

진해만 주변 해역의 대형저서동물 군집구조

백상규 · 윤성규
대구대학교 대학원 생물학과

Community Structure of the Macrobenthos in Chinhae Bay, Korea

Sang Gyu PAIK and Sung Gyu YUN
Department of Biology, Graduate School, Taegu University,
Kyungsan, Kyungbook 712-714, Korea

Community structure of macrobenthos was studied in Chinhae Bay, a southern coastal area of Korea. Sampling was conducted bimonthly using a Smith-McIntyre grab (0.05 m²) at eight stations from January to November, 1998. A total of 237 species were sampled. It was comprised of annelids (80 spp. 33.8%), arthropods (80 spp.), molluscs (47 spp.), echinoderms (16 spp.) and others. Mean density of individual was 1,939 ind./m² and mean biomass was 171.6 gwwt/m². Annelids were a density-dominant faunal group with a mean density of 1,533 ind./m² which occupied 79.0% of the total individual of benthic animals. Molluscs were represented as a biomass-dominant group with a mean biomass of 95.9 gwwt/m² (55.9% of total biomass). The major density-dominant species were a bivalve *Theora fragilis* (110 ind./m²) and five species of polychaetes, *Lumbrineris longifolia* (417 ind./m²), *Chaetozone setosa* (145 ind./m²), *Sigambra tentaculata* (128 ind./m²), *Cirratulus cirratus* (128 ind./m²), and *Paraprionospio pinnata* (103 ind./m²). Cluster analysis showed that the study area could be divided into two station groups and two stations. According to the feeding guild of polychaetes, four feeding guilds were found, and the major ones were surface deposit-feeders, burrowing deposit-feeders, surface suspension-feeders, carnivore.

Key words: Macrobenthos, Community, Chinhae Bay, *Lumbrineris longifolia*

서 론

진해만은 남해 동부해역에 위치하고 있으며 주위에는 공업단지를 비롯하여 마산과 진해 같은 대도시가 발달되어 있어 이들로부터 산업 폐수와 도시하수가 다량 유입되고, 상당한 면적의 양식시설도 분포되어 있다. 이러한 인위적인 요인들과 더불어 외해수와 내해수의 교환이 제한적인 반폐쇄적 내만의 특성들로 인하여 상습적인 적조가 매년 발생하고 있다 (Lee et al., 1981). 따라서 적조발생의 기작과 현상을 밝히고 모니터링을 위한 연구, 이와 결부된 식물플랑크톤 군집에 관한 연구 (Yeo and Park, 1997), 만 내 퇴적물의 중금속오염에 관한 연구 (Yang et al., 1995)들이 지속적으로 진행되어 왔다.

한편 진해만에서 저서동물군집에 대한 조사는 다른 지역에 비하여 활발하게 이루어져 왔다. 유기물오염으로 인한 저서동물군집의 변동 (Hong and Lee, 1983), 빈산소수괴 형성이 저서동물의 분포와 생물량에 미치는 영향 (Hong, 1987), 표층퇴적물이 저서동물군집과 우점종의 분포에 미치는 영향 및 하계 빈산소수괴 형성에 따른 저서동물의 대량 폐사에 대한 연구가 수행되었다 (Lim and Hong, 1994). 또한 진해만에서 우점종의 분포양상과 환경요인과의 관계를 조사하여 일부 우점종이 유기물 오염지표종으로의 가능성이 제시되었으며 (Lim and Hong, 1997a), 저서동물군집의 종조성, 밀도, 생물량 및 생태학적 제지수와 환경요인과의 관계 (Lim and Hong, 1997b)에 대한 다각적이고 체계적인 연구가 보고되었다. 이처럼 이 해역은 우리 나라의 연안 가운데서도 유기오염이 심각한 지역으로서 다른 어느 지역에서 보다 많은 연구가 이루어진 내만이다. 하지만 이전의 연구들이 주로 마산만과 진해

만 내해역 등 제한적으로 이루어졌으며 진해만 전역에 걸친 광범위한 조사의 경우 1990년 이전의 자료이다. 따라서 본 연구는 마산만과 진해만의 외해역을 포함하는 광범위한 지역에서 저서동물의 종조성, 개체조성, 생물량, 우점종의 종류, 갯지렁이 섭식조합 등을 알아보고, 이들의 분포양상, 계절에 따른 공간 분포와 밀도의 변동을 파악하고 이전의 자료들과 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

진해만 일대의 대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여, 조하대 해역에서 8개 정점을 선정하여 1998년 1월부터 11월까지 2개월 간격으로 총 6회에 걸쳐 조사를 실시하였다 (Fig. 1).

대형저서동물의 채집에는 채니 면적이 0.05 m² 되는 Smith-McIntyre grab을 사용하였으며, 각 정점에서 4회씩 퇴적물을 채집하였으므로 1개 정점에서 채집되는 면적은 0.2 m²이다. 채집된 해저 퇴적물은 선상에서 망목이 1 mm의 체를 사용하여 걸렀으며 체에 걸린 모든 퇴적물은 10% 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 채집된 대형저서동물은 해부현미경하에서 동정하고 계수한 다음 습중량 (wwt)을 측정하였다. 정확한 동정은 어려우나 다른 종으로 구분할 수 있는 것은 기호를 붙여 각기 다른 종임을 표시하였다. 채집된 저서동물은 단위면적당 (/m²)의 개체수와 생물량으로 환산하였으며, 종별 개체수 자료를 사용하여 종다양도 (Pielou, 1977)와 균등도 (Pielou, 1966)를 구하였다. 군집유사도 분석 (similarity analysis)을 위해서는 Bray-Curtis지수 (Bray and Curtis, 1957)를 사용하였으며, single link 방식에 의하여 그룹 지운 다음 수지도를 작성하였다. 환경요인으로는 표층의 수온과 염

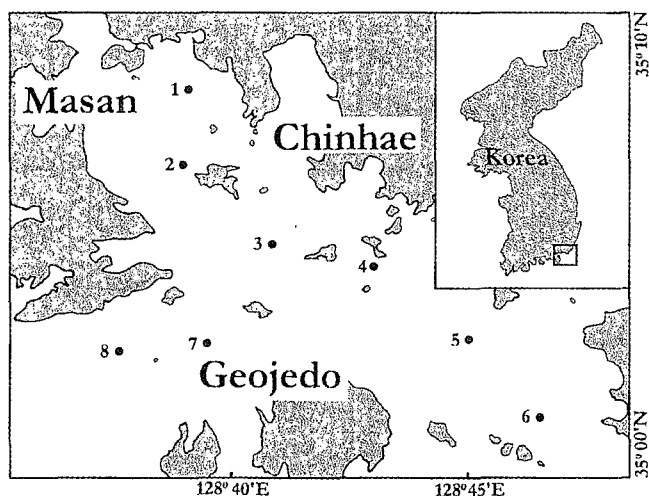


Fig. 1. The sampling stations in Chinhae Bay.

분 농도, 퇴적물의 온도, 수심을 측정하였으며, 입도분석을 위한 퇴적물은 각 월별로 저서동물의 채집과 동시에 500 g씩을 채취하여 실험실로 운반하였다. 이 시료를 wet sieving 방법으로 62.5 µm 이하의 세립질 부분 (mud fraction)과 62.5 µm 이상의 조립질 부분 (sand fraction)으로 나누었다. 채집된 대형저서동물 중 갯지렁이류는 Fauchald and Jumars (1979)에 의하여 제기된 식식조합을 바탕으로 4가지의 유형으로 나누었다.

결 과

조사지역의 환경

진해만은 남해안에 위치해 있으며 마산만, 진해만 중앙부, 가덕수도를 포함한다. 조사 해역의 수심은 중앙부에 위치한 정점 4에서 13 m로 가장 낮았으며 다른 정점에서는 18~25 m 범위로 큰 차이를 보이지는 않았다. 조사 기간 동안의 표층수온은 겨울철인 1월에 평균 8.5°C로 가장 낮았으며 9월에 가장 높은 평균 26.0°C를 나타내었다. 겨울철에는 마산만 안쪽의 내만에 위치한 정점에서 외해역에서보다 높은 수온의 분포를 보였으나 수온이 상승하는 7월에서 9월에는 상대적으로 낮은 수온의 분포를 보였다. 퇴적물의 온도 역시 표층수온의 분포와 같이 1월에 평균 8.5°C로 가장 낮았으며 9월에 평균 20.5°C로 가장 높았다. 겨울철인 1월과 11월, 비교적 수온이 낮은 3월에는 표층수온과 퇴적물의 온도차가 평균 1°C였으며, 수온이 지속적으로 상승하는 5월과 7월에는 평균 3°C차를 보이다가 9월에 평균 5°C로 가장 큰 차이를 보였다. 조사 기간 동안의 표층 염분 농도의 변화는 27.2 (3월)~32.5% (11월) 범위를 보였다. 전 조사 기간 동안의 입도분석결과 사질의 비율이 17.6~39.9% 정도로 점토질의 함량이 많은 퇴적상을 보였다.

종조성

총 9개 동물 문 (Phyla) 237종의 대형저서동물이 출현하였다. 이 중 환형동물과 절지동물이 각 80종으로 전체의 33.8%를 차지하였으며, 환형동물 중에서 갯지렁이류가 78종으로 전체의 32.9%

를 차지하여 가장 많이 출현하였다. 연체동물은 47종으로 19.8%, 극피동물은 16종으로 6.8%, 자포동물과 기타 종은 14종으로 5.9%를 차지하였다 (Fig. 2). 정점별 종의 분포를 보면 비교적 외해역인 가덕수도에 위치한 정점 5와 6에서 각각 143종과 126종이 출현하여 마산만의 영향을 많이 받을 것으로 보이는 정점 1, 2, 3에서 28종, 53종, 85종이 출현한 것 보다 많은 종의 출현을 보였다 (Fig. 3). 정점 1에서는 전 조사 기간 동안 빈약한 종수의 출현을 보였는데, 특히 7월과 9월에 각각 3종과 2종으로 극히 적은 출현을 보였다

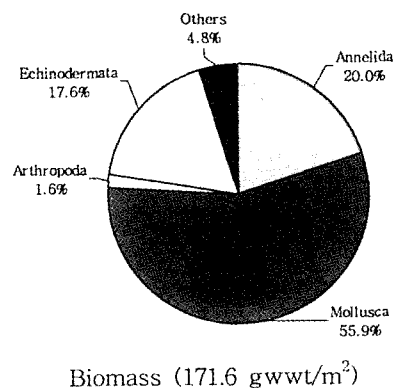
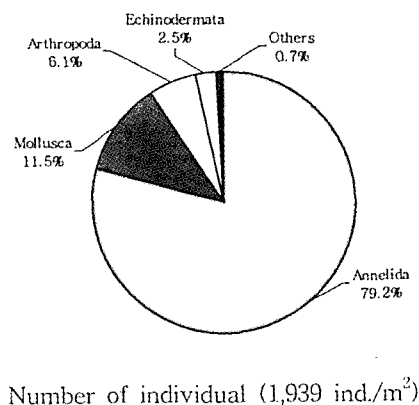
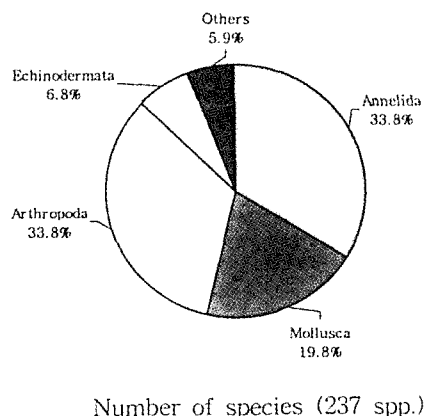


Fig. 2. Numerical composition of macrobenthos in Chinhae Bay.

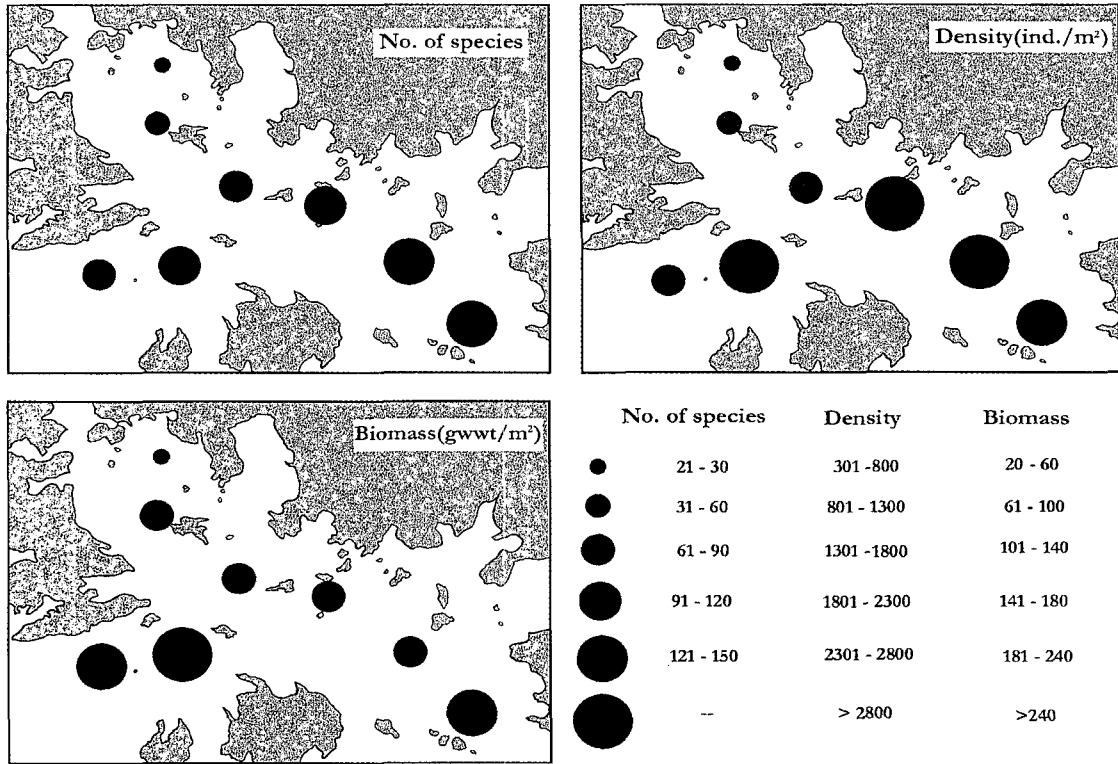


Fig. 3. Spatial distribution of the number of species, density and biomass of macrobenthic community.

(Table 1). 월별 출현 종수의 분포를 보면 11월에 99종으로 가장 낮았고, 1월에서 9월까지의 110~120종 사이로 큰 변화를 보이지 않았다.

분포밀도

조사 기간 중 대형저서동물의 총 분포밀도는 1,939 개체/m²였다. 환형동물이 1,536 개체/m²로 총 출현 개체의 79.2%를 차지하였으며, 이 중 갯지렁이류가 1,533 개체/m²로 대부분을 차지하였다 (Fig. 2). 다음은 연체동물로 223 개체/m²로 11.5%를 차지하였으며, 절지동물이 118 개체/m²로 6.1%, 극피동물이 48 개체/m²로 2.5%를 차지하였다. 정점별 분포밀도는 종수의 경우처럼 외해역인 가덕수도 부근에 위치한 정점 4와 5에서 2,821 개체/m²와 2,973 개체/m² (Fig. 3), 내만과 중앙부의 통로에 위치한 정점 7에서 2,928 개체/m²가 분포하여 마산만의 정점 1에서의 328 개체/m² 보다 높은 분포밀도를 보였다. 월별로는 3월과 7월에 각 2,358 개체/m²와 2,232 개체/m²로 높은 분포밀도를 나타냈고 (Table 1), 1월에 가장 낮은 1,447 개체/m²로 나타났다.

현존량

조사 기간 동안 출현한 대형저서동물의 총 현존량은 171.6 gwwt/m²였다. 연체동물이 95.9 gwwt/m²로 총 현존량의 55.9%를 차지하였으며, 이 중 이매패류가 91.3 gwwt/m²로 대부분을 차지하였다. 다음으로 환형동물이 34.3 gwwt/m²로 20%를 차지하였으며, 극피동물이 30.1 gwwt/m²로 17.6%, 기타동물이 8.5 gwwt/m²로 4.8

% , 절지동물이 2.8 gwwt/m²로 1.6%를 차지하였다 (Fig. 2). 정점별 현존량은 진동만과 거제도 사이의 내만과 중앙부의 통로에 위치한 정점 7에서 434.8 gwwt/m²로 가장 높았다 (Fig. 3).

서부진해만에 위치한 정점 8과 가장 외해역인 가덕수도에 위치한 정점 6에서도 각각 221.0 gwwt/m²와 201.3 gwwt/m²로 비교적 높게 나타났다. 그러나 마산만에 위치한 정점 1에서는 31.9 gwwt/m²로 낮은 현존량을 보였다. 월별로는 3월에 262.6 gwwt/m²로 가장 높았으며 11월에 111.8 gwwt/m²로 가장 낮았다 (Table 1).

우점종

출현한 저서동물 가운데 총 개체수의 백분율이 1.0% 이상을 차지하는 종은 모두 20종이었으며 이들은 누적 백분율 79.6%를 차지하였다. 이 중 높은 출현 밀도를 보인 종은 갯지렁이류의 긴차락송곳갯지렁이 (*Lumbrineris longifolia*), 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*Chaetozone setosa*), 가는실타래갯지렁이 (*Cirratulus cirratus*), *Sigambra tentaculata*, *Paraprionospio pinnata*로 각각 417 개체/m², 145 개체/m², 128 개체/m², 128 개체/m², 103 개체/m²가 출현하였다. 또한 연체동물의 이매패류인 아기반투명조개 (*Theora fragilis*)가 110 개체/m²로 출현하였다. 그리고 이들 6종의 누적 백분율은 53.2%이었다. 한편 현존량에서는 전체 출현종 가운데 1% 이상을 차지하는 상위 21종이 채집된 전체 생물량의 87.0%를 차지하고 있으며, 상위 3종인 잔주름살조개 (*Protothaca euglypta*), 녹껍질대양조개 (*Macoma contabulata*), 피조개 (*Scapharca broughtonii*)가 각 310.3 gwwt/m², 299.5 gwwt/m², 126.9 gwwt/m²로

Table 1. Total number of species, mean density and biomass of macrobenthic community in Chinhae Bay, from January to November 1998

	M o n t h						Total
	Jan.	Mar.	May	July	Sep.	Nov.	
No. of species	120	113	113	110	111	99	237
Annelida	55	53	54	52	51	49	80
Mollusca	23	21	19	20	22	12	45
Arthropoda	27	25	26	24	29	24	80
Echinodermata	8	7	8	7	6	9	16
Others	7	7	6	7	3	5	14
Density (ind./m ²)	1,447	2,358	1,905	2,232	1,963	1,728	1,939
Annelida	1,162	1,938	1,542	1,572	1,437	1,564	1,536
Mollusca	159	205	145	425	363	45	223
Arthropoda	87	156	158	177	69	56	118
Echinodermata	30	45	42	29	7	9	14
Others	9	14	18	29	7	9	14
Wet weight (gwwt/m ²)	122.8	262.6	232.9	155.4	155.0	111.8	171.6
Annelida	29.4	46.4	40.4	33.4	29.4	29.7	34.3
Mollusca	70.2	142.3	158.4	92.1	67.2	49.5	95.9
Arthropoda	2.0	1.7	1.6	2.1	2.4	7.5	2.8
Echinodermata	13.3	61.7	24.5	14.0	49.6	20.9	30.1
Others	8.1	10.4	8.0	13.8	6.4	4.2	8.5
Diversity (H')	3.55	3.24	3.40	3.30	3.05	3.00	3.45
Evenness (J')	0.74	0.69	0.72	0.70	0.65	0.65	0.63

전체 현존량의 44.7%를 차지하였다.

긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)는 가장 우점하는 종으로서 전 조사 기간 동안 417 개체/m²가 출현하여 전체 출현 개체수 중 21.5%를 차지하였다. 이들은 조사 해역의 전 정점에서 출현하였으며, 특히 마산만의 정점 1에서 외해역에 위치한 정점 5로 갈수록 개체수가 증가함을 보였다. 진동만과 거제도 사이에 위치한 정점 7에서는 951 개체/m²로 가장 높은 밀도를 보였으며, 정점 1에서 2 개체/m²로 가장 낮은 밀도를 보였다 (Fig. 4). 이 종은 진해만의 전역에 걸쳐 출현하지만 대체로 만 중앙부와 외해역에서 분포밀도가 높고 마산만의 안쪽 정점에서는 상대적으로 낮은 출현양상을 보였다. 월별 변화에서는 1월에서 3월에 걸쳐 259 개체/m²에서 562 개체/m²로 대량으로 증가하여 전체 조사 기간 중에서 가장 높은 분포밀도를 보였으며, 5월에 9월에 걸쳐서 일정한 출현을 보이다가 11월에 389 개체/m²로 감소하였다.

숨털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*)는 평균 145 개체/m²로 전체 출현 개체수 중 7.5%를 차지하였다. 정점별로는 외해역에 속한 정점 4, 5, 6에서 각각 241 개체/m², 463 개체/m², 204 개체/m²로 많은 출현을 보였으며 마산만의 정점 1에서는 출현을 보이지 않았고 인접한 정점 2와 정점 7과 8 그리고 중앙부의 정점 3에서는 각각 121 개체/m², 28 개체/m², 56 개체/m², 48 개체/m²로 출현하여 외해역에서 풍부한 분포양상을 보였다 (Fig. 4). 월별 변화에서는 여름철인 7월에 294 개체/m²로 가장 많은 출현을 보이다가 9월에 16 개체/m²로 급격히 출현량이 감소함을 보였다. 계절적으로 겨울

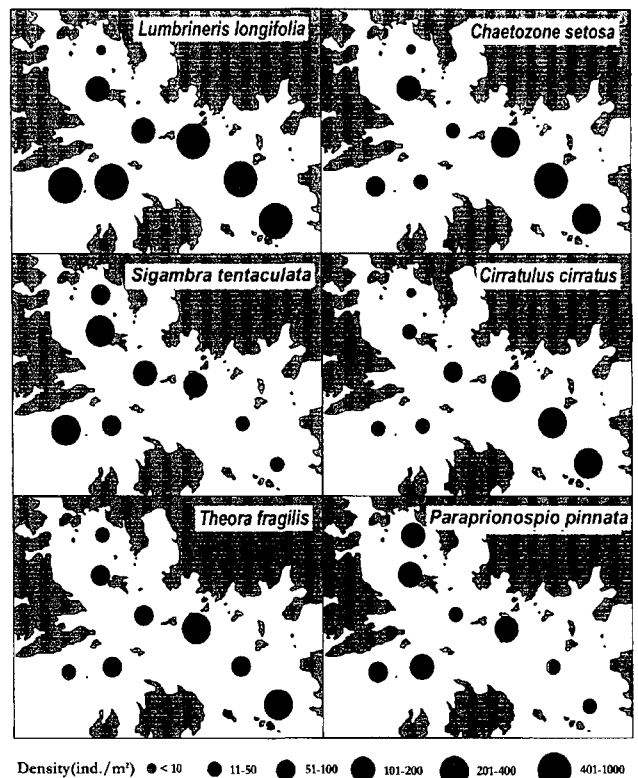


Fig. 4. Spatial distribution of the density of dominant species.

철인 1월에서 여름철인 7월까지 점차적으로 증가하다가 이후로 급격히 감소하는 양상을 보였다.

*S. tentaculata*는 평균 128 개체/m²로 전체 출현 개체수 중 6.6%를 차지하였다. 정점별 출현양상을 보면 마산만의 영향을 받을 것으로 생각되는 정점 2와 진해만의 내만의 영향을 받을 것으로 보이는 정점 8에서 235 개체/m²와 211 개체/m²로 많은 출현을 보였으며, 외해역에 위치한 정점 5와 6에서 16 개체/m²와 29 개체/m²로 비교적 적은 출현을 보였다 (Fig. 4). 따라서 이 종은 외해수의 유입이 이루어지는 외해역보다는 내만역이 주된 분포지역으로 보여진다. 월별 출현을 보면 3월에 가장 많은 164 개체/m²가 출현하였으며 5월과 7월에 걸쳐 감소하다가 9월에 증가하는 추세를 보여 특별한 계절성을 띠고 있지는 않았다.

가시탈래갯지렁이 (*C. cirratus*)는 평균 128 개체/m²로 전체 출현 개체수 중 6.6%를 차지하였다. 정점별 출현양상을 보면 습털바퀴실타래갯지렁이와 비슷하게 마산만에 속한 정점 1에서 외해역에 위치한 정점 6으로 갈수록 분포밀도가 높아지는 양상을 보였다 (Fig. 4). 외해역에 속한 정점 4, 5, 6에서 각각 310 개체/m², 338 개체/m², 223 개체/m²로 많이 출현하였고 내만에 위치한 정점 1, 2, 7, 8에서 각각 1 개체/m², 37 개체/m², 28 개체/m², 22 개체/m²로 출현하여 극단적인 분포양상을 보였다. 월별 변화에서는 11월에 241 개체/m²로 가장 많은 출현을 보였고 7월에 14 개체/m²로 가장 적은 출현을 보였다. 계절적으로 봄인 3월에서부터 여름철인 7월까지 166 개체/m²에서 14 개체/m²로 감소하였으나 7월 이후부터 겨울철로 갈수록 241 개체/m²로 증가하는 양상을 보였다.

아기반투명조개 (*T. fragilis*)는 평균 110 개체/m²로 전체 출현 개체수 중 5.7%를 차지하였다. 정점별 출현양상을 보면 외해역에 위치한 정점 6에서 가장 많은 282 개체/m²가 출현하였고 내만에 위치한 정점 1과 8에서 각각 18 개체/m²와 38 개체/m²로 적은 출현을 보였다 (Fig. 4). 월별 변화에서는 여름철인 7월과 9월에 걸쳐 208 개체/m²와 267 개체/m²로 많은 출현을 보였고 11월에 14 개체/m²로 가장 적었다. 이 종은 여름철인 7월과 9월에 걸쳐 출현이 집중하는 양상을 보였다.

*P. pinnata*는 평균 103 개체/m²로 전체 출현 개체수 중 5.3%를 차지하였다. 정점별 출현양상을 보면 만의 중앙역에 위치한 정점 4에서 가장 많은 197 개체/m²가 출현하였으며 또한 마산만의 안쪽에 위치한 정점 1과 2에서도 143 개체/m²와 163 개체/m²로 비교적 많은 출현을 보였다 (Fig. 4). 월별 변화에서는 11월에 가장 많은 183 개체/m²가 출현하였고 7월에 44 개체/m²로 가장 적었다.

종다양도와 군집유사도

종다양도 (*H'*)는 정점 1에서 가장 낮은 1.90이었으며 정점 6에서 가장 높은 3.31을 보였다. 따라서 가장 내만의 마산만에 위치한 정점에서 가덕수도 쪽의 외해역으로 갈수록 점점 높아지는 경향을 보였다. 월별로는 1월에 가장 높고 9월에 가장 낮았다 (Table 1).

출현한 저서동물의 종별 개체수 자료를 사용하여 집괴분석을 수행한 결과 8개 정점은 2개의 정점군과 2개의 정점으로 구분되고 (Table 2), 이들의 위치를 지도상에 나타내면 정점군 A와 B, 정점 1과 3으로 구분된다 (Fig. 5).

정점군 A는 외해수의 영향을 많이 받는 가덕수도에 위치한 정점 5, 6과 인접한 정점 4로 구성된다. 이 정점군에서 채집된 총 종수는 204종이었으며 정점에 따라서 118~143종이 출현하였다. 이들이 차지하는 서식밀도는 평균 2,759(±13) 개체/m²였으며, 생물량은 평균 141.5(±251) gwwt/m²로 다른 정점군과 정점 보다 종수와 개체수에서 가장 높은 양상을 보였다. 종다양도와 균등도는 평균 3.20(±0.10)와 0.66(±0.02) 이었다. 총 출현 개체수에서 우점적인 6종의 출현양상을 보면 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)와 습털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*), 가시탈래갯지렁이 (*C. cirratus*), 아기반투명조개 (*T. fragilis*)가 각각 평균 533(±251) 개체/m², 303(±140) 개체/m², 278(±57) 개체/m², 199(±103) 개체/m²로 다른 정점군과 정점에 비하여 높은 출현양상을 보였다. 그러나 *S. tentaculata*와 *P. pinnata*는 평균 74(±89) 개체/m², 84(±98) 개체/m²로 상대적으로 적은 출현을 보였다.

정점군 B는 마산만에 인접한 정점 2와 진해만의 내만 연결 통

Table 2. Ecological characteristics at each station group

Ecological indices	Group		St. 3	St. 1
	A St. 4, 5, 6	B St. 2, 7, 8		
No. of species	129±13	87±35	85	28
Density (ind./m ²)	2,759±251	1,832±974	1,411	328
Biomass (gwwt/m ²)	141.5±52.8	259.9±159.1	137.0	31.9
Diversity (<i>H'</i>)	3.20±0.10	2.90±0.21	3.21	1.90
Evenness (<i>J'</i>)	0.66±0.02	0.66±0.02	0.72	0.59
Dominant species (ind./m ²)				
<i>Lumbrineris longifolia</i> (Pol)	533±109	520±403	212	2
<i>Chaetozone setosa</i> (Pol)	303±140	68±48	58	0
<i>Sigambra tentaculata</i> (Pol)	74±89	182±72	202	107
<i>Cirratulus cirratus</i> (Pol)	278±57	29±8	77	1
<i>Theora fragilis</i> (Biv)	199±103	64±26	94	22
<i>Paraprionospio pinnata</i> (Pol)	84±98	129±40	45	171

(Biv), Bivalvia; (Pol), Polychaeta

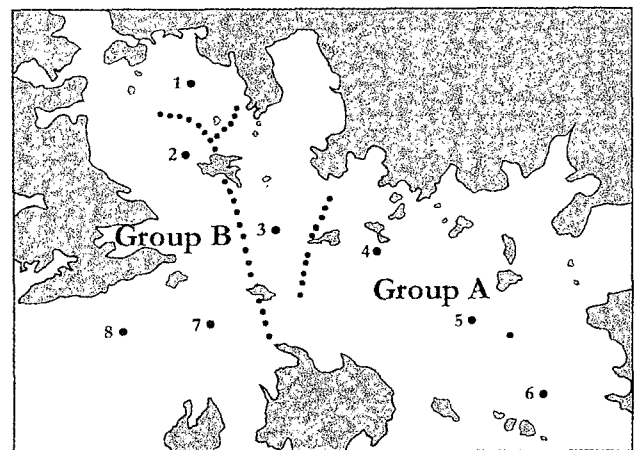


Fig. 5. Ecological division of macrobenthic community based on cluster analysis.

로에 위치한 정점 7과 8로 구성된다. 이 정점군에서 채집된 총 종수는 145종이었으며, 정점에 따라 53~122종이 출현하였다. 이들의 서식밀도는 평균 1,832(±974) 개체/m²였으며 생물량은 평균 259.9(±159.1) gwwt/m²로 나타났다. 이 정점군의 생물량은 다른 정점군과 정점에 비하여 높게 나타났다. 종다양도와 균등도는 평균 2.90(±0.21)와 0.66(±0.02)이었다. 개체수에서 우점적인 6종 중에서 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)는 평균 520(±403) 개체/m²로 정점군 A와 큰 차이가 보이지 않았고, 정점군 A에서 적은 출현을 보인 *S. tentaculata*와 *P. pinnata*는 평균 182(±72) 개체/m², 129(±40) 개체/m²로 비교적 많이 출현하였다.

정점 3은 만의 중앙부에 위치하고 있으며 총 85종이 출현하고 평균 1,411 개체/m²가 분포하였으며 생물량은 평균 137.0 gwwt/m²이었다. 종다양도와 균등도는 평균 3.21과 0.72로 다른 정점군이나 정점과 비교하여 높게 나타났다. 개체수에서 우점적인 6종 가운데 *S. tentaculata*는 평균 202 개체/m²로 모든 정점군과 정점 중에서 가장 많이 분포하였다.

정점 1은 마산만의 가장 안쪽에 위치한 정점으로 총 28종이 출현하여 평균 328 개체/m²가 분포하였으며 생물량은 평균 31.9 gwwt/m²가 존재하여 다른 정점군과 정점에 비하여 빈약한 양상을 보였으며, 종다양도와 균등도 역시 평균 1.90과 0.59로 가장 낮았다. 우점종 중에서 *P. pinnata*가 평균 171 개체/m²로 다른 정점군이나 정점과 비교하여 상당히 많은 분포를 보였다.

다모류의 섭식조합

채집된 분류군 중에서 갯지렁이류에 속하는 78종은 SD (surface deposit feeder)형, BD (burrowing deposit feeder)형, CV (carnivore)형, SS (surface suspension feeder)형과 나머지로 구분되었다.

SD형에 속하는 갯지렁이류는 저층 표면에서 퇴적물을 먹는 종들로서 전체 섭식조합 중에서 44.1%를 차지하여 조사 해역에서 가장 많이 서식하고 있었다 (Fig. 6). 하지만 이들은 퇴적물 중 mud 함유량이 75.3%인 정점 5에서 가장 높은 밀도를 보이다가 이후 mud 함유량 77.2~78.1%인 정점 7과 8에서 급격히 감소하는 추세를 보였다. 이들 중 가장 높은 출현을 보인 종은 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*)와 가는실타래갯지렁이 (*C. cirratus*)였다.

BD형에 속하는 갯지렁이류는 저질 속에 잠입하여 퇴적물을 먹는 종들로서 전체 섭식조합 중에서 29.3%를 차지하였다. 이들은 mud 함유량 60.9%로 가장 조립한 경향을 보인 정점 1에서 가장 낮은 밀도를 보였으며 77.2%로 높아질수록 밀도가 증가하고 이후에 감소하였다. 가장 높은 출현을 보인 종은 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)와 오뚜기갯지렁이 (*Sternaspis scutata*)였다.

CV형에 속하는 갯지렁이류는 그들의 턱과 buccal tentacles을 이용하여 저질 표면에서 육식성 섭식을 하는 종들로서 전체 섭식조합 중에서 22.7%를 차지하였다. 이들은 mud 함유량 60.9~75.0%로 갈수록 밀도가 감소하다가 82.2%까지는 밀도가 증가하는 양상을 보였다. 이들의 변화 양상은 BD형과 대칭을 이루는 형태로 나타났다. 이들 중 가장 높은 출현을 보인 종은 *S. tentaculata*와

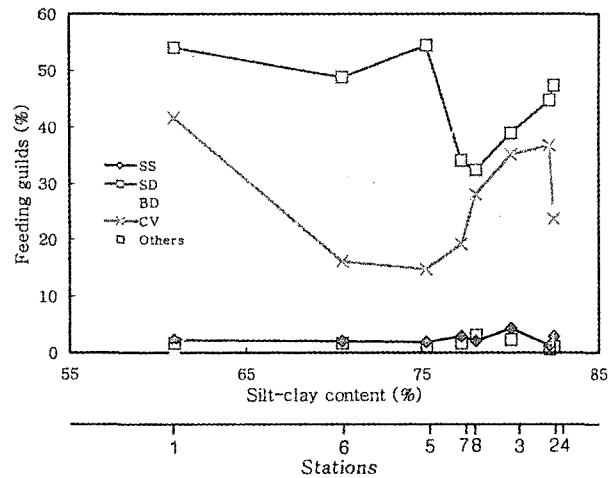


Fig. 6. Distribution of polychaeta feeding guilds with different silt-clay content of the sediment (SS, surface suspension-feeders; SD, surface deposit-feeders; BD, burrowing deposit-feeders; CV, carnivore).

반다리미갯지렁이 (*Hemipodus yenourens*)였다.

SS형에 속하는 갯지렁이류는 저층 표면에서 현탁물섭식을 띠는 종들로서 전체 섭식조합 중 2.4%를 차지하였다. 이들은 mud 함유량이 60.9~82.4% 사이에서 큰 변화를 보이지는 않았다. 높은 출현을 보인 종은 흙꽃갯지렁이 (*Euchone alicaudata*)와 쌍날개갯지렁이 (*Telepsavus costarum*)이었다.

위의 4가지 섭식형태에 속하지 않은 종들은 전체 섭식조합 중 1.5%를 차지하였으며 이들은 초식성이거나 잡섭식을 띠고 있는 종들이었다.

고찰

진해만 주변 해역의 8개 정점에서 조사 기간 동안 237종의 대형저서동물이 출현하였다. 이런 출현 종수는 채집 방법이나 지역적인 차이로 인하여 명확한 비교는 될 수 없으나 우리나라의 다른 내만과 비교할 때 득량만의 118종 (Ma et al., 1995), 여자만의 142종 (Lim et al., 1991) 보다는 현저히 많았으나, 본 조사지역을 포함한 12개 정점에서 조사된 287종 (Lim and Hong, 1997b)과 영강만의 233종 (Lim et al., 1999)과는 약간 작거나 비슷하였다 (Table 3). Lim and Hong (1997b)은 진해만의 내만에서는 유기오염으로 인하여 출현종이 적지만, 외해수의 영향을 받는 외해역에서는 비교적 다양한 종이 서식한다고 하였고, 다른 지역과의 종수의 차이를 채집기간 중 1, 2회만 채집된 희소종이 120종으로 많이 채집되었기 때문이라고 하였는데 본 연구에서도 1, 2회만 채집된 종이 80종으로 상당히 많은 출현을 보였다. 분포밀도는 평균 1,939 개체/m²로 갯지렁이류가 1,533 개체/m², 연체동물이 223 개체/m², 갑각류가 118 개체/m², 극피동물이 48 개체/m², 기타 분류군에서 17 개체/m²였다. 이는 진해만에서 Lim and Hong (1997b)에 의해 보고된 1,046 개체/m²보다 상당히 높은 밀도로 나타났다. 이

Table 3. Comparison of macrobenthos in Chinhae and Masan Bay (grab sampling and 1.0 mm mesh sieve used)

Locality	Sediment type	Sampling size	No. of sampling station	No. of species	ind./m ²	References
Chinhae Bay	silty clay	0.2 m ²	8	237	1,939	Present study
Chinhae Bay	silty clay	0.5 m ²	12	287	1,046	Lim and Hong (1994a, 1994b, 1997b)
Chinhae Bay (western)	silty clay	0.3 m ²	13	107	405	Lim et al. (1992)
Masan Bay	silt	0.2 m ²	5	65	152	Hong and Lee (1983)

것은 개체수에서 우점하는 종인 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)의 밀도 변화에서 원인을 찾을 수 있을 것이다.

현존량에서는 평균 171.6 gwwt/m²로서 진해만에서 보고된 (Lim and Hong, 1997b) 98.5 gwwt/m² 보다 높아 상당한 차이를 보였는데 이는 본 조사지역의 일부 지역이 양식장에 인접해 있기 때문일 것으로 생각된다.

진해만에서 출현된 우점종들은 유기물 함량이 높은 정점에서 높은 밀도로 출현하는 기회종의 특성을 가지는 종들이 많다고 하였는데 (Lim and Hong, 1997a), 이들의 분포양상의 파악은 진해만의 유기물오염 상태를 잘 반영한다고 할 수 있다. 조사 기간 동안의 주요 출현 개체수 우점종은 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*), 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*), *S. tentaculata*, 가는실타래갯지렁이 (*C. cirratus*), 아기반투명조개 (*T. fragilis*), *P. pinnata*이었다.

긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)는 평균 417 개체/m²가 출현하여 앵강만 (Lim et al., 1999)에서 124 개체/m², 광양만 (Shin and Koh, 1990)에서 147 개체/m² 보다 현저히 높은 밀도로 출현하였다. 또한 진해만 (Lim and Hong, 1997b)에서 보고된 175 개체/m² 보다도 많은 양상을 보였다 (Table 4). 이 종은 유기물에 오염된 곳에서 높은 밀도로 서식하는 특성 (Yi et al., 1982; Shin et al., 1989; Shin and Koh, 1990)이 알려져 있는데, 진해만에서 본 조사와 이전의 결과를 비교해 볼 때 1983년도 이후 5 개체/m² (Hong and Lee, 1983), 70 개체/m² (Lim et al., 1992), 174 개체/m² (Lim and Hong, 1997a)에서 현재 417 개체/m²로 꾸준히 증가하는 양상을 알 수 있었다. 따라서 이 지역의 유기물오염이 지속적으로 진행되고 있음으로 짐작해 볼 수 있을 것이다.

다음으로 우점하는 종들인 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*), *S. tentaculata*, 가는실타래갯지렁이 (*C. cirratus*)는 각각 평균 145 개체/m², 128 개체/m², 128 개체/m²가 출현하여 Lim and Hong (1997a)의 연구에서와 상이한 현상을 보였다. 솜털바퀴실타래갯지렁이의 경우 Lim (1993)의 연구에서는 전체 개체수의 1.3% 정도의 우점도를 보인 반면 본 조사에서는 7.5%를 차지하였다. 이러한 결과는 각 정점들의 위치의 차이에서 기인하는 것으로 보이는데 이전의 조사 정점과 상이한 정점 4, 5, 6에서 본 조사에서의 이 종의 78%가 출현하였다. *S. tentaculata*는 득량만에서 7.7 개체/m²의 출현을 보였으며 Lim and Hong (1997a)에서는 47.5 개체/m²의 출현을 보여 상당한 차이를 보였다. 이 종은 외해역보다는 내만에서 많은 출현을 보였으며 특히 가장 오염도가 심할 것 것으로 생

Table 4. Density of two indicate species in Chinhae and Masan bay of Korea

Species	Locality	Density (ind./m ²)	Reference
<i>Theora fragilis</i> (Biv)	Chinhae Bay	84	Lim et al. (1995)
	Chinhae Bay (western)	20	Lim et al. (1992)
	Masan Bay	8	Hone and Lee (1993)
	Chinhae Bay	110	Present study
<i>Lumbrineris longifolia</i> (Pol)	Chinhae Bay	174	Lim and Hong (1997a)
	Chinhae Bay (western)	70	Lim et al. (1992)
	Masan Bay	5	Hong and Lee (1983)
	Chinhae Bay	417	Present study

(Biv), Bivalvia; (Pol), Polychaeta.

각되는 마산만의 내만역에서 비교적 많은 출현을 보였다. 가는실타래갯지렁이 (*C. cirratus*)는 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*)와 유사하게 주로 외해역에 분포하였다.

유기물오염이 진행된 지역에서 무리를 이루는 기회종이며, 이들 해역의 오염지표종으로 알려져 있는 아기반투명조개 (*T. fragilis*)는 평균 110 개체/m²가 출현하여 앵강만에서의 26 개체/m² (Lim et al., 1999), 진해만에서 84 개체/m² (Lim et al., 1995)가 출현한 것보다 높은 밀도를 보였다. 각 연구에서의 조사 정점에 따라 많은 차이가 있기는 하지만 Lim et al. (1995)의 결과를 본 조사 결과와 종합하여 볼 때 이 종은 진해-마산만의 입구에서 진해만의 동부 해역으로 나을수록 증가하다가 외해에 인접한 지역으로 나오면 다시 조금씩 감소한다고 볼 수 있다. 이 종의 분포양상은 여름철에 일시적으로 밀도가 높아진 후, 가을철부터 감소하여 겨울철에는 출현 빈도가 급격히 떨어지는 경향이 있는 것으로 알려졌는데, 본 연구에서도 이러한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 여름철에 치패의 대량 출현으로 인한 일시적 밀도 증가에서 원인을 찾을 수 있다 (Lim et al., 1995).

*P. pinnata*는 103 개체/m²가 출현하여 득량만 (Ma et al., 1995)에서 28 개체/m², 마산만 (Hong and Lee, 1983)에서의 46 개체/m²

가 출현한 것보다는 높은 밀도를 보였으나 진해만 (Lim and Hong, 1997b)에서의 157 개체/m²가 출현한 것보다는 낮았다. 이 종은 유기물오염이나 산소의 함량이 낮은 부영양화된 해역의 지표종으로 알려져 있는데, 본 조사에서도 가장 내만의 정점 1과 2에서 상대적으로 많은 출현을 보였다. Lim and Hong (1997b)는 이 종의 특징 기간에 걸쳐 출현한다고 하여 전형적인 기회종의 특성을 지닌다고 하였는데 본 조사에서도 정점 1, 2에서 5월에서 9월에 걸쳐 거의 출현하지 않다가 1월과 11월에 대부분 출현하였다.

본 연구 지역은 군집유사도에 의하여 가장 외해에 위치한 정점으로 구성된 정점군 A와 진해만의 서부해역의 입구에 위치한 정점으로 구성된 정점군 B, 만의 중앙부에 위치한 정점 3, 가장 내만에 위치한 정점 1의 4개의 지역으로 나눌 수 있었으며, 이러한 결과는 진해만 (Lim and Hong, 1997b)에서 보고된 것과 비슷한 양상을 띠고 있다. Lim and Hong (1994)은 표층퇴적물의 유기물 함량과 입도조성의 차이가 저서동물군집의 전반적인 구조와 분포 양상에 영향을 미친다고 하였고, Lim and Hong (1997a)는 마산만의 내만에 위치한 정점군의 경우 여름철 빈산소수괴의 형성으로 저서동물의 서식이 불가능한 상태가 되며 이로 인하여 이 기간에 저서동물이 출현하지 않는다고 하였다. 이와 마찬가지로 본 조사에서도 마산만에 인접한 정점에서는 여름철인 7월과 9월에 각각 3종과 2종이 출현하였으며 10~25 개체/m²의 극히 적은 개체수로 출현하였다.

본 조사에서 출현한 갯지렁이류들은 그들의 섭식 양상에 따라 SD, BD, CV, SS형의 4가지 형태와 기타 초식성이거나 잡식성의 섭식조합으로 나누어졌다. Yun and Kikuchi (1989)는 Tamioka 만에서 본 조사와 동일한 섭식조합을 바탕으로 mud 함유량 0.4~50.9% 사이일 때 BD형의 갯지렁이류는 mud 함유량이 높아질수록 증가하였고 SS형은 감소한다고 하였다. 또한 Choi and Koh (1989)는 동해남부해역에 걸친 광범위한 조사에서 이들을 12가지의 섭식조합으로 나누고 이들 중 SST (surface deposit feeding, sessile, tentaculate)와 BMT (burrowing, motile, jawed)는 양의 상관관계를 띠고 있다고 하였고 CDJ (carnivore, discretely motile, jawed)와 FDT (filter feeding, discretely motile, tentaculate)는 음의 상관관계를 띠며 분포하였다고 하였다. 위의 결과와 직접적인 비교는 어렵지만 본 조사에서는 BD형과 CV형의 섭식조합이 서로 대칭하는 관계를 보였다. 하지만 본 조사에서는 mud 함유량이 60.9~75.2%까지는 각 섭식조합이 개연성을 띠고 있지만 그 이후로 특성을 띠지 않고 혼재하는 양상을 보여주었다. 본 조사와 같이 입도분석 자료만으로 갯지렁이 섭식조합에 따른 결과를 유추하기는 힘들지만 지속적인 연구가 이루어진다면 이들의 환경에 변화를 확인할 수 있을 것이다.

요 약

남해안에 위치한 진해만의 8개 정점에서 1998년 1월부터 11월 까지 격월로 대형저서동물 군집구조를 조사하였다. 조사 결과 총 237종, 평균 1,939 개체/m², 평균 171.6 gwwt/m²의 대형저서동물이 출현하였다. 이 중 환형동물이 80종으로 33.8%를 차지하였다. 이

들의 밀도는 1,536 개체/m²로 전체 밀도의 79.2%를 차지하였다. 또한 현존량에서는 연체동물이 95.9 gwwt/m²로 전체의 55.9%를 차지하고 있었다. 주요 우점종으로는 개체수에서의 경우 연체동물의 아기반투명조개 (*T. fragilis*)와 갯지렁이류의 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*), 솜털바퀴실타래갯지렁이 (*C. setosa*), *S. tentaculata*, 가는실타래갯지렁이 (*C. cirratus*), *P. pinnata*였으며 이중 긴자락송곳지렁이 (*L. longifolia*)는 평균 417 개체/m²로 현저히 높은 출현을 보였다. 현존량에서는 잔주름살조개 (*P. euglypta*), 녹색껍질대양조개 (*M. contabulata*), 피조개 (*S. broughtonii*)가 우점적이었다. 집괴분석 결과 이 지역은 가장 내만에 위치한 정점과 중앙부의 한 정점을 기준으로 2개의 정점군과 2개의 정점으로 구분되었다. 입도분석 자료를 이용한 갯지렁이 섭식조합을 위해 해역에서 출현한 갯지렁이류를 SD형, BD형, SS형, CV형의 4가지로 구분할 수 있었다.

참 고 문 헌

Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27, 325~349.

Choi, J.W. and C.H. Koh. 1989. Polychaete feeding guilds from the continental shelf off the southern coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 24(2), 84~95.

Fauchald, K. and P.A. Jumars. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 17, 193~284.

Hong, J.S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 22(4), 246~256.

Hong, J.S. and J.H. Lee. 1983. Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 18(2), 169~179.

Lee, K.W., G.H. Hong, D.B. Yang and S.H. Lee. 1981. Seawater quality and red tides in Jinhae Bay: I. Relationships between water quality parameters and red tides. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 16(2), 43~48.

Lim, H.S. 1993. Ecology of macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph. D. Thesis. Nat. Fish. Univ. Pusan, 311pp (in Korean).

Lim, H.S. and J.S. Hong. 1994. Ecology of the macrobenthic community in Chinhae Bay, Korea. 1. Benthic environment. *J. Korean Fish. Soc.*, 27(2), 200~214 (in Korean).

Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997a. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 2. Distribution pattern of the major dominant species. *J. Korean Fish. Soc.*, 30(2), 161~174 (in Korean).

Lim, H.S. and J.S. Hong. 1997b. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea. 3. Community structure. *J. Korean Fish. Soc.*, 30(2), 175~187 (in Korean).

Lim, H.S. and K.Y. Park. 1998. Community structure of the macrobenthos in the soft bottom of Youngsan river estuary, Korea. 2. The occurrence of summer hypoxia and benthic community. *J. Korean Fish. Soc.*, 31(3), 343~352 (in Korean).

Lim, H.S., J.S. Hong and J.G. Je. 1995. Abundance and distribution pattern of the smelid bivalve, *Theora fragilis* A. Adams in Chinhae Bay, Korea. *Korean J. Malacol.*, 11(1), 21~34 (in Korean).

- Lim, H.S., J.G. Je, J.W. Choi and J.H. Lee. 1991. Distribution pattern of the macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. *Oce. Res.*, 13 (2), 31~46 (in Korean).
- Lim, H.S., J.W. Choi, J.G. Je and J.H. Lee. 1992. Distribution pattern of macrozoobenthos at the farming ground in the western part of Chinhae Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 25(2), 115~132 (in Korean).
- Lim, H.S., H.S. Park, J.W. Choi and J.G. Je. 1999. Macrobenthic community of the subtidal soft bottom of Aenggang Bay in the southern coast of Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 4(1), 80~92 (in Korean).
- Ma, C.W., S.Y. Hong and H.S. Lim. 1995. Macrobenthic fauna of Deukryang Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 28(5), 503~516 (in Korean).
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*, 2nd. John Wiley and Sons, Inc., NewYork, 385pp.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different type of biological collection. *J. Theoret. Biol.*, 13, 131~144.
- Shin, H.C. and C.H. Koh. 1990. Temporal and spatial variation of polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 25(4), 205~216.
- 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. Oceanogr. Soc. Korea*, 24 (4), 184~193.
- Shin, H.C., S.S. Choi and C.H. Koh. 1992. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, southern Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea*, 27(1), 46~54 (in Korean).
- Yang, H.S., S.S. Kim and G.B. Kim. 1995. Pollution of heavy metals and sediment cores from the Chinhae Bay, Korea. *J. Korean Environ. Sci. Soc.*, 4(5), 489~500 (in Korean).
- Yeo, H.G. and M.O. Park. 1997. Seasonal variation of phytoplankton community and water quality in the east area of Chinhae Bay. *J. Korean Environ. Sci. Soc.*, 6(3), 231~238 (in Korean).
- 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.
- Yun, S.G. and T. Kikuchi. 1989. Community structure of macrobenthos in Tamioka bay, Amakusa. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 10(1), 79~103.

2000년 9월 7일 접수

2000년 11월 22일 수리