

## 울진 바다목장 주변해역 연성기질 조하대에 서식하는 대형저서동물의 군집구조

황강석 · 서인수<sup>1,\*</sup> · 최병미<sup>1</sup> · 이한나<sup>2</sup> · 오철웅<sup>2</sup> · 김미향<sup>3</sup> · 최창근<sup>4</sup> · 나종헌<sup>1</sup>

국립수산과학원 자원관리과, <sup>1</sup>(주)저서생물연구센터, <sup>2</sup>부경대학교 자원생물학과,  
<sup>3</sup>(주)오션테크해양연구소, <sup>4</sup>부경대학교 생태공학과

## Community Structure of Macrobenthic Assemblages near Uljin Marine Ranching Area, East Sea of Korea

Kangseok Hwang, In-Soo Seo<sup>1,\*</sup>, Byoung-Mi Choi<sup>1</sup>, Han Na Lee<sup>2</sup>, Chul Woong Oh<sup>2</sup>,  
Mi Hyang Kim<sup>3</sup>, Chang Gun Choi<sup>4</sup> and Jong Hun Na<sup>1</sup>

Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research and Development Institute,  
Busan 619-705, Korea

<sup>1</sup>Korea Benthos Research Center, Co., Ltd., 38-2 Daehyeon, Namgu, Busan 608-804, Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>3</sup>Ocean-Tech Marine Institute, Mot-gol Beonyong-ro 71 beon-gil, Nam-gu, Busan 608-817, Korea

<sup>4</sup>Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**Abstract** - In this study, we investigated the macrobenthic community structure and spatio-temporal variations in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea. Macrobenthos were collected using a modified van Veen grab sampler from April to September 2013. Total number of species sampled was 345 and mean density was 5,797 ind. m<sup>-2</sup>, both of which were dominated by the polychaetes. The most dominant species were *Spiophanes bombyx* (53.64%), followed by *Magelona* sp.1 (6.96%), *Cadella semitorta* (2.73%), *Lumbrineris longifolia* (2.16%) and *Alvenius ojanus* (2.08%). Cluster analysis and nMDS ordination analysis based on the Bray-Curtis similarity identified 2 station groups. The group 1 (station 2, 3, 5, 6, 8 and 9) was characterized by high abundance of the polychaetes *Magelona* sp.1, *Lumbrineris longifolia*, *Scoloplos armiger*, *Praxillella affinis*, *Maldane cristata* and the bivalve *Alvenius ojanus*, with fine sediment above 30m water depth. On the other hand, the group 2 (station 1, 4, 7 and 10) was numerically dominated by the polychaete *Lumbrineriopsis* sp. and the bivalve *Cadella semitorta*, with coarse sediment below 5m water depth. Collectively, the macrobenthic community structure showed a distinct spatial trend, which seemed to be related to the water depth and sediment composition.

**Key words** : soft-bottom macrobenthos, community structure, Marine Ranchig area, Uljin, East Sea

\* Corresponding author: In-Soo Seo, Tel. 051-626-3950,  
Fax. 051-625-3959, E-mail. seois@pknu.ac.kr

## 서론

우리나라 동해안은 2.0 m 이하인 소조차 해안으로, 물리환경적 특성상 조석보다는 파랑의 영향을 우세하게 수렴한다. 또한 동해안은 해안선이 단조롭고, 해안선에서 멀어질수록 수심이 급격하게 깊어지는 등 뚜렷한 수심구배를 나타낸다 (Paik *et al.* 2007; Yu *et al.* 2011). 특히 연구해역은 매년 표층에서는 냉수대가, 저층에서는 온수대가 형성과 소멸을 반복하는 해역으로 알려져 있다. 즉 남풍계열이 우세한 하계에는 에크만수송에 의한 연안용승으로 표층에 냉수역이 형성되는 반면, 북풍계열이 우세한 추계에는 연안침강에 따라 저층에 온수역이 형성된다 (Hwang *et al.* 2008). 결국 연구해역에서 파랑, 수심구배 및 해수의 용승과 침강에 따른 물리환경인자의 변화는 동식물플랑크톤, 대형저서동물 및 어류 등의 개체군과 군집 수준에서 지대한 영향을 미칠 것으로 추정된다. 한편 본 연구해역은 어업형과 관광형이 조화를 이루는 복합형의 바다목장해역이 입지하고 있는 경상북도 울진군 평해읍 일원을 대상으로 하고 있다. 연구해역에서는 1988년부터 사각형어초 8,487개, 반구형어초 1,904개, 강제어초 2기 및 빨삭각형어초 881개 등의 인공어초가 2004년까지 시설된 바 있다. 또한 바다목장사업의 실시로 2006년부터 2008년까지 자연석 6,200 m<sup>-3</sup>, 2단상자형강제어초 및 십자형해중립초 등 303기, 3,800톤급 해군 숙영정 1척과 130톤급 강제침선어초 2척 등이 시설되었다. 이렇듯 바다목장의 조성은 인공어초 투여와 해조장 창출 등의 인위적인 활동을 통해서 어류 및 패류의 서식공간을 제공하고, 중요 수산자원의 증묘를 지속적으로 방류함으로써 궁극적으로는 수산자원 증대, 안정적인 수산물 생산과 공급을 주목적으로 한다 (MIFAFF 2010). 따라서 바다목장의 성공적인 조성 및 사후 관리는 수산자원학 및 경제학적으로 매우 중요하다. 한편 대형저서동물은 이동성이 적거나 또는 정주·고착성의 행동 특성을 나타내기 때문에 표영 및 유영생물 군집과 비교하여 해역의 환경을 감시하는데 유용하게 이용되고 있다. 또한 저서생태계의 변화에 민감하여 서식처 주변해역의 시·공간적인 환경변화가 상대적으로 크고, 심한 해역일수록 장기적인 모니터링 연구에 있어 효과적인 생물로 고려되고 있다 (Diaz *et al.* 2004). 동시에 상위영양 단계로의 에너지 전달자료써 매우 중요한 생태적 지위를 갖고 있다 (Thouzeau *et al.* 1991). 지금까지 우리나라 동해안에서 수행된 대형저서동물의 군집 연구는 강릉 연안해역 (Choi *et al.* 2000), 후포를 포함한 울진 연안

해역 (Paik *et al.* 2007; Yu *et al.* 2011; Yoon *et al.* 2011), 영일만 (Shin *et al.* 1992), 온산만 (Song *et al.* 1995), 울산만 (Yi *et al.* 1982; Yoon *et al.* 2009), 월성 및 고리 원자력발전소 주변해역 (Seo *et al.* 2009; Kim *et al.* 2011) 등 매우 다양하다. 이상에서와 같이 대형저서동물 군집을 대상으로 수행된 연구는 인위적인 간섭이 없는 강릉 및 울진 연안해역을 제외하면, 비교적 인구가 밀집된 대도시의 내만해역과 원자력발전소 주변해역을 중심으로 이루어졌다는 공통점이 있다. 반면 대형저서동물의 서식기질로서 강릉 및 울진 연안해역은 주로 모래가 우세하게 분포하는 해역으로 분류할 수 있으나, 다른 해역은 펄이 대부분을 차지하는 환경으로 차이가 있다. 본 연구는 울진 바다목장 해역에서 수산자원생물의 먹이원으로써 대형저서동물의 생물다양성, 개체수와 군집구조를 파악하고, 생산된 자료를 기초로 향후 바다목장 해역에 서식하는 수산생물의 자원량과 자원조성 유지를 위한 어류 개체군의 방류량 평가의 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 현장조사 및 환경특성

연구해역에 서식하는 대형저서동물의 생물다양성, 생물량 및 군집구조 등을 파악하기 위하여 2013년 4월, 5

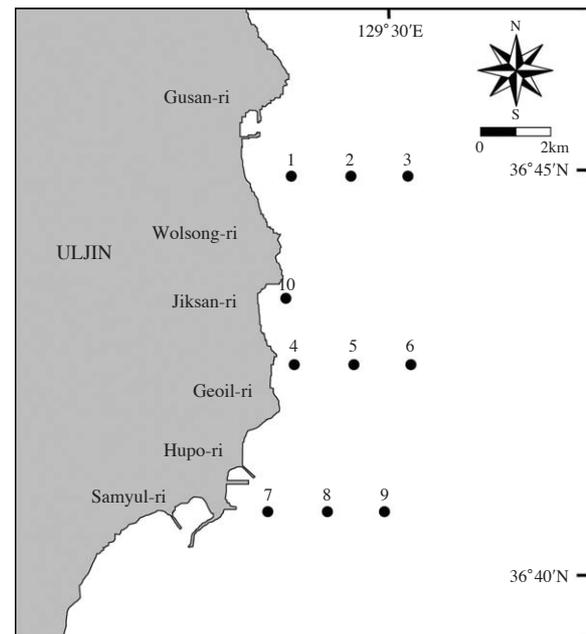


Fig. 1. Showing the map of sampling stations in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

월, 7월 및 9월 등 4회에 걸쳐 공통적으로 10개 정점을 대상으로 현장조사를 실시하였다 (Fig. 1). 대형저서동물의 채집은 채집면적이 0.1 m<sup>2</sup>인 개량된 채니기(modified van Veen grab sampler)를 이용하여 정점 당 2회(0.2 m<sup>2</sup>)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. 한편 연구해역의 환경요인 중 대형저서동물에게 영향을 미치는 수심과 퇴적물 조성은 본 연구와 동시에 현장조사가 실시된 “방류대상 품종의 방류량 산정 (FIRA 2013)” 보고서를 참고하였다. 연구해역의 수심은 연안에 가장 가깝게 위치한 정점 1, 4, 7과 10은 5 m 내외를, 중간의 정점 2, 5와 8은 약 30 m 내외의 범위에 있다. 반면 가장 외해에 위치한 정점 3, 6과 9는 60 m 내외의 수심구배를 보였다. 퇴적물 조성은 연안에 위치한 정점 1, 4, 7과 10에서는 모래함량이 평균 39.2(정점 1)~92.4%(정점 7)의 범위를 나타내었고, 이 외에 정점 4와 10에서 각각 평균 71.8%와 73.8%를 차지하였다. 단, 이 가운데 정점 1에서의 낮은 모래함량은 다른 계절과 비교해 4월과 7월에 상대적으로 모래함량이 적었다는 점에서 그 원인이 있었다. 반면 정점 2, 3, 5, 6, 8 및 9는 펄함량이 평균 82.9(정점 9)~96.4%(정점 6)의 범위를 보였고, 이 중 정점 9를 제외한 모든 정점에서의 펄함량이 평균 90.0%를 상회하였다.

## 2. 군집분석

대형저서동물의 군집구조를 파악하기 위하여, 종 풍부도(Margalef 1958), 종 다양도(Shannon and Weaver 1949)와 균등도(Pielou 1977) 지수를 구하였다. 한편 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis (1957)의 유사도지수(similarity index)를 이용하였고, 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 정점과 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 군집분석은 PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 다차원배열법(nMDS ordination)으로 나타내었다. 또한 군집분석 결과로 구분되는 각 그룹간의 유의한 차이유무를 파악하기 위하여 one-way ANOSIM 분석을 수행하였고, 동시에 그룹간의 차이를 유발하는 대형저서동물을 탐색하기 위한 목적으로 SIMPER(similarity-percentages procedure)분석을 실시하였다(version 5.2.9). 한편 우점종은 출현 개체수를 기초로 선정하였다.

## 결 과

### 1. 출현 종수 및 개체수

연구해역에서 출현한 대형저서동물은 345종 8 m<sup>-2</sup>과 231,880개체(5,797개체 m<sup>-2</sup>)이었다(Table 1). 출현 종수는 환형동물의 다모류가 154종이 출현하여 44.64%의 높은 점유율을 보였고, 절지동물의 갑각류와 연체동물이 각각 92종, 26.67%와 80종, 23.19%를 차지하였다. 이 밖에 극피동물과 기타동물군은 각각 11종(3.19%)과 8종(2.32%)이 채집되어 매우 적었다. 조사시기에 따라서는 199~225종 2 m<sup>-2</sup>종의 범위에 4월에 가장 적었고, 7월에 가장 많았다. 이 외에 5월과 9월에 각각 208종 2 m<sup>-2</sup>과 204종 2 m<sup>-2</sup>이 채집되어 상대적으로 다양하였다. 출현 종수는 전반적으로 조사시기에 따라 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 한편 조사정점에 따른 평균 출현 종수는 15~82종 0.2 m<sup>-2</sup>의 범위에 정점 4에서 가장 적었고, 정점 5에서 가장 많았다. 이 밖에 정점 2와 8에서 각각 평균 74종 0.2 m<sup>-2</sup>과 81종 0.2 m<sup>-2</sup>이 출현하여 상대적으로 다양하였다(Fig. 3). 개체수에 있어서도 다모류는 193,320개체가 채집되어 83.37%의 높은 점유율을 보였고, 갑각류와 연체동물이 각각 17,505개체, 7.55%와 16,920개체, 7.30%를 차지하였다. 이 외에 기타동물군과 극피동물이 각각 2,355개체(1.02%)와 1,780개체(0.77%)가 채집되었

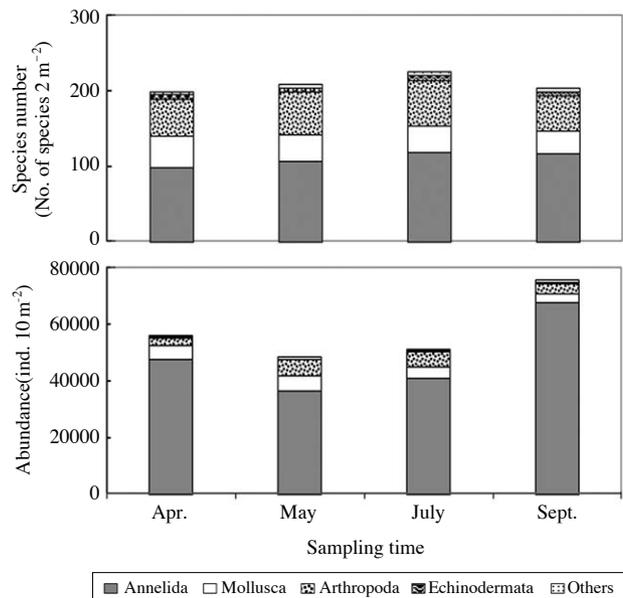
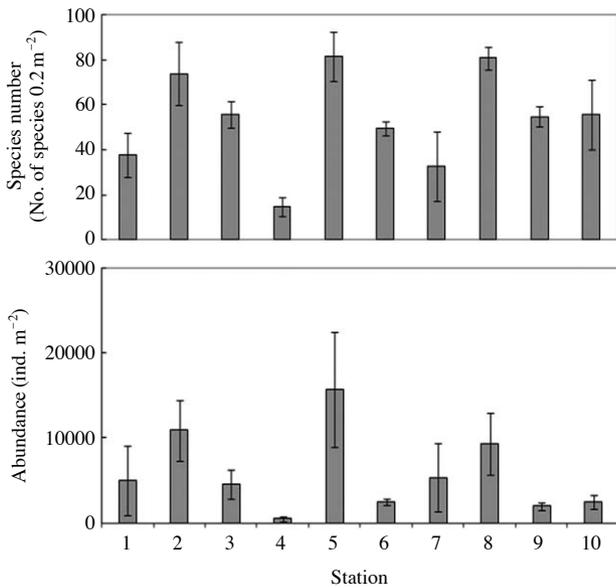


Fig. 2. Temporal variations of total species number and abundance of macrobenthic animals in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

**Table 1.** Total species number, abundance and ecological indices (richness, diversity and evenness) in the Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea (parenthesis refer to mean species number ( $0.2 \text{ m}^{-2}$ ) and density ( $\text{m}^{-2}$ ))

Component/Time	April	May	July	September	Total
Total Species number	199 (50)	208 (55)	225 (55)	204 (55)	345 (54)
Taxa					
Annelida	97	106	118	116	154
Mollusca	43	36	35	30	80
Arthropoda	48	56	61	48	92
Echinodermata	7	5	7	5	11
Others	4	5	4	5	8
Total Abundance (ind.)	56,345 (5,635)	48,435 (4,844)	51,290 (5,129)	75,810 (7,581)	231,880 (5,797)
Taxa					
Annelida	47,835	36,620	40,960	67,905	193,320
Mollusca	4,750	5,360	3,970	2,840	16,920
Arthropoda	2,845	5,470	5,365	3,825	17,505
Echinodermata	445	415	540	380	1,780
Others	470	570	455	860	2,355
Ecological indices					
Richness	1.77~9.92 (5.86)	1.69~10.42 (6.44)	2.40~9.24 (6.50)	2.63~8.87 (6.18)	
Diversity	1.29~2.94 (2.05)	1.52~3.35 (2.25)	1.32~3.27 (2.11)	0.93~3.33 (1.89)	
Evenness	0.30~0.74 (0.56)	0.44~0.92 (0.60)	0.31~0.80 (0.54)	0.24~0.82 (0.49)	

**Fig. 3.** Spatial variations of mean species number and abundance of macrobenthic animals in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

다 (Table 1). 조사시기별로는 최소 48,435개체  $10 \text{ m}^{-2}$  (5월)에서 최대 75,810개체  $10 \text{ m}^{-2}$  (9월)의 범위를 보였고, 이 외에 4월과 7월에 각각 56,345개체  $10 \text{ m}^{-2}$ 와 51,290개체  $10 \text{ m}^{-2}$ 가 채집되었다. 개체수는 전반적으로 밀도가 크게 증가한 9월을 제외하면, 기타 조사시기에는 밀도의

변화가 상대적으로 크지 않았다. 조사정점별 평균 출현 개체수는 473~15,734개체  $\text{m}^{-2}$ 의 범위에 정점 4에서 가장 적었고, 정점 5에서 가장 많았다. 이 밖에 정점 2와 8에서 각각 평균 10,871개체  $\text{m}^{-2}$ 와 9,330개체  $\text{m}^{-2}$ 가 채집되어 상대적으로 많았다 (Fig. 3).

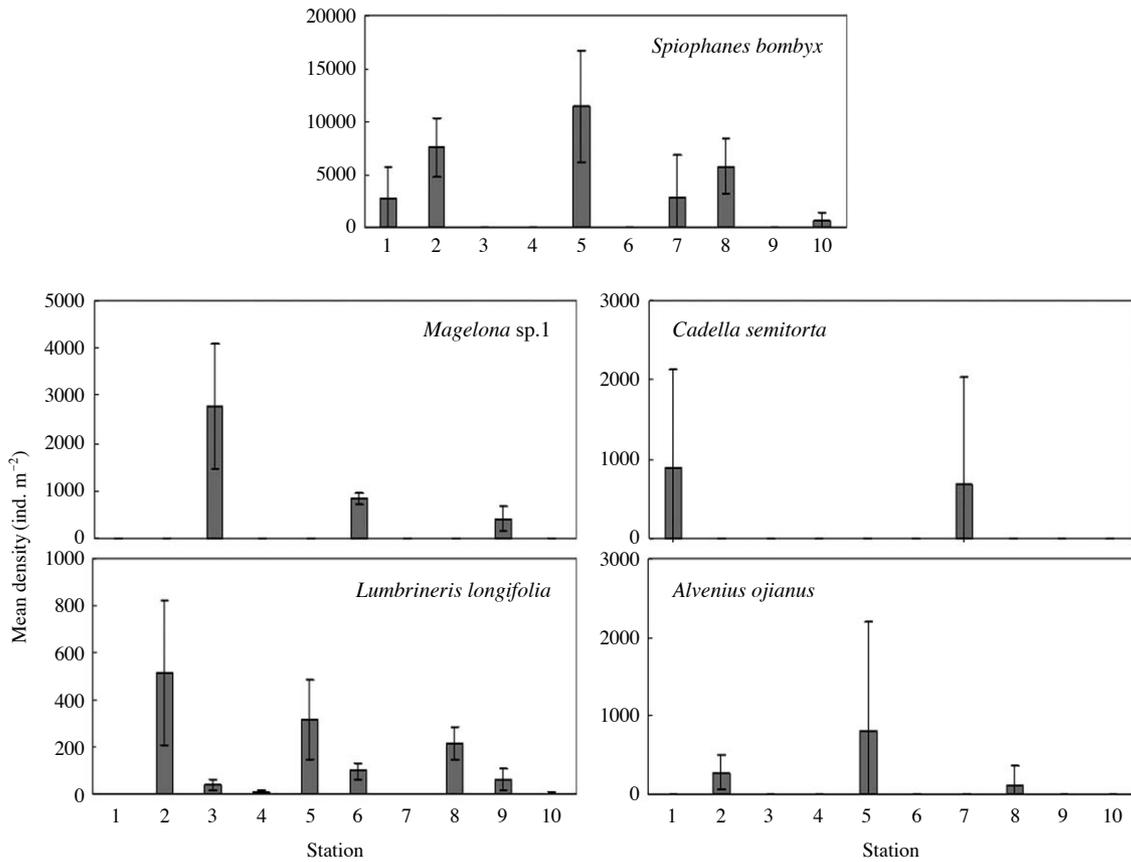
## 2. 우점종

연구해역에서 출현한 대형저서동물의 개체수를 기준으로 상위 10위까지의 우점종을 선정하였다. 분류군에 있어서는 다모류가 7종으로 가장 많았고, 연체동물과 갑각류는 각각 2종과 1종이 상위에 위치하였다. 우선 순위별로 보면, 다모류의 민얼굴갯지렁이 (*Spiophanes bombyx*), *Magelona* sp.1, 이매패류의 *Cadella semitorta*, 다모류의 긴자락송곳갯지렁이 (*Lumbrineris longifolia*), 이매패류의 겨자씨조개 (*Alveolus ojanus*), 다모류의 삼각모자갯지렁이 (*Scoloplos armiger*), 꼬리대나무갯지렁이 (*Praxillella affinis*), *Lumbrineriopsis* sp., 민송대나무갯지렁이 (*Maldane cristata*) 및 갑각류의 옆새우류인 *Urothoe orientalis* 등이었다. 이들 상위 10위 우점종들이 나타내는 개체수는 총 174,110개체로 전체의 75.09%를 차지하였다. 특히 민얼굴갯지렁이는 124,385개체 (평균  $3,110 \pm 4,434$ 개체  $\text{m}^{-2}$ ), 53.64%를 나타내 가장 높은 점유율을 보였고, 다음으로 *Magelona* sp.1이 16,130개체 (평균  $403 \pm 926$ 개체  $\text{m}^{-2}$ )로 6.96%를 차지하였다. 이 밖에 *C. semitorta*, 긴자락송곳갯

**Table 2.** The top 10 dominant species ranking based on abundance data in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea

Rank	Taxa	Species name/Sampling Time	April	May	July	September	Total Individuals	Proportion (%)
1	APOL	<i>Spiophanes bombyx</i>	31,580	17,975	28,160	46,670	124,385	53.64
2	APOL	<i>Magelona</i> sp.1	3,290	5,150	2,450	5,240	16,130	6.96
3	MBI	<i>Cadella semitorta</i>	—	3,565	2,715	45	6,325	2.73
4	APOL	<i>Lumbrineris longifolia</i>	1,635	935	740	1,700	5,010	2.16
5	MBI	<i>Alvenius ojanus</i>	3,440	295	115	970	4,820	2.08
6	APOL	<i>Scoloplos armiger</i>	1,330	1,050	880	1,065	4,325	1.87
7	APOL	<i>Praxillella affinis</i>	765	760	800	1,320	3,645	1.57
8	APOL	<i>Lumbrineriopsis</i> sp.	590	1,150	445	1,300	3,485	1.50
9	APOL	<i>Maldane cristata</i>	1,070	880	470	760	3,180	1.37
10	CAM	<i>Urothoe orientalis</i>	775	390	1,370	270	2,805	1.21

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



**Fig. 4.** Spatial variations of top 5 dominant species in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

지렁이 및 겨자씨조개의 순서로 각각 6,325개체 (2.73%), 5,010개체 (2.16%) 및 4,820개체 (2.08%)가 채집되었다 (Table 2). 한편 주요 우점종의 공간 분포를 보면 (Fig. 4), 민얼굴갯지렁이는 개체가 출현하지 않았던 정점 3, 6 및 9를 제외하면, 평균 10~11,466개체 m<sup>-2</sup>의 범위에 정점 4에서 가장 적었고, 정점 5에서 가장 많았다. 이 외에 정

점 2와 8에서 각각 7,581개체 m<sup>-2</sup>와 5,744개체 m<sup>-2</sup>가 출현하여 상대적으로 밀도가 높았다 (Fig. 4). 다음으로 *Magelona* sp.1은 최소 평균 1개체 m<sup>-2</sup>(정점 2와 8)에서 최대 2,791개체 m<sup>-2</sup>(정점 3)의 범위를 보였다. 이 밖에 정점 6과 9에서 각각 평균 826개체 m<sup>-2</sup>와 406개체 m<sup>-2</sup>가 출현하였다. 본 종은 가장 외양에 위치하고 있는 정

점 3, 6, 9에서 공통적으로 밀도가 높았다(Fig. 4). 이때 패류의 *C. semitorta*는 정점 1, 7과 10에서만 출현한 가운데 각각 평균 890개체  $m^{-2}$ , 690개체  $m^{-2}$ 와 1개체  $m^{-2}$ 가 채집되었다(Fig. 4). 긴자락송곳갯지렁이는 단 1개체도 출현하지 않은 정점 1을 제외하면, 평균 서식밀도는 1~515개체  $m^{-2}$ 의 범위에 정점 7에서 적었고, 정점 2에서 가장 많았다. 이 밖에 정점 5와 8에서 각각 평균 316개체  $m^{-2}$ 와 216개체  $m^{-2}$ 가 채집되어 상대적으로 밀도가 높았다. 따라서 본 종은 비교적 넓은 공간적 분포범위를 나타내고 있으나, 주 서식 분포역은 정점 2, 5와 8로 고려할 수 있었다(Fig. 4). 마지막으로 겨자씨조개는 최소 1개체  $m^{-2}$ (정점 1과 4)에서 최대 800개체  $m^{-2}$ (정점 5)의 범위를 보였다. 이 외에 정점 2와 8에서 각각 평균 278개체  $m^{-2}$ 와 125개체  $m^{-2}$ 가 채집되었다(Fig. 4). 이상을 종합하면, 민얼굴갯지렁이와 긴자락송곳갯지렁이는 공간적으로 서식범위가 상대적으로 넓은 광역분포종에 속한다. 다만 민얼굴갯지렁이는 외양역의 정점군(정점 3, 6 및 9)을 제외한 정점군(정점 2, 5 및 8)에서 특징적으로 개체수가 많아 차이가 있었다. 한편 *C. semitorta*는 육상부에 가장 가까이에 위치하며 모래로 구성된 정점 1과 7에서만 분포하였던 반면, *Magelona* sp.1과 겨자씨조개는 각각 외양의 정점군(정점 3, 6 및 9)과 중앙의 정점군(정점 2, 5와 8)에서 제한적으로 밀도가 높았다.

### 3. 생태학적 제 지수

연구해역에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료를 기초로 생태학적 제 지수를 구하였다. 종 풍부도는 1.69~10.42의 범위에 평균 값은 6.24이었다. 5월의 정점 4에서 가장 낮았고, 동 시기의 정점 5에서 가장 높았다. 한편 조사시기별 평균 종 풍부도는 최소 5.86(4월)에서 최대 6.50(7월)의 범위를 나타내었다. 이 밖에 5월과 9월에 각각 평균 6.44와 6.18의 수치를 보여 4월을 제외하면, 조사시기에 따른 평균 풍부도의 수치는 차이가 없었다. 반면 조사정점에 따른 평균 풍부도는 2.28~8.78의 범위에 정점 4에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 정점 8에서 가장 높았다. 이 외에 정점 2, 9와 10에서 평균 7.00 이상의 값을 보여 상대적으로 높았다(Fig. 5). 종 다양도는 0.93~3.35의 범위에 평균 값은 2.08이었다. 9월의 정점 7에서 가장 낮았고, 5월의 정점 10에서 가장 높았다. 한편 조사시기별 평균 종 다양도는 최소 1.89(9월)에서 최대 2.25(5월)의 범위를 나타내었다. 이 밖에 4

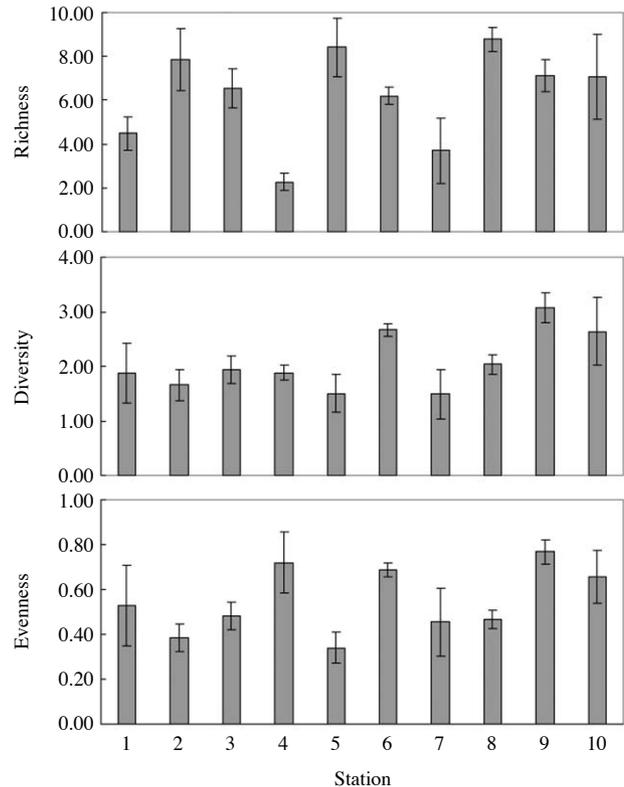
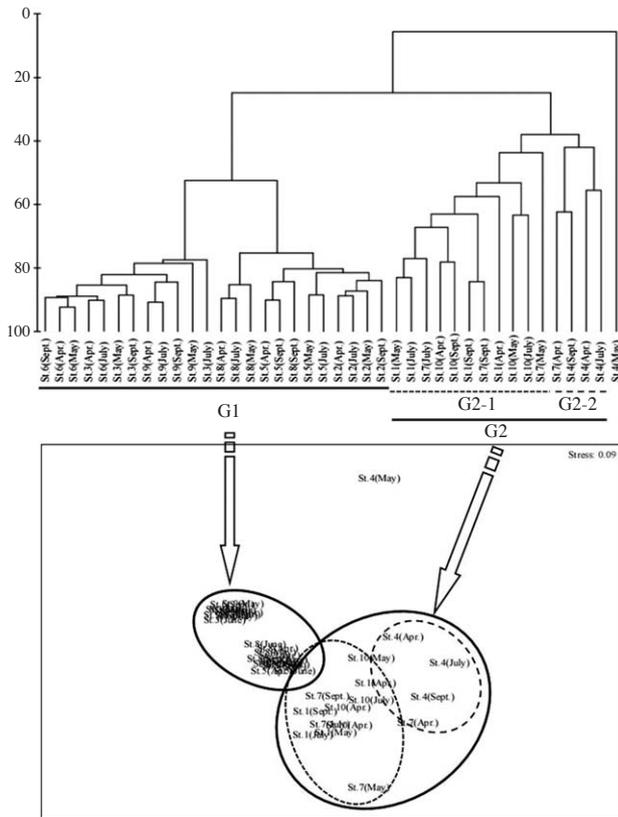


Fig. 5. Spatial variations of ecological indices (richness, diversity and evenness) in Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

월과 9월에 각각 평균 2.05와 2.11의 수치를 보여 조사시기에 따른 평균 종 다양도의 수치 차이는 크지 않았다. 조사정점에 따른 평균 다양도는 1.49~3.07의 범위에 정점 7에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 정점 9에서 가장 높았다. 이 외에 정점 6, 8과 10에서 평균 2.00 이상의 값을 보여 상대적으로 높았다(Fig. 5). 균등도는 0.24~0.92의 범위에 평균 값은 0.55이었다. 9월의 정점 7에서 가장 낮았고, 5월의 정점 4에서 가장 높았다. 한편 조사시기별 평균 균등도는 최소 0.49(9월)에서 최대 0.60(5월)의 범위를 나타내었다. 이 밖에 4월과 7월에 각각 평균 0.56과 0.54의 수치를 나타내 전반적으로 모든 조사시기에 균등도 수치는 낮았다. 조사정점에 따른 평균 균등도는 0.34~0.77의 범위에 정점 5에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 정점 9에서 가장 높았다. 이 외에 정점 2, 3, 7과 8에서 0.50 이하의 수치를 보여 상대적으로 낮았다. 이렇듯 낮은 균등도 수치는 정점 2와 8에서는 공통적으로 민얼굴갯지렁이가, 정점 3에서는 *Magelona* sp.1이, 그리고 정점 7에서는 *C. semitorta*의 대량 출현에 그 원인이 있었다(Fig. 5).

**Table 3.** Average dissimilarity between group and average abundance (ind. m<sup>-2</sup>) of characteristic species by SIMPER analysis that contributed 80% of dissimilarity in site group

Group	Overall average dissimilarity	Species name	Average abundance	Average abundance	Average dissimilarity	Contribution %	Cumulative %
<sup>1</sup> G1 vs <sup>2</sup> G2	87.9	<i>Spiophanes bombyx</i>	4,137	1,673	38.7	44.0	44.0
		<i>Magelona</i> sp.1	672	—	14.7	16.8	60.8
		<i>Cadella semitorta</i>	—	422	4.8	5.4	66.2
		<i>Maldane cristata</i>	133	—	3.3	3.8	70.0
		<i>Scoloplos armiger</i>	159	34	3.2	3.6	73.6
		<i>Lumbrineriopsis</i> sp.	3	228	3.0	3.5	77.1
		<i>Urothoe orientalis</i>	36	130	2.4	2.7	79.8
<sup>1</sup> G2-1 vs <sup>2</sup> G2-2	88.5	<i>Spiophanes bombyx</i>	2,278	10	43.2	48.8	48.8
		<i>Cadella semitorta</i>	575	—	13.5	15.2	64.0
		<i>Lumbrineriopsis</i> sp.	261	138	9.3	10.6	74.6



**Fig. 6.** Dendrogram for hierarchical clustering (upper) and 2-dimensional nMDS configuration, using group-average linkage by Bray-Curtis similarities calculated on the fourth-root transformed data in the Uljin Marine Ranching area, East Sea of Korea.

**4. 군집구조**

연구해역에서 출현한 대형저서동물과 개체수의 자료를 근거로 군집구조 분석을 실시하여 수지도와 다차원배열법으로 표현하였다(Fig. 6). 군집분석에서는 총 1,200개

체 이상(출현 밀도의 0.50% 이상) 출현한 22종을 대상으로 실시하였고, 우점종에 의한 효과를 줄이기 위하여 원자료는 fourth root로 변환하였다. 그 결과, 연구해역의 대형저서동물 군집은 크게 2개의 그룹과 1개의 정점(5월의 정점 4)으로 구분되었고, 이 가운데 그룹 1은 모든 조사시기의 정점 2, 3, 5, 6, 8 및 9가, 그룹 2는 모든 조사시기의 정점 1, 4, 7 및 10으로 구성되었다. ANOSIM 분석결과에서도 대부분의 정점이 포함된 그룹 1과 2는 유의한 차이를 보이고 있었다(Global R=0.766, P=0.001). 한편 연안에 위치한 정점들로 구성된 그룹 2는 다시 2개의 소그룹으로 구분된 가운데, 이 중 그룹 2-1은 그룹 2-2에 포함되는 4월, 7월과 9월의 정점 4 및 4월의 정점 7을 제외한 모든 조사시기의 정점들로 구성되었다. 한편 본 연구에서 그룹 1과 2사이의 비유사도는 87.9%였고, 다모류의 민얼굴갯지렁이 (*Spiophanes bombyx*)가 44.0%로 비유사도에 크게 기여한 것으로 파악되었다(Table 3). 또한 *Magelona* sp.1, 민승대나무갯지렁이 (*Maldane cristata*), 삼각모자갯지렁이 (*Scoloplos armiger*)는 그룹 1에서 상대적으로 밀도가 높았던 반면, 이매패류의 *Cadella semitorta*, 다모류의 *Lumbrineriopsis* sp.와 옆새우류의 *Urothoe orientalis* 등은 그룹 2에서 개체수가 많았다. 한편 그룹 2의 2-1과 2-2의 비유사도는 88.5%였으며, 민얼굴갯지렁이가 48.8%로 기여도가 가장 높았다. 이 외에 *C. semitorta*와 *Lumbrineriopsis* sp.도 각각 15.2%와 10.6%를 나타내었다(Fig. 6).

**고 찰**

**1. 환경요인 및 생물특성**

대형저서동물에게 기질로서 작용하는 퇴적물은 시 ·

공간 분포와 군집구조를 결정하는 중요한 환경요인이다 (Hentschel and Jumar 1994; Snelgrove and Butman 1994). 우리나라의 동해안은 해안선을 따라 모래해빈이 잘 발달해 있고, 육지와 인접한 연안에서는 모래함량이 상대적으로 높다 (Choi *et al.* 2000; Paik *et al.* 2007). 특히 수심 구배에 따라서는 대략 20m보다 낮은 연안에서는 상대적으로 모래가 많고, 그 보다 깊은 수심에서는 펄과 가는모래가 많아 연안에서 외양으로 향할수록 세립해지는 양상을 나타낸다 (Paik *et al.* 2007; Seo *et al.* 2009). 본 연구해역도 연안에 가깝게 근접해 있는 정점에서는 조립질의 모래가, 이후 수심이 깊어지면서 외양으로 갈수록 세립질의 펄의 양이 많아지는 동일한 결과를 보였다. Yu *et al.* (2011)도 본 연구해역과 동일한 울진 주변해역은 1.55~6.20m의 평균입도에 수심이 낮은 정점에서는 모래가 많은 조립질 퇴적물이, 수심이 깊은 정점에서는 펄이 많은 세립질 퇴적물이 우세한 환경으로 보고한 바 있어 본 연구결과와 잘 일치한다. 한편 연구해역에 서식하는 대형저서동물은 총 345종 8 m<sup>-2</sup>에 단위면적당 (m<sup>-2</sup>) 개체수는 5,797개체이었고, 이 가운데 다모류가 공통적으로 154종 (32±16종), 44.64%와 193,320개체 (평균 4,833±4,910개체), 83.37%를 차지하여 가장 우점하는 생물이었다. 이렇듯 본 연구해역에서 출현한 345종은 후포 주변해역의 319종 (Paik *et al.* 2007)과 울진 주변해역의 334종 (Yu *et al.* 2011)과 비교해 유사하거나 또는 많았고, 강릉 연안해역의 163종 (Choi *et al.* 2000), 월성 주변해역의 163종 (Seo *et al.* 2007), 울산만의 127종 (Yi *et al.* 1982)과 199종 (Yoon *et al.* 2009) 및 고리 주변해역의 157종 (Kim *et al.* 2011) 등과 비교해서는 약 2~2.5배 높은 생물다양성을 나타내고 있다. 또한 단위 면적당 (m<sup>-2</sup>) 평균 개체수와 주요 생물군인 다모류의 밀도도 각각 5,797개체와 4,833개체를 나타내 강릉 연안해역의 1,187개체와 600개체 (Choi *et al.* 2000), 후포 주변해역의 1,972개체와 1,601개체 (Paik *et al.* 2007), 울진 주변해역의 3,221개체와 2,496개체 (Yu *et al.* 2011), 월성 주변해역의 1,005개체와 776개체 (Seo *et al.* 2009) 및 고리 주변해역의 552개체와 399개체 (Kim *et al.* 2011) 등과 비교해서도 매우 높았다. 또한 채집시기와 채집면적의 차이는 있으나, 동일한 해역에서 수행된 조사에서의 291종 3.6 m<sup>-2</sup>과 4,198개체 m<sup>-2</sup> 및 3,199개체 m<sup>-2</sup>와 비교해서도 높은 값을 보이고 있다 (MIFAFF 2010). 이상을 종합하면 본 연구해역은 동해안의 여러 해역과 비교해 대형저서동물의 생물다양성과 개체수가 매우 높은 해역으로 구분할 수 있다. 한편 동해안과 같이 수심이 낮고, 모래의 함량이 많아질수록 퇴적물 속에 포함되어 있는 유기물의 양도

감소한다. 특히 이러한 특성을 가지는 해역은 파랑과 같은 물리적 요인에 의해 서식처의 퇴적물 교란이 상대적으로 심하기 때문에 대형저서동물의 종수와 개체수가 적은 것으로 알려져 있다 (Snelgrove 1998). 그러나 본 연구해역은 1988년 이래로 연안역에 해중림과 중요수산물원 생물의 산란장 및 보육장 조성을 목적으로 자연석, 다양한 어초(사각형, 반구형 및 뿔삼각형어초, 다양한 형태의 강제어초 및 해중림초), 해군 숙영정 및 어선어초 등이 시설된 바 있다. 이러한 적극적 형태의 노력 결과 이후로 해조류와 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수가 증가하는 경향이 관찰되었고, 동시에 상위 영양단계의 생물군인 어류의 종수와 개체수도 지속적으로 증가하는 경향을 보이는 것으로 파악되었다 (NFRDI 2007, 2008). 반면 Yoon *et al.* (2011)은 저층 트롤을 이용한 저서동물의 군집구조를 밝힌 연구에서 퇴적물의 교란이 심한 울진 바다목장의 연안 인근 정점에서는 바다목장 조성 이후 시간경과에 따라 대형 및 초대형저서동물 뿐만 아니라 어류의 종수와 개체수가 크게 증가하지 않았다는 상반된 결과를 보고한 바 있다. 결국 본 연구 및 NFRDI (2007, 2008)와 Yoon *et al.* (2011)의 결과에서 발현되는 근본적인 요인은 생물 채집기와 채집 대상생물의 차이에서 기인한 것으로 전자(본 연구와 NFRDI)는 채니기 (van Veen grab sampler)를 이용하여 대형저서동물을, 후자는 저인망인 트롤을 이용하여 대형 및 초대형저서동물을 채집의 주된 대상으로 하고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 본 연구해역은 서식기질과 물리학적 제한이 비록 상존하고는 있으나, 현재까지 생물서식처의 인위적인 조성 및 현명한 이용 및 관리라는 인간활동의 노력으로 비교적 대형저서동물상은 잘 유지되고 있음을 알 수 있다.

## 2. 우점종 및 군집구조

대형저서동물의 군집구조는 해역에 서식하는 중요 우점종의 시·공간적인 분포양상과 변동에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 우점종의 분포와 변화 정보는 대상해역의 군집구조와 특성을 파악하는데 좋은 정보를 제공한다 (Lim and Hong 1997). 또한 우점종은 군집에서 종간 및 종내 상호작용의 핵심으로, 군집구조 뿐만 아니라 군집의 전반적인 안정도에도 영향을 미친다 (Fried *et al.* 2000). 이와 같이 군집 연구에 있어서 우점종은 해역 생태계의 안정도를 평가하고 (Borja *et al.* 2003), 환경을 해석하는데 있어 매우 중요한 역할을 수행하는 요소이다 (Pearson and Rosenberg 1978; Fried *et al.* 2000). 한편 대



형저서동물 군집 가운데 다모류는 출현 종수와 개체수에 있어서 가장 우점하는 생물군으로 매우 중요한 생태적 지위를 가지고 있다 (Fauchald and Jumars 1979). 본 연구해역에서도 개체수를 기준으로 상위 10위 우점종 가운데 7종이 상위에 위치하고 있어 이를 잘 반영하고 있었다. 특히 민얼굴갯지렁이 (*Spiophanes bombyx*)와 미동정의 양손갯지렁이류 (*Magelona* sp.1)는 각각 단위면적당 ( $m^{-2}$ ) 3,109개체와 403개체의 밀도를 나타내 전체 출현 개체수의 1위와 2위를 점유하는 대표적인 생물이었다. 지금까지 본 연구해역의 우점종과 과거 수행된 연구결과의 우점종을 비교해 보면, 강릉, 울진 및 영일만 주변해역에서는 공통적으로 민얼굴갯지렁이가 가장 우점하는 생물이었다. 민얼굴갯지렁이는 모래가 비교적 많은 해역에서 서관을 형성하여 살아가는 포충퇴적물식자로 알려져 있다 (Choi 1989). 특히 후포 주변해역과 영일만에서는 단위면적당 ( $m^{-2}$ ) 각각 436개체와 557개체의 밀도로 많았고, 이 외에도 또 다른 후포 주변해역의 일부 정점과 울진월차력발전소 주변해역에서는 각각 3,430개체와 1,380개체로 극우점한 종이다 (Paik *et al.* 2007). 본 연구에서도 3,109개체가 채집되어 밀도가 매우 높았고, 특히 4월의 정점 5와 9월의 정점 2와 5에서는 공통적으로 10,000개체 이상의 밀도를 나타내 특징적이었다. 또한 공간적으로도 외양의 정점 (정점 3, 6 및 9)을 제외한 모든 정점에서 출현하고 있었다. Paik *et al.* (2007)은 본 종이 퇴적물의 평균입도 및 수심 등의 환경요인과 통계적인 유의성은 없으나, 통상적으로 수심 20~30m의 정점에서 연 중 높은 밀도를 나타내는 것으로 보고한 바 있다. 결국 본 연구의 수심 30m 내외에 위치한 정점 2와 5에서 관찰되는 이들 개체군의 높은 밀도는 비록 어떠한 환경요인이 개체군을 직·간접적으로 조절하는지 정확하게 가늠할 수는 없으나, 저서생태계에 성공적으로 가입하여 안정적으로 서식하고 있음을 반영하는 결과로 해석할 수 있다. 이와 같은 추정의 근거는 본 연구에서도 성체에서부터 어린개체에 이르기까지 동시에 출현하고 있기 때문이다. 반면 본 종은 10m 이내의 얕은 수심에서도 하계에 일시적으로 새로운 개체군의 가입이 이루어지나, 얕은 수심에서는 강한 파랑의 영향으로 서식에 일정 부분 제한을 받는 것으로 파악되고 있다 (Paik *et al.* 2007). 그러나 본 연구에서는 5m 내외로 수심이 얕아 파랑의 영향이 보다 클 것으로 예상되는 정점 1, 7과 10에서도 하계에 해당하는 7월과 9월에 평균 5,293개체  $m^{-2}$ , 5,575개체  $m^{-2}$ 와 693개체  $m^{-2}$ 가 출현하여 특징적이었다. 따라서 본 종의 주된 서식수심과 이들의 밀도 및 분포에 영향을 미치는 환경요인에 대한 제 현상의 파

악이 요구된다. 한편 본 연구에서 2번째 우점종인 미동정의 양손갯지렁이류는 동해안에서 수행된 기존연구에서 높은 밀도로 출현하는 양손갯지렁이 (*Magelona japonica*)와 종 수준에서 차이가 있다. 본 연구에서 출현한 양손갯지렁이류는 조사 전 기간을 통해 일부 정점 (정점 2, 5 및 8)에서는 5~10개체 내외의 매우 적은 밀도로 출현하고 있으나, 수심 60m 이상의 세립질 퇴적물로 구성된 외양의 정점 3 (평균 2,791±1,314개체  $m^{-2}$ ), 6 (평균 826±117개체  $m^{-2}$ )과 9 (평균 406±256개체  $m^{-2}$ )에서는 특징적으로 밀도가 높다. 이와 같은 공간분포 특성은 후포 주변해역에서 수심 20~50m 사이의 펄과 모래가 혼합된 퇴적물에서 출현 밀도가 매우 높게 나타난 양손갯지렁이의 분포와 매우 유사하다 (Kim *et al.* 2011). 또한 외양역, 일정 수준 이상의 수심을 나타내는 해역과 해수의 유통이 원활한 곳에서 비교적 높은 밀도로 서식한다는 연구결과와도 일치한다 (Yoon *et al.* 2009). 따라서 지금까지의 연구결과로 동해에서 양손갯지렁이류는 전반적으로 수심 30m 이상의 모래함량이 20.0~50.0% 범위를 나타내는 혼합질 퇴적상의 정점에서 우점하는 것으로 일반화할 수 있었다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서 3종의 양손갯지렁이류 (양손갯지렁이, *Magelona* sp.1 및 *Magelona* sp.2)는 공간분포에 있어 차이를 나타내 *Magelona* sp.1만이 특정 정점에서 밀도가 높았던 반면, 양손갯지렁이와 *Magelona* sp.2는 각각 2개체  $m^{-2}$ 와 1개체  $m^{-2}$ 로 밀도가 매우 적었다. 따라서 향후 양손갯지렁이류에 대한 분류학적 검토 및 개체군 동태에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 한편 본 연구해역에서 대형저서동물 군집은 크게 2개의 그룹과 1개의 정점 (5월의 정점 4)으로 구분되었고, 민얼굴갯지렁이가 공통적으로 우점한 가운데 이를 제외한 각각의 그룹은 특징적인 환경과 생물학적 특성을 나타내고 있었다. 즉 그룹 1은 모든 조사시기의 정점 2, 3, 5, 6, 8 및 9로 구성되었고, 환경적으로 30~60m 내외의 수심과 세립질 퇴적물이 우세한 중간과 가장 외해의 정점들이라는 공통점이 있었다. 또한 본 그룹에 속하는 대형저서동물은 총 282종 (평균 66±15종)과 7,471개체  $m^{-2}$ 의 밀도를 나타내고 있으며, 주요 종들로는 다모류의 *Magelona* sp.1, 긴자락송갯지렁이, 삼각모자갯지렁이, 꼬리대나무갯지렁이, 민송대나무갯지렁이와 이매패류의 겨자씨조개 등이었다. 반면 그룹 2는 모든 조사시기의 정점 1, 4, 7 및 10으로 구성되었고, 환경적으로 수심과 퇴적상은 각각 5m 내외의 조립질 퇴적물이 우세한 연안에 가까운 정점들이었다. 또한 생물적으로는 181종 (평균 37±18종)과 3,287개체  $m^{-2}$ 를 나타내며, 주요 우점종은 이매패류의 *Cadella*

*semitorta*와 다모류의 *Lumbrineriopsis* sp.이었다. 이상에 서와 같이 연구해역에 서식하는 대형저서동물 군집은 연안으로 부터의 이격정도와 그에 따른 수심과 퇴적상에 의해 그 구조를 달리하고 있다. 따라서 본 연구해역이 속한 동해안은 서·남해안과 비교해 모래가 많고, 수심의 경사도가 급해 서식하는 생물도 그 분포에 영향을 받고 있다는 과거 연구결과와도 잘 일치하고 있다. 결국 동해안에 서식하는 대형저서동물의 군집구조는 강릉연안, 후포 주변해역을 포함한 울진 연안은 물론 원자력발전소 주변해역까지도 공통적으로 수심과 퇴적물의 조성(펄·모래함량) 차이에 따라 그 구조를 달리하는 것으로 일반화 할 수 있다(Choi *et al.* 2000; Paik *et al.* 2007; Kim *et al.* 2011).

## 적 요

본 연구는 울진 바다목장 해역에서 서식하는 대형저서동물의 생물다양성, 개체수 및 군집구조를 파악하기 위하여 실시되었다. 연구해역 연성기질 조하대에서 출현한 대형저서동물은 345종 8 m<sup>-2</sup>에 단위면적당(m<sup>-2</sup>) 출현 개체수는 5,797개체이었다. 분류군별 출현 종수와 개체수에 있어서는 환형동물의 다모류가 각각 154종, 44.64%와 193,320개체, 83.37%의 점유율을 나타내 가장 우점하는 생물이었다. 한편 연구해역의 주요 우점종으로 다모류의 민얼굴갯지렁이(*Spiophanes bombyx*)는 124,385개체(평균 3,110±4,434개체 m<sup>-2</sup>), 53.64%의 점유율을 나타내었고, 다음으로 *Magelona* sp.1이 16,130개체(평균 403±926개체 m<sup>-2</sup>)로 6.96%를 차지하였다. 이 밖에 이매패류의 *Cadella semitorta*, 다모류의 긴자락송곳갯지렁이(*Lumbrineris longifolia*) 및 이매패류의 겨자씨조개(*Alvénus ojanus*)의 순서로 각각 6,325개체(2.73%), 5,010개체(2.16%) 및 4,820개체(2.08%)가 출현하였다. 한편 출현 종과 개체수의 자료를 근거로 대형저서동물의 군집구조 분석을 실시한 결과, 크게 2개의 그룹과 1개의 정점(5월의 정점 4)으로 구분되었다. 이 가운데 그룹 1은 모든 조사시기의 정점 2, 3, 5, 6, 8 및 9가 포함되었고, 환경적으로 30~60 m 내외의 수심과 세립질 퇴적물이 우세한 정점들이라는 공통점이 있었다. 또한 본 그룹에 속하는 대형저서동물은 총 282종(평균 66±15종)과 7,471개체 m<sup>-2</sup>의 밀도에 다모류의 *Magelona* sp.1, 긴자락송곳갯지렁이, 삼각모자갯지렁이(*Scoloplos armiger*), 꼬리대나무갯지렁이(*Praxillella affinis*), 민송대나무갯지렁이(*Maldane cristata*)와 겨자씨조개 등이 주요한 구성종이었다.

반면 그룹 2는 모든 조사시기의 정점 1, 4, 7 및 10으로 구성되었고, 환경적으로 수심과 퇴적상은 각각 5 m 내외의 조립질 퇴적물이 우세한 정점들이었다. 또한 생물적으로는 181종(평균 37±18종)과 3,287개체 m<sup>-2</sup>를 나타내었고, 주요 우점종은 이매패류의 *Cadella semitorta*와 다모류의 *Lumbrineriopsis* sp.이었다. 이상을 종합해 보면, 연구해역에 서식하는 대형저서동물 군집은 연안으로 부터의 이격정도와 그에 따른 수심과 퇴적물의 조성차이에 의해 그 구조를 달리하고 있었다.

## 사 사

본 연구는 국립수산과학원의 연구지원(RP-2014-FR-025)에 의해 수행되었음을 밝힙니다. 논문을 세밀하게 검토해주신 심사위원께 감사의 말씀을 올립니다.

## REFERENCES

- Borja A, I Muxika and J Franco. 2003. The application of a marine biotic index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Mar. Pollut. Bull.* 46:835-845.
- Bray JR and JT Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Choi JW and CH Koh. 1989. Polychaete feeding guilds from the Continental Shelf off the southeastern coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 24:84-95.
- Choi JW, JG Je, JH Lee and HS Lim. 2000. Distributional pattern of macrobenthic invertebrates on the shallow subtidal sandy bottoms near Kangrung, East Coast of Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr. (The Sea)* 5: 346-356.
- Diaz RJ, M Solan and RM Valente. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *J. Environ. Manag.* 73:165-181.
- Fauchald K and J Jumars. 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17: 193-284.
- FIRA (Korea Fisheries Resources Agency). 2013. Estimation of optimum releasing number of Ul-jin marine ranching with Pleuronectiformes and abalone using the ecosystem modeling. 302pp.
- Fried CLJ, KG Harwood, SJ Hall and JA Hall. 2000. Long-term changes in the benthic communities on North sea fishing grounds. *ICES J. Mar. Sci.* 57:1303-1309.

- Hentschel BT and PA Jumars. 1994. *In situ* chemical inhibition of benthic diatom growth affects recruitment of competing, permanent and temporary meiofauna. *Limnol. Oceanogr.* 39:816-838.
- Hwang JD, YH Lee, JM Shim, SH Youn, HG Jin, YS Kim, KY Kwon and SC Yoon. 2008. Physical oceanographic characteristics in Hupo coastal area during summer and autumn, 2007. *J. Kor. Fish. Soc.* 41:505-510.
- Kim DI, IS Seo, CH Moon, BM Choi, RH Jung and MH Son. 2011. Community structure of macrobenthic assemblages around Gijang Province, East Sea of Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr. (The Sea)* 16:97-105.
- Lim HS and JS Hong. 1997. Ecology of the macrozoobenthos in Chinhae Bay, Korea 2. Distribution pattern of the major dominant species. *J. Korean Fish. Soc.* 30:161-174.
- Margalef R. 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. Apl. Barcelona* 9:5-27.
- MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2010. Studies on the Development of Marine Ranching Program 2009 in the East, West and Jeju coast of Korea. 1269 pp.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2007. Marine forest establishment on the box-typed artificial seaweed reefs. 160pp.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2008. Assessing the ecological function of artificial reef systems. 83pp.
- Paik SG, RS Kang, JO Jeon, JH Lee and SG Yun. 2007. Distribution patterns of sandy bottom macrobenthic community on the Hupo coastal area, in the east sea of Korea. *Ocean Polar Res.* 29:123-134.
- 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. 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley Company, New York 164pp.
- Seo IS, HT Moon, BM Choi, MH Kim, DI Kim, JS Yun, JY Byun, HC Choi and MH Son. 2009. Community structure of macrobenthic assemblages around the Wolseong Nuclear Power Plant, East Sea of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 27:341-352.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana 125 pp.
- Shin HC, SS Choi and CH Koh. 1992. Seasonal and spatial variation of polychaetous community in Youngil Bay, Southeastern Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea* 27:46-54.
- Snelgrove PVR and CA Butman. 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause vs effect. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32:111-127.
- Snelgrove PVR. 1998. The biodiversity of macrofaunal organic in marine sediments. *Biodiv. Conserv.* 7:1123-1132.
- Song JI, IS Lee and JH Won. 1995. An ecological study on the marine invertebrates in Onsan Bay, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 13:131-151.
- 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.
- Yi SG, JS Hong and JH Lee. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. *KORDI* 4:17-26.
- Yoon BS, SC Yoon, SI Lee, JB Kim, JH Yang, JH Park, YM Choi and JH Park. 2011. Community structure of demersal organisms caught by otter trawl survey in the Uljin Marine Ranching area, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:506-515.
- Yoon SP, RH Jung, YJ Kim, SG Kim, MK Choi, WC Lee, HT Oh and SJ Hong. 2009. Macrobenthic community structure along the environmental gradients of Ulsan Bay, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr. (The Sea)* 14:102-117.
- Yu OH, SG Paik, HG Lee and JH Lee. 2011. Spatiotemporal distribution of macrobenthic communities in the coastal area of Uljin and its relation to environmental variables. *Ocean Polar Res.* 33:421-434.

Received: 1 September 2014

Revised: 30 October 2014

Revision accepted: 4 November 2014