

## 인공어초어장의 어류 군집상과 어획량 변동

이정우 · 강영실

국립수산진흥원

### Variations of Fish Community and Fish Density on Artificial Reefs

Jeong-Woo LEE and Young-Shil KANG

National Fisheries Research and Development Agency,  
Yangsan 626-900, Korea

Community structures and fish density were investigated on three different types of artificial reefs, dice, turtle artificial reef and tubes, constructed in the Korean waters. Variations of fish fauna according to type of artificial reef and the proper artificial reef in each area for optimizing harvest were discussed.

Fish were captured by trammel gill net during May, June, September and November, 1988 and both identified and counted. Forty-five fish species were found in the artificial reefs. Of these, *Sebastes* spp., *Hexagrammos otakii*, *Pleuronectidae*, *Navodon modestus* and *Stephanolepis cirrhifer* showed high occurrence-frequency. The dominant species groups were coastal settlement, demersal or rock fishes such as *Pleuronectidae*, *Rajiformes*, *Stephanolepis cirrhifer*, *Navodon modestus*, *Hexagrammos otakii* and *Sebastes* spp. in all of the Artificial reefs except the oceanic area of southern waters. *Scomber japonicus* was predominant in the oceanic area of southern waters.

Composition of demersal, rock and pelagic fishes were different depending on the types of artificial reef. Dice artificial reefs were occupied by rock fish, on the other hand turtle artificial reefs were dominated by demersal fish.

Fish density was high at the dice artificial reef in all survey areas except the middle area of Eastern waters, with high fish density evident in the Tube artificial reef.

Fish community structures were remarkably different between Dice and Turtle artificial reefs. The Tube artificial reef showed intermediate characteristics between the above two types of artificial reefs. The coastal areas of Southern waters and the middle and southern areas of Western waters revealed similar fish fauna. Results from the oceanic areas of Southern waters were well associated with the middle and southern areas of Eastern waters.

## 서 론

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 수산물을 보호, 육성하는 것을 목적으로 시설한 어장시설물이며, 인공어초어장은 대상 수산물의 자원증대, 보호육성 및 조업의 효율화를 도모하기 위하여 인공어초를 계획적으로 배치하여 조성한 수산자원 조성장을 말한다.

인공어초어장의 자원 증식효과에 대한 다년간의 논의에 의하면 단순히 수산생물을 모이게 하는 역할을 할 뿐이라는 것(Kawasaki, 1984; Kakimoto and Okubo, 1985; Polovina, 1989)과 기초생물의 증식효과를 가져오므로해서 수산자원 생물의 증식을 가져온다는 의견이 있다(Okamoto *et al.*, 1979; Hueckel, 1980; Buckley and Hueckel, 1985; 中村, 1991). 그러나 최근들어 인공어초 주변해역에 대한 광범위한 생물학적 연구에 의해 인공어초가 기초생물증식에 중요한 기능을 하고 있음이 밝혀졌다. 즉, 흐름이 있는 3차원의 빈 공간에 구조물을 시설함에 따라 저층의 흐름을 차단 혹은 용승시킴으로써 저층의 풍부한 영양염류가 표층에 공급되어 기초생물의 생산력이 증대된다(中村, 1979). 또한 인공어초가 부착생물의 서식장으로 제공됨에 따라 다량의 부착생물이 인공어초에서 서식하게 되며, 많은 어패류들이 이를 먹이로 하여 생물의 증식효과를 가져오게 된다(Okamoto *et al.*, 1979; Hueckel, 1980; Buckley and Hueckel, 1985).

이와같이 먹이생물을 먹거나 공간구조를 이용하기 위하여 어류들은 어초 주변으로 모여들게 된다. 모여드는 어류들 또한 먹이습성이나 구조물에 대한 행동반응들이 각기 달라 어초모형이나 해역에 따라 모여드는 주요 어종이 다른 것으로 나타나왔다(Matthews, 1985; Nakamura, 1985; Grove and Suna, 1985). 따라서 시설하고자 하는 해역의 환경특성이나 또는 대상어종의 행동습성을 고려하여 인공어초 모형을 선정하였을 때 보다 높은 수산생물 증식효과를 얻을 수 있을 것이다.

현재까지 한국근해에 시설된 주요 인공어초는 사각형, 반구형, 원통형 인공어초로써 이중 사각형 인공어초가 시설된 전체 인공어초 중 약 70~80%를 차지하고 있다(인공어초 기술지, 1994). 이들 인공어초어장의 수산생물 증식효과를 파악하기 위하여 비시설지 또는 자연초와 어획효과를 비교 분석하는 연구가 장기간 수행 되었으며, 그 결과 인공어초 어장이 비시설 어장에 비하여 약 2~3 배의 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(박 등, 1989; 1992).

그러나, 인공어초어장 주변해역의 어류군집상이나 군집구조, 인공어초 모형이나 해역에 따른 어획량 변동에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 해역 또는 대상어종에 따른 적정 어초모형을 선정하기 위해서는 인공어초 어장의 어류 군집상이나 어획량 변동 등에 관한 기초연구가 절실히 필요한 실정이다.

본 연구는 해역별, 모형별 인공어초 어장의 어류군집상과 어획량을 조사분석하여 인공어초 모형에 대한 어종의 친화성과 해역별 최대효과를 가져올 수 있는 적정어초 모형에 관하여 고찰하였다.

## 재료 및 방법

한국연안을 동해중부와 남부, 남해연안과 외양 그리고 서해 중부와 남부로 크게 6개 해역으로 나누어 각 해역을 대표할 수 있는 지점을 선정하였다. 선정된 서해중부 연안역은 정점1로 충남 보령군 녹도리 연안역에 시설된 어초어장, 서해남부 연안역은 정점2로써 전남 신안군 다촌리 연안역에 시설된 어초어장, 남해 연안역은 정점3으로 전남 고흥군 신촌리 연안역에 시설된 어초어장, 남해 외양역은 정점4로 제주도 성산읍 평대리 해역에 시설된 어초어장, 동해중부 연안역은 정점5로써 강원도 양양군 공현진리 연안역에 시설된 어초어장 그리고 동해남부 연안역은 정점6으로 경북 영일군 오도동 연안역에 시설된 어초어장을 정하고 그 해역에 이미 시설된 인공어초 모형별로 어장을 정하였다(Fig. 1).

인공어초 종류는 사각형, 원통형, 반구형이며 규격과 모형은 Fig. 2와 같다.

동해에는 사각형과 원통형 인공어초, 남해에는 사각형, 원통형, 반구형 인공어초 그리고 서해는 사각형 어초어장이 조성되어 있어 이들 어초모형을 대표할 수 있는 어초어장을 각각 선정하였다. 각 어초어장은 1980~1983년에 시설되었으며 시설단위는 어초 100개를 기본단위로 하였다.

인공어초어장의 어획조사에는 1988년 5, 7, 9, 11월에 각 1회씩 내망 74.2 mm, 외망 360.0 mm인 삼중자망 5폭(1폭; 30×3 m)으로 어획조사하였다. 삼중자망은 일몰직전에 투망하여 다음날 일출직전에 양망하였으며 유치시간은 약 12~15시간이었다. 어획된 어류는 어종별로 분류하여 계수하였다.

어류군집의 구조를 분석하기 위하여 Shannon-Winner의 다양도지수와 Euclidean 상대거리지수

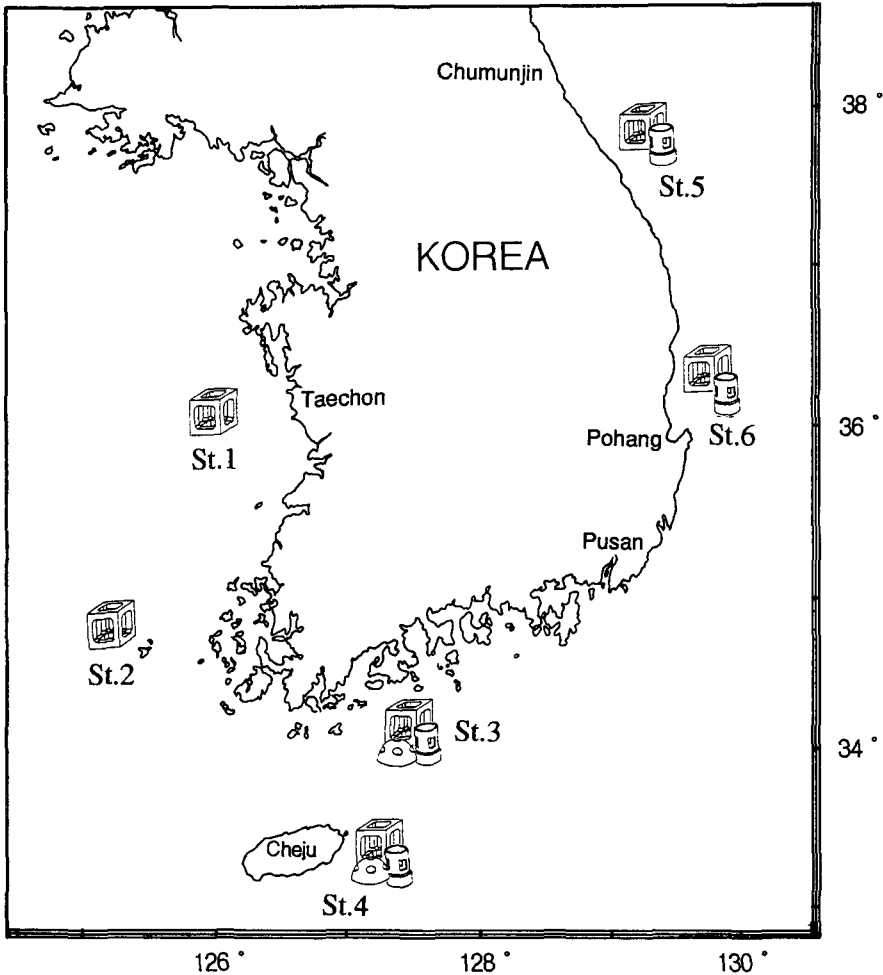


Fig. 1. Map showing the location of artificial reef used in this study. Locations of artificial reefs: St. 1, The coast of Chungchongnam-do Poryong-gun Nokdo-ri; St. 2, The coast of Chollanam-do Shinan-gun Dachon-ri; St. 3, The coast of Chollanam-do Kohung-gun Shinchon-ri; St. 4, The coast of Cheju-do Songsan-up Pyengdae-ri; St. 5, The coast of Kangwon-do Yangyang-gun Konghyenjin-ri; St. 6, The coast of Kyongsangbuk-do Yongil-gun Ohdo-dong.

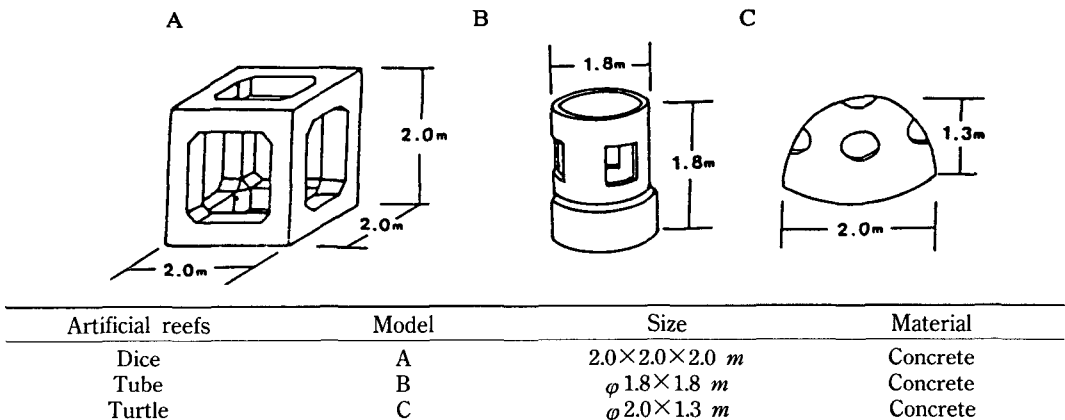


Fig. 2. Structure of each of artificial reef, Dice, Tube, Turtle, used in this study.

를 사용하였다. Euclidean 상대거리지수로써 인공 어초어장간의 유사도를 구한 후 비가중 평균결합법으로 집괴분석하였다.

## 결 과

### 1. 인공어초어장의 출현어종 조성

사각형 인공어초어장에서 출현하는 총 어종수는 38종이었으며, 어초어장별로 출현어종에 차이가 있었다(Fig. 3).

쥐노래미는 남해외양을 대표할 수 있는 제주도 성산읍 연안 어초어장만 출현하지 않았고 동, 서, 남해연안의 각 어초어장에서는 모두 출현하였으며, 쭉기미는 동해연안의 어초어장을 제외한 남, 서해의 모든 어초어장에서 출현하였다. 또한, 가자미류는 남해외양과 동해남부 연안을 제외한 동해중부, 남해, 서해연안의 어초어장에서 그리고 쥐치는 서해연안을 제외한 모든 어초어장에서 출현하였다. 이들 종은 전국연안에 시설된 사각형 콘크리트 인공어초어장에서 출현하는 보편적인 종인 것으로 나타났다. 이에 반해, 가오리류, 고등어, 볼락류는

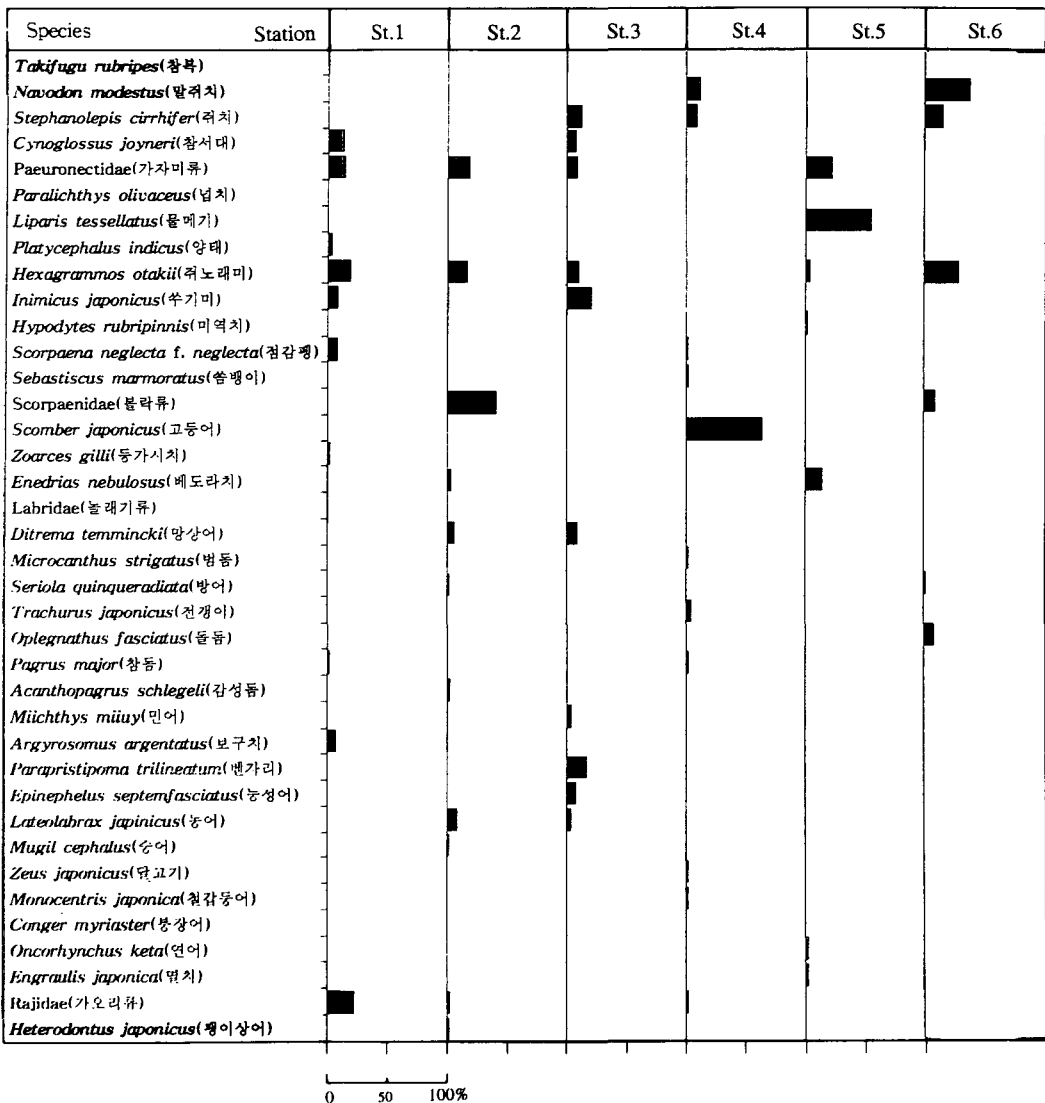


Fig. 3. Percentage composition of fish, calculations based on an annual mean density in Dice artificial reefs.

특정연안의 어초어장에서 다량 출현하였다.

해역별 출현 어종을 보면, 정점1인 서해중부연안 어초어장의 경우, 전 조사월을 통하여 총 11종이 출현하였으며, 이중 가오리류가 조사월 평균 조성을 22.6%로 최우점종인 것으로 나타났다. 이외에 쥐노래미, 가자미류, 참서대가 10% 이상의 조성을 보여 주요 우점종으로 나타났다. 보구치, 등가시치, 양태, 참복은 서해중부연안 어초어장에서만 출현하는 특이종이었다. 정점2인 서해남부연안 어초어장의 경우, 전 조사월을 통하여 총 12종이 출현하였으며, 이 중 불락류가 전 조사월에 출현하였으며 평균 조성률은 40.9%를 나타내어 최우점종이었다. 이외에 가자미류가 18.2%의 조성을 그리고 쥐노래미가 16.4%의 조성을 보여 우점종이었다. 승어와 감성돔은 서해남부연안 어초어장에서만 출현하고, 타 연안 어초어장에서는 출현하지 않았다. 정점3인 남해연안해역의 경우, 총 10종이 출현하였으며, 이중 쥐노래미만이 전 조사월을 통하여 출현하였다. 각 출현어종의 조성을 보면 썩기미가 20.3%의 평균 조성률로 최우점종이었으며 이외에 벤자리, 쥐노래미, 쥐치가 우점종이었다. 벤자리와 민어는 타해역에서는 출현하지 않고 남해연안에서만 출현하였다. 정점4인 남해외양해역의 경우, 전 조사월을 통하여 17종이 출현하였으며 이 중 고등어가 64.2%의 조성률로 최우점종이었다. 다음으로 말쥐치가 11.8%의 조성을 나타내어 우점종이었다. 장어류, 철갑등어, 달고기, 전갱이, 범돔, 놀래기류, 고등어, 솜뱅이, 넙치는 남해외양에서만 출현하고, 타 연안어초어장에서는 출현하지 않았다.

정점5인 동해중부연안 어초어장의 경우, 전 조사월을 통하여 총 9종이 출현하였으며, 이중 물메기가 54.6%의 조성률로 최우점종이었으며, 이외에 배도라치, 가자미류가 우점적으로 나타났다. 멸치, 연어, 미역치, 물메기는 동해중부연안 어초어장에서만 출현하였다.

정점6인 동해남부연안 어초어장의 경우, 전 조사월을 통하여 총 6종이 출현하였다. 말쥐치가 조성을 37.2%로 최우점종이었으며 이외에 쥐노래미 28.3% 그리고 쥐치 15.0% 조성률로 우점종이었다. 들돔은 다른 연안어초어장에서는 출현하지 않았으며 동해남부연안 어초어장에서만 출현하였다.

#### 원통형 인공어초어장

원통형 인공어초는 남해연안과 외양 그리고 동해중부와 남부연안에 시설되었다. 이 어초어장에서 어획된 총 어종수는 31종이었다(Fig. 4). 남해연안

의 경우, 전 조사월을 통하여 총 13종이 출현하였으며 이중 가오리류가 28.8%의 조성을 차지하여 최우점종이었으며 이외에 민어, 썩기미, 양태, 쥐치 등이 우점적이었다. 남해연안에서만 출현하는 종으로는 농어, 벤자리, 민어, 병어, 양태, 물메기, 참서대가 있다.

남해외양의 경우, 전 조사월을 통하여 총 14종이 출현하였으며 철갑등어, 달고기, 참돔, 병에돔, 전갱이, 고등어, 솜뱅이, 점감돔, 거복복이 타조사해역의 원통형 어초어장에서는 출현하지 않고 남해외양역에서만 출현하였다. 최우점종은 고등어로 63.7%의 높은 조성률을 보였다. 그러나 이중은 조사월 중 11월에만 다량 출현하였다. 그외의 조사월에는 말쥐치가 다량 출현하였다.

동해중부연안 어초어장의 경우, 총 12종이 출현하였다. 출현종 중 쥐치가 32.3%의 조성률로 최우점종이었으며 이외에 배도라치, 쥐노래미, 가자미류의 조성률이 높게 나타났다. 전어, 멸치, 눈불대, 방어, 미역치, 도치는 동해중부연안 어초어장에서만 출현하였다.

동해남부연안 어초어장에서는 총 5종이 출현하였으며 11월에는 한 종도 출현하지 않았다. 출현종 중 쥐치가 가장 높은 조성률을 보여 최우점종이었으며, 다음으로 쥐노래미가 우점적이었다.

#### 반구형 인공어초어장

반구형 인공어초는 남해연안과 외양에만 시설되었다. 이 어초어장에서 어획된 총 어종수는 18종이었다(Fig. 5). 남해연안의 경우 전 조사월을 통하여 총 9종이 출현하였다. 이중 가자미류가 34.9%의 가장 높은 조성률을 보였으며 또한 전 조사월에 출현하여 최우점종인 것으로 나타났다. 이외에 쥐치, 참서대가 우점종이었다. 남해외양의 경우, 전 조사월을 통하여 총 11종이 출현하였다. 이중 고등어가 최우점종이었으며 이외에 전갱이, 쥐치, 말쥐치가 우점적이었다. 남해외양과 연안에서 함께 출현하는 종은 망상어와 쥐치 2종이었다.

#### 2. 인공어초모형에 대한 어종 친화성

어종에 따라 인공어초모형에 대해 서로 다른 선호성을 가지고 있는지를 밝히기 위하여 동일 해역에 시설된 2~3개 모형의 인공어초어장에서 어종들의 우점도를 비교 분석 하였다(Fig. 6).

남해연안의 경우, 사각형 인공어초어장에서는 총 10종이 출현하였다. 출현종 중 사각형 인공어초어장에서만 출현하는 종은 없었으며, 벤자리, 썩기미,

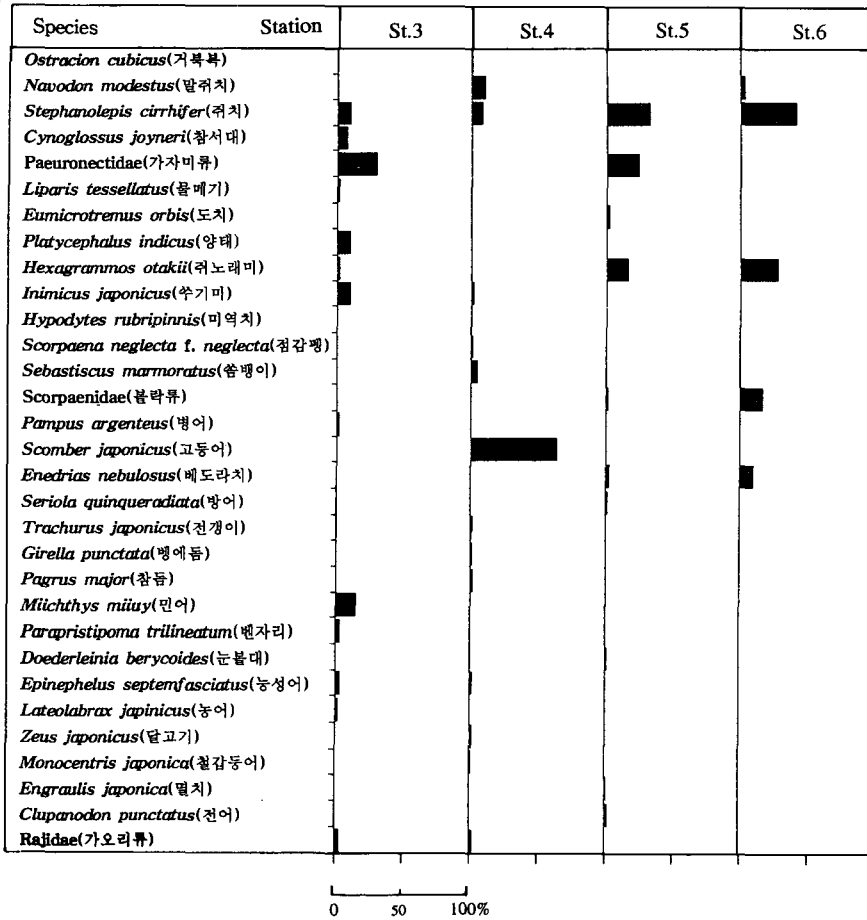


Fig. 4. Percentage composition of fish, calculations based on an annual mean density in Tube artificial reefs.

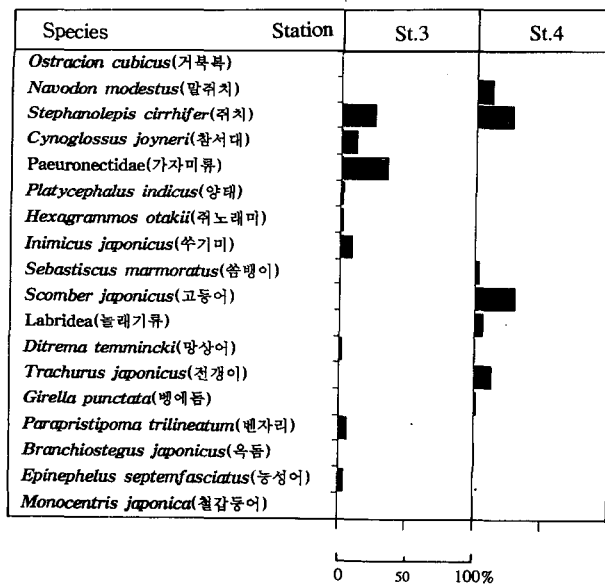


Fig. 5. Percentage composition of fish, calculations based on an annual mean density in Turtle artificial reefs.

인공어초어장의 어류 군집상과 어획량 변동

Station	Species	Type	Dice	Tube	Turtle
St.3	<i>Liparis tessellatus</i> (물메기)				
	<i>Platycephalus indicus</i> (양태)				
	<i>Pampus argenteus</i> (병어)				
	Rajidae(가오리류)				
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)				
	<i>Cynoglossus joyneri</i> (참서대)				
	Paeuronectidae(가자미류)				
	<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)				
	<i>Irimicus japonicus</i> (우기미)				
	<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)				
	<i>Miichthys miiuy</i> (민어)				
	<i>Parapristipoma trilineatum</i> (벤자리)				
	<i>Epinephelus septemfasciatus</i> (농성어)				
	<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)				
St.4	<i>Ditrema temmincki</i> (망상어)				
	<i>Branchiostegus japonicus</i> (옥돔)				
	<i>Ostracion cubicus</i> (거북복)				
	<i>Girella punctata</i> (병애돔)				
	<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)				
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)				
	<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)				
	<i>Irimicus japonicus</i> (우기미)				
	<i>Scorpaena neglecta</i> f. <i>neglecta</i> (점감쟁)				
	<i>Sebastiscus marmoratus</i> (삼쟁이)				
	<i>Scomber japonicus</i> (고등어)				
	Labridae(놀래기류)				
	<i>Microcanthus strigatus</i> (범돔)				
	<i>Seriola quinqueradiata</i> (방어)				
	<i>Trachurus japonicus</i> (전갱이)				
	<i>Pagrus major</i> (참돔)				
	<i>Epinephelus septemfasciatus</i> (농성어)				
	<i>Zeus japonicus</i> (달고기)				
<i>Monocentris japonica</i> (철감동어)					
<i>Conger myriaster</i> (봉장어)					
Rajidae(가오리류)					
St.5	<i>Eumicrotremus orbis</i> (도치)				
	Scorpaenidae(불락류)				
	<i>Seriola quinqueradiata</i> (방어)				
	<i>Doederleinia berycoides</i> (눈볼대)				
	<i>Clupanodon punctatus</i> (전어)				
	<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)				
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)				
	Paeuronectidae(가자미류)				
	<i>Liparis tessellatus</i> (물메기)				
	<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)				
	<i>Hypodytes rubripinnis</i> (미역치)				
	<i>Enedrias nebulosus</i> (베도라치)				
<i>Oncorhynchus keta</i> (연어)					
<i>Engraulis japonica</i> (멸치)					

Fig. 6. Comparison of percentage compositions of fish densities in different types of artificial reefs constructed at the same location.

Station	Species	Type	Dice	Tube	Turtle
St.6	<i>Enedrias nebulosus</i> (베도라치)			■	
	<i>Navodon modestus</i> (말귀치)		■		
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)		■	■	
	<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)		■	■	
	Scorpaenidae(불락류)		■	■	
	<i>Seriola quinqueradiata</i> (방어)		■		
	<i>Oplegnathus fasciatus</i> (돌돔)		■		

Fig. 6 Continued

쥐치 등이 10% 이상의 조성률로 우점적이었다. 원통형 인공어초어장에서는 총 13종이 출현하였으며 가자미류가 우점적이었고 가오리류, 병어, 물메기가 이 어초어장에서만 출현하였다. 반구형 인공어초어장에서는 총 9종이 출현하였으며, 출현종 중 반구형 인공어초어장에서만 출현하는 종은 없었다. 이 어장에서는 가자미류가 34.9%의 가장 높은 조성률을 보였으며 이외에 참새대류 그리고 쥐치가 우점적이었다. 가자미류의 경우, 사각형 인공어초어장에서는 8.9%의 조성률을 보였으며 원통형 인공어초어장에서는 28.8% 그리고 반구형 인공어초어장에서 34.9%로 가장 높은 조성률을 보였다. 남해연안의 경우, 반구형 인공어초어장에서는 가자미류, 참새대, 쥐치등이 높은 조성률을 보인 반면 사각형 인공어초어장에서는 쥐노래미, 쭉기미, 능성어, 농어 등이 타어초어장에 비해 높은 조성률을 보였다.

남해외양의 경우, 사각형 인공어초어장에서는 총 17종이 출현하였으며 장어류, 방어, 범돔, 넙치가 이 어장에서만 출현하였다. 사각형 인공어초어장에서는 고등어가 63.4%의 조성률을 차지하여 최우점종이었으며 이외에 말귀치가 우점적이었다. 원통형 인공어초어장에서는 총 14종이 출현하였으며 거북복이 이 어장에서만 출현하였다. 사각형 인공어초어장과 같이 고등어가 63.7%의 조성률로써 최우점종이며 말귀치도 다량 출현하였다. 반구형 인공어초어장에서 출현한 어종은 총 10종으로 옥돔과 망상어가 이 어초어장에서만 출현하였으며 고등어, 쥐치, 말귀치, 전갱이 등이 주요 우점종이었다. 남해외양에서는 고등어가 사각형 인공어초어장에서 가장 높은 조성률을 보였으나 반구형 인공어초어장에서는 가장 낮은 조성률을 보였다. 쥐치와 말귀치는 반대 경향을 나타내었다.

동해중부연안의 경우, 사각형 인공어초어장에서는 총 9종이 출현하였으며 이 중 물메기가 최우점

종이었다. 이외에 베도라치, 가자미류가 우점적이었다. 놀래기와 연어가 이 어초어장에서만 출현하였다. 원통형 인공어초어장에서는 총 12종이 출현하였다. 출현종 중 전어, 눈볼래, 방어, 불락류, 도치가 이 어초어장에서만 출현하였다. 원통형 인공어초어장에서는 쥐치가 32.3%의 조성률로 최우점종이었으며 이외에 가자미류, 쥐노래미 그리고 베도라치가 우점적이었다.

동해남부연안의 경우, 사각형 인공어초어장에서는 총 6종이 출현하였으며 이 중 말귀치가 최우점종이었다. 이외에 쥐노래미, 쥐치가 우점적이었다. 돌돔과 방어가 이 어초어장에서만 출현하였다. 원통형 인공어초어장에서는 총 5종이 출현하였다. 출현종 중 쥐치가 최우점종이었으며 이외에 불락류, 쥐노래미, 베도라치가 우점적이었다. 베도라치가 이 어초어장에서만 출현하였다.

### 3. 인공어초 어장의 어획량 변동

인공어초모형에 따른 연 평균 어획량을 보면 사각형 인공어초어장에서 123 개체/1폭으로 가장 높으며 다음으로 원통형 인공어초어장이 93 개체/1폭, 반구형 인공어초어장이 66개체/1폭의 순이었다.

사각형 인공어초어장의 경우, 남해외양에서 조사 월 평균 232 개체/1폭의 어획량으로 가장 높은 어획량을 보였으며 다음으로 동해중부와 동해남부, 서해남부의 순으로 나타났다(Fig. 7). 원통형 인공어초어장 역시 남해외양에 시설된 인공어초어장에서 어획량이 가장 높았으며 다음이 동해중부연안인 것으로 나타났다. 남해외양과 연안에만 시설된 반구형 인공어초어장의 경우, 남해외양역의 어장에서 어획량이 높았다.

사각형, 원통형, 반구형 인공어초어장이 조성된 남해연안과 외양의 경우, 사각형 인공어초어장에서 어획량이 가장 높았으며 다음으로 원통형, 반구형 인공어초어장 순이었다. 사각형과 원통형 인공어초



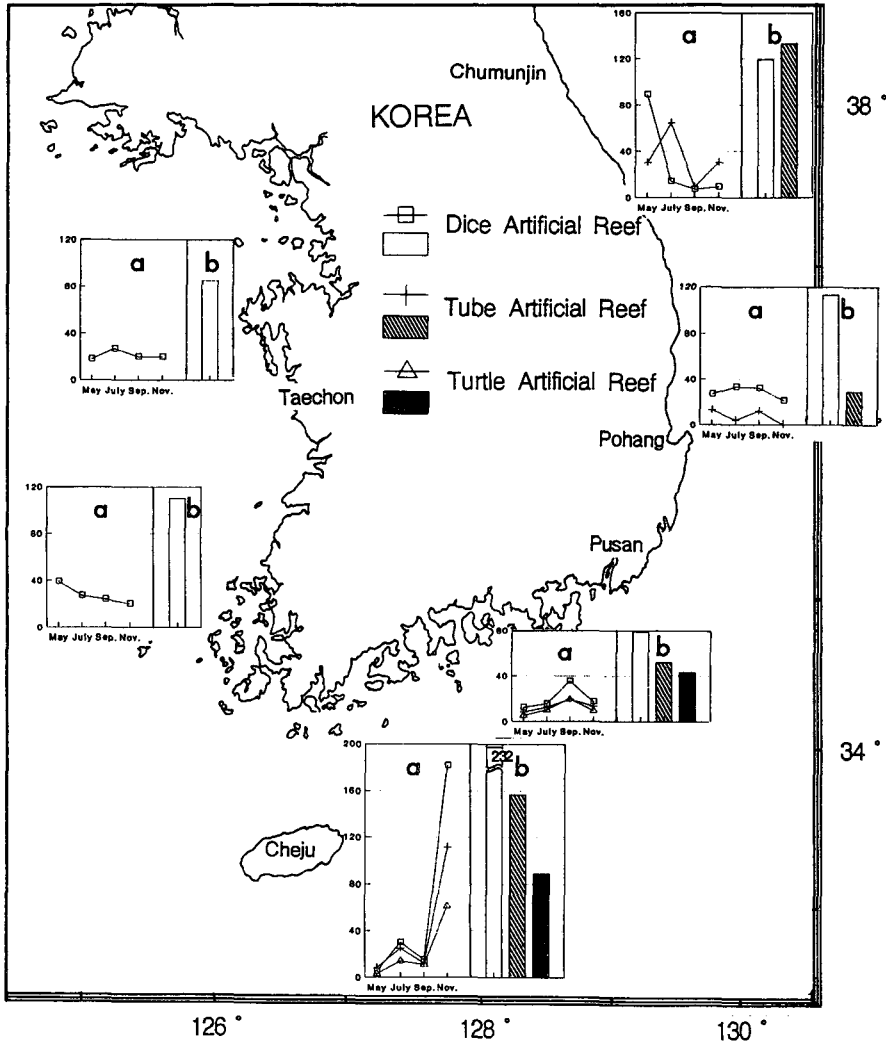


Fig. 7. Seasonal variation of fish density (a) and annual mean fish density (b) in each different types of Artificial reef.

a: Seasonal variation in fish density on each different type of artificial reef; b: Annual mean fish density at each different type of artificial reef.

어장이 조성된 동해남부와 동해중부연안의 경우, 동해남부연안은 남해연안과 동일하게 사각형 인공어초어장에서 어획량이 높았다. 그러나 동해중부연안에서는 원통형 인공어초어장이 사각형 인공어초어장보다 어획량이 높은 것으로 나타났다.

조사월별 어획량 변동을 보면, 사각형 인공어초어장이 조성된 서해중부연안은 7월에 어획량이 1가장 높았으며 서해남부연안은 5월에 가장 높았다. 남해외양은 사각형, 원통형, 반구형 인공어초어장 모두 11월에 어획량이 가장 높았으며 남해연안은 9월에 가장 높았다. 남해의 경우 조사월별 어획량

의 변동경향이 어초모형에 상관없이 유사하였다. 이에 반해 동해는 어초모형에 따른 어획량의 조사월별 변동이 달랐다. 동해중부연안의 경우, 사각형 인공어초어장은 5월에 어획량이 가장 높았으나 원통형 인공어초어장은 7월에 가장 높았다. 동해남부연안은 어획량의 조사월별 변동이 미약했다.

#### 4. 인공어초 어장의 어류 군집구조

사각형 인공어초어장의 다양도는 평균 1.7112이며, 범위는 1.2747~2.1833이었다(Fig. 8). 남해연안에 시설된 사각형 인공어초어장의 다양도가 2.1833으로 가장 높으며, 다음으로 서해중부연안이 2.1157

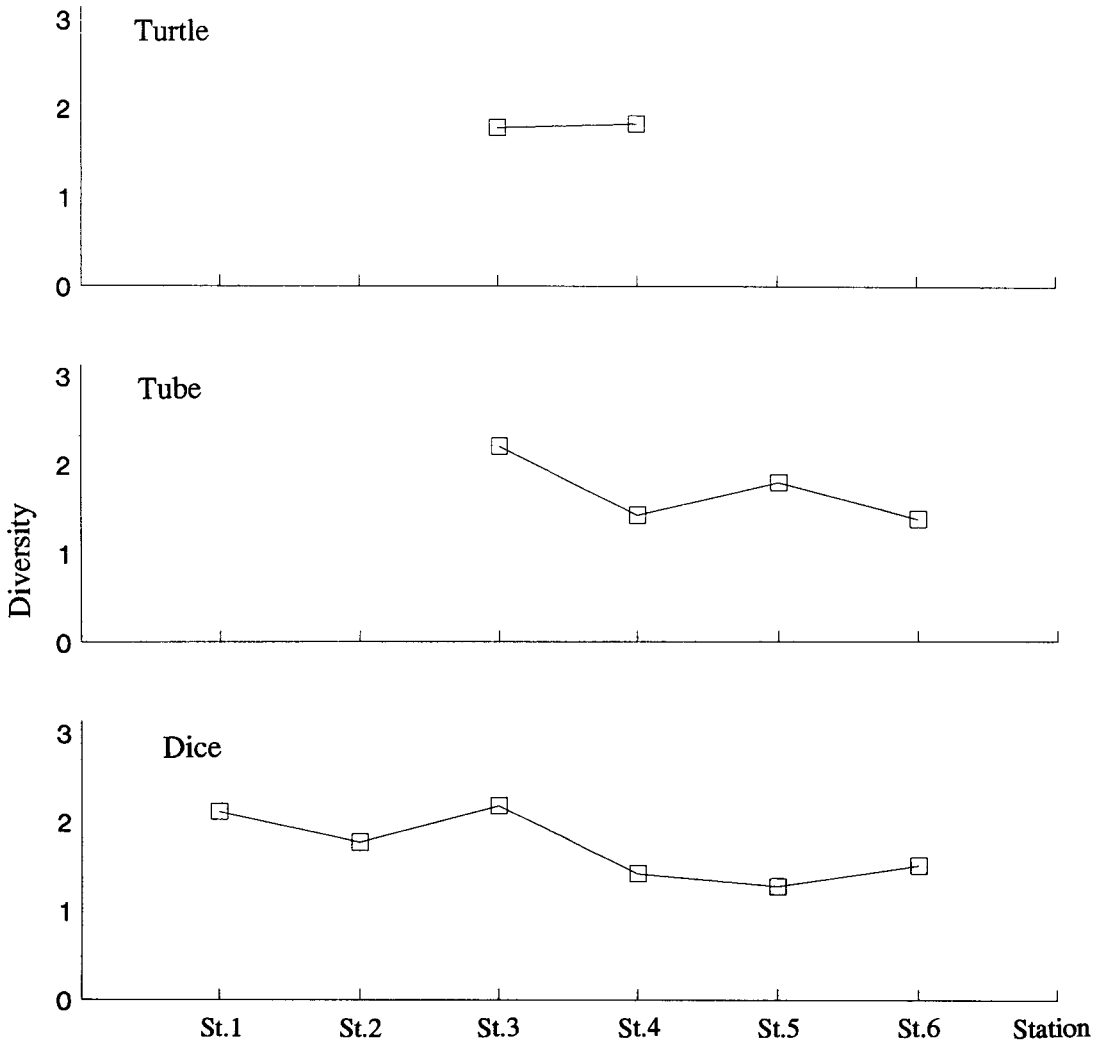


Fig. 8. Variations in fish diversities in each different types of artificial reef.

로 높았다. 동해중부연안이 1.2747로 가장 낮았다. 원통형 인공어초어장의 경우, 평균이 1.6944이며 1.3743~2.1993의 범위를 보였다. 사각형 인공어초어장과 같이 역시 남해연안이 2.1993으로 가장 높으며 동해남부연안이 1.3743으로 가장 낮았다. 남해연안과 외양에 시설된 반구형 인공어초어장은 각각 1.7781, 1.8270으로 남해외양에서 다양도가 높았다.

사각형, 원통형, 반구형 인공어초가 시설된 남해연안의 경우, 원통형 인공어초어장의 다양도가 2.1993으로 가장 높으며 다음으로 사각형 인공어초어장이 높고 반구형 인공어초어장이 낮았다. 이에반해

남해외양의 경우, 반구형 인공어초어장의 다양도가 1.8270으로 가장 높고 다음이 원통형 인공어초어장이며 사각형 인공어초어장이 가장 낮았다. 사각형과 원통형 인공어초가 시설된 동해남부와 중부연안의 경우, 동해중부연안에서는 원통형 인공어초어장이 그리고 동해남부연안에서는 사각형 인공어초어장의 다양도가 높았다.

인공어초어장간의 군집유사도를 보면, 남해외양에 시설된 사각형 인공어초어장과 원통형 인공어초어장이 0.06의 가장 적은 상대 거리차를 보여 군집상이 가장 유사한 것으로 나타났다(Fig. 9-a). 다음으로

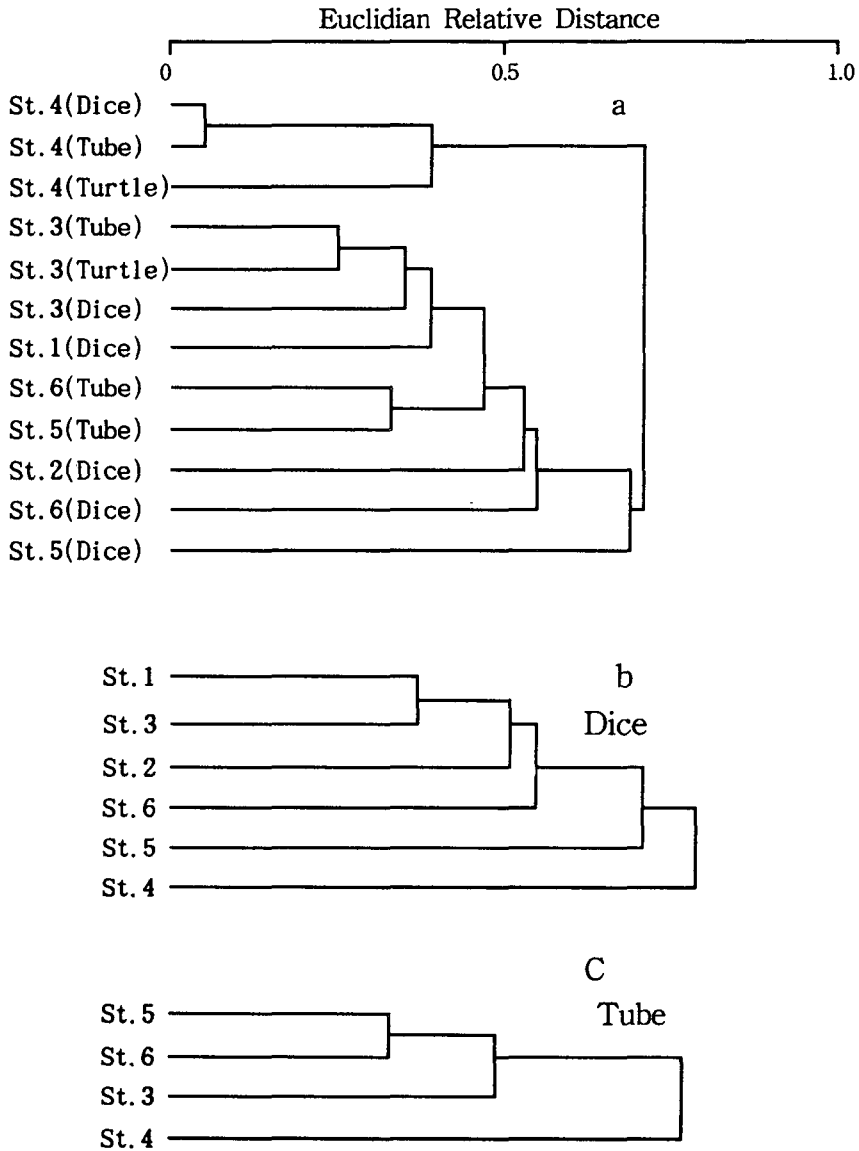


Fig. 9. Cluster analysis based on fish density: a) Dice, Tube and Turtle artificial reefs constructed in Korean coastal waters; b) Dice artificial reefs; c) Tube artificial reefs. Locations of artificial reefs: St. 1, The coast of Chungchongnam-do Poryong-gun Nokdo-ri; St. 2, The coast of Chollanam-do Shinan-gun Dachon-ri; St. 3, The coast of Chollanam-do Kohung-gun Shinchon-ri; St. 4, The coast of Cheju-do Songsan-up Pyengdae-ri; St. 5, The coast of Kangwon-do Yangyang-gun Konghyenj-in-ri; St. 6, The coast of Kyongsangbuk-do Yongil-gun Ohdo-dong.

남해연안에 시설된 원통형 인공어초어장과 반구형 인공어초어장이 0.25의 낮은 상대 거리차를 보였다. 남해외양에 시설된 사각형, 원통형 그리고 반구형 인공어초어장이 0.40의 상대 거리차에서 하나로 묶어졌으며, 남해연안에 시설된 사각형, 원통형, 반구

형 인공어초어장이 0.35의 상대거리차에서 하나로 묶어졌다. 또한, 동해남부와 중부에 시설된 원통형 인공어초 어장이 상대거리차 0.33에서 하나로 묶어졌다.

인공어초모형에 따른 해역별 군집구조간의 관계

를 보면, 사각형 인공어초어장의 경우, 서해중부연안과 남해연안이 0.38의 가장 작은 상대적 거리차를 보였다(Fig. 9-b). 여기에 서해남부연안이 0.51의 상대적 거리에서 하나로 묶어졌다. 그리고 동해남부연안이 0.55의 상대적 거리에서 다시 하나로 묶어졌다. 사각형 인공어초어장의 경우, 남해외양이 다른 연안과 상대적 거리 차이가 가장 컸다.

원통형 인공어초어장의 경우, 동해중부와 동해남부연안이 0.33의 가장 작은 상대적 거리차를 보였다(Fig. 9-c). 원통형 인공어초어장 역시 남해외양이 다른 해역과 상대적 거리차가 가장 컸다.

## 고 찰

인공어초에 대한 어류의 행동반응은 크게 5가지 유형으로 대별되어진다(Ogawa, 1968). 따라서 대상어종이 정해지면 어류의 서식 형태등을 고려하여 시설하고자 하는 인공어초의 모형을 달리하여야 한다.

Mottet(1985)는 인공어초 모형을 기능에 따라 크게 3가지로 나누었다. 평면형(Substrate block)과 입체형(Chamber structure) 그리고 방파제형(Break-water block)으로써 평면형 인공어초는 새우, 전복 및 저서어류 등에 적합하다고 밝혔다. 그리고 입체형 인공어초는 오징어 혹은 회유성 어류를 모으는데 적합하며 방파제형 인공어초는 입체형과 평면형 인공어초의 중간적 기능을 가진 것이라고 밝혔다.

사각형, 반구, 원통형 인공어초의 경우를 보면, 구조적으로 사각형 인공어초는 입체형 인공어초에 속하며 반구형 인공어초는 평면형 인공어초의 성격을 많이 띤 어초이다. 원통형 인공어초는 사각형과 반구형어초의 중간적인 구조적 특징을 가진 어초이다.

인공어초어장에서 최우점적인 어종은 해역에 따라 달랐다. 사각형 인공어초어장의 경우, 서해중부연안에서는 가오리류, 서해남부연안에서는 볼락류, 남해연안에서는 쭈기미, 남해외양에서는 고등어, 그리고 동해중부연안에서는 물매기, 동해남부연안에서는 말뚝치가 최우점종이었다. 이들 대부분의 어종은 유영성이 강한 암초성 또는 회유성어류로써 입체적 공간을 선호하는 습성을 지녔다. 원통형 인공어초어장의 경우, 남해연안에서는 가자미류가, 남해외양에서는 고등어류, 동해중부와 남부연안에서는 쥐치가 최우점종이었다. 반구형 인공어초어장의 경우 남해연안은 가자미류가 남해외양은 고등어가 최우점종이었다. 남해외양에 조성된 인공어초어장에서는 인

공어초 모형에 관계없이 고등어가 최우점적으로 나타났다. 사각형과 원통형 인공어초어장에서는 고등어의 조성률이 63% 내외인데 반해 공간용적 보다도 표면적을 넓게 가지는 반구형 인공어초어장에서는 30%의 낮은 조성률을 보였다. 그리고 쥐치 및 말뚝치의 조성률이 사각형과 원통형 인공어초어장에 비해 높았다. 이는 시설 연안에 우점적인 종들이 인공어초어장에 우점적으로 모여들지만 그들의 먹이 습성이나 서식 방법에 적합한 어초모형을 더 선호하기 때문인 것으로 여겨진다. 이러한 현상은 남해연안에 시설된 인공어초어장에서도 나타났다. 대표적인 저서성 어류인 가자미류가 사각형 인공어초어장에서는 8.9%, 원통형 인공어초어장에서는 28.8% 그리고 반구형 인공어초어장에서는 34.9%의 높은 조성률을 보여 공간용적이 넓은 사각형 인공어초어장 보다는 표면적이 넓은 반구형 인공어초어장을 선호하는 것으로 나타났다. 또한, 주로 부착생물을 뜯어먹는 먹이 습성을 가진 쥐치 및 저서어류인 참서대의 조성률이 반구형 인공어초어장에서 가장 높았다. 따라서 저서성이거나 부착생물을 뜯어먹는 먹이 습성을 가진 어류는 반구형 인공어초어장을 선호하며, 유영성이 강한 암초성 어류 및 회유성어류들은 사각형 인공어초어장을 선호하는 것으로 밝혀졌다.

Hueckel(1980) 그리고 Buckley and Hueckel(1985)는 인공어초 어장에 우점적인 어종은 주로 암초성 어류인 Striped seaperch(*Embiotoca, lateralis*), Pile perch(*Rhacochilus vacca*) 그리고 quillback rock fish(*Sebastes maliger*)이며 이들 어종이 모여드는 주요인은 먹이생물 때문인 것 같다고 밝혔다.

이상의 결과를 고려 할 때 남해외양은 연안정착성어종보다는 회유성 어종을 대상으로하는 인공어초를 시설하는 것이 보다 효율적일 것으로 여겨지며, 그의 연안의 경우는 주로 암초성 어류와 저서성 어류를 대상으로하여 공간용적보다는 표면적이 넓으며, 저서생태계를 효율적으로 형성할 수 있는 평면구조 어초를 시설하는 것이 효율적일 것으로 여겨진다.

인공어초어장별 총어획량은 남해외양의 사각형 인공어초어장에서 가장 높았으며 다음으로 남해외양의 원통형 인공어초어장에서 높았다. 그러나 남해외양에서만 다량 어획된 고등어를 제외하였을 경우 동해중부연안에 시설된 원통형 인공어초어장에서 어획량이 가장 높았다. 박 등(1989)의 동해중부 어초어장에서는 원통형, 남해외양 어초어장에서는 사각형 어초어장이 타 어초어장에 비하여 어획효과가 높은 것으로 밝혀진 결과와 본 연구의 결과는 일치

한 결과를 보였다. 다음으로 동해중부와 남부연안 그리고 서해남부연안에 시설된 사각형 인공어초어장에서 110개체/1푼 이상의 높은 어획량을 나타내었다. 사각형, 반구형, 원통형 인공어초 어장이 조성된 남해연안과 외양에서도 사각형 인공어초 어장에서 어획량이 가장 높았다. 이상의 결과를 볼때, 연안 정착성 어종인 암초성 어류나 저서성 어류보다 부유성이거나 회유성 어종이 어획량 변동에 크게 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

인공어초어장의 어류 군집 다양도는 반구형 인공어초어장이 평균 1.8026으로 가장 높으며 다음이 사각형 인공어초어장이 1.7112로 높았다. 원통형과 사각형 인공어초는 남해연안에 조성된 어장에서 다양도가 가장 높았다. 이와 같이 남해연안에서 다양도가 높은 것은 일시적으로 다량 출현하는 회유성 어종 보다는 그 해역에서 항상 서식하는 정착성종들이 우점하면서 안정된 상태를 유지하기 때문인 것으로 여겨진다.

이·김(1992)은 남해연안인 남해도 근해에서 출현하는 어종수가 다양하여 천수만이나 아산만에 비해 소수종에 의한 우점도가 낮아 다양도가 높다고 밝혀 본 연구 결과와 일치한 결과를 보였다.

인공어초어장의 어류 군집상에 따른 집괴분석에서 원통형 인공어초는 사각형 인공어초 또는 반구형 인공어초와 높은 유사도를 보였으나 사각형 인공어초와 반구형 인공어초는 낮은 유사도를 보였다. 구조적으로 원통형 인공어초가 사각형과 반구형 인공어초의 중간적인 성격을 나타내는 것을 고려할 때, 어류군집상 역시 어초의 구조적 형태에 따라 크게 변화되는 것으로 밝혀졌다. 또한 서로 다른 모형의 인공어초일지라도 같은 해역에 시설되었을 때, 높은 유사도를 나타내는 것으로 나타났다. 사각형 인공어초어장은 남해연안과 서해 중부와 남부연안의 군집상이 유사한 것으로 나타났으며, 남해외양은 가장 군집상이 상이한 것으로 나타났다. 이는 남해연안이나 서해 연안의 경우 주로 주거종에 의한 우점도가 높은 반면 남해외양은 일시적으로 내유하는 회유성 어종과 같은 소수종에 의한 우점도가 다른 해역에 비해 높기 때문인 것으로 여겨진다.

## 요 약

각 해역에 시설된 사각형, 반구형, 원통형 인공어초어장의 어류 군집상 및 어획량 변동을 조사하여 인공어초 모형에 대한 어종 친화성과 해역별 최대

효과를 가져 올 수 있는 적정 어초모형에 대해 논의하였다. 1988년 5, 7, 9, 11월에 각 1회씩 삼중자망으로 어획조사를 실시하였으며, 어획된 어류는 종별로 분류하여 계수하였다.

인공어초어장에서 출현한 총 어종수는 45종이며 볼락류, 쥐노래미, 가자미류, 쥐치 및 말쥐치의 출현빈도가 높았다. 사각형 인공어초어장에서는 총 38종이, 원통형 인공어초어장에서는 총 31종이, 그리고 반구형 인공어초어장에서는 총 18종이 출현하였다. 해역별 주요 우점종은 대부분이 가자미류, 가오리류, 쥐치, 말쥐치, 쥐노래미, 볼락류와 같은 연안정착성 혹은 저서성, 암초성어류였으며 남해 외양만이 회유성 어종인 고등어가 최우점종이었다.

인공어초모형에 따라 저서성, 암초성, 회유성 어류의 조성률이 다르게 나타났다. 사각형 인공어초어장에서는 회유성어류의 조성률이 높은 반면 반구형 인공어초어장에서는 저서성 어류 및 부착생물을 주로 먹이로 하는 어류의 조성률이 낮았다.

동해 중부연안을 제외한 전 해역의 인공어초어장 중 사각형 인공어초어장에서 어획량이 가장 높았으며, 동해 중부연안은 원통형 인공어초어장에서 어획량이 가장 높았다. 인공어초모형별 어류 군집상은 사각형 인공어초어장과 반구형 인공어초어장은 서로 차이가 있으며, 원통형 인공어초어장은 이 두 인공어초어장의 중간적인 성격을 띤 군집상을 나타내었다. 또한 해역별로 보면 남해연안과 서해 남·중부연안의 군집상이 유사했고, 남해외양과 동해 남·중부연안의 군집상이 유사하였다.

## 사 사

본 연구에 사용된 자료를 제공해준 국립수산진흥원 동, 서, 남해연구소 인공어초 담당자분들께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 국립수산진흥원. 1993. 인공어초. 기술지 35호. 51pp.  
 박주석 외 19명. 1989. 전국 연안 인공어초어장 생산성 조사. 국립수산진흥원사업보고. 82, 107pp.  
 박주석 외 21명. 1992. 한국 연안 인공어초의 자원 조성 효과에 관한 연구. 국립수산진흥원사업보고. 95, 89PP.  
 이태원·김광천. 1992. 아산만 저어류. II. 종조성의

- 주야 및 계절변동. 한국수산학회지. 25, 103~114.
- Buckley, R. M. and G. J. Hueckel. 1985. Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bull. Mar. Sci.*, 37(1), 50~69.
- 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 Pub. INC., Michigan pp. 188~251.
- Hueckel, G. J. 1980. Foraging on an artificial reef by three Puget Sound fish species. *Wash. Dept. Fish. Tech. Rep.* 53, 110p.
- Kakimoto, H. and H. Okubo. 1985. Fishery production from artificial reefs. *In Comprehensive Research on Artificial Reefs in the Coastal Areas of Niigata Prefecture*. Niigata Prefect. Fish. Exper. St. 193~200.
- 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, 197~200.
- Matthews, K. R. 1985. Species similarity and movement of fishes on natural and artificial reefs in Monterey Bay, California. *Bull. Mar. Sci.*, 37(1), 252~270.
- Mottet, M. G. 1985. Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan. *In Artificial Reefs: Marine and Freshwater Application*, D'Itri, F. M., ed. Lewis Pub. INC., 13~112.
- Nakamura, M. 1985. Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan. *Bull. Mar. Sci.*, 37(1), 271~278.
- Ogawa, Y. 1968. Fish aggregation to artificial reefs. *Fish. Enhance*, 7, 3~21.
- 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.
- Polovina, J. J. 1989. Artificial Reefs: nothing more than benthic fish aggregations. *CalCoFI Rep.*, 30, 37~39.
- 中村 充. 1979. 水産土木學(漁場造成・海洋環境エンジニアリング) 工業時事通信士, 411~470.
- 中村 充. 1991. 改訂水産土木學(生態系海洋環境エンジニアリング) 工業時事通信士, 411~470.

---

1994년 8월 13일 접수

1994년 9월 10일 수리