

제주 신양리 연안 인공어초 주변해역에서 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동

김재우 · 김하원¹ · 허성희² · 곽석남^{1*}

국립수산물과학원 전략양식연구소 미래양식센터, ¹환경생태공학연구원, ²부경대학교 해양학과

Seasonal variation and species composition of fish species in artificial reefs in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju island, Korea

Jae Woo KIM, Ha Won KIM¹, Sung-Hoi HUH² and Seok Nam KWAK^{1*}

National Fisheries Research & Development Institute, Aquaculture Research Institute,
Future aquaculture Research Center, 1928, Oedo2-dong, Jeju-si, Jeju-do 690-192, Korea

¹Environ-Ecological Engineering Institute Co., Ltd., 110-54 Millak-Dong, Suyeong-gu,
Busan 613-827 Korea

²Pukyong National University, 599-1 Daeyeon-Dong, Namgu, Busan 608-737, Korea

This study was investigated seasonal variation and species composition of fish species at artificial reefs (octangle three-stage compartment type and dice type) and natural rock in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju Island with visual census method in January 2009, April 2009, July 2009, September 2009, December 2009, March 2010, June 2010, and September 2010. A total of 44 fish species was occurred, and the dominant fish species were *Apogon semilineatus*, *Chromis notata*, *Trachurus japonicus*, *Sebastes thompsoni* and *Apogon doederleini*. The number of individuals of fishes was higher at April 2009 and March 2010, however, lower at June 2010 and September 2010. The number of fish species was higher at artificial reefs than those of at natural rock. *Apogon semilineatus* was dominant at octangle three-stage compartment type and the dice type artificial reefs, whereas *Chromis notata* was for natural rock. These results indicated that artificial reefs were good habitats for a variety of fish species in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju Island.

Keywords: Artificial reefs, Jeju Island, Species composition, Seasonal variation, *Apogon semilineatus*,
Chromis notata

*Corresponding author: seoknam@hotmail.com, Tel: 82-51-757-0097, Fax:82-51-751-5584

서론

수산자원의 증강과 수익증대를 위해서 1971년부터 실시되고 있는 인공어초 시설사업은 우리나라 전 해역을 대상으로 시행되고 있으며, 어류 및 패류자원을 대상으로 인위적으로 생물의 서식환경을 조성함으로써 서식생물을 보호하고 육성하고 있다 (Ahn et al., 1999; Lyu and Jeong, 2000).

지금까지 국내에서 인공어초 주변해역에서 서식하는 어류에 관한 연구는 설치된 인공어초의 효과를 파악하는데 집중되어 있으며 조사방법도 아주 다양하게 보고되고 있다. 예를 들면 디지털카메라와 과학어군탐지기를 이용한 인공어초 주변의 어군량 추정 (Hwang et al., 2004), 인공어초의 형태 및 어군의 위집과의 관계 (Shon et al., 1977), 음향텔레메트리기법에 의한 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)의 인공어초주변에서의 행동 (Shin et al., 2004), 인공어초 주변 어류의 생태특성 (Lee and Kang, 1994; Ahn et al., 1999; Park et al., 2000)에 관한 연구가 있다.

현재 잠수부를 통한 수중촬영 기법 (visual census)은 어류를 그대로 보존하면서 조사할 수 있는 장점을 가지고 있어서 전 세계적으로 어류를 포함한 수산생물의 양적분포를 규명하기 위하여 최근 들어 널리 사용되는 조사방법 중의 하나이다 (Chabanet et al., 1995; Edgar and Barrett, 1997; De Girolama and Mazzoldi, 2001; Pet-Soede et al., 2001; Guidetti et al., 2002; Akamatus et al., 2003). 특히 어획기구를 이용하여 조사하기 힘든 암초주변에 서식하고 있는 어류 개체군의 양적 변동에 주로 이용되어지고 있다 (Barans and Bortone, 1983; Samoilys, 1997; Samoilys and Carlos, 2000; Bortone et al., 2000). 본 조사해역과 인근에 위치한 제주바다목장에 설치된 인공어초에서 수중촬영기법을 이용한 어류군집의 종조성과 계절변동 (Oh et al., 2010)에 관한 연구가 보고된 바 있으나, 우리나라에서는 현재 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 제주 신양리 연안 인공어초 주변해역에서 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동을 파악하고자 한다. 더불어 어류군집의 종조성 및 계절변동 결과는 인공어초의 효율성을 파악하기 위한 좋은 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

본 연구는 수중촬영기법을 이용하여 제주도 신양리 연안 인공어초 주변해역에서 2009년에서 2010년까지 총 8회 (2009년 1월, 4월, 7월, 9월, 12월, 2010년 3월, 6월, 9월)에 걸쳐 실시되었다 (Fig. 1). 조사정점은 팔각삼단격실형어초, 일반(사각)어초, 그리고 자연암반의 3곳에서 실시되었다. 각 조사정점은 서로 인근 거리에 위치하였다. 팔각삼단격실형어초는 바닥층인 1단과 어초중간층인 2단 및 3단이 H-빔과 L-형강으로 구성된 테구조와 그 테두리를 철판으로 격실을 구성함으로써 면구조를 적절히 조화시킨 형태로 정착성어류와 중층 유영어류의 위집에 용이하다(Fig. 2).

잠수부가 직접 수중에서 수중 비디오 (DCR-PC115, Sony) 및 카메라 (D-80 DSLR, Nikon)를 이용하여 서식하는 어류를 촬영한 후(Fig. 3), 실험실에서 분석하였다. 가지거리는 약 5m 이내로 나타났다. 그리고 해양환경 특성을 파악하기 위

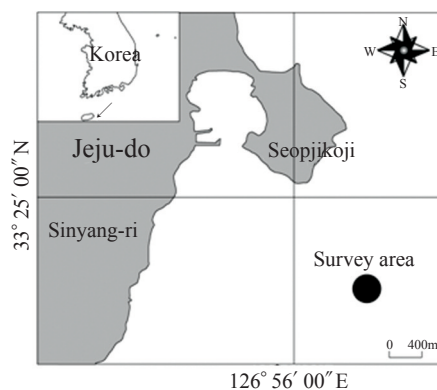


Fig. 1. Location of survey area in the coastal waters off Jeju Island, Korea.

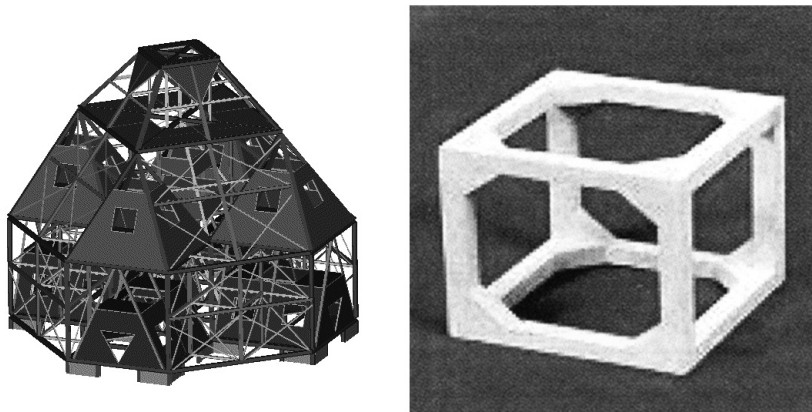


Fig. 2. Diagram of Octangle three-stage compartment (e, f in Fig. 3), and Dice type artificial reef (c, d in Fig. 3).

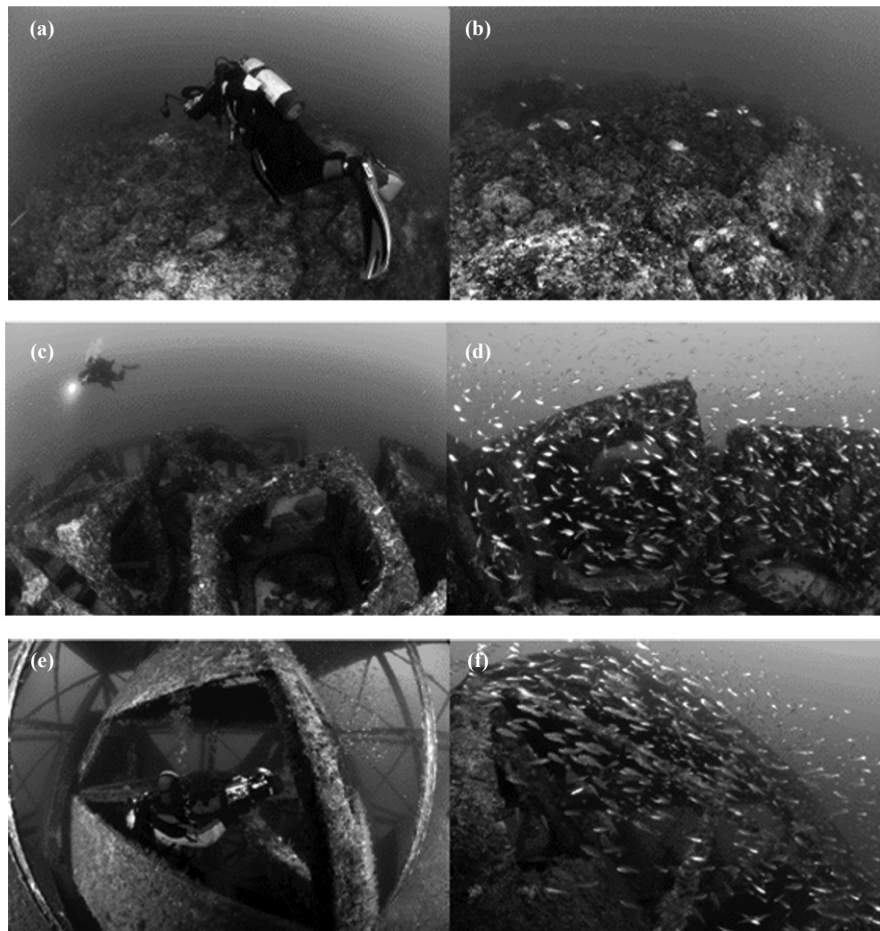


Fig. 3. The scenes of underwater photographing and the status of the artificial reefs in the study area (a, b: Natural rock; c, d: Dice type artificial reef; e, f: Octangle three-stage compartment type artificial reef).

하여 다기능수질측정기 (YSI 6600)를 이용하여 표층과 저층의 수온 (°C), 염분농도(psu), 용존산소 (DO) 및 수소이온농도 (pH)를 측정하였다. 어류의 동정 및 생태적 특성은 Masuda et al. (1984), Yoon (2002) 및 Kim et al. (2005)을 참고하였다.

각 조사시기별 어류군집 구조를 비교하기 위해서 Shannon and Wiever의 종다양도지수(H')를 구하였다 (Shannon and Weaver. 1949).

$$H' = -\sum_{i=0}^S \left[\frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

n_i : i번째 종의 월별 출현개체수
 N : 특정 달에 채집된 종의 개체수
 S : 출현종수

조사시간 동안 2회 이상 출현한 종에 대한 출현 시기의 유사도는 Pianka (1973)의 중복도지수를 이용하여 구하였다.

$$A_{ij} = \frac{\sum (P_{ih} \times P_{jh})}{\sum P_{ih}^2 \times \sum P_{jh}^2}$$

P_{ih} : 채집 시기 h에 채집된 전체 개체수에 대한 어종 i의 개체수 비율

P_{jh} : 채집 시기 h에 채집된 전체 개체수에 대한 어종 j의 개체수 비율

구해진 유사도를 이용하여 비가중 산술평균에 의한 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하였으며, 그 결과를 dendrogram으로 표시하였다.

결 과

해양환경특성

조사기간 동안 수온은 13.25 – 24.53°C 범위 (평균 18.16°C)였으며, 2009년 9월에 가장 높은 수온을 보였으며, 2010년 3월에 가장 낮았다. 염분농도는 31.71 – 34.91 psu 범위 (평균 33.21psu)를 나타내었으며, 2009년 12월에 34.95psu로 가장 높았으며, 2009년 7월에 31.71psu로 가장 낮았다 (Fig. 4). 수소이온농도는 7.65 – 8.57 범위 (평균 8.05)였으며, 2009년 1월에 가장 높았으며,

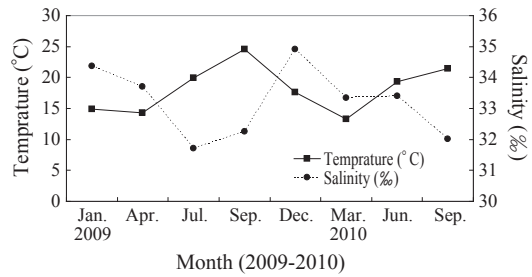


Fig. 4. Temporal variations of water temperature and salinity in the study area.

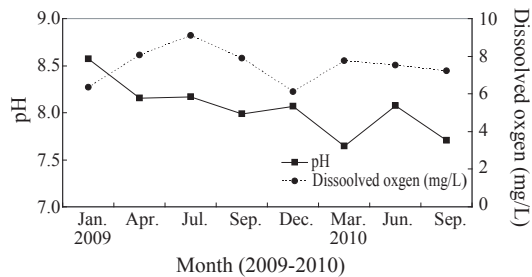


Fig. 5. Temporal variations of pH and DO in the study area.

점차적으로 낮아지는 경향을 보였다. 용존산소는 6.11 – 9.09 mg/L 범위 (평균 7.50mg/L)였으며, 2009년 7월에 가장 높은 값을 나타냈으며, 2009년 12월에 가장 낮았다 (Fig. 5). 각 조사점간의 해양환경 특성은 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

종조성

조사기간 동안 출현한 어류는 총 44종이었다 (Table 1). 가장 우점한 종은 줄도화돔 (*Apogon semilineatus*) 및 자리돔 (*Chromis notata*)으로 나타났으며, 줄도화돔은 조사 시기 및 정점에 관계없이 꾸준히 출현하였다. 그 다음으로 전갱이 (*Trachurus japonicus*), 불볼락 (*Sebastes thompsoni*), 세줄얼게비늘 (*Apogon doederleini*), 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*), 황놀래기 (*Pseudolabrus sieboldi*), 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*), 용치놀래기 (*Halichoeres poecilopterus*), 불바리 (*Epinephelus akaara*), 황놀래기 (*Pseudolabrus*

Table 1. Temporal variations of fish frequency were at each station in the study area

(++++ : Uper 1,000; +++ : 100-1000 ; ++ : 10-100 ; + : below 10 individuals)

Species	Octangle three-stage compartment type									Dice type									Natural rock								
	2009			2010			2009			2010			2009			2010											
	Jan.	Apr.	Jul.	Sep.	Dec.	Mar.	Jun.	Sep.	Jan.	Apr.	Jul.	Sep.	Dec.	Mar.	Jun.	Sep.	Jan.	Apr.	Jul.	Sep.	Dec.	Mar.	Jun.	Sep.			
<i>Apogon doederleini</i>					+					+			+++							+	+	+		+			
<i>Apogon semilineatus</i>		+++	+++	+++	+++	+++		++	++		+++	++	++++		+++	+++				+++	++	+++		++	+		
<i>Canthigaster rivulata</i>													+							+	+	+	+	+			
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>										+		+	+		+		+		+	+	+			+			
<i>Choerodon azurio</i>										+		+	+		+	+	+			+				+			
<i>Chromis fumea</i>	+		+																	+							
<i>Chromis notata</i>					+	++				+	+	++	++	++	+++	++	+++	++	+++	+	++	+++	+++	+++	+		
<i>Diodon holocanthus</i>															+				+					+			
<i>Epinephelus akaara</i>			+++																								
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>		+		+	+	+				+		+	+				+				+			+			
<i>Girella punctata</i>												++															
<i>Goniistius quadricornis</i>												+											+				
<i>Goniistius zonatus</i>												+		+													
<i>Halichoeres poecilopterus</i>					+		+				+	+	+		++				+	+	+		+	++			
<i>Hexagrammos agrammus</i>																					+						
<i>Istigobius hoshinonis</i>					++																			+			
<i>Labracoglossa argentiventris</i>													++									++					
<i>Microcanthus strigatus</i>			+				+			+	++		+	+			++										
<i>Monocentris japonica</i>												+															
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		+		+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
<i>Oplegnathus punctatus</i>										+																	
<i>Ostracion immaculatus</i>														+							+						
<i>Paralichthys olivaceus</i>			+											+								+					
<i>Parapristipoma trilineatum</i>													++									+++					
<i>Prionurus scalprum</i>					+																						
<i>Pseudoblepius cottoides</i>					+																						
<i>Pseudolabrus eoethinu</i>																					+						
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>			+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	+			+	+	+	++	++	+		
<i>Pterocaesio trilineata</i>										+																	
<i>Pterois lunulata</i>			+																								
<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>													++									+					
<i>Sagamia geneionema</i>								+																			
<i>Sebastes longispinis</i>								+		+																	
<i>Sebastes schlegeli</i>					+	+		+	+			+															
<i>Sebastes thompsoni</i>					++	++	++		++	+																	
<i>Sebastiscus marmoratus</i>							+	+	+					+	+					+							
<i>Seriola dumerili</i>																											
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>			+		+	+	+		+			+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+			
<i>Takifugu niphobles</i>								+				+										+	+				
<i>Thamnaconus modestus</i>											+											+					
<i>Trachurus japonicus</i>	+++																										
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>									+																		
<i>Trimma grammistes</i>					+																	+					
<i>Zeus faber</i>			+							+																	
Number of species	2	5	7	11	11	7	9	11	8	8	10	14	15	7	8	8	4	5	11	14	11	4	8	7			

sieboldi), 벤자리 (*Parapristipoma trilineatum*), 그리고 청출돔 (*Chaetodontoplus septentrionalis*) 순으로 우점하였다.

그 외 줄벤자리 (*Rhyncopelates oxyrhynchus*), 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*), 뱅에돔 (*Girella*

punctata), 호박돔 (*Choerodon azurio*), 썸뱅이 (*Sebastiscus marmoratus*), 능성어 (*Epinephelus septemfasciatus*), 비단망둑 (*Istigobius hoshinonis*), 꼬마줄망둑 (*Trimma grammistes*), 연무자리돔 (*Chromis fumea*), 가시복 (*Diodon holocanthus*), 넓

치 (*Paralichthys olivaceus*), 복섬 (*Takifugu niphobles*), 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*), 달고기 (*Zeus faber*), 아홉동가리 (*Goniistius zonatus*), 여덟동가리 (*Goniistius quadricornis*), 거북복 (*Ostracion immaculatus*), 무점황놀래기 (*Pseudolabrus eoethinu*), 바닥문절 (*Sagamia geneionema*), 청복 (*Canthigaster rivulata*), 노래미 (*Hexagrammos agrammus*), 철갑등어 (*Monocentris japonica*), 강담돔 (*Oplegnathus punctatus*), 쥐돔 (*Prionurus scalprum*), 황조어 (*Labracoglossa argentiventris*), 범돔 (*Microcanthus strigatus*), 가시망둑 (*Pseudoblennius cottoides*), 세줄가는돔 (*Pterocaesio trilineata*), 솔배감팽 (*Pterois lunulata*), 흰꼬리볼락 (*Sebastes longispinis*), 잭방어 (*Seriola dumerili*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*) 순으로 출현하였다.

정점별 출현양상

조사기간 동안 팔각삼단격실형어초에서는 총 29종의 어류가 출현하였다. 가장 우점한 줄도화돔 (*A. semilineatus*), 돌돔 (*O. fasciatus*), 그리고 황놀래기 (*P. sieboldi*)는 6회 출현하여 거의 조사시기마다 출현하였으며, 그 다음으로 쥐치 (*S. cirrhifer*)가 5회 출현하였다 (Table 1). 일반어초에서는 총 30종의 어류가 출현하였다. 이 중 자리돔 (*C. notata*)은 매번 출현하였으며, 인공어초 내에서 무리를 지어서 서식하였다. 그 다음으로 황놀래기 (*P. sieboldi*)가 8회, 돌돔 (*O. fasciatus*)이 7회, 그리고 줄도화돔 (*A. semilineatus*)이 6회순으로 나타났다. 한편 자연암반에서는 총 23종이 출현하였으며, 자리돔 (*C. notata*)은 매번 출현하였다. 그 다음으로 쥐치 (*S. cirrhifer*) 및 황놀래기 (*P. sieboldi*)가 7회, 용치놀래기 (*H. poecilopterus*), 줄도화돔 (*A. semilineatus*), 그리고 청줄돔 (*C. septentrionalis*)이 각각 5회씩 출현하였다.

조사시기별 출현양상

각 정점별 출현한 어류의 조사시기별 출현양

상을 살펴보면, 팔각삼단격실형어초에서는 2009년 9월과 12월, 그리고 2010년 9월에 가장 높은 출현 종수를 나타내었는데, 이 시기에는 우점종과 더불어 비단망둑 (*Istigobius hoshinonis*), 볼볼락 (*S. thompsoni*) 등도 함께 소량 출현하였다 (Table 1). 일반어초에서 출현한 어류의 종수는 2009년 9월과 12월에 가장 높게 나타났으며, 이후 다시 감소하는 것으로 나타났다 (Fig. 6). 이 시기에는 청복 (*C. rivulata*), 청줄돔 (*C. septentrionalis*), 철갑등어 (*M. japonica*), 황조어 (*L. argentiventris*), 거북복 (*O. immaculatus*) 등의 소수 어종이 출현하였다. 한편 자연암반에서 출현한 어류의 종수는 일반어초와 비슷한 양상으로, 조사가 시작된 2009년 1월에는 출현종수가 4종으로 아주 낮았다. 그러나 시간의 경과함에 따라 증가하여 2009년 9월에는 14종으로 증가하였으며, 이후 다시 감소하였다. 이 시기에는 소수 어종들인 말쥐치 (*T. modestus*), 복섬 (*T. niphobles*), 줄벤자리 (*R. oxyrhynchus*) 등이 우점종과 함께 출현하였다.

조사시기별 월별 출현량은 팔각삼단격실형어초에서는 2009년 9월 및 2010년 3월에 높게 나타났으며, 우점종인 줄도화돔 (*A. semilineatus*)의 출현량에 기인하였다 (Fig. 6). 일반어초에서도 줄도화돔 (*A. semilineatus*)이 많이 출현하였던 2010년 6월에 가장 많았으며, 2009년에 1월에 가장 적었다. 우점종이었던 줄도화돔 (*A. semilineatus*)은 2009년 12월 및 2010년 6월에, 차우점종이었던 자리돔 (*C. notata*)은 2009년 4월 및 2010년 3월에 많이 출현하였다. 한편 자연암반에서는 2009년 12월, 2010년 6월, 그리고 2009년 4월의 순으로 높게 나타났으며, 2009년 1월에 가장 낮게 나타났다. 출현량의 변화는 우점하였던 자리돔 (*C. notata*)의 출현량 변화에 따라서 변동하는 양상이었으며, 2009년 12월의 높은 출현량은 벤자리 (*P. trilineatum*), 자리돔 (*C. notata*), 그리고 줄도화돔 (*A. semilineatus*)이 많이 출현한 결과라고 판단된다.

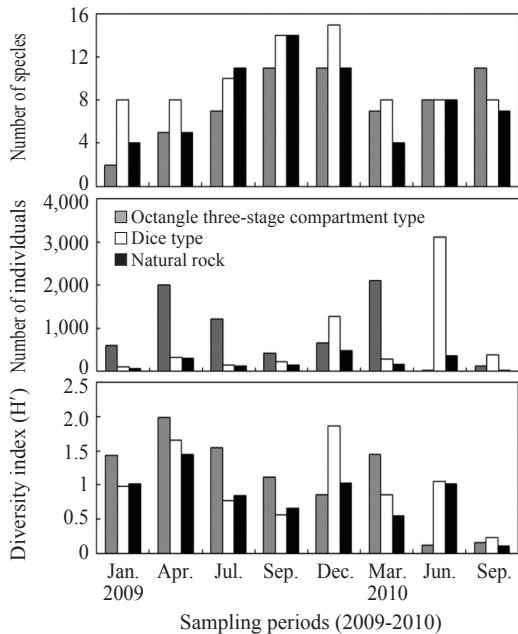


Fig. 6. Temporal variations in number of fish species, number of individuals and diversity index (H') at each station in the study area.

한편 종다양도지수의 변동을 살펴보면, 팔각삼단격실형어초에서는 0.12 - 1.99 범위, 일반어초에서는 0.23 - 1.86 범위, 그리고 자연암반에서는 0.11 - 1.45 범위를 나타내었다 (Fig. 6). 조사 시기별로는 팔각삼단격실형어초에서 2009년 1월, 4월, 7월에 대체적으로 높은 수치를 나타내었으며, 일반어초 및 자연암반에서는 2009년 4월 및 12월에 높게 나타났다.

조사해역에서 3회 이상인 출현한 19종을 대상으로 출현시기에 대한 중복도 지수를 구하여 집괴분석을 수행한 결과, 5개 그룹으로 나눌 수 있었다 (Fig. 7).

그룹 1 : 조사시기마다 계속 출현하였던 그룹으로, 줄도화돔(*A. semilineatus*), 자리돔 (*C. notata*), 쥐치 (*S. cirrhifer*) 및 황놀래기 (*P. sieboldi*) 등이 속하였다. 이 종들은 떼를 지어 다니면서 조사해역에서 우점하였다.

그룹 2 : 그룹 1과 마찬가지로 조사기간 동안 주로 출현하였던 그룹으로 돌돔 (*O. fasciatus*), 불

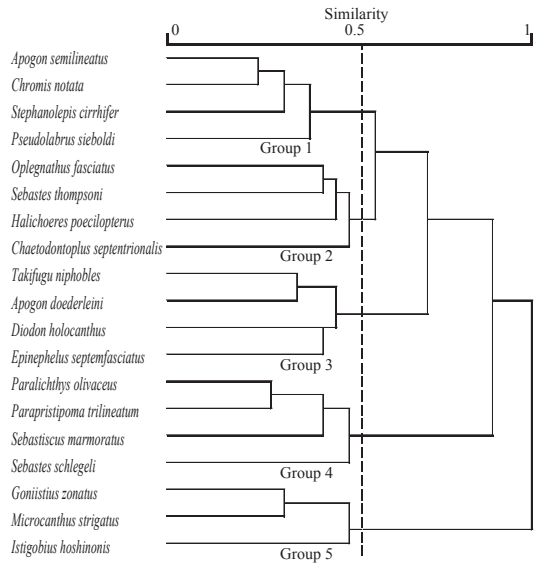


Fig. 7. Dendrogram illustrating the species associations of fishes in the study area.

볼락 (*S. thompsoni*), 용치놀래기 (*H. poecilopterus*), 그리고 청줄돔 (*C. septentrionalis*)이 속하였다. 이 종들은 떼를 지어 다니기도 하고 종에 따라 독립적으로 서식하였다.

그룹 3 : 수온이 증가하는 2009년 7월, 9월 그리고 2010년에도 비슷한 시기에 우점하였던 그룹으로 복섬 (*T. niphobles*), 세줄얼게비늘 (*A. doederleini*), 가시복 (*D. holocanthus*), 능성어 (*E. septemfasciatus*) 등이 속하였다. 이 종들은 인공어초 해역보다 일반 암반에서 주로 서식하였다.

그룹 4 : 수온이 다소 감소하는 2009년 9월, 12월, 그리고 2010년 3월에 주로 우점하였던 그룹으로, 넙치 (*P. olivaceus*), 벤자리 (*P. trilineatum*), 썸뱅이 (*Sebastiscus marmoratus*), 조피볼락 (*S. schlegeli*) 등이 속하였다. 이 종들은 인공어초 해역에서 주로 서식하였다.

그룹 5 : 특정 조사시기에 관계없이 소량 출현하였던 그룹으로 아홉동가리 (*G. zonatus*), 범돔 (*M. strigatus*), 비단망둑 (*I. hoshinonis*) 등이 속하였다.

고 찰

본 조사해역에서 수중 촬영기법을 이용하여 출현한 어종은 총 44종으로 나타났으며, 팔각삼단격실형어초에서는 29종, 그리고 일반어초에서는 30종이 출현하였다. 우점종으로는 줄도화돔 (*A. semilineatus*), 자리돔 (*C. notata*), 쥐치 (*S. cirrhifer*), 황놀래기 (*P. sieboldi*), 전갱이 (*T. japonicus*), 불볼락 (*S. thompsoni*) 그리고 세줄얼개비늘 (*A. doederleini*) 순으로 나타났다. 그 외 복섬 (*T. niphobles*), 가시복 (*D. holocanthus*), 능성어 (*E. septemfasciatus*), 넙치 (*P. olivaceus*), 벤자리 (*P. trilineatum*), 썸뱅이 (*Sebastiscus marmoratus*), 조피볼락 (*S. schlegeli*) 등이 시기를 달리하며 다량 출현하고 있어서 조사해역에는 다양한 어종들이 인공어초가 설치된 해역 및 자연암반에서 서식함을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 제주도 연안해역의 어류군집에서 비슷한 양상을 나타내었으며, 각 어류 개체군들이 경쟁을 피하고 서식처 이용 가능성을 높이기 위한 전략으로 판단된다 (Park and Rho, 2002; Choi et al., 2003; Lee et al., 2009; Oh et al., 2010).

본 조사해역과 유사한 수중촬영기법으로 제주 바다목장해역에서 조사된 결과에서는 사각어초에서는 11종, 팔각반구형어초에서는 12종, 원통2단형강제어초에서는 13종, 대형핵사포트어초 및 정자형어초에서는 각각 18종씩 출현하였다. 한편 우점종은 인공어초에 관계없이 자리돔 (*C. notata*) 및 불볼락 (*S. thompsoni*) 등으로 나타났다 (Oh et al., 2010). 따라서 조사시기 및 횡수에는 다소 차이가 있지만 조사해역에 설치된 인공어초에서 출현하는 어류의 종수가 훨씬 많음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 각 인공어초마다 목적 및 용도에 맞게 설계된 형태적인 차이에 따른 어류의 미소서식처 (microhabitats) 및 어초 재질의 차이에 의한 것으로 판단된다.

본 조사해역에서 자연암반보다 인공어초에서 더 많은 어종이 서식하고 있었으며, 출현빈도수도 높았다. 이전의 연구에서도 인공어초가 설치

된 해역에서 그렇지 않은 해역에 비해서 어류의 출현량이 높게 나타나고 있어서 (Lee and Kang, 1994; Oh et al., 2010; Shon et al., 1977), 본 조사결과와 유사한 양상이었다. 전라북도 연안해역에 설치된 인공어초 주변해역에서도 다양한 종류의 어류 및 무척추동물 등이 서식하였으며, 어구별 단위노력당 어획량은 다른 해역보다 2배 정도 높게 나타났다 (Park et al., 2000). 국외의 연구와 비교해보면, 일본 및 미국 연안해역에서 인공어초가 설치된 해역은 어류의 산란장 및 성육장을 제공하여 출현하는 어류의 양적 분포가 많았으며 (Okamoto et al., 1979; Buckley and Hueckel, 1985), 인공어초는 자연어초가 가지는 특성을 인공적으로 바다에 조성하는 것으로 수산생물의 위집효과 뿐만 아니라 어류의 먹이가 되는 기본적인 환경생물의 증식 효과를 유발하여 먹이사슬을 안정화시킨다고 보고하였다 (Kawasaki, 1984). 따라서 인공어초는 수산자원을 보호하고 육성 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

제주 연안해역에 설치된 인공어초 주변해역의 종조성 및 우점종은 인공어초의 종류에 관계없이 유사하게 나타나, 주요 우점종인 자리돔 (*C. notata*) 및 불볼락 (*S. thompsoni*)의 좋은 성육장 (nursery ground)의 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. 줄도화돔 (*A. semilineatus*)의 경우 제주 바다목장내에 위치한 인공어초에서는 그리 우점하지 않았지만, 본 조사해역에서 아주 우점하는 양상을 나타내었다. 이는 시기적으로 떼를 지어 회유하는 줄도화돔 (*A. semilineatus*)이 해류의 흐름을 따라 조사해역을 포함한 제주 동쪽해역으로 이동하다가 인공어초 주변해역에서 서식하는 것으로 판단된다 (Kim et al., 2005). 줄도화돔 (*A. semilineatus*)은 수심 100m 이하의 암반해역에서 서식하며 우리나라를 포함하여 태평양 및 인도양까지 아주 넓게 분포한다. 자리돔 (*C. notata*)은 수심 15m 이하의 암반해역 및 산호초가 발달된 해역에서 주로 떼를 지어 다니며 서식

한다. 수온이 높은 제주도 연안해역에서 우점종으로 알려져 있으나, 최근에는 동해안에서도 주로 출현하면서 심지어 독도 인근해역까지 분포한다고 보고된 바 있다 (Oh et al., 2010). 한편, 불볼락 (*S. thompsoni*)은 자리돔 (*C. notata*)보다는 수심이 다소 깊은 해역까지 분포하며 해조류가 밀생된 암반해역에서 소수의 개체가 무리짓거나 때로는 독립적으로 해조류에 부착하여 서식하는 작은 크기의 저서생물을 섭식하면서 서식하는 특징을 가지고 있다 (Yoon, 2002; Kim et al., 2005; Oh et al., 2010).

수중 촬영기법과는 달리 어획기구를 이용한 제주 연안해역의 유조 주변 (Park and Rho, 2002), 서부연안 (Lee et al., 2009), 그리고 남부해역 (Choi et al., 2003)의 어류군집에 관한 연구에서도 본 조사해역에서 출현하였던 어종들이 출현하고 있었으며, 유사한 출현양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 제주 연안해역의 인공어초에서 서식하는 어종들은 뛰어난 유영능력을 이용하여 인근 연안해역까지 넓게 분포하고 있음을 의미한다.

결 론

제주 연안해역의 팔각삼단격실형어초에 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동을 수중 촬영기법을 이용하여 파악하였다. 조사기간 동안 출현한 어류는 총 44종이었으며, 우점종은 줄도화돔 (*A. semilineatus*)이었으며, 자리돔 (*C. notata*)이 차우점하였다. 그 다음으로 전갱이 (*T. japonicus*), 불볼락 (*S. thompsoni*) 그리고 세줄얼개비늘 (*A. doederleini*)순으로 출현하였다. 어초군별 출현양상은 팔각삼단격실형어초에서는 29종, 일반 어초에서 30종, 그리고 자연암반에서 23종이 출현하였다. 계절별 출현양상에서는 모든 정점에서 2009년 9월에 가장 많은 종이 출현하였으며, 일반 어초 및 팔각삼단격실형어초에서는 2009년 12월에도 높게 나타났다. 조사시기별 출현량 변화에서는 팔각삼단격실형어초에서는

2009년 4월, 일반 어초에서는 2010년 6월, 그러나 자연암반에서는 2009년 12월이 가장 높게 나타났다. 인공어초가 설치된 해역에서 어종들이 주로 서식하는 양상이었다.

사 사

본 연구는 국립수산물관리원 수산시험연구사업비로 수행된 연구 결과 (RP-2011-AQ-031)의 일부입니다.

참고문헌

- Akamatsu, T., H. Takahashi and A. Matsuda, 2003. A monitoring system for the aggregated fish group by an acoustic-visual combined method. *Scientist*, 4, 18 - 26.
- Ahn, Y.W., H.K. Rho, S.J. Kim, D.G. Jeung and M.K. Kim, 1999. Studies on the improvement of the fish gathering effects of artificial fish reefs in the coastal area of Cheju Island. *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 11 (1), 59 - 68.
- Barans, C.A., S.A. Bortone, 1983. The visual assessment of fish populations in the southeastern United States. Workshop. Technical Report, 1 (SC-SG-TR-01- 83).
- Bortone, S.A., M.A. Samoilys and P. Francour, 2000. Fish and macroinvertebrate evaluation. In: Seaman Jr., W. (Ed.), *Artificial Reef Evaluation with application to Natural Marine Habitats*. CRC Press, Boca Raton, pp. 127 - 164.
- Buckley, R.M. and G.J. Hueckel, 1985. Biological process and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bull. Mar. Sci.*, 37 (1), 50 - 69.
- Chabanet, P., V. Dufour and R. Galzin, 1995. Disturbance impact on reef fish communities in Reunion Island (Indian Ocean). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 188, 29 - 48.
- Choi, Y., J.K. Oh and H.K. Ra, 2003. Fish fauna of the southern coastal waters in Jeju-do, Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 15 (2), 120 - 126.
- De Girolama, M. and C. Mazzoldi, 2001. The application

- of visual census on Mediterranean rocky habitats. *Mar. Environ. Res.*, 51, 1 – 16.
- Edgar, G.J. and N.S. Barrett, 1997. Short term monitoring of biotic change in Tamanian marine reserves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 213, 261 – 279.
- Guidetti, P., G. Fanelli, S. Frascchetti, A. Terlizzi and F. Boero, 2002. Coastal fish indicate human – induced cahnges in the Mediterranean littoral. *Mar. Environ. Res.*, 53, 77 – 94.
- Hwang, D.J., J.S. Park and Y.W. Lee, 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37 (3), 249 – 254.
- Kawasaki, T., 1984. The distribution and behavior of fishes in the artificial reef fishing grounds. In *Biological Process in the Ocean*, R. Marushige, ed. Koseisha Koseikaku, Tokyo, pp 197 – 200.
- Kim, I.S., Y.Choi, C.R. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim, 2005. *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kohak, Inc., pp. 616.
- Lee, J.W. and Y.S. Kang, 1994. Variations of fish community and fish density on artificial reefs. *J. Kor. Fish. Soc.*, 27 (5), 535 – 548.
- Lee, S.J., J.C. Ko, J.T. Yoo, Y.J. Im, B.Y. Kim and J.I. Kim, 2009. Species composition and seasonal variation of fish assemblage of the western coastal waters of Jeju island, Korea. *Kor. J. Ichthyl.*, 21 (3), 167 – 176.
- Lyu, J.G. and M.S. Jeong, 2000. A study on the economic appraisals of artificial reefs. *Ocean Policy Research*, 15, pp. 27.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arago, T. Ueno and T. Yoshino (eds.), 1984. *The Fishes of the Japanese Archipelago. Text and Plates 166pp+166plates*.
- Park, J.H. and S. Rho, 2002. Study of the fish fauna associated with drifting seaweed in northeastern coastal waters of Cheju, Korea. *Kor. J. Ichthyol.*, 14 (1), 36 – 44.
- Park, J.S., M.S. Seo and J.H. Kim, 2000. Effect of artificial fish reefs in the costal area of Jeon Bug province, *J. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 12 (1), 11 – 21.
- Pet-Soede, C., W.L.T. van Densen, J.S. Pet and M.A.M. Machiels, 2001. Impact of Indonesian coral reef fisheries on fish community sturcture and the resultant catch composition. *Fish. Res.*, 51, 35 – 51.
- Pianka, E.R., 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4, 53 – 74.
- Oh T.Y, H.K. Cha, D.S. Chang, C.H. Hwang, Y.J. Nam, S.N. Kwak and M.H. Son, 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 (2), 139 – 147.
- Okamoto, M., T. Kuroki and T. Muriai, 1979. Fundamental studies on the ecology of fishes near artificial reefs. 1. Preparatory observation of fish amount. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45 (9), 1085 – 1090.
- Samoilys, M., 1997. Underwater visual census surveys. In: *Samoilys, M.(Ed.), Manual for Assessing Fish Stocks on Pacific Coral Reefs*. Department of Primary Industries, Townsville, Australia, pp. 211 – 278.
- Samoilys, M.A., and G. Carlos, 2000. Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environ. Biol. Fish.*, 57, 289 – 304.
- Shannon, C.E., and W. Weaver, 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana., pp. 117.
- Shin, H.O., J.W. Tae and K.M. Kang, 2004. Acoustic telemetrical tracking of the response benabior of red seabream (*Chrysophrys major*) to artificial reefs. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37 (5), 433 – 439.
- Shon, T.J., J.S. Bag and D.O. Soh, 1977. Studies on the shape of fish reefs and the thronging of fish schools. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 10 (3), 179 – 187.
- Yoon, C.H., 2002. *Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List*. Academy Publ. Co. Seoul, pp. 747.

2011년 2월 8일 접수

2011년 4월 15일 1차 수정

2011년 5월 11일 수리