

Sea Prince호 유류유출 후의 남해안 소리도-금오도 주변 연성퇴적물 대형저서동물의 군집구조

최진우¹ · 서진영¹ · 임현식² · 신현출³

¹한국해양연구원 남해연구소, ²목포대학교 해양자원학과, ³전남대학교 해양기술학부

Community Structure of Soft-bottom Macrozoobenthic Communities near the Sori-Keumo Islands, Southern Coast of Korea after the Sea Prince Oil Spill

Jin-Woo CHOI¹, Jin-Young SEO¹, Hyun-Sig LIM² and Hyun-Chul SHIN³

¹South Sea Institute, KORDI, 391 Jangmok, Geoje 656-830, Korea

²Department of Marine Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

³Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yosu 550-749, Korea

We monitored the current macrozoobenthic community structure after the *Sea Prince* oil spill around Keumo-do and Sori-do, Korea. Macrozoobenthic animals were collected seasonally around Sori-Keumo do using a van Veen grab (0.1 m²) from October 1999 to April 2000. In total, 196 species were identified at 46 sites around Keumo-do. The mean density was 1,460 individuals/m², and polychaetes comprised 80% of the total density of the macrozoobenthos. Dominant species were the polychaete *Tharyx* sp. (51%), the echinoderm *Amphioplus megapomus* (5%) and the polychaete *Lumbrineris longifolia* (3%). We identified 176 macrozoobenthic species at 36 sites around Sori-do. The mean density was 1,068 individuals/m², and polychaetes was the most abundant faunal group, comprising 41%, followed by mollusks (24%) and echinoderms (20%). Dominant species in Sori-do were the mollusk *Potamocorbula amurensis* (23%), the chinoderm *Amphioplus megapomus* (14%), and the polychaete *Tharyx* sp. (10%). The overall community structures in the study area showed few seasonal changes, although there was a gradual change in the species composition within each benthic community. *Tharyx* sp. was the most abundant species in the study area. Because this species has not been found in the other coastal areas except during recent investigations, it is considered to have increased during the course of community succession after the oil spill. The macrozoobenthos around Keumo-do showed little change in species richness, whereas around Sori-do, it showed a few increases in species richness after the summer of 1998. The overall density showed the same trend as species richness. Based on improved community indices, we suggest that the macrozoobenthic communities around Sori-Keumo Islands are gradually recovering from the oil-spill damage caused by the oil spill.

Key words: Macrozoobenthos, Sea Prince oil spill, Benthic Pollution Index, *Tharyx* sp., Sori-Keumo Islands

서 론

여수반도 남단에 위치한 소리도 주변해역은 외해에 면해 있어 주변 육상으로부터의 영향이 크지 않은 해역이다. 그러나 이 해역에서 1995년 7월 23일 유조선 Sea Prince호 좌초(34°24'N, 127°47'E)로 인하여 약 5,000톤의 연료유와 원유가 바다로 유출되어 극심한 유류 오염이 발생하였다. 또한 1995년 11월 17일에는 인근 광양만 입구에서 호남 싸파이어호의 부두충돌 사고로 인하여 약 1,402 kL의 아라비아산 원유가 유출되는 사고가 발생하였다. 그로인해 남해안의 여수, 여천 일대의 해역에서는 수산업에 막대한 피해가 생겼고, 유류오염으로 인한 생태계 변화를 파악하기 위한 필요성이 사회적인 문제로 대두되었다. 그 결과 소리도 유류오염사고 발생 후 약 1년이 경과한 시점부터 해양생태계 전반에 대한 조사 연구

를 수행하였고(KORDI, 1997; SNU, 1999), 현재까지도 진행되고 있다.

지금까지 우리나라에서는 유류오염이 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 유류오염과 유 처리제가 조간대에 서식하는 총알고둥, 대수리, 좁쌀무늬총알고둥에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 양식 어류 수정란의 부화율과 자어의 생존능력에 미치는 유류독성의 영향(Lee et al., 1999)과 유류 오염이 어체의 생리에 미치는 영향(Kang and Choi, 1997) 등에 대한 연구들이 수행되어 유류오염이 해양생태계 및 수산자원에 미치는 영향을 간접적으로 파악할 수 있도록 하였다.

외국의 경우 유류 오염이 저서생태계에 미치는 영향에 대해

*Corresponding author: jwchoi@kordi.re.kr

서는 많은 연구들이 수행되었다(Dauvin, 1987; Dean et al., 1996; Elmgren et al., 1983; Hartley, 1984; Kingston, 1987, 1992; Mair, 1987). Kingston et al. (1995)은 영국 Shetland Islands에서의 Braer호 기름 유출이 저서 동물에게 미치는 영향 조사에서 종 풍부도와 밀도, 다양도 등과 같은 군집구조는 기름 오염에 의한 영향이라기보다 퇴적상의 차이에 의한 것이라고 보고되었다. 우리나라에서는 1993년부터 1998년까지 매년 약 400여 건씩 총 2,530여건의 크고 작은 기름 유출 사고로 인해 38,300 kl의 기름이 유출되어 생태계에 많은 영향을 미쳤으며, 약 2,600억원의 어업피해가 발생하였음에도 불구하고(Ministry of Environment, 1999), 생태계 분야에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 실정이다. 아울러 본 조사해역 주변에서 기존에 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 수행되어 왔기 때문에, 비교적 외해역인 소리도를 포함한 해역에서 이루어진 본 연구 결과들과는 자료의 비교가 어려운 실정이다.

유류오염에 의한 생태계의 영향은 유류오염이 발생한 이후 가능한 빠른 시간 내에 조사가 진행되어야만 생태계의 피해 정도와 회복되는 과정을 파악할 수 있다. 그러나 본 조사지역에서는 유류오염이 발생한 이후 약 1년이 경과한 상태에서 첫 번째 현장 조사(KORDI, 1997)가 진행되었고, 그 후 2차 조사(SNU, 1999)가 있었기 때문에 군집구조의 변화가 가장 클 것으로 예상되는 유류오염 직후부터의 생태계 변동과정을 뚜렷하게 추적하기는 어렵다. 또한 조사시기마다 조사정점의 선정에 변동이 있었기 때문에 정확한 생물학적 모니터링 및 시간 경과에 따른 비교가 곤란한 상태에 있다. 하지만 본 조사에서는 2차 현장조사 정점을 최대한 반영하여 조사정점을 선정하였고, 가능하면 과거의 자료와 비교가 가능하도록 하였다.

본 연구는 현재의 군집상태를 분석하여 유류오염에 의한 영향으로부터 어느 정도 회복하는 과정에 있는지를 평가하고, 향후 이 해역에서의 저서생태계 변동을 파악할 수 있는 표준 자료를 얻는 것이다.

재료 및 방법

조하대 연성퇴적물에 서식하는 저서동물을 정량적으로 채집하기 위해서 각 지역별로 해안선에 평행하게 두 개의 조사선을 설정하여 적절한 간격으로 조사정점을 선정하였다. 금오도 주변에서는 해안선에서 약 100-200 m 이격된 정점들과 이로부터 500 m 이격된 정점들로 구성된 10개의 정점이 선정되었고, 금오도 우측하단에서 시작하는 3개의 정점이 선정되었다. 그리고 금오도 우측에 위치한 소횡간도와 대횡간도에 각각 1개 정점이 선정되었다. 소리도 주변에서는 소리도 남측 해안을 중심으로 10개 정점이 부채꼴 모양으로 해안선에서 약 100 m에 위치한 정점과 이로부터 500 m 이격된 정점들이 선정되었고, 소리도 좌우와 남쪽에 3개 정점이 선정되었다(Fig. 1).

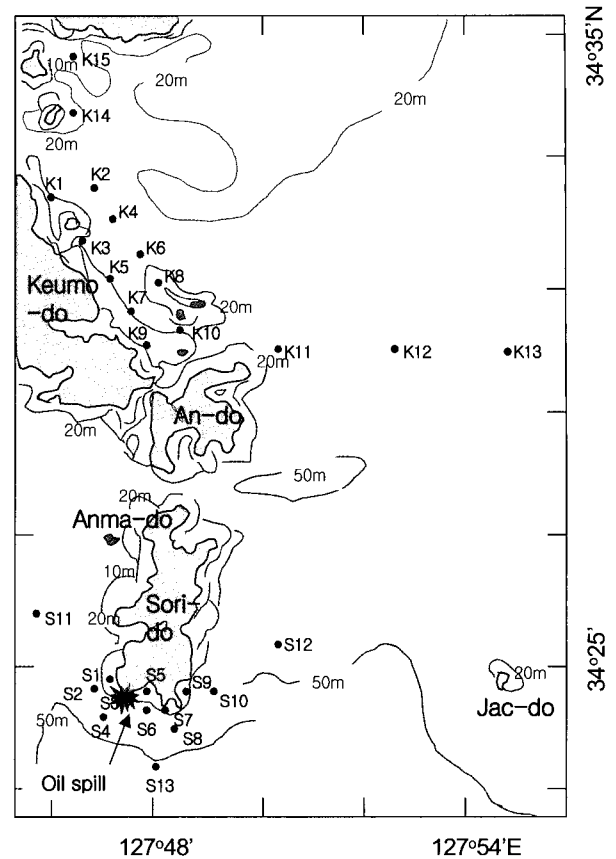


Fig. 1. The study area (Sori-do, Keumo-do) and sampling sites.

현장 조사는 각 지역에서 1999년 8월부터 2000년 4월까지 계절별로 이루어졌으며, 여름철조사에서는 전체 조사정점에서 채집을 하였으며, 가을에서 봄철까지의 조사에서는 섬에 인접한 일부 정점에서는 조사가 생략되었다. 저서생물채집에는 van Veen grab (0.1 m²)을 사용하였으며, 조사정점 당 2회씩 퇴적물을 인양한 후 망목 크기가 1 mm인 체에 걸러 남은 것을 해수로 중화된 10% 포르말린에 고정하였다.

고정된 저서생물시료는 실험실에서 주요 분류군으로 선별한 후 습중량을 측정하였고, 각 분류군별로 가능한 한 종 수준까지 동정하고 개체수를 기록하였다. 군집지수로서는 종별 출현 개체수 자료를 사용하여 Shannon의 종다양성지수(H')와 Pielou의 균등도지수(J)를 구하였다.

만일 유류오염이 저서동물군집에 필요한 먹이원으로 작용하였다면 이에 반응한 섭식구조에 차이를 나타내게 되고, 먹이원이 조간대 암반으로부터 그 외곽 조하대 지역으로 확산 공급되었다면 육지에 가까운 정점들의 저서동물 식성지수는 감소할 것으로 예상된다. 특히 오염지시종이 우점하게 되는 초기 천이단계에서는 저서오염지수의 값이 매우 낮게 계산될 것이다. 이는 균형종인 여과식자나 육식자의 몰락을 동반하기 때문이다. 그러나 천이가 진행됨에 따라 기회종에서 점차 균형종으로 대체되기 때문에 저서오염지수는 증가하게 될 것이

고, 군집의 천이가 끝나는 시점에서는 일정한 저서오염지수값을 가질 것이다. 유출된 유류물질 역시 일종의 유기물이므로 저서동물이 유기물 오염에 반응하는 정도를 파악하기 위하여 정점간, 지역간, 시공간적인 비교가 가능하도록 저서오염지수(Benthic Pollution Index, BPI)를 구하였다(Choi et al., 2003).

저서오염지수 =

$$[1 - (a \cdot n_1 + b \cdot n_2 + c \cdot n_3 + d \cdot n_4) / (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) / d] \times 100$$

(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.)

저서오염지수의 범위는 다음과 같으며, BPI=0이면 저서군집이 모두 표층하퇴적물식자로 구성되었음을 나타내며, BPI=100이면 저서동물군집이 모두 여과식자만으로 구성되었음을 나타낸다. 따라서 저서오염지수가 작을수록 유기물의 공급이 많음을 나타내고, 그것을 이용하는 표층하퇴적물식자나 유기물오염에 적응한 오염지시종이나 기회종이 우점하고 있음을 시사한다.

출현 개체 수 자료로부터 Bray-Curtis의 유사도지수를 구하여 MDS (Non-metric multidimensional scaling) 배열법으로 군집분석을 하였으며, 분석에는 PRIMER 5.0을 사용하였다.

결 과

금오도 주변 해역의 종조성

금오도 주변 해역에서 조사기간 중에 출현한 대형 저서동물은 10개 동물문에 속하는 총 196종이었다(Table 1). 여름철에 143종으로 가장 많은 출현종수를 보였고, 가을철에 100종으로 가장 적은 종 수를 보였다. 금오도 주변 해역의 저서동물군집 조성을 주요 동물군별로 보면 출현종수에 있어서는 다모류가 87종으로 가장 많은 비중을 차지하였고, 갑각류 66종, 연체동물 30종, 극피동물 7종 등의 순이었다. 개체수에 있어서는 다모류에서 전체 개체수의 80.4%를 차지하여 가장 우점한 동물군이었고, 갑각류 9.3%, 극피동물 7.3%, 연체동물 1.4% 순으로 나타났다. 생물량에 있어서는 극피동물에서 54.3%로 가장 많았고, 다모류 22.5%, 연체동물 17.2%, 갑각류 3.1% 순으로 생물량에 대한 조성을 보였다.

소리도 주변 해역의 종조성

소리도 주변 해역에서 조사기간 중에 출현한 대형 저서동물은 10개 동물문에 속하는 총 173종이었다(Table 2). 여름철에 132종으로 가장 많은 출현종수를 보였고, 겨울철에 64종으로 가장 적은 종 수를 보였다. 이는 겨울철 조사에서는 5개 정점에

Table 1. Abundance, density and total number of species of macrobenthos community in Keumo-do during study period

Taxa	Abundance	%	Density (ind./m ²)	Number of species
Polychaeta	10,811	80.5	1,175	87
Mollusca	194	1.4	21	30
Arthropoda	1,249	9.3	136	66
Echinodermata	978	7.3	106	7
Cnidaria	9	0.1	1	1
Nemertea	167	1.2	18	1
Platyhelminthes	3	0.0	1	1
Brachiopoda	3	0.0	1	1
Sipunculida	17	0.1	2	1
Chordata	3	0.0	1	1
Total	13,434	100.0	1,460	196

Table 2. Abundance, density and total number of species of macrobenthos community in Sori-do during study period

Taxa	Abundance	%	Density (ind./m ²)	Number of species
Polychaeta	3,194	41.6	444	78
Mollusca	1,886	24.5	262	27
Arthropoda	736	9.6	102	51
Echinodermata	1,547	20.1	215	11
Cnidaria	123	1.6	17	1
Nemertea	112	1.5	16	1
Platyhelminthes	8	0.1	1	1
Brachiopoda	16	0.2	2	1
Sipunculida	53	0.7	7	1
Chordata	12	0.2	2	1
Total	7,687	100.0	1,608	173

서만 조사가 가능하였던 것에 의한 것이다. 소리도 주변 해역의 저서동물군집 조성을 주요 동물군별로 보면 출현종수에 있어서는 다모류가 78종으로 가장 많은 비중을 차지하였고, 갑각류 51종, 연체동물 27종, 극피동물 11종 등의 순이었다. 개체수에 있어서는 다모류에서 전체 개체수의 41.5%를 차지하여 가장 우점한 동물군이었고, 연체동물 24.5%, 극피동물 20.1%, 갑각류 9.6% 순으로 나타났다. 생물량에 있어서는 연체동물에서 47.6%로 가장 많았고, 극피동물 37.4%, 다모류 10.3%, 17.2%, 갑각류 1.1% 순으로 생물량 조성을 보였다.

우점종

금오도 주변해역에서 출현한 저서동물군집의 주요 우점종으로는 다모류의 *Tharyx* sp. (51.4%), 극피동물의 거미불가사리류에 속하는 *Amphioplus megapomus* (4.7%), 다모류의 *Lumbrineris longifolia* (3.3%), *Magelona japonica* (2.9%), *Heteromastus filiformis* (2.4%), *Glycera chirori* (2.3%), 갑각류의 *Eriopisella schellensis* (2.4%) 등이었다(Table 3).

소리도 주변에서 출현한 저서동물군집의 주요 우점종으로는 연체동물의 이매패류인 *Potamocorbula amurensis* (22.8%), 극피동물의 거미불가사리류인 *Amphioplus megapomus* (13.8%), *Ophiopholis mirabilis* (3.0%), 다모류의 *Tharyx* sp. (9.9%),

Table 3. The dominant species of macrobenthic communities in Keumo-do during study period

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring	Abundance	%	Density
<i>Tharyx</i> sp.	1,380	6,652	1,647	3,226	6,905	51.4	751
<i>Amphioplus megapomus</i>	235	123	137	139	634	4.7	69
<i>Lumbrineris longifolia</i>	100	19	112	207	438	3.3	48
<i>Magelona japonica</i>	100	92	143	61	396	3.0	43
<i>Eriopisella sechellensis</i>	67	81	106	71	325	2.4	35
<i>Heteromastus filiformis</i>	117	72	69	62	320	2.9	35
<i>Glycera chirori</i>	123	53	61	79	316	2.4	34
<i>Sternaspis scutata</i>	71	22	77	58	228	1.7	25
<i>Protankyra bidentata</i>	52	79	40	29	200	1.5	22
<i>Gammaropsis utinomi</i>	4	1	20	143	168	1.3	18
<i>Nermertinea</i> unid.	67	30	47	23	167	1.2	18
<i>Sigambra tentaculata</i>	39	22	63	35	159	1.2	17
<i>Chaetozone setosa</i>	78	17	27	25	147	1.1	16
<i>Amaeana</i> sp.	68	12	27	33	140	1.0	15

(C: Crustacea, H: Holothuroidea, N: Nemertea, O: Ophiuroidea, P: Polychaeta).

Table 4. The dominant species of macrobenthic communities in Sori-do during study period

Species	Summer	Autumn	Winter	Spring	Abundance	%	Density
<i>Potamocorbula amurensis</i>	1,754	-	-	-	1,751	22.8	244
<i>Amphioplus megapomus</i>	295	333	53	383	1,064	13.8	148
<i>Tharyx</i> sp.	197	149	306	107	759	9.9	105
<i>Spiophanes bombyx</i>	4	19	3	326	352	4.6	49
<i>Aricidea assimilis</i>	94	83	72	69	318	4.1	45
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	134	10	-	84	228	3.0	44
<i>Megalona japonica</i>	64	33	100	20	217	2.8	30
<i>Melitidea</i> unid.	25	48	4	108	185	2.4	26
<i>Sternaspis scutata</i>	98	16	26	44	184	2.4	26
<i>Glycera chirori</i>	65	22	11	42	140	1.8	19
<i>Cnidaria</i> unid.	63	28	1	31	123	1.6	17
<i>Nemertea</i> unid.	51	30	9	22	112	1.5	16
<i>Ceradocus capensis</i>	112	-	-	-	112	1.5	16
<i>Protankyra bidentata</i>	39	28	11	28	106	1.4	15
<i>Heteromastus filiformis</i>	52	13	14	21	100	1.3	14
<i>Gammaropsis utinomi</i>	21	16	1	60	98	1.3	14

(B: Bivalvia, C: Crustacea, Cn: Cnidaria, H: Holothuroidea, N: Nemertea, O: Ophiuroidea, P: Polychaeta).

Spiophanes bombyx (4.6%), *Aricidea assimilis* (4.1%), *Magelona japonica* (2.8%), *Sternaspis scutata* (2.4%), 갑각류의 *Melitidae* sp. (2.4%) 등이었다(Table 4).

지역적 분포양상

각 조사해역에서 섬이나 육지에 가까운 곳을 기름오염에 따른 영향을 많이 받은 곳으로 간주하여 해안에 인접한 곳과 해안에서 멀리 떨어진 곳에 분포하는 저서동물의 출현양상을 보고자 하였다.

금오도 주변 해역에서 4개 조사기간 중에서 봄철에 정점당 평균 출현종수가 37종으로 가장 많았고, 가을철에 정점당 평균 28종으로 가장 적었다. 연중에서 가장 많은 출현종수를 보인 곳은 여름철의 정점 K14로서 68종의 저서동물이 출현하였고, 가을철의 정점 K11에서 5종만이 출현하여 가장 적었다(Fig. 2). 정점 11에서는 연중 상대적으로 적은 출현종수를 보였다. 소리도 주변해역에서는 금오도에 비해 전반적으로 빈약한 저서동물군집을 보였다. 출현종수에 있어서는 여름철의 정점 S10에서 41종이 출현하여 가장 많은 종수를 보였으며, 정점 S2에서도 비교적 많은 종수를 보였다(Fig. 2). 여름철

정점 S13에서는 3종의 저서동물이 출현하여 가장 빈약한 생물상을 보였고, 연중 10종 내외의 출현종을 보였다.

금오도 주변해역에서 연중 13,433 개체/0.2 m²가 출현하였으며, 평균 서식밀도는 1,460 ind./m²였다. 가을철에 914 ind./m²로 가장 낮았고, 봄철에 2,250 ind./m²로 가장 높았다. 금오도에서 가장 높은 서식밀도를 보인 곳은 봄철, 정점 K14에서 5,845 ind./m²이고, 가장 낮은 곳은 가을철, 정점 K11이며 75 ind./m²였다(Fig. 3). 대체로 낮은 서식밀도를 보인 곳은 금오도에서 멀리 떨어진 정점들인 정점 K12, K13 등이었다. 소리도 주변해역에서는 연중 7,689 개체가 출현하였으며, 평균 서식밀도는 1,068 ind./m²였다. 가을철에 724 ind./m²로 가장 낮았고, 여름철에 1,471 ind./m²로 가장 높았다. 지역적인 분포를 보면 정점 S10에서 10,080 ind./m²로서 최대치를 보였고, 정점 S13에서 45 개체/m²로서 가장 낮았다(Fig. 3).

금오도 주변의 생물량은 가을철에서 242 g/m²로 가장 많았고, 봄철에 120 g/m²로 가장 낮았다. 연중 생물량이 가장 많았던 곳은 가을철의 정점 K10으로서 789 g/m² 이었고, 가장 적었던 곳은 여름철의 정점 K13으로 5 g/m²에 불과하였다(Fig. 4).

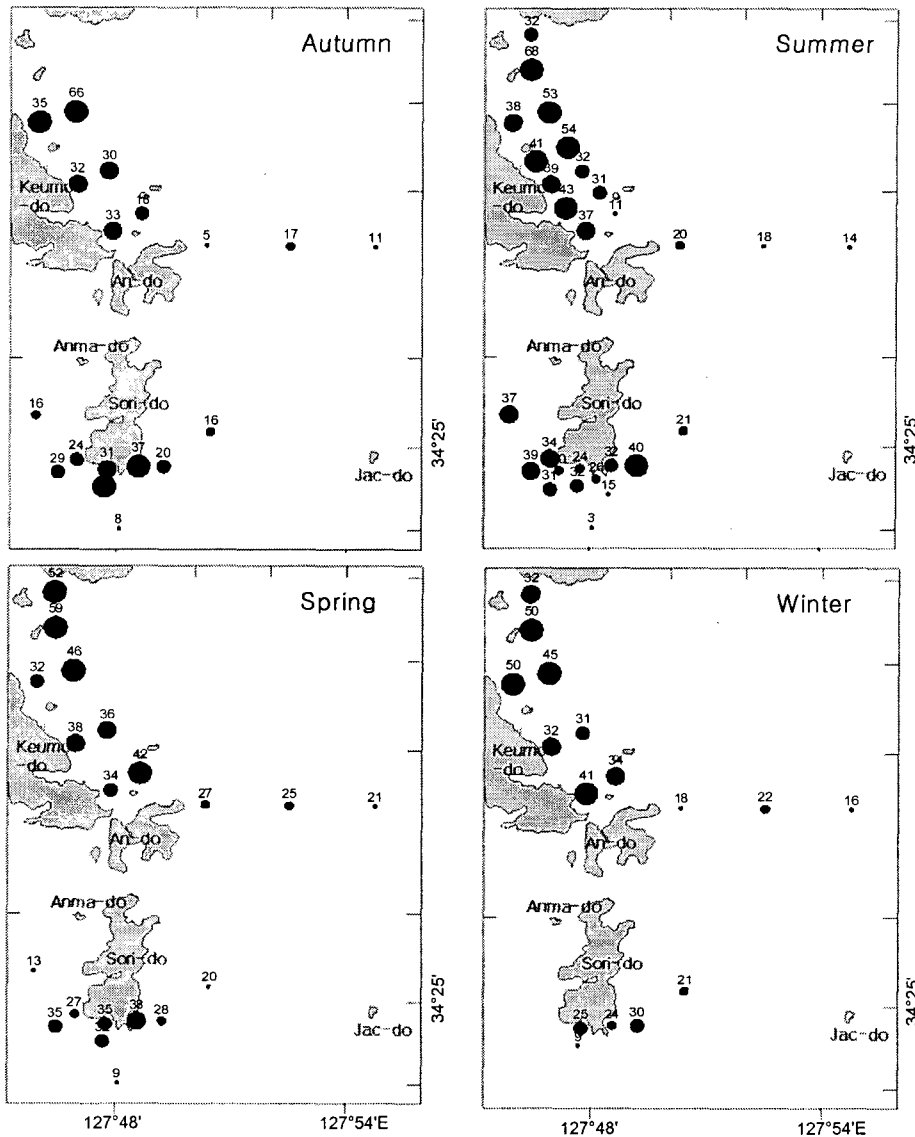


Fig. 2. The number of species of macrobenthos around Sori-do and Keumo-do.

소리도 주변의 생물량 분포양상은 극피동물과 이매패류의 출현으로 다소 많았는데, 여름철 정점 S10에서 2,613 g/m²로 최대 생물량을 보였고, 정점 S2에서도 극피동물의 출현으로 연중 250-400 g/m²에 이르는 많은 생물량을 보였다(Fig. 4).

위의 결과와 같이 금오도 및 소리도 주변해역의 지역적인 분포양상을 살펴보면, 금오도 주변해역은 금오도 북쪽에 위치한 정점들에서(K1, K2, K14 와 K15)에서 풍부한 군집조성을 보였고 외해(안도 서쪽 방면)로 갈수록 빈약한 군집조성을 보였다. 소리도 주변해역의 지역적 분포 양상을 살펴본 결과, 유조선 좌초 사고 지점과 인접한 S5와 S6은 전 계절에서 낮은 군집조성을 보였고 그 주변 정점들은 비교적 높은 군집조성을 보였다. 외곽에 위치한 S13은 소리도 주변의 다른 정점들에 비해 다소 낮은 군집조성을 보이는 것으로 나타났다.

군집지수

금오도와 소리도 주변해역의 저서동물군집에 대한 생태지수를 계절별로 구한 결과 1999년 8월의 경우 금오도-소리도 주변해역에서는 종다양성지수가 평균 2.35 ± 0.69였고, 균등도지수는 0.71 ± 0.18이었다. 지역적으로 보면 금오도의 정점 K14, K9, K5, K2 등에서 H'값이 3.0 이상이었고, 소리도 주변에서는 3.0 이하의 종다양성지수를 보였다(Fig. 5). 소수종이 우점하여 종다양성과 균등도가 낮게 나타난 정점으로는 금오도의 K11과 K15, 소리도의 S9와 S10이었는데, K11, K15, S9 등에서는 주로 다모류인 *Tharyx* sp.의 대량 출현에 의해서, S10에서는 연체동물인 *Potamocorbula amurensis*의 대량 출현에 의해서 낮은 종다양성과 균등도지수를 보였고, S13에서는 빈약한 생물상의 채집으로 인하여 낮은 종다양성지수를 보

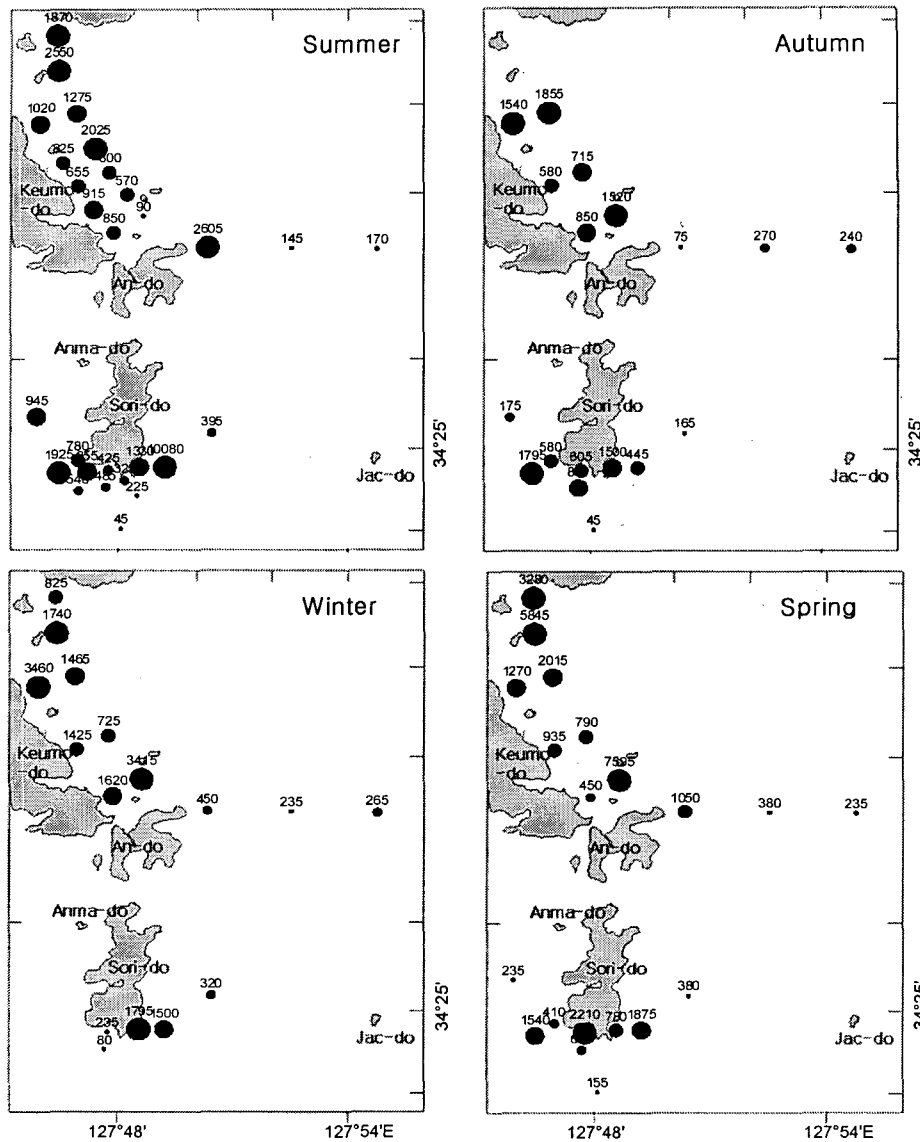


Fig. 3. The number of individual of macrobenthos around Sori-do and Keumo-do (ind./m²).

였다.

1999년 10월에는 총 18개 정점에서 조사가 이루어졌는데 종다양성지수와 균등도지수의 평균값은 2.21 ± 0.64 와 0.72 ± 0.17 로서 여름에 비해 약간 감소하였다. 3.0 이상의 높은 값을 보인 곳은 S6뿐이었고, 여름철에 높은 값을 보였던 K5, K9와 같은 정점들에서 가을철에도 상대적으로 높은 값을 보였다. 반면에 K10과 K11에서는 H'값이 1.0 이하였는데 이는 다모류인 *Tharyx* sp.의 대량 출현에 기인한 것이었다 소리도의 정점 S2와 S10에서 낮은 균등도지수는 거미불가사리인 *Amphiplus megapomus*의 대량 출현에 의한 것이었다. 평균 출현종수도 26.1 ± 14.4 종으로 여름철의 31.9 ± 13.8 종에 비해 크게 감소하였고, 전 계절에서 가장 적었다.

겨울철에는 종다양성 지수의 평균값이 가을철과 유사한

2.20 ± 0.53 이었고, 균등도는 약간 감소하여 0.68 ± 0.19 을 보였다. 출현종수는 가을철보다 많아져 30.0 ± 12.0 종이었다. 정점 S5에서 가장 높은 다양성지수를, K10, S9 등에서 가장 낮은 값을 보였다. 낮은 H'값은 우점종인 *Tharyx* sp.의 대량 출현에 기인한 것이다.

봄철에는 출현종수는 32.5 ± 12.1 종으로 가장 많았으나, 종다양성지수와 균등도지수는 가장 낮아서 각각 2.06 ± 0.60 과 0.62 ± 0.20 를 나타내었다. 봄철의 경우에도 정점 K1, K9, K10, K11, K14, K15 등에서 상대적으로 낮은 H'값을 보인 것은 우점종인 다모류의 *Tharyx* sp.의 대량 출현에 의한 것이었고, 소리도의 정점 S5에서는 다모류의 *Spiophanes bombyx*에 의해서, 정점 S10에서는 거미불가사리인 *A. megapomus*의 대량 출현에 의해서 낮은 종다양성과 균등도지수를 보였다.

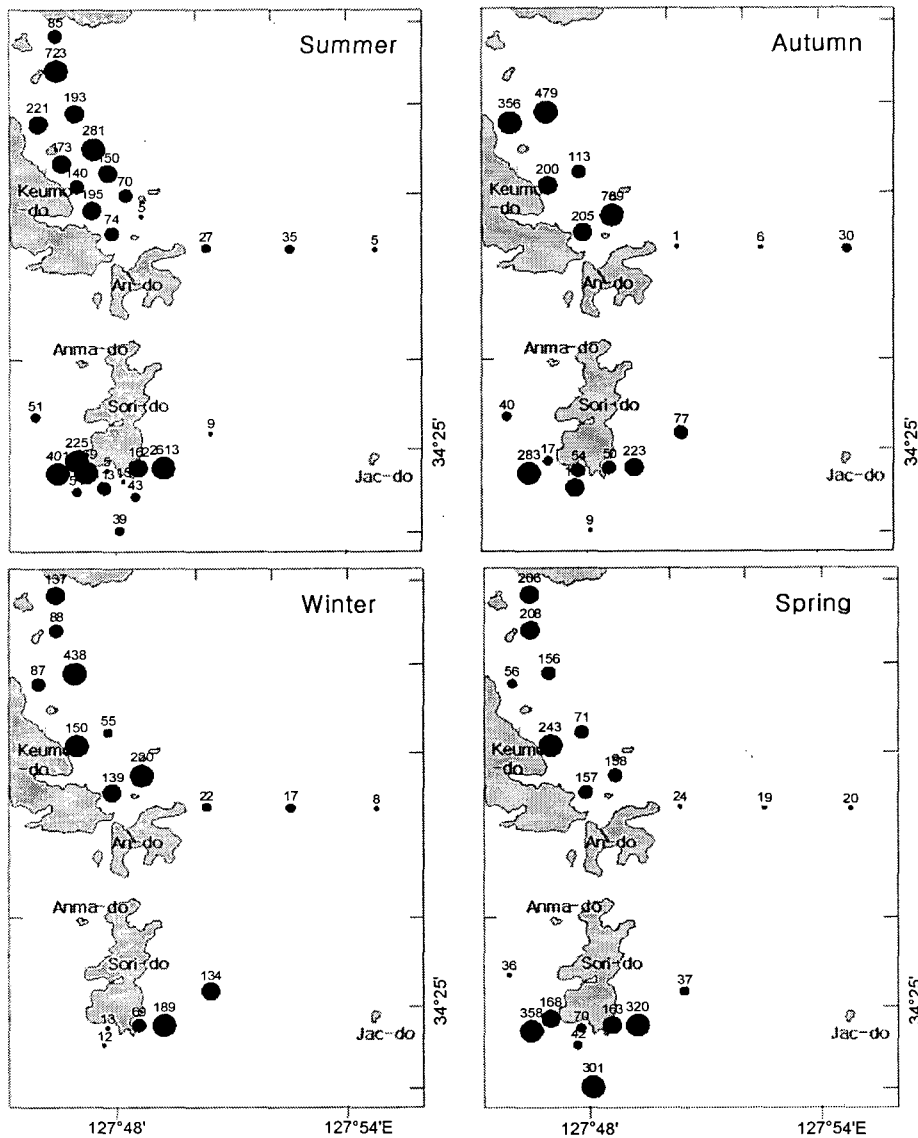


Fig. 4. The biomass of macrobenthos around Sori-do and Keumo-do (g/m^2).

저서오염지수(BPI)

금오도 주변해역의 각 조사정점에서 출현한 저서동물을 1% 이상 우점하는 종들을 선별하여 4개 식성군으로 할당하여 저서오염지수를 구한 결과 연중 40-70의 범위에 있었다(Fig. 6). 여름철의 경우에는 금오도에 근접한 정점과 그 외곽에 위치한 정점간에 저서오염지수에 있어서 어떠한 차이를 보이는가를 보기 위해 비교한 결과 두 정점군 간에 매우 유사한 값을 보였다. 금오도 남쪽 연안에서는 오히려 저서오염지수의 값이 더 낮았다. 그러나 연중 6개 정점에서의 저서오염지수를 비교해 보면 그 차이는 크지 않지만 금오도 북쪽에서는 금오도에 인접한 곳에서 저서오염지수가 낮았고 남쪽에서는 그 반대의 경향을 보였다. 따라서 금오도 주변의 경우에는 섬에 인접한 곳에서는 그 외곽역에 비해 섭식구조에 있어서 초기

단계에 있는 것으로 보였다. 즉, 퇴적물식자에 비해 여과식자나 육식자의 비중이 낮은 상태에 있었다.

소리도 주변 해역의 저서동물군집의 경우에는 여름철에는 저서오염지수가 47-89의 범위에 있었고, 섬에 인접한 정점과 그 외곽의 정점 간에 저서오염지수에 있어서 차이를 보이지 않았으나 연중 비교에서는 소리도 남서부쪽의 경우 안쪽 정점보다 바깥쪽 정점에서 더 낮은 저서오염지수를 보였다(Fig. 6). 소리도의 경우에는 퇴적상이 정점간에 차이를 보였는데, 소리도에 인접한 정점은 주로 모래가 우세한 조립질 퇴적상을 가졌고, 외곽으로 갈수록 세립해지는 퇴적상을 보였다. 따라서 소리도의 경우에는 섭식구조의 천이단계 뿐만 아니라 퇴적상의 차이도 저서오염지수에 영향을 준 것으로 보였다. 즉, 세립질 퇴적상에서는 대체로 퇴적물식자의 서식에 유리하여

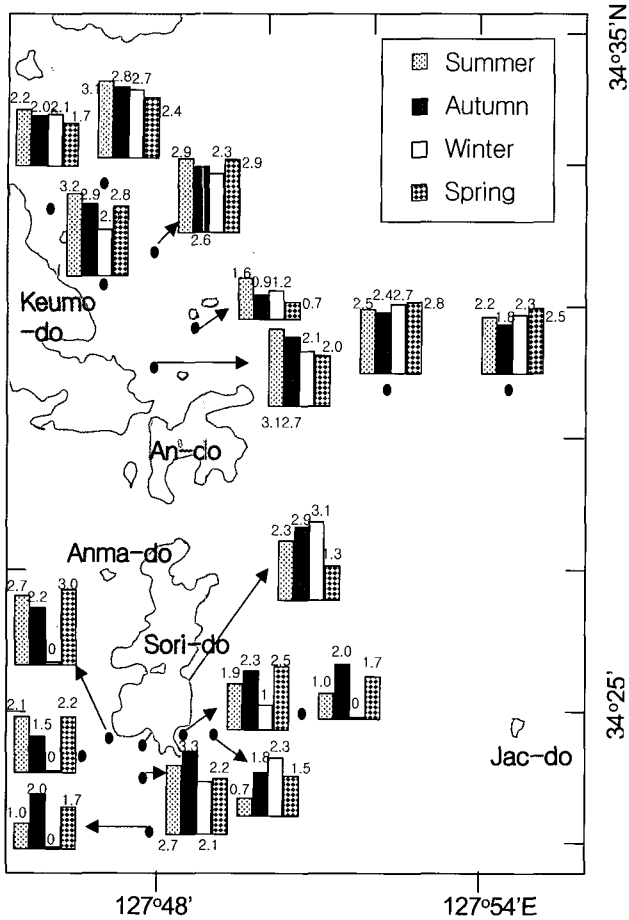


Fig. 5. The species diversity index (H') at each station during study period.

이들의 비중이 높은 것이 일반적인 현상이기 때문이다.

배열법

MDS배열법에 의한 조사정점간의 유사도를 계절별로 보면 다음과 같다. 금오도의 경우 여름철에는 크게 두 개의 정점군으로 구분될 수 있었는데, 금오도에 인접한 정점들과 금오도 우측으로 이격된 정점들(K10, K12, K13)로 대별되었다. 금오도의 경우 1999년 8월에 크게 4개의 정점군으로 구분되어졌는데, 정점 K2는 거미불가사리인 *Amphipus megapomus*가 우점하는 지역이고, 정점 K6은 다모류인 *Nephtys caeca*가 우점하는 지역, 정점 K10, K12, K13 등은 금오도 외곽역, 그리고 나머지 정점들은 서로 유사한 종조성을 가진 군집을 형성하고 있는 것으로 나타났다(Fig. 7). 금오도 주변 정점들에서는 금오도에 인접한 정점들과 그 바깥에 위치한 정점들간에도 어느 정도 종조성에 차이를 보였다. 가을철과 겨울철 및 봄철에도 여름철과 매우 유사한 정점간 유사도를 보여 주었다.

소리도 주변의 경우에는 가을철에는 외곽의 정점들은 소리도에 인접한 정점들과 뚜렷하게 구분되어졌고, 이러한 경향은 봄철에서도 잘 나타났다(Fig. 8). 또한 봄철에는 우점종의 분포 범위를 잘 반영하여 다모류의 *Tharyx* sp. 우점범위(정점군 S1,

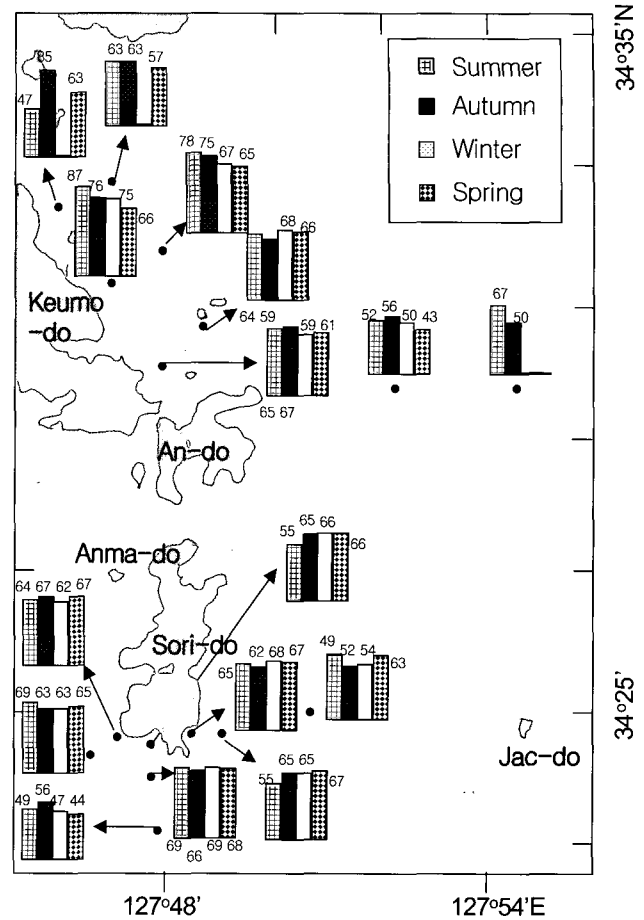


Fig. 6. The benthic pollution index (BPI) at each station during study period.

S6, S9), 거미불가사리인 *Amphipus megapomus*의 주 분포지역(정점군 S2, S10), 그리고 다모류의 *Spiophanes bombyx*의 주 분포지역(정점 S5) 등으로 세분되었다. 여름철에는 소리도에 인접한 정점들과 외곽에 위치한 정점들간에 종조성에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 인접한 정점들간에도 안쪽 정점과 바깥쪽 정점간에도 차이를 보이지 않았다. 1999년 8월의 소리도 주변 저서동물군집의 경우에는 정점 S13을 제외하면 종조성에 점진적인 차이를 보이면서 하나의 군집으로 형성되어 있었지만 가을철에는 종조성이 다른 3개의 정점군으로 구분되었다.

고찰

Sea prince호 유류오염사고 이후 1995년부터 지금까지 금오-소리도 주변해역에서 저서동물군집의 주요 분류군별 출현 밀도 변화를 살펴보고자 기존의 조사해역(Fig. 9)에서 조사된 결과들을 취합하였다(KORDI, 1997; SNU, 1999). 1995년 9월의 조사에서 가장 높은 비중을 차지한 분류군은 극피동물로 전체의 51.4%를 차지하였고, 다음으로 다모류가 전체의 42%를 나타냈다(Fig. 10). 1996년 6월의 조사에서도 극피동물과

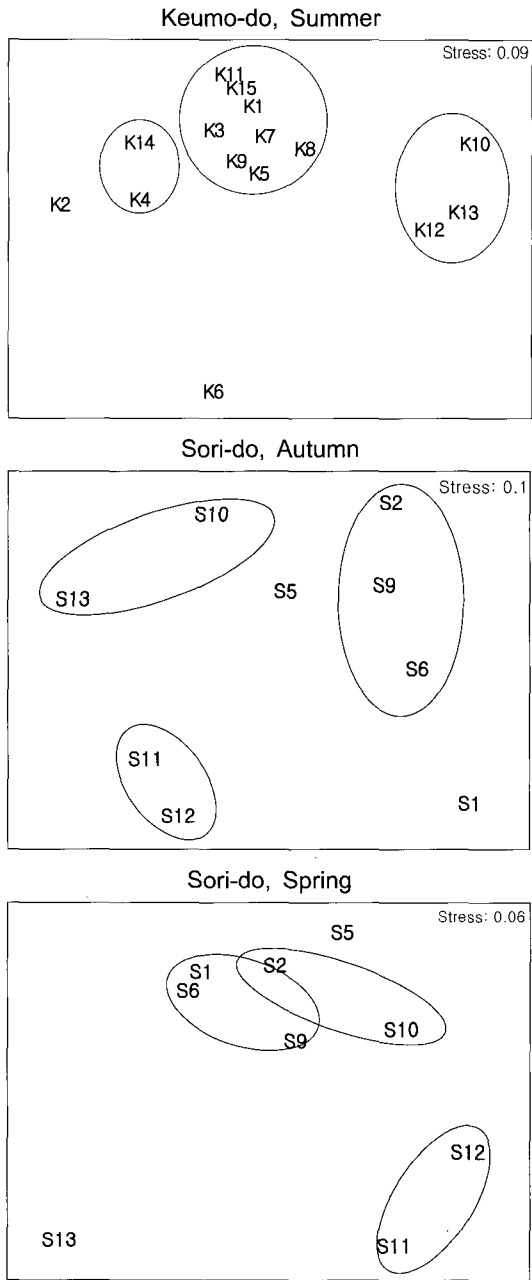


Fig. 7. 2-Dimensional ordination (MDS) around Keumo-do in summer, 1999 and Sori-do in autumn and spring.

다모류는 각각 50.7%와 30.7%를 나타내 전체의 80% 이상을 차지하였다. 그러나 1998년 2월 조사 이후 극피동물의 비율은 대폭 감소하였고 다모류가 차지하는 비율이 증가하였다. 본 연구에서는 다모류의 비중이 동계와 춘계에는 80%에 달하였다. 본 조사해역에서의 저서동물 서식밀도, 특히 다모류의 서식밀도는 남해안의 다른 해역에 비해 높은 반면, 연체동물이나 갑각류의 밀도는 남해안의 여타 해역에 비해 낮은 것으로 나타나 대조를 이루고 있다(Table 5). 이러한 다모류의 군집 내 높은 조성비율은 1997년 조사에서도 나타났으며, 평균 밀

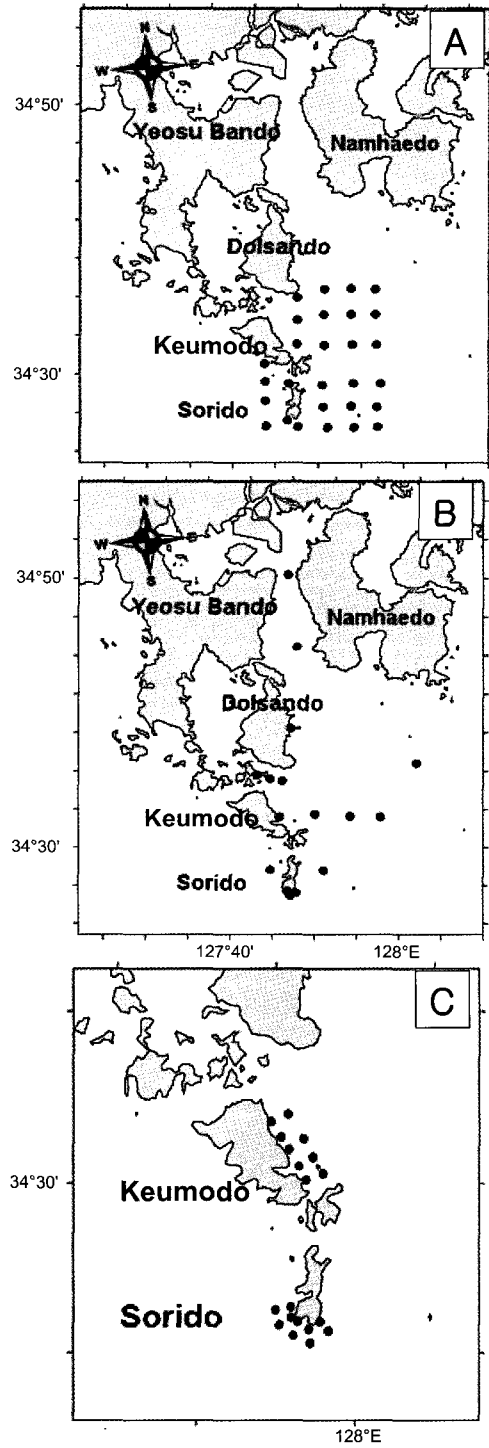


Fig. 9. Areas and sites where the macrobenthic surveys were conducted after the Sea Prince oil spill (A, Sep., 1995 and Jun., 1996; B, Feb.-Nov., 1997; C, Aug., 1998).

도는 1,068 ind./m²였고 이중 다모류는 전체 밀도의 85%인 904 ind./m²이었다. 1998년 조사에서 다모류의 비중이 79.9%에 해당하는 547 ind./m²이었고, 1999년의 본 조사에서는 전체 1,280 ind./m² 중 다모류는 920 개체/m²로 전체의 71.6%를 차지하였

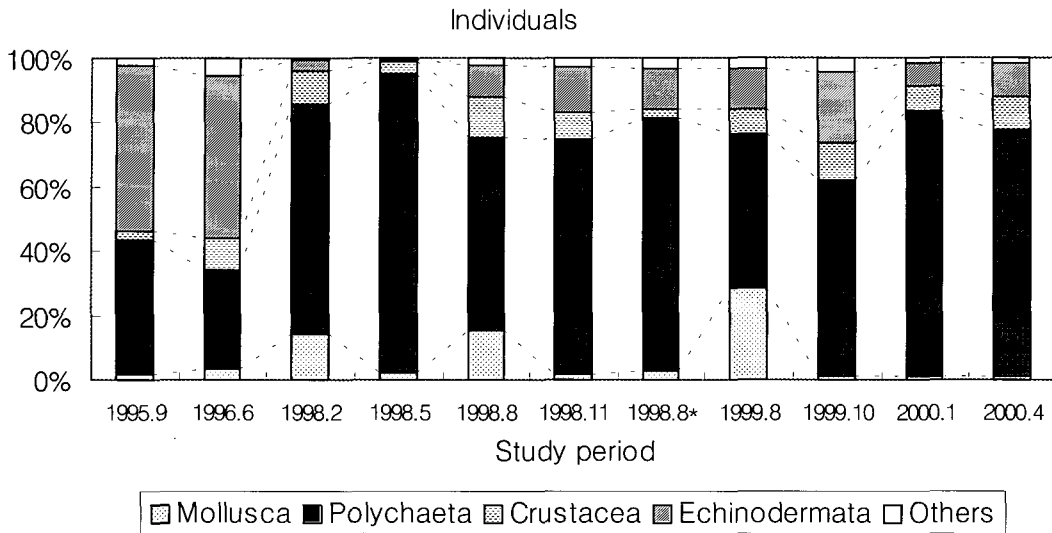


Fig. 10. Proportions of each taxon during study period (*: the same study area with this study).

Table 5. Comparison of macrobenthic communities in this study area and major bays of the southern coast of Korea (P, Polychaeta; M, Mollusca; C, Crustacea; E, Echinodermata; O, Others)

Locality	Number of species					Abundance (Ind./m ²)					Reference
	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
Deukyang 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
Kuemo-Sori do	217	80	46	60	31	1,068	904	54	30	81	KORDI, 1997
Kuemo-Sori do	236	96	40	82	18	1,284	920	106	111	147	The present study

다. 또한 다모류는 여수반도와 남해도 사이의 해역에 위치한 정점들에서 높은 밀도로 출현함으로써 전체적인 밀도 증가에 기여한 반면, 비교적 외해역인 소리도 주변의 정점들에서는 높지 않았다.

갑각류의 현존량 비중은 1995년 9월의 조사에서 2.5%로 낮았고, 1998년 8월 금오-소리도 주변 인접해역에서 조사한 결과에는 2.9%로 역시 낮았다(Fig. 10). 그러나 1999년 8월의 조사에서는 7.9%로 증가하였다. 알래스카의 Prince William Sound에서 발생한 Exxon Valdez호 유류오염에서도 옆새우류의 밀도 감소가 보고되었으며(Jewett et al., 1996), Amoco Cadiz호 유류오염 때에도 안경옆새우과(Ampeliscidae)에 속하는 개체의 대량 감소가 보고되기도 하였다(Chasse, 1978). 한편, 프랑스의 Morlaix 만에서 발생한 기름유출로 인하여 단각류군집이 파괴되었으며 이는 오염 후 8년이 지나서도 회복이 되지 않는 것으로 보고되었다(Dauvin, 1987).

1995년 9월의 조사에서 가장 우점한 종은 다모류의 *Heteromastus filiformis*로 전체의 17.2%를 차지하였고, 1996년 6월의 조사에서 가장 우점한 종은 다모류의 *Glycera chirori*로 전체의 8.7%를 차지하였다. 1998년 2월의 조사에서는 *Tharyx* sp.가 가장 우점한 종으로 출현하였다. *Tharyx* sp.는 1998년

2월 조사 이후 2000년 4월의 본 연구까지 가장 우점한 종으로 출현을 하고 있다. 1995년 9월 조사에서 1998년 11월 조사까지는 우점종이 조사 계절에 따라 많은 변화가 나타나는 것을 알 수 있었다. 그런 1999년 8월 조사 이후에는 주로 다모류의 *Tharyx* sp.와 거미불가사리인 *Amphioplus megapomus*가 우점한 종으로 출현을 하고 있다(Table 6).

1998년 조사 이후 가장 우점한 종으로 출현하고 있는 다모류 *Tharyx* sp.의 계절적 공간분포양상을 알아보았다. 출현 종수에 있어서 차이점은 금오도에 인접한 정점에서 감소하고 바깥 정점에서 증가하였고, 소리도에서는 전반적인 출현종수의 증가가 나타났다(Fig. 11). 서식밀도에 있어서도 1998년 8월과 1999년 8월 간에는 다소 큰 차이를 보였는데, 1998년에 금오도 인접 정점에서 높은 서식밀도를 보였으나, 1999년에는 인접 정점의 서식밀도가 감소하여 그 바깥 정점들과 유사한 수준으로 변화였다. 1998년 여름철 자료와 1999년 여름철 자료를 비교하면 1998년에는 *Tharyx* sp.는 주로 금오도에 인접한 정점에서 많이 출현하였으나, 1999년에는 이들 정점에서 대부분 출현이 감소하였다. 반면에 소리도 우측에 위치한 정점 S9에서 본 종이 많이 출현하였다. 그리고, 1998년에는 조사되지 않았으나 금오도 남쪽의 안도와 소횡간도 및 대횡간도

Table 6. The dominant species of macrobenthic communities around Keumo-do and Sori-do during study period (*: the same study area with this study)

Study period	Species	Density	%
1995.9	<i>Heteromastus filiformis</i>	13	17.2
	<i>Sternaspis scutata</i>	12	16.7
	<i>Pherusa plumosa</i>	7	9.3
1996.6	<i>Glycera chirori</i>	4	8.7
	<i>Sternaspis scutata</i>	3	8.3
	<i>Heteromastus sp.</i>	3	8.3
1998.2	<i>Tharyx sp.</i>	176	45
	<i>Venus foveolata</i>	42	10.7
	<i>Sternaspis scutata</i>	31	7.9
1998.5	<i>Tharyx sp.</i>	709	53.3
	<i>Sternaspis scutata</i>	127	9.5
	<i>Lumbrineris longifolia</i>	105	7.9
1998.8	<i>Sternaspis scutata</i>	90	17.9
	<i>Magelona japonica</i>	71	14
	<i>Heteromastus filiformis</i>	46	9.1
1998.11	<i>Heteromastus filiformis</i>	107	21
	<i>Sternaspis scutata</i>	47	9.2
	<i>Amphioplus japonica</i>	40	7.8
1998.8*	<i>Tharyx sp.</i>	672	57
	<i>Amphioplus japonica</i>	52	4.4
	<i>Cirriformia tentaculata</i>	45	3.8
1999.8	<i>Potamocorbula amurensis</i>	313	24.2
	<i>Tharyx sp.</i>	282	21.7
	<i>Amphioplus megapomus</i>	98	7.6
1999.10	<i>Tharyx sp.</i>	223	27.8
	<i>Amphioplus megapomus</i>	128	15.9
	<i>Magelona japonica</i>	35	4.3
2000.1	<i>Tharyx sp.</i>	610	48.4
	<i>Magelona japonica</i>	76	6.0
	<i>Amphioplus megapomus</i>	60	4.7
2000.4	<i>Tharyx sp.</i>	926	50.6
	<i>Amphioplus megapomus</i>	146	8.0
	<i>Spiophanes bombyx</i>	93	5.1

인접 해역에서는 *Tharyx sp.*의 서식밀도가 높았다.

본 조사해역에서 가장 많은 출현 개체수를 보였던 다모류의 *Tharyx sp.*는 주로 내만의 입도가 세립하고 퇴적물내의 유기물 함량이 높은 해역에서 폭넓게 발견되는 것으로 알려져 있는데, 본 조사해역에서는 평균 밀도가 451 ind./m²이고 전체 출현 개체수의 35.1%를 차지하였다. 1996년의 제 1차 조사에서도 서식밀도가 582 ind./m²로서 전체 밀도의 54%를 차지하였고, 1998년의 여름철에 금오도-소리도 주변 해역에서 전체 출현량의 57.0%를 차지하였으며 서식밀도도 672 ind./m²에 달하였던 종이다. 현재까지도 이 종은 금오도 주변에서는 전체 군집의 51.4%를 차지하고 있는 최우점종이다. 이 종은 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 Shin (1995)이 가막만에서 조사

한 결과에서도 보고되었고, 1차 및 2차 조사에서도 금오도 인접 지역에서 대량 출현하는 것으로 보고되었다. 그러나 본 조사결과 연중 소리도 우측의 인접 정점에서 높은 서식밀도를 보였다.

본 조사 해역에서의 *Tharyx sp.*의 밀도는 여름철인 8월이 평균 871 ind./m²였으며, 겨울철은 평균 243 ind./m²였다. 이러한 서식밀도는 남해안에서 지금까지 보고된 이 종의 서식밀도에 비해 높았다. 인접한 가막만에서는 최우점종으로 출현하여 평균 211 ind./m²의 서식밀도를 보였고(Shin, 1995), 앵강만에서는 두 번째 우점종으로서 166 ind./m² (Lim et al., 1999), 영산강 하구역에서도 두 번째 우점종으로서 평균 96 ind./m² (Lim and Park, 1999)의 밀도를 보였다.

전체 저서동물 군집의 종 조성 변동에 있어서는 금오도 주변 정점들에서는 금오도에 인접한 정점들과 그 바깥에 위치한 정점들간에도 어느 정도 종조성에 차이를 보였다. 가을철과 겨울철 및 봄철에도 여름철과 매우 유사한 정점간 수지도를 보여 주었다. 1998년 8월의 금오도 주변 저서동물 군집은 섬에 인접한 정점과 외곽에 위치한 정점 간에 종 조성에 있어서 큰 차이를 보이지 않았으나 1999년 본 조사에서는 섬 인접 정점과 외곽정점들 간에 전 계절에 있어서 종 조성에 차이를 나타내었다. 소리도의 경우 1998년 8월에는 섬 인접정점과 외곽정점 간에 저서동물군집의 종 조성이 매우 유사하였으나 본 조사의 가을철에는 섬 인접정점과 외곽정점 간에 종 조성에 차이를 보였다. 이는 금오도와 소리도의 외곽정점에서는 저서동물군집이 유류오염의 영향에서 다소 회복되었음을 시사한다.

시간에 따른 저서동물군집의 생태지수가 장소에 따라 어떻게 변화하였는지를 보기 위해서 금오도와 소리도에 인접한 정점과 바로 바깥의 정점들에서의 1998년 2월에서 2000년 4월까지의 종다양성지수를 비교하였다. 1998년 2월에 종다양성지수는 1.5로 가장 낮게 조사되었고 그 이후에는 모두 2.0 이상으로 나타나 1998년에 비해 증가한 것을 보였다(Fig. 12). 또 하나의 특징은 금오도와 소리도에서 해안선에 인접한 정점에서는 평균적인 종다양성은 1998년에 비해 1999년에 약간 증가하였으나, 바깥에 위치한 정점들에서는 일부 정점에서 1년간 차이를 보였지만 전체적인 값에서는 두 기간에 있어서 매우 유사한 값을 보였다. 이는 해안선에 인접한 정점들에서 전반적인 출현종수의 증가와 더불어 우점종의 비중이 낮아지고 종간의 출현량에 균등도가 증가한 것에 의한 것이었다. 따라서 해안선에 인접하고 있어서 조간대 암반의 유류를 제거하는 과정에서 더 많은 영향을 받았을 것으로 예상되는 이들 정점들에서 1998년 8월에서 1999년 8월의 기간 동안에 좀 더 안정된 군집으로 변화하고 있는 것으로 생각되나 1년간의 단기간 조사결과로는 결론을 짓기에 무리가 있는 사항이다.

우점종의 출현량 자료에 의해 계산된 식성지수의 시간적인 변동을 보면 금오도에서는 1998년에 비해 1999년 여름에는

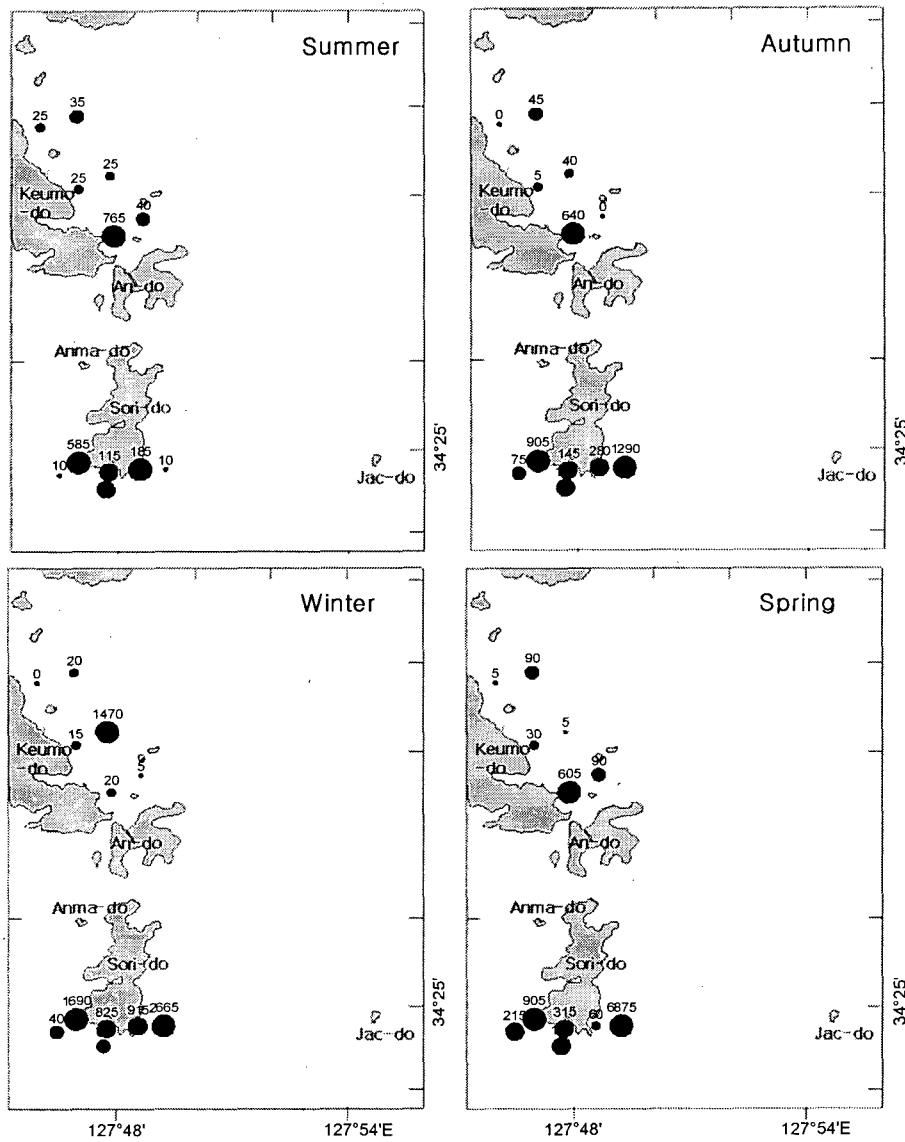


Fig. 11. Seasonal variation in the density of dominant species, *Tharyx* sp (ind./m²).

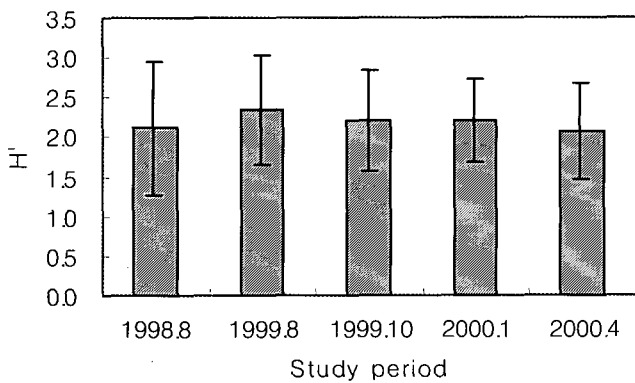


Fig. 12. Variation of species diversity index (H') during study period.

4개 정점에서 식성지수가 증가하였고, 소리도의 경우에는 1개 정점을 제외한 모든 정점에서 1999년의 식성지수가 높은 값을 보였다. 식성지수가 증가한 금오도의 정점들은 금오도의 동남쪽에 위치한 정점들로서 표층퇴적물식자의 비중이 증가한 정점들이었다. 해안선에 인접한 정점과 그 바깥에 위치한 정점들에서 1998년에 비해 1999년에 식성지수의 증가가 있었지만 두 정점군 간에는 비슷한 수준을 보였다. 따라서 저서동물 군집의 섭식유형의 조성이 아직 다모류의 *Tharyx* sp.와 같은 표층퇴적물식자가 우세한 상태에 있으며, 차후 저서동물 군집의 섭식유형의 조성은 군집천이에 따른 우점종의 조성변화와 서식밀도의 변화에 의해 좀 더 다양한 섭식유형이 혼재하는 안정된 섭식조성으로 바뀔 것으로 예상된다.

사 사

본 연구는 한국해양연구원에서 수행한 용역과제 “여수·여천 해양환경영향조사(BSPI 99275-00-1328-3)”의 지원으로 수행되었습니다. 논문의 세세한 부분까지 검토해 주신 두 분의 심사위원께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Chasse, C. 1978. The ecological impact on and near shore by the Amoco Cadiz oil spill. *Mar. Pollut. Bull.*, 11, 298-301.
- Choi, J.W., S. Hyun and M. Chang. 2003. The summer benthic environmental conditions assessed by the functional groups of macrobenthic fauna in Gwangyang Bay, southern coast of Korea. *Kor. J. Environ. Biol.*, 21, 101-113.
- 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.
- MOE (Ministry of Environment). 1999. Environment White Paper, 1-653.
- 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., Kor.*, 26, 350-357.
- 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. *Am. 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 Kwang-yang Bay, Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 30, 390-402.
- Kang, R.S. and S.J. Yoo. 1993. The acute toxicity of three oils to the early life stages of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringer. *Kor. J. Phycol.*, 8, 77-82.
- Kang, S.J. and B.D. Choi. 1997. Tainting and depuration in fish by petroleum hydrocarbon. *J. Aquacult.*, 10, 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, 445-449.
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 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, 1-1255.
- 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. Aquacult.*, 12, 115-122.
- Lim, H.S. 1993. Ecology of macrozoobenthos in Chinhae Bay of Korea. Ph.D. Thesis, Nat'l Fish. Univ. Pusan, 1-311.
- 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. Kor. Fish. Soc.*, 32, 320-332.
- 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, 31-46.
- 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, 80-92.
- Ma, C.W., S.Y. Hong and H.S. Lim. 1995. Macrobenthic fauna of Deukryang Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 28, 503-516.
- 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, 628-634.
- Shin, H.C. 1995. Benthic polychaetous community in Kamak Bay, southern coast of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 30, 205-261.
- 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. Kor.* 25, 205-216.
- SNU (Seoul National University). 1999. Marine Environment Effect Assesment in Yosu-Yochun. The 2nd year final report, 1-857.

Word, J.Q. 1978. The infaunal trophic index. In: Coastal Water Research Project Report for the Year 1978, Annu. Rep. So. Calif. Coast. Water Res. Project. SCCWRP, Los Angeles, CA, 1979, 19-39.

2005년 9월 21일 접수
2006년 5월 23일 수리