

울진바다목장에서 자망으로 어획된 수산자원의 종조성과 계절변동

윤병선 · 박정호 · 윤상철¹ · 양재형¹ · 이성일² · 김종빈* · 최영민³ · 손명호⁴

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹독도수산연구센터, ²원양자원과, ³고래연구센터, ⁴제주수산연구소

Seasonal Variations in the Species Composition of Fisheries Resources Caught by Trammel Net in the Uljin Marine Ranching Area, East Sea

Byoung Sun Yoon, Jeong-Ho Park, Sang Chul Yoon¹, Jae Hyeong Yang¹, Sung-Il Lee², Jong-Bin Kim*, Young-Min Choi³ and Myoung Ho Sohn⁴

East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

¹Dokdo Fisheries Research Center, National Institute of Fisheries Science, Pohang 37709, Korea

²Distant Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

³Cetacean Fisheries Institute, National Institute of Fisheries Science, Ulsan 44780, Korea

⁴Jeju Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Jeju 63068, Korea

Variations in the species composition, biomass and size distribution of fisheries resources in the Uljin marine ranching area were investigated using trammel nets at two stations (artificial reef and natural rocky area) from 2009 to 2010. During the survey, a total of 74 species were sampled with a mean density of 132 ind./net and mean biomass of 21.56 kg/net. In the natural rocky area, a total of 45 species were sampled at a mean density of 202 ind./net and mean biomass of 28.81 kg/net, while in the artificial reef area, samples included a total of 56 species, with means of 62 ind./net and 14.30 kg/net. The dominant species, comprising over 3% of the total number of individuals, were *Suiberites ficus* (30.8%), *Ovalipes punctatus* (19.2%), *Paralichthys olivaceus* (11.7%), *Pleuronectes herzensteini* (4.7%), *Kareius bicoloratus* (3.5%), *Pseudopleuronectes yokohamae* (3.5%) and *Eopsetta grigorjewi* (3.0%). The dominant species, in terms of biomass, comprising over 5% of the total biomass, were *P. olivaceus* (22.1%), *S. ficus* (18.7%), *O. punctatus* (7.2%), *Hexagrammos otakii* (6.6%), *P. yokohamae* (5.7%), *K. bicoloratus* and *P. herzensteini* (5.3%). A cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (nMDS) analysis based on the Bray-Curtis similarity of fourth root transformed data for number of species and individuals, was divided into two groups: the artificial reef area (group A) and the natural rocky area (group B).

Key words: Uljin marine ranching area, Trammel nets, Fisheries resources, Artificial reef, Natural rocky

서론

우리나라의 연안은 무분별한 해안개발과 양식어업의 증가에 따라 연안어장의 생산성이 저하되고, 어업기술의 발달로 인한 남획으로 자원량이 감소하면서 우리나라 연근해 어업 총어획량은 1980년대 이후 감소하고 있다(Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993; MIFFAF, 2008; Choi, 2001). 또한 해양환경의 변화로 연안의 갯녹음 현상 등으로 해조장이 축소되어 수산동물의 서식장 및 산란장 등이 감소하면서(Watanuki and Yama-

moto, 1990; Tsutsui et al., 1996; Choi et al., 2000), 수산생물의 자원회복의 필요성이 증가하고 있다. 이러한 자원회복을 위한 여러 방안 중에 바다목장 사업은 수산자원의 방류에서 어획에 이르기까지 자연친화적으로 관리하는 어업생산시스템으로 인공어초, 해조장 등 인위적인 시설물을 설치하여 수산생물의 산란장 및 성육장 등을 조성하여 안정적인 수산물 생산 및 공급을 목적으로 한다(MOMAF, 2005; MIFFAF, 2008; Lee et al., 2012). 연안에 새로이 조성되는 인공어초 어장은 자연암반 어장에 비해 1.3-2.3배 정도 높은 자원 조성 효과를 가지며(Kim et

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0947>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 48(6) 947-959, December 2015

Received 11 November 2015; Revised 25 November 2015; Accepted 2 December 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8521 Fax: +82. 33. 661. 8513

E-mail address: kimjb5859@korea.kr

al., 1999), 저층의 영양염류를 표층으로 용승시켜 기초생산력을 증대시킨다(Grove and Sonu, 1985).

울진바다목장에서는 수산자원의 자원량을 증대시킬 목적으로 연안에 해군속영정, 팔각반구형강제어초, 원통2단강제어초, 2단상자형강제어초 등 다양한 인공어초를 투하하고, 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*)와 같이 암반 주변에 정착하여 서식하는 어류와 강도다리 (*Platichthys stellatus*), 납치 (*Paralichthys olivaceus*)와 같은 연안의 저층에 서식하는 어류를 지속적으로 방류하고 있다(MIFFAF, 2008; 2009).

인공어초 효과를 평가하기 위해, 과학어군탐지기를 이용한 어군량 측정(Hwang et al., 2004), 스쿠버다이빙을 통한 수중촬영기법(Edgar and Barrett, 1997; Guidetti et al., 2002; Akamatus et al., 2003; Oh et al., 2010), 음향소나(Kang et al., 2008; Kim et al., 2011)를 이용한 어류 군집조사, 시험어구를 이용한 어획 시험조사(Lee and Kang, 1994; Hwang and Jang, 2014) 등 다양한 방법으로 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 울진바다목장에서 인공어초의 효율성을 파악하기 위하여 인공어초가 시설된 해역과 자연암반이 분포하는 해역에서 어획시험을 실시하여, 공간적 특성에 따른 생물군집의 차이와 이들의 계절별 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

조사정점 및 방법

울진바다목장 해역은 경북 울진군 근남면 구산리(자연암반 해역)에서 후포면 후포리 일대에 20 km² 면적으로 조성되어 있는데(Fig. 1), 직산리, 월송리 및 구산리 일대의 낮은 수심의 퇴적

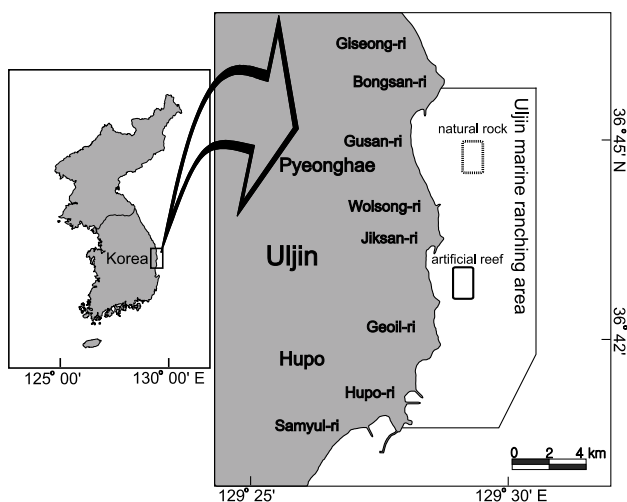


Fig. 1. Map showing the sampling stations of fisheries resources by trammel net from 2009 to 2010 in the Uljin marine ranching area, Korea.

물에는 입자의 크기가 큰 사질(평균 입도 1.5 ϕ)이 높은 함량을 보이는 곳으로 다양한 인공어초가 시설되어 있다(Paik et al., 2007; MIFFAF, 2008). 이 조사는 2009년에는 5월, 7월, 9월과 11월, 2010년에는 3월, 6월, 9월과 12월에 각각 조사를 실시하였으며, 자연암반 정점은 구산 연안의 수심 25-35 m, 인공어초 정점은 직산 연안의 수심 15-20 m의 해역이었다. 어획시험 조사는 정점당 삼중자망 10폭씩 사용하였으며, 그물 높이가 2 m, 내망망목 85 mm, 외망망목 485 mm, 그리고 폭당 길이는 60 m였다. 표층과 저층 수온을 측정하기 위해 양망시 YSI 6600을 이용하여 측정하였다. 채집된 생물은 실험실로 운반하여 동정, 분류하였고 채집된 생물들은 체장은 0.1 cm, 중량은 0.1 g 단위까지 측정하였다. 어류 동정은 Kim et al. (2005), 갑각류는 Kim (1973, 1977)과 NFRDI (2001) 그리고 연체동물은 Min et al. (2004)을 참고하였다.

생태지수 및 군집분석

삼중자망에 의해 채집된 생물 군집의 구조를 이해하기 위하여 출현 종수 및 개체수 자료를 이용하여 종다양도지수(H' , Pielou, 1977)를 분석하였다. 삼중자망에 의해 채집된 생물 군집의 정점별·월별 유사성을 파악하기 위하여 정점별·월별 출현 종수(C_{ij})와 개체수(S_i, S_j)를 바탕으로 하는 Bray-Curtis 유사도지수(BC; Bray-Curtis, 1957)를 사용하여 유사도를 백분율(%)로 나타내었으며, 유사도 분석에서 종수와 개체수 사이의 자료간 편중을 피하기 위하여 fourth root로 자료를 변환하여 사용하였다.

각각의 유사도를 바탕으로 정점별·월별 유사성의 차이를 분석하기 위하여 수지도(dendrogram)를 작성하여 집괴분석(cluster analysis)을 실시하였으며, 그룹간 연결 방식에는 complete linkage 방식을 사용하였다. 또한 계절별, 정점별로 분리된 그룹간의 유사성을 2차원 공간에 표시하는 다차원척도분석(nMDS, non-metric Multi Dimensional Scaling)을 실시하였다. 군집분석 결과 분리된 정점군 사이의 생물군집의 차이를 유발하는 종을 분석하고 이들이 군집의 차이에 기여하는 정도를 분석하기 위하여 SIMPER 분석을 실시하였으며, 이들의 분석에는 PRIMER V5.0을 사용하였다(Clarke and Warwick, 2001).

인공어초와 자연암반 해역에서 연도별, 해역별 생물의 종수, 개체수, 생체량, 종다양도의 차이를 분석하기 위해서 SPSS version 12.0 for Windows로 paired t-test를 실시하였다. 또한 주요 우점종들의 연도별 체장의 차이를 분석을 위해서는 t-test 분석을 실시하였다.

결 과

수온

조사 기간 동안 울진바다목장 해역의 표층수온은 자연암반에서 2010년 3월과 7월에 각각 8.6 $^{\circ}$ C와 8.3 $^{\circ}$ C로 가장 낮았고, 2009년과 2010년 9월에 각각 22.8 $^{\circ}$ C와 22.4 $^{\circ}$ C로 가장 높

았다(Fig. 2). 인공어초에서도 2010년 3월과 7월에 각각 8.5℃와 8.3℃로 가장 낮았고, 2009년과 2010년 9월에 각각 22.8℃와 22.6℃로 정점간 차이가 유의하지 않았다(paired t-test, $P>0.05$). 저층수온은 자연암반에서 2010년 3월과 7월에 각각 8.4℃와 8.3℃로 가장 낮았고, 2010년 9월에 20.7℃로 가장 높았다(Fig. 2). 인공어초에서도 2010년 3월과 7월에 각각 8.4℃와 8.2℃로 가장 낮았고, 2010년 9월에 22.1℃로 정점간 차이가 유의하지 않았다(paired t-test, $P>0.05$).

출현 종수

2009년에서 2010년까지 울진바다목장 해역의 자연암반과 인공어초에서 출현한 생물은 총 74종으로 어류가 39종으로 가장 많았고, 연체동물 12종, 극피동물 10종, 절지동물 7종, 척삭동물 3종, 해면동물 2종과 자포동물 1종의 순으로 출현하였다.

정점별로 출현 종수를 살펴보면 자연암반에서는 총 45종(평균 13.4종), 인공어초에서는 총 56종(평균 16.6종)이 출현하여 정점에 따른 차이는 없었다(Fig. 3, paired t-test, $P>0.05$). 연도별 종수의 변화를 살펴보면 자연암반에서는 2009년에 총 38종이 출현했던 반면 2010년에는 총 21종으로 감소하였고, 인공어초에서도 2009년에는 44종, 2010년에는 33종이 출현하여 종수가 감소했다. 계절별 종수의 변화를 보면 자연암반에서는 2010년 9월, 2009년 9월과 2010년 12월에 각각 9종으로 가장 적었고, 2009년 11월에 25종으로 가장 많았다. 반면 인공어초에서는 2009년 5월과 2010년 6월에 10종으로 종수가 적었고, 2009년 9월에 24종으로 가장 많았다.

개체수

조사기간 동안 출현한 동물의 평균 개체수는 132 마리였는데, 자연암반에서는 평균 202 마리, 인공어초에서는 평균 62 마리로 자연암반에서 어획된 개체수가 유의하게 많았다(Fig. 3;

Table 1, 2; paired t-test, $P=0.007$). 분류군별 개체수의 출현양상을 살펴보면 자연암반에서는 해면동물이 평균 77 마리로 가장 많았고, 어류와 절지동물이 각각 71 마리와 49 마리였다. 인공어초에서는 어류가 평균 40 마리로 가장 많았고, 극피동물과 해면동물이 각각 11 마리, 4 마리로 자연암반에서 어류와 절지동물의 개체수가 유의하게 높았다(paired t-test, $P=0.030$, $P=0.029$). 개체수의 연도별 변화를 살펴보면 자연암반에서는 2009년에는 평균 180 마리, 2010년에는 225 마리로 증가한 경향을 보였지만 해면동물의 개체수만 증가했고 다른 분류군에서는 개체수의 변화가 없었다. 인공어초는 2009년에 평균 61 마리, 2010년에는 64 마리로 유의한 차이를 보이지 않았다(paired

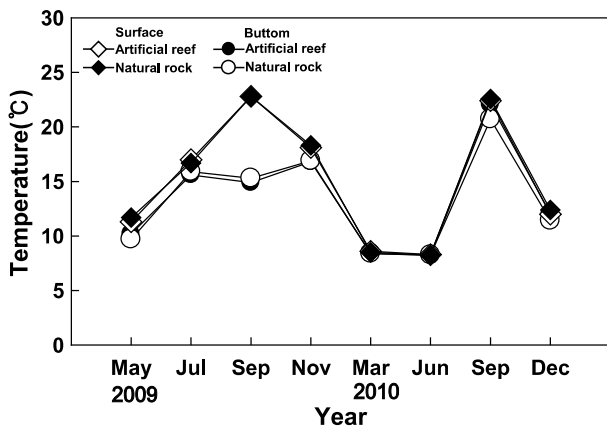


Fig. 2. Seasonal variations of water temperature at artificial reef and natural rock area in Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

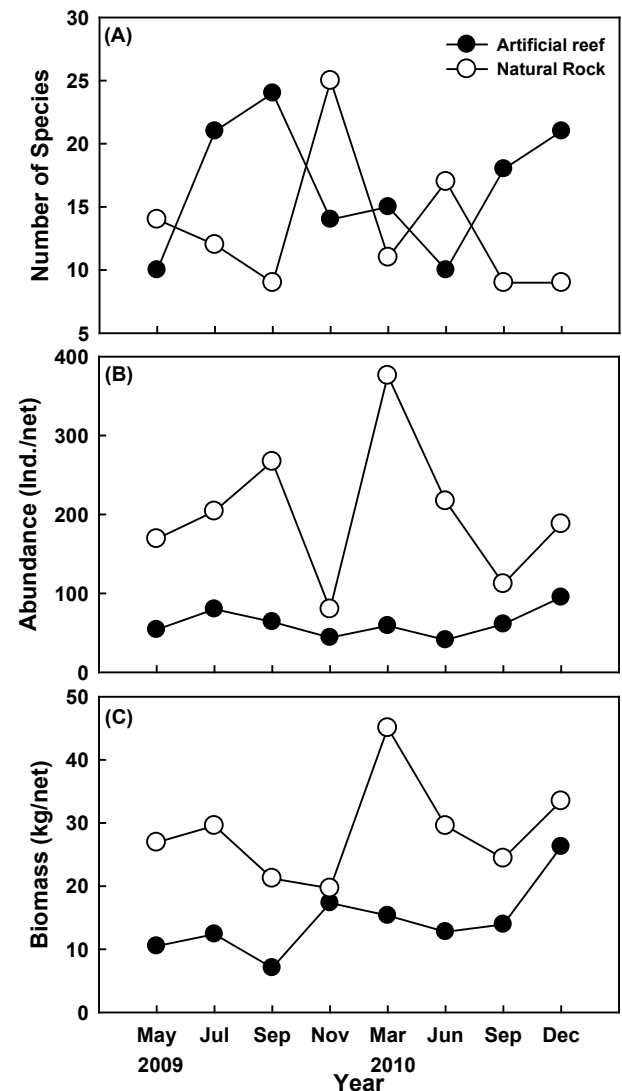


Fig. 3. Temporal variations of the number of species, abundance and biomass of fisheries resources caught by trammel net in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

Table 1. Seasonal variation of fisheries resources at artificial reef area in in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Species	2009								2010								Mean	
	March		July		September		November		March		June		September		December			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
Porifera																		
<i>Callyspongia</i> sp.					2	0.1										0.3	0.0	
<i>Suberites ficus</i>					1	0.0	3	0.3	9	1.0			1	0.1	18	1.9	4.0	0.4
Mollusca																		
<i>Aplysia kurodai</i>			1	0.2													0.1	0.0
<i>Ceratostoma burnetti</i>			2	0.2	1	0.1											0.4	0.0
<i>Chlamys swifti</i>												2	0.2				0.3	0.0
<i>Glossaulax didyma hayashii</i>			1	0.1													0.1	0.0
<i>Mytilus coruscus</i>												2	0.3				0.3	0.0
<i>Neptunea cumingii</i>			2	0.2			1	0.0									0.4	0.0
Arthropoda																		
<i>Dromia wilsoni</i>					3	0.1											0.4	0.0
<i>Ovalipes punctatus</i>	15	2.2			1	0.0									3	0.5	2.4	0.3
<i>Pugettia quadridens</i>					2	0.0											0.3	0.0
Echinodermata																		
<i>Aphelasterias japonica</i>					3	0.0	2	0.2	2	0.0	2	0.1	3	0.1	15	1.3	3.4	0.2
<i>Asterias amurensis</i>	6	0.4	1	0.1	3	0.3					2	0.2	4	0.6			2.0	0.2
<i>Asterina bartheri</i>															3	0.1	0.4	0.0
<i>Asterina pectinifera</i>			6	0.5							2	0.2					1.0	0.1
<i>Henricia leviuscula</i>					1	0.1											0.1	0.0
<i>Lethasterias fusca</i>			6	0.4													0.8	0.0
<i>Plazaster borealis</i>					2	0.4	2	0.6	1	0.3			1	0.6	3	0.1	1.1	0.2
<i>Solaster dawsoni</i>					1	0.0											0.1	0.0
<i>Stichopus japonicus</i>			1	0.2	2	0.3			1	0.2					3	1.1	0.9	0.2
<i>Strongylocentrotus nudus</i>			3	0.3	7	0.6							2	0.2	3	0.5	1.9	0.2
Chordata																		
<i>Chelyosoma dofleini</i>			2	0.1	4	0.3									3	0.3	1.1	0.1
<i>Halocynthia roretzi</i>												1	0.1				0.1	0.0
<i>Styela clava</i>					1	0.0						6	0.1				0.9	0.0
Pisces																		
<i>Alcichthys alcicornis</i>									3	0.4							0.4	0.0
<i>Aptocyclus ventricosus</i>															1	1.4	0.1	0.2
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	16	3.7	2	0.4	5	1.2	2	1.0	6	1.2	6	2.2	8	1.9	5	1.3	6.3	1.6
<i>Clidoderma asperrimum</i>									1	0.1							0.1	0.0
<i>Eopsetta grigorjewi</i>			1	0.1			3	0.3	1	0.1							0.6	0.1
<i>Fistularia commersonii</i>					1	0.1											0.1	0.0
<i>Hexagrammos agrammus</i>	1	0.1															0.1	0.0
<i>Hexagrammos otakii</i>	2	1.9	2	0.6	4	1.2	10	6.9	5	2.1	7	2.7	3	1.6	10	5.6	5.4	2.8
<i>Kaiwarinus equula</i>					1	0.1											0.1	0.0
<i>Kareius bicoloratus</i>	2	0.2	9	2.1							4	1.8	1	1.1			2.0	0.7

<i>Lophius litulon</i>	2	0.2						6	3.5					1.0	0.5
<i>Microstomus achne</i>													1	0.3	0.1 0.0
<i>Monocentris japonica</i>	2	0.1												0.3	0.0
<i>Okamejei kenoei</i>										1	0.8	2	1.5	0.4	0.3
<i>Oplegnathus fasciatus</i>					1	0.0								0.1	0.0
<i>Oplegnathus punctatus</i>	1	0.1												0.1	0.0
<i>Paralichthys olivaceus</i>	7	1.1	26	4.5			1	0.3	8	5.4	7	1.4	14	4.0	3 2.4 8.3 2.4
<i>Paraplagusia japonica</i>			2	0.4										0.3	0.0
<i>Platichthys stellatus</i>	2	0.1	8	0.6										1.3	0.1
<i>Platycephalus indicus</i>													1	0.6	0.1 0.1
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>					1	0.2	11	1.6					1	0.3	1.6 0.3
<i>Pseudoblennius percoides</i>												1	0.5	0.1	0.1
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>					2	0.4	1	0.1	1	0.2				7	2.6 1.4 0.4
<i>Sebastes pachycephalus</i>	1	0.1												0.1	0.0
<i>Sebastes schlegelii</i>	2	0.7	10	3.5	5	2.1				1	0.6	2	0.6	2.5	0.9
<i>Sebastes thompsoni</i>	2	0.3	1	0.1	12	0.9			4	0.5	4	0.5	8	0.9	5 0.6 4.5 0.5
<i>Sebastes zonatus</i>							1	0.2			2	0.2	3	1.2	0.8 0.2
<i>Seriola quinqueradiata</i>							5	3.4					3	2.1	1.0 0.7
<i>Sillago japonica</i>			1	0.0										0.1	0.0
<i>Takifugu porphyreus</i>	1	0.5												0.1	0.1
<i>Tribolodon hakonensis</i>			2	1.3										0.3	0.2
<i>Zeus faber</i>					1	0.3								0.1	0.0
Total	54	10.5	80	12.4	64	7.1	44	17.3	59	15.3	41	12.8	61	13.9	95 26.3 62.3 14.4

t-test, $P>0.05$). 계절별 개체수의 변화를 보면 자연암반에서는 2009년 11월에 80 마리로 가장 적었고, 2010년 3월에 376 마리로 가장 많았다. 인공어초에서는 2009년 11월과 2010년 6월에 각각 44 마리와 41 마리로 가장 적었고 2010년 12월에 95 마리로 가장 많았다.

생체량

조사기간 동안 출현한 동물의 평균 생체량은 21.63 kg이었는데, 자연암반에서는 평균 28.81 kg, 인공어초에서는 평균 14.44 kg으로 자연암반에서 생체량이 많았다(Fig. 3; Table 1, 2; paired t-test, $P=0.002$). 분류군별 생체량의 차이를 살펴보면 자연암반에서는 어류가 평균 17.53 kg으로 가장 많았고, 해면동물이 7.62 kg, 절지동물이 2.85 kg이었다. 인공어초에서는 어류가 평균 12.14 kg으로 가장 많았고, 극피동물이 1.25 kg, 해면동물이 0.43 kg이었으며, 다른 분류군에서 정점에 따른 차이는 없었지만 어류와 절지동물은 자연암반에서 생체량이 유의하게 높았다(paired t-test, $P=0.018$, $P=0.032$). 생체량의 연도별 변화를 살펴보면 자연암반에서는 2009년에는 평균 24.34 kg, 2010년에는 33.28 kg으로 차이가 유의하지 않았다(paired t-test, $P>0.05$). 인공어초는 2009년에 평균 11.82 kg, 2010년에는 17.07 kg으로 생체량이 증가하였는데, 특히 어류 생체량의

증가가 높았다(paired t-test, $P=0.023$). 계절별 생체량의 변화를 보면 자연암반에서는 2009년 11월에 19.65 kg으로 가장 적었고, 2010년 4월에 45.06 kg으로 가장 많았다. 인공어초에서는 2009년 9월에 7.06 kg으로 가장 적었고 2010년 12월에 26.26 kg으로 가장 많았다.

우점종

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 개체수의 3% 이상을 차지하는 주요 우점종은 총 7종으로 어류가 5종, 절지동물과 해면동물이 각각 1종으로 이들 개체수의 합은 전체 개체수의 76.6%를 차지했다. 집게코르크해면(*Suberites ficus*)은 평균 41 마리(30.8%)로 가장 우점했으며, 깨다시꽃게(*Ovalipes punctatus*)는 25마리(19.2%)로 차우점했다. 다음으로는 가자미류가 우점했는데 넙치(*P. olivaceus*)가 평균 16마리(11.7%), 참가자미(*Pseudopleuronectes herzensteini*) 6마리(4.7%), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)와 문치가자미(*Pseudopleuronectes yokohamae*)가 각각 5마리(3.5%), 물가자미(*Eopsetta grigorjewi*)는 4마리(3.0%)의 순으로 어획되었다(Fig. 4). 정점별 우점종을 살펴보면 자연암반은 전체 우점종과 큰 차이를 보이지 않았지만 인공어초에서는 넙치 다음으로 성대(*Chelidonichthys spinosus*)가 평균 6 마리로 차우점했고, 쥐노래미(*H. otakii*)와

Table 2. Seasonal variation of fisheries resources at natural rocky area in in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Species	2009				2010								Mean					
	March		July		September		November		March		June		September		December			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
Porifera																		
<i>Suberites ficus</i>					96	9.5	5	0.6	311	30.0	101	10.0			105	10.8	77.3	7.6
Cnidaria																		
<i>Hormathia andersoni</i>							2	0.0									0.3	0.0
Mollusca																		
<i>Aplysia kurodai</i>							1	0.1									0.1	0.0
<i>Glossaulax didyma ampla</i>			1	0.1													0.1	0.0
<i>Neptunea arthritica</i>							1	0.1				1	0.0				0.3	0.0
<i>Neptunea cumingii</i>							4	0.4									0.5	0.0
<i>Octopus ocellatus</i>	3	0.3									1	0.2					0.5	0.1
<i>Rapana venosa venosa</i>							1	0.1									0.1	0.0
<i>Sepia esculenta</i>											1	0.4					0.1	0.1
<i>Siphonalia fusoides</i>							2	0.0									0.3	0.0
Arthropoda																		
<i>Blepharipoda liberata</i>			1	0.0													0.1	0.0
<i>Charybdis japonica</i>	1	0.2															0.1	0.0
<i>Ovalipes punctatus</i>	81	7.8	68	4.8	149	6.0	1	0.0			32	1.4	33	1.3	22	0.9	48.3	2.8
Paguridae spp.	2	0.0															0.3	0.0
<i>Portunus trituberculatus</i>					2	0.4											0.3	0.0
<i>Aphelasterias japonica</i>							2	0.2									0.3	0.0
<i>Asterias amurensis</i>							3	0.2							9	1.8	1.5	0.2
<i>Asterina pectinifera</i>							8	0.4									1.0	0.1
<i>Stichopus japonicus</i>									1	0.1	5	0.9	1	0.1			0.9	0.1
<i>Strongylocentrotus nudus</i>			1	0.4			2	0.5									0.4	0.1
Pisces																		
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>							1	1.7									0.1	0.2
<i>Alcichthys alcornis</i>											7	0.6					0.9	0.1
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	4	0.7	0	0.0			1	0.4									0.6	0.1
<i>Clidoderma asperrimum</i>							2	0.3			3	0.4					0.6	0.1
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	3	0.4	3	0.3	1	0.1	12	1.5	6	1.2	11	1.8	15	2.7	8	2.5	7.4	1.3
<i>Fistularia commersonii</i>											2	0.4					0.3	0.1
<i>Gymnocanthus herzensteini</i>									1	0.0							0.1	0.0
<i>Hexagrammos otakii</i>							2	0.4									0.3	0.0
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>									1	0.1	2	0.3					0.4	0.0
<i>Kareius bicoloratus</i>	12	2.3	20	1.9	3	0.6			6	1.3	6	1.3	10	4.1	3	1.8	7.5	1.6
<i>Limanda schrencki</i>	1	0.0	0	0.0													0.1	0.0
<i>Lophius litulon</i>	2	3.6							1	0.4			2	3.3			0.6	0.9
<i>Paralichthys olivaceus</i>	43	9.0	69	15.1	8	2.9	11	8.0	6	2.9	20	5.1	13	5.4	12	8.6	22.8	7.1
<i>Paraplagusia japonica</i>	1	0.2	15	2.8													2.0	0.4
<i>Platichthys stellatus</i>	12	1.6	20	2.5			2	0.2			4	1.1			2	1.1	5.0	0.8

<i>Platycephalus indicus</i>	0	0.0	2	1.0														0.3	0.1
<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>					2	0.7	5	0.7	30	5.5	7	1.2	27	4.8	16	3.3	10.9	2.0	
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	3	0.7	3	0.6	5	1.1	7	1.7	12	3.3	11	3.2	10	2.6	11	3.3	7.8	2.1	
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	0	0.0	1	0.1														0.1	0.0
<i>Repomucenus ornatipinnis</i>	1	0.0			1	0.0												0.3	0.0
<i>Sebastes schlegelii</i>							2	0.7	1	0.3	3	1.2						0.8	0.3
<i>Sebastes thompsoni</i>											1	0.1						0.1	0.0
<i>Thamnaconus modestus</i>							1	0.5										0.1	0.1
<i>Tribolodon hakonensis</i>							1	0.6										0.1	0.1
<i>Zeus faber</i>							1	0.3										0.1	0.0
Total	169	26.9	204	29.6	267	21.2	80	19.7	376	45.1	217	29.5	112	24.4	188	34.1	201.6	28.8	

불볼락(*Sebastes thompsoni*)이 각각 5 마리로 우점하였다.

조사기간 동안 채집된 생물들 중에서 전체 생체량의 5.0% 이상을 차지하는 주요 우점종을 분석한 결과 총 7종으로 어류가 5종, 해면동물과 절지동물이 각각 1종으로 이들의 생체량 합은 전체 생체량의 71.0%를 차지했다. 넙치는 평균 4.8 kg (22.1%)으로 생체량이 가장 높았고, 집게코르크해면은 평균 4.0 kg (18.7%), 깨다시꽃게는 1.6 kg (7.2%), 쥐노래미는 1.4 kg (6.6%), 문치가자미는 1.2 kg (5.7%), 돌가자미와 참가자미는 각각 1.1 kg (5.3%)의 생체량을 보였다(Fig. 5). 정점별 우점종을 살펴보면 자연암반은 쥐노래미를 제외한 6종이 생체량 우점종이었지만, 인공어초에서는 쥐노래미 2.8 kg (19.7%), 넙치 2.4 kg (16.7%), 성대 1.5 kg (10.2%)와 조피볼락 0.9 kg (6.6%) 이 생체량 우점종으로 정점간 차이를 보였다.

군집분석

조사기간 동안 출현한 종수와 개체수를 바탕으로 계절별, 정점별 종다양도 지수를 분석한 결과 평균 2.02을 나타내었는데, 자연암반은 평균 1.64, 인공어초는 2.40으로 인공어초에서 종

다양도가 유의하게 높았다(Fig. 6; t-test, $P=0.009$). 조사기간 동안 출현한 생물의 종수와 개체수를 바탕으로 계절별, 정점별 유사도를 구하고 집괴분석을 실시하여 생물군집의 유사성을 분석한 결과 생물군집은 크게 2개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 7). 그룹 A는 인공어초에서 조사된 8번의 조사와 2009년 11월의 자연암반 조사가 포함되었고, 그룹 B는 2009년 11월을 제외한 자연암반에서 실시한 7번의 조사로 구분되었다. 군집분석에서 그룹 A와 그룹 B 군집의 차이에 대한 종기여도를 분석하기 위하여 SIMPER분석을 실시한 결과 종기여도에서 2% 이상을 차지하는 종들은 총 10종으로 나타났다(Table 3). 집게코르크해면의 비유사도에 대한 종기여도는 29.56%로 그룹 A에서는 평균 4 마리가 출현했던 반면 그룹 B에서는 87.6 마리로 그룹간 차이를 보였다. 깨다시꽃게는 23.17%의 기여도를 보였는데, 그룹 A에서는 평균 2.4 마리가 출현했던 반면 그룹 B에서는 55.0 마리의 개체수를 나타냈다. 넙치, 참가자미, 돌가자미, 물가자미, 문치가자미와 강도다리(*P. stellatus*)와 같은 가자미류는 그룹 B에서 더 많은 개체수가 출현했다. 반면 성대와 쥐노래미는 각각 2.58%과 2.39%의 기여도를 보였는데, 그룹 A에서 각각

Table 3. Species contributions to dissimilarity between Group A and Group B in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Rank	Scientific name	Average abundance (Ind./net)		Contribution (%)	Cumulation (%)
		Group A	Group B		
1	<i>Suberites ficus</i>	4.0	87.6	29.56	29.56
2	<i>Ovalipes punctatus</i>	2.4	55.0	23.17	52.73
3	<i>Paralichthys olivaceus</i>	8.3	24.4	8.86	61.59
4	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	1.6	11.7	5.18	66.77
5	<i>Kareius bicoloratus</i>	2.0	8.6	3.38	70.15
6	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	0.6	6.7	3.04	73.19
7	<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	1.4	7.9	3.01	76.20
8	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	6.3	0.6	2.58	78.78
9	<i>Platichthys stellatus</i>	1.3	5.4	2.53	81.31
10	<i>Hexagrammos otakii</i>	5.4	0.0	2.39	83.70

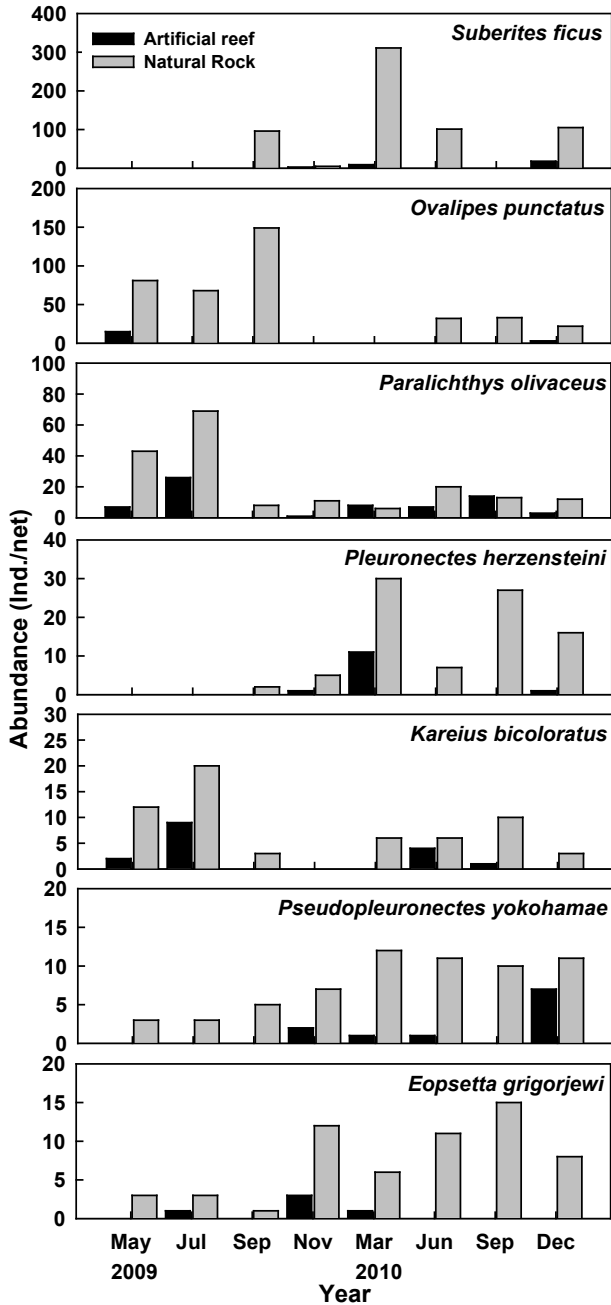


Fig. 4. Temporal variations of the abundance of seven dominant species in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

6.3 마리와 5.4 마리로 그룹 B에 비해 더 많았다.

체장 조성

조사기간 동안 개체수에서 우점했던 종들의 계절별, 정점별로 체장분포의 변화를 분석한 결과 넙치는 자연암반 지역에서는 2009년에는 평균 29.4 cm에서 2010년에는 33.2 cm로 증가

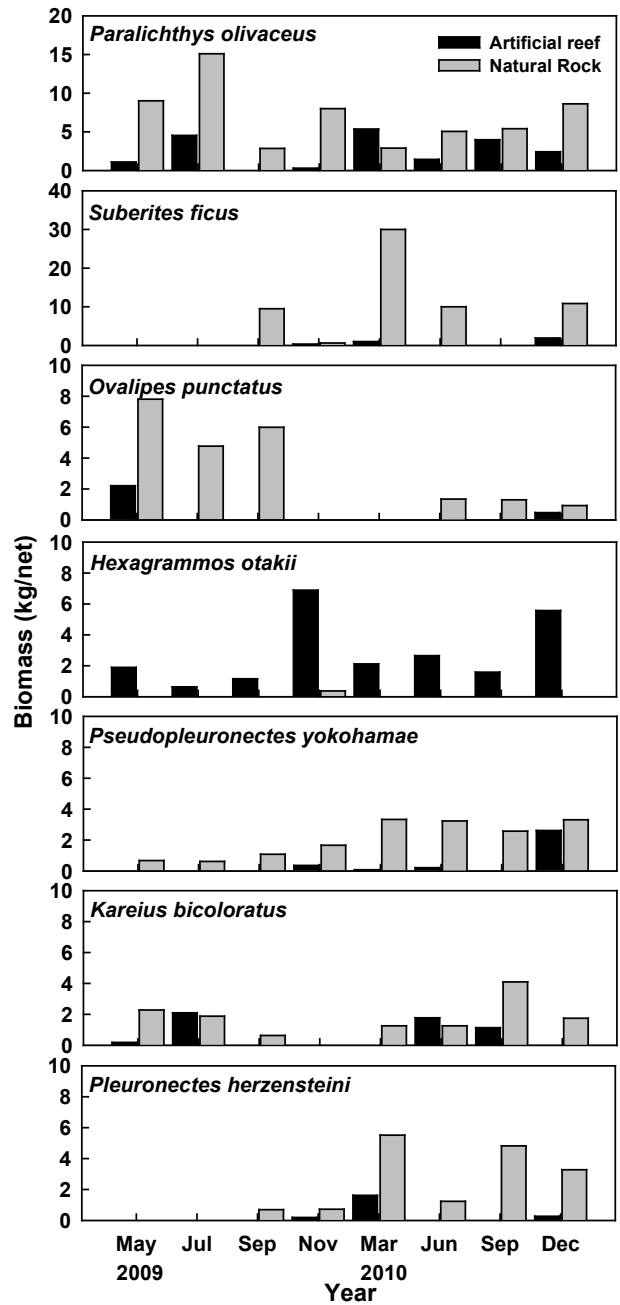


Fig. 5. Temporal variations of the biomass of seven dominant species in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

했으며(Fig. 8; t-test, $P=0.000$), 인공어초 정점에서도 2009년에는 평균 26.0 cm에서 2010년에는 32.8 cm로 증가했다(Fig. 7; t-test, $P=0.000$). 돌가자미는 자연암반 지역에서는 2009년에는 평균 24.3 cm에서 2010년에는 28.4 cm로 증가했고(t-test, $P=0.002$), 인공어초 정점에서도 2009년에는 평균 24.7 cm에서 2010년에는 35.3 cm로 증가했다(t-test, $P=0.001$). 문치가자미

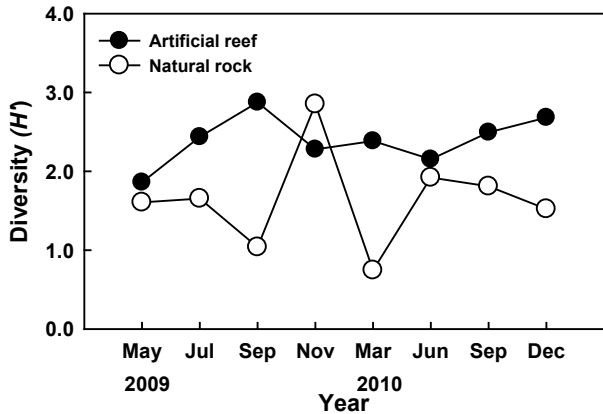


Fig. 6. Temporal variations of the diversity index in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

는 자연암반 지역에서는 2009년에는 평균 25.6 cm에서 2010년에는 27.3 cm로 증가했고(t-test, $P=0.038$), 인공어초 정점에서는 2009년에는 평균 25.0 cm, 2010년에는 24.3 cm로 차이가 유의하지 않았다(t-test, $P>0.05$). 물가자미는 자연암반 지역에서는 2009년에는 평균 22.5 cm에서 2010년에는 26.1 cm로 증가했고(t-test, $P=0.000$), 인공어초 정점에서는 2009년에는 평균 20.5 cm, 2010년에는 24.3 cm로 차이가 유의하지 않았다(t-test, $P>0.05$). 참가자미는 자연암반 지역에서는 2009년에는 평균 24.6 cm, 2010년에는 24.4 cm, 인공어초 정점에서는 2009년에는 평균 25.2 cm, 2010년에는 23.9 cm로 연도별 차이가 유의하지 않았다(t-test, $P>0.05$).

고 찰

울진바다목장 해역의 자연암반과 인공어초 시설 해역에서 2009년부터 2010년까지 계절별 조사를 실시한 결과 출현한 생물은 총 74종으로 어류가 39종, 연체동물 12종, 극피동물 10종, 절지동물 7종 등의 순으로 출현하였다. 인공어초 해역에서는 어류가 32종, 극피동물이 10종으로 비율이 높았던 반면 자연암반 해역에서는 어류가 25종, 연체동물이 8종, 절지동물과 극피동물이 각각 5종으로 차이를 보였다. 울진바다목장 내에서 인공어초 조사의 경우 2007년에는 어류가 7종, 2008년에는 11종이었던 반면 본 조사에서는 2009년에는 24종, 2010년에는 19종으로 종수가 증가했다(MIFFAF, 2008, 2009). 또한 자연암반 조사는 2007년과 2008년에 어류가 각각 8종이 출현했던 반면, 본 조사의 2009년에는 20종, 2010년에는 14종이 출현하여 전체적으로 어류 종수가 증가하였다(MIFFAF, 2008, 2009). 자연암반 해역에서는 양태류, 넙치류와 가자미류 같이 바닥에서 서식하는 어류들이 주로 출현하는 특징을 보였는데, 이는 동해안에서 삼중자망을 이용한 Ryu et al. (2005), Bae et al. (2010)와 Shon et al. (2014)의 연구와 유사한 결과를 보였다. 반면 인공어

초 해역에서는 양볼락류, 돌돔류와 쥐노래미류 같은 부유성 어류들이 주로 출현하는 특징을 보여 다른 인공어초 시설해역에서 출현하는 어류상과 유사하였다(Lee and Kang, 1994; Yim, 2005; Hwang and Jang, 2014; Hwang et al., 2015). 자연암반 해역에서는 연체동물과 절지동물의 종수가 더 많은 것으로 나타났다, 자연암반 해역은 상대적으로 수심이 깊고 입자가 상대적으로 작은 사니질의 함량이 높아 인공어초 해역에 비해 이들의 종수가 많았던 것으로 생각된다(Choi et al., 2000; Hwang and Kim, 2003; Ko et al., 2012). 반면 인공어초 해역에서는 표면에 주로 부착해서 서식하는 극피동물의 종수가 상대적으로 높게 나타났다.

조사기간 동안 출현한 생물의 평균 개체수는 132 마리였는데, 인공어초에서는 평균 62 마리(2009년 61 마리, 2010년 64 마리), 자연암반에서는 평균 202 마리(2009년 180 마리, 2010년 225 마리)로 자연암반에서 더 많은 개체수가 출현했다. 이전의 울진바다목장 삼중자망 조사와 비교하면 인공어초 해역에서는 2007년에는 35 마리, 2008년에 38 마리의 개체수가 출현했던 반면, 자연암반에서는 2007년에는 40 마리, 2008년에는 60 마리의 개체수를 보여 인공어초 지역의 개체수의 증가는 적었지만 자연암반이 위치한 곳에서는 개체수가 크게 증가한 것으로 나타났다. 이러한 경향은 Yoon et al. (2011)이 울진바다목장에서 소형트롤을 이용한 저서생물 조사 결과와 유사한데, 개체수의 증가가 적었던 인공어초 해역의 경우 수심이 15-20 m로 얇고 입자의 크기가 큰 모래가 많이 분포하는 특성(Park et al., 2007; MIFFAF, 2008)으로 인하여 저서생물의 종수 및 개체수의 증가가 적었다. 반면, 자연암반은 수심이 25-35 m에 분포하고 있어 상대적으로 깊고 입자의 크기가 작은 사니질의 퇴적환경(Park et al., 2007; MIFFAF, 2008)을 보이는 곳으로 2009년 이후 저서생물의 개체수가 급격하게 증가하였다(Yoon et al., 2011; 2013). 특히 자연암반 해역에서 다른 어류들에 비해 넙치와 가자미류가 크게 증가하였는데, 이는 2007년과 2008년에 방류한 넙치와 강도다리의 가입과 참가자미, 문치가자미와 물가자미 등의 증가에 의한 것으로 판단된다. 넙치와 강도다리의 가입은 구산항과 직산항에서 방류한 넙치와 강도다리가 수심이 깊고 방류지역에 비해 퇴적물의 입도조성에서 굵은 모래의 함량이 적은 곳으로 이동한다고 한 이전 결과와 일치하며(MIFFAF, 2008), 가자미류의 증가는 울진바다목장에서 2009년 이후 개체수와 생체량이 급격하게 증가하는 것과 유사한 결과를 보인다(Yoon et al., 2013).

조사기간 동안 서식밀도와 생체량에서 가장 우점한 종은 자연암반에서는 집게코르크해면, 깨다시꽃게, 넙치, 참가자미, 문치가자미, 돌가자미, 문치가자미 등으로 나타나 주로 저층의 표면에 서식하거나 퇴적물에 잠입하는 특성을 가진 종들이 우점했던 반면, 인공어초 해역에서는 넙치, 성대, 쥐노래미, 볼볼락, 아펠볼가사리(*Aphelasterias japonica*), 조피볼락, 방어(*Seriola quinqueradiata*) 등이 우점하는 것으로 나타났다. 이는 자연암

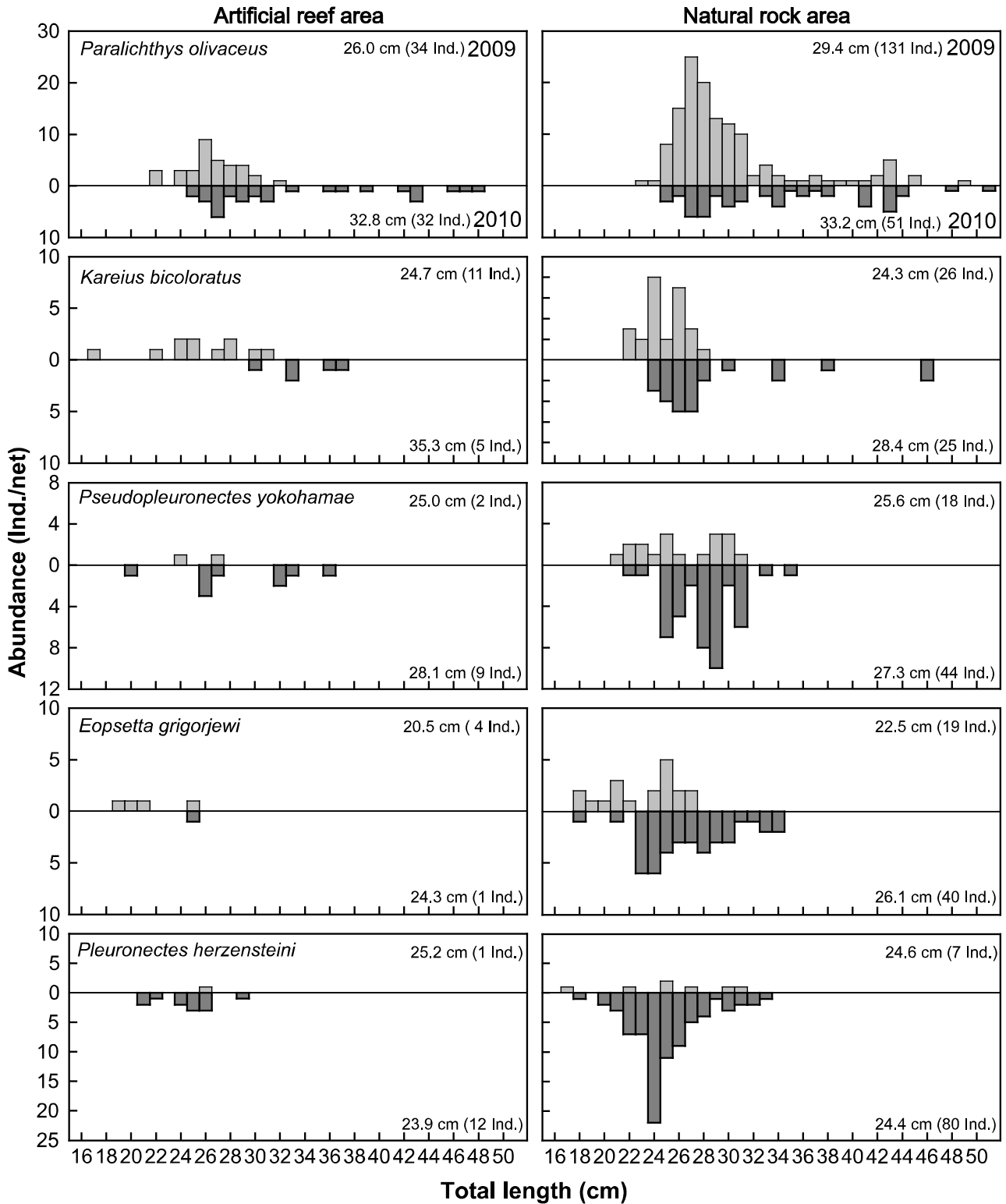


Fig. 7. Dendrogram and nMDS based on Bray-Curtis similarity matrix of fourth root transformed data of species number and abundance in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

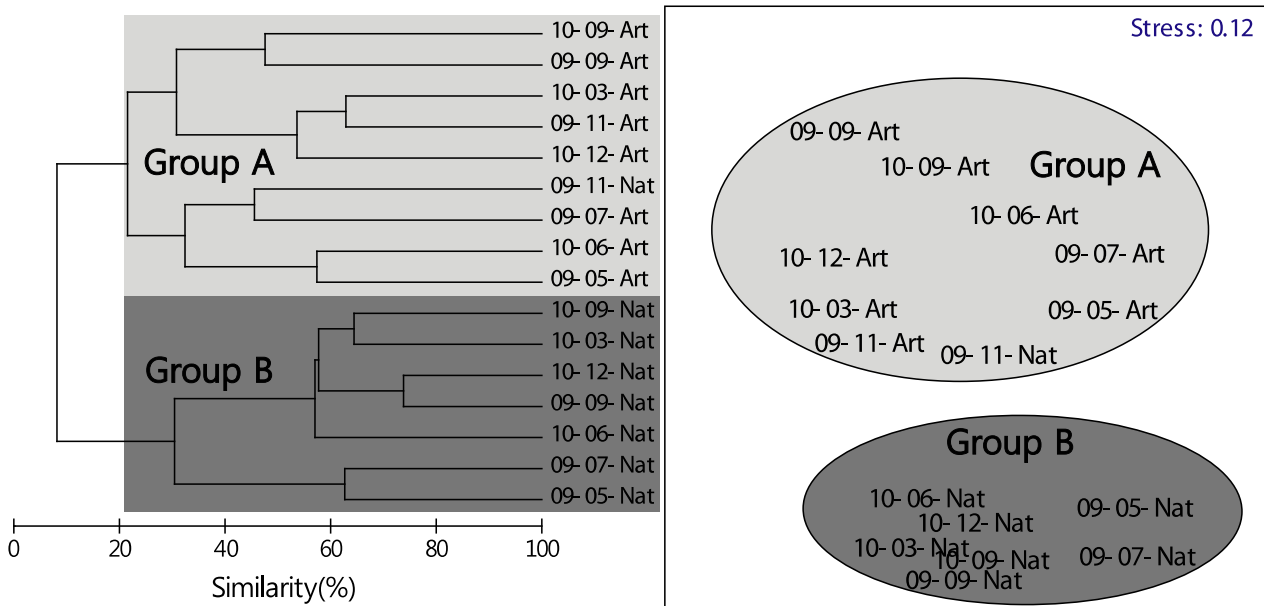


Fig. 8. Length frequency distribution of dominant species by year and station in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010.

반에 비해 인공어초 주변과 배후의 유속이 자연암반의 유속에 비해 1.2-1.3배 빠르고, 어초의 내부에도 회전류가 발생하여 저층 퇴적물에 교란이 심하기 때문에 상대적으로 저층에 서식하는 어류들의 서식밀도가 적고 부유생활을 하는 어류들의 서식 밀도가 높았던 것으로 판단된다(Kim, 2001; Kim et al., 2005; Jeong and Kim, 2007).

군집분석에서 분리된 그룹 A(인공어초 해역)와 그룹 B(자연암반 해역)에서 집게코르크해면과 깨다시꽃게의 개체수의 차이가 가장 컸는데, 상대적으로 인공어초 해역은 퇴적물의 입자의 크기가 크고(Park et al., 2007; MIFFAF, 2008; 2009), 인공어초에서 발생하는 해류의 흐름으로 자연암반에 비해 퇴적물의 교란이 심하기 때문에 이들의 개체수가 감소하였던 것으로 판단된다. 넙치와 가자미류는 그룹 B(자연암반 해역)에서 상대적으로 개체수가 많았고, 2009년에 비해 2010년에 개체수가 증가하는 경향을 보였다. Yoon et al. (2011, 2013, 2014)과

Kim et al. (2010)은 일정 해역에 인공어초를 설치하고 해중림 등을 조성하면 시간이 지남에 따라 해역에서 일차생산성과 함께 어류의 먹이원이 되는 무척추동물의 종수와 개체수가 증가하면서 어류의 종수 및 개체수가 증가한 것으로 보고하였는데(Yoon et al., 2011; 2013; 2014; Kim et al., 2010), 본 조사 해역의 경우 2006년부터 본격적으로 울진바다목장 조성사업이 시작되어 어류, 저서동물 무척추동물의 종수 및 개체수가 증가하고 있다(MIFFAF, 2008; 2009; 2010).

주요 우점종의 체장조성을 분석한 결과 자연암반에서는 시간이 지남에 따라 참가자미를 제외한 넙치, 돌가자미, 물가자미와 문치가자미의 평균 체장이 증가하였는데, 인공어초에서도 넙치와 돌가자미의 평균 체장이 증가했다. 이것은 Yoon et al. (2013)이 울진바다목장에서 소형트롤을 이용한 조사 결과와 유사한 것으로, 넙치는 2009년과 2010년에 각각 평균 29.6 cm와 37.3 cm로, 본 조사에 비교하면 2009년에는 체장이 유사했지만

Table 4. Mean total length of dominant species in the Uljin marine ranching area from 2009 to 2010

Scientific name	2009			2010		
	Yoon et al.	Artificial reef	Natural rock	Yoon et al.	Artificial reef	Natural rock
<i>Paralichthys olivaceus</i>	29.6	26.0	29.4	37.3	32.8	33.2
<i>Kareius bicoloratus</i>	36.4	24.7	24.3	39.0	35.3	28.4
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	16.4	20.5	22.5	18.9	24.3	26.1
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	20.2	25.0	25.6	24.5	28.1	27.3
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	17.0	25.2	24.6	20.3	23.9	24.4
References	Yoon et al., 2013		The present study			

2010년에는 본 조사에 비해 체장이 컸다(Table 4). 또한 돌가자미는 Yoon et al. (2013)의 조사에서는 2009년과 2010년에 각각 36.4 cm와 39.0 cm로 본 조사에 비해 평균 체장이 컸다. 이것은 조사 해역의 경우 소형트롤 정점들에 비해 수심이 낮았는데 넙치와 돌가자미의 경우 크기가 작은 시기에는 비교적 얕은 수심에서 서식하지만 성장하면서 점차 깊은 수심으로 이동하는 특성으로 인하여 본 조사에 비해 Yoon et al. (2013)에서 평균 체장이 컸던 것으로 판단된다. 반면 물가자미, 문치가자미와 참가자미는 Yoon et al. (2013)의 조사에 비해 본 조사에서 평균 체장이 컸는데, 소형트롤은 자망에 비해 망목의 크기가 작아 15 cm 이하의 작은 개체들도 어획되지만 본 조사에서 사용한 삼중자망은 내망망목은 84.84 mm, 외망망목은 485 mm로 매우 크기 때문에 크기가 작은 개체들은 거의 어획되지 않았던 것으로 판단된다. 주요 우점종 중 넙치의 성숙체장은 45 cm로 어획된 개체중에서 성숙체장 이상의 개체들은 자연암반과 인공어초에 각각 1.6%와 4.5%였고, 돌가자미의 성숙체장은 25 cm (Jun et al., 2003)로 자연암반과 인공어초에서 각각 56.9%와 62.5%의 성숙개체들만이 출현하여 얕은 수심에서의 높은 미성숙 개체의 비율을 보였다. 반면 물가자미의 성숙체장은 23 cm (Kim et al., 2011)로 성숙개체의 비율은 자연암반과 인공어초에서 각각 72.9%와 40.0%, 문치가자미의 성숙체장은 19.8 cm (Seo et al., 2010)로 각각 100%와 90.9%, 참가자미의 성숙체장은 17.8 cm (Cha et al., 2006)로 각각 97.7%와 100%의 성숙개체들이 어획되어 본 조사에서 사용된 삼중자망은 어획되는 크기에 있어서 자원회복 및 증대를 위한 효과적인 어획이 이루어지는 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2015년도 국립수산물과학원 수산과학연구소업(R2015029)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Akamatsu TH, Takahashi H and Matsuda A. 2003. A monitoring system for the aggregated fish group by and acoustic-visual combined method. *Scientist* 4, 18-26.
- Bae BS, An HC, Park HH, Park CD and Yang YS. 2010. Catch characteristic and present condition of by-catch and discard of trammel nets fishery in the East Sea. *J Kor Soc Fish Tech* 46, 103-114.
- Bray JR and Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Monogr* 27, 325-349.
- Cha HK, Park KY, Lee SI, Park HW, Kwon HC and Choi SH. 2006. Maturity and spawning of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 18, 363-367.
- Choi CG, Takayama H, Segawa S, Ohno M and Sohn Ch. 2000. Early stage of algal succession on artificial reefs at Muronohana, Ikata, Japan. *J Fish Sci Tech* 3, 1-7.
- Choi CG. 2001. Marine communities around the experimental artificial reefs. Ph. D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- 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.
- Edgar GJ and Barrett NS. 1997. Short term monitoring of biotic change in Tamanian marine reserves. *J Exp Mar Biol Ecol* 213, 261-279.
- Fujita D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-Cho, Hokkaido. *Suisanzoshoku*, 35, 135-138.
- Grove RS and Sonu CJ. 1985. Fishing reef planning in Japan. *Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications*. D'Itri FM, ed. Lewis Publication Inc., Michigan, USA, 187-251.
- Guidetti P, Fanelli G, Frascchetti S, Terlizzi A and Boero F. 2002. Coastal fish indicate human-induced changes in the Mediterranean littoral. *Mar Environ Res* 53, 77-94.
- Hwang BK and Jang HY. 2014. Spatial characteristics of fish distribution lured by artificial reefs in Jeju marine ranching area. *J Kor Soc Fish Tech* 50, 30-38.
- Hwang BK, Lee YW, Jo HS, Oh JK and Kang MH. 2015. Visual census and hydro-acoustic survey of demersal fish aggregations in Ulju small scale marine ranching area (MRA), Korea. *J Kor Soc Fish Technol* 51, 16-25.
- Hwang DJ, Park JS and Lee YW. 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. *J Kor Fish Soc* 37, 249-254.
- Hwang SD and Kim JS. 2003. Change in community structure of shellfish in the Reclaimed Saemangeum Area. *J Kor Fish Soc* 36, 708-715.
- Jeong Ch and Kim HT. 2007. Numerical analysis of the flow field around artificial reefs. *J Kor Fish Soc* 40, 31-38.
- Jun JC, Sim DS, Kim YH and Chung EY. 2003. Sexual maturation of the stone flounder, *Kareius bicoloratus*, on the west coast of Korea. *Kor J Ichthyol* 15, 259-271.
- Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo Jt and Myoung JG. 2008. Hydroacoustic survey of spatio-temporal stability and distribution of demersal fish aggregations near the west coast of Jeju island, Korea. *Ocean Polar Res* 30, 181-191.
- Kim HS. 1973. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Anomura, Brachyura, 14, Sam-Hwa Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 694.
- Kim HS. 1977. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of

- Korea. Anomura, Brachyura, 14, Sam-Hwa Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 414.
- Kim HS, Kim CG, Seo YK and Kim GY. 2005. Subsidence characteristics of artificial reefs using sediment grain size and shear strength. *Bull Kor Soc Fish Tech* 41, 46-53.
- Kim HS, Lim HS, Jo YJ, Choi JI and Choi OI. 1999. Benthic macrofauna on the artificial reefs and their surrounding bottom in the southwest coast of Kora. *Bull Nat Fish Res Dev Inst Korea* 56, 13-26.
- Kim HT. 2001. A study of artificial reef subsidence in unsteady flow field. *Kor Soc Ocean Engineer* 15, 33-38.
- Kim HY, Hwang BK, Lee YW, Shin HO, Kwon JN and Lee KH. 2011. Hydro-acoustic survey in fish distribution and aggregated fish at artificial reefs in marine ranching area. *J Kor Soc Fish Tech* 47, 139-145.
- Kim YE, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB, Kim JK and Ryu JH. 2005. *Marine Fishes of Korea*. Second Edition, Han-Guel Publ. Co. Ltd., Seoul, Korea, 397.
- Kim YH, Kim YS, Kang HJ, Kim JK and Chun YY. 2011. Age and Growth of spotted halibut *Eopsetta grigorjewi* in the East China Sea. *Kor J Ichthyol* 23, 30-36.
- 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 Kor Soc Fish Tech*, 46, 335-345
- 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 JW and Kang YS. 1994. Variations of fish Community and Fish Density on artificial reefs. *Bull Kor Fish Soc* 27, 535-548.
- 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.
- Min DK, Lee JS, Koh DB and Je JG. 2004. *Mollusks in Korea*. Han-Geul Publ. Co. Ltd., Busan, Korea, 566.
- MOMAF. 2005. Studies on the development of marine ranching program 2005 in the east, west and Jeju coast of Korea, 1051.
- NFRDI. 2001. *Shrimps of the Korean waters*. Han-Geul Publ. Co. Ltd., Busan, Korea, 188.
- Oh TY, Cha HK, Chang DS, Hwang CH, Nam YJ, Kwak SN and Son MH. 2010. Seasonal variation and species composition of fishes communities in artificial reef unit at marine ranching area in the coastal waters off Jeju island, Korea. *J Kor Fish Tech* 46, 139-147.
- 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.
- Pielou EC. 1977. *Mathematical Ecology*, 2nd. John Wiley and Sons, New York, USA, 358.
- Ryu JH, Kim PK, Kim JK and Kim HJ. 2005. Seasonal variation of species composition of fisher collected by gill net and set net in the middle East Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 17, 279-286.
- Seo YI, Joo H, Lee SK, Kim HY, Ko JC, Choi MS, Kim JI and Oh TY. 2010. Maturity and spawning of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in the southern sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 22, 83-89
- Sohn MH, Yoon BS, Park JH, Choi YM and Yang JH. 2014. Species composition and distribution of trammel net catches in the coastal waters of Gangwon Province, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 47, 945-959. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.201.0945>.
- Tsutsui I, Arai S, Terawaki T and Ohno M. 1996. A morphometric comparison of *Ecklonia kurome* (Laminariales, Phaeophyta) from Japan. *Phycol Res* 44, 215-222.
- Watanuki A and Yamamoto H. 1990. Settlement of seaweeds on coastal structures. *Hydrobiologia* 205, 275-280.
- Yim HS. 2005. Fish fauna in and around the dice type concrete artificial reefs in the East Sea of Korea. Ph.D. Thesis, Yeosu National University, Korea.
- Yoon BS, Yoon SC, Lee SI, Lim JB, Yang JH, Park JH, Choi YM and Park JH. 2011. Community structure of demersal organisms trawl survey in the Uljin marine ranching area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 506-515. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0506>.
- Yoon BS, Park JH, Sohn MH, Yang JH, Yoon SC and Choi YM. 2013. Community structure and distribution pattern of the pleuronectiform fishes in the Uljin marine ranching area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 413-423. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0413>.
- Yotsui T and Maesako N. 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsushima islands. *Suisanzoshoku* 41, 67-70.