관에 옮긴 후 계수하였다. 동물플랑크톤 중 동정은 해부현미경 (Olympus SZ40)과 광학현미경 (Nikon ECLIPSE 80i)을 사용하여 주로 요각류를 중심으로 시행하였으며, 종 동정이 어려운 분류군들은 목 (order) 수준까지 분류 계수하였다. 요각류를 대상으로 종을 동정하는 과정에서 더욱 세밀한 관찰이 필요한 경우는 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경 (Nikon ECLIPSE 80i)하에서 관찰하여 최종적으로 동정을 실시하였다. 계수된 시료는 유량계로 산출된 여과 해수량 값을 이용하여 단위체적 당 개체수 (ind. m^{-3})로 환산하였다. 중형동물플랑크톤의 주요 분류군의 종 동정과 대한 분류체계는 Chihara and Murano (1997), Boxshall and Halsey (2004), 그리고 조사기간 동안 출현했던 분류군들의 valid name (유효명)은 WoRMS (2013)을 따랐다. 동물플랑크톤 정량분석은 분류군별 출현 개체수와 출현 빈도, 그리고 정점별 개체수로 표현하였다.

3. 자료 분석

동물플랑크톤 군집의 계절별 종 다양성을 파악하기 위해 종 다양성 지수 (H')를 구하였다(Shannon and Weaver 1963). 동물플랑크톤의 계절 군집을 파악하기 위해 전체 출현 개체수를 바탕으로 순위를 정한 후 출현 빈도가 전체 상위 1% 이상 출현한 분류군을 선택 후 다변량분석법인 분류법 (classification)과 배열법 (ordination)을 이용하여 군집분석을 수행하였다. 군집분석에 대한 분류군들의 출현 개체수 자료는 조사시기와 종간의 심한 개체군 밀도 차이의 의한 자료 편중을 피하고 대상자료의 분포를 정규화하기 위하여 로그 ($\log x + 1$) 지수로 변환한 자료를 이용하였다. 동물플랑크톤 군집의 정점 간 유사도 측정을 위해 Bray-Curtis 유사도 지수를 토대로 비가중 산술평균 (UPGMA)에 의하여 군집화하는 계보적 집

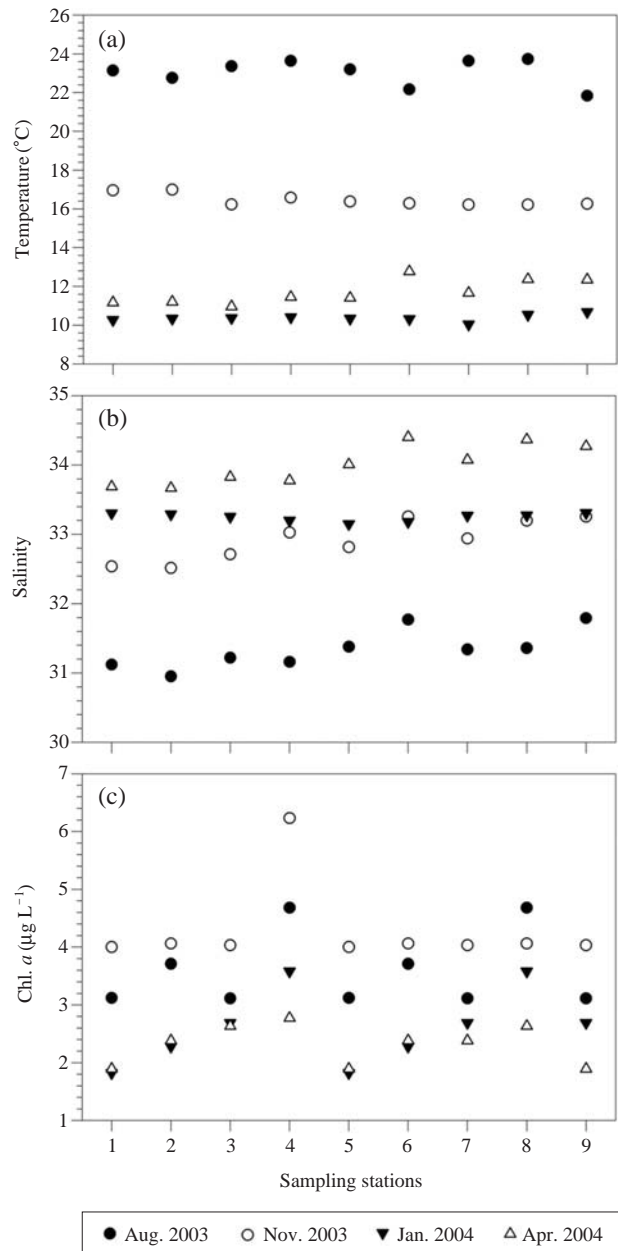


Fig. 2. Seasonal variations of temperature (a), salinity (b), and Chl. *a* at 9 stations along the coast of Geumo Archipelago.

괴분석 (hierarchical cluster analysis)을 시행하여 nMDS (non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 수행하였다. 군집분석의 결과로 구분된 각 군집 간의 유의한 평가를 위해서 one-way ANOSIM 분석과 각 군집에 영향을 주는 분류군들을 파악하기 위해 SIMPER (similarity-percentages procedure) 분석을 수행하였으며, 자료분석은 PRIMER (ver. 5.0) program을 사용하여 분석하였다 (Clarke and Warwick 2001).

결 과

1. 환경 요인

조사기간 동안 수온은 10.1~23.7°C의 범위를 보였으며 (Fig. 2a), 겨울철에 평균 10.5°C, 여름철에 평균 24.5°C이었다. 계절별 공간적인 수온 분포는 봄철과 여름철에 소 리도 인근 해역에서 높았지만, 가을철과 겨울철에는 1°C 내외로 큰 차이를 보이지 않았다.

염분은 30.9~34.4의 범위였으며 (Fig. 2b), 계절별 평균 변화는 겨울철과 봄철에 각각 33.2와 33.9로 높은 반면에 여름철에는 평균 30.8로 사계절 동안 낮았으며, 가을철에는 평균 32.4의 값을 보였다. 계절에 따른 염분의 공간적 분포 양상에서는 여름철은 금오열도 연안의 모든 정점들에서 전반적으로 낮게 나타났지만 봄철에는 소 리도 인근 해역의 정점들에서 높은 염분이 관측되었다.

사계절 동안 Chl. *a* 농도는 1.82~4.68 $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 범위를 보였으며 (Fig. 2c), 가을철에 평균 4.31 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 높았고 봄철에 평균 2.3 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 공간 분포에서는 사계절 모두 금오도 인근 해역 정점 4에서 다른

정점들보다 높게 나타났다.

2. 종 조성, 출현 개체수, 종 다양도 지수 및 출현 빈도

사계절 동안 금오열도 연안에서 출현한 동물플랑크톤 은 미동정 된 분류군을 포함하여 총 42개의 분류군이었 으며, 이중 요각류가 14속 17종, 지각류가 2속 2종이 출 현하였다 (Table 1). 금오열도 연안에서 동물플랑크톤 종 조성의 계절 변화는 여름철에 32 분류군이 출현하여 사 계절 동안 가장 높았지만 봄철에는 27 분류군으로 가장 낮은 종 조성을 보였지만 (Fig. 3a), 주요 분류군인 요각 류의 종 조성의 계절 변화에서는 9~10종 범위로 차이 를 보이지 않았다. 사계절 동안 조사된 동물플랑크톤 출 현 개체수는 15~28,183 inds. m^{-3} 의 범위로 시·공간적 으로 매우 큰 폭으로 변동하였다. 계절별 평균 출현 개 체수를 살펴보면 (Fig. 3b), 여름철에는 평균 61 inds. m^{-3} 로 모든 정점들에서 100 inds. m^{-3} 이하로 조사기간을 통 틀어 매우 낮은 출현 개체수를 보였다. 가을철에는 소 리도 남부 해역의 정점 9에서 2,000 inds. m^{-3} 정도의 출현 개체수를 보였지만, 다른 조사 정점들에서는 500 inds. m^{-3} 이하의 출현 개체수를 보였다. 겨울철에는 평균 110

Table 1. List of zooplankton occurred along the coast of Geumo Archipelago

Dinoflagellate	<i>Noctiluca scintillans</i> Macartney, 1810	
Hydrozoa	unidentified Siphonophorid	unidentified Trychymedusa
Chaetognatha	<i>Aidanosagitta crassa</i> (Tokioka, 1938)	<i>Flaccissagitta enflata</i> (Grassi, 1881)
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849	<i>Pleopis polyphemoides</i> (Leuckart, 1859)
Copepoda	<i>Acartia</i> (<i>Acartiura</i>) <i>omorii</i> Bradford, 1976 <i>A. (Odontacartia) erythraea</i> Giesbrecht, 1889 <i>Calanus sinicus</i> Brodsky, 1962 <i>Centropagus furcatus</i> (Dana, 1849) <i>Euchaeta rimana</i> Bradford, 1974 <i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus, 1863) <i>Paracalanus parvus</i> s. l. <i>Subeucalanus subcrassus</i> (Giesbrecht, 1888) <i>Oithona</i> spp. Copepods nauplii	<i>A. (Odontacartia) pacifica</i> Steuer, 1915 <i>A. (Acartia) negligens</i> Dana, 1849 <i>Centropages abdominalis</i> Sato, 1913 <i>Corycaeus affinis</i> McMurrich, 1916 <i>Labidocera acuta</i> (Dana, 1849) <i>Mormonilla phasma</i> Giesbrecht, 1891 <i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato, 1913 <i>Tortanus forcipatus</i> (Giesbrecht, 1889) unidentified Harpacticoid Copepodites
Others	Decapod larvae unidentified Amphipod Euphausiid larvae unidentified Ostracoid <i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> Fol, 1872 Gastropoda larvae <i>Ophiopluteus</i> larvae unidentified Fish larvae	<i>Lucifer</i> sp. unidentified Mycedacea unidentified Cumacea Cirriped larvae unidentified Doliolid Bivalvia larvae unidentified Fish eggs

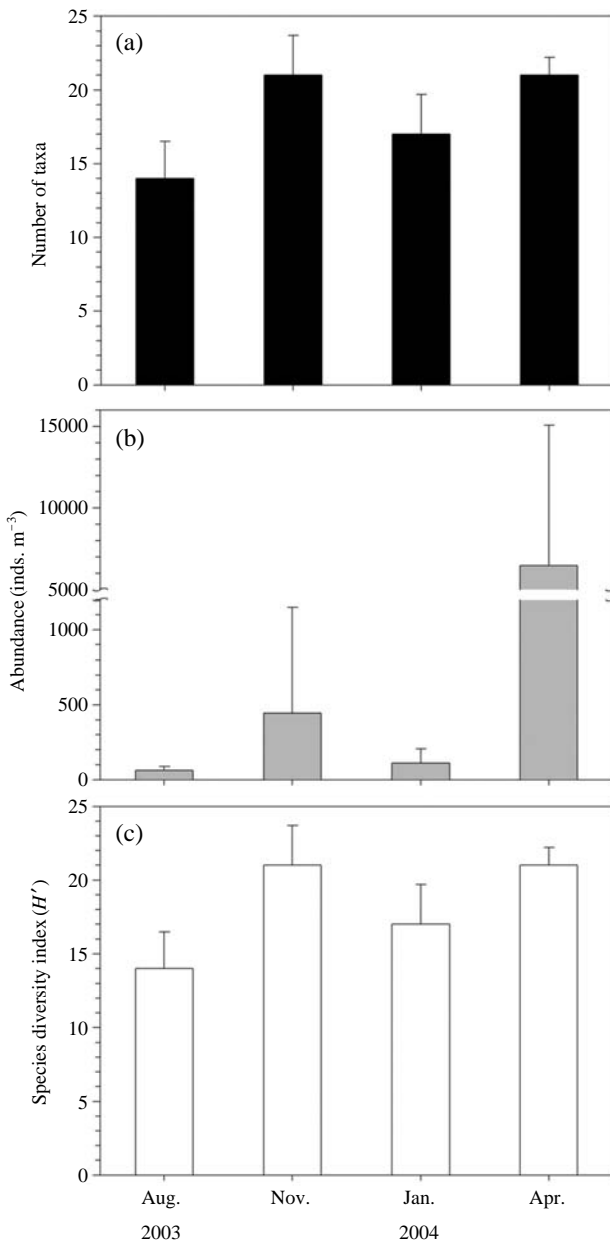


Fig. 3. Seasonal variations in number of taxa (a), abundance (b), and species diversity index (c) of the zooplankton collected along the coast of Geumo Archipelago. Data are mean with standard deviation indicated by error bars.

inds. m⁻³의 출현 개체수를 보였으며, 안도 서부 해역 정점 6에서 가장 높게 나타났다. 봄철에는 평균 6,476 inds. m⁻³로 전 조사기간 동안 가장 높은 출현 개체수를 보였고, 특히 소리도 남부 해역 정점 9에서는 *N. scintillans*와 요각류들의 출현 개체수 증가로 인하여 28,000 inds. m⁻³ 정도의 매우 높은 출현 개체수를 나타냈다. 동물플랑크톤의 각 정점의 생태환경 분석을 위한 지표로 활용될

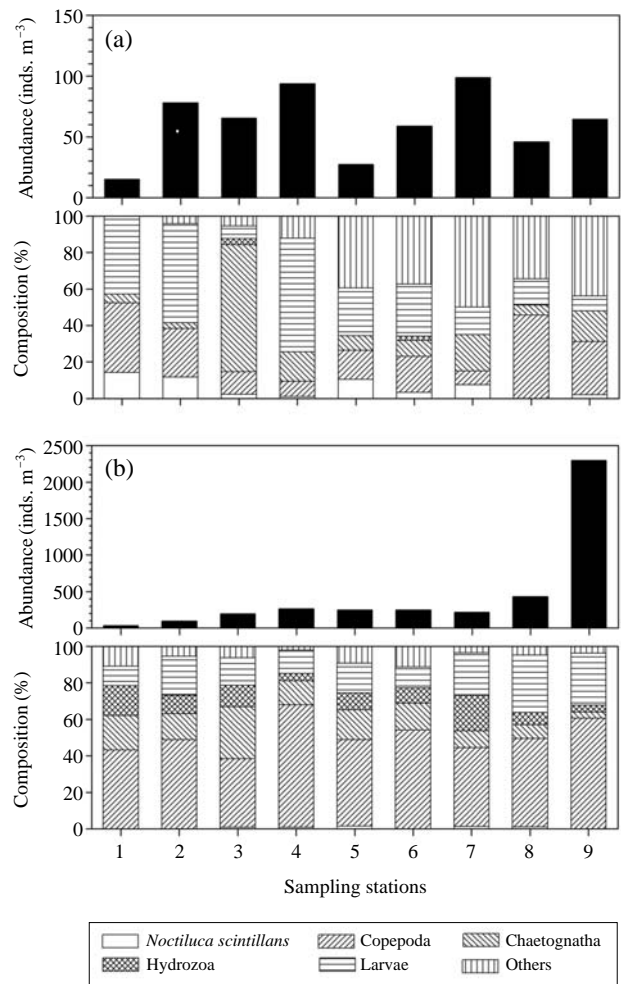


Fig. 4. Spatio-temporal differences in total abundance and taxonomic percentage of zooplankton along the coast of Geumo Archipelago. (a) August 2003, (b) November 2003.

수 있는 종 다양도 지수의 변동 양상은 1.68~2.64의 범위로 시·공간적으로 크게 변동하였으며, 사계절 동안 봄철에 평균 1.89로 가장 낮았고 가을철에 2.36으로 가장 높았다 (Fig. 3c). 공간적으로는 가을철에 금오도 서부와 동부 해역을 중심으로 높게 나타났고, 봄철에는 소리도 남부 해역에서 낮게 나타났다.

사계절 동안 동물플랑크톤 출현 개체수와 주요 분류군들의 출현 빈도를 파악한 결과, 계절에 따라서 많은 차이를 보이지만 주로 연안성 요각류와 더불어 *N. scintillans*, 유생류의 출현 양상에 의해 조절되는 것으로 나타났다. 여름철의 동물플랑크톤 출현 개체수는 14~99 inds. m⁻³의 범위로 극히 낮았으며 (Fig. 4a), 이 시기에는 유생류가 평균 18 inds. m⁻³로 매우 낮은 출현 개체수를 보였지만 전체 출현빈도에 28.7%를 차지하는 최우점 분류군

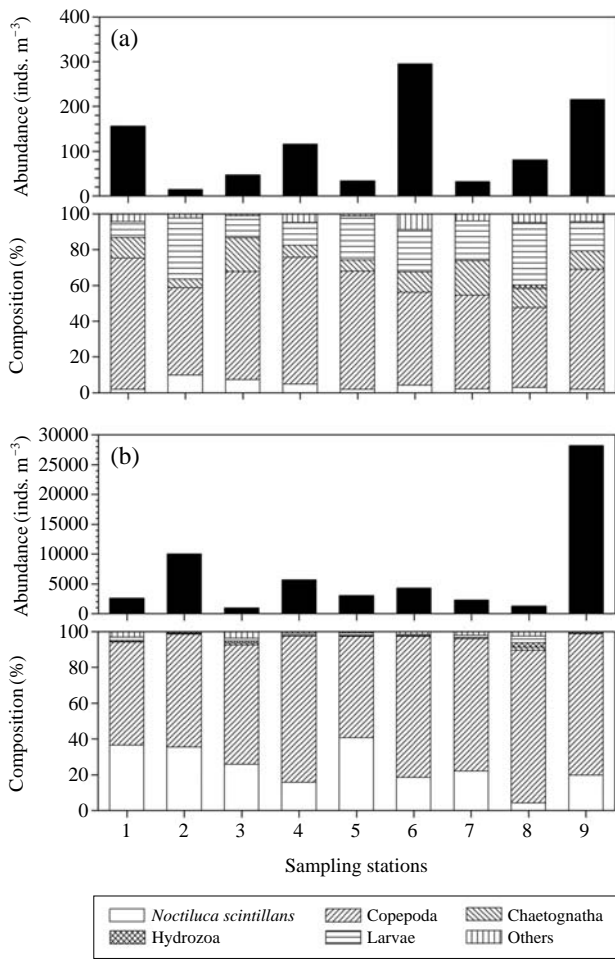


Fig. 5. Spatio-temporal differences in total abundance and taxonomic percentage of zooplankton along the coast of Geumo Archipelago. (a) January 2004, (b) April 2004.

이었다. 요각류는 평균 12 inds. m⁻³가 출현하여 22.6%의 출현 빈도를 나타냈다. 가을철의 동물플랑크톤 출현 개체수는 34~2,295 inds. m⁻³의 범위로 공간적으로 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 4b). 이 시기에는 요각류의 평균 출현 개체수는 251 inds. m⁻³로 50.1%의 출현빈도로 가장 우점하는 분류군이었고, 유생류는 평균 110 inds. m⁻³로 19.1%의 출현빈도를 보였다. 겨울철에는 요각류의 출현 개체수가 평균 144 inds. m⁻³로 59.5%의 출현비율로 최우점하는 분류군이었다. 유생류의 출현 개체수는 21 inds. m⁻³와 21.1%의 출현빈도를 보여 요각류 다음으로 우점하는 분류군이었다(Fig. 5a). 봄철에는 *N. scintillans*와 일부 요각류들의 출현 개체수가 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였는데, 특히, 요각류의 출현 개체수가 평균 4,800 inds. m⁻³와 71.4%의 출현빈도를 보였다. 요각류 다음으

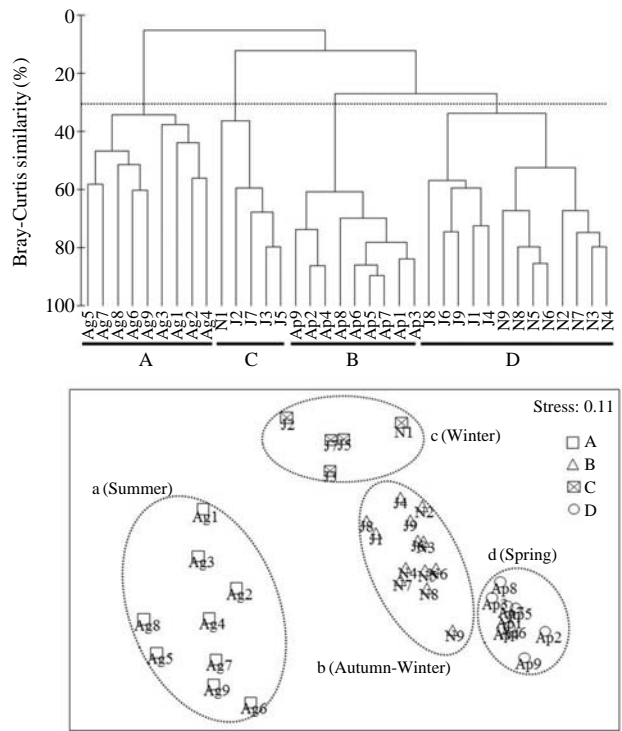


Fig. 6. Dendrogram for hierarchical clustering and nMDS ordination plot for zooplankton communities based on Bray-Curtis similarities of leg (X+1)-transformed zooplankton abundance data obtained at 9 sampling stations along the coast of Geumo Archipelago.

Table 2. The results of pairwise tests between defined groups and SIMPER analysis comparing the average dissimilarity (%) between the groups

Groups	one-way ANOSIM		SIMPER
	R	P-value	Average dissimilarity
Summer, Winter	0.931	0.001	73.10
Summer, Autumn-Winter	0.987	0.001	74.45
Summer, Spring	1.000	0.001	85.09
Winter, Autumn-Winter	0.754	0.001	61.89
Winter, Spring	1.000	0.001	80.38
Autumn-Winter, Spring	0.893	0.001	58.34

로는 *N. scintillans*가 평균 1,529 inds. m⁻³와 24.3%의 출현빈도를 보였다(Fig. 5b).

3. 군집분석

금오열도 해역의 동물플랑크톤의 출현 개체수 자료를 바탕으로 nMDS 배열법으로 군집분석을 수행한 결과 크게 4그룹으로 구분되었으며, 가을철과 겨울철의 일부 정

Table 3. Simper list of taxa contributing mostly to similarities within the following periods, with a cut-off at 50%

Taxon	Group (average similarity)	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
Summer (group-a)			
Decapod larvae	6.68	13.99	13.99
<i>Aidanosagitta crassa</i>	5.49	11.49	25.48
unidentified Doliolid	4.85	10.15	35.63
<i>Lucifer</i> sp.	4.38	9.16	44.79
<i>Tortanus forcipatus</i>	4.23	8.86	53.65
Autumn-Winter (group-b)			
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	9.15	15.62	15.62
Copepodites	6.26	10.69	26.31
<i>Aidanosagitta crassa</i>	6.23	10.64	36.95
<i>Corycaeus affinis</i>	5.32	9.09	46.04
<i>Ophiopluteus</i> larvae	4.20	7.17	53.21
Winter (group-c)			
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	11.39	19.53	19.53
<i>Corycaeus affinis</i>	7.41	12.71	32.24
<i>Aidanosagitta crassa</i>	6.70	11.49	43.73
Copepodites	6.14	10.54	54.27
Spring (group-d)			
Copepodites	7.98	10.30	10.30
<i>Noctiluca scintillans</i>	7.75	10.00	20.30
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	7.49	9.66	29.96
Copepods nauplii	6.73	8.68	38.64
<i>Acartia (Acartiura) omorii</i>	6.03	7.78	46.62
<i>Oithona</i> spp.	5.52	7.12	53.54

점들이 서로 같은 군집으로 포함되기는 하였지만 여름철과 봄철은 뚜렷한 계절 군집으로 구분되었다 (Fig. 6). 각 군집간에는 one-way ANOSIM 분석을 실시한 결과 모두 유의한 차이를 나타냈다 (Table 2). 동물플랑크톤 군집에 기여하는 분류군들을 파악하기 위해 SIMPER 분석을 수행하여 각 군집의 기여율이 50% 이상인 분류군들만 선별한 결과 군집에 따른 차이는 다소 관찰되었지만 대부분 내만종들인 요각류와 *N. scintillans*가 주요 분류군이었다 (Table 3). 여름철 동물플랑크톤 군집에 기여한 분류군들은 decapoda larvae (십각류 유생), *Aidanosagitta crassa*, unidentified doliolid (미동정 피낭류), *Lucifer* sp., *Tortanus forcipatus* 순으로 나타났다. 가을철과 겨울철 일부 정점을 포함하는 그룹에서는 *Paracalanus parvus* s. l., copepodites (요각류 후기유생), *A. crassa*, *Corycaeus affinis*, *Ophiopluteus* larvae 순으로 군집에 대한 기여율이 높았으며, 겨울철에는 *P. parvus* s. l., *C. affinis*, *A. crassa*, 요각류 후기유생이 군집에 대한 기여율이 높게 나타났다. 봄철에는 요각류의 후기유생, *N. scintillans*, *P. parvus* s. l., copepods nauplii (요각류 전기유생), *Acartia (Acartiura) omorii*, *Oithona* spp. 순으로 군집에 대한 기여율이 높게 나타났다.

4. 주요 분류군의 출현 특성

사계절 동안 출현한 동물플랑크톤 중 주요 분류군들은 *N. scintillans*, *A. omorii*, *P. parvus* s. l., *Oithona* spp., *A. crassa*, 십각류 유생, 요각류 전기유생과 후기 유생이었으며, 이들은 전체 동물플랑크톤 출현빈도에 80% 이상을 차지하였다. 주요 분류군들의 계절에 따른 평균 출현 개체수 변동 양상을 파악하였다 (Fig. 7). 계절별 각 분류군들의 분포 특성에서는 봄철의 경우 연중 고른 분포를 보인 모악류, *A. sagitta*를 제외한 *N. scintillans*, *A. omorii*, *P. parvus* s. l., *Oithona* spp., 십각류 유생, 요각류 전기와 후기 유생들이 봄철에 다른 계절에 비해 출현 개체수가 현저하게 높게 나타났다. 특히, 봄철에 우점한 분류군들을 살펴보면, *N. scintillans*는 평균 4,969 inds. m⁻³, *P. parvus* s. l.은 3,317 inds. m⁻³, 요각류 전기 유생이 평균 3,573 inds. m⁻³, 요각류 후기유생이 평균 7,564 inds. m⁻³로 출현 개체수가 다른 분류군들에 비해 현저하게 높게 나타났다.

고 찰

금오열도 연안에 출현하는 동물플랑크톤의 계절군집 양상을 파악한 결과, 기대했던 외양성 난류종들이 군집에 영향을 줄 수 있다는 예상과는 달리 사계절 모두 내만종들에 의해 군집이 유지되는 것으로 확인되어 남해안에 위치하고 있는 가막만 (Soh *et al.* 2002; Moon *et al.* 2006)과 광양만 (Jang *et al.* 2004)의 동물플랑크톤 계절군집에 대한 선행 연구들과 큰 차이점을 찾아볼 수 없었다. 다만, 동물플랑크톤 출현 분류군 수와 출현 개체수 비교해보면, 금오열도 연안의 동물플랑크톤 출현 분류군 수는 야광충, 요각류, 지각류, 모악류를 포함하여 42개의 분류군이 출현하였고 출현 개체수는 15~28,183 inds. m⁻³의 범위로 시·공간적으로 매우 크게 나타났다는 점이다. 이는 선행 연구에서 금오열도 연안의 계절별 동물플랑크톤에 관련된 연구 결과가 없어 직접 비교는 어렵지만, 인근의 광양만 (Jang *et al.* 2004)과 가막만 (Soh *et al.* 2002; Moon *et al.* 2006)과는 유사한 경향이었고, 남해 연안 (Moon *et al.* 2010)과는 출현 분류군에서 큰 차이를 보였는데 이는 금오열도 연안의 동물플랑크톤 군집은 대부분 내만종들이 주를 이룬 반면에 남해 연안에서는 일부 난류성 종들의 출현 증가에 기인한 차이로 볼 수 있다 (Kang and Hong 1995; Jeong *et al.* 2008a, b; Wi *et al.* 2009; Moon *et al.* 2010).

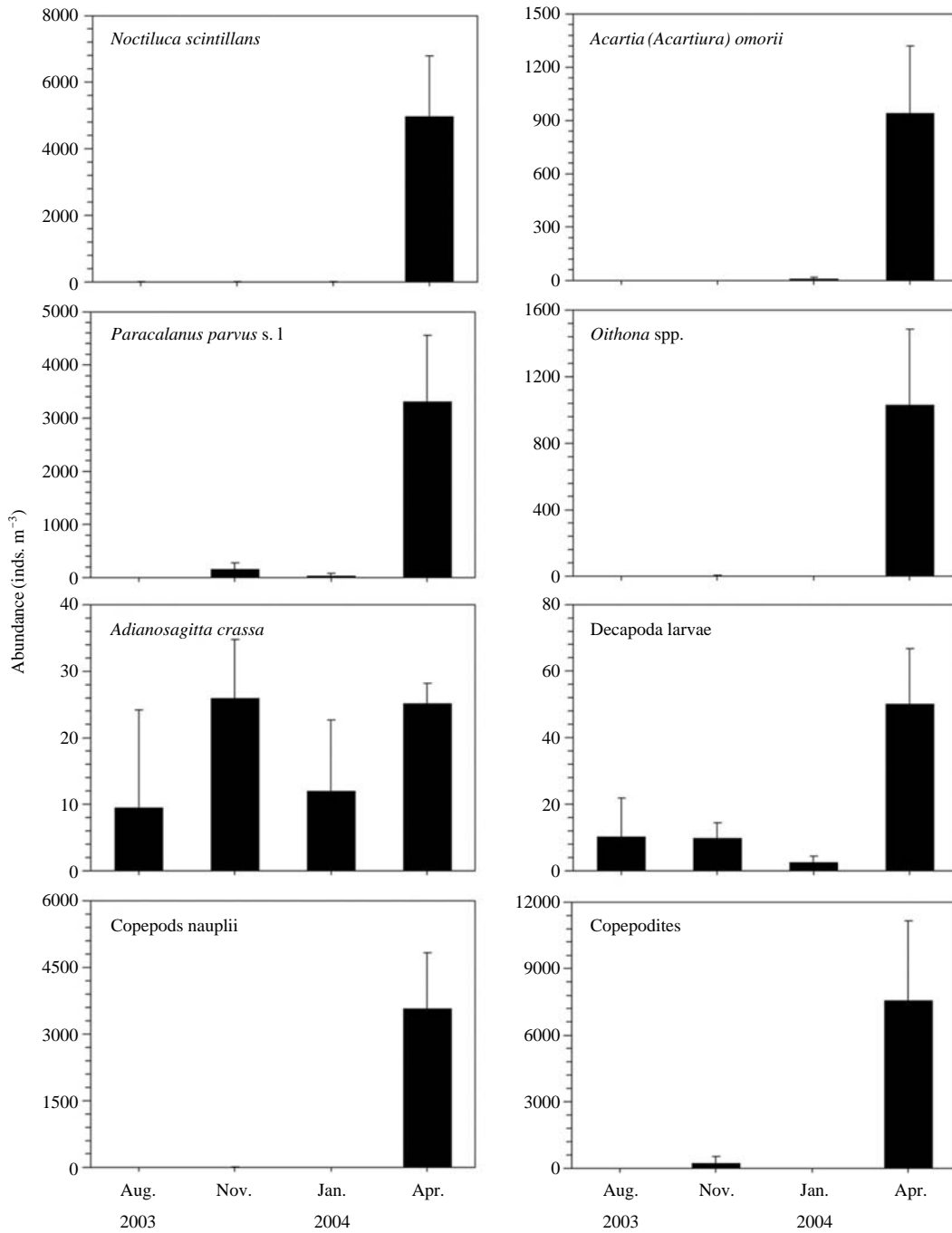


Fig. 7. Seasonal variation in abundance of dominant taxa along the coast of Geumo Archipelago.

계절에 따른 동물플랑크톤 종 다양도 지수는 1.68 ~ 2.64의 범위로 시·공간적인 변동폭이 컸으며, 여름철에서 가을철로 갈수록 증가하다가 겨울철에 다시 감소하는 경향을 보였다. 남해 연안의 주요 내만들은 대부분 반폐쇄적인 해역이 많아 이곳의 동물플랑크톤의 계절별 종

다양도 지수는 희소종 (rare species)과 기회종 (opportunistic species)들에 의해 기인한 결과로 보고하였다 (Moon *et al.* 2006, 2010; Hwang *et al.* 2011). 금오열도 연안은 계절에 따라서 여름철과 가을철에 대마난류의 세력의 확장으로 직·간접적인 영향을 받고 있는 남해 연안역에 포

함되기 때문에 (Isobe 1999; Choo 2002; Seung *et al.* 2007), 난류성 요각류의 출현 가능성이 높을 수 있다 (Park *et al.* 1990; Kang and Hong 1995; Jeong *et al.* 2008a, b; Wi *et al.* 2009). 이번 연구에서는 대마난류의 세력이 확장되는 시기인 여름철과 가을철에 *Acartia* (*Acartia*) *negligens*, *Lucicutia flavicornis*, *Subeucalanus subcrassus*, *Mormonilla phasma*와 같은 난류성 요각류들이 출현하였지만 이들이 동물플랑크톤 군집에 미치는 영향은 매우 미미했다. 즉, 금오열도 해역은 개방적이고 여름철과 가을철에는 대마난류의 영향을 받고 있는 해역임에도 불구하고 기대했던 난류성 종들보다 내만종들에 의해 종 다양도 지수가 결정될 가능성이 높은 것으로 나타났다. 따라서 이에 대한 보다 정확한 이해를 위해서는 조사해역과 같이 개방적이고 환경변화가 복잡한 해역일수록 동물플랑크톤 종 다양도 지수는 채집기간과 주기가 매우 중요한 것으로 판단된다 (Omorii and Ikeda 1984; Jang *et al.* 2010).

금오열도 연안의 동물플랑크톤 군집은 출현 분류군수와 출현 개체수에 근거하여 nMDS 배열법으로 도식화한 결과에서 가을철과 겨울철의 일부 해역을 제외하면 군집이 뚜렷하게 구분되었으며, 각 군집에 영향을 주는 분류군들은 다소 차이는 보이지만 주로 *P. parvus* s. l., *N. scintillans*, 요각류 후기유생, 요각류 전기유생, *A. crassa*, *T. forcipatus*, *C. affinis*로 나타났다. 계절별 동물플랑크톤 군집에 기여한 분류군들의 분포 특성에서는 조사기간 동안 금오열도 연안에서 여름철을 제외한 계절에 우점한 *P. parvus* s. l.는 SIMPER 분석을 통한 결과에서 겨울철과 봄철의 동물플랑크톤 군집에 기여율이 높은 것으로 나타났다. 남해 연안에서 이 종은 연중 출현하며, 지금까지 내만을 중심으로 여름철에 개체군의 생식활동이 활발한 것으로 인식되었다 (Han *et al.* 1995; Soh *et al.* 2002; Moon *et al.* 2006; Jang *et al.* 2010; Moon *et al.* 2010). *Paracalanus parvus* s. l.는 남해와 서해의 내만에서는 *Bestiolina coreana*와 함께 혼재하며, 수온과 염분에 따라서 서식지가 분리되는 것으로 보고되었다 (Moon *et al.* 2010, 2011). 금오열도의 동물플랑크톤 계절 군집에 있어 겨울철과 봄철 군집에 주요 기여종이었던 *P. parvus* s. l.는 선행 연구에 따르면 여름철 수온이 20°C 이상 되면 출현 빈도가 낮아질 가능성이 높다고 판단된다 (문 등 2011). 여름철에 동물플랑크톤 출현 개체수가 극히 낮은 점은 이 시기에 금오열도 해역의 특성을 고려할 때 대형 해파리의 대량출현 (Kang and Park 2003)과 적조 (red tide)가 빈번하게 발생하는 해역 (Lee and Choi 2009)이기 때문에 이들 환경에 기인했을 개연성은 충분히 있지만, 이들에 대한 현장조사는 이루어지지 않아 쉽게 예측할 수 없다.

그러나 해파리는 생활사 중 크기가 작은 시기에는 동물플랑크톤을 주로 섭식하기 때문에 이들의 군집에 큰 영향을 미칠 수 있다 (Uye and Shimauchi 2005; Uye 2008). 즉, 이번 연구에서는 대형 해파리의 정량적인 채집이 이루어지지 않아 단정할 수 없지만, 금오열도 해역의 환경 특성을 고려할 때 여름철에 대형 해파리의 출현이 이 시기의 동물플랑크톤 출현 개체수 저하로 이어졌을 개연성이 충분히 있을 것으로 판단된다. 따라서 이를 명확히 하기 위해서는 대형해파리의 출현 시기와 맞물려 동물플랑크톤 군집 연구를 통한 면밀한 해석이 필요하다고 판단된다.

종속와편모류인 *N. scintillans*는 주로 식물플랑크톤 중 크기가 작은 규조류와 동물플랑크톤 군집에 주를 이루는 요각류의 eggs(알)을 포식하는 일차소비자로 잘 알려져 있다 (Dann 1987; Qyevedo *et al.* 1990; Nakamura 1998; Nikishina *et al.* 2011). 이들은 조사해역에서 사계절 동안 봄철에 출현 개체수가 뚜렷하게 증가함에 따라 요각류 후기유생 다음으로 군집에 대한 기여도가 높았다. 그러나 같은 시기에 요각류 또한 전반적으로 높은 출현 개체수를 보인다는 점에서 *N. scintillans*의 증식에 요각류 알의 역할보다는 Chl. *a* 농도(이차 식물플랑크톤 현존량)와의 연관성을 해석해 볼 수 있다. 남해의 광양만과 진해만에서 이들은 수온이 이들 개체군 증가와 감소에는 수온의 증가와 함께 식물플랑크톤 현존량이 *N. scintillans* 출현 개체수의 증가와 감소를 제어하는 중요한 인자이며 (Baek *et al.* 2011), 인천 연안에서 10~15일 간격의 짧은 주기를 바탕으로 *N. scintillans*의 생태학적 특성을 연구한 결과에서도 식물플랑크톤이 이들의 개체군 증가에 중요한 인자로 평가하였다 (Yoo *et al.* 2006). 그러나 금오열도 연안에서 출현하는 *N. scintillans*를 식물플랑크톤 현존량과의 상관성을 확인한 결과에서 식물플랑크톤 농도가 낮은 시기임에도 불구하고 *N. scintillans*가 높게 출현한다는 점은 단적으로 식물플랑크톤 현존량이 이들 개체군 증감에 영향을 줄 수 없다는 점으로 인식될 수 있다. 그러나, 식물플랑크톤(주로 규조류)의 먹이농도에 대한 *N. scintillans*의 포식압은 시간적인 차이를 두고 나타나므로 (Miyaguchi 2006; Yoo *et al.* 2006), 조사해역의 *N. scintillans*의 출현 개체수 증가는 활발한 먹이활동이 포식압 증가로 이어져 일시적으로 식물플랑크톤 현존량을 감소시켰음을 가능성도 배제할 수 없다 (Huang and Qi 1997). 그러나, *N. scintillans*의 개체군 증감은 다양한 물리적인 요인 뿐 아니라 생물학적 환경 요인들에 의해서 복잡하게 작용 (Huang and Qi 1997; Nakamura 1998; Miyaguchi 2006)하고 해역에 따라서 다르기

때문에 이에 대한 상호 연관성을 연구하기 위해서는 추후 다양한 환경인자와 더불어 *N. scintillans*에 대한 논의가 필요하다고 하겠다.

동물플랑크톤 군집에서 가을철과 봄철에 요각류 후기 유생이 봄철에는 요각류의 전기유생의 출현 개체수가 높게 나타났는데 이 시기에 *P. parvus* s. l., *A. omorii* 그리고 *Oithona* spp.가 높은 출현 개체수를 보인다는 점에서 이들의 reproductive strategies (생식 전략)과 연관성이 높은 것으로 판단할 수 있다 (Hairson and Bohonak 1998). 이들 3개 분류군들이 봄철에 우점했다는 점에서 단순 비교해보면 일본의 Ariake 만의 요각류 계절 군집과 유사한 양상이었다 (Beltrão *et al.* 2011). 요각류는 동물플랑크톤 군집을 결정짓는 주요 분류군이기 때문에 이들은 개체군을 유지하기 위한 생식 전략으로 알을 생산하고 부화시키는데 이 때 무엇보다도 수온과 먹이의 양(quantity)과 질(quality)에 의해서 좌우될 수 있다는 점이다 (White and Roman 1992; Berggreen *et al.* 1998; Hirst and Bunker 2003; Kimmer *et al.* 2005). 그러나 이번 연구에서는 비록 식물플랑크톤 현존량이 낮았음에도 불구하고 herbivore (초식자)인 이들 3개 분류군들의 출현 개체수가 높다는 점은 주목된다. 이들 분류군들은 남해 연안에서 주로 봄철에 출현 개체수가 높게 나타나며, 연안에서 출현하는 동물플랑크톤 가운데 대표적으로 우점하는 내만성 분류군들이다 (Soh *et al.* 2002; Jang *et al.* 2004; Moon *et al.* 2006, 2010). 비록 봄철에 식물플랑크톤 현존량이 낮았음에도 불구하고 요각류 후기유생의 출현 개체수가 높게 나타난 점에서 비록 현장 섭식률 실험이 수반되지는 않았지만 이들 개체군의 활발한 현장 섭식률을 통한 난 생산에 기인한 개체군 증가로 이어진 것으로 판단되며, 이들 내만종들이 우점한다는 점은 금오열도 주변 해역이 외양수보다는 주로 섬진강과 광양만의 내만수의 영향을 지속적으로 받고 있음을 시사한다. 결과적으로 금오열도의 동물플랑크톤 계절군집은 개방적인 해역의 특성상 계절에 따라서 수괴특성이 달리 관찰될 수 있을 가능성이 있음에도 불구하고 사계절 모두 내만종에 의해 군집이 조절되는 것으로 나타났으며, 여름철과 가을철에는 난류성 종들이 일부 출현하였지만 군집에 대한 기여도는 극히 낮았다. 그러나 이번 연구는 사계절 조사를 통해 얻어진 동물플랑크톤 자료를 활용한 단순 계절 군집 결과에 대한 해석이기 때문에 이 자료를 바탕으로 전남 바다목장화 지정되어 수산자원 관리 수면인 금오열도의 전반적인 동물플랑크톤 군집의 시·공간적 변동에 대한 지속적인 모니터링이 요구된다.

적 요

금오열도 연안에서 출현하는 동물플랑크톤 계절별 군집의 변동 양상을 이해하기 위해 그들의 출현 양상과 환경인자를 2003년 8월부터 2004년 4월까지 계절별로 실시하였다. 조사기간 동안 출현한 동물플랑크톤은 모두 44개 분류군이 출현하였고, 출현 개체수는 15~28,183 inds. m⁻³의 범위를 보였으며, *N. scintillans*가 가장 우점하는 분류군이었다. 동물플랑크톤 주요 분류군은 *N. scintillans*를 포함하여 *P. parvus* s. l., *A. omorii*, *Oithona* spp., *Aidanosagitta crassa*, 십각류 유생, 요각류 전기유생, 요각류 후기유생이었다. 종 다양도 지수는 여름철과 봄철에 낮게 나타난 반면에 가을철과 겨울철에는 높게 나타났다. 결과적으로 금오열도 연안의 동물플랑크톤 출현 양상이 계절에 따른 수온, 염분, Chl. *a* 농도와 함께 일부 내만종들에 기인하여 변동될 수 있음을 시사하고 있다.

사 사

본 논문은 국립수산과학원 “신자산어보 발간을 위한 흑산도 연안생태계 조사(RP-2013-ME-070)” 연구의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Alcaraz M, A Calbet, M Estrada, C Marrasé, E Saiz and I Trepapat. 2007. Physical control of zooplankton communities in the Catalan Sea. *Prog. Oceanogr.* 74:294-312.
- Baek SH, HH Shin, DS Kim and YO Kim. 2011. Relationship between distributional characteristics of heterotrophic dinoflagellate *Noctiluca scintillans* and environmental factors in Gwangyang Bay and Jinhae Bay. *Korean J. Environ. Biol.* 29:81-91.
- Beaugrand G, KM Brander, JA Lindley, S Souissi and PC Reid. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426:661-664.
- Beltrão R, M Monde and H Ueda. 2011. Characteristics and regional classification of the copepod community in Ariake Bay with note on comparison with 3 decades ago. *J. Oceanogr.* 67:47-58.
- Berggreen U, B Hansen and T Kiørboe. 1988. Food size spectra, ingestion and growth of the copepod *Acartia tonsa* during development: implications for determination of copepod

- production. *Mar. Biol.* 99:341-352.
- Boxshall GA and SH Halsey. 2004. *An Introduction to Copepod Diversity*. Ray Society, London.
- Chang KY, MS Suk, IK Pang and WJ Teague. 2000. Observations of the Cheju current. *J. Korean Soc. Oceanogr.* 35: 129-152.
- Chihara M and M Murano. 1997. *An illustrated guide to marine plankton in Japan*. Tokai University Press, Tokyo.
- Choo HS. 2002. The variations of ocean conditions and the distribution of eggs and larvae of anchovy in the southern sea of Korea in summer. *J. Korean Fish. Soc.* 35:77-85.
- Clarke KR and RM Warwick. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd ed. Primer-E Ltd, Plymouth.
- Daan R. 1987. Impact of egg production by *Noctiluca miliaris* on the summer development of copepod populations in the southern North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37:9-17.
- Evjemo JO, KI Reitan and Y Olsen. 2003. Copepods as live food organisms in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture* 227:191-210.
- Hairston NG Jr and AJ Bohonak. 1998. Copepod reproductive strategies: life-history theory, phylogenetic pattern and invasion of inland waters. *J. Mar. Syst.* 15:23-34.
- Han DH, SY Hong and CW Ma. 1995. Distribution of zooplankton in Deukryang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 28:517-532.
- Han KH and YS Oh. 2007. Fluctuation in abundance and species composition of fishes by bottom otter trawl in coastal waters of Geumodo, Yeosu. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.* 43:251-260.
- Hirst AG and AJ Bunker. 2003. Growth of marine planktonic copepods: Global rates and patterns in relation to chlorophyll *a*, temperature, and body weight. *Limnol. Oceanogr.* 48:1988-2010.
- Huang C and Y Qi. 1997. The abundance cycle and influence factors on red tide phenomena of *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in Dapeng Bay, the South China Sea. *J. Plankton Res.* 19:303-318.
- Hunter JR. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. pp. 34-37. In: R. Lasker (ed.) *Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology, and Relation to Fisheries*, Washington Sea Grant Program, Seattle.
- Hwang JH, KH Yoo, SH Lee and KH Han. 2008. Fluctuation in the abundance and species composition of fishes collected by a fyke net in the coastal waters of Geumo-do, Yeosu. *J. Korean Fish. Soc.* 41:39-47.
- Hwang OM, K Shin, SH Baek, WK Lee, S Kim and MC Jang. 2011. Annual variations in community structure of mesozooplankton by short-term sampling in Jangmok harbor of Jinhae Bay. *Ocean Polar Res.* 33:235-253.
- Isobe A. 1999. On the origin of the Tsushima Warm Current and its seasonality. *Cont. Shelf Res.* 19:117-133.
- Jang MC, K Shin, PG Jang and WJ Lee. 2010. Relationship between environmental factors and short-term variations of mesozooplankton during summer in Jangmok Bay, south coast of Korea. *Ocean Polar Res.* 32:41-52.
- Jang MC, PG Jang, K Shin, DW Park and M Chang. 2004. Seasonal variation of zooplankton community in Gwangyang Bay. *Korean J. Environ. Biol.* 22(Spe.):11-29.
- Jeong HG, HL Suh, YH Yoon, IH Choi and HY Soh. 2008a. The first records of two neustonic calanoid copepods, *Pontella securifer* and *P. sinica* (Calanoida, Pontelliidae) in the south sea, Korea. *Ocean Sci. J.* 43:91-100.
- Jeong HG, H-L Suh, YH Yoon and HY Soh. 2008b. Redescription of *Pontella* species (Calanoida, Pontelliidae) from Korean waters, with notes on their spatio-temporal distribution. *Ocean Sci. J.* 43:209-222.
- Kâ S and J-S Hwang. 2011. Mesozooplankton distribution and composition on the northeastern coast of Taiwan during autumn: effects of the Kuroshio Current and hydrothermal vents. *Zool. Stud.* 50:155-163.
- Kang YS and MS Park. 2003. Occurrence and food ingestion of the moon jellyfish (Scyphozoa: Ulmariidae: *Aurelia aurita*) in the southern coast of Korea in summer. *J. Korean Soc. Oceanogr. (The Sea)* 8:199-202.
- Kang YS and SY Hong. 1995. Occurrences of oceanic warm-water calanoid copepods and their relationship to hydrographic conditions in Korean waters. *Bull. Plankton Soc. Japan* 42:29-41.
- Kimmer WJ, N Ferm, MH Nicolini and C. Peñalva. 2005. Chronic food limitation of egg production in populations of copepods of the genus *Acartia* in the San Francisco Estuary. *Estuaries* 28:541-550.
- KORDI. 2003. *Studies on the development of marine ranching program in Tongyeong, Korea*. KORDI, Seoul.
- Lee MO and JH Choi. 2009. Distributions of water temperature and salinity in the Korea southern coastal water during *Cochlodinium polykrikoides* blooms. *J. Korean Soc. Mar. Environ. Eng.* 12:235-247.
- Lim DI, IK Um, SK Jeon, JM Yoo and HS Jung. Physiochemical characteristics of coastal pseudo-estuarine environmental formed during the summer flood season in the south coast of Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr. (The Sea)* 8:151-163.
- Miyaguchi H, T Fujiki, T Kikuchi, VS Kuwahara and T Toda. 2006. Relationship between the bloom of *Noctiluca scintillans* and environmental factors in the coastal waters of Sagami Bay, Japan. *J. Plankton Res.* 28:313-324.

- Moon SY, HJ Oh and HY Soh. 2010. Seasonal variation of zooplankton communities in the southern coastal waters of Korea. *Ocean Polar Res.* 32:411-426.
- Moon SY, HS Yoon, HY Soh and SD Choi. 2006. Environmental factors and variation characteristics of zooplankton communities in Gamak Bay. *Ocean Polar Res.* 28:79-94.
- Moon SY, MH Seo and HY Soh. 2011. Distribution characteristics of two dominant paracalanids on temperature and salinity in the brackish and coastal waters from the west and south coasts of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 29:11-16.
- Moon SY, W Lee and HY Soh. 2010. A new species of *Bestiolina* (Crustacea: Copepoda: Calanoida) from the Yellow Sea, with notes on the zoogeography of the genus. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 123:32-46.
- Nakamura Y. 1998. Biomass, feeding and production of *Noctiluca scintillans* in the Seto Inland Sea, Japan. *J. Plankton Res.* 20:2213-2222.
- Nikishina AB, AV Drits, YV Vasilyeva, AG Timonin, KA Solovyev, TN Ratkova and VM Sergeeva. 2011. Role of the *Noctiluca scintillans* population in the trophic dynamics of the Black Sea plankton over the spring period. *Oceanology* 51:1029-1039.
- Omori M and T Ikeda. 1984. *Methods in Marine Zooplankton*, John Wiley and Sons, New York.
- Park CW, MS Kim, CK Cho, YJ Park, SW Kim and JM Kim. 2003. Stomach contents of rockfish (*Sebastes schlegeli*) in artificially illuminated sea cage. *J. Aquacult.* 16:84-87.
- Park JS, SS Lee, YS Kang, BD Lee and SH Huh. 1990. The distributions of copepods and chaetognaths in the southern waters of Korea and their relationship to the characteristics of water masses. *Bull. Korean Fish. Soc.* 23:245-252.
- Parsons TR, Y Maita and GM Lalli. 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press.
- Quevedo M, R González-Quirós and R Anadón. 1999. Evidence of heavy predation by *Noctiluca scintillans* on *Acartia* clause (Copepoda) eggs off the central Cantabrian coast (NW Spain). *Oceanol. Acta.* 22:127-131.
- Seung YH, YJ Kim and JH Yoon. 2007. Seasonal characteristics of the Tsushima Current in the Tsushima/Korea Strait obtained by a fine-resolution numerical model. *Cont. Shelf. Sci.* 27:117-133.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.
- Sherr E and B Sherr. 2009. Understanding roles of microbes in marine pelagic food webs: a brief history. In Kirchman, D. L. (ed.), *Microbial Ecology of the Oceans*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York: 27-44.
- Soh HY, IT Lee, YH Yoon, SD Choi, SN Lee, MI Han, BS Kim, YH Kang and WB Lee. 2002. Species composition and occurrence patterns of zooplankton in Gamag Bay. *Korean J. Environ. Biol.* 20:118-129.
- Uye S. 2011. Human forcing of the copepod-fish-jellyfish triangular trophic relationship. *Hydrobiologia* 666:71-83.
- Uye S and H. Shimauchi. 2005. Population biomass, feeding, respiration and growth rates, and carbon budget of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in the Inland Sea of Japan. *J. Plankton Res.* 27:237-248.
- White JR and MR Roman. 1992. Egg production by the calanoid copepod *Acartia tonsa* in the mesohaline Chesapeake Bay: the importance of food resources and temperature. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 86:239-249.
- Wi JH, YH Yoon and HY Soh. 2009. Five *Oncaea* species (Copepoda, Poecilostomatoida, Oncaeidae) from the Korean waters, with notes on the spatio-temporal distribution of Korean oncaid species. *Ocean Sci. J.* 44:95-115.
- WoRMS. 2013. Copepoda. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1080> on 2013-07-31.
- Yoo JK, SH Youn and JK Choi. 2006. Temporal fluctuation and ecological characteristics of *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in the coastal waters of Incheon, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 24:372-379.
- Yoon HS and SD Choi. 2006. Study on resources annexation in Tongyeong Marine Ranching II. Change of growth and stomach contents on night-lights and feeding condition of black rockfish *Sebastes inermis*. *J. Korean Environ. Biol.* 24:138-146.
- Yoon HS, CW Park, HY Soh, IW Park and SD Choi. 2009. Comparative stomach contents and growth of the juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*, reared in illuminated and unilluminated cages. *Aquacult. Res.* 40:242-245.
- Yoon HS, CW Park, SY Moon, KH Han, HL Suh, YK An and SD Choi. 2008. Comparative stomach contents and growth of the juvenile black rockfish *Sebastes inermis* in illuminated and unilluminated cages. *Fish. Sci.* 74:657-661.

Received: 6 August 2013

Revised: 3 September 2013

Revision accepted: 3 September 2013