

## 10. 저서동물에 의한 여름철 광양만의 저서환경 평가

최진우, 이우진, 유옥환  
한국해양연구원 남해연구소

### 요 약

여름철 광양만의 저서환경 상태를 파악하기 위해서 2001년 6월 광양만의 38개 조사정점에서 대형저서동물의 분포를 조사하였다. 출현한 대형저서동물은 총 154종이었고, 다모류가 출현종수와 개체수에 있어서 가장 우점한 동물분류군이었다. 다모류의 *Tharyx* sp. (44.8 %), *Lumbrineris longifolia* (14.0 %), 이매패류의 *Mytilus edulis* (6.5 %), 단각류의 *Corophium sinense* (4.5 %), 다모류의 *Heteromastus filiformis* (3.6 %), *Sigambra tentaculata* (1.7 %) 등이 주요 우점종이었다. 광양만의 묘도 서쪽에 위치한 정점들에서 종수와 개체수가 적었고, 광양만의 주수로역에서 풍부한 생물상을 보였다. 군집분석결과 7개 정점군으로 구분되었으며, 광양만의 서부해역은 종조성이 다양한 군집으로 구성되어 있었다. 저서오염지수(BPI)와 생물계수(BC)에 의한 저서군집의 건강도지수에서는 주수로역의 일부 정점을 제외한 전 정점이 현재 정상적인 상태에 있었지만, 광양만 입구지역에서는 유기물오염에 잘 적응한 다모류의 대량 출현이 있었다.

### 서 론

한국 남해 연안은 산업화에 따른 환경 변화와 남획에 의한 자원 고갈 등으로 인해 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환되면서 대부분의 해안이 양식장화 되어 있다. 이러한 남해안의 과도하게 밀집된 양식장은 인접한 산업시설물과 육상 기원 오염과 함께 양식장 자체의 오염이 가중되고 있다. 남해 연안해역에 대해서 이렇게 다양한 이용도로 인하여 양식생물은 생산성 저하나 병원균 감염 등에 취약한 상태에 놓여 있으며, 이를 개선할 효율적인 연안역 관리에도 어려움을 주고 있는 실정이다. 따라서 대단위 산업시설이 위치한 광양만을 특별관리해역으로 설정하여 해양환경을 보존하고, 각종 환경오염으로부터 생태계를 보호할 관리방안에 대한 연구의 필요성이 증가하였다. 이러한 종합연구의 일환으로서 광양만 내부와 만의 입구해역에서 해양저서환경의 상태를 파악하기 위해서 먼저 광양만에 서식하는 저서동물군집의 공간 분포양상을 파악할 필요가 있었다.

일반적으로 해양환경을 평가하는데 저서생물을 많이 이용해 왔으며 (Word, 1978), 특히 최근에는 해양의 수질모니터링에 이동성이 없는 저서생물을 환경평가에 포함시켜 분석하거나 퇴적물의 질을 평가함에 저서생물을 이용하는 시도가 많이 있었다 (Chapman *et al.*, 1987; Chapman, 1990; Lee *et al.*, 1997; KORDI, 1994; 1999). 또한 최근 유럽에서는 그 동안의 생물군집 조사자료를 이용하여 각 저서생물의 환경교란에 반응하는 정도를 파악하고 구분하여 정량적인 환경지수를 산출하는데 이용하고 있다 (Borja *et al.*, 2000). 그러나 국내의 경우에는 실제로 저서생물이 서식하고 있는 저서환경에 대한 평가는 아직도 미흡한 단계에 있으며,

다각적인 방법이 강구되어 현장시험을 기다리고 있는 실정이다.

남해 광양만의 저서동물군집에 대한 연구는 저서성 다모류군집의 구조와 분포에 대한 조사가 몇 차례 있었으나 (Choi and Koh, 1984; 신과 고., 1990; 정 등, 1995; 1997; 정, 1998), 전체 대형저서동물군집을 대상으로 한 연구는 아직 발표가 되지 않았고, 대부분의 조사결과는 미발표 보고서의 형태로 남아 있는 실정으로 최근의 광양만 저서생태계에 대한 정보가 빈약한 상태이다. 저서생물군집을 이용한 저서환경 평가에 사용된 연구는 매우 적었고 (한국해양연구소, 1994; 1999; 임 등, 1994; 이 등, 1997), 특히 광양만에 적용한 경우는 아직 없었다.

본 연구에서는 남해 특별관리해역으로 설정된 광양만에 서식하는 대형저서동물의 군집구조를 분석하고 공간분포를 파악함으로써 현재 광양만의 저서환경 상태를 평가하는 기초 자료로 이용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

남해 광양만의 저서 퇴적물에 서식하는 저서동물군집의 공간적인 분포양상을 파악하기 위하여 2001년 6월 27일에서 29일에 걸쳐 38개 조사정점을 선정하여 현장조사를 실시하였다 (Fig. 1).

조사해역의 퇴적물내에 살고 있는 저서생물의 채집은 개량형 van Veen grab (채집면적이 0.1m<sup>2</sup>)을 사용하여 각 정점에서 1회 또는 3회씩 채집하였다. 채취된 퇴적물은 선상에서 망목크기 1mm인 체 (sieve)를 사용하여 해수로 걸러서 남은 시료를 10% 중성포르말린으로 고정하였다.

실험실에서 주요 분류군별로 선별한 후 습중량을 측정하였고, 가능한 종수준까지 동정하고 개체수를 조사하였다. 다모류에 대한 종동정에는 백 (1989)의 분류체계를 중심으로, 게와 새우류에 대해서는 김 (1973)의 분류체계를 중심으로 하여 종동정을 하였다.

군집분석에 사용된 지수의 계산식은 다음과 같다.

종다양성지수:  $H = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)$  (Shannon and Weaver, 1963)

$P_i$  :  $i$ 번째 종의 점유율 ( $n_i/N$ ),  $S$ : 출현종수,

$n_i$  :  $i$ 번째 종의 개체수,  $N$ : 전체군집의 개체수

종풍부도지수:  $R = (S-1)/\ln(N)$  (Margalef, 1958)

균등도지수:  $J = \frac{H}{\ln(S)}$  (Pielou, 1966)

집괴분석에는 Bray-Curtis의 유사도지수를 구하여 가중평균결합법으로 정점에 대한 수지도를 작성하였다. 또한 출현 개체 수 자료를 이용하여 MDS (Non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 하였다. 군집분석을 위해 Primer v.5.0을 사용하였다.

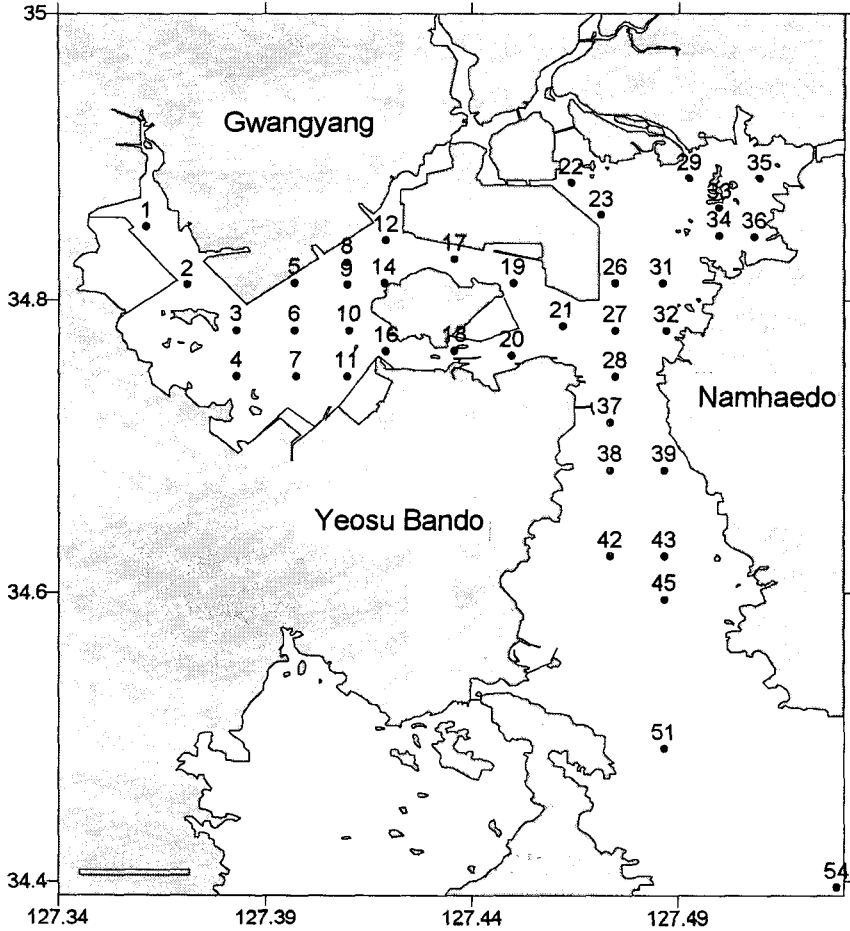


Fig. 1. A map showing the study area and sampling sites.

유기물 오염에 반응하는 정도는 섭식유형에 따른다는 가정하에 우점종을 중심으로 저서동물을 4개 군으로 나누고 섭식형 구조를 0~100사이의 지수로 나타내어 정점간, 지역간, 시공간적인 비교가 가능하도록 저서오염지수 (Benthic Pollution Index : BPI)를 구하였다. 저서오염지수에 사용되는 종은 지수생물이라 하는데, 주로 각 지역의 1~3% 이상 차지하는 우점종을 선택하였다 (Word, 1978). 종 수준까지 동정이 불가능한 것은 속이나 과 수준의 상위 범주의 자료를 사용하였다. 선택된 지수생물은 섭식형과 유기물에 대한 반응정도를 가지고 4개군의 하나에 할당시켰다. 유기물오염의 영향으로 환경에 저해가 생긴 후에는 군집의 조성이 달라지고 천이가 일어나게 되는데, 섭식형과 무관하게 기회종이 출현하게 된다. 기회종은 유기물 오염에 따른 환경교란의 지시종으로서 역할을 한다. 따라서 본 연구에서는 Word (1978)의 섭식형 구분에 지시종으로 선택된 우점종의 섭식형

과 천이형으로 고려하여 각 그룹별 구성원에 할당하였다. 즉, 제1군에는 여과식자와 육식자를, 제2군에는 표층퇴적물식자를, 제3군에는 표층하퇴적물식자를, 제4군에는 오염지시종 또는 기회종을 할당하였다 (한국해양연구소, 1994).

$$\text{저서오염지수(BPI)} = \left[ 1 - \frac{a \times n_1 + b \times n_2 + c \times n_3 + d \times n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} \right] \times 100$$

(n1 = 여과식자 및 육식자의 출현량 (오염부하에 민감하게 반응하여 감소하는 종들); n2 = 표층퇴적물식자의 출현량 (유기물오염에 약간의 증가를 보이는 종들); n3 = 표층하퇴적물식자의 출현량 (유기물오염에 다소 높은 개체군 증가를 보이는 종들); n4 = 오염지시종 또는 기회종의 출현량 (유기물오염이 심하여 다른 종들이 감소하거나 없어져도 잘 적응하여 매우 높은 개체군 밀도를 보이는 종); a, b, c, d = 섭식군의 가중치 (대개 등차수열로 부여되며, 본 연구에서는 a=0, b=1, c=2, d=3을 적용하였다.)

저서오염지수(BPI)값의 범위는 다음과 같으며, BPI = 0이면 저서군집이 모두 표층하퇴적물식자로 구성되었음을 나타내며, BPI = 100이면 저서동물군집이 모두 여과식자만으로 구성되었음을 나타낸다. 따라서 저서오염지수(BPI) 값이 작을수록 유기물의 공급이 많음을 나타내고, 그것을 이용하는 표층하퇴적물식자나 유기물오염에 적응한 오염지시종이나 기회종이 우점함을 시사한다.

또한 유기물 유입량에 반응하여 감소나 증가하는 정도에 따라 저서생물을 크게 5개의 생물군으로 구분하여 각 생물군의 조성비율에 의해 생물계수 (BC: biotic coefficient)를 구하여 저서환경의 건강도를 평가하는 방법이 최근 유럽을 중심으로 사용되고 있는데 (Borja *et al.*, 2000), 이러한 방법을 본 조사에서도 적용하고자 하였다. 생물계수를 구하는 식은 다음과 같다.

$$BC = [(0 \times \% GI) + (1.5 \times \% GII) + (3 \times \% GIII) + (4.5 \times \% GIV) + (6 \times \% GV)] / 100$$

(여기서 BC = 0 ~ 6; BC = 7 (azoic condition)).

저서동물을 증가하는 stress의 크기정도에 반응하는 민감도에 따라 5개의 반응군 (response group)으로 구분하였으며, 각 그룹의 특징은 다음과 같다.

- (1) group 1 : 유기물 증가에 매우 민감한 종으로 정상환경에서만 출현하는 종으로 특정 육식자, 서관을 가진 퇴적물 식자.
- (2) group 2 : 유기물 증가에 둔감한 종으로 정상상태에서 낮은 밀도를 가진 종으로 여과식자, 일반적인 육식자, 부식자.
- (3) group 3 : 유기물 증가에 내성이 강한 종, 표층퇴적물식자로서 특히, 서관을 가진 spionids.
- (4) group 4 : 2차 기회종, 주로 소형 갯지렁이류, 표층하퇴적물식자인 Fam. Cirratulidae에 속하는 종.
- (5) group 5 : 1차 기회종 (pronounced unbalanced 환경의 종), 환원상태의 퇴적물에서 번성하는 퇴적물 식자.

## 결과 및 토의

### 저서동물군집의 종조성

조사해역에서 2001년 6월에 38개 조사정점에서 출현한 저서동물은 10개 동물문에 속하는 154종 4,887개체였다. 가장 많은 출현종을 보인 분류군은 환형동물문의 다모류로서 69종이 출현하여 전체 종수의 45.1 %를 차지하였다. 그 다음으로 는 갑각류 (52종, 34.0 %), 연체동물 (22종, 14.4 %), 극피동물 (5종, 2.6 %) 순이었다 (Fig. 2). 출현 개체수에 있어서는 역시 다모류에서 3,571개체 (전체의 73.2 %)로 가장 많았고, 갑각류 (15.0 %), 연체동물 (10.7 %) 순으로 나타났고, 기타 분류군에서는 0.5 % 이하의 적은 출현개체수를 보였다. 생물량에 있어서는 연체동물에서 전체의 39.0 %를 차지하여 가장 많았고, 다모류에서도 전체의 38.7 %를 차지하였으며, 극피동물에서 10.5 %를, 자포동물과 갑각류에서 각각 4.3 %와 3.6 %를 차지하였다.

광양만 전체에서 출현한 저서동물 개체수의 1 % 이상을 차지한 주요 우점종 중에서 가장 많은 개체수를 보인 종으로는 다모류의 *Tharyx* sp.이며, 38개 정점 중 27개 정점에서 출현하였고, 평균 서식밀도는 54개체/m<sup>2</sup>였으며, 전체의 44.8 %를 차지하였다. 그 외의 주요 우점종으로는 다모류의 *Lumbrineris longifolia* (14.9 %), 연체동물의 *Mytilus edulis* (6.5 %), 갑각류의 *Corophium sinense* (4.5 %), 다모류의 *Heteromastus filiformis* (3.6 %) 등이었다 (Table 1). 전체 출현 개체수의 1% 이상을 차지하는 종은 12종으로 이들은 전체 출현 개체수의 83.5%를 차지하였다.

지금까지 광양만에서 조사된 대형 저서다모류군집의 종조성을 보면 1982년에는 다모류의 *Lagis bocki*, *Lumbrineris longifolia*, *Chone teres* 등이었고 (Choi and Koh, 1984), 1983년-1984년에는 *L. longifolia*, *Lagis bocki*, *Heteromastus filiformis*, *Glycinde* sp. 등으로 (정 등, 1997), 주요 우점종의 비중이 크게 바뀌지 않았다. 그러나 광양제철소의 건설이 활발하였던 1987년-1988년에는 *L. longifolia*, *Sternaspis scutata*, *Nephtys polybranchia* 등이 우점하였고 (신 등, 1990), 4년 후인 1992년의 여름철에는 우점종이 *L. longifolia*, *Tharyx multifilis*, *H. filiformis*, *Sternaspis scutata* 등으로 변하여 (정, 1998), *Tharyx multifilis*의 비중이 예전에 비해 크게 높아졌다. 약 5년 후인 1997년 겨울철에는 *Tharyx* sp.가 극히 우점하였고, *Melinna cristata*, *H. filiformis*, *L. longifolia* 등이 우점종으로 출현하였다 (서울대학교, 1997). 2001년 여름철인 본 조사결과와 비교하면 *Melinna cristata*의 비중이 감소한 것 외는 1997년 동계 조사결과와 매우 유사한 우점종 조성을 보였다. 시간에 따른 다모류 군집의 종조성 변화를 보면 과거 1982년부터 1988년까지는 유사한 종조성을 보이다가 1998년 - 1992년까지 크게 달라졌고, 1997년 이후에는 현재와 매우 유사한 군집조성을 가지고 있는 것으로 보인다.

남해 연안해역에서 조사된 대형저서동물군집의 조사결과와 비교하면 광양만에서 가장 많은 개체수를 보인 우점종이 다모류의 *Tharyx* sp.와 *Lumbrineris longifolia*로서 가막만 (신, 1995), 앵강만 (임 등, 1999), 소라도 주변해역 (임과 최, 2001)에서의 우점종과 일치하였다. 그러나, 득량만에서는 1991년에는 다모류의 *Eteone longa*, *Paraprionospio pinnata*, *Inermonephtys inermis* 등이 우점종으로 출현하였으나 (마 등, 1995), 1996년과 1997년에는 *Lumbrineris longifolia*가 가장 우점하였지만, 광양만의 우점종인 *Tharyx* sp.의 우점도는 극히 낮았다 (신과 김, 2002). 최근 남해 연안해역의 저서동물군집은 대체로 광양만을 중심으로 동쪽에 위치한 내만해역에서 다모류에 속하는 *Tharyx* sp. 와 *Lumbrineris longifolia*가 주된 구성원임을 보여 주었다.

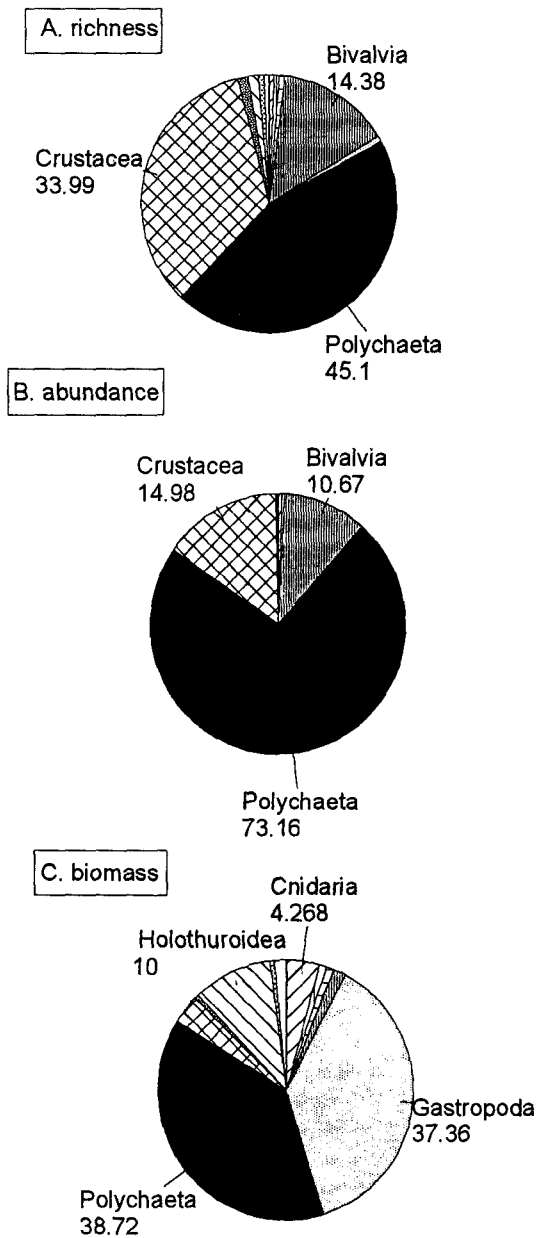


Fig. 2. The proportion of richness, abundance and biomass of macrobenthic fauna occurred in all station, June 2001.

Table 1. Dominant species of macrobenthos in June 2001.

Species	Mean density	Sum	%	Cum. %	No. station occurred
<i>Tharyx</i> sp. (p)	54	2108	44.8	44.8	27
<i>Lumbrineris longifolia</i> (p)	14	545	14.0	58.7	26
<i>Mytilus edulis</i> (b)	9	361	6.5	65.3	1
<i>Corophium sinense</i> (a)	5	211	4.5	69.7	27
<i>Heteromastus filliformis</i> (p)	5	191	3.6	73.3	30
<i>Sigambra tentaculata</i> (p)	2	94	1.7	75.0	23
<i>Melita</i> sp1. (a)	2	92	1.7	76.7	15
<i>Gammaropsis</i> sp1. (a)	2	59	1.7	78.4	5
<i>Glycera chirori</i> (p)	2	82	1.5	79.8	25
<i>Theora fragillis</i> (b)	2	62	1.3	81.1	15
<i>Melita longidactyla</i> (a)	2	67	1.2	82.3	12
<i>Nephtys oligobranchia</i> (p)	1	57	1.2	83.5	24

(a: amphipods, b: bivalves, p: polychaetes)

#### 지역적인 출현양상

2001년 6월의 38개 정점에 대한 조사에서 각 정점별 출현종수, 개체수 및 생물량을 보면 다음과 같다. 광양만 전체의 정점당 평균 출현종수는 19종이었다. 가장 많은 저서동물의 종수를 보인 곳은 여수해만의 동쪽에 위치한 정점 39로서 81종이 출현하였고, 정점 16에서도 44종이 출현하여 상대적으로 많은 출현 종수를 보였다 (Fig. 3). 조사정점당 30종 이상의 종수를 보인 정점은 9개 정점에 불과하였는데, 주로 여수해만에서 남해대교로 연결되는 주수로역에 위치한 정점들이었으며, 묘도 북수로의 정점 17과 묘도 남수로의 정점 16에서 30종 이상의 출현을 보였다. 반면에 광양만의 묘도 남수로에 위치한 정점 18에서는 저서생물이 전혀 채집되지 않았다. 또한 광양만의 서부 내만역에서는 정점 7과 정점 2에서 각각 29종과 22종이 출현하였을 뿐 대부분의 정점에서 10종 내외의 빈약한 저서생물 종수를 보였다. 가장 외곽에 위치한 정점 51과 54에서는 20 - 25종의 생물종이 출현하였다.

광양만 전체의 평균 저서동물 서식밀도는 1,420개체/m<sup>2</sup>였다. 저서동물의 출현 개체수에 대한 지역적인 분포양상을 보면 출현종수의 분포양상과 매우 유사한 것으로 나타났는데, 광양만의 서부 내만역에서는 1,000개체/m<sup>2</sup> 이하의 낮은 서식밀도를 보인 반면에 묘도 북수로 및 광양만의 주수로역에서는 2,000개체/m<sup>2</sup> 내외의 높은 서식밀도를 보였다 (Fig. 4). 가장 많은 출현개체수를 보인 곳은 묘도 북수로역의 끝단에 위치한 정점 14로서 6,300개체/m<sup>2</sup>가 출현하였고, 묘도 남수로의 정점 16에서도 4,330개체/m<sup>2</sup>를, 광양만 입구의 정점 28에서 4,280개체/m<sup>2</sup>를, 묘도 북수로의 정점 21에서 3,780개체/m<sup>2</sup> 등으로 많은 개체수를 보였다. 정점 14에서 연체



동물의 홍합 (*Mytilus edulis*)이 3,610 개체/m<sup>2</sup>로 집중 출현하였고, 다모류의 *Tharyx* sp.의 출현도 많았다. 가장 외곽의 정점 51과 54에서는 1,000 - 2,000 개체/m<sup>2</sup>의 서식밀도를 보여 평균치에 가까운 서식밀도를 보였다.

광양만의 여름철 평균 생물량은 144 g/m<sup>2</sup>이었다. 생물량의 지역적인 분포에 있어서도 종수와 개체수의 분포양상과 유사하였으나, 광양만 서부의 일부 정점 (정점 3, 정점 7)들에서 다소 많은 생물량을 보였다 (Fig. 5). 여름철 조사에서 가장 많은 생물량을 보인 곳은 묘도 남수로에 위치한 정점 16과 묘도 북수로에 위치한 정점 14로서 각각 1,076 g/m<sup>2</sup> 과 1,051 g/m<sup>2</sup>의 많은 생물량을 보였다. 광양만의 서부 내만에 위치한 정점 7에서도 453 g/m<sup>2</sup> 의 생물량을 보여 평균치보다 많았다. 광양만의 모래 삼각주에 인접한 정점에서 생물량이 적었다. 가장 외곽의 정점 51과 54에서는 50 g/m<sup>2</sup> 내외로 평균치보다 적었다.

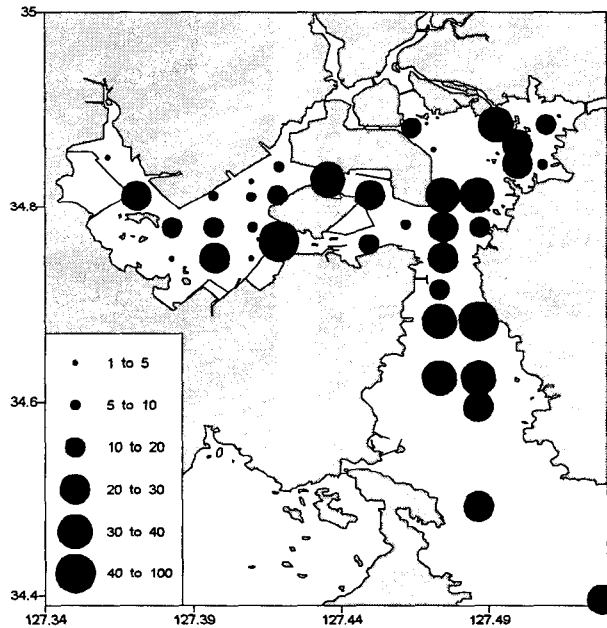


Fig. 3. Spatial variation in species richness of the macrobenthos at each station in June 2001.

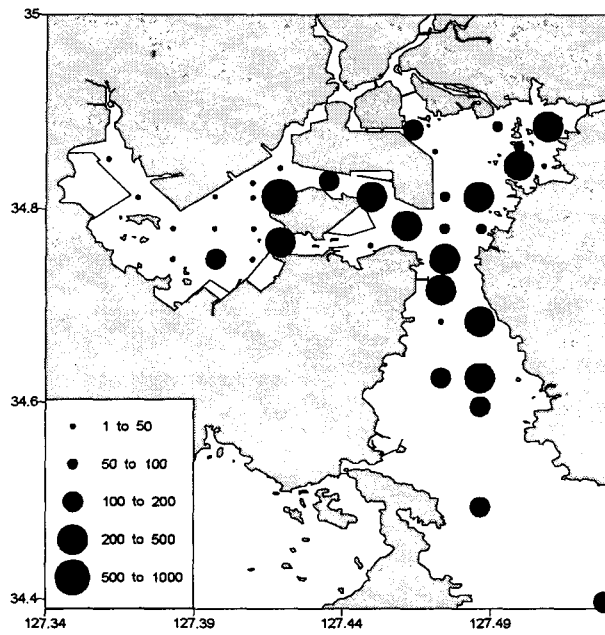


Fig. 4. Spatial variation in species abundance of the acrobenthos at each station in June 2001.

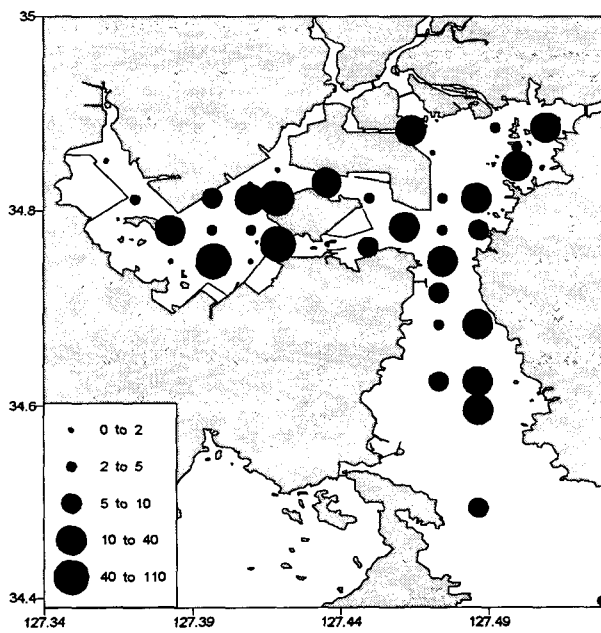


Fig. 5. Spatial variation in species biomass of the macrobenthos at each station in June 2001.

## 군집지수

2001년 6월에 광양만의 각 조사정점별로 출현한 저서동물의 개체수 자료에 의해 종풍부도(R), 다양성지수(H'), 균등도지수(J) 등 군집지수를 구한 결과 종풍부도 지수에 있어서는 여수해만의 정점 39에서 R=14.7로 가장 높은 값을 보였고, 종다양성지수값에 있어서도 H'=3.55로서 최대치를 보였다 (Fig. 6). 조사해역의 서쪽에 위치한 정점들에서는 R값이 2.0 내외였고, H'값이 2.0 이하의 낮은 값을 보였다. 정점 2에서는 H'값이 3.0으로 높았고, 종풍부도와 균등도지수값도 높은 값을 보였다. 또한 묘도 남수로의 정점 16, 만입구역의 정점 26과 29, 여수해만역의 정점 38과 39에서도 H', R, 및 J'값에서 광양만 내에서는 상대적으로 높은 값을 보였다. 그러나, 묘도 북수로의 정점 17, 19, 21 등과 만입구역의 정점 28에서는 H'와 J'에서 낮은 값을 보였다. 가장 외곽에 위치한 정점 51과 54에서도 J'값이 0.5이하로서 낮았다. 군집지수값은 각 정점의 출현종수를 잘 반영하였으며, 우점종의 지역적인 분포양상과 우점정도를 잘 반영하고 있었다.

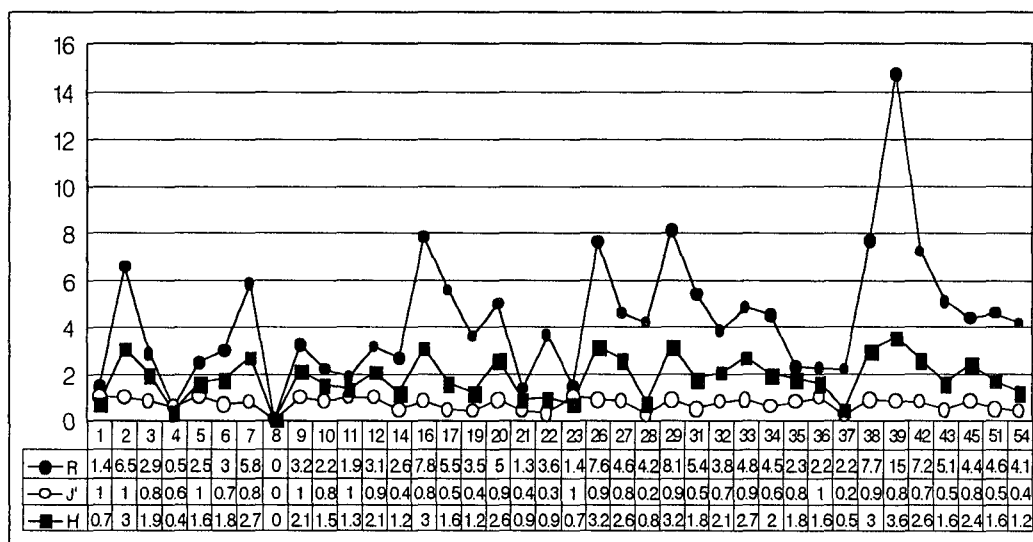


Fig. 6. Community indices at each station in June 2001.

## 집괴분석 및 배열법

2001년 6월에 38개 정점에서 출현한 대형저서동물의 출현량 자료에 의거하여 조사정점간 저서동물의 출현 유사도지수를 구하여 집괴분석과 MDS배열법을 행하였다. 집괴분석 결과 나타난 수지도에서는 대략 7개의 정점군으로 나눌 수 있었고 (Fig. 7), 이들이 광양만 내에 차지하는 위치를 표시한 결과는 Fig. 8과 같다.

조사정점군 G는 광양만의 가장 안쪽 (정점 1)과 매립지 부근 (정점 5), 모래 삼각주 주변 (정점 23)으로 구성되었고, 정점군 F는 매립지 주변 (정점 8), 묘도 서쪽

(정점 10, 11), 묘도 남수로 (정점 20), 주수로의 동쪽 연안역 (정점 36) 등으로 구성되었다. 정점군 E와 D는 광양만의 서쪽 중앙부에 위치한 정점들 (정점군 E: 정점 3, 4, 9, 12; 정점 군 D: 정점 2, 6, 7)로 구성되었고, 정점군 C는 묘도 남수로 (정점 16), 주수로역의 주변부 (정점 31, 29), 여수해만 동쪽 (정점 39) 등으로, 정점군 B와 A는 각각 묘도 북수로역과 주수로역에 위치한 정점들로 구성되었다. 광양만의 서부에서 주수로로 나오면서 저서동물군집의 종조성이 점차 바뀌고 있음을 보여 주었다. 주수로역과 여수해만 및 가장 외곽역의 저서동물군집은 광양만의 서쪽 지역에 비해 상대적으로 좀 더 유사한 종조성을 가지고 있음을 보였다.

이러한 정점간 종조성의 차이는 MDS배열법에서도 대체로 잘 나타났다 (Fig. 9). MDS배열법에서는 정점 1, 4, 5, 23 등이 서로 분리되어 있었고, 나머지 정점들은 크게 4개의 정점군으로 구분할 수 있었다. 전체적으로 집괴분석에 비해 군집조성이 덜 세분되었으나 전체적인 조성의 변화는 집괴분석과 유사한 구배를 보였다.

KY0106

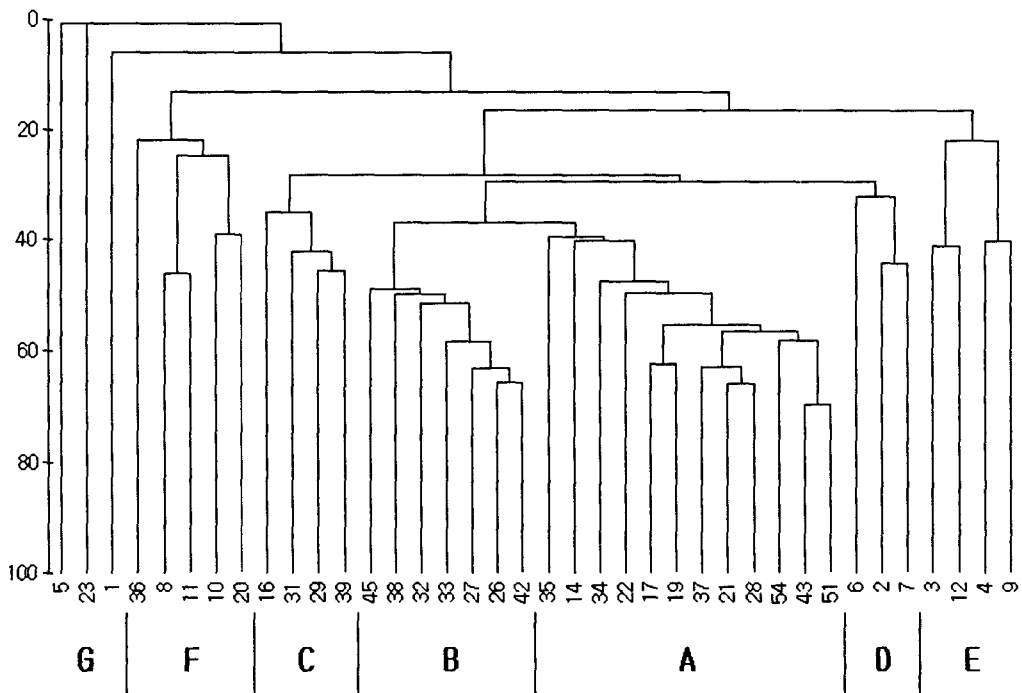


Fig. 7. Dendrogram of sampling stations based on the cluster analysis.

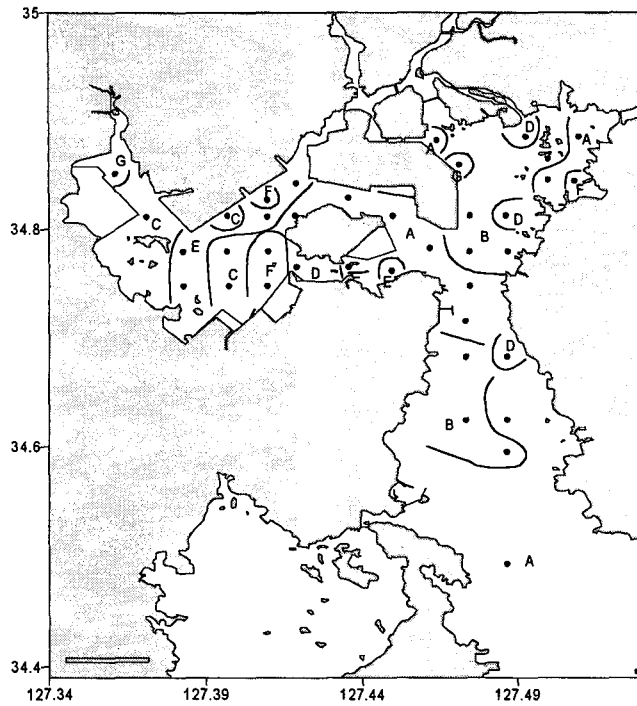


Fig. 8. Spatial distribution of the seven station groups classified by cluster analysis.

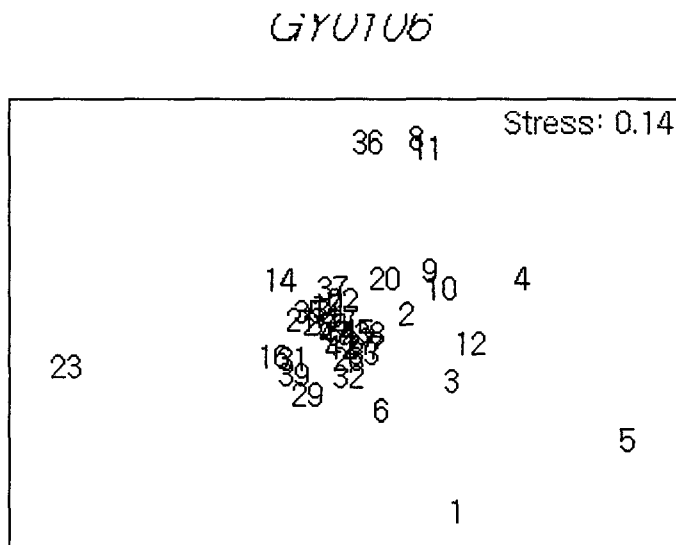


Fig. 9. MDS ordination of sampling stations based on Bray-Curtis dissimilarity.

집괴분석 결과 나타난 7개 정점군의 환경특성과 군집특성을 보면 Table 2와 같다. 정점당 평균 출현종수가 가장 많았던 곳은 정점군 D로서 48종이었다. 정점군 E, F와 G에서는 매우 빈약한 저서생물상을 보여 출현종수가 정점당 각각 8종과 7종 및 3종에 불과하였다. 주수로역의 정점군에서는 평균 출현종수가 25종 내외였다. 출현밀도에서는 정점군 A가 2,822개체/m<sup>2</sup>로 가장 높았고, 정점군 D에서도 2,688개체/m<sup>2</sup>로 두 번째로 높은 밀도를 보였다. 그러나 정점군 E와 G에서는 출현밀도가 각각 138개체/m<sup>2</sup>와 30개체/m<sup>2</sup>로 매우 낮았다. 생물량에 있어서도 출현밀도와 유사한 경향을 보였다. 종다양성지수는 정점군 D에서 2.88로 가장 높은 값을 보였고, 정점군 A, F, G 등에서는 H'값이 1.4 이하로 낮았다. 균등도지수도 정점군 A에서 가장 낮았고, 다른 정점군에서는 0.75 이상으로 비슷한 수준에 있었다. 각 정점군들의 퇴적물 조성과 유기물함량을 보면 정점군 B에서 모래함량이 46%로 가장 높았고, 정점군 E에서 가장 낮았다. 평균입도는 정점군 B, D, G가 Mz값이 6.5 이하로서 유사하였고, 정점군 A, C, E가 Mz값이 8.3 내외로 서로 유사하였다. 유기물함량은 정점군 B에서 0.60으로 가장 낮았고, 그외의 정점군에서는 1.0 내외로 서로 유사한 함량을 보였다. 각 정점군별로 주요 우점종을 보면 정점군 A에서는 다모류의 *Tharyx* sp.로서 평균 1,665개체/m<sup>2</sup>로서 가장 밀도가 높았으며, *L. longifolia*도 평균 163개체/m<sup>2</sup>가 출현하였고, 단각류의 *Corophium sinense*의 출현밀도도 123개체/m<sup>2</sup>였다. 정점군 B에서는 정점군 A에서 우점하던 종들이 대부분 우점종으로 출현하고 있으며, 정점군 C에서는 단각류인 *Melita longidactyla*가 가장 우점하여 150개체/m<sup>2</sup>였으며, 다모류의 *Heteromastus filiformis* 및 *Lumbrineris longifolia*의 밀도가 각각 87개체/m<sup>2</sup>과 73개체/m<sup>2</sup>이었다. 정점군 D에서는 다모류의 *Lumbrineris longifolia*와 단각류의 *Gammaropsis* sp.1이 최대밀도를 보여 각각 458개체/m<sup>2</sup>와 145개체/m<sup>2</sup>의 서식밀도를 보였다. 정점군 E와 F에서는 다른 정점군에서 우점종으로 출현하였던 종들이 출현밀도는 감소하였지만 우점종으로 출현하였다. 정점군 G에서는 매우 빈약한 생물상이지만 연체동물에 속하는 종들이 약간 출현하였다.

1997년의 다모류 군집에 대한 동계 조사에서는 묘도 서쪽 해역이 종조성이 유사한 하나의 군집으로 구분되었다 (서울대학교, 1997). 1997년과 2001년의 조사에서 모두 묘도 서쪽해역이 빈약한 저서생물상을 이루고 있는 것은 일치한다. 2001년에는 광양만의 가장 서쪽에 위치한 정점 1과 항만시설을 위해 제방을 쌓고 있는 정점 5, 항만시설에 인접한 정점 12 등은 서로 다른 생물상을 보였고, 그 외의 묘도 서쪽 해역도 종조성이 정점간에 차이를 보였다. 이러한 생물상 분포는 묘도 서쪽 해역이 현재 저서환경에 교란을 받고 있으며, 지역간에 교란의 정도가 다름을 시사한다.

Table 2. Characteristic of each station groups classified by the cluster analysis in Gwangyang Bay during June 2001.

Parameters/Station Group	A	B	C	D	E	F	G
Number of station	13	7	3	4	4	5	3
Ecological characteristics							
No. of species	20±7	25±7	21±9	48±23	8±4	7±6	3±2
Abundance(ind./m <sup>3</sup> )	2822±1369	881±404	630±526	2688±1449	138±67	822±1654	30±17
Biomass(g/m <sup>3</sup> )	212±288.7	59±31.6	172±243.3	447±442.9	60±61.3	24±31.3	24±32.2
Diversity(H')	1.28±0.45	2.65±0.37	2.49±0.63	2.88±0.77	1.63±0.81	1.40±0.93	1.00±0.53
Evenness(J)	0.43±0.15	0.83±0.07	0.83±0.13	0.75±0.15	0.83±0.17	0.92±0.06	1.00±0.00
Sediment							
Sand(%)	9±8.78	46±20.23	5±3.64	30±14.58	4±3.98	11±11.77	35±53.75
Silt(%)	38±6.82	23±10.14	41±1.06	26±9.09	40±2.41	37±4.15	35±20.69
Clay(%)	53±5.78	30±10.44	54±4.33	42±9.24	55±4.94	52±8.89	40±33.25
Mz(φ)	8.31±0.58	6.04±1.17	8.49±0.35	6.51±1.42	8.52±0.40	8.26±0.79	6.39±3.99
Organic matter(%)	1.11±0.36	0.60±0.17	0.96±0.07	0.80±0.19	1.09±0.06	0.89±0.22	0.93±0.46
Dominant species(ind./m <sup>3</sup> )							
<i>Crepidula onyx</i> (B)	0	0	0	0	0	0	3
<i>Laternula anatina</i> (B)	0	0	0	0	0	0	3
<i>Mytilus edulis</i> (B)	301	0	0	0	0	0	0
<i>Paphia nudulata</i> (B)	1	0	17	10	20	2	0
<i>Heteromastus filiformis</i> (P)	79	41	87	83	18	2	0
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	187	163	73	458	0	4	0
<i>Nephtys oligobranchia</i> (P)	22	21	3	25	5	4	3
<i>Sigambra tentaculata</i> (P)	34	27	60	3	33	4	0
<i>Tharyx</i> sp. (P)	1665	71	13	130	3	6	0
<i>Corophium sinense</i> (A)	123	47	10	23	3	34	0
<i>Grammaropsis</i> sp1. (A)	1	0	0	145	0	0	0
<i>Melita longidactyla</i> (A)	16	0	150	5	0	2	0

(A : Amphipoda, B : Bivalvia, P : Polychaeta)

### 저서동물군집의 섭식형 조성

광양만에서 2001년 6월에 출현한 저서동물을 크게 4개의 섭식유형으로 분류하였다 (Table 3). 각 섭식유형별 조성을 보면 가장 많은 개체수를 보인 섭식유형은 표층퇴적물을 먹이로 취하는 표층퇴적물식자 (Surface deposit feeders; SSDF)로서 전체 출현 개체수의 60.3 %를 차지하였고, 표층하퇴적물식자 (Subsurface deposit feeders; SDF) (17.2 %), 여과식자 (Filter feeders; FF) (12.0 %), 육식자 (Carnivores; CAR) (10.5 %) 순으로 나타났다 (Fig. 10).

섭식유형별 지역적인 분포양상을 보면 육식자는 정점 1, 정점 4에서는 오직 육식자만 출현하였고, 정점 5, 정점 9, 정점 12, 정점 23 등에서 육식자의 비율이 40 % - 50 %에 이르고, 섭식형 중에서 가장 높은 비중을 차지하였다. 여과식자의 비중이 가장 높은 곳은 정점 14 (57.3 %)로서 *Mytilus edulis*의 대량 출현에 기인한 것이다. 정점 3 (34.8 %), 정점 12 (30.8 %), 정점 16 (27.5 %) 등에서도 평균적인 조성비율에 비해 큰 값을 보였다. 표층퇴적물식자의 경우에는 대체로 전 정점에서 우세한 섭식형이지만 정점 8에서는 SDF만 출현하였고, 정점 37과 정점 28에서는 SDF의 비율이 전체의 90 % 내외로 높았다. SSDF는 정점 31에서 72.5 %로 가장 많은 비중을 차지하였고, 정점 27과 정점 32에서도 40 % 내외의 조성비율을 보였다. 가장 외곽에 위치한 정점 51과 정점 54에서는 SDF의 조성비율이 60 - 70 %로 가장 높았고, SSDF, CAR, FF 순으로 섭식형 조성을 보였다.

일반적으로 연안역이나 내만역에서는 SSDF의 비중이 가장 많은 것에 비해서 본 조사해역에서는 이들의 비중이 매우 낮았고, 여과식자의 비중이 육식자 보다 더 높은 것이 본 조사해역의 섭식형 조성의 특징이었다.

### 저서오염지수 (BPI) 및 생물계수 (BC)

광양만의 저서환경 상태를 저서동물군집의 오염반응 정도에 의해서 하나의 수치로 나타내는 저서오염지수(BPI)와 생물계수(BC)를 구하였다. 이들 오염지수를 구하기 위해 먼저 각 저서동물을 하나의 기능군에 할당하였다 (Table 3).

2001년 6월의 조사에서 출현한 저서동물군집의 BPI 값을 보면 정점 31에서 BPI값이 25로서 가장 낮았고, 정점 32에서 BPI값이 45로서 다음으로 낮은 값을 보였다 (Fig. 11a). 그 외에도 정점 21, 정점 26, 정점 27 등과 여수해만에 위치한 정점 38, 정점 42, 정점 43, 정점 45 등에서도 BPI값이 55 이하였다. 이들 외의 정점에서는 BPI값이 60 이상을 보였고, 가장 외곽에 위치한 정점 51과 정점 54에서는 BPI값이 각각 57과 62였다. 정점 31에서는 BPI값이 25에 불과하였고, 정점 21에서도 BPI값이 53 정도였던 것은 유기물오염지역에서 많이 출현하는 다모류의 *Lumbrineris longifolia*가 우점종으로 나타났기 때문이다. 지금까지 조사된 연안역의 저서동물군집에 대한 BPI 조사에서 유기물오염이 진행된 내만역에서는 BPI값이 30 이하의 낮은 값을 보이며, 유기물 오염현상이 없다고 간주되는 외해역에서는 BPI값이 60 이상의 값을 보였다 (한국해양연구소, 1994; 1999). 따라서 BPI값에 의한 광양만의 저서환경 상태는 광양만 입구역을 제외하면 전 정점에서 양호한 상태에 있는 것으로 보인다.



Table 3. The list of macrobenthic animals assigned to the functional groups

Taxa	Feeding type	BPI	BC
Phylum Cnidaria			
Anthozoa	C	1	2
Phylum Platyhelminthes	C	1	2
Phylum Nemertinea	C	1	2
Phylum Brachiopoda	FF	1	1
Phylum Sipunculida	SSDF	3	4
Phylum Mollusca			
Bivalvia			
<i>Anodontina stearnsiana</i>	FF	1	2
Bivalvia sp.1	FF	1	2
Bivalvia sp.2	FF	1	2
<i>Bullacta exarata</i>	SDF	2	3
<i>Crepidula onyx</i>	C	2	3
<i>Euspira pila</i>	C	1	2
<i>Glossaulax didyma</i>	C	1	2
<i>Laternula anatina</i>	FF	1	1
<i>Megangulus venulosus</i>	FF	1	2
<i>Musculus senhousia</i>	FF	1	2
<i>Mytilus edulis</i>	C	1	3
Nassariidae unid.	C	1	2
Naticidae unid.	C	1	2
<i>Nitidotellina minuta</i>	SDF	2	3
<i>Paphia nudulata</i>	FF	1	2
Philinidae unid.	C	1	2
<i>Raetellops pulchella</i>	SDF	4	5
<i>Saxidomus pipuratus</i>	FF	1	2
<i>Tapes philipinarium</i>	FF	4	2
<i>Theora fragilis</i>	FF	4	5
Veneridae unid.	FF	1	2
<i>Volutharpa</i> sp.	C	1	2
Gsatropoda sp. 1	C	1	2
Phylum Annelida			
Polychaeta			
<i>Amaeana</i> sp.	SDF	2	3
<i>Ampharete arctica</i>	SDF	2	1
<i>Amphinome</i> sp.	SDF	2	3
<i>Amphisamytha japonica</i>	SDF	2	3
<i>Amphicteis gunneri</i>	SDF	2	3
<i>Anaitides koreana</i>	C	1	2
<i>Aricidea pacifica</i>	SSDF	3	4
<i>Brada villosa</i>	SDF	2	2
<i>Chaetozone setosa</i>	SDF	2	4
<i>Chaetopterus</i> sp.	FF	1	1
<i>Chone</i> sp.	FF	1	2

Table 3. Continued

Taxa	Feeding type	BPI	BC
<i>Cirriformia tentaculata</i>	SDF	4	4
<i>Clymenella koreana</i>	SSDF	3	1
<i>Crysopetalum</i> sp.	SDF	2	3
<i>Diopatra sugokai</i>	C	1	2
<i>Dorvillea</i> sp.	C	4	5
<i>Drilonereis</i> sp.	C	1	2
<i>Eteone longa</i>	C	1	2
<i>Euchone analis</i>	FF	1	2
<i>Glycera chirori</i>	C	1	2
<i>Glycinde</i> sp.	C	1	2
<i>Goniada maculata</i>	C	1	2
<i>Haploscoloplos elongatus</i>	SSDF	3	1
<i>Harmothoe</i> sp.	C	1	2
<i>Heteromastus filiformis</i>	SSDF	3	4
<i>Heterospio</i> sp.	SSDF	3	3
<i>Inermonephtys inermis</i>	C	1	2
<i>Lagis bocki</i>	SSDF	3	1
<i>Laonice cirrata</i>	SDF	2	3
<i>Lepidasthenia</i> sp.	C	1	2
<i>Lepidonotus</i> sp.	C	1	2
<i>Loimia medusa</i>	SDF	2	3
<i>Lumbrineris heteropoda</i>	C	1	2
<i>Lumbrineris japonica</i>	C	1	2
<i>Lumbrineris longifolia</i>	SSDF	4	4
<i>Lygdamis giardii</i>	C	1	1
<i>Magelona japonica</i>	SDF	2	3
<i>Melinna cristata</i>	SDF	2	3
<i>Mesochaetopterus</i> sp.	SDF	2	3
<i>Micropodarke</i> sp.	C	1	2
<i>Nectoneanthes latipoda</i>	SDF	2	3
<i>Nephtys oligobranchia</i>	C	1	2
<i>Nereis longior</i>	C	1	2
<i>Nothria</i> sp.	SDF	2	2
<i>Notomastus</i> sp.	SSDF	3	4
<i>Ophelina acuminata</i>	SSDF	3	4
<i>Paralacydonia paradoxa</i>	SSDF	3	4
<i>Paraprionospio pinnata</i>	SDF	4	5
<i>Perolepis</i> sp.	C	1	2
<i>Pherusa plumosa</i>	SDF	2	2
<i>Phylo felix asiaticus</i>	SSDF	3	2
<i>Pilargis</i> sp.	C	1	2
<i>Pista cristata</i>	SDF	2	1
<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	SDF	3	4
<i>Polydora ligni</i>	SDF	4	5

Table 3. Continued

Taxa	Feeding type	BPI	BC
<i>Praxillella affinis</i>	SSDF	3	1
<i>Prionospio cirrifera</i>	SDF	2	3
<i>Prionospio japonicus</i>	SDF	2	3
<i>Pseudopolydora</i> sp.	SDF	4	5
<i>Scolecopsis</i> sp.	SSDF	4	3
<i>Scoloplos armiger</i>	SSDF	3	1
<i>Sigambra tentaculata</i>	C	1	2
<i>Spiophanes bombyx</i>	SDF	2	3
<i>Sternaspis scutata</i>	SSDF	3	4
Syllidae unid.	C	1	2
<i>Tambalagama fauveli</i>	C	1	2
<i>Terebellides horikoshii</i>	SDF	2	1
<i>Tharyx</i> sp.	SDF	2	4
<i>Thelepus</i> sp.	SDF	2	3
Phylum Arthropoda			
Crustacea			
Amphipoda			
<i>Ampelisca bocki</i>	FF	1	1
<i>Ampelisca brevicornis</i>	FF	1	1
<i>Ampelisca miharaensis</i>	FF	1	1
<i>Ampelisca misakiensis</i>	FF	1	1
<i>Aoroides comlumbiae</i>	SDF	1	1
<i>Byblis ampelisciformis</i>	FF	1	1
<i>Corophium acherusicum</i>	SDF	2	3
<i>Corophium crassicorne</i>	SDF	2	3
<i>Corophium sinense</i>	SDF	2	3
<i>Caprella simia</i>	SDF	1	1
<i>Erichthognius pugnax</i>	FF	1	1
<i>Gammaropsis</i> sp1.	SDF	2	3
<i>Grandidierella</i> sp1.	SDF	2	1
<i>Grandifoxus</i> sp.	SDF	1	1
<i>Induenella</i> sp.	SDF	1	1
<i>Ischyrocerus</i> sp.	SDF	1	1
<i>Jerbarnia</i> sp.	SDF	1	1
<i>Marea</i> sp.	SDF	1	1
<i>Melita koreana</i>	SDF	2	1
<i>Melita setiflagella</i>	SDF	2	1
<i>Melita longidactyla</i>	SDF	2	1
<i>Melita</i> sp1.	SDF	2	1
<i>Orchomene</i> sp1.	SDF	2	1
<i>Photis</i> sp.	SDF	2	1
<i>Plioplateia</i> sp.	SDF	1	1
<i>Synchelidium lenorostralum</i>	C	2	1

Table 3. Continued

Taxa	Feeding type	BPI	BC
unidentified spp.	SDF	2	1
Cumacea			
<i>Bodotria</i> sp1	SDF	2	2
<i>Bodotria</i> sp2	SDF	2	2
<i>Diamphostylis</i> sp.	SDF	2	2
<i>Diastylis</i> sp.	SDF	2	2
<i>Eocuma</i>	SDF	2	2
<i>Iphinoe</i> sp1	SDF	2	2
<i>Iphinoe</i> sp2	SDF	2	2
Stomatopoda	C	1	1
Isopoda			
<i>Rocimela</i> sp.	SDF	2	1
Sphaeromatidae	SDF	2	1
Decapoda			
<i>Arcinoplax</i> <i>vostitus</i>	C	1	1
<i>Charybdis</i> sp1.	C	1	1
Decapod sp.	C	1	1
<i>Helica</i> <i>tridenssheni</i>	C	1	1
<i>Hemigrapsus</i> sp.	C	1	1
<i>Heptacarpus</i> <i>futilirostris</i>	C	1	1
<i>Ilyaplax</i> sp.	C	1	1
<i>Ilyaplax</i> sp2.	C	1	1
<i>Latreutes</i> <i>planirostris</i>	C	1	1
<i>Leptochela</i> <i>gracilis</i>	C	1	1
Megalopa	C	1	1
Mysis	C	1	1
<i>Pilumnus</i> sp1.	C	1	1
<i>Sesormia</i> sp.	C	1	1
shrimp	C	1	1
Echinodermata			
Asteroidea			
<i>Asteria</i> <i>amurensis</i>	FF	1	2
Ophiuroidea	SDF	2	2
<i>Amphiura</i> sp.	SDF	2	2
<i>Amphioplus</i> <i>japonicus</i>	SDF	2	2
Holothuroidea			
<i>Phyllophorus</i> <i>ordinatus</i>	SSDF	3	3
<i>Protankyra</i> <i>bidentata</i>	SSDF	3	3
Chordata			
Ascidiacea	FF	1	2
<i>Ciona</i> <i>intestinalis</i>	FF	1	2
Fishes	C	1	1

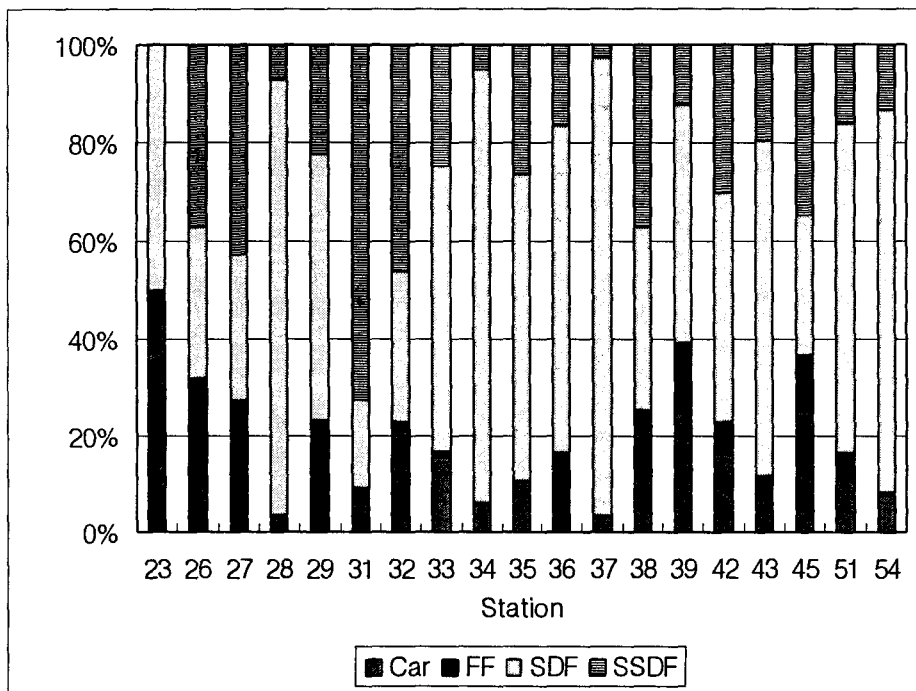
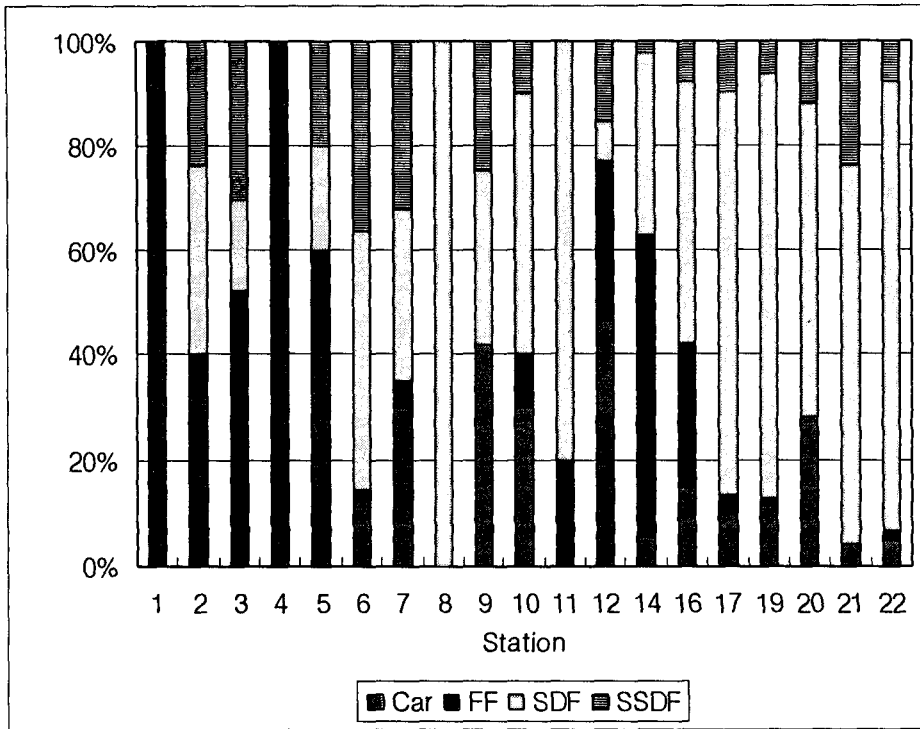


Fig. 10. The percentage composition of feeding types of macrobenthic fauna.

저서동물을 유기물오염에 반응하는 정도에 따라서 5개 반응군으로 할당하여 생물계수값을 구한 결과 정점 37에서 BC값이 4.38로서 최대치를 보였고, 정점 23과 정점 5에서 가장 낮은 값을 보였다 (Fig. 11b). 정점 51, 정점 54, 정점 43, 정점 28, 정점 21, 정점 22 등에서는 BC값이 4.0 이상이었고, 전체 중 15개 정점에서 BC값이 3.3 이상이였다. 이들 정점들에서 비교적 높은 BC값을 보인 것은 유기물오염에 잘 적응하는 다모류의 *Tharyx* sp.의 대량 출현과 관련이 있었다. BC값이 1.20 이하의 낮은 값을 보여 저서생물군집은 거의 교란되지 않은 정상적인 건강한 군집을 유지하고 있는 곳은 2개 정점에 불과하였다.

Borja *et al.* (2000)에 의하면 유럽의 경우에는 BC값이 1.2 - 3.3 이면 약간의 오염이, 3.3 - 5.0 이면 중간정도 오염의 상태를, 5.0 - 6.0 이면 매우 오염된 상태라고 분류하였다. 본 조사해역에서는 BC값이 1.2 이하인 곳은 2개 정점, BC값이 1.2 - 3.3 사이에 있는 정점이 21개 정점, BC값이 3.3 - 5.0 사이에 있는 정점이 15개였고, BC값이 5.0 이상인 곳은 없었다. 따라서 BC에 의한 광양만의 저서환경 상태는 약간 또는 중간 정도로 유기물오염에 노출되었음을 보여 주었다. 향후 저서환경에 대해서 지속적으로 감시할 필요가 있는 것으로 생각된다. 저서동물군집의 BC값을 저서환경의 건강도에 적용한 남해 거제도 남부의 외해역에 적용한 결과에서는 일부 정점을 제외하고는 1.3 이하의 값을 보여 유기물오염을 포함한 환경저해가 없는 것으로 나타났고 (미발표자료), 외나로도의 근해역의 3개 정점에서는 BC값이 2.4에서 3.2의 범위에 있었다 (현 등, 2002).

저서생물상에 의한 저서환경의 건강도를 평가하는 BPI와 BC를 광양만에 적용한 결과 두 지수간에 일치하는 결과를 보여 주지는 못하였다. BPI 방법이 BC에 비해서 광양만의 저서환경이 더 양호한 것으로 평가되었는데, 이는 저서생물에 대한 기능군의 분류가 덜 현실적인 것과 관계가 있다고 생각된다. 현실성이 높은 값을 산출하기 위해서는 각 저서생물에 대한 생태학적 정보가 좀 더 많이 축적이 되어야 할 것이며, 이를 통해 보다 정확한 저서생물의 기능군 분류가 가능해질 것이다.

## 요약 및 결론

남해 특별관리해역으로 설정된 광양만에 서식하는 대형저서동물의 군집구조와 공간분포를 파악하기 위해서 2001년 6월 광양만의 38개 조사정점을 선정하여 van Veen grab으로 채집하여 분석한 결과 출현한 대형저서동물은 총 154종이었고, 평균 서식밀도는 141.9개체/0.1m<sup>2</sup>이었다. 다모류가 출현종수와 개체수에서 가장 우점한 동물분류군이었으며, 다모류의 *Tharyx* sp. (44.8 %), *Lumbrineris longifolia* (14.0 %), 이매패류의 *Mytilus edulis* (6.5 %), 단각류의 *Corophium sinense* (4.5 %), 다모류의 *Heteromastus filiformis* (3.6 %), *Sigambra tentaculata* (1.7 %) 등이 주요 우점종이었다.

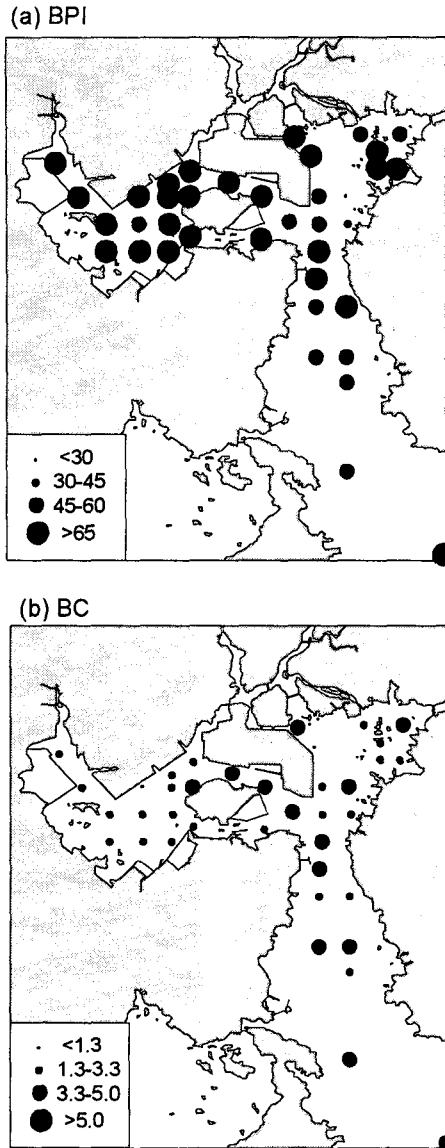


Fig. 11. Spatial distributions of the values of Biotic indices.  
 (a) Benthic Pollution Index (BPI), (b) Biotic Coefficient (BC)

지역적인 분포양상을 보면 조사해역의 서쪽에 위치한 정점들에서 종수와 개체수가 적었고, 주수로역에서 풍부한 생물상을 보였다. 각 조사정점에서 출현한 저서동물의 출현개체수 자료에 의한 Bray-Curtis 유사도지수를 구하고 평균결합법으로 집괴분석을 한 결과 광양만은 7개 정점군으로 나눌 수 있었고, 광양만의 서부해역은 안쪽에서 바깥으로 갈수록 종조성이 달라지는 다양한 군집으로 구성되어 있었다.

1992년부터 다모류의 *Tharyx* sp.가 광양만에서 가장 우점한 저서동물로 나타

났고, 1997년 이후에는 광양만의 주요 우점종 조성이 현재까지 크게 달라지지 않은 양상을 보였다. 광양만내의 전반적인 저서생물상은 묘도 서쪽의 저서생물은 과거에 비해 다소 다양한 조성을 가지는 군집으로 변화한 모습을 보였다.

대형저서동물군집의 출현종별 오염에 대한 반응 정도에 따라 기능군으로 나누어 구한 저서오염지수 (BPI)와 생물계수 (BC)의 값에 의하면 저서환경의 건강도는 주수로역의 일부정점 (정점 31과 32)을 제외한 전 정점이 현재 정상적인 상태에 있었지만, 광양만 입구지역에서는 유기물오염에 잘 적응한 다모류의 대량 출현이 있어서 지속적인 감시가 필요하였다.

## 사 사

본 논문은 한국해양연구원 남해연구소에서 수행 중인 기본연구사업인 “남해특별 관리해역의 환경오염관리모델연구 (BSPE 819-00-1407-7)”의 일환으로 수행된 연구의 일부이며, 연구책임자인 장 만 박사님을 비롯하여 본 연구를 위해서 현장조사에서 생물시로 선별까지 도움을 주신 모든 분들께 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- 김훈수, 1973. 한국동식물도감 -제 14권 동물편 (집게, 게)-. 문교부, 694 pp.
- 마채우, 홍성윤, 임현식, 1995. 득량만의 저서동물 분포. 한국수산학회지, 28(5): 503-516.
- 백의인, 1989. 한국동식물도감 -제 31권 동물편 (갯지렁이)-. 문교부, 764 pp.
- 서울대학교, 1997. 해양환경감시 평가감시. 연안 저서환경 건강평가 기술. 환경부, 557 pp.
- 신현출, 1995. 가막만의 다모류군집. 한국해양학회지, 30(4): 250-261.
- 신현출, 고철환, 1990. 광양만 다모류군집의 시공간적 변화. 한국해양학회지, 25(4): 205-216.
- 신현출, 고철환, 1993. 삼천포시 근해역의 다모류군집. 한국해양학회지, 28: 305-312.
- 신현출, 김용현, 2002. 득량만 저서다모류군집의 공간분포. 한국해양학회지 「바다」, 7(1): 20-31.
- 이재학, 고병설, 박홍식, 1997. 인천연안역 저서동물의 종조성을 이용한 환경평가. 한국수산학회지, 30(5): 771-781.
- 임현식, 박홍식, 최진우, 제종길, 1999. 남해 앵강만 조하대 연성저질 저서동물 군집. 한국해양학회지 「바다」, 4(1): 80-92.
- 임현식, 제종길, 최진우, 이재학, 1991. 여자만에서의 여름철 저서동물의 분포. 해양연구, 13(2): 31-46.



- 임현식, 최진우, 제종길, 이재학, 1992. 진해만 양식장 밀집해역의 저서동물 분포. 한국수산학회지, 25(2): 115-132.
- 임현식, 최진우. 2001. 남해안 소리도 주변 연성저질 해역의 저서동물 분포. 한국수산학회지, 34(3): 225-237.
- 임현식, 홍재상, 1994. 해양저서동물군집을 이용한 진해만의 환경평가. -종별 개체수 분포특성에 따른 그래프분석기법의 적용-. 한국수산학회지, 27(5): 659-672.
- 임현식, 홍재상, 1997a. 진해만 저서동물의 군집생태: 2. 우점종의 분포. 한국수산학회지, 30(2): 161-174 .
- 임현식, 홍재상, 1997b. 진해만 저서동물의 군집생태: 3. 군집구조. 한국수산학회지, 30(2): 175-187.
- 정래홍, 1998. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장기변동 연구. 인하대학교 이학박사학위청구논문, 306 pp.
- 정래홍, 홍재상, 이재학, 1995. 광양만 조하대의 두 다모류 군집 구조의 시간에 따른 변화. 한국해양학회지, 30(5): 390-402.
- 정래홍, 홍재상, 이재학, 1997. 광양제철소 건설을 위한 매립과 준설공사 기간 중 저서 다모류 군집의 공간 및 계절 변화. 한국수산학회지, 30(5): 730-743.
- 한국해양연구소, 1994. 해양환경 관리기술. 해양 저서생물상에 의한 환경평가. 환경처, 과기처, 9-4-1, 244 pp.
- 한국해양연구소, 1999. 연안어장 환경모니터링 기법 개발. 해양수산부, BSPG 98292-00-1196-3, 535 pp.
- 현상민, 최진우, 신경순, 장 만, 2002. 외나로도 주변해역 퇴적물의 지화학적 특성과 저서생물상. 한국환경과학회지, 11(2) (인쇄 중).
- Borja, A., J. Franco, and V. Perez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, 40(12): 1100-1114.
- Chapman, P.M., 1990. The Sediment Quality Triad approach to determining pollution-induced degradation. *Sci. Total Environ.*, 97-98: 815-825.
- Chapman, P.M., E.R. Long, R.N. Dexter, 1987. Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (the Sediment Quality Triad) in San Francisco Bay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 37(1): 75-96.
- 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: 153-162.
- 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: 169-179.
- Hong, J.S., 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in Chinhae Bay. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 22(4): 246-256.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36-71.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144.
- Shannon, C.E., and W. Weaver, 1963. Diversity indices. In: Ludwig, J.A., and J.F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, pp. 89-92.
- Stebbing, A.R.D., V. Dethlefsen, M. Carr, 1992. Biological effects of contaminants in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser. Special*, 91, 361 pp.
- Word, J.Q. 1978. The infaunal trophic index. In: Coastal water research Project. Annual Report, pp. 19-39.