

석사학위논문

제주 연안 해중 전복 가두리
시스템 주변에 출현하는 어류의
종조성 및 행동 특성

제주대학교 대학원

해양학과

고진필

2002년 6월

제주 연안 해중 전복 가두리
시스템 주변에 출현하는 어류의
종조성 및 행동 특성

지도교수 고 유 봉

고 진 필

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2002년 6월

고 진 필의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ (印)

위 원 _____ (印)

위 원 _____ (印)

제주대학교 대학원

2002년 6월

Species Composition and Behavioral Character of
Fishes Observed around Underwater Aquaculture
Cage System on the Coast of Jeju Island

Jin-Pil Koh

(Supervised by Professor You Bong Go)

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

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

JUNE 2002

목 차

List of Figures	iii
List of Tables	v
Abstract	vi
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 착저식 가두리 시스템의 개요	3
2. 조사 해석	4
3. 조사 방법	7
III. 결 과	9
1. 착저식 사육 시스템 주변 환경	9
2. 출현종	13
1) 출현 어류 목록 및 종조성	13
2) 월별 출현 변화	17

3) 정점별 출현 변화	20
(1) 정점별 위집 상황	20
(2) 어류의 분포 조성	30
4) 구조물의 위치에 따른 출현 경향	33
3. 주요 어종의 행동 특성	38
IV. 고 찰	42
V. 요 약	46
VI. 참고 문헌	47

List of Figures

Fig. 1. Schematic diagram showing the bottom cage system during the experimental period.	3
Fig. 2. Map showing the experimental area. Solid circles indicate the installation site of the bottom cage system.	5
Fig. 3. Monthly variation of water temperature in the two different areas during the experimental period.	9
Fig. 4. Pictures of abalone, <i>Haliotis discus</i> , rearing in the experimental bottom cage system.	11
Fig. 5. Diver's images working around the bottom cage system.	12
Fig. 6. Variation of the species number of fish observed around the experimental bottom cage system.	19
Fig. 7. Fishes gathered near the experimental bottom cage system at Hwabuk A(H-A) area.	22
Fig. 8. Fishes gathered near the experimental bottom cage system at Hwabuk B(H-B) area.	23
Fig. 9. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Samyang(S) area.	24
Fig. 10. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Samyang fishing village cooperatives(SV) sea area.	25
Fig. 11. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk east fishing village cooperatives(HE-1) sea area.	26
Fig. 12. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk east fishing village cooperatives(HE-2) sea area.	27

Fig. 13. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk west fishing village cooperatives(HW-1) sea area.	28
Fig. 14. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Pyoseon sea area (Depth 12m).	29
Fig. 15. Habitat type of gathering in the experimental bottom cage system.	33
Fig. 16. Fish's pictures gathering above the experimental bottom cage system (type A).	35
Fig. 17. Fish's pictures gathering inside the experimental bottom cage system (type B).	36
Fig. 18. Fish's pictures gathering around bottom of the experimental bottom cage system (type C).	37
Fig. 19. Behavioral characteristic of fishes around bottom cage system.	40
Fig. 20. Images of fishes eating young abalone, <i>Haliotis discus</i> around bottom cage system.	41

List of Tables

Table 1. Concept dimension of the bottom cage system	4
Table 2. Environmental condition on each observation site	6
Table 3. Environmental condition by each photography observation time during experimental period	8
Table 4. Number of orders, families, genera and species of the fishes observed around the experimental bottom cage system	16
Table 5. Monthly occurrences of fishes observed around the bottom cage system from December 2000 to December 2001	18
Table 6. Composition and number of fish species found near the each observation site	21
Table 7. Comparison of the fishes observed near observation site(HE-1, HE-2) and natural reef area in September 2001	31
Table 8. Comparison of the fishes observed near observation site HE-1 and HW-1 area in May, November 2001	32
Table 9. Species composition of the fishes according to habitat type	34

Abstract

To find out the behavioral character and the distribution type of fishes around bottom cage systems, investigations were carried out by diving observation in the coastal area of Hwabuk and Samyang, the north of Jeju Island, from December 2000 to December 2001. The purpose of this study is to obtain basic data as the function of artificial reef of the bottom cage system where abalones are reared underwater.

During the period of experiments, a total of 43 species (36 genus, 26 families and 6 orders) were identified around the cage system. Among the 6 orders, Perciformes (29 species, 23 genus, 17 families), Tetraodontiformes (5 species, 5 genus, 4 families) and Scorpaeniforms (6 species, 5 genus, 2 families) were the dominant fish fauna in this experimental area.

The number of individual fish per month was higher in high temperature period than in low one, showing a peak in September as 32 species, and the lowest in March as 6 species.

Dark-banded rockfish(*Sebastes inermis*), barface cardinalfish(*Apogon semilineatus*), footballer(*Microcanthus strigatus*), japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*), coralfish(*Chromis notatus*), multicolorfin rainbow fish(*Halichoeres poecilopterus*), motleystripe rainbow fish (*Halichoeres tenuispinnis*), bambooleaf wrasse (*Pseudolabrus japonicus*), cocktail wrasse(*Pteragogus flagellifer*) and filefish (*Stephanolepis cirrhifer*) all appeared in each observation site.

Fishes were classified into three types according to their distribution location that they gathered near the cage systems.

It was observed that fishes which appeared around the bottom cage systems used the cage systems as the place for refuge, foraging place or habitat according to each kind of fish. The results of this study show that the experimental bottom cage systems acted as the function of the artificial reef.

I. 서 론

바다로 둘러싸인 제주도는 단조로운 해안선을 가지고 있으나 마을 어장을 중심으로 한 연안은 오래 전부터 선조들의 삶의 터전이었고 현재까지도 어선어업 및 마을어업의 생산 활동이 이루어지고 있는 중요한 장소이다. 최근 제주 연안의 갯녹음(백화) 현상으로 생태계가 변화하면서 그곳에 서식하는 생물들에게 큰 영향을 미치고 있어도 생업의 수단을 포기할 수 없는 해녀들은 계속해서 해조류와 패류를 채포하지 않을 수 없는 실정이다.

제주도에 양식 산업이 본격적으로 시작된 것은 1980년대 말부터이고, 제주도의 지리적 여건상 대부분이 육상수조식 양식업에 의존하고 있는 실정이다. 육상양식시설이 점차 늘어남에 따라 지역 주민과의 마찰, 해양경관의 훼손, 연안환경 오염 등으로 분쟁이 끊임없이 발생하고 있다. 이러한 상황에서 육상시설에 의한 양식업의 형태를 개선할 필요가 있다고 판단되어 수년전부터 김과 고(1997)에 의해 제주 연안에 위치한 마을어장의 효율적인 활용과 그곳에 종사하는 어촌계, 해녀들의 생산 활동의 고양을 목적으로 개방된 연안 수역에서 여름철 태풍과 북서계절풍의 풍파에 견딜 수 있는 해중 전복가두리 양식시스템이 개발되게 되었다.

그 결과 실향역에서 본격적인 전복 사육이 시작되면서부터 시스템 주변에 인근 해역과 구분되는 어류의 위집 현상이 나타났다. 최근 연안 생태계의 변화에 따른 어족 자원의 감소로 인위적인 자원조성 필요성이 절실히 요구되는 상황에서 이러한 해중 전복가두리 양식시스템의 어초 효과는 대단히 고무적인 일이라 할 수 있다.

본래 인공어초는 어류 등의 수산생물이 암초나 침선 등에 모여드는 성질을 이용, 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 수산생물의 서식과 산란, 성육에 적합한 자연환경을 조성해 줌으로써, 연안정착성 수산생물은 물론 근해 회유성 어류를 유집할 수 있도록 생물먹이와 휴식의 장소를 제공하고 대상 생물을 보호, 육성하는 것을 목적으로 시설한 어장 시설물이다(이와 강, 1994; 안 등, 1999).

인공어초에 관한 연구로는 자원조성 효과(小川, 1968, 안 등; 1999, 김, 1999), 규모와 배치에 관한 연구(류 등, 1986), 해중립 조성(김 등, 1992), 해양생물 군집(최, 2001), 어군의 행동특성(岡本 등, 1981; 홍, 1998) 등 다양한 방면에서 연구가 행해지고 있으며 특히, 어류 특성에 적합한 인공어초의 모형 개발(이와 강, 1994; 김 등, 1999; 홍, 1999)과 다양한 재질의 어초에 대한 연구(임 등, 1993; 이 등, 1999; 부경대, 2000)에도 많은 노력을 기울이고 있다.

일반적으로 설치된 수중 구조물에 대해서는 잠수조사(岡本, 1983), 삼중자망에 의한 조사(Santos *et al.*, 1997; 조 등, 1997), 어군탐지기에 의한 조사(岡本, 1983), 표지 방류(町中, 1978), 자동계측기에 의한 조사(岡本, 1989)등의 방법으로 어류상, 어군량, 위집현상 등을 파악하여 위집효과를 판정하고 있다. 인공어초의 연구를 진행하는데 있어서는 장시간에 걸쳐 연속적으로 위집어류를 추적하는 상세한 조사가 필요하지만, 실험역 조사자체에 어려움이 많아 지금까지는 단편적인 조사에 그치는 경우가 많았다(洪과 岡本, 1998).

본 연구는 제주도 화북동과 삼양동 마을어장에 시설한 착저식 가두리 주변에 출현하는 어류를 조사함으로써 해중 전복 가두리 양식시스템에 대해 인공어초로서의 효과 가능성에 대한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 착저식 사육 시스템의 개요

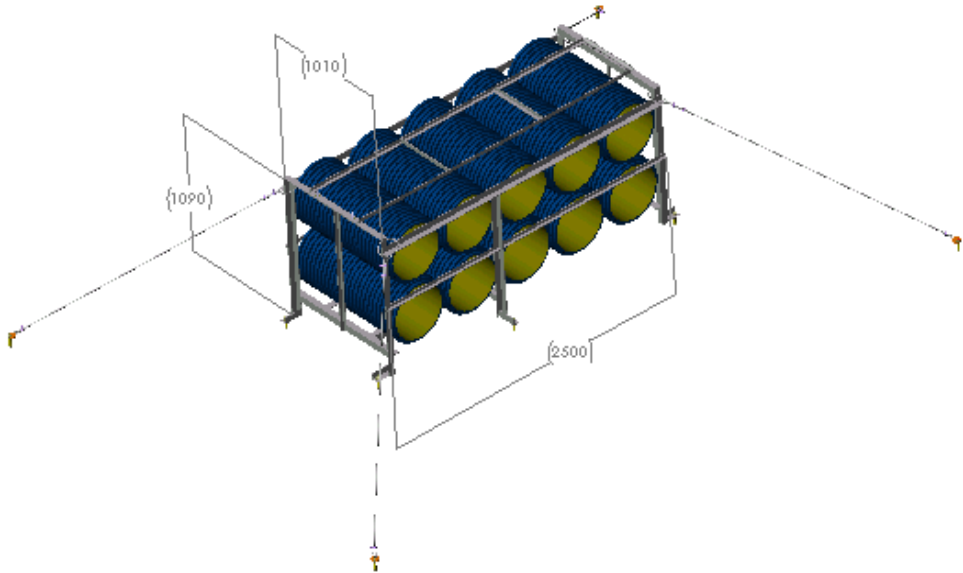



Fig. 1. Schematic diagram showing the bottom cage system during the experimental period.

본 시설의 설계 및 사육 시스템은 이미 보고 된 바와 같이(김과 고, 1997; 윤, 1999; 제주대, 1999), 어촌계에 보급할 목적으로 수심 10m 부근에서 양식할 수 있는 가장 안정적이고, 간단한 형태의 것이다(Fig. 1). 개념 설계된 내용(Table 1)을 바탕으로 착저식 사육 시스템을 수심 7-15m 해저 암반에 해면 공기 공급 장치와 에어드릴을 사용하여 착저식 고정틀을 위치시키고 해저 암반을 천공한 후 앵커볼트를 박고 스테인리스강 와이어로프와 스테인리스강 클립으로 단단히 고정시킨 후 사육조를 볼트와 너트로 착저식 고정틀에 결합시켰다.

Table 1. Concept dimension of the bottom cage system

Item		Size (mm)	Material	
	Frame	Total length	2500	
		Total width	1010	
		Total height	1090	
	Rearing cage	Total length	1000	THP pipe
		Diameter	450	

현재 전북 중간육성을 통한 양식 사업이 진행 중이며 총 49기가 삼양과 화북동 해역에 설치 운영되고 있다. 효율적인 관리를 위해 양쪽에 이중 망처리를 하였고 잔여물 배출을 용이하게 하기 위해 THP관 사육조에 구멍을 뚫어 주었다.

2. 조사 해역

Fig. 2에서 보는 바와 같이 착저식 사육 시스템을 제주도 제주시 화북동과 삼양 3동에 각각 시설하였다. 본 화북 마을어장(H)은 동부락(HE)과 서부락(HW)으로 구분되어 잠수회에 의해 마을어장이 관리되며 전복, 소라, 성게 등의 수산물이 채취되고 선박에 의해 모래와 암반의 경계 부근에서 주로 채낚기 어업 및 주낙에 의한 조업이 이루어지는 곳이다. 삼양 마을어장(S)은 단일 잠수회에 의해 마을어장이 관리되며 해녀들에 의해 전통적인 방법으로 수산물 채취가 이루어지고 있다.

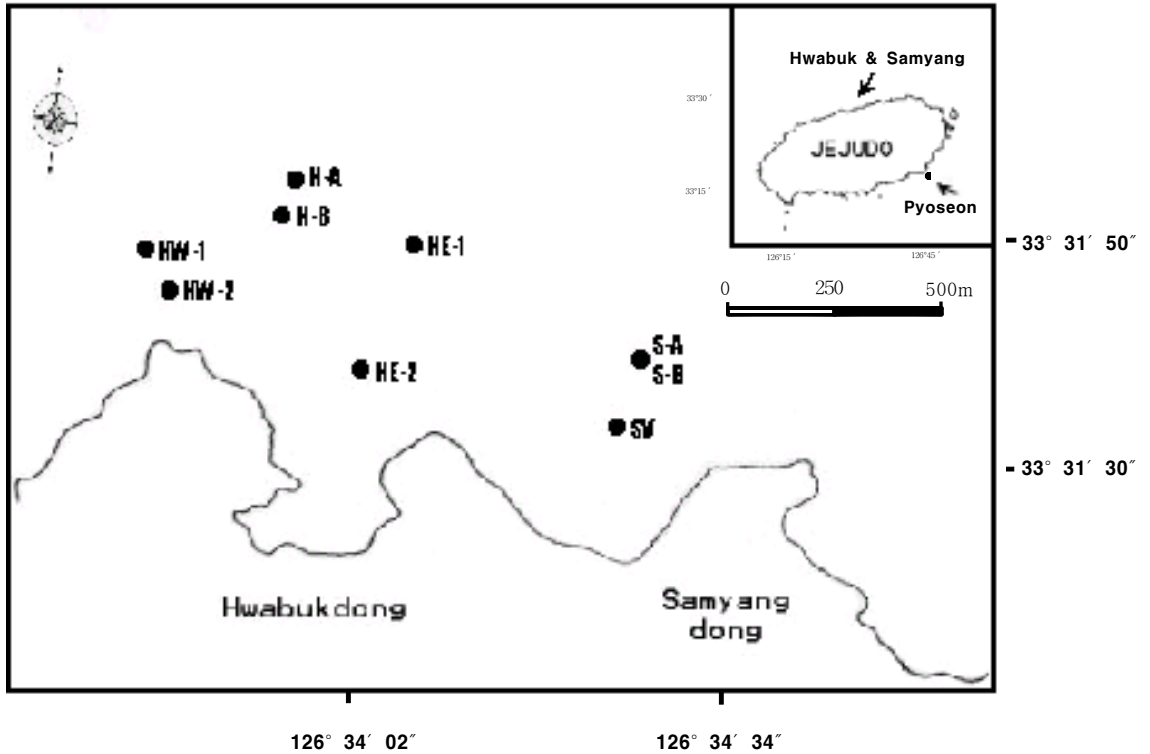


Fig. 2. Map showing the experimental area. Solid circles indicate the installation site of the bottom cage system.

H : Hwabuk, HW : Hwabuk west fishing village cooperatives,
 HE : Hwabuk east fishing village cooperatives, S : Samyang,
 SV : Samyang fishing village cooperatives.

시설 시기와 전복 사육 시기가 서로 다른 착저식 가두리를 구분하였고, 조사 정점별 착저식 가두리의 시설 상황과 수심, 해저면 상태 등 시설지 환경을 나타내었다 (Table 2). 한편 개방된 수역에서 주기적으로 불어오는 여름철 태풍과 폭풍에 의한 풍파에 견딜 수 있는지를 실험하기 위하여 2000년 8월에 시범적으로 제주도 동남쪽 표선 연안 해역에 착저식 가두리 1기를 시설하여 그 주변의 결과로 비교하였다.

Table 2. Environmental condition on each observation site

Observation site	Installation date	Number of set	Depth (m)	Rearing date	Condition of bottom
H - A	Mar. 02, 2000	8	14.0	Mar. 2000~	Rock(flat)
H - B	Aug. 05, 2000	7	13.0	Nov. 2000~	Rock(flat)
S - A	Apr. 01, 2001	5	12.0	Apr. 2001~	Rock(flat)
S - B	Jun. 06, 2001	5	11.0	Jun. 2001~	Rock(flat)
SV	Aug. 01, 2001	8	7.0	Nothing	Rock(rugged)
HE - 1	July. 21, 2000	4	12.0	Dec. 2000~	Rock(flat)
HE - 2	Feb. 13, 2001	4	7.0	May. 2001~	Rock(flat)
HW - 1	July. 25, 2000	4	12.0	Nothing	Rock(flat)
HW - 2	Apr. 23, 2001	4	7.0	May. 2001~	Rock(rugged)
Pyoseon	Aug. 2000	1	12.0	Nothing	Rock(flat)

3. 조사 방법

구조물의 내부와 근접하여 분포하는 어군을 상세하게 관찰하기 위해서는 잠수에 의한 직접 관찰이 효과적인 방법이므로(洪 등, 1998) 본 연구에서도 이 방법을 이용하여 어류의 위집 형태를 조사하였다.

전북 사육은 화북 정점에서 2000년 3월부터 계속적으로 이루어졌으며 먹이는 생미역, 생다시마, 건다시마를 시기별로 평균 주 1회 간격으로 급이 하였다. 본 연구에서는 2000년 12월부터 2001년 12월까지 20여회의 수중 촬영 자료(Table 3)와 30여회의 관찰, 기록 조사된 자료를 이용하여 어류의 위집 상황을 분석하였다. 조사 범위는 주로 착저식 가두리 내부 및 주변 1-5m 이내로 하였다. 잠수 관찰은 주로 주간에 실시되었다.

수중촬영은 Digital Video Camera(DCR-VX1000, sony)와 수중에서 방수를 위한 하우징(Amphibico VH-1000) 및 라이트 시설을 주로 이용하였으며 수중카메라(NIKONOS-V)도 사용되었다. 시설지 해저면 평탄정도와 저질을 조사하기 위하여 diver의 육안적 관찰 및 VTR 기록 자료와 유선카메라(UWC-150VH)를 이용하였으며 수심 측정에는 수심계이지 및 어탐기(WIDE 3D PARAMOUNT)를 이용하였다. 조사일의 수온은 Dive computer(GARDIAN)에 기록된 자료를 활용하였다.

가두리 주변의 어류 위집 상황을 파악하기 위해 촬영한 영상을 VTR로 재생하여 출현 어종의 동정과 행동 특성을 기록 분석하였다. 종 동정은 수중에서 육안 관찰을 기초로 하였으며 동정이 까다로웠던 종은 수중 촬영과 형태적 특징을 메모판에 기록한 후 실험실에서 한국어도보(정, 1977)와 어류검색(Nakabo, 1993)등을 참고하여 재동정 확인하였다.

2001년 9월에는 착저식 가두리에 위집된 어류의 분포 조성과 그곳으로부터 20~30m 떨어진 자연초 어장에서의 출현 어종을 비교 조사하였다. 그리고 2001년 5월과 11월에는 착저식 가두리를 설치한 후의 어류 위집 차이를 규명하기 위하여 시설시기가 비슷한, 전북 사육중인 화북 동부락(HE-1) 착저식 가두리와 전북을 사육하지 않는 화북 서부락(HW-1) 착저식 가두리에 출현한 어류를 촬영하여 가장 밀도가 높은 자료 화면을 이용, 어종을 계수하였다. 종별 개체수는 정지화면을 통해 착저식 가두리(2.75 m³) 주변의 측정된 지점(4.5m³)에 모인 어류를 중심으로 계수하였고 각각의 위치에서 단위 체적당(m³) 평균 개체수로 나타내었다. 그리고 착저식 가두리 인근해역 촬영 자료와 제주 주변 해역 인공어초 사후 효과 조사 보고서 등을 통하여 어류 위집 상황을 비교 검토하였다.

Table 3. Environmental condition by each photography observation time during experimental period

Observation No.	Date	Main location	Time	water temp.(°C)	weather condition
1	Dec. 12, 2000	Pyoseon	11:00~11:50	18	fine
2	Dec. 13, 2000	Hwabuk	14:00~14:50	18	fine
3	Jan. 28, 2001	Hwabuk	11:20~12:00	16	cloudy
4	Apr. 23, 2001	Hwabuk	10:30~11:20	16	fine
5	Apr. 25, 2001	Hwabuk	15:19~16:02	15	fine
6	Apr. 26, 2001	Samyang	11:25~12:31	15.5	fine
7	May. 02, 2001	Hwabuk	13:14~14:47	16	cloudy
8	May. 12, 2001	Hwabuk	13:00~13:50	17	cloudy
9	May. 13, 2001	Hwabuk	11:30~12:06	18	cloudy
10	Jul. 30, 2001	Samyang	06:44~08:15	23	fine
11	Sep. 05, 2001	Hwabuk	11:10~11:50	23.5	fine
12	Sep. 15, 2001	Samyang	10:39~11:50	22	cloudy
13	Oct. 27, 2001	Samyang	13:46~14:46	19.5	fine
14	Nov. 07, 2001	Pyoseon	15:10~15:50	18.8	cloudy
15	Nov. 08, 2001	Hwabuk	14:00~14:48	17.8	cloudy
16	Nov. 13, 2001	Hwabuk	14:30~14:56	18	cloudy
17	Dec. 03, 2001	Hwabuk	13:52~14:25	16.8	fine
18	Dec. 07, 2001	Hwabuk	16:00~16:50	16	fine
19	Dec. 08, 2001	Samyang	10:00~10:50	16	fine
20	Dec. 28, 2001	Samyang	13:00~13:50	14.5	cloudy

III. 결 과

1. 착저식 사육 시스템 주변 환경

조사 해역의 월별 수온 분포는 13-27℃ 범위로 동계에 낮고 하계에 높았으며 9월에 화북과 삼양 정점 간에 1-2℃의 수온 차를 보였을 뿐 대체적으로 해역간의 큰 차이는 없었다.

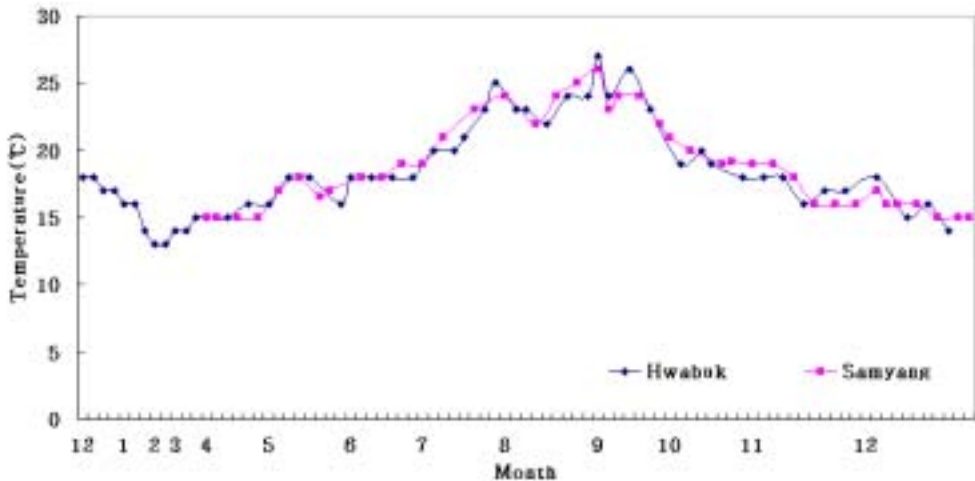


Fig. 3. Monthly variation of water temperature in the two different areas during the experimental period.

착저식 가두리 주변의 저질은 시스템 특성상 주로 암반이 형성된 지역이며 7m 수심에 시설된 가두리 주변에는 천연초(여)와 투석사업, 인공어초 투하사업에 의한 바위와 반구형 어초가 산재해 있었다. 또한 12m수심에 시설된 가두리 주변에는 자갈, 모래, 암반이 혼재하여 전체적으로 평탄한 특징을 나타내고 있으며 가두리 보다 높은 천연초는 거의 찾아볼 수 없었다. 공동어장 경계부근인 15~20m 수심 부근의 저질 상태를 살펴보면, 화북 해역은 암반으로 이루어진 곳이 많으나 삼양 해역의 경우 주로

자갈과 모래로 이루어져 암반을 거의 찾아볼 수 없었다. Fig. 4와 Fig. 5에는 현재 운용 중인 착저식 가두리의 양식 생물인 까막전복(*Haliotis discus*)과 이를 사육 관리하는 잠수부의 작업 모습을 나타내었다.



Fig. 4. Pictures of abalone, *Haliotis discus*, rearing in the experimental bottom cage system.



Fig. 5. Diver's images working around the bottom cage system.

2. 출현종

1) 출현 어류 목록 및 종조성

조사기간 동안에 착저식 사육 시스템 주변에 출현한 어종은 총 6目 26科 36屬 43種으로 다음과 같다.

Order Clupeiformes 청어목

Family Engraulididae 멸치과

Engraulis japonicus (Houttuyn) 멸치

Order Zeiformes 달고기목

Family Zeidae 달고기과

Zeus faber Linnaeus 달고기

Order Scorpaeniformes 솜뱅이목

Family Scorpaenidae 양볼락과

Hypodytes rubripinnis (Temminck et Schlegel) 미역치

Pterois lunulata Temminck et Schlegel 쓸배감팽

Sebastes inermis Cuvier 볼락

Sebastes pachycephalus Temminck et Schlegel 개볼락

Sebastes marmoratus (Cuvier) 솜뱅이

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

Hexagrammos otakii Jordan et Starks 쥐노래미

Order Perciformes 농어목

Family Serranidae 바리과

Epinephelus bruneus Bloch 자바리

Epinephelus septemfasciatus (Thunberg) 능성어

Family Apogonidae 동갈돔과

Apogon doederleini Jordan et Snyder 세줄얼게비늘

Apogon semilineatus Temminck et Schlegel 줄도화돔

Family Carangidae 전갱이과

Seriola quinqueradiata Temminck et Schlegel 방어

- Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) 전갱이
 Family Sparidae 도미과
- Pagrus major* (Temminck et Schlegel) 참돔
 Family Chaetodontidae 나비고기과
Chaetodon aripes Jordan et Snyder 나비고기
Chaetodon wiebeli Kaup 꼬리줄나비고기
- Family Pomacanthidae 청줄돔과
Chaetodontoplus septentrionalis (Temminck et Schlegel) 청줄돔
- Family Kyphosidae 황줄감정어과
Girella punctata Gray 멩에돔
Microcanthus strigatus (Cuvier) 범돔
- Family Oplegnathidae 돌돔과
Oplegnathus fasciatus (Temminck et Schlegel) 돌돔
Oplegnathus punctatus (Temminck et Schlegel) 강담돔
- Family Cheilodactylidae 다동가리과
Goniistius zonatus (Cuvier) 아홉동가리
- Family Pomacentridae 자리돔과
Chromis analis (Cuvier) 노랑자리돔
Chromis notatus (Temminck et Schlegel) 자리돔
Pomacentrus coelestis Jordan et Starks 파랑돔
- Family Labridae 놀래기과
Choerodon azurio (Jordan et Snyder) 호박돔
Halichoeres poecilopterus (Temminck et Schlegel) 용치놀래기
Halichoeres tenuispinnis Gunther 놀래기
Pseudolabrus japonicus (Houttuyn) 황놀래기
Pteragogus flagellifer (Valenciennes) 어렁놀래기
- Family Pholididae 황줄베도라치과
Pholis nebulosa (Temminck et Schlegel) 베도라치
- Family Blenniidae 청베도라치과
Petroscirtes breviceps (Valenciennes) 두줄베도라치
- Family Gobiidae 망둑어과
Sagamia geneionema (Hilgendorf) 바닥문절
- Family Ephippidae 활치과
Platax pinnatus (Linnaeus) 제비활치
- Family Siganidae 독가시치과
Siganus fuscescens (Houttuyn) 독가시치

Family Scombridae 고등어과
Scomber japonicus Houttuyn 고등어

Order Pleuronectiformes 가자미목
Family Paralichthyidae 넙치과
Paralichthys olivaceus (Temminck et Schlegel) 넙치

Order Tetraodontiformes 복어목
Family Monacanthidae 쥐치과
Stephanolepis cirrhifer (Temminck et Schlegel) 쥐치
Thamnaconus modestus (Gunther) 말쥐치
Family Ostraciidae 거북복과
Ostracion immaculatus Temminck et Schlegel 거북복
Family Tetraodontidae 참복과
Canthigaster rivulatus (Temminck et Schlegel) 청복
Family Diodontidae 가시복과
Diodon holocanthus Linnaeus 가시복

조사된 6目の 어류 중 농어목(Perciformes)이 17科 23屬 29種으로 가장 많았고, 다음으로 복어목(Tetraodontiformes)이 4科 5屬 5種, 썸뱅이목(Scorpaeniformes)이 2科 5屬 6種으로 나타났다(Table 4).

科別로 가장 다양한 종이 출현한 어류는 양볼락科(Scorpaenidae)와 놀래기科(Labridae)가 각각 5種, 자리돔科(Pomacentridae)가 3種씩 출현하였으며 그 외의 어류는 1-2種씩 출현하였다.

Table 4. Number of orders, families, genera and species of the fishes observed around the experimental bottom cage system

Class	Orders	Families	Genera	Species
Actinopterygii	Clupeiformes	1	1	1
	Zeiformes	1	1	1
	Scorpaeniformes	2	5	6
	Perciformes	17	23	29
	Pleuronectiformes	1	1	1
	Tetraodontiformes	4	5	5
1	6	26	36	43

2) 월별 출현 변화

백화가 이미 진행된 평탄한 암반지역에 가두리를 시설한 결과, 시설 초기에는 놀래기류와 바다 문절(*Sagamia geneionema*) 등 소수 어종만이 관찰되었으나 시간이 경과한 후 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*), 미역치(*Hypodytes rubripinnis*), 줄도화돔 등 많은 어종이 확인되었다. 월별로 관찰된 어류상을 Table 5에 나타내었다.

조사 기간 중 월별로는 8월에 22種, 9월에 32種으로 출현종수가 많았으며 2월에 9種, 3월에 6種으로 출현종수가 가장 적었다(Fig. 6). 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 자리돔(*Chromis notatus*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinnis*), 황놀래기(*Pseudolabrus japonicus*), 어렁놀래기(*Pteragogus flagellifer*), 쥐치 등은 거의 전월에 걸쳐 출현하고 있었다.

특징적인 월별 출현 경향을 살펴보면, 2000년 12월에 벵에돔(*Girella punctatus*) 성어 군집이 가두리 밑에서 관찰되었고 2001년 1월과 2월에는 볼락(*Sebastes inermis*)과 돌돔이 단독 혹은 2~3마리가 가두리 주변을 유영하는 모습이 관찰되었다. 3월에 말쥐치(*Thamnaconus modestus*) 군집이 관찰되었고, 4월에는 독가시치(*Siganus fuscescens*), 범돔(*Microcanthus strigatus*), 돌돔, 자리돔, 볼락 등의 군집이 관찰되어 1월, 2월, 3월에 비하여 출현종수가 증가하고 있었다. 5월에는 자리돔이 큰 군집을 형성하였고 말쥐치 군집과 청줄돔(*Chaetodontoplus septentrionalis*), 볼락 유어 등이 출현하였다. 6월에는 자리돔과 놀래기류가 다량 출현하였고, 7월에는 쥐치와 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이, 8월과 9월 이후에는 가두리 상부와 주변지역에 전갱이(*Trachurus japonicus*)와 줄도화돔 군집이, 능성어(*Epinephelus septemfasciatus*)와 아홉동가리(*Goniistius zonatus*), 파랑돔(*Pomacentrus coelestis*), 꼬리줄나비고기(*Chaetodon wiebeli*) 등과 더불어 출현하였다. 10월에는 줄도화돔 군집과 두줄베도라치(*Petroscirtes breviceps*), 제비활치(*Platax pinnatus*), 흰오징어(*Sepioteuthis lessoniana*)가 관찰되었다. 11월과 12월에 전갱이와 자리돔 군집이 관찰되었고 달고기(*Zeus faber*)와 독가시치, 두줄베도라치 등이 출현하여 가두리 주변을 유영하였다.

특히 수온이 20℃ 이상으로 유지되었던 7월부터는 어종뿐만 아니라 개체수도 많아져 자리돔을 비롯하여 많은 어종들이 수십~수백 마리씩 군을 이뤄 유영하는 모습을 자주 관찰할 수 있었다.

Table 5. Monthly occurrences of fishes observed around the bottom cage system from December 2000 to December 2001

Species	Month	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>Engraulis japonicus</i>									○	○				
<i>Zeus faber</i>													○	
<i>Hypodytes rubripinnis</i>			○					○	○	○	○		○	○
<i>Pterois lunulata</i>										○	○			
<i>Sebastes inermis</i>		○	○	○		○	○		○	○	○		○	○
<i>Sebastes pachycephalus</i>							○	○		○	○			
<i>Sebastes marmoratus</i>									○	○	○			
<i>Hexagrammos otakii</i>											○			
<i>Epinephelus bruneus</i>											○			
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>										○	○		○	○
<i>Apogon doederleini</i>											○			○
<i>Apogon semilineatus</i>		○	○	○					○	○	○	○	○	○
<i>Seriola quinqueradiata</i>											○		○	
<i>Trachurus japonicus</i>											○	○	○	○
<i>Pagrus major</i>										○				
<i>Chaetodon auripes</i>												○		
<i>Chaetodon wiebeli</i>											○			
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>							○		○	○	○	○	○	○
<i>Girella punctata</i>		○							○		○	○		
<i>Microcanthus strigatus</i>					○	○	○		○		○	○	○	○
<i>Oplegnathus fasciatus</i>		○	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○
<i>Oplegnathus punctatus</i>											○			
<i>Goniistius zonatus</i>											○	○		
<i>Chromis analis</i>											○	○		○
<i>Chromis notatus</i>		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Pomacentrus coelestis</i>											○	○		○
<i>Choerodon azurio</i>									○	○				
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Pseudolabrus japonicus</i>		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Pteragogus flagellifer</i>		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Pholis nebulosa</i>						○				○	○	○		○
<i>Petroscirtes breviceps</i>						○				○	○	○		○
<i>Sagamia geneionema</i>						○			○	○				
<i>Platax pinnatus</i>												○		
<i>Siganus fuscescens</i>		○	○			○								○
<i>Scomber japonicus</i>													○	
<i>Paralichthys olivaceus</i>								○						
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Thamnaconus modestus</i>		○		○	○		○			○	○	○	○	
<i>Ostracion immaculatus</i>											○			
<i>Canthigaster rivulatus</i>									○					
<i>Diodon holocanthus</i>													○	
<i>Sepioteuthis lessoniana</i>									○			○	○	
<i>Paroctopus dofleini</i>		○	○		○					○	○			○
Number of species		13	11	9	6	13	12	10	19	22	32	21	20	21

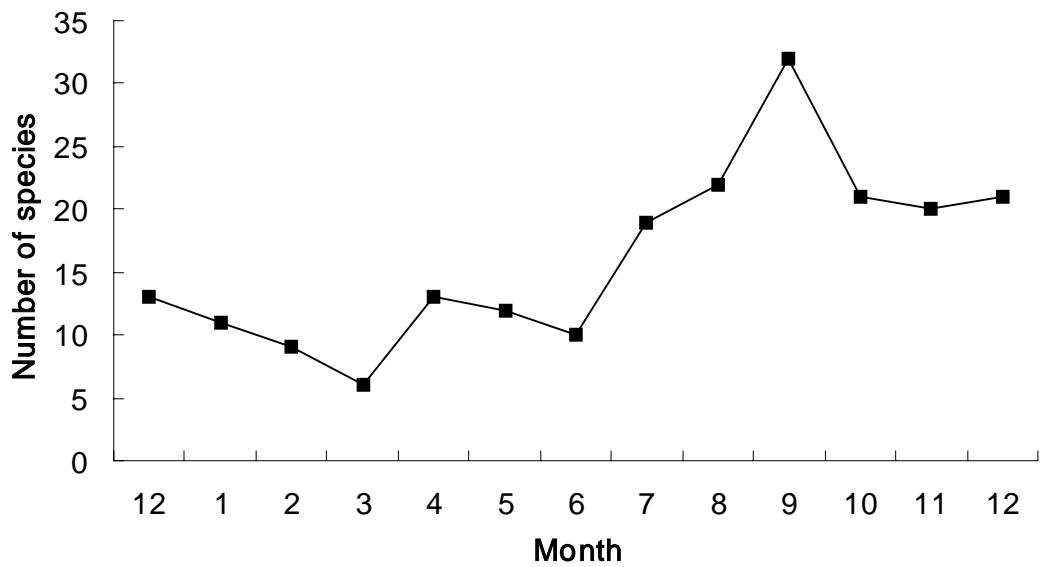


Fig. 6. Variation of the species number of fish observed around the experimental bottom cage system.

3) 정점별 출현 변화

(1) 정점별 위집 상황

시설 시기별 출현 상황을 살펴보면 2000년 3월에 시설과 전복 사육이 가장 먼저 시작되었던 화북 정점(H, Fig. 7-8)에서 총 25종이 출현하여 조사 정점 중 가장 다양한 어류가 나타났다. 2001년 4월부터 시설되어, 화북 정점에 비해 시설과 전복 사육이 약 1년 정도 늦었던 삼양 정점(S, Fig. 9)은 총 19종이 출현하여 출현 종수면에서 다소 적게 나타나고 있었다.

한편 2001년 8월로 시설 시기가 가장 늦고 전복을 사육하지 않는 삼양 어촌계 정점(수심 7m, SV, Fig. 10)에서는 9종만이 관찰되어 상대적으로 빈약한 어류상을 보였다.

시설 수심에 따른 출현 상황을 살펴보면 수심 12m에 시설한 정점(HE-1, HW-1, Fig. 11, Fig. 13)에서 총 24종이 출현하였고, 수심 7m에 시설한 정점(HE-2, HW-2, Fig. 12)에서는 총 16종이 출현하여 수심 12m에 비해 출현종수가 적었다.

정점별 출현 어종을 Table 6에 나타내었다.

정점별 어류의 분포 특성을 살펴보면 화북 정점(H)에서만 출현한 어종으로는 달고기, 참돔(*Pagrus major*), 강담돔(*Oplegnathus punctatus*), 호박돔(*Choerodon azurio*), 제비활치, 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 말쥐치를 들 수 있다. 삼양 정점(S)에서만 출현한 어종은 쓸배감팽(*Pterois lunulata*), 세줄얼게비늘(*Apogon doederleini*)이었다.

한편, 수심 12m에 시설한 화북어촌계 정점(HE-1, HW-1, Fig. 13)에서만 출현한 어종은 꼬리줄나비고기, 노랑자리돔(*Chromis analis*), 거북복(*Ostracion immaculatus*)으로 나타났으며, 수심 7m에 시설한 화북어촌계 정점(HE-2, Fig. 12, HW-2)에서만 출현한 어종은 멸치(*Engraulis japonicus*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 청복(*Canthigaster rivulatus*)이었다. 그리고 표선 정점(Pyoseon, Fig. 14)에서만 출현한 어종은 가시복(*Diodon holocanthus*)이었다.

불락, 줄도화돔, 범돔, 돌돔, 자리돔, 용치놀래기, 놀래기, 황놀래기, 어렁놀래기, 쥐치는 모든 정점에서 출현하였다.

Table 6. Composition and number of fish species found near the each observation site

Observation site	Species composition	Number of species
H - A H - B	<i>Zeus faber</i> , <i>Hypodytes rubripinnis</i> , <i>Sebastes inermis</i> , <i>Epinephelus bruneus</i> , <i>Epinephelus septemfasciatus</i> , <i>Apogon semilineatus</i> , <i>Trachurus japonicus</i> , <i>Pagrus major</i> , <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> , <i>Girella punctata</i> , <i>Microcanthus strigatus</i> , <i>Oplegnathus fasciatus</i> , <i>Oplegnathus punctatus</i> , <i>Chromis notatus</i> , <i>Choerodon azurio</i> , <i>Halichoeres poecilopterus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Pteragogus flagellifer</i> , <i>Platax pinnatus</i> , <i>Siganus fuscescens</i> , <i>Scomber japonicus</i> , <i>Paralichthys olivaceus</i> , <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , <i>Thamnaconus modestus</i>	25
S - A S - B	<i>Hypodytes rubripinnis</i> , <i>Pterois lunulata</i> , <i>Sebastes inermis</i> , <i>Epinephelus septemfasciatus</i> , <i>Apogon doederleini</i> , <i>Apogon semilineatus</i> , <i>Seriola quinqueradiata</i> , <i>Trachurus japonicus</i> , <i>Microcanthus strigatus</i> , <i>Oplegnathus fasciatus</i> , <i>Chromis notatus</i> , <i>Halichoeres poecilopterus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Pteragogus flagellifer</i> , <i>Pholis nebulosa</i> , <i>Petroscirtes breviceps</i> , <i>Siganus fuscescens</i> , <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	19
SV	<i>Apogon semilineatus</i> , <i>Chromis notatus</i> , <i>Pomacentrus coelestis</i> , <i>Halichoeres poecilopterus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Pteragogus flagellifer</i> , <i>Pholis nebulosa</i> , <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	9
HE - 1 HW - 1 (Mean depth 12m)	<i>Sebastes inermis</i> , <i>Sebastes pachycephalus</i> , <i>Sebastiscus marmoratus</i> , <i>Epinephelus bruneus</i> , <i>Epinephelus septemfasciatus</i> , <i>Apogon semilineatus</i> , <i>Seriola quinqueradiata</i> , <i>Trachurus japonicus</i> , <i>Chaetodon auripes</i> , <i>Chaetodon wiebeli</i> , <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i> , <i>Microcanthus strigatus</i> , <i>Oplegnathus fasciatus</i> , <i>Goniistius zonatus</i> , <i>Chromis analis</i> , <i>Chromis notatus</i> , <i>Pomacentrus coelestis</i> , <i>Halichoeres poecilopterus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Pteragogus flagellifer</i> , <i>Paralichthys olivaceus</i> , <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , <i>Ostracion immaculatus</i>	24
HE - 2 HW - 2 (Mean depth 7m)	<i>Engraulis japonicus</i> , <i>Sebastes pachycephalus</i> , <i>Sebastiscus marmoratus</i> , <i>Hexagrammos otakii</i> , <i>Apogon semilineatus</i> , <i>Girella punctata</i> , <i>Microcanthus strigatus</i> , <i>Oplegnathus fasciatus</i> , <i>Chromis notatus</i> , <i>Pomacentrus coelestis</i> , <i>Halichoeres poecilopterus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Pteragogus flagellifer</i> , <i>Stephanolepis cirrhifer</i> , <i>Canthigaster rivulatus</i>	16
Pyoseon	<i>Apogon semilineatus</i> , <i>Halichoeres tenuispinnis</i> , <i>Pseudolabrus japonicus</i> , <i>Diodon holocanthus</i>	4

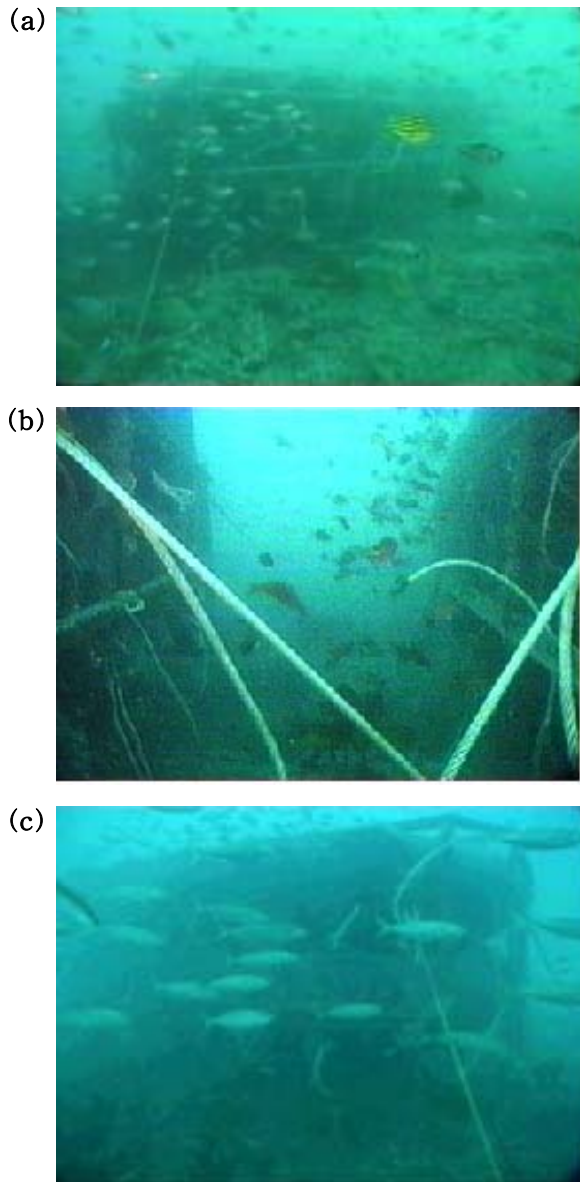


Fig. 7. Fishes gathered near the experimental bottom cage system at Hwabuk A(H-A) area.

(a) : Coralfish, *Chromis notatus* and Footballer, *Microcanthus strigatus*

(b) : Coralfish, *Chromis notatus* and
Multicolorfin rainbow fish, *Halichoeres poecilopterus*

(c) : Japanese horse mackerel, *Trachurus japonicus*

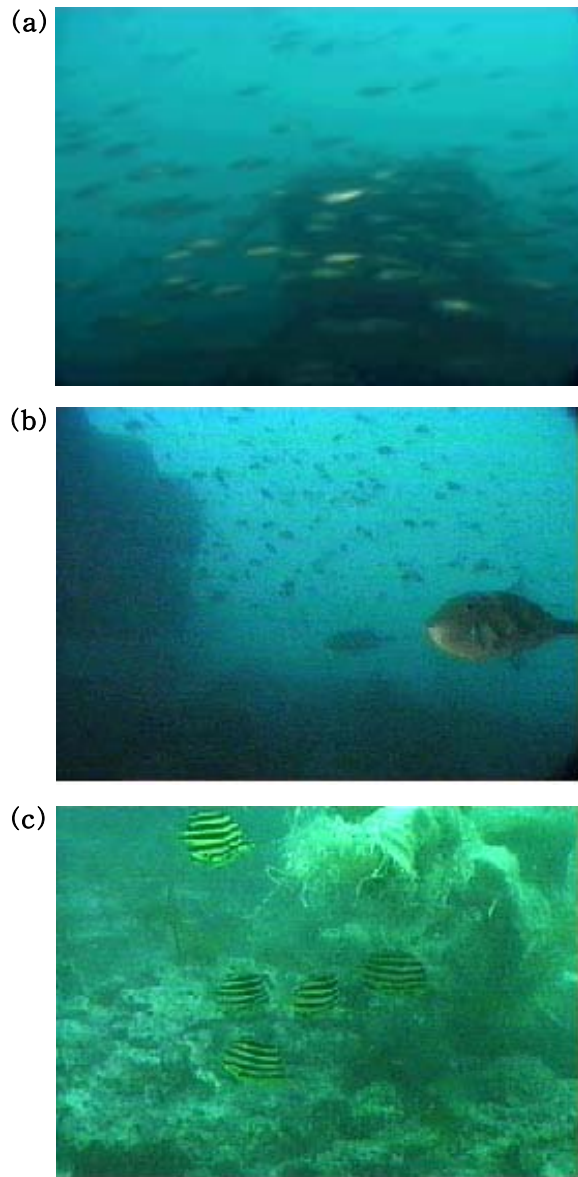


Fig. 8. Fishes gathered near the experimental bottom cage system at Hwabuk B(H-B) area.

(a) : Japanese horse mackerel, *Trachurus japonicus*

(b) : Coralfish, *Chromis notatus* and Black scraper, *Thamnaconus modestus*

(c) : Footballer, *Microcanthus strigatus*

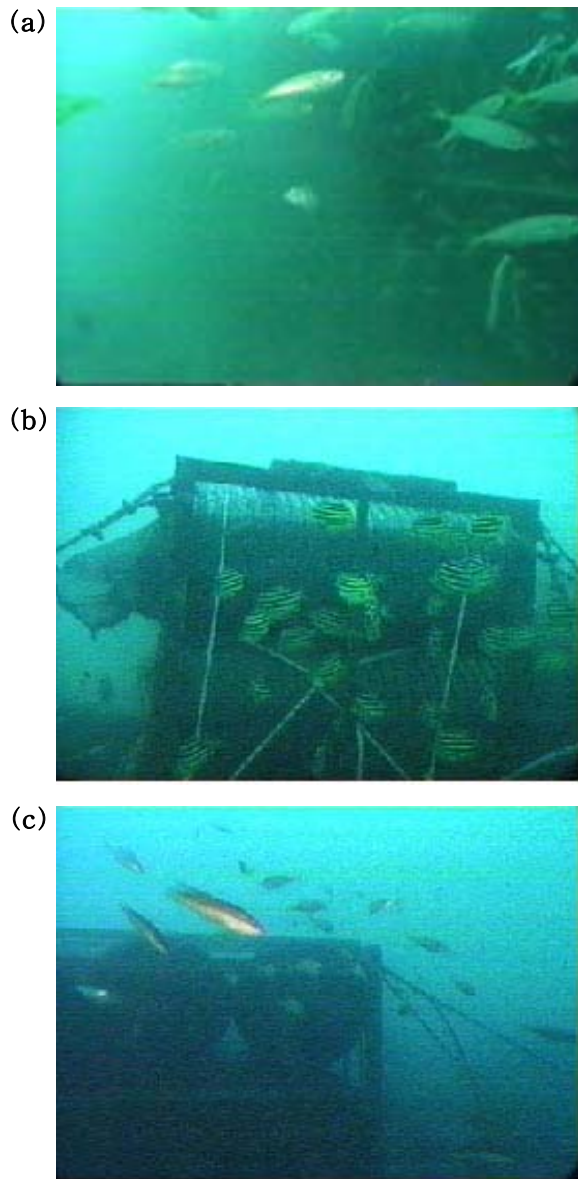


Fig. 9. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Samyang(S) area.

- (a) : Japanese horse mackerel, *Trachurus japonicus*
- (b) : Footballer, *Microcanthus strigatus*
- (c) : Coralfish, *Chromis notatus* and
Motleystripe rainbow fish, *Halichoeres tenuispinnis*

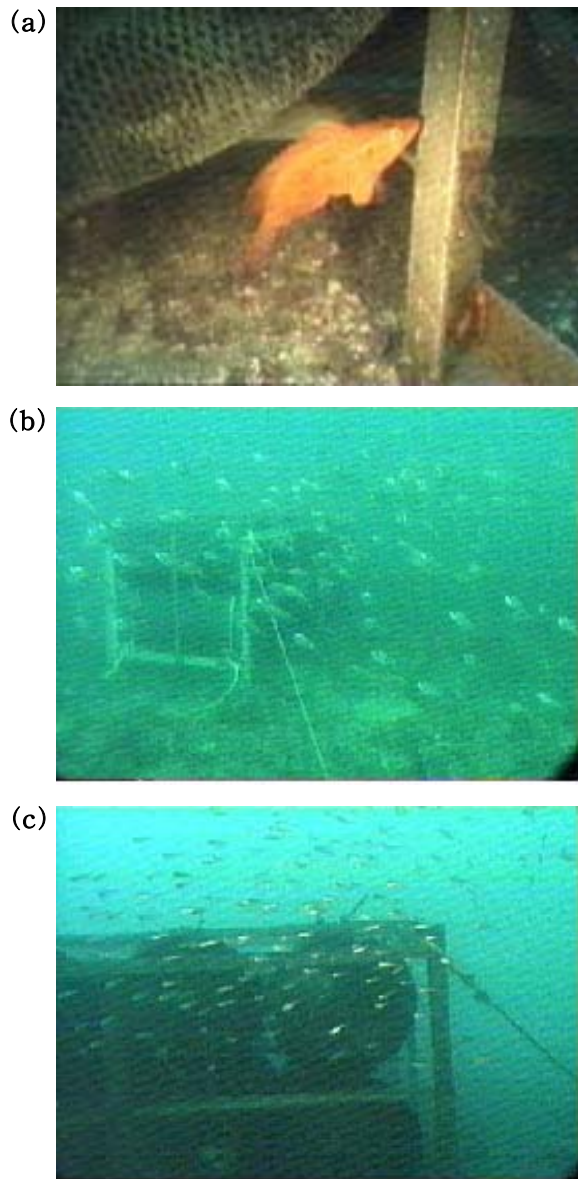


Fig. 10. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Samyang fishing village cooperatives(SV) sea area.

(a) : Cocktail wrasse, *Pteragogus flagellifer*

(b) : Coralfish, *Chromis notatus*

(c) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

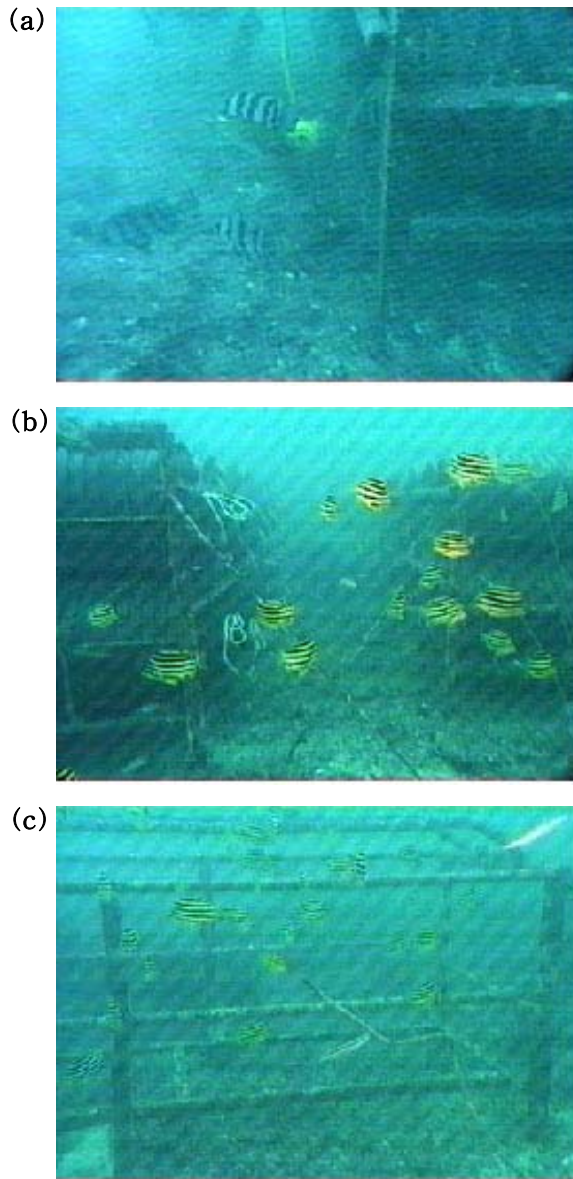


Fig. 11. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk east fishing village cooperatives(HE-1) sea area.

- (a) : Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus*
- (b) : Footballer, *Microcanthus strigatus*
- (c) : Footballer, *Microcanthus strigatus*

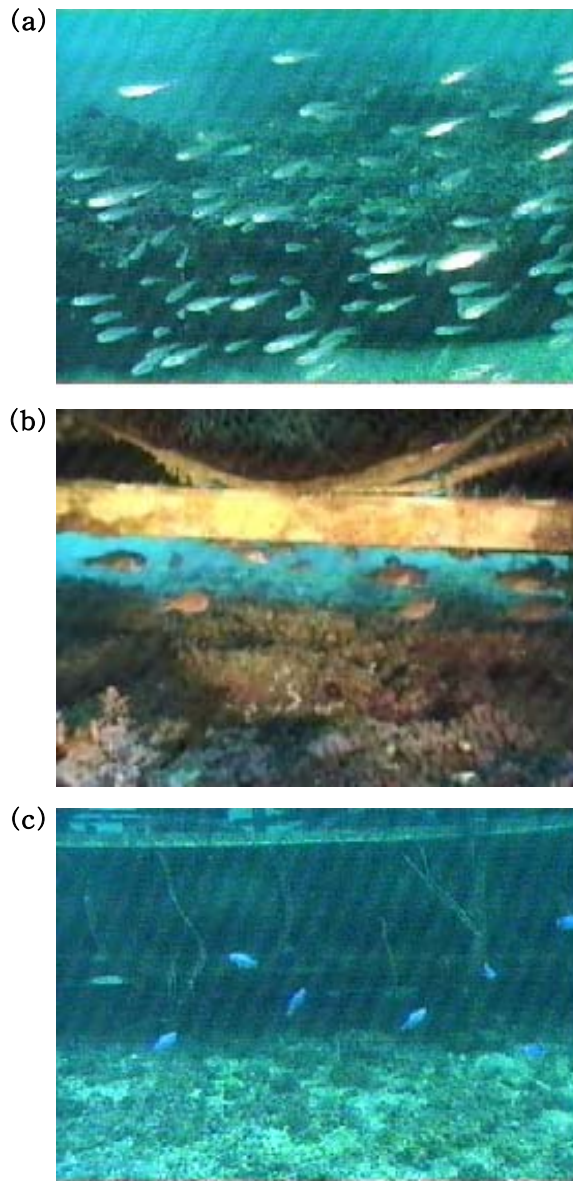


Fig. 12. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk east fishing village cooperatives(HE-2) sea area.

(a) : Young Fishes

(b) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

(c) : Heavenly dameselfish, *Pomacentrus coelestis*

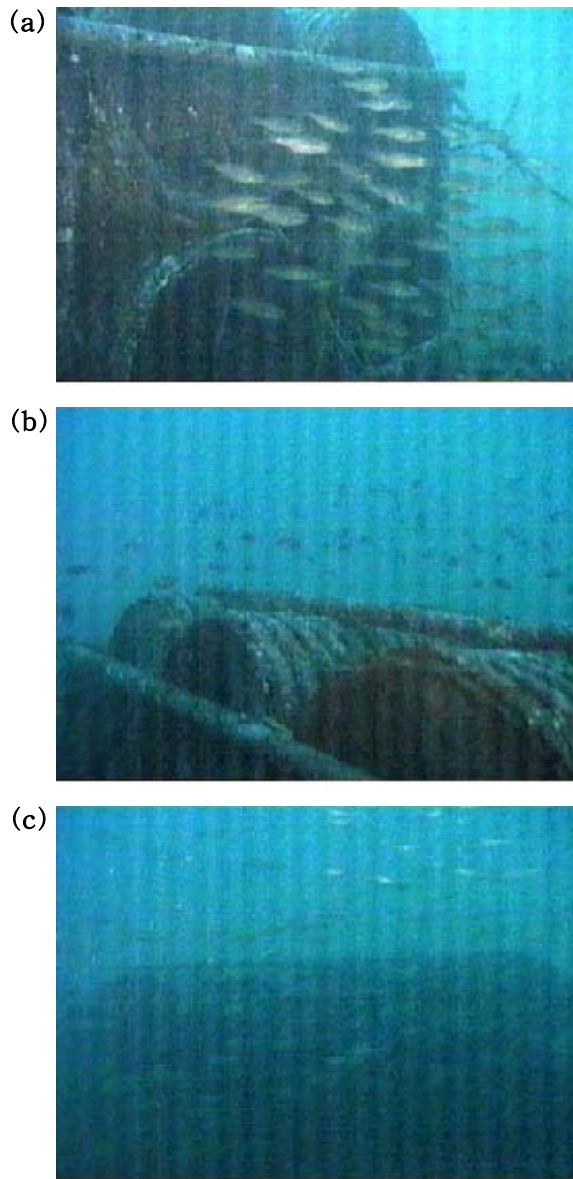


Fig. 13. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Hwabuk west fishing village cooperatives(HW-1) sea area.

(a) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

(b) : Coralfish, *Chromis notatus*

(c) : Japanese horse mackerel, *Trachurus japonicus*



Fig. 14. Fish's pictures gathering near the experimental bottom cage system at Pyoseon sea area (Depth 12m).

(a) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus* and
Motleystripe rainbow fish, *Halchoeres tenuispinnis*

(b) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

(2) 어류의 분포구성

2001년 9월에 촬영 조사된 영상자료를 이용하여 화북어촌계 정점(HE-1, HE-2)과 착저식 가두리에서 20~30m 떨어진 자연초 어장(natural reef area)에서의 출현 어류를 비교 관찰한 결과(Table 7), 출현 어종에 차이가 있었다. 수심 12m에 시설된 화북동부락 정점(HE-1)인 경우, 총 14종이 출현하였는데 이 중 범돔(*Microcanthus strigatus*)이 출현어종 중 35%의 평균 조성률로 가장 우점하고 있었으며 이외에 놀래기(*Halchoeres tenuispinnis*)와 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)이 다수 출현하고 있었다. 같은 수심의 자연초 어장에서는 총 12종의 어류가 출현하였는데, 그 중 놀래기가 평균 조성률 25%로 우점하고 있었고 돌돔과 아홉동가리(*Goniistius zonatus*) 등이 출현하였다. 특징적으로 출현어종 중 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*)은 착저식 가두리 주변에 체장 10~15cm인 유어가 출현한 반면 자연초 어장에서는 30cm 이상의 성어가 출현하고 있었다. 범돔은 가두리 주변에서 평균 출현 밀도 20개체/m² 이상의 군집을 형성하며 출현한 반면 자연초 어장에서는 이 종이 관찰되지 않았다. 수심 7m에 시설된 동부락 정점(HE-2)인 경우 총 9종이 출현하였으며, 이 중 자리돔(*Chromis notatus*)이 37%로 최우점종으로 나타났으며 줄도화돔과 놀래기가 다수 출현하고 있었고 줄도화돔, 자리돔, 파랑돔(*Pomacentrus coelestis*)이 타 해역에 비해 많은 개체수로 출현하고 있었다. 같은 수심의 주변 자연초 어장에서는 놀래기가 40%의 조성률로 가장 우점하고 있었으며 뱀에돔(*Girella Punctata*)과 벤자리(*Parapristipoma trilineatum*)가 타 해역에서는 출현하지 않고 자연초 어장에서만 출현하였다.

2001년 5월과 11월에 화북어촌계 정점(HE-1, HW-1)에서 착저식 가두리에 위집한 어류를 정지 화면을 통해 관찰하였다(Table 8). 5월에 총 11종이 출현하였는데 동부락(HE-1, Fig. 11)과 서부락(HW-1, Fig. 13) 정점에서 각각 10종, 7종의 어류가 출현하였고 착저식 가두리 주변 1기당 평균 출현 개체수는 59개체와 36개체를 나타내어 전복을 사육하고 있는 동부락 정점이 전복을 사육하지 않는 서부락 정점보다 출현종수와 개체수 모두 많은 것으로 나타났다. 동부락 정점에서는 자리돔이 52%의 조성률을 차지하여 최우점종으로 출현하였다. 11월에는 동부락과 서부락 정점에서 각각 12종, 11종의 어류가 출현하였고 착저식 가두리 1기 주변의 평균 출현 개체수는 127개체와 85개체를 나타내어 동부락 정점이 서부락 정점에 비해 출현 종수는 큰 차이가 나타나지 않았으나 출현 개체수가 높게 나타났다. 전갱이(*Trachurus japonicus*)와 자리돔의 평균 조성률이 64.5%로 최우점종인 것으로 나타났다.

Table 7. Comparison of the fishes observed near observation site(HE-1, HE-2) and natural reef area in September 2001

Species observed	Number of individuals (ind./m ²)			
	Depth 12m		Depth 7m	
	HE-1	Natural reef area	HE-2	Natural reef area
<i>Sebastes inermis</i>	1	1	0	0
<i>Sebastes Pachycephalus</i>	0	0	0	1
<i>Apogon semilineatus</i>	7	3	21	3
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	0	0	0	3
<i>Chaetodon wiebeli</i>	1	1	0	0
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	2	0	0	0
<i>Girella Punctata</i>	0	0	0	8
<i>Microcanthus strigatus</i>	20	0	3	0
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	3	5	0	2
<i>Goniistius zonatus</i>	0	1	0	0
<i>Chromis analis</i>	1	1	0	0
<i>Chromis notatus</i>	0	0	31	0
<i>Pomacentrus coelestis</i>	1	2	10	0
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	2	1	1	3
<i>Halchoeres tenuispinnis</i>	11	7	12	14
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	1	0	1	0
<i>Pteragogus flagellifer</i>	1	2	1	0
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	4	2	2	1
<i>Ostracion immaculatus</i>	1	2	0	0
Total number of fishes	56	28	82	35
Total number of species	14	12	9	8

Table 8. Comparison of the fishes observed near observation site HE-1 and HW-1 area in May, November 2001

Species observed	Number of individuals			
	May, 2001		Nov. 2001	
	HE-1	HW-1	HE-1	HW-1
<i>Sebastes inermis</i>	0	1	4	3
<i>Apogon semilineatus</i>	0	0	0	16
<i>Trachurus japonicus</i>	0	0	45	32
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	1	0	1	3
<i>Microcanthus strigatus</i>	8	2	24	8
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	3	0	1	1
<i>Chromis notatus</i>	26	17	37	12
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	3	2	1	1
<i>Halichoeres tenuispinnis</i>	8	12	5	7
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	3	1	2	1
<i>Pteragogus flagellifer</i>	1	0	1	0
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	4	1	5	1
<i>Thamnaconus modestus</i>	2	0	1	0
Total number of fishes	59	36	127	85
Total number of species	10	7	12	11

4) 구조물 위치에 따른 출현 경향

착저식 가두리에서 확인된 어종들의 시설물 위치에 대한 출현 유형을 분석해 본 결과 세가지의 분포 양상으로 구분할 수 있었다(Fig. 15). 즉 Table 9에 나타난 바와 같이 구조물을 인식하고 위쪽 또는 주변에 머무는 종(Type A, Fig. 16)으로 줄도화돔, 전갱이, 돌돔, 놀래기 등이 있었다. 그리고 시설물 내 공간에서 확인된 어종(Type B, Fig. 17)으로는 미역치, 볼락, 줄도화돔, 두줄베도라치, 제비활치(*Platax pinnatus*) 등이 있었다. 이들 중 미역치는 망에 배를 대고 정주해 있었고, 볼락, 줄도화돔은 사육조 사이의 빈 공간 내부에서 움직임 없이 떠 있었으며, 두줄베도라치는 시설물 중 둥근 파이프 사이에서 서식하고 있었다. 그리고 제비활치의 경우 사육조가 없는 사육틀 안에서 성어 3마리가 정지한 모습이 관찰되었다. 시설물 바닥에서 관찰된 어종(Type C, Fig. 18)으로는 청줄돔, 뽕에돔, 돌돔 등이 있었다.

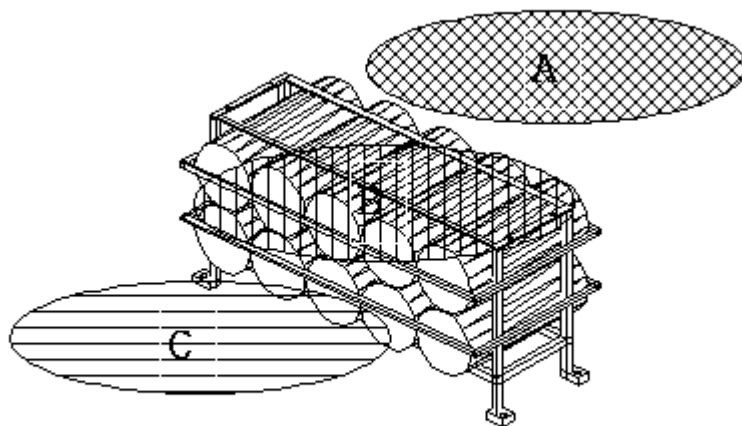


Fig. 15. Habitat type of gathering in the experimental bottom cage system.

- A. Attach and upper habitat type;
- B. Insides habitat type;
- C. Bottom habitat type.

Table 9. Species composition of the fishes according to habitat type

Habitat type	Species composition
<p>Type A Attach and above of systems</p>	<p><i>Sebastes inermis</i>, <i>Epinephelus septemfasciatus</i>, <i>Apogon semilineatus</i>, <i>Trachurus japonicus</i>, <i>Microcanthus strigatus</i>, <i>Oplegnathus fasciatus</i>, <i>Oplegnathus punctatus</i>, <i>Chromis notatus</i>, <i>Halchoeres tenuispinnis</i>, <i>Stephanolepis cirrhifer</i>, <i>Thamnaconus modestus</i></p>
<p>Type B Insides of systems</p>	<p><i>Hypodytes rubripinnis</i>, <i>Sebastes inermis</i>, <i>Hexagrammos otakii</i>, <i>Apogon doederleini</i>, <i>Apogon semilineatus</i>, <i>Chromis notatus</i>, <i>Platax pinnatus</i>, <i>Pholis nebulosa</i></p>
<p>Type C Bottom layer of systems</p>	<p><i>Apogon semilineatus</i>, <i>Girella punctata</i>, <i>Oplegnathus fasciatus</i>, <i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>, <i>Chromis notatus</i></p>

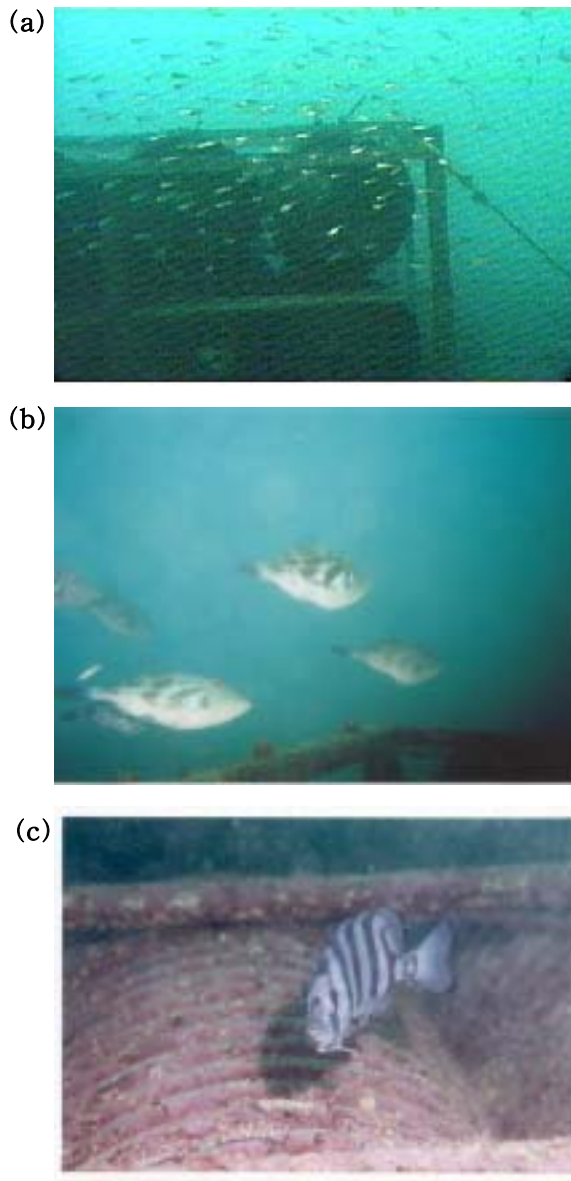


Fig. 16. Fish's pictures gathering above the experimental bottom cage system (type A).

(a) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

(b) : Black scraper, *Thamnaconus modestus*

(c) : Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus*

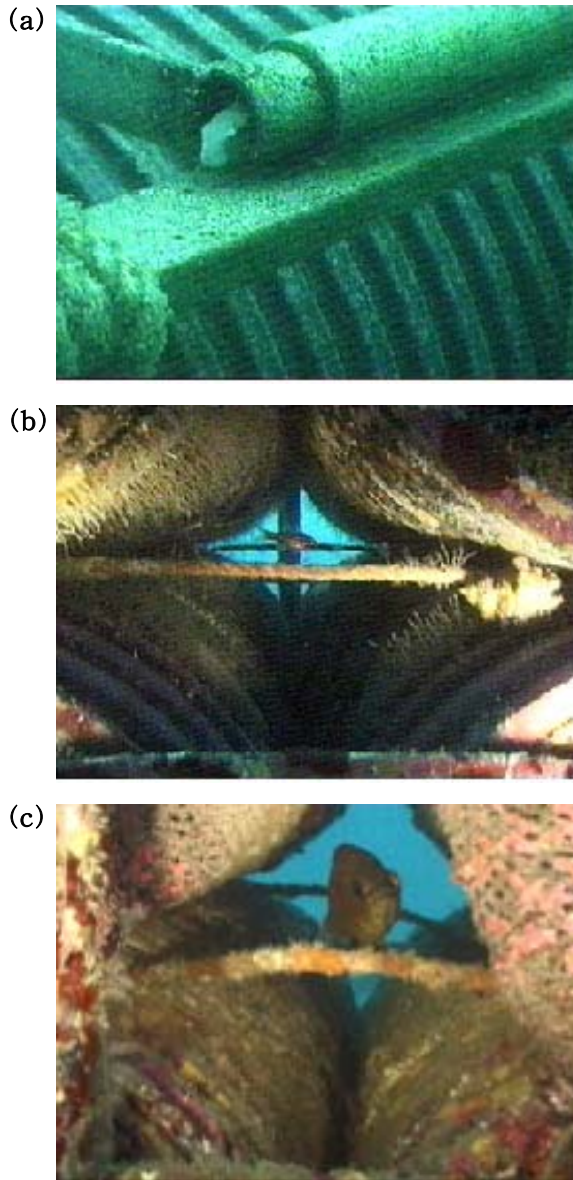


Fig. 17. Fish's pictures gathering inside the experimental bottom cage system (type B).

(a) : Black-banded blenny, *Petroscirtes breviceps*

(b) : Barface cardinalfish, *Apogon semilineatus*

(c) : Dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*

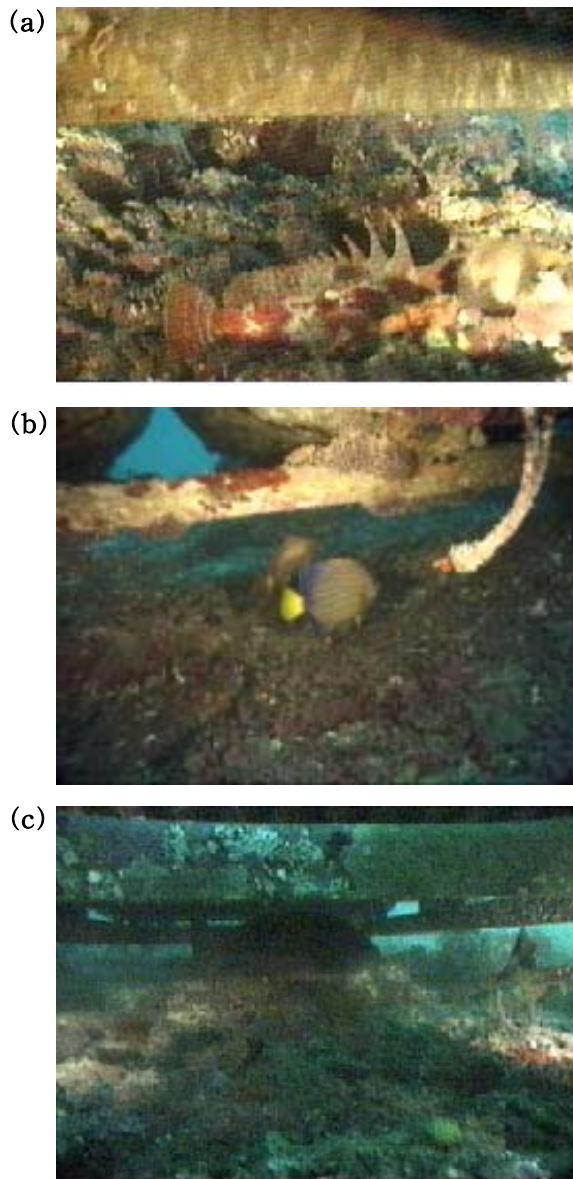


Fig. 18. Fish's pictures gathering around bottom layer of the experimental bottom cage system (type C).

(a) : Redfin velvetfish, *Hypodytes rubripinnis*

(b) : Blue-lined Angelfish, *Chaetodontoplus septentrionalis*

(c) : Girella, *Girella punctata*

3. 주요어종의 행동특성

인공어초는 어류에게 은신처를 제공할 뿐만 아니라 풍부한 섭이활동을 가능케 하여 어류의 생활터를 형성하는 하나의 구조물이라고 볼 수 있는데, 본 조사에서 수중 잠수에 의한 직접 관찰과 수중 비디오 촬영 기록을 토대로 하여 본 시스템 주변에서의 어종별 행동을 조사하였다.

미역치는 연안 정착성 어류로서 연안의 해조류가 있는 암초지대에 주로 서식한다(유 등, 1995). 6월부터 가두리 당 3~4개체씩 관찰되었으며 여름철에는 착저식 가두리 사육조의 망에 배를 접촉하고 있다가 잠수부가 접근하면 재빠르게 도피행동을 보였으나 많은 거리를 움직이지 않았고 위협이 사라지면 다시 제자리로 복귀하는 행동을 보였다. 가을철부터는 가두리 사육조에서는 관찰할 수 없었으나 가두리 밑 암초사에서 서식하는 것이 확인되었다(Fig. 18a).

블락은 주로 낮에는 저층에서 머물면서 무리를 지어 소형어류나 갑각류를 포식하는 것으로 알려져 있다(유 등, 1995). 본 조사에서는 무리를 짓는 것은 발견되지 않았으며, 거의 단독으로 행동하며 잠수부의 접근에도 놀라지 않고 천천히 유영하였다. 성어 무리는 주로 겨울철에 출현하여 사육조 사이의 빈 공간에서 서식하는 것이 관찰되었고 외부 자극이 있을 경우 가두리 밑으로 도피하는 행동을 보였다(Fig. 19a).

쥐노래미는 연안 정착성 어류로서 암초지대에서 세력권을 형성하고 행동은 활발하지 않으며 배 부분을 바위나 돌에 접촉하며 생활한다고 알려져 있다(김 등, 1993). 본 조사에서는 9월에 출현하여 주로 배를 접촉하여 유영을 하거나 정지하고 있다가 먹이가 발견되면 가까이 다가가서 섭식하는 등의 행동을 보였고 때로는 가두리 내부를 비교적 활발히 유영하는 것도 발견되었다.

줄도화돔은 연안의 얕은 곳에서 수심 100m까지 서식하며 암초 및 모래질 바닥으로 된 곳에서 무리를 지어 서식한다고 알려져 있다(유 등, 1995). 본 조사에서도 가두리 중간과 밑에서 근접하여 무리를 지어 서식하는 것이 확인되었다(Fig. 12b). 특히 7월에서 10월 사이에 성어의 출현량이 가장 많았으며 이후 12월경에는 자치어들이 동일한 장소에서 출현하는 것이 확인되었다.

범돔은 20~40마리의 군을 이루며 착저식 가두리 주변에 출현하였다(Fig. 11b). 잠수부의 접근에도 크게 동요하지 않았고 대부분이 무리를 벗어나는 행동을 보이지 않았다. 동일한 수심의 자연초어장에서는 본 종의 무리가 관찰되지 않았다. 그리고 블락과 줄도화돔과 같이 가두리 내부에 잠입한 모습은 관찰되지 않았다.

돌돔은 단독 혹은 2~3마리가 가두리 주변에 출현하였고(Fig. 16c) 잠수부의 접근에

크게 중요하지 않았지만 1m 이내로 접근하게 되면 가두리 밑으로 도피하는 행동을 관찰할 수 있었다. 가두리 주변에서 관찰된 돌돔의 크기는 대략 10~15cm의 체장을 보였지만 주변 자연초어장에서는 30cm 이상의 성어 무리가 관찰되었다. 그리고 가두리 주변에서 탈락된 전복을 섭식하는 모습이 관찰되었는데(Fig. 20b) 쥐치와는 달리 동종끼리 경쟁하는 행동은 관찰되지 않았다.

두줄베도라치는 연안의 암초와 해조류가 있는 곳에 주로 서식하며 바다에 흩어져 있는 병 속이나 갯통 등에 들어가 숨어 있는 모습을 흔히 볼 수 있다(유 등, 1995). 본 조사 기간 중 9월과 10월에 자주 관찰되었으며 특히 가두리 틀에 부착된 파이프 틀에서 대부분 서식하고 있는 것을 확인할 수 있었고(Fig. 17a) 가두리에 부착한 조류를 섭식하는 모습도 관찰되었다. 평소에는 가두리 주변을 유영하며 생활하다가 잠수부가 접근하면 가두리 내부로 잠입하는 모습이 관찰되었다.

독가시치는 착저식 가두리에서 빠져나오는 해조의 잔여물을 섭식하기 위하여 사육조 전면에 군집을 형성하는 모습이 자주 관찰되었다(Fig. 19c). 잠수부의 접근에 예민하게 반응하면서 재빠르게 도피행동을 보였다. 4월에 성어 군집이 확인된 이후 겨울철에 모습을 드러냈다.

쥐치는 전 조사 기간 중 가두리 주변에서 확인되었고 급이시 탈락된 전복 개체가 발생하면 어김없이 쥐치들이 접근해 왔고 그 중에서도 행동하는데 우위를 점하는 개체가 있었다(Fig. 20c). 그 개체는 몸빛이 선명해지고 꼬리지느러미를 활짝 펴면서 등가시를 세우고 동종(쥐치)을 위협하는 행동을 보였다. 반면 돌돔, 범돔, 놀래기류 등 다른 종에 대해서는 경계행동이나 체색 변화는 관찰되지 않았다(Fig. 20b). 그리고 가두리 주변의 쥐치들은 각자의 영역권을 형성하고 방어하는 행동이 자주 관찰되었으며 사육조안에 투여된 해조를 섭이하는 모습이 관찰되었다. 주로 모래 바닥을 입으로 강하게 불거나 먹이가 붙어있는 암반을 쪼아서 섭이를 하였고 동종에 대하여 강한 경계행동을 보였다. 산란기인 5월 이후에는 경계 및 구애(Kawase and Nakazono, 1996)행동으로 보이는 암수의 독특한 행동이 관찰되었다(Fig. 19b).

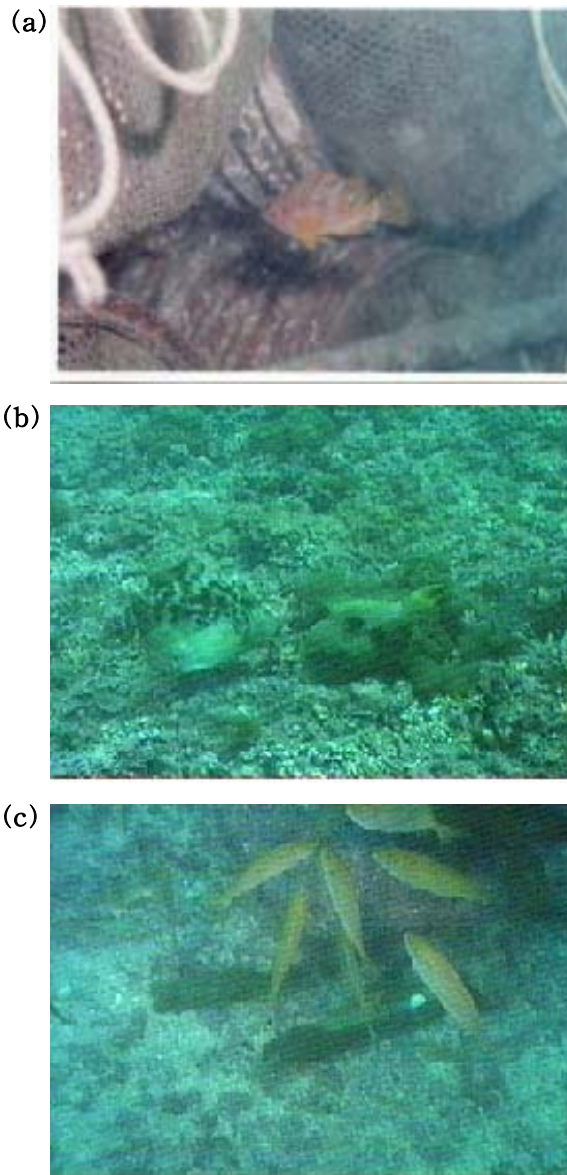


Fig. 19. Behavioral characteristic of fishes around bottom cage system.

(a) : Escape behavior of Dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*

(b) : Aggressive behavior of male Thread sail filefish, *Stephanolepis cirrhifer*

(c) : Food competitive behavior of Rabbit fish, *Siganus fuscescens*

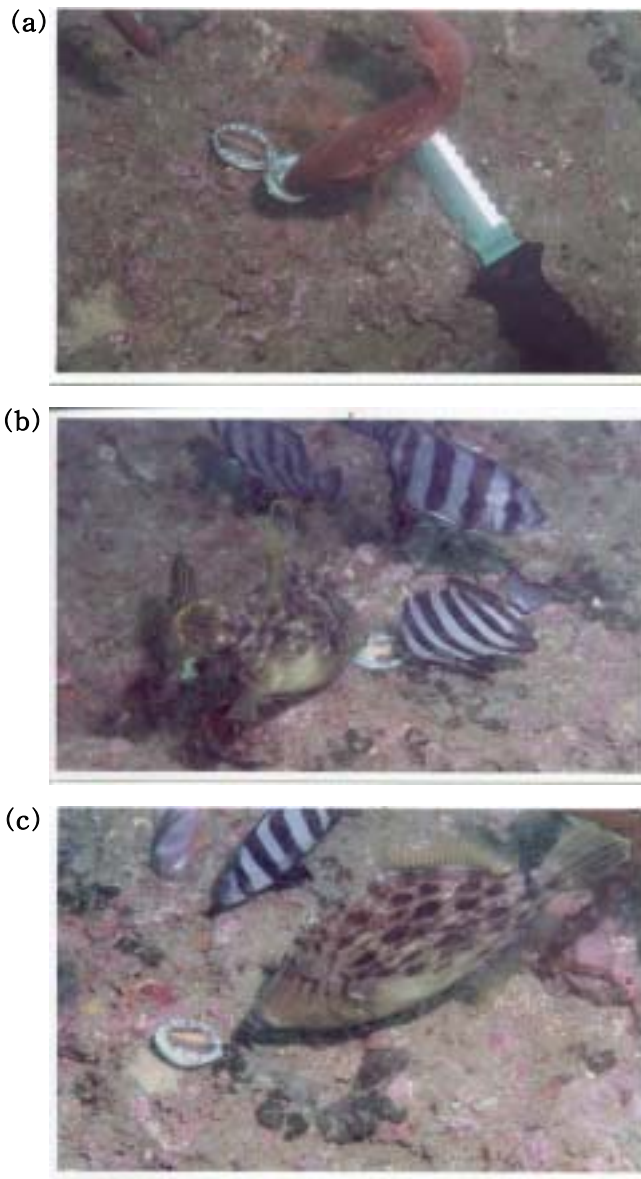


Fig. 20. Images of fishes eating young abalone, *Haliotis discus* around bottom cage system.

- (a) : Bambooleaf wrasse, *Pseudolabrus japonicus*
- (b) : Japanese parrotfish, *Oplegnathus fasciatus*
- (c) : Threadsail filefish, *Stephanolepis cirrhifer*

IV. 고 찰

본 연구에서 조사된 착저식 가두리는 대부분 평탄한 해저면에 위치하고 있으며, 이미 백화가 진행되어 무절산호말이 우점하고 어류와 같은 수산생물이 드문 지역에 시설되어 인공어초효과의 어류 위집에 대한 연구에는 아주 효과적이라고 판단되었다.

조사기간 동안 잠수 관찰을 통해 관찰된 어류는 총 6목 23과 36속 43종이었다. 제주도 연안어장에 시설된 인공어초에 대해서 잠수 관찰 방법을 이용한 어류 위집에 관한 조사에서는 삼양 연안 등 500여개의 사각어초에서 20여종(제대 해연, 1995), 고내리 등 600여개의 원통형과 사각어초에서 23종(수진원 제주분소, 1996), 고산 등 2,000여개의 육교형, 빨삼각형 등의 어초에서 43종(제대 해연, 1997), 하도리 등 2,600여개의 빨삼각형, 사각형 등의 어초에서 33종(제대 해연, 1998), 조천리 등 2,000여개의 빨삼각형, 사각형 등의 어초에서 10여종(수진원 제주분소, 1999)이 출현하였다. 그리고 한국연안을 동해중부와 남부, 남해연안과 외양 그리고 서해중부와 남부로 크게 6개 해역으로 나누어 시설된 사각형, 원통형, 반구형 어초에서 삼중자망으로 어획 조사한 결과, 45종이 출현하였다고 보고하였다(이와 강, 1994). 본 연구에서 조사된 출현 어류가 제주도 연안 인공어초 시설어장의 사후관리 및 효과조사 보고서에서 관찰된 출현 종수보다 많았다. 이는 실패역 조사 횟수가 적어 관찰된 출현 어종이 적게 나타난 것으로 사료된다. 그리고 본 착저식 가두리가 제주 연안에 시설된 인공어초에 비해 어류의 위집효과가 결코 뒤떨어지지 않는 것으로 사료된다. 한편 수심 7m에 설치된 착저식 가두리 주변에 형성 되어있는 반구형 어초 및 투석 지역을 실험 기간에 몇 차례 관찰 조사하였으나 뚜렷한 어류의 위집 상황은 조사되지 않았으며 자리돔(*Chromis notatus*)과 놀래기(*Halchoeres tenuispinnis*) 등 몇몇 어종이 주변을 유영하고 있었다.

화북 연안과 삼양 연안의 수온 특성은 인접한 곳이어서 비슷한 것으로 나타났으나 시설 정점별 어류 위집 형태를 살펴볼 때 화북 정점(H)이 타 정점(S, HE, HW, SV)에 비하여 출현 어종과 개체수가 가장 많은 것으로 나타나고 있어서 그 원인에 대해서는 계속적인 조사 연구가 있어야 할 것이다.

최근 들어 인공어초 주변해역에 대한 광범위한 생물학적 연구에 의해 인공어초가 기초 생산증식에 중요한 기능을 하고 있음이 밝혀지고 있다(이와 강, 1994). 즉 흐름이 있는 3차원 빈 공간에 구조물을 시설함에 따라 저층의 흐름을 차단 혹은 용승시킴으로써 저층의 풍부한 영양염류가 표층으로 공급되어 기초생물의 생산력이 증대된다는 것이다(申村, 1979). 또한 인공어초가 부착생물의 서식장으로 제공됨에 따라 다량

의 부착생물이 인공어초에서 서식하게 되며, 많은 어패류들이 이를 먹이로 함으로 다른 생물의 증식효과도 가져오게 된다(岡本, 1979; Hueckel, 1980; Buckley and Hueckel, 1985). 본 연구의 결과로 보아서도 타 정점보다 화북 정점이 시설 시기와 전복 사육이 가장 먼저 이루어졌고, 2000년 3월부터 잠수부에 의한 지속적인 사육 관리를 통해 전복의 분비물질과 투여 해조의 잔여물이 주변에 축적되면서 착저식 가두리 주변에 형성된 유기물에 의해 어류의 위집이 가능했고 평탄한 지형에 설치된 가두리 위치에 따른 와류 현상과 해수 흐름의 변화에 의해 어류가 체류하기에 적합한 환경을 만들어주었던 것으로 사료된다.

또한 시설시기가 비슷한 동부락 정점(HE-1)과 서부락 정점(HW-1)의 어류 위집 차이를 조사한 결과, 전복을 사육하고 있는 동부락 정점에서가 전복을 사육하지 않는 서부락 정점에 비하여 출현종수와 출현밀도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 전복을 대상으로 한 착저식 가두리의 양식도 어류 위집에 크게 기여하고 있는 것으로 추정된다. 이것은 위집된 어류에서 살펴보았듯이 착저식 가두리에 항상 근접하여 유영하는 어종 중에는 전복 등 패류와 해조 등을 섭식하는 어종이 많음으로부터도 알 수 있다(정, 1977).

주간에 실시한 잠수관찰에 의하면 가두리 주변 5m의 범위 내에는 주로 정착성 어류인 볼락(*Sebastes inermis*), 썸뱅이(*Sebastiscus marmoratus*), 돌돔(*Sebastiscus marmoratus*), 놀래기류, 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*) 등이 위집되고 있음을 알 수 있었다. 이들 어류 중 대부분은 일반적으로 인공어초 등과 같은 해중구조물에도 많이 출현하는 것으로 보고 되고 있다(岡本등, 1979; 岡本, 1983; 柿元, 1998). 이들 종은 잠수부가 다가서면 가두리내부(사육조 사이) 및 가두리 밑으로 도피하는 행동을 보여 가두리를 도피 장소로도 이용하고 있다고 판단되었다. 한편 독가시치(*Siganus fuscescens*)의 경우 가두리 사육조와 망에서 나오는 잔여물(공급 해조)등을 쫓아대는 행동을 보였고, 사육조 전면에 군집을 형성하는 모습이 자주 관찰되었다. 쥐치와 말쥐치(*Thamnaconus modestus*), 돌돔 역시 가두리에서 발생하는 잔여물이나 전복을 쫓아대는 행동을 보였고, 가두리 주변에 부착된 해조와 착생한 생물을 섭식하는 행동이 관찰되었다. 이들 종은 가두리를 먹이장소로써 이용하고 있다고 판단되었다.

일반적으로 천연초가 연안에서 외해까지 착생생물의 생활기반이 되고 있다는 것은 잘 알려져 있다. 착생생물은 해역의 해양학적 특성에 의해 한정되어 있지만, 연안역에 많고 수심이 깊을수록 감소하게 된다. 연안역에는 해조류가 번무하고 해조류에 갑각류, 고둥류, 해면류, 태충류 등의 동물이 부착한다. 그리고 해조류가 착생하지 않는 수심에서도 따개비류, 태충류, 멧게류, 해면류 등이 착생하여 이를 먹이로 하는 소형갑

각류나 다모류 등의 동물이 많이 서식한다. 결국, 해중에 있는 구조물은 고착 또는 부착생물의 생활기반이 되며 인공어초는 기반층대를 도모하는 역할을 하게 된다. 인공어초에서의 착생생물은 수많은 위집어류의 먹이가 된다. 이러한 사실은 해조장에 있어서 군집종의 먹이분배, 암초 조하대에 있어서 먹이연쇄, 인공어초에 있어서 잠수관찰 등의 각종 조사연구에 의해 분명하게 밝혀지고 있다(畑中, 1962; 岡本, 1979; 洪, 2000). 본 조사에서도 전복을 사육하는 채롱 내부와 틀 바깥쪽에 해면류, 멍게류, 따개비류가 다수 착생하였고 주변에 소형 갑각류 등 많은 소형 동물들이 서식하였다. 사육 중인 전복의 배설물과 분비물질, 투여 해조류뿐만 아니라 이러한 주변 동물들이 주변 출현 어류의 먹이 생물로 작용하여 어류의 위집이 가능했다고 추정된다.

착저식 가두리 시스템 주변에 위집된 어류의 공간적 분포 양상을 살펴보았는데 이전부터 인공어초에 위집된 어류의 생활양식에 대해 많은 연구가 이루어져 왔다. 小川(1977)은 해저에 설치된 인공어초에 대한 어류의 생활양식을 接觸刺戟이 강한 순(I ~ V형)으로 구분하여, I형은 붕장어(*Conger myriaster*)와 같이 어초에 몸의 일부를 접촉하고 있는 것이고, V형은 참다랑어(*Thunnus thynnus*)와 같이 어초에 전혀 접촉을 하지 않는 종류로 구분했다. 堺(1973)는 어초에 대한 어류의 분포위치를 기준으로 구분하여, A형은 표·중층어, B형은 어초에 접근, C형은 어초의 내부, D형은 어초면에 접촉 그리고 E형은 어초 주변의 해저에 분포하는 것으로 나누었다. 그리고 岡本(1989)과 洪(1998)은 시험어초에서의 어류 행동을 불바리와 같이 어초 내부에 잠입하여 거의 유영하지 않는 어류로, 잠수부의 접근 등의 刺戟을 받으면 유영 또는 이동을 하지만 얼마 지나지 않아 다시 정주하는 定住型, 전갱이나 돌돔과 같이 어초 주위 또는 어초와 관계없이 적극적으로 유영하며 활동하는 活動型, 돔감팽 불락과 두줄망둑과 같이 어초 주변을 유영하는 浮游型의 3가지의 유형으로 분류했다. 이상과 같은 분류로 보아 어류들이 인공어초에 위집하는 현상은 해중 구조물에 대한 어류들의 본능적인 특성이라고도 사료된다. 본 조사에서도 가두리와 출현어종 간의 분포 양상(Table 6)을 살펴보았는데 구조물을 인식하면서 위쪽과 주변에 머무는 종(A type), 구조물 공간에서 머무는 종(B type), 구조물 하단에 분포하는 종(C type)의 3가지로 분류했다.

A type은 전갱이나 돌돔과 같이 어초 주위를 적극적으로 유영하며 활동하는 종으로 잠수부가 접근하여 관찰하기가 비교적 곤란했다. 그러나 범돔(*Microcanthus strigatus*)의 경우는 어초 주위에 군집을 형성하면서 정주하여 잠수부의 접근이 용이하였다. B type은 미역치(*Hypodytes rubripinnis*)와 불락, 줄도화돔(*Apogon semilineatus*)과 같이 사육조 사이에서 유영하면서 거의 정지상태로 있는 종으로 잠수

부의 접근에도 크게 동요하지 않아 접근 관찰하기가 쉬웠다. C type은 미역치, 뽕에돔 (*Girella punctata*), 청줄돔(*Chaetodontoplus septentrionalis*)과 같이 가두리 하단에 잠입하여 마찬가지로 거의 정지 상태로 있는 종으로 가두리 하단을 도피의 장소로 이용하는 것으로 추측되었다. 착저식 가두리 주변에 출현한 어종들은 小川(1968)의 분류에 의하면 뱀장어나 봉장어와 같은 대표적인 어종은 보이지 않았지만 I 형과 II, III, IV 형에 해당하며, 본 구조물에 대한 위집 반응을 나타내어 전갱이, 돌돔, 쥐치 등 많은 어류들에 대한 위집효과가 있는 것으로 사료되었다. 본 조사에서 관찰된 어류는 대부분이 자연초에 서식하는 암초성 어류로, 생활사의 대부분을 수중 고형체에 머물면서 서식하는 어류가 제주도에서는 특히 많기 때문에 위집효과가 컸다고 사료된다.

돌돔은 조사기간에 자주 관찰된 어종으로 전장 10~14cm 인 유어가 대부분이었으며 성어는 거의 관찰되지 않았다. 일반적으로, 이 어종의 유어 및 성어는 암초 등에 많이 나타나는 것으로 알려져 있으며, 치어기에는 流藻에 대량으로 출현하는 어종이다(山田과 内本 ; 1977). 한편, 유조에 모여 생활하던 돌돔은 전장 5~6cm가 되면 유조에서 떨어지기 시작한다고 전해지고 있다. 이번 조사에 나타난 돌돔의 크기를 생각해 보면, 표층 생활 시기를 벗어나 저층에 서식하는 시기라고 생각해 볼 수 있다. 한편, 돌돔의 착저식 가두리 이용실태를 살펴보면, 야간조사가 이루어지지 못하여 야간 행동의 정확한 정보는 알 수가 없지만, 岡本(1983)에 의하면 주간 돌돔은 人工藻場과 인접한 범위 내에서 활동하며 야간에도 그다지 떨어지지 않은 범위 내에서 천천히 유영한다고 보고하고 있다. 즉 돌돔은 주야로 착저식 가두리 주변에서 생활하고 있다고 여겨진다. 또한 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*)도 조사 전 정점에서 관찰된 어종으로 전장이 8~18mm의 치어는 유조에 군집하고 갑각류, 유공류를 먹는다. 전장이 5cm까지는 해조 사이를 다니며 주로 작은 갑각류와 다소의 해조를 먹고, 전장이 5cm 이상의 치어는 8~30m의 깊은 곳으로 이동하여 갑각류, 유충류, 조개류 및 기타의 동물질과 다소의 해조류를 즐겨 먹는다(정, 1977). 본 조사에서 전복 급이시 발생하는 해조류나 사육조에서 탈락한 전복이 발생할 경우 돌돔, 쥐치, 황놀래기 등과 같은 어류들이 모여들어 섭식하는 모습이 관찰되었다. 따라서 이들 어종에 대한 착저식 가두리의 위집효과는 매우 높은 것으로 판단된다.

본 조사를 통해 향후 해중 전복가두리가 제주도 공동어장 내에 설치 보급되어 전복 및 다양한 패류 양성을 통한 어민의 소득 증대뿐만 아니라 연안 해역의 어장 조성에도 일익을 담당할 수 있는 가능성을 마련했다고 사료된다. 그리고 어류를 비롯하여, 해양생물의 생태를 고려한 시스템 개발과 꾸준한 관찰을 통한 사후 관리와 더불어 인공어초로서의 기능 확보 연구도 계속되어야 할 것이다.

V. 요약

본 연구에서는 화북과 삼양 해역에 설치된 착저식 전복 가두리를 대상으로 어류의 위집상황과 행동 등을 잠수관찰에 의해 조사하였다. 조사에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조사기간 동안에 착저식 사육 시스템 주변에 출현한 어종은 총 6목 26과 36屬 43種으로 나타났다. 조사된 6목의 어류 중 농어목(Perciformes)이 17과 23屬 29種으로 가장 많았고, 다음으로 복어목(Tetraodontiformes)이 4과 5屬 5種, 썸뱅이목(Scorpaeniformes)이 2과 5屬 6種으로 나타났다.
2. 조사 기간 중 월별로는 9월에 32種으로 출현종수가 많았으며 3월에 6種으로 출현종수가 가장 적었다. 특히 수온이 20℃ 이상으로 유지되었던 7월부터는 어종뿐만 아니라 개체수도 많아져 수십~수백 마리씩 군을 이뤄 유평하는 모습을 관찰할 수 있었다.
3. 볼락(*Sebastes inermis*), 줄도화돔(*Apogon semilineatus*), 범돔(*Microcanthus strigatus*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 자리돔(*Chromis notatus*), 용치놀래기(*Halichoeres poecilopterus*), 놀래기(*Halichoeres tenuispinnis*), 황놀래기(*Pseudolabrus japonicus*), 어렁놀래기(*Pteragogus flagellifer*), 쥐치(*Stephanolepis cirrhifer*) 등이 모든 정점에서 출현하였다.
4. 착저식 가두리에서 확인된 어종들의 시설물 위치에 대한 출현 양상은 구조물을 인식하고 위쪽에 머무는 종(Type A)으로 전갱이(*Trachurus japonicus*), 돌돔, 놀래기 등이 있었고, 시설물 공간에서 확인된 어종(Type B)으로는 미역치(*Hypodytes rubripinnis*), 볼락, 줄도화돔, 두줄베도라치(*Petroscirtes breviceps*), 제비활치(*Platax pinnatus*) 등이 있었다. 그리고 시설물 바닥에서 관찰된 어종(Type C)으로는 청줄돔(*Chaetodontoplus septentrionalis*), 뽕에돔(*Girella punctata*) 등이 있었다.
5. 인공어초는 어류에게 은신처를 제공하는 하나의 구조물이라고 볼 수 있는데, 본 조사에서도 돌돔과 볼락, 청줄돔 등은 가두리를 도피 장소로 이용하였고, 독가시치(*Siganus fuscescens*), 쥐치, 놀래기 등은 투여 해조류와 양식 생물을 섭식하는 등 먹이장소로도 이용하고 있었다. 그리고 미역치, 두줄베도라치는 가두리를 서식장소로 이용하고 있어서 출현 어종에 대한 착저식 가두리의 위집효과는 높게 나타나는 것으로 판단되었다.

VI. 참고문헌

- 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.
- Harville, J. P. 1983. Obsolete petroleum platforms as artificial reefs. *Fisheries* 8(2), 4~6.
- Hueckel, G. J. 1980. Foraging on an artificial reef by three Puget Sound 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.
- Kawase, H. and A. Nakazono. 1996. Two alternative female tactics in the polygynous mating system of the threadsail filefish, *Stephanolepis cirrhifer* (Monacanthidae). *Ichthyol. Res.*, 43(3): 315~323.
- Peter F. Sale. 1991. *The Ecology of fishes on Coral Reefs*. Academic press, Inc.
- Rilov, G. and Y. Benayahu. 2000. Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. *Marine Biology*, 136, 931~942.
- Rooker, J. R., Q. R. Dokken, C. V. Pattengill and G. J. Holt. 1997. Fish

assemblages on artificial and natural reef in the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, USA. *Coral Reefs*, 16, 83~92.

Santos, M. N. and C. C. Monteiro. 1997. Olhao artificial reef system (south Portugal) : Fish assemblages and fishing yield. *Fish. Res.*, 30, 33~41.

Thiel, R., A. Sepulveda, R. Kafemann and W. Nellen. 1995. Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe estuary. *J. of Fish Biology*. 46, 47~69.

Yano, K., F. Sato and T. Takahashi. 1999. Observations of mating behavior of the manta ray, *Manta birostris*, at the Ogasawara Islands, Japan. *Ichthyol. Res.*, 46(3): 289~296.

岡本峰雄・黒木敏郎・村井 徹. 1979. 人工魚礁近傍の魚群生態に関する基礎的研究—I. 魚群量の予備調査. *日本水産學會*, 45(9), 1085~1090.

岡本峰雄・佐藤 修・黒木敏郎・村井 徹. 1981. ダイバーが魚群行動に与える影響. *日本水産學會*, 47(12), 1567~1573.

岡本峰雄. 1983. 人工藻場魚. プラント周辺の魚群行動について. *日本水産學會*, 49(5), 687~692.

岡本峰雄. 1989. 天然礁の魚類相との比較からみたタイヤ魚礁の機能について. *日本水産學會*, 55(2), 197~203.

堺 告久. 1973. 魚礁での魚類の蝸集構造(棲息場所について). *兵庫縣水試研報*, 13, 31~33.

道家章生. 1998. サザエ漁獲礁の効果, *水産工學會誌*, 35(2), 145~152.

山田悦正・内本幸次. 1977. 造成漁場における魚類の分布型と行動について. *石川縣水試研報*, 2, 21~32.

- 小川良徳. 1968. 人工魚礁とその 効果 (人工魚礁と魚村き). 水産増殖, 7, 3~21.
- 柿元 皓. 1998. 人工魚礁の生物學的機能解析に關する研究. 水産工學會誌, 35(1), 1~7.
- 柿元 皓・津村 憲・野田幹雄. 1998. 人工魚礁漁による場, 増殖場造成, 水産工學會誌, 34(3), 305~311.
- 畑中正吉・飯冢景記. 1962. 藻場の魚の群集生態學的研究. 日本水産學會誌, 28, 5~16.
- 町中 茂. 1978. バイオテレメトリ システムによるブリの行動生態に關する研究. 海洋科學, 9, 812~818.
- 佐藤 修. 1968. 人工魚礁に關する若干の 問題點. 水産増殖, 7, 43~65.
- 中坊徹次. 1993. 日本産 魚類檢索 -全種の同定-. 東海大學出版.
- 中村 充. 1979. 水産土木學(漁場造成・海洋還境エソジニアリソグ) 工業時事通信士, 411~470.
- 洪性完. 1997. 浮沈式海洋構造物の 人工魚礁機能に關する研究. 鹿兒島大學大學院 博士學位論文.
- 고유봉・조성환. 1997. 제주도 연안 해초지대 어류군집에 관한 연구. I. 종조성과 계절변화. 한국어류학회지, 9(1), 48~60.
- 김대권・장대수. 1992. 인공어초를 이용한 해중립 조성. 수진연구보고, 46, 7~19.
- 김성근・고유봉. 1997. 제주연안환경을 고려한 전복 양식시스템 개발. 제주대학교 해양연구소 연구논문집. 제12권.
- 김익수・이완옥. 1994. 제주도의 어류상. 전북대학교 생물학과 한국어류상연구회.

- 김인영. 2001. 한국해양생물사진도감. 풍등출판사.
- 김재오. 1999. 서해안 사각형 인공어초의 자원조성효과에 관한 연구. 수진연보, 56, 27~34.
- 남해수산연구소 제주분소. 1996. 패·조류 투석사업 효과조사 보고서 (최종보고서).
- 남해수산연구소 제주분소. 1996. 인공어초 사후관리 조사보고서.
- 남해수산연구소 제주분소. 1998. 시험어초 효과조사 보고서.
- 남해수산연구소 제주분소. 1999. 시험어초 효과조사 최종 보고서.
- 류청로·장선덕·임기봉. 1986. 인공어초의 규모와 배치에 관한 연구. 수진연보, 38, 1~24.
- 박중수·서만석·김지현. 2000. 전라북도연안 인공어초의 효과에 대한 연구. 12(1), 11~21.
- 白文河. 1982. 濟州道 沿近海의 魚類相. 濟州大 論文集, 14(1), 93~108.
- 부경대학교 수산과학연구소. 2000. 강제어초개발 및 효과에 관한 연구.
- 안영화·노홍길·김석중·정동근·김문관. 1999. 제주도연안 인공어초의 집어효과 향상에 관한 연구-인공어초의 자원조성효과-. 11(1), 59~68.
- 윤충환. 1999. 제주 연안 해중 전복가두리 사육시스템에서 까막전복(*Haliotis discus*)의 사육과 성장. 제주대학교 대학원 해양학과 석사학위논문.
- 이순길·김용익·명정구·김종만. 2000. 한국산어명집. 한국해양연구소.
- 이정우·강영실. 1994. 인공어초어장의 어류 군집상과 어획량 변동. 한수지, 27(5),

535~548.

정문기. 1977. 한국어도보. 일지사.

제주대학교. 1999. 제주 연안 해중 전복가두리 양식 시스템 개발. 해양수산부.

제주대학교 해양과학대학 BK21 사업단. 2001. 제주도에 시설된 강제어초 효과 및 시설상태에 관한 조사.

제주대학교 해양연구소. 1995. 어초시설어장 사후관리 조사보고서 (최종보고서).

제주대학교 해양연구소. 1997. 어초시설어장 사후관리 조사보고서 (최종보고서).

제주대학교 해양연구소. 1998. 어초시설어장 사후관리 조사보고서 (최종보고서).

제주대학교 해양연구소. 1999. 인공어초 시설어장 사후관리 및 효과조사 보고서.

제주대학교 해양연구소. 2001. 인공어초 시설어장 사후관리 및 효과조사 보고서.

주재욱. 1984. 인공어초. 대한토목학회지. 32(3), 91-97.

최장근. 2001. 실험 인공어초 주변의 해양생물 군집. 부경대학교 대학원 수산생물학과 박사학위논문.

한경호 · 양근석 · 진동수 · 유동재 · 오성현 · 황동식. 2001. 고흥반도 주변 해역에 분포하는 魚類의 종조성 및 계절변동. 한국어류학회지, 13(2), 143~157.

洪性完 · 岡本峰雄. 1998. 浮沈式 人工海底에 설치한 人工魚礁에 대한 魚群의 行動特性. 韓國漁業技術學會誌, 34(4), 378~385.

洪性完 · 岡本峰雄. 1998. 일본에 있어서 해상양식용 부침식 구조물의 개발시험. 제주대 해양연구논문집, 22, 1~11.

홍성완. 1999. 인공어초의 설계에 대한 이론적 고찰. 제주대 해양연구논문집, 23,
63~71.

홍성완. 2000. 인공해저에 대한 어류의 위집기구에 관한 연구. 한국어업기술학회지,
36(2), 98~104.

감사의 글

부족하기만한 제자의 논문을 따라온 질책과 따뜻한 격려로 조언을 아끼지 않아주신 고유봉 교수님께 마음 깊이 감사드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 좋은 논문이 될 수 있도록 많은 도움을 주신 최영찬 교수님, 이준백 교수님, 학위 과정동안 많은 가르침을 주신 윤정수 교수님, 방익찬 교수님, 윤석훈 교수님께 진심으로 감사드립니다.

회사에서나 학교에서 언제나 저를 믿어주고 이끌어주셨던 김성근 박사님께 고개 숙여 진심으로 감사드립니다. 그리고 SCUBA 기술과 수중장비 등 많은 부분에서 도움을 주시고 항상 저희 Team의 건강을 걱정해주신 류재청 교수님과 스포츠 교육장 체육학과 학생들에게도 감사의 마음을 전합니다.

도움이 되는 소중한 자료를 흔쾌히 제공해 주신 도청 해양수산과 양희범 선배님, 이기우 선배님과 국립수산물연구원 자원조성연구소 조성환 선배님, 해양수산자원연구소 홍성완 박사님, 고경민 선배님께 깊은 감사를 드립니다.

항상 곁에서 지켜봐 주고 힘들 때마다 용기와 힘을 준 박사과정 승종이와 경표형, 총환이형, 지형이를 비롯한 해양학과 생태학연구실 가족들과 대학원 선후배님들께 고마운 마음을 전합니다.

특히 어렵고 힘든 수중작업에도 웃으면서 같이 일할 수 있었고 늘 옆에서 너무나 큰 힘이 되어준 수중설치팀(상철이형, 순태, 형록, 일선)과 직장동료(강문규, 김철사 팀장님, 강주택 팀장님, 도성, 동현, 성원) 여러분께 감사를 드립니다.

힘들 때 항상 곁에서 힘이 되어준 친구들과 미영이에게 고마움을 전합니다.

언제나 사랑과 정성으로 저를 보살펴 주시고 막내아들의 논문을 보시고 제일 기뻐하실 부모님과 서울과 대전, 미국에서 바쁜 생활 중에서도 항상 격려와 성원을 보내 주신 누님들과 형님께 이 작은 결실을 바칩니다.