

## 진해만 북부해역 저서다모류 군집의 시·공간적 분포

임 경 훈·신 현 출\*

여수대학교 해양시스템학부

### Temporal and Spatial Distribution of Benthic Polychaetous Community in the northern Jinhae Bay

Kyeong Hun Lim and Hyun Chool Shin\*

Division of Ocean System, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

**Abstract** – The present study was carried out to apprehend that the pollutants originating from Jinhae Industrial Complex affect benthic polychaetous community in the northern Jinhae bay. An investigation on the macrobenthic community in Jinhae bay was conducted in September, December of 2002 and March of 2003. The benthic fauna showed mean density of 2,151 ind. m<sup>-2</sup> in September of 2002, 2,427 ind. m<sup>-2</sup> in December of 2002 and 2,394 ind. m<sup>-2</sup> in March of 2003. Major faunal groups are polychaetes, crustaceans and mollusks, corresponding to 73.7%, 12.0% and 11.7%, in total mean density during all of the sampling season, respectively. The most abundant species was *Lumbrineris longifolia* (24.85%), followed by *Tharyx* sp. (21.70%), *Mesochaetopterus* sp. (6.20%), *Heteromastus filiformis* (5.39%), *Prionospio* sp. (5.18%), *Glycinde* sp. (4.29%), etc. *Tharyx* sp. was the highest abundant species in September of 2002, and *Lumbrineris longifolia* was the dominant species in another sampling seasons. The density and the species number of polychaetes were high around Chori Is. and poor near Jinhae Industrial Complex area. Cluster analysis based on the species composition showed that Jinhae bay could be divided into three regions except in March of 2003. In December of 2002, there are very distinct regions by the cluster analysis. The density of benthic polychaetes in Jinhae bay was higher than that in the other coastal area of Korea, due to the predominance by some of opportunistic species, such as *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* sp. and *Heteromastus filiformis*, etc. It means that the study area were in the process of organic enrichment.

**Key words** : Jinhae bay, polychaetous community, benthos, distribution

### 서 론

한국 남해안에 위치하는 진해만은 북으로 마산만과 연결되며, 서·남쪽으로는 거제도도 둘러싸여있고, 동쪽

으로는 외해와 연결되는 지형을 하고 있다. 또한 인근의 통영과 더불어 수하식 굴, 살포식 피조개 등의 수산물 생산이 활발한 곳으로 알려져 있다. 그런데 1970년대 마산만이 수출자유지역으로 지정되면서 대형선박의 입·출항이 빈번해지고, 만 주변에 마산·창원 공단의 조성으로 대량의 산업오폐수가 유입되면서 해양수질의 악화가 날로 심각해지고 있는 곳이다(임과 홍 1994; 이 등

\* Corresponding author: Hyun Chool Shin, Tel. 061-659-3145, Fax. 061-652-1708, E-mail. shinhc@yosu.ac.kr

2003). 특히 진해만은 한국의 적조 발생 근원지로 알려지면서 과거뿐만 아니라 최근까지 진해만 적조에 있어서 수치모델링에 의한 Chl-*a*의 공간적 집적과 확산 평가(이 2004), 진해만 서부해역의 하계수질의 시간변동 특성(조 등 2004a) 등, 진해만의 해양 환경에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 저서동물 군집에 관한 연구도 역시 수차례 수행되어, 해양 오염이 저서동물군집에 미치는 영향(Hong and Lee 1983), 빈산소수괴의 형성과 저서생물량의 관계에 관한 연구(Hong 1987), 해양 저서동물 군집을 이용한 진해만의 환경평가(임과 홍 1994), 진해만 양식장 밀집해역의 저서동물 분포(임 등 1992) 등 진해만의 상황은 비교적 상세히 알려져 있다. 이상의 연구 결과에서 보면 먼저 진해만은 퇴적상과 염분의 차이가 거의 없어 이들 요인이 저서생물의 분포에 큰 영향을 미치는 것은 아닌 것으로 알려져 있고, 여름철 성층에 의한 빈산소수괴의 형성이 주 요인일 가능성이 제시된 바 있다(임 등 1992). 또한 진해만은 전반적으로 유기물함량이 높은 해역에서 다량 출현하는 기회주의적 특성을 가진 종들이 많이 분포한다고 알려져 있으며(임과 홍 1997; 백과 윤 2000), 아울러 진해만의 해양 유기물오염에 대한 심각성은 수차례 보고되어왔다. 그러나 해저 퇴적물내 산업오염물질의 축적, 인근 지역에서 유입되는 생활하수 및 농축산폐수에 의한 오염물질의 축적과 저서동물 군집을 연계시켜서 제반 오염환경에 대한 과학적인 연구는 이루어지지 않고 있었다.

본 연구에서는 진해만의 북동쪽에 위치한 진해국가산업단지 운영으로 인하여 인근 해역의 저서동물군집이

어떻게 유지되고 있는지를 살펴보고, 나아가서 이러한 제반 군집의 특성을 나타내는 지표들이 진해국가산업단지 인근해역의 저서환경을 어느 정도 반영하는지 알아보고자 하였다.

### 재료 및 방법

2002년 9월(추계), 12월(동계), 2003년 3월(춘계)의 3회에 걸쳐 진해국가산업단지 인근 조사해역에 총 27개 정점(Fig. 1)을 선정하여 저서동물을 채집하였다. 2002년 9월과 12월에는 진해국가산업단지에서 초리도~소고도 사이의 해역에서 집중 조사하였으며, 2003년 3월에는 조사해역의 범위를 초리도~소고도 이남의 수로역까지 확대하여 조사를 실시하였다.

퇴적물은 개량형 van Veen Grab 채취기(채취면적: 0.1 m<sup>2</sup>)를 사용하여 각 정점에서 2회씩 채취하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 망목 크기 1.0mm인 체를 사용하여 걸렸으며, 체에 걸린 저서동물은 10% 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 채집된 저서동물은 동물군별로 구분한 후, 현미경하에서 가능한 종 수준까지 동정하고 이후 이를 계수하였다.

저서동물 군집의 특성을 설명하는 생태지수는 종다양성지수(H'; Shannon and Weaver 1963), 종풍부도지수(R; Margalef 1958), 종균등도지수(J; Pielou 1966), 우점도지수(D; McNaughton 1968)를 정점별로 계산하였다. 또한 종조성의 유사도에 기초하여 조사지역을 구분하기 위하

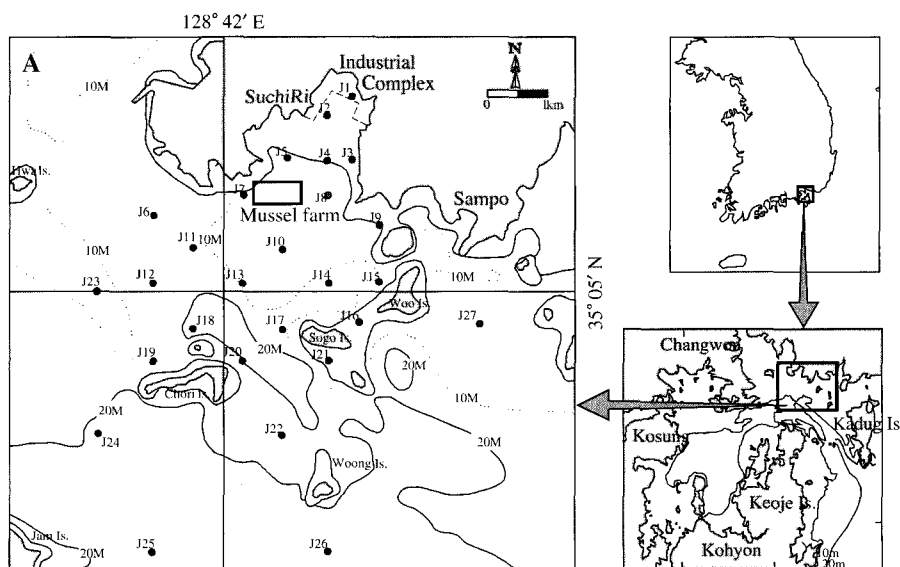


Fig. 1. A map showing the sampling stations in the northern Jinhae bay.

여 집괴분석 (Cluster analysis)을 실시하였다. 집괴분석은 전 출현종을 대상으로 하였고, 정점간 유사도지수는 Chord distance를 사용하였으며, Lance and Williams (1967)의 선형조합방정식 (Linear combinatorial equation)을 이용한 가중평균결합법 (WPGMA)을 사용하여 정점군을 구분하였다.

**결 과**

**1. 저서동물군집**

2002년 9, 12월, 2003년 3월의 3회에 걸쳐 저서동물을 채집한 결과, 저서동물의 평균서식밀도는 Table 1과 같다. 2002년 9월 추계조사에서는 총 9개 동물군이 채집되었고, 전체 저서동물의 평균 서식밀도는 2,151 ind. m<sup>-2</sup>이었다. 가장 우점 출현한 동물군은 다모류 (Polychaeta)로서, 전체 출현동물의 개체수중 83.5% (1,795 ind. m<sup>-2</sup>)를 차지하였고, 다음은 갑각류 (Crustacea) 7.5% (161 ind. m<sup>-2</sup>), 연체동물 (Mollusca) 7.3% (157 ind. m<sup>-2</sup>), 극피동물

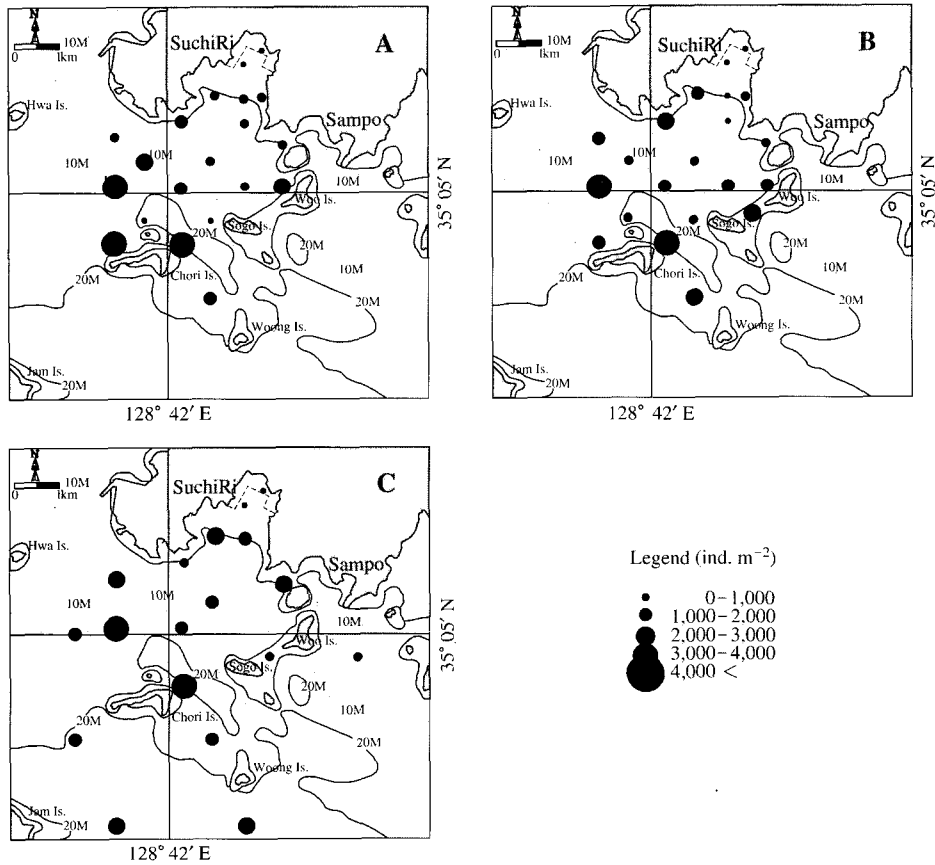
(Echinodermata) 0.4% (9 ind. m<sup>-2</sup>) 순이었다.

2002년 12월 동계조사에서도 총 9개 동물군이 채집되었으며, 전체 저서동물의 평균 서식밀도는 2,426 ind. m<sup>-2</sup> 이었고, 가장 우점하는 출현 동물군은 역시 다모류로서 전체 출현동물의 개체수중 78.3% (1,899 ind. m<sup>-2</sup>)를 차지하였고, 다음은 갑각류 9.3% (225 ind. m<sup>-2</sup>), 연체동물 9.2% (224 ind. m<sup>-2</sup>), 극피동물 1.0% (25 ind. m<sup>-2</sup>)이었다.

2003년 3월 춘계조사에서도 크게 다르지 않아서 총 9

**Table 1.** The mean density of benthic macrofauna in Jinhae bay, from September of 2002 to March of 2003; densities are expressed as ind. m<sup>-2</sup> and the values in parentheses are percentages.

Taxonomic group	Density			
	Sep., 2002	Dec., 2002	Mar., 2003	Mean
Mollusca	157 (7.3)	224 (9.2)	434 (18.1)	272 (11.7)
Polychaeta	1,795 (83.5)	1,899 (78.3)	1,445 (60.4)	1,713 (73.7)
Crustacea	161 (7.5)	225 (9.3)	448 (18.7)	278 (12.0)
Echinodermata	9 (0.4)	25 (1.0)	22 (0.9)	19 (0.8)
Others	29 (1.3)	53 (2.2)	45 (1.9)	42 (1.8)
Sum	2,151	2,426	2,394	2,324



**Fig. 2.** The density distribution of benthic macrofauna collected at each station in Jinhae bay; (A) September 2002, (B) December 2002, (C) March 2003.

개 동물군이 채집되었으며, 전체 저서동물의 평균 서식 밀도는 2,394 ind. m<sup>-2</sup>이었고, 마찬가지로 다모류가 가장 우점 출현하여 전체 출현동물의 개체수중 60.4% (1,445 ind. m<sup>-2</sup>)를 차지하였다. 다음은 갑각류 18.7% (448 ind. m<sup>-2</sup>), 연체동물 18.1% (434 ind. m<sup>-2</sup>), 극피동물 0.9% (22 ind. m<sup>-2</sup>)이었다. 3회에 걸친 저서동물의 평균 서식밀도는 2,324 ind. m<sup>-2</sup>이었다. 이 중 다모류는 전 계절에서 가장 우점 출현하는 동물군으로서 3회 평균 전체 출현동물의 개체수중 73.7% (1,713 ind. m<sup>-2</sup>)를 차지하였고, 다음은 갑각류 12.0% (278 ind. m<sup>-2</sup>), 연체동물 11.7% (272 ind. m<sup>-2</sup>)의 순이었다.

정점별 저서동물의 서식밀도를 살펴보면 Fig. 2와 같다. 2002년 9월의 경우 진해국가산업단지 인근 해역에서 저서동물의 서식밀도가 매우 낮음을 알 수 있다. 반면에 해수의 소동이 비교적 원활한 초리도 인근 해역에서 저서동물의 서식밀도가 매우 높은 것으로 나타났다. 특히 초리도 인근의 정점 19, 20에서는 각각 4,985, 5,220 ind. m<sup>-2</sup>로 매우 높은 서식밀도를 나타내었다. 그러나 진해국가산업단지 인근의 정점 2에서는 30 ind. m<sup>-2</sup>에 불과한 서식밀도를 보였고, 산업단지 앞의 정점 1 역시 450 ind.

m<sup>-2</sup>로 낮은 서식밀도를 보였다. 대체적으로 외해의 초리도에서 진해국가산업단지 방향으로 들어가면서 저서동물의 서식밀도가 큰 폭으로 감소하는 경향을 보였다.

2002년 12월의 경우 역시 2002년 9월과 마찬가지로 진해국가산업단지 인근 해역에서 저서동물의 서식밀도가 매우 낮았으며, 초리도 인근 해역에서 저서동물의 서식밀도가 매우 높게 나타났다. 특히, 정점 1과 정점 2에서의 서식밀도는 각각 30, 110 ind. m<sup>-2</sup>에 불과하였고, 초리도 인근의 정점 20에서는 6,220 ind. m<sup>-2</sup>으로 매우 높은 서식밀도를 나타내었다. 전반적으로 2002년 9월과 마찬가지로 외해의 주수로역에서 진해국가산업단지 방향으로 들어가면서 저서동물의 서식밀도가 큰 폭으로 감소하는 경향이였다.

2003년 3월에는 조사 범위를 주수로역까지 확대하여 조사하였는데, 저서동물 서식밀도의 전반적인 경향은 역시 진해국가산업단지 방향으로 들어가면서 저서동물의 서식밀도가 큰 폭으로 감소하며, 2002년 9, 12월의 결과와 크게 다르지 않았다. 즉, 진해국가산업단지 인근 해역에서 서식밀도가 매우 낮았으며, 초리도 인근 해역에서 매우 높았는데, 특히 정점 2에서는 170 ind. m<sup>-2</sup>에 불과

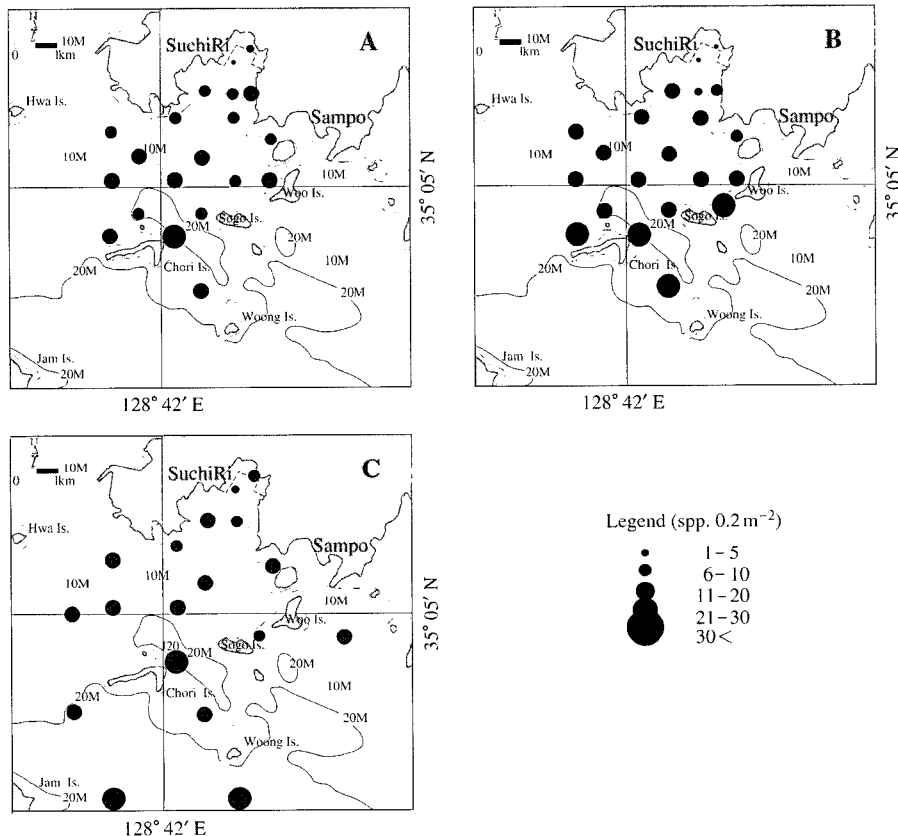


Fig. 3. The distribution of benthic polychaetous species number in Jinhae bay; (A) September 2002, (B) December 2002, (C) March 2003.

한 반면, 초리도 인근의 정점 12와 20에서 각각 5,150, 4,645 ind. m<sup>-2</sup>으로 매우 높은 서식밀도를 보였다. 단, 확대 조사를 실시한 마산만으로 연결되는 진해만의 주수로역에서도 저서동물의 서식밀도는 낮은 것으로 나타났다.

2. 저서다모류 군집

1) 출현종수 및 서식밀도 분포

조사해역에서 채집된 다모류는 2002년 9월에는 61종, 12월에는 62종, 2003년 3월에는 66종이었다. 저서다모류 출현종수 분포의 계절 변동 양상은 Fig. 3과 같다. 2002년 9월에는 진해국가산업단지 인근의 정점 1과 2에서 각각 6종, 2종이 확인되었다. 반면에 초리도 인근의 정점 19, 정점 20에서는 각각 29종, 31종이 확인되어 정점간 큰 폭의 차이를 보였다. 2002년 12월 역시 진해국가산업단지 인근의 정점 1과 2에서 각각 2종, 5종만이 확인된 반면, 나머지 대부분의 정점에서는 20종 이상이 확인되었으며, 특히 정점 16, 19, 20, 22에서는 각각 34종, 31종, 40종 38종 등, 30종 이상이 확인되었다. 2003년 3월에는

진해국가산업단지 인근의 정점 1, 2에서 각각 11종, 6종이 확인되었고, 초리도 인근의 정점 20에서 34종이 확인되었으며, 주수로역의 정점 25, 26에서 각각 33종씩 확인되었다.

저서다모류 서식밀도 분포의 계절 변동 양상은 Fig. 4와 같다. 2002년 9월에는 진해국가산업단지 인근의 정점 2에서 20 ind. m<sup>-2</sup>만이 채집되었다. 반면에 초리도 인근의 정점 19, 20에서는 각각 4,195, 4,680 ind. m<sup>-2</sup>이 채집되어 정점간 큰 폭의 차이를 보였다. 2002년 12월 역시 진해국가산업단지 인근의 정점 1과 2에서 각각 10, 105 ind. m<sup>-2</sup>만이 채집된 반면, 초리도 인근의 정점 12, 20에서는 각각 4,905, 5,610 ind. m<sup>-2</sup>이 채집되었다. 2003년 3월에는 다른 계절에 비해 전반적으로 정점별 저서다모류의 서식밀도가 낮은 편이었다. 진해국가산업단지 인근의 정점 1, 2에서 각각 505, 110 ind. m<sup>-2</sup>가 채집되었고 초리도 인근의 정점 20과 주수로역의 정점 26에서 각각 3,765, 3,150 ind. m<sup>-2</sup>이 채집되었다.

3회에 걸쳐 파악한 저서다모류의 분포 양상은 총 저서동물의 서식밀도 분포양상과 유사하였다. 즉, 진해국가산업단지 인근 해역에서 저서다모류 출현종수 및 서식

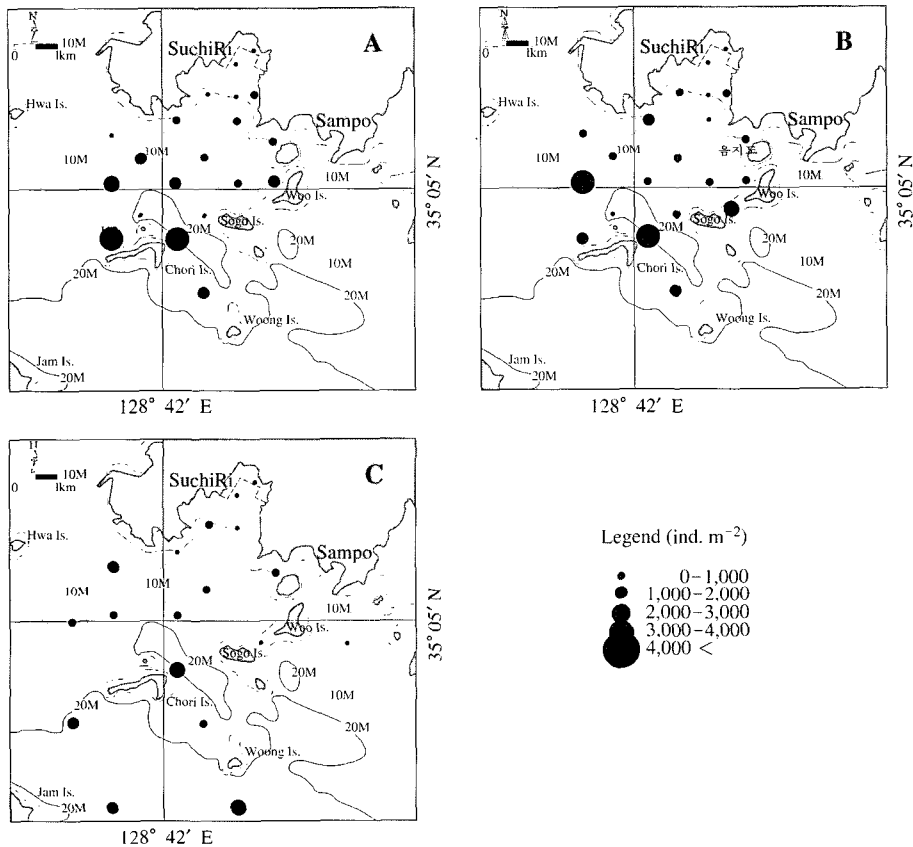


Fig. 4. The distribution of benthic polychaetous density in Jinhae bay; (A) September 2002, (B) December 2002, (C) March 2003.

**Table 2.** The ecological indices of benthic polychaetes at each station in Jinhae bay, from September of 2002 to March of 2003; parameter H', R, J and D means Diversity, Richness, Evenness and Dominance, respectively.

Station No.	Ecological indices											
	Sep., 2002				Dec., 2002				Mar., 2003			
	H'	R	J	D	H'	R	J	D	H'	R	J	D
1	1.13	1.19	0.63	0.82	0.69	1.44	1.00	1.00	1.64	1.97	0.71	0.72
2	0.56	0.72	0.81	1.00	0.98	1.31	0.61	0.81	1.65	1.62	0.92	0.55
3	1.66	3.70	0.54	0.75	2.16	3.53	0.72	0.53	-	-	-	-
4	1.94	2.94	0.70	0.61	1.89	2.36	0.82	0.53	2.38	3.66	0.81	0.41
5	1.63	2.30	0.64	0.71	2.22	3.85	0.71	0.54	2.23	4.62	0.68	0.55
6	1.82	2.51	0.69	0.66	2.24	1.06	0.71	0.51	2.35	4.66	0.71	0.51
7	1.37	2.53	0.49	0.77	2.47	3.82	0.77	0.38	2.19	3.13	0.79	0.45
8	1.86	2.74	0.67	0.64	2.49	4.34	0.81	0.46	-	-	-	-
9	1.75	2.44	0.65	0.58	1.99	3.39	0.67	0.56	2.16	3.83	0.69	0.54
10	1.92	3.54	0.63	0.64	2.16	4.05	0.69	0.58	2.13	3.31	0.71	0.53
11	1.76	3.60	0.55	0.71	2.27	4.30	0.71	0.53	-	-	-	-
12	1.78	3.92	0.54	0.65	2.27	3.77	0.69	0.49	2.18	3.97	0.70	0.54
13	1.95	3.46	0.63	0.58	2.32	4.48	0.70	0.52	2.40	4.83	0.72	0.49
14	1.56	3.18	0.53	0.76	2.27	4.42	0.69	0.49	-	-	-	-
15	1.62	3.51	0.52	0.76	2.46	4.56	0.74	0.46	-	-	-	-
16	-	-	-	-	2.15	5.14	0.61	0.58	2.33	3.88	0.82	0.45
17	1.83	2.35	0.71	0.60	2.37	4.29	0.73	0.45	-	-	-	-
18	1.46	3.07	0.53	0.74	2.28	4.17	0.73	0.53	-	-	-	-
19	1.67	4.16	0.50	0.71	2.12	4.88	0.62	0.61	-	-	-	-
20	2.07	4.38	0.60	0.51	2.46	5.55	0.67	0.43	2.05	4.87	0.59	0.57
22	2.13	4.07	0.65	0.52	2.83	5.84	0.78	0.35	2.29	4.44	0.70	0.51
23	-	-	-	-	-	-	-	-	2.13	3.73	0.69	0.54
24	-	-	-	-	-	-	-	-	2.46	4.82	0.74	0.44
25	-	-	-	-	-	-	-	-	2.22	5.35	0.63	0.59
26	-	-	-	-	-	-	-	-	2.57	5.35	0.74	0.45
27	-	-	-	-	-	-	-	-	2.25	4.48	0.71	0.53
Mean	1.67	3.01	0.61	0.69	2.15	3.98	0.72	0.54	2.20	4.03	0.72	0.52
STD	0.35	0.95	0.08	0.11	0.48	1.14	0.09	0.14	0.24	1.04	0.07	0.07

밀도가 매우 낮았고, 초리도 인근 해역에서 저서다모류의 출현종수 및 서식밀도가 높게 나타났다.

계절별, 정점별 생태지수는 Table 2와 같다. 2002년 9월의 경우, 종다양성지수(H')가  $1.67 \pm 0.35$ 로 낮은 편이었다. 정점별로는 역시 출현종수 및 서식밀도가 높은 값을 나타내었던 초리도 인근의 정점 20과 22에서 종다양성지수(H')와 종풍부도지수(R)가 높았고, 저서다모류 군집이 가장 빈약하였던 정점 2에서 종다양성지수(H')가 0.56으로 가장 낮으면서 동시에 우점도지수(D)는 1.0으로 가장 높았다. 평균 종다양성지수(H')와 평균 종풍부도지수(R)은 각각  $1.67 \pm 0.35$ ,  $3.01 \pm 0.95$ 로 3계절 중 가장 낮은 값이었고, 평균 우점도지수(D)는  $0.69 \pm 0.11$ 로 3계절 중 가장 높은 값이었다.

2002년 12월의 경우, 2002년 9월보다는 전반적으로 종다양성지수(H')가 높아서 평균  $2.15 \pm 0.48$ 을 나타내었다. 정점별로는 9월과 마찬가지로 출현종수 및 서식밀도가 높았던 초리도 인근의 정점 20과 22에서 종다양성지수(H')와 종풍부도지수(R)가 높은 값이었고, 저서다모류 군집이 가장 빈약하였던 정점 1, 2에서 종다양성지수

(H')가 각각 0.69, 0.98로 가장 낮았으며, 우점도지수는 각각 1.00, 0.81로 가장 높은 값이었다.

2003년 3월의 경우, 전반적으로 정점별 출현종수 및 서식밀도의 편차가 심하지는 않았기 때문에 4가지 생태지수 모두 그 편차가 가장 낮았다. 정점별로는 주수로역의 정점 24, 26에서 종다양성지수(H'), 종풍부도지수(R)가 높은 값이었고, 정점 1, 2에서 종다양성지수가 가장 낮았고, 우점도지수는 가장 높았다. 또한, 평균 종다양성지수(H')와 평균 종풍부도지수(R)는 각각  $2.20 \pm 0.21$ ,  $4.03 \pm 1.04$ 로 3계절 중 가장 높은 값이었고, 평균 우점도지수(D)는  $0.52 \pm 0.07$ 로 3계절 중 가장 낮은 값이었다.

## 2) 우점 저서다모류

진해만에서 3계절동안 전체 출현 개체수에 있어서 가장 우점한 다모류는 *Lumbrineris longifolia*로서, 전체 다모류중 24.9%를 점유하였고, 다음으로 *Tharyx* sp. (21.7%), *Mesochaetopterus* sp. (6.2%), *Heteromastus filiformis* (5.4%), *Prionospio* sp. (5.2%), *Glycinde* sp. (4.3%) 등의 순

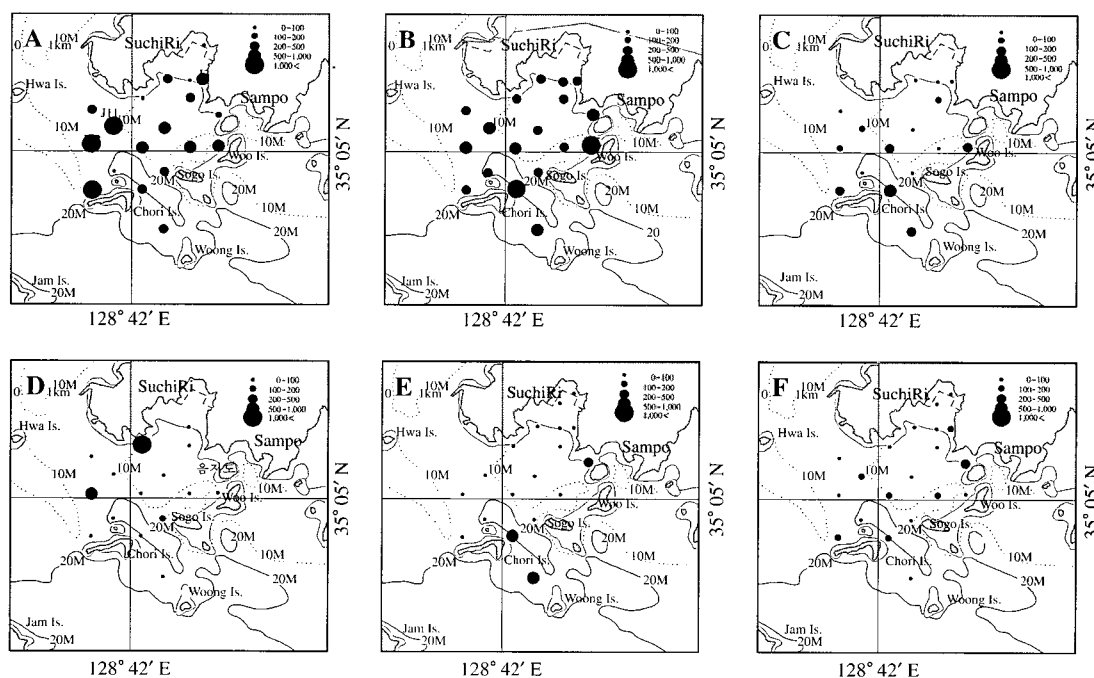
이었다.

각 조사 시기별, 다모류 출현개체수의 1.0% 이상을 점유하는 우점 다모류는 Table 3과 같다. 2002년 9월의 경

우, 최우점 다모류는 *Tharyx* sp.로써, 전체 저서다모류중 30.9%를 점유하였으며, 평균서식밀도는 555 ind. m<sup>-2</sup>이었다. 다음은 *Lumbrineris longifolia* (26.4%, 474 ind. m<sup>-2</sup>),

**Table 3.** Dominant polychaetes above 1.0 percentage among total individual number collected in Jinhae bay, from September of 2002 to March of 2003; densities are expressed as ind. m<sup>-2</sup>, values in parentheses are percentages of each species in total polychaetous density and frequency means the occurring station number.

Species name	Sep., 2002		Dec., 2002		Mar., 2003	
	Mean density	Frequency	Mean density	Frequency	Mean density	Frequency
<i>Amphisamytha</i> sp.	-	-	-	-	21 (1.4)	8
<i>Chaetozone</i> sp.	29 (1.6)	13	21 (1.1)	14	-	-
<i>Euchone</i> sp.	-	-	35 (1.8)	18	41 (2.8)	16
<i>Glycera chirori</i>	39 (2.2)	16	55 (2.9)	19	40 (2.7)	16
<i>Glycinde</i> sp.	-	-	108 (5.7)	19	106 (7.3)	15
<i>Heteromastus filiformis</i>	129 (7.2)	16	114 (6.0)	19	92 (6.4)	15
<i>Lumbrineris japonica</i>	25 (1.4)	4	38 (2.0)	3	-	-
<i>Lumbrineris longifolia</i>	474 (26.4)	18	309 (16.3)	20	405 (28.0)	17
<i>Melinna cristata</i>	-	-	-	-	25 (1.7)	4
<i>Mesochaetopterus</i> sp.	125 (7.0)	15	141 (7.4)	18	54 (3.7)	17
<i>Nectoneanthes multignatha</i>	-	-	49 (2.6)	16	15 (1.0)	15
<i>Nephtys polybranchia</i>	-	-	-	-	18 (1.2)	14
<i>Nereis longior</i>	20 (1.1)	17	-	-	-	-
<i>Paraprionospio pinnata</i>	55 (3.1)	14	56 (3.0)	19	39 (2.7)	16
<i>Phyllodoce</i> sp.	-	-	35 (1.8)	16	-	-
<i>Polydora</i> sp.	-	-	41 (2.2)	15	23 (1.6)	14
<i>Prionospio</i> sp.	111 (6.2)	18	-	-	91 (6.3)	17
<i>Sigambra tentaculata</i>	87 (4.9)	20	85 (4.5)	19	41 (2.9)	16
Terebellidae indet.	20 (1.1)	13	-	-	-	-
<i>Tharyx</i> sp.	555 (30.9)	19	143 (7.5)	21	275 (19.0)	17



**Fig. 5.** The spatial distribution of six dominant benthic polychaetes in the Jinhae bay, September of 2002; the unit of density is ind. m<sup>-2</sup>, (A) *Tharyx* sp., (B) *Lumbrineris longifolia*, (C) *Heteromastus filiformis*, (D) *Mesochaetopterus* sp., (E) *Prionospio* sp., (F) *Sigambra tentaculata*.

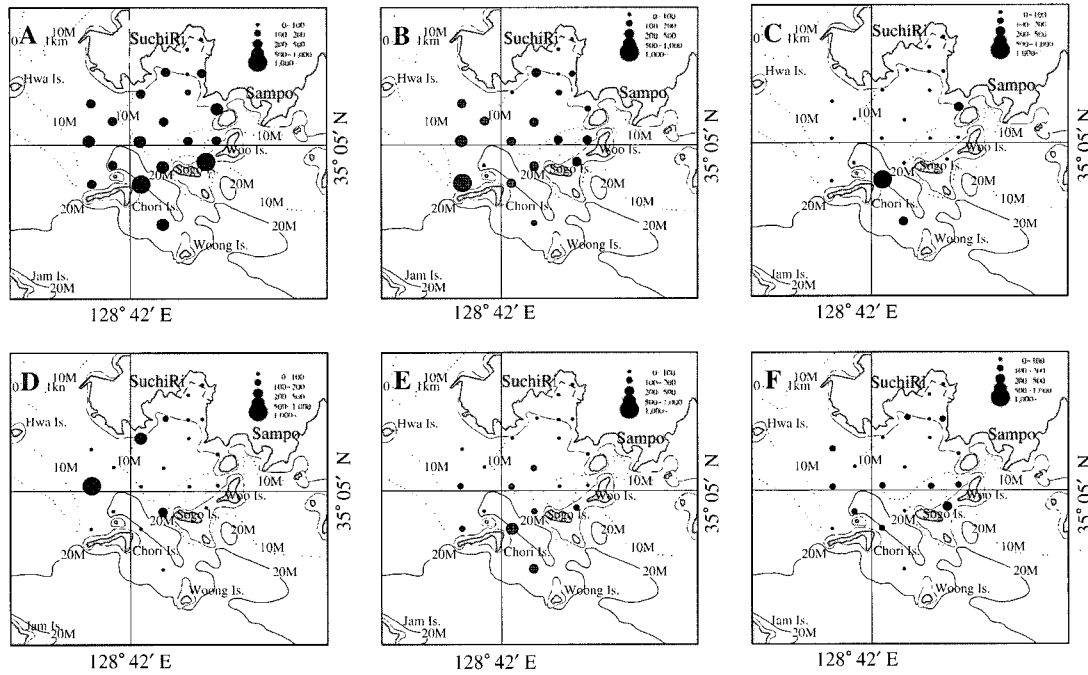


Fig. 6. The spatial distribution of six dominant benthic polychaetes in the Jinhae bay, December of 2002; the unit of density is ind. m<sup>-2</sup>, (A) *Lumbrineris longifolia*, (B) *Tharyx* sp., (C) *Prionospio* sp., (D) *Mesochaetopterus* sp., (E) *Heteromastus filiformis*, (F) *Glycinde* sp.

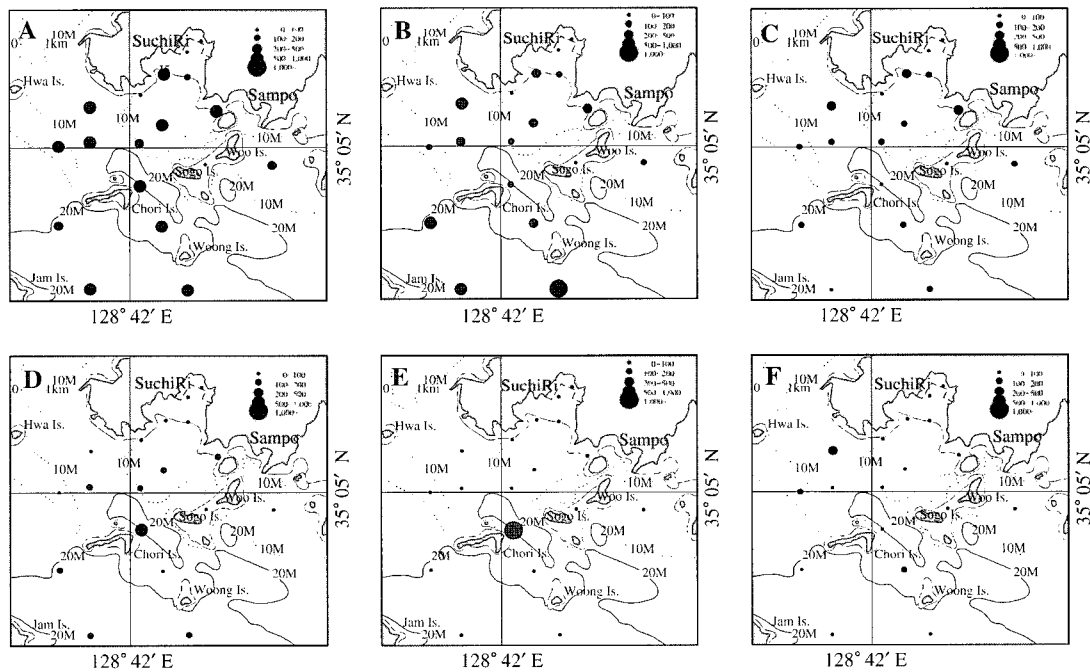


Fig. 7. The spatial distribution of six dominant benthic polychaetes in the Jinhae bay, March of 2003; the unit of density is ind. m<sup>-2</sup>, (A) *Lumbrineris longifolia*, (B) *Tharyx* sp., (C) *Glycinde* sp., (D) *Heteromastus filiformis*, (E) *Prionospio* sp., (F) *Mesochaetopterus* sp.

*Heteromastus filiformis* (7.2%, 129 ind. m<sup>-2</sup>), *Mesochaetopterus* sp. (7.0%, 125 ind. m<sup>-2</sup>), *Prionospio* sp. (6.2%, 111

ind. m<sup>-2</sup>)의 순으로 출현하였다.

2002년 12월의 경우, 최우점 다모류는 *Lumbrineris*



*longifolia*로서, 전체 저서다모류중 16.3%를 점유하였으며, 평균서식밀도는 309 ind. m<sup>-2</sup> 이었다. 다음은 *Tharyx* sp. (7.5%, 143 ind. m<sup>-2</sup>), *Mesochaetopterus* sp. (7.4%, 141 ind. m<sup>-2</sup>), *Heteromastus filiformis* (6.0%, 114 ind. m<sup>-2</sup>), *Glycinde* sp. (5.7%, 108 ind. m<sup>-2</sup>)의 순으로 출현하였다.

2003년 3월의 경우, 최우점 다모류는 2002년 12월의 최우점 다모류와 같은 *Lumbrineris longifolia*로서, 전체 저서다모류중 28.0%를 점유하였으며, 평균서식밀도는 405 ind. m<sup>-2</sup>이었다. 다음은 *Tharyx* sp. (19.0%, 275 ind. m<sup>-2</sup>), *Glycinde* sp. (7.3%, 106 ind. m<sup>-2</sup>), *Heteromastus filiformis* (6.4%, 92 ind. m<sup>-2</sup>), *Prionospio* sp. (6.3%, 91 ind. m<sup>-2</sup>)의 순으로 출현하였다.

계절별 주요 우점종들의 분포 양상을 살펴보면 Figs. 5, 6, 7과 같다. 2002년 9월의 경우 (Fig. 5), 우점 다모류 모두 진해국가산업단지에서부터 외해의 초리도 수로 방향으로 나가면서 서식밀도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이 중 *Mesochaetopterus* sp.의 경우 특이하게 수하식 혼합 양식장이 위치하는 정점에서 극우점 출현하였다. 진해 국가산업단지 인근 정점에서는 특히 *Lumbrineris longifolia*와 *Heteromastus filiformis*가 전혀 출현하지

않았다.

2002년 12월의 경우 (Fig. 6), 9월과 마찬가지로 우점 다모류 모두 진해국가산업단지에서부터 외해의 초리도 수로 방향으로 나가면서 서식밀도가 증가하는 경향이 있었다. 이 중 *Mesochaetopterus* sp.는 계속 수하식 혼합양식장이 위치하는 정점에서 극우점 하였고, 초리도 인근 해역에서 *Prionospio* sp.가 극우점 출현하였다. 또한 2002년 9월과는 달리 진해국가산업단지 인근 정점에서 우점종들이 출현은 하고 있지만 그 서식밀도가 매우 낮았다.

2003년 3월의 경우에도 (Fig. 7), 다른 계절과 동일하게 진해국가산업단지에서부터 외해의 초리도 인근 수로 방향으로 나가면서 서식밀도가 증가하는 경향을 나타내었다.

3) 정점군 분포

3회에 걸쳐 채집한 저서동물군집의 종조성에 기초한 집괴분석 결과, 계절별로 정점군 분포를 살펴보면 Fig. 8과 같다. 2002년 9월의 경우, 진해 국가산업단지에서부터 외해쪽으로 나가면서 정점군들의 위치가 단계적으로 나타나는 현상이 뚜렷이 보이고 있다. 즉, 진해 국가산업

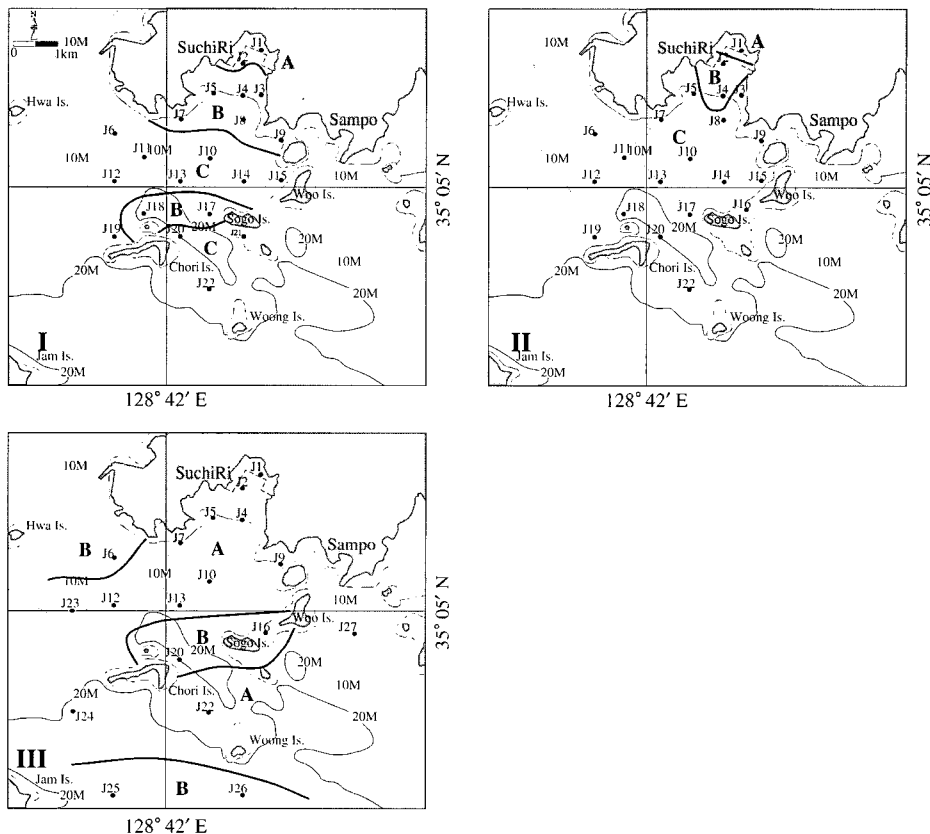


Fig. 8. The spatial distribution of station groups which were divided by the cluster analysis based on the species composition; (I) September 2002, (II) December 2002, (III) March 2003.

단지 인근의 정점군 A에서는 종다양도 및 종풍부도가 비교적 낮고 우점도가 매우 높은 특성을 나타내었는데, 외해쪽으로 나가는 정점군 B에서 정점군 C로 가면서 종다양도 및 종풍부도는 점차 증가하였고 우점도는 점차 감소하였다. 다만 내만역과 초리도~소고도 사이 해역에서 정점군 B와 유사한 군집이 형성되어 있었다. 2002년 12월에는 이러한 단계적 분포 현상이 더욱 심화되어 외해의 수로 부근에 위치한 정점들은 모두 유사한 특성을 지니고 있는 것으로 나타났고(정점군 C), 진해 국가산업단지 부근에 위치한 정점군들은(정점군 A, B) 매우 낮은 서식밀도를 나타내는 특성을 보였다. 2003년 3월에는 이러한 단계적 분포 경향이 다소 약화되었지만 단계적 현상은 유사하였다.

## 고 찰

조사 해역에서의 저서동물 서식밀도는 매우 높은 편이어서, 서해 경기만의 368~550 ind. m<sup>-2</sup> (Shin *et al.* 1989, 1992b), 동해 영일만의 2,085 ind. m<sup>-2</sup> (Shin *et al.* 1992a)보다도 높은 값이었다. 기존 진해만에서 수행된 결과를 시기별로 비교해보면 1980년에 152 ind. m<sup>-2</sup> (Hong and Lee 1983), 1983년에 1,441 ind. m<sup>-2</sup> (Hong 1987), 1987~1990년에 135.9~1,573.1 ind. m<sup>-2</sup> (임과 홍 1997), 1998년에 1,939 ind. m<sup>-2</sup> (백과 윤 2000)으로, 본 연구의 결과보다는 모두 낮은 서식밀도였지만 계속해서 서식밀도가 증가하고 있음을 알 수 있었다.

전체 저서동물중 다모류가 차지하는 비율은 73.7%로 한국 연안의 다른 해역과 유사한 수준이었다. 서해 경기만 북부 해역에서의 63.2% (Shin *et al.* 1989), 경기만 남부 해역의 57.4% (Shin *et al.* 1992b), 영일만의 71.3% (Shin *et al.* 1992a) 보다는 높았으며 부산 연안의 90% (Lee 1976), 울산만의 88% (Yi *et al.* 1982)보다는 낮거나 유사한 수준이었다. 이 역시 기존 진해만에서 수행된 결과와 비교해보면 1980년에 72% (Hong and Lee 1987), 1998년에 79.2% (백과 윤 2000)로 본 연구 결과와 유사하였고 시간에 따른 변화는 크지 않았다.

2002년 9월부터 2003년 3월까지, 진해만의 저서동물 군집은 서식밀도의 관점에서 보았을 때 시간의 흐름에 따른 계절적 차이는 크지 않았고 비교적 안정적이었다. 다만, 2003년 3월에 갑각류와 연체동물의 서식밀도 및 중요성이 다른 계절에 비해 높아져서 계절에 따른 약간의 차이를 보였다. 또한 3회에 걸친 연구 결과에서 나타난 저서동물의 서식밀도(Fig. 2)를 보면, 진해 국가산업단지 인근 해역은 저서동물의 서식이 어려울 만큼 빈생

물지역인 것으로 나타났으며 비교적 해수의 소통이 원활한 초리도 인근에서 저서동물의 서식밀도가 높은 것으로 나타나서, 초리도 인근 해역에 비해 진해 국가산업단지 인근 해역의 오염 정도가 더 심각함을 알 수 있었다.

매 계절 주요 우점종의 출현 양상은 약간씩의 차이는 있지만, 공통적으로 *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* sp., *Heteromastus filiformis*는 상위 5% 이내에 항상 포함되어 있었다(Table 3). 이 종들은 모두 유기물 오염에 대한 내성이 매우 강하거나 환원층에서 급격히 증식할 수 있는 기회종(opportunistic species)의 특성을 나타낸다(Word 1978; Borja *et al.* 2000). 이처럼 안정적이지 못하고 교란된 환경에서 우점 출현하는 경향을 보이고, 동시에 국내외적으로 퇴적물내에 유기물이 과다 집적된 유기물 오염(organic enrichment) 해역에서 집중 출현하는 특성을 나타내기도 하는 기회종들이 2002년 9월부터 2003년 3월까지에도 매 계절 주요 우점종으로 출현하고 있다는 사실은 본 조사해역의 유기물 오염 현상을 여전히 우려할 수밖에 없음을 시사한다.

특히 수하식 홍합 양식장이 위치하고 있는 정점에서 단 한 종 *Mesochaetopterus* sp.에 의해 극우점 되었는데, 일반적으로 수하식 홍합 양식장이 위치하게 되면 그 인근 해역은 홍합의 배설물(faeces and pseudofaeces)에 의해 퇴적물이 증가되어, 유기물이 과다 집적되거나 미세립질인 배설물에 의한 불안정한 퇴적환경 또는 빈산소 환경에 내성을 가진 종들이 선택적으로 서식하게 되고, 일반적으로 저서동물 군집의 종풍부도와 종다양도는 감소하게 된다(Chamberlain *et al.* 2001). 또한 양식생물인 홍합의 폐각이 퇴적물을 덮게되어 퇴적물 부패를 가속화 할 뿐만 아니라 저서생물의 착생을 저해한다(Dobbs and Vozarik 1983; Snelgrove and Butman 1994). 그러므로 다양한 종들의 어린 개체 유입이 자유롭지 못하고 특정 종에 대한 극우점 현상이 두드러질 수 있을 것이다. 이러한 이유로 이 지역은 출현종수에 비해 높은 서식밀도를 보인다고 생각할 수 있다. 또한 2002년 9월에는 진해 국가산업단지 인근에 위치한 정점을 제외하면 *Mesochaetopterus* sp.의 서식밀도가 가장 높은 정점 7에서 종다양성지수(H')가 1.37로 가장 낮고, 우점도지수(D)는 0.77로 가장 높았으며 다른 계절에 비해 *Mesochaetopterus* sp.에 의한 극우점 현상이 더욱 뚜렷하였다. 2003년 9월 진해만 북부해역 저층수의 평균 수온은 22.02±0.29°C, 홍합 양식장이 위치한 해역의 저층 DO 농도는 6.3 mg L<sup>-1</sup>이었고, 2002년 12월 저층수의 평균 수온은 10.05±0.19°C, 홍합양식장이 위치한 해역의 저층 DO 농도는 11.6 mg L<sup>-1</sup>였고 2003년 3월의 저층 평균

수온은  $8.05 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 로 계절 변화에 따라 저층 수온은 감소하고 DO 농도는 증가하였다(여수대학교 수산과학연구소 2003). 이처럼 다른 계절에 비해 비교적 수온이 높은 9월에 양식장 주위로 빈산소수괴가 형성될 수 있다(박과 이 2002). 임과 홍(1994)의 연구결과에서도 진해만의 저층 빈산소수괴는 5월부터 내만에서 형성되어 9월에 최고에 달하고 가을철로 접어들면서 회복된다고 하였다. *Mesochaetopterus* sp.는 키틴질의 서관 속에 서식하면서, 점액낭(mucus bag)을 이용하여 여과 섭식을 하기 위해 복부 체절(abdominal segment)의 운동에 의해 수류를 형성하여 서관 속으로 부유물을 빨아들이므로(Sendall *et al.* 1995), 결국 빈산소 환경에서 상대적으로 유리할 수 있을 것이다. 다시 말해서, 비교적 수온이 낮아지는 2003년 3월에 수하식 혼합양식장이 위치한 인근 해역에서 *Mesochaetopterus* sp.의 극우점 현상이 2002년 9월에 비해 뚜렷하게 약화되고 종다양성지수 및 종풍부도지수가 증가하는 것은 전반적으로 저층의 DO 농도가 증가하면서 9월에 형성되었던 빈산소 환경이 다소 해소되었기 때문이라고 사료된다.

2002년 9월부터 2003년 3월까지 총 3회에 걸친 계절별 저서동물군집의 종조성에 기초한 집괴분석의 결과(Fig. 8)에서도 가장 큰 특징은 진해 국가산업단지에서부터 외해의 수로역(진해만의 중앙 해역)으로 나아가면서 저서동물군집상이 점진적으로 변화하고 있다는 사실이다. 특히 진해 국가산업단지 인근 해역은 빈생물 해역이라고 해도 무방할 정도로 저서동물의 출현종수가 적었고 서식밀도 역시 매우 낮은 값을 나타내었다. 반면에 비교적 해수의 소통이 원활한 초리도 부근 해역에서는 저서동물의 출현종수가 매우 많았고, 서식밀도 또한 높은 값을 나타내었다. 진해 국가산업단지 인근 해역은 유기주석 화합물이 크게 오염되어 있고 외해역으로 갈수록 농도구배가 크게 나타나며 그 영향은 내만역에서 매우 크다(조 등 2004b). 특히 이 해역에서 저질의 중금속 농도가 매우 높을 뿐만 아니라 해수중 TBT 농도가  $2.44 \sim 5.33 \text{ ng L}^{-1}$ , 퇴적물 중 TBT 농도가  $26.17 \sim 504.74 \text{ ng g}^{-1}$ -wet로 해수중 TBT 농도에 비해 퇴적물 중 TBT 농도가 다른 해역보다 매우 높은 값이었다(여수대학교 수산과학연구소 2003). 즉 진해 국가산업단지 인근 해역은 해수 소통이 원활하지 못한데다가 수중으로 유입되는 TBT와 같은 유해물질들이 퇴적물 내로 계속해서 집적되기 때문에 심지어 빈생물 해역으로 나타난다고 볼 수 있다.

조사 해역의 전반적인 저서동물 서식밀도는 상당히 높은 값이어서, 일반적인 한국 연안에서의 저서동물 서식밀도를 상회하는 값이었다. 그러나, 출현종별 서식밀도

를 살펴보면 이것은 몇몇 소수 종의 우점 출현에 기인한 것인데, 이러한 우점종들의 대부분이 *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* sp., *Heteromastus filiformis*와 같은 한국 연안에서 유기물 오염 지시종으로 널리 알려진 기회종들로 출현하고 있었다(Figs. 5~7). 유기물 오염에 내성이 강한 *Heteromastus filiformis*나 기회종의 특성을 가지는 *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* sp. 등이 우점하여 출현하는 것은 그 지역의 저서환경이 매우 불안정함을 반영한다(Borja *et al.* 2000). 그러므로 서식밀도와 출현종수에 있어서 계절적인 변화가 크지 않고, 또 일반적인 한국 연안에서의 저서동물 서식밀도를 상회한다고 해서 현재 진해만 북부해역의 저서생태계가 안정되어 있다고 보기에는 무리가 있다고 본다. 결국 진해만 북부해역은 유기물 오염에 내성이 강한 종이나 기회종들에 의해 우점되면서 전반적으로 저서환경의 유기물 오염이 심화되고 있는 해역으로 볼 수 있으며, 특별한 관리 없이 이러한 오염이 계속 진행된다면 초리도 부근 해역에서처럼 저서생태계가 불안정해질 것이고 진해 국가산업단지 인근의 해역처럼 빈생물 해역, 나아가서는 무생물 해역으로 발달할 가능성을 배제할 수 없을 것으로 생각되므로 본 해역의 관리가 절실히 필요하다 하겠다.

## 적 요

2002년 9월, 12월 그리고 2003년 3월에 걸쳐 진해 국가산업단지 인근의 조사해역에서 총 27개 정점을 선정하고 저서동물 군집의 특성을 파악하였다. 전 조사기간 모두 각각 총 9개 동물군이 확인되었고, 평균 저서동물의 서식밀도는  $2,324 \text{ ind. m}^{-2}$ 으로, 일반적인 한국 연안의 저서동물 서식밀도보다 다소 높은 값이었다. 이 중 전 계절에서 가장 우점하는 동물군은 다모류로서, 3회 평균  $1,713 \text{ ind. m}^{-2}$ 의 서식밀도를 나타내었으며, 출현 개체수에 있어 전체 출현동물의 73.7%를 차지하여 그 중요도가 가장 높았다. 다모류의 출현종수 및 서식밀도는 전 계절 조사기간동안 61~66종,  $1,445 \sim 1,899 \text{ ind. m}^{-2}$ 으로 계절 변동은 크지 않았다. 전반적으로 진해 국가산업단지 인근의 해역에서 출현종수 및 서식밀도가 낮았고, 비교적 해수 소통이 원활한 초리도 인근 해역에서 높았다. 진해만에서 3계절동안 우점한 다모류는 *Lumbrineris longifolia*, *Tharyx* sp., *Mesochaetopterus* sp., *Heteromastus filiformis*, *Prionospio* sp., *Glycinde* sp. 등이었다. 우점 다모류 역시 진해 국가산업단지 인근의 해역에서 출현종수 및 서식밀도가 낮은 편이었고, 초리도 인근 해역에서 대체적으로 높았다. 이 중 *Mesochaetopterus* sp.만 유독

수하식 홍합양식장이 위치한 일부 정점에서 극우점 하였다. 집괴분석에 의해 본 연구 해역을 구분한 결과, 진해 국가산업단지에서부터 외해쪽으로 나가면서 정점군들의 위치가 단계적으로 나타나는 현상이 뚜렷하였다.

## 참 고 문 헌

- 박홍식, 이순길. 2002. 저서생물상을 이용한 진해만 수하식 양식장의 저서환경 평가. 한국해양환경공학회지. 5:68-75.
- 백상규, 윤성규. 2000. 진해만 주변 해역의 대형저서동물 군집구조. 한국수산학회지. 33:572-580.
- 여수대학교 수산과학연구소, 2003. 진해국가산업단지 주변 지역 해양실태조사. 400pp.
- 이대인, 조현서, 이문욱. 2003. 진해만 서부해역의 하계 환경 특성 연구-수질 및 저질의 공간적 변동-. 한국물환경학회지. 19:723-730.
- 이대인. 2004. 진해만 적조에 있어서 수치모델링에 의한 Chl-a의 공간적 집적과 확산 평가. 한국해양환경공학회지. 7:1-12.
- 임현식, 최진우, 제종길, 이재학. 1992. 진해만 양식장 밀집지역의 저서동물 분포. 한국수산학회지. 25:115-132.
- 임현식, 홍재상. 1994. 진해만 저서동물의 군집생태. 1. 저서환경. 한국수산학회지. 27:200-214.
- 임현식, 홍재상. 1997. 진해만 저서동물의 군집생태. 3. 군집구조. 한국수산학회지. 30:175-187.
- 조현서, 이대인, 윤양호, 이문욱, 김동명. 2004a. 진해만 서부해역의 하계수질의 시간변동 특성. 한국해양환경공학회지. 7:13-21.
- 조현서, 이정식, 설순우. 2004b. 유기주석화합물 오염원 주변 해역 오염특성에 관한 연구. 한국환경분석학회 국제심포지움 및 2004년도 춘계학술대회. 187-189.
- Borja A, J Franco and V Pérez. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Mar. Pol. Bull. 40:1100-1114.
- Chamberlain J, TF Fernandes, P Read, TD Nickell, and IM Davies. 2001. Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. J. Mar. Sci. 58:411-416.
- Dobbs FC and JM Vozarik. 1983. Increased eutrophication of the Northern Adriatic Sea: Second act. Mar. Ecol. Prog. Ser. 11:273-279.
- Hong JS. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 22:246-257.
- Hong JS and JH Lee. 1983. Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 18:169-179.
- Lance GN and WT Williams. 1967. A general theory for classificatory sorting strategies. 1. Hierarchical systems. Computer J. 9:373-380.
- Lee JH. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast. Publ. Inst. Nat. Fish. Univ., Pusan 9:49-70.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3:157-175.
- McNaughton SJ. 1968. Structure and function in California grassland. Ecology 49:962-972.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. T. Theoret. Biol. 13:131-144.
- Sendall KA, AR Fontaine and D O'Foighil. 1995. Tube morphology and activity patterns related to feeding and tube building in the polychaete *Mesochoaetopterus taylori* Potts. Can. J. Zool. 73:509-517.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois, Press, Urbana. 177pp.
- Shin HC, JW Choi and CH Koh. 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 24:184-193.
- Shin HC, SS Choi and CH Koh. 1992a. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, southeastern Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 27:46-54. (in Korean)
- Shin HC, SG Kang and CH Koh. 1992b. Benthic polychaete community in the southern area of Kyeonggi Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 27:164-172. (in Korean)
- Snelgrove PVR and CA Butman. 1994. Animal-sediment relationship revised: cause versus effect. Oceanogr. Mar. biol. Ann. Rev. 32:111-177.
- Word JQ. 1978. The Infaunal Trophic Index. In: Coastal Water Research Project. Ann. Rep. 19-39.
- Yi SK, JS Hong and JH Lee. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. KORDI. 4:17-26. (in Korean)

Manuscript Received: January 19, 2005

Revision Accepted: June 22, 2005

Responsible Editorial Member: Do Hong Kim  
(Kyunghee Univ.)