

울돌목 수로 동물플랑크톤의 군집 특성

유정규* · 정정호¹ · 남은정² · 명철수²

인하대학교 해양학과, ¹광운대학교 환경공학과, ²(주)이엔씨 기술연구소

Characteristics of Zooplankton Community in the Udolmok Waterway, Korea

Jeong Kyu Yoo*, Jung Ho Jung¹, Eun Jung Nam² and Chul Soo Myung²

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-020, Korea

¹Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea

²Environmental Engineering and Consultant Technology Institute, Incheon 405-839, Korea

Abstract - 55 zooplankton taxa including 35 copepoda were observed in the Uldolmok waterway during the sampling period from August 2003 to April 2004. Neritic species showed the seasonal species fluctuation, and oceanic warm-water species occurred throughout the year. The number of taxa tended to increase at the flood tide from low tide to high tide, and to decrease at the ebb tide from high tide to low tide. Therefore, species composition of zooplankton in the Uldolmok waterway seemed to be affected by the inflow of oceanic waters with oceanic species all the year round. Total abundance of zooplankton ranged from 104 (February 2004) to 2,717 indiv. m⁻³ (August 2003). According to the tidal cycle, the change of total abundance was more irregular and variable in November 2003 and February 2004 than August 2003 and April 2004. In August 2003 and April 2004, total abundance was low at the strong tide, and was high at low and high tide when tidal current was weak. Average abundances of dominant species such as *Paracalanus indicus*, *Cirripedia nauplii* and *Acartia hongi* were on the order of twice higher at ebb tide than flood tide. However, their abundances were also subject to wide fluctuation within flood tide and ebb tide. The changes of environmental parameters such as water temperature, salinity and chlorophyll-*a* concentration were negligible along the tidal periods in the Uldolmok waterway. Therefore, the advection, transfer and loss of zooplankton population derived from strong tidal current and eddy formed by the local difference of tidal velocity lead temporal variation of zooplankton community more complex and variable in the Uldolmok waterway.

Key words : Uldolmok waterway, zooplankton, flood tide, ebb tide

서 론

동물플랑크톤은 해수 흐름에 수동적이라는 개념 상

이동 및 분포에 있어 일차적으로 해수 이동에 영향을 받는다 (Gagnon and Lacroix 1983; Resgalla *et al.* 2001). 일반적으로 연안 및 하구역에서 동물플랑크톤의 분포는 물리-화학적 요인과 생물학적 요인 등에 의해 영향을 받으며, 특히 수온, 염분, 그리고 먹이 농도 등이 가장 큰 영향 요인으로 인식된다 (Riley 1967; Haury *et al.* 1992;

* Corresponding author: Jeong Kyu Yoo, Tel. 032-467-5753, Fax. 032-471-5752, E-mail. jkyoo@ecocean.co.kr

Dauvin *et al.* 1998). 따라서 이들 요인에 영향을 미치는 조류 세기와 방향의 단주기 변화는 동물플랑크톤 분포에 가장 큰 영향 요인으로 고려되며, 동물플랑크톤은 해수면, 조류 세기, 조류 방향 변화에 대처하며 개체군을 유지한다 (Kimmerer *et al.* 1998; Roman *et al.* 2001; Ueda *et al.* 2004). 따라서 물리적 환경 변화가 심한 해역에서는 동물플랑크톤의 조성 및 생물량이 대, 소조기 그리고 조석주기에 따라 다양하게 나타난다 (Morgan *et al.* 1997; Villate 1997).

조사 해역인 울돌목 수로는 길이 약 1,100 m, 폭이 약 300~500 m로 해협이 좁고 지형적인 영향으로 유속이 최대 13 knot (6.6 m s^{-1})에 이른다 (강 등 2002; Kang *et al.* 2003; 최 등 2004). 따라서 선박에서 네트를 이용한 동물플랑크톤 조사가 매우 어려운 해역으로 꼽히기 때문에 동물플랑크톤 조사가 미비하다. 생물학적 관점에서 울돌목 수로는 서해와 남해가 만나는 점이 지대로서 빠른 조류에 의해 남해와 서해 해양생물의 이동이 예상되며 단주기적으로 생물량의 이동 및 변이가 클 것으로 예상된다. 본 연구에서는 울돌목 수로에서 고정 구조물을 이용한 동물플랑크톤 채집을 통해 조석주기에 따른 정성-정량 변화를 관찰하여 동물플랑크톤 군집 현황을 파악하고자 한다.

조사 방법

조사는 진도대교 밑 해남군 화원반도 방향에 위치한 시험조류발전시설에서 2003년 8월부터 2004년 4월까지 주간 13시간 연속관측으로 총 4회가 수행되었다 (Fig. 1). 시험조류발전시설이 설치된 곳의 수심은 만조 시 6 m였다. 환경 요인 및 동물플랑크톤의 채집은 오전 저조 (Low1)로부터 2시간 후 (F1), 4시간 후 (F2), 고조 (High), 고조로부터 2시간 후 (E1), 4시간 후 (E2), 오후 저조 (Low2) 등 2시간 간격으로 수행하였다. 환경요인으로는 표층 수온 및 염분 그리고 식물플랑크톤 엽록소 *a* 농도가 측정되었다. 강한 조류에 의해 표, 저층 간 수괴혼합이 잘 되었을 것으로 가정하여 저층의 환경요인은 고려하지 않았다. 수온 및 염분은 채수 후 현장에서 YSI-30으로 측정하였으며, 식물플랑크톤 엽록소 *a* 농도는 현장 해수 500 mL를 취하여 여과지 (Whatman GF/C, $1.2 \mu\text{m}$ pore size)로 여과한 후 여과지를 페트리디쉬 (petri-dish)에 옮겼다. 옮겨진 여과지는 빛을 차단하기 위해 호일로 감싼 후 -60°C 이하에서 냉동 보관하였다. 냉동 보관 후 실험실에서 아세톤으로 24시간 동안 엽록소를 추출한 후 형광광도계 (Turner design fluorometer)로 엽록소 *a*

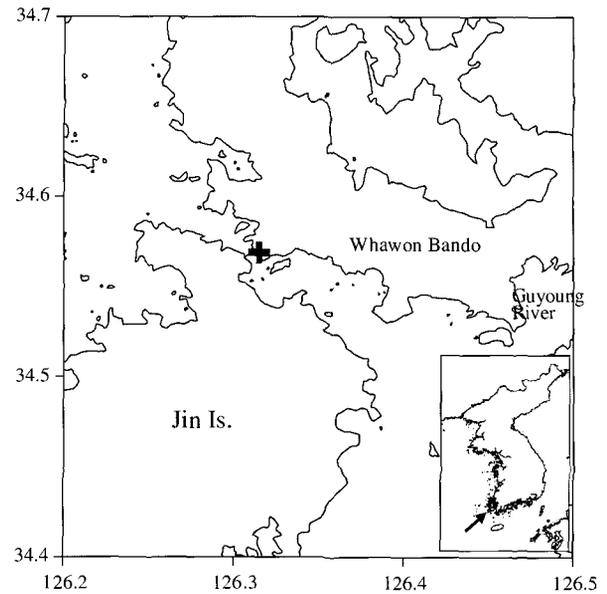


Fig. 1. A map showing the sampling site in the Uldolmok waterway.

농도를 측정하였다 (Parsons *et al.* 1984).

동물플랑크톤의 채집은 망구 45 cm, 망목 $200 \mu\text{m}$ 인 원추형 네트를 이용하여 2시간 간격으로 수행하였다. 네트는 시험조류발전시설 구조물에 고정된 와이어에 연결시킨 후 수직으로 내려 표층에서 수심 0.5~1 m 아래로 위치하게 한 후 조류의 흐름에 따라 5~15분 동안 예인하였다 (Fig. 2). 이 후 네트를 수직으로 올린 후 시료가 모인 채집통을 세척하였다. 채집통에 모인 시료는 시료 병으로 옮긴 후 즉시 시료 내 최종 농도가 4~5%가 되도록 중성포르말린으로 고정하였다. 정량분석을 위해 네트에 유량계 (General Oceanics)를 부착하였으며, 여과된 해수의 수량은 유량계 회전수에 진행거리로 환산하기 위한 계수 (0.027)와 망구의 면적을 곱하여 구하였다.

종구분과 계수를 위해 채집된 동물플랑크톤 시료는 총량을 메스실린더로 계량하였다. 시료는 잘 혼합하여 우점종이 100개체 이상이 되게 분할하여 부표품 (subsample)을 취한 후 계수 챔버로 옮겨 해부 현미경 (Olympus SZ60) 하에서 분류하고 계수하였다 (UNESCO 1979). 경우에 따라 동물플랑크톤의 부착지를 해부하였으며, 해부한 시료는 광학현미경 (Olympus BX51) 하에서 동정하였다. 동정된 각 동물플랑크톤 분류군은 단위 체적 (1 m^3) 당 개체수로 환산하였다. 요각류는 대부분 중 수준까지 동정하였으며, 요각류를 제외한 일부 분류군 및 부유유생은 동정상의 어려움으로 광범위한 상위 분류군으로 구분하였다.

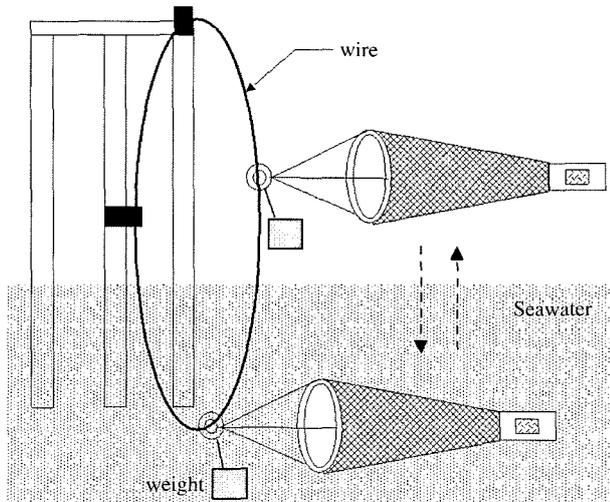


Fig. 2. A drawing of sampling gear for collecting zooplankton in the Uldolmok waterway.

결 과

1. 수질환경

조사 해역에서 환경 요인으로 수온, 염분, 그리고 식물 플랑크톤 엽록소 a 농도를 측정하였다 (Table 1). 수온은 전 조사 시기에서 4.3~24.0°C의 범위를 나타냈다. 조석 주기에 따른 수온 변화는 4월에 2.2°C로 가장 컸으며 8월에는 1.0°C로 가장 작았다. 염분은 계절별로 30.2~33.8 psu의 범위를 보였으며, 상대적으로 8월에 낮고 4월에 높은 경향을 보였다. 그러나 조석 주기에 따른 염분의 차이는 크지 않았다. 8월에는 0.9 psu 차이를 보였으며, 11월에 0.9 psu, 2월에 1.3 psu, 그리고 4월에 1.3 psu였다. 염분은 상대적으로 낙조보다 창조에서 높은 것으로 관찰되었다. 식물플랑크톤 엽록소 a 농도는 조사 시

기별로 0.1~1.1 µg L⁻¹의 범위를 보였으며, 평균 엽록소 a 농도는 4월에 가장 높고 2월에 가장 낮았다. 조석 주기별로 0.3~0.5 µg L⁻¹ 차이를 보여 조석 주기에 따른 엽록소 a 농도의 차이는 크지 않았다.

2. 출현종 및 분류군

동물플랑크톤은 미성숙 요각류(copepodites)와 노플리우스(nauplii)를 제외하고 총 55개 분류군으로 구분되었다 (Table 2). 이 중 요각류는 17속(genus) 29종(species), 미동정 5종, 그리고 미동정 저서성 요각류 1개 분류군을 포함하여 총 35개 분류군으로 가장 다양하게 출현하였다. 모든 조사 시기에서 출현한 동물플랑크톤은 요각류 8종(*Acartia hongii*, *A. omorii*, *Calanus sinicus*, *Paracalanus crassirostris*, *P. indicus*, *Paracalanus* sp., *Corycaeus affinis*)과 야광충(*Noctiluca scintillans*)이었다. *Acartia* 속 중 *A. erythraea*와 *A. pacifica*는 고수온기에만 출현하는 경향을 보였으며, *Centropages* 속에서 *C. abdominalis*는 저수온기, *C. dorsispinatus*는 고수온기로 대별되는 뚜렷한 종 변동을 보였다. 그 밖에 *Tortanus* 속과 *Squilla oratoria*은 고수온기, *Eurytemora pacifica*는 저수온기에만 출현하는 경향을 나타냈다. 고수온기에는 *Calanopia thompsoni*, *Calanus pauper*, *Clausocalanus furcatus*, *C. pergens*, *Euchaeta plana*, *Scolecithrix nicobarica* 등 난류 외양성 요각류가 다수 출현하였으며 전 조사 시기에서 난류종이 출현하는 특징을 보였다.

동물플랑크톤의 전체 분류군 수는 8월에 32개, 11월에 31개였으며 2월에 22개 분류군으로 가장 낮았다. 요각류는 11월에 21종으로 가장 높았으며 2월에 15종으로 가장 낮았다 (Fig. 3a). 조석 주기별 평균 출현 분류군 수는 낙조보다 창조에서 다소 높았으며, 창조 시 고조로 갈수록 증가하고 낙조 시 저조로 갈수록 감소하는 경향을 보였으나 유의한 결과로 볼 수 없었다 (Fig. 3b).

Table 1. Variations of environmental parameters according to tidal cycle. Abbreviations and their units are as follows. Temp.=Water temperature (°C), Sal.=Salinity (psu), Chl-a=Chlorophyll-a concentration (µg L⁻¹), nd=no data

Tide	Aug.			Nov.			Feb.			Apr.		
	Temp.	Sal.	Chl-a	Temp.	Sal.	Chl-a	Temp.	Sal.	Chl-a	Temp.	Sal.	Chl-a
Low1	23.5	31.0	0.6	15.8	32.6	0.9	4.3	32.2	0.1	12.4	32.5	0.8
F1	23.1	31.1	0.9	15.6	32.2	0.6	5.5	33.2	0.4	nd	33.8	1.0
F2	23.6	30.9	1.1	16.0	32.2	0.6	5.8	33.5	0.4	12.8	33.5	1.1
High	23.9	30.4	1.0	16.3	32.3	0.5	5.9	32.8	0.3	14.6	33.3	1.0
E1	24.0	30.2	1.0	16.8	31.7	0.6	5.9	33.0	0.3	13.5	33.6	1.0
E2	23.4	30.8	0.8	16.6	32.3	0.5	5.1	33.0	0.3	12.8	33.6	1.0
Low2	23.0	31.1	0.7	16.2	32.3	0.5	4.7	32.9	0.4	13.1	33.6	0.9
Max.	24.0	31.1	1.1	16.8	32.6	0.9	5.9	33.5	0.4	14.6	33.8	1.1
Min.	23.0	30.2	0.6	15.6	31.7	0.5	4.3	32.2	0.1	12.4	32.5	0.8
Avr.	23.5	30.8	0.9	16.2	32.2	0.6	5.3	32.9	0.3	13.8	33.4	1.0

Table 2. The list of zooplankton observed in the Uldolmok waterway. Species written in thick letters occurred all period

<u>Copepods</u>		
<i>Acartia erythraea</i>	<i>Acartia hongii</i>	<i>Acartia omorii</i>
<i>Acartia pacifica</i>	<i>Calanopia thompsoni</i>	<i>Calanus pauper</i>
<i>Calanus sinicus</i>	<i>Centropages abdominalis</i>	<i>Centropages dorsispinatus</i>
<i>Centropages tenuiremis</i>	<i>Clausocalanus furcatus</i>	<i>Clausocalanus pergens</i>
<i>Euchaeta plana</i>	<i>Eurytemora pacifica</i>	<i>Labidocera bipinnata</i>
<i>Labidocera euchaeta</i>	<i>Labidocera pavo</i>	<i>Paracalanus aculeatus</i>
<i>Paracalanus crassirostris</i>	<i>Paracalanus indicus</i>	<i>Paracalanus sp.</i>
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	<i>Scolecithrix nicobarica</i>	<i>Sinocalanus tenellus</i>
<i>Tortanus forcipatus</i>	<i>Tortanus spinicaudatus</i>	<i>Corycaeus affinis</i>
<i>Oithona atlantica</i>	<i>Oithona plumifera</i>	<i>Oithona similis</i>
<i>Oncaea venusta</i>	<i>Clytemnestra</i> sp.	<i>Sapphirina</i> sp.
<i>Microsetella</i> sp.	Harpacticoid unid.	
copepodites	nauplii	
<u>Others</u>		
<i>Noctiluca scintillans</i>	Scyphomedusa	<i>Sagitta crassa</i>
<i>Sagitta hexaptera</i>	<i>Sagitta</i> sp.	<i>Podon</i> sp.
<i>Caprella</i> spp.	<i>Hyperia</i> sp.	<i>Vibilia</i> spp.
<i>Squilla oratoria</i>	Euphausiacea	<i>Oikopleura</i> spp.
<u>Planktonic larvae</u>		
Cirripedia nauplii	Decapoda	Echinodermata
Isopoda	Megalopa	Mollusca
Polychaeta	Zoea	

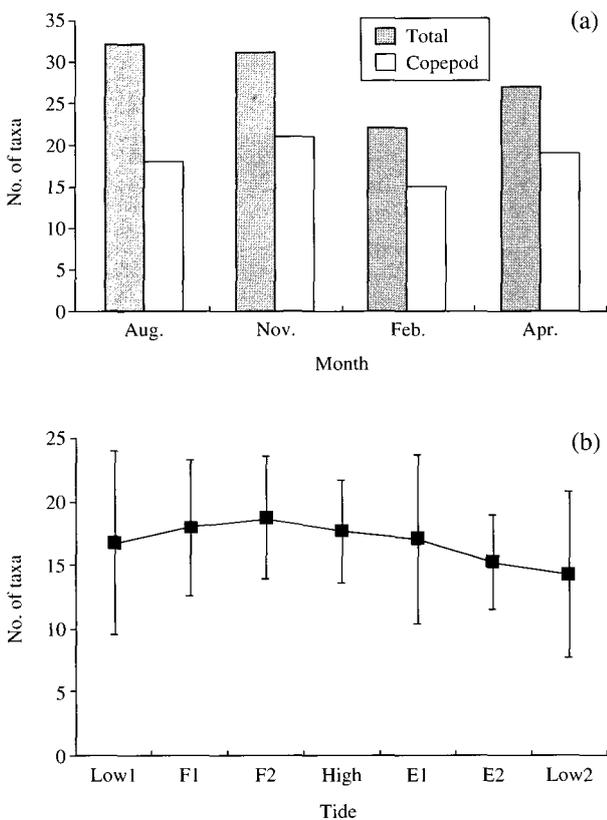


Fig. 3. The average number of zooplankton taxa. (a) seasonal change of copepod and zooplankton taxa, (b) variation of zooplankton taxa according to tidal cycles.

3. 출현 개체수

조석 주기에 따른 전체 동물플랑크톤의 개체수 변화를 살펴보면 8월 조사에서 1,187 (F1)~4,693 indiv. m⁻³ (Low2), 11월에 142 (Low1)~1,728 indiv. m⁻³ (E2), 2월에 8 (F2)~198 indiv. m⁻³ (F1), 그리고 4월에 87 (F1)~1,489 indiv. m⁻³ (Low2)의 범위를 보였다 (Fig. 4). 11월과 2월에는 조석주기에 따라 불규칙적인 개체수 변화를 보인 반면에 8월과 4월에는 창조 및 낙조에서 조류가 가장 강한 시간에는 출현 개체수가 낮았으며, 조류가 약해지는 고조 및 저조에서 높은 특징을 보였다.

대부분 주요 동물플랑크톤은 창조보다 낙조에서 출현 개체수가 높았다 (Table 3). 8월 조사에서 최고 우점종인 *P. indicus*는 평균 896 indiv. m⁻³가 출현하였으며, 창조에서 평균 781 indiv. m⁻³였고 낙조에서 평균 1,011 indiv. m⁻³가 나타났다. 특히 *A. hongii*, *P. crassirostris*, 그리고 Cirripedia nauplii는 평균 개체수가 창조보다 낙조에서 2배 정도 높았다. 11월 조사에서 Cirripedia nauplii는 평균 82 indiv. m⁻³가 출현하였다. 창조에서 평균 9 indiv. m⁻³였으나 낙조에서 138 indiv. m⁻³로 15배 이상 증가하였다. 최고 우점종인 *P. indicus*는 평균 180 indiv. m⁻³가 나타났으며 창조보다 낙조에서 2배 이상 출현 개체수가 증가하였다. 2월에는 우점종이 20 indiv. m⁻³ 이하로 출현하여 창조 및 낙조의 평균 개체수 차이가 크지 않았다. 4월의 최고 우점종 *A. hongii*는 평균 138 indiv. m⁻³가 출

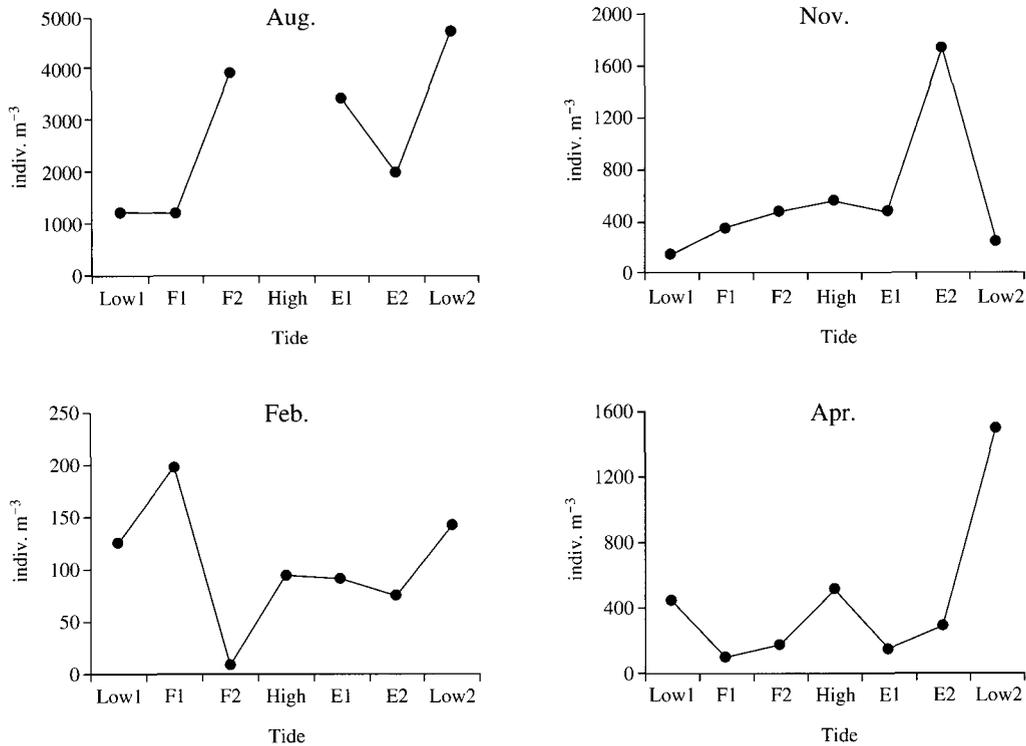


Fig. 4. Changes of total zooplankton abundance according to tidal cycle.

Table 3. Average abundance of dominant zooplankton at flood and ebb tide. AA=Average abundance (indiv. m⁻³), %=dominance

Month	Taxa	Total		Flood tide		Ebb tide		Flood /ebb
		AA	%	AA	max/min	AA	max/min	
Aug.	<i>Acartia hongii</i>	357	13.1	239	4.6	474	2.4	0.5
	<i>Acartia pacifica</i>	82	3.0	86	2.0	77	2.8	1.1
	<i>Corycaeus affinis</i>	105	3.8	76	9.6	133	2.6	0.6
	<i>Paracalanus crassirostris</i>	245	9.0	168	3.4	321	3.1	0.5
	<i>Paracalanus indicus</i>	896	33.0	781	4.1	1,011	1.7	0.8
	<i>Cirripedia nauplii</i>	151	5.5	100	7.9	201	3.8	0.5
	Copepods	2,447	90.1	1,907	3.2	2,987	2.4	0.6
	Total abundance	2,717	-	2,088	3.3	3,345	2.4	0.6
Nov.	<i>Acartia hongii</i>	71	12.5	58	3.3	81	3.4	0.7
	<i>Paracalanus crassirostris</i>	69	12.1	35	7.5	94	6.2	0.4
	<i>Paracalanus indicus</i>	180	31.8	114	2.8	230	9.9	0.5
	<i>Cirripedia nauplii</i>	82	14.5	9	3.0	138	15.4	0.1
	Copepods	451	79.5	296	3.2	567	6.2	0.5
	Total abundance	567	-	322	3.3	751	7.3	0.4
Feb.	<i>Acartia hongii</i>	9	8.8	8	11.0	10	2.5	0.8
	<i>Paracalanus crassirostris</i>	20	19.1	16	5.9	23	12.0	0.7
	<i>Paracalanus indicus</i>	11	10.9	12	18.0	11	1.6	1.1
	Copepods	85	81.9	87	26.8	84	1.9	1.0
		Total abundance	104	-	110	24.8	100	1.9
Apr.	<i>Sagitta crassa</i>	41	9.3	14	8.3	62	18.0	0.2
	<i>Acartia hongii</i>	138	31.0	70	5.8	189	8.1	0.4
	<i>Calanus sinicus</i>	56	12.6	32	3.9	74	23.8	0.4
	<i>Paracalanus indicus</i>	33	7.5	23	3.7	41	6.0	0.6
	Copepods	371	83.4	204	5.0	496	8.9	0.4
		Total abundance	445	-	230	5.0	605	10.5

Table 4. Summary of principle component analysis based on covariance matrix of the zooplankton abundance in the Uldolmok waterway. Prin1 and Prin2 indicate principle component 1 and 2. * indicates copepodite

	Aug.		Nov.		Feb.		Apr.		
	Prin1	Prin2	Prin1	Prin2	Prin1	Prin2	Prin1	Prin2	
Eigenvalues	16.24	8.77	16.75	10.04	10.69	4.66	11.69	7.70	
Percentage	36.90	19.94	44.08	26.42	41.10	17.91	34.39	22.63	
Cum. Percentage	36.90	56.84	44.08	70.49	41.10	59.01	34.39	57.02	
PCA variable loadings									
Taxa									
<i>Acartia hongii</i>	0.25	0.00	<i>Paracalanus indicus</i>	0.23	0.11	<i>Calanus sinicus</i>	0.29	0.03	<i>*Acartia hongii</i>
Cirripedia nauplii	0.24	0.01	<i>Clausocalanus furcatus</i>	0.23	-0.03	<i>Sapphirina</i> sp.	0.29	-0.08	<i>Paracalanus indicus</i>
Decapoda larvae	0.24	-0.02	<i>Paracalanus aculeatus</i>	0.23	0.07	<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	0.27	-0.12	<i>Acartia hongii</i>
<i>*Paracalanus indicus</i>	0.24	-0.04	<i>Okoppleura</i> sp.	0.23	-0.04	<i>*Paracalanus indicus</i>	0.27	0.11	<i>Paracalanus crassirostris</i>
<i>Paracalanus crassirostris</i>	0.24	-0.05	<i>Noctiluca scintillans</i>	0.23	-0.03	<i>Acartia hongii</i>	0.26	0.18	copepod nauplii
Zoeans	0.23	-0.06	<i>*Labidocera euchaeta</i>	0.22	-0.05	copepod nauplii	0.26	-0.13	<i>*Paracalanus indicus</i>
<i>Vibilia</i> sp.	0.22	-0.01	<i>*Paracalanus</i> sp.	0.22	-0.05	<i>Vibilia</i> sp.	0.26	-0.13	<i>Sagitta crassa</i>
<i>Paracalanus indicus</i>	0.22	-0.03	<i>Paracalanus</i> sp.	0.22	-0.01	<i>Acartia omorii</i>	0.25	0.08	Polychaeta larvae
<i>Corycaeus affinis</i>	0.21	0.06	Cirripedia nauplii	0.22	-0.01	<i>*Calanus sinicus</i>	0.25	-0.10	Zoeans
<i>*Centropages dorsispinatus</i>	0.19	0.15	<i>Paracalanus crassirostris</i>	0.22	0.12	<i>Sagitta crassa</i>	0.24	-0.07	<i>Calanus sinicus</i>
<i>Labidocera bipinnata</i>	0.16	0.21	<i>*Acartia hongii</i>	0.11	0.24	<i>Oithona similis</i>	0.20	0.24	<i>Paracalanus</i> sp.
<i>Centropages tenuiremis</i>	0.16	0.23	<i>Euchaeta plana</i>	-0.02	0.24	<i>*Acartia hongii</i>	0.20	-0.22	<i>*Tortanus spinicaudatus</i>
<i>Centropages dorsispinatus</i>	0.10	0.21	<i>Vibilia</i> sp.	-0.03	0.23	<i>Paracalanus indicus</i>	0.17	-0.22	<i>Clausocalanus furcatus</i>
<i>Acartia pacifica</i>	0.09	0.21	<i>*Centropages dorsispinatus</i>	-0.03	0.27	<i>Microsetella</i> sp.	0.12	-0.36	<i>Corycaeus affinis</i>
<i>Podon</i> sp.	0.09	0.24	Scyphomedusa juv.	-0.04	0.26	<i>Clausocalanus furcatus</i>	-0.02	0.30	<i>Oithona similis</i>
Polychaeta larvae	0.08	-0.20	Mollusca larvae	-0.04	0.26	<i>Paracalanus</i> sp.	-0.02	0.30	<i>*Acartia omorii</i>
<i>Oncaea</i> sp.	-0.03	0.32	<i>*Calanopia thompsoni</i>	-0.06	0.25	Mollusca larvae	-0.02	0.30	Decapoda larvae
Mollusca larvae	-0.06	0.32	<i>*Tortanus forcipatus</i>	-0.07	0.27	Polychaeta larvae	-0.13	-0.30	<i>Euchaeta pacifica</i>
<i>Calanopia thompsoni</i>	-0.09	0.20	<i>Corycaeus affinis</i>	-0.08	0.24	Decapoda larvae	-0.13	-0.35	<i>Acartia omorii</i>
<i>Labidocera euchaeta</i>	-0.16	0.20	<i>*Corycaeus sinicus</i>	-0.09	0.24	<i>Corycaeus affinis</i>	-0.22	-0.25	<i>Sapphirina</i> sp.

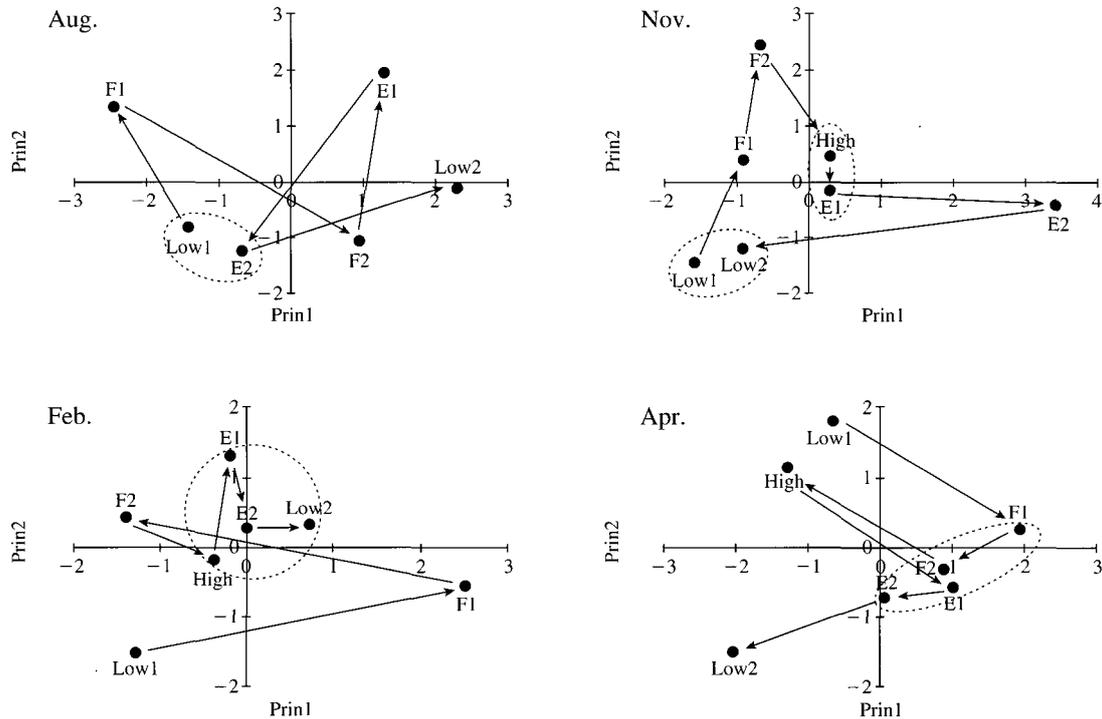


Fig. 5. Principle component analysis (PCA). Grouping of tide according to principle component 1 and 2. Abbreviations are as follows. Low1=first low tide, F1=flood tide after 2 hours from low tide, F2=flood tide after 4 hours from low tide, High=high tide, E1=ebb tide after 2 hours from high tide, E2=ebb tide after 4 hours from high tide, Low2=second low tide.

현하며 창조에서 평균 70 indiv. m⁻³였고 낙조에서 189 indiv. m⁻³를 나타내어 낙조에서 출현 개체수가 2배 이상 높았다.

4. 군집구조

주성분 분석(Principle Component Analysis)을 통해 조석 주기와 출현종 사이에 특정관계를 성립하게 하는 주성분을 Table 4에 나타내었다. 8월에 주성분 1(Prin 1, X축)과 주성분 2(Prin 2, Y축)는 자료 변이의 56.84%를 설명하는 것으로 나타났으며, 11월에는 70.49%, 2월에는 59.01% 그리고 4월에는 57.02%를 설명하는 잠재 요인들로 나타났다. *A. hongii*와 *P. indicus*는 모든 조사 시기에 주성분 1에서 인자 부하량이 큰 동물플랑크톤에 포함되었다. 주성분 1과 2의 상위 단계에 위치한 동물플랑크톤은 대부분 연안종 및 저서생물 유생이었다.

주성분 분석에 따른 생물군 구분은 Fig. 5와 같다. 8월에는 조석 주기에 따라 복잡한 군집구조를 나타냈다. Low1과 E2를 제외하고 나머지 시간에서 서로 다른 동물플랑크톤 군집이 나타난 것으로 분석되었다. 11월에는 Low1과 Low2에서 유사한 동물플랑크톤 군집이 나타났으며, High와 E1에서 동물플랑크톤 군집이 유사하게 구

분되었다. 그 밖에 F1, F2, E1에서 유사한 동물플랑크톤 군집이 나타났다. 2월에는 Low1과 F1을 제외하고 나머지 조석 시간에서 유사한 동물플랑크톤 군집이 나타났다. 특히 고조를 시작으로 낙조에서 유사한 동물플랑크톤 군집이 출현하였다. 4월에는 Low1, Low2 그리고 High 등 정조 시기와 유속 흐름이 강한 조석 시기에서 서로 다른 군집이 나타났다.

고찰

동물플랑크톤 조사에서 해역을 대표할 수 있는 채집 방법의 선택은 매우 중요하다. 동물플랑크톤은 수직이동 능력, 불균등 분포, 산란시기, 조석주기 그리고 채집기의 망목 크기에 따라 자료 변이가 크기 때문에 조사 목적 및 해역특성에 따른 채집 계획을 세워야 한다(박 1989; Park 1990; Nichols and Thompson 1991; Kršinić and Lučić 1994; 강과 강 2002; 이 2004; 이와 박 2004). 이는 자료 변이를 최소화하기 위해 조사 목적 및 해역 특성에 맞게 수괴를 대표할 수 있는 채집 시기, 정점, 네트 인양방법 그리고 망목 선택이 고려된 조사가 수행되어야 함을 의미한다. 울돌목 해역은 최대 13knot에 이르는 빠른 조

류로 인해 정점 조사가 불가능하며 조류의 세기에 반하는 동물플랑크톤의 수직이동이 기대되지 않는다. 정점 조사를 배제하고 고정 구조물을 이용하여 조석 주기에 따른 시간별 채집을 수행한 본 연구에서 조석주기에 따라 최대 개체수와 최소 개체수 비는 4.0~24.8배 변동을 나타냈다. 이는 계절별 평균 개체수 변동의 4.3~26.1배와 유사한 수준이었다. 따라서 울돌목 해역은 빠른 조류에 의해 동물플랑크톤의 단주기적 변이성이 매우 크다는 것을 시사하며 정점 조사보다는 시간별 채집이 우선적으로 수행되어야 한다는 것을 보여준다.

서해와 남해 연안에서 조사된 동물플랑크톤의 분류군 수는 다양하게 나타난다. 그러나 조사자, 채집 방법, 시기에 따라 출현 분류군 수는 차이를 보인다. 따라서 공통적으로 종 수준까지 동정된 요각류 출현종 수를 살펴보면 서해 연안에서는 17~31종 (Shim and Yun 1990; 서 등 1991; 윤과 최 2003; 한국해양연구원 2004), 남해 연안에서는 16~52종 (서 등 2002; 허 등 2002; 서와 최 2004; 장 등 2004; Kim 2005)이 출현하여 남해 연안에서 비교적 출현종 수가 높다. 국내 연안에서 요각류 출현종 수는 동해, 남해, 서해 연안의 순으로 높은 경향을 보인다 (임 1994). 울돌목 해역에서 요각류는 35종이 출현하여 지형적으로 서해와 남해의 점이 지대로서 중간 수준의 종 수를 나타냈다. 요각류 군집은 연안종과 난류 외양종이 연중 혼재되어 나타나는 특징을 보였으며, 특히 난류 외양종은 전체 분류군 수에서 16.4%를 차지하였다. 따라서 울돌목 해역에서는 연중 난류의 영향을 받으며 외양종의 유입에 따라 동물플랑크톤 군집이 영향을 받는 것으로 보인다. 이는 동계에도 난류의 영향을 받는 것을 의미하며, 실제로 동계에 미약하나마 대흑산도까지 난류의 영향이 있다는 보고 (박 등 1992)가 있다. 본 연구에서는 동계 및 춘계에 출현한 *Clausocalanus furcatus*, *C. pergens*, *Euchaeta plana*, *Scolecithrix nicorbarica* 등 난류 외양성 요각류의 출현을 통해 저수온기 울돌목 해역의 난류 영향을 확인할 수 있었다.

울돌목 해역 전체 동물플랑크톤 및 주요 동물플랑크톤은 낙조에서 출현 개체수가 높은 특징을 보였다. 그러나 11월과 4월에 낙조 시 일부 채집 시간에서 다량의 동물플랑크톤 채집으로 인해 평균 개체수가 높아진 것으로 나타나 조류에 따른 불규칙한 동물플랑크톤의 이동 또는 지형적인 영향에 따른 와류 형성 등에 의한 채집 오류의 가능성도 배제할 순 없다. 또한 창조 및 낙조의 평균 개체수 차이보다 창조 및 낙조 내에서 개체수 변이가 크게 나타나 조석 주기에 따른 개체수 변동은 매우 불규칙하였다. 주요 동물플랑크톤을 살펴보면 다음과 같다. *P. indicus*는 연중 출현하며 8월과 11월에 최고

우점종이었다. *P. indicus*는 20°C 이상 고수온기에 출현 개체수가 증가하고 수온 10°C 이하에서 감소한다 (Roper et al. 1983; 윤과 최 2003). 울돌목 해역에서 *P. indicus*는 8월에 창조 및 낙조의 평균 개체수 차이가 크지 않았으나 11월과 4월에는 창조보다 낙조에서 대략 2배 정도 평균 출현 개체수가 높았다. 수온의 관점에서 23°C 이상을 보인 8월에는 창조 및 낙조에서 고르게 분포하는 것으로 판단되나 11월과 4월에는 수온이 상대적으로 높은 낙조에서 출현 개체수가 높은 것으로 판단된다. 전 조사 시기에서 출현한 *P. crassirostris*는 전체부 길이가 500 μm 이하로 작다. 이 종은 대부분 망목 300 μm 네트로 채집된 시료에서 나타나지 않는 경향이 많기 때문에 대부분 동물플랑크톤 정량 조사에서 누락되는 경우가 빈번하다. 국내 연안에서 망목 300 μm 네트를 이용한 채집 (Shim and Yun 1990; 서 등 1991; 서 등 2002; 허 등 2002; 서와 최 2004; 장 등 2004)에서 *P. crassirostris*의 출현은 전무하였으나 망목 100 μm 또는 200 μm 인 네트를 사용한 채집에서 출현이 보고된다 (임 1994; 윤과 최 2003; Kim 2005). 울돌목 해역에서 *P. crassirostris*는 8월에 가장 다량 출현하였고 수온이 감소할수록 개체수가 감소하는 특징을 보여 *P. indicus*와 출현 양상이 유사하였다. 울돌목에서 이 종의 출현 시기와 개체수 대량 증가 시기는 경기만에서 연중 출현하고 하계에 높은 개체수로 출현한다는 윤과 최 (2003)의 결과와 유사하였다. *P. crassirostris*는 가장 다량 출현하였던 8월과 11월에 창조보다 낙조에서 2배 이상 출현 개체수가 높았다. 11월에는 창조 (15.6~16.0°C)보다 낙조 (16.6~16.8°C)에서 수온이 높아 고수온에 다량 출현하는 이 종의 분포 특성과 일치하였다.

전 세계적으로 *Acartia* 속은 연안 하구역에서 여러 종이 다량 출현하기 때문에 연안생태먹이망에서 생태학적 중요성이 매우 높게 인식된다 (Tranter and Abraham 1971; Ueda 1987; 유 등 1991; Ara 2001). 울돌목 해역에서는 4종 (*A. erythraea*, *A. hongii*, *A. omorii*, *A. pacifica*)이 출현하여 국내 남서 연안에서 4종의 *Acartia*가 출현한다는 Soh and Jeong (2003)의 결과와 일치하였다. Soh and Jeong (2003)은 남서 연안에서 *A. hongii*와 *A. omorii*는 저수온기, *A. erythraea*와 *A. pacifica*는 고수온기에 출현하여 계절적인 종 변동을 보인다고 하였다. 그러나 울돌목 해역에서 *A. hongii*, *A. omorii*는 전 조사 시기에 출현하였으며 특히 *A. hongii*는 8월에 가장 높은 출현 개체수를 나타냈다. 전 조사 시기에서 우점한 *A. hongii*는 서해 연안의 대표적인 요각류로서 Soh and Suh (2000)에 의해 신종으로 보고되었다. *A. hongii*는 광온종이며 15~23°C 사이에서 개체수 대량 증가 현상이 발생하고 25°C 이상

에서는 개체수가 급감한다(윤과 최 2003). 그러나 울돌목 해역에서 수온이 가장 높은 8월에 출현 개체수가 가장 높았으며, 이 시기의 수온은 23.0~24.0°C의 범위를 보였다. 경기만에서는 하계에 내만수역(25.9~26.5°C)보다 외해역(23.6~24.3°C)에서 이 종의 주 분포 수역이 결정되며, 이는 내만 수역과 외해역에서 2°C의 수온 차에 의해 발생한다(윤과 최 2003). 따라서 울돌목 해역에서는 하계에 수온이 24°C 이하를 보여 *A. hongii*가 높은 출현 개체수를 보일 수 있는 환경이 형성된 것으로 보인다. 또한 광온종이지만 저수온기에 다량 출현하는 *A. hongii*의 특성 상 울돌목 해역에서 동계 및 춘계에 낮은 개체수를 보인 것은 동계의 낮은 먹이 농도에서 기인한 것으로 판단된다. *A. hongii*의 저수온기 개체수 대량 증가 현상은 동계 및 춘계의 먹이 농도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있으며, 특히 동계의 먹이 농도는 춘계 초기 개체군 형성에 큰 기여를 한다(Yoo 2001; Yoon 2004). 울돌목 해역에서는 동계에 평균 0.3 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 낮은 엽록소 농도를 나타냈다. 따라서 동계에 먹이 농도의 제한에 따른 성장 및 생산의 저하는 춘계 초기 개체군 형성에 영향을 미친 것으로 보인다. 울돌목 해역에서 *A. hongii*는 대부분 낙조에서 출현 개체수가 높았고 특히 8월과 4월에 가장 큰 차이를 보였다. Suh and Jeong (2003)에 의하면 *A. hongii*는 진도 북부 해역에서 남부 해역보다 출현 개체수가 높으며, 이는 상대적으로 낮은 수온과 염분에 의한 것이라고 하였다. 그러나 본 연구에서 조석주기에 따른 수온 및 염분의 차이가 크지 않았기 때문에 이를 확인할 수는 없었다. 그러나 저조 시에 상대적으로 낮은 수온과 염분을 나타내어 진도 남부 해역보다 북부 해역의 수온과 염분이 낮을 것으로 판단된다. 하계에 우점한 *A. pacifica*의 평균 개체수는 창조 및 낙조에서 큰 차이를 보이지 않았으며 진도를 중심으로 남북으로 고르게 분포하는 경향을 나타냈다. 이 종은 진도 부근 해역에서 하계에 지역적인 수온 및 먹이 농도의 분포와 관계없이 남서 연안에서 고르게 분포한다(Suh and Jeong 2003). *A. omorii*는 전 조사 시기에서 출현하였으나 개체수는 매우 낮았다. 이 종은 식물플랑크톤 엽록소 농도가 3 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이상인 해역에서 높은 출현량을 보인다(Suh and Jeong 2003). 따라서 울돌목 해역에서는 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이하의 낮은 먹이 농도로 인해 성장 및 생산에 제한받았을 가능성이 있다. 또한 엽록소 *a* 농도가 매우 낮은 울돌목 해역에서는 4종의 *Acartia*가 출현하여 중간 먹이 경쟁의 가능성이 높다. 먹이 농도가 낮은 해역에서 유사종이 동시에 출현할 시 중간 먹이 경쟁에서는 적응력이 높은 종이 우점한다(Suh and Jeong 2003). 따라서 울돌목 해역에서 낮은 먹이 농도와 물리

적인 환경변화에 대한 적응력은 연중 우점하는 *A. hongii*가 가장 높은 것으로 사료된다.

울돌목 해역은 정량적인 관점에서 연안중 중심의 동물플랑크톤 군집이 형성되는 특징을 보이지만 정성적인 관점에서는 난류 외양종의 유입이 계절별 군집 변동에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 서해와 남해의 접이 지대로서 예상된 이질적인 수괴 이동에 따른 동물플랑크톤 군집의 차이는 나타나지 않았으며, 단주기적으로 물리-화학-생물학적인 큰 환경 변화없이 조류에 따라 불규칙하게 변화하는 특징을 보였다. 조석에 따라 염분 변화가 큰 하구 연안역에서 동물플랑크톤은 퇴적물의 재부유, 침강, 고립 등을 이용한 수동적 이동, 물의 흐름이 약하거나 낙조를 이용한 능동적 수직 이동, 해저 지형을 은신처로 이용, 그리고 개체군 손실을 보충할 수 있는 빠른 재생산 능력을 통해 개체군을 유지한다(Morgan *et al.* 1997; Kimmerer *et al.* 1998; Roman *et al.* 2001; Ueda *et al.* 2004). 이에 따라 조석주기에 따른 시간별 채집 시 동물플랑크톤의 분포가 크게 달라지는 경향을 보인다. 그러나 연안역에 위치하지만 담수 영향이 작아 조석주기에 따른 염분 차이가 크지 않은 울돌목 해역에서 동물플랑크톤의 개체군 유지 기작은 무의미할 것으로 보인다. 따라서 순간 최대 유속이 13 knot에 이르러 입자 크기가 5~20 cm 범위의 돌덩어리를 이동시킬 만큼 강한 조류의 이동에 의해 동물플랑크톤은 수동적으로 분포가 좌우될 것으로 본다. 또한 울돌목 해역은 주변 연안 지형과 해저 지형이 복잡하고 불규칙적으로 발달해 있어 조석특성 결과에서 비선형 특성이 두드러진 해역이다(강 등 2002; Kang *et al.* 2003; 최 등 2004). 따라서 동물플랑크톤은 환경 변화에 따른 시간적 군집 변화보다는 강한 조류와 복잡한 지형에 따른 불규칙적인 와류 형성 등으로 인해 개체군 확산, 이동 그리고 손실로 인해 시간적으로 불규칙한 군집 변동을 보이는 것으로 생각된다.

적 요

울돌목 수로에서 요각류 35개 분류군을 포함하여 총 55개 동물플랑크톤이 출현하였다. 연안중은 계절적인 종 천이를 보였으며, 난류 외양성 종은 전 조사 시기에서 출현하였다. 분류군 수는 창조 시 저조에서 고조로 갈수록 증가하며 낙조 시 고조에서 저조로 갈수록 감소하였다. 따라서 울돌목 해역은 연중 외해수 영향에 따른 외양종의 유입으로 동물플랑크톤 종조성에 영향을 받는다. 전체 동물플랑크톤 현존량은 104~2,717 indiv. m^{-3} 의 범위를 나타내며 2003년 8월에 가장 높고 2004년 2월에

가장 낮았다. 조석주기에 따른 현존량 변화에서 11월과 2월에 시간적 변이성이 크고 불규칙적인데 반해 8월과 4월에는 비교적 규칙적인 변화 추세를 나타냈다. 8월과 4월에는 창조 및 낙조에서 조류가 가장 강한 시간에는 낮은 출현 개체수가 나타났으며, 조류가 약해질수록 개체수가 증가하여 고조 및 저조에서 개체수가 높은 특징을 보였다. *Paracalanus indicus*, *Cirripedia nauplii*, *Acartia hongii* 등을 포함한 대부분의 우점종은 창조보다 낙조에서 평균 개체수가 대략 2배 정도 높았다. 그러나 창조 및 낙조 내에서도 개체수의 변이가 크게 나타났으며 조석주기에 따른 수온, 염분, 그리고 엽록소 *a* 등 환경변화가 작았다. 따라서 울돌목 해역에서는 강한 조류와 지형적인 조류 속도 차에 의해 형성된 와류 등이 개체군 확산, 이동 그리고 손실에 영향을 미쳐 시간적으로 복잡하고 불규칙한 동물플랑크톤 군집을 보인다.

사 사

본 논문은 해양수산부의 “해양 에너지 실용화 기술개발 연구” 중 울돌목 조류발전소 건설에 따른 해양생태 환경 영향검토 연구(I)의 일환으로 수행되었습니다. 논문의 자료에 도움을 주신 (주)이엔씨기술연구소 연구원님과 한국해양연구원 김은수 박사님, 박준건 연구원님께 감사드립니다. 또한 세세한 심사와 문제점을 지적해 주신 편집위원, 심사위원님께 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 강석구, 염기대, 이상룡, 소재귀. 2002. 울돌목 ADCP 조류관측 특성. 2002년 한국해양학회 추계학술대회 초록(서울 11월). p. 25.
- 강형구, 강용주. 2002. 네트 망목 크기가 *Acartia steueri* (Copepoda: Calanoida)의 생체량 추정에 미치는 영향. 한국수산학회지. 35:445-450.
- 박주석, 이삼석, 강영실, 이병돈, 허성희. 1992. 황해 동남해역의 수괴지표성 요각류 및 모약류의 분포와 수괴특성. 한국수산학회지. 25:251-264.
- 박 철. 1989. 연안역 동물플랑크톤 시료의 변이: 반복 채집 및 시간별 채집의 필요성. 한국해양학회지. 24:165-171.
- 서해립, 서호영, 차성식. 1991. 만경 동진강 하구계의 동물플랑크톤의 분포와 염분. 한국해양학회지. 26:181-192.
- 서호영, 이인태, 윤양호, 최상덕, 이삼노, 한명일, 김병섭, 강윤호, 이우범. 2002. 가막만에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 계절별 출현 양상. 환경생물. 20:118-129.
- 서호영, 최상덕. 2004. 진해만에 출현하는 동물플랑크톤의 종조성과 계절별 출현양상. 환경생물. 22:43-56.
- 유광일, 허회권, 이원철. 1991. 한국 연안에 분포하는 *Acartia* 속 요각류의 분류학적인 재검토. 한국수산학회지. 24:255-265.
- 윤석현, 최중기. 2003. 경기만 동물플랑크톤 군집의 시·공간적 분포. 한국해양학회지. 8:243-250.
- 이재학. 2004. 한국연안에서의 해양생물 생태 조사방법의 표준화. 환경생물. 22:1-11.
- 이평강, 박 철. 2004. 망목 크기가 동물플랑크톤 분포 자료 및 군집해석에 미치는 영향. 한국해양학회지. 9:13-19.
- 임동현. 1994. 한국 근해 요각류 군집의 생태학적 연구. 한양대학교 대학원 박사학위논문. pp. 32-80.
- 장민철, 장풍국, 신경순, 박동원, 장 만. 2004. 광양만 동물플랑크톤 군집의 계절 변화. 환경생물. 22 (Special issue): 11-29.
- 최동림, 이태희, 김성렬, 이용국, 박진순, 염기대. 2004. 전남 진도 울돌목의 해저지형 및 지질환경. 2004년 한국해양학회 춘계학술대회 초록(부산 5월). pp. 13-14.
- 한국해양연구원. 2004. 보령복합화력발전소 가동으로 인한 해양환경조사. pp. 377-378.
- 허회권, 김도현, 안승환. 2002. 1999년 강진만 동물플랑크톤 군집의 분포 및 특성. 환경생물. 20:46-54.
- Ara K. 2001. Temporal variability and production of the planktonic copepods in the Cananea Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. II. *Acartia lilljeborgi*. Plankton Biol. Ecol. 48:35-45.
- Dauvin JC, E Thiebaut and Z Wang. 1998. Short term changes in the mesozooplanktonic community in the Seine ROFI (Region of Freshwater Influence) (eastern English Channel). J. Plankton Res. 20:1145-1167.
- Gagnon M and G Lacroix. 1983. The transport and retention of zooplankton in relation to a sill in a tidal estuary. J. Plankton Res. 5:289-303.
- Haurly LR, H Yamazaki and CL Fey. 1992. Simultaneous measurements of small-scale physical dynamics and zooplankton distribution. J. Plankton Res. 14:513-530.
- Kang SK, KD Yum, JK So and WO Song. 2003. Nonlinear tidal characteristics along the Uldolmok waterway off the southwestern tip of the Korean Peninsula. Ocean Polar Res. 25:89-106.
- Kim S. 2005. Spatial and temporal distribution of zooplankton in Gwangyang and Sachon Bay, Korea. Korean J. Environ. Biol. 23:93-97.
- Kimmerer WJ, JR Burau and WA Bennett. 1998. Tidally oriented vertical migration and position maintenance of zooplankton in a temperate estuary. Limnol. Oceanogr. 43:1697-1709.
- Kršinić F and D Lučić. 1994. Mesozooplankton sampling experiments with the 'Adriatic' sampler: Differences of catch between 250 and 125 µm mesh netting gauze. Estuar.

- Coast. Shelf Sci. 38:113-118.
- Morgan CA, JR Cordell and CA Simenstad. 1997. Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. *Mar. Biol.* 129: 309-317.
- Nichols JH and AB Thompson. 1991. Mesh selection of copepodite and nauplius stages of four calanoid copepod species. *J. Plankton Res.* 13:661-671.
- Park C. 1990. Day-night differences in zooplankton catches in the coastal area of active tidal mixing. *J. Oceanol. Soc. Korea.* 25:151-159.
- Parsons TR, Y Maita and CM Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. 173pp.
- Resgalla Jr C, CDL Rocha and MA Montu. 2001. The influence of Ekman transport on zooplankton biomass variability off southern Brazil. *J. Plankton Res.* 23:641-650.
- Riley GA. 1967. The plankton of estuaries. pp. 316-326. *In* G.R. Lauff (eds.), *Estuaries: The Horn-Shafer Company*, Baltimore.
- Roman MR, DV Holliday and LP Sanford. 2001. Temporal and spatial patterns of zooplankton in the Chesapeake Bay turbidity maximum. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 213:215-227.
- Roper DS, MJ Simons and MB Jones. 1983. Distribution of zooplankton in the Avon-Heathcote estuary, Christchurch. *New Zealand J. Mar. Freshwat. Res.* 17:267-278.
- Shim JH and KH Yun. 1990. Seasonal variation and production of zooplankton in Chonsu Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea.* 25:229-239.
- Soh HY and HL Suh. 2000. A new species of *Acartia* (Copepoda, Calanoida) from the Yellow Sea. *J. Plankton Res.* 2:65-73.
- Soh HY and HG Jeong. 2003. Spatio-temporal distribution of the genus *Acartia* (Copepoda: Calanoida) in the southwestern waters of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 21:422-427.
- Tranter DJ and S Abraham. 1971. Coexistence of species of Acartiidae (Copepoda) in the Cochin Back-water, a monsoonal estuarine lagoon. *Mar. Biol.* 11:222-241.
- Ueda H. 1987. Temporal and spatial distribution of two closely related *Acartia* species *A. omorii* and *A. hudsonica* (Copepoda: Calanoida) in a small inlet water of Japan. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 24:691-700.
- Ueda H, A Terao, M Tanaka, M Hibino and MdS Islam. 2004. How can river-estuarine planktonic copepods survive river floods? *Ecol. Res.* 19:625-632.
- UNESCO. 1979. Zooplankton sampling. UNESCO Press, Paris. 175pp.
- Villate F. 1997. Tidal influences on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in shallow system (Estuary of Mundaka, Bay of Biscay). *Sci. Mar.* 61:173-188.
- Yoo JK. 2001. A study on fluctuating egg abundance and egg production of *Acartia hongii* Soh and Suh (Copepoda: Acartiidae) in Incheon coastal water. MS. Thesis. Inha Univ. pp. 37-39.
- Yoon SH. 2004. Spatial and temporal distribution of zooplankton community and production of copepod *Acartia hongii* in Kyeonggi Bay, Korea. Ph. D. Thesis. Inha Univ. pp. 178-180.

Manuscript Received: March 20, 2006

Revision Accepted: May 1, 2006

Responsible Editorial Member: Byung Jin Lim
(NIER)