

Article

독도 주변에서 춘계와 추계의 동물플랑크톤 종 구성과 개체수

강정훈*¹ · 김용서¹ · 심재형²

¹한국해양연구원 해양자원연구본부
 (425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29
²서울대학교 지구환경과학부
 (151-742) 서울시 관악구 신림9동 산 56-1번지

Species Composition and Abundance of Zooplankton Community in Spring and Autumn around Dokdo

Jung-Hoon Kang*¹, Woong-Seo Kim¹, and Jae-Hyung Shim²

¹Marine Resources Laboratory, KORDI
 Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

²School of Earth and Environmental Sciences and Research Institute of Oceanography,
 Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract : Species composition and abundance of zooplankton were investigated around Dokdo in the East/Japan Sea in autumn 1999 and spring 2000. Vertical and horizontal hauls of a bongo net (300 μ m mesh size, 60 cm diameter) were made to collect zooplankton sample. Surface temperature and salinity ranged from 24.2°C to 25.1°C, and from 32.9 psu to 33.2 psu in September 1999, respectively. In May 2000, surface temperatures were 13.9°C and 14.2°C at stations of A1 and A8, and salinity was 34.5 psu at both stations. Zooplankton community was dominated by copepods which comprised 61% (September) and 60% (May) of total numerical abundance, respectively. The next dominant groups were appendicularians (11%) and chaetognaths (9%) in September 1999, and other crustaceans (27%) and appendicularians (4%) in May 2000. The 15.7% (September) and 23.2% (May) of copepods were in the juvenile stage of copepodite. The most dominant copepods were *Oncaea media* (10.4%) and *Clausocalanus* sp. (8.2%) which preferred warm water in September. In contrast, cold-water copepods such as *Pseudocalanus minutus* (9.4%) and *Metridia pacifica* (8.0%) were dominant in May. The results of cluster analysis based on Bray-Curtis index showed that zooplankton community were classified into two groups which represented different water mass. The average abundance of zooplankton in September was 2.1 times higher than that in May, and species number of them in September outnumbered that in May by 29 species. Zooplankton community varied in associated with a characteristic of warm waters which affected marine ecosystem differently in the study area depending on seasons.

Key words : 동물플랑크톤(zooplankton), 요각류(copepod), 종 구성(species composition), Bray-Curtis index, 개체수(abundance).

1. 서 론

울릉도를 포함한 독도 인근해역에서는 대마난류와 북한

한류가 만나 극전선(polar front)이 형성되며, 이와 관련된 물리적 작용에 의한 영양염 유입은 식물플랑크톤의 생산력을 증강시키며 결과적으로 동물플랑크톤 생물량 증가로 이어지는 것으로 알려져 있다(해양수산부, 1999). 섬 주변에서는 해류의 흐름과 관련하여 비롯된 다양한 해양학적

*Corresponding author. E-mail : jhkang@kordi.re.kr

환경, 즉 용승, 수직혼합, 유거수(run-off) 그리고 소용돌이와 같은 특성으로 인해 플랑크톤 생물량의 증가가 종종 관찰되는 섬 효과(island mass effect)가 발생한다(Le Borgne *et al.*, 1985; Perissinotto *et al.*, 2000). 이처럼 높은 생산력으로 인해 독도 주변해역에는 비상업종과 함께 상업성이 높은 회유성 어족이 많은 양으로 서식하고 있는 것으로도 알려져 있다. 또한 청정해역으로서 다양한 종의 생물들이 비교적 잘 보존되어 있어, 이 곳의 기초적인 생태학적 조사자료는 복구작업이 요구되는 오염해역의 적절한 관리방안수립에 귀중한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

독도 주변해역의 생태계를 구성하는 해양생물을 대상으로 한 종합적인 조사는 1997년에서야 비로소 이루어졌고, 그 이전에 수행된 조사들은 매우 단편적으로 이루어졌다. 표영생태환경에서는 박테리아, 식물플랑크톤 그리고 동물플랑크톤이 여름철인 7월에 조사되었고, 수중생물상은 해조류, 저서다모환충류, 연체동물, 갑각류 그리고 어류에 대해 7월과 10월에 각각 조사되었다. 박테리아에 관한 연구는 1997년 이전에는 수행된 바가 없었으며, 식물플랑크톤은 울릉도 및 독도의 식물플랑크톤(정, 1981)과 식물플랑크톤의 기초생산력(강과 강, 1992)에 대한 연구가 있다. 동물플랑크톤의 경우 수직분포와 주야수직이동에 대한 조사(Park *et al.*, 1997)와 울릉도 주변해역에서의 종조성과 양적분포에 관한 연구(강, 1989) 정도만이 있을 뿐이다. 이처럼 독도주변해역은 주요 생물자원의 생산성을 증강시킬 수 있는 잠재성이 높은 곳임에도 불구하고, 주변 해양

환경을 이해하고 파악하는데 필요한 생태학적 연구는 부진한 상태이다. 따라서 독도를 중심으로 하여 분포하는 생물의 기본자료 획득과 물리·화학자료의 체계적 수집이 매우 절실한 실정이다.

표영생태계에서 동물플랑크톤은 식물플랑크톤을 섭식하여 어류의 먹이로 이용되는 중간 연결자의 역할을 수행하여, 섬 주변에서의 물리·화학적 요인으로 인해 증강된 일차생산력을 어류에게까지 전달하는 역할을 맡고 있다. 따라서 독도주변해역에서의 동물플랑크톤 분포양상을 파악하는 것은 생태계의 구조 및 기능을 이해하는데 있어 필수적이다. 본 연구에서는 춘계와 추계에 독도 주변해역에서 출현한 동물플랑크톤의 종조성과 개체수의 변화를 이해하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

수온 및 염분

연구 수역의 해표면 수온분포(SST)는 NOAA에서 제공된 그림을 참조하였고, 현장수온 및 염분은 SBE 911plus CTD로 측정되었다. 자료 처리는 SeaBird사에서 고안한 자료처리 package(Sea-Bird Electronics)로 하였다(해양수산부, 2000).

동물플랑크톤 채집

독도주변해역의 동물플랑크톤 채집은 춘계와 추계 두 번에 걸쳐 수행되었다. 1차 조사는 1999년 9월 29일-30

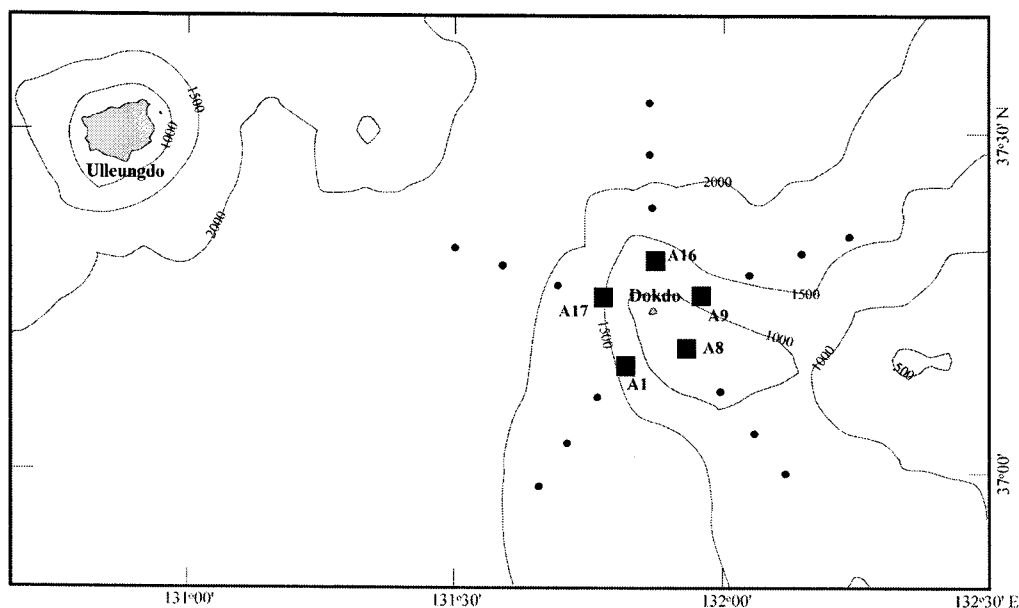


Fig. 1. A map showing sampling stations around Dokdo.

일에, 2차 조사는 2000년 5월 7일-9일에 수행되었다. 1, 2차 조사 모두 5개 정점(A1, A8, A9, A16, A17)에서 채집이 이루어졌으며(Fig. 1), 수직예인(A8, A16)과 수평예인(A1, A9, A17)을 교대로 하였다. 각 정점의 위치는 A1(37°10.735'N, 131°49.259'E), A8(37°06.778'N, 131°59.202'E), A9(37°15.649'N, 131°57.504'E), A16(37°18.515'N, 131°52.120'E) 그리고 A17(37°15.070'N, 131°46.260'E)이었다. 독도 주변해역에서의 동물플랑크톤 조사결과는 부족한 상태이며, 이 때문에 가끔적 많은 종을 얻기 위해 수평예인 외에 수직 채집을 병행하였다.

망목 300 μm , 망구직경 60 cm인 봉고네트를 사용하여, 수평예인 정점에서는 표층에서 대략 2 노트의 속도로 15 분간 예인하였다. 수직예인 정점에서는 수심 500 m까지 봉고네트를 내린 후 1 $\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$ 의 속도를 유지하며 수직 채집을 하였다. 여과된 해수의 부피를 정량화 하기 위해 유량계(flowmeter)를 봉고네트에 부착하였으며, 매 입수 및 회수시에 숫자를 기입하였다. 채집된 시료는 선상에서 채집통을 주의 깊게 세척하여 시료병에 옮겨 담은 후, 중성 포르말린으로 최종농도 5%가 되도록 고정하였다.

실험실로 옮겨진 동물플랑크톤은 해부현미경(Olympus Zoom Stereomicroscope, model SZ-ILA-LSGA)을 이용하여 최대 110배의 배율로 동정(identification)하였다. 종 수준까지 동정하기 위한 동물플랑크톤의 미세구조 관찰은 광학현미경(Olympus microscope)을 이용하여 최대 400배 하에서 수행되었다. 그러나 요각류를 제외한 생물군과 부유유생은 동정상의 어려움으로 보다 광범위한 분류군으로 나누었다. 요각류는 성체(adults)와 미성숙체(copepodites) 그리고 유생(nauplii)으로 구분되었다. 부표품(subsample)을 채취하기 위해 시료병에 고정·보관된 시료가 잘 섞이도록 흔들었다. 그 뒤 1 ml 용량의 스템펠 파이펫(Stempel pipette)으로 채취하여 보고로브 계수판(Bogorov counting tray)으로 옮긴 뒤 동정 및 계수하였다. 채집된 시료의 대표성을 위해 우점종이 100개체 이상 되도록 계수하였으며 최종적으로 단위 체적당 개체수(inds. m^{-3})로 환산하였다.

군집분석은 정점별 출현한 동물플랑크톤의 종 조성 및 개체수를 기초로 하여 Bray-Curtis index를 이용하여 계산된 후, dendrogram은 비유사도 지수(dissimilarity index)를 근간으로 나타냈다. 분석은 MVSP version 3.13b를 이용하여 수행되었다.

3. 결 과

수온 및 염분 변화

추계인 1999년 9월과 춘계인 2000년 5월의 표층수온 분포는 분명한 차이를 나타냈다(해양수산부, 2000). 추계에는 대한해협을 통해 유입된 고온의 대마난류수가 넓은

범위에 걸쳐 확산되어 있는 반면, 춘계에는 대마난류수의 유입정도가 상대적으로 약하게 나타났으며 대마난류에서 분지된 동한난류가 동해연안을 따라 북상하였다. 1999년 추계 조사기간동안 연구수역의 표층 수온은 24.2~25.1°C의 범위를 나타냈고, 표층염분은 32.9~33.2 psu의 범위를 나타냈다(Fig. 2). 2000년 춘계에는 정점 A1과 A8에서만 조사되었다. 표층수온은 정점 A1에서 13.9°C, 정점 A8에서 14.2°C를 나타냈으며, 표층염분은 모두 34.5 psu를 나타냈다(Fig. 3). 추계에는 독도 주변의 수온이 높고 염분이 낮게 나타난 반면, 춘계에는 수온과 염분이 유사한 변이양상을 나타냈다. 수온은 추계에 표층에서 수심 150 m에 이르기까지 24.2~25.1°C의 범위에서 2.5~3.3°C의 범위로 점차 감소하였으며, 이심에서는 일정하게 낮은 값을 나타냈다(Fig. 2). 춘계에는 표층에서 수심 250 m에 이르기까지 2.1~2.2°C의 범위로 점차적으로 감소하였으며, 이심에서는 거의 일정한 값을 나타냈다(Fig. 3). 추계에는 춘계와 달리 수온약층이 형성되었으며 수심 20~70 m 부근에서 수온변화가 급격하였다.

동물플랑크톤 군집

추계(9월)와 춘계(5월)의 조사기간 중 출현한 동물플랑크톤은 야광충(*Noctiluca scintillans*), 관해파리(siphonophores), 모악동물(chactognaths), 해파리(medusae), 살파류(salps), 난바다곤쟁이류(euphausiids), 지각류(cladocerans), 패충류(ostracods), 단각류(amphipods), 요각류(copepods), 유형류(appendicularians), 기타 유생 등으로 분류되었다. 조사기간동안 출현한 살파류는 모두 단독형 개체였으며, 단각류는 부유성 형태가 주를 이루었다.

추계 조사에서는 야광충, 관해파리류, 해파리류, 모악류, 지각류, 패충류, 요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류, 십각류, 유형류, 살파류 및 기타 유생들이 출현하였다. 이 중에 요각류가 26속 37종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 미성숙체(copepodite)와 유생(nauplii)을 포함한 요각류 개체수는 전체 출현 동물플랑크톤 개체수의 61%를 차지하였다(Fig. 4).

요각류 중에서 칼라누스류(calanoide copepods)가 23속 30종, 사이클로프스류(cyclopoid copepods)가 3속 7종으로 나타나 칼라누스류에 속하는 요각류가 22종이 더 많게 나타났다.

지각류는 2속 3종이, 모악류는 1속 4종이 출현하였다. 가장 많은 수가 나타난 분류군은 요각류의 미성숙체로 15.7%의 빈도를 나타냈고, 다음으로 유형류(11.0%), 요각류인 *Oncaea media*(10.4%)와 *Clausocalanus* sp.(8.2%), 모악류인 *Sagitta enflata*(4.5%), 야광충(4.1%)의 순서로 나타났다(Fig. 4, Table 1). 요각류 성체 중에서 우점한 종들은 *O. media*, *Clausocalanus* sp., *Oithona atlantica*,

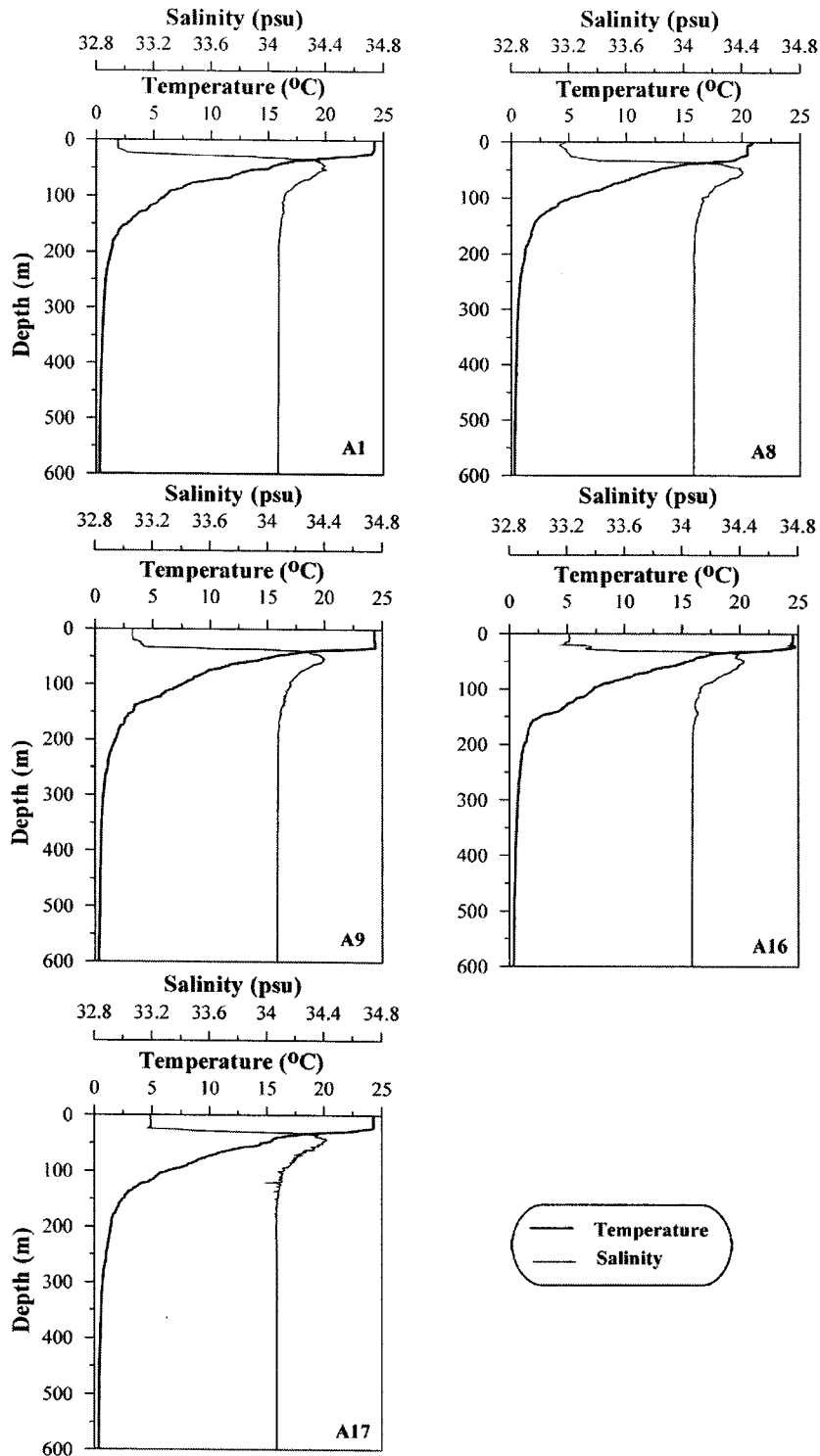


Fig. 2. Vertical distribution of temperature and salinity at the sampling stations in September 1999.

Acartia pacifica, *Corycaeus affinis*, *Nanocalanus minor*, *Calanus sinicus*, *Cosmocalanus darwini* 등으로 나타났다

(Fig. 5). 출현 개체수는 76(정점 A1)~950(정점 A9) inds. m^{-3} 의 범위로 정점에 따라 변화폭이 크게 나타났고, 평균

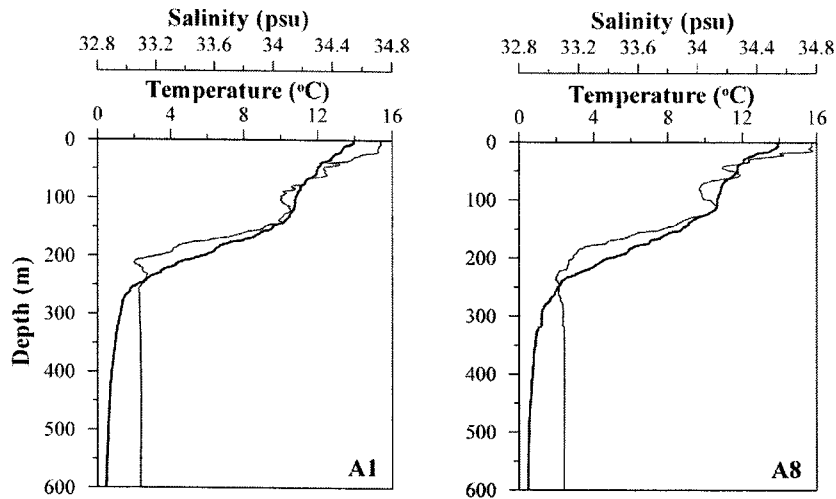


Fig. 3. Vertical distribution of temperature and salinity at the sampling stations in May 2000.

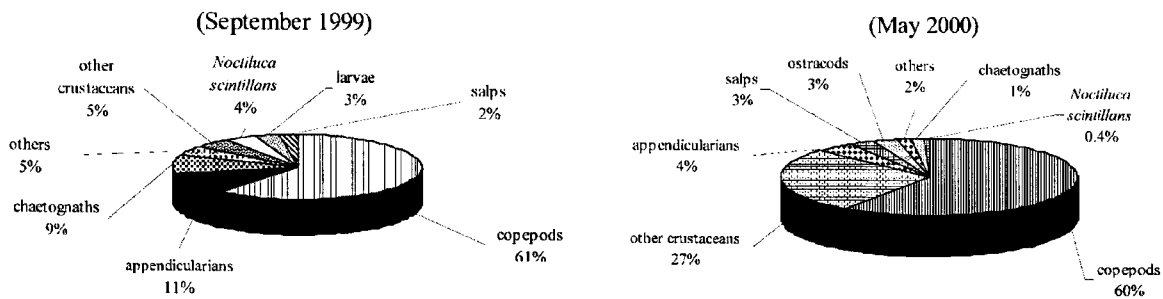


Fig. 4. The taxonomic groups of zooplankton collected around Dokdo in September 1999 and May 2000.

Table 1. Species composition and abundance of zooplankton collected around Dokdo in September 1999.

(Units : inds. m⁻³)

Species	Station	A1	A8	A9	A16	A17	Average	%
<i>Noctiluca scintillans</i>		30	10	26	5	27	20	4.1
Siphonophores		2	2	8	3	3	4	0.7
Medusae		1	2	3			1	0.2
<i>Sagitta crassa</i>		1	1	16	11	45	15	3.0
<i>S. enflata</i>		2	2	42	15	50	22	4.5
<i>S. hexaptera</i>			1				*	0.1
<i>S. minima</i>			10		11	12	7	1.4
<i>Evadne spinifera</i>						7	1	0.3
<i>E. tergestina</i>		7		11		17	7	1.4
<i>Penilia avirostris</i>				5	3	2	2	0.4
Ostracods			18		28	2	10	1.9
<i>Acartia pacifica</i>		1	6	26	8	41	16	3.3
<i>Acrocalanus gibber</i>					8		2	0.3
<i>Calanus sinicus</i>			2	18	3	31	11	2.2
<i>Candacia bipinata</i>				3	3		1	0.2
<i>C. catula</i>			1	8		14	5	0.9

Table 1. Continued.

Species	Station						Average	%
	A1	A8	A9	A16	A17			
<i>C. furcatus</i>			3		2	1	0.2	
<i>C. violaceus</i>		2		1	2	1	0.2	
<i>Clausocalanus</i> sp.		8	124		70	40	8.2	
<i>Clytemnestra rostrata</i>				1		*	0.1	
<i>Corycaeus affinis</i>	1	6	42	19	12	16	3.2	
<i>C. erythraeus</i>		*	16		2	4	0.7	
<i>C. pacificus</i>		1			7	2	0.3	
<i>C. speciosus</i>					9	2	0.4	
<i>Cosmocalanus darwini</i>		3	29		14	9	1.9	
<i>Eucalanus attenuatus</i>			8			2	0.3	
<i>E. mucronatus</i>				3	9	2	0.5	
<i>Euchaeta indica</i>			3		2	1	0.2	
<i>Labidocera acuta</i>			3			1	0.1	
<i>Macrosetella gracilis</i>		1				*	0.1	
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>				1	5	1	0.3	
<i>Metridia pacifica</i>		6		4		2	0.4	
<i>Microsetella norvegica</i>				1		*	0.1	
<i>Nanocalanus minor</i>		6	26	3	26	12	2.5	
<i>Neocalanus cristatus</i>		1				*	0.1	
<i>N. gracilis</i>			29			6	1.2	
<i>Oithona atlantica</i>		22	34	31	14	20	4.1	
<i>O. plumifera</i>				3	2	1	0.2	
<i>Oncaea media</i>	1	18	134	21	79	51	10.4	
<i>Paracalanus aculeatus</i>					7	1	0.3	
<i>P. indicus</i>					3	1	0.1	
<i>Paraeuchaeta elongata</i>		2				1	0.1	
<i>Sapphirina</i> sp.					5	1	0.2	
<i>Scolecithricella minor</i>		6		5		2	0.5	
<i>Scolecithrix danae</i>				1	2	1	0.1	
<i>Temora discaudata</i>			5	1	2	2	0.3	
<i>T. stylifera</i>					2	*	0.1	
<i>Undinula vulgaris</i>			13		7	4	0.8	
Copepodite	5	58	153	39	129	77	15.7	
Unid. nauplii			3	4		1	0.3	
Amphipods		8	24	9	3	9	1.8	
Euphausiids		3	5	3	2	3	0.5	
Decapods		1	16	5	24	9	1.9	
Calyptosis				1	7	2	0.3	
Appendicularians	16	13	89	34	117	54	10.9	
Salps	7	2	11	3	38	12	2.5	
Mollusca larvae	3	9	16	5	43	15	3.1	
Polychaeta larvae		2				*	0.1	
Total (inds. m ⁻³)	76	236	950	297	893	490	100	

*indicates < 1 inds. m⁻³.

출현 개체수는 491 inds. m⁻³으로 나타났다(Fig. 6).

총계 조사에서는 야광충, 해파리류, 모악류, 패충류, 요각류, 단각류, 난바다곤쟁이류, 유형류, 살파류 그리고 기

타 유생을 포함한 대 분류군으로 나뉘어졌다. 이 중에 요각류가 12속 16종이 출현하였으며, 미성숙체와 유생을 포함한 요각류 개체수는 전체 출현 동물플랑크톤 개체수의

Table 2. Species composition and abundance of zooplankton collected around Dokdo in May 2000.

(Units : inds. m⁻³)

Species	Station	A1	A8	A9	A16	A17	Average	%
<i>Noctiluca scintillans</i>				2		3	1	0.4
Medusae		5	3	5		3	3	1.3
<i>Sagitta crassa</i>		4		2	3		2	0.8
<i>S. elegans</i>			4			3	1	0.6
Ostracods			13	2	15		6	2.7
<i>Acartia omorii</i>		3					1	0.3
<i>Calanus sinicus</i>		3	1	12	3	3	4	1.9
<i>Clausocalanus</i> sp.		9	10				4	1.7
<i>Corycaeus affinis</i>		1	7	17	3	28	11	4.9
<i>C. erythraeus</i>				2			*	0.2
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>			1	7		3	2	1.0
<i>Metridia pacifica</i>		13	18		43	18	18	8.0
<i>Neocalanus cristatus</i>			1				*	0.1
<i>Neocalanus</i> sp.					3		1	0.2
<i>Oithona atlantica</i>		1	12	15	10	3	8	3.6
<i>O. plumifera</i>				5			1	0.4
<i>O. similis</i>			1	5	3		2	0.8
<i>Paracalanus indicus</i>		3	6	5		10	5	2.1
<i>Paraeuchaeta elongata</i>			3		5		2	0.7
<i>Pseudocalanus minutus</i>		23	10		69	5	22	9.4
<i>Scolecithricella minor</i>			7		5		3	1.1
Copepodite		42	18	54	43	109	53	23.2
Unid. nauplii				2			*	0.2
Amphipods		12		69	15	13	22	9.4
Euphausiids				2	3	3	2	0.7
Calyptosis		62	3	71	13	46	39	16.9
Appendicularians		7		34		8	10	4.3
Salps		29	3				6	2.8
fish eggs			1				*	0.1
Mollusca larvae						3	1	0.2
Total (inds.m ⁻³)		216	126	314	235	256	229	100

*indicates < 1 inds.m⁻³.

60%를 차지하였다(Fig. 4). 요각류 중에서 칼라누스류가 10속 11종, 사이클로프스류가 2속 5종으로 나타나 칼라누스류에 속하는 요각류가 6종이 더 많이 나타났다. 추계에 출현했던 지각류는 추계에 출현하지 않았으며, 모악류는 1속 2종이 출현하여 추계에 비해 2종이 적게 나타났다. 최우점 하였던 분류군은 요각류의 미성숙체로 23.2%의 빈도를 나타냈고, 다음으로 십각류 유생(16.9%), *Pseudocalanus minutus*(9.4%), 단각류(9.4%), *Metridia pacifica*(8.0%), *Corycaeus affinis*(4.1%)의 순서로 나타났다(Fig. 4, Table 2). 요각류 성체 중에서 우점한 종들은 *P. minutus*, *M.*

pacifica, *C. affinis*, *Oithona atlantica*, *Paracalanus indicus*, *Calanus sinicus*, *Clausocalanus* sp. 등으로 나타났다(Fig. 5). 정점별 출현 개체수는 126(정점 A8)~314(정점 A9) inds. m⁻³의 범위로 정점에 따른 변화 폭은 크지 않았으며, 평균 출현 개체수는 229 inds. m⁻³으로 나타났다(Fig. 6). 특징적으로 이 시기에 정점 A1에서는 대형 살파류가 다량 출현하였고, 이와 더불어 해파리류도 다량 출현하였다. 동물플랑크톤 개체수 면에서, 추계의 경우 정점 A1, A8 그리고 A16(76~297 inds. m⁻³)과 달리 A9와 A17에서는 상당히 높은 개체수(893~950 inds. m⁻³)가 출현하

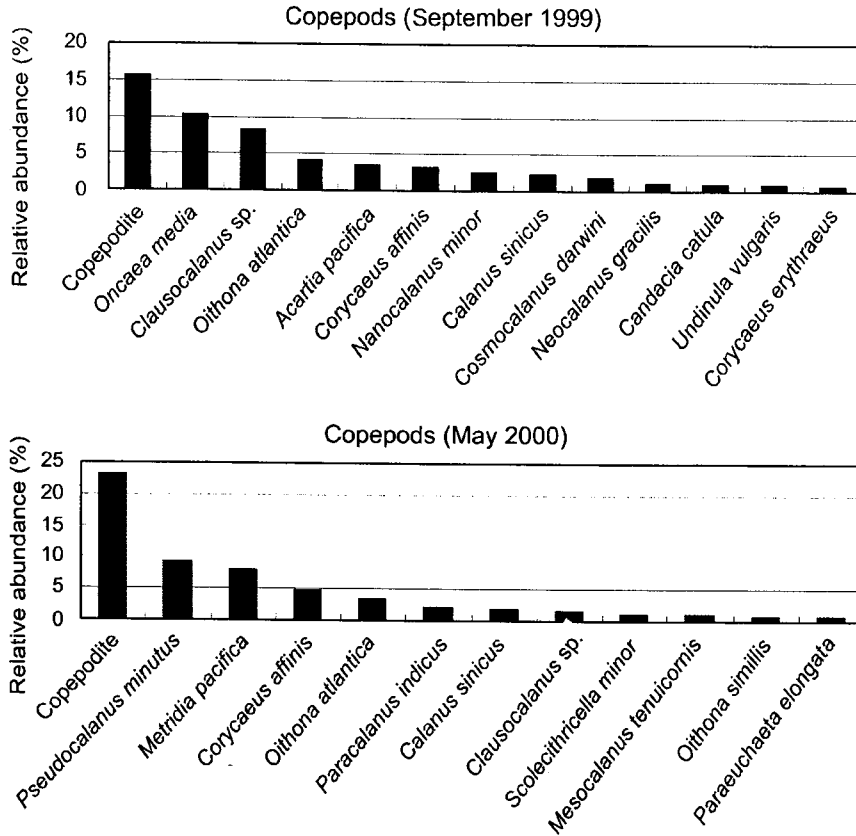


Fig. 5. Relative abundance of dominant copepods in September 1999 and May 2000.

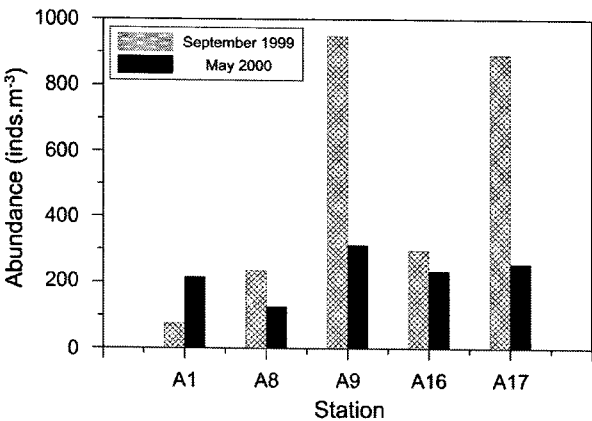


Fig. 6. Variation of zooplankton abundances at each sampling station around Dokdo in September 1999 and May 2000.

였고, 춘계의 경우에도 정점 A9과 A17에서의 개체수가 다른 정점에 비해 높았으나 추계와 같은 큰 폭의 차이를 나타내지는 않았다.

동물플랑크톤 군집에서 우점한 분류군인 요각류 개체군

에서 우점한 요각류를 보면 추계의 우점종 서열과 춘계의 우점종 서열에 계절적인 차이를 나타냈다. 군집분석 결과, 추계의 경우 수평채집한 정점 A8과 A16, 수직채집한 정점 A1, A9 그리고 A17이 구별되어 나타났으며, 특히 정점 A1은 다른 네 개의 정점과 비교하여 낮은 유사도를 나타냈다(Fig. 7). 춘계의 경우에도 채집방법에 따른 차이가 있었으며(Fig. 7), 이는 표층 수역에 서식하는 종들과 중층에 분포하는 종들의 조성 및 개체수에 차이가 있었음을 내포한다.

추계에 출현한 동물플랑크톤 종 수는 총 59종으로 춘계에 비해 29종이 많았으며, 개체수 또한 491 inds. m⁻³로 춘계의 229 inds. m⁻³보다 높게 나타났다. 요각류 중에서 요각류 미성숙체를 제외한 최우점종 중에서 난수선호종인 *O. media*와 *Clausocalanus sp.*가 추계에 우점하였고, 춘계에는 냉수 선호종인 *P. minutus*와 *M. pacifica*가 우점하였다.

4. 토 의

동해환경에서 동물플랑크톤 연구는 다양한 관점에서 수

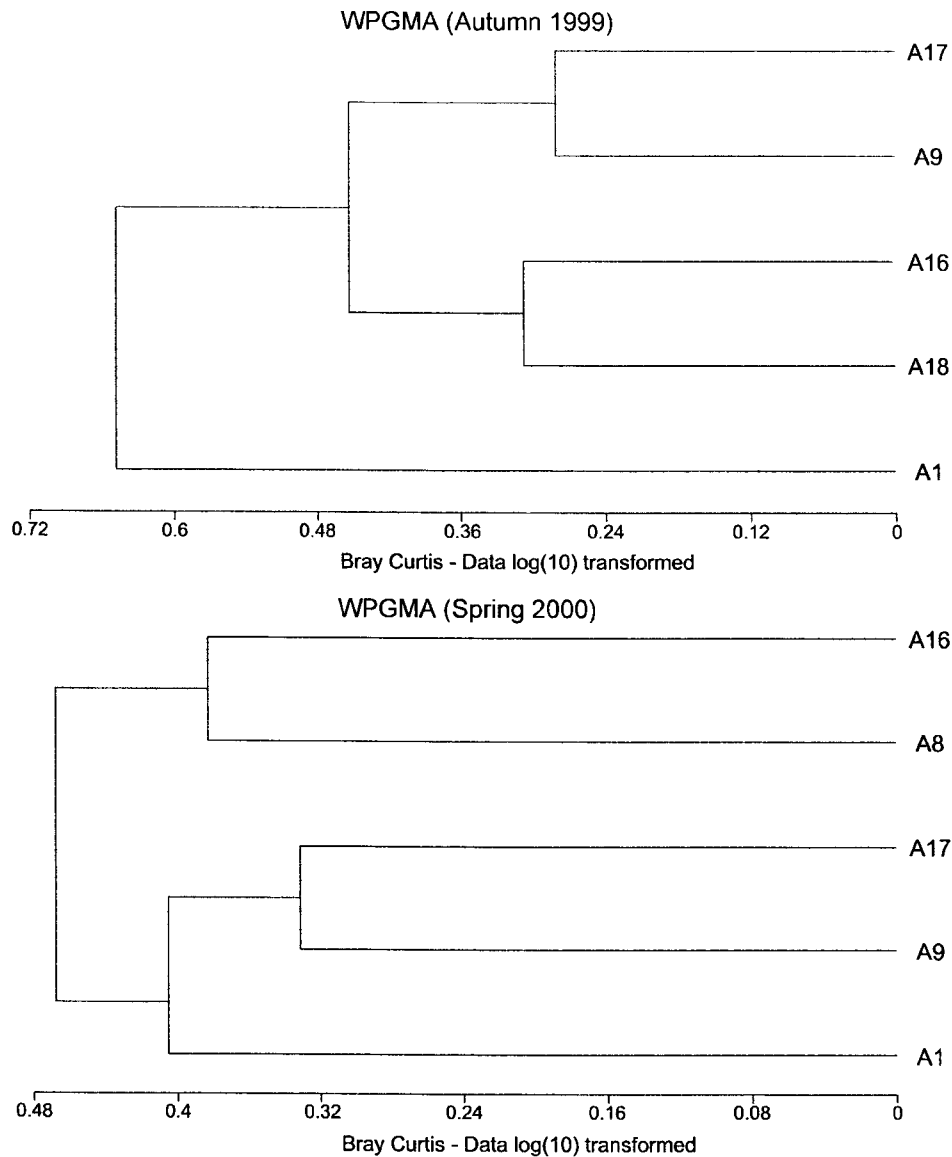


Fig. 7. Dendrogram showing the dissimilarity between stations based on the zooplankton community calculated by using the Bray-Curtis index in September 1999 and May 2000 around Dokdo.

행되었는데, 대부분이 종 조성, 개체수 그리고 생물량 등의 기초적 정보를 제공하는데 초점이 맞추어져 왔다(박, 1973; Shim, 1982; Shim and Bak, 1983; 강, 1989; 해양수산부, 1999; 해양수산부, 2000). 이에 더하여 물리학적 특징인 극전선(polar front)에 관련된 수온과 동물플랑크톤 분포(박과 최, 1997; 박 등, 1998)와 동물플랑크톤의 일주 수직이동(Park *et al.*, 1997)에 관련된 연구들이 있다. 또한 장기적 동물플랑크톤 변동(Kang *et al.*, 2000), 난수성 소용돌이와 관련된 동물플랑크톤 분포(한국해양연구소, 2000), 연안에서 발생하는 용승과 관련된 분포(이와 박,

2002)가 보고되었다. 이 중에서 독도 부근에서 동물플랑크톤을 조사한 기록은 강(1989), 해양수산부(1999, 2000), 그리고 한국해양연구소(2000)와 한국해양연구원(2002)에 한정된다. 해양수산부(1999)는 동물플랑크톤의 군집분석을 통해 독도 부근과 한국 연안역간의 상관계수(correlation coefficient)가 0.66이며, 이는 독도와 울릉도간의 상관계수(0.87) 보다 낮음을 보고하였다. 대마난류수의 세력이 강하게 나타났던 1999년 추계에 동물플랑크톤 군집의 1% 이상 점유하는 요각류 중에서 난류선호종들이 대부분을 차지하고 있었으며, 상대적으로 대마난류수의 유입이 적

었던 2000년 춘계에는 한류를 선호하는 종들이 대부분을 구성하였다(Fig. 5). 추계에 나타난 연구수역의 표층염분은 정점간에 최대 0.3 psu의 차이를 나타낸 반면 표층수온은 대략 1°C 이내의 차이를 나타냈고, 춘계에는 정점간의 표층수온이 최대 0.3°C의 차이를 나타낸 반면 염분은 차이가 없었다. 추계에 독도주변의 표층수온(24.2°C~25.1°C)은 해양수산부(1999)가 보고한 독도주변의 하계수온분포(23.6°C~24.0°C)보다 오히려 높게 나타나 이 시기에 대마난류의 영향이 상당히 강했던 것으로 판단된다. 이로 인해 요각류인 *Oncaea media*, *Clausocalanus* sp. *Acartia pacifica*, *Corycaeus affinis*, *Nannocalanus minor*와 같은 난수종이 추계에 우점하였다. 이때에 차가운 물을 선호하는 *Oithona atlantica*가 출현한 것은 500 m 수심까지 수직채집한 결과에 기인하였다. 그리고 춘계에는 *Pseudocalanus minutus*, *Metridia pacifica* 그리고 *O. atlantica* 등의 냉수를 선호하는 종들이 우점하였고, 이 시기에 난류종인 *C. affinis*가 출현한 것은 난류가 미약하나마 영향을 미치고 있음을 시사한다. 특히 난류의 표층유입이 상당하였던 추계에 수평채집한 정점 A9와 A17의 개체수가 다른 정점에 비해 높게 나타난 것은 난류종인 모악류 *Sagitta enflata*와, 요각류인 *A. pacifica*, *Clausocalanus* sp., *O. media* 그리고 요각류 미성숙체의 높은 개체수에 기인하였다. 박 등(1998)은 추계에 난류와 한류에 의해 비롯된 수온구배가 동물플랑크톤 분포에 영향을 끼쳤음을 다음과 같이 보고하였다. 수온범위가 15~18°C의 범위에서는 단각류와 요각류인 *Clausocalanus furcatus*가, 9~15°C의 경우 유공충과 단각류 그리고 요각류 *M. pacifica*가, 9°C 이하의 환경에서는 요각류인 *M. pacifica*와 *Neocalanus* sp.가 우점하였다.

동해환경은 북부의 북한한류와 남부의 대마난류에 의해 형성되는 전선이 특징적이며, 한류와 난류의 상대적인 세력에 의해 그 위치 또한 심하게 바뀌는 특성이 있어 매우 복잡한 현상을 나타낸다. 전선역을 기점으로 난류의 영향을 받는 수역에서 출현한 동물플랑크톤 종 수는 냉수역에 비해 높게 나타나며, 개체수는 낮게 나타난다(박 등, 1998). 동해 남서부해역에서 Shim and Lee(1986)는 1984년 춘계에 출현한 동물플랑크톤 평균 개체수가 1985년 추계보다 높게 나타났음을 보고하였다. 이와 반대로 추계의 종 수는 춘계에 비해 높게 기록되었으며, 이와 같은 양상은 한국해양연구원 보고서에서도 유사하게 나타났다. 2000년과 2001년에 동해 남서부해역 및 북서부 해역에서 추계와 춘계에 기록된 동물플랑크톤은 각각 87 inds. m⁻³~1,301 inds. m⁻³와 560 inds. m⁻³~5,036 inds. m⁻³의 범위를 나타내어, 춘계 평균 개체수가 추계에 비해 약 3배정도 높게 기록되었다. 반면 종 수는 추계에 74종으로 춘계의 50종에 비해 다양한 종이 출현함을 나타냈다(한국해양연

구소, 2000; 한국해양연구원, 2002). 그러나 독도 부근해역에서는 난류수의 영향을 받았던 추계에는 한류수의 영향이 우세한 춘계에 비해 출현 종 수가 많았으나, 개체수가 춘계보다 높게 나타나 기존 연구결과와 다소 상이하였다.

수평 예인한 정점에서 급격한 개체수 증가에 기여한 동물플랑크톤은 대부분 *O. media*, *Clausocalanus* sp. *A. pacifica*와 같은 소형 요각류 들이었다. 싸이클로프스류 *Oncaea*속의 종들은 대부분 육식성이며(Shim and Lee, 1986), 용승역과 같은 환경에서 대량 출현한 예가 있는데, 이는 요각류 미성숙체의 높은 개체수와 무관하지 않은 것으로 보이며, 높은 먹이농도에 기회적으로 증가한 것으로 보인다(Cowles et al., 1987). 동해 외양역에서 초식성 요각류의 섭식률은 먹이농도에 비례하여 증가한 예가 있으며(한국해양연구소, 2000), 먹이의 증가로 인한 초식성 요각류 *Clausocalanus* sp.와 *A. pacifica*의 증가 가능성을 배제할 수 없다. 한편 개체수 증가 가능성의 물리적인 요인으로 극전선(polar front)과 섬 효과를 들 수 있다. 극전선이 표영생태계에서 식물플랑크톤으로부터 유영생물에 이르기까지 중요한 영향을 끼치는 것은 잘 알려져 있으며, 증가된 식물플랑크톤과 관련된 섭식자의 증가도 같이 보고되었다(Choi, 1991; Barange et al., 1998). 해류가 섬에 부딪혀 교란되면 이에 수반되어 섬 주위에서 다양한 물리학적 현상이 발생하는데, 소형 소용돌이와 차갑고 영양염이 풍부한 저층수의 유광대 유입이 그것이다. 이로 인해 섬 주위에서 일차생산량과 생물량이 증가하는 것을 섬 효과라 한다(Rissik et al., 1997; Hernandez-Leon et al., 2001). 이처럼 독도 주변해역에서의 동물플랑크톤 분포를 좌우할 수 있는 요인이 상당 부분 잠재되어 있어 이에 대한 심층적인 연구가 요구된다.

참고문헌

- 강대석. 1989. 울릉도 부근 해역에서의 동물 플랑크톤의 종조성 및 양적분포에 관한연구. 서울대학교 석사학위논문. 80 p.
- 강용주, 강형구. 1992. 초여름 독도 근해에서의 식물플랑크톤에 의한 기초생산력, 섬연구회논문집. 1, 36-45.
- 박주석. 1973. 한국근해 동물성 부유생물의 주요군의 양적분포. 한국해양학회지. 8, 33-45.
- 박 철, 이창래, 김정창. 1998. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집: 2. 수온과 분포의 관계. 한국수산학회지. 31, 749-759.
- 박 철, 최중기. 1997. 동해 전선역 동물플랑크톤 군집 : 1. 종 목록, 우점종 분포, 중간 유연관계. 한국수산학회지. 30, 225-238.
- 이창래, 박 철. 2002. 동해연안용승과 동물플랑크톤 분포. p. 111. In: Proceedings of the Spring meeting, 2002 of the

- Korean Society of Oceanography, Kwangju, Korea, May 9-11. The Korean Society of Oceanography.
- 정윤호. 1981. 울릉도 및 독도의 식물성 플랑크톤, 한국자연보존협회 조사보고서, 제 19호, 221-228.
- 해양수산부. 1999. 독도해양환경·수산자원 보전을 위한 기초연구. 독도해양·수산연구회 544 p.
- 해양수산부. 2000. 독도생태계 등 기초조사 연구. BSPM 99045-00-1282-6. 한국해양연구소 보고서 1033 p.
- 한국해양연구소. 2000. 동해기후변동 예측과 진화연구. BSPE 00783-00-1306-1. 해양연구원 보고서. 435 p.
- 한국해양연구원. 2002. 동해기후변동 예측연구. BSPE 817-00-1396-1. 한국해양연구원 보고서. 330 p.
- Barange, M., E.A. Pakhomov, R. Perissinotto, P.W. Froneman, H.M. Verheye, J. Taunton-Clark, and M.I. Lucas. 1998. Pelagic community structure of the Subtropical convergence region south of Africa and in the mid-Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.*, 45, 1663-1687.
- Choi J.K. 1991. The influence of the tidal front on primary productivity and distribution of phytoplankton in the mid-eastern coast of the Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 26, 223-241.
- Cowles, T.J., M.R. Roman, A.L. Gauzens, and N.J. Copley. 1987. Short-term changes in the biology of a warm-core ring: Zooplankton biomass and grazing. *Limnol. Oceanogr.*, 32(3), 653-664.
- Hernandez-Leon, S., C. Almeida, M. Gomez, S. Torres, I. Montero, and A. Portillo-Hahnefeld. 2001. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island-generated eddies around Gran Canaria. *J. Mar. Syst.*, 30, 51-66.
- Kang, S.K., S. Kim, and S.W. Bae. 2000. Changes in ecosystem components induced by climate variability off the eastern coast of the Korean Peninsula during 1960-1990. *Prog. Oceanogr.*, 47, 205-222.
- Le Borgne, R., Y. Dandonneau, Y. and L. Lemasson. 1985. The problem of the island mass effect on chlorophyll and zooplankton standing crops around Mare (Loyalty Islands) and New Caledonia. *Bull. Mar. Sci.*, 37, 450-459.
- Park, C., C.R. Lee, and S.Y. Hong. 1997. Patterns of vertical distribution and diel vertical migration of zooplankton in the East Sea of Korea (Sea of Japan). *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 32, 38-45.
- Rissik, D., M.I.M. Suthers, and C.T. Taggart. 1997. Enhanced zooplankton abundance in the lee of an isolated reef in the south Coral Sea: the role of flow disturbance. *J. Plankt. Res.* 19, 1347-1368.
- Perissinotto, R., J.R.E. Lutjeharms, and R.C. van Ballegooyen. 2000. Biological-physical interactions and pelagic productivity at the Prince Edward Islands, Southern Ocean. *J. Mar. Syst.*, 24, 327-341.
- Shim, J.H. 1982. Plankton distribution in the south eastern sea of Korean in September, 1981. p. 41-85. In: *Oceanographic studies on the south eastern sea of Korea. by Shim et al.* Res. Inst. for Basic Sci. Seoul National University.
- Shim, J.H. and S. Bak. 1983. A biological oceanographic study on the southern waters of Korean East Sea. p. 101-167. In: *Oceanographic study on the southern waters of Korean East Sea, by Shim et al.* Res. Inst. for Basic Sci. Seoul National University, RIBS-ED-82-507.
- Shim, J.H. and T.S. Lee. 1986. Studies of the plankton in the Southwestern waters of the East Sea (Sea of Japan) (III) : Zooplankton-standing stock, composition and distribution. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 21(3), 145-155.

Received Nov. 1, 2002

Accepted Dec. 24, 2002