

울진바다목장에서 형망으로 어획된 수산자원의 군집구조

윤병선 · 박정호 · 윤상철¹ · 양재형² · 손명호*

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹자원관리과, ²독도수산연구소

Community Structure of Fisheries Resources Caught by Dredge in the Uljin Marine Ranching Area, Korea

Byoung Sun Yoon, Jeong-Ho Park, Sang Chul Yoon¹, Jae Hyeong Yang² and Myoung Ho Sohn*

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

¹Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

²Dokdo Fisheries Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-110, Korea

To elucidate the variation of species composition, biomass and size distribution of fishery resource in the Uljin marine ranching area was investigated at the 4 stations from 2009 to 2010 based on the dredge sampling. During the survey period, a total of 41 fishery resource species were sampled with a mean density of 2,554,633 ind./km² and mean biomass was 32,946 kg/km². A total 36 fishery resource species were sampled with a mean density of 3,198,793 ind./km² and mean biomass 41,177 kg/km² in 2009 and it were sampled a total 31 species, mean 1,910,473 ind./km² and 24,716 kg/km² in 2010. The major individual-dominant species, occupying over 1% of total individuals, were *Gomphina veneriformis* (2,491,818 ind., 82.2%), *Umbonium costatum* (221,973 ind., 8.7%), *Macrura chinensis* (49,879 ind., 2.0%), *Glossaulax didyma hayashii* (49,879 ind., 1.9%), *Blepharipoda liberate* (37,714 ind., 1.5%) and Paguridae spp. (27,266 ind., 1.1%). The major biomass-dominant species, occupying over 1% of total biomass, were *G. veneriformis* (25,124 kg, 76.3%), *G. didyma hayashii* (2,596 kg, 7.9%), *M. chinensis* (2,024 kg, 6.1%), *Ovalipes punctatus* (921 kg, 2.8%) and *Glossaulax didyma didyma* (567 kg, 1.7%). From the cluster analysis based on Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species number and individuals was divided into 2 different groups of the fishery resource community (Group A-St.1, Group B-Sts. 2, 3, 4). The 2009 and 2010 mean Shell length (mm) of *G. veneriformis* was 37.73 mm, 29.76 mm and *M. chinensis* was 62.03 mm, 44.94 mm, respectively.

Key words: Uljin marine ranching area, Dredge survey, Fisheries resources, Community structure

서 론

근해어업의 발달과 연안오염의 가중, 양식어업의 증가 등으로 연안어장의 생산성이 저하되면서, 우리나라의 연근해 어업의 총어획량은 1980년대 이후 감소하고 있는 실정이다(Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993; MIFFAF, 2008). 이러한 수산자원 감소를 방지하기 위한 여러 방안 중에 바다목장 사업은 수산자원의 방류에서 어획에 이르기까지 자연친화적으로 관리하는 어업생산시스템으로 인공어초, 해조장 등 인위적인 시설물의 설치를 통해 어패류 자원의 서식공간을 제공하고 수

산종묘 방류를 통해 고갈되어 가는 수산자원을 증대시켜 안정적인 수산물 생산 및 공급을 목적으로 한다(MOMAF, 2005; MIFFAF, 2008; Lee et al., 2012). 또한, 바다목장 사업은 어장을 적극적으로 선택하고 조성하는 과정에서 생물자원의 현존량 변화 및 생태특성에 관한 자료를 축적함으로써 효율적인 생태계 관리모형을 개발하는데도 그 목적이 있다.

울진바다목장에서는 어류 및 패류의 자원량을 증대시킬 목적으로 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)와 같이 암반 주변에 정착하여 서식하는 어류와 강도다리(*Platichthys stellatus*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 같은

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0935>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 935-944, December 2014

Received 7 November 2014; Revised 15 December 2014; Accepted 23 December 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8522 Fax: +82. 33. 661. 8513

E-mail address: smh8037@korea.kr

연안의 저층에 서식하는 어류를 방류하고 있으며 또한 둥근전복(*Haliotis discus*), 대복(*Gomphina veneriformis*)과 같은 패류를 지속적으로 방류하고 있다. 방류 해역의 전반적인 해저 지형 형태는 수심 10 m 전후로 암반과 입자의 크기가 큰 사질로 구성되어 있고, 수심이 깊어지면서 점차 니질의 함량이 증가하는 형태를 보이는데(MOMAF, 2005), 이러한 환경에서는 다양한 저서동물이 서식하는 것으로 널리 알려져 있다(Choi et al., 2000; Seo and Choi, 2010). 저서동물은 생산자에서 어류와 같은 고차소비자에 이르는 영양연결자의 역할을 하며(Daan, 1973; Mills, 1975; McIntyre, 1978), 퇴적물을 섭식하고 현탁물을 여과하는 등 물질순환에 있어 중요한 역할을 수행할 뿐만 아니라 이동능력이 미약하고 환경의 변화에 민감하기 때문에 저서동물의 군집구조 변화는 환경의 변화를 잘 반영한다(Bilyard, 1987; Ling and Clark, 1983). 울진바다목장의 사질해변에는 상업적으로 이용되는 다양한 패류가 서식할 뿐만 아니라 방류 어종인 넙치와 강도다리의 먹이원이 되는 다양한 무척추동물이 서식한다. 따라서 본 연구는 울진바다목장에서 방류하는 패류와 저서성 어류들이 서식하기 적합한 방류위치의 결정과 적정 방류량의 추정하기 위하여 해당 해역에 서식하는 대형 저서동물 군집의 시·공간적 구조 특성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

조사정점 및 방법

울진바다목장 해역은 경북 울진군 근남면 구산리에서 후포면 후포리 일대에 20 km² 면적으로 조성되어 있는데, 거일리를 중심으로 남쪽 해안은 암반이 잘 발달되어 있고 직산리, 월송리 및 구산리 일대의 낮은 수심의 퇴적물에는 입자의 크기가 큰 사질(평균 입도 1.50)이 높은 함량을 보이는 특징을 가지고 있다(Paik et al., 2007). 본 조사는 2009년부터 2010년까지 1년에 4 회씩(3월, 6월, 9월, 12월) 4개의 정점에서 형망을 이용하여 채집하였다(Fig. 1). 본 조사에서 사용된 형망은 틀의 길이가 140 cm, 갈퀴의 간격은 2 cm, 망목의 크기는 2.5 cm였으며, 예망에 사용된 로프의 길이는 평균 150 m였다. 울진바다목장 해역에서 채집된 저서동물은 각각 개체수와 생체량을 측정하였으며, 가장 우점하여 출현하는 대복과 개량조개(*Mactra chinensis*)는 Vernier callipers를 사용하여 각장(Shell length, SL)을 0.01 mm까지, 생체량(패각 포함 습중량)은 전자저울을 사용하여 0.01 g까지 측정하였다. 각 정점에서 채집된 저서동물의 종별 개체수 및 생체량 자료는 단위 면적당(km²)으로 환산하였다.

생태지수 및 군집분석

형망에 의해 채집된 저서동물의 군집의 구조를 이해하기 위하여 출현 종수 및 개체수 자료를 이용하여 종다양도지수(H' , Pielou, 1977)와 종우점도지수(D' , Simpson, 1949)를 분석하였다. 형망에 의해 채집된 저서동물 군집의 정점별·월별 유사성을

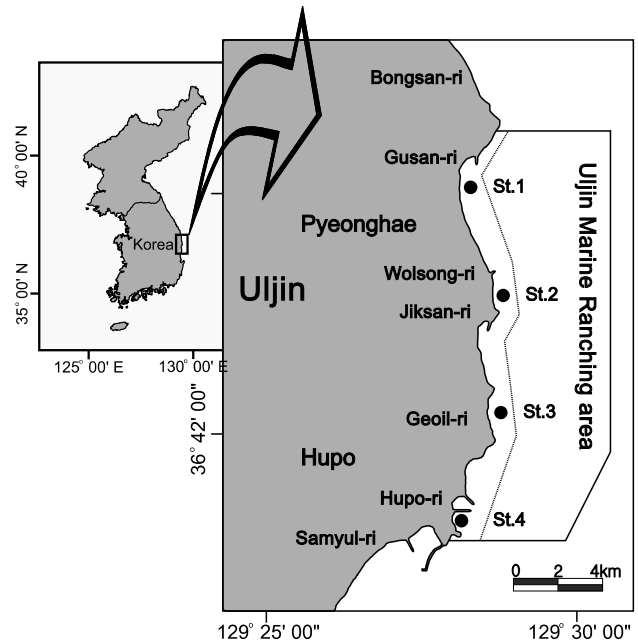


Fig. 1. Map showing the sampling stations of fisheries resources with dredge from 2009 to 2010 in the Uljin marine ranching area, Korea.

파악하기 위하여 정점별·월별로 출현한 저서동물의 종수(C_j)와 개체수(S_j, S_j)를 바탕으로 하는 Bray-curtis 유사도지수(BC; Bray-Curtis, 1957)를 사용하여 유사도를 백분율(%)로 나타내었으며, 유사도분석에서 종수와 개체수 사이의 자료간 편중을 피하기 위하여 fourth root로 자료를 변환하여 사용하였다.

각각의 정점별·월별로 분석된 유사도를 바탕으로 정점별·월별 유사성의 차이를 분석하기 위하여 수지도(dendrogram)를 작성하여 집괴분석(cluster analysis)을 실시하였으며, 그룹간 연결 방식에는 complete linkage 방식을 사용하였다. 군집분석 결과 분리된 정점군과 정점군 사이의 생물군집의 차이를 유발하는 종을 분석하고 이들이 군집의 차이에 기여하는 정도를 분석하기 위하여 SIMPER 분석을 실시하였으며, 이들의 분석에는 PRIMER V5.0을 사용하여 실시하였다(Clarke and Warwick, 2001).

통계분석

시간의 변화에 따른 저서동물의 종수, 개체수, 생체량, 종다양도와 종우점도의 변화를 분석하기 위해서 SPSS version 12.0 for Windows로 paired t-test를 실시하였고, 정점별로 2009년과 2010년 채장분포의 차이를 분석하기 위해서는 t-test를 실시하였다. 또한 정점별·월별로 출현한 종수, 개체수, 생체량, 종다양도, 종우점도 및 우점종의 각장의 차이를 분석하기 위해서 ANOVA test를 실시하였으며 사후분석으로 Turkey-T 분석을 사용하였다.

결 과

종수

조사 기간 동안(2009-2010년) 울진바다목장 해역 4개 정점에서 출현한 저서동물은 총 41종으로 연체동물이 18종으로 가장 많았고, 절지동물 12종, 어류 6종, 극피동물 3종, 해면동물과 환형동물이 각각 1종이 출현하였다(Fig. 2). 시기별 출현 양상에 있어서는 2009년에 총 36종이 출현하였으며 연체동물이 15종으로 가장 많았고 절지동물 11종, 어류가 6종의 순이었다. 2010년에는 총 31종이 출현하였으며 연체동물이 14종, 절지동물 8종, 어류 4종의 순이었으며 연도별 종수의 차이는 없는 것으로 나타났다(paired t-test, $P>0.05$).

정점별로 출현 종수를 살펴보면 정점 1에서는 총 15종(평균 8.6종), 정점 2에서는 22종(평균 11.0종), 정점 3에서는 24종(평균 9.9종), 정점 4에서는 23종(평균 11.1종)이 출현하였으며,

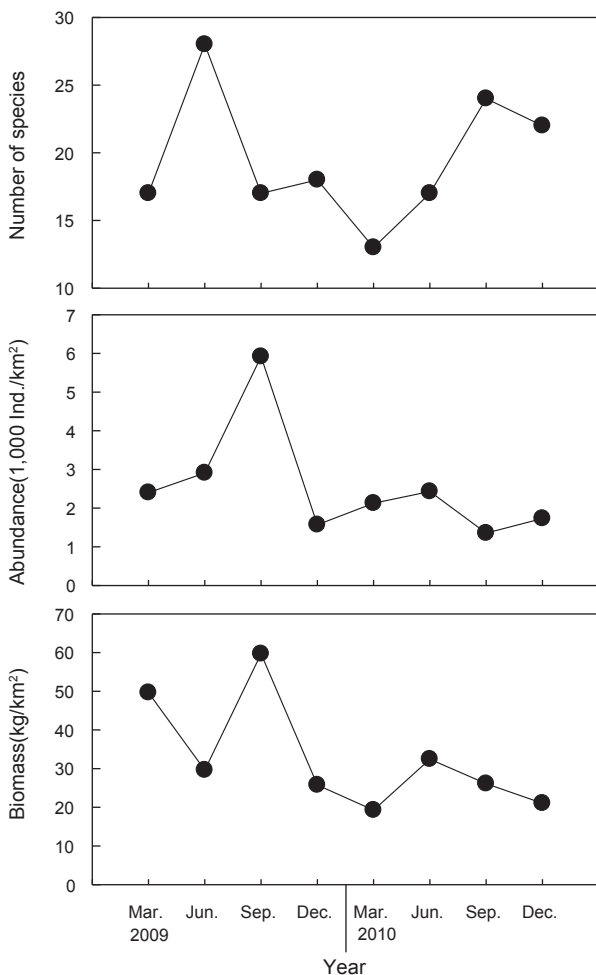


Fig. 2. Temporal variations of number of species, abundance and biomass of fisheries resources in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

정점 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3, ANOVA, $P>0.05$). 월별로 출현한 종수의 차이를 살펴보면 3월은 평균 8.3종, 6월은 11.8종, 9월은 10.4종, 12월은 11.0종이 출현하였지만 월별로 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA, $P>0.05$).

개체수

조사기간 동안 출현한 저서동물의 평균 개체수는 2,554,633 ind./km²이었는데, 2009년에는 평균 3,198,793 ind./km², 2010년에는 1,910,473 ind./km²로 2009년에 비해 2010년에 개체수가 감소한 것으로 나타났다(Fig. 2, paired t-test, $P=0.048$). 분류군별 개체수의 출현양상을 살펴보면 2009년에는 연체동물이 평균 3,045,503 ind./km²로 가장 많았고, 절지동물 134,643 ind./km², 어류가 12,494 ind./km²를 나타냈다. 시기별 출현 양상에 있어서는 2010년에는 연체동물이 1,841,224 ind./km², 절

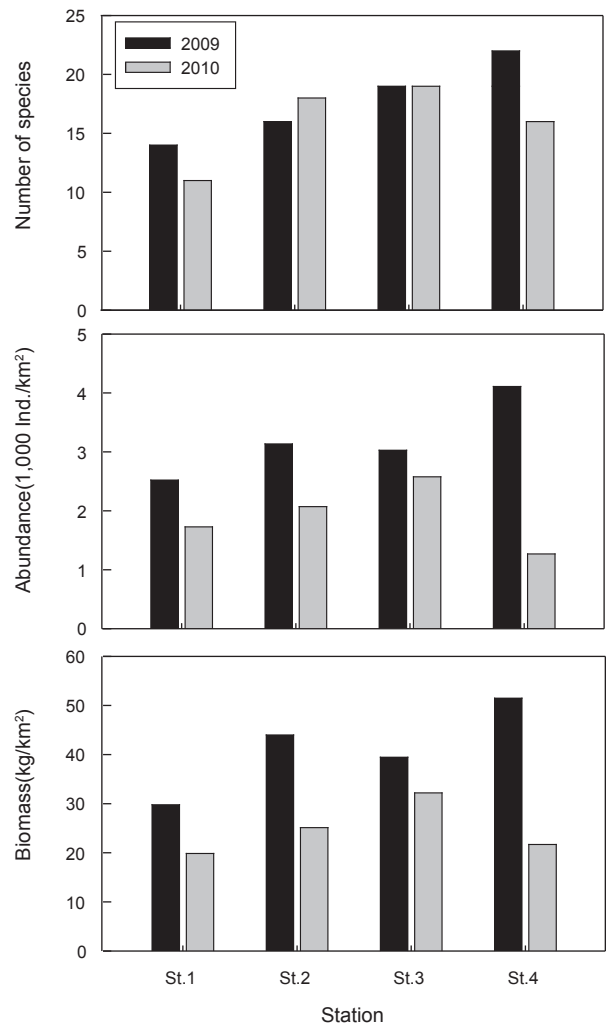


Fig. 3. Spatial variations of number of species, abundance and biomass of fisheries resources in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

지동물이 59,857 ind./km², 어류가 4,756 ind./km²로 2009 년에 비해 개체수가 감소한 것으로 나타났다(paired t-test, $P=0.033$).

정점별로 출현한 개체수를 살펴보면 정점 1에서는 평균 2,125,134 ind./km², 정점 2에서는 2,602,969 ind./km², 정점 3에서는 2,882,125 ind./km², 정점 4에서는 2,688,304 ind./km²로 나타났으며 정점간 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3, ANOVA, $P>0.05$). 월별로 출현한 저서동물의 개체수의 차이를 살펴보면 3월에 2,262,920 ind./km², 6월에 2,669,020 ind./km², 9월에 3,636,673 ind./km², 12월에 1,649,919 ind./km²로 9월이 12월에 비해 높은 개체수를 보였지만(ANOVA, $P=0.045$), 다른 시기에는 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA, $P>0.05$).

생체량

조사기간 동안 출현한 저서동물의 평균 생체량은 32,946.4 kg/km²로 2009년에는 평균 41,176.6 kg/km²이었고 2010년에는 24,716.3 kg/km²로 2009년에 비해 2010년에 생체량이 감소한 것으로 나타났다(Fig. 2, paired t-test, $P=0.034$). 분류군별 생체량을 살펴보면 2009년에는 연체동물이 38,329.7 kg/km²으로 가장 많았고 절지동물 1,949.5 kg/km², 어류 777.3 kg/km²이었다. 2010년에는 연체동물이 23,052.3 kg/km²으로 가장 많았고, 절지동물 972.3 kg/km², 어류가 586.4 g/km²로 2009년에 비해 생체량이 감소했다(paired t-test, $P=0.031$).

정점별로 출현한 생체량을 살펴보면 정점 1에서는 평균 24,817.8 kg/km², 정점 2에서는 34,557.4 kg/km², 정점 3에서는 35,827.1 kg/km², 정점 4에서는 36,583.4 kg/km²로 나타났으며 정점간 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3, ANOVA, $P>0.05$). 월별로 출현한 저서동물의 생체량의 차이를 살펴보면 3월에 34,450.8 kg/km², 6월에 31,035.8 kg/km², 9월에 42,888.0 kg/km², 12월에 23,411.1 kg/km²로 9월이 12월에 비해 높은 생체량을 보였지만(ANOVA, $P=0.019$), 다른 시기에는 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA, $P>0.05$).

우점종

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 개체수의 1% 이상을 차지하는 주요 우점종은 총 6종으로 연체동물이 4종, 절지동물이 2종으로 나타났으며 이들 개체수의 합은 전체 개체수의 97.3%를 차지했다. 대복은 평균 2,491,818 ind./km²(82.2%)로 출현한 저서동물 중에서 가장 높은 개체수를 보이며 극우점했으며, 다음으로는 비단고둥(*Umbonium costatum*)으로 평균 221,973 ind./km²(8.7%)로 차우점 하는 것으로 나타났다. 개량조개는 평균 49,879 ind./km²(2.0%), 높은탑이색구슬우렁이(*Glossaulax didyma hayashii*)는 평균 49,879 ind./km²(1.9%), 게가재(*Blepharipoda liberata*)는 평균 37,714 ind./km²(1.5%), 집게류(Paguridae spp.)는 평균 27,266 ind./km²(1.1%)의 개체수를 나타냈다(Fig. 4). 대복은 2009년에 평균 2,491,818 ind./km², 2010년에 1,710,184 ind./km²로 2009년에 비해 2010년에 개체수가 감소한 것으로 나타났지만(paired t-test, $P=0.048$), 다

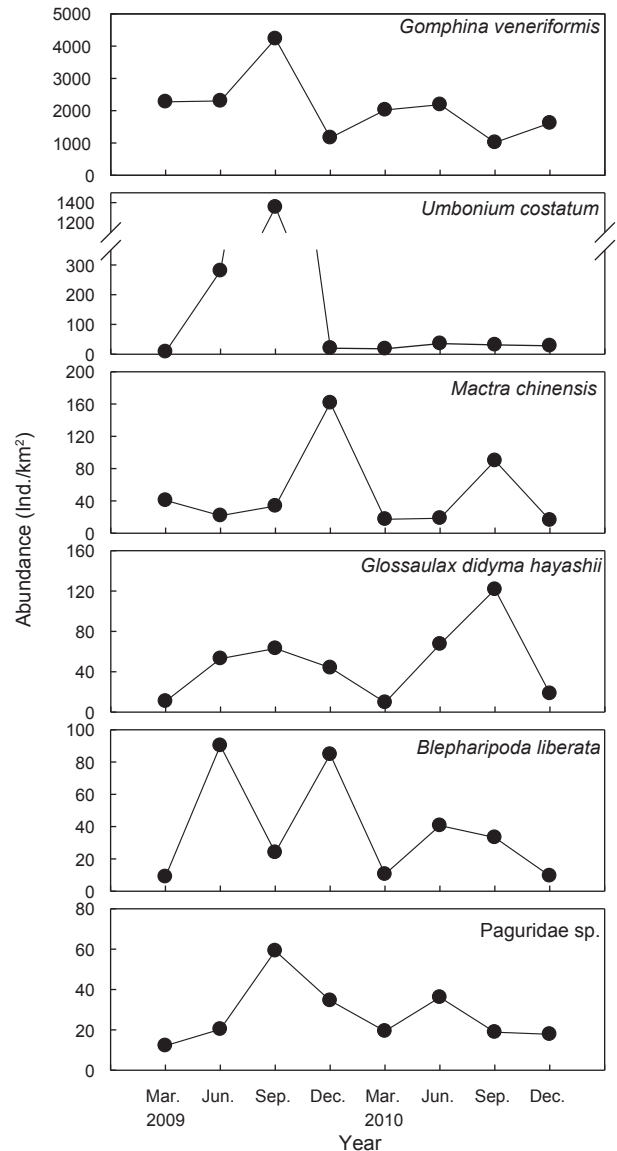


Fig. 4. Temporal variations of the abundance of six dominant species in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

른 종들은 유의한 차이를 보이지 않았다(paired t-test, $P>0.05$).

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 생체량의 1.0% 이상을 차지하는 주요 우점종을 분석한 결과 총 5종으로 연체동물 4종과 절지동물 1종으로 이들 생체량의 합은 전체 생체량의 94.8%를 차지했다. 대복은 평균 25,124 kg/km²(76.3%)로 가장 높은 생체량을 보이며 극우점하는 것으로 나타났고, 높은탑이색구슬우렁이는 평균 2,596 kg/km²(7.9%), 개량조개는 2,024 kg/km²(6.1%) 깨다시꽃게(*Ovalipes punctatus*)는 921 kg/km²(2.8%), 큰구슬우렁이(*Glossaulax didyma didyma*)는 567 kg/km²(1.7%)였다(Fig. 5). 대복은 2009년에는 평균 31,575 kg/km², 2010년에는 평균 18,674 kg/km²로 생체량이 감소한

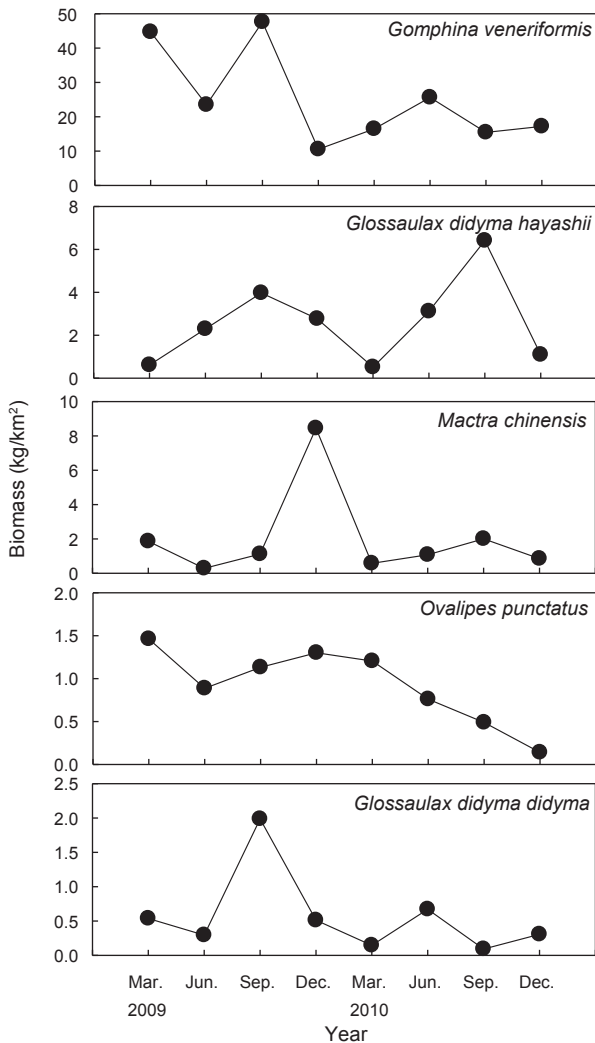


Fig. 5. Temporal variations of the biomass of five dominant species in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

것으로 나타났지만(paired t-test, $P < 0.05$), 다른 종들은 유의한 차이를 보이지 않았다(paired t-test, $P > 0.05$).

군집분석

조사기간 동안 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 계절별, 정점별 생태지수를 분석한 결과 종다양도(H')는 평균 0.73을 나타내었는데, 2009년에는 평균 0.61, 2010년에는 0.86을 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 6, paired t-test, $P > 0.05$). 종우점도 (D)는 평균 0.69를 나타내었는데, 2009년에는 0.69, 2010년에는 0.64를 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다 (paired t-test, $P > 0.05$).

조사기간 동안 계절별, 월별로 출현한 저서동물의 종수와 개체수를 바탕으로 계절별, 월별 유사도를 구하고 집괴분석을 실시하여 생물군집의 유사성을 분석한 결과 생물군집은 크게 2

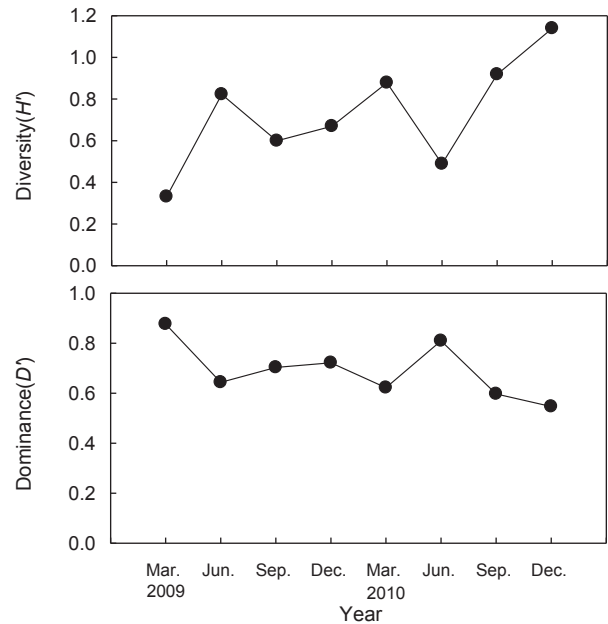


Fig. 6 Temporal variations of the species diversity and the dominance index in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

개의 Group으로 구분되는 특징을 보였다(Fig. 7). Group A는 2009년과 2010년에 정점 1에서 조사된 군집이었고, Group B는 2009년과 2010년도에 정점2-4에서 조사된 군집으로 나타났는데, Group B는 다시 2009년과 2010년도에 정점2와 정점 3에서 조사된 군집(Group B-1)과 2009년과 2010년에 정점 4에서 조사된 군집(Group B-2)로 구분되었다.

군집분석에서 Group A와 Group B 군집의 차이에 대한 종기여도를 분석하기 위하여 SIMPER분석을 실시한 결과 종기여도에서 5% 이상을 차지하는 종들은 총 7종으로 나타났다(Table 1). 비단고둥의 비유사도에 대한 종기여도는 10.49%로 Group A에서는 2009년 6월과 9월에 각각 2,295 ind./km²와 14,153 ind./km²가 출현하였을 뿐 다른 조사에서는 전혀 출현하지 않았던 반면 Group B에서는 총 24회의 조사 중에서 21회 출현하였으며 개체수는 평균 2,274 ind./km²로 나타나 그룹별 큰 차이를 보였다. 개량조개는 Group A에서는 평균 5 ind./km²로 매우 낮은 개체수를 보였던 반면 Group B에서는 평균 663 ind./km²의 개체수를 보이며 10.04%의 종기여도를 나타냈다. 또한 높은탑이색구슬우렁이와 집게류는 Group A에 비해 Group B에서 높은 개체수를 보였고, 반면 두가시자주새우(*Neocrangon communis*)와 까나리(*Ammodytes personatus*)는 Group A에서 높은 개체수를 보이는 것으로 나타났다. Group B는 Group B-1과 Group B-2로 분리되었는데, 이들의 분리에 가장 큰 기여를 하는 종은 비단고둥으로 Group B-1에서는 평균 65 ind./km²의 낮은 개체수를 보였던 반면 Group B-2에서는 평균 6,694 ind./km²의 높은 개체수를 보이며 11.25%의 종기여도를 나타냈다

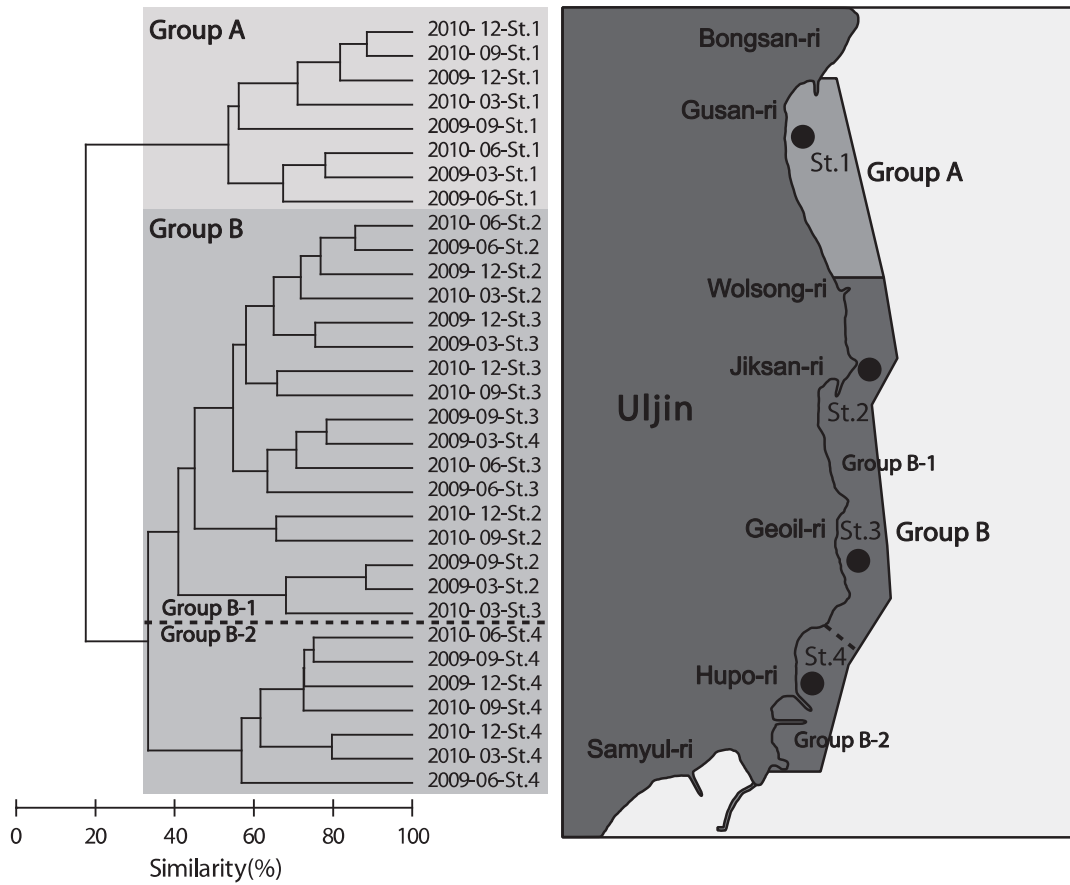


Fig. 7. Dendrogram and schematic representation of space distribution based on Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species number and abundance in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

Table 1. Species contributions to dissimilarity between Group A and Group B in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Rank	Species	Average abundance (Ind./km ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
		Group A	Group B		
1	<i>Umbonium costatum</i>	2,056	2,274	10.49	10.49
2	<i>Macra chinensis</i>	5	663	10.04	20.53
3	<i>Gomphina veneriformis</i>	18,230	19,793	7.74	28.27
4	<i>Neocrangon communis</i>	74	0	7.50	35.77
5	<i>Glossaulax didyma hayashii</i>	194	581	6.71	42.48
6	Paguridae spp.	122	323	6.56	49.04
7	<i>Ammodytes personatus</i>	179	22	5.14	54.18

(Table 2). 반면 대복은 Group B-1에서 평균 22,083 ind./km²의 높은 개체수를 보였던 반면 Group B-2에서는 평균 15,214 ind./km²의 낮은 개체수를 보이며 10.32%의 종기여도를 나타냈다. 집게류, 게가재, 그물무늬금게(*Matuta planipes*), 깨다시꽃게, 큰구슬우렁이, 개량조개 모두 Group B-1에 비해 Group B-2에서 높은 개체수를 보이는 것으로 나타나 대복을 제외하면 대부

분의 저서동물이 Group B-2에서 서식밀도가 높았다.

각장조성

대복의 각장분포를 살펴본 결과 2009년에 평균 37.73 mm, 2010년에 평균 29.76 mm로 평균 각장이 감소한 것으로 나타났는데(t-test, P<0.05), 정점별로 살펴보면 정점 1은 37.32 mm에

Table 2. Species contributions to dissimilarity between Group B-1 and Group B-2 in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Rank	Species	Average abundance (Ind./km ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
		Group B-1	Group B-2		
1	<i>Umbonium costatum</i>	65	6,693	11.25	11.25
2	<i>Gomphina veneriformis</i>	22,083	15,214	10.32	21.57
3	Paguridae sp.	102	764	6.77	28.34
4	<i>Blepharipoda liberata</i>	348	702	6.72	35.06
5	<i>Matuta planipes</i>	0	222	6.38	41.44
6	<i>Ovalipes punctatus</i>	181	421	5.88	47.32
7	<i>Glossaulax didyma didyma</i>	106	406	5.74	53.06
8	<i>Mactra chinensis</i>	311	1,369	5.09	58.15

서 30.19 mm로, 정점 2는 37.54 mm에서 29.07 mm, 정점 3은 37.91 mm에서 29.07 mm, 정점 4는 38.81 mm에서 29.80 mm로 감소하여 모든 정점에서 평균 각장이 감소한 경향을 나타냈다(Fig. 8, t-test, $P < 0.05$). 정점별 주모드를 살펴보면 정점 1은 2009년에는 27-29 mm와 46-47 mm의 두 개의 주모드를 보였던 반면 2010년에는 29-32 mm에서 주모드를 보였으며, 또한 정점 2는 2009년에는 32-34 mm와 48-49 mm의 두 개의 주모드를 보였던 반면 2010년에는 29-33 mm의 단일 모드를 나타냈다. 정점 3은 2009년에는 30-31 mm와 50-52 mm의 주모드를 보였고, 2010년에는 23-26 mm와 36-38 mm의 주모드를 나타냈으며, 정점 4는 2009년에는 32-34 mm와 50-51 mm, 2010년에는 25-28 mm와 36-38 mm의 주모드를 보여 모든 정점에서 2010년에 주모드의 각장이 감소하는 경향을 나타냈다.

개량조개의 각장분포를 살펴본 결과 2009년에 평균 62.03 mm, 2010년에 평균 44.94 mm로 평균 각장이 감소한 것으로 나타났는데(t-test, $P < 0.05$), 정점별로 살펴보면 정점 1은 2009년에는 50.06 mm였지만 2010년에는 출현하지 않았으며, 정점 2는 64.07 mm에서 38.25 mm, 정점 3은 60.83 mm에서 43.52 mm, 정점 4는 60.30 mm에서 50.90 mm로 감소하여 모든 정점에서 평균 각장이 감소한 경향을 나타냈다(Fig. 8, t-test, $P < 0.05$). 정점별 주모드를 살펴보면 정점 1에서는 뚜렷한 주모드를 보이지 않았고, 정점 2는 2009년에 49-51 mm와 71-74 mm의 두 개의 주모드를 2010년에는 29-31 mm과 38-40 mm에서 주모드를 보였다. 정점 3은 2009년에는 50-52 mm와 70-74 mm의 두 개의 주모드를 보였던 반면 2010년에는 36-40 mm의 단일 모드를 나타냈다. 정점 4는 2009년에는 30-33 mm, 48-50 mm와 71-73 mm의 주모드를 보였고, 2010년에는 47-49 mm와 70-74 mm의 주모드를 보여 주모드의 각장이 감소하거나 큰 개체군의 주모드가 나타나지 않는 경향을 보였다.

고 찰

울진바다목장 해역 4개 정점에서 2009년부터 2010년까지 출현한 저서동물은 총 41종으로 연체동물 18종, 절지동물 12종,

어류 6종, 극피동물 3종, 기타 2종으로 연체동물의 비율이 높은 것으로 나타났는데, 본 조사 해역의 경우 수심이 10 m보다 얇고 퇴적물 입자의 크기가 큰 사질해안으로 파도의 영향으로 저층의 교란이 심한 특징을 가지고 있고, 형망의 갈퀴 간격 2 cm, 그물코 2.5 cm로 크기 때문에 다른 분류군에 비해 크기가 작고 부드러운 특징을 가진 환형동물의 출현 종수가 적었다. 연체동물은 단단한 패각을 가지고 절지동물은 키틴질의 갑각을 가지고 있어 다른 분류군에 비해 사질의 함량이 높은 곳에서 높은 종수와 서식밀도를 보이는 것으로 잘 알려져 있는데(Choi et al., 2000; Hwang and Kim, 2003; Ko et al., 2012), 본 조사에서도 다른 분류군에 비해 연체동물과 절지동물의 종수와 개체수가 많은 경향을 보였다. 절지동물 중에서 계류가 많은 종이 출현하였고, 연체동물 또한 크기가 큰 이매패류나 복족류가 주로 출현하는 경향을 보였지만 정점별로 유사한 퇴적물 입도 조성으로서 정점간 종수의 차이는 없었던 것으로 판단된다. 형망을 이용한 저서동물 조사가 적어 직접적인 비교가 어렵지만 상대적으로 크기가 큰 연체동물의 종수를 비교하면 Cha et al. (2012)이 영일만에서 형망을 사용한 이매패류 자원조사에서는 연체동물이 2종, Jung et al. (2013)이 안면도 사질 조간대에서 실시한 조사에서 연체동물은 총 10종이 출현하여 본 조사에 비해 적은 종수가 출현하였다. 반면 Choi et al. (2000)의 강릉 사질해변 조사에서는 연체동물이 24종, Ko et al. (2012)의 제주 사질해변 연구에서는 29종이 출현하여 본 조사에 비해 많은 종수가 나타났는데, 강릉 연안과 제주 사질해변의 조사는 본 조사에 비해 정점수가 많을 뿐 아니라 30 m 수심까지 조사가 이루어져 더 많은 종이 출현했던 것으로 판단된다. 또한 울진바다목장 해역에서 2007년(MIFFAF, 2008)과 2008년(MIFFAF, 2009)에 실시한 조사에서는 2007년에 총 25종과 2008년에 40종이 출현하였는데, 연체동물은 각각 12종과 15종으로 본 조사의 18종에 비해 적은 종수를 보였고, 다음으로 많은 종수를 보였던 어류는 2007년과 2008년에 각각 7종과 10종으로 본 조사의 6종에 비해서는 높은 종수를 보였다. 반면 절지동물은 2007년과 2008년에 각각 4종과 5종으로 적었던 반면 본 조사에서는 12종이 출현하여 상

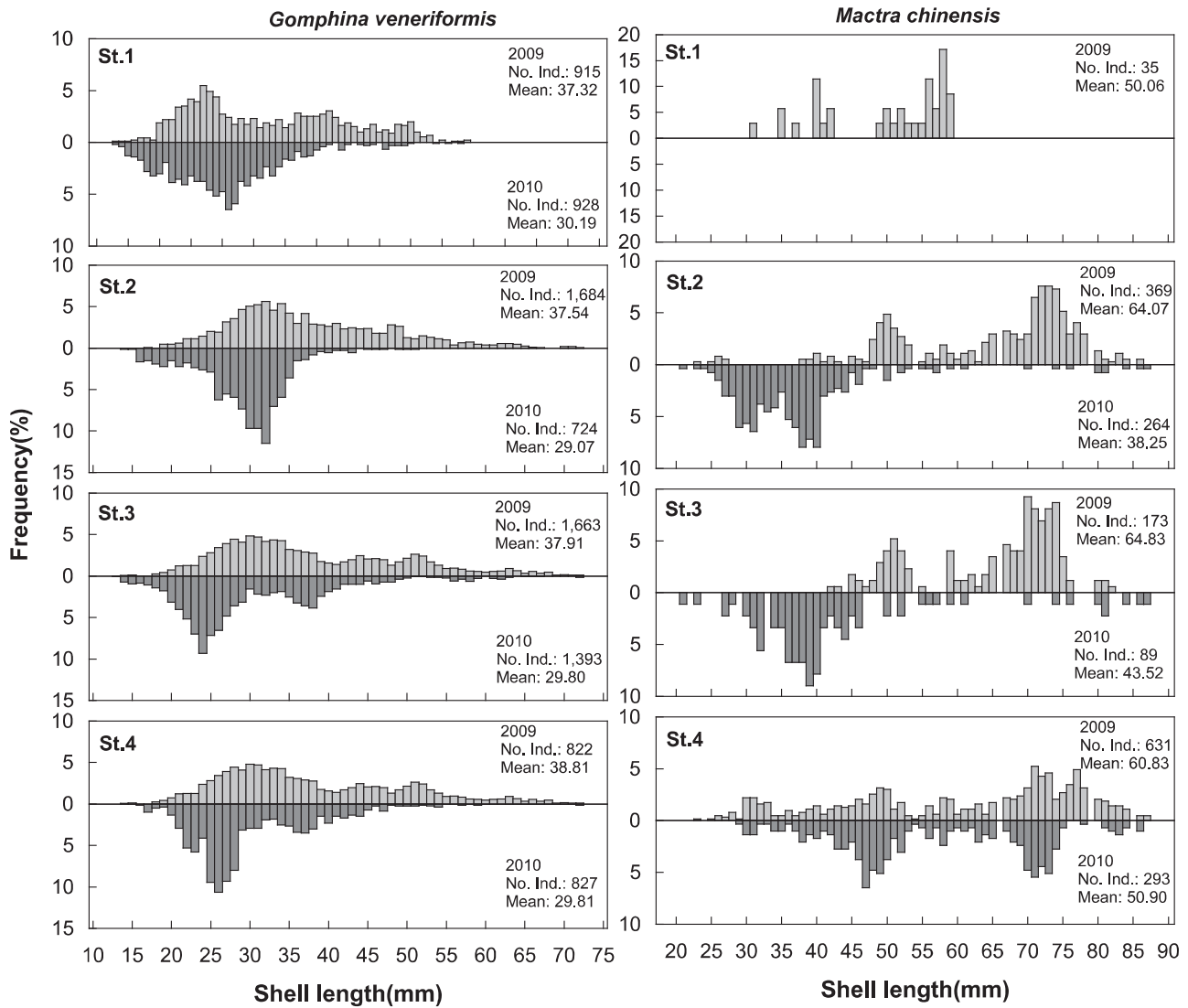


Fig. 8. Length frequency distribution of *Gomphina veneriformis* and *Mactra chinensis* by year and station in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

대적으로 절지동물의 종수가 늘어난 것으로 나타났다. 조사기간 동안 출현한 저서동물의 평균 개체수는 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 연체동물 중에서 상업적으로 이용되는 대복과 개량조개 개체수의 급격한 감소가 원인으로서 산란기가 끝나고 본격적으로 어획이 이루어지는 8월 이후부터 9월까지 과도한 어획으로 인하여 크기가 큰 개체들이 감소하였기 때문으로 판단된다. 평균 생체량은 2009년에 비해 2010년에 감소한 것으로 나타났는데, 대복과 개량조개의 개체수와 평균 각장이 줄어들면서 연체동물의 생체량이 급격히 감소하여 전체 생체량이 감소한 것으로 판단된다. 정점별 개체수와 생체량의 변화를 살펴보면 모든 정점들에서 대복과 개량조개의 개체수와 생체량은 감소했고 또한 비교적 큰 개체의 높

은탐이색구슬우렁이, 깨다시꽃게와 큰구슬우렁이 등의 개체수와 서식밀도도 같이 감소하여 형망어업에 의해 상업적으로 이용되는 종들의 전체 자원량이 감소한 것으로 판단된다.

조사기간 동안 가장 높은 서식밀도와 생체량을 보였던 대복은 평균 2,491,818 ind./km² (82.2%)의 서식밀도와 25,124 kg/km² (76.3%)의 생체량을 보였는데, 이러한 생체량은 울진바다목장에서 2007년과 2008년에 조사된 평균 생체량 56,556 kg/km²과 43,839 kg/km²에 비해 생체량이 감소하는 경향을 나타냈다(MIFFAF, 2008; 2009). 2007년과 2008년의 조사에서 대복은 전체 어획량의 95% 이상을 차지할 정도로 극우점하는 경향을 보였지만 본 조사에서는 본 조사에서는 2009년과 2010년에 각각 전체 생체량의 76.7%와 75.6%를 차지하여 우점비

율이 낮아지는 경향을 보였다. 비단고둥은 평균 221,973 ind./km²(8.7%)로 개체수에서는 많은 비중을 차지했지만 생체량은 평균 282 kg/km²(0.9%)로 나타났는데, 이 종의 경우 2007년과 2008년의 조사에서는 출현하지 않았던 종으로 급격하게 서식 밀도가 증가했다. 비단고둥은 퇴적물의 표면에 반잡입하여 움직이면서 퇴적물에 함유된 유기물을 섭식하는 종으로 일반적으로 퇴적물의 교란이 적고 고온모래의 함량이 높은 곳에서 서식밀도가 높은 것으로 알려져 있는데(Choi et al., 2000; Yoon et al., 2011), 울진바다목장의 경우 후포연안에서 방파제 공사를 실시하고 2007년부터 연안의 얇은 수심에 인공어초 등을 설치하여(MIFFAF, 2008; 2009) 연안의 퇴적물 교란이 적어지고 인공어초에서 탈락되어 연안으로 유입되는 해조류의 조각들이 먹이원으로 작용하면서 본 연구지역에서 비단고둥의 개체수가 증가한 것으로 판단된다. 개량조개는 평균 49,879 ind./km²(2.0%)와 2,024 kg/km²(6.1%)로 우점하는 경향을 보였는데 어획량의 경우 2009년과 2010년에는 각각 2,925 kg/km², 1,123 kg/km²을 보였지만 2007년과 2008년의 조사에서는 전체의 1% 미만으로 매우 적었던 것에 비하면 생체량이 크게 증가한 것으로 나타났다. 높은탑이색구슬우렁이와 큰구슬우렁이는 평균 49,879 ind./km²(1.9%)와 17,650 ind./km²(0.7%)의 서식밀도를 보였으며, 생체량은 각각 평균 2,596 kg/km²(7.9%)와 567 kg/km²(1.7%)을 보였는데, 2007년과 2008년에는 이 2종을 모두 큰구슬우렁이로 동정한 것으로 추정되며 이들의 생체량은 각각 평균 2,208 kg/km²과 988 kg/km²로 본 조사에서 생체량이 더 높은 것으로 나타났다. 절지동물중 계가재는 평균 37,714 ind./km²(1.5%)와 201 ind./km²(0.6%), 집게류는 평균 27,266 ind./km²(1.1%)와 195 ind./km²(0.6%), 깨다시꽃게는 22,310 ind./km²(0.9%), 921 kg/km²(2.8%) 등이 우점하는 것으로 나타났는데, 이 종들의 경우 2007년과 2008년에는 거의 출현하지 않거나 매우 적었지만 2009년부터 개체수와 생체량이 증가한 경향을 나타냈다(MIFFAF, 2008; 2009).

군집분석에서 분리된 Group A와 Group B의 군집은 비단고둥의 분포에서 가장 큰 차이를 보였는데, Group A에서는 2009년 6월과 9월에 각각 2,295 ind./km²와 14,153 ind./km²로 2번만 출현했던 반면 Group B에서는 총 24회의 조사 중에서 21회 출현하였으며 평균 2,274 ind./km²의 서식밀도를 보였다. 이는 비단고둥의 주서식지는 Group B 해역이지만 해류와 퇴적물의 이동 등의 영향으로 북쪽으로 이동하면서 채집된 것으로 판단된다. 또한 개량조개, 높은탑이색구슬우렁이와 집게류는 Group A에 비해 Group B 해역에서 높은 서식밀도를 보여 두 해역의 군집구조에 영향을 미치는 것으로 나타났는데, Group A 해역의 경우 북쪽과 5-15 m의 수심에 암반이 넓게 발달해 있어 상대적으로 암반이 적은 Group B 해역에 비해 퇴적물의 교란이 심하기 때문에 상대적으로 Group B 해역에서 높은 서식밀도를 보였던 것으로 판단된다. 이러한 경향은 Group B-1과 Group B-2 해역의 분리에서도 유사하게 나타나는데, Group

B-1 해역은 최근 바다목장이 조성되면서 인위적으로 많은 인공구조물을 설치되어 해변에서 모래가 유실되어 밖으로 이동하고 인공구조물에서 생기는 해류의 변화 등이 퇴적물을 교란하여 상대적으로 Group B-2 해역에 비해 생태교란이 심한 환경으로 인하여 비단고둥, 집게류, 계가재, 그물무늬금게, 깨다시꽃게, 큰구슬우렁이 등 대부분의 종들이 Group B-2 해역에서 높은 서식밀도를 보이는 것으로 나타났다.

본 조사지역에서 대표적인 상업종인 대복과 개량조개의 각장 분포를 살펴본 결과 대복은 2009년에 평균 37.73 mm, 2010년에 평균 29.76 mm로 평균 각장이 감소하였고, 개량조개 또한 2009년에 평균 62.03 mm, 2010년에 평균 44.94 mm로 평균 각장이 감소한 것으로 나타났다. 대복의 군성숙 각장은 Lee et al. (1999)은 25.00 mm, Park et al. (2003)은 31.10 mm에서 모두 성숙한다고 하였고, Kim (2013)은 암컷의 경우 27.71 mm로 보고하였는데, 2007년과 2008년의 조사(MIFFAF, 2008; 2009)에서 2007년에는 평균 40.79 mm, 2008년에는 46.86 mm로 50%성숙각장인 28.00 mm 미만의 크기는 전체 어획량에서 평균 10% 이하로 매우 낮은 비율을 보였지만 본 조사해역에서 2009년에는 20.9%, 2010년에는 50.8%로 미성숙 개체의 비율이 크게 증가하면서 재생산에 참여하는 개체수가 감소하는 경향을 보였다. 대복은 Lim (2009)에 따르면 1세에 28.33 mm, 2세에 37.75 mm까지 성장한다고 하였고, Ahn (2009)은 1세에 27.01 mm, 2세에 37.76 mm까지 성장한다고 하였는데, 본 조사해역에서는 2009년과 2010년에 걸쳐 미성숙 개체들의 남획이 이루어지고 있어 재생산에 참여하는 개체수의 감소로 인하여 자원량의 감소가 예상된다. 이러한 경향은 개량조개에서도 뚜렷하게 나타났는데, Park and Zhang (2008)은 부산 동리지역에서 개량조개의 적정어획 개시 연령을 5세(51.94 mm)로 제시하였는데, 본 연구에서 2009년에는 5세 미만의 개체들이 전체의 33.0%를 차지했지만 2010년에는 전체의 57.2%로 증가하는 경향을 보여 개량조개의 자원량의 유지를 위해서는 형망들의 간격과 그물코의 크기를 조정하거나 어린 개체의 어획을 자제해야 할 것으로 판단된다.

울진바다목장 해역에서 저서동물의 군집구조를 살펴본 결과 이전의 2007년과 2008년에 비해서 극우점했던 대복의 서식밀도가 감소하면서 소형 갑각류와 기타 연체동물의 종수와 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 특히 인공어초와 같은 인공구조물이 설치된 지역과 방파제 안쪽에 위치하여 상대적으로 환경교란이 비교적 적은 해역에서 절지동물과 연체동물의 종수와 개체수가 증가하는 경향을 보여 인공어초 등에서 유입되는 새로운 먹이원 가입과 적합한 퇴적환경이 소형 갑각류와 기타 연체동물의 종수와 개체수의 증가에 영향을 미친 것으로 판단된다. 반면 상업적으로 이용되는 대복은 미성숙개체의 비율이 2009년 20.9%에서 2010년에 50.8%로 증가하고, 개량조개의 적정어획개시 크기보다 작은 개체의 비율은 2009년에 33.0%에서 2010년에 57.2%로 모두 증가하는 경향을 보여 미성숙개

체에 대한 남획이 이루어지는 것으로 대복과 개량조개의 자원량의 관리를 위해서는 대복은 100% 성숙각장인 30.00 mm 이상의 개체, 개량조개는 적정어업개시 크기인 52.00 mm 이상의 개체들을 어획하는 것이 필요하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(2014 동해 연안어업 및 환경생태 조사, RP-2014-FR-056)의 지원으로 수행되었으며, 연구의 수행에 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

References

- Ahn JM. 2009. Studies on the age and growth of *Gomphina melanaegis* inhabites Gyeongsangbuk-do coastal waters of the East Sea. pp24, KangnungWonju National University, Kangnung, Korea.
- Bilyard GR. 1987. The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. Mar Pollut Bull, 18, 581-585.
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol Monogr 27, 325-349.
- Choi JW, Je JG, Lee JH and Lim HS. 2000. Distribution pattern of macrobenthic invertebrates on the shallow subtidal sandy bottoms near Kangrung, East coast of Korea. J Kor Soc Ocean, 5, 346-356.
- Clarke KR and Warwick RM. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, Plymouth Marine Laboratory, UK, 144.
- Cha BY, Lee CS, Moon TS and Park MS. 2012. A study on bivalves in Yeongil Bay of Gyeongsangbuk-Do Province, Korea. Kor J Malacol 28, 101-108.
- Daan N. 1973. A quantitative analysis of the food of North Sea cod (*Gadus morhua*), Neth J Sea Res 6, 479-517.
- Fujita D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-Cho, Hokkaido. Suisanzoshoku, 35, 135-138.
- Hwang SD and Kim JS. 2003. Change in community structure of shellfish in the Reclaimed Saemangeum Area. J Kor Fish Soc 36, 708-715.
- Jung YH, Yoon KT, Park HS and Ma CW. 2013. Spatial distribution and community structure of macrobenthos on the sandy shore of Anmyeondo, Korea. Ocean Polar Res 35, 27-37.
- Kim YH, Kim SH, Chung EY, Lee CH and Kwak CW. 2013. Gonad development and sexual maturity of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Veneridae) in the East Sea of Korea. Kor J Mal 29, 313-323.
- Ko JC, Ko HJ, Kim BY, Cha HK and Chang DS. 2012. Distribution characteristic of exploitable macrobenthic invertebrates of beach sediments in the southern coastal water of Jeju island. Kor J Malacol 28, 197-213.
- Lee JB, Oh TY, Yeon IJ, Kim BY, Shin HO, Hwang BK, Lee KH and Lee YW. 2012. Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the Marine Ranching Area (MRA) of Jeju. J Kor Soc Fish Tech 48, 128-136.
- Lee JY, Park YJ and Chang YJ. 1999. Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia: Veneridae). J Kor Fish Soc 32, 198-203.
- Lim AH. 2009. Studies on the fisheries ecology of *Gomphina veneriformis* off Uljin in Gyeongsangbuk-do. pp30, KangnungWonju national university, Kangnung, Korea.
- Ling WB and Clark RB. 1983. Marine pollution research in China. Mar Pollut Bull 14, 210-212.
- McIntyre AD. 1978. The Benthos of the western North Sea. Rapp Reun Con Lnt Eoplur Mer 172, 405-417.
- Mills EL. 1975. Benthic organism and the structure of marine ecosystems. J Fish Res Bd Ca 32, 1657-1663.
- MIFFAF, 2008. Studies on the development of marine ranching program 2007 in the East, West and Jeju coast of Korea. 1062.
- MIFFAF, 2009. Studies on the development of marine ranching program 2008 in the East, West and Jeju coast of Korea. 1019.
- MOMAF, 2005. Studies on the development of marine ranching program 2005 in the east, west and Jeju coast of Korea. 1051.
- Paik SG, Kang RS, Jeon JO, Lee JH and Yun SG. 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.
- Park HW and Zhang CI. 2008. A population ecological study of the hen clam (*Macra chinensis*) in the Dong-li self-regulatory community of Busan. J Kor Soc Fish Tech 44, 129-140.
- Park JJ, Lee JY, Lee JS and Chang YJ. 2003. Gonadal development and gametogenic cycle of the Equilateral Venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae). J Kor Fish Soc 36, 352-357.
- Pielou EC. 1977. Mathematical Ecology, 2nd. John Wiley and Sons, New York, 358.
- Seo JY and Choi JW. 2010. The macrozoobenthic community at the expected sand excavation area in the southern continental shelf of Korea. J Kor Soc Ocean 2, 68-71.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. Nature 163, 16-88.
- Yotsui T and Maesako N. 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsushima islands. Suisanzoshoku 41, 67-70.