JMLS 한국해양생명과학회지[Journal of Marine Life Science]
October 2016; 1(2): 95-108
http://jmls.or.kr

환경보전해역에 서식하는 대형저서동물의 춘계와 하계의 군집구조

최병미[1] · 윤재성[1] · 김성길[2] · 김성수[2] · 최옥인[3] · 손민호[4] · 서인수[1*]

[1](주)저서생물연구센터
[2]해양환경관리공단 해양환경보전본부
[3]한국수산자원관리공단 생태복원실
[4](주)해양생태기술연구소

Macrobenthic Community Structure during Spring and Summer Season in the Environmental Conservation Area, Korea

Byoung-Mi Choi[1], Jae Seong Yun[1], Seong Gil Kim[2], Seong-Soo Kim[2], Ok In Choi[3], Min Ho Son[4], In-Soo Seo[1*]

[1]Korea Benthos Research Center, Co., Ltd., Busan 48313, Korea
[2]Department of Marine Conservation, Korea Marine Environment Management Corporation, Seoul 05718, Korea
[3]Ecology and Restoration Division, Korea Fisheries Resources Agency, Busan 48058, Korea
[4]Marine Eco-Technology Institute Co., Ltd., Busan 48520, Korea

Corresponding Author
In-Soo Seo
Korea Benthos Research Center, Co., Ltd.,
Busan 48313, Korea
E-mail : seois@pknu.ac.kr

Received : October 10, 2016
Revised : October 21, 2016
Accepted : November 01, 2016

본 연구는 환경보전해역에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수, 개체수 및 군집구조를 파악하는 목적으로, 2009년 춘계(5월)와 하계(8월)에 현장조사를 실시하였다. 연구해역에서 출현한 대형저서동물은 총 195종과 18,685개체(667개체 m^{-2})로 나타났으며, 그 중 환형동물의 다모류가 각각 96종과 12,075개체(431개체 m^{-2})가 출현하여 전체의 49.2%와 64.6%를 차지하였다. 환경보전해역의 주요 우점종은 다모류의 긴자락송곳갯지렁이(*Lumbrineris longifolia*, 76±224개체 m^{-2}), *Mediomastus californiensis*(42±117개체 m^{-2}), *Tharyx* sp.3(26±110개체 m^{-2}), 연체동물 이매패류의 아기반투명조개(*Theora fragilis*, 54±78개체 m^{-2}) 및 절지동물 갑각류의 단각류인 *Eriopisella sechellensis*(70±146개체 m^{-2}) 등이었다. 출현 종과 개체수의 자료를 근거로 대형저서동물의 군집구조를 분석한 결과, 크게 3개의 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 모든 조사 시기의 함평만 정점과 8월의 득량만 정점 4, 그룹 2는 모든 조사 시기의 가막만 정점 4와 5로 구성되었다. 마지막으로 그룹 3은 그룹 1과 2를 제외한 모든 정점들이 포함되었다. 연구해역에서는 공통적으로 긴자락송곳갯지렁이와 아기반투명조개가 우점한 가운데, 그룹 1에서는 오뚜기갯지렁이(*Sternaspis scutata*)와 짧은다리안경옆새우(*Ampelisca cyclops iyoensis*) 등이, 그룹 2에서는 등가시버들갯지렁이(*Capitella capitata*)가 전반적으로 높은 밀도를 나타내었다. 또한 그룹 3에서는 *Heteromastus filiformis*, *Tharyx* sp.3 및 *Sinocorophium sinensis*가 우점하였다. 본 연구해역에서 대형저서동물의 군집구조는 공간적으로 폐쇄된 형태의 내만과 열린 형태의 만입구의 정점군으로, 세부 정점별로는 함평만의 정상해역 정점군, 득량만의 일부 오염심화 정점군 및 가막만의 오염심화 정점군으로 구분됨을 알 수 있었다. 따라서 환경보전해역에 서식하는 대형저서동물의 군집은 만의 형태와 오염심화의 정도에 따라 구조를 달리하는 것으로 파악할 수 있었다.

This study was performed to investigate the community structure of macrobenthic assemblages in the Environmental Conservation area, Korea. Benthic animals were collected by van Veen grab sampler at spring (May) and summer (August) 2009. The total species number and mean density were 195 species 5.6 m^{-2} and 667 individuals m^{-2}, respectively. Polychaetes were the most dominant faunal group in species (96 species) and abundance (431 individuals m^{-2}). The major dominant species were the polychaetes *Lumbrineris longifolia* (76±224 individuals m^{-2}), *Mediomastus californiensis* (42±117 individuals m^{-2}), *Tharyx* sp.3 (26±110 individuals m^{-2}), the bivalvia *Theora fragilis* (54±78 individuals m^{-2}) and the amphipod *Eriopisella schellensis* (70±146 individuals m^{-2}). Based on the cluster and nMDS ordination analysis, macrobenthic communities were divided into three faunal

groups. The first group was characterized by high abundance of the polychaeta *Sternaspis scutata* and the amphipod *Ampelisca cyclops iyoensis*, which is located by most stations of Hampyeong Bay and St. 4 of Deungnyang Bay. The second group was numerically dominated by the polychaeta *Capitella capitata* at St. 4 and St. 5 in Gamak Bay where was most pollutant area. Finally, the third group was dominated by the polychaetes *Heteromastus filiformis*, *Tharyx* sp.3 and the amphipod *Sinocorophium sinensis*. Therefore, geochemical characteristics such as the bay shape and pollution gradient may be important factors controlling of the macrobenthic community structure in Environment Conservation Area.

Keywords: Macrobenthos(대형저서동물), Community structure(군집구조), Environmental Conservation Area(환경보전해역)

서 론

우리나라의 환경보전해역은 해양환경의 상태가 양호하여 지속적으로 보전할 필요가 있는 해역으로 가막만, 득량만, 완도·도암만 및 함평만 등 총 4개소가 지정되어 있다. 환경보전해역의 면적은 해면부(949.12 km^2)와 육지부(933.01 km^2)를 합하여 총 1,882.13 km^2이다(해양수산부 고시 제2003-3호). 본 연구의 근간인 해양환경측정망은 환경부에서 이관된 해양오염측정망과 수산청의 어장환경오염조사를 통합하여 1997년부터 시행 및 운영 중에 있다. 이후 시간 경과에 따라 1999년 1차 개정 시의 296개 정점에서 2015년에는 총 98개 해역에 417개 정점으로 확대하여 항만, 연·근해, 환경관리해역 및 하구역의 기초 환경자료 축적과 관리에 강화를 두고 있다. 「해양환경관리법」에 따른 해양환경측정망 구성·운영계획 고시(해양수산부 고시 제2015-1호)에 의하면, 조사항목은 해수, 해양생물 및 해저 퇴적물의 일반항목과 미량금속에 한정하여 실시하고 있다. 이 중 해양생물은 연체동물에 속하는 이매패류의 진주담치(*Mytilus edulis*)와 참굴(*Crassostrea gigas*)을 지표생물로 선정하여 생물 체내에 남아있는 오염물질의 함유량 정도를 지속적으로 조사하고 있다. 그러나 지금까지 환경보전해역의 관리강화를 목적으로 다양하며 지속적인 조사가 수행되었음에도 불구하고, 우리나라의 해양환경관리의 정책수단은 오염물질 농도와 관련된 이화학적 수질관리 방법으로 해역관리에 중점을 두었다는 한계를 가지고 있다. 이에 해양환경측정망의 2009년 시범 연구사업의 일환으로 해저 퇴적물과 저서생물군(소형, 중형 및 대형저서동물)에 대한 조사를 수행하여 생물학적 환경질의 판단을 시도한 바 있다(NFRDI, 2009).

한편 본 연구의 대상생물인 대형저서동물 군집은 복잡한 시·공간적 패턴을 보이며, 생물다양성 측면에서 매우 높은 가치를 가지고 있다. 또한 대형저서동물은 유생시기를 제외하면, 생활사 전반을 통해서 행동학적으로 이동성이 적거나 또는 정주성(고착성)의 특징을 보인다. 이러한 행동학적 특징은 급성 또는 만성적인 서식처 교란에 반응하여 능동적으로 도피하는데 제한요인으로 작용하기 때문에 궁극적으로 환경변화의 영향을 감지하는데 있어 유용한 생물군으로 인식되고 있다. 따라서 대형저서동물 군집의 개체수와 다양도는 해당 저서생태계의 건강도를 측정하는 요소로 폭 넓게 고려되고 있다. 또한 해양생태계의 물질순환의 측면에서도 상위 영양단계로의 에너지 전달원으로 매우 중요한 생태학적 지위를 갖는다(Pearson and Rosenberg, 1978; Thouzeau et al., 1991). 결국 생태학적으로 영양염 순환, 오염물질 분해작용과 해양생태계 먹이망 등의 역학관계를 종합적으로 이해하는데 있어 필수적인 대상생물이다(Day et al., 1989; Snelgrove, 1998).

지금까지 환경보전해역을 대상으로 수행된 기 연구들을 보면, 함평만에 서식하는 갑각류(십각목)의 종 조성과 계절변동(Kim et al., 2005) 및 저서동물의 군집구조(Lim and Choi, 2001), 득량만 저서동물 및 저서다모류 군집의 공간분포(Ma et al., 1995; Shin and Kim, 2002)와 가막만의 저서환경, 대형저서동물 및 다모류 군집특성(Shin, 1995; Koo et al., 2004; Yoon et al., 2007)에 대한 연구가 있었다. 그러나 일부 연구(Ma et al., 1995; Lim and Choi, 2001; Koo et al., 2004)를 제외하면, 대부분의 연구가 대형저서동물 군집의 우점 생물군인 다모류를 대상으로 한다는 점에서 군집차원에서의 연구는 비교적 미비하였다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 3개 환경보전해역에 서식하는 대형저서동물 군집의 춘계와 하계조사를 통하여 출현 종수, 개체수 및 군집구조를 파악하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사해역

함평만은 전라남도 함평군과 신안군의 지도읍이 접한 반폐쇄적 만(灣)이며, 면적은 140.73 km^2로 주변에 갯벌이 잘 발달해 있다. 또한 만은 최대 폭 12.0 km, 길이 17.0 km에 평균 수심은 8~10 m로 인구 밀집지역 및 산업시설이 입지하지 않아 비교적 인위적인 환경영향이 적은 해역이다(Lim and Choi, 2001). 득량만은 전라남도 장흥군과 보성군에 접한 반폐쇄적 형태의 만으로 면적은 374.40 km^2로써 남해에서는 비교적 규모가 큰 만에 해당한다. 또한 만의 남서 및 북동방향의 폭은 35.0 km, 길이는 50.0 km에 평균 수심은 7.5 m로 만입구부에서 안쪽으로 향할수록 좁아지는 형

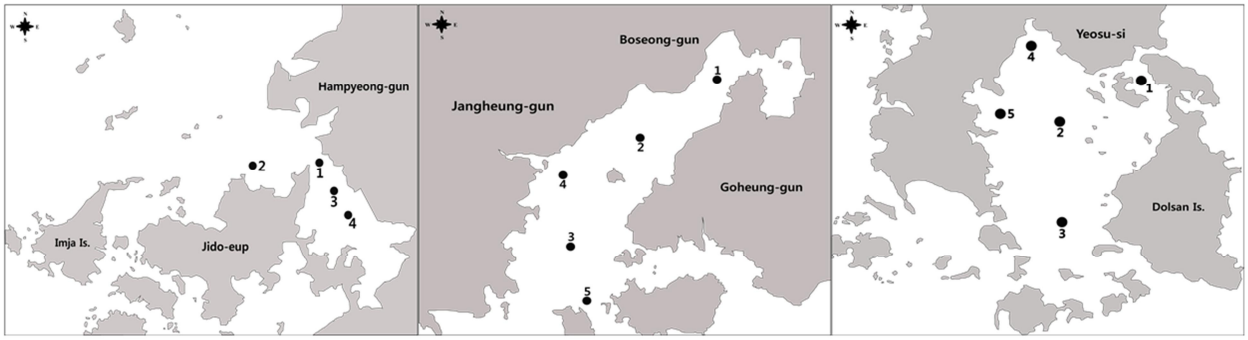

Fig. 1. Location of sampling sites in the Environmental Conservation Areas, Korea.

태이다(Shin and Kim, 2002). 가막만은 전라남도 여수시 돌산읍 및 화양면으로 둘러싸인 만으로 면적은 154.17 km^2에 평균 폭 9.0 km, 길이 15.0 km, 평균 수심은 10.0 m 이내로 타원형의 형태이다. 또한 만의 주변에는 큰 규모의 산업시설이 없고, 간척과 매립 등의 연안개발이 거의 이루어지지 않아 비교적 보호가 잘 된 해역으로 분류할 수 있다(Yoon et al., 2007).

2. 현장조사 및 환경인자

각각의 연구해역에서 환경요인 측정은 2009년 5월과 8월에 다기능수질분석기(YSI-600 QS)를 저층에 직하하여 저층수의 수온, 염분농도 및 용존산소를 측정하였고, 대형저서동물의 출현 종수, 개체수 및 군집구조를 파악하기 위하여 현장조사를 실시하였다(Fig. 1). 대형저서동물의 채집을 위하여 함평만 4개 정점, 득량만과 가막만의 5개 정점을 대상으로 van Veen grab sampler를 이용하여 각각 정점 당 2회(0.2 m^2)의 퇴적물을 채취하였다. 채취된 퇴적물은 현장에서 1 mm 망목의 체를 이용하여 대형저서동물을 분리하였고, 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 그 후 분류군별로 선별 및 동정을 실시하였고, 개체수를 계수하였다. 또한 퇴적물의 특성치를 파악하기 위하여 현장에서 채취한 퇴적물에서 탄산염과 유기물을 제거한 후, 4 ϕ보다 조립한 퇴적물은 건식체질법을 수행하였다. 이 가운데 4 ϕ 이하의 세립질 입자는 Mastersizer (micro-p, Malvern Co.)를 이용한 X-선 회절분석원리에 따라 각 입도의 상대적 함량을 측정하였고, 50 ml 퇴적물은 건조하여 Mastersizer 결과를 중량비로 변환하는데 이용하였다. 한편 퇴적물의 조직학적 특성치는 Folk and Ward (1957)에 의거하여 계산하였다. 퇴적물의 총유기탄소량(Total Organic Carbon)은 염산으로 전 처리한 건조 분말시료 1 mg을 CHN 분석기(Perkin Elmer, Model 2400)로 측정하였다.

3. 대형저서동물의 군집구조

대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여 생태지수로는 종다양도(Shannon and Weaver, 1949)지수를 구하였다. 한편 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis (1957)의 유사도지수(similarity index)를 이용하였고, 유사도지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 군집분석은 PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 동시에 다차원배열법(nMDS ordination)으로 나타내었다. 우점종은 출현 개체수의 자료를 기초로 선정하였다. 한편 환경요인과 대형저서동물의 상관관계를 알아보기 위하여 SPSS program을 이용하여 상관분석(Pearson's correlation coefficient)을 실시하였다.

결 과

1. 환경요인

연구해역의 수심은 최소 4.7 m(가막만의 정점 2)에서 최대 16.9 m(득량만의 정점 5)의 범위에 해역별 평균 수심은 함평만이 5.5 m, 가막만이 6.4 m 그리고 득량만이 11.1 m를 나타내었다. 저층수의 수온은 5월에 16.17~20.30℃의 범위에 평균 18.54℃를 나타내었다. 득량만의 정점 3에서 가장 낮았고, 가막만의 정점 4에서 가장 높았다. 8월에는 최소 24.26℃(득량만의 정점 5)에서 최대 26.96℃(가막만의 정점 4)의 범위에 평균 25.49℃를 나타내었다. 용존산소농도는 5월에 6.06~9.04 mg l^{-1}(평균 7.03 mg l^{-1})의 범위에 함평만의 정점 4에서 가장 낮았고, 가막만의 정점 4에서 높았다. 또한 8월에는 최소 5.56 mg l^{-1}(가막만의 정점 1)에서 최대 9.46 mg l^{-1}(가막만의 정점 4)의 범위에 평균 농도는 7.35 mg l^{-1}이었다. 염분농도는 5월에 31.36~32.41 psu(평균 31.94 psu)의 범위

에 득량만의 정점 1에서 낮았고, 가막만의 정점 3에서 높았다. 8월에는 최소 29.72 psu(가막만 정점 1)에서 최대 31.49 psu(득량만의 정점 5)의 범위에 평균 값은 30.67 psu이었다. 계절적으로 하계인 8월에 상대적으로 평균 값이 낮았는데, 이와 같은 현상은 현장조사를 전후로 기록한 강우와 그에 따른 해역으로의 유입이 가장 큰 원인으로 추정되었다. 한편 퇴적물의 평균입도는 5월과 8월에

Table 1. Summary of physical and sedimentary parameters at each station in the Environmental Conservation Areas, Korea

Area / Station / Time		Depth (m)	Water Temp. (℃)	Salinity (psu)	Dissolved oxygen (mg l^{-1})	Sediment content (%)			Mean phi (ϕ)	Total organic carbon (%)
						Gravel	Sand	Mud		
Hampyeng Bay	1 (May)	4.70	18.87	31.69	6.37	–	2.94	97.06	6.56	0.54
	1 (Aug.)		26.17	30.43	6.59	0.71	10.23	89.07	6.03	0.52
	2 (May)	5.50	18.68	31.73	6.37	–	1.24	98.76	6.62	0.57
	2 (Aug.)		25.31	30.78	6.85	–	3.53	96.47	6.18	0.48
	3 (May)	6.30	19.40	31.59	6.22	0.63	8.59	90.78	6.13	0.49
	3 (Aug.)		26.46	30.37	7.04	–	3.49	96.51	5.79	0.32
	4 (May)	5.30	19.68	31.42	6.06	–	2.12	97.88	6.77	0.57
	4 (Aug.)		26.48	30.21	6.75	–	5.30	94.70	6.54	0.50
Deungnyang Bay	1 (May)	7.10	19.38	31.36	6.58	–	2.51	97.49	7.04	0.66
	1 (Aug.)		24.63	30.82	6.80	–	2.23	97.77	6.63	0.73
	2 (May)	7.40	18.10	32.00	6.50	–	2.47	97.53	6.84	0.84
	2 (Aug.)		24.87	31.20	6.78	–	6.91	93.09	6.34	0.75
	3 (May)	12.60	16.17	32.32	7.47	–	13.53	86.47	6.19	0.59
	3 (Aug.)		25.17	30.91	8.26	–	7.83	92.17	6.72	0.65
	4 (May)	11.40	19.19	31.79	6.25	–	1.39	98.61	6.91	0.90
	4 (Aug.)		24.84	30.67	7.14	–	2.40	97.60	6.99	0.84
	5 (May)	16.90	16.20	32.30	7.62	–	5.40	94.60	6.69	0.65
	5 (Aug.)		24.26	31.49	8.16	–	4.57	95.43	7.30	0.59
Gamak Bay	1 (May)	7.50	18.23	32.11	6.64	–	9.76	90.24	6.43	1.21
	1 (Aug.)		25.17	29.72	5.56	–	45.29	54.71	4.59	1.66
	2 (May)	4.70	18.65	32.07	7.94	–	0.14	99.86	6.42	0.88
	2 (Aug.)		25.73	30.75	8.35	–	3.23	96.77	7.03	0.84
	3 (May)	7.50	16.71	32.41	7.37	–	4.21	95.79	6.56	0.79
	3 (Aug.)		24.98	30.79	7.38	–	0.90	99.10	6.96	0.80
	4 (May)	5.10	2.30	32.04	9.04	0.86	8.98	90.16	6.63	2.31
	4 (Aug.)		26.96	30.48	9.45	2.07	13.40	84.53	6.40	1.73
	5 (May)	7.20	19.99	32.38	7.95	–	3.85	96.15	6.60	1.12
	5 (Aug.)		25.88	30.82	7.84	–	3.45	96.55	6.95	1.09

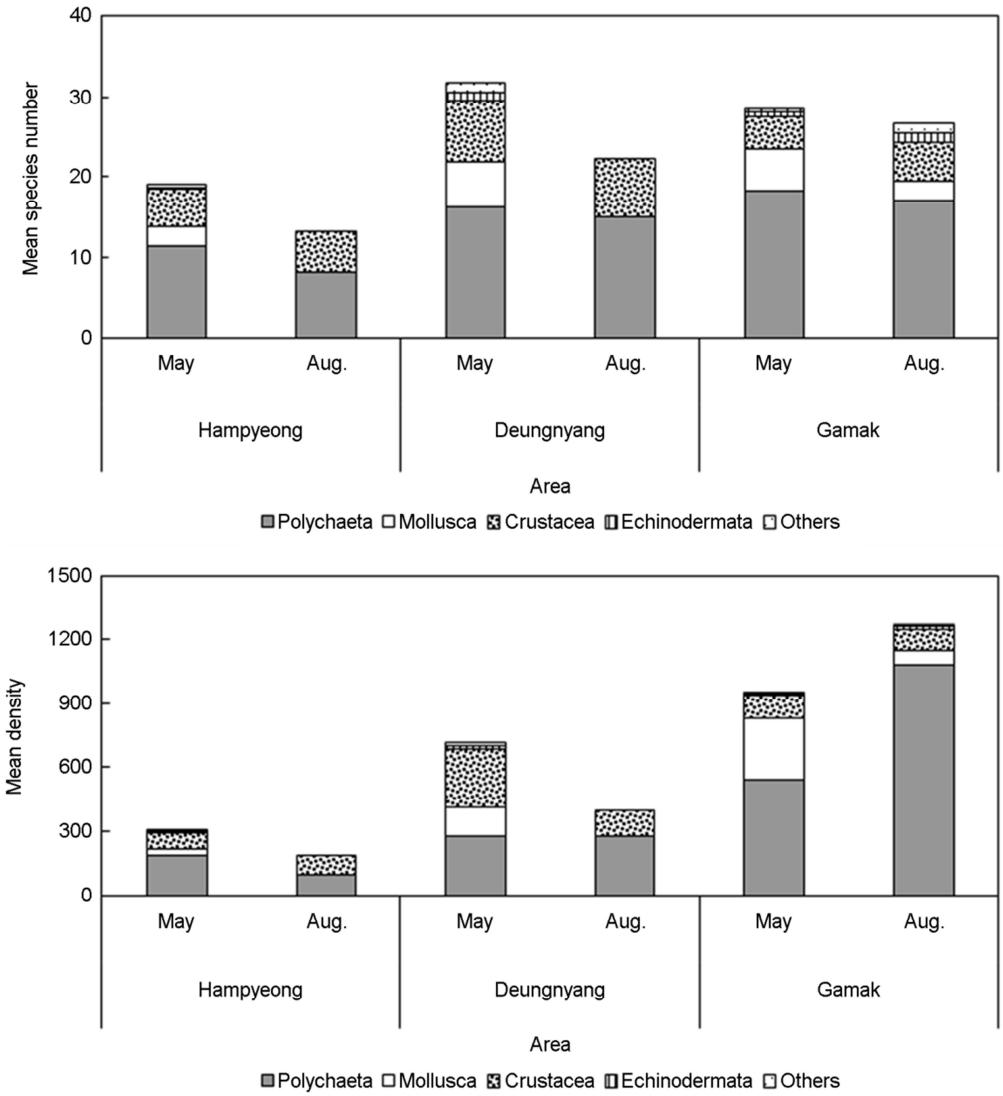

Fig. 2. Mean species number and abundance of macrobenthic animals in the Environmental Conservation Area, Korea.

각각 6.13~7.04 ϕ(평균 6.60 ϕ)와 4.59~7.30 ϕ(평균 6.46 ϕ)의 범위를 나타내 8월의 가막만 정점 1을 제외하면, 전반적으로 세립질의 니질이 매우 우세한 해역으로 구분할 수 있었다. 결국 퇴적물의 니질과 사질함량도 이를 반영하여 5월에는 각각 평균 95.10%와 4.79%를, 8월에는 91.75%와 8.05%로 구성되었다(Table 1). 퇴적물의 총유기탄소량은 5월에 0.49~2.41%의 범위에 평균 값은 0.87%이었고, 공간적으로 가막만의 정점들에서 평균 1.00% 이상의 높은 값을 보였다. 8월에도 0.32~1.73%의 범위에 평균 0.82%를 나타내었고, 5월과 유사한 경향을 보였다. 특히 유기물 함량은 가막만의 안쪽에 위치한 정점 4와 5에서 공통적으로 높았다.

2. 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수

본 연구해역에서 출현한 대형저서동물은 총 195종과 18,685개체(667개체 m^{-2})이었다. 출현 종수는 환형동물의 다모류가 96종이 출현하여 전체의 49.2%를 차지하였고, 다음으로 절지동물의 갑각류와 연체동물이 각각 52종, 26.7%와 33종, 16.9%를 점유하였다. 이 외에 극피동물과 기타동물군은 각각 9종과 5종이 채집되어 4.6%와 2.6%의 낮은 점유율을 보였다. 연구해역 및 시기에 따른 평균 출현 종수는 13~32종의 범위에 함평만에서 8월에 가장 적었고, 득량만에서 5월에 가장 많았다. 이 밖에 가막만에서 5월과 8월에 각각 평균 29종과 27종이 출현하여 상대적으로 다양하였

Table 2. Total species number, abundance and diversity in the Environmental Conservation Area, Korea

Components / Samplig area		Hampyeng		Deungnyang		Gamak	
		May	Aug.	May	Aug.	May	Aug.
Faunistic							
Total species number (mean species number 0.2 m^{-2})		47 sp. 0.8 m^{-2} (19)	30 sp. 0.8 m^{-2} (13)	91 sp. m^{-2} (32)	68 sp. m^{-2} (22)	91 sp. m^{-2} (29)	99 sp. m^{-2} (27)
Species No.	Polychaeta	29	20	44	44	54	61
	Mollusca	6	–	15	–	17	10
	Crustacea	9	10	24	24	15	19
	Echinodermata	1	–	4	–	3	5
	Others	2	–	4	–	2	4
Total abundance (mean density m^{-2})		1,245 ind. 4 m^{-2} (311)	745 ind. 4 m^{-2} (186)	3,595 ind. 5 m^{-2} (719)	2,010 ind. 5 m^{-2} (402)	4,745 ind. 5 m^{-2} (949)	6,345 ind. 5 m^{-2} (1,269)
Density	Polychaeta	755	390	1,415	1,400	2,730	5,385
	Mollusca	120	–	650	–	1,425	340
	Crustacea	335	355	1,385	610	545	510
	Echinodermata	10	–	65	–	30	70
	Others	25	–	80	–	15	40
Ecological indices							
Diversity		2.42 (2.16~2.81)	1.79 (1.08~2.23)	2.68 (2.45~3.42)	2.39 (1.47~3.26)	2.33 (1.31~2.88)	1.97 (0.81~2.90)

다(Table 1; Fig. 2). 개체수에 있어서도 다모류는 12,075개체가 출현하여 64.6%의 점유율을 보였고, 다음으로 갑각류와 연체동물이 각각 3,740개체, 20.0%와 2,535개체, 13.6%를 차지하였다. 이 외에 기타동물군과 극피동물은 각각 175개체와 160개체가 채집되어 공통적으로 0.9%를 나타내 점유율이 낮았다. 연구해역 및 시기별 평균 개체수는 최소 186개체(함평만의 8월)에서 최대 1,269개체(가막만의 8월)의 범위를 보였다. 이 밖에 가막만과 득량만에서 5월에 각각 평균 949개체와 719개체가 채집되어 상대적으로 높게 관찰되었다(Table 1; Fig. 2).

함평만에서 출현한 대형저서동물은 총 60종과 1,990개체(249개체 m^{-2})이었다(Table 2). 출현 종수는 다모류가 36종, 60.0%를 차지하여 가장 우점하였다. 조사 시기별로는 5월과 8월에 각각 47종과 30종이 출현하여 5월에 상대적으로 출현 종수가 많았다. 조사 정점별 평균 출현 종수는 8~23종의 범위에 정점 2에서 가장 적었고, 정점 1에서 가장 많았다(Fig. 3). 출현 개체수에 있어서도 다모류와 갑각류는 각각 1,145개체와 690개체의 밀도를 나타내 57.5%와 34.7%를 점유하였다. 조사 시기에 따라서는 5월에 1,245개체가, 8월에 745개체가 출현하여 5월에 출현 밀도가 높았다. 조사 정점별 평균 출현 개체수는 최소 100개체(정점 2)에서 최대 365개체(정점 1)의 범위를 보였다(Fig. 4). 출현 종수 및 개체수는 만의 입구부에 위치한 정점 1에서 공통적으로 많았다.

득량만에서 출현한 대형저서동물은 총 116종과 5,605개체(561개체 m^{-2})이었다(Table 2). 출현 종수는 다모류가 57종이 출현하여 전체의 49.1%를 차지하였다. 조사 시기별로는 5월과 8월에 각각 91종과 68종이 출현하여 5월에 상대적으로 많았다. 조사 정점별 평균 출현 종수는 10~54종의 범위에 정점 4에서 가장 적었고, 정점 5에서 가장 많았다. 이 외에 정점 3에서 30종이 채집되어 상대적으로 다양하였다(Fig. 3). 출현 개체수에 있어서는 다모류와 갑각류가 각각 2,815개체와 1,995개체의 밀도를 나타내 50.2%와 35.6%를 차지하였다. 조사 시기에 따라서는 5월에 3,595개체가, 8월에 2,010개체가 출현하여 출현 종수의 경향과 유사하였다. 조사 정점별 평균 출현 개체수는 최소 128개체(정점 4)에서 최대 963개체(정점 5)의 범위를 보였다(Fig. 4). 출현 종수 및 개체수는 전반적으로 만입구부에 위치한 정점 3과 5에서 상대적으로 많았다.

가막만에서 출현한 대형저서동물은 총 134종과 11,090개체(1,109개체 m^{-2})이었다(Table 2). 출현 종수는 다모류가 74종이 출

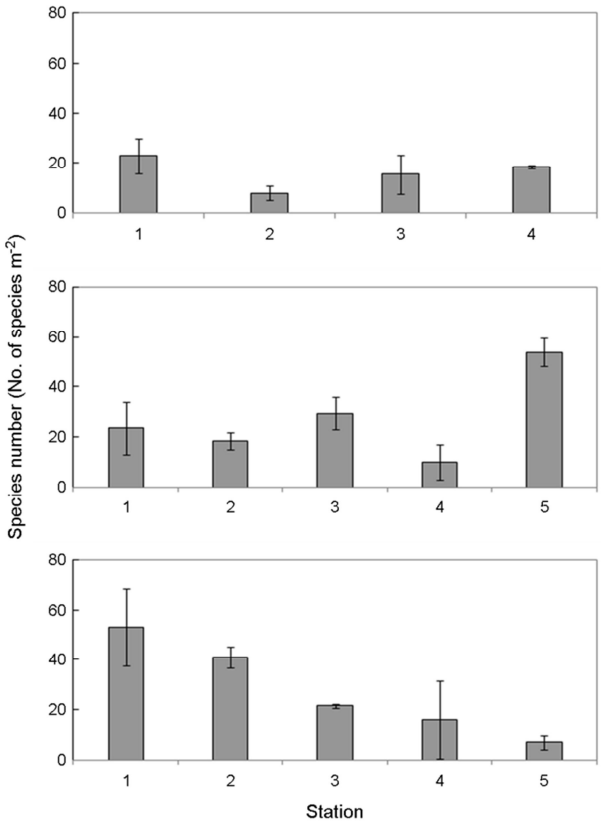

Fig. 3. Variation of mean species number at each station in the Environmental Conservation Area, Korea (upper, Hampyeong Bay; middle, Deungnyang Bay; lower, Gamak Bay).

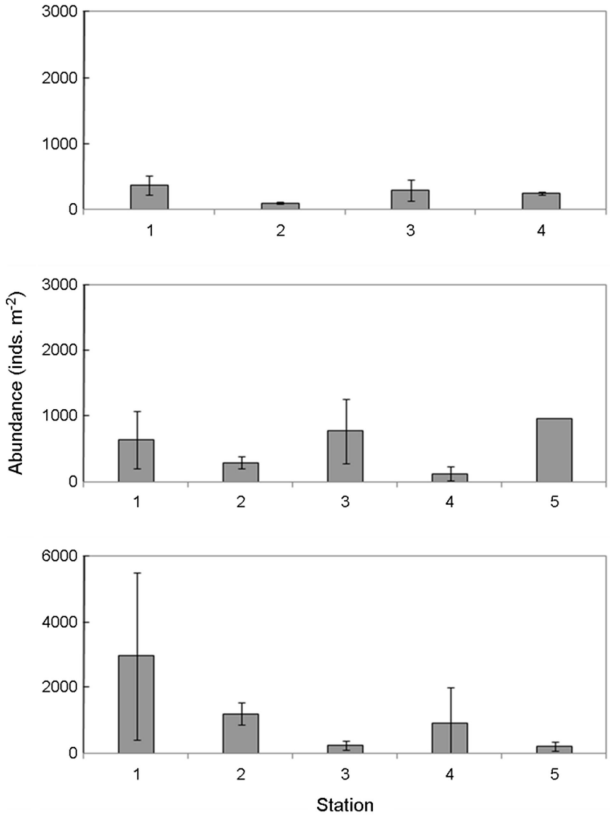

Fig. 4. Variation of mean densities at each station in the Environmental Conservation Area, Korea (upper, Hampyeong Bay; middle, Deungnyang Bay; lower, Gamak Bay).

현하여 55.2%를 점유하였다. 조사 시기별로는 5월과 8월에 각각 91종과 99종이 출현하여 8월에 출현 종수가 많았다. 조사 정점별 평균 출현 종수는 7~53종의 범위에 정점 5에서 가장 적었고, 정점 1에서 가장 많았다(Fig. 3). 출현 개체수에 있어서도 다모류는 총 8,115개체가 채집되어 73.2%의 높은 점유율을 보였다. 조사 시기에 따른 출현 개체수는 5월에 4,745개체가 출현하였고, 8월에 6,345개체가 관찰되어 8월이 상대적으로 높게 나타났다. 조사 정점별 평균 출현 개체수는 최소 218개체(정점 5)에서 최대 2,960개체(정점 1)의 범위를 보였다(Fig. 4). 출현 종수 및 개체수는 만의 가장 안쪽에서 입구부로 향할수록 점진적으로 감소하는 경향을 보였다.

한편 3개 환경보전해역에서 출현한 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수와 환경요인과의 상관관계를 파악하였다. 그 결과, 출현 종수는 사질함량 및 수심과는 양의 상관관계를, 니질함량과는 음의 상관관계를 보였다. 또한 개체수는 유기물 및 사질함량과는 양의 관계를, 평균입도와 니질함량과는 음의 상관관계를 보였다(Table 3).

3. 우점종

출현 개체수를 기초로 상위 10위까지의 우점종을 선정하였다. 그 결과, 다모류가 7종으로 가장 많았고, 다음으로 갑각류와 연체동물이 각각 2종과 1종이 상위에 위치하였다. 이들을 우선 순위별로 보면, 다모류의 긴자락송곳갯지렁이(*Lumbrineris longifolia*), 이매패류의 아기반투명조개(*Theora fragilis*), 갑각류의 *Eriopisella schellensis*, 다모류의 *Mediomastus californiensis*, *Tharyx* sp.3, *Heteromastus filiformis*, *Minuspio pulchra*, 갑각류의 *Sinocorophium sinensis*, 다모류의 오뚜기갯지렁이(*Sternaspis scutata*) 및 *Tharyx* sp.2 등이었다. 이들 상위 10위 우점종들이 나타내는 밀도는 총 10,510개체로 전체의 56.3%를 점유하였다. 특히 긴자락송곳갯지렁이는 2,140개체가 채집되어 전체의 11.5%를 차지하였으나, 공간적으로는 가막만에서만 출현하는 특성을 보였다. 다음으로 아기반투명조개는 1,950개체, 10.4%를 나타내 2번째로 우점하는 생물이었다(Table 4).

한편 각 해역별 우점종을 보면, 함평만에서는 오뚜기갯지렁이

Table 3. Pearson correlation coefficients within the environmental and biological parameters (*$p<0.05$, **$p<0.01$)

	SP	ABU	BIO	TOC	Mz	G	S	M	D	BS	BD	BWT
Species number (SP)	1.000											
Abundance (ABU)	**.763****	1.000										
Biomass (BIO)	**.389***	.252	1.000									
Total organic content (TOC)	.137	**.496***	.053	1.000								
Mean phi (Mz, Φ)	-.227	**-.608***	-.048	-.170	1.000							
Gravel (G)	-.230	-.058	-.155	.509*	-.129	1.000						
Sand (S)	**.471***	**.834****	.135	.462*	-.801	.206	1.000					
Mud (M)	**-.453***	**-.821****	-.126	-.483	.799**	-.255	-.999**	1.000				
Depth (D)	**.389***	.062	.136	-.160	.262	-.269	.023	-.009	1.000			
Bottom Salinity (BS)	.166	-.148	.342	.017	.360	-.171	-.371	.376*	.253	1.000		
Bottom DO (BD)	-.042	-.128	.086	.437*	.360	.474*	-.172	.145	.141	.116	1.000	
Bottom Water Temp. (BWT)	-.298	-.049	-.370	.039	-.143	.228	.170	-.179	-.192	-.900**	.190	1.000

Table 4. Dominant species ranking based on the abundance data in the Environmental Conservation Area, Korea

Rank	Taxa	Species name / Sampling area	Hampyeong Bay	Deungnyang Bay	Gamak Bay	Total abundance	Percent (%)
1	APOL	*Lumbrineris longifolia*	–	–	2,140	2,140	11.5
2	MBI	*Theora fragilis*	60	380	1,510	1,950	10.4
3	CAM	*Eriopisella schellensis*	295	675	555	1,525	8.2
4	APOL	*Mediomastus californiensis*	120	195	850	1,165	6.2
5	APOL	*Tharyx* sp.3	35	80	620	735	3.9
6	APOL	*Heteromastus filiformis*	–	45	655	700	3.8
7	APOL	*Minuspio pulchra*	15	10	590	615	3.3
8	CAM	*Sinocorophium sinensis*	–	530	55	585	3.1
9	APOL	*Sternaspis scutata*	495	80	5	580	3.1
10	APOL	*Tharyx* sp.1	45	370	100	515	2.8

Index; APOL, Annelida Polychaeta; CAM, Arthropoda Malacostraca Amphipoda; MBI, Mollusca Bivalvia

를 포함한 다모류 6종, *E. schellensis* 등 갑각류 3종과 아기반투명조개 1종이 상위에 위치하였다. 이들 상위 10위 우점종들이 나타내는 밀도는 총 1,445개체로 전체의 72.6%를 점유하였다. 이 중 오뚜기갯지렁이, *E. schellensis*와 *Ampelisca cyclops iyoensis*는 각각 495개체(24.9%), 295개체(14.8%)와 195개체(9.8%)의 밀도를 나타내 가장 우점하는 생물이었다. 특히 공간적으로 오뚜기갯지렁이와 *E. schellensis*는 정점 1과 3에서, *A. cyclops iyoensis*는 정점 3과 4에서 상대적으로 밀도가 높았다(Table 5). 득량만에서는 *Tharyx*

Table 5. Dominant species ranking based on the abundance data in the Hampyeong Bay, western coast of Korea

Rank	Taxa	Species name / Sampling station	1	2	3	4	Total density	Percent (%)
1	APOL	*Sternaspis scutata*	130	30	210	125	495	24.9
2	CAM	*Eriopisella schellensis*	180	5	75	35	295	14.8
3	CAM	*Ampelisca cyclops iyoensis*	10	5	65	115	195	9.8
4	APOL	*Mediomastus californiensis*	45	20	30	25	120	6.0
5	APOL	*Tharyx* sp.2	–	80	15	–	95	4.8
6	CAM	*Idunella curvidactyla*	40	–	20	5	65	3.3
7	MBI	*Theora fragilis*	25	10	15	10	60	3.0
8	APOL	*Tharyx* sp.1	25	–	10	10	45	2.3
9	APOL	*Nephtys oligobranchia*	10	10	15	5	40	2.0
10	APOL	*Tharyx* sp.3	15	–	10	10	35	1.8

Index; APOL, Annelida Polychaeta; CAM, Arthropoda Malacostraca Amphipoda; MBI, Mollusca Bivalvia

Table 6. Dominant species ranking based on the abundance data in the Deungnyang Bay, southern coast of Korea

Rank	Taxa	Species name / Sampling station	1	2	3	4	Total density	Percent (%)
1	CAM	*Eriopisella schellensis*	295	50	285	45	–	675
2	CAM	*Sinocorophium sinensis*	10	30	445	5	40	530
3	MBI	*Theora fragilis*	210	75	50	45	–	380
4	APOL	*Tharyx* sp.2	5	–	–	5	360	370
5	APOL	*Sigambra tentaculata*	40	75	135	15	45	310
6	APOL	*Notomastus latericeus*	105	130	10	10	–	255
7	APOL	*Lumbrineris cruzensis*	–	–	5	–	210	215
8	APOL	*Mediomastus californiensis*	70	–	5	10	110	195
9	APOL	*Paraprionospio pinnata*	20	20	90	–	35	165
10	CAM	*Idunella curvidactyla*	70	25	25	15	–	135

Index; APOL, Annelida Polychaeta; CAM, Arthropoda Malacostraca Amphipoda; MBI, Mollusca Bivalvia

sp.3를 포함한 다모류 6종, *E. schellensis*를 비롯한 갑각류 3종과 아기반투명조개 1종이 상위에 위치하였다. 이들 상위 10위 우점종들이 나타내는 밀도는 총 3,230개체로 전체의 57.6%를 점유하였다. 이 가운데 *E. schellensis*와 *S. sinensis*는 각각 675개체, 12.0%와 530개체, 9.5%를 나타내 점유율이 높은 종들이었다. 공간적으로 전자는 정점 1과 3에서, 후자는 정점 3에서 상대적으로 밀도가 높았다(Table 6). 마지막으로 가막만에서는 긴자락송곳갯지렁이를 포함한 다모류 8종과 아기반투명조개 및 *E. schellensis*가 상위에 위치하였다. 이들 상위 10위 우점종들이 나타내는 밀도는 총 7,880개체로 전체의 71.1%를 차지하였다. 이 가운데 긴자락송곳갯지렁이는 2,140개체, 19.3%로 점유율이 가장 높았고, 다음으로 아기반투명조개가 1,510개체, 13.6%를 차지하였다. 공간적으로 긴자락송곳갯지렁이는 정점 1에서, 아기반투명조개는 정점 2와 4에서 상대적으로 밀도가 높았다(Table 7).

Table 7. Dominant species ranking based on the abundance data in the Gamak Bay, southern coast of Korea

Rank	Taxa	Species name / Sampling station	1	2	3	4	Total density	Percent (%)
1	APOL	*Lumbrineris longifolia*	1,455	205	–	335	145	2,140
2	MBI	*Theora fragilis*	95	415	105	705	190	1,510
3	APOL	*Mediomastus californiensis*	710	135	–	–	5	850
4	APOL	*Heteromastus filiformis*	485	140	30	–	–	655
5	APOL	*Tharyx* sp.3	595	20	5	–	–	620
6	APOL	*Minuspio pulchra*	495	10	–	85	–	590
7	CAM	*Eriopisella schellensis*	5	470	80	–	–	555
8	APOL	*Anoides oxycephala*	400	–	–	–	–	400
9	APOL	*Capitella capitata*	–	–	–	400	–	400
10	APOL	*Isolda pulchella*	160	–	–	–	–	160

Index; APOL, Annelida Polychaeta; CAM, Arthropoda Malacostraca Amphipoda; MBI, Mollusca Bivalvia

4. 생태학적 제 지수 및 군집구조

함평만의 종 다양도는 5월과 8월에 각각 평균 2.42와 1.79를 나타내 5월에 상대적으로 높았다. 조사 정점별 평균 값은 최소 1.62(정점 2)에서 최대 2.51(정점 1)의 범위를 보였고, 이 외의 정점에서는 2.04~2.25의 범위를 나타내 정점 간 차이는 상대적으로 크지 않았다. 득량만의 종 다양도는 5월과 8월에 각각 평균 2.68과 2.39의 값을 나타내 조사 시기에 따른 차이는 크지 않았다. 조사 정점별로는 최소 평균 1.96(정점 4)에서 최대 3.34(정점 5)의 범위를 보였다. 가막만의 종 다양도는 5월과 8월에 각각 평균 2.33과 1.97의 값을 보여 5월에 상대적으로 높았다. 정점별로는 최소 평균 1.10(정점 5)에서 최대 2.89(정점 2)의 범위를 보였고, 이 외의 정점 1과 3에서 각각 평균 2.75와 2.67로 나타났다(Table 1).

연구해역에서 출현한 대형저서동물의 출현 종과 개체수의 자료를 근거로 대형저서동물 군집구조 분석을 실시하여 수지도와 다차원배열법으로 표현하였다. 분석에서는 총 95개체 이상(출현밀도의 0.5% 이상) 출현한 32종을 대상으로 실시하였다. 그 결과, 크게 3개의 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 함평만에서 5월과 8월의 모든 정점과 득량만에서 8월의 정점 4로 구분되었고, 그룹 2는 가막만에서 모든 조사 시기의 정점 4와 5로 나누어졌다. 마지막으로 그룹 3은 그룹 1과 2를 제외한 모든 정점으로 구분되었다. 한편 모든 그룹에서 긴자락송곳갯지렁이와 아기반투명조개가 공통적으로 우점하였고, 이를 제외한 각 그룹별 우점종의 조성을 보면, 그룹 1에서는 오뚜기갯지렁이와 *A. cyclops iyoensis* 등이, 그룹 2에서는 등가시버들갯지렁이(*Capitella capitata*)가 전반적으로 높은 밀도를 나타내었다. 반면 그룹 3에서는 *H. filiformis*, *Tharyx* sp.3 및 *S. sinensis*가 우점하였다(Fig. 5).

고 찰

1. 환경요인

해양생태계에서 연성기질에 서식하는 대형저서동물 군집은 환경적으로는 퇴적물의 평균입도와 조성(Gray, 1981) 및 물리적인 교란(Probert, 1984)에 의해, 생물학적으로는 경쟁(Byers, 2000), 포식(Oliver and Slattery, 1985) 및 먹이공급(Hentschel and Jumars, 1994) 등에 의해 영향을 받는다. 이 가운데 기질로서 작용하는 퇴적물의 특성은 대형저서동물의 행동이나 먹이섭취 양상에도 지대한 영향을 미치는 매우 중요한 환경요인으로 고려되고 있다(Levinton, 1995). 본 연구에서 해역별 평균입도는 함평만이 평균 6.33 ϕ, 득량만과 가막만이 각각 평균 6.76 ϕ와 6.46 ϕ를 나타내 전반적으로 니질이 우세한 경향을 나타내었다. 반면 가막만의 정점 1은 8월에 4.59 ϕ와 사질함량이 45.3%를 점유하여 5월과 비교해 차이가 있었다. 이를 제외하면, 모든 해역에서 평균입도와 니질·사질함량은 조사 시기에 따라 차이가 크지 않았다. 한편 퇴적물의 평균입도와 니질·사질함량은 유기물 함량과 유의한 상관관계를 나타내는 것이 일반적이다(Snelgrove and Butman, 1994). 본 연구해역의 유기물 함량은 함평만이 평균 0.5%으로 가장 낮았고, 다음으로 득량만과 가막만에서 각각 평균 0.7%와 1.2%를 나타내 가막만에서의 유기물 함량이 상대적으로 높은 것으로 파악되었다. 특히 가막만의 정점 1, 4와 5는 전체적으로 1.0% 이상의 유기물 함량을 나타내 다른 해역의 정점들과 비교해 상대적으로

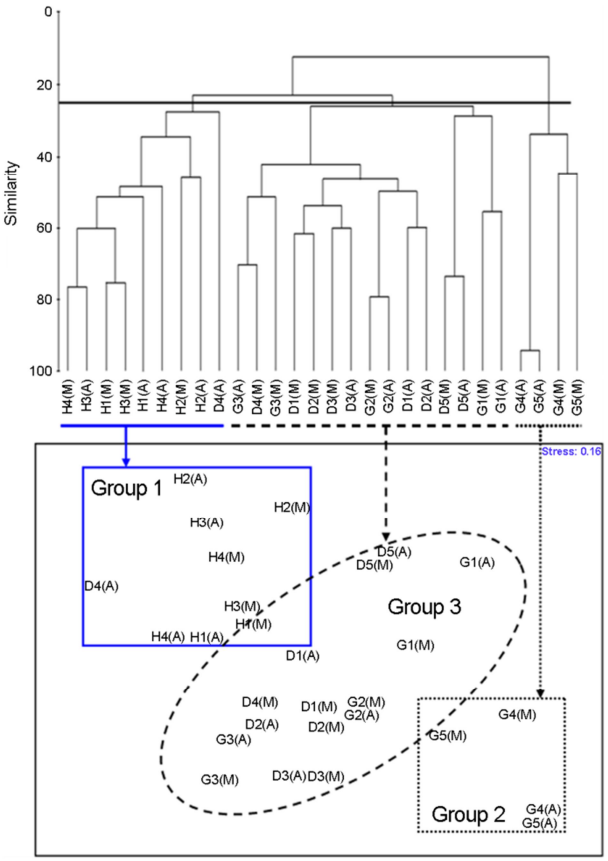

Fig. 5. Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and 2-dimensional nMDS configuration (lower) using group-average linkage by Bray-Curtis similarities calculated on the square-root transformed abundance data in the Environmental Conservation Area, Korea (H, Hampyeong Bay; D, Deungnyang Bay; G, Gamak Bay; M, May; A, August).

높았다. 가막만 해역에 대한 저서생태계 특성을 연구한 Yoon et al. (2007)의 결과에서도 본 연구와 동일한 위치에 놓인 북서내만 해역의 정점들에서 높은 유기물 함량을 나타내 유사한 결과를 보였다. 결국 유기물 함량은 연안역과 공간적으로 매우 가까워 육상으로부터의 유기물 유입이 용이한 한편 폐쇄된 형태의 지형학적인 특수성과 수력학적인 조건 등이 그 원인임을 추정할 수 있었다. 한편 북서내만 해역은 오목한 형태의 지형학적 조건, 불량한 해수 소통, 과다한 유기물의 집적 및 여름철 수온약층의 형성에 따른 용존산소 공급 등의 저해로 빈산소 수괴가 빈번하게 나타나는 해역으로 알려져 있다(Kim et al., 2006). 그러나 본 연구에서는 2.0 mg l^{-1} 이하 농도의 빈산소 상태는 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 본 연구의 현장조사 정점이 북서내만 해역에서도 극히 일부 정점에 국한된 공간적 차이에서 기인한 것인지 앞서 언급한 저염분 수괴의 형성으로 수괴의 혼합에 의한 것인지 그 원인을 명확하게 파악할 수 없었다. 그러나 Kim et al. (2010)에 의하면, 본 연구의 정점 4와 5가 인접한 호도마을에서는 하계에 수온 역전현상이 일어나면서 중층에서만 빈산소 수괴가 발생하고, 저층에서는 오히려 빈산소 상태가 관찰되지 않았음을 밝힌 바 있어 가막만에서의 빈산소 형성에 변화가 있음을 제시하였다.

한편 3개 환경보전해역에서 출현한 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수와 환경요인과의 상관관계를 파악한 결과, 출현 종수는 사질함량 및 수심과는 양의 상관관계를, 니질함량과는 음의 상관관계를 보였다. 이것은 사질함량이 높고, 수심이 깊은 정점에서는 상대적으로 출현 종수가 다양하고, 반대로 니질함량이 높으면 출현 종수가 적음을 나타낸다고 볼 수 있다. 또한 개체수에 있어서도 유기물 및 사질함량과는 양의 관계를, 평균입도와 니질함량과는 음의 상관관계를 보였다. 그러나 실제 본 연구해역은 일부 정점(가막만의 정점 1 및 득량만의 정점 3)을 제외하면, 대부분 정점에서 니질이 우세하게 분포하는 환경에 놓여 있어 이러한 상관분석 결과가 현재의 대형저서동물 군집의 생물지수와의 관계를 적절하게 반영한다고 보기에 무리가 있었다. 즉 대형저서동물의 채집과 동시에 환경요인에 대한 분석이 이루어 졌음에도 불구하고, 이들 간의 관계성을 명확하게 도출하지 못하고 있다는 점에서 향후 기질(퇴적물)과 매질(수질) 환경요인과의 관계성을 보다 객관적으로 검증할 만한 과학적인 기법의 도입과 적용이 모색되어야 할 것으로 판단되며, 이와 같은 문제는 Choi and Seo (2007)도 동일하게 제기한 바 있다.

2. 대형저서동물 출현 종수 및 개체수

환경보전해역에서 출현한 대형저서동물은 총 195종 5.6 m^{-2}에 단위면적당(m^2) 개체수는 667개체이었다. 본 연구에서의 195종은 함평만의 168종(Lim and Choi, 2001), 득량만의 118종(Ma et al., 1995) 및 이웃한 해역인 여자만의 142종(Lim et al., 1991)보다 많았다. 한편 대형저서동물 군집 가운데 생물다양성 측면에서 상대적인 중요도가 높은 다모류만을 대상으로 한다면, 본 연구해역에서는 96종이 출현하여 함평만에서의 58종(Lim and Choi, 2001), 득량만에서의 52종(Ma et al., 1995) 및 여자만의 72종(Kim et al., 2005)보다는 상대적으로 많았던 반면, 하계에 조사된 가막만의 116종(Yoon et al., 2007)과 득량만의 100종(Shin and Kim, 2002)보다는 적었다. 이렇듯 대형저서동물 군집의 모든 생물군과 다모류 군집만을 대상으로 고려해 볼 때, 본 연구해역의 생물다양성은 전반적으로 높다고 볼 수 있었다. 특히 본 연구는 상대적으로 채집면적이 적음에도 불구하고, 3개 환경보전해역에 서식하는 대형저서동물 군집 전반을 대상으로 하였다는 점에서 그 원인도 있다. 다만, 공통적인 현상은 니질함량이 높은 해역에서 퇴적물식성의 다모류가 다양하다는 연구결과와 유사하다고 볼 수 있었다. 단위 면적당(m^2) 개체수는 667개체가 출현하여 여자만의 388개체(Lim et al.,

1991)보다는 많았으나, 함평만의 1,168개체(Lim and Choi, 2001)와 득량만의 1,132개체(Ma et al., 1995)와 비교해 상대적으로 적었다. 그러나 다모류 군집만을 비교 대상으로 하는 경우에는 본 연구해역에서 평균 431개체가 채집되어 함평만의 381개체(Lim and Choi, 2001), 득량만의 138개체(Shin and Kim, 2002) 및 가막만의 253개체(Shin, 1995)와 비교하여 많았고, 가막만의 475개체(Koo et al., 2004)보다는 적었다. 일반적으로 대형저서동물 군집의 경우, 기질로서 작용하는 퇴적물의 조성에 의해 그 출현 종수와 생물량(개체수 및 생체량)이 영향을 받는다. 특히 퇴적물의 조성의 다양함을 나타내는 이질성(heterogeneity)이 증가할수록 그것과 비례하여 출현 종수와 생물량이 높은 것이 일반적이다. 따라서 본 연구에서 낮은 출현 밀도는 해역의 퇴적물 조성이 상대적으로 세립질 퇴적물이 우세한 동질성(homogeneity)에 기인한 결과로 추정할 수 있다. 반면 일부 정점에서 관찰되는 높은 개체수는 저서환경의 조건이 열악한 해역에서 일시적 또는 지속적으로 많은 개체 밀도를 나타내는 기회종 또는 오염지표종의 출현에 의한 것으로 고려할 수 있다.

3. 대형저서동물 우점종 및 군집구조

대형저서동물 군집의 현존량이나 종 조성에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하는 분류군은 다모류이다(Fauchald and Jumars, 1979). 본 연구에서는 상대적으로 수명이 짧고, 개체 크기가 소형이며 서식 밀도가 높은 기회종(긴자락송곳갯지렁이, *M. californiensis*, *Tharyx* sp.3, *H. filiformis*, 오뚜기갯지렁이)의 출현이 특징적이었다. 또한 이 밖에 아기반투명조개의 개체수도 상대적으로 높게 관찰되었다. 이상에서 기술하고 있는 종들은 기회종으로 오염역 또는 열악한 퇴적물 환경하에서 높은 밀도를 나타내며, 생물학적 적응의 내성이 매우 높은 것으로 알려져 있다(Pearson and Rosenberg, 1978). 우리나라의 경우, 갯벌을 포함한 연안역과 내만에서 우점종으로 출현하고 있고(Park et al., 2000; Jung et al., 2002; Jung et al., 2007), 유기물 오염의 강도가 심화되면서 개체수가 증가하는 것을 관찰할 수 있다. 특히 본 연구에서 유기물 농도가 상대적으로 높은 가막만의 정점 1, 4와 5에서 이들의 밀도가 높아 이를 잘 반영하고 있다. 한편 환경보전해역에 출현한 대형저서동물의 군집구조를 파악한 결과, 크게 3개의 그룹으로 구분되었다. 개별해역에 대한 결과를 상세히 보면, 주로 만안쪽의 정점군과 만입구에 위치한 정점이 분리되는 공통적인 결과를 보이고 있다. 이와 같은 현상은 본 연구해역에서 내만에 위치한 정점군이 지형학적으로 폐쇄된 형태에 놓여 있어 외해에 직접적 또는 상시적으로 열려있는 만입구 정점군과 크게 대별되는 원인으로 판단된다. 특히 해역에서 해류의 흐름은 유기물의 퇴적 강도를 결정하는 요소라는 점에서 이를 반영하는 것으로 볼 수 있다(Crawford et al., 2003). 또한 각 연구해역에 대하여 조사 시기별로도 춘계와 비교하여 하계에 정점 간 변화가 상대적으로 심하게 발현되었다(Fig. 6). 반면 조사 정점에 따른 그룹의 분리를 보면, 그룹 1은 함평만의 모든 정점과 득량만에서 8월의 정점 4로 대별된 가운데 오뚜

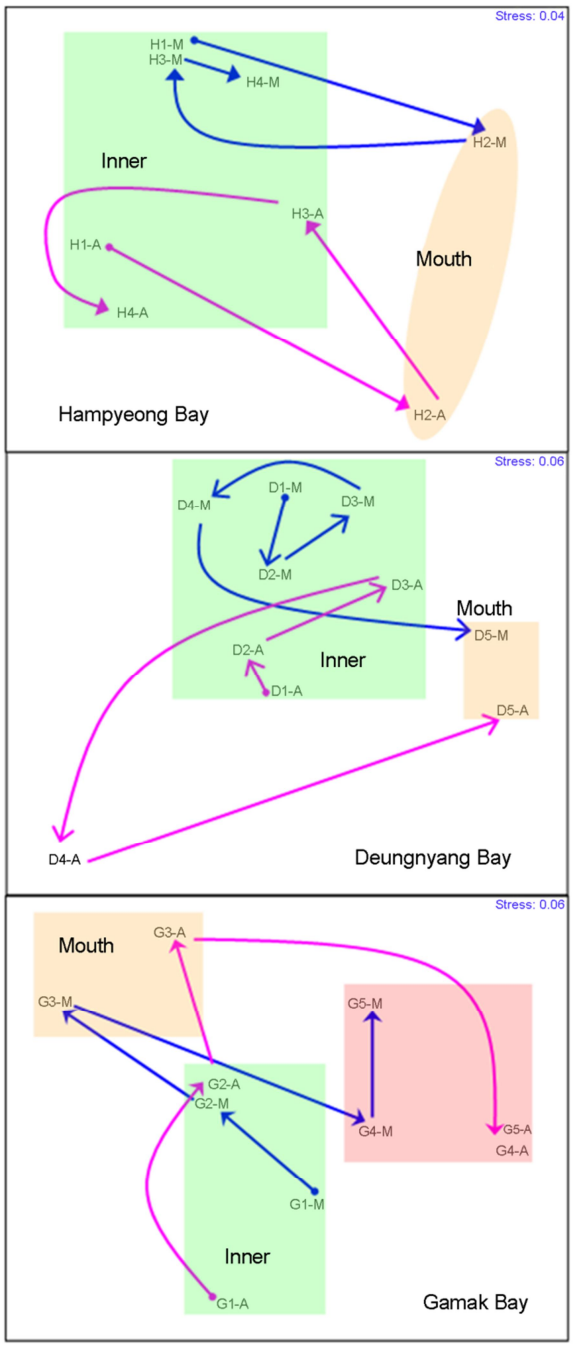

Fig. 6. 2-dimensional nMDS configuration, using group-average linkage by Bray-Curtis similarities calculated on the square-root transformed abundance data in the Environmental Conservation Area, Korea (M, May; A, August).

기갯지렁이와 *A. cyclops iyoensis* 등이 우점하는 특징이 있었다. 반면 그룹 2는 가막만에서 모든 조사 시기의 정점 4와 5로 구성되었고, 우점종은 등가시버들갯지렁이로 파악되었다. 마지막으로 그룹 3은 상기의 2개 그룹을 제외한 정점들이 포함되었고, 대표종은 *H. filiformis*, *Tharyx* sp.3 및 *S. sinensis* 등이었다. 따라서 각 그룹에서의 대표종에 대한 생태학적인 특징으로 고려한다면, 그룹 2와 3은 공통적으로 유기물의 오염 정도가 그룹 1의 조사 정점 및 시기와 비교해 상대적으로 심화된 해역으로 분류할 수 있다. 특히 이 중에서도 그룹 2가 그룹 3과 비교하여 보다 더 심각성이 높다고 추정할 수 있다. 결국 본 연구해역의 대형저서동물 군집은 공간적으로는 폐쇄된 형태의 내만 정점군과 열린 형태의 만입구부의 정점군으로, 조사 시기와 세부 정점별로는 함평만의 정상해역 정점군, 득량만의 일부 오염심화 정점군 및 가막만의 오염심화 정점군으로 대별되고 있다. 이와 같은 결과는 본 연구와 동시에 실시된 환경요인 분석과도 일치하였다. 요약하면, 본 연구를 통하여 환경보전해역에 서식하는 대형저서동물의 군집구조는 만의 형태에 따른 서식지 환경조건과 오염의 정도에 따라 결정되고 있어 향후 이들 군집조성을 이용하여 해양환경의 건강도를 측정할 수 있는 중요한 평가방법으로 활용가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. Ecol Monogr 27: 325-349.

Byers J. 2000. Competition between two estuarine snails: implications for invasions of exotic species. Ecology 81: 1225-1239.

Choi JW, Seo JY. 2007. Application of biotic indices to access the health condition of benthic community in Masan Bay, Korea. Ocean Polar Res 29: 339-348.

Crawford CM, MacLeod CKA, Mitchell LM. 2003. Effects of shellfish farming on the benthic environment. Aquaculture 224: 117-140.

Day JW Jr, Hall CAS, Kemp WM, Yanez-Arancibia A. 1989. Estuarine Ecology, John Wiley, New York. pp 1-558.

Fauchald K, Jumars J. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 17: 193-284.

Folk RL, Ward WC. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain-size parameters. J Sed Pet 27: 3-27.

Gray JS. 1981. Detecting pollution induced changes in communities using the log-normal distribution of individuals among species. Mar Pollut Bull 12: 173-176.

Hentschel BT, Jumars PA. 1994. *In situ* chemical inhibition of benthic diatom growth affects recruitment of competing, permanent and temporary meiofauna. Limnol Oceanogr 39: 816-838.

Jung RH, Lim HS, Kim SS, Park JS, Jeon KA, Lee YS, Lee JS, Kim KY, Go WJ. 2002. A study of the macrozoobenthos at the intensive fish farming grounds in the southern coast of Korea. J Korean Soc Oceanogr「The Sea」7: 235-246.

Jung RH, Yoon SP, Kwon JN, Lee JS, Lee WC, Koo JH, Kim YJ, Oh HT, Hong SJ, Park SE. 2007. Impact of fish farming on macrobenthic polychaete communities. J Korean Soc Oceanogr「The Sea」12: 159-169.

Kim JB, Lee SY, Yu J, Choi YH, Jung CS, Lee PY. 2006. The characteristics of oxygen deficient water mass in Gamak Bay. J Korean Soc Mar Environ Engineer 9: 216-224.

Kim JB, Park JI, Jung CG, Choi WJ, Lee WC, Lee YH. 2010. Physicochemical characteristics of seawater in Gamak Bay for a period of hypoxia water mass disappearance. J Korean Soc Mar Environ Safety 16: 241-248.

Kim JN, Choi JH, Im YJ, Choi KH, Ma CW. 2005. Species composition and seasonal variation of decapod crustacean assemblage in Hampyeong Bay, Korea. J Korean Fish Soc 38: 20-28.

Kim YH, Shin HC, Lim KH. 2005. Distribution of benthic polychaeta community in Yoja Bay, Korea. J Korean Fish Soc 38: 399-412.

Koo BJ, Je JG, Shin SH. 2004. Benthic pollution assessment based on macrobenthic community structure in Gamak Bay, southern coast of Korea. Ocean and Polar Res 26: 11-22.

Levinton JS. 1995. Marine Biology-Function, Biodiversity, Ecology-Oxford Univ. Press Inc. New York. pp 1-420.

Lim HS, JE JG, Choi JW, Lee JH. 1991. Distribution pattern of the macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. Ocean Res 13: 31-46.

Lim HS, Choi JW. 2001. Community structure of subtidal macrobenthos in Hampyung Bay during autumn in 1997, southwest coast of Korea. J Korean Fish Soc 34: 327-339.

Ma CW, Hong SY, Lim HS. 1995. Macrobenthic fauna of Deukryang Bay, Korea. J Korean Fish Soc 28: 503-516.

NFRDI (National Fisheries and Development Institute). 2009. Monitoring of marine benthic organisms in Marine Conservation Area. pp 1-192.

Oliver JS, Slattery PN. 1985. Destruction and opportunity on the seafloor: effects of gray whale feeding. Ecology 66: 1965-1975.

Park HS, Choi JW, Lee HG. 2000. Community structure of macrobenthic fauna under marine fish culture cages near Tongyong, southern coast of Korea. J Korean Fish Soc 33: 1-8.

Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 16: 229-311.

Probert PK. 1984. Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities. J Mar Res 42: 893-921.

Shannon CE, Weaver W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ Illinois Press, Urbana, Illinois. pp 1-125.

Shin HC. 1995. Benthic polychaetous community in Kamak Bay, southern coast of Korea. J Korean Soc Oceanogr 30: 250-261.

Shin HC, Kim YH. 2002. Spatial distribution of benthic polychaetous communities in Deugryang Bay, southern coast of Korea. J Korean Soc Oceanogr「The Sea」7: 20-31.

Snelgrove PVR, Butman CA. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause vs effect. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 32: 111-127.

Snelgrove PVR. 1998. The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. Biodiversity and Conservation 7: 1123-1132.

Thouzeau G, Robert G, Ugarte R. 1991. Faunal assemblages of benthic megainvertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in relation to environmental factors. Mar Ecol Prog Ser 74: 61-82.

Yoon SP, Jung RH, Kim YJ, Kim SS, Lee JS, Park JS, Lee WC, Choi WJ. 2007. Characteristics of benthic environment and polychaete communities of Gamak Bay, Korea. J Korean Soc Oceanogr「The Sea」12: 287-304.