

碩士學位論文

濟州道 南部沿岸 四角 人工魚礁에서의  
魚類 群集變動

濟州大學校 大學院

水産生物學科



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金 大 權

1997年 12月

濟州道 南部沿岸 四角 人工魚礁에서의  
魚類 群集變動

指導教授 盧 暹

金 大 權

이 論文을 理學碩士學位 論文으로 提出함



金大權의 理學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 이 정 재  
委 員 정 상 철  
委 員 노 칠 섬



濟州大學校 大學院

1997年 12月 日

---

**Seasonal Changes in the Fish  
Community Along the Cube type  
Artificial Reefs in South Cheju**

Dae Kweon Kim

(Supervised by Professor Sum Rho)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF  
SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1997. 12

# 목 차

Summary	1
I. 서 론	2
II. 재료 및 방법	4
1. 조사지역 및 어장특성	4
1) 조사지역	4
2) 조사어장의 특성	6
2. 어초어장의 어획량 변동	6
1) 어초어장과 천연초 및 비교어장	6
2) 어초 시설 전·후의 변동	7
3. 종 다양성	7
1) 어초어장과 천연초 및 비교어장	7
2) 시설 전·후의 균집변동	7
4. 어초어장의 계절별 위집종과 분포	7
5. 어군분포와 일중변동	8
III. 결 과	9
1. 조사어장의 특성	9
2. 어초어장의 어획량 변동	11
1) 어초어장과 천연초 및 비교어장	11
2) 어초 시설 전·후의 변동	15
3. 종 다양성	16
1) 어초어장과 천연초 및 비교어장	16
2) 시설 전·후의 균집변동	18
4. 어초어장의 계절별 위집종과 분포	20

5. 어근분포와 일중 변동	23
IV. 고찰	26
V. 요약	30
VI. 참고문헌	31
Appendix	34
Plate	39
감사의 말	40



## SUMMARY

An ecological survey was conducted on cube-type artificial reefs over a three year period established along the south Cheju coast. Spatial and temporal distribution patterns of fishes inhabited around the artificial reefs were analyzed using direct observation with SCUBA and an echo sounder. The 3 year term survey of the artificial reefs are summarized as follows:

1. Mean catch per unit effort (CPUE) of the artificial reefs was found to be 7.72 individual (2.4 kg)/12 hr catching effort with 30 x 3m terminal net. The CPUE recorded from the artificial reefs was higher than the value measured from a control site (2.66 (1.7 kg)) and a natural underwater reef (4.87(0.7 kg)).

2. Total number of fish species observed the the course of study on the artificial reef was 43 species which was higher than the number recorded at the natural underground reef and a control site. Species diversity was 1.07 at the artificial reef, 1.13 at the natural underwater reef, and 1.17 at the control site.

3. CPUE before and after construction of the artificial reefs indicated that there is a rapid increase of CPUE (1.0 before the construction of the reefs and 6.9 3 years after the construction). The total number of fishes occurred around the reefs also increased after the construction, from 6 species before the construction and 22 species after the construction of the reefs

4. Spatial distribution of fishes around reef can be summarized by *Seriola quinqueradiata*, *Trachurus japonica*, *Parapristipoma trilineatum*, and *Chromis notatus* around the top of the reefs, *Micricanthus strigatus* at the center of the inner reef building blocks, *Epinephelus septemfasciatus* and *Novodon modestus* around the middle area of the reef, *Pseudolabrus japonicus* at the base of the reef, and *Sebastiscus marmoratus* on the bottom of the reefs.

5. Analysis conducted on VTR monitoring of fishes form 9:00 to 20:00 indicated that there are 24 to 240 fishes observed per each hour. No fishes are observed during mid-night. The highest number of fishes were observed during 06:00 and 08:00 with a number of 245 to 260. The most common fish observed on the monitor was *Chromis notatus*.

## I. 서론

인공어초가 시설되고 있는 연안해역은 생산력이 높은 지역으로 어초는 많은 해양 생물에게 새로운 서식처를 제공하는 중요한 역할을 한다. 어류를 대상으로 시설되고 있는 사각어초 어장에서 어류 군집형성과 시·공간적 변동을 연구하는 것은 어초시설 계획을 수립하는데 매우 중요하고 어초어장을 이용하는 어업인에게는 보다 합리적인 어장이용이 가능해 생산성 제고에도 기여할 수 있다. 그간 인공어초 시설 효과를 입증하기 위한 많은 연구가 다양한 방법으로 이루어져 왔다. 특히 어초시설 해역의 군집형성에 대해서는 중요한 연구영역으로 다루어지고 있다. Anna et al. (1994), Cruz et al. (1994), Fabi and Fiorentini (1994), Friedlander et al. (1994), 임 등(1982), 손 등(1977, 1978), 서 등(1979)은 어초어장의 생산효과를 어초가 시설된 인근의 천연어초와 비교하였으며, 국립수산진흥원(1986, 1987, 1989, 1992)은 우리나라 전국연안에 시설된 어초에서 어획효과를 중심으로 어초어장의 생산성에 대한 지속적인 연구를 수행하고 있다. Bombace et al. (1994), Clark and Edwards (1994), Higashi (1994), Jara and Céspedes (1994), Moffitt et al. (1994), Danner et al. (1994)은 어초 시설 전·후의 군집형성과 계절변동에 대하여 보고하고 있다. 종의 가입과 종다양성 등 군집생태학적 연구로는 Ambrose and Swarbrick (1989), Burchmore et al. (1985), McGlennon and Branden (1994), Bayle-Sempere et al. (1994), Bortone (1994)의 연구가 있으며, 田中 등(1985 a, b), 小川(1969), 柿元 (1985)은 어군탐지기과 육안적 관찰을 통해 어초어장 주변의 어군분포와 행동에 대하여 보고하였고, 田中(1987, 1989)는 과학어탐을 어초어장의 어군량 추정에 사용하고 있다.

인공어초에 의한 자원조성기술은 많은 발전을 해왔지만, 아직도 어초에 대한 어군 행동이나 어초가 환경에 미치는 영향, 그리고 어장조성을 위한 적정 시설규모와 경제성능 체계적인 이론이 정립되지 못하고 있다. 일본에서는 1952년부터 국가적인 자원조성 사업으로 인공어초 시설을 추진하여 왔으며(魚礁綜合研究會, 1976), 지금은 미국을 비롯한 서방 선진국에서 부터 개발도상국에 이르기까지 전세계적으로 인공어초에 대한 관심이 고조되고 있다. 우리나라가 국가적인 사업으로 인공어초 사업을 본격화한 것은 1970년대 초반으로 매년 그 사업량을 확대시키고 있으며, 1996

년말 현재 전국연안에는 13종의 어초모델을 이용하여 111,219ha를 인공어초 어장으로 조성했다. 지금까지 시설된 인공어초는 737,421개로 이중 81.5%가 어류 자원조성을 목적으로 시설되었고, 나머지 18.5%는 패류나 해조류등의 자원조성용으로 주로 공동어장에 시설되었다(해양수산부, 1997).

이 연구는 인공어초 시설어장에서 어류군집의 시·공간적 변동을 파악하기 위한 기초연구로서 제주도 남부 해역에 시설된 사각어초 어장에서 어류의 생산효과와 군집의 다양성을 인공어초가 시설되지 않은 일반어장(천연초, 비교구)과 비교하였으며 어초 시설 전·후의 군집변동과 어초에 蟄集하는 종의 분포 및 일중변동등 군집형태에 대해 연구하였다.



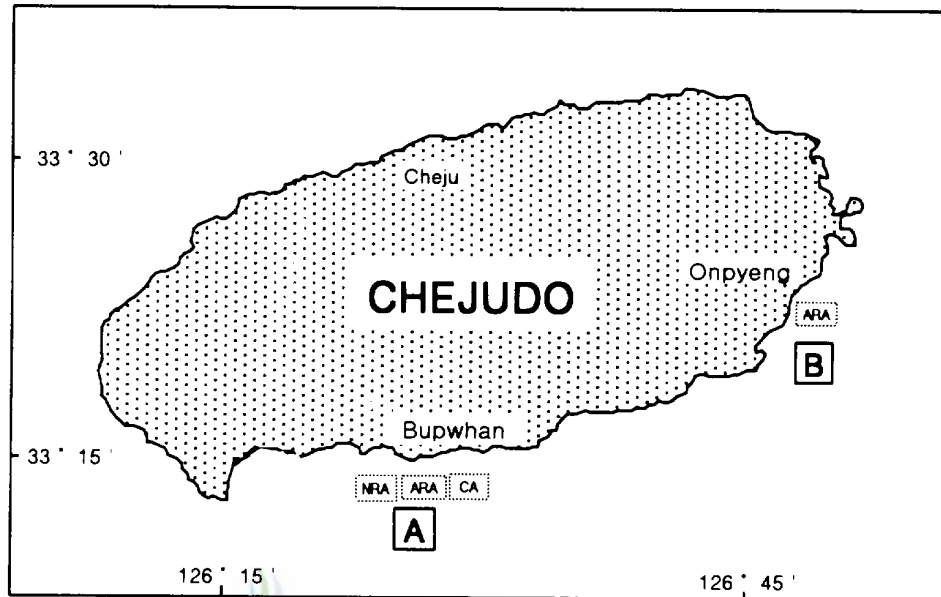


## II. 재료 및 방법

### 1. 조사지역 및 어장특성

#### 1) 조사지역

조사지역은 사각어초가 시설된 제주도 남부연안 2개 어장을 대상으로 하였다 (Fig. 1). 법환어장(site A)은 1986년에 사각어초가 시설된 해역(400개/64 ha, 4개단지)이다. 인공어초 시설지점(artificial reefs area : ARA)의 수심은 33m이며 평탄한 암초로 형성되었고 여기에는 가로×세로×높이가 각각 2 m(空容積 8.0 m<sup>3</sup>)인 사각어초 100개가 피라밋 형태로 중첩 시설되어 있다. 천연초 지점(natural reefs area : NRA)은 어초가 시설된 지점에서 서쪽으로 1 km 거리에 위치하며 인공어초와 비슷한 높이와 폭을 갖는 돌출된 암반으로 되어 있고 그 주위는 일부 사질로 형성되어 있으며 수심은 23~30 m 범위였다. 비교구(control area : CA)는 인공어초 어장에서 동쪽으로 1 km 떨어져 있으며 수심 27 m의 평탄한 사질 지역이다. 온평어장(site B)은 1983년 12월 사각어초가 시설(660개/110 ha, 6개단지)된 곳이며 수심 30 m의 평탄한 암초로 형성된 곳이다.




 제주대학교 중앙도서관  
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 1. Map showing the sampling sites (ARA : artificial reefs area, NRA : natural reefs area, CA : control area). A : Bupwhan area, B : Onpyeng area.

## 2) 조사어장의 특성

어장 특성조사는 site A의 어초어장에서 수온, 염분, 영양염류( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), chlorophyll  $\alpha$ , 투명도등 8개 항목을 조사하였다. 수온과 염분은 어초어장 인근에 위치한 남제주수산종묘배양장에서 조사기간 동안 매일 관측된 월 평균 자료를 이용하였으며 투명도는 계절별로 현장에서 직경 30 cm 투명도판으로 0.1 m까지 측정했다. 영양염류는 계절별로 현장에서 채수한 시료를 실험실로 저온 운반하여 인산인과 총질소를 아래 방법으로 분석하여  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 나타냈다.

인산인( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) : ascorbic acid법

암모니아성질소( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) : indophenol법,

아질산성질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) : sulfanilamide-NED법

질산성질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) : Cu-Cd 환원법

chlorophyll  $\alpha$ 는 현장에서 0.45  $\mu\text{m}$  membrane 필터로 2,000 ml의 해수를 여과하여 90% acetone으로 추출한후 상등액을 spectrophotometer에서 비색정량하여  $\mu\text{g}/\ell$ 로 나타냈다.

## 2. 어초어장의 어획량 변동



### 1) 어초어장과 천연초 및 비교어장

어초어장의 어류군집을 조사하기 위하여 site A에서 1994년부터 1996년까지 3년 동안 어초어장과 천연초, 비교어장 3개 조사지점에 대해 매 2개월마다 삼중자망으로 채집하였다. 표본채집은 삼중자망(길이 30 m, 높이 3 m, 外網 300 mmH, 內網 60 mmH) 5幅을 1조로 연결하여 사용하였고 채집시간은 일몰전후 시간부터 12시간 동안 투망하고 다음날 새벽에 양망하여 어획하였다. 채집된 어획물은 현장에서 조사지점별로 구분하여 개체별 크기와 중량을 측정하고 CPUE (catch per unit effect : 幅當漁獲量)를 구하였다.

## 2) 어초 시설 전 · 후의 변동

site B에서 인공어초가 시설되기 1년전인 1983년부터 시설 5년이 경과된 1988년까지 6년 동안 계절별로 1회씩 어초어장에서 site A와 동일한 방법으로 채집하여 경과년별 CPUE 변화를 조사하였다.

## 3. 종 다양성

### 1) 어초어장과 천연초 및 비교어장

site A에서 채집된 어획자료를 이용하여 어초어장, 천연초어장, 비교어장의 출현종과 종다양성을 계절별로 조사하였으며 군집분석은 Shannon and Weiner (1963)의 종다양성지수( $H'$ )를 아래와 같이 구하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

여기서  $S$  = 종의 총수,  $p_i$  = 총 표본중  $i$  번째 종의 비율

### 2) 시설 전 · 후의 군집변동

site B에서 어초 시설전과 시설후 경과년별 출현종을 조사하였으며 Shannon and Weiner (1963)의 종다양성지수( $H'$ )를 구하였다.

## 4. 어초어장의 계절별 蝸集種과 분포

어초어장에서의 계절별 어군조사는 어초군의 하단부와 중앙부 그리고 상부의 중

양에 위치한 인공어초에서 VTR 카메라로 1개의 단위어초내(5.36 m<sup>2</sup>)에 모인 어류를 1회 5분씩, 7회(1994~1996)에 걸쳐 촬영하여 가장 밀도가 높은 자료화면을 이용, 어초내에 모인 종을 계수하였고 종별 개체수는 매회 3개 위치에서 관찰된 평균 개체수로 나타냈다.

어초어장에서 관찰된 종은 Bayle-Sempere et al. (1994)의 방법으로 주요 분포위치를 조사하여 공간분포도를 작성하였다.

## 5. 어군분포와 일중변동

어군의 일중 변동조사는 site A의 어초어장에서 1994년 8월 19일(09:00)부터 20일(09:00)까지 25시간에 걸쳐 유속관측, 어군탐지기조사, VTR 촬영, 어획시험을 동시에 실시했다. 조사는 수중카메라(osprey electronics limited사의 model OE1337A)를 조사 시작전에 1개 단위어초가 전면 촬영 가능하도록 배치, 고정된 다음 어군탐지기(해양전자, model HF-12-1, 200 kHz)가 장착된 보조선박을 이용하여 삼중자망 5폭을 어초어장에 투망했다. 조사전에서는 매시간 5분씩 VTR에 나타나는 종을 녹화하여 종별 개체수를 조사했다. 또한 인공어초 주변의 어군분포 상황을 파악하기 위해 매시간 보조선박의 어군탐지기를 이용, 어초를 정점으로 동서와 남북방향 100 m 거리를 어탐 조사하였다. 어군탐지기에 나타난 종의 관독은 조사시간 동안 어초에 설치된 삼중자망에 어획된 종에서 추정했고, 흐름에 따른 어군의 분포양상을 파악하기 위해 지층의 유속을 유향유속계(CM-2)로 매시간 측정했다. 촬영된 종은 阿部(1979)의 원색어류검색도감과 정(1977)의 한국어도보에 의해 동정·분류하여 목록을 작성하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 조사어장의 특성

조사어장 주변연안의 연중 표층수온은 13.4~26.4℃ 범위로 2월에 최저 수온(13.4℃)을 보이고 8월에 최고 수온(26.4℃)분포를 보였다(Fig. 2). 연중변화는 1월부터 3월까지 13.4~14.0℃의 저수온 상태를 유지하다 5월에 17.0℃, 8월 26.4℃로 상승하였고 9월 이후 다시 하강하기 시작하여 12월에는 16.0℃까지 내려갔다. 저층수온은 겨울인 2월이 14.1℃로 표층에 비해 0.7℃가 높았고 봄인 4월은 14.4℃로 표·저층간에 비슷한 수온분포를 보였다. 여름인 8월은 저층수온이 22.6℃로 표층에 비해 3.8℃가 낮아 표·저층간에 수온차는 가장 크게 나타났으며 가을인 11월에는 21.5℃로 표층에 비해 다시 1.7℃가 높게 나타났다.

표층염분 농도는 연중 31.26~34.34‰ 범위로 4월과 8월에 각각 최고·최저치를 보였다. 연중변화는 1월에서 5월까지 34.00~34.34‰ 범위의 비교적 고염분 상태를 유지하고 있으나 6월부터 낮아져 8, 9월의 염분은 31.26~31.36‰로 4월 최고치에 비해 3.08‰가 낮은 저염상이었다. 9월부터는 높아지기 시작해 11월에는 33.96‰까지 회복되었고, 이와같은 염분농도는 이듬해 5월까지 지속되었다.

저층염분은 연중 32.09~34.55‰ 범위로 2월에 최고, 8월에 최저치를 보였으며 표층에 비해 안정되어 있다.

영양염류중 표층 인산인( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )의 농도는 0.22~0.69(평균 0.44)  $\mu\text{g-at}/\ell$ 로 가을(11월)에 최저농도였고 봄(4월)에 최고값을 보였다. 표·저층간의 농도는 큰 차이 없이 비슷하였다.

총질소는 표층이 3.84~7.23(평균 5.53)  $\mu\text{g-at}/\ell$ 의 범위로 가을(11월)에 가장 높고 겨울(2월)에 가장 낮았다. 저층은 3.84~8.03(평균 5.56)  $\mu\text{g-at}/\ell$  범위로 여름에 가장 높고 가을에 가장 낮았다.

Chlorophyll *a* 농도는 0.81~2.78(평균 1.45)  $\mu\text{g}/\ell$  범위로 봄에 높고 겨울에 낮았다.

투명도는 조사기간 동안 8.6~12.4 m (평균 11.1 m) 범위로 가을에 가장 투명하

고 겨울에 가장 낮았다(Table 1).

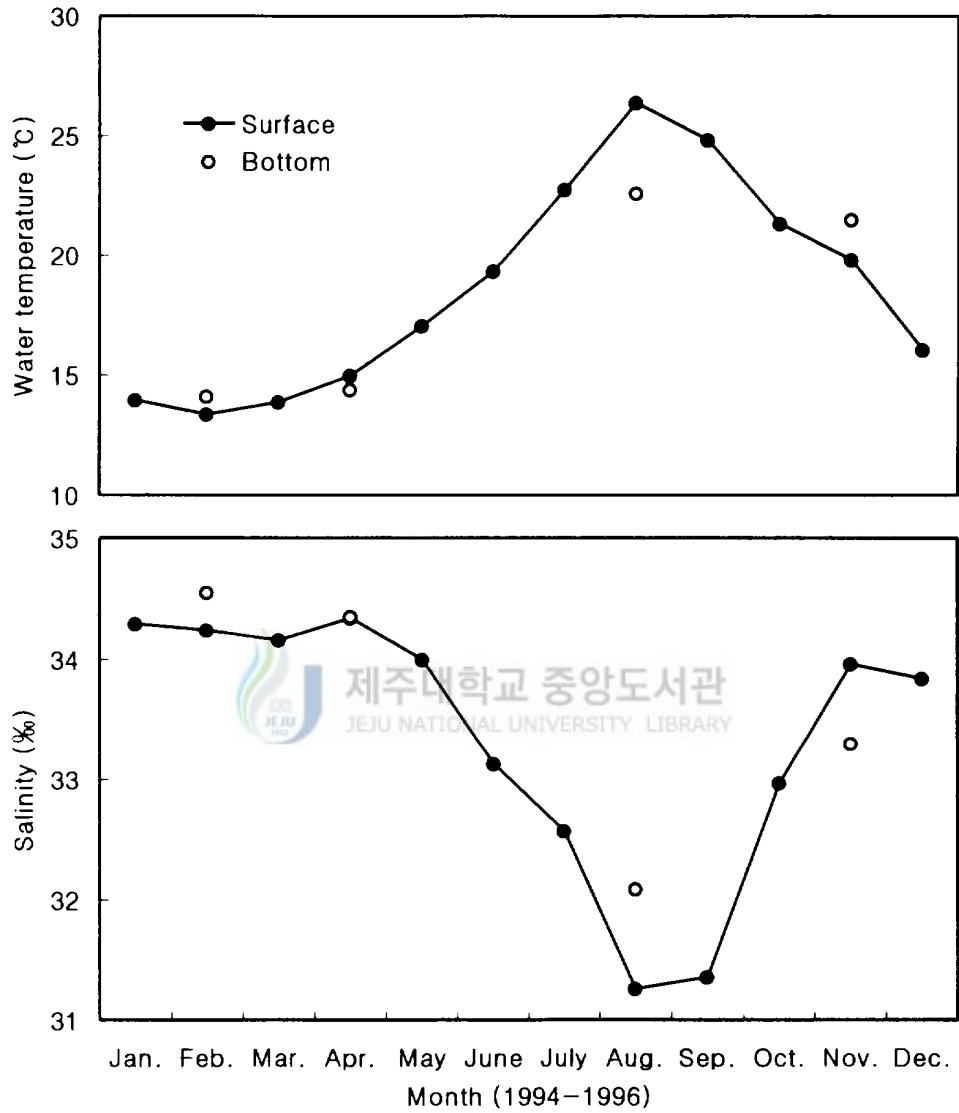


Fig. 2. Variation of mean temperature(upper) and salinity(lower) at the Wimi coast during the years from 1994 to 1996.

Table 1. Seasonal variation of phosphate, total nitrogen, chlorophyll *a*, and transparency of Bupwhan area, Chejudo

Season	Phosphate ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )		Total nitrogen ( $\mu\text{g-at}/\ell$ )		Chlorophyll <i>a</i> ( $\mu\text{g}/\ell$ )	Transparency (m)
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	
Spring	0.69	0.53	4.22	3.90	2.78	11.6
Summer	0.29	0.37	6.79	8.03	1.46	11.6
Autumn	0.22	0.20	3.89	3.84	0.81	12.4
Winter	0.54	0.79	7.23	6.49	0.73	8.6

## 2. 어초어장의 어획량 변동

### 1) 어초어장과 천연초 및 비교어장

어초어장과 천연초어장, 비교어장에서 어획된 폭당 CPUE를 어획개체수와 생체량으로 비교하여 보면 Fig. 3과 같다. 어획개체수는 어초어장에서 7.72개체/CPUE로 천연초의 4.87개체 보다 2.85개체가 많았고 비교어장의 2.66개체에 비해서는 5.06개체가 많이 어획되어, 3개 어장간에는 유의차( $P < 0.05$ )가 있었으나 어초어장과 천연초어장간에는 유의차가 없었다( $P > 0.05$ , Table 2).

어획개체수에 대한 CPUE 계절변동은 Fig. 4와 같이 어초어장이 가을인 10월과 12월에 각각 17.6개체, 1.6개체로 최고, 최저 어획을 보였고 천연초어장은 여름(8월)에 9.1개체로 가장 높고 겨울(2월)에 1.8개체로 가장 낮았다. 이에 비해 비교어장은 겨울(2월)에 4.5개체로 가장 높은 반면 봄(6월)에 1.5개체로 가장 낮았다. 년중변동을 보면 어초어장은 초여름부터 초가을까지 수온이 높은 계절에 어획량이 많았으나 천연초어장은 겨울(2월)부터 여름(8월)까지 점진적으로 증가하다가 가을 이후(10~12월)에 들어서는 4.5~5.0개체로 감소하였다. 비교어장은 겨울(2월)에 최고 어획을 보인 다음 6월까지 점차 감소하고 여름(8월)에 일부 회복세를 보이지만 12월까지는 점진적으로 감소한다.



어획 생체량은 어초어장이 2.4kg/CPUE로 천연초어장 0.7kg과 비교어장의 0.4kg보다 각각 1.7kg, 2.0 kg이 더 어획되었지만, 3개 어장간에 유의차는 없었다 ( $P>0.05$ ).

어획 생체량의 연중변동에서 어초어장은 겨울(2월)에 9.6kg으로 년중 가장 높은 어획을 보인 반면 봄(6월)에 0.5kg으로 가장 낮게 나타나 저수온기는 높은 어획생체량을 보였고 봄과 가을에는 어획생체량이 낮았다. 천연초어장에서는 여름(8월)에 1.7kg으로 최고치를 보이지만, 가을(12월)에 0.7kg, 봄(4월)에는 0.2kg으로 가장 낮은 어획을 보여 수온이 낮을수록 낮은 값을 보였다. 비교어장에서는 겨울(2월)에 0.7kg으로 높았고 가을(12월)에 0.2kg으로 가장 낮았으나 뚜렷한 계절간의 차이는 없이 낮은 어획을 보였다.

Table 2. ANOVA and T-test result of the number of the fish and biomass

	DF	SS	MS	F	T-test
Number of fish(CPUE)					
Between groups	2	242.9			<u>ARA NRA<sup>ns</sup></u>
Within groups	51	1827.6	35.8	3.39*	<u>ARA CA*</u>
Total	53	2070.5	121.4		
Biomass(CPUE)					
Between groups	2	40.4	20.2		<u>ARA NRA<sup>ns</sup></u>
Within groups	51	695.3	12.8	1.57 <sup>ns</sup>	<u>ARA CA<sup>ns</sup></u>
Total	53				

\* : Significant different at  $\alpha=0.05$

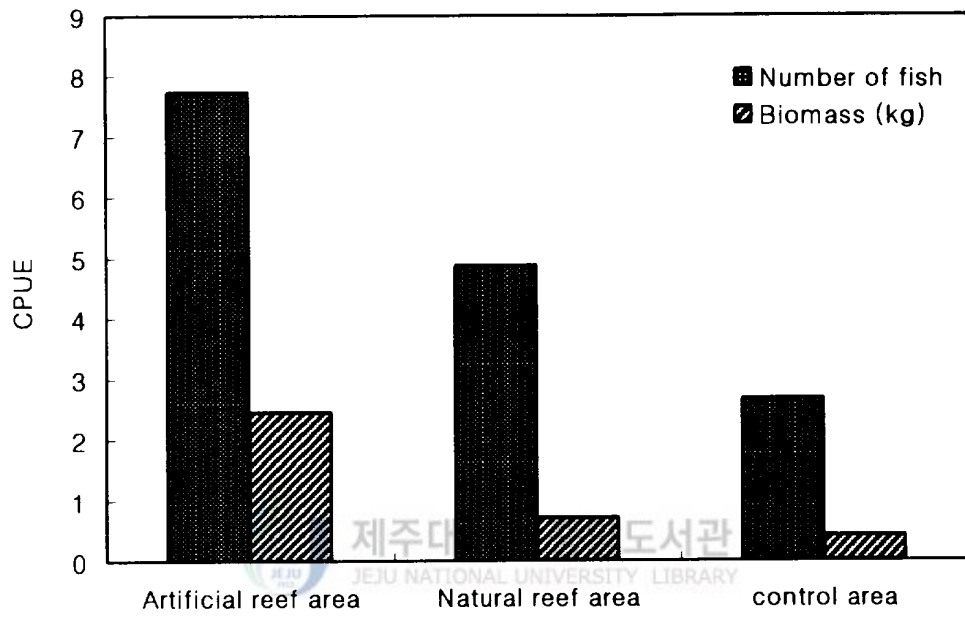


Fig. 3. Comparison of CPUE (Number of fish and biomass/unit) among the three sampling areas.

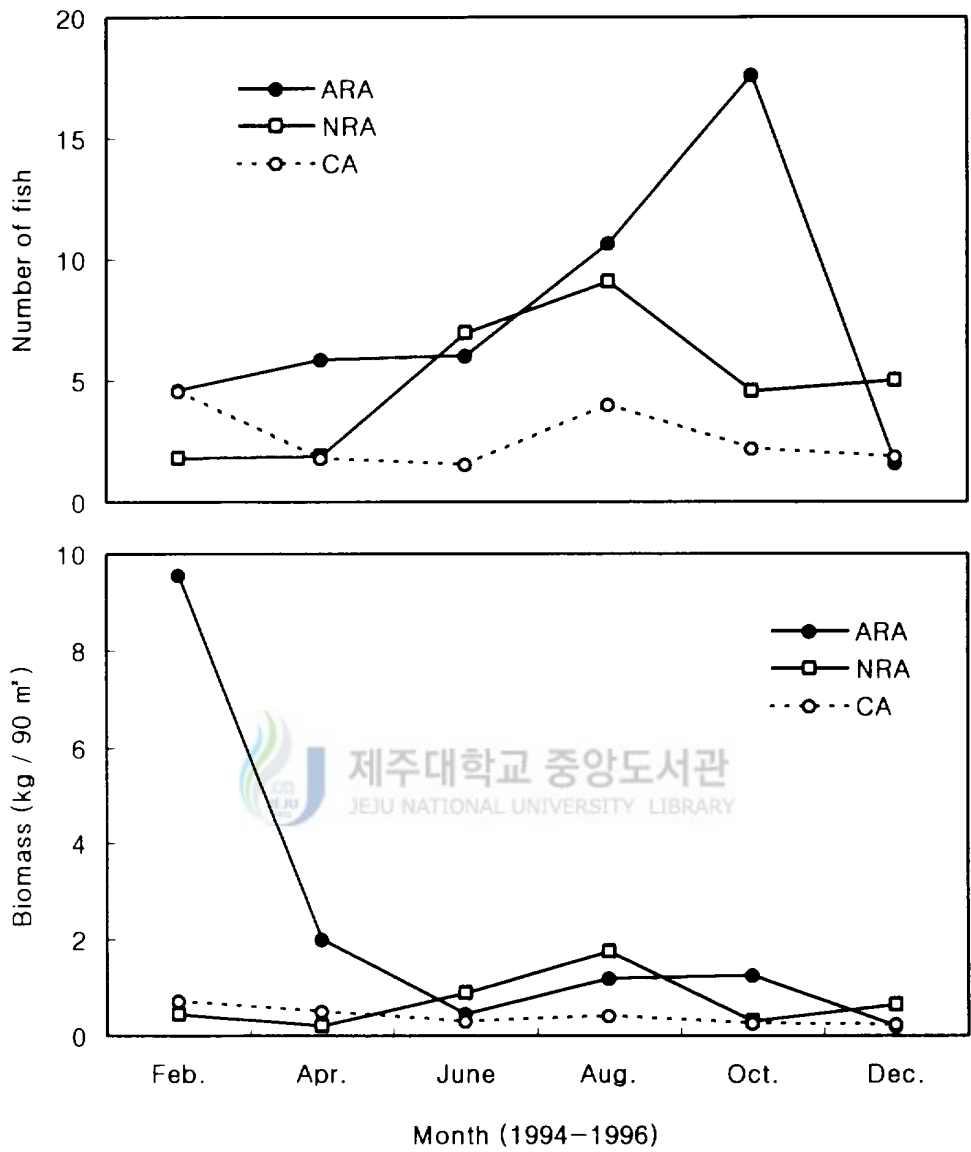


Fig. 4. CPUE (Number of fish and biomass/unit) in the three sampling areas at Bupwhan, Chejudo.

## 2) 어초 시설 전·후의 변동

인공어초 시설전과 시설후 경과년도에 따른 어획량 변동 추세는 Fig. 5와 같다. 인공어초 시설전인 1983년의 CPUE는 1.0개체였으나 시설 1년후인 1984년은 4.6개체, 시설 2년후(1985년) 6.6개체, 3년후(1986년) 6.9개체로 증가해 조사기간중 가장 많은 개체가 출현했으며 어초가 시설된후 5년이 경과한 1988년까지 출현개체수는 안정적으로 높게 지속되고 있다.

어획생체량은 인공어초가 시설되기 전인 1983년에 0.4kg으로 낮았으나 1년후(1984년)에 1.0kg으로 증가했고 2년후(1985년) 1.2kg, 3년후(1986년) 1.9kg까지 증가되어 조사기간중 가장 높은 어획을 보였다. 결과적으로 인공어초를 시설한후 대략 3년까지는 출현 개체수와 생체량이 빠르게 증가하는 경향을 보였다.

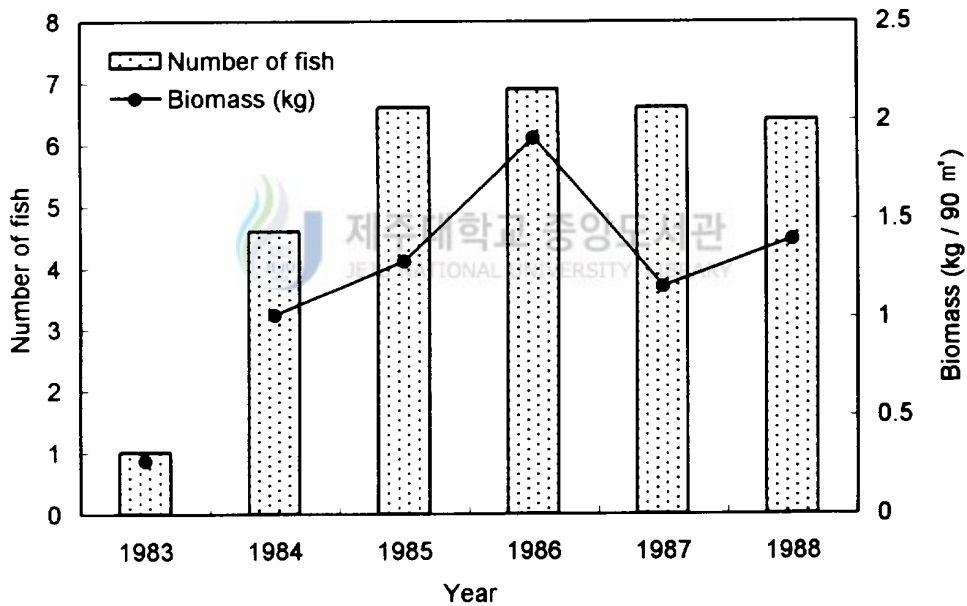


Fig 5. Annual variation of CPUE of the artificial reefs was constructed in 1984.

### 3. 종 다양성

#### 1) 어초어장과 천연초 및 비교어장

조사기간중 어획된 어류는 어초어장에서 총 43종으로 가장 많았으며 천연초어장에서 38종, 비교어장에서 31종으로 어초어장과 비교어장간에만 유의차가 있었고 ( $P < 0.05$ ), 3개 어장간에는 유의차가 없었다( $P > 0.05$ ).

계절별 출현종의 변동은 Fig. 6과 같이 어초어장과 비교어장은 여름(8월)에 28종으로 가장 많은 종이 출현하였고 가을(12월)에 11종으로 가장 낮았다. 천연초어장은 봄(6월)에 19종이 출현하여 가장 많은 종이 출현하였고 4월에 11종으로 가장 낮았다. 비교어장은 여름(8월)에 20종으로 가장 높고 봄(4월)에 6종으로 가장 낮았다.

종다양성에서 어초어장은 평균 1.08로 천연초어장 1.13과 비교어장 1.17보다 종다양성지수(H')가 낮게 나타나 일부종의 출현개체수가 상대적으로 많았으나 통계검정 결과(Table 3) 3개 어장간에 유의차는 없었다( $P > 0.05$ ). 이와같이 어초어장에서 출현종과 개체수가 천연초나 비교어장에 비해 많지만 종다양성은 반대로 낮은 값을 보이는 것은 벤자리(*Parapristipoma trilineatum*), 자리돔(*Chromis notatus*)등 특정종 어획비율이 전체 어획의 49.4%나 되는데 기인하고 천연초나 비교어장은 어획개체수와 출현종은 적지만 출현종들이 고른 밀도를 보여 다양성지수는 높은 값을 보인다.

계절에 따른 종다양성은 Fig. 7에서와 같이 어초어장은 여름(8월)에 1.10으로 가장 높고 가을(10월)에 0.39로 가장 낮았다. 년중 변동에서 2월(0.76)부터 8월(0.86)까지는 지속적인 증가를 보이나 10월에는 0.39로 급격히 감소하였고 12월에 0.97로 회복되었다. 이와같이 10월 다양성지수가 급격히 감소한 것은 벤자리(*P. trilineatum*)가 전체 어획개체수의 81%를 차지하였기 때문이다. 천연초어장은 12월에 1.08로 가장 높은 값을 보였고 8월에 0.68로 가장 낮았다. 비교어장은 2월에 0.53으로 가장 낮았으나 출현종수가 가장 많은 8월에 1.13으로 년중 최고치를 보였다.

Table 3. ANOVA and T-test result of the number of fish species and species diversity

	DF	SS	MS	F	T-test
Number of species					
Between groups	2	76.93	48.46		<u>ARA NRA</u> <sup>ns</sup>
Within groups	51	753.22	14.77	3.28 <sup>ns</sup>	<u>ARA CA</u> *
Total	53	850.15			
Species diversity (H')					
Between groups	2	0.29	0.14		<u>ARA NRA</u> <sup>ns</sup>
Within groups	51	3.30	0.06	2.23 <sup>ns</sup>	<u>ARA CA</u> <sup>ns</sup>
Total	53	3.59			

\* : Significant different at  $\alpha=0.05$

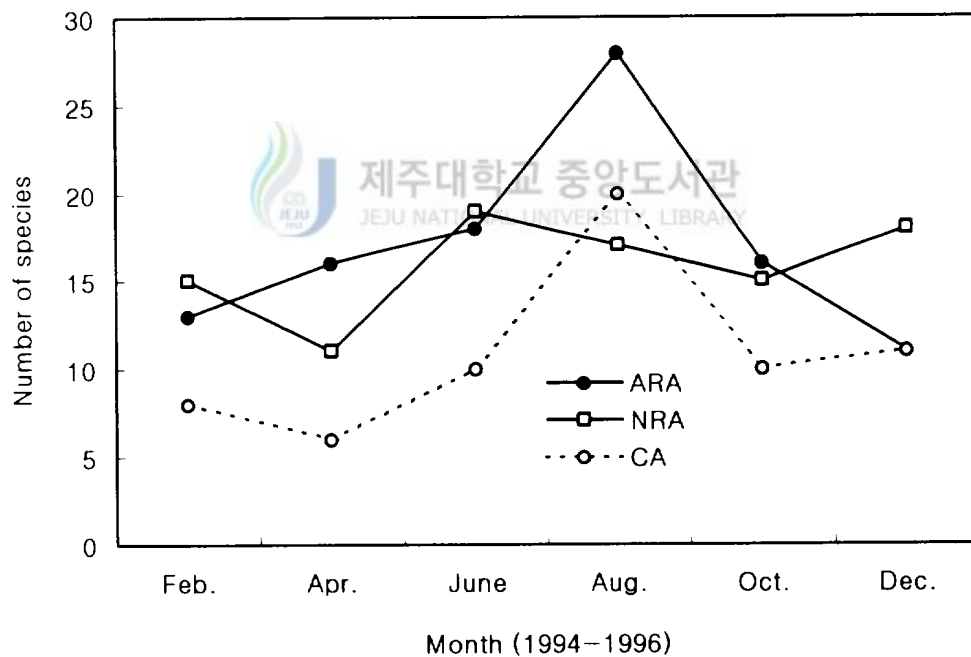


Fig. 6. Monthly change of total number of species by sampling stations (ARA, NRA, CA) at Bupwhan areas (Site A) during 1994 and 1996.

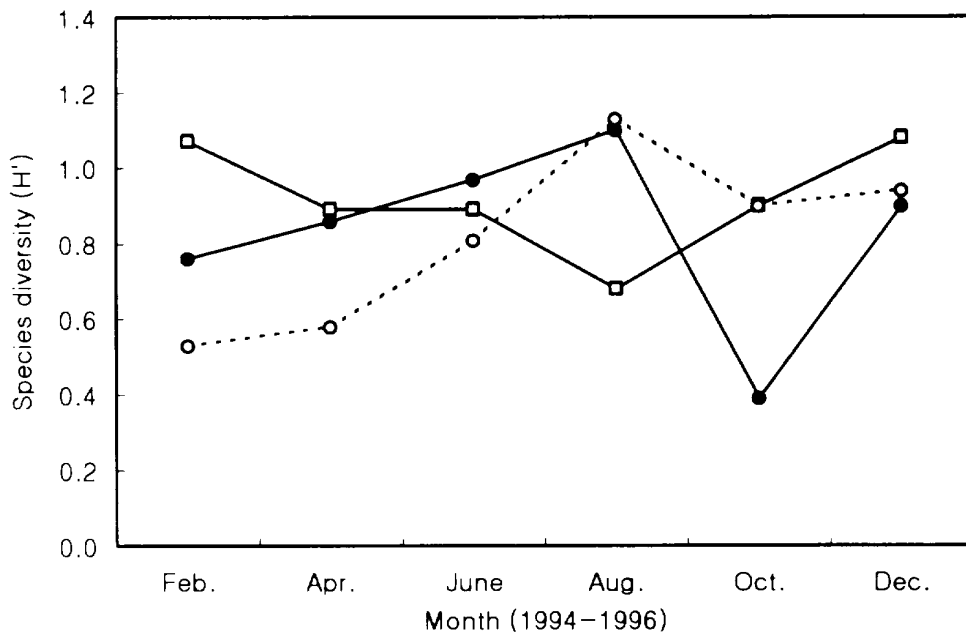


Fig. 7. Species diversity ( $H'$ ) by sampling stations (ARA, NRA, CA) at Bupwhan areas(site A) during 1994 and 1996.

2) 시설 전·후의 군집변동



인공어초 시설 전·후의 출현종과 다양성지수의 변동은 Fig. 8과 같다. 인공어초가 시설되기전 시설예정 어장의 출현종은 6종이 어획되었으나 시설 1년후 14종으로 증가하였고 2년후에는 조사기간중 가장 많은 22종이 출현하는 빠른 증가를 보였다. 이후 조사가 종료될 때까지 평균 17~21종이 출현하였다. 출현종은 정착성 어류가 대부분이었으며 회유성 어류는 시설 이듬해부터 매년 1~2종이 출현하였다.

종다양성지수는 시설전인 1983년에는 0.54로 낮았으나 1년후 0.96으로 급증하였고 시설 2년후는 0.49로 낮아졌다가 4년후 0.94로 증가하였으며 시설 5년후는 다시 0.70으로 감소하는 경향을 보였다.

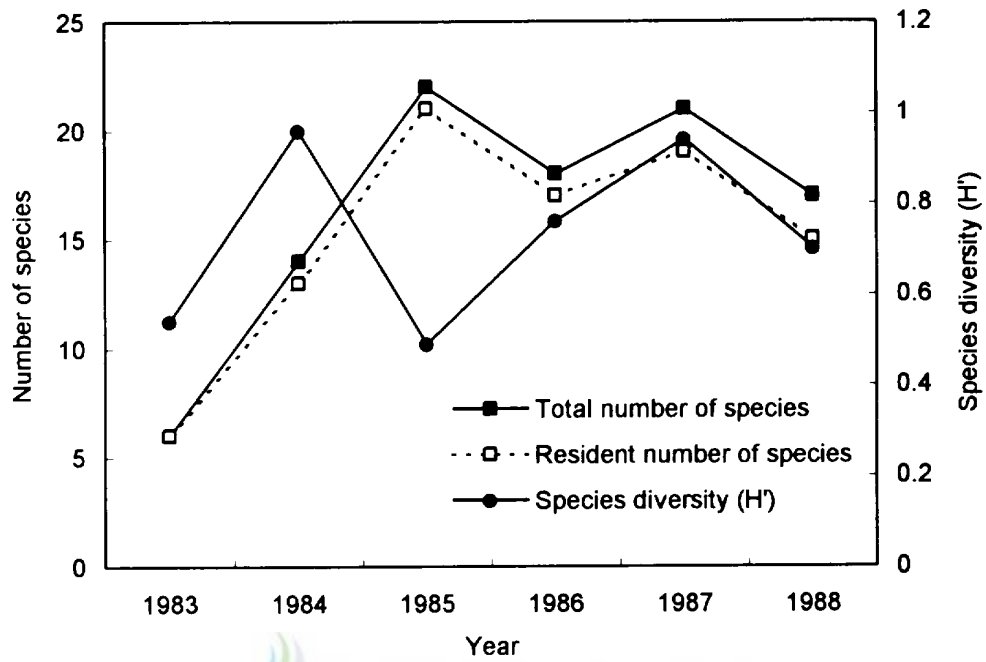


Fig. 8. Number of species and species diversity ( $H'$ ) and by year before and after artificial reefs deployment at Onpyeng area (site B).



#### 4. 어초어장의 계절별 위집종과 분포

어초어장에서 계절별로 출현하는 종을 VTR 자료에 의해 분석한 결과는 Table 4와 같다. 계절별 출현종은 봄과 여름, 가을에 각각 16종, 겨울 6종으로 총 25종이었다. 겨울에는 주로 방어(*Seriola quinqueradiata*), 범돔(*Microcanthus strigatus*), 벤자리(*Parapristipoma trilineatum*), 자리돔(*Chromis notatus*), 황놀래기(*Pseudolabrus japonicus*)가 우점하였고 봄에는 벤자리(*P. trilineatum*), 방어(*S. quinqueradiata*), 범돔(*M. strigatus*), 자리돔(*C. notatus*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 황놀래기(*P. japonicus*)가 우점하였으며 여름에는 벤자리(*P. trilineatum*), 자리돔(*C. notatus*), 말쥐치(*Navodon modestus*), 줄도화돔(*A. semilineatus*), 황놀래기(*P. japonicus*), 그리고 가을에는 말쥐치(*N. modestus*), 범돔(*M. strigatus*), 자리돔(*C. notatus*), 줄도화돔(*A. semilineatus*)이 주종을 형성하였다. 특히 자리돔(*C. notatus*)은 전 계절을 통해 우점군집으로 나타난다. 전 계절을 통해 낮 동안 인공어초에 형성된 어류군집의 공간적 분포는 Fig. 9와 같다. 자리돔(*C. notatus*), 방어(*S. quinqueradiata*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 벤자리(*P. trilineatum*)는 어초상부에서 내부 중앙까지 넓은 범위에 걸쳐 분포하고 줄도화돔(*A. semilineatus*), 범돔(*M. strigatus*), 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*), 청줄돔(*Chaetodontoplus septentrionalis*), 말쥐치(*N. modestus*)는 어초 중심부와 내부에 고밀도로 혼재된 군집을 이루고 있다. 황놀래기(*P. japonicus*)를 포함한 쥐치(*S. cirrhifer*), 호박돔(*Choerodon azurio*), 쏘배감펍(*Pterois lunulata*) 등은 어초하부와 내부에 주로 분포하고 쏘뱅이(*Sebastiscus marmoratus*)는 어초 저면에 분포하였다.

Table 4. Seasonal occurrence of fish species in the artificial reefs in Buphwan area. Log<sub>10</sub> transformation of the data during 1994 and 1996 (+, <0, ++, 0.0~1.0, +++, 1.1~1.9, +++++, 2.0~2.9)

Species observed	Spring	Summer	Autumn.	Winter
<i>Thalassoma cupido</i>		-		
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	+	+	+	+
<i>Zeus japonicus</i>	-			
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	+	+		
<i>Heniochus acuminatus</i>			-	
<i>Navodon modestus</i>	+	++	+	+
<i>Seriola quinqueradiata</i>	++		+	++
<i>Microcanthus strigatus</i>	+	+	+	+
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	--	+++	++-	
<i>Ostracion immaculatus</i>			+	
<i>Sebastes inermis</i>		-	+	
<i>Epinephelus akaara</i>		+		
<i>Pterois lunulata</i>	+	-	+	
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>	+			
<i>Sebastes marmoratus</i>	+	+	-	
<i>Duymaeria flagellifera</i>	+	+		
<i>Goniistius quadricornis</i>				
<i>Halichoeres poecilopterus</i>				
<i>Chromis notatus</i>	++	+++	++++	++++
<i>Trachurus japonicus</i>			++	
<i>Scorpaena onaria</i>			-	
<i>Apogon semilineatus</i>	++	++++	++++	
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+	++	
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>		+		
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	+	+	+	-
Total number of species	16	16	16	6

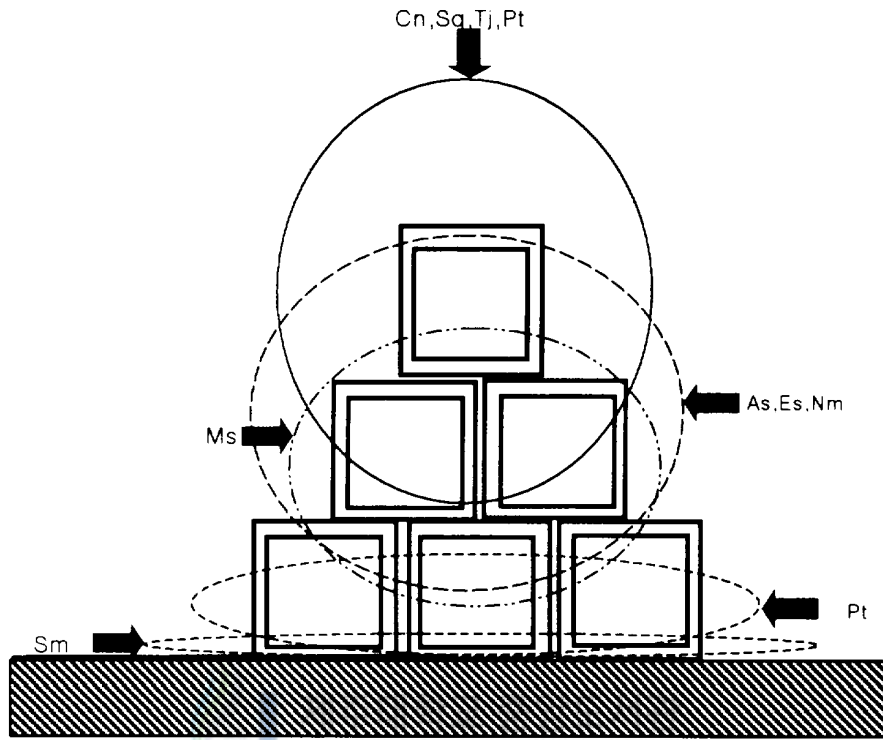


Fig. 9. A schematics diagram of the cube type artificial reef and the location of the fish assemblage. (Sq, *Seriola quinqueradita* ; Tj, *Trachurus japonicus* ; Pt, *Parapristipoma trilineatum* ; Cn, *Chromis notatus* ; As, *Apogon semilineatus* ; Ms, *Microcanthus strigatus* ; Es, *Epinephelus setemfasciatus* ; Nm, *Navodon modestus* ; Pj, *Pseudolabrus japonicus* ; Sm, *Sebastiscus marmoratus*).

## 5. 어군분포와 일중 변동

Site A 인공어초에서 1994년 8월 19일부터 20일까지(해면이 잔잔하고 조류가 비교적 강한 더조사간을 택했음) 25시간 동안 어초에서 수중카메라로 관찰된 종과 개체수는 Fig. 10과 같다. 출현종은 자리돔(*Chromis notatus*), 쥐치(*Stephanolepis cirrifer*), 잔챙이(*Trachurus japonicus*), 오징어(*Todarodes Pacificus*), 볼락(*Sebastes inermis*) 등 5종이었으며 관찰종수는 일몰 직전인 19:00에 3종이 관찰되었을 뿐 그 외의 시간에는 관찰종이 없거나 한두종만이 관찰되었다.

개체수는 19일 09:00에 95개체( $2 \times 2 \times 2$  m)가 관찰되었고 12:00(26개체)까지 감소하나 13:00와 14:00에는 다시 122개체로 증가하였으나 16:00에는 30개체까지 감소하였다. 18:00에는 240개체까지 급증하여 19일 관찰치로는 가장 많은 개체수가 나타났으나 이후 어두워지기 시작하면서 20:00에는 88개체로 감소하였다. 21:00~05:00까지 야간에는 관찰되지 않거나 극히 일부만이 나타났다. 다음날(20일) 06:00에는 260개체가 관찰되어 조사시간중 가장 많은 개체가 나타났고 이같은 상태는 08:00까지 지속되나 09:00부터는 다소 감소하였다.

유속에 따른 출현개체수에서는 유속이 0.09 m/sec 이하의 완만한 유속에서 관찰개체수가 높게 나타났다.

어군탐지기로 관찰된 어초외부 주변역의 어군분포는 07:00에 어초주변에 고밀도의 어군이 분포하는 것이 관찰되었다(Plate 1). 이들 어군은 08:00 이후 어초상부와 접해 수면쪽을 향하여 10 m 이상 높게 분포(Plate 2)하였고 10:00~17:00까지 낮 동안에는 어초상부면과 접해 소량의 어군만이 관찰되었다(Plate 3). 18:00에는 활동성이 큰 어군이 어초에서 수면하 15 m까지 깊게 연결되어 분포하고 있다(Plate 4). 야간에는 어초 주위에서 어군이 거의 관찰되지 않았고(Plate 5) 01:00에 어초 상부면에 아주 작은 양의 어군(Plate 6)이 나타났다. 04:00가 되면서 산발적이나 소규모 어군이 나타나기 시작하고(Plate 7) 06:00에는 어초 주위에 다시 어군이 형성되기 시작했다(Plate 8).

어군탐지기로 관찰된 종의 동정은 조사시간 동안 삼중자망에 의해 어획된(Table 5) 종과 VTR로 관찰된 종을 종합해 추정할수 있었는데 어초상부와 접해 수면을 향해 깊게 형성된 어군은 이동성이 강하고 큰 군집을 형성하는 벤자리

(*Parapristipoma trilineatum*)와 전갱이(*T. japonicus*)로 추정되며 어초 주위에 고밀도로 형성된 어군은 자리돔(*C. notatus*)과 말쥐치(*Navodon modestus*), 농성어(*Epinephelus setemfasciatus*)가 혼재된 군집으로 추정된다.

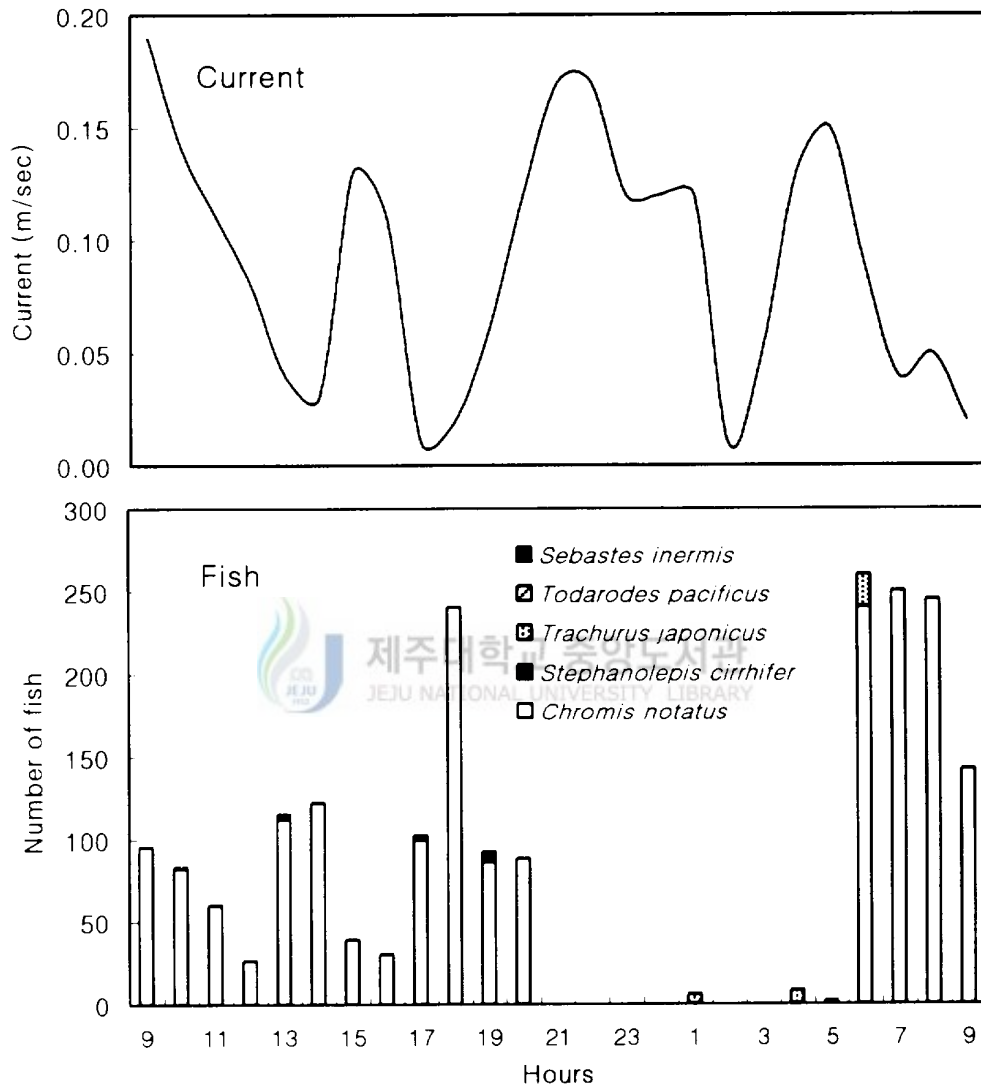


Fig. 10. Current velocity (upper) and the number of fish (lower) according to elapsed time by VTR observation at Bupwhan areas (site A).

Table 5. Number of fish and fish biomass collected by echo sounding

Species	Number of fish	Total Biomass (g)
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	14	4,920
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	21	3,815
<i>Navodon modestus</i>	4	950
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	1	320
<i>Cottiusculus schmidtii</i>	1	160
<i>Sebastes marmoratus</i>	3	700
<i>Uranoscopus japonicus</i>	2	500
<i>Trachurus japonicus</i>	4	470
<i>Narke japonica</i>	2	580
<i>Choerodon azurio</i>	1	385
<i>Raja kenofei</i>	1	660

## IV. 고 찰

우리나라에서 인공어초는 수산생물의 산란, 서식에 적합한 새로운 생활장소를 제공하고 부정어업을 방지하여 연안자원을 보호하기 위한 목적으로 시설되고 있다. 앞의 결과에서 어초어장의 생산효과(CPUE)는 7.72개체(2.4 kg) 幅으로 천연어장의 4.87개체(0.7 kg)보다 2.85개체(1.7 kg)가 많았고 비교어장(CA)의 2.66개체(0.4 kg)에 비해서는 5.06개체(2.0 kg)가 많이 어획되어 어초가 새로운 서식지로 정착하여 생물량 증가에 기여하고 있음이 증명되었다. 각 어장간의 어획량에 대한 분산분석 결과는 어획개체수는 3개 어장간에 차이( $P < 0.05$ )가 있었으나 어초와 천연초간에는 차이가 없었고( $P > 0.05$ ) 특히 어획 생체량은 3개 어장간에 유의차가 없는 것으로( $P > 0.05$ ) 나타나 어초에서 어류 군집은 천연초와 유사하면서도 양적인 면에서는 천연초보다 우위에 있다. Anna et al. (1994)은 Sicily 북서연안 어초에서 길이 500m 인 삼중자방을 사용, 1년간 17회에 걸쳐 표본채집을 실시한 결과 평균 어획개체수는 어초에서 23.7개체, 천연초 20.0개체, 비교어장 13.5개체로 어초에서 어획량이 가장 높았고 3개 어장간에는 많은 차이( $P < 0.01$ )가 있다고 하여 어초가 생물량 증가에 기여하고 있음을 인정했다. 또한 각 표본 지역간의 비교에서도 어초와 천연초간에는 개체수나 생물량 모두 차이가 없고( $P > 0.05$ ) 특히 생물량(중량)은 3개 어장간에 차이를 보이지 않았다고( $P > 0.05$ ) 하여 이 연구에서와 일치된 결과를 보고하고 있다. Friedlander et al. (1994)는 미국의 Virgin Islands에 시설된 4곳의 어초에서 끝 낚시예 의한 CPUE 변동을 연구한 결과 어초에서 시간당 어획량은 0.39개체/line으로 비교어장 0.20개체보다 높았고 두개 어장간에는 큰 차이( $P < 0.01$ )를 보였다고 했다. Fabi and Fiorentini (1979)도 유양·저서종 어류를 대상으로 연구한 결과 비교어장보다 어초어장이 높고 그 차이는 시간이 갈수록 더 커진다고 하였다. 임 등 (1982)도 제주연안에 시설된 사각어초에서 CPUE는 3.94 개체로 천연초의 3.15 개체보다 약간 높았고, 손 등(1977, 1978), 서 등(1979)도 비슷한 결과를 보고하였다. 국립수산진흥원(1986, 1987, 1989, 1992)은 우리나라 전국연안에 시설된 인공어초어장의 자원조성에 관한 연구에서 어초어장의 생산효과(어획효과)는 천연초나 비교구에 비해 대체로 2~3배 정도의 어획증가 효과가 있다고 보고하고 있어 대다수의 연구자들의 어초효과를 긍정적으로 평가하고 있으며 이 연구에서의 결과 또한 유사하

다. 특히 Cruz et al. (1994)은 인도 Kerala 연안에 페르클리트 토관과 대나무를 이용 값싼 어초를 시설하여 그 경제성에 대해 검토한 결과 시설 2주만에 시설비를 회수하였다고 보고하고 있어 인공서식지의 중요성을 강조하고 있다. 이 연구에서 개체수나 생물량은 인공어초가 시설된후 3년 동안 빠른 증가를 보였다. 특히 조사기간중 어획된 종의 회유어가 아닌 비교적 정착성이 강한 말쥐치(*Navodon modestus*), 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*), 썸뱅이(*Sebastiscus marmoratus*)가 우점 어종(말쥐치 42.8%, 쥐치 15.2%, 썸뱅이 11.1%)되고 있어 우연한 결과가 아님을 알 수 있다. Bombace et al. (1994)은 Adriatic해 인공어초에서 유영·적서성 어류는 인공어초가 시설되기 전보다 시설되고 나서 1년후가 많았고 2년후에는 더 많은 차이를 보이며 회유성이나 적서성어류, 연체동물보다도 빠른 증가를 보인다고 했다. Clark and Edwards (1994)는 시설직후 개체수는 급증하고 시간이 갈수록 계속 증가한다고 하였으며 Higashi (1994)는 Hawaii 연안 어초에서 11년 동안 장기 어획조사에서 어초어장의 CPUE는 조사지역간에 약간의 차이는 있지만 대체로 시간이 지남수록 어획량은 증가하였다고 보고하였다. Jara and Ce'spedes (1994), Moffitt et al. (1989), Denner et al. (1994)도 시설후 증가속도와 증가량이 다소 차이는 있지만 지속적인 증가를 보인다는 결과에는 의견을 같이하고 있다. 이 연구에서도 시설후 3년까지 개체수나 생체량 모두 가파른 증가를 보여 위의 연구들과 유사한 결과를 보였다. 이 연구에서 어초어장의 출현종수는 43종으로 천연초의 38종과 비교어장의 31종에 비해 5~12종이 많아 분포종수의 증가효과도 나타나는데 Ambrose and swarbrick (1989)은 California 연안 어초에서 36종, 천연초에서 34종을 기록하였고 Friedlander et al. (1994)은 어초어장에서 10종, 비교구에서 5종을 기록하여 어초어장이 자연초보다 많은 종을 갖고 있다고 했으나 이와는 대조적으로 Anna et al. (1994)은 Sicily 연안 연성식장에 시설된 인공어초에서 49종을 보고하였고 주변의 천연초에서 53종, 비교어장에서 17종을 기록하여 천연초가 인공어초보다 출현종수가 많았다고 한다. Bayle Sempere et al. (1994)도 천연초에서 더 많은 종이 분포한다고 하여 이 연구결과와 다르게 보고했다. 어초어장에 위집하는 종은 여러 연구자에 의해 다양한 결과로 나타나는데 Bortone et al. (1994)은 멕시코 동부 어초에서 잠수관찰로 31종을 보고했고 Bombace et al. (1994)은 이탈리아 Adriatic해 어초에서 43과 85종을 보고했다. 小川(1969)은 어획시험과 잠수관찰, 수중사진, VTR자료를 종합하여 120종까지 보고하고 있으며 이중 산업적으로 유용한 종은 50여종 내외라고 했다. 이 연구에서 어초에 출현한 종은 다른 연구자들의 기록보다는 대체로



직계 나타나고 있다. 종다양성지수는 어초어장 1.07, 천연초 1.13, 비교어장 1.17로 어초어장이 가장 낮은 종다양성을 보였다. Anna et al. (1994)은 Sicily 연안 어초의 종다양성 연구에서 천연초보다는 낮고 비교어장보다는 높은 종다양성을 보인다고 했으며 채집병목은 어초어장이 가운데 높고 거울에 낮으며 천연초는 가운데 높고 분해 낮으며 비교어장은 분해에서 여름까지는 비교적 안정적이나 거울에 급격히 감소한다고 보고하였다. Burchmore et al. (1994)도 천연초가 어초보다 높은 종다양성을 보인다고 하였으며 McGlennon and Branen (1994)도 비슷한 결과를 보고하고 있어 이 연구에서의 결과와 차이를 보이고 있다. Bortone et al. (1994)은 어초어장에서 종다양성을 직계가 정과 침수목 침차 높게 나타난다고 하여 군집이 안정되고 있음을 시사하고 있다. 이 연구에서 다른 연구자들의 연구결과와 차이를 보이는 요인은 이 연구의 경우 어초직접식 직계가 평탄하지만 암반으로 형성되어 있어 기존에 서식되고 있던 종과 어초직접식 새로운 직식지가 조성되어 유일된 종이 어획에 함께 가입된 결과로 해석된다. 또 다른 요인으로는 다른 연구자들과 노력시간, 채집어구의 규격, 그리고 채집량, 조사방법 등에서 오는 차이로 사료된다. 인공어초에 모이는 종의 일중행동을 어탄조사와 VTR 연속촬영, 시험어획등으로 확인할 수 있었다. 어초내의 공간은 주로 자리돔(*Chromis notatus*)에 의해 우점분포를 이루며 일중 변동에서 06:00부터 20:00까지 주간에는 어초내에서 지속적으로 잔류하나 야간에는 주광성인 오징어류, 전갱이류만 소량 관찰될 뿐 어초수위에 모이는 종은 거의 관찰되지 않았다. 이는 분산 또는 다른 어장으로 이동되었는지 VTR로 관찰할수 있는 기리가 한정적이어서 나타나지 않은 것인 지에 대하여는 확실치가 않지만 植元(1985)은 어초에서 어군의 일중행동은 어초설치 환경에 따라 위집하는 어종이 다르고 그 종류에 따라 큰 차이를 보이며 집합, 분산, 부상, 침하등 다양한 형태를 보인다고 지적하고 있다. 일반적으로 직중에는 16:00와 06:00에 조밀한 어군을 형성하고 20:00~03:00까지 산란군으로 분산하여 나타나며 특히 고등어(*Scomber japonicus*), 전갱이(*Trachurus japonicus*)등은 주간에는 직중에서 밀집하고 야간에는 표층으로 부상, 분산한다고 하였고 植元 등(1985 a, b)도 어초어장에서의 어군분포는 일반어장과 같이 낮에는 군을 형성하고 밤에는 분산하는 일중행동을 보이며 분산하기 시작하는 수층 조도는 12 Lux이며 어군량은 어초어장이 일반어장보다 높았다고 하였다. 특히 植元(1987, 1989)는 과학어탄을 어초어장의 어군량 추정에 도입하여 조사한 결과 어초어장에서의 어군량은 변동폭이 매우 크다고(700~4,900톤) 하였다. 이 연구에서 어탄에 의한 어초어장의 어군분포는 이른 아침에는 고밀도의 어군이 어초와 집해

관찰되어 VTR 기록과 일치하고 있지만 주간 동안에는 어조근처에 어류는 전혀 확인되지 않아 사원(1985), Hwang(1985 a, b, 1987, 1989)등의 연구결과와 유사하게 나타났다.

이 연구의 결과는 평탄한 알반위에 시설된 인공어초는 다양한 종의 유입과 개체 수, 생체량 증가에 기여하고 있으며 일반어장보다는 높은 생산성을 유지하고 특히 어초는 짧은 시간동안 빠른 어장형성을 보여 새로운 서식지로 정착되고 있는 것이 증명되었다.



## V. 요약

제주도 남부연안에 시설된 사각어초 어장에서 어류의 군집형성과 분포유형 그리고 일중생동 등 군집변동을 표본채집과 육안적 관찰 및 어군탐지기로 조사한 결과는 아래와 같다.

1. 인공어초 어장의 CPUE는 7.72개체(2.4kg)/幅으로 천연초의 4.87개체(0.7kg)보다 2.85배(1.7kg)가 많았고 비교어장 2.66개체(0.4kg)에 비해서는 5.06배(1.7kg)가 많았다.

2. 어초어장의 출현종은 43종으로 천연초의 38종과 비교어장의 31종 보다 5~12종이 더 많았으며 종다양성지수는 어초어장 1.07, 천연초 1.13, 비교어장 1.17로 어초어장에서 가장 낮았다.

3. 어초시설 전후의 CPUE 변동은 시설전에는 1.0개체(0.4kg)/幅으로 낮았으나 1년후 4.6개체(1.0kg), 3년후 6.9개체(1.9kg)로 급증하였고 출현종수도 시설전 6종에서 1년후 14종, 2년후 22종으로 빠른 증가를 보였다.

4. 어초에 모인 종의 공간분포는 어초상부에 방어, 전갱이, 뱀장리, 자리돔이 혼합된 군을 형성하여 분포하고 어초내부의 중앙에는 범돔, 어초중앙 주변에는 능성어, 갈치, 하부에는 황놀래기, 저면에는 썩병이가 분포하였다.

5. VTR 자료에 나타난 시간대별 위집종은 5종이 관찰되었으며 개체수는 09:00~20:00까지는 어사간 26~240개체(평균81개체)가 나타났으나 야간에는 거의 관찰되지 않았고 이를 야집인 06:00~08:00까지는 245~260개체가 나타나 풍부한 생물상을 보였으며 관찰종은 자리돔이 대부분이었다.

## VI. 참고 문헌

- 岡部宗明, 1979. 原色魚類檢索圖鑑. 北隆館, 358pp.
- Ambrose R. F. and S. L. Swarbrick, 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2), 718-733.
- Anna G. D., F. Badalamenti, M. Gristina and C. Pipitone, 1994. Influence of artificial reefs on coastal nekton assemblages of the Gulf of Castellammare (Northwest Sicily). *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 418-433.
- Bayle Sempere J. T., A. A. Ramos-Espla and J. A. Garcia Charton, 1994. Intra-annual variability of an artificial reef fish assemblage in the marine reserve of Tabarca (Alicante, Spain, SW Mediterranean). *Bull. Mar. Sci.*, 55(3), 824-835.
- Bombace G., G. Fabi, L. Fiorentini and S. Speranza, 1994. Analysis of efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 559-580.
- Bortone S. A., Martin T. and Bundrick C. M., 1994. Factors affecting fish assemblage development on a modular artificial reef in a northern Gulf of Mexico estuary. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 319-332.
- Burchmore J. J., D. A. Pollard, J. D. bell, M. J. Middleton, B. C. Pease and J. Matthews, 1985. An ecological comparison of artificial and natural rocky reef fish communities in Botany Bay, New South Wales, Australia. *Bull. Mar. Sci.*, 37(1), 70-85.
- 강문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 727 pp.
- Clark S. and A. J. Edwards, 1994. Use of artificial reef structures to rehabilitate reef flats degraded by coral mining in the Maldives. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 724-744.
- Cruz T. D., S. Creech and J. Fernandez, 1994. Comparison of catch rates and species composition from artificial and natural reefs in Kerala, India. *Bull.*

- Mar. Sci.*, 55(3), 1029-1037.
- Danner E. M., T. C. Wilson and R. E. Schlotterbeck, 1994. Comparison of rockfish recruitment of nearshore artificial reef off the coast of central California. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 333-343.
- Fabi G. and L. Fiorentini, 1994. Comparison between an artificial reef and a control site the Adriatic Sea: Analysis of four years of monitoring. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 538-558.
- Friedlander A., J. Beets and W. Tobias, 1994. Effects of fish aggregating devices design and location on fishing success in the U.S. Virgin islands. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 592-601.
- 宇田 貞徳, 1969. 人工魚礁と魚付き. 水産増殖臨時号 7 : 2-21.
- 魚礁綜合研究会, 1976. 人工魚礁の理論と實際 (I). 水産増養殖叢書, 26, 119 pp.
- Higashi G. R., 1994. Ten years of fish aggregating device (FAD) design development in Hawaii. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 651-666.
- 해양수산부, 1997. 인공어초 시설실적(1971-1996). 해양수산부, 140 pp.
- Jara F. and R. Ce'spedes, 1994. An experimental evaluation of habitat enhancement on homogeneous marine bottom in Southern Chile. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 295-307.
- 국립수산진흥원, 1986. 인공어초 효과조사, 수진원사업보고, 67 : 1-180.
- 국립수산진흥원, 1987. 인공어초 효과조사, 수진원사업보고, 72 : 1-77.
- 국립수산진흥원, 1989. 전국연안 인공어초 어장 생산성조사, 수진원사업보고, 82 : 1-107.
- 국립수산진흥원, 1992. 한국연안 인공어초의 자원조성에 관한 연구, 수진원사업보고, 95 : 1-89.
- 佐藤 昭, 1985. 魚礁構造と魚群増集量について. 水産土木, 21(1), 1-9.
- 임기봉, 장기욱, 김대권, 김병규, 1982. 인공어초 투입효과 시험, 수진원사업보고, 55 : 232-245.
- McGlennon D. and K. L. Branden, 1994. Comparison of catch and artificial reefs and natural seabed in Gulf of St. Vincent, South Australia. *Bull. Mar. Sci.*, 55(2), 510-523.

- Moffitt R. B., F. A. Parrish and J. J. Polovina, 1989. Community structure, biomass and productivity of deepwater artificial reefs in Hawaii. *Bull. Mar. Sci.*, 44, 616-630.
- 서부욱, 정용모, 1981. 제주도연안에 있어서 인공어초의 안정성. *제주대해자연보* 5 : 47-54.
- 서항근, 송부익, 박영조, 장길호, 1979. 인공어초 투입효과시험. *수질원사업보고*, 49 : 217-231.
- Shannon C. E. and W. Wiener, 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, Univ. of Illinois Press, 125pp.
- 손태준, 박종식, 서부욱, 1977. 어초의 형태와 어군의 위집에 관한 연구. *한수지*, 10(3): 179-187.
- 손태준, 박종식, 서부욱, 1978. 인공어초에 관한 연구. *제주대학논문집* 10, 113-119.
- 田中 實, 森田 晴, 大久保 久直, 1985 a. 魚礁漁場における魚類生態に関する研究. I. 人工魚礁における魚類の分布構造. *水産土木*, 22(2), 9-16.
- 田中 實, 森田 晴, 川上 英雄, 梨田 一也, 大久保 久直, 1985 b. 魚礁漁場における魚類生態に関する研究 II. 出雲崎人工魚礁群における魚類分布. *水産土木*, 22(1), 1-8.
- 田中 實, 1987. 魚礁漁場における魚類生態に関する研究 III. 計量魚探による人工魚礁付近群の魚群分布調査. *水産土木*, 24(1), 1-6.
- 田中 實, 1989. 魚礁漁場における魚類生態に関する研究 IV. 計量魚探による人工魚礁付の領域魚群量調査. *水産土木*, 25(2), 1-8.

Appendix. Taxa of catch species by three sites (ARA, NRA, CA) at Bupwhan and Onpyeng. ARA=artificial reefs area ; NRA=natural reefs area ; CA=control area ; N=Number of fish ; B=Biomass (g)

Species	Bupwhan						Onpyeng	
	ARA		NRA		CA		ARA	
	N	B	N	B	N	B	N	B
<b>Fishes</b>								
Scyliorhinidae								
<i>Scyliorhinus torazame</i>	1	405					1	6,000
Rajidae								
<i>Raja kenoei</i>	2	820	1	850	7	4,480		
Dasyatidae								
<i>Dasyatis akajei</i>	3	1,225	2	1,240				
Torpedinidae								
<i>Narke japonica</i>	3	1,030	7	2,110			13	5,059
Engraulidae								
<i>Engraulis japonica</i>					26	257		
Synodontidae								
<i>Saurida undosquamis</i>	1	165	4	820	12	1,878	1	120
<i>Trachinocephalus myops</i>	28	3,286	103	21,004	69	13,886		
Congridae								
<i>Astroconger myriaster</i>	1	305	1	380			1	1,200
Scombresocidae								
<i>Cololabis saira</i>	2	475	2	310	1	108		
Fistulariidae								
<i>Fistularia villosa</i>			1	210				
Monocentridae								
<i>Monocentris japonicus</i>							13	832
Zeidae								
<i>Zeus japonicus</i>			1	282			10	2,905
Serranidae								
<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	150						
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2	721	6	3,830			13	6,455

Appendix. continued

Species	Bupwhan				Onpyeng			
	ARA		NRA		CA		ARA	
	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Epinephelus akaara</i>					1	160	2	1,040
<i>E. moara</i>							12	5,655
Apogonidae								
<i>Apogon semilineatus</i>	10	243	10	209			1	25
Sillaginidae								
<i>Sillago sihama</i>	1	210	2	47				
Branchiostegidae								
<i>Branchiostegus argentatus</i>							2	355
Pomadasyidae								
<i>Prarapristipoma trilineatum</i>	225	15,891	12	1,585	1	120	19	5,057
Sparidae								
<i>Chrysophrys major</i>	1	350	1	350			19	5,007
Mullidae								
<i>Pseudupeneus fraterculus</i>					1	380		
<i>Upeneus bensasi</i>			2	220			1	10
Girellidae								
<i>Girella punctata</i>							3	1,127
Histiopteridae								
<i>Eviistias acutirostris</i>							1	114
Oplegnathidae								
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	1	460					1	280
Aplodactylidae								
<i>Goniistius zonatus</i>							5	2,720
<i>G. quadricornis</i>							10	4,350
Caranginidae								
<i>Caranx equula</i>	1	240	3	45				
<i>Trachurus japonicus</i>	1	37						
<i>Seriola quinqueradiata</i>	39	163,190					3	1,600



## Appendix. continued

Species	Bupwhan				Onpyeng			
	ARA		NRA		CA		ARA	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Scorpididae								
<i>Microcanthus strigatus</i>							2	145
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	2	403	6	497	1	40	14	1,851
Embiotocidae								
<i>Ditrema temmincki</i>	1	19	1	30				
Pomacentridae								
<i>Chromis notatus</i>	119	3,629	94	2,771	12	328		
Labridae								
<i>Choerodon azurio</i>	9	2,585	3	1,333	8	1,885	3	486
<i>Semicossyphus reticulatus</i>							1	1,000
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	54	2,694	43	2,435	8	431	1	42
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	24	1,829	23	1,930	6	495	1	52
<i>Duymaeria flagellifera</i>	1	65	3	141				
<i>Thalassoma cupido</i>							2	70
Uranoscopidae								
<i>Uranoscopus japonicus</i>	1	290	1	350	5	1,865		
Callionymidae								
<i>Callionymus lunatus</i>			1	44	8	170		
<i>C. doryssus</i>			5	435	4	210		
<i>C. richardsoni</i>							1	50
Scombridae								
<i>Scomber japonicus</i>	50	4,035	2	55	1	80		
<i>Sarda orientalis</i>							1	2,000
<i>Katsuwonus pelamis</i>							1	1,250
Scorpaenidae								
<i>Sebastes inermis</i>					1	160	4	800
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>	21	788	9	716	2	70	4	125
<i>Scorpaena neglecta</i>	9	314	8	238	4	115	6	325
<i>Sebastes marmoratus</i>	11	2,523	10	2,737	2	175	68	12,807
<i>Pterois lunulata</i>	8	1,102	3	165	6	1,116		

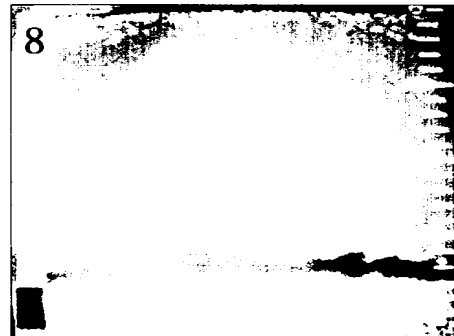
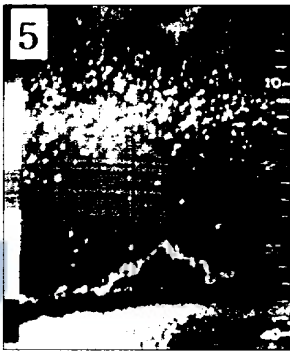
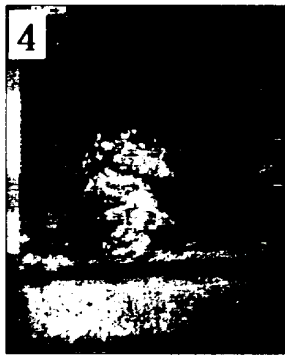
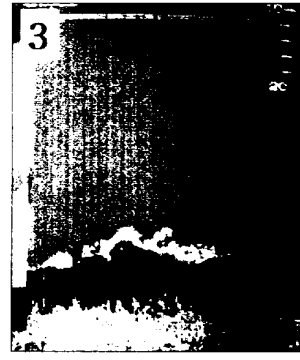
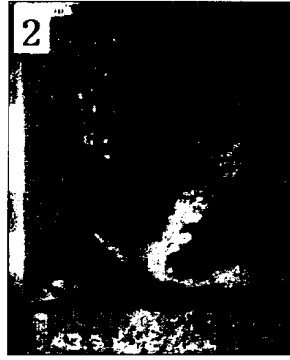
## Appendix. continued

Species	Bupwhan				Onpyeng			
	ARA		NRA		CA		ARA	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Synarceiidae								
<i>Inimicus japonicus</i>	4	1,645	2	590			6	2,622
Triglidae								
<i>Chelidonichthys kumu</i>	1	29						
Hexagrammidae								
<i>Agrammus agrammus</i>							1	440
Cottidae								
<i>Cottiusculus schmidtii</i>							1	350
Bothidae								
<i>Paralichthys olivaceus</i>	2	95			2	65		
<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>					2	425		
Soleidae								
<i>Heteromycteris japonicus</i>	1	17	1	10	9	55		
<i>Zebrias fasciatus</i>	1	40					3	575
Cynoglossidae								
<i>Rhinoplagusia japonica</i>	3	755	2	535	2	390		
Aluteridae								
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	21	2,648	45	9,543	20	4,893	93	10,338
<i>Navodon modestus</i>	13	1,801	11	3,131	10	1,420	262	47,674
Ostraciontidae								
<i>Ostracion tuberculatus</i>	1	155					4	490
Tetraodontidae								
<i>Lagocephalus lunaris</i>	6	705	5	635	4	510		
<b>Mollusca</b>								
<i>Sepia esculenta</i>	4	1,160						
<i>Todarodes pacificus</i>	5	1,296	2	1,460	1	105	2	1,220
<i>Loligo beka</i>					1	65		

## Explanation of the Plates

- Fig. 1. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (07:00).
- Fig. 2. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (08:00).
- Fig. 3. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (10:00).
- Fig. 4. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (18:00).
- Fig. 5. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (19:00).
- Fig. 6. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (01:00).
- Fig. 7. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (04:00).
- Fig. 8. Fish population variation according to elapsed time by fish sounder at artificial reefs in Bupwhan area (06:00).

PLATE



## 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 정성어린 지도를 아끼지 않으신 노 선 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다. 아울러 미흡한 이 논문에 세심한 관심을 가지시고 논문의 체계를 바로 잡아 주신 이정재 교수님, 김상길 교수님께 감사 드립니다. 또한 항상 관심을 가지시고 조언을 아끼지 않으신 이기환 교수님, 이영돈 교수님, 송준복 교수님, 최광석 교수님께 감사 드립니다. 바쁘신 가운데서도 자료치리와 분석에 정성을 다해준 원재민, 김재우씨에게 고마움을 전합니다.

비록 일부 중에도 학업을 계속할수 있도록 배려해준 손관원 소장님과 동료직원들 그리고 항상 관심을 가지고 조언을 아끼지 않은 대학원생 여러분과 어류양식 실험실 후배들에게도 감사의 마음을 전합니다.

끝으로 오늘 이 시간이 있도록 늘 걱정해 주신 어머니와 지난 시간동안 어려운 여건하에서도 믿음의 애초하면서 용기를 준 아내 민자와 아들 우원, 준용이와 함께 이 조그만 결실을 나누고자 합니다.

