

인천항 및 부산항의 여름철 대형저서동물군집의 구조

서진영 · 박소현 · 임현식¹ · 장 만 · 최진우*한국해양연구원 남해연구소, ¹목포대학교 해양자원학과

The Community Structures of Macrozoobenthos during Summer in the Incheon and Busan Harbors, Korea

Jin-Young Seo, So-Hyun Park, Hyun-Sig Lim¹, Man Chang and Jin-Woo Choi*

South Sea Institute, KORDI, Geoje 656-830, Korea

¹Department of Marine Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

Abstract – We investigated the macrozoobenthos at major two harbors of Korea in July and August 2007 in order to check the changes in the species composition due to the invasive species and to make a species inventory at each harbor system. At the Incheon Harbor, a total of 88 species was sampled with abundance of 3,212 ind. m⁻² and biomass of 239 g m⁻². The most dominant species was *Tharyx* sp. belong to polychaete taxa, followed by *Chaetozone setosa* in the harbor area. The dominant species of outer area were *Musculus senhousia* and *Sternaspis scutata*. The diversity index ranged between 0.9~2.4, and evenness index between 0.3~0.9, and richness index between 1.8~3.9. Benthic pollution index ranged between 16~74. The highest benthic pollution index was at station 4. On the other hand the lowest value was at station 6, where a large amount of *M. senhousia* belong to mollusca occurred. At the Busan Harbor, a total of 89 species was sampled with density of 1,845 ind. m⁻² and biomass of 133.6 g m⁻² in August 2007. The most dominant species was *Tharyx* sp., followed by *M. japonica* and *Cirratulus cirrata* within harbor area. *M. japonica* was dominant species in the outer area. The diversity index ranged between 0.7~2.2, evenness index between 0.3~1.0, and richness index between 1.1~4.1. Benthic pollution index ranged between 31~90. The lowest benthic pollution index was found at site 2 within harbor area.

Key words : macrozoobenthos, species list, harbor system, Benthic Pollution Index (BPI), Korea

서 론

항구는 일반적으로 반 폐쇄적 지역으로 퇴적물은 높은 수준의 오염을 보이고, 수괴의 용존 산소는 낮은 경우가 많아 저서생물 군집의 다양도가 낮게 나타나는 곳

이다(Estacio *et al.* 1997). 전통적으로 다양한 형태와 규모의 항구들은 항내에 조류 소통이 원활하지 않는 지역들로 인해 수질이 악화되고(Estacio *et al.* 1997), 그로 인해 대형저서동물 군집에 악 영향을 미치고 있다(Guerra-García and García-Gómez 2005). 또한 국제항의 경우 외국 선박들의 출입으로 인하여 선박평형수(ballast water)에 의한 생태계 교란도 야기되고 있다. 선박평형수와 함께 이동된 해양생물은 항해 도중 탱크내의 온도 변화,

* Corresponding author: Jin-Woo Choi, Tel. 055-639-8550, Fax. 055-639-8509, E-mail. jwchoi@kordi.re.kr

용존산소의 감소, 먹이 부족 등으로 인하여 대부분 사멸 하지만 일부 종들은 살아남아 도착지의 수생태계에 교란을 야기한다 (Minura *et al.* 2005). 이러한 선박평형수에 의한 문제는 1800년대 이후로 기하급수적으로 증가하여 (Carlton 2001), 현재 침입종 문제는 전세계의 해양을 위협하는 가장 큰 문제중의 하나로 대두되고 있다 (Global last 2002). 그러나 아직 국내의 연구는 기초 조사 정도에 불과하며 유해수중생물, 특히 저서생물의 국내연안 분포 현황에 대한 연구는 아직 진행되지 않고 있다.

황해의 경기만에 위치한 인천항은 조석의 차이가 크고, 국제항으로써 대형 선박의 왕래가 빈번하며, 인근에 남동공단 등의 임해 공단이 조성되어 있어 자연적, 인위적인 해양생태계 교란 원인이 존재하고 있는 곳이다 (고 등 1997). 인천항의 경우 외해에 위치한 곳에 대한 연구는 다소 진행이 되었으나 (고 등 1997; 유 등 2004) 항내의 저서동물 군집에 대한 연구는 전무한 실정이다. 한반도의 동남단에 위치한 부산항은 섬과 산으로 둘러싸여 있어 항내 수문이 잔잔하고 조수간만의 차가 적다. 부산항은 태평양과 유라시아대륙을 잇는 관문 역할을 하고 있는 우리나라 제1의 항만으로 북항, 남항, 감천항, 다대포항 등 4개의 항으로 구성되어 있다 (부산항 홈페이지). 부산항에 대한 저서동물의 연구는 1976년에 1회 진행된 연구가 있으나 (Lee 1976), 그 이후에는 전혀 수행되지 않았다.

본 연구에서는 대형저서동물군집에 대한 조사연구가 빈약한 서해의 인천항과 남해의 부산항을 대상으로 여름철 저서동물조사를 통해 현재의 군집상태를 파악하여 향후 항만을 통한 외래유입종의 출현을 조사하기 위한 기반자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

저서동물의 채집을 위해 인천항은 2007년 7월에, 부산항은 8월에 각각 9개 및 10개의 조사정점을 선정하여 해저퇴적물을 채집하였다 (Fig. 1). van Veen 그래프 (채집면적 0.05 m²)을 사용하여 각 정점에서 3회씩 채집이 이루어졌고, 망목크기 1 mm인 체 (sieve)에 걸러 남은 생물을 10% 중성포르말린으로 고정하였다. 실험실에서 주요 분류군으로 선별하여 습중량을 측정하였고, 중동정 후에 중별 출현개체수를 기록하였다. 개체수자료를 사용하여 정점별 종다양성지수 (H') (Shannon and Weaner 1963), 종균동도지수 (Pielou 1966), 종풍부도지수 (Margalef 1958)를 구하였고, 출현종의 생태적인 특성을 고려하여 저서오염지수 (BPI) (Choi *et al.* 2003)를 구하였다. 대형저서동

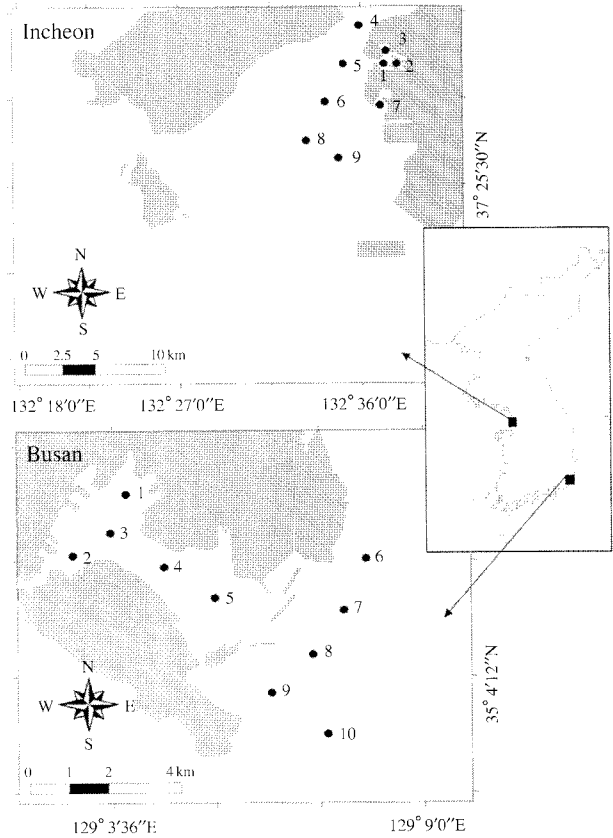


Fig. 1. Sampling sites in two major harbors (Incheon, Busan).

물의 공간분포를 보기 위해서 정점별 출현개체수 자료를 사용하여 다변량 분석을 하였으며, 집괴분석과 MDS 배열법으로 정점간 유사정도를 나타내었다. 이러한 다변량분석에는 소프트웨어로서 Primer v. 5.0을 사용하였다.

환경요인분석을 위한 퇴적물의 채취는 대형저서동물 채집과 동시에 이루어졌으며, 입도분석과 총유기탄소함량을 산출하였다. 입도분석은 퇴적물에 과산화수소 (H₂O₂)를 넣어 유기물을 제거한 후 습식체질 (wet sieving)에 의해 4Ø 이하와 그 이상으로 퇴적물을 분류하였다. 4Ø 이하 조립질 퇴적물은 0.5Ø 간격으로 sieve shaker로 체질한 후 무게 백분율을 구하였고, 4Ø 이상 세립질 퇴적물은 약 2 g 정도를 취한 다음 자동입도분석기 (Sedigraph 5100D)로 분석하였다. 퇴적물의 입도 특성을 나타내는 평균입도 (Mz)는 컴퓨터를 이용하여 통계처리 하였으며, 퇴적상의 분류는 Folk and Ward (1957)의 방법에 따랐다.

유기물은 표층에서 얻어진 퇴적물 시료를 각각 동결 건조기에서 24시간 이상 건조시킨 후 분말화하였다. 분말화한 시료는 잘 건조시켜, 1 N 염산으로 무기탄소 (inorganic carbon)를 제거한 후 총유기탄소 (total organic carbon : TOC) 함량을 측정하였다. 저층의 용존산소 농도

는 DO meter (YSI-58)을 이용하여 측정된 한국해양연구원 자료의 자료를 발췌하여 사용하였다 (한국해양연구원 2008).

군집조성과 환경 자료와의 상관관계는 통계처리프로그램 SPSS vs. 12.0을 이용하여 구하였다.

결 과

1. 용존산소 및 퇴적물 조성

인천항의 여름철 저층 용존산소의 농도는 4.80~6.99 mg L⁻¹, 부산항은 6.02~7.16 mg L⁻¹의 범위를 보여 여름철 산소결핍현상은 나타나지 않았다 (한국해양연구원 2008).

인천항의 표층 퇴적물 입도는 2~8 ϕ 의 범위를 보이며 사질에서 니질까지의 다양한 입도 조성을 보였다 (Table 1). 항내부에 위치한 정점 1~3과 항 외의 가장 북쪽에 위치한 정점 4에서는 사질 퇴적상을 보였다. 반면 정점 5~9는 니질 퇴적상을 보였다. 특히 항내에 위치한 정점 7은 니질 함량이 80% 이상으로 정점가운데 가장 높은 값을 보였다. 나머지 정점들은 사질을 포함한 니질 퇴적상을 보였다. 인천항의 총유기탄소 (TOC) 함량은 평균 0.6%로, 0.4~0.9%의 범위를 보였다 (Table 1). TOC 함량이 가장 높은 곳은 항의 외곽에 위치한 정점 6이었고, 가장 낮은 곳은 항내에 위치한 정점 1이었다.

부산항의 표층퇴적물 입도는 3~9 ϕ 의 범위를 보이며 사질에서 니질까지의 다양한 퇴적상을 보였다 (Table 1). 정점 2를 제외한 항내에 위치한 정점들(정점 1, 3, 4, 5)은 사질을 포함한 니질 퇴적상이었다. 정점 2는 사질과 니질의 함량이 유사하였으나 사질 함량이 다소 높게 나타나 니질을 포함한 사질 퇴적상을 나타냈다. 외해에 위치한 정점 중 북쪽에 위치한 정점 6과 7은 니질 퇴적상을 보였고, 정점 8과 10은 사질 퇴적상을 나타냈다. 부산항의 TOC 함량은 평균 1.3%였고, 0.5~1.9%의 범위를 보였다 (Table 1). 가장 높은 TOC를 보인 곳은 항내에 위치한 정점 2였고, 가장 외해에 위치한 정점 10에서 가장 낮은 값을 보였다.

2. 군집조성

2007년 7월에 인천항 9개 조사정점에서 출현한 대형저서동물의 출현종수는 총 88종이었다 (Table 2). 이 중 다모류가 51종 출현하여 전체의 58%로 가장 높은 비중을 보였고, 다음으로 갑각류가 17종이 출현하여 전체의 19%를 차지하였다 (Table 2). 그밖에 연체동물은 7종

Table 1. Contents of total organic carbon (TOC \pm SD) and mean grain size (Mz \pm SD) in two major harbors

Station	Incheon		Busan	
	TOC (%)	Mz (Phi)	TOC (%)	Mz (Phi)
1	0.36 \pm 0.02	4 \pm 0.44	1.09 \pm 0.01	6 \pm 0.06
2	0.40 \pm 0.02	3 \pm 0.31	1.87 \pm 0.04	6 \pm 0.10
3	0.76 \pm 0.04	3 \pm 0.25	1.73 \pm 0.04	7 \pm 0.21
4	0.42 \pm 0.01	2 \pm 0.21	1.33 \pm 0.04	6 \pm 0.20
5	0.69 \pm 0.03	7 \pm 0.46	1.33 \pm 0.03	6 \pm 0.27
6	0.90 \pm 0.03	8 \pm 0.27	1.72 \pm 0.01	9 \pm 0.24
7	0.86 \pm 0.01	8 \pm 0.53	1.69 \pm 0.02	9 \pm 0.24
8	0.73 \pm 0.04	6 \pm 0.21	0.98 \pm 0.02	4 \pm 0.15
9	0.55 \pm 0.02	6 \pm 0.33	1.18 \pm 0.02	7 \pm 0.34
10			0.53 \pm 0.02	3 \pm 0.22
Mean	0.63 \pm 0.03	5 \pm 0.33	1.34 \pm 0.02	7 \pm 0.20

Table 2. The number of species, density (ind. m⁻²) and biomass (g m⁻²) of each faunal group at two harbors during study period

	Species (%)	Density (%)	Biomass (%)	
Incheon	Mollusca	7 (7.9)	2,262 (70.4)	156.8 (65.6)
	Polychaeta	51 (58.0)	839 (26.1)	15.3 (6.4)
	Crustacea	17 (19.3)	59 (1.8)	1.2 (0.5)
	Echinodermata	6 (6.8)	34 (1.1)	54.2 (22.7)
	Others	7 (8.0)	18 (0.6)	11.4 (4.8)
	Total	88 (100.0)	3,212 (100.0)	238.9 (100.0)
Busan	Mollusca	10 (11.3)	71 (3.9)	82.8 (62.0)
	Polychaeta	48 (53.9)	1,678 (90.9)	39.4 (29.5)
	Crustacea	22 (24.7)	67 (3.6)	2.9 (2.2)
	Echinodermata	3 (3.4)	8 (0.4)	0.3 (0.2)
	Others	6 (6.7)	21 (1.2)	8.3 (6.1)
	Total	89 (100.0)	1,845 (100.0)	133.6 (100.0)

(8%)이 출현하였고, 극피동물은 6종(7%)이 출현하였다. 인천항에서 출현한 대형저서동물 군집의 서식밀도는 3,212개체 m⁻²였다 (Table 2). 이 중 연체동물이 2,262개체 m⁻²(70%)로 가장 높은 서식밀도를 보였고, 다모류는 839개체 m⁻²(26%)의 서식밀도를 보였다 (Table 2). 인천항에서 출현한 대형저서동물의 총 생물량은 239 g m⁻²였다. 이 중 연체동물이 157 g m⁻²(65%)로 가장 높은 비중을 차지하였고, 다음으로 극피동물이 54 g m⁻²(23%)로 높게 나타났다 (Table 2).

인천항에서 항에 인접한 정점(정점 1~3, 7)에서 출현한 대형저서동물은 총 32종, 1,193개체 m⁻², 생물량은 38.3 g m⁻²였다 (Table 3). 항에서 다소 멀리 떨어진 외해에 위치한 정점들(정점 4~6, 정점 8, 9)에서 출현한 대형저서동물은 총 80종, 4,827개체 m⁻², 생물량은 460.9 g m⁻²였다 (Table 3). 인천항은 항에 인접한 정점들이 외해에 위치한 정점들보다 종수와 서식밀도는 3~4배 정도, 생물량은 10배 이상 차이를 보여, 항에 위치한 정점들이

Table 3. The number of species, abundance and biomass at two harbors during study period

	Incheon			Busan		
	Harbor	Outer	Total	Harbor	Outer	Total
Number of species	32	80	88	59	55	89
Abundance (ind. m ⁻²)	1,193	4,827	3,212	3,361	329	1,845
Biomass (g m ⁻²)	38.3	460.9	239	246.8	18.1	170.3

Table 4. Dominant species at the Incheon Harbor in July, 2007 (Harbor area: st. 1 ~ 3, st. 7; Outer area: st. 4 ~ 6, st. 8 ~ 9)

	Species	Ind. m ⁻²	%	Frequency
Harbor area	<i>Tharyx</i> sp.	560	47.0	4
	<i>Chaetozone setosa</i>	207	17.3	3
	<i>Heteromastus filiformis</i>	158	13.3	4
	<i>Cirriformia tentaculata</i>	47	3.9	3
	<i>Lumbrineris longifolia</i>	40	3.4	3
	<i>Amaeana</i> sp.	25	2.1	3
	<i>Sigambra tentaculata</i>	22	1.8	1
	<i>Sternaspis scutata</i>	18	1.5	3
	<i>Ciona intestinalis</i>	17	1.4	2
	<i>Nephtys oligobranchia</i>	12	1.0	3
	<i>Prionospio cirrifera</i>	12	1.0	2
	Outer area	<i>Musculus senhousia</i>	4,029	85.3
<i>Sternaspis scutata</i>		131	2.8	3
<i>Ampharete arctica</i>		95	2.0	4
<i>Goniada maculata</i>		45	1.0	5
<i>Heteromastus filiformis</i>		43	0.9	5
<i>Tharyx</i> sp.		36	0.8	2
<i>Amphipholis sobrina</i>		31	0.6	3
Terebellidae unid.		28	0.6	1
<i>Glycera chirori</i>		23	0.5	5
<i>Nephtys oligobranchia</i>		21	0.5	5

상대적으로 빈약한 군집조성을 보이는 것을 알 수 있었다.

2007년 8월에 부산항에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 89종이었다(Table 2). 이 중 다모류가 48종(54%)으로 가장 많았으며, 갑각류도 22종(25%) 출현하였다. 또한 연체동물은 10종(11%), 극피동물은 3종(3%)이 출현하였다(Table 2). 부산항에서 출현한 대형저서동물 군집의 서식밀도는 1,845개체 m⁻²였다(Table 2). 이 중 다모류가 1,678개체 m⁻²(91%)로 가장 높은 비중을 보였고, 다음으로 연체동물이 71개체 m⁻²(4%) 출현하였다. 또한 갑각류는 67개체 m⁻²(4%), 극피동물은 8개체 m⁻²(1%)의 서식밀도를 보였다(Table 2). 부산항에서 출현한 대형저서동물의 총 생물량은 133.6 g m⁻²였다. 이 중 연체동물이 82.8 g m⁻²(63%)로 가장 높은 비중을 차지하였고, 다모류도 39.4 g m⁻²(30%)이었다. 또한 갑각류는 2.9 g m⁻²(2%), 극피동물은 0.3 g m⁻²의 생물량을 보였다(Table 2).

부산항 조사에서 항에 인접한 정점들(정점 1~5)에서

Table 5. Dominant species at the Busan Harbor in August, 2007 (Harbor area: st. 1 ~ 5; Outer area: st. 6 ~ 10)

	Species	Ind. m ⁻²	%	Frequency
Harbor area	<i>Tharyx</i> sp.	1,236	37.8	5
	<i>Magelona japonica</i>	491	15.0	4
	<i>Pseudopolydora</i> sp.	416	12.7	5
	<i>Cirratulus cirratus</i>	277	8.5	1
	<i>Lumbrineris longifolia</i>	153	4.7	5
	<i>Theora fragilis</i>	105	3.2	4
	<i>Heteromastus filiformis</i>	75	2.3	5
	<i>Chaetozone setosa</i>	69	2.1	4
	<i>Euchone analis</i>	65	2.0	4
	<i>Polydora ligni</i>	35	1.1	4
	Outer area	<i>Magelona japonica</i>	117	41.5
<i>Prionospio cirrifera</i>		17	6.1	2
Other		13	4.7	3
<i>Tharyx</i> sp.		12	4.2	3
Holothuroidea sp.		12	4.2	1
<i>Heteromastus filiformis</i>		11	3.8	2
<i>Nephtys oligobranchia</i>		11	3.8	3
<i>Lumbrineris longifolia</i>		9	3.3	1
<i>Glycera chirori</i>		7	2.4	4
<i>Loimia medusa</i>		7	2.4	1

출현한 대형저서동물은 총 59종, 3,361개체 m⁻², 246.8 g m⁻²였다(Table 3). 항에서 비교적 멀리 떨어진 정점들(정점 6~10)에서 출현한 대형저서동물은 55종, 329개체 m⁻², 18.1 g m⁻²로 종수는 유사하였으나, 서식밀도와 생물량은 항내에 위치한 정점들에 비해 10배 이상 낮은 값을 보였다.

3. 우점종

2007년 7월 조사에서 출현한 대형저서동물 중 인천항 내에서 가장 우점한 종은 다모류의 *Tharyx* sp.로 560개체 m⁻²가 출현하여 전체의 47%를 차지하였다(Table 4). 다음으로 우점한 종은 다모류의 *Chaetozone setosa*(207개체 m⁻², 17.3%)였고, *Heteromastus filiformis*(158개체 m⁻², 13.3%), *Cirriformia tentaculata*(47개체 m⁻², 3.9%), *Lumbrineris longifolia*(40개체 m⁻², 3.4%) 등도 우점하였다. 인천 항내에서 출현한 1% 이상의 우점종은 척색동물의 *Ciona intestinalis*를 제외한 대부분의 종이 다모류로 조사되었다.

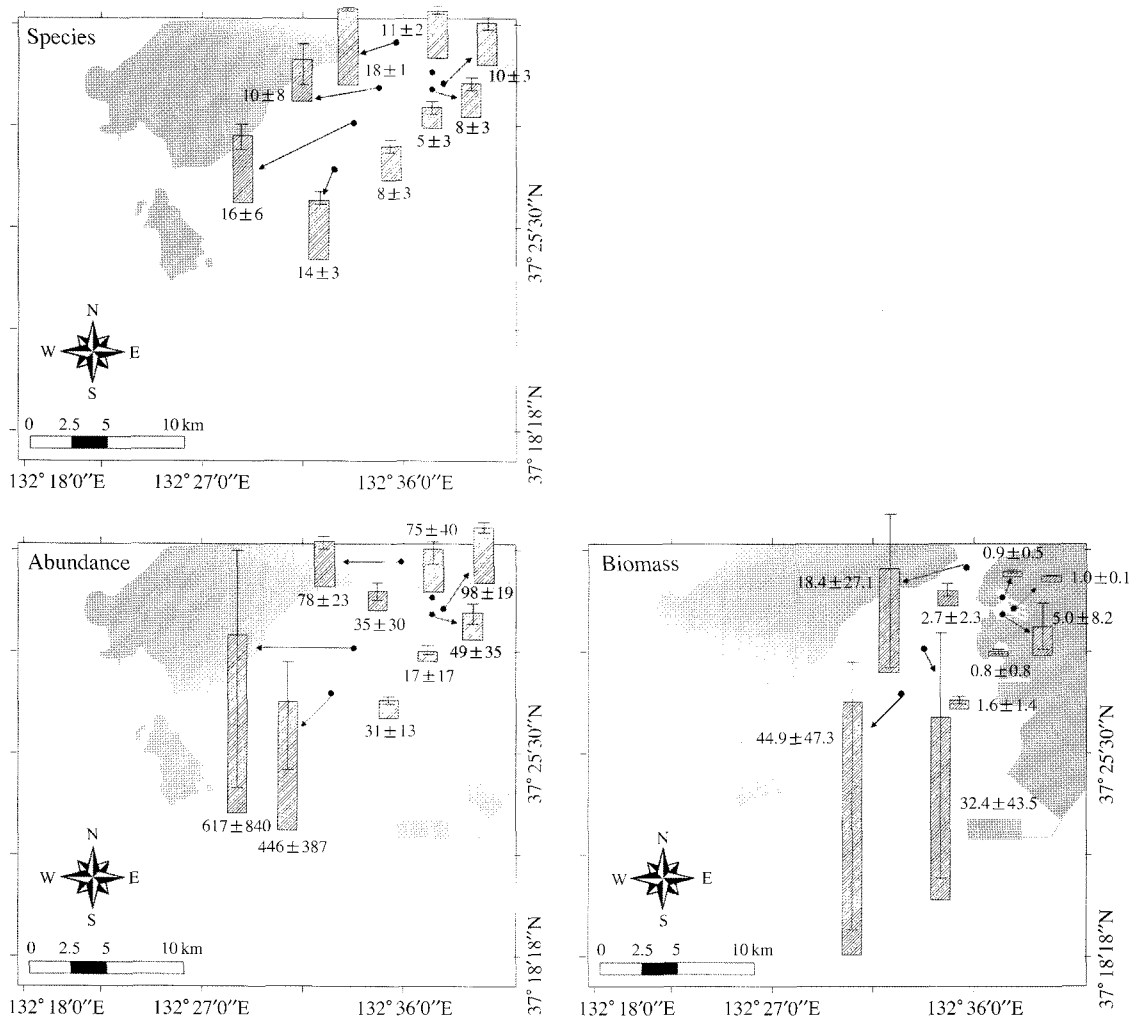


Fig. 2. Spatial distribution of macrozoobenthos at the Incheon Harbor in July 2007 (unit: sp. 0.05 m⁻², ind. 0.05 m⁻², g 0.05 m⁻²).

인천항의 외곽에 위치한 정점들에서 출현한 대형저서동물 중 가장 우점한 종은 연체동물의 종뭇(*M. senhousia*)으로 4,029개체 m⁻²가 출현하여 전체의 85.3%를 차지하였다(Table 4). 다음으로 우점한 종은 다모류의 *Sternaspis scutata*로 131개체 m⁻²가 출현하여 전체의 2.8%를 차지하였다. 그 외에도 다모류의 *Ampharete arcica*, *Goniada maculata*, *H. filiformis* 등이 출현하였다.

부산 항내 5개 정점에서 출현한 대형저서동물 중 가장 우점한 종은 다모류의 *Tharyx* sp.로 1,236개체 m⁻²가 출현하여 전체의 37.8%로 가장 우점하였다(Table 5). 다음으로 우점한 종은 다모류의 *Magelona japonica*였고, 그 외에도 *Pseudopolydora* sp., *Cirratulus cirratus*, *L. longifolia* 등이 우점하였다.

항의 외곽에 위치한 정점들에서 출현한 대형저서동물 중 가장 우점한 종은 다모류의 *M. japonica*로 117개체

m⁻²가 출현하여 전체의 41.5%를 차지하였다(Table 5). 다음으로 우점한 종은 다모류의 *Prionospio cirrifera*였고, 그 외에도 *Tharyx* sp., 극피동물의 해삼류, 다모류의 *H. filiformis*, *N. oligobranchia* 등이 우점종으로 출현하였다.

4. 지역적 분포양상

인천항에서 출현한 대형저서동물의 공간적 분포양상을 알아본 결과, 가장 높은 종수를 보인 곳은 가장 북쪽에 위치한 정점 4(평균±표준편차; 18±1종 0.05 m⁻²)였고, 항내에 위치한 정점 7(5±3종 0.05 m⁻²)에서 가장 낮은 종수를 보였다(Fig. 2). 정점 7 이외에도 항내에 위치한 정점 1, 2, 3에서는 10종 0.05 m⁻² 이하의 종수를 보여 상대적으로 적었다. 밀도는 항내의 정점 7(17±17개

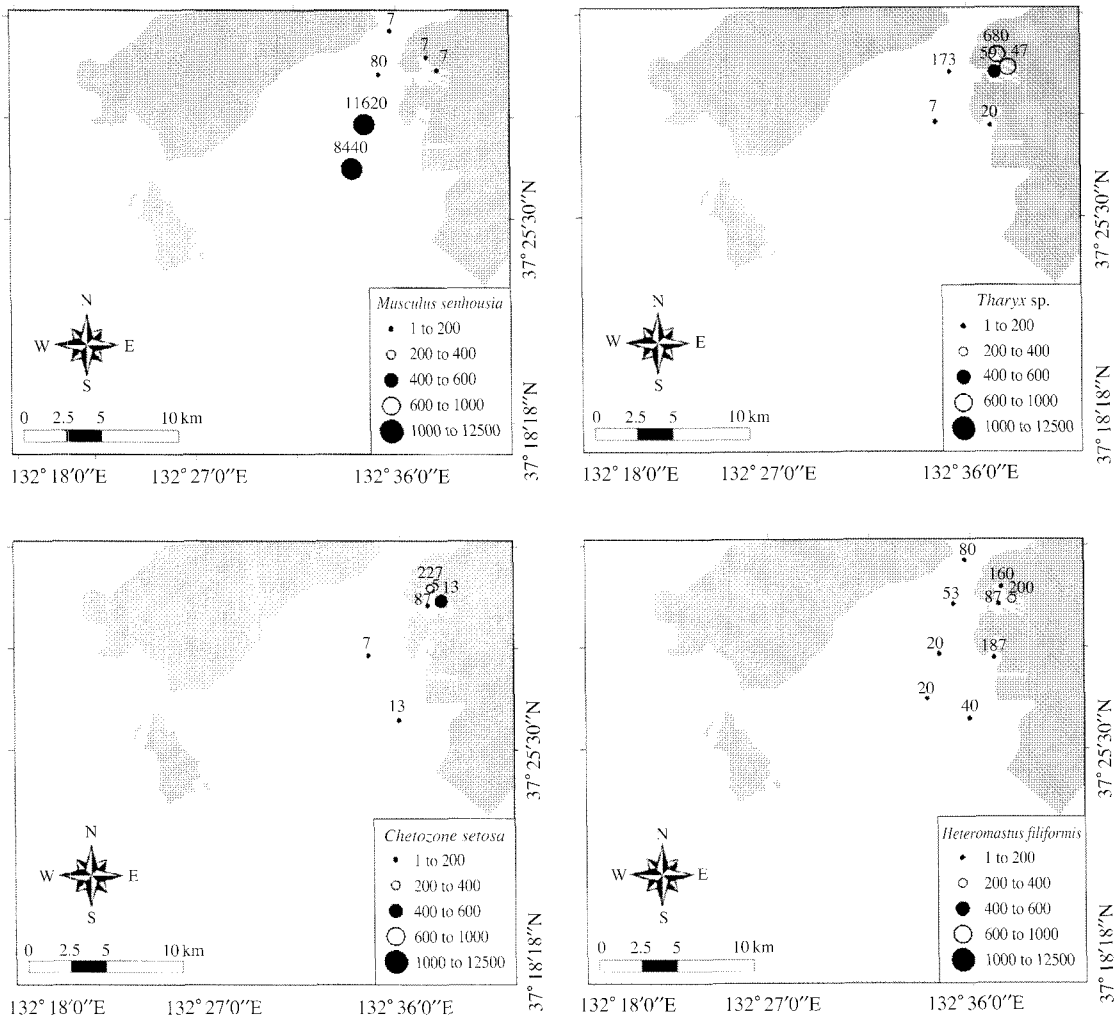


Fig. 3. Spatial distribution of dominant species at the Incheon Harbor in July 2007 (unit : ind. m⁻²).

체 0.05 m⁻²에서 가장 낮았으며, 종뿔 (*M. senhousia*)이 대량으로 출현한 정점 6 (617 ± 840 개체 0.05 m⁻²)에서 가장 높게 나타났고, 정점 8에서도 종뿔의 대량 출현으로 높은 개체수 (446 ± 387 개체 0.05 m⁻²)를 보였다. 생물량은 항내에 위치한 정점 7 (0.8 ± 0.8 g 0.05 m⁻²)과 정점 3 (0.9 ± 0.5 g 0.05 m⁻²)에서 낮게 나타났고, 종뿔 (*M. senhousia*)이 대량 출현한 정점 6 (32.4 ± 43.5 g 0.05 m⁻²)과 정점 8 (44.9 ± 47.3 g 0.05 m⁻²)에서 높게 나타났다 (Fig. 2). 인천항내 외부 정점에서 가장 우점한 종들은 연체동물의 *M. senhousia*, 다모류의 *Tharyx sp.*, *Chetozone setosa*, *Heteromastus filiformis* 등이었다. 연체동물의 *M. senhousia*는 주로 항의 외해에 위치한 정점 6과 정점 8에서 대량으로 출현하였고, 나머지 다모류들은 항내에 위치한 정점 1, 2, 3에서 대량 출현하였다 (Fig. 3).

부산항 주변해역에서 출현한 대형저서동물은 외해에

위치한 정점 7에서 3 ± 3 종 0.05 m⁻²로 가장 낮은 종수를 보였고, 정점 5에서 20 ± 4 종 0.05 m⁻²로 가장 높은 종수를 보였다 (Fig. 4). 항내에 위치한 정점들에서는 13 ~ 20 종 0.05 m⁻²의 범위를 보여 외해에 위치한 정점들의 3 ~ 17 종 0.05 m⁻²에 비해 많은 종수를 나타냈다. 서식밀도는 항내에 위치한 정점 4에서 243 ± 121 개체 0.05 m⁻²로 가장 높았으며, 외해에 위치한 정점 7에서 4 ± 4 개체 0.05 m⁻²로 낮은 값을 보였다 (Fig. 4). 생물량은 항내에 위치한 정점 3에서 29.0 ± 46.7 g 0.05 m⁻²로 가장 높은 값을 보였고, 외해에 위치한 정점 7에서 0.1 ± 0.1 g 0.05 m⁻²로 가장 낮은 값을 보였다 (Fig. 4). 부산항의 군집 조성은 외해에 위치한 정점들에서 상대적으로 빈약하였으며, 항내에 위치한 정점들이 상대적으로 높은 군집 조성을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

부산항 내 외부 정점들에서 가장 우점한 종들은 다모

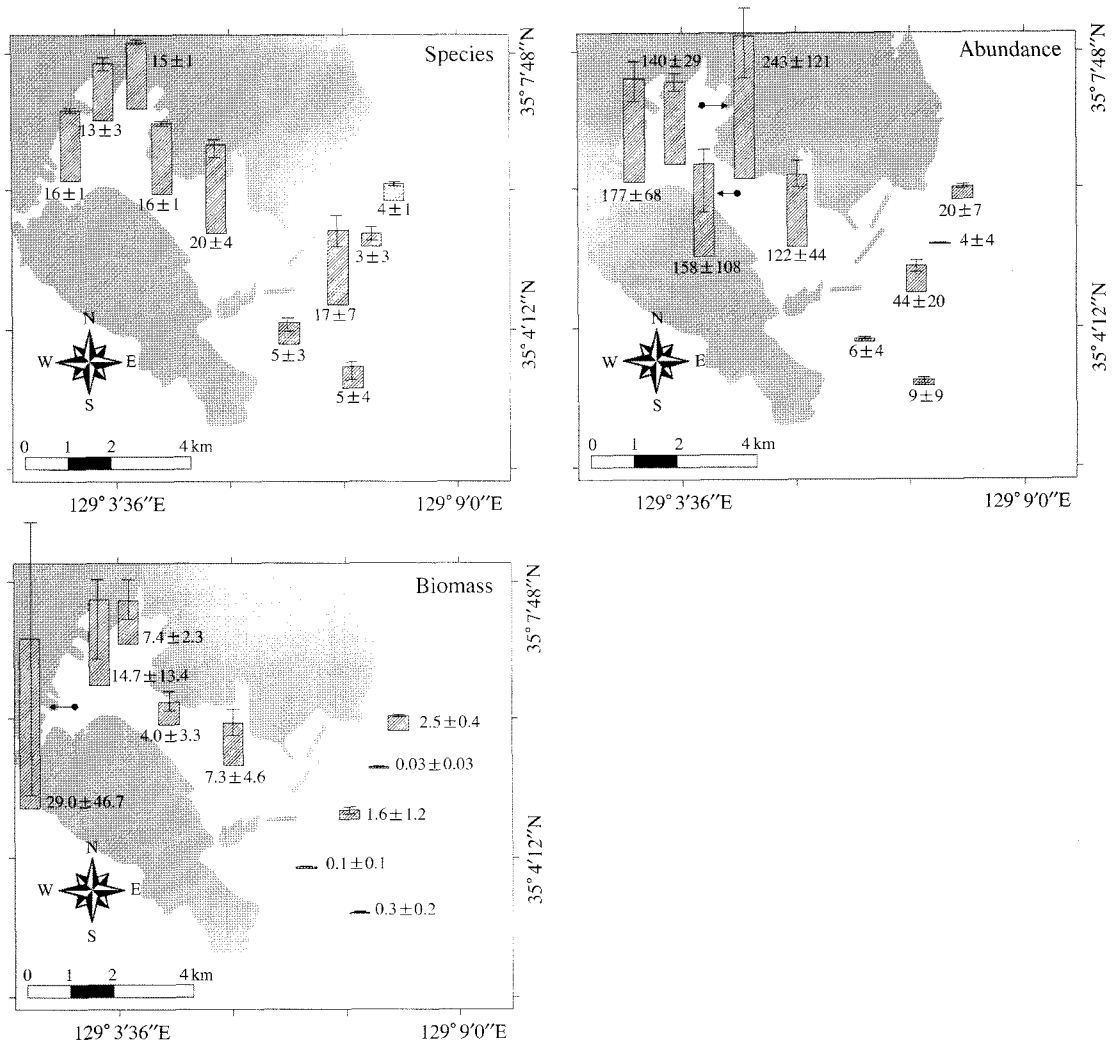


Fig. 4. Spatial distribution of macrozoobenthos at the Busan Harbor in August 2007 (unit: sp. 0.05 m⁻², ind. 0.05 m⁻², g 0.05 m⁻²).

류의 *Tharyx* sp., *M. japonica*, *Pseudopolydora* sp., *Cirratu cirratus* 등이었다. 부산항은 인천항과 달리 모든 우점종들이 외해보다 항내에서 우점하는 경향을 보였다. 부산항에서 가장 우점한 *Tharyx* sp.는 정점 1에서 특히 높은 서식밀도를 보였고, *M. japonica*는 정점 4와 5에서 상대적으로 높은 서식밀도를 보였다. *Pseudopolydora* sp.는 정점 3과 정점 4에서 높게 나타났고, *C. cirratus*는 정점 2에서 가장 높은 서식밀도를 보였다(Fig. 5).

5. 군집지수

2007년 7월의 조사에서 인천항에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료를 이용하여 산출한 종다양성지수(H')는 0.9~2.4의 범위를 보였다(Fig. 6). 가장 높은 종다양성지수를 보인 곳은 가장 북쪽에 위치한 정점 4였고, 정점 6과 정점 8에서 가장 낮은 값을 보였다. 가장

낮은 종다양성지수를 보인 정점 6과 정점 8은 종뿔(*M. senhousia*)이 대량 출현한 정점으로 일부 종의 대량 출현으로 인해 낮은 종다양성지수를 보였다. 인천항의 종균등도지수(J')는 0.3~0.9의 범위를 보였다. 가장 낮은 종균등도를 보인 곳은 정점 6이었고, 가장 높은 종균등도를 보인 곳은 항의 입구에 위치한 정점 5였다(Fig. 6). 종풍부도지수(R)는 1.8~3.9의 범위를 보였다(Fig. 6). 종풍부도지수는 항내에 위치한 정점 7에서 가장 낮은 값을 보였고, 항 입구에 위치한 정점 5에서 가장 높은 종풍부도지수를 보였다. 인천항에서 출현한 대형저서동물의 저서오염지수(BPI)는 16~74의 범위를 보였다(Fig. 6). 오염지시종인 group 4에 해당하는 종이 거의 출현하지 않은 정점 4에서 가장 높은 값을 보였고, 오염지시종(group 4)에 속하는 종뿔(*M. senhousia*)이 대량 출현한 정점 6에서 가장 낮은 저서오염지수를 보였다. 정

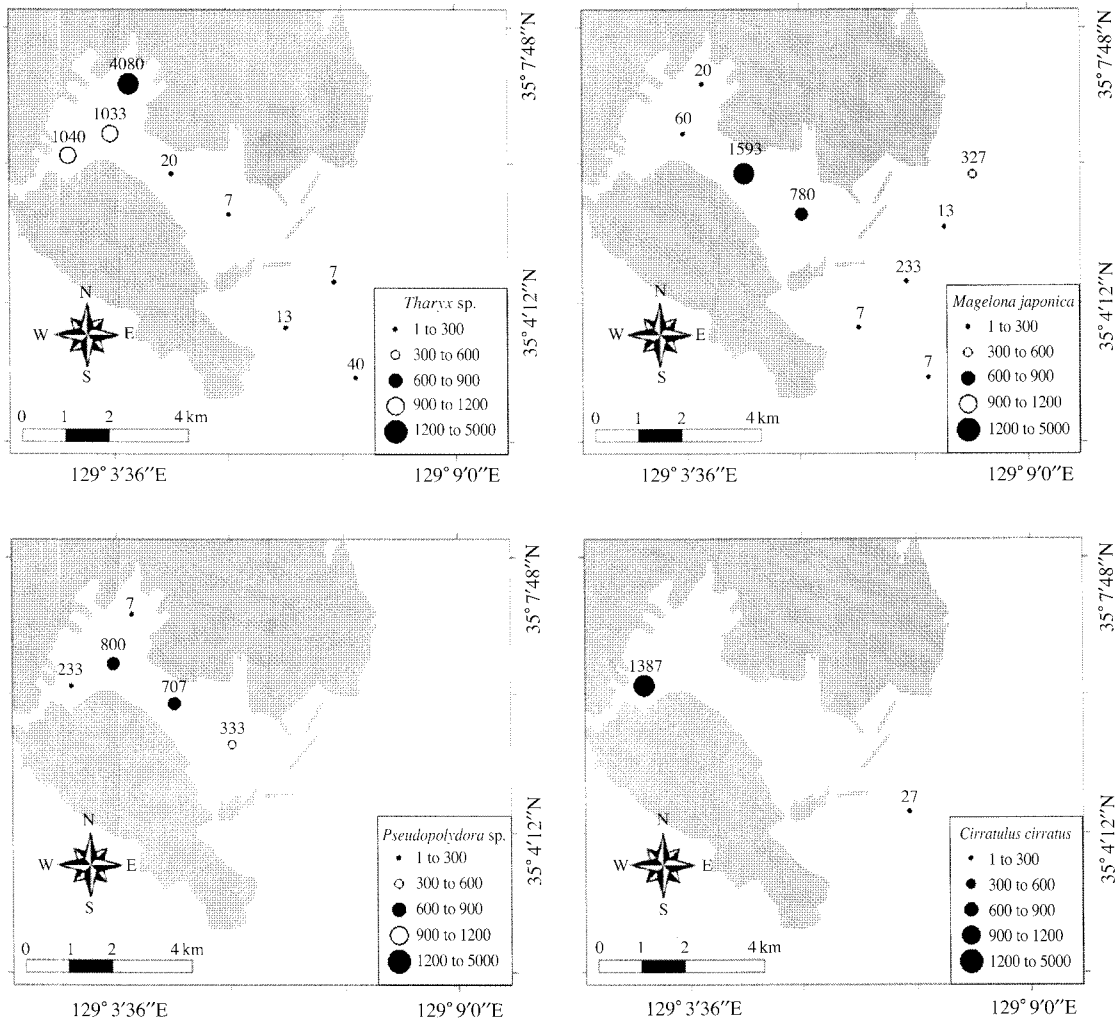


Fig. 5. Spatial distribution of dominant species at the Busan Harbor in August 2007 (unit: ind. m⁻²).

점 6과 함께 종뭇 (*M. senhousia*)이 대량 출현하였던 정점 8에서도 BPI는 26으로 낮은 값을 보여 심각한 수준의 오염이 진행되어 있음을 시사하였다. 인천항의 9개 조사정점 중 BPI 60 이상의 정상상태를 보인 곳은 3개의 정점 (정점 1, 4, 5)에 불과하였고, 대부분의 정점이 50~60사이의 값을 보여 약간 오염이 진행된 상태임을 시사하였다.

인천항에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료를 바탕으로 cluster 및 MDS 배열법을 분석한 결과, 크게 2개의 그룹으로 구분되었다 (Fig. 7). 항에 인접한 정점들 (그룹 A)과 외해에 위치한 정점들 (그룹 B)로 구분이 되었는데, 그룹 A는 다시 항내에 위치한 정점 1, 2, 3이 60% 정도의 유사성을 보였고, 정점 7과 정점 9는 40% 정도의 유사성을 보였다. 외해에 위치한 정점들로 구성된 그룹 B는 다시 2개의 그룹으로 구분이 되었다. 종뭇 (*M. senhousia*)이 많이 출현하여 다른 정점들과 차이를

보였던 정점 6과 정점 8이 60% 정도의 유사성을 보였고, 항의 입구에 위치한 정점 5와 정점 4는 30% 정도의 유사성을 보였다.

부산항의 종다양성지수는 0.7~2.2의 범위를 보였다 (Fig. 8). 종다양성지수는 외해에 위치한 정점 6에서 가장 낮은 값을 보였고, 항내에 위치한 정점 5와 외해에 위치한 정점 8에서 가장 높은 값을 보였다. 종균등도지수는 0.3~1.0의 범위를 보였다 (Fig. 8). 항내에 위치한 정점 1에서 가장 낮은 종균등도지수를 보였고, 외해에 위치한 정점 7과 9에서 높은 값을 보였다. 종풍부도지수는 1.1~4.1의 범위를 보였다 (Fig. 8). 외해에 위치한 정점 6에서 가장 낮은 종풍부도지수를 보였고, 정점 8에서 가장 높았다. 부산항의 저서오염지수 (BPI)는 31~90의 범위를 보였다 (Fig. 8). BPI는 오염지시종이 11종 출현한 정점 2에서 가장 낮았고, 여과식자에 해당하는 몇몇 종만이 출현하였던 정점 7에서 가장 높은 값을 보였다. 항

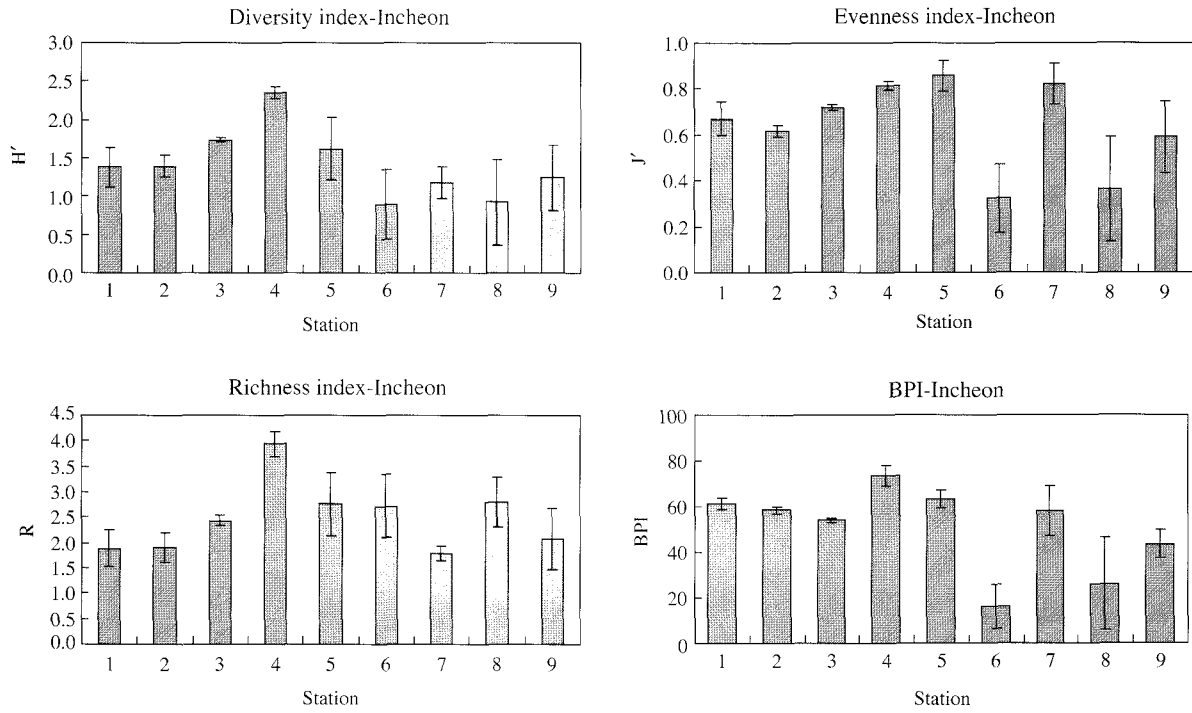


Fig. 6. Diversity index (H'), evenness index (J') and richness index (R) and benthic pollution index (BPI) at the Incheon Harbor in July, 2007.

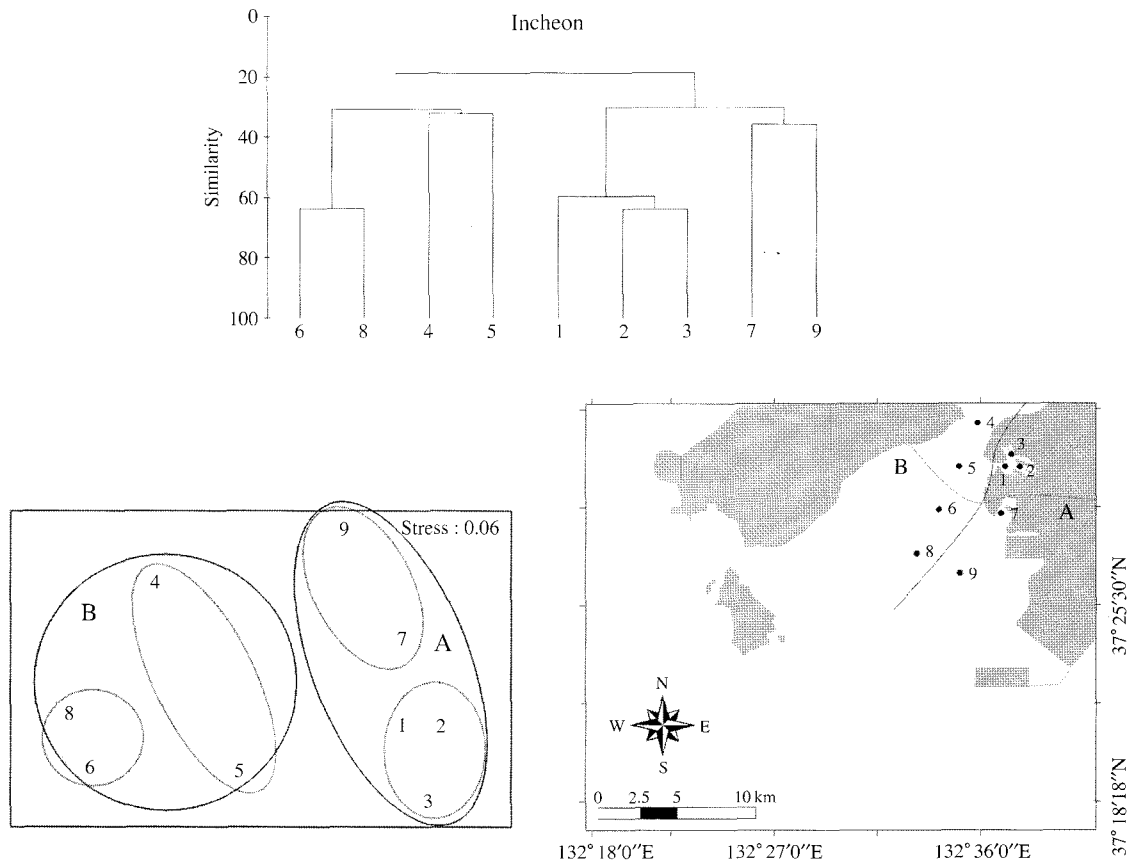


Fig. 7. A dendrogram and MDS ordination plot at the Incheon Harbor.

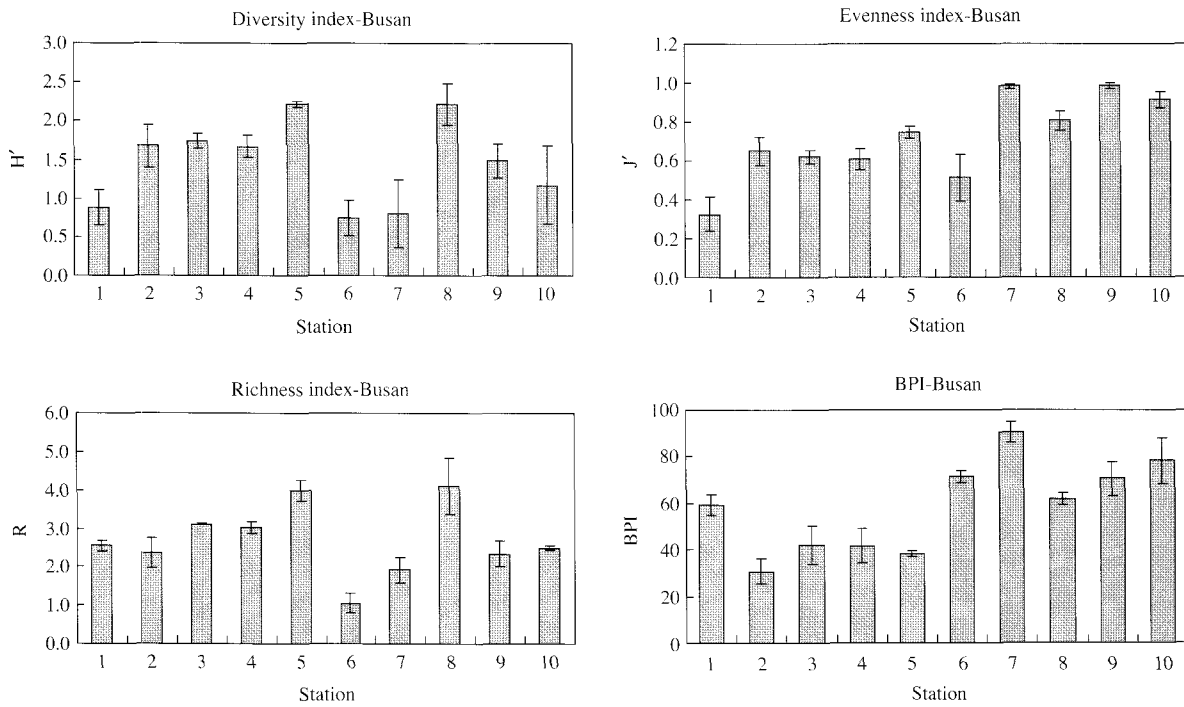


Fig. 8. Diversity index (H'), evenness index (J') and richness index (R) and benthic pollution index (BPI) at the Busan Harbor in August, 2007.

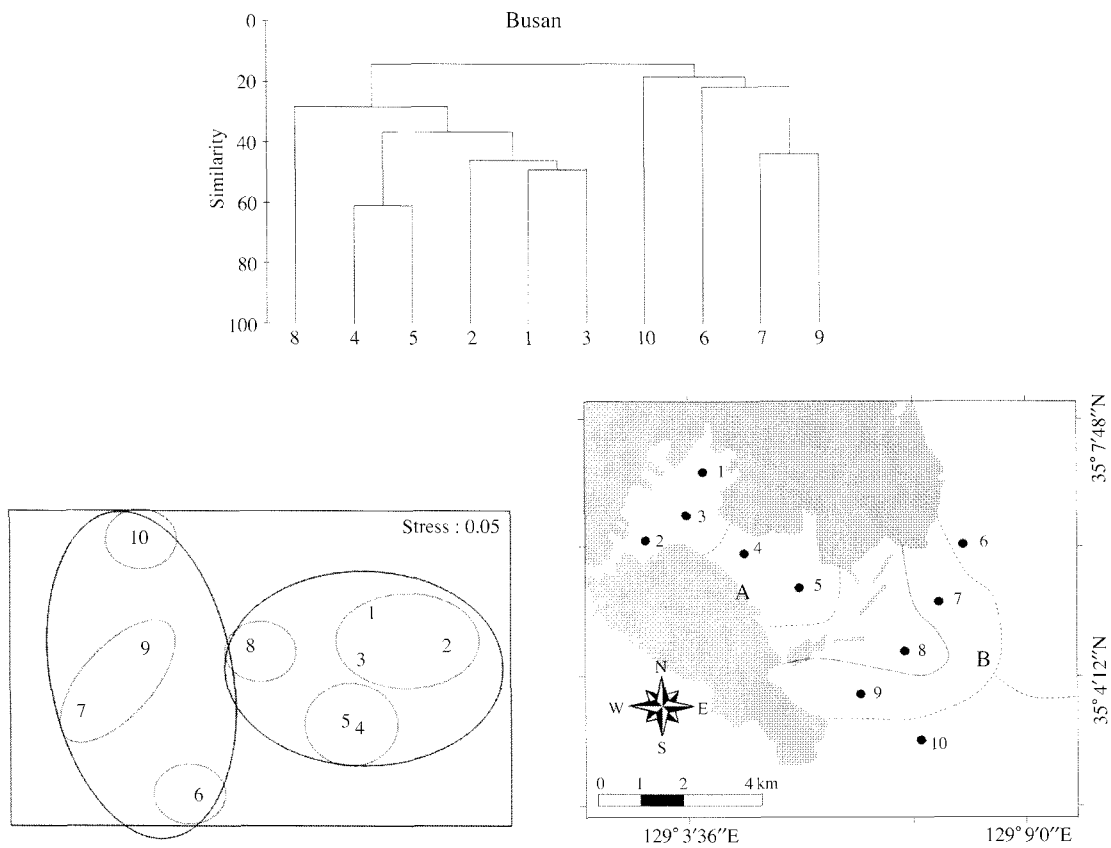


Fig. 9. A dendrogram and MDS ordination plot at the Busan Harbor.

내부에 위치한 정점들(정점 1~5)은 높은 서식밀도를 보였으나, 오염지시종이 대량으로 출현하여 낮은 BPI를 보였다. 반면, 외해에 위치한 정점들(정점 7~10)은 낮은 서식밀도를 보였으나 오염지시종이 출현하지 않아 상대적으로 높은 저서오염지수를 보였다.

부산항에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료를 바탕으로 cluster 및 MDS 배열법을 분석한 결과, 크게 2개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 9). 항내에 위치한 정점들이 하나의 그룹(그룹 A)을 형성하였고, 외해에 위치한 정점들이 별도의 그룹(그룹 B)을 형성하였다. 그룹 A는 주로 항내에 위치한 정점들로 정점 1, 2, 3이 50% 정도의 유사성을 보였고, 정점 4와 5는 60%의 유사성을 보였다. 그룹 B는 외해에 위치한 정점들로 구성되어 있었는데, 정점 7과 정점 9가 50% 정도의 유사성을 보였다.

6. TOC와 군집조성과의 상관관계

2007년 조사에서 출현한 대형저서동물 군집의 종수, 서식밀도, 생물량과 TOC 함량간의 상관관계를 구한 결과, 인천항과 부산항 모두 통계적으로 유의한 수준의 상관관계는 나타나지 않았다(Table 6).

토 의

국내의 주요 항만들은 저층의 용존산소 농도, 퇴적물 내의 중금속 농도, 유기물질 농도 등의 여러 요인에 의해 내측 환경이 외해와 차이를 보인다고 보고하고 있다. Vancouver 항에서는 수심과 퇴적물의 조성에 따라 외해와 차이를 보였고(Je *et al.* 2003), Barcelona 항에서는 TBT나 PAH와 같은 유기독성물질의 농도에 의해 외해와 차이를 보였다(Martínez-Lladó *et al.* 2007). 북아프리카의 Ceuta 항에서는 저층의 용존산소 농도와 퇴적물의 오염정도에 의해 외해와 차이를 보인다고 보고되었다(Guerra-García and García-Gómez 2005). 인천항과 부산항은 어떠한 요인에 의해 외해의 정점들과 차이를 보이는 것일까? 먼저 인천항과 부산항의 TOC 농도와 국내 주요 만의 TOC 농도를 비교해 본 결과, 인천항은 2004년(유 등 2004)에 비해서는 TOC 농도가 증가하였으나 비교 해역 중 가장 낮은 값을 보였다. 부산항은 인천항보다는 높게 나타났으나, 앵강만(임 등 1999)과 유사한 수준의 TOC 농도를 보였고, 마산만과 진해만(현 등 2003; KORDI 2006)에 비해 낮게 나타났다(Table 7). TOC를 기준으로 보았을 때, 부산항과 인천항은 유기물에 의한 오염정도는 낮은 것으로 판단되며 군집조성과

Table 6. The correlation of benthic community and TOC at two harbors

Region	Benthic community	r	p
Incheon	Species	0.01	0.980
	Individual	0.489	0.182
	Biomass	0.304	0.427
Busan	Species	-0.206	0.568
	Individual	0.201	0.579
	Biomass	0.536	0.110

Table 7. Comparison of total organic carbon (%) in several Korean bays

Study area	Date	TOC (%)	Reference
Aenggang Bay	Oct, 1994; Jan, May, Aug, 1995	1.0~1.9	Lim <i>et al.</i> 1999
Kwangyang	2001, 2002	0.32~2.14	Hyun <i>et al.</i> 2003
Jinhae Bay	2001, 2002	0.77~4.62	Hyun <i>et al.</i> 2003
Incheon	Mar, Jun, 2003	0.06~0.49	Yu <i>et al.</i> 2004
Masan Bay	2004, 2005	1.37~3.42	KORDI 2006
Busan Harbor	Aug, 2007	0.53~1.87	The present study
Incheon Harbor	Jul, 2007	0.36~0.90	The present study

통계적으로도 유의한 수준의 상관관계는 나타나지 않았다. 여름철 저층의 용존산소 농도 역시 모든 조사정점에서 4.0 mg L^{-1} 이상의 값을 보여 빈산소현상은 나타나지 않았다. DO 역시 군집조성과 통계적으로 유의한 수준의 상관관계를 보인 정점은 나타나지 않았다. 그 외에도 Mz와 군집조성과의 상관관계를 구하여 보았으나 Mz와 군집조성 간에도 통계적으로 유의한 상관성은 나타나지 않았다.

본 연구에서는 2007년 여름철에 국내 주요 2개 항에 대한 대형저서동물을 조사하여 항내 새로운 종의 출현 여부를 알아보고자 하였다. 그 중 인천항에서 출현한 대형저서동물 군집의 주요 우점종은 *Tharyx* sp., *C. setosa*, *H. filiformis*, *M. senhousia*, *S. scutata* 등이었다(Table 8). 기존의 인천항 주변 해역의 연구와 비교를 해보면, 1994~1995년 연구에서는 *Raeta pulchella*, *Heteromastus* sp., *S. scutata*, *C. setosa* 등이 우점종으로 출현을 하였고(고 등 1997), 2001년 연구에서는 *Amphioplus japonica*, *H. filiformis*, *Theora fragilis*, *Ampharete* sp. 등이 주요 우점종으로 출현하였다(유 등 2004)(Table 8). 이 중 항내 정점들에서 우점하게 출현하였던 *C. tentaculata*, *Sigambra tentaculata*, *P. cirrifera*, 외해에 위치한 정점들에서 우점하게 출현하였던 *M. senhousia*, *G. maculata*, *Amphipolis sobrina* 등은 기존의 연구해역에서는 우점종으로 출현하지 않았던 종이였다. 새로이 출현한 종들 중 *C. tentaculata*, *S. tentaculata*, *M. senhousia*는 유기물이 증가

Table 8. The dominant species around the Incheon Harbor during 1994~1995 and 2001 (unit: ind. m⁻²)

Species	Ind. m ⁻²	%	Feq.
1994~1995 (Koh et al. 1997)			
<i>Raeta pulchella</i>	55	12.2	
<i>Heteromastus</i> sp.	35	7.6	
<i>Sternaspis scutata</i>	31	6.8	
<i>Chaetozone setosa</i>	27	6.0	
<i>Ampharete</i> sp. 2	23	5.1	
<i>Mediomastus</i> sp.	17	3.8	
<i>Glycinde</i> sp.	15	3.2	
<i>Ruditapes philippinarum</i>	13	3.0	
<i>Glycera</i> sp.	12	2.7	
<i>Nephtys oligobranchia</i>	12	2.6	
<i>Aricidea</i> sp.	12	2.5	
<i>Modiolus senhausia</i>	11	2.3	
<i>Anaitides koreana</i>	15	2.1	
<i>Tharyx</i> sp.	10	2.1	
<i>Prionospio japonicus</i>	10	2.1	
<i>Chaetozone spinosa</i>	9	1.9	
<i>Nephtys caeca</i>	8	1.9	
<i>Pisidia serratifrons</i>	6	1.2	
2001 (Yu et al. 2004)			
<i>Amphioplus japonicus</i>	286	20.5	
<i>Heteromastus filiformis</i>	201	14.4	
<i>Theora fragilis</i>	114	8.2	
<i>Ampharete</i> sp.	56	4.0	
<i>Cadella semitorata</i>	40	2.9	
<i>Sternaspis scutata</i>	40	2.8	
<i>Raeta pulchella</i>	38	2.8	
<i>Glycinde</i> sp.	34	2.4	
<i>Nephtys polybranchia</i>	33	2.3	
<i>Glycera chirori</i>	30	2.2	
<i>Aricidea</i> sp.	28	2.0	
<i>Prionospio</i> sp.	17	1.2	
<i>Musculus cumingianus</i>	17	1.2	
<i>Nemertinea</i> sp.	17	1.2	
<i>Borniopsis tsurumaru</i>	16	1.2	
<i>Tharyx</i> sp.	16	1.2	
<i>Praxillella affinis</i>	15	1.1	
<i>Cycladicama lunaria</i>	14	1.0	
2007 (Present study)			
<i>Musculus senhousia</i>	2,240	69.7	6
<i>Tharyx</i> sp.	269	8.4	6
<i>Chaetozone setosa</i>	94	2.9	5
<i>Heteromastus filiformis</i>	94	2.9	9
<i>Sternaspis scutata</i>	81	2.5	6
<i>Ampharete arctica</i>	53	1.7	5
<i>Byblis japonicus</i>	29	0.9	4
<i>Goniada maculata</i>	27	0.8	6
<i>Cirriiformia tentaculata</i>	21	0.6	3
<i>Lumbrineris longifolia</i>	20	0.6	5
<i>Glycera chirori</i>	17	0.5	7
<i>Nephtys oligobranchia</i>	17	0.5	8
<i>Amphipholis sobrina</i>	17	0.5	3
Terebellidae unid.	16	0.5	1
<i>Amaeana</i> sp.	12	0.4	4
<i>Chone</i> sp.	11	0.3	2
<i>Bivalvia</i> sp. 1	10	0.3	2
<i>Sigambra tentaculata</i>	10	0.3	2

Table 9. The dominant species at the Busan Harbor during 1975~1976 (unit: ind. m⁻²)

Species	Ind. m ⁻²	%	Feq.
1975~1976 (Lee, 1976)			
<i>Cirratulus cirratus</i>	143	42.6	2
<i>Lumbrineris longifolia</i>	73	21.7	2
<i>Cirriiformia tentaculata</i>	62	18.5	1
<i>Sabella albicans</i>	36	10.7	1
<i>Arabella iricolor</i>	5	1.5	2
<i>Ancistrosyllis hanaokai</i>	3	0.9	2
<i>Nephtys polybranchia</i>	3	0.9	1
<i>Anaitides maculata</i>	1	0.3	1
<i>Ancistrosyllis gracilis</i>	1	0.3	1
<i>Boccardia</i> sp.	1	0.3	1
Capitellidae spp.	1	0.3	1
<i>Chone</i> sp.	1	0.3	1
<i>Diopatra sugokai</i>	1	0.3	1
<i>Glycera chirori</i>	1	0.3	1
<i>Hipponoa</i> sp.	1	0.3	1
<i>Hypsicomus</i> sp.	1	0.3	1
<i>Tritodynamia rathbuni</i>	1	0.3	1
2007 (Present study)			
<i>Tharyx</i> sp.	642	33.8	8
<i>Magelona japonica</i>	304	16.5	9
<i>Pseudopolydora</i> sp.	208	11.3	5
<i>Cirratulus cirratus</i>	141	7.7	2
<i>Lumbrineris longifolia</i>	81	4.4	6
<i>Theora fragilis</i>	53	2.9	4
<i>Heteromastus filiformis</i>	43	2.3	7
<i>Chaetozone setosa</i>	36	2.0	5
<i>Euchone analis</i>	33	1.8	4
<i>Corophium sinense</i>	25	1.3	6
<i>Polydora ligni</i>	18	1.0	5
<i>Mesochaetopterus</i> sp.	16	0.9	5
<i>Nephtys oligobranchia</i>	15	0.8	6
<i>Cirriiformia tentaculata</i>	13	0.7	3
<i>Ophelina acuminata</i>	13	0.7	2
<i>Pista cristata</i>	13	0.7	3
<i>Prionospio steenstrupi</i>	12	0.7	5

하면 개체수가 증가하는 오염지시종에 속하는 종들로서 인천항의 유기물 오염이 과거에 비해 증가하였기 때문이며 선박평형수에 의해 새로이 도입된 종은 아닌 것으로 판단된다. 위의 결과와는 반대로 1994~1995년 조사에서 55개체 m⁻²가 출현하여 가장 우점하였던 연체동물의 *Raeta pulchella*는 2001년에 그 서식밀도가 38개체 m⁻²로 감소하였으며 본 연구에서는 전혀 출현하지 않았다.

부산항에서 1975~1976년 조사결과, 우점하였던 종은 *C. cirratus*, *L. longifolia*, *C. tentaculata*, *Sabella iricolor* 등이었다(Lee 1976) (Table 9). 본 연구에서 가장 우점한 종은 *Tharyx* sp., *M. japonica*, *P. cirrifera*, *Pseudopolydora* sp. 등이었다(Table 9). 과거의 연구와 본 연구 결과를 비교하면, 일부 종들이 새로이 우점종으로 출현하고 있으나

C. cirratus, *L. longifolia*, *C. tentaculata* 등은 과거 30년 전부터 현재까지 우점종으로 출현을 하고 있어 군집조성에 큰 변화는 나타나지 않은 것을 알 수 있다. 이는 30년 전과 비교하여 퇴적상에 큰 변화가 나타나지 않은 것과 관련성이 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 조사한 2개항 모두 항에 인접한 정점들과 외해에 위치한 정점들이 군집조성에서 차이를 보여 유사도 지수 및 집괴 분석 결과가 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구에서 분석한 환경요인들과는 통계적으로 유의한 수준의 차이를 보이는 항목이 없어 다른 물리적 요인에 의해 외해와 항만에 위치한 정점들이 차이를 보이는 것으로 판단된다. 과거의 연구와 비교하였을 때, 우점종에서는 다소 차이를 보였고, 과거에는 출현하지 않았던 종이 새로이 출현하는 경향도 나타났다. 그러나 과거의 연구들이 턱없이 부족한 실정이고 조사 계절도 차이를 보여 정확한 결론을 내리기에는 어려움이 있었다. 따라서 향후 주요 항만에 대한 계절 조사를 통해 군집조성 및 우점종 변동 추이를 관찰해야 할 것으로 판단되어진다.

적 요

여름철 인천항과 부산항에 서식하는 대형저서동물군집의 구조를 파악하고자 하였다. 인천항의 9개 조사정점에서 출현한 대형저서동물 군집의 출현종수는 총 88종이었고, 서식밀도는 $3,212\text{개체 m}^{-2}$, 생물량은 239 g m^{-2} 였다. 인천항내에서는 다모류의 *Tharyx* sp., *C. setosa* 등이 우점하였고, 외해에 위치한 정점에서는 이매패류인 *M. senhousia*, 다모류인 *S. scutata* 등이 우점하였다. 인천항에서 출현한 대형저서동물의 종다양성지수(H')는 0.9~2.4의 범위를 보였고, 종균등도지수는 0.3~0.9, 종풍부도지수는 1.8~3.9의 범위를 보였다. 저서오염지수는 16~74의 범위를 보였다. 집괴분석 및 MDS 배열법을 수행한 결과 내항의 정점들과 항 외부에 위치한 정점들로 종조성이 달랐다. 부산항에서 출현한 대형저서동물 군집의 총 출현종수는 89종, 서식밀도는 $1,845\text{개체 m}^{-2}$, 생물량은 133.6 g m^{-2} 였다. 부산 항내 5개 정점에서 출현한 대형저서동물 중 가장 우점한 종은 다모류의 *Tharyx* sp., *M. japonica*, *C. cirratus* 등이었고, 외해 정점들에서 가장 우점한 종은 다모류의 *M. japonica*였다. 부산항의 종다양성지수는 0.7~2.2의 범위를 보였고, 종균등도지수는 0.3~1.0의 범위를, 종풍부도지수는 1.1~4.1의 범위를 보였다. 저서오염지수는 31~90의 범위를 보였다. 부산항의 대형저서동물군집 역시 집괴분석 및 MDS 배열법 수행

결과 항내와 항외 해역에서 조성에 차이를 보였다.

사 사

본 연구는 '항만 환경위해도 평가기술 개발연구' 사업(PP00731)의 일환으로 수행되었습니다. 이매패류 동정에 도움을 주신 민패류 연구소의 이준상 박사님께 감사드립니다. 인천항 선거에서의 저서동물 시료채집에 도움을 주신 인하대학교의 조사선 인하21호 김석기 선장님과 부산항에서의 저서생물채집에 도움을 주신 한국해양연구원의 장목호 승무원들에게 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

- 고병설, 이재학, 홍재상. 1997. 인천연안역 저서동물군집의 시, 공간적 분포양상. 한국해양학회지-바다. 2:31-41.
- 부산항 홈페이지 <http://www.portbusan.or.kr/service>.
- 유옥환, 고병설, 이형근, 이재학. 2004. 인천연안 대형저서동물 군집 변동에 미치는 환경요인의 영향. 한국수산학회지. 37:423-432.
- 임현식, 박홍식, 최진우, 제종길. 1999. 남해 앵강만 조하대 연성저질 저서동물 군집. 한국해양학회지-바다. 4:80-92.
- 한국해양연구원, 2006. 남해특별관리해역의 환경위해성평가 연구 (I) 마산연안 중심연구. 197pp.
- 한국해양연구원, 2008. 항만 환경위해도 평가기술 개발연구. pp. 119-120.
- 현상민, 이태희, 최진성, 최동림, 우한준. 2003. 광양만 및 여수해만 표층퇴적물의 지화학적 특성과 중금속 오염. 한국해양학회지-바다. 8:380-391.
- 현상민, 최진우, 최진성, 이태희. 2003. 진해만 입구해역의 표층 퇴적물 특성과 저서환경. 한국수산학회지. 36:700-707.
- Carlton JT. 2001. Introduced species in US coastal water: Environmental impacts and management priorities. Pew Oceans Commission, Arlington, VA.
- 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. Korean J. Environ. Biol. 21:101-113. (in Korean)
- Estacio FJ, EM García-Adiego, DA Fa, JC García-Gómez, JL Daza, F Hortas and JL Gómez-Ariza. 1997. Ecological analysis in a polluted area of Algeciras Bay (Southern Spain): External 'versus' internal outfalls and environmental implications. Mar. Poll. Bull. 34:780-793.
- Folk RL and WC Ward. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain-size parameters. J. Sed. Pet. 26:7:3-27.

- Globalballast, 2002. The GEF/UNDP/IMO Global ballast water management programme (Globalballast). Available from <http://www.globalballast.imo.org>.
- Guerra-García JM and JC García-Gómez. 2005. Oxygen levels versus chemical pollutions: do they have similar influence on macrofaunal assemblages? A case study in a harbour with two opposing entrances. *Env. Poll.* 135:281-291.
- Je J-G, T Belan, C Levings and BJ Koo. 2003. Changes in benthic communities along a presumed pollution gradient in Vancouver Harbour. *Mar. Env. Res.* 57:121-135.
- Lee JH. 1976. A study on the benthic fauna along the Busan coast, Korea, *Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan.* 9:49-70.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. System.* 3:36-71.
- Martínez-Lladó X, O Gibert, V Martí, S Díez, J Romo, JM Bayona and J de Pablo. 2007. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and tributyltin (TBT) in Barcelona harbour sediments and their impact on benthic communities. *Env. Poll.* 149:104-113.
- Mimura H, R Katakura and H Ishida. 2005. Changes of microbial populations in a ship's ballast water and sediments on a voyage from Japan to Qatar. *Mar. Poll. Bull.* 50:751-757.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theory. Biolo.* 13:131-144.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication.* Univ. Illinois Press, Urbana, 177pp.
- Yi SK, J-S Hong and JH Lee. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. *Bulletin of KORDI.* 4:17-26.

Manuscript Received: March 3, 2008
Revision Accepted: December 19, 2008
Responsible Editor: DongSung Kim