

1995년 12월 경기만 북부해역에서의 저서다모류 군집*

신현출 · 고철환¹

여수대학교 해양학과, ¹서울대학교 해양학과

Benthic Polychaetous Community in Northern Kyeonggi Bay in December 1995

H.C. SHIN AND C.-H. KOH¹

¹Department of Oceanography, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

¹Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

본 연구는 경기만의 저서다모류 군집의 분포와 종조성을 파악하기 위하여 1995년 12월에 수행되었다. 저서동물의 평균서식밀도는 557 개체/m²이었고, 우점 동물군은 다모류로서 출현종수는 60 종, 서식밀도는 488 개체/m²이었다. 저서다모류의 서식밀도는 인천항을 중심으로한 염하수로 일대 해역에서 가장 높았고, 영종도와 송도 주위의 조간대 지역과 주수로를 포함한 외해역에서는 낮았다. 최우점종은 *Heteromastus filiformis*이었으며(다모류 중 47.3%), 다음은 *Nephtys polybranchia*, *Tharyx* sp., *Sternaspis scutata*의 순이었다. 우점종의 종조성에 기초한 집괴분석 결과 경기만은 외해역/수로역, 인천항, 영종도조간대, 송도조간대의 네 해역으로 구분되었다. 외해역과 수로역은 출현종수가 가장 많아 다양도지수가 가장 높은 정점군이며, 인천항은 다모류의 서식밀도가 가장 높은 정점군이다. 특히 인천항은 *H. filiformis*가 극우점하는 지역이다. 경기만에서 수행된 이전의 연구 결과와 비교하면, 종수나 서식밀도는 최근 10년간 크게 변화하지 않았다고 볼 수 있다. 우점종은 각 연구마다 차이를 보이나, 대체로 버들갯지렁이과, 실타래갯지렁이과, 얼굴갯지렁이과에 속하는 소형의 기회주의종들이었다. 이러한 사실은 경기만의 유기물 오염이 꾸준히 진행되고 있음을 지시하며, 특히 본 연구 결과는 오염의 중심지가 인천항이며, 시화방조제 인근 해역의 저서동물군도 극도로 불안정한 상태에 있음을 나타낸다.

This study was carried out in order to investigate the distribution and species composition of benthic polychaetous community in northern Kyeonggi Bay in September 1995. Mean density of benthic animals was 557 indiv./m². Benthic polychaetes were the most dominant faunal group, comprising 60 species with a mean density of 488 indiv./m². Benthic polychaetes were most abundant in Yumha Channel centering on Incheon Harbor, whereas relatively poor in the intertidal zones fringing Yongjong Island and Songdo area, and in the offshore main channel. The most dominant polychaete was *Heteromastus filiformis* (47.3% of polychaetous community), followed by *Nephtys polybranchia*, *Tharyx* sp., *Sternaspis scutata* and so on. Kyeonggi Bay could be divided into 4 regions from cluster analysis based on the dominant species composition: offsea/channel region, Incheon Harbor, intertidal zone of Yongjong Island, and intertidal zone of Songdo area. Highest species number and diversity index (H') were recorded at offsea/channel region, whereas highest faunal density at Incheon Harbor. Incheon Harbor was characterized by high abundance of *H. filiformis*. Compared with the previous studies carried out in Kyeonggi Bay, faunal density and species number have little changed for the recent 10 years. Dominant species was different between each study, but has been among opportunistic species of small-sized polychaetes belonging to capitellids, cirratulids or spionids. These results indicate that Kyeonggi Bay has been organically polluted steadily; specifically, this study reveals that Incheon Harbor has been the center of pollution and that the benthic community in the outer sea off Sihwa dike has become unstable.

*본 연구는 "선도기술개발사업(G7): 연안 저서환경 건강 평가 기술(Code No. 95-941-2)"의 지원을 받아 수행하였습니다.

서론

한국 중서부 연안에 위치하고 있는 경기만은 평균조차가 8~9 m에 달할 정도로 조석간만의 차이가 심하며, 인접한 한강, 임진강으로부터의 담수유입량이 많고, 수로 및 조간대지역이 폭넓게 발달되어 있는 등 다양한 해양환경을 보이고 있는 지역이다. 특히 경기만은 수도권에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 저서동물 군집에 관한 연구 역시 한국의 다른 연안역에 비해 많은 편이다. 경기만은 최근에 이르러 영종도 신공항 건설, 송도 신도시 건설, 시화방조제 건설 등 연안역 개발이 활발하게 진행되고 있기 때문에 해양환경 역시 연안역을 중심으로 크게 변화하고 있을 것으로 보인다.

경기만의 저서동물 군집에 관한 연구는 Oh and Kim(1976)이 인천항 일대의 저서다모류 군집의 현황을 밝힌 이후, Shin *et al.*

(1989), 신과 고(1990), Lim *et al.*(1995), Yoo and Hong (1996), 고(1996) 등 비교적 많은 연구가 있었으며, 조간대의 저서동물군집 역시 Frey *et al.*(1987), Koh and Shin(1988) 등의 연구가 있다.

본 연구는 경기만 북부해역의 연안역 개발이 저서동물 군집에 미친 영향과 1988년의 조사(Shin *et al.*, 1989) 이후 최근 10년간의 변화를 살펴보고자 한다. 본 연구는 비록 겨울철에 국한된 조사이지만, 선박의 입출항이 빈번한 인천항을 중심으로 최근에 개발이 활발하게 진행되어 온 시화방조제와 송도조간대 일대의 연안역을 세밀히 조사함으로써 기존의 연구에서는 파악되지 못한 연안역 저서다모류 군집의 특성을 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

1995년 12월 경기만의 북부해역에서 총 90 개 정점을 선정하여 다모류를 비롯한 저서동물을 채집하였다(Fig. 1). 퇴적물은

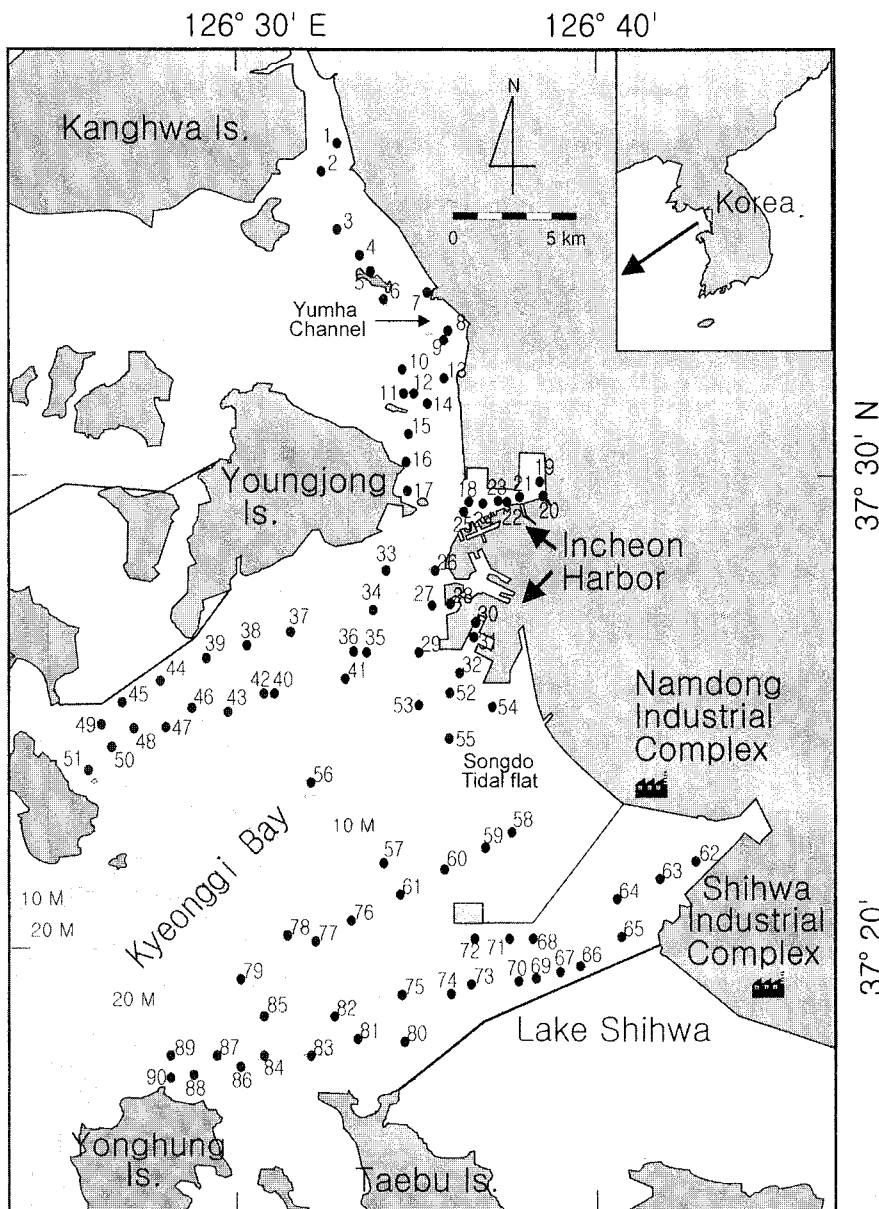


Fig. 1. The map of Kyeonggi Bay with the sampling stations investigated in the winter of 1995.

개량된 반빈채니기(van Veen grab sampler; 채취면적: 0.1 m²)를 사용하여 각 정점에서 2 회씩 채취하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 망목 크기 1.0 mm인 체를 사용하여 걸렀으며, 체에 걸린 동물은 10% 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 채집된 저서동물은 동물군별로 구분하여 계수하였고, 다모류는 종 수준까지 동정한 후 계수하였다.

다모류 군집의 특성을 설명하는 생태지수로 종다양성지수(H'), 종풍부도지수(R), 종균등도지수(J), 우점도지수(D)를 정점별로 계산하였다. 각 지수의 계산식은 다음과 같다.

$$H' = -(P_i) \times \ln(P_i) \text{ (Shannon and Wiener, 1963)}$$

$$R = (S - 1) / \ln(N) \text{ (Magalef, 1958)}$$

$$J = H' / \ln(S) \text{ (Pielou, 1966)}$$

$$D = (n_1 + n_2) / N \text{ (McNaughton, 1968)}$$

여기서 P_i 는 i 번째 종이 전체 개체수에서 차지하는 비율, S 는 총 출현종수, N 은 총 출현개체수, n_1 은 첫번째 우점종의 개체수, n_2 는 두번째 우점종의 개체수를 의미한다.

종조성의 유사도에 기초하여 조사지역을 구분하기 위하여 집괴분석(cluster analysis)을 실시하였다. 이 때 사용한 자료는 출현율 1% 이상의 우점종(14 종)이며, 정점간 유사도지수는 percent similarity index를 사용하였고, 정점간 결합은 가중평균 결합법(WPGMA)을 사용하였다. 각 정점군에서의 특징종을 선별하기 위하여 각 종의 정점군 내에서의 출현빈도를 의미하는 CON, 각 종의 정점군 내에서의 우점율을 의미하는 DOM, 각 종의 전체 출현정점과 각 정점군 내 출현정점의 비율을 의미하는 DAS, 각 종의 전체 출현개체수와 정점군 내 출현개체수간의 비율을 의미하는 DAI 지수를 구하였다.

$$CON_{ir} = \frac{b_{ir}}{C_r}, DOM_{ir} = \frac{n_{ir}}{D_r}, DAS_{ir} = \frac{g_r}{S_i}, DAI_{ir} = \frac{n_{ir}}{N_i}$$

CON_{ir}: r번째 정점군 중 i번째 종의 출현률

DOM_{ir}: r번째 정점군 중 i번째 종의 우점률

DAS_{ir}: i번째 종이 출현한 총 정점 중 r번째 정점군에 포함되는 정점의 비율

DAI_{ir}: i번째 종의 총 출현개체수 중 r번째 정점군에서 출현한 개체수의 비율

b_{ir} : r번째 정점군 중 i번째 종이 출현한 정점의 수

C_r : r번째 정점군에 포함되는 정점의 수

n_{ir} : r번째 정점군 중 i번째 종의 총 출현개체수

D_r : r번째 정점군에 출현한 모든 종의 총 출현개체수

g_r : r번째 정점군 중 i번째 종이 출현한 정점의 수

S_i : 모든 정점 중 i번째 종이 출현한 정점의 수

N_i : 모든 정점 중 i번째 종의 총 출현개체수

결 과

퇴적물의 입도분석 결과(Fig. 2; Appendix), 대부분 인근의 주수로역과 염하수도의 몇 정점에서 자갈이 나타났다. 모래는 주로 영종도와 송도 앞의 공간대에서 높은 성분비를 보였다. 반면에 니질은 염하수도와 시화방조제 인근해역에서 높은 성분비를 나타냈다.

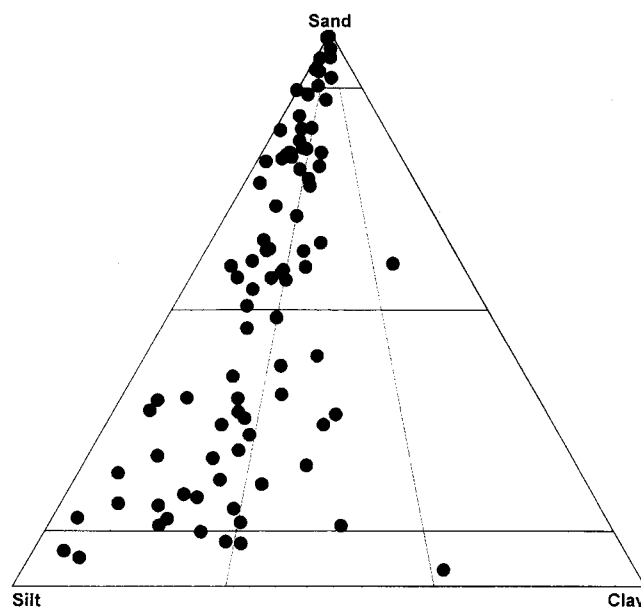


Fig. 2. Fork's triangular diagram showing the sediment grain-size distribution in the sampling stations.

저서동물의 평균 서식밀도는 557 개체/m²이었다(Table 1). 이중 다모류가 87.7%를 차지하여 가장 우점하는 동물군이었고, 다음은 갑각류 7.9%, 극피동물 1.5%, 연체동물 1.2%의 순이었다. 다모류의 평균 서식밀도는 488 개체/m², 갑각류는 44 개체/m², 극피동물은 8 개체/m², 연체동물은 7 개체/m²이었다. 다모류의 총 출현종수는 60 종이었으며, 정점당 평균 출현종수는 10.5 종/0.2m²이었다. 다모류의 정점별 종조성에 의거한 생태지수는 다음과 같다. 종다양성지수=평균 1.68±0.55, 종풍부도지수=평균 2.39±0.83, 종균등도지수=평균 0.75±0.20, 우점도지수=평균 0.61±0.18.

Table 1. Ecological characteristics of benthic invertebrates collected in northern Kyeonggi Bay in the winter of 1995. The values in parenthesis are the relative percentages of the taxa to the total number

Ecological parameters	Mean
<i>Benthic macrofauna</i>	
Mean density (indiv./m ²)	557
<i>Faunal group</i>	
Polychaeta	488 (87.7)
Crustacea	44 (7.9)
Echinodermata	8 (1.5)
Mollusca	7 (1.2)
Nemertea	6 (1.1)
Others	4 (0.5)
<i>Benthic polychaetous community</i>	
Total species number	60
Mean species number (spp./0.2 m ²)	10.5
Mean density	488 (indiv./m ²)
<i>Ecological indices</i>	
Diversity (H')	1.68±0.55
Richness (R)	2.39±0.83
Evenness (J)	0.75±0.20
Dominance (D)	0.61±0.18

Table 2. The list of dominant polychaetous species in Kyeonggi Bay with relative percentage above 1.0%. Density is expressed as indiv./m². Frequencies are the number of stations at which each species was collected. The values in parenthesis are the relative percentages

Species	Total	Density	Frequency
<i>Heteromastus filiformis</i>	4150	231 (47.3)	80 (88.9)
<i>Nephtys polybranchia</i>	731	41 (8.3)	77 (85.6)
<i>Tharyx</i> sp.	565	31 (6.4)	63 (70.0)
<i>Sternaspis scutata</i>	438	24 (5.0)	43 (47.8)
<i>Glycera chirori</i>	379	21 (4.3)	68 (75.6)
<i>Glycinde</i> sp.	361	20 (4.1)	60 (66.7)
<i>Prionospio</i> sp.	359	20 (4.1)	55 (61.1)
<i>Anaitides</i> sp.	266	15 (3.0)	47 (52.2)
<i>Aricidea jeffreysii</i>	256	14 (2.9)	48 (53.3)
<i>Lumbrineris longiforia</i>	230	13 (2.6)	33 (36.7)
<i>Haploscoloplos elongatus</i>	191	11 (2.2)	53 (58.9)
<i>Aricidea</i> sp.	138	8 (1.6)	43 (47.8)
<i>Nephtys californiensis</i>	133	7 (1.5)	15 (16.7)
<i>Magelona japonica</i>	94	5 (1.1)	15 (16.7)

지역별 저서다모류 출현종수의 분포는 Fig. 3a와 같다. 영종도, 시화방조제 북쪽해역, 그리고 염하수로에서 출현종수가 많았으며, 인천항 일대와 영종도 남쪽해역에서 출현종수가 작았다.

지역별 저서다모류 서식밀도의 분포는 출현종수의 분포와는 약간 다른 경향을 보였다(Fig. 3b). 극단적으로 저서다모류가 전혀 채집되지 않은 정점도 있는 반면에, 서식밀도가 3,000 개체/

m² 이상인 정점도 있었다. 대체로 인천항을 중심으로 염하수로 지역에서 다모류의 서식밀도가 높게 나타났으며, 영종도 남쪽과 송도 앞의 외해역 및 시화방조제 인근 해역에서 낮게 나타났다. 저서다모류의 서식밀도가 가장 높은 정점은 인천 만석항 입구의 정점 18로서 3,755 개체/m² 이다. 그리고 염하수로 인천연안쪽과 만석항 입구해역에서 정점당 1,000 개체/m² 이상 출현하였다. 반면 만석항 안쪽과 인천항 입구, 시화방조제 동쪽 끝 해역에서 저서동물의 서식밀도가 100 개체/m² 이하로 낮게 나타났다. 그의 영종도 남쪽의 니사질성 갯벌조건대에서도 대체로 저서다모류의 서식밀도가 낮았다.

채집된 저서다모류 중 출현율 1% 이상의 우점종은 총 14 종이다(Table 2). 최우점종은 *Heteromastus filiformis*로서 저서다모류 중 47.3%를 차지하며, 평균서식밀도는 231 개체/m²이다. 다음은 *Nephtys polybranchia*(41 개체/m², 8.3%), *Tharyx* sp.(31 개체/m², 6.4%), *Sternaspis scutata*(24 개체/m², 5.0%) 등이었다. 그리고 출현빈도 역시 *H. filiformis*가 88.9%, *N. polybranchia*가 85.6%, *Tharyx* sp.가 70.0%로서 이 3 종이 경기만 북부해역의 거의 대부분의 지역에 서식하는 대표적 다모류라고 할 수 있다. 특히 *H. filiformis*는 전체 저서다모류 중 거의 50% 가까이 출현하여 경기만 북부해역의 저서동물 군집의 제반 특성은 이 종의 출현 정도에 좌우된다고 볼 수 있다.

상위 4 개 우점종의 공간분포 양상은 Fig. 4와 같다. 상위 3 개 종은 거의 모든 정점에서 출현하였으며, 특히 최우점종인 *H. filiformis*는 만석항을 중심으로 인천항 일대에서 매우 높은 밀도

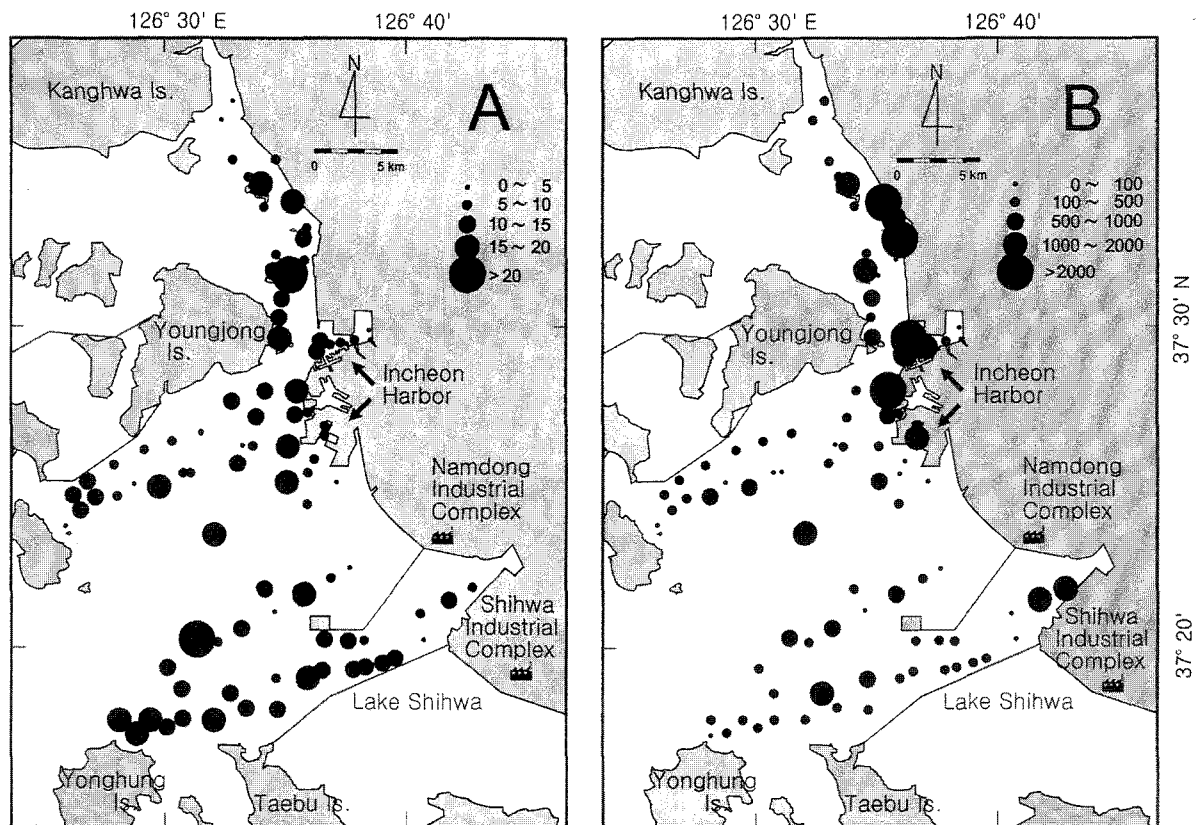


Fig. 3. The spatial distributions of benthic polychaetous species number (spp./0.2 m²) (A) and of benthic polychaetous density (indiv./m²) (B) in Kyeonggi Bay.

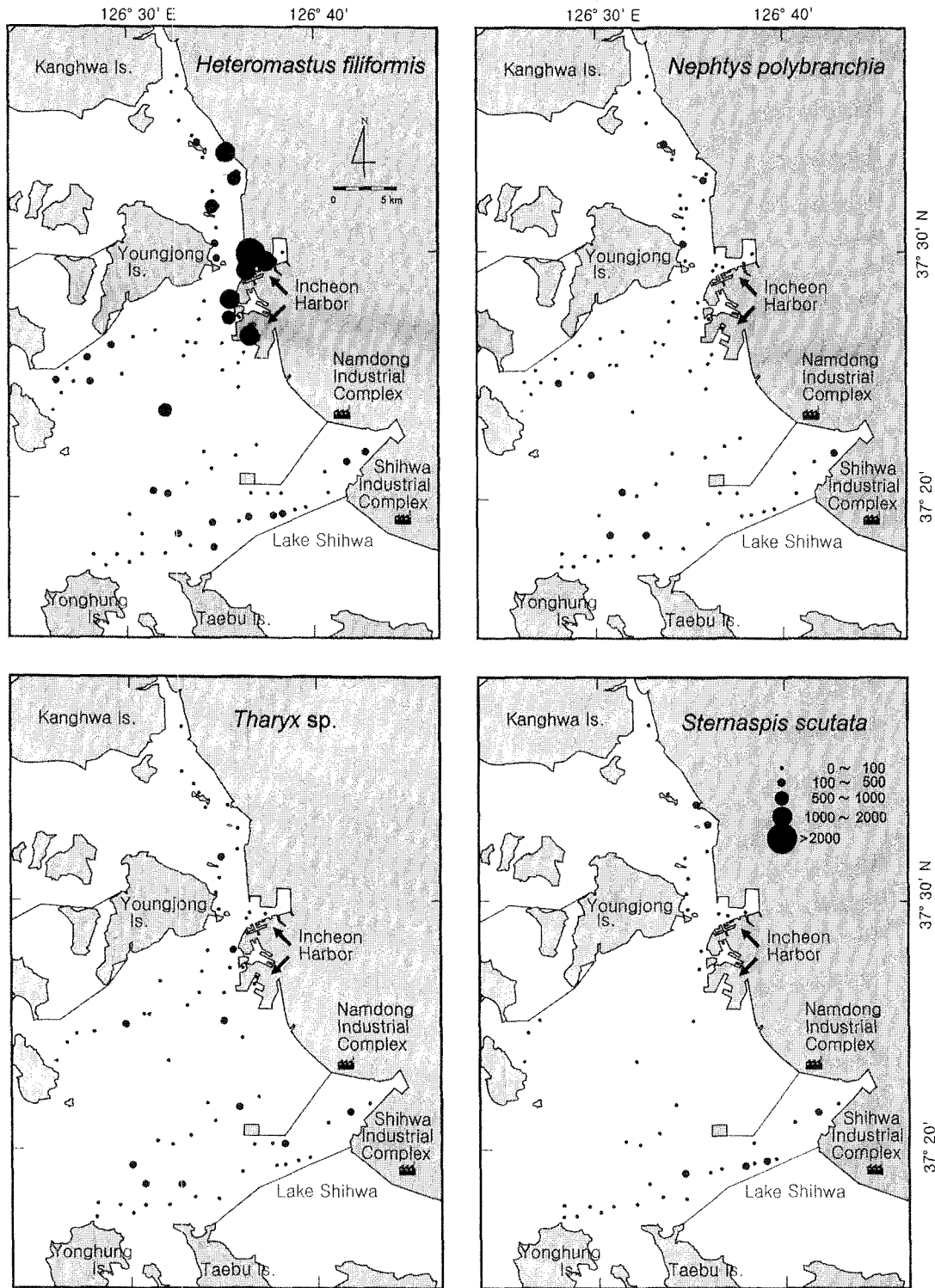


Fig. 4. The spatial distributions of four dominant species polychaetes in Kyeonggi Bay.

로 출현하였다. 4번째 우점종인 *S. scutata*의 경우, 염하수로의 일부 정점과 시화방조제 앞 해역에서 주로 출현하였다.

상위 1% 이상의 우점종을 대상으로 집괴분석을 실시한 결과 경기만 북부해역은 크게 3개 정점군으로 구분되었다. 정점군 A와 정점군 B는 유사도지수 0.37에서 구분되었고, 정점군 C는

정점군 A나 B에 속하지 않는 나머지 정점들을 포함한다. 그리고 정점군 A는 유사도지수 0.48에서 소정점군 AI, AII로 세분할 수 있었다. 이들 정점군의 분포를 해도상에 도시하면 Fig. 5와 같다. 정점군 AI은 조사지역 중 가장 광범위한 해역을 점유하며 주로 수로 지역과 외해역을 포함하는 해역이다. 정점군 AII는

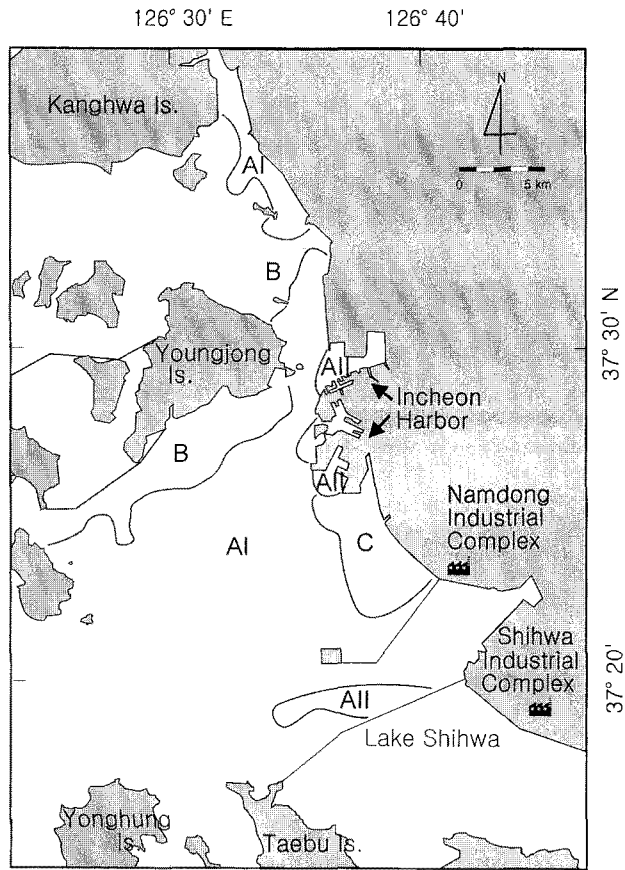


Fig. 5. Spatial distribution of station groups (AI, AII, B, C) from cluster analysis based on species composition.

인천항 일대와 시화방조제 북단해역에 위치한다. 정점군 B는 영종도를 중심으로 한 갯벌지역이며, 정점군 C는 영종도조간대 하부의 일부와 송도조간대 지역에 위치한다.

이들 각 정점군의 특징종을 추출하기 위하여 CON, DOM, DAS, DAI 지수를 산출한 결과(Table 3), 정점군 AI의 주요종은

H. filiformis, *N. polybranchia*, *Tharyx* sp. 등이었다. 정점군 AII의 주요종은 *Anaitides* sp., *Glycera chirori*, *H. filiformis*, *S. scutata* 등이었으며, 정점군 B의 주요종은 *H. filiformis*, *Nephtys californiensis*, *N. polybranchia*, *Prionospio* sp. 등이었다. 정점군 C는 저서동물의 서식밀도가 극히 빈약하기 때문에 특징종을 찾기 어려웠다. 각 정점군의 최우점종은 공히 *H. filiformis*이며, 대부분의 종들이 모든 정점군에 걸쳐 출현하고 있고, 단지 각 종들의 구성 비율만 각 정점군별로 차이를 보이기 때문에 각 정점군의 특징종을 추출해 내기 어렵다. 단지 상위 종들은 각 정점군의 주요 대표종이라고 할 수 있다.

각 정점군별 다모류 군집의 생태학적 특징은 Table 4와 같다.

정점군 AI(48 개 정점)

경기만 북부해역에서 가장 폭넓은 지역을 차지하는 정점군이다. 저서다모류의 총 출현종수는 54 종, 정점당 출현종수는 12.9 종으로 다른 정점군에 비해 다양한 종이 출현한다. 종다양성지수는 1.99로 가장 높고, 우점도지수는 0.52로 가장 낮다. 이 정점군이 경기만 북부해역을 대표하는 정점군이라 할 수 있다. 대표종은 *H. filiformis*, *N. polybranchia*이다.

정점군 AII(13 개 정점)

총 출현종수는 31 종에 불과하나, 서식밀도는 1,028 개체/m²로 매우 높다. 따라서 종다양성지수는 1.03으로 가장 낮고, 우점도지수는 0.80으로 가장 높다. 이는 *H. filiformis*가 극우점하고 있기 때문이다. 즉 이 정점군은 경기만 북부해역에서 가장 오염도가 높으며, 저서환경이 심하게 교란된 정점들로 구성되어 있다. 이 정점군에 대해서는 지속적인 환경 모니터링이 필요하다.

정점군 B(16 개 정점)

총 출현종수는 32 종, 평균서식밀도는 377 개체/m²이다. 다양성지수는 1.62, 우점도지수는 0.64이다. 이 정점군은 아직까지 크게 환경 교란을 받지 않았고 갯벌환경의 특성을 유지하고 있는 곳이라고 볼 수 있다.

Table 3. CON, DOM, DAS, and DAI values used to select the characteristic polychaetous species at each station group

	Station Group AI				Station Group AII				Station Group B			
	CON	DOM	DAS	DAI	CON	DOM	DAS	DAI	CON	DOM	DAS	DAI
<i>Anaitides</i> sp.	66.7	4.0	68.1	72.2	69.2	2.4	19.1	24.4	12.5	0.2	4.3	0.8
<i>Aricidea jeffreysii</i>	66.7	3.9	66.7	73.8	23.1	0.1	6.3	1.2	62.5	5.7	20.8	23.0
<i>Aricidea</i> sp.	56.3	2.1	62.8	73.2	61.5	0.4	18.6	8.7	50.0	2.4	18.6	18.1
<i>Glycera chirori</i>	85.4	5.0	60.3	64.4	100.0	3.6	19.1	25.1	75.0	3.5	17.6	9.5
<i>Glycinde</i> sp.	79.2	6.2	63.3	83.7	69.2	0.9	15.0	6.4	75.0	3.4	20.0	9.7
<i>Haploscoloplos</i>	75.0	3.4	67.9	85.3	53.8	0.4	13.2	5.8	43.8	1.3	13.2	6.8
<i>Heteromastus filiformis</i>	93.8	30.6	56.3	35.7	100.0	82.3	16.3	53.0	100.0	44.9	20.0	11.1
<i>Lumbrineris longifolia</i>	58.3	4.5	84.8	94.8	15.4	0.3	6.1	3.9	18.8	0.3	9.1	1.3
<i>Magelona japonica</i>	12.5	0.4	40.0	20.2	23.1	0.1	20.0	3.2	37.5	7.0	40.0	76.6
<i>Nephtys californiensis</i>	8.3	0.1	26.7	4.5					50.0	11.9	53.3	91.7
<i>Nephtys polybranchia</i>	95.8	10.8	59.7	71.7	69.2	1.0	11.7	3.6	93.8	15.9	19.5	22.3
<i>Prionospio</i> sp.	72.9	4.3	63.6	57.4	38.5	0.6	9.1	4.2	87.5	13.3	25.5	38.2
<i>Sternaspis scutata</i>	66.7	6.6	74.4	73.3	76.9	4.3	23.3	26.0	6.3	0.3	2.3	0.7
<i>Tharyx</i> sp.	95.8	10.6	73.0	90.6	69.2	1.3	14.3	6.4	37.5	1.1	9.5	1.9

Table 4. Comparison of ecological parameters of polychaetous community between station groups. Individual numbers of dominant species are expressed as mean density (indiv./m²)

	AI	AII	B	C
Number of station	48	13	16	13
Total species number	54	31	32	15
Mean species number (spp./0.2 m ²)	12.9	10.2	9.4	2.9
Mean density (indiv./m ²)	504	1028	377	26
Ecological indices				
Diversity (H')	1.99	1.03	1.62	1.17
Richness (R)	2.79	1.90	2.09	1.59
Evenness (J)	0.79	0.44	0.75	0.94
Dominance (D)	0.52	0.80	0.64	0.71
Dominant species				
<i>Anaitides</i> sp.	20	25	-	-
<i>Aricidea jeffreysii</i>	20	-	18	-
<i>Aricidea</i> sp.	11	-	8	-
<i>Glycera chirori</i>	25	37	11	-
<i>Glycinde</i> sp.	32	-	11	-
<i>Haploscoloplos elongatus</i>	17	-	4	-
<i>Heteromastus filiformis</i>	154	846	144	-
<i>Lumbrineris longifolia</i>	23	-	-	-
<i>Magelona japonica</i>	-	-	23	-
<i>Nephtys californiensis</i>	-	-	38	-
<i>Nephtys polybranchia</i>	55	10	51	-
<i>Prionospio</i> sp.	22	-	43	-
<i>Sternaspis scutata</i>	33	44	-	-
<i>Tharyx</i> sp.	53	14	3	-

정점군 C(13 개 정점)

총 출현종수는 15 종, 평균서식밀도는 26 개체/m²에 불과하며, 종다양성지수 역시 1.17로 매우 낮다. 이 정점군에는 전혀 저서동물이 채집되지 않은 정점도 포함되어 있다. 즉 이미 환경의 악화가 심화되어 생물이 서식하기 곤란한 환경이 형성되어 있거나, 기본적으로 생물의 서식이 빈약한 환경이라고 볼 수 있다.

토 의

본 연구에서 조사된 경기만의 저서동물 서식밀도는 557 개체/m²로서 이 지역에서 이전에 수행된 연구결과와는 큰 차이가 없었다. 즉, Shin et al.(1989), 신 등(1992b)이 수행한 조사에서 경기만 북부 및 남부해역의 저서동물 서식밀도는 368~550 개체/m²이었다. 그러나 이러한 서식밀도는 남해와 동해에 위치한 다른 만들에 비해서는 크게 낮은 값이다. 남해의 진해만의 경우 저서동물의 서식밀도는 1,045~1,441 개체/m²(Hong, 1987; 한국해양연구소, 1993)이며, 동해의 영일만에서의 서식밀도는 2,085 개체/m²이었다(신 등, 1992a). 전체 저서동물 중 다모류가 차지하는 비율은 87.7%로서 경기만 북부해역에서의 63.2%(Shin et al., 1989), 경기만 남부해역의 57.4%(신 등, 1992b), 영일만의 71.3%(신 등, 1992a)보다는 높았다. 그러나 부산 연안의 90%(Lee, 1976), 울산만의 88%(Yi et al., 1982)보다는 낮았다.

다모류의 서식밀도는 경기만 북부해역에서 1989년 조사 때는 356 개체/m²(Shin et al., 1989)이었는데 비하여 상당히 높아졌다. 그러나 남해 광양만의 520 개체/m²(신과 고, 1990), 진해만의 825 개체/m²(한국해양연구소, 1993), 동해 영일만의 1,485 개체/m²(신 등, 1992a) 등에 비해서는 낮은 값이다. 출현종수 역시 남해 광양만의 76 종(신과 고, 1990), 여자만의 72 종(임 등, 1991), 진해만의 88 종(한국해양연구소, 1993), 영일만의 72 종(신 등, 1992a), 서해 경기만 남부해역의 124 종(신 등, 1992b) 등에 비해 낮은 편이었다.

본 연구 결과 저서다모류의 평균 서식밀도는 488 개체/m², 출현종수는 60 종이었다. 이는 1988년에 Shin et al.(1989)이 동일한 지역에서 조사한 53 종보다는 많고, 고(1996)의 89 종보다는 작은 수치이다(Table 5). 그리고 조사지역 인근의 영종도 부근의 111 종(Lim et al., 1995)보다는 현저하게 작은 값이다. 평균 서식밀도는 이전 연구 결과들과 큰 차이는 없지만 본 연구에서 가장 높게 나타났다. 그러나 가장 최근에 동일한 지역에서 연구한

Table 5. Comparison of the characteristics of benthic polychaetous community in Kyeonggi Bay for the recent 10 years. The values of dominant species are the order of upper rank. The unit of mean density is indiv./m²

	Shin et al. (1989)	Lim et al. (1995)	Koh (1996)	Present study
<i>Benthic community</i>				
Study area	Northern Bay	Yongjong Is.	Northern Bay	Northern Bay
Sampling duration	4 seasons	4 seasons	4 seasons	Winter
No. of station	28	17	16	90
Species number	87	266	231	-
<i>Polychaetous community</i>				
Species number	53	111	89	60
Mean density	356	332	286	488
Dominant species				
<i>Chaetozone setosa</i>			3	
<i>Glycinde</i> sp.	3			
<i>Heteromastus filiformis</i>			1	1
<i>Mediomastus</i> sp.	2	1		
<i>Minuspio japonica</i>		3		
<i>Nephtys polybranchia</i>		2		2
<i>Sternaspis scutata</i>			2	
<i>Tharyx</i> sp.	1			3

고(1996)의 겨울 조사 결과를 보면 출현종수는 52 종, 서식밀도는 727 개체/m²로 나타나, 본 연구 결과보다 출현종수는 적지만, 서식밀도는 오히려 높게 나타났다. 각 연구들의 조사 정점 위치가 서로 다르고, 조사방법상의 차이가 있는 점(1 회 grab 채취횟수: 2~3 회로 상이함)을 감안하더라도 본 연구와 이전의 연구결과들은 경기만 해역에서 저서다모류의 출현종수는 감소하고 있으며, 서식밀도는 크게 증가하고 있음을 나타낸다. 그러나 경기만을 대상으로 지난 10 년간 격월별로 조사한 자료에 의하면 종수가 꾸준히 증가하고 있다고 한다(홍재상, 미발표자료). 이로 볼 때, 경기만 서식 다모류 군집의 시간적 변동에 대하여는 좀 더 명확한 연구 결과를 필요로 한다고 보아진다. 본 연구에서 다모류 서식밀도는 인천항 일대에서 가장 높게 나타났으며, 출현종수는 오히려 외해쪽이 높았다(Fig. 2). 그런데 다른 연구들에서는 인천항 일대에서 조사가 진행되지 않았기 때문에 본 연구 결과보다 서식밀도가 약간 낮게 나타난 것으로 보인다.

지난 10 년간의 조사에서 경기만 저서다모류의 상위 우점종들은 *H. filiformis*, *Tharyx* sp. 등의 기회주의적인 특성을 지닌 종들이었다(Table 5). 이 중 *Glycinde* sp., *N. polybranchia*를 제외한 다른 종들은 모두 유기물 오염이 심화된 환경에서 밀집서식할 가능성이 높은 것으로 알려진 종들이다. 따라서 경기만은 이전부터 기회주의종들이 우점다모류로 출현하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 경기만 북부해역 일대의 산업화 진행과정과 밀접한 연관성을 갖고 있는 것으로 판단된다. 일례로 고(1996)는 선박의 빈번한 입출항으로 만성적인 오염현상을 보이고 있는 연안부두에서의 최우점종이 본 연구 결과와 유사하게 *H. filiformis*이며, 본 조사에서는 채집되지 않은 유기물오염 지시종인 *Capitella capitata*가 두번째 우점종으로 나타나 이 일대의 오염이 심각함을 보여주고 있다.

경기만 북부해역에서 최근에 가장 큰 해양학적 변화를 일으킨 사건은 시화방조제의 건설이다. 시화방조제 인근 해역은 과거 수로역으로서 조립질 퇴적물이 우세한 곳이었으나, 방조제 건립으로 해수유동이 제한되면서 세립질 퇴적물이 다량 퇴적된 지역이다(Fig. 2). 홍 등(1997)은 시화방조제 건설전, 공사중, 완공후의 7 회에 걸친 조사를 통하여 방조제 안의 시화호 내 저서동물 군집과 방조제 외곽해역의 군집이 급격하게 변하고 있음을 밝혔으며, 류 등(1997)은 시화호 내 저서동물 군집이 *Polydora ligni*, *Pseudopolydora kempfi*, *C. capitata* 등이 극우점하는 지역과 무생물지역으로 변화하였음을 보고하였다. 또한, 홍 등(1997)은 방조제 외곽해역에서도 유기물오염 지시종인 *H. filiformis*, *Minuspio japonicus*, *Tharyx* sp.나 이매패류의 일종인 *Theora flagilis*가 우점하는 등, 생물량 및 종수가 폭발적으로 증가하고 있으며, 이는 부영양화 혹은 과영양화 과정이 진행중임을 의미한다고 보고하였다. 본 연구에서도 시화방조제 외곽해역은 *H. filiformis*, *Tharyx* sp.가 가장 우점하고 있었다. 이는 시화방조제 외곽해역이 불안정한 저서환경임을 암시하고 있다. 특히 방조제 외곽해역에서 3번째 우점종으로 나타난 *S. scutata*의 경우 홍 등(1977)에서의 결과보다 우점이 더 두드러지는데, 이 종은 주서식기질로서 세립질 퇴적물을 선호하는 종으로서(Fauchald, 1977), 시화방조제 앞 해역의 퇴적물이 해수유동의 차단으로 인하여 점차 세립화되고 있음을 단적으로 보여주고 있다. 특히 일

과 홍(1996)은 *S. scutata*가 유기물오염이 심화된 국내의 여러 해역에서 출현하고 있는 점을 토대로 개체군 관점에서 연안환경변화 추적종으로서의 가능성을 시급히 연구할 필요성이 있음을 지적하기도 하였다.

종조성에 의거한 본 연구의 집괴분석 결과(Fig. 5)는 Shin et al.(1989), 고(1996)의 결과와 상당히 일치하고 있다. Shin et al.(1989)에서는 인천항 일대의 조사가 누락되었고, 고(1996)에서는 조건대 지역의 결과가 누락되었으며, 본 연구에서는 다모류를 제외한 다른 분류군의 자료가 누락되어 있으며 겨울철 자료만 활용하였기 때문에 각 연구 자료들의 일치성이 약한 부분이 있지만, 대체로 보아 경기만은 염하수로 지역, 조건대지역, 주수로지역, 인천항 일대 지역(시화방조제 일대 해역 포함)의 4 개 지역으로 대별된다. 상기 4 개 해역은 각각 뚜렷한 환경적 특성을 지니고 있다. 즉 염하수로 지역은 수심이 얕고 세립질 퇴적물로 구성되어 있으며, 주수로 지역은 수심이 깊고 조립질 퇴적물로 구성되어 있고, 인천항 일대 해역은 오염물질의 유입과 누적이 심한 지역이다. 동일 해역에서 10 년전(1988~1989)에 조사한 결과(Shin et al., 1989)와 비교해 볼 때 경기만 북부해역의 저서동물상은 큰 변화를 겪지 않았음을 알 수 있다. 그러나 시화방조제 인근 해역은 조류 유통의 변화로 말미암아 퇴적상의 변화가 극심하였으며, 부정기적인 담수호 내 담수의 방출, 인근 공단의 오염물질 유입으로 말미암아 생물상이 과거에 비해 현저히 변화하였다.

이상으로 볼 때 경기만 북부해역의 저서동물상은 인천항을 중심으로 환경 악화가 일어나고 있는 해역과 그 외의 해역으로 대별된다. 인천항을 중심으로한 해역은 다모류의 일종인 *H. filiformis*가 집중적으로 출현하여 전체적인 서식밀도는 매우 높으나, 여타 종들의 출현빈도는 빈약하여, 전반적으로 보아 저서동물의 서식이 제한되는 해역이다. 반면에 해수유동이 원활한 외해역, 영종도와 영흥도 사이 해역은 저서동물의 서식밀도는 그렇게 높지 않으나 다양한 종들이 출현하여 안정된 군집을 이루고 있는 것으로 보인다. 특히 주수로 지역에서는 비교적 다양한 저서동물이 풍부하게 나타나고 있다. 경기만 북부해역에서의 최우점종인 *H. filiformis*와 *Tharyx* sp.는 유기물오염이 심화된 곳에 대량으로 출현하는 잠재적 유기물오염 지시종 혹은 생태학적 천이과정 중의 기회종으로 널리 알려진 종이다. 이 두 종의 집중적인 출현은 이미 경기만 북부해역의 유기물 오염이 심화되어 해양환경이 교란되고 있으며, 그 정도가 차츰 확산되어 감을 의미한다.

사 사

본 논문의 심사를 맡아 의견을 개진해 주신 인하대학교 홍재상 교수님과 해양연구소 이재학 박사님께 진심으로 사의를 표합니다.

참고문헌

고병설, 1996. 인천연안역 해양저서동물군집을 이용한 환경평가에 관한 연구. 석사학위 논문, 인하대학교, 인천, 86 pp.

- 류종성, 최진우, 강성길, 고철환, 허성희, 1997. 시화 방조제 건설 이후 시화호 다모류의 종 조성 및 서식밀도 변화. 한국해양학회지-바다, **2**: 101-109.
- 신현출, 고철환, 1990. 광양만 다모류군집의 시·공간적 변화. 한국해양학회지, **25**: 205-216.
- 신현출, 최성순, 고철환, 1992a. 영일만 다모류 군집의 계절별, 공간적 변화. 한국해양학회지, **27**: 46-54.
- 신현출, 강성길, 고철환, 1992b. 경기만 남부 해역의 저서다모류 군집. 한국해양학회지, **27**: 164-172.
- 임현식, 홍재상, 1996. 진해만산 오뚜기갯지렁이 *Sternaspis scutata*(다모강: 오뚜기갯지렁이과)의 분포 및 성장. 한국수산학회지, **29**: 537-545.
- 임현식, 제종길, 최진우, 이재학, 1991. 여자만에서의 여름철 저서동물의 분포. 해양연구, **13**: 31-46.
- 한국해양연구소, 1993. 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. BSPE 00314-536-3, 163 pp.
- 홍재상, 정래홍, 서인수, 윤건탁, 최병미, 유재원, 1997. 시화방조제의 건설은 저서동물군집의 시·공간 분포에 어떠한 영향을 미쳤는가? 한국수산학회지, **30**: 882-895.
- Fauchald, K., 1977. The polychaete worms, definitions and keys to the Orders, Families and Genera. *Nat. Hist. Mus. LA County Sci. Ser.*, **28**: 1-188.
- Frey, R.W., J.S. Hong, J.D. Howard, B.K. Park and S.J. Han, 1987. Zonation of benthos on a microtidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana Marit.*, **19**: 295-329.
- Hong, J.S., 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **22**: 246-257.
- Koh, C.H. and H.C. Shin, 1988. Environmental characteristics and distribution of macrobenthos in a mudflat of the west coast of Korea (Yellow Sea). *Neth. J. Sea Res.*, **22**: 279-290.
- Lee, J.H., 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast. *Publ. Inst. Nat. Fish. Univ. Pusan*, **9**: 49-70.
- Lee, J.H., J.S. Hong and S.K. Yi, 1983. Studies on the benthic fauna in Garolim Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **18**: 111-116.
- Lim, H.S., J.H. Lee, J.W. Choi and J.G. Je., 1995. Macrobenthic community on the soft-bottom around the Youngjong Island, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, **28**: 635-648.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, **3**: 157-175.
- McNaughton, S.J., 1968. Structure and function in California grassland. *Ecology*, **49**: 962-972.
- Oh, I.S. and W.S. Kim, 1976. The polychaetous annelids and environment in the intertidal flat, Inchon, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **11**: 71-76.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *T. Theoret. Biol.*, **13**: 131-144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver, 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana. 177 pp.
- Shin, H.C., J.W. Choi and C.H. Koh, 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **24**: 184-193.
- Yi, S.K., J.S. Hong and J.H. Lee, 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. *Bull. KORDI*, **4**: 17-26.
- Yoo, J.W. and J.S. Hong, 1996. Community structures of the benthic macrofaunal assemblages in Kyonggi Bay and Han Estuary, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, **31**: 7-17.

1998년 6월 8일 원고 접수

1998년 9월 14일 수정본 채택

Appendix. Sedimentary characteristics of each station in Kyeonggi Bay in the winter of 1996 (The unit of Mz (mean grain size) is phi, and other items are expressed as percentages)

Stn.	Mz (φ)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	AFDW (%)	Stn.	Mz (φ)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	AFDW (%)
1	6.4	-	15.0	75.9	9.1	3.1	17	4.7	-	66.9	21.8	11.3	3.1
2	3.6	-	82.3	16.7	1.0	1.9	18	6.7	-	11.0	71.5	17.5	3.8
3	6.3	-	12.4	83.6	4.0	3.2	19	7.1	-	8.0	62.5	29.5	8.0
4	6.1	-	6.4	88.7	4.9	2.6	20	6.1	-	19.2	57.8	23.0	7.8
5	5.1	-	57.2	28.8	14.0	2.5	21	7.2	-	31.0	33.6	35.4	6.4
6	4.4	0.8	60.2	29.5	9.5	2.1	22	7.8	-	10.9	42.8	46.3	5.8
7	7.5	-	21.8	42.9	35.4	5.4	23	6.6	-	18.4	51.7	30.0	4.8
8	-	-	-	-	-	3.2	24	5.8	-	39.8	37.9	22.3	4.1
9	6.1	-	20.5	73.2	6.3	1.3	25	5.5	-	31.7	62.6	5.7	3.2
10	3.9	-	73.6	16.6	9.8	2.2	26	3.3	-	92.9	5.2	1.9	1.9
11	6.0	-	23.5	65.5	11.0	2.0	27	5.0	-	55.7	31.4	12.8	3.7
12	3.9	-	77.2	19.0	3.8	3.5	28	7.2	-	7.7	60.3	32.1	5.0
13	1.2	-	91.8	3.9	4.4	2.8	29	3.7	-	62.1	20.4	17.5	2.4
14	0.3	25.0	74.3	0.4	0.2	2.7	30	8.8	-	2.9	30.5	66.6	5.0
15	6.8	-	24.5	52.3	23.3	2.8	31	7.0	-	5.2	86.9	7.9	4.2
16	5.5	-	33.6	60.4	6.0	3.0	32	4.8	-	55.8	36.7	7.4	1.8

Appendix. Continued

Stn.	Mz (ϕ)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	AFDW (%)	Stn.	Mz (ϕ)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	AFDW (%)
33	6.2	-	29.1	52.6	18.3	2.3	62	4.4	-	68.7	24.2	7.1	-
34	3.9	3.3	73.3	13.3	10.1	2.8	63	6.1	-	30.3	48.4	21.3	2.9
35	4.2	-	79.1	14.7	6.2	2.3	64	4.3	6.7	45.4	31.9	16.1	1.7
36	4.6	-	57.9	36.7	5.4	1.4	65	5.8	-	14.6	69.8	15.6	1.5
37	4.1	-	72.8	24.7	2.5	2.3	66	4.8	-	50.7	37.8	11.5	2.2
38	5.5	-	34.0	55.6	10.4	2.0	67	6.1	-	16.6	64.8	18.6	3.0
39	4.1	-	77.9	18.1	4.1	1.5	68	4.2	-	61.0	29.1	9.9	1.8
40	7.3	-	11.5	58.5	30.1	2.0	69	6.1	-	16.0	63.0	21.0	3.2
41	3.8	-	76.6	21.8	1.5	1.6	70	6.4	-	9.8	65.5	24.7	4.3
42	2.5	1.3	95.7	1.4	1.6	1.2	71	3.9	-	80.4	14.6	5.0	1.8
43	4.1	-	75.3	17.1	7.6	1.6	72	5.9	-	37.9	46.4	15.7	2.4
44	4.1	-	78.3	17.3	4.4	3.0	73	4.8	6.8	29.3	45.5	18.4	4.8
45	6.6	-	12.2	69.6	18.2	3.0	74	6.8	-	14.0	58.3	27.8	4.9
46	4.3	-	78.4	12.2	9.5	1.4	75	6.0	-	27.3	49.1	23.6	3.9
47	3.9	-	84.9	12.4	2.7	1.5	76	4.6	-	58.8	32.9	8.3	3.7
48	4.0	-	82.7	11.5	5.8	2.5	77	4.8	-	53.8	35.4	10.9	2.6
49	3.5	0.8	81.8	13.1	4.2	-	78	3.3	-	88.7	9.1	2.2	1.5
50	4.2	-	78.1	17.1	4.8	2.3	79	4.1	-	72.4	17.0	10.7	2.2
51	4.6	-	62.6	29.2	8.2	1.6	80	6.2	-	34.6	40.4	25.0	5.0
52	5.1	-	57.8	25.0	17.3	1.4	81	5.8	-	23.1	57.0	19.9	4.7
53	2.4	-	89.6	10.5	-	2.1	82	5.4	-	46.7	39.8	13.5	2.9
54	4.1	-	77.4	17.3	5.2	1.0	83	3.7	12.6	48.4	25.6	13.4	3.3
55	3.0	-	98.5	1.0	0.0	1.5	84	3.5	9.2	71.7	12.9	6.2	1.2
56	6.1	-	41.6	31.2	27.2	3.2	85	-	-	-	-	-	-
57	2.7	2.0	86.1	6.6	5.4	1.7	86	6.0	-	33.9	47.7	18.5	1.8
58	2.6	-	95.4	2.2	2.4	1.1	87	-	-	-	-	-	1.3
59	2.9	-	90.3	6.7	3.0	1.7	88	-	-	-	-	-	2.4
60	2.1	0.9	94.4	3.9	0.8	0.8	89	5.0	-	56.8	29.3	13.9	3.1
61	2.8	-	93.2	5.7	1.1	1.4	90	4.9	1.5	59.7	23.5	15.3	2.0