

한려해상국립공원 조하대 해역 대형저서동물의 군집구조

윤건택 · 서인수^{1,*} · 김광봉² · 최병미¹ · 손민호¹

인하대학교 해양학과, ¹해양생태기술연구소, ²국립공원연구원

Community Structure of Macrobenthic Fauna in the Hallyeohaesang National Park from Korea Strait, Korea

Kon-Tak Yoon, In-Soo Seo^{1,*}, Kwang Bong Kim², Byoung-Mi Choi¹ and Min Ho Son¹

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

¹Marine Eco-Technology Institute, Co., Ltd., Yongdang 485-1, Namgu, Busan 608-804, Korea

²Korea National Park Service, Namwon-si 590-811, Korea

Abstract – The study was performed to investigate the community structure of macrobenthic fauna during June 2005, in Hallyeohaesang National Park from Korea Strait. A total of 284 macrobenthic fauna were collected. The overall average macrobenthic density and biomass were 2,002 individuals m⁻² and 154.92 gWWt m⁻², respectively. Based on the Lebris (1988) index, there were 20 species accounting for approximately 47.64% of total individuals. And the highest densities were found in the polychaetes *Scoletoma longifolia*, *Isolda pulchella*, *Mediomastus californiensis*, *Minuspio multibranchia*, *Tharyx* sp. 1 and the bivalve *Theora fragilis*. On the other hand, the top twenty species made up 70.47% of the total biomass while the three most abundant, the echinoderms *Schizaster lacunosus*, *Amphiura vadicola* and the bivalve *Fulvia mutica*. The conventional multivariate statistics (cluster analysis and non-metric Multi-Dimensional Scaling) applied to assess spatial variation in macrobenthic assemblages. As a result of cluster analysis and nMDS ordination, this study area was divided into two different groups of stations and species. In case of station, there are two groups : one is a mud dominated station group and the other is dead shell and sand dominated group. And the 2 faunistic groups were established as follows : 1) a group of relatively higher abundances in mud dominated sediment. There were numerically dominated by the polychaetes *Magelona japonica*, *Sternaspis scutata*, *Paraprionospio pinnata*, *Tharyx* sp. 1 and the amphipods *Monocorophium sinense* and *Eriopisella sechellensis*. 2) a group of relatively higher densities dead shell and sand dominated sediment. These groups were characterized by the polychaetes *I. pulchella*, *M. multibranchiata*, the amphipods *M. acherusicum*, *Gammaropsis japonicus* and the echinoderm *A. vadicola*.

Key words : macrobenthic fauna, distribution, community structure, Hallyeohaesang National Park, Korea

* Corresponding author: In-Soo Seo, Tel. 051-611-6200, Fax. 051-611-0588, E-mail. isseo@marine-eco.co.kr

서론

국립공원은 “우리나라의 자연생태계나 자연 및 문화 경관을 대표할만한 지역”으로 규정되어 있고, 이러한 정의를 기초로 보전과 지속가능한 이용이 다각적으로 모색되고 있다(한국해양수산개발원 2002). 2005년 현재, 해상과 육상을 포함한 국립공원은 총 20개소가 지정되어 있고, 이 가운데 해상·해안국립공원은 4개소가 분포한다. 해상·해안국립공원이 차지하는 면적은 전체 국립공원 면적의 50.90%인 총 3,348.43 km²에 달한다. 본 연구의 대상해역인 한려해상국립공원은 행정구역상 전라남도 여수시 오동도 지구에서 경상남도 거제·해금강 지구에 이르는 2개도 7개시 7개군에 총 96개의 도서를 포함하는 넓은 공간적 범위를 가지고 있고, 510.32 km²의 면적을 점유하고 있다.

해상·해안국립공원이 속한 연안역(국립공원포함, 갯벌 및 하구역)은 하천이나 호수 등의 내륙수역과 더불어 인간의 일상생활 및 활동과 밀접한 관련을 가지고 있다. 특히, 해양생물의 서식 및 산란장으로써 뿐만 아니라 주요 수산물을 제공하며, 오염원이 해역으로 유입되었을 때 발생가능한 부정적 영향을 저감하는 등 환경적인 측면에서도 그 중요성은 매우 크다. 그러나 인간 삶의 질 향상에 따른 여가문화의 비약적인 발달과 더불어 탐방객의 과다방문 및 부가적으로 발생하는 쓰레기 투기(오염부하량의 증가)와 생물 남획 등에 따른 서식처 교란 등의 문제가 대두되고 있는 것이 사실이다. 즉, 이러한 일련의 행위는 생태계가 가지는 고유한 기능을 점진적으로 감소시킬 뿐만 아니라, 주변 생태계와 직·간접적으로 관계를 맺고 있는 인간에게도 영향을 미칠 것으로 추정할 수 있다. 이러한 이유로 연안역에 인접한 해상·해안국립공원의 지속가능하고 건전한 이용을 도모하기 위해서는 우선적으로 서식처별 생물다양성과 서식생물의 생태적 특성을 파악하는 일이 시급하다.

한편, 본 연구의 대상생물인 대형저서동물은 해양생태계의 중요한 구성요소 중의 하나로 복잡한 시·공간적 패턴을 보이며, 생물다양성 측면에서 매우 높은 가치를 가지고 있다(van der Maarel 1990). 또한 행동학적으로 대형저서동물은 비교적 이동성이 적어 플랑크톤이나 어류의 군집과 비교하여 해역의 환경을 모니터링하는 데 유용하게 이용되고 있다. 또한, 저서환경의 변화에 민감하여 이들 군집의 다양도와 개체수는 생태계의 건강도를 측정하는 요소로 알려져 있을 뿐만 아니라, 상위단계로의 에너지 전달원으로서 매우 중요한 부분을 차지한다(Pearson and Rosenberg 1978; Cohen *et al.* 1982; Thou-

zeau *et al.* 1991). 그럼에도 불구하고 1994년 이래 제1기 한려해상국립공원 자연자원조사가 실시된 이래로 대형저서동물상에 대한 연구는 거제도 및 연안의 저서다모류의 분류 및 군집(Lee 1998; 임 등 2006), 극피동물의 분류(Shin 1998)와 연체동물의 분포(제 등 1991) 연구 등 일부 분류군에 한정되어 수행되었다.

본 연구는 한려해상국립공원의 조하대에 서식하는 대형저서동물의 출현 종수 및 생물량(개체수와 생체량)을 우선적으로 파악하고, 하계에 분포하는 대형저서동물의 군집구조를 파악 및 제시하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

한려해상국립공원 내의 조하대 해역에 서식하는 대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여 2005년 6월에 총 25개 정점에 대하여 현장조사를 실시하였다(Fig. 1).

대형저서동물의 채집은 개량된 van Veen grab을 이용하여 정점 당 2회(0.16 m²)의 저질시료를 채취하였다. 이후 1 mm 망목의 체를 이용하여 대형저서동물을 분리한 후, 현장에서 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 분류군 별로 선별한 후, 종 단위까지 동정하였고, 개체수와 생체량을 측정하였다.

무기환경 요인 중, 수온, 염분 및 용존산소(DO) 등은 대형저서동물의 채집과 동시에 다기능수질측정기(YSI-6600 meter)를 이용하여 현장에서 실측하였다. 이 밖에 수질 및 저층 퇴적물의 화학적산소요구량(COD)은 본 연구와 동시에 수행된 결과자료를 참고하였다(국립공원관리공단 2005).

대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여, 다양도(Shannon and Weaver 1949), 풍부도(Margalef 1958) 및 균등도(Pielou 1975) 등의 생태학적 제 지수를 구하였다. 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis (1957)의 유사도지수(similarity index)를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 시기와 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 통계 분석은 PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 다차원배열법(nMDS ordination)으로 표현하였다. 한편, 우점종 서열분석은 개체수, 생체량 및 그 출현빈도를 고려하여 선정하는 LeBris index (1988)를 이용하였고, 그 식은 아래와 같다.

$$D'_{ij} = F_{ij} \times D_{ij} \times 100$$

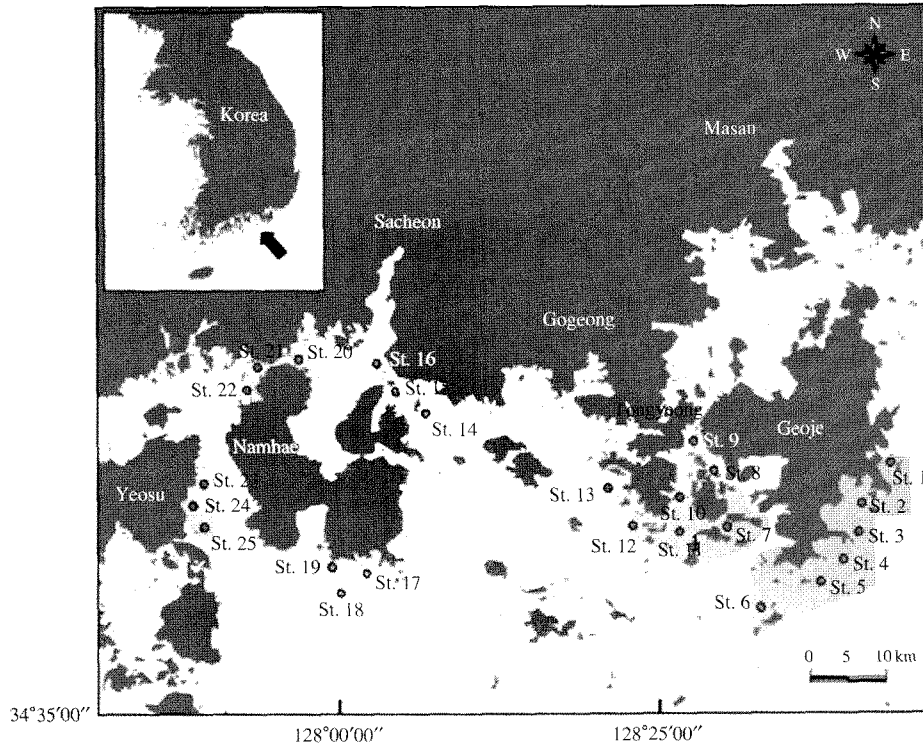


Fig. 1. Sampling sites in the Hallyeohaesang National Park, Korea Strait.

$$= \left(\frac{P_{ij}}{P_j} \times 100 \right) \times \left(\frac{\sum_{k=1}^p N_{ik}}{N_k} / P_j \right) \times 100$$

- P_{ij} : j번째 군집에서 종 i의 출현횟수,
- P_j : j번째 군집의 전체 정점수,
- N_{ik} : j군집 군집에서 k번째 정점에 출현하는 종 i의 개체수 또는 생체량,
- N_k : k번째 정점에서 전체 개체수 또는 생체량

결과 및 고찰

1. 환경요인

한려해상국립공원 내의 총 25개 정점에 대한 수심, 수온 및 염분농도를 파악한 결과, 수심은 9~51 m의 범위에 평균 수심은 21 m이었다(Table 1). 거제·해금강지구에서 상대적으로 수심이 깊었다. 수온은 최소 17.05°C(정점 5)에서 최대 22.74°C(정점 22)의 범위에 평균 수온은 19.89°C(±1.67)를 나타내었고, 정점 간의 차이는 상대적으로 크지 않았다. 염분농도는 32.90~34.10 psu의 범위에 평균 값은 33.58 psu(±0.36)이었다. 표층수의 용존산소는 최소 6.95 mg L⁻¹(정점 15)에서 최대 8.53 mg

L⁻¹(정점 25)의 범위에 평균 값은 7.70 mg L⁻¹(±0.46)이었다. 한편, 현장 조사 시의 관찰에 의하면, 대형저서동물에게 기질로서 작용하는 퇴적상은 주로 펄, 모래 및 죽은 패각 등이 포함된 매우 이질적인 분포양상을 보이거나 혹은 펄 또는 모래로만 구성된 단순한 퇴적상을 나타내었다. 한편, 퇴적물 시료가 채취되지 못한 거제·해금강지구의 정점 1부터 6, 통영·한산지구의 정점 10 및 사천지구의 정점 16을 제외하면, 퇴적물의 유기물함량(강열감량)은 2.02~6.64%의 범위에 정점 당 평균 4.48%(±1.37)를 나타내었다. 모래함량이 많은 사천지구의 정점 15에서 가장 낮았고, 통영·한산지구의 정점 8에서 가장 높았다. 반면, 퇴적물의 화학적산소요구량은 최소 2.90 g kg⁻¹(정점 15)에서 최대 27.80 g kg⁻¹(정점 8)의 범위에 평균 14.17 g kg⁻¹(±6.96)을 나타내었다. 이 밖에도 정점 9와 11에서 각각 22.90 g kg⁻¹과 22.50 g kg⁻¹의 수치를 보였다. 이상을 종합하면, 퇴적물의 강열감량과 화학적산소요구량은 사천지구가 각각 평균 2.82%와 6.60 g kg⁻¹을 나타내 상대적으로 양호하였다. 반면, 통영·한산지구와 오동도지구는 각각 평균 4.84%, 19.06 g kg⁻¹ 및 4.95%, 14.17 g kg⁻¹을 나타내었다. 이상에서와 같이 통영·한산지구에서 상대적으로 높은 퇴적물의 유기물함량 및 화학적산소요구량은 공간적으로 주변 해역

Table 1. Variation of environmental parameters at each station in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Station	Water depth (m)	Water temperature (°C)	Salinity (‰)	DO (mg L ⁻¹)	Sediment content organic (%)	Sediment COD (g kg ⁻¹)
1	22	19.64	33.86	7.79	—	—
2	30	17.51	34.05	7.86	—	—
3	22	18.62	33.94	8.18	—	—
4	37	17.34	34.10	7.55	—	—
5	51	17.05	34.04	7.42	—	—
6	34	17.55	33.94	7.52	—	—
7	14	18.25	33.95	7.79	—	—
8	12	21.56	33.27	8.21	6.09	27.80
9	9	20.80	33.18	7.58	6.64	22.90
10	16	21.33	33.46	8.38	—	—
11	27	19.33	33.82	8.23	5.06	22.50
12	23	21.72	33.41	8.05	4.25	13.20
13	18	22.03	33.42	8.04	2.17	8.90
14	18	19.81	33.63	7.12	3.61	10.30
15	14	19.82	33.68	6.95	2.02	2.90
16	17	19.74	33.24	6.96	—	—
17	22	19.48	33.89	7.82	4.36	10.90
18	28	19.82	33.83	7.58	5.09	14.50
19	15	19.76	33.82	7.77	4.69	12.90
20	18	22.55	33.13	7.28	3.85	17.20
21	16	22.56	33.12	7.20	4.18	10.40
22	16	22.74	32.90	7.66	4.81	9.80
23	14	19.46	33.22	8.15	4.11	13.90
24	12	19.28	33.38	6.98	4.98	15.10
25	14	19.47	33.23	8.53	5.76	13.50
Minimum	9	17.05	32.90	6.95	2.02	2.90
Maximum	51	22.74	34.10	8.53	6.64	27.80
Average	21	19.89	33.58	7.70	4.48	14.17

에 어·패류 양식장이 다수 밀집해 있다는 점과 잉여사료 및 생물배설물에 기인한 유기오염물의 유입이 크게 영향을 미친 것으로 추정된다. 일반적으로 연성저질에 있어서 대형저서동물군집은 비교적 이동성이 적다는 이유로 인하여 해역의 환경변화를 감시하는 데 있어 유용하게 이용되어 왔다. 특히, 기질로써 작용하는 퇴적물의 조성 및 이질성(heterogeneity)의 정도는 대형저서동물의 행동이나 먹이섭취 양상에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 (Gray 1981; Weston 1988; Levinton 1995; 정 1997), 대형저서동물 군집과 분포를 결정하는 중요한 요인이 된다 (Szedlmayer and Howe 1997; Demestre *et al.* 2000). 따라서 대형저서동물의 군집구조와 분포양상을 파악하기 위하여 서식처 주변해역의 해류 및 조류의 흐름과 세기, 해안의 차폐정도 등을 우선적으로 조사하여야 하며, 이를 기초로 종 조성과 생물량에 대한 특성 파악이 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서는 퇴적물의 입도조성에 대한 정밀한 현장조사가 이루어지지 않아 이들의 분포양상에 미치는 요인을 정확하게 진단하기 어려웠다.

2. 대형저서동물의 생물다양성 및 생물량 (개체수 및 생체량)

총 25개 정점에 대한 현장조사 결과, 284종의 대형저서동물이 출현하였고, 개체수와 생체량은 각각 52,850개체 (2,202개체 m⁻²)와 3,718.07 gWWt (154.92 gWWt m⁻²)이었다. 출현 종수는 환형동물문의 다모류가 137종이 출현하여 전체의 48.24%를 점유하였다. 다음으로 연체동물문과 절지동물문의 갑각류가 각각 64종, 22.54%와 60종, 21.13%를 차지하였다. 이 밖의 극피동물문과 기타 동물군은 각각 14종 (4.93%)과 9종 (3.17%)이 출현하여 상대적으로 종 다양성이 낮았다. 정점별로는 생물이 전혀 채집되지 않은 정점 6을 제외하면, 8~92종의 범위에 정점 당 평균 47종이 채집되었다. 거제·해금강지구의 정점 1에서 가장 적었고, 통영·한산지구의 정점 7에서 가장 다양하였다. 이 외에도 사천지구의 정점 14와 16, 남해대교지구의 정점 20과 오동도지구의 정점 24에서 70종 이상이 채집되어 상대적으로 종 다양성이 높았다 (Fig. 2).

개체수에 있어서도 출현 종수의 경향과 동일하게 다

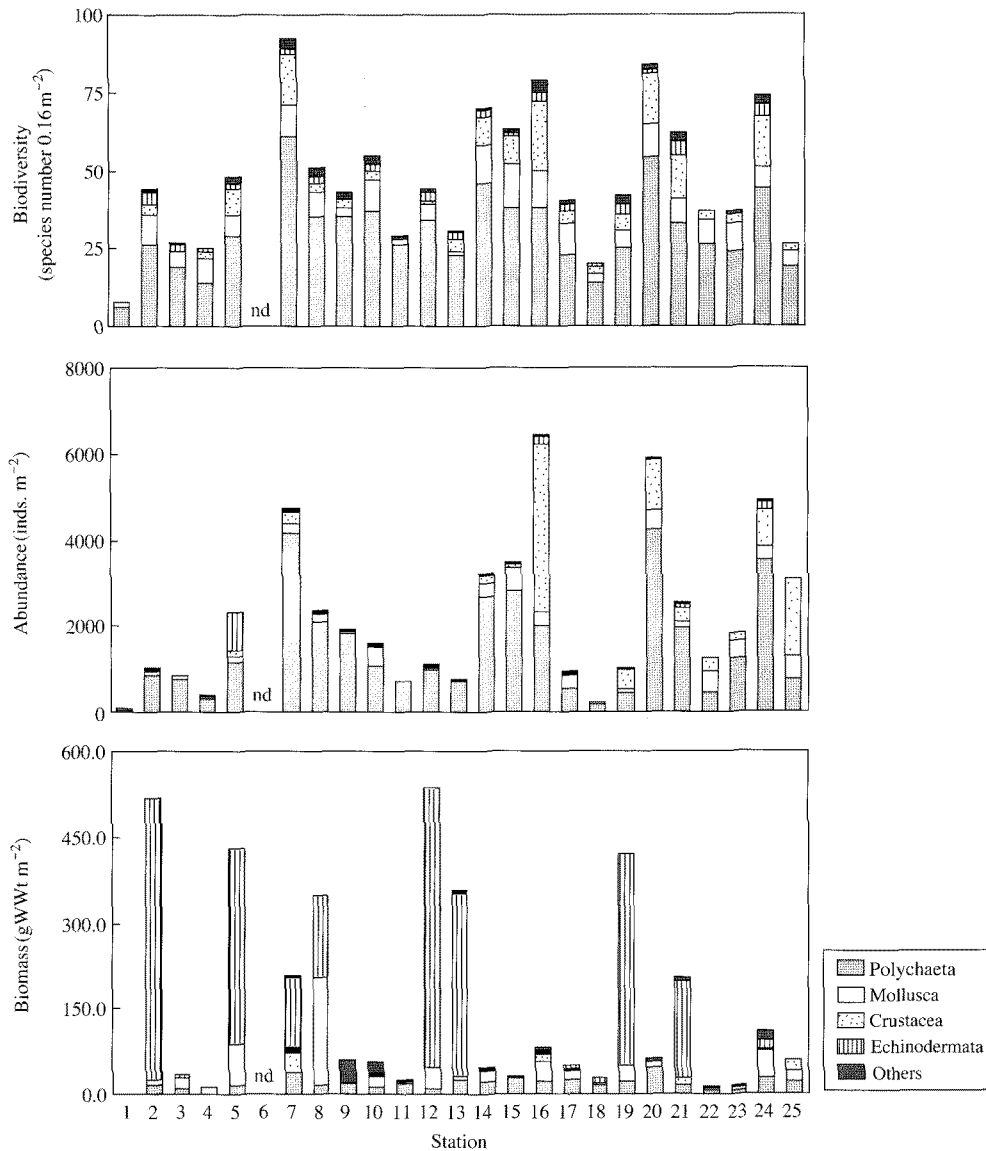


Fig. 2. Species number, abundance and biomass of macrobenthic fauna in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait (nd, no data).

모류가 35,518개체가 채집되어 전체의 67.21%의 높은 점유율을 보였다. 다음으로는 갑각류와 연체동물문은 각각 9,912개체, 18.75%와 5,299개체, 10.03%를 차지하였다. 종 다양성이 낮았던 극피동물문과 기타동물군은 각각 1,694개체 (3.21%)와 427개체 (0.81%)가 출현하여 낮은 점유율을 나타내었다. 정점에 따라서는 최소 70개체 m⁻²(정점 1)에서 최대 6,447개체 m⁻²(정점 16)의 범위에 정점 당 평균 출현 밀도는 2,202개체 m⁻²이었다. 이 밖에도 정점 7, 20과 24에서 4,000개체 m⁻² 이상으로 많았던 반면, 정점 4와 18에서는 500개체 m⁻² 이하로 적었다(Fig. 2).

한편, 생체량은 단일 개체의 중량이 상대적으로 높은

극피동물문이 2,503.39 gWWt으로 67.33%를 점유하였다. 다음으로 연체동물문과 다모류가 각각 592.77 gWWt, 15.94%와 439.72 gWWt, 11.83%를 차지하였다. 이 외에 기타동물군은 107.51 gWWt으로 2.89%를, 갑각류는 74.69 gWWt을 나타내 2.01%로 점유율이 매우 낮았다. 정점별로는 1.52~537.55 gWWt m⁻²의 범위에 정점 당 평균 154.92 gWWt m⁻²을 나타내었다. 정점 1에서 가장 낮았고, 정점 12에서 가장 높았다. 또한 정점 2, 5와 19에서도 400.00 gWWt m⁻² 이상의 생체량을 보여 상대적으로 높았다(Fig. 2).

이상에서와 같이 조사 정점 수와 그에 따른 채집면적의 차이는 있지만 지구별 출현 종수는 상주·금산지구

에서 83종으로 가장 적었고, 통영·한산지구에서 157종으로 가장 많았다. 이 밖의 지역에서는 103~138종의 범위를 나타내었다. 그러나 단위면적당(m^2) 평균 출현 종수에 있어서는 사천지구에서 71종으로 가장 높았고, 다음으로 남해대교지구(61종), 통영·한산지구(49종), 오동도지구(46종), 상주·금산지구(34종) 및 거제·해금강지구(30종)로 다소 차이가 있었다. 개체수에 있어서도 최소 2,191개체(상주·금산지구)에서 최대 13,300개체(통영·한산지구)의 범위를 보였고, 이 외에 사천지구, 남해대교지구 및 오동도지구에서 9,000개체 이상의 밀도를 나타내 상대적으로 밀도가 높았다. 그러나 단위면적당(m^2) 평균 밀도에 있어서는 사천지구가 4,387개체로 가장 높았고, 다음으로 오동도지구와 남해대교지구가 각각 3,276개체와 3,234개체를 나타내었다. 생체량은 159.98~1,594.28 gWWt의 범위에 사천지구에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 통영·한산지구에서 가장 높았다. 이 외에도 상대적으로 조사 정점수가 많은 거제·해금강지구에서 높았다. 또한, 지구별 평균 생체량에 있어서도 통영·한산지구는 227.75 gWWt으로 가장 높았고, 다음으로 거제·해금강지구와 상주·금산지구가 각각 200.22 gWWt과 166.70 gWWt으로 그 다음을 차지하였다(Table 2).

지금까지 본 연구와 같이 공간적으로 비교적 넓은 지역을 대상으로 한 연구결과는 없었고, 다만 일부 분류군과 제한된 해역에 대한 생물다양성의 보고 및 기재가 있었다. 이 중 다모류는 거제도 남동부 연안에서 40종(Lee 1998)과 62~73종(임 등 2006)의 범위로 출현하였고, 극피동물문은 20종이 보고된 바 있다(Shin 1998). 또한, 연체동물문은 102종이 출현하였으나, 조사의 범위가 동중국해에서부터 대한해협에 이르는 매우 넓은 공간적 범위를 갖는다는 점에서 직접적인 비교가 어려웠다. 한편, 본 연구해역에서 출현한 284종은 주로 남해안의 내만 해역을 중심으로 현장조사가 수행된 전남 득량만의 118종(마 등 1995), 경남 진해만의 287종(임과 홍 1997)과 237종(백과 윤 2000), 앵강만의 233종(임 등 1999) 및 부산의 가덕도 주변해역의 260종(윤과 백 2001)과 비교하여 많거나 또는 동일한 수준이었다. 또한, 단위면적당(m^2) 개체수에 있어서도 득량만의 1,432개체, 진해만의 1,046개체, 앵강만의 1,358개체, 진해만의 1,939개체 및 가덕도의 1,729개체와 비교하여 많았다. 이상의 결과로 볼 때, 연구해역의 지형학적 특성, 채집시기 및 채집면적과 연구자의 생물동정의 강도에서 기인한 차이가 있지만 본 해역의 생물다양성과 출현 밀도가 매우 높음을 알 수 있었다.

Table 2. Biodiversity, abundance and biomass of macrobenthic fauna at each division in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Items/ Division	Geoje · Haekeum		Tongyong · Hansan		Sacheon		Sangju · Keumsan		Namhae Bridge		Odongdo	
	Sum	Mean (m^2)	Sum	Mean (m^2)	Sum	Mean (m^2)	Sum	Mean (m^2)	Sum	Mean (m^2)	Sum	Mean (m^2)
Station number	6 (St. 1~6)		6 (St. 7~13)		3 (St. 14~16)		3 (St. 17~19)		3 (St. 20~22)		3 (St. 23~25)	
Species number	103	30	157	49	138	71	83	34	126	61	105	46
Abundance	4,669	934	13,300	1,900	13,160	4,387	2,191	730	9,702	3,234	9,828	3,276
Biomass	1,001.11	200.22	1,594.28	227.75	159.98	53.33	500.10	166.70	279.38	93.13	183.22	61.07

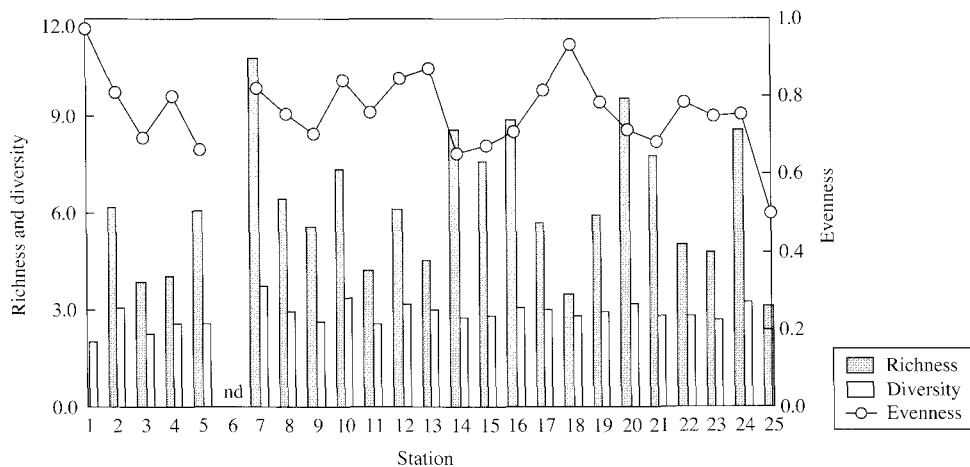


Fig. 3. Ecological indices (richness, diversity and evenness) of macrobenthos in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait (nd, no data).

3. 생태학적 계 지수 및 군집분석

한려해상국립공원내 조하대 해역에 서식하는 대형저서동물 군집의 생태학적 계 지수를 구한 결과, 종 풍부도는 1.65~10.75의 범위에 평균 값은 6.07을 나타내었다. 거제·해금강지구의 정점 1에서 가장 낮았고, 통영·한산지구의 정점 7에서 가장 높았다. 이 밖에도 정점 10, 14, 16, 20과 24에서 8.00 이상으로 높게 나타났다. 종 다양도는 최소 1.62(오동도지구)에서 최대 3.72(통영·한산지구)의 범위에 평균 값은 2.83이었다. 풍부도의 경향과 동일하였고, 정점 2, 8, 10, 12, 13, 16, 17, 20, 24에서 3.00 이상의 수치를 나타내 상대적으로 높았다(Fig. 3). 특히, 이들 정점들은 다른 정점과 비교하여 펄, 모래, 자갈 및 조개껍데기가 혼합되어 분포하는 매우 이질적인 퇴적상(heterogeneous sediment)을 나타내고 있다는 공통점이 있었다. 결국, 이것은 균질한 퇴적물보다는 이질적인 퇴적물에서 생물다양성이 높다는 일반적인 연구결과(서와 홍 2006)와 일치하는 것이었다. 또한, Gray (1974)도 해역의 높은 종 다양도는 분급이 좋지 않은 퇴적물, 즉 이질적인 퇴적물에서 나타난다고 제시한 바 있어 동일하였다. 즉, 퇴적물 구조의 복잡도 및 이질성이 높다는 것은 결국 입자의 균일함의 정도가 매우 불량하다는 것을 입증하는 결과로 크기가 서로 다른 입자가 다양하게 분포한다는 것을 의미하기 때문이다. 균등도는 최소 0.50(정점 25)에서 최대 0.97(정점 1)의 범위에 평균 값은 0.76이었다. 전반적으로 정점 25를 제외하면, 모든 정점에서 0.70 이상으로 높게 나타나 본 연구해역의 대형저서동물 군집이 어떤 특정 종에 의하여 우점되고 있지 않음을 나타내는 결과로 볼 수 있었다.

집괴분석과 다차원배열법을 실시하여 대형저서동물의 군집구조를 파악한 결과, 한려해상국립공원 조하대 지역의 대형저서동물 군집은 크게 2개의 정점군과 2개의 정점으로 구분되었다(Fig. 4). 우선 2개의 정점은 죽은 패각으로 구성되어 종 다양성이 매우 낮았던 정점 1과 거의 대부분 자갈로 구성된 정점 4이었다. 이를 제외하면, 정점군 1은 거제·해금강지구의 4개 정점, 통영·한산지구의 정점 7을 제외한 6개 정점, 상주·금산지구의 정점 18과 19, 남해대교지구의 정점 22, 마지막으로 오동도지구의 정점 23과 25이었다. 반면, 정점군 2는 사천지구의 3개 정점과 그룹 1에 포함되지 않은 정점(정점 7, 17, 20, 21, 24)들로 구성되었다. 결국 본 연구에서 이들 그룹간의 분리는 서식처로서 기질 특성이 크게 반영된 결과로 정점군 1은 주로 펄함량이 높은 퇴적상을 보이는 특징이 있었던 반면, 정점군 2는 죽은 패각과 모래함량이 많았다는 점에서 차이가 있었다. 다만 모래함량이

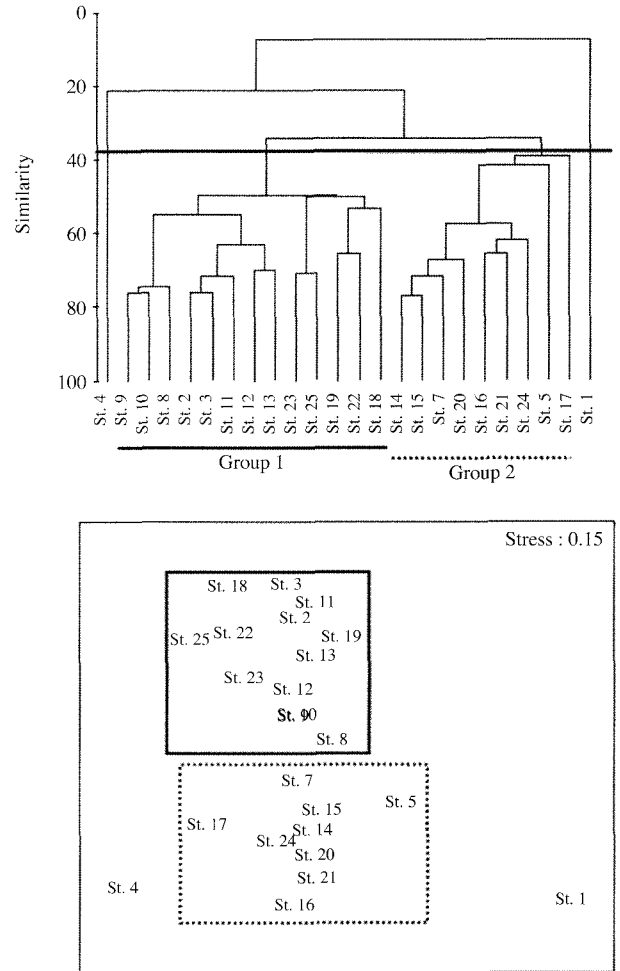


Fig. 4. Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and 2-dimensional nMDS configuration (lower), using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on square-root transformed abundance data.

많았던 정점군 2의 일부 정점에서는 표층 1cm 미만에 펄이 쌓여 있어 특징적이었다. 한편, 정점군 1의 대표적인 종으로는 절지동물문 단각류의 *Monocorophium sinense*, *Eriopisella sechellensis*와 환형동물문 다모류의 양손갯지렁이(*Magelona japonica*), 오뚜기갯지렁이(*Sternaspis scutata*), *Paraprionospio pinnata*, *Tharyx* sp. 1 등이 특징적이었다. 반면, 정점군 2는 다모류의 *Isolda pulchella*, *Mediomastus californiensis*와 *Minuspio multibranchiata*, 단각류의 두가시육질꼬리열새우(*Monocorophium acherusicum*)와 극동육질꼬리열새우(*Gammaropsis japonicus*), 극피동물문의 연안거미불가사리(*Amphiuva vadicola*)가 특징적이었다. 다만, 정점군 2에 포함된 일부 종은 펄퇴적물이 우세한 해역에서 상대적으로 밀도가 높은 경향이 있으나, 이것은 상기에서 언급한 바와 같이 퇴적물의

Table 3. The top 20 dominant species ranking in abundance based on the LeBris index (1988) in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Taxa	Species name	Total individuals	Frequency of occurrence	LeBris index (1988)		
				Fij	Dij	D'ij
APOL	<i>Scoletoma longifolia</i>	5,327	17	70.8	7.9	55,794.8
APOL	<i>Magelona japonica</i>	1,155	14	58.3	5.0	29,151.6
APOL	<i>Mediomastus californiensis</i>	2,373	15	62.5	3.5	21,713.2
APOL	<i>Tharyx</i> sp. 1	1,260	14	58.3	3.7	21,570.2
MBI	<i>Theora fragilis</i>	1,400	17	70.8	2.8	19,757.0
APOL	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	959	17	70.8	2.0	13,890.0
APOL	<i>Isolda pulchella</i>	3,395	8	33.3	3.8	12,600.5
APOL	<i>Glycera chirori</i>	602	17	70.8	1.8	12,501.3
APOL	<i>Sigambra tentaculata</i>	567	17	70.8	1.7	12,106.4
APOL	<i>Nephtys oligobranchia</i>	728	15	62.5	1.9	12,102.3
APOL	<i>Sternaspis scutata</i>	840	12	50.0	2.3	11,361.3
APOL	<i>Paraprionospio pinnata</i>	791	13	54.2	2.0	11,000.1
APOL	<i>Ampharete arctica</i>	616	13	54.2	1.7	9,133.3
APOL	<i>Amphisamytha japonica</i>	490	15	62.5	1.2	7,553.3
APOL	<i>Terebellides stroemii</i>	385	14	58.3	1.3	7,522.8
MBI	<i>Alveolus ojanus</i>	903	12	50.0	1.4	7,099.5
APOL	<i>Minuspio multibranchiata</i>	1,743	8	33.3	1.9	6,412.7
APOL	<i>Heteromastus filiformis</i>	203	12	50.0	1.2	6,207.8
APOL	<i>Anoides oxycephala</i>	910	7	29.2	1.9	5,655.9
APOL	<i>Amaeana occidentalis</i>	532	14	58.3	0.9	5,508.9

※ INDEX : APOL : Annelid polychaeta, MBI : Molluscs bivalvia

Table 4. The top 20 dominant species ranking in biomass based on the LeBris index (1988) in Hallyeohaesang National Park, Korea Strait

Taxa	Species name	Total biomass	Frequency of occurrence	LeBris index (1988)		
				Fij	Dij	D'ij
EEC	<i>Schizaster lacunosus</i>	1,726.55	6	25.0	16.7	41,697.0
APOL	<i>Scoletoma longifolia</i>	36.66	17	70.8	2.8	20,089.5
MBI	<i>Theora fragilis</i>	20.77	17	70.8	2.5	17,810.5
APOL	<i>Glycera chirori</i>	22.97	17	70.8	1.4	10,204.1
APOL	<i>Paraprionospio pinnata</i>	14.43	13	54.2	1.7	9,372.7
MBI	<i>Anisocorbula venusta</i>	8.82	6	25.0	3.5	8,818.5
MBI	<i>Limaria kawamurai</i>	30.31	4	16.7	4.8	7,945.8
MGS	<i>Zeuxis castus</i>	52.15	6	25.0	3.1	7,752.1
APOL	<i>Magelona japonica</i>	12.66	14	58.3	0.9	4,961.4
MBI	<i>Moerella jedoensis</i>	9.04	9	37.5	1.3	4,823.9
APOL	<i>Lygdamis giardi</i>	30.54	4	16.7	2.3	3,868.8
EOP	<i>Amphiura vadicola</i>	288.26	3	12.5	3.0	3,771.1
APOL	<i>Sternaspis scutata</i>	7.06	12	50.0	0.7	3,721.1
EOP	<i>Amphioplus ancistrotus</i>	14.35	5	20.8	1.7	3,641.9
APOL	<i>Inermonephtys gallardi</i>	17.95	3	12.5	2.7	3,398.0
APOL	<i>Isolda pulchella</i>	20.17	8	33.3	1.0	3,370.7
MBI	<i>Fulvia mutica</i>	230.30	2	8.3	3.9	3,228.2
APOL	<i>Lumbrineris japonica</i>	14.32	8	33.3	0.9	2,877.3
OUR	<i>Ciona intestinalis</i>	55.93	2	8.3	3.4	2,838.6
APOL	<i>Lumbrineris cruzensis</i>	6.90	17	70.8	0.4	2,770.9

※ INDEX : APOL : Annelida polychaeta, MBI : Molluscs bivalvia, MGS : Molluscs gastropoda, EEC : Echinodermata echinoidea, EOP : Echinodermata ophiuroidea, OUR : Urochordata

표층에 소량의 펄이 존재하기 때문에 기인한 결과로 추정할 수 있었다.

4. 우점종

한려해상국립공원의 조하대에서 채집된 대형저서동물

의 개체수와 생체량 자료를 기초로 LeBris index (1988)를 이용하여 상위 20까지의 우점종을 선정하였다. 개체수에 의한 우점종을 보면, 환형동물문의 다모류와 연체동물문의 이매패류가 각각 18종과 2종이 서열되었다. 다모류의 우점비율이 매우 높게 나타나 특징적이었고, 이

들 상위 20종이 차지하는 밀도는 총 25,179개체로 전체의 47.60%에 해당하였다. 특히, 이 가운데 긴자락송곳개지렁이 (*Scoletoma longifolia*)는 총 5,327개체의 밀도로 가장 우점하는 종이였다(Table 3). 본 종은 우리나라 전 연안역에서 비교적 높은 밀도로 출현하는 종으로 완전한 모래 퇴적상을 제외한 펄·모래의 혼합퇴적물에서부터 펄 퇴적상에 이르는 다양한 퇴적환경에 분포하는 것으로 보고된 바 있다(정 1997). 본 연구에서도 총 17개 정점에서 출현하여 그 공간적 분포범위가 매우 넓음을 알 수 있었다. 이 밖에도 다모류의 *I. pulchella*, *M. californiensis*, *M. multibranchia*, *Tharyx* sp. 1 및 이매패류의 아기반투명조개 (*Theora fragilis*) 등이 우점하였다. 한편, 긴자락송곳개지렁이, *M. californiensis*, *Tharyx* sp. 1 및 아기반투명조개는 비교적 유기물오염이 심화된 환경에서 높은 밀도를 나타내는 기회종적인 특성을 나타낸다(Pearson and Rosenberg 1978). 따라서 본 연구에서 이들의 높은 밀도와 분포범위를 고려했을 때 향후 본 해역에 대한 지속적인 감시와 그에 따른 관리가 요구된다. 반면, 생체량에 의한 우점종에 있어서는 개체수의 그것과는 다소 차이를 보였다. 긴자락송곳개지렁이를 포함한 다모류가 10종이 서열되었고, 다음으로 아기반투명조개를 포함한 연체동물문 6종이 상위에서 위치하였다. 그 밖의 생물군으로 단일 개체의 생체량이 상대적으로 높은 염통성게 (*Schizaster lacunosus*)를 포함한 극피동물문 3종과 척삭동물문의 유령명게 (*Ciona intestinalis*) 등이 포함되었다. 이들 상위 20종이 차지하는 생체량은 총 2,620.10 gWWt으로 전체의 70.50%를 점유하였다. 특히, 염통성게는 총 1,726.60 gWWt으로 46.40%를 차지하여 가장 높은 생체량을 나타내었다(Table 4).

적 요

본 연구는 한려해상국립공원 해역에 서식하는 대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여 2005년 6월에 현장조사를 실시하였다. 현장조사는 거제·해금강지구에서 여수 오동도지구에 이르는 총 25개 정점을 대상으로 실시하였다. 조사 결과, 총 284종의 대형저서동물이 출현하였고, 단위면적당(m²) 개체수와 생체량은 각각 2,002개체와 154.92 gWWt이었다. 개체수와 생체량의 자료를 기초로 LeBris index(1988)를 이용하여 상위 20까지의 우점종을 선정하였다. 개체수에 있어서 상위 20위 우점종은 전체 출현 밀도의 47.64%를 점유하였고, 중요 우점종은 다모류의 긴자락송곳개지렁이 (*S. longifolia*), *I. pulchella*, *M. californiensis*, *M. multibranchiata*, *Tharyx* sp. 1

및 이매패류의 아기반투명조개 (*T. fragilis*) 등이었다. 반면, 생체량에 있어서는 상위 20위 우점종들이 전체 중량의 70.47%를 점유하였고, 이 가운데 극피동물문의 염통성게 (*S. lacunosus*), 연안거미불가사리 (*A. vadicola*)와 이매패류의 새조개 (*Fulvia mutica*)의 생체량이 높았다. 출현 종의 개체수 자료를 기초로 다변량분석(집괴분석과 다차원배열법)을 실시한 결과, 크게 2개의 정점(정점 1과 4)과 2개의 정점군으로 구분되었다. 이 중 정점군 1은 펄함량이 우세한 정점들로, 정점군 2는 죽은 패각과 모래함량이 높은 정점군으로 대별되었다. 특히, 펄함량이 높은 정점군에서는 다모류의 양손개지렁이 (*M. japonica*), 오뚜기개지렁이 (*S. scutata*), *P. pinnata*, *Tharyx* sp. 1과 절지동물문의 단각류(옆새우류)에 속하는 *M. sinense* 및 *E. sechellensis* 등이 우점하였다. 반면, 모래함량이 많은 그룹 2에서는 다모류의 *I. pulchella*, *M. multibranchiata*, 단각류의 두가시육질꼬리옆새우 (*M. acherusicum*), 극동육질꼬리옆새우 (*G. japonicus*) 및 연안거미불가사리가 특징적이었다.

사 사

본 연구는 2005년 국립공원 자원조사(한려해상국립공원)의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 국립공원관리공단. 2005. 한려해상국립공원 자연자원조사. 1040pp.
- 마재우, 홍성윤, 임현식. 1995. 득량만의 저서동물 분포. 한수지. 28:503-516.
- 백상규, 윤성규. 2000. 진해만 주변 해역의 대형저서동물 군집구조. 한수지. 33:572-580.
- 임경훈, 이정호, 신현출. 2006. 거제도 남동부 연안 저서다모류군집의 시·공간적인 분포. 환경생물. 24:392-407.
- 임현식, 홍재상. 1997. 진해만 저서동물의 군집생태 3. 군집구조. 한수지. 30:175-187.
- 임현식, 박홍식, 최진우, 제종길. 1999. 남해 앵강만 조하대 연성저질 저서동물 군집. 한국해양학회지 "바다". 4:80-92.
- 윤성규, 백상규. 2001. 가덕도 주변해역 대형저서동물군집구조의 특성. 한수지. 34:493-501.
- 정태홍. 1997. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장기변동 연구. 인하대학교 이학박사학위청구논문. 306pp.
- 제종길, 장 만, 박홍식. 1991. 남해 연성저질에 서식하는 연체동물의 분포. 한국패류학회지. 7:30-48.

- 한국해양수산개발원, 2002. 해상국립공원의 합리적인 관리 방안 연구. ISBN 89-7998-185-6. 148pp.
- Bray JR and JT Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27:325-349.
- Cohen EB, MD Grosslein, MP Sissenwine, FW Steimle and WR Wright. 1982. An energy budget of Georges Bank. In: Mercer, M.C.(ed.) *Multi-species Approaches to Fisheries Management Advice*. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci. 59:95-107.
- Demestre M, P Sanchez and MJ Kaiser. 2000. The behavioral response of benthic scavengers to otter-trawling disturbance in the Mediterranean. pp.121-129. In *Effects of fishing on nontarget species and habitats* (Kaiser MJ and SJ de Groot eds.). Oxford: Blackwell Science.
- Gray JS. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology An Annual Review* 12:223-261.
- Gray JS. 1981. *The Ecology of Marine Sediments-An Introduction to the Structure and Function of Benthic Communities*. Cambridge University Press. 185pp.
- LeBris H. 1988. *Fonctionnement des Écosystèmes Benthiques Côtiers au contact d'estuaires: la Rade de Lorient et la Baie de Vilaine*. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France. 311pp.
- Lee JW. 1998. Systematic study of polychaetes (annelida) from offshore waters of Geojedo Island, Korea. *Korean J. Syst. Zool.* 14:243-255.
- Levinton JS. 1995. *Marine Biology-Function, Biodiversity, Ecology*-Oxford University Press Inc., New York. 420pp.
- Margalef R. 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publnes Inst. Biol. Apl. Barcelona.* 9:5-27.
- Pearson TH 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 EC. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons. New York. 165pp.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication* Univ. Illinois Press. Urbana. Illinois. 125pp.
- Shin S. 1998. Echinoderms from Geojedo Island and adjacent sea waters, Korea. *Korean J. Syst. Zool.* 14:193-205.
- Szedlmayer ST and JC 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 HW, L Phil and MJN Bergman. 1990. Recruitment mechanisms in North Sea plaice *Pleuronectes platessa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 64:1-12.
- Weston DP. 1988. Macrobenthos-sediment relationships on the continental shelf off Cape Hatteras. North Carolina. *Continental Shelf Research.* 3:267-286.

Manuscript Received: August 25, 2008

Revision Accepted: March 6, 2009

Responsible Editor: Doo Hee Won