

영종도 주변해역의 저서동물 군집

임현식 · 이재학* · 최진우* · 제종길*
목포대학교 해양자원학과 · *한국해양연구소 해양생물연구그룹

Macrobenthic community on the soft-bottom around the Youngjong Island, Korea

Hyun-Sig LIM, Jae-Hac LEE*,
Jin-Woo CHOI* and Jong-Geel Je*

Department of Marine Resources, Mokpo National University, Muan, Chonnam 534-729, Korea
*Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, 425-600, Seoul, Korea

Macrobenthic fauna were collected seasonally using the van Veen Grab (0.1 m²) to investigate the benthic faunal assemblages on the soft-bottoms around the Youngjong Island during October 1991 to July 1992. A total of 266 species was identified. Of these polychaetes comprised 111 species (41.7%); crustaceans 75 (28.2%); molluscs, 59 (22.2%) and others including echinoderms, 27 (7.9%). Mean density and biomass were estimated to be 498 ind./m² and 54.8 g/m², respectively. Polychaetes were the most dominant faunal group in terms of abundance (332 ind./m²) and number of species as well, whereas echinoderms were predominant in biomass (25.63 g/m²). The dominant species were *Mediomastus* sp., *Heteromastus* sp., *Nipponomysella oblongata*, and *Nephtys polybranchia*; the abundance of these species showed seasonal variations. The study area was divided into three regions by cluster analysis based on the similarity of species composition. The first region consisted of intertidal flat (G-I); the second, shallow subtidal region of muddy sand (G-II); the third, channel region of mud sediments (G-III). The intertidal flat showed the highest density, and the channel was the lowest density, but the highest in species diversity. Distribution of macrobenthic faunal assemblages of the study area seemed to be controlled by sedimentary facies and duration of tidal exposure.

Key words : macrobenthic fauna, Youngjong Island, dominant faunal group, distribution

서 론

황해의 경기만에 위치하고 있는 영종도와 용유도 사이의 넓은 갯벌은 수도권 신공항 건설 후보지이다. 따라서 공항 건설을 위해 이 일대 부근해역에는 매립과 준설작업이 이루어지게 되며, 이로 인해 조류의 흐름이 바뀌게 되고 인근해역에는 퇴적환경이 변화하게 되어 연안 해양생태계의 변화가 예상된다. 특히 퇴적환경의 변화에 따라 저서동물 군집이 변할 가능성이 있다.

지금까지 우리나라에서 실시되고 있는 각종 간척 사업으로 인한 매립과 준설은 해양 저서생태계에 많은 영향을 미칠 것으로 추정되고 있으나, 저서생물상

에 관한 조사는 미흡하여 공사 후 생태계 변화 정도를 파악하는 데는 한계가 있었다. 저서동물은 이동성이 적으므로 수권의 플랑크톤이나 어류 등의 생물군집보다 해양환경 모니터링 연구에 유용하며, 해양환경의 시,공간적인 변화가 큰 해역에서 특히 유용하다. 따라서 대규모 공사로 인한 해양생태계의 변화가 예측되는 해역에서 저서동물상 조사는 앞으로의 생태계 변화추이를 분석하는 기초자료로서 매우 중요하다고 하겠다. 우리나라의 경우 간척공사로 인한 퇴적환경의 변화에 따른 저서생물상에 대한 조사는 Shin and Koh (1990)의 광양만의 결과가 유일한 실정이다.

한편 이 일대 해역에서 이루어진 저서동물에 대한 조사는 경기만 해역의 저서동물 군집에 대한 조사가

있으며 (Hong, 1992; Shin et al., 1989; Shin et al., 1992; Yoo, 1992), 인천 연안 조간대에서는 저서동물 군집에 대한 조사 (Frey et al., 1987; Koh and Shin, 1988; Park, 1991)와 다모류 군집에 대한 조사(Oh and Kim, 1976) 및 조간대 맛조개의 성장 및 생물생산에 대한 연구(Hong and Park, 1994a,b)가 있었다. 이러한 연구들 가운데 본 조사해역인 영종도 인근해역은 Shin et al.(1989)에 의해 조사가 되어 있으나 영종도 서측 수로 등은 제외되어 있다. 또한 Hong(1992)은 경기만 일대에 드래지로서 25개 정점을 설정하고 계절별 저서동물을 조사하였으나 대규모 공사가 진행되는 영종도 인접해역에 대한 정점은 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 대규모 매립과 준설이 이루어질 예정인 영종도와 용유도 인근해역에서, 공사시행 이전에 생태계 연구의 일환으로 저서동물상을 파악하고 군집의 구조를 밝혀, 앞으로 해양생태계의 변화를 추정하는 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

저서동물 채집을 위하여 영종도 인근해역의 조간대에 5개 정점, 조하대에 12개 정점 모두 17개 정점을 설정하고 (Fig. 1), 계절별로 1991년 10월, 1992년 1월, 4월 및 7월에 소조기를 기준으로 van Veen grab (0.1 m²)을 사용하여 각 조사정점당 3회씩 해저 퇴적물을 채취하였다. 채취된 퇴적물은 선상에서 1mm 망목의 체로 걸른 후 그 잔존물을 10% 중성 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 동물군별로 선별하여 종 단위까지 동정하였다. 군집의 구조분석을 위해 종다양도 (H') (Shannon and Wiener, 1963), 우점도 (D) (Simpson, 1949), 균등도 (J) (Pielou, 1966)를 계산하였다. 집괴분석은 대수변환 (log(x+1))된 자료를 사용하여 Chord distance (Pielou, 1984)로 유사도를 구한 후 가중평균 결합법 (WP-GMA)에 의해 정점군을 구분하였다.

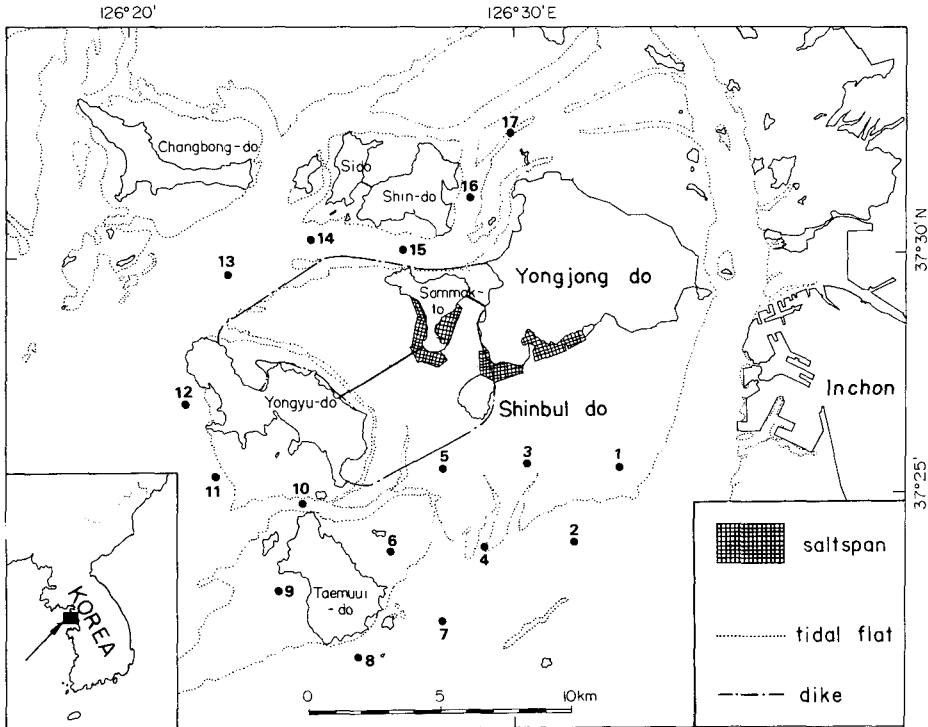


Fig. 1. A map showing the location of sampling stations on soft-bottom around the Youngjong Island in Kyonggi Bay.

환경요인인 표층 및 저층 수괴의 수온 및 염분은 T-S brigde (Yellow Spring Instrument)로, 용존산소량은 DO meter (YSI Model)로 측정하였다. 퇴적물 입도는 각 정점에서 표층퇴적물 200 ml를 채취하여 실험실로 운반한 후, 이 중 약 20~25g을 0.1N HCl과 3% 과산화수소로 퇴적물내에 포함된 유기물과 탄산염을 제거하였다. 이 후 증류수로 1~2회 세척하여 염분을 제거하고 습식체질을 하여 4 ϕ 이하와 그 이상의 것으로 각각 분리하였다. 4 ϕ 이하인 조립성분은 표준체를 사용하여, 그 이상인 세립 성분은 Sedigraph 5000 D 입도 분석기를 사용하여 입도분석을 하였다. 각 정점의 퇴적물상은 Shepard (1954)의 분류 방법에 따랐으며 퇴적물 유형 3각 분류도로 나타내었다.

결 과

1. 조사해역의 환경

조사해역은 조석간만의 차이가 큰 해역이기 때문에 표층과 저층수괴는 잘 혼합되어 있다. 따라서 동일시기일 경우 표층 및 저층의 수온, 염분 및 용존산소량은 거의 같은 값을 나타내고 있기 때문에 표층의 값을 사용하였다.

수온의 연간변화는 1월의 평균 3.4°C에서 7월의 평균 22.1°C의 범위였다. 이것을 계절별로 살펴보면 가을철인 1991년 10월에는 정점별로 18.6~21.1°C의 범위로서 평균 19.7°C이던 것이, 겨울철인 1월에는 정점별로 2.1~4.6°C 범위로서 평균 3.5°C까지 낮아졌다. 그 후 봄이 되면서 다시 수온은 상승하여 8.3~10.2°C 범위로서 평균 9.1°C였으며, 여름철인 7월에는 정점별로 20.2~23.6°C 범위로서 평균 22.1°C였다(Fig. 2).

염분의 경우 가을철에는 28.85~30.82‰ 범위로서, 평균 29.95‰이던 것이, 겨울철에는 24.98~31.26‰ 범위로서 평균 28.29‰로 약간 낮아졌다. 그러나 봄철에는 29.80~31.73‰ 범위로서 평균 31.12‰였으며 여름철에는 31.14‰였다. 전반적으로 보아 영종도 복단에 위치한 정점 1과 17에서는 염분이 30‰ 이하를 나타내었다(Fig. 2).

용존산소의 경우 전조사 기간동안 여름철의 평균 7.53ml/l에서 봄철의 평균 8.89ml/l 범위였다. 가을철에는 6.8~8.9ml/l 범위로서 평균 7.83ml/l였으며 겨울철

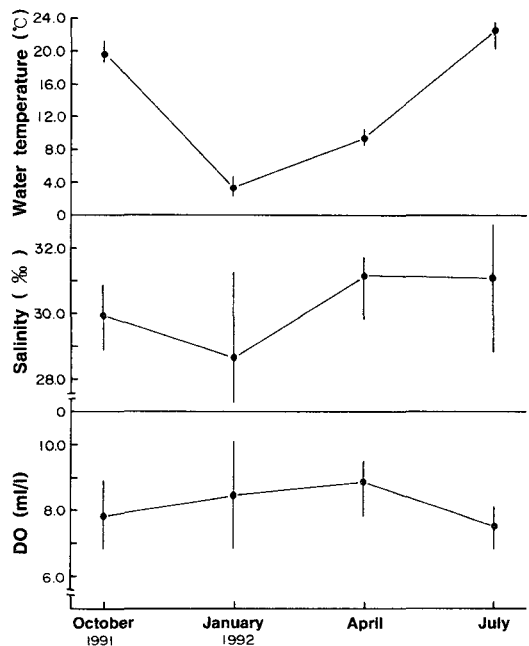


Fig. 2. Seasonal fluctuations of water temperature, salinity and dissolved oxygen in surface layer around the Youngjong Island in Kyonggi Bay. Solid circle indicates mean value; vertical bar ranges.

에는 6.8~10.1ml/l 범위로서 평균 8.45ml/l였다. 한편 봄철인 4월에는 8.2~9.5ml/l 범위로서 평균 8.89 ml/l였으며, 여름철에는 6.8~8.1ml/l 범위로서 평균 7.53 ml/l였다. 따라서 용존산소의 경우 계절별 변화는 거의 나타나지 않고 있다 (Fig. 2).

조사정점의 퇴적상은 정점 1과 17은 사질퇴적상이며 정점 6은 실트, 정점 2, 7, 13에는 사질이 50% 이상으로 혼재되어 있었다. 정점 3, 4, 10, 14는 사질이 55% 이상, 실트질이 약 30% 이상으로 구성된 실트성 사질, 정점 8, 9, 11, 15, 16은 실트질이 우세한 사질 실트로 구성되어 있었다(Fig. 3). 따라서 본 조사해역의 퇴적상은 모래와 실트가 서로 혼합된 것임을 알 수 있다.

2. 저서동물 군집의 종조성

전조사 기간동안 채집된 저서동물은 총 266종이 출현하였다. 출현개체수는 10,289 개체였고 생물량은 습중량 기준으로 878.65g (Wet wt)였다. 각 분류군별 출현종수를 보면 다모류가 111종 (41.7%)으로 가장

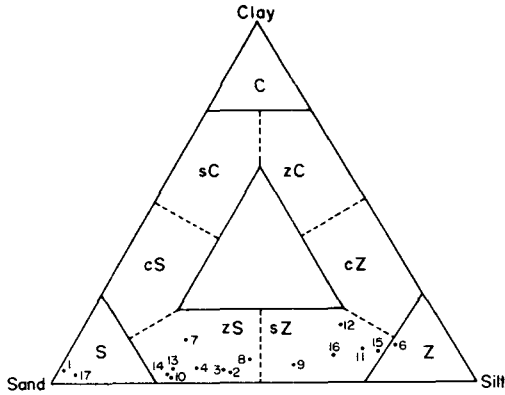


Fig. 3. Ternary diagram of the grain-size composition at each station.

많고, 갑각류가 75종 (28.2%), 연체동물이 59종 (22.2%), 그리고 극피동물과 기타동물군이 21종 (7.9%)

의 순이었다. 조사해역의 저서동물 밀도와 생물량은 각각 498개체/m² 및 54.8g/m² 였는데, 이 중 다모류가 332개체/m², 8.30g/m², 연체동물이 80개체/m², 10.70g/m², 갑각류가 75개체/m², 3.68g/m², 극피동물이 8개체/m², 25.63g/m² 였다. 따라서 영종도 인근해역의 저서동물 군집은 출현종과 개체수 측면에서는 다모류가, 생물량에서는 극피동물이 우점하였다(Fig. 4).

3. 저서동물의 정점별 분포 특성

출현종의 정점별 분포는 영종도와 신도 사이의 수로에 위치한 정점 16에서 36종으로 가장 적게 출현하였으며, 대체로 영종도 남측 조간대와 북측 수로역은 60종 이하의 분포를 나타내고 있었다(Fig. 5). 한편, 대우의도 주변 해역의 조간대 및 조하대(정점 4, 6, 10)에서는 90종 이상의 상대적으로 많은 종이 출현하

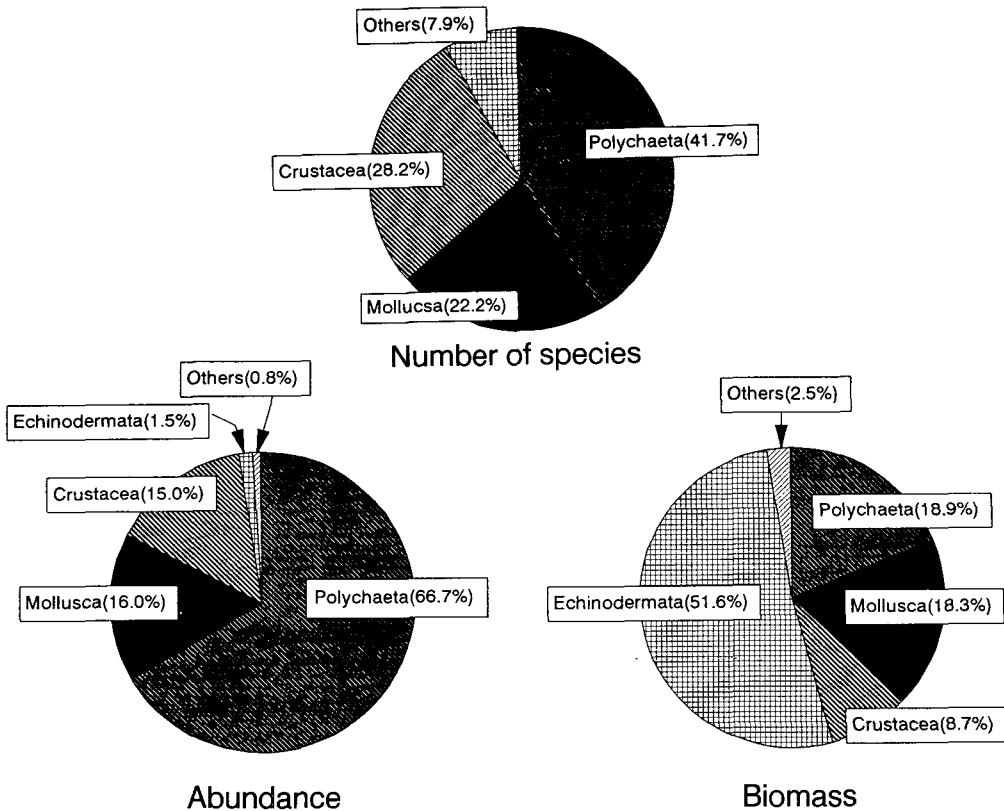


Fig. 4. Percentage composition of the number of species, abundance and biomass in each taxonomic group of the macrobenthos collected in the sampling station from October 1991 to July 1992.

었다. 따라서 영종도를 중심으로 조간대 해역과 북측 수로 해역은 출현종이 적고, 영종도 남쪽의 조간대 연변부에서는 출현종이 많은 반면, 외해와 먼한 정점에서는 중간정도의 출현종수를 나타내고 있었다.

밀도는 정점 9에서 1,095개체/m²로 가장 높았는데 이곳에서는 연체동물인 *Nipponomysella oblongata*가 731개체/m² 채집되어 전체 출현개체의 66.8%를 차지하고 있었다. 한편 용유도 앞 해역의 사질의 비율이 적고 실트질의 비율이 70% 이상인 정점 11, 12에서는 밀도가 약 230개체/m² 이하로 낮은 양상을 나타내었다. 출현종수가 36종으로 가장 적은 정점 16은 651개체/m²의 밀도로 상대적으로 높은 양상인데, 다모류인 *Magelona japonica*와 *Nephtys* sp.의 밀도가 상대적으로 높아, 각각 43% 및 22%를 차지하고 있었다. 전반적인 특징은 외해에 면한 조하대 지역에서는 밀도가 상대적으로 낮았고, 조간대 및 수로 지역은 밀도가 높았다 (Fig. 5).

4. 저서동물 군집의 계절변동

저서동물 군집의 계절변동을 보면 봄철이 113종으로 상대적으로 가장 적은 종이 출현하였으며, 가을철

과 겨울철은 각각 158종 및 153종이 출현하였다 (Table 1). 다모류는 전계절을 통하여 42~64종의 범위로서 전체 출현종의 약 40% 정도를 점유하고 있었는데, 봄철에 출현비율이 상대적으로 낮고 겨울철은 상대적으로 높은 양상이다. 연체동물은 가을철에 34종으로 상대적으로 가장 많이 출현하였으며, 1992년 여름철에는 상대적으로 가장 적은 21종이 출현하였는데, 전체 출현종의 17~23%를 차지하였다. 갑각류는 전계절을 통하여 38~51종의 범위로 전체 출현종수의 약 30%를 점유하고 있으며, 가을철이 상대적으로 많고 봄철이 상대적으로 적어 다모류의 출현양상과 유사하였다.

밀도의 경우, 출현종이 상대적으로 적은 봄철에는 587개체/m²의 밀도로 다른 계절에 비해 상대적으로 높았다. 그러나 여름철은 395개체/m²로 다른 계절에 비해 상대적으로 낮은 밀도를 나타낸다. 다모류의 개체수 비율은 전체의 42~86% 범위로서, 봄과 여름철에는 70% 이상의 높은 점유율을 나타내었다. 또한 연체동물의 출현 밀도는, 겨울철에 이매패류인 *N. oblongata*의 대량출현으로 191개체/m²로 가장 높아 겨울철 전체 출현개체수의 36%를 점유하고 있으나, 가

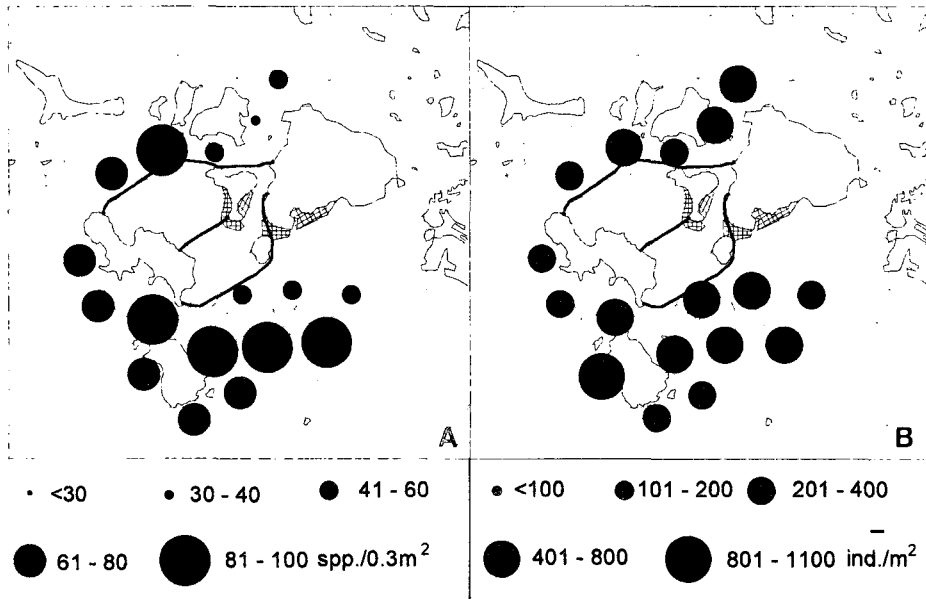


Fig. 5. Spatial distribution of the macrobenthos from October 1991 to July 1992. A: number of species, B: density.

Table 1. Seasonal variations of ecological characteristics of benthic macrofauna around Youngjong Island, Korea

	Oct. 1991	Jan. 1992	Apr. 1992	July 1992																
Number of species (spp./ 0.3m ²)	158	153	113	122																
Polychaeta	63	64	42	48																
Mollusca	34	29	26	21																
Crustacea	51	47	38	41																
Echinodermata	4	7	4	6																
Others	6	6	3	6																
Density(ind./m ²)	478	531	587	395																
Polychaeta	313	225	503	287																
Mollusca	38	191	45	45																
Crustacea	114	104	33	47																
Echinodermata	9	7	3	11																
Others	4	4	3	5																
Biomass(g wt./m ²)	102.36	39.34	29.94	47.51																
Polychaeta	7.95	7.90	7.34	9.99																
Mollusca	24.12	9.71	2.40	6.57																
Crustacea	2.22	3.69	4.98	3.81																
Echinodermata	45.31	17.36	13.90	25.96																
Others	22.76	0.68	1.32	1.18																
Ecological indices																				
Diversity(H')	2.58	2.31	2.27	2.30																
Evenness(J)	0.78	0.75	0.43	0.51																
Dominance(D)	0.13	0.20	0.17	0.16																
Dominant species	<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="text-align:center;"><i>Heteromastus</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>Nipponomysella oblongata</i></td> <td style="text-align:center;"><i>Nephtys polybranchia</i></td> <td style="text-align:center;"><i>Mediomastus</i> sp.</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;"><i>Glycinde gurjanovae</i></td> <td style="text-align:center;"><i>Mediomastus</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>Munispio japonica</i></td> <td style="text-align:center;"><i>G. gurjanovae</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;"><i>Mediomastus</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>Nephtys</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>Mediomastus</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>Magelona japonica</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;"><i>N. polybranchia</i></td> <td style="text-align:center;"><i>Mandibulophoxus</i> sp.</td> <td style="text-align:center;"><i>G. gurjanovae</i></td> <td style="text-align:center;"><i>Aricidea</i> sp.</td> </tr> </table>				<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Nipponomysella oblongata</i>	<i>Nephtys polybranchia</i>	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Glycinde gurjanovae</i>	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Munispio japonica</i>	<i>G. gurjanovae</i>	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Nephtys</i> sp.	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Magelona japonica</i>	<i>N. polybranchia</i>	<i>Mandibulophoxus</i> sp.	<i>G. gurjanovae</i>	<i>Aricidea</i> sp.
<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Nipponomysella oblongata</i>	<i>Nephtys polybranchia</i>	<i>Mediomastus</i> sp.																	
<i>Glycinde gurjanovae</i>	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Munispio japonica</i>	<i>G. gurjanovae</i>																	
<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Nephtys</i> sp.	<i>Mediomastus</i> sp.	<i>Magelona japonica</i>																	
<i>N. polybranchia</i>	<i>Mandibulophoxus</i> sp.	<i>G. gurjanovae</i>	<i>Aricidea</i> sp.																	

을철에는 약 8%로 감소하였다. 갑각류의 경우 전계절을 통하여 33~114 개체/m²의 범위였다. 전 계절 중 갑각류의 비율이 가장 높은 시기는 가을철로서 24%를 차지하는 반면, 봄철은 약 6%로서 전계절 중 가장 낮은 양상이었다. 따라서 다모류는 봄철과 여름철, 연체동물은 겨울철, 갑각류는 가을철에 우점한 양상이었다. 이들 3개 분류군은 계절에 따라서 밀도의 변동을 나타내고 있으나, 극피동물과 기타 동물군은 대체로 10개체/m² 이하의 밀도로 계절적으로 큰 변동을

보이지 않고 있었다.

생물량은 가을철이 102.36g/m²으로 다른 계절에 비해 상대적으로 가장 높았는데 전 계절을 통해 극피동물의 생물량이 44% 이상을 차지하고 있었다. 다모류의 경우 전 계절을 통하여 7.34~9.99g/m²의 범위로서 생물량의 변동이 크지 않으나 연체동물의 생물량은 계절적으로 다소 변동을 나타내었다.

우점종은, 계절에 따라 약간의 차이를 보이고 있으며, 다모류인 *Mediomastus* sp.가 전 계절 동안 우점종

Table 2. Dominant species of the macrobenthos around Youngjong Island during the study period. Individual number indicates the pooled abundance of each species in the study area

Rank	Species name	Individuals	%	cum. %
1	<i>Mediomastus</i> sp. (po)	1059	10.3	10.3
2	<i>Nipponomysella oblongata</i> (mo)	906	8.8	19.1
3	<i>Nephtys polybranchia</i> (po)	802	7.8	26.9
4	<i>Munispio japonica</i> (po)	704	6.8	33.7
5	<i>Glycinde gurjanovae</i> (po)	612	5.9	36.9
6	<i>Magelona japonica</i> (po)	485	4.7	44.3
7	<i>Heteromastus</i> sp. (po)	476	4.6	48.9
8	<i>Aricidea</i> sp. (po)	273	2.7	51.6
9	<i>Nephtys</i> sp. (po)	200	1.9	53.5
10	<i>Chaetozone setosa</i> (po)	198	1.9	55.4
11	<i>Sternaspis scutata</i> (po)	188	1.8	57.2
12	<i>Mandibulophoxus</i> sp. (cr)	175	1.7	58.9
13	Gammaridae unid. (cr)	144	1.4	60.3
14	<i>Ampelisca brevicornis</i> (cr)	138	1.3	61.6
15	<i>Cirriphorus fusca</i> (po)	118	1.1	62.7
16	<i>Lumbrineris cruzensis</i> (po)	116	1.1	63.8
17	<i>Corophium</i> sp. (cr)	106	1.0	64.8
18	<i>Haploscoloplos elongatus</i> (po)	104	1.0	65.8
19	<i>Tharyx</i> sp. (po)	104	1.0	66.8
20	<i>Moerella iridescens</i> (mo)	102	0.9	67.7
21	<i>Glycera decipense</i> (po)	98	0.9	68.6
22	<i>Musculista senhousia</i> (mo)	94	0.9	69.5

po: Polychaeta, mo: Mollusca, cr: Crustacea

으로 출현하였는데 여름철에 가장 높은 우점도를 나타내었다. 다모류인 *Glycinde gurjanovae*도 겨울철을 제외하고는 우점종으로 출현하고 있었으며, *Heteromastus* sp.는 가을철이 다른 계절에 비해 높은 우점도를 나타내었다. *Nephtys polybranchia*는 봄철에 우점종으로 출현하고 있으나 그 외의 계절은 우점도가 낮았다.

5. 우점종의 분포양상

조사해역에서 출현한 저서동물 가운데 전체 개체수의 약 70% 이상을 차지하는 종은 모두 22종 이었는데, 다모류 15종, 연체동물 3종, 갑각류 4종으로 구성되어 있었다(Table 2). 전 조사기간 중 출현한 가장 우점한 종은 다모류인 *Mediomastus* sp.로서 전체 출

현개체수의 10.3%를 차지하였으며, 그 다음으로 이매패류인 *N. oblongata* 및 다모류인 *N. polybranchia*가 가장 우점한 종에 속하였다. 따라서 이들 3종이 전체 개체수의 27%를 차지하였다.

한편 주요 7개 우점종의 분포를 보면 다모류의 퇴적물 식자인 *Mediomastus* sp.는 정점당 4~173개체/m²의 범위로서 평균 51개체/m²였다(Fig. 6). 주된 분포역은 무의도 주변 해역이었으며, 용유도와 장봉도 사이에 위치한 정점들과 외해측에 위치한 정점 1, 4, 7에서는 밀도가 낮았다. 다모류의 *Munispio japonica*는 정점 17에서 248개체/m²로 가장 높은 밀도였으며, 외해에 면한 정점들에서는 밀도가 낮았다. 이 종의 평균 밀도는 9개체/m²로서 낮은 편이지만, 봄철에는 정점 17에서 833개체/m²가 출현하여 이 정점에서 출현한

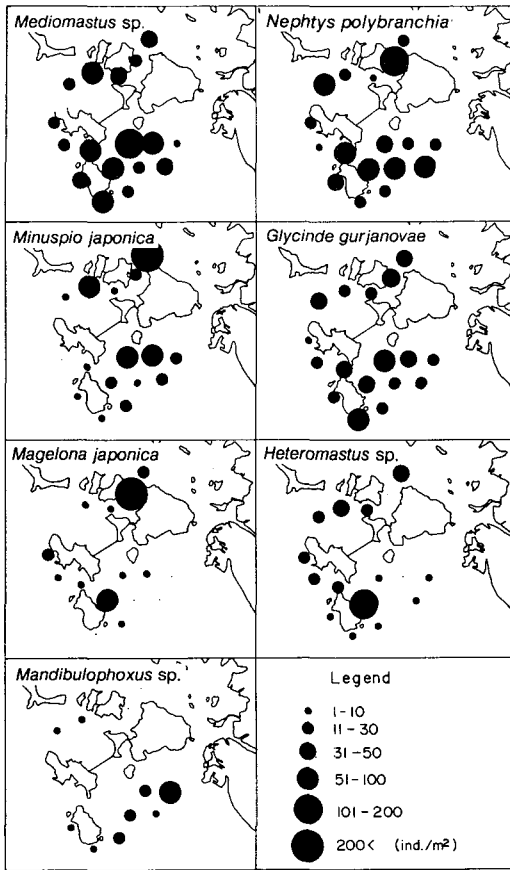


Fig. 6. Spatial distribution of the dominant species of macrobenthos from October 1991 to July 1992.

개체수의 71.8%를 차지함으로써 높은 우점도를 나타내고 있다 (D=0.53). 겨울철에도 정점 14와 17에서 각각 190개체/m² 및 153개체/m²로 비교적 높은 밀도로 출현하였다.

다모류의 *Magelona japonica*는 정점 16에서 277개체/m²로 가장 높은 밀도였으며, 그 외의 정점에서는 출현량이 매우 낮은 양상으로, 전체 평균 24개체/m²였다. 이 종의 주 서식역은 정점 16인데, 봄철 및 여름철에 각각 770개체/m² 및 337개체/m²의 밀도로 출현하여 출현 개체수의 각각 60% 이상을 차지함으로써, 우점도는 각각 0.43 및 0.42의 상대적으로 높은 값을 나타내었다.

한편 단각류인 *Mandibulophoxus* sp.는 조하대의 실트질이 우세한 정점에서 주로 출현하고 있는데, 정점 1에서 74개체/m²로 상대적으로 높은 밀도로 출현하

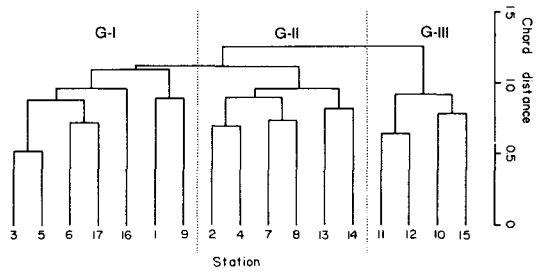
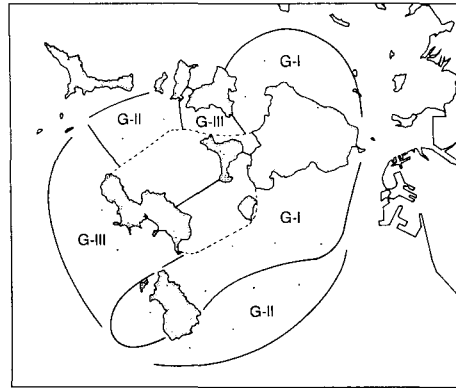


Fig. 7. Dendrogram and location of three station groups emerged by the cluster analysis.

였으며 정점당 평균 9개체/m²였다. 계절적으로는 겨울철에 87개체/m²로 다른 계절에 비해 상대적으로 높은 밀도였다.

다모류인 *N. polybranchia*는 전정점에 걸쳐 출현하며 정점당 6~113개체/m² 범위로서 평균 39개체/m²였다. 정점 16의 경우 상대적으로 높은 밀도를 나타내었는데, 특히 봄철에는 가장 우점한 종으로 출현하였으며, 377개체/m²가 출현하였다.

다모류인 *G. gurjanovae*는 정점당 13~59개체/m² 범위(평균 20개체/m²)로서, 전 정점에 걸쳐 출현하였다. 가을철의 경우 조간대에 위치한 정점에서 밀도가 상대적으로 높아, 정점 5와 6에서 각각 93개체/m² 및 63개체/m²이었다. 봄철인 4월에는 정점 3과 13에서 각각 120개체/m² 및 110개체/m²였다. 여름철인 7월에는 정점 6과 8, 16에서 각각 110개체/m²였다.

다모류인 *Heteromastus* sp.는 정점 6에서 195개체/m²로 가장 밀도가 높았으며, 평균 23개체/m²였다. 가을철의 경우 7~777개체/m² 범위로서 전 정점에서 출현하고 있으며, 정점 6에서는 777개체/m²가 출현하여 이 정점에서 출현한 개체수의 56.3%를 차지하였다.

6. 집괴분석

본 조사해역의 출현종 조성에 근거한 정점간의 집괴분석 결과로부터 3개의 정점군으로 나눌 수 있었다. 즉 조간대 해역인 G-I 정점군, 조하대의 fine sand 해역인 G-II 정점군, 조하대의 니질해역인 G-III 정점군으로 나눌 수 있었다(Fig. 7). 정점군의 군집조성을 보기 위해 각 정점군의 시료당 종수는 Rarefaction curve로서 비교하였는데 조간대에 위치한 G-I 정점군의 경우 출현종수가 가장 적었으며, 조하대에 위치하면서 퇴적상이 니사질인 G-II 정점군이 출현종수가 가장 많았다(Fig. 8). 한편 조하대의 수로에 위치하면서 퇴적상이 니질인 G-III 정점군은 그 중간값을 보이고 있었다.

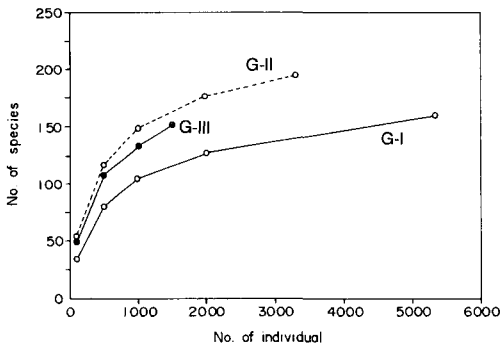


Fig. 8. Species richness of the three station groups drawn by the rarefaction curves of Sanders (1968).

이들 각 정점군의 생태학적 특징을 요약하면, G-I 경우 총 162종이 채집되었으며 정점당 33~91종 범위였다. 평균 밀도는 762개체/m²이었으며 (289~1095개체/m²), 다양도는 평균 2.08, 우점도는 평균 0.24였다. 이때패류인 *N. oblongata*가 127.1개체/m²로 가장 우점하였고, 다모류인 *Munispio japonica* 및 *Mediomastus* sp.가 각각 78.3 및 75.7개체/m²였다(Table 3). 이 정점군은 조간대에 위치하고 있으며 퇴적상은 사니질이 우세하다. 한편 갑각류의 옆새우류인 *Mandibulophoxus* sp.가 16.7개체/m²의 밀도로 출현하였는데, 이 정점군의 퇴적상을 잘 나타내고 있다.

G-III 정점군은 가장 많은 195종이 출현하였으며, 정점당 64~95종의 범위였다. 평균 밀도는 533개체/m²였으며 다양도는 평균 2.52, 우점도는 0.13이었다. 다

모류인 *N. polybranchia* 와 *Mediomastus* sp.는 각각 55.8개체/m² 및 49.7개체/m²로 가장 우점하였다. 이 정점군은 조하대에 위치하며, 퇴적상은 니사질로 형성되어 있었다.

G-II 정점군은 가장 적은 151종이 출현하였으며, 정점당 54~93종의 범위였다. 평균 밀도는 374개체/m²였으며, 다양도는 평균 2.64, 우점도는 0.10이었다. 다모류인 *Mediomastus* sp.가 53.5개체/m²로 가장 우점하였다. 이 정점군은 조하대의 수로에 위치하는 정점군으로 퇴적상은 니질로 구성되어 있었다.

고찰

영종도 인근 해역에서 출현한 저서동물의 종수는 266종이었으며, 평균 밀도는 498개체/m²로서, 이 가운데 다모류가 67%, 연체동물이 16%, 갑각류가 15%를 차지하였다. 본 조사 해역과 거의 같은 영종도 인근 해역에서 Shin et al.(1989)는 저서동물의 출현종수를 87종으로 보고하였는데, 본 조사 해역의 출현종수는 이보다 3배 정도 많은 것이다. 특히 다모류의 경우 Shin et al.(1989)의 53종에 비해, 본 조사에서는 111종이 출현하였고, 갑각류의 경우도 본 연구에서는 75종이 출현하였다. 그러나 지역적인 차이, 미 동정된 출현종 및 그래프채집 횟수의 차이를 고려한다면 영종도 근해의 조간대 및 조하대 해역은, 경기 내만의 조간대 및 조하대 해역의 저서생물 군집과 대체로 유사한 출현종수 및 밀도를 가지고 있다고 생각된다(Table 4). 이와 같은 결과는 Shin et al.(1989)이 동일해역에서 보고한 저서동물 밀도 550개체/m²가 본 연구결과와 유사한데다 각 분류군별 구성 비율이 유사한 것도 이를 뒷받침하고 있다고 생각된다.

영종도 인근 해역의 주요 우점종은 다모류인 *Mediomastus* sp., *Heteromastus* sp. 및 *N. polybranchia*, 이때패류인 *N. oblongata* 등이었다. 이는 경기만 북부(Shin et al., 1989) 와 남부(Shin et al., 1992) 해역에서 나타난 우점종과 우점순위는 다르지만, 대체로 유사한 종이다(Table 4). 특히 영종도 인근해역에서 오염 지표종으로 알려진 *Mediomastus* sp.가 전 정점에 걸쳐 우점한 것은, 이 해역이 인천항 및 한강하구에 인접해 있어 여기서 공급되는 유기물이 영향을 미치

Table 3. Characteristics of the benthic community in each station group

Item	Group	I	II	III
Station No.		1,3,5,6,9,17,18	2,4,7,8,14,15	10,11,12,16
Environmental parameters				
habitat		intertidal	shallow flat	channel
sediment type		sandy mud	muddy sand	mud
Ecological parameters				
Species number, total		162	195	151
range/st.		33~91	64~95	54~93
Numerical density per m ²		762	553	374
Biomass, g per m ²		347~1314	330~748	269~608
Diversity, mean		2.08	2.52	2.64
range		0.28~3.16	1.42~3.35	2.16~3.20
Evenness, mean		0.70	0.80	0.82
range		0.15~0.92	0.57~0.98	0.75~0.94
Dominance, mean		0.24	0.13	0.10
range		0.06~0.90	0.04~0.35	0.04~0.16
Richness, mean		4.07	5.30	5.51
range		1.16~8.67	1.84~9.16	3.39~8.27
Numerical density of dominant species (ind./m ²)				
<i>Mediomastus</i> sp. (po)		75.7	49.7	53.3
<i>Glycinde gurjanovae</i> (po)		46.6	29.5	27.0
<i>Heteromastus</i> sp. (po)		41.6	13.8	25.3
<i>Nephtys polybranchia</i> (po)		53.0	55.8	22.5
<i>Munispio japonica</i> (po)		78.3	24.7	2.0
<i>Aricidea</i> sp. (po)		19.3	20.0	4.5
<i>Nipponomysella oblonga</i> (bi)		127.1	0.3	3.5
<i>Magelona japonica</i> (po)		63.3	2.3	6.5
<i>Sternaspis scutata</i> (po)		-	4.8	24.8
<i>Paranthura japonica</i> (cr)		-	1.5	17.0
Terebellidae unid. (po)		-	7.0	9.5
<i>Lysilla</i> sp. (po)		-	2.7	9.5
<i>Protankyra bidentata</i> (ec)		-	-	9.5
<i>Chaetozone setosa</i> (po)		-	25.3	7.0
<i>Ampelisca brevicornis</i> (cr)		-	20.5	8.8
<i>Nephtys</i> sp. (po)		28.0	0.7	-
<i>Mandibulophoxus</i> sp. (cr)		16.7	-	-

po: Polychaeta, bi: Bivalvia, cr: Crustacea, ec: Echinodermata

Table 4. A summary table for benthic community studies conducted in western coastal waters of Korea

Locality	Habitat	Sediment type	Gear type	Number of samplings	Sieve size (mm)	Season sampled	Total species	Number of Number of				Dominant species	References	
								po. sp.	mo. sp.	cr. sp.	ot. sp.			
Kyonggi Bay	inter-and subtidal	?	van Veen (0.1m ²)	2	1	seasonal	87	550	53	-	-	<i>Tharyx</i> sp.(po)	Shin et al. (1989)	
Kyonggi Bay	subtidal	?	dredge (charcot) (17×32cm)	40L/st	1	March September October	246	-	-	-	-	<i>Macra veneriformis</i> (mo)	Yoo(1992)	
												<i>Mediomastus</i> sp.(po)		
Kyonggi Bay	subtidal	Pebble & gravel sand & mud	dredge (charcot) (17×32cm)	40L/st	1	March September	107 119	-	-	33 35	42 58	32 26	<i>Crassostrea gigas</i> (mo)	Hong(1992)
													<i>Moerella rutila</i> (mo)	
													<i>Balanus reticulatus</i> (cr)	
Kyonggi Bay (southern area)	subtida	?	van Veen (0.1m ²)	2	0.5	seasonal	124	368	124	-	-	-	<i>Ogyrides orientalis</i> (cr)	Shin et al. (1992)
													<i>Ogyrides orientalis</i> (cr)	
													<i>Amphipoda</i> (cr)	
													<i>Cydicarcama cumingi</i> (cr)	
													<i>Crassostrea gigas</i> (mo)	
													<i>Balanus reticulatus</i> (cr)	
													<i>Prionospio</i> sp.(po)	
<i>Nephtys polybranchia</i> (po)														
Garolim Bay	subtidal	muddy sand with gravels	dredge (17×32cm)	-	1	bimonthly	340	-	147	82	48	62	<i>Tharyx</i> sp.(po)	Lee et al. (1983)
													<i>Sternaspis scutata</i> (po)	
													<i>L. longifolia</i> (po)	
													<i>Ophiactis modesta</i> (po)	
													<i>Musculista senhousia</i> (mo)	
													<i>L. longifolia</i> (po)	
													<i>Cumacea</i> (cr)	
<i>Magelone japonica</i> (po)														
Inchon	tidal flat	mud	Peterson grab (0.02m ²)	?	0.5	Feb.- Mar	27	-	-	-	-	-	<i>S. scutata</i> (po)	Oh and Kim (1978)
													<i>Magelone japonica</i> (po)	
													<i>Cumacea</i> (cr)	
Mangyung-Dongjin	tidal flat	silty sand and sand	Quadrat (1×0.5m ²)	infauna:2 - epifauna:5	-	Summer	64	1225	26	18	14	6	<i>Laternula cf. lamicola</i> (mo)	An and Koh (1992)
													<i>Umbonium thomasi</i> (mo)	
Younggong area	inter and subtidal	silt silty sand silty silt	van Veen (0.1m ²)	3	1	seasonal	266	498	111	59	75	21	<i>Lingula anatina</i> (ot)	The present study
													<i>Mediomastus</i> sp.(po)	
													<i>Munispio japonica</i> (po)	
													<i>Magelona japonica</i> (po)	
													<i>Mandibulphorus</i> sp.(cr)	

po: Polychaeta, mo: Mollusca, cr: Crustacea, ot: Others

고 있음을 시사한다(Shin et al., 1989). 그러나 Hong (1992)은 영종도를 포함한 경기만 일대를 조사하고 이 해역 일대에서는 기회종의 출현에 근거한 오염의 영향을 볼 수 없다고 하였다. 이러한 차이는 조사시기의 차이도 고려해 볼 수 있으나, 본 조사 지역이 영종도 인근 해역임에 비해 Hong(1992)의 조사지역은 영종도 인근해역을 극히 일부만 포함하고 있기 때문에, 전체 출현개체수에서 기회종의 출현 비율이 상대적으로 낮아졌기 때문으로 생각된다.

본 연구 해역의 저서군집은, 조간대에 1개 정점군과 조하대에 2개 정점군으로 대별되었는데, 이러한 결과는 경기만에서의 저서동물 군집을 크게 조간대와 조하대 군집으로 나누고, 조간대 내에서도 퇴적상에 따라 니질과 사질 지역에 분포하는 동물군집으로 세분한 Shin et al.(1989)의 결과와 일치된 양상이다. 경기만 일대 해역에서 저서동물 군집을 결정 짓는 주된 환경요인은 퇴적상이라고 알려져 있다(Hong, 1992; Shin et al., 1989; Yoo, 1992). 인천 인근의 칩천 조간대, 서해안 만경, 동진 조간대의 저서동물 분포도 노출시간과 퇴적상의 차이에 의해 지배된다고 하였다(Park, 1991; An and Koh, 1992). 이러한 퇴적상은 조류의 세기 등에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 이 일대 해역에서 실시되고 있는 매립 및 준설로 인해 기존의 갯벌과 표층퇴적물이 없어지고, 지형의 변화로 인한 조류의 속도와 방향의 변화로 인해 퇴적물의 침식과 퇴적이 장소에 따라 달라지게 되면, 변화된 퇴적상에 맞는 종으로의 천이가 일어날 것으로 판단된다. 이러한 예는, 광양만에서도 알려져 있는데, 섬진강 하구의 삼각주에서 행해진 대규모 간척공사와 복수로 지역의 준설공사로 인해, 공사 후 지형이 변하고, 퇴적환경의 변화가 수반되어, 결국 저서군집의 우점종이 변화되었다고 추정하였다(Shin and Koh, 1990). 특히 모래서관을 가지고 표층 퇴적물 식자인 *Lagis bocki*가 공사 후 모두 소멸되었으며, 세립질 퇴적물의 침전이 일어난 곳에는 다모류인 *S. scutata* 와 *Tharyx* sp.가 우점종으로 출현하였다. 본 조사해역의 경우 간, 만조시 유속의 변화로 인해 퇴적상은 조립해지는 해역과 세립해지는 해역이 나타날 것으로 예상된다. 조립해지는 해역의 경우, 퇴적물 식자는 상대적으로 중요도가 낮아지고, 여과섭식성 동물의 중요도가 높아

질 것이며, 세립해지는 해역의 경우 퇴적물 식자의 중요도가 높아질 것이다. 영종도 인근 해역에서 출현한 최우점종은 다모류의 *Mediomastus* sp.인데 이 종은 주로 표층 퇴적물 식자로 알려진 종이다. 따라서 퇴적상이 변할 경우 이 해역의 우점종인 *Mediomastus* sp.와 같은 퇴적물 식자를 포함한 저서동물의 종 조성은 변하게 될 것으로 생각된다. Van Dolah(1984)도 캘리포니아 남부 하구에서의 준설이 저서동물에 미치는 영향에 대한 연구에서, 연성저질에 풍부하던 다모류인 *Paraprionospio pinnata* 등의 우점종은 이 해역의 퇴적물이 제거됨으로서 결과적으로 밀도가 감소하는 영향을 받았다고 지적하고 있다.

매립 및 준설 등으로 인해 일시적으로 교란된 생태계는, 시간이 경과함에 따라 종이 가입되어, 기회종의 증가 및 군집내의 종간 상호 경쟁을 통해, 결국 안정화되는 방향으로 진행되는 것으로 알려져 있다(Hily, 1983). 이 때에는 개체수 회복이 종수의 회복보다 빠른 것으로 보고되어 있다(Jones, 1986). 다만 생태계 회복에 걸리는 시간은 해역의 특성에 따라 차이가 있어, 빠르면 약 6개월(Bonvicini Pagliai et al., 1985; Conner and Simon, 1979)에서, 약 3년 정도(Bonsdorff, 1980; Groot, 1979)의 기간이 소요되는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 생태계 회복 시간은 군집의 조성에 따라서도 차이가 있어, 부유유생기를 가지지 않는 종들로 이루어진 군집은 이보다는 훨씬 늦은 것으로 알려져 있다. 즉 프랑스의 Morlaix만에서 기름 유출로 인한 Amphipoda 군집의 파괴는 오염 후 8년이 지나서도 회복되지 않고 있었다(Dauvin, 1987). 이러한 결과들에 비추어 볼 때 영종도 주변해역에서 생태계가 변화될 경우, 회복에는 장기간이 소요될 것으로 판단된다.

결론적으로, 조하대 정점의 경우 퇴적상의 차이에 의해, 조간대 정점의 경우 간조시의 노출정도에 의해 주로 영향을 받고 있는 영종도 주변 해역에서의 저서동물 분포는, 차후 준설 및 매립공사로 인한 퇴적상의 변화로 인해 우점종의 천이가 일어나고 결국 저서동물 군집도 변할 것으로 예상된다. 따라서 영종도 해역에서는 앞으로의 생태계 변화를 감시 예측할 수 있는 장기적인 생태계 모니터링이 필요하리라 여겨진다.

요 약

영종도 주변해역의 저서동물상을 파악하기 위하여 17개 정점에서 van Veen grab을 사용하여 1991년 10월에서 1992년 7월까지 계절별로 저서동물을 조사하였다. 조사기간 중 총 266종의 저서동물이 채집되었으며, 다모류가 111종(41.7%) 으로 가장 우점하였고, 갑각류가 75종(28.2%), 연체동물이 59종(22.2%) 이었다. 조사해역의 평균 서식밀도와 생물량은 각각 498 개체/m² 와 41.06g/m² 였는데, 이 중 다모류가 332개체/m²로서 개체수에서 우점하였고, 극피동물이 21.17 g/m²으로 생물량에서 가장 많았다. 주요 우점종은 다모류인 *Mediomastus* sp., *Heteromastus* sp., *Nephtys polybranchia* 및 이매패류인 *Nipponomysella oblongata* 등이었으며, 계절별로 우점종의 변화가 있었다. 집괴분석 결과 조사해역은 조간대의 사니질 필지역 (G-I), 조하대 니사질 천해역 (G-II)과 니질의 수로역 (G-III)으로 나누어졌다. 서식밀도는 조간대 사니질의 G-I에서 가장 높았고, 수로역인 G-III에서 가장 낮았으나 종다양성 지수값은 가장 높았다. 영종도 주변해역에서의 이러한 저서동물 분포양상은 퇴적상과 간조시의 노출기간에 의해 크게 영향을 받는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- An, S. M. and C. H. Koh. 1992. Environments and distribution of benthic animals on the Mangyung-Donjin tidal flat, west coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 27(1), 78~90.
- Bong, J. H. 1978. Tidal currents in the channel near Incheon Harbour. J. Oceanol. Soc. Korea. 13(1), 29~34.(in Korean)
- Bonsdorff, E. 1980. Macrozoobenthic recolonization of a dredged brackish water bay in SW Finland. *Ophelia*, Suppl. 1, 145~155.
- Bonvicini Pagliai, A. M., A. M. Cognetti Varriale, R. Crema, M. Curini Galletti and R. Vandini Zunarelli. 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area, Mar. Pollut. Bull. 16(12), 483~488.
- Choi, J. K. and J. H. Shim. 1986a. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. I. Environmental characteristics. J. Oceanol. Soc. Korea 21(1), 56~71.
- Choi, J. K. and J. H. Shim. 1986b. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. II. Light intensity, transparency, suspended substances. J. Oceanol. Soc. Korea 21(2), 101~109.
- Conner, W. G. and J. L. Simon. 1979. The effects of oyster shell dredging on an estuarine benthic community. Estuar. Coast. Mar. Sci. 9, 749~758.
- Dauvin, J. C. 1987. Evolution a long terme (1978~1986) des populations d'Amphipodes des sables fins de la Pierre Noire(Baie de Morlaix, Manche Occidentale) apres la catastrophe de l'Amoco Cadiz. Mar. Environ. Res. 21, 247~273.
- Frey, R. W., J. S. Hong, J. D. Howard, B. K. Park and S. J. Han. 1987. Zonation of benthos on a macrotidal flat, Incheon, Korea. *Senckenbergiana Marit.* 19(5/6), 295~329.
- Groot, S. J. 1979. An assessment of the potential environmental impact of large scale sand dredging for the building of artificial islands in the North Sea. Ocean Mgmt. 5, 211~232.
- Hily, C. 1983. Macrozoobenthic recolonization after dredging in a sandy mud area of the Bay of Brest enriched by organic matter. Oceanol. Acta. Proc. 17th Europ. Mar. Biol. Symp., Brest, France, 1982, 113~120.
- Hong, J. S. 1992. An environmental assessment of the coastal area using the benthic macrofauna in Kyonggi Bay, West Sea, Korea: A preliminary result. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency 46, 239~253 (in Korean).
- Hong, J. S. and H. S. Park. 1994a. Growth and production of macrobenthic fauna on a macrotidal flat, Incheon, Korea. I. Growth of the razor clam, *Solen (Solen) strictus* (Bivalvia, Solenidae) from Chokchon tidal flat. Bull. Korean Fish. Soc. 27

- (5), 549~559 (in Korean)
- Hong, J. S. and H. S. Park. 1994b. Growth and production of macrobenthic fauna on a macrotidal flat, Incheon, Korea. II. Production of the razor clam, *Solen (Solen) strictus* (Bivalvia, Soleniidae) from Chokchon tidal flat. Bull. Korean Fish. Soc. 27(5), 560~571 (in Korean)
- Jones, A. R. 1986. The effects of dredging and spoil disposal on macrobenthos, Hawkesbury Estuary, N. S. W. Mar. Pollut. Bull. 17(1), 17~20.
- 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). Netherland J. Sea Res. 22(3), 279~290.
- 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(2), 111~116.
- Oh, I. S. and W. S. Kim. 1976. The polychaetous annelid and environment in the intertidal flat, Incheon, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 11(2), 71~76.
- Park, H. S. 1991. An ecological study of macrobenthos on a macrotidal flat, Incheon, Korea. M. S. Thesis. Inha University. p.124 (in Korean).
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. J. Theoret. Biol. 13, 131~144.
- Pielou, E. C. 1984. The interpretation of ecological data, Wiley, New York. pp. 263.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. The American Naturalist 102 (925), 243~282.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana, pp. 125.
- Shepard, E. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. Sed. Petrol. 24, 151~158.
- Shin H. C. and C. H. Koh. 1990. Temporal and spatial variation of polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 25(4), 205~216 (in Korean)
- 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 (4), 184~193.
- Shin, H. C., S. G. Kang and C. H. Koh. 1992. Benthic polychaete community in the southern area of Kyeonggi Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 27 (2), 164~172.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163, 1~688.
- Van Dolah, R. F. 1984. Effects of dredging and open-water disposal on benthic macroinvertebrates in a South Carolina Estuary, Estuaries 7(1), 28~37.
- Yoo, J. W. 1992. The community structure and distribution of the benthic macrofauna in Han Estuary and Kyeonggi Bay, Korea. M. S. Thesis, Inha Univ. pp. 100.
- 오재경. 1989. 한강개발 이전 한강하구와 경기만에서의 퇴적환경. 황해연구 2, 13~30.
- 해양연구소. 1981. 한국환경도작성연구(경기만 : 해양지질분야). 해양연구소 보고서 ESPE 00029-52-5, p 226.
- 해양연구소. 1992. 수도권 신공항 건설로 인한 어업권 피해 영향조사 및 보상액 산정. 해양연구소 보고서 BSPI 00149-1-501-3, p 523.

1995년 5월 8일 접수

1995년 9월 12일 수리