

진해만 저서동물의 군집생태

3. 군집구조

임현식 · 홍재상*

목포대학교 해양자원학과, *인하대학교 해양학과

Ecology of the Macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea

3. Community Structure

Hyun-Sig LIM and Jae-Sang HONG*

Department of Marine Resources, Mokpo National University, Chonnam 534-729, Korea

*Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

Benthic community structure was studied in Chinhae Bay during 3 years from June 1987 to May 1990, based on the samples from 12 stations on the seasonal, bimonthly or monthly basis (Lim and Hong, 1994a, b). A total of 287 species was sampled with mean density of 1045.5 ind./m² and biomass of 98.48 g/m² during study periods. Of these species, there were 91 species of crustaceans (31.7%), 88 of polychaetes (30.7%), 56 of molluscs (19.5%), 22 of echinoderms and 30 of the micellaneous species. Polychaetes were density-dominant faunal group with a density of 824.7 ind./m², comprising of 78.6% of the total density of the benthic animals. It was followed by molluscs with 146.2 ind./m² (14.4% of the total density), crustaceans with 50.5 ind./m² (4.6%) and echinoderms with 13.4 ind./m². Molluscs were the biomass-dominant faunal group with a mean biomass of 54.62 g/m². It was followed by polychaetes with 21.74 g/m² and echinoderms with 6.66 g/m². Based on community analysis, species richness, diversity and evenness showed decreasing trends toward the inner bay from outer stations, whereas dominance showed increasing. The three most dominant species *Lumbrineris longifolia*, *Paraprionospio pinnata* and *Theora fragilis* had densities over 40% of the total density of benthic organisms in Chinhae Bay. Seasonal changes of benthic communities in the inner bay were high compared to those of the outer bay. It was mainly due to the occurrence of hypoxic condition in the inner area of the bay. Cluster analysis showed that the benthic community could be divided into four station groups, that is, Group I, the innermost area, which received the most heavy anthropogenic effects including sewage and waste water, Group II, the central area of the bay, Group III, the transitional area, Group IV, the mouth part of the bay exposed to the open sea. The areal groups based on the environmental factors coincided with the zonal groups from the species composition. This fact suggests that the overall spatial distribution of macrobenthos in Chinhae Bay was controlled by the sediment organic carbon content of the bay.

Key words : benthic community, macrobenthos, cluster analysis, Chinhae Bay

서 론

진해만은 반폐쇄적인 특성을 가진 만으로서, 만 주위에는 공업단지를 비롯하여 마산, 창원, 진해 등 대도시가 발달되어 있다. 따라서 이들로부터 유입되는 산업 폐수와 도시 하수는 진해만 전체로 유입되는 COD의 75% 이상을 차지하고 있으며, 그 밖에 가축으로부터의 유기물 유입도 약 24%에 달하고 있다. 또한 진해만 전체 면적의 약 7.5%에 해당되는 면적이 양식장으로 활용되고 있으며, 주로 수하식 굴 양식장이 분포되어 있다(MOE, 1991). 따라서 진해만은 만 주변에서 유입되는 산업폐수 및 도시하수의 영향과 양식장에 의한 자가오염으로 부영양화되어 적조가 상습적으로 발생하는 해역으로 잘 알려져 있다(Lee et al., 1981; Park, 1980, 1982). 이러한 해역의

특성상 진해만에서는 적조 발생의 기작과 현상을 밝히고 모니터링하기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔다(Kim, 1990; Pae and Yoo, 1991; Yoo and Lee, 1980; Park and Kim, 1967; KORDI, 1989). 이러한 관점에서, 이 해역은 우리나라의 연안 오염과 관련하여 연안 환경의 관리적 측면에서도 연구가 계속되고 있는 해역이기도 하다(KORDI, 1995).

그러나, 진해만 생태계의 중요한 부분을 차지하고 있는 저서동물 군집에 대한 생태학적 조사는 지금까지 상대적으로 적은 실정이었으며(Hong and Lee, 1983; Hong, 1987; Lim et al., 1992), 이들 조사는 일시적인 조사이거나, 일부 해역에 국한된 조사였다. 최근 Lim and Hong(1994a, b)은 진해만에서 3년간에 걸친 저서동물 군집 및 환경에 대한 조사를 수행한 결과, 표층 퇴적물의 유기물

함량의 차이에 의해 만 전체의 저서환경이 영향을 받고 있으며, 여름철의 경우 내만에서는 빈산소 수괴가 형성되어 저서생태계에 심각한 영향을 미치고 있다고 보고하였다. 그러나 지금까지 수행된 연구 결과로는 진해만 전체의 저서동물 군집의 구조를 파악하는 데는 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 진해만에서 저서동물 군집구조 파악하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

저서동물의 채집 장소, 정점 및 기간은 Lim and Hong (1994 a)과 같으며, 채집된 저서동물 시료의 처리 방법은 Lim and Hong (1994 b)과 같다.

채집된 생물자료는 단위면적당 (m²)의 개체수 및 생물량으로 환산하였으며 이 가운데 종별 개체수 자료를 사용하여 종다양도 (Shannon and Wiener, 1963), 우점도 (Simpson, 1949), 균등도 (Pielou, 1966), 종풍부도 지수 (Margalef, 1958)를 구하였다. 군집의 집괴분석을 위한 자료는, 12개의 정점에서 채집이 수행된 1989년 5월부터 1990년 5월까지 채집된 자료를 단순히 산술적으로 합하여 분석에 사용하였다. 정점간, 중간 집괴분석은 Chord distance (Pielou, 1984)를 사용하였고 가중 평균 결합법으로서 정점간 (Q-mode) 및 중간 (R-mode) 유사도에 대한 수지도를 그린 다음, 출현한 종들의 밀도와 결부시켜 비교하였다. 집괴분석 결과 구분된 정점군의 다양도는 Sanders (1968)의 희박법 (Rarefaction)을 이용하여 비교하였다.

한편, 조사해역은 해역의 지형 및 환경 특성을 고려하여, 정점 1, 2, 12는 내만 해역, 정점 9, 10, 11은 중앙부 해역, 정점 3, 4, 8은 입구해역, 그리고 정점 5, 6, 7은 외해역으로 나타내었다.

결 과

1. 종 조성

3년간의 조사기간 동안 총 287종, 104,096개체 및 12,916.58 g의 저서동물이 채집되었다. 출현종의 수로 볼 때, 갑각류가 91종으로서 전체의 31.7%를 차지하였으며, 다모류가 88종 (30.7%), 연체동물이 56종 (19.5%)이 출현하여, 이들 3개 분류군이 전체 출현종의 81.9%를 차지하였다. 한편 극피동물이 22종, 자포동물과 기타 동물군이 30종 출현하였다 (Table 1). 진해만 전체의 저서동물의 평균 밀도는 1045.5 개체/m²였는데, 다모류가 824.7 개체/m²로서 전체 밀도의 78.6%를 차지하여 가장 우점하였으며, 그 다음이 연체동물로서 146.2 개체/m², 갑각류는 50.5 개체/m²의 밀도였다. 또한 극피동물은 13.4 개체/m², 기타 동물군은 10.7 개체/m²의 밀도로 출현하였다. 한편 생물량의 측면에서 보면 진해만 전체의 평균 생물량은 98.48 g/m²였는데, 연체동물이 54.62 g/m²로서 가장 우점하였으며, 다모류는 21.74 g/m², 극피동물은 6.66 g/m²였

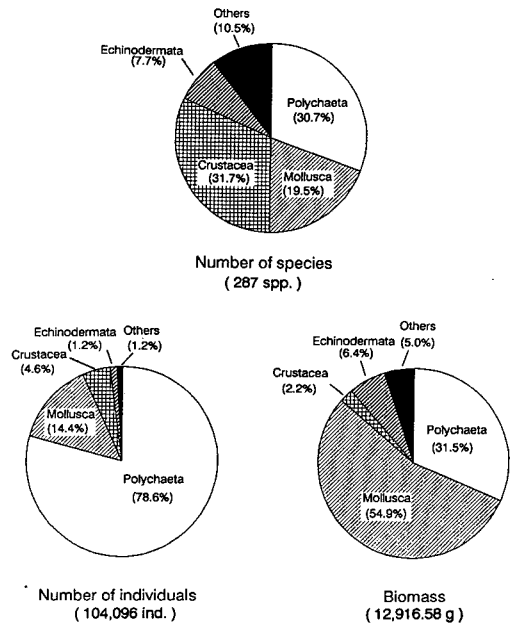


Fig. 1. Species composition of benthic fauna of Chinhae Bay from June 1987 to May 1990.

Table 1. Number of species, abundance and biomass of the macrozoobenthos in Chinhae Bay during the study period from June 1987 to May 1990

Taxon	No. of species (%)	Abundance (ind./m ²) (%)	Biomass(g/m ²) (%)
Crustacea	91(31.7)	50.5(4.6)	1.65(2.2)
Polychaeta	88(30.7)	824.7(78.6)	21.74(31.5)
Mollusca	56(19.5)	146.2(14.4)	54.62(54.9)
Echinodermata	22(7.7)	13.4(1.2)	6.66(6.4)
Others	30(10.4)	10.7(1.2)	4.53(5.0)
Total	287(100.0)	1,045.5(100.0)	98.48(100.0)

다. 따라서 진해만의 저서동물은 출현 종수에서 보면 갑각류가 상대적으로 가장 우점하였으나, 개체수의 측면에서는 다모류가, 그리고 생물량에서는 연체동물이 우점한 것으로 나타났다 (Fig. 1).

2. 종수, 개체수, 생물량의 공간 분포

진해만의 저서동물의 공간 분포를 파악하기 위하여 1987년 6월~1990년 5월까지 총 22회에 걸쳐 채집된 자료를 모두 이용하였다. 그러나, 정점 6과 7은 1989년 5월~1990년 5월까지 13개월간 채집된 자료만이 포함되었다.

전 조사기간 동안 출현 종수의 정점별 분포는 45~179종의 범위로서 (Fig. 2), 정점 12에서 45종으로 가장 적었으며 정점 5에서 179종으로 가장 많이 출현하였다. 한편 마산만 안쪽에 위치한 정점 1과 2에서는 전 조사기간 동안 각각 61종 및 77종이 채집되었다. 진해만 입구에 위치한 정점 6과 7은 각각 163종 및 172종이 출현하여, 내만 정점에 비해 약 2배 이상의 상대적으로 많은 출현 종수를 나타내었다. 한편 진해만 중앙부에 위치한 정점 9, 10 및 11에서는 각각 141종, 120종 및 84종이 출현하였다. 또한 정점 3, 4 및 8에서는 각각 141종, 160종 및 145종이 출현하였다. 따라서 외해의 영향을 받고 있는 만 입구로부터 내만으로 들어갈수록 출현 종수는 감소하는 경향을 나타내었다.

정점별 저서동물의 평균 밀도를 보면 (Fig. 3), 정점 12의 135.9 개체/m²~정점 9의 1573.1 개체/m²의 범위였으

며, 마산만에 위치한 정점 1과 2는 서식 밀도가 상대적으로 낮아 각각 261.2 개체/m² 및 658.0 개체/m²였다. 그러나 진해만 입구에 위치한 정점 5, 6 및 7은 각각 1159.2 개체/m², 1193.4 개체/m² 및 1054.6 개체/m²였으며, 정점 3, 4 및 8은 각각 1178.2 개체/m², 1484.7 개체/m² 및 1387.3 개체/m²의 밀도였다. 각 정점에서 다모류의 밀도가 50% 이상을 차지하고 있으며, 진해만 중앙부의 정점 9, 10 및 11에서는 90%를 상회하고 있다 (Fig. 3).

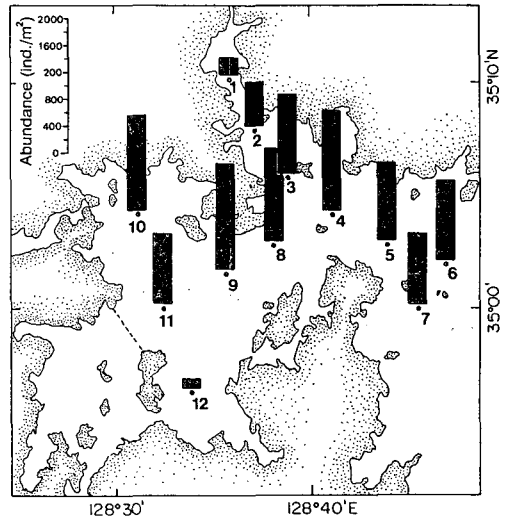


Fig. 3. Spatial distribution of abundance of macrobenthos in Chinhae Bay, from June 1987 to May 1990.

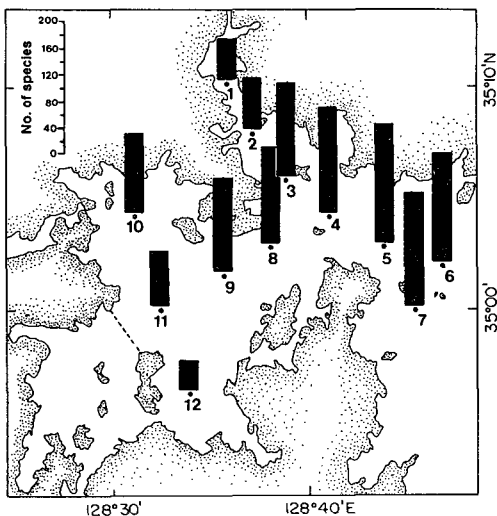


Fig. 2. Spatial distribution of number of species of macrobenthos in Chinhae Bay, from June 1987 to May 1990.

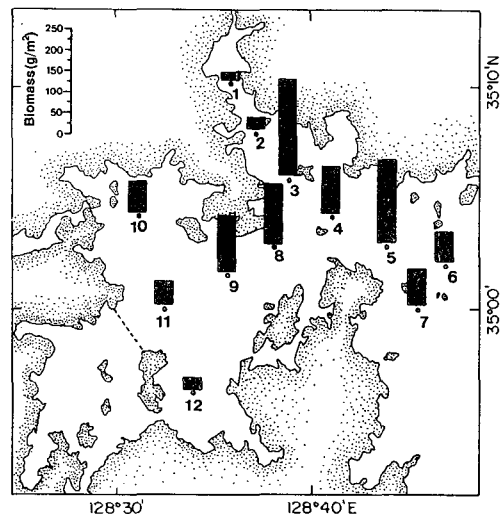


Fig. 4. Spatial distribution of biomass of macrobenthos in Chinhae Bay, from June 1987 to May 1990.

단위 면적당 생물량은 정점 1의 18.97 g/m²에서 정점 3의 229.6 g/m²의 범위였으며 (Fig. 4), 정점 2에서는 29.03 g/m², 정점 12에서는 27.64 g/m²로 상대적으로 낮은 양상이었다. 진해만 중앙부인 정점 9, 10 및 11에서는 각각 134.00 g/m², 73.33 g/m² 및 56.67 g/m²이었으며, 진해만 입구쪽에 위치한 정점 5, 6 및 7에서는 각각 199.15 g/m², 71.54 g/m² 및 88.52 g/m², 정점 4와 6에서는 각각 110.60 g/m² 및 142.66 g/m²이었다. 따라서 생물량의 경우, 진해만의 내만과 외해역은 입구 해역보다 상대적으로 낮은 양상을 나타내었다.

3. 생태학적 제지수의 변화

종 풍부도 및 다양도는 출현 종수와 개체수가 가장 적은 정점 12에서 가장 낮아 평균 1.04 (± 1.02) 및 0.89 (± 0.79)였다 (Fig. 5). 그러나 163종이 출현한 진해만 입구 해역인 정점 6에서는 종 풍부도 및 다양도가 각각 평균 8.89 (± 1.49) 및 3.16 (± 0.21)로서 내만 해역과의 차이가 큰 것으로 나타났다. 또한 출현 종수 및 밀도가 낮은 정점 1과 2의 경우, 다양도는 각각 평균 1.08 (± 1.04)과 1.24 (± 1.06)로서 낮은 값이었다. 그러나 외해역인 진해만 입구의 정점으로 나갈수록 다양도는 점차 증가하여, 정점 3에서는 평균 2.88 (± 0.30), 정점 4에서는 평균 2.77 (± 0.23), 정점 5에서는 평균 2.87 (± 0.53)이었다. 한편 진해만 중앙부에 위치한 정점 9, 10 및 11에서도, 외해역에 비해 다양도 값이 상대적으로 낮은 경향을 나타내었다. 따라서 만입구에서 내만으로 갈수록 종 풍부도 및 다양도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 5). 이와 같은 경향은 균등도에서도 잘 나타나고 있는데 내만에 위치한 정점 1과 2에서는 0.5 이하로 낮았으나, 외해역으로 갈수록 증가하여 진해만 입구 정점에서는 0.7 이상의 값을 나타내었다. 그러나 우점도는 외해역인 정점 6과 7에서 가장 낮아 각각 0.08 및 0.09의 값을 나타내었으며, 내만의 정점 12에서는 0.32 (± 0.33)로 상대적으로 가장 높은 값을 나타내었다 (Fig. 5).

4. 정점간, 중간 집괴 분석

출현 종별 개체수의 자료를 사용하여 집괴분석을 수행한 결과, 전체 12개의 조사 정점은 4개의 정점군 (station group)으로 구분되었다 (Fig. 6). 분리된 4개 정점군을 만 구조에 따른 위치 특성의 관점에서 보면, 정점군-I (G-I)은 정점 1, 2의 마산만 및 12의 고현성만에 위치하는 강내만성 해역이며, 정점군-II (G-II)는 진해만 중앙부에 위치하는 정점 9, 10, 11로 구성되어 있다. 또한 정점군-IV (G-IV)는 진해만 전체 (Chinhae Bay Sys-

tem)의 입구에 위치하여 외양수의 영향을 강하게 받는 5, 6, 7번 정점으로 구성되며, 정점군-III (G-III)은 이들 3개 정점군의 중간에 위치한 3, 4, 8번 정점으로 접이 지역 (transitory zone)에 해당된다고 할 수 있다 (Fig. 7).

한편 종간에는 6개 종군 (species group)이 형성되었다 (Fig. 6). 즉, A-1에는 단각류인 *Nippopisella nagatai*, 다모류인 *Heteromastus* sp. 및 *Prionospio ehlersi* 등 3개 종이 속하며, 이들은 외해역인 정점 6과 7에서 밀도가 높고, 반면 내만역인 정점 1, 2, 12에서는 출현하지 않는 종들이다. A-2에는 7개 종이 속하며, A-1과 같이 외해역에서의 분포 밀도가 높은 종들이다. 대표적인 종으로서 거미불가사리류인 *Ophiopolis mirabilis*, *Amphioplus megapomus* 및 다모류인 *Diopatra bilobata* 등이 여기에 속하며, *Sternaspis scutata*의 밀도도 비교적 높다. 이들 종들도 내만에는 분포하지 않으며, 진해만 중앙부 해역에서도 분포 밀도가 낮은 종들이다. A-3에는 가장 많은 26종이 포함

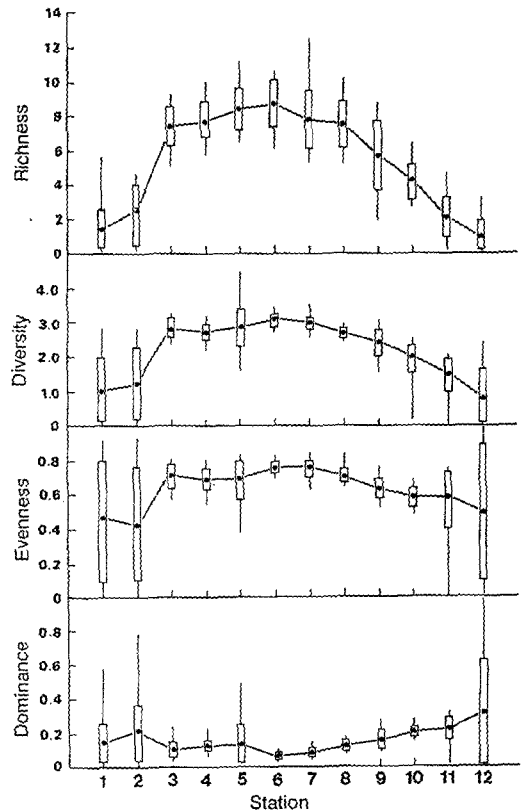


Fig. 5. Variation of the ecological indices at each station in Chinhae Bay. Closed circle: mean value; vertical bar: standard deviation; vertical line: minimum and maximum values.

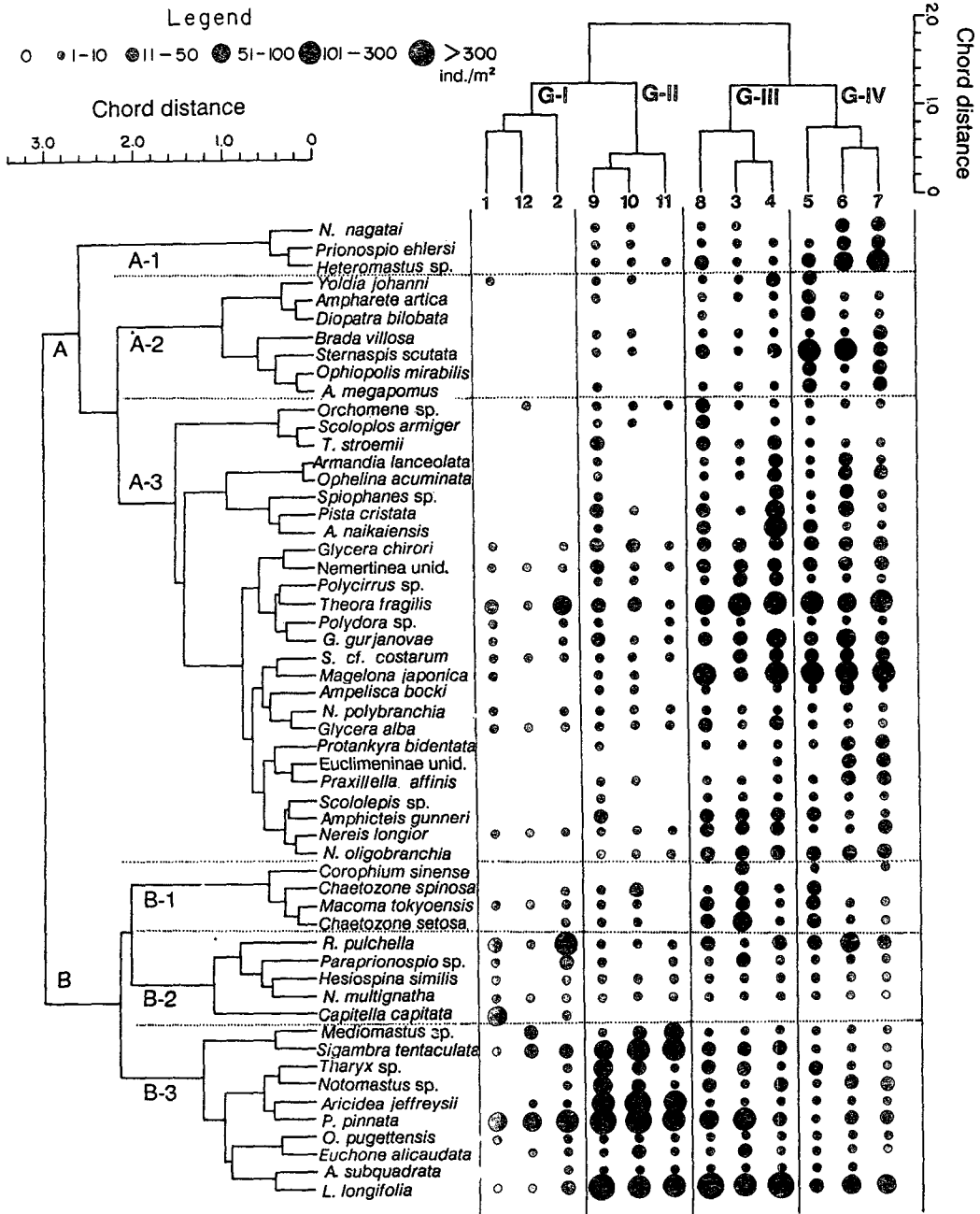


Fig. 6. A dendrogram based on cluster analysis of the stations and species in Chinhae Bay.

되며, 진해만 입구 해역인 정점군-III과 정점군-IV에 비교적 높은 밀도로 출현하고 있다. 진해만 중앙부 해역과 내만 해역에는 계절에 따라 상대적으로 낮은 밀도로 분포하며, 아기반투명조개 *Theora fragilis* 및 다모류인 *Magelona japonica*의 밀도가 비교적 높다. B-1에는 4개 종이 포함되는데 정점군-III에 분포 중심이 있는 종들로

구성되며, 대양조개류인 *Macoma tokyoensis*, 다모류인 *Chaetozone setosa*의 밀도가 상대적으로 높다. B-2에는 5개 종이 속하며, 주로 내만역에서 상대적으로 높은 밀도로 출현하고 있다. 여기에 속하는 종들 가운데, 소형 이매패류인 *Raetellops pulchella*와 다모류인 *Capitella capitata*는 오염지표종으로서 상대적으로 밀도가 높다. B-3에는

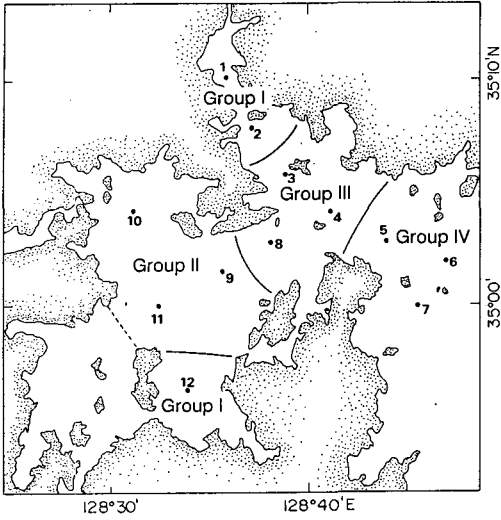


Fig. 7. Zones of four station groups based on cluster analysis.

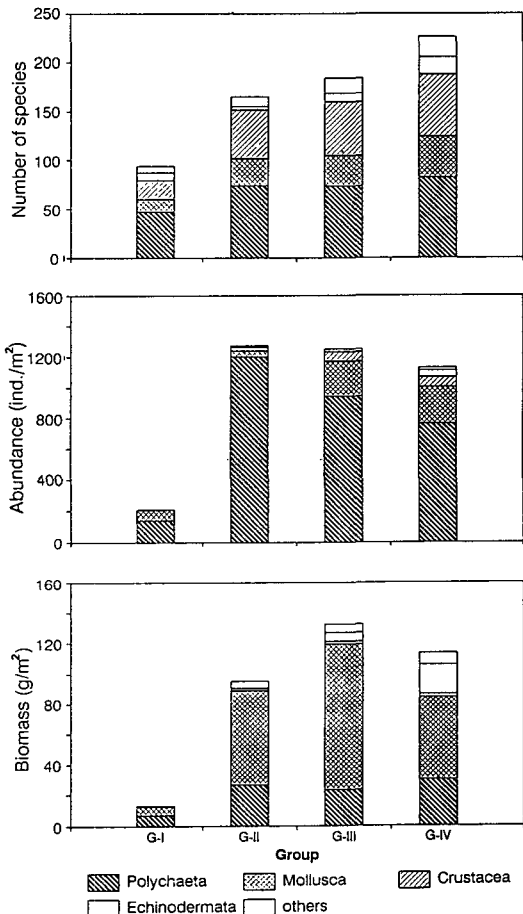


Fig. 8. Number of species, abundance and biomass in each station group in Chinhae Bay.

10개 종이 속하는데, 정점군-II에서 우점적으로 출현하는 종들이다. 다모류인 *Sigambra tentaculata*, *Aricidea jeffreysii* 및 *Paraprionospio pinnata*는 정점군-II에서 우점적으로 출현하였으며, 또 다른 다모류인 *Lumbrineris longifolia*는 정점군-II와 정점군-III에서 우점적으로 출현하였다.

정점군-I에서 채집된 총 종수는 95종이었으며 정점에 따라 35~68종의 범위였다. 다모류가 47종으로 가장 많았고, 갑각류가 20종 출현하였다. 서식밀도는 평균 217 개체/m²로서 정점에 따라 71~439 개체/m²의 범위였는데 다모류가 148 개체/m²로, 68%를 차지하였다. 생물량은 평균 13.71 g/m²로서 정점에 따라 10.12~19.77 g/m²의 범위였다. 다모류와 연체동물이 정점군 I의 생물량 중 91%를 차지하였다 (Fig. 8).

정점군-II에서는 총 166종이 채집되었으며 정점에 따라 70종~130종의 범위였다. 다모류가 74종으로 가장 많았으며, 그 다음이 갑각류 및 연체동물이었다. 저서동물의 밀도는 1,280 개체/m²로 4개 정점군 가운데 가장 밀도가 높았는데, 특히 다모류의 밀도가 높아 94%를 차지하였다. 생물량은 96.01 g/m²이었으며, 이 가운데 연체동

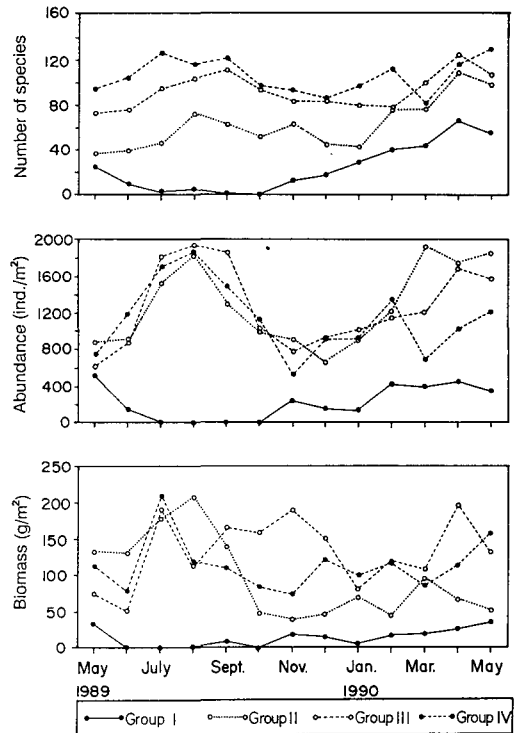


Fig. 9. Seasonal fluctuation of number of species, abundance and biomass in each station group in Chinhae Bay.

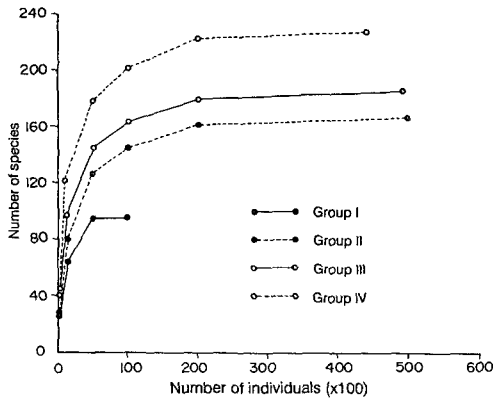


Fig. 10. Rarefaction curves for each community in Chinhae Bay.

물의 생물량이 전체의 65%를 차지하였다 (Fig. 8).

정점군-III에서 전 조사기간 동안 채집된 저서동물은 총 185종으로서 정점에 따라 130종에서 148종의 범위였다. 다모류가 73종으로 상대적으로 많았으며, 갑각류가 55종, 연체동물이 32종이었다. 밀도는 1260 개체/m²로 정점에 따라 1242 개체/m²~1280 개체/m²가 출현하였는데, 다모류가 942 개체/m²로 75%를 차지하였다. 그러나 생

물량은 133.04 g/m²로서, 다모류는 18%를 차지하는 반면, 연체동물은 72%인 95.92 g/m²였다 (Fig. 8).

정점군-IV는 출현종수는 227종으로 가장 많은 종이 출현하였으며, 진해만에서 채집된 총 종류수의 약 79%를 점유하고 있다. 다모류는 82종으로 36%, 갑각류는 64종으로 28%를 차지하고 있으며, 정점에 따른 출현종은 162~172종의 범위였다. 저서동물의 밀도는 정점군-II 및 정점군-III보다 낮아 1133 개체/m²였으며, 정점에 따라 1,055~1,193 개체/m²의 밀도였다. 이 가운데 다모류 및 연체동물이 각각 67% 및 21%를 차지하였으며, 거머불가사리류인 *A. megapomus*가 16.3 개체/m²의 밀도로 출현하였다. 생물량은 연체동물이 가장 우점하여 48%를 차지하였다 (Fig. 8).

5. 각 정점군의 출현종수, 밀도, 생물량 및 다양도의 계절별 변화

정점군-I의 경우, 출현종수는 여름철에는 급격히 감소하여 11월이 되어야 증가하는 양상으로 다른 정점군에 비해 가장 적은 종이 출현하였다. 또한 밀도 및 생물량도 여름철이 가장 적었으며, 겨울철부터 이듬해 봄철까지 증가하는 경향을 나타내었다. 정점군-II의 출현 종수,

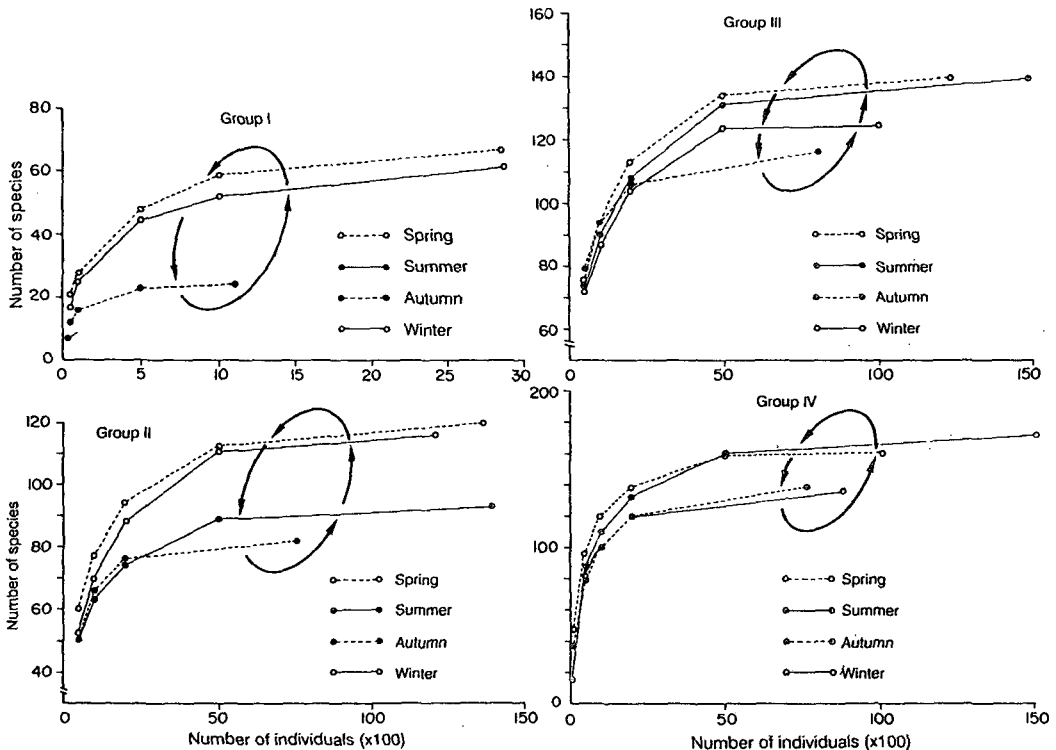


Fig. 11. Rarefaction curves of Group I, II, III, and IV in Chinhae Bay with season.

밀도 및 생물량은 봄철과 여름철에 증가하며, 가을철에는 일시적으로 감소하였다가 다시 증가하는 양상이었다 (Fig. 9). 정점군-III에서는 출현종수 및 밀도가 여름철에는 높지만 겨울철에는 상대적으로 낮았으며, 생물량은 봄철과 가을철이 다른 계절에 비해 높은 양상이었다. 정점군-IV는 다른 정점군에 비해 높은 출현종수를 나타내지만 계절적인 변동이 크지 않았다. 그러나 밀도의 경우, 8월이 가장 높은 값을 나타내고 가을철에는 감소하였다. 또한 생물량은 7월에 최대치를 보인 후 감소하여, 전반적으로 일정한 값을 나타내었다 (Fig. 9).

출현 종수와 개체수를 바탕으로 한 4개 정점군의 다양도를 Sanders (1968)의 희박법 (Rarefaction curve)을 이용하여 비교한 결과, 가장 내면에 있는 정점들인 정점군-I의 다양도가 가장 낮았으며, 외해역 정점군으로 갈수록 다양도가 증가함을 알 수 있었다 (Fig. 10).

이들 4개 정점군의 다양도는 시간의 변화에 따른 계절별 변동 양상에서도 차이가 나타났다 (Fig. 11). 가장 내면에 위치한 정점군-I에서는 가장 낮은 여름→가을→겨울→봄의 순으로 다양도가 증가하였다. 만 중앙부인 정점군-II에서는 가을→여름→겨울→봄의 순으로 다양도가 증가하지만, 점이지역인 정점군-III에서는 가을→겨울→여름→봄의 순으로 다양도가 높았다. 그러나 외해쪽의 정점군-IV에서는 겨울철의 다양도가 가장 낮고 여름철의 다양도가 가장 높았다.

고 찰

1. 종 조성, 개체수 및 생물량의 시공간적 분포

진해만에서는 조사기간 동안 총 287종의 저서동물이 출현하였다. 이러한 출현 종수는 표본의 크기가 같지 않기 때문에 정확한 비교는 어렵지만, 우리나라의 다른 내만 해역과 비교할 때, 전 동물군을 대상으로 한 울산만의 127종 (Yi et al., 1982), 여자만의 142종 (Lim et al., 1991) 보다 현저히 많다. 특히 진해만은, 내만에서는 유기오염으로 인해 출현종이 적지만, 외양수의 영향을 받는 외해역에서는 내만과는 달리, 비교적 다양한 종류가 서식하고 있다. 또한 진해만의 퇴적상은 정점에 따라 서식하고 있다. 또한 진해만의 퇴적상은 정점에 따라 큰 차이가 없으나, 외해역이 내만에 비해 상대적으로 조립한 양상을 나타낸다 (Lim and Hong, 1994a). 한편, 본 연구에서는 전조사기간 동안 총 22회의 채집이 이루어졌는데, 이기간동안 단지 1회만 채집된 종은 46종으로서, 전체출현종수의 16.0%였고, 2회까지 채집된 종은 74종으로 25.8%를 차지하고 있다. 따라서 희소종이 많이 채집될 수

있어서 출현종 수가 다른 내만보다 많은 것으로 생각된다.

본 연구가 갑각류의 출현종은 전체 출현종의 32%를 차지하여 다른 분류군에 비해 가장 많은 91종이었는데, 이것은 다모류의 출현 종수가 다른 분류군의 출현 종수에 비해 우점한, 다른 지역의 내만 해역과는 다른 양상이었다. 다모류의 경우도 동해 남부해역과 남해안에 위치한 다른 만에 비해 상대적으로 많아 88종이 출현하였다. 즉, 광양만의 70종 (Choi and Koh, 1984) 및 79종 (Shin and Koh, 1990), 울산만의 67종 (Yi et al., 1982), 영일만의 72종 (Shin et al., 1992b)보다는 많이 출현하였다.

평균 밀도는 1045.5 개체/m²로서, 다모류가 824.7 개체/m², 연체동물이 146.2 개체/m², 갑각류가 50.5 개체/m², 극피동물이 13.4 개체/m², 기타 분류군이 10.7 개체/m²였다. 이러한 밀도는, 전체 동물군을 대상으로한 울산만의 953 개체/m² (Yi et al., 1982)와 비슷하지만, 여자만의 388 개체/m² (Lim et al., 1991) 및 경기만 조간대 및 조하대의 550 개체/m² (Shin et al., 1989) 보다는 훨씬 높았다. 한편 1989년 9월에는 1164 개체/m²가 출현하여, 동일한 진해만 해역에서 1983년 9월에 1441 개체/m²를 보고한 Hong (1987)의 결과보다는 낮은 밀도를 나타내었다.

생물량은 평균 98.48 g/m²로서, 여자만의 231.6 g/m² (Lim et al., 1991) 보다는 낮은 경향이였다. 또한 1983년 9월의 평균 생물량인 150.6 g/m² (Hong, 1987)의 약 70%에 해당되었다. 그러나 1989년 9월의 평균 생물량은 253.85 g/m²로서, 1983년 9월의 생물량을 상회하였다. 결국 Hong (1987)의 결과와 비교해서는 개체수와 생물량이 감소한 것으로 나타났다. 즉, 생물량이 적은 소형개체인 다모류의 구성 비율이 높다는 것을 의미한다. 결국 진해만내의 유기오염의 진행으로 인해 다모류의 구성 비율이 증가하고, 다모류 중에서도 소형개체들의 비율이 증가하였음을 시사한다.

일반적으로 다모류는 저서동물 군집의 현존량이나 종 조성에 있어서 매우 중요한 위치를 차지한다 (Lee, 1976; Shin et al., 1989; Yi et al., 1982). 진해만에서도 다모류의 밀도는 평균 824.7 개체/m²로서 우점 분류군이었는데, 광양만의 490 개체/m² (Choi and Koh, 1984)와 520 개체/m² (Shin and Koh, 1990), 경기만의 368 개체/m² (Shin et al., 1992a) 보다는 낮은 양상이었다. 일본의 Kitamori and Kanno (1997)는 인근 도시에서의 유기물 유입, 공장폐수의 유입증가에 따른 내만 퇴적물에서의 유기물 함량 증가로 인해, Matsushima Bay에서 다모류의 개체수 비율이 과거 14년동안 증가한 것을 보고하였고, Gray (1976)는

유기물이 풍부한 하구의 이질(泥質) 퇴적물에서 다모류는 피상분포를 한다고 보고하였다. 또한 Ansari et al. (1986)는 유기물 유입은 기회종에게 호적한 환경을 제공함으로서, 밀도를 높히는데 기여한다고 한다. 따라서, 이와 같이 진해만에서 다모류의 밀도가 다른 해역에 비해 높은 이유로는, 진해만의 유기물 오염과 연관성이 있을 것으로 추정된다. 특히 오염도가 높고 또 여름철 빈산소 수괴가 형성되어 저서생물이 일시적으로 소멸하는 내만역을 제외한 중앙부 해역의 정점들에서는 다모류의 밀도가 높다. 이것은 이 해역에는 어느 정도의 산소량을 유지하면서 유기물 함량이 높아 먹이가 풍부하기 때문으로 판단된다. 즉 가장 밀도가 높은 정점 10의 경우, 전체 출현 밀도의 약 90% 이상이며, 퇴적물식자이면서 유기오염 지표종인 *Aricidea jefferysii*, *Lumbrineris longifolia* 및 *Paraprionospio pinnata*에 의해 구성되어 있어서 전체 다모류의 평균 밀도를 높히는데 기여하고 있다. 진해만에서 출현하는 주요 개체수 우점종들은 다모류의 *L. longifolia*, *P. pinnata* 및 *T. fragilis* 등이며 이들 3개종 밀도의 합은 전체 밀도의 약 40%에 달하였다. 이들의 분포는 Lim et al. (1995), Lim and Hong (1996)이 상세히 다루었다. 한편, 생물량 우점종은 다양조개류인 *Macoma tokyoensis*, 이매패류인 *Periglypta cf. puerpera*, 그리고 다모류인 *P. pinnata*이며, 이들 3종이 전체 생물량의 45% 이상을 차지하고 있다 (Lim and Hong, 1996). *M. tokyoensis*는 정점군-III에서 출현한 개체수의 1.1%에 불과하지만, 생물량에서는 43.6%를 차지하고 있으며, 정점군-IV에서도 개체수의 점유율은 1.0% 이하를 나타내었으나, 생물량은 10.2%를 차지하였다. 또한 정점군-II에서는 출현생물량의 11.5%를 차지하고 있다. 따라서 이 종은 진해만 입구 해역이 주 분포역이다. *P. puerpera*는 정점군-II에서 42.2%를 차지하고 있으며, 정점군-I에서는 27.2%를 차지하고 있다. 또한 *P. pinnata*는 정점군-I에서 출현한 생물량의 14.3%를 차지하여 높은 점유율을 나타내었다.

2. 저서동물 군집의 정점간. 종간 유사성에 의한 진해만의 해양 환경

저서동물 군집에 대한 집괴분석 결과 정점들은 4개 정점군으로, 출현종들은 6개 종군으로 나누어졌다. 특히 출현종을 기준으로 분석된 4개 정점군은, 환경 인자로부터 주성분 분석을 통해 구분된 4개 정점군과 일치하였다. 따라서 이들 4개 정점군에서의 표층 퇴적물의 유기물 함량 차이가 저서동물 군집의 전반적인 구조 및 분포 양상에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Lim and Hong 1994a). 각 종류의 밀도를 각 정점군에 대해 비교한 결과, 내

만에 상대적으로 높은 밀도로 출현하는 종들로 구성된 B-2, B-3 종군 및 외해역에 높은 밀도로 출현하는 종들로 구성된 A-1, A-2 종군 등으로 서식지가 뚜렷한 양상을 나타내었다.

한편, 집괴분석 결과 구분된 정점군들은 특징적인 환경 (Lim and Hong, 1994a, b)과 생물상을 나타내고 있다 (Table 2).

정점군-I의 경우 마산만 안쪽에 해당되는 정점 1, 2와 진해만 중앙부 안쪽의 고현성만에 해당되는 정점12가 속한다. 정점 1과 2는 마산과 창원 등 인근 도시로부터 유입되는 생활 하수 및 산업 폐수로부터 영향을 받을 가능성이 높고, 만의 구조상 해수 유동이 원활하지 못하며 정체가 심한 곳이다. 또한 정점 12는 인근에 산재해 있는 양식장으로부터의 유기물 유입 및 인근 도시에서 유입되는 하수 등으로부터 영향을 받을 수 있는 해역이다. 수심은 12~22m 범위이며, 퇴적물의 평균 입도는 8.84~9.50φ 범위로서, 다른 정점군들에 비해 상대적으로 가장 세립한 퇴적상을 나타내고 있다. 또한 유기물 함량은 6.27~6.90% 범위로서 다른 3개 정점군에 비해 가장 높아 유기오염이 현저함을 나타낸다. 이와 같은 특성상, 다양도는 4개 정점군 가운데 가장 낮았으며 ($H'=1.07$), 균등도 및 종풍부도 또한 다른 정점군에 비해 낮은 값을 나타내었다 (Table 2). 특히 정점군-I에서는 빈산소 수괴가 5월부터 형성되어 여름철에 특히 강하게 나타나는데, 이 때는 저서동물의 서식이 불가능해져서 출현하지 않았다. 정점군-I의 14개 우점종은 다모류는 12종, 연체동물 2종으로 구성되어 있으며 주요 우점종은 *P. pinnata*, *Raetellops pulchella* 및 *Theora fragilis*였다 (Table 2).

정점군-II는 진해만 중앙부에 해당하는 정점 9, 10, 11이며, 외해수의 영향이 적지만 외해의 저층수가 가덕도 북부까지 밀려오는 경우도 있다. 수심은 13~21m 범위인데 정점 11이 13m로 가장 얇다. 이 해역의 퇴적물 평균 입도는 8.95~9.55φ 범위였으며, 유기물 함량은 4.35~5.23%로 비교적 높다 (Table 2). 다양도는 정점군-I 보다는 높지만 다른 정점군에 비해서는 낮은 편이었으며 ($H'=1.99$), 반면 우점도는 높은 편이었다 ($D=0.20$) (Table 2). 이 해역의 주변에는 양식장이 산재하고 있으며, 특히 굴, 진주담치 등의 수하식 양식이 많이 이루어지고 있다. 따라서 생물기원 유기물이 풍부하지만, 외해수와 외해수 교환이 그다지 원활하지 못한 특성을 가진 진해만의 고유한 환경을 형성하고 있는 해역이라고 할 수 있다. 한편 정점 11에서는 여름철에 빈산소 수괴가 발생하여, 저서동물의 일시적인 폐사가 관찰되었다 (Lim and Hong, 1994a). 정점군-II의 14개 우점종 가운데 13종이 다모

Table 2. Ecological characteristics at each station group in Chinhae Bay

Item	Group	I	II	III	IV
Station No.		1, 2, 12	9, 10, 11	3, 4, 8	5, 6, 7
<i>Environmental</i>					
Depth range (m)		2~22	13~21	10~23	13~38
Mean ϕ		8.84~9.50	8.95~9.55	8.83~9.05	7.46~8.62
SOC range (%)		6.27~6.90	4.35~5.23	3.93~4.43	2.80~-3.40
<i>Ecological</i>					
Total number of species		95	166	185	227
Abundance (ind./m ²)		217	1,280	1,260	1,133
Biomass (g/m ²)		13.71	96.01	133.04	114.04
Mean diversity		1.07 ± 0.14	1.99 ± 0.35	2.81 ± 0.05	3.03 ± 0.12
Mean evenness		0.47 ± 0.03	0.61 ± 0.03	0.71 ± 0.01	0.75 ± 0.03
Mean dominance		0.24 ± 0.07	0.20 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.10 ± 0.03
Mean richness		1.62 ± 0.59	4.09 ± 1.54	7.67 ± 0.10	8.44 ± 0.40
<i>Faunistic</i>					
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	37.1	133.7	34.5	15.0
	<i>Raetellops pulchella</i>	36.5	2.4	12.7	24.6
	<i>Theora fragilis</i>	29.2	18.5	172.3	170.5
	<i>Sigambra tentaculata</i>	16.1	168.0	19.2	6.3
	<i>Lumbrineris longifolia</i>	14.7	338.2	296.4	63.6
	<i>Mediomastus</i> sp.	13.3	56.6	0.6	1.7
	<i>Paraprionospio</i> sp.	12.6	1.8	9.8	2.7
	<i>Nectoneathes multignatha</i>	7.8	5.6	3.3	1.5
	<i>Hesiospina similis</i>	6.0	5.8	2.7	1.0
Dominant species (ind./m ²)	<i>Glycinde gurbanovae</i>	4.0	12.1	48.1	55.6
	<i>Nereis longior</i>	3.2	4.5	13.9	8.8
	<i>Capitella capitata</i>	3.0	0.1	—	—
	<i>Spiochaetopterus</i> cf. <i>costarum</i>	2.8	4.7	55.2	19.5
	<i>Ophiodromus pugettensis</i>	2.7	5.5	4.6	1.9
	<i>Aricidea jeffreysii</i>	1.7	237.1	5.6	1.1
	<i>Sternaspis scutata</i>	0.2	1.7	21.1	96.9
	<i>Tharyx</i> sp.	1.6	55.4	25.8	1.5
	<i>Notomastus</i> sp.	0.2	48.5	15.4	12.6
	<i>Pista cristata</i>	0.2	14.6	33.4	9.8
	<i>Glycera chirori</i>	2.1	9.3	15.3	37.2
	<i>Chaetozone spinosa</i>	0.8	9.1	20.8	3.1
	<i>Chaetozone setosa</i>	0.7	7.5	30.5	3.5
	<i>Magelona japonica</i>	0.6	6.1	118.1	139.9
	<i>Nephtys oligobranchia</i>	0.2	5.0	27.5	14.4
	<i>Heteromastus</i> sp.	0.1	2.4	8.4	63.1
	<i>Praxillella affinis</i>	—	4.5	1.5	21.3
	Euclimeninae unid.	—	—	0.1	17.7
	<i>Ophelina acuminata</i>	0.1	1.3	11.6	17.2
	<i>Amphipolis megapomus</i>	—	0.3	1.4	16.3
	Nemertinea unid.	1.6	9.1	12.7	15.4

류였으며 연체동물이 1종이었다. 가장 우점한 종은 *Lumbrineris longifolia*였으며, *A. jeffreysii*, *S. tentaculata*, 및 *P. pinnata*도 우점종으로 출현하여, 이들 4개 종이 이 해역에서 출현한 개체수의 약 69%를 차지하였다 (Table 2).

정점군-III은 진해만과 마산만의 중간에 위치하고 있는 정점 3, 4, 8로서 수심은 10~23 m의 범위이며 퇴적물의 평균 입도는 8.3~9.05 ϕ 였다. 유기물 함량은 3.93~4.43%인데, 정점군-IV보다는 낮았으나 정점군-I과 II 보

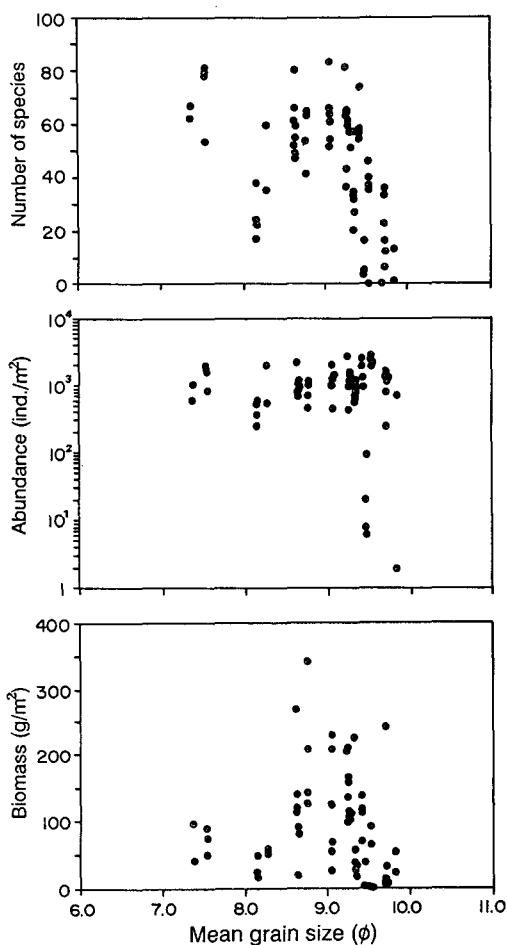


Fig. 12. Relationship between number of species, abundance, biomass and mean grain size (ϕ) in Chinhae Bay.

다는 높았다 (Table 2). 다양도는 정점군-IV 다음으로 높았으며 우점도는 정점군-II 보다는 상대적으로 낮았다. 결국 정점군-III은 가장 외해쪽에 위치한 정점군-IV 보다는 출현종이 적은 반면, 정점군-I 및 정점군-II 보다는 출현종이 많고 생태학적 제지수의 값도 높다. 따라서 정점군-III은 진해만 외해수의 영향도 어느정도 받지만 정점군-I 과 II의 환경영향도 동시에 받아 그 중간적인 성격을 띠는 점이지역 (transitory zone)이라 할 수 있다. 이 해역에서는 *L. longifolia*가 가장 많이 출현하였으며 *T. fragilis* 및 *M. japonica*도 우점적으로 출현하여 이들 3개 종이 정점군-III에서 출현한 개체수의 47%를 점하고 있다 (Table 2).

정점군-IV는 가장 외해에 접해 있는 정점군으로서, 표층 염분의 경우 여름철 낙동강 하구의 담수 영향을 간접적으로 받기도 한다. 수심 범위는 13~38 m로서 정점

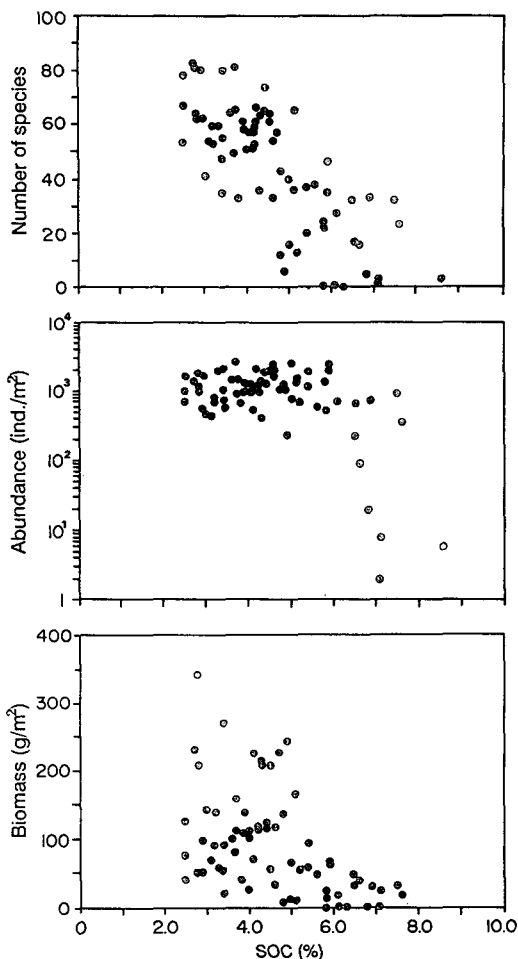


Fig. 13. Relationship between number of species, abundance, biomass and SOC content in Chinhae Bay.

5는 전 정점에서 수심이 가장 깊은 곳이다. 퇴적물 평균 입도는 $7.46\sim 8.62\phi$ 로 다른 정점군에 비해 상대적으로 조립한 해역이며, 유기물량도 다른 정점군에 비해 상대적으로 적은 2.8~3.4%의 범위였다 (Table 2). 본 해역은 다른 정점군에 비해 다모류의 출현 종수가 적은 반면, 극파동물의 출현 종수가 많은 특징을 나타낸다. 다양도 및 균등도는 다른 정점군에 비해 출현종이 다양하여 상대적으로 높았다 ($H'=3.03$, $E=0.75$) (Table 2). 우점종은 *T. fragilis*, *M. japonica*, *S. scutata* 및 *L. longifolia* 등이며, 이들의 평균 밀도는 각각 170.5 개체/ m^2 , 140.0 개체/ m^2 , 96.9 개체/ m^2 및 63.6 개체/ m^2 였다.

3. 정점군별 다양도의 변동과 환경 특성

Sanders (1968)의 희박법을 이용한 진해만 저서동물 군집의 다양도는, 내만에 위치한 정점군-I의 경우 여

름철 빈산소 수괴 형성으로 인한 저서동물의 소멸현상이 극명하게 잘 나타나 다양도가 가장 낮고, 외해역으로 갈수록 점차 회복되어 가는 것을 확인할 수 있었다. 한편 이들의 계절별 변화 양상을 보면, 진해만 내만의 정점군 - I 과 중앙부의 정점군 - II는 여름철 저층수의 산소 결핍 영향이 가을까지 지속되어 가을철에도 다양도가 낮은 양상을 보이며, 정점군 - III과 IV의 경우는 봄, 여름철의 새로운 종의 가입으로 인해 다양도가 높고 가을철과 겨울철의 다양도가 낮은 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다.

결론적으로, 진해만 저서동물 군집은 종 구성에 근거하여 4개의 군집으로 나누어지며, 이들 군집의 분포에 영향을 미치는 환경요인은 퇴적물내의 유기물 함량으로 나타났다. 퇴적상은 종의 분포 패턴과 다양도의 공간분포에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 요인 중의 하나로 알려져 있는데 (Boesch, 1973; Duineveld et al., 1991), 퇴적물의 유기물 함량은 퇴적물의 입도 조성과의 상관 관계가 있기 때문에 ($r=0.71$), 결국 퇴적상과 유기물 함량이 동시에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서, 진해만의 경우 퇴적물의 입도가 세립해질수록, 그리고 유기물 양이 증가할수록 저서동물의 출현종, 밀도, 생물량은 감소하는 경향을 나타낸다 (Fig. 12, 13). 또한 퇴적물의 유기물 함량은 저서동물의 출현 종수와 개체수 면에서 우점한 다모류 군집에 영향을 미치게 되고, 이러한 다모류 군집이 진해만 전체의 저서동물 군집의 구조에도 영향을 미치게 되는 것으로 판단된다. 그리고 내만의 경우 여름철에는 수온 약층의 형성 및 유기물 분해로 인한 용존산소 고갈로 인한 빈산소수괴의 출현이 저서동물 군집에 영향을 미쳐, 출현종수, 밀도, 생물량 및 다양도의 차이를 극명하게 나타내고 있다.

요 약

진해만의 저서동물 군집에 대해 Lim and Hong (1994a, b)에 근거하여, 이들의 종구성, 밀도, 생물량 및 생태학적 제지수 (다양도, 균등도, 우점도, 종풍부도)를 분석하고 환경요인과의 관계를 논의하였다. 전 조사기간 동안 총 287종이 채집되었으며, 밀도는 1045.5 개체/ m^2 , 생물량은 98.48 g/ m^2 였다. 갑각류가 91종으로서 전체 출현종의 31.7%를 차지하였으며, 다모류가 88종 (30.7%), 연체동물이 56종 (19.5%)으로서 이들 3개 분류군이 전체 출현종의 81.9%를 차지하였다. 한편 극피동물이 22종, 자포동물과 기타 동물군은 30종 출현하였다. 밀도는 다모류가 가장 우점하여 824.7 개체/ m^2 (78.6%), 연체동물은 146.2 개체

/ m^2 (14.4%), 갑각류는 50.5 개체/ m^2 (4.6%)였다. 또한 극피동물은 13.4 개체/ m^2 , 기타 동물군은 10.7 개체/ m^2 가 출현하였다. 생물량은 연체동물이 54.62 g/ m^2 로서 가장 우점하였으며, 다모류는 21.74 g/ m^2 , 극피동물은 6.66 g/ m^2 였다. 본 조사 해역은 유기 오염도가 낮은 외해역 정점에서 오염도가 높은 내만 정점역으로 들어가면서, 종 풍부도, 다양도 및 균등도 등의 생태학적 제지수가 감소하고, 우점도는 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 주요 우점종은 다모류인 *Lumbrineris longifolia*와 *Paraprionospio pinnata*, 소형 이매패류인 *Theora fragilis*로서 이들의 서식밀도가 전체 밀도의 약 40%를 차지하였다. 또한 내만역의 정점들에서는 빈산소 수괴의 출현으로 저서동물 군집의 계절 변동이 큰 반면, 상대적으로 외해역은 계절적으로 그다지 큰 변동을 보이지는 않았다. 출현종에 근거한 집괴분석의 결과 진해만은 4개의 정점군과 6개의 생물군으로 나눌 수 있었다. 즉, 내만역에 위치하여 도시하수나 산업폐수 등의 인위적인 영향을 받기 쉬운 정점군 - I (G-I), 진해만 중앙부에 위치한 해역인 정점군 - II (G-II), 외해역에 위치한 정점군 - IV (G-IV) 및 이들 3개 정점군의 중간에 위치한 정점군 - III (G-III)으로 나누어졌다. 출현종에 기초한 정점군은 환경요인의 주성분 분석을 통하여 구분한 정점군과 대체로 잘 일치하였다. 또한 진해만의 저서동물 군집의 전반적인 계절별 공간분포는 다양도 분석 결과에서도 분명하게 나타나고 있으며, 주로 퇴적물 내의 유기물 함량에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Ansari, Z. A., S. Ingole and A. H. Parulekar. 19686. Effect of high organic enrichment of benthic polychaete population in an estuary. *Mar. Pollut. Bull.*, 17 (8) 1, 316~365.
- Boesch, D. F. 1973. Classification and community structure of macrobenthos in the Hampton Roads Area, Virginia. *Mar. Biol.*, 21, 226~224.
- Choi, J. W. and C. H. Koh. 1984. A study on the polychaete community in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 19 (2), 153~162.
- Duineveld, G. C. A., A. Kunitzer, U. Niermann, P. A. W. J. De Wilde and J. S. Gray. 1991. The macrobenthos of the North sea. *Netherlands J. Sea Res.*, 28 (1/2), 53~65.
- Gray, J. S. 1976. The fauna of the polluted River Tees estuary. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 4, 653~676.
- Hong, J. S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay System, Korea. *J. Oceanol.*

- 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. Oceanol. Soc. Korea, 18 (2), 169~179.
- Kim, H. G. 1990. Characteristics of flagellate red tide and environmental conditions in Masan Bay. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 43, 1~40 (in Korean).
- Kitamori, R. and H. Kan-no. 1967. On the benthonic communities of Matsushima Bay. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 27, 77~92.
- KORDI. 1989. A study on the coastal water pollution and monitoring (II). KORDI Tech. Rep. BSPG 00083-242-4. 360 pp.
- KORDI. 1995. A study on coastal zone utilization and integrated management (I). KORDI Tech. Rep., BSPN 00 260-807-6, 865 pp.
- Lee, J. H. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast. Korea. Publ. Inst. Mar. Sci., Mat'l. Fish. Univ. Busan, 9, 49~70.
- Lee, K. W., G. H. Hong, D. B. Yang and S. H. Lee. 1981. Sea water quality and red tides in Jinhae Bay: I. Relationships between water quality parameters and red tides. J. Oceanol. Soc. Korea, 16 (2), 43~48.
- Lim, H. S. and J. S. Hong. 1994 a. Ecology of the macrobenthic community in Chinhae Bay, Korea. 1. Benthic environment. Bull. Korean Fish. Soc., 27 (2), 200~214 (in Korean).
- Lim, H. S. and J. S. Hong. 1994 b. An environmental impact assessment based on the benthic macrofauna in Chinhae Bay-An application of some graphic methods by distribution pattern of individuals among species. Bull. Korean Fish. Soc., 27 (5), 659~672 (in Korean).
- Lim, H. S. and J. S. Hong. 1996. Ecology of the macrobenthic community in Chinhae Bay, Korea. 2. Dominant species. Bull. Korean Fish. Soc. (in press) (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 macrobenthos at Yoja Bay in summer. Ocean 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. Bull. Korean Fish. Soc., 25 (2), 115~132 (in Korean).
- Margarlef, R. 1958. Information theory in ecology. General Systematics, 3, 36~71.
- MOE (Ministry of Environment). 1991. Technical report on the pollution in Chinhae Bay. MOE Tech. Rep. pp. 502 (in Korean).
- Pae, S. J. and S. J. Yoo. 1991. Short term variability of the phytoplankton population in Masan Bay. I. Dynamics. J. Oceanol. Soc. Korea, 26 (1), 67~76.
- Park, J. S. 1980. Studies on seasonal changes in population and species composition of phytoplankton and their effects on oysters and local fishery resources as food organisms and as a cause of red tide in the south coast of Korea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 23, 7~92 (in Korean).
- Park, J. S. 1982. Studies on the characteristics of red tide and environmental conditions in Jinhae Bay. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 28, 55~88 (in Korean).
- Park, J. S. and J. D. Kim. 1967. A study on the red-water caused at Chinhae bay. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 1, 65~79 (in Korean).
- Pielou, E. C. 1996. 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. Am. Nat., 102, 243~282.
- Shannon, C. E. and W. Wiener. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Univ. of Illinois Press, 125 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 (4), 184~193.
- 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., S. G. Kang and C. H. Koh. 1992 a. Benthic polychaete community in the southern area of Kyeonggi Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 27 (2), 164~172 (in Korean).
- Shin, H. C., S. S. Choi and C. H. Koh. 1992 b. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, southeastern Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 27 (1), 46~54 (in Korean).
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163, 1~688.
- Yi, 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, K. I. and J. H. Lee. 1980. Environmental studies of the Jinhae Bay 3. Ecological succession of phytoplankton population. J. Oceanol. Soc. Korea, 15 (2), 100~107.

1996년 9월 6일 접수

1997년 2월 28일 수리