

대부도 방아머리 연안 퇴적물에 서식하는 중형저서동물 군집 변동

김 동 성* · 민 원 기 · 이 재 학

한국해양연구원 해양생물자원연구본부

Variation of Meiobenthic Community in the Sediment of Coastal Area in Bangameori Daebudo, Korea

Dong Sung Kim*, Won Gi Min and Jae Hac Lee

Marine Living Resources Research Division, Korean Ocean Research and Development Institute, Ansan P. O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Abstract - The Community structure of meiobenthos was studied seasonally at 5 stations of Bangameori tidal flat and 3 stations of subtidal area in Daebudo near the Shiwha dike in the west coast of Korea, from May 2000 to February 2001. Mean grain size of intertidal stations ranged from 3.16 Φ to 3.73 Φ (sand), subtidal stations were 5.81 ~ 6.67 Φ (mud). Nematodes were the most dominant group among the representative 19 meiofaunal groups at all stations in both tidal flat and sub-tidal area. The sub-dominant groups were benthic harpacticoid copepods and Sarcostomatophorans. The density of meiobenthos ranged from 145 inds. 10 cm^{-2} to 2,057 inds. 10 cm^{-2} (0~1 cm) in the sediment of intertidal stations, and from 391 to 3,787 inds. 10 cm^{-2} (0~5 cm) in the subtidal stations. The lowest meiofaunal density was recorded in winter, whereas the highest density was shown in spring. Comparing with another previous work at the same area, data from this study does not statistically shown differences with results before discharge of shiwha lake water.

Key words : meiobenthos, nematodes, harpacticoid copepods, tidal-flat, community structure

서 론

1999년에 습지보전법이 제정 발표되면서 갯벌은 연안 습지의 일부로 정의되었고, 이로 인해 갯벌에 대한 보전은 새로운 국면을 맞이하게 되었다(해양수산부 2000). 이렇게 강력한 습지보전 의지를 담고 있는 법이 존재하고 있음에도 불구하고 국내 여러 지역에서 여전히 갯벌 간

척사업이 진행 중이며, 이중에서도 특히 경기만 일대의 갯벌은 수도권과 인접하기 때문에 지금까지 많은 갯벌이 육지화 되었고, 현재에도 대형개발사업이 진행 중이다(건설교통부 1996). 이러한 인위적인 환경변화 외에도 한강 하구역에서 유입되는 유기물과 퇴적물의 영향에 따라 계절적인 퇴적상의 변화가 매우 심하게 나타나고 있으며, 이로 인해 경기만 일대 갯벌에 서식하고 있는 생물들의 분포 역시 계절적으로 크게 변화한다(Yoo and Hong 1996). 서해 경기만 일대의 대형저서동물 군집 조사의 결과를 보면, 대체적으로 저서동물은 조간대와 조하대에 따

* Corresponding author: Dong Sung Kim, Tel. 031-400-6212, Fax. 031-408-5934, E-mail. dskim@kordi.re.kr

큰 분포형태로 크게 나누어지고, 저서생물 군집분포에 퇴적상이 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다(Shin *et al.* 1989). 본 연구의 대상지역인 대부도 부근의 반월조간대 갯벌은 1994년 초에 시화호 방조제가 완공되면서 소실되었고, 배수 갑문 좌측에 위치한 방아머리 및 구룡리 갯벌은 매립되지는 않았지만, 안산시의 오폐수가 유입되는 시화호 내의 담수가 정기적으로 방류됨에 따라 방류수의 영향을 받고 있다(김과 이 2000; 최 등 1988). 특히 배수 갑문을 통한 해수의 유출입은 좁은 지역에서의 낙차에 따라 발생하는 현탁물과 시화호 내의 높은 환원성 물질이나 용존성 중금속이 확산에 의해 서서히 저층으로 침강하는 경우 외해의 수층 및 저층 생태계에 단·장기적인 영향을 미칠 것으로 예상된다(김과 이 2000).

갯벌 퇴적물 내에서 매우 높은 서식밀도와 다양성을 가지기 때문에 갯벌 생태계 전반의 에너지 흐름에 중요한 역할을 하고 있는 중형저서동물은 전 생활사를 저질 안에서 보내며, 서식을 위해 안정된 환경을 강하게 요구하며, 생활사가 짧기 때문에 환경의 변화에 대형저서동물에 비해서 짧은 기간에 군집변화를 보이며, 작은 환경의 변화에도 민감하게 반응을 한다(Higgins and Thiel 1988; Giere 1993; Coull 1999; 김과 이 2000; Coull 1999). 이러한 생태적인 유용성과 중요성에도 불구하고 대형저서동물에 비하여 소형이고 취급이 어렵기 때문에, 아직까지 연구가 미흡한 실정으로, 국내에서는 최근 국내 연안에서의 환경과 관련된 몇 편의 군집 구조에 관한 연구 및 심해에서의 연구가 있었을 뿐이다(김 1997; 김 등 1998a,b; 김 등 2000; 김과 이 2000; 김 등 2001; 민 등 2003). 우리나라의 갯벌이 세계적인 규모로 잘 발달한 것이며, 갯벌이 가지는 여러 가지 유익한 기능과 주변 유역에 미치는 영향을 고려할 때, 인위적인 간척사업과 연안의 오염의 영향을 지속적으로 받고 있는 대부도 방아머리 갯벌에 대한 본 연구는 그 의미를 가진다.

시화호 및 인근 조간대에 서식하는 중·대형 저서동물에 관한 연구는 시화호 방조제의 공사기간과 방조제 물막이 공사가 끝난 후로 몇 편의 연구결과가 있었다(최 등 1988; 김 등 1998b; 이 등 1998; 김과 이 2000; 김 등 2001). 이후, 시화호의 방류가 지속적으로 이루어진 후에 이루어진 본 연구 결과의 비교 분석은 앞으로의 중·장기적인 영향과 변화를 지속적으로 모니터링하기 위한 예비자료로서 역시 중요한 의미를 가질 것이다. 시화호 배수갑문 운영 후의 조사 결과와 그 후에 계속되어진 시화호 수문의 개, 폐에 따른 시화 호소수의 방류로 인하여 장기적으로 어떠한 저서 생태계로 변해왔는가 등에 대한 비교와 분석을 시도하였다.

재료 및 방법

중형저서동물이 서식하는 퇴적물의 환경특성과 계절별 군집구조를 파악하기 위하여, 시화호 배수 갑문 좌측에 위치한 대부도 방아머리 해안에서 갯벌이 시작되는 조간대 상부로부터 50 m 떨어진 지점을 정점 1, 350 m 지점을 정점 2, 650 m 지점을 정점 3, 950 m 지점을 정점 4, 그리고 1,250 m를 정점 5로 지정하고, 전방의 조하대 3 정점(정점 6, 7, 8)을 선정하여, 2000년 5월, 8월, 11월, 그리고 2001년 2월에 조사를 실시하였다(Fig. 1). 각 시기의 각 정점에서 표층 퇴적물 온도를 측정하였고, 중형저서동물용 퇴적물 시료를 채취하였다. 퇴적물의 입도특성과 유기물 분석을 위한 퇴적물 채취는 2000년 8월 중에 전 정점에서 이루어졌으며, 시료채취 후에 냉동 보관한 상태를 유지하여 실험실로 운반하였다.

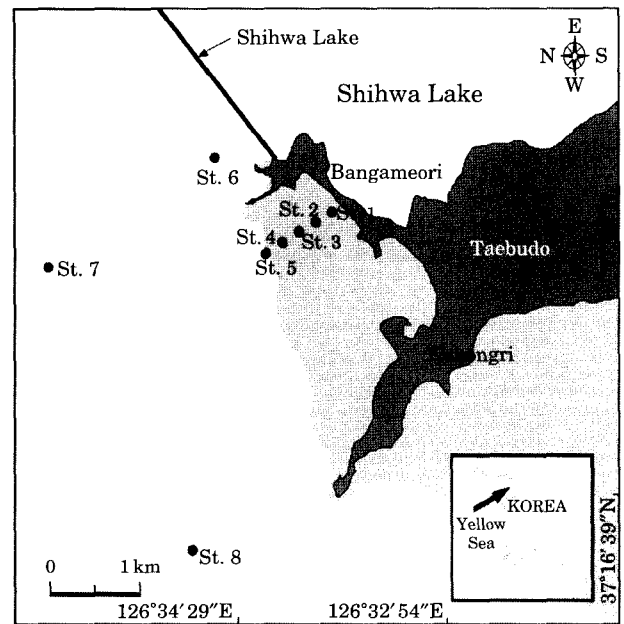


Fig. 1. Site map of the Bangameori tidal flat and subtidal area in Daebudo.

서식환경 특성을 분석하기 위한 퇴적물 시료는 각 정점별로 표층퇴적물을 약 100 mL씩 취하여서 실험실로 옮겨진 후, 과산화수소수와 염산으로 퇴적물내 쇄설성 입자들을 응집시키고 있는 유기물과 탄산염을 제거하였다. 불순물이 제거된 퇴적물 시료는 4 Φ 체를 이용한 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질과 세립질 퇴적물로 분리하였다. 4 Φ 이하의 조립질 시료는 0.5 Φ 간격의 체가 단계별로 장착된 Ro-tap sieve shaker로 15분 동안 충분히

Table 1. Sediment characteristics in the study area near the Bangameori, Daebudo

	Intertidal area					Subtidal area		
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
Temperature (°C)								
May	18.0	17.8	18.0	18.8	19.3	15.2	13.2	13.0
August	28.1	28.0	27.9	27.7	28.0	25.3	25.9	25.2
November	10.3	10.7	11.6	11.7	12.1	12.6	13.6	13.2
February	9.2	9.3	7.5	8.0	7.7	1.8	1.9	1.7
Sediment type (by Folk)	mS	S	S	S	mS	sM	sM	sM
Mean grain-size (Phi)	3.73	3.36	3.31	3.16	3.43	5.82	6.67	5.81
Grain-size composition (%)								
Gravel	-	-	-	-	-	-	-	-
Sand	85.06	91.75	91.45	93.50	88.43	0.10	3.37	33.33
Silt	10.70	5.94	5.35	6.50	8.25	52.91	57.37	53.01
Clay	4.24	2.31	3.21		3.32	46.96	39.26	13.66
Statistical parameters								
Standard deviation	1.72	1.39	1.58	0.60	1.58	2.67	2.87	2.80
Skewness	3.34	4.36	3.99	0.22	3.69	0.93	0.52	0.95
Kurtosis	14.99	25.27	20.32	2.43	18.27	2.94	2.00	2.73
TOM (%)	2.510	2.636	2.651	2.100	2.786	5.107	6.097	4.847

체질한 후 입도 등급별로 무게 백분율을 구하였다. 4 Φ 이상의 세립질 시료는 전체를 대표할 수 있는 시료 2g을 취해 300 mL의 0.1% 칼콘용액을 넣고 초음파 분쇄기와 자기 진동기로 시료를 균일하게 분산시킨 후 X-선 자동입도분석기인 Sedigraph 5000D로 분석하여 입도 무게 백분율을 구하였다. 계산된 각 입도 등급별의 무게 백분율을 이용하여 평균입도 (mean), 분급도 (sorting), 왜도 (skewness), 첨도 (kurtosis) 등의 통계학적 변수들을 구하였다 (Higgins and Thiel 1988; Giere 1993). 총 유기물 함량은 110°C에서 4시간 이상 건조된 시료의 무게를 측정 한 후 시료를 분쇄하고, 550°C의 전기로에서 1~2시간 가열하여 유기물을 산화시켜 진공 방냉시킨 후 무게를 측정하여 손실 차이를 측정하고, 각 정점별로 전체 시료에 대한 유기물의 무게 비를 백분율로 나타내었다.

중형저서동물 분석을 위한 퇴적물 시료는 조하대에서는 van Veen grab을 사용하여 저서퇴적물을 채취한 후, 직경 3.6 cm의 아크릴 튜브를 사용하여 코어링을 하였고, 조간대에서는 썰물시 직접 아크릴 튜브를 사용하여 시료를 코어링 하였다. 조간대에서는 표층에서 1cm까지의 퇴적물을, 조하대의 정점에서는 중형저서동물의 퇴적물 내에서의 수직분포를 알기 위하여 아크릴 튜브관내의 각 퇴적물을 1cm씩 5cm까지 시료를 분리한 다음 로즈벙갈 염색제가 들어있는 5% 중성포르말린으로 생물시료를 고정하였다 (Higgins and Thiel 1988). 채취한 생물시료는 연구실로 운반한 후 현미경하에서 동정 및 계수를 하였

다. 각 층으로 나뉘어졌던 생물시료는 실험실 운반되어 1 mm, 500 μ m, 250 μ m, 125 μ m, 63 μ m, 37 μ m 등 6가지 망목의 체로 크기별로 각각 6개의 크기범주로 구분하여 걸러내어 광학현미경하에서 분류 및 계수를 하였다. 계수된 자료들은 수직 분포특성을 알아보기 위하여, 각 깊이 별로 우점분류군의 서식밀도 변화를 비교했으며, ANOVA를 이용하여 각 정점에서의 시화호 호소수의 방류 전과 후의 중형저서동물 우점 그룹의 개체 서식밀도 변화의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 서식환경 특성

저서생물이 서식하는 퇴적물의 입도 조성 및 분급도는 서식생물의 공간 분포와 밀접한 관련이 있는 중요한 환경요소이다 (Giere 1993). 2000년 8월 조사해역에서 표층 퇴적물의 평균 입도는 조하대에서 5.81~6.67 Φ , 조간대에서 3.16~3.73 Φ 까지 나타나서, 조하대 지역은 주로 니질 퇴적환경으로, 조간대 정점은 사질 퇴적 환경으로 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 1997년 조사된 김 등 (1998)의 퇴적물의 입도 분석결과와 거의 비슷한 양상으로, 배수갑문 앞의 정점의 평균입도에 있어서도 김과 이 (2000)의 결과와 동일한 패턴을 보여서, 시화호의 정기적인 방류가 시작된 후 3년이 지난 후에도 부근의 퇴적환

경이 크게 변하지 않은 것으로 보인다.

분급도(sorting class)는 조하대 조사해역 전체에 걸쳐 분급도가 2.0 Φ 를 넘어 'Very poorly sorted' 단계를 나타냈으며, 조간대 정점은 1.72 Φ 이하의 값을 보여서, 정점 1, 2, 3, 5에서 'poorly sorted'를, 정점 4는 0.60 Φ 의 'moderately well sorted'를 나타내, 조하대에 비하여 분급도가 상대적으로 양호한 특징을 보였다(Table 1). 왜도(skewness)는 조하대에서는 0.52~0.95의 값을, 조간대에서는 정점 4의 0.22를 제외하고는 모두 3.34 이상의 값을 보였으며, 첨도(kurtosis)는 정점 4를 제외한 조간대 전 정점에서 3을 넘는데, 이는 조하대 정점에 비하여 조간대 정점의 입도분포곡선이 정규분포곡선보다 더욱 좁은 모양을 가지고 있다는 것을 의미한다. 전반적으로 퇴적물의 입도 및 분급도 특성이 조간대와 조하대가 차이를 나타냈으나, 조간대의 정점 4는 다른 정점들과 퇴적환경이 다르게 나타나서, 특히 분급도가 양호하고 왜도 값이 상대적으로 작은 값을 나타내어 다른 조간대 정점에 비하여 고에너지의 환경을 시사하는 것으로 보인다(오와방 2003).

표층퇴적물의 유기물 함량은 2.100~6.506%의 함유율을 보였다(Table 1). 조간대 정점에 비해서 조하대 정점의 유기물 함량이 높게 나타났고, 최대값을 나타낸 정점은 조하대의 정점 7이었으며, 최저값은 조간대 정점 4에서 나타났다. 정점 7의 위치가 배수갑문 배출 연직선 상에 위치하고 니질 퇴적물의 함량이 조사정점중 가장 높게 나타난 것으로 미뤄 볼 때, 배수갑문에서 배출된 시화호 내의 니질 퇴적물과 유기물이 퇴적되어 이를 반영하는 것으로 보인다. 조간대에서는 정점 4를 제외하고는 상부 지역(정점 1)에서 하부지역으로 갈수록 유기물의 함유율이 조금씩 높아지는 양상을 보였다.

퇴적물의 온도는 일사량과 바람의 영향으로 깊이에 따라 큰 차이를 보였는데, 표층 1cm에서 연간 1.7~28.1°C의 범위를 나타냈다. 조하대는 가을철을 제외하고는 대기로 노출되어 직접 가열되는 조간대에 비하여 상대적으로 낮은 온도를 각 계절에 보였으며, 봄, 여름, 가을철이 조하대와 조간대의 표층퇴적물의 온도차가 대부분 4°C 이하인데 비하여, 겨울철인 2000년 2월에는 평균 7°C 차이가 나타났다(Table 1). 한국근해의 열수지 특성상 서해연안의 해수면에서의 열흡수량보다 갯벌표면에서의 열흡수량이 3~4배가 높아서, 밀물시 온도교환이 이 두 매질간의 온도 차이에 의한 현열속에서 이루어짐을 고려하면(나 등 2000), 해수와 갯벌의 온도차가 큰 겨울철 갯벌 퇴적물의 온도변화는 매우 클 것이며, 이는 저서생물의 서식깊이와 수직이동에 영향을 줄 것으로 예상된다.

2. 군집구성 및 개체수

1) 조간대

대부도 방아머리 갯벌의 조사지선 정점 1, 2, 3, 4, 5에서 2000년 5월, 8월, 11월 및 2001년 2월에 출현한 중형저서동물의 그룹별 조성을 보면 총 12개의 중형저서동물 그룹이 출현하였다(Table 2). 각 계절별 정점에서 나타난 표층에서 1cm까지의 중형저서동물군집의 서식밀도는 145개체/10 cm²에서 2,057개체/10 cm²까지 나타났는데, 가장 서식밀도가 높게 나타난 정점은 2000년 5월의 정점 1에서 2,057개체/10 cm²이며, 가장 낮은 서식밀도를 나타냈던 정점은 정점 2001년 2월에 정점 4의 145개체/10 cm²이다. 각 정점별로 살펴보면, 거의 모든 조하대, 조간대 정점들이 선충류(nematodes)가 우점했는데, 정점 1의 봄철에서만 저서성 요각류(benthic harpacticoid copepods)가 우점하는 양상을 나타냈다. 그러나 여름에는 굽감하여 1,281개체/10 cm²이던 서식밀도가 39개체/10 cm²로 나타나고 가을에는 36개체/10 cm², 겨울에는 20개체/10 cm²으로 나타났다(Fig. 2). 봄철을 제외한 모든 계절에서 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈고, 가을철에는 이매패류(bivalves)가 84개체/10 cm²가 출현했는데, 최등(1998)에 의해서 같은 지역에서 수행된 가을철 대형저서동물의 조사결과에서 나타난 이매패류인 *Nitidotellina* sp.의 우점양상과 연관이 있는 것으로 보여진다. 겨울철에는 선충류의 우점도가 74.8%로 가장 높게 나타나는 계절적인 특성을 보였다(Fig. 3). 정점 2의 표층에서 1cm까지 출현한 중형저서동물의 서식밀도는 모든 계절에서 다른 정점과 마찬가지로 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈고, 저서성 요각류와 갑각류의 유생(nauplius), 그리고 저서유공충류(sarcomastigophorans)가 차례로 우점하는 양상을 보였으며, 조간대 정점 중에서 가장 높은 선충류의 우점율을 나타냈다. 정점 3에서 출현한 중형저서동물의 서식밀도는 봄철에 선충류가 전체의 71.7%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 요각류의 유생, 저서성 요각류가 각각 9.1%, 8.0%를 나타냈다. 봄철에 가장 높은 서식밀도 값을 보였으며, 여름에는 543개체/10 cm²로 종조성은 봄철과 비슷한 양상으로 선충류가 87.7%로 가장 우점하였고, 저서성 요각류와 갑각류의 유생이 그 다음을 차지했다. 가을철에는 582개체/10 cm²로 여름철과 비슷한 서식밀도를 나타냈는데, 저서성 요각류는 굽감하고, 저서유공충류가 16.5%로 선충류 다음으로 우점하는 변화가 있었으며, 겨울철에는 선충류의 서식밀도는 계절중 최소값을 나타내 413개체/10 cm²로 저서유공충류가 52.5%를 차지하여 선충류보다 더 우점하는 특징을 보였다. 정점 4에서는 봄철에 선충류가 전체의

Table 2. The seasonal number of individuals in coastal area of Bangameori, Daebudo.

	Intertidal area (0~1 cm)												Subtidal area (0~5 cm)																										
	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6		St. 7		St. 8																								
	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.																			
Nematodes	528	499	580	228	713	891	690	169	695	476	453	318	257	377	90	437	546	334	208	2303	998	293	679	1983	1947	2905	643	2718	629	1810	912								
Harpacticoids	1281	39	36	20	101	64	16	33	78	14	5	24	27	64	14	4	218	121	25	12	517	113	44	141	138	21	241	3	206	74	230	143							
Sarcomastigophorans	36	108	130	52	54	41	68	321	60	14	96	217	58	52	71	47	28	110	70	133	383	81	22	86	167	143	149	223	129	103	186	148							
Nauplius	184	20	12	65	10	14	12	88	14	16	30	8	8	3	120	94				467	62	8	204	203	6	70	1	215	3	76	41								
Polychaetes	1	7	1	19	5	5	1	3	2	1	1	3	1	9	1	31	18	5	17	16	8	18	20	45	46	35	25												
Ostracods	23	82	3	24	28	7	14													21	12	3	2	2	4	19	15	5	5										
Bivalves	1	29	84	1	2	4	2	1	6	2	1	2	2	24	1	2	20	8	1	5	1	6	1	1	6	1	1	15	4	2									
Gastropods	1			1	7	3	1	13	10	1	1	1	1	26	6	9	4	1									1	2	3	1	4								
Turbellarians								2	4					1	1	30											35	8	11	3									
Ciliophorans					4																3						11	16	2										
Kinorhynch														3	1	1	4	1	7	11																			
Echinoderms																																							
Cnidarians																					5																		
Nemertines																					6																		
Amphipods																																							
Gastrichs								2																															
Isopods																																							
Halacaroidans																																							
Cumaceans																																							
Others	3	4	3	1	13			7	2	2	6	2	2	2	1	25	35	4	6	20	26	14	13	39	32	2	5												
Total	2057	695	936	305	958	1040	815	540	969	543	582	413	456	394	476	145	806	932	437	365	3787	1346	391	1137	2611	2183	3431	904	3395	929	2357	1285							

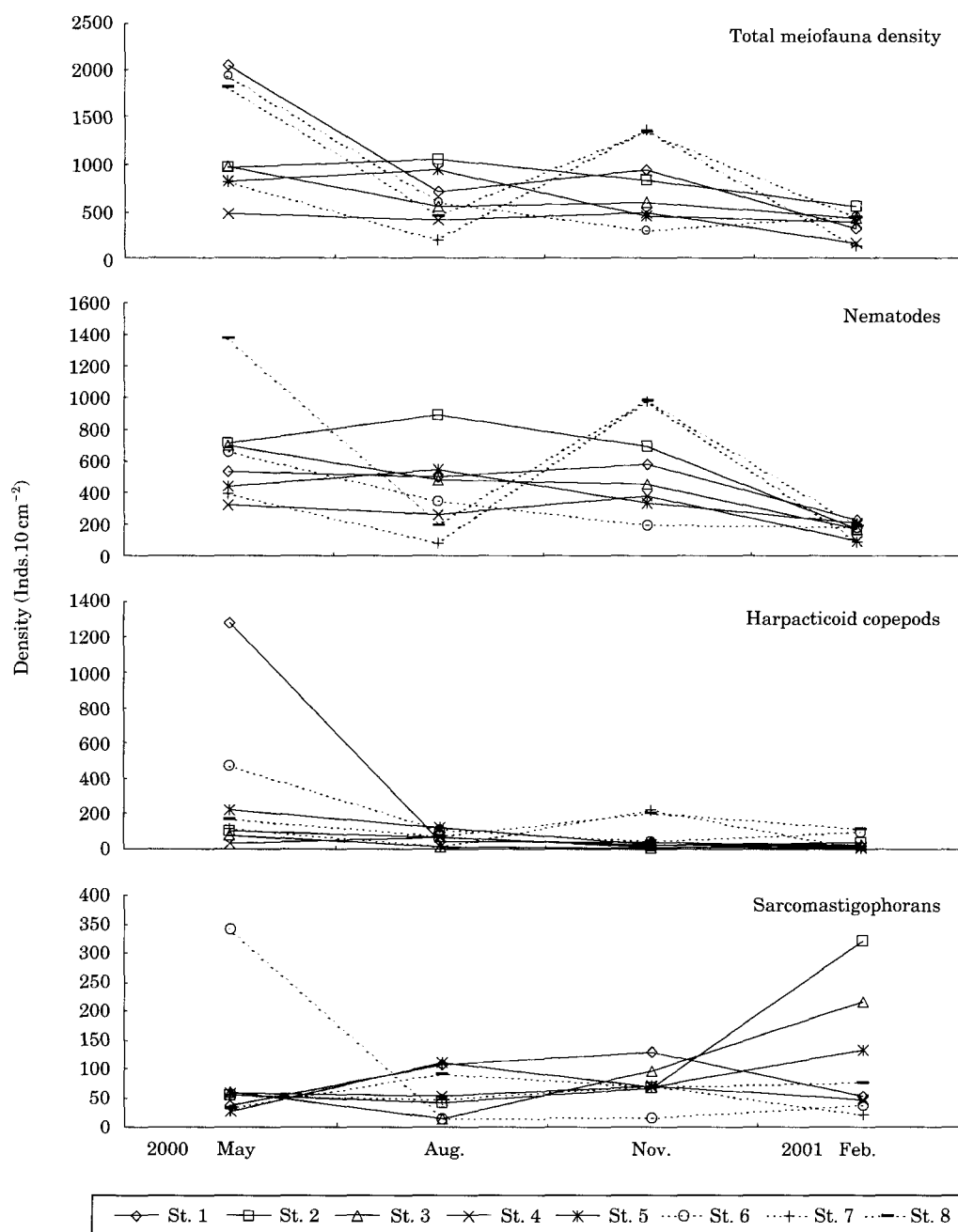


Fig. 2. Seasonal fluctuations of abundance of major meiofaunal groups in the study area of Bangameori in Daebudo.

69.9%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 저서유공충류, 갑각류의 유생이 각각 12.7%, 6.6%를 나타냈다. 여름철에는 저서성 요각류가 다소 증가하는 양상을 나타냈고 전체 서식밀도는 감소하여 395개체/10 cm²로, 가을철은 476개체/10 cm²로 증가하였으며, 겨울에는 145개체/10 cm²로 전 정점에서 최소값을 보였다(Fig. 3). 가장 조간대 하부에 위치한 정점 5는 봄철에 806개체/10

cm²로 5개의 중형저서동물 그룹이 출현하였고, 선충류가 전체의 54.2%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 저서성 요각류, 갑각류의 유생이 각각 27.0%, 14.9%를 나타냈다(Table 2). 여름철에는 서식밀도가 조금 증가하여, 931개체/10 cm²로 선충류와 저서성 요각류, 저서유공충류가 우점하는 양상을 보였다. 가을에는 급감하여 476개체/10 cm²로 선충류, 저서유공충류와 저서성 요

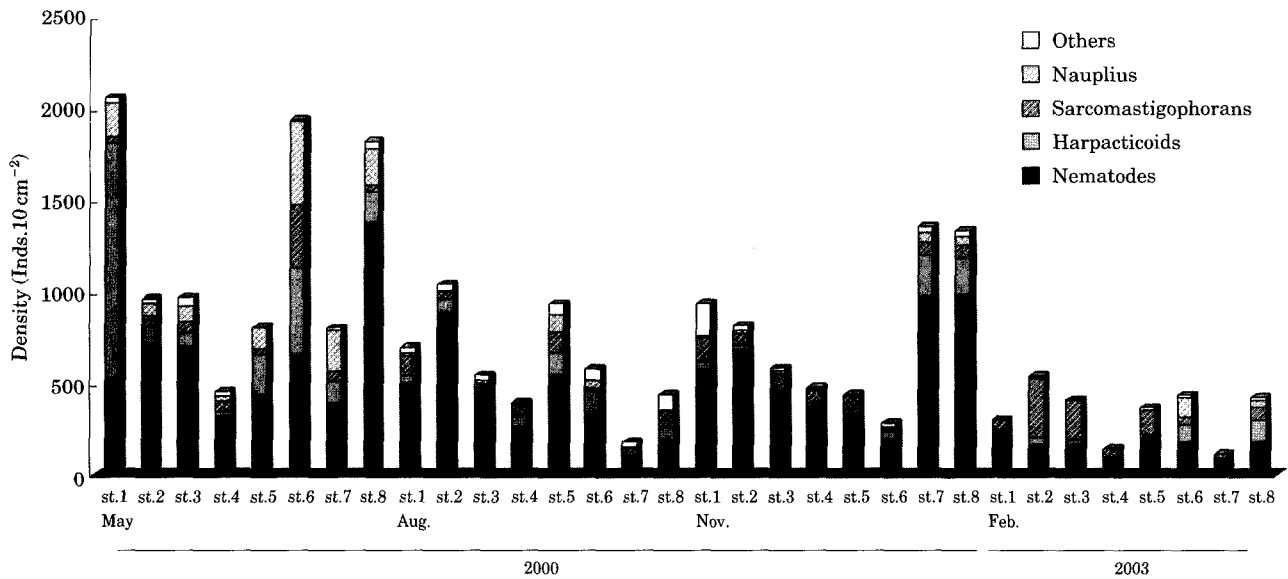


Fig. 3. Seasonal Variation of major meiofaunal groups among each station.

각류 순으로 우점하였고, 겨울에는 서식밀도가 더 감소하여 365개체/10 cm²로 우점 양상은 가을철과 거의 비슷하게 나타났다.

2) 조하대

조하대 조사 정점인 정점 6, 7, 8에서 2000년 5월, 8월, 11월 및 2001년 2월에 출현한 중형저서동물의 그룹별 조성을 보면 총 19개의 그룹이 출현하였다(Table 2). 각 계절별 정점에서 나타난 표층에서 5 cm까지의 중형저서동물군집의 서식밀도는 2000년 5월의 정점 6에서 3,787개체/10 cm²로 최대값을 나타냈으며, 가장 낮은 서식밀도를 나타냈던 정점은 2000년 11월에 정점 6의 391개체/10 cm²이다. 정점별로 살펴보면, 봄철에 정점 6의 표층에서 5 cm 깊이까지 출현한 중형저서동물의 서식밀도는 3,787개체/10 cm²로 12개의 중형저서동물 그룹이 출현하였고, 선충류가 전체의 60.8%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 저서성 요각류, 갑각류의 유생이 각각 13.7%, 12.3%를 나타냈다(Fig. 3). 모든 계절에서 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈고, 저서성 요각류와 요각류의 유생, 그리고 저서유공충류가 차례로 우점하는 양상을 보였다. 봄철에 정점 7의 표층에서 5 cm까지 출현한 중형저서동물의 서식밀도는 2,611개체/10 cm²로 10개의 중형저서동물 그룹이 출현하였고, 선충류가 전체의 75.9%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 요각류의 유생, 저서유공충류가 각각 8.8%, 6.4%를 나타냈다(Fig. 3). 여름에는 봄철에 비하여 약간 감소한 2,183개체/10 cm², 가을철에는 가장 높은 서식밀도를 3,431개체

/10 cm², 그리고 겨울철에는 904개체/10 cm²의 최소값을 나타냈다. 모든 계절에서 정점 4와 마찬가지로 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈고, 저서성 요각류와 요각류의 유생, 그리고 저서유공충류가 차례로 우점하는 양상을 보였으며, 세 정점 중에서 가장 높은 선충류의 우점율을 나타냈다. 정점 8에서 출현한 중형저서동물의 서식밀도는 봄철에 3,395개체/10 cm²로 11개의 중형저서동물 그룹이 출현하였고, 선충류가 전체의 80.1%를 차지하여 가장 우점하는 양상을 나타냈으며, 갑각류의 유생, 저서성 요각류가 각각 6.3%, 6.1%를 나타냈다(Fig. 3). 여름에는 최소값인 929개체/10 cm², 가을철에는 다시 높아져서 2,357개체/10 cm², 그리고 겨울철에는 다시 감소하여 1,285개체/10 cm²를 나타냈다. 출현 분류군 수는 가장 적은 서식밀도를 나타낸 여름철이 가장 높은 14의 값을 나타냈다.

3. 계절적 수평 분포

전 시기, 전 정점의 0~1 cm 깊이의 표층 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 서식밀도는 전반적으로 봄철에 가장 높게 나타났으며, 여름철에 감소하고, 가을철에 다시 증가하며, 겨울철에 최소값을 나타냈다(Figs. 2, 3). 가장 높은 서식밀도를 보인 곳은 조건대 최상부인 정점 1로 2,057개체/10 cm²를 나타냈다(Table 2, Figs. 2, 3). 분류군 조성을 보면 일시적인 저서성 요각류의 매우 높은 서식으로 인한 것임을 알 수 있는데, 이를 제외하면, 정점 2, 3과 함께 서식밀도와 분류군 구성에 있어서 거의 비슷

Table 3. Variation of meiofaunal density in relation to discharge of Shihwa lake water (Kordi, 2001).

	St. 6												St. 7												St. 8											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I									
	341	57	7	223	904	2303	998	293	679	1147	882	918	352	1237	1983	1947	2905	643	810	857	758	1631	1435	2718	629	1810	912									
Nematodes	469	3	2	64	192	517	113	44	141	193	228	47	48	97	138	21	241	3	98	163	62	188	362	206	74	230	143									
Harpacticoids	19	6	7	36	153	383	81	22	86	348	181	98	13	264	167	143	149	223	94	66	134	70	245	129	103	186	148									
Sarcomastigophorans	85	1	1	9	84	467	62	8	204	125	151	43	9	15	203	6	70	1	48	83	35	130	212	215	3	76	41									
Nauplius	20	7	6	10	53		3			60	85	49	9	32	11	16		41	27	42	31	50	2													
Ciliophorans	61	2	5	19	19	31	18	5	17	34	44	36	21	17	16	8	18	20	45	60	38	71	39	45	46	35	25									
Polychaetes	7	9	4	9	4	9	2	20	8	1	6	8	3	9	7	5	1	6	1	20	13	15	7	5	1	15	4	2								
Bivalves	2	2	1	4	7	7	30			3	13	4	3	1	35	8		8	10	12	6	8	11	3												
Turbellarians	11	2	1	4	9	6				3	1	2	1	2				6	4	7	8	20	3													
Nemertines	2	1	1	1	18	21	12	3	2	1	1	2	1	2	1	2	4	19	1	4	4	10	15	5	5	5	5									
Ostracods 2	4	2	3			5				5	4	4							1	1	5	2	2													
Cnidarians	1					3		1	3	3	1	1	2	4	1	7			2	2	7		11													
Kinorhynchs	1					3		1	3	3	1	1	2	4	1	1	2		1	1	3	1	2	1	7	1	1									
Gastropods	1					7		4	1	2									1	1				3	1	4	4									
Echinoderms						2			1										3	1	1	2	1	2	1	1	1									
Gnathostomulids	5																																			
Halacaroidans																																				
Amphipods																																				
Cumaceans																																				
Insects																																				
Isopods																																				
Oligochaetes																																				
Sipunculids																																				
Gastrichs																																				
Others	12	3	4	13	17	25	35	4	6	13	20	14	16	21	20	26	14	13	14	14	15	20	27	39	32	2	5									
Total	1035	87	45	395	1475	3787	1346	391	1137	1942	1568	1219	485	1694	2611	2183	3431	904	1189	1307	1135	2169	2420	3395	929	2357	1285									

(Sampling time A: March 10 1997 The day before discharge; B: March 12 1997 The day after discharge; C: March 17 1997 The week after discharge; D: October 1997; E: February 1998; F: May 2000; G: August 2000; H: November 2001; I: February 2001; Shaded area: this study)

한 양상을 나타내는 분포를 보였다. 일반적으로 저서성 요각류는 오염에 민감하며, 산소 조건과 온도 조건에 많은 영향을 받으며, 섭식 특성상 주로 저서규조류를 섭취하는 종들이 많은 것으로 알려져 있다(Hicks and Coull 1984; Giere 1993). 이러한 특성을 고려할 때, 온도가 높고, 산소량이 풍부하며, 조간대 상부의 긴 노출 시간으로 인한 저서규조류의 높은 서식밀도를 가질 것으로 예상되는 정점 1에 저서성 요각류의 서식이 유리했을 것으로 사료된다. 정점 4는 전 시기에 가장 낮은 서식밀도를 보였다. 서식환경 분석에서 정점 4에서 유기물량이 가장 낮게 나타난 것과 물리적 퇴적 특성이 고 에너지의 환경임을 고려할 때, 중형저서생물 특히 다른 조간대 정점에서 가장 우점했던 선충류의 서식에 적합하지 않은 환경으로 보이며, 이는 1996년에 최 등(1998)에 의하여 조사된 대형저서동물의 낮은 밀도와도 일치하는 결과이다. 가을철 조간대 정점에서의 수평적인 분포는 조간대 최상부에서 하부로 갈수록 점점 개체 서식밀도가 감소하는 경향을 보였는데, 서식밀도가 가장 높은 정점 1을 제외하고 다른 정점들에서는 선충류의 서식밀도차이가 그러한 수평분포의 구배를 초래했다(Figs. 2, 3). 전반적으로 개체 서식량이 매우 적게 나타난 겨울철의 수평분포의 특성은 저서유공충류의 서식밀도 차이에서 나타났는데, 가장 서식밀도가 높은 정점 2와 3의 경우 선충류보다 더 많은 저서유공충류의 서식을 보여주고 있다(Figs. 2, 3).

조하대와 조간대 정점간의 차이는 서식밀도에 있어서 봄과 가을철에 조하대가 다소 높게 나타났으며, 여름철에는 낮은 것으로 나타났다(Figs. 2, 3). 조간대에 비하여 조하대에서 정점간의 서식밀도차이가 크게 나타났는데, 특히 배수 갑문 전방에 위치한 정점 6의 경우는 봄철에는 높은 서식밀도를 보이다가, 가을철에는 오히려 최소값을 보이기도 하였으며, 특히 봄철에 저서성 요각류와 갑각류의 유생의 서식밀도가 매우 높게 나타난 것은 배수시에 풍부한 산소가 공급되고, 높은 유기물함량과 식물플랑크톤의 대발생을 나타내는 시화호소수의 영향으로 사료된다. 조하대 정점 중에서는 정점 7의 서식밀도가 전 시기 동안 가장 낮은 값을 보였으며, 시화호의 배출수의 영향을 가장 적게 받는 것으로 예상되는 정점 8은 조간대에서 나타난 중형저서동물의 계절 변화 패턴과 유사한 양상을 나타냈다(Figs. 2, 3).

이전에 수행된 조사결과와 비교하면, 상시 방류가 시작된 직후의 값과 6개월 후나 1년 후의 결과에서는 정점 8의 경우가 가장 높게 나타나, 각각 2,169개체/10 cm², 2,420개체/10 cm²의 서식밀도를 나타내며, 평균 밀도로 보면 다소 감소한 것 같지만 계절적인 천이를 고려하면, 비

슷한 값으로 사료되며, 정점 6, 7의 경우는 전체적으로 서식밀도가 증가한 경향을 나타내었다. 정점 8의 경우는 방류 후에 거의 영향을 받지 않는 서식밀도를 보이는 점이 2000년의 결과와 일치되는 것으로 사료된다(Table. 3).

4. 계절적 수직 분포

각 시기별, 조하대 정점에서의 표층퇴적물 0~5 cm 깊이까지의 중형저서동물의 정점별 수직분포 특성을 보면, 전반적으로 퇴적물의 깊이가 깊어짐에 따라 서식밀도의 감소현상이 나타났다(Fig. 4). 이는 연안환경에서 나타나는 중형저서동물의 일반적인 수직분포 특성으로, 이러한 분포특성을 좌우하는 요인은 서식조건, 즉 산소량, 먹이 공급, 온도 등으로 알려져 있다(Higgins and Thiel 1988; Giere 1993). 시화호 배출수의 직접적인 영향을 받는 정점 6은 봄철에 있어서 우점 분류군인 선충류의 서식 패턴이 다소 불규칙적으로 나타났다(Fig. 4). 그러나 산소량에 민감한 저서성 요각류의 수직분포패턴은 표층을 선호하는 양상이 잘 나타났다. 배수갑문과 정점 6의 일직선상에 위치한 정점 7은 선충류의 수직분포 패턴이 가을철을 제외하고는 매우 불규칙하게 나타났으며(Fig. 4), 이는 비교적 높은 서식밀도를 보이는 시기에 해당하므로, 특정 선충류의 기회성 서식으로 생각되며, 선충류의 좀 더 세분화된 분류자료를 바탕으로 이를 해석할 필요가 있다(Heip *et al.* 1985). 한편, 저서성 요각류는 정점 6과 마찬가지로 선충류의 불규칙한 패턴과는 상관없이 표층을 선호하는 양상이 4계절에 걸쳐 잘 나타났다(Fig. 3). 배수갑문에서 배출되는 시화호수의 영향을 가장 덜 받는 지역으로 예상되는 정점 8에서의 수직 분포의 특징은 일반적인 중형저서동물의 수직분포 구조를 잘 나타냈는데, 즉 깊이에 따라 서식밀도가 급격히 감소되는 양상을 보였다(Fig. 4). 4계절 모두에서 거의 비슷한 양상으로 각 분류군별 깊이에 따른 서식 분포 특성을 보였으며, 전체 중형저서동물군의 서식밀도에 있어서 여름철과 겨울철에 1~2 cm 층에서 표층 0~1 cm 보다 조금 높은 서식밀도를 나타냈는데, 이는 저서성 요각류와 저서유공충은 급격하게 감소하였으나 선충류의 서식밀도가 증가하였기 때문이다. 계절적으로 서식밀도에 있어서 피크를 나타냈던 봄철과 가을철의 높은 선충류의 서식밀도는 표층에 집중된 특정 선충류의 계절적인 변동으로 인한 수직분포 특성으로 보여진다(Fig. 4). 저서성 요각류는 다른 정점들과 마찬가지로 표층 선호 현상이 두드러지게 나타났다. 1997년 방류 후와 1998년도의 연구결과(김과 이 2000)와 비교해보면, 방류 직후의 불안정한 수직 분포에서 1년 후인 1998년도의 깊이에 따른 서식밀도 감소가 안정된

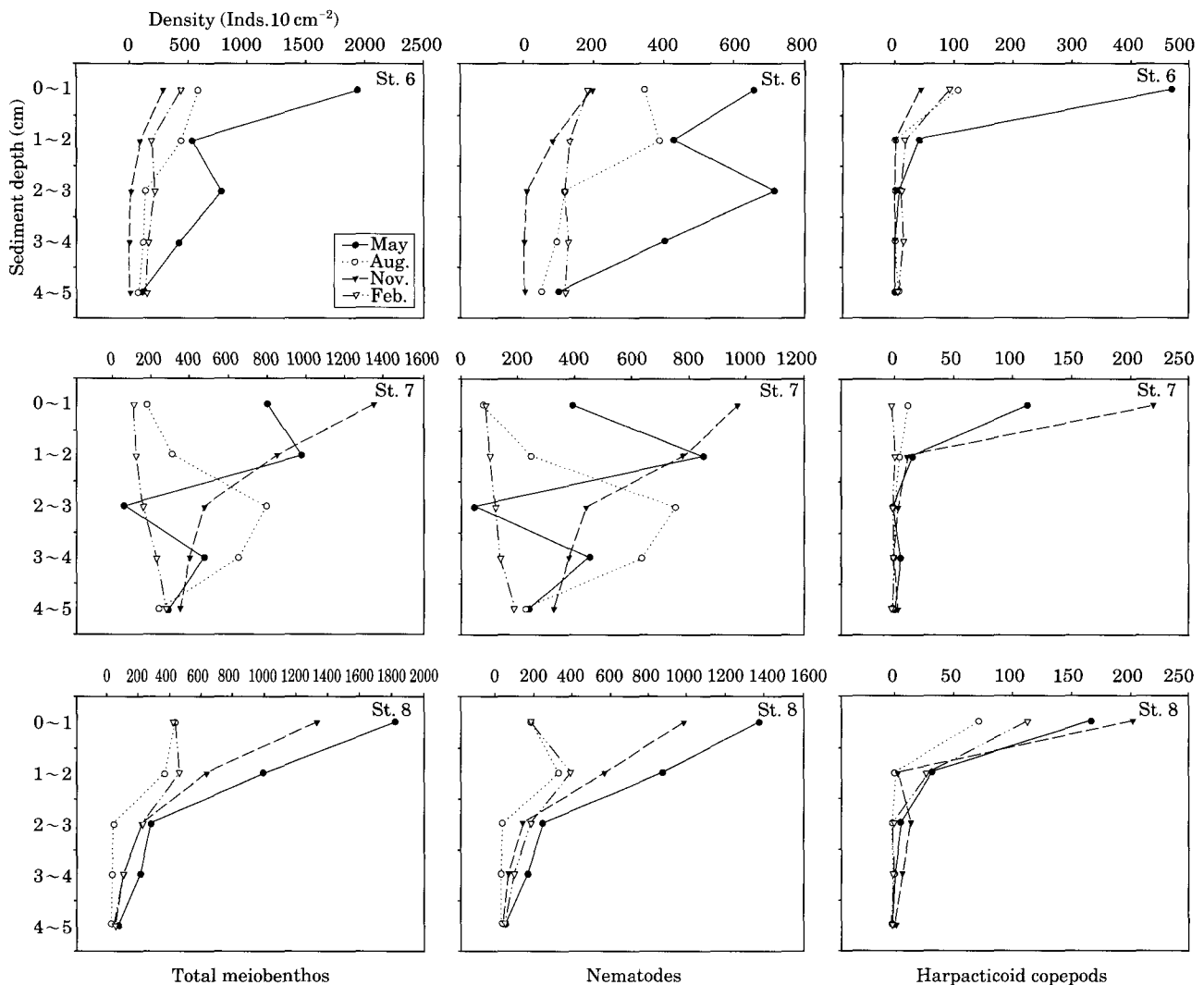


Fig. 4. Vertical distribution of major meiofaunal groups in the subtidal study area of Daebudo in season.

수직분포 특성을 보였는데, 3년이 지난 금번 결과에도 거의 비슷한 양상을 보였다고 할 수 있다.

5. 시화호 방류 영향에 대한 고찰

1997년의 시화호 상시 방류 이전에 조사되었던 김과이(2000)의 연구 결과와 비교를 하면, 1997년 시화호 배수갑문 외해의 조하대에서 1997년 3월 11일 방류일을 기준으로 방류 하루 전(1997년 3월 10일), 방류 하루 후(1997년 3월 12일), 방류 1주일 후(1997년 3월 17일), 약 6개월 후(1997년 10월 1일), 약 1년 후(1998년 2월 24일)에 배수갑문을 중심으로 조하대 정점 6, 7, 8에서 조사된 값과 이로부터 상시방류가 계속되어 3년이 지난 후인 2000년의 이 연구의 결과 값을 비교하여 보면 Table 3과 같다. 1997년 6월부터 10월까지는 상시 250만톤의 방류

가 있었고, 1998년 2월에는 상시 1,000만톤의 방류가 있었다(한국수자원공사 1998). 1997년 중형저서동물의 그룹별 조성을 보면, 총 22개의 그룹이 출현한 데 비해서 2000년 결과는 19개의 그룹이 출현하여 약간의 감소를 나타냈다(Table 3). 서식밀도에 있어서는 정점 4에서는 1997년의 방류 전에는 1,035개체/10 cm², 방류 하루 후 87개체/10 cm², 일주일 후에는 45개체/10 cm²의 값으로 급격히 감소하였음을 나타냈었고, 약 1년 후에는 1,475개체/10 cm²를 나타내 방류전의 개체수로 회복되어진 양상을 보였다. 2000년에는 계절별로 봄철 3,787개체/10 cm², 여름에는 1,346개체/10 cm², 가을철에는 391개체/10 cm², 그리고 겨울철인 2001년 2월에는 1,137개체/10 cm²로 계절적인 천이의 영향으로 다소의 차이가 있지만, 전체적인 서식밀도로 보면 증가한 양상을 보인다(Table 3).

우점하고 있는 분류군을 보면 방류 하루 전에는 배수갑문 앞의 정점 6에서 저서성 요각류가 가장 우점하고 있어 469개체/10 cm²를 보였는데, 방류 하루 후, 일주일 후에는 거의 출현하지 않는 3개체/10 cm², 2개체/10 cm²를 보여 급감하는 현상을 보였다. 방류 하루 전을 제외하고는 전 시점에서 선충류가 가장 우점하였는데, 3년 후인 금번 조사에서 나타낸 결과 역시 선충류가 우점하는 양상을 보였다. 중형저서동물의 계절에 따른 군집조성과 서식밀도의 변화를 고려하여, 조사시기가 겨울철인 방류 일년 후와 3년이 지난 2000년 2월 자료 및 가을철인 1998년 10월 자료와 2000년 11월 자료를 비교하면, 서식밀도와 분류군 조성상의 특징이 거의 비슷하게 나타남을 볼 수 있다 (Table 3). 정점 6보다는 배수갑문의 직접적인 방류의 영향을 덜 받는 정점 7과 8에서는 1997년 방류 전과 방류 직후의 차이가 급격한 감소를 보이지는 않았지만 개체수가 약간 감소하는 경향을 나타내어, 방류 전에는 1,942개체/10 cm², 1,189개체/10 cm²가 방류 후에는 1,568개체/10 cm², 1,307개체/10 cm²를 나타냈으며, 1년 후 1998년에는 1,694개체/10 cm², 2,420개체/10 cm²로 개체수가 증가하는 현상을 보였다. 이와 비교하여, 2000년 봄 2,611개체/10 cm², 여름에는 2,183개체/10 cm², 가을철 3,431개체/10 cm², 그리고 겨울철에는 904개체/10 cm²로 상시방류 후 3년이 지난 2000년에는 방류 직전과 비슷한 양상을 보였다. 그러나, 정점 7의 방류 후 7개월 후인 1997년 10월과 2000년 11월의 군집구조는 그 서식밀도에 있어서 많은 차이를 나타내어, 개체서식밀도가 10배정도 증가한 것을 보였으며, 1998년 3월에 비하여 2000년 2월의 군집구조는 저서성 요각류와 선충류의 서식밀도가 매우 감소한 것으로 나타났다. 그러나 통계적으로 우점분류군의 서식밀도를 비교한 결과는 유의한 차이를 나타내지는 않았다 ($P=0.30, 0.23$). 물론, 이런 결과가 반드시 방류수의 직접적인 원인으로 인한 영향으로 결론 지을 수는 없으나, 정점 7의 수직구조와 퇴적환경 결과에서 나타났듯이, 다른 정점들에 비하여 불규칙한 군집 구조 및 서식밀도 특징을 나타내는 것으로 보여서, 서식환경이 다른 정점들과 다를 것으로 예상된다. 정점 8에서는

방류 후에도 전체적으로 서식밀도는 떨어지지 않았던 1997년과 1998년과 3년이 지난 2000년에도 겨울철을 제외하고 거의 비슷한 값을 보여서 ($P<0.05$), 중형저서동물에 대한 방류의 영향이 다른 정점보다 적음을 시사한다. 조간대의 경우는 김 등(1988b)에 의하여 수행된 1996년 9월의 동일 지역에서의 연구결과와 비교하여 보면, 서식밀도가 정점별로 다소 차이가 나지만, 우점 분류군의 조성과 전체 서식밀도에 있어서 유의한 차이를 볼 수 없었다 ($P=0.15$).

6. 선충류 / 저서성 요각류 비

최근 해양환경을 평가하기 위해서, 중형저서생물의 유효성에 대해서 관심이 높아지고 있고, 지난 몇 년간 중형저서생물은 그들의 짧은 세대기간과 높은 종다양성으로 인해 생태적 모니터링에 유용하게 이용되어졌으며, 오염을 탐지하는 도구로써 유용하게 사용되어져 왔다 (Sandulli and Nicola 1990). Raffaelli and Mason (1980)에 의하면 요각류가 선충류보다 환경변화에 보다 민감하다고 알려져 있다. 선충류와 저서성의 요각류와의 비, 즉 N/C비는 일반적으로 환경이 악화될수록 커지므로, 환경오염의 지표로서의 사용 가능성이 보고 되고 있다 (Coull *et al.* 1981; Raffaelli and Mason 1981; Warwick 1981; Amjad and Gray 1983; Lambshad 1984; Shiells and Anderson 1985; Raffaelli 1987; 김 등 1998a; 김 등, 2000).

N/C 비를 방아머리 조간대 정선상의 정점 1, 2, 3, 4, 5의 각 시기별로 계산해 본 결과, 정점 1의 2000년 5월 값인 0.4에서 정점 3의 2000년 11월 값인 90.6까지 나타났다 (Table 4). 정점 1에서는 저서성 요각류가 우점한 봄철의 경우 1보다 작은 값을 나타냈으나, 다른 계절에는 모두 10 이상의 값을 나타냈다. 정점 2는 봄과 겨울의 N/C 값이 여름과 가을보다 낮게 나타났으며, 정점 3의 경우는 전 정점 중에서 가장 높은 N/C 비를 보여주었으며, 정점 1, 2가 비슷하게 봄과 겨울의 N/C 값이 낮게 나타났다. 정점 4의 경우는 정점 1, 2, 3과는 다르게 여름철에 가장 낮은 N/C 비를 보여주었으며, 가을과 겨울에 높

Table 4. Seasonal N/C (Nematodes/harpacticoid copepods) ratio at each station in Bangameori tidal flat and subtidal area during 2000 year

	Intertidal area					Subtidal area		
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
May	0.4	7.1	8.9	11.8	2.0	4.5	14.4	13.2
August	12.8	13.9	34.0	4.0	4.5	8.8	92.7	8.5
November	16.1	43.1	90.6	26.9	13.4	6.7	12.1	7.9
February	11.4	5.1	6.9	22.5	17.3	4.8	214.3	6.4

은 특징을 나타냈다. 조간대 정점 중에 노출시간이 가장 적은 정점 5의 경우는 봄철과 여름철에 N/C 값이 낮게 나타났다(Table 4). 계절별로 살펴보면, 전반적으로 N/C 값이 낮게 나타난 봄철에는 정점 1, 5에서 가장 낮은 값을 나타냈고, 여름철에는 정점 4와 5가 낮고 정점 1, 2, 3 순으로 높아지는 경향을 보였다. 가을철 역시 정점 5에서 낮은 값을 나타냈고, 겨울철에는 오히려 다른 계절에서 높은 값을 나타내던 정점 2와 3에서 가장 낮은 N/C 비를 보여주었다. 이 지수의 값으로 조간대 정점들을 표현하면, 계절별로 보았을 경우에 봄철이 평균 6.0으로 가장 낮았으며, 가을이 38.0으로 가장 오염이 심한 것으로 나타나며, 정점별로 평균을 가지고 계산하면, 정점 5가 9.3으로 가장 낮으며, 다음이 정점 1, 4, 2 순으로 나타나며, 정점 3은 35.1로 가장 오염이 심하다는 결과로 나타난다. 조하대의 경우는 여름철이 36.7로 가장 높은 수치를 나타냈으며, 조간대와는 반대로 가을에 가장 낮은 값을 보였다. 정점별로 살펴보면, 정점 6이 평균 6.2로 가장 오염의 영향이 적은 지역으로, 정점 7이 83.4로 가장 오염의 영향이 있을 것으로 나타났다. 그러나, 이러한 결과를 뒷받침할 수 있는 환경오염 물질의 농도에 대한 자료가 없으므로, 본 연구에 이를 직접 사용하여 오염을 표현하기에는 무리가 있을 것으로 보인다. 정점 6에서는 전 시기에 10 이하의 값을 나타냈는데, 전체 서식밀도가 급변하는 특성을 나타낸 정점 4에서 가장 안정적인 값을 나타낸 것은 역시 저서성 요각류의 서식밀도가 높았던 것에 기인하며, 봄과 겨울에 각각 4.5와 4.8로 낮은 값을 나타내고 여름에 8.8의 다소 높은 값을 나타내었다. 이에 반하여 정점 6에서는 전 시기에서 10 이상의 값을 나타냈는데, 봄, 가을에 14.4와 12.1로 낮은 값을, 여름 겨울에 92.7과 214.3의 매우 높은 값을 나타냈다. 이는 선충류의 급격한 증가와 저서성 요각류의 급격한 감소의 결과인데, 저서성 요각류의 급감의 원인은 환경에 의한 것인지 생태계내의 분류군 간의 관계에 의한 것인지는 좀더 세밀하고 다각도의 접근방식이 요구된다. 다른 결과들에서 방류의 영향을 가장 적게 나타낸 것으로 유추되는 정점 8의 경우는 비교적 안정된 N/C 비를 나타냈다. 봄철에 선충류의 높은 서식밀도의 영향으로 13.2의 높은 값을 나타냈으나, 여름과 가을 및 겨울의 조사결과는 각각 8.5, 7.9, 6.4로 안정된 값을 보였다. 1997, 1998년의 조사결과와 비교하여 보면, 전반적으로 N/C 값이 높게 나타났으며, 특히 수문 앞의 정점 4에서 두드러지게 변화를 보였는데, 이는 저서성 요각류의 값의 변화라기 보다는 선충류 서식밀도의 증가에 기인한 것으로 이 역시 좀더 자세한 환경적인 고찰이 필요하다고 생각된다.

이상의 결과에서, 시화호의 방류수의 영향을 지속적

로 받고 있는 방아머리 갯벌의 조간대 및 조하대에 서식하는 중형저서동물 개체들은 정점별로 계절별로 다양한 변화를 보였으며, 전반적으로 방류 이전의 결과와 통계적으로는 유의하지 않은 차이를 나타냈으나, 앞으로 좀더 정밀한 종조성의 변화 특성과 서식을 결정하는 환경요인들의 간의 연구가 요구된다.

적 요

지속적인 환경변화에 따른 중형저서동물 군집의 변동을 살펴보기 위하여, 시화호 방조제 배수갑문 부근의 대부도 방아머리 조간대의 5정점과 인근 조하대 3정점을 택하여, 2000년 3월부터 2001년까지 계절별로 수행되었다. 표층퇴적물의 평균 입도는 조간대에서 사질 퇴적 환경으로 3.16~3.73 Φ , 조하대에서 주로 니질 퇴적 환경으로 5.81~6.67 Φ 의 퇴적 환경 특성을 나타냈다. 전체 19개의 중형저서동물 분류군이 출현하였으며, 이중 선충류가 가장 우점하는 양상을 보였고, 그 다음으로 우점하는 그룹은 저서성 요각류와 저서유공충류로 나타났다. 조간대에 서식하는 중형저서동물의 서식밀도는 0~1 cm 내의 표층퇴적물 내에 145개체/10 cm²에서 2,057개체/10 cm²까지 나타났으며, 조하대 조사 정점에서는 표층에서 5 cm까지의 퇴적물 내에서 391개체/10 cm²에서 3,787개체/10 cm²까지 서식밀도 변화를 보였다. 중형저서동물의 서식밀도는 전반적으로 봄철에 가장 높게 나타났으며, 겨울철에 최소값을 나타냈다. 2000년 이전에 동일한 지역에서 수행된 다른 연구 자료와 비교해볼 때, 전반적으로 방류 이전의 결과와 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

사 사

본 연구를 위하여 생물시료채집 등에 함께하여 주신 한국해양연구원 해양생물자원연구본부 저서생물실 연구원 분들께 감사드리며, 이 논문은 “연안역 통합관리를 위한 해양환경변화 특성 규명” 및 “대체습지 조성 중장기 계획 수립 연구용역”의 지원을 받았음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부. 1996. 서해안 실태 조사와 국내의 제도 분석. 연안역 통합 관리체계 구축을 위한 조사 연구 최종보고서.
 김동성. 1997. 북동 태평양 심해저퇴적물에 서식하는 중형저서

- 동물의 군집 조성. 한국해양학회지「바다」. 2:42-47.
- 김동성, 이재학. 2000. 시화호 오염수 방류에 따른 중형저서동물의 군집 변동. 환경생물. 18:205-216.
- 김동성, 이재학. 2001. 시화호 퇴적물에 서식하는 중형저서동물의 군집구조에 관하여. 환경생물. 19:159-171.
- 김동성, 제종길, 신상호. 2000. 가막만의 중형저서생물을 활용한 오염모니터링. 한수지. 33:307-319.
- 김동성, 최진우, 제종길. 1998a. 통영저도와 당두도 가두리 양식장 퇴적물에 있어서 오염 모니터링을 위한 중형저서생물의 군집구조. 한수지. 31:217-225.
- 김동성, 최진우, 제종길, 이재학. 1998b. 서해 대부도 갯벌에 서식하는 중형저서생물의 군집구조. 해양연구. 20:81-87.
- 나정렬, 유승협, 서장원. 2000. 서해 제부도 해역의 간조시 갯벌 퇴적층내 지온 및 열수지의 계절변화, 한국해양학회지「바다」. 5:1-9.
- 민원기, 김동성, 최정일. 2003. 해초지와 주변 퇴적물에 서식하는 중형저서동물 군집 특성 비교. 한국해양학회지「바다」. 8:1-13.
- 이시완, 이형곤, 신상호, 김동성, 이지왕, 제종길. 1998. 대부도 남사리 갯벌의 생물상. 해양연구. 20:105-119.
- 오재경, 방기영. 2003. 한강유역과 경기만 퇴적환경의 연계성. 한국해양학회지「바다」. 8:225-236.
- 제종길, 이재학, 고철환. 1998. 갯벌 연구: 현재와 미래. 해양연구. 20:57-61.
- 최진우, 김동성, 신상호, 제종길. 1998. 서해 경기만 대부도 모래갯벌에서의 대형저서동물 분포. 해양연구. 20:97-104.
- 한국수자원공사. 1998. 시화호 외해 연안환경영향조사. 1156pp.
- 해양수산부. 2000. 갯벌 생태계조사 및 지속 가능한 이용방안 연구. 1203pp.
- Amjad S and JS Gray. 1983. Use of the nematode-copepod ratio as an index of organic pollution. Mar. Pollut. Bull. 14:178-181.
- Coull BC. 1999. Role of meiofauna estuarine soft-bottom habitats. Aust. J. Ecol. 24:327-343.
- Coull BC, GRF Hicks and JBJ Wells. 1981. Nematode/Copepod ratio for monitoring pollution : A rebuttal. Mar. Pollut. Bull. 12:378-381.
- Giere O. 1993. Meiobenthology : The microscopic fauna in aquatic sediments. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 328pp.
- Heip C, M Vincx and G Vranken. 1985. The ecology of marine nematodes. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 23:399-489.
- Hicks GRF and BC Coull. 1984. The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. Oceanogr. and Mar. Biol. of Ann. Rev. 21:67-175.
- Higgins RP and H Thiel. 1988. Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Inst. Press, Washington DC. 488pp.
- Lambshhead PJD. 1984. The nematode/copepod ratio : Some anomalous results from the Firth of Clyde. Mar. Pollut. Bull. 15:256-259.
- Raffaelli D. 1987. The behaviour of the nematode/copepod ratio in organic pollution studies. Mar. Environ. Res. 23:135-152.
- Raffaelli D and CF Mason. 1981. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods. Mar. Pollut. Bull. 12:158-163.
- Shiells GM and KJ Anderson. 1985. Pollution monitoring using the nematode/copepod ratio : A practical application. Mar. Pollut. Bull. 16:62-68.
- Shin HC, JW Choi and CH Koh. 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region if the inner Kyeonggi Bay, West coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 28:184-193.
- Warwick RM. 1981. The nematode/copepod ratio and its use in pollution ecology. Mar. Pollut. Bull. 12:329-333.
- Yoo JW and JS Hong. 1996. Community structures if the benthic macrofaunal assemblages in Kyonggi Bay and Han Estuary, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 32:7-17.

Manuscript Received: April 1, 2004
 Revision Accepted: May 14, 2004
 Responsible Editorial Member: Saywa Kim
 (Yongin Univ.)