

일본 Shikoku, Ikata지역 인공어초 주변의 해양생물 군집

최 창 근
부경대학교 양식학과

Marine Communities around Artificial Reefs Located in Ikata, Shikoku, Japan

Chang Geun CHOI
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

This study monitored a variety of marine communities during monthly or bimonthly censuses from February 1999 to August 2000. The communities investigated included artificial reefs composed of various substrates, which were placed on an area of sandy bottom at 8, 10, and 13m depths in Muronohana, Ikata, Shikoku, Japan. Economically important shell fishes, such as the turban shell and abalone, appeared on the artificial reefs after 1 month of construction. Shell fishes were recorded at levels of five to 20 individuals per reef. A total of 37 species (4 orders, 19 families) were identified during the experimental period. *Apogon semilineatus*, *Trachurus japonicus*, *Pteragogus* sp., and *Pterogobius elapoides* accumulated over an average of 100 individuals during the study period. *Apogon semilineatus*, *Pteragogus* sp., and *P. elapoides* accumulated over 1,000 individuals on all artificial reefs in May 1999. *Trachurus japonicus* reached well over 500 individuals in the artificial iron reef during June and July 2000. Higher monthly variation in fish abundance occurred during periods of high temperature, as compared to periods of low temperature between December 1999 and March 2000. More fish were observed in the artificial iron reef than in the artificial concrete reef, because the former offered a broader inner space and the shadows of the roofs served as a shelter for fish.

Key words: Artificial reef, Inner space, Marine community, Roof shadow, Shell fish, Shelter

서 론

최근 우리나라의 연안에서는 다양한 해안공사와 개발, 갯녹음 등에 의해서 해조류가 감소하고 사라짐에 따라 각종 해양생물자원이 감소하고 있으며, 이러한 해양생물 자원이 감소하고 있는 것은 세계적인 추세이다 (Fujita, 1987; Yotsui and Maesako, 1993). 따라서 이러한 현실문제에 당면해서 1970년대부터 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 전환이 모색되었고, 이에 대한 환경보전의 입장에서 인공어초를 이용한 다양한 연구가 시도되었다 (Ohno et al., 1990; Serisawa and Ohno, 1995). 인공어초의 시설은 연안 해역에서 수산 자원의 증대를 위해서 매우 중요하고 일반적인 기술로 발전되었다 (Bohnsack and Sutherland, 1985). 이러한 인공어초의 시설은 어류 자원의 증대에 의한 어획량의 증가 그리고 생물학적 자원량 증가에 의한 자연적인 생산량 증가를 유발한다 (Choi et al., 2002; 2006; Cho et al., 2007). 따라서 인공어초의 투입 시점에서부터의 연구가 중요시되고 있으며 (Serisawa et al., 1998), 유용 어류 및 수산동물의 종묘 생산기술의 진전과 함께 이들 어종의 생육장이 되는 해중립의 조성, 종묘관리, 유용 수산동물 보호 및 관리기술의 개발에 대한 관심이 집중되고 있다 (Terawaki et al., 1995; Watanuki et al., 1987). 일본에서는 1960

년대부터 적극적인 자원배양형 어업개발을 위한 연구를 시작하였다. 1970년대 연안 어장정비 및 어업구조 개선 등 연안해역 개발과 연어, 송어의 대량 배양 기술개발 사업에 이어, 1980년대에는 200해리 시대에 대비하여 연근해 유용자원의 배양을 도모하기 위한 해양목장 기술개발 연구계획 (Marine Ranching Program, 1980-1988)을 추진한 바 있다 (Ohno et al., 1990). 최근에는 인공어초의 새로운 소재 개발 및 해양 공학기술을 해양생물 자원관리 및 생산시스템에 이용하는 문제도 연구되고 있으며, 이러한 일본의 해양목장화 계획은 일본 정부가 거국적으로 추진하고 있는 종합 해양개발 구상의 일부로서 구체적으로 시행되고 있다. 우리나라에서도 바다 목장화와 관련하여 연안 어장자원 증대사업의 추진전략을 수립하여 연구가 진행되고 있다. 그 주요 내용은 인공어초 설치와 종묘의 대량 생산 및 방류에 의한 자원조성과 양식기술 개발을 통한 적극적인 증산계획 등 연안어장 자원증대의 기본 사업을 포함하고 있다. 그러나 현재까지 이루어진 인공어초 설치의 효과에 대해서는 아직까지 많은 문제점을 내포하고 있으며, 인공어초 설치 전후의 생태적 진단은 거의 이루어지고 있지 않아서 경제적 수익성 진단도 이루어지지 않고 있다 (Choi, 2001).

이 연구의 목적은 일본을 비롯한 많은 나라에서 활발히 연구가 진행되고 있는 인공어초 주변의 해양생물 군집에 관한

*Corresponding author: changgeuni@hanmail.net

연구를 토대로 하여, 우리나라의 연안 환경에 적합한 인공어초 조성에 관한 모델을 제시하고 그 효과를 진단함으로써 연안 어장의 생산성 향상과 더 나아가 자연환경 보존의 모델을 구축하는데 있다. 따라서 이 연구에서는 인공어초에 운집하는 해양생물 우점종의 계절변화 및 어초의 동물상, 특히 유용 수산동물인 전복, 소라 및 각종 어류 개체군의 동태를 파악하여 그 효과를 분석하고 인공어초 구조와 생물군집 사이에 관련된 특성을 밝히기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

이 연구는 일본 남부인 Shikoku (四國), Ehime현 (愛媛縣) Ikata (伊方町) 연안으로 북위 33°3', 동경 132°2'인 지점에서 실시하였다. 조사지역은 해안에서 1-3 km까지는 비교적 평탄한 해저지형을 이루며, 해안선에서 300 m 부근의 수심이 약 15 m 내외이다. 해저기반은 작은 암석, 모래와 자갈로 이루어졌고, 수심이 얇은 곳은 암반으로 이루어진 곳으로 조류는 빠르지 않으며 평온한 해황을 보이는 지역이다. 각 조사 정점에서 표층과 최저층 수심의 해수를 채수하여 봉상온도계를 이용하여 수온을 측정하였으며, 염분도는 디지털 염분계인 Model 3-G (Tsurumi Seiki, Yokohama)를 이용하여 측정하였다. 실험을 위한 인공어초의 설치는 1999년 2월에 크레인 선박을 사용하여 각 조사 정점별로 인공어초를 투하하여 설치하였다. 실험에 사용한 인공어초는 강철재질의 강제어초와 콘크리트 재질의 어초를 시설하였다. 인공어초가 시설된 조사정점은 세 군데 정점으로 수심별로 각각 8 m, 10 m, 13 m로 구분하였다.

인공어초 조사는 1999년 2월부터 2000년 8월까지 매월 또는 격월로 스쿠버잠수에 의하여 실시하였다. 각 정점별 조사는 수중 카메라 (Nikonos-V)와 수중 비디오카메라를 이용하여 촬영하였으며, 인공어초에 내외에 운집하는 어류 및 어초에 부착한 소라 (*Turbo cornutus*)와 같은 해양 동물을 대상으로 조사하였다. 해양생물 조사는 수중 비디오카메라를 이용하여 각 조사 정점에 설치된 인공어초와 주변을 촬영하였다. 촬영은 강제어초에 출현한 어류를 먼저 촬영한 후, 그 외 콘크리트 재질 어초를 촬영하였다. 각 정점별로 20분 내외의 시간 동안 촬영한 뒤 촬영 시간 내에 출현한 어류 종 및 개체수를 계수하였다. 또한 수중 카메라로 어초 내외에 출현한 어류를 촬영하여 수중 비디오카메라로 촬영한 자료와 비교 검색하였다. 인공어초에 부착한 소라도 동일한 방법으로 조사하였다. 어류와 무척추동물은 가능한 종 수준까지 동정하였으며 개체수를 기록하였다.

어류의 학명은 Myoung (2002), Okamura and Amaoka (2000)에 따라 국명이 있는 경우 국명과 학명을 병용하여 사용하였고, 국명이 없는 경우에는 학명만을 사용하였다.

결 과

조사 정점인 Ikata에서 수행된 연중 수온 및 염분도 변화는

Fig. 1과 같다. 표층 수온은 조사기간 동안 10.0-28.3°C 사이였고, 최저 수온은 1999년 3월의 10.0°C, 최고 수온은 1999년 8월에 28.3°C였다. 최저층수의 수온은 12.3-26.9°C로 조사되었으며, 표층 수온보다는 최고 5.8°C가 낮았다. 염분도 변화는 표층수의 경우, 32.96 psu에서 최고 35.49 psu의 범위로 나타났고, 최저층수의 경우에는 32.99-35.50 psu 범위였다. 염분도는 전체 조사기간 동안 최저층수가 표층보다 높았고, 최고 0.48 psu 정도의 차이를 나타냈다.

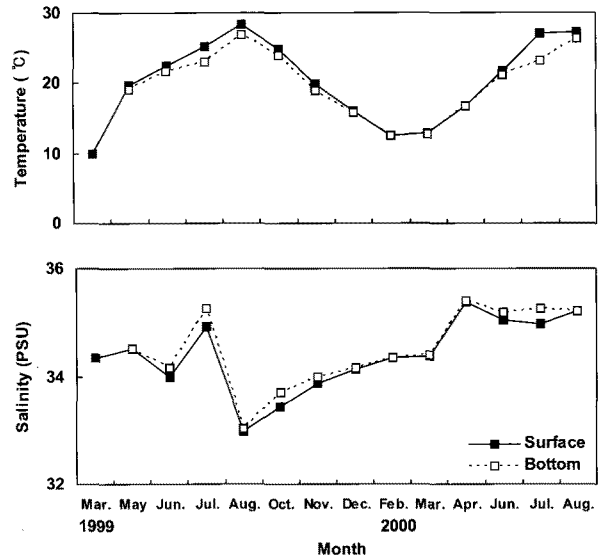


Fig. 1. Monthly changes of water temperature and salinity at the surface and bottom in the study site.

강제어초

강제어초에 운집한 소라 및 어류의 월별 변화는 Tables 1, 2와 같다. 1999년 5월 조사시 어류는 8 m 수심에 설치한 어초 내에서 9종이 출현하였고, 그 중 동갈돔과 (*Apogonidae*)인 줄도화돔 (*Apogon semilineatus*)이 한 시야 당 100마리 이상, 놀래기류 (*Pteragogus* sp.)와 일곱동갈망둑 (*Pterogobius elapoides*)은 계수가 어려울 만큼 많은 수가 출현하였다. 연무자리돔 (*Chromis fumea*)과 자리돔 (*C. notatus*)도 5-6 cm 크기의 개체들이 100마리 이상 출현하였고, 6월과 7월에도 줄도화돔이 강제어초의 주요 출현종이었다. 이외에도 볼락 (*Sebastes inermis*)과 놀래기류 등 10-11종이 출현하였다. 10 m 수심과 13 m 수심에 설치한 어초에도 출현 종 수와 주요 출현종은 유사하였다. 수온이 상승하는 여름철 시기에 들어 어초에 출현하는 어류들이 증가하였는데 7, 8월 들어 어초에 운집하는 어류는 12-15종으로 증가하였다. 8 m 수심에서는 전갱이 (*Trachurus japonicus*)가 한 시야 당 100마리 이상 출현하였고, 줄도화돔도 여전히 100마리 이상 많은 수가 출현하였다. 13-15 cm 크기의 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)은 3마리로 개체수는 상대적으로 적었다. 13 m 수심에서도 줄도화돔, 자리돔류는 강제어초 내에서 많이 관찰되었으며, 8월에는 전갱이가 한

Table 1. Number of turban shell (*Turbo cornutus*) appeared in the artificial reef at the study site

Depth	1999								2000					
	Mar.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Nov.	Dec.	Feb.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.
8 m	1-3	5-20	3-15	0	0	0	0	3-5	1-2	3-5	1-3	1-2	1-2	3-4
10 m	1-2	3-10	3-5	0	0	0	0	0	1-2	3-5	1-3	1-2	1-2	3-4
13 m	1-2	3-8	3-5	0	0	0	0	2-3	1-2	3-5	1-3	1-2	1-2	3-4

Table 2. Monthly individual number of fish species appeared in the artificial iron reef at the study site (+++, Upper 100; ++, 10-100; +, Below 10 individuals)

Species	1999						2000						
	May	Jun.	Jul.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.	
Scorpaeniformes													
Scorpaenidae													
<i>Sebastes inermis</i>	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Sebastes inermis</i> (juvenile)		++	++										
<i>Sebastiscus marmoratus</i>								+					+
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>													+
<i>Pterois lunulata</i>								+				+	
Perciformes													
Apogonidae													
<i>Apogon notatus</i>	++	++	+	++	+	++		+	+	++	++	++	++
<i>Apogon semilineatus</i>	++	+++	+++	+++	++	+++		++	++	+++	+++	+++	+++
Carangidae													
<i>Selaroides leptolepis</i>		++											
<i>Trachurus japonicus</i>				+++	++				+		+++	++	
Haemulidae													
<i>Parapristipoma trilineatum</i>				++					++	++			
Sparidae													
<i>Pagrus major</i>		++	++	+	+								
Chaetodontidae													
<i>Chaetodon auripes</i>					+								
Pomacanthidae													
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>			+	+	+	+							
Girellidae													
<i>Girella punctata</i>		+	+										
Microcanthidae													
<i>Microcanthus strigatus</i>	++	++	++	++	++					++	++	++	
Cheilodactylidae													
<i>Goniistius zebra</i>										+	+		
Oplegnathidae													
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		+	+										++
Pomacentridae													
<i>Chromis fumea</i>	+++	++	+++	++	++	++		++		++	+++	++	++
<i>Chromis notatus</i>	+++	++	++	++	++	++		++		++	++	++	++
<i>Abudefduf vaigiensis</i>					++	++							
Labridae													
<i>Labroides dimidiatus</i>					+								
<i>Pseudolabrus eoethinus</i>									+				
<i>Pteragogus flagellifer</i>		+	++			+							
<i>Pteragogus</i> sp.	+++	++	++	++	++	++		++	++	++	++	++	++
Mugiloididae													
<i>Parapercis pulchella</i>							+					+	+
Gobiidae													
<i>Pterogobius elapoides</i>	+++												
<i>Pterogobius</i> sp.									+	++	++		
Tetraodontiformes													
Monacanthidae													
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	++	++	++	++	++	++		+	+	++	++	++	++
<i>Thamnaconus modestus</i>		++	++	++							+		
Ostraciidae													
<i>Ostracion immaculatus</i>										+			

시야 당 100마리 이상 출현했다. 10월은 여름에 비해 수온이 서서히 떨어졌고 어초에 운집하는 어류들도 감소하였다. 줄도화돔이 100여 마리 출현하는 것을 제외하고는 대부분의 출현종들이 20-30마리로 감소하였고, 12월에도 줄도화돔과 연무자리돔을 제외하고는 10-20마리 정도만 운집했다. 10 m 수심에서의 주요 출현종은 줄도화돔, 연무자리돔, 자리돔으로 시야당 100마리 이상 출현했다. 이 종은 강제어초 설치 초기부터 100여 마리 이상의 개체수를 보였던 종으로 어초에 대해 적응력이 빠른 종으로 판단된다. 쥐치와 황놀래기 (*Pseudolabrus japonicus*), 놀래기 등 놀래기류도 어초에서 매월 출현했지만, 개체수는 적었다. 13 m 수심은 범돔 (*Microcanthus strigatus*)이 40-50마리로 가장 많이 출현했고, 놀래기류와 쥐치는 20-25마리가 출현했으며, 그 이외에는 10마리 이하로 출현했다. 하지만, 연무자리돔은 한 시야 당 100마리 이상 무리를 지어 출현하여 우점하였고, 줄도화돔은 40여 마리, 쏘뱅이 (*Sebastes marmoratus*) 1마리, 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*) 5마리가 출현했다. 수온이 가장 낮은 시기인 2000년 2, 3, 4월에는 어초에 운집하는 어류의 종 수가 더욱 감소하여 볼락, 놀래기류, 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*) 등 3-5종이었으며, 출현 개체수도 각 종별로 60마리 이하였다. 10 m 수심에서는 어초 내에 볼락, 연무자리돔, 자리돔, 놀래기류, 쥐치 등 5종만이 출현했고, 어초 주변에서는 놀래기류만 출현했으며 개체수도 60마리 미만이었다. 13 m 수심도 5종의 출현종 중 놀래기가 30-35마리, 볼락 8-13마리를 제외한 각 어종은 4마리 이하였다. 수온이 상승하는 시기인 6, 7, 8월에는 다시 어초 내·외로 운집하는 어류들이 9-10종으로 증가하였는데, 8 m 수심에서, 줄도화돔은 시야 당 100마리 이상, 전갱이는 7월 조사시 강제어초 내에서 500-600마리, 강제어초 주변에서는 200-300마리가 운집했다. 10 m 수심에서 7월은 전갱이가 가장 많이 출현하여, 강제어초에서 한 시야에서 100마리 이상, 어초 주변에서는 800-1,000마리가 출현하여 우점하였으며 줄도화돔과 자리돔류도 시야당 100마리 이상 출현했다. 13 m 수심에서도 7월에 전갱이가 300-400마리 출현했고, 어초 주변에서는 700-800마리로 우점하여 여름철에 어초 주변에서 출현하는 주요 종으로 조사되었다. 전체 조사기간 동안 출현했던 어류들은 수온이 떨어지는 겨울철에는 출현 종 수와 출현 개체수가 급격하게 감소하였다. 하지만, 수온이 상승하는 봄철부터 개체수와 출현 종 수가 꾸준히 증가하였고, 여름철에 가장 높은 출현 개체수를 나타냈다. 각 수심별로 설치한 강제어초에는 볼락, 검정얼개비늘, 줄도화돔, 연무자리돔, 자리돔, 놀래기류, 쥐치가 연중 출현하는 보편종으로 조사되었다. 반면에, 전갱이, 범돔, 돌돔, 말쥐치는 수온이 높은 여름철에 주로 출현하여 뚜렷한 계절성을 보여주었다.

콘크리트어초

콘크리트어초에 운집한 소라 및 어류의 월별 변화는 Tables 1, 3과 같다. 어초 설치 1개월 후 돌말류 (diatom)가 어초위에 착생한 1999년 3월에는 콘크리트 어초 위에 해삼 (*Stichopus*

japonicus), 소라 등이 출현했다. 소라 (*Turbo cornutus*)는 어초 당 한 마리에서 세 마리까지 출현했고, 5월에 출현한 소라는 8 m 수심에서 5-20마리 정도였다 (Table 1). 수심별 소라의 출현 개체수는 어초 설치 초기에는 8 m 부근의 어초에서 상대적으로 더 많은 개체수가 관찰되었다. 1999년 7월부터 11월까지의 전체 조사 수심에서 한 개체도 출현하지 않았고, 12월부터 다시 각 수심별 어초에 출현하였지만 수심별로 출현한 개체수의 차이는 나타나지 않았다. 어류 중 뱀에돔 (*Girella punctata*)은 어초의 내부 공간을 선호하여 자리의 이동이 없이 안정적으로 생활하였다. 1999년 8월 13 m 수심의 어초 주변에는 줄도화돔과 뱀에돔이 가장 우점하였고, 뱀에돔은 어초의 내부 공간에 많이 모여 있었다. 10월 들어 콘크리트 어초에는 뱀에돔이 50-60마리로 가장 많이 출현했다. 겨울철인 2000년 2월에는 어초 주변에 연무자리돔, 줄도화돔, 검정얼개비늘, 놀래기류 등이 가장 빈번하게 출현하여 우점하였고, 그 외의 어류들은 소수만이 출현하였다. 봄철인 4월에는 어초에 출현하는 어류들이 조금씩 증가하여, 줄도화돔이 한 시야 당 100마리 정도 출현했고, 다른 개체들도 조금씩 증가했다. 수심 10 m 주변에서도 자리돔류가 한 시야당 100마리 이상 무리를 지어 출현했고, 볼락도 60-70마리 정도 출현했다. 여름철 기간인 6, 7, 8월 경에는 출현 종 수와 개체수가 더욱 증가하였다. 망둑어과 어류 (*Pterogobius* sp.)는 여름철에만 수심 8 m 부근의 어초 주변에서 출현했다. 10 m 수심에서는 전갱이, 줄도화돔과 연무자리돔, 자리돔은 출현 개체수에는 별 차이가 없이 200마리 이상, 놀래기류도 100-150마리 정도 출현했다. 어초 주변은 줄도화돔이 200마리 이상, 뱀에돔과 놀래기류, 쥐치는 30-60마리가 출현했다. 13 m 수심에서도 줄도화돔이 200여 마리 이상, 그 외의 출현종은 60마리 이하였다. 그러나 어초 주변에서는 자리돔류가 시야 당 100마리 이상으로 가장 많았고, 놀래기류와 뱀에돔은 50마리 안팎이었다. 콘크리트 어초에서는 뱀에돔, 자리돔, 연무자리돔, 놀래기류가 전체 조사기간 동안 안정적으로 출현하여 우점한 대표적인 어류였다. 특히, 콘크리트 어초의 구조는 앞, 뒤가 막힌 폐쇄된 내부공간을 갖고 있는데, 뱀에돔의 경우 이 폐쇄공간에서 어초 설치 초기부터 조사기간 내내 안정적으로 서식하고 있는 것이 확인되었다.

고찰

조사지역인 Ikata 연안은 좁게 뻗은 반도 부분에 위치하고 있으며, 쿠로시오 난류의 영향을 받는 해역이다. 일반적으로 쿠로시오의 영향을 받는 해역은 수온이 겨울철에도 15°C 이하로 내려가지 않는 특징이 있는데 (Tominaga et al., 1999), 조사기간 중 2, 3월의 수온을 제외하고 모두 15°C 이상을 나타냈다. 인공어초는 생물의 증식효과 (Kim et al., 1999)와 구조물에 의한 저층의 흐름을 차단 혹은 용승시킴으로써 저층의 풍부한 영양염류가 표층에 공급되어 기초 생물의 생산력이 증대되기도 한다 (Grove and Sonu, 1985). Ikata 해역에 설치한

Table 3. Monthly individual number of fish species appeared in the concrete reefs at the study site (+++, Upper 100; ++, 10-100; +, Below 10 individuals)

Species	1999			2000					
	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Mar.	Apr.	Jun.	Jul.	Aug.
Scorpaeniformes									
Scorpaenidae									
<i>Sebastes inermis</i>				++		++	++	++	++
<i>Sebastes marmoratus</i>							+		
Perciformes									
Apogonidae									
<i>Apogon doederleini</i>		++		++					+
<i>Apogon notatus</i>	+			+	+		+	+	+
<i>Apogon semilineatus</i>	++			++	++		++	++	++
Haemulidae									
<i>Parapristipoma trilineatum</i>									
Girellidae							++		
<i>Girella punctata</i>	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Microcanthidae									
<i>Microcanthus strigatus</i>								++	++
Oplegnathidae									
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+								+
Cheilodactylidae									
<i>Goniistius quadricornis</i>							+		
<i>Goniistius zebra</i>									+
Pomacentridae									
<i>Chromis fumea</i>	++	++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Chromis notatus</i>	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Labridae									
<i>Semicossyphus reticulatus</i>								+	
<i>Pteragogus flagellifer</i>	+								
<i>Pteragogus sp.</i>	++	++	++	++	+	++	++		++
<i>Labroides dimidiatus</i>			+						
Gobiidae									
<i>Pterogobius sp.</i>						+	++		
Zanclidae									
<i>Zanclus cornutus</i>									+
Tetraodontiformes									
Monacanthidae									
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	++	++	+			+	++	++
<i>Thamnaconus modestus</i>	+						+		
Ostraciidae									
<i>Ostracion immaculatus</i>				+	+				

인공어초도 많은 수산동물들에게 서식장을 제공하여, 수산동물의 증식효과가 있음이 확인되었다. Arai and Arai (1984)는 해조 천이과정 중, 소형 고등류인 흰갈고둥 (*Nerita albicilla*)에 의한 섭식의 영향을 조사한 실험에서, 고등류가 실험구내에 존재시 대조구에 비해 돌말류와 창자파래의 착생률과 착생수, 파괴 등이 모두 낮게 나옴을 보고하였다. 5월 조사시 어초에 소라와 군소가 많이 발견된 것은 부착 규조류와 해조류를 섭식하기 위한 것으로 판단된다. 어초별 출현 개체수는 콘크리트 재질로 만들어진 인공어초보다 넓은 내부 공간을 제공하고, 강제어초의 지붕 (roof)에 의해 발생하는 그늘 효과 (shadow effect)에 의해 (Choi et al., 2000) 강제어초에서 더욱 많은 어류들이 출현하는 경향을 나타냈다. 볼락은 개체가 30-60 mm로 되면, 해조장이나 암반 근처에서 정착생활하는데 (Okamura and Amaoka, 2000), 이 조사에서도 인공어초 내에서 전체 조사기간 동안 출현하여, 어초에 대한 적응력이 빠르고 안정적으로 정착생활을 하며 강제어초 내부의 그

늘진 곳을 선호하는 것으로 나타났다. 이 외에도 줄도화돔, 뽕에돔, 자리돔류, 놀래기류, 쥐치가 어초에 지속적으로 출현하여 이들 종들이 어초에 대한 적응력이 높고 안정적으로 정착생활을 하고 있다고 판단된다. 뽕에돔은 우리나라 남해안, 일본중부 이남, 동중국해 연안에 분포하며, 주로 암초 또는 자갈사이의 해조류가 무성한 곳이나 좁은 블록사이에 서식하는데 (Okamura and Amaoka, 2000), 전체 조사기간 동안 콘크리트어초의 좁은 내부 공간에서 많은 개체수가 서식하였다. Nakayama and Arai (1999)는 갑태에 대한 초식성 어류의 섭식에 관한 논문에서, 섭식 방법은 어종에 따라 다르며, 섭식 부위와 섭식 행동도 차이가 난다고 하였다. 쥐치류는 암초나 부착물에 붙어있는 생물을 뜯어먹기에 편리한, 강한 앞니를 가지고 있는데 (Okamura and Amaoka, 2000), 2000년 8월 조사시 어초에 부착한 소형 동식물을 섭식하는 모습이 자주 관찰되어, 인공어초에서 직접 먹이를 구하는 종으로 판단되었다. Prince et al. (1985)은 여름과 초가을 동안의 고수온기에 어초

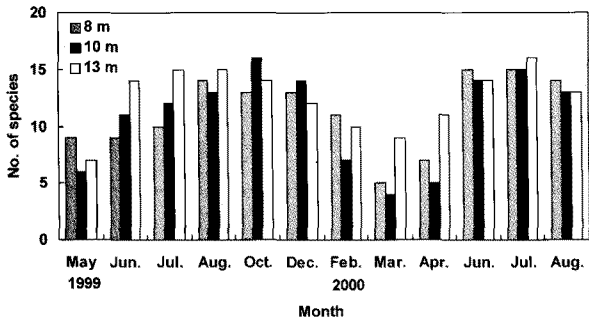


Fig. 2. Monthly changes of the number of fish species appeared around the artificial reefs at the study site.

에 모이는 어종 수와 개체수가 증가하지만, 늦은 가을부터 빠르게 감소하는 것으로 어류의 출현과 수온 사이에는 출현 종과 연령계급에서 중요한 연관관계를 갖고 있다고 하였다. Fig. 2에 나타난 계절별 출현 종 수를 보면, 봄철부터 가을철 동안 어초에 출현하는 어류 종 수는 증가하였지만, 겨울철인 2000년 2월부터 차츰 감소하며, 3월에 가장 적은 출현 종 수를 나타냈다. 이것은 해수의 수온이 낮아져서 일부 어종들이 좀 더 따뜻한 곳으로 이동하였기 때문으로 판단된다. 10 m 수심에서는 3월의 출현 종 수가 총 4종으로, 가장 높았던 1999년 10월의 16종에 비해 4분의 1 수준으로 줄어들었다. 수온이 상승하는 기간인 2000년 6월 들어 14종으로 빠르게 증가하여 이번 조사에서도 어류의 출현이 수온과 중요하게 연관된다고 하는 계절성을 확인할 수 있었다. Lök과 TokaÇ (2000)은 Turkey Izmir만의 유기물과 중금속으로 오염이 된 장소에서 2년간 실험한 결과, 어초 설치전과 설치 후에 어류의 평균 종 수와 개체 수 사이에 약 두 배 정도 차이가 나고, 어초 설치 후에 개체수가 훨씬 증가함을 보고하였다. 9 m와 18 m 수심별로 비교하여 볼 때, 해조류, 어류 종 수 및 개체수, 무척추동물의 출현 종 수 등이 모두 9 m 수심에서 많았다. 이번 Ikata 연안의 실험결과 수심별 평균 출현 개체수를 보면, 전체 조사 지점에서 유의한 차이점을 볼 수는 없다. 즉, 계절적으로 출현하는 개체수에는 차이가 있지만, 지점별로 분석했을 때 동일한 경향성을 보였다. 이는 이번 조사해역의 정점별 수심 차이는 2-5 m 정도였고, 이러한 수심 차이는 어종의 수직분포를 좌우할 정도로 크지 않았기 때문으로 판단된다.

국내에서 시행된 한국연안 인공어초의 자원조성효과에 관한 연구 결과 (Kim et al., 1999) 인공어초 어장이 어획량에 있어서 자연암반 어장보다 1.3-2.3배의 어획효과가 있음을 보고하였다. 또한, 어획 어종은 자연암반 어장과 큰 차이가 없었다. 그러므로 새로 조성된 인공어초 어장은 어획의 장으로써 어업생산에 직결되는 기능 이외에 미성어의 보호 육성 등 자원 배양기능과 이들을 유도하는 유도기능을 갖고 있다고 하여, 인공어초가 수산생물의 자원 증식 부분에 효과가 있음을 보여주고 있다. 하지만, 1970년대 초반부터 시작된 우리나라의 인공어초 사업은 콘크리트 어초에 국한되어 왔기 때문에 그 형태나 규모에 있어 제약이 많아 인공어초의 효과개선에

어려움이 있었음이 지적되었다(Cho et al., 2007). 따라서 앞으로 각 대상생물, 대상해역에 맞는 새로운 어초를 개발하여 인공어초 사업의 효율성을 극대화하기 위해서는 다양한 재질, 형태에 대한 연구, 개발이 필요하다고 판단된다.

사 사

인공어초 조사시 비디오촬영 및 어류 동정을 함께 해주신 일본 고지대학교의 Mr. Imoto Zenji와 어류상 분류에 많은 도움을 주신 한국해양연구원의 명정구 박사님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

Arai, S. and A. Arai. 1984. Effects of grazing on algal succession. I. Jap. J. Phycol., 32, 43-51.

Bohnsack, J.A. and D.L. Sutherland. 1985. Artificial reef research: A review with recommendations for future priorities. Bull. Mar. Sci., 37, 11-39.

Cho, S.H., C.G. Choi and J.H. Choa. 2007. Restoration of the seaweed forest and algal succession on a porous type (shaped half saw teeth) artificial reef. J. Kor. Fish. Soc., 40, 220-225.

Choi, C.G., M. Ohno and C.H. Sohn. 2006. Algal succession on different substrata covering the artificial iron reef at Ikata in Shikoku, Japan. Algae, 21, 305-310.

Choi, C.G. 2001. Marine communities around the experimental artificial reefs. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, 1-190.

Choi, C.G., H. Takayama, S. Segawa, M. Ohno and C.H. Sohn. 2000. Early stage of algal succession on artificial reefs at Murohohana, Ikata, Japan. J. Fish. Sci. Technol., 3, 1-7.

Choi, C.G., Y. Takeuchi, T. Terawaki, Y. Serisawa, M. Ohno and C.H. Sohn. 2002. Ecology of seaweed beds on two types of artificial reef. J. Appl. Phycol., 14, 343-349.

Fujita, D. 1987. The report of interview to fisherman on "Isoyake" in Taisei-cho, Hokkaido. Suisanzoshoku, 35, 135-138.

Grove, R.S. and C.J. Sonu. 1985. Fishing reef planning in Japan. In: Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications. D'Itri, F.M., ed. Lewis Publication. Inc., Michigan, USA, 187-251.

Kim, H.S., H.S. Lim, Y.J. Jo, J.I. Choi and O.I. Choi. 1999. Benthic macrofauna on the artificial reefs and their surrounding bottom in the southwest coast of Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., Korea, 56, 13-26.

- Lök, A. and A. Tokaç. 2000. Turkey: A new region for artificial habitats. In: Artificial Reefs in European Seas. Jensen, A.C., K.J. Collins and A.P.M. Lockwood, eds. Kluwer Academic Publication, Netherlands, 21-30.
- Myoung, J.G. 2002. The Sea Fishes of Korea. Darakwon, Seoul, Korea, 1-287.
- Nakayama, S. and S. Arai. 1999. Grazing of the brown alga *Ecklonia cava* by three herbivorous fishes on the coast of Nakagi, South Izu, central Japan. Jap. J. Phycol., 47, 105-112.
- Ohno, M., S. Arai and M. Watanabe. 1990. Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. J. Appl. Phycol., 2, 327-332.
- Okamura, O. and K. Amaoka. 2000. Sea Fishes of Japan. Yama-kei Publishers, Tokyo, Japan, 1-783.
- Prince, E.D., O.E. Maughan and P. Brouha. 1985. Summary and update of the Smith Mountain Lake artificial reef project. In: Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications. D'Itri, F.M., ed. Lewis Publication Inc., Michigan, USA, 401-430.
- Serisawa, Y. and M. Ohno. 1995. Succession of seaweed communities on artificial reefs in the inlet of Tosa bay, Japan. Suisanzoshoku, 43, 437-443.
- Serisawa, Y., S. Taino, M. Ohno and Y. Aruga. 1998. Succession of seaweed on experimental plates immersed during different seasons in Tosa Bay, Japan. Bot. Mar., 41, 321-328.
- Terawaki, T., S. Arai and Y. Kawasaki. 1995. Methods of submarine forest formation considering local limiting factors of distribution. Fish. Eng., 32, 145-154.
- Tominaga, H., Y. Serisawa and M. Ohno. 1999. Morphology, density and biomass of *Ecklonia cava* Kjellman growing in different depths off the Tei coast in Tosa Bay, Japan. Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ., 19, 63-70.
- Watanuki, A., H. Yamamoto and S. Arai. 1987. Effects of surface roughness on settlement of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Phaeophyta, Laminaliales) in the early stage of growth. Suisanzoshoku, 35, 69-75.
- Yotsui, T. and N. Maesako. 1993. Restoration experiments of *Eisenia bicyclis* beds on barren grounds at Tsushima islands. Suisanzoshoku, 41, 67-70.

2008년 1월 31일 접수
2008년 6월 10일 수리