

인천연안역 저서동물군집의 시·공간적 분포 양상

고병설 · 이재학 · 홍재상¹
한국해양연구소 해양생물연구부, ¹인하대학교 해양학과

Distribution Patterns of the Benthic Macrofaunal Community in the Coastal Area of Incheon, Korea

BYOUNG-SEOL KOH, JAE-HAC LEE AND JAE-SANG HONG¹
Biological Oceanography Division, Korea Ocean Research and Development Institute,
Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea
¹Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

인천 연안역을 중심으로 1994년 5월에서 1995년 2월까지의 4계절에 걸쳐 저서동물군집을 조사하고 저서동물의 종 구성에 따른 시·공간적 분포 양상을 파악하며, 생물분포에 관여한 다양한 환경요인의 측정과 함께 해양 환경을 평가하였다. 조사결과 총 231종, 평균 455개체/m²의 저서동물이 채집되었고, 이 중 주요 우점종은 다모류의 *Heteromastus sp.*, *Sternaspis scutata*, *Chaetozone setosa*, *Mediomastus sp.*, *Glycinde sp.*, *Glycera sp.*와 *Nephtys oligobranchia* 등 이었으며 조사시기별과 해역별로 커다란 차이가 있었다. 종 구성에 따른 공간적 유사성에 있어선 크게 4개의 정점군으로 대별되어 팔미도 외해역(I), 주수로역과 시화방조제 부근 해역(II), 영종도 북동쪽 해역(III), 인천항과 소래 입구역(IV)으로 나뉘어 졌다. 이러한 구분은 저서동물의 분포에 일반적으로 영향을 주는 퇴적물의 입도 뿐만 아니라 중금속 농도 및 용존산소의 차이 등과 오염의 정도에 따라 나타나는 다모류와 연체동물의 출현비의 증가, 갑각류의 Phoxocephalidae의 출현여부, 오염지시종의 증가 등은 정점군 I에서 정점군 IV로 갈수록 오염되어졌음을 잘 반영하고 있다.

This study was carried out to investigate the composition and the distribution of the benthic community in the coastal area of Incheon seasonally from May 1994 to February 1995, and to estimate the environmental factors that effect the temporal and the spatial changes of benthic species composition. In the present study, 231 species were collected with the average density of 455 ind./m². The dominant species were *Heteromastus sp.*, *Sternaspis scutata*, *Chaetozone setosa*, *Mediomastus sp.*, *Glycinde sp.*, *Glycera sp.* and *Nephtys oligobranchia*, which are in the polychaete group; abundance of these species showed seasonal and spatial variations. The study area was divided into 4 regions by cluster analysis such as outside area of Palmido (I), main channel region and adjacent are of Shihwa sea wall (II), north-eastern area of Youngjongdo (III), and the Incheon harbor and the mouth area of Sorae harbor (IV). The particle size of sediment which generally influences the distribution of the benthic community, the differences of the concentration of heavy metals, and of the dissolved oxygen, the increase of the proportion of polychaetes and molluscs, the absence of the crustacean phoxocephalids, and the increase of the abundance of pollution indicator species, indicated that the environment of the areas have been degrading gradually from Group I to Group IV.

서 론

인천연안역은 조수간만의 차이가 심하고 수심의 구배가 완만하여 폭넓은 조간대가 형성되어 있고, 임진강, 한강 등 수량이 풍부한 하구역과 인접해 있으며, 염하수로, 장봉수로, 석모수로 등 수괴의 이동이 활발한 수로가 형성되어 있어서 계절별로 유량의 변화가 심하여 수온, 염분도 및 퇴적상의 변화가 크게 나타나는 곳이다. 그리고, 영종도 신공항 건설, 송도 신도시 건설, 시화방조제 건설 등 연안 개발이 활발히 진행되고 있으며, 인천항의 경우 수도권권의 국제 항구로써 대형 선박의 왕래가 빈번하

고, 인근에 남동공단 등의 임해 공단이 조성되어 있다. 이로 인하여 해양생태계에 영향을 주는 자연적, 인위적 요인들이 매우 다양하게 존재하고 있다.

인천연안과 같이 물리적인 요인이 크게 작용하는 해역에 있어서는 퇴적상에 영향을 크게 미치게 되고, 침식과 퇴적현상의 변화는 저서생물의 분포에 큰 영향을 미친다(Sanders, 1962; Flint, 1980; Choi & Koh, 1990). 저서동물은 대부분이 고착성이거나 이동력이 있어도 행동반경이 좁기 때문에 서식환경의 변화에 능동적으로 대처할 능력이 부족하다. 특히 저서환경의 변화는 저서동물 군집의 종조성에 영향을 미치게 되며, 환경에 따

라 서식하는 생물의 구배가 뚜렷하기 때문에 생물의 종조성을 파악하는 경우 그 지역의 환경을 어느 정도 예측할 수 있고, 생물상의 변화를 측정함으로써 환경의 변화를 파악할 수 있다. 뿐만 아니라, 오염지역에서 출현하는 종과 오염 물질에 민감한 종을 알아낼 경우 이들의 개체군의 변화를 관찰함으로써 오염의 정도를 파악할 수 있다. 결국 저서동물 군집을 분석하는 것은 다른 생물을 이용하는 것 보다 해양환경을 평가하는데 더욱 유용하다고 할 수 있다.

80년대 들어서면서 다양한 생태계 분야에서 인천연안역에 대한 조사가 빈번하게 이루어지고 있다. 저서동물에 대한 조사의 경우도 신 등(1989), 유(1992), 임 등(1995)에 의해 인천연안역과 영종도 주변 해역에 서식하는 저서동물의 종조성 및 군집 조사가 이루어진 바 있다. 신 등(1989)은 생물군집을 조간대와 조하대 지역으로 나누었고, 유(1992)는 여름철 풍수기에 의한 담수의 영향과 퇴적상의 변화가 생물상에 영향을 주는 것으로 밝혔으며, 임 등(1995)은 영종도 주변 해역의 저서동물의 분포는 퇴적상과 간조시의 노출기간에 의해 영향을 받는 것으로 보고했다. 그러나 저서생태계에 영향을 미치는 다양한 환경요인의 측정과 함께 저서동물의 종조성을 이용하여 해양환경을 종합적으로 평가하는 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 인천연안역과 같은 물리적 해황이 복잡하고, 대규모의 해양 연안역 개발이 진행 중인 해역에서 저서 환경요인을 분석하고, 저서동물의 종조성과 생물량의 시·공간적 분포 양상을 파악하여, 저서생물상을 이용하여 해양환경을 평가하기 위하여 기본적인 군집구조를 밝히는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

본 조사 해역은 환경처(1991)에서 연안역 수질 등급 관리를 위하여 정해 놓은 "인천연안역" 가운데 영종도 세어도에서 소래 포구 입구 및 팔미도 외해역에 이르는 조하대의 16개의 조사 정점을 설정하여(Fig. 1) 1994년 5월에서 1995년 2월에 걸쳐 계절별로 총 4회 조사하였다.

저서생물의 시료 채집은 van Veen 채니기(채취면적 0.1 m^2)를 사용하였으며, 각 정점에서 3회씩 반복 채집을 하였다. 채집된 퇴적물은 선상에서 직경이 1 mm인 체에 걸러서 남은 잔존물을 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 해부현미경 하에서 분류군별로 선별하고 종 수준까지 동정 및 계수하였으며, 생물량은 습중량을 계량하였으며 연체동물의 경우 패각을 포함한 질량을 계량하였다.

저서 생물의 서식지 환경에 대한 자료를 얻기 위해서 수온, 염분 및 용존산소를 각 정점별로 저층수피에서 측정하였다. 수온과 염분은 CTD(SBE 19)를 사용하였고, 용존산소는 DO meter(YSI, model 65)를 사용하였다.

저서생물의 주서식지인 표층퇴적물의 입도분석을 위하여 16개의 조사 정점에서 4계절 동안 채취된 표층퇴적물의 약 10 g 정도를 염산과 과산화수소수 용액으로 탄산염과 유기물질을 제거한 뒤 조립질(4 ϕ 미만)과 세립질(4 ϕ 이상)로 구분하였고, 조립질은 표준체를 이용한 표준진조체 분석방법(Standard dry-

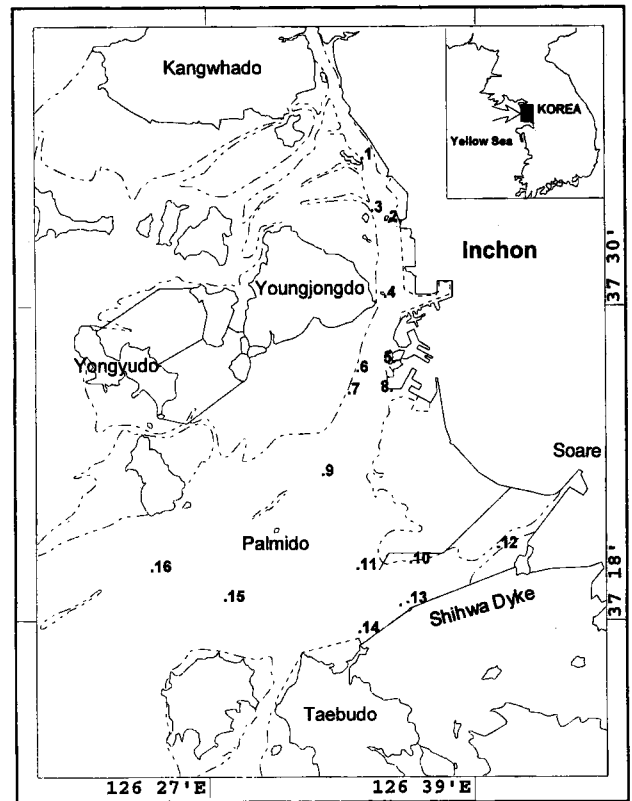


Fig. 1. Index map of study area and sampling stations.

sieve analysis)으로 분석하였고, 세립질은 피펫분석법(pipetting method)을 사용하여 분석하였다. 평균입도와 분급도 등 퇴적물 특성치는 Folk and Ward(1957)의 공식을 이용하여 구하였다.

표층퇴적물의 유기물 함량 분석을 위하여 1994년 5월과 1995년 2월의 냉동 보관된 표층퇴적물 시료를 CHN analyzer로 탄소, 질소 그리고 황의 함량을 분석하였으며 단위는 건조시료 중량당 총 함량으로 %단위로 나타내었다.

표층퇴적물의 중금속 함량을 분석하기 위하여 1994년 5월과 1995년 2월의 냉동 보관된 표층퇴적물 시료를 원자흡수분광기(Atomic Absorption Spectrometer: AAS)를 이용하여 아연, 구리, 망간은 불꽃원자화법(Flame)으로 분석하였고, 니켈, 크롬, 카드뮴, 납은 전열원자화법(Flameless)으로 분석하였다.

저서동물의 우점종은 출현개체수 순위를 기준으로 총 개체수의 1% 이내에 속하는 종을 우점종으로 하였다. 저서동물의 종 다양도 지수는 Shannon & Wiener(1963)의 Diversity Index를 사용하였다.

환경요인과 생물상과의 상관관계를 알아보기 위한 상관계수는 Pearson's correlation coefficient(SAS, 1985)를 사용하였다.

종조성의 유사성 정도에 기초하여 조사 지역을 구분하기 위하여 저서동물의 정점별 출현 유무 자료를 가지고 집괴분석(Cluster analysis)을 실시하였다. 이 때 사용된 정점간의 유사도는 Sørensen's Coefficient(1948)를 이용하였고, 정점간의 결합은 가중평균결합법(Weighted pair group average method)을 사용하여 수지도를 작성하였다.

결 과

인천연안역의 저서환경

인천연안역 16개의 조사정점에서 계절별로 측정된 저층수의 수온 및 염분(Fig. 2)은 1994년 5월의 경우에는 평균수온이 $12.5 \pm 1.1^\circ\text{C}$, 8월에는 $26.8 \pm 1.2^\circ\text{C}$, 11월에는 $13.1 \pm 0.7^\circ\text{C}$, 1995년 2월에는 $4.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 였다. 계절별로 측정된 염분의 평균은 1994년 5월의 경우 $31.0 \pm 2.1\%$, 8월에는 $30.1 \pm 2.5\%$, 11월에는 $29.9 \pm 1.1\%$, 1995년 2월에 $31.8 \pm 2.2\%$ 으로 염분의 계절변화는 크지 않았다.

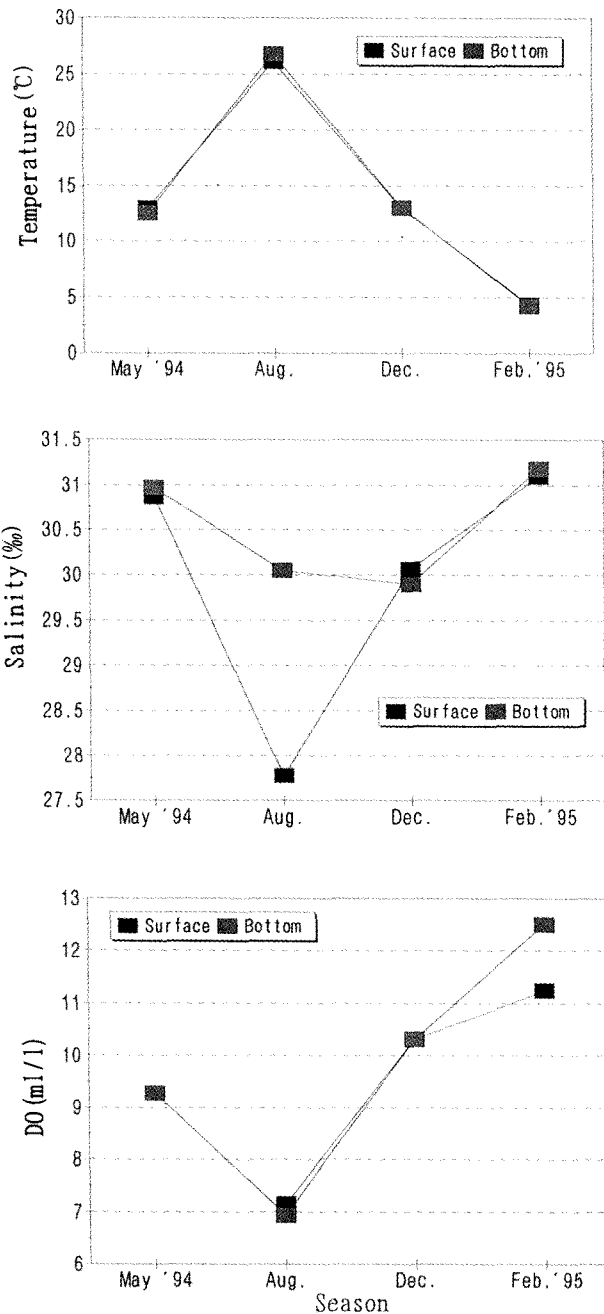


Fig. 2. Seasonal variations of temperature ($^\circ\text{C}$), salinity (%) and dissolved oxygen (ml/l) of surface-waters and bottom-waters in Incheon coastal area.

대체로 저층수의 염분이 표층수의 염분보다 높은 값을 보였다. 봄철과 여름철에는 대체로 수심이 낮은 정점에서 수심이 깊은 정점으로 갈수록 저층수의 수온이 감소하는 반면, 가을철과 겨울철에는 수심이 깊은 정점으로 갈수록 수온이 증가하는 것으로 나타났다. 저층수의 염분은 한강 하구역에 가까운 정점 1, 2, 3에서 대체로 염분도가 낮았으며, 팔미도 외해 쪽의 정점 15, 16으로 갈수록 염분은 증가하였다. 인천연안역의 조사정점에서 측정된 저층수의 염분은 조석의 영향을 고려하지 않은 자료임에도 불구하고 한강 하구역에 인접한 조사정점들에 비해 팔미도 외해 쪽의 정점들이 상대적으로 높은 염분농도를 보이는 것으로 보아 인천연안역은 한강 하구로부터의 담수의 영향을 받는 해역임을 알 수 있다.

저층수의 용존산소량의 경우 5월에는 정점 평균 $9.3 \pm 1.3 \text{ ml/l}$, 8월에는 $6.9 \pm 0.7 \text{ ml/l}$, 11월에는 $10.3 \pm 0.3 \text{ ml/l}$, 2월에는 $12.5 \pm 3.7 \text{ ml/l}$ 로 겨울철에 비해 여름철의 용존산소량이 낮았으며, 외해 쪽에 위치한 정점들에 비해 한강 하구역에 인접한 정점들의 용존산소량이 낮게 나타났다(Fig. 2).

인천연안역의 표층퇴적물의 특성은 정점별로 퇴적상의 차이가 심하고, 퇴적상의 변화가 계절별로 심하게 나타났는데(Fig. 3), 이는 인천연안역의 강한 조석차에 의한 조류의 세기와 한강 하구로부터의 담수의 유입 등과 같은 복잡한 물리적 해황 특성 때문인 것으로 생각된다. 특히 계절별로 퇴적물의 평균입도의 변화가 심하게 나타난 정점은 굴포천 방조제 앞에 위치한 정점 2와 소래 포구 입구역인 정점 12, 그리고 시화방조제의 수문 앞의 정점 14 였는데 이들 정점은 수량의 유입이 있는 곳이었다. 전반적으로 보면 영종도 북동쪽에 위치한 정점들은 실트질 퇴적물과 점토질 퇴적물의 함량이 많았고, 팔미도 외해 쪽에 위치한 정점들은 모래질 퇴적물의 함량이 높았다.

'94년 5월과 '95년 2월, 두차례에 걸쳐 전 조사정점에서 채취한 표층퇴적물의 유기물 함량과 중금속 함량을 살펴보면 다음과 같다(Table 1). 유기물 함량의 경우 '94년 5월에는 질소의 함량이 평균 0.04%, 탄소는 평균 0.38%, 그리고 황의 함량이 평균

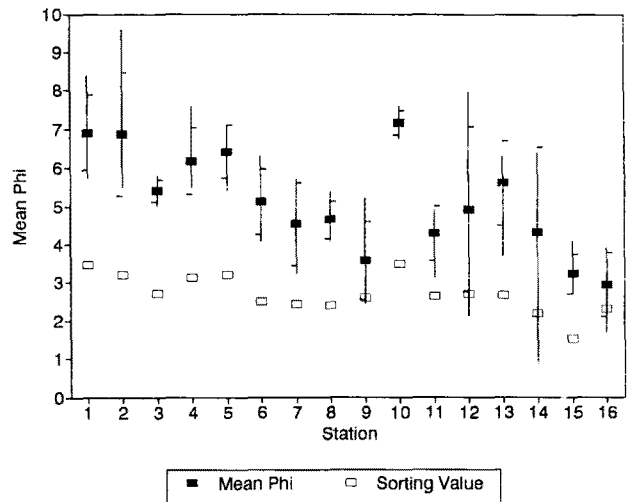


Fig. 3. High-low graph of mean grain size (phi) and sorting value within surface sediment at each station.

Table 1. The contents of organic matter and heavy metals within surface sediment in Incheon coastal area.

Date	St.	N	C (%)	S	Mn	Zn	Ni (ppm)	Cr	Pb	Cu	Cd
May '94	1	0.068	0.690	0.000	414.00	60.00	30.56	33.29	18.00	15.18	0.17
	2	0.060	0.654	0.022	397.80	61.20	30.62	28.27	16.20	14.88	0.65
	3	0.040	0.327	0.000	272.94	47.06	24.65	23.16	12.35	15.76	0.10
	4	0.062	0.560	0.000	334.13	63.47	34.84	24.50	28.14	14.55	0.15
	5	0.046	0.464	0.000	360.12	63.13	33.20	34.11	25.85	14.49	0.16
	6	0.068	0.465	0.035	229.48	35.26	19.79	17.41	16.14	6.69	0.27
	7	0.024	0.089	0.023	191.83	20.92	11.96	10.00	11.35	3.11	0.07
	8	0.015	0.207	0.000	220.32	31.99	16.53	13.47	11.47	5.92	0.07
	9	0.031	0.318	0.000	345.69	42.08	23.48	24.41	16.83	8.90	0.15
	10	0.042	0.519	0.029	385.54	56.63	33.46	25.02	21.69	12.23	0.18
	11	0.025	0.354	0.004	278.74	40.16	24.75	17.39	14.17	8.74	0.30
	12	0.013	0.148	0.000	202.38	28.57	16.24	15.32	10.71	5.83	0.07
	13	0.008	0.254	0.000	296.46	44.20	28.27	18.27	21.22	8.96	0.07
	14	0.053	0.519	0.000	339.80	61.19	33.85	39.59	23.17	14.91	0.10
	15	0.045	0.147	0.068	306.04	16.90	11.49	4.12	54.33	3.20	0.07
	16	0.043	0.428	0.142	778.35	43.70	27.09	26.73	26.57	10.04	0.22
Feb. '95	1	0.045	0.862	0.093	351.23	78.72	47.23	36.52	22.04	17.56	0.24
	2	0.198	0.599	0.058	540.39	68.26	39.51	35.15	24.86	16.50	0.20
	3	0.029	0.046	0.073	257.39	59.25	27.17	29.18	36.50	10.62	0.17
	4	0.222	0.426	0.053	394.00	59.10	33.01	29.55	28.20	11.82	0.20
	5	0.057	0.625	0.129	427.33	75.07	36.47	35.86	25.24	17.90	0.25
	6	0.035	0.484	0.296	323.97	53.60	33.31	30.57	15.79	8.84	0.25
	7	0.328	5.181	0.778	249.55	45.16	27.54	23.89	22.16	7.72	0.13
	8	0.009	0.161	0.000	268.89	31.63	17.95	17.24	35.80	4.22	0.09
	9	0.000	0.558	0.151	265.90	41.04	23.32	22.89	22.77	7.51	0.12
	10	0.095	0.973	0.147	795.82	86.21	57.06	42.87	25.62	19.90	0.27
	11	0.000	0.463	0.106	380.28	47.69	26.26	26.62	30.91	8.45	0.15
	12	0.045	0.559	0.229	347.58	58.13	39.73	35.06	28.29	10.19	0.24
	13	0.042	0.486	0.142	282.62	63.14	38.70	34.28	14.67	13.23	0.24
	14	0.055	0.586	0.100	541.36	62.04	33.49	30.66	17.03	12.77	0.21
	15	0.000	0.286	0.000	1110.45	20.67	12.76	9.92	36.03	1.77	0.09
	16	0.000	0.254	0.028	1755.03	16.45	11.61	8.59	38.51	2.44	0.07

0.02% 이었는데, '95년 2월에는 질소의 함량이 평균 0.07%, 탄소의 함량이 평균 0.74%, 황은 평균 0.15%로 봄철에 비해 겨울철의 표층퇴적물의 유기물의 함량이 대체로 높았다.

표층퇴적물의 중금속 함량을 살펴보면 중금속의 농도가 가장 높은 원소는 망간이었으며 아연, 니켈, 크롬, 납, 구리, 카드뮴 순이었다. 측정된 7가지의 중금속 원소의 함량 모두 봄철에 비하여 겨울철에 높은 농도 값을 보였다.

인천연안역 저서동물의 종조성

인천연안역에서 1994년 5월부터 1995년 2월까지 4계절 동안 총 16개의 조사정점에서 채집된 저서동물은 모두 231종이었으며 평균 서식 밀도는 455개체/m²로 나타났다. 그 가운데 다모류가 89종(38.5%)으로 가장 많은 종이 출현하였고, 그 다음으로 갑각류(72종, 31.2%), 연체동물(43종, 18.6%), 극피동물(11종, 4.8%) 순이었다. 출현개체수로는 다모류가 286개체/m²(62.8%)로 가장 많은 개체수가 출현하였으며, 연체동물은 105개체/m²(23.1%), 갑각류 49개체/m²(10.5%) 등의 순으로 많이 출현하였다. 생물량은 패각을 포함한 연체동물이 16.9 g/m²(28.9%)로 가장 높았고, 갑각류가 15.5 g/m²(26.5%), 다모류가 10.7 g/m²(18.3%), 극피동물이 9.1 g/m²(15.5%)로 출현하였다. 즉, 종수와 출현개체수로는 다모류가, 생물량으로는 연체동물이 많은 비중을 차지하였다.

주요 동물문의 계절별 출현 양상을 살펴보면, 1994년 5월에 채집된 저서동물은 총 86종, 168개체/m²이었으며 생물량은 29.4 g/m²이었다. 이 중에서 다모류가 종수(44종, 51.2%)와 개체수(107개체/m², 63.4%)에서 가장 우점한 동물문이었으며 갑각류, 연체동물 순이었다. 생물량으로는 연체동물이 가장 많은 생물량(13개체/m², 42.5%)으로 출현한 동물문이었으며 갑각류, 다모류 순이었다. 1994년 8월에는 총 151종, 537개체/m², 39.7 g/m²의 생물량이 출현하였는데 인천연안역에서 조사기간동안 가장 많은 종수와 생물량이 출현한 시기였다. 종수와 개체수 측면에서 다모류가 69종(45.7%), 373개체/m²(69.4%)가 출현하여 가장 높은 출현비를 보였으며 갑각류, 연체동물, 극피동물 순이었다. 생물량으로는 연체동물(14.8g/m², 37.3%)이 가장 높은 출현비를 보인 동물문이었으며 다모류, 극피동물, 갑각류 순이었다. 1994년 11월에는 총 106종, 388개체/m², 17.0 g/m²의 생물량이 출현하였으며, 다모류가 종수(59종, 55.7%)와 개체수(315개체/m², 81.2%)에서 가장 높은 출현비를 보였으며 다모류, 갑각류, 연체동물 순이었다. 1995년 2월에는 총 115종, 727개체/m², 24.9 g/m²의 저서동물이 채집되었는데 조사기간동안 가장 많은 개체수가 출현한 시기였다. 종수에서는 다모류가 53종(46.1%)으로 가장 많았고 갑각류(24종), 연체동물(23종) 순이었다. 개체수로는 다모류가 353개체/m², 연체동물이 319개체/m²로 높은 개체수

로 출현하였으며 갑각류, 기타 동물문, 극피동물 순이었다. 생물량에서는 갑각류가 13.8 g/m²(55.4%)로 높게 나타났으며 다모류(3.8 g/m², 15.4%), 연체동물(3.1 g/m², 12.3%) 순이었다.

이를 요약해 보면, 1994년 8월에 다모류, 갑각류, 극피동물이 가장 많은 종수와 개체수로 출현하였고, 연체동물은 1995년 2월에 높은 종수와 개체수로 출현하였다. 생물량으로는 연체동물과 극피동물, 다모류가 1994년 8월에 가장 많은 생물량으로 출현하였고, 갑각류는 1995년 2월에 높은 생물량으로 출현하였다.

인천연안역 저서동물의 우점종

인천연안역의 총 16개의 정점에서 1994년 5월에서 1995년 2월까지 4계절 동안 출현한 저서동물 가운데 총 개체수의 백분율이 1% 이상을 차지하는 우점종으로는 모두 24종이었으며 (Table 2), 이 가운데 높은 출현빈도와 밀도를 보인 종은 다모류의 *Heteromastus* sp.(35개체/m²), *Sternaspis scutata*(31개체/m²), *Chaetozone setosa*(27개체/m²), *Mediomastus* sp.(17개체/m²), *Glycinde* sp.(15개체/m²), *Glycera* sp.(12개체/m²), *Nephtys oligobranchia*(12개체/m²) 등이었다.

주요 우점종에 대한 시 공간적 분포 양상을 살펴보면 1994년 5월에는 *Heteromastus* sp.가 12개체/m² 출현하였는데 세어도에 서부터 인천 남항까지만 출현하였고, 남항 이남 해역에서는 출현하지 않았다. *S. scutata*와 *C. setosa*는 남항의 정점 8에서 다수 출현하였으며, *Mediomastus* sp.는 전 정점에서 분포하였고, *Glycera* sp.와 *Glycinde* sp.는 정점 1에서 10까지 골고루 분포하는 종이었다. 8월에는 *Heteromastus* sp.가 전 정점에서 가장 많은 개체수로 출현하여 542개체/m²의 밀도를 보였는데, 굴포천 방조제 앞의 정점 2와 인천 남항의 정점 8에서 다수 출현하였다. 11월에는

*S. scutata*가 가장 우점한 종이었는데 거의 모든 정점에서 출현하여 평균 67개체/m²의 밀도로 분포하였으며, 특히 굴포천 방조제 앞의 정점 2에서 많은 개체수로 출현하였다. 1995년 2월에는 *C. setosa*가 가장 우점하였으며 이 중에서도 세어도의 정점 1과 주수로역 중앙부의 정점 7에서 많은 개체수인 66개체/m²의 밀도로 분포하였다. 이 외 *S. scutata*, *Mediomastus* sp., *Heteromastus* sp. 순으로 우점하였으며 이 종들은 거의 모든 조사정점에서 골고루 분포하였다.

대표적인 우점종에 대한 계절적인 출현 변동을 살펴보면 다음과 같다(Fig. 4). *Heteromastus* sp.는 1994년 5월(12개체/m²)에서 8월(52개체/m²)까지 출현개체수의 증가를 보이다가 11월(46개체/m²), 1995년 2월(30개체/m²)로 가면서 점차로 감소하는 양상을 보여주었다. *Sternaspis scutata*는 1994년 11월(67개체/m²)에 가장 우점하였는데 1994년 5월(9개체/m²)에서 8월(14개체/m²), 11월(67개체/m²)로 가면서 개체수가 증가하였으나 1995년 2월(33개체/m²)에는 감소하였다. *Chaetozone setosa*는 1995년 2월(65개체/m²)에 가장 높은 개체수로 출현하였는데 1994년 5월(4개체/m²)에서 1995년 2월(66개체/m²)까지 개체수가 계속해서 증가하였다. *Mediomastus* sp.는 1994년 5월(9개체/m²)에서 1995년 2월(31개체/m²)까지 계속해서 개체수의 증가를 보여주었다. *Glycinde* sp.는 1994년 5월부터 증가하기 시작하여 11월에는 조사기간중 20개체/m²로 가장 많은 개체수로 출현하였는데 1995년 2월(19개체/m²)에 조금 감소하는 경향을 보여주었다. *Glycera* sp.는 1994년 5월(4개체/m²)에서 1995년 2월(19개체/m²)에 이르기까지 계속해서 개체수의 증가를 보여주었다.

전체적으로 보면 인천연안역의 조사정점에서 채집된 저서동물의 주요 우점종들은 조사기간동안 시간이 지남에 따라 개체

Table 2. Dominant species of macro-benthic faunal community in Incheon coastal area.

Rank	Species	Taxonomic Group	Freq.	Abundance	
				ind./m ²	%
1	<i>Raeta pulchella</i>	Bivalvia	9	55.4	12.2
2	<i>Heteromastus</i> sp.	Polychaeta	41	34.8	7.6
3	<i>Sternaspis scutata</i>	Polychaeta	35	30.7	6.8
4	<i>Chaetozone setosa</i>	Polychaeta	38	27.2	6.0
5	<i>Ampharete</i> sp.2	Polychaeta	1	23.3	5.1
6	<i>Mediomastus</i> sp.	Polychaeta	40	17.2	3.8
7	<i>Glycinde</i> sp.	Polychaeta	43	14.6	3.2
8	<i>Ruditapes philippinarum</i>	Bivalvia	2	13.4	3.0
9	<i>Glycera</i> sp.	Polychaeta	47	12.3	2.7
10	<i>Nephtys oligobranchia</i>	Polychaeta	40	11.7	2.6
11	<i>Aricidea</i> sp.	Polychaeta	32	11.5	2.5
12	<i>Modiolus senhausia</i>	Bivalvia	2	10.5	2.3
13	<i>Anaitides koreana</i>	Polychaeta	23	14.9	2.1
14	<i>Tharyx</i> sp.	Polychaeta	30	9.5	2.1
15	<i>Prionospio japonicus</i>	Polychaeta	32	9.5	2.1
16	<i>Chaetozone spinosa</i>	Polychaeta	23	8.6	1.9
17	<i>Nephtys caeca</i>	Polychaeta	28	8.4	1.9
18	<i>Pisidia serratifrons</i>	Crustacea	2	5.5	1.2
19	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	Polychaeta	16	5.3	1.2
20	<i>Mandibulophoxus</i> sp.	Crustacea	3	5.3	1.2
21	<i>Idanthisys armatus</i>	Polychaeta	4	5.1	1.1
22	<i>Jassa falcata</i>	Crustacea	13	4.9	1.1
23	<i>Balanus</i> sp.	Crustacea	9	4.7	1.0
24	<i>Amaena</i> sp.	Polychaeta	11	4.6	1.0

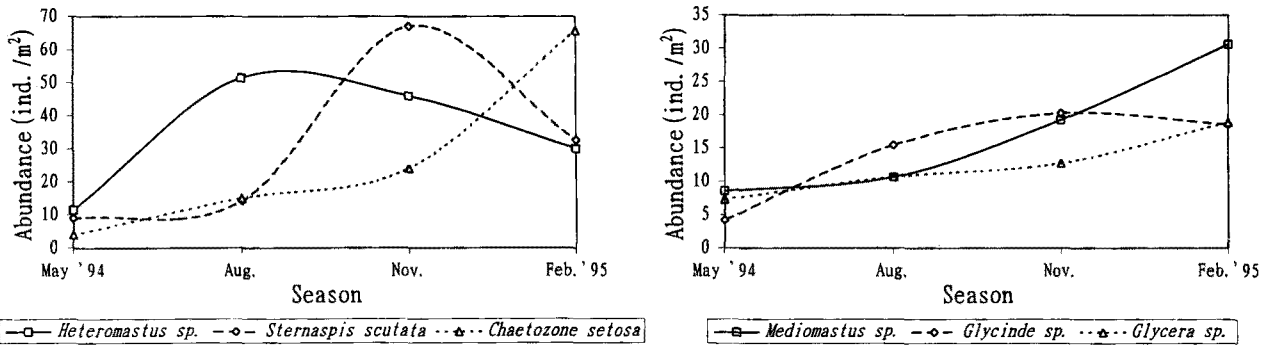


Fig. 4. Seasonal variation in abundance (ind./m²) of some dominant species in Incheon coastal area.

수가 대체로 증가하는 양상을 볼 수 있었으며, 1994년 5월에는 주요 우점종들의 출현개체수가 대체로 적었고, 8월에는 *Heteromastus* sp.가 11월에는 *Sternaspis scutata*가 그리고 1995년 2월에는 *Chaetozone setosa*가 조사기간동안 가장 많은 개체수로 출현하는 우점종이었다.

인천연안역 저서동물의 다양도

인천연안역에서 조사기간동안 채집된 저서동물의 종 다양성 지수는 0.64~3.65의 범위로 나타났다(Table 3). 1994년 5월부터 1995년 2월까지 4계절 동안 16개의 정점에서 채집된 저서동물의 종 다양성 지수를 살펴보면 다음과 같다. 1994년 5월에는 영종도 남동쪽에 위치한 정점 7에서 종 다양성 지수가 0.74로 최소값을 보였고, 인천 남항의 정점 8에서 2.89로 최대값을 보였다. 8월에는 주수로역 중앙부에 위치한 정점 9에서 종 다양성 지수가 3.65로 최대값을 나타냈고, 11월에는 팔미도 외해역 정점 16에서 3.04로 가장 높은 값을 보였다. 1995년 2월에는 다른 계절과는 달리 주수로역 중앙부의 정점 9에서 종 다양성 지수가 1.36으로 최소값을 나타냈고, 영종도 남동쪽의 정점 7에서 다양도가 3.01로 높은 수치를 보였다.

종 다양성 지수의 계절별 평균값을 살펴보면 1994년 5월에 채집된 저서동물의 다양도가 평균 1.94로 가장 낮았고, 1995년 2월의 다양도가 평균 2.30으로 가장 높았다. 계절별 변동 추이

는 1994년 2월에서 1995년 2월로 가면서 대체로 종 다양성 지수는 대체로 증가하는 양상을 보이는 가운데 1994년 2월에서 5월로 가면서 약간 감소하다가 8월로 가면서 다시 증가하고, 11월에 약간 감소했다가 1995년 2월에 다시 증가하는 경향을 보여주었다.

종 다양성 지수를 정점별로 비교해 보면 인천항 내의 정점 5에서 전 조사기간동안 종 다양성 지수가 2.1이하로 낮게 나타났고(평균 1.59), 팔미도 외해역의 정점 16에서는 1995년 2월을 제외하고는 모두 2.2이상의 높은 다양도 값(평균 2.46)을 보였으며, 인천 남항에 위치한 정점 8은 전 조사기간동안 다양도가 2.3이상의 높은 값(평균 2.62)을 나타내었다. 다양도의 변화가 많은 정점은 주수로역 중앙부의 정점 9(평균 2.51)와 영종도 남동쪽 해역의 정점 6(평균 1.93), 정점 7(평균 2.21) 이었다.

Table 3. The values of Shannon's species diversity index in Incheon coastal area.

Station/Date	May '94	Aug. '94	Nov. '94	Feb. '95
1	1.69	2.18	2.25	1.53
2	2.15	1.31	1.32	2.61
3	2.08	1.63	2.70	2.76
4	2.19	2.86	2.63	2.48
5	1.41	2.10	0.80	1.90
6	2.66	1.91	0.70	2.46
7	0.64	2.68	2.51	3.01
8	2.89	2.70	2.62	2.56
9	2.73	3.65	2.44	1.36
10	1.56	2.31	2.49	2.68
11	2.40	1.55	2.75	2.83
12	1.12	2.33	2.72	1.46
13	1.35	2.65	2.38	2.81
14	-	2.32	2.38	2.71
15	1.49	1.91	1.84	1.93
16	2.78	2.48	3.04	1.77

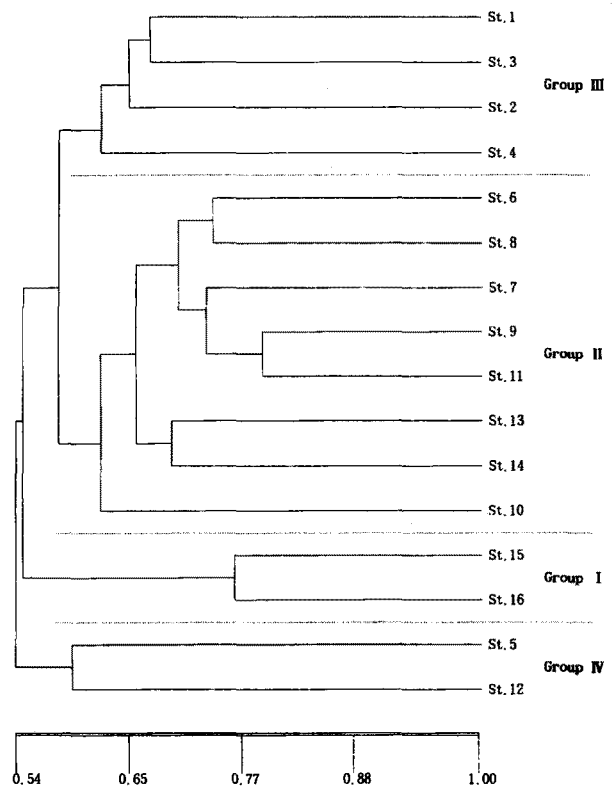


Fig. 5. Dendrogram showing station groups in Incheon coastal area.

Table 4. Summary of hydrological characters and sediment chemistry data for 4 station groups.

Station Group (Station)	Group I (15, 16)		Group II (6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14)		Group III (1, 2, 3, 4)		Group IV (5, 12)	
<Hydrological Character>								
Bottom Temperature(°C)	13.85	(±7.35) ^a	13.97	(±7.92)	14.41	(±8.18)	10.46	(±8.46)
Bottom Salinity(‰)	31.34	(±0.24)	31.10	(±0.49)	29.27	(±2.59)	29.99	(±2.18)
Bottom DO(ml/l)	11.95	(±4.99)	9.71	(±2.26)	9.12	(±2.13)	10.45	(±2.38)
<Sediment Character>^b								
Sand Composition	82.06	(±14.42)	45.37	(±28.10)	17.02	(±9.56)	24.76	(±24.34)
Silt Composition	13.82	(±10.42)	41.55	(±19.50)	57.98	(±18.97)	52.97	(±17.01)
Clay Composition	4.11	(±4.37)	13.08	(±10.78)	25.00	(±18.22)	22.27	(±12.38)
Mean Phi (φ)	3.09	(±0.71)	4.91	(±1.51)	6.34	(±1.21)	5.92	(±1.51)
Sorting Value	1.91	(±1.16)	2.62	(±0.88)	3.14	(±0.63)	3.16	(±0.53)
<Organic Material>^c								
Nitrogen(N)	0.022	(±0.022)	0.052	(±0.076)	0.091	(±0.070)	0.046	(±0.025)
Total Carbon(TOC)	0.279	(±0.100)	0.726	(±1.168)	0.520	(±0.235)	0.565	(±0.214)
Sulfide(S)	0.059	(±0.053)	0.113	(±0.190)	0.037	(±0.034)	0.125	(±0.091)
<Heavy Metal>^d								
Mn	987.466	(±527.341)	337.267	(±143.253)	370.202	(±83.752)	359.955	(±84.388)
Zn	24.432	(±11.245)	47.684	(±15.314)	62.133	(±8.402)	71.591	(±27.877)
Ni	15.736	(±6.573)	28.108	(±10.291)	33.450	(±6.727)	36.703	(±11.931)
Cr	12.340	(±8.581)	24.662	(±8.898)	29.953	(±4.482)	32.688	(±7.682)
Pb	38.861	(±9.978)	20.050	(±6.559)	23.287	(±7.281)	23.884	(±5.407)
Co	6.892	(±0.432)	11.794	(±2.531)	12.825	(±1.795)	13.824	(±2.447)
Cu	4.362	(±3.316)	9.506	(±4.099)	14.609	(±2.171)	16.836	(±9.009)
Cd	0.112	(±0.063)	0.167	(±0.078)	0.234	(±0.162)	0.222	(±0.081)

^a: Standard deviation, ^b: %, ^c: %, ^d: ppm dry weight

인천연안역 저서동물의 분포양상

저서동물의 종조성의 정점간 유사성에 기초하여 조사점점의 집괴분석을 실시한 결과 인천연안역의 16개의 조사점점은 크게 4개의 정점군으로 나뉘어졌다(Fig. 5). 팔미도 남서쪽 외해역에 위치한 정점 15, 16(정점군 I)과 주 수로역과 시화방조제 앞쪽에 위치한 정점 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14(정점군 II), 영종도 북동쪽에 위치한 정점 1, 2, 3, 4(정점군 III)이 저서동물의 종조성이 유사한 정점군으로 구분되었다. 또한 인천항 내의 정점 5와 소래입구역인 정점 12(정점군 IV)가 하나의 정점군으로 구분되었다.

저서동물의 종조성에 의해 구분된 4개의 정점군에 대한 저서환경요인을 서로 비교하기 위하여 각 정점군에 해당하는 정점들

에서 측정된 4계절의 환경요인 자료를 평균한 값을 비교해 보면 다음과 같다(Table 4). 먼저 저층수의 염분도는 정점군 I에서 31.3±0.24‰, 정점군 II에서 31.1±0.49‰, 정점군 III에서 29.3±2.59‰으로 정점군 1에서 정점군 3으로 갈수록 염분도가 적은 범위에서 감소하는 특성을 보이며, 저층수의 용존산소량 또한 정점군 I에서 11.95±4.99(ml/l), 정점군 II에서 9.71±2.26(ml/l), 정점군 III에서 9.12±2.13(ml/l)로 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 용존산소량이 감소하는 것으로 나타났다. 퇴적물의 입도를 비교해 보면 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 실트질과 점토질 퇴적물의 함량이 증가하는 반면 모래질 퇴적물의 함량이 감소

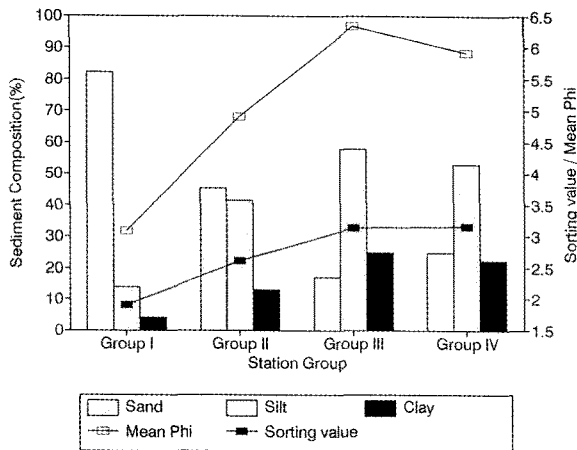


Fig. 6. Sediment characteristics at each station group.

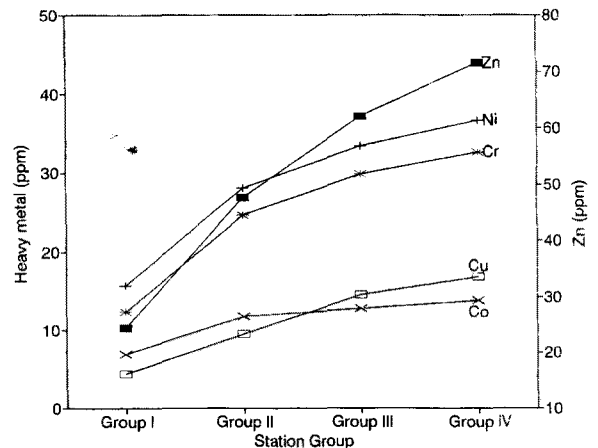


Fig. 7. Heavy metal contents within sediment at each station group.

소하여 평균입도와 분급도가 증가하였다(Fig. 6). 즉, 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 표층퇴적물은 세립화 되는 것으로 나타났다. 표층퇴적물의 유기물 함량은 질소의 함량이 정점군 I에서 III으로 갈수록 증가하였고, 탄소와 황의 함량은 정점군 II에서 높게 나타났다. 표층퇴적물의 중금속 농도는 망간과 납의 경우 정점군 I에서 높게 나타난 반면 아연, 니켈, 크롬, 구리, 코발트의 농도는 정점군 I에서 정점군 IV로 갈수록 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 7).

각 정점군별 총 개체수에 대한 주요 동물군과 주요 우점종의

출현개체수가 차지하는 비를 살펴보면 다음과 같다(Table 5). 다모류가 차지하는 비는 정점군 I에서 55%, 정점군 II에서 58%, 정점군 III에서 86%, 그리고 정점군 IV에서 63%로 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 다모류의 출현비가 증가하였다. 연체동물의 경우 정점군 II에서 25%, 정점군 IV에서 26%로 정점군 I과 III에 비해 출현비가 높았다. 다모류와 연체동물의 출현비는 정점군 I에서 64%, 정점군 II에서 83%, 정점군 III에서 93%, 정점군 IV에서 89%로 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 증가하였고 정점군 III에서 다모류와 연체동물의 출현비가 매우 높

Table 5. Percentage composition of major taxa to total infaunal assemblages for each station group.

Station Group	Group I	Group II	Group III	Group IV
Taxa				
Polychaeta	55.00	57.91	86.20	63.19
Capitellidae	4.33	8.03	20.46	47.21
<i>Heteromastus</i> sp.	2.33	4.25	15.78	40.07
<i>Mediomastus</i> sp.	1.00	3.49	4.45	2.32
<i>Capitella capitata</i>	0.00	0.11	0.09	4.82
Spionidae	17.33	1.81	7.23	0.85
<i>Scoelepis</i> sp.	0.00	0.34	1.81	0.09
<i>Spio</i> sp.	0.00	0.32	0.00	0.00
<i>Prionospio japonicus</i>	12.00	0.38	4.98	0.62
<i>Prionospio cirrifera</i>	5.33	0.76	0.13	0.13
<i>Pseudopolydora kempii</i>	0.00	0.00	0.31	0.00
Cirratulidae	16.00	8.92	13.18	4.33
<i>Tharyx</i> sp.	1.67	1.72	2.82	1.83
<i>Chaetozone setosa</i>	12.67	5.57	7.58	1.74
<i>Chaetozone spinosa</i>	1.67	1.59	2.65	0.76
Lumbrineridae	0.33	0.72	3.70	0.09
<i>Lumbrineris cruzensis</i>	0.33	0.43	3.44	0.04
<i>Lumbrineris heteropoda</i>	0.00	0.26	0.26	0.04
Nereidae	0.00	1.28	0.35	0.85
<i>Nectoneathes oxypoda</i>	0.00	0.62	0.18	0.67
<i>Nectoneanthes latipoda</i>	0.00	0.21	0.09	0.00
<i>Nereis longior</i>	0.00	0.19	0.00	0.00
<i>Nereis pelagica</i>	0.00	0.11	0.00	0.04
Nephtyidae	2.67	3.70	7.80	0.98
<i>Nephtys oligobranchia</i>	2.33	1.30	6.31	0.89
<i>Nephtys caeca</i>	0.33	2.40	1.50	0.09
Polynoidae	0.33	0.55	0.13	0.00
Maldanidae	0.33	0.17	0.26	0.09
<i>Praxillella affinis</i>	0.00	0.11	0.22	0.00
<i>Euclymene</i> sp.	0.00	0.04	0.04	0.04
<i>Maldane</i> sp.	0.33	0.02	0.00	0.04
Goniadidae- <i>Glycinde</i> sp.	0.33	3.04	4.63	0.62
Glyceridae- <i>Glycera</i> sp.	5.33	2.63	2.43	2.63
Sternaspidae- <i>S. scutata</i>	0.67	3.74	16.67	1.56
Phyllodocidae	0.00	3.38	0.71	0.45
<i>Anaitides koreana</i>	0.00	3.17	0.62	0.45
Paraonidae- <i>Aricide</i> sp.	1.00	1.95	4.37	1.43
Orbiniidae	1.00	1.28	0.22	0.54
<i>Haploscoloplos</i> sp.	1.00	1.06	0.18	0.45
<i>Scoloplos armiger</i>	0.00	0.23	0.04	0.09
Other family	5.33	16.72	4.06	1.56
Mollusca	8.67	25.05	6.48	25.57
Polychaeta and Mollusca	63.67	82.96	92.68	88.76
Crustacea	31.33	13.03	5.64	6.25
Phoxocephalidae				
<i>Mandibulophoxus</i> sp.	4.00	1.91	0.04	0.00
Other family	27.33	11.13	5.60	6.25
Echinodermata	1.33	1.70	0.35	3.48
Other taxon	3.67	2.30	1.32	1.52

Table 6. Some characteristic species of each station group.

Station	Group I 15, 16	Group II 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Group III 1, 2, 3, 4	Group IV 5, 12
Characteristic Species	<i>Chaetozone setosa</i> <i>Prionospio japonicus</i> <i>Prionospio cirrifer</i> <i>Glycera</i> sp. <i>Mandibulophoxus</i> sp. <i>Maldane</i> sp.	<i>Anaitides koreana</i> <i>Nectoneanthes oxypoda</i> <i>Nectoneanthes latipoda</i> <i>Nereis longior</i> Polynoidae unid. spp.	<i>Sternaspis scutata</i> <i>Nephtys oligobranchia</i> <i>Glycinde</i> sp. <i>Aricidea</i> sp. <i>Lumbrineris cruzensis</i> <i>Tharyx</i> sp. <i>Scolelepis</i> sp.	<i>Heteromastus</i> sp. <i>Capitella capitata</i> <i>Mediomastus</i> sp.

게 나타났다. 반면 극피동물과 갑각류는 정점군 I에서 33%, 정점군 II에서 15%, 정점군 III에서 6%, 정점군 IV에서 10%로 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 출현비가 감소하였다.

주요 저서동물에 대한 각 정점군별 출현비의 증감을 비교해 보면 정점군 I에서 정점군 IV로 갈수록 출현비가 증가하는 종은 다모류의 Capitellidae과에 속하는 *Heteromastus* sp., *Capitella capitata*였다. 정점군 I에서 정점군 III으로 갈수록 출현비가 증가하는 종은 다모류의 *Mediomastus* sp., *Lumbrineris cruzensis*, Nephtyidae에 속하는 종들, *Glycinde* sp., *Sternaspis scutata*, *Aricidea* sp.였다. 반면 정점군 I에서 정점군 IV로 갈수록 출현비가 감소하는 종은 다모류의 *Prionospio cirrifer*와 갑각류의 Phoxocephalidae에 속하는 종이였다.

각 정점군에서 상대적으로 높은 출현비를 보이는 종들을 살펴보면(Table 6) 외해역에 위치한 정점군 I에서는 다모류의 *Chaetozone* sp., *Prionospio* sp., 갑각류의 Phoxocephalidae에 속하는 종이 다른 정점군에 비해 높은 출현비를 보였으며, 주 수로역의 정점군 II에서는 다모류의 Nereidae, Polynoidae, Phyllodocidae에 속하는 종들이 높은 출현비를 보였다. 영종도 북동쪽의 정점군 III에서는 다모류의 Nephtyidae, Glycinidae, Lumbrineridae에 속하는 종들이 높은 출현비를 보였다. 인천항과 소래 입구역의 정점군 IV에서는 다모류의 Capitellidae에 속하는 *Heteromastus* sp., *Mediomastus* sp., *Capitella capitata*가 높은 출현비를 보였다.

각 정점군별 출현개체수에 의한 우점종을 도출해 보면 정점군 I에서는 다모류의 *Chaetozone setosa* 와 *Prionospio japonicus*가, 갑각류의 *Cirolana japonensis*, Mysid unid. 등이 우점종으로 나타났다. 정점군 II에서는 다모류의 *Chaetozone setosa*, *Heteromastus* sp., *Sternaspis scutata*, *Anaitides koreana*가, 이매패류의 *Raeta pulchella*가 높은 빈도와 개체수로 출현하는 우점종으로 나타났다. 정점군 III에서는 정점군 II의 우점종인 다모류의 *Chaetozone setosa*, *Heteromastus* sp., *Sternaspis scutata*, *Anaitides koreana*와 함께 *Nephtys oligobranchia*, *Prionospio japonicus*, *Glycinde* sp. 등의 다모류가 우점종으로 나타났다. 정점군 IV에서는 이매패류인 *Ruditapes philippinarum*, *Raeta pulchella*와 다모류의 *Heteromastus* sp., *Mediomastus* sp.가 우점종으로 나타났다.

정점군별 저서동물의 종조성을 우점종을 중심으로 계절별로 살펴보았다.

정점군 I의 경우 1995년 2월에 다모류와 연체동물의 출현비 82.4%로 조사 기간 가운데 가장 높았으며, 1994년 8월에는 갑각류와

극피동물의 출현비가 39.5%로 가장 높았다. 주요 우점종의 계절별 종조성을 살펴보면 8월에 다모류의 *Chaetozone setosa*, *Prionospio japonicus*, *Prionospio cirrifer*의 개체수와 출현비가 매우 높게 나타났다.

정점군 II에서는 다모류의 출현비는 11월에 73.74%로 가장 높았으며, 다모류와 연체동물의 출현비는 2월에 90.6%로 가장 높았으며, 갑각류와 극피동물의 출현비는 5월에 31.7%로 가장 높았다. 주요 저서동물의 출현종을 살펴보면 8월에 다른 계절에는 전혀 출현하지 않았던 다모류의 *Ampharete* sp.2와 연체동물의 복족류인 *Modiolus senhausia*, 갑각류의 *Pisidia serratifrons*가 많은 개체수로 출현하였다. 2월에는 이매패류인 *Reata pulchella*가 2월의 출현개체수의 41.4%의 출현비로 가장 높았다.

정점군 III의 경우 다모류와 연체동물의 출현비가 5월에는 85.2%, 8월, 11월 2월에는 모두 90%이상의 출현비를 보여 다른 정점군 I과 II에 비해 다모류와 연체동물이 차지하는 비중이 컸다. 갑각류와 극피동물의 출현비는 5월에 14%로 높게 나타났다. 주요 저서동물의 종조성을 보면 다모류의 *Heteromastus* sp.는 8월에 높은 출현비(18%)를 보였으며, 다모류의 *Chaetozone setosa*는 2월에 높은 출현비(17%)를 보였다. *Nephtys oligobranchia*는 11월에 개체의 출현이 감소하였고, *Prionospio japonicus*는 8월에 개체의 출현이 다른 계절에 비해 감소하였다. 이매패류인 *Potamocorbula* sp.는 5월에 비교적 높은 출현비(13%)를 보였다.

정점군 IV의 경우 다모류와 연체동물의 출현비가 5월에서 이듬해 2월로 갈수록 계속 증가하여 2월에는 다모류와 연체동물의 출현비가 95%에 달했다. 반면 갑각류와 극피동물의 출현비는 계절에 따라 감소하는 경향을 보여주었다. 주요 저서동물에 대한 종조성은 *Heteromastus* sp.는 8월에 높은 출현비(29.1%)를 보인 반면, 같은 속에 속하는 *Mediomastus* sp.는 11월에 높은 출현비(23.7%)를 보여주었다. 이매패류의 *Ruditapes philippinarum*과 *Raeta pulchella*는 2월에만 많은 개체수로 출현하였다.

토의 및 결론

인천연안역의 저서 환경요인은 염분농도와 용존산소량, 퇴적상이 한강 하구역에서 팔미도 외해역에 이르기까지 염분과 용존산소량이 증가하고 퇴적상은 조립화 되는 특성을 보인다. 두 차례에 걸쳐 분석된 표층퇴적물의 중금속 함량은 한반도의 전해역에서 측정된 중금속의 평균 농도(조, 1994) 보다도 낮은 농도로써 중금속 오염에 대한 증거는 찾을 수 없었다.

1994년 5월부터 1995년 2월까지 조사 지역에서 출현한 저서 동물은 모두 231종으로 나타났다. 이러한 종수는 조사해역의 규모나 정점수에 따라 달라지겠지만, 영종도 주변 해역(임 등, 1995; 266종)과 경기만 해역(Yoo, 1992; 246종) 보다는 조금 낮았으나 신 등(1989)에 의한 경기 내만 해역의 조사 결과(87종)와 Yoo and Hong(1996)의 결과(185종과 189종)보다는 높은 종수를 보였다. 다모류가 종수(89종; 38.5%)와 개체수(285.7개체/m²; 62.8%)에서 가장 우점한 동물군이였다. 높은 출현빈도와 개체수를 보이는 우점종은 모두가 다모류에 속하는 종이었고 시간이 지남에 따라 개체수가 대체로 증가하는 양상을 볼 수 있었다. 1994년 5월에는 주요 우점종들의 출현개체수가 대체로 적었고, 8월에는 *Heteromastus* sp.가 11월에는 *Sternaspis scutata*가 그리고 1995년 2월에는 *Chaetozone setosa*가 조사기간동안 가장 많은 개체수로 출현하는 우점종이였다.

조사기간동안 채집된 저서동물의 종 다양성 지수의 범위는 0.64~3.65이었으며, 이 중 봄철인 1994년 5월에 채집된 저서동물의 다양도가 평균 1.94로 가장 낮았고, 겨울철인 1995년 2월의 다양도가 평균 2.30으로 가장 높았다. 종 다양성 지수는 시간이 지남에 따라 대체로 증가하는 양상을 보였다. 종 다양성 지수를 정점별로 살펴보면, 인천항에 위치한 정점 5가 다양도의 4계절 평균치가 가장 낮은 지수였고(평균 1.59), 인천 남항에 위치한 정점 8에서는 다양도의 4계절 평균치가 가장 높게 나타났다(평균 2.62). 주 수로역의 중앙부 정점 9와 영종도 남동쪽 해역의 정점 6과 7은 다양도의 변화가 계절별로 특히 크게 나타났다.

저서동물의 출현양상으로 집괴분석을 실시한 결과 16개의 조사정점은 크게 4개의 정점군으로 대별되었다. 그 정점군들은 팔미도 외해역(정점군 I), 주 수로역과 시화방조제 부근 해역(정점군 II), 영종도 북동쪽 해역(정점군 III), 그리고 인천항과 소래 입구역(정점군 IV)으로 나뉘어 졌다. 각 정점군의 환경요인은 정점군 I에서 정점군 III으로 가면서 염분의 감소, 용존산소의 감소, 퇴적상에서 점토질과 실트질 퇴적물 함량의 증가와 모래질의 감소, 평균입도의 세립화, 분급도의 증가, 퇴적물의 질소 함량 증가와 퇴적물의 중금속 농도가 증가하는 환경 특성을 보여주었다. 정점군 IV는 퇴적물의 중금속의 함량이 높은 특성을 나타냈다. 이에 대한 저서동물의 종조성 또한 차이를 보여 정점군 I은 갑각류와 극피동물의 출현비가 높았고, 정점군 III은 다모류, 연체동물의 출현비가 높게 나타났으며, 정점군 II는 정점군 I과 III의 점이적인 특성을 보였다. 정점군 IV는 다모류의 Capitellidae에 속하는 종들의 많은 출현비를 보여주었다.

각 정점군에서 상대적으로 높은 출현비를 보이는 종들은 외해역에 위치한 정점군 I에서는 다모류의 *Chaetozone* sp., *Prionospio* sp., 갑각류의 Phoxocephalidae에 속하는 종이, 주 수로역의 정점군 II에서는 다모류의 Nereidae, Polynoidae, Phyllocladidae에 속하는 종들이, 영종도 북동쪽의 정점군 III에서는 다모류의 Nephtyidae, Goniadidae, Lumbrineridae에 속하는 종들이 높은 출현비를 보였으며, 인천항과 소래 입구역의 정점군 IV에서는 다모류의 Capitellidae에 속하는 *Heteromastus* sp., *Mediomastus* sp.가 높은 출현비를 보였다.

Long & Chapman(1985)은 퇴적물의 오염을 평가하는 세 가지 방법 가운데 저서동물 조사에 서로 다른 정점간의 저서동물의

종조성을 비교하기 위하여 동물군과 종에 대한 개체수의 출현비를 비교하는 방법을 사용하였다. 이는 정점군간의 정점의 수와 채집 면적이 다르다 할 지라도 종조성의 비교가 가능하다는 장점이 있다. 예를 들어 해양환경을 평가하기 위한 저서동물 자료로 다모류와 연체동물의 출현비와 갑각류의 단각류인 Phoxocephalidae에 속하는 종의 출현 여부를 파악하였다. 즉, 오염 해역에서는 다모류와 연체동물의 출현비가 높은 반면(Pearson & Rosenberg, 1978) 갑각류와 극피동물의 출현비는 낮았으며, 오염에 민감한 갑각류의 단각류 Phoxocephalidae에 속하는 종이 출현하지 않는다고 알려져 있다(Caracciolo & Steimle, 1983, Swartz et al., 1981; 1982, Oakden et al., 1984). 그리고 오염의 현상을 설명하는 환경요인으로 퇴적물의 중금속 함량을 제시하기도 하였다.

인천연안역은 표층퇴적물의 중금속 함량 분석결과를 보면 오염의 현상이 있는 해역이라 볼 수 없지만 정점군별 중금속 농도의 평균값에서 각 정점군별 뚜렷한 차이를 볼 수 있다. 이러한 현상은 각 정점군에서 상대적으로 높은 출현비를 보이는 동물군과 주요 종들 구성비에서도 잘 나타났는데, 팔미도 외해역의 정점군 I에서는 다른 정점군에 비해 다모류와 연체동물의 출현비(63.7%)가 가장 낮고, 갑각류의 출현비(31.3%)가 가장 높으며, 특히 갑각류의 Phoxocephalidae의 *Mandibulophoxus* sp.가 출현한 것으로 보아 4개의 정점군 가운데 가장 오염의 영향을 덜 받는 해역인 것으로 사료된다. 정점군 III에서는 다모류의 출현비가 가장 높고 갑각류의 출현비가 가장 낮은 것으로 보아 다소 오염의 영향을 받은 것으로 유추할 수 있다. 정점군 IV는 생물 다양도가 낮고, 다모류의 Capitellidae에 속하는 종들이 전체의 47.2%나 출현한 것과 갑각류의 Phoxocephalidae에 속하는 종이 전혀 출현하지 않은 점으로 미루어 보아 조사해역 내에서 오염의 영향을 가장 많이 받은 것으로 생각된다. 이와같은 결과는 4개의 정점군 가운데 퇴적물의 중금속 농도가 가장 높은 것이 이를 뒷받침 해주고 있다.

본 연구해역인 인천연안역은 큰 조석의 차이와 한강 하구역으로부터의 담수의 유입과 같은 자연적 교란, 여러 대형 연안역 개발로 인한 인위적 교란이 예상되는 해역이며, 이러한 해역에서 수온, 염분, 용존산소, 퇴적상, 퇴적물의 유기물 함량, 퇴적물의 중금속 농도 등 저서 환경요인을 파악하고, 이에 서식하는 저서동물의 종조성을 시·공간적으로 알아보고, 출현 양상으로 나뉘어진 각 정점군에 대한 주요 동물군과 주요 종에 대한 출현비를 비교해 보았다. 각각의 동물군에 영향을 미치는 환경요인은 각기 달랐으며 주로 퇴적물의 평균입도가 저서동물의 다양도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 집괴분석의 결과로 나뉘어진 4개의 정점군은 퇴적물의 중금속 농도와 퇴적물의 입도, 용존산소량, 염분의 차이가 뚜렷했으며, 상대적으로 높은 출현비를 보이는 종들 또한 뚜렷한 차이가 있었다. 저서 환경요인과 함께 저서동물의 주요동물군의 출현비와 주요 종의 출현비를 상호 비교해 봄으로써 인천연안역의 환경상태를 유추할 수 있었으며, 본 연구 자료는 저서동물상을 이용하여 환경평가를 하기 위한 좋은 기초 자료가 되리라 생각된다.

참고문헌

신현출, 최진우, 고철환, 1989. 서해 경기 내만해역 조간대, 조하대

- 의 저서동물군집. 한국해양학회지 **24**(4): 184-193.
- 유재원, 1992. 한강하구 및 경기만에서의 해양 저서동물 군집의 구조와 분포. 인하대학교 이학석사학위논문.
- 임현식, 이재학, 최진우, 제종길, 1995. 영종도 주변해역의 저서동물 군집. 한국수산학회지 **28**(5): 634-648.
- 조영길, 1994. 한반도 주변해역 퇴적물 중 금속원소의 분포와 기원에 관한 연구. 서울대학교 대학원 해양학과 박사학위 청구논문.
- Caracciolo, J.V. and F.W., Steimle, Jr. 1983, Atlas of the distribution and abundance of dominant benthic invertebrates in the New York Bight area with review of their life histories. U.S. NOAA Technical report NMFS SSRF-766. 58pp.
- Flint, R.W. and L.S. Holland, 1980, Benthic Infaunal Variability on a Transect in the Gulf of Mexico. *Estu. and Coast. Mar. Sci.*, **10**: 1-14.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain-size parameters, *J. Sed. Pet.*, **26**: 3-27.
- Long, E.R and P.M. Chapman, 1985. A sediment quality triad, *Mar. Poll. Bull.*, **16**(10): 405-415.
- Oakden, J.M., J.S. Oliver and A.R. Flegal, 1984. Behavioural responses of a phoxocephalid amphipod to organic enrichment and trace metals in sediment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **14**: 253-257.
- Pearson, T and R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution in the marine environment. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **16**: 229-311.
- S.A.S., 1985. SAS Procedure guide for personal computers, Ver. 6 Ed. SAS Institute Inc., 378 pp.
- Sanders, H.L., E.L. Goudsmit, and G.E. Hampson, 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.*, **17**: 63-79.
- Shannon, C.E. and W. Wiener, 1949. The Mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Swartz, R.C., D.W. Schultz, G.R. Ditsworth, W.A. DeBen, and E.A. Cole, 1981. Sediment toxicity, contamination and benthic community structure near ocean disposal sites. *Estuaries*, **4**: 258.
- Sørensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. *Det. Kong. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr. (Copenhagen)*, **5**(4): 1-34.