

## 남해안 소리도 주변 연성저질 해역의 저서동물 분포

임현식<sup>+</sup> · 최진우<sup>\*</sup>

목포대학교 해양자원학과, \*한국해양연구원 장목분소 생물연구단

## Macrobenthic Community in the Soft Bottom around Sorido Island, Southern Coast of Korea

Hyun-Sig LIM<sup>+</sup> and Jin-Woo CHOI<sup>\*</sup>

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

\*Biological Oceanography Division, KORDI, Changmok, Koje 656-830, Korea

The community structure of macrobenthos was investigated around Sorido Island, southern coast of Korea between August 1996 and April 1997. Triplicate macrobenthic samples were taken seasonally at twelve stations in August and November 1996 and fourteen stations in February and April 1997 by van Veen grab (0.1 m<sup>2</sup>). A total of 217 macrobenthic species were identified during study period; 80 species were from polychaetes, 60 species from crustaceans, and 46 species from mollusks. The mean density of macrobenthos estimated 1,068 ind/m<sup>2</sup>, and polychaetes comprised 85% of total density. The mean biomass was 110.2 g/m<sup>2</sup>, and echinoderms contributed to more than a half of the biomass. Major dominant species based on abundance were three polychaetes *Tharyx* sp., *Lumbrineris longifolia*, and *Magelona japonica*, which frequently occur in the coastal area enriched by organic pollution. The densities of the species were 582 ind/m<sup>2</sup>, 72 ind./m<sup>2</sup>, and 41 ind./m<sup>2</sup>, respectively. These species showed very low density in the offshore area. The study area was classified into four regions each sustaining specific macrofaunal assemblages by Bray-Curtis cluster analysis: a station group adjacent to the Kwangyang Bay and Yosu harbour and three station groups around Sorido Island. There were negative correlations between the concentration of PAHs in sediments and the abundance of Ampeliscidae spp. and Amphipoda. These results were discussed in terms of both environmental factors and distribution of benthic community.

**Key words:** Macrobenthos, Community, Sorido, Amphipoda, PAHs

### 서 론

여수반도 남단에 위치한 소리도 주변해역은 외해에 면해 있어 주변 육상으로부터의 영향이 크지 않은 해역이다. 그러나 이 해역에서는 1995년 7월 23일 유조선 Sea Prince호에 의한 유류 유출 사고로 인하여 약 5,000톤의 연료유와 원유가 유출되어 극심한 유류 오염이 발생하였다. 또한 1995년 11월 17일에는 인근 광양만 입구에서 호남 싸파이어호의 부두충돌 사고로 인하여 약 1,402 kL의 아라비아 산 원유가 유출되는 사고가 발생하였다. 그 결과 남해안의 여수, 여천 일대의 해역에서는 수산업에 막대한 피해가 생겼고, 또한 유류 오염으로 인한 생태계 변화를 파악하기 위한 필요성이 사회적인 문제로 대두되었다. 따라서 소리도 유류 오염사고 발생 후 약 1년이 경과한 시점부터 해양생태계 전반에 대한 조사 연구가 수행되었거나 수행되고 있다 (KORDI, 1997; 서울대학교, 1999).

지금까지 우리나라에서는 유류 오염이 발생할 경우 생태학적인 측면보다는 양식업에 미치는 영향을 예측하는 관점에서 몇 가지 기초적인 연구가 수행되었다. Kang and Yoo (1993)는 휘발유, 원유, 경유가 미역 (*Undaria pinnatifida*)의 초기 생활사에 미치는 영향에 대해 조사하였으며, Je et al. (1991)은 유류 오염과 유채리체가 조간대에 서식하는 총알고둥, 대수리, 좁쌀무늬총알고둥에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 양식 어류 수정란의 부화율과 자

어의 생존능력에 미치는 유류 독성의 영향 (Lee et al., 1999)과 유류 오염이 어체의 생리에 미치는 영향 (Kang and Choi, 1997) 등에 대한 연구들이 수행되어 기름 오염이 해양생태계 및 수산자원에 미치는 영향을 간접적으로 파악할 수 있도록 하였다.

외국의 경우 유류 오염이 저서생태계에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구들이 수행되었다 (Dauvin, 1987; Dean et al., 1996; Elmgren et al., 1983; Hartley, 1984; Kingston, 1987, 1992; Mair, 1987). 그러나 우리나라에서는 1993년부터 1998년까지 매년 약 400여건씩 총 2,530여건의 크고 작은 기름 유출 사고로 인해 38,300 kL의 기름이 유출되어 생태계에 많은 영향을 미쳤으며, 약 2,600억원의 어업피해가 발생하였음에도 불구하고 (환경부, 1999), 생태계 분야에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 실정이다.

유류 오염에 의한 생태계의 영향은 유류오염이 발생한 이후 가능한 빠른 시간 내에 조사가 진행되어야만 생태계의 피해 정도와 회복되는 과정을 파악할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 유류 오염이 발생한 이후 약 1년이 경과한 상태에서 현장 조사가 진행되었기 때문에 가장 변화가 클 것으로 예상되는 유류오염 직후부터의 생태계 변동과정을 뚜렷하게 추적하지는 못하였다. 아울러 본 조사해역 주변에서 수행된 저서동물 군집 연구는 광양만 내만 (Shin and Koh, 1990; Jung et al., 1995)과 가막만 (Shin, 1995), 앵강만 (Lim et al., 1999) 등 주로 내만에서 이루어졌기 때문에, 비교적 외해역인 소리도를 포함한 해역에서 이루어진 본 연구 결과들과는 자료의 비교가 어려운 실정이다. 따라서 지금까지 우리나라에서 유류 오염이 발생한 현장에서의 저서동물 군집에 대한

<sup>+</sup>Corresponding author: hslim@chungkye.mokpo.ac.kr

조사가 거의 이루어지지 않은 점을 고려하면 본 연구결과들은 향후 이 해역에서의 저서생태계 변동을 파악할 수 있는 기본자료로써 활용될 것으로 판단된다.

재료 및 방법

광양만 입구에서부터 소리도 주위에 이르는 해역을 대상으로 여름철인 1996년 8월, 가을철인 11월에는 12개 조사 정점을 설정하고, 겨울철인 1997년 2월과 봄철인 4월에는 두 개 정점을 추가하여 14개 정점에서 총 4회에 걸쳐 조사가 이루어졌다 (Fig. 1). 저서생물의 채집은 van Veen grab (표면적 0.1 m<sup>2</sup>)을 사용하여 매 정점당 3회씩 퇴적물을 인양하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 망목크기가 1 mm인 체를 사용하여 해수로 걸렀으며, 체에 남은 시료를 플라스틱 시료병에 담고 Borax로 중화된 10% 포르말린으로 고정된 다음 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 저서동물을 동물군별로 선별하였다. 선별된 저서동물은 0.01 g까지 읽을 수 있는 전자저울을 이용하여 동물군별로 습중량을 측정하였으며, 종 수준까지 동정한 다음 종별 개체수를 세었다. 동정된 자료는 단위 면

적당 개체수로 환산하였으며, 주요 개체수 우점종을 선별하였다. 군집의 구조 분석을 위하여 종 다양도 지수 (Shannon and Wiener, 1963), 균등도 지수 (Pielou, 1966)를 구하였다. 조사해역 각 정점들간의 집괴 분석은 Bray-Curtis 유사도 공식 (Bray and Curtis, 1957)을 이용하였으며 가중평균결합법으로 각 정점들을 결합하였다. 자료의 분석에는 MVSP 3.1 통계 프로그램을 이용하였다. 각 정점별 퇴적물의 PAHs량, 유기물 함량, 입도 및 퇴적상에 대한 자료는 같은 시기에 조사된 KORDI (1997) 자료를 사용하였다. 또한 PAHs와 Ampeliscidae spp. 및 Amphipoda 밀도와와의 상관관계 수 (Spearman rank correlation coefficient)를 계산하고 유류 오염이 저서동물에 미치는 영향을 고찰하였다.

결 과

1. 조사해역의 환경

조사기간 동안 조사해역의 평균수온은 2월의 9.6°C에서 9월의 25.1°C 범위였다. 정점별 수온의 분포를 보면, 8월은 소리도 서쪽의 정점 11에서 25.5°C로 가장 높았고, 돌산도 동쪽에 위치한 정점 5와 6에서 각각 24.5°C로 가장 낮았다. 11월은 소리도 남쪽인 정점 10에서 15.8°C로 가장 높았고, 소리도 동쪽에 위치한 정점 9에서 14.2°C로 가장 낮았다. 정점간 수온의 차이가 가장 크게 나타났던 1월은 정점 10에서 11.2°C로 가장 높았고, 광양만 입구의 정점 1에서 7.2°C로 가장 낮았다. 대체적으로 외해의 영향을 많이 받는 소리도 주변 정점의 수온이 높은 경향이었다. 수온 차가 가장 적게 나타났던 4월은 내만의 정점 1에서 15.4°C로 가장 높았고, 소리도 동쪽에 위치한 정점 7에서 14.7°C로 가장 낮았다 (Yoo et al., 1999).

표층 평균염분은 8월의 31.5‰에서 4월의 33.5‰ 범위였다. 정점별 염분의 분포를 보면 8월에는 정점 1에서 32.1‰로 가장 높았고, 돌산도 북쪽에 위치한 정점 4에서 31.0‰로 가장 낮았다. 염분차가 가장 크게 나타났던 11월은 소리도 동쪽의 정점 9에서 33.7‰로 가장 높았고, 내만의 정점 1에서 32.0‰로 가장 낮았다. 또 염분차가 적게 나타났던 1월과 4월에는 소리도와 돌산도 부근의 정점에서 다소 높은 염분을 나타내었고 여수주변으로부터 광양만 입구에 이르는 내만 정점들에서는 다소 낮았으나 대체적으로 고른 분포를 보였다 (Yoo et al., 1999).

각 정점별 퇴적물 구성을 보면, 자갈 함량은 소리도에 인접한 정점 10에서는 46%에 달하였으며, 그 밖의 정점들에서는 포함되지 않았거나 1% 미만의 낮은 값이었다. 모래 함량은 정점 10과 12의 28.0%와 2.5%를 제외하고는 정점 11의 46.2%~정점 7의 80.9%의 범위를 나타내었다. 소리도 서측과 동측의 일부 정점들을 제외하고는 모두 50% 이상의 함량을 보였다. 펄의 함량은 정점 12가 약 98%로 가장 높았고, 정점 6, 8, 11에서는 50% 이상을 나타낸 반면 그 밖의 정점들은 50% 미만이었다. 평균 입도는 정점 10이 1.03 φ로서 가장 조립하였으며, 정점 12는 6.78 φ로서 세립한 양상을 나타냈다. 그 외의 정점들에서는 정점 7의 2.43 φ~정점 8과 11의 4.71 φ 범위였다. 전체적으로 점토성모래 혹은 자갈이 함유된 점토성 모래질의 퇴적상을 나타내었다 (Table 1).

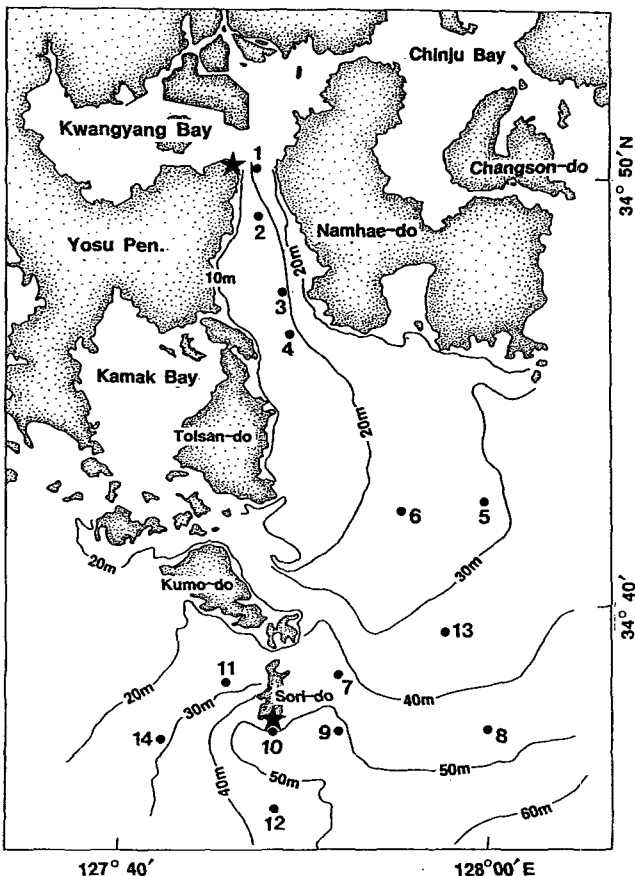


Fig. 1. A map showing the study area and sampling stations. The asterisk in the entrance of Kwangyang Bay indicates the wrecked area of the Honam Shapire Oil tanker, and another one in the Sorido Island, the grounded area of the Sea Prince Oil tanker in 1995.

Table 1. The sediment properties at each sampling station around Sorido Island, southern coast of Korea

| Station | Sediment composition (%) |      |      |      | Sediment type<br>(by Folk) | Mz ( $\phi$ ) | Organic matter<br>(%) | PAHs (ppm)<br>(Aug. 1996) |
|---------|--------------------------|------|------|------|----------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|
|         | Gravel                   | Sand | Silt | Clay |                            |               |                       |                           |
| 1       | 0                        | 62.0 | 26.3 | 11.7 | mS                         | 4.03          | 5.39                  | 0.47                      |
| 2       | —                        | —    | —    | —    | —                          | —             | —                     | —                         |
| 3       | 0                        | 72.7 | 20.2 | 7.1  | mS                         | 4.12          | 5.54                  | 0.55                      |
| 4       | —                        | —    | —    | —    | —                          | —             | —                     | —                         |
| 5       | 0.2                      | 64.4 | 24.0 | 11.4 | (g)mS                      | 3.72          | 0.13                  | 5.33                      |
| 6       | 0.1                      | 46.6 | 36.9 | 16.4 | (g)sM                      | 4.59          | —                     | 4.11                      |
| 7       | 0.8                      | 80.9 | 13.1 | 5.2  | (g)mS                      | 2.43          | 0.81                  | 3.63                      |
| 8       | 0.1                      | 48.7 | 32.0 | 19.2 | (g)sM                      | 4.71          | 1.42                  | 7.75                      |
| 9       | 0                        | 68.7 | 20.4 | 10.9 | mS                         | 3.46          | 0.71                  | 4.67                      |
| 10      | 45.7                     | 28.0 | 25.1 | 1.2  | msG                        | 1.03          | 0.83                  | 6.90                      |
| 11      | 0                        | 46.2 | 35.9 | 17.9 | sM                         | 4.71          | 0.68                  | 7.84                      |
| 12      | 0                        | 2.5  | 71.7 | 25.8 | M                          | 6.78          | 3.26                  | —                         |
| 13      | 0.3                      | 55.5 | 28.7 | 15.5 | (g)mS                      | 4.19          | 4.48                  | —                         |
| 14      | —                        | —    | —    | —    | —                          | —             | —                     | —                         |

퇴적물내의 유기물 함량은 광양만 입구에 위치한 정점 1과 2에서 각각 5.39% 및 5.54%로서 높은 값이었으며, 외해로 나오면서 점차 감소하는 경향이었으나 정점 12와 13에서도 각각 3.26% 및 4.48%로서 비교적 높은 값을 나타냈다. 그러나 정점 8에서 1.42%를 제외하고는 외해역에 위치한 소리도에 인접한 다른 정점들에서는 1% 미만의 낮은 유기물 함량을 나타내었다 (Table 1).

2. 계절별 종 조성

조사기간 동안 총 217종의 저서동물이 출현하였으며, 다모류가 80종으로서 전체 출현종수의 약 37%, 갑각류는 60종으로서 약 28% 그리고 연체동물은 46종으로서 약 21%를 차지하였다 (Table 2). 밀도는 1,068 개체/m<sup>2</sup>였는데 다모류가 904 개체/m<sup>2</sup>로서 전체 밀도의 약 85%를 차지하였다. 다모류를 제외하고는 대체로 유사한 밀도를 나타내어 극피동물이 59 개체/m<sup>2</sup>, 연체동물은 54 개체/m<sup>2</sup>였다. 생체량은 110.02 g/m<sup>2</sup>였으며, 극피동물의 생체량이 가장 우점하여 57.62 g/m<sup>2</sup>로서 전체 생체량의 약 52%를 차지하였다. 출현종수와 밀도가 가장 많은 다모류는 25.06 g/m<sup>2</sup>로서 전체 생체량의 약 23%였다.

계절적으로는 여름철과 가을철에는 각각 135종 및 140종이 출현하여 다른 계절에 비해 상대적으로 많은 종 수였으며, 겨울철인 2월에는 106종으로서 상대적으로 적은 종이 출현하였다. 봄철에는 129종이 출현하여 겨울철에 비해 증가된 양상이었다. 전 계절을 통하여 다모류의 출현종수가 가장 우점하여 8월의 52종~4월의 64종 범위였으며 각 계절별 전체 출현종수에 대한 점유율은 8월의 39%~2월의 56% 범위였다. 연체동물은 겨울철에 상대적으로 가장 적은 10종 (9%)이 출현하였으며, 가을철에는 29종 (21%)이 출현하였다. 갑각류는 가을철에 39종 (28%)으로서 가장 많은 종이 출현하였으며 봄철에는 상대적으로 적은 18종 (14%)이 출현하여, 다모류 다음으로 우점한 동물군이였다. 한편 극피동물은 여름철과 가을철에 각각 14종으로서 전체 출현종수에 대해 약 10%를 차지하였다.

서식 밀도는 겨울철에 700 개체/m<sup>2</sup>로서 조사기간 중 가장 낮았으며

여름철에는 1,482 개체/m<sup>2</sup>로서 가장 높았다. 또한 가을철인 11월에는 1,084 개체/m<sup>2</sup>가 출현하였으며, 봄철에는 1,172 개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다. 전계절을 통하여 다모류의 밀도가 우점하여 각 계절별 출현밀도의 약 82% 이상을 차지하였으며 겨울철의 641 개체/m<sup>2</sup>~여름철의 1,206 개체/m<sup>2</sup> 범위를 나타냈다. 연체동물과 갑각류의 출현 밀도는 상대적으로 적었으며, 여름철인 8월에는 극피동물이 123 개체/m<sup>2</sup> 출현하였다.

한편, 생체량은 여름철에 131.22 g/m<sup>2</sup>이 출현하여 전계절을 통해 가장 높은 값이었다. 이 가운데 극피동물이 85.91 g/m<sup>2</sup>으로 가장 우점하였으며, 다모류의 경우에도 26.81 g/m<sup>2</sup>이 출현하였다. 연체동물은 13.17 g/m<sup>2</sup>이 채집되어 상대적으로 적은 생체량을 나타냈다. 가을철인 11월에는 81.19 g/m<sup>2</sup>으로 나타났으며, 극피동물이 29.77 g/m<sup>2</sup>로서 가장 많았고 다모류가 18.92 g/m<sup>2</sup>이었다. 겨울철에는 113.04 g/m<sup>2</sup> 가운데 극피동물이 69.85 g/m<sup>2</sup>으로서 가장 많았으며 다모류가 22.50 g/m<sup>2</sup>이었다. 봄철에도 극피동물이 44.94 g/m<sup>2</sup>으로서 전체 생체량의 약 39%, 다모류는 30.22 g/m<sup>2</sup>으로서 26%를 차지하였다.

3. 공간 분포

조사 해역에서 출현한 저서동물 종 수는 광양만 입구의 여수반도와 남해도 사이에 위치한 정점 2에서 48종이 출현하여 가장 적은 반면, 정점 1에서는 96종이 출현하여 가장 많았다 (Fig. 2). 또한 소리도 주변의 정점 9, 11 및 12에서는 80종 이상의 출현종수를 나타낸 반면, 돌산도와 금오도 주변 및 소리도 서측 해역의 정점들에서는 70종 미만이 출현하였다. 한편 2계절만 조사된 정점 13과 14에서는 각각 60종 및 67종이 출현하였으며, 소리도에 가장 인접한 정점 10에서는 주변의 정점들보다 적은 69종이 출현하였다. 정점 1과 2는 인접된 정점임에도 불구하고 출현종수의 차이가 크게 나타났는데, 정점 1에서는 다모류가 47종인 반면 정점 2에서는 28종이었다. 그 밖의 정점들의 다모류 출현종수는 정점 13의 31종~정점 7의 41종 범위였다. 정점 2, 3, 4에서는 연체동물의 출현

Table 2. Number of species, abundance and biomass of the macrobenthos collected at fourteen stations around Sorido Island between August 1996 and April 1997

| Taxon                               | Aug. 1996    | Nov. 1996    | Feb. 1997    | Apr. 1997    | Total        |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Number of species                   | 135          | 140          | 106          | 129          | 217          |
| Polychaeta                          | 52 (38.5)    | 56 (40.0)    | 59 (55.6)    | 64 (49.6)    | 80 (36.9)    |
| Mollusca                            | 26 (19.3)    | 29 (20.7)    | 10 (9.4)     | 27 (20.9)    | 46 (21.2)    |
| Crustacea                           | 37 (27.4)    | 39 (27.9)    | 20 (19.0)    | 18 (14.0)    | 60 (27.6)    |
| Echinodermata                       | 14 (10.4)    | 14 (10.0)    | 8 (7.5)      | 12 (9.3)     | 18 (8.3)     |
| others                              | 6 (4.4)      | 2 (1.4)      | 9 (8.5)      | 8 (6.2)      | 13 (6.0)     |
| Mean density (ind./m <sup>2</sup> ) | 1,514        | 1,084        | 700          | 1,172        | 1,068        |
| Polychaeta                          | 1,206 (81.8) | 906 (83.5)   | 641 (91.6)   | 992 (84.6)   | 904 (84.6)   |
| Mollusca                            | 101 (6.7)    | 21 (2.0)     | 10 (1.4)     | 95 (8.1)     | 54 (5.0)     |
| Crustacea                           | 35 (2.3)     | 61 (5.7)     | 19 (2.8)     | 8 (0.7)      | 30 (2.8)     |
| Echinodermata                       | 123 (8.1)    | 78 (7.2)     | 13 (1.9)     | 38 (3.2)     | 59 (5.5)     |
| others                              | 16 (1.1)     | 18 (1.6)     | 17 (2.4)     | 39 (3.3)     | 22 (2.1)     |
| Biomass gwwt/m <sup>2</sup> )       | 131.21       | 81.19        | 113.04       | 114.61       | 110.02       |
| Polychaeta                          | 28.61 (21.8) | 18.92 (24.4) | 22.50 (19.9) | 30.22 (26.4) | 25.06 (22.8) |
| Mollusca                            | 13.17 (10.0) | 3.76 (4.6)   | 13.41 (11.9) | 27.85 (24.3) | 14.55 (13.2) |
| Crustacea                           | 2.50 (1.9)   | 16.85 (20.7) | 5.26 (4.6)   | 1.52 (1.3)   | 6.54 (5.9)   |
| Echinodermata                       | 85.91 (65.5) | 29.77 (36.7) | 69.86 (61.8) | 44.94 (39.2) | 57.62 (52.4) |
| others                              | 1.02 (0.8)   | 11.89 (14.6) | 2.01 (1.8)   | 10.09 (8.8)  | 6.25 (5.7)   |

( ): proportion (%)

종수가 8종 미만이었으며, 정점 10과 12에서도 8종 미만이었다. 그러나 소리도 서측의 정점 7, 8, 9, 13에서는 13종 이상의 출현종수를 보였다.

밀도는 소리도에 인접한 정점 10에서 341 개체/m<sup>2</sup>로서 전 정점 가운데 가장 낮았으며, 정점 7에서도 352 개체/m<sup>2</sup>로서 상대적으로 낮았다 (Fig. 3). 또한 정점 12, 13 및 14에서도 462 개체/m<sup>2</sup>, 381 개체/m<sup>2</sup> 및 496 개체/m<sup>2</sup> 등으로 낮게 나타났다. 그러나 여수반도와 돌산도 및 금오도와 남해도 사이에 위치한 정점 1과 정점 6 사이에서는 1,000 개체/m<sup>2</sup> 이상의 높은 밀도를 나타내어 대조적이었는데, 이들 정점들에서는 다모류 점유율이 90%를 상회하였다. 특히 정점 3에서는 3,261 개체/m<sup>2</sup>의 저서동물이 출현하여 가장 높은 밀도였는데 다모류가 3,096 개체/m<sup>2</sup>로서, 이 가운데 *Tharyx* sp.가 2,500 개체/m<sup>2</sup>나 출현하였다. 반면 상대적으로 외해역인 소리도 주변의 정점들에서는 1,000 개체/m<sup>2</sup> 미만의 밀도였는데, 다른 정점들에 비해 다모류의 밀도 점유율이 상대적으로 낮았다. 전 정점에서 다모류의 밀도 점유율이 다른 분류군에 비해 높았으나 정점 11에서는 극피동물의 점유율이 46%로서 다모류 점유율을 상회하였다.

전 조사기간 동안 평균 생체량은 출현종수가 가장 적고 밀도는 상대적으로 높은 정점 2에서 34.04 g/m<sup>2</sup>로서 가장 낮았다. 소리도 주변의 정점들 가운데 밀도가 상대적으로 높은 정점 11에서는 생체량이 가장 높아 269.24 g/m<sup>2</sup>이 출현하였다 (Fig. 4). 특히 정점 11에서는 극피동물의 생체량이 전 정점들 가운데 가장 높아 223.62 g/m<sup>2</sup>이었으며, 이 정점에서 출현한 생체량의 약 83%를 점유하였다. 정점 9에서도 생체량은 251.31 g/m<sup>2</sup>로서 높았는데 극피동물이 약 87%를 차지하였다. 생체량의 전반적인 공간분포 양상은 소리도 주변에

위치한 정점들에서는 138.41 g/m<sup>2</sup>~269.24 g/m<sup>2</sup>로 높고 연체동물과 극피동물의 생체량 점유율이 높았다. 그러나 돌산도 및 금오도 동측에 위치한 정점들은 34.04 g/m<sup>2</sup>~91.09 g/m<sup>2</sup> 범위로서 낮고 다모류의 생체량 점유율이 높았다. 특히 정점 1부터 정점 4까지는 다모류의 생체량 비율이 40%~81% 범위로서 높았다. 그러나 외해역으로 나오면서 다모류의 생체량 구성 비율은 감소하며, 연체동물과 극피동물의 생체량이 차지하는 비율이 증가하는 양상이었다.

#### 4. 주요 우점종 및 시·공간분포

조사 해역에서 출현한 저서동물 가운데 각 종별 밀도가 전체 밀도에서 차지하는 비율이 약 1% 이상인 종들은 11종으로서 다모류 7종, 극피동물 3종, 이매패류 1종으로 구성되어 있었으며, 이들 밀도의 합이 전체 밀도의 79%를 차지하였다 (Table 3).

가장 우점한 종은 다모류인 *Tharyx* sp.로서 13개 정점에서 출현하였으며, 전 정점 평균 582 개체/m<sup>2</sup>로서 전체 밀도의 54%를 차지하였다. 이 종은 여수반도와 남해도 사이에 위치한 퇴적물 입도가 상대적으로 세립한 정점들에서 높은 밀도를 보였으며, 소리도 주변에 위치한 정점들 (정점 7, 9, 10, 11)에서는 15 개체/m<sup>2</sup> 미만의 낮은 밀도를 나타냈다 (Fig. 5). 정점 3에서는 평균 2,502 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 전 정점 가운데 가장 높은 밀도였는데, 이 정점에서 출현한 전체 밀도의 80%를 차지하였다. 특히, 1996년 11월에는 4,303 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 전체계를 통하여 가장 높은 밀도였다. 또한 정점 4와 6에서도 높은 서식밀도를 나타내었다. 계절적으로는 1997년 2월의 243 개체/m<sup>2</sup>~1996년 8월의 871 개체/m<sup>2</sup> 범위로서 여름철에 밀도가 높고, 가을철부터 감소하여 겨울철에는

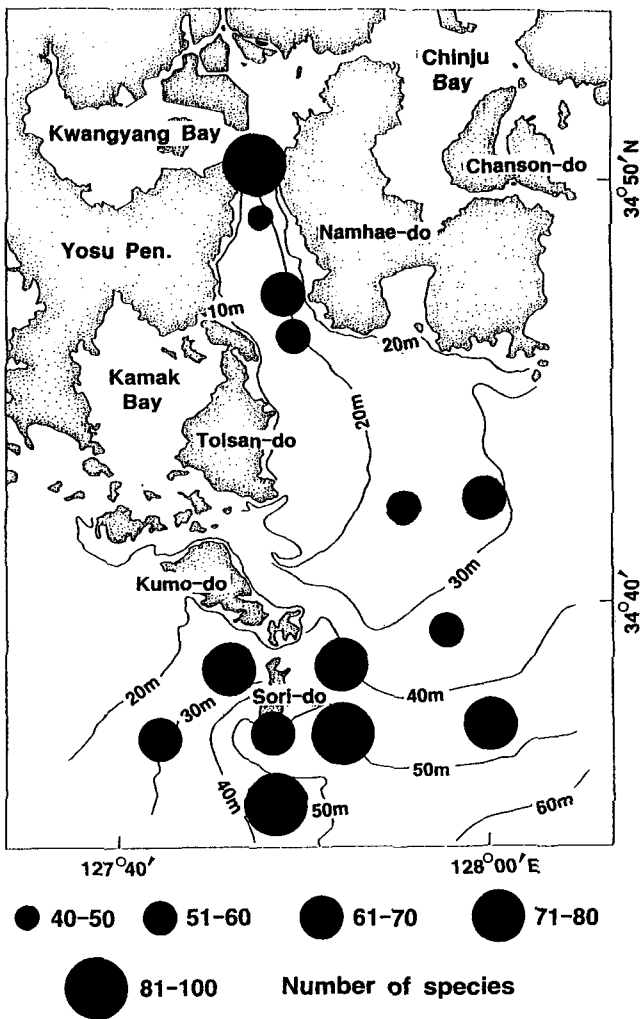


Fig. 2. The number of species of macrobenthos in the study area. Macrobenthos from August 1996 to April 1997 at each station were pooled.

상대적으로 낮은 밀도를 나타내었다 (Table 3).

다모류인 *Lumbrineris longifolia*는 두 번째 우점종으로서 14개 전 정점에서 출현하였다. 전 정점 평균 72 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로서 전체 밀도의 7%를 차지하였다 (Table 3). 이 종은 여수반도와 남해도 사이에 위치한 정점들에서 밀도가 높았는데, 정점 1에서는 234 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 정점들 가운데 이 종의 밀도가 가장 높았다. 또한 정점 3과 14에서도 각각 198 개체/m<sup>2</sup> 및 168 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였으나, 소리도 주변의 정점들에서는 100 개체/m<sup>2</sup> 미만의 낮은 밀도를 나타냈다 (Fig. 5). 이 종은 겨울철에는 111 개체/m<sup>2</sup>로서 밀도가 다른 계절에 비해 높았으며, 가을철에는 29 개체/m<sup>2</sup>로서 가장 낮은 밀도였는데 계절적인 분포역의 변화는 거의 없었다.

다모류인 *Magelona japonica*는 세 번째 우점종으로서 계절적인 분포역의 변화가 없이 광양만 입구 해역으로부터 소리도 주변에 이르는 14개 전 정점에서 출현하였으며, 평균 41 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로서 전체 밀도의 4%를 차지하였다 (Table 3). 가장 밀도가 높은 장소는 정점 9로서 144 개체/m<sup>2</sup>가 출현하였으며, 그 밖의 정점들

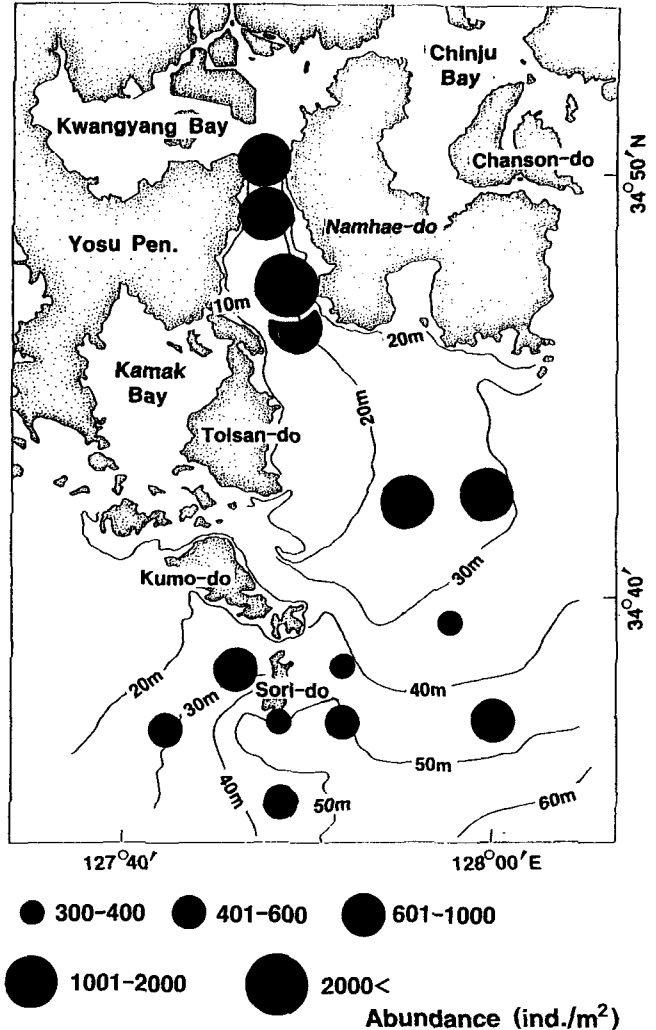


Fig. 3. The mean density of macrobenthos in the study area. All macrofauna collected during study period were pooled.

에서는 2 개체/m<sup>2</sup>~85 개체/m<sup>2</sup>의 낮은 밀도를 나타내었다 (Fig. 5). 가을철에서 봄철에 걸쳐 평균 49 개체/m<sup>2</sup>~55 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로서 계절적인 변화가 없었으나, 여름철에는 평균 7 개체/m<sup>2</sup>로 밀도 감소가 뚜렷하였다.

다모류인 *Sternaspis scutata*는 14개 전 정점에서 출현하였으나 밀도는 평균 30 개체/m<sup>2</sup>로서 낮은 양상이었다 (Table 3). 정점 7과 14에서 각각 95 개체/m<sup>2</sup> 및 82 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로서 상대적으로 높았으나, 그 밖의 정점들에서는 55 개체/m<sup>2</sup> 미만의 밀도를 나타내었다 (Fig. 5). 따라서 뚜렷한 분포 양상을 찾기는 어려웠다. 이 종은 여름철에는 평균 7 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였으나 이듬해인 1997년 4월에는 평균 50 개체/m<sup>2</sup>를 나타내었다. 특히 정점 7에서는 4월에 205 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 전 조사기간을 통해 가장 높은 밀도였다.

다모류인 *Heteromastus* sp.는 14개 정점에서 평균 29 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였으며 전체 밀도의 3%를 차지하였다 (Table 3). 정점 5에서 88 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현한 것을 제외하고는 그 밖의

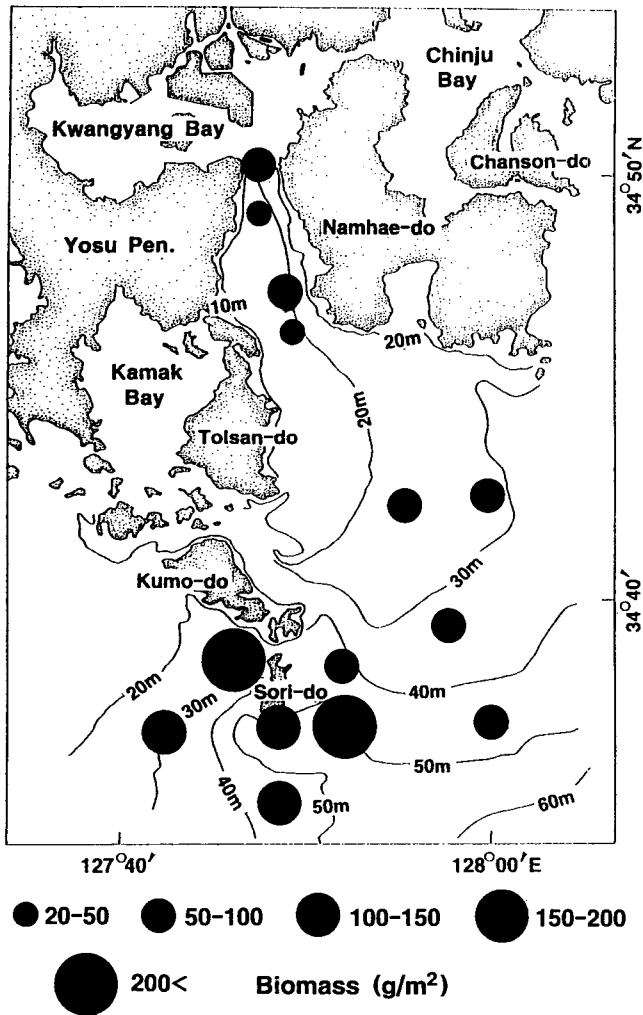


Fig. 4. The biomass of macrobenthos in the study area. Data from August 1996 to April 1997 at each station were pooled.

정점들에서는 50 개체/m<sup>2</sup> 미만의 밀도를 나타내었다. 계절적으로는 여름철의 14 개체/m<sup>2</sup>~가을철의 37 개체/m<sup>2</sup>의 범위로서 밀도 변동은 크지 않았다.

*Prionospio japonica*는 12개 정점에서 출현하였으며, 전 정점 평균 21 개체/m<sup>2</sup>로서 2%를 차지하였다 (Table 3). 정점 8과 11에서는 조사기간동안 출현하지 않은 반면, 정점 3에서 99 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였고 다른 정점들에서는 55 개체/m<sup>2</sup> 미만의 밀도였다. 특히 소리도 주변에 위치한 정점들에서는 출현하지 않거나 10 개체/m<sup>2</sup>의 미만의 극히 낮은 밀도였다. 여름철에는 정점 4, 5, 9에서만 출현하여 평균 2 개체/m<sup>2</sup>의 낮은 밀도였으나, 11월에는 6개 정점에서 출현하여 평균 46 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였다. 특히 11월에는 정점 3에서 363 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 전 조사기간을 통해 가장 밀도가 높았다.

극피동물인 *Ophiopholis mirabilis*는 전 조사기간을 통하여 광양만 입구의 정점 1과 소리도 주변의 6개 정점에서만 출현하였는데 전 정점 평균 18 개체/m<sup>2</sup>로서 2%를 차지하였다 (Table 3). 소리도 서측의 정점 11에서 평균 183 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 가장 높은 밀도였는데, 여름철인 8월에는 455 개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다 (Fig. 5). 이 종은 여름철인 8월에는 평균 36 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였으나 겨울철인 2월에는 정점 1과 11에서만 3 개체/m<sup>2</sup>씩 출현하였다.

따라서 주요 우점종들은 여수반도와 남해도 사이의 정점들에서 밀도가 높은 종 (*Tharyx* sp.와 *L. longifolia*)과 소리도 주변 해역의 정점들에서만 주로 출현하는 종 (*O. mirabilis*), 그리고 비교적 전 해역에 걸쳐 분포하는 종 (*M. japonica*, *S. scutata*, 및 *Heteromastus* sp. 등) 들로 구성되어 있다.

5. 군집 분석

각 정점에서 계절별로 출현한 개체수를 모두 합산한 다음 집괴 분석을 실시한 결과 조사해역의 각 정점들은 4개 정점군으로 구분되었다 (Fig. 6). 광양만 입구에서부터 돌산도 및 금오도 동측에 위치한 정점 1에서 6까지의 정점들과 정점 8이 하나의 정점군으로 구분되었으며 (정점군 A), 소리도 동측의 정점 7, 9 및 13이 별도의 정점군으로 구분되었다 (정점군 B). 또한 소리도 서측과 남측

Table 3. Major dominant species of macrobenthos occurred at fourteen stations around Sorido Island, southern coast of Korea between August 1996 and April 1997

| Species name                      | Mean density (ind./m <sup>2</sup> ) | %     | cum. % | Number of stations occurred | 1996      |           | 1997     |           |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------|--------|-----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                                   |                                     |       |        |                             | August    | November  | February | April     |
| <i>Tharyx</i> sp. (p)             | 582                                 | 54.46 | 54.46  | 13                          | 871±1,423 | 539±1,221 | 243±454  | 641±1,302 |
| <i>Lumbrineris longifolia</i> (p) | 72                                  | 6.71  | 61.17  | 14                          | 42±61     | 29±52     | 111±194  | 55±84     |
| <i>Magelona japonica</i> (p)      | 41                                  | 3.79  | 64.97  | 14                          | 7±10      | 50±87     | 55±64    | 49±60     |
| <i>Sternaspis scutata</i> (p)     | 30                                  | 2.82  | 67.79  | 14                          | 9±22      | 16±28     | 44±52    | 50±96     |
| <i>Heteromastus</i> sp. (p)       | 29                                  | 2.69  | 70.48  | 14                          | 14±27     | 37±71     | 36±34    | 27±22     |
| <i>Prionospio japonica</i> (p)    | 21                                  | 1.93  | 72.41  | 12                          | 2±4       | 46±101    | 12±12    | 21±25     |
| <i>Ophiopholis mirabilis</i> (e)  | 18                                  | 1.71  | 74.12  | 7                           | 36±121    | 26±71     | 1*±1     | 10±34     |
| <i>Theora fragilis</i> (b)        | 13                                  | 1.21  | 75.33  | 11                          | 32±59     | 2±5       | 1*±2     | 17±30     |
| <i>Amphioplus megapomus</i> (e)   | 13                                  | 1.17  | 76.50  | 10                          | 17±37     | 12±32     | 6±16     | 11±28     |
| <i>Glycera chirori</i> (p)        | 12                                  | 1.13  | 77.63  | 14                          | 8±6       | 10±10     | 16±11    | 12±8      |
| <i>Ophiura kinbergi</i> (e)       | 11                                  | 0.99  | 78.62  | 9                           | 30±83     | 8±23      | 0        | 8±20      |

p: polychaetes, b: bivalves, e: echinoderms, o: others, \*: <1 individual

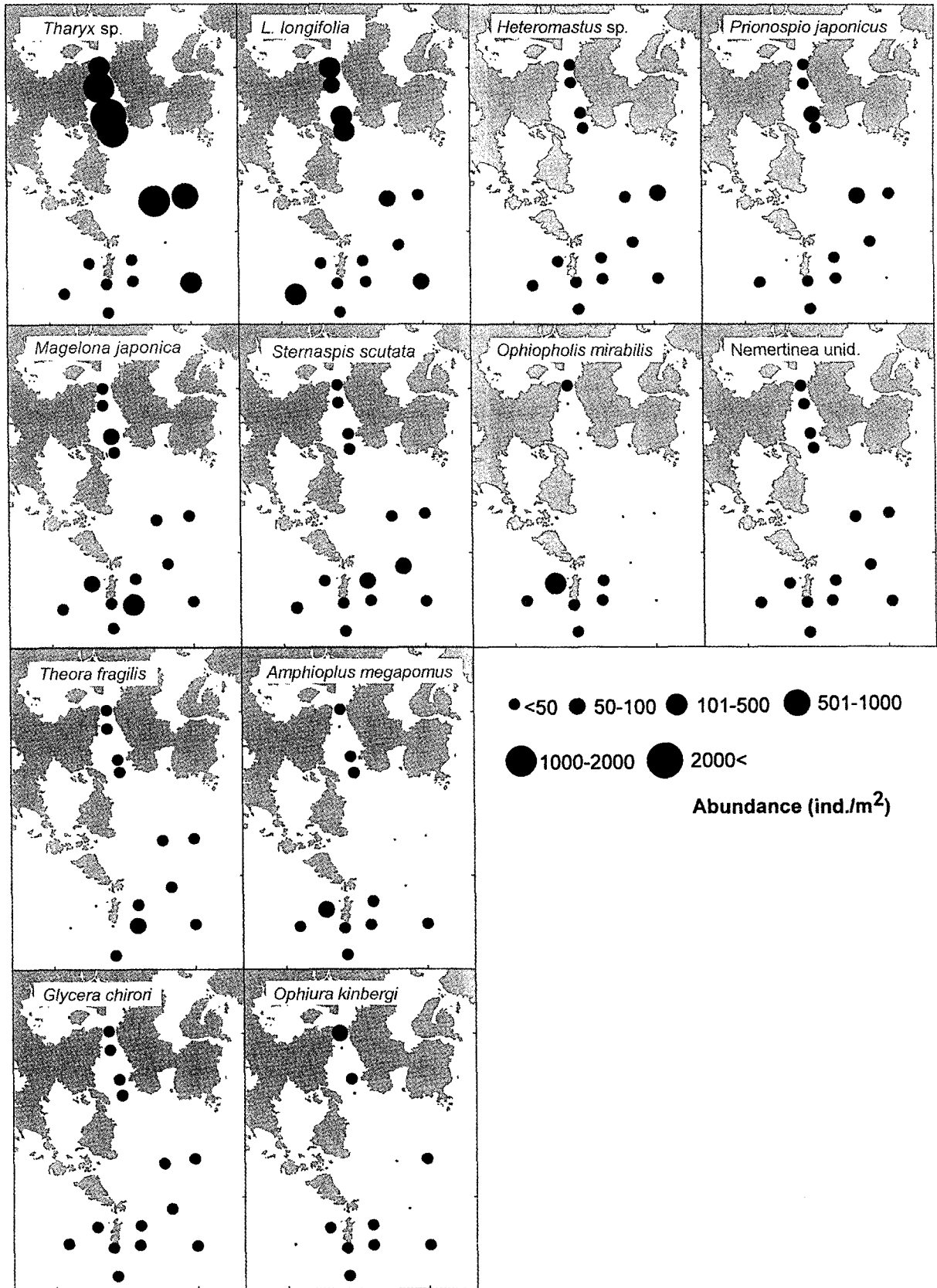


Fig. 5. Spatial distribution of major dominant species in the study area. The abundance was calculated from pooled data.

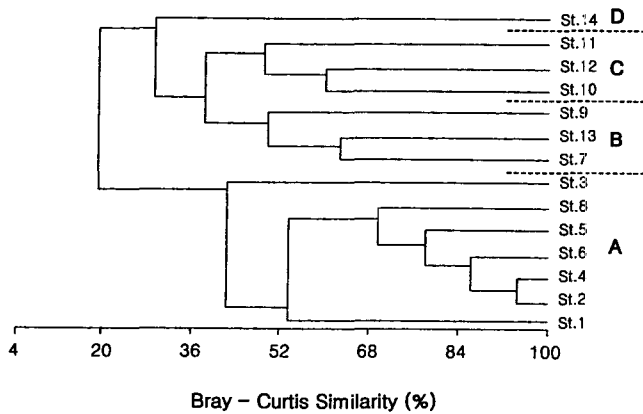


Fig. 6. Dendrogram of the fourteen stations based on the cluster analysis.

에 위치한 입도가 상대적으로 조립한 정점 10, 11, 12가 하나의 정점군으로 구분되었으며 (정점군 C), 소리도 서측의 정점 14가 별도의 정점군으로 구분되었다 (정점군 D) (Fig. 7).

정점군 A에서 출현한 종 수는 157종으로서 다른 정점군에 비해 많지만 정점당 평균 출현종수는 66종이었다. 그러나 밀도는 평균 1,637 개체/m<sup>2</sup>로서 다른 정점군의 2~3배에 달하였다 (Table 4). 생체량은 58.90 g/m<sup>2</sup>로서 다른 정점군에 비해 가장 낮아 주로 개체당 생체량이 적은 소형종으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 특히, 이 정점군에서 출현한 주요 우점종은 다모류의 *Tharyx* sp.로서 평균 1,151 개체/m<sup>2</sup>로서 가장 밀도가 높았으며, *L. longifolia*도 평균 108 개체/m<sup>2</sup>가 출현하였다. 따라서 전체 다모류의 출현밀도는 1,504 개체/m<sup>2</sup>로서 극히 높았으며 다른 분류군은 21~62 개체/m<sup>2</sup>로서 다른 정점군에 비해 낮은 값이었다. 그 결과 종다양도는 평균 1.66으로서 정점군 가운데 가장 낮은 값을 보였으며, 균등도도 상대적으로 낮은 값이었다. 퇴적물의 펄 함량은 정점군 C보다는 적으나 정점군 B보다는 높았으며, 평균 입도는 4.23 φ로서 정점군 가운데 상대적으로 세립한 퇴적상이었다. 퇴적물내 유기물 함량은 정점군 가운데 가장 높은 평균 3.12%였다.

정점군 B는 소리도 동측의 정점 7, 9 및 13으로 이루어진 정점군으로서 총 122종이 출현하였으며, 정점당 평균 71종이 출현하였다. 밀도는 476 개체/m<sup>2</sup>로서 인접한 정점군 C와 유사하였다 (Table 4). 생체량은 평균 119.74 g/m<sup>2</sup>로서 다른 정점군에 비해 극피동물의 생체량 점유율이 높아 66%를 차지하였다. 이 정점군에서의 우점종은 *M. japonica* 및 *S. scutata*로서 각각 77 개체/m<sup>2</sup> 및 57 개체/m<sup>2</sup> 출현하였는데 점유율은 높지 않았다. 따라서 종다양도와 균등도는 3.25 및 0.76으로서 인접한 정점군 C와 유사하였으며 정점군 A와 D보다는 높은 값이었다. 퇴적물의 모래함량이 약 68%로서 정점군 가운데 가장 높았으며, 평균 입도는 3.36 로서 상대적으로 조립한 퇴적상이었다. 퇴적물내의 유기물 함량은 2.0%로서 정점군 C보다 높았다.

정점군 C는 소리도 서측 해역에 위치한 정점 10, 11, 12로 구성

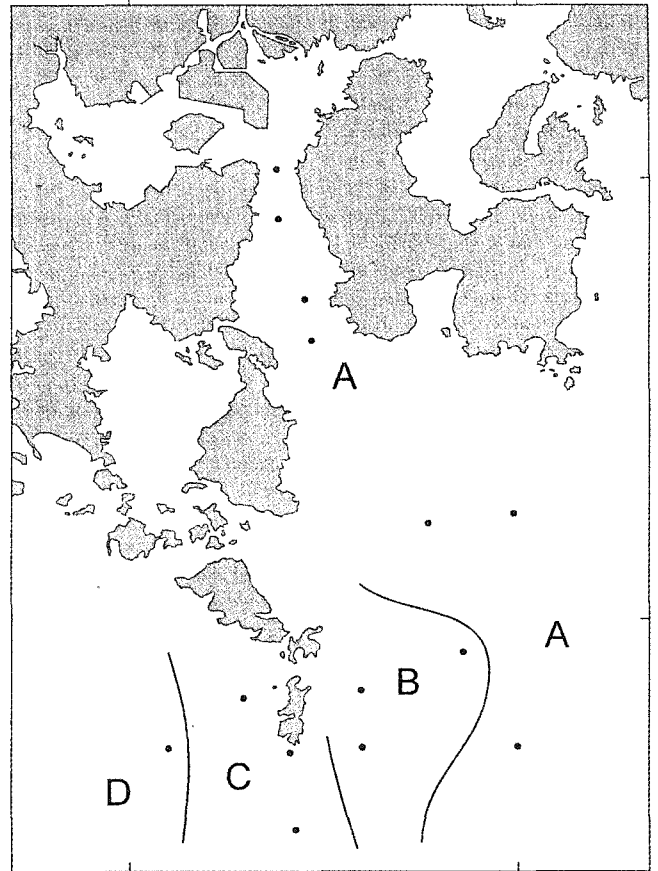


Fig. 7. Spatial distribution of the four station groups classified by cluster analysis.

되어 있으며, 총 135종이 출현하였는데 정점당 평균 77종이었다. 밀도는 512 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 인접한 정점군 B와 유사하였다 (Table 4). 또한 생체량도 184.24 g/m<sup>2</sup>로서 정점군 B와 유사하였는데 극피동물의 생체량이 132.43 g/m<sup>2</sup>으로서 72%를 점유하였다. 거미불가사리인 *O. mirabilis*가 가장 우점하여 79 개체/m<sup>2</sup>였으며, 다모류의 *M. japonica* 및 거미불가사리인 *A. megaphomus*의 밀도가 각각 43 개체/m<sup>2</sup>로서, 다른 정점군에 비해 거미불가사리의 밀도가 극히 높은 것이 특징적이었다. 그러나 출현종수가 상대적으로 많아 종다양도와 균등도는 각각 3.42 및 0.79로서 정점군 가운데 가장 높은 값을 보였다. 퇴적물에 포함된 자갈의 함량은 평균 15%로서 가장 높았으며, 펄의 함량도 높게 나타나 자갈과 펄이 혼재하는 이질적인 퇴적상이었다.

정점군 D는 소리도 서측에 위치한 정점 14로 구성되어 있으며 67종이 출현하였다 (Table 4). 또한 밀도는 332 개체/m<sup>2</sup>로서 다른 정점군보다 낮은 반면, 생체량은 147.21 g/m<sup>2</sup>로서 정점군 C보다는 작으나 정점군 A와 B 보다는 많았다. 이 정점군에서는 *L. longifolia*가 168 개체/m<sup>2</sup>로서 정점군 가운데 가장 우점하였다. 종다양도와 균등도지수는 정점군 A보다는 높으나 정점군 B와 C보다는 낮은 값을 보였다.



**Table 4. Characteristics of the subtidal macrobenthic communities of each station group in the adjacent area of Sorido Island, southern coast of Korea**

| Parameters/Station Group                     | A                   | B             | C            | D      |
|--|---------------------|---------------|--------------|--------|
| Station number                               | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 | 7, 9, 13      | 10, 11, 12   | 14     |
| <i>Ecological characteristics</i>            |                     |               |              |        |
| No. of species                               | 66±16 (157)*        | 71±11 (122)*  | 77±7 (135)*  | 67     |
| Abundance (ind./m <sup>2</sup> )             | 1,637±769           | 476±117       | 512±208      | 332    |
| Biomass (g/m <sup>2</sup> )                  | 58.90±19.07         | 119.74±113.94 | 184.24±73.69 | 147.21 |
| Diversity (H')                               | 1.66±0.60           | 3.25±0.07     | 3.42±0.28    | 2.77   |
| Evenness (J)                                 | 0.39±0.12           | 0.76±0.02     | 0.79±0.06    | 0.66   |
| <i>Sediment</i>                              |                     |               |              |        |
| Gravel (%)                                   | 0.1±0.1             | 0.4±0.4       | 15.2±26.4    | -      |
| Sand (%)                                     | 58.9±11.0           | 68.4±12.7     | 25.6±21.9    | -      |
| Mud (%)                                      | 41.0±11.0           | 31.3±12.9     | 59.2±35.9    | -      |
| Mz (φ)                                       | 4.23±0.41           | 3.36±0.88     | 4.17±2.91    | -      |
| Organic matter (%)                           | 3.12±2.76           | 2.00±2.15     | 1.59±1.45    | -      |
| <i>Dominant species (ind./m<sup>2</sup>)</i> |                     |               |              |        |
| <i>Tharyx</i> sp. (p)                        | 1,151               | 8             | 9            | 37     |
| <i>Lumbrineris longifolia</i> (p)            | 108                 | 6             | 19           | 168    |
| <i>Magelona japonica</i> (p)                 | 29                  | 77            | 43           | 8      |
| <i>Sternaspis scutata</i> (p)                | 19                  | 57            | 12           | 82     |
| <i>Heteromastus</i> sp. (p)                  | 40                  | 28            | 12           | 5      |
| <i>Prionospio japonica</i> (p)               | 36                  | 9             | 2            | 1      |
| <i>Ophiopholis mirabilis</i> (e)             | 1                   | 6             | 79           | 1      |
| Nemertea unid. (o)                           | 18                  | 16            | 9            | 14     |
| <i>Theora fragilis</i> (b)                   | 14                  | 27            | 1            | -      |
| <i>Amphipus megapomus</i> (e)                | 4                   | 3             | 43           | 14     |
| <i>Glycera chirori</i> (p)                   | 10                  | 13            | 16           | 10     |
| <i>Ophiura kinbergi</i> (e)                  | 14                  | 1             | 17           | -      |
| <i>Nephtys oligobranchia</i> (p)             | 16                  | 7             | 1            | 10     |
| <i>Raetellops pulchella</i> (b)              | 14                  | 16            | 1            | -      |
| <i>Aricidea</i> sp. (p)                      | 1                   | 9             | 30           | 1      |
| <i>Amphipus ancistrotus</i> (e)              | 1                   | 1             | 29           | 2      |

p: polychaetes, b: bivalves, e: echinoderms, o: others  
 \*: total number of species in each station group

## 고찰

### 종 조성의 시·공간적 양상

본 조사 해역에서 출현한 저서동물은 비교적 외해에 인접한 소리도 주변 정점들에서는 70종 이상의 분포를 보인 반면, 여수반도, 돌산도 및 금오도 동측의 해역에서는 70종 미만의 분포를 보였다. 또한 70종 미만의 출현을 보였던 정점들에서 1,134 개체/m<sup>2</sup>~3,261 개체/m<sup>2</sup>의 밀도를 나타낸 반면, 소리도 주변의 70종 이상의 분포를 보였던 정점들에서는 341~924 개체/m<sup>2</sup>의 밀도를 나타내어 대조적이었다. 광양만 입구의 정점 1에서는 가장 많은 91종이 출현하였음에도 1,134 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 높은 밀도를 보였다. 특히 밀도가 높은 정점 1과 3은 광양만 및 여수항에 인접해 있을 뿐 아니라 퇴적물의 유기물 함량도 5.0% 이상으로 높았다. 또한 정점 2와 4에서도 정점 1과 3에서와 같이 적은 출현종수와 높은 밀도를 나

타내었다. 따라서 여수반도와 돌산도 동측 해역의 높은 밀도와 적은 출현종수는 퇴적물의 높은 유기물 함량에 기인된 것으로 보인다. 그러나 소리도 주변 해역은 상대적으로 낮은 유기물 함량과 자갈이 포함된 조립한 퇴적상으로 인하여 밀도는 낮은 반면, 출현종수는 많아진 것으로 판단된다.

계절적으로 출현종수는 106종~140종 범위였으며 밀도는 겨울철의 700 개체/m<sup>2</sup>~여름철의 1,514 개체/m<sup>2</sup> 범위로서 약 2배의 차이를 보였다. 특히 계절별 밀도 차이에 기여한 분류군은 다모류로서 약 2배의 차이가 있었으며, 연체동물과 극피동물의 밀도는 약 10배의 차이가 있어 계절변동이 심한 것으로 나타났다.

본 조사해역에서는 총 217종이 출현하였는데, 이러한 출현종수는 진해-마산만에서의 287종과 인접한 앵강만에서 출현한 233종보다는 적었으나, 남해안의 득량만, 여자만에서 출현한 종 수보다는 많았다 (Table 5). 다모류는 80종이 출현하였는데 진해-마산만, 가막만, 광양만, 앵강만에서의 다모류 출현종수와 유사하였으며, 갑각류는 60종이 출현하여 앵강만에서의 출현종수와 유사하였다. 또한, 연체동물 출현종수는 인접한 앵강만이나 남해안의 득량만과 유사한 것으로 나타났다.

한편, 본 조사해역의 다모류의 밀도는 남해안의 다른 해역에 비해 높은 반면, 연체동물이나 갑각류의 밀도는 남해안의 여타 해역에 비해 낮은 것으로 나타나 대조를 이루고 있다 (Table 5). 즉, 본 조사해역에서의 평균 밀도는 1,068 개체/m<sup>2</sup>였는데, 이 가운데 다모류는 전체 밀도의 85%인 904 개체/m<sup>2</sup>였다. 또한 다모류는 여수반도와 남해도 사이의 해역에 위치한 정점들에서 높은 밀도로 출현함으로써 전체적인 밀도 증가에 기여한 반면, 비교적 외해역인 소리도 주변의 정점들에서는 높지 않았다. 특히 밀도 증가에 기여한 종은 연안의 입도가 세립하고 유기물 함량이 높은 장소에서 주로 출현하는 *Tharyx* sp.로서 전체 밀도의 54%를 점유하여 가장 우점한 종이였다. 연체동물의 밀도는 앵강만에 비해 25% 수준이었으며 여자만의 평균 75 개체/m<sup>2</sup>보다도 낮게 나타났다. 또한 갑각류의 밀도는 앵강만이나 득량만에서 출현한 갑각류 밀도의 약 13%에 불과하였다.

### 주요 우점종의 분포양상

본 조사 해역에서 출현한 주요 우점종들은 우리나라 남해안의 여타 해역과는 약간 차이가 있으나 거의 유사한 것으로 나타났다 (Table 6). 다모류인 *Tharyx* sp.와 *Lumbrineris longifolia*가 우점한 것은 인접한 가막만과 유사하였으며, *Sternaspis scutata*의 우점 현상은 광양만과 유사하였다. 그러나 다른 해역에서는 우점도가 상대적으로 낮았던 *Magelona japonica*가 본 조사해역의 주요 우점종으로 출현하였다.

특히 최우점종인 *Tharyx* sp.는 주로 내만의 입도가 세립하고 퇴적물내의 유기물 함량이 높은 해역에서 폭넓게 발견되는 것으로 알려져 있는데, 본 조사해역에서는 평균 밀도가 582 개체/m<sup>2</sup>로서 전체 밀도의 54%를 차지하였다. 퇴적물의 유기물 함량이 상대적으로 낮은 소리도 주변 해역에서는 밀도가 낮은 반면, 퇴적물의 유기물 함량이 5.0% 이상을 나타내는 여수반도와 남해도 사이 해역의 정점들에서는 밀도가 높게 나타났다. 이러한 분포 양상은

Table 5. Comparison of the species richness and abundance between subtidal macrobenthic communities in major Korean bays

| Locality               | Number of species |    |    |    |    | Abundance (ind./m <sup>2</sup> ) |     |     |     |    | References          |
|------------------------|-------------------|----|----|----|----|----------------------------------|-----|-----|-----|----|---------------------|
|                        | Total             | P  | M  | C  | O  | Total                            | P   | M   | C   | O  |                     |
| Chinhae-Masan Bay      | 287               | 88 | 56 | 91 | 52 | 1,046                            | 825 | 146 | 51  | 24 | Lim (1993)          |
| Kwangyang Bay          | —                 | 79 | —  | —  | —  | —                                | 520 | —   | —   | —  | Shin and Koh (1990) |
| Kamak Bay              | —                 | 84 | —  | —  | —  | —                                | 253 | —   | —   | —  | Shin (1995)         |
| Yoja Bay               | 142               | 72 | 31 | 25 | 14 | 388                              | 189 | 75  | 76  | 48 | Lim et al. (1991)   |
| Deukryang Bay          | 118               | 52 | 45 | 14 | 7  | 1,432                            | 276 | 920 | 220 | 16 | Ma et al. (1995)    |
| Aenggang Bay           | 233               | 90 | 46 | 66 | 31 | 1,358                            | 874 | 216 | 227 | 25 | Lim et al. (1999)   |
| Around the Sori-do Is. | 217               | 80 | 46 | 60 | 31 | 1,068                            | 904 | 54  | 30  | 81 | The present study   |

Table 6. Comparison of the sampling schemes, community types and their dominant species between major bays in the southern coast of Korea

| Locality               | Habitat  | Sediment type                        | Gear type                      | Number of replicate sampling | Sieve mesh size | Sampling interval                | Number of species | Density ind./m <sup>2</sup> | Dominant species   | References          |
|------------------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------|--|---------------------|
| Chinhae Masan Bay      | subtidal | silty clay                           | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) | 3 or 5                       | 1 mm            | seasonal<br>bimonthly<br>monthly | 287               | 1,046                       | <i>Lumbrineris longifolia</i> (P)<br><i>Paraprionospio pinnata</i> (P)<br><i>Theora fragilis</i> (M)                               | Lim (1993)          |
| Kwangyang Bay          | subtidal | mud, sand<br>sandy mud<br>muddy sand | van Veen (0.1m <sup>2</sup> )  | 5                            | 1 mm            | seasonal                         | 79(P)             | 520(P)                      | <i>L. longifolia</i> (P)<br><i>Nephtys polybranchia</i> (P)<br><i>Terebellides horikoshii</i> (P)<br><i>Sternaspis scutata</i> (P) | Shin and Koh (1990) |
| Yoja Bay               | subtidal | clayey silt                          | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) | 3                            | 1 mm            | seasonal                         | 142               | 388                         | <i>Mediomastus</i> sp. (P)<br><i>S. scutata</i> (P)<br><i>Nippopisella nagatai</i> (C)   | Lim et al. (1991)   |
| Kamak Bay              |          | clayey silt                          | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) |                              |                 | July<br>Sept.                    | 84(P)             | 253(P)                      | <i>Tharyx</i> sp. (P)<br><i>L. longifolia</i> (P)<br><i>Chone</i> sp. (P)<br><i>Glycera chirori</i> (P)                            | Shin (1995)         |
| Deukryang Bay          | subtidal | clayey silt                          | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) | 3                            | 1 mm            | November<br>January              | 118               | 1,432                       | <i>Musculista senhousia</i> (M)<br><i>Eteone longa</i> (P)<br><i>N. nagatai</i> (C)  | Ma et al. (1995)    |
| Aenggang Bay           | subtidal | clayey silt                          | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) | 3                            | 1 mm            | seasonal                         | 233               | 1,358                       | <i>Ditrupe arietina</i> (P)<br><i>Tharyx</i> sp. (P)<br><i>Fustiaria nipponica</i> (M)<br><i>L. longifolia</i> (P)                 | Lim et al. (1999)   |
| Around the Sori-do Is. | subtidal |                                      | van Veen (0.1 m <sup>2</sup> ) | 3                            | 1 mm            | seasonal                         | 217               | 1,068                       | <i>Tharyx</i> sp. (P)<br><i>L. longifolia</i> (P)<br><i>Magelona japonica</i> (P)<br><i>S. scutata</i> (P)                         | The present study   |

P: Polychaeta, M: Mollusca, C: Crustacea, E: Echinodermata  
(P): only polychaetous community was analysed

Shin (1995)이 가막만에서 조사한 결과에서도 보고되었다.

또한 본 조사 해역에서의 *Tharyx* sp.의 밀도는 남해안에서 지금까지 보고된 밀도에 비해 높은 것이 특징적이다. 즉, 인접한 가막만에서는 최우점종으로서 평균 211 개체/m<sup>2</sup> (Shin, 1995), 양강만에서는 두 번째 우점종으로서 평균 166 개체/m<sup>2</sup> (Lim et al., 1999), 영산강 하구역에서도 두 번째 우점종으로서 평균 96 개체/m<sup>2</sup> (Lim and Park, 1999)의 밀도를 보였는데, 모두 본 조사해역의 밀도보다 낮았다. 계절적으로도 밀도 변동이 크게 나타나 여름철인 8월이 평균 871 개체/m<sup>2</sup>였으며, 겨울철은 평균 243 개체/m<sup>2</sup>였다.

*L. longifolia*는 우리나라 연안 조하대 해역에서 폭넓게 분포하는 종으로서 본 조사해역에서는 두 번째 우점종으로 나타났다. 공간 분포 양상은 *Tharyx* sp.와 유사하여, 퇴적물의 유기물 함량이 상대적으로 낮고 입도가 조립한 소리도 주변 해역에서는 밀도가 낮은 반면, 퇴적물의 유기물 함량이 5.0% 이상을 나타내는 여수반도와 남해도 사이 해역의 정점들에서는 밀도가 높았다. 계절적으로는 가을철인 11월이 평균 29 개체/m<sup>2</sup>로서 가장 밀도가 낮고 겨울철인 2월이 111 개체/m<sup>2</sup>로서 밀도가 높았다. 본 조사해역에서 이 종의 평균 밀도는 72 개체/m<sup>2</sup>로서 남해안의 진해만 173 개체/m<sup>2</sup>

(Lim, 1993), 광양만의 147 개체/m<sup>2</sup> (Shin and Koh, 1990) 및 영강만의 124 개체/m<sup>2</sup> (Lim et al., 1999) 보다는 낮았으나, 가막만의 70 개체/m<sup>2</sup>와 유사한 수준이었다 (Shin, 1995).

한편 다모류인 *M. japonica*는 평균 41 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였는데, 8 월에는 7 개체/m<sup>2</sup>로서 다른 계절에 비해 밀도가 가장 낮았으며, 2 월에는 55 개체/m<sup>2</sup>가 출현하여 계절적으로 밀도 차이가 크게 나타났다. 이 종은 전 계절을 통해 조사해역의 전 정점에 걸쳐 비교적 고른 공간분포 양상을 나타내었다. 다모류인 *S. scutata*는 평균 30 개체/m<sup>2</sup>의 밀도였으며, 조사해역의 전 정점에서 출현하였다. 계절적으로는 여름철에서 겨울철로 가면서 시간 경과에 따라 밀도가 증가하는 양상이었다.

본 조사해역에서 출현한 주요 우점종 가운데 특징적인 공간 분포 패턴을 나타내는 종으로서 거미불가사리류인 *Ophiopholis mirabilis*를 들 수 있는데 소리도 주변의 정점들과 광양만 입구인 정점 1에서만 출현하는 특징을 보였다. 한편, *Amphiplus megaphomus*도 소리도 주변과 광양만 입구 정점들에서 주로 출현하는 양상이었는데, 이들의 분포 밀도는 퇴적물의 실트함량과 유의한 상관 관계를 보였다 ( $n=11$ ,  $r=0.76$ ,  $P<0.01$ ). 그 외의 우점종들은 각 조사 정점에서 모두 출현함으로써 비교적 균일한 분포양상을 나타내고 있다.

#### 군집 구조

소리도를 포함한 본 조사해역의 저서동물 군집은 4개 정점군으로 구분되었다 (Fig. 6). 즉, 출현종수가 상대적으로 적고 밀도가 높은 광양만 입구에서부터 돌산도 및 금오도 동측에 위치한 해역 (정점군 A)과, 출현종수가 많고 밀도가 낮으며 외해역에 면해 있는 소리도 주변 해역 (정점군 B, C, D)으로 크게 구분된다 (Fig. 7). 정점군 A는 입도가 상대적으로 세립하고 유기물 함량이 높으며 *Tharyx* sp.와 *Lumbrineris longifolia*가 우점종으로 출현하는 해역이다. 이 정점군에서는 총 157종의 저서동물이 출현하여 전 정점군 가운데 가장 많았으나, 각 정점별 평균 출현종 수는 66종으로서 정점군 가운데 가장 적었다 (Table 4). 또한 밀도는 정점군 가운데 가장 높지만, 생체량과 다양도는 정점군 가운데 가장 낮은 값이었다. 또한 이 정점군은 *Tharyx* sp.와 *L. longifolia*의 출현 밀도가 높고 퇴적물에서의 유기물 함량이 정점군 가운데 가장 높은 값인 3.12%를 나타냈으므로 인접한 광양만과 여수항 등으로 부터의 유기오염물의 영향이 예상되는 해역이다.

정점군 B는 소리도 동측에 위치한 정점군으로서 정점군 C보다는 적은 평균 71종이 출현하였다. 정점군 전체에서 출현한 종 수는 122종으로서 정점군 D를 제외하고는 가장 적은 종 수였다. 밀도는 467 개체/m<sup>2</sup>로서 단일 정점으로 구성된 정점군 D보다는 높으나 다른 정점군보다 낮았다. 또한 생체량은 정점군 A보다는 높으나 다른 정점군에 비해 낮은 값이었으며, 다양도는 정점군 C와 유사하였다. 이 정점군에서는 *Magelona japonica*와 *Sternapis scutata*가 우점종으로 출현하였으나 점유율은 높지 않았다. 이 정점군에서는 모래의 함량이 다른 정점군에 비해 높게 나타나 상대적으로 조립한 퇴적상을 보였으며, 퇴적물 내의 유기물 함량은 2.0%로서 정점군 A와 C의 중간 값이었다. 전반적으로 정점군 B는 정점군

A와 정점군 C의 중간적인 특징을 나타낸다고 할 수 있다.

정점군 C는 소리도 서측과 남측에 위치한 정점들로 구성되어 있으며 135종이 출현하였다. 이 정점군에서는 자갈과 펄의 함량이 다른 정점군에 비해 높아 펄과 자갈이 혼재하는 퇴적상을 보이며, 유기물 함량도 1.59%로서 정점군 가운데 가장 적은 값이었다. 각 정점별 평균 출현종수도 정점군 가운데 가장 많은 77종이 출현하였으며, 다양도도 3.42로서 정점군 가운데 가장 높은 값을 보였다. 밀도는 정점군 A와 B의 중간 값을 나타내었으나, 생체량은 정점군 가운데 가장 높은 값을 나타내었다. 정점군 C에서 가장 높은 밀도로 출현한 종은 극피동물인 *Ophiopholis mirabilis*와 *Amphiplus megaphomus*가 다른 정점군에 비해 높은 것이 특징적이었다.

본 조사해역의 정점군 분포는 연안에 위치하여 유기 오염물의 영향을 받는 해역과 외해역의 영향을 받는 소리도 주변 해역으로 크게 구분되었으며, 소리도 주변 해역에서도 퇴적상을 포함한 환경특성에 따라 정점군이 구분되는 양상을 보였다.

#### Sea Prince 유류 오염이 저서동물 군집에 미친 영향

본 조사해역은 유조선 Sea Prince호의 소리도 좌초 사고와 광양만 입구에서의 호남 싸파이어호의 부두충돌 사고로 인한 대량의 원유유출 사고가 발생하였다. 유류 유출 사고는 유류가 가지는 물리·화학적 성질로 인하여 급성적이고 치명적인 영향을 생물에게 미치며, 이동성이 적은 저서생물에게는 그 영향이 보다 오래 지속된다. 따라서 본 조사해역에서의 저서동물 군집은 1995년에 발생한 유류 오염에 의해 어느 정도의 영향을 받았을 것으로 추정된다. 그러나 본 조사의 시작이 유출 사고 이후 1년이 경과한 시점이었으며 유류 오염 전이나 오염 직후에 이 해역에서 조사된 저서동물 군집 조사 자료가 없기 때문에 정확한 추론에는 한계가 있다.

유류 유출 후 분자량이 작은 성분들은 휘발과 분해가 쉽게 일어나기 때문에 수개월 내에 대부분이 제거되지만, HORs (Heavy Oil Residue)와 PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)과 같은 분자량이 큰 성분들은 환경 내에서 오래 지속된다. 따라서 오염 사고 발생 후 상당한 시간이 경과한 이후에 조사를 실시하는 경우에는 비교적 지속성이 있으면서 독성이 강한 물질인 PAHs가 유류오염 지시 인자로서 주로 사용되고 있다 (Kingston et al., 1995). 특히, PAHs는 여러 개의 벤젠 고리로 이루어졌으며, 기름 성분 가운데 양적으로는 큰 비중을 차지하지는 않으나 환경내에서 난분해성이며 독성이 강한 물질이다.

본 조사해역에서 1996년 8월에 조사된 PAHs 함량은 정점 8과 11에서 각각 7.75 ppm 및 7.84 ppm으로서 가장 높았으며, 광양만 입구에 위치한 정점 1과 정점 3에서 각각 0.47 ppm과 0.55 ppm으로서 낮은 값이었다 (Table 1). 유류 유출 사고가 정점 10 근처와 정점 1 부근에서 발생하였음에도 이 정점들의 퇴적물에서 PAHs의 함량이 높지 않은 것은 유류 성분이 유출 후 바람과 해류에 의해 유출 지점으로부터 이동하였기 때문으로 볼 수 있다. PAHs 함량과 저서동물 가운데 유류오염에 민감한 것으로 알려진 옆새 유류인 Ampeliscidae spp. 및 Amphipoda 밀도를 보면, PAHs값의 증가에 따라 감소하는 양상을 나타내었으며 (Fig. 8) 유의한 상관관계가 있었다 ( $P<0.01$ ) (Table 7).

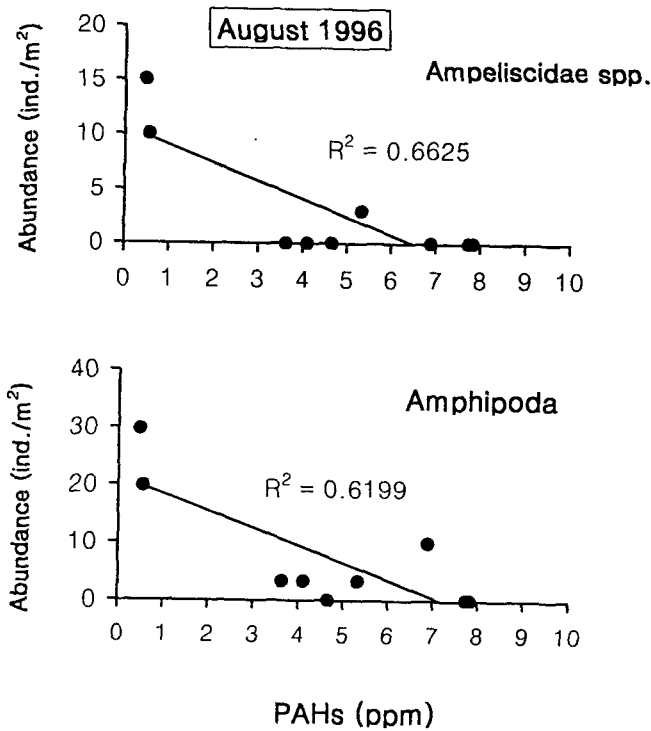


Fig. 8. Relationship between PAHs and the abundances of *Ampeliscidae* spp. and *Amphipoda* in August 1996.

Table 7. Spearman rank correlation coefficients between environmental factors and the abundance of *Amphipoda*

|                          | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Organic matter (%) | PAHs (ppm) |
|--------------------------|----------|----------|----------|--------------------|------------|
| <i>Ampeliscidae</i> spp. | ns       | ns       | ns       | 0.84*              | -0.82*     |
| <i>Amphipoda</i>         | ns       | ns       | ns       | 0.80*              | -0.80*     |

\*, P<0.01; ns, not significant

지금까지 보고된 몇 가지 예를 보면, Kingston et al. (1995)은 영국 Shetland Islands에서의 Braer호 기름 유출이 저서 동물에게 미치는 영향 조사에서 종 풍부도와 밀도, 다양도 등과 같은 군집 구조는 기름 오염에 의한 영향이라기보다 퇴적상의 차이라고 지적하였다. 반면 오염 정도가 심한 장소에서는 옆새우류 (*Amphipoda*)와 같이 민감한 종들은 영향을 받을 수 있다고 보고하였다. 또한 Exxon Valdez호 유류 오염시에도 옆새우류의 밀도 감소가 지적되었으며 (Jewett et al., 1996), Amoco Cadiz호 유류오염 때에도 *Ampeliscidae*의 대량 감소가 보고되기도 하였다 (Chasse, 1978). 한편, 프랑스의 Morlaix 만에서 기름유출로 인한 *Amphipoda* 군집의 파괴는 오염 후 8년이 지나서도 회복이 되지 않고 있었다 (Dauvin, 1987); 유류오염으로 인한 저서생태계 파괴는 약 5년 이상이 되어도 원래대로 회복되지 않았으나 오염 영향이 적은 곳에서는 2년 정도 경과하면 회복된다고 보고되고 있다 (Clark, 1997). 그러나 생태계 회복에 걸리는 시간은 군집의 조성에 따라 서로 차이가 있어, 부유유생기를 가지지 않는 종들로 이루어진

군집은 부유유생기를 가지는 종들로 이루어진 군집에 비해 회복에 걸리는 시간이 훨씬 늦은 것으로 알려져 있다 (Dauvin, 1987).

일반적으로 유류오염과 같이 일시적으로 발생하는 오염은 생태계에 큰 영향을 미치며 시간이 경과함에 따라 오염의 영향은 감소하며 동시에 생태계는 회복되어 간다. 따라서 유류오염이 생태계에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 그 해역에서 조사된 과거의 자료가 있어야만 비교가 가능하게 된다. 기존의 자료가 없을 경우 현재의 생태계는 어떤 상태에 있는지 정량적이거나 정성적으로도 비교할 수 없게 된다. 적절한 대조구를 설정한다고 하더라도 퇴적상을 포함하여 다른 환경요소가 동일한 정점을 설정하기는 어려운 실정이며, 따라서 순수한 유류 오염에 의한 영향을 파악할 수가 없게 된다. 이러한 관점에서 Jewett et al. (1996)은 유류오염이 생태계에 미치는 영향을 효과적으로 평가하기 위해서는 첫째, 적절한 시·공간적 대조구가 설정되어 있어야 하며, 둘째, 이러한 효율적인 대조구가 없을 경우에는 장기간에 걸친 조사를 통하여 그 영향을 평가하여야 한다고 지적하고 있다.

지금까지 우리나라의 경우 기름유출이 저서생태계에 미치는 영향에 대한 조사는 지금까지 거의 이루어지지 않았고, 소리도 주변 해역의 저서 생태계에 대한 이전의 조사 결과도 없는 상태이기 때문에 1년 동안의 조사결과로서 현재 출현종수, 밀도 등 군집 구조의 차이와 종 조성 등이 유류오염에 의해 어떻게 변화했는지는 단정적으로 추정하기는 어렵다. 다만 *Amphipoda* 및 *Ampeliscidae*의 밀도가 PAHs와 유의한 상관 관계 ( $P < 0.01$ )를 보인다는 점으로부터 생태계에 미친 영향을 간접적으로 추정할 수 있다.

따라서 향후 유류오염이 생태계에 미치는 영향을 파악하기 위해서는, 지속적인 저서생태계 모니터링을 통해 현재의 생태계가 어떤 방향으로 진행될 것인지 추적해야만 유류 오염 영향에 대한 비교가 가능해 질 것으로 판단된다.

### 요 약

소리도를 포함한 주변 해역에서 저서동물 군집 구조 파악을 위한 조사를 수행하였다. 저서동물의 채집은 광양만 입구에서부터 소리도 주위에 이르는 해역에 여름철인 1996년 8월, 가을철인 11월에는 12개 조사 정점을, 겨울철인 1997년 2월과 봄철인 1997년 4월에는 정점 13과 14를 추가하여 14개 정점에서 van Veen grab (표면적 0.1 m<sup>2</sup>)을 사용하여 매 정점당 3회씩 해저 퇴적물을 인양하였다. 조사결과 총 217종의 저서동물이 출현하였으며, 다모류가 80종으로서 전체 출현종수의 약 37%, 갑각류는 60종으로서 약 28% 그리고 연체동물은 46종으로서 약 21%를 차지하였다. 밀도는 1,068 개체/m<sup>2</sup>였는데 다모류가 904 개체/m<sup>2</sup>로서 가장 우점하여 전체 밀도의 약 85%를 차지하였다. 생체량은 110.02 g/m<sup>2</sup>였으며, 극피동물의 생체량이 가장 우점하여 57.62 g/m<sup>2</sup>로서 전체 생체량의 약 52%를 차지하였다. 주요 우점종은 연안 유기 오염역에서 주로 출현하는 *Tharyx* sp., *Lumbrineris japonica*, *Magelona japonica* 였다. 이들은 각각 582 개체/m<sup>2</sup>, 72 개체/m<sup>2</sup> 그리고 41 개체/m<sup>2</sup>의 밀도로 출현하였는데, 외해역인 소리도 주변 정점에서는 극히 밀도가 낮았다. 집괴분석 결과 본 조사해역의 저서동물 군집은, 소

리도 동측에서 광양만과 여수항에 인접한 정점군 (정점군 A)과 외해역의 영향을 받는 해역 (정점군 B, C, D)로 구분되었다. 소리도 주변 해역의 정점군 C에서는 정점별 저서동물의 출현종수가 가장 많고 밀도와 생체량은 상대적으로 낮아 다양도가 높았다. 저서동물 가운데 Ampeliscidae spp. 및 Amphipoda의 밀도는 PAHs 농도와 음의 상관관계를 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국해양연구소에서 수행한 “여수·여천 유류오염 사고지역의 환경현황조사” (PI 96232-1)의 일환으로 이루어진 것이며, 본 연구가 이루어지도록 많은 도움을 주신 한국해양연구소의 유재명 박사님께 감사드립니다. 특히 현장조사시 많은 도움을 준 한국해양연구소의 명철수 선생과 저서동물의 선별에 도움을 준 목포대학교 해양자원학과 김대원, 이창일 군에게도 감사드립니다.

### 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.
- Chasse, C. 1978. The ecological impact on and near shore by the Amoco Cadiz oil spill. *Mar. Pollut. Bull.*, 11, 298~301.
- Clark, R.B. 1997. *Marine Pollution* (4th ed.). Oxford Univ. Press, Oxford, 161 pp.
- Dauvin, J.C. 1987. Evolution a long treme (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.
- Dean, T.A., S.C. Jewett, D.R. Laur and R.O. Smith. 1996. Injury to epibenthic invertebrates resulting from the Exxon Valdez oil spill. *American Fish. Soc. Symp.*, 18, 424~439.
- Elmgren, R., S. Hansson, U. Larsson, B. Sundelin and P.D. Boehm. 1983. The Tsesis oil spill: Acute and long-term impact on the benthos. *Mar. Biol.*, 73, 51~65.
- Hartley, J.P. 1984. The benthic ecology of the Forties oilfield (North Sea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 80, 161~195.
- Je, J.G., S.H. Kahng, J.R. Oh and D.B. Yang. 1991. Effects of stranded oils and dispersant clean-up on intertidal gastropods. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26(4) 350~357 (in Korean).
- Jewett, S.C., T.A. Dean and D.R. Laur. 1996. Effects of the Exxon Valdez oil spill on benthic invertebrates in an oxygen-deficient embayment in Prince William Sound, Alaska. *American Fish. Soc. Symp.*, 18, 440~447.
- Jung, R.H., J.S. Hong and J.H. Lee. 1995. Temporal changes of community structure in two subtidal polychaete assemblages in Kwangyang Bay, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 30(5), 390~402 (in Korean).
- Kang, R.S. and S.J. Yoo. 1993. The acute toxicity of three oils to the early life stages of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringer. *Korean J. Phycol.*, 8(1), 77~82 (in Korean).
- Kang, S.J. and B.D. Choi. 1997. Tainting and depuration in fish by petroleum hydrocarbon. *J. Aquaculture*, 10(2), 189~197.
- Kingston, P.F. 1987. Field effects of platform discharges on benthic macrofauna. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 316, 545~565.
- Kingston, P.F., I.M. Dixon, S. Hamilton and D.C. Moore. 1995. The impact of the Braer Oil Spill on the macrobenthic infauna of the sediments off the Shetland Islands. *Mar. Poll. Bull.*, 30(7), 445~449.
- KORDI. 1997. Final report on the environmental impact assessment of oil spilled area in Yosu and Yochon coastal area, southern coast of Korea. PI 96232-1, 1255 pp.
- Lee, K.H., Y.J. Chang and D.Y. Kang. 1999. Hatching rate and larval viability of cultured marine fish exposed to water-soluble fraction of Kuwait crude oil during egg development. *J. Aquaculture*, 12(2), 115~122.
- Lim, H.S. 1993. Ecology of macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph. D. Thesis, Nat'l Fish. Univ. Pusan, 311 pp. (in Korean).
- Lim, H.S. and K.Y. Park. 1999. Community structure of macrobenthos in the subtidal soft bottom in semi-enclosed Youngsan River estuarine bay, southwest coast of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 32(3), 320~332 (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. *Ocean Res. of KORDI*, 13(2), 31~46 (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. 「The Sea」 *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).
- Mair, J.M., I. Matheson and J.F. Appelbee. 1987. Offshore macrobenthic recovery in the Murchison Field following the termination of drill-cuttings discharges. *Mar. Poll. Bull.*, 18(12), 628~634.
- O'Clair, C.E. and S.D. Rice. 1985. Depression of feeding and growth rates of the seastar *Evasterias troschellii* during long-term exposure to the water-soluble fraction of crude oil. *Mar. Biol.*, 84, 331~340.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theoret. Biol.*, 13, 131~144.
- Shannon, C.E. and W. Weiner. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Univ. of Illinois Press, 125 pp.
- Shin, H.C. 1995. Benthic polychaetous community in Kamak Bay, southern coast of Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 30(4), 205~261 (in Korean).
- 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).
- Yoo, J.M., E.K. Lee and S. Kim. 1999. Distribution of ichthyoplankton in the adjacent waters of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 32(3), 295~302 (in Korean).
- 환경부. 1999. 환경백서. 653 pp.
- 서울대학교. 1999. 여수·여천 해양환경 영향조사 제 2차년도 연구결과 최종보고서. 서울대학교 환경안 전연구소. 857 pp.

2000년 3월 25일 접수

2001년 4월 21일 수리