

우이도 주변해역 조하대에서 춘계와 추계에 서식하는 대형무척추동물의 군집구조

서인수* · 최병미 · 윤재성 · 김대익 · 이종욱 · 황철희
강양순¹ · 강영실² · 손민호

해양생태기술연구소, ¹국립수산과학원 남서해수산연구소
²국립수산과학원 동해수산연구소

Community Structure of Macrobenthic Invertebrates during Spring and Autumn around Ui Island, Sinan-gun, Jeollanam-do

In-Soo Seo*, Byoung-Mi Choi, Jae Seong Yun, Dae Ik Kim, Jong Uk Lee, Choul-Hee Hwang,
Yang Soon Kang¹, Young Shil Kang² and Min Ho Son

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

¹Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and
Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

²East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and
Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

Abstract – This study was performed to investigate the community structure of the macrobenthic invertebrates around Ui Island, Sinan-gun, Jeollanam-do, Korea. Benthic invertebrates were collected during May and September 2008 at seven stations. A total of 63 macrobenthic species was collected. The overall average macrobenthos density and biomass were 268 inds. m⁻² and 11.54 gWWt m⁻², respectively. Based on abundance data, there were 5 dominant species accounting for approximately 72.00% of total individuals. The polychaetes *Notomastus latericeus*, *Scolecopsis sagittaria*, *Amaeana occidentalis*, *Glycera chirori* and the amphipoda *Mandibulophoxus mai* were found in high densities. The conventional multi-variate statistics (cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling) applied to assess spatial variation in macrobenthic assemblages. As a result, three communities could be distinguished: a sand dominated, a mixed sediment and a third community in the mud dominated station. The community in the sand dominated station was characterized by high abundance of the polychaetes *S. sagittaria* and the amphipods *M. mai*, *Monoculodes* sp. and *Grandifoxus malipoensis*. However, the most common species within the mixed sediment station were the polychaetes *N. latericeus*, *A. occidentalis* and amphipoda *Urothoe* sp.. Finally the mud dominated station was numerically dominated by the polychaetes *Scolecopsis* sp., *Heteromastus filiformis* and *Sigambra tentaculata*. In conclusion, the sediment composition may be important factors controlling of the macrobenthic community structure in the study area.

Key words : macrobenthic invertebrates, community structure, Ui Island, Korea

*Corresponding author: In-Soo Seo, Tel. 070-8630-7113,
Fax. 051-611-0588, E-mail. isseo@marine-eco.co.kr

서 론

본 연구의 대상해역인 우이도는 1981년 12월에 우리나라의 14번째 국립공원으로 지정된 다도해해상국립공원 구역에 속한다. 다도해해상국립공원은 행정구역으로 1개도 1개시 4개군(전라남도 신안군 홍도에서 진도군, 완도군, 고흥군 및 여수시)에 이르고, 총 7개지구(흑산·홍도지구, 비금·도초지구, 조도지구, 소안·청산지구, 거문·백도지구, 나로도지구, 금오도지구)로 구분되어 관리되고 있다. 현재 다도해해상국립공원의 면적은 총 2,344.91 km²에 육지부와 해상부가 각각 340.43 km²와 2,004.48 km²를 점유하고 있다(dadohae.knps.or.kr). 이 중 비금·도초지구에 속해 있는 우이도는 행정구역상으로는 전라남도 신안군 도초면 우이도리이며, 총 4개의 유인도(우이도, 서소우이도, 동소우이도, 죽도)와 43개의 무인도로 구성된 군도(群島)를 형성하고 있다. 지형학적으로 목포에서 서남쪽으로 72 km 떨어진 한반도의 서남단에 위치하며, 총 면적은 11.42 km²에 해안선의 길이는 27 km이다(전남대학교 해양연구소·신안군 2000). 우이도는 평지가 비교적 적고 대부분이 산악지대로 형성되어 있으며, 서쪽해안과 북쪽해안으로는 각각 해식애와 사빈이 발달하고 있다. 특히 남쪽의 돈목해수욕장 인근에는 약 80 m 높이의 “산태”라 칭하는 풍성사구가 위치하고 있는데, 우리나라에서는 매우 희귀한 자연생태계 중의 하나로 고고·지질학적, 생태학적, 경관적 및 교육·심미적인 가치가 매우 높은 것으로 알려져 있다(임과 임 1997; 서 등 2005).

한편 본 연구의 대상생물인 대형무척추동물은 해양생태계의 중요생물 구성원으로 복잡한 시·공간적 패턴을 보이며, 생물학적 다양성 측면에서 가치가 매우 높다(Reise 1985). 또한 대형무척추동물 군집은 생활사의 전반을 통해서 이동성이 매우 미약하거나 또는 정주·고착성의 행동특성을 나타내기 때문에 환경변화의 정도를 감지하는데 있어 유용하게 이용되어 온 것이 사실이다(최 등 2003; 이 등 2004). 현재까지도 대형무척추동물 군집의 생물다양성과 생물량(개체수와 생체량)은 해역 저서생태계의 전반적인 건강도를 판단하는 중요한 인자로 고려되고 있다(Bayne *et al.* 1988; Day *et al.* 1989). 한편 우이도는 육상과 비교적 멀리 떨어져 있다는 지리적인 특성과 교통여건의 불편함 등으로 접근이 용이하지 않았다. 따라서 인간에 의한 인위적인 교란 및 간섭이 상대적으로 적었고, 자연상태가 비교적 양호하게 유지되고 있다. 특히 다도해해상국립공원 구역으로 지정되어 있어 정부 주도의 관리를 받고 있다는 점도 훼손으로부터 보

호되는데 있어 일조한 면이 있다. 반면 지리적 특성과 교통여건의 한계는 자연생태계 현황 파악에 영향을 미쳐 본 연구의 대상생물인 연성기질 대형무척추동물 군집에 대한 연구가 미진하게 이루어진 직접적인 원인이 되었다. 지금까지 우이도에서 수행된 연구로는 우이도 및 인근 3개 도서(노 등 1979), 제2차 전국자연환경조사(환경부 1998), 무인도서 실태조사(해양수산부 2007) 및 저서무척추동물상(서 등 2005) 연구 등이 있다. 그러나 이들 연구 및 조사들은 대상 생물군의 서식처 특성으로 경성 및 연성조간대의 대형무척추동물을 대상으로, 또한 지역적으로는 풍성사구가 위치하고 있는 돈목해수욕장 인근을 대상으로 수행되었다는 점에서 본 연구와 차이가 있다. 본 연구는 지금까지 보고되지 않았던 우이도 주변 해역 연성기질 조하대에 서식하는 대형무척추동물의 생물다양성, 생물량 및 군집구조를 파악한다는 점에서 의의가 있으며, 향후 지속적인 환경보전과 관리를 위한 배경자료를 제공하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 현장조사

연구해역에 서식하는 대형무척추동물의 출현 종수, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집구조를 파악하기 위하여 2008년 5월과 9월에 현장조사를 실시하였다(Fig. 1). 대형무척추동물의 채집은 변형된 van Veen grab sampler를 이용하여 정점 당 1회(퇴적물 표면적 0.1 m²)의 퇴적물 시료를 채취하였다. 이후, 현장에서 1 mm 망목의 체를 이용하여 대형무척추동물을 분리한 후, 10% 농도의 중성 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 분류군별로 선별한 후, 가능한 종 수준까지 동정하였고, 개체수와 생체량을 측정하였다.

2. 환경요인 분석

수질환경 요인은 대형무척추동물의 채집과 동시에 현장에서 다기능수질측정기(YSI 600QS)를 이용하여 수온, 염분농도 및 용존산소농도를 측정하였다. 퇴적환경 요인은 퇴적물의 조직학적 특성치(평균입도, 모래 및 펄함량)와 유기물함량(강열감량)을 분석하였다. 이 중, 평균입도 분석은 Ingram(1971) 및 Galehouse(1971)의 방법에 따라 조립질 퇴적물(4Φ 이상)은 요동기(Ro-tap Sieve Shaker)에 의한 체분석으로, 세립질 퇴적물(4Φ 이하)은 자동입도측정기(Sedigraph 5100)를 이용하였다. 또한 퇴적물 형(sediment type)의 분류는 Folk and Ward(1957)를 기초로

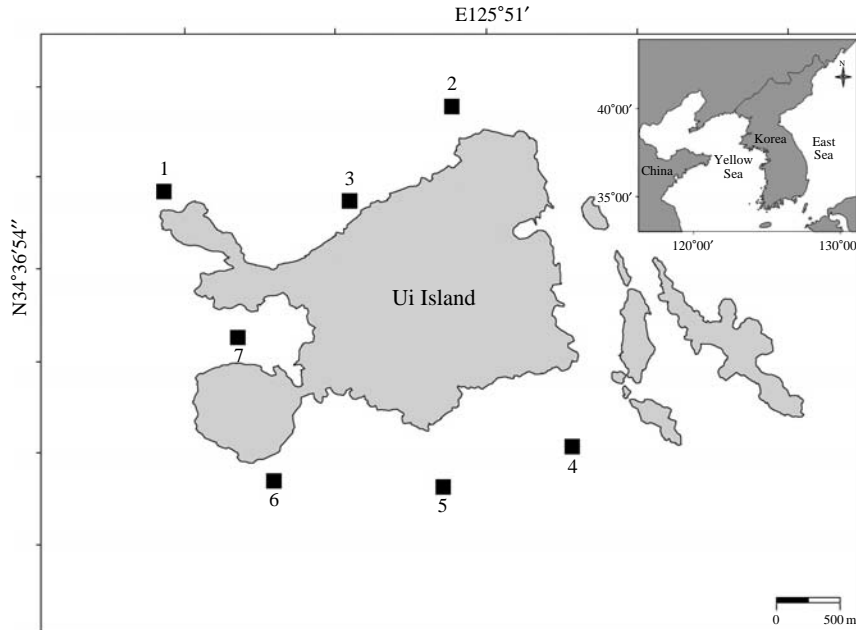


Fig. 1. Sampling stations around the Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea.

구분하였다. 한편 유기물함량 분석은 건조된 퇴적물 시료의 일부를 분말화하여 0.001 mm체로 거른 후, 이 가운데 5 g을 추출하여 550°C에서 2시간 연소시켰다. 그 후 무게의 손실량을 백분율로 표시하였다(해양수산부 2005).

3. 군집분석

대형무척추동물의 군집구조를 파악하기 위하여, 종 다양도(Shannon and Weaver 1949)와 균등도(Pielou 1975) 지수를 구하였다. 한편 집괴분석은 출현 종과 개체수의 자료를 기초로 Bray and Curtis(1957)의 유사도지수(similarity index)를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 시기와 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 군집분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram, 집괴분석)와 다차원배열법(nMDS ordination)으로 표현하였다. 우점종은 출현 개체수 자료를 기초로 선정하였다.

결과 및 고찰

1. 환경요인

우이도 주변해역의 수심은 6~36 m의 범위에 정점 3과 5에서 얕았고, 정점 6에서 가장 깊었다. 수온은 5월에

11.64~13.52°C의 범위에 평균 12.72°C를, 9월에는 21.67~22.57°C의 범위에 평균 22.16°C를 나타내었다. 염분농도는 5월에 최소 32.75 psu(정점 7)에서 최대 33.12 psu(정점 3)의 범위에 평균 농도는 32.92 psu이었다. 반면 9월에는 31.93~31.98 psu(평균 31.94 psu)의 범위에 정점 7에서 낮았고, 정점 4에서 높았으나 정점 간 농도차이는 상대적으로 크지 않았다. 한편 용존산소농도는 5월과 9월에 각각 8.14~8.84 mg L⁻¹(평균 8.53 mg L⁻¹)와 6.10~6.77 mg L⁻¹(평균 6.41 mg L⁻¹)의 범위를 나타내 9월에 상대적으로 농도가 낮았다. 전반적으로 수온 및 염분농도는 일반적인 온대기후대의 계절적인 경향을 나타내었고, 용존산소농도는 5월과 9월에 각각 I등급과 II등급을 나타내 양호한 수질환경 상태를 보였다(Table 1).

퇴적물의 평균입도는 5월에 2.31~6.31 Φ 의 범위에 본 섬의 북쪽에 위치한 정점 2에서 가장 조립하였고, 남쪽의 정점 6에서 가장 세립하였다. 전반적으로 정점 1부터 5까지는 3.00 Φ 내외의 모래가, 정점 6과 7은 5.00 Φ 이상의 펄이 우세하게 분포하였다. 반면 9월에는 2.70~9.05 Φ 의 범위에 정점 4에서 가장 조립하였고, 정점 3에서 가장 세립하였다. 전반적으로 5월과 비교하여 9월에는 각 정점에서의 퇴적상 변화가 상대적으로 심한 것으로 파악되었다. 한편 퇴적물의 조성에 직접적인 영향을 받는 유기물함량(강열감량)도 5월에 모래가 90% 이상을 점유하는 정점 1에서 5까지는 1.75~2.53%의 범위로 낮았고, 펄이 60% 이상을 점유하는 정점 6과 7에서는 각각

Table 1. Summary of physical and sedimental characteristics at each station around Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea

Station	Depth (m)		Water temperature (°C)		Salinity (psu)		Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)		Mean phi (φ)		Sorting value (φ)		Mud content (%)		Sand content (%)		Organic content (%)	
	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.	May	Sept.
1	25	25	12.72	22.57	32.92	31.95	8.53	6.42	2.49	3.25	0.57	2.27	0.90	99.10	16.01	83.99	2.53	2.02
2	9	9	13.52	22.57	33.11	31.96	8.14	6.77	2.31	7.76	0.98	5.29	3.04	96.96	81.19	18.81	2.00	4.14
3	6	8	13.15	22.57	33.12	31.95	8.75	6.42	2.34	9.05	0.48	5.99	0.19	99.81	94.32	5.68	1.75	4.38
4	10	12	12.05	22.04	32.80	31.98	8.84	6.36	2.75	2.70	0.89	1.21	3.40	96.60	2.41	97.59	1.83	0.89
5	9	7	12.72	22.57	32.92	31.95	8.53	6.42	3.16	8.21	1.07	5.42	6.72	93.28	89.89	10.11	2.34	4.98
6	36	32	11.64	21.67	32.82	31.95	8.55	6.45	5.24	5.61	2.36	4.01	63.77	36.23	49.22	50.78	5.42	3.89
7	10	10	13.25	22.46	32.75	31.93	8.36	6.10	6.31	4.45	2.45	2.96	81.68	18.32	36.19	63.81	5.52	2.89

5.42%와 5.52%를 나타내 상대적으로 높았다. 반면 9월에는 최소 0.89% (정점 4)에서 최대 4.98% (정점 5)의 값을 보여 5월과 차이가 있었다.

일반적으로 해양생태계에서 연성기질에 서식하는 대형무척추동물 군집은 기질로서 작용하는 퇴적물의 평균 입도와 펄·모래함량(Gray 1974) 및 물리적인 교란(Probert and Wilson 1984) 등에 의해 영향을 받는다. 이러한 이유로 퇴적물 특성은 대형무척추동물의 행동이나 먹이 섭취 양상에 지대한 영향을 미치는 매우 중요한 환경요인으로 고려되고 있는 것이 사실이다(Rhoads and Young 1970; Gray 1974; 이와 허 1988; Levinton 1995; 서 2003). 본 연구해역에서 평균입도는 공간적으로 5월에는 정점 1부터 5까지는 조립질 퇴적물이, 정점 6과 7은 세립질 퇴적물이 높은 특징을 보였다. 그러나 9월에는 다소 차이를 보여 정점 1과 4는 5월과 유사한 퇴적상을 나타내었으나, 정점 6과 7은 조립질 퇴적물의 양이 상대적으로 증가하였다. 이와 같은 결과는 5월과 9월의 현장조사 시에 조사 정점의 부정확성에서 발생하였기 보다는 연구해역 표층 퇴적물 조성의 변화가 극부적으로 매우 변화가 크다는 점에 그 원인이 있는 것으로 추정할 수 있다. 전남대학교 해양연구소·신안군(2000)에서 조사한 결과에서도 우이도 전 해역의 평균입도는 -0.22~10.34φ의 범위를 나타내 이를 잘 반영하고 있다. 특히 우이도는 본 섬을 중심으로 남쪽해안은 세립한 퇴적물이 분포하다가 외해로 가면서 조립질 퇴적물로, 서쪽해안은 매우 조립한 역질퇴적물에서 남서와 북서쪽 해안으로 향하면서 세립한 퇴적물로 변화한다. 반면 동쪽해안은 소우이도를 중심으로 경치도에 이르기까지 조립한 모래와 역질퇴적물이 광범위한 분포를 나타내며, 우이만 내에서도 세립한 퇴적물이 분포하다가 만입구로 가면서 조립과 역질퇴적물로 변화하는 등 매우 차이가 크게 나타나 이를 입증하고 있다(전남대학교 해양연구소·신안군 2000). 결국 본 연구해역의 퇴적상을 고려한다면 연구해역은

매우 이질적이고, 극부적으로도 퇴적상의 변화가 심한 해역으로 분류할 수 있었다.

2. 생물다양성 및 생물량(출현 종수, 개체수 및 생체량)

연구해역에서 출현한 대형무척추동물은 총 63종, 3,750개체 (268 inds. m⁻²)와 156.14 gWWt (11.15 gWWt m⁻²)이었다. 출현 종수는 환형동물문의 다모류가 27종이 출현하여 42.86%를 점유하였고, 다음으로 절지동물문의 갑각류와 연체동물문이 각각 19종, 30.16%와 11종, 17.46%를 차지하였다. 이 외에 기타동물군과 극피동물문은 각각 5종과 1종이 채집되어 7.94%와 1.59%로 점유율이 매우 낮았다. 조사 시기에 따라서는 5월과 9월에 각각 50종과 29종이 출현하여 5월의 출현 종수가 9월과 비교하여 약 2배 이상 높았다. 한편 정점별로 5월에는 7~16종의 범위에 정점 2와 7에서 가장 적었고, 정점 4에서 가장 많았다. 반면 9월에는 최소 2종(정점 5)에서 최대 13종(정점 3)의 범위를 보여 5월과 차이가 있었다(Fig. 2).

개체수에 있어서도 다모류는 2,976개체의 밀도를 나타내 전체의 79.36%를 점유하였고, 다음으로 갑각류, 연체동물문 및 기타동물군의 순서로 486개체 (12.96%), 180개체 (4.80%) 및 96개체 (2.56%)가 출현하였다. 이 밖에 극피동물문은 불과 12개체만이 채집되어 0.32%로 점유율이 매우 낮았다. 조사 시기별로는 5월과 9월에 각각 1,026개체와 2,730개체의 밀도를 나타내 출현 종수의 그것과는 차이를 보여 9월에 약 2배 이상 밀도가 높았다. 특히 분류군에 있어서 다모류의 밀도 증가 및 갑각류의 밀도 감소가 상반되게 관찰되어 특징적이었다. 정점에 있어서는 5월에 84~306 inds. m⁻²의 범위에 정점 1과 7에서 가장 적었고, 정점 4에서 가장 많았다. 그러나 9월에는 최소 12 inds. m⁻² (정점 5)에서 최대 1,068 inds. m⁻² (정점 7)가 출현하였고, 이 외에 정점 1과 3에서 각각 996 inds. m⁻²와 348 inds. m⁻²가 채집되어 상대적으로 많았다(Fig. 2).

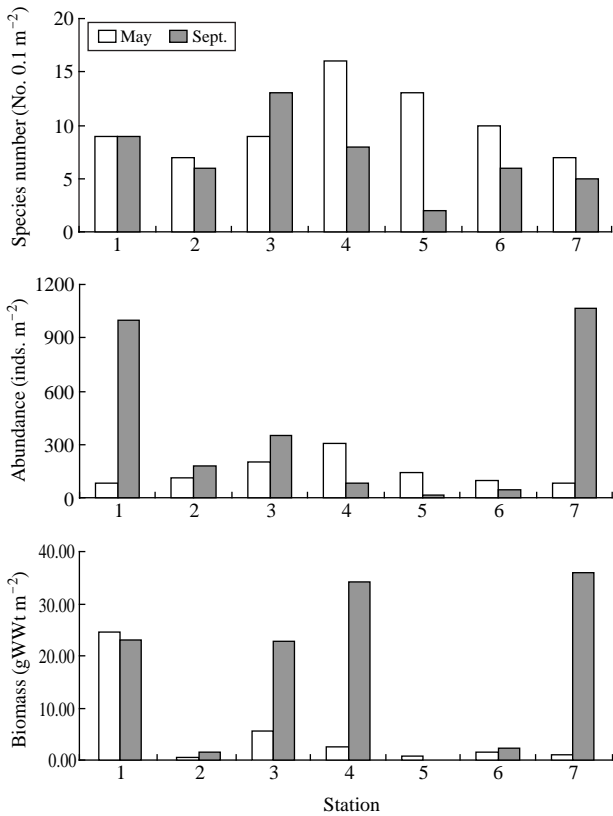


Fig. 2. Spatio-temporal variation of total species number, abundance and biomass of macrobenthos at each station around Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea.

생체량에 있어서도 다모류는 85.09 gWWt으로 54.49%를 점유하였고, 다음으로 갑각류와 기타동물군이 각각 39.79 gWWt, 25.49%와 24.80 gWWt, 15.89%를 차지하였다. 이 외에 연체동물문은 6.37 gWWt, 4.08%를 나타낸 반면, 극피동물문은 0.08 gWWt의 생체량으로 0.05%의 매우 낮은 점유율을 보였다. 조사 시기에 따라서는 5월과 9월에 각각 36.32 gWWt과 119.84 gWWt을 나타내 9월의 생체량이 약 3배 이상 높았다. 정점별로는 5월에 0.59~24.53 gWWt m⁻²의 범위에 정점 2에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 정점 1에서 가장 높았다. 9월에는 최소 0.04 gWWt m⁻²(정점 5)에서 최대 35.88 gWWt m⁻²(정점 7)의 범위를 보였고, 이 밖에 정점 1, 3과 4에서 20.00 gWWt m⁻² 이상을 나타내 상대적으로 높았다(Fig. 2).

지금까지 우이도 해역에서 수행된 대형무척추동물에 대한 연구로 노 등(1979)은 우이도와 3개 인근도서의 무척추동물을 대상으로, 환경부(1998)는 제2차 전국자연환경조사의 일환으로 경관, 대형무척추동물, 해조류 및 사구식물을 대상으로 수행한 바 있다. 또한 서 등(2005)은 연성과 경성기질 조건대 무척추동물을, 해양수산부(2007)

는 우이도 인근의 무인도서에 서식하는 경성기질 대형무척추동물과 해조류를 대상으로 하고 있다. 이들 연구는 대부분 경성 및 연성기질 조건대에 서식하는 해양생물을 대상으로 수행되었다는 공통점이 있다. 또한 공간적으로 환경부(1998)와 서 등(2005)은 풍성사구가 지근에 위치한 돈목해수욕장 주변해역에 한정하여 수행되었다는 점에서 차이가 있다. 이상의 연구에서 우이도 해안의 경성 및 연성조건대에 서식하는 대형무척추동물은 서 등(2005)의 102종을 포함하여 총 230종이 보고되고 있다(노 등 1979; 환경부 1998). 그러나 이들 연구는 정성 및 정량조사를 동시에 수행하였고, 주로 생물다양성 파악을 위한 연구 접근법을 시도하였다는 점에서 본 연구결과와 직접적인 비교가 어렵다. 또한 전남대학교 해양연구소·신안군(2000)에서 실시한 조사에서도 연체동물문의 이매패류와 복족류를 대상으로 사해군집(dead shell assemblage)에 대한 정성적인 조사만이 이루어져 자료의 비교 대상으로는 무리가 있다. 따라서 본 연구는 우이도 주변해역의 연성기질 대형무척추동물을 처음으로 보고한다는 점에서 의의가 있다.

한편 서 등(2005)은 본 연구해역이 속한 남·서해안은 수심이 비교적 얇고 해수의 탁도가 높다는 이유로 생물다양성이나 밀도가 낮음을 보고한 바 있다. 본 연구도 비록 조하대에 서식하는 대형무척추동물을 대상으로 공간적인 범위가 제한되어 수행된 이유로 전반적으로 생물다양성 및 현존량(개체수와 생체량)은 비교적 낮았다. 한편 퇴적물의 분급도는 본 연구의 대상생물인 대형무척추동물의 기질 특성의 하나로 매우 중요한 환경요인이다. 특히 분급도는 퇴적물 구조의 이질성(heterogeneity) 정도를 반영함과 동시에 생물학적으로는 대형무척추동물 군집의 다양도(성)를 결정하는 중요인자로 높은 종 다양도는 분급이 불량한 퇴적물에서 관찰되는 것이 일반적인 현상이다(Gray 1974; 서 2003). 그러나 본 연구에서 5월의 정점 6 및 7과 9월의 모든 정점에서 분급이 매우 불량함에도 불구하고, 생물다양성은 반대로 낮게 나타나 기존 연구결과와는 상반되는 결과를 보였다. 결국 연구해역의 낮은 생물다양성과 개체수는 분급도를 고려하지 않는다면, 5월에는 모래가 우세하게 분포하는 퇴적물의 균질성(homogeneity)과 9월에 역질퇴적물의 높은 함유량에 그 원인이 있는 것으로 추정된다. 또한 본 연구가 춘계와 추계에 한정되어 실시되었다는 점에서도 낮은 생물다양성을 나타내는 원인으로 판단된다.

3. 생태학적 제 지수 및 군집구조

연구해역에서 출현한 대형무척추동물의 생태학적 제 지수의 변화양상을 보면, 다양도는 5월에 최소 1.38(정

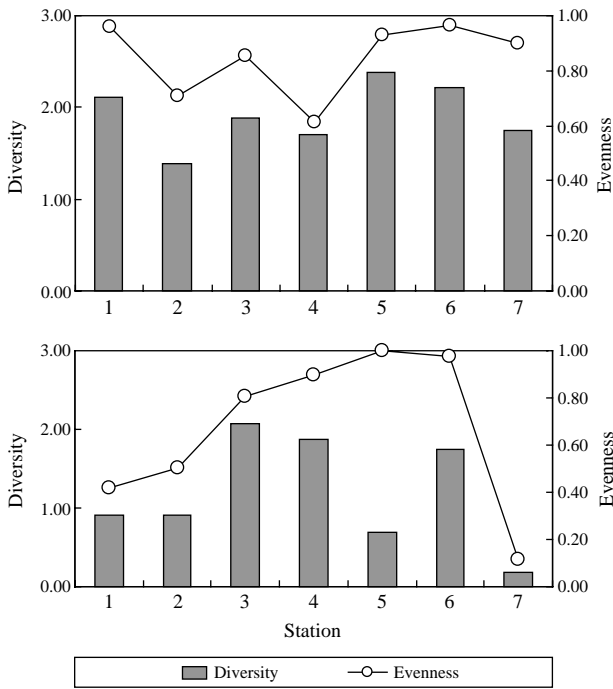


Fig. 3. Spatio-temporal variation of species diversity and evenness of macrobenthos at each station around Ui Island, Dadohae-haesang National Park, southern coast of Korea (upper, May; lower, September).

점 2)에서 최대 2.37(정점 5)의 범위에 평균 값은 1.93이었다. 이 외에 정점 1과 6에서 각각 2.21과 2.22의 수치를 나타내었고, 이를 제외한 기타 정점군에서는 2.00 이하로 낮았다. 9월에는 0.19~2.07(평균 1.20)의 범위에 정점 7에서 낮았고, 정점 3에서 높았다. 균등도는 5월에 0.61~0.96의 범위에 평균 값은 0.85이었다. 정점 4에서 가장 낮았고, 정점 1과 6에서 높았다. 반면 9월에는 최소 0.12(정점 7)에서 최대 1.00(정점 5)의 범위에 평균 값은 0.67이었다. 정점 7에서의 낮은 균등도는 다모류의 가는버들갯지렁이 (*Notomastus latericeus*)의 대량 출현에 그 원인이 있었다(Fig. 3).

한편 출현 종과 개체수의 자료를 근거로 대형무척추동물의 군집구조 분석을 실시하여 수지도와 다차원배열법으로 표현하였다. 분석에서는 20개체 이상(출현밀도의 0.50% 이상) 출현한 22종을 대상으로 실시하였고, 우점종에 의한 효과를 줄이기 위하여 원자료는 square-root로 변환하였다. 그 결과, 연구해역의 대형무척추동물 군집은 크게 3개의 그룹과 3개의 정점(5월과 9월의 정점 6 및 9월의 정점 5)으로 구분되었다. 그룹 1은 5월의 정점 1부터 5까지가, 그룹 2는 9월의 정점 1, 2, 3과 7이 속해 있었다. 마지막으로 그룹 3은 5월의 정점 7 및 9월의 정점 4가 포함되었다. 한편 3개의 정점으로 구분된 5월과 9월

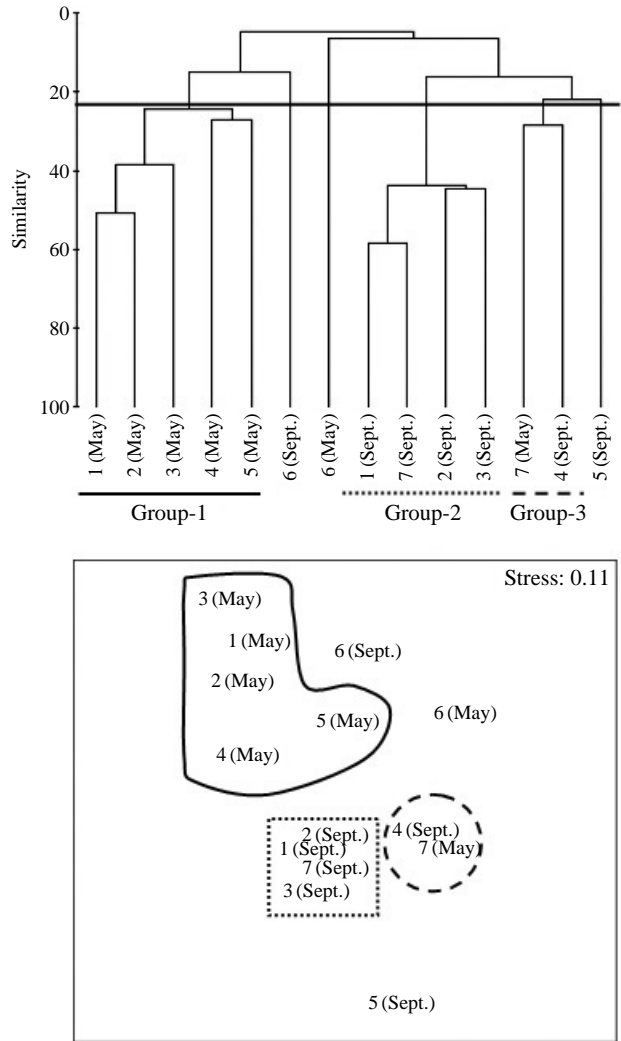


Fig. 4. Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and 2-dimensional nMDS configuration (lower), using group-average linkage by Bray-Curtis similarities calculated on the square root transformed abundance data around Ui Island, Dadohae-haesang National Park, southern coast of Korea.

의 정점 6 및 9월의 정점 5는 전반적으로 출현 종수나 밀도가 적었고, 정점을 대표할 만한 특징종은 없었다. 이를 제외한 각 그룹별 우점종의 조성을 보면, 그룹 1에서는 다모류의 *Scolecipis sagittaria*와 단각류 3종(일곱가시긴빨옆새우-*Mandibulophoxus mai*, *Monoculodes* sp. 및 두가시긴빨옆새우-*Grandifoxus malipoensis*)이 우점하였고, 그룹 2는 가는버들갯지렁이, *Amaeana occidentalis* 및 단각류의 *Urothoe* sp. 등이 대표적이었다. 마지막으로 그룹 3은 *Scolecipis* sp., *Heteromastus filiformis* 및 투구갯지렁이(*Sigambra tentaculata*) 등이 특징적이었다. 이상을 종합하면, 그룹 1은 모래가 많은 정점에서, 그룹 2는 모래와 펄이 혼합된 퇴적상의 정점에서, 그리고 그룹 3은 상대

Table 2. The top 5 dominant species ranking based on abundance data at May around Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea

Rank	Taxa	Species name/Station	1	2	3	4	5	6	7	Total (Inds.)	Cumulative (Percent)
1	APOL	<i>Scolelepis sagittaria</i>	6	66	6	186	—	—	—	264	25.88
2	CAM	<i>Mandibulophoxus mai</i>	18	18	42	—	12	—	—	90	8.82
3	CAM	<i>Monoculodes</i> sp.	—	—	48	6	6	—	—	60	5.88
4	CAM	<i>Grandifoxus malipoensis</i>	—	6	42	—	—	—	—	48	4.71
5	APOL	<i>Glycera chirori</i>	—	—	—	—	24	—	6	30	2.94

Index: APOL, Annelida polychaeta; CAM, Arthropoda crustacea amphipoda

적으로 펄이 많은 정점에서 높은 밀도를 나타낸 종들로 구성되었음을 파악할 수 있었다. 따라서 본 연구해역에서 5월과 9월에 출현한 대형무척추동물 군집은 기질로서 작용하는 퇴적물의 구성에 의해 그 구조를 달리하는 것으로 파악되었다 (Fig. 4). 일반적으로 해양생태계에서 서식처의 다양한 물리적 환경요인이 종내 또는 종간의 생물학적 상호작용과 교합하여 지역 간에 또는 계절 간에 차이를 유발하는 것으로 파악되고 있다 (Oliver and Slattery 1985; Byers 2000). 또한 동일한 퇴적상에서도 환경요인에 의해 종 구성, 밀도 및 군집구조에 차이가 있는 것으로 알려져 있다 (최 등 2000). 그러나 본 연구에서 대형무척추동물의 종 구성, 생물량 및 군집 구조는 물리적 환경요인 보다는 기질로서 작용하는 퇴적물의 특성 (펄·모래함량, 평균밀도, 분급도)이 보다 크게 작용하고 있음을 입증할 수 있었다 (Weston 1988; 정 1998).

4. 우점종

연구해역에서 출현한 대형무척추동물을 대상으로 개체수에 근거한 상위 5위까지의 우점종을 선정하였다. 5월에는 절지동물문의 단각류(옆새우류)와 환형동물문의 다모류가 각각 3종과 2종이 상위에 위치하였다. 이들을 최우선 순위별로 나열해 보면, 다모류의 *S. sagittaria*, 단각류의 일곱가시긴빨옆새우, *Monoculodes* sp., 두가시긴빨옆새우 및 다모류의 치로리미갑갯지렁이 (*Glycera chirori*) 등이었다. 이들 상위 5위 우점종들이 차지하는 밀도는 총 492개체로 전체의 48.24%를 점유하였다. 특히 *S. sagittaria*는 264개체, 25.88%를 점유하여 단일 종으로 가장 우점한 생물이었다 (Table 2). 한편 본 종은 시간적으로는 5월에, 공간적으로는 모래가 95% 이상을 점유하는 정점 1부터 4까지에 한정되어 출현한 특징이 있었다. 특히 정점 2와 4에서는 각각 66 inds. m⁻²와 186 inds. m⁻²가 채집되었다 (Fig. 5). 반면 9월에는 본 종과 동일한 속(屬)의 *Scolelepis* sp.가 정점 2, 3과 4에서 출현하였고, 이 중에서도 모래가 약 98%를 점유하는 정점 4에서 30 inds. m⁻²

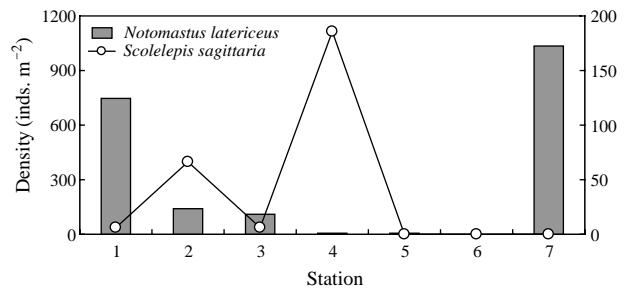


Fig. 5. Spatial variation of density for *Notomastus latericeus* (Sept.) and *Scolelepis sagittaria* (May) at each station around Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea.

가 출현하여 상대적으로 많았다. 상기의 속(屬)에 속하는 종들은 범세계적으로 모래로 구성된 조간대의 해변에서부터 조하대 해역에 이르기까지 폭 넓은 공간분포를 나타내며, 해양생태계에서 저어류인 넙치의 자어시기 먹이생물로서 중요한 생태적 지위를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다 (Frouin *et al.* 1997; Speybroeck *et al.* 2007). 따라서 본 연구에서 이들 종들이 모래가 90% 이상을 차지하는 정점에서 높은 밀도를 보이는 것은 당연한 결과로 추정할 수 있었고, 이들의 높은 밀도는 향후 연구해역의 수산자원에도 일정 부분 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 한편 9월에는 다모류와 단각류가 각각 4종과 1종이 상위에 서열되어 다모류의 밀도 증가가 특징적이었다. 이들을 최우선 순위별로 기술하면, 가느버들갯지렁이, *A. occidentalis*, *Urothoe* sp., 치로리미갑갯지렁이 및 *Scolelepis* sp. 등이었다. 이들 상위 우점종들이 차지하는 밀도는 총 2,418개체로 전체의 88.57%를 점유하였다. 이 중 가느버들갯지렁이는 2,040개체, 74.73%를 점유하여 단일 종으로 가장 우점하는 생물이었다 (Table 3). 한편 본 종이 속한 버들갯지렁이과 (Capitellidae)의 다모류는 개체의 수명이 짧고, 크기가 비교적 작으며, 단위면적당 서식 밀도가 높은 *r*-전략의 기회종적인 특성을 나타낸다. 특히 일부 종은 퇴적물의 유기물 함량이 높거

Table 3. The top 5 dominant species ranking based on abundance data at September around Ui Island, Dadohaehaesang National Park, southern coast of Korea

Rank	Taxa	Species name/Station	1	2	3	4	5	6	7	Total (Inds.)	Cumulative (Percent)
1	APOL	<i>Notomastus latericeus</i>	750	138	108	6	6	—	1032	2040	74.73
2	APOL	<i>Amaeana occidentalis</i>	144	—	78	—	—	—	—	222	8.13
3	CAM	<i>Urothoe</i> sp.	24	—	36	—	—	—	—	60	2.20
4	APOL	<i>Glycera chirori</i>	18	—	24	12	—	—	—	54	1.98
5	APOL	<i>Scolelepis</i> sp.	—	6	6	30	—	—	—	42	1.54
	ONE	<i>Micrura</i> sp.	18	12	—	—	—	12	—	42	1.54

Index: APOL, Annelida polychaeta; CAM, Arthropoda crustacea amphipoda; ONE, Nemertea

나 또는 오염이 심한 교란된 환경하에서 주로 출현하며, 무산소환경의 초기 점령자로서 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다 (Pearson and Rosenberg 1978; Guerra-García and García-Gómez 2009). 우리나라의 경우에도 충청남도 태안군의 이원방조제, 경상남도 진해만 및 진주만 등지에서 저서생태계의 환경이 비교적 열악하거나 오염된 해역에서 높은 밀도를 나타내며, 환경요인(황화물농도, 화학적산소요구량 및 강열감량)과 서식 밀도와외의 관계에서 비교적 양의 상관성을 보이고 있어 동일하였다(임과 홍 2000; 강 등 2002; 이 등 2004). 그러나 본 연구해역에서는 5월에는 출현하지 않았다가 9월에 정점 6을 제외한 모든 정점에서 출현하고 있었다(Fig. 5). 또한 펄 및 모래함량과 무관하게 모든 퇴적상의 정점에서 출현하고 있어 공간적인 서식분포가 매우 넓음을 알 수 있었다. 한편 퇴적물의 유기물함량에 있어서도 0.89~4.98%의 범위에서 출현하여 이들이 오염지표종의 대표적인 속(屬)에 포함되고는 있으나, 상대적으로 환경상태가 좋지 않은 기질에서만 제한되어 출현한다고 볼 수 없었다. 왜냐하면 스페인의 Ceuta 항내에서 수행된 연구 결과를 보면, 가는버들갯지렁이는 오염되지 않은 펄과 모래를 제공한 실험구에서 초기에 매우 효과적인 점령자로서 판명되어 생태적인 특성은 동일하였고, 이러한 사실은 본 종의 유치자와 성체가 실험구의 수주에서 쉽게 운송되어 실험관에 도달함으로써 입증된 바 있다. 그러나 유기물함량, 황화수소 및 중금속 농도가 높은 이웃한 자연상태의 펄이 우세한 서식처에서는 그 서식이 관찰되지 않았다(Guerra-García and García-Gómez 2009). 따라서 이상을 종합하면, 본 종은 기회종적인 특성과 초기 새로운 서식처로의 점령자라는 공통적인 특징을 보이기는 하지만, Pearson and Rosenberg (1978)의 연구에서 소개되는 *Notomastus* sp.와는 구별되는 생태학적 특성을 보이는 것으로 추정된다. 즉 아주 오염이 심화된 환경이거나 또는 무산소환경에서 출현하는 종으로 구분하기에는 다소 무리가 있다. 이것은 Giangrande and Frascchetti (1993)가 수행

한 남부 아드리아해 Aquatina lagoon에서 본 종이 모래에서 펄 퇴적물에 이르기까지 비교적 넓은범위의 서식분포를 나타내고 있고, 이들 개체군의 유지 및 성패가 가입의 시기와 주변해역에 서식하는 다른 갯지렁이종과의 경쟁에 그 원인이 있음을 밝힌 바 있어 본 결과와도 유사하다고 볼 수 있다. 따라서 9월에 출현한 본 종의 높은 밀도를 기초로 지금까지는 본 종이 주로 환경 질(quality)의 열악함 정도를 판단하는 기준으로 이용되어 왔으나, 상기의 특징을 종합적으로 볼 때 우리나라 연안역에서 출현하는 가는버들갯지렁이에 대한 분류 및 생태학적 연구가 향후 절실히 요구된다.

적 요

다도해해상국립공원의 비금·도초지구인 우이도 해역의 조하대에 서식하는 대형무척추동물의 생물다양성, 생물량(개체수 및 생체량) 및 군집구조를 파악하기 위하여 2008년 5월과 9월에 현장조사를 실시하였다. 조사 기간 중, 총 63종 1.4 m⁻², 3,750개체 (268 inds. m⁻²)와 156.14 gWWt (11.15 gWWt m⁻²)의 대형무척추동물이 출현하였다. 출현 종수, 개체수 및 생체량에 있어서 환형동물문의 다모류가 가장 우점하였고, 점유율은 각각 42.85%, 79.36% 및 54.49%이었다. 개체수에 근거한 상위 5위까지의 우점종은 다모류의 가는버들갯지렁이 (*Notomastus latericeus*), *Scolelepis sagittaria*, *Amaeana occidentalis*, 단각류의 일곱가시긴빨옆새우 (*Mandibulophoxus mai*) 및 다모류의 치로리미갯지렁이 (*Glycera chirori*) 등이었다. 상위 5위 우점종들이 차지하는 밀도는 2,700개체로 전체의 72.00%를 차지하였다. 연구해역에 서식하는 대형무척추동물의 군집구조를 파악한 결과, 연구해역의 대형무척추동물 군집은 크게 3개의 정점군과 3개의 정점(5월과 9월의 정점 6 및 9월의 정점 5)으로 구분되었다. 이 중 정점군 1은 *S. sagittaria*와 단각류 3종(일곱가시긴빨옆새우, *Mono-*

culodes sp. 및 두가시긴뿔옆새우)이 우점하였고, 정점군 2는 가는버들갯지렁이, *A. occidentalia* 및 단각류의 *Urothoe* sp. 등이 대표적이었다. 마지막으로 정점군 3은 다모류의 *Scolecopsis* sp., *H. filiformis* 및 투구갯지렁이 (*Sigambra tentaculata*) 등이 특징적이었다. 이상을 종합하면, 정점군 1은 모래가 많은 정점에서, 정점군 2는 모래와 펄이 혼합된 퇴적상의 정점에서, 그리고 정점군 3은 상대적으로 펄이 많은 정점에서 높은 밀도를 나타낸 종들로 구성되어 있음을 파악할 수 있었다. 따라서 본 연구해역에서 5월과 9월에 출현한 대형무척추동물 군집은 기질로서 작용하는 퇴적물의 특성에 의해 그 구조를 달리하는 것으로 파악되었다.

사 사

본 연구는 국토해양부에서 지원한 해양생태계기초조사 “경성암반생물 및 보호구역 지정을 위한 특별조사 (2008)” 연구용역의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 강창근, 백명선, 김정배, 이필용. 2002. 진주만에서 저서 다모류의 시·공간 분포. *한수지*. 35:35-45.
- 노분조, 홍성윤, 신 숙, 한창희. 1979. 우이도 및 인근 3개 도서의 해양무척추동물상. *한국자연보존협회 조사보고서*. 16:109-119.
- 서인수. 2003. 인천 갯벌 저서생물의 군집구조와 먹이망. *인하대학교 이학박사학위 청구논문*, 271pp.
- 서인순, 은 예, 오경희. 2005. 우이도 해안의 저서무척추동물상. *한국자연보존연구지*. 3:357-383.
- 이재학, 허형택. 1988. 해양 저서 다모류 분포에 영향을 주는 환경요인에 관한 연구. *해양연구*. 10:15-22.
- 이재학, 유옥환, 이형근, 박자양. 2004. 이원방조제 주변의 조간대 및 조하대 대형저서동물의 군집과 환경요인과의 관계. *한수지*. 37:295-306.
- 임병선, 임현빈. 1997. 다도해해상국립공원 자연자원조사(서해지구). pp. 224-227.
- 임현식, 홍재상. 2000. 진해만산 버들갯지렁이과 (Polychaeta, Capitellidae) 4종, *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis* 및 *Mediomastus californiensis*, *Notomastus latericeus*의 분포 특성. *한국어업기술학회 2000년도 춘계수산관련학회 공동학술대회발표요지집*. pp. 422-423.
- 전남대학교 해양연구소·신안군. 2000. 우이도 풍성사구의 형성과정 및 주변 해양환경 활용방안에 관한 학술연구. 413pp.
- 정래홍. 1998. 연안해역 개발에 따른 해양 저서생태계의 장
- 기변동 연구-광양만의 저서 다모류 군집을 대상으로-. *인하대학교 이학박사학위 청구논문*. 306pp.
- 최진우, 현상민, 장 만. 2003. 저서동물에 의한 여름철 광양만의 저서환경 상태파악. *환경생물*. 21:101-113.
- 최진우, 제종길, 이재학, 임현식. 2000. 동해 강릉 연안의 사질 퇴적물에 서식하는 대형 저서무척추동물의 분포양상. *한국해양학회지-바다*. 5:346-356.
- 환경부. 1998. 제2차 전국자연환경조사-전라도 해안의 자연환경 (우이도). 95pp.
- 해양수산부. 2005. 해양환경공정시험방법. 330pp.
- 해양수산부. 2007. 2007 전라남도 신안군 도초면 무인도서 실태조사. 281pp.
- Bayne BL, KR Clarke and JS Gray. 1988. Background and rationale to a practical workshop on biological effects of pollutants. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46:1-5.
- Bray JR and JT Curtis. 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.
- Day JW Jr., CAS Hall, WM Kemp and A Yanez-Arancibia. 1989. *Estuarine Ecology*. John Wiley, New York. 558pp.
- Folk RL and WC Ward. 1957. Brazos River: A study in the significance of grain-size, parameters. *J. Sed. Petro.* 27:3-27.
- Frouin P, C Hily and P Hutchings. 1998. Ecology of spionid polychaetes in the swash zone of exposed beaches in Tahiti (French Polynesia). *Life Sci.* 321:47-54.
- Galehouse JS. 1971. Sedimentation analysis, In *Procedures in Sedimentary Petrology* (Carver RE ed.). Wiley-Interscience, New York. pp. 69-94.
- Giangrande A and S Frascchetti. 1993. Life cycle, growth and secondary production in a brackish-water population of the polychaete *Notomastus latericeus* (Capitellidae) in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.* 14:313-327.
- Gray JS. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 12:223-261.
- Guerra-García JM and JC García-Gómez. 2009. Recolonization of macrofauna in unpolluted sands placed in a polluted yachting harbour: A field approach using experimental trays. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 81:49-58.
- Ingram FL. 1971. Sieve analysis, In *Procedures in Sedimentary Petrology* (Carver RE ed.). Wiley-Interscience, New York. pp. 69-94.
- Levinton JS. 1995. *Marine Biology-Function, Biodiversity, Ecology-Oxford University Press Inc.*, New York. 420pp.
- Oliver JS and PN Slattery. 1985. Destruction and opportunity on the seafloor: effects of gray whale feeding. *Ecology*. 66:1965-1975.

- 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.
- Probert PK and JB Wilson. 1984. Continental shelf benthos off Otago Peninsula, New Zealand. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 19:373-391.
- Reise K. 1985. *Tidal Flat Ecology-An Experimental Approach to Species Interaction*. Springer-Verlag, Berlin. 191pp.
- Rhoads DC and DK Young. 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.* 28:150-178.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. *The mathematical theory of Communication* Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois. 125pp.
- Speybroeck J, L Alsteens, M Vincx and S Degraer. 2007. Understanding the life of a sandy beach polychaete of functional importance-*Scolelepis squamata* (Polychaeta: Spionidae) on Belgian sandy beaches (northeastern Atlantic, North Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74:109-118.
- Weston DP. 1988. Macrobenthos-sediment relationships on the continental shelf off Cape Hatteras, North Carolina. *Cont. Shelf Res.* 8:267-286.
- <http://dadohae.knps.or.kr>

Manuscript Received: May 10, 2010
Revision Accepted: July 10, 2010
Responsible Editor: Jong Sun Kim