

## 한려해상국립공원 관음포 갯벌의 대형저서동물 군집 구조

서인수 · 최병미 · 김광봉\* · 김미향 · 윤건탁\*\* · 손명백 · 황철희 · 이종욱 · 박재영 · 손민호

해양생태기술연구소 · \*국립공원연구원 · \*\*인하대학교 해양학과

## Community Structure of Macrobenthic Invertebrates on the Gwaneumpo Tidal Flat, Hallyeohaesang National Park, Korea

SEO, In-Soo · Byoung-Mi CHOI · Kwang Bong KIM\* · Mi Hyang KIM · Kon-Tak YOON\*\* ·  
Myung-Baek SHON · Choul Hee HWANG · Jong Uk LEE · Jae Yeong PARK ·  
Min Ho SON

Marine Eco-Technology Institute, Co., Ltd., Busan 608-804, Korea

\*Korea National Park Service, Namwon-si 590-811, Korea

\*\*Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

### ABSTRACT

This study was performed to investigate the community structure of the macrobenthic invertebrates on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea. Benthic invertebrates were collected between April and September 2006 at each five station. A total of 67 macrobenthic species were collected. The overall average macrobenthos density and biomass were 1,429 individuals/m<sup>2</sup> and 154.40 gWWt/m<sup>2</sup>, respectively. Based on the abundance and biomass data, there were 10 dominant species accounting for approximately 86.4% of total individuals. The highest densities were found in the polychaetes *Heteromastus filiformis*, *Ceratonereis erythraeensis*, the brachyura *Ilyoplax pusilla* and the amphipoda Corophidae unid. On the contrary, the top ten species made up 94.2% of the total biomass while the three most abundant, the bivalve *Cyclina sinensis*, the brachyura *Macrophthalmus japonicus* and the anomura *Upogebia major*. The conventional multi-variate statistics(cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling) applied to assess spatial variation in macrobenthic assemblages. Cluster analysis and nMDS ordination analysis based on the Bray-Curtis similarity identified 2 station groups. The group 1 was associated with upper tidal flat station(station 1) and was characterized by high abundance of the polychaetes *C. erythraeensis*, *Cirriformia tentaculata*, the brachyura *I. pusilla*, the amphipoda Corophidae unid. and the isopoda *Paranthura japonica*. However, group 2 was consisted with middle and lower tidal flat station(Station 2~5) and was numerically dominated by the polychaetes *Capitella capitata*, *Glycera chirori*, the brachyura *M. japonicus*, the amphipoda *Pleustes* sp. and the anomura *U. major*.

Key words : macrobenthic invertebrates, community structure, Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea

## 서 론

갯벌은 육상 및 해양으로부터 기원한 유기물과 토사가 유입되어 침전과 퇴적의 과정을 주기적으로 거치면서 형성되는 독특한 해양 환경이다. 또한 해양생태계의 먹이사슬이 시작되는 환경일 뿐만 아니라 다양한 해양생물의 산란, 보육 및 성육이 집중적으로 이루어지는 장소로 생태학적 중요성이 높다(Reise, 1985; 서, 2003). 본 연구의 대상인 우리나라의 갯벌 면적은 총 5,220km<sup>2</sup>로, 이 가운데 남한이 2,550km<sup>2</sup>를, 북한이 2,670km<sup>2</sup>를 차지하고 있다(국토해양부, 2008). 그러나 본 연구해역이 포함된 부산·경남 및 제주는 118.6km<sup>2</sup>로 전체의 약 5.0% 미만의 매우 적은 면적을 점유하고 있다.

본 연구해역은 행정구역상 2도 4시 2군의 총 96개 도서를 포함하는 공간적 범위의 한려해상국립공원 남해대교지구에 속하는 관음포 갯벌이다. 일반적으로 해상·해안국립공원이 속한 연안역(갯벌 및 하구역 포함)은 하천이나 호수 등의 내륙수역과 함께 인간의 일상생활과 밀접한 관련을 맺고 있다. 그러나 최근에 이르러 삶의 질 향상에 따른 여가문화의 비약적인 발달과 함께 환경수용력을 초과한 탐방객의 과다 방문, 이에 따른 쓰레기 투기(오염 부하량의 증가) 및 무분별한 생물 채취 등이 사회적 문제로 대두되고 있다. 특히 그 중에서도 갯벌은 비교적 접근성이 용이하다는 점 때문에 인위적인 영향(교란)이 상대적으로 큰 생태계로 고려되고 있다. 따라서 해상·해안국립공원을 포함한 연안역의 지속가능하고 건전한 이용을 도모하기 위해서 무엇보다도 해당 생태계를 구성하는 생물종들의 다양성과 서식종의 생태적 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다. 이를 기초로 종별 또는 군집별 생태 특성을 고려한 국가적 차원에서 서식처로서의 중요 생태계 보존과 관리가 요구된다고 하겠다.

본 연구의 대상생물인 대형저서동물은 해양생태계를 구성하는 중요한 생물군으로 시·공간적 분포 패턴이 비교적 복잡·다양하며, 생물학적 다양성 측면에서도 매우 가치가 높다(van der Veer *et al.*, 1990). 특히 대형저서동물은 행동학적으로 이동성이 적거나 또는 고착성의 특징을 보이기 때문에 저서환경의 변화에 민감하다. 따라서 이들 군집의 다양도와 개체수는 생태계의 건강도를 측정하는 요소로 알려져 있다(Thouzeau *et al.*, 1991; Olsgard and Gray, 1995). 또한 본 연구해역과 같이 갯벌의 먹이사슬에서 일차 소비자인 동시에 2차 생산자로서 역할을 수행하며, 갯벌생태계를 활발하게 이용하는 저어류나 조류(鳥類) 등의 상위 영양단계 생물의 에너지 전달원으로서 매우 중요하다(서와 홍, 2006, 2007).

본 연구는 해상·해안국립공원을 포함한 연안역의 지속가능하고 건전한 이용목적을 달성하기 위한 기초자료를 제공한다는 관점에서 관음포 갯벌에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집 구조를 파악하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구지 개황

본 연구해역은 한려해상국립공원 남해대교지구의 관음포 갯벌로 행정구역상 경상남도 남해군 고현면 차면리에 속하며, 이충무공의 유허비가 있는 이락사(사적 제 232호) 인근의 갯벌이다. 현재 이락사를 내방하는 방문객의 편의도모를 위하여 연구 해역 갯벌의 최상부 인근에 주차 시설이 조성되

어 이로 인한 서식생물에게 직·간접적인 영향이 미칠 것으로 예상된다.

한편, 현장조사 시 관찰에 의하면, 갯벌의 폭과 길이는 각각 약 200m와 500m 내외로 소규모이었다. 또한 대형저서동물의 서식 기질은 펄·모래, 자갈, 죽은 패각 및 투석식 양식을 위한 중·소 크기의 돌 등이 산재하는 매우 이질적인 퇴적상을 보였다. 반면, 생물학적으로는 갯벌의 최상부에 칠면초(*Suaeda japonica*) 및 나문재(*Suaeda asparagoides*) 등을 포함한 염생식물 등이 서식하였고, 중부에서 하부에 이르기까지 절지동물문 갑각류의 집게류에 속하는 쪽(*Upogebia major*)의 서식굴(갱도, burrow)이 매우 광범위하게 분포하고 있었다.

## 2. 조사 및 분석방법

연구해역 갯벌에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집 구조를 파악하기 위하여 2006년 4월, 7월 및 9월 등 총 3회에 걸쳐 조위별로 상부에서 하부까지 5개 정점을 선정하여 현장조사를 실시하였다(Fig. 1). 생물채집은 rectangular can corer(12×20cm)를 이용하여 정점당 4회(퇴적물 표면적 0.1m<sup>2</sup>)의 시료를 채취하였다. 이 후, 현장에서 1mm 망목의 체를 이용하여 대형저서동물을 분리한 후, 10% 농도의 중성포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 분류군별로 선별한 후, 가능한 종 수준까지 동정하였고, 개체수와 생체량을 측정하였다.

대형저서동물의 군집 구조를 파악하기 위하여, 종 풍부도(Margalef, 1958), 종 다양도(Shannon and Weaver, 1949) 및 균등도(Pielou, 1975) 등의 생태학적 체 지수를 구하였다. 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis(1957)의 유사도지수(similarity index)를 이용하였다. 유사도 지



Fig. 1. Sampling sites on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea Strait.

수 행렬로부터 각 조사 시기와 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 군집분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 다차원배열법(nMDS ordination)으로 표현하였다. 우점종은 개체수 및 생체량의 자료를 기초로 선정하였다.

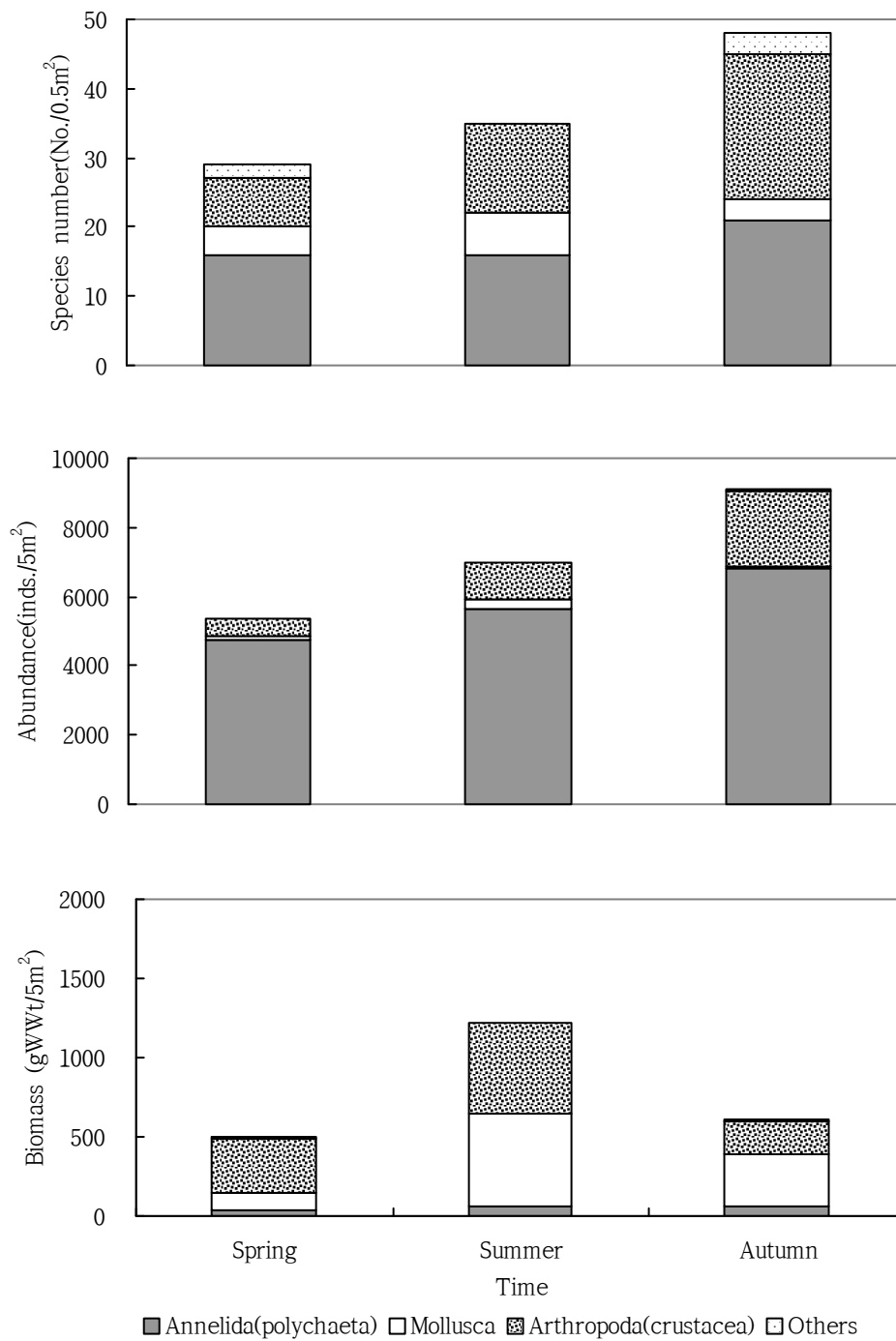
## 결과 및 고찰

### 1. 생물다양성 및 생물량(출현 종수, 개체수 및 생체량)

조사해역에서 출현한 대형저서동물은 총 67종/1.5m<sup>2</sup>, 21,430개체(1,429개체/m<sup>2</sup>)와 2,316.02 gWWt (154.40 gWWt/m<sup>2</sup>)이었다. 분류군별 출현 종수는 절지동물문의 갑각류와 환형동물문의 다모류가 각각 30종과 25종이 채집되어 전체의 44.78%와 37.31%를 점유하였다. 다음으로 연체동물문과 기타 동물군이 8종과 4종이 출현하여 각각 11.94%와 5.97%를 차지하였고, 극피동물문은 출현하지 않았다. 시간경과에 따라서 29~48종의 범위에 매 조사 시기 당 평균 37종이 출현하였다. 춘계인 4월에 가장 적었고, 추계인 9월에 가장 다양하여 시간경과에 따라 점차 증가하는 양상을 보였다(Table 1). 한편, 정점별로는 8~21종의 범위에 정점 당 평균 14종이 출현하였다. 7월의 정점 5에서 가장 적었고, 9월의 정점 1에서 가장 많았다(Fig. 2). 모든 조사 시기에 따른 각 정점에서의 평균 출현 종수는 12~19종의

**Table 1.** Species number, abundance, biomass and ecological indices of macrobenthic animals at each station on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Index / Station		1	2	3	4	5
Spring	Species number	18	9	15	10	9
	Abundance	1,440	810	460	1,540	1,130
	Biomass	51.08	64.25	175.90	65.93	136.93
	Richness	2.34	1.20	2.28	1.23	1.14
	Diversity	1.63	1.28	2.06	0.83	0.76
	Evenness	0.56	0.58	0.76	0.36	0.35
Summer	Species number	18	13	13	13	8
	Abundance	2,080	330	1,380	1,340	1,840
	Biomass	603.59	146.90	252.98	115.00	99.76
	Richness	2.23	2.24	1.80	1.81	0.93
	Diversity	1.94	2.40	1.03	0.81	0.33
	Evenness	0.67	0.91	0.39	0.31	0.16
Autumn	Species number	21	15	15	15	20
	Abundance	4,530	670	970	1,450	1,460
	Biomass	105.66	343.29	59.48	78.38	16.89
	Richness	2.38	2.31	2.18	2.06	2.75
	Diversity	1.54	2.35	1.53	0.93	1.54
	Evenness	0.51	0.85	0.55	0.33	0.51

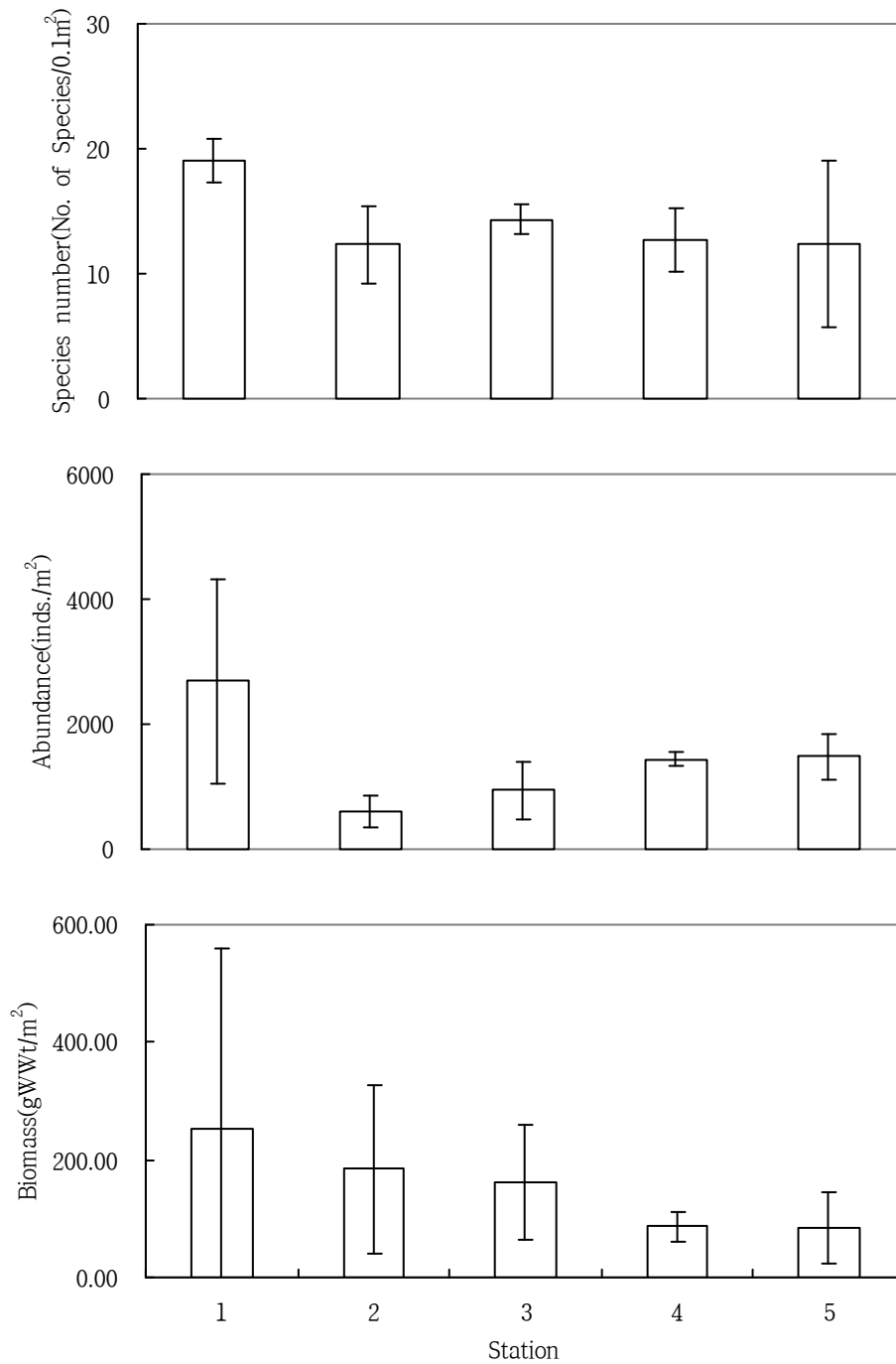


범위에 정점 2와 5에서 적었고, 정점 1에서 가장 많았다. 정점 1을 제외하면, 정점 간 평균 출현 종수의 차이는 상대적으로 크지 않았다(Fig. 3).

개체수에 있어서는 다모류가 17,200개체의 밀도를 나타내 전체의 80.26%를 차지하였고, 갑각류가 3,710개체로 17.31%를 점유하였다. 이들 2개 분류군은 전체의 97.57%를 차지하여 매우 우점하였다. 이 밖에 연체동물문과 기타 동물군은 430개체, 2.01%와 90개체, 0.42%로 점유율이 매우 낮았다. 조사 시기별로는 5,380~9,080개체의 범위에 평균 7,143개체가 출현하였고, 출현 종수의 변화 양상과 동일하였다. 정점별 출현 개체수는 330~4,530개체의 범위에 평균 1,429개체가 채집되었다. 7월의 정점 2에서 가장 적었고, 9월의 정점 1에서 가장 많았다. 이 밖에 7월의 정점 1에서 2,080개체가 출현하여 상대적으로 높은 밀도를 나타내었다(Fig. 2). 모든 조사 시기별 각 정점에서의 평균 출현 개체수는 최소 603개체(정점 2)에서 최대 2,683개체(정점 1)의 범위를 보였고, 이 밖에도 정점 4와 5에서 평균 1,443개체와 1,477개체가 채집되어 상대적으로 많았다(Fig. 3).

생체량은 갑각류와 연체동물문이 각각 1,128.72 gWWt, 48.74%와 1,022.40 gWWt, 44.14%를 나타내 점유율이 높았고, 다음으로 다모류가 157.10 gWWt, 6.78%를 차지하였다. 기타 동물군은 7.80 gWWt의 생체량으로 0.34%의 매우 낮은 점유율을 보였다. 시간경과에 따라서는 최소 494.09 gWWt(4월)에서 최대 1,218.23 gWWt(7월)에 조사 시기 당 평균 생체량은 772.01 gWWt이었다. 정점에 있어서는 16.89(9월의 정점 5)~603.59 gWWt(7월의 정점 1)의 범위에 평균 154.40 gWWt을 나타내었다. 이 외에 4월과 7월의 정점 3에서 공통적으로 150.00 gWWt 이상의 생체량을 보여 상대적으로 높았다(Fig. 2). 조사 시기에 따른 각 정점에서의 평균 생체량은 84.53~253.44 gWWt의 범위에 정점 5에서 가장 낮았고, 정점 1에서 가장 높았다. 전반적으로 갯벌의 하부로 향할수록 생체량이 감소하였다(Fig. 3).

일반적으로 연성기질에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수, 생물량, 공간분포 및 군집 구조는 서식처의 기질로써 작용하는 퇴적물의 조성 및 이질성(heterogeneity)의 정도에 영향을 받는다(Szedlmayer and Howe, 1997; Demestre *et al.*, 2000). 즉, 서식처의 기질 특성은 대형저서동물의 행동이나 먹이섭취 양상에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다(Levinton, 1995; 정, 1997). 따라서 대형저서동물의 군집을 이해하기 위하여 서식처 주변해역의 해류 및 조류의 흐름과 세기, 해안의 지형적인 차폐 정도 등 퇴적물 조성 변화를 직·간접적으로 유발하는 요인에 대한 조사 및 검토가 우선적으로 고려되어야 한다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서는 퇴적물의 입도 조성을 포함한 무기 환경요인에 대한 정밀한 현장조사가 이루어지지 않아 이들의 분포 양상에 미치는 요인을 정확하게 진단하기 어려웠다. 그러나 채집 면적에 차이는 있지만 동일한 시기에 현장조사가 수행된 거제·해금강지구의 구조라해수욕장 및 남해·상주지구의 상주해수욕장에서의 평균 출현 종수를 보면, 본 연구해역이 평균 14종으로 가장 많았고, 다음으로 상주해수욕장과 구조라해수욕장이 각각 8종과 2종이 출현하여 상대적으로 적었다. 반면, 단위면적당( $m^2$ ) 개체수에 있어서는 상주해수욕장과 관음포 갯벌이 각각 1,536개체와 1,429개체로 많았고, 구조라해수욕장은 443개체의 밀도로 적어 차이를 보였다. 또한 단위면적당( $m^2$ ) 생체량은 관음포 갯벌, 상주해수욕장과 구조라해수욕장의 순서로 154.40 gWWt, 60.90 gWWt과 6.33 gWWt을 나타내었다. 이상을 종합하면, 출현 종수와 생체량은 관음포 갯벌에서, 개체수는 상주해수욕장이 다소 많았으나 관음포 갯벌에서의 출현 밀도와 비교하여 큰 차이는 없었다(국립공원관리공단, 2006). 지금까지 연성기질에 서식하는 대형저서동물의 생물다양성 및 생물량(개체수 및 생체량)



**Fig. 3.** Variation of mean species number, abundance and biomass of macrobenthic animals at each station on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea Strait.

은 기질이 모래 혹은 펄과 같이 균질(단일)한 퇴적물(homogeneous sediment)에서 보다는 모래·펄 및 자갈, 죽은 패각 등이 포함된 이질적인 퇴적물(heterogeneous sediment)에서 높다는 것이 일반적인 결과이다(서, 2003). 따라서 서식처 기질이 단일한 모래로 구성된 2개의 해변보다 본 연구해역에서 높은 생물다양성과 생물량(개체수 및 생체량)을 나타내는 것은 당연한 것으로 고려할 수 있다. 즉, 본 연구해역의 이질적인 퇴적상이 다른 해역에서의 출현 종수와 생물량의 차이를 유발하는 원인이었음을 입증한다고 볼 수 있다.

## 2. 우점종

본 연구해역에서 출현한 대형저서동물의 개체수와 생체량 자료를 기초로 상위 10위까지의 우점종을 선정하였다. 개체수에 있어서는 다모류와 갑각류가 공통적으로 5종이 상위에 위치하였다. 이들을 최우선 순위별로 나열해 보면, 다모류의 *Heteromastus filiformis*, 붉은집참갯지렁이(*Ceratonereis erythraeensis*), 갑각류의 넓적콩게(*Ilyoplax pusilla*), 단각류의 미동정 육질꼬리옆새우류(*Corophidae* unid.), 다모류의 큰갈매기고리갯지렁이(*Goniada japonica*), 갑각류의 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 단각류의 주걱턱옆새우류(*Pleustes* sp.), 등각류의 큰마디벌레(*Paranthura japonica*), 다모류의 짧은다리송곳갯지렁이(*Lumbrineris nipponica*) 및 명주실타래갯지렁이(*Cirriformia tentaculata*) 등이었다. 이들 상위 10위종들이 차지하는 밀도는 총 18,520개체로 전체 출현 개체수의 86.40%를 점유하였다. 특히 *H. filiformis*는 13,930개체가 출현하여 전체의 65.00%를 점유하는 가장 대표적인 생물이었다(Table 2). 한편, 본 종은 전 세계적으로 오염된 해역에서 주로 출현하는 버들갯지렁이과(*Capitellidae*)에 속하며, 생물·생태학적으로 환경에 대한 적응의 내성이 매우 높은 것으로 알려져 있다(Pearson and Rosenberg, 1978). 우리나라의 경우에도 갯벌을 포함한 연안역과 내만에서 주된 우점종으로 출현하고 있으며(한국해양연구소, 1998; 서, 2003), 일부 해역에서는 유기물 오염의 정도가 심화되면서 증가하는 경향을 보인다(Koh, 1997). 따라서 지금까지 환경오염의 정도를 반영하는 대표적인 오염 지시종으로 고려되어 온 것이 사실이었다. 그러나 최근 연구 결과에 따르면, 오염 지시종으로서 보다는 생물학적으로 *r*-전략을 갖는 기회종으로 이해하는 것이 보다 타당할 것으로 추정된다. 즉, 기회종의 대표적 특징인 높은 생식능력과 유생의 분산폭이 넓다는 특징을 보다 강하게 나타내기 때문이다(서, 2003). 결국 본 종이 연구해역의 갯벌 전역에서 높은 밀도와 넓은 공간분포를 가지는 원인으로 고려할 수 있다.

생체량에 있어서는 갑각류가 6종으로 가장 많았고, 다음으로 연체동물문과 다모류가 공통적으로 2종이 상위에 서열되었다. 이들을 최우선 순위별로 나열해 보면, 연체동물문 이매패류의 가무락조개(*Cyclina sinensis*), 갑각류의 칠게, 쪽, 수동방게(*Helice tridens* wuana), 풀게(*Hemigrapsus penicillatus*), 넓적콩게, 다모류의 명주실타래갯지렁이, 이매패류의 띠조개(*Laternula marilina*), 다모류의 *H. filiformis* 및 갑각류의 가재붙이(*Laomedia astacina*) 등이었다. 상위 10위 우점종들이 나타내는 생체량은 총 2,182.46 gWWt으로 94.20%를 차지하였다. 특히 가무락조개는 928.90 gWWt, 40.10%를 점유하여 가장 높았고, 다음으로 칠게와 쪽이 각각 419.60 gWWt과 308.40 gWWt의 생체량을 보여 18.12%와 13.32%를 차지하였다(Table 3).

한편, 본 연구에서 특징적인 현상은 쪽이 갯벌의 중·하부 조위에 높은 밀도로 서식하고 있다는 점이다. 쪽은 생물·생태학적으로 매우 복잡한 형태의 서식굴(갱도, burrow)을 구축하는 종으로 약 3m



**Table 2.** The top 10 dominant species ranking based on abundance data in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Rank	Taxa	Species name/Sampling time	Spring	Summer	Autumn	Total	%
1	APOL	<i>Heteromastus filiformis</i>	3,440	4,970	5,520	13,930	65.00
2	APOL	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	630	140	280	1,050	4.90
3	CDB	<i>Ilyoplax pusilla</i>	230	350	290	870	4.06
4	CAM	Corophidae unid.	-	-	750	750	3.50
5	APOL	<i>Goniada japonica</i>	210	60	130	400	1.87
6	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	50	120	230	400	1.87
7	CAM	<i>Pleustes</i> sp.	-	-	290	290	1.35
8	CIS	<i>Paranthura japonica</i>	40	90	160	290	1.35
9	APOL	<i>Lumbrineris nipponica</i>	50	90	140	280	1.31
10	APOL	<i>Cirriformia tentaculata</i>	60	70	130	260	1.21

Index : APOL, Annelida polychaeta; CAM, Arthropoda crustacea amphipoda; CDB, Arthropoda crustacea brachyura; CIS, Arthropoda crustacea isopoda

**Table 3.** The top 10 dominant species ranking based on biomass data in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Rank	Taxa	Species name/Sampling time	Spring	Summer	Autumn	Total	%
1	MBI	<i>Cyclina sinensis</i>	107.20	501.50	320.20	928.90	40.11
2	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	107.20	190.40	122.00	419.60	18.12
3	CDA	<i>Upogebia major</i>	190.60	93.80	24.00	308.40	13.32
4	CDB	<i>Helice tridens wuana</i>	-	91.10	34.30	125.40	5.41
5	CDB	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	-	117.30	0.10	117.40	5.07
6	CDB	<i>Ilyoplax pusilla</i>	37.00	38.50	31.90	107.40	4.64
7	APOL	<i>Cirriformia tentaculata</i>	16.60	29.48	20.26	66.34	2.86
8	MBI	<i>Laternula marilina</i>	0.20	45.40	1.00	46.60	2.01
9	APOL	<i>Heteromastus filiformis</i>	6.66	10.13	14.73	31.52	1.36
10	CDA	<i>Laomedia astacina</i>	-	30.90	-	30.90	1.33

Index : APOL, Annelida polychaeta; CDA, Arthropoda crustacea anomura; CDB, Arthropoda crustacea brachyura; MBI, Mollusca bivalvia

깊이의 Y자형 갯도를 가진다. 또한 이러한 서식굴에 생활하는 쪽은 유기물 섭취를 위하여 능동적으로 수류를 일으켜 수중의 미생물과 먹이원을 걸러서 섭취하는 대표적인 현탁물식자이다. 따라서 쪽

개체군은 서식굴을 구축하면서 퇴적물 구조(sedimentary structure)를 변화시킬 뿐만 아니라 영양염에 순환에도 중요한 역할을 수행한다(Koike and Mukai, 1983). 이렇듯 썩 개체군이 해당 생태계에서 중요한 생태학적 기능을 수행함에도 불구하고, 본 종이 높은 밀도로 서식하는 중·하부의 정점 4와 5에서 출현 종수가 상대적으로 낮았다. Rhoads and Young(1970)은 생태계에서 단일한 특정 종이 높은 밀도로 서식하는 해역에서 생물 간의 상호작용이 서식밀도의 결정에 영향을 미친다고 하였다. 즉, 퇴적물식자는 재퇴적 활동(sediment reworking activity)을 통해 퇴적물을 교란시키고, 그 결과로 현탁물 식자의 어린 개체들의 높은 치사율을 유발한다는 것이다. 반대로 현탁물식자는 퇴적물식자의 부유유생을 영양원으로 소비함으로써 퇴적물식자의 밀도를 제한한다는 것이다. 결국 서로 다른 식성을 가지는 생물군이 동일한 장소에서 고밀도로 동시에 서식할 수 없다는 것이다(Swinbanks and Luternauer, 1987). 이상에서 본 연구해역의 정점 4와 5에서 낮은 생물다양성은 썩이 고밀도 서식하는 결과로 상기에서 언급한 생물 간의 상호작용이 반영된 결과로 고려할 수 있다.

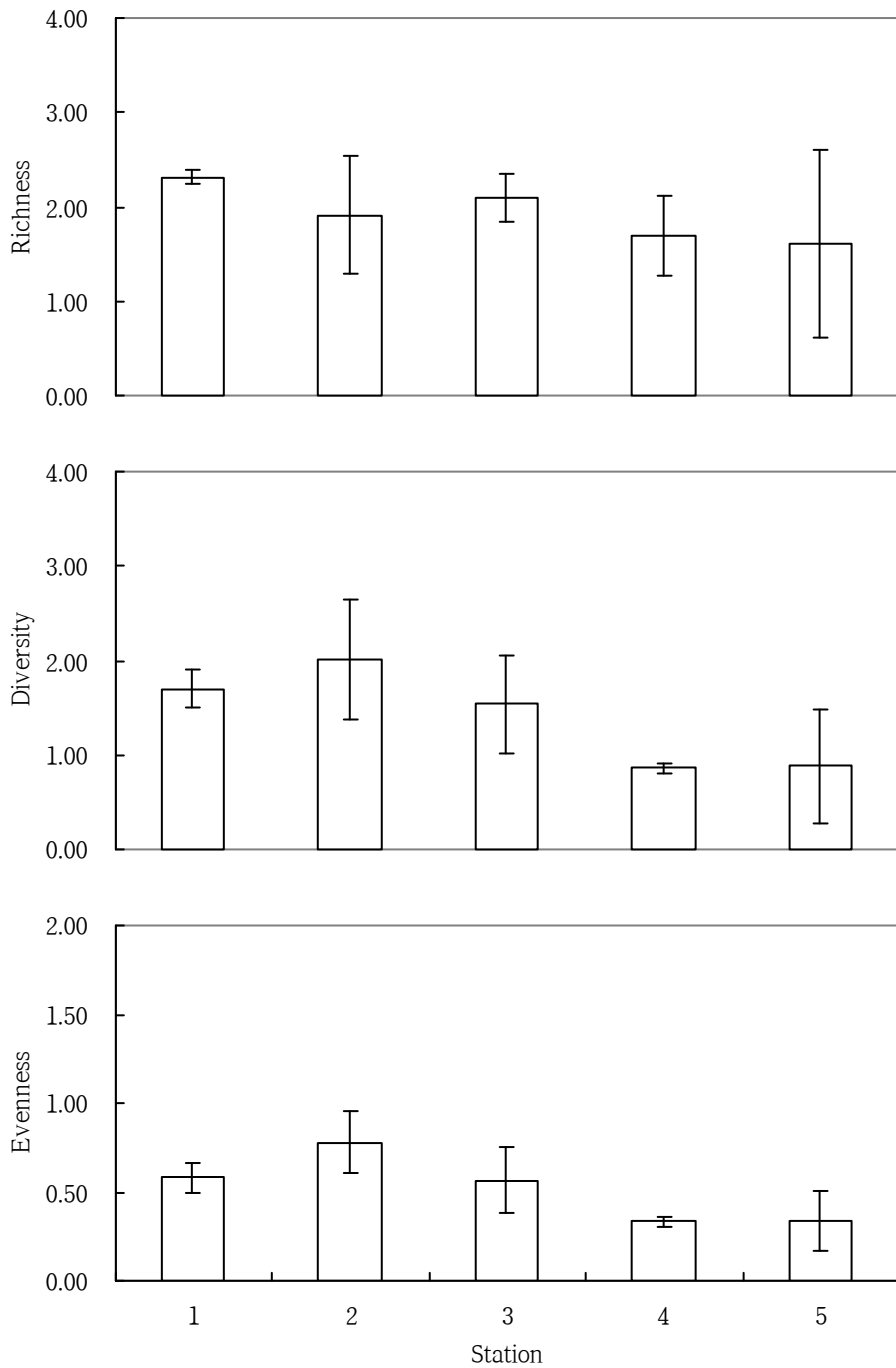
### 3. 생태학적 제 지수 및 군집 구조

본 연구해역에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료를 기초로 생태학적 제 지수를 산출하였다(Table 1). 종 풍부도는 조사 전 기간에 걸쳐 0.93~2.75의 범위에 정점 당 평균 값은 1.92이었다. 7월의 정점 5에서 가장 낮았고, 9월의 정점 5에서 가장 높았다. 전반적으로 각 조사 시기에 갯벌의 상부 정점군(정점 1과 2)에서 2.00 이상의 수치를 나타내 상대적으로 높았고, 계절에 따라서는 9월에 모든 정점에서 2.00 이상으로 높았다. 한편, 모든 조사 시기에 따른 각 정점에서의 평균 종 풍부도는 1.60~2.31의 범위에 정점 5에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 정점 1에서 가장 높았다. 이 외에 정점 3에서 2.09의 수치를 보여 상대적으로 높았다. 전반적으로 가장 낮은 값을 보인 정점 5에서의 변화폭이 크게 나타났다(Fig. 4).

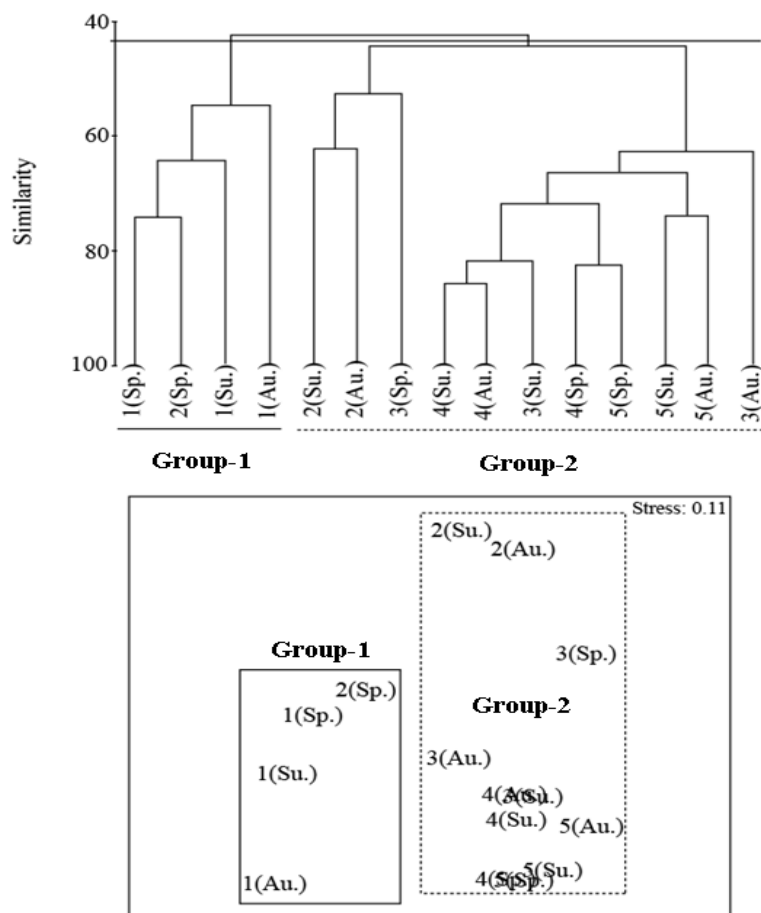
종 다양도는 최소 0.33(7월의 정점 5)에서 최대 2.40(7월의 정점 2)의 범위에 평균 1.40을 나타내었고, 이 밖에도 4월의 정점 3과 9월의 정점 2에서 각각 2.06과 2.35의 값으로 높았다. 모든 조사 시기를 고려한 각 정점에서의 평균 종 다양도는 최소 0.86(정점 4)에서 최대 2.01(정점 2)의 범위를 보였다. 그러나 평균 다양도 수치가 가장 높거나 낮았던 상기 2개의 정점은 다른 정점과 비교하여 상대적으로 변화폭이 크다는 공통점이 있었다(Fig. 4).

균등도는 0.16~0.91의 범위에 평균 0.52를 나타내었다. 7월의 정점 5에서 가장 낮았고, 동일 시기의 정점 2에서 높았다. 이 외에 4월의 정점 4와 5, 7월의 정점 3과 4 및 9월의 정점 4에서도 0.30 내외의 낮은 값을 보였는데, 이것은 *H. filiformis*의 대량 출현에 기인한 결과이었다. 모든 조사 시기에 따른 각 정점에서의 균등도는 최소 0.33(정점 4)에서 최대 0.78(정점 2)의 범위를 보였다. 또한 정점 5에서도 0.34의 값을 나타내 상대적으로 낮았다. 전반적으로 정점 2를 제외한 모든 정점에서 균등도 수치는 낮았다(Fig. 4).

대형저서동물 군집의 구조를 파악하기 위하여 Bray and Curtis(1957)의 유사도 지수를 계산하여 수지도와 다차원배열법으로 표시하였다(Fig. 5). 분석에서는 전체 출현 개체수의 0.50% 이상을 점유하는 20종을 대상으로 하였고, 원자료는 square root로 변환하였다. 분석 결과, 크게 2개의 정점군으로 구분되었다. 이 중 정점군 1은 갯벌의 최상부에 위치한 모든 계절의 정점 1과 춘계의 정점 2로 구성



**Fig. 4.** Variation of mean species richness, species diversity and evenness of macrobenthic animals at each station on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea Strait.



**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 on the Gwaneumpo tidal flat, Hallyeohaesang National Park, Korea Strait(Sp, spring; Su, summer; Au, autumn).

되었고, 정점군 2는 정점군 1을 제외한 시기의 갯벌의 상·중부에서 하부까지의 모든 정점들이 포함되었다. 이상의 결과로 보면, 지형학적으로 정점군 1은 갯벌의 상부역에, 정점군 2는 갯벌의 상·중에서 저조선의 하부에 위치한다는 특징이 있었다. 반면 대형저서동물 군집의 관점에서 *H. filiformis*는 전반적으로 모든 정점에서 밀도가 높다는 공통점이 있었다. 이를 제외한 정점군 1에서는 다모류의 붉은집참갯지렁이, 명주실타래갯지렁이, 계류의 넓적콩게, 단각류의 육질꼬리옆새우류 및 등각류의 큰마디벌레가 대표적인 생물이었다. 반면, 정점군 2에서는 다모류의 등가시버들갯지렁이(*Capitella capitata*), 치로리미갑갯지렁이(*Glycera chirori*), 계류의 칠게, 단각류의 주걱턱옆새우류 및 집게류의 쪽이 상대적으로 높은 밀도를 나타내었다.

상기에서와 같이 관음포 갯벌에 서식하는 대형저서동물 군집은 크게 2개의 그룹으로 구분되었다.

지금까지의 갯벌 연구에서 대형저서동물의 군집 구조 및 대상구조 패턴을 결정하는 가장 큰 요인은 해역의 지형학, 물리·화학적 환경요인, 생물상호 작용과 갯벌에 서식하는 식물군락 등의 서식 유무 등이었다. 또한 많은 연구에서 기질로서 작용하는 퇴적물의 조성 and 조위에 따른 노출시간 등도 중요한 환경요인이었다(Frey *et al.*, 1987; 홍과 서, 2001; 서, 2003). 본 연구에서도 이들 군집은 일차적으로는 갯벌의 조위에 의해 군집 구조를 달리하는 동일한 결과를 보였다. 한편, 인위적인 교란이 없는 상태의 서해안 갯벌에서 대형저서동물 군집의 대상구조는 펄 함량이 상대적으로 높은 상부에서는 절지동물문 갑각류의 계군집이 우세한 Brachyuran zone이, 중부 조위는 연체동물문의 이매패류가 우점하는 Molluscan zone이, 그리고 모래함량이 상대적으로 높은 하부 조위는 극피동물문의 해삼류가 높은 밀도를 나타내는 Holothuroidean zone으로 규정한 바 있다(Frey *et al.*, 1987; 홍과 서, 2001). 그러나 퇴적상은 상기에서 언급하였듯이 대상 생태계의 지형학적 특성과 그에 따른 물리적 작용에 의해 궁극적으로 결정되기 때문에 상기에서 제안된 3개 분류군에 기인한 대상구조 패턴을 한반도 전역의 갯벌로 일반화하기에는 무리가 있다. 본 연구에서도 일부 이러한 대상구조 패턴을 보이기는 하나 갯벌의 전역에서 *H. filiformis*의 밀도가 높았고, 특히 갯벌의 중·하부에서는 썩 개체군의 특징적으로 출현하였다. 결국 본 연구해역은 갯벌의 퇴적상과 조위 이외에 생물군의 상호작용이 군집 구조와 대상구조 패턴에 보다 영향을 미친 것으로 고려할 수 있었다.

## 사 사

본 연구는 2006년 국립공원 자연자원조사(한려해상국립공원)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 국립공원관리공단. 2006. 한려해상국립공원 자연자원조사.
- 국토해양부. 2008. 한국의 갯벌. p. 32.
- 서인수. 2003. 인천 갯벌 저서동물의 군집 구조와 먹이망. 인하대학교 이학박사학위논문. p. 273.
- 서인수, 홍재상. 2006. 갯벌을 이용하는 풀망둑(*Acanthogobius hasta*)과 쉬쉬망둑(*Chaeturichtys stigmatias*)의 섭식생태. 한수지. 39(특별호): 165-179.
- 서인수, 홍재상. 2007. 장봉도 갯벌의 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)와 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 섭식생태. 한수지. 40(2): 84-94.
- 정래홍. 1997. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장기변동 연구. 인하대학교 이학박사 학위 청구논문. p. 306.
- 한국해양연구소. 1998. 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구(2차년도). BSPE 98701-00-1153-3. p. 559.
- 홍재상, 서인수. 2001. 인천 송도지역 척전 갯벌 대형저서동물의 군집 생태학 1. 군집의 구조. 한국해양학회지 바다. 6(3): 190-200.

- Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Demestre, M., P. Sanchez and M. J. Kaiser. 2000. The behavioral response of benthic scavengers to otter-trawling disturbance in the Mediterranean. In *Effects of Fishing on Nontarget Species and Habitats* (ed. Kaiser, M. J. and S. J. de Groot), Oxford: Blackwell Science. 121-129.
- Frey, R. W., J. S. Hong, J. D. Howard, B. K. Park and S. J. Han. 1987. Zonation of benthos on a macrotidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana marit.* 19(5/6): 295-329.
- Koh, C. H. 1997. Korean megatidal environments and tidal power projects: Korean tidal flat-biology, ecology and land uses by reclamations and other feasibilities. *La Houille Blanche.* 3: 66-78.
- Koike, I. and H. Mukai. 1983. Oxygen and inorganic nitrogen contents and fluxes in burrows of the shrimp *Callinassa japonica* and *Upogebia major*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 12: 185-190.
- Levinton, J. S. 1995. *Marine Biology-Function, Biodiversity, Ecology*-Oxford University Press Inc. New York. p. 420.
- Margalef, R. 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publnes Inst. Biol. Apl. Barcelona.* 9: 5-27.
- Olsgard, F. and J. S. Gray. 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploitation and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122: 227-306.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, New York. p. 165.
- Reise, K. 1985. *Tidal Flat Ecology-an Experimental Approach to Species Interaction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p. 191.
- Rhoads, D. C. and D. K. Young. 1970. The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.* 28: 150-178.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1949. *The Mathematical Theory of Communication* Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois. p. 125.
- Swinbanks, D. D. and J. L. Lutenauer. 1987. Burrow distribution of Thalassinidean shrimp on a Fraser Delta tidal flat, British Columbia. *J. Paleont.* 61(2): 315-332.
- Szedlmayer, S. T. and J. C. Howe. 1997. Substrate preference in age-0 red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Envi. Biol. Fish.* 50: 203-207.
- Thouzeau, G., G. Robert and R. Ugarte. 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.
- van der Veer, H. W., L. Phil and M. J. N. Bergman. 1990. Recruitment mechanisms in North Sea plaice *Pleuronectes platessa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 64: 1-12.

## 요 약

한려해상국립공원 남해대교지구의 관음포 갯벌에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집 구조를 파악하기 위하여 2006년 4월, 7월 및 9월에 현장조사를 실시하였다. 조사 기간 중, 총 67종/1.5m<sup>2</sup>, 21,430개체(1,429개체/m<sup>2</sup>)와 2,316.02 gWWt(154.40 gWWt/m<sup>2</sup>)의 대형저서동물이 출현하였다. 출현 종수는 절지동물문의 갑각류와 환형동물문의 다모류가, 생체량은 갑각류와 연체동물문이 대표적인 분류군이였다. 개체수와 생체량에 근거한 우점종을 보면, 개체수와 생체량에 있어서 상위 10위 우점종들이 차지하는 밀도와 생체량 점유율은 각각 86.40%와 94.20%이었다. 연구해역 갯벌에 서식하는 대형저서동물 군집에 대한 집괴분석 및 다차원배열법에 의한 결과, 관음포 갯벌은 크게 2개의 정점군으로 구분되었다. 이 중 정점군 1은 갯벌의 최상부에 위치한 정점군으로 다모류의 붉은집참갯지렁이(*Ceratonereis erythraeensis*), 명주실타래갯지렁이(*Cirriformia tentaculata*), 게류의 넓적콩게(*Ilyoplax pusilla*), 단각류의 육질꼬리옆새우류(*Corophidae* unid.) 및 등각류의 큰마디벌레(*Paranthura japonica*)가 대표적인 생물이었다. 정점군 2는 갯벌의 중·하부에 위치한 정점군으로 다모류의 등가시버들갯지렁이(*Capitella capitata*), 치로리미갯지렁이(*Glycera chirori*), 게류의 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 단각류의 주걱턱옆새우류(*Pleustes* sp.)와 집게류의 쪽(*Upogebia major*)이 특징적인 생물이었다.

검색어 : 대형저서동물, 군집, 관음포 갯벌, 한려해상국립공원