

울진바다목장 해역에서 오토트롤로 어획한 저서생물의 군집구조

윤병선 · 윤상철* · 이성일¹ · 김종빈² · 양재형 · 박정호 · 최영민 · 박종화

동해수산연구소 자원환경과, ¹국립수산과학원 자원관리과, ²국립수산과학원 대외협력과

Community Structure of Demersal Organisms Caught by Otter Trawl Survey in the Uljin Marine Ranching Area, Korea

Byoung-Sun Yoon, Sang-Chul Yoon*, Sung-Il Lee¹, Jong-Bin Kim², Jae-Hyeong Yang, Jeong-Ho Park, Young-Min Choi and Jong-Hwa Park

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

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

²*External Research Cooperation Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea*

To elucidate demersal organism community structure, abundance, and biomass by period and region in the Uljin marine ranching area, otter trawl surveys were conducted at six stations from February 2008 to December 2009. During the survey period, a total of 118 species was collected in the Uljin marine ranching area, including 76 pisces, 27 mollusca and 15 crustaceans. The average abundance of individuals was 806 ind./m² and average biomass was 31,853 g/m². The numbers of species, species richness, individuals per area and biomass per area were higher in 2009 than in 2008. Cluster and MDS analysis, based on a Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of number of species and individuals per area, showed division into two different groups of demersal organisms in 2008 (Group 1) and one demersal organism community in 2009 (Group 2). From cluster and MDS analysis using the similarity of the demersal community among six stations, the Uljin marine ranching area was divided into Group A (St. 2, St. 4, St. 5 and St. 6) and Group B (St. 1 and St. 3).

Key Words: Uljin marine ranching area, Otter trawl survey, Demersal organisms, Community structure

서 론

바다목장사업은 인공어초, 해조장 등 인위적인 시설물의 설치를 통하여 어·패류 자원의 서식 공간을 제공하고, 수산종묘 방류를 통해 고갈되어 가는 수산자원 또는 조성 대상 수산자원의 인위적 가입을 유도하여 자원을 증대시켜 안정적인 수산물 생산 및 공급 체계를 구축할 목적으로 추진되어 왔다. 우리나라에서 동·서·남해 및 제주해역에 바다목장을 조성 중에 있으며 본 연구의 대상해역인 울진바다목장은 경북 울진군 평해읍 일대 20 km²(2,000 ha)을 대상으로 서해·남해에 비해 어족자원의 다양성이 낮은 대신 청정수역이고, 주변 인근에 관광객 방문이 많은 점 등으로 고려하여 어업형과 관광형을 포함한 복합형으로 개발하며, 강도다리·넙치·쥐노래미·전복·해삼 등을 방류하고, 관광 체험시설로 퇴역 함정과 감척어선을 이용한 수중 관광시설, 생태 체험시설, 인공 낚시터 등을 2012년까지 조성을 완료할 계획에

있다(MIFAFF, 2010).

동해는 한류와 난류가 교차하기 때문에 계절별로 여러 어종이 출현하는 것으로 잘 알려져 있다(Gong and Son, 1982; Park et al., 1991). 바다목장이 조성된 울진 주변 해역은 거일리를 중심으로 한 남쪽 해안은 암반이 잘 발달되어 있고, 직산리, 월송리 및 구산리 일대의 수심이 낮은 연안은 다른 해역에 비해 사질의 함량이 높은 특징을 가지고 있다(MOMAF, 2005).

바다목장 조성을 위해서는 대상종의 인위적인 방류가 필수적이고, 이에 따른 바다목장 조성전에 서식하던 생물과 인위적으로 방류된 대상종과의 양적 변동 모니터링을 통한 방류량의 조절과 자원관리가 수반되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 울진바다목장 해역에 서식하는 생물군집에 대한 장기적인 모니터링을 통해, 바다목장 조성 후 시간의 흐름에 따른 생물군집의 변화를 살펴보고자 한다. 또한 울진바다목장 해역 내 공간적 특징에 따른 생물군집의 분포특성을 제시함으로써 울진바다목장의 서식환경에 적합한 방류어종의 선정과 방류장소를 결정하는데 기초자료를 제공하고자 한다.

*Corresponding author: yoonsc@nfrdi.go.kr

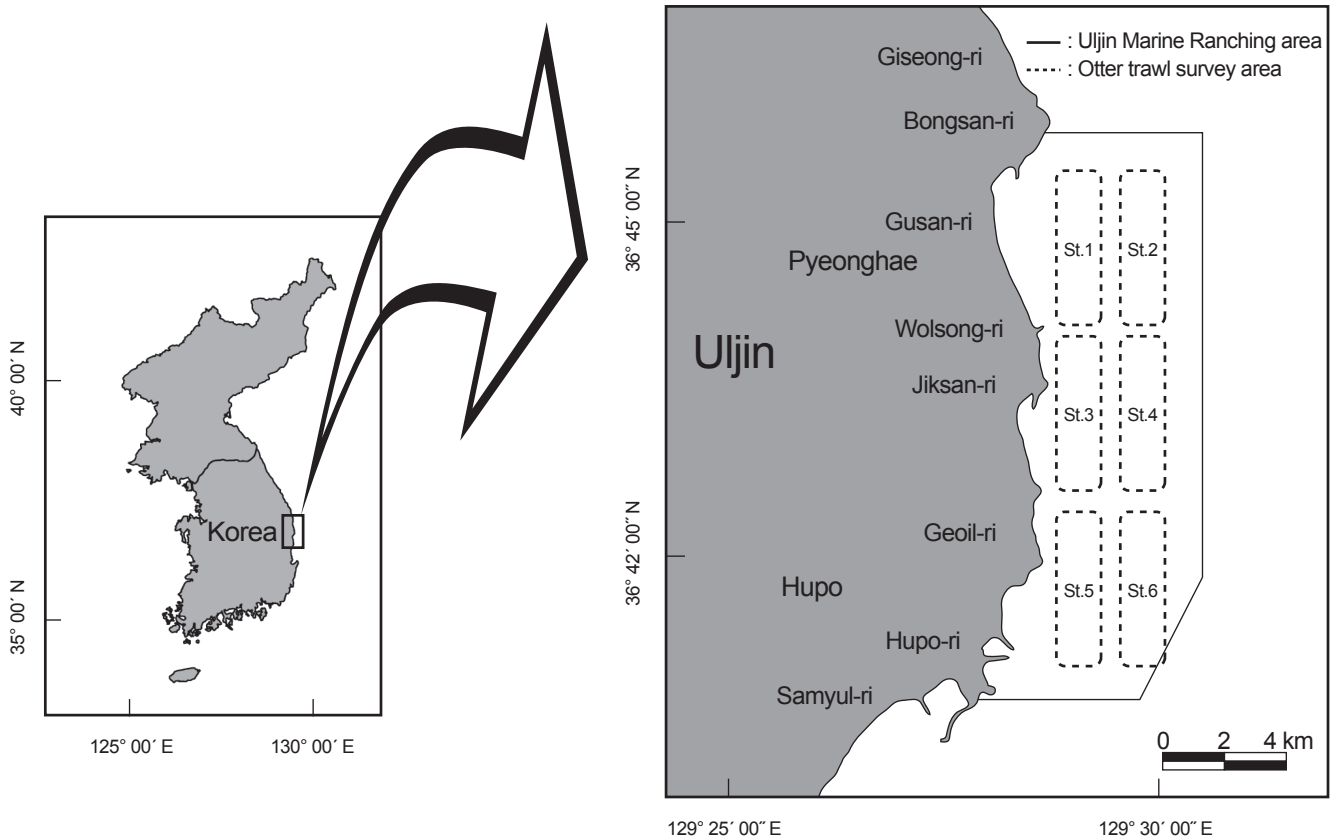


Fig. 1. Map showing the sampling station in the Uljin marine ranching area, Korea.

재료 및 방법

울진바다목장 내 생물군집의 특성을 파악하기 위해서 2008년 2월부터 2009년 12월까지 울진바다목장 내 6개의 정점을 대상으로 조사선(삼창호, 4.46톤) 상에서 오테트럴을 사용하여 조사를 실시하였다(Fig. 1). 본 조사에 사용한 어구의 크기는 길이가 약 10 m, 망폭이 약 2.6 m였으며, 각각의 정점에서 1.5-2.5 kt의 선속으로 약 10-30분간 예망하였다. 어획된 개체는 종별로 개체수 및 중량을 측정하였고, 주요 종에 대해서는 체장 조사를 실시하였다.

각 정점으로부터 얻은 저서동물의 종별 개체수 및 생체량 자료는 단위 면적당(m^2)으로 환산하였으며, 생물군집 구조를 파악하기 위하여 출현 종수 및 개체수 자료를 이용하여 종풍부도지수(R, Margalef, 1963), 종다양도지수(H', Pielou, 1977)와 종우점도지수(D', Simpson, 1949)를 구하였다.

월별 및 정점별 유사도분석(similarity analysis)은 월별 및 정점별로 출현한 종수와 면적당 개체수(ind./ m^2)자료를 바탕으로 분석하였으며, 백분율(%)로 나타내었다. 유사도분석 시에 생물자료간의 편중을 피하기 위해 모든 자료는 fourth root로 변환하였으며 Bray-Curtis 지수(Bray and Curtis, 1957)를 사용하여 정점간 유사도를 표현하였다. 월별 및 정점별 유사도를 바탕으로 하여 군집분석을 실시할 때 그룹간의 연결 방식에는 complete

linkage를 사용하였으며, 그룹간 유사도를 바탕으로 수지도(dendrogram)를 작성하여 집괴분석(cluster analysis)을 하였다. 또한 월별 및 정점별로 분리된 그룹간의 공간적 분포 특성과 유사성 차이는 다차원척도분석(MDS, Multi Dimensional Scaling)을 실시하여 2차원 공간에서 군집구조 차이를 파악하였다. 군집분석 결과 분리된 그룹간의 종수 및 면적당 개체수(ind./ m^2)의 유의한 차이를 파악하기 위해서 one-way ANOSIM을 실시하였다. 또한 각각의 그룹 사이의 군집 차이를 유발하는 종을 분석하고, 군집의 차이에 기여하는 종들의 기여도를 알아보기 위하여 SIMPER분석하였다(Clarke and Warwick, 2001). 군집분석 결과 분리된 두 개의 군집 사이의 차이를 검정하기 위해서는 paired t-test(SPSS version 12.0 for Windows)하였다.

결 과

출현 종수, 면적당 개체수(ind./ m^2) 및 면적당 생체량(g/m^2)

울진바다목장 해역에서 출현한 생물은 총 118종으로 그 중 어류는 76종, 연체동물류는 27종, 갑각류는 15종이었다. 2008년에는 8월에 24종(어류 17종, 연체동물류 4종, 갑각류 3종)으로 가장 적은 종수를 나타냈고, 12월에 36종(어류 26종, 연체동물류 8종, 갑각류 2종)으로 가장 많은 종이 출현했다. 2009년에

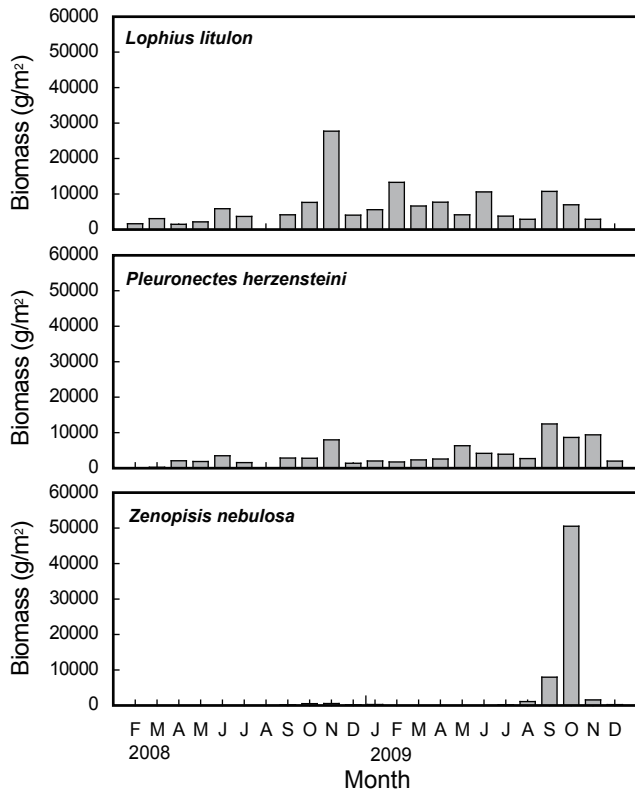


Fig. 2. Monthly variations in number of species (A), abundance (B) and biomass (C) of demersal organisms in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009.

는 7월에 35종(어류 24종, 연체동물류 6종, 갑각류 5종)으로 가장 적은 종수를 나타냈고, 11월에 53종(어류 37종, 연체동물류 11종, 갑각류 5종)으로 가장 많은 종이 출현하였다(Fig. 2(A)). 2008년과 2009년의 종수를 비교한 결과 2008년에는 평균 31종이었던 반면 2009년에는 43종으로 증가한 것으로 나타났다 ($P < 0.05$). 정점별 출현종수를 살펴보면 정점 2에서 58종(어류 38종, 연체동물류 14종, 갑각류 6종)으로 가장 적은 종이 출현했고, 정점 5에서 69종(어류 50종, 연체동물류 13종, 갑각류 6종)으로 가장 많은 종이 출현하였다(Fig. 3(A)).

조사기간 동안 면적당 개체수(ind./m²)는 전체 평균 806 ind./m²로 월별로 큰 차이를 보였는데, 그 중 어류는 평균 352 ind./m², 연체동물류는 159 ind./m², 갑각류는 295 ind./m²로 나타났다. 2008년에는 평균 338 ind./m²(어류 163 ind./m², 연체동물류 89 ind./m², 갑각류 86 ind./m²), 2009년에는 1,234 ind./m²(어류 524 ind./m², 연체동물류 223 ind./m², 갑각류 486 ind./m²)를 나타내어 2009년에 모든 분류군에서 면적당 개체수가 증가한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 월별로 살펴보면 2008년에는 3월에 123 ind./m²로 가장 적었고, 5월에 677 ind./m²로 가장 많았으며, 2009년에는 12월에 405 ind./m²로 가장 적었고, 9월에 2,393 ind./m²로 가장 많은 개체가 출현하였다(Fig. 2(B)). 정점별 면적당 개체수는 평균 806 ind./m²가 출현하였는데, 정점 3에서 257 ind./m²로 가장 적었고, 정점 4에서 1,198 ind./m²로 가장

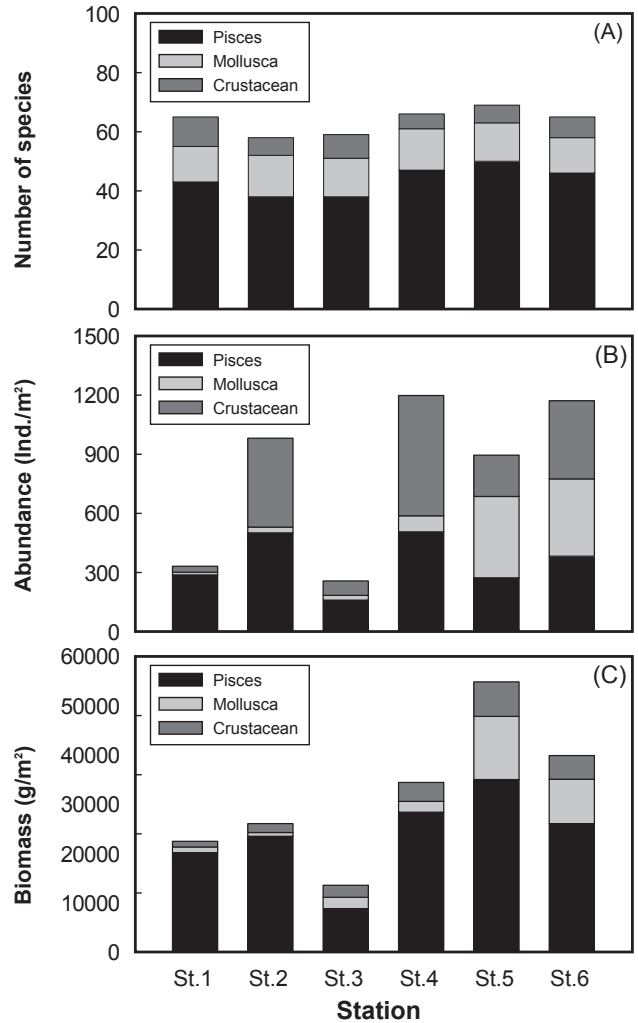


Fig. 3. The number of species (A), individual (B) and biomass (C) of demersal organisms by station in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009.

많은 개체가 출현하였다(Fig. 3(B)).

조사기간 동안 면적당 생체량은 전체 평균 31,853 g/m²을 나타내었는데, 그 중 어류는 평균 23,640 g/m², 연체동물류는 4,709 g/m², 갑각류는 3,505 g/m²로 나타났다. 2008년에는 평균 20,370 g/m²(어류 15,853 g/m², 연체동물류 3,687 g/m², 갑각류 830 g/m²)의 면적당 생체량을 보였지만, 2009년에는 평균 42,380 g/m²(어류 30,777 g/m², 연체동물류 5,646 g/m², 갑각류 5,957 g/m²)로 모든 분류군에서 면적당 생체량이 증가한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 월별로 살펴보면 2008년에는 8월에 4,355 g/m²로 가장 적었고 11월에 45,458 g/m²로 가장 많았다. 2009년에는 1월에 21,271 g/m²로 가장 적었고, 10월에 103,379 g/m²로 가장 많은 면적당 생체량을 보였다(Fig. 2(C)). 정점별 면적당 생체량을 살펴보면 평균 31,853 g/m²을 보였는데, 정점 3에서 13,536 g/m²로 가장 적었고 정점 5에서 54,804 g/m²로 가장 많았다(Fig. 3(C)).

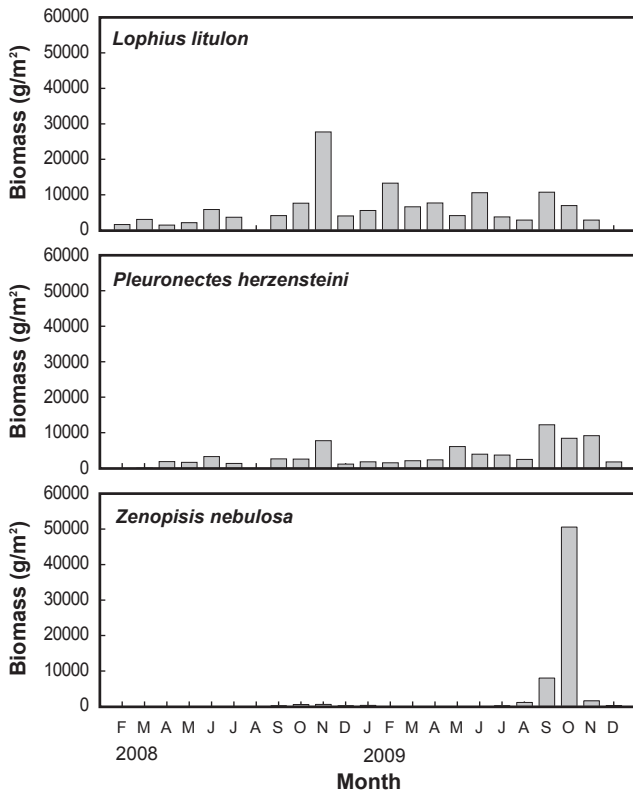


Fig. 4. The dominant species based on the total biomass per area ($\geq 5.0\%$) of demersal organisms in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009.

면적당 개체수 우점종 및 면적당 생체량 우점종

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 면적당 개체수의 5% 이상을 차지하는 주요 우점종을 분석한 결과 두가지자주새우(*Neocrangon communis*)가 평균 147.6 ind./m²(18.3%)로 가장 높은 면적당 개체수를 보였고 2008년에 평균 10.8 ind./m²에서 2009년에 평균 273.0 ind./m²로 증가한 것으로 나타났다(Table 1, $P < 0.05$). 민허리돼지고둥(*Siphonalia fusoides*)은 평균 112.1 ind./m²(13.9%)를 보였고, 꽃뿔양태(*Repomucenus omatipinnis*)는 평균 64.7 ind./m²(8.0%) 개체를 나타내었으며 두 종의 경우 2008년과 2009년에 출현한 면적당 개체수에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 용가자미(*Hippoglossoides pinetorum*)는 평균 51.2 ind./m²(6.4%) 개체를 보였는데 2008년에 평균 4.5 ind./m²에서 2009년에 평균 94.0 ind./m²로 증가한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 가시투성어리새우(*Paracrangon echinata*)는 평균 51.1 ind./m²(6.3%) 개체를 보였고, 참가자미(*Pleuronectes herzensteini*)는 48.5 ind./m²(6.0%) 개체로 2008년에는 평균 27.0 ind./m², 2009년에는 68.2 ind./m²로 증가한 것으로 나타났다($P < 0.05$). 집게류(Paguridae)는 평균 45.6 ind./m²(5.7%)가 출현하였는데, 2008년에는 평균 27.4 ind./m², 2009년에는 평균 62.3 ind./m²로 면적당 개체수가 증가한 것으로 나타났다($P < 0.05$).

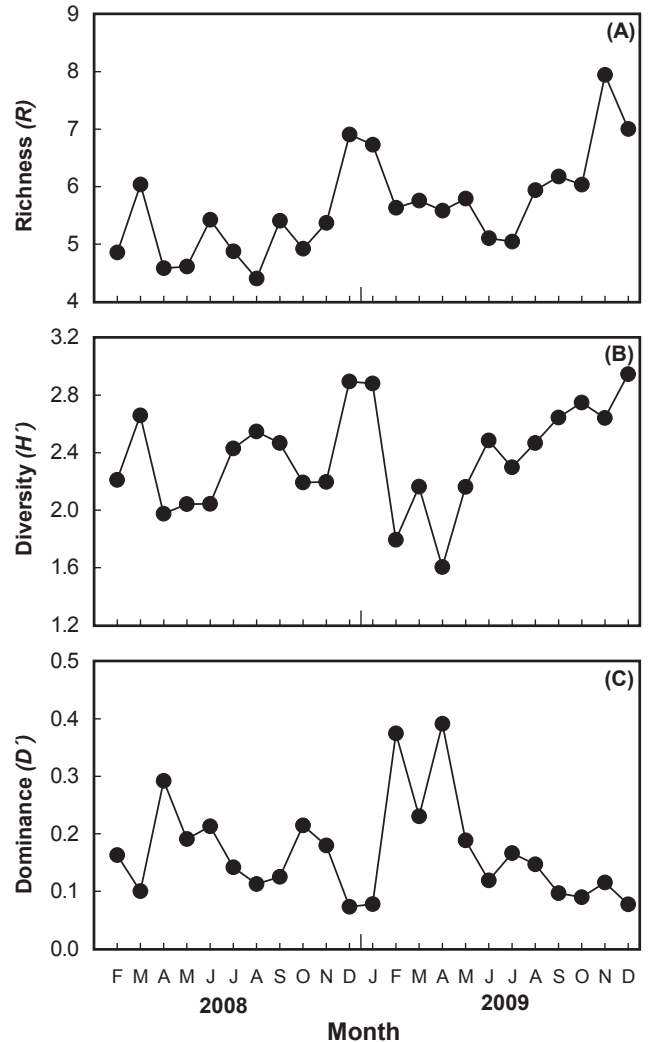


Fig. 5. Monthly variations in richness (A), diversity (B) and dominance (C) in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009.

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 면적당 생체량의 5% 이상을 차지하는 주요 우점종을 분석한 결과 황아귀(*Lophius litulon*)가 전체 평균 5,926.7 g/m²(18.6%)로 가장 많은 생체량을 보였으며 2008년에는 평균 5,572.7 g/m²(27.4%), 2009년에는 평균 6,251.2 g/m²(14.8%)으로 2008년에 비해 2009년에 면적당 생체량이 증가한 것으로 나타났다(Fig. 4, $P < 0.05$). 참가자미(*P. herzensteini*)는 전체 평균 3,583.1 g/m²(11.2%)를 나타내었는데, 2008년 평균 2,204.4 g/m²(10.8%)에서 2009년 평균 4,846.9 g/m²(11.4%)로 증가했다($P < 0.05$). 민달고기(*Zenopsis nebulosa*)는 전체 평균 2,764.2 g/m²(8.7%)를 나타내었는데, 2008년에는 141.8 g/m²(0.7%)로 낮은 생체량을 보이며 7월 이후에만 출현하는 경향을 보였던 반면 2009년에는 거의 연중 출현하는 경향을 보였으며 평균 5,168.1 g/m²(12.2%)의 높은 면적당 생체량을 보여 생체량이 증가한 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Table 1. Dominant species based on the individual of demersal organisms in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009

Taxon	Scientific name	Abundance (ind./m ²)			Proportion (%)
		2008	2009	Mean	
Pisces	<i>Repomucenus omatipinnis</i>	50.4(3.3-134.8)	77.7(15.5-304.3)	64.7	8.0
	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	4.5(0.0-15.4)	94.0(13.5-352.0)	51.2	6.4
	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	27.0(1.3-108.7)	68.2(18.3-145.0)	48.5	6.0
Mollusca	<i>Siphonalia fusoides</i>	42.4(0.0-188.0)	59.0(0.0-390.0)	51.1	6.3
	<i>Buccinum opisthoplectum</i>	16.5(0.0-47.0)	29.1(0.0-117.5)	21.1	2.6
	<i>Aplysia kurodai</i>	8.0(0.0-35.6)	3.5(0.0-13.8)	5.6	0.7
Crustacean	<i>Neocrangon communis</i>	10.8(0.0-65.1)	273.0(1.9-953.5)	147.6	18.3
	<i>Paracrangon echinata</i>	49.5(0-201.4)	169.4(1.5-148.4)	112.1	13.9
	Paguridae	27.4(0.7-55.5)	62.3(0.0-210.6)	45.6	5.7

Table 2. Comparison of each biological indices and species contributions between Group 1 and Group 2 divided by cluster and MDS analysis in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009

Biological indices	Taxon	Group 1	Group 2	paired T-test
Number of species	Pisces	21.8±2.7	29.1±3.6	<i>P</i> =0.000
	Mollusca	5.1±2.1	8.7±2.3	<i>P</i> =0.001
	Crustacean	4.2±1.1	5.2±1.5	<i>P</i> =0.034
Abundance (ind./m ²)	Pisces	150.6±78.4	438.6±258.9	<i>P</i> =0.001
	Mollusca	84.4±106.8	163.5±143.4	<i>P</i> =0.215
	Crustacean	67.7±65.0	428.2±330.3	<i>P</i> =0.003
Biomass (g/m ²)	Pisces	15,853.4±11,720.4	30,777.0±19,651.2	<i>P</i> =0.017
	Mollusca	3,686.5±3,385.6	5,645.6±3,727.4	<i>P</i> =0.180
	Crustacean	830.0±779.1	5,957.3±6,364.7	<i>P</i> =0.016
Richness		5.32±0.74	6.05±0.82	<i>P</i> =0.028
Diversity		2.40±0.24	2.40±0.42	<i>P</i> =0.705
Dominance		0.15±0.05	0.17±0.11	<i>P</i> =0.309

생태지수

조사기간 동안 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 월별 생태지수를 분석한 결과 종풍부도(R)는 평균 5.70를 나타냈으며, 2008년에는 평균 5.32을 보였고 2009년에는 평균 6.05로 나타나 2009년에 종풍부도가 증가한 것으로 나타났다(Fig. 5(A), *P*<0.05). 종다양도(H')는 평균 2.40를 나타냈으며, 2008년에는 평균 2.40을 2009년에는 2.40로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 5(B), *P*>0.05). 종우점도(D')는 평균 0.16를 나타내었는데, 2008년에는 0.15, 2009년에는 0.17을 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 5(C), *P*>0.05).

월별 출현생물의 군집분석 및 기여도분석

2008년 2월에서 2009년 12월까지 월별로 출현한 종수와 면

적당 개체수를 바탕으로 월별 유사도를 구하고 집괴분석과 다차원적도분석을 통해 생물군집의 월변화의 유사성을 분석하였다. 그 결과 생물군집은 크게 2008년 생물군집(Group 1)과 2009년에 출현한 생물군집(Group 2)으로 구분되는 경향을 보였다(Fig. 6, *P*<0.05). 생물군집 1과 생물군집 2를 비교한 결과 어류, 연체동물류 및 갑각류의 종수는 2009년이 되면서 모두 증가한 것으로 나타났다(Table 2, *P*<0.05). 어류와 갑각류의 면적당 개체수와 면적당 생체량은 2008년에 비해 2009년이 되면서 증가한 것으로 나타난 반면(*P*<0.05), 연체동물류의 면적당 개체수와 면적당 생체량은 유의한 차이를 보이지 않았다(*P*>0.05).

군집분석 결과 2008년과 2009년에 출현한 생물군집이 상이한 것으로 나타났는데, 이러한 생물군집의 차이에 기여하는 종들의 기여도를 알아보기 위해서 SIMPER 분석을 실시한 결과 갑각류인 두가지자주새우가 2008년의 평균 10.8 ind./m²에서 2009년에 평균 273.0 ind./m²로 크게 증가하면서 21.7%로 가장 높은 기여도를 보인 것으로 나타났다. 다음으로 연체동물인 민허리돼지고둥으로 2008년에는 평균 49.5 ind./m²를 보였지만 2009년이 되면서 평균 169.4 ind./m²로 증가하면서 13.1%의 기여도를 나타냈다. 용가자미는 2008년에 평균 4.5 ind./m²에서 2009년에 평균 94.0 ind./m²로 증가하면서 8.0%의 기여도를 나타냈다. 꽃돛양태는 2008년에는 평균 50.4 ind./m²를 보였지만 2009년에는 77.8 ind./m²로 증가하였고 기여도는 6.0%를 나타냈다. 가시투성어리새우 또한 2008년 42.4 ind./m²에서 2009년에 59.0 ind./m²로 증가하며 5.8%의 기여도를 보였다(Table 3).

정점별 출현생물의 군집분석 및 기여도분석

정점별로 출현한 생물군집을 바탕으로 정점간 유사도를 구하고 집괴분석과 다차원적도분석을 실시한 결과 연구해역은 크게 두 개의 그룹으로 분리되었다(Fig. 7). Group A의 지형적 특징을 살펴보면 수심이 깊고 암반이 잘 발달되어 있으며, 사질에 비해 니질의 함량이 높은 것으로 나타났다(MOMAF, 2005). Group A에서 출현한 생물 중에서 전체 면적당 개체수의 5% 이상을 차지하는 종으로는 두가지자주새우(20.7%), 민허리돼지

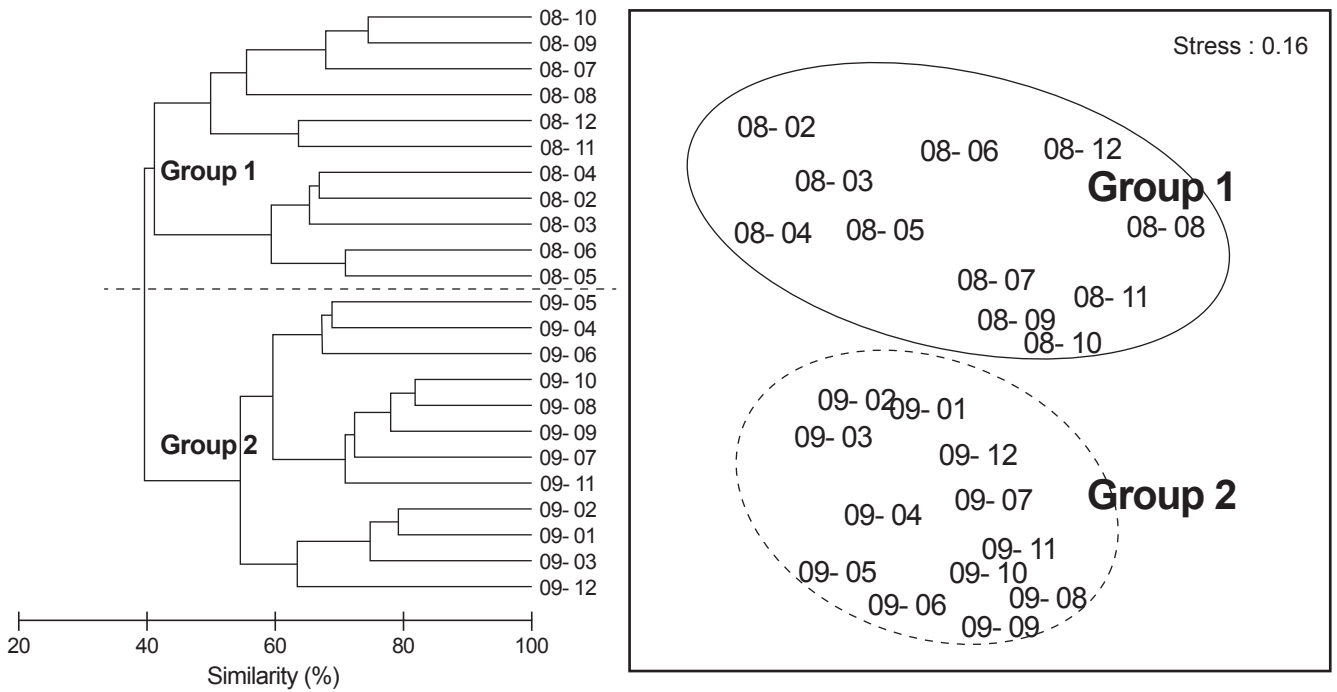


Fig. 6. Dendrogram and MDS plot based on Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species number and densities in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009.

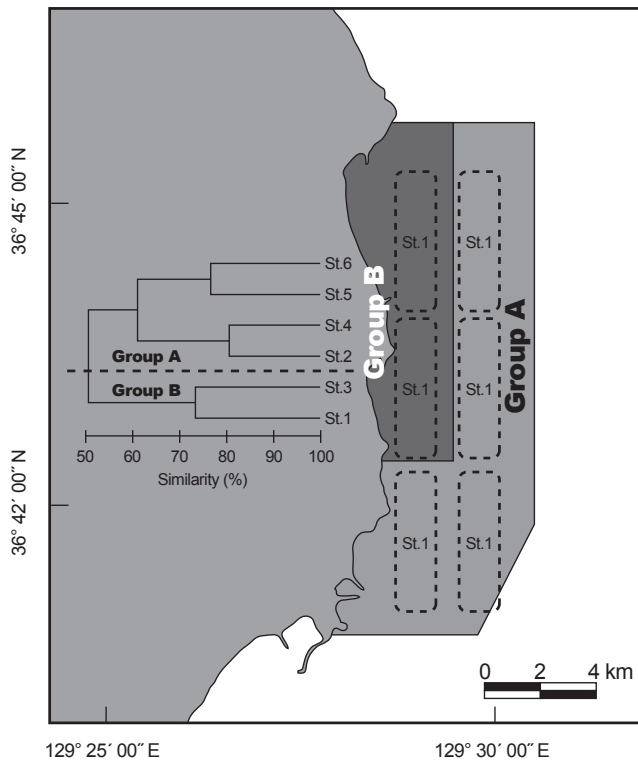


Fig. 7. Schematic representation of community structure based on cluster analysis and MDS analysis in the Uljin marine ranching area.

고둥(12.5%), 용가자미(7.2%), 가시투성어리새우(7.1%), 참가자미(6.4%), 세고리물레고둥(*Buccinum opisthoplectum*, 6.2%)과 집게류(6.1%)로 나타났다(Table 4). Group B에는 정점 1과 3이 포함되었으며, 이곳의 지형적 특징은 Group A 해역에 비해 수심이 낮고, 퇴적물의 입도조성 중에서 사질의 함량이 매우 높게 나타났다(MOMAF, 2005). Group B에서 출현한 생물 중에서 전체 면적당 개체수의 5% 이상을 차지하는 종으로는 꽃돛양태(41.0%), 깨다시꽃게(*Ovalipes punctatus*, 12.5%)와 점넙치(*Pseudorhombus pentophthalmus*, 10.4%)로 나타나 상대적으로 적은 종들에 의해 우점되는 경향을 보였다.

군집분석 결과 분리된 2개의 생물군집 차이에 기여하는 종들의 기여도를 알아보기 위해서 SIMPER분석을 실시한 결과 갑각류인 두가시자주새우가 Group A에서는 평균 219.3 ind./m²를 보였던 반면 Group B에서는 평균 4.3 ind./m²를 나타내었으며 군집의 분리에 18.8%의 기여도를 나타냈다. 다음으로 연체동물인 민허리돼지고둥은 Group A에서는 평균 132.1 ind./m²를 보였지만 Group B에서는 평균 1.0 ind./m²를 보이며 큰 차이를 나타내었고 군집의 분리에 12.2%의 기여도를 나타냈다. 반면 어류인 꽃돛양태는 Group A에서는 평균 36.6 ind./m²의 출현빈도를 보였지만 Group B에서는 120.8 ind./m²가 출현하며 두 그룹의 분리에 7.4%의 기여를 보였고, 용가자미는 Group A에서는 평균 76.5 ind./m²의 개체를 보였던 반면 Group B에서는 평균 0.6 ind./m²로 거의 출현하지 않았으며 6.6%의 기여도를 나타냈다. 가시투성어리새우는 Group A에서는 75.3 ind./m², Group B

Table 3. Species contributions to dissimilarity between Group 1 and Group 2 in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009

Rank	Taxon	Scientific name	Average abundance (Ind./m ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
			Group 1	Group 2		
1	Crustacean	<i>Neocrangon communis</i>	10.8	273.0	21.7	21.7
2	Mollusca	<i>Siphonalia fusoides</i>	49.5	169.4	13.1	34.8
3	Pisces	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	4.5	94.0	8.0	42.8
4	Pisces	<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	50.4	77.8	6.0	48.8
5	Crustacean	<i>Paracrangon echinata</i>	42.4	59.0	5.8	54.6

Table 4. Comparison of dominant species between Group A and Group B divided by cluster analysis in the Uljin marine ranching area

Group	Rank	Taxon	Scientific name	Average abundance (Ind./m ²)	Proportion (%)
Group A	1	Crustacean	<i>Neocrangon communis</i>	219.3±173.1	20.7
	2	Mollusca	<i>Siphonalia fusoides</i>	132.1±143.6	12.5
	3	Pisces	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	76.5±73.4	7.2
	4	Crustacean	<i>Paracrangon echinata</i>	75.3±60.7	7.1
	5	Pisces	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	68.3±34.0	6.4
	6	Mollusca	<i>Buccinum opisthoplectum</i>	65.7±60.1	6.2
	7	Crustacean	Paguridae	64.8±17.7	6.1
Group B	1	Pisces	<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	120.8±50.2	41.0
	2	Crustacean	<i>Ovalipes punctatus</i>	36.8±38.3	12.5
	3	Pisces	<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	30.7±4.0	10.4

Table 5. Species contributions to dissimilarity between Group A (St.2, St.4, St.5 and St.6) and Group B (St.1 and St.3) in the Uljin marine ranching area from Feb. 2008 to Dec. 2009

Rank	Taxon	Scientific name	Average abundance (Ind./m ²)		Contribution (%)	Cumulation (%)
			Group A	Group B		
1	Crustacean	<i>Neocrangon communis</i>	219.3	4.3	18.8	18.8
2	Crustacean	<i>Siphonalia fusoides</i>	132.1	1.0	12.2	31.0
3	Pisces	<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	36.6	120.8	7.4	38.4
4	Pisces	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	76.5	0.6	6.6	45.0
5	Mollusca	<i>Paracrangon echinata</i>	75.3	2.7	6.2	51.2
6	Mollusca	<i>Buccinum opisthoplectum</i>	65.7	3.1	5.7	56.9
7	Pisces	<i>Pleuronectes herzensteini</i>	68.3	8.8	5.3	62.2
8	Crustacean	Paguridae	64.8	7.2	5.1	67.3

에서는 2.7 ind./m²로 6.2%의 기여도를 보였는데, 이들 상위 5종의 기여도의 합은 51.2%인 것으로 나타났다(Table 5).

고찰

2008년 2월부터 2009년 12월까지 울진바다목장 해역에서 오토트롤 조사를 실시한 결과 출현 종은 총 118종으로 어류는 76종, 연체동물류는 27종, 갑각류는 15종이었다. 해역에 따라 서식환경에 차이가 있어 절대적인 비교가 어렵지만 해역별로 오

터트롤조사에 의해 어획된 어획물의 종수를 비교해보면 서해안 안해역조사(Hwang et al., 2001)에서는 106종이 출현하였고, 서해동부해역조사(Im et al., 2009)에서는 총 97종의 어류가 출현하여 본 조사보다 많은 어류가 출현하였다. 남해도연안해역조사(Huh and Kwak, 1998)에서는 64종이 출현하여 본 조사에 비해 적은 종수를 보였지만, 남해거제도조사(Youn and Shim, 2000)에서는 85종의 어류가 출현하여 본 조사에서 출현한 종수에 비해 많은 종이 출현했다.

또한 본 조사해역과 동일한 해역에서 실시한 연구와 비교해

보면 2004년 9월과 11월의 조사에서 18종(MOMAF, 2005), 2005년 2월, 5월, 8월 및 11월 총 4회 조사(Hwang et al., 2006)에서 47종, 2007년 9-12월 총 4회 조사에서 53종이 출현한 것으로 나타났는데(MIFAFF, 2008), 본 조사에서는 2008년에 68종, 2009년에는 104종이 출현하여 바다목장 형성 후 시간의 경과에 따라 저서생물의 종수가 지속적으로 증가된 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사천바다목장을 대상으로 실시한 연구(Kim et al., 2010)와 유사한 경향을 나타내었는데, Kim et al (2010)에 의하면 바다목장 조성 전에 비해 바다목장이 조성된 이후, 출현 종수가 증가했을 뿐 아니라 수산자원량 또한 증가하는 것으로 보고되어 본 조사의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

본 조사결과 채집된 생물 중에서 전체 면적당 개체수의 5% 이상을 차지하는 것으로 나타난 우점종들 중에서 갑각류의 면적당 개체수 변화를 살펴보면 두가지자주새우, 가시투성어리새우, 집게류는 2008년에는 5월과 7월 조사에서만 200 ind./m² 이상이 출현하였고 그 외의 조사에서는 매우 적은 면적당 개체수를 보였다. 반면 2009년에는 겨울철인 1월과 11월, 12월에는 200 ind./m²미만의 면적당 개체수를 보였지만, 그 외의 계절에서는 200 ind./m²이상을 나타내었는데, 특히 4월과 5월에는 각각 1,110 ind./m²와 1,103 ind./m²로 매우 많은 개체수를 보여 2009년에 면적당 개체수가 증가한 것으로 나타났다. 이들 주요우점종의 공간적 분포 특성을 살펴보면 비교적 니질의 함량이 높았던 Group A 해역에서 높은 면적당 개체수를 보였던 것으로 나타났다. 어류인 용가자미와 참가자미 또한 2008년에 비해 2009년에 면적당 개체수가 증가한 것으로 나타났는데, 이들 어류의 공간분포를 살펴보면 갑각류의 면적당 개체수가 증가한 것으로 나타난 Group A해역에서 더 많은 개체수가 분포하는 특징을 보였다. 본 조사에서 주요 우점종으로 출현했던 갑각류들의 경우 대부분이 식물플랑크톤이나 해조류, 동물의 사체 등이 저층에 유입되면 그들을 먹이원으로 이용하여 생활하는 습성을 가진 종들로 이들의 급격한 개체수의 증가는 Group A해역에서 암반 및 인공어초에서 많은 해조류 파편이 유입되고 암반구조물과 인공어초구조물에 의해 발생하는 용승류에 의해 국소적으로 일차생산력이 증가하여 저층으로 많은 유기쇄설물(detritus)이 유입된다는 것을 시사한다. 갑각류들은 생태계먹이망에서 일차생산자에서 상위영양단계로 이르는 물질순환 과정에서 중요한 영양매개자(trophic mediator)로 작용하기 때문에 상위영양단계에 있는 어류들의 먹이원으로서 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 이들의 면적당 개체수 및 면적당 생체량의 증가는 장기적으로 상위영양단계에 속하는 어류의 종수와 양적 변화에 큰 영향을 미친 것으로 사료된다.

반면 Group A해역에서는 평균 36.6 ind./m²로 적은 개체수를 보였고 Group B해역에서는 평균 120.8 ind./m²의 높은 면적당 개체수를 보였던 꽃뫼양태는 2008년에 평균 50.4 ind./m², 2009년에는 평균 77.7 ind./m²로 바다목장이 조성된 이후 면적당 개체수의 변화에 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났는데, 이는 Group B 해역에는 갑각류 및 연체동물류의 면적당 개체수

가 상대적으로 적어 먹이원이 부족할 뿐만 아니라 퇴적물의 입도 조성중에서 사질의 함량이 높아 물리적 교란이 심하고 상대적으로 암반과 해조류가 적어 포식자를 피해 은신할 수 있는 공간이 부족하기 때문에 상대적으로 면적당 개체수의 변동이 적은 것으로 판단된다.

생태학적 지수의 변화에서 종수가 2008년에 비해 증가하면서 2009년에 종풍부도가 증가한 것으로 나타났는데, 2009년에 종수와 면적당 개체수가 증가했음에도 종다양도가 증가하지 않은 것은 2009년 2-4월까지의 두가지자주새우, 2009년 5월에는 두가지자주새우와 기름가자미의 개체수가 급격히 증가하고 극우점하는 경향을 나타냈기 때문으로 판단된다. 반면 2008년 4-6월 사이에는 연체동물인 민허리돼지고둥이 우점하는 경향을 나타내어 종우점도가 높게 나타났으며, 2009년 6월-12월에는 극우점하는 경향이 감소하면서 종풍부도와 종다양도가 증가하고 종우점도는 감소하는 경향을 나타냈다.

본 조사 결과 출현한 생물군집의 월별 유사성을 분석한 결과에서 2008년에 출현한 군집(Group 1)과 2009년에 출현한 생물군집(Group 2)으로 구분되었으며, 종수, 개체수와 생체량에서 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 2008년에는 어류의 종수가 평균 21.8종이었지만 2009년에는 평균 29.1종으로 증가한 것으로 나타났으며 면적당 개체수 또한 평균 150.6 ind./m²에서 평균 438.6 ind./m²로 증가했다. 어류를 제외한 연체동물류와 갑각류의 평균 종수는 2008년 9.3종에서 2009년 13.8종으로 증가하였고 면적당 개체수는 152.1 ind./m²에서 591.7 ind./m²로 크게 증가한 경향을 나타냈다. 어류의 종수와 개체수의 증가는 먹이원으로 작용하는 연체동물류와 갑각류의 증가에 따른 것으로 판단되며, MLTM(2008)에 의하면 통영연안에 인공구조물을 설치한 후 시간이 경과함에 따라 동·식물플랑크톤과 같은 어류의 먹이원이 증가하고 설치된 구조물이 어류의 산란장 및 보육장으로서의 기능을 하면서 어류의 종수 및 개체수가 증가하는 경향을 보인다고 하였다. 이는 본 연구와 유사한 경향을 나타내었는데, 울진바다목장해역에는 연안해역에 해중림의 조성과 함께 어류의 산란장 및 보육장으로 이용할 목적으로 십자형 및 상자형 해중림초를 비롯하여 상자형어초와 2단상자형 강제어초 등을 시설하였는데, 인공구조물 설치 이후에 해조류 및 저서동물의 종수 및 개체수가 증가하는 경향을 나타내었으며, 이들 먹이원의 증가에 따라 지속적으로 어류의 종수와 개체수가 증가하는 경향을 보였다(NFRDI, 2007; 2008).

울진바다목장 해역은 cluster 분석결과 생물군집의 출현 종수와 면적당 개체수의 유사성에 의해 2개의 해역으로 분리되는 경향을 보였는데, Group A(St. 2, 4, 5 and 6) 해역에는 비교적 수심이 깊고 퇴적물의 입도조성에서 니질의 함량이 높을 뿐만 아니라 곳곳에 자연암반과 인공어초가 분포하는 특징을 가지고 있다(MOMAF, 2005). 반면 Group B해역에는 수심이 10 m 내외로 낮고 퇴적물의 입도조성에서 사질의 함량이 높으며 암반과 인공어초의 분포가 매우 낮은 특징을 가지고 있다. SIMPER 분석을 통해 바다목장 해역이 두 개의 그룹으로 분리되도록 영향

을 미치는 종들을 살펴본 결과 Group A해역에서는 갑각류인 두 가지자주새우, 가시투성어리새우, 집게류 등과 연체동물인 민허리돼지고둥, 세고리물레고둥과 같이 갑각류와 연체동물류가 많은 종수와 면적당 개체수를 보이며 높은 기여도를 보였던 반면, Group B해역에서는 연안의 사질해안에서 주로 서식하는 것으로 잘 알려져 있는 꽃뿔양태와 점넙치가 우점하며 그룹이 분리되도록 기여하는 것으로 나타났다.

일반적으로 수심이 낮고 퇴적물의 입도조성에서 사질의 함량이 증가할수록 퇴적물속에 함유되어 있는 유기물의 양이 감소할 뿐만 아니라 물리적 요인에 의해 퇴적물의 교란이 심하기 때문에 채집되는 무척추동물의 종수와 개체수가 적은 것으로 잘 알려져 있는데(Etter and Grassle, 1992; Snelgrove, 1998; Yoon et al., 2009), 본 연구에서도 이와 유사한 경향을 보여 상대적으로 먹이원이 부족하고 저층 퇴적물의 교란이 심한 Group B해역은 바다목장 조성 후 시간의 경과함에 따라 무척추동물 뿐만 아니라 어류의 종수 및 개체수가 크게 증가하지 않는 경향을 나타냈다.

울진바다목장 해역에 인공해조장과 다양한 인공어초 시설을 조성하고 시간이 경과함에 따라 생물군집의 변화를 살펴본 결과 어류들이 은신할 수 있는 해조장이 조성되고, 어류의 먹이원인 무척추동물의 종수와 개체수가 증가되면서 울진바다목장 해역이 어류들의 보육장 및 서식장의 역할을 수행하는 것으로 판단된다. 또한 바다목장의 공간적 특성에 따라 어류 및 무척추동물의 종수 및 개체수가 서로 다른 것으로 나타나 바다목장 조성대 상층의 선정과 방류위치를 결정하는데 본 연구의 결과들이 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(동해 연안어업 및 환경생태 조사, RP-2011-FR-016)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Clarke KR and Warwick RM. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E Ltd., Plymouth. U.K., 176.
- Etter RJ and Grassle JF. 1992. Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature* 360, 576-578.
- Gong Y and Son SJ. 1982. The study of the study on the marine thermo-front in the east sea of Korea. *Rep Nat Fish Res and Dep Inst* 28, 24-25.
- Huh SH and Kwak SN. 1998. Seasonal variations in species composition of fishes collected by an otter trawl in the coastal water off Namhae island. *Korea J Ichthyol* 10, 11-23.
- Hwang DJ, So SK, Kim DS and Kim YJ. 2001. Abstract, Spr Meet. *J Korea Soc Fish Tech* 397-399.
- Hwang SJ, Lee SI, Park JH, Yang JH and Kwon HC. 2006. Abstract, Spr Meet. *Korean Soc Fish Aqu Sci* 258.
- Im YJ, Hwang HJ, Lee JB, Sohn MH and Yeon IJ. 2009. Fish fauna collected by an otter trawl in the Eastern Yellow sea over the period 1999-2001. *Korea J Ichthyol* 21, 299-306.
- Kim YS, Choi JH, Kim JN, Oh TY, Choi KH, Lee DW and Cha HK. 2010. Seasonal variation of fish assemblage in Sacheon marine ranching, the southern coast of Korea. *Bull Korean Soc Fish Tech* 46, 335-345.
- Marglef R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *Amer Nature* 97, 357-374.
- MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2008. Studies on the development of marine ranching program 2007 in the East, West and Jeju coast of Korea. 1062.
- 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.
- MLTM (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2008. Study of fisheries environment improvement using the artificial upwelling system. 429.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 2005. Studies on the development of marine ranching program 2005 in the east, west and Jeju coast of Korea. 1051.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2007. Marine forest establishment on the box-typed artificial seaweed reefs. 160.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2008. Assessing the ecological function of artificial reef systems. 83.
- Park JS, Lee SS, Kang YS and Huh SH. 1991. Distribution of indicator species of copepods and chaetognaths in the middle east sea of Korea and their relationships to the characteristics of water masses. *Bull Korean Fish Tech* 24, 203-212.
- Pielou EC. 1977. *Mathematical ecology*, 2nd. John Wiley and Sons. Inc., New York, U.S.A., 358.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163, 16-88.
- Snelgrove PVR. 1998. The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodiversity Conserv* 7, 1123-1132.
- Yoon SP, Jung RH, Kim YJ, Hong SJ, Oh HT and Lee WC. 2009. Spatio-temporal Changes in macrobenthic

community structure and benthic environment at an intensive oyster culturing ground in Geoje-Hansan bay, Korea. J Korean Soc Oce 14, 213-228.

Youn CH and Shim JH. 2000. Fauna of fish collected by otter trawl at coast off the southeast area of Geoje island. Kor J Env Eco 14, 167-174.

2011년 5월 6일 접수

2011년 7월 13일 수정

2011년 9월 30일 수리