

## Article

## 마산만과 가덕수로 표층퇴적물의 중금속 원소와 저서성 유공충 특성

우한준\* · 조진형 · 최재웅

한국해양연구원 해양환경연구본부  
(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29

## Characteristics of Heavy Metals and Benthic Foraminifera on Surface Sediments in Masan Bay and Gadeog Channel, Korea

Han Jun Woo\*, Jin Hyung Cho, and Jae Ung Choi

Marine Environment Research Department, KORDI  
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

**Abstract :** Nine surface sediments from Masan Bay and Gadeog Channel were taken for grain size and geochemical and foraminiferal analyses in August 2002. The sediments consist of mud with 7.29-8.54  $\phi$  in mean grain size. Average concentrations of Al, Fe and Mn are higher in Gadeog Channel than those in Masan Bay. On the other hand, average concentrations of Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni and V are higher in Masan Bay than those in the channel. The latter group of elements show the highest concentration at station M4, off the outfall of treated wastewater disposal. Eighty-one foraminiferal species are identified in total assemblages, including 21 species of living populations. The number of individuals, species number, species diversity and equitability in Masan Bay have lower values than those in Gadeog Channel. The foraminiferal fauna off the outfall is relatively poor. Compared to geochemical and foraminiferal data obtained in 1996, heavy metals are more enriched, and the characteristics of foraminifera are little changed. These features indicate that the pollution of Masan Bay has not been reduced.

**Key words :** Masan Bay, sediments, benthic foraminifera, pollution indicator, heavy metal

## 1. 서 론

연안 환경은 인구와 산업의 증가와 함께 인위적인 오염이 점차 증가되고 있는 실정이다. 연안에는 도시와 공장으로부터 오염물질이 유입되고, 양식장과 레크레이션 공간의 확장 등으로 자연성이 훼손되어 생태계에 커다란 영향을 주고 있다. 연안환경 오염 평가에는 일반적으로 물리-화학적 요인들을 분석하거나, 환경지시자로서 다양한 저서생물들의 반응을 파악하고 있다. 저서생물들 중 유공충은 짧은 생식 주기와 높은 종 다양성을 가지고 있고, 환경 변화에 매우 민감하게 반응하기 때문에 인위적인 오염

영향을 파악하기 위한 매우 유용한 지시자로 알려져 있다 (Alve 1995; Sen Gupta 1999; Scott *et al.* 2001). 유공충을 이용한 오염 환경에 대한 연구는 Zalesny(1959)와 Resig(1960)에 의하여 시작되어 저서성 유공충 분포가 여러 가지 인위적인 오염 요인들의 영향을 받는다는 것을 보여주었다(Schafer 1973; Setty 1982; Alve 1991, 1995; Collins *et al.* 1995; Yanko *et al.* 1999; Alve and Olsgard 1999; Debenay *et al.* 2001; Burone *et al.* 2006). 오염 요인은 유공충의 개체수와 종 조성을 변화시키고 외각의 변형과 황철 반점 등 조직상의 변화를 야기시킨다.

마산만은 1960년대 이후 공업단지 및 도시 확장 그리고 인구 증가에 의하여 육지로부터 생활하수, 공장폐수 등의 유입이 급증하였고 지형적으로 해수 교환이 제한되는 반

\*Corresponding author. E-mail : hjwoo@kordi.re.kr

폐쇄형 만으로 오염이 점차 증가하고 있는 해역이다. 마산만의 오염도 증가로 인하여 적조 현상, 패독화, 저층 무산소 환경 등이 빈번히 발생하여 생태계 훼손, 수산 자원 감소, 경관 훼손 등 사회, 경제, 환경적 문제가 심각하게 발생하고 있다. 마산만의 기존 생물, 화학적인 연구들은 이 지역이 남해 연안에서 가장 오염된 만임을 알려주고 있다 (Yang and Hong 1982; Hong *et al.* 1983; Lee and Lee 1983; Hong and Lee 1983; Hong 1987; Jeong *et al.* 2006; 우 등 1999; 한국해양연구원 2003).

이 연구의 목적은 표층 퇴적물의 중금속 원소와 저서성 유공충 특성을 이용하여 2002년 마산만의 해저환경을 파악하는 것이다. 이러한 목적을 위하여 표층퇴적물의 중금속 함량과 저서성 유공충 군집을 분석하였으며, 1996년 마산만 중금속 함량과 유공충 특성과의 비교를 통하여 저서환경의 변화를 파악하였다.

## 2. 연구지역

마산만은 진해만 북동쪽의 반폐쇄형 만으로 가덕수로를 통하여 부분적으로 해수 교환이 이루어진다. 마산만의 해수 유동은 반일주조이며 일일조차는 대조시 2m, 소조시 1m 이내이다. 만내의 최대 유속은 수로 중앙과 서부의 수심 4m 이내의 상층에서 나타나고, 최대 유입 속도는 24 cm/sec, 최대 유출 속도는 15 cm/sec이며 수심 4m 이상 하층에서는 유속이 상대적으로 약하여 0-2 cm/sec로 교환이 이루어진다(강 등 1989). 해수는 봄과 여름철에 표층 수온 상승과 고온의 담수 유입으로 성층화 되어 저층에 빈산소 현상이 발생하는 것으로 알려져 있다. 마산만의 퇴적물은 주로 니질 퇴적물로 구성되어 있으며, 퇴적속도는 0.20-0.33 cm/yr로 나타났다(Jeong *et al.* 2006; 우 등 2003).

마산만은 창원천과 남천을 통하여 육지로부터 쇄설성 퇴적물, 생활하수, 공장폐수가 함께 유입되어 마산만의 퇴적물을 형성하고 있다. 또한 낙동강 기원의 퇴적물 일부가 연안류와 조류의 영향으로 만 내부 및 가덕수로로 유입된 것으로 알려져 있다(Park 1985; Park *et al.* 1996). 반면, 반폐쇄성 형태이기 때문에 해수의 유통이 활발하지 않으며, 또한 만의 입구에 형성된 chemical front의 영향으로 만내로 유입되는 오염물질의 배출을 감소시키고 있다(Jeong *et al.* 2006).

마산만은 수질개선을 위하여 마산, 창원시의 오수를 처리하는 덕동 하수처리장과 분노처리장을 1993년 11월부터 가동하였으나, 하수발생량의 약 40% 정도만 처리되고 나머지는 하천을 통하여 마산만으로 유입되고 있는 것으로 알려져 있다(조 등 1998). 또한 1990년 6월부터 1994년 12월까지 4년에 걸쳐 해저퇴적물 약 211만톤을 준설하

였다. 이 기간 동안 COD와 인산염은 다소 감소하였으나, 총질소량은 뚜렷한 변화가 없는 것으로 나타났다(마산시 1994). 1998-2002년 사이에 하수처리에 의하여 COD, TN 및 TP의 연평균 농도는 처리전보다 약 15-24%의 저감효과를 보이는 것으로 나타났으나, 양식장에 의한 부영양화, 해수유통의 제한, 적조현상, 오염된 퇴적층으로부터 용출 등에 의하여 마산만의 수질은 개선되지 못하고 있는 것으로 나타났다(한국해양연구원 2003; 박 2006).

## 3. 재료 및 방법

경상남도 마산시에 위치한 마산만과 가덕수로의 해저 퇴적물특성, 유공충 분포 그리고 지화학 분석을 위해 2002년 8월에 9개의 정점에서 그래프(van Veen Grab sampler)를 사용하여 해저 표층 퇴적물을 채취하였다(Fig. 1). 표층 퇴적물의 정점은 1996년 8월에 채취한 지점과 동일하였다. 채취된 시료 중 입도 및 지화학 분석용은 상부 1 cm 만을 긁어내어 시료봉투에 담고 지화학 분석용 시료는 상온에서 산화방지를 위해 즉시 ice box에 넣고 냉동 보관하여 실험실로 옮겼다.

입도분석을 위하여 염산과 과산화수소를 이용하여 탄산염과 유기물을 제거한 퇴적물은 63  $\mu\text{m}$ (4 $\phi$ ) 표준체를 이용하여 습식체질(wet sieving)을 통해 4 $\phi$  보다 조립한 사질 시료와 세립한 니질 시료로 분리 하였다. 이 중 4 $\phi$  이하의 조립질 퇴적물은 0.5  $\phi$  간격으로 Gradex 2000 자동 입도분석기(particle size analyzer)를 이용하여 분석하였다. 4 $\phi$  이상의 세립질 퇴적물은 Sedigraph 5100을 사용하여 분석하였다.

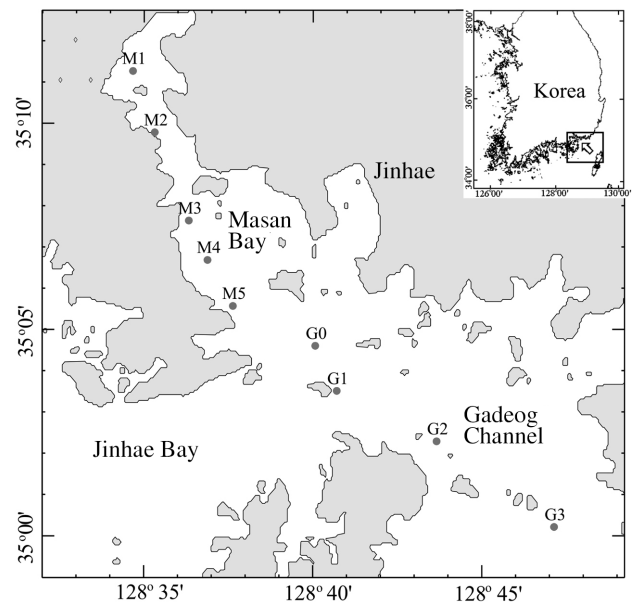


Fig. 1. Location map of sampling stations.

중금속 분석을 위하여 채취된 시료는 동결 건조하여 균질하게 분마한 시료 약 0.2 g을 테플론 용기에 넣었다. 진한 질산과 과염소산을 넣고 가열하여 유기물을 분해 시켰다. 다시 혼합산(HF + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>)을 넣고 마개를 막은 후 5시간 동안 가열하였다. 마개를 열고 증발 건조시킨 후 잔사가 남았을 경우 혼합산을 넣어 위 과정을 2-3회 반복하여 완전히 용융시켰다. 시료를 가열 건조시킨 후 소량의 진한 질산을 첨가하여 남아있는 HF를 모두 증발시키는 과정을 거친 후, 남아있는 잔사를 HCl로 녹인 후 ICP-AES(KBSI, OPTIMA430DU)로 분석하였다. 분석의 신뢰도를 검증하기 위해 연안퇴적물 표준시료(BCSS-1)를 중복분석 하였으며, 측정값의 정확도는  $\pm 8\%$  이내로 나타났다.

유공충 분석용 시료 20 m는 살아있는 유공충의 판별을 위하여 Hexamine으로 중화시킨 포르말린 용액으로 현장에서 고정시켰다. 이 후 24시간 내에 흐르는 물에서 63  $\mu\text{m}$ (4  $\phi$ )체를 이용하여 포르말린 용액과 실트와 점토를 제거한 후 다시 플라스틱 병에 담고 장기간 보관을 위해 isopropyl alcohol(물과 1:1로 희석)을 넣어서 실험실로 운반하였다.

현장에서 Isopropyl alcohol로 고정시킨 시료는 살아있는 유공충 개체와 죽은 유공충 개체를 구분하기 위해 약 0.1 g의 로즈벵갈(rose Bengal)을 넣어 6시간 동안 착색(stain)시켰다(Walton 1952). 착색시킨 유공충 시료는 흐르는 물에 깨끗하게 씻은 후 증발접시에 모으고 비누거품을 넣어 soap-floated 방법에 의하여 유공충과 모래를 분리시켜 유공충을 추출하였다. 퇴적물에 포함되어 있는 유공충에 대해서 soap-floated 방법을 5회 정도 반복하면 모래로부터 95% 이상 추출되는 것으로 알려져 있다(Howe 1941). 모래에서 분리된 유공충 시료는 microsplitter를 이용하여 300개체 정도의 양으로 나눈 후 입체현미경 하에 세립한 붓을 이용하여 유공충을 동정하였다. 동정된 유공충은 같은 종끼리 모은 후 참고문헌과 비교하여 종명을 확인하였다. 각 종별로 분류된 유공충은 각각 상대적인 비율(%)을 구하였다. 각 종의 상대적인 비율은 각 종의 개체수를 전체 개체수로 나누어 100을 곱한 값이다. 저서성 유공충 군집 특성 파악을 위하여 종 다양도(MacArther and MacArther 1961)와 균등도(Buzas and Gibson 1969)를 구하였다.

#### 4. 연구 결과

2002년 8월의 마산만(M1-M5)의 표층퇴적물은 니질 퇴적물로서 실트와 점토 성분이 97% 이상을 차지하며, 만입구 쪽으로 모래 함량(%)이 감소하고 있다(Table 1). 가덕수로(G0-G3)의 표층퇴적물 역시 니질 퇴적물로 마산만

Table 1. Granulometric characteristics of surface sediments in the study area in August 2002.

Station No.	Composition				Sediment Mz. type	Sorting (phi)	Sorting (phi)
	Gravel	Sand	Silt	Clay			
M1	0.00	2.83	44.20	52.97	M	8.15	2.04
M2	0.00	2.98	37.46	59.56	M	8.54	2.26
M3	0.00	1.24	73.64	25.12	M	7.42	1.73
M4	0.00	0.16	43.05	56.79	M	8.47	1.89
M5	0.00	0.49	80.52	18.99	M	7.60	1.19
G0	0.00	0.54	72.13	27.33	M	7.68	1.34
G1	0.00	4.46	67.24	28.30	M	7.38	1.52
G2	0.00	1.11	43.59	55.29	M	8.44	2.06
G3	0.00	6.13	61.41	32.47	M	7.29	1.99

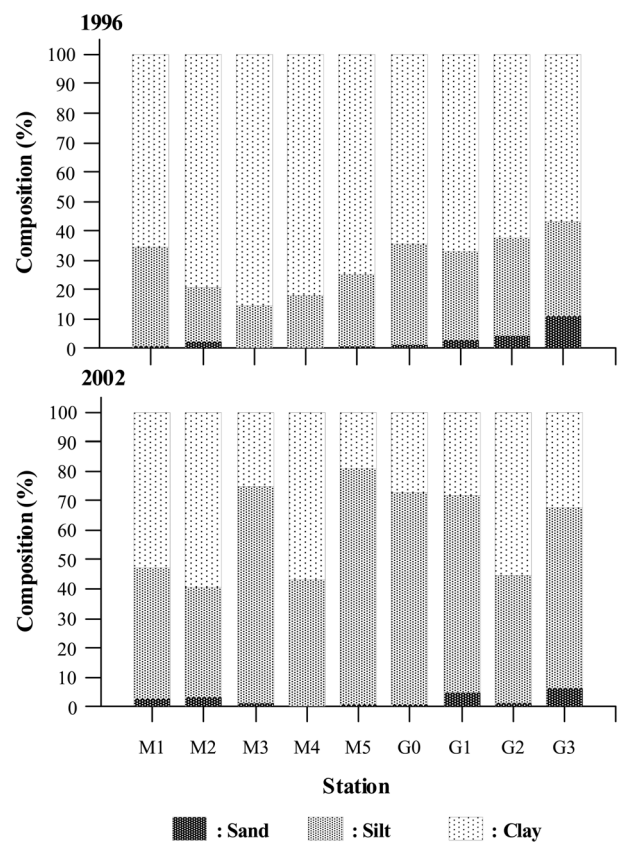


Fig. 2. Horizontal variations of grain texture in surface sediments from Masan Bay to Gadeog Channel.

의 퇴적물에 비하여 모래 함량이 상대적으로 높게 나타난다(Fig. 2). 분급도는 M1, M2, G2 정점에서 매우 불량하나 나머지는 불량한 상태를 보이고 있다.

Al, Fe, Mn 평균 함량은 마산만 보다 가덕수로에서 높게 나타나며, Mn의 함량은 마산만과 가덕수로의 경계인 정점 G0에서 최대함량(1407.79  $\mu\text{g/g}$ )을 보이다가 가덕수로 외해로 갈수록 점차 감소했다(Table 2; Fig. 3). Pb, Cu, Zn, Cd은 마산만 내의 정점들에서 가덕수로 정점들 보다

Table 2. Heavy metal concentrations of surface sediments in the study area in August 2002.

Locality	Station no.	Al (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	V (ppm)
Masan Bay	M1	9.64	4.02	680.32	68.71	73.27	312.49	2.24	76.07	33.72	120.35
	M2	3.43	2.53	736.80	34.74	54.66	267.45	1.62	64.05	37.17	111.59
	M3	8.52	4.10	671.85	50.54	53.01	211.21	1.49	79.78	38.58	122.72
	M4	7.96	3.70	535.37	72.02	85.79	393.90	7.25	99.53	45.77	124.71
	M5	8.24	3.71	816.87	41.82	34.77	172.78	1.18	72.73	33.97	113.86
Average		7.56	3.61	688.24	53.57	60.30	271.57	2.76	78.43	37.84	118.65
Boundary	G0	3.36	3.71	1407.79	41.13	31.36	161.93	1.03	76.07	37.17	110.80
Gadeog Channel	G1	8.85	4.04	898.27	35.53	29.14	143.33	0.79	73.45	33.82	112.15
	G2	8.48	3.76	783.08	39.33	27.78	148.07	0.83	80.08	36.40	118.93
	G3	7.62	3.58	661.45	33.69	23.97	134.07	0.73	71.73	32.75	109.97
Average		8.32	3.79	780.93	36.18	26.96	141.82	0.79	75.08	34.32	113.69

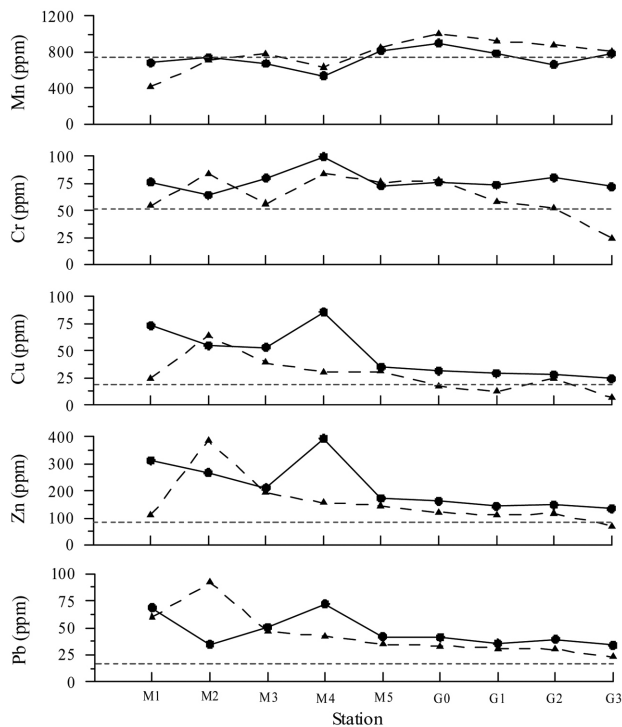


Fig. 3. Distribution of heavy metal concentrations (ppm) in surface sediments from Masan Harbour (M1) to Gadeog Channel (G3) in August 1996 (dashed line) and August 2002 (solid line). Horizontal dashed line represents background level which is modified from core sediments in Masan Bay (Jeong et al. 2006).

상대적으로 높은 함량을 나타내며, 마산만과 가덕수로의 경계인 G0에서부터 가덕수로의 외해 방향으로 갈수록 점차 감소했다(Table 2; Fig. 3). 덕동하수종말처리장 배출구 주변인 M4 정점에서는 Pb, Cu, Zn, Cd 함량이 가장 높게 나타났다. Cr, Ni, V의 함량은 각 정점 별로 큰 차이를 보

이지는 않지만, 전반적으로 마산만의 정점들에서 다소 높은 함량을 나타냈다.

연구지역에서 살아있는 유공충 21종을 포함하여 총 81종의 저서성 유공충이 확인되었다(Appendix). 마산만에서는 사질 유공충이 상대적으로 많이 나타나나, 가덕수로에서는 석회질 유공충이 상대적으로 많이 나타난다. 살아있는 유공충의 종수는 1종(M3, G1)에서 10종(M5)까지 확인되었으며, 젖은시료 20 ml 당 살아있는 개체수는 16개체(M4, G1)에서 368개체(G2)로 다양하게 나타났다(Table 3). 일반적으로 살아있는 개체수와 종수는 마산만 입구에서 가덕수로 의해(M5-G3) 정점들에서 상대적으로 많이 나타나며, *Trochammina pacifica*는 마산만 해역에서, *Eggerella advena*와 *Hopkinsinella glabra*는 경계해역 및 가덕수로에서 주로 출현하였다(Appendix).

전체군집(살아있는 유공충 + 죽은 유공충)의 종수는 7종(M4)에서 44종(G2)까지 확인되었으며, 개체수는 젖은 시료 20 ml 당 68개체(M4)에서 8,768개체(M3)로 큰 변화를 나타내었다(Table 3). 전체군집에서 종수는 가덕수로가 마산만에 비하여 상대적으로 많이 나타났다. 종다양도는 마산만에서 1.10에서 1.90의 범위를 가지며, 경계해역에서 2.95, 그리고 가덕수로에서 3.04에서 3.22의 범위를 보여 가덕수로의 종다양도가 높음을 나타낸다. 종다양도는 덕동하수종말처리장 배출구 부근인 M4 정점에서 1.10으로 가장 낮은 값을 보인다. 균등도(E)는 마산만에서 0.21-0.43이고 가덕수로에서 0.54-0.61의 수치를 보였다. 전체군집에서 사질 유공충의 비율(%)은 마산만에서 72.60%에서 95.62%의 범위를 보이며, 가덕수로에서는 11.42%에서 22.53%의 범위를 나타내어 마산만이 가덕수로보다 높은 사질 유공충의 비율을 나타낸다.

각 정점의 전체군집에서 5% 이상 출현하는 우세종은 마산만 내(M1-M5)에서는 *Eggerella advena*와 *Trochammina*

**Table 3. Benthic foraminiferal characteristics in surface sediments (T: total (dead+live), L: live).**

Station number	M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
Number of species (T)	22	18	15	7	18	40	44	37	39
Number of species (L)	2	5	1	3	10	6	1	8	9
Number of individuals per fraction picked (T)	252	322	274	68	208	223	239	182	219
Number of individuals per fraction picked (L)	5	21	1	16	23	23	1	23	17
Number of individuals per 20 ml (T)	2016	5152	8768	68	1664	892	3824	2912	876
Number of individuals per 20 ml (L)	40	336	32	16	184	92	16	368	68
Species diversity (H(S))	1.53	1.32	1.33	1.10	1.90	2.95	3.22	3.12	3.04
Equitability (E)	0.21	0.21	0.25	0.43	0.37	0.48	0.57	0.61	0.54
Live (%)	1.98	6.52	0.36	23.52	11.06	10.31	0.42	12.64	7.76
Arenaceous (%)	88.49	92.55	95.62	82.35	72.60	22.42	15.06	22.53	11.42
Mz (phi)	8.15	8.54	7.42	8.47	7.60	7.68	7.38	8.44	7.29

**Table 4. List of the dominant species which are represented by more than 5% of total assemblage.**

Station number	M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
<b>Dominant species</b>									
<i>Astrononion stelligerum</i>								0	
<i>Buccella frigida</i>				0					
<i>Eggerella advena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Elphidium advenum</i>							0		
<i>Epistominella nipponica</i>							0	0	0
<i>Gyroidina arbcularis</i>							0		
<i>Hopkinsinella glabra</i>					0	0		0	0
<i>Nonionella stella</i>						0	0	0	0
<i>Textularia earlandi</i>				0					
<i>Trochammina globigeriniformis</i>		0	0		0				
<i>Trochammina pacifica</i>	0	0	0	0	0	0			

*pacifica*이며 가덕수로(G1, G2, G3)에서는 *Epistominella nipponica*와 *Nonionella stella*이다(Table 4). 마산만과 가덕수로의 경계해역인 G0에서는 4종이 5% 이상 출현하며 마산만과 가덕수로에서 우세하게 출현하는 종들이 혼합되어 나타나는 양상을 보였다. 일반적으로 마산만 내에서는 사질 유공충(agglutinated foraminifera)이 우세하며 가덕수로에서는 석회질 유공충(calcareous foraminifera)이 우세하게 나타났다.

## 5. 고찰

마산만과 가덕수로의 퇴적물은 주로 창원천과 남천 그리고 낙동강에서 세립한 퇴적물이 유입되어 형성되는 것으로 알려져 있다(한국해양연구원 2003). 인공위성 영상에서 홍수시 낙동강 혼탁수는 남서방향으로 발달하여 가덕도 남단을 지나 거제도 동측을 따라 북쪽으로 향하며, 진해만 쪽으로 경사진 니질 퇴적층은 낙동강 기원 부유 퇴적물이 남쪽 만 입구를 통하여 진해만으로 유입되는 것

을 시사한다(Park and Chu 1991; 이 등 2002). 마산만은 복잡한 해안선과 만 입구에 둔덕이 있는 반폐쇄형 만으로 해수 교환이 원활하지 못한 해역이다. 따라서 마산만의 퇴적물 주요 공급원은 주변 하천에서 유입되는 부유 퇴적물이며, 가덕수로 해역은 낙동강에서 유입된 부유 퇴적물이 주요 공급원이다.

기상청 기후 자료에 의하면, 마산은 2002년 8월 9일과 31일에 100 mm 이상의 강수량을 기록하였으며, 30일과 31일에 태풍 루사가 있었다. 2002년 8월은 강우에 의하여 하천에서 유입되는 퇴적물이 증가하여 퇴적물 입도 성분에 영향을 줄 가능성은 있지만, 시료 채취 기간은 태풍이 지나가기 전으로 급작스러운 물리적인 변화는 없었다. 연구지역 표층퇴적물은 1996년에 비하여 퇴적상은 거의 변화가 없으나 평균입도가 약간 조립화되었다. 마산만은 1993년도 덕동하수종말처리장이 가동한 후 3년이 지난 1996년의 퇴적물 분포를 보면 점토의 함량이 가장 높게 분포하고 있었으나, 2002년의 결과에는 실트의 함량이 대폭 증가하여 나타났다(Fig. 2). 특히 하수종말처리장 배출

구 주변(M5 정점)에서 큰 변화를 보였다. 이것은 방류지점 주변 해역의 유속이 매우 느리고, 단순 물리적 처리(1993년, 40%만 처리) 후 방류된 배출수가 내만으로 향하는 해류의 흐름 변화가 원인으로 추정된다(Jeong *et al.* 2006; 마산시 1994; 박 2006). 기존의 연구결과 역시 마산항 주변의 오염된 퇴적물 외에 만의 중간해역(M4, M5 정점 주변)에 새롭게 유기오염물질(PAHs, PCBs)이 축적되고 있음을 알 수 있다(Khim *et al.* 1999). 따라서 Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, V의 평균함량은 마산만이 가덕수로 보다 높게 나타났으며, 덕동 하수종말 처리장 배출구 부근 정점인 M4에서 가장 높은 농도를 나타내고 있다.

타 지역과 비교해 본 결과, 중금속의 함량은 전반적으로 경기만과 대산 해역보다 높은 값을 보이며, Mn, Zn, Cd 함량은 반월 조간대의 함량보다 높은 값을 나타냈다(Ahn *et al.* 1995; 이 등 1988; 한국해양연구소 1996). 마산만은 부산만 보다 Cu와 Cd를 제외한 중금속 평균함량이 높게 나타났으며(박 등 2002), 행암만과는 대체적으로 비슷한 함량을 보였다(우 등 2002). 오염형 중금속인 Cu, Zn, Pb의 평균함량중 Cu와 Zn은 마산만이 행암만 보다 높은 함량을 보이며, Pb은 행암만이 마산만 보다 높은 함량을 나타냈다.

마산만 해역 주상시료 퇴적물 하부의 중금속 함량 변화가 없는 깊이에서 계산된 배경농도 값(background level)은 Mn, Cr, Cu, Zn, Pb가 각각 786.0, 50.9, 18.3, 90.5, 19.5 ppm이었다(Jeong *et al.* 2006). 가덕수로는 배경농도에 비해 전반적으로 높게 나타나고 있으나, 수평적으로는 유사한 값을 나타내고 있으며, 퇴적물을 구성하는 광물이 만내와 다른 특성에 의한 것으로 추정된다(조 등 2001).

마산만의 내부에서는 마산항 주변(M1 정점)과 하수종말처리장 배출구 주변에서 높게 나타나고 있다(Fig. 3). 특히, 1996년에 비해 M4정점에서 높게 나타나는 것은 오폐수 처리 후 방류하는 배출구가 M4, M5 정점 사이에 위치하고 있기 때문이다. 박(2006)의 연구에 의하면, 오폐수를 단순처리 후 배출하던 1993년부터 고도처리 후 배출하는 2003년 사이에 지속적으로 만내 퇴적물 및 수질이 악화된 것으로 나타났다. 또한 표층퇴적물의 아연 함량이 배출구의 북쪽방향으로 확산됨이 확인되었다(Kwon *et al.* 2001).

마산만내 중금속 원소의 함량변화에 영향을 줄 수 있는 항목(퇴적물 성분, 입도 등)과 중금속원소의 상관관계를 보면, 오염형 원소(Pb, Cu, Zn) 및 Cd, Cr, Ni 등의 상관계수가 0.76-0.97, 0.81-0.90으로 높게 나타났다(Table 5). 특히, Cu, Zn, Cd 함량은 평균입도, clay 함량과는 양(+), silt 함량과는 음(-)의 상관관계를 가진다. 새만금 및 광양만의 연구결과에 의하면 중금속 원소의 함량은 퇴적물 입도 및 광물 특성에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(조 등 2001; 현 등 2003).

저서성 유공충 분포 특성은 마산만과 가덕수로에서 서로 다르게 나타났다. 마산만에서는 가덕수로에 비하여 중수, 종다양도 그리고 균등도는 낮게 나타나며, 사질 유공충의 비율은 상대적으로 높게 나타나 마산만이 가덕수로에 비하여 상대적으로 저서환경이 좋지 않음을 나타낸다. 유공충의 서식지는 환경이 안정될수록 중수, 종다양도 그리고 균등도는 증가하게 되며, 사질 유공충은 연안에서 일반적으로 환경변화가 심하거나 오염지역과 같은 극한환경에서 높은 비율로 나타난다(Boltovskoy and Wright 1976). 오염형 중금속 함량이 가장 높은 덕동하수종말처리장 배

**Table 5. Correlation coefficients among the heavy metal, sedimentary composition, dominant species in Masan Bay.**

	Al	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	V	Mz.	Silt	Clay	*Eg.	**Tro.
Al	1.00														
Fe	0.97	1.00													
Mn	-0.21	-0.25	1.00												
Pb	0.67	0.62	-0.79	1.00											
Cu	0.19	0.15	-0.91	0.85	1.00										
Zn	0.03	-0.03	-0.86	0.76	0.97	1.00									
Cd	0.13	0.10	-0.88	0.71	0.82	0.87	1.00								
Cr	0.48	0.50	-0.86	0.80	0.70	0.66	0.90	1.00							
Ni	-0.10	-0.02	-0.85	0.44	0.64	0.67	0.88	0.81	1.00						
V	0.66	0.72	-0.84	0.85	0.69	0.54	0.64	0.86	0.61	1.00					
Mz.	-0.53	-0.63	-0.42	0.22	0.63	0.77	0.54	0.12	0.39	-0.10	1.00				
Silt	0.43	0.50	0.49	-0.32	-0.73	-0.80	-0.46	-0.09	-0.32	-0.03	-0.95	1.00			
Clay	-0.41	-0.49	-0.53	0.34	0.75	0.83	0.51	0.14	0.37	0.06	0.96	-1.00	1.00		
*Eg.	-0.82	-0.79	0.46	-0.73	-0.35	-0.28	-0.57	-0.82	-0.37	-0.73	0.28	-0.33	0.29	1.00	
**Tro.	-0.12	-0.21	-0.75	0.64	0.92	0.98	0.78	0.50	0.57	0.36	0.89	-0.90	0.92	-0.11	1.00

\*Eg.: *Eggerella advena*.

\*\*Tro.: *Trochammina pacifica*.

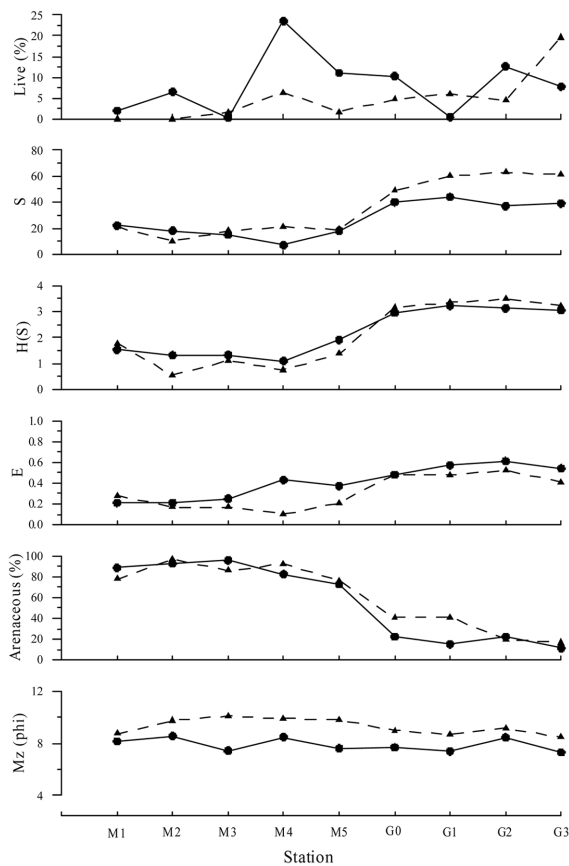


Fig. 4. Distributions of living population, number of species (S), species diversity (H(S)) and equitability (E) of total assemblage, abundance (%) of arenaceous foraminifera and mean grain-size of sediments are plotted against sampling stations in August 1996 (dashed line) and August 2002 (solid line).

출구 부근 M4 정점에서 종수, 종다양도 그리고 개체수가 가장 낮은 값을 보여 마산만 내에서도 가장 환경이 좋지 않은 지역임을 나타낸다.

1996년과 2002년의 연구지역의 저서성 유공충 분포 특성은 정점별로 약간의 변화는 있으나, 전반적인 경향은 비슷하게 나타났다(Fig. 4). 마산만은 중수, 종다양도, 사실 유공충 비율이 비교적 자연적인 환경인 함평만(해양수산부 1999), 도암만(해양수산부 2000), 강진만(해양수산부 2002)에서 나타나는 수치와 다르게 나타나며, *Eggerella advena*와 *Trochammina pacifica*가 오염된 지역에서 높은 적응력을 가지고 우세하게 나타나는 기회종(opportunistic species)이다. *Eggerella advena*는 M2 정점에서 *Trochammina pacifica*는 M4 정점에서 가장 높은 비율로 나타났다. 마산만의 우세종과 오염형 중금속 원소(Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni)의 함량에 따른 상관관계 분석에 의하면, Cu, Zn, Cd의 함량이 증가할수록 우세종인 *Trochammina pacifica*의 상대적 비율(relative abundance)은 증가하고, Pb와 Cr의 함량이 증가할수록 *Eggerella advena*의 상대적 비율은 감소하는 것으로 나타났다(Table 5).

연구지역의 석회질 유공충(13종) 외각(test)에서 무산소 환경이거나 미량원소에 의하여 오염된 지역에서 특징적으로 나타나는 황철 반점이 발견되었다(Table 6). 마산만은 가덕수로에 비하여 상대적으로 오염이 심한 지역으로 석회질 유공충이 상대적으로 작은 비율로 출현하여 황철 반점이 있는 석회질 유공충이 가덕수로에 비하여 작은 수의 종과 개체에서 발견되었다. 마산만은 M3과 M4 정점에서 *Buccella frigida* 외각에 황철 반점이 발견되었으며, M4 정점은 석회질 유공충 개체수의 33.33%에 해당된다(Fig. 5, Table 6). 이 지점은 덕동하수종말처리장 배출구 주변으

Table 6. The number of individuals of pyrited species.

Station number	M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
Number of pyrited specimens	0	0	2	4	0	14	5	12	20
Pyrited specimens/calcareous specimens (%)			16.67	33.33		8.09	2.46	8.51	17.54
<i>Astrononion stelligerum</i>							1		
<i>Bolivina robusta</i>									1
<i>Buccella frigida</i>			2	4					
<i>Bulimina elongata</i>									1
<i>Elphidium advenum</i>								3	
<i>Elphidium etigoense</i>									2
<i>Elphidium sp.</i>								1	2
<i>Epistominella naraensis</i>							2		1
<i>Epistominella nipponica</i>								5	5
<i>Hopkinsinella glabra</i>						10			
<i>Nonionella stella</i>						2	2	2	5
<i>Nonionoides auris</i>								1	3
<i>Quinqueloculina anguina</i>						2			

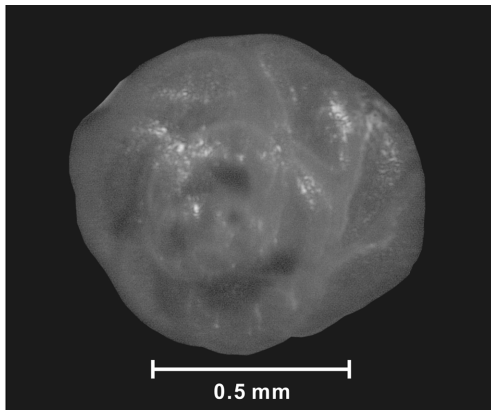


Fig. 5. Pyritized specimen of *Buccella frigida* (Cushman) from station M4 in Masan Bay. Black spots indicate pyrite.

로 오염형 중금속 함량이 가장 높게 나타났다.

## 6. 요약 및 결론

마산만 표층퇴적물은 니질 퇴적물(평균입도, 7.29-8.54 $\phi$ )로 실트와 점토 성분이 97% 이상을 차지했다. 1996년과 2002년의 표층퇴적물 입도특성을 비교하면, 평균입도는 2002년에 상대적으로 약간 조립화 되었으나, 분급도는 마산항 부근(M1, M2)을 제외하고 상대적으로 약간 양호해졌다.

마산만의 중금속원소 함량은 마산항 주변(M1 정점)과 하수종말처리장 배출구 주변(M4 정점)에서 높게 나타나고 있다. 1996년에 비해 M4 정점에서 높게 나타나는 것은 오폐수 처리 후 방류하는 배출구가 위치하고 있기 때문이다. 퇴적물의 입도 및 광물특성에 따라 중금속 원소의 함량이 크게 영향을 받지만, 단기간의 배출에 의해 오염원 주변이 집중적으로 농축된 것으로 보인다. 가덕수로의 중금속원소 함량은 배경농도(background level)에 비해 전반적으로 높게 나타나고 있으나, 퇴적물을 구성하는 광물이 만내와 다른 특성에 의한 것으로 추정된다.

마산만은 가덕수로에 비하여 저서성 유공충 전체 군집의 개체수, 종수 그리고 종다양도가 상대적으로 작은 수치이나, 사실 유공충 비율은 높은 수치로 나타나 마산만이 가덕수로에 비하여 상대적으로 저서환경이 좋지 않음을 나타냈다. 저서성 유공충 특성에 의하면 덕동하수종말처리장 배출구 주변은 마산만 내에서도 가장 좋지 않은 환경으로 나타났다. 마산만의 우세종인 *Eggerella advena*는 Pb과 Cr 함량의 영향을 받고, *Trochammina pacifica*는 Cu, Zn, Cd 함량의 영향을 받는다. 가덕수로에서는 *Epistominella nipponica*와 *Nonionella stella*가 모든 정점에서 우세하게 출현하는 종이다. 1996년 8월과 2002년

8월의 마산만 중금속 함량과 저서성 유공충 특성에 의하면 마산만의 오염이 개선되고 있지 않음을 보여주며, 하수종말처리장 배출구가 새로운 오염원임을 보여주고 있다.

## 사 사

본 연구는 한국해양연구원 기관고유사업인 “연안역에서의 육지와 해양 상호작용 연구(PE81901)”의 일환으로 수행되었습니다. 본 연구를 위하여 현장조사와 실내분석에 도움을 주신 박성민님께 감사드립니다. 논문을 심사하여 주시고 좋은 의견을 주신 익명의 심사위원님들께 진심으로 감사드립니다.

## 참고문헌

- 강시환, 김창식, 박광순. 1989. 연안환경보전기술 개발연구. 한국해양연구소, BSPG 00083-242-4. p. 163-238.
- 마산시. 1994. 마산만 준설에 따른 해양환경 종합 모니터링. 경남대학교 환경문제 연구소. 264 p.
- 박성민, 이연규, 우한준, 조진형, 정창수. 2002. 부산만의 퇴적물 특성 및 저서성 유공충 분포. *고생물학회지*, 18, 27-41.
- 박재국. 2006. 하수처리장 방류가 반 폐쇄성 연안 방류해역 수질에 미치는 영향. 석사학위논문, 경남대학교. 50 p.
- 우한준, 김효영, 정갑식, 천종화, 김성은, 추용식. 1999. 마산만 퇴적환경 오염에 따른 저서성 유공충 분포 변화. *한국해양학회지 「바다」*, 4, 144-154.
- 우한준, 박성민, 정창수. 2002. 행암만의 퇴적환경 특성. 한국해양환경공학회 2002년도 춘계 학술대회 논문집. p. 315-323.
- 우한준, 조진형, 정갑식, 정창수, 권수재, 박성민. 2003. 중금속 원소와 유공충을 이용한 마산만 퇴적물의 오염 역사에 관한 연구. *한국지구과학회지*, 24(7), 635-649.
- 이종현, 이정석, 김범수, 이창복, 고철환. 1988. 경기만 퇴적물의 중금속 분포 특성. *한국해양학회지 「바다」*, 3, 103-111.
- 이희준, 조형래, 추용식, 박장준, 왕야평. 2002. 진해만의 부유퇴적물 기원과 이동. 한국해양환경공학회 2002년도 춘계 학술대회 논문집. p. 325-329.
- 조경제, 최만영, 박승국, 임성호, 김대운, 박종규, 김영의. 1998. 마산-진해만의 수질 부영양화. *한국해양학회지 「바다」*, 3(4), 193-202.
- 조영길, 류상욱, 구영경, 김주용. 2001. 새만금 조간대 표층퇴적물의 성분원소 함량과 지화학적 특성. *한국해양학회지 「바다」*, 6(1), 27-34.
- 한국해양연구소. 1996. 해저층 퇴적물 이동 관측 및 예측기술. BSPN 00302-933-5. 259 p.
- 한국해양연구원. 2003. 연안역에서의 육지와 해양 상호작용



- 연구(1) 남해 동부연안역의 영양물질 유입과 생물생산력 개발 환경조성 기반 기술. BSPE 827-01-1493-4. 505 p.
- 해양수산부. 1999. 갯벌 생태계 조사 및 지속가능한 이용방안 연구. BSPM 99035-00-1228-3. 875 p.
- 해양수산부. 2000. 갯벌 생태계 조사 및 지속가능한 이용방안 연구. BSPM 00072-00-1308-3. 1203 p.
- 해양수산부. 2002. 갯벌 생태계 조사 및 지속가능한 이용방안 연구. BSPM 16100-1465-3, 885 p.
- 현상민, 이태희, 최지성, 최동림, 우한준. 2003. 광양만 및 여수해만 표층퇴적물의 지화학적 특성과 중금속 오염. *한국해양학회지 「바다」*, 8(4), 380-391.
- Ahn, I.Y., Y.C. Kang, and J.W. Choi. 1995. The influence of industrial effluents on intertidal benthic communities in Panweol, Kyeonggi Bay (Yellow Sea) on the west coast of Korea. *Mar. Pollut. Bull.*, 30, 200-206.
- Alve, E. 1991. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sorfjord, western Norway. *J. Foram. Res.*, 21, 1-19.
- Alve, E. 1995. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: A review. *J. Foram. Res.*, 25, 190-203.
- Alve, E. and F. Olsgard. 1999. Benthic foraminiferal colonization in experiments with copper-contaminated sediments. *J. Foramin. Res.*, 21, 1-19.
- Boltovskoy, E. and R. Wright. 1976. Recent Foraminifera. Dr. W. Junk. Hague. 515 p.
- Burone, L., N. Venturini, P. Sprechmann, P. Valente, and P. Muniz. 2006. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. *Mar. Pollut. Bull.*, 52, 61-73.
- Buzas, M.A. and T.G. Gibson. 1969. Species diversity: benthonic foraminifera in western north Atlantic. *Science*, 163, 72-75.
- Collins, E.S., D.B. Scott, P.T. Gayes, and F.S. Medioli. 1995. Foraminifera in Winyah bay and north inlet marshes, South Carolina: Relationship to local pollution sources. *J. Foram. Res.*, 25, 212-223.
- Debenay, J.P., E. Tsakiridis, R. Soulard, and H. Grossel. 2001. Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville Harbor (Ile d'Yeu, France): The influence of pollution. *Mar. Micropaleon.*, 43, 75-118.
- Hong, G.H., Y.A. Park, and K.W. Lee. 1983. Partitioning of heavy metals in sediments from Jinhae Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 18, 180-184.
- Hong, J.S. 1987. Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay system, Korea. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 22, 246-256.
- Hong, J.S. and J.H. Lee. 1983. Effects of the pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 18, 69-179.
- Howe, H.V. 1941. The use of soap in the preparation of samples for micropaleontological study. *J. Paleontol.*, 15, 691.
- Jeong, K.S., J.H. Cho, J.H. Lee, and K.H. Kim. 2006. Accumulation history of anthropogenic heavy metals (Cu, Zn, and Pb) in Masan Bay sediments, Southeastern Korea: A role of chemical front in the water column. *Geosci. J.*, 10, 445-455.
- Khim, J.S., K. Kannan, D.L. Villeneuve, C.H. Koh, and J.P. Giesy. 1999. Characterization and distribution of trace organic contaminants in sediment from Masan Bay, Korea: 1. Instrumental Analysis. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 4199-4205.
- Kwon, Y.T., C.W. Lee, and B.Y. Ahn. 2001. Sedimentation pattern and sediments bioavailability in a wastewater discharging area by sequential metal analysis. *Microchem. J.*, 68, 135-141.
- Lee, S.H. and K.W. Lee. 1983. Heavy metals in sediments from Jinhae Bay. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 18, 49-54.
- MacArther, R.H. and J.W. MacArther. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42, 544-598.
- Park, S.C. and K.S. Chu. 1991. Dispersal pattern of river-derived fine-grained sediments on the inner shelf of Korea Strait. p. 231-240. In: *Oceanography of Asian Marginal Seas*. K. Takano, ed. Elsevier Oceanography Series 54. Elsevier, Amsterdam.
- Park, S.C., S.K. Hong, and D.C. Kim. 1996. Evolution of late Quaternary deposits on the inner shelf of the South Sea of Korea. *Mar. Geol.*, 131, 219-232.
- Park, Y.A. 1985. Late Quaternary sediment on the continental shelf off southeast coast of Korea, a further evidence of relict sediment. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 20, 55-61.
- Resig, J.M. 1960. Foraminiferal ecology around ocean outfalls off southern California. p. 104-121. In: *Waste Disposal in the Marine Environment*. Pergamon Press, London.
- Schafer, C.T. 1973. Distribution of foraminifera near pollution sources in Chaleur Bay. *Water, Air Soil Poll.*, 2, 219-233.
- Scott, D.B., F.S. Medioli, and C.T. Schafer. 2001. Monitoring in Coastal Environments using Foraminifera and Thecamoebian Indicators. Cambridge Univ. Press. 177 p.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Modern Foraminifera. Kluwer Academic Pub., Dordrecht. 371 p.
- Setty, M.G.A.P. 1982. Pollution effects monitoring with foraminifera as indices in the Thana Greek, Bombay Area. *Int. J. Environ. Stud.*, 18, 205-209.
- Walton, W.R. 1952. Techniques for recognition of living

- foraminifera. *Contrib. Cushman Found. Foramin. Res.*, 3, 56-60.
- Yang, D.B. and G.H. Hong. 1982. Nutrients and chlorophyll-a variations at a fixed station during the red tides in the Jinhae Bay. *J. Oceanogr. Soc. Kor.*, 17, 19-26.
- Yanko, V., A. Arnold, and W. Parker. 1999. Effect of marine pollution on benthic foraminifera. p. 217-235. In: *Modern Foraminifera*. ed. by B.K. Sen Gupta. Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
- Zalesny, E.R. 1959. Foraminifera ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, 5, 101-126.

Received Jul. 23, 2007

Accepted Aug. 7, 2007

## Appendix

**Appendix. Relative abundance (%) for total (T) and living (L) assemblages in surface sediments in the study area.**

Sample number		M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
<b>Number of individuals per fraction picked</b>	T	252	322	274	68	208	223	239	182	219
	L	5	21	1	16	23	23	1	23	17
<b>Number of individuals per 20 ml</b>	T	2016	5152	8768	68	1664	892	3824	2912	876
	L	40	336	32	16	184	92	16	368	68
<i>Alliatina variabilis</i>	T						4.48	4.18	1.65	4.57
	L							100.00	4.35	11.76
<i>Ammobaculites exiguus</i>	T	0.40		0.36					2.75	
<i>Ammonia beccarii</i>	T	0.40				0.48	0.45	2.93	0.55	1.83
	L									5.88
<i>Ammonia</i> sp.	T	0.40						4.60	1.65	1.83
<i>Ammonia takanabensis</i>	T							0.84		
<i>Astrononion stelligerum</i>	T	0.40				1.92	3.14	2.09	5.49	2.74
<i>Bolivina elongata</i>	T						1.35			
	L						8.70			
<i>Bolivina floridana</i>	T						0.90			
<i>Bolivina pusilla</i>	T						0.45	0.42	0.55	
<i>Bolivina robusta</i>	T						0.45	2.51		0.91
<i>Buccella frigida</i>	T			0.73	8.82	2.40	0.45	1.26	2.20	0.91
	L								4.35	
<i>Bulimina elongata</i>	T	0.79	1.24	0.36		1.44		0.42	3.30	2.28
	L	40.00	9.52			4.35			17.39	
<i>Bulimina exilis</i>	T							0.42		
<i>Bulimina marginata</i>	T							0.84		0.91
	L									5.88
<i>Bulimina</i> sp.	T						0.45			
<i>Canceris</i> sp.	T									0.46
<i>Caribbeanella ogiensis</i>	T						0.45		0.55	
<i>Cassidella</i> sp.	T						0.90		1.10	
<i>Cibicides inagawaensis</i>	T							1.26		0.91
<i>Cibicides</i> sp.	T							0.84		
<i>Cribrononion clavatum</i>	T						0.90	1.67	3.30	0.91
<i>Discammina emaciata</i>	T		0.31							
<i>Eggerella advena</i>	T	11.11	21.43	11.68	5.88	9.62	6.73	6.69	10.99	2.74
	L					13.04	8.70		34.78	11.76
<i>Eggerella</i> sp.	T	3.57	0.31	0.36				0.84	1.65	
	L								4.35	
<i>Elphidium advenum</i>	T	0.79	0.62	0.36	2.94		1.35	11.30	4.95	0.91

## Appendix. Continued.

Sample number		M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
<i>Elphidium etigoense</i>	T	2.38				0.48	0.90			1.83
<i>Elphidium</i> sp.	T	2.78	1.86	1.09		2.40	6.28	2.51	4.95	4.57
	L					4.35			4.35	
<i>Epistominella naraensis</i>	T		0.62			2.40	4.48	1.26	1.10	4.11
	L		4.76			8.70				5.88
<i>Epistominella nipponica</i>	T		0.31		2.94	0.48	4.04	7.95	9.89	16.89
	L				12.50		4.35			29.41
<i>Eponides nipponicus</i>	T					2.40				0.46
<i>Fissurina laevigata</i>	T								0.55	
<i>Fissurina marginata</i>	T									0.46
<i>Fissurina semimaginata</i>	T						0.90	0.42		
<i>Fissurina</i> sp.	T					0.48	0.45			
<i>Fursenkoina mexicana</i>	T	0.40	0.93			0.48				
	L		4.76			4.35				
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	T								0.55	
<i>Globigerinella</i> sp.	T	0.40								
<i>Globobulimina perversa</i>	T						0.45	1.67		
<i>Gyroidina arbuticularis</i>	T						0.90	6.69	1.65	3.65
<i>Haplophragmoides</i> sp.	T			0.36						1.37
<i>Hopkinsinella glabra</i>	T	0.79	0.93	0.36		10.58	22.42		9.89	10.05
	L					13.04	60.87		8.70	17.65
<i>Jadammina</i> sp.	T								0.55	
<i>Kutsevelia labytnangensis</i>	T						0.45	1.26		0.46
<i>Lagena distoma</i>	T								0.55	
<i>Lagena elongata</i>	T						1.79			
<i>Lagena gracillima</i>	T						0.45			
<i>Lagena perlucida</i>	T								0.55	
<i>Lagena sulcata</i>	T						0.45	0.42		0.91
<i>Massilina minuta</i>	T							0.42		
<i>Neocassidulina abbreviata</i>	T									0.46
<i>Nonion</i> sp.	T	0.40								
<i>Nonionella pulchella</i>	T							0.42		
<i>Nonionella</i> sp.	T								0.55	
<i>Nonionella stella</i>	T			0.36		1.44	10.76	14.64	10.44	15.53
	L						13.04		17.39	5.88
<i>Nonionoides auris</i>	T							2.93	4.95	4.57
	L								4.35	
<i>Parafissurina</i> sp.	T						0.45	0.42		0.91
<i>Pseudoepionides japonicus</i>	T									0.46
<i>Pseudohelenina collinsi</i>	T								0.55	0.91
	L									5.88
<i>Quinqueloculina akneriana</i>	T	1.19						0.84	1.10	
<i>Quinqueloculina anguina</i>	T						1.35			
<i>Quinqueloculina contorta</i>	T						0.45	1.67	0.55	
<i>Quinqueloculina elongata</i>	T		0.31				1.79			1.83
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	T							0.42	0.55	
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	T	0.40		0.73			0.45	1.67	2.20	0.46

## Appendix. Continued.

Sample number		M1	M2	M3	M4	M5	G0	G1	G2	G3
<i>Quinqueloculina</i> sp.	T		0.31							
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	T		0.31	0.36	2.94					
<i>Rectobolivina subbifrons</i>	T	0.40								
<i>Rosalina bradyi</i>	T						1.79	2.51	1.10	0.91
<i>Rosalina globularis</i>	T						0.90	1.67		
<i>Rotorbis</i> sp.	T									0.46
<i>Siphonodosaria insolita</i>	T	0.40	0.31			1.44		0.42		
	L					4.35				
<i>Spiroloculina</i> sp.	T									0.46
<i>Spiroloculina subimpressa</i>	T							0.42	0.55	
<i>Textularia agglutinans</i>	T	1.98	1.55							1.37
	L		4.76							
<i>Textularia earlandi</i>	T	3.97	1.55	2.55	5.88	3.37	2.24	1.26	2.20	1.37
	L			100.00	12.50	4.35	4.35			
<i>Textularia</i> sp.	T								1.10	2.74
<i>Triloculina sommeri</i>	T							0.42		
<i>Triloculina tricarinata</i>	T						0.45	0.42		
<i>Trochammina globigeriniformis</i>	T	2.78	5.59	29.93		9.62	0.90	0.84		
	L					21.74				
<i>Trochammina pacifica</i>	T	63.89	61.49	50.36	70.59	48.56	9.42	2.51		
	L	60.00	76.19		75.00	21.74				
<i>Trochammina</i> sp.	T						2.69	0.84	3.30	0.91