

BSPM169-00-1529-3

**2002년 남서태평양 해양생물자원 개발 연구**  
A Study on the Development of Marine  
Biological Resources in the South-West  
Pacific, 2002

2003. 4

주관연구기관 한국해양연구원  
협동연구기관 경상남도 수산자원연구소

**해 양 수 산 부**

# 제 출 문

해양수산부장관 귀하

본 보고서를 “ 2002년 남서태평양 해양생물자원 개발 연구” 의 보고서로 제출합니다.

2003. 4 . 30.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 이순길

연구 원 : 박철원, 명정구, 노충환  
박홍식, 원기식, 노재훈  
김민석, 최희정, 장묘인

협동연구기관명 : 경남수산자원연구소

연구 원 : 김상규, 박경대, 이정미  
박애전

# 요 약 문

## I. 제 목

2002년 남서태평양 해양생물자원 개발 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

남서태평양에 준해양영토 개념의 해양전진기지 개척은 21세기 해양개발을 위한 국가적 과제이며, 단기간에 가장 큰 효과를 얻을 수 있는 방법은 현지 해양생물자원 개발을 통한 전진기지 구축이다. 남서태평양의 중심이 되는 마이크로네시아는 300만Km<sup>2</sup>의 광활한 배타적경제수역과 연안 산호초 해역에 개발 잠재력이 큰 고부가가치 해양생물자원을 풍부하게 가지고 있다. 그러나, 자체적 개발여력이 미흡하여 외국의 자본과 기술이 투입되어야 개발이 가능하기 때문에, 우리나라의 해양개발 정책에 부합하는 해외 전진기지 개척을 위한 최적 조건을 갖추고 있다.

본 연구의 목적은 첫째, 마이크로네시아 해역의 해양생물자원을 개발하여 급증하는 국내 고급수산물 수요를 충당하며 수입 대체효과는 물론 새로운 국제시장을 개척하고, 둘째 개발된 기술을 토대로 남서태평양 도서 국가들에 대한 수산기술 서비스 제공함으로써 이들 국가에 대한 경제·외교적 영향력을 확보하고, 21세기 태평양 시대의 선도적인 해양개발을 위한 해양전진기지를 개척하는데 있다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 마이크로네시아 축주 해역의 해양생물자원 개발을 위하여 계획되었으며, 연구 개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

### 가. 해양생물자원조사

- 축 및 쿠옵환초의 내외측을 대상으로
- 어류자원 및 유용어류 산란장 조사

- 대형저서동물자원조사
- 해조류자원조사

나. 흑진주조개 종묘생산 연구 (2)

- 흑진주조개 성성숙
- 흑진주조개 현지종묘생산
- 흑진주조개 국내 종묘생산
- 먹이생물개발

#### IV. 연구개발결과

##### 1. 해양생물자원조사

###### 가. 어류자원조사 및 유용어류 산란장 조사

축환초와 쿠옵환초에 선정된 총 12개 정점에서 관찰된 어류는 264종이었다. 정점별로는 50 ~ 80여종이 출현하였다.

조사해역은 수중생태계의 특성에 따라 3가지 지역으로 구분할 수 있었다. 첫째는 환초 바깥의 전형적인 수직 직벽으로 대형 바리류, 갈돔, 전갱이류, 나폴레옹 피시, 쥐돔류 및 자주빛금강바리가 대표적 어종으로 나타났으며 이번 조사에서는 성숙한 암수 쥐돔의 산란전 행동이 관찰되기도 하였다. 둘째는 환초가 외해로 열리는 수로의 입구에 가까운 내부 정점으로 조류 소통이 좋아 비교적 다양한 어종 구성과 blue fin trevally, 줄전갱이 등 외양성 어류와 대형 어종들이 많이 서식하는 곳이다. 확인되는 곳이었다. 셋째는 외해와 연결되는 수로와는 거리가 상당히 먼 환초 안쪽으로 수심이 얇고 바닥이 편평한 모래 또는 자갈로 이루어진 지역으로 천해성 산호초가 발달한 곳으로 놀래기, 쥐돔류, 자리돔류 등 소형 어종들과 유어들이 많이 서식하고 있는 성육장이다.

이번 조사에서 확인된 바리과 어류 중 축주에서 가장 풍부한 자원량을 보인 종으로는 *Ephinepelus polyphkadion*, *Cephalopholis miniata*, *C. argurus* 이었고 이중 *E. polyphkadion*은 이번 조사시 South Pass 부근의 외해 쪽 직벽에서 산란습성으로 보이는 대규모 군집이 관찰되었다.

축해역에 서식하는 어종 중 가장 고가어종 (홍콩시장 가격)은 giant grouper (*E.*

*lanceolatus*)로서 우리나라의 돌돔, 자바리와 유사한 US\$106/Kg이며, 그 다음이 나폴레옹 피시로 알려진 대형 놀래기인 *Cheilinus undulatus*로 US\$96.7/kg이었다. 이번 조사에서 가장 많이 발견되었던 *Ephinepelus polyphkadion*은 US\$30.5/kg 선이다. 한편, *E. akkara*는 우리나라에서 최고품으로 취급되고 있는 붉바리로 US\$78.9/kg 내외이다. 이들 바리류는 내는 물론 해외시장에서도 호평 받고 있는바, 이를 자원화 하기 위한 보다 면밀한 연구가 필요하다.

#### 나. 대형저서동물자원

총 12개 정점에서 수행된 조사에서 초대형저서동물의 경우 79종이 출현하였으며, 강장동물이 40종으로 가장 많은 종수를 나타냈으며, 다음으로 극피동물이 16종이었다. 환형동물은 단 2종으로 가장 적은 종수가 출현하였다.

군집분석 결과 크게 3개 군집으로 나누어 졌는데, 우선 크게 내측과 외측이 상한 군집 구조를 나타내고 있으며, 특히 축환초와 쿠옵환초의 경우도 외측에서는 비교적 유사하나 내측의 경우 상이한 종조성을 보였다. 한편 축해역 전체에 대한 한 종조성 유사도 분석에서는 나무인환초는 축환초 및 쿠옵환초와 상이한 군집구조를 형성하고 있는 것으로 나타났다. 산호사 지역은 표서동물만을 대상으로 할 경우 암반 생태계 보다는 현저히 적은 종수를 나타내고 있었으며, 종수의 차이는 강장동물의 분포양상에 좌우되는 것으로 나타났다.

#### 다. 해조류자원

조사해역에서 관찰된 종은 녹조류 8종, 갈조류 3종, 그리고 홍조류 4종으로 총 15종이었다. 해조류의 분포하한은 정점별로 많은 차이를 보이는데, 환초의 내측 직벽에서는 분포하한이 25m 이상으로 깊은데 비해, 수심이 얕거나 경사가 완만한 지역에 위치한 지역에서는 20m 미만에서 분포하한선이 결정된다.

해조류의 피도는 수심 10 ~ 15m 사이에서 가장 높았으며, 이는 수심 20 m 내외에서 펼쳐지는 석회질대로부터의 저질퇴적물의 재부유 또는 수심 증가에 따른 빛에너지의 감소와 관련이 있는 듯 보이며, 수심 5 m에서의 낮은 피도는 산호충과 생물학적 상호작용과 파도에 의한 영향으로 생각된다.

열대해역에 분포하는 *Eucheuma* sp.는 카라기난의 원료로 이용되고 있으며, 공업용으로

사용되지만 *Gracilaria* sp.와 더불어 식용으로도 사용되기 때문에 매우 전망이 밝은 종이다. 따라서 잘피밭이나 얕은 지역의 산호초를 이용한 양식기술을 개발하여 현지주민에 보급할 필요가 있으며, 축환초의 외측에 산재한 나무인환초, 쿠옵환초, 나무룩환초 (Namoluk Atoll) 등은 좋은 양식지역이다.

## 2. 흑진주조개 종묘생산

### 가. 흑진주조개 성숙속

축해역에 서식하는 흑진주조개는 각고 70mm 이하일 때 수컷이 먼저 성숙하는 응성선속형 자웅동체로서 성장이 진행되면서 암컷으로 성전환이 일어난다. 생식소 발달은 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기를 반복하면서 진행되었으며, 본 조사에서 휴지기는 관찰할 수 없었다. 배우자 생산을 위한 생식소 발달은 일정한 주기성을 갖지 않고 연중 활발하게 진행되는 것으로 관찰되었다. 이는 본 종이 물리적 요인에 영향받는 주기성을 갖기보다는 항상 배우자 생산을 진행하면서 필요시 번식을 시도하려는 생식 전략으로 생각된다.

### 나. 흑진주조개 종묘생산

흑진주조개 유생의 먹이생물 4종을 현장에 운반하여 현지 배양하였다. 중간배양을 거쳐 대량배양에 이르기까지 걸린 시간은 약 14일이었으며, *T. suecica*를 제외하고는 모두  $1 \times 10^6$  세포/ml 이상 양호한 증식결과를 얻었다.

간출 및 수온자극법으로 총 15회의 산란자극을 실시하였다. 산란자극에 반응한 흑진주조개 암컷은 매회 1 ~ 2개체에 불과하여 반응율과 산란량이 매우 빈약하였으며, 7회에 걸쳐 수정란을 획득하였다. 흑진주조개 수정란의 세포분열 시간은 평균 30분 내외로 3시간만에 32세포기에 도달하였으며, 이 때부터 각각의 세포가 분열하는 시간에 차이가 났다.

수정란은 24시간 후에는 초기 D상유생기에 진입하였으며, 3일만에 각장  $90\mu\text{m}$  크기의 후기 D상유생기에 도달하였다. 5일째 각장  $125\mu\text{m}$ 의 초기각정기, 11일째에 각장  $180 \sim 190\mu\text{m}$  의 각정기유생으로 성장하였으며, 13일째 안점을 가진 가장  $210\mu\text{m}$ 의 유생이 출현하기 시작하였다. 포복기유생은 14일부터 출현하기 시작하였으며, 대부분의 유생이 20일째에 부착기 유생으로 발달하였으며 21일째 착저하였다.

흑진주조개 유생에 5 $\mu$ m 여과해수를 사육수로 넣어줄 경우 급이구와 무급이구간의 성장 차이가 거의 없어, 자연산 먹이생물이 유생의 초기성장 중요한 역할을 하는 것을 증명해 주고 있다.

해상가두리를 개발하여 D상유생을 수용하여 부착기까지 양성하였으며, D상 이후 15일째 안점이 형성된 부착기 유생을 육상 수조로 옮겨 채묘하였다. 채묘효과는 양과망, 백색 무결절망 및 전복용 파판이 6 ~ 8개체/100cm<sup>2</sup> 수준으로 유사한 반면, 검정색 차광막의 경우 3개체/100cm<sup>2</sup>로 저조하였다. 수조의 바닥에 114.7개체/100cm<sup>2</sup>의 높은 밀도로 착저한 것을 감안할 때, 채묘기 투입 시기가 다소 늦었다고 판단된다. 최종적으로 약 30,000마리의 각장 2mm급 치패를 생산하였다. D상유생부터 부착치패까지의 생존율은 약 4%를 기록하였다.

#### 다. 먹이생물개발

모웬섬 주변해역은 빈영양 수역임에도 불구하고 엽록소-a의 평균 농도가 0.47 $\mu$ g/l로 비교적 높은 값을 유지하고 있으며, 이는 낮은 영양염 환경에서 효율적으로 성장할 수 있는 초미소플랑크톤의 현존량이 많기 때문이다. 초미세플랑크톤 다음으로는 자가영양편모류가 높은 개체수를 보여 낮은 영양염 환경 하에서 효과적으로 성장하고 있음을 나타냈다. 남조류인 *Trichodemium* sp.는 질소고정 능력이 있어 질소계 영양염이 성장제한 요인으로 작용하는 웨노섬 주변 수역에서 식물플랑크톤 포식자들에게 에너지 공급원으로 중요할 뿐 아니라 질소를 고정을 통해 해수 내에 질소계 영양염을 공급하는 역할을 하는 것으로 추정된다.

흑진주조개 초기 유생의 성장에 필요한 먹이로는 5 $\mu$ m 이하의 영양이 풍부한 초미소 또는 미소플랑크톤이 필요하다. 축 해역에 서식하는 식물플랑크톤 중 이 범주의 식물플랑크톤으로는 자가영양 편모충류, picoeukaryotes, *Synechococcus*, *Prochlorokoccus* 등이 포함된다. 이 중 *Synechococcus*는 다른 식물플랑크톤에 비해 저염분, 빈영양 환경에서도 높은 성장이 가능한 생리적 특성을 가지고 있기 때문에, 항상 높은 생체량을 유지할 뿐만 아니라 연중 생체량의 변화가 크지 않기 때문에 흑진주조개 초기유생의 먹이생물로 적합한 것으로 판단된다. 현재, 축환초에서 채수되어 실험실로 운반한 시주 중에서 *Synechococcus*에 속하는 단일 원종을 성공적으로 분리하여 계대배양 중에 있으며, 최적 배양조건을 설정하기 위한 연구를 진행하고 있다.

## V. 연구개발 결과의 활용계획

- 남서태평양 해역의 해양생물자원 (식용어류, 관상어류, 저서생물자원, 생리활성물질) 탐색 및 개발에 활용
- 국내 수산업체 (흑진주양식, 고급어종 양식, 관상어 송출) 현지진출을 위한 기술적 기반 제공
- 개발된 기술을 국내 양식산업에 적극 활용
  - 초소형 먹이생물 개발로 국내산 양식어류 종묘의 초기 생존율 향상 및 양식품종 다변화
  - 제주도를 거점으로 하는 아열대산 고급어종 양식산업의 활성화
  - 발전소 온배수 이용기술과 연계 아열대산 어류 양식산업의 국내 정착
- 해양정책 결정에 활용
  - 태평양시대 선도를 위한 주변국들과의 해양기술 협력을 통한 경제·외교적 영향력 확보 지원
  - 첨단 해양과학기술 발전으로 해양개발 선진국으로서의 위상확보 및 차세대를 위한 해양자원 개발 의욕고취용 교육 자료
  - 남서태평양 글로벌 해양기지 개척 지원



# SUMMARY

## I. Title

A Study on the Development of Marine Biological Resources in the South-West Pacific, 2002

## II. Objectives of the Study

The government of Korea is going to establish an overseas outpost to boost an intensive development of overseas marine resources and to build a solid leadership upon island countries in the Pacific. The most effective shortcut for advancing is to build an outpost through developing local fisheries resources. Micronesia is located in the center of Southwestern Pacific, and its 3 million km<sup>2</sup> wide EEZ and coastal coral reef habitats are abundant of high-potential marine resources. However it has low ability for self-development, and therefore it is a suitable place to build an overseas marine outpost.

The purpose of this research is to develop resources from Micronesian waters in order to fulfill the increasing need for high-quality marine products in Korea, substitute imports and to find a new international market. And also, it is conducted to provide advanced marine technology services to Southwestern Pacific nations, to maintain economic and diplomatic influence upon them. It is aimed eventually at preparing foundation for Korea's leading position at marine environment in the new Pacific era of 21st century.

## III. Contents and Extent of the Research

The research was planned for development of marine resources in Chuukish waters, Federated States of Micronesia. And the scope of the study are as followed.

#### A. Development of marine resources

Research area : Kuop Atoll and Southern part of Chuuk Atoll, FSM

- Distribution of edible and aquarium fish resources
- Spawning grounds for reef fish
- Distribution of benthic biological resources
- Distribution of marine seaweed

#### B. Seed production of blacklip pearl oyster (2)

- Sexual maturation of blacklip pearl oyster
- Seed production of blacklip pearl oyster in Chuuk, FSM
- Domestic seed production of blacklip pearl oyster
- Development of food organism

### IV. Research Result

#### A. Marine biological resources study

##### 1. Fish resources

Each of Six stations were designated in the southern part of Chuuk Atoll and Kuop Atolls which is located 6km south from southern margin of Chuuk Atoll. Fifty to 80 species of fish were observed in each station, and altogether 264 species was recorded.

The study area can be divided into three types such as drop off habitat outside of atoll, channel habitat and shallow habitat inside of atoll. The first was dominated by groupers, *Monotaxis* spp. and trevally while the second and the third were dominated by *Carabx* spp. and small reef fish, respectively. The third seemed to be used for spawning and nursing grounds by reef fish.

The most abundant species of fish were groupers such as *Ephinepelus polyphkadion*, *Cephalopholis miniata* and *C. argurus*. A large spawning school of *E.*

*polyphkadion* was observed around the South Pass of Chuuk Atoll. Giant grouper, *E. lanceolatus*, is the most valuable species in Chuukish waters. It is as valuable as US\$106/Kg and followed by Napoleon fish, *Cheilinus undulatus* and *E. akkara*. The latter is called as book-ba-ri in Korea and as valuable as US\$78.9/kg.

## 2. Megalozoobenthos

Among 79 species of megalozoobenthos, ceolenterates which comprised 40 species was the most dominant group and followed by echinoderm (16 species). Annelida was the minority since it has been consisted of only two species. The benthic community of Chuukish waters can be divided into three groups, the inside of Chuuk Atoll, outside of Chuuk Atoll and inside of Kuop Atoll. Nomwin Atoll showed somewhat different community structure to the other two atolls located near by. Coral sand bottom was inhabited by fewer benthic organisms compare to rocky bottom and the number of species of a given habitat was governed by the presence of ceolenterates.

## 3. Seaweed resources

Fifty five species of seaweeds including eight species of green algae, 3 species of brown algae and 4 species of red algae. The vertical limit of algal distribution was about 25m in reef drops while less than 20m in gentle slopes or shallow areas.

The highest coverage was found between 10 to 15m, and cause of this phenomenon seemed to be resuspension of calcarious sediment which resulted in lower light intensity. The lowest coverage observed at 5m was thought to be caused partly by biological interactions among members of the reef community and partly by physical energy of waves.

Tropical species of *Eucheuma* contains a high concentration of carageenan. It is also edible as *Gracilaria*. They can be cultured on eel glass beds as well as shallow reef areas scattered outside small reef and island.

## 2. Seed production of blacklip pearl oyster

### A. Gonadal development

Blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll was a protandrous hermaphrodite. They were all males when the shell height was less than 70cm, afterward female percentage gradually increased along with increase of shell height.

The gonadal development was classified into growing stage, maturation stage, spent stage and degeneration stage. No resting stage was observed. In growing stage, gamete formation proceeds actively in follicles, however no mature gametes are observed. Maturation stage is characterized by near ripe or ripe gametes in follicles. Immature spermatocytes or spermatids of male restricted to the lining of the follicular wall, while mature oocytes of female develop free from the follicular wall and move into the center. In spawning stage, follicles are almost empty but residual mature gametes remain. Gradual disappearance of the mature gametes and disintegration of the tissue are observed in degeneration stage.

Gametogenesis was observed clearly throughout year round in all individuals, yet clearly definable seasonal reproductive cycle was not observed.

### B. Seed production

Among 15 trials of induced spawning of blacklip pearl oyster using air exposure and low temperature stimuli, 7 successful collections of fertilized eggs were made. The eggs entered 32 cell stage within 3 hours and became D shape larvae by 24 hours. Five days after fertilization, most of the larvae entered into early umbo stage ( $125\mu\text{m}$ ), and grown to  $190\mu\text{m}$  by 11 days. The first eyed larva appeared at day 18 and its shell length was measured to  $210\mu\text{m}$ . Pediveligers were observed on day 19 and they developed to spat on day 20.

There was no apparent difference on larval growth between feeding and nonfeeding groups when  $5\mu\text{m}$  filtered seawater. It meant picoplanktons and nanoplanktons in filtered seawater were a good food sources for the larvae. Based on

this finding, a sea cage for blacklip pearl oyster larvae was developed. Among seven hundreds of D shape larvae stocked in a 1m<sup>3</sup> sea cage, five hundred of them developed to pediveligers and moved into a 4m<sup>3</sup> aquarium tank.

Spat collectors made of vinyl shade (black), nylon net (white), union bag (red) and abalone collecting plate (white) were used. There was no significant difference of settling rate of spat among collector materials (6 ~ 8 inds./100cm<sup>2</sup>) except vinyl shade which received only 3 inds./100cm<sup>2</sup>. On the other hand, a higher settling rate of 114.7 inds./100cm<sup>2</sup> on tank bottom suggested that the installation of collectors was late. As a result, 30 thousand of young shells were produced.

### C. Food organisms

Water in the vicinities of Moen Island contained 0.47µg/ℓ of chlorophyll-a. The concentration was relatively higher than other areas. It told there was a higher biomass of picoplankton and nanoplankton which were able to grow in oligotrophic environment. A blue-green algae *Trichodemium* sp. is important not only as a food source of herbivorous zooplankton but also as the supplier of nitrogen to surrounding waters.

Small size food organism, at least less than 5µm should be exploited for the better growth of blacklip pearl oyster larvae. Species that belong to *Synechococcus* appeared to be adequate for this purpose. It is as small as 2µm, able to grow in relatively lower salinity and oligotrophic condition and maintain a higher biomass year round. *Synechococcus* has been successfully isolated from Chuuk Atoll and in the course of continuous subculture.

## V. Application of the study results

- Development of marine resources in South-West Pacific (edible fish, aquarium fish, benthic biological resources, bioactive compounds)
- Provide basic technological basis for fisheries industries to advance to

Micronesia (black pearl culture, high-quality fish farming, aquarium fish)

Application of findings to utilize the new technology in domestic farming industry

- To increase early survival rate of fish and to diversify farming species using micro food organism
- To activate subtropical high-quality fish farming based on Cheju Island
- To settle utilization technology of power plant effluent and related subtropical fish farming industry

Provide scientific data for decision maker of marine policy

Maintaining economic and diplomatic influence by cooperating with neighboring nations, to lead the Pacific era

For educational resource which advocated the next generation to develop marine resources, as an advanced marine nation with high-tech marine science

Support development of oversea oceanic outpost in South-West Pacific

# 목 차

요 약 문.....	I
영문요약.....	VII
목 차.....	XIII
표 목 차.....	XV
그림목차.....	XVII
영문목차.....	XIX
제1장. 서 언.....	1
제2장. 재료 및 방법.....	4
제1절. 해양생물자원조사.....	4
1. 어류자원.....	4
2. 대형저서무척추동물자원.....	6
3. 해조류자원.....	6
제2절. 흑진주조개 종묘생산.....	7
1. 흑진주조개 성성숙.....	7
2. 흑진주조개 종묘생산.....	8
가. 흑진주조개 현지 종묘생산.....	8
나. 종묘생산공정.....	10
다. 국내종묘생산.....	10
3. 먹이생물개발.....	10
제3장. 연구개발수행 내용 및 결과.....	11
제1절. 해양생물자원조사.....	11
1. 어류자원.....	11
가. 어류자원의 분포.....	11
나. 해역별 어류분포.....	47
다. 주요 어종.....	57
2. 대형저서무척추동물자원.....	63
가. 무척추동물 분포양상.....	63
나. 대형무척추동물의 군집분석.....	84

다. 축해역의 대형무척추동물 분포양상.....	85
3. 해조류자원.....	89
제2절. 흑진주조개 종묘생산.....	105
1. 흑진주조개 성성숙.....	105
가. 흑진주조개의 성비.....	105
나. 생식소 발달단계.....	106
다. 성성숙 주기성.....	109
2. 흑진주조개 종묘생산.....	114
가. 흑진주조개 현지 종묘생산.....	114
나. 종묘생산공정.....	126
다. 국내 종묘생산.....	130
3. 먹이 생물 개발.....	137
가. 먹이생물 채집해역의 일반해양학적 특성.....	137
나. 먹이생물 탐색.....	144
제4장 연구개발결과 및 활용계획.....	147
참고문헌.....	151
부    록.....	157
화    보.....	193



# 표 목 차

표 1. 축해역의 해양생물자원 조사정점의 조표.....	4
표 2. 축환초 정점 1에서의 어류 출현 양상 .....	12
표 3. 축환초 정점 1에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	13
표 4. 축환초 정점 2에서의 어류 출현 양상 .....	15
표 5. 축환초 정점 2에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	16
표 6. 축환초 정점 3에서의 어류 출현 양상 .....	18
표 7. 축환초 정점 3에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	20
표 8. 축환초 정점 4에서의 어류 출현 양상 .....	21
표 9. 축환초 정점 4에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	22
표 10. 축환초 정점 5에서의 어류 출현 양상 .....	23
표 11. 축환초 정점 5에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	25
표 12. 축주의 정점 6에서 어류 출현 양상 .....	26
표 13. 축환초 정점 6에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 .....	28
표 14. 쿠오후초 정점 7에서 어류 출현 양상 .....	29
표 15. 쿠오후초 정점 8에서 어류 출현 양상 .....	32
표 16. 쿠오후초 정점 8에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위.....	33
표 17. 쿠오후초 정점 9에서 어류 출현 양상 .....	35
표 18. 쿠오후초 정점 9에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위.....	37
표 19. 쿠오후초 정점 10에서 어류 출현 양상.....	38
표 20. 쿠오후초 정점 10에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위.....	39
표 21. 쿠오후초 정점 11에서 어류 출현 양상.....	42
표 22. 쿠오후초 정점 12에서 어류 출현 양상.....	44
표 23. 쿠오후초 정점 12에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위.....	45
표 24. 쿠오후초의 조사 정점별 환경적 특성과 주요 어종 목록.....	48
표 25. 마이크로네시아 축해역에서 관찰된 어류 목록.....	49
표 26. 홍콩 시장에서의 어종별 활어 거래 가격.....	62
표 27. 축해역의 조사 정점별 대형저서동물의 출현 종수 .....	84
표 28. 축해역에서 조사된 대형저서동물의 종수 비교.....	87
표 29. 축해역의 조사 정점별 해조군집의 출현 종수.....	89

표 30. 축환초와 쿠옵환초간 해조군집의 구성 종수의 비교.....	90
표 31. 축해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종별 피도.....	91
표 32. 축환초와 쿠옵환초간의 해조류의 평균 피도 비교.....	95
표 33. 평균피도를 기초로한 축해역에 분포하는 해조류의 우점도.....	96
표 34. 축환초산 흑진주조개의 성비.....	104
표 35. 국내산 먹이생물의 열대환경에서의 배양결과.....	115
표 36. 흑진주조개 인공산란 결과.....	116
표 37. 흑진주조개의 배발생 및 초기발달.....	117
표 38. 먹이에 따른 흑진주조개 유생의 성장실험을 위한 급이 조건.....	118
표 39. 급이방법에 따른 흑진주조개 유생의 생존율.....	120
표 40. 흑진주조개 D상유생의 배양일수에 따른 먹이생물 종류와 급이량.....	123
표 41. 육상수조와 해상가두리 내의 수질환경 변화.....	124
표 42. 채묘기의 재질에 따른 흑진주조개 채묘 결과.....	125
표 43. 흑진주조개의 국내 인공산란유발 결과.....	130
표 44. 먹이생물에 따른 흑진주조개 유생의 성장.....	133
표 45. 지수식 및 유수식 사육방법에 따른 흑진주조개 유생의 성장 및 생존율.....	134
표 46. 생식소 조절에 사용한 흑진주조개의 모패의 형태학적 특성.....	135
표 47. 급이구와 기아구간의 흑진주조개 생식소 발달단계별 빈도율 비교.....	136
표 48. 축주 모웬섬 주변해역의 영양염류 분포.....	139
표 49. 축주 모웬섬 주변해역의 초미세플랑크톤 출현 양상.....	141
표 50. 축주 모웬섬 주변해역의 자가영양 편모류 및 coccolithophores의 출현양상.....	142
표 51. 축주 모웬섬 주변해역의 규조류, 와편모조류 및 섬모충류의 출현 양상.....	142
표 52. 축주 모웬섬 주변해역에서 플랑크톤 넷(20 $\mu$ m)으로 채집된 식물플랑크톤 출현양상.....	143

## 그 림 목 차

그림 1. 조사해역도.....	5
그림 2. 쿠오후초 정점 8에서의 어류 분포 양상.....	34
그림 3. 쿠오후초 정점 10에서의 어류 분포 양상.....	40
그림 4. 쿠오후초 정점 12에서의 어류 분포양상.....	46
그림 5. 축환초 정점 1에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	64
그림 6. 축환초 정점 2에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	66
그림 7. 축환초 정점 3에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	68
그림 8. 축환초 정점 4에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	70
그림 9. 축환초 정점 5에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	72
그림 10. 축환초 정점 6에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	74
그림 11. 축환초 정점 7에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	76
그림 12. 축환초 정점 8에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	77
그림 13. 축환초 정점 9에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	79
그림 14. 축환초 정점 10에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	81
그림 15. 축환초 정점 11에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	82
그림 16. 축환초 정점 12에서의 대형저서동물 수직분포 모식도.....	83
그림 17. 축해역의 정점별 대형저서동물의 종유사도분석 결과.....	86
그림 18. 축해역의 4개 조사지역별 대형저서동물의 종유사도 분석 결과.....	88
그림 19. 축해역에 분포하는 해조류의 분포 하한선.....	92
그림 20. 축환초에서의 수심별 해조류의 피도변화.....	93
그림 21. 쿠오후초에서의 수심별 해조류의 피도 변화.....	94
그림 22. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Microdictyon</i> sp.의 수심별 피도 변화.....	97
그림 23. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i> 의 수심별 피도변화.....	98
그림 24. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Padina minor</i> 의 수심별 피도변화.....	99
그림 25. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Halymeda</i> sp.의 수심별 피도변화.....	100
그림 26. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Halymeda discoidea</i> 의 수심별 피도.....	101

그림 27. 축 연안 해조군집에서 우점하는 <i>Lithophyllum</i> sp.의 수심별 피도 변화 .....	102
그림 28. 조사정점간 해조류의 평균피도를 토대로 구한 축해역의 cluster analysis.....	103
그림 29. 조사정점간 해조류의 출현유무를 토대로 구한 축해역의 cluster analysis.....	104
그림 30. 각고에 따른 축환초산 흑진주조개의 성비 .....	107
그림 31. 축환초산 흑진주조개 암컷의 생식소 발달단계별 빈도 변화.....	110
그림 32. 축환초산 흑진주조개 수컷의 생식소 발달단계별 빈도 변화.....	112
그림 33. 먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장 .....	119
그림 34. 급이방법에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.....	121
그림 35. 먹이생물에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.....	132
그림 36. 축주 모웬섬 주변해역의 수온과 염분의 수직변화.....	138
그림 37. 축주 모웬섬 주변의 엽록소-a의 농도 .....	140
그림 38. 축주 모웬섬 주변해역에 분포하는 식물플랑크톤의 세포 크기별 출현양상.....	146

# Contents

Summary .....	VII
Contents .....	XIII
List of Tables.....	XV
List of Figures .....	XVII
List of Plates.....	XIX
Chapter I. Introduction.....	1
Chapter II. Materials and Methods.....	4
Section 1. Biological resources study .....	4
1. Fish resources .....	4
2. Megalozoobenthic resources.....	6
3. Seaweed resources .....	6
Section 2. Seed production of blacklip pearl oyster.....	7
1. Gonadal development of blacklip pearl oyster .....	7
2. Seed production of blacklip pearl oyster.....	8
A. Seed production in Chuuk.....	8
B. Seed production process.....	10
C. Domestic seed production .....	10
3. Development of food organism.....	10
Chapter III. Result and discussion .....	11
Section 1. Biological resources study .....	11
1. Fish resources .....	11
A. Distribution of fish resources .....	11
B. Regional distribution of fish resources.....	47
C. Commercial species.....	57
2. Megalozoobenthic resources.....	63
A. Distribution of megalozoobenthos.....	63
B. Community structure of megalozoobenthos.....	84
C. Regional distribution of megalozoobenthos .....	85
3. Seaweed resources .....	89

Section 2. Seed production of blacklip pearl oyster.....	105
1. Gonadal development of blacklip pearl oyster.....	105
A. Sex ratio.....	105
B. Development of sex organ.....	106
C. Development cycle of sex organ.....	109
2. Seed production of blacklip pearl oyster.....	114
A. Seed production in Chuuk.....	114
B. Seed production process.....	126
C. Domestic seed production.....	130
3. Development of food organism.....	137
A. General oceanographical condition of research area for food organism.....	137
B. Screening of food organism.....	144
Chapter IV. Application of research output.....	147
References.....	151
Appendix.....	157
Plates.....	193

## List of Tables

Table 1. Position of stations for marine biological resources study in Chuukish waters, FSM. ....	4
Table 2. Occurrence of fish at St. 1 in Chuuk Atoll, FSM .....	12
Table 3. Commercial fishes observed at station 1 in Chuuk Atoll, FSM .....	13
Table 4. Occurrence of fish at St. 2 in Chuuk Atoll, FSM .....	15
Table 5. Commercial fishes observed at station 2 in Chuuk Atoll, FSM .....	16
Table 6. Occurrence of fish at St. 3 in Chuuk Atoll, FSM .....	18
Table 7. Commercial fishes observed at station 3 in Chuuk Atoll, FSM .....	20
Table 8. Occurrence of fish at St. 4 in Chuuk Atoll, FSM .....	21
Table 9. Commercial fishes observed at station 4 in Chuuk Atoll, FSM .....	22
Table 10. Occurrence of fish at St. 5 in Chuuk Atoll, FSM .....	23
Table 11. Commercial fishes observed at station 5 in Chuuk Atoll, FSM .....	25
Table 12. Occurrence of fish at St. 6 in Chuuk Atoll, FSM .....	26
Table 13. Commercial fishes observed at station 6 in Chuuk Atoll, FSM .....	28
Table 14. Occurrence of fish at St. 7 in Kuop Atoll, FSM .....	29
Table 15. Occurrence of fish at St. 8 in Kuop Atoll, FSM .....	32
Table 16. Commercial fishes observed at station 8 in Kuop Atoll, FSM. ....	33
Table 17. Occurrence of fish at St. 9 in Kuop Atoll, FSM .....	35
Table 18. Commercial fishes observed at station 9 in Kuop Atoll, FSM. ....	37
Table 19. Occurrence of fish at St. 10 in Kuop Atoll, FSM .....	38
Table 20. Commercial fishes observed at station 10 in Kuop Atoll, FSM. ....	39
Table 21. Occurrence of fish at St. 11 in Kuop Atoll, FSM .....	42
Table 22. Occurrence of fish at St. 12 in Kuop Atoll, FSM .....	44
Table 23. Commercial fishes observed at St. 12 in Kuop Atoll, FSM. ....	45
Table 24. Environmental characteristics and list of important fishes at Kuop Atoll, FSM. ....	48
Table 25. List of fish species observed in chuukish waters, FSM. ....	49

Table 26. Mean and range of wholesale prices for live reef food fish in Hong Kong, 1997.....	62
Table 27. Number of megalozoobenthic species in Chuukish waters, FSM .....	84
Table 28. Comparison to the number of species of megalozoobenthos in Chuukish waters .....	87
Table 29. Number of seaweed species in chuukish water, FSM .....	89
Table 30. Comparison of species diversity of seaweed between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM.....	90
Table 31. Vertical distribution pattern of seaweed species in Chuukish waters, FSM.....	91
Table 32. Comparision of average seaweed coverage between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM .....	95
Table 33. Dominace index of seaweed species based on coverage in Chuukish water, FSM.....	96
Table 34. Sex ratio of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM .....	104
Table 35. Result of food organism culture under tropical condition.....	115
Table 36. Result of artificial spawning of blacklip pearl oyster .....	116
Table 37. Embryonic and larval developments of blacklip pearl oyster.....	117
Table 38. Conditions of feeding experiment for larvae of blacklip pearl oyster.....	118
Table 39. Survival rate of larvae of blacklip pearl oyster depend on feeding regimes.....	120
Table 40. Feeding regime of D-shape larvae of blacklip pearl oyster.....	123
Table 41. Fluctuations of water quality in land based tank and sea cage.....	124
Table 42. Result of spat collection depend on substrate type.....	125
Table 43. Domestic trial of induced spawning of blacklip pearl oyster .....	130
Table 44. Growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on food organisms .....	133
Table 45. Growth of larvae of placklip pearl oyster depend on water supply method .....	134
Table 46. Morphological characteristics of blacklip pearl oyster used for gonadal study.....	135



Table 47. Comparison of development of gonad of blacklip pearl oyster between feeding and nonfeeding condition . . . . .	136
Table 48. Concentration of nutrients in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM . . . . .	139
Table 49. Occurrence of picoplankton in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM. . . . .	141
Table 50. Occurrence of autotrophic flagellates and coccolithophores in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM . . . . .	142
Table 51. Occurrence of diatom, dinoflagellates and ciliates in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM. . . . .	142
Table 52. Occurrence of phytoplankton collected by plankton net in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM. . . . .	143

## List of Figures

Fig. 1. Map showing the studying area.....	5
Fig. 2. Scheme of fish distribution at Station 8, Kuop Atoll, FSM.....	34
Fig. 3. Scheme of fish distribution at Station 10, Kuop Atoll, FSM.....	40
Fig. 4. Scheme of fish distribution at Station 12, Kuop Atoll, FSM.....	46
Fig. 5. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 1 in Chuuk Atoll, FSM .....	64
Fig. 6. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 2 in Chuuk Atoll, FSM.....	66
Fig. 7. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 3 in Chuuk Atoll, FSM .....	68
Fig. 8. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 4 in Chuuk Atoll, FSM.....	70
Fig. 9. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 5 in Chuuk Atoll, FSM.....	72
Fig. 10. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 6 in Chuuk Atoll,, FSM.....	74
Fig. 11. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 7 in Chuuk Atoll, FSM.....	76
Fig. 12. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 8 in Chuuk Atoll, FSM.....	77
Fig. 13. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St 9 in Chuuk Atoll, FSM.....	79
Fig. 14. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 10 in Chuuk Atoll, FSM.....	81
Fig. 15. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 11 in Chuuk Atoll, FSM.....	82
Fig. 16. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 12 in Chuuk Atoll, FSM.....	83

Fig. 17. Species similarities of megalozoobenthos among research stations in Chuukish waters, FSM.....	86
Fig. 18. Species similarities megalozoobenthos among 4 research areas in Chuukish waters, FSM.....	88
Fig. 19. Vertical distribution limit of seaweeds occurred in Chuukish water, FSM.....	92
Fig. 20. Changes of seaweed coverage depend on water depth in chuuk Atoll, FSM.....	93
Fig. 21. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Kuop Atoll, FSM.....	94
Fig. 22. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Microdictyon</i> sp., in chuukish water, FSM.....	97
Fig. 23. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Halymeda</i> <i>opuntia</i> f. <i>cordata</i> in chuukish water, FSM.....	98
Fig. 24. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Padina minor</i> in Chuukish water, FSM.....	99
Fig. 25. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Halymeda</i> sp. in Chuukish water, FSM.....	100
Fig. 26. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Halymeda discoidea</i> in Chuukish water, FSM.....	101
Fig. 27. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Lithophyllum</i> sp. in Chuukish water, FSM.....	102
Fig. 28. Cluster diagram (UPGMA) based on seaweed coverage in chuukish water, FSM.....	103
Fig. 29. Cluster analysis (UPGMA) diagram based on species occurrence of seaweed in chuukish waters, FSM.....	104
Fig. 30. Sex ratio based on shell height of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM.....	107
Fig. 31. Frequency of gonadal development stages of female blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM.....	110

Fig. 32. Frequency of gonadal development stages of male blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM (2002 ~ 2003).....	112
Fig. 33. Early growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on food organisms.....	119
Fig. 34. Early growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on feeding regimes.....	121
Fig. 35. Larval growth of blacklip pearl oyster depend on food.....	132
Fig. 36. Vertical profiles of temperature and salinity in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM.....	138
Fig. 37. Chlorophyll-a distribution in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM.....	140
Fig. 38. Abundance of phytoplankton depend on size in the vicinities of Moen Island, Chuuk. FSM.....	146

## 제 1 장. 서 언

정부는 해양관리 강화와 해양자원의 적극개발을 위하여 해양개발기본계획 (해양한국 21) 과 해양자원개발 중·장기 실천계획 (해양수산업 2000)을 제정하여 수산업 거점기지를 포함하는 준해양영토 개념의 해외전진기지 개척을 적극 추진하고 있다. 지난 20세기가 경제전쟁 시대라면, 21세기는 자원 확보를 위한 무한경쟁 시대이다. 에너지자원, 광물자원 및 식량자원의 원활한 공급을 위한 공간자원의 확보는 모든 나라의 지속적 발전을 좌우하는 가장 중요한 요인이다. 크게는 신해양질서 편성과 이에 따른 200해리 경제수역선포 및 석유확보를 위한 수차례의 중동전쟁, 작게는 주변국들 간의 영토 및 수산업분쟁 등은 모두 자국의 생존과 번영을 뒷받침하기 위한 무한 경쟁이다. 이러한 무한경쟁은 미래의 식량 부족문제를 책임질 해양수산업 분야에서 더욱 심각하다. 유엔해양법협약 이후 각 연안국들의 EEZ 선포 및 1990년대 말부터 힘을 더하는 생태계 보호주의는 공해상에서의 어업활동도 규제 대상으로 하고 있다. 이에 따라 우리 나라의 원양어선 세력은 1992년 1,024척을 고비로 계속 감소하여 1999년에는 447척으로 위축되었으며, 전체 원양어선 세력의 80% 내외가 조업하고 있는 태평양 어장에서의 어획량은 90년대 초 100여만톤에서 90년대 말에는 70여만톤 수준으로 감소하였다.

해외전진기지 개척의 목적은 부족한 각종 자원을 해외에서 확보하고 국가의 위상에 걸맞는 정치적, 경제적 영향력을 확보하기 위한 것이다. 사실상 자원 확보와 영향력 확보는 같은 의미이다. 어느 한 나라의 영토에 정치적, 경제적 영향력 없이 해외전진기지를 개척할 수는 없다. 지정확적으로 우리 나라에 유리한 지역에 해외전진기지 후보지를 정하고, 적극적인 투자를 통하여 후보지 국가 및 주민에 가시적인 효과를 제시함으로써 정치적 경제적 영향력을 키워나가야 한다.

미국은 2차대전 후 남서태평양 도서 국가를 30여 년간 신탁통치한 미국은 대부분의 섬나라가 독립된 지금에도 괌 등 일부 지역은 자국의 영토로, 마셜 아일랜드는 미사일 기지로 전용하고 있으며, 이 외 지역은 Compact of Free Association 협약으로 매년 수 억불의 원조를 제공하며 자국의 영향력 아래 묶어 두고 있다. 일본은 60년대부터 해외어장에 대한 투자를 실시하여, 남태평양 모든 지역에서 진주양식을 독점하고 있으며, 새우양식과 해조류의 대부분도 일본자본에 의하여 운영되고 있다. 이에 더하여, 일본은 일본해외협력기구 (JICA), 일본 해외어업협력기금 (JOFCE) 등을 통하여 남태평양 섬나라들에 대한 사회간접자본 투자를 점차 확대하고 있으며, 2001년 9월에는 모리 전일본 수상이 해외어

업협력기금 사업의 일환으로 이들 나라를 순방하기도 하였다. 호주는 남태평양 공동체의 하나인 South Pacific Commission을 주도하면서 Australian Center for International Agriculture Research를 통하여 지역발전과 열대 수산동물의 양식기술 개발로 적도 이남의 남태평양 도서국에 영향력을 확대하고 있다. 따라서, 우리나라의 남태평양 해외어장 개척은 이들의 기술적, 산업적 자본의 유입과 영향력이 비교적 적은 나라에 한정될 수밖에 없다.

마이크로네시아연방공화국 (이하 마이크로네시아)은 작은 섬들로 구성된 나라로 육지의 총면적이 약 701km<sup>2</sup>에 불과하지만, 섬 주변에는 수산자원의 천연적 보고인 산호초가 잘 발달하여 있으며, 유엔해양법협약에 따라 태평양에서 가장 좋은 참치어장이 포함된 약 3백만km<sup>2</sup>에 달하는 광활한 해양국토를 보유하고 있다. 마이크로네시아는 태평양 상의 군사적 요충지이자 해운에서도 중요한 위치를 차지하고 있어, 2차 대전이래 주요 선진국의 관심이 집중된 지역이다. 현재, 미국은 Compact of Free Association (1955-2001)에 따라 매년 약 1억불에 달하는 재정원조를 제공하였으며, 동 계약을 20년간 연장하였다. 그러나 미국은 마이크로네시아를 정치적, 군사적 영향권 아래 묶어두고 있지만 경제개발을 위한 투자는 미흡하며, 수산자원 개발을 위한 투자는 전무한 실정이다. 한편, 일본은 Compact of Free Association 종료 후를 겨냥하여 Japan International Cooperation Agency를 내세운 수산분야 기술지원과 사회 간접자본 제공을 통한 교두보 확보에 주력하였지만, 미국이 Compact of Free Association 기간을 연장함으로써 진출 의지가 많이 쇠퇴하였다. 따라서 마이크로네시아는 우리나라가 비교적 손쉽게 진출하여 해외전진기지를 개척할 수 있는 조건을 갖추고 있다.

준해양영토 개념의 해외전진기지 개척을 위한 투자는 수산자원 개발이 가장 효과적이다. 우리나라의 경우 90년대부터 해외어장 개척이 시작되어 중국 5건, 필리핀 1건 및 인도네시아 1건의 투자실적이 있으나, 모두 단순한 조업어장의 개척일 뿐 전진기지 개척을 위한 선행투자는 아니다.

마이크로네시아의 천혜 조건을 보면 수산업이 매우 발달한 국가처럼 보이지만, 사실상이 나라에서 수산업은 미개척 분야라 해도 과언이 아니다. 도서 국가이지만 수산업 인구는 전체 인구의 1%에 불과한 1,200명 내외에 불과하며, 이 중 전업인구는 650명이며, 수산가공 분야에는 50명이 종사하고 있다 (FAO 1996). 200해리 배타적경제수역 내에서는 약 260,000톤/년의 참치가 어획되지만 어획량의 1.8%에 불과한 4,500톤/년 만이 자국선에

의한 어획이고 나머지는 모두 외국선에 의한 어획으로 이들 외국선이 지불하는 입어료에 만족하고 있는 실정이다. 마이크로네시아는 아직까지 자국 관할수역에서 어업쿼터제도를 시행하지 않지만, 조만간 이를 시행할 것으로 예측된다. 따라서, 장차 어업쿼터 제한 및 높은 입어료로 인하여 이 수역 내에서의 국적선 조업이 위축되리라 판단된다. 이를 타개하기 위해서는 적극적인 어업외교가 필요하며, 원양어업 분야에 대한 합작투자가 절실히 요구된다. 또한, 산호초에 서식하는 수산생물 중에는 트로카스 (trochus), 진주조개 (pearl oyster), 능성어 (grouper), 망그로브게 (mangrove crab), 닭새우 (lobster) 등 개발 잠재력이 높은 산업종이 다수 있다. 이들 수산생물의 효과적인 자원관리 기술, 종묘생산 기술, 해상가두리 개발 및 수산물 가공 분야는 각각 매우 우수한 투자효과를 거둘 수 있는 분야일 뿐만 아니라 간접적으로 어업외교에도 많은 도움을 줄 수 있는 사업이다. 이러한 관점에서 볼 때 우리 나라도 수산자원 분야에 있어 마이크로네시아가 차지하는 중요성을 인식하여 보다 적극적인 투자로 남서태평양 수산자원개발에 진력하여야 할 것이다.

본 보고서는 준해양영토 개념의 해외전진기지 개척사업의 일환으로 수행되고 있는 “남서태평양 해양생물자원 개발연구 (2000년 ~ 2008년)”의 제1단계 기반구축단계 (2002년 ~ 2003년)의 3차년도 보고서이다. 조사대상해역은 축환초 (Chuuk Atoll)의 남부 환초와 축환초 남쪽에 위치한 쿠오희환초 (Kuop Atoll)이었으며, 대상해역의 생태계 및 자원생물학적 특성을 조사하였다. 3차례에 걸친 해양생물 자원조사로 축해역에 대한 기초적인 해양생물자원 탐사는 어느 정도 성공적으로 종료되었다고 할 수 있다. 이와 아울러, 흑진주양식의 산업화를 위한 전제조건인 흑진주조개 인공종묘생산에 대한 연구를 축주에 설립된 한·남태평양해양과학공동연구센터와 협동연구기관인 경남수산자원연구소에서 각각 실시하였다.

본 연구사업을 수행하는데 있어 마이크로네시아 축주 정부의 많은 도움을 받았음을 밝히며, 가족사에 따른 전통적인 금어기간에도 불구하고 쿠오희환초 조사를 허가해주신 Mr. Moses 일가와 조사를 위하여 많은 협조를 아끼지 않으신 Mr. Alanzo Cholymay께 감사한다. 끝으로, 본 연구를 위하여 사유시설의 사용을 허락해 주신 Hansmicronesia International의 최면식 사장께 감사드리며, 어려운 조건에서도 성공적인 현장실험을 가능하게 배려해 주신 Hansmicronesia Co.의 최원선차장, 정원삼대리 및 김한준님께 심심한 사의를 표한다.

## 제 2 장. 재료 및 방법

### 제 1 절. 해양생물자원조사

#### 1. 어류자원

2003년 2월 11일부터 18일까지 축환초 남부 환초의 6개 정점과 쿠옵환초의 내부 및 외부 환초에 6개 정점을 정하여 (표 1, 그림 1) 어류의 분포 특성, 능성어류의 산란장 조사를 실시하였다.

표 1. 축해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표 (2003. 2)

Table 1. Position of stations for marine biological resources study in Chuukish waters, FSM (2003. 2)

Station	Position		Remark
	Latitude (N)	Longitude (E)	
1	7° 13' 30"	151° 47' 35"	South Pass, Auarup Is.
2	7° 13' 08"	151° 43' 10"	South Pass, Islet Is.
3	7° 24' 48"	151° 58' 50"	Northern part of Eli Kanibu Is.
4	7° 28' 45"	151° 59' 02"	Between North Pass & Eli Kanibu
5	7° 17' 10"	151° 33' 24"	Out & Southwest part of atoll
6	7° 15' 36"	151° 35' 27"	Out & Southwest part of atoll
7	7° 12' 00"	151° 59' 22"	Laubergne Is., Kuop Atoll
8	7° 00' 05"	151° 55' 48"	Inside of left opening, Kuop Atoll
9	7° 00' 10"	151° 55' 52"	Outside of left opening, Kuop Atoll
10	7° 02' 56"	151° 54' 03"	Mid-west of Kuop Atoll
11	7° 04' 40"	151° 55' 48"	West of Hacq Is., Kuop Atoll.
12	7° 06' 30"	151° 51' 42"	West of Givry Is. Kuop Atoll

조사는 각 정점마다 지형을 고려한 조사 범위 (250 ~ 350m<sup>2</sup>)를 정하여 30-40분간의 잠수 시간동안 관찰된 어류를 대상으로 종 조성, 체장 및 생태적 특성 등을 기재하였다.



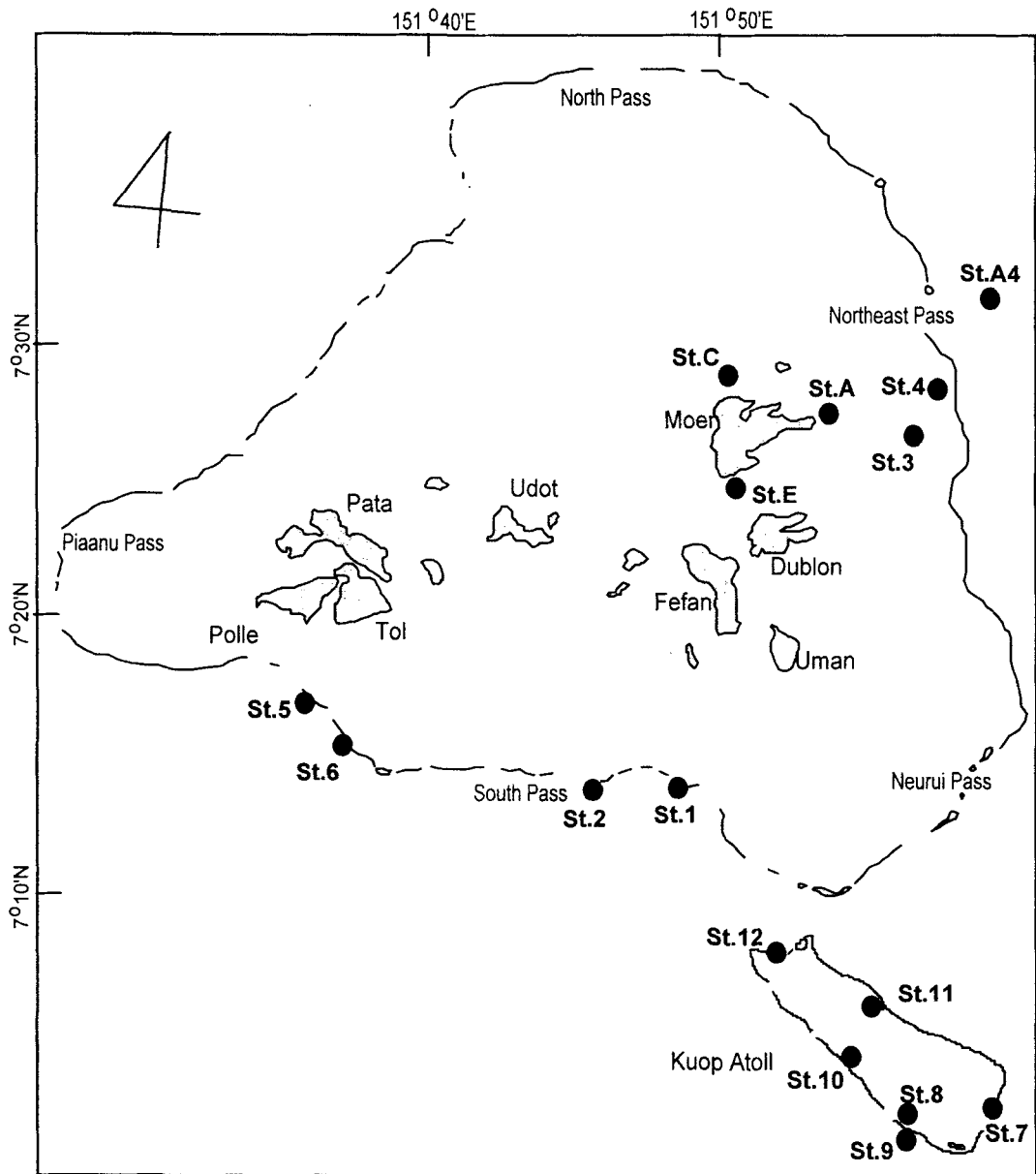


그림 1. 조사해역도 (마이크로네시아 축환초 해역).

Fig. 1. Map showing the studying area, Chuukish waters, FSM..

잠수조사는 수중에서 종의 특징 및 서식 생태를 관찰 기록하였고 확인이 필요한 종은 촬영한 수중 사진을 재검토하여 도감과 대조하는 형식을 택하였다. 또, 가능한 조사 정점에서는 1시간 내외의 낚시와 원주민의 어획물을 통하여 출현어종을 확인하였다.

어류의 분류 체계는 Nelson (1994), 국명은 한국어도보 (정 1977)와 한국동물명집 (1997)을 기준으로 하였으며, 국명이 없는 종은 과 (Family) 수준까지를 참조하였고 종 수준의 영명, 학명은 Masuda et al. (1984), Myers (1991) 및 Nakabo (1993)를 참조하였다.

## 2. 대형저서무척추동물자원

축환초와 쿠옵환초 내·외에 총 12개 정선을 대상으로 표층에서 수심 30여m까지 초대형저서동물 (megalozoobenthos)의 분포양상을 조사하였으며, 조사지역은 어류자원과 동일하다. 총 12개의 정선 중에 4개 지역 (정점 1, 2, 5, 6)은 축환초 남쪽 South Pass 부근의 외부지역을 선정하였고, 2개 지역은 환초 외곽의 심한 파도로 인해 Northeast Pass 부근의 Eli Kanibu Island 근처 2개 지역에서 조사가 이루어 졌다. 또한 쿠옵환초 조사에서는 내부지역에 4군데 (정점 7, 8, 10, 11), 외곽지역에 2군데 (정점 9, 12)를 선정하였다. 정선별로 정량분석을 위해 3-4 개의 정점을 선정하여 방형구를 사용한 우점종의 피도를 조사하였다. 조사방식은 수심별로 사진촬영을 실시하고, 도면화를 시도하였다. 한편, 수심별 우점종의 분포양상을 정량적으로 비교하기 위하여, 50 × 50cm의 방형구를 사용하였으며, 접사 촬영을 실시하였다. 시료채취는 실시하지 않았으며, 주로 현상된 사진을 중심으로 각 수심별 방형구내 우점종의 피도를 환산하였다. 생물 동정은 사진 자료를 중심으로 Colin & Arneson (1995), Bennett, *et al.* (1991)를 참조하였다.

## 3. 해조류자원

해조류 조사는 저서동물 조사와 같은 정점에서 실시하였다. 각 정점에 형성된 해조군집의 특성 (구성종의 종류와 종류별 피도)을 조사하였다. 각 정점에서는 하나의 line transect를 설정하였고, 이를 따라 수심 5 m를 출발점으로 하여 최대 25 m까지 그 사이에 형성된 해조군집을 조사하였다. 제한된 다이빙 시간 때문에 line transect를 따라 매 수심별로 출현하는 해조류의 종류와 그 피도를 조사하는 것이 불가능하였기에 임의적으로 5 m 간격으로 조사지점 (stand)을 정하였고, 각 조사지점에서는 10 x 10 cm 크기의 소방형구로 나누어진 50 x 50 cm 크기의 방형구를 놓은 후 소방형구 내에 존재하는 해

조류의 피도를 종류별로 각각 구하고, 이후 이를 합산함으로써 종류별 피도를 파악하였다.

각 조사정점에서 출현하는 해조류의 평균피도는 수심별로 조사된 각 조사지점에서의 피도를 종류별로 전체 합하고 이를 조사된 조사지점의 수로 나누어 구하였다(식 1).

$$S_N = (\sum_{i=1}^m C_i)/m \quad (1)$$

여기서  $S_N$ 은 어떤 정점  $N$ 에서의 종  $S$ 의 평균피도,  $m$ 은 정점  $N$ 에서 조사된 조사지점의 수, 그리고  $C_i$ 는  $i$ 번째 조사지점에서의 종  $S$ 의 피도를 나타낸다.

각 조사지점에서 조사된 각 종의 평균피도를 토대로 우점종을 결정하였다. 우점종의 우점도( $D$ )를 결정하는 방법은 식 (2)를 따랐다.

$$D_s = (\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m C_{ij})/m)/n \quad (2)$$

여기서  $D_s$ 는 어떤 종  $S$ 의 우점도,  $n$ 은 조사된 12개 정점의 수,  $m$ 은 각 정점에서 조사된 조사지점의 수, 그리고  $C_{ij}$ 는  $j$ 번째 조사지점에서의 종  $S$ 의 피도를 나타낸다.

축환초와 쿠옵환초간 해조군집의 구성 종수, 단위면적 (50 x 50 cm) 당 평균피도의 차이를 paired  $t$ -test for the two-tailed hypotheses를 통해 분석하였다. 분석에 앞서서는  $F$ -ratio test를 통해 homogeneity를 분석하였으며, 피도의 경우에는 arcsine으로 변환하여 자료를 분석하였다. 조사정점 간 군집구조가 어느 정도 유사한가를 분석하기 위해 Cluster analysis를 실시하였다. 이용된 자료는 식 (1)에서 구해진 각 조사정점에서 해조류의 평균피도와 출현종의 유무 (present-absent data)였으며, 이를 토대로 두 정점 간 유사도 (Percent similarity)를 구하고, 이 값을 토대로 UPGMA로써 분석하였다.

## 제 2 절. 흑진주조개 종묘생산

### 1. 흑진주조개 성성숙

2002년 11월부터 2003년 2월까지 마이크로네시아 축 현장에서 약 1주일 간격으로 8 ~ 12개체의 흑진주조개를 채집하여 각장, 각고 및 각폭을 0.1mm 단위까지 계측한 후 전자저울을 이용하여 0.1g까지 전중과 육중을 계측하였다. 계측 후 생식소를 적출하여 10%

중성 포르말린 용액에 고정하여 한국해양연구원 실험실로 운반하였다. 흑진주조개 생식소는 발달 과정의 조직학적 분석을 위하여 5 × 8 mm 크기로 절단하여 Bouin 용액에 24시간 동안 재고정 하였다. 이후 과정은 일반적인 분석 방법에 따라 처리하였으며, 5 ~ 6  $\mu\text{m}$  두께의 영구조직표본을 제작하였다. 조직표본은 hematoxylin-eosin으로 염색하여 광학현미경으로 관찰하였으며, 중요부분은 사진으로 촬영하여 판독하였다.

## 2. 흑진주조개 종묘생산

### 가. 흑진주조개 현지 종묘생산

#### 1). 먹이생물의 현지배양

먹이생물 원종은 경남수산자원연구소와 부경대 해양생물학과에서 분양 받아 실험에 사용하였다. 원종은 50ml 코니컬 튜브에 5개씩 나누어 수용하였으며, 중간 배양한 먹이생물은 2ℓ 플라스틱 용기에 담은 후 얼음과 같이 아이스박스에 포장하여 항공편으로 마이크로네시아 현장에 운반하였다. 5 $\mu\text{m}$ 와 1 $\mu\text{m}$  카트리지필터로 연속 여과한 해수를 다시 자외선살균기를 통과시켜 살균한 해수를 삼각플라스크 (250ml)에 주입하고 솜마개로 막은 후 그 위에 쿡킹호일을 씌운 후 100℃에서 30 ~ 40분 정도 가열하였다. 고온멸균 후 다시 자외선등 하에서 3시간 이상 조사하여 배양용기와 배양액을 완전 멸균후, Conwy 배지 (Walne 1974)를 넣고 원종을 접종하였다. 규조류의 경우 배지 외에 규산나트륨을 첨가시켜 주었다.

접종한 원종은 Shaking Incubator에 수용하여 24시간 교반하여 주었으며 빛은 암기 : 명기를 12 : 12로 하였으며, 배양온도는 22℃를 유지시켜주었다. 중간배양과 대량배양시 원생동물에 의한 오염에 대비해 수시로 교체해주기 위해서 5 ~ 6일에 한번씩 재접종하여 충분한 양의 원종을 보유하였다.

각 종은 원종을 5ℓ 배양용기에 재접종하여 중간배양용으로 사용하였으며 이것을 다시 30ℓ 용기에 접종하여 대량배양용으로 사용하였다. 배양에 사용된 배양수는 5 $\mu\text{m}$  카트리지 필터 → 1 $\mu\text{m}$  카트리지 필터 → 자외선살균등을 거친 여과해수를 1kw 히터봉을 이용하여 70℃까지 가열한 후 사용하였다. 이때 접종하기 전 다시 자외선등 아래에서 4시간 정도 재살균하였다. 사용한 배지는 원종배양시와 동일하며 배양실은 온도가 20-22℃가 되도록 유지하였다. 암주기와 명주기의 비율은 12시간 : 12시간으로 하였으며, 명주기 조도는 3,000lux를 유지하며 계대배양하였다. 기타 배양방법은 한해연 (2001)과 같다.

## 2). 인공산란유발 및 유생사육

인공산란유발을 위한 자극은 간출자극과 저온자극을 병행하였으며, 자극의 효과를 높이기 위하여 저온자극에 사용한 해수는 1 $\mu$ m 카트리지가여과기 및 자외선살균기를 통과한 해수를 사용하였다. 간출자극은 통풍이 잘되는 그늘 아래서 패각의 수분이 마를 정도로 3시간 내외 실시하였다. 저온자극은 자연해수 온도보다 5 $^{\circ}$ C 정도 낮은 저온해수를 담은 100 $\ell$  플라스틱 용기에서 5시간 내외로 실시하였다. 자극 중 수온변화를 최소화하기 위하여 모든 작업은 실온이 23 $^{\circ}$ C $\pm$ 1 $^{\circ}$ C로 조절되는 실험실 내에서 진행하였다. 저온자극 후 모패는 저온해수와 함께 400 $\ell$  급 산란수조에 옮긴 후, 서서히 자외선살균기를 통과한 자연해수를 흘려주어 수온을 상승시키면서 산란을 유도하였다.

최초의 방란·방정이 일어난 후 약 10분 정도 지난 후 망목 20 $\mu$ m의 걸름망을 이용하여 수정란을 수거하였다. 걸름망에 수거한 수정란은 남은 정자를 없애기 위해 1 $\mu$ m로 여과한 해수로 깨끗이 세란 하여 1ton 수조에 수용하였고 이때 약하게 포기를 시켜주었다. 약 24시간 후 완전한 D상 유생이 된 것을 확인하고 나서 40 $\mu$ m 걸름망을 이용하여 유생을 수거하여 2.5개체/ml 밀도로 4톤급 수조에 수용하였다.

초기 유생사육은 지수식으로 폭기량을 조절하면서 수행하였다. 먹이는 *Isocrysis* aff. *galbana*와 *Pavlova. lutheri*를 1:1 비율로 혼합하여 급이 하였다 (Southgate and Beer, 1997; Doroudi et al., 1999). 먹이종류와 양은 유생의 성장에 따라서 2000세포/ml부터 조금씩 증가시켜 주면서 3회/일 급이하였으며, 먹이의 밀도는 혈구계수판을 사용하여 매일 측정하였다.

## 3). 채묘

부착기질로는 비닐 차광막 (흑색), 나이론 그물망 (흰색), 양파망 (홍색), 그리고 전복종묘 채묘용 플라스틱 투명 파판을 사용하였다. 차광막 채묘틀은 50 x 50cm로 재단한 것을 5cm 간격으로 연결하여 3단으로 만들었다. 그물망 채묘틀은 40 x 80cm의 크기의 망지를 두 겹으로 포개어 만들었으며, 양파망 채묘틀은 시판되는 30 x 80cm 크기의 양파망을 2장씩 포개어 제작하였다. 채묘틀이 부력에 의해 뜨는 것을 방지하기 위하여 채묘틀의 양쪽과 중간에 비닐로 코팅된 철사를 넣어 주었으며, 채묘틀을 수조 위에 설치한 막대 봉에 매달아 채묘틀이 수중에 현수되게 하였다. 전복종묘 채묘용 파판의 크기는 35 x 35cm이었다. 코팅 철사로 제작된 파판틀에 15개의 파판을 수직으로 넣고, 파판틀을 수조 내에 수평으로 설치하였다. 수조 내의 부유유생이 모두 착저한 것을 확인한 후, 유수식으로 전환하였으며, 2회/일 급이하였다.

#### 나. 종묘생산공정

지금까지의 인공산란유발에서 채묘에 이르기까지의 결과를 종합하여 시간대별로 종묘 생산공정을 작성하였다.

#### 다. 국내종묘생산

흑진주조개 국내 종묘생산 실험은 2002년 8월 2일 축 현지에서 운반되어온 모패를 사용하여 경남수산자원연구소에서 실시하였다. 현지에서 채집된 모패는 즉시 패각을 청소하고 담수에 5분 침적하여 부착생물과 기생충을 제거하고 냉각제와 함께 아이스박스에 포장하여 항공으로 운반하였다. 운반 중 수분유지를 위하여 물을 적신 면수건을 충분히 넣어 주었으며, 질식을 방지하기 위하여 아이스박스의 돌쩌귀에 통풍구를 설치하여 주었다. 포장 후 운반 시간은 약 20시간이었으며, 운반 중 아이스박스 내 온도는 20 ~ 22℃ 범위이었다. 종묘생산방법은 현지 종묘생산 방법과 같다.

### 3. 먹이생물개발

열대산 먹이생물 개발을 위하여 축 현지에서 식물플랑크톤을 20 $\mu$ m 망목의 Kitahara net와 Niskin 채수병으로 채집하여 초미소플랑크톤 (picoplankton), 미소플랑크톤 (nanoplankton) 및 일반플랑크톤 (netplankton) 조사용으로 구분하여 각각 glutaraldehyde, Lugol's solution 및 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다.

초미소플랑크톤은 Coulter EPICS flowcytometer를 사용하여 색소형광 특성으로 분류군별 (*Synnechococcus*, *Prochlorococcus*, Picoeukaryotes) 개체수를 계수하였다. Coccolithophores의 분석은 0.45 $\mu$ m cellulose nitrate membrane으로 여과한 후 여과지를 immersion oil로 투명하게 만들어 DIC 기능 광학현미경하에서 계수 하였다. 자가영양 편모류 (Autotrophic flagellates) 시료는 glutaraldehyde로 최종농도 1%되게 고정한 후 0.8  $\mu$ m black polycarbonate membrane filter에 여과하여 primulin으로 염색한 후 형광현미경하에서 계수 하였다. 와편모조류 및 섬모충류는 Lugol's solution 고정시료에서 상등액을 제거한 후 Sedgwick-Rafter Counting Chamber를 사용하여 광학현미경하에서 식물플랑크톤의 동정과 계수를 하였다. 규조류는 Simonsen (1974) 방법을 이용하여 유기물을 제거한 후 영구표본을 만들어 종 분류를 하였다.

순수종의 배양은 축 현장에서 채수된 시료를 Conwy 배지에 접종하여 일정기간 배양 후 각각의 단일 종만을 분리하여 재접종하여 배양하였다.

## 제 3 장. 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절. 해양생물 자원조사

#### 1. 어류자원

##### 가. 어류자원의 분포

이번 조사는 축환초의 South Pass 주위와 쿠옵환초를 중심으로 조사가 진행되었다. 겨울철부터 봄철에 걸쳐 있는 바리류 (grouper)의 산란장 조사를 겸하여 환초 내, 외의 정점과 환초 내부와 외해 사이의 수로 주변에서 수중 조사를 실시하였다. 금번 조사가 이루어진 South Pass 주위는 이미 조사가 수행된 North Pass 부근과는 달리 환초 내외의 수심 환경이 유사한 반면, 대형어류를 만나기가 쉽지 않은 특징을 갖고 있다. 또한, 90년대 중반에 성행한 다이너마이트 불법어로에 많은 환경피해를 입은 지역으로 어류자원이 어느 정도 회복되었는지 의심이 되는 해역이었다.

전체 12개소의 조사정점에서 확인된 어종은 총 264종이었고 정점별 출현 양상과 그 특징은 다음과 같다.

#### 정점1 (South Pass - Aualup Island)

정점 1은 축환초의 남쪽 South Pass 동쪽에 위치한 Aualup Island의 남서쪽 연안이었으며, 조사당일 강한 바람과 거친 파도로 환초 외부해역의 조사는 불가능하였다. 조사 해역에서 입수지점은 Aualup Is.에서 남서쪽으로 약 40m 떨어진 곳으로 수심 5 ~ 7m에서 산호의 상부가 봉우리 형태로 발달한 곳이었다. 수심 20m까지는 산호초가 대규모로 형성되어 있었으며, 그보다 깊은 수심에는 모래 바닥에 군데군데 버섯 모양의 대형 산호군락이 발달한 지역이었다.

이 지역에서 확인된 어종은 수중관찰에 따른 제약으로 종 수준까지 확인이 어렵지만 약 47여종이 확인되었다 (표 2). 전장 40cm 전후의 바리류 (Serranidae)를 4마리 확인하였으나 산란기의 특징을 나타내는 대규모 개체군 (school)은 발견하지 못하였다. 단지 수심이 20m 전후인 산호초 급경사 지대에서 단독으로 유평하는 바리류의 일종인 *Plectropomus* sp., *Epinephelus* sp.과 버섯 모양 산호초 아래에 숨어 있는 40cm 급 바

표 2. 축환초 정점 1에서의 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 2. Occurrence of fish at St. 1 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Aetobatis narinari</i>	O
2	<i>Spratelloides delicatulus</i>	
3	<i>Sargocentron diadema</i>	O
4	<i>Pseudantias pascalus</i>	O
5	<i>Aethaloperca rogae</i>	
6	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	
7	<i>Epinephelus</i> sp.	E
8	<i>Epinephelus merra</i>	E
9	<i>Plectropomus</i> sp.	E
10	<i>Paracirrhites arcatus</i>	O
11	<i>Apogon</i> sp.	O
12	<i>Caranx</i> spp.	E
13	<i>Aprion virescens</i>	E, O
14	<i>Macolor niger</i>	E
15	<i>Lutjanus ethrenbergi</i>	
16	<i>Caesio caeruleaurea</i>	E
17	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
18	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
19	<i>Parupeneus barberinus</i>	E, O
20	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
21	<i>Chaetodon reticulatus</i>	O
22	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
23	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>	O
24	<i>Heniochus chrysostomus</i>	O
25	<i>Centropyge bispinosus</i>	O
26	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
27	<i>Chromis</i> spp.	
28	<i>Chromis margaritifer</i>	O
29	<i>Chromis viridis</i>	O
30	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
31	<i>Neoglyphidodon melas</i>	O
32	<i>Pomacentrus</i> spp.	O
33	<i>Halichoeres</i> spp.	
34	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
35	<i>Scarus bleekeri</i>	O
36	<i>Scarus</i> spp.	E
37	<i>Acanthurus leucocheilus</i>	O
38	<i>Acanthurus lineatus</i>	E, O
39	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O



표 2. 계속

Table 2. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	O
41	<i>Zanclus cornutus</i>	O
42	<i>Siganus vulpinus</i>	O
43	<i>Siganus</i> spp.	E
44	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
45	<i>Melichthys vidua</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

리 한 마리를 확인할 수 있었다. 그 외 소형 바리류인 *Epinephelus merra* (화보 I-1) 몇 마리를 볼 수 있었다.

수산 어종으로는 25 ~ 30cm급 파랑비늘돔류 (*Scarus* spp.), 전갱이류 (*Caranx* spp.), 25 ~ 35cm 급 독가시치류 (*Siganus* spp.)를 관찰할 수 있었으며 수심 15m부근의 산호초 골짜기에서 떼를 지어 유영하는 50cm 전후의 흰점매가오리 (*Aetobatis narinari*) 30여 마리로 구성된 비교적 규모가 큰 개체군을 볼 수 있었다 (표 3).

표 3. 축환초 정점 1에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 3. Commercial fishes observed at station 1 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
Serranidae	바리류	4	30 ~ 40	5 ~ 40m
<i>Scarus</i> spp.	비늘돔류	25 ~ 30	25 ~ 30	
<i>Caranx</i> spp.	전갱이류	2	30 ~ 35	
<i>Siganus</i> spp.	독가시치류	8	28 ~ 35	

비늘돔류 (*Scarus* spp.)는 6 ~ 8마리씩 무리 지어 중층을 유영하고 있었으며, 여기에 독가시치류 (*Siganus* spp.)와 비늘돔류 (*Scarus* spp.)가 산호초 가까이의 중층을 떼를 지어 유영하고 있었다. 산호초 부근에서는 몸이 작은 자리돔류 (Pomacentridae), 파랑돔류 (*Pomacentrus* spp.), 쥐돔류 (*Ctenochaetus* spp.)가 많이 관찰되었으니, 이 지역에는 손상된 산호군체와 단순한 형태의 산호군락이 많아 North Pass 지역에 비하여 상대적으로 적

은 개체수를 나타내었다. 한편, 섬 주변 연안 수중에 방치된 대형 콘크리트 방파제 구조물 주변에는 쥐돔류의 일종인 *Acanthurus lineatus*와 *A. thompsoni*, 놀래기류 (Labridae) 등이 활발히 섭이 활동을 하고 있었다.

#### 정점2 (South Pass - Islet Island)

정점 2는 축환초의 South Pass 서쪽에 위치한 Islet Island에서 약 1km 떨어진 곳에 위치한 조그만 섬의 서쪽 연안이었다. 이 지점은 수심 8 ~ 9m부터 산호초가 봉우리 형태로 잘 발달한 곳이다. 경사는 완만하며 수심 23 ~ 25m에 이르면 모래 바닥이 펼쳐지며 군데군데 소형 산호군락이 발달하여 있었으며, 수중 환경 여건은 정점 1과 유사한 점이 많은 곳이었다.

최초 입수지점을 기준으로 수심 8m 범위에 위치한 봉우리형 산호군락에는 말미잘과 그 속에 공생하는 흰동가리류 (*Amphiprion* spp.) 5 ~ 6마리가 있었으며, 버섯형 산호군락의 그늘 아래에는 열게돔류가, 그리고 산호초 주변에는 쥐돔류, 놀래기류, 자리돔류, 천사고기 (angel fish) 등이 어울려 놀고 있었다. 수심 20m 아래의 산호초 부근에는 45 ~ 80cm 급 블랙팁상어 4 ~ 5마리가 유영하고 있었다. 산호사로 이루어진 모래바닥에는 숨이장어 (*Gorgasia* spp.)들이 개체군을 이루어 살고 있었다. 수심 24 ~ 25m에 위치한 독립된 산호초 부근에는 40cm 전후의 하스돔과에 속하는 *Plectorhinchus* spp.가 2 ~ 3마리가 관찰되었다.

조사 정점에서 확인된 어종은 잠수조사만으로는 종 수준까지 확인이 어려운 그룹으로 인하여 불확실하지만 약 60여종이 확인되었다 (표 4). 통돔류 (*Lutjanus* spp.)에 속하는 20 ~ 45cm급 *Lutjanus bohar*, *Lutjanus semicinctus* 등이 여러 마리 관찰되었으며, 그 외 파랑비늘돔, 독가시치류 및 바리류, 그리고 쥐돔류 (*Naso* spp.) 가 많이 서식하고 있었다. 단, 주 관찰 대상어종으로 수산업상 중요한 바리류는 정점 1보다 적었는데 이는 정점 2의 저서환경이 직벽의 발달이 나쁘고, 수심 20m 이상부터는 완만한 경사를 이루며 모래와 소형 산호군락이 혼재하고 있는 등 바리류의 서식 여건으로 부적합하였기 때문으로 생각되었다.

수산 어종은 20 ~ 30마리의 떼를 이룬 30 ~ 45cm 급 쥐돔류 (*Naso* spp.), 파랑비늘돔류 (*Sacarus* spp.) 25마리, 30 ~ 40cm 통돔류 (*Lutjanus* spp.) 8마리, 갈돔류 (*Monotaxis grandoculus*) 30 ~ 40마리 등으로 비교적 풍부하게 나타났다. 특이한 것은 통돔류와 갈돔류가 비교적 풍부하게 나타난 것이다. 산호초가 발달한 8 ~ 20m 수심까지는 소형 자리돔류, 쥐돔류, 놀래기류 등이 풍부하였다 (표 5).

표 4. 축환초 정점 2에서의 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 4. Occurrence of fish at St. 2 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Gorgasia</i> sp.	
2	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	E, O
3	<i>Synodus</i> spp.	
4	<i>Myripristis</i> sp.	O
5	<i>Aulostomus chinensis</i>	O
6	<i>Aethaloperca rogaa</i>	
7	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
8	<i>Epinephelus merra</i>	E
9	<i>Plecotropomus</i> spp.	E
10	<i>Paracirrhites</i> spp.	O
11	Apogonidae spp.	O
12	<i>Echeneis naucrates</i>	
13	<i>Elagatis bipinnulatus</i>	E
14	<i>Aphareus furca</i>	E
15	<i>Macolor macularis</i>	E
16	<i>Lutjanus</i> spp.	E
17	<i>Lutjanus bohar</i>	E
18	<i>Lutjanus semicinctus</i>	
19	<i>Caesio teres</i>	
20	<i>Scolopis lineatus</i>	O
21	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
22	<i>Lethrinus</i> spp.	E
23	<i>Parupeneus barberinus</i>	E, O
24	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
25	<i>Chaetodon reticulatus</i>	O
26	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	O
27	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
28	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>	O
29	<i>Heniochus chrysostomus</i>	O
30	<i>Centropyge bicolor</i>	O
31	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
32	<i>Amphiprion</i> spp.	O
33	<i>Chromis alpha</i>	
34	<i>Chromis amboinensis</i>	O
35	<i>Chromis atripectoralis</i>	O
36	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
37	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	O
38	<i>Chrysiptera oxycephala</i>	O
39	<i>Neoglyphidodon melas</i>	O

표 4. 계속

Table 4. 계속

No.	Species	Remarks
40	<i>Cheilinus digrammus</i>	O
41	<i>Halichoeres</i> spp.	
42	<i>Thalassoma hardwickii</i>	O
43	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
44	<i>Scarus</i> spp.	E
45	<i>Scarus schlegeli</i>	E, O
46	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	O
47	<i>Parioglossus formosus</i>	
48	<i>Acanthurus</i> spp.	O
49	<i>Acanthurus olivaceus</i>	E, O
50	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
51	<i>Naso vlamingii</i>	O
52	<i>Zanclus cornutus</i>	O
53	<i>Siganus vulpinus</i>	E
54	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
55	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
56	<i>Melichthys vidua</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

표 5. 축환초 정점 2에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 5. Commercial fishes observed at station 2 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
Serranidae spp.	바리류	4	30cm 전후	<i>Cephalophlis</i> spp.
<i>Scarus</i> spp.	비늘돔류	25 ~ 30	25	
<i>Naso vlamingii</i>	취돔류	30 ~ 45	25	
<i>Monotaxis grandoculus</i>	갈돔류	35	20 ~ 27	
<i>Aethaloperca rogae</i>	바리류	1	35	

정점3 (Eli Kanibu Island 북쪽 수중 산호초)

정점 3은 Moen Island 동측에 발달한 환초로 축환초의 안쪽 해역이다. 수심 5m부터 22m까지는 비교적 경사가 급하고 산호초가 잘 발달하여 있지만, 군데군데 산호가 파괴된 곳이 발견되고 있어 원주민들의 다이너마이트 어업이 오랫동안 이루어졌다는 것을 알 수

있는 지역이다.

산호초 봉우리 근처에는 자리돔류와 어린 쥐돔류, 놀래기류가 큰 군집을 이루고 있었으며 경사를 따라 깊어짐에 따라 천사고기류, 쥐돔류, 파랑비늘돔류 등 다양한 산호초 어류들이 서식하고 있었다. 수심 20 ~ 22m, 모래 바닥에는 군데군데 산호군락이 발달하였으며 reef shark (*Carcharhinus* spp.)와 30 ~ 40cm급 갈돔류 (*Lethrinus rubrioperculatus*) 수 마리가 관찰되었다.

정점 3의 경우 환초의 안쪽에 위치하고 있으며 수심 5 ~ 6m까지 산호군락이 잘 발달해 있는 곳으로 산호초 어류의 서식에 매우 적합한 곳이다. 따라서 오래 전부터 원주민들의 능성어류, 갈돔류, 통돔류 등 식용어의 주요 어업 장소로서 이용되어 왔으며, 다이내마이트에 의한 불법 어업이 왕성했던 곳으로 알려져 있다. 이처럼 오랜 기간 동안 불법 어업이 성행한 곳인 만큼 어류 군집의 크기에서는 다른 정점과 차이가 있었으나 종 다양성에서는 크게 차이가 나지 않았다. 단, 관찰된 어종들의 개체 크기가 작은 경향이 있었으며 특히 산호가 부서진 곳에는 자리돔류, 쥐돔류, 쥐치류의 개체 수나 개체 크기에 있어 타 지역에 비하여 크게 감소한 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 산호초 어류들에게는 산호초 자체가 그들의 은신처이자 먹이 공급 장소, 산란장이자 성육장 임을 나타내어 주는 것이라 하겠다. 즉, 바꾸어 말하면 산호초 자체가 하나의 독립된 생태를 이루고 있어 산호가 파괴되면 그 생태자체가 파괴됨을 보여주는 곳이라 하겠다.

조사 정점에서 확인된 어종은 수중에서 종 수준까지 확인이 어려운 그룹으로 인하여 불확실하지만 65종이 확인되었다 (표 6). 이 정점의 특징은 30 ~ 50cm 급 대형 어류들의 수가 적고 자리돔류 (*Apogonidae* spp.), 놀래기류 (*Labridae* spp.), 소형 쥐돔류 (*Acanthurus* spp.), 나비고기류 (*Chaetodon* spp.) 등 크기 5 ~ 15cm 범위의 소형 개체들이 우점하고 있는 것이다.

바리과 어종으로는 40cm급 *Epinephelus polyphekadion* (syn. *E. microdon*, 화보 I-2) 한 마리, *Epinephelus tauvina* 로 추정되는 40cm급 바리류 한 마리, 35cm 급 *Cephalopholis argus* 한 마리, *Cephalopholis* spp. 한 마리가 확인되었다 (표 7). 바리류인 *Epinephelus polyphekadion*은 측에서 가장 많이 잡히는 바리과 어종 중의 하나인데 이종은 산호의 기지에서 30 ~ 50cm 정도 떨어진 곳에 정지하여 있다가 사람이 접근하면 산호 가지 속으로 들어가 자신의 몸을 일단 숨긴 다음 접근하는 이의 동태를 살피며警戒하는 행동을 나타내었으며, *Epinephelus mtauvina*는 모래 위에 앉아 있다가 사람의 접근을 알아차리고 일정한 거리를 두고 자리를 피하는 행동을 나타내었다. 대부분의 바리과 어류들은 산호 부근에 떠 있다가 위협을 느끼면 자리를 옮기든지 산호 사이로 몸을

표 6. 축환초 정점 3에서의 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 6. Occurrence of fish at St. 3 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus</i> spp.	E, O
2	<i>Spratelloides delicatulus</i>	
3	<i>Aulostomus chinensis</i>	O
4	<i>Pseudanthias</i> spp.	O
5	<i>Cephalopholis argus</i>	E
6	<i>Cephalopholis</i> spp.	E
7	<i>Epinephelus tauvina</i>	E
8	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	E
9	<i>Pseudochromis</i> spp.	
10	<i>Apogon gilberti</i>	O
11	<i>Echeneis naucrates</i>	
12	<i>Aphareus furca</i>	E
13	<i>Lutjanus bohar</i>	E
14	<i>Caesio lunaris</i>	
15	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
16	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
17	<i>Parupeneus barberinus</i>	E, O
18	<i>Parupeneus</i> spp.	O
19	<i>Platax</i> sp.	O
20	<i>Chaetodon auriga</i>	O
22	<i>Chaetodon burgessi</i>	O
21	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
23	<i>Chaetodon kleinii</i>	O
24	<i>Chaetodon lunula</i>	O
25	<i>Chaetodon melannotus</i>	O
26	<i>Chaetodon reticulatus</i>	O
27	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	O
28	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
29	<i>Centropyge bicolor</i>	O
30	<i>Centropyge colini</i>	O
31	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
32	<i>Chromis acares</i>	
33	<i>Chromis analis</i>	O
34	<i>Chromis xanthura</i>	O
35	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
36	<i>Cheiloprion labiatus</i>	
37	<i>Abudefduf</i> spp.	
38	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	O
39	<i>Chrysiptera</i> spp.	O

표 6. 계속

Table 6. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>	
41	<i>Bodianus</i> spp.	
42	<i>Cheilinus celebecus</i>	E
43	<i>Cheilinus digrammus</i>	O
44	<i>Cheilinus orientalis</i>	O
45	<i>Epibulus insidiator</i>	O
46	<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>	O
47	<i>Thalassoma hardwickii</i>	O
48	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
49	<i>Hipposcarus longiceps</i>	E
50	<i>Scarus</i> spp.	E
51	<i>Scarus sordidus</i>	E
52	Unid. Tripterygiid	
53	<i>Plagiotremus laudandus</i>	
54	Gobiidae spp.	
55	<i>Acanthurus blochii</i>	E, O
56	<i>Acanthurus olivaceus</i>	E, O
57	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
58	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	O
59	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
60	<i>Zebrasoma flavescens</i>	O
61	<i>Zanclus cornutus</i>	O
62	<i>Siganus vulpinus</i>	O
63	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
64	<i>Siganus puellus</i>	O
65	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O

E : Edible species, O : Ornamental species

감춘 후 위협이 느껴지는 쪽으로 머리를 돌려 동태를 살피는 공통적인 행동을 나타내었다. 수심 20m 전후에서 20 ~ 30cm 급 파랑비늘돔류 (*Sacarus* spp.) 20여마리와 약 35cm급 갈돔류 일종인 *Lethrinus rubrioperculatus*가 확인되었다.

#### 정점4 (North Pass - Eli Kanibu Lsland)

정점 4는 정점 3에서 North Pass 쪽으로 약 6km떨어진 수중 산호초이다. 이 정점은 산호초의 봉우리가 표층에서 2 ~ 3m 수심까지 비교적 얇고 넓게 발달되어 있는 곳이다.

표 7. 축환초 정점 3에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 7. Commercial fishes observed at station 3 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. Ind.	Size(TL, cm)	Remarks
<i>Epinephelus polyphkadion</i>	바리류	1	40cm 전후	
<i>Epinephelus spp.</i>	“	1	40	<i>E. mtauwina</i> (?)
<i>Cephalophlis agurus</i>	“	1	35	
<i>Cephalophlis spp.</i>	“	2	30	
<i>Scarus spp.</i>	비늘돔류	20	25	
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	갈돔류	1	40	

이 정점 역시 정점 3과 마찬가지로 원주민들의 낚시 또는 불법어업 장소로 오랫동안 이용되어 온 곳이었다. 특히 수심 10 ~ 20m 수층에 발달한 산호초는 관찰 대상 면적을 기준으로 할 때 70% 이상의 산호초가 다이내마이트를 이용한 불법 어업으로 인하여 크게 훼손되어 있었다.

수심 5m부터 20 ~ 22m까지는 비교적 완만한 경사로 부서진 산호와 모래 바닥이 발달한 곳이었는데 이곳 역시 정점 3과 마찬가지로 소형 자리돔류와 어린 쥐돔류, 놀래기류가 많이 서식하고 있었으나 대형 어류는 거의 눈에 띄지 않았다. 수심 20m 부근에서 많이 관찰되는 50cm전후의 소형 상어 (*Carcharhinus spp.*)와 비늘돔류 (*Scarus spp.*)의 밀도는 매우 희박하였으며, 45cm 급 바다거북 한 마리를 볼 수 있었다.

정점 4에서의 관찰된 어류는 38종 정도로 정점 3보다 어종 수는 물론 개체수도 적었다 (표 8). 또 산호가 파괴된 곳에서는 소형 자리돔류, 쥐돔류, 쥐치류 등이 있었으나 개체수나 개체 크기에 있어 산호가 잘 발달된 곳보다 감소하는 경향을 나타내었다.

바리과 어종으로는 35cm급 *Cephalopholis spp.* 한 마리가 전부였으며 그 외 수산 어종이라 할 수 있는 종으로서 15 ~ 25cm 급 비늘돔류 (*Sacarus spp.*) 2 마리가 확인되었을 뿐 어획 대상인 대형 어류가 적은 곳이었다.

#### 정점5 (Polle Island 남쪽, 환초의 남서쪽 외측)

정점 5는 Polle Island의 남쪽으로 축 환초의 남서쪽 외해에 면한 곳이다. 이 정점은 전형적인 직벽 형태의 지형으로, 산호초의 발달은 그다지 풍성하지 못하였지만 직벽을 따라 흐르는 조류와 함께 많은 대형 어종이 서식하고 있었다.



표 8. 축환초 정점 4에서의 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 8. Occurrence of fish at St. 4 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	
2	<i>Myripristis</i> sp.	O
3	<i>Aulostomus chinensis</i>	O
4	<i>Pseudanthias</i> spp.	O
5	<i>Archamia</i> spp.	
6	<i>Lutjanus bohar</i>	E
7	<i>Caesio lunaris</i>	
8	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
9	<i>Parupeneus</i> spp.	O
10	<i>Chaetodon auriga</i>	O
11	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
12	<i>Chaetodon melannotus</i>	O
13	<i>Chaetodon reticulatus</i>	O
14	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	O
15	<i>Centropyge bicolor</i>	O
16	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
17	<i>Chromis amboinensis</i>	O
18	<i>Chromis analis</i>	O
19	<i>Chromis atripectoralis</i>	O
20	<i>Chromis viridis</i>	O
22	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
21	<i>Abudefduf</i> spp.	
23	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	O
24	<i>Chrysiptera oxycephala</i>	O
25	<i>Cheilinus celebecus</i>	E
26	<i>Cheilinus digrammus</i>	O
27	<i>Cheilinus fasciatus</i>	O
28	<i>Gomphosus varius</i>	O
29	<i>Thalassoma hardwickii</i>	O
30	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
31	<i>Scarus</i> spp.	E
32	<i>Acanthurus pyroferus</i>	E, O
33	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	O
34	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
35	<i>Zanclus cornutus</i>	O
36	<i>Siganus vulpinus</i>	O
37	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
38	<i>Siganus puellus</i>	O
39	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O

E : Edible species, O : Ornamental species

표 9. 축환초 정점 4에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 9. Commercial fishes observed at station 4 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. of Ind.	Size(TL, cm)	Remarks
<i>Cephalopholis</i> spp.	바리류	1	35	
<i>Scarus</i> spp.	비늘돔류	12	15 ~ 25	

조사 정점에서 관찰할 수 있었던 총 어종 수는 직벽 해역의 특성상 상어, 갈돔류, 쥐돔류 등 무리 지어 이동하는 종들이 많아 정확한 어종 수의 집계가 어렵지만 약 350m<sup>2</sup>에서 관찰한 어종 수는 대략 60여종이었다 (표 10).

입수 지점은 수심 8 ~ 10m 지역으로 크고 작은 산호초 봉우리들이 발달한 곳으로 전장 10cm 전후의 놀래기류, 자리돔류, 쥐돔 등의 유어들이 서식하고 있었으며, 골짜기를 따라 직벽 쪽으로 내려가면 20 ~ 30cm 급 비늘돔류 (*Scarus* spp.), 다양한 종류의 천사고기류와 나비고기류 (*Chaetodon* spp.), 자주빛금강바리류 (*Pseudodanthias* spp.) 등을 관찰할 수 있었다. 수심 15m부터는 거의 수직으로 깊어지며 회초리산호가 드문드문 자리 있는 곳에 바리류인 *Plectropomus oligacanthus*, *Ephinephelus polyphekadion*, *Cephalopholis* spp. 등이 군데군데 자리 잡고 있었으며, 수심 25 ~ 30m 층에는 20, 30마리씩 떼를 지어 이동하고 있었다. 독립적으로 살아가는 이 종들이 이처럼 무리 지어 이동하는 것은 산란 행동과 관련 있는 것으로 생각되며, 이 해역이 바리류의 산란장이라는 원주민들의 이야기를 뒷받침해주는 좋은 증거로 생각되었다. 앞으로 이 해역에서 성숙한 어미를 체포하거나, 산란행동을 관찰 할 수 있는지 여부에 대한 정밀 조사가 이루어져야 하겠다.

그 외 수심 18m 부근의 굴속에는 곱치 (*Gymnothorax javanicus*) 한 마리가 있었으며, 비교적 몸집이 큰 어종들을 많이 확인할 수 있었다. 전장 1m 전후의 reef shark (*Carcharhinus albimarginatus*, *Carcharhinus* spp.), 30 ~ 40cm 급의 통돔류 (*Macolor niger*, 화보 I-3), 전갱이류인 blue fin travelly (*Caranx melampygus*), *Caranx* spp. 들과 40cm 전후의 쥐돔류 (*Naso* spp.) 등이 많이 관찰되었다. 특히 외해에 면한 이 곳 직벽은 환초의 안쪽의 정점에 비하여 자리돔류, 소형 쥐돔류 등의 종수나 개체수가 적고 상어, 표문쥐치류, 전갱이류, 바리류 등이 많고 크기가 큰 경향을 나타내고 있었다.

정점 5에서 관찰된 수산 어종으로서 바리류 중 소형종인 *Cephalopholis urodeta*가 10여 마리, 떼를 지어 이동하는 35 ~ 40cm 급 *Ephinephelus polyphekadion*이 28마리, 단독

표 10. 축환초 정점 5에서의 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 10. Occurrence of fish at St. 5 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	E
2	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	E, O
3	<i>Carcharhinus</i> spp.	E
4	<i>Spratelloides delicatulus</i>	O
5	<i>Myripristis adusta</i>	O
6	<i>Myripristis</i> sp.	O
7	<i>Sargocentron</i> sp.	O
8	<i>Aulostomus chinensis</i>	O
9	<i>Luzonichthys waitei</i>	O
10	<i>Pseudoantias squamipinnis</i>	O
11	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
12	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	E
13	<i>Plectropomus oligacanthus</i>	
14	<i>Malacanthus latovittatus</i>	E, O
15	<i>Echeneis naucrates</i>	
16	<i>Caranx melampygus</i>	E
17	<i>Caranx sexfasciatus</i>	E
18	<i>Elagatis bipinnulatus</i>	E
19	<i>Aphareus furca</i>	E
20	<i>Aprion virescens</i>	E, O
22	<i>Macolor macularis</i>	E
21	<i>Macolor niger</i>	E
23	<i>Lutjanus semicinctus</i>	
24	<i>Caesio lunaris</i>	
25	<i>Caesio teres</i>	
26	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
27	<i>Platax</i> sp.	O
28	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
29	<i>Chaetodon reticulatus</i>	O
30	<i>Chaetodon</i> spp.1	O
31	<i>Chaetodon</i> spp.2	O
32	<i>Forcipiger flavissimus</i>	O
33	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>	O
34	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
35	<i>Chromis analis</i>	O
36	<i>Chromis</i> spp.	
37	<i>Chromis margaritifer</i>	O
38	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
39	<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>	

표 10. 계속

Table 10. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Cheilinus undulatus</i>	O
41	<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>	O
42	<i>Thalassoma hardwickii</i>	O
43	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	O
44	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
45	<i>Scarus</i> spp.	O
46	<i>Sphyraena</i> spp.	E
47	<i>Aspidontus taeniatus</i>	E
48	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	O
49	<i>Ptereleotris evides</i>	O
50	<i>Acanthurus</i> spp.1	O
51	<i>Acanthurus</i> spp.2	O
52	<i>Acanthurus</i> spp.3	O
53	<i>Acanthurus nigricans</i>	O
54	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
55	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
56	<i>Zebrasoma veliferum</i>	O
57	<i>Naso brevirostris</i>	E, O
58	<i>Naso lituratus</i>	O
59	<i>Naso vlamingii</i>	O
60	<i>Zanclus cornutus</i>	O
61	<i>Gymnosarda unicolor</i>	E
62	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O

E : Edible species, O : Ornamental species

생활을 하는 20 ~ 40cm 급 *Plectropomus oligacanthus*가 7마리로 비교적 많은 수가 관찰되었다. 외해에 면한 까닭에 전갱이류도 많이 보였는데 어린 전갱이류인 *Caranx melamphygus* 와 줄전갱이로 보이는 *Caranx* sp.가 각각 2마리가 관찰되었고, 고등어류인 80cm급 *Gymnosarda unicolor* 한 마리가 관찰되었다. 그 외 많은 개체 수는 아니지만 파랑비늘돔류와 몇몇 쥐돔류가 직벽에서 약 5 ~ 20m 떨어진 수층에 수심 20 ~ 30m까지 유행하고 있었다 (표 11).

정점6 (Polle Island 남쪽, 환초의 남서쪽 외측)

정점 6은 정점 5에서 동쪽으로 약 1 km 떨어진 독립된 수중 산호초의 외해 쪽에 환초

표 11. 축환초 정점 5에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 11. Commercial fishes observed at station 5 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. Ind.	Size(TL, cm)	Remarks
<i>Cephalophlis urodeta</i>	바리류	10	15 ~ 20	
<i>Epinephelus polyphekadion</i>	“	28	20 ~ 40	spawning (?)
<i>Plectropomus oligacanthus</i>	“	7	20 ~ 40	
<i>Caranx melamphygus</i>	전갱이류	2	30 ~ 35	
<i>Caranx spp.</i>	“	2	25 ~ 30	
<i>Elagatis bipinnulatus</i>	“	2	40 ~ 45	
<i>Lutjanus semicinctus</i>	통돔류	2	25 ~ 35	
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	갈돔류	1	45	
<i>Cheilinus undulatus</i>	놀래기류	1	60	
<i>Scarus spp.</i>	비늘돔류	40	25 ~ 35	
<i>Naso brevirostris</i>	쥐돔류	15	30 ~ 45	
<i>Naso lituratus</i>	“	15	25 ~ 35	
<i>Naso vlamingii</i>	“	10	30 ~ 40	

가 직벽을 이루고 있는 곳이다. 산호초의 폭은 대략 100 ~ 200m 범위로 남쪽으로 수심 얇은 천해성 산호초를 구성하고 있는 몇 개의 산호초 봉우리를 지나면 곧바로 수심 수백 m에 이르는 직벽이 형성되어 있다.

정점 5와 마찬가지로 직벽의 산호초 발달은 미비하였으며, 약 300m<sup>2</sup>의 조사지역에서 30 ~ 35cm급 파랑비늘돔류와 40cm 전후의 쥐돔류를 포함하여 40여종의 어류가 관찰되었다 (표 12).

입수 지점인 산호초 봉우리 부근의 수심은 6 ~ 8m로 전장 10cm 전후의 놀래기류, 자리돔류, 쥐돔 유어들이 관찰되었으며 파랑비늘돔류로는 비교적 대형인 35cm 전후의 *Scarus microrhinos* 13마리가 활발히 먹이를 먹고 있었다. 직벽의 굴속에는 30cm급 열계돔류인 *Myripristis adusta*가 서식하고 있었으며 정점 5에서와 마찬가지로 수심 10 ~ 15m 층에서는 몇 종의 천사고기류와 나비고기류 및 자주빛금강바리류 (*Pseudodanthias* spp.)들이 관찰되었다.

직벽으로 된 수심 34 ~ 40m까지는 비교적 덩치가 큰 바리류의 일종인 *Plectropomus oligacanthus*가 서식하고 있었으며 소형 쥐돔류인 *Acanthurus thompsoni*가 떼를 지어 살

표 12. 축주의 정점 6에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 12. Occurrence of fish at St. 6 in Chuuk, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	E
2	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	E, O
3	<i>Gymnothorax javanicus</i>	
4	<i>Myripristis adusta</i>	O
5	<i>Pseudanthias</i> spp. 1	O
6	<i>Pseudanthias</i> spp. 2	O
7	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
8	<i>Plectropomus oligacanthus</i>	
9	<i>Echeneis naucrates</i>	
10	<i>Caranx melampygus</i>	E
11	<i>Caranx sexfasciatus</i>	E
12	<i>Aphareus furca</i>	E
13	<i>Macolor macularis</i>	E
14	<i>Macolor niger</i>	E
15	<i>Lutjanus bohar</i>	E
16	<i>Lutjanus semicinctus</i>	
17	<i>Caesio teres</i>	
18	<i>Pterocaesio</i> spp.	
19	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
20	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
22	<i>Chaetodon</i> spp. 1	O
21	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
23	<i>Chromis analis</i>	O
24	<i>Chromis</i> spp. 1	
25	<i>Chromis</i> spp. 2	
26	<i>Chromis margaritifer</i>	O
27	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
28	<i>Cheilinus fasciatus</i>	O
29	<i>Cheilinus undulatus</i>	O
30	<i>Thalassoma hardwickii</i>	O
31	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	O
32	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
33	<i>Scarus</i> spp.	E
34	<i>Scarus microhinos</i>	
35	<i>Acanthurus nigricans</i>	O
36	<i>Ctenochaetus strigosus</i>	O
37	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
38	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
39	Acanthuridae spp.	

표 12. 계속

Table 12. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Naso hexacanthus</i>	E, O
41	<i>Naso vlamingii</i>	O
42	<i>Zanclus cornutus</i>	O
43	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O

E : Edible species, O : Ornamental species

고 있었다. 그 외 30 ~ 40cm 급의 전갱이류인 *Caranx melampygu*, 퉁돔류인 *Macolor niger* 와 *M. maculalis* 등이 서식하고 있었다. 한편 직벽 생태계에서 많이 서식하는 쥐돔류 중 *Naso hexacanthus* 300 ~ 400마리가 떼를 지어 직벽을 타고 유영하고 있었으며 소형 관상어인 깃대돔류인 *Zanclus cornutus*도 약 200여 마리가 떼를 지어 이동하는 독특한 무리 행동을 하고 있었다. 그 외 40cm 전후의 쥐돔류 4 ~ 20여 마리 씩 떼를 지어 10 ~ 20m 수층에서 유영하고 있었다.

정점 6에서 관찰된 어종 중 바리류는 25 ~ 45cm급 *Plectropomus oligacanthus*만 관찰되었고 외해에 면한 정점인 만큼 전갱이류도 많이 보였는데 어린 blue fin trevally로 보이는 *Caranx melampygu*와 줄전갱이로 보이는 *Caranx* sp. 가 각각 2마리 관찰되었다. 그 외 많은 개체수는 아니지만 *Scarus* spp.가 있었고 몇몇 *Naso* 류가 수심 20 ~ 30m까지 직벽에서 약 5 ~ 20m 떨어진 수층에서 유영하고 있었다. 환초의 안쪽 해역 조사에서 관찰하지 못하였던 열대 놀래기류 중 가장 큰 어종인 Napholeon fish (*Cheilinus undulatus*) 50cm급 한 마리가 확인되었다 (표 13). 정점 6에는 4, 5종의 30 ~ 45cm 급 대형 쥐돔류가 서식하고 있었는데 이 중 전술한 *Naso hexacanthus*의 개체군 (school) 규모가 가장 컸다. 이종은 남태평양 열대해역의 중요한 수산어종의 하나로 앞으로 보다 자세한 분포 범위, 서식생태 및 자원 조사가 요구된다.

#### 정점 7 (Kuop Atoll 내의 Laubergne Is.)

정점 7은 쿠오펜초가 외해로 열리는 남쪽 수로에 위치한 Laubergne Island 앞 해역으로 비스듬히 경사진 저층에 모래 바닥이 넓게 발달한 가운데 군데군데 지름이 1 ~ 4m 정도의 소형 산호군락이 발달한 곳이었으며, 조사 수심은 3 ~ 22m 범위이었다.

조사면적은 약 200m<sup>2</sup>로 대략 50여종이 관찰되었다 (표 14). 수심 15 ~ 22m의 경사면 모래바닥에는 숨이장어들이 몸의 상체를 곧게 세운 채 흘러가는 플랑크톤을 먹고 있었는

표 13. 축환초 정점 6에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 13. Commercial fishes observed at station 6 in Chuuk, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. of Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
<i>Plectropomus oligacanthus</i>	바리류	4	25 ~ 45	
<i>Caranx melampygus</i>	전갱이류	2	33 ~ 38	
<i>Caranx spp.</i>	“	2	25 ~ 30	
<i>Macolor niger</i>	통돔류	3	30 ~ 35	
<i>M. maculalis</i>	“	2	28 ~ 33	
<i>Lutjanus semicinctus</i>	“	1	30	
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	갈돔류	1	40	
<i>Cheilinus undulatus</i>	놀래기류	1	50	
<i>Scarus spp.</i>	비늘돔류	10	25 ~ 30	
<i>Scarus microrhinos</i>	“	13	30 ~ 35	
<i>Naso spp.</i>	쥐돔류	8	40 ~ 45	
<i>Naso hexacanthus</i>	“	350	35 ~ 40	
<i>Naso vlamingii</i>	“	8	30 ~ 40	

데 사람이 접근하면 모래 속으로 몸을 숨기는 행동을 보여주었다.

정점 7에서 가장 많은 어종들이 모여 있는 곳은 역시 비교적 생김새가 복잡하고 크기가 큰 산호군락의 주변이었다. 산호 사이의 굴속에는 다른 정점들에서와 마찬가지로 열계돔 (*Holocentridae*)류가 많이 머물고 있었으며 노랑꼬리쥐돔, 천사고기류 및 많은 수의 자리돔류가 모여 살고 있었다. 조사 정점의 수심 10m 내외에 발달한 모래바닥 가운데 산재되어 있는 독립된 바위 주위에는 크기 10cm 전후의 소형 쥐돔류, 천사고기류, 자리돔류 등의 어류가 떼지어 있었고 가지산호들 사이에선 바리류를 포함한 소형 어종들을 볼 수 있었다. 산호군락들이 드문 드문 발달한 넓은 모래사장으로 이루어진 해저에는 갈돔류인 *Lethrinus rubrioperculatus*, 촉수류인 *Ptereleotris evides*의 서식이 확인되었으며, 이 종들은 주위의 흰색을 띤 산호사와 유사한 밝은 체색을 갖고 있는 것이 특징이었다. 전체적으로 보면 정점 7에서는 대형어를 볼 수 없었으며 같은 어종이라 할지라도 크기가 작은 경향을 나타내었다. 즉, 물의 흐름이 거의 없고 산호군락이 잘 발달되지 못한 본 정점은 어린 고기들이나 숨이장어, 촉수류 (*Mullidae*)처럼 모래 바닥을 좋아하는 종들의 서식처로 정의할 수 있다.



표 14. 쿠옵환초 정점 7에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 14. Occurrence of fish at St. 7 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Triaenodon obesus</i>	O
2	<i>Carcharhinus</i> spp.	E
3	<i>Gorgasia</i> sp.	E
4	<i>Myripristis</i> sp.	O
5	<i>Aulostomus chinensis</i>	O
6	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
7	<i>Cephalopholis leopardus</i>	E
8	<i>Plectropomus oligacanthus</i>	
9	<i>Paracirrhites</i> sp.	O
10	<i>Apogon</i> spp. 1	O
11	<i>Apogon</i> spp. 2	O
12	<i>Apogon cyanosoma</i>	
13	<i>Aprion virescens</i>	E, O
14	<i>Lutjanus monostigmus</i>	E
15	Caesionidae spp.	
16	<i>Pterocaesio lativittata</i>	
17	<i>Plectorhinchus</i> sp.	E
18	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
19	Mullidae spp.	
20	<i>Chaetodon barronessa</i>	O
21	<i>Chaetodon trifascialis</i>	O
22	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	O
23	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
24	<i>Centropyge bicolor</i>	O
25	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	O
26	<i>Chromis atripectoralis</i>	O
27	<i>Chromis</i> spp.	
28	<i>Chromis margaritifer</i>	O
29	<i>Dascyllus reticulatus</i>	O
30	<i>Pomacentrus coelestis</i>	O
31	<i>Bodianus diana</i>	O
32	<i>Cheilinus fasciatus</i>	
33	<i>Cheilinus</i> spp.	
34	<i>Epibulus insidiator</i>	O
35	Labridae spp. 1	
36	Labridae spp. 2	
37	<i>Anampses twisti</i>	
38	<i>Gomphosus varius</i>	O
39	<i>Halichoeres hortulanus</i>	

표 14. 계속

Table 14. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Halichoeres chrysus</i>	O
41	<i>Thalassoma purpureum</i>	O
42	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
43	<i>Scarus</i> spp.	E
44	<i>Scarus sordidus</i>	E
45	<i>Plagiotremus tapienosoma</i>	
46	<i>Ptereleotris evides</i>	O
47	<i>Parioglossus heteroptera</i>	
48	Gobiidae spp.	
49	<i>Acanthurus</i> spp.	O
50	<i>Acanthurus nigricans</i>	O
51	<i>Ctenochaetus olivaceus</i>	O
52	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
53	<i>Zebrasoma flavescens</i>	O
54	<i>Naso annulatus</i>	O
55	<i>Zanclus cornutus</i>	O
56	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
57	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
58	<i>Balistoides viridescens</i>	E
59	<i>Odonus niger</i>	O
60	<i>Paraluteres prionurus</i>	

E : Edible species, O : Ornamental species

정점 7에서 관찰된 지형적인 특성상 수산 어종을 보이는 대형급은 많지 않았지만 바리리류로는 30cm급 *Cephalopholis leopardus* (화보 I-4)가 1마리, 20 ~ 25cm급 *Cephalopholis urodeta*가 8마리, 40cm급 *Plectropomus oligacanthus* 1마리 및 35cm급 *Aprion virescens*가 한 마리 관찰되었을 뿐이다.

정점 8 (Kuop Atoll의 남서쪽 통로 안쪽 연안)

정점 8은 쿠옵환초의 남서쪽 통로의 안쪽으로 환초의 바깥쪽과는 수심 2 ~ 4m의 얇고 넓게 발달한 산호초로 분리되어 있는 곳이었다. 바깥으로부터 넘어오는 파도의 영향을 받고 있고 또 외해와 연결되는 통로와 가까운 위치에 있어 조류의 소통은 좋은 편이었으며 수심이 얇은 직벽에서 조금 떨어진 경사면에서는 비교적 강한 조류가 수로를 따라 흐르고 있는 곳이었다. 본 정점에서 조사된 지역은 약 150m<sup>2</sup>로 60여종의 어류가 관찰되었

다 (표 15).

산호가 무성한 직벽에는 몸집이 큰 종들이 많이 관찰되었으나 큰 산호가 없었던 수심 10 ~ 20m 사이의 비스듬한 모래자갈 바닥에서는 아주 작은 몸집을 가진 어린 새끼나 소형 종들만 발견되었다. 정점의 남쪽은 직벽형으로 안쪽은 요철이 심하고 크고 작은 굴이 많아 다양한 어종들이 서식하고 있었으며 특히 파도가 부서지는 부근에는 30 ~ 50cm급 전갱이류인 blue fin trebally (*Caranx melamphygus*)를 비롯하여 20 ~ 35cm급의 파랑비늘돔류 들을 관찰할 수 있었다 (그림 2). 또 직벽 가까이에는 갈돔류인 *Monotaxis grandoculus*, 쥐돔류 (*Naso* spp.), 돛대돔 (*Heniochus chrysostomus*), 열게돔류 (Holocentridae), 자리돔류 (Pomacentridae) 등을 비롯한 다양한 어종이 서식하고 있었는데 같은 종이라 할지라도 정점 7에 비하여 비교적 몸집이 큰 경향을 나타내었다.

직벽에 나 있는 크고 작은 굴속에는 이러한 지형을 좋아하는 크고 작은 바리류, 열게돔류 등이 서식하고 있었는데 수심 8m 굴속에서 Giant grouper (*E. caeruleopunctatus*)로 보이는 50cm 급 대형 바리류 한 마리가 관찰되었다.

직벽에서 7, 8m 떨어진 곳부터는 모래와 잔돌이 많이 섞인 곳으로 비스듬히 경사져 있으며 큰 산호군락은 발달하지 못하고 있었다. 이 곳에는 전장 5 ~ 10cm 급의 소형놀래기류, 자리돔류, 촉수류, 망둑류 등이 서식하고 있었으며 70cm 급 상어 한 마리를 제외하고는 몸집이 큰 어종들은 관찰되지 않았다.

정점 8에서 관찰된 어종 중 수산 어종은 바리류인 *Cephalopholis urodeta*와 *Epinephelus merra* 각 각 2마리씩, 50cm이상으로 추정되는 *E. caeruleopunctatus* 한 마리가 굴속에 있었으며 그 외 25 ~ 35cm 급 파랑비늘돔류가 100여 마리, 그리고 한 곳에 머무는 종은 아니지만 조사당시 파도가 부서지는 직벽 부근에서 머물고 있었던 전갱이류인 30 ~ 50cm 급 Blue fin trebally (*Caranx melamphygus*) 3마리와 다른 전갱이류가 관찰되었다 (표 16).

#### 정점 9 (Kuop Atoll의 남서쪽 통로 외측)

정점 9는 쿠오후초의 남서쪽 통로의 외측 약 200m 지점의 산호초로 이루어진 전형적인 직벽지형을 가진 곳이다.

직벽의 상단에서부터 약 15m까지는 다양한 자리돔류, 놀래기류, 파랑비늘돔류, 쥐돔류 등이 서식하고 있었으며, 환초 외측의 직벽에서 많이 관찰되는 바리류 (*Pseudanthias* spp.)와 황등어류 (Caesionidae spp.)들이 떼를 지어 서식하고 있었지만 출현 어종은 의외로 단순하여 40여종만 확인되었다 (표 17).

표 15. 쿠옵환초 정점 8에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 15. Occurrence of fish at St. 8 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Triaenodon obesus</i>	O
2	<i>Myripristis adusta</i>	O
3	<i>Myripristis</i> spp.	O
4	<i>Myripristis vittata</i>	
5	<i>Neoniphon</i> sp.	
6	<i>Pseudanthias</i> spp.	O
7	<i>Aethaloperca rogae</i>	
8	<i>Cephalopholis argus</i>	E
9	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
10	<i>Epinephelus merra</i>	E
11	<i>Epinephelus caeruleopunctatus</i>	E
12	<i>Apogon</i> spp.	O
13	<i>Malacanthus brevisrostris</i>	E, O
14	<i>Caranx lugubris</i>	E
15	<i>Caranx melampygus</i>	E
16	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
17	<i>Parupeneus</i> spp.	O
18	<i>Chaetodon ephippium</i>	O
19	<i>Chaetodon trifascialis</i>	O
20	<i>Heniochus chrysostomus</i>	O
22	<i>Heniochus singularis</i>	O
21	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>	O
23	<i>Centropyge bicolor</i>	O
24	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
25	<i>Chromis</i> spp. 1	
26	<i>Chromis</i> spp. 2	
27	<i>Chromis</i> spp. 3	
28	<i>Chromis</i> spp. 4	
29	<i>Dascyllus reticulatus</i>	O
30	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	O
31	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
32	<i>Cheilinus fasciatus</i>	O
33	<i>Epibulus insidiator</i>	O
34	<i>Coris aygula</i>	O
35	<i>Coris gaimard</i>	O
36	<i>Halichoeres chrysus</i>	O
37	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	O
38	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	
39	<i>Thalassoma</i> spp.	

표 15. 계속

Table 15. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
41	<i>Scarus</i> spp.	E
42	<i>Scarus oviceps</i>	E, O
43	<i>Scarus schlegeli</i>	E, O
44	<i>Scarus sordidus</i>	E
45	<i>Trichonotus</i> sp.	
46	<i>Plagiotremus rhynorhynchus</i>	
47	<i>Ptereleotris evides</i>	O
48	<i>Ptereleotris hanae</i>	O
49	<i>Ctenogobiops</i> spp.	
50	<i>Acanthurus lineatus</i>	E, O
51	<i>Acanthurus nigricans</i>	O
52	<i>Acanthurus nigricauda</i>	E, O
53	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
54	<i>Naso</i> spp.	O
55	<i>Zanclus cornutus</i>	O
56	<i>Siganus vulpinus</i>	O
57	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
58	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
59	<i>Balistoides conspicillum</i>	O
60	<i>Melichthys vidua</i>	O
61	<i>Rhinecanthus verrucosa</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

표 16. 쿠옵환초 정점 8에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 16. Commercial fishes observed at station 8 in Kuop Atoll, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. of Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
<i>Cephalopholis argus</i>	바리류	1	35	
<i>Cephalopholis urodeta</i>	“	2	25	
<i>Epinephelus merra</i>	“	2	20	Coral reef cliff
<i>E. caeruleopunctatus</i>	“	1	50	Inside of tunnel
<i>Caranx melampygyus</i>	전갱이류	3	30-50	Coral reef cliff
<i>Scarus</i> spp.	비늘돔류	10	25-30	
<i>Naso</i> spp.	취돔류	8	40-45	

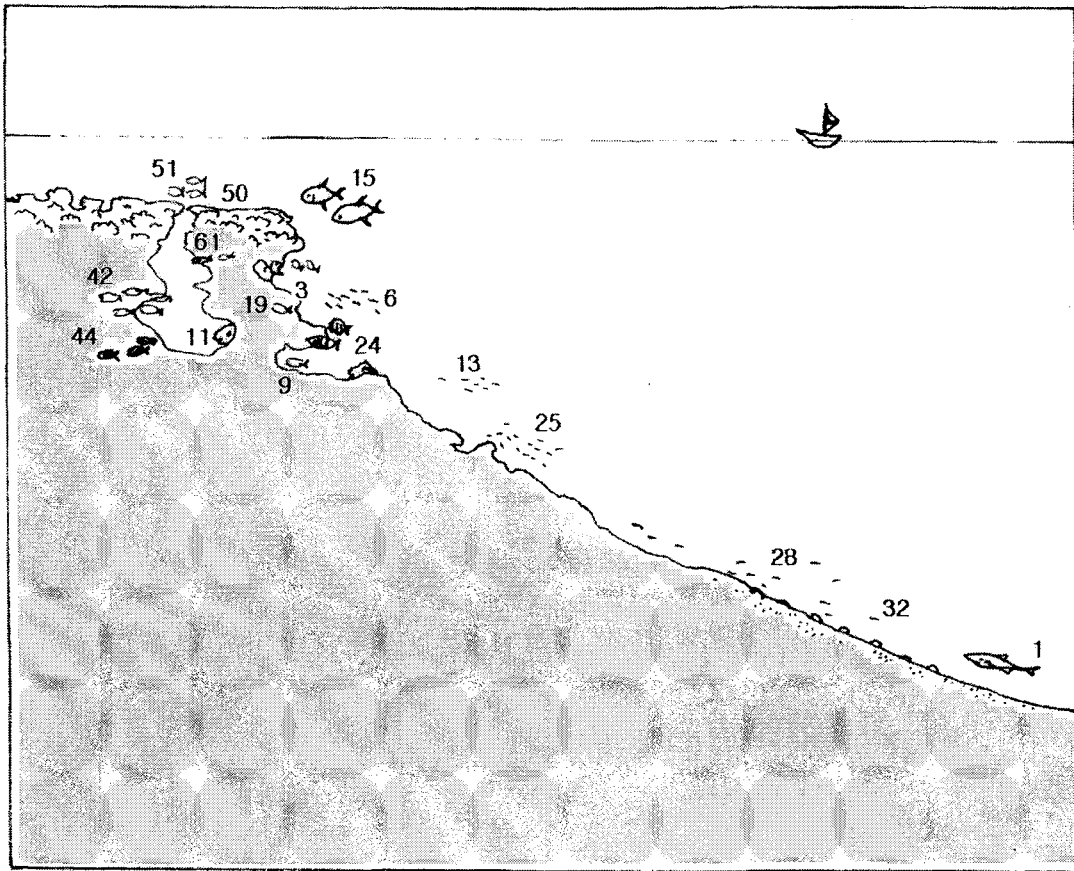


그림 2. 쿠옴환초 정점 8에서의 어류 분포양상 (2003. 2). 번호는 표 15와 동일.

Fig. 2. Scheme of fish distribution at Station 8, Kuop Atoll, FSM (2003. 2). Numbers are same as Table 15.

표 17. 쿠옵환초 정점 9에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 17. Occurrence of fish at St. 9 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Triaenodon obesus</i>	O
2	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	E, O
3	<i>Myripristis adusta</i>	O
4	<i>Myripristis</i> spp.	O
5	<i>Sargocentron</i> spp.	O
6	<i>Pseudanthias</i> spp. 1	O
7	<i>Pseudanthias</i> spp. 2	O
8	<i>Pseudanthias dispar</i>	O
9	<i>Plectropomus oligacanthus</i>	
10	<i>Paracirrhites arcatus</i>	O
11	<i>Decapterus maruadsi</i>	E
12	<i>Lutjanus bohar</i>	E
13	<i>Caesio caeruleaurea</i>	E
14	<i>Caesio teres</i>	
15	<i>Pterocaesio</i> spp.	E
16	<i>Parupeneus</i> spp.	O
17	<i>Chaetodon lunula</i>	O
18	<i>Forcipiger flavissimus</i>	O
19	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
20	<i>Pomacanthus imperator</i>	O
22	<i>Chromis</i> spp.	
21	<i>Chromis agilis</i>	O
23	<i>Chromis margaritifer</i>	O
24	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
25	<i>Pomacentrus coelestis</i>	O
26	<i>Cheilinus undulatus</i>	O
27	<i>Epibulus insidiator</i>	O
28	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	
29	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
30	<i>Scarus</i> spp. 1	E
31	<i>Scarus</i> spp. 2	E
32	<i>Scarus</i> spp. 3	E
33	<i>Acanthurus bariene</i>	E, O
34	<i>Acanthurus blochii</i>	E, O
35	<i>Acanthurus guttatus</i>	E, O
36	<i>Acanthurus olivaceus</i>	E, O
37	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
38	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
39	<i>Naso annulatus</i>	O

표 17. 계속

Table 17. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Naso hexacanthus</i>	E, O
41	<i>Naso vlamingii</i>	O
42	<i>Zanclus cornutus</i>	O
43	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
44	<i>Gymnosarda unicolor</i>	E
45	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
46	<i>Melichthys vidua</i>	O
47	<i>Arothron nigropunctatus</i>	

E : Edible species, O : Ornamental species

조사 당시 30cm 급 소형 쥐돔류가 직벽에서 조금 떨어진 수층을 유영하고 있었으며 35 ~ 45cm 급 대형 쥐돔들이 암수 짝을 지어 유영하는 광경을 많이 목격되었는데 이곳도 정점 3과 마찬가지로 *Naso hexacanthus*, *N. annulatus* 등 쥐돔류의 산란장으로 추측된다. 즉, 이곳 쥐돔류들은 겨울철에 환초의 바깥 직벽 부근에서 암수 짝을 지어 산란을 한다고 볼 수 있다. *N. hexacanthus*처럼 수 백 마리가 떼를 지어 다니는 경우도 있었지만 *N. annulatus* (화보 I-5)는 암수 한 쌍씩 짝을 지어 환초 밖의 직벽 부근에서 산란하는 것으로 추측할 수 있다.

수심 25 ~ 40m 수층에는 몇몇 대형 어류들과 상어들이 머물고 있었고 소형 어류수는 급격히 줄어드는 양상을 보였다. 수산어종으로는 단독 유영하는 35 ~ 45cm 급 바리류 (*Plectropomus oligacanthus*)가 6마리, 65cm급 나폴레옹피시, 25 ~ 30cm 급 파랑비늘돔류가 20여 마리와 60 ~ 70cm급 고등어류 (*Gymnosarda unicolor*)가 한 마리가 관찰되었으며 (표 18), 금강바리류는 환초의 외해 직벽에 많이 서식하는 종으로 나타났다.

#### 정점 10 (Kuop Atoll의 중부 서쪽 연안)

정점 10은 쿠옵환초 중부의 서쪽 연안으로 수심 8 ~ 9m 부근에서 급경사면을 가진 곳으로 얕은 모래 바닥과 직경이 약 7 ~ 8m의 한 덩이의 산호군체와 그 주위에 작은 바위들이 산재하고 있으며, 편평한 사질 바닥 가운데 위치한 큰 산호초 부근에는 다양한 어류들이 모여 있었다. 크기가 15 - 25cm 범위의 갈돔류 *Gnathodentex aurolineatus*와 쥐돔류 등이 비교적 많은 수가 모여 있었고, 모래 바닥이 넓게 발달한 곳에는 20 ~ 30cm 급 촉수류 (*Parupeneus* spp.)와 자리돔류인 *Dascyllus aruanus*가 많이 관찰되었



표 18. 쿠옵환초 정점 9에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 18. Commercial fishes observed at station 9 in Kuop Atoll, FSM(2003. 2)

Species name	No. of Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
<i>Plectropomus oligacanthus</i>	6	35 ~ 45	
<i>Naso annulatus</i>	10	40 ~ 45	Male and female paired
<i>Naso</i> spp I	50	20 ~ 30	
<i>Naso</i> spp II	10	25 ~ 40	Male and female paired
<i>Cheilinus undulatus</i>	1	65	
<i>Scarus</i> spp.	20	25 ~ 30	
<i>Gymnosarda unicolor</i>	20	25 ~ 30	

던 것이 특징이었다.

수심 3 ~ 5m의 얇은 사질, 자갈 바닥에는 드문드문 소형 산호 부근에 다양한 소형 놀래기류, 쥐돔류, 자리돔류, 특히 파랑자리돔 떼와 유어들이 서식하고 있었고 같은 쥐돔이라 할지라도 이곳에선 작은 유어들이 많이 발견되었다. 이 해역은 잘피밭과 마찬가지로 어린 고기들의 색이 밋 성육장으로 중요한 곳으로 판단된다.

정점 10에서 관찰된 어류는 60여종이지만 대부분 크기가 작은 소형종으로 구성되어 있었다 (표 19). 편평한 곳 끝 부분에서 급한 경사로 이어지는 수중 언덕의 중앙에는 비교적 복잡한 굴을 가진 바위가 있었으며 그 곳에는 40 ~ 45cm 급 바리류 *Epineperus polyphkadion*이 서식하고 있었고 굴 주위에는 5 ~ 7cm의 체색이 투명한 소형 동갈돔류와 열게돔류들이 서식하고 있었다 (그림 3). 수심 15m 이상 깊은 경사부분 아래에는 상어와 비늘돔, 희갈돔 등이 관찰되었으며, 수중 언덕 위보다 비교적 큰 개체들이 유명하고 있었다.

수산어종으로 관찰된 종은 바리류 중 20 ~ 35cm 급 *Cephalopholis argus* 2마리, 25cm 전후인 *Cephalopholis leopardus* 한 마리, 15 ~ 20cm 급 *Cephalopholis urodeta* 7마리와 언덕 굴 입구에서 발견한 40 ~ 45cm 급 *Epinephelus polyphkadion* 두 마리였다 (표 20). 전체적으로 이 정점에서는 언덕 위의 얇은 곳은 바위 주변을 제외하고는 산호초 유어들의 성육장으로 이용되고 있는 듯 하였으며 굴 입구에서 확인된 *Epineperus polyphkadion*을 제외하고는 큰 어종들이 발견되지 않아 수중 환경이 대형어종들이 서식하기에는 부적당한 곳으로 판단되었다.

표 19. 쿠오회초 정점 10에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 19. Occurrence of fish at St. 10 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus</i> sp.	E
2	<i>Myripristis adusta</i>	O
3	<i>Myripristis</i> spp.	O
4	<i>Sargocentron</i> spp.	O
5	<i>Cephalopholis argus</i>	E
6	<i>Cephalopholis leopardus</i>	
7	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
8	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	E
9	<i>Apogon</i> spp.1	O
10	<i>Apogon</i> spp.2	O
11	<i>Apogon</i> spp.3	O
12	<i>Apogon</i> spp.4	O
13	<i>Malacanthus brevirostris</i>	E, O
14	<i>Malacanthus latovittatus</i>	E, O
15	<i>Caranx</i> sp.	E
16	<i>Lutjanus fulvus</i>	E, O
17	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
18	<i>Gnathodentex aurolineatus</i>	E
19	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	E
20	<i>Mulloides flavolineatus</i>	E
21	<i>Parupeneus</i> spp. 1	O
22	<i>Parupeneus</i> spp. 2	O
23	<i>Chaetodon auriga</i>	O
24	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
25	<i>Heniochus chrysostomus</i>	O
26	<i>Centropyge vrolikii</i>	O
27	<i>Chromis</i> spp. 1	
28	<i>Chromis</i> spp. 2	
29	<i>Chromis margaritifer</i>	O
30	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
31	<i>Dascyllus melanurus</i>	O
32	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	O
33	<i>Chrysiptera</i> spp. 1	O
34	<i>Chrysiptera</i> spp. 2	O
35	<i>Pomacentrus coelestis</i>	O
36	<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>	
37	<i>Pomacentrus vaiuli</i>	O
38	<i>Cheilinus celebecus</i>	E
39	<i>Cheilinus digrammus</i>	O

표 19. 계속

Table 19. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Cheilinus fasciatus</i>	O
41	<i>Cheilinus orientalis</i>	O
42	<i>Cheilinus unifasciatus</i>	O
43	<i>Halichoeres chrysus</i>	O
44	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	
45	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
46	Scaridae spp.	
47	<i>Scarus schlegeli</i>	E, O
48	<i>Scarus sordidus</i>	E
49	<i>Parapercis</i> spp.	
50	<i>Ptereleotris euides</i>	O
51	<i>Ptereleotris hanae</i>	O
52	<i>Ptereleotris heteroptera</i>	
53	<i>Acanthurus blochii</i>	E, O
54	<i>Acanthurus nigricans</i>	O
55	<i>Acanthurus pyroferus</i>	E, O
56	<i>Ctenochaetus striatus</i>	E, O
57	<i>Siganus argenteus</i>	E, O
58	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
59	<i>Melichthys vidua</i>	O
60	<i>Odonus niger</i>	O
61	<i>Sufflamen bursa</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

표 20. 쿠옵환초 정점 10에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 20. Commercial fishes observed at station 10 in Kuop Atoll, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. of Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
<i>Cephalopholis argus</i>	바리류	2	20-35	
<i>Cephalopholis leopardus</i>	“	1	25	
<i>Cephalopholis urodeta</i>	“	7	15-20	
<i>Epinephelus polyphekadion</i>	“	2	40, 45	

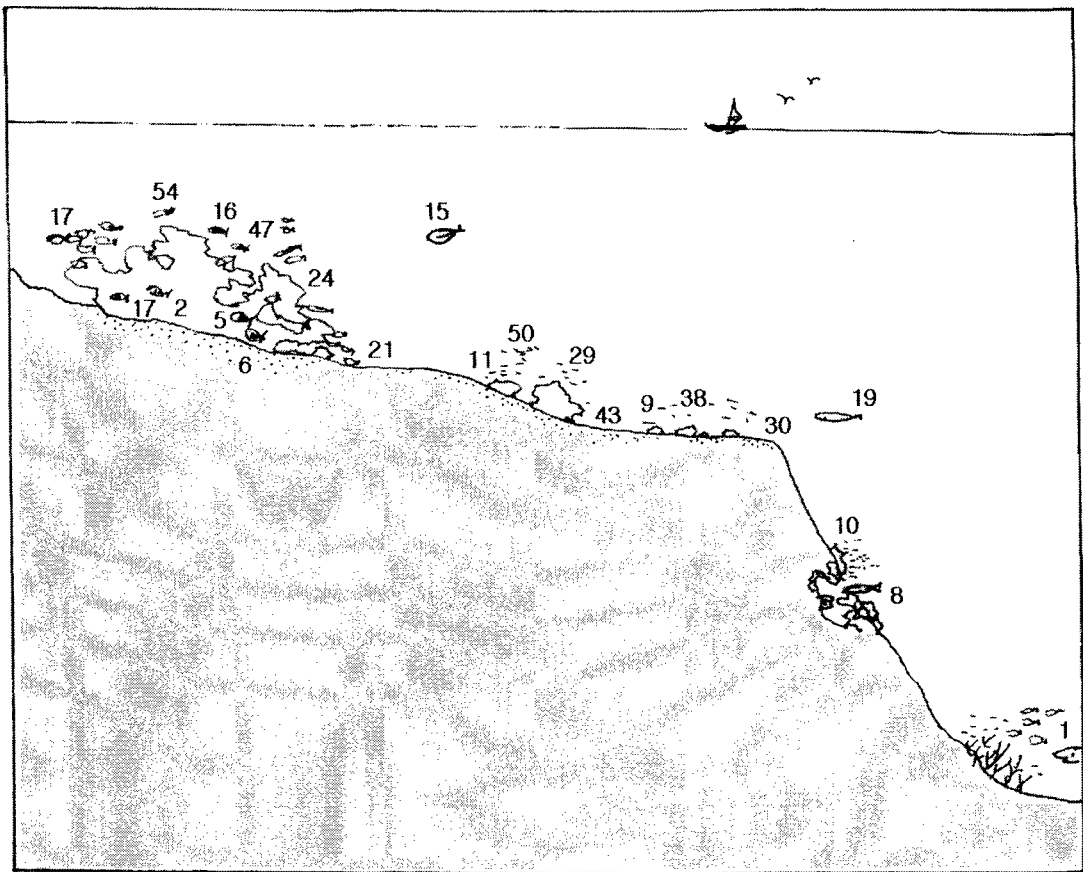


그림 3. 쿠옵환초 정점 10에서의 어류 분포양상 (2003. 2). 번호는 표 19와 동일.

Fig. 3. Scheme of fish distribution at Station 10, Kuop Atoll, FSM (2003. 2)  
Numbers are same as Table 19.

### 정점 11 (Kuop Atoll Hacq Is. 안쪽 연안)

정점 11은 쿠오후초 중부의 동쪽 연안에 위치한 Hacq Island 연안정점으로 비스듬히 경사진 모래 바닥이 발달된 곳이었다.

정점 11에서는 정점 10과 유사한 60여종의 어류가 관측되었다 (표 21). 완만한 경사를 가진 모래바닥 곳곳에 작은 바위가 발달하여 있었는데 바위 주위에는 크고 작은 많은 어류들이 모여 있었는데 가운데 버섯모양의 산호초 그늘에는 30 ~ 40cm 크기의 황줄깜정어와 바리류 (*Ephalopholis urodeta*)가 머물고 있었다. 그 외 쥐돔류, 놀래기류, 자리돔류, 비늘돔, 천사고기류 등 다양한 어종들이 관찰되었다. 조사 정점의 약 10m 수심대에서 발달한 모래사장 가운데에 독립적으로 위치한 가지산호군체에서는 크기 10 ~ 20cm 범위인 소형 쥐돔류, 천사고기, 일반 쥐돔류 날마리 외에 노랑줄무늬를 가진 통돔류 *Lutjanus kasmira* 수 백 마리가 떼를 지어 머물고 있었다. 그 주위로는 촉수류와 소형 놀래기류들이 관찰되었으나 대형 어종은 거의 볼 수 없었다.

수산어종으로는 20 ~ 25cm급 바리류 *Cephalopholis urodeta* 6마리, 30cm급 *Cephalopholis argus* 한 마리와 *Cephalopholis sonnerati* 한 마리가 전부였다. 이곳에서 25cm 급 황줄깜정어와 30cm 급 바리류가 확인된 것은 아마 주위에 은신처가 거의 없는 상황에서 큰 바위의 버섯형 산호는 좋은 휴식처를 제공하고 있었기 때문으로 생각된다.

아무튼 이 정점은 바위가 거의 없고 사질 바닥이 밋밋하게 경사진 곳으로 이번 조사 정점 중에서 유일하게 상어를 만날 수 없었던 곳이다. 즉, 이러한 정점에서는 어종수가 60여종으로 다른 정점과 큰 차이를 나타내지는 않았지만 상어의 먹이가 될만한 큰 어류들이나 회유성 어종들이 서식하기에 부적당한 곳임을 간접적으로 시사해 주고 있었다.

### 정점 12 (Kuop Atoll의 북서쪽 입구)

정점 12는 쿠오후초의 북쪽 입구의 외측으로 Givry Island의 서쪽에 넓게 발달한 산호초이다. 수심 1.5m 내외로 얕은 곳에는 산호군락이 뻗뻗하게 발달해 있었으며 그 사이에 소형 놀래기, 자리돔류, 천사고기류, 나비고기류 등 다양한 소형 어류가 많이 관찰되었다.

바깥 쪽 직벽을 따라 내려가면서 산호는 거의 없어지고 돌출된 작은 암반과 모래가 반복되는 단순한 지형이 이어진다. 경사가 급하지만 몇몇 쥐돔류들이 산란기를 맞아 암수 함께 유영하는 것을 제외하고는 쥐돔, 비늘돔류, 상어, 갈돔, 통돔류 등 산호초의 직벽에서 흔히 만날 수 있는 대형 어종들이 서식하고 있었다. 그러나 정점 5 및 9와는 달리 유사한 지역이었지만 상대적으로 개체수가 적게 관찰되어, 환초의 외측 직벽 생태계로는 또 다른 특색을 나타내었다.

표 21. 쿠옵환초 정점 11에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 21. Occurrence of fish at St. 11 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Myripristis</i> spp. 1	O
2	<i>Myripristis</i> spp. 2	O
3	<i>Myripristis</i> spp. 3	O
4	<i>Neoniphon</i> spp.	
5	<i>Sargocentron caudimaculatum</i>	
6	<i>Cephalopholis argus</i>	E, O
7	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	E
8	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
9	<i>Apogon</i> spp. 1	O
10	<i>Apogon</i> spp. 2	O
11	<i>Apogon</i> spp. 3	O
12	<i>Apogon cyanosoma</i>	
13	<i>Apogon gilberti</i>	
14	<i>Cheilodipterus</i> spp. 1	
15	<i>Cheilodipterus</i> spp. 2	
16	<i>Echeneis naucrates</i>	
17	<i>Carangoides orthogrammus</i>	E
18	<i>Aprion virescens</i>	E, O
19	<i>Macolor macularis</i>	E
20	<i>Lutjanus fulvus</i>	E, O
21	<i>Lutjanus kasmira</i>	E, O
22	<i>Pterocaesio trilineata</i>	
23	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
24	Unidentified sp.	
25	<i>Mulloides flavolineatus</i>	E
26	<i>Parupeneus</i> spp.	O
27	<i>Kyphosus bigibbus</i>	O
28	<i>Chaetodon auriga</i>	O
29	<i>Chaetodon ulietensis</i>	O
30	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
31	<i>Chromis viridis</i>	O
32	<i>Dascyllus aruanus</i>	O
33	<i>Dascyllus reticulatus</i>	O
34	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
35	<i>Pomacentrus coelestis</i>	O
36	<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>	
37	<i>Pseudodax moluccanus</i>	O
38	<i>Cheilinus</i> spp.	O
39	<i>Cheilinus orientalis</i>	O

표 21. 계속

Table 21. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Coris aygula</i>	O
41	<i>Halichoeres hortulanus</i>	
42	<i>Halichoeres chrysus</i>	O
43	<i>Thalassoma</i> spp. 1	O
44	<i>Thalassoma</i> spp. 2	O
45	<i>Labroides dimidiatus</i> 1	O
46	<i>Labroides dimidiatus</i> 2	O
47	<i>Scarus frontalis</i>	O
48	<i>Scarus sordidus</i>	E
49	<i>Scarus</i> spp. 1	E
50	<i>Scarus</i> spp. 2	E
51	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	O
52	<i>Ptereleotris evides</i>	O
53	<i>Ptereleotris hanae</i>	O
54	<i>Acanthurus</i> spp.	O
55	<i>Acanthurus olivaceus</i>	E, O
56	<i>Acanthurus pyroferus</i>	E, O
57	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
58	<i>Ctenochateus hawaiiensis</i>	O
59	<i>Naso annulatus</i>	O
60	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
61	<i>Melichthys vidua</i>	O
62	<i>Odonus niger</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

정점 12에서 관찰된 어종은 50여종이었다 (표 22). 수심 10 ~ 20m까지는 바리류인 *Pseudanthias pleurotaenia*와 옥돔류인 *Hoplolatilus starcki*가 많이 서식하고 있었으며 20m 언덕의 말미잘에는 흰동가리들이 공생하고 있었다 (그림 4).

관찰된 어종 중 수산 어종으로서는 30 ~ 35cm 급 바리류, *Cephalopholis argus* 2마리, 30 ~ 38cm 급 *Plectropomus oligacanthus* 3마리 등과 30여마리의 비늘돔류 (*Scarus* spp.), 그리고 33 ~ 35 cm의 전갱이류 *Caranx melampygus* 유어 (화보 I-6)였다 (표 23).

이상 쿠오후초의 6개 정점에서 조사된 어류상을 중심으로 정점별 수중 환경과 종 조성을 비교해 보면 다음과 같이 3 가지 유형으로 나눌 수 있다 (표 24).

표 22. 쿠옵환초 정점 12에서 어류 출현 양상 (2003. 2)

Table 22. Occurrence of fish at St. 12 in Kuop Atoll, FSM (Feb. 2003)

No.	Species	Remarks
1	<i>Carcharhinus</i> sp.	E
2	<i>Dasyatis kuhlii</i>	E
3	<i>Myripristis lima</i>	
4	<i>Myripristis berndti</i>	E, O
5	<i>Sargocentron</i> spp.	O
6	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	O
7	<i>Pseudanthias</i> spp.1	O
8	<i>Pseudanthias</i> spp.2	O
9	<i>Aethaloperca rogae</i>	
10	<i>Cephalopholis argus</i>	E
11	<i>Cephalopholis leopardus</i>	
12	<i>Cephalopholis urodeta</i>	E
13	<i>Plectropomus oligacanthus</i>	E
14	Apogonidae spp.	
15	<i>Hoplolatilus starcki</i>	
16	<i>Caranx melampygy</i>	E
17	<i>Caranx sexfasciatus</i>	E
18	<i>Macolor macularis</i>	E
19	<i>Lutjanus semicinctus</i>	
20	<i>Caesio lunaris</i>	
21	<i>Caesio teres</i>	
22	<i>Monotaxis grandoculus</i>	E, O
23	Mullidae spp.	
24	<i>Chaetodon auriga</i>	O
25	<i>Chaetodon</i> spp.	O
26	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	O
27	<i>Forcipiger flavissimus</i>	O
28	<i>Heniochus chrysostomus</i>	O
29	<i>Centropyge vrolikii</i>	O
30	<i>Pygoplites diacanthus</i>	O
31	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	O
32	<i>Chromis</i> spp. 1	
33	<i>Chromis</i> spp. 2	
34	<i>Chrysiptera</i> spp.	O
35	<i>Pomacentrus</i> spp.	
36	<i>Pomacentrus vaiuli</i>	O
37	<i>Coris gaimard</i>	O
38	<i>Halichoeres hortulanus</i>	
39	<i>Halichoeres chrysus</i>	O



표 22. 계속

Table 22. Continued

No.	Species	Remarks
40	<i>Labroides dimidiatus</i>	O
41	<i>Hipposcarus longiceps</i>	E
42	<i>Scarus</i> spp. 1	E
43	<i>Scarus</i> spp. 2	E
44	<i>Acanthurus blochii</i>	E, O
45	<i>Acanthurus lineatus</i>	E, O
46	<i>Acanthurus pyroferus</i>	O
47	<i>Acanthurus thompsoni</i>	O
48	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	O
49	<i>Naso annulatus</i>	O
50	<i>Naso hexacanthus</i>	E, O
51	<i>Zanclus cornutus</i>	O
52	<i>Balistapus undulatus</i>	E, O
53	<i>Melichthys vidua</i>	O
54	<i>Odonus niger</i>	O
55	<i>Sufflamen bursa</i>	O

E : Edible species, O : Ornamental species

표 23. 쿠오후환초 정점 12에서 확인된 주요 수산 어종의 개체 수와 전장 범위 (2003. 2)

Table 23. Commercial fishes observed at station 12 in Kuop Atoll, FSM(2003. 2)

Species name	Korean name	No. of Ind.	Size (TL, cm)	Remarks
<i>Cephalopholis argus</i>	바리류	2	30 ~ 35	
<i>Cephalopholis leopardus</i>	“	1	25	
<i>Cephalopholis urodeta</i>	“	3	20 ~ 25	
<i>Plectropomus oligacanthus</i>	“	3	30 ~ 38	
<i>Naso sppI</i>	취돔류	8	35 ~ 45	암수 한 쌍
<i>Naso sppII</i>	“	2	30, 35	
<i>Caranx melampygus</i>	전갱이류	2	33, 35	
<i>Scarus</i> spp.I	비늘돔류	1	33	
<i>Scarus</i> spp. II	“	15	15 ~ 25	

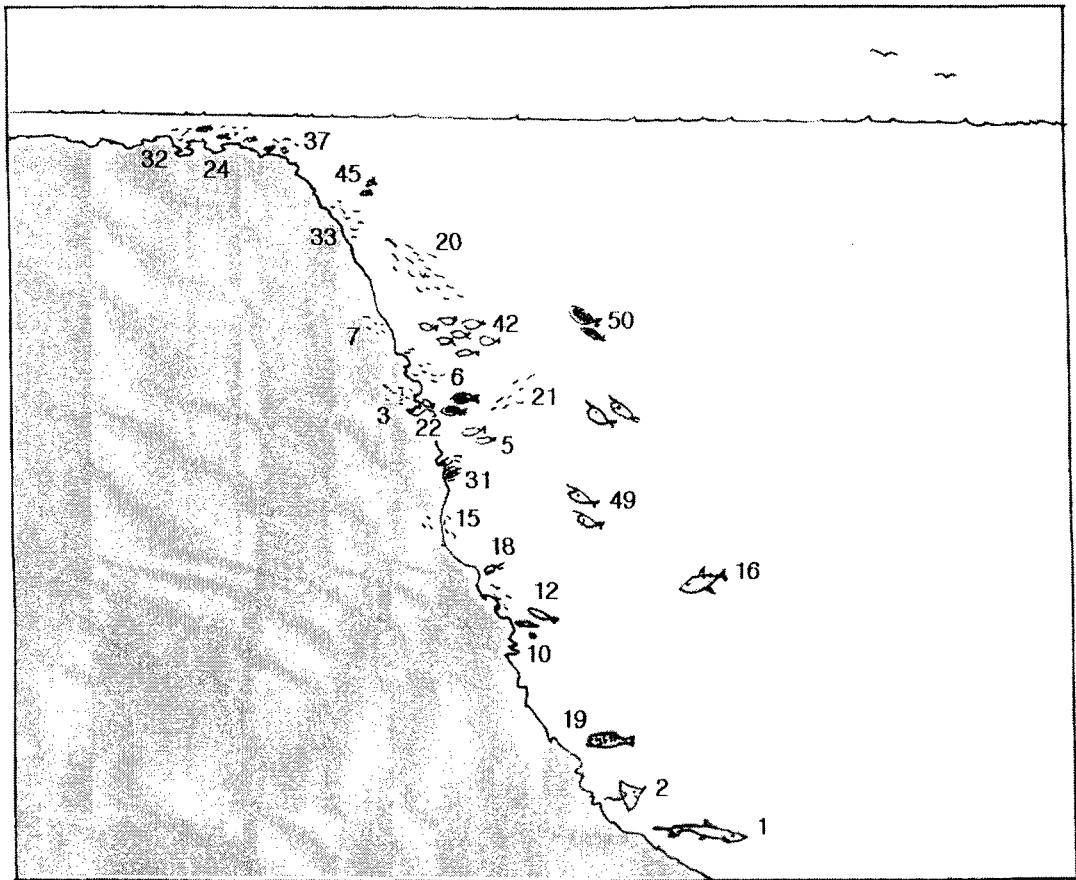


그림 4. 쿠옴환초 정점 12에서의 어류 분포양상 (2003. 2). 번호는 표 22와 동일.

Fig. 4. Scheme of fish distribution at Station 12, Kuop Atoll, FSM (2003. 2)  
Numbers are same as Table 22.

첫째는 정점 9, 12와 같이 환초 바깥 정점으로 모두 대수심의 직벽을 이루고 있는 곳으로 대형 바리류, 갈돔, 전갱이류, 나폴레옹피시, 쥐돔류 등과 자주빛금강바리가 대표적 어종으로 나타났다. 특히 이 직벽 정점에서는 바리류인 *E. polyphekadion*, 꼬리띠바리류, 쥐돔류, 상어 등 대형어가 많이 관찰되었으며 그중 쥐돔, 깃대돔, 바리류 등이 떼를 지어 이동하는 현상을 볼 수 있어 산호초 직벽이 몇몇 어종 중에서 산란장으로 이용하고 있는 것으로 추정되었다.

둘째는 정점 10, 11로서 통로 입구와 가까운 환초 안쪽 정점으로 외해로부터 부는 바람이나 파도가 어느 정도 막히면서 조류 소통이 좋아 비교적 다양한 어종 구성과 대형들이 많이 확인되는 곳이었다. 그 중 blue fin trevally (*Caranx melampygus*), 줄전갱이 등 외양성 전갱이류들도 출현하며, 파랑비늘돔류도 30cm 전후의 비교적 큰 개체들이 많이 확인되는 곳으로 어장으로서의 좋은 조건을 갖고 있는 곳이다.

셋째는 바깥 바다와 연결되는 통로와 거리가 상당히 멀거나 또는 수심이 얕고 바닥이 편평한 모래자갈 바닥으로 이루어진 정점이었는데 이러한 곳에서는 놀래기, 쥐돔류, 자리돔류 등 소형 어종들이 많이 서식하고 있었으며 쥐돔류나 파랑비늘돔류라 할지라도 소형 개체, 유어들이 많이 서식하는 특징을 나타내는 곳으로 환초의 유어 성육장의 하나로 판단되는 곳이었다.

#### 나. 해역별 어류분포

지금까지 조사한 마이크로네시아 측 해역에서의 어류자원 조사 결과 수중에서 종 수준까지 동정이 어려웠던 어종을 속 수준으로 처리하고 모래 바닥에 사는 극히 소형의 망둥어류나 산호 폴립, 바다나리의 촉수 사이에 사는 1 ~ 3cm급 소형 어종들을 제외하였을 때 총 어종 수는 317종이었다. 지금까지의 조사가 주로 스쿠버다이빙을 통한 잠수 관찰로 이루어 졌으며, 보조수단으로 낚시와 통발을 사용한 것을 감안한다면 마이크로네시아 측 해역에 있어 수심 1 ~ 40m 수층에 서식하는 어종은 이보다 많을 것으로 판단된다. 그러나 대부분 중요 종들과 이들의 서식처에 대한 전반적인 관찰은 성공적으로 수행되었다고 할 수 있겠다.

지금까지 조사된 해역을 축환초 (1999. 6, 2003. 2), 나무인환초 (Nomwin Atoll, 2001. 7) 및 쿠옵환초 (2003. 2)로 나누어 보면, 축환초에서 222종, 나무인환초에서 108종, 그리고 쿠옵환초에서 181종이 관찰되었다 (표 25). 자연 상태가 비교적 훼손되지 않고 보존되고 있다고 판단된 쿠옵환초에서는 2003년도 2월 6개 정점에서 실시된 단 한차례의 조사

표 24. 쿠오후환초의 조사 정점별 환경적 특성과 주요 어종 목록 (2003. 2)

Table 24. Environmental characteristics and list of important fishes at Kuop Atoll, FSM (Feb, 2003)

Station	Habitat topography	Fish species	Remarks
St. 9 & St 12	5 ~ 200m depth, typical reef cliff, relatively small coral reef	<i>Epinephelus</i> spp. <i>Monotaxis grandoculus</i> <i>Scarus</i> spp., <i>Naso</i> spp.	Grouper, Parrot fish, <i>Naso</i> spp. (spawning season), <i>Pseudanthias</i> spp.
St. 7 & St. 8	2 ~ 25m depth, shallow reef plate, gentle slope, sandy bottom with rocks, near inside of atoll pass	<i>Epinephelus</i> spp. <i>Ctenochaetus</i> spp., <i>Scarus</i> spp., <i>Caranx</i> spp.	Grouper, <i>Myripristis</i> spp.
St. 10 & St. 11	2 ~ 20m depth, flat sand - grovel bottom, inside of atoll	Mullidae, Pomacentridae, Labroidae, Gobidae	Goat fish, Labridae spp., Pomacentridae Gobidae

에서 181종이 관찰되어 타 해역에 비하여 상대적으로 많은 어종이 서식한다고 판단되지만, 전체적인 어종 수만으로 본다면 해역의 위치보다는 해역의 특성 즉, 수심, 조류, 저질 특성, 산호의 종류, 바위 유무, 잘피 등 저서식물 분포 등 환경 차이에 따라 서식종들이 결정되는 것으로 생각되었다.

Moen Island 연안을 비롯한 축환초 안에서는 앞에서 언급한 바와 같이 각 정점에서의 어종 구성이 나무인환초나 쿠오후환초와 큰 차이가 없다고 볼 수 있지만, 일부 장소에서는 불법 다이너마이트어업에 의한 생태계 파괴 현상이 심각하여 소수의 종만 출현하고 있다. 그리고 대표적인 수산 어종인 바리과 (Serranidae)에 속하는 열대산 능성어류들은 일부 잘 알려진 서식처에서 작살과 투망 등 어업강도가 높아 상당량의 자원이 감소한 경향을 보이고 있었다.

나무인환초에서는 108종으로 조사 해역 중에서 가장 적은 어종수를 기록하였는데 이는 악천후로 인하여 환초 밖에서 조사가 수행되지 못하였기 때문으로 판단되어 다른 지역과 출현종수의 많고 적음을 비교하는 것은 어려운 점이 있다. 또한, 나무인환초 조사시 흑진주조개 자원조사를 병행하였기 때문에 수심이 비교적 얕은 지역을 조사대상에 포함되었기 때문이다. 조사결과 자리돔류, 흰동가리와 같은 소형 어종들이 많았으며, 수산 어종으로는 20 ~ 30cm 전후인 비늘돔류와 30cm 전후의 독가시치가 관찰되었을 뿐이다.

표 25. 마이크로네시아 축해역에서 관찰된 어류목록 (1999 ~ 2003)

Table 25. List of fish species observed in Chuukish waters, FSM (1999 ~ 2003)

Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
	1999	2003	2001	2003
<i>Nebrius concolor</i>	+			
<i>Triaenodon obesus</i>	+			+++
<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	++	++	++	
<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	++++	+		
<i>Carcharhinus melanopterus</i>	++	+++		+
<i>Carcharhinus</i> spp.1		+		++
<i>Carcharhinus</i> spp.2		+		++
<i>Dasyatis kuhlii</i>				++
<i>Aetobatis narinari</i>		+		
<i>Gymnothorax javanicus</i>		+		
<i>Gorgasia</i> spp.		+	+	+
<i>Spratelloides delicatulus</i>		+++		
<i>Synodus</i> spp.		+		
<i>Myripristis adusta</i>	++	++		++++
<i>Myripristis berndti</i>				+
<i>Myripristis vittata</i>				+
<i>Myripristis</i> spp.1		+		+++++
<i>Myripristis</i> spp.2		++		+
<i>Myripristis</i> spp.3				+
<i>Neoniphon argenteus</i>			++	
<i>Neoniphon scasmara</i>	++			
<i>Neoniphon</i> spp.				++
<i>Sargocentron caudimaculatum</i>				+
<i>Sargocentron diadema</i>	++	+	+++	
<i>Sargocentron ittaodai</i>	+			
<i>Sargocentron spiniforum</i>	+		+	
<i>Sargocentron violaceum</i>	+			
<i>Sargocentron</i> spp.		+	++	+++
<i>Aulostomus chinensis</i>	+	++++	++	+
<i>Pterois volitans</i>	+			
<i>Luzonichthys waitei</i>		+		
<i>Pseudanthias bartlettorum</i>			+	
<i>Pseudanthias dispar</i>				+
<i>Pseudanthias lori</i>			+	
<i>Pseudanthias pascalus</i>		+		
<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>				+
<i>Pseudanthias smithvanizi</i>			+	
<i>Pseudanthias squammipinnis</i>		+		
<i>Pseudanthias</i> spp.1	+	++		+++
<i>Pseudanthias</i> spp.2		++		+
<i>Aethaloperca rogae</i>		++		++
<i>Anyperodon leucogrammicus</i>		+		
<i>Cephalopholis argus</i>	+	+	+++++	++++
<i>Cephalopholis leopardus</i>				++
<i>Cephalopholis miniata</i>	+		+	
<i>Cephalopholis sexmaculata</i>	+			

표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	+		+	+
<i>Cephalopholis urodeta</i>	++	+++	+++	++++
<i>Cephalopholis</i> spp.		+	+	
<i>Epinephelus merra</i>		++	+++	+
<i>E. caeruleopunctatus</i>				+
<i>Epinephelus polyphkadion</i>	+	++		+
<i>Epinepheles tauvina</i>		+		
<i>Epinepheles</i> spp.		+	++	
<i>Plectropomus areolatus</i>	+			
<i>Plectropomus laevis</i>	+			
<i>Plectropomus oligacanthus</i>		++		+++
<i>Plectropomus</i> spp.		++		
<i>Variola</i> spp.	+			
<i>Pseudochromis</i> spp.		+		
<i>Paracirrhitis arcatus</i>	++	+	+++	+
<i>Paracirrhitis forsteri</i>	+			
<i>Paracirrhitis hemistictus</i>			+	
<i>Paracirrhitis</i> spp.		+	+	+
<i>Apogonidae</i> spp.		+		+
<i>Apogon complexus</i>			+	
<i>Apogon cyanosoma</i>			+	++
<i>Apogon gilberti</i>		+		+
<i>Apogon nigrofasciatus</i>			+	
<i>Apogon</i> spp.1		+	++++	++++
<i>Apogon</i> spp.2				+++
<i>Apogon</i> spp.3				++
<i>Apogon</i> spp.4				+
<i>Archamia</i> spp.		+		
<i>Cheilodipterus</i> spp.1				+
<i>Cheilodipterus</i> spp.2				+
<i>Hoplolatilus starcki</i>				+
<i>Malacanthus brevirostris</i>			++	++
<i>Malacanthus latovittatus</i>		+	+++	+
<i>Echeneis naucrates</i>	+	++++		+
<i>Gnathanodon speciosus</i>	+			
<i>Carangoides orthogrammus</i>				+
<i>Caranx lugubris</i>				+
<i>Caranx melampygyus</i>		++		++
<i>Caranx sexfasciatus</i>		++		+
<i>Caranx</i> spp.		+		+
<i>Decapterus maruadsi</i>				+
<i>Elagatis bipinnulatus</i>		++		
<i>Aphareus furca</i>		++++		
<i>Aprion virescens</i>		++		++
<i>Macolor macularis</i>	++	+++		++
<i>Macolor niger</i>	+	+++	+	

표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Lutjanus bohar</i>		++++		+
<i>Lutjanus ehrenbergi</i>		+	+	
<i>Lutjanus fulvus</i>	++		+++++	++
<i>Lutjanus gibbus</i>	+++		++	
<i>Lutjanus kasmira</i>			++++	+
<i>Lutjanus monostigmus</i>	+		+	+
<i>Lutjanus semicinctus</i>		+++		+
<i>Lutjanus</i> spp.	+	+		
Caesionidae spp.				+
<i>Caesio caerulea</i>		+		+
<i>Caesio lunaris</i>	+++	+++		+
<i>Caesio teres</i>	+++	+++		++
<i>Pterocaesio lativittata</i>				++
<i>Pterocaesio marri</i>			+	
<i>Pterocaesio trilineata</i>			+	
<i>Pterocaesio</i> spp.		+	+	+
<i>Plectorhinchus</i> spp.				+
<i>Plectorhinchus goldmani</i>	+++			
<i>Plectorhinchus obscurus</i>	+			
<i>Plectorhinchus picus</i>	+			
<i>Scolopis brilineatus</i>		+		
<i>Gnathodentex aurolineatus</i>			+++++	+
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>		++++		++
<i>Lethrinus erythracanthus</i>	+			
<i>Lethrinus</i> spp.		+		
<i>Monotaxis grandoculus</i>		++++	+++++++	++++
Mullidae spp.				++
<i>Mulloides flavolineatus</i>			+++++	++
<i>Parupeneus barerinus</i>	+	+++	+	
<i>Parupeneus multifasciatus</i>	+			
<i>Parupeneus</i> spp.1	+	+	+++	+++
<i>Parupeneus</i> spp.2		+		+
<i>Kyphosus bigibbus</i>				+
<i>Kyphosus cinerascens</i>	+			
<i>Platax</i> spp.		++		
<i>Chaetodon auriga</i>	+	++	++++	+++
<i>Chaetodon barronessa</i>				+
<i>Chaetodon burgessi</i>		+		
<i>Chaetodon ephippium</i>	+++++	+++++	+++++	+
<i>Chaetodon kleinii</i>		+		
<i>Chaetodon lunula</i>	+	+		+
<i>Chaetodon melanonotus</i>		++	+	
<i>Chaetodon meyeri</i>	+			
<i>Chaetodon raffelsii</i>	+			
<i>Chaetodon reticulatus</i>	+	+++++	+	
<i>Chaetodon tinkeri</i>	+			

표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Chaetodon trifascialis</i>	+			++
<i>Chaetodon trifasciatus</i>	+	+++		++
<i>Chaetodon ulietensis</i>		+++		+++
<i>Chaetodon vagabundus</i>	++		+	
<i>Chaetodon</i> spp.1		++	+++	+
<i>Chaetodon</i> spp.2		+		
<i>Forcipiger flavissimus</i>		+		++
<i>Hemitaurichthys polylepis</i>		+++		
<i>Heniochus chrysostomus</i>	+++	++		+++
<i>Heniochus singularis</i>				+
<i>Heniochus varius</i>	++++			
<i>Apolemichthys trimaculatus</i>				+
<i>Centropyge bicolor</i>	++	+++		++
<i>Centropyge bispinosus</i>		+		
<i>Centropyge colini</i>		+		
<i>Centropyge vrolicki</i>				++
<i>Pygoplites diacanthus</i>	++++	+++++	++	++++
<i>Pomacanthus imperator</i>			+++	+
<i>Amphiprion chrysopterus</i>	+		++++	++
<i>Amphiprion clarkii</i>	+			
<i>Amphiprion melanopus</i>			+	
<i>Amphiprion</i> spp.		+		
<i>Chromis acares</i>		+		
<i>Chromis agilis</i>				+
<i>Chromis aloha</i>		+		
<i>Chromis amboinensis</i>		++		
<i>Chromis analis</i>		++++		
<i>Chromis atripectoralis</i>		++	+	+
<i>Chromis caudalis</i>	+		+	
<i>Chromis margaritifer</i>	++	+++	+++	+++
<i>Chromis viridis</i>	++	++	+++++	+
<i>Chromis xanthura</i>		+		
<i>Chromis</i> spp.1	+	++	+++	++++
<i>Chromis</i> spp.2		++		+++
<i>Chromis</i> spp.3				+
<i>Chromis</i> spp.4				+
<i>Dascyllus aruanus</i>	+++	++++	++++	++
<i>Dascyllus melanurus</i>				+
<i>Dascyllus reticulatus</i>			++	+++
<i>Abudefduf lorentzi</i>	+			
<i>Abudefduf sexfasciatus</i>			+	
<i>Abudefduf</i> spp.		++		
<i>Amblyglyphidodon aureus</i>				+
<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	++	+++		+
<i>Cheiloprion labiatus</i>		+		
<i>Chrysiptera biocellata</i>	+			



표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Chrysiptera cyana</i>			++++	
<i>Chrysiptera leucopoma</i>	+		+	
<i>Chrysiptera oxycephala</i>		++		
<i>Chrysiptera unimaculata</i>	+		++	
<i>Chrysiptera</i> spp.1		++	+++	+++++
<i>Chrysiptera</i> spp.2		+		+
<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	+			
<i>Plectroglyphidodon melas</i>		++		
<i>Hemiglyphidodon plagiometapon</i>			+	
<i>Plectroglyphidodon</i> spp.	+			
<i>Pomacentrus burroughi</i>			+	
<i>Pomacentrus coelestis</i>	++			++++
<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>		++		++
<i>Pomacentrus vaiuli</i>				++
<i>Pomacentrus</i> spp.		+	++++	+
<i>Stegastes</i> spp.			+	
Labridae spp.1				+
Labridae spp.2				+
<i>Bodianus diana</i>			++	+
<i>Bodianus</i> spp.		+		
<i>Pseudodax moluccanus</i>				+
<i>Cheilinus celebecus</i>	+	++	+	+
<i>Cheilinus chlorourus</i>			+	
<i>Cheilinus digrammus</i>		+++		+
<i>Cheilinus fasciatus</i>	+	++	+	+++
<i>Cheilinus orientalis</i>		+	+	++
<i>Cheilinus undulatus</i>		++		+
<i>Cheilinus unifasciatus</i>	+			+
<i>Cheilinus</i> spp.				++
<i>Epibulus insidiator</i>		+		+++
<i>Pterogogus cryptus</i>			++	
<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>		++		
<i>Cirrhilabrus exquisitus</i>			+	
<i>Anampses twisti</i>				+
<i>Anampses</i> spp.			+	
<i>Coris aygula</i>				++
<i>Coris gaimardi</i>				++
<i>Gomphosus varius</i>	+	+	++	+
<i>Halichoeres chrysus</i>	+		+	+++++
<i>Halichoeres hortulanus</i>				+++
<i>Halichoeres trimaculatus</i>			++++	
<i>Halichoeres</i> spp.		++		
<i>Hemigymnus fasciatus</i>	+			+
<i>Thalassoma amblycephalum</i>				+++
<i>Thalassoma hardwickii</i>		+++++		
<i>Thalassoma lutescens</i>			++	

표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Thalassoma purpureum</i>	+			+
<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	+	++		
<i>Thalassoma</i> spp.1	++			++
<i>Thalassoma</i> spp.2				+
<i>Labroides dimidiatus</i> 1	+++	++	++++++	+++++
<i>Labroides dimidiatus</i> 2		++++		+
<i>Bolbometopon muricatum</i>	+			
<i>Cetoscarus bicolor</i>	+			
<i>Hipposcarus longiceps</i>	+	+		+
<i>Scarus altipinnis</i>			+	
<i>Scarus bleekeri</i>	+	+		
<i>Scarus dimidiatus</i>	+			
<i>Scarus forsteni</i>	+			
<i>Scarus frontalis</i>				+
<i>Scarus microhinus</i>		+		
<i>Scarus oviceps</i>	+			+
<i>Scarus schlegeli</i>		+	+	++
<i>Scarus sordidus</i>	+	+	+	++++
<i>Scarus</i> spp.1	+++	+++	+++++	+++++
<i>Scarus</i> spp.2		+++		++++
<i>Scarus</i> spp.3				+++
<i>Sphyaena</i> spp.		+	+	
<i>Parapercis clathrata</i>			+	
<i>Parapercis millipunctata</i>			+	
<i>Parapercis</i> spp.			+++	+
<i>Trichonotus</i> spp.				+
Tripterygiidae spp.		+		
<i>Aspidontus dussumieri</i>		+		
<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	+	++		+
<i>Plagiotremus laudandus</i>		+	+	
<i>Plagiotremus rhynorhynchus</i>				+
<i>Plagiotremus tapienosoma</i>				+
<i>Cirripectes variolosus</i>	+			
<i>Parioglossus formosus</i>		+		
<i>Ptereleotris evides</i>		+		++++
<i>Ptereleotris hanae</i>				+++
<i>Ptereleotris heteroptera</i>				+
Gobiidae spp.		+		+
<i>Ctenogobiops</i> spp.				+
<i>Istigobius decoratus</i>			+	
<i>Acanthurus bariene</i>				+
<i>Acanthurus blochii</i>		+	++	+++
<i>Acanthurus guttatus</i>	+			+
<i>Acanthurus leucocheilus</i>	+++	+		
<i>Acanthurus lineatus</i>	+	+	+	++
<i>Acanthurus nigricans</i>	+++	++	++	+++

표 25. 계속

Table 25. Continued

Species	Moen		Nomwin	Koup
	1999	2003	2001	2003
<i>Acanthurus nigricauda</i>				+
<i>Acanthurus olivaceus</i>		++	++	+++
<i>Acanthurus pyroferus</i>		+		+++
<i>Acanthurus thompsoni</i>		+++++		+++
<i>Acanthurus triostegus</i>	+		+++	
<i>Acanthurus</i> spp.1		+++	+	++
<i>Acanthurus</i> spp.2		+		
<i>Acanthurus</i> spp.3		+		
<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	+++	+++		++
<i>Ctenochaetus striatus</i>	++++	++++	++	++++
<i>Ctenochaetus strigosus</i>		+		
<i>Ctenochaetus</i> spp.	+			
<i>Zebrasoma flavescens</i>		+		+
<i>Zebrasoma veliferum</i>		+		
<i>Zebrasoma scopas</i>	+			
<i>Naso annulatus</i>				++++
<i>Naso brevirostris</i>		+		
<i>Naso hexacanthus</i>		+		++
<i>Naso lituratus</i>	+	+		
<i>Naso unicornis</i>	+		+	
<i>Naso vlamingii</i>	+	+++		+
<i>Naso</i> spp.	+		++	+
<i>Zanclus cornutus</i>	++++	+++++	+++++	++++
<i>Siganus argenteus</i>		+++	++++	++++
<i>Siganus puellus</i>	+	++		
<i>Siganus vulpinus</i>	++	++++		+
<i>Siganus</i> spp.	+	+		
<i>Gymnosarda unicolor</i>		+		+
<i>Balistapus undulatus</i>	++	+++++	+++++	+++++
<i>Balistoides conspicillum</i>	++++			+
<i>Balistoides viridescens</i>	+		++	+
<i>Melichthys vidua</i>	++	++	++++	++++
<i>Odonus niger</i>	+++			++++
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	++++		++++	
<i>Rhinecanthus verrucosa</i>				+
<i>Sufflamen bursa</i>				++
<i>Paraluteres prionurus</i>				+
<i>Arothron melegaris</i>	+			
<i>Arothron nigropunctatus</i>				+
<i>Canthigaster amboinensis</i>	+			
<i>Canthigaster</i> spp.			+	
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>160</b>	<b>105</b>	<b>181</b>

쿠오프초에서는 금번조사에서만 환초의 내, 외벽과 외해로의 통로 연안에 선정된 6개의 조사정점에서 총 181종이 확인되었다. 쿠오프초는 축환초 밖에 자리 잡고 있어 원주민들의 어업 활동이 덜한 곳으로 비교적 자원이 양호하게 유지되고 있는 곳으로 판단되었다. 특히, 쿠오프초가 외해로 열리는 남쪽수로 부근과 그 외측에 발달한 직벽형 산호초는 쥐돔류, 바리류, 비늘돔류 등 수산 어종의 좋은 어장일 것이고, 이 지역은 이들 일부 어종들의 산란장으로 활용되는 것으로 판단되었다.

이 세 해역의 어류상의 공통적인 특징은 조사 정점의 해역 특성에 따른 차이 즉, 환초의 외측인지 내측인지, 외해로 열려 있는 통로 부근인지에 따라 거의 공통적인 어종 구성을 나타내고 있다는 점이다. Moen Is. 주변과 축환초 조사 결과에서 나타난 바와 같이 라군의 안쪽 연안에서 산호가 발달한 지역은 비교적 소형인 자리돔과, 놀래기과, 쥐돔, 쥐치류 등이 개체수 면에서 많은 경향을 나타내었으며, 직벽을 이루는 지역에서는 수심 10 ~ 15m까지의 얇은 수심에서는 작은 크기의 동갈돔류 (Apogonidae), 놀래기류(Labridae), 파랑돔류 (*Scarus* spp.) 쥐돔류(Acanthuridae) 등과 통돔류 (*Anthias* spp.)와 황등어류 (Caesionidae)들이 떼를 지어 서식하고 있고 35 ~ 45cm급 대형 쥐돔류, 50 ~ 60cm 급 대형 놀래기류인 *Cheilinus undulatus*, 바리류 (Serranidae), 통돔류 (Lutjanidae) 등이 특징적으로 나타났다.

한편 지금까지의 마이크로네시아 자원 조사에서 나타난 특징을 간략히 정리하면 다음과 같다. 조사가 축 해역을 중심으로 실시되어 폼페이, 코스레, 압주와 비교하기는 어려운 실정이지만 축주는 마이크로네시아에서 인구가 가장 많이 밀집된 곳이고 세계적인 스포츠다이빙 포인트를 갖고 있는 관광지이기도 하여 수산물의 생산과 소비가 다른 주보다 많았을 것으로 볼 수 있다. 이러한 추정은 조사 결과 라군 내의 많은 어장들이 일부 조사 정점에서와 같이 원주민들의 다이너마이트를 이용한 불법어업으로 어장 자체가 파괴되었을 것으로 생각되고 조사 전 생각하였던 것만큼 수산 어종들의 자원량이 풍부하지 않았다는 점과도 일치하고 있다.

아무튼 수산 어종으로는 아직 쿠오프초 바깥 해역과 같은 일부 정점에서 확인된 바와 같이 비늘돔류인 *Scarus* spp., 쥐돔류 중 *Naso hexacanthus*, *N. annulatus* 및 *Plectropomus oligacanthus*와 같은 바리류와 현지 원주민들이 낚시로 가장 많이 잡을 수 있는 *E. polyphekadion* 가 비교적 대형급 어종이면서 자원량이 풍부한 편으로 밝혀져 향후 상세한 현지 조사와 다른 산호초 해역과의 비교가 필요하리라 생각되었다. 또, 현재까지는 생산되고 있지 않지만 열대지방 해수어로서 관상어들은 상당수 잠재력을 가진 종이 확인되었다. 필리핀 등지에서 저가로 공급되는 관상어들은 당분간 경쟁력이 없을 것으로

생각되지만 세계적으로 약물을 이용한 불법 관상어 채포어업에 제재가 가해진다면 현재 마이크로네시아에 서식하고 있는 관상해수어 중 일부 종들은 생산 가치가 생길 것으로 생각된다. 예를 들면 나무인환초에서 많이 발견된 말미잘과 공생하는 흰동가리류 (*Amphiprion* spp.)나 축환초와 쿠옵환초에서 확인된 녹색베도라치류인 *Meiacanthus atrodorsalis* 등과 그 외 작은 *Dascyllus* spp. 와 같은 자리돔류들도 관상어종의 대상이 될 수 있다.

#### 다. 주요 어종

##### 1). *Naso vlamingii* (쥐돔류 일종)

South pass조사시 정점 1에서 관찰되었던 쥐돔류 (Acanthuridae)의 일종으로 남서태평양에서는 원주민들 사이에 인기 있는 수산어종이다. 조사시 관찰되었던 이종의 전장은 35 ~ 45cm 급이었는데 낚시로 낚아 올린 개체는 위 내용물이 가득 차 있을 정도로 활발한 먹이활동을 하고 있던 개체이었다. 위 내용물은 분해된 상태로 먹이생물의 동정은 어려웠다.

이 종의 체색은 전체적으로 등 쪽에는 보라색 점, 배 쪽에는 보라색 가로 줄무늬가 발달해 있는 것이 특징이고 주둥이가 앞으로 조금 돌출해 있으나 쥐돔류인 *Bignose unicornfish*, 표문쥐치 (*Naso unicornis*) 및 *N. annulatus* 처럼 뿔처럼 길게 돌출되지는 않은 것이 형태적 특징이다.

크기는 50cm 전후이고 등지느러미는 6극, 26 ~ 27연조, 뒷지느러미는 3극, 27 ~ 29연조, 가슴지느러미는 17 ~ 19연조이다. 이 종은 라군의 깊은 해역이나 외해 쪽 산호초의 수심 4 ~ 50m에 수층에 서식하면서 주간에는 중층에서 떼를 지어 동물성플랑크톤을 포식하는 것으로 알려져 있다. 남 일본에서 남서태평양, 호주 Great Barrier Reef까지 널리 분포한다.

이 종은 요리 시 독특한 냄새가 나는 내장만 터뜨리지 않도록 조심하면 살이 쫄깃쫄깃하고 맛이 담백하여 국내 돌돔과 어류나 제주도에서 이름이 있는 쥐돔과 견줄 수 있는 고급 횡감으로 사용할 수 있는 종이기도 하여 앞으로 남태평양 해역에서의 자세한 자원 조사와 함께 활어 축양, 운반 등에 대한 조사가 필요한 종으로 생각되는 종이기도하다.

쥐돔류 중 수산어종으로는 *Naso unicornis*, *N. hexacanthus*, *N. annulatus* 등이 있으며 이들 모두 팔라우, 마이크로네시아 등지에서는 원주민들이 야간에 작살질이나 낚시로 포획하여 어시장에서 판매하고 있는 수산 어종이다.

## 2). *Scarus* spp. (파랑비늘돔류)

조사 정점마다 관찰할 수 있었던 무리로 남서태평양 해역에서는 종수도 다양하고 자원도 풍부한 수산어종의 하나이다. 비늘돔류 (Scaridae)는 영명이 Parrot fish이며 이 이름은 이들 종이 공통적으로 가지고 있는 독특한 앞니 (beak-like teeth) 때문에 붙여진 것이다.

마이크로네시아에는 약 32종의 파랑비늘돔류 (Scaridae)가 서식하는데 이번 조사시 수중에서 종 수준까지의 동정은 어려웠고 일부 그 체색이 독특한 *Scarus bleekeri*, *S. schlegeli*, *S. sordidus*는 종의 구분이 가능하였다.

이 무리는 놀래기류로부터 진화한 종으로 체형, 체색 등 놀래기들이 갖고 있는 특징을 많이 갖고 있는 편이지만 이빨, 소화관의 형태 및 먹이는 차이가 있다. 대부분 타원형 체형에 등지느러미에 9개의 가시와 10줄기, 뒷지느러미에는 3개의 가시와 9개의 줄기를 가진다. 체측의 비늘은 크고 둥근비늘로 연한 편이며 옆줄 위에 22 ~ 25개의 비늘을 가진다. 대부분의 비늘돔류는 산호초 위의 해조, 해초류를 갉아먹는데 일부 종들은 살아있는 산호를 먹기도 한다. 주간에 활발히 활동하던 비늘돔류는 야간에는 잠을 자는데 일부 종들은 입에서 독특한 점액질을 내어서 자신의 몸을 풍선처럼 감싸고 보호하면서 휴식을 취하는 습성을 갖고 있다. 이러한 습성은 야간의 포식자인 곰치 등으로부터 자신을 보호하는 수단이 된다.

이 무리는 놀래기류와 마찬가지로 성장함에 따라 체색과 성 (sex)이 전환되는 습성을 갖고 있다. 많은 종들의 어린 개체는 대부분 회색 선 무늬를 가진 갈색 또는 회색을 띠고 있으나 성장하면서 초록색과 회색, 핑크색 등 다양한 체색을 띠게 된다. 대부분 종들은 최초에는 암컷 성과 수컷 성을 함께 가지고 있는 양성 (diandric)을 띠고 있으며 나머지는 완전 암컷 (monandric)이다.

일부 종들은 세력권을 형성하기도 하고 몇 마리씩 무리를 짓지만 대부분 종들은 주간에 크게 무리 지어 살며 종종 다른 종끼리도 무리 짓는다.

이 무리는 마이크로네시아 원주민들 사이에서는 가장 풍부하고 맛이 있는 어종으로 이용되고 있으며 일부는 말려서 저장하여 먹기도 한다. 살이 희고 담백하지만 횡감으로는 살이 연한 편이다.

## 3). Lethrinidae (갈돔과)

영명으로 Emperors라 부르는 갈돔류로 돔류 (snapper)와 외형상 매우 닮은 종이다. snapper와는 상악골 (maxillary)이 보이지 않은 점으로 구분된다. 즉, 위턱을 구성하는 골

격이 외관상으로는 전상악골 (premaxillary)만 관찰된다. 위턱에는 송곳니가 발달하고 입술이 두꺼운 것이 특징이다. 강한 이빨로 껍질이 단단한 갑각류나 어류를 먹고 대부분 야행성이지만 주간에도 먹이를 먹는다. 이 과에 속하는 속 (genus)으로는 3종을 가지고 있는 *Gymnocanius* 속과 13종을 가지고 있는 *Lutrinus* 속이 있으며, 이외 *Monotaxis*, *Gnathodentex* 및 *Wattisia* 등이 있다.

*Monotaxis grandoculus*는 big eye emperor란 이름에서 알 수 있듯이 눈이 매우 큰 종이고 머리 앞부분의 경사가 큰 종이다. 크기는 40 ~ 60cm이지만 조사 정점에서 관찰되는 대부분은 20 ~ 30cm 급이었다. 체측에는 회색 가로띠로 굵은 검은 색 띠무늬가 있는 것처럼 보이지만 성체가 되면 몸 전체가 은백색을 띠게 된다. 이 종은 모래바닥이나 외해로 뚫린 산호초 channel의 표층에서 수심 100m까지 서식하는 종이다. 갑각류, 연체동물 및 성게 등을 먹고사는 종으로 야행성이 강하다. 홍해, 하와이 연안, 일본 류우큐우 열도, 뉴칼레도니아에서 마이크로네시아까지 널리 서식하는 종으로 이번 조사에서 비교적 풍부하게 확인된 종이다.

#### 4). Lutjanidae (통돔과)

남서태평양에서 snapper로 일반명이 붙여진 돔류의 일종으로 우리나라에도 통돔과에 무늬통돔, 물통돔, 동갈통돔 등의 서식이 확인되어 있는 무리이다. 하나의 등지느러미, 큰 빗비늘, 양턱에 발달된 큰 송곳니, 새개골에 가시가 없는 점 등이 특징이다. 대부분 갑각류를 먹고살지만 어류나 플랑크톤을 먹기도 한다.

이 과에 속하는 어종들은 열대, 아열대지방에서 수산어종으로 일반적이면서 중요한 그룹이고 Lutjaninae에는 *Macolor*와 *Lutjanus* 속이 있다. *Lutjanus* 속에는 13여종이 알려져 있다. *Lutjanus bohar*는 참돔과 매우 흡사한 종이다. 영명으로는 red snapper, 또는 twinspace snapper로 불리듯이 외형이 돔과 흡사하고 등에 두개의 점을 가지고 있다. 어릴 때 (<20cm)는 눈이 크고 눈에 붉은 색 띠가 있으며 등지느러미 아래의 등엔 두개의 작은 흰색 점을 가지지만 50 ~ 60cm급으로 성장하면 눈의 띠와 흰색점이 없어진다. 전장은 75cm까지 성장하는 대형어이다. 어린 새끼들은 자리돔류와 섞여 유영하며 플랑크톤을 먹고살지만, 성장하면 먹이 주위에 때를 지어 물려드는 탐식성 어류이다. 4 ~ 180m의 수심층에서 서식하며 외해에 면한 산호초나 라군의 안과 밖을 연결해 주는 수로에서 볼 수 있다. 인도·태평양 해역의 산호초 생태계에 분포하는 이 종은 일종의 독어 (ciguatera fish)로 근육에 신경계통의 마비와 호흡곤란을 일으키는 치명적인 독성물질이 들어 있어 여러 지방에서 판매가 금지되어 있다. 독성물질의 함량은 지역과 계절에 따라

다르게 나타나는데, 축해역에 서식하는 것들은 독이 없는 것으로 생각된다.

*Lutjanus semicinctus*는 정점 2에서 확인된 종으로 낚시에도 잡혔던 종이다. 영명이 half-banded snapper로 이종의 체측에 등 쪽에만 비스듬한 검정색 가로막대무늬가 7개 있는 것을 상징하고 있다. 노랑색 바탕에 검은색 막대 무늬와 미병부의 대형 검은색 반점이 이종의 특징이다. 조사당일 채포한 이 종은 30 ~ 37cm 범위였으며 살은 연하고 맛이 있었다. lagoon과 외해에 면한 산호초의 수심 30 - 40m 수층에 서식한다.

*Aphareus furca* 는 살이 연하고 독특한 맛은 없었던 종이지만 이번 조사에서 비교적 많은 곳에서 서식이 확인된 종이다. 그러나 수중 조사시 항상 한 마리씩 유영하는 것이 관찰되어 이종은 대형 군집을 이루고 사는 종이 아니고 단독 생활을 하는 종으로 판단되었다.

#### 4). Serranidae spp. (바리과)

열대해역에 서식하는 어종 중에서는 고급 어종에 속하는 무리이며 국내에서는 제주도의 자바리 (지방명 다금바리)와 남해역의 붉바리, 능성어가 포함된다.

현재 축주에 서식하는 바리과 중 가장 많이 잡히는 수산어종은 *Ephinepelus polyphkadion*이며 그 다음이 *Cephalopholis miniata*와 *C. argurus* (원주민의 낚시어업으로 서식 확인)이다. 축에서 원주민을 동원한 채포 실험에서 4, 5명이 하루 낚시하여 5 ~ 15마리씩 확보가 가능한 종이지만 전장범위가 25 ~ 45cm로 일부 개체는 상품성이 없는 것으로 판단되어 축양 또는 일정기간 양식이 필요한 것으로 보였다. 수중조사에서도 비교적 많은 개체 수를 확인할 수 있었다. 특히 환초의 직벽에서는 *E. polyphkadion*, *Plectropomus oligacanthus* 종이 비교적 풍부한 자원을 보였다.

*Ephinepelus micodon*은 축주에 서식하는 바리과 어류 중 MoenIsland 원주민들이 낚시로 가장 많이 잡을 수 있는 종이었다. 크기는 대체로 중형급으로서 작은 것은 20cm 급으로부터 큰 것은 40cm급에 이르기까지 다양하였다. 형태적으로는 몸 전체가 옅은 녹색을 띠면서 짙은 흑갈색 갈색 경사진 무늬가 발달하고 흰점이 산재해 있어 국내 제주도 연안에 서식하는 자바리와 유사한 외형을 가진 종이다. 이번 조사에서는 산란을 위한 대형 떼를 만나지는 못하였지만 정점 2의 수심 35 ~ 40m 수심의 직벽을 따라 40cm 급 수십 마리가 이동하고 있는 것이 발견되었다. 이러한 무리지는 이동이 산란과 어떤 관계가 있는지는 어떠한 증거를 관찰하지 못하였지만, 그러한 정점에서의 바리류의 산란 여부에 대해서는 자연 생태 조사와 더불어 생식소 조사가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

*Cephalopholis miniata*는 영어권에서 coral grouper로 부르는 종으로서 전장은 30cm 전



후가 흔하여 바리류로는 중형급이라 할 수 있다. channel과 산호가 잘 발달한 산호초 밖의 깨끗한 해역의 수심 3 ~ 150m에 서식하는 전형적인 종이다. 단독생활하기도 하지만 가끔 작은 무리를 짓기도 한다. 홍해에서 남부 일본까지 널리 분포하는 종으로 마이크로네시아에는 그다지 풍부한 자원이 없는 종으로 알려져 있지만 한때 중국인들이 마이크로네시아에서 수집을 하였던 종중의 하나이다.

*C. argurus* 는 영명으로 Blue spotted grouper, Peacock prouper이다. 크기 40cm가 넘는 종으로 수산어종에 속한다. 등지느러미 가시수가 9개이고 꼬리지느러미 가장자리 윤곽이 둥근 것이 특징인데 수중 조사시에는 작은 청자주 빛깔의 점과 꼬리부분의 3, 4개의 열은 가로띠로 식별할 수 있었다. 산호가 잘 발달한 곳이나 깨끗한 1 ~ 40m 수층에 주로 서식한다. 어미들은 짝을 지어 다니거나 작은 무리를 지어 다니기도 하는 것으로 알려져 있지만 이번 조사에서는 대부분 단독생활을 하는 것이 관찰되었다. 먹이 활동은 주야간 모두 일어나며 작은 고기들을 주로 포식한다. 아프리카 동부 해역의 암컷은 약 22cm 정도 크기에서 알을 낳기 시작한다.

*Plectropomus oligacanthus*는 blue-lined coral trout로 불리우는 전장 65cm 전후인 대형급 바리류로서 이번 조사에서는 환초 밖 직벽 정점에서 많이 관찰되었던 종이다. 대부분 단독 생활하였으며 많은 바리류들이 배를 산호초나 바위에 대고 있는 것에 비하여 이 종은 직벽에서 약 1m 정도 떠 있는 상태로 유영하는 습성을 보였다. 참고로 1990년대 말 홍콩에서 거래되는 reef fish의 활어 가격을 살펴보면 가장 고가 어종은 giant grouper (*E. lanceolatus*)로서 우리 나라의 돌돔 및 자바리와 유사한 US\$106/Kg 내외를 유지하고 있고 그 다음이 나폴레옹피시로 알려진 대형 놀래기인 *Cheilinus undulatus*로 US\$96.7/kg이었다 (표 26). 그 외 바리류들은 종마다 조금씩 차이가 있으나 US\$20 ~ 80/kg선을 유지하고 있었다. 이번 조사에서 가장 많이 발견되었던 *Ephinepelus polyphkadion*은 US\$30.5/kg선으로 그다지 고급 종이라고 보기에는 어려운 종이었다. 또 가장 비싼 giant grouper는 그 자원량이 지극히 적은 것으로 판단되어 축에서의 대량 확보는 어려운 것이 아닌가 생각되었다. 한편, 홍콩에서 US\$78.9/kg선을 유지하고 있는 *E. akkara*는 능성어라는 지방명으로 우리 나라에서는 최고품으로 취급되고 있는 표준명 붉바리이므로 향후 홍콩시장으로 유입되는 어종들 중에서 국내 시장에서의 수요가 있는 종에 대한 검토가 필요하리라 생각된다.

우리나라에서도 대마 난류가 영향을 미치는 제주 연안에서는 붉바리, 자바리오 바리과 어종과 황줄감정이, 노랑자리돔, 청줄돔, 독가시치, 흰동가리 등 열대 지방에서 많이 서식하는 어종들의 출현이 확인되고 있고 (고유봉 외 1991, 백문하 1980, 1982, Kim and Lee

표 26. 홍콩 시장에서의 어종별 활어 거래 가격

Table 26. Mean and range of wholesale prices for live reef food fish in Hong Kong 1997(Lau & Parry-Jones, 1999)

Species	HK\$ / catty	US\$ / catty	HK\$ / kg	US\$ / kg
Giant Grouper (small) <i>Ephinephelus lanceolatus</i>	495.0±74.7	64.3±9.7	818.5±123.6	106.3±16.0
Giant Grouper (big) <i>Ephinephelus lanceolatus</i>	192.7±54.5	25.0±7.1	318.7±90.1	41.4±11.7
Humphead wrasse (small) <i>Cheilinus undulatus</i>	450.4±56.8	58.5±7.4	744.8±93.9	96.7±12.2
Humphead wrasse (big) <i>Cheilinus undulatus</i>	253.3±48.7	32.9±6.3	418.9±80.5	54.4±10.5
High-finned Grouper <i>Cromileptes altivelis</i>	425.6±57.0	55.3±7.4	703.7±94.2	91.4±12.2
Red Grouper <i>E. akaara</i>	367.5±65.1	47.7±8.5	607.7±107.7	78.9±14.0
Leopard Coral Trout <i>Plectropomus leopardus</i>	241.3±26.6	31.3±3.5	399.0±44.0	51.8±5.7
Tiger Grouper (small) <i>E. fuscoguttatus</i>	210.7±38.8	27.4±5.0	348.4±64.1	45.2±8.3
Tiger Grouper (big) <i>E. fuscoguttatus</i>	133.0±80.4	17.3±3.5	219.9±44.1	28.6±5.7
Spotted Coral Trout <i>Plectropomus areolatus</i>	185.0±28.5	24.0±3.7	305.9±47.1	39.7±6.1
Flowery Grouper <i>E. polyphkadion</i>	142.0±18.31	8.4±2.4	234.8±30.3	30.5±3.9
Malabar Grouper <i>Epinephelus malabaricus</i>	118.0±71.3	15.3±2.3	195.1±29.6	25.3±3.8
Green Grouper <i>E. coioides</i>	105.63±25.6	13.7±3.3	174.7±42.2	22.7±5.5
Brown Spotted Grouper <i>E. bleekeri</i> / <i>E. areolatus</i>	102.69±19.3	13.3±2.5	169.8±32.0	22.1±4.2
Mangrove Snapper (small) <i>Lutjanus argentimaculatus</i>	43.6±9.3	5.7±1.2	72.1±15.4	9.4±2.0
Mangrove Snapper (big) <i>Lutjanus argentimaculatus</i>	85.0±9.1	11.0±1.2	140.5±15.1	18.3±2.0

Remark : after Lau & Parry-Jones (1999)

1994, Kim *et al.* 1994, 한국해양연구소 1995, Myoung 1997, 명 1997), 최근에는 2 ~ 4kg 급의 열대산 능성어류도 수입되어 제주도에서 시판되고 있어 이들 자원이 비교적 풍부한 마이크로네시아에서 해양생물 자원에 대한 조사 자료를 축적해 두는 것은 앞으로의 산업 발전 방향에 따라 그 이용도가 클 것으로 생각된다.

## 2. 대형저서무척추동물자원

산호에 의해 기원된 환초는 석회암으로 구성되어 있으며, 육지로부터 수백 km 떨어져 있어, 그 생성 원인에 대해서는 아직 정확히 밝혀져 있지 않다. 환초는 대양의 강한 물리적 영향으로부터 내부 해역을 보호하는 역할을 하기 때문에 실제 대양생태계에서 환초의 내·외 생물상은 현저히 다르게 나타나고 있다. 환초 내부 지역은 외부에 비해 현저히 약해진 파도와 조류의 영향을 받기 때문에 수로를 따라 가입된 생물들의 은신처나 성육장의 역할을 하고 있으며, 서식하는 산호류의 경우도 가지형 (branch type)이나 탁상형 (table type)이 우세한데 비해 외곽지역은 기저암을 따라 덮이는 피복형이 우세하다 (English *et al.*, 1994). 따라서 산호초를 매개로 살아가는 동물들의 종조성이나 서식양상에서도 상당한 차이를 나타낸다. 본 조사는 축환초 외곽지역과 인근 쿠옵환초에 서식하는 초대형저서동물의 수직별 분포양상을 파악하고, 군집구조를 비교하는데 목적을 두었다.

### 가. 무척추동물 분포 양상

#### 정점 1 (South Pass - Aualup Island)

정점 1의 조사해역은 외해역에서 내부로 이어지는 수로를 대상으로 실시하였다. Aualup Is.에서 약 100m 떨어진 곳에 수심 6m 지역에 정선을 선정하여 수심 24m 까지 연결하였다. 전반적으로 약 60도의 경사도를 이루면서, 산호초가 발달하였으며, 수심 20m 지역부터는 30도의 완만한 경사를 나타냈다 (그림 5). 25m 이하 지역은 주로 산호사로 구성되었으며 부분적으로 죽은 산호덩어리가 나타났다. 급경사로 인해 전반적으로 빛의 투과지점이 낮게 나타났다. 수직 분포대를 보면 상층부에는 *Acropora* sp 1.가 수심 6m 이하에서 부분적으로 우점하였으나 군락을 형성하지는 않았다. 반면 수심 6m에서 15m 지점까지는 축환초 내부에서는 전혀 관찰되지 않았던 *Scapophyllia* sp. 가 우점하였다 (그림 5, A). 이 종은 산호가 약 20cm 정도의 높이로 막대 모양을 하고 있는 종으로 하부에는 *Helimida* unid. 등 해조가 우점하였다. 수심 15m부터는 버섯모양의 *Pachyseris* sp.

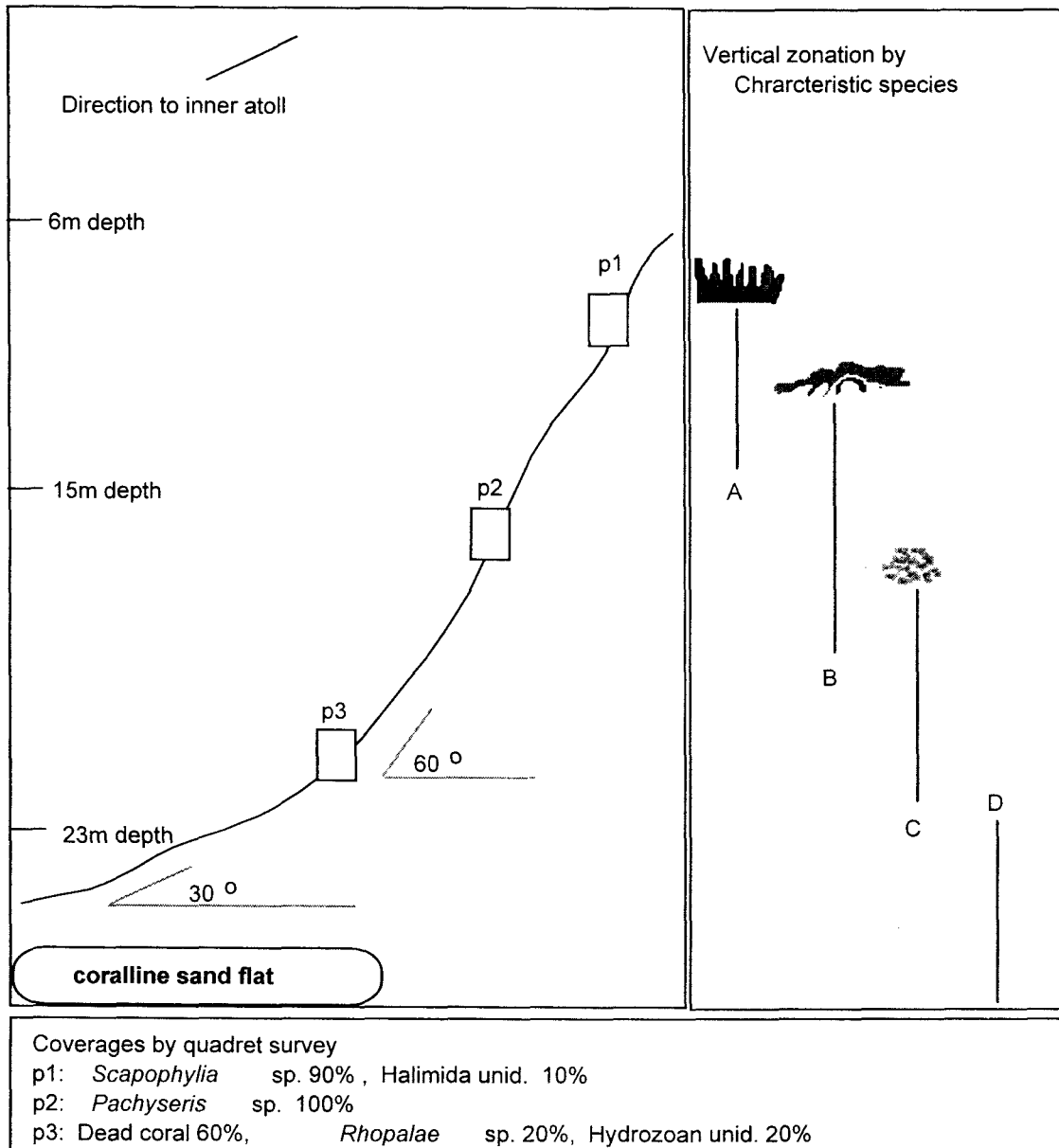


그림 5. 축환초 정점 1에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 5. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 1 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

가 우점하였다 (그림 5, B). 이 종은 약 1m 직경의 대형 버섯모양을 하고 있어 틈 사이에 다양한 생물과 어류가 은신할 수 있는 공간을 제공한다. 이러한 곳에는 굴류 (*Spondylus* sp.), 돌산호류 (*Tubastrea micrabtha*), 갯고사리류 (*Comanthus suavia*) 등이 출현하였다. 이들은 약 5m 정도의 수직 분포를 하고 있으며, 수직적으로 계곡이 형성된 지역은 *Millepora* sp. 등 가지형 산호가 죽은 상태로 침적되어 있었다. 수심 20m 이상 되는 지역의 경우 경사가 완만해 지면서 상부와 같이 한·두 종의 산호가 군락을 이루는 형태가 아닌 여러 종이 산재하는 양상을 나타냈다. 주로 출현한 종으로는 *Distichopora borealis*, *Porite* sp. 1, *Dischopora* sp. 등이다 (그림 5, C). 이들은 죽은 산호덩어리에 부착하여 또 하나의 산호군락을 형성하고 있었다. 따라서 생물다양도는 20m 부근이 상층부보다 높게 나타났다. 주로 *Tethya* sp., *Luffariella* sp. 등 해면류와 *Dendronephthya* sp. 등 연산호류와 *Junceella* sp. 등 회초리 산호류가 출현하였다. 이들은 주로 조류의 소통이 원활한 지역에 출현하는 종으로 상층부 보다는 하부에서의 조류 소통이 원활하게 진행되고 있다고 볼 수 있다. 한편 조류와 관련된 종으로는 *Rhopalae* sp. 등 멍게류와 희드로충류의 서식밀도도 높게 나타났다. 수심 23m 이하 지역에서는 죽은 산호덩어리가 산재한 산호사로 덮이면서 완만한 경사를 나타냈다. 주로 퇴적물 식자인 해삼류 (*Holothuria leucospilota*, *Stichopus variegatus*) 등이 5 × 5m 의 면적에 약 1마리 정도로 분포하였다. 한편 세 군데에서 실시한 방형구 조사에서 수심 8m 의 경우 *Scapophyllia* sp. 가 군락을 형성하여 전체 피도의 90%이상을 차지하였으며, 그늘진 부분에서는 해조류인 *Halimida* unid. 가 우점하는 단순한 구조를 나타냈으며, 수심 16m에서는 *Pachyseris* sp. 가 전체 피도를 차지하였다. 하지만 틈이나 그늘진 곳에서는 해조류와 주머니멍게류 등 다양한 생물상이 나타났다. 수심 20m 에서는 죽은 산호덩어리와 그곳에 가입되어 서식하는 생물들이 높은 공간 경쟁을 나타냈다.

## 정점 2 (South Pass - Islet Island)

정점 2에서는 외해와의 통로에서 안쪽 환초를 이동하면서 정선을 선정하였다. 상층부의 경우 3m 수심을 나타냈고, 10m 간격으로 계단식 구조를 나타냈다 (그림 6). 수심 26m 지점부터 산호사로 구성되면서 약 40도 정도의 경사각으로 깊어지는 양상을 나타냈다. 산호사 부근의 경우 정점 1과 같이 산호덩어리가 산재하는 양상이 아닌 전반적으로 미세한 산호사로 구성되었으며, 약 30m 간격으로 죽은 산호 군락이 형성되어 *Acropora* sp. 3 등이 발달하였다. 이 지역은 산호가 발달하기보다는 전반적으로 해조류 (*Halimida* unid.)가 우점하는 양상을 나타냈다. 우점종의 분포는 계단식 구조에 따라 단계별로 차이를 보이는

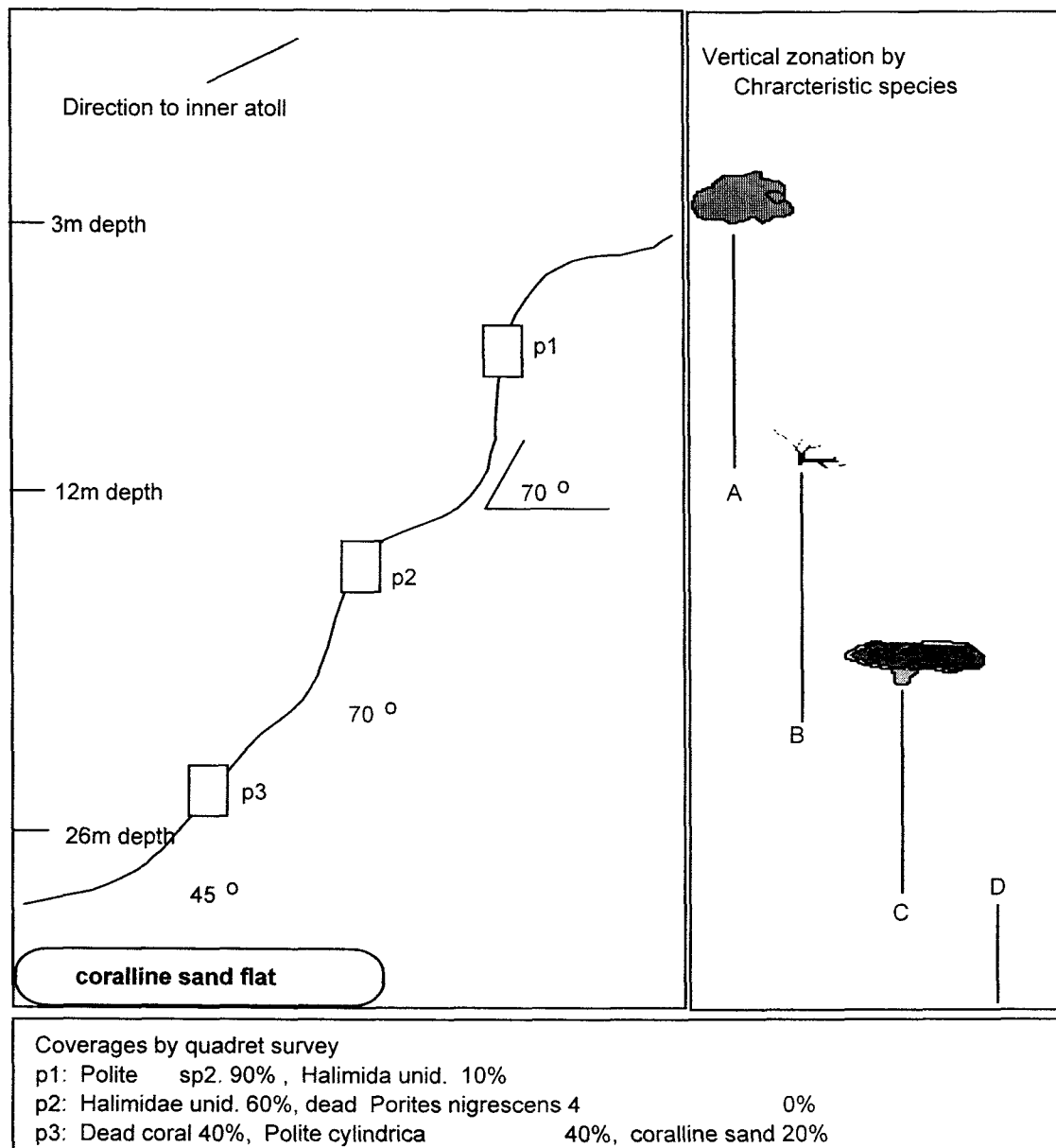


그림 6. 축환초 정점 2에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 6. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 2 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

것으로 나타났다. 표층에서 수심 12m 부근에는 *Porite* sp. 2가 우점하였다 (그림 6, A). 이 종은 다른 지역의 경우에 산재하는 양상을 보였으나 이 지역에서는 계단식 구조로 조밀하게 분포하였다. 이러한 구조로 인해 하부에 틈이 생기면서 다양한 종류의 어류가 서식하였다. 한편 산호 표면은 구멍을 파고 기생하는 석회관갯지렁이류 (*Spirobranchus giganteus*) 등이 높은 밀도 (15 ~ 20 ind./m<sup>2</sup>)를 나타냈으며, *Porite* sp. 2의 상층부에는 열대성 담치류인 *Peden* sp.가 출현하였다. 수심 12 - 20m 부근에도 역시 해조류인 *Helimida* unid.가 높은 서식밀도를 나타냈다 (그림 6, B). 해조류의 경우 죽은 *Porites nigrescens*에 부착하여 표면을 덮어가는 양상을 나타냈다. 따라서 전체 피도의 대다수를 차지하면서 다른 생물의 착저에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 오히려 해조식성을 나타내는 해삼류인 *Bohadschia goefferyi* 등이 적지 않게 관찰되었다. 해조류 (*Helimida* unid.)의 경우 일반적으로 산호초사이 틈이나 광량이 매우 밝지 않은 지역에 주로 서식하나 이렇듯 산호를 덮으면서 서식하는 양상은 축환초 내에서 거의 관찰되지 않는 모습이다. 오히려 일부지역에서만 *P. nigrescens*가 서식하는 모습을 보였다. 한편 이러한 양상은 수심 20m 이상에서는 급격히 감소하면서, 이 지역에서는 *Porite cylindrica*, *Acropora* sp. 2, *Acropora* sp. 3 등이 우점하는 양상을 나타냈다. 한편 수심이 깊어지면서 산호사의 피도가 점차적으로 높게 나타났다. 전반적으로 수심별 우점종에 포함된 산호의 경우 경사가 완만한 지역에서 높은 서식밀도를 나타냈다. 경사가 급한 지역에서는 회초리산호류 (*Junceella* sp.), 해송류 (*Lophogorgia* sp.), 해면류가 다소 출현하였는데, *Stylotella aurantium*, *Aaptos* sp. *Cribochalina* sp. 등이 높은 서식밀도를 나타냈다. 이러한 종들은 조류의 소통이 원활한 지역을 선호하는 종으로 경사가 급한 지역의 지형적 영향에 의한 것으로 보여 진다. 수심별 방형구 조사에서는 상층부에 위치한 P1의 경우 *Polites* sp. 2 주변을 설정하여 매우 단순한 종조성을 보였으며, 수심 24m에서 실시한 P3의 경우에 죽은 산호덩어리를 매개로 한 다양한 종조성을 나타냈다.

### 정점 3 (Eli Kanibu 북쪽 수중 산호초)

정점 3의 경우 1999년 한국해양연구원에서 한차례 조사가 수행된 지역으로 당시 대양조개류 (Giant clam)가 대량으로 살고 있다고 알려진 지역 (한해연 1999)에 매우 가까운 곳이다. 산호초는 물 속에 잠겨있는 형상으로 가장 얇은 지역이 수심 1.5m에 이른다. 수심 8m 까지는 약 60도의 경사면을 이루다가 약 3m 범위에서 평평한 모양을 나타낸 후 다시 경사를 이룬다. 모래질로 구성된 바닥은 24m 부근에 형성되고 있으며, 이후 다시 평평한 모양을 나타내고 있다 (그림 7). 표면에는 *Pocillopora eydouxi* 가 우점하면서 평

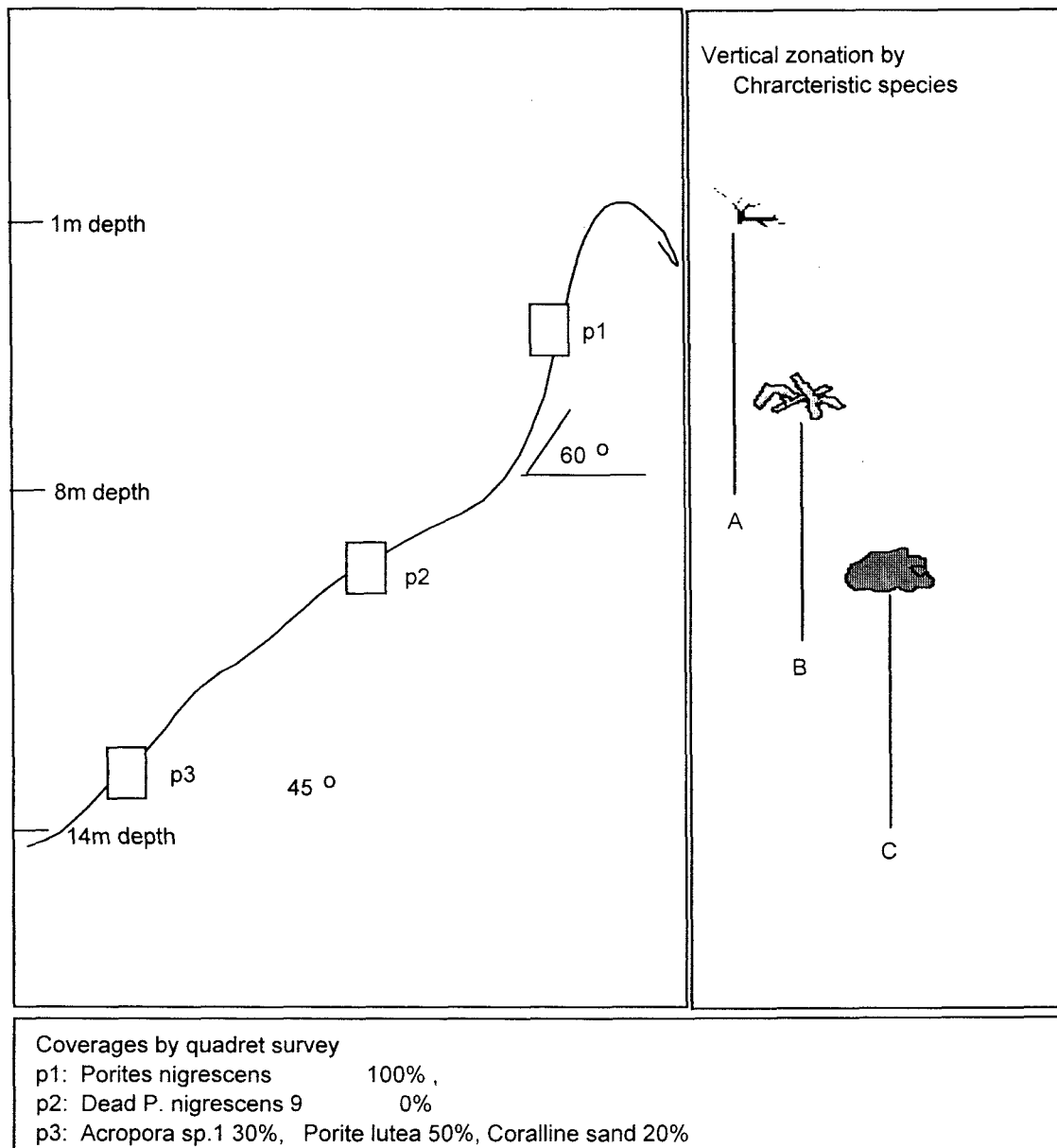


그림 7. 축환초 정점 3에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 7. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at St. 3 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.



평한 구조를 나타냈으나, 수심 8m까지는 *Porite nigrescens*가 극 우점하는 양상을 보였다 (그림 7, A). 그러나 8m 이후부터 대부분의 *P. nigrescens*가 폐사한 양상을 나타내면서 산호가 거의 서식하지 않는 환경을 나타냈다 (그림 7, B) 이러한 현상은 13m 수심까지 이어지면서, 일부 지역에 국부적으로 산호가 부착하여 성장하는 것이 관찰되었다. 이러한 양상은 북쪽 지역도 동일하게 나타났다. 1999년도 조사당시에는 산호가 폐사한 모습이 전혀 없었고, *P. nigrescens*에 의해 극우점하는 양상을 보였다. 부서진 형태로 보아 1년 이내에 다이너마이트에 의한 어획 행위가 일어났던 것으로 생각 된다. 수심 13m 이후에는 산호사가 나타나면서 주로 *Porite lutea*와 우점하면서 뇌산호류, *Pocillopora eydouxi*, 부채산호류가 부분적으로 출현하였다. 모래 지역은 해삼류인 *A. palauensis*가 우점하면서, *Stichopus variegatus*, *Bohadschia goefferyi* 등이 출현하였는데, 평균서식밀도는 1개체/m<sup>2</sup> 미만으로 나타났다. 한편 패각의 각경이 30cm에 이르는 *Tridacna squamosa* 등이 관찰되었으며, *P. lutea* 틈 사이에는 축 환초 내만 지역에서 우점하는 *Hyotissa hyotis* 등이 출현하였다. 산호를 먹어치우는 왕관가시불가사리도 관찰되었으며, 수심 15m 이상되는 지역에서는 죽은 산호덩어리 위로 명게 (*Polycarpa aurata*) 등이 부분적으로 높은 서식밀도를 나타냈으며, 산호사지역에서는 *Stylotella aurantium*, *Lanthella basta*, *Aaptos* sp. 등의 해면류가 출현하였다. 방형구 조사에서도 수심별 생물 피도가 위에서 언급한 것과 같이 나타나, p1의 경우 *P. nigrescens*가 100%에 달하는 서식밀도를 나타냈다. 이 종의 경우 가지모양으로 분지하는 형태로 성장하기 때문에 다양한 산호초 어류들의 중요한 서식장이 되고 있다. 반면 p2의 경우 산호가 전부 폐사하였고, 산호 표면에는 유기물과 더불어 일부 지역에서는 해조의 가입도 나타났다.

#### 정점4 (North Pass - Eli Kanibu Island)

정점 4는 정점 3보다 북쪽에 위치하며, 축 환초의 내만에 해당된다. 정점 3 보다는 전반적으로 완만한 수심을 나타내며, 수심 13m 이후부터는 산호사로 구성되면서 국부적으로 약 2-3m 직경의 산호초가 분포한다. 산호초는 둥근 삼각뿔 형태로 솟아 있으며, 남쪽 방향이 다소 완만한 경사를 보이고, 북쪽의 경우 약 60도 정도의 급경사를 나타냈다. 가장 낮은 수심을 나타낸 것이 3m 정도이며, 상층부까지 *P. nigrescens*가 우점하는 양상을 나타냈다. *P. nigrescens*는 수심 7m까지 다른 산호가 거의 서식하지 못할 정도로 극우점하였다 (그림 8, A) 약 8m 수심에 완만한 경사를 이루는 지역부터 수심 12m까지는 *P. lutea*를 제외하고는 대부분의 산호가 폐사하였다. 폐사된 산호는 *P. nigrescens*로 이루어졌으며, 폐사된 산호를 기반으로 한 새로운 산호의 가입은 관찰되지 않았다. 부분적

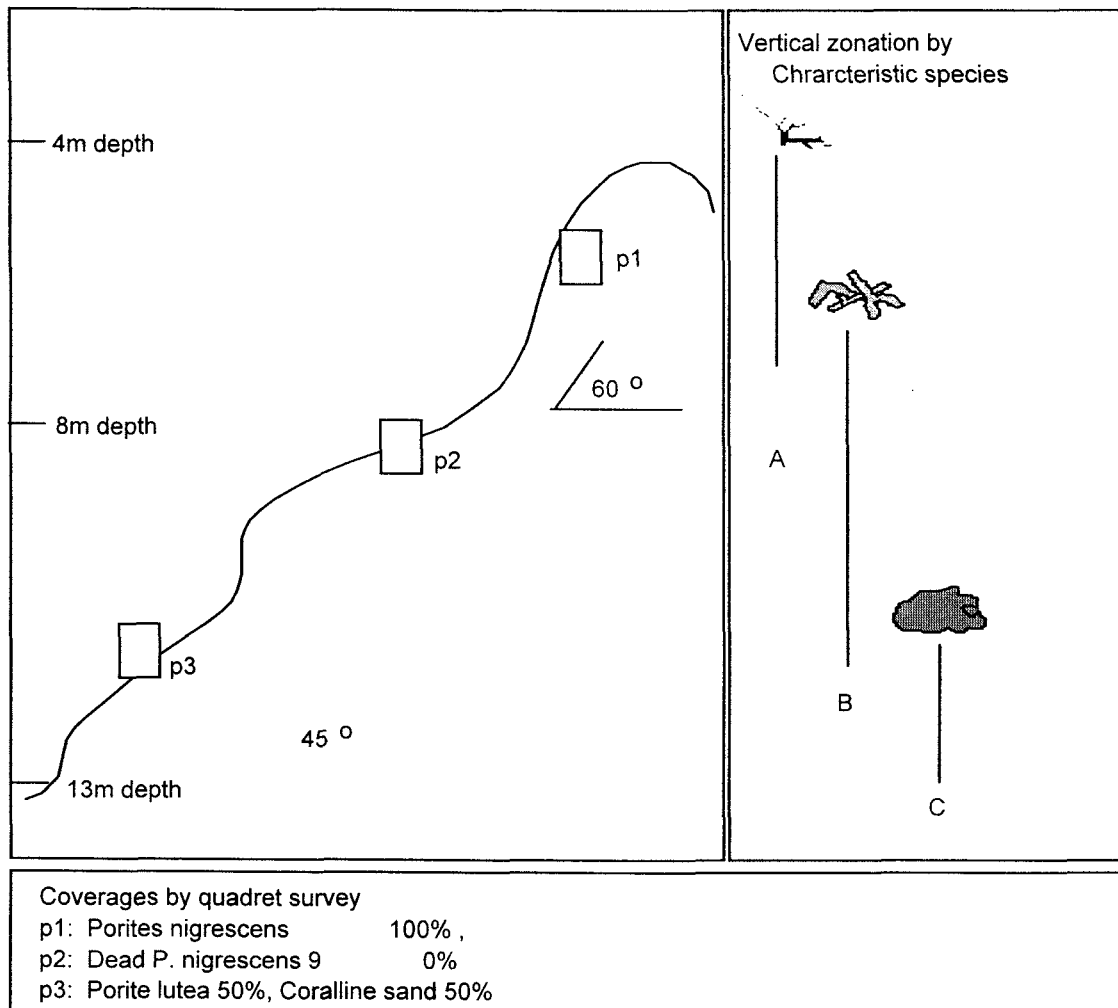


그림 8. 축환초 정점 4에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 8. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 4 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

으로 버섯산호 (*Fungia echinata*)가 관찰되었다 (화보 II-1). 수심 13m 지역은 *P. lutea* 군락이 형성되면서 다양한 모양의 산호가 부분적으로 나타났다 (그림 8, C). 이러한 산호군락을 구성하는 산호로는 *Sarcophyton* sp., *Pocillopora eydouxi*, *Porite cylindrica*, *Acropora* sp. 2 등이며, 이들 산호를 기반으로 굴, 대양조개, 긴침성게 (*Diadema savignyi*) 등이 출현하였으며, 죽은 산호덩어리에는 명게 (*Polycarpa aurata*)등이 부착하였다. 산호사에는 정점 3에서와 유사하게 해삼류가 서식하고 있으며, *P. lutea* 산호의 표면에는 석회관갯지렁이와 열대성 담치류가 출현하였다. 생물다양도는 수심 13m 이상부터 높게 나타났으며, 폐사한 산호지역은 사방으로 나타났으며, 위치에 따라 파괴된 수심구역이 다르게 나타났다. 즉, 산호초의 동쪽 면은 상층부부터 모두 파괴된 양상을 보이고 있다. 이 지역은 환초와 인접하여, 강한 파도 등 물리적 영향이 상당히 적은 지역이다. 따라서 산호초의 파괴는 어업행위를 위한 다이너마이트 사용에 의한 것으로 추정되며, 위치에 따라 빈번히 사용되는 지역이라 예상할 수 있다. 정점 3과 정점 4를 고려해 볼 때 다이너마이트를 사용한 산호의 파괴는 수심 15m 이내로 한정되는 것으로 보인다. 방형구에 의한 파괴 조사에서도 정점 3과 유사하게 나타났으며, *P. nigrescens*가 우점하는 지역의 경우 다른 산호의 가입이 불가능할 정도로 밀생하는 양상을 나타냈다.

#### 정점 5 (Polle Island 남쪽, 환초의 남서쪽 외측)

정점 5는 Polle Is. 남쪽에 위치한 지역으로 환초가 수면 밖으로 노출되지 않은 곳이다. 환초 최상부 수심은 약 1m이며, 외해로부터 직접적인 파도의 영향으로 10m 이내의 수심에서는 계곡과 같은 모양의 지형이 환초 부근에 형성된다. 수심 8m 부근에 테라스형의 구조를 보이다가 이후에는 거의 90도에 이르는 바닥을 볼 수 없는 직벽구조를 나타내고 있다 (그림 9). 주로 수심 8m 부근까지 여러 가지 형태의 계곡이 형성되어 있어 파도가 비교적 잔잔한 지역에서는 *Millepora* sp. 등이 우점하면서, 수직으로 *Porite* sp. 2와 *Acropora* sp. 3 등이 우점하는 양상을 나타냈다 (그림 9, A). 이 지역에는 산호의 천적인 왕관가시불가사리 (*Acanthaster planci*), 대왕조개 (*Tridacna squamosa*) 등도 출현하였다. 한편 산호 사이사이에는 산호붙이히드라류 (*Solanderia* sp.), *Distichopora borealis* 등이 우점하며, 해조류인 *Helimida* unid. 도 높은 서식밀도를 보였다. 수심 8m 이상은 직벽으로 주로 석회암에 밀착하여 성장하는 뇌산호류 (*Lobophyllia corymbosa*, *Leptoria ptrygia*, *Oulophyllia crispa*)등이 산발적으로 서식하였다 (그림 9, B). 하부로 내려갈수록 산호류는 거의 나타나지 않고, 석회암 기질에 회초리산호류 (*Junceella* sp.), 부채빨산호류 (*Subergorgia suberosa*), 주머니명게류 (*Exostoma* sp.) 등이 출현하였다.

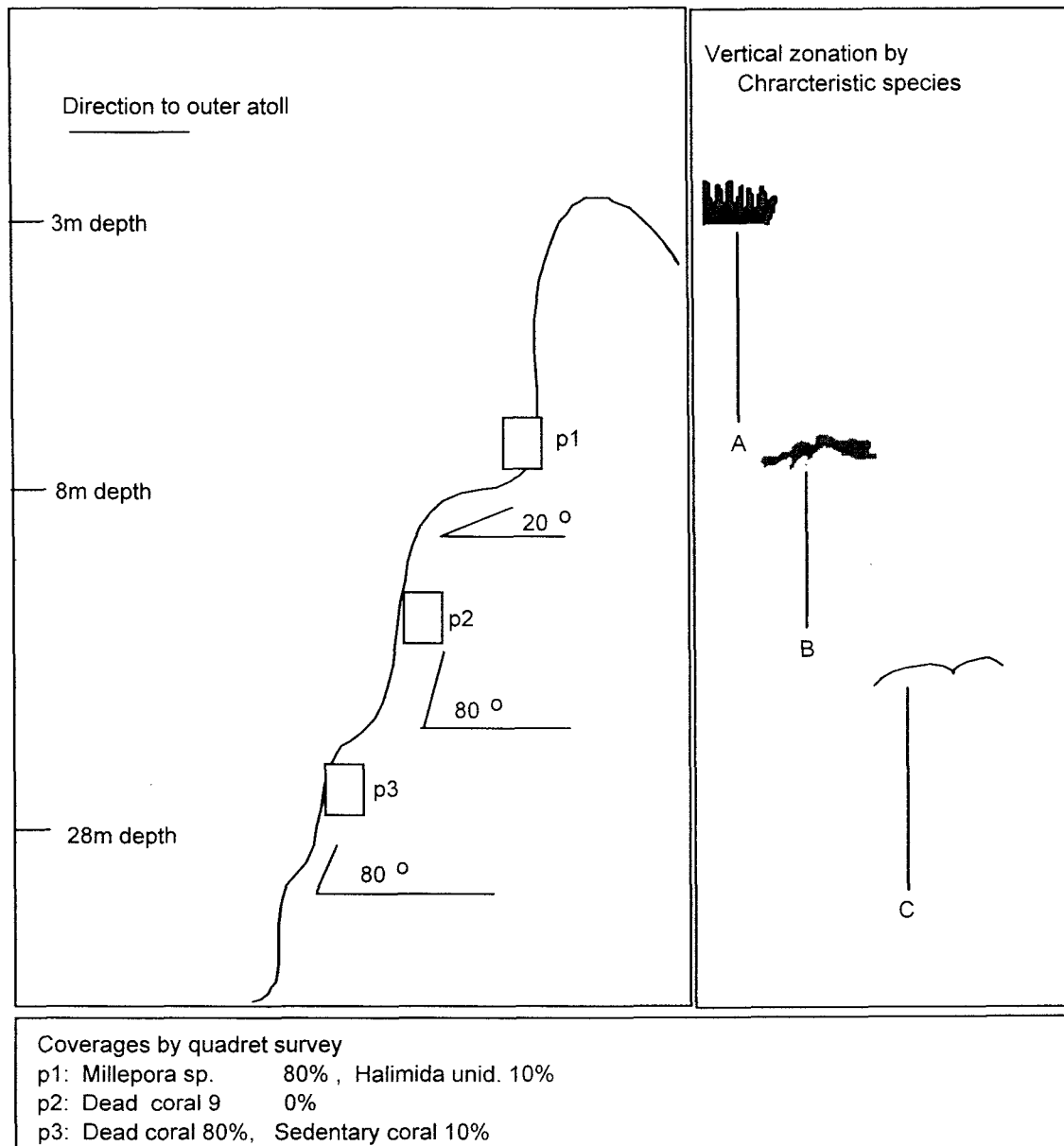


그림 9. 축환초 정점 5에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 9. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 5 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

이러한 종들은 주로 조류 소통이 원활한 지역에서 나타나는 종들이다. 방형구에 의한 조사에서도 10m 이상에서는 부착생물이 거의 나타나지 않는 석회암 구조를 보였다. 생물 다양도는 저층 보다는 오히려 상층부로 갈수록 높아지는 양상을 나타냈다. 외해역의 강한 조류와 파도로 인해 서식하는 산호류는 주로 암반에 피복하면서 자라는 종이나 유선형으로 둥근 모습을 한 뇌산호 형태를 띠고 있으며, 그나마 수심이 깊은 지역은 거의 출현하지 않는 것으로 나타났다 (화보 II-2). 이러한 경향은 물리적 영향도 있지만 다양한 종류의 포식성 어류에 의한 산호초 섭이 (grazing)도 무시하지 못 할 요인으로 보인다. 실제로 쥐돔류 등 평균 전장이 20cm 이상 되는 어류가 집단으로 산호초를 갉아먹는 모습은 일반적으로 관찰되는 현상이다.

#### 정점 6 (Polle Island 남쪽, 환초의 남서쪽 외측)

정점 6은 정점 5에서 동쪽으로 약 2km 정도 떨어진 지역으로 역시 환초가 수면 밖으로 노출되지 않은 지역이다. 환초의 최상부가 약 2m의 수심을 나타내며, 외해로부터 직접적인 파도의 영향으로 8m 이내의 수심에서는 다양한 크레바스와 계곡 모양의 지형이 환초 부근에 형성되어있다. 수심 10m 부근에 약 10m 정도의 폭을 보이는 테라스형의 구조를 보이다가 정점 5 보다는 비교적 완만한 60도 정도의 경사도를 나타내며 심해로 이어진다 (그림 10). 정점 6의 경우도 파도 비교적 잔잔한 안쪽은 *Millepora* sp. 등이 우점하면서, 수직으로 *Porite* sp. 2와 *Acropora* sp. 3 등이 우점하는 양상을 나타냈다 (그림 10, A). 대왕조개 (*Tridacna squamosa*) 등도 출현하였으며, 산호 사이에는 산호붙이히드라류 (*Solanderia* sp.), *Distichopora borealis* 등이 우점하였고, 명게류인 *Polycarpa aurata* 등도 출현하였으며, 해조류인 *Helimida* unid. 도 높은 서식밀도를 보였다 (화보 II-3). 10m 부근에 위치한 테라스형 구조에는 뇌산호류(*Lobophyllia corymbosa*, *Leptoria ptrygia*, *Oulophyllia crista*) 등이 정점 5 보다는 폭넓게 분포하였다. 수심 10m 이상 되는 지역은 완만한 경사를 보이면서, *Porite* sp. 2, *Acropora* sp. 3 등이 출현하였다. 이러한 산호군락의 틈 사이로 깃갯고사리류 (*Comanthus suavia*, *Comaster multifidus*) 등이 서식하였다. 회초리산호류의 서식밀도도 정점 5 보다는 높게 나타났으며, 연산호류와 해송류 (*Lophogorgia* sp.) 등도 출현하였다. 따라서 생물다양도의 경우 수심 10m 이후부터 높게 나타나는 경향을 보여, 정점 5와는 상이한 종조성을 나타냈다. 이러한 영향은 지형적인 구조의 차이로 보여지는데, 완만한 경사를 통해 *Acropora* 류가 서식하면서 산호군락 사이에 여러 가지 모양의 틈을 제공함으로써 다른 생물이 부착할 수 있는 다양한 공간을 제공하기 때문으로 생각된다.

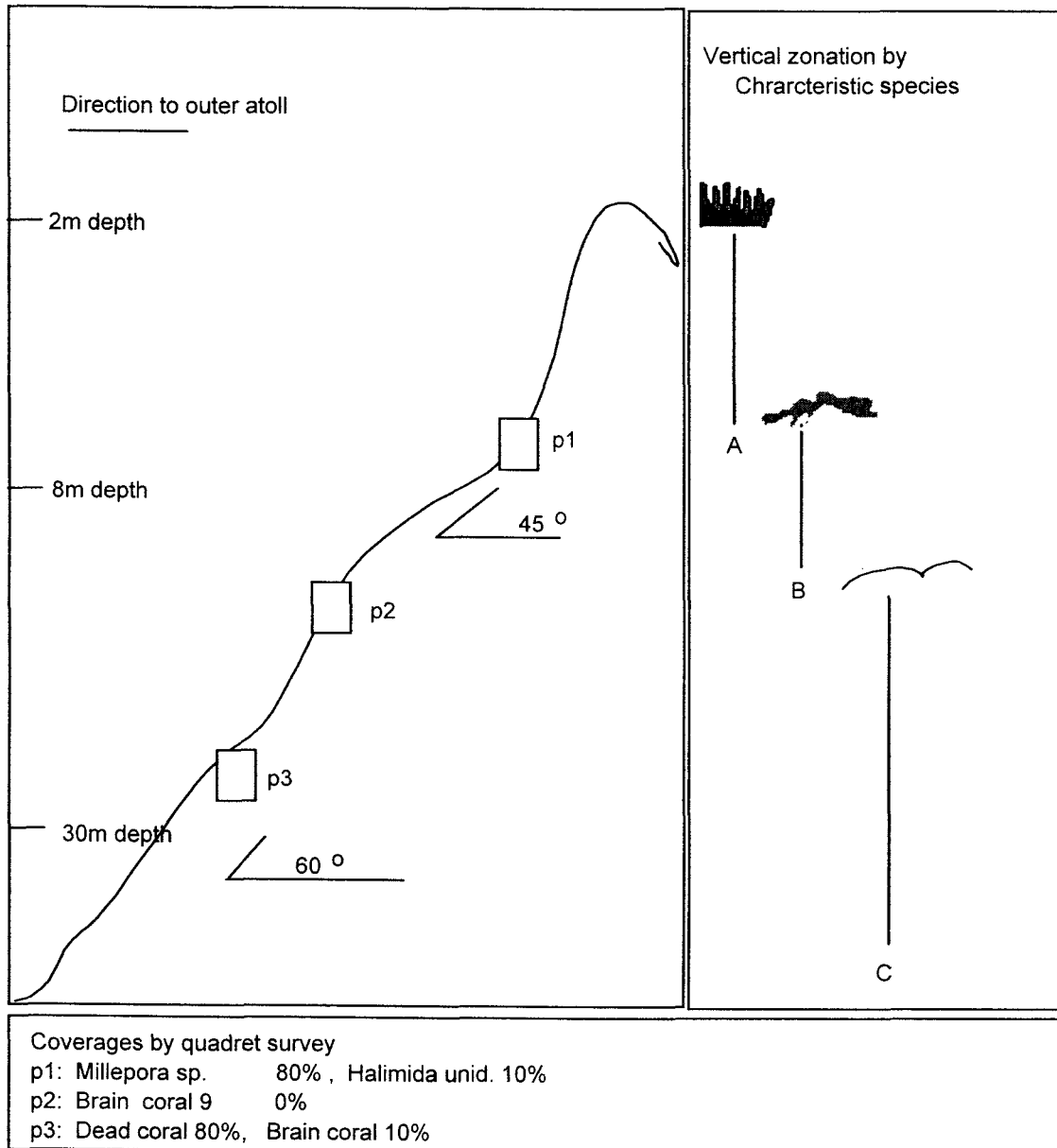


그림 10. 축환초 정점 6에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 10. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 6 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

#### 정점 7 (Kuop Atoll 내의 Laubergne Island)

쿠옵환초 동쪽 위치한 정점 7은 약 100 여m 폭의 수로 옆에 위치하여, 외해로부터의 물리적 영향을 간접적으로 받는 지역으로 조사당시 외해역에서 내만으로 강한 조류가 형성되기도 하였다. 주변에 반경 약 50m 정도의 작은 섬이 위치하면서 수면 및 약 50cm 깊이를 유지하면서 *Acropora* sp.1이 군락을 형성하였다. 지형적으로 약 7m 깊이까지는 직벽을 이루는 석회암이 형성되어 주로 *Sarcophyton* sp. 등이 우점하면서 다른 형태의 산호는 거의 서식하지 않았다 (그림 11). 기반암을 형성하는 석회암의 경우 파도 등으로 인해 여러 개의 틈이나 구멍이 형성되어 있으며, 다른 지역과는 달리 구멍 속에도 수수의 해조만 서식할 뿐 빈약한 생물상을 나타냈다. 기반암 아래 지역인 수심 7m 부터는 소량의 *Favia stelligera*가 서식하면서, 다른 부착생물에게 기질을 제공하는 형태를 나타냈다. 이 곳에는 *Acropora* sp. 3, *Pavona clavus*, *Porite lutea*, *Turbinaria retiformis* 등의 산호가 서식하며, 깃고사리류, 주머니 멍게, 등이 부착하였다. 수심 7m 이외지역은 직경이 10cm 정도의 산호 파편이 산재한 산호사로 구성되어 완만한 경사를 이루었다. 이러한 산호사 파편에는 *Axinyssa* sp., *Xestospongia exigua*, 등의 해면류와 주머니멍게 (*Didemnum* sp.) 등이 부착하였다. 이러한 종들은 조류가 비교적 강하게 작용하는 지역에서 출현하는 종으로 종조성은 매우 단순한 구조를 나타냈다. 한편 내서성동물에 의해 만들어진 퇴적물 덩어리 (pellet)가 산재하는 것으로 보아 퇴적물 내에 다모류가 서식하는 것으로 알 수 있다. 정점 7의 경우 Chuuk의 환초지역에 비해 단순한 종조성을 나타냈으며, 수심별로 우점하는 산호류를 찾아보기 어려웠다. 이러한 요인은 강한 조류에 의한 것으로 생각된다.

#### 정점 8 (Kuop Atoll의 남서쪽 통로 안쪽 연안)

정점 8은 Kuop 환초의 남쪽 수로에 위치한 지역으로 외해로부터 밀려오는 조류에 의해 시야가 흐리고, 저질의 대부분이 산호사와 산호 파편으로 구성되었다. 지형적 특성과 수심별 출현종의 조성의 경우 정점 7과 동일한 구조를 나타냈으며, 다만 수심 6m 이하에 나타나는 산호사로 구성된 저질에는 바다상치류 등 해조류가 우점하는 양상을 나타냈다 (그림 12). 또한 정점 7과는 다르게 부분적으로 죽은 산호 덩어리가 산재하여 이를 기반으로 *Acropora* sp. 3 등이 서식하였다. 석회암의 경우 구멍과 틈이 많은 구조로 상층부에 *Acropora* sp. 1 등이 높은 밀도를 보이거나 벽면에는 산호가 거의 서식하지 않았다. 기반암과 산호사 경계면을 중심으로 *Favia stelligera*가 서식하면서 다른 산호에게 기질을 제공하고 있으며, 여기에 *Acropora* sp.3, *Pavona clavus*, *Porite lutea*, *Turbinaria*

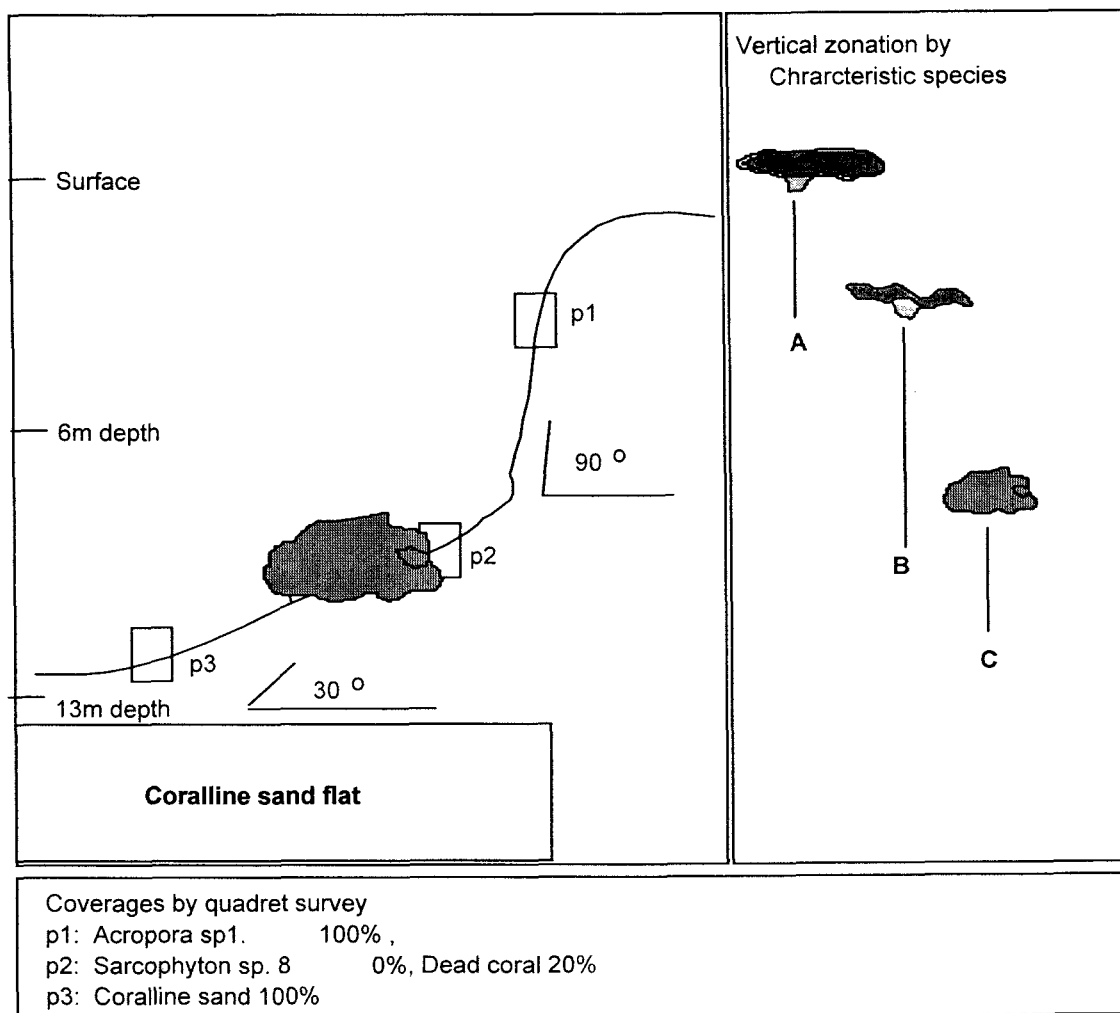


그림 11. 축환초 정점 7에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 11. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 7 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.



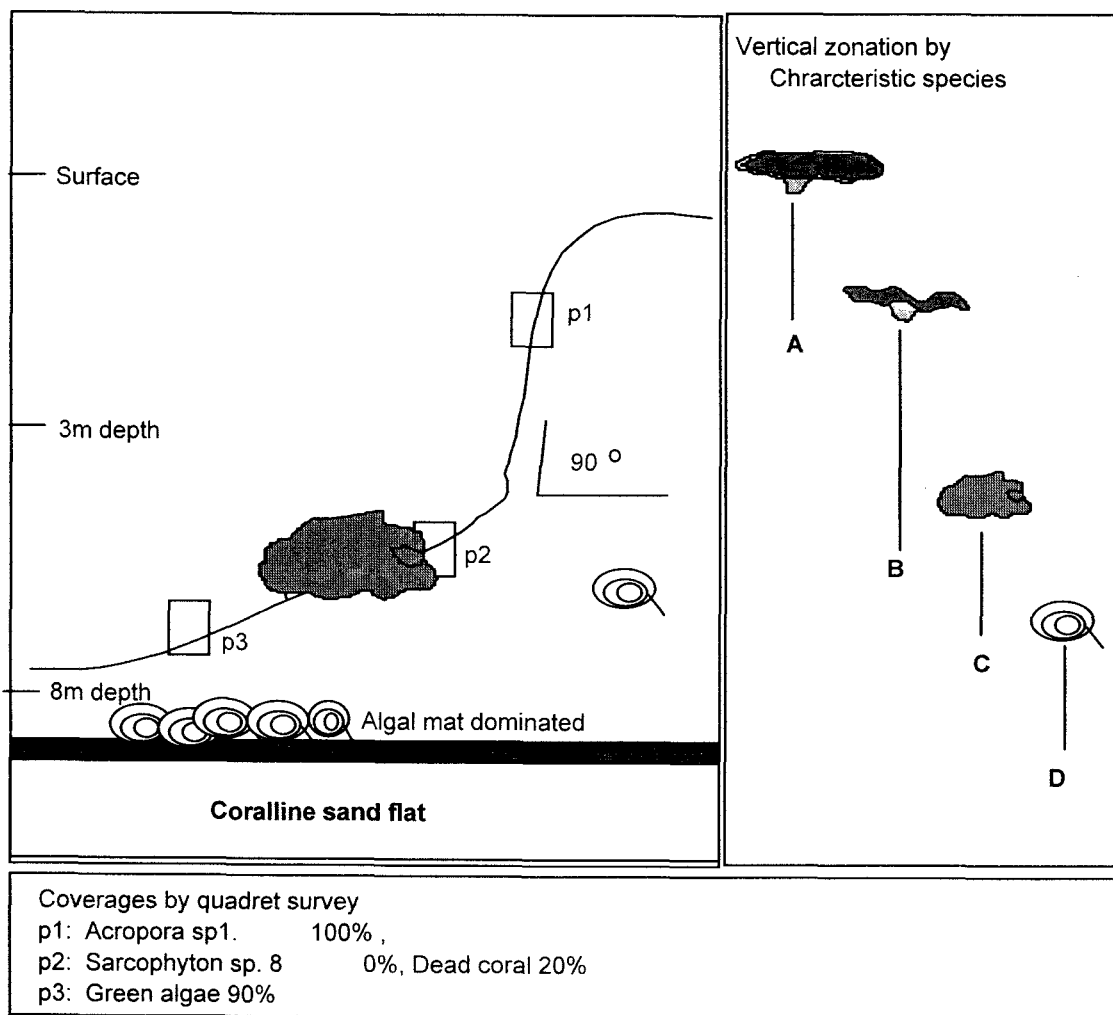


그림 12. 축환초 정점 8에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 12. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 8 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

*retiformis* 등이 서식하였다. 해조류사이에는 정점 7과는 다르게 해삼류인 *A. palauensis* 가 우점하면서, *Stichopus variegatus*, *Bohadschia goefferyi* 등이 출현하였는데, 평균서식 밀도는 5개체/5m<sup>2</sup> 정도로 나타났다. 또한 *Axinyssa* sp., *Xestospongia exigua* 등의 해면류가 산재하여 서식하였으며, 주머니멍게 (*Didemnum* sp.) 등이 20 ind./m<sup>2</sup> 등의 높은 서식밀도를 나타냈다. 또한 긴침성게류 (*Echinostrephus* sp.), 불가사리류인 *Linckia laevigata* 등도 출현하였다. 결과적으로 정점 7에 비해 산호사 주변에 해조류가 서식하면서 비교적 다양한 생물이 서식하여 상대적으로 높은 다양성을 나타냈다.

#### 정점 9 (Kuop Atoll의 남서쪽 통로 외측)

정점 9의 경우 쿠옵환초 남쪽 수로를 따라 바깥쪽에 위치한 지역으로 환초의 환 상부에 수면에 잠겨있는 구조를 나타낸다. 조사지역의 최상부는 수심 8m 로서 급격한 경사를 나타내다가 수심 16m 부근에서 약 10m 정도의 테라스 구조를 나타낸다 (그림 13). 수심 16m 이상부터는 약 45도의 경사도를 이루면서 완만한 지형적 구조를 나타낸다. 8m - 16m 지역은 석회암 표면이 굴곡이 심하게 나타나고, 심지어 동굴 형태를 나타내기도 한다. 상층부는 *Millepora* sp.가 우점하는 양상을 보이다가 수심이 깊어지면서 표면이 매끈해지고, 부분적으로 뇌산호류 (*Montipora* sp.)가 우세하게 나타났다. 정점 9의 경우 축 환초 외해역과 비교하여 산호분포가 매우 저조한 양상을 나타냈으며, 복잡한 지형을 나타냄에도 불구하고, 부착생물이 매우 빈약한 양상을 나타냈다. 특히, 축 환초의 경우 뇌산호류나 기저암에 밀착하는 산호류가 전반적으로 분포하였으나 정점 9에서 이러한 산호는 거의 볼 수 없었다. 틸사이나 동굴지역의 경우 긴침성게류 (*Echinostrephus* sp.) 등이 관찰되었고, 동굴에서 외부로 노출된 가장자리에는 다양한 멍게류 (*Exostoma* sp. *Didemnum* sp. *Polycarpa aurata*) 등이 출현하였다. 이러한 결과는 수심 20m 이상 깊어지는 지역에서도 동일하게 나타났으며, 해조류 *Halimida* unid.가 수심 20m 지점까지 서식하였다. 수심 20m 이상지역에서는 호박해면류 (*Luffariella* sp.), 산호붙이히드라류 (*Solanderia* sp.), 깃히드라류 (*Lytocarpus phoenicea*) 등이 서식하였고, 해송류와 갯고사리류 (*Oxycomanthus bennetti*, Crinoidea unid.)가 다른 지역에 비해 높은 서식밀도를 나타냈다.

#### 정점 10 (Kuop Atoll의 중부 서쪽 연안)

정점 10은 정점 8보다 북서쪽으로 약 500 여m 떨어진 지역으로 쿠옵환초가 남쪽으로 외해에 열리는 통로의 서쪽지역이다. 전반적인 생물상은 정점 8과 유사하였다. 산호사 주

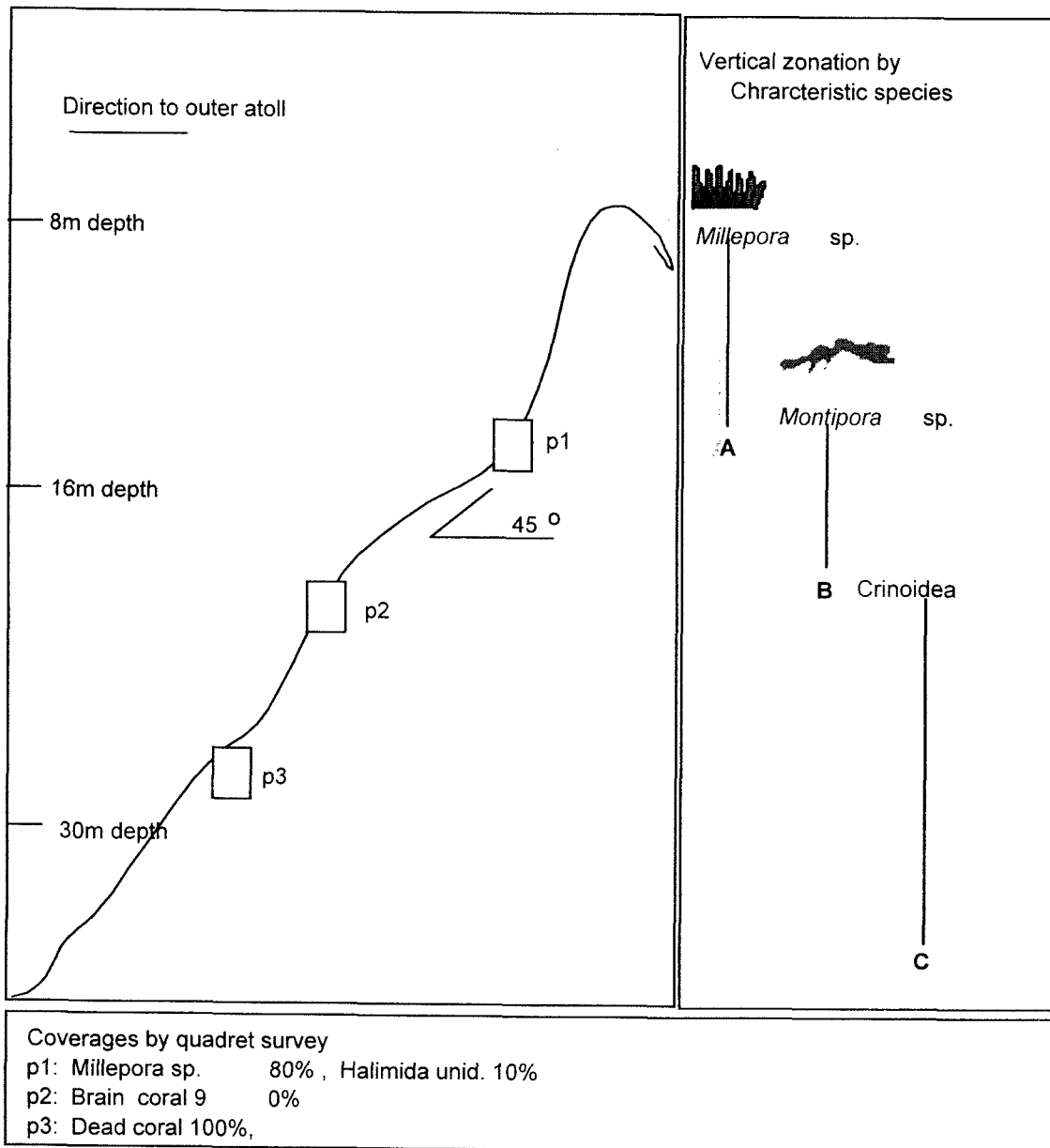


그림 13. 축환초 정점 9에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 13. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at St. 9 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

변에는 해조류가 번성하고, 작은 산호 파편 등에는 주머니멍게 (*Didemnum* sp.) 가 우점하였다 (화보 II-4). 서식밀도에서도 정점 8과 유사하게 나타났다 (그림 14). 다만 조사 지역에서 약 100m 정도 떨어진 곳에 수심 40m 정도의 수로가 형성되어 강한 조류를 발생하면서 외양수를 환초 내부로 순화시키고 있어, 환초 외부 지역에서 볼 수 있었던, 상어 등 대형 어류 등이 다량 출현하였다. 반면 석회석 등 기질이 발달하지 않아 산호 등은 전혀 나타나지 않았으며, 해삼류의 경우도 수로 내에서는 하나도 관찰할 수 없었다. 이러한 요인은 강한 조류로 인해 퇴적물 내 유기물 침전량이 상대적으로 저조한 것으로 생각된다.

#### 정점 11 (Kuop Atoll, Hacq Island 안쪽 연안)

정점 11은 축환초 북쪽에 위치하고 있으며, 환초가 노출된 형태로 나타나, 외해로부터의 조류의 영향을 거의 받지 않는 지형적 특징을 가지고 있다. 조사지역 부근에 섬이 있으며, 섬에서 시작된 산호사 구조가 저층까지 이어지는 양상을 나타냈다 (그림 15) 조사 지역인 수심 7m 지역부터 15m 까지 부분적으로 산호가 발달하였고, 대부분이 산호사로 구성되어 산호가 부착할 기질이 거의 제공되지 않은 구조를 나타냈다. 따라서 산호의 경우도 종조성이 매우 단순하여, *Millepora platyphylla*, *Acropora* sp.3, *Favia stelligra*, *Pocillopora verrucosa* 등이 다른 산호와 관계없이 각각 독자적인 군락을 형성하였다. 이러한 지형적 구조로 인해 산호초에서 치어 등 어린 고기들이 은신처로서 이용하여 다량 서식하는 양상을 나타냈다. 그러나 산호초를 기저를 이용하는 무척추동물들은 다양하게 가입되어 있으며, 주로 멍게류 (*Polycarpa aurata*)의 서식밀도가 높게 나타났다. 한편 열대문어 (*Octopus cyanea*)도 관찰되었다.

#### 정점 12 (Kuop Atoll의 북서쪽 입구)

정점 12는 쿠옵환초 북서쪽에 위치하고 있는 축환초로부터의 주 통로상 남쪽지역에 위치하고 있다.

산호초는 정점 9 보다 높게 형성되어 조석에 따라 주기적으로 노출이 가능한 형태를 나타냈으며, 상부에 *Acropora* sp. 등이 높은 서식밀도를 나타내고 있는 것으로 보아 비교적 파도의 영향이 적은 지역이라 생각된다. 한편 환초의 가장자리는 *Millepora* sp. 가 우점하는 양상을 나타냈다 (그림 16). *Millepora* sp.의 경우 축환초나 쿠옵환초 외해역 모두 가장자리 최상부에서 출현하는 것으로 나타나, 환초 외해역 환경에 주로 살아가는 종으로 보여 진다.

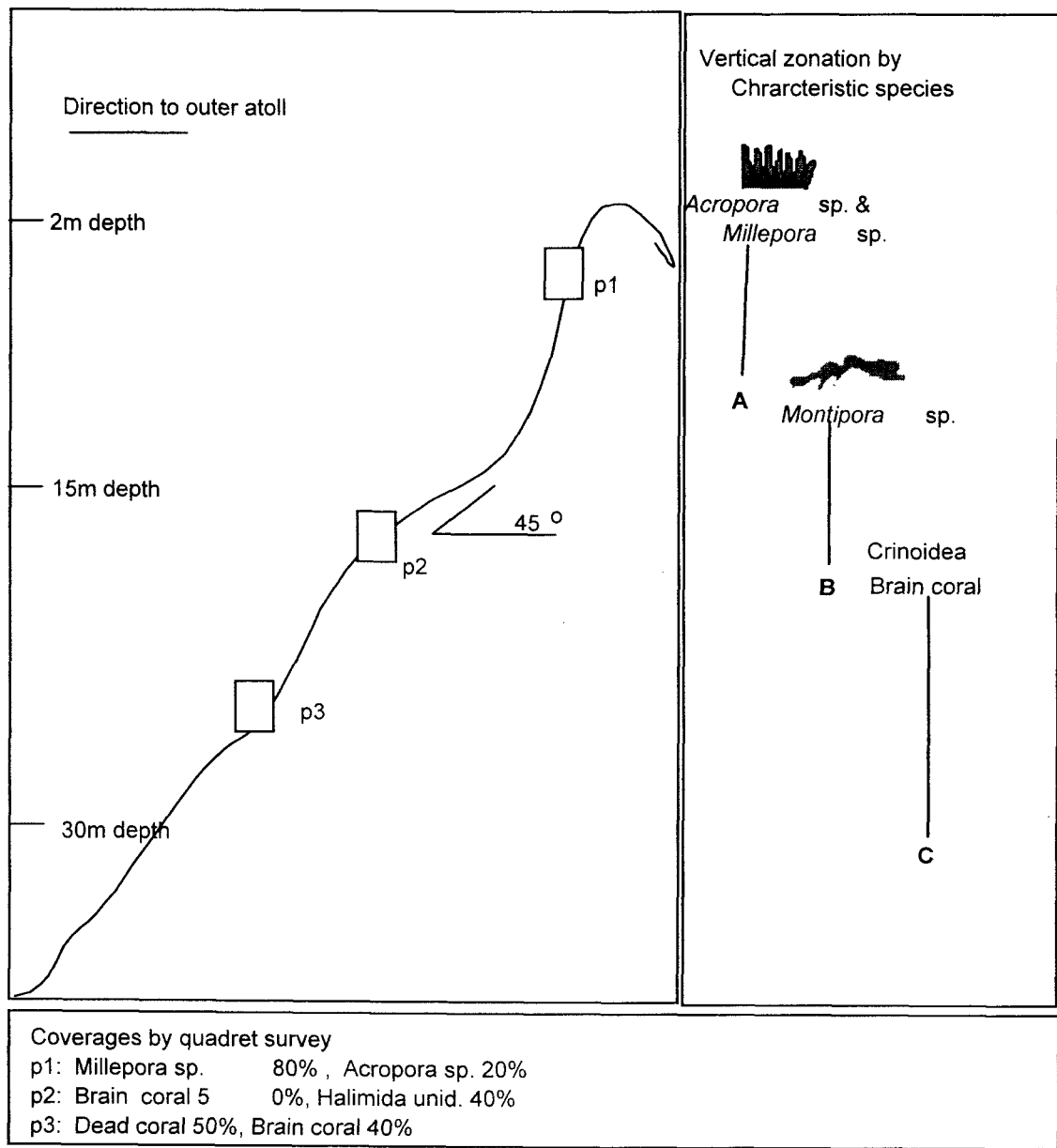


그림 14. 축환초 정점 10에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 14. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 10 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

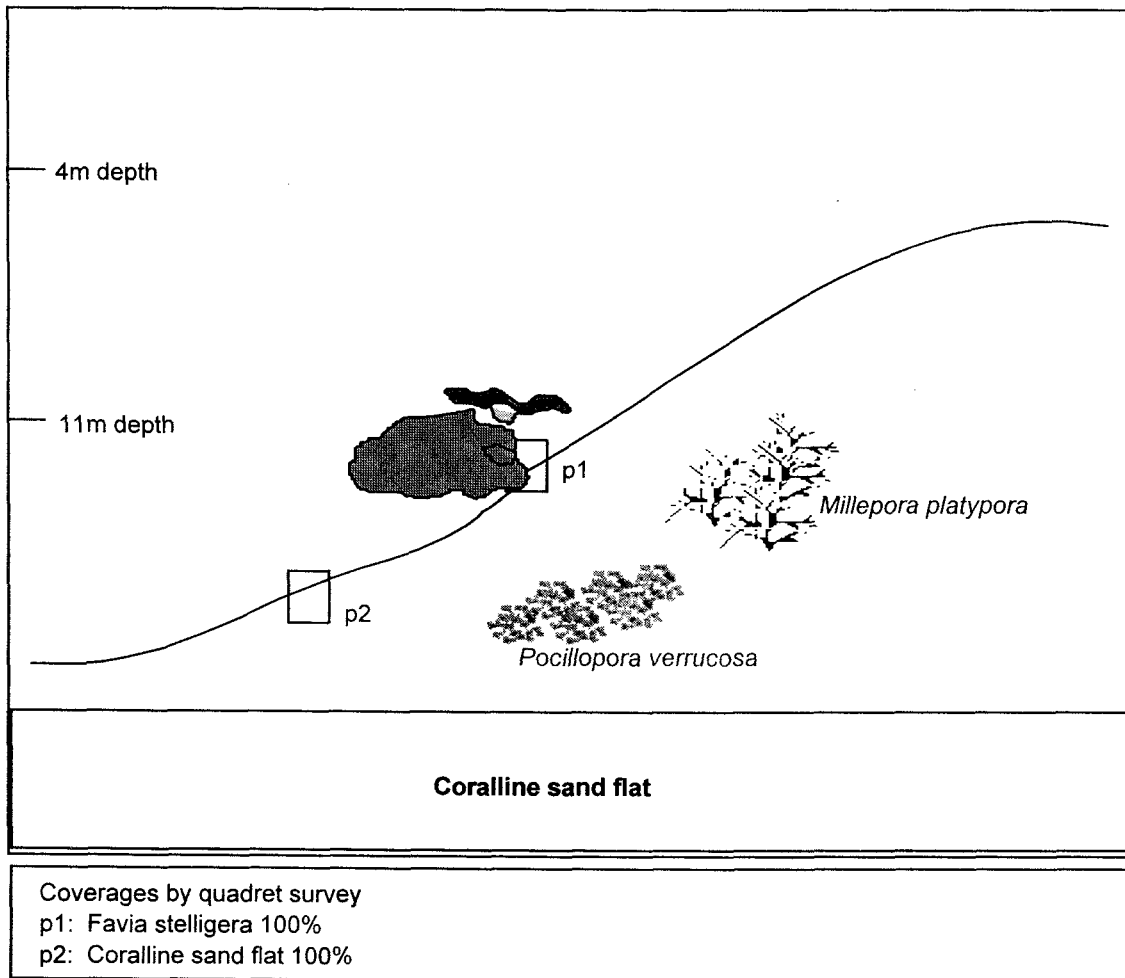


그림 15. 축환초 정점 11에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 15. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at St. 11 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadret locations.

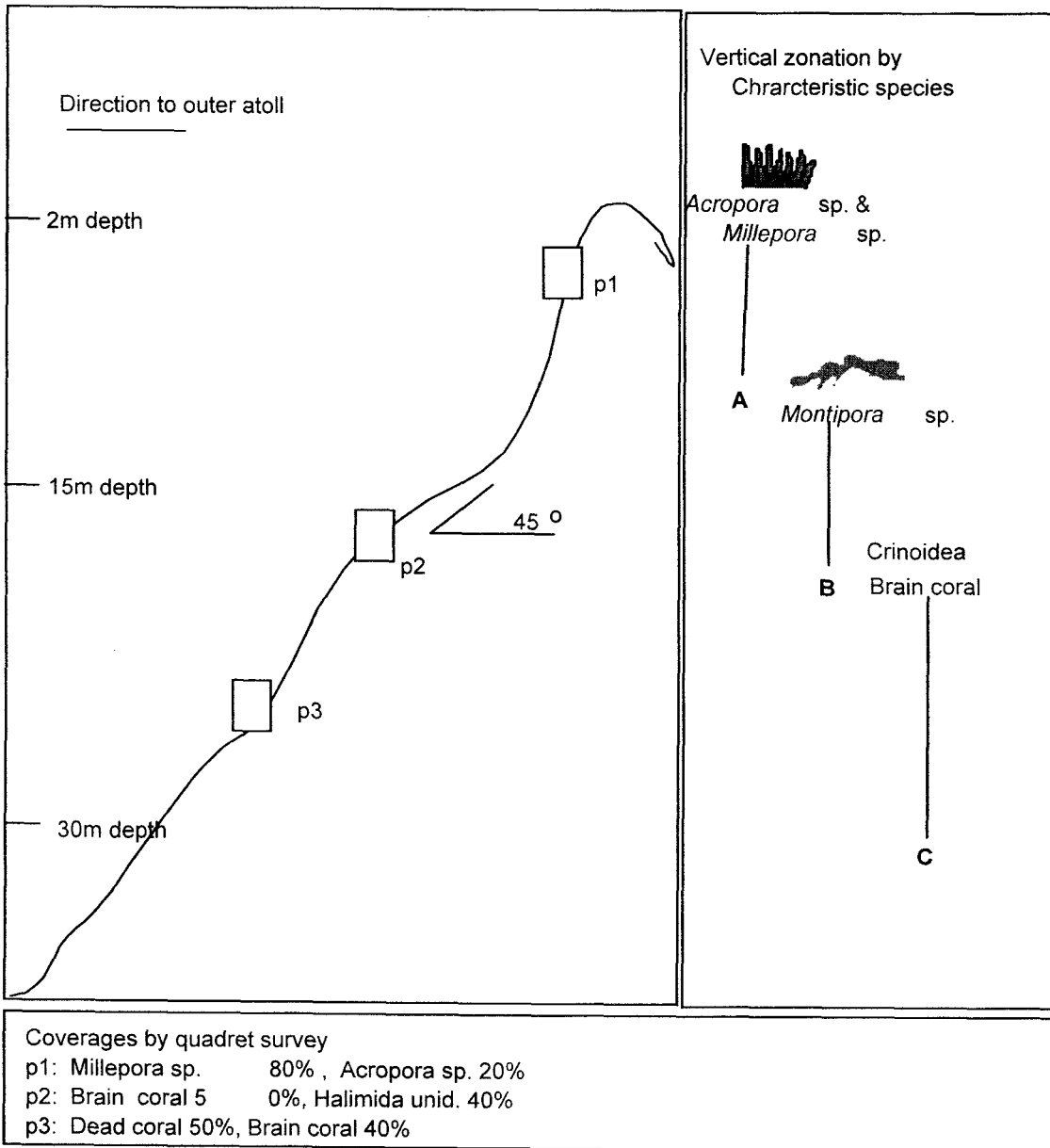


그림 16. 축환초 정점 12에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 (2003. 2).

p1, p2, p3는 방형구 조사지점.

Fig. 16. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at St. 12 in Chuuk Atoll FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

수심 15m 지점까지는 급경사를 나타내다가 이후에는 약 45도의 완만한 경사를 나타냈다. 급경사지역은 복잡한 구조를 나타내는 틈 사이에 해조류 등이 서식하고 있으며 작은 틈새에는 긴침성게 (*Echinostrephus* sp.) 등이 관찰되었다. 한편 동굴에서 외부로 노출된 가장자리에는 다양한 멧게류 (*Exostoma* sp. *Didemnum* sp. *Polycarpa aurata*)와 갯고사리류 (*Oxycomanthus bennetti*, Crinoidea unid.) 등이 출현하였다. 기저암에는 *Montipora* sp. 등 피복형 뇌산호가 우점하고 있으며, 그 주변에 깃히드라류 (*Lytocarpus phoenicea*) 등이 출현하였다. 수심 15m 이상 완만한 경사를 이루는 지역의 경우 뇌산호류가 산재하면서, 갯고사리류와 히드라가 우점하는 양상을 나타냈다. 전반적으로 정점 9와 유사한 수직분포를 나타내면서 독특한 모양의 극피동물, *Choriaster granulata*, *Culcita novaeguineae*, *Ophiothrix* sp. 등이 서식하는 것이 특기할 만 하다.

#### 나. 대형무척추동물의 군집분석

총 12개 정점에서 수행된 조사에서 초대형무척추동물의 경우 79종이 출현한 것으로 나타났다 (표 27). 이 중에 산호가 포함된 강장동물 (Cnidaria)이 40종으로 가장 많은 종 수를 나타냈으며, 다음으로 극피동물 (Echinodermata)이 16종이 출현하였으며, 환형동물 (Annelida)이 2종으로 가장 적은 종 수를 나타냈다 (부록 2).

표 27. 축해역의 조사 정점별 대형저서동물의 출현 종수 (2003. 2)

Table 27. Number of zoobenthic species in Chuukish, FSM (2003. 2)

Taxon.	TOTAL	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12
Porifera	9	2	3	3	2	0	0	2	2	1	3	2	2
Cnidaria	40	15	12	9	13	18	17	14	11	11	14	10	16
Annelida	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Mollusca	8	2	2	4	4	1	1	0	1	1	1	3	2
Echinodermata	16	4	5	6	4	2	1	3	5	5	6	3	7
Chordata	4	1	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	3
Total	79	25	25	24	26	23	21	20	21	21	28	20	30

이번 조사는 수심별 정량적 자료를 근거로 실시한 것이 아니라, 마크로 사진 장비를 사용하여 수심별로 촬영한 자료와 우점종의 경우 일부 시료를 채취하여 동정한 결과를 이용한 것으로 실제 정량 분석을 실시한다면 이보다 상당한 종수를 나타냈을 것이다.

산호초 지대는 해양생태계에서 가장 생물다양성이 높은 해역으로 알려져 있으나 기반



이나 저질을 구성하는 우점종의 형태에 따라 차이를 보이고 있다 (English et al.,1994). 따라서 서식환경을 파악하는 것만으로 종조성이나 생물다양도를 어느 정도 추측할 수 있다. 정점별로 비교해 보면 쿠오회초 외곽에 위치한 정점 12에서 가장 높은 종수를 나타냈으며, 전반적으로 쿠오회초 내측 지역에서 낮은 종수를 나타냈다. 이러한 요인은 조사지역의 대부분이 산호사로 구성된 지역이므로 산호 분포가 저조하였기 때문이다. 산호사 지역은 표서동물 (Epi-fauna)만을 대상으로 조사한 것으로 암반 생태계 보다는 현저히 적은 종수를 나타내고 있기 때문이다. 전반적으로 종수의 차이는 강장동물의 분포양상에 좌우되는 것으로 나타나, 산호초 조성이 전반적인 종수를 좌우하는 것을 알 수 있다. 조사정점에서 출현한 종의 서식유무를 근거로 각 정점별 유사도를 분석하였다 (그림 17). 분석 결과 크게 3개 군집으로 나누어 졌는데, 우선 크게 내만과 외해역이 상한 군집구조를 나타내고 있으며, 정점 7, 8, 10, 11 등 쿠오회초 내부 정점과 정점 2, 3, 4로 축 환초 내부의 정점, 그리고 축과 쿠오회초의 외해역 등으로 나누어 졌다. 이러한 결과로 추론해보면 환초의 내부와 외해역은 상이한 종조성을 보이고 있는 것으로 알 수 있으며, 특히 축환초와 쿠오회초의 경우도 내만에 서식하는 종조성에는 상이한 차이가 있는 것으로 해석할 수 있다.

#### 다. 축해역의 대형무척추동물 분포양상

##### 1). 종조성

금번 조사와 1999년부터 2001년까지 축해역에서 총 29개 지역을 대상으로 조사된 결과 (한국해양연구소, 1999, 2001)를 토대로 우점종에 대한 종조성을 비교하였다. 조사지역은 축환초가 14개 지역으로 가장 많았으며, 이중 환초 외측이 6개 지역, 내측이 8개 지역이었다. 쿠오회초 해역은 6개 지역이었으며, 축환초 북서쪽 120km에 위치한 나무인환초의 경우 9개 지역이 조사되었다. 이들 3개 해역에서 총 117종이 기재되었는데, 축환초 외측에서 가장 많은 종 이 나타났으며, 나무인환초는 조사지점 수에 비하여 빈약한 44종이 출현하였다 (표 28).

한편, 이러한 조사들이 각 정점별로 한 개의 정선만을 선정하여 수행되었으며, 수심별로 우점종의 피도를 산정하기 위해 실시한 방형구 조사, 수중 촬영사진 및 잠수조사시 육안으로 관찰된 자료를 토대로 한 것을 감안하면, 실제로 이보다 많은 저서동물 분류군이 서식하고 있다고 판단된다. 가장 많은 종수를 나타낸 분류군으로는 산호충류가 포함된 강장동물로, 축 환초의 경우 북쪽과 남쪽을 포함한 지형적 조건이 다른 폭넓은 해역을 대상

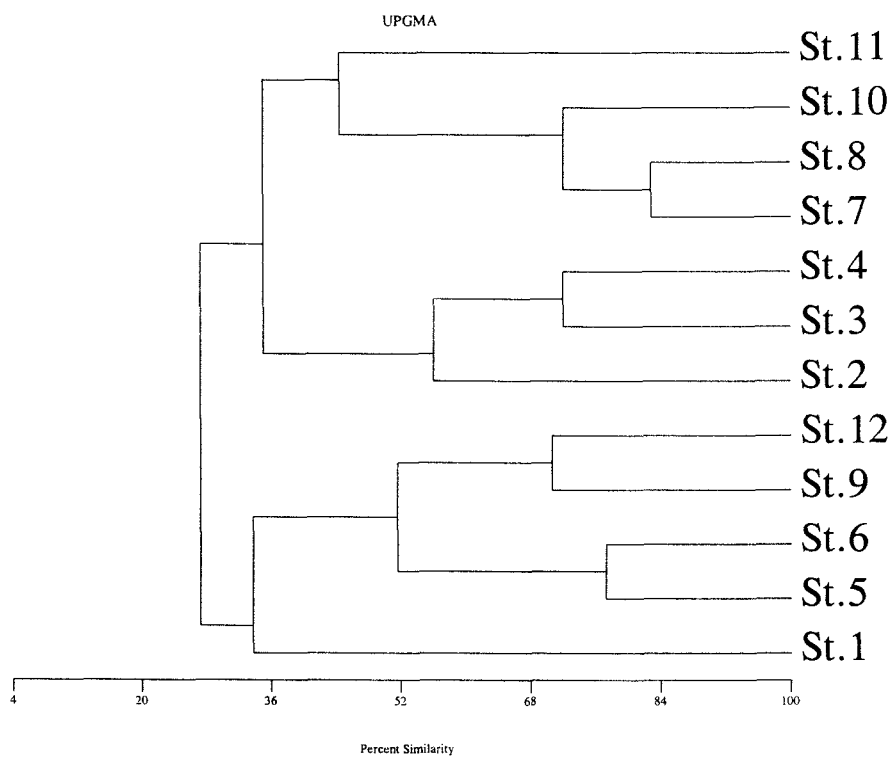


그림 17. 축해역의 정점별 대형저서동물의 유사도분석 결과 (2003. 2).

Fig. 17. Species similarities of megalozoobenthos among research stations in Chuukish waters, FSM (2003. 2)

표 28. 축해역에서 조사된 대형저서동물의 종수 비교 (1999 ~ 2003)

Table 28. Comparison to the number of megalozoobenthic species in Chuukish waters (1999 ~ 2003)

	Chuuk Atoll		Kuop Atoll	Nomwin Atoll
	Outer area	Inner area		
Porifera	5	12	5	8
Cnidaria	35	19	29	16
Bryozoa	1	1	0	0
Annelida	2	1	1	1
Mollusca	4	9	4	7
Arthropoda	0	0	0	4
Echinodermata	9	8	14	5
Chordata	3	3	3	3
Number of species	59	53	56	44
Number of stations	6	8	6	9

으로 하였기 때문에 높은 종수를 나타낸 것으로 생각된다. 나무인환초의 경우에만 절지동물이 출현하였는데, 이러한 결과는 조사해역 중에 유일하게 열대성 잘피 군락이 포함되었기 때문에 상대적으로 소형갑각류의 발견이 용이하였기 때문으로 생각된다. 축환초를 비롯한 나무인환초 및 쿠옵환초는 망그로브계와 닭새우 등 고부가가치를 가지고 있는 대형갑각류가 많이 서식하고 있는 곳이지만, 조사방법의 제약으로 인하여 대형갑각류 자원에 대한 조사는 수행되지 못하였다.

## 2) 군집 분석

조사된 지역을 대상으로 종조성의 유사도를 비교하기 위한 집괴분석을 실시하였다. 쿠옵환초와 축환초의 외곽지역이 유사도가 높게 나타났으며, 나무인환초의 경우 다른 지역과 가장 낮은 유사도를 나타냈다 (그림 18). 쿠옵환초의 경우 축환초의 외곽지역과 유사한 종 조성을 나타낸 것은 쿠옵환초 조사당시 6개 지점 중에 2개 지점이 환초 바깥지역을 대상으로 실시하였고, 또한 2개 지점이 수로부근에 위치하였기 때문으로 생각된다. 결과적으로 환초의 내부와 외곽 지역은 상이한 종조성을 나타내고 있으며, 축 환초와 상당

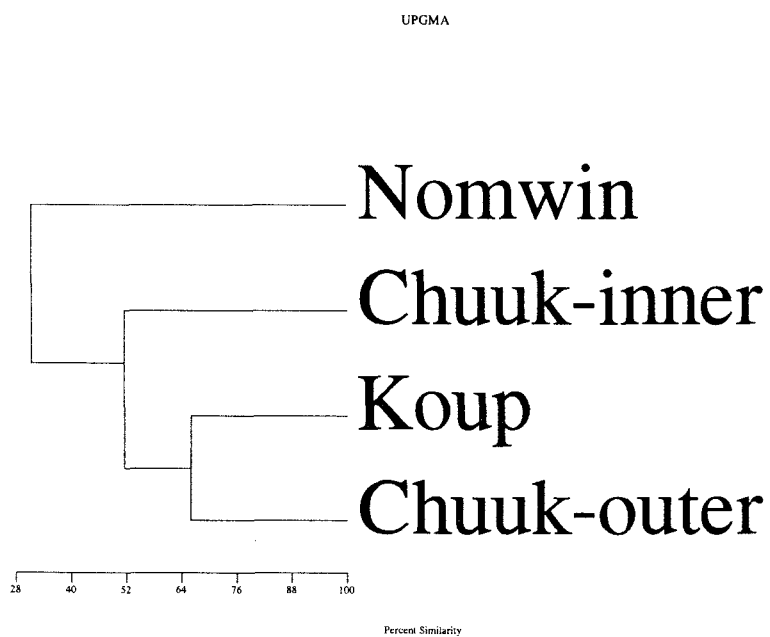


그림 18. 축해역의 4개 조사지역별 대형저서동물의 종유사도분석 결과 (1999 ~ 2003).

Fig. 18. Species similarities of megalozoobenthos among 4 research areas in Chuukish waters, FSM (1999 ~ 2003)

한 거리를 보이는 나무인환초의 경우 종 조성에서 축 환초와는 상이한 것으로 해석할 수 있다.

금번 조사에서 총 79종의 대형무척추동물이 관찰되었으며, 이 중에 산호가 포함된 강장동물 (Cnidaria)이 40종으로 가장 많은 종수를 나타냈다. 군집분석 결과 크게 3개 군집으로 나누어 졌는데, 우선 크게 내측과 외측이 상이한 군집구조를 나타내고 있으며, 특히 축환초와 쿠옵환초의 경우도 외측에서는 비교적 유사하나 내측의 경우 상이한 종조성을 보였다. 한편 축해역 전체에 대한 한 종조성 유사도 분석에서는 나무인환초는 축환초 및 쿠옵환초와 상이한 군집구조를 형성하고 있는 것으로 나타났다.

### 3. 해조류자원

조사된 12개 정점에 존재하는 해조군집의 구성종은 표 29와 같다. 구성종의 수가 가장 많았던 곳은 축환초의 South Pass 서쪽의 정점 6이었고, 가장 적은 곳은 쿠옵환초에서의 정점 7, 10, 11 및 12였다.

표 29. 축해역의 조사 정점별 해조군집의 출현 종수 (2003. 2)

Table 29. Number of seaweed species in Chuukish water, FSM (2003. 2)

Species	Station Number											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CHLOROPHYTA</b>												
<i>Boodlea</i> sp.					+	+			+			
<i>Microdictyon</i> sp.						+		+	+	+	+	+
<i>Valonia ventricosa</i>	+	+										
<i>Bryopsis pennata</i>		+	+	+								
<i>Caulepa racemosa</i>			+	+								
<i>Halimeda discoidea</i>		+		+	+	+	+	+	+			
<i>H. opuntia</i> f. <i>cordata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halymeda</i> sp.					+	+			+			
<b>PHAEOPHYTA</b>												
<i>Zonaria diesingiana</i>	+				+	+						
<i>Padina minor</i>		+										
<i>Turbinaria ornata</i>					+	+						
<b>RHODOPHYTA</b>												
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					+	+						
<i>Cruoriopsis</i> sp.					+	+			+			
<i>Lithothamnion simulans</i>						+			+			
<i>Lithophyllum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total number of species	4	6	4	5	9	11	3	4	8	3	3	3

출현종수에 대한 *t*-test의 결과 축환초 연안의 산호초에 형성된 해조군집의 출현종수는 쿠오후초 연안에 비하여 유의한 차이가 없는 것 ( $t=1.75$ ,  $df=10$ ,  $P>0.05$ )으로 나타났다 (표 30).

표 30. 축환초와 쿠오후초간 해조군집의 구성 종수의 비교 (2003. 2)

Table 30. Comparison of species diversity of seaweed between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM (2003. 2)

Variable	Chuuk (S.D.)	Kuop (S.D.)	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
Diversity	6.50 (2.88)	4.00(2.00)	1.75	10	0.11*

\* : no significantly different (paired *t*-test for the two tailed hypotheses,  $P=0.05$ )

각 정점에서의 해조류의 수심별 분포양상을 알아본 결과, 구성종의 종류와 그 피도, 그리고 수직분포 패턴은 정점별로 많은 차이를 보였다 (표 29). 우선 해조류의 분포하한 (vertical distribution limit)은 정점별로 많은 차이를 보이는데, 환초의 내측 직벽에 위치한 정점 5, 6, 9 및 12에서의 분포하한이 25m 이상으로 깊은데 비해, 수심이 얇거나 경사가 완만한 지역에 위치한 정점들에서는 대체로 20m 미만에서 분포하한선이 결정된다 (그림 19). 경사가 완만한 지역에 위치한 정점에서 해조류의 분포하한이 얇은 것은 경사가 끝나는 수심 20 m 내외에서 석회질대가 산호초를 따라 이어지기 때문에 해조류가 착할 기질이 소실되는 것과 큰 관련이 있어 보인다.

각 조사정점에서 해조류의 피도는 수심별로 큰 차이를 보였다 (표 31). 축환초에서 조사된 정점 1 ~ 6의 경우 정점 2를 제외하고는 모든 정점에서 수심 10 m 또는 15 m에서 해조류의 피도가 가장 높았으나, 정점 2의 경우 수심 20 m에서 해조류의 피도가 가장 높았다 (그림 20). 수심 15 m 이하에서 해조류의 피도가 감소하는 것은 전술한 바와 같이 경사가 완만하고 수심이 얇은 지역에 위치한 정점에서 수심 20 m 내외에서 펼쳐지는 석회질대로부터 저질퇴적물의 재부유 또는 수심 증가에 따른 빛에너지의 감소와 관련이 있는 듯 보인다. 수심 5 m에서의 낮은 해조류 피도는 산호충과 생물학적 상호작용 (biological interaction, i.e. competition)과 표면부근에서의 강한 파도 (surf energy)에 의한 이탈과 관련이 있는 것으로 생각된다. 쿠오후초의 경우에는 해조류의 수심별 피도 변화가 정점별로 많은 차이가 있었다 (그림 21). 정점 8과 정점 12의 경우에는 수심 10 m에서 피도가 가장 높은 반면 정점 9와 정점 11의 경우에는 20 m에서 피도가 가장 높았

표 31. 축해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종별 피도 (2003. 2)

Table 31. Vertical distribution pattern of seaweed species in Chuukish water, FSM (2003. 2).

Species	Station Number											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>5 m</b>												
<i>Boodlea</i> sp.					+	+						
<i>Microdictyon</i> sp.								5	2	50	10	5
<i>Halimeda discoidea</i>		5			3	+	+		+			
<i>H. opuntia f. cordata</i>	14	5		5	5	3	3	2	3	5	+	+
<i>Halymeda</i> sp.					2	+			3			
<i>Zonaria diesingiana</i>	6					+						
<i>Padina minor</i>		15										
<i>Turbinaria ornata</i>					+	+						
<i>Peyssonnelia caulifera</i>						+						
<i>Cruoriopsis</i> sp.									+			
<i>Lithothamnion simulans</i>									+			
<i>Lithophyllum</i> sp.		+		+	+	5	3	3	3	2	2	+
<b>10 m</b>												
<i>Microdictyon</i> sp.							+	12	3		8	8
<i>Valonia ventricosa</i>	+	+										
<i>Bryopsis pennata</i>		+	+	+								
<i>Caulerpa racemosa</i>			+	+								
<i>Halimeda discoidea</i>		10		3	3	4	+	2				
<i>H. opuntia f. cordata</i>	21	3	5	10	6	10	3	4	3		3	+
<i>Halymeda</i> sp.					5	3			5			
<i>Zonaria diesingiana</i>	9					+	2					
<i>Padina minor</i>		26										
<i>Turbinaria ornata</i>							+					
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					5		+					
<i>Cruoriopsis</i> sp.					+		+					
<i>Lithothamnion simulans</i>						2						
<i>Lithophyllum</i> sp.	+	+	+	+	10	+	+	+	2		+	+
<b>15 m</b>												
<i>Microdictyon</i> sp.								5	5		8	5
<i>Valonia ventricosa</i>	+											
<i>Bryopsis pennata</i>			+									
<i>Caulerpa racemosa</i>			+									
<i>Halimeda discoidea</i>		18		2	+	2	+	+				
<i>H. opuntia f. cordata</i>	10	6	5	8	5	5	2	+	2		3	+
<i>Halymeda</i> sp.					10	15			5			
<i>Zonaria diesingiana</i>	5					+	2					
<i>Padina minor</i>		40										
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					3	3						
<i>Cruoriopsis</i> sp.					2	+						
<i>Lithothamnion simulans</i>						10			2			
<i>Lithophyllum</i> sp.	+	+	+	+	5	10	+	+	3			+
<b>20 m</b>												
<i>Microdictyon</i> sp.									15		12	5
<i>Halimeda discoidea</i>		20										
<i>H. opuntia f. cordata</i>	5	3		5	5	3			12		+	+
<i>Halymeda</i> sp.					10	8			8			
<i>Padina minor</i>		50										
<i>Peyssonnelia caulifera</i>						+						
<i>Cruoriopsis</i> sp.					3							
<i>Lithothamnion simulans</i>						5			5			
<i>Lithophyllum</i> sp.					+	3			+			+
<b>25 m</b>												
<i>Microdictyon</i> sp.									12			3
<i>H. opuntia f. cordata</i>					5	+			10			+
<i>Halymeda</i> sp.					10	5			10			
<i>Lithothamnion simulans</i>						2			3			
<i>Lithophyllum</i> sp.					+	+						+

\* : Values are % cover of each species at a given depth.

+ : species showing less than 1% coverage

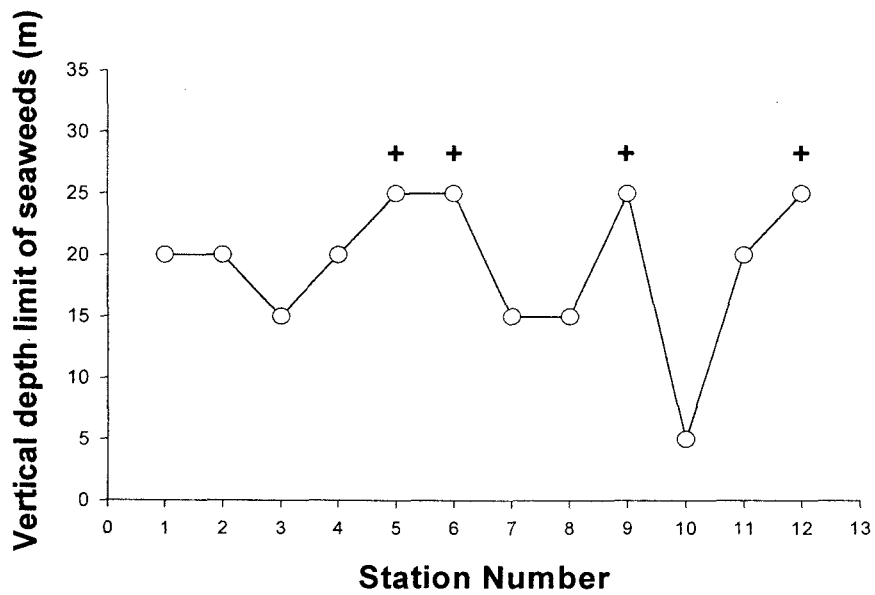


그림 19. 축해역에 분포하는 해조류의 분포 하한선 (2003. 2).

Fig. 19. Vertical distribution limit of seaweeds occurred in Chuukish water FSM (2003. 2).

+ : seaweeds were found at depth more than 25 m, but no detailed observation was available.



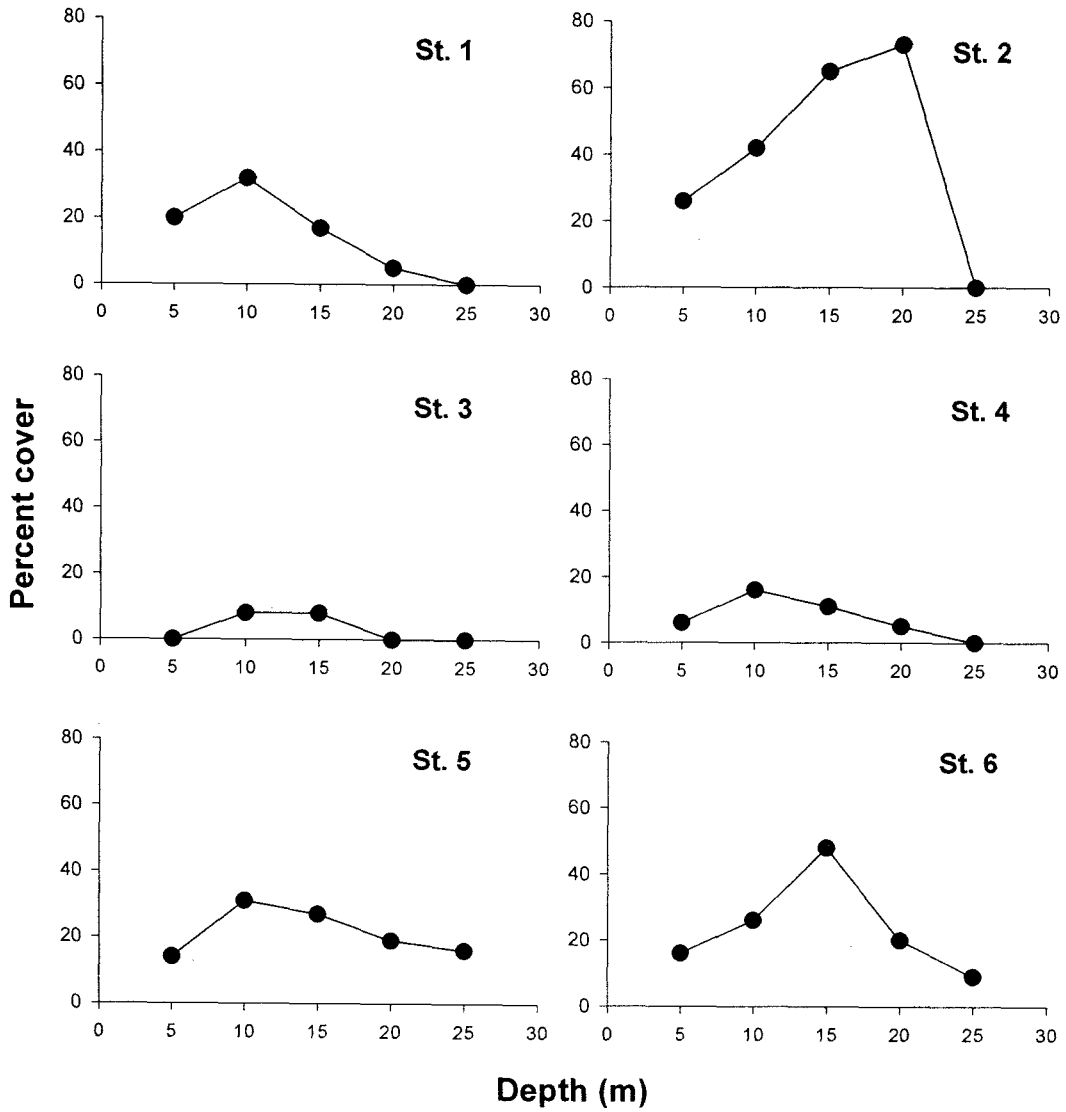


그림 20. 축환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 (2003. 2).

Fig. 20. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2).

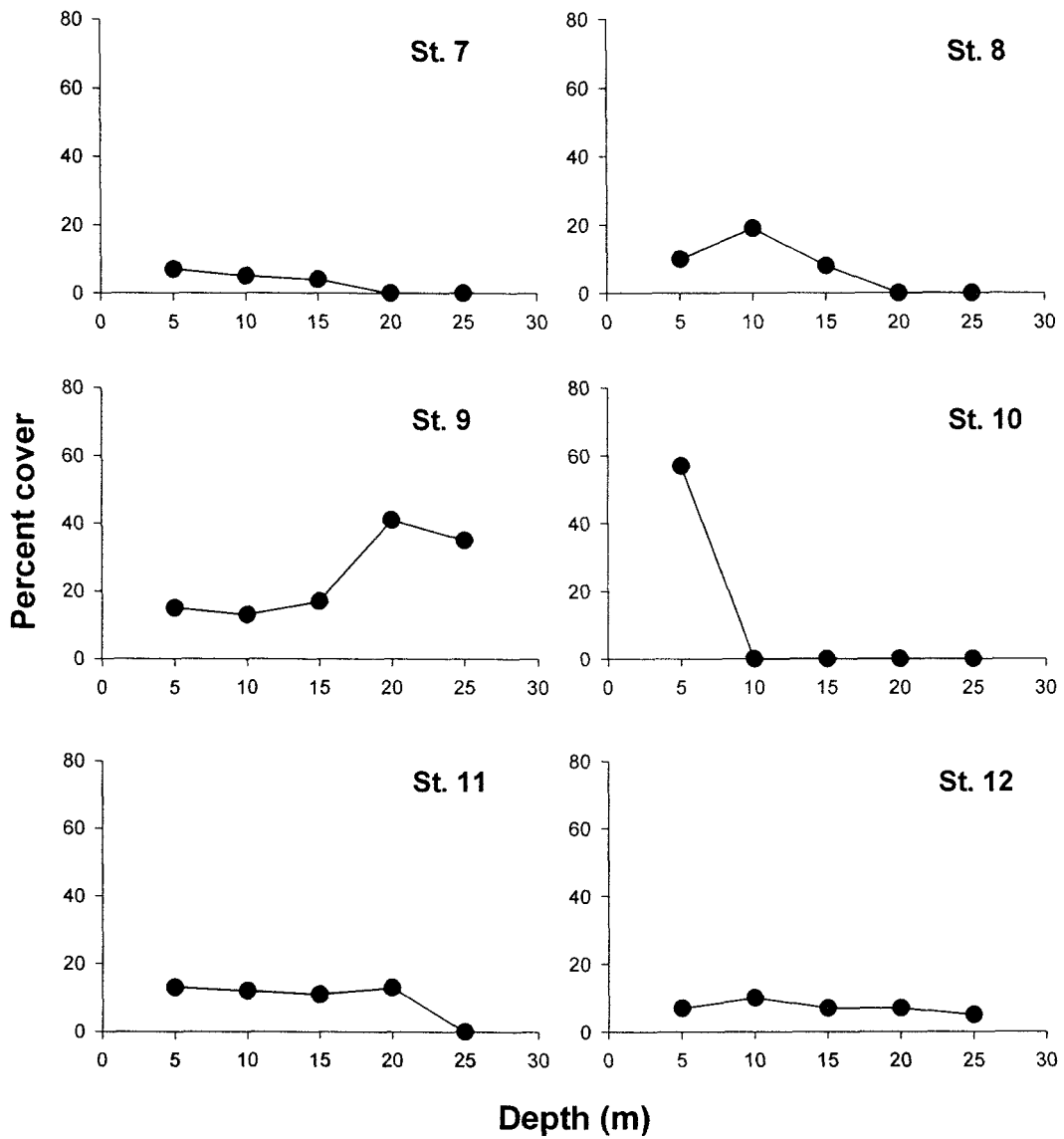


그림 21. 쿠오후환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 (2003. 2).

Fig. 21. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Kuop Atoll, FSM (2003. 2).

다. 정점 7에서는 수심이 증가함에 따라 해조류의 피도가 감소하였다. 한편 정점 10의 경우에는 수심이 5 m에 불과하여 수심 변화를 설명하는 것이 무의미하였다. 축환초와 쿠옵환초간 해조류의 단위면적 (50 cm x 50 cm) 당 평균피도를 비교한 결과 두 지역의 평균피도는 유의한 차이 ( $t=0.26$ ,  $df=10$ ,  $P>0.05$ )가 없는 것으로 밝혀졌다 (표 32).

표 32. 축환초와 쿠옵환초간의 해조류의 평균 피도 비교 (2003. 2)

Table 32. Comparison of average seaweed coverage between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM (2003. 2).

Variable	Chuuk (S.D.)	Kuop (S.D.)	$t$	$df$	$P$
Mean Cover	26.6 (11.2)	24.8(13.1)	0.26	10	0.80 N.S.

\* : no significantly different (paired  $t$ -test for the two tailed hypotheses,  $P=0.05$ ).

Data are transformed to arcsine prior to test

각 조사지점에서 출현하는 해조류의 평균피도를 기초로한 우점도를 분석해 보면 전체 12개의 조사정점에서 평균피도가 1% 이상인 우점종은 *Microdictyon* sp. (화보 II-5), *Padina minor* 및 *Lithophyllum* sp. 그리고 *Halymeda*속에 속하는 3종의 해조류 (*H. opuntia* f. *cordata* (화보 II-6), *Halymeda discoidea*, *Halymeda* sp.)로 모두 6종에 불과하였다 (표 33).

우점종들의 각 정점에서의 수심별 피도의 변화를 그림 22 ~ 27에 나타내었다. 본 조사의 목적이 Chuuk 연안의 유용생물 자원조사라는 차원에 있어 주요 우점종의 정점별 수직분포는 조사목적을 달성하는데 도움이 되리라 판단된다. 조사된 12정점에서 나타난 해조류의 평균피도를 토대로 present-absent data cluster analysis를 실시한 결과 조사된 정점들은 크게 4개의 무리 (Group)로 분류됨을 볼 수 있었다 (그림 28). 정점 1이 속하는 Group 1, 정점 7, 8, 10, 11, 12가 속하는 Group 2, 정점 2, 3, 4가 속하는 Group 3, 그리고 정점 5, 6, 9가 속하는 Group 4가 이에 해당한다. 가장 특징적인 것은 Group 4에 속하는 정점들은 축환초나 쿠옵환초에 위치한 수심이 깊은 대규모 직벽지형이며, 이들의 식생은 수심이 낮은 소규모 직벽지형에 위치한 다른 정점과 상이함을 보인다. Group 3에 속하는 정점들은 축환초의 소규모 직벽지형에 위치하는 것들로 축환초의 대규모 직벽지형에 위치한 정점들이나 쿠옵환초에 위치한 정점들과는 식생이 다름을 나타낸다. Group 2에 속하는 정점들은 대개가 쿠옵환초에 속하는 정점들로 대규모 직벽에 위치한 정점 9를

표 33. 축해역에 있어서 평균피도를 기초로한 해조류의 우점도 (2003. 2)

Table 33. Dominance index of seaweed species based on coverage in Chuukish water, FSM (2003. 2)

Species	Station Number												D
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Microdictyon</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	7.3	7.4	50.0	9.5	5.2	6.6
<i>H. opuntia</i> f. <i>cordata</i>	12.5	4.3	3.3	7.0	5.2	4.4	2.7	2.3	6.0	5.0	2.0	1.0	4.6
<i>Padina</i> <i>minor</i>	0.0	32.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
<i>Halymeda</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	6.4	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	1.7
<i>Halymeda</i> <i>discoidea</i>	0.0	13.3	0.0	1.3	1.4	1.4	1.0	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.6
<i>Lithophyllum</i> sp.	0.5	0.8	0.7	0.8	3.6	4.0	1.7	1.7	1.8	2.0	0.8	1.0	1.6
<i>Zonaria</i> <i>diesingiana</i>	5.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
<i>Lithothamnion</i> <i>simulans</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Peyssonnelia</i> <i>caulifera</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Choniopsis</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Bryopsis</i> <i>pennata</i>	0.0	0.3	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Caulerpa</i> <i>racemosa</i>	0.0	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Valonia</i> <i>ventricosa</i>	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Boodlea</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
<i>Tubularia</i> <i>ornata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

제외한 대부분의 식생이 축환초와 상이함을 나타낸다. 한편, 출현종의 유무를 토대로 축해역에 분포하는 해조류의 cluster analysis를 구한 결과 평균피도로 분석한 결과와 큰 차이를 보이지 않았다 (그림 29).

조사지역에서 우점하는 종은 *Microdictyon* sp., *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Padina minor*, *Halymeda* sp., *Halymeda discoidea*, 그리고 *Lithophyllum* sp. 였다. 이들의 분포 특성은 조사정점 간 차이가 많으나 대체로 다음의 특징을 가지고 있다. 첫째 조사된 정점 중 내측 직벽에서의 분포하한이 25m 이상으로 깊은데 비해, 수심이 얇거나 경사가 완만한 지역에 위치한 정점들에서는 대체로 20m 미만에서 분포하한선이 결정된다. 둘째 해조류의 피도는 수심 10 ~ 15 m 사이에서 가장 높았으며, 경우에 따라서는 20 m에서 피도가 가장 큰 것으로 나타났다. 셋째 조사된 정점에 따라 우점하는 해조류가 다소 차이가 있으며, 축환초에서는 *Halymeda* spp.가, 그리고 쿠옵환초에서는 *Microdictyon* sp.가 주요 우점종으로 나타나 두 해역의 식생이 서로 다른 구조를 가지는 것으로 나타났다.

조사해역에서 관찰된 종은 녹조류 8종, 갈조류 3종, 그리고 홍조류 4종으로 총 15이었다. 조사가 시간적으로 제한된 SCUBA diving에 의존하였고, 잘피밭 (seagrass beds) 또

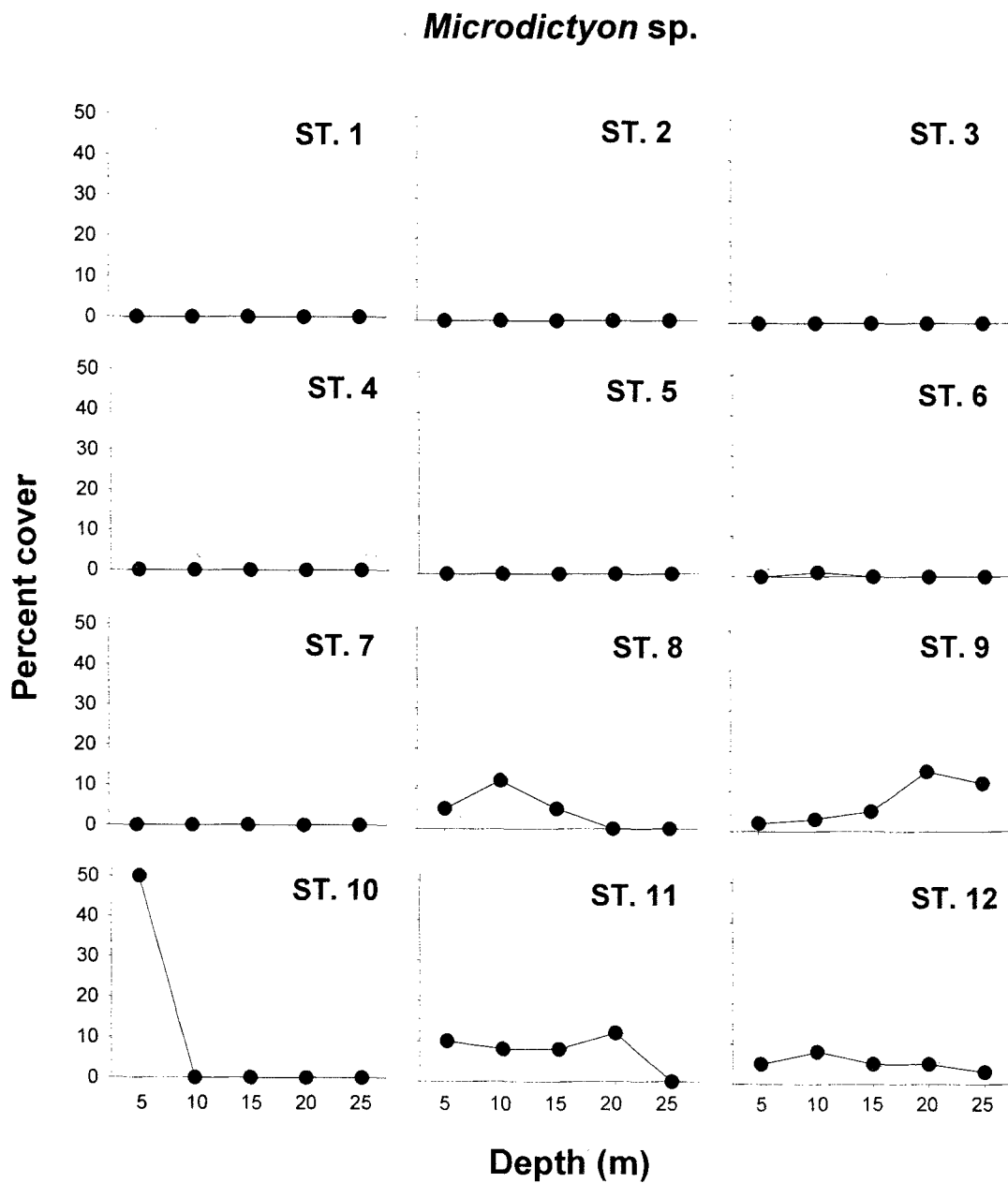


그림 22. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Microdictyon* sp.의 수심별 피도변화 (2003. 2)  
 Fig. 22. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Microdictyon* sp., in Chuukish water, FSM (2003. 2).

*Halymeda opuntia f. cordata*

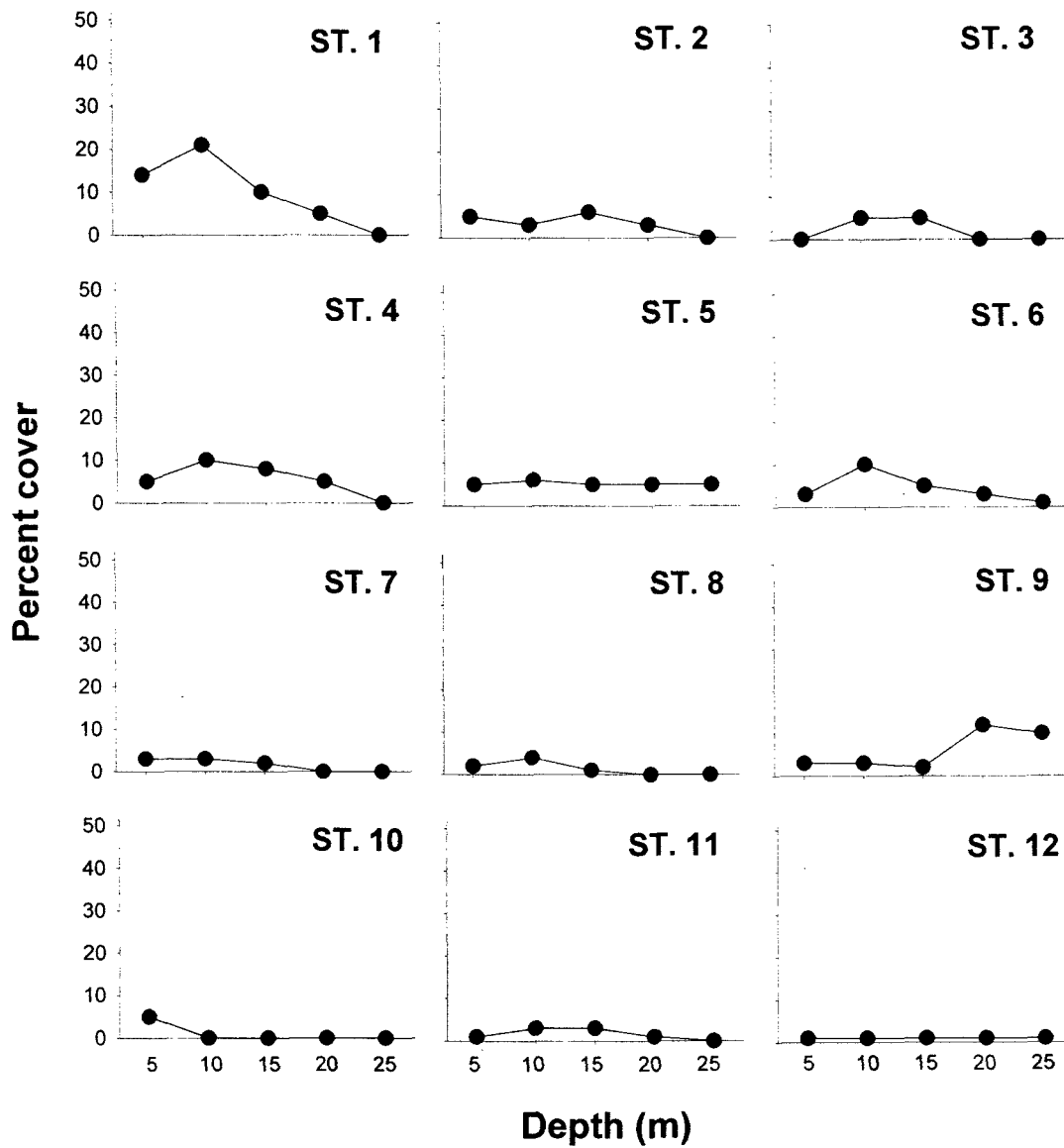


그림 23. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Halymeda opuntia f. cordata*의 수심별 피도변화 (2003. 2).

Fig. 23. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Halymeda opuntia f. cordata* in Chuukish water, FSM (2003.. 2).

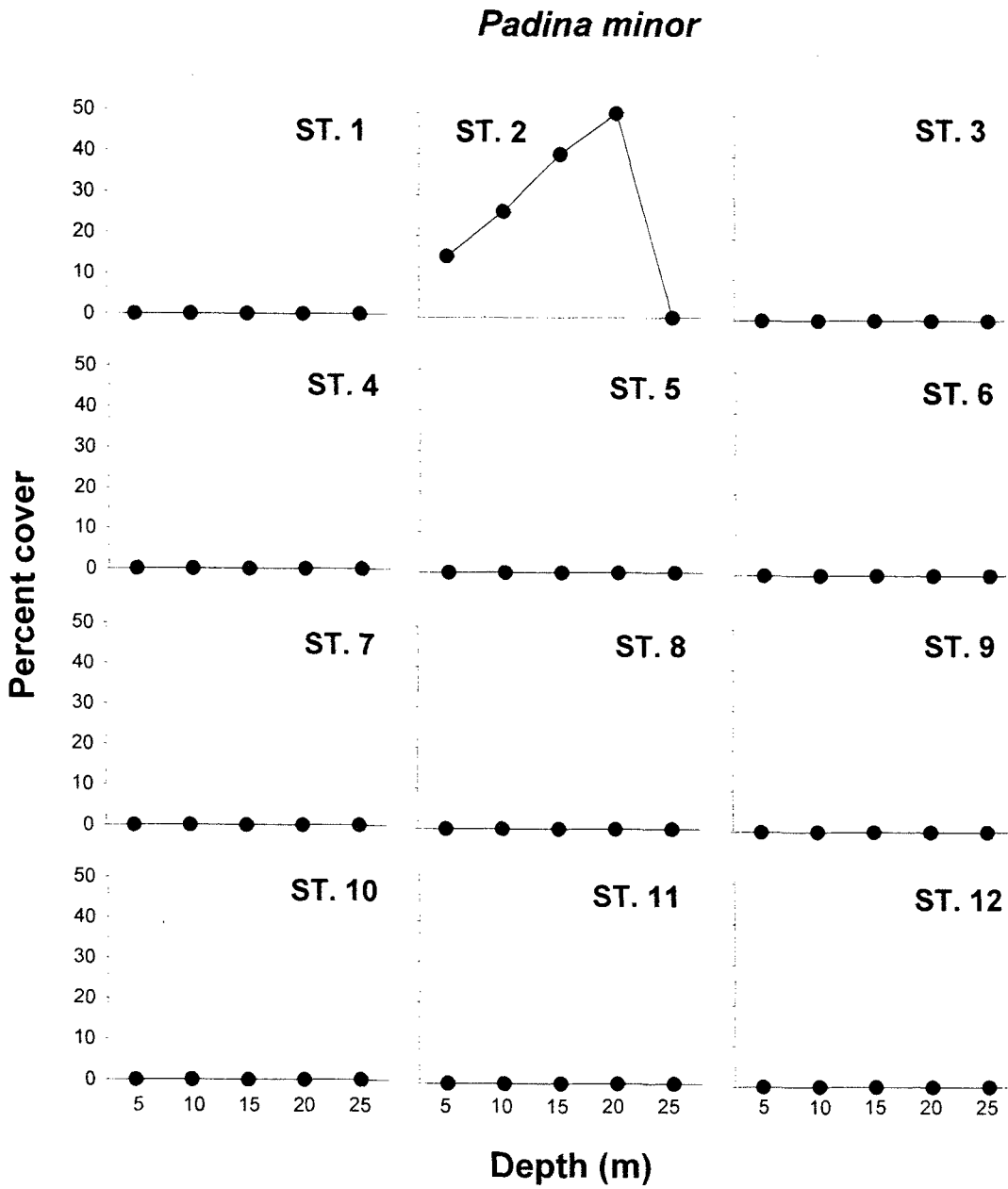


그림 24. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Padina minor*의 수심별 피도변화 (2003. 2).

Fig. 24. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Padina minor* in Chuukish water, FSM (2003. 2).

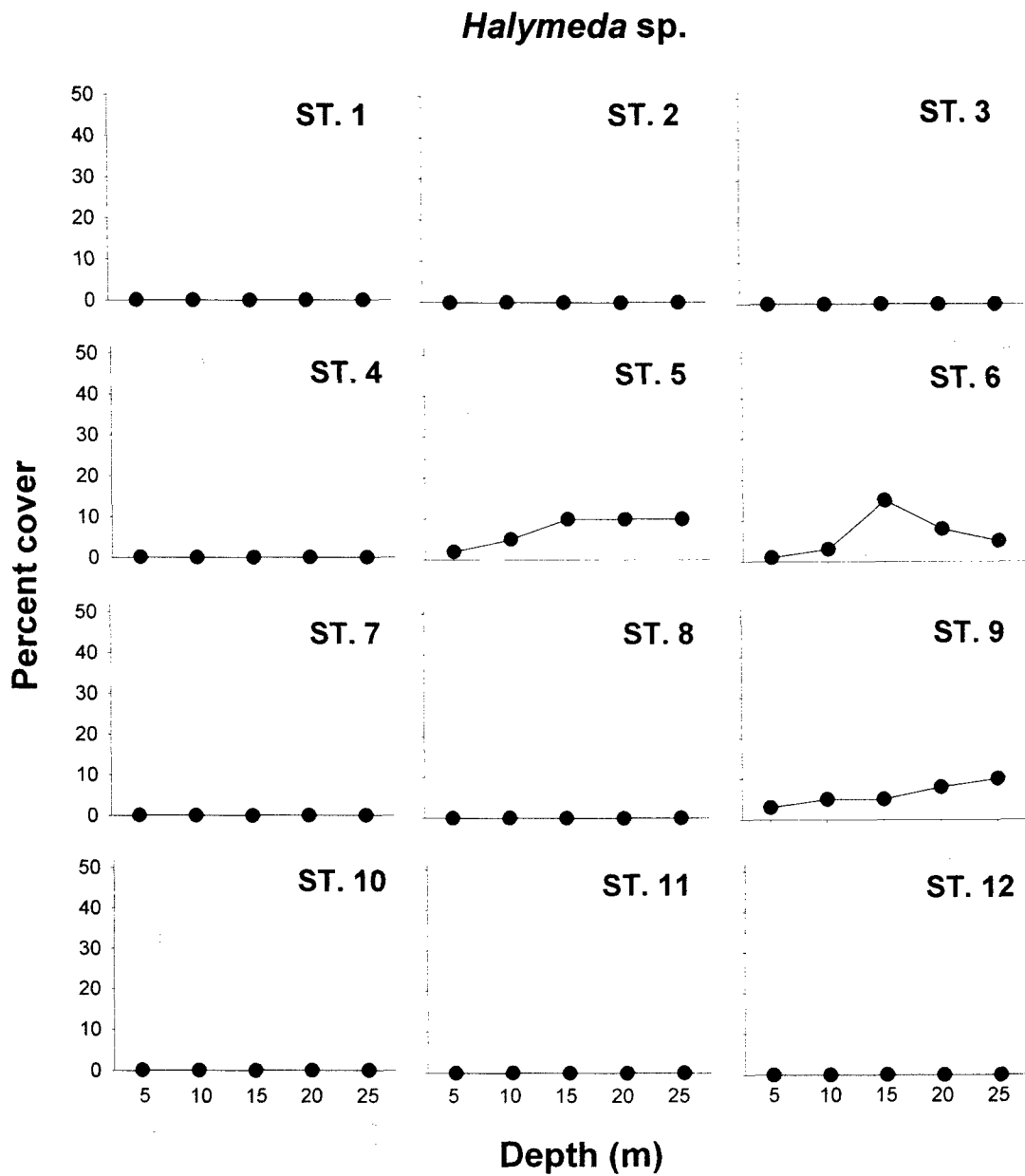


그림 25. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Halymeda* sp.의 수심별 피도변화 (2003. 2)

Fig. 25. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Halymeda* sp. in Chuukish water, FSM (2003.. 2).



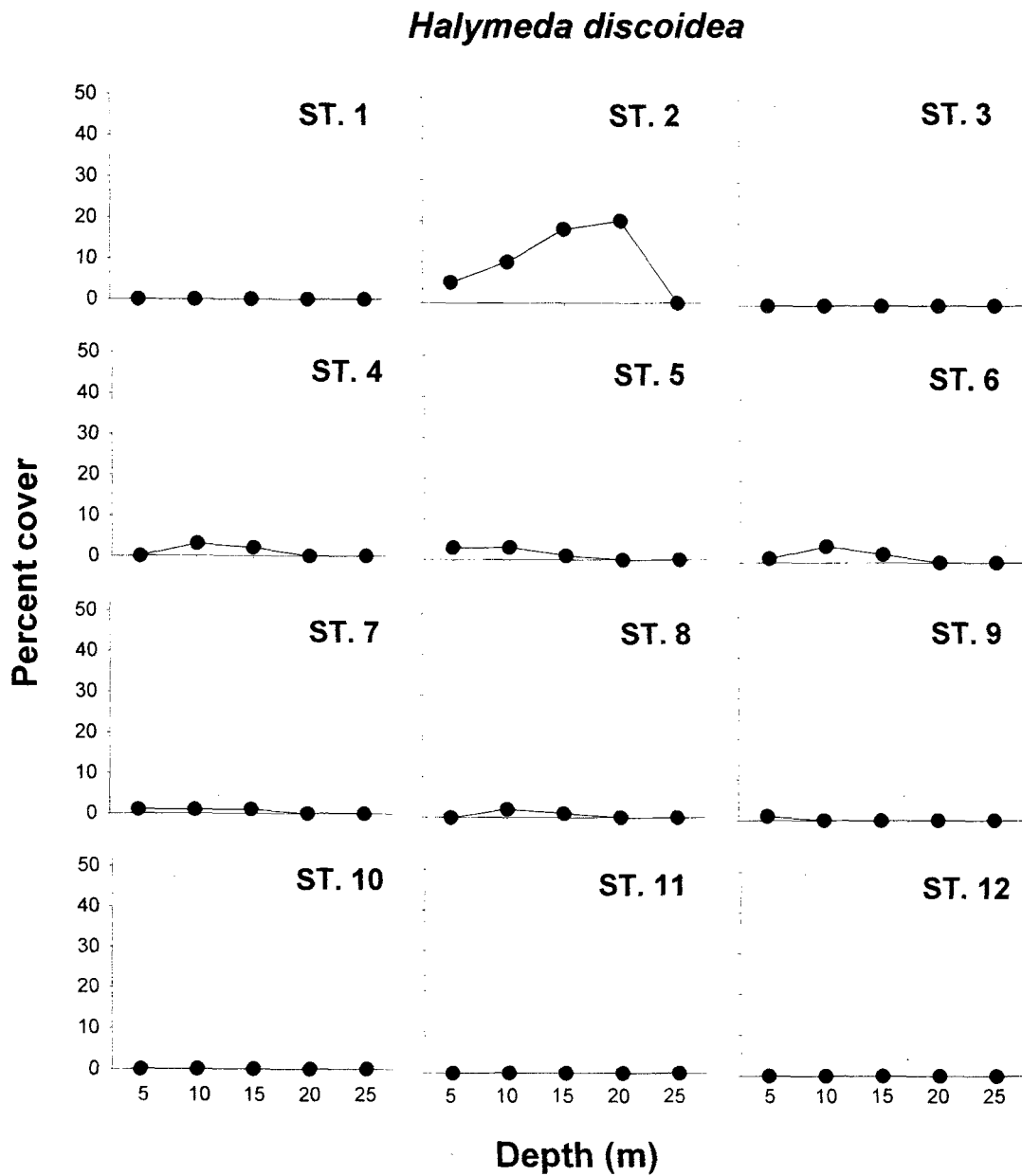


그림 26. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Halymeda discoidea*의 수심별 피도변화 ( 2003. ).

Fig. 26. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Halymeda discoidea* in Chuukish water, FSM (2003.. 2).

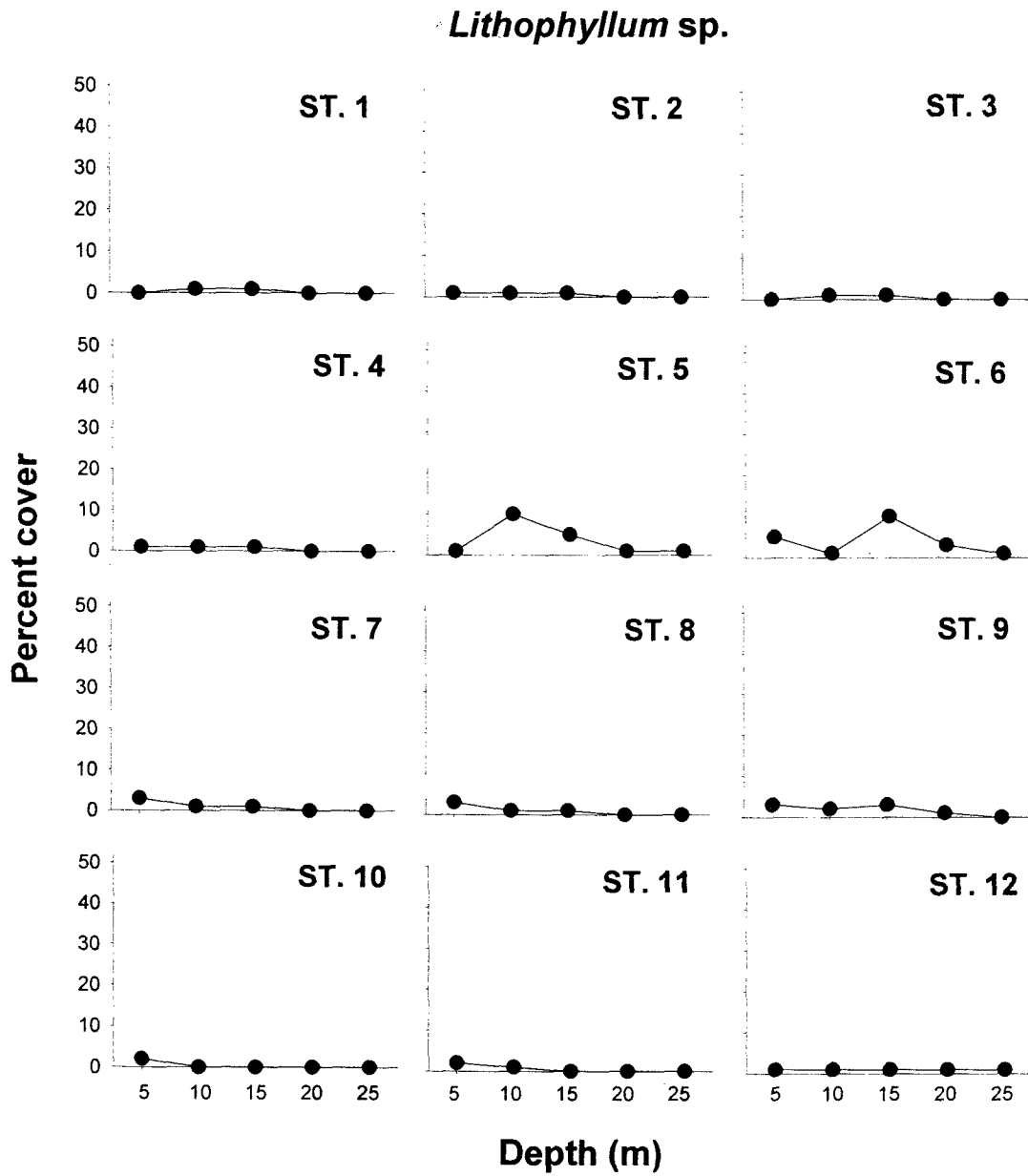


그림 27. 축 연안 해조군집에서 우점하는 *Lithophyllum* sp.의 수심별 피도변화 (2003. 2).

Fig. 27. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Lithophyllum* sp. in Chuukish water, FSM (2003.. 2).

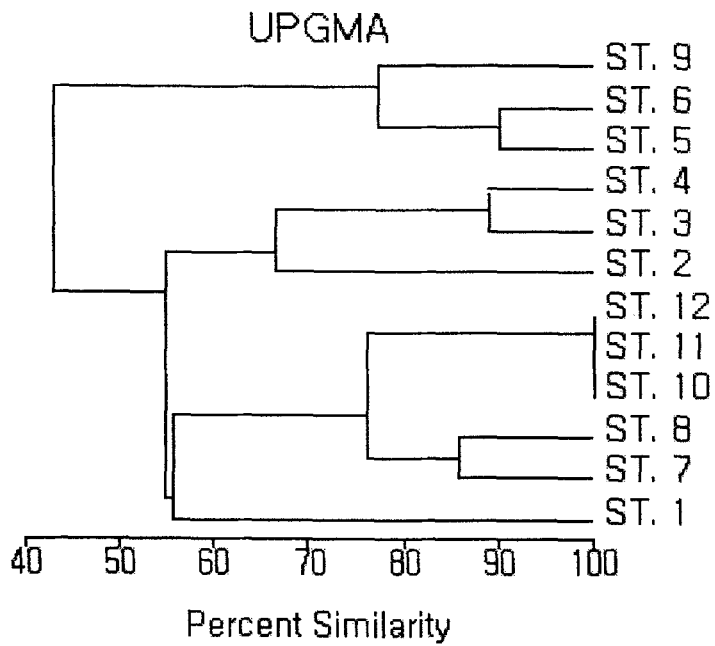


그림 28. 조사정점간 해조류의 평균피도를 토대로 구한 축해역의 cluster analysis (2003. 2).

Fig. 28. Cluster diagram (UPGMA) based on seaweed coverage in Chuukish waters, FSM (2003. 2).

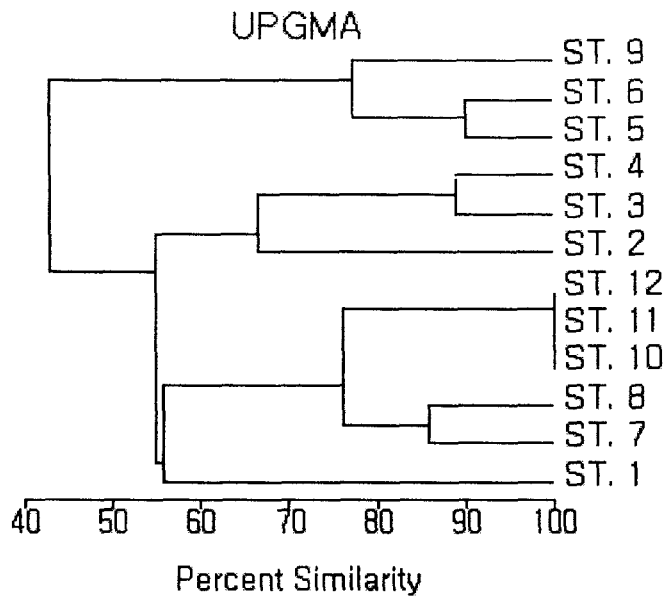


그림 29. 조사정점간 해조류의 출현유무를 토대로 구한 축해역의 cluster analysis (2003. 2).

Fig. 29. Cluster analysis (UPGMA) diagram based on species occurrence of seaweed in Chuukish waters, FSM (2003. 2)

는 망그로브 군총 (mangrove beds) 등의 서식지는 제외되었기 때문에 출현종수가 상대적으로 적을 수 있다. 금번 조사된 해조류 중에서는 한해연 (1999)에서 출현하였던 *Gracilaria* sp.와 *Eucheuma* sp. 같은 상업적으로 유용한 종은 관찰되지 않았다. 이들 종의 자연상태에서의 분포는 잘피밭이나 얇은 산호초이다. 따라서, 축해역에서 상업성 있는 해조류를 개발하기 위해서는 잘피밭이 분포하는 지역과 라군 안쪽의 얇은 수심의 산호초에 대한 보다 면밀한 조사가 요구된다.

열대해역에 분포하는 *Eucheuma* sp. 는 카라기난 (carragrman)의 원료로 이용되고 있으며, 건중량 기준으로 약 32,000톤/년의 양식생산고를 기록하고 있다. 주생산지는 필리핀과 인도네시아이나 현재 중앙아프리카, 카리비안해 연안, 동남아시아에서 활발하게 개발연구가 진행되고 있다. 마이크로네시아에서는 폰페이주가 소규모로 *Eucheuma* sp.를 양식하고 있다고 알려져 있다. 본종은 공업용으로 사용되지만 *Gracilaria* sp.와 더불어 식용으로 사용되기 때문에 매우 전망이 밝은 종이다. 따라서 잘피밭이나 얇은 지역의 산호초를 이용한 양식기술을 개발하여 현지주민에 보급할 필요가 있다. 특히, 축주의 경우 축환초의 외측에 산재한 나무인환초, 쿠옵환초, Namoluk Atoll 등과 축환초 서쪽에 발달한 많은 소형 환초 및 섬들 (Gray Feather Bank, Namonuito Atoll, Pulawat Atoll, Pulusuk Is.)은 해조류 양식에 적합한 환경을 가지고 있는 것으로 판단되며, 해조류 양식은 지역주민의 소득에 크게 기여할 것으로 판단된다.

## 제 2 절. 흑진주조개 종묘생산

### 1. 흑진주조개의 성성숙

#### 가. 흑진주조개의 성비

축환초에서 채집한 흑진주조개 모패 총 93마리를 대상으로 조직학적 검사를 통해 암수 비율을 조사한 결과 암컷은 38마리, 수컷은 55마리로서 암수의 성비는 1♀ : 1.45♂ 이었다. 암컷에 비하여 수컷의 비율이 다소 높았으나  $X^2$  test 결과에서 유의성 없는 것으로 나타나 ( $P>0.05$ ), 1♀ : 1♂ 성비에 부합되는 것으로 조사되었다. 따라서 최소한 축환초에 분포하는 흑진주조개 중 성이 결정된 개체 (각고 90mm 이상)는 뚜렷한 자웅이체성을 나타내고 있는 것으로 생각된다 (표 34).

표 34. 축환초산 흑진주조개의 성비

Table. 34. Sex ratio of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll

No. of sexed		Sex ratio (♀:♂)	$X^2$ value against 1♀:1♂	Probability
Female	Male	1 : 1.45	1.55	>0.05
38	55			

크기에 따른 성비는 각고 80mm 이상인 개체의 경우 20%의 암컷 비율을 보였으나 각고가 증가함에 따라 암컷 비율이 점점 증가하여 각고 150mm 이상에서 암컷의 비율이 54.5%로서 수컷에 비해 다소 높은 것으로 조사되었다 (그림 30). 본 종을 대상으로 실시한 최근의 연구결과 초기에는 100% 수컷인 집단에서 각고 90mm를 전후하여 암컷으로의 성전환이 일어나는 것으로 보고된 바 있다 (Pouvreau *et al.*, 2000). 그리고 대부분의 진주조개 (*Pinctada* spp.)는 초기에는 수컷으로 번식에 참여하지만 군집 연령이 오래되고 개체 크기가 증가하면서 암컷의 빈도가 높아지는 응성선속형 자웅이체 (protandric hermaphroditic)로 알려져 있다 (Tranter 1958a, 1958b). 따라서 본 조사 결과는 이전의 연구 결과와 같은 경향을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 본 종의 성결정 양상은 매우 다양하여 서식 지역 및 환경에 따라 자웅동체 (hermaphroditism)와 자웅이체형 (gonochorism)의 성결정 양상을 보이며, 자웅동체에서도 집단에 따라 응성선속형 (protandric) 또는 자성선속형 (protogynic)을 모두 나타내며, Tranter (1958b) 역시 일부 집단에서는 자성선속형 성결정 양상이 관찰되기도 하였다고 보고한 바 있어 본 종의 성결정 양상은 수온, 광 주기, 먹이 생물, 개체의 크기 그리고 집단의 연령 및 규모 등의 외부 요인에 의해 다양하게 나타나는 것으로 간주된다.

#### 나. 생식소 발달단계

##### 1). 난소

생식소 발달은 일반적으로 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기 그리고 휴지기 등 주기성을 가지는 것으로 알려져 있다.

난소는 소수의 소관상으로 분지한 신축성 있는 난낭 (ovarian sac)으로 이루어져 있다. 난낭벽은 내층에 생식상피, 외층에 섬유성결체조직의 막으로 이루어져 있다. 미숙난소에

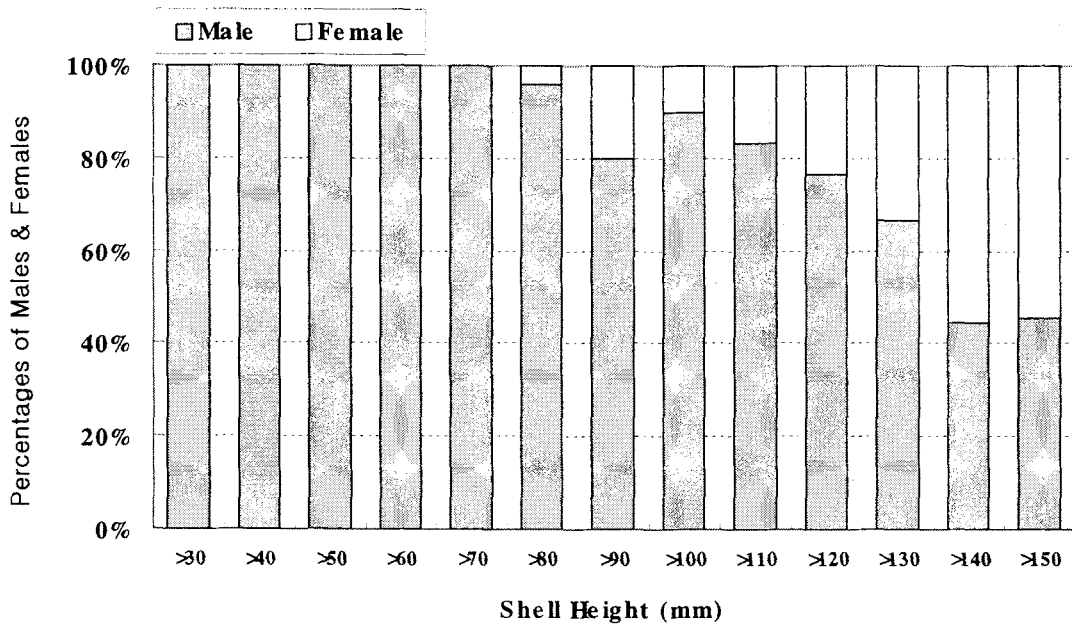


그림 30. 각고에 따른 축환초산 흑진주조개의 성비 (♂; 38, ♀; 55). Pouvreau et al. (2000) 일부 자료(각고 90mm 이하) 포함.

Fig. 30. Sex ratio based on shell height of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll (♂; 38, ♀; 55). Pouvreau et al. (2000) was cited to compensate unavailable size groups.

서는 생식상피에 의해 둘러싸인 작은 난소의 중심부가 결합조직으로 이루어진 일종의 허수룩한 망상구조를 나타내고 있다. 난자형성이 진행됨에 따라 난낭의 형태는 뚜렷해지고 생식상피가 다소 비후된다. 본 조사에서 관찰된 난소의 발달 단계는 성장기, 성숙기, 방출기 그리고 퇴화기로서 각 단계별 특징은 아래와 같다.

#### 성장기 (Growing stage)

난낭의 생식상피상에서 분열증식 중이던 난원세포들은 차츰 그 세포질이 커지고 중앙 내강을 향해 성장하기 시작 한다 (화보 III-1). 한쪽 끝이 가늘고 긴 난병을 형성한 난황 형성기의 난모세포들이 관찰되며, 어느 정도 성숙이 진행되면 난병은 소실되고 난모 세포들은 생식 상피로부터 분리되어 차츰 원형을 이룬다.

#### 성숙기 (Maturation stage)

난소내 각 난낭들은 모두 생식상피로부터 떨어진 성숙란들로 가득 채워져 있으며, 이들 난들은 대부분 원형을 이루고 있다 (화보 III-2). 생식 상피상의 여포세포들은 거의 소실 되고, 난낭벽이 얇아진 경향이 있다. 완전히 성숙된 난은 원형으로 세포질에 충분한 난황 질을 축적하게 되고, 커다란 배포상의 핵을 가지며 핵 안의 인이 뚜렷하게 관찰된다. 인은 핵 중앙에서 핵막부근으로 위치를 옮겨가고 있다.

#### 방출기 (Spent stage)

방란은 난낭내의 완숙란들이 일시에 방출되는 것이 아니고 일부는 그대로 남아있다. 수축된 난낭들이 일부 관찰되기도 하며, 생식 상피가 다소 두꺼워지는 경향이 나타난다 (화보 III-3). 동일 난소내 다른 난낭에서는 성숙 중인 난모세포들이 소수 관찰된다.

#### 퇴화기 (Degeneration stage)

난이 방출된 난낭은 비교적 빨리 수축되고 각 난낭 내에 잔존하고 있는 미방출 난들의 퇴화흡수와 함께 조직의 해체가 일어나 난낭의 형태를 잃어가고 있다. 난낭벽을 이루던 결체조직의 섬유들이 허수룩한 망상구조를 이루면서 휴지기로 진행한다. 이때까지 일부 잔존 난들이 그대로 몇 개씩 산재하는 경우를 볼 수 있다.

## 2). 정소

정소도 많은 소관상의 정소세관 (seminiferous tube)으로 이루어져 있고, 이들 정소세관



은 정상피와 섬유성 결체조직의 기저막으로 구성되어 있다.

본 조사에서 관찰된 정소의 발달 단계는 난소와 마찬가지로 성장기, 성숙기, 방출기 그리고 퇴화기로서 각 단계별 특징은 아래와 같다.

#### 성장기 (Growing stage)

생식 상피에서 만들어진 정원세포들은 상피를 따라 여러 층을 이루며, 중앙 내강을 향해 제1차 정모세포, 제2차 정모세포 그리고 정세포로 발달해 간다 (화보 III-4). 따라서 각 정소세관은 차츰 중앙 내강에 변태 중인 많은 정세포를 포함하게 된다.

#### 성숙기 (Maturation stage)

생식 상피에서 정원세포의 분열증식은 거의 중지되고 대부분의 세포가 정세포로서 정소세관 중앙에는 정자들이 관찰된다 (화보 III-5).

#### 방출기 (Spent stage)

방정이 일어난 세관은 수축과 함께 조직이 차츰 해체되어 형태가 허물어지며 잔여 미방출 정자들은 퇴화 흡수되어 간다 (화보 III-6).

#### 퇴화기 (Degeneration stage)

방정이 일어난 정소 세관은 그 조직이 차츰 해체되어 퇴화기의 특징인 결체조직이 관찰된다 (화보 VI-4, 5). 일부 정소 세관에서는 벽을 따라 일부 정원세포들이 관찰되며, 또 다른 세관에서는 성숙기의 특징이 나타나기도 한다 (화보 VI-6).

### 다. 성성숙 주기성

흑진주조개의 생식소 발달은 일반적으로 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기 그리고 휴지기의 주기성을 가지는 것으로 알려져 있으나, 본 조사 기간 동안 난소와 정소에서 휴지기 단계는 관찰할 수 없었으며, 동일 일자의 조사군에서 두 단계 또는 세 단계의 생식소 발달 단계를 가지는 양상을 보였다 (그림 31).

2002년 11월 (14일, 20일 그리고 26일) 조사군에서 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기가 모두 관찰되었으며, 단계별 빈도는 각각 20.0%, 6.7%, 40.0% 그리고 33.3%였다. 성숙기 단계는 다른 단계에 비해 상대적으로 낮은 빈도를 보였다. 퇴화기는 33.3%로 비교적 높게

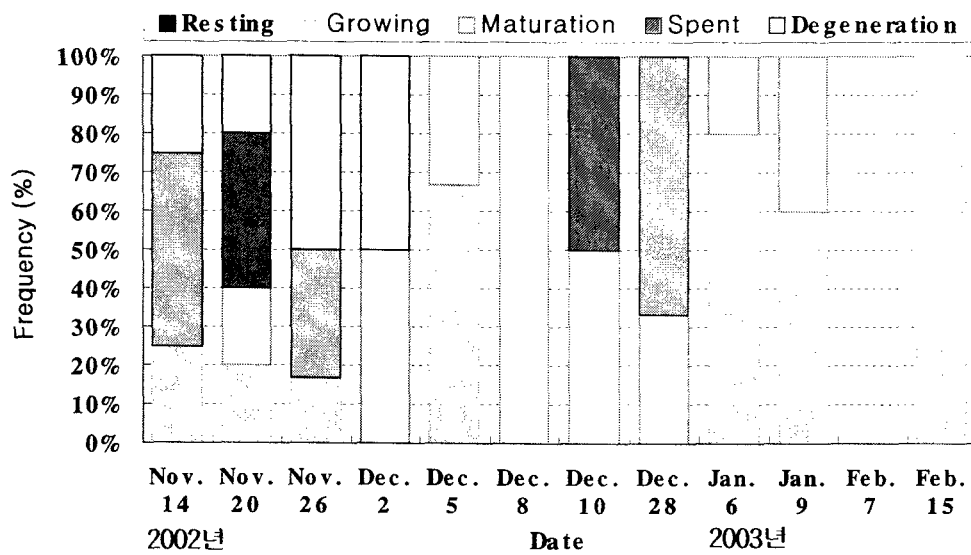


그림 31. 축환초산 흑진주조개 암컷의 생식소 발달단계별 빈도 변화 (n=38, 2002 ~ 2003).

Fig. 31. Frequency of gonadal development stages of female blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM (n=38, 2002 ~ 2003).

나타났다. 11월 중 방출기와 퇴화기는 73.0%로서 성장기와 성숙기의 26.7%에 비해 높은 빈도로 관찰되었다. 따라서 11월 중 난소의 발달은 성장기와 방출기가 감소하고 퇴화기가 증가하는 경향을 보였다.

2002년 12월 (2일, 5일, 8일, 10일) 조사군에서도 모든 발달 단계가 관찰되었으며, 단계별 빈도는 성장기가 20.0%, 성숙기가 50.0%, 방출기가 30.0% 그리고 퇴화기가 10.0%였다. 성장기와 성숙기는 70.0%로서 방출기와 퇴화기의 30.0%에 비해 높았으며, 11월 조사군에 비해서도 매우 높은 빈도로 관찰되었다. 퇴화기는 12월 2일 조사군에서, 방출기는 12월 10일과 28일 조사군에서만 관찰되었다. 퇴화기는 11월에 비하여 10.0%로 낮았는데, 전체적으로 볼 때, 2002년 12월 2일 조사군을 제외한다면 2002년 11월 조사군에서만 퇴화기가 관찰되었다. 따라서 12월 중 난소의 발달은 성숙기가 증가하였다가 감소하며 상대적으로 방출기가 증가하는 경향을 나타내는 것으로 보여진다.

2003년 1월 (6일, 9일) 조사군에서는 2002년 11월과 12월 조사군과는 달리 방출기와 퇴화기는 없이 성장기와 성숙기 단계가 관찰되었으며, 단계별 빈도는 각각 70% 및 30%로서 성장기의 빈도가 높았다. 1월 중 난소의 발달은 성장기가 감소하고 성숙기가 증가하는 경향을 보였다. 2003년 2월 (15일) 조사군에서는 성장기만 관찰되었다.

한편, 수컷의 생식소 조사에서도 난소의 경우와 같이 휴지기는 관찰할 수 없었으며, 동일 조사군에서 두, 세 단계의 생식소 발달 단계를 가지는 양상이 나타났다 (그림 32).

2002년 11월 (14일, 20일 그리고 26일) 조사군에서 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기가 모두 관찰되었으며, 단계별 빈도는 각각 31.3%, 25.0%, 37.5% 그리고 6.2%였다. 퇴화기는 다른 세 단계에 비해 현저하게 낮은 빈도를 보였으며, 나머지 세 단계는 비슷한 빈도를 나타내었다. 성장기는 11월 14일 조사군에서 매우 높았으나 감소하여 26일 조사군에서는 관찰되지 않았으며, 성숙기는 14일 조사군에서는 관찰되지 않았으나 점차 증가하였다. 방출기는 시간 경과에 따라 차츰 증가하였으며, 퇴화기는 20일 조사군에서만 낮은 빈도로 관찰되었다. 따라서 11월 중 정소의 발달은 성장기가 감소하고 성숙기와 방출기는 점차 증가하는 경향을 보였다.

2002년 12월 (2일, 5일, 8일, 10일) 조사군에서도 모든 발달 단계가 관찰되었으며, 단계별 빈도는 성장기가 26.7%, 성숙기가 46.7%, 방출기가 12.0% 그리고 퇴화기가 6.6%였다. 11월과 비교할 때, 성장기와 방출기는 다소 감소하였고, 성숙기와 퇴화기는 다소 증가하였다. 퇴화기는 2일 조사군에서만 관찰되었고, 성장기와 성숙기는 2일과 5일 조사군에서 높은 빈도로 관찰되었다가 10일 조사군에서는 관찰되지 않았고, 28일 조사군에서 다시 관찰되었다. 방출기는 2일 조사군에서 낮은 빈도로 관찰되었다가 10일 조사군에서는 100%

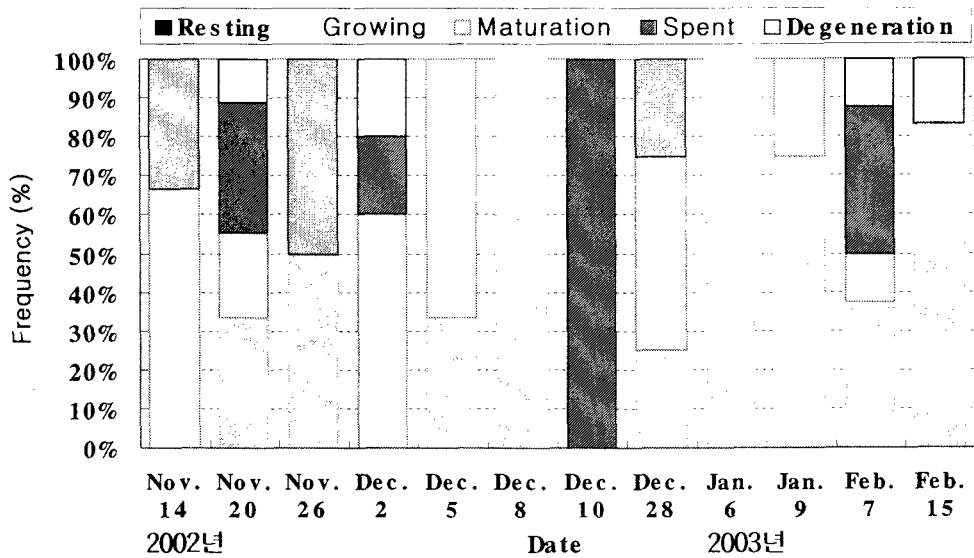


그림 32. 축환초산 흑진주조개 숫컷의 생식소 발달단계별 빈도 변화 (n=55, 2002 ~ 2003).

Fig. 32. Frequency of gonadal development stages of male blacklip pearl oyster collected in Chuuk Atoll, FSM (n=55, 2002 ~ 2003).

로 나타났다. 따라서 12월 중 정소 발달은 성장기와 성숙기가 증가하다 10일 방출이 일어난 후 다시 성장기와 성숙기가 증가하는 경향을 보였다.

2003년 1월 (6일, 9일) 조사군에서는 성장기와 성숙기 단계가 관찰되었으며, 단계별 빈도는 각각 88.9% 및 11.1%로서 성장기의 빈도가 높았다. 1월 중 난소는 성장기가 감소하고 성숙기가 증가하는 경향을 보였다.

2003년 2월 (7일, 15일) 조사군에서는 성장기, 성숙기, 방출기 그리고 퇴화기가 모두 관찰되었으며, 단계별 빈도는 각각 57.1%, 7.2%, 21.4% 그리고 14.3%였다. 방출기는 7일 조사군에서 관찰되었다가 15일 조사군에서는 관찰되지 않았으며, 퇴화기는 7일과 15일 조사군에서 모두 관찰되었고 시간 경과에 따라 빈도가 약간 증가하였다. 성숙기는 7일 조사군에서만 낮은 빈도로 관찰되었으며, 성장기는 7일과 15일 모두 높은 빈도로 관찰되었고 시간 경과에 따라 빈도가 뚜렷이 증가하였다. 따라서 2월 중 정소 발달은 배우자 방출 이후 성장기가 증가하는 경향을 보였다.

이상의 조직학적 분석에서 축에 서식하는 흑진주조개의 암컷 및 수컷의 11월과 2월 사이의 생식소 발달은 다음과 같은 특징을 갖는 것으로 생각된다.

- 흑진주조개의 생식소 발달은 월별 주기성을 갖지 않으며, 대부분 어느 정도 분화된 생식소를 가지고 있다.
- 흑진주조개의 성패는 항상 생식소 발달이 활발히 진행되고 있으며, 배우자 생산이 지속적으로 이루어지고 있다
- 흑진주조개 개체군은 항상 서로 다른 생식소 발달 단계를 가지는 개체들로 구성되어 있으며, 매월 각각 다른 개체들이 방란 및 방정에 참여한다.
- 흑진주조개 암컷의 개체군은 같은 시기에 개체별로 서로 다른 성성숙 단계를 가지고 있어 같은 시기에 성장기, 성숙기, 방출기 및 퇴화기 단계의 생식소를 갖는 개체가 출현한다.
- 흑진주조개 수컷의 경우 동일 개체 내에서 부위별로 각기 다른 생식소 발달단계를 가지며, 배우자 방출과 배우자 생산이 동시에 진행된다.
- 흑진주조개의 산란이 조석주기의 영향을 받는지에 대한 통계학적 증거는 없으나, 대조시 산란에 참가하는 개체가 소조시에 비하여 많은 듯하다.

동일한 시기에 다양한 단계의 생식소 발달 단계가 관찰된 것을 볼 때, 본 조사 대상 지역에 서식하는 흑진주조개 계통의 생식소 발달 양상은 비동기형으로서 연중 수회의 생식

소 발달 주기를 가지며, 여러번 방란·방정할 것으로 생각된다. 이러한 결과는 열대 지역에 서식하는 흑진주조개의 경우 1년만 (각고 40 mm 이하)에 성숙하고 계절과 무관하게 연중 방란·방정이 일어나는 polymodal reproduction pattern을 가지는 것으로 보고한 이전의 연구결과와 (Gervis and Sims, 1992; Pouvreau *et al.*, 2000) 일치하는 것이다. 이러한 경향은 *Pinctada* 속에서는 일반적인 현상으로 이 종들의 생식소 특징은 첫째, 생식소 내에서 다양한 단계의 생식세포가 관찰되고, 둘째, 배우자 형성이 활발히 진행되어 성숙 시기가 짧은 것이다.

일반적으로 본 종은 년 3회의 방란 하는 것으로 알려져 있지만, 방란 횟수는 개체 크기에 따라 달라 3년생인 경우 년 중 5회의 방란을 하는 것으로 알려져 있어 크기가 다른 집단간 번식의 동시성은 없는 것으로 판단된다. 다만 Pouvreau 등 (2000)은 본 종을 대상으로 한 연구에서, 열대성 지역에 서식하는 본 종은 고수온기에 빈번한 번식이 이루어 지기는 하지만 온대성 지역에 서식하는 진주조개류와는 달리 배우자 방출은 주기성을 결정짓는 물리적 요인보다는 집단 또는 개체에 내재된 에너지 요인에 의해 작용한다고 보고한 바 있다.

이상의 결과에서, 암컷과 수컷의 생식소는 개체별로 각각 다른 시간에 성장기 → 성숙기 → 방출기 → 퇴화기를 차례로 거치며 산란에 참여하지만, 생식소 발달의 확실한 주기성을 갖지 않는 것으로 생각된다. 그러나 연중 여러 번의 배우자 방출기를 가지며, 배우자 방출은 시기적인 주기정보다는 본 종 고유의 번식 전략에 따르는 것으로 생각된다. 따라서 본 종의 종묘 생산을 위한 인공 채란은 건강한 모패의 확보와 적절한 방란·방정 유도 기법의 적용을 통해 적절한 시기를 택하여 실시해야 할 것으로 판단된다.

## 2. 흑진주조개 종묘생산

### 가. 흑진주조개 현지 종묘생산

#### 1). 먹이생물의 현지배양

흑진주조개 종묘생산을 위한 국내산 먹이생물은 지금까지의 경험과 타 연구자의 연구 결과를 토대로 2매패류 유생의 먹이생물로 적합하다고 판단되는 *Isocrysis aff. galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros gracilis*, *C. simplex*, *C. calcitrans*, *Tetraselmis suecica* 및 *Nannochloropsis oculata*를 선정하였다 (Alagarwami *et al.* 1989, Gervis and Sims 1992, Rose and Baker 1994, Southgate and Beer 1997, Yukihiro *et al.* 1998 ). 현장에 운반된

종들을 대상으로 현지에서 예비배양실험을 실시한 결과 *C. simplex*와 *C. calcitrans*는 증식을 저하로, 그리고 *N. oculata*는 흑진주조개 유생의 섭이불량으로 제외되었으며, 그 외 *I. galbana*, *P. lutheri*, *Ch. gracilis*, *T. suecica*의 4종을 흑진주조개 유생의 먹이로 결정하고 계속적으로 계대배양하여 먹이생물을 확보하였다.

중간배양을 거쳐 대량배양에 이르기까지 걸린 시간은 약 14일이었으며, *T. suecica*를 제외한 나머지 먹이생물들은 모두  $2.8 \times 10^6$  세포/ml 이상 양호한 증식결과를 얻었다 (표 35).

표 35. 국내산 먹이생물의 열대환경에서의 배양결과

Table 35. Result of food organism culture under tropical condition in Chuuk, FSM

Species	Density (cells/ml )	
	Intermediate culture (5 ℓ )	Mass culture (30 ℓ )
<i>Isocrysis aff. galbana</i>	$8.5 \times 10^6$	$5.3 \times 10^6$
<i>Pavlova lutheri</i>	$4.3 \times 10^6$	$2.8 \times 10^6$
<i>Chaetoceros gracilis</i>	$5.7 \times 10^6$	$3.0 \times 10^6$
<i>Tetraselmis suecica</i>	$1.6 \times 10^6$	$0.75 \times 10^6$

중간배양과 대량배양시 세포밀도는 *I. galbana*의 경우 각각  $8.5 \times 10^6$  세포/ml 및  $5.3 \times 10^6$  세포/ml이었다. 한편, *P. lutheri*는 각각  $4.3 \times 10^6$  세포/ml 및  $2.8 \times 10^6$  세포/ml이었으며, *Ch. gracilis*는 각각  $5.7 \times 10^6$  세포/ml 및  $3.0 \times 10^6$  세포/ml, *T. suecica*는 각각  $1.6 \times 10^6$  세포/ml 및  $0.75 \times 10^6$  세포/ml이었다. 본 배양결과는 한해연 (2002)에 비하여 약간 높은 배양밀도를 나타내었지만, 국내에서의 일반적인 먹이생물 배양밀도에 비하여 약간 미흡한 결과를 나타내었다. 배양된 먹이생물은 흑진주조개 유생의 먹이로 사용하였다.

## 2). 인공산란유발 및 유생발달

인공산란유도에 사용한 모패는 산란유도 당일 오전에 채집한 개체와 Hansmicronesia사에서 보관 중인 흑진주조개 모패를 사용하였다. 모패는 직사광선을 피하고 습한 상태로 실험실로 운반하여 패각에 붙은 부착생물들을 깨끗이 제거한 후 산란유발을 위한 자극을 실시하였다. 흑진주조개의 산란유발 방법은 저온자극시간을 짧게 한 것을 제외하고는 한해연 (2002)과 동일하였다. 10월 30일부터 12월 28일까지 재시도 포함 총 15회의 산란자극을 실시하였으며, 이 중 7회만 수정란을 얻을 수 있었다 (표 36).

표 36. 흑진주조개 인공산란 결과

Table 36. Result of artificial spawning of blacklip pearl oyster

Date	No. shells	Stimuli			No. D-shape larvae	Lunar calendar	Remark
		Exposure	Temperature				
			$\Delta T$	Time			
10/30	20	2 hr	8°C	8 hr	4 million	9/25	
11/04	17	2 hr	8°C	10 hr		9/30	unmatured egg
11/12	20	3 hr	8°C	5 hr	8 million	10/ 8	2nd trial
11/13	20	3 hr	8°C	8 hr	4 million	10/ 9	
11/19	20	3 hr	8°C	5 hr	20 million	10/17	
11/20	20	3 hr	8°C	5 hr	3 million	10/18	
12/05	18	2 hr	8°C	4 hr	failure	11/02	typhoon
12/09	9	3 hr	8°C	5 hr	failure	11/06	“
12/11	15	3 hr	10°C	12 hr	failure	11/08	“
12/18	19	3 hr	8°C	3 hr	failure	11/15	
12/19	39	3 hr	3.5°C	5 hr	1 million	11/16	2nd trial
12/27	21	3. hr	5°C	5 hr	failure	11/24	low temp.
12/28	32	3 hr	7.5°C	5 hr	1.5million	11/25	2nd trial

산란자극에 반응한 흑진주조개 모패, 특히 암컷은 매회 1 ~ 2개체에 불과하여 50% 내외의 반응률 기록한 한해연 (2002)에 비하여 반응률과 산란양이 매우 빈약한 편이었다. 이러한 낮은 산란율은 전술한 바와 같이 흑진주조개는 연중 여러 번의 배우자 방출기를 가지며, 배우자 방출은 시기적인 주기성보다는 개체군의 특성에 따라 변한다고 생각할 때, 매우 납득하기 어려운 결과이다. 전체 산란유발 실험에 사용된 모패 수가 270마리에 달하며, 생식소 조사결과 암수비율도 1 : 1로 정상이었던 것을 감안하면 본 조사기간 중 흑진주조개의 성성숙에 영향을 미치는 알지 못하는 별개의 요인이 존재해 있다고 판단된다. 조석주기는 패류의 산란행동에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있지만 지금까지의 결과로는 대조시와 소조시 산란율에 있어 유의성 있는 결과는 없지만 대조시가 소조시에 비하여 약간 반응율과 산란량이 증가하는 느낌이 있어 좀더 면밀한 조사가 필요하리라 본다. 이 외 흑진주조개 산란행동에 영향을 미치는 요인으로 엘니뇨 등 자연환경변화를 들 수 있지만, 이 역시 조사 기간 중 뚜렷한 변화를 찾아보기 어려웠다.



종묘생산 실험에 사용한 수정란은 2002년 11월 12일 제3차 인공산란으로 얻어진 것들로 D상 유생으로 변태가 확인된 800만마리의 유생을 사용하였다. 종묘생산은 실내수조와 해상가두리로 나누어 실시하였다.

인공산란유발로 얻어진 흑진주조개 수정란은 원형으로 직경은  $50\pm 5\mu\text{m}$ 로 전년도 (한해연 2001) 및 Alagarwami et al. (1989)와 유사한 수준이었다. 금년도 연구에서도 육상사육의 경우 높은 폐사율을 기록하였기 때문에, 초기 각정기 단계인 5일째 이후의 자료는 해상가두리에서 얻어진 자료를 사용하였다.

흑진주조개 수정란의 세포분열 시간은 평균 30분 내외로 3시간만에 32세포기에 도달하였으며, 이 때부터 각각의 세포가 분열하는 시간에 차이가 났다 (표 37). 대부분의 개체가 10시간만에 담륜자유생으로 변태하였으며, 24시간 후에는 초기 D상유생기에 진입하였으며, 배발생 과정은 전년도와 유사하였다. 초기 D상유생 이후의 발달은 전년도에 비하여 상당히 빨리 진행되어 1.5일만에 섬모가 발달하여 섭이를 시작하였으며, 3일만에 각장  $90\mu\text{m}$  크기의 후기 D상유생기에 도달하였다.

표 37. 흑진주조개의 배발생 및 초기발달 (29.8 ~ 31°C, 31 ~ 33‰)

Table 37. Embryonic and larval developments of blacklip pearl oyster ( 29.8 ~ 31°C, 31 ~ 33‰)

Developnig stage	Time after spawning	Size ( $\mu\text{m}$ )	Remark
Fertilized egg			
2 cell stage	1hr	$50\pm 5$	
32 cell stage	3hr	$50\pm 5$	
Trochophore stage	10hr	$50\pm 5$	
Early D shape larvae	17hr	$70\pm 5$	1st mortality
D shape larvae	1day	$75\pm 5$	Start of feeding
Development of ciliata	1.5day	80	
Late D shape larvae	3day	90	2nd mortality
Early umbo larvae	5day	125	Sea cage culture
Umbo stage larvae	11day	180	
Eyed larvae	13day	210	
Pediveliger larvae	14day	220	Insertion of spat collector
Spat	20day	230	

제5일째에는 대부분의 유생이 각장 125 $\mu$ m의 초기각정기에 도달하였으며, 11일째에는 각장 180 ~ 190 $\mu$ m 크기의 각정기유생 (화보 IV-1)으로 성장하였으며, 13일째 안점을 가진 유생 (화보 IV-2)이 출현하기 시작하였다. 이 때의 유생 크기는 각장 기준으로 210 $\mu$ m이었다. 포복기유생은 14일부터 출현하기 시작하였으며, 대부분의 유생이 20일째에 부착기 유생으로 발달 하였으며 21일째 착저하였다 (화보 IV-3). 착저후 10일째 부착유생은 각장 2mm의 치패 (화보 IV-4)로 성장하였다. 흑진주조개 수정란이 부화에서 부착기 유생이 되기까지 걸린 시간은 Alagarwami et al. (1989) 및 Southgate and Beer (1997)와 유사 하였으나, 발안유생이 출현한 시기는 이들의 연구보다 2일 빨랐다.

### 3). 먹이에 따른 유생의 성장

먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장을 알아보기 위하여 D상유생을 7  $\ell$ 의 투명 용기에 수용하여 표 38과 같이 3회/일 급이 하면서 각장의 초기성장을 측정하였다. 먹이생물에 따른 흑진주조개 각장의 성장은 *Pavlova lutheri* 급이구가 가장 양호하였으며, 그 다음은 *Isocrysis aff. galbana*, *Chaetoceros gracilis* 순이었지만 (그림 33) 통계학적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다 ( $P>0.05$ ).

표 38. 먹이에 따른 흑진주조개 유생의 성장실험을 위한 급이 조건

Table 38. Conditions of feeding experiment for larvae of blacklip pearl oyster

Days after 1st feeding	Amount of food (cells/ml)*	Food organisms
1	2,000	<i>Pavlova lutheri</i> , <i>Chaetoceros gracilis</i> , <i>Isocrysis aff. galbana</i>
2	4,000	
3	5,000	
4 ~ 5	6,000	
6 ~ 7	8,000	
8 ~ 9	10,000	

\* cells/ml is equivalent to cells/ind. when stocking density of larvae was 1ind./ml

본 실험만의 결과로 판단할 때, 축 현장에서 배양하고 있는 먹이생물은 흑진주조개 초기 유생의 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 그러나, Alagarwami et al. (1985)는 *Isocrysis aff. galbana*와 *Pavlova lutheri*를 각각 급이하여 유생을 사육한 결과

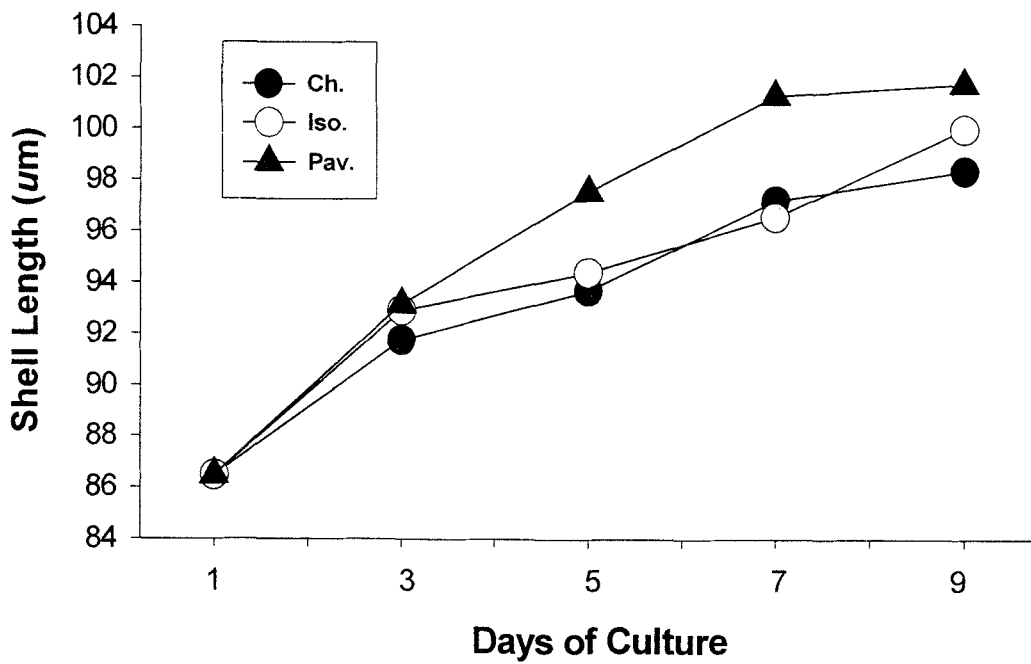


그림 33. 먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.

Fig. 33. Early growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on food organisms.

\* Ch: *Chaetoceros gracilis*, Iso: *Isocrysis aff. galbana*, Pav: *Pavlova lutheri*

*I. galbana*를 급이구가 *P. lutheri* 급이구에 비하여 성장이 더 빠른 것으로 보고하였으며, Southgate et al. (1998)는 *I. galbana* 급이가 *P. salina*와 *C. simplex* 급이구에 비해 각장의 성장이 현저히 빠른 것으로 보고하여 먹이의 종류에 따라 성장 차이를 보이지 않은 본 실험의 결과와는 차이가 났다. 이러한 차이는 실험조건에 따른 차이도 있겠지만, 본 실험에 사용한 먹이생물이 온대지역에서 계속적으로 계대배양한 종을 열대환경으로 옮겨 배양한 것으로, 열대지방에서만 계속적으로 배양한 먹이생물에 비하여 영양가치가 저하되었기 때문으로도 생각할 수 있다.

자연산 먹이생물이 흑진주조개 유생의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 30ℓ 급판라이트 수조에 흑진주조개 D상유생을 넣고, 지수식 급이구, 50 $\mu$ m 여과해수 유수구, 인공먹이 급이 및 5 $\mu$ m 여과해수 유수구, 5 $\mu$ m 여과해수 급이구로 나누어 9일간 관찰하였다. 관찰기간 중 급이한 인공먹이생물은 *I. galbana*, *Nannochloris* sp., *Phaeodactylum tricornutum* 등을 혼합 농축한 것으로 급이량은 표 38과 같다.

실험결과 지수식 (급이 후 사육수 부분 환수) 급이구가 가장 기준으로 가장 성장이 빠랐으며, 그 다음은 5 $\mu$ m 여과해수 유수식에서의 성장이 양호하였다. 또한, 5 $\mu$ m 여과해수 유수식에 있어 배양개시 5일 후부터 급이구와 무급이구간의 차이가 미세하였다 (그림 34). 한편, 무급이 50 $\mu$ m 여과해수 유수식의 경우 사육 후 5일째 거의 모든 개체가 폐사하였는데, 이는 사육수를 통해 유입된 동물플랑크톤이 유생의 성장을 방해한 것으로 보여진다.

실험이 종료 후 생존율을 보면 5 $\mu$ m 유수식 급이구의 경우는 23.4%, 5 $\mu$ m 유수식 무급이구는 6.4%, 지수식 급이구의 경우에는 14.2% 그리고 50 $\mu$ m 유수식 무급이구의 경우 0%로 먹이의 급이 유무와 사육 방법에 따라 생존율에 차이가 나타났다 (표 39).

표 39. 급이방법에 따른 흑진주조개 유생의 생존율

Table 39. Survival rate of larvae of blacklip pearl oyster depend on feeding regimes.

Feeding regime	Initial no. larvae	final no. larvae	Survival rate (%)
50 $\mu$ m SW	25,000	0	0
5 $\mu$ m SW, feeding	25,000	5,847	23.4
5 $\mu$ m SW, nonfeeding	25,000	1,472	6.4
Stagnated, feeding	25,000	3,266	14.2

\* SW : filtered seawater, continuous flow

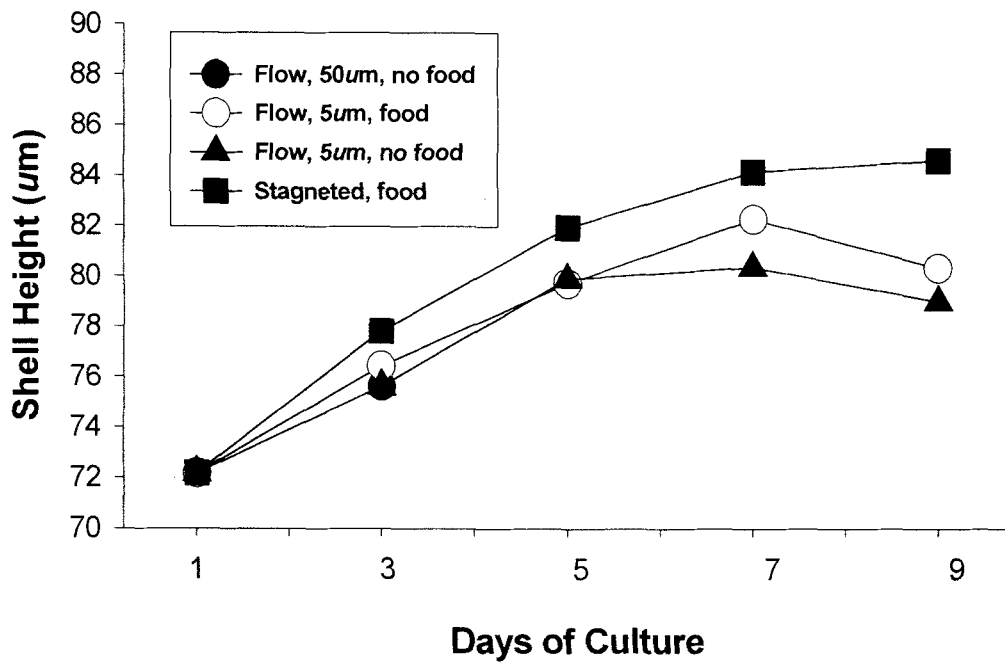


그림 34. 급이방법에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.

Fig. 34. Early growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on feeding regimes

전체적으로 볼 때, 지수식 급이구의 유생이 다른 실험구에 비해 성장이 좋았으나 통계학적 유의성은 없었다. 5 $\mu$ m 여과해수를 사육수로 할 경우 급이구와 무급이구간의 차이가 거의 없었던 것은 자연산 먹이생물이 유생의 초기성장 중요한 역할을 하는 것을 증명해 주고 있다. 실험개시 7일째 이후에 성장이 둔화되는 것은 선발 개체들의 사망량이 증가하면서 후발개체들이 계측대상이 되었기 때문으로 생각된다.

#### 4). 유생사육 및 채묘

확인된 D상유생은 50 $\mu$ m 망지로 걸러 여과해수로 세척 후 4톤급 수조에 1개체/ml 밀도로 수용하였으며, 이 때부터 급이를 시작하였다. 먹이는 하루 3회 (9시, 16시, 22시) 공급하였다. 최초의 급이는 산란 후 36시간 후에 *Isocrysis aff. galbana*와 *Pavlova lutheri*를 1:1로 혼합한 먹이를 잔유 먹이생물의 밀도에 따라 가감하여 유생에 공급되는 먹이량이 2,000 세포/일/개체 수준으로 조절하였다 (표 40).

이후 급이량은 매일 조금씩 증가시켜 4일째에는 4,500 세포/ml, 6일째에는 10,000 세포/ml, 후기각정기에는 20,000 세포/ml, 부착기에는 25,000 세포/ml 이상을 급이하였다. 8일째부터는 규조류인 *Chaetoceros gracilis*를 11째부터는 *Tetraselmis suecica*도 첨가하여 주었다. 채묘기 투입 후부터는 2회/일 급이하였다. 사육수 환수는 부화 후 5일이 될 때까지는 이틀에 한번씩 전환수를 실시하였다. 부화 후 5일이 지난 유생 약 70만마리를 해상 가두리에 수용하여 사육하였고 나머지는 계속해서 육상수조에서 사육하였다.

육상수조에 수용한 유생은 각정이 형성되는 시기에 물을 환수하는 과정에서 받는 스트레스를 최소화하기 위해서 유생을 4톤급 수조 두 개에 분산하여 첫날은 물량을 1ton으로 맞춘 후 매일 조금씩 물을 첨가하는 방식을 채택하였다. 하루에 약 0.5톤의 여과해수를 첨가하였으며, 각정이 완전히 형성될 때까지는 환수를 실시하지 않았다. 부화 후 11일경 대부분의 유생이 각정기로 넘어간 것을 확인한 후 다시 전환수 하였다. 각정 형성기를 지나는 동안 유생의 폐사가 일어났으므로 거른 유생은 다시 4톤급 수조 하나로 합쳐 앞서와 동일한 방식으로 안점이 관찰될 때까지 앞의 방법과 동일하게 여과수를 첨가해주었다. 부착기 유생은 수거하여 1톤급 수조에 수용하였다.

해상 가두리는 1톤급 원형수조의 벽과 바닥에 여러 개의 구멍을 내고 여기에 망목 50 $\mu$ m의 망지를 붙여 자연해수가 원활하게 순환할 수 있도록 제작하였다 (화보 IV-5, 6). 가두리는 조류 소통을 원활히 하기 위해 술을 이용하여 망지 부분을 매일 청소하고 수용 후 8일째 되는 날에는 새로운 가두리로 완전 교환해 주었다. 해상 가두리에 수용한 유생

표 40. 흑진주조개 D상유생의 배양일수에 따른 먹이생물 종류와 급이량  
 Table 40. Feeding regime of D-shape larvae of blacklip pearl oyster

Days of culture	Kind of food*	Amount of food (cells/ml)#	Remark
1	Iso., Pav.	2,000	3 times/day
2	Iso., Pav.	3,000	
3	Iso., Pav.	3,500	
4	Iso., Pav.	4,000	
5 (Sea cage 1)	Iso., Pav.	8,000	
6-7 (Sea cage 2, 3)	Iso., Pav.	10,000	
8 (Sea cage 4)	Iso., Ch-g	10,000	
9-10 (Sea cage 5-6)	Iso., Ch-g	12,000	
11-12 (Sea cage 7-8)	Iso., Pav., Tetra.	15,000	
13-15 (Sea cage 9-11)	Iso., Pav.	20,000	spat collector
16-19	Iso., Pav., Ch-g	25,000	2 times/day
Spat	Iso., Pav., Ch-g, Tetra	> 25,000	

\* Iso. : *Isocrysis* aff. *galbana*, Pav. : *Pavlova lutheri*, Ch-g : *Chaetoceros gracilis*,  
 Tetra : *Tetraselmis suecica*

# residual food organism in rearing tank

은 2회/일 급이하였으며, 가두리 내 조류 소통을 원활히 하기 위해 솔을 이용하여 망지 부분을 매일 청소하고 수용 후 8일째 되는 날에는 새로운 가두리로 완전 교환해 주었다.

육상사육시설에서의 수온의 변화폭은 28.5 ~ 29.5℃로 해상가두리에서의 변화폭 29.8 ~ 31℃에 비하여 1℃ 정도 낮은 수온을 기록하였으며, 용존산소는 지속적인 폭기에 따라 6.8mg/l로 해상가두리보다 1mg/l 정도 높았으며 (표 41), 두 경우 모두 흑진주조개 유생의 발달에 적합한 환경이었다. 해상가두리와 육상시설 모두 먹이는 오전 9시와 오후 4시 하루 2회씩 동일량을 급이하였다.

표 41. 육상수조와 해상가두리 내의 수질환경변화

Table 41. Fluctuations of water quality in land based tank and sea cage

사육일수 (부화 후)	육상수조			가두리			비고
	수 온 (°C)	용존산소 (mg/l)	염 분 (‰)	수 온 (°C)	용존산소 (mg/l)	염 분 (‰)	
4일	28.5	6.8	30	-	-	-	
5일	29.5	6.7	31	-	-	-	
6일	28.5	6.8	31	31.0	5.9	31	
7일	29.0	6.8	31	30.5	6.0	32	
8일	-	-	-	29.8	5.7	31	
9일	-	-	-	30.5	6.2	31	
10일	-	-	-	30.4	6.2	32	
11일	29.5	6.8	31	29.8	6.0	31	
12일	29.5	6.6	31	30.7	6.2	31	
14일				29.8	6.1	33	
15일				30.5	5.9	31	

D상 이후 5일부터 육상 사육과 해상사육간의 유생의 변화를 관찰해본 결과, 해상 사육 유생은 해상 사육조에 수용한 2일째부터 유생 전체의 채색이 진한 갈색을 띠는 반면, 육상 사육조 내에서 관리하던 유생은 위 내용물이 있는 부분만 갈색을 띄었으며, 유생의 움직임도 육상 사육 유생보다 해상 사육 유생이 매우 활발히 움직이는 것을 관찰 할 수 있었다. 유생의 성장 면에서는 육상사육 유생과 해상 사육 유생의 성장 차이는 나타나지 않았으나, 유생의 생존율에 있어서는 많은 차이점을 보였다. 해상 사육의 경우 수용한 약 70만마리의 D상 유생 중 약 50만마리가 부착기 유생까지 생존하여 생존률 70%를 기록한 반면, 육상 수조에서는 수용한 약 300만마리의 D상유생은 10%에 해당하는 약 30만마리 만 부착기유생 단계에 도달하였다.

한편, 유생의 움직임이 활발했던 해상 사육조 유생은 소화관을 비롯한 전체적인 체표가 짙은 갈색으로 나타난 반면 육상 사육조에서 관리 중이던 유생은 위 내용물이 들어있는



소화관 부위만 갈색을 나타내고 있었다. 이러한 체색의 차이는 육상 사육조 유생에 비하여 해상 사육유생이 자연에서 취할 수 있는 먹이와 기타 물질이 풍부했다는 것을 알 수 있다. 이러한 자연에서의 먹이와 기타 물질의 섭취는 안점이 생기고 부착기에 가까워 많은 영양을 요구하는 유생에 있어서 부착기까지의 생존율과도 연계가 될 것으로 사료된다. 또한, 육상 수조에서 관리하여 부착기까지 성장한 유생들의 대부분이 착저에 실패하거나 착저 후 이탈된 사실을 감안할 때, 먹이생물의 중요성을 실감할 수 있다.

해상에서 사육하던 유생을 안점이 나타나기 시작한 D상 이후 15일째 (230 $\mu$ m)되는 날 채묘틀을 설치한 1톤급 육상 수조로 옮겨 관리했다. 채묘틀 투입 후 15일 경과 후 부착치패는 2mm 크기로 성장하였다. 채묘효과는 양과망, 나이론 그물망 및 전복종묘 채묘용 과판이 6 ~ 8개체/100cm<sup>2</sup> 수준으로 유사한 반면, 비닐 차광막의 경우 3개체/100cm<sup>2</sup>로 저조하였다 (표 42). 한편 수조의 바닥에 114.7개체/100cm<sup>2</sup>의 높은 밀도로 착저한 것을 감안할 때, 채묘틀 투입 시기가 다소 늦었다고 판단된다. 최종적으로 약 30,000마리의 치패를 생산하여 D상유생부터 부착치패까지의 생존율은 약 4%를 기록하였다.

표 42. 채묘기의 재질에 따른 흑진주조개 채묘결과

Table 42. Result of spat collection depend on substrate type

Substrate type	size (cm)	spat/subst.	spat/100cm <sup>2</sup>	total spat
Tran. plate	35 x 35	75/plate	6.3	2,000
White net	40 x 80	225/net	7.0	2,000
Onion bag	40 x 80	250/bag	7.8	1,000
Black net	50 x 50	76/net	3.1	3,000
Tank bottom	100 x 200	22,000/tank	114.7	22,000
Total				30,000

田中等 (1970)은 흑진주조개 종묘생산시 후기 D상유생에서 각정기유생으로 진입하는 단계에서 폐사율이 현저하게 높았다고 하였으며 이때를 위험시기 (critical period)라 하였으며, 노 등 (1986)도 진주조개 (*Pinctada fucata martensii*) 종묘생산의 과정에서 이와 유사한 폐사 현상을 보고한바 있다. 한해연 (1987)도 진주조개 종묘생산시 본 실험과 유사한 폐사 현상을 경험한바 있다. 금번 실험에서도 초기 D상유생기와 초기각정기유생에 많

은 감도가 일어났으나 누적 사망률은 50% 내외에 불과하여 전년에 비하여 사망률이 매우 낮았다. 본 실험에서 비교적 양호한 초기 생존율을 얻을 수 있었던 것은 사육수의 철저한 관리 및 먹이생물 영양강화의 결과이라고 생각된다. 또한, 육상수조에서는 D상유생에서 부착기유생까지의 생존율이 10%에 미치지 못했던 반면, 해상가두리에 수용하여 인공산 먹이에 더하여 자연산 먹이를 섭취할 수 있게 한 경우에는 D상유생부터 부착기유생까지 70%의 생존율을 기록하였다. 만일 두 실험군의 사육실험에 있어 이 외의 사육조건이 같았다고 가정하면, 자연해수에 포함되어 있는 미소 먹이생물이 흑진주조개 유생의 생존에 미치는 영향이 크다 생각된다. 따라서, 현재 사용하고 있는 일반적이 먹이생물 외에 불포화지방산 (Tanaka et al. 1970, Brown et al. 1989, Volkman 1989)이 풍부한 미소먹이생물을 개발하는 것이 필요하다.

#### 나. 종묘생산공정

지금까지 밝혀진 결과를 토대로 흑진주조개 종묘생산공정을 시간대별로 종합하면 다음과 같다.

##### 1). 먹이생물 배양공정

1일 : 먹이생물 원종 ( $10^6$ 세포/250ml) 진탕배양기 수용 (22°C, 광주기 12:12)

2일 : 먹이생물배양 준비 (배양기자재 및 배양수 멸균) : 23°C, 3000lux(광주기 12:12)

3일 : 먹이생물배양준비

4일 : 보존배양 접종 (\* 7일 주기로 반복)

250ml①, ②, ③, ④ → 5l 배양용기 ①, ②, ③, ④ + 새로운 250ml①, ②, ③, ④

· *Isocrysis aff. galbana* >  $8.0 \times 10^6$  세포/ml

· *Pavlova lutheri* >  $4.0 \times 10^6$  세포/ml

· *Chaetoceros gracilis* >  $5.5 \times 10^6$  세포/ml

· *Tetraselmis suecica* >  $1.5 \times 10^6$  세포/ml

11일 : 중간배양 접종 (예상급이량에 따라 조절)

5l 배양용기 ①, ② → 30l 배양용기 ①

5l 배양용기 ③, ④ → 30l 배양용기 ②

16일 : 30l 용기 내의 먹이생물밀도가 적정밀도 도달 후 급이

- 먹이생물 밀도

- *Isocrysis aff. galbana* >  $5.0 \times 10^6$  세포/ml
- *Pavlova lutheri* >  $2.5 \times 10^6$  세포/ml
- *Chaetoceros gracilis* >  $3.0 \times 10^6$  세포/ml
- *Tetraselmis suecica* >  $1.0 \times 10^6$  세포/ml

- 급이방법

- 필요량에 따라 30ℓ 배양용기 ①, ② 교대로 급이 (10톤 수조 또는 유생 1천만마리당 10ℓ 씩 급이)
- 초기에는 *Isocrysis aff. galbana*와 *Pavlova lutheri*를 1:1로 2000세포/ml 씩 급이 하고, 유생의 성장에 따라 점차 공급량 증가
- 급이량의 1/2에 해당하는 배양액 첨가
- 5일째 배양용기의 먹이생물량이 10ℓ 이하로 줄면 전체 수확하여 급이

2). 인공산란유발공정

조개를 살짝 벌려 육안으로 생식소 확인된 것 사용, 생식소 확인 불가능시 모패 25마리 이상 사용하며, 먹이생물 배양결과에 따라 제15일차부터 가능함.

15일 :

- 09:30 - 11:30 : 조개채집 및 운반
- 11:30 - 12:00 : 생식소 확인 (암컷 5개체, 수컷 3개체 이상)
- 12:00 - 13:00 : 흑진주조개 패각청소(부착생물 제거)
- 13:00 - 15:00 : 통풍이 잘되고 그늘진 곳에서 간출
- 15:00 - 20:00 : 저온해수주입[20-22℃] : 100ℓ 용기
- 20:00 - 21:00 : 산란수조 수용 (자외선 해수 1/3)
  - 자외선 살균수 주입[29.5℃] 및 유수
  - 수컷부터 방정이 일어나면 유수 중지 (방정 수컷 제거)
  - 암컷의 최초 방란 30분 후 산란 종료
- 21:00 - 21:30 : 자외선 살균수로 세란, 부화 수조로 이동 (2-3백만개/m<sup>3</sup>)
  - 발생확인 (2-4세포기)
  - 야간 폭기 DC로 전환 (차량용 축전지 사용)

16일 :

- 06:00 - 07:00 : 담륜자 유생 확인, 주간 폭기 AC로 전환

20:00 - 21:00 : D상유생 수거, 수량확인, 유생사육수조로 이동 (2백만개/m<sup>3</sup>)

### 3). 유생사육 공정 (해상사육)

17일 :

07:00 - 07:30 : D상유생 확인 (75 $\mu$ m)

08:00 - 08:30 : 급이 (*Isocrysis* aff. *galbana* + *Pavlova lutheri* : 1 + 1,  
2,000세포/ml), 섭이량 감안하여 먹이량 조절 공급, 3회/일,  
07:00, 12:00, 18:00 급이

18일 :

07:00 - 08:00 : 유생확인, 먹이량 결정

08:00 - 08:30 : 급이 (3,000세포/ml, 08:00, 14:00, 20:00)

18:00 - 19:00 : 유생확인 (후기 D형, 90 $\mu$ m)

22:00 - 22:30 : 바닥청소, 1 $\mu$ m 여과 및 자외선 살균 해수 보충 (1/3)

19일 ~ 20일

07:00 - 08:00 : 후기 D상유생 확인(90 ~ 100 $\mu$ m), 먹이량 결정

08:00 - 08:30 : 급이 (3,500세포/ml, 08:00, 14:00, 20:00)

22:00 - 22:30 : 바닥청소, 1 $\mu$ m 여과 및 자외선 살균 해수 보충 (1/3)

10 $\mu$ m에 통과하고 5 $\mu$ m에 걸른 자연산 먹이생물 공급 시작

21일

07:00 - 08:00 : 초기각정기유생 확인 (125 $\mu$ m), 먹이량 결정 (4,000 ~ 5,000세포/ml)

08:00 - 11:00 : 해상가두리 준비

11:00 - 12:00 : 유생수거 및 계수

12:00 - 13:00 : 해상가두리 수용 (2백만/m<sup>3</sup>)

15:00 - 15:30 : 급이 (10,000세포/ml), 먹이생물에 *Chaetoceros gracilis*와  
*Tetraselmis suecica* 추가(각 2,000세포/ml), 서서히 급이

22일 ~ 27일 :

- 급이 : 2회/일, 시차를 두고 서서히 급이, 08:00 - 09:00, 16:00 - 17:00

- 유생성장과정 확인

- 교환망 청소 (1회/일) 또는 필요시 교환

29일 ~ 30일 :

- 유생 확인 (안점 출현 여부, 포복기유생 여부, 200 ~ 210 $\mu$ m)

- 채묘기 준비

#### 4). 채묘

채묘틀은 비닐 차광막과 나이론 그물망으로 채묘용 수조의 크기에 맞추어 제작한다. 각각의 채묘틀은 10cm 간격으로 8 ~ 10매씩 수평으로 배치한다.

31일 :

- 유생수거, 실내 수조로 이동 수용(1개체/ml)
- 잔여개체는 해상가두리에서 채묘기 투입
- 실내로 이동한 유생이 포복기에 진입하면 채묘기 투입

33일 :

- 부착여부 확인
- 급이량 조절 (25,000 세포/ml)

34일 :

- 급이 : 3회/일, 08:00 - 09:00, 16:00 - 17:00 (30,000 세포/ml)
- 수조 내 먹이생물량 밀도 조사 후 먹이량 조절
- 폭기량 증가
- 정수 후 부유유생 여부 조사, 부유유생이 없을 경우 상층수 교환
- 유수식 전환 (1/3회전/일, 10 $\mu$ m 카트리지가 여과기 통과 해수)

35일 ~ 40일 :

- 부착치패 확인
- 급이 : 3회/일, 08:00 - 09:00, 16:00 - 17:00 (30,000 세포/ml)
- 수조 내 먹이생물량 밀도 조사 후 먹이량 조절
- 유수량 증가 (1 ~ 5회전/일)

41일 :

- 부착치패 계측 (>2mm), 계수
- 급이 : 3회/일, 08:00 - 09:00, 16:00 - 17:00 (30,000 세포/ml)
- 수조 내 먹이생물량 밀도 조사 후 먹이량 조절
- 유수량 증가 5회전/일 이상
- 해상사육 준비

42일 : 해상사육 개시

다. 국내종묘생산

1). 산란유도 및 채란

국내 종묘생산에 사용된 모패는 총 164마리로 평균 각장, 각고 및 전중은 각각 141.3mm, 134.5 및 271.8g 이었다. 총 5회에 걸쳐 산란유도를 하였으며, 1차 산란 (8월 2일)은 수송되어온 직후 모패를 25℃ 여과해수에 수용하여 유도하였고, 2차 이후에는 수온 및 먹이공급으로 관리하면서 실시하였다. 모패관리는 8톤 FRP콘크리트 수조에서 수온 27±1℃로 1일 3회전으로 유도하였고, 먹이는 *Isochrysis aff galbana*, *Chaetoceros simplex* 그리고 *Tetraselmis tetrathele*를 혼합하여 10,000 ~ 15,000 세포/ml 농도로 24시간 공급하였다.

1차 산란의 경우 약 700만마리의 D상유생을 수거하였고, 2차, 3차 산란유도 결과 각각 150만마리 및 30만마리의 D상유생을 수거하였다. 그러나 4차 및 5차 산란유도에서는 수컷만이 반응하여 수정란 획득에는 실패하였다 (표 34).

표 43. 흑진주조개의 국내 인공산란유발 결과

Table 43. Domestic trial of induced spawning of blacklip pearl oyster

Date	No.	Average size (mm, g)			No. response	Spawning rate	No. D-shape larvae
		Shell length	Shell height	Total weight			
'02. 8. 2	164	141.3	134.5	271.8	♀4/♂7	6.7	7 millions
'02. 9. 7	51	139.0	132.7	268.0	♀3/♂12	29.4	1.5 millions
'02. 9. 16	80	148.6	142.2	321.8	♀1/♂21	27.5	0.3 millions
'02. 10. 4	30	126.0	115.2	141.9	♂14	46.6	0
'03. 3. 28	64	139.5	134.7	269.1	♂27	42.2	0

산란유도 결과 현장에서 운송 직후 산란율은 6.7%로 낮았으나 가장 많은 D상유생을 수거하였으며 (1차), 모패 관리를 통하여 시도한 경우 (2차, 3차) 산란율은 27.5 ~ 46.6% 범위로 높았으나 D상유생 확보량은 저조하였다. 산란자극에 대한 반응률은 수컷이 암컷에 비해 높았다.

2). 유생사육

대부분 패류 먹이생물로 널리 이용되고 있는 식물성 플랑크톤은 20℃내외의 온도에서 적응된 온대성 종들이다. 따라서 저온에서 배양된 먹이생물을 28℃이상되는 사육수조에 공급할 경우 생리적 영향으로 먹이생물의 가치가 절감될 우려가 있다 (Minaur, 1969). 최근 열대성 이매패류의 유생사육에 있어서 열대성 먹이생물의 배양방법연구 및 생먹이생물을 건조한 미세조류입자, microencapsulated diets 그리고 yeast-based diets로 대처하는 연구들이 이루어지고 있다(Southgate et al., 1998).

본 실험에 사용한 유생은 1차 산란 (8월 2일)으로 발생 3일된 각장  $80\pm 5\mu\text{m}$  크기로 D상에서 각정 형성기 직전인 각장  $100\pm 5\mu\text{m}$ 의 유생을 대상으로 먹이섭이 효율에 대한 실험을 하였다. 유생은 1톤 FRP수조에 3개체/ml로 수용하고, 사육수는 1차 모래여과와 2차  $1\mu\text{m}$  여과재를 거친 해수를 사용하였다. 수온은  $26.5\pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하였고, 사육수 관리는 2일 전 환수 하였다. 사육수 환경은 pH 8.47 ~ 8.55, 염분은 34.3 ~ 34.7‰ 그리고 용존산소량은 6.5 ~ 7.5mg/l 범위였다. 먹이생물은 고농축먹이 (Algae Paste; Tahitian isochrysis, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 그리고 *Nannochloropsis oculata*를 혼합 농축. IAP,LTD)와 본 자원연구소에서 배양한 *Isochrysis aff galbana*, *Chaetoceros simplex*, *Monochrysis* sp. 그리고 *Tetraselmis tetrathele* 4종을 혼합하여 3,000~10,000 세포/ml로 유생의 성장에 따라 공급하였다. 공급횟수는 1일 1 ~ 2회로 하였다.

실험결과 실험 4일째까지는 두 실험구간 유생의 성장차이는 나타나지 않았고 ( $P > 0.05$ ), 실험일수 7일 이후부터 두 실험구간에 유의한 차이를 나타내어 ( $P < 0.01$ ), 농축먹이생물 급이구보다 자체 생산한 먹이생물을 공급한 실험구에서 유생의 성장이 월등히 좋았다. 먹이생물의 섭이상태를 현미경상에서 관찰한 결과 실험일수 4일 까지는 자체 생산한 먹이생물을 급이한 실험구보다 농축먹이생물을 급이한 실험구가 소화관내 먹이생물 섭이상태가 양호한 것으로 관찰되었다 (그림 35, 표 44,).

그러나 이후 실험일수가 경과할수록 농축먹이생물 급이구의 유생 소화관내에는 먹이생물의 섭이 현상은 보이지 않고 소화관이 빈 상태로 관찰되었다. 반면 자체 생산한 먹이생물 급이구에서는 소화관내 먹이생물이 섭이되고 소화된 것을 관찰할 수 있었다.

두 실험구의 유생생존율을 살펴보면 실험 4일째까지는 두 실험구 모두 50%을 넘는 생존율을 보이다가 이후 생존율이 낮아지기 시작하였다. 실험 6일째부터 두 실험구에서 유생생존율의 차이를 보이기 시작하여 농축먹이생물 급이구가 자체생산 먹이생물 급이구보다 급격하게 생존율이 낮아졌으며, 실험종료에서의 생존율은 0.15%로 아주 저조하였다.

흑진주조개 유생의 사육은 먼저 1차 산란된 D상유생을 이용하여 지수식 사육방법에 따라 사육하여 지수식 사육방법의 문제점을 파악한 뒤, 2차 산란된 D상유생을 이용하여 사

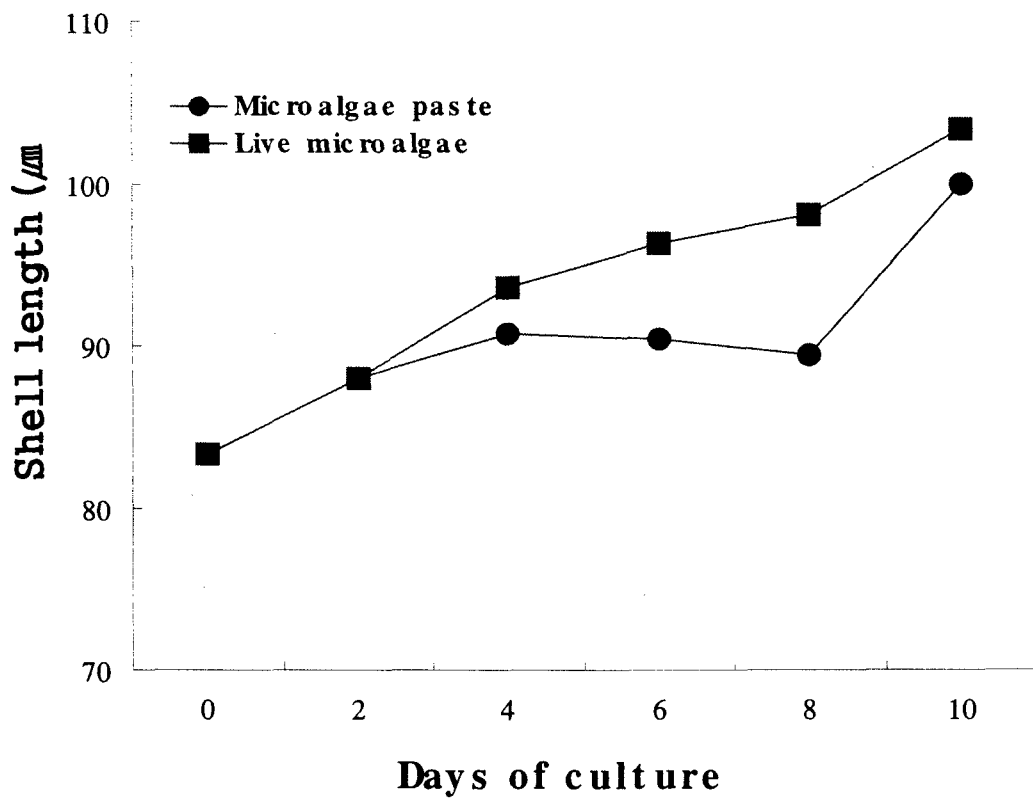


그림 35. 먹이생물에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.

Fig. 35. Larval growth of blacklip pearl oyster depend on food.



표 44. 먹이생물에 따른 흑진주조개 유생의 성장

Table 44. Growth of larvae of blacklip pearl oyster depend on food organisms

Date	Condensed food		Cultured food	
	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate (%)	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate (%)
'02. 8. 5	83.3 $\pm$ 2.26	100	83.3 $\pm$ 2.26	100
'02. 8. 7	88.0 $\pm$ 3.28	67.5	88.0 $\pm$ 3.28	66.6
'02. 8. 9	90.8 $\pm$ 2.26	52	93.6 $\pm$ 3.50	53.3
'02. 8. 11	90.4 $\pm$ 3.38	23	96.3 $\pm$ 5.36	30
'02. 8. 13	89.5 $\pm$ 3.65	15.6	98.1 $\pm$ 5.64	26
'02. 8. 15	100.0 $\pm$ 7.42	0.15	103.4 $\pm$ 5.90	11

육방법 개선을 위한 유수식 사육방법을 택하였다. 지수식 및 유수식 사육방법은 흑진주조개 D상유생을 2톤 FRP수조에 3개체/ml로 수용하고, 사육수는 1차 모래여과와 2차 1 $\mu\text{m}$  여과재를 거친 해수를 사용하였다. 수온은 27 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ 를 유지하였고, 사육수 환경은 지수식이 pH 8.47 ~ 8.62 염분은 32.3 ~ 34.6‰ 그리고 용존산소량은 6.3~7.1mg/l 범위이었고, 유수식은 pH 8.58 ~ 8.71 염분은 31.6 ~ 33.2‰ 그리고 용존산소량은 6.0 ~ 6.8mg/l 범위였다. 지수식 사육은 2일 1회 전환수로 하였고, 유수식 사육은 각장 75 $\pm$ 5 $\mu\text{m}$  에서 98 $\pm$ 5 $\mu\text{m}$ 까지는 2일 전환수를 실시하고 각장 100 $\mu\text{m}$  이후에는 수조중앙에 거름망 (40, 60 $\mu\text{m}$ )을 부착한 배수관을 이용하여 1일 2회전 유수하였다. 먹이공급은 각장 100 $\pm$ 5 $\mu\text{m}$ 까지는 *Monochrysis* sp., *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis aff galbana*를 혼합하여 1,000 ~ 5,000 세포/ml로 공급하였고, 이후에는 *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis aff galbana*, *Chaetoceros simplex* 그리고 *Tetraselmis tetrathele*를 혼합하여 10,000 세포/ml가 넘지 않도록 1일 2 ~ 3회 공급하였다. 유생의 성장 및 생존율을 알기위해 지수식 사육수조에서는 2일 전환수시 유생을 수거하여 각장과 각고의 크기 및 생존개체수를 조사하였고, 유수식 사육수조에서는 2일마다 300ml의 사육수를 채수하여 유생수거 후 각장과 각고의 크기 및 생존개체수를 조사하였다.

지수식 사육수조의 유생은 수온 27 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 평균 각장 100 $\mu\text{m}$  성장하는데 약 10일정도 소요되었고, 외형적으로는 소두상 형태를 나타낸다. 평균 각장 120 $\mu\text{m}$ 의 각정기 유생으로 성장하는데 약 15일이 소요되었다. 반면 유수식 사육수조의 유생은 평균각장 100 $\mu\text{m}$ 로 성장하는데 약 6일 정도 소요하고, 평균 각장 120 $\mu\text{m}$ 로 성장하는데 약 13일 정도 소요되어

지수식 사육수조의 유생보다 성장은 빨랐다 (표 45).

표 45. 지수식 및 유수식 사육방법에 따른 흑진주조개 유생의 성장 및 생존율

Table 45. Growth of larvae of placklip pearl oyster depend on water supply method

Day of rearing	Stagnated rearing		Flow through rearing	
	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate (%)	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Survival rate (%)
0	78.1 $\pm$ 2.15	100	78.2 $\pm$ 2.64	100
2	83.3 $\pm$ 2.26	85.8	85.3 $\pm$ 2.63	75
4	88.0 $\pm$ 3.28	67	91.5 $\pm$ 3.11	52
6	93.6 $\pm$ 3.50	53	97.2 $\pm$ 3.09	41
8	96.3 $\pm$ 5.36	43	102.0 $\pm$ 6.50	38
10	98.0 $\pm$ 4.86	32	102.2 $\pm$ 5.80	25
12	101.2 $\pm$ 7.2	21.5	106.0 $\pm$ 7.66	13.3
14	107.8 $\pm$ 11.16	10.3	112.2 $\pm$ 9.83	1.8
16	116.8 $\pm$ 14.87	0.42	119.2 $\pm$ 12.10	0.4

생존율은 지수식 및 유수식 사육수조 모두에서 평균 각장이 120 $\mu\text{m}$ 를 넘어서면서 폐사율이 높아 실험종료일 16일 까지 생존한 개체는 지수식이 25,200마리, 유수식이 24,000마리 내외이었다.

본 실험에서 흑진주조개 유생의 지수식과 유수식의 사육시기가 달라 정확한 비교는 어렵지만 지수식보다 유수식에서 유생의 성장이 빠른 것을 알 수 있었다. 그러나 두 사육방법 모두 각장 120 $\mu\text{m}$ 를 넘어서면서 생존율이 급격히 떨어지는 동일한 현상이 나타내고 있다. Southgate 와 Beer (1999)도 흑진주조개 유생을 지수식과 유수식으로 사육하고 성장과 생존율을 비교하였다. 그들의 연구결과에서는 두 사육방법에 따른 성장의 차이는 없는 것으로 보고하였다. 또한 사육 20일 까지 두 사육방법간의 유생생존율에 있어서도 차이는 없는 것으로 보고하고 있다. 그리고 20일까지의 생존율이 지수식과 유수식 사육방법에서 각각 4.33%과 5.75%로 보고 되어 각정기 이후 유생의 생존율이 매우 낮은 것으로 발표하였다. 본 실험에서는 사육 16일까지 두 사육방법간 유생의 성장은 유수식이 지수식보다 다소 빠르게 나타났고, 두 실험구의 유생생존율이 모두 현저히 낮게 나타났다. 이는 본

실험이 수행된 시기가 해양환경의 변화가 심한 여름철이었고, 현지와는 다른 해양환경조건하에서 이루어진 결과라 사료된다.

### 3). 모패의 생식소 성숙조절

실내사육조에서 먹이공급과 수온조절에 따른 생식소 발달은 알아보기 위해 이공상란에 반응한 모패를 선별하여 기아구와 굵이구로 나누어 2톤급 수조에서 수용하였다. 사육수온은  $27\pm 1^\circ\text{C}$ 로 1일 3회전으로 유수하였고, 먹이는 *Isochrysis aff galbana*, *Chaetoceros simplex* 그리고 *Tetraselmis tetrathele*를 혼합하여 10,000 ~ 15,000세포/ml 농도로 24시간 공급하였다.

조직학적인 연구를 위해 표본은 육질부의 내장낭을 중심으로 생식소가 형성되어 있는 부분을 잘라내어 Davidson's 용액에 24시간 고정 후 50% 알콜에서 24시간 세척하였고, 그후 70% 알콜에 보관하였다. 채집일별 흑진주조개 모패의 특성은 표 46과 같다.

표 46. 생식소 조절에 사용한 흑진주조개의 모패의 형태학적 특성

Table 46. Morphological characteristics of blacklip pearl oyster used for gonadal study

Date	No.	Shell length (mm)	shell height (mm)	Shell width (mm)	Total weight (g)	soft body weight (g)
'02. 10. 16	11	143.4	139.8	34.9	331.4	48.7
'02. 11. 13	16	138.8	134.3	31.6	292.2	49.5
'02. 11. 28	16	143.3	135.3	32.6	297.0	45.6
'02. 12. 17	16	134.5	133.7	31.9	290.0	45.3
'03. 1. 18	10	132.3	131.7	35.9	311.3	43.4

생식소의 조직 관찰결과, 조사된 표본 내에서는 수컷의 생식소만이 관찰되고, 암컷의 생식소는 관찰되지 않았다. 조사된 개체들의 50%이상이 생식소관이 위축되고, 생식소 상대면적은 적으며, 생식소 내강에는 정세포의 밀도가 현저히 줄어들고, 정원세포나 정모세포의 관찰이 어렵다. 또한 근육층 바로 아래는 결합조직들로 채워져 있고, 생식소 내벽에는 성별을 알 수 없는 세포가 존재하는 퇴화 및 휴지기 단계를 보였다.

굵이구는 모패관리 30일 경과 후 생식소낭 주위에 시원생식세포와 생식모세포가 출현하고, 생식소관의 벽을 따라 정원세포, 정모세포들이 층상배열을 시작하며, 생식소 내강에

정세포와 정자가 관찰되는 발달기 (Active stage)와 생식소관의 면적이 최대가 되고, 생식소강과 강 사이에 경계는 얇아지며, 생식소강 내에는 성숙한 정자가 90% 이상을 차지하며, 동심원상으로 정자들이 생식소 관벽 아래까지 무리 지어있는 완숙기에 이른 개체들이 관찰되었다. 이후 모패관리 60일 경과 후에는 생식소관의 내강 내 정자가 무질서하게 흩어져 있고, 산란강 (genital canal) 내에 정자들의 무리가 엉켜있고, 생식소강이 서서히 비어 가는 산란기의 개체들이 관찰되었다 (표 47).

표 47. 굽이구와 기아구간의 흑진주조개 생식소 발달단계별 빈도율 비교

Table 47. Comparison of development of gonad of blacklip pearl oyster between feeding and nonfeeding condition

Date	Feeding group			Nonfeeding group		
	Sex	Developing stage	%	Sex	Developing stage	%
'02. 10. 16	♂	Spawning stage D & R stage	10 90	♂	Spawning stage D & R stage	10 90
'02. 11. 13	♂	Developing stage Maturing stage D & R stage	25 12.5 62.5		D & R stage	100
'02. 11. 28	♂	Developing stage Maturing stage D & R stage	11 22 66	♂	Developing stage D & R stage	10 90
'02. 12. 17	♂	Spawning stage D & R stage	10 90	♂	Developing stage D & R stage	10 90
'03. 1. 18		D & R stage	100		D & R stage	100

\* D & R stage : Developing and Resting stage

반면에 기아구는 실험기간 내 퇴화 및 휴지기에 있는 개체들이 90%를 차지하였고, 일부 발달기에 이른 개체들은 관찰되었으나, 완숙기나 산란기에 이른 개체들은 관찰되지 않았다. 전체적으로 볼 때, 국내에 반입된 흑진주조개는 시간이 지날수록 생식소 발달이 저해되는 경향이 나타났으며, 특히 암컷의 성성숙이 부진한 것으로 나타났다.

최종적으로 2003년 3월 28일 78개체의 모패로 상대로 인공산란을 유도한 결과 25마리의 수컷만 자극에 반응하여 방정하였으며, 암컷은 한 마리도 반응하지 않았다.

연중 수온이 28°C 이상으로 유지되고 연중 수온의 변동이 4 ~ 5°C 내외인 Takapoto Lagoon (French Polynesia)에 서식하는 흑진주조개인 경우 암컷과 수컷의 성비는 성패의 크기와 상관없이 깊다고 보고 되어 있다 (Pouvreau et al., 2000). 각고 90mm 이하에서는 대부분이 수컷으로 발현되고, 각고 90mm 이상으로 성장을 하면서 암컷으로 성전환을 하는 응성숙형 자웅이체이며, 암·수의 성비가 0.2:1이나 0.3:1로 암컷의 출현빈도율이 매우 낮은 종으로 알려져 있다. 본 실험에서 사용한 모패의 크기는 각고 134.48±15.42mm로 성전환이 가능한 크기였다. 그러나 90일 가량의 모패관리 결과 수컷의 생식도 발달은 매우 양호하게 이루어지나 암컷의 생식소로 발달하는 개체는 관찰되지 않았다.

Pouvreau et al. (2000)은 성전환은 영양가치가 높은 먹이생물섭이에 따른 모패의 내재적인 요인에 좌우되며, 좋은 환경이 양호한 암컷을 발현해 낸다고 고찰하였다. 본 실험결과 암컷으로 판명된 개체의 수요가 적었던 것은 암컷의 개체수가 상대적으로 적었기 보다는 환경변화에 따른 영향으로 암컷의 생식소가 발달하지 못하였기 때문으로 생각된다. 따라서, 본 종의 국내 종묘생산을 위해서는 성성숙을 결정하는 요인 (수온, 광주기, 먹이생물 등)에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

### 3. 먹이생물개발

#### 가. 먹이생물 채집해역의 일반해양학적 특성

##### 1). 수온 및 염분

Moen Island 주변의 수온변화를 보면 대부분의 정점에서 표층과 저층간의 수온차이가 극미한 균일한 수직분포 양상을 보였으나, 수심이 깊은 정점 A4 에서는 수심 33m까지는 28.50~28.25°C의 범위로 변화가 적었으나, 점차 감소하여 수심 75m 에서는 26.38°C를 기록하여, 깊은 곳에서는 40m 전후의 수심에서 수온의 층상현상이 형성됨을 알 수 있었다 (그림 36). 염분 역시 수온과 비슷한 양상으로 대부분의 정점에서 34‰ 내외로 수직변화가 적었지만, 정점 A4의 75m 수심에서는 34.4‰로 증가하였다.

##### 2). 영양염류 및 염록소

암모니아염 질소의 농도는 0.041~0.109 μM의 범위로서 낮은 값을 나타냈다(표 48). 아질산염 질소의 경우 정점 A와 C에서 신뢰성 있는 검출농도 이하의 값이 나타났으며, 정점E의 표층과 저층에서 0.017μM 과 0.011μM의 농도를 보였다. 질산염 질소의 경우 0.02

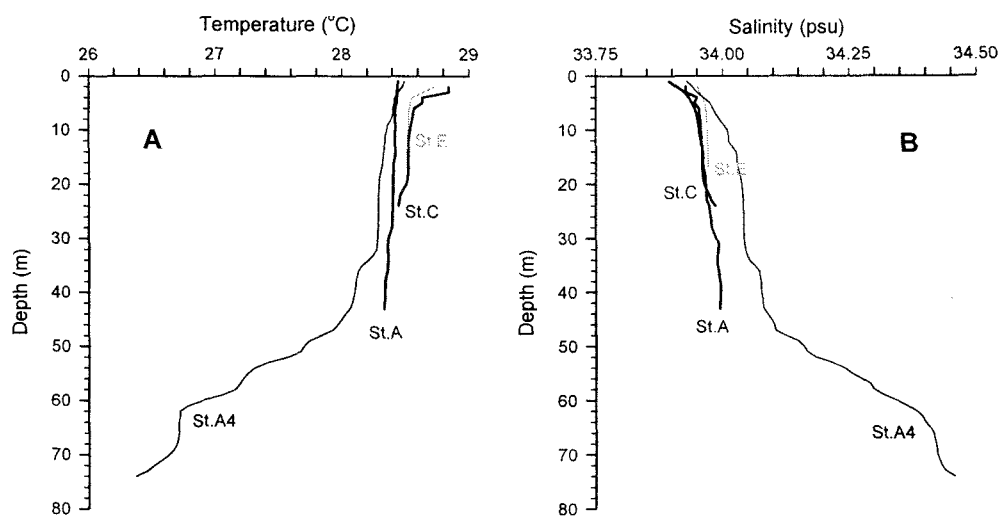


그림 36. 축주 모웬섬 주변해역의 수온과 염분의 수직변화 (2002. 8).

Fig. 36. Vertical profiles of temperature (A) and salinity (B) in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8).

3~0.116 $\mu$ M의 농도 범위를 보였다. 총 질소계 영양염은 0.110~0.207  $\mu$ M의 농도 범위를 나타냈다. 인산염 인의 농도는 0.022~0.089  $\mu$ M의 농도 범위를 나타냈다. 규산염 규소의 농도는 14.200~20.580  $\mu$ M의 농도 범위를 나타냈다. 엽록소-a 농도는 표층에서 0.32 $\mu$ g/ $\ell$  수심 15m에서 0.35 $\mu$ g/ $\ell$ , 수심 30m에서 0.42 $\mu$ g/ $\ell$ 의 범위이었으며 정점 C의 20m 수심에서 0.75 $\mu$ g/ $\ell$ 로 가장 높았다 (그림 37).

표 48. 축주 모웬섬 주변해역의 영양염류 분포 (2002. 8)

Table 48. Concentration of nutrients in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8)

Stations	Depth	NH4 (uM)	NO2 (uM)	NO3 (uM)	TN (uM)	HPO4 (uM)	Si(OH)4 (uM)
A	0	0.056	N.D.	0.093	0.149	0.030	20.580
	15	0.053	N.D.	0.116	0.169	0.050	14.200
	30	0.041	N.D.	0.116	0.157	0.089	17.092
C	0	0.093	N.D.	0.073	0.166	0.042	18.486
	20	0.079	N.D.	0.023	0.102	0.065	17.325
E	0	0.109	0.017	0.070	0.196	0.022	19.164
	18	0.079	0.011	0.116	0.207	0.040	18.149

전체적으로 볼 때, 조사해역은 질산염과 인산염이 매우 낮은 열대해역 빈영양 수역의 특징을 잘 나타내고 있다. N : P 비율은 3.4 : 1로서 질소계 영양염이 식물플랑크톤 성장의 주된 제한 요인이 될 수 있는 반면, 높은 농도로 존재하는 규산염은 이를 이용하는 규조류 등 식물플랑크톤의 성장이 활발하지 못함을 간접적으로 나타내고 있었다.

### 3). 식물플랑크톤 분포

#### 초미세플랑크톤

초미세플랑크톤 중 *Synechococcus*는 정점 A에서 수심에 따라  $3.15 \times 10^7 \sim 43.4 \times 10^7$  세포/ $\ell$ 의 범위로 가장 많은 개체수를 나타내었다 (표 49). *Prochlorococcus*는  $5.34 \times 10^6 \sim 7.85 \times 10^6$  세포/ $\ell$ 의 범위로 *Synechococcus* 보다 낮은 수준을 나타냈다.

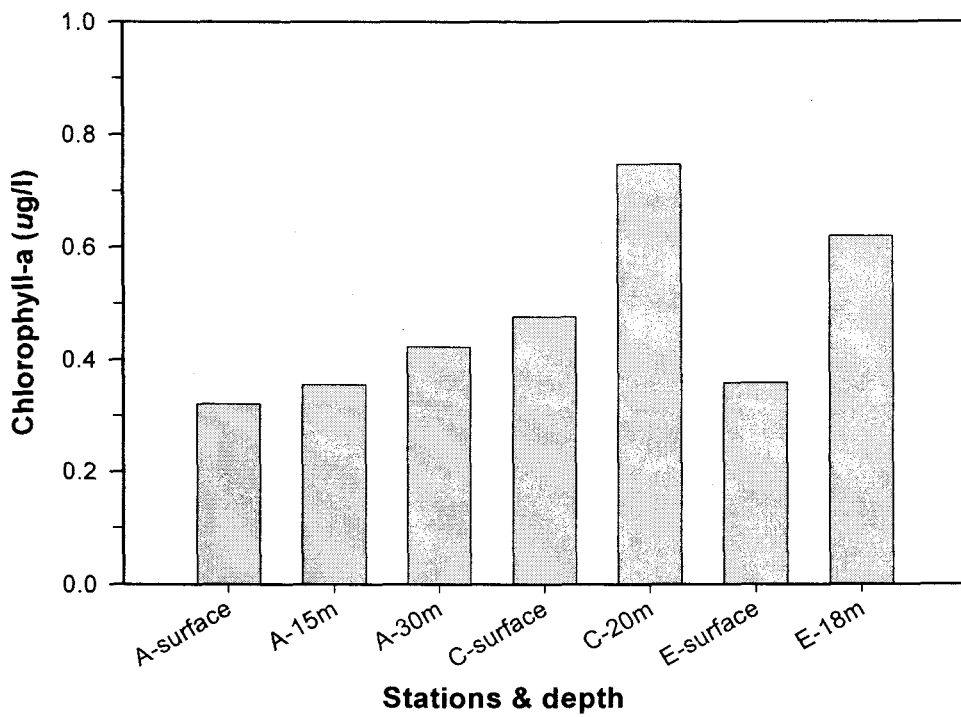


그림 37. 축주 모웬섬 주변의 엽록소-a의 농도 (2002. 8).

Fig. 37. Chlorophyll-a distribution in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8).



표 49. 죽주 모웬섬 주변해역의 초미세플랑크톤 출현 양상 (2002. 8)

Table 49. Occurrence of picoplankton in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8)

Stations	Depth	<i>Prochlorococcus</i> ( $10^6$ cells/ $\ell$ )	<i>Synechococcus</i> ( $10^7$ cells/ $\ell$ )	Picoeukatyotes ( $10^5$ cells/ $\ell$ )
A	0	7.85	4.00	9.97
	15	5.34	4.34	10.30
	30	6.69	3.15	9.49
C	0	11.90	3.28	14.50
	20	9.91	8.66	16.60
E	0	1.24	3.29	5.98
	18	0.65	3.38	7.88

Picoeukayotes는 수심에 따라  $9.49 \times 10^5 \sim 1.03 \times 10^6$  세포/ $\ell$  범위로 초미세플랑크톤 중 가장 낮은 수준을 이었다. 정점 C와 정점 E의 경우도 정점 A와 비슷한 양상을 나타내었다. 이들 초미세플랑크톤들은 열대지방에 있어 기초생산력의 대부분을 차지하고 있으며, 이매패류의 초기 먹이생물로 매우 중요한 종들로 보다 면밀한 조사연구가 요구된다.

#### 자가영양 편모류 및 Coccolithophores

자가영양 편모류는  $5.32 \times 10^4 \sim 3.12 \times 10^5$  세포/ $\ell$ 의 개체수 범위를 나타냈으며, Coccolithophores의 개체수는 963~8,020 세포/ $\ell$ 의 수준이었다 (표 50). 전체적으로 표층보다 저층에서 개체수가 높았다.

#### 규조류, 와편모류 및 섬모충류

세포 크기  $20\mu\text{m}$  이상의 자가영양 식물플랑크톤인 규조류 및 와편모류의 개체수 분포를 보면 규조류는 320 ~ 1900 세포/ $\ell$ , 와편모조류는 1,040 ~ 6,560 세포/ $\ell$ 의 개체수 범위를 보였다. 한편 세포 크기  $20\mu\text{m}$  이상의 타가영양 원생생물인 섬모충류는 400 ~ 3,470 세포/ $\ell$ 의 범위를 보였다 (표 51).

#### 일반플랑크톤

Net로 채집한  $20\mu\text{m}$  이상이 일반식물플랑크톤의 개체수 분포 58.7 ~ 63.3 세포/ $\ell$ 로 정

표 50. 축주 모웬섬 주변해역의 자가영양 편모류 및 coccolithophores의 출현 양상 (2002. 8)

Table 50. Occurrence of autotrophic flagellates and coccolithophores in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8)

Stations	Depth	Autoflagellates ( $10^5$ cells/ $\ell$ )	coccolithophores ( $10^3$ cells/ $\ell$ )
A	0	0.53	0.23
	15	0.59	0.96
	30	1.44	1.76
C	0	1.33	1.60
	20	2.67	6.58
E	0	1.27	1.93
	18	3.12	8.02

표 51. 축주 모웬섬 주변해역의 규조류, 와편모조류 및 섬모충류의 출현양상 (2002. 8)

Table 51. Occurrence of diatom, dinoflagellates and ciliates in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8)

Stations	Depth	Diatom (cells/l)	Dinoflagelltes (cells/l)	Ciliates (cells/l)
A	0	61,900	1,040	900
	15	440	1,780	3,470
	30	400	3,870	2,670
C	0	1,040	2,360	480
	20	2,720	6,560	320
E	0	400	1,120	560
	18	320	3,760	400

점간 차이는 적었다 (표 52). 규조류 중에서는 *Hemiaulus membranaceous*와 *Nitzschica longissima*, *Thalassiosira* sp. 등이 상대적으로 많았으며, 일시부유종인 *Navicula subcarninata*와 *Podocystis spathulata* 등이 출현하였다. 와편모조류 중에는 *Ceratium furca*, *Ceratium kofoidii*, *Protoperidiniu* sp. 등이 많았다. 질소고정 남조류인 *Trichodesmium* sp.는 가장 풍부한 식물플랑크톤으로 7.1 ~ 27.9 세포/ $\ell$ 의 밀도를 나타내었다.

표 52. 축주 모웬섬 주변해역에서 플랑크톤 넷 (20 $\mu$ m)으로 채집된 식물플랑크톤 출현 양상 (2002. 8)

Table 52. Occurrence of phytoplankton collected by plankton net (20 $\mu$ m) in the vicinities of Moen Island, Chuuk, FSM (2002. 8)

(unit: cells/ $\ell$ )

Species	A	C	E
<b>Bacillariophyceae</b>			
<i>Amphora laevis</i>	3.2	2.7	1.5
<i>Azpeitia</i> sp.			0.5
<i>Cerataulina pelagica</i>			0.5
<i>Diploneis</i> sp.			0.5
<i>Guinardia cylindrus</i>		0.4	
<i>Guinardia striata</i>	0.3	4.0	1.6
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	2.9	5.3	7.0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2.0	3.1	
<i>Lichmophora abbreviata</i>			0.5
<i>Navicula subcarinata</i>		0.9	0.5
<i>Nitzschia angularis</i>	0.3		
<i>Nitzschia longissima</i>	5.5	4.9	2.1
<i>Proboscia alata</i>		0.4	
<i>Thalassionema flauerfeldii</i>	0.6	1.3	
<i>Thalassiosira</i> sp.	2.9	3.1	2.1
<i>Roperia tessellata</i>	0.3	0.4	
<i>Podocystis spathulata</i>	0.4	0.4	
<b>Dinophyceae</b>			
<i>Ceratium breve</i>	0.3		
<i>Ceratium furca</i>	4.3	6.2	8.6
<i>Ceratium kofoidi</i>	3.5	4.4	4.3
<i>Ceratium longinum</i>	0.3		
<i>Ceratium teres</i>	1.4		
<i>Ceratium tripos</i>		2.7	0.5
<i>Dinophysis caudata</i>		3.5	3.2
<i>Gonyaulax</i> sp.	0.6	0.4	0.5
<i>Heteraulacus polyedricus</i>		0.9	3.2
<i>Phalacroma argus</i>	0.9		0.5
<i>Podolampas palmipes</i>		0.4	
<i>Pronoticulla rostrata</i>		0.4	
<i>Protoberidinium</i> sp.	5.8	5.8	6.4
<b>Cyanophyceae</b>			
<i>Tichodesmium</i> sp.	27.9	7.1	14.4
Total cell number	63.3	59.0	58.7

전체적으로 볼 때, 죽주 모웬섬 해역에 출현하는 식물플랑크톤은 자가영양 편모류와 coccolithophores와 같은 10 $\mu$ m 이하의 플랑크톤은 제외한 규조류, 와편모조류 및 남조류는 총 74종류로, 규조류 46종, 와편모조류 26종 및 남조류 2종이었다 (부록 5).

규조류 중 22종은 저서성 혹은 부착성의 생태적 특징을 보이기도 하는 일시 부유성종들이 포함되어 있다. 정점별로는 정점 A 70종, 정점 C 66종, 정점 E 72종으로 정점간 큰 차이는 없었다.

## 나. 먹이생물 탐색

### 1). 대상해역의 영양학적 고찰

질소계 영양염과 인산염 농도가 낮은 빈영양 환경에서는 식물플랑크톤들의 성장이 제한받아 낮은 생체량이 나타나게 된다. 그러나 모웬섬 주변해역의 조사정점들은 빈영양 수역임에도 엽록소-a 농도가 정점평균 0.47 $\mu$ g/l로서 낮은 값을 보이지 않고 있어, 비교적 것으로 판단된다. 따라서 무기영양염은 생성되는 즉시 이들에 의해 소비되므로 수괴내의 무기영양염 농도는 낮게 나타나게 된다. 즉 초미소플랑크톤에 의해 무기영양염이 입자성 유기물로 급속히 전환됨에 따라 영양염 농도는 낮으나 엽록소-a는 일정농도가 유지될 수 있는 것이다. 초미세플랑크톤 다음으로는 자가영양 편모류가 높은 개체수를 보여 낮은 영양염 환경 하에서 효과적으로 성장하고 있음을 나타냈다. 와편모조류는 규조류보다 개체수가 조금 높은 수준을 보였다. 규조류는 규산염농도가 높음에도 낮은 개체수를 보였는데, 이는 초미소플랑크톤이나 식물성 편모류들과의 질소계 영양염과 인산염 경쟁에서 뒤떨어짐에 따라 나타난 현상으로 판단된다. 영양염 결핍을 극복하고 비교적 높은 개체수를 보이는 일반플랑크톤들이 나타나는데, 이들은 규조류인 *Hemiaulus membranaceus*와 남조류인 *Trichodemium* sp.이다. *Trichodemium* sp.는 질소고정 능력이 있어 질소계 영양염이 성장제한 요인으로 작용하는 모웬섬 주변 수역에서 우점하는 식물플랑크톤으로 나타났다. *Trichodemium* sp.는 모웬섬 주변의 식물플랑크톤 포식자들에게 에너지 공급원으로 중요할 뿐 아니라 질소를 고정을 통해 해수 중에 질소계 영양염을 공급하는 역할을 하는 것으로 추정된다. 규조류인 *Hemiaulus membranaceus*는 세포질 내에 남조류인 *Richelia intracelluralis*가 공생하며 만들어내는 질소계 영양염을 사용하여 빈영양 환경에서 효과적으로 성장하는 것으로 알려져 있다 (Zehr et al. 2000). *Hemiaulus membranaceus*는 모웬섬 주변의 조사정점들에서도 우점하는 식물플랑크톤으로 나타났

다. 따라서, 먹이생물 탐색은 초미소플랑크톤과 미소플랑크톤을 대상으로 탐색하는 것이 바람직하며, 흑진주조개 유생과 치패의 성육장은 이들 플랑크톤이 풍부한 해역으로 정하는 것이 바람직하다.

## 2). 먹이 식물플랑크톤 탐색

조사해역에서 출현하는 식물플랑크톤을 크기별로 나열하면 초미세플랑크톤으로 부터 일반플랑크톤까지 세포크기가 커지며 개체수가 적어지는 경향을 보여 주며 (그림 38), 이러한 현장해수의 분석자료는 진주조개 유생의 먹이가 될 수 있는 생물을 탐색하는데 효과적으로 이용될 수 있다.

흑진주조개 초기 유생의 성장에 필요한 먹이로는  $5\mu\text{m}$  이하의 초미소 또는 미소플랑크톤이 필요한 것으로 밝혀졌으며, 축 해역에 서식하는 식물플랑크톤 중 이 범주의 식물플랑크톤으로는 coccolithophores, autotrophic flagellates, picoeukaryotes, *Synechococcus*, *Prochlorococcus* 등이 포함된다. 그러나 coccolithophores는  $\text{CaCO}_3$  성분의 coccolith들이 세포의 대부분을 차지하여 먹이생물로는 적당치 않은 것으로 판단된다. 따라서 autotrophic flagellates 들과 초미소플랑크톤에 속하는 *Synechococcus*나 picoeukaryotes 가 먹이생물로 이용될 수 있을 것으로 예측된다. 세포 크기가  $0.6\mu\text{m}$  내외의 *Prochlorococcus*는 열대나 아열대 환경에서 가장 풍부한 식물플랑크톤이나 조사해역에서는 예상보다 낮은 개체수 분포를 보이고 있다. 이는 환초 내의 상대적으로 낮은 염분 환경에 의해 친염성 종인 *Prochlorococcus*의 성장 제한을 받기 때문으로 생각된다. 또한  $2\mu\text{m}$  크기의 picoeukaryotes도 초미소플랑크톤중 낮은 개체수를 보여 조개유생의 주 먹이원은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 모웬섬 주변수에서 진주조개 초기유생의 주먹이원으로 이용되는 초미소플랑크톤으로는 *Synechococcus*를 들 수 있다. *Synechococcus*는 세포크기  $1\mu\text{m}$  내외인 남조세균으로 *Prochlorococcus*와 함께 전세계 해양의 열대에서 온대해역에 걸쳐 가장 풍부하게 나타나는 일차생산자이다. 그러나 이 종은 *Prochlorococcus*와 달리 비교적 저염환경 ( $< 33\text{‰}$ )에서도 성장이 가능하다. 또한, 다른 식물플랑크톤에 비해 빈영양 환경에서도 성장이 가능한 생리적 특성을 가지고 있어 열대해양에서 연중 높은 수준의 변화 없는 생체량을 유지할 수 있기 때문에 흑진주조개 초기유생의 먹이생물로 적합한 것으로 판단된다.

현재, 축환초에서 *Synechococcus*에 속하는 단일 원종을 성공적으로 분리하여 계대배양 중에 있다.

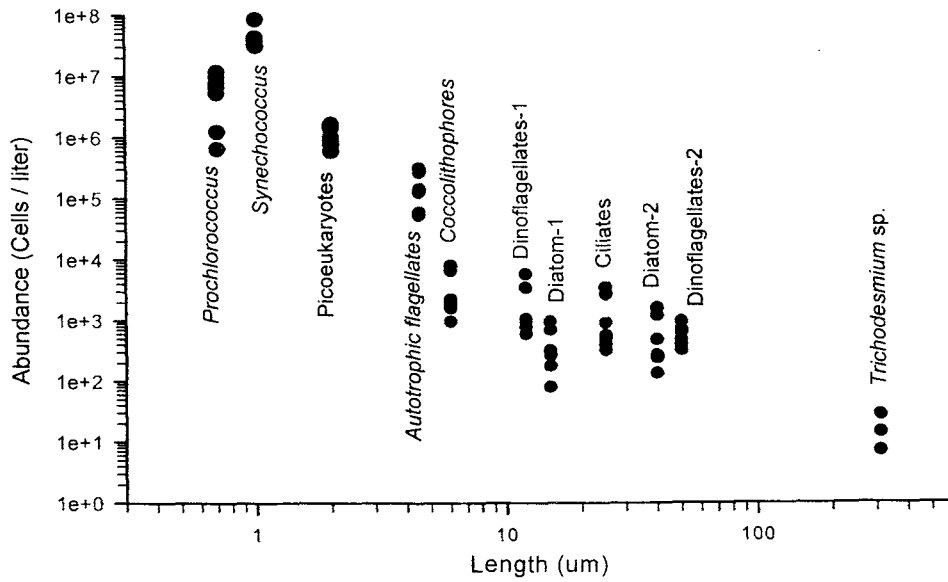


그림 38. 추주 모웬섬 주변해역에 분포하는 식물플랑크톤의 세포 크기별 출현 양상 (2002. 8).

Fig. 38. Abundance of phytoplankton depend on size in the vicinities of Moen Island, Chuuk. FSM (2002. 8).

## 제 4 장. 연구개발 결과 및 활용 계획

### 가. 연구개발결과

1. 남서태평양의 중심에 위치한 마이크로네시아는 300만Km<sup>2</sup>의 광활한 EEZ를 보유하고 있으며, 개발 가치가 높은 고급 수산자원이 풍부하다. 또한, 비교적 외국의 자본이 덜 유입되어 있어 준해양영토 개념의 글로벌 해양전진기지의 개척이 비교적 용이하다고 판단된다.
2. 해양전진기지의 개척을 위한 투자는 가시적인 효과를 빠른 시간 내에 대상국에 제시할 수 있고, 동시에 우리가 필요로 하는 고급 수산자원을 안정적으로 확보할 수 있는 해양생물자원 개발이 가장 효과적이고 빠른 방법이다.
3. 축환초 South Pass 지역과 쿠옵환초에 대한 해양생물자원조사 결과는 다음과 같다.
  - 총 12개 조사 정점에서 264종의 어류가 관찰되었으며, 정점별로 50 ~ 80여종이 출현하였다.
  - 조사해역의 어류상은 수중생태계의 특성에 따라 3가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫째 환초 바깥의 전형적인 수직직벽으로 대형 바리류, 갈돔, 전갱이류, 나폴레옹피시, 쥐돔류 및 자주빛금강바리 서식지. 둘째 환초가 외해로 열리는 수로의 입구로 비교적 다양한 외양성 어류와 대형 어종들이 많이 서식하는 곳. 셋째 외해와 연결되는 수로와는 거리가 상당히 먼 환초 안쪽으로 수심이 얕고 바닥이 편평한 모래 또는 자갈로 이루어진 지역으로 소형 어종들과 유어들이 많이 서식하고 있는 성육장이다.
  - 이번 조사에서 확인된 바리과 어류 중 축주에서 가장 풍부한 자원량을 보인 종으로는 *Ephinepelus polyphkadion*, *Cephalopholis miniata*, *C. argurus* 이었고 이 중 *E. polyphkadion*은 이번 조사시 South Pass 부근의 외해 쪽 직벽에서 산란습성으로 보이는 대규모 군집이 관찰되었다.
  - 총 12개 정점에서 수행된 조사에서 초대형무척추동물의 경우 79종이 출현하였으

며, 강장동물이 40종으로 가장 많은 종수를 나타냈으며, 다음으로 극피동물이 16종이었다. 환형동물은 단 2종으로 가장 적은 종수가 출현하였다.

저서생물군집 역시 3개 군집으로 나누어 졌다. 크게는 내측과 외측이 상한 군집 구조를 나타내고 있으며, 특히 축환초와 쿠옵환초의 경우도 외측에서는 비교적 유사하나 내측의 경우 상이한 종조성을 보였다. 한편 축해역 전체에 대한 한 종 조성 유사도 분석에서는 나무인환초는 축환초 및 쿠옵환초와 상이한 군집구조를 형성하고 있는 것으로 나타났다. 산호사 지역은 표서동물만을 대상으로 할 경우 암반 생태계 보다는 현저히 적은 종수를 나타내고 있었으며, 종수의 차이는 강장동물의 분포양상에 좌우되는 것으로 나타났다.

금번 조사에서는 트로카스, 흑진주조개, 대왕조개, 해삼류 등 지금까지 조사되었던 종들 이외 특이한 저서성 자원생물은 발견되지 않았다.

조사해역에서 관찰된 해조류는 녹조류 8종, 갈조류 3종, 그리고 홍조류 4종으로 총 15종이었다. 해조류의 분포하한은 정점별로 많은 차이를 보이는데, 환초의 내측 직벽에서는 분포하한이 25m 이상으로 깊은데 비해, 수심이 얇거나 경사가 완만한 지역에 위치한 지역에서는 20m 미만에서 분포하한선이 결정된다.

해조류의 피도는 수심 10 ~ 15m 사이에서 가장 높았으며, 이는 수심 20 m 내에서 펼쳐지는 석회질대로부터의 저질퇴적물의 재부유 또는 수심 증가에 따른 빛에너지의 감소와 관련이 있는 듯 보이며, 수심 5 m에서의 낮은 피도는 산호층과 생물학적 상호작용 과 파도에 의한 영향으로 생각된다.

열대해역에 분포하는 *Eucheuma* sp.는 카라기난의 원료로 이용되고 있으며, 공업용으로 사용되지만 *Gracilaria* sp.와 더불어 식용으로도 사용되기 때문에 매우 전망이 밝은 종이다. 따라서 잘피밭이나 얇은 지역의 산호초를 이용한 양식기술을 개발하여 현지주민에 보급할 필요가 있으며, 축환초의 외측에 산재한 나무인환초, 쿠옵환초, 나무록환초 등은 좋은 양식지역이다.



#### 4. 흑진주조개 종묘생산 결과는 다음과 같다.

- 축해역에 서식하는 흑진주조개는 각고 70mm 이하일 때 수컷이 먼저 성숙하는 응성선숙형 자웅동체로서 성장이 진행되면서 암컷으로 성전환이 일어난다. 생식소 발달은 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기를 반복하면서 진행되었으며, 본 조사에서 휴지기는 관찰할 수 없었으며, 배우자 생산을 위한 생식소 발달은 일정한 주기성을 갖지 않는다.
- 간출 및 수온자극법으로 총 15회의 산란자극을 실시하였으며, 산란자극에 반응한 흑진주조개 암컷은 매우 빈약하였다.
- 수정란은 24시간 후에는 초기 D상유생기에 진입하였으며, 3일만에 각장 90 $\mu$ m 크기의 후기 D상유생기에 도달하였다. 5일째 각장 125 $\mu$ m의 초기각정기, 11일째에 각장 180 ~ 190 $\mu$ m의 각정기유생으로 성장하였으며, 13일째 안점을 가진 가장 210 $\mu$ m의 유생이 출현하기 시작하였다. 포복기유생은 14일부터 출현하기 시작하였으며, 20일째에 부착기 유생으로 발달하였고, 21일째 착저하였다.
- 흑진주조개 유생의 해상사육용 가두리를 개발하여 종묘생산에 성공하였으며, 3만마리의 치패를 생산하였다.
- 흑진주조개 초기 유생의 먹이로 *Synechococcus*에 속하는 초미소플랑크톤이 순수분리되어 최적 배양조건을 설정을 위한 계대배양 중이다.

#### 나. 연구개발 결과의 활용계획

- 남서태평양 해역의 해양생물자원 (식용어류, 관상어류, 저서생물자원, 생리활성물질) 탐색 및 개발에 활용
- 국내 수산업체 (흑진주양식, 고급어종 양식, 관상어 송출) 현지진출을 위한 기술적 기반 제공

개발된 기술을 국내 양식산업에 적극 활용

- 초소형 먹이생물 개발로 국내산 양식어류 종묘의 초기 생존율 향상 및 양식품종 다변화
- 제주도를 거점으로 하는 아열대산 고급어종 양식산업의 활성화
- 발전소 온배수 이용기술과 연계 아열대산 어류 양식산업의 국내 정착

해양정책 결정에 활용

- 태평양시대 선도를 위한 주변국들과의 해양기술 협력을 통한 경제·외교적 영향력 확보 지원
- 첨단 해양과학기술 발전으로 해양개발 선진국으로서의 위상확보 및 차세대를 위한 해양자원 개발 의욕고취용 교육 자료
- 남서태평양 글로벌 해양전진기지 개척 지원

## 참고문헌

- 고유봉, 고경민, 김종만. 1991. 제주도 북방 함덕 연안역의 자치어 출현. 한국어류학회지, 3(1): 24-35.
- 김철원·허성범. 1998. 대량배양에 적합한 *Tetraselmis* 종의 선택. 한국양식학회지, 11: 231-240.
- 노섭·변충규·손공정. 1986. 진주조개 (*Pinctada fucata*)의 종패생산 및 양식에 관한 환경학적 연구. I. 초기발생과 성장. 제주대 해자연보, 10: 45-56.
- 동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적, 서울. 489pp.
- 배진희·허성범. 1995. 해산 규조류 7종의 먹이효과 비교. 한국양식학회지, 8: 355-366.
- 백문하. 1980. 서귀포 연근해의 어류상. 제주대 해자연보, 4: 39-46.
- 백문하. 1982. 서귀포 연근해의 어류상. 제주대 논문집, 14: 93 - 108.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 一志社, 서울. 727pp.
- 한국해양연구소. 1995. 제주도 남부해역의 생물상 연구. BSPE 00454-794-3, 서울. 155pp.
- 한국해양연구소. 1999. 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM99042-00-1204-7. 서울. 461pp.
- 한국해양연구소. 2000. 남서태평양 흑진주조개 자원개발 연구. BSPM 0086-00-275-3. 서울. 70pp.
- 田中彌太郎·伊野波盛仁·嘉數清. 1970. 繩におけるクロチョウガイの種苗生産に関する基礎研究. 東海區水研報, 63: 75-106.
- Admiral, W. 1977. Influence of light and temperature on the growth rate of estuarine benthic diatoms in culture. Mar. Biol., 39: 1-9.
- Alagarwami, K., S. Dharmaraj., A. Chellam and T. S. Velayudhan. 1989. Larval and juvenile rearing of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). Aquaculture, 76: 43-56.
- Anderson, S. M. and O. A. Roels. 1981. Effects of light intensity on nitrate and nitrite uptake and excretion by *Chaetoceros curvisetus*. Mar. Biol., 62: 257-261.
- AOCS. 1990. AOCS Official Method Ce 1b-89. In official methods and recommended practice of the AOCS, 4th ed., AOCS, Champaign, IL, USA.

- Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- Brand, L. E. and R. R. L. Guillard. 1981. The effects of continuous light and light intensity on the reproduction rates of twenty-two species of marine phytoplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 50: 119-132.
- Brown, M., S. W. Jeffrey and C. D. Garland. 1989. Nutritional aspects of micro-algae used in mariculture: a literature review. *CSIRO Mar. Lab. Rep.* 205: 1-44.
- Bullivant, J. S. 1962. Direct observation of spawning in the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) and the thorny oyster (*Spondylus* sp.). *Nature*, 193: 700-701.
- Chu, F. L. E., J. L. Dupuy and K. L. Webb. 1982. Polysaccharide composition of five algal species used as food for larvae of the American oyster *Crassostrea virginica*. *Aquaculture*, 29: 241-252.
- Colin, P.L. and C. Arneson, 1995. *Tropical Pacific Invertebrates*, Coral Reef Press, 296pp.
- Doroudi M.S. and Southgate P.C. 2000. The influence of algal ration and larval density on growth and survival of blacklip pearl oyster *Pinctada margaritifera* (L.) larvae. *Aquaculture Res.* 31: 621-626.
- Durbin, E. G. 1977. Studies on the autecology of the marine diatom *Thalassiosira nordenskiöldii*. II. The influence of cell size on growth rate, carbon, nitrogen, chlorophyll a and silica content. *J. Phycol.*, 13: 150-155.
- English, S., C. Wilkinson and V. Baker, 1994. Survey manual for tropical marine resources, Asean-Australia marine science project: living coastal resources, 5-117p
- Fabregas, J., J. Abalde, C. Herrero, B. Cabezas and M. Veiga. 1984. Growth of microalga *Tetraselmis suecica* in batch cultures with different salinities and nutrient concentrations. *Aquaculture*, 42: 207-215.
- Foy, R. H., C. E. Gibson and R. V. Smith. 1976. The influence of day length, light intensity and temperature on the growth rates of planktonic bluegreen algae. *Br. Phycol. J.*, 11: 151-163.

- Gervis, M. H. and N. A. Sims. 1992. The biology and culture of pearl oysters ( Bivalvia: Pteridae). ICLARM Studies and Reviews 21. Manila, Philippines, 41p.
- Guillard, D. 1973. Handbook of phycolgical Methods. Pages 289-311 in J. R. Stein ed., Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press, Cambridge. UK.
- Hitchcock, G. L. 1980. Influence of temperature on the growth rate of *Skeletonema costatum* in response to variations in daily light intensity. Mar. Biol., 57: 261-269.
- Jitts. H. R., C. D. McAllister, K. Stephens and J. D. H. Strickland. 1963. The cell division rates of some marine phytoplankters as a function of light and temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada, 21: 139-157.
- Kim I.-S. and W.-O. Lee. 1994. New recorded of seven species of the Order Percifomes from Cheju Island, Korea. Korean J. Ichthyol. 6(1): 7-20.
- Kim, Y. U., J.-R. Koh and J.-G. Myoung. 1994. New recored of the damselfish, *Chromis fumea*(Pisces : Pomacentridae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 6(1): 21-27.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arage, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fish fauna of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo. 437pp.
- Minaur J. 1969. Experiments on the artificial rearing of the larvae of *Pinctada maxima* (Jameson) (Lamellibranchia). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 20: 175-187.
- Myers, R. F. 1991. Micronesian reef fishes. Coral Graphics, Guam. 298pp.
- Myoung, J-G. 1997. The fish fauna of Munsom in Cheju-do, Korea. Korean J. Ichthyol., 9(1): 5-14.
- Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with Pictorial keys to the Species. Tokai Univ. Press. 1474pp.
- Nelson, J. S. 1994. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., NY. 600pp.
- Parson, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli, (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamom Press. 3-28 pp.
- Partensky F, Blanchot J and Vaultot D 1999. Differential distribution of Prochlorococcus and Synechococcus in oceanic waters: a review In: Charpy L,

- Larkum A.W.D. (eds), Marine cyanobacteria. Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco No sp. 19: 457-475.
- Pouvreau, S., A. Gangnery, J. Tiapari, F. Lagarde, M. Garnier and A. Bodoy. 2000. Gametogenic cycle and reproductive effort of the tropical blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, cultivated in Takapoto atoll (French Polynesia). Aquat. Living Resour., 13: 37-48.
- Rose, R. A., R. Dybdahl and S. Harders. 1990. Reproductive cycle of the Western Australian silver lip pearl oyster, *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteriidae). J. Shellfish Res., 9: 261-272.
- Rose, R. A. and S. B. Baker. 1994. Larval and spat culture of the Western Australian silver- or goldlip pearl oyster, *Pinctada maxima* Jameson (Mollusca: Pteriidae). Aquaculture, 126: 35-50.
- Sakshaug, E. and O. Holm-Hansen. 1977. Chemical composition of *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve and *Pavlova (Monochrysis) lutheri* (Droop) Green as a function of nitrate-, Phosphate- and iron-limited growth. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 29: 1-34.
- Simonsen, R., 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R/V "Meteor" 1964-65. Meteor - Forschungsergebnisse, Reihe D, 19: 1-107.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol hypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14:229-801.
- Southgate P. C. and A. C. Beer. 1997. Hatchery and early culture of the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera* L.). J. Shellfish Res., 16: 561-567
- Southgate P. C., A. C. Beer, P. F. Duncan and R. Tamburri. 1998. Assessment of the nutritional value of three species of tropical microalgae, dried *Tetraselmis* and a yeast-based diet for larvae of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). Aquaculture. 162; 247-257.
- Tanaka, Y. and S. Inoha. 1970. Studies on seed production of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* in Okinawa. IV. Resistibility of the larvae to centrifugally separated water from *Monochrysis* culture and hypotonic sea water. Bull. Takai. Reg. Fish. Res. Lab., 63: 91-95.

- Tanaka, Y., S. Inoha and K. Kakazu. 1970. Studies on seed production of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* in Okinawa. I. Spawning induction by thermal stimulation. Bull. Takai. Reg. Fis. Res. Lab., 63:79-85.
- Thomas, W. H. and A. N. Dodson. 1974. Effects of interactions between temperature and nitrate supply on the cell division rates of two marine phytoflagellates. Mar. Biol., 24: 213-217.
- Tranter, D. J. 1958a. Reproduction in Australian pearl oyster (Lamellibranchia). I. *Pinctada albina* (Lamarck): *Gonadal development*. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 9: 135-143.
- Tranter, D. J. 1958b. Reproduction in Australian pearl oyster (Lamellibranchia). II. *Pinctada albina* (Lamarck): Breeding season and sexuality. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 9: 191-216.
- Tranter, D. J. 1958c. Reproduction in Australian pearl oysters (Lamellibranchia). III. IV. *Pinctada margaritifera* (L.). Aust. J. Mar. Freshwater Res., 9: 509-523.
- Tranter, D. J. 1959. Reproduction in Australian pearl oyster (Lamellibranchia). IV. *Pinctada margaritifera* (L.). Aust. J. Mar. Freshwater Res., 10: 45-66.
- Ukeles, R. 1961. The effect of temperature on the growth and survival of several marine algal species. Biol. Bull., 120: 255-264.
- Walne, P. R. 1974. Culture of bivalve molluscs 50 years experience at Conwy. Fishing News Ltd., West Byfleet, 173pp.
- Volkman, J. J. 1989. Lipids of mariculture feeds tocks and their role in animal nutrition. Sited by Gervis and N. A. Sims (1992) in the biology and culture of pearl oysters (Bivalvia: Pteridae). ICLARM Studies and Reviews 21. Manila, Philippines, 41p.
- Yukihira H., D. W. Klumpp. and J. S. Lucas. 1998. Comparative effects of microalgal species and food concentration on suspension feeding and energy budgets of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* and *P. maxima* (Bivalvia: Pteriidae). Mar. Ecol. Prog. Ser., 171: 71-84
- Zehr. J.P., Carpenter E.J., and Villareal T.A. 2000. New perspective on nitrogen fixing microorganism in tropical and subtropical oceans. Trends in microbiology 8:68-73.

여 백



## 부록

- 부록 1. 축해역에서 확인된 어류목록 (1999-2003)
- 부록 2. 축환초 및 쿠옵환초에 출현하는 초대형무척추동물 목록 (2003. 2)
- 부록 3. 축해역에 출현하는 초대형무척추동물의 목록 (1999 ~ 2003)
- 부록 4. 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상사육시스템 (특허출원번호 10-2003-0018403)
- 부록 5. 축주 모웬섬 주변해역에서의 식물플랑크톤 출현양상 (2002. 8)

## Appendixes

- Appendix 1. List of fish species investigated in Chuukish waters (1999-2003)
- Appendix 2. Species list of mega-benthic fauna in Chuuk and Kuop Atoll, FSM (2003. 2)
- Appendix 3. Species list of mega-benthic fauna in Chuukish waters, FSM (1999 ~ 2003)
- Appendix 4. Multipurpose floating seed production system for blacklip pearl oyster (Patent Register Number 10-2003-0018403)
- Appendix 5. Occurrence of phytoplankton in the vicinities of Moen Island Chuuk, FSM (2002. 8)

여 백

부록 1. 축해역에서 확인된 어류목록 (1999-2003)

Appendix. List of fish species investigated in Chuukish waters (1999-2003)

## **Class Chondrichthyes**

### **Order Carcharhiniformes**

Family Orectolobidae

1. *Nebrius concolor* (Rüppell)

Family Hemigaleidae

2. *Triaenodon obesus* (Rüppell)

Family Carcharhinidae

3. *Carcharhinus albimarginatus* (Rüppell)
4. *Carcharhinus amblyrhynchos* (Bleeker)
5. *Carcharhinus melanopterus* (Quoy & Gaimard)
6. *Carcharhinus* spp.1
7. *Carcharhinus* spp.2

### **Order Myliobatiformes**

Family Dasyatididae

8. *Dasyatis kuhlii* (Müller & Henle)
9. *Aetobatis narinari* (Euphrasen)

## **Class Osteichthys**

### **Order Anguilliformes**

Family Muraenidae

10. *Gymnothorax javanicus* (Bleeker)

Family Congridae

11. *Gorgasia* spp.

Family Clupeidae

12. *Spratelloides delicatulus*

Family Synodontidae

13. *Synodus* spp.

### **Order Beryciformes**

Family Holocentridae

14. *Myripristis adusta* Bleeker
15. *Myripristis berndti* Jordan & Evermann
16. *Myripristis vittata* Cuvier
17. *Myripristis* spp.1
18. *Myripristis* spp.2
19. *Myripristis* spp.3
20. *Neoniphon argenteus* (Valenciennes)
21. *Neoniphon scasmara* (Forsskål)
22. *Neoniphon* spp.
23. *Sargocentron caudimaculatum* (Rüppell)
24. *Sargocentron diadema* (Lacépède)
25. *Sargocentron ittaodai* (Jordan & Fowler)
26. *Sargocentron spiniform* (Forsskål)
27. *Sargocentron violaceum* (Bleeker)
28. *Sargocentron* spp.

### **Order Syngnathiformes**

Family Aulostomidae

29. *Aulostomus chinensis* (Linnaeus)

### **Order Scorpaeniformes**

Family Scorpaenidae

30. *Pterois volitans* (Linnaeus)

## Order Perciformes

### Family Serranidae

31. *Luzonichthys waitei* (Fowler)
32. *Pseudanthias bartlettorum* (Randall & Lubbock)
33. *Pseudanthias dispar* Herre
34. *Pseudanthias lori* (Lubbock & Randall)
35. *Pseudanthias pascalus* (Jordan & Tanaka)
36. *Pseudanthias pleurotaenia* (Bleeker)
37. *Pseudanthias smithvanizi* (Randall & Lubbock)
38. *Pseudanthias squammipinnis* (Peters)
39. *Pseudanthias* spp.1
40. *Pseudanthias* spp.2
41. *Aethaloperca rogae* (Forsskål)
42. *Anyperodon leucogrammicus* (Valenciennes)
43. *Cephalopholis argus* (Schneider)
44. *Cephalopholis leopardus* (Lacépède)
45. *Cephalopholis miniata* (Forsskål)
46. *Cephalopholis sexmaculata* (Rüppell)
47. *Cephalopholis sonnerati* (Valenciennes)
48. *Cephalopholis urodeta* (Bloch & Schneider)
49. *Cephalopholis* spp.
50. *Epinephelus merra* Bloch
51. *Epinephelus caeruleopunctatus* (Bloch)
52. *Epinephelus polyphekadion* (Bleeker)
53. *Epinepheles tauvina* (Forsskål)
54. *Epinepheles* spp.
55. *Plectropomus areolatus* (Rüppell)
56. *Plectropomus laevis* (Lacépède)
57. *Plectropomus oligacanthus* Bleeker
58. *Plectropomus* spp.
59. *Variola* spp.

60. *Pseudochromis* spp.

Family Cirrhitidae

- 61. *Paracirrhitus arcatus* (Cuvier)
- 62. *Paracirrhitus forsteri* Schneider
- 63. *Paracirrhitus hemistictus* (Günther)
- 64. *Paracirrhitus* spp.

Family Apogonidae

- 65. Apogonidae spp.
- 66. *Apogon complessus* (McCulluch)
- 67. *Apogon cyanosoma* Bleeker
- 68. *Apogon gilberti* (Jordan & Seale)
- 69. *Apogon nigrofasciatus* Lachner
- 70. *Apogon* spp.1
- 71. *Apogon* spp.2
- 72. *Apogon* spp.3
- 73. *Apogon* spp.4
- 74. *Archamia* spp.
- 75. *Cheilodipterus* spp.1
- 76. *Cheilodipterus* spp.2

Family Malacanthidae

- 77. *Hoplolatilus starcki* Randall & Dooley
- 78. *Malacanthus brevisrostris* Guichenot
- 79. *Malacanthus latovittatus* (Lacépède)

Family Echeneidae

- 80. *Echeneis naucrates* Linnaeus

Family Carangidae

- 81. *Gnathanodon speciosus* (Lacépède)

82. *Carangoides orthogrammus* Jordan & Gilbert
83. *Caranx lugubris* Poey
84. *Caranx melampygus* (Cuvier)
85. *Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard
86. *Caranx* spp.
87. *Decapterus maruadsi* (Temminck et Schlegel)
88. *Elagatis bipinnulatus* (Quoy & Gaimard)

Family Lutjanidae

89. *Aphareus furca* (Lacépède)
90. *Aprion virescens* Valenciennes
91. *Macolor macularis* Fowler
92. *Macolor niger* (Forsskål)
93. *Lutjanus bohar* (Forsskål)
94. *Lutjanus ehrenbergi* (Peters)
95. *Lutjanus fulvus* (Schneider)
96. *Lutjanus gibbus* (Forsskål)
97. *Lutjanus kasmira* (Forsskål)
98. *Lutjanus monostigmus* (Cuvier)
99. *Lutjanus semicinctus* Quoy & Gaimard
100. *Lutjanus* spp.

Family Caesionidae

101. Caesionidae spp.
102. *Caesio caerulea* Lacépède
103. *Caesio lunaris* Cuvier
104. *Caesio teres* Seale
105. *Pterocaesio lativittata* Carpenter
106. *Pterocaesio marri* Schultz
107. *Pterocaesio trilineata* Carpenter
108. *Pterocaesio* spp.

Family Haemulidae

- 109. *Plectorhinchus* spp.
- 110. *Plectorhinchus goldmani* (Bleeker)
- 111. *Plectorhinchus obscurus* (Günther)
- 112. *Plectorhinchus picus* (Cuvier)

Family Nemipteridae

- 113. *Scolopis brilineatus* (Bloch)

Family Lethrinidae

- 114. *Gnathodentex aurolineatus* (Lacépède)
- 115. *Lethrinus rubrioperculatus* Sato
- 116. *Lethrinus erythracanthus* Cuvier
- 117. *Lethrinus* spp.
- 118. *Monotaxis grandoculus* (Forsskål)

Family Mullidae

- 119. Mullidae spp.
- 120. *Mulloides flavolineatus* (Lacépède)
- 121. *Parupeneus barerinus* (Lacépède)
- 122. *Parupeneus multifasciatus* (Quoy & Gaimard)
- 123. *Parupeneus* spp.1
- 124. *Parupeneus* spp.2

Family Kyphosidae

- 125. *Kyphosus bigibbus* Lacépède
- 126. *Kyphosus cinerascens* (Forsskål)

Family Ephippidae

- 127. *Platax* spp.



Family Chaetodontidae

128. *Chaetodon auriga* Forsskål
129. *Chaetodon barronessa* Cuvier
130. *Chaetodon burgessi* Allen & Starck
131. *Chaetodon ephippium* Cuvier
132. *Chaetodon kleinii* Bloch
133. *Chaetodon lunula* (Lacépède)
134. *Chaetodon melanonotus* Bloch
135. *Chaetodon meyeri* Schneider
136. *Chaetodon raffelsii* Bennett
137. *Chaetodon reticulatus* Cuvier
138. *Chaetodon tinkeri* Schultz
139. *Chaetodon trifascialis* (Quoy & Gaimard)
140. *Chaetodon trifasciatus* Park
141. *Chaetodon ulietensis* Cuvier
142. *Chaetodon vagabundus* Linneaus
143. *Chaetodon* spp.1
144. *Chaetodon* spp.2
145. *Forcipiger flavissimus* Jordan & McGregor
146. *Hemitaurichthys polylepis* (Bleeker)
147. *Heniochus chrysostomus* Cuvier
148. *Heniochus singularis* Smith & Radcliffe
149. *Heniochus varius* Cuvier

Family Pomacanthidae

150. *Apolemichthys trimaculatus* (Lacépède)
151. *Centropyge bicolor* (Bloch)
152. *Centropyge bispinosus* (Günther)
153. *Centropyge colini* Smith-Vaniz & Randall
154. *Centropyge vrolicki* (Bleeker)
155. *Pygoplites diacanthus* (Boddaert)

156. *Pomacanthus imperator* (Bloch)

Family Pomacentridae

- 157. *Amphiprion chrysopterus* Cuvier
- 158. *Amphiprion clarkii* Schultz
- 159. *Amphiprion melanopus* Bleeker
- 160. *Amphiprion* spp.
- 161. *Chromis acares* Randall & Swerdloff
- 162. *Chromis agilis* Smith
- 163. *Chromis aloha* Randall
- 164. *Chromis amboinensis* (Bleeker)
- 165. *Chromis analis* (Cuvier)
- 166. *Chromis atripectoralis* Welander & Schultz
- 167. *Chromis caudalis* Randall
- 168. *Chromis margaritifer* Fowler
- 169. *Chromis viridis* (Cuvier)
- 170. *Chromis xanthura* (Bleeker)
- 171. *Chromis* spp.1
- 172. *Chromis* spp.2
- 173. *Chromis* spp.3
- 174. *Chromis* spp.4
- 175. *Dascyllus arunanus* (Linnaeus)
- 176. *Dascyllus melanurus* Bleeker
- 177. *Dascyllus reticulatus* (Richardson)
- 178. *Abudefduf lorenzi* Hensley & Allen
- 179. *Abudefduf sexfasciatus* (Lacépède)
- 180. *Abudefduf* spp.
- 181. *Amblyglyphidodon aureus* (Cuvier)
- 182. *Amblyglyphidodon curacao* (Bloch)
- 183. *Cheiloprion labiatus* (Day)
- 184. *Chrysiptera biocellata* (Quoy & Gaimard)

185. *Chrysiptera cyana* (Quoy & Gaimard)
186. *Chrysiptera leucopoma* (Lesson)
187. *Chrysiptera oxycephala* (Bleeker)
188. *Chrysiptera unimaculata* (Cuvier)
189. *Chrysiptera* spp.1
190. *Chrysiptera* spp.2
191. *Plectroglyphidodon dickii* (Liénard)
192. *Plectroglyphidodon melas* (Cuvier)
193. *Hemiglyphidodon plagiometapon* (Bleeker)
194. *Plectroglyphidodon* spp.
195. *Pomacentrus burroughi* Fowler
196. *Pomacentrus coelestis* Jordan & Starks
197. *Pomacentrus grammorhynchus* Fowler
198. *Pomacentrus vaiuli* Jordan & Seale
199. *Pomacentrus* spp.
200. *Stegastes* spp.

#### Family Labridae

201. Labridae spp.1
202. Labridae spp.2
203. *Bodianus diana* (Lacépède)
204. *Bodianus* spp.
205. *Pseudodax moluccanus* (Valenciennes)
206. *Cheilinus celebecus* Bleeker
207. *Cheilinus chlorourus* (Bloch)
208. *Cheilinus digrammus* (Lacépède)
209. *Cheilinus fasciatus* (Bloch)
210. *Cheilinus orientalis* Günther
211. *Cheilinus undulatus* Rüppell
212. *Cheilinus unifasciatus* Streets
213. *Cheilinus* spp.

214. *Epibulus insidiator* (Pallas)
215. *Pterogogus cryptus* Randall
216. *Cirrhilabrus cyanopleura* (Bleeker)
217. *Cirrhilabrus exquisitus* Smith
218. *Anampses twisti* Bleeker
219. *Anampses* spp.
220. *Coris aygula* Lacépède
221. *Coris gaimardi* (Quoy & Gaimard)
222. *Gomphosus varius* Lacépède
223. *Halichoeres chrysus* Randall
224. *Halichoeres hortulanus* (Lacépède)
225. *Halichoeres trimaculatus* (Quoy & Gaimard)
226. *Halichoeres* spp.
227. *Hemigymnus fasciatus* (Bloch)
228. *Thalassoma amblycephalum* (Bleeker)
229. *Thalassoma hardwickii* (Bennett)
230. *Thalassoma lutescens* (Lay & Bennet )
231. *Thalassoma purpureum* (Forsskål)
232. *Thalassoma quinquevittatum* (Lay & Bennet)
233. *Thalassoma* spp.1
234. *Thalassoma* spp.2
235. *Labroides dimidiatus* (Valenciennes) 1
236. *Labroides dimidiatus* (Valenciennes) 2

#### Family Scaridae

237. *Bolbometopon muricatum* (Valenciennes)
238. *Cetoscarus bicolor* (Rüppell)
239. *Hipposcarus longiceps* (Valenciennes)
240. *Scarus altipinnis* (Steindachner)
241. *Scarus bleekeri* (deBeaufort)
242. *Scarus dimidiatus* Bleeker

- 243. *Scarus forsteni* (Bleeker)
- 244. *Scarus frontalis* Valenciennes
- 245. *Scarus microhinos* Bleeker
- 246. *Scarus oviceps* Valenciennes
- 247. *Scarus schlegeli* (Bleeker)
- 248. *Scarus sordidus* Forsskål
- 249. *Scarus* spp.1
- 250. *Scarus* spp.2
- 251. *Scarus* spp.3

Family Polynemidae

- 252. *Sphyraena* spp.

Family Pinguipedidae

- 253. *Parapercis clathrata* Ogilby
- 254. *Parapercis millipunctata* (Günther)
- 255. *Parapercis* spp.

Family Trichonotidae

- 256. *Trichonotus* spp.

Family Tripterygiidae

- 257. Tripterygiidae spp.

Family Blenniidae

- 258. *Aspidontus dussumieri* (Valenciennes)
- 259. *Meiacanthus atrodorsalis* (Günther)
- 260. *Plagiotremus laudandus* (Whitley)
- 261. *Plagiotremus rhynorhynchus* (Bleeker)
- 262. *Plagiotremus tapienosoma* (Bleeker)
- 263. *Cirripectes variolosus* Valenciennes

Family Microdesmidae

- 264. *Parioglossus formosus* (Smith)
- 265. *Ptereleotris evides* (Jordan & Hubbs)
- 266. *Ptereleotris hanae* (Jordan & Snyder)
- 267. *Ptereleotris heteroptera* (Bleeker)

Family Gobiidae

- 268. Gobiidae spp.
- 269. *Ctenogobiops* spp.
- 270. *Istigobius decoratus* (Herre)

Family Acanthuridae

- 271. *Acanthurus bariene* (Lesson)
- 272. *Acanthurus blochii* Valenciennes
- 273. *Acanthurus guttatus* (Bloch & Schneider)
- 274. *Acanthurus leucocheilus* Herre
- 275. *Acanthurus lineatus* (Linnaeus)
- 276. *Acanthurus nigricans* (Linnaeus)
- 277. *Acanthurus nigricauda* Dunker & Mohr
- 278. *Acanthurus olivaceus* Bloch & Schneider
- 279. *Acanthurus pyroferus* Kittlitz
- 280. *Acanthurus thompsoni* (Fowler)
- 281. *Acanthurus triostegus* (Linnaeus)
- 282. *Acanthurus* spp.1
- 283. *Acanthurus* spp.2
- 284. *Acanthurus* spp.3
- 285. *Ctenochaetus hawaiiensis* Randall
- 286. *Ctenochaetus striatus* (Quoy & Gaimard)
- 287. *Ctenochaetus strigosus* (Bennett)
- 288. *Ctenochaetus* spp.
- 289. *Zebrasoma flavescens* (Bennett)

- 290. *Zebrasoma veliferum* (Bloch)
- 291. *Zebrasoma scopas* (Cuvier)
- 292. *Naso annulatus* (Quoy & Gaimard)
- 293. *Naso brevirostris* (Valenciennes)
- 294. *Naso hexacanthus* (Bleeker)
- 295. *Naso lituratus* (Bloch & Schneider)
- 296. *Naso unicornis* (Forsskål)
- 297. *Naso vlamingii* (Valenciennes)
- 298. *Naso* spp.

Family Zanclidae

- 299. *Zanclus cornutus* (Linnaeus)

Family Siganidae

- 300. *Siganus argenteus* (Quoy & Gaimard)
- 301. *Siganus puellus* (Schlegel)
- 302. *Siganus vulpinus* (Schlegel & Müller)
- 303. *Siganus* spp.

Family Scombridae

- 304. *Gymnosarda unicolor* (Rüppell)

**Order Tetraodontiformes**

Family Balistidae

- 305. *Balistapus undulatus* (Mungo Park)
- 306. *Balistoides conspicillum* (Bloch & Schneider)
- 307. *Balistoides viridescens* (Bloch & Schneider)
- 308. *Melichthys vidua* (Solander)
- 309. *Odonus niger* (Rüppell)
- 310. *Rhinecanthus aculeatus* (Linnaeus)
- 311. *Rhinecanthus verrucosa* (Linnaeus)

312. *Sufflamen bursa* (Bloch & Schneider)

Family Monacanthidae

313. *Paraluteres prionurus* (Bleeker)

Family Tetraodontidae

314. *Arothron melegaris* (Lacépède)

315. *Arothron nigropunctatus* (Bloch & Schneider)

316. *Canthigaster amboinensis* (Bleeker)

317. *Canthigaster* spp.



부록 2. 축환초 및 쿠옵환초에 출현하는 초대형무척추동물 목록 (2003. 2)

Appendix 2. Species list of mega-benthic fauna in Chuuk and Kuop Atoll,  
FSM (2003. 2)

Species	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12
PORIFERA												
<i>Tethya</i> sp.	0											
<i>Aaptos</i> sp.		0	0									
<i>Axinyssa</i> sp.							0	0		0		
<i>Styloella aurantium</i>		0	0	0						0	0	0
<i>Cribochalina</i> sp.		0										
<i>Xestospongia exigua</i>							0	0		0		
<i>Luffariella</i> sp.	0			0					0			0
<i>Dysidea granulosa</i>											0	
<i>Lantheella basta</i>			0									
CNIDARIA												
<i>Solanderia</i> sp.					0	0			0			0
<i>Lyrocarpus phoenicea</i>					0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Distichopora</i> sp.	0											
<i>Millepora platyphylla</i>					0	0	0				0	
<i>Distichopora borealis</i>	0				0	0						
<i>Distichopora violacea</i>					0		0					0
<i>Millepora</i> sp.	0				0	0			0		0	0
<i>Tubipora musica</i>			0	0								
<i>Sarcophyton</i> sp.			0	0			0	0		0	0	0
<i>Dendronephthya</i> sp.1	0			0		0			0			0
<i>Dendronephthya</i> sp.2		0			0							0
<i>Ellisella</i> sp.					0	0						
<i>Junceella</i> sp.	0				0	0						
<i>Subergorgia suberosa</i>					0				0			0
<i>Lophogorgia</i> sp.	0	0				0			0			0
<i>Pocillopora eydouxi</i>			0	0							0	
<i>Acropora</i> sp.1	0	0		0			0	0		0	0	
<i>Acropora</i> sp.2		0	0	0		0				0		
<i>Acropora</i> sp.3		0	0	0	0	0	0	0		0	0	
<i>Montipora</i> sp.		0			0	0			0			
<i>Porite cylindrica</i> .	0	0	0	0		0			0		0	0
<i>Porite lutea</i>	0		0	0			0			0		
<i>Porites nigrescens</i>		0	0	0								
<i>Porite</i> sp.1	0											
<i>Porite</i> sp.2	0	0			0	0			0	0		0
<i>Pachyseris</i> sp.	0											
<i>Pavona clavus</i>							0	0		0	0	
<i>Fungia echinata</i>				0			0	0	0	0		
<i>Pectinia peonia</i>	0											
<i>Lobophyllia corymbosa</i>					0	0			0			0
<i>Scapophyllia</i> sp.	0	0										
<i>Scapophyllia cylindricus</i>											0	
<i>Favia stelligera</i>							0	0		0		
<i>Leptoria ptrygia</i>					0	0						0
<i>Oulophyllia crista</i>					0	0						0
<i>Pluerygyra sinuosa</i>							0	0		0		
<i>Tubastrea micrabtha</i>	0	0		0	0		0	0		0		0
<i>Turbinaria reiformis</i>							0	0		0		
<i>Heteractis crista</i>			0	0	0							
<i>Macrodactyla doreensis</i>		0					0	0		0		0
ANNELIDA												
Sabellidae unid.	0											
<i>Spirobranchus giganteus</i>		0		0				0		0		
MOLLUSCA												
<i>Lambis scorpius</i>				0								
<i>Pinctada margaritifera</i>			0									
<i>Peden</i> sp.				0								
<i>Spondylus</i> sp.	0											0
<i>Hyotis</i> sp.			0	0								

부록 2. 계속

Appendix 2. continued

Species	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11	St.12
<i>Hyotissa</i> sp.		0	0								0	
<i>Tridacna squamosa</i>	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
<i>Octopus cyanea</i>											0	
ECHINODERMATA												
<i>Comanthus suavia</i>	0	0	0	0			0	0		0	0	
<i>Comaster multifidus</i>	0						0	0	0			0
<i>Oxycomanthus bennetti</i>									0			0
Crinoidea unid.									0			0
<i>Choriaster granulatus</i>												0
<i>Culcita novaeguineae</i>												0
<i>Linckia laevigata</i>										0		
<i>Acanthaster planci</i>			0		0							
<i>Ophiothrix</i> sp.												0
<i>Diadema savignyi</i>		0	0	0	0	0				0	0	
<i>Echinostrephus</i> sp.								0	0	0		0
<i>Actinopyga palauensis</i>		0	0				0	0				
<i>Bohadschia argus</i>		0						0		0		
<i>Bohadschia goefferyi</i>		0	0	0								
<i>Holothuria leucospilota</i>	0									0		
<i>Stochopus variegatus</i>	0		0	0					0		0	
CHORDATA												
<i>Exostoma</i> sp.					0	0			0	0		0
<i>Didemnum</i> sp.							0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalae</i> sp.	0	0	0	0								
<i>Polycarpa aurata</i>		0	0	0	0	0			0	0	0	0

부록 3. 축해역에 출현하는 초대형무척추동물의 목록 (1999 ~ 2003)

Appendix 3. Species list of mega-benthic fauna in Chuukish waters,  
FSM (1999 ~ 2003)

Species	Chuuk		Kuop	Nomwin
	outer	inner		
PORIFERA				
<i>Aaptos</i> sp.	0	0		0
<i>Axinyssa</i> sp.			0	0
<i>Cribochalina</i> sp.	0			
<i>Dysidea granulosa</i>		0	0	
<i>Lantheella basta</i>		0		
<i>Luffariella</i> sp.	0	0	0	0
<i>Stylorella aurantium</i>	0	0	0	0
<i>Stylinos</i> sp.				0
<i>Tethya</i> sp.	0			
<i>Xestospongia exigua</i>		0	0	
<i>Axineella proliferans</i>				0
<i>Cymbastella marshae</i>				0
<i>Hytiosmela</i>				0
<i>Doryleres splendens</i>		0		
<i>Agelis</i> sp.		0		
<i>Acanthella</i> sp.		0		
<i>Dactylospongia</i> sp.		0		
<i>Hippospongia metachromia</i>		0		
<i>Pseudoceratina</i> sp.		0		
CNIDARIA				
<i>Acropora granulosa</i>	0	0		
<i>Acropora</i> sp.1	0	0	0	
<i>Acropora</i> sp.2	0	0	0	0
<i>Acropora</i> sp.3	0	0	0	
<i>Astreopora gracilis</i>				0
<i>Dendronephthya</i> sp.1	0	0	0	
<i>Dendronephthya</i> sp.2	0		0	
<i>Distichopora borealis</i>	0			
<i>Distichopora</i> sp.	0			
<i>Distichopora violacea</i>	0		0	
<i>Dronephyton</i> sp.				0
<i>Ellisella</i> sp.	0			
<i>Favia stelligera</i>			0	0
<i>Fungia echinata</i>		0	0	
<i>Heteractis crispa</i>	0	0		
<i>Heteractis</i> sp.		0		0
<i>Junceella</i> sp.	0			
<i>Leptoria ptrygia</i>	0		0	
<i>Lobophyllia corymbosa</i>	0		0	
<i>Lophogorgia</i> sp.	0		0	
<i>Lytocarpus phoenicea</i>	0		0	
<i>Macroactyla dorensis</i>	0		0	
<i>Millepora platyphylla</i>	0	0	0	0
<i>Millepora</i> sp.	0		0	0
<i>Montipora</i> sp.	0	0	0	0
<i>Oulophyllia crispa</i>	0		0	
<i>Pachyseris</i> sp.	0			
<i>Pavona clavus</i>			0	
<i>Pectinia peonia</i>	0			
<i>Pluerogyna sinuosa</i>			0	
<i>Platygyra</i> sp.	0	0		
<i>Pocillopora danae</i>				0
<i>Pocillopora eydouxi</i>	0	0	0	
<i>Porite cylindrica</i>	0	0	0	0
<i>Porite lutea</i>	0	0	0	0
<i>Porite</i> sp.1	0			
<i>Porite</i> sp.2	0		0	
<i>Porites nigrescens</i>	0	0		

부록 2. 계속

Appendix 2. continued

Species	Chuuk		Kuop	Nomwin
	outer	inner		
<i>Rumphella</i> sp.				0
<i>Sarcophyton</i> sp.		0	0	0
<i>Scapophyllia</i> sp.	0			
<i>Scapophyllia cylindricus</i>	0	0	0	0
<i>Seriatopora acuelata</i>				0
<i>Solanderia</i> sp.	0		0	
<i>Stylophora mordax</i>				0
<i>Subergorgia suberosa</i>	0		0	
<i>Tubastrea micrabtha</i>	0	0	0	
<i>Tubipora musica</i>		0		
<i>Turbinaria retiformis</i>			0	
BRYOZOA				
<i>Schizoporella</i> sp.	0	0		
ANNELIDA				
Sabellidae unid.	0			0
<i>Spirobranchus giganteus</i>	0	0	0	
MOLLUSCA				
<i>Cypraea</i> sp.		0		
<i>Cypraea tigris</i>				0
<i>Hippopus hippopus</i>				0
<i>Hyotissa hyotiss</i>		0		
<i>Hyotissa</i> sp.	0	0	0	0
<i>Isognomon</i> sp.		0		
<i>Lambis scorpius</i>		0		
<i>Lambis truncata</i>				0
<i>Lithophaga zitteliana</i>				0
<i>Octopus cyanea</i>			0	
<i>Octopus</i> sp.				0
<i>Peden</i> sp.		0		
<i>Pinctada margaritifera</i>		0		0
<i>Spondylus</i> sp.	0		0	
<i>Tridacna squamosa</i>	0	0	0	
<i>Trochus niloticus</i>	0	0		
ARTHROPODA				
<i>Dardanus</i> sp.				0
<i>Grapsus</i> sp.				0
<i>Panulirus</i> sp.				0
Stomatopoda unid.				0
ECHINODERMATA				
<i>Acanthaster planci</i>	0	0		
<i>Actinopyga palauensis</i>	0	0	0	
<i>Bohadschia argus</i>	0		0	
<i>Bohadschia goefferyi</i>	0	0		
<i>Choriaster granulatus</i>		0	0	
<i>Comanthus suavia</i>	0	0	0	0
<i>Comaster multifidus</i>	0		0	
Crinoidea unid.			0	
<i>Culcita novaeguineae</i>			0	
<i>Culcita</i> sp.				0
<i>Diadema savignyi</i>	0	0	0	
<i>Diadema</i> sp.				0
<i>Echinostrephus</i> sp.			0	
<i>Holothuria fuscopunctata</i>		0		0
<i>Holothuria leucospilota</i>	0		0	
<i>Linckia laevigata</i>			0	0
<i>Ophiothrix</i> sp.			0	
<i>Oxycomanthus bennetti</i>			0	
<i>Stochopus variegatus</i>	0	0	0	

부록 3. 계속

Appendix 3. continued

Species	Chuuk		Kuop	Nomwin
	outer	inner		
CHORDATA				
<i>Exostoma</i> sp.	0		0	
<i>Didemnum</i> sp.			0	0
<i>Didemnum molle</i>		0		
<i>Rhopalae</i> sp.	0	0		
<i>Polycarpa aurata</i>	0	0	0	0
<i>Diazona</i> sp.				0
Number of species	59	53	56	44
Number of station	6	8	6	9

부록 4. 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상사육시스템 (특허출원번호  
10-2003-0018403)

Appendix 4. Multipurpose floating seed production system for blacklip pearl  
oyster (Patent Register No. 10-2003-0018403)

**I. 【요약서】**

**1. 【요약】**

양식진주의 세계시장 규모는 약 15억불로 지난 20년간 계속 성장해 왔으며, 이 중 25% 내외를 흑진주가 차지하고 있다. 다른 양식진주와는 달리 흑진주조개 (*Pinctada margaritifera*)에서만 생산되는 흑진주는 기타 양식진주에 비하여 가격이 월등하게 높기 때문에 흑진주양식은 수산업 중 가장 부가가치가 높은 산업으로 성장하고 있다. 이에 따라 흑진주 양식용 흑진주조개 모패의 수요는 날로 증가하는 반면 자연산 흑진주조개의 자원량은 날로 감소하고 있어 흑진주조개의 인공종묘생산이 절실한 실정이다. 현재 불령 폴리네시아, 호주, 마셜아일랜드, 쿡제도, 인도네시아 등 흑진주양식을 하고 있거나 계획하고 있는 남태평양 일대의 모든 국가들이 흑진주조개 인공종묘생산 기술개발에 착수하고 있지만 아직까지 실험실 규모의 생산에만 성공하였을 뿐, 먹이생물 개발 지연으로 산업화 규모의 대량종묘생산에는 이르지 못하고 있다.

본 발명인 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상시스템 (이하 “시스템”)의 특징은 흑진주조개 초기유생에게 인공산 먹이에 더하여 해적생물이 제거된 자연산 먹이를 충분히 공급하고, 사육수의 원활한 교환으로 최적사육환경을 제공하는 것이다. 본 “시스템”은 복수의 원통형 또는 다면형 배양용기로 구성된다. 배양용기는 측면에는 사육수 교환망이 있고, 바닥에 배설물과 노폐물을 배출할 수 있는 배수망이 설치되어 있다. 또한, 수중펌프로 끌어올린 자연해수를 배양용기에 공급할 수 있는 주수장치와 여분의 해수로 교환망을 청소할 수 있는 장치가 있다.

본 “시스템”의 기준생산량은 1m<sup>3</sup> 크기의 배양용기 당 흑진주조개 치패 100,000마리이지만 흑진주양식장의 규모에 맞추어 배양용기의 크기를 조정할 수 있음과 아울러 여러 개의 배양용기를 연결하여 다양한 규모의 “시스템”을 구성하여 생산량을 필요에 따라 조절할 수 있다. 본 “시스템”의 특징과 효과를 요약하면, ① 흑진주조개 초기유생에게 자연산 먹이를 공급하여 생존율과 성장률을 향상시킬 수 있고, ② 기존의 육상사육공간과 시설에 비하여 2배 이상의 고밀도 사육이 가능하며, ③ 지금까지 불가능하였던 흑진주조개의 인

공대량종묘생산을 이룩하여, ④ 지속적으로 흑진주 양식업이 발전할 수 있는 기틀을 마련한 것이다.

본 “시스템”은 흑진주양식장이 위치한 남태평양 각국에 설치할 수 있음은 물론 간단한 교환망의 교체로 우리나라 연안에도 설치하여 흑진주조개를 포함하여 피조개, 굴 등 이매패류와 능성어와 같은 아열대성 고급어종의 유생도 사육할 수 있도록 다목적으로 사용할 수 있다.

## 2. 【대표도】

- 도 1. 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상 사육시스템
- 도 2. 배양기구

## 3. 【색인어】

- 흑진주조개, 진주양식, 인공종묘생산, 유생사육기구, 패류 종묘생산, 종묘생산, 양식기 자재, 흑진주, 패류, 유생사육

## II. 【명세서】

### 1. 【발명의 명칭】

- 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상 사육시스템
- Multipurpose floating seed production system for blacklip pearl oyster

### 2. 【도면의 간단한 설명】

- 1). 도 1은 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상 사육시스템을 나타낸 사시도이다.
- 2). 도 2는 배양기구의 상세도이다.
- 3). 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명.

- 1 : 해상사육시스템 프레임
- 2 : 수중펌프
- 3 : 주수관
- 4 : 배양기구

- 5 : 주수밸브
- 6 : 해적생물제거망
- 7 : 주수관 주밸브
- 8 : 청소호스
- 9 : 교환망
- 10 : 배수망
- 11 : 고정고리

### 3. 【발명의 상세한 설명】

#### 1) 【발명의 목적】

본 발명은 먹이생물의 개발 미흡으로 실험실 생산에 불과하였던 흑진주조개 인공종묘 생산 기술을 획기적으로 개선하여 흑진주양식용 모패를 안정적으로 공급하기 위하여 착수되었다. 본 발명은 흑진주조개 대량종묘생산에 사용되는 해상시스템에 관한 것으로 흑진주조개의 초기유생이 인공먹이에 더하여 자연산 먹이를 섭취함과 아울러 사육수가 항상 원활하게 교환되어 흑진주조개 유생에 최적 환경을 제공할 수 있는데 중점을 두고 개발되었다. 주어진 공간 배양기구 내에서 흑진주조개 유생이 활용할 수 있는 공간을 극대화하고, 유생이 배출한 배설물과 노폐물이 즉시 외부로 방출될 수 있도록 배양기구의 측면과 바닥을 천공하여 각각 플랑크톤망지(Muller gauze)로 제작한 교환망과 배수망을 설치하였다. 이로써 흑진주조개 유생의 이탈을 방지함과 아울러 자연스럽게 인공먹이에 더하여 자연산 먹이를 섭취하여 생존율과 성장률이 향상되도록 하였다. 또한, 흑진주양식어의 규모에 따라 신속적으로 흑진주조개 종묘생산 규모를 조절할 수 있도록 배양기구의 크기와 배열을 조절하며 다양한 규모의 “시스템”을 구성하여 자연적 공간(해상)에서 저비용으로 고품질 흑진주조개의 우량종묘를 고밀도로 생산하여 흑진주양식업의 생산성 향상에 기여하는 것이다.

#### 2) 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

진주양식은 진주층이 발달한 진주조개류를 모패로 한다. 우리 나라와 일본에서는 일본진주조개(*Pinctada fucata martensii*)를 카브리해에서는 *Pictada radiata*를 사용하며, 남태평양 일대에서는 백진주조개(*Pincttada maxima*)와 흑진주조개(*Pinctada margaritifera*)를



사용한다. 남태평양산 진주조개류는 조개의 크기가 크고 진주층의 색상이 아름다워 온대 산 진주조개류에 비하여 수십배 이상 고가인 보석급의 진주가 생산된다. 특히, 양식진주 중 가장 가격이 비싼 흑진주는 흑진주조개에서만 생산된다. 흑진주조개 (*Pinctada margaritifera*)는 분류학적으로 연체동물문 (軟體動物門, Phylum Mollusca), 이매패강 (二枚貝綱, Class Bivalvia), 익형아강 (翼型亞綱, Subclass Pterimorphia), 익각목 (翼殼目, Order Pterioida), 익각과 (翼殼科, Family Pteriidae), 진주조개속 (眞珠貝屬, Genus Pinctada)에 속한다. 전술한 진주조개류는 모두 흑진주조개와 같은 과 같은 속에 속한다. 한편, 소위 마베진주 또는 반구진주로 불리는 양식진주는 진주모패의 패각에 반구형 핵을 부착하여 생산한 것이며 모패로는 귀진주조개 (*Pteria penguin*)와 1차 진주양식을 마쳤거나 노후한 백진주조개를 사용한다.

흑진주 양식이 가장 활발한 곳은 불령폴리네시아에 속하는 타이티로 전세계 흑진주 생산량의 90% 이상을 생산하고 있다. 타이티는 1972년 처음으로 1,563g의 흑진주를 생산하여 판매고 US\$3,663를 기록한 이래 급격히 팽창하여 1987년에는 생산량 407.6Kg 판매고 미화 2천만불을 1994년에는 생산량 2,815Kg으로 판매액 미화 1억불을 돌파하였다. 최근의 양식진주 시장규모는 약 15억불이며, 이 중 25%를 흑진주가 구성하고 있다.

흑진주조개는 캘리포니아만에서 지중해 동부에 이르기까지 널리 분포하며 (George 1978) 서식수온의 범위는 19 ~ 32°C 범위로 불령 폴리네시아 동부의 투아마투 환초 (Tuamatu Atoll)에서 쿡제도 (Cook Islands) 사이의 열대 태평양에서 많이 어획되며, 호주의 북부와 동북부 (Annon 1973), 인도네시아 아루 열도 (Aru Islands), 파푸아 뉴기니아 중국의 해남도에도 분포한다. 그러나, 다른 열대성 해양동물이 주어진 범위 내에서 비교적 고르게 분포하는데 반하여 흑진주조개는 특정 해역의 특정 저질에 소규모 개체군을 이루어 서식하고 있어 (Banner 1952, Service de la Peche 1970, Intes *et al.* 1986) 자원개발이 어렵다. 흑진주조개의 종묘생산연구는 1970년대에 시작되었으며, 최근 부족한 흑진주조개를 확보하기 위하여 인공종묘생산연구가 호주, 불령폴리네시아, 쿡제도 등에서 활발하게 진행되고 있지만 아직 대량생산에 이르지 못하고 실험실 수준에 머물고 있다 (Tanaka and Inoha 1970, Alagarwami *et al.*, 1989, Rose and Baker 1994, Southgate and Beer 1997).

흑진주양식업은 현재까지 알려진 양식업을 포함한 모든 수산업 중 가장 부가가치가 높은 산업이다. 최근의 흑진주양식산업은 자연산 흑진주조개의 자원남획으로 양식에 필요한 충분한 모패를 확보하지 못할 뿐만 아니라 모패의 구입단가 또한 상승하여 어려움이 가중되고 있는 시점에 개발된 본 발명품은 흑진주양식업의 보다 밝은 미래를 약속할 수 있

는 시기적절한 발명품이다.

### 3) 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

본 발명품이 이루고자하는 기술적 과제는 흑진주조개의 초기유생에게 자연산먹이를 충분하게 공급하고, 사육환경을 최적화 하여 흑진주유생의 생존율과 성장률을 획기적으로 향상시켜, 흑진주조개의 인공종묘생산을 기업화 수준으로 끌어올리는 것이다. 이로써 흑진주조개 인공종묘생산을 기업화 할 수 있으며, 각각의 흑진주양식장들이 자체적으로 필요한 흑진주조개를 원활하게 확보하여 지속적으로 흑진주양식업을 발전시킬 수 있다.

상기한 바의 목적을 달성하기 위하여 본 발명품은, 일정한 크기의 배양기구를 단독 또는 복수로 배열하여 자연산 먹이생물이 교환망을 통해 자연스럽게 조류와 같이 유입됨과 아울러 노폐물이 빠져나가게 하였다. 또한, 자연산 먹이를 수중펌프로 농축하여 공급함과 아울러 배양기구 내의 해수유동을 증가 시켜준다. 수중펌프로 사육수의 공급을 늘리는 것은 주어진 공간에 보다 많은 유생을 수용할 수 있게 하지만, 사육수 공급과 더불어 흑진주조개 유생과 먹이경쟁을 하는 해적생물(동물플랑크톤, 섬모충류 등)이 같이 유입될 수 있다. 따라서 해적생물을 효과적으로 제어할 수 있는 여과장치를 부착해야 한다. 또한, 흑진주조개 유생의 배설물을 효과적으로 제거하기 위한 배수망을 배양기구 하부에 설치해야 한다. 이러한, 부속장치들은 흑진주조개 유생의 성장에 맞추어 적절한 크기로 교환이 가능하며, 교환시 흑진주조개 유생의 유실이 없도록 설치되어야 한다. 최종적으로는 “시스템”의 관리편의성을 고려해야 한다. 최종적으로 자연산 먹이만으로는 흑진주조개 고밀도 배양이 불가능하기 때문에 인공적으로 배양한 농축먹이의 주기적 공급이 필요하다. 따라서, “시스템”을 구성하는 배양기구는 자체에 의한 조류소통 저하를 최소화하고, 먹이투입 및 관리가 용이하도록 환경조건에 맞추어 설계하였다.

### 4) 【발명의 구성 및 작용】

이하 본 발명을 첨부된 예시도면을 첨부하여 상세히 설명한다. 도 1은 해상에 설치된 “시스템”을 나타낸 사시도이다. 도 2는 하나의 배양기구의 상세도이다.

도 1에서 각각의 배양기구는 해상사육시스템프레임 (1)을 이용하여 연결 및 고정된다. 수중펌프는 (2) “시스템”의 한면에 설치된다. 수중펌프로 양수된 자연해수는 프레임을 따라 배관된 주수관 (3)을 따라 각각의 배양용기 (4)에 설치된 주수밸브 (5)를 통하여 공급된다. 주수밸브 앞에는 해적생물제거망 (6)이 설치되어 해적생물을 포함한 모든 동물플랑크톤을 걸러낸다. 교환망 청소는 주수관의 주밸브 (7)를 잠그고, 양수된 해수를 청소호스

(8)로 흐르게 하여 실시한다. 도 2는 독자적으로도 흑진주조개 종묘생산이 가능한 배양기구이다. 교환망 (9)은 배양기구 둘레에 일정한 간격으로 연속되게 배치되어 있으며, 바닥에는 배출망 (10)이 배치되어 있다. 바닥 중앙에 배치된 배출망은 원형이다. 배양기구 상단에는 배양기구를 “시스템”에 연결해주는 고정고리 (11)가 2개 있다. 조류소통이 원활한 해역에서는 배양기구 1개를 독자적으로 사용할 수 있으며, 조류소통이 불량한 해역에서 배양기구 1개를 독자적으로 사용할 경우 소형 수중펌프를 설치해야 한다. 상기 배양기구는 수면 높이조절이 가능하게 설계되어 있으며, “시스템”에 연결되어 각 배양기구 사이의 공간을 적정 수준으로 조절할 수 있어 유생의 성장 단계별로 조류소통을 조절하여 생산성을 극대화할 수 있도록 설계되었다. 본 “시스템”을 사용한 흑진주조개 종묘생산 실례는 다음과 같다.

평균 체중이 1,500g인 4~5년생 흑진주조개 모패에서 얻어진 200만개의 수정란을 각각 100만개씩 기존육상생산법과 본 “시스템” 방법으로 나누어 흑진주조개 유생의 발달단계별 소요기간과 생존률을 조사하였다. 그 결과 초기각정기까지는 소요기간과 생존률에 있어 큰 차이가 없었지만 후기D상에서 초기각정기로 진입하는 시기에 두 구간 모두에서 많은 사망률을 기록하였지만 해상사육시스템에서의 생존율이 기존 생산방법에 비하여 월등하게 높았다 (표 1).

표 1. 해상사육시스템을 이용한 흑진주조개 종묘생산결과 비교(2002. 10 ~ 12)

유생단계		기존생산방법		해상사육시스템방법	
단계	크기(μm)	소요기간(일)	생존율(%)	소요기간(일)	생존율(%)
D상	81μm	1	85	1	85
초기각정기	112μm	7	10	7	48
안점출현기	210μm	15	2.0	14	30
후기각정기	220μm	20	1.5	18	24
부착기유생	230μm	23	0.5	21	18
부착치패	500μm	23~25	0.1	21~22	10
종 요	>5.0mm	34	-	30	3.0

또한, 기존 생산방법에서는 계속적으로 폐사율이 높아 후기각정기까지 도달한 개체는 1.5%에 불과하며, 부착기유생까지 도달한 개체는 0.5%에 불과하였다. 그러나, 해상사육시

시스템방법에서는 18.0% 내외의 유생이 부착기유생에까지 도달하였으며, 이중 착저에 성공한 부착치패가 10.0%에 달하였으며, 3.0%에 해당하는 약 3만마리의 흑진주조개 종묘를 생산할 수 있었다.

대부분의 패류 종묘생산에 있어 각 생존단계로 변태하는 과정에서 많은 폐사가 일어난다. 흑진주조개 종묘생산에 있어서는 후기D형 유생에서 각정기유생으로 진입하는 단계에서 폐사율이 현저하게 높아 종묘생산의 성패를 결정한다. 田中等 (1970)은 이를 위험시기(critical period)라 하였으며, 노 등 (1986)도 일본산 진주조개 종묘생산의 과정에서도 이와 유사한 폐사 현상을 보고하였다. 한해연 (1987)도 일본진주조개 (*Pinctada fucata martensii*)에서 유사한 폐사현상을 경험한바 있으며, 연구결과 폐사현상의 주원인은 부적절한 먹이생물에 따른 영양결핍임을 밝혀내었다 (한해연 1999, 2000, 2001, 2002). 이러한 연구결과를 토대로 영양가 풍부한 자연산 먹이생물을 충분하게 공급할 수 있는 본 발명품이 개발되었다. 본 발명품을 사용한 흑진주조개에서 얻어진 수정란에서 종묘단계까지의 생존율 3.0%는 일편 매우 낮은 수치로 보일 수 있으나, 굴, 피조개, 전복 등 종묘생산이 보편화된 종들의 생존율이 6.0~8.0% 범위인 것을 감안하면 매우 우수한 결과이다. 이와 같이 현재의 먹이생물 생산기술로 거의 불가능한 흑진주조개의 기업화 종묘생산이 본 발명품을 사용함으로써 실현될 수 있음이 과학적으로 입증되었다.

#### 4) 【발명의 효과】

본 발명품은 이대패류의 종묘생산과정에서 발생하는 먹이부족과 환경악화에 의한 대량 폐사현상을 방지할 수 있는 획기적인 것으로, 아직까지 인공 먹이생물이 완전하게 개발되지 못한 흑진주조개 종묘생산에는 절대적으로 필요한 장치이다. 한편, 능성어, 다금바리, 쥐돔 등 아열대성 혹은 열대성 고급어종들은 인후 (咽喉)가 좁아 일반어류 종묘생산시 초기먹이생물로 쓰이는 윤충 (輪蟲, rotifer)을 섭이할 수 없기 때문에 아직까지 종묘생산이 불가능하여 상업적 양식을 시도하지 못하고 있다. 그러나, 교환망의 망목 크기를 조절할 경우 전술한 열대성 고급어종이 섭이 가능한 50~100 $\mu$ m 크기의 자연산 동물플랑크톤도 급이 할 수 있어 고급어종의 종묘생산에도 효과적이다.

본 “시스템”은 흑진주조개 유생을 자연조건과 유사한 환경에서 사육하며 인공산 먹이에 더하여 자연산 먹이를 공급하여 줌으로 유생의 변태에 충분한 영양을 공급할 수 있다. 이로써, 막대한 시간과 경비가 소요되는 종묘생산 현장에서의 먹이생물 배양에 투입되는 노력을 반감할 수 있다. 또한, 배양기구 내의 사육수는 교환망을 통해 자연해수와 계속 교환되며 풍부한 산소를 공급할 뿐만 아니라, 유생이 배출한 유기물을 흘러보내 배양기구

내 암모니아 농도를 저감시키고 세균에 의한 질병 발생을 예방해 준다. 또한, 기존생산방법의 최대 문제점인 수조갈이에 따른 노력과 사육유생의 입는 물리적 피해와 스트레스

요인을 제거해 주어 일반 종묘생산 시설에서 사용하는 항생제를 비롯한 많은 약품의 사용량을 대폭 줄여 준다. 따라서, 본 “시스템”은 저비용, 고효율의 최적 종묘생산일 뿐만 아니라 어장 환경보호에도 큰 역할을 한다. 이를 사용함으로써 흑진주 양식업계는 안정적으로 필요한 흑진주조개 종묘를 확보할 수 있어 수익성을 높일 수 있다.

## 6) 【특허청구범위】

### 가. 【청구항 1】

측면과 바닥에 각각 교환망과 배출망이 설치되어 있고, 사육수 공급용 수중모터, 사육수 주입량 조절장치 및 배출망 세척장치가 설치된 흑진주유생 배양기구

### 나. 【청구항 2】

제1항에 있어서 흑진주조개 또는 기타 수산동물 종묘생산용을 위하여 재질이나 배양기구의 모양과 크기 및 교환망과 배출망의 망목을 달리한 종묘생산용 해상설비

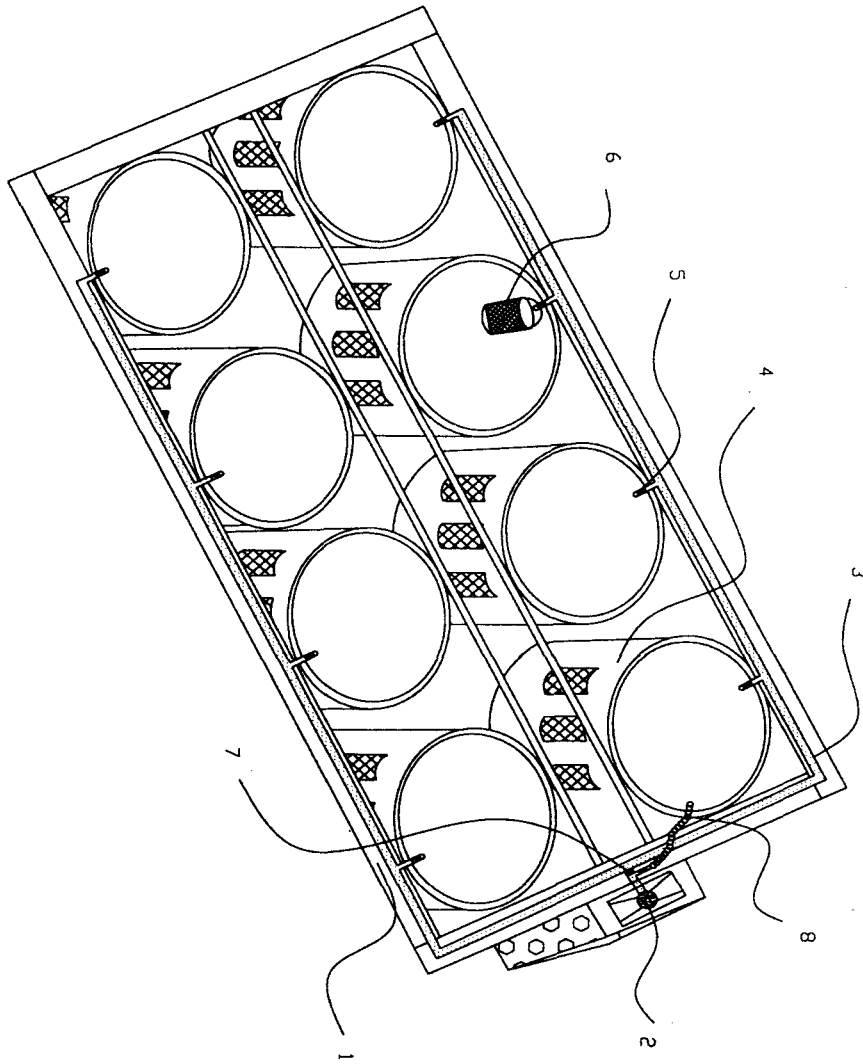
### 다. 【청구항 3】

제1항과, 제2항의 배양기구를 복수로 배치하고 배양기구의 지지 및 관리용 프레임을 설치한 흑진주조개 종묘생산용 다목적 해상사육시스템.

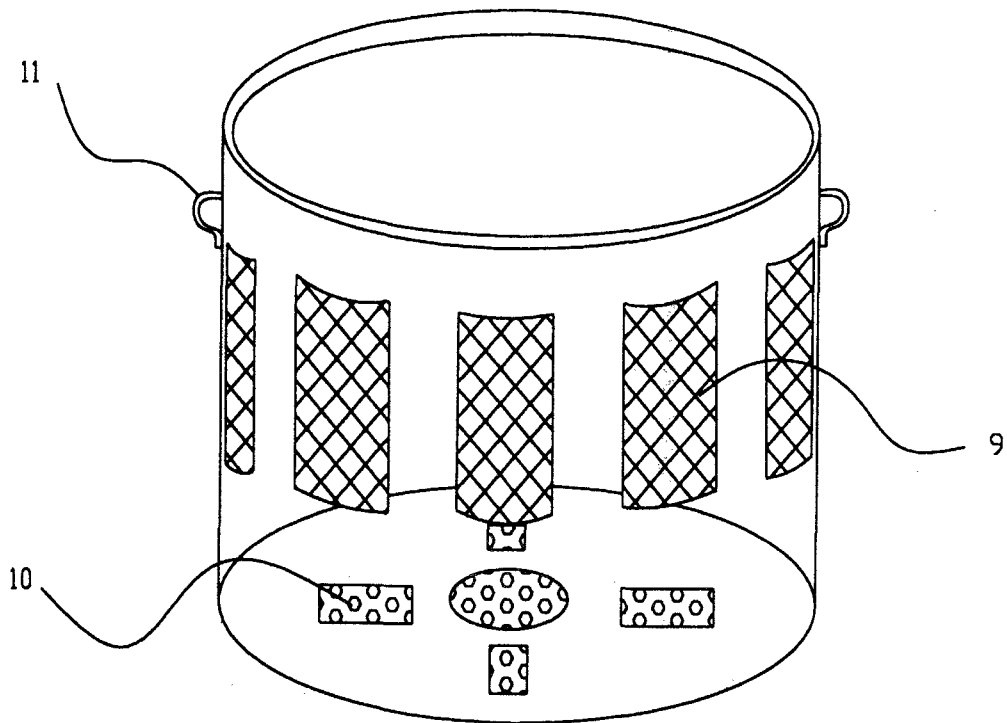
### 라. 【청구항 4】

제3항의 “시스템”을 흑진주조개 또는 기타 수산동물 종묘생산을 위하여 배열방법, 크기 및 모양을 달리하거나 부속장치를 변경한 종묘생산용 해상설비

도면 1. 흑진주조개 대량종묘생산용 다목적 해상 사육시스템 사시도.



도면 2. 배양기구 상세도.



## 참고문헌

- 노섭·변충규·손공정. 1986. 진주조개 (*Pinctada fucata*)의 종패생산 및 양식에 관한 환경학적 연구. I. 초기발생과 성장. 제주대 해자연보, 10: 45-56.
- 한국해양연구소. 1987. 진주양식기술개발에 관한 연구(III). BSPG-00042-159-3. 서울. 607pp.
- 한국해양연구소. 1999. 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM99042-00-1204-7. 서울. 461pp.
- 한국해양연구소. 2000. 남서태평양 흑진주조개 자원개발 연구. BSPM0086-00-275-3. 서울. 70pp.
- 한국해양연구원. 2001. 2001년 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM10800-1411-3. 서울. 96pp.
- 한국해양연구원. 2002. 2002년 남서태평양 해양생물자원 개발연구 (출판 중)
- 田中彌太郎·伊野波盛仁·嘉數清. 1970. 繩におけるクロチョウガイの種苗生産に関する基礎研究. 東海區水研報, 63: 75-106.
- Alagarwami, K., S. Dharmaraj., A. Chellam and T. S. Velayudhan. 1989. Larval and juvenile rearing of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). Aquaculture, 76: 43-56.
- Anon. 1973. Mother of pearl, *Pinctada margaritifera*. Australian Fisheries. Dec. 1973, Plate No. 22.
- Banner, A. H. 1952. Preliminary report on marine biology study of Onotoa Atoll, Gilbert Islands. Atoll Res. Bull., 13: 1-42.
- George, C. D. 1978. The pearl. FAO and Asian Development Bank. Samarai, Papua New Guinea. 169pp.
- Intes, A., P. Laboute and M. Coeroli. 1986. Le stock naturel de nacre(*Pinctada margaritifera* L.) dans l'atoll de Scilly(Archipel de la Societe, Polynesie Francaise). ORSTOM 31: 1-38.
- Rose, R. A. and S. B. Baker. 1994. Larval and spat culture of the Western Australian silver- or goldlip pearl oyster, *Pinctada maxima* Jameson (Mollusca: Pteriidae). Aquaculture, 126: 35-50.
- Service de la Peche. 1970. Etude sur l'industrie nacriere en Polynesie Francaise.



- Bull. Tech. No. 2. Tahiti. Polynesie Francaise. 34pp.
- Southgate P. C. and A. C. Beer. 1997. Hatchery and early culture of the blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera* L.). J. Shellfish Res., 16: 561-567
- Tanaka, Y. and S. Inoha. 1970. Studies on seed production of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* in Okinawa. IV. Resistibility of the larvae to centrifugally separated water from *Monochrysis* culture and hypotonic sea water. Bull. Takai. Reg. Fish. Res. Lab., 63: 91-95.

부록 5. 축주 모웬섬 주벼해역에서의 식물플랑크톤 출현양상 (2002. 8)

Appendix 5. Occurrence of phytoplankton in the vicinities of Moen Island  
Chuuk, FSM (2002. 8)

Species	Stations			Remark
	A	C	E	
<b>Bacillariophyceae</b>				
<i>Actinocyclus octonarius</i> v. <i>octonarius</i>	*	*	*	t
<i>Actinocyclus octonarius</i>	*	*	*	t
<i>Amphora costata</i>	*	*	*	t
<i>Amphora laevis</i>	*	*	*	t
<i>Amphora</i> sp.	*	*	*	
<i>Asterolampra marylandica</i>	*	*		
<i>Azpeitia barronii</i>	*	*	*	
<i>Azpeitia neocrenulata</i>		*	*	
<i>Cerataulina pelagica</i>			*	
<i>Climacosphenia moniligera</i>	*	*	*	t
<i>Diploneis fusca</i>	*		*	t
<i>Diploneis weissflogi</i>	*	*	*	
<i>Guinardia cylindrus</i>	*	*	*	
<i>Guinardia striata</i>	*	*	*	
<i>Hemiaulus membranaceous</i>	*	*	*	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	*	*	*	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	*	*	*	
<i>Lichmophora abbreviata</i>	*	*	*	t
<i>Mastogloia binotata</i>	*	*	*	t
<i>Mastogloia</i> sp.	*	*	*	t
<i>Navicula cincta</i>	*	*	*	t
<i>Navicula subcarinata</i>	*	*	*	t
<i>Navicula lyra</i> v. <i>dilatata</i>	*		*	t
<i>Nitzschia angularis</i>	*	*	*	t
<i>Nitzschia bicapitata</i>	*	*	*	
<i>Nitzschia bifurcata</i>	*	*	*	
<i>Nitzschia carnicobarctica</i>	*			
<i>Nitzschia cicula</i>	*	*	*	
<i>Nitzschia longissima</i>	*	*	*	
<i>Nitzschia marina</i>	*	*	*	
<i>Nitzschia panduliformis</i>		*	*	t
<i>Nitzschia panduliformis</i> v. <i>minor</i>	*	*	*	t
<i>Plagiodiscus nervatus</i>	*	*	*	
<i>Pleurosigma ridigium</i>	*	*	*	t
<i>Proboscia alata</i>	*	*	*	
<i>Podocystis spathulata</i>	*	*	*	t
<i>Roperia tessellata</i>	*	*	*	
<i>Roperia tessellata</i> v. <i>coscinodiscoidea</i>	*	*	*	
<i>Surirella</i> sp.	*		*	t

t: tychopelagic species

부록 5. 계속

## Appendix 5. Continued

Species	Stations			Remark
	A	C	E	
<i>Thalassionema flauenfeldii</i>	*	*	*	
<i>Thalassiosira eccentricus</i>	*	*	*	
<i>Thalassiosira lineata</i>	*	*	*	
<i>Toxarium undulatum</i>	*	*	*	t
<i>Trachyneis aspera</i>	*		*	t
<b>Cyanophyceae</b>				
<i>Trichodesmium</i> sp.	*	*	*	
<i>Richelia intracellurlis</i>	*	*	*	
<b>Dinophyceae</b>				
<i>Alexandrium</i> sp.	*	*	*	
<i>Brephalocysta sprendol-maris</i>	*	*	*	
<i>Ceratium breve</i>	*	*	*	
<i>Ceratium falcatum</i>	*		*	
<i>Ceratium furca</i>	*	*	*	
<i>Ceratium kofoidi</i>	*	*	*	
<i>Ceratium longinum</i>	*	*	*	
<i>Ceratium teres</i>	*	*	*	
<i>Ceratium tripos</i>	*		*	
<i>Dinophysis caudata</i>	*	*	*	
<i>Dinophysis</i> sp.	*	*	*	
<i>Gonyaulax spinifera</i>	*	*	*	
<i>Gonyaulax polygramma</i>	*	*	*	
<i>Gymnodinium breve</i>	*	*	*	
<i>Heteraulacus polyedricus</i>	*	*	*	
<i>Ornitoceros magnificus</i>	*	*	*	
<i>Ornitoceros stenii</i>		*	*	
<i>Oxytoxum tessellatum</i>	*	*	*	
<i>Phalacroma argus</i>	*	*	*	
<i>Phalacroma cuneus</i>	*	*	*	
<i>Prorocentrum emarginatum</i>	*	*	*	
<i>Podolampas palmipes</i>	*	*	*	
<i>Pronoticulla rostrata</i>	*	*	*	
<i>Protoperidinium steinii</i>	*	*	*	
<i>Protoperidinium quarnerense</i>	*	*	*	
<i>Protoperidinium</i> spp.	*	*		
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	*	*	*	
<b>Number of species</b>	70	66	72	

t: tychopelagic species

## 화보

화보 I. 축해역의 어류상.

화보 II. 축해역의 저서생물.

화보 III. 흑진주조개의 생식소 발달.

화보 IV. 흑진주조개 부착기유생 및 해상사육용 가두리.

## Plates

Plate I. Fishes in Chuukish waters.

Plate II. Benthos in Chuukish waters.

Plate III. Gonadal development of blacklip pearl oyster.

Plate IV. Spat of blacklip pearl oyster and floating cage

여 백

화보 I. 축해역의 어류상.

Plate I. Fishes in Chuukish waters.



1. 바리류 (*E. merra*, 정점 1).  
1. *Epinephelus merra* (St. 1).



2. 바리류 (*E. polyphkadion*, 정점 3).  
2. *Epinephelus polyphkadion* (St. 3).



3. 퉁돔류 (*M. niger*, 정점 5).  
3. *Macolor niger* (St. 5).



4. 바리류 (*C. leopardus*, 정점 7).  
4. *Cephalopholis leopardus* (St. 7).



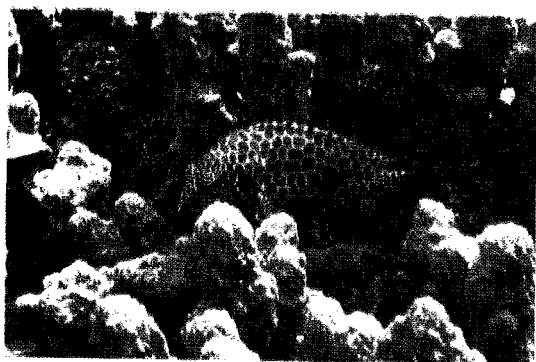
5. 쥐돔류 (*N. annulatus*, 정점 9).  
5. *Naso annulatus* (St. 9).



6. 전갱이류 (Carangidae, 정점 12).  
6. *Caranx melampygus* (St. 12).

화보 I. 축해역의 어류상.

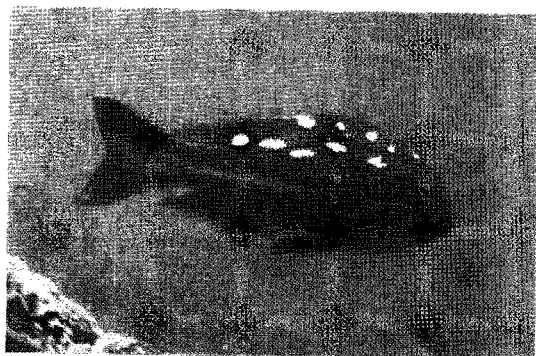
Plate I. Fishes in Chuukish waters.



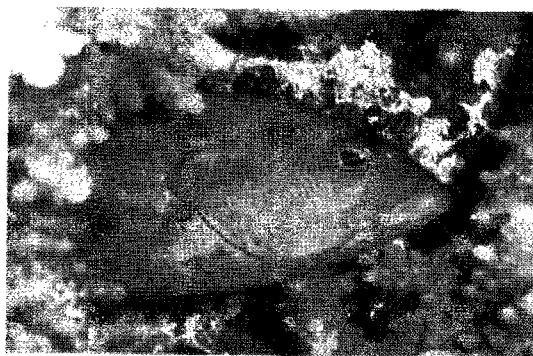
1. 바리류 (*E. merra*, 정점 1).  
1. *Epinephelus merra* (St. 1).



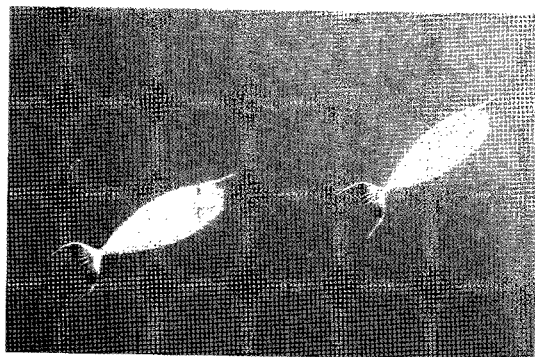
2. 바리류 (*E. polyphkadion*, 정점 3).  
2. *Epinephelus polyphkadion* (St. 3).



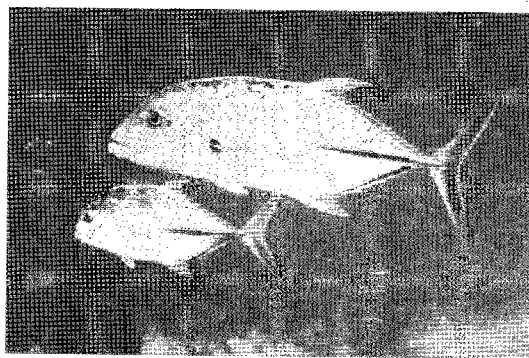
3. 통돮류 (*M. niger*, 정점 5).  
3. *Macolor niger* (St. 5).



4. 바리류 (*C. leopardus*, 정점 7).  
4. *Cephalopholis leopardus* (St. 7).



5. 쥐돔류 (*N. annulatus*, 정점 9).  
5. *Naso annulatus* (St. 9).

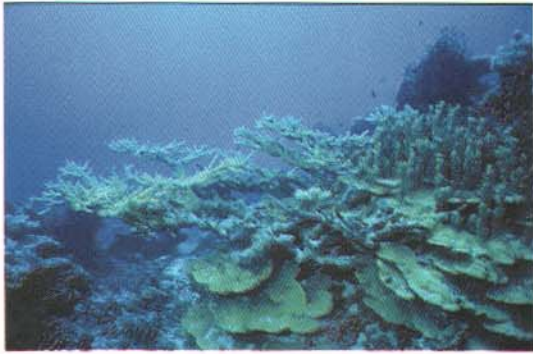


6. 전갱이류 (Carangidae, 정점 12).  
6. *Caranx melampygus* (St. 12).

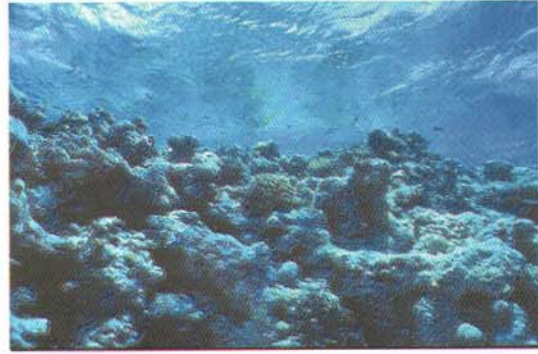


화보 II. 축해역의 저서동물군집.

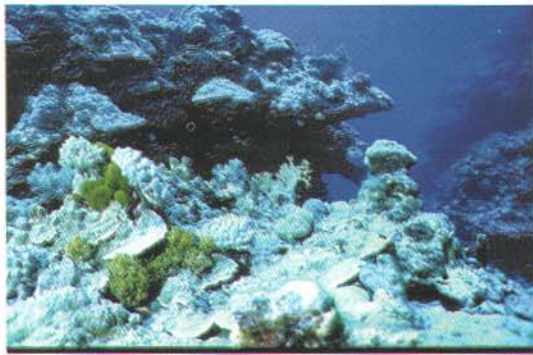
Plate II. Benthic communities in Chuukish waters.



1. 축환초 내측 (정점 4).  
1. Inner reef in Chuuk Atoll (St. 4).



2. 축환초 외측 (정점 5).  
2. Outer reef in Chuuk Atoll (St. 5).



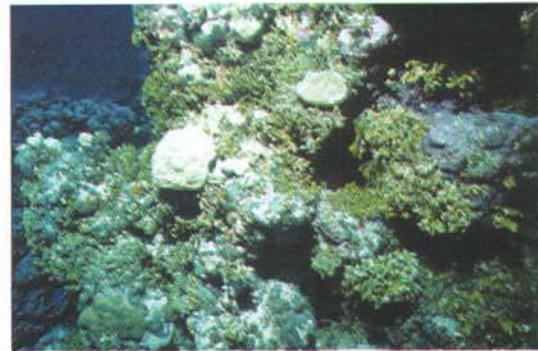
3. 축환초 외측 (정점 6).  
3. Outer reef in Chuuk Atoll (St. 6).



4. 쿠오희환초 내측 (정점 10).  
4. Inner reef in Kuop Atoll (St. 10).



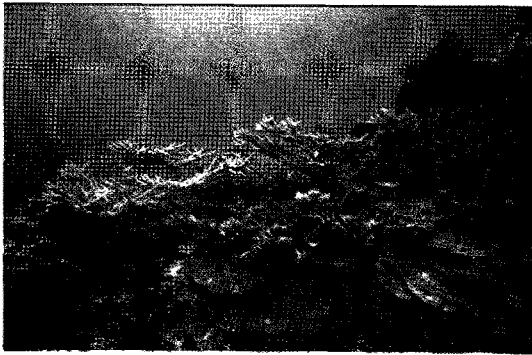
5. 해조류 (*Microdictyon* sp. ).  
5. *Microdictyon* sp.



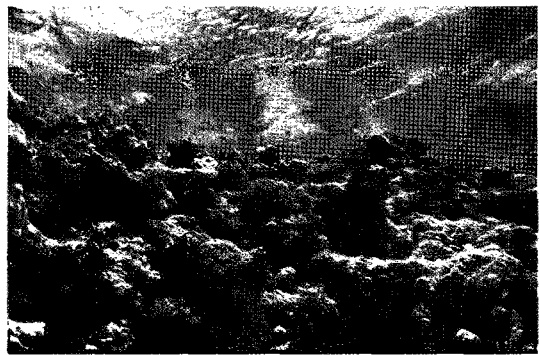
6. 해조류 (*H. opuntia* f. *cordata*).  
6. *Halymeda opuntia* f. *cordata*.

화보 II. 축해역의 저서동물군집.

Plate II. Benthic communities in Chuukish waters.



1. 축환초 내측 (정점 4).  
1. Inner reef in Chuuk Atoll (St. 4).



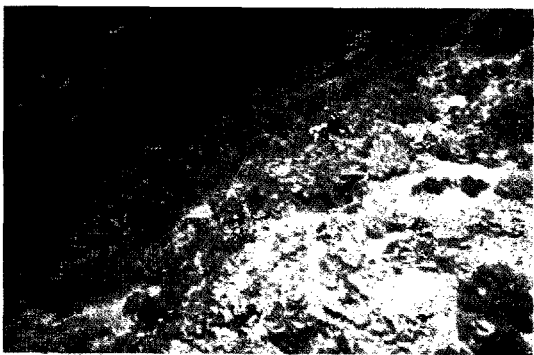
2. 축환초 외측 (정점 5).  
2. Outer reef in Chuuk Atoll (St. 5).



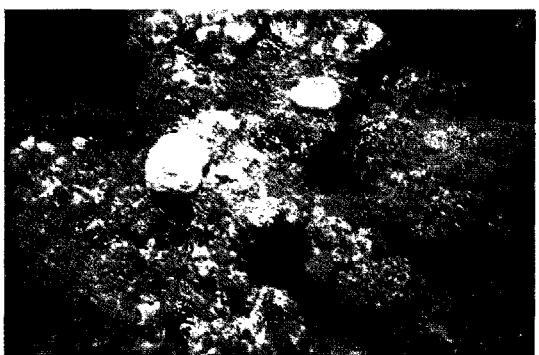
3. 축환초 외측 (정점 6).  
3. Outer reef in Chuuk Atoll (St. 6).



4. 쿠옵환초 내측 (정점 10).  
4. Inner reef in Kuop Atoll (St. 10).



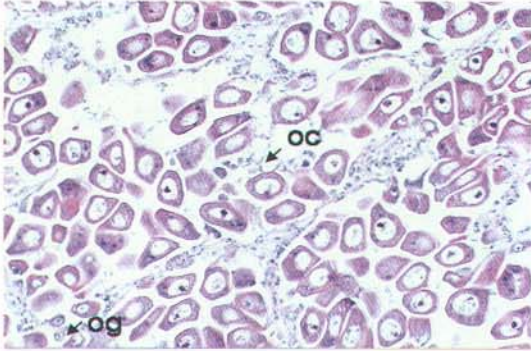
5. 해조류 (*Microdictyon* sp. ).  
5. *Microdictyon* sp.



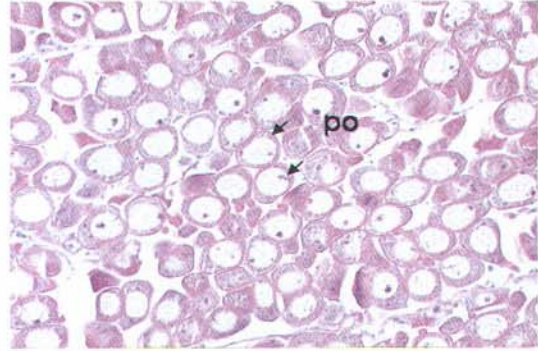
6. 해조류 (*H. opuntia* f. *cordata*).  
6. *Halymeda opuntia* f. *cordata*.

화보 III. 흑진주조개의 생식소 발달.

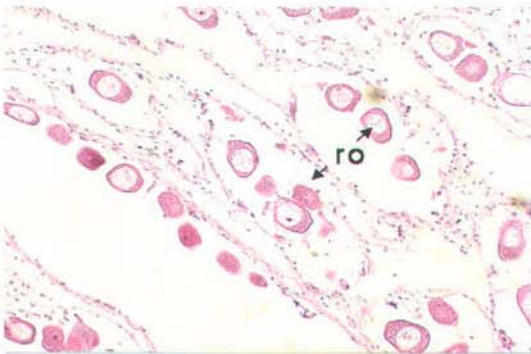
Plate III. Gonadal development of blacklip pearl oyster.



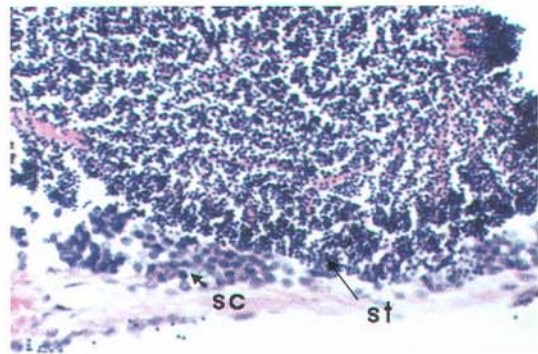
1. 성장기 난소 (x200).  
1. Growing stage of ovary (x200).



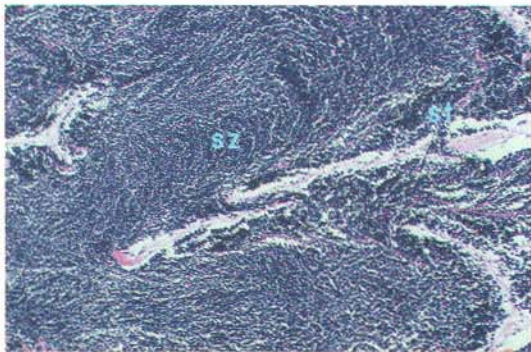
2. 성숙기 난소 (x200).  
2. Maturation stage of ovary (x200).



3. 방출기 난소 (x400).  
3. Spent stage of ovary (x400).



4. 성장기 정소 (x400).  
4. Growing stage of testis (x400).



5. 성숙기 정소 (x200).  
5. Maturation stage of testis(x200).

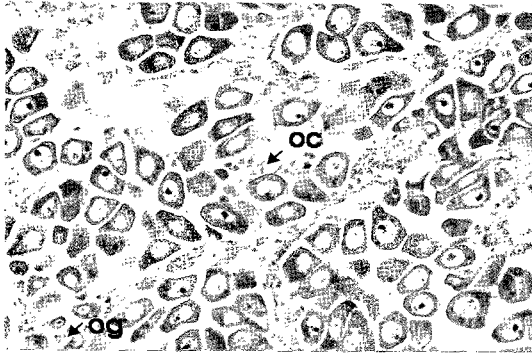


6. 방출기 정소 (x400).  
6. Spent stage of testis (x400).

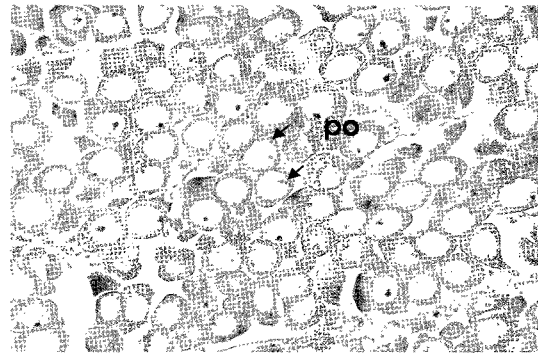
Remark : oc (oocyte), og (oogonium), po (post-vitellogenic oocyte), ro (residual oocyte),  
sc (spermatocyte), st (spermatid), S-tube (seminiferous tube), sz (spermatozoa)

화보 III. 흑진주조개의 생식소 발달.

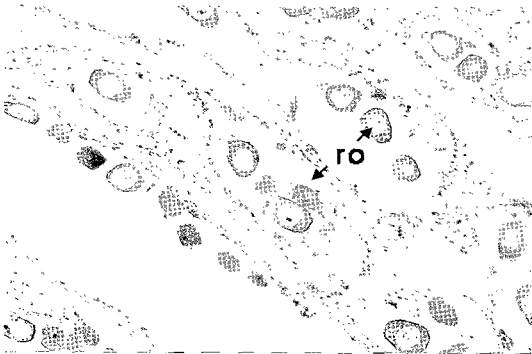
Plate III. Gonadal development of blacklip pearl oyster.



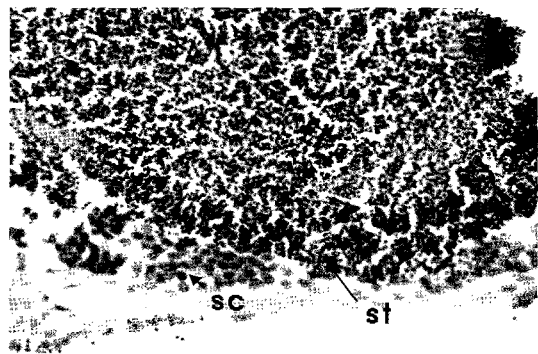
1. 성장기 난소 (x200).  
1. Growing stage of ovary (x200).



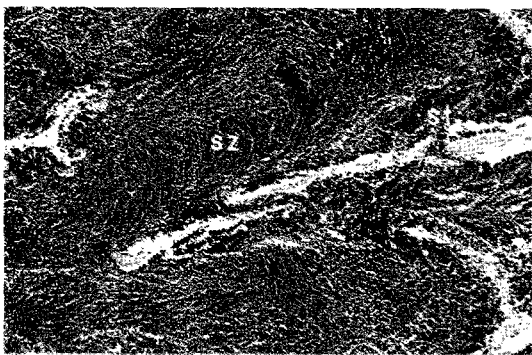
2. 성숙기 난소 (x200).  
2. Maturation stage of ovary (x200).



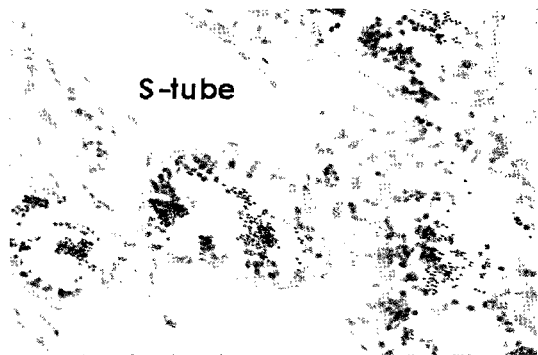
3. 방출기 난소 (x400).  
3. Spent stage of ovary (x400).



4. 성장기 정소 (x400).  
4. Growing stage of testis (x400).



5. 성숙기 정소 (x200).  
5. Maturation stage of testis(x200).



6. 방출기 정소 (x400).  
6. Spent stage of testis (x400).

Remark : oc (oocyte), og (oogonium), po (post-vitellogenic oocyte), ro (residual oocyte),  
sc (spermatocyte), st (spermatid), S-tube (seminiferous tube), sz (spermatozoa)

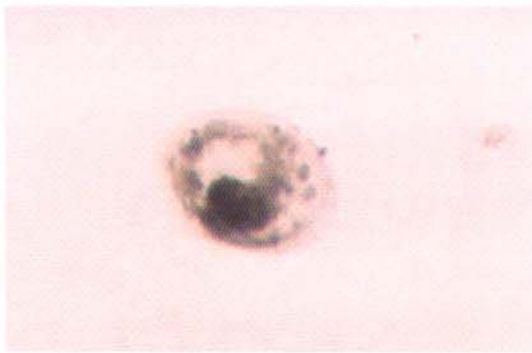
화보 IV. 흑진주조개 부착기유생 및 해상사육용 가두리.  
 Plate IV. Spat of blacklip pearl oyster and floating cage.



1. 흑진주조개 발안기 유생 (210 $\mu$ m).  
 1. Eyed larva (210 $\mu$ m).



2. 흑진주조개 포복기 유생 (230 $\mu$ m).  
 2. Pediveliger (230 $\mu$ m).



3. 흑진주조개 부착치패 (0.5mm).  
 3. Spat (0.5mm).



4. 흑진주조개 치패 (2mm).  
 4. Juvenile shell (2mm).



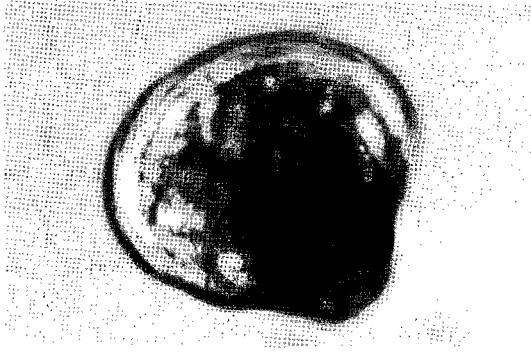
5. 해상사육용 가두리.  
 5. Sea cage.



6. 해상사육용 가두리 설치작업.  
 6. Installation of sea cage.

화보 IV. 흑진주조개 부착기유생 및 해상사육용 가두리.

Plate IV. Spat of blacklip pearl oyster and floating cage.



1. 흑진주조개 발안기 유생 (210 $\mu$ m).  
1. Eyed larva (210 $\mu$ m).



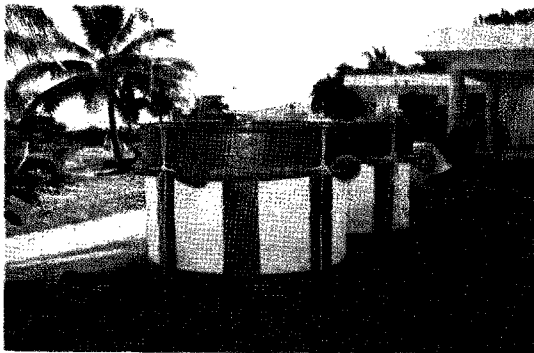
2. 흑진주조개 포복기 유생 (230 $\mu$ m).  
2. Pediveliger (230 $\mu$ m).



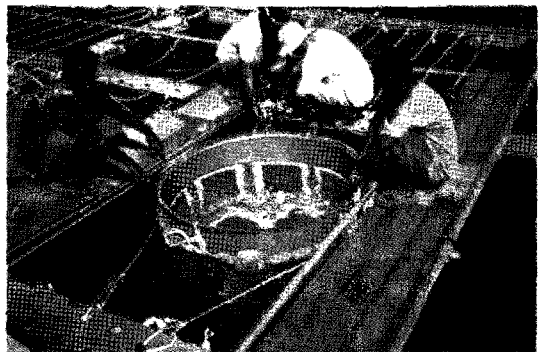
3. 흑진주조개 부착치패 (0.5mm).  
3. Spat (0.5mm).



4. 흑진주조개 치패 (2mm).  
4. Juvenile shell (2mm).



5. 해상사육용 가두리.  
5. Sea cage.



6. 해상사육용 가두리 설치작업.  
6. Installation of sea cage.