

T0023221

BSPM 44700-1928-3

**남서태평양 해양생물자원 개발 연구**  
**(2000~2007년 해양생물자원 분야 통합보고서)**

**A Study on the Development of Marine  
Biological Resources in the Southwest Pacific**  
**(A Coordinated report of marine biological  
resources study from 2000 to 2007)**

2007. 12

주관연구기관  
한국해양연구원

**해 양 수 산 부**

# 제 출 문

해양수산기술진흥원장 귀하

본 보고서를 “남서태평양 해양생물자원 개발 연구” 사업의 2000-2007년도 해양생물자원 분야의 통합보고서로 제출합니다.

2007. 12. 31.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 이희승

연 구 원 : 이순길, 김종만, 명정구, 강래선,  
권문상, 노충환, 박용주, 김민석,  
박홍식, 노재훈, 이미진, 백상규,  
장요순, 임주백, 조선희, 장묘인,  
이균우, 최희정, 최동문, 문종원,  
원기식, 이학철, 박정호, 김지영,  
신희재

경남수산자원연구소 : 김상규, 옥광수, 박경대, 이정미,  
박애전, 이소광

Hansmicronesia International : 최면식, 최원선, 정원삼, 김한준

# 여 백

통합보고서 초록(해양생물자원 부분)

과제관리번호	PM44700	해당 연구기간	2000. 4 - 2007. 12	단계 구분	통합
연구사업명	해양수산연구개발사업-마린바이오21사업				
연구과제명	남서태평양 해양생물자원 개발 연구				
연구책임자	이희승	해당 참여연구원수	총 : 36명 내부 : 26명 외부 : 10명	해당단계 연구비	정부: 1,370,000천원 기업: 220,000천원 계: 1,590,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양연구원 해양자원연구본부		참여 기업명	Hansmicronesia International (2003-2004)	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	426면
<p>2000년 4월부터 2006년 12월까지 마이크로네시아 축, 폰페이, 코스레 및 압주 산호초를 대상으로 한 해양생물자원개발연구의 통합보고서이다.</p> <p>상업적으로 양식 가능한 해조류는 <i>Eucheuma</i> 속, <i>Gracilaria</i> 속, <i>Caulerpha</i> 속 및 <i>Halymenia</i> 속으로 나타났고, 양식 방법은 단승연승식 양식이 적합하다.</p> <p>식용 및 수산업적으로 개발 가능한 어종은 약 80종으로 파랑비늘돔, 갈돔류, 바리류, 통돔류, 쥐돔류 등이 중요하다.</p> <p>마린바이오 산업소재 생물로 해면동물 54종, 강장동물 36종, 독성패류 21종, 독어류 16종 및 독침어류 33종이 탐색되었다.</p> <p>양식개발 대상종인 흑진주조개, 트로카스, 납방톱날꽃게에 대한 종묘생산기술이 개발되었으며, 남서태평양 용 표준양식장 설계가 완료되어 보급이 가능하게 되었고, 개발된 기술을 응용하여 흑진주조개 종묘생산용 해상사육장치(특허 제 0454672 호, 2004. 12. 22)와 부화자어 먹이로 이용 가능한 납방소모충 및 이것의 배양방법(특허 제 10-0692378호, 2007. 3. 2)에 대한 특허를 획득하였다.</p> <p>남서태평양 해양생물개발 전략을 수립하였으며, 이들 도서국가의 수산직 공무원 직무교육을 위한 영문교재를 완성하였다.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한글	열대해양생물자원, 소형먹이생물, 양식기술 개발, 흑진주조개, 능성어류, 톱날꽃게, 트로카스, 해양생물공학 소재생물			
	영어	Tropical living resources, Small food organism, Trochus, Blacklip pearl oyster, Mangrove crab, Grouper, Species for marine bio-industry			

# 여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

남서태평양 해양생물자원 개발 연구보고서(2000-2007 해양생물자원 분야 통합보고서)

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

남서태평양에 준해양 영토 개념의 해양 전진기지 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 배타적 경제수역과 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.

남서태평양 해양생물자원 개발 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. 2006년부터 포제 사업이 마린바이오 21 사업의 하나로 편입됨에 따라 마린바이오 산업의 원료생물로 활용 가능한 열대 산호초 해양생물을 탐색하는 부분이 추가되었다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

이 보고서는 2000년부터 2006년까지 수행된 해양생물자원 개발 분야의 연구결과를 토대로 작성한 통합보고서로 연구 대상해역의 산호초 생태계 조사결과, 이용 가능한 수산자원 조사 결과 및 진주조개, 트로카스, 능성어, 톱날꽃게 등 산업화 대상종에 대한 종묘생산 기

술을 포함하고 있다. 사업연도별 주요 연구개발 내용은 다음과 같다.

- 산호초 생태계 및 수산자원 조사
  - 축 라군(Chuuk Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(1999, 2001, 2002)
  - 축주 남위 환초(Nomwin Atoll) 생태계 및 수산자원 조사(2001)
  - 축주 쿠옵 환초(Kuop Atoll) 생태계 및 수산자원 조사(2002)
  - 축주 흑진주조개 자원조사(2000)
  - 코스레 거초 (Kosrae Fringe reef) 생태계 및 수산자원 조사(2003, 2004)
  - 압 라군(Yap Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(2005)
  - 폰페이 라군(Pohnpei Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(2006)
  
- 신양식 대상종 개발연구
  - 흑진주조개 종묘생산 연구(2001, 2002, 2003, 2004)
  - 트로카스 종묘생산 연구(2000, 2002)
  - 능성어류 종묘생산 기초연구(2004, 2005)
  - 톱날꽃게 종묘생산 기초연구(2005, 2006)
  
- 마린바이오 소재생물 탐색(2005, 2006)
  
- 남서태평양 해양생물자원 개발전략 연구(1999, 2003)

#### IV. 연구개발결과

##### 1. 해양생태계 조사

###### 가. 축주

축 라군은 외양수의 영향을 받는 외측과 주요 Pass 부근 해역, 라군 안의 중수심 해역, 대형 섬 주변의 육상의 영향을 받는 해역으로 구분된다.

축 라군의 광합성색소량은  $0.008 \sim 0.026 \mu\text{g}/\ell$  로 우리나라 연안의 1/10 수준에 불과하다. 기초생산력은 평균  $10.7 \text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$ 로서 황해와 경기만의 1/100 수준이지만 Central

North Pacific이나 Sargasso Sea 보다는 10배 정도 높다.

해조상은 비교적 빈약하여 조간대에서는 5종이, 조하대에서는 25종만이 관찰되었다. 해조군락은 초호의 외측, reef flat 및 대형 섬 부근의 3개 군락으로 나뉜다.

조간대에서 관찰된 대형 저서동물은 11종이었고, 조하대에서는 37종이 관찰되었다. 수심 10-12m 까지는 *Porite nigrescens*가 우점하며, 부분적으로 뇌산호류, 부채산호류가 출현한다. 수심 12m 이상은 뇌산호류와 *Pocillopora eydouxi*가 우점하며, 부채산호류의 서식밀도가 높게 나타난다. 모래 지역은 해삼류인 *A. palauensis*가 우점하는데, 최대 서식 밀도는 10개체/m<sup>2</sup>이었다. Giant clam은 *T. squamosa* 가장 많이 출현하였는데, 최대 밀도는 20개체/ha로 추정된다. 트로카스는 라군 외측에서, 진주조개 *P. margaritifera*는 정점 6에서 비교적 높은 밀도로 출현하였다. 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.

어류는 총 264종이 출현하였으며, 수중생태계의 특성에 따라 3가지 서식지역으로 구분할 수 있다. 첫째는 환초 바깥의 전형적인 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. 셋째는 외해와 연결되는 수로와는 거리가 상당히 먼 환초 안쪽으로 수심이 얕고 바닥이 편평한 모래 또는 자갈로 이루어진 지역으로 천해성 산호초가 발달한 곳으로 놀래기, 쥐돔류, 자리돔류 등 소형 어종들과 유어들이 많이 서식하고 있는 성육장이다.

나무원 환초는 축 동북방 약 120km 지점에 위치하고 있는 동서축 25km, 남북축 20km의 포도씨 모양의 환초이다. 총 9개 정점에서 실시한 잠수관찰에 의한 대형저서생물상 조사에서는 7개 동물문 45종이 관찰되었으며, 군집유형은 저질 및 지형적 특성에 따라 5가지 유형으로 구분되었다. 원주민 주거지역 부근은 유기물 유입으로 국부적으로 해조류가 번성하고 있으며, 환초의 수로부근에서는 산호사의 재부유로 산호초가 발달하지 못했다. 총 106종의 어류가 동정되었으며, 이 중 24종은 식용어로, 55종이 관상어로 개발 가능한 종이었다.

쿠옵 환초는 축 라군 남쪽 10km 지점에 위치하는 소형 환초이다. 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 군집구조를 나타내고 있다. 축환초와 유사하게 외측에서는 비교적 유사한 종조성을 나타내었지만 내측의 경우 상이한 종조성을 보였다.

#### 나. 폰페이주

폰페이 라군은 축에 비하여 매우 좁게 발달된 곳이다. 폰페이 라군에서는 남조류 1종, 녹조류 7종, 갈조류 3종, 홍조류 10종, 해초류 1종이 관찰되었다. 한 수심에서 관찰되는 피도의 최대치는 16%이었으며, 대체로 수심 10~20m에서 높은 값을 보였다. 해조류군집은 라군 안쪽의 소형 절벽과 외측의 직벽으로 대분되었으며, 강우로 인한 담수 유입에 따라 분포유형이 결정되었다.

총 53종의 초대형 저서동물이 출현하였으며, 산호가 포함된 자포동물이 23종이 출현하였다. 지형적인 구조에 따라 산호의 수직 분포 양상이 상이하게 나타났으며, 특히 연안과 연계된 수심 10m이내 지역의 면적 크기와 경사도가 산호 군집 구조에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 전반적으로 뇌산호류와 피복성 산호류가 우점하였다. 급경사 지형에서는 산호의 성장이 안정되지 못한 구조를 나타내며, 수심 10m 이하 지역은 생물다양성이 현저히 감소하였다. 트로카스와 거인조개가 출현하였으나 서식밀도는 미미하였다.

총 131종의 어류가 관찰되었다. 조사정점별로 58 ~ 92종이 출현하였으며, 총 출현종수는 압 라군의 156종, 축 라군의 222종 및 코스레 거초의 196종에 비하여 낮은 수준이었다. 이러한 결과는 조사 횟수나 정점별 환경적인 차이로 인한 요인이 크게 작용한 것으로 마이크로네시아 내의 지역적인 차이로 보기는 어려우며, 타 지역에 많이 출현하는 종들만을 대상으로 한다면 이들과 유사한 어류상을 가지고 있다고 생각된다. 전체적으로 볼 때, 폰페이는 축에 비하여 초호의 폭이 좁고 얇아 투명도가 낮고 어종의 다양성이 낮았지만, 초호 외측에 위치하는 엔트 환초의 조사 결과를 보면 다른 주와 유사한 어류환경을 갖고 있다고 판단된다.

#### 다. 코스레주

코스레주는 독립된 하나의 섬으로 구성되어 있다. 섬 주위에 거초가 발달해 있으며 거초를 지나면 바로 태평양 깊은 바다로 이어진다.

거초를 중심으로 출현한 해조류는 남조류 2종, 녹조류 4종, 홍조류 13종으로 총 19종이

었다. 우점하는 종은 *Lithothamnion* sp., *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Halymeda discoidea*, *Lithophyllum okamurae*, *Peyssonelia caulifera*이었다. 해조류의 분포 하한선은 25m 이상으로 깊으며, 피도는 수심 10~15 m 사이에서 가장 높다.

총 68종의 초대형 저서동물이 출현하였으며, 2003년(51종)과 비교하면 높은 종수를 나타냈다. 2년간 조사에서 초대형 무척추동물은 71종이 동정되었으며, 산호가 포함된 자포동물이 41종이 출현하였다. 정점 1,3,5의 경우 2003년과 동일한 지역에서 조사가 수행되었는데, 정점 1과 5에서는 수심 10m 지역에서 우점하는 *Acropora tutuilensis*의 대부분이 죽어있는 것으로 나타났다. 대부분 정점에서 지형적인 구조에 따라 산호의 수직 분포 양상이 상이하게 나타났으며, 하향 조류(Downward currents)가 산호 군집 구조에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 생물 분포는 이런 지형적 특성에 따라 3개 군집으로 나누어 졌다. 특히 육상 담수가 유입되는 기수역의 경우 높은 탁도로 인해 단조로운 생물상을 나타냈다.

코스레 거초에서 조사된 어류는 총 40과 271종으로 2003년과 2004년간 차이는 없었다. 조사 정점은 해저 환경의 특성으로서 3타입으로 나누어졌으나, 산호초의 경우 정점간 어류 다양성은 69~91종의 범위로 종수에서는 다소 차이가 있었으나, 주요 종의 구성은 비슷한 경향을 나타내었다. 가장 다양한 어류가 서식하는 곳은 완만한 경사에 이은 직벽이 발달한 해저 환경을 갖고 있는 지역으로 91종이 발견되었다. 이곳에는 금강바리류, 나비고기류, 놀래기류, 자리돔류, 쥐치류, 쥐돔류 등 일반적인 소형 어류들과 파랑비늘돔류, 표문쥐치류, 바리류, 텃돔류 등 대형종까지 다양한 어종들이 서식하고 있었다. 코스레 연안 어류상 조사에서는 측과는 달리 상어가 많지 않았다.

#### 라. 압주

압 라군에서 출현하는 해조류는 남조류 1종, 녹조류 3종, 갈조류 1종, 홍조류 10종으로 총 15종이었다. 이 해역에서 우점하는 주요 종은 *Tydemenia expeditionis*, *Amphiroa* sp., *Lithophyllum okamurae*, *Lithothamnion* sp., *Halymeda opuntia* f. *cordata*를 제외하고는 Federate States of Micronesia (FSM)의 Chuuk 과 Kosrae의 drop-off zone에 널리 분포하는 종이었다. 한 수심에서 관찰되는 해조류의 최대피도는 41%이었고, 대부분의 정점에서는 수심이 증가함에 따라 피도가 감소하는 경향을 보였지만, 일부 지역에서는 산호와외의 공간경쟁이 빛보다 더 중요한 환경으로 작용함에 따라 수심과 피도와의 뚜렷한 상관관을 볼 수 없었다.

대형저서무척추동물은 총 7개 동물문 63종이 출현하였으며, 자포동물이 43종(68%), 극

피동물 6종(10%), 해면동물 5종(8%), 연체동물 4종(6%), 절지동물 갑각류를 비롯한 기타 동물류에서 5종이 출현하였다. 우점하게 출현한 종은 모두 산호류였으며, Acroporidae과 3종, Pocilloporidae과 3종, Pritidae과 2종 및 Faviidae과 2종 등이었다. 우점 분류군의 피도는 Acroporidae가 23.5%로 가장 높았으며, 그 다음으로는 Poritidae의 20.9%, Faviidae의 10.3% 순 이었다. 피도자료에 의한 nMDS 분석 결과 수심 10 m 지점의 경우 파도 등의 물리적 영향으로 인해 산호류의 종조성 및 피도의 정점별 차이가 있는 것으로 나타났으며, 대략 encruster 형의 산호가 우점하는 북서부해역과 branch 형의 산호가 우점하는 남동부해역으로 구분할 수 있었다.

어류는 총 34과 156종이 관찰되었다. 얕의 조사 정점은 해저 환경의 특성으로서 직벽, 경사가 느린 연안과 섬과 섬사이의 수로지역의 세 가지 타입으로 나누어 졌다. 정점별로 90여종이 출현하였으며, 나폴레옹피시의 전갱이류와 쥐돔떼, 바리류와 돔류 등이 관찰되었다.

## 2. 해양생물자원조사

### 가. 축주

축 라군에서 관찰된 주요 수산어종은 바리류, 나비고기류, 놀래기류, 돔류, 표문쥐치류, 등이며, 파랑비늘돔류와 도화돔류는 관상용으로 개발 가능한 어류이다. 가장 상업성이 큰 바리과 어류 중 가장 풍부한 자원량을 보인 종으로는 *Ephinepelus polyphkadion*, *Cephalopholis miniata* 및 *C. argurus* 이었으며, 우리나라에서 최고품으로 취급되고 있는 붉바리(*E. akkara*)도 서식한다. 이외 고가어종으로는 *E. lanceolatus*와 *Cheilinus undulatus*(나폴레옹피시) 등이 있다.

축 라군에 분포하는 거인조개는 *Tridacna squamosa*, *T. derasa*, *T. crocea* 및 *T. gigas*의 4종이었으며, 패각을 통하여 추가로 밝혀진 종은 *Hoppopus hippopus*이었다. 이들 종은 모두 남획으로 인하여 자원이 매우 고갈되어 적절한 보호대책이 시급하다.

진주양식은 축 라군의 미래를 약속할 수 있는 수산업종이다. 이를 위하여 *Pinctada margaritifera*의 적절한 자원관리 대책과 인공진주 양식기술 개발이 시급하다.

트로카스는 1930년대 Palau를 통하여 축 라군에 이식되었으며, 전통적으로 열대 태평양 해역의 중요 소득원이다. 방형구 조사에서 최대 40개체/ha, 표지방류 실험에서 767개체/ha가 조사되어 비교적 양호한 자원을 가지고 있는 것으로 평가되었다.

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

사용되지만 *Gracilaria* sp.와 더불어 식용으로 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. 양식방법은 단승 수하식 양식이 가장 적합한 것으로 판단된다.

#### 나. 폰페이주

상업적으로 유용한 해조류는 꼬시래기(*Gracilaria* sp.) 1종뿐으로, S4, 8, 9, 10의 수심 10m에서 1~3%의 피도를 보였다.

대표적인 주요 관상어종은 대왕쥐가오리(*Manta birostris*)로 식용보다는 дай버 관광객들의 수중관찰 어종으로 인기가 높다. 이 종은 가오리 중에서 몸집이 가장 큰 대형종으로 체폭은 최대 6.7m, 체중은 1.4톤에 이르는 것으로 알려져 있지만 이번 조사에서는 체폭 2m 내외의 소형 개체만 관찰되었다. 흰동가리류(*Amphiprion* spp.)는 말미잘이나 *Gorgonia* 속의 연산호에 공생하는 것으로 잘 알려진 무리로서 가정용 관상어로 선호도가 높다. 폰페이의 조사에서는 3종(*Amphiprion clarkii*, *A. melanopus*, *A. perideraion*) 이 발견되었다. 우리나라에는 제주도 연안에서 *Amphiprion clarkii* 가 서식한다.

#### 다. 코스레주

거대조개의 최대 밀도는 12개체/100m<sup>2</sup>로 높게 나타나 마이크로네시아의 타 지역에 비하여 양호한 자원량을 보여 주었다. 트로카스는 2003년과 2004년에 각각 최대 38개체/100m<sup>2</sup> 및 36개체/100m<sup>2</sup>가 관찰되어 상업적 수확이 가능한 정도의 자원량을 보여주었다.

식용어종으로는 바리류, 표문쥐치류, 비늘돔류, 열게돔류, 놀래기류 등이 분포하고 있으며, 관상용으로는 흰동가리, 천사고기류, 자리돔류 등이 풍부하게 분포하였다.

#### 라. 압주

상업적으로 유용하다고 판단되는 해조류는 우뭇가사리(*Gelidium* sp.) 1종뿐이었으며 이 종의 피도는 2% 이하였다.

주요 수산 무척추동물은 산호초 얕은 해역에는 트로카스와 해삼류(*Thelenota ananas*)가 비교적 풍부하게 분포하였다. 필닭새우(*Panulirus versicolor*)는 금번 조사에서 관찰하

지 못하였으나, 원주민들이 가장 선호하는 고가 수산물로 야간 간조시 작살로 포획한다. 수산어종으로는 표문취치류, 파랑비늘돔류, 열게돔류 외에 바리류, 나폴레옹피시 등 대형 식용어와 나비고기, 흰동가리 등 관상어들이 있었다.

### 3. 신양식 대상종 연구

#### 가. 흑진주조개

축 라군에 서식하는 흑진주조개(*pinctada margaritifera*)의 자원량은 성체 기준으로 약 367,080개체로 추정된다. 그러나 흑진주양식에 사업에 사용하기에는 부족한 자원량으로 정묘방류를 통한 자연증대가 흑진주양식사업화의 전제 조건이다.

흑진주조개 종묘배양장 부지로는 Moen 섬 동쪽 해안 일대가 가장 우수하며, 그 다음은 Dublon 섬 동쪽 해안에 방치된 통조림공장 부지이다.

흑진주조개는 응성선속형 자웅이체(protandric hermaphroditic)로 산란이 임박한 암컷이 나타나는 시기는 3~6월과 9~12월이었으며, 정세포가 충만된 수컷들은 연중 관찰되어 산란성기는 4~5월과 10~12월로 생각된다.

흑진주조개 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 ~ 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.

#### 나. 트로카스

트로카스의 인공 산란유발 적기는 음력 그믐 후 2-3일이며, 간출(2 시간)에 이은 수온 자극(+ 3-4 $^{\circ}\text{C}$ , 1시간)이 가장 양호한 인공 산란유발 방법이다. 산란은 저녁 무렵에 시작되어 수차례 간헐적으로 일어나므로, 이에 맞추어 인공 산란계획을 세우는 것이 바람직하다. 수정란은 14시간만에 부화하여 부유유생인 담륜자유생기로 들어갔으며, 20 시간만에 포복기유생이 되었으며, 50시간 후에 부착기유생으로 변태하여 착저한다.

#### 다. 톱날꽃게

톱날꽃게류(망그로브게) 중 산업적으로 중요한 것은 *Scylla serrata*, *S. tranquebarica*, *S. paramamosain* 및 *S. olivacea* 4개종이 있으며 축주와 코스레주에는 *S. serrata*만 분포한다. 망그로브게는 성장 속도가 빠르기 때문에 자연산 어린 게(6~8명)를 수집하여 양성할 경우 5개월 만에 시장크기로 키울 수 있다. 만월에 가까운 11월 26일(음력 10월 14일) 채포된 수컷은 3.3%의 비교적 높은 생식소중량지수를 나타낸다. 교미는 만월 또는 만월에 가까운 시기에 수컷이 탈피한 암컷과 교미하는 듯 하며, 암컷은 월주기와 관계없이 부정기적으로 산란에 임하는 것으로 추측된다.

사육수온을 30℃로 하였을 때, 포란에서 부화까지는 약 9일이 소요되며, 조에아 1기 유생이 조에아 2기 유생으로 변태하는데 소요되는 시간은 2일, 다시 조에아 3기 유생으로 변태는 3일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 2일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 4일 걸린다. 조에아 5기 유생은 3일 후 형태가 관전이 다른 메릴로과 유생으로 변태하고 7일이 지나면 어린게로 변태한다. 부화서 어린게가 되기까지는 약 21일이 소요된다. 이후부터 3, 4일 주기로 탈피하여 빠르게 성장한다.

#### 마. 먹이생물 개발

마이크로네시아의 축 라군에서 50 $\mu$ m 유충류 *Undella* sp.를 성공적으로 분리하여 배양하였다. 수온에 따른 *Undella* sp.의 배양실험에서 30℃ 실험구가 4일째 306개체/ml로 가장 높은 밀도를 보였고 다음으로 26℃에서 5일째 132개체/ml로 나타났으며, 22℃에서는 배양 5일 동안 1~7개체/ml로 낮은 밀도를 유지하였다. 염분에 따른 성장을 보면 염분이 낮아질수록 성장이 낮아지는 경향을 보이고 있었는데 최고밀도는 33‰에서 배양 4일째 나타난 807개체/ml이었다. 유충류 대량배양에 적합한 환경은 수온 30℃ 및 염분 33‰로 추정되며 최적 먹이생물은 *I. galbana*로 밝혀졌다. *Undella* sp.는 이분법으로 증식하기 때문에 번식 속도는 윤충에 비하여 다소 떨어지지만, 환경조건이 좋을 경우 3회/일 증식이 가능하여 3일 이내에 실험조건에서 500배로 증식시킬 수 있다.

#### 3. 마린바이오 소재생물 탐색

축주 산호초 해역에서 기재된 해면류는 총 54종으로 나타났다. 이 중 23종에서 28종류의 생리활성물질이 추출되었으며, 아직까지 분자구조만 밝히고, 성분에 대한 명명이 이루어지지 않은 물질도 4개에 이른다.

마이크로네시아를 포함한 남서태평양에 분포하는 맹독성 *Conus* spp.는 약 10여종이 보

고되어 있는데 아직 이들을 대상으로 하는 구체적인 신물질 연구는 진행되지 않고 있다. 같은 복족류인 *Cassis coronata*, *Charonia tritonic*, *Ch. tritonic* 는 마비성 독을 가지고 있다. 독어는 노랑거북복, 가시복류, 흰점꺼끌복, 은띠복 등 15종이 보고되고 있다. 지느러미가시 기저에 독샘이 있는 돌고기의 등지르러미에 찢리면 치명적이지만 돌고기에서 분리된 스토크스톡신(Stonustoxin)은 혈압강하제, 심장 및 신경계통 질환의 치료제로 효과가 있다.

#### 4. 남서태평양 해양생물자원 개발전략 연구(1999, 2003)

마이크로네시아의 육지 면적은 701Km<sup>2</sup>에 불과하지만 2,980,000Km<sup>2</sup>에 달하는 광활한 배타적 경제수역을 보유하고 있다. 동국은 South Pacific Commission, South Pacific Forum Fisheries Agency와 South Pacific Regional Environmental Programme에 참가하고 있다. 200해리 EEZ 내의 자원관리는 Micronesia Maritime Authority가, 어류자원의 개발은 National Fisheries Corporation이, 해양자원의 개발은 Ministry of Resources Development 산하의 Marine Resources Division에서 수행한다.

마이크로네시아의 어업생산량은 1995년 기준 17,761톤(86.4백만불)이다. 1995년 10,885톤이 수출되었으며, 역으로 1,176톤이 수입되어 어류 공급량은 8,052톤으로 국민당 공급량은 72kg/인/년이다. 수산업이 국가 경제에 미치는 영향은 어획, 입어료, 외국선 보급품 납품 등을 합하여 50% 이상으로 판단된다. 양식업과 수산가공업은 미개척 분야이다.

남태평양 도서국들은 농업, 수산업, 임업, 광업 중심의 1차 산업에 의존하는 경제구조를 가지고 있으며, 자연재해, 인프라 부족 등으로 경제발전에 어려움을 겪고 있으며, 외국의 원조와 해외거주자들의 송금 등으로 지탱하고 있다. 해양자원개발과 관광산업 분야의 진흥을 통한 경제개발은 이들 국가의 가장 큰 명제이다. 남태평양 해양생물자원의 개발 잠재력은 흑진주 2억불/년, 관상어 3억3천만불/년으로 추정되며, 산호초생태계는 3,750억불의 경제적, 생태적 가치를 제공하고 있다. 해양생물로부터 신물질 및 신의약품 개발 잠재력도 매우 높아 20억불/년의 가치를 진닌 것으로 추정된다.

남서태평양 해양생물자원 개발은 비영리사업으로 기초해양생태환경조사, 생계형 고도 이용자원의 지속가능 개발방안 연구 및 해양생물자원 관리 방안에 대한 연구가 필요하다. 단기적으로 산업화가 가능한 흑진주, 관상어 및 고급어류 양식사업이 선행된 후, 중·장기적으로 미이용 어종 개발, 열대해양생물 유전자 뱅크 설립, 열대해양생물로부터 신물질 및 신의약품 개발, 지구기후변화와 해양생물자원과의 상관관계 규명 사업 등 고부가 산업 및 해양과학 기술력 제고를 위한 사업을 추진하는 것이 바람직하다.

# S U M M A R Y

## **I. Title**

A Study on the Development of Marine Biological Resources in the Southwest Pacific (A Coordinated report of marine biological resources study from 2000 to 2007)

## **II. Objectives of the Study**

The government of Korea is going to establish an oversea outpost to boost an intensive development of oversea 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 suitable place to build an oversea 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.

In addition to these, this study hope to provide a guide for the exploitation of useful bio-active materials from tropical marine invertebrates which inhabits in the coral reel ecosystem of Micronesian waters.

## **III. Contents and Extent of the Research**

This is the 6th year study of "A Study on the Development of Marine



Biological Resources in the Southwest Pacific” and it was conducted to develop marine biological resources in the South Pacific region. The study was consisted by coral reef community and resources study in Yap, FSM and Palau, studies on two new target species (grouper and mangrove crab) for aquaculture, and inventory of marine bio-active materials in Micronesian waters. The scope of the study are as followed.

A. Studies on coral reef ecosystem and marine biological resources

- Chuuk Lagoon (1999, 2001, 2002)
- Namwin Atoll and Kuop Atoll (2001, 2002)
- Resources inventory of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon (2000)
- Kosrae Fringe reef (2003, 2004)
- Yap Lagoon (2005)
- Pohnpei Lagoon (2006)

B. Development of aquaculture technology

- Seed production of blacklip pearl oyster (2001, 2002, 2003, 2004)
- Seed production of trochus (2000, 2002)
- Seed production of mangrove crab (2005, 2006)

C. Inventory of marine bio-active materials in Micronesian waters (2005, 2005)

D. Development strategies of marine biological resources in the South West Pacific (2005, 2006)

#### **IV. Research Result**

A. Study area

Although the total land area of the Federated States of Micronesia(FSM) is only 701Km<sup>2</sup>, the EEZ covers a vast area of 2,980,000Km<sup>2</sup> which includes one of the world famous tuna fishing grounds. FSM is a member of South Pacific

Commission, South Pacific Forum Fisheries Agency and South Pacific Regional Environmental Programme. Micronesia Maritime Authority is in charge of resources management within EEZ, while National Fisheries Corporation and Marine Resources Division are responsible for the development of fisheries industries.

## B. Coral reef ecosystems

### 1. Chuuk

Waters of Chuuk Lagoon can be identified into three areas the outer lagoon and pass, mid-depth inner lagoon and nearshore of major islands by physical and chemical characteristics of water.

The distribution of algae in Chuuk Lagoon was relatively poorer than the other Pacific habitats, but higher than those of other 4 states in Micronesia. Five species algae were found in intertidal area while 25 species were observed in subtidal zone.

On the other hand forty eight megalozoobenthos and 264 species of fish were encountered during the study. *Porite nigrescens* was dominated at 10~12m while brain type coral species were dominated below 12m. Sea cucumber and giant clam were observed with relatively high densities.

A total of 264 species of fish were observed during the study and the distribution pattern was identified into three types. Fast cliff wall outside of the reef where groupers, Napoleon fish and unicorn fish were abundant, Channel area with high species diversity and shallow sand bottom inside of lagoon. The latter area seemed to be used for nursing areas for various fish including a lot of ornamental fish species.

### 2. Pohnpei

A total 22 species of marine plants including 1 species of seagrass were found in the Pohnpei. Among these species, only the red alga, *Gracilaria* sp., was the commercially useful. There were 53 species of megalozoobenthos in Pohnpei including 23 cnidarians. The distribution of coral species seemed to be regulated by the distance from the main island and water depth as Pohnpei Lagoon is long and narrow

lagoon. The least number of fish species 131 was observed in Pohnpei.

### 3. Kosrae

Kosrae is a single Island and has well developed fringe type coral reef along the shore. Fringe reef is directly connected to Pacific deep sea basin and lagoon can be found only in the limited areas.

Ninety species of seaweeds including 4 species of green algae and 13 species of red algae. The vertical limit of algal distribution was about 25m at outer area while 20m at shallow areas.

The coral reef seemed not stable due to strong downward currents which destroyed the coral habitats physically. Thus, species diversity was reduced in a certain degree in areas shallower than 15m. Among 51 species of megalozoobenthos, coelenterates which comprised 25 species was the most dominant group and followed by echinoderm which was represented by 9 species.

On the other hand 271 species of fish were observed in the fringe reef of Kosrae. Among them grouper, unicornfish, parrotfish, soldierfish and wrasse were common edible species and anemone fish, butterflyfish and damselfish were ornamental species. Distribution pattern of fish was divided into 3 types by underwater environment, flatted terrace, gently slope and drop off toward deep water.

### 4. Yap

Fifteen species of seaweeds including 1 species of blue-green algae, 3 species of green algae, 1 species of brown algae and 10 species of red algae were found in the Yap. Among these species, only the red alga, *Gelidium* sp., was the commercially useful seaweed species, which was found at the depth of 10 to 15m.

A total of 63 macrozoobenthos including 43 species (68% of total number of species) of anthozoans, 6 species (10%) of echinoderms, 5 species (8%) of poriferans and 5 species of other taxonomic groups were identified in Yap coastal area. Dominant species were anthozoans *Acropora* sp.1, *Acropora* sp.2, *Acropora* sp.3, *Stylophora* sp., *Pocillopora meandrina*, *Pocillopora* sp., *Porites lobata*, *Porites lutea*,

*Diploastrea heliopora* and *Leptoria phrygia*, which distributed in whole sampling stations.

There was 34 families and 156 species of fish were observed in Yap. Among them grouper, unicornfish, parrotfish, soldierfish and napoleonfish were the commercially important species and anemone fish, butterflyfish and damsel fish were ornamental species.

## 2. Fisheries resources

Blacklip pearl oyster appeared to be the most important biological resources as it is used to produce black pearl. Amount of blacklip pearl oyster resources which can be directly put to pearl culturing is estimated up to 367,080 ind. However it is not enough even for a single pearl farm and seed production techniques should be set up before running a pearl farm.

*Trochus* was transplanted to Micronesia in 1930's from Palau and became an important source of income for islanders. The highest density of 767 inds/ha was observed in Kosrae and it is good enough for a commercial harvest.

About 80 species of fish can be exploited for commercial base. Among them 19 species of groupers (*Cephalopholis* spp., *Epinephelus* spp., *Plectropomus* spp.), snappers (*Lutjanus* spp.), sweetlips (*Lethrinus* spp.), parrotfishes (*Scarus* spp.) and unicornfishes (*Naso* spp.) are important.

## 3. Development of aquaculture technology

### A. Blacklip pearl oyster

Among 5 trials of induced spawning of blacklip pearl oyster using air exposure and low temperature stimuli, 4 successful collections of fertilized eggs were made.

The fertilized 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 $\mu$ m), and grown to 190 $\mu$ m by 11 days. The first eyed larva appeared at day 18 and its shell length was measured to 210 $\mu$ m. Pediveligers were observed on

day 19 and they developed to spat on day 20.

The oyster larvae were fed with *Synechococcus* Chuuk0208-1 which was isolated in Chuuk Lagoon and successfully reared to spats. Beside to this, 18,000 seed shells of blacklip pearl oyster were produced using specially designed sea cages for seed production of the oyster.

#### B. Trochus

The best time for the induced spawning of trochus is just before the new moon. A compound stimuli consisted by air exposure and cold shock is appeared to be the best method. A strong aeration in a small container after air exposure is an alternative way of induced spawning. The matured eggs are dark green and droplet shape.

The fertilized eggs were hatched 14 hours after fertilization and entered the planktonic larval stage. Under optimum condition the larvae became the pediveliger with 50 hours and started to settle on the bottom.

#### C. Mangrove crab

There are four important mangrove crab species inhabited around tropical Pacific. Among them *Scylla serrata*, *S. tranquebarica*, *S. paramamosain* and *S. olivacea* are commercially important. *S. serrata* is the only mangrove crab inhabited in Chuuk and Kosrae and become one of the most potential species for aquaculture in Kosrae.

Based on the gonad observation between November 11 and 12, 2004, no lunar periodicity was observed in the development of gonad. Male crab caught near full moon had 3.3% of gonado-somatic index, and female crabs caught during the third quarter had mating scars on its carapaces. And thus, it can be assumed that mating may occurred during full moon but spawning of female may occurred spontaneously.

Eye ablation could be a method of induced spawning, however, in many cases, good matured females spawn eggs without any artificial stimulation. It takes about 9 days from spawning to hatching under 30°C. It has 5 zoeal stages and a megalopa

stage to be a crab. At least 21 days are required for the first zoea to be a crab.

#### D. Development of food organisms

A small tintinid, *Undella* sp. were isolated in Chuukish and successfully cultured up to 800 inds./ml. It should be a good food organism for just hatching larvae of groupers as the size of *Undella* sp. is only about 50 $\mu$ m in diameter or smaller than esophagus of the larvae. The optimum condition of multiplication of *Undella* sp. appeared to 30°C and 33‰. In addition to this, SS-sized rotifer, *Synchaeta* sp. was isolated in Chuuk Lagoon. At this moment, the rate of multiplication of *Synchaeta* sp. was slower than other rotifer species belong to the genus *Brachionus*, however it could be a good food organism post to *Undella* sp. as its size ranged between 90 and 130 $\mu$ m. Ratio of *Chlorella* and baker's yeast to feed rotifer was 7:3 in tropical condition. If the content of baker's yeast exceeded 30% of the feed, the growth rate of rotifer dropped sharply.

### 3. Screening of marine bioactive materials

Among 54 species of poriferans, only 23 species had been used for bioactive material screening. Up to know 32 kinds of bioactive materials including 4 non named material were identified.

Ten species of *Conus* which known to be the most serious toxic gastropod species were identified in the Southwest Pacific waters, but little attentions were paid to develop bio-active materials from it. In addition to this *Cassis coronata*, *Charonia tritonic* and *Ch. tritonic* also could be good target organisms for the study of bio-active materials.

Fifteen five species of poisonous fish were identified in coral habitats along the Southwest Pacific. They were are *Lactoria cornuta*, *L. diaphana*, *Ostracion cubicus*, *O. meleagris*, *Diodon liturosus*, *D. punctulatus*, *Arthron hispidus* and *Lagocephalus sceleratus*. Stonustoxin which known as a hypotensive agent has been isolated from stone fishes such as *Synanceja horrida* and *Scorpaena cardinalis*.

### 4. Development strategy of marine biological resources in the Southwest Pacific

For a development strategy part for marine living resources in the South Pacific, future potential and development strategy was presented after examining the current economic and trade status of island nations in the South Pacific. Island nations of the South Pacific region heavily rely on the marine fisheries and tourism for their economic development. And, potential marine living resources for new and further development are unused fisheries, black pearl, aquaculture of aquarium species. Also, very high potential was estimated for new active chemicals or potential pharmaceutical compounds for diverse marine organisms found in the tropical marine system in the South Pacific including various types of corals and sponges. Investment status for South Pacific by various advanced nations was also examined. For marine living resources development strategy, we propose a three-pronged approach. Efforts should be focused on one, development of capacity building collaborative projects for local and regional community; two, development of commerciable short-term projects; and, three, development of mid- to long-term commerciable projects as well as projects that will raise and improve our ocean science and technical capabilities.

# 목 차

제출문 .....	i
통합보고서초록 .....	iii
요약문 .....	v
영문요약 .....	xv
목차 .....	xxiii
표목차 .....	xxxix
그림목차 .....	xxxix
제 1 장. 연구개발과제의 개요 .....	3
제 1 절. 연구개발과제의 필요성 .....	3
제 2 절. 연구대상 지역 .....	6
제 3 절. 연구사업의 범위 .....	8
제 2 장. 국내외 기술개발 현황 .....	11
제 1 절. 국외 기술개발 현황 .....	11
제 2 절. 국내의 기술개발 현황 .....	12
제 3 장. 연구개발 수행 내용 및 결과 .....	17
제 1 절. 해양생물자원조사 .....	17
1. 재료 및 방법 .....	17
가. 조사해역의 특징 및 조사정점 .....	17
나. 조사항목별 조사방법 .....	29
2. 결과 및 고찰 .....	32
가. 축 .....	32
나. 폰페이 .....	71
다. 코스레 .....	95
라. 압 .....	136
제 2 절. 수산자원 .....	161
1. 해조류 자원 .....	161
가. 열대산 유용 해조류 .....	161
나. 유용 해조자원의 양식에 대한 제언 .....	162
2. 저서동물자원 .....	163
가. 흑진주조개 .....	163



나. 거인조개(대왕조개) .....	181
다. 트로카스 .....	184
라. 해삼류 .....	188
마. 갑각류 .....	189
3. 어류자원 .....	191
가. 수산어류의 분포 .....	191
나. 주요 어종 .....	196
제 3 절. 마린바이오 소재생물 .....	205
1. 생리활성물질 추출 대상생물 .....	207
2. 독성생물 탐색 .....	211
제 4 절. 신양식기술 개발 .....	216
1. 종묘배양장 건설 .....	216
가. 종묘배양장 설계 조건 .....	216
나. 종묘배양장 기본설계 .....	216
2. 먹이생물 배양 .....	226
가. 식물성 먹이생물 배양 .....	226
나. 동물성 먹이생물 .....	237
3. 주요 어종의 종묘생산 .....	247
가. 흑진주조개 .....	247
나. 트로카스 .....	275
다. 남방툽날꽃게 .....	281
제 5 절. 남태평양 해양생물자원 개발전략 .....	292
1. 남태평양 도서국가의 사회·경제지표 .....	292
가. 일반현황 .....	292
나. 경제현황 .....	294
다. 우리나라와의 무역 .....	298
2. 남태평양 해양생물자원 현황 .....	300
가. 해양생물자원 개요 .....	300
나. 어업 .....	302
3. 주요국 진출현황 .....	320
가. 미국 .....	320
나. 일본 .....	321

다. 캐나다 .....	323
4. 남서태평양 해양생물자원 개발전략 .....	324
가. Capacity Building 사업 .....	325
나. 단기 산업화 과제 .....	326
다. 중장기 산업화 및 해양과학 기술력 제고 .....	326
제 4 장. 마이크로네시아 수산직 공무원 직무교육 교재 .....	331
제 5 장. 목표달성도 및 관련분야의기여도 .....	385
제 1 절. 목표달성도 .....	385
제 2 절. 관련분야에의 기여도 .....	392
제 6 장. 연구결과 활용계획 .....	395
제 7 장. 참고문헌 .....	399
해양수산연구개발사업 연구결과 활용계획서 .....	411

# 여 백

# Contents

Letter of submission .....	i
Summary .....	iii
Chapter I. Scope and objective of the study .....	3
Section 1. Objective of the study .....	3
Section 2. Information on the study area .....	6
Section 3. Contents of the study .....	8
Chapter II. Status of technical development .....	11
Section 1. Oversea development status .....	11
Section 2. Domestic development status .....	12
Chapter III. Results of the study .....	17
Section 1. Marine ecological .....	17
1. Materials and methods .....	17
A. Characteristics of study areas .....	17
B. Methods .....	29
2. Results and discussions .....	32
A. Chuuk .....	32
B. Pohnpei .....	71
C. Kosrae .....	95
D. Yap .....	136
Section 2. Fisheries resources .....	161
1. Seaweed resources .....	161
A. Useful marine algae .....	161
B. Recommendation for seaweed culture .....	162
2. Benthic resources .....	163
A. Blacklip pearl oyster .....	163
B. Giant clam .....	181
C. Trochus .....	184
D. Sea cucumber .....	188
C. Crustacean .....	189
3. Fish resources .....	191

A. Distribution of fish resources .....	191
B. Major fisheries species of fish .....	196
Section 3. Materials for marine bio-active study .....	205
1. Materials for bio-active compounds .....	207
2. Poisonous species .....	211
Section 4. Development of aquaculture technologies for new species .....	216
1. Construction of a hatchery .....	216
A. Construction condition of a hatchery .....	216
B. Conceptual design of a model hatchery .....	216
2. Food organism culture .....	226
A. Phytoplanktonic food organism .....	226
B. Zooplanktonic food organism .....	237
3. Seed production of target species .....	247
A. Blacklip pearl oyster .....	247
B. Trochus .....	275
C. Mangrove crab .....	281
Section 5. Development strategies of marine biological resources in the South West Pacific .....	292
1. Socio-economic index of the South West Pacific islanders .....	292
A. General status .....	292
B. Economic status .....	294
C. Trade with Korea .....	298
2. Status of marine biological resources in the South West Pacific .....	300
A. Introduction of marine biological resources .....	300
나. Fisheries .....	302
3. Inroads of major counties .....	320
가. USA .....	320
나. Japan .....	321
다. Canada .....	323
4. Strategies of marine biological resources in the South West Pacific .....	324
A. Capacity building projects .....	325
B. Short term projectors .....	326

C. Long term projectors .....	326
Chapter 4. Training course for fisheries officials of Micronesia .....	331
1. Marine policy .....	333
2. Persistent organic pollutants in marine environment .....	336
3. Pearl Culture .....	338
4. Origin of the earth .....	343
5. Reference research through internet .....	351
6. Ecology of Chuuk .....	354
7. Mineral Resources (Korea's Activities on Marine Mineral Resources) ..	365
8. Fish .....	366
9. Study tour .....	368
10. Marine ecology .....	370
11. Useful biological resources in Chuuk .....	371
12. Aquaculture practise .....	376
Chapter 5. Achievements and contributions .....	385
Section 1. Achievement .....	385
Section 2. Contribution .....	392
Chapter 6. Application plans of the study result .....	395
Chapter 7. References .....	399
Application plan for research result of Ocean-fisheries R & D Project .....	411

여 백

## 표 목 차

표 1-1-1. 우리나라 수산물 수출입 동향 .....	3
표 3-1-1. 마이크로네시아연방공화국의 주별 현황 .....	18
표 3-1-2. 축 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표 (2001. 6, 2003. 2) .....	20
표 3-1-3. 폰페이 해역의 해양생물자원 조사정점 좌표(2006. 9 - 11) .....	24
표 3-1-4. 코스레 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표(2003. 9, 2004. 11) .....	26
표 3-1-5. 압 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표(2005. 9-10) .....	29
표 3-1-6. 마이크로네시아 축 해역의 조사 정점별 해조군집의 출현 종수 (2003. 2) .....	32
표 3-1-7. 마이크로네시아 축 환초와 쿠웁 환초간 해조군집의 구성 종수의 비교 (2003. 2) .....	33
표 3-1-8. 마이크로네시아 축 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종별 피도 (2003. 2) .....	35
표 3-1-9. 마이크로네시아 축 환초와 쿠웁 환초간의 해조류의 평균 피도 비교 (2003. 2) .....	38
표 3-1-10. 마이크로네시아 축 해역에 있어서 평균피도를 기초로한 해조류의 우점도 (2003. 2) .....	38
표 3-1-11. 마이크로네시아 축 해역의 조사 정점별 대형저서동물의 출현 종수 (2003. 2) .....	42,45
표 3-1-12. 마이크로네시아 축 해역에 출현하는 초대형무척추동물의 목록 (1999~2003) .....	44,46
표 3-1-13. 마이크로네시아 축 해역에서 관찰된 어류목록 (1999 ~2003) .....	56~65
표 3-1-14. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 출현 해조류 목록(2006. 9) .....	72
표 3-1-15. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사 수심별 출현종과 출현종의 피도(2006. 9) .....	73
표 3-1-16. 마이크로네시아 폰페이 해역에 출현하는 해조류의 평균피도에 기초한 종별 우점도(2006. 9) .....	74
표 3-1-17. 마이크로네시아 폰페이 해역에서 출현한 무척추동물 목록(2006. 9) .....	79,80
표 3-1-18. 마이크로네시아 폰페이 해역의 어류출현 양상(2006. 11) .....	87~89
표 3-1-19. 마이크로네시아 폰페이 해역의 환경 특성과 주요 어종 .....	96
표 3-1-20. 마이크로네시아 코스레 해역의 해조류 출현양상(2003. 10, 2004. 11) .....	97



표 3-1-21. 마이크로네시아 코스레 해역의 수심별 해조류의 피도(2003. 10, 2004. 11) .....	98
표 3-1-22. 마이크로네시아 코스레 해역의 평균피도를 기초한 해조류 우점도(2003. 10, 2004. 11) .....	102
표 3-1-23. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 해조류의 피도(2004. 11) .....	106
표 3-1-24. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 환경요인의 분산분석 결과(2004. 11) ...	110
표 3-1-25. 마이크로네시아 코스레 해역에서 관찰된 초대형무척추동물 목록(2003, 10, 2004. 11) .....	111~113
표 3-1-26. 마이크로네시아 코스레 해역의 대형무척추동물 출현 양상(2003. 10, 2004. 11) .....	113
표 3-1-27. 집괴분석에 의한 코스레 해역의 초대형저서동물 군집의 특성 .....	116
표 3-1-28. 마이크로네시아 코스레 해역에서 관찰된 어류 목록 (2003. 9~10, 2004. 11) .....	124~131
표 3-1-29. 마이크로네시아 코스레 해역의 조사정점별 환경 특성과 주요어종 목록 (2003. 9~10, 2004. 11) .....	132
표 3-1-30. 마이크로네시아 압 해역의 해조류 출현양상(2005. 9) .....	137
표 3-1-31. 압 해역에서 출현하는 해조류의 평균피도에 기초하여 구한 우점도 .....	140
표 3-1-32. 마이크로네시아 압 해역에서 관찰된 초대형저서무척추동물 목록(2005. 9) .....	146
표 3-1-33. 마이크로네시아 압 해역의 부착성 무척추동물 우점종의 수심별 피도(2005. 9) .....	147,148
표 3-1-34. 마이크로네시아 압 해역에서 관찰된 어류 목록(2005. 10) .....	154~158
표 3-1-35. 마이크로네시아 압 해역의 환경 특성과 주요 출현 어종(2005. 10) .....	159
표 3-2-1. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 자원조사 정점(2000) .....	167
표 3-2-2. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 서식환경별 서식량(2000) .....	169
표 3-2-3. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 자원조사를 위한 정점별 잠수시간 및 조사 면적(2000) .....	179
표 3-2-4. 마이크로네시아 압 해역의 트로커스 서식밀도(개체/1,000m <sup>2</sup> ) .....	187
표 3-2-5. 마이크로네시아 해역에 분포하는 수산어종 .....	193~195
표 3-2-6. 마이크로네시아 해역의 지형적 특성에 따른 수산어류 분포 .....	196
표 3-3-1. 해양생물유래 신물질 및 판매가격 .....	206
표 3-3-2. 마이크로네시아에 서식하는 해면류 목록과 물질 분석 연구사례 .....	208~209
표 3-3-3. 마이크로네시아에 서식하는 연산호류 목록과 물질 분석 연구사례 .....	211

표 3-3-4. 남태평양 산호초에 서식하는 독성 무척추동물 목록 .....	212
표 3-3-5. 남태평양 산호초에 서식하는 독어류 목록 .....	213
표 3-3-6. 남태평양 산호초에 서식하는 독침 어류 목록 .....	214
표 3-4-1. 마이크로네시아를 위한 다목적 종묘배양장용 기본 기자재 .....	220
표 3-4-2. 개량형 f/2 배지의 조성(Guillard 1975) .....	227
표 3-4-3. Conwy 배지의 조성(Walne 1974) .....	228
표 3-4-4. 식물성 먹이생물의 배양단계별 최적조건 .....	230
표 3-4-5. 식물성 먹이생물의 배양온도별 성장률 .....	236
표 3-4-6. 열대환경에서의 윤충, <i>Brachionus rotundiformis</i> 의 고밀도 배양 .....	245
표 3-4-7. 흑진주조개 인공산란 결과 .....	257
표 3-4-8. 흑진주조개의 배발생 및 초기발달(29℃, 33‰) .....	261
표 3-4-9. 흑진주조개 유생의 먹이생물 급여량(29℃, 33‰) .....	265
표 3-4-10. 먹이에 따른 흑진주조개 유생의 성장실험을 위한 급여 조건 .....	266
표 3-4-11. 사육방법에 따른 흑진주조개 초기D형유생의 각정기까지의 생존율 .....	268
표 3-4-12. 지수식 및 유수식 사육방법에 따른 흑진주조개 유생의 성장 및 생존율 .....	270
표 3-4-13. 흑진주조개 해상사육 및 육상사육 결과 .....	273
표 3-4-14. 흑진주조개 치패의 성장 .....	275
표 3-4-15. 남방톱날꽃게의 부화현황 .....	288
표 3-4-16. 남방톱날꽃게 유생의 발달단계별 먹이 공급체계 .....	288
표 3-4-17. 남방톱날꽃게 유생의 시기별 변태 소요시간 .....	289
표 3-5-1. 남태평양 도서국가의 인구, 면적, 인구밀도 및 인구성장률 .....	293
표 3-5-2. 남태평양 도서국가의 주요 경제지표 .....	295
표 3-5-3. 우리나라와 남태평양 도서국가의 무역 .....	299
표 3-5-4. 남태평양 지역의 어업량 및 가치 .....	304
표 3-5-5. 남태평양 지역별 수산업배후세력 비교 .....	304
표 3-5-6. 어업활동 및 어업허가권 등이 남태평양 경제에 미치는 영향 및 중요성 .....	305
표 3-5-7. 남태평양 지역의 어업 및 양식 생산량과 교역 .....	306
표 3-5-8. 남태평양 관련 국가 해양어업생산량 및 수출가치 .....	307
표 3-5-9. 남태평양 도서국의 연안 어업 생산량 .....	308
표 3-5-10. 남태평양에서의 주요 연안자원 .....	312
표 3-5-11. 남태평양 지역 도서국의 연안 어류자원 상품 수출량 .....	313
표 3-5-12. 쿡제도의 흑진주 산업 현황 .....	315
표 3-5-13. 야생 및 양식 대형조개의 무역현황 .....	316
표 3-5-14. 산호초 생태시스템에 의해 제공된 서비스와 상품 .....	319

# 여 백

## List of Tables

Table 1-1-1. Import and export statistics of fisheries product in Korea .....	3
Table 3-1-1. General status of Federated States of Micronesia .....	18
Table 3-1-2. Position of stations for marine biological resources study in Chuuk, FSM (2001. 6, 2003. 2) .....	20
Table 3-1-3. Position of stations for marine biological resources stud in Pohnpei, FSM (2001. 6, 2003. 2) .....	24
Table 3-1-4. Position of stations for marine biological resources study in Kosrae, FSM (2003. 9, 2004. 11) .....	26
Table 3-1-5. Position of stations for marine biological resources study in Yap, FSM (2005. 9-10) .....	29
Table 3-1-6. Number of seaweed species in Chuukish water, FSM (2003. 2) ...	32
Table 3-1-7. Comparison of species diversity of seaweed between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM (2003. 2) .....	33
Table 3-1-8. Vertical distribution pattern of seaweed species in Chuukish water, FSM (2003. 2) .....	35
Table 3-1-9. Comparison of average seaweed coverage between Chuuk Atoll and Kuop Atoll, FSM (2003. 2) .....	38
Table 3-1-10. Dominance index of seaweed species based on coverage in Chuukish water, FSM (2003. 2) .....	318
Table 3-1-11. Number of zoobenthic species in Chuuk, FSM (2003. 2) .....	42,45
Table 3-1-12. Species list of mega-benthic fauna in Chuuk, FSM (1999~2003) .....	44,46
Table 3-1-13. List of fish species observed in Chuuk, FSM (1999 ~ 2003) .....	56~65
Table 3-1-14. List of fish species observed in Pohnpei, FSM (2006. 9) .....	72
Table 3-1-15. Coverage of algae depend on water depth in Pohnpei, FSM (2006. 9) .....	73
Table 3-1-16. Species dominance based on coverage of algae in Pohnpei, FSM (2006. 9) .....	74
Table 3-1-17. List of megalzoobenthos observed in Pohnpei, FSM (2006. 9) .....	79,80

Table 3-1-18. List of fish species observed in Pohnpei, FSM (2006. 11) .....	87~89
Table 3-1-19. Distribution patterns of fish depend on environmental characteristics in Pohnpei, FSM .....	96
Table 3-1-20. Occurrence of seaweed species in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11) .....	97
Table 3-1-21. The percent cover of seaweed species depend on water depth in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11) .....	98
Table 3-1-22. Dominance index of seaweed species based on percent coverage in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11) .....	102
Table 3-1-23. Percent coverage of seaweeds species in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11) .....	106
Table 3-1-24. Result of one-way ANOVA test of environmental factors in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11) .....	110
Table 3-1-25. List of megalozoobenthos observed in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11) .....	111~113
Table 3-1-26. Number of species and taxon of megalozoobenthos in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11) .....	113
Table 3-1-27. Characteristics of megalozoobenthic communities based on cluster analysis in Kosrae, FSM .....	116
Table 3-1-28. List of fish species observed in Kosrae, FSM (2003. 9~10, 2004. 11) .....	124~131
Table 3-1-29. Environmental characteristics and commercial species by stations in Kosrae, FSM (2003. 9~10, 2004. 11) .....	132
Table 3-1-30. List of seaweed species observed in Yap, FSM (2005. 9) .....	137
Table 3-1-31. Dominance index (DI) of seaweed species based on coverage in Yap .....	140
Table 3-1-32. List of macrobenthos collected in Yap, FSM (2005. 9) .....	144~146
Table 3-1-33. Percent coverage of dominant sessile macrozoobenthos in Yap, FSM(2005. 9) .....	147,148
Table 3-1-34. List of fish species observed in Yap, FSM (2005. 10) .....	154~158
Table 3-1-35. Environmental characteristics and occurrence of important fish species in Yap, FSM (2005. 10) .....	159
Table 3-2-1. Position of sampling stations of blacklip pearl oyster	

in Chuuk Lagoon, FSM (2000) .....	167
Table 3-2-2. Occurrence of blacklip pearl oyster depend on habitats in Chuuk Lagoon, FSM (2000) .....	169
Table 3-2-3. Underwater research time and estimated research area for resources study of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000) .....	179
Table 3-2-4. Density of trochus in Yap, FSM (individuals/1,000m <sup>2</sup> ) .....	187
Table 3-2-5. List of commercial fish species distributed in Micronesia .....	194~195
Table 3-2-6. Distribution of commercial fish depend on bottom topography in Micronesia .....	196
Table 3-3-1. Unit price of bioactive compounds from marine organisms .....	206
Table 3-3-2. List of sponges distributed in Micronesia and screened bioactive compounds .....	208,209
Table 3-3-3. Liste of coelenterates distributed in Micronesia screened bioactive compounds .....	211
Table 3-3-4. List of venomous invertebrates distributed in coral reefs along the Southwest Pacific .....	212
Table 3-3-5. Poisonous fish distributed in coral reefs along the Southwest Pacific .....	213
Table 3-3-6. Venomous fish distributed in coral reefs along the Southwest Pacific .....	214
Table 3-4-1. Instruments for multi-purpose hatchery in FSM .....	220
Table 3-4-2. Composition of modified f/2 media (Guillard 1975) .....	227
Table 3-2-3. Composition of Cinwy media (Walne 1974) .....	228
Table 3-4-4. Recommended culture conditions of phytoplankton food organism .....	230
Table 3-4-5. Growth rates of phytoplanktonic food organisms depend on culture temperature .....	236
Table 3-4-6. High density culture of rotifer, <i>Brachionus rotundiformis</i> under tropical condition .....	245
Table 3-4-7. Result of spawning of blacklip pearl oyster .....	257
Table 3-4-8. Embryogenesis and early development of blacklip pearl oyster .....	261
Table 3-4-9. Feeding scheme of blacklip pearl oysterlarvae .....	265

Table 3-4-10. Feeding regim of larvi-culture of blacklip pearl oyster .....	266
Table 3-4-11. Survival rate of blacklip pearl oyster larvae depend on nursing condition .....	268
Table 3-4-12. Growth of blacklip pearl oyster larvae depend on nursing condition .....	270
Table 3-4-13. Comparison of growth of pearl oyster larvae between sea nursing and tank nursing .....	273
Table 3-4-14. Growth of young blacklip pearl oyster .....	275
Table 3-4-15. Hatching of mangrove crab .....	288
Table 3-4-16. Feeding regime of mangrove crab larvae .....	288
Table 3-4-17. Time requirement for metamorphosis of mangrove crab larvae .....	289
Table 3-5-1. Population, area, population density and population growth rate in the South Pacific Island Countries .....	293
Table 3-5-2. Main Economic Indices in the South Pacific Island Countries .....	295
Table 3-5-3. Export and import between Korea and the South Pacific Island countries .....	299
Table 3-5-4. Production value of fisheries in S. Pacific(FAO, 1997) .....	304
Table 3-5-5. Comparison of fisheries background by regions .....	304
Table 3-5-6. Relative importance of fisheries and access fees, to Pacific Island economies (CFP Strategic plan 2002-2005) .....	305
Table 3-5-7. SPF: fisheries and aquaculture production, food balance and trade .....	306
Table 3-5-8. South Pacific fish production and fisheries exports value .....	307
Table 3-5-9. Estimated annual coastal fisheries production in Pacific Island countries .....	308
Table 3-5-10. Major coastal fisheries resources of South Pacific .....	312
Table 3-5-11. Estimated annual exports of major coastal fisheries commodities from the Pacific islands regions .....	313
Table 3-5-12. Pearl exports of Cook Island .....	315
Table 3-5-13. Number of giant clams traded worldwide .....	316
Table 3-5-14. Services and goods provided by coral reef ecosystem .....	319

## 그림목차

그림 3-1-1. 마이크로네시아연방공화국에 속하는 4개주의 위치 .....	18
그림 3-1-2. 축 환초 조사해역도 .....	21
그림 3-1-3. 남원 환초의 조사정점도 .....	21
그림 3-1-4. 폰페이 해역의 해양생물자원 조사정점도 .....	23
그림 3-1-5. 마이크로네시아 코스레 해역의 조사정점도 .....	28
그림 3-1-6. 마이크로네시아 얍 해역의 조사 정점도 .....	21
그림 3-1-7. 마이크로네시아 축 해역에 분포하는 해조류의 분포 하한선 .....	26
그림 3-1-8. 마이크로네시아 축 환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 .....	33
그림 3-1-9. 마이크로네시아 쿠웁 환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 .....	37
그림 3-1-10. 마이크로네시아 축 해역 해조군집에서 우점하는 <i>Microdictyon</i> sp.의 수심별 피도변화 .....	39
그림 3-1-11. 조사정점간 해조류의 평균피도를 토대로 구한 축해역의 집괴분석 .....	40
그림 3-1-12. 마이크로네시아 축 해역에 우점하는 해조류 .....	40
그림 3-1-13. 마이크로네시아 축 해역의 지형별 저서동물군집 유형 .....	43
그림 3-1-14. 마이크로네시아 축 환초 정점 1에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 .....	47
그림 3-1-15. 마이크로네시아 축 환초 정점 4에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 .....	49
그림 3-1-16. 마이크로네시아 축 환초 정점 7에서의 대형저서동물 수직분포 모식도 .....	50
그림 3-1-17. 마이크로네시아 축주 남원 환초 군집-A의 저서동물 수직분포 모식도 .....	51
그림 3-1-18. 마이크로네시아 축 해역의 정점별 대형저서동물의 유사도분석 결과 .....	53
그림 3-1-19. 마이크로네시아 축 해역의 4개 조사지역별 대형저서동물의 중유사도분석 결과 .....	54
그림 3-1-20. 마이크로네시아 축 환초 외해쪽의 어류 분포양상 모식도 .....	56
그림 3-1-21. 마이크로네시아 축 환초 수로 안쪽의 어류 분포양상 모식도 .....	68
그림 3-1-22. 마이크로네시아 축주 남원 환초 내만 얇은 산호초 지역의 어류분포양상 모식도 .....	69
그림 3-1-23. 마이크로네시아 축 해역 잘피밭에서의 어류분포양상 모식도 .....	70
그림 3-1-24. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종수 .....	75
그림 3-1-25. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 피도변화 .....	76
그림 3-1-26. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점간 군집구조의 집괴분석 .....	78



그림 3-1-27. 마이크로네시아 폰페이 환초 내만 섬 주변(정점 3)의 대형 저서동물의 수직분포 .....	82
그림 3-1-28. 마이크로네시아 폰페이 환초 외측(정점 7)에서의 대형 저서동물의 수직분포 .....	84
그림 3-1-29. 마이크로네시아 폰페이 환초 외측(정점 8)의 대형저서동물의 수직분포 .....	85
그림 3-1-30. 마이크로네시아 폰페이 해역 조사정점 3에서의 어류분포 모식도 .....	91
그림 3-1-31. 마이크로네시아 폰페이 해역 조사정점 6에서의 어류분포 모식도 .....	92
그림 3-1-32. 마이크로네시아 폰페이주 엔트 환초 조사정점 11에서의 어류분포 모식도 .....	93
그림 3-1-33. 마이크로네시아 폰페이주 엔트 환초 조사정점 12에서의 어류분포 모식도 .....	94
그림 3-1-34. 마이크로네시아 코스레 해역에 분포하는 해조류의 정점별 분포 하한선 ·	100
그림 3-1-35. 마이크로네시아 코스레 해역에서의 수심별 해조류의 피도변화 .....	101
그림 3-1-36. 마이크로네시아 코스레 해역에 우점하는 <i>Lithothamnion</i> sp.의 수심별 피도 .....	104
그림 3-1-37. 평균피도로 계산한 마이크로네시아 코스레 해역의 해조류군집의 유사도 .....	105
그림 3-1-38. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 해조류의 다양성(상) 및 풍도(하)의 공간변화 .....	107
그림 3-1-39. 마이크로네시아 코스레주 레루만 표층수의 물리적 환경요인 .....	108
그림 3-1-40. 마이크로네시아 코스레주 레루만 표층해수의 화학적 환경요인 .....	109
그림 3-1-41. 마이크로네시아 코스레 해역의 대형무척추동물 출현종 변화 .....	114
그림 3-1-42. 집괴분석에 의한 코스레 해역의 초대형 저서동물군의 군집 유사도 .....	115
그림 3-1-43. 마이크로네시아 코스레 정점 1(그룹 A 유형)에서의 초대형 저서동물의 수직분포 .....	117
그림 3-1-44. 마이크로네시아 코스레 정점 1에서의 <i>Acropora tutuilensis</i> 의 폐사 양상 .....	118
그림 3-1-45. 마이크로네시아 코스레 정점 3(그룹 B 유형)에서 초대형 저서동물의 수직분포 .....	120
그림 3-1-46. 마이크로네시아 코스레 정점 7(그룹 C 유형)에서 초대형 저서동물의 수직분포 .....	122
그림 3-1-47. 마이크로네시아 코스레 정점 1(완만한 경사지역)에서의	

어류 분포 양상 .....	133
그림 3-1-48. 마이크로네시아 코스레 정점 3(직벽 지형)에서의 어류 분포 양상 .....	135
그림 3-1-49. 마이크로네시아 압 해역의 조사 정점의 수심별 해조류 종수 변화 .....	138
그림 3-1-50. 마이크로네시아 압 해역에서의 수심별 해조류의 피도 변화 .....	139
그림 3-1-51. 마이크로네시아 압 해역에 최우점하는 <i>Tydemenia expeditionis</i> 의 수심별 피도 변화 .....	141
그림 3-1-52. 마이크로네시아 압 해역의 해조류 군집의 조사정점간 유사도 .....	142
그림 3-1-53. 마이크로네시아 압 해역의 Acroporidae과 산호류의 수심별 피도변화 .....	149
그림 3-1-54. 마이크로네시아 압 해역의 Poritidae과 산호류의 수심별, 정점별 피도변화 .....	149
그림 3-1-55. 마이크로네시아 압 해역의 Faviidae과 산호류의 수심별, 정점별 피도변화 .....	150
그림 3-1-56. 마이크로네시아 압 주에서 출현한 우점 무척추동물 및 해조류의 피도 자료 .....	151
그림 3-1-57. 생태적 특성을 고려한 마이크로네시아 압 해역의 서식처 구분도 .....	152
그림 3-2-1. 단승 수하식 해조양식 시설의 모식도 .....	162
그림 3-2-2. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 자원조사 정점 .....	166
그림 3-2-3. 흑진주조개의 계측방법 .....	168
그림 3-2-4. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 서식환경 .....	170
그림 3-2-5. 마이크로네시아 축 라군 <i>Acropora</i> 지역의 저서생물 수직분포 모식도 .....	171
그림 3-2-6. 마이크로네시아 축 라군 모래바닥 지역의 저서생물 수직분포 모식도 .....	172
그림 3-2-6. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 분포도 .....	173
그림 3-2-8. 마이크로네시아 축 라군에서 채집된 흑진주조개의 각장 및 생체량의 빈도분포 .....	174
그림 3-2-8. 마이크로네시아 축 라군의 조사정점 중 20개체 이상의 흑진주조개가 채집된 4개 정점(2, 7, 14, 37)에서 각장별 빈도분포 .....	176
그림 3-2-9. 마이크로네시아 축 라군에서 채집된 흑진주조개의 각장과 각고 및 각장과 각폭 간의 회귀분석 .....	178
그림 3-2-11. 마이크로네시아 축주 남원 환초에서 채집한 흑진주조개의 크기 및 체형 분포 .....	181
그림 3-2-12. 마이크로네시아 축 해역에 출현하는 거인조개류 .....	183
그림 3-2-13. 마이크로네시아 코스레 산호초의 트로커스 서식환경 .....	186
그림 3-2-14. 마이크로네시아 압해역에서 출현한 트로커스의 수심별 출현 빈도 .....	187

그림 3-2-15. 마이크로네시아 코스레산 남방톱날꽃게 .....	191
그림 3-2-16. 낙동강 하구산 톱날꽃게 .....	191
그림 3-2-17. 마이크로네시아에 출현하는 수산어종 .....	199
그림 3-4-1. 마이크로네시아를 위한 다목적 종묘배양장 모식도 .....	218
그림 3-4-2. 종묘배양장의 취수펌프 배열도 .....	221
그림 3-4-3. 먹이생물 배양과정의 개념도 .....	225
그림 3-4-4. 식물성먹이생물의 보존배양(SC), 중간배양 1 (IC I) 및 중간배양 2 (IC II) 기간 중 성장곡선 .....	234
그림 3-4-5. 실외 대량배양시 식물성 먹이생물의 성장곡선 .....	235
그림 3-4-6. 축 초호에서 분리된 <i>Undella</i> sp. ....	238
그림 3-4-7. 수온변화에 따른 남방소모충의 증식 .....	239
그림 3-4-8. 염분변화에 따른 남방소모충의 증식 .....	240
그림 3-4-9. 먹이생물에 따른 남방소모충의 증식 .....	241
그림 3-4-10. 축 초호에서 분리한 윤충 <i>Synchaeta</i> sp. ....	242
그림 3-4-11. 먹이생물 종류에 따른 마이크로네시아 산 윤충의 증식 .....	243
그림 3-4-12. 배양일 수에 따른 윤충, <i>Brachionus rotundiformis</i> 의 증식 .....	245
그림 3-4-13. 먹이생물에 따른 윤충, <i>Brachionus rotundiformis</i> 의 일간 생산량 변화 ...	246
그림 3-4-14. 흑진주조개 난소의 성숙단계별 현미경 사진 .....	249
그림 3-4-15. 흑진주조개 정소의 성숙단계별 현미경 사진 .....	250
그림 3-4-16. 흑진주조개 인공산란 과정 .....	255
그림 3-4-17. 흑진주조개 성장단계별 유생 사진 .....	260
그림 3-4-18. 흑진주조개 유생세척장치 모식도 .....	262
그림 3-4-19. 먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장 .....	267
그림 3-4-20. 유수식 흑진주조개 유생사육장치의 모식도 .....	269
그림 3-4-21. 흑진주조개 해상사육장치 및 채묘 .....	272
그림 3-4-22. 남방톱날꽃게 채집 및 수송 .....	282
그림 3-4-23. 남방톱날꽃게 사육수조의 모식도 .....	284
그림 3-4-24. 남방톱날꽃게의 배발생 및 부화유생 .....	286
그림 3-4-25. 남방톱날꽃게의 유생발달 .....	287
그림 3-4-26. 남방톱날꽃게의 후기 유생발달 .....	290
그림 3-5-1. 지역적 종다양성 비교 .....	302
그림 3-5-2. FAO 남태평양 어업구분지역에서의 참치어업을 제외한 어업 총 생산량 .....	303

그림 3-5-3. 남태평양 지역에서의 어업생산량 .....	310
그림 3-5-4. 세계주요참치어장의 현황 .....	310
그림 3-5-5. 남태평양 지역에서의 총 참치 어획량 .....	311
그림 3-5-6. 타히티 흑진주 수출현황 .....	314
그림 3-5-7. 거인조개의 주요수출국 .....	317
그림 3-5-8. 야생산호의 주요수출국 .....	318

여 백

## List of Figures

Fig. 3-1-1. Location of four states of Micronesia .....	18
Fig. 3-1-2. Map showing the studying area, Chuuk Atoll .....	21
Fig. 3-1-3. Map showing the study area in Nomsin Atoll FSM .....	21
Fig. 3-1-4. Map showing the study area in Pohnpei, FSM .....	23
Fig. 3-1-5. Map showing the study area in Kosrae, FSM .....	26
Fig. 3-1-6. Map showing the study area in Yap, FSM .....	28
Fig. 3-1-7. Vertical distribution limit of seaweeds occurred in Chuukish water, FSM .....	33
Fig. 3-1-8. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Chuuk Atoll, FSM .....	36
Fig. 3-1-9. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Kuop Atoll, FSM .....	37
Fig. 3-9-10. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, <i>Microdictyon</i> sp. in Chuuk, FSM .....	39
Fig. 3-1-11. Cluster diagram (UPGMA) based on seaweed coverage in Chuuk, FSM .....	40
Fig. 3-1-12. Dominated algae in Chuuk, FSM .....	40
Fig. 3-1-13. Benthic communities in Chuuk, FSM depend on bottom type .....	43
Fig. 3-1-14. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 1 in Chuuk Atoll, FSM .....	47
Fig. 3-1-15. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 4 in Chuuk Atoll, FSM .....	49
Fig. 3-1-16. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 7 in Chuuk toll, FSM .....	50
Fig. 3-1-17. Scheme of vertical zonation of community type-A in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM .....	51
Fig. 3-1-18. Species similarities of megalozoobenthos among research stations in Chuuk, FSM .....	53
Fig. 3-1-19. Species similarities of megalozoobenthos among 4 research areas	

in Chuuk, FSM .....	54
Fig. 3-1-20. Scheme of fish distribution at outer reef in Chuuk Atoll, FSM .....	56
Fig. 3-1-21. Scheme of fish distribution at inner reef near channel in Chuuk Atoll, FSM .....	68
Fig. 3-1-22. Scheme of fish distribution at shallow area inside lagoon in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM .....	69
Fig. 3-1-23. Scheme of fish distribution at zoster bed in Chuuk, FSM .....	70
Fig. 3-1-24. Changes of seaweed species depend on water depth in Pohnpei, FSM .....	75
Fig. 3-1-25. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Pohnpei, FSM .....	76
Fig. 3-1-26. Cluster analysis of algae communities by unweighted group average method in Pohnpei, FSM .....	78
Fig. 3-1-27. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos near main island(St. 3) in Pohnpei Atoll, FSM .....	82
Fig. 3-1-28. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos outside of reef (St. 7) in Pohnpei Atoll, FSM .....	84
Fig. 3-1-29. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos outside of reef (St. 8) in Pohnpei Atoll, FSM .....	85
Fig. 3-1-30. Scheme of fish distribution at shallow area inside of Pohnpei, FSM .....	91
Fig. 3-1-31. Scheme of fish distribution at Arou Pass in Pohnpei, FSM .....	92
Fig. 3-1-32. Scheme of fish distribution at Ant Atoll (S 11) in Pohnpei, FSM .....	93
Fig. 3-1-33. Scheme of fish distribution at Pasa Is (S 12) in Ant Atoll, Pohnpei, FSM .....	94
Fig. 3-1-34. Vertical distribution limit of seaweeds occurred in Kosrae, FSM .....	100
Fig. 3-1-35. Changes in the percent coverage of seaweed species depend on water depth in Kosrae, FSM .....	101
Fig. 3-1-36. Percent coverage based on depth a dominant seaweed, <i>Lithothamnion</i> sp. in Kosrae, FSM .....	104
Fig. 3-1-37. Cluster analysis (UPGMA) of seaweed communities based on coverage in Kosrae, FSM .....	105
Fig. 3-1-38. Spatial variations of species diversity (upper) and abundance	

(lower) of seaweed communities in Lelu Bay, Kosrae, FSM .....	107
Fig. 3-1-39. Spatial variations of physical factors of surface water in Lelu Bay, Kosrae, FSM .....	108
Fig. 3-1-40. Spatial variations of chemical factors in surface water in Lelu Bay, Kosrae, FSM .....	109
Fig. 3-1-41. Occurrence of megalozoobenthic species in Kosrae, FSM .....	114
Fig. 3-1-42. Cluster diagrams of megalozoobenthic communities in Kosrae, FSM based on the cluster analysis .....	115
Fig. 3-1-43. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at station 1, Group A type, in Kosrae, FSM .....	117
Fig. 3-1-44. Aspect of mass mortality of <i>Acropora tutuilensis</i> at Station 1 in Kosrae, FSM .....	118
Fig. 3-1-45. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at station 3, Group B type, in Kosrae, FSM .....	120
Fig. 3-1-46. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at station 7, Group C type, in Kosrae, FSM .....	122
Fig. 3-1-47. Scheme of fish distribution at St. 1, gentle slope region, in Kosrae, FSM .....	133
Fig. 3-1-48. Scheme of fish distribution at St. 3, cliff reef, in Kosrae, FSM .....	135
Fig. 3-1-49. Variations of seaweed species depend on water depth in Yap, FSM .....	138
Fig. 3-1-50. Variations of coverage of seaweed species in Yap, FSM .....	139
Fig. 3-1-51. Variation of coverage of the most dominant species <i>Tydemania expeditionis</i> depend on water depth in Yap, FSM .....	141
Fig. 3-1-52. Cluster analysis (UPGMA) of seaweed communities based on coverage in Yap, FSM .....	142
Fig. 3-1-53. Changes of coverage of corals belong to Family Acroporidae depend depth in Yap, FSM .....	149
Fig. 3-1-54. Changes of coverage of corals belong to Family Poritidae depend depth in Yap, FSM .....	149
Fig. 3-1-55. Changes of coverage of corals belong to Family Faviidae depend depth in Yap, FSM .....	150
Fig. 3-1-56. nMDS plots based on bottom coverage data of dominant	



macrobenthos and seaweeds depend on depth in Yap, FSM .....	151
Fig. 3-1-57. Schematic representation of benthic habitats based on ecological characteristics Yap, FSM .....	152
Fig. 3-2-1. Scheme of monoline seaweed culture unit. The seed thalli of seaweed tied to the monoline with plastic tye .....	162
Fig. 3-2-2 Map showing the sampling stations of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM .....	166
Fig. 3-2-3. Measurement of blacklip pearl oyster. Map showing the sampling stations of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM .....	168
Fig. 3-2-4. Habitat of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM .....	170
Fig. 3-2-5. Scheme of vertical zonation at <i>Acropora</i> area in Chuuk Lagoon, FSM .....	171
Fig. 3-2-6. Scheme of vertical zonation at sand bottom area in Chuuk Lagoon, FSM .....	172
Fig. 3-2-6. Distribution of blacklip prarl oyster in Chuuk Lagoon, FSM .....	173
Fig. 3-2-8. Size frequency diagram by shell length and wet weight of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM .....	174
Fig. 3-2-8. Size frequency diagram of four major stations in Chuuk Lagoon, FSM based on stations with more than 20 individuals of blacklip pearl oysters .....	176
Fig. 3-2-9. Relationship of shell length and shell height(A), and shell length and width (B) of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Lagoon, FSM .....	178
Fig. 3-2-11. Size distribution and relationship between shell length and shell height of <i>Pinctada margaritifera</i> in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM .....	181
Fig. 3-2-12. Giant clams distiributed in Chuuk Lagoon, FSM .....	183
Fig. 3-2-13. Habitat of <i>Trochus niloticus</i> in Kosrae, FSM .....	186
Fig. 3-2-14. Occurrence of trochus depend on water depth in Yap, FSM .....	187
Fig. 3-2-15. Mangrove crab ( <i>Scylata serrata</i> ) from Kosrae, FSM .....	191
Fig. 3-2-16. <i>Scylla paramamosain</i> caught near estuary of Nakdong River, Korea .....	191
Fig. 3-2-17. Fisheries species of reef fish in Micronesia .....	199
Fig. 3-4-1. Schematic drawing of multi-purpose hatchery for Micronesia .....	218
Fig. 3-4-2. Arrangement of water intake pump and water flow in a hatchery .....	221

Fig. 3-4-3. Schematic diagram of food organism culture .....	225
Fig. 3-4-4. Growth of phytoplanktonic food organisms during stock culture, 1st intermediate culture and 2nd intermediate culture .....	234
Fig. 3-4-5. Growth of phytoplanktonic food organisms during out door mass culture .....	235
Fig. 3-4-6. <i>Undella</i> sp. isolated from Chuuk Lagoon. ....	238
Fig. 3-4-7. Growth curve of <i>Undella</i> sp. depend on culture temperature .....	239
Fig. 3-4-8. Growth curve of <i>Undella</i> sp. depend on culture salinity .....	240
Fig. 3-4-9. Growth curve of <i>Undella</i> sp. depend on food organisms .....	241
Fig. 3-4-10. Rotifer, <i>Synchaeta</i> sp. isolated from Chuuk Lagoon .....	242
Fig. 3-4-11. Growth curve of Micronesian rotifer ( <i>Synchaeta</i> sp.) depend on food organisms .....	243
Fig. 3-4-12. Growth of rotifer, <i>Brachionus rotundiformis</i> depend on culture period .....	245
Fig. 3-4-13. Daily production of rotifer <i>Brachionus rotundiformis</i> depend on food organisms .....	246
Fig. 3-4-14. Microscopic feature of ovarian development of blacklip pearl oyster .....	249
Fig. 3-4-15. Microscopic feature of gonadal development of blacklip pearl oyster .....	250
Fig. 3-4-16. Spawning procedure of blacklip pearl oyster .....	255
Fig. 3-4-17. Early development of blacklip pearl oyster .....	260
Fig. 3-4-18. Schematic diagram of larvae cleaning system for blacklip pearl oyster .....	262
Fig. 3-4-19. Growth of blacklip pearl oyster larvae depend on food organism .....	267
Fig. 3-4-20. Schematic diagram of flowing larvi-culture system for blacklip pearl oyster .....	269
Fig. 3-4-21. Cage culture system of blacklip pearl oyster larvae and weaning of spat .....	272
Fig. 3-4-22. Collection and transportation of mangrove crab .....	282
Fig. 3-4-23. Schematic diagram of rearing tank of mangrove crab .....	284
Fig. 3-4-24. Embryonic development and hatching of mangrove crab .....	286

Fig. 3-4-25. Laval development of mangrove crab .....	287
Fig. 3-4-26. Late larval development of mangrove crab .....	290
Fig. 3-5-1. Regional biodiversity .....	302
Fig. 3-5-2. Total production of States and territories of the South Pacific by year with a division for FAO' fishing areas .....	303
Fig 3-5-3. Production value of fisheries in South Pacific .....	310
Fig. 3-5-4 The world's major tuna fishing areas .....	310
Fig. 3-5-5 Total tuna(Albacore, Bigeye, Skipjack, Yellowfin) catch in the SPC statistical south Pacific Ocean & FAO western Pacific Ocean area .....	311
Fig. 3-5-6. Export growth of Tahitian black pearls in volume and value .....	314
Fig. 3-5-7. Major exporters of live and wild giant clams .....	317
Fig. 3-5-8. Major exporters of live and wild-sourced corals .....	318

# **제 1 장**

## **연구개발과제의 개요**

여 백

# 제 1 장. 연구개발과제의 개요

## 제 1 절. 연구개발과제의 필요성

우리나라의 수산물 생산량은 1997년 3,244천 톤을 기록한 이후 계속 감소하여 2004년에는 2,519천 톤에 불과하였으며, 2006년에는 천해양식업의 호조로 3,032천 톤으로 증가하였지만 아직 1990년대 중반의 수준에 머물고 있다. 한편 전통적인 수산물 애호국인 우리나라는 2001년 1인당 수산물 소비량 기준으로 일본을 제치고 세계 제일의 수산물 소비국이 되었으며, 수산물 소비량은 계속 증가하여 2005년 수산물소비량은 48.1kg/년/인으로 2001년 대비 14% 증가하였다. 이에 따라 1980년대 세계 4대 수산물 수출국이던 우리는 수산물 수입국이 되었으며 그 수입량도 계속 증가하여 2006년에는 수출량의 3.7배에 달하는 1,377천 톤(27억 7천만 불)을 수입하여 수산업 분야에서만 16억 8천만 불의 무역적자를 기록하였다(표 1-1-1).

표 1-1-1. 우리나라 수산물 수출입 동향

Table 1-1-1. Import and export statistics of fisheries product in Korea

Unit: 1000 ton

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Production	2,514	2,665	2,677	2,487	2,519	2,714	3,032
Export	534	436	430	425	406	367	412
Import	749	1,056	1,186	1,239	1,281	1,256	1,377
Consumption	2,729	3,285	3,433	3,301	3,394	3,603	3,997

해양수산부 해양수산통계(2007) 재구성.

수산물 생산량 감소는 연안어업의 위축도 한 몫을 담당하지만, 가장 큰 이유는 유엔해양법 발효 이후의 신해양 질서에 따른 자원전쟁의 결과이다. 보다 좋은 생활환경을 얻기 위한 인류의 욕구는 계속적으로 더 많은 자원을 필요로 하고 있으며, 이 자원을 얻기 위한 경쟁이 점차 가열되고 있다. 지난 20세기가 생산된 물품을 판매하기 위한 시장쟁탈 전쟁시대라면, 21세기는 자국민의 일상생활에 필요한 자원 확보를 위한 무한 경쟁 시대라 할 수 있다. 에너지

자원, 광물자원 및 식량자원의 원활한 공급을 위한 공간자원 확보는 모든 나라의 지속적 발전을 좌우하는 가장 중요한 요인이다. 크게는 신해양질서 편성과 이에 따른 200해리 경제 수역선포 및 석유확보를 위한 수차례의 중동전쟁, 작게는 주변국들 간의 영토 및 수산업분쟁 등은 모두 자국의 생존과 번영을 뒷받침하기 위한 무한 경쟁이다. 이러한 무한 경쟁은 미래의 식량 부족문제를 책임질 해양수산업 분야에서 더욱 심각하다. 이에 더하여 다양한 해양생물은 신물질 개발을 위한 원료가 되기 때문에 해양에서의 공간 확보를 위한 경쟁이 치열하다.

유엔해양법협약 이후 각 연안국들의 EEZ 선포 및 1990년대 말부터 힘을 더하는 생태계 보호주의는 공해상에서의 어업활동도 규제 대상으로 하고 있다. 이에 따라 우리나라의 원양어선 세력은 1992년 1,024척을 고비로 계속 감소하여 2006년에는 393척으로 위축되었으며 64만 톤을 어획하는데 불과하였다. 특히 또한, 지난 30년간 우리나라의 원양어업을 이끌어 온 북양어장의 손실로 1997년 218,361톤에 달하던 북양어장에서의 명태어획량은 2004년에는 20,009톤으로 감소하였다. 이에 따라, 우리나라는 명태 수입국 처지로 전락하였을 뿐만 아니라 명태를 원료로 하는 어분 및 어육가공업도 기로에 처하게 되었다. 2004년 명태류 수입량만도 은 냉동명태 161,973톤, 필렛 35,015톤, 냉동란 6,765톤이었으며 2006년에는 2억9천만 불에 해당하는 명태를 수입하였다(해양수산부 2007).

태평양은 우리나라 원양어업의 황금어장으로 전체 원양어업 생산량의 63%를 차지하며 원양어업의 가장 중요한 부분을 차지하는 참치어업은 남태평양이 주어장이다. 이들 도서국과의 관계를 소홀히 한다면 북양 어장을 상실한 것과 같이 남태평양 어장도 상실할 우려가 있다. 어느 한 나라가 통상적보다 많은 입어료를 미끼로 남태평양 도서국가에 대하여 해당국의 배타적 경제수역 내에서의 독자적 어업권을 요구한다면 이를 마다할 도서는 없을 것이다.

2차 대전 후 남서태평양 도서 국가를 30 여년간 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 수억 불의 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(JOFCF) 등을 통하여 남태평양 섬나라들에 대한 사회간접자본 투자를 점차 확대하고 있으며, 2001년 9월에는 모리 전 일본 수상이 해외어업협력기금 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.

경계선 있는 영토의 확보는 무력에 의해서만 가능하겠지만, 경계선 없는 경제영토의 확보는 과학, 문화, 및 경제적 지원을 통한 정책유도로 가능하다. 육상영토 뿐만이 아니라 해양영토에서의 자원공급량이 자급자족에 턱없이 부족한 우리나라는 생존 그 자체를 위하여 새로운 경제영역의 확보를 시도하여야 한다.

정부는 이와 같이 급격하게 변화하는 신 해양 개발 패러다임에 부응하기 위한 전략으로 해양개발기본계획(해양한국 21)을 수립하여 해양관리 강화와 해양자원의 적극개발을 해양개발의주요 시책으로 정하였으며, 해양자원개발 중·장기 실천계획(해양수산부 2000)을 제정하여 2010년을 목표로 수산업 거점기지를 포함하는 준해양영토 개념의 해외전진기지 개척을 적극 추진하고 있다. 그러나 해양을 제외하고는 확보할 수 있는 경제 영역이 극히 제한되어 있다. 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.

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. 지정학적으로 우리나라에 유리한 지역에 해외전진기지 후보지를 정하고, 적극적인 투자를 통하여 후보지 국가 및 주민에 가시적인 효과를 제시함으로써 정치적 경제적 영향력을 키워나가야 한다. 이러한 관점에서 볼 때, 단시간 내에 대내외적으로 가시적인 결과를 제시할 수 있는 남태평양 해양생물자원개발연구는 필수적이라 할 수 있으며, 가장 확실한 준해양영토 개념의 해외전진기지 개척 방법은 수산자원 개발이다. 개발된 고부가수산생물의 양식기술은 우리나라 기업의 현지진출을 직접 지원하게 되며 남태평양 해양생물자원개발연구를 통하여 탐색된 산호초 해양생물자원은 그대로 MT산업의 원료가 되어 개발될 수 있다.

동 연구사업의 목적은 남태평양 해역의 해양생물자원을 탐색하고 개발하여 국가발전을 위한 BT산업의 원료를 제공함과 아울러 우리 수산기업의 해외 진출을 촉진하고, 개발된 기술을 바탕으로 남서태평양 상의 도서 국가들과 수산기술 협력체계를 구축함으로써 경제·외교적 영향력 확보하여 이들의 배타적 경제수역 내의 풍부한 해양자원의 개발권 확보를 지원하여, 우리나라가 선도적인 해양개발로 21세기 범태평양 시대의 해양경제활동을 주도할 수 있는 기반 제공에 있다.



## 제 2 절. 연구대상 지역

전술한 바와 같이 준해양영토 개념의 해외전진기지 개척을 위한 투자는 수산자원 개발이 가장 효과적이다. 따라서 연구개발 대상의 가장 좋은 후보지는 우리나라가 수산물 공급원으로 의존하고 있는 태평양 해역이 적지가 된다. 태평양 어장은 최대의 원양어장으로 우리나라 원양어선의 67%에 달하는 323척이 조업하고 있다. 주 어획 대상 종은 참치류로 어획량은 2000년대 들어 많이 감소하여 2005년 어획량은 연승 41,180톤, 선망 209,790톤으로 위축되었지만 아직도 원양어업 총생산액의 약45%를 차지하고 있다.

마이크로네시아는 태평양 상의 군사적 요충지이자 해운에서도 중요한 위치를 차지하고 있어, 2차 대전이래 주요 선진국의 관심이 집중된 지역이다. 현재, 미국은 Compact of Free Association (CFA, 1955-2001)에 따라 매년 약 1억불에 달하는 재정원조를 제공하였으며, 2002년 동 계약을 20년간 연장하였다. 그러나 미국은 마이크로네시아를 정치적, 군사적 영향권 아래 묶어두고 있지만 경제개발을 위한 투자는 미흡하며, 수산자원 개발을 위한 투자는 전무한 실정이다. 일본은 CFA 종료 후를 겨냥하여 수산분야 기술지원과 사회 간접자본 제공을 통한 교두보 확보에 주력하였지만, 미국이 CFA를 연장함으로 진출 의지가 많이 쇠퇴하였다. 따라서 선진국들에 비하여 자금력이 부족한 우리나라는 마이크로네시아가 필요로 하는 해양생물자원 개발에 적극적으로 투자하는 것이 최선의 방법이다. 산호초에 서식하는 해양생물자원의 효과적인 자원관리, 고급어종 증양식기술, 관상어 개발, 해양생물에서의 신물질 및 기능성물질 개발 분야는 빠른 시간 내에 우수한 투자효과를 거둘 수 있을 뿐만 아니라 간접적으로 수산외교에 큰 도움을 줄 수 있는 사업이다.

얕, 축, 폰페이 및 코스레 4개주로 구성되어 있는 마이크로네시아는 선진국의 기술적, 산업적 자본의 유입과 영향력이 비교적 적은 나라로 우리나라가 비교적 손쉽게 진출하여 해외전진기지를 개척할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 독립된 하나의 섬으로 이루어진 코스레주를 제외하고는 모두 1~2개의 중심 환초와 이에 수반되는 부속 섬들로 구성되어 있다. 총 육지 면적은 약 701km<sup>2</sup>에 불과하지만, 북위 5°~11°, 동경 136°~164°에 걸쳐 광범위하게 퍼져 있어 유엔해양법협약에 따라 가장 좋은 참치어장이 포함된 약 3백만km<sup>2</sup>에 달하는 광활한 해양국토를 보유하고 있다.

마이크로네시아의 천혜조건을 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. 200해리 배타적 경제수역 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.

마이크로네시아의 경우 200해리 경제수역은 연방정부가 관할하며, 12해리 영해는 주정부가 관할한다. 주정부 관할의 12해리 영해에는 수산자원의 천연적 보고인 산호초가 잘 발달하여 있다. 산호초에 서식하는 능성어류, 트로카스, 관상어류, 흑진주조개, 톱날꽃게, 닭새우류 등은 개발 잠재력이 높은 고부가 수산물종이다. 또한, 산호초에 서식하는 강장동물류, 해면동물류, 극피동물류는 온대해역의 해양생물에 비하여 생리활성물질 함량이 상당히 높기 때문에 기능성 물질 개발을 위한 원재료로 가치가 높다. 남태평양 산호초 해역의 수산생물자원 개발항목인 자원관리 기술, 종묘생산 기술, 해상가두리 개발, 수산물 가공, 신물질 창출 등 분야는 각각 독자적으로도 매우 우수한 투자효과를 거둘 수 있는 분야일 뿐만 아니라 간접적으로 해외자원 확보를 위한 수산외교에도 많은 도움을 줄 수 있다. 한국해양연구원은 해양수산부의 지원으로 주정부 관할 수역의 해양생물자원 개발을 위하여 1999년 축주정부와 2004년 코스레 주정부와 각각 MOU를 교환하여 이들 해역의 해양생물자원을 개발을 위한 기틀을 마련하였다. 이러한 관점에서 볼 때 해외전진기지의 후보지로서 마이크로네시아는 중요하며, 보다 적극적인 투자가 필요하다 하겠다.

### 제 3 절. 연구사업의 범위

남서태평양 해양생물자원 개발연구는 장기적이고 지속적인 연구투자가 요구되는 종합적, 학제적 연구로, 개발 가능한 자원을 탐색하고 장차 건설될 전진기지를 토대로 탐색된 자원을 상품화하기 위한 연구이다. 따라서 동 사업의 연구범위는 열대 산호초 생태계에 대한 이해와 잠재되어 있는 해양생물자원을 탐색하기 위한 조사사업과 중요 수산생물의 양식기술개발을 위한 사업으로 구분된다.

해양생물자원 탐사사업은 최종적으로 남태평양 해역의 생물자원도 작성을 궁극적인 목표로 하고 있으며, 단시간 내에 개발할 수 있는 어류자원, 무척추동물자원, 해조류자원 및 관상생물자원에 중점을 두고 있다. 한편, 양식기술개발사업은 개발된 기술을 국내에 적용하거나 현지에 진출한 양식업체가 직접 실용할 수 있도록 하기 위하여 시장성 있는 고부가가치 수산생물을 대상으로 하고 있다.

이 보고서는 남서태평양 해양생물자원 개발연구 중 해양생물자원 개발 분야의 통합보고서로 2000년부터 2006년까지 연구결과를 수록하였다. 주 내용은 마이크로네시아 산호초를 대상으로 한 해양생태계조사, 수산자원 탐색, 고급어종의 종묘생산기술, 마린바이오 소재생물 탐색 및 남서태평양 해양생물자원 개발 전략 수립이다.

고급어종 종묘생산기술은 마이크로네시아 전역에 서식하는 트로카스, 톱날꽃게 및 남방점바리, 그리고 코스레를 제외한 모든 해역에서 서식하는 흑진주조개를 중심으로 하였으며, 이들의 종묘생산의 전제조건인 먹이생물 개발도 시도하였다.

경상남도 수산자원연구소는 2001년부터 2006년까지 협동연구기관으로 참여하였으며, Hansmicronesia International은 2003년 및 2004년 사업에 참여하였다.

마이크로네시아 축주 해양자원국장 Mr. Romio Osiena를 비롯하여 Mr. Kerat Rikim, Mr. Allen Marcus 및 Mr. Inos Urumai 등 여러 직원들이 흑진주조개 자원조사에 동참하였으며, 코스레주 수산담당관 Mr. Robert Taulung를 비롯하여 Mr. Steve Palik, Mr. Bruno Ned, Mr. Maxwell Salik, Mr. Osama Nedlic, Mr. Anderson Tilfas 등 여러 직원이 톱날꽃게 종묘생산에 동참하여 많은 도움을 주었다.

이 보고서는 연구사업 기간 중 불의의 사고로 축주 현장에서 유명을 달리한 Hansmicronesia International 현장책임자인 최원선님의 영전에 바친다.

## **제 2 장**

### **국내의 기술개발 현황**

여 백

## 제 2 장. 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절. 국외 기술개발 현황

국외 연구진에 의한 열대 태평양 수산자원에 관한 조사는 1930년대부터 시작되었으나, 마이크로네시아를 대상으로 한 조사연구는 극히 제한되어 있다. 일반적인 해양자원조사로는 미육군공병단에서 실시한 코스레주 연안자원도(Manoa Map Works 1987), 압주 연안 자원조사(Orcutt *et. al.* 1989) 및 압주 해양생물조사(Tsuda 1978)가 있으나 모두 출현종의 기술과 현지답사 및 주민 면담에 의한 생물자원의 출현 유무만을 기록한 것들이며, 수산 자원종에 대한 연구부분에 있어서도 흑진주조개의 분포조사(Sims 1992a, 1992b)와 톱날꽃게 양식가능성 조사(Nissou Foods 1990, Shelly 2002)를 제외하고는 연구사례가 거의 없다. 한편, 마이크로네시아를 제외한 남태평양 해역을 대상으로 한 연구사례는 많으며, 몇몇 종은 이미 산업적 개발 단계에 진입하고 있다.

능성어류 양식기술개발 관련 연구사례 역시 Aldon (1997)을 제외하면 대부분 1980년 이전에 광대학에서 수행한 단편적 조사 연구뿐이다. 그러나 일본을 위시하여 호주, 미국(하와이), 중국 등에서 능성어류 양식기술에 대한 연구가 속속 진행되었으며(Chua and Teng 1980, 1982, Hussain and Higuchi 1980, Fitzgerald *et. al.* 1994, Ellis *et. al.* 1997) 많은 기술을 축적하고 있는 것으로 판단되며, 인도네시아, 필리핀 및 중국도 상당한 기술력을 보유하고 있는 것으로 판단된다. 그러나 아직까지 능성어류 종묘생산에 필수적인 50  $\mu$ m 급 소형동물성 먹이생물을 개발하지 못하여 상업적 생산에 이르지 못하고, 노지를 이용한 조방적 종묘생산에 머물고 있다.

톱날꽃게류는 열대 태평양 해역에 널리 분포하고 대형 십각류로 4종이 보고되고 있다. 싱가포르, 인도, 필리핀, 인도네시아, 베트남 등지에서 자연산 종묘를 수집하여 조방적 축양 양식이 행해지고 있다. 이 중 마이크로네시아 해역에 출현하는 종은 *Scylla serrata* 한 종이다. 아직까지 이종의 산란습성에 대하여는 잘 알려져 있지 못하지만 상업적 중요성으로 인하여 많은 연구사례가 있다. 마이크로네시아 측은 한국해양연구소와 체결한 MOU 정산에 입각하여 약 150,000불의 예산으로 2006년 2월 준공 목표로 톱날꽃게 종묘생산 시설을 건설하였으며, 동 종묘배양시설은 2006년 사업을 위한 기반시설로 제공되었다.

## 제 2 절. 국내의 기술개발 현황

국내 연구진에 의한 열대태평양 수산자원조사는 한국해양연구원에서 1985년 "인공진주 양식기술 개발에 관한 연구"의 일환으로 인도네시아 아루 열도에서 진주조개 자원조사 및 양식가능성을 조사한 것(한해연 1987)과 본 조사연구의 일환으로 1999년부터 지금까지 수행되고 있는 남서태평양 해양자원개발조사(한해연 1999, 2000, 2002, 2003)이다. 그러나 본 조사의 궁극적 목적은 남서태평양 해양개발전진기지 구축을 위한 기반조성에 있다. 따라서 본 연구는 어느 특정 해양생물자원의 개발과 산업화 보다는 마이크로네시아 각 주에서 전통적인 수산자원으로 개발욕구가 높은 수산생물에 대하여 연구능력을 집중하였다. 지금까지 표제사업과 관련 연구업적은 다음과 같다.

- 남서태평양 해양자원조사 (1999. 7-12)
  - 마이크로네시아 축주의 기초해양환경 및 산호초 생태계 기본조사
- 남서태평양 흑진주조개 자원개발 연구(2000. 7 - 12)
  - 마이크로네시아 축 라군 27개 지점에서 자원조사 수행
  - 흑진주조개 성분화 기초조사 실시
- 2001년 남서태평양 해양자원개발연구 (2000. 4 - 2001. 3)
  - 마이크로네시아 남원 산호초 해양생물자원 조사
  - 흑진주조개 종묘생산 연구 (I)
- 2002년 남서태평양 해양자원개발연구 (2002. 4 - 2003. 3)
  - Kuop Atoll 해양생물자원조사 및 어류 산란장 조사
  - 흑진주조개 종묘생산기술개발(II)
- 2003년 남서태평양 해양자원개발연구 (2003. 4 - 2004. 2)
  - 코스레주 해양생물자원조사
  - 신품종양식기술 개발
  - 흑진주조개 종묘생산 지침서 작성
- 2004년 남서태평양 해양자원개발연구 (2004. 3 - 2005. 2)
  - 코스레주 해양생물자원조사
  - 신품종양식기술 개발(진주조개, 남방점바리, 톱날꽃게)
  - 먹이생물 개발(열대 상온배양, 남방소모충)
- 2005년 남서태평양 해양자원개발연구 (2005. 4 - 2005. 12)
  - 압주 해양생물자원조사

- 신식품종양식기술 개발(남방점바리, 툽날꽃게)
- 마린바이오 소재생물 개발
- 2006년 남서태평양 해양자원개발연구 (2006. 4 - 2006. 12)
  - 폰페이주 해양생물자원조사
  - 신식품종양식기술 개발(남방점바리, 툽날꽃게)
  - 마린바이오 소재생물 탐색



여 백

## **제 3 장**

### **연구개발수행 내용 및 결과**

여 백

## 제 3 장. 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절. 해양생물자원조사

#### 1. 재료 및 방법

각 조사 해역별 도면답사와 사전 현장답사를 통하여 얻은 자료를 토대로 대상 해역의 지형적 특성을 고려하여 지역별로 조간대 지역, 조하대 사질 지역, 산호초 내측과 외측을 구분하여 10~12개 조사정점을 선정하여 실시하였다. 산호초 생태계의 군집구조는 대상 해역의 대형 섬 연안에 발달한 초기 산호초(거초, 환초 및 초호)로 구분하였으며, 가능한 균등하게 조사정점을 정하였다.

조사정점의 좌표는 GPS(SportTrak Map, Magellan)로 측정하여 IALA Maritime Buoyage System의 해당지역 항해도를 참고로 보정하였다.

#### 가. 조사해역의 특징 및 조사정점

마이크로네시아는 필리핀 동쪽 남서태평양 상 북위 5°~9°, 동경 138°~163° 사이에 위치하는 4개의 큰 산호초 구성된 연방제 국가이다(그림 3-1-1). 마이크로네시아를 구성하는 4개의 연방은 압주(Yap), 축주(Chuuk), 폰페이주(Phonpei) 및 코스레주(Kosrae)로 각각 다른 언어와 풍습을 가지고 있어 각각 독립국가적 지위에 있는 독특한 구조를 가지고 있다. 연방정부가 위치한 폰페이주의 개략적인 위치는 북위 7° 동경 158°이며, 팜 남동쪽 약 1700km, 하와이 남서쪽 약 5200km 부근이다. 육지의 총면적은 약 701km<sup>2</sup> 이며, 인구는 2006년 기준 연방정부 공식통계로 약 107,000명이며, 미 CIA는 2006년 기준으로 107,500명에 달한다고 보고하고 있다.

육지 면적이 가장 큰 곳은 폰페이주로 전체 육지면적의 약 50%에 달하는 346km<sup>2</sup> 점하고 있으며, 그 외 3개 주의 육지 면적은 비슷하다. 반면, 인구수는 축주가 전체인구 107,000명의 50%에 달하는 53,500여명으로 가장 많으며, 폰페이는 34,500여명으로 전체의 32%를 차지하고 있다(표 3-1-1).

마이크로네시아의 천혜 조건을 보면 수산업 조건이 매우 양호하지만, 사실상 수산업은 미개척 분야이다. 수산업 인구는 전체 인구의 1%에 불과한 1,200명 내외에 불과하며, 이 중 전업인구는 650명이며, 수산가공 분야에는 50명이 종사하고 있다(FAO 1996). 200해리



그림 3-1-1. 마이크로네시아연방공화국에 속하는 4개주의 위치. 좌로부터 압, 축, 폰페이, 코스레.

Fig. 3-1-1. Location of four states of Micronesia. From left Yap, Chuuk, Pohnpei and Kosrae).

표 3-1-1. 마이크로네시아연방공화국의 주별 현황

Table 3-1-1. General status of Federated States of Micronesia

State	Population	Land area (Km <sup>2</sup> )	Major islands	Reefs and inlets
Yap	11,200	118.1	11	134
Chuuk	53,500	127.4	7	98
Pohnpei	34,500	345.5	25	137
Kosrae	7,700	109.6	5	3
Total	107,00	702.6	48	372

자료: FSM(2007). [www.fsmsgov.org/info/people.html](http://www.fsmsgov.org/info/people.html)

배타적 경제수역 내에서는 약 260,000톤/년의 참치가 어획되지만 어획량의 1.8%에 불과한 4,500톤/년만이 자국선에 의한 어획이고 나머지는 모두 외국선에 의한 어획으로 이들 외국선이 지불하는 입어료에 만족하고 있는 실정이다.

### 1). 축주

축은 제2차 세계대전 당시 일본군 태평양사령부가 위치했던 곳으로 우리나라에는 악명 높은 징용지 트럭제도(Truck Is.)로 잘 알려져 있으며, 난파선 다이빙으로 유명하다.

축주가 위치한 해역은 열대 무풍지대에 속하지만 태풍이 발생하거나 태풍의 경로상에 위치하기 때문에 다소바람이 강하다. 그러나 높은 파도가 엄습하여도 천연 방파제인 환초가 이를 막아 주기 때문에 초호(lagoon)의 내부는 비교적 잔잔하다. 간혹, 소항 선박의 항해가 어려울 정도로 파도가 이는 경우도 있지만 그다지 빈도는 매우 희박하다. 태풍과 더불어 발생하는 집중호우 빈도가 점차 작아지고 있으며, 많은 피해를 주고 있다.

축주는 총 육지 면적이 127.4 km<sup>2</sup>로 7개의 비교적 큰 섬과 98개의 크고 작은 환초(atoll)로 구성되어 있다. 축 환초는 지구상 가장 큰 환초로 대형 섬들은 모두 환초 안에 있다. 가장 큰 섬은 주정부가 위치고 인구가 밀집된 모엔(Moen Is.)이며 그외 중요한 섬들은 페펜(Fefen Is.), 두블론(Dublun Is.), 우토티(Utot Is.), 파타(Pata Is.), 폴(Polle Is.) 및 톨(Tol Is.) 이다. 대형 섬들의 주변에는 망그로브군총과 소규모 보초(barrier reef)들이 발달해 있다.

축 환초 밖에 위치한 산호초 중 비교적 규모가 큰 환초는 남윈 환초(Namwin Atoll), 머리로 환초(Murilo Atoll), 모틀록(Mortlock Atoll), 노모이 환초(Nomoi Aroll) 및 프로럭 환초(Proluk Atoll) 등이 있다. 축 환초 서쪽 - 서북쪽에는 작은 환초들이 산재한 지역(Pattiw region)이 있는데, 현재까지 남서태평양의 전통적 생활관습이 남아 있는 곳으로 유명하다. 마이크로네시아의 전통상 모든 산호초는 세습적으로 대물림하는 자산이기 때문에 환초 내의 출입과 조사는 소유자인 족장의 허가를 받아야 한다.

남윈 환초는 축 환초 동북방 약 120km 지점에 위치한 동서축 25km, 남북축 20km의 중형 환초로 마주보는 쌍둥이 환초인 머리로 환초와 함께 홀제도(Hall Islands)를 이루고 있다. 환초의 둘레는 약 75km이며, 환초의 내부 면적은 약300km<sup>2</sup> 으로, 초호의 중앙부의 수심은 약 40m로 비교적 깊지만 수심 10m 내외의 환초가 산재해 있어 많은 해양생물이 서식하고 있다. 환초를 구성하는 섬 중 유인도는 인구 620명의 남윈과 400명의 파나누(Fananu Is.)가 있다. 쿠옵 환초(Kuop Atoll)는 축 환초 남동쪽 5km 지점에 위치한 장방형 소형 환초이다.

축주 해역이 해양생물상 조사는 축 환초 6개 정점, 쿠옴 환초 6개 정점 및 남윈 환초 9개 정점에서 2001년 6월과 2003년 2월에 실시되었다(표 3-1-2, 그림 3-1-3).

표 3-1-2. 축 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표 (2001. 6, 2003. 2)

Table 3-1-2. Position of stations for marine biological resources study in Chuuk, FSM (2001. 6, 2003. 2)

Location	Station	Latitude	Longitude	Remark
Chuuk Atoll	1	7° 13' 30"	151° 47' 35"	Algae, Zoobenthos, Fish
	2	7° 13' 08"	151° 43' 10"	Algae, Zoobenthos, Fish
	3	7° 24' 48"	151° 58' 50"	Algae, Zoobenthos, Fish
	4	7° 28' 45"	151° 59' 02"	Algae, Zoobenthos, Fish
	5	7° 17' 10"	151° 33' 24"	Algae, Zoobenthos, Fish
	6	7° 15' 36"	151° 35' 27"	Algae, Zoobenthos, Fish
Kuop Atoll	7	7° 12' 00"	151° 59' 22"	Algae, Zoobenthos, Fish
	8	7° 00' 05"	151° 55' 48"	Algae, Zoobenthos, Fish
	9	7° 00' 10"	151° 55' 52"	Algae, Zoobenthos, Fish
	10	7° 02' 56"	151° 54' 03"	Algae, Zoobenthos, Fish
	11	7° 04' 40"	151° 55' 48"	Algae, Zoobenthos, Fish
	12	7° 06' 30"	151° 51' 42"	Algae, Zoobenthos, Fish
Nomwin Atoll	1	8° 26' 30"	151° 43' 30"	Algae, Zoobenthos, Fish
	2	8° 28' 34"	151° 41' 43"	Algae, Zoobenthos, Fish
	3	8° 28' 43"	151° 41' 44"	Algae, Zoobenthos, Fish
	4	8° 25' 46"	151° 43' 58"	Algae, Zoobenthos, Fish
	5	8° 25' 44"	151° 45' 06"	Algae, Zoobenthos, Fish
	6	8° 28' 37"	151° 48' 56"	Algae, Zoobenthos, Fish
	7	8° 30' 26"	151° 51' 50"	Algae, Zoobenthos, Fish
	8	8° 26' 44"	151° 46' 28"	Algae, Zoobenthos, Fish
	9	8° 26' 36"	151° 46' 04"	Algae, Zoobenthos, Fish

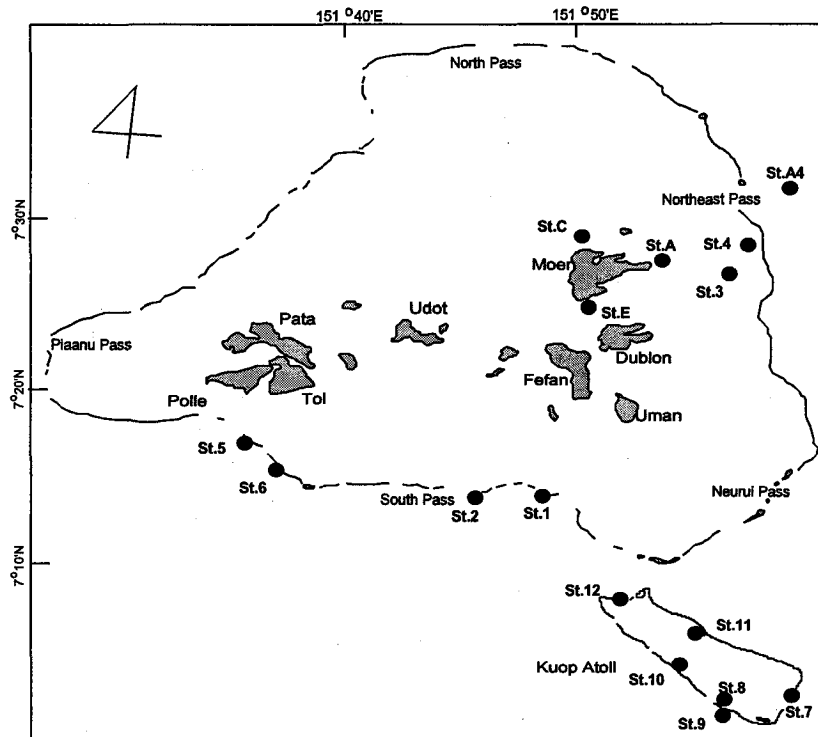


그림 3-1-2. 축 환초 조사해역도(2003. 2).

Fig. 3-1-2. Map showing the studying area, Chuuk Atoll (2003.2).

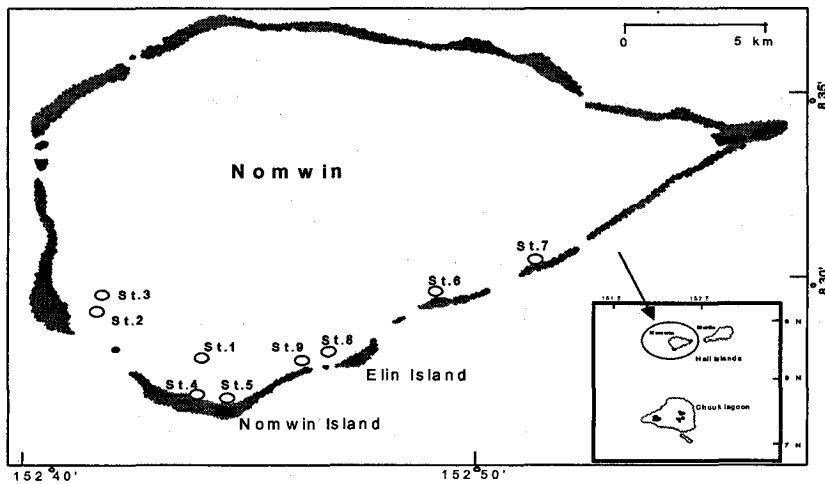


그림 3-1-3. 남원 환초의 조사정점도(2001. 6).

Fig. 3-1-3. Map showing the study area in Nomsin Atoll FSM (2001. 6).



## 2). 폰페이

폰페이주는 일명 포나페(Ponape)라고 불리기도 한다. 육지면적은 345.5km<sup>2</sup>로 마이크로네시아 전체 육지면적의 49%를 차지하고 있다. 폰페이의 인구는 약 34,500명이며 대부분의 인구는 주도인 콜로니아(Kolonia)에 밀집되어 있다. 연방정부는 콜로니아 남쪽 5km 지점에 새로이 건설된 팔리킬(Palikir)에 위치하고 있다.

열대다우림기후대에 속하는 폰페이는 세계에서 가장 비가 많이 내리는 지역의 하나로 연간 강수량은 10,000mm가 넘는다. 40여개의 하천을 따라 흐르는 강수는 가파른 산세를 타고 흘러내리며 열대우림에서 생산된 유기물을 바다로 공급하여 섬 주위에는 망그로브 군총이 잘 발달해 있으며 아울러 산호초도 비교적 잘 발달해 있다. 그러나 비주기적으로 쏟아지는 폭우는 그대로 하천을 따라 초호로 모여 이곳의 염분을 저하시키기 때문에 산호초를 구성하는 대부분 고염 및 협염성(stenohaline) 산호류 자체와 산호초를 생활의 근거로 하는 해양생물이 저염 피해를 입어 산호초 생태계의 종다양성을 저해하는 요인으로 작용한다.

폰페이주의 근간이 되는 폰페이 섬은 화산활동으로 생성된 둥근 부채꼴 모양의 섬으로 지질학적 연령이 비교적 짧은 섬이다. 섬의 산세는 매우 가파르며 최고봉은 789m의 나하마라우드(Mt. Nahana Laud)이다. 전체적으로 보면 폰페이 섬을 중심으로 꽃잎 모양으로 발달한 5엽의 환초로 둘러싸여 있으며, 북쪽으로 팔리킬 수로(Palikir Pass)로 태평양으로 열려있다.

환초 내에는 본섬을 제외하고 25개의 작은 섬과 137개의 기생환초가 산재하여 있으며, 섬 연안에는 조간대형 거초가 발달해 있어 해양생물의 서식에 적합한 서식처를 제공하고 있다. 환초 내의 총 육지면적은 약 340km<sup>2</sup>이다. 부속 환초로는 서북쪽의 파킨 환초(Pakin Atoll)와 서쪽의 앤티 환초(Ant Atoll), 남서쪽 120km 지점에 나가틱 환초(Ngatik Atoll), 동쪽 140km 지점의 모킬 환초(Mokil Atoll) 및 그 동쪽 약 100km 지점에 비교적 규모가 큰 핑겔랍 환초(Pingelap Atoll)가 있다. 특히 핑겔랍 환초의 주민들은 대부분 색맹(maskun)인데 이는 작은 유전자 풀(gene pool)을 갖는 부족에서 흔히 발생하는 현상이다.

폰페이주를 구성하는 각 부락의 해안은 지형적, 생태학적으로 상이한 구조를 갖는다. 섬의 북쪽에 위치한 소케스(Sokehs), 콜로니아(Kolonia), 넷(Nett) 및 우(U)의 연안은 본섬을 둘러싸고 있는 환초와 비교적 떨어져 있고, 해안과 환초사이의 초호는 타지역에 비하여 넓다. 이 지역 해안가에는 망그로브군총이 발달해 있고, 망그로브군총이 끝나는 지점부터 바다 쪽 1km 내외까지는 조간대형 산호초가 발달하고 있다. 한편, 폰페이섬의 남쪽에 위치한 키티(Kitti) 및 마오레님(Madolehnm)의 연안은 본섬을 둘러싸고 있는 환초

와 연안에 발달한 조간대 산호초로 이어져 초호가 거의 발달되어 있지 않거나 또는 조간대의 평평한 산호초에서 곧바로 수심 깊은 직벽으로 태평양 심해저로 이어지는 지형적 특성을 갖는다.

폰페이주 조사정점은 도면답사와 사전 현장답사를 통하여 조사 대상해역을 지형적 특성에 따라 조간대 지역, 조하대 사질 지역, 보초의 안쪽 산호초 및 바깥쪽 산호초 지역으로 구분하였으며, 지형이 복잡한 북쪽 지역에 5개의 정점을 선정하였고, 그 외 초호의 안쪽에 3개 정점을 초호 바깥쪽에 2개의 정점을 설정하였다(표 3-1-3, 그림 3-1-4).

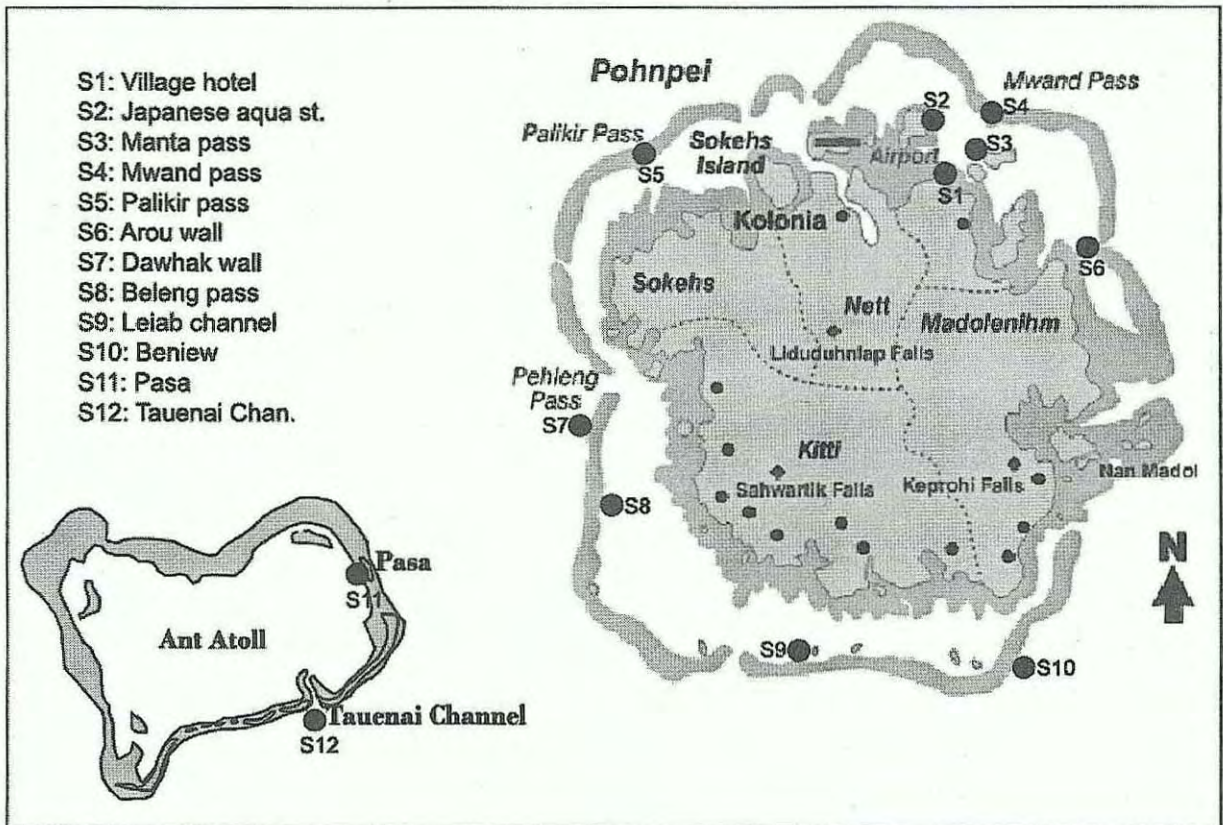


그림 3-1-4. 폰페이 해역의 해양생물자원 조사정점도(2006. 9-11).

Fig. 3-1-4. Map showing the study area in Pohnpei, FSM (2006. 9-11).

표 3-1-3. 폰페이 해역의 해양생물자원 조사정점 좌표(2006. 9 - 11)

Table 3-1-3. Position of stations for marine biological resources study in Pohnpei, FSM (2001. 6, 2003. 2)

St.	Latitude	Longitude	Remark
S1	6° 58 ' 10.84 "	158° 15 ' 53.74 "	Algae
S2	6° 59 ' 59.54 "	158° 15 ' 22.55 "	Algae
S3	6° 58 ' 44.33 "	158° 16 ' 26.05 "	Algae, Zoobenthos, Fish
S4	7° 1 ' 15.76 "	158° 17 ' 31.45 "	Algae, Zoobenthos
S5	6° 58 ' 45.85 "	158° 7 ' 33.48 "	Algae, Zoobenthos
S6	6° 56 ' 12.32 "	158° 19 ' 22.75 "	Algae, Zoobenthos
S7	6° 53 ' 49.14 "	158° 5 ' 38.14 "	Algae, Zoobenthos, Fish
S8	6° 51 ' 43.46 "	158° 6 ' 51.06 "	Algae, Zoobenthos
S9	6° 46 ' 41.15 "	158° 11 ' 55.21 "	Algae, Zoobenthos
S10	6° 46 ' 12.46 "	158° 16 ' 47.35 "	Algae
S11	6° 46 ' 28.69 "	158° 1 ' 59.02 "	Fish
S12	6° 45 ' 28.76 "	158° 1 ' 32.02 "	Fish

### 3). 코스레

코스레주는 마이크로네시아의 가장 왼쪽에 위치하고 있으며, 107km<sup>2</sup> 크기의 버선모양의 단일 섬으로 이루어져 있으며 북위 05° 21 ' ~ 05° 27 ' 동경 162° 54 ' ~ 163° 01 ' 사이에 위치하고 있다. 괌과 하와이 사이에 위치하며 적도로부터 590km 떨어져 있다. 일명 쿠사이(Kusaie)로 알려져 있으며 인구 7,700여명으로 마이크로네시아에서 가장 작은 주이다.

코스레는 화산활동으로 생성되었으며 비교적 지질학적 연령이 적은 섬으로 전체적인 지형이 매우 가파르다. 최고봉은 624m의 크로쩌(Crozer Peak)이며, 이외 300m 이상 되는 봉우리가 10여개 있다. 해안선은 망그로브군총과 사질해빈이 혼재한 형태이며, 측과 같이 환초가 발달하지 못하고 다윈의 가설에 의한 초기 환초 구성 단계인 섬 연안을 따라 거초가 형성되고 있는 것이 특징이다. 부속 환초는 없다.

섬의 최북단 해변은 사질 해변과 조간대가 넓게 발달해 있으며, 동북쪽은 화산석 바위가 산재한 지형에 사질 사빈이 군데군데 발달해 있다. 동쪽 해안의 중심부에는 비교적 큰 만이 발달해 있으며, 코스레 섬의 유일한 부속섬인 렐루(Lelu Is.)가 만 입구를 막고 있어 외해의 파도로부터 만 안쪽을 보호해주고 있다. 그러나 렐루는 신축된 호안으로 육지와 연결되어 있어 진정한 의미에서의 섬은 아니다. 렐루만 아래부터 섬의 동쪽 및 남쪽해안은 망그로브군총이 발달하여 있으며 해안선을 따라 크고 작은 모래톱이 발달해 있다. 모래톱과 본 섬 사이에 좁은 수로가 발달해 있으며, 수로의 양안은 망그로브군총이 밀립을 형성하고 있다.

섬의 남쪽 중앙부에도 소만이 발달해 있다. 섬 남쪽에 발달한 망그로브군총 지역은 해상공원으로 지정되어 보호되고 있다. 섬의 서쪽은 해안은 북동쪽으로 기울어져 있으며, 얕은 산호초가 발달해 있다. 남해안에서 서해안으로 이르는 지역은 얕은 산호초가 넓게 발달해 있고, 이어서 급경사를 이르는 지역으로 섬주민의 중요한 어장으로 다랑어류와 삼치류가 많이 잡힌다. 이 해안을 따라서 망그로브군총이 잘 발달해 있으나 모래톱은 그다지 발달하고 있지 않다. 서해안 2/3지점에는 섬에서 가장 큰 하천인 위카프(Wukaf Stream)가 있으며, 하천의 북쪽에 매립지로 조성된 비행장이 있다.

섬에서 바다로 흘러드는 중요하천은 동해안의 인넴(Innem Stream)천과 말람(Malam Stream), 남해안의 우뜨와(Utwa Stream), 서해안의 위카프와 타폰삭(Tafonsak Stream)으로 이해역의 높은 강수량으로 수량이 풍부하며, 수종의 담수어류와 우리나라에서 천연기념물로 보호되고 있는 무태장어(*Anguilla marmorata*)가 많이 서식하고 있다.

섬의 인구는 약 7,500명이며, 주민의 대부분은 개신교 신자이다. 주요 수산물은 참치, 산호초 어류, 톱날꽃게, 트로카스, 닭새우 등이다. 참치와 1본 줄 루어 낚시로 어획되며, 산호초 어류와 갑각류는 작살, 투망 등 전통적인 방법으로 어획한다. 코스레의 생산품 중 무역의 형태를 갖추어 수출되는 물품은 트로카스가 유일하며, 산호초 어류와 톱날꽃게는 주로 선물용으로 반출되고 있다.

코스레 연안에는 어선의 닻으로부터 산호초를 보호하기 위하여 55개의 어선 계류용 부이가 설치되어 있다. 어선계류용 부이로 산호초가 잘 보호되어 있으며, 다이ना마이트 및 청산가리 등을 이용한 불법어업이 전무하기 때문에 코스레 산호초는 마이크로네시아에서 가장 잘 보호되어 있는 해양생태계이다. 코스레주 해양생물자원 조사는 이 계류용 부이를 중심으로 현지 수산국 연구원의 자문과 지형적 특성을 고려하여 Manoa Mapworks (1987)와 같이 5개의 해구로 구분하였으며, 각 해구별 1개의 계류용 부이를 선정하여 조사정점으로 하였다 (표 3-1-4, 그림 3-1-5).

표 3-1-4. 코스레 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표(2003. 9, 2004. 11)

Table 3-1-4. Position of stations for marine biological resources study in Kosrae, FSM (2003. 9, 2004. 11)

Station	Latitude	Longitude	비고
1 (A 1)	5° 22 ' 02 "	163° 02 ' 30 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2003, 2004)
2	5° 15 ' 59 "	162° 59 ' 07 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2003)
3	5° 18 ' 24 "	162° 54 ' 08 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2003, 2004)
4	5° 19 ' 43 "	162° 54 ' 48 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2003)
5	5° 23 ' 41 "	163° 00 ' 37 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2003, 2004)
6	5° 18 ' 59 "	163° 02 ' 03 "	Algae, Zoobenthos, Fish (2004)
7 (A 2)	5° 19 ' 48 "	163° 01 ' 54 "	Algae, Primary production (2004)
A 3	5° 19 ' 37 "	163° 01 ' 38 "	Algae, Primary production (2004)
A 4	5° 19 ' 38 "	163° 01 ' 23 "	Algae, Primary production (2004)
A 5	5° 19 ' 39 "	163° 01 ' 06 "	Algae, Primary production (2004)

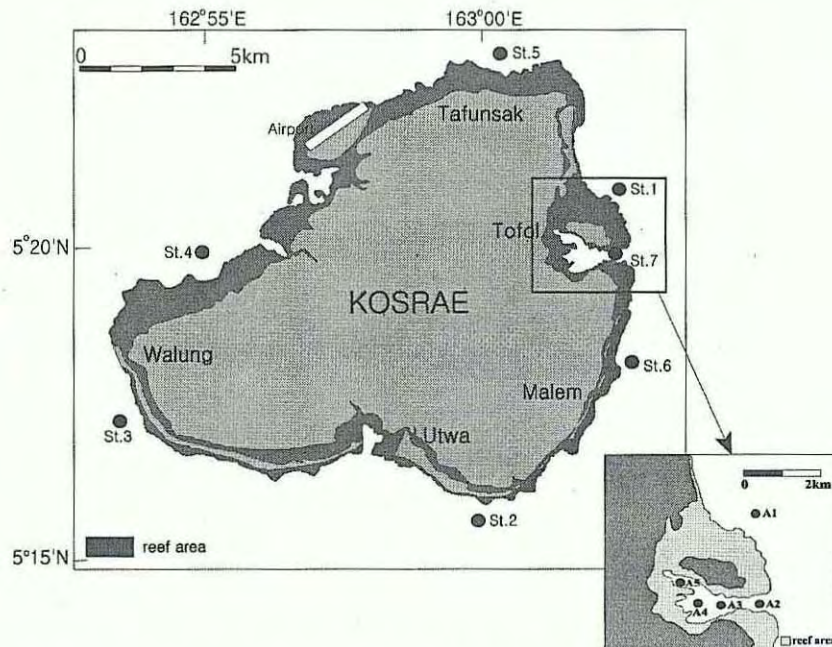


그림 3-1-5. 마이크로네시아 코스레 해역의 조사정점도(2003. 9, 2004. 11).

Fig. 3-1-5. Map showing the study area in Kosrae, FSM (2003.9, 2004. 11).

#### 4). 압

압주는 마이크로네시아의 4개 주중 가장 왼쪽에 위치하고 있는 주로 팜과 팔라우 사이 138° 5' E, 9° 30' N에 위치하고 있다.

압의 기후는 열대해양성기후로서 고온 다습하며 5월부터 11월까지는 우기이며, 6월에서 12월 사이에는 태풍도 찾아온다. 연평균기온은 27°C, 강수량은 3~4,000mm 범위이다.

압은 대륙기원의 4개의 섬 파니프(Fanif Is.), 타밀(Tamil Is.), 맵(Maap Is.) 및 루문(Is.)이 모여 구성된 일종의 군도로 공동의 산호초를 가지며 서로 좁은 수로로 연결되어 있다. 압의 외측은 전형적인 남서태평양에 분포하는 섬의 특징을 가지고 있다.

압 군도의 외측에는 세계 제2차 대전 당시 미군의 해군 기지로 활용되었던 우리티 환초(Ulithi Atoll)를 필두로 800km에 걸쳐 분포한 약 130개의 수십 개의 소형 환초가 분포한다.

압주의 전체 면적은 102km<sup>2</sup>이며 인구는 2003년 기준으로 약 11,600여명이며, 이중 약 55%가 압 환초 안에 거주한다. 행정구역은 수도 콜로니아(Colonia)와 10개의 촌으로 구성되어 있다. 특산물은 참치류 및 트로카스이며, 농업은 발달해 있지 않다.

압군도에서 가장 중요한 섬은 남북으로 길게 늘어진 파니프로 이선의 동쪽 중간 지점부터 전술한 3개의 섬이 연이어 있어 전체적으로는 삼각형의 형태를 가지고 있다. 이 섬들은 유라시아판(Eurasian plate)의 융기로 인하여 태어났기 때문에 전체적으로 표고가 낮은 구릉지대가 많이 분포하고 있다. 지질학적 구조는 호주와 매우 유사하다.

압의 해안은 망구로브군총이 밀생하고 있으며, 섬들의 연안에는 2~3km 정도의 폭을 가지는 거초가 발달해 있으며 그 외측으로 보초가 둘러싸고 있는 특징적인 형태를 가지고 있다. 거초와 보초 사이에 라군이 발달해 있다. 파니프와 타밀 사이에는 비교적 규모가 큰 분지형의 초호가 발달해 있으며 수로를 통하여 루문 남쪽으로 열리며, 맵 서쪽해안에 발달한 초호와 이어진다. 이곳에는 망구로브군총이 밀생해 있으며, 낮은 수심에는 잘피대가 발달해 있다. 타밀 동북쪽 해안과 맵 남동쪽 해안 사이의 초호도 이와 유사한 특징 가지고 있다.

압에서의 조사정점은 환초 경계면과 섬 사이 수로를 따라 산호초 군집의 형태를 감안하여 결정하였으며, 조사지역의 수심이 낮았기 때문에 타 지역에 비하여 많은 18개의 조사정점을 설정하였다(표 3-1-5, 그림 3-1-6). 해조류는 11개 정점에서, 대형무척추동물은 7개 정점에서, 그리고 어류는 4개 정점에서 조사를 실시하였다.

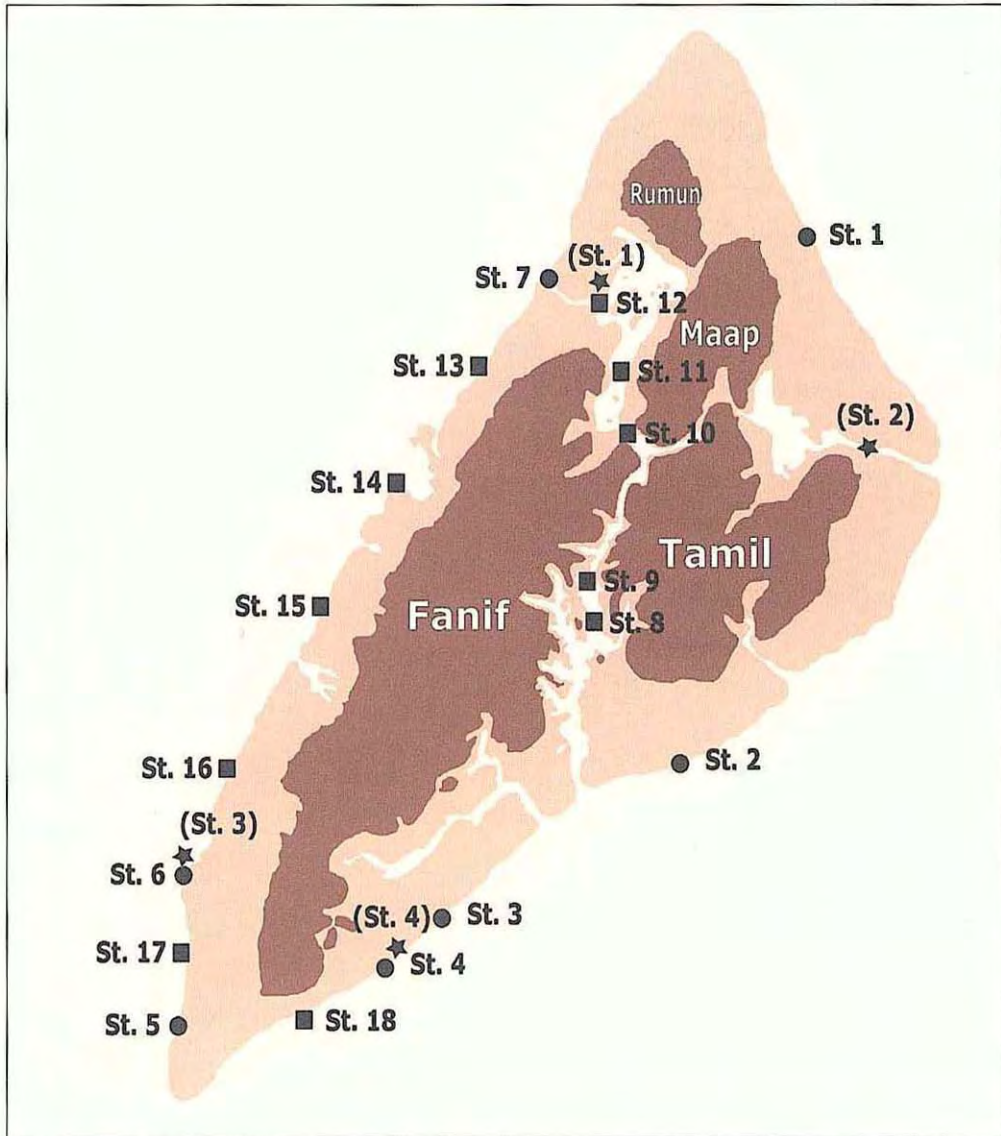


그림 3-1-6. 마이크로네시아 얍 해역의 조사 정점도(2005. 9-10)

★: 어류 조사정점. ●: 무척추동물 조사정점, ■: 해조류 조사정점.

Fig. 3-1-6. Map showing the study area in Yap, FSM (2005. 9-10).

★: fish resources. ●: macrozoobenthos, ■: seaweeds

표 3-1-5. Yap 해역의 해양생물자원 조사정점의 좌표(2005. 9-10)

Table 3-1-5. Position of stations for marine biological resources study in Yap, FSM (2005. 9-10)

Station	Latitude	Longitude	depth (m)	Bottom type
S-1 (Sunrise reef)	9° 36' 47''	138° 11' 53''	8-30	Reef, Moderate slope
S-2 (Sakura terrace)	9° 29' 31''	138° 10' 06''	10-25	Reef, Moderate slope
S-3 (Aliko reef)	9° 27' 42''	138° 7' 22''	10-25	Reef creak
S-4 (Millenium reef)	9° 26' 32''	138° 5' 44''	10-25	Reef, Moderate slope
S-5 (Gilman wall)	9° 25' 50''	138° 2' 41''	10-25	Reef, Moderate slope
S-6 (Spanish wall)	9° 27' 56''	138° 2' 50''	10-30	Reef, Moderate slope
S-7 (Manta ridge)	9° 36' 07''	138° 7' 58''	10-30	Reef, Channel
S-8	9° 31' 11''	138° 8' 49''	18	Coral sand, Channel
S-9	9° 32' 09''	138° 8' 46''	1- 2	Coral sand, Channel
S-10	9° 33' 45''	138° 9' 12''	1- 2	Coral sand, Channel
S-11	9° 34' 26''	138° 9' 04''	20	Coral sand, Channel
S-12	9° 35' 44''	138° 8' 51''	10-25	Reef, Moderate slope
S-13	9° 34' 51''	138° 7' 05''	10-25	Reef, Moderate slope
S-14	9° 33' 15''	138° 5' 57''	10-30	Reef, Moderate slope
S-15	9° 31' 35''	138° 4' 43''	10-25	Reef, Moderate slope
S-16	9° 29' 16''	138° 3' 32''	10-30	Reef, Moderate slope
S-17	9° 26' 52''	138° 2' 52''	10-30	Reef, Moderate slope
S-18	9° 25' 54'	138° 4' 39''	10-30	Reef, Moderate slope

나. 조사항목별 조사방법

1). 해조류

조간대 및 5m 이하의 수심에서는 정점별로 50 × 50cm 크기의 방형구를 무작위로 3개 설치하여 출현하는 종의 피도(bottom coverage)를 측정하였다. 조하대에서는 줄자를 이용하여 산호초의 최상부에서 수심 25m까지 1개의 정선구 (line transect)를 설치하여 수심



5m 간격으로 정선구의 양측에 각 한 개의 방형구(50 × 50cm)를 설치한 후 방형구 내 출현하는 해조류의 피도를 측정하였다. 각 조사정점에서 수심별로 조사된 해조류의 피도는 종별로 구분하여 합을 구한 후, 조사된 조사지점의 수로 나누어 평균피도로 나타내었다 (식 1).

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

$S_N$  : 정점 N에서 종 S의 평균피도

$m$  : 정점 N에서 조사된 조사지점의 수

$C_i$  : i번째 조사지점에서 종 S의 피도

우점도는 매 조사지점에서 조사된 각 종의 피도를 정점별로 합하고 이를 조사지점의 수로 나누어 정점별 평균피도를 구한 후, 정점 구분 없이 다시 합한 후 정점의 수로 나누어 결정하였으며(식 2), 이를 토대로 우점종을 결정하였다.

$$D_S = (\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m C_j)/m)/n \quad \dots \dots \dots (2)$$

$D_S$  : 종 S의 우점도

$m$  : 정점별 조사지점의 수

$n$  : 조사정점의 수

$C_j$  : j번째 조사지점에서의 종 S의 피도를 나타낸다.

조사지점 각 군집구조의 유사성을 분석하기 위해 다변량 분석을 실시하였다. 입력자료는 각 조사지점에서 조사된 종별 풍도로 구성된 Q-mode matrix로 square root로 변환 값이었다. 유사도는 Bray-Curtis similarity로 구하였다. 다변량 분석으로 비가중 무리평균(unweighted group average) 및 nonmetric multidimensional scaling (nMDS)를 적용하였다. 사용한 프로그램은 Prime 5.0 (Primer-E Ltd)이었다.

방형구간 얻어진 수심별 자료는 산호초의 수직범위가 최소 0.5m에서 최대 20m 범위로 정점별로 상이하였기 때문에 모든 정점의 자료 중 수심 5m를 기점으로 한 자료로 정점간의 차이를 비교하였다.

## 2). 대형무척추동물

대형저서무척추동물 조사는 매 정점마다 2인 1조의 잠수부를 2회씩 투입하여 실시하였다. 산호초 주변에 서식하는 초대형저서동물의 수직별 분포양상을 파악하고, 무척추동물 자원과 관련된 정량 조사를 실시하였다.

정량조사의 경우 수심 10 m 지점을 기준으로 해안선에 수직방향으로 30m 수심까지 line transect를 설정하고 방형구(2 m x 2 m)를 수심별(10 m, 15 m, 20 m, 25 m)로 설치하고 방형구 내의 무척추동물의 출현양상을 비디오촬영(Sony RV-900, V-350)한 후, 육안으로 분별 가능한 무척추동물을 계수하였다.

정성조사는 정량조사에서 간과될 수 있는 다양한 서식처에 대한 자원생물 분포를 파악하기 위해 실시되었으며, 줄자를 이용하여 산호초 최상부에서 저층까지 1개의 line transect를 설치하고 각 조사점의 저층까지 무인케이블카메라(T-water 700DX, Tsukamoto Co. LTD)를 투입하여 선상에서 모니터를 통해 실시간 관찰 및 녹화 자료를 이용하였다.

열대해역에서 우점하는 Acroporidae과의 경우 피복하는 형태에 따라 Type 1 (branching growth-form), Type 2 (encrusting growth-form), Type 3 (plate-like growth-form)으로 구분하여 nonmetric multidimensional scaling analysis (nMDS)를 실시하여 유사도(Bary-Curtis similarity)를 구하였다. 사용된 소프트웨어는 Primer v5이었다.

### 3). 어류

어류 자원조사는 각 어종 출현 양상 및 방위, 지형 특성을 고려하여 현지 전문 잠수부와 상의하여 결정하였다. 수중 조사는 연구원소속의 잠수부가 2인과 현지가이드가 1조를 이루어 실시하였으며 정점별 어류상과 수산 자원종의 자원량을 조사하였다. 조사 범위는 정점별 지형적인 특성, 투명도 및 조류의 세기를 감안하여 관찰 시간 40~80분으로 조절하였으며, 조사 범위는 정점당 약 150~400m<sup>2</sup>였다. 조사시 관찰된 수산 어종은 종별 마리 수 및 전장 조성을 육안 관찰하고 생태적 특성을 기재하였다. 관찰된 어종의 동정은 수중에서 육안 관찰을 통한 동정 및 계수를 하였으며 동시에 수중 촬영한 사진을 도감과 대조하였다. 기타 표층 회유성 어종은 폼페이 어시장에 유통되는 지역 원주민들의 어획물도 조사하였다.

어류의 분류 체계는 Nelson (1994)을 기준으로 하였으며, 국명은 한국어도보(정 1977), 한국동물명집(한국동물분류학회 1997) 및 한국산어명집(이 등 2000)을 기준으로 하였다. 국명이 없는 종은 영어명을 사용하였으며 종 수준의 학명과 영명은 Masuda *et al.* (1984), Myers (1991) 및 Nakabo (1993)를 참조하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 축

1). 해조류

조사된 12개 정점 중 해조류의 구성종의 수가 가장 많았던 곳은 축 환초의 South Pass 서쪽의 정점 6이었고, 가장 적은 곳은 쿠옵 환초에서의 정점 7, 10, 11 및 12였으며(표 3-1-6). 축 환초와 쿠옵 환초간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 3-1-7).

표 3-1-6. 마이크로네시아 축 해역의 조사 정점별 해조군집의 출현 종수 (2003. 2)  
Table 3-1-6. Number of seaweed species in Chuukish water, FSM (2003. 2)

Species	Stations											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chlorophyta												
<i>Boodlea</i> sp.					+	+			+			
<i>Microdictyon</i> sp.						+		+	+	+	+	+
<i>Valonia ventricosa</i>	+	+										
<i>Bryopsis pennata</i>		+	+	+								
<i>Caulerpa racemosa</i>			+	+								
<i>Halimeda sdiscoidea</i>		+		+	+	+	+	+	+			
<i>H. opuntia</i> f. <i>cordata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halymeda</i> sp.					+	+			+			
Phaeophyta												
<i>Zobaria diesinggiana</i>	+				+	+						
<i>Padina Minor</i>		+										
<i>Turbinatria ornata</i>					+	+						
Rhodophyta												
<i>Peyssonnelia caulifera</i>					+	+						
<i>Cruoriopsis</i> sp.					+	+			+			
<i>Lithothamnion simulans</i>						+			+			
<i>Lithophyllum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total no. of species	4	6	4	5	9	11	3	4	8	3	3	3

표 3-1-7. 마이크로네시아 측 환초와 쿠옵 환초간 해조군집의 구성 종수의 비교 (2003. 2)

Table 3-1-7. 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 분포하한선(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 결정되었다(그림 3-1-7).

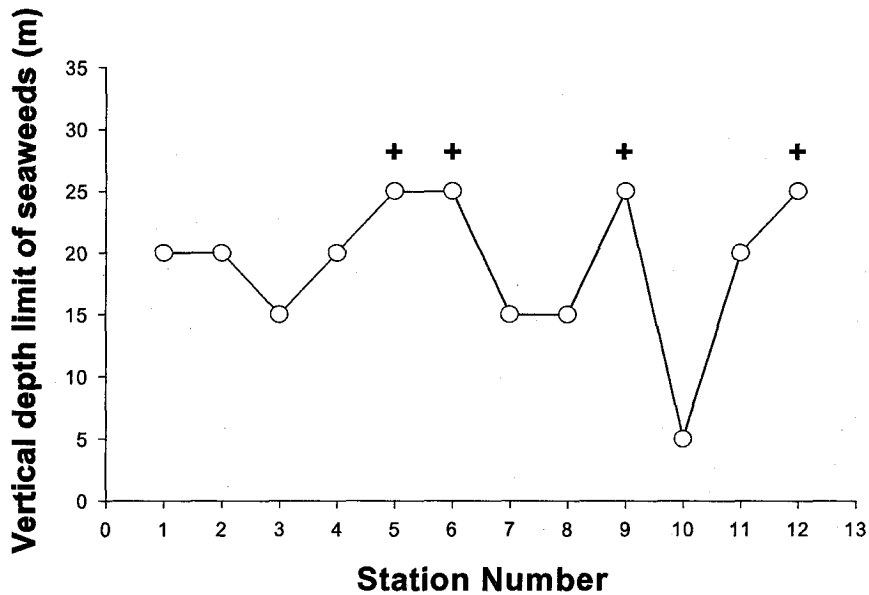


그림 3-1-7. 마이크로네시아 측 해역에 분포하는 해조류의 분포하한선 (2003. 2).

Fig. 3-1-7. 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.

한편 경사가 완만한 지역에 위치한 정점에서 해조류의 분포하한이 얇은 것은 경사가 끝나는 수심 20 m 내외에서 석회질대가 산호초를 따라 이어지기 때문에 해조류가 부할 기질이 소실되는 것과 큰 관련이 있어 보인다.

해조류의 피도는 측 환초에서 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 높아 수심별로 큰 차이를 보였다(표 3-1-8, 그림 3-1-8). 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. 쿠옵 환초의 경우에는 해조류의 수심별 피도 변화가 정점별로 많은 차이가 있었다(그림 3-1-9). 정점 8과 정점 12의 경우에는 수심 10 m에서 피도가 가장 높은 반면 정점 9와 정점 11의 경우에는 20 m에서 피도가 가장 높았다.

정점 7에서는 수심이 증가함에 따라 해조류의 피도가 감소하였다. 한편 정점 10의 경우에는 수심이 5 m에 불과하여 수심 변화를 설명하는 것이 무의미하였다.

측 환초와 쿠옵 환초간 해조류의 단위면적 (50 cm x 50 cm) 당 평균피도를 비교한 결과 출현종의 경우와 같이 유의한 차이가 없는 것으로 밝혀졌다 (표 3-1-9).

각 조사지점에서 출현하는 해조류의 평균피도를 기초로 한 우점도를 분석해 보면 전체 12개의 조사정점에서 평균피도가 1% 이상인 우점종은 *Microdictyon* sp., *Padina minor* 및 *Lithophyllum* sp. 그리고 *Halymeda*속에 속하는 3종의 해조류 (*H. opuntia* f. *cordata*), *Halymeda discoidea*, *Halymeda* sp.)로 모두 6종에 불과하였다(표 3-1-10). 조사해역의 최우점종인 *Microdictyon* sp.의 각 정점별 수심별 피도의 변화에서 보듯이 우점종의 정점별 피도변화도 매우 컸다(그림 3-1-10).

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 3-1-11). 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 측 환초나 쿠옵 환초에 위치한 수심이 깊은 대규모 직벽 지형이며, 이들의 식생은 수심이 낮은 소규모 직벽 지형에 위치한 다른 정점과 상이함을 보인다. Group 3에 속하는 정점들은 측 환초의 소규모 직벽 지형에 위치하는 것들로 측 환초의 대규모 직벽 지형에 위치한 정점들이나 쿠옵 환초에 위치한 정

표 3-1-8. 마이크로네시아 측 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종별 피도 (2003. 2)

Table 3-1-8. 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</i> f. <i>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	4	+	2				
<i>H. opuntia</i> f. <i>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</i> f. <i>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</i> f. <i>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</i> f. <i>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

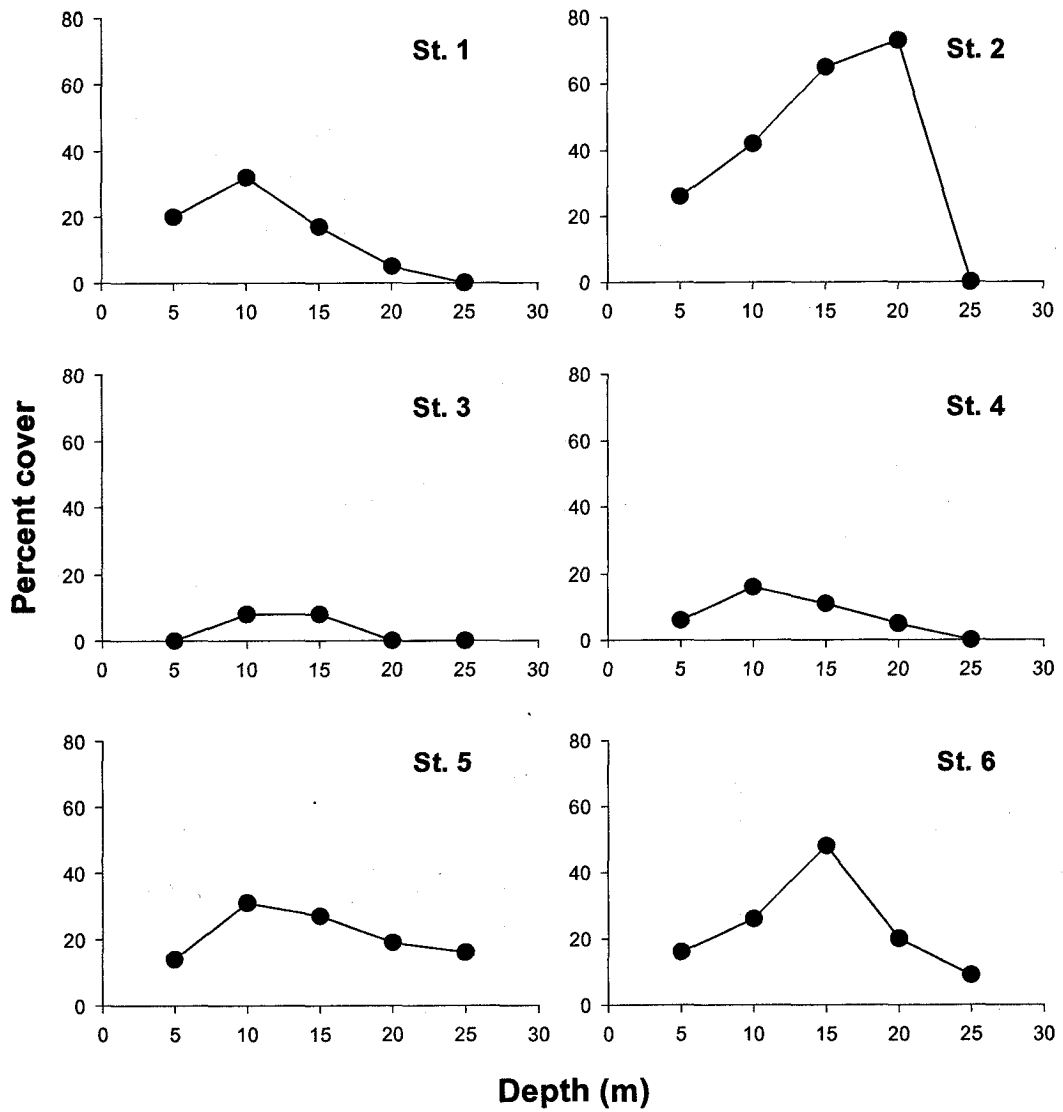


그림 3-1-8. 마이크로네시아 측 환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 (2003. 2).  
 Fig. 3-1-8. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2).

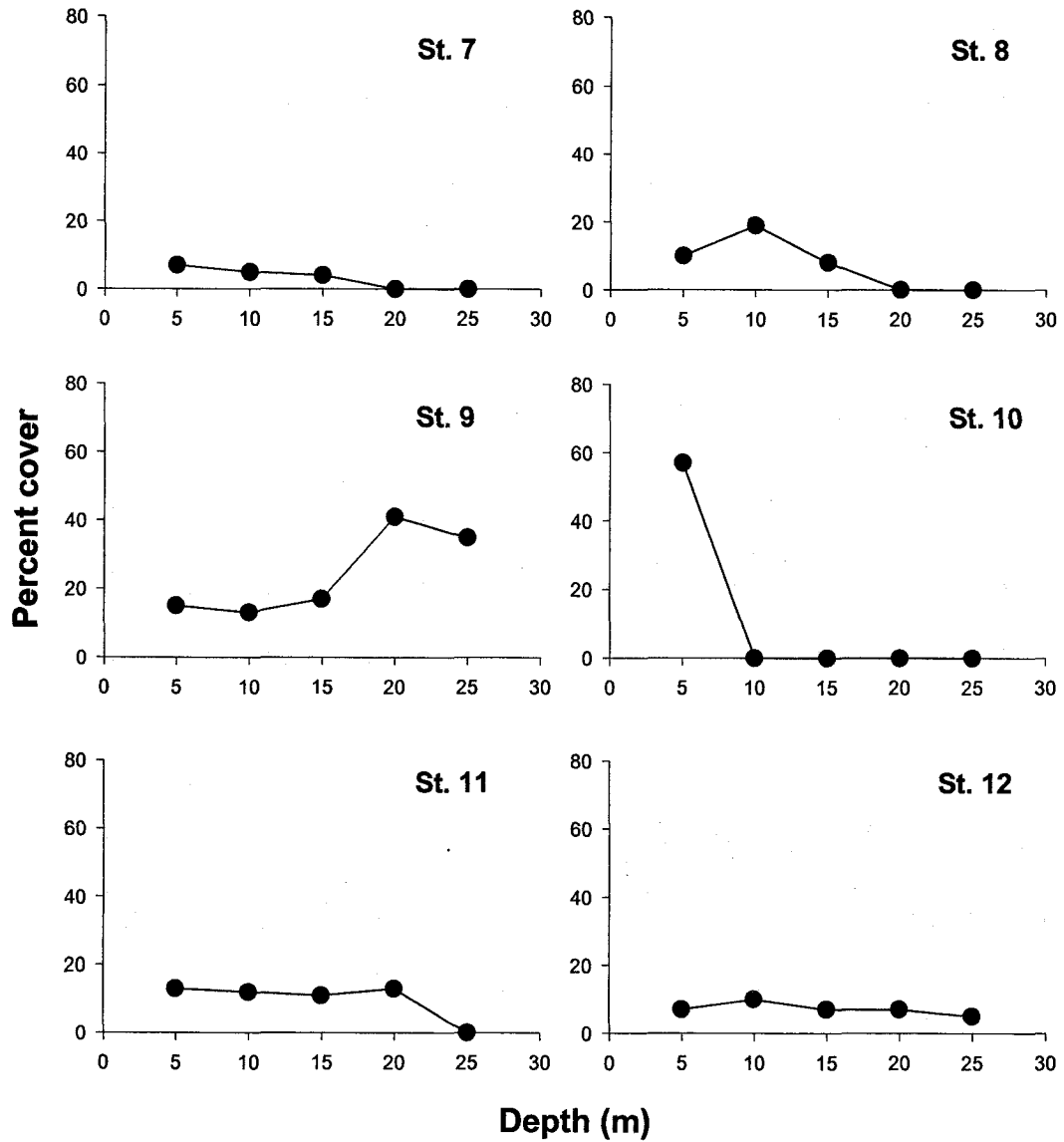


그림 3-1-9. 마이크로네시아 쿠옵 환초에서의 수심별 해조류의 피도변화 (2003. 2).  
 Fig. 3-1-9. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Kuop Atoll, FSM (2003. 2).



표 3-1-9. 마이크로네시아 측 환초와 쿠옵 환초간의 해조류의 평균 피도 비교 (2003. 2)  
 Table 3-1-9. Comparison of average seaweed coverage 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>
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

표 3-1-10. 마이크로네시아 측 해역에 있어서 평균피도를 기초로한 해조류의 우점도(2003. 2)  
 Table 3-1-10. Dominance index of seaweed species based on coverage in Chuukish  
 water, FSM (2003. 2)

Species	Station Number												<i>D</i>
	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> minor	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>Lithochyllum</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>desingiana</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>Peysonnella</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>Quoropsis</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>Byopsis</i> <i>pernata</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>Turbinaria</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

점들과는 식생이 다름을 나타낸다. Group 2에 속하는 정점들은 대개가 쿠옵 환초에 속하는 정점들로 대규모 직벽에 위치한 정점 9를 제외한 대부분의 식생이 측 환초와 상이함을 나타낸다. 한편, 출현종의 유무를 토대로 측 해역에 분포하는 해조류의 cluster analysis를 구한 결과 평균피도로 분석한 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

조사지역에서 우점하는 종은 *Microdictyon* sp.(그림 3-1-12a), *Halymeda opuntia* f.

***Microdictyon* sp.**

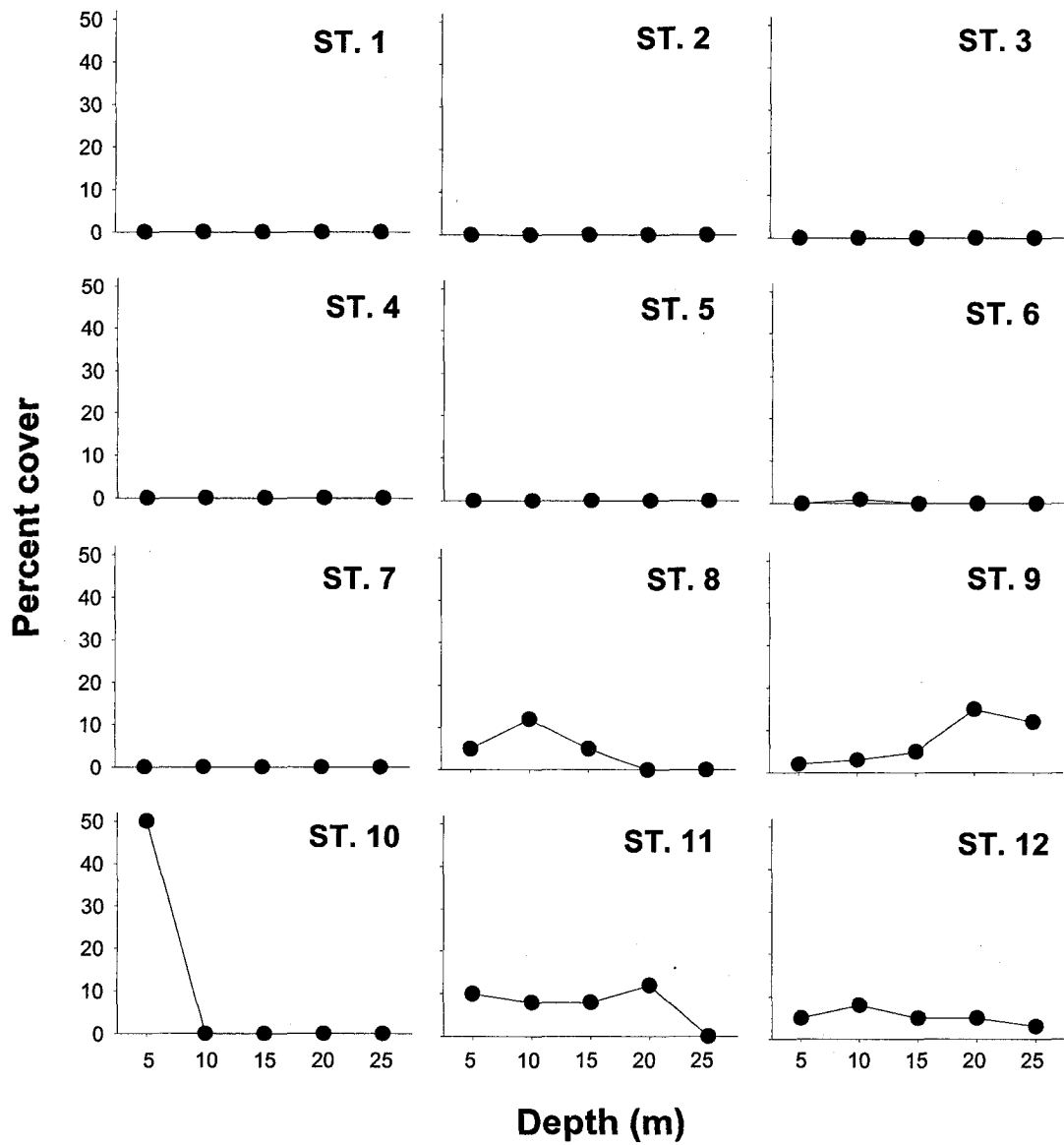


그림 3-9-10. 마이크로네시아 측 해역 해조군집에서 우점하는 *Microdictyon* sp.의 수심별 피도변화 (2003. 2).

Fig. 3-9-10. Vertical changes of coverage of a dominant seaweed species, *Microdictyon* sp. in Chuuk, FSM (2003.. 2).

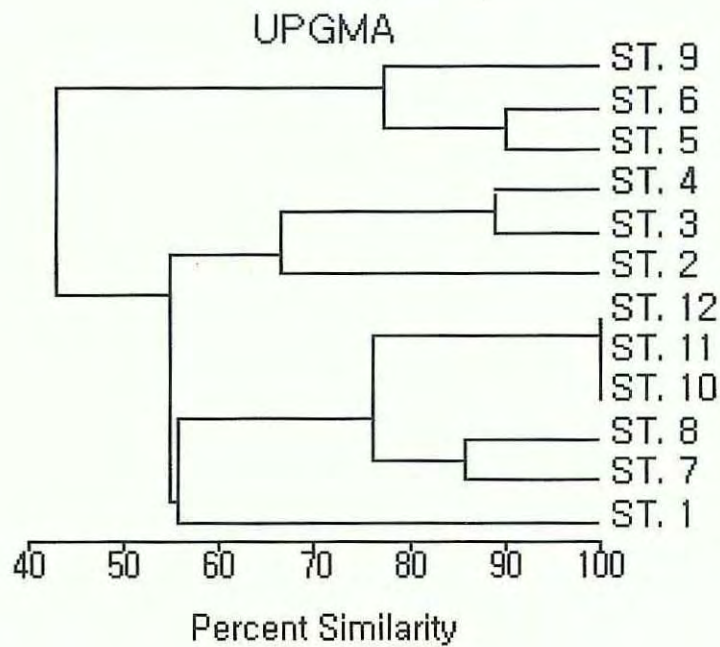


그림 3-1-11. 조사 정점간 해조류의 평균피도를 토대로 구한 측 해역의 집괴분석 (2003. 2).

Fig. 3-1-11. Cluster diagram (UPGMA) based on seaweed coverage in Chuuk, FSM (2003. 2).

A.



B.

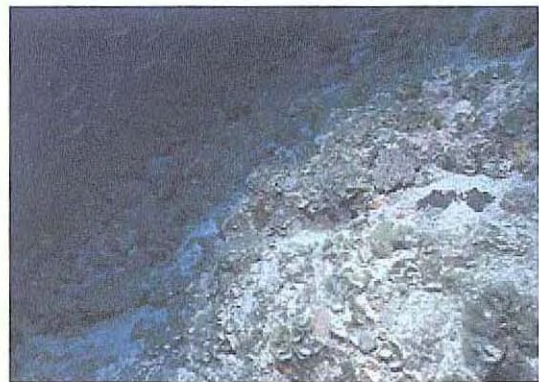


그림 3-1-12. 마이크로네시아 측 해역에 우점하는 해조류.

Fig. 3-1-12. Dominated algae in Chuuk, FSM (A: *Microdictyon* sp., B: *Halymeda opuntia* f. *cordata*).

*cordata*, *Padina minor*, *Halymeda* sp., *Halymeda discoidea*, 그리고 *Lithophyllum* sp. 였다. 이들의 분포특성은 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, 측환초에서는 *Halymeda* spp.가, 그리고 쿠옵환초에서는 *Microdictyon* sp.가 주요 우점종으로 나타나 두 해역의 식생이 서로 다를 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) 또는 망그로브군총 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 측 해역에서 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 개발 연구가 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, 측주의 경우 측환초의 외측에 산재한 나무인 환초, 쿠옵 환초, Namoluk Atoll 등과 측 환초 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.

## 2). 대형무척추동물

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.

축 해역에서 총 117종의 초대형무척추동물이 기록되었다. 축에서는 모두 해역에서는 79종이 출현하였으며, 산호가 포함된 강장동물(Cnidaria)이 40종으로 가장 많았으며 극피동물(Echinodermata)이 16종으로 그 다음을 차지하였으며, 남원 환초에서는 44종이 출현하였다(표 3-1-10, 11). 이들 3개 해역에서 총 117종이 기재되었는데, 축 환초 외측과 쿠옵 환초에서 각각 56종이 출현하였으며, 남원 환초에서는 44종이 출현하였다(표 3-1-11, 12).

표 3-1-11. 마이크로네시아 축 해역의 조사 정점별 대형저서동물의 출현 종수 (2003. 2)  
Table 3-1-11. Number of zoobenthic species in Chuuk, FSM (2003. 2)

	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

축 해역에서의 조사결과는 산호초 보호를 위하여 일부 우점종에 대한 표품채취를 제외하고는 잠수관찰과 수중촬영 자료를 토대로 얻어진 결과로 정성적 자료에 가깝다. 따라서 일정 면적의 산호초를 모두 수거하여 정량적 조사를 수행한다면 이보다 다양한 종조성을 나타낼 것으로 생각된다.

축 해역에 있어 무척추동물의 수직분포 양상은 축 환초의 수로지역(정점 1), 초호의 내만지역(정점 4), 구읍 환초 내만(정점 7) 및 남원 환초의 앞은 산호초지역(점점 1)으로 구분할 수 있다(그림 3-1-13).

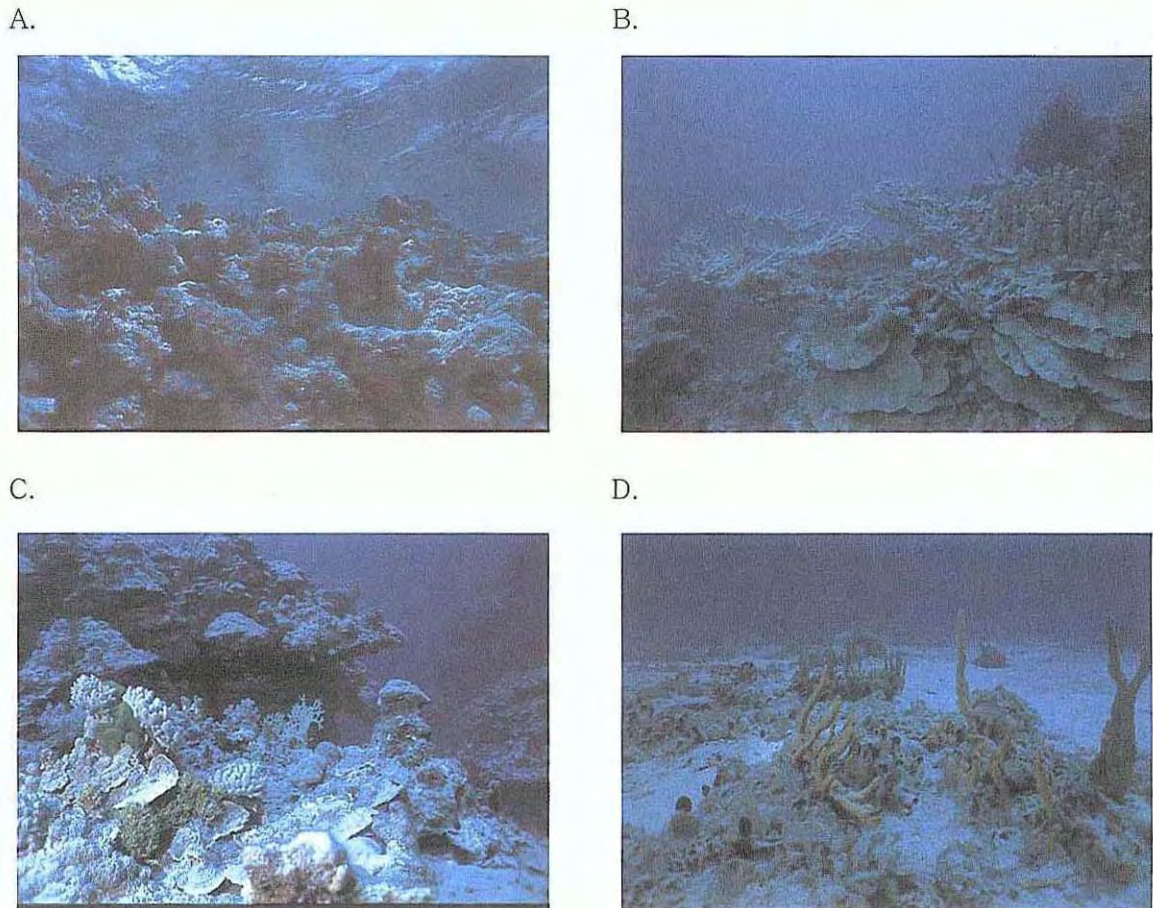


그림 3-1-13. 마이크로네시아 축 해역의 지형별 저서동물군집 유형.

Fig. 3-1-13. Benthic communities in Chuuk, FSM depend on bottom type (A: Channel, B: Inside of lagoon, C: Outer of atoll, D: Shallow reef).

표 3-1-12. 마이크로네시아 측 해역에 출현하는 초대형무척추동물의 목록 (1999~2003)

Table 3-1-12. Species list of mega-benthic fauna in Chuuk, 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	
<i>Lanthella 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>Axinella proliferans</i>				0
<i>Cymbastella marshae</i>				0
<i>Hytios mela</i>				0
<i>Dorypleres 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 crista</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>Macrodictyla doreensis</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 crista</i>	0		0	
<i>Pachyseris</i> sp.	0			
<i>Pavona clavus</i>			0	
<i>Pectinia peonia</i>	0			
<i>Pluerogyra 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		

표 3-1-11. 계속

Table 3-1-11. 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 acuealata</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>Hytissa hyotis</i>		0		
<i>Hytissa</i> sp.	0	0	0	0
<i>Isognomon</i> sp.		0		
<i>Lambis scorpius</i>		0		
<i>Lambis truncata</i>				0
<i>Lithophaga zittelliana</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>Ophiotrix</i> sp.			0	
<i>Oxycomanthus bennetti</i>			0	
<i>Stochopus variegatus</i>	0	0	0	



표 3-1-12. 계속

Table 3-1-12. Continued

Species	Chuuk		Kuop	Nomwin
	outer	inner		
CHORDATA				
<i>Exostoma</i> sp.	0		0	
<i>Didemnum</i> sp.			0	0
<i>Didemum molle</i>		0		
<i>Rhopalae</i> sp.	0	0		0
<i>Polycarpa aurata</i>	0	0	0	0
<i>Diazona</i> sp.				
No. of species	59	58	56	44
No. of stations	6	8	6	9

축 환초의 수로지역의 정점 1은 외해역에서 내부로 이어지는 수로이다. 전반적으로 약 60도의 경사도를 이루면서, 산호초가 발달하였으며, 수심 20m 지역부터는 30도의 완만한 경사를 나타냈다(그림 3-1-14). 수심 25m 이하 지역은 주로 산호사로 구성되었으며 부분적으로 죽은 산호덩어리가 나타났다. 급경사로 인해 전반적으로 빛의 투과지점이 낮게 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 축 환초 내부에서는 전혀 관찰되지 않았던 *Scapophylia* sp. 가 우점하였다. 이 종은 산호가 약 20cm 정도의 높이로 막대 모양을 하고 있는 종으로 하부에는 *Helimida* unid. 등 해조가 우점하였다. 수심 15m부터는 버섯모양의 *Pachyseris* sp. 가 우점하였다. 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. 이들은 죽은 산호덩어리에 부착하여 또 하나의 산호군락을 형성하고 있었다. 따라서 생물다양도는 20m 부근이 상층부 보다 높게 나타났다. 주로 *Tethya* sp., *Luffariella* sp. 등 해면류와 *Dendronephthya* sp. 등 연산호류와 *Junceella* sp. 등 회초리 산호류가 출현하였다. 이들

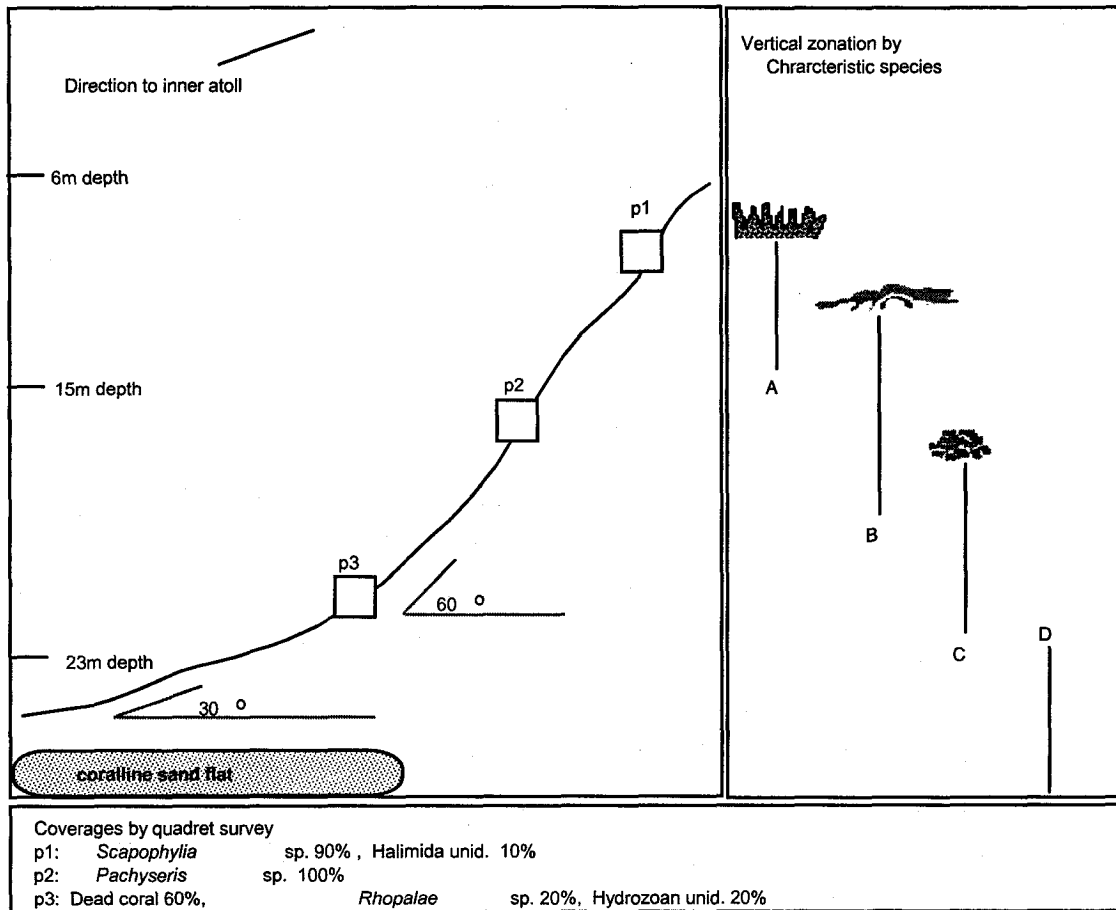


그림 3-1-14. 마이크로네시아 측 환초 정점 1에서의 대형저서동물 수직분포 모식도(2003. 2). p1, p2, p3은 방형구 조사지점.

Fig. 3-1-14. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 1 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

은 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 희드라충류의 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 부분

에서는 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.

축 환초 내만의 정점 4는 정점 1 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 나타낸다. 가장 낮은 수심을 나타낸 것이 3m 정도이며, 상층부까지 *P. nigrescens*가 우점하는 양상을 나타냈다. *P. nigrescens*는 수심 7m 까지 다른 산호가 거의 서식하지 못할 정도로 극우점하였다(그림 3-1-15). 약 8m 수심에 완만한 경사를 이루는 지역부터 수심 12m 까지는 *P. lutea*를 제외하고는 대부분의 산호가 폐사하였다. 폐사된 산호는 *P. nigrescens*로 이루어졌으며, 폐사된 산호를 기반으로 한 새로운 산호의 가입은 관찰되지 않았다. 부분적으로 버섯산호(*Fungia echinata*)가 관찰되었다. 수심 13m 지역은 *P. lutea*군락이 형성되면서 다양한 모양의 산호가 부분적으로 나타났다. 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 멍게(*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 피도 조사에서도 정점 3과 유사하게 나타났으며, *P. nigrescens*가 우점하는 지역의 경우 다른 산호의 가입이 불가능할 정도로 밀생하는 양상을 나타냈다.

쿠옵 환초의 내만 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 직벽

을 이루는 석회암이 형성되어 주로 *Sarcophyton* sp. 등이 우점하면서 다른 형태의 산호

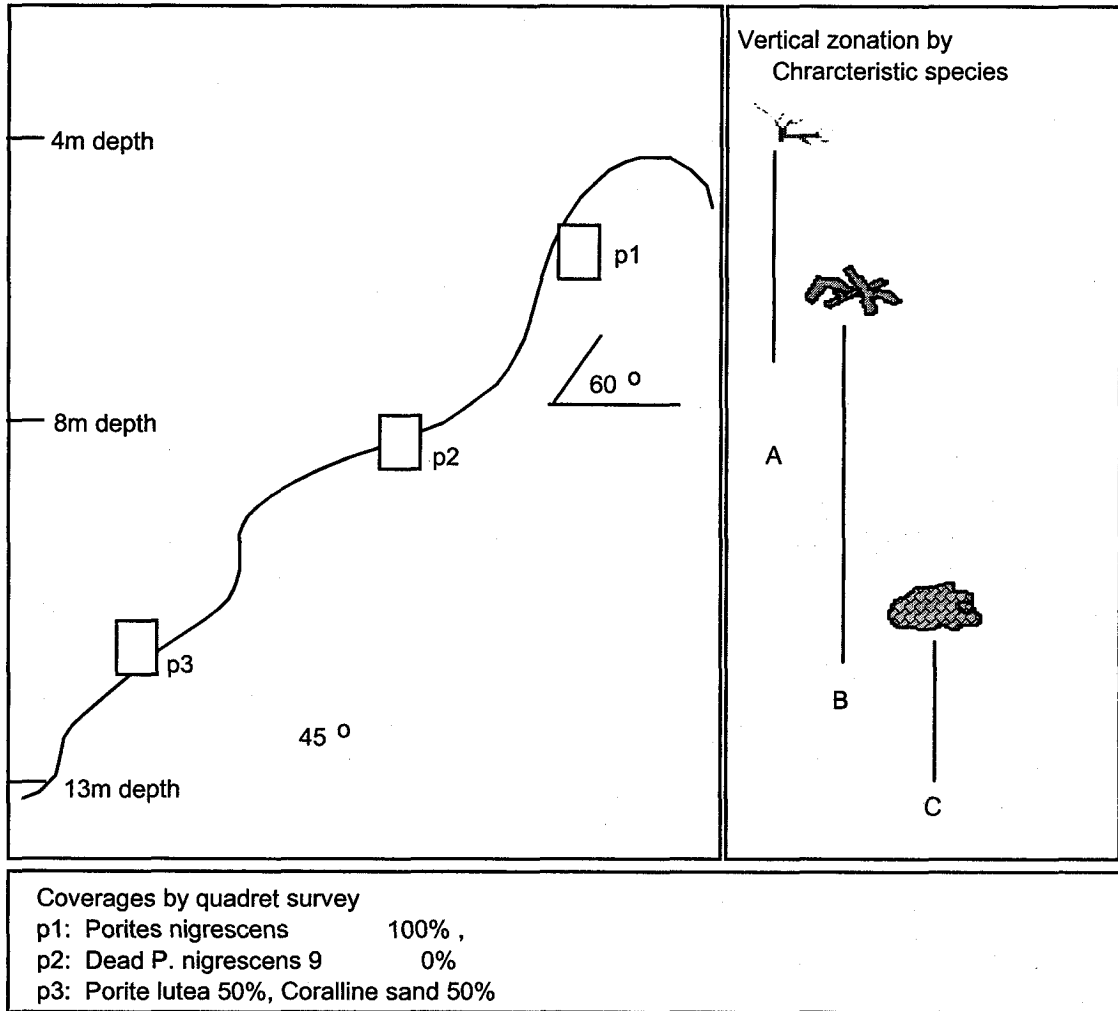


그림 3-1-15. 마이크로네시아 측 환초 정점 4에서의 대형저서동물 수직분포 모식도(2003. 2). p1, p2, p3은 방형구 조사지점.

Fig. 3-1-15. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at St. 4 in Chuuk Atoll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

는 거의 서식하지 않았다(그림 1-3-16). 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.

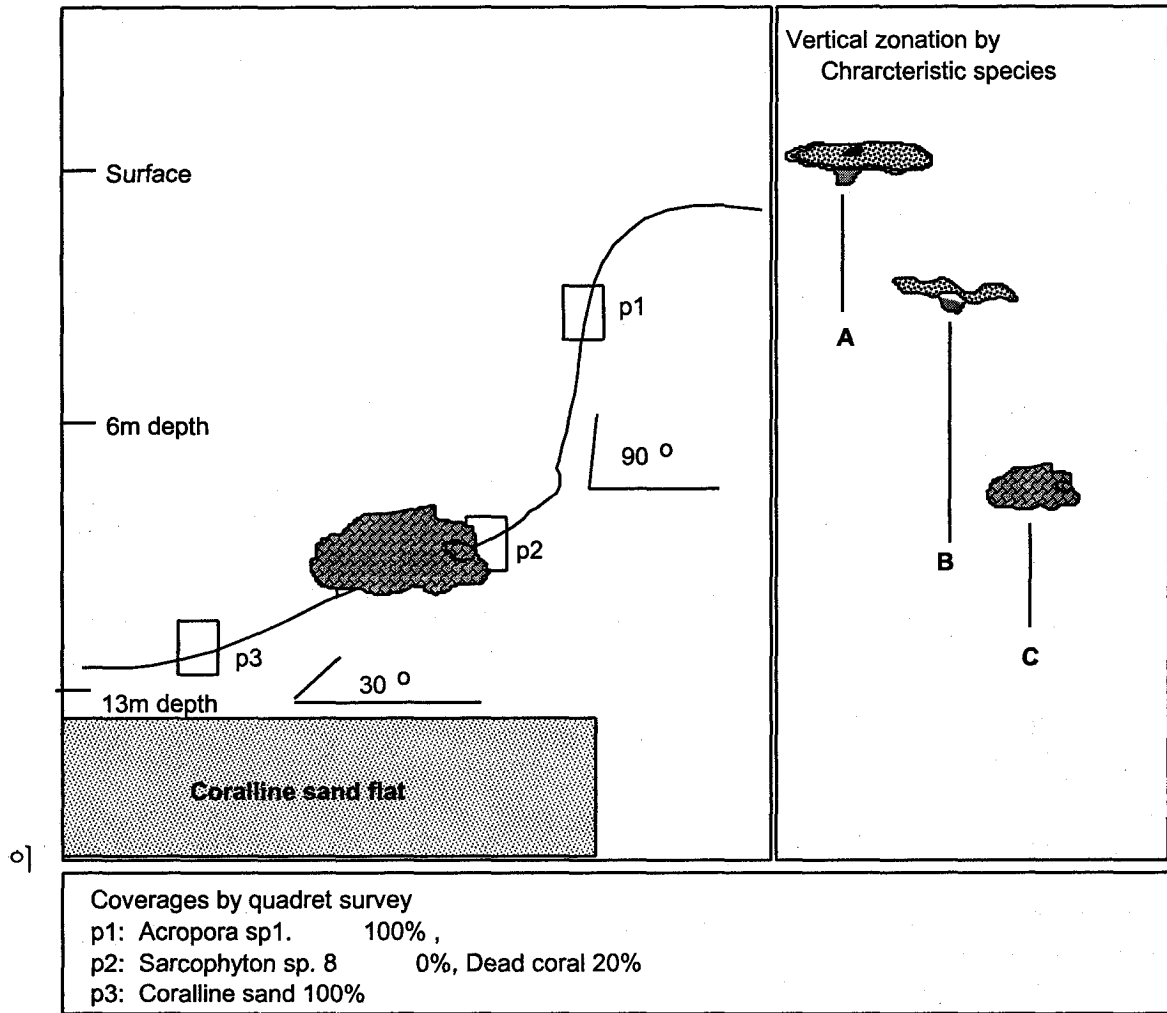


그림 3-1-16. 마이크로네시아 축 환초 정점 7에서의 대형저서동물 수직분포 모식도(2003. 2). p1, p2, p3은 방형구 조사지점.

Fig. 3-1-16. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at St. 7 in Chuuk toll, FSM (2003. 2). p1, p2 and p3 are quadrat locations.

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 종으

로 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 축 환초에 비해 단순한 종조성을 나타냈으며, 수심별로 우점하는 산호류를 찾아보기 어려웠다. 이러한 요인은 강한 조류에 의한 것으로 생각된다. 남원 환초의 얕은 산호초 지역(남원 정점 1)의 경우 수심 5m 이내로 산호사로 펼쳐진 지역에 부분적으로 산호초가 형성된 양상을 나타낸다(그림 3-1-17).

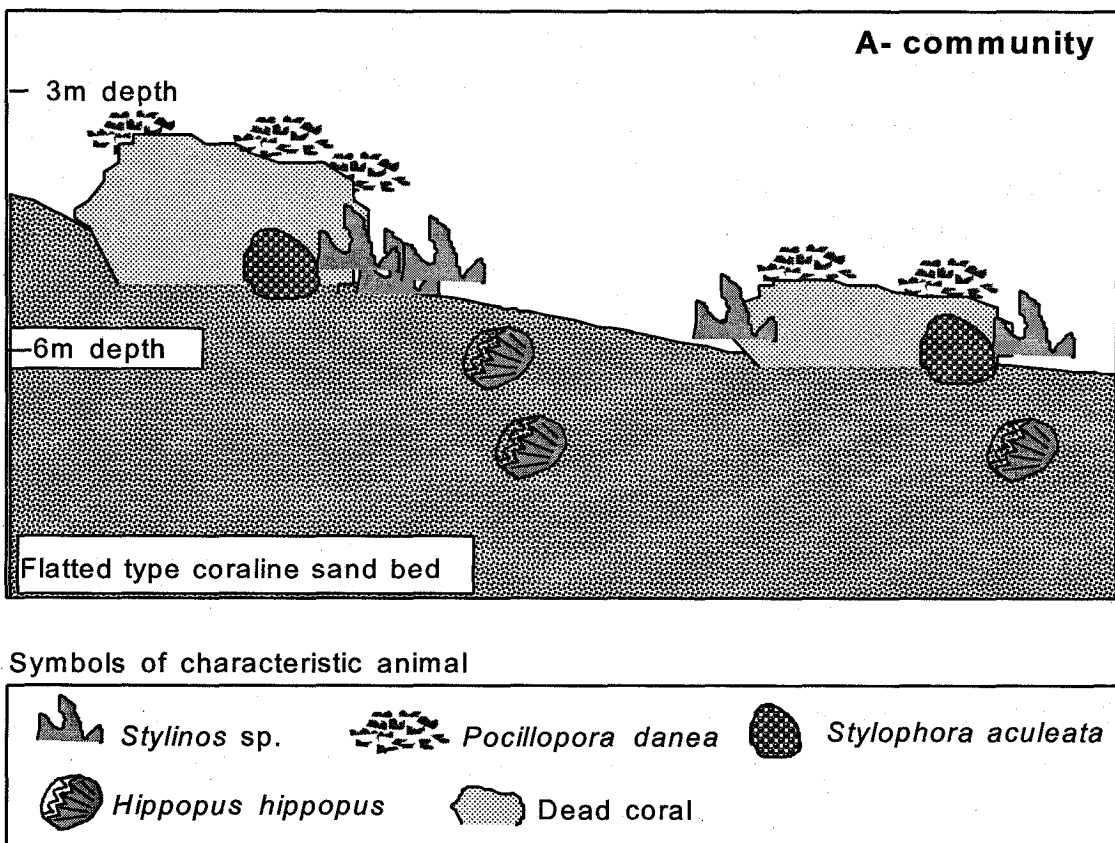


그림 3-1-17. 마이크로네시아 축주 남원 환초 군집-A의 저서동물 수직분포 모식도.  
 Fig. 3-1-17. Scheme of vertical zonation of community type-A in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM.

산호초내의 산호류가 대규모로 발달되지 않은 상태로 죽은 산호를 기반으로 새로운 종이 가입되거나 출아하여 성장하는 양상을 나타내, 산호간의 다양성도 높게 나타나지 않았다. 굴, 진주조개, 해면동물 등의 기타동물은 거의 출현하지 않았다. 산호사 지역의 경우 연흔(ripple)이 굵고 넓게 형성된 양상을 나타내, 조류나 파도의 영향이 비교적 높게 나타나는 것으로 예상된다. 산호사 지역의 경우 퇴적물식자나 서관생활을 하는 현탁물식자(suspension feeder) 등이 우점하는 양상은 나타내나, 이 지역의 경우 그 분포양상이 거의 없거나 매우 작게 나타나 산호사 주변의 유기물 공급이 다소 미약한 것으로 예측된다.

산호초 지대는 해양생태계에서 가장 생물다양성이 높은 해역으로 알려져 있으나 기반을 구성하는 우점종에 따라 차이를 보이고 있다(English et al., 1994). 따라서 서식환경을 파악하는 것만으로 종조성이나 생물다양도를 어느 정도 추측할 수 있다. 정점별로 비교해보면 쿠읍 환초 외곽에 위치한 정점 12에서 가장 높은 종수를 나타냈으며, 전반적으로 쿠읍 환초 내측 지역에서 낮은 종수를 나타냈다. 이러한 요인은 조사지역의 대부분이 산호사로 구성된 지역이므로 산호 분포가 저조하였기 때문이다. 산호사 지역은 표서동물만을 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 정선별 유사도 분석결과 크게 3개 군집으로 나누어 졌다(그림 3-1-18).

축 해역의 군집유형은 크게 내만과 외해역이 상한 군집구조를 나타내고 있으며, 정점 7, 8, 10, 11 등 쿠읍 환초 내부 정점과 정점 2, 3, 4로 축 환초 내부의 정점, 그리고 축과 쿠읍 환초의 외해역 등으로 나누어 졌다. 이러한 결과로 추론해 보면 환초의 내부와 외해역은 상이한 종조성을 보이고 있는 것으로 알 수 있으며, 특히 축 환초와 쿠읍 환초의 경우도 내만에 서식하는 종조성에는 상이한 차이가 있는 것으로 해석할 수 있다.

축 초호의 경우 남위 환초와 유사한 환경에도 *Porite* sp. 등이 번성하여 환초 내에 산호 군락을 형성하고 있지만, 규모가 작은 남위 환초는 외해의 파도영향이 환초 내부까지 도달하여 산호초 성장을 저해하는 것으로 보였다.

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 대상으로 하였기 때문에 높은 종수를 나타낸 것으로 생각된다. 나무인환초의 경우에만 절지동물이 출현하였는데, 이러한 결과는 조사해역 중에 유일하게 열대성 잘피 군락이 포함되었

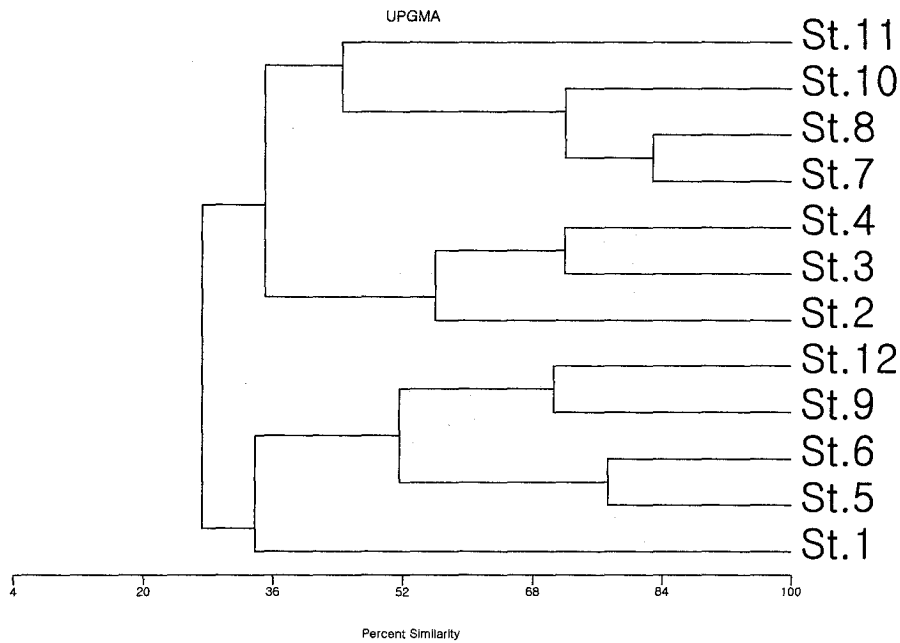


그림 3-1-18. 마이크로네시아 측 해역의 정점별 대형저서동물의 유사도분석 결과 (2003. 2).  
Fig. 3-1-18. Species similarities of megalozoobenthos among research stations in  
in Chuuk, FSM (2003. 2)

기 때문에 상대적으로 소형갑각류의 발견이 용이하였기 때문으로 생각된다. 측 환초를 비롯한 나무인 환초 및 쿠옵 환초는 톱날꽃게와 닭새우 등 고부가가치를 가지고 있는 대형갑각류가 많이 서식하고 있는 곳이지만, 조사방법의 제약으로 인하여 대형갑각류 자원에 대한 조사는 수행되지 못하였다.

조사된 지역을 대상으로 종조성의 유사도를 비교하기 위한 집괴분석을 실시하였다. 쿠옵 환초와 측 환초의 외곽지역이 유사도가 높게 나타났으며, 나무인환초의 경우 다른 지역과 가장 낮은 유사도를 나타냈다(그림 3-1-19).

쿠옵 환초의 경우 측 환초의 외곽지역과 유사한 종 조성을 나타낸 것은 쿠옵 환초 조사 당시 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, 측 환초와 상당한 거리를 보이는 나무인환초의 경우 종 조성에서 측 환초와는 상이한 것으로 해석할 수 있다.



UPGMA

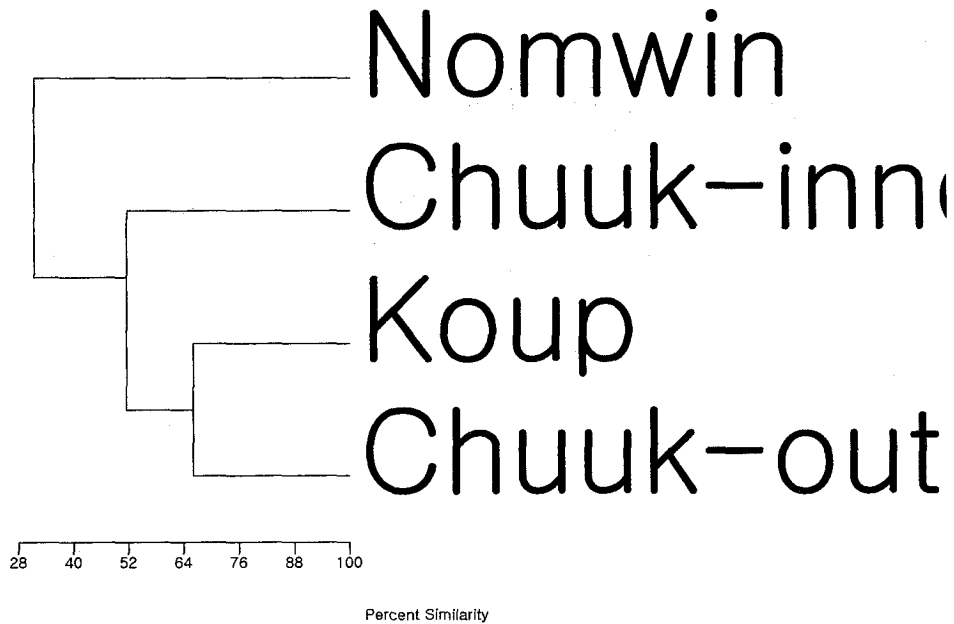


그림 3-1-19. 마이크로네시아 측 해역의 4개 조사지역별 대형저서동물의 종유사도분석 결과 (1999~2003).

Fig. 3-1-19. Species similarities of megalozoobenthos among 4 research areas in Chuuk, FSM (1999 ~2003).

### 3). 어류

마이크로네시아 측 해역에서의 어류자원 조사 결과 수중에서 종 수준까지 동정이 어려웠던 어종을 속 수준으로 처리하였으며, 모래 바닥에 서식하는 아주 작은 어류인 망둥어류와 산호의 산호류 폴립이나 바다나리류의 촉수 사이에 서식하는 1~3cm급 소형 어종들은 잠수관찰이 어려워 조사에서 누락되었다. 이들을 제외하면 측 해역에서 관찰된 어종은 총 317종이었다. 지금까지의 조사가 주로 스쿠버다이빙을 통한 잠수 관찰로 이루어졌

으며, 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.

조사 해역을 축 환초(1999. 6, 2003. 2), 나무인 환초(2001. 7) 및 쿠웁 환초(2003. 2)로 나누어 보면, 축 환초에서 222종, 나무인 환초에서 108종, 그리고 쿠웁 환초에서 181종이 관찰되었으며 총 319종이 관찰되었다(표 3-1-13). 자연 상태가 비교적 훼손되지 않고 보존되고 있다고 판단된 쿠웁 환초에서는 2003년도 2월 6개 정점에서 실시된 단 한차례의 조사에서 181종이 관찰되어 타 해역에 비하여 상대적으로 많은 어종이 서식한다고 판단되지만, 전체적인 어종 수만으로 본다면 해역의 위치보다는 해역의 특성 즉, 수심, 조류, 저질특성, 산호의 종류, 바위 유무, 잘피 등 저서식물 분포 등 환경 차이에 따라 서식종들이 결정되는 것으로 생각되었다.

모웬 섬 연안을 비롯한 축 환초 안에서는 앞에서 언급한 바와 같이 각 정점에서의 어종 구성이 남원 환초나 쿠웁 환초와 큰 차이가 없다고 볼 수 있지만, 일부 장소에서는 불법 다이내마이트어업에 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.

남원 환초에서는 108종으로 조사 해역 중에서 가장 적은 어종수를 기록하였는데 이는 약천후로 인하여 환초 밖에서 조사가 수행되지 못하였기 때문으로 판단되어 다른 지역과 출현종수의 많고 적음을 비교하는 것은 어려운 점이 있다. 또한, 남원 환초 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.

축해역에서의 어류분포 상황을 서식지의 지형적 특성에 따라 분류하면 다음과 같다.

첫째는, 환초 외부지역은 외해의 파도를 직접 받는 곳으로 경사가 심하여 바로 태평양 깊은 바다로 연결되는 지역이다. 축 환초의 정점 5, 6, 9가 이에 해당한다. 수심 1.5m 내외로 얕은 곳에는 산호군락이 뾰뾰하게 발달해 있었으며 그 사이에 소형 놀래기, 자리돔류, 천사고기류, 나비고기류 등 다양한 소형 어류가 많이 관찰된다. 직벽을 따라 내려가면서 산호는 거의 없어지고 돌출된 작은 암반과 모래가 반복되는 단순한 지형이 이어진다. 직벽을 이루고 있는 곳에는 대형 바리류, 갈돔, 전갱이류, 나폴레옹피시, 쥐돔류 등과 자주빛금강바리가 대표적 어종으로 나타났다. 특히 이 직벽 정점에서는 바리류인 *E.*

표 3-1-13. 마이크로네시아 측 해역에서 관찰된 어류목록(1999~2003)

Table 3-1-13. List of fish species observed in Chuuk, FSM (1999~2003)

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
1	<i>Nebrius concolor</i>	+			
2	<i>Trienodon obesus</i>	+			+++
3	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	++	++	++	
4	<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	++++	+		
5	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	++	+++		+
6	<i>Carcharhinus</i> spp.1		+		++
7	<i>Carcharhinus</i> spp.2		+		++
8	<i>Dasyatis kuhlii</i>				++
9	<i>Aetobatis narinari</i>		+		
10	<i>Gymnothorax javanicus</i>		+		
11	<i>Gorgasia</i> spp.		+	+	+
12	<i>Spratelloides delicatulus</i>		+++		
13	<i>Synodus</i> spp.		+		
14	<i>Myripristis adusta</i>	++	++		++++
15	<i>Myripristis berndti</i>				+
16	<i>Myripristis vittata</i>				+
17	<i>Myripristis</i> spp.1		+		+++++
18	<i>Myripristis</i> spp.2		++		+
19	<i>Myripristis</i> spp.3				+
20	<i>Neoniphon argenteus</i>			++	
21	<i>Neoniphon scasmara</i>	++			
22	<i>Neoniphon</i> spp.				++
23	<i>Sargocentron caudimaculatum</i>				+
24	<i>Sargocentron diadema</i>	++	+	+++	
25	<i>Sargocentron ittaodai</i>	+			
26	<i>Sargocentron spiniforum</i>	+		+	
27	<i>Sargocentron violaceum</i>	+			
28	<i>Sargocentron</i> spp.		+	++	+++
29	<i>Aulostomus chinensis</i>	+	++++	++	+
30	<i>Pterois volitans</i>	+			
31	<i>Luzonichthys waitei</i>		+		
32	<i>Pseudanthias bartlettorum</i>			+	
33	<i>Pseudanthias dispar</i>				+

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
34	<i>Pseudanthias lori</i>			+	
35	<i>Pseudanthias pascalus</i>		+		
36	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>				+
37	<i>Pseudanthias smithvanizi</i>			+	
38	<i>Pseudanthias squammipinnis</i>		+		
39	<i>Pseudanthias</i> spp.1	+	++		+++
40	<i>Pseudanthias</i> spp.2		++		+
41	<i>Aethaloperca rogae</i>		++		++
42	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>		+		
43	<i>Cephalopholis argus</i>	+	+	+++++	++++
44	<i>Cephalopholis leopardus</i>				++
45	<i>Cephalopholis miniata</i>	+		+	
46	<i>Cephalopholis sexmaculata</i>	+			
47	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	+		+	+
48	<i>Cephalopholis urodeta</i>	++	+++	+++	+++++
49	<i>Cephalopholis</i> spp.		+	+	
50	<i>Epinephelus merra</i>		++	+++	+
51	<i>E. caeruleopunctatus</i>				+
52	<i>Epinephelus polyphekadion</i>	+	++		+
53	<i>Epinepheles tauvina</i>		+		
54	<i>Epinepheles</i> spp.		+	++	
55	<i>Plectropomus areolatus</i>	+			
56	<i>Plectropomus laevis</i>	+			
57	<i>Plectropomus oligacanthus</i>		++		+++
58	<i>Plectropomus</i> spp.		++		
59	<i>Variola</i> spp.	+			
60	<i>Pseudochromis</i> spp.		+		
61	<i>Paracirrhitis arcatus</i>	++	+	+++	+
62	<i>Paracirrhitis forsteri</i>	+			
63	<i>Paracirrhitis hemistictus</i>			+	
64	<i>Paracirrhitis</i> spp.		+	+	+
65	<i>Apogonidae</i> spp.		+		+
66	<i>Apogon complessus</i>			+	

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
67	<i>Apogon cyanosoma</i>			+	++
68	<i>Apogon gilberti</i>		+		+
69	<i>Apogon nigrofasciatus</i>			+	
70	<i>Apogon</i> spp.1		+	++++	++++
71	<i>Apogon</i> spp.2				+++
72	<i>Apogon</i> spp.3				++
73	<i>Apogon</i> spp.4				+
74	<i>Archamia</i> spp.		+		
75	<i>Cheilodipterus</i> spp.1				+
76	<i>Cheilodipterus</i> spp.2				+
77	<i>Hoplolatilus starcki</i>				+
78	<i>Malacanthus brevirostris</i>			++	++
79	<i>Malacanthus latovittatus</i>		+	+++	+
80	<i>Echeneis naucrates</i>	+	++++		+
81	<i>Gnathanodon speciosus</i>	+			
82	<i>Carangoides orthogrammus</i>				+
83	<i>Caranx lugubris</i>				+
84	<i>Caranx melampygyus</i>		++		++
85	<i>Caranx sexfasciatus</i>		++		+
86	<i>Caranx</i> spp.		+		+
87	<i>Decapterus maruadsi</i>				+
88	<i>Elagatis bipinnulatus</i>		++		
89	<i>Aphareus furca</i>		++++		
90	<i>Aprion virescens</i>		++		++
91	<i>Macolor macularis</i>	++	+++		++
93	<i>Macolor niger</i>	+	+++	+	
94	<i>Lutjanus bohar</i>		++++		+
95	<i>Lutjanus ehrenbergi</i>		+	+	
96	<i>Lutjanus fulvus</i>	++		+++++	++
97	<i>Lutjanus gibbus</i>	+++		++	
98	<i>Lutjanus kasmira</i>			++++	+
99	<i>Lutjanus monostigmus</i>	+		+	+

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
100	<i>Lutjanus semicinctus</i>		+++		+
101	<i>Lutjanus</i> spp.	+	+		
102	Caesionidae spp.				+
103	<i>Caesio caerulea</i>		+		+
104	<i>Caesio lunaris</i>	+++	+++		+
105	<i>Caesio teres</i>	+++	+++		++
106	<i>Pterocaesio lativittata</i>				++
107	<i>Pterocaesio marri</i>			+	
108	<i>Pterocaesio trilineata</i>			+	
109	<i>Pterocaesio</i> spp.		+	+	+
110	<i>Plectorhinchus</i> spp.				+
111	<i>Plectorhinchus goldmani</i>	+++			
112	<i>Plectorhinchus obscurus</i>	+			
113	<i>Plectorhinchus picus</i>	+			
114	<i>Scolopis brilineatus</i>		+		
115	<i>Gnathodentex aurolineatus</i>			+++++	+
116	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>		++++		++
117	<i>Lethrinus erythracanthus</i>	+			
118	<i>Lethrinus</i> spp.		+		
119	<i>Monotaxis grandoculus</i>		++++	+++++++	++++
120	Mullidae spp.				++
121	<i>Mulloides flavolineatus</i>			+++++++	++
122	<i>Parupeneus barerinus</i>	+	+++	+	
123	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	+			
124	<i>Parupeneus</i> spp.1	+	+	+++	++++
125	<i>Parupeneus</i> spp.2		+		+
126	<i>Kyphosus bigibbus</i>				+
127	<i>Kyphosus cinerascens</i>	+			
128	<i>Platax</i> spp.		++		
129	<i>Chaetodon auriga</i>	+	++	++++	+++
130	<i>Chaetodon barronessa</i>				+
131	<i>Chaetodon burgessi</i>		+		
132	<i>Chaetodon ephippium</i>	+++++	+++++	+++++	+

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
133	<i>Chaetodon kleinii</i>		+		
134	<i>Chaetodon lunula</i>	+	+		+
135	<i>Chaetodon melanonotus</i>		++	+	
136	<i>Chaetodon meyeri</i>	+			
137	<i>Chaetodon raffelsii</i>	+			
138	<i>Chaetodon reticulatus</i>	+	+++++	+	
139	<i>Chaetodon tinkeri</i>	+			
140	<i>Chaetodon trifascialis</i>	+			++
141	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	+	+++		++
142	<i>Chaetodon ulietensis</i>		+++		+++
143	<i>Chaetodon vagabundus</i>	++		+	
144	<i>Chaetodon</i> spp.1		++	+++	+
145	<i>Chaetodon</i> spp.2		+		
146	<i>Forcipiger flavissimus</i>		+		++
147	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>		+++		
148	<i>Heniochus chrysostomus</i>	+++	++		+++
149	<i>Heniochus singularis</i>				+
150	<i>Heniochus varius</i>	++++			
151	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>				+
152	<i>Centropyge bicolor</i>	++	+++		++
153	<i>Centropyge bispinosus</i>		+		
154	<i>Centropyge colini</i>		+		
155	<i>Centropyge vrolicki</i>				++
156	<i>Pygoplites diacanthus</i>	++++	+++++	++	++++
157	<i>Pomacanthus imperator</i>			+++	+
158	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	+		++++	++
159	<i>Amphiprion clarkii</i>	+			
160	<i>Amphiprion melanopus</i>			+	
161	<i>Amphiprion</i> spp.		+		
162	<i>Chromis acares</i>		+		
163	<i>Chromis agilis</i>				+
164	<i>Chromis aloha</i>		+		
165	<i>Chromis amboinensis</i>		++		

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
166	<i>Chromis analis</i>		++++		
167	<i>Chromis atripectoralis</i>		++	+	+
168	<i>Chromis caudalis</i>	+		+	
169	<i>Chromis margaritifer</i>	++	+++	+++	+++
170	<i>Chromis viridis</i>	++	++	+++++	+
171	<i>Chromis xanthura</i>		+		
172	<i>Chromis</i> spp.1	+	++	+++	+++++
173	<i>Chromis</i> spp.2		++		+++
174	<i>Chromis</i> spp.3				+
175	<i>Chromis</i> spp.4				+
176	<i>Dascyllus arunanus</i>	+++	++++	++++	++
177	<i>Dascyllus melanurus</i>				+
178	<i>Dascyllus reticulatus</i>			++	+++
179	<i>Abudefduf lorenzi</i>	+			
180	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>			+	
181	<i>Abudefduf</i> spp.		++		
182	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>				+
183	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	++	+++		+
184	<i>Cheiloprion labiatus</i>		+		
185	<i>Chrysiptera biocellata</i>	+			
186	<i>Chrysiptera cyana</i>			++++	
187	<i>Chrysiptera leucopoma</i>	+		+	
188	<i>Chrysiptera oxycephala</i>		++		
189	<i>Chrysiptera unimaculata</i>	+		++	
190	<i>Chrysiptera</i> spp.1		++	+++	+++++
191	<i>Chrysiptera</i> spp.2		+		+
192	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	+			
193	<i>Plectroglyphidodon melas</i>		++		
194	<i>Hemiglyphidodon plagiometapon</i>			+	
195	<i>Plectroglyphidodon</i> spp.	+			
196	<i>Pomacentrus burroughi</i>			+	
197	<i>Pomacentrus coelestis</i>	++			++++
198	<i>Pomacentrus grammorhynchus</i>		++		++



표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
199	<i>Pomacentrus vaiuli</i>				++
200	<i>Pomacentrus</i> spp.		+	++++	+
201	<i>Stegastes</i> spp.			+	
202	Labridae spp.1				+
203	Labridae spp.2				+
204	<i>Bodianus diana</i>			++	+
205	<i>Bodianus</i> spp.		+		
206	<i>Pseudodax moluccanus</i>				+
207	<i>Cheilinus celebecus</i>	+	++	+	+
208	<i>Cheilinus chlorourus</i>			+	
209	<i>Cheilinus digrammus</i>		+++		+
210	<i>Cheilinus fasciatus</i>	+	++	+	+++
211	<i>Cheilinus orientalis</i>		+	+	++
212	<i>Cheilinus undulatus</i>		++		+
213	<i>Cheilinus unifasciatus</i>	+			+
214	<i>Cheilinus</i> spp.				++
215	<i>Epibulus insidiator</i>		+		+++
216	<i>Pterogogus cryptus</i>			++	
217	<i>Cirrhilabrus cyanopleura</i>		++		
218	<i>Cirrhilabrus exquisitus</i>			+	
219	<i>Anampses twisti</i>				+
220	<i>Anampses</i> spp.			+	
221	<i>Coris aygula</i>				++
222	<i>Coris gaimardi</i>				++
223	<i>Gomphosus varius</i>	+	+	++	+
224	<i>Halichoeres chrysus</i>	+		+	+++++
225	<i>Halichoeres hortulanus</i>				+++
226	<i>Halichoeres trimaculatus</i>			++++	
227	<i>Halichoeres</i> spp.		++		
228	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	+			+
229	<i>Thalassoma amblycephalum</i>				+++
230	<i>Thalassoma hardwickii</i>		+++++		
231	<i>Thalassoma lutescens</i>			++	

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
232	<i>Thalassoma purpureum</i>	+			+
233	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	+	++		
234	<i>Thalassoma</i> spp.1	++			++
235	<i>Thalassoma</i> spp.2				+
236	<i>Labroides dimidiatus</i> 1	+++	++	+++++++	+++++++
237	<i>Labroides dimidiatus</i> 2		++++		+
238	<i>Bolbometopon muricatum</i>	+			
239	<i>Cetoscarus bicolor</i>	+			
240	<i>Hipposcarus longiceps</i>	+	+		+
2413	<i>Scarus altipinnis</i>			+	
242	<i>Scarus bleekeri</i>	+	+		
243	<i>Scarus dimidiatus</i>	+			
244	<i>Scarus forsteni</i>	+			
245	<i>Scarus frontalis</i>				+
246	<i>Scarus microhinos</i>		+		
247	<i>Scarus oviceps</i>	+			+
248	<i>Scarus schlegeli</i>		+	+	++
249	<i>Scarus sordidus</i>	+	+	+	++++
250	<i>Scarus</i> spp.1	+++	+++	+++++	+++++
251	<i>Scarus</i> spp.2		+++		++++
252	<i>Scarus</i> spp.3				+++
253	<i>Sphyraena</i> spp.		+	+	
254	<i>Parapercis clathrata</i>			+	
255	<i>Parapercis millipunctata</i>			+	
256	<i>Parapercis</i> spp.			+++	+
257	<i>Trichonotus</i> spp.				+
258	Tripterygiidae spp.		+		
259	<i>Aspidontus dussumieri</i>		+		
260	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	+	++		+
261	<i>Plagiotremus laudandus</i>		+	+	
262	<i>Plagiotremus rhynorhynchus</i>				+
263	<i>Plagiotremus tapienosoma</i>				+

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
264	<i>Cirripectes variolosus</i>	+			
265	<i>Parioglossus formosus</i>		+		
266	<i>Ptereleotris evides</i>		+		++++
267	<i>Ptereleotris hanae</i>				+++
268	<i>Ptereleotris heteroptera</i>				+
269	Gobiidae spp.		+		+
270	<i>Ctenogobiops</i> spp.				+
271	<i>Istigobius decoratus</i>			+	
272	<i>Acanthurus bariene</i>				+
273	<i>Acanthurus blochii</i>		+	++	+++
274	<i>Acanthurus guttatus</i>	+			+
275	<i>Acanthurus leucocheilus</i>	+++	+		
276	<i>Acanthurus lineatus</i>	+	+	+	++
278	<i>Acanthurus nigricans</i>	+++	++	++	+++
279	<i>Acanthurus nigricauda</i>				+
280	<i>Acanthurus olivaceus</i>		++	++	+++
281	<i>Acanthurus pyroferus</i>		+		+++
292	<i>Acanthurus thompsoni</i>		+++++		+++
283	<i>Acanthurus triostegus</i>	+		+++	
284	<i>Acanthurus</i> spp.1		+++	+	++
285	<i>Acanthurus</i> spp.2		+		
286	<i>Acanthurus</i> spp.3		+		
287	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	+++	+++		++
288	<i>Ctenochaetus striatus</i>	++++	++++	++	++++
289	<i>Ctenochaetus strigosus</i>		+		
290	<i>Ctenochaetus</i> spp.	+			
291	<i>Zebrasoma flavescens</i>		+		+
292	<i>Zebrasoma veliferum</i>		+		
293	<i>Zebrasoma scopas</i>	+			
294	<i>Naso annulatus</i>				++++
295	<i>Naso brevirostris</i>		+		
296	<i>Naso hexacanthus</i>		+		++

표 3-1-13. 계속

Table 3-1-13. Continued

No.	Species	Chuuk Atoll		Nomwin Atoll	Koup Atoll
		1999	2003	2001	2003
297	<i>Naso lituratus</i>	+	+		
298	<i>Naso unicornis</i>	+		+	
299	<i>Naso vlamingii</i>	+	+++		+
300	<i>Naso</i> spp.	+		++	+
301	<i>Zanclus cornutus</i>	++++	+++++	+++++	++++
302	<i>Siganus argenteus</i>		+++	++++	++++
303	<i>Siganus puellus</i>	+	++		
304	<i>Siganus vulpinus</i>	++	++++		+
305	<i>Siganus</i> spp.	+	+		
306	<i>Gymnosarda unicolor</i>		+		+
307	<i>Balistapus undulatus</i>	++	+++++	+++++	+++++
308	<i>Balistoides conspicillum</i>	++++			+
308	<i>Balistoides viridescens</i>	+		++	+
310	<i>Melichthys vidua</i>	++	++	++++	++++
311	<i>Odonus niger</i>	+++			++++
312	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	++++		++++	
313	<i>Rhinecanthus verrucosa</i>				+
314	<i>Sufflamen bursa</i>				++
315	<i>Paraluteres prionurus</i>				+
316	<i>Arothron melegaris</i>	+			
317	<i>Arothron nigropunctatus</i>				+
318	<i>Canthigaster amboinensis</i>	+			
319	<i>Canthigaster</i> spp.			+	
	Total	118	160	105	181

*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(그림 3-1-20).

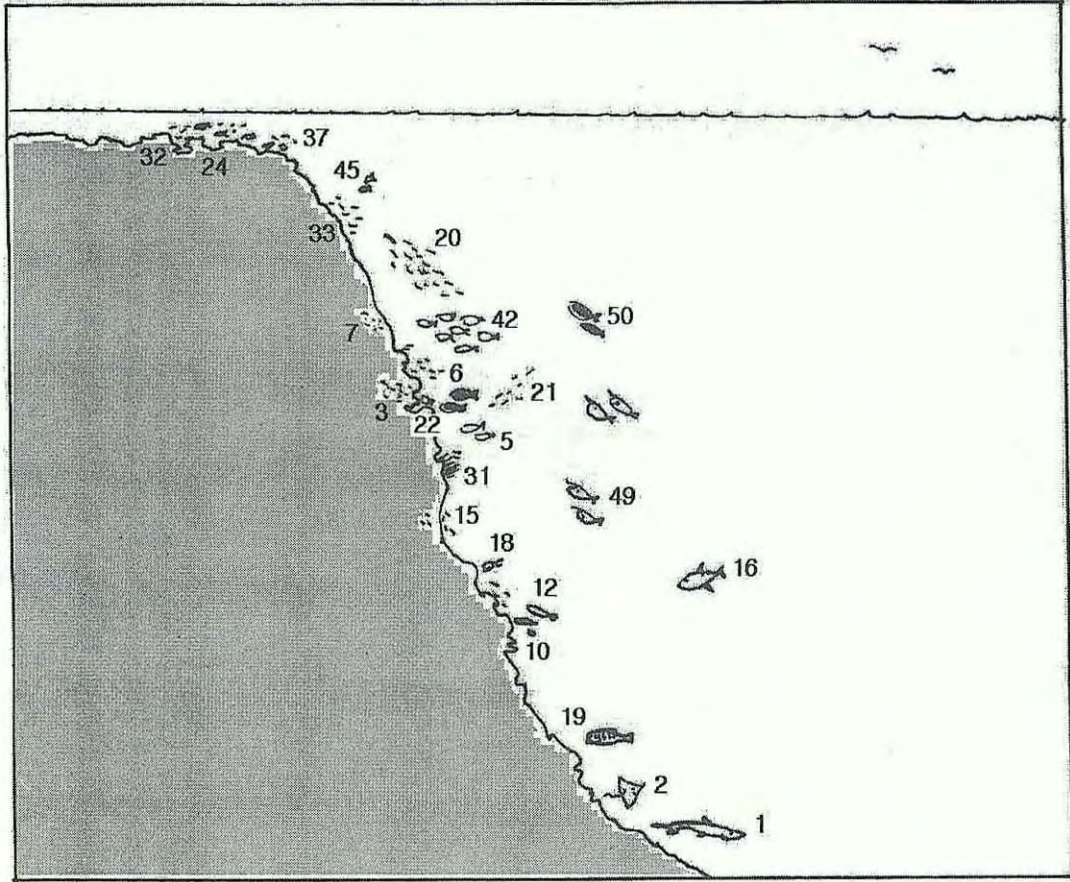


그림 3-1-20. 마이크로네시아 측 환초 외해쪽의 어류 분포양상 모식도(1999. 6, 2003. 2).  
 Fig. 3-1-20. Scheme of fish distribution at outer reef in Chuuk Atoll, FSM (1999. 6, 2003. 2).

- (1 *Carcharhinus* sp.; 2 *Dasyatis kuhlii*; 3 *Myripristis lima*; 5 *Sargocentron* spp.; 6 *Pseudanthias pleurotaenia*; 7 *Pseudanthias* spp.1; 10 *Cephalopholis argus*; 12 *Cephalopholis urodeta*; 15 *Hoplolatilus starcki*; 16 *Caranx melampygus*; 18 *Macolor macularis*; 19 *Lutjanus semicinctus*; 20 *Caesio lunaris*; 21 *Caesio teres*; 22 *Monotaxis grandoculus*; 24 *Chaetodon auriga*; 31 *Amphiprion chrysopterus*; 32 *Chromis* spp. 1; 33 *Chromis* spp. 2; 37 *Coris gaimard*; 42 *Scarus* spp. 1; 45 *Acanthurus lineatus*; 49 *Naso annulatus*; 50 *Naso exacanthus*)

둘째는 수로 입구와 가까운 환초 안쪽 정점으로 외해로부터 부는 바람이나 파도가 어느 정도 막히면서 조류 소통이 좋아 비교적 다양한 어종 구성과 대형들이 많이 확인되는 지역이다. 축환초의 조사정점 2, 4, 8이 대표적이다. 수심 약 8m부터 산호초가 봉우리 형태로 잘 발달한 곳으로 경사는 완만하며 수심은 25m에 이르기도 한다. 깊은 곳의 해저면은 모래 바닥이 펼쳐지며 군데군데 소형 산호군락이 발달하여 있다. 봉우리형 산호군락에는 말미잘과 그 속에 공생하는 흰동가리류(*Amphiprion* spp.) 5~6마리가 서식하며, 버섯형 산호군락의 그늘 아래에는 열게돔류가, 그리고 산호초 주변에는 쥐돔류, 놀래기류, 자리돔류, 천사고기(angel fish) 등이 어울려 서식한다. 수심 20m 아래의 산호초에는 통돔류(*Lutjanus* spp.)에 속하는 20~45cm급 *Lutjanus bohar*, *Lutjanus semicinctus* 등이 여러 마리 관찰되며, 그 외 파랑비늘돔, 독가시치류 및 바리류, 그리고 쥐돔류(*Naso* spp.) 가 많이 서식한다(그림 3-1-21).

셋째는 바깥 바다와 연결되는 통로와 거리가 상당히 멀거나 또는 수심이 얇고 바닥이 편평한 산호초 모래지역이나 모래자갈 바닥으로 이루어진 곳으로 남원환초 안쪽의 대부분이 해당한다. 수심이 1~7m로 얇으며 모래와 산호초가 섞여 발달한 곳으로 군데군데 버섯 모양의 대형 산호가 있었으며 그 산호에는 말미잘과 공생하는 흰동가리(*Amphiprion chrysopterus*)가 산호초에 수십 마리씩 집단으로 살고 있다. 바닥에는 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(그림 3-1-22).

넷째는 잘피군총(잘피밭)이다. 잘피밭 지역은 대형 섬 부근 해역 수심이 0.5~1.2m의 얕은 곳에 발달해 있으며 그 외곽쪽으로 모래(산호사)바닥이 넓게 발달해 있는 곳으로 남원 정점 5가 대표적이다. 잘피밭에서는 놀래기류(wrasse)와 촉수류(ghost fish), 자리돔류(demselfish) 등이 10cm 이하 크기의 어린 고기들이 대량으로 관찰되며, 모래가 넓게 펼쳐진 가운데 군데군데 산호초가 자라 있는 곳에서는 비교적 다양한 어종이 모여 산다(그림 3-1-23).

대형 섬 주변으로 유기물 유입이 비교적 많은 잘피밭은 생물 생산력이 높으며, 어린 고기들이 서식하기에 적합한 수심과 먹이가 풍부한 환경을 제공하고 있음을 알 수 있다. 한편 잘피밭을 벗어난 곳은 대부분 모래바닥으로 촉수류(ghost fish)나 동미리류(*Parapercis* spp.)와 같은 종들이 확인되었으며 군데군데 산호초가 있는 곳에는 다양한 쥐돔류, 놀래기류를 비롯한 다양한 산호초 어류들이 서식하고 있었다. 따라서 이곳은 전형적인 연안 치어 성육장으로서의 역할을 담당하고 있는 해역으로 볼 수 있었으며 정점 1과 마찬가지로 소형어 중심의 어류상을 보였다.

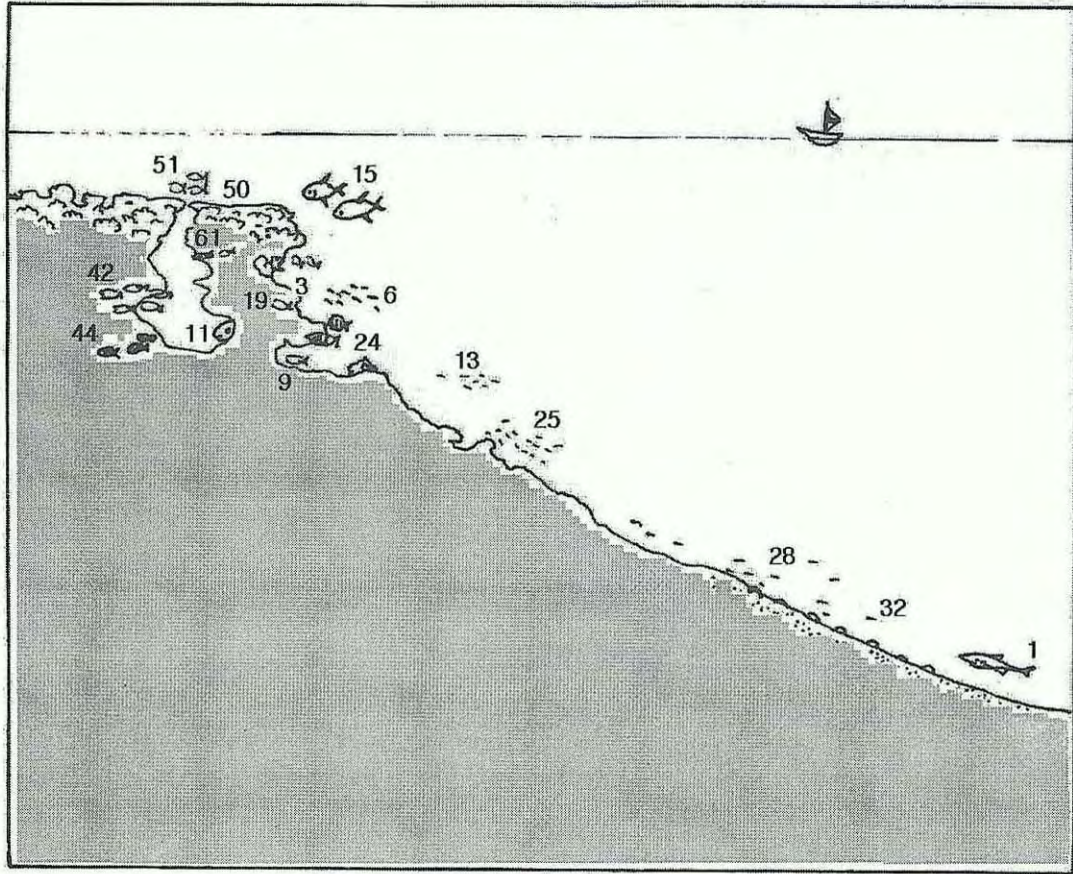


그림 3-1-21. 마이크로네시아 측 환초 수로 안쪽의 어류 분포양상 모식도(1999. 6, 2003. 2).

Fig. 3-1-21. Scheme of fish distribution at inner reef near channel in Chuuk Atoll, FSM (1999. 6, 2003. 2).

- (1 *Triaenodon obesus*; 3 *Myripristis* spp.; 6 *Pseudanthias* spp.;  
 9 *Cephalopholis urodeta*; 11 *Epinephelus caeruleopunctatus*;  
 13 *Malacanthus brevirostris*; 15 *Caranx melampygus*; 19 *Chaetodon trifascialis*; 24 *Pygoplites diacanthus*; 25 *Chromis* spp. 1;  
 28 *Chromis* spp. 4; 32 *Cheilinus fasciatus*; 42 *Scarus oviceps*;  
 44 *Scarus sordidus*; 50 *Acanthurus lineatus*; 51 *Acanthurus nigricans*; 61 *Rhinecanthus verrucosa*)

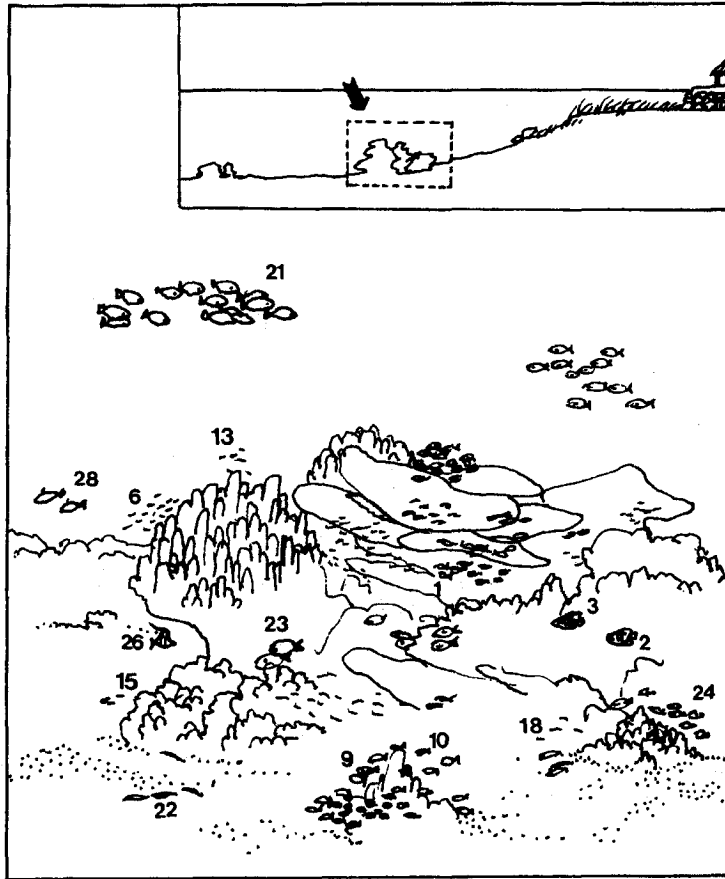


그림 3-1-22. 마이크로네시아 축주 남원 환초 내만 얕은 산호초 지역의 어류분포양상 모식도(2003. 2).

Fig. 3-1-22. Scheme of fish distribution at shallow area inside lagoon in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM (2003. 2).

- (1 *Apogon cyanosoma*; 2 *Chaetodon ephippium*; 3 *Chaetodon auriga* ;  
 6 *Chromis viridis*; 9 *Dascyllus aruanus*; 10 *Dascyllus reticulatus*;  
 13 *Chrysiptera unimaculata*; 15 *Bodianus diana*; 18 *Halichoeres trimaculatus*;  
 21. *Scarus spp.*; 22. *Parapercis clathrata*;  
 23. *Acanthurus nigricans*; 24. *Acanthurus triostegus*; 26. *Zanclus cornutus*;  
 28 *Rhinecanthus aculeatus*)



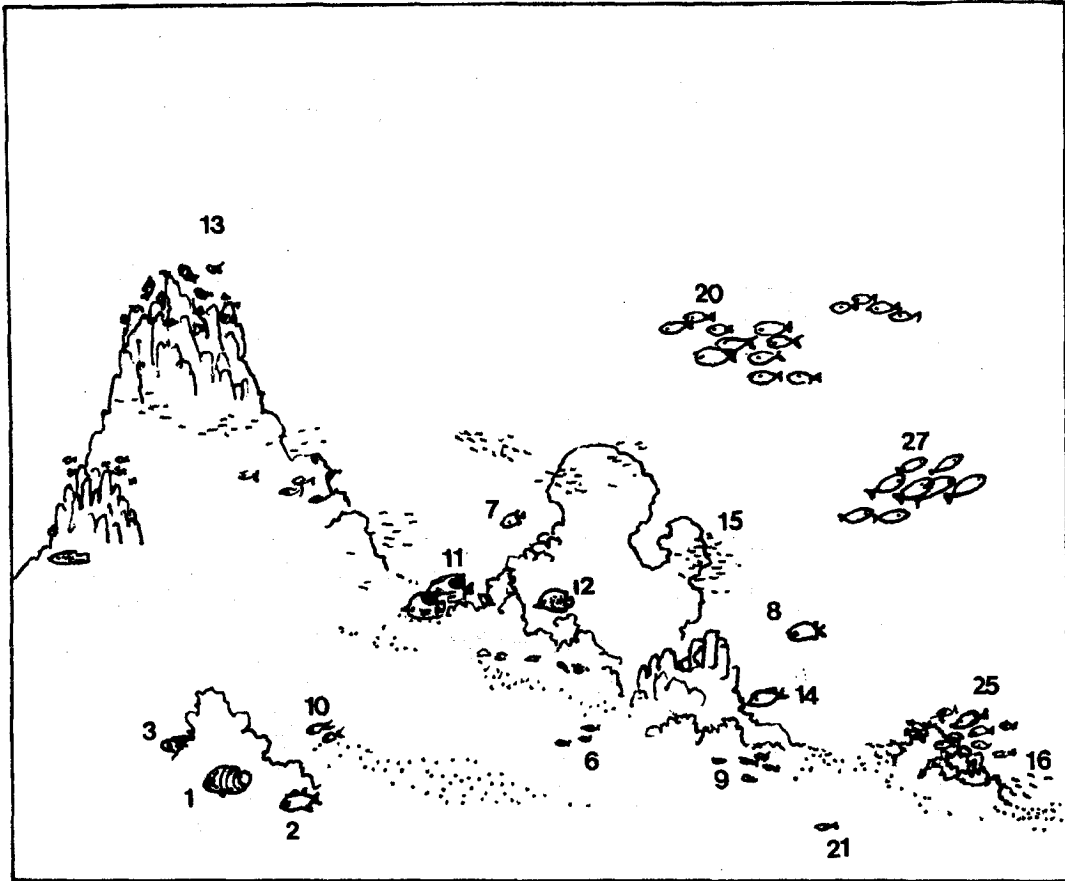


그림 3-1-23. 마이크로네시아 측 해역 잘피밭에서의 어류분포양상 모식도(2003. 2).

Fig. 3-1-23. Scheme of fish distribution at zoster bed in Chuuk, FSM (2003. 2).

- (1 *Pygoplites diacanthus*; 2 *Sargocentron diadema*; 3 *Cephalopholis argus*; 6 *Apogon nigrofasciatus*; 7 *Lutjanus fulvus*; 8 *Monotaxis grandoculus*; 9 *Mulloides flavolineatus*; 10 *Parupeneus sp.*;  
 11 *Chatodon ephippium*; 12 *Chatodon reticulatus*; 13 *Amphiprion chrysopterus*)

## 나. 폰페이

### 1) 해조류

2006년 9월 폰페이 해역에서 관찰된 해산식물은 총 22종으로 남조류 1종, 녹조류 7종, 갈조류 3종, 홍조류 10종 및 해초류(seagrass) 1종이었다(표 3-1-14). 이중 녹조류 *Halymeda macroloba*는 망그로브군총에 이웃한 조간대 수로 수심 3m의 사니질 퇴적물로 이루어진 정점 1에서 사질 퇴적물에 서식하였고, *Padina* sp.는 정점 1에서 드물게 돌출된 죽은 산호 위에 분포하였다. 해초류인 *Enhalus acoroides*는 산호사로 이루어진 해변으로 수심이 5m 이내 발달한 정점 2의 잘피밭에서만 서식하였다. 기타 종들은 초호 내의 소규모 직벽 또는 보초 사이의 수로 및 외측 대구모 직벽형 산호초에 위치한 정점 3~10에서 출현하였다. 이들 중 종 수준까지 분류되지 않은 종들은 *Galaxaura* sp., Corallinaceae spp., *Gracilaria* sp., *Dasya* sp., *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Caulerpha racemosa* 등이었다.

각 조사지점에서 출현하는 해조류의 수심별 피도를 평균하고, 이를 다시 지점 간 비교하여 평균한 값인 우점도(dominance index, DI)는 표 3-1-15와 같다. DI가 0.1 이상인 우점종은 *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Caulerpha racemosa*, *Halymeda discoidea*, *Lithophyllum moluccense*, *Tydemanina expeditionis*, *Lithothamnion simulans*였다(표 3-1-16). *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Halymeda discoidea*, *Tydemanina expeditionis*는 마이크로네시아의 다른 주인 측, 코스레 및 압 해역의 산호초에서도 우점하는 종이였지만, *Caulerpha racemosa*, *Lithophyllum moluccense*, 및 *Lithothamnion simulans*의 높은 우점도는 본 조사지역에서만 나타나는 독특한 현상이었다.

폰페이 해역에서 한 수심에서 출현하는 종의 최대치는 정점 7의 수심 10m에서 관찰된 9종이었다. 종수는 수심 5m에서 3종 이하의 값을 보인 후 10m에서 가장 많아지며, 이후 수심이 증가할수록 감소하였다(그림 3-1-24) 피도의 경우, 한 수심에서 관찰되는 최대치는 16% (정점 S8의 수심 10m)이었으며, 대체로 수심 10~20m에서 높은 값을 보였다(그림 3-1-25).

일반적으로 해조류의 분포를 지배하는 가장 중요한 요인은 광량으로, 광량은 수심이 증가할수록 감소한다. 따라서 식물이 광합성에 필요로 하는 빛에너지는 수심에 따라 감소하고, 종내 어느 일정 수심부터는 해조류가 출현하지 않게 된다. 이러한 점들을 고려해 볼 때, 일부 조사지점에서 수심과 해조류의 피도간 상관성이 뚜렷치 않은 것은 빛 이외에도 다른 요인들이 해조류의 분포를 제한함을 알 수 있다. 여러 가지 요인 중 가장 중요한 요인

표 3-1-14. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 출현 해조류 목록(2006. 9)

Table 3-1-14. List of fish species observed in Pohnpei, FSM (2006. 9)

Species	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>Cyanophyta</b>										
<i>Schizothrix calcicola</i>			+	+	+	+	+			
<b>Chlorophyta</b>										
<i>Anadyomene wrightii</i>						+				
<i>Caulerpha racemosa</i>					+		+	+	+	
<i>Halymeda discoidea</i>				+	+		+		+	+
<i>Halymeda macroloba</i>	+									
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>				+	+		+	+	+	+
<i>Chlorodesmis caespitosa</i>				+	+					
<i>Tydemania expeditionis</i>								+		
<b>Phaeophyta</b>										
<i>Padina monor</i>			+				+			
<i>Padina</i> sp.	+									
<i>Sargassum cristaeifolium</i>				+						
<b>Rhodophyta</b>										
<i>Dermoneme frappieri</i>							+			
<i>Galaxaura</i> sp.				+	+					
<i>Peyssonelia caulifera</i>							+	+		
<i>Lithophyllum moluccense</i>			+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lithothamnion simulans</i>			+	+	+	+	+	+	+	+
Corallinaceae sp.1				+		+	+	+		
Corallinaceae sp.2									+	
<i>Halymenia durvillei</i>										+
<i>Gracilaria</i> sp.				+				+	+	+
<i>Dasya</i> sp.										+
<b>Seagrass</b>										
<i>Enhalus acoroides</i>		+								
No. of species	2	1	4	10	8	5	10	8	7	7

표 3-1-15. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사 수심별 출현종과 출현종의 피도(2006. 9)

Table 3-1-15. Coverage of algae depend on water depth in Pohnpei, FSM (2006. 9)

Species	Stations							
	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
<b>5m</b>								
<i>Chlorodesmis caespitosa</i>		0.2	0.1					
<i>Lithophyllum moluccense</i>		0.1	0.1					
<i>Padina monor</i>	0.1				0.2			
<i>Sargassum cristaefolium</i>		0.3						
<b>10m</b>								
<i>Caulerpha racemosa</i>			1.3		3.0	5.0	2.0	
<i>Chlorodesmis caespitosa</i>			0.3					
Corallinaceae sp.1		0.3		0.1	0.1	0.1		
Corallinaceae sp.2							0.1	
<i>Dasya</i> sp.								0.1
<i>Dermoneme frappieri</i>					0.1			
<i>Galaxaura</i> sp.		0.1	0.3					
<i>Gracilaria</i> sp.		3.0				0.1	0.1	0.1
<i>Halymeda discoidea</i>		2.0	1.3		0.5		0.8	1.0
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>		3.0	2.0		1.5	5.0	3.0	0.8
<i>Halymenia durvillei</i>								0.1
<i>Lithophyllum moluccense</i>	0.1	0.8	0.5	0.1	0.8	0.3	1.3	0.3
<i>Lithothamnion simulans</i>	0.3	0.3	0.1	0.3	2.0	0.1	1.3	0.3
<i>Peyssonelia caulifera</i>					0.5	0.8		
<i>Schizothrix calcicola</i>	0.1	0.5	0.3	0.3	0.1			
<i>Tydemania expeditionis</i>						5.0		
<b>15m</b>								
<i>Anadyomene wrightii</i>				0.8				
<i>Caulerpha racemosa</i>			0.8		0.5		2.0	
Corallinaceae sp.1		0.3		0.3				
<i>Halymeda discoidea</i>		0.5	4.0		0.8		0.3	0.3
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>		5.0	2.0			1.5	1.3	6.0
<i>Lithophyllum moluccense</i>	0.3	0.3		1.3	0.3		0.8	0.3
<i>Lithothamnion simulans</i>						0.3		0.3
<i>Peyssonelia caulifera</i>					0.3			
<i>Schizothrix calcicola</i>	0.3				0.3			
<i>Tydemania expeditionis</i>						1.5		
<b>20m</b>								
<i>Halymeda discoidea</i>		0.8			0.5		0.3	0.3
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>		0.3	1.3		0.3			3.0
<i>Lithophyllum moluccense</i>	0.3		0.3		1.3		0.3	0.3
<i>Lithothamnion simulans</i>	0.3		0.3		0.3	0.3	0.3	0.3
<b>25m</b>								
<i>Halymeda discoidea</i>		0.3			0.3		0.3	0.3
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>		0.3			0.3		1.3	0.3

표 3-1-16. 마이크로네시어 폰페이 해역에 출현하는 해조류의 평균피도에 기초한 종별 우점도(2006. 9)

Table 3-1-16. Species dominance based on coverage of algae in Pohnpei, FSM (2006. 9)

Species \ Stations	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	DI
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>		1.70	1.05		0.40	1.30	1.10	2.00	0.944
<i>Caulerpha racemosa</i>			0.40		0.70	1.00	0.80		0.363
<i>Halymeda discoidea</i>		0.70	1.05		0.40		0.30	0.35	0.350
<i>Lithophyllum moluccense</i>	0.12	0.22	0.17	0.27	0.45	0.05	0.45	0.15	0.235
<i>Tydemania expeditionis</i>						1.30			0.163
<i>Lithothamnion simulans</i>	0.10	0.05	0.07	0.05	0.45	0.12	0.30	0.15	0.161
<i>Gracilaria</i> sp.		0.60				0.02	0.02	0.02	0.083
<i>Schizothrix calcicola</i>	0.07	0.10	0.05	0.05	0.07				0.043
<i>Peyssonelia caulifera</i>					0.15	0.15			0.038
<i>Corallinaceae</i> sp.1		0.10		0.07	0.02	0.02			0.026
<i>Anadyomene wrightii</i>				0.15					0.019
<i>Chlorodesmis caespitosa</i>		0.04	0.07						0.014
<i>Galaxaura</i> sp.		0.02	0.05						0.009
<i>Padina monor</i>	0.02				0.04				0.008
<i>Sargassum cristaefolium</i>		0.05							0.006
<i>Corallinaceae</i> sp.2							0.02		0.003
<i>Dasya</i> sp.								0.02	0.003
<i>Dermoneme frappieri</i>					0.02				0.003
<i>Halymenia durvillei</i>								0.02	0.003

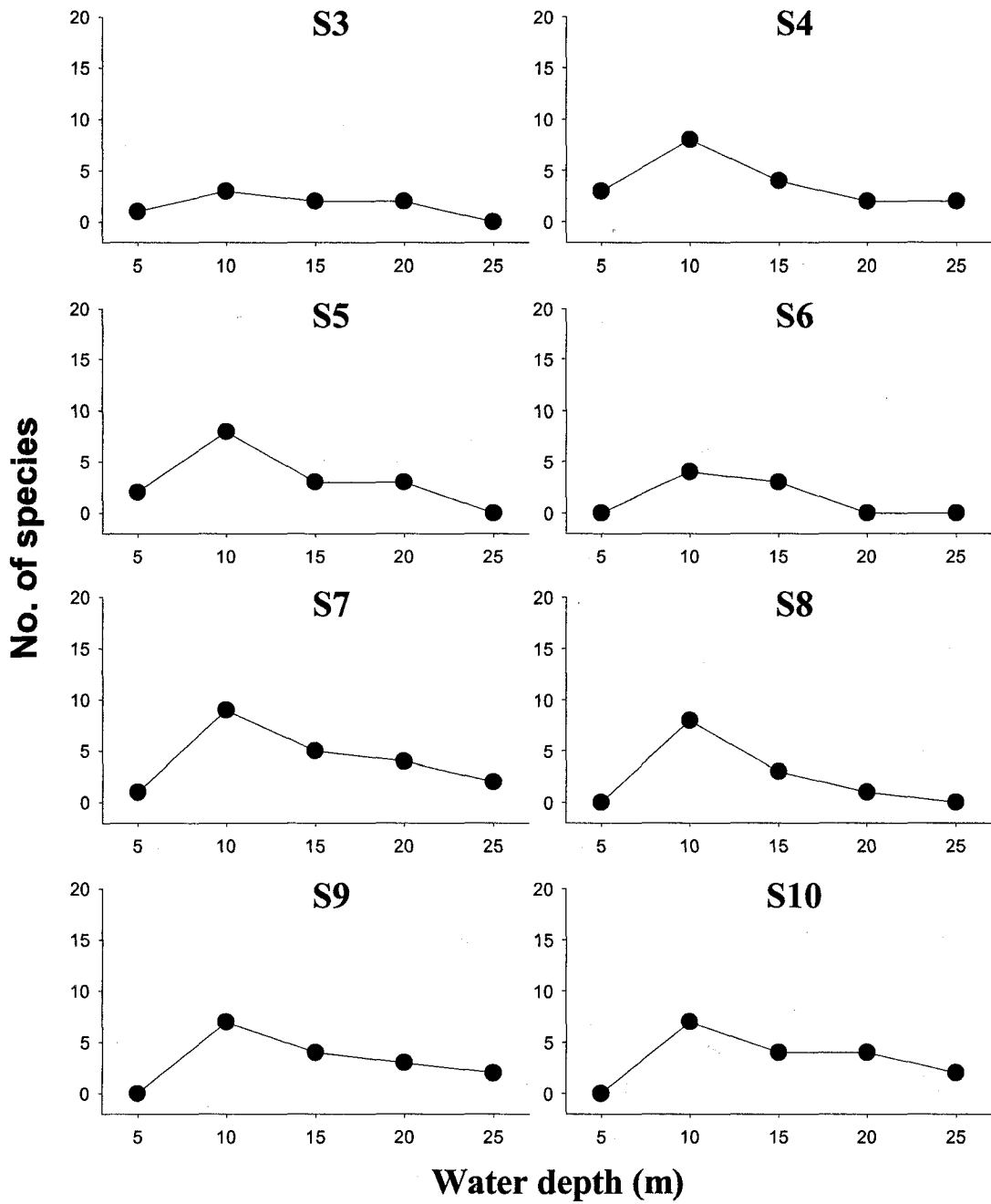


그림 3-1-24. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 종수(2006. 9).  
 Fig. 3-1-24. Changes of seaweed species depend on water depth in Pohnpei, FSM (2006. 9).

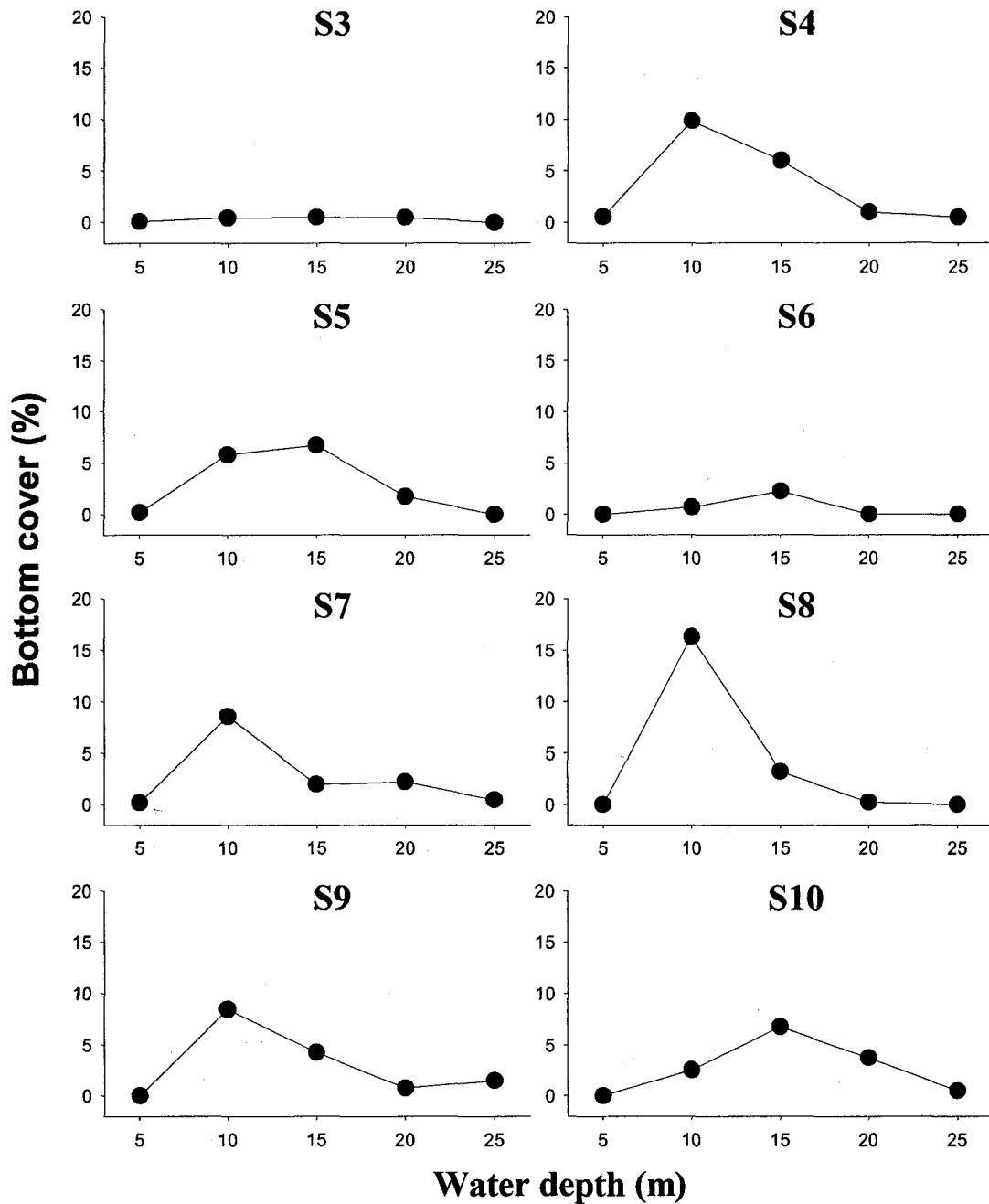


그림 3-1-25. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점별 수심별 해조류의 피도변화(2006. 9).

Fig. 3-1-25. Changes of seaweed coverage depend on water depth in Pohnpei, FSM ( 2006. 9).

은 부착장소를 확보하기 위한 산호류외의 자리경쟁이다. 이 지역에서 해조류는 대부분 기질표면에 노출된 죽은 산호 위 혹은 살아 있는 산호의 군체 사이의 빈 공간에서만 살아가며, 살아있는 산호가 기질표면에 노출된 곳에서는 거의 관찰되지 않는다. 즉, 이 해역의 대부분이 산호가 우점하는 곳으로 이런 서식지 특성 하에서는 해조류는 산호류와의 경쟁에 밀려 종다양성이 낮을 수밖에 없고, 그 풍도 역시 산호와의 경쟁에 의해 결정될 수밖에 없다.

해조류 군집 비교를 위한 비가중 집단평균(unweighted group average) 방식에 의한 집괴분석 결과 유사도 50% 수준에서 8개의 직벽형 산호초 조사정점이 두개의 무리(Group 1, 2)로 나뉘어 졌다(그림 3-1-26). Group 1에는 정점 3 (Manta pass)과 정점 6 (Arow wall) 두 지점이 속하며, Group 2에는 나머지 6개 조사정점이 속하는 것으로 나타났다. nMDS에서도 Stress가 0.01의 높은 신뢰수준으로 두 무리로 분류됨을 볼 수 있고, 분류되는 결과 역시 cluster analysis와 동일하였다. Group 1에 속하는 정점3, 6은 lagoon의 small drop off에 위치한 곳으로 강우량이 대단히 많은 본 지역의 mainland로부터 유입되는 담수의 영향을 강하게 받아 coral reef의 다양성이 떨어지는 곳이다. 반면 Group 2의 대부분 지점들은 atoll의 외측 또는 channel에 위치하는 지점들로 외양수의 영향을 상대적으로 많이 받는 곳이고, 특히 Group 2에서도 또 하나의 소규모 무리를 이루는 정점 10, 4, 5는 공히 atoll의 외측에 위치하는 지점들이다. 결론적으로 본 조사지역의 coral reef에 형성된 해조군집은 reef 내측과 외측으로 구분되며, 이러한 구분을 야기하는 일차적 요인은 강우에 따른 염분구배라 사료되고, 이를 검증하기 위해서는 환경요인에 대한 상세한 조사와 상관분석이 필요하다.

## 2). 대형무척추동물자원

정선 조사에 의한 초대형 저서동물의 경우 총 6개 동물군에 53종이 파악되었다. 산호가 포함된 자포동물이 23종으로 가장 많은 종수가 포함된 분류군으로 나타났고, 이 중에 산호가 17종이 포함되어 대부분을 차지하였다. 한편, 극피동물이 10종, 연체동물이 8종 출현하였고, 해면동물 6종, 피낭동물이 3종씩 출현하였다(표 3-1-17).

지형적인 구조에 따라 산호의 수직 분포 양상이 상이하게 나타났으며, 특히 연안과 연계된 수심 10m이내 지역의 면적 크기와 경사도가 산호 군집 구조에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 뇌산호류(Brain type coral)와 피복성 산호류(Encrusting type coral)가 우점하였으며, 대부분의 정점에서 가지산호류(Branch type coral)는 출현하지 않았다. 급경사 지형에서는 산호의 성장이 안정되지 못한 구조를 나타내며, 수심 10m 이하 지역



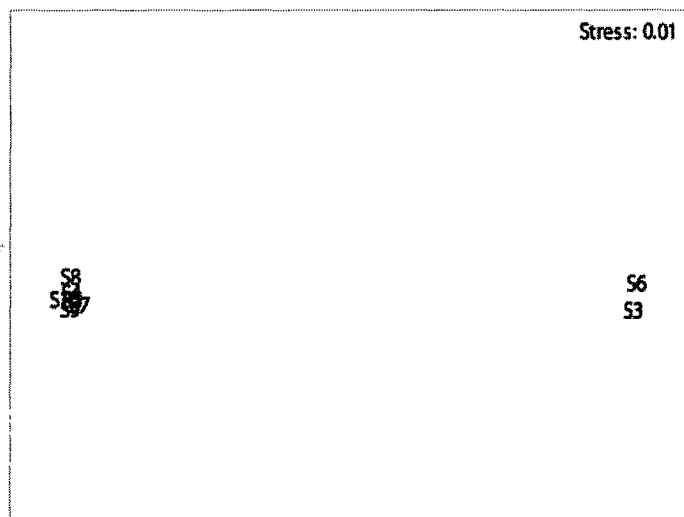
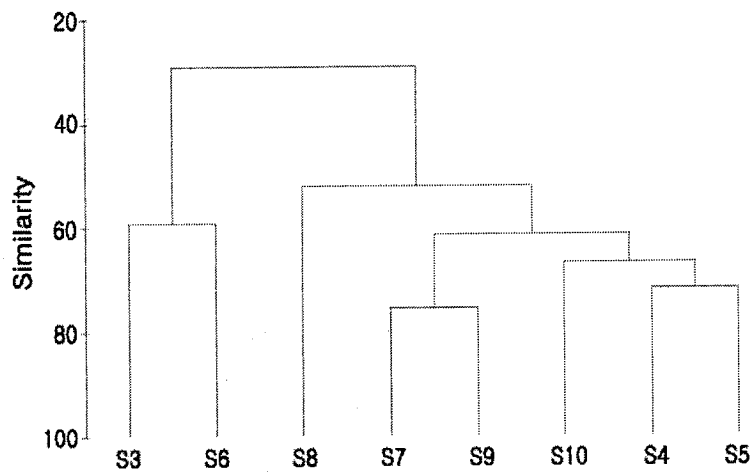


그림 3-1-26. 마이크로네시아 폰페이 해역의 조사정점간 군집구조의 집괴분석(2006. 9).

Fig. 3-1-26. Cluster analysis of algae communities by unweighted group average method in Pohnpei, FSM (2006. 9).

표 3-1-17. 마이크로네시아 폰페이 해역에서 출현한 무척추동물 목록(2006. 9)

Table 3-1-17. List of megalzoobenthos observed in Pohnpei, FSM (2006. 9)

Species	Class.	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
<i>Aaptos</i> sp.	PO	1						1
<i>Axinyssa</i> sp.	PO		1	1	1	1	1	
<i>Ianthella basta</i>	PO				1			
<i>Iuffariella</i> sp.	PO		1	1	1		1	1
<i>Stylotella aurantium</i>	PO	1	1					
<i>Xestospongia exigua</i>	PO			1	1	1	1	
<i>Acropora</i> sp.1	CN	1	1		1	1	1	1
<i>Acropora</i> sp.2	CN	1	1		1	1	1	1
<i>Acropora tenella</i>	CN	1	1	1	1	1	1	1
<i>Acropora tutuilensis</i>	CN			1	1		1	1
<i>Distichopora</i> sp.	CN					1	1	
<i>Distichopora violacea</i>	CN			1		1	1	
<i>Favia stelligera</i>	CN	1			1	1	1	1
<i>Heteractis crispa</i>	CN	1	1	1	1	1	1	1
<i>Leptoria ptrygia</i>	CN		1	1	1	1		1
<i>Penatulacea</i> unid.	CN			1	1		1	1
<i>Juceelia</i> sp.	CN			1	1	1	1	1
<i>Millepora platyphylla</i>	CN	1		1	1	1	1	1
<i>Montipora</i> sp.	CN	1	1	1	1	1	1	1
<i>Montipora foliosa</i>	CN		1	1	1	1	1	1
<i>Montipora cebuensis</i>	CN			1	1		1	
<i>Pocillopora eydouxi</i>	CN	1	1			1	1	1
<i>Porite cylindrica</i>	CN		1	1	1		1	1
<i>Porite lutea</i>	CN	1	1	1		1	1	1
<i>Porite</i> sp1.	CN	1	1	1	1	1	1	1
<i>Porite</i> sp2.	CN	1	1	1	1	1	1	1
<i>Porites rus</i>	CN				1			1
<i>Tubastrea micrantha</i>	CN	1	1	1	1		1	1
<i>Turbinaria retiformis</i>	CN		1		1	1	1	1
Sabellidae unid.	AN		1		1			
<i>Spirobranchus giganteus</i>	AN	1	1	1	1	1	1	1

표 3-1-17. 계속

Table 3-1-17. Continued

Species	Class.	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
<i>Filograna</i> sp.	AN					1		
<i>Lambis scorpius</i>	MO		1		1	1		1
<i>Pinctada margaritifera</i>	MO					1		
<i>Peden</i> sp.	MO				1	1		1
<i>Hyotissa</i> sp.	MO						1	1
<i>Hyotissa hyotis</i>	MO					1		
<i>Tridacna squamosa</i>	MO	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tridacna maxima</i>	MO			1				
<i>Trochus niloticus</i>	MO							1
<i>Comanthus suavia</i>	EC	1	1			1	1	1
<i>Comaster multifidus</i>	EC			1	1	1	1	1
<i>Culcita novaeaguineae</i>	EC				1	1		
<i>linckia laevigata</i>	EC							
<i>Acanthaster planci</i>	EC	1	1	1	1			
<i>Ophiothrix</i> sp.	EC					1		1
<i>Diadema savignyi</i>	EC		1	1	1			
<i>Echinostrephus</i> sp.	EC					1	1	1
<i>Holothuria atra</i>	EC	1		1	1	1	1	
<i>Bohadschia argus</i>	EC				1	1		1
<i>Exostoma</i> sp.	CH		1	1	1			1
<i>Bortryllus</i> sp.	CH					1	1	1
<i>Rhopalae</i> sp.	CH	1	1		1	1		
Number of species		20	26	27	36	35	32	35

\* PO: Porifera, CN: Cnidaria, AN: Antozoa, MO: Mollusca, EC: Echinodermata, CH: Cordata

은 생물다양성이 현저히 감소하였다.

조사 방식이 각 정선별 2회 잠수조사가 수행된 것으로, 실제 정량 채집이 아닌 촬영장비의 화각 내에서 관측가능 한 생물 위주로 동정되었기 때문에 생물다양성이 높은 열대해역의 전형적인 특성을 조사하지는 못하였다. 하지만 외해역과 바로 직면한 환초 구조로 인해 다양한 무척추동물이 살아 갈 수 있는 가지산호군락(branch coral colony)이 거의 나타나지 않아, 복잡한 산호초 구조는 거의 볼 수 없었다. 대부분의 산호가 뇌산호류(brain coral)와 같이 석회암 기질의 표면을 피복하는 형태의 산호가 발달하여, 기타 무척추동물이 은신하거나, 부착할 수 있는 기질 면적이 상대적으로 매우 적은 형태를 나타냈다. 대부분의 산호는 수직별 대상 구조를 나타냈다. 수심 10m 이내의 경우 *Polites* sp. 등이 우점하였고, 10~15m 수심 주변에서 높은 다양성을 나타냈다. 정점별로 비교해 보면 정점 6에서 36종으로 가장 많은 종수를 나타냈으며, 정점 7과 9에서는 각각 35종이 출현하였다. 한편 정점 3과 4에서는 30종이하의 비교적 적은 종수를 나타냈다. 정점별 종수의 변화는 지형적인 구조의 차이에 의한 것으로 보이는데, 정점 3과 4의 경우 수심 10m 이내의 평평한 구조가 15m 정도 연장되다가 나타나는 직벽 구조의 특성을 보였으며, 기타 지역은 성장하여 사망한 산호가 심해로 흘러내리는 구조를 나타냈다.

산호류는 해역별로 환경 특성과 특히 조류, 파도의 영향에 따라 종 다양성이 좌우되는 양상을 나타내는데, 폰페이 해역의 경우도 수심별 또는 지형적 특성별로 유사한 종으로 구성된 산호군락이 형성되어 있는 것으로 나타나고 있다.

1999년부터 2006년 까지 마이크로네시아 연방 주변에서 조사된 대형무척추동물의 종조성을 비교할 때 폰페이 지역에서 출현한 종들은 축 환초를 제외한 여타 마이크로네시아 지역과 유사한 특성을 나타냈다. 특히 코스레 해역과 유사한 분포양상을 나타내고 있으며, 분류군의 분포에서도 산호충류의 종수와 기타 동물군의 종수를 비교할 때 유사성이 높았다. 가장 많은 종수를 나타낸 자포동물의 경우 코스레 지역보다 2종이 적게 나타났으며, 대형동물이나 절지동물이 관찰되지 않은 것은 조사 방식이 정선을 이용한 광학적 차원에서의 영상자료에 따른 결과로 보인다.

폰페이 해역의 무척추동물 분포양상은 축 해역과 유사하게 내만 섬 주변(정점 3, 4) 얕은 산호초 지역, 초호 외측의 깊은 지역(정점 7) 및 초호 내측 비교적 완만한 경사를 기지는 지역(정점 8, 9)로 나뉜다.

초호 내측 작은 섬 부근에 위치한 정점 3은 파도가 영향이 거의 없는 지역으로 수심이 낮은 지역까지 산호가 발달하여 있지만 지형적 영향으로 전반적으로 종수는 적게 나타나는 유형이다. 상층부에서 15m 정도의 거리까지는 완만한 경사를 나타내다가 수심 12m 해역부터는 80° 이상의 급한 경사도를 나타냈다. 낮은 수심지역은 높은 산호의 밀도를 나

타내지만 종조성에서는 *Acropora tenella*, *Porite* sp. *Porite lutea* 등이 우점하여 상대적으로 적은 종 조성을 나타냈다. 경사도가 급해지는 12m 수심 이후의 해역은 산호 기저암으로 구성되면서, 군락을 형성하는 산호의 분포양상에서 테라스 구조의 모양으로 *Porite* sp. 등이 형태적 특성을 변형한 상태에서 서식하였으며, 이들이 다른 생물이 서식할 수 있는 기저(substrate)를 구성하였다. 이들 중 하단에는 어류 및 극피동물 등이 서식하였으며, 끝부분에는 강한 조류 등에 의해 먹이를 구하는 바다나리류(*Comanthus suavia*) 등이 출현하였다(그림 3-1-27).

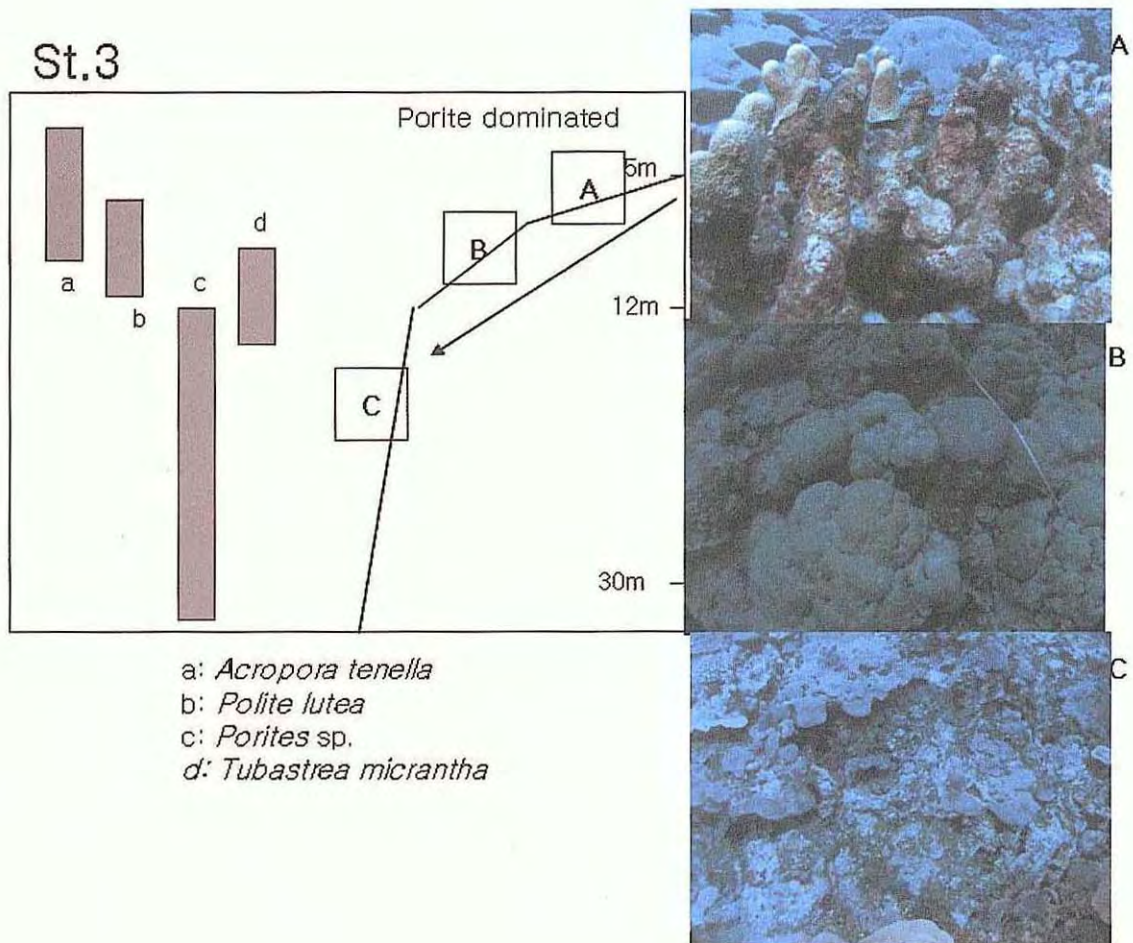


그림 3-1-27. 마이크로네시아 폰페이 환초 내만 섬 주변(정점 3)의 대형 저서동물의 수직 분포(2006. 9).

Fig. 3-1-27. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos near main island(St. 3) in Pohnpei Atoll, FSM (2006. 9)

수심 12m 이하 급경사지역에서는 산호군락이 거의 나타나지 않았다. 다만 크기가 작은 생물을 포함한다면, 테라스 형태의 *Porite* sp. 아래 부분을 중심으로 어두운 환경에 적응하는 종들이 다량으로 밀생하는 양상을 보였다. 부분적으로 경사면이 완만하게 나타나는 해역의 경우 산호의 잔존물 등이 퇴적된 양상을 나타냈으며, 소량의 퇴적물의 침전은 낮은 수심에서 살다가 사만한 산호류 등이 이탈하여 낙하하면서 만들어진 것으로 판단된다.

폰페이 환초 서북쪽에 초호 외측은 수심 35m 이상 깊은 곳으로 약 60° 정도의 경사를 가지고 있으며, 수심 15m 와 수심 22m 지점에 폭이 약 2m 깊이가 3~4m의 골이 연안과 수평방향으로 형성되어 있다. 골의 크기는 일정한 형태를 나타냈으며, 수심이 깊은 곳에 위치한 곳이 더욱 깊은 구조를 나타냈다. 상층부 수심 8m 내외에서는 *Jucella* sp. 가 우점하면서 천공성 생물이 서식하고 있으며, 약 2m 정도의 폭으로 *Acropora* sp.가 군락을 형성하고 있다(그림 3-1-28). 10m 부근에는 뇌산호류(*Polites* sp.)가 우점하였고, 골의 경계면을 따라 피복성 산호(*Schizoporella* sp.)가 형성되었다. 또한 골의 벽면을 따라 형성된 단조로운 수직면에는 생물체가 거의 나타나지 않았고, 피복성 산호인 *Montipora* sp. 등이 표면을 덮고 있었다. 골짜기 바닥은 *S. cylindricus*의 조각들이 침전되어 있었으며, 산호사 등 퇴적물은 전혀 나타나지 않았다. 이러한 산호 덩어리 사이로 일부 해조류가 서식하여 덮으면서 *Holothuria alta* 등 해삼류 등이 다소 출현하였다.

한편, 외해쪽 골짜기 경계면은 연안 쪽 방향과는 다르게 *S. Cylindricus* 가 군락을 형성하였는데, 이들이 부서지면서 골짜기 아래로 떨어진 것으로 추정된다. 수심이 깊어지면서, 경사면도 급하게 형성되어 *Polites* sp.2 등이 영지버섯 모양으로 나타났다. 또한 경사면의 대부분이 부서진 산호덩어리가 침적된 양상을 나타내어, 조류의 세기에 따라 지속적으로 부서져 내리는 양상을 나타냈다. 따라서 *Polites* sp.가 부착된 지역 외에는 단조로운 종조성과 구조를 나타냈다. 단순한 산호형태로 이어지는 지형적 구조와 부서져 내린 산호덩어리를 기질로 한 피복성 생물이나 부착성 생물이 거의 출현하지 않았으며, 틈 사이로 작은 크기의 권패류와 해조류 등이 산발적으로 나타났다.

폰페이 환초의 초호는 폭이 좁아 파도의 물리적인 힘이 거의 작용하지 않는 지역으로 산호초가 비교적 잘 발달해 있다. 정점 8의 경우 지형적 수조는 외측과 유사하지만 하향 조류의 영향으로 형성된 골은 다소 적게 나타난다. 골의 폭은 5~6m로 넓지만 깊이는 2m 이하이다. 정점 8은 수심 17m 부터는 약 75° 정도의 경사면을 이루다가 25m 이후에는 90°에 가까운 직벽 구조를 나타냈다. 따라서 17m 이상 수심에서는 부서진 산호덩어리가 약 50%의 피도를 나타냈으나, 25m 이후에는 절벽형의 지형 구조상 전혀 침적되지 않은 양상을 보였다. 8m 이내 얕은 수심에서는 피복성 산호인 *Polites* sp. 등이 우점하면서 천공성 생물이 높은 서식밀도를 나타냈다(그림 3-1-29).

St.7

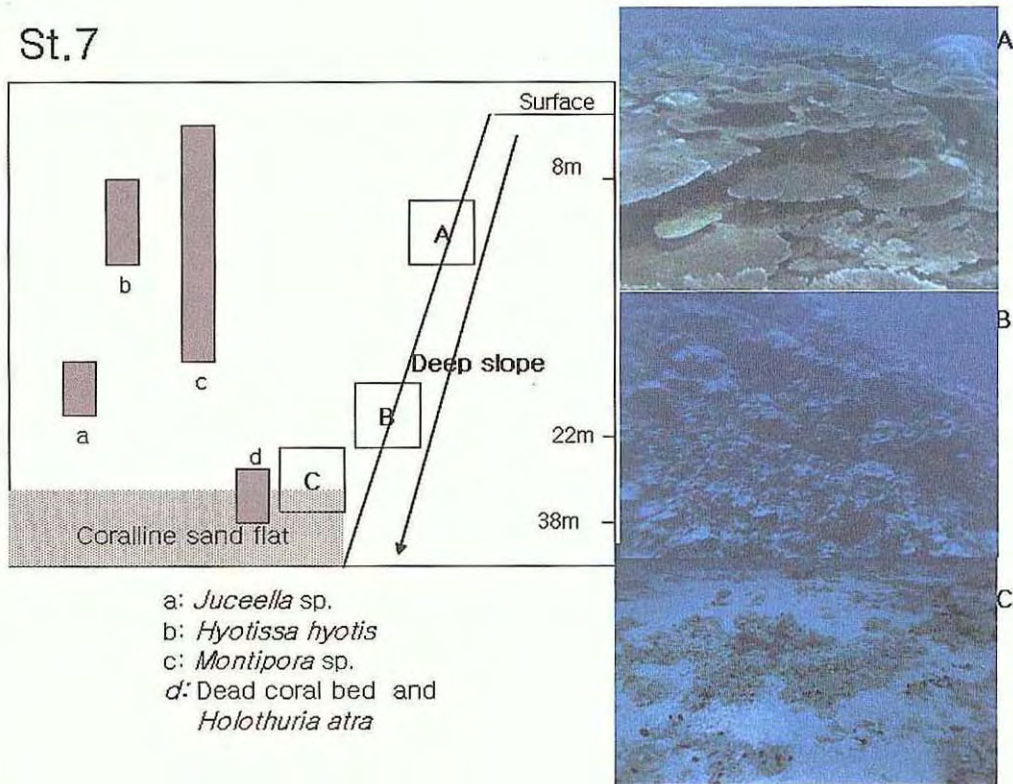


그림 3-1-28. 마이크로네시아 폰페이 환초 외측(정점 7)에서의 대형 저서동물의 수직분포 (2006. 9).

Fig. 3-1-28. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos outside of reef (St. 7) in Pohnpei Atoll, FSM (2006. 9)

이 지역은 외측의 정점과는 달리 *Acropora* sp.의 군락이 형성되지 않고, *Scaphyllia* sp. 등이 약 3~5m의 폭으로 형성되었으며, 부분적으로 뇌산호류가 서식하는 양상을 나타냈다. 경사가 급해지면서 완만한 지역과의 경계면에는 역시 *S. cylindricus* 가 출현하였으며, 영지버섯 형태의 *Polites*는 국부적으로 서식하고 있었다. 이러한 산호초 구조는 기질

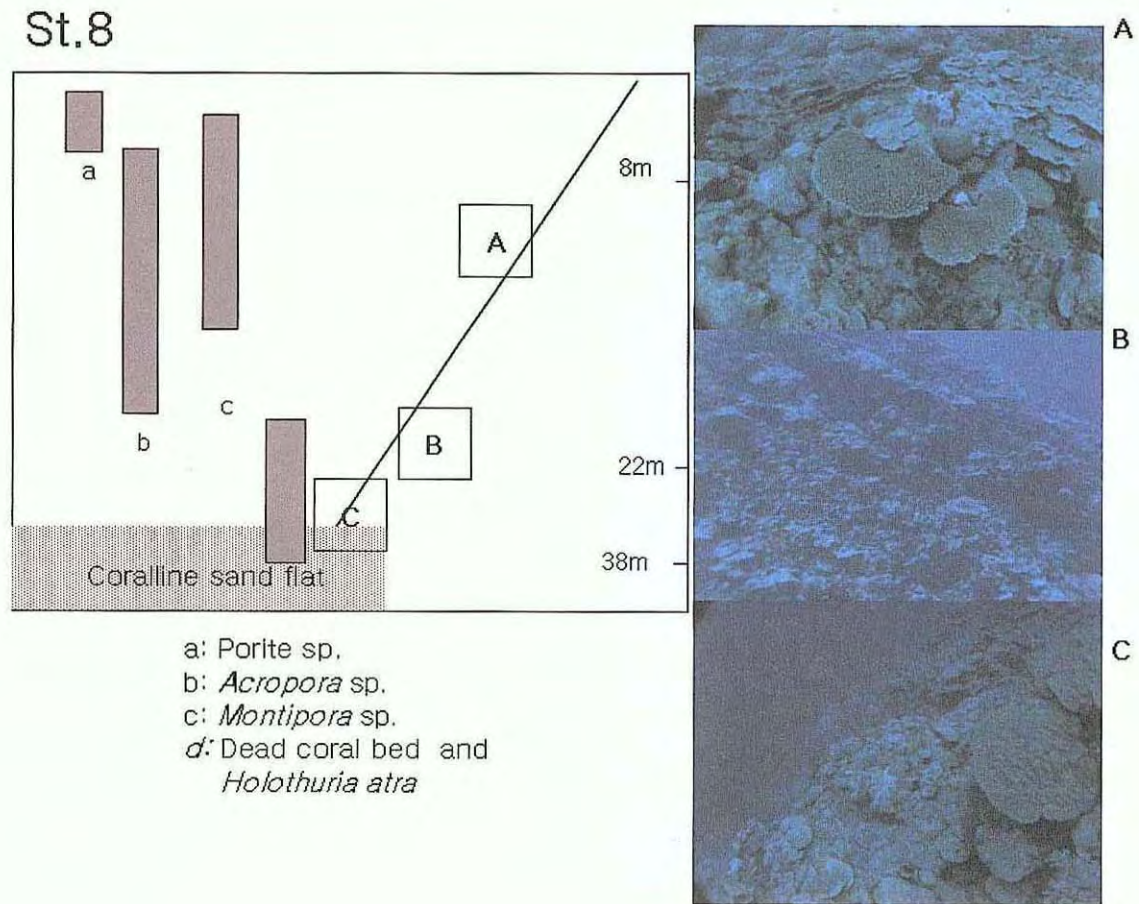


그림 3-1-29. 마이크로네시아 폰페이 환초 외측(정점 8)의 대형저서동물의 수직분포(2006. 9).

Fig. 3-1-29. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos outside of reef (St. 8) in Pohnpei Atoll, FSM (2006. 9)

표면을 다양하게 만들기 때문에 포복성 무척추동물 등이 서식하기에 원활한 환경을 제공한다. 이 정점에서는 실제로 다른 정점에 비해 구멍이나 틈새에 거미불가사리, 불가사리, 성게 등 다양한 극피동물이 관찰되었으며, 거인조개(*Tridacna maxima*)도 관찰되었다. 한편, 침적된 산호 덩어리 주변에는 *Montipora* 등이 피복하면서, 일부 산호덩어리는 이 종이 피복된 형태로 기질화 되어가는 양상을 나타냈다. 한편 25m 이상 깊은 수심에서 절벽형태의 급경사를 이루는 지역의 경우 조사당시 절벽을 따라 강한 조류가 형성되어 회



초리산호(*Cirrhopathes* sp.) 등이 출현하였다. 또한 굴곡진 기질에서는 갯고사리류(*Comanthina schlegelii*)와 주머니멍게류(*Botryllus* sp.)가 우점하는 양상을 보였다. 이러한 생물상은 강한 조류가 형성된 지역에서 주로 서식하는 종으로 절벽을 따라 원활한 조류 소통이 일어나고 있는 것으로 예측할 수 있다. 초호의 폭이 아주 좁은 정점 9에서는 하향조류에 의해 생기는 골이 형성되지 않았으며, 테라스 구조의 *Acropora* sp.와 *Porite* sp. 등이 우점하는 양상을 나타낸다. *Porite* sp.가 성장하다가 사망하면, 그 공간을 중심으로 현탁물 식자 위주의 생물은 멍게류와 바다나리류 등이 모서리 부근에 우점하는 양상으로 보아 동서 방향 또는 남북방향의 조류의 흐름이 우세한 것으로 예상된다.

상층부에는 *Porite rus* 등 다른 정점에서 보기 어려운 둥글고 긴 모양의 구조와 다른 *Porite*에 비해 축수의 길이가 길게 형성된 종이 높은 서식밀도를 나타냈으며, 전반적으로 접시형이나 사슴뿔 형태를 가지는 *Acropora* 보다는 죽은 산호 기저부를 피복하는 *Porite*형이 절대적으로 우세한 구조를 나타냈다. 수심 30m이하의 저층은 다소 완만한 형태의 경사도를 나타내면서, 산호가루의 퇴적구조를 나타냈다. 이 지역의 경우 거대조개나 트로카스 등 산업종이 거의 나타나지 않았으며, 피복성 산호가 우세한 상태로 다른 생물이 은거할 수 있는 공간 적었지만 테라스 구조에 따른 그늘 주변에 은거하는 soldier fish 등이 높은 서식밀도를 나타냈다.

### 3). 어류

폰페이 섬은 축에 비하여 초호가 좁게 발달된 곳이다. 본섬 연안의 어류 조사 정점은 그간의 경험과 주민의 자문을 토대로 비교적 인간 간섭이 많은 작은 섬 주변으로 대왕쥐가오리가 자주 출현하여 현지인들로부터 만타로드(Manta Road)로 불리는 곳과(정점 S3), 환초의 안과 바깥을 이어주는 폰페이 동쪽의 아로우 수로(Arou Pass) 내측의 직벽형 산호초(정점 S6), 폰페이 환초 남서쪽 15km에 위치한 무인 환초로 산호초를 포함한 나수 중상태가 비교적 잘 보존되어 있는 엔트 환초(Ant Atoll) 내측(정점 S11) 및 섬 주변의 얕은 지역(정점 12)을 선정하였다.

폰페이 해역에서는 98종의 어류가 관찰되었다. 폰페이 환초 안의 정점 S3과 정점 S6에서는 각각 61종 및 58종이 관찰되었으며, 두 지점이 매우 유사한 종조성을 나타내었다. 한편, 엔트 환초의 내측의 정점 S11에서는 92종의 가장 많은 어류가 관찰되었지만 외측의 정점 S12에서는 단지 9종의 어류만 관찰되었다(표 3-1-18). 엘트 환초 파사(Pasa Is.)섬 주변은 얕은 곳으로 잘피밭이 형성되어 있어 소형어류가 주로 서식하는 지역이다.

표 3-1-18. 마이크로네시아 폰페이 해역의 어류출현 양상(2006. 11)

Table 3-1-18. List of fish species observed in Pohnpei, FSM (2006. 11)

No.	Species	St. 3	St. 6	St. 11	St. 12
1	<i>Manta alfredi</i>				
2	<i>Hemiramphus sp.</i>				
3	<i>Myripristis adusta</i>			+	
4	<i>Myripristis sp.</i>	+	+	+	
5	<i>Myripristis sp.2</i>		+	+	
6	<i>Pseudanthias sp.</i>		+	+	
7	<i>Cephalopholis miniata</i>	+			
8	<i>Cephalopholis argus</i>		+	+	
9	<i>Cephalopholis urodeta</i>		+		
10	<i>Apogon sp.</i>		+		
11	<i>Epinephelus polyphkadion</i>			+	
12	<i>Paracirrhites forsteri</i>			+	
13	<i>Macolor macularis</i>		+	+	
14	<i>Lutjanus gibbus</i>		+	+	
15	<i>Lutjanus bohar</i>			+	
16	<i>Lutjanus monostigmus</i>		+	+	
17	<i>Scomberoides lysan</i>				
18	<i>Caesio lunaris</i>		+		
19	<i>Caesio caerulaurea</i>	+	+		
20	<i>Caesio sp.</i>			+	
21	<i>Monotaxis grandoculus</i>	+	+	+	
22	<i>Pempheris oualensis</i>			+	
23	<i>Kyphosus cinerascens</i>			+	
24	<i>Parupeneus barberinus</i>				
25	<i>Chaetodon auriga</i>	+	+	+	
26	<i>Chaetodon bennetti</i>		+		
27	<i>Chaetodon ephippium</i>		+	+	
28	<i>Chaetodon kleinii</i>		+	+	
29	<i>Chaetodon lineolatus</i>				
30	<i>Chaetodon lunula</i>			+	
31	<i>Chaetodon octofasciatus</i>		+		
32	<i>Chaetodon reticulatus</i>		+		
33	<i>Chaetodon trifascitus</i>				

표 3-1-18. 계속

Table 3-1-18. Continued

No.	species	St. 3	St. 6	St. 11	St. 12
34	<i>Chaetodon punctatofasciatus</i>			+	
35	<i>Chaetodon reticulatus</i>			+	
36	<i>Forcipiger flavissimus</i>		+		
37	<i>Heniochus acumiantus</i>				
38	<i>Heniochus singularis</i>				
39	<i>Heniochus chrysostomus</i>		+		
40	<i>Centropyge bicolor</i>				
41	<i>Centropyge flavissimus</i>				
42	<i>Genicanthus melanospilos</i>				
43	<i>Forcipiger longirostris</i>			+	
44	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>			+	
45	<i>Heniochus varius</i>			+	
46	<i>Pygoplites diacanthus</i>		+	+	
47	<i>Pomacanthus xanthometapon</i>				
48	<i>Chromis</i> sp.		+	+	
49	<i>Chromis acares</i>				
50	<i>Chromis agilis</i>				
51	<i>Chromis amboinensis</i>				
52	<i>Chromis margaritifer</i>			+	
53	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				
54	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	+	+	+	
55	<i>Chrysiptera traceyi</i>	+		+	
56	<i>Chrysiptera leucopoma</i>		+		
57	<i>Pomacentrus coelestis</i>		+		
58	<i>Pomacentrus</i> sp.			+	
59	<i>Cheilinus fasciatus</i>	+	+	+	
60	<i>Cheilinus trilobatus</i>			+	
61	<i>Cheilinus</i> sp.				
62	<i>Halichoeres trimaculatus</i>		+		
63	<i>Thalassoma amblycephalum</i>		+	+	
64	<i>Epibulus insidiator</i>	+		+	
65	<i>Anampses twisti</i>				
66	<i>Gomphosus varius</i>	+		+	

표 3-1-18. 계속

Table 3-1-18. Continued

No.	Species	St. 3	St. 6	St. 11	St. 12
67	<i>Halichoeres hortulanus</i>			+	
68	<i>Labroides dimidiatus</i>	+	+		
69	<i>Bolbometopon muricatum</i>	+		+	
70	<i>Cetoscarus bicolor</i>				
71	<i>Hipposcarus longiceps</i>				
72	<i>Scarus sp.</i>	+	+	+	
73	<i>Scarus sp.2</i>				
74	<i>Scarus altipinnis</i>			+	
75	<i>Scarus niger</i>			+	
76	<i>Sphyraena barracuda</i>				
77	<i>Parapercis sp.</i>				
78	<i>Ptereleotris evides</i>	+			
79	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				
80	<i>Eviota sp.</i>				
81	<i>Acanthurus nigricauda</i>		+	+	
82	<i>Acanthurus leucocheilus</i>				
83	<i>Acanthurus nigricans</i>	+			
84	<i>Acanthurus nigroris</i>				
85	<i>Acanthurus thompsoni</i>				
86	<i>Zebrasoma veliferum</i>			+	
87	<i>Naso lituratus</i>	+	+	+	
88	<i>Naso vlamingii</i>	+		+	
89	<i>Zanclus cornutus</i>	+	+	+	
90	<i>Siganus vulpinus</i>	+		+	
91	<i>Balistapus undulatus</i>	+	+	+	
92	<i>Melichthys vidua</i>	+		+	
93	<i>Paraluteres prionurus</i>				
94	<i>Caranx melampygus</i>				+
95	<i>Lethrinus sp.</i>				+
96	<i>Amphiprion melanopus</i>				+

정점 3이 위치한 Manta Road 지역은 전술한 바와 같이 대왕쥐가오리가 많이 출현하는 수로형 지역으로 수로를 중심으로 양 옆의 산호초와의 사이에 수심 16m 전후의 골이 형성되어 있는 곳이다. 이 정점은 비교적 본섬과 가까운 연안이고 조류 소통이 빨라 부니가 많고 따라서 투명도가 비교적 낮았다. 산호초의 발달은 비교적 빈약한 편으로 대왕쥐가오리(Giant Manta, *Manta birostris*)와 90cm급 자이언트바라쿠다를 제외하면 대형어 출현은 없었다. 조사당일 크기가 약 2m 전후의 대왕쥐가오리 십여마리가 확인되었는데 표층과 중층을 오가면서 먹이인 플랑크톤을 포식하고 있었다. 대왕쥐가오리들이 먹이 활동을 하는 곳의 표층에 학공치 떼가 유명하고 있었으며, 중층에는 크기 30cm 전후의 *Caesio* spp.)가 떼를 지어 플랑크톤을 잡아먹고 있는 것이 함께 관찰되었다. 이외 비교적 큰 어종으로는 전장 약 50cm 전후의 바팔로피시(Humphead parrotfish, *Bolbometopon muricatum*)가 관찰되었다. 이 종은 이마에 큰 혹을 가지고 있어 다른 어종과 잘 구분되며, 밤에 잠을 자고 아침에 다시 나타난다고 알려져 있다. 저층의 바닥은 수심이 약 20m로 모래와 작은 암반이 있었으며 모래 바닥에는 촉수류, 놀래기들이 관찰되었으며 양 옆 비스듬히 직벽을 이루고 있는 암벽에는 크고 작은 산호군락과 동굴들이 발달해 있어 두둥가리돔, 열게돔류, 바리류, 천사고기류(*Chaetodon* spp.), 바리류 등이 확인되었다(그림 3-1-30).

정점 S6은 만타 수로(Mata Pass) 남쪽에 위치한 곳으로 아로우 수로(Arou Pass)라 부르는 곳이다. 수로의 양측에 발달한 직벽형 산호초를 아로우 벽(Arou Wall)이라 부른다. 이 지역은 환초의 내측으로 외곽의 높은 파도에도 불구하고 비교적 조용하지만, 투명도는 낮은 지역으로 테이블형 대형 산호군락이 발달되어 있는 곳이다. 수심은 30m 내외로 바닥은 작은 자갈과 모래로 이루어져 있다.

아로우 수로에서 출현한 어종은 총 58종으로 만타 수로 지역과 유사한 종다양성을 가지고 있지만 산호초형 소형어류가 대형어류에 비하여 풍부하였다.

아로우수로의 정점 6의 수심 5-10m 직벽에서는 말미잘과 공생하는 흰동가리류(*Amphiprion* sp.)들을 볼 수 있었다. 직벽에서는 크고 작은 산호들 사이에서 나비고기류, 천사고기류, 놀래기류, 자리돔류, 소형 쥐돔류, 소형 통돔 등이 서식하고 있었으며 직벽에 많이 발달된 작은 굴속에서는 눈이 큰 열게돔류들이 확인되었다(그림 3-1-31). 한편, 직벽의 위쪽 편평한 곳에서는 작은 비늘돔, 놀래기, 쥐돔, 나비고기 등 비교적 몸집이 작은 소형어들이 떼를 지어 먹이 활동을 하고 있었다.

정점 11이 위치한 엔트 환초는 독립된 환초로 육상에서 유입되는 담수와 육기물의 영향을 받지 않는 곳이다. 조사지점인 엔트 환초 남쪽 입구 지역은 투명도가 높고 약한 조류의 흐름이 있는 수로로 수로의 동, 서 양쪽이 모두 직벽형 산호초로 구성되어 있다.

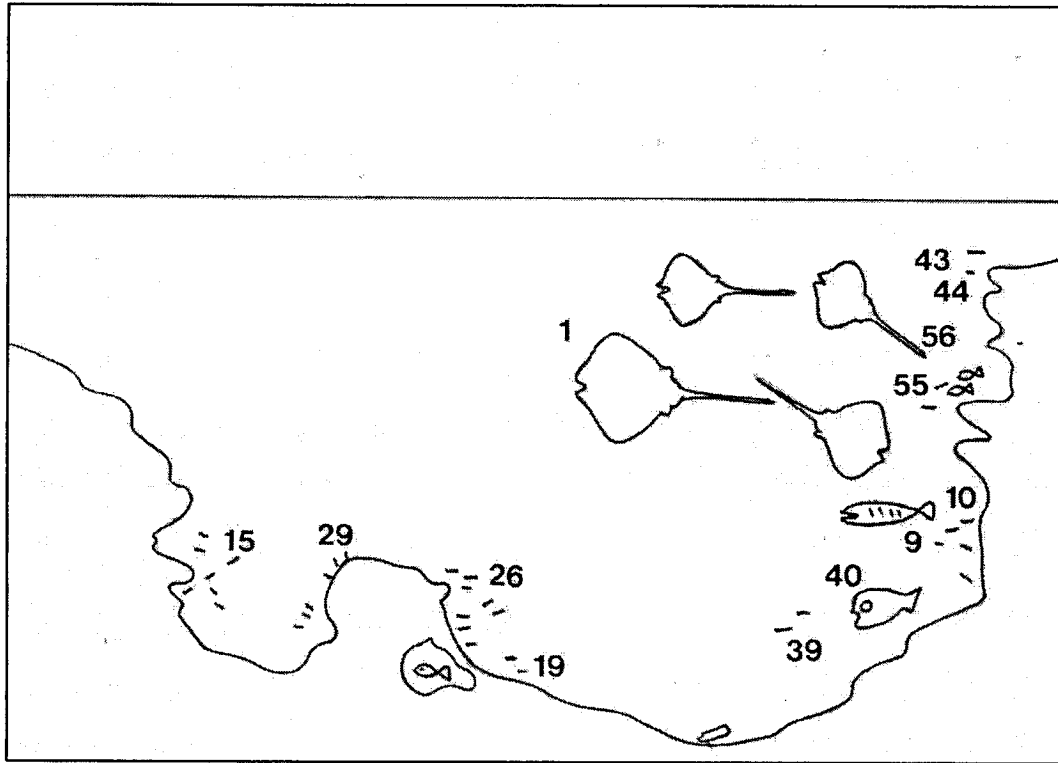


그림 3-1-30. 마이크로네시아 폰페이 해역 조사정점 3에서의 어류분포 모식도(2006. 11).  
 Fig. 3-1-30. Scheme of fish distribution at shallow area inside of Pohnpei, FSM ( 2006. 11). (1 *Manta alfredi*; 9 *Chaetodon auriga*; 10 *Chaetodon bennetti*; 15 *Chaetodon trifascitus*; 19 *Heniochus chrysostomus*; 26 *Chromis agilis*; 29 *Amblyglyphidodon aureus*; 39 *Labroides dimidiatus*; 40 *Bolbometopon muricatum*; 43 *Scarus* sp.1; 44 *Scarus* sp.2; 55 *Naso lituratus*; 56 *Naso vlamingii*).

이곳은 소형어 뿐만 아니라 퉁돔, 흑놀래기, 바리류 등 대형수산어종도 수심 20~40m에서 관찰되었다. 수중 조사는 2회로 나누어 서쪽 내측에서 수로까지, 동쪽 외 양측 직벽은 모두 산호가 잘 발달하고 수심 35-40m까지는 급경사를 이루고 그 이후 약 50m까지는 비스듬한 지형을 가진 곳이었다. 이 정점에서는 atoll의 외곽 해역이 가지는 전형적인 직벽(drop off)의 어류상과 atoll 안쪽 조용한 라군 내의 소형어를 중심으로 한 내만 어류상을 동시에 가지고 있어 조사당일 총 92종의 어종이 확인되어 폰페이 본섬 동부 연안

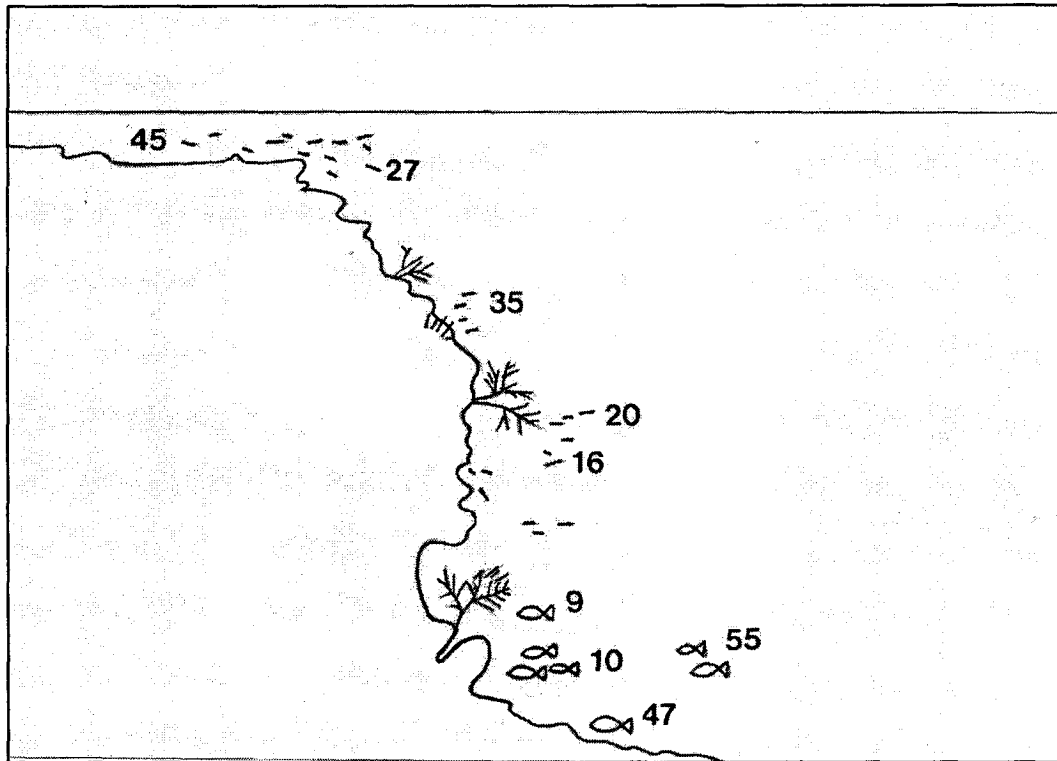


그림 3-1-31. 마이크로네시아 폰페이 해역 조사정점 6에서의 어류분포 모식도(2006. 11).

Fig. 3-1-31. Scheme of fish distribution at Arou Pass in Pohnpei, FSM (2006. 11).

(9 *Lutjanus gibbus*; 10 *Lutjanus monostigmus*; 16 *Chaetodon auriga*; 20 *Chaetodon octofasciatus*; 27 *Heniochus chrysostomus*; 35 *Amblyglyphidodon aureus*; 45 *Thalassoma amblycephalum*; 47 *Scarus* sp.; 55 *Naso lituratus*).

정점 보다 약 30여종이 많은 다양한 어종들과 대형 수산 어종들을 확인할 수 있었다(그림 3-1-32). 입수 지점의 중층에는 바라쿠다(barracuda) 떼를 만날 수 있었으며 측주에 비하여 수중조사에 의한 상어 자원이 적은 것으로 보이는 폰페이 연안에서 1m 남짓한 화이트팁상어를 만날 수 있었다. 수심 10-15m 수층을 따라 파랑비늘돔류(*Scarus* sp.3), 황줄감정이류인 *Kyphosus* 류가 떼를 지어 이동하고 있었으며 그 아래로 수심 30~40m 수층에는 무늬통돔, 갈돔류, 대형바리류, 대형 버팔로피시 등이 주로 이동하고 있었다. 보다 깊은 수심대에서는 50cm 전후의 대형 바리류인 *Plectropomus areoltus*나 그보다 소형인 *Gracila albomarginata*들이 확인되었다. 산호가 잘 발달한 직벽을 따라 천천히 흐르는 조류가 있는 곳에서는 직벽 지형에서 흔히 볼 수 있는 소형 금강바리류를 비롯하여 자리돔류, 놀래기류, 쥐돔류, 천사고기 류 등 다양한 소형 산호초 어류들을 볼 수 있었다.

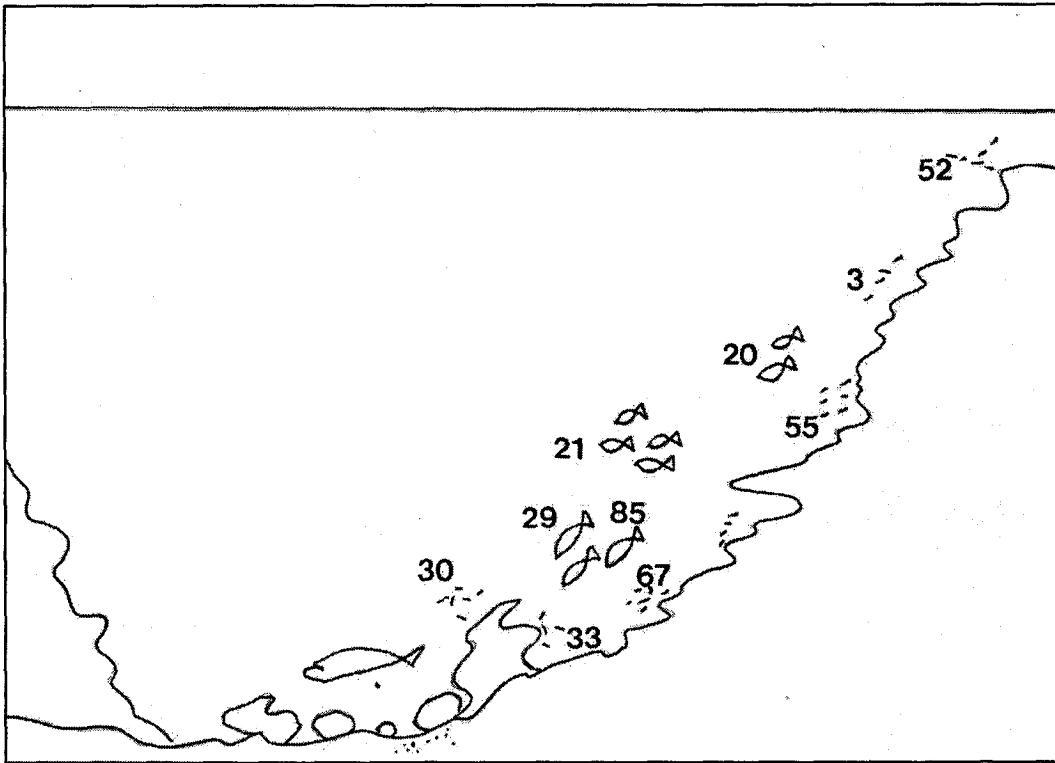


그림 3-1-32. 마이크로네시아 폰페이주 엔트 환초 조사정점 11에서의 어류분포 모식도 (2006. 11).

Table 3-1-32. Scheme of fish distribution at Ant Atoll (S 11) in Pohnpei, FSM (2006. 11). (3 *Myripristis* sp.; 20 *Lutjanus gibbus*; 21 *Lutjanus monostigmus*; 29 *Kyphosus cinerascens*; 30 *Chaetodon auriga*; 33 *Chaetodon lunula*; 52 *Chromis agilis*; 55 *Dascyllus reticulatus*; 67 *Thalassoma lunare*; 88 *Zanclus cornutus*).

엔트 환초 북동쪽에 위치한 작은 섬인 파사(Pasa Is.) 연안은 산호사로 이루어진 해변의 얕은 수심대에 잘피밭이 잘 발달되어 있고 높이가 1~1.5m 정도의 암초가 드문드문 발달한 곳이었다. 조사에서 확인된 어종은 총 9종으로 주위가 산호사가 깔리고 수심 2~3m의 얕은 연안의 비교적 적은 규모의 암초였기 때문에 종수는 그다지 많지 않았지만 말미잘과 공생하는 흰동가리류(*Amphiprion molanopus*)가 10마리 이상 모여 살고 있고 소형 자리돔류, 놀래기, 촉수류 등이 관찰되었다(그림 3-1-33).



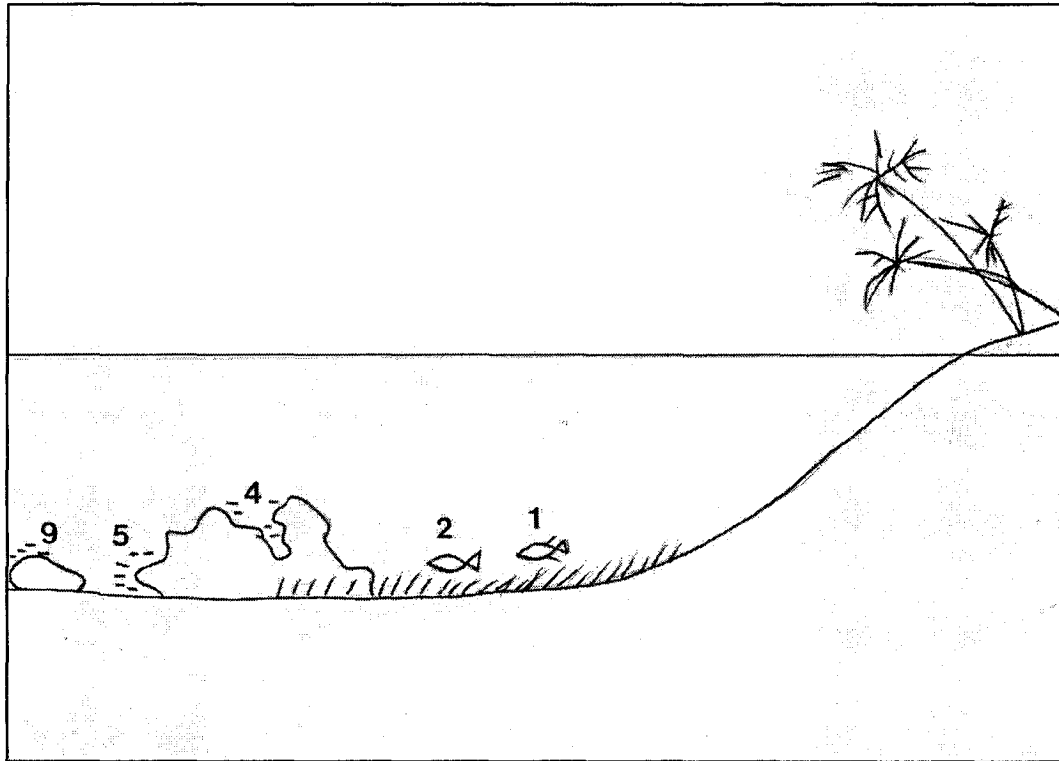


그림 3-1-33. 마이크로네시아 폰페이주 앤티 환초 조사정점 12에서의 어류분포 모식도(2006. 11).

Fig. 3-1-33. Scheme of fish distribution at Pasa Is (S 12) in Ant Atoll, Pohnpei, FSM (2006. 11). (1 *Caranx melampyngus*; 2 *Lethrinus* sp.; 4 *Amphiprion melanopus*; 5 *Chromis* sp.; 9 *Thalassoma hardwickii*).

그 외 잘피밭에는 산호초의 외측에서 많이 발견되는 35cm 급 blue fin trebally와 돛류인 *Lethrinus* 류가 발견되어 전갱이류, 통돛류 등 대형어종의 어린 개체들이 잘피밭인 얕은 수심대까지 나와 먹이를 찾는 것으로 확인되었다. 즉, 폰페이 본섬 마을 앞 얕은 산호초 연안에서와 마찬가지로 앤티 환초 내의 얕은 연안은 그 규모가 작지만 유어기의 많은 어종들에게 성육장을 제공하는 것으로 생각되었다.

폰페이 연안과 본섬에서 서편으로 떨어진 앤티 환초에서 실시한 어류 생태, 자원 조사 결과를 종합하면 지난해까지 마이크로네시아의 축 및 코스레 조사시 나타났던 경향과 거의 유사함을 알 수 있었고 단지 상어가 많이 출현하였던 축 환초나 남원 환초와는 달리 이번 조사에서는 소형 화이트팁상어만 확인된 정도가 그 차이로 하겠다.

출현종수는 조사정점 12 주변에서 관찰된 최소치인 9종을 제외하고는 각 조사정점별로 58~92종이 출현하였으며, 총 출현종수는 131종으로 압 주의 156종, 팔라우의 165종, 축주의 222종, 코스레주의 196종에 비하면 적은 어종수를 기록하였다. 그러나 이러한 결과는 조사 횟수나 정점별 환경적인 차이로 인한 요인이 크게 작용한 것으로 마이크로네시아 내의 지역적인 차이로 보기는 어려우며, 타 지역에 많이 출현하는 종들만을 대상으로 한다면 이들과 유사한 어류상을 가지고 있다고 생각된다. 전체적으로 볼 때, 폰페이는 측에 비하여 초호의 폭이 좁고 얇아 투명도가 낮고 어종의 다양성이 낮았지만, 초호 외측에 위치하는 엔트 환초의 조사 결과를 보면 다른 주와 유사한 어류환경을 갖고 있다고 판단된다.

정점별 지형적인 환경과 어종구성을 비교해 보면 대왕쥐가오리가 많이 출현하는 수로형 지형으로 조류의 흐름이 비교적 강하고 투명도가 낮다. 수심 또한 낮고 직벽의 구조가 단순하여 출현어종이 적고 개체 크기가 작으며, 수산어종이라 할지라도 크기가 작은 개체들이 주로 서식하고 있다. 이곳은 수심 30m 까지 직벽을 이루고 있었으나 내해의 특성상 조류의 흐름이 느린 탓인지 대형 수산어종은 그다지 많지 않았다(표 3-1-19).

외해에 위치한 엔트 환초의 수로는 어종의 종다양성이 매우 높고 50~60cm급 대형 바리류를 비롯하여 통돮류, 파랑비늘돮류, 표문쥐치류 등 대형 수산어종들이 많이 서식하는 곳이었다. 파사 연안은 잘피밭으로 구성되어 있으며, 잘피밭 사이에 군데군데 산재한 암초 주위에 흰동가리를 비롯한 소형 어종들과 일부 전갱이류, 돮류의 어린 개체들이 잘피밭을 돌아다니는 곳이었다.

폰페이섬 연안은 망그로브군총이 잘 발달한 곳으로 강우에 따른 빗물 이 폭이 좁고 수심이 낮은 초호로 유입되어 낮아진 투명도와 염분으로 어류상에 다소 영향을 미치는 것으로 보이며, 반면 엔트 환초는 본섬에서 약 15km 이상 떨어진 외양에 위치하여 육지의 영향이 적어 마이크로네시아의 타 지역과 유사한 어류상을 나타내는 것으로 판단된다.

## 다. 코스레

### 1). 해조류

코스레 해역에서 2003년 10월과 2004년 11월에 관찰된 해조류는 총 6개 분류군 23종이었다. 정점 1에서는 총 7종(남조류 1종, 녹조류 2종, 홍조류 4종)이 관찰되었고, 정점 3에서는 총 11종이 관찰되었으며(남조류 2종, 녹조류 3종, 홍조류 6종), 정점 5에서는 총

표 3-1-19. 마이크로네시아 폰페이 해역의 환경 특성과 주요 어종

Table 3-1-19. Distribution patterns of fish depend on environmental characteristics in Pohnpei, FSM

Area	Bottom type	Species	Remark
Manta Road	inside of lagoon, sand bottom channel	<i>Manta birostris</i> <i>Cephalopholis miniata</i> <i>Caesio</i> sp. <i>Sphyræna barracuda</i> <i>Naso vlamingii</i>	대왕취가오리 바리류 자이안트바라쿠다 양쥐돔류
Arou Pass	inside of lagoon, small cliff type, reef wall	<i>Gnathanodon specio</i> <i>Cephalopholis argus</i> <i>Lutjanus gibbus</i> <i>Naso lituratus</i> <i>Myripristis spp.</i>	전갱이류 바리류 통돔류 양쥐돔류 얼개돔류
Ant Atoll	outside of lagoon, large cliff channel reef	<i>Myripristis spp.</i> <i>Cephalopholis spp.</i> <i>Epinephelus polyphekadion</i> <i>Lutjanus spp.</i> <i>Caesio</i> sp. <i>Scarus</i> sp. <i>Naso vlamingii</i>	얼개돔류 바리류 " 통돔류 파랑비늘돔류 표문취치류
Pasa Is.	near small island seagrass bed	<i>Caranx melampygus*</i> <i>Lethrinus</i> sp.	bluefin trevally 유어 갈돔류

13종(납조류 2종, 녹조류 3종, 홍조류 8종)이 관찰되었다. 2004년도 신규로 추가된 정점 6에서는 총 7종(납조류 1종, 녹조류 2종, 홍조류 4종)이 관찰되었다. 정점 1, 3, 5에서 나타난 2004년의 출현종수를 2003년과 비교해 볼 때, 출현종수는 년도 간 차이 없이 일정한 것으로 나타났다(표 3-1-20).

각 정점에서의 해조류의 수심별 피도는 표 3-1-21과 같다. 정점 1의 경우, 수심 10m에서는 무절석회조류인 *Lithothamnion* sp.가 15%, *Lithophyllum okamurae*가 5%의 피도로 우점하였으나, 수심 15m에서는 *Lithothamnion* sp.가 25%를 점한 이외에도 소형 엽상형 종인(turf forming species)인 *Halymeda opuntia* f. *cordata*가 5%로 혼생하여 출현하

표 3-1-20. 마이크로네시아 코스레 해역의 해조류 출현양상(2003. 10, 2004. 11)

Table 3-1-20. Occurrence of seaweed species in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11)

Species	St 1		St 2		St 3		St 4		St 5		St 6	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
<b>INTERTIDAL</b>												
<b>Chlorophyta</b>												
<i>Valonia aegagropila</i>									+			
<b>Phaeophyta</b>												
<i>Padina monor</i>									+			
<b>Seagrass</b>												
<i>Thalassia</i> sp.									+			
<b>SUBTIDAL</b>												
<b>Cyanophyta</b>												
<i>Lynbia</i> sp.			+		+	+	+		+	+		
Cyanophyta sp.	+	+	+		+	+	+		+	+		+
<b>Chlorophyta</b>												
<i>Anadyomene wrightii</i>					+	+			+	+		
<i>Bryopsis</i> sp.							*					
<i>Halymeda discoidea</i>	+	+	+		+	+	+		+	+		+
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	+	+	+		+	+	+		+	+		+
<b>Rhodophyta</b>												
<i>Actinotrichia fragile</i>			+		+	+			+	+		
<i>Galaxaura</i> sp.					+	+	+					
<i>Gelidium</i> sp.							+					
<i>Peyssonelia caulifera</i>							*		+	+		+
<i>Peyssonelia</i> sp.									+	+		
<i>Lithophyllum okamuræ</i>	+	+	+		+	+	+		+	+		+
<i>Lithothamnion</i> sp.	+	+	+				+		+	+		+
<i>Amphiroa</i> sp.	+	+	+		+	+	+		+	+		
Corallinaceae sp.							+		+	+		
<i>Halymenia dilatata</i>	+	+			+	+	+					
<i>Cruoriopsis japonica</i>							+		+	+		+
<i>Plocamium</i> sp.			+		+	+	+					
Rhodophyta sp.			+				+					
Total no. of species	7	7	10		11	11	16		16	16		7

표 3-1-21. 마이크로네시아 코스레 해역의 수심별 해조류의 피도(2003. 10, 2004. 11)  
 Table 3-1-21. The percent cover of seaweed species depend on water depth in  
 Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11)

Species	St 1		St 2		St 3		St 4		St 5		St 6	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
<b>10m</b>												
<i>Lithothamnion</i> sp.	10	12	10				1		2	1		2
<i>Lithophyllum okamurae</i>	10	5							10	5		5
<i>Halymeda discoidea</i>	2	2	3		3	5	3		2	5		5
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	*	1	2		5	2	3		2	3		3
<i>Amphiroa</i> sp.	*	1			4	5	2					
<i>Cruoriopsis japonica</i>							1		2	3		
<i>Peyssonelia caulifera</i>									2	2		
<i>Plocamium</i> sp.			3		*	1	*					
<i>Peyssonelia</i> sp.									1	1		
<i>Actinotrichia fragile</i>			*		*	2						
<i>Gelidium</i> sp.							2		*	*		
<i>Halymenia dilatata</i>	*	2					*					
<i>Lynbia</i> sp.			1		*	*	*		1	*		
Corallinaceae sp. 1							*		*	1		
<i>Bryopsis</i> sp.							*					
<i>Galaxaura</i> sp.							*					
Cyanophyta sp.									*	*		
Rhodophyta sp.			*									
<b>15m</b>												
<i>Lithothamnion</i> sp.	50	25					20		2	1		2
<i>Halymeda discoidea</i>	*	1	2		5	10	5		10	12		3
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	5	5	2		5	5	10		1	2		5
<i>Lithophyllum okamurae</i>	*	1	*		3	5	*		16	10		2
<i>Peyssonelia caulifera</i>							*		10	5		1
<i>Amphiroa</i> sp.			1				*		*	2		
<i>Halymenia dilatata</i>	*	1			*	1						
Cyanophyta sp.					*	*	*		2	*		
<i>Galaxaura</i> sp.					*	1						
<i>Cruoriopsis japonica</i>							*					1
<i>Plocamium</i> sp.			1		*	*						
<i>Anadyomene wrightii</i>					*	*			*	*		
<i>Lynbia</i> sp.					*	*						
<b>20m</b>												
<i>Halymeda discoidea</i>	10	10	5									3
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>			4		7	5	5					5
Cyanophyta sp.	3	*	3				*					
<i>Amphiroa</i> sp.			2									
<i>Peyssonelia caulifera</i>							*					1
<i>Halymenia dilatata</i>	*	1										
Rhodophyta sp.			1				*					
<b>25m</b>												
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	1	2					5					
<i>Halymeda discoidea</i>	2	3										
Rhodophyta sp.			1				3					
Cyanophyta sp.	*	*										

\* < 1% bottom cover

였다.

수심 20m에서는 *Halymeda discoidea*가 피도 10%로 가장 우점하였고, 25m에서는 *H. opuntia* f. *cordata*와 *H. discoidea*가 2~3% 피도를 보였다. *Cyanophyta* sp.는 2004년 정점 1과 3에서만 3% 내외의 피도로 출현하였다. 정점 3의 수심 10m에서는 *H. discoidea*와 유절석회조류(articulate coralline algae)인 *Amphiroa* sp.가 5%의 피도를 보였으며, 15m에서는 *H. discoidea*, *H. opuntia* f. *cordata*, *L. okamurae*가 5~10% 피도로 우점하였다. 수심 20m에서는 *H. opuntia* f. *cordata* (5%) 한 종만이 출현하였다. 자원생물로 가치가 있는 홍조류 *Gelidium* sp.은 2003년에만 출현하였다. 정점 5의 수심 10m에서는 *L. okamurae*와 *H. discoidea*가 5%의 피도를 보였으며, 수심 15m에서는 *L. okamurae*와 *H. discoidea*가 10~12%의 피도를 보였다. 정점 6의 수심 10m에서는 *L. okamurae*와 *H. discoidea*가 5%의 피도를 보였고, 15m와 20m에서는 *H. discoidea*와 *H. opuntia* f. *cordata*가 3~5%의 피도를 보였다. 금번 조사와 2003년의 조사결과를 비교해 볼 때, 수심별로 출현하는 주요 종의 구성은 2003년과 큰 차이가 없었지만, 구성종의 피도는 약간 달라진 것으로 나타났다.

정점 1에서는 해조류의 분포하한이 25m 이상으로 깊은데 비해, 정점 3, 5, 6에서는 대체로 20m 미만에서 분포하한선이 결정되었다(그림 3-1-34). 이러한 해조류 분포하한선의 지역적 차이는 기질의 유용성에서 비롯되었다고 판단된다. 즉 정점 1은 연안에서 외해 쪽으로 완만한 경사를 보이다가 수심 20m 이하부터는 약 45°의 경사를 보이는 반면, 정점 3, 5, 6은 연안부터 외해 쪽으로 40° 이상의 경사를 보이는 곳이다. 조사정점 전반에 걸쳐 경사가 급한 곳에서는 해조류보다는 고착성 산호류의 풍도가 상대적으로 높게 나타나고, 이것은 부착동물이 공간을 선점함으로써 해조류의 착생을 저해하기 때문이다. 그러므로 경사가 완만한 정점 1에서는 해조류가 부착할 수 있는 기질이 다른 정점에 비해 상대적으로 많아 해조류의 분포하한선이 비교적 깊어지며, 경사가 상대적으로 급한 정점 3, 5, 6에서는 부착동물의 공간선점에 의해 해조류의 분포하한이 20m 이내에서 결정된 것으로 판단된다. 한편, 금번 조사와 2003년의 조사결과를 비교해 볼 때, 해조류의 분포하한은 2003년과 차이가 없는 것으로 나타났다.

코스레 조사정점 1, 3, 5에서는 수심 15m에서 해조류의 피도가 가장 높았으나, 정점 6에서는 수심 10m에서 가장 높았다(그림 3-1-35). 수심 15m 이하에서 해조류의 피도가 감소하는 것은 해수면으로부터 투과되는 광량의 점진적 감소에 따른 빛에너지의 부족과 산호류 등 다른 부착동물과의 상호작용에 의한 것으로 풀이된다. 또한 수심 15m에서 출현하는 해조류의 피도를 정점 간 비교해 볼 때, 정점 1이 56%를 필두로 정점 5(43%), 정점 3(23%) 및 정점 6(17%) 순으로 나타났다. 한편, 금번 조사의 결과를 2003년의

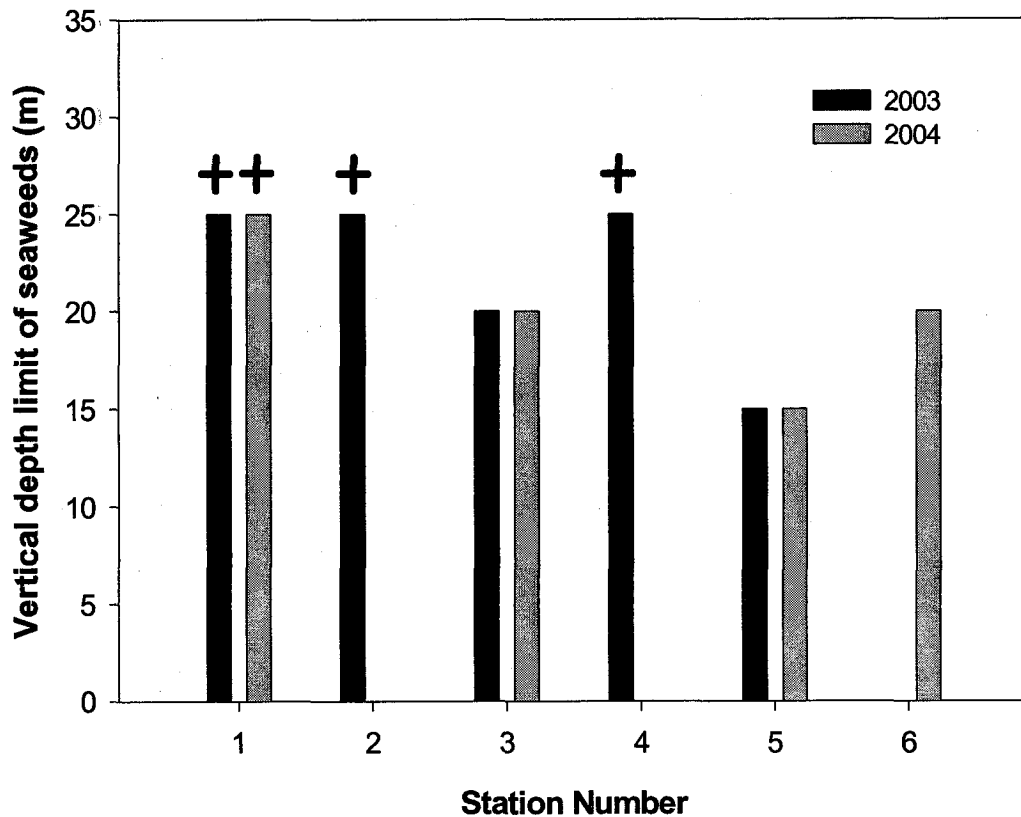


그림 3-1-34. 마이크로네시아 코스레 해역에 분포하는 해조류의 정점별 분포 하한선(+: 분포 하한선 >25m).

Fig. 3-1-34. Vertical distribution limit of seaweeds occurred in Kosrae, FSM (+: vertical distribution limits > 5m)

결과와 비교해 볼 때, 피도의 수심변화패턴은 연도 간 유사함을 볼 수 있었으나, 피도는 정점 1과 5에서 약간 감소하였고(수심 15m 기준), 반면 정점 3에서는 약간 증가하였다.

코스레 해역에서 모든 조사정점에 걸쳐서 친 평균피도가 2% 이상으로 우점으로 나타나는 종은 *Lithothamnion* sp., *H. opuntia* f. *cordata*, *H. discoidea*, *L. okamurae* 이었고, 2003년과 2004년 조사결과에 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 각 조사정점의 우점종을 정점 간 비교해 볼 때, 정점 1에서는 무절석회조류인 *Lithothamnion* sp. 및 *L. okamurae*와 소형 엽상형인 *H. discoidea*가 가장 우점하는 종으로 나타났으나, 정점 3과 6에서는 *H. discoidea*와 *H. opuntia* f. *cordata*가 가장 우점하였고, 정점 4에서는 *H. discoidea*와 *L.*

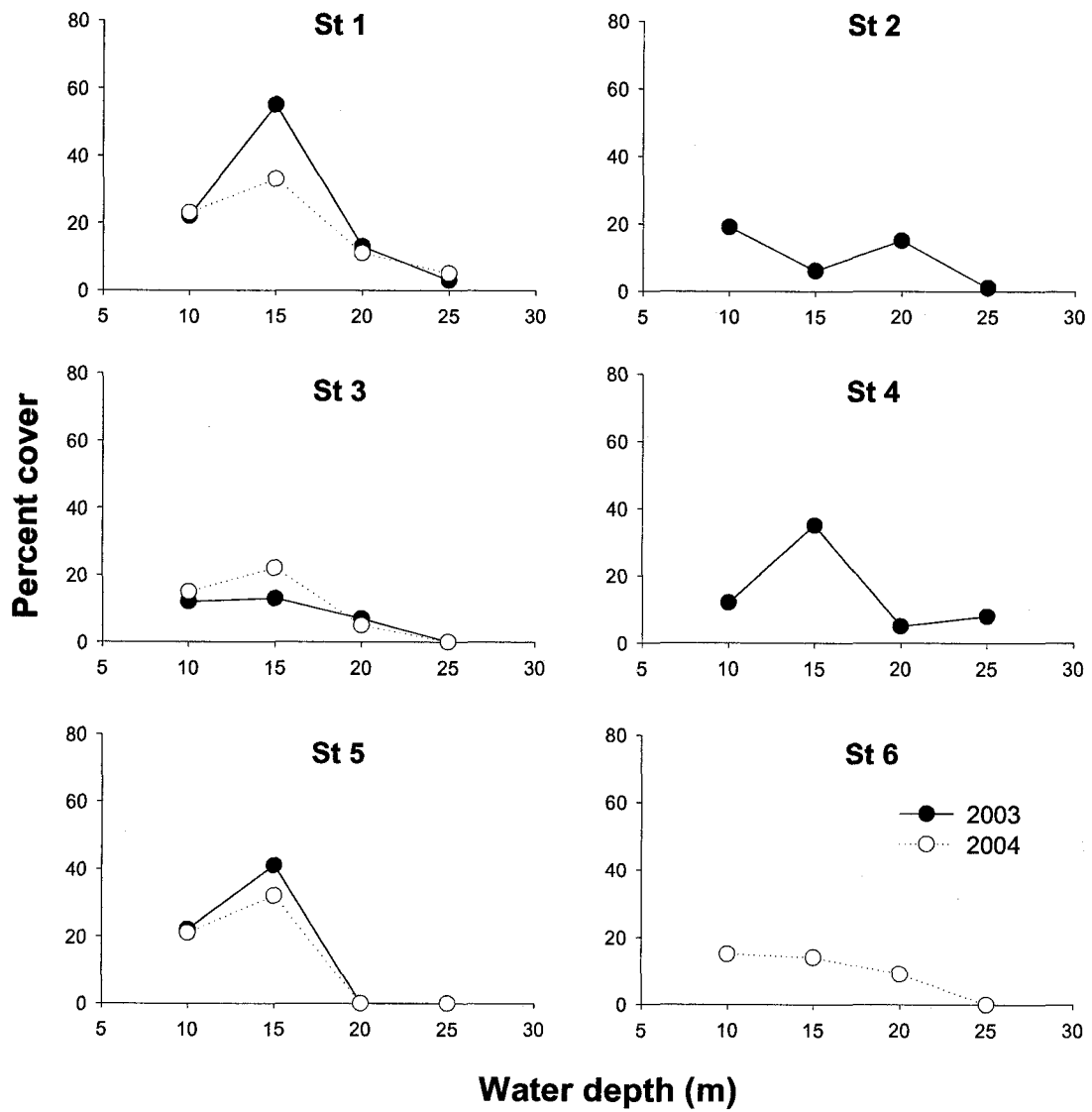


그림 3-1-35. 마이크로네시아 코스레 해역에서의 수심별 해조류의 피도변화(2003. 10, 2004. 11).

Fig. 3-1-35. Changes in the percent coverage of seaweed species depend on water depth in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11).



*okamurae*가 가장 우점하는 것으로 나타났다. *Peyssonelia caulifera*는 2004년 정점 5에서만 1.75%의 비교적 높은 우점도를 나타내었다(표 3-1-22).

표 3-1-22. 마이크로네시아 코스레 해역의 평균피도를 기초한 해조류 우점도(2003. 10, 2004. 11)

Table 3-1-22. Dominance index of seaweed species based on percent coverage in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11)

Species	St 1		St 2		St 3		St 4		St 5		St 6		Mean
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	
<i>Lithothamnion</i> sp.	15	9.25	2.5		0	0	5.25		1	0.5		1	3.83
<i>Halymeda discoidea</i>	3.75	4	2.5		2	3.75	2		3	4.25		2.75	3.11
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	1.75	2	2		4.25	3	5.75		0.75	1.25		3.25	2.67
<i>Lithophyllum okamurae</i>	2.75	1.5	0.25		0.75	1.25	0.25		6.5	3.75		1.75	2.08
<i>Peyssonelia caulifera</i>	0	0	0		0	0	0.5		3	1.75		0.5	0.64
Cyanophyta sp.	1	0.25	0.75		0.25	0.25	0.5		0.75	0.5		0	0.47
<i>Amphiroa</i> sp.	0.25	0.25	0.75		0.25	0.25	0.5		0.25	0.5		0	0.33
<i>Halymenia dilatata</i>	0.75	1	0		0.25	0.25	0.25		0	0		0	0.28
<i>Plocamium</i> sp.	0	0	1		0.5	0.5	0.25		0	0		0	0.25
<i>Cruoriopsis japonica</i>	0	0	0		0	0	0.5		0.5	0.75		0.25	0.22
<i>Lynbia</i> sp.	0	0	0.25		0.5	0.5	0.25		0.25	0.25		0	0.22
Rhodophyta sp.	0	0	0.75		0	0	1		0	0		0	0.19
<i>Actinotrichia fragile</i>	0	0	0.25		0.25	0.5	0		0	0		0	0.11
<i>Anadyomene wrightii</i>	0	0	0		0.25	0.25	0		0.25	0.25		0	0.11
<i>Gelidium</i> sp.	0	0	0		0	0	0.5		0.25	0.25		0	0.11
Corallinaceae sp.	0	0	0		0	0	0.25		0.25	0.25		0	0.08
<i>Galaxaura</i> sp.	0	0	0		0.25	0.25	0.25		0	0		0	0.08
<i>Peyssonelia</i> sp.	0	0	0		0	0	0		0.25	0.25		0	0.06
<i>Bryopsis</i> sp.	0	0	0		0	0	0.25		0	0		0	0.03

최우점종의 피도변화를 보면 *Lithothamnion* sp.는 정점 1에서 가장 높은 피도를 보였으며, 정점 1에서의 피도는 수심 15m에서 25%로 가장 높았다. 수심 10m에서의 피도는 12%에 이르지만 20m 이하에서는 전혀 관찰되지 않았다. 정점 3, 5, 6에서의 피도는 전 수심에 걸쳐 2% 이하에 불과하였다(그림 3-1-36). *H. opuntia* f. *cordata*는 전 조사정점에 걸쳐 5% 이하의 피도를 보였다. 정점 1에서는 수심 25m에서 2%의 피도로 출현하였고, 정점 3, 6에서는 수심 10~20m에서 5% 이하로, 정점 5에서는 수심 10~15m에서 2% 이하의 피도를 보였다. *H. discoidea*는 정점 1에서는 수심 20m에서 가장 높은 피도(12%)를 보였지만, 정점 3과 5에서는 수심 15m에서 가장 높은 피도(12%)를 보였다. 정점 6에서는 수심 10~20m에서 5% 이하의 피도로 출현하였다. *L. okamuriae*는 조사된 4개 정점 모두에서 수심 10~15m에서 출현하였다. 정점 1과 6에서는 수심 10m에서 가장 높은 피도(5%)를 보였고, 정점 3과 5에서는 수심 15m에서 가장 높은 피도(정점 3: 5%, 정점 5: 10%)를 보였다.

해조류의 평균피도를 토대로 집피분석을 실시한 결과 정점 1, 3, 5의 경우, 2003년과 2004년의 유사도는 95%에 가까운 것으로 나타나 군집의 구조가 거의 변화되지 않았음을 보였다(그림 3-1-37). 정점 간 유사도는 정점 2와 3, 그리고 정점 4와 5는 70% 이상의 값을 보였고, 조사된 모든 정점은 유사도 57% 수준에서 하나의 무리로 분류됨을 볼 수 있었다. 이는 조사된 정점의 해조군집이 군집을 구성하는 종과 각 종의 양이 57% 이상으로 매우 유사함을 나타내었다.

레루 만(Lelu Bay) 주위에는 코스레주 전체 인구의 25%에 해당하는 2,000여 명이 거주하고 있는 곳으로 코스레에서 가장 인간 간섭이 심한 곳이다. 이미 부영양화가 상당히 진행되어 때때로 남조류의 대발생이 관찰되기도 하며, 탁도의 구배가 심한 곳으로 인간 간섭이 해조류 식생에 미치는 영향을 조사하기에 적합한 환경을 가지고 있다.

레루만 안쪽에 위치한 정점 A3~5에서는 해조류가 전혀 관찰되지 않았고, 만 입구에 위치한 정점 A2에서부터 해조류가 관찰되기 시작하였다(표 3-1-23). 만 안쪽에 위치한 정점 A3~5에서 해조류가 출현하지 않는 것은 오염에 의한 것은 아니고 인넴천(Innem Stream)을 통해 유입되는 토사가 저층에 침적되어 해조류가 부착할 수 있는 기질이 없기 때문으로 생각된다.

정점 A2는 저질이 암반과 석회암이 혼합되어 있으며 투명도가 높아 암반에서는 *Lithothamnion* sp., *Halymeda discoidea*, *Halymeda opuntia* f. *cordata*와 같이 경성저질에 부착기를 고착하는 해조류가 최대 3%의 피도로 출현하였고, 동시에 석회암 저질에서는 연성저질에 뿌리를 내려 살아가는 *Halimeda incrassata* f. *incrassata*와 해초류인 *Thalassia* sp.도 0.2~3%의 피도로 출현하였다. 마찬가지로 레루 만 북쪽 산호초에 위치

***Lithothamnion* sp.**

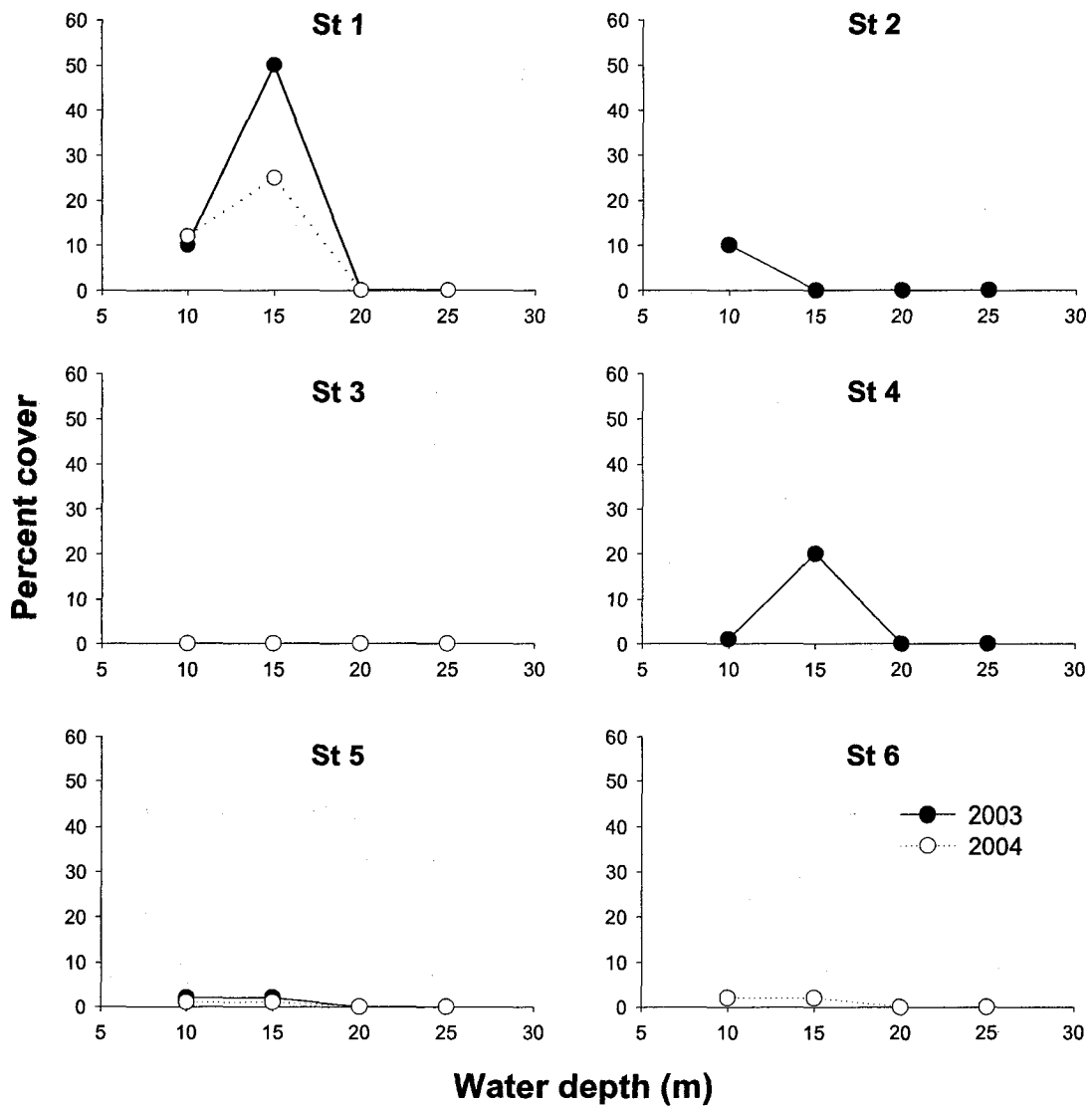


그림 3-1-36. 마이크로네시아 코스레해역에 우점하는 *Lithothamnion* sp.의 수심별 피도(2003. 10, 2004. 11).

Fig. 3-1-36. Percent coverage based on depth a dominant seaweed, *Lithothamnion* sp. in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11).

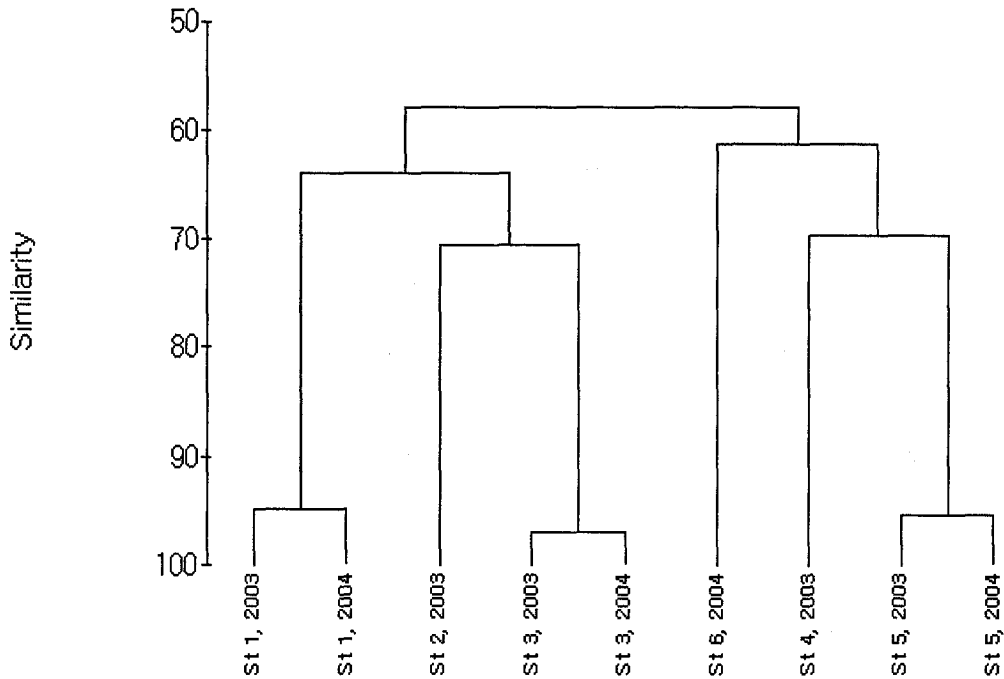


그림 3-1-37. 평균피도로 계산한 마이크로네시아 코스레해역의 해조류군집의 유사도(2003. 10, 2004. 11).

Fig. 3-1-37. Cluster analysis (UPGMA) of seaweed communities based on coverage in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11)

한 정점 A1에서는 *Lithothamnion* sp., *Halymeda discoidea*, *Halymeda opuntia* f. *cordata* 등과 같이 경성저질에 부착기를 고착하는 해조류가 최대 9.3%의 피도로 출현하였고, 해조류군집의 구조는 자원조사 정점인 정점 1과 거의 동일하였다(그림 3-1-38).

전술된 바와 같이 인냄천을 통해 유입되는 토사에 의한 영향으로 정점 A3~5 사이는 해조류가 관찰되지 않으며, 정점 A2와 A1에서만 각각 7종의 해조류가 관찰되었다. 피도는 외해쪽에 위치한 정점 A1이 18%로 Lelu 만 입구에 위치한 정점 A4의 7%에 비해 현저하게 높았다.

레루 만은 만 안쪽에서 외해 쪽으로 갈수록 수심, 수온, 염분, 용존산소, 투명도, 부유물

표 3-1-23. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 해조류의 피도(2004. 11)

Table 3-1-23. Percent coverage of seaweeds species in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11)

Species	Stations				
	A1	A2	A3	A4	A5
<b>Algae</b>					
<i>Lithothamnion</i> sp.	9.3	3.0	0	0	0
<i>Halymeda discoidea</i>	4.0	2.0	0	0	0
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	2.0	1.0	0	0	0
<i>Lithophyllum okamurae</i>	1.5	0.2	0	0	0
Cyanophyta sp.	0.3	0	0	0	0
<i>Amphiroa</i> sp.	0.3	0	0	0	0
<i>Halymenia dilatata</i>	1.0	0.2	0	0	0
<i>Halimeda incrassata</i> f. <i>incrassata</i>	0	0	0	0	0
<b>Seagrass</b>					
<i>Thalassia</i> sp.	0.0	3.0	0	0	0.0

질, 영양염( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) 등과 같은 모든 환경요인이 유의성 있는 수준으로 변한다(그림 3-1-38, 39, 표 3-1-23).

수심, 염분, 용존산소 및 투명도는 인냄천을 통해 유입되는 토사에 의해 강한 영향을 받는 만 안쪽에서 외양수의 영향을 강하게 받는 외해 쪽으로 유의성 있게 증가하는 경향을 보였고(one-way ANOVA,  $P < 0.001$ ), 반면 수온과 부유물질의 농도는 유의하게 감소하는 경향을 보였다(one-way ANOVA,  $P < 0.001$ ). 영양염의 농도 역시 만 안쪽에서 높게 나타났고, 외해 쪽으로 갈수록 감소하였다(표 1-3-24).

이상으로 볼 때, 만 안쪽에 위치한 정점 A3~5에서는 인냄 천을 통해 유입되는 토사가 저층에 침적되어 해조류가 부착할 수 있는 기질이 전혀 없고, 퇴적된 토사의 채부유로 인해 부유물질의 농도는 높고, 투명도는 낮아지는 해조류 생육에 매우 부적합한 서식지 특성을 보였다. 반면, 만 입구에 위치한 정점 A2는 정점 A3~5에 비해 인냄천의 영향을 상대적으로 덜 받기 때문에 부분적으로 암반저질이 분포할 수 있으며, 투명도 또한 상대

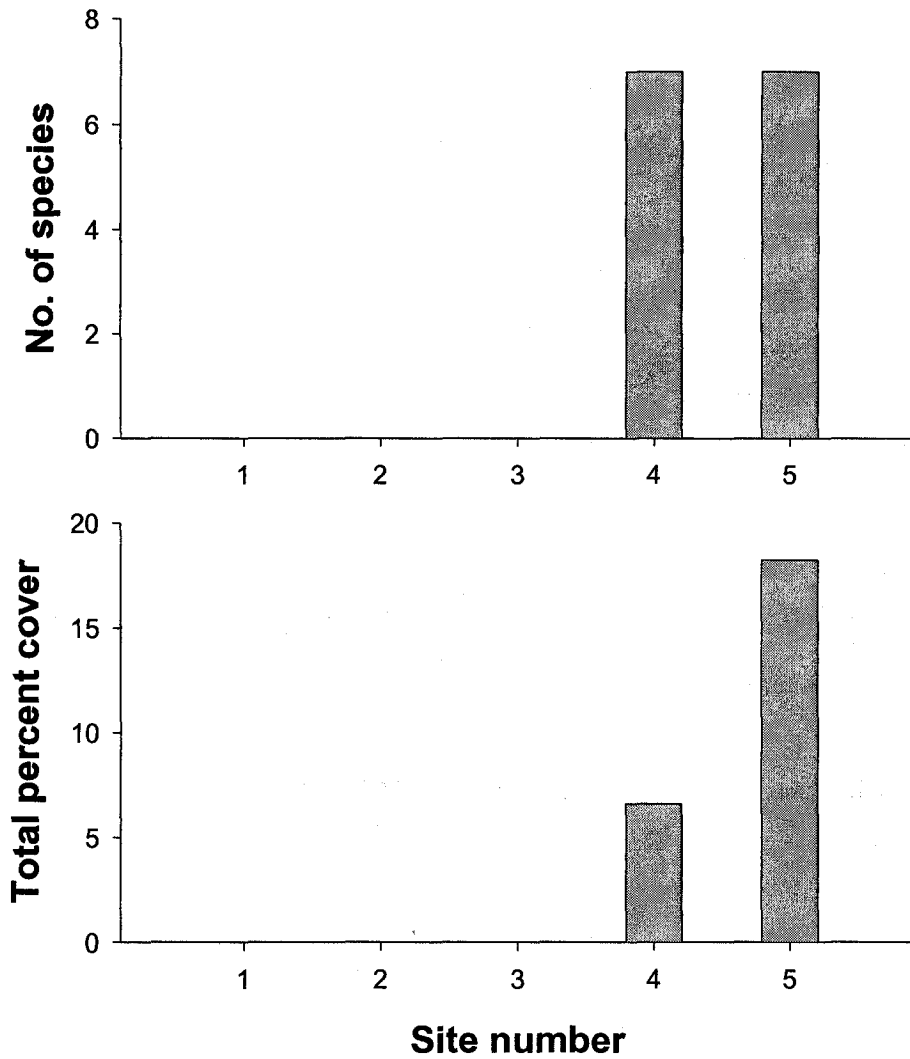


그림 3-1-38. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 해조류의 다양성(상) 및 풍도(하)의 공간변화(2004. 11).

Fig. 3-1-38. Spatial variations of species diversity (upper) and abundance (lower) of seaweed communities in Lelu Bay, Kosrea, FSM (2004. 11).

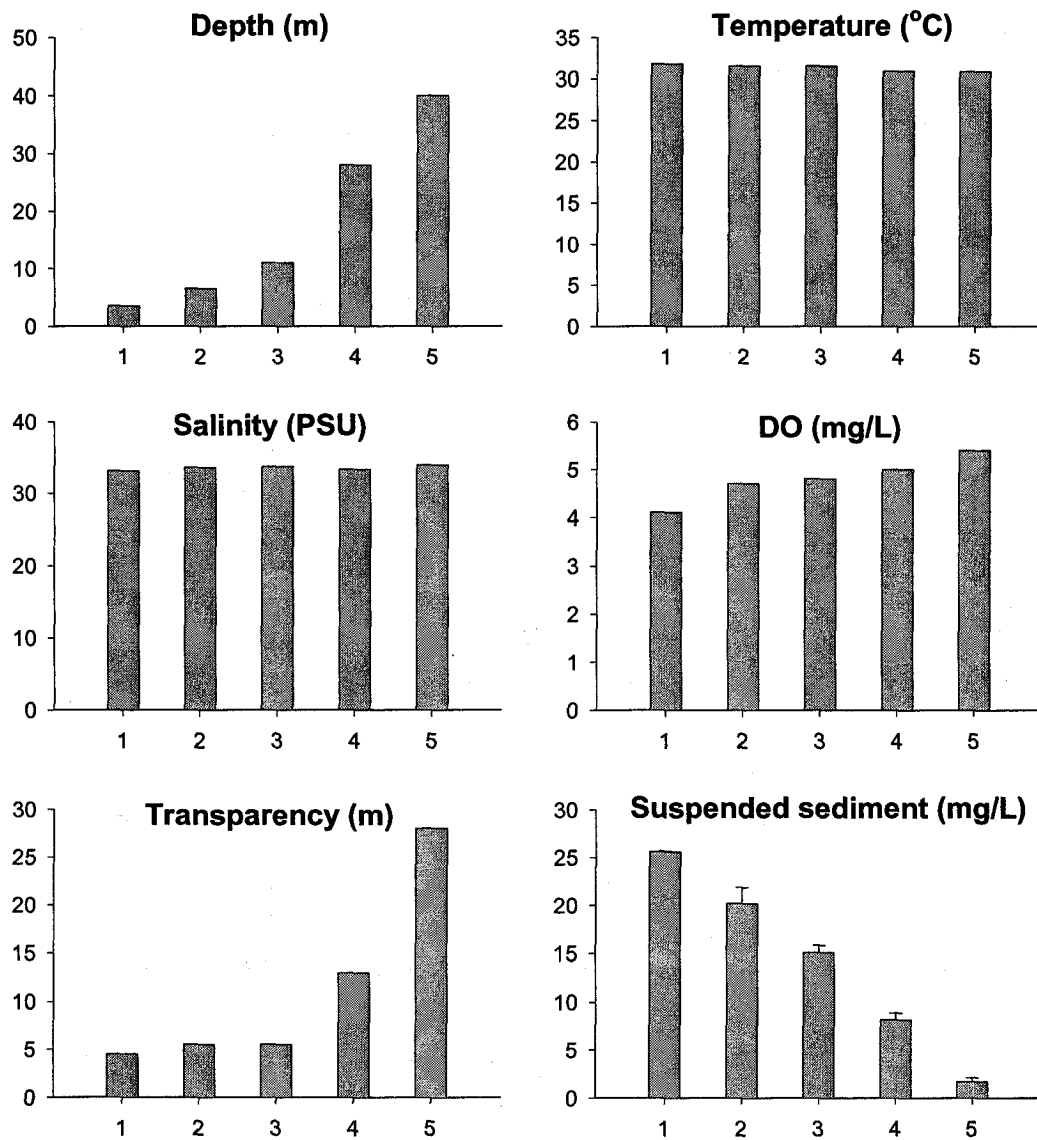


그림 3-1-39. 마이크로네시아 코스라주 레루만 표층수의 물리적 환경요인(수심, 수온, 염분, 용존산소, 투명도, 부유물질)의 공간변화(2004. 11).

Fig. 3-1-39. Spatial variations of physical factors (Water depth, water temperature, salinity, DO, transparency and suspended sediment) of surface water in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11).

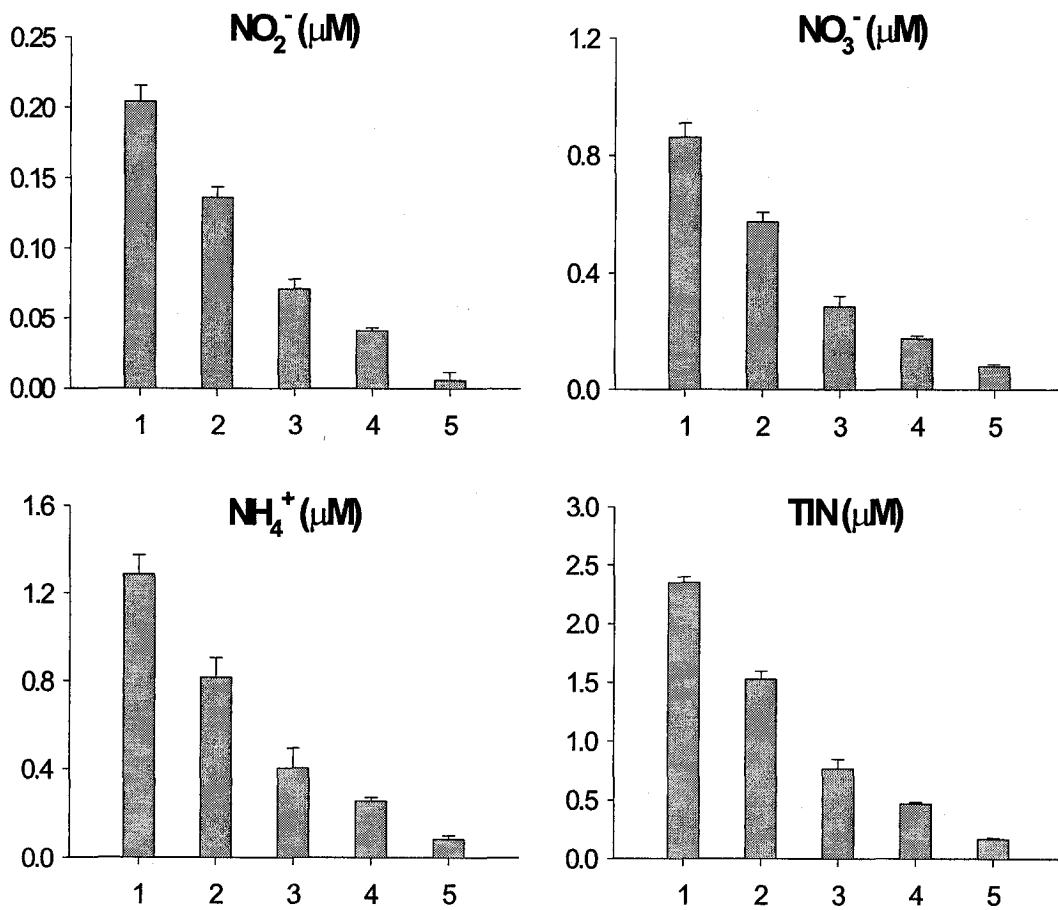


그림 3-1-40. 마이크로네시아 코스레주 레루만 표층해수의 화학적 환경요인( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , TIN)의 공간 변화(2004. 11).

Fig. 3-1-40. Spatial variations of chemical factors ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , TIN) in surface water in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11).

적으로 높아 해조류가 서식할 수 있었던 것으로 보인다. 정점 A1은 전형적인 산호초 생태계로 탁도가 가장 낮고, 해조류가 분포할 수 있는 암반저질도 수심 40m까지 확장됨으로써 가장 높은 풍도를 보였다.

한편, 열대지역에서 흔하게 출현하지 않는 엽상형 홍조류(turf-forming red algae)인 *Plocamium* sp.가 출현한 것과 한국 연안에서도 흔하게 출현하는 *Cruoriopsis japonica*가 출현한 것이 코스레 해역의 해조군집의 특징이다.



표 3-1-24. 마이크로네시아 코스레주 레루만의 환경요인의 분산분석 결과(2004. 11)

Table 3-1-24. Result of one-way ANOVA test of environmental factors in Lelu Bay, Kosrae, FSM (2004. 11)

Source of variation	df	Temperature		Salinity		Dissolved oxygen	
		MS	F	MS	F	MS	F
Site	4	0.512	128.1***	0.278	52.1***	0.672	2709***
Error	10	0.004		0.005		0.002	
Turkey		A1=A2<A3=A4<A5		A1<A2<A3=A4<A5		A1<A2<A3=A4<A5	
Levene's Test		P=0.655		P=0.512		P=0.226	

ns: not significant, \* P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

## 2). 대형무척추동물

코스레주 대형저서동물 조사결과 2003년에는 6개 동물군 51종이 관찰되었으나 2004년에는 동물군 수는 2003년과 같았지만 종수는 2003년 보다 많은 68종이 관찰되었다. 두 해 모두 조사된 정점의 경우 초대형 저서동물의 출현 양상은 유사하였다. 한편, 새로이 선정된 정점 7의 경우 기존 해역과 상이한 환경조건으로 인해 종수는 가장 낮게 나타났지만 2003년에 출현하지 않은 종 들이 나타났다. 전체적으로 볼 때 두 해의 조사로 관찰된 초대형 저서동물은 총 72종이었다(표 3-1-25, 26).

2003년 정점 1, 3, 5에서 조사결과는 2004년과 비교하여 산호군락의 조성만 유사하였으며, 그 외 동물군은 다소 차이가 있었다(그림 3-1-41). 정점 3의 경우 2003년 조사 정점에서 동쪽으로 약 500m 정도 이동한 지역으로 생물상은 유사하였으나, 이 해역이 거대조개 관리해역으로 저질이 산호사로 구성된 비교적 넓은 공간이 조성된 있어 해삼(*Holothuria* sp., *Bohadschia* sp.) 등 극피동물과 복족류(*Lambis scorplus*) 가 많이 출현하였다. 정점 1의 경우 생물종조성에서 거의 차이를 보이지 않았으며, 정점 5의 경우도 수심 10m 이하 지역에서 피낭동물 군락이 나타나 다소 증가된 양상을 보였다. 조사정점별로는 정점 3이 47종으로 가장 많은 종수를 나타냈었으며, 2004년에 추가된 정점 6의 경우 45종이, 그리고 정점 7에서는 17종만이 출현하였다. 이러한 현상은 정점 7이 기수지역과 해안이 만나는 지역에 위치하여, 상대적으로 부니 함량이 높았기 때문으로 생각된다.

표 3-1-25. 마이크로네시아 코스레 해역에서 관찰된 초대형무척추동물 목록(2003, 10, 2004. 11)

표 3-1-25. List of megalozoobenthos observed in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11)

Species	Station		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7	
	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04
<b>PORIFERA</b>																
<i>Stylissa flabelliformis</i>			+		+		+							+		+
<i>Axyssa</i> sp.									+					+		
<i>Stylissa aurantium</i>		+	+		+		+									
<i>Pellina</i> sp.												+		+		
<b>CNIDARIA</b>																
<i>Millepora platyphylla</i>					+		+		+							
<i>Distichopora</i> sp.									+					+		
<i>Stylaster</i> sp.														+		
<i>Sarcohyton</i> sp.														+		
<i>Dendronephthya</i> sp.									+					+		
<i>Junceella</i> sp.									+							+
<i>Ellisella</i> sp.					+		+		+					+		
<i>Melithaea</i> sp.					+		+		+					+		
<i>Acalycigorgia</i> sp.									+					+		
<i>Pocillopora eydouxi</i>	+	+									+			+		
<i>Acropora tenella</i>					+		+		+							
<i>Acropora</i> sp.														+		
<i>Acropora glauca</i>	+	+									+		+			
<i>Acropora cuneata</i>					+		+		+					+		+
<i>Montipora foliosa</i>	+	+									+		+			
<i>Montipora cebuensis</i>	+	+									+		+			
<i>Porites lutea</i>	+	+	+		+		+		+		+		+	+		+
<i>Fungia fungites</i>	+	+	+		+		+		+		+		+	+		+
<i>Halomitra pileus</i>					+		+		+					+		
<i>Lobophyllia hataii</i>							+		+					+		
<i>Symphyllia recta</i>	+	+	+		+		+		+		+		+	+		
<i>Montastrea curta</i>	+	+							+				+	+		
<i>Leptoria ptrygia</i>	+	+							+				+	+		
<i>Favia stelligera</i>	+	+									+		+			
<i>Tubastrea micrantha</i>					+		+		+					+		
<i>Cirrhopathes</i> sp.	+	+							+				+			
<i>Pluerogyra sinuosa</i>									+					+		
<i>Tubastrea</i> sp.					+		+		+							
<i>Montipora florida</i>									+							

표 3-1-25. 계속

표 3-1-25. Continued

Species	Station		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7	
	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04	'03	'04
<i>Acropora clathrata</i>	+	+									+	+		+		
<i>Acropora tutuilensis</i>	+	+									+	+				
<i>Acropora plumosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>Acropora inermis</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
<i>Acropora quallaceae</i>	+	+									+	+				
<i>Stylocoeniella guentheri</i>					+	+	+	+								
<i>Madracis kirbyi</i>			+	+	+	+										
<i>Galaxea</i> sp.			+	+	+	+	+							+		+
<i>Pavona explanulata</i>			+	+	+	+				+				+		
<i>Heteractis magnifica</i>						+								+		
<i>Heteractis</i> sp.	+	+								+	+					
<i>Stichodactylus gigantea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		
<b>MOLLUSCA</b>																
<i>Trochus niloticus</i>	+	+									+	+		+		
<i>Lambis scorpius</i>					+	+	+	+								+
<i>Chromodoris annae</i>							+							+		
<i>Atrina vexillum</i>				+					+							+
<i>Pedum spondyloideum</i>		+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+		
<i>Spondylus</i> sp.			+	+	+	+	+							+		
<i>Hytissa hyotis</i>			+													+
<i>Tridacna squamosa</i>	+	+							+		+		+	+		
<i>Tridacna maxima</i>							+									
<i>Tridacna derasa</i>							+									
<b>ANNELIDA</b>																
<i>Spirobranchus giganteus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		
Sabellidae unid.			+	+	+	+	+	+	+					+		
<b>ECHINODERMATA</b>																
<i>Comanthina schlegelii</i>			+	+	+	+	+	+						+		
<i>Comanthus</i> sp.			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
<i>Culcita novaeguineae</i>			+	+				+								
<i>Linckia laevigata</i>			+						+					+		+
<i>Fromia monilis</i>									+							
<i>Acanthaster planci</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		

표 3-1-25. 계속

표 3-1-25. Continued

Species	Station		St.1		St.2	St.3		St.4	St.5		St.6	St.7
	'03	'04	'03	'04	'03	'03	'04	'03	'03	'04	'04	'04
<i>Diadema</i> sp.	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Holothuria fuscopunctata</i>						+	+				+	+
<i>Bohadschia graeffei</i>	+	+					+		+	+	+	
<i>Holothuria atra</i>												+
<i>Bohadschia argus</i>							+				+	
<b>CHORDATA</b>												
<i>Didemnum</i> sp.							+					+
<i>Polycarpa aurata</i>		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
<i>Sigillina signifera</i>					+	+	+					
<i>Leptochnides</i> sp.							+		+	+		

표 3-1-26. 마이크로네시아 코스레 해역의 대형무척추동물 출현 양상(2003. 10, 2004. 11)  
 Table 3-1-26. Number of species and taxon of megalozoobenthos in Kosrae, FSM ( 2003. 10, 2004. 11)

Phylum	Station		St.1		St.2	St.3		St.4	St.5		St.6	St.7	Total
	'03	'04	'03	'04	'03	'03	'04	'03	'03	'04	'04	'04	
Porifera	0	1	2		2	2	2	1	0	1	3	1	4
Cnidaria	17	17	17		19	19	26	17	16	17	25	6	41
Mollusca	2	3	4		3	3	6	5	1	3	5	3	10
Annelida	1	1	2		2	2	2	2	1	1	2	0	2
Echinodermata	3	3	6		6	6	7	7	4	4	8	5	11
Chordata	0	1	1		2	2	4	2	0	2	2	2	4
Total no. species	23	26	32		34	34	47	34	22	28	45	17	72

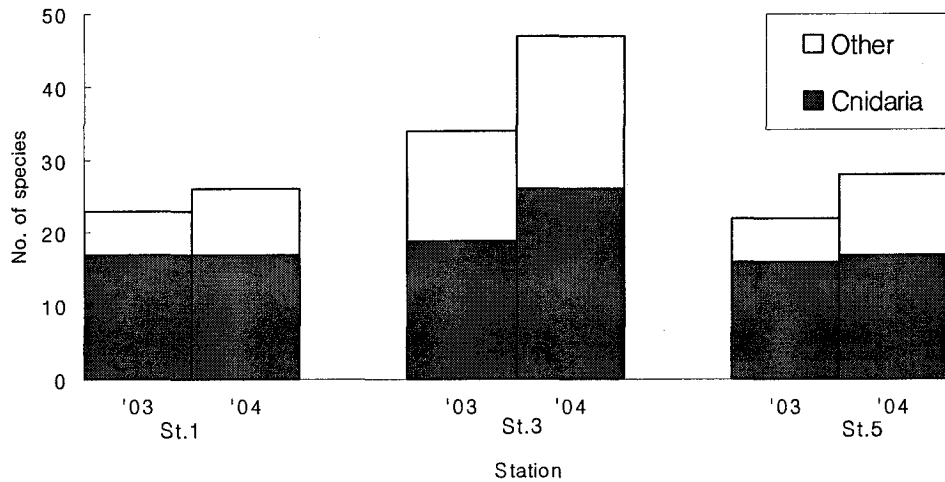


그림 3-1-41. 마이크로네시아 코스레 해역의 대형무척추동물 출현종 변화(2003. 10, 2004. 11).

Fig. 3-1-41. Occurrence of megazoobenthic species in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11).

정점별로 산호가 포함된 자포동물의 종수를 비교하면, 정점 3과 6이 각각 26종, 25종으로 높은 종수를 나타냈다. 반면 정점 1과 5의 경우 17종을 나타냈다. 정점 7의 경우 산호군락에서도 다른 정점에 비해 종수에서 낮게 나타났다. 전반적으로 급경사를 나타낸 해역에서 비교적 높은 종수를 나타냈다.

생물다양성이 높은 산호초 해역에서 대형무척추동물 출현종수가 상대적으로 적었던 것은 조사 방식이 정량채집이 아닌 촬영장비의 화각 내에서 관측가능한 생물 위주로 동정되었기 때문에 생물다양성이 높은 열대 해역의 전형적인 특성을 정확하게 반영하지 못하였기 때문으로 생각된다. 2년간 동일 지점을 조사한 3개 정점에서 2004년에 전반적으로 높은 종수를 나타낸 것은 2003년에는 카메라를 통한 화상 자료를 습득한데 비해 2004년에는 비디오를 통한 영상자료 확보가 폭넓게 이루어진 것도 한 원인으로 들 수 있다.

코스레 지역의 산호초의 경우 외해역과 바로 직면한 거초형 산호초로 인해 다양한 무척추동물이 살아 갈 수 있는 가지산호군락 등 복잡한 산호초 구조가 적고 뇌산호류와 같이 석회암 기질의 표면을 피복하는 형태의 산호가 발달하고 있어 생물 서식피도에서는

기존의 산호초 지대와 유사하지만 상대적으로 적은 수의 저서동물군이 서식하고 있는 것으로 생각된다. 즉, 조사지역의 산호초 구조가 해산무척추동물이 은신하거나 부착할 수 있는 기질이 환초 또는 보초에 비하여 상대적으로 적었기 때문으로 생각된다. 대부분의 산호는 수직별 대상 구조를 나타냈다. 2003년과 2004년에 조사된 자료를 근거로 군집간의 유사도를 비교한 결과, 3개의 유사한 군집으로 구분되었다(그림 3-1-42). 정점 1과 5가 유사한 종조성을 나타냈으며, 정점 3과 4 그리고 6이 상대적으로 높은 유사성을 나타냈다. 반면에 정점 7의 경우 상이한 군집구조를 나타냈다( 표 3-1-27).

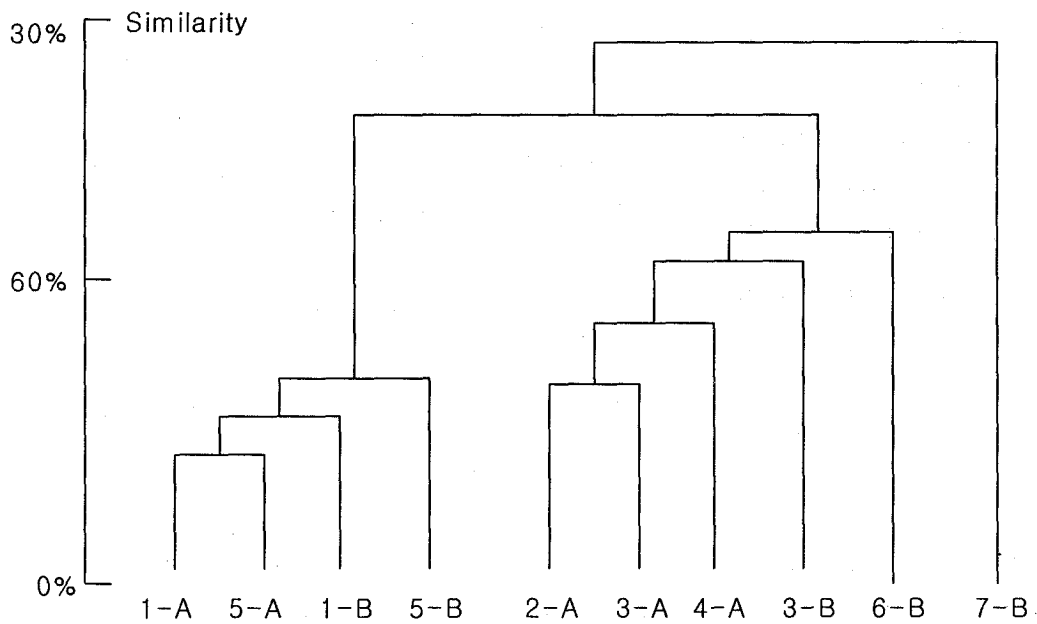


그림 3-1-42. 집괴분석에 의한 코스래 해역의 초대형 저서동물군의 군집 유사도(숫자: 조사정점, 알파벳: 채집시기 (A: 2003년, B: 2004년))

Fig. 3-1-42. Cluster diagrams of megalozoobenthic communities in Kosrae, FSM based on the cluster analysis (numerical numbers indicate stations while alphabet represent sampling year, A: 2003, B: 2004).

표 3-1-27. 집괴분석에 의한 코스레 해역의 초대형저서동물 군집의 특성

Table 3-1-27 Characteristics of megalozoobenthic communities based on cluster analysis in Kosrae, FSM

Group	A	B	C
St. no.	1, 5	2, 3, 4, 6	7
Topography	flat type	deep slope	deep slope
No. species	31	61	17
Type species	<i>Montipora foliosa</i> (h) <i>M. cebuensis</i> (h) <i>Favia stelligera</i> (h) <i>Acropora tutuilensis</i> (h) <i>A. wallaceae</i> (h) <i>Trochus niloticus</i> (m)	<i>Ellisella</i> sp. (s) <i>Acropora tenella</i> (h) <i>Halomitra pileus</i> (h) <i>Tubastrea micrantha</i> (h) <i>Comanthina schlegelii</i> (c)	<i>Junceella</i> sp. (sc) <i>Atrina vexillum</i> (m) <i>Hyotissa hyotis</i> (m) <i>Holothuria atra</i> (o) <i>Didemnum</i> sp. (ch)

\* h: Hard Coral, s: Soft coral, m: Mollusca, c: Crinoidea, o: Holothuridea, ch: Chordata

각 군집별 특성을 비교해 보면, 정점 1과 5가 포함된 그룹 A의 경우 수심 10m 전후로 완만한 경사를 보이는 지역으로 *Acropora tutuilensis* 등이 우점하는 해역이다. 종수는 31종이 기재되어 비교적 적은 종수를 나타냈다. 그룹 A의 대표작인 정점 1을 대상으로 보면 이들 지역은 연안에서 외해역으로 완만한 경사로 펼쳐지다가 수심 15m 이하부터는 약 45°의 경사로 상대적으로 급한 경사를 이루는 것으로 나타나며, 수평적으로 50여m 간격으로 작은 골이 형성되어 있다. 표층에 형성된 강한 파도에너지에 의해 해안으로 밀려오는 해수가 연안류나 표층 조류의 특성을 지니지 않고, 저층으로 내려와 하향 조류(downward current)의 형태를 나타내면서 빠져나가는 것으로 추측되며, 특히 골짜기 부근에서는 강한 하향조류가 형성되고 있다. 정선조사가 이루어진 지역은 주로 *Acropora tutuilensis* 와 우점하는 양상을 나타낸다(그림 3-1-43). 전체 피도가 80% 이상 이루는 한 종이 극우점하는 양상을 보였으며, 일부에서 *Acropora* sp. 등과 Porite sp. 등이 나타났다. *A. tutuilensis*의 경우 크기가 반경 1.5m에 이를 정도의 대형종으로 형성되어 있으

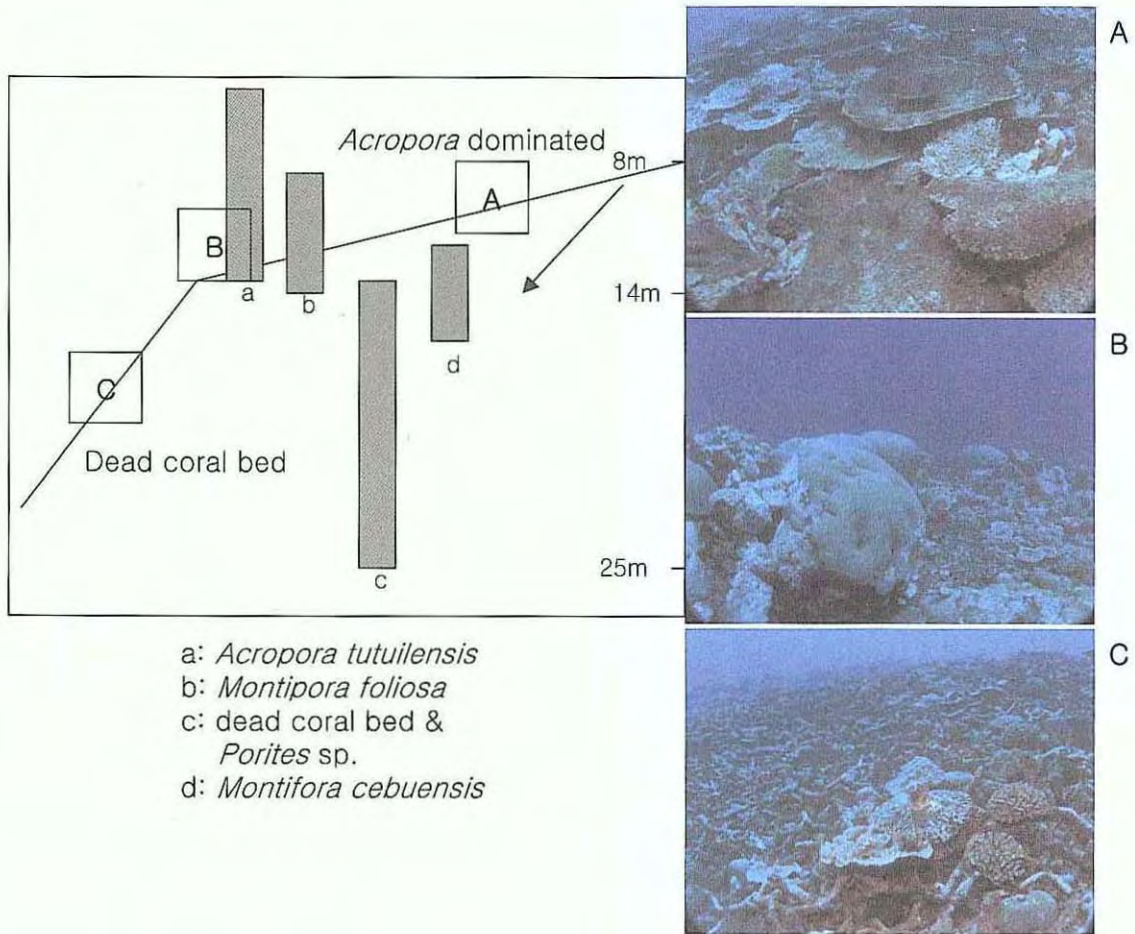


그림 3-1-43. 마이크로네시아 코스레 정점 1(그룹 A 유형)에서의 초대형 저서동물의 수직분포(2004).

Fig. 3-1-43. Scheme of vertical zonation of megalozoobenthos at station 1, Group A type, in Kosrae, FSM (2004).

며, 전반적으로 산호 군락의 경우 단순한 종조성을 나타냈다. *A. tutuilensis*는 2003년에 *Acropora* sp.로 기재했으나 2004년 Vernon (2002)을 참고로 종 단위까지 재동정하였다.

평면으로 성장하는 *A. tutuilensis*가 우점하면 기저부에 충분한 광량을 제공하지 못하여 다른 산호 유생들의 가입을 방해한다(Calfo 2001, Calfo and Fenner 2003). 이러한 해역은 주로 규조류와 해조류가 서식하여, 트로카스 등 초식성 권패류가 일부지역에서 높은 서식 밀도를 나타냈다. 또한 대형 *Acropora*의 경우도 지형적 특성에 따라 일정 크기 이상, 약



50-70cm 이상 성장하는 경우 기저부에 지탱하는 힘의 한계로 인해 부서지는 양상을 나타냈다.

특이 사항은 2003년 조사에서 건강하였던 *A. tutuilensis* 중 상당수가 2004년 조사에서 폴립 부분이 검게 변하고 공생하는 *Zooxanthella*가 점액성으로 변하여 썩어 죽은 것이다. 코스레 수산연구소에 의하면 이러한 현상은 여름철 강한 파도의 발생으로 부유물이 증가할 대다수의 산호가 죽고, 이러한 기질을 바탕으로 새로운 산호가 성장하는데 대략 5~10년 정도 걸린다고 한다. 2003년 조사시 동일한 정선에서 *A. tutuilensis*의 개체는 17개로 나타났으며, 백화현상이 나타난 개체가 3개정도였다. 그러나 이번 조사에서는 총 19개 중에 11개가 검게 죽은 형태를 보였으며, 개체의 크기가 1m 이상인 것은 벌써 기저부가 부러진 양상을 나타냈다(그림 3-1-44).

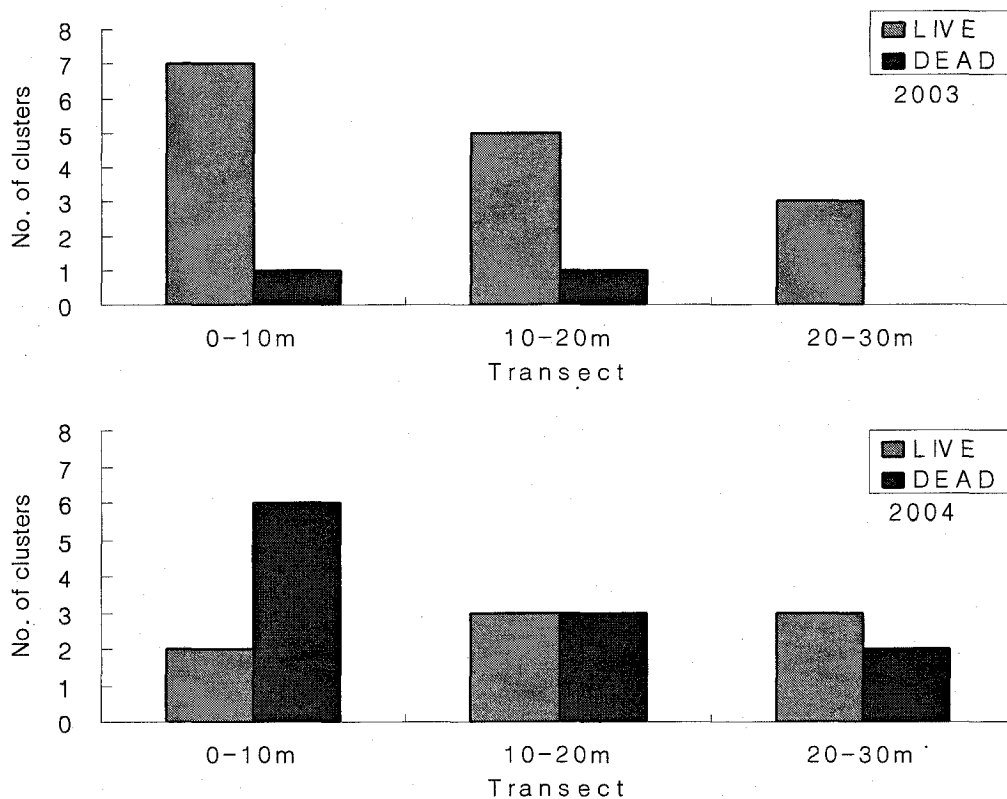


그림 3-1-44. 마이크로네시아 코스레 정점 1에서의 *Acropora tutuilensis*의 폐사 양상.

Fig. 3-1-44. Aspect of mass mortality of *Acropora tutuilensis* at Station 1 in Kosrae, FSM.

산호 폐사현상은 정점 5에서도 관찰되었으며, *Acropora tutuilensis* 뿐 아니라 *Porite* sp. 에서도 나타났다. 수심이 낮은 지역보다는 깊은 수심과 경계면(edge layer)를 이루는 지역에서 높은 영향을 나타냈다. 2003년의 경우 총 23개체가 계수되었으나 2004년의 경우에는 총 21개체가 관찰되었다. 이중에 14개체에서 검게 변한 개체가 발견되었다. 따라서 산호의 사망률은 정점 1(57%) 보다 더욱 높은 비율(67%)을 나타냈다. 이 지역은 2003년에는 2개체만이 백화현상이 관찰되어 정점 1과 유사하게 건강한 산호군락을 나타낸 지역이다. 따라서 2004년 여름철에 발생한 높은 파도의 영향이 전반적으로 수심이 낮은 평평한 형태의 산호초에 심각한 영향을 미친 것으로 보여 진다. 이러한 현상은 주변의 다른 종에서도 나타났지만 주로 *Acropora tutuilensis* 에서 특히 심하게 나타났다.

이러한 산호초 소잔 혹은 천이과정은 장기간의 모니터링을 통해 확인할 수 있지만, 지난 2003년 조사시 극상을 나타낸 산호군집이 환경영향으로 쇠잔하여 새로운 공간이 확보되는 상황으로 추측할 수 있다. 산호 다양성은 골짜기를 형성하는 경계면이나 기저부가 굴곡을 이루는 수심 15m 이하지역에서 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 지역에는 뇌산호류와 *Scapophyllia cylindricus* 등이 높은 서식 피도를 나타냈다.

한편 경사가 급해지는 15m 주변의 경우 강한 하향조류의 영향으로 마치 'edge effect' 현상이 나타나, 주로 산호초를 코팅하면서 성장하는 *Porites* sp., *Schizoporella* sp. 등 피복성 산호가 서식하였으며, 골짜기를 따라 부서진 산호 잔해가 침전되어 있었다. 따라서 연안으로 밀려온 물리적 에너지가 하향조류를 형성하여 외해로 빠져나가면서 발생하는 강한 에너지로 인해 산호가 부서지면서 잔해가 외해로 이탈하는 것으로 보여 진다.

그룹 B의 경우 정점 2, 3, 4, 6 등이 포함되어 대부분의 해역에서 유사한 지형조건과 환경을 나타낸다고 할 수 있다. 60° 이상의 깊은 경사를 이루는 해역으로 *A. tenella* 등이 수심 10m 이내까지 우점하였으며, 깊은 경사면을 따라 *Halomitra pileus* 등이 서식하면서 틈새에는 연산호류(*Ellisella* sp.), 바다나리류(*Comanthina schlegelii*) 등이 우점하고 있다.

정점 3을 토대로 그룹 B를 좀 더 세밀하게 기술하면 다음과 같다. 정점 3은 코스레 섬 남서쪽에 위치한 지역으로 코스레 수산국의 거인조개 육성장이 위치한 해역이다. 지형구조는 2003년과 동일하게 약 45°의 경사를 나타냈으나, 수심 14m 지역에 약 10m 정도 평평한 지역이 나타난다. 정선 조사는 수심 8m~15m 사이에서 수행하였다. 골짜기 형태가 연안에서 외해 방향으로 수직적 구조가 아닌 연안과 수평방향으로 형성되어 있었다. 본 조사 지점 부근에도 수심 15m 와 수심 22m 에 폭이 약 2m 정도 깊이가 3-4m 정도의 골짜기가 형성되었으나 조사 정선에서는 이러한 지역에 배재되었다. 골짜기의 크기는 일정한 형태를 나타냈으며, 수심이 깊은 곳에 위치한 곳이 더욱 깊은 구조를 나타냈다.

산호의 대상 분포는 2003년과 유사한 구조를 보이나 수심별로 다소 차이를 나타냈다. 2003년의 경우 수심 8m 인 상층부에는 *Polites* sp. 가 우점하면서 천공성 생물이 서식하고 있었으나, 이번 조사 지역의 경우 *Polites* sp.의 분포가 빈약하고, *Acropora tenella* 등이 우점하였다. 수심 14m 에 나타난 평탄한 지역은 약 5x5m 폭의 면적으로 나타났으며, 이 중에 약 20% 정도는 reef로 구성된 노출된 기질 형태를 보였으며, 나머지 지역은 상층부에서 부서진 쌓인 산호로 구성되었다(그림 3-1-45).

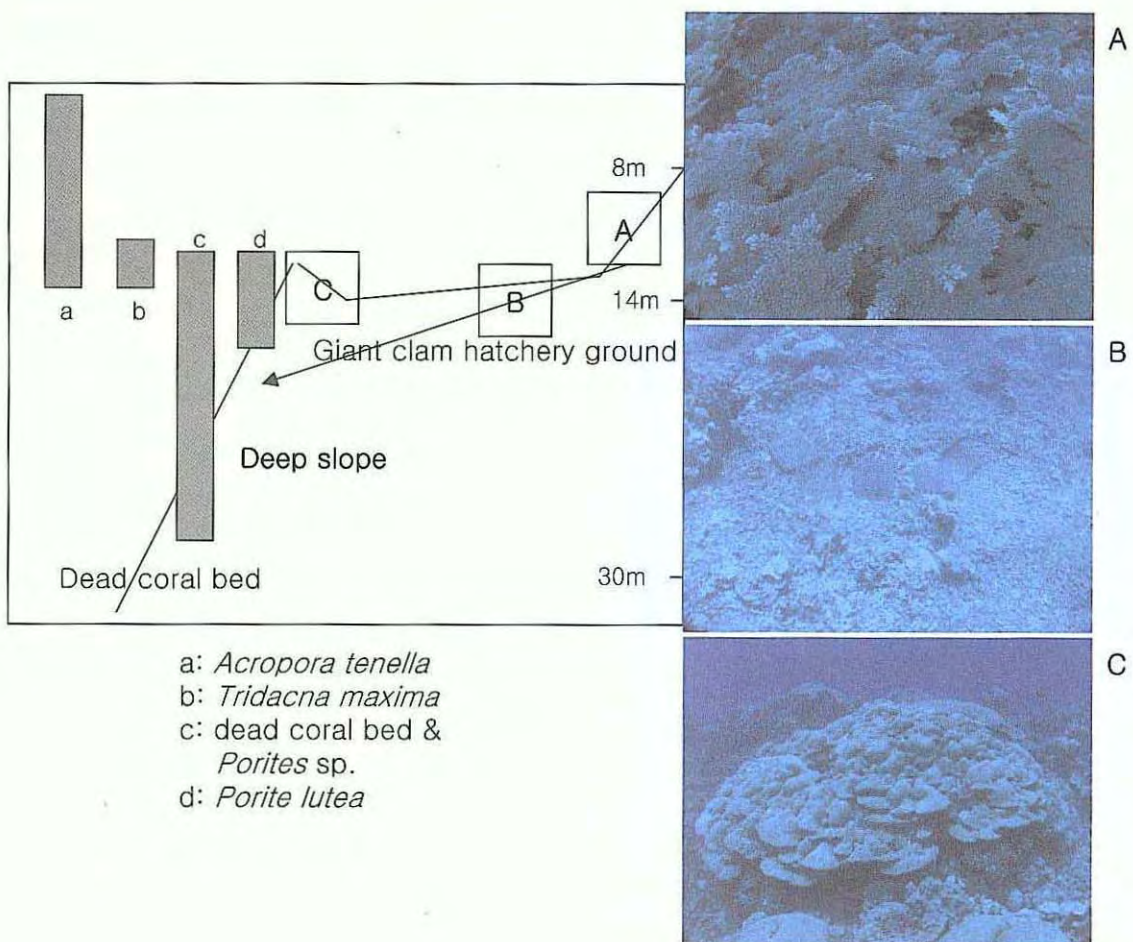


그림 3-1-45. 마이로네시아 코스레 정점 3(그룹 B 유형)에서 초대형 저서동물의 수직분포(2004).

Fig. 3-1-45. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at station 3, Group B type, in Kosrae, FSM (2004).

이 지역에는 총 15개의 대형 거대조개가 성육되어 있으며, 이 중에 2개체는 사망하였다. 개체수로는 *Tridacna maxima*가 13개체로 주종을 이루고 있으며, *Tridacna derasa*는 2개체가 관찰되었다. 거대조개의 크기는 각장 30~45cm 급으로 3~5년 생으로 추정되었다. 한편으로는 육상 종묘배양장에서 생산된 크기가 작은 개체를 일정량씩 철망으로 만들어진 채롱에 넣어 동일한 위치에 시설한 것들이 관찰되었다. 채롱에 넣어 이식된 개체는 모두 *Tridacna derasa*로 구성되었다. 한 채롱당 수용 개체수는 10개체이었지만 이 중 2개체를 제외하고는 모두 사망하여 폐각만 발견되었다. 철망은 다른 생물로부터 보호하기 위해 설치한 것으로 보이나 기질에 고정되지 않아 하향조류가 발생하는 이 지역에서는 오히려 안정되지 못한 환경을 조성하는 것으로 보인다.

한편, 평편한 지역은 *Bohadschia argus*, *Stichopus variegatus* 등 해삼류 등이 다소 출현하였으며, *Lambis scorpius* 등 복족류도 2개체 관찰되었다. 수평으로 형성된 골짜기의 경계면을 따라서는 피복성 산호(*Schizoporella* sp.) 군체가 많은 부분을 덮고 있었다. 또한 골짜기 벽면을 따라 단조로운 구조의 수직면에는 생물체가 거의 나타나지 않았고, 피복성 산호인 *Montipora* sp. 등이 표면을 덮고 있었다. 골짜기 바닥은 천공성 갯지렁이(*Schizoporella cylindricus*)의 조각들이 침전되어 있었으며, 산호사 등 퇴적물은 전혀 나타나지 않았다. 이러한 산호 덩어리 사이로 일부 해조류가 서식하여 덮여있었다. 한편, 외해쪽 골짜기 경계면은 연안 쪽 방향과는 다르게 *S. cylindricus* 가 군락을 형성하였으며, 바다나리류인 *Comanthina schlegelii* 등이 나타나 조류가 원활하게 진행되는 것으로 추측할 수 있다. 수심이 깊어지면서, 경사면도 급하게 형성되어 *Polites lutea* 등이 영지버섯 모양으로 나타났다. 또한 경사면의 대부분이 부서진 산호덩어리가 침적된 양상을 나타내어, 조류의 세기에 따라 지속적으로 부서져 내리는 양상을 나타냈다. 따라서 *Polites* sp. 가 부착된 지역을 제외하고는 단조로운 종조성과 구조를 나타냈다.

그룹 C는 레루 만 기수역의 정점 7 한 곳만 해당된다. 산호가 거의 발달하지 않은 상태에서 주로 망그로브군총 해역에서 우점하는 열대 굴류인 *Hyotissa hyotis*가 우점하였고, 다른 곳에서 소규모로 분포하던 멧게류(*Didemnum* sp.)가 밀생하고 있었다. 정점 7은 2004년 처음 조사된 해역으로 담수가 바다로 흘러가는 기수역 입구에 위치한다. 다른 연안과 다르게 단단한 보초가 마치 방조제 형태를 갖추고 있다. 따라서 조사해역은 보초 안쪽 즉, 섬 방향을 정점으로 하였다. 보초의 표면은 수면과 이치하며, 조석에 따라 노출과 잠김을 반복하는 것으로 나타났다. 외해로부터의 강한 파도로 인해 보초 상부는 기저부에 코팅을 하는 산호와 *Acropora* 속의 산호가 산발적으로 서식하였다. 한편 경사면은 약 70° 정도를 나타내 마치 절벽과 같은 구조를 나타냈으며, 이러한 구조는 수심 15m부터 완만하게 이루어지면서 입자가 고운 산호사를 형성하였다(그림 3-1-46).

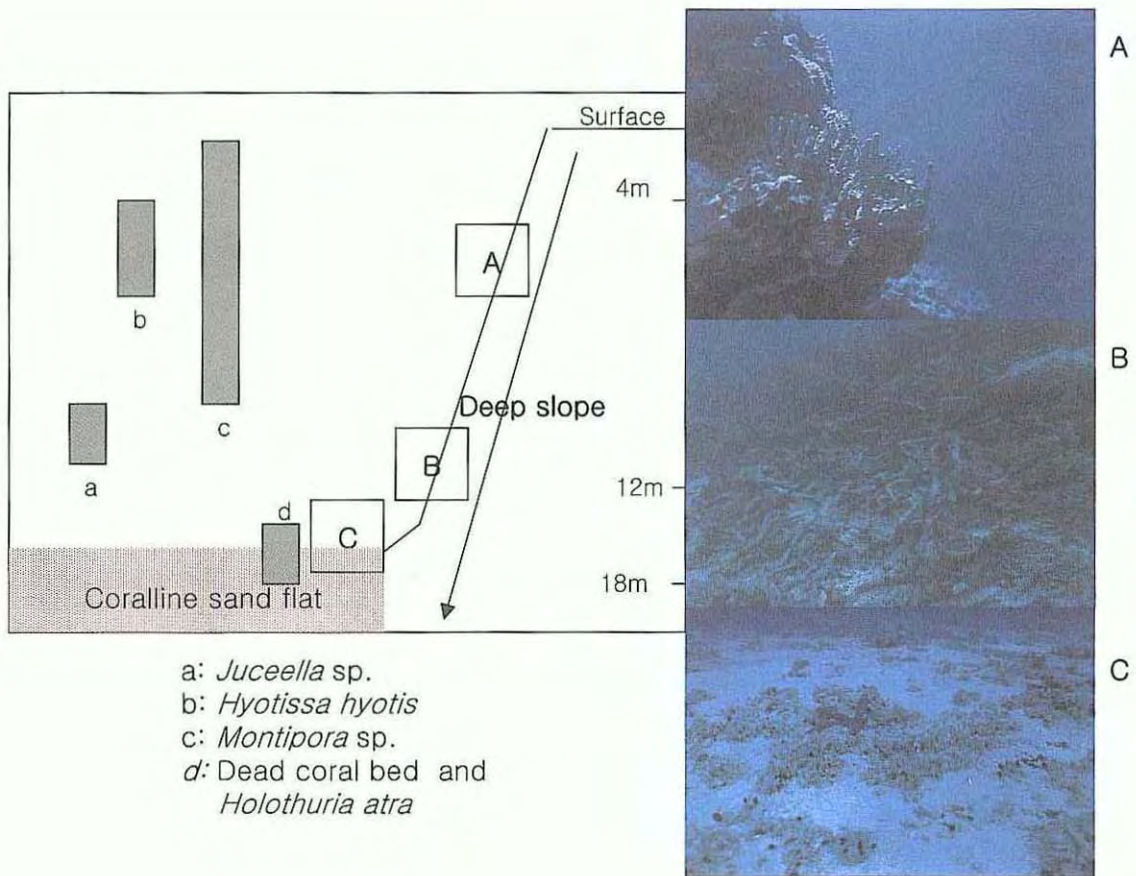


그림 3-1-46. 마이크로네시아 코스레 정점 7(그룹 C 유형)에서 초대형 저서동물의 수직 분포(2004).

Fig. 3-1-46. Scheme of vertical zonation of megazoobenthos at station 7, Group C type, in Kosrae, FSM (2004).

산호 기질의 대부분에 산호사가 덮여 있으며, 외해로부터의 과도 영향으로 다른 정점과는 비교될 수 없는 탁한 시야를 나타냈다. 산호사의 부유로 인해 생물상은 극히 단순한 양상을 나타냈으며, 산호의 다른 정점과는 상이한 구조를 나타냈다. 수심 5m 이상의 상층부에서는 *Montipora* sp. 등이 경사면을 따라 수직으로 분포하였으며, 경사면을 따라 부분적으로 *Porite lutea*가 수심 8m 부근에 나타났다. 기질하부 어두운 부분에는 열대 굴류인 *Hyotissa hyotis* 등이 우점하였고, *Helimeda* 등 해조류도 높은 서식밀도를 나타냈다. 한편 조류의 소통이 원활한 지역에서 나타나는 연산호류인 *Juceella* sp. 등도 코스레 지역에서 가장 높은 분포양상을 보였다. 연산호류의 경우 조류의 소통이 원활하고, 빛

의 투과량이 비교적 저조한 지역에서 우점하는 종으로 이 지역의 경우 높은 탁도로 인해 적은 빛의 투과량이 연산호의 서식을 원활하게 하는 조건으로 보인다. 산호사와 보초의 경사면 지역에는 부서진 *Montipora* sp.의 잔해가 퇴적되어 있었으며, 이곳에서부터 산호사 지대는 열대 녹조류가 다량 분포하였다. 부분적으로 *Atrina vexillum* 등 키조개류와 멍게류인 *Didemnum* sp. 등이 관찰되었다. 이들은 조류 소통이 원활한 지역에 나타나는 종으로 파도의 물리적 힘으로 외해로부터 초호 기저부를 따라 저층으로 조류 소통이 이디 때문에 이들이 서식하는 것으로 볼 수 있다. 산호사 지역의 경우 부분적으로 *P. lutea*가 분포하였다. 저층은 고운 산호사가 분포하며 약 30° 구배로 수심이 깊어졌다. 산호사 표면에는 생물교란에 의한 다양한 흔적이 관찰되었고, 죽은 산호덩어리를 기질로 녹조류가 많이 부착하였으며, 생물량은 산호 잔해의 양에 따라 좌우되는 것으로 나타났다.

산호사 지역은 주로 해삼 등 퇴적물식자가 우점하는 해역인데 이 지역에서도 *Holothuria atra* 등이 4~6개체/m<sup>2</sup> 등의 출현양상을 나타냈다. 이 밖에 *Bohadschia argus*, *Holothuria fuscopunctata*, *Stichopus chloronotus* 등의 해삼류들도 소량 출현하였다. 산호사 지역은 다른 극피동물들도 출현한다. 녹조류 분포하는 지역에서는 불가사리류인 *Linkia laevigata* 와 *Culcita novaeguineae* 등도 출현하였다. 이런 종 들은 코스레의 다른 지역에서는 거의 관찰되지 않은 종 들이다. 따라서 정점 7의 경우 높은 탁도와 저층이 산호사로 구성된 특성과 간헐적으로 희석된 육상 영양염이 다른 해역에 비해 공급될 수 있는 환경으로 퇴적물 식자나 여과 식자들이 우세한 양상을 나타냈다.

### 3). 어류

코스레주 연안에는 어선의 닻으로부터 산호초를 보호하기 위하여 설치된 어선 계류용 부이는 모두 수심이 급격하게 깊어지는 산호초 직벽에 위치하고 있다. 2003년과 2004년의 조사에서 각각 5개 정점을 선정하여 수심 10~40m의 범위에서 잠수관찰을 실시하였다. 정점 2, 3 및 4는 직벽의 경사가 비교적 급한 편이었으나 정점 1, 5 및 6은 다른 정점에 비하여 비교적 경사가 완만한 곳이었다. 또한 2004년에는 다른 산호초 해역과 구별되는 레루만의 정점 7을 추가하였다.

레루만을 제외한 조사 해역 모두 산호초가 잘 발달되어 있었으며 또한, 잘 보호되어 있었다. 현지 조사 시 수온은 30~31°C이었으며 각 정점에서 수중 다이빙에 의한 육안 및 촬영 자료 분석에 의한 조사 결과 각 정점별로 63~91종의 어종이 확인되었다. 전체적으로 총 9목 40과 263종이 관찰되었으며, 2003년과 2004년과 대체적으로 유사한 출현영상을 나타내었다(표 3-1-28).

표 3-1-28. 마이크로네시아 코스레 해역에서 관찰된 어류 목록(2003. 9~10, 2004. 11)

Table 3-1-28. List of fish species observed in Kosrae, FSM (2003. 9~10, 2004. 11)

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
1	<i>Carcharhinus melanopterus</i>	+						
2	<i>Carcharhinus sp.1</i>				+			
3	<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>					+		
4	<i>Triaenodon obesus</i>			+		+		
5	<i>Gymnothorax sp.1</i>			+		+		
6	<i>Gymnothorax javanicus</i>					+		
7	<i>Myripristis berndti</i>	+						
8	<i>Myripristis adusta</i>					+		
9	<i>Myripristis kuntee</i>					+		
10	<i>Myripristis murdjan</i>				+	+		
11	<i>Myripristis pralinia</i>				+	+		
12	<i>Myripristis sp.1</i>	+	+	+	+	+		
13	<i>Myripristis sp.2</i>			+				
14	<i>Myripristis violacea</i>			+				
15	Muraenidae sp.1							+
16	<i>Sargocentron sp.1</i>			+				
17	<i>Pseudanthias bicolor</i>		+	+		+		
18	<i>Aulostomus chinensis</i>	+				+		
19	<i>Neoniphon sp.1</i>	+						
20	<i>Pseudantias sp.1</i>	+	+	+	+	+	+	
21	<i>Pseudantias sp.2</i>				+		+	
22	<i>Pseudanthias bicolor</i>				+			
23	<i>Cephalopholis argus</i>	+	+	+	+	+	+	
24	<i>Cephalopholis leopardus</i>			+				
25	<i>Cephalopholis miniata</i>				+			
26	<i>Cephalopholis urodeta</i>		+	+	+	+		+
27	<i>Epinephelus merra</i>			+				
28	<i>Epinephelus macrospilos</i>				+			
29	<i>Pseudochromis sp.1</i>					+		
30	<i>Pseudochromis marshallensis</i>		+	+				
31	<i>Pseudochromis polynemus</i>		+	+				
32	<i>Paracirrhites arcatus</i>			+		+	+	
33	<i>Paracirrhites forsteri</i>		+	+		+		

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
34	<i>Paracirrhites hemistictus</i>			+		+	+	
35	<i>Paracirrhites</i> sp.1		+			+	+	
36	<i>Apogon fraenatus</i>			+				
37	<i>Apogon nigrofasciatus</i>							+
38	<i>Apogon capricornis</i>							+
39	<i>Apogon</i> sp.1		+					+
40	<i>Caranx melampygus</i>		+	+				
41	<i>Caranx sexfasciatus</i>					+		
42	<i>Cheilodipterus artus</i>		+					
43	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	+						
44	<i>Gracila albomarginata</i>	+		+	+			
45	<i>Paracirrhites forsteri</i>	+						
46	<i>Paracirrhites</i> sp.1	+						
47	<i>Aphareus furca</i>	+	+	+	+	+	+	
48	<i>Macolor niger</i>	+		+				
49	<i>Macolor macularis</i>	+	+	+		+	+	
50	<i>Lutjanus fulvus</i>	+		+	+	+		+
51	<i>Lutjanus bohar</i>					+		
52	<i>Lutjanus ehrenbergi</i>							+
53	<i>Lutjanus monostigmus</i>	+	+	+	+	+	+	+
54	<i>Lutjanus semicinctus</i>	+	+			+	+	+
55	<i>Lutjanus kasmira</i>							+
56	<i>Lethrinus</i> sp.1							+
57	<i>Caesio caeruleaurea</i>			+		+		
58	<i>Sphareramia orbicularis</i>							+
59	<i>Caranx</i> sp.1							+
60	<i>Caesio cunning</i>			+		+		
61	<i>Caesio lunaris</i>	+					+	
62	<i>Caesio teres</i>					+		
63	<i>Caesio</i> sp.1	+						
64	Caesionidae sp.1						+	
65	<i>Pterocasesio pisang</i>			+				
66	<i>Scolopis lineatus</i>	+						



표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
67	<i>Monotaxis grandoculus</i>	+	+	+	+	+	+	
68	<i>Gnathodentex aurolineatus</i>		+	+				
69	<i>Lethrinus xanthochilus</i>	+				+		
70	<i>Lethrinus erythracanthus</i>					+		
71	<i>Lethrinus olivaceus</i>					+		
72	<i>Lethrinus</i> sp.1	+	+	+	+	+		
73	<i>Parupeneus bifasciatus</i>	+		+		+		
74	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	+		+	+	+		
75	<i>Parapeneus barberinus</i>							
76	<i>Parapeneus pleurostigma</i>							+
77	<i>Parupeneus</i> sp.1			+	+	+	+	+
78	<i>Pempheris oualensis</i>	+				+		
79	<i>Kyphosus cinerascens</i>	+		+		+		
80	<i>Platax</i> sp.1					+		
81	<i>Chaetodon auriga</i>	+	+	+	+	+	+	+
82	<i>Chaetodon bennetti</i>		+	+		+		
83	<i>Chaetodon citrinellus</i>	+	+			+	+	
84	<i>Chaetodon ehippium</i>	+	+	+	+	+	+	+
85	<i>Chaetodon lunula</i>	+	+	+	+	+	+	+
86	<i>Chaetodon kleinii</i>			+	+			
87	<i>Chaetodon meyeri</i>			+				
88	<i>Chaetodon octofasciatus</i>				+			
89	<i>Chaetodon oxycephalus</i>						+	
90	<i>Chaetodon melannotus</i>							
91	<i>Parapeneus</i> sp.1							
92	<i>Chaetodon ornatissimus</i>	+	+			+	+	
93	<i>Chaetodon punctatofasciatus</i>	+		+				
94	<i>Chaetodon rafflesii</i>	+	+					
95	<i>Chaetodon reticulatus</i>	+	+	+	+	+	+	
96	<i>Chaetodon lineolatus</i>					+		+
97	<i>Chaetodon speculum</i>	+		+				
98	<i>Chaetodon trifascialis</i>			+			+	
99	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	+	+	+	+	+	+	+

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
100	<i>Chaetodon ulietensis</i>		+	+		+	+	
101	<i>Forcipiger longirostris</i>		+		+	+	+	
102	<i>Chaetodon vagabundus</i>	+			+	+	+	
103	<i>Chaetodon</i> sp.1	+						+
104	<i>Forcipiger flavissimus</i>			+		+		
105	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>			+			+	
106	<i>Heniochus chrysostomus</i>	+	+	+		+		+
107	<i>Heniochus varius</i>	+				+		
108	<i>Heniochus singularis</i>					+	+	
109	<i>Heniochus monoceros</i>					+		
110	<i>Centropyge heraldi</i>	+			+			
111	<i>Centropyge shepardi</i>	+		+	+	+		
112	<i>Centropyge flavissimus</i>					+		
113	<i>Centropyge loriculus</i>					+		
114	<i>Centropyge vrolikii</i>					+		
115	<i>Centropyge multifasciatus</i>				+			
116	<i>Pygoplites diacanthus</i>	+	+	+	+	+	+	+
117	<i>Amphiprion clarkii</i>	+			+	+		
118	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	+		+				
119	<i>Amphiprion perideraion</i>	+	+	+		+		
120	<i>Chromis acares</i>	+		+	+	+	+	
121	<i>Chromis alpha</i>			+				
122	<i>Chromis agilis</i>					+		
123	<i>Chromis caudalis</i>					+		
124	<i>Chromis margaritifer</i>	+	+	+	+	+	+	+
125	<i>Chromis ternatensis</i>		+					
126	<i>Chromis weberi</i>		+	+				
127	<i>Chromis retrofasciata</i>	+						
128	<i>Chromis xanthura</i>	+				+	+	
129	<i>Chromis aruanus</i>						+	
130	<i>Chromis</i> sp.1	+	+	+				
131	<i>Chromis</i> sp.2	+						
132	<i>Chromis</i> sp.3	+						

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
133	<i>Chromis</i> sp.4	+						
134	<i>Chromis</i> sp.5	+						
135	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	+	+	+		+		
136	<i>Dascyllus aruanus</i>				+			+
137	<i>Dascyllus flavicaudus</i>			+				
138	<i>Dascyllus reticulatus</i>			+				
139	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>		+	+		+		
140	<i>Amblyglyphidodon ternatensis</i>				+			
141	<i>Pomacentrus</i> sp.1		+	+		+	+	+
142	<i>Pomacentrus</i> sp.2							+
143	Pomacentridae sp.1		+	+				
144	<i>Pomacentrus philippinus</i>			+	+	+		
145	<i>Pomacentrus brachialis</i>			+				
146	<i>Pomacentrus coelestis</i>							+
147	<i>Pomachromis</i> sp.1							+
148	<i>Bodianus diana</i>			+		+		
149	<i>Bodianus axillaris</i>				+	+		
150	<i>Abudefduf vaigiensis</i>			+				
151	<i>Abudefduf</i> sp.1	+						
152	<i>Chrysiptera oxycephala</i>	+						
153	<i>Chrysiptera biocellata</i>			+		+		
154	<i>Chrysiptera cyanea</i>			+				
155	<i>Chrysiptera leucopoma</i>			+	+			
156	<i>Chrysiptera</i> sp.1			+		+	+	
157	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>	+			+			
158	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>					+		
159	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>						+	
160	<i>Cheilinus digrammus</i>		+	+				
161	<i>Cheilinus</i> sp.1			+				
162	<i>Cheilinus fasciatus</i>	+	+	+	+	+		
163	<i>Cheilinus undulatus</i>	+				+		
164	<i>Cheilinus unifasciatus</i>			+	+	+	+	
165	<i>Cheilinus oxycephalus</i>					+		

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
166	<i>Dischistodus chryopoecilus</i>							+
167	<i>Stethojulis</i> sp.1							+
168	<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>					+		
169	<i>Coris gaimard</i>	+						
170	<i>Coris aygula</i>					+		
171	<i>Epibulus insidiator</i>		+	+	+	+	+	+
172	<i>Epibulus</i> sp.1						+	
173	<i>Pterogogus cryptus</i>			+				
174	<i>Gomphosus varius</i>	+	+	+	+	+	+	
175	<i>Halichoeres hortulanus</i>	+	+	+	+	+	+	
176	<i>Halichoeres melanurus</i>			+				
177	<i>Halichoeres margaritaceus</i>	+						
178	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	+	+	+		+		
179	<i>Hemigymnus melapterus</i>			+				
180	<i>Thalassoma lutescens</i>		+			+		
181	<i>Thalassoma lunare</i>					+	+	
182	<i>Thalassoma purpureum</i>					+	+	
183	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	+		+	+	+	+	
184	<i>Thalassoma hardwickii</i>	+						
185	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	+		+				
186	<i>Thalassoma</i> sp.1			+	+			+
187	<i>Labrichthys</i> sp.1	+						
188	<i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+	+	+	+	+
189	<i>Labroides pectoralis</i>	+	+					
190	<i>Cetoscarus bicolor</i>					+	+	
191	<i>Scarus bleekeri</i>	+						
192	<i>Scarus flavipectoralis</i>	+						
193	<i>Scarus oviceps</i>	+			+	+		
194	<i>Scarus altipinnis</i>			+		+		
195	<i>Scarus frenatus</i>					+	+	
196	<i>Scarus globiceps</i>						+	
197	<i>Scarus microrhinos</i>			+		+		
198	<i>Scarus niger</i>		+	+				

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
199	<i>Scarus sordidus</i>	+	+	+		+	+	+
200	<i>Scarus schlegeli</i>				+	+		
201	<i>Scarus</i> sp.1	+	+	+	+	+	+	+
202	<i>Scarus</i> sp.2		+	+	+	+	+	+
203	<i>Scarus</i> sp.3			+				
204	<i>Cirripectes variolosus</i>						+	
205	<i>Sphyraena</i> sp.1	+			+	+		+
206	<i>Parapercis</i> sp.1	+						
207	<i>Ecsenius</i> sp.1	+		+		+		
208	<i>Ecsenius bicolor</i>				+			
209	Blenniidae sp.1					+		
210	<i>Asterropteryx semipunctatus</i>							+
211	<i>Exyrias belissimus</i>							+
212	Gobiidae sp.1					+		
213	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>			+				+
214	<i>Ptereleotris evidus</i>			+				
215	<i>Nemateleotris magnifica</i>		+	+				
216	<i>Ctenogobiops</i> sp.1			+				
217	<i>Plagiotremus laudandus</i>				+			+
218	<i>Amblygobius decussatus</i>							+
219	<i>Amblygobius nocturnus</i>							+
220	<i>Acanthurus dussumieri</i>	+		+		+	+	
221	<i>Acanthurus leucocheilus</i>	+	+	+	+	+	+	
222	<i>Acanthurus nigricans</i>	+	+	+		+	+	+
223	<i>Acanthurus lineatus</i>			+				
224	<i>Acanthurus strigosus</i>			+				
225	<i>Acanthurus nigricauda</i>		+	+				+
226	<i>Acanthurus bariene</i>					+		
227	<i>Acanthurus blochii</i>					+		+
228	<i>Acanthurus nigroris</i>	+						
229	<i>Acanthurus triostegus</i>	+						
230	<i>Acanthurus thompsoni</i>				+			
231	<i>Acanthurus pyroferus</i>					+		

표 3-1-28. 계속

Table 3-1-28. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
232	<i>Acanthurus sp.1</i>			+			+	
233	<i>Ctenochaetus striatus</i>	+	+	+		+		+
234	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>			+	+		+	
235	<i>Ctenochaetus strigosus</i>		+		+	+		
236	<i>Ctenochaetus sp.1</i>							+
237	<i>Zebrasoma flavescens</i>			+				+
238	<i>Naso annulatus</i>			+				
239	<i>Naso brevirostris</i>	+	+					
240	<i>Naso hexacanthus</i>	+		+	+		+	
241	<i>Naso lituratus</i>	+	+	+	+	+		
242	<i>Naso unicornis</i>	+						
243	<i>Naso vlamingii</i>	+	+	+	+	+	+	
244	<i>Naso sp.1</i>	+		+				
245	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>							+
246	<i>Zanclus cornutus</i>	+	+	+	+	+	+	+
247	<i>Siganus puellus</i>			+			+	
248	<i>Balistapus undulatus</i>	+	+	+	+	+	+	+
249	<i>Balistoides viridescens</i>	+		+	+	+	+	
250	<i>Balistoides conspicillum</i>				+			
251	<i>Melichthys niger</i>	+		+	+	+		
252	<i>Melichthys vidua</i>	+	+	+	+	+	+	
253	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>			+				
254	<i>Ostracion meleagris</i>			+		+		
255	<i>Pseudobalistes flavimarginatus</i>	+				+	+	+
256	<i>Pseudobalistes fuscus</i>						+	
257	<i>Canthigaster solandri</i>							+
258	<i>Diodon hystrix</i>							+
259	<i>Monodactylus argentus</i>							+
260	<i>Alutera scriptus</i>	+	+			+		
261	<i>Cantherhines dumerilii</i>	+						
262	<i>Arothron nigropunctatus</i>	+						
263	<i>Arothron sp.1</i>	+						

코스레 해역의 어류 서식환경은 지형적 특성에 따라 완만한 경사를 가지는 산호초(정점 1, 5, 6), 테라스형 산호초에서 급격히 직벽형으로 바뀌는 산호초(정점 2, 3, 4) 및 산호사 혹은 기질이 함유된 연성 저질 해역의 3(정점 7)의 3 가지로 나눌 수 있다. 이러한 해저환경특성은 측주와 비교하면 매우 단순한 것으로서(한국해양연구원, 2003), 코스레의 연안의 산호초 구조가 측주에 비하여 매우 작고 단순한데에서 기인된다. 그러나 관찰된 대형 어종의 종수는 크게 차이가 없지만 단지 출현량은 비교적 큰 차이를 나타낸다(표 3-1-29). 전술한 바와 같이 코스레 해역이 어류조사는 계류용 부표가 설치된 곳을 중심으로 이루어졌다. 구성어종이 다양하고 대형 수산어종들도 많이 관찰되었지만 각 정점간 서식환경 차이가 그다지 크지 못하여 종조성에 있어서는 유사한 경향을 나타내었다.

표 3-1-29. 마이크로네시아 코스레 해역의 조사정점별 환경 특성과 주요어종 목록(2003. 9~10, 2004. 11)

Table 3-1-29. Environmental characteristics and commercial species by stations in Kosrae, FSM (2003. 9~10, 2004. 11)

Station	Topographical type	Commercial species	Remarks
St. 1, 5, 6	flatted terrace (6~13m) and gently slope	<i>Cephalophlis</i> spp. <i>Epinephelus</i> spp. <i>Scarus</i> spp. <i>Ctenochaetus</i> spp. <i>Lutjanus</i> spp. <i>Lethrinus</i> spp. <i>Myripristis</i> spp.	바리류 바리류 파랑비늘돔류 취돔류 통돔류 갈돔류 얼개돔류
St. 2, 3, 4	flatted terrace (6~11m) and drop off toward deep water	almost similar with St 1, 5	
St. 7	mud bottom and small corals in shore	Gobiidae spp. <i>Chaetodon</i> spp. Apogonidae spp.	망둥어류 및 유어 (young fishes)

코스레 해역의 지형별 어류 출현영상을 보다 자세하게 설명하면 다음과 같다. 완만한 경사를 이루는 지형의 대표적인 산호초군집은 레루 섬 동편의 정점 1이다. 이곳은 수심 11~13m부터 비스듬히 경사져있으며, 수심 50m부터 모래와 산호로 이루어진 편평한 바닥이 발달한 곳으로 2003년 73종, 2004년 69 종, 총 106종의 많은 어류가 관찰되었다.

수심 6~13m 정도의 편평한 곳에는 탁상형 산호가 매우 잘 발달해 있는 곳이었으며, 군데군데 둥근 바위형 산호가 혼재해 있는 지형이다. 탁상형 산호 아래에는 붉은 색의 도화돔과 주걱치 등, 빛을 그다지 좋아하지 않고 그늘을 좋아하는 어류들이 떼를 이루어 서식하고 있었다(그림3-1-47). 수심 13m까지는 편평한 바닥을 이루고 있으면서 산호초 사이에 작은 쥐돔류(*Ctenochaetus* spp.), 놀래기류(*Epibulus* spp.), 자리돔류(*Chromis* spp.)들이 서식하고 있었다. 2003년과 2004년은 서식지의 특성에 따라 구성이 유사하였지만 2004년에는 트럼펫피쉬로 불리는 *Aulostomus chinensis*, 통돔류 일종인 *Macolor niger*, 나비고기 일종인 *Chaetodon auriga*, *C. punctatofasciatus*, *C. lunula*, *C. melannotus* 그리

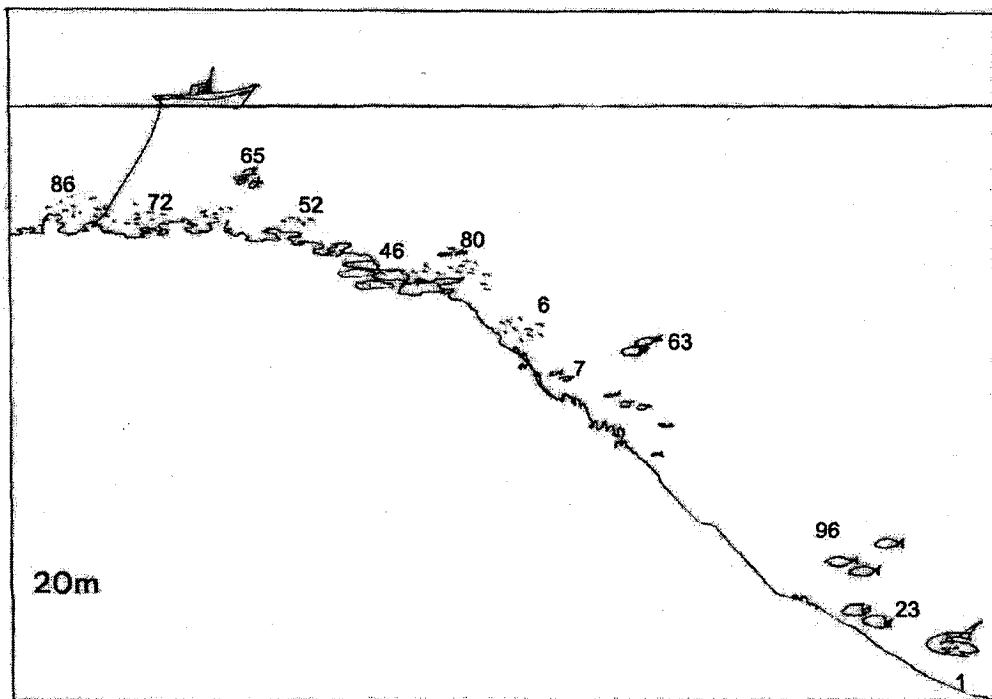


그림 3-1-47. 마이크로네시아 코스라에 정점 1(완만한 경사지역)에서의 어류 분포 양상(2003. 9, 2004. 11).

Fig. 3-1-47. Scheme of fish distribution at St. 1, gentle slope region, in Kosrae, FSM (2003. 9, 2004. 11)

(1 *Carcharhinus melanopterus*; 6 *Pseudantias* sp.1; 7 *Cephalopholis argus*; 23 *Lethrinus* sp.1; 46 *Amphiprion clarkii*; 52 *Chromis xanthura*; 63 *Cheilinus undulatus*; 65 *Epibulus insidiator*; 72 *Thalassoma quinquevittatum*; 80 *Scarus* sp.1; 86 *Acanthurus leucocheilus*; 96 *Naso* sp.1)



고 쥐돔류의 일종인 *Naso lituratus*, *N. unicornis* 추가로 확인되었다.

크기 20~25cm 범위의 파랑비늘돔류(*Scarus* spp.)와 30~45cm 급 갈돔류(*Monotaxis grandoculus*) 등의 일부 수산 어종이 관찰되었고 직벽의 중턱에는 무늬통돔(*Lutjanus monostignus*), 쥐돔류(*Naso* spp.) 등 크기 30~45cm급 대형어가 관찰되었으나 그 개체수는 그다지 많지 않았다. 귀신놀래기(*Epibulus insidiator*)와 쥐돔류(*Naso* spp.)는 산호초와 3~4m 거리를 두고 중층에 유영하고 있었다.

급격한 직벽으로 이어지는 지형은 정점 3이 대표적이다. 정점 3은 수직 경사가 급한 전형적인 직벽형 지형이다. 직벽에는 작은 골들이 발달해 있어 조류의 흐름이 꺾여 지나가는 곳이다. 어선 계류용 부이는 설치지점의 수심은 9m 내외이며 조류가 조금 있었으며 그곳에서 약 10m정도 떨어진 곳부터 직벽이 시작된다.

두 차례의 조사에서 총 123종이 조사되었는데, 직벽을 이루고 있는 산호초에는 소형 자리돔류, 놀래기류, 쥐돔류, 금강바리류 등이 무리 지어 서식하고 있었으며 20~25cm 크기의 파랑비늘돔류들이 단독으로 먹이 활동을 하고 있었다. 2003년, 2004년 모두 관상어로 개발이 가능한 10여종의 나비고기류, 베도라치류의 일종인 *Meiacanthus atrodorsalis*, *Nemateleotris magnifica*, *Ptereleotris evides*, 흰등가리(*Amphiprion chrysopterus*)의 서식이 확인되었다(그림 3-1-48).

대형어종은 직벽을 따라 분포한다. 15m 수심층에서 트레발리류(blue fin trevally), 25m 수층에서 25~30cm급 쥐돔류 10여 마리가 확인되었다. 수심 40~50m 수심층에는 흑갈색을 띤 갈돔류(*Lethrinus* sp.)가 40~50마리씩 떼를 지어 이동하고 있었으며 35~45cm 급 대형 쥐돔류(*Naso* spp.)들도 관찰되었다. 한편 수심 15m 전후의 산호초 굴속에서는 바리류의 일종인 40cm 급 *Cephalophlis argus*와 꼬리가 붉은 통돔류인 30cm 급 *Lutjanus fulvus*가 관찰되었다. 2003년에는 91종이 관찰되었으나, 2004년에는 *Chrysiptera biocellata*, *C. leucopoma*, *C. cyanea*, *Amblyglyphidodon aureus*, *Pomacentrus brachialis*, *Hemigymnus melapterus*, *Acanthurus nigricauda* 등이 확인되지 않아 73종이 관찰되었다. 전반적으로는 직벽환경과 조류가 강하여 어종이 다양하면서 수산 어종이 많이 서식하는 경향을 보였다. 그러나 정점 3은 경사가 급한 직벽이 잘 발달한 정점이지만 20~40m층 중층을 떠다니는 어종은 많지 않았으며, 마이크로네시아 전 해역에 고르게 분포하고 있는 상어류가 거의 눈에 띄지 않는 것이 특징적이었다.

천해성 연성저질 지형은 레루만 입구에서 코스레 수산자원연구소 앞 연안까지 이어지며 정점 7이 대표적이다. 이 지역에서는 63종이 관찰되었는데, 레루만 입구에서 중앙 연안까지 38종이 조사되었고 연구소 앞 수로에서는 33종이 관찰되었다.

레루만에서는 낮은 투명도와 사니질의 저질 등 외해의 산호초 해역과는 전혀 다른 해

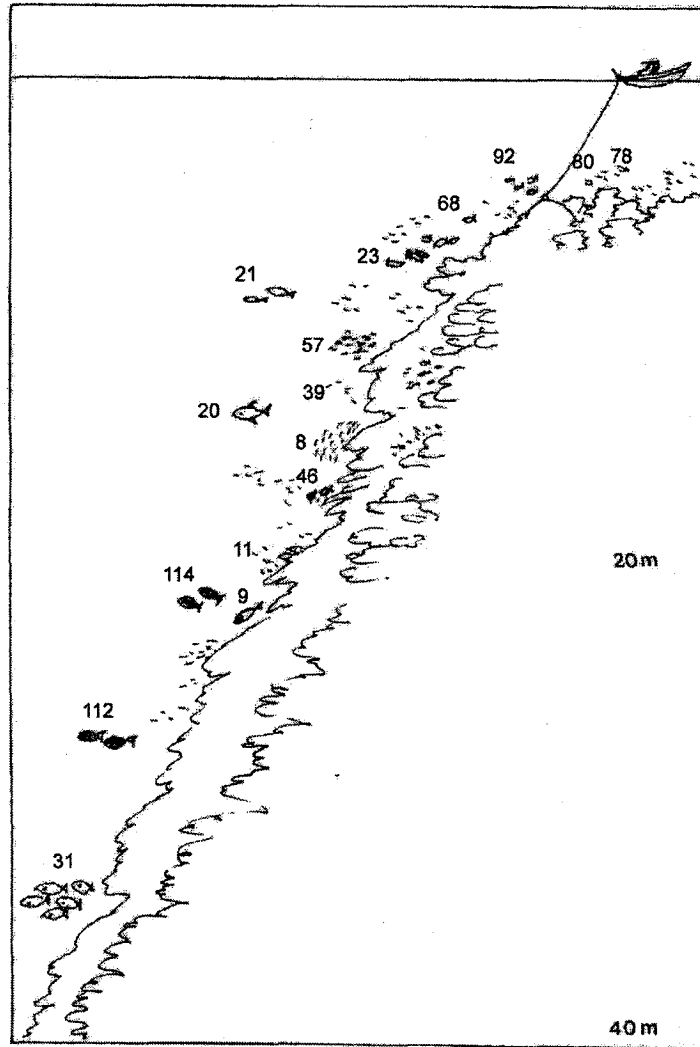


그림 3-1-48. 마이크로네시아 코스레 정점 3(직벽 지형)에서의 어류 분포 양상(2003. 10, 2004. 11).

Fig. 3-1-48. Scheme of fish distribution at St. 3, cliff reef, in Kosrae, FSM (2003. 10, 2004. 11).

- (8 *Pseudanthias* sp.1; 9 *Cephalopholis argus*; 11 *Cephalopholis urodeta*;  
 20 *Caranx melampygus*; 21 *Aphareus furca*; 23 *Macolor niger*;  
 31 *Lethrinus* sp.1; 39 *Chaetodon kleinii*; 46 *Chaetodon trifasciatus*;  
 57 *Chromis margaritifer*; 68 *Chrysiptera* sp.1; 78 *Epibulus insidiator*;  
 80 *Gomphosus varius*; 92 *Scarus sordidus*; 112 *Naso hexacanthus*;  
 114 *Naso vlamingii*)

양환경을 보이고 있었으며 두 번째 조사정점인 강 하구에서는 1m도 안 되는 낮은 투명도와 두터운 빨이 덮인 저층만 확인할 수 있을 정도였다. 만 입구에서는 낮은 투명도에도 불구하고 38종의 어종이 관찰되었으며 그 중에는 비교적 몸집이 큰 갈돔류와 쥐치류도 관찰되었다. 만의 중앙 연안인 레루 마을 연안에서는 수심 4~5m까지 적은 량의 산호초가 발달해 있고 이 그 이상 수심대에는 깊은 빨로 이루어져 있었는데 무늬통돔, 열게돔 등 모두 소형어가 주를 이루었으며 바위 사이의 빨 바닥에서는 망둥어류가 관찰되었다. 연구소 앞 수로에서는 33종이 조사되었는데, 얕은 수심대에 육상 나무의 가지와 잎이 얽혀 있어 소형어나 치어들이 은신해 있었는데 그 중에는 대표적인 연안 열게돔류인 *Spaeramia orbicularis*, 숭어 외에 나뭇잎을 먹는 독가시치류를 볼 수 있었으며 앞바다 산호초해역에 서식하는 천사고기류, 놀래기류, 창고기(baracuda) 곰치 등 어종의 어린 유어들이 관찰되어 나뭇가지나 나뭇잎들로 그늘지고 은신처가 많은 얕은 연안이 이들의 성육장 역할을 하고 있음을 알 수 있었다.

## 라. 압

### 1). 해조류

압 해역에서 2005년 9월 관찰된 해산식물은 총 16종으로 남조류 1종, 녹조류 3종, 갈조류 1종, 홍조류 10종 및 해초류 1종이었으며, 정점별로 7~13종이 관찰되었다(표 3-1-30). 이 중 녹조류 *Valonia aegagropila* 및 갈조류 *Padina minor*는 각 지점의 mooring buoy와 연결된 로프의 수심 3m 이내에서 관찰되는 종이었으며, 해초류 *Enhalus* sp.는 정점 4의 조간대에서 조하대 직벽으로 이어지는 산호초 상부(reef flat)의 수심 3~6m에 덮여 있는 산호사에 서식하는 종이였다. 이 중 상업적으로 유용하다고 판단되는 종은 단지 우뚝가사리(*Gelidium* sp.) 1종으로, 정점 1과 2에서만 출현하였다.

어느 한 수심에서 출현하는 종의 최대치는 9종(정점 2의 수심 10m)이었으며, 정점 1, 2 및 6의 경우에는 출현종수가 수심이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 정점 4의 경우에는 수심증가에 따라 출현종이 증가하였다. 그 외 정점에서는 수심과 출현종수와의 뚜렷한 상관관계를 볼 수 없었다(그림 3-1-49).

피도의 경우에도 한 수심에서 관찰되는 최대치는 41%(정점 1의 수심 10m)이었으며, 대부분의 정점에서는 수심이 증가함에 따라 피도가 감소하는 경향을 보였으나, 일부 정점(정점 3, 4)에서는 수심과 피도와의 뚜렷한 상관관계를 볼 수 없었다(그림 3-1-50).

일반적으로 해조류의 분포를 지배하는 가장 중요한 요인은 광량으로, 광량은 수심이 증

표 3-1-30. 마이크로네시아 압 해역의 해조류 출현양상(2005. 9)

Table 3-1-30. List of seaweed species observed in Yap, FSM (2005. 9)

Species	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7
<b>CYANOPHYTA</b>							
Cyanophyta sp.	+	+		+		+	
<b>CHLOROPHYTA</b>							
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tydemenia expeditionis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Valonia aegagropila</i>		+					
<b>PHAEOPHYTA</b>							
<i>Padina monor</i>		+					
<b>RHODOPHYTA</b>							
<i>Actinotrichia fragile</i>	+		+		+		
<i>Galaxaura</i> sp.		+	+	+	+	+	+
<i>Gelidium</i> sp.	+	+					
<i>Peyssonelia caulifera</i>	+		+	+	+	+	+
<i>Peyssonelia</i> sp.		+	+	+		+	+
<i>Lithophyllum okamurae</i>	+	+	+	+	+	+	
<i>Lithothamnion</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Amphiroa</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Jania</i> sp.	+	+			+		
<i>Cruoriopsis japonica</i>		+	+				
<b>SEAGRASS</b>							
<i>Enhalus</i> sp.				+			
Total No. of species	10	13	10	10	9	9	7

가 할수록 감소한다. 따라서 식물이 광합성에 필요로 하는 빛에너지는 수심에 따라 감소하고, 종내 어느 일정 수심부터는 해조류가 출현하지 않게 된다. 이러한 점들을 고려해 볼 때, 일부 조사정점에서 수심과 해조류의 피도간 상관성이 뚜렷치 않은 것은 빛 이외에도 다른 요인들이 해조류의 분포를 제한함을 알 수 있다. 여러 가지 요인 중 가장 중요한 요인은 산호와의 자리경쟁(interspecific competition for space)이다. 이 지역에서 해조류는 대부분 기질표면에 노출된 죽은 산호(dead coral)의 위 또는 살아있는 산호 사이에 존재하는 빈 공간에서만 살아가며, 살아있는 산호가 기질표면에 노출된 곳에서는 거의 관찰되지 않는다. 특히 산호가 우점하는 서식지에서는 해조류의 종다양성이 낮을 수밖에 없고,

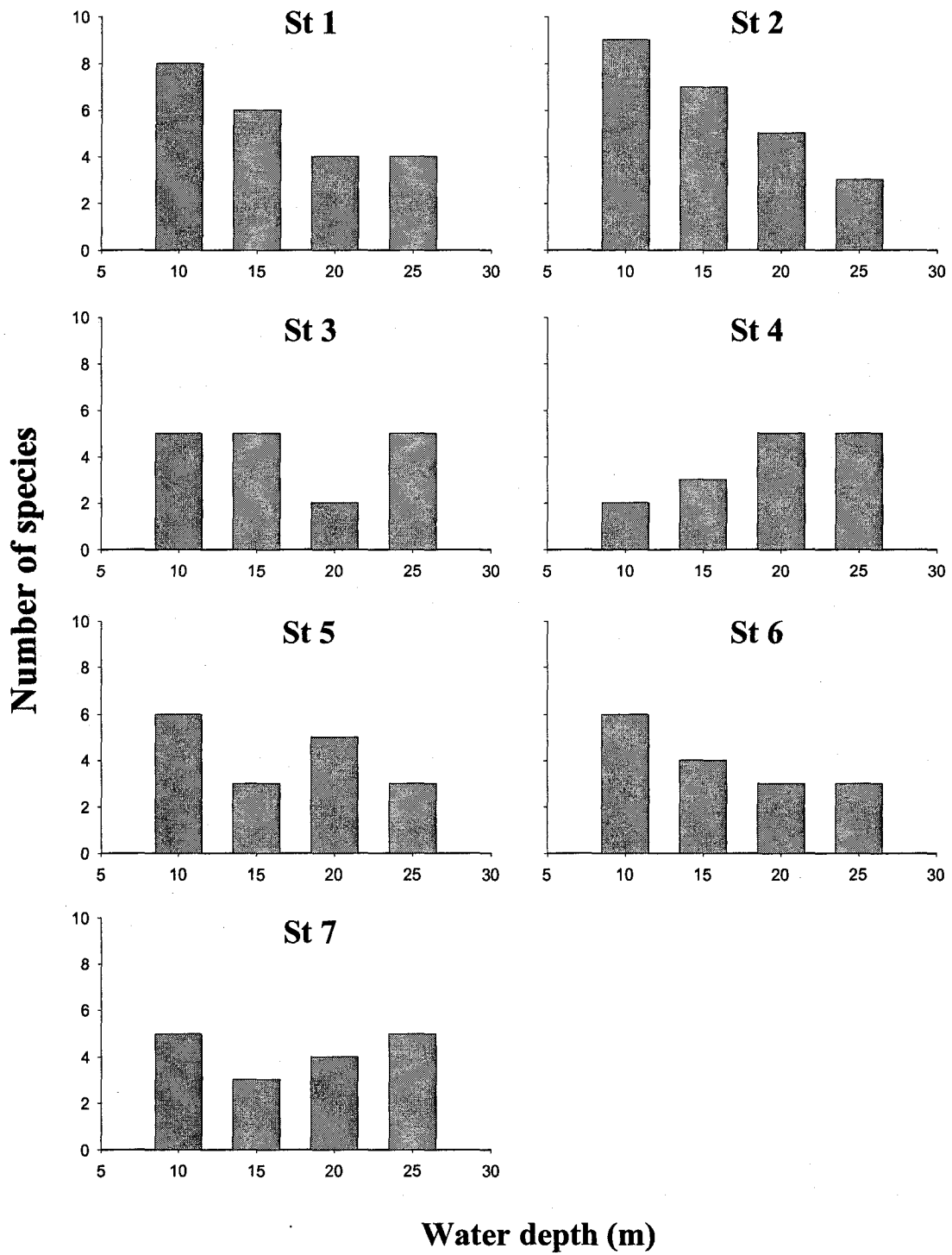


그림 3-1-49. 마이크로네시아 압 해역의 조사 정점의 수심별 해조류 종수 변화(2005. 9).  
 Fig. 3-1-49. Variations of seaweed species depend on water depth in Tap, FSM ( 2005. 9).

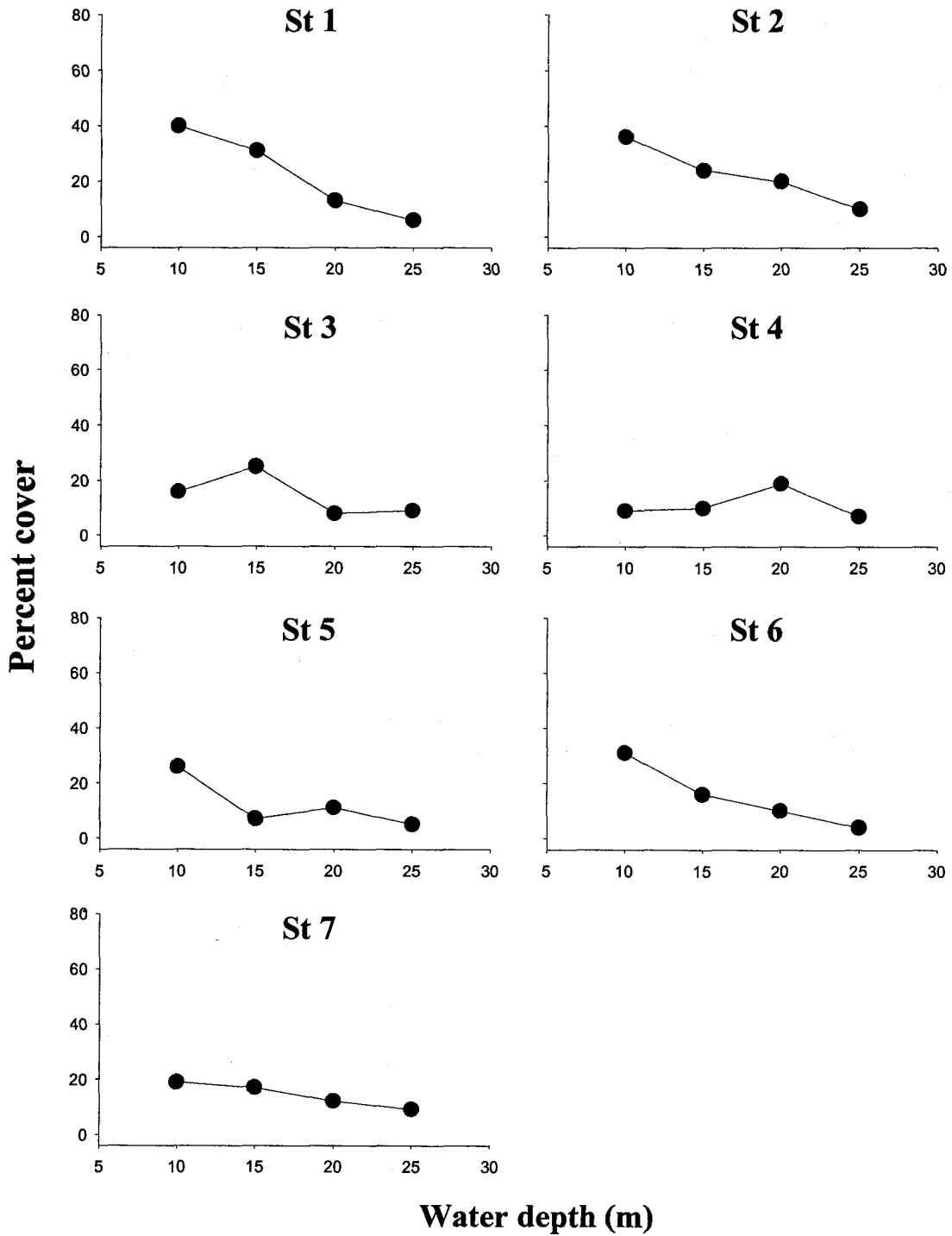


그림 3-1-50. 마이크로네시아 얍 해역에서의 수심별 해조류의 피도 변화(2005. 9).  
 Fig. 3-1-50. Variations of coverage of seaweed species in Yap, FSM (2005. 9).

그 풍도 또한 산호와의 경쟁에 의해 결정될 수밖에 없다.

얍 해역에 출현하는 해조류의 수심별 평균피도에 근거하여 우점도(DI)를 구한 결과 DI가 1.0 이상 주요 우점종은 *Halymeda opuntia* f. *cordata*, *Tydemenia expeditionis*, *Amphiroa* sp. 화보, *Lithophyllum okamurae*, *Lithothamnion* sp., 및 *Tydemenia expeditionis*를 제외하고는 축과 코스레의 직벽형 산호초에 널리 분포하는 종들이었다(표 3-1-31). 우점도지수(DI)가 1.0 이상인 최상위 종은 *Tydemenia expeditionis*, *Amphiroa* sp., *L. okamurae*, *Lithothamnion* sp. 및 *H. opuntia* f. *cordata*의 5종이었다. 우점도가 가장 높았던 *Tydemenia expeditionis*는 대부분의 정점에서 5% 이상의 피도를 보였지만, 정점 4에서는 1.3%에 불과하였다. 수심별 피도를 보면 정점 1, 2, 5 및 6에서는 수심 10m에서 가장 높은 피도를 나타내었고, 정점 3과 4에서는 수심 25m의 깊은 수심에서 높은 피도를 나타내었다(그림 3-1-51). *Amphiroa* sp.는 정점 1, 2, 7에서는 3% 이상의 피도를 보였지만, 정점 3과 6에서는 1% 이하의 값을 보였다. *Lithophyllum okamurae*는 정점 1과 2에서 4% 이상의 피도를 보였고, 기타 정점에서는 0~2.75%의 범위였다.

표 3-1-31. 얍 해역에서 출현하는 해조류의 평균피도에 기초하여 구한 우점도

Table 3-1-31. Dominance index (DI) of seaweed species based on coverage in Yap

Species	Stations							DI
	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	
<i>Tydemenia expeditionis</i>	7.00	5.75	5.75	1.25	5.50	4.25	6.00	5.07
<i>Amphiroa</i> sp.	3.00	5.00	0.50	2.25	1.50	1.00	3.25	2.36
<i>Lithophyllum okamurae</i>	4.50	4.00	1.25	2.75	2.00	1.25		2.25
<i>Lithothamnion</i> sp.	3.25	3.00	1.50	2.25	1.25	2.00	1.50	2.11
<i>Halymeda opuntia</i> f. <i>cordata</i>	2.50	2.00	2.50	0.50	0.25	4.00	1.50	1.89
<i>Peyssonelia caulifera</i>	0.25		1.50	1.25	0.25	0.50	1.25	0.71
<i>Galaxaura</i> sp.		1.00	0.50	0.50	0.50	1.50	0.50	0.64
<i>Jania</i> sp.	0.75	0.25			0.50			0.21
<i>Peyssonelia</i> sp.		0.25	0.25	0.25		0.50	0.25	0.21
Cyanophyta sp.	0.50	0.25	0.00	0.25		0.25		0.18
<i>Actinotrichia fragile</i>	0.25		0.25		0.50			0.14
<i>Cruoriopsis japonica</i>		0.50	0.50					0.14
<i>Gelidium</i> sp.	0.50	0.50						0.14

*Tydemenia expeditionis*

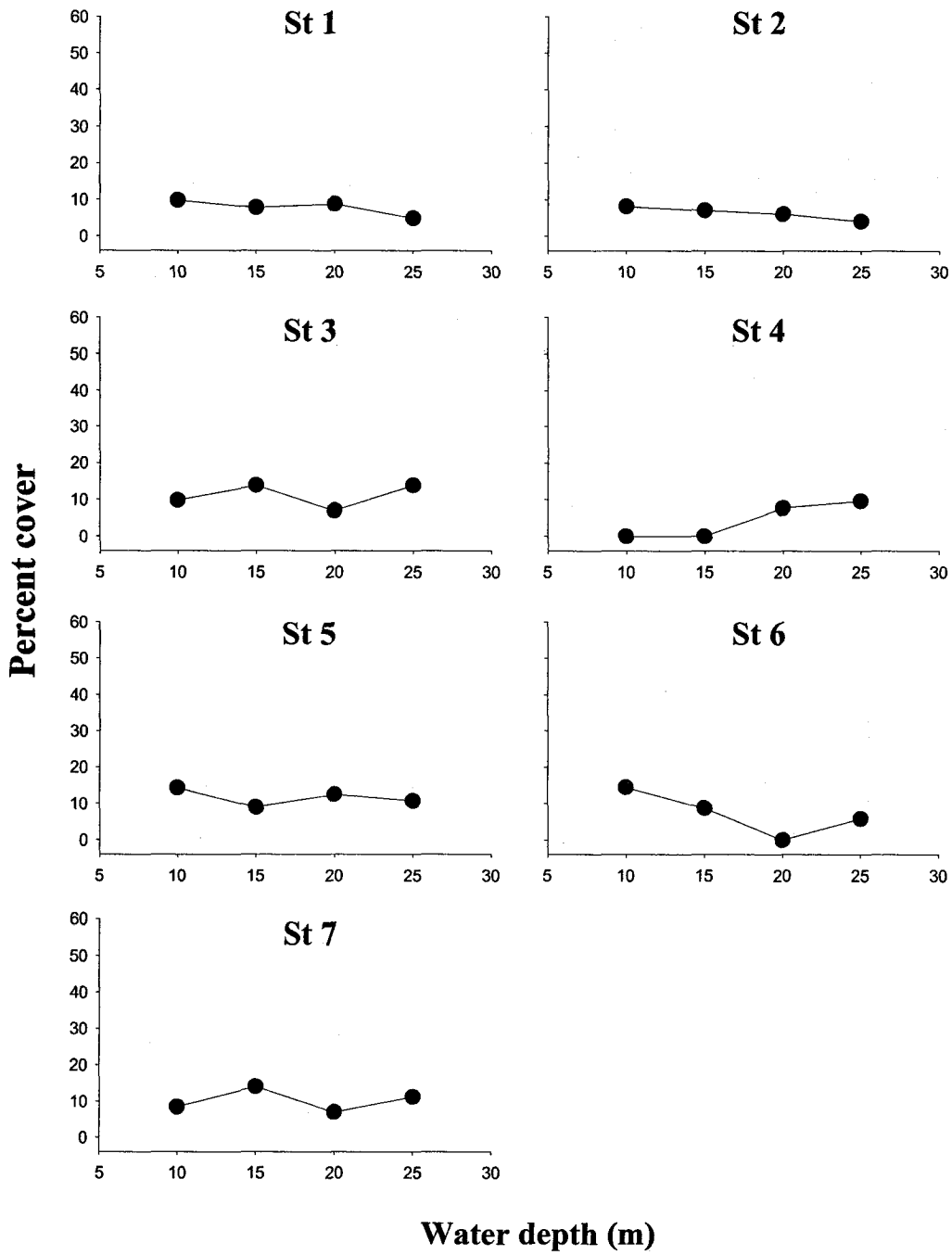


그림 3-1-51. 마이크로네시아 얍 해역에 최우점하는 *Tydemenia expeditionis*의 수심별 피도 변화(2005. 9).

Fig. 3-1-51. Variation of coverage of the most dominant species *Tydemenia expeditionis* depend on water depth in Yap, FSM (2005. 9).



*Lithothamnion* sp.는 정점 1과 2에서 3% 이상의 피도를 보였고, 기타 정점에서는 1.5~2.25%의 범위였다. *Halymeda opuntia* f. *cordata*는 정점 6에서 4%로 가장 높은 피도를 보였고, 기타 정점에서는 2.5% 이하의 값을 보였다. 조사된 종들 중 상업적으로 가장 유용하다고 판단되는 우뚝가사리(*Gelidium* sp.)는 조사된 수심범위에서 평균 0.14%의 피도를 보여, 그 현존량이 많지 않음을 알 수 있다.

각 조사정점에서 출현하는 해조류의 수심별 피도를 평균하고, 이를 제곱근으로 변환한 값에 기초하여 유사도(Bray-Curtis similarity)를 구하고, UPGMA로 집괴분석한 결과 조사지점간 유사도는 70% 이상으로 매우 높았으며, 특히 정점 1과 2는 80% 이상의 유사도를 보였다(그림 3-1-52). 조사지점 간 유사도가 70% 이상으로 나타난 것은 조사지점 간 출현하는 해조류가 크게 다르지 않고, 또 주요 우점종의 피도가 큰 차이를 보이지 않는다는 것을 의미한다.

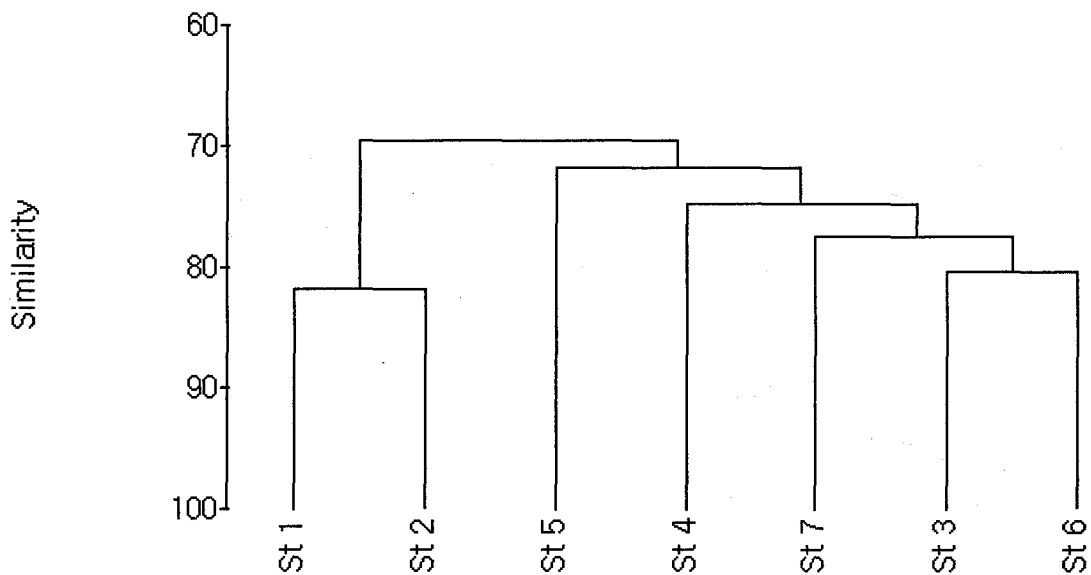


그림 3-1-52. 마이크로네시아 얍 해역의 해조류 군집의 조사정점간 유사도(2005. 9).

Fig. 3-1-52. Cluster analysis (UPGMA) of seaweed communities based on coverage in Yap, FSM (2005. 9).

## 2). 대형무척추동물

얕은 해역에서의 대형무척추동물 조사는 잠수조사와 아울러 케이블카메라(cable camera)로 촬영한 영상을 토대로 조사지역의 서식처 특성과 수심별 출현 양상을 분석하였다. 현장에서 촬영된 영상자료 중 다이버에 의해 수집된 자료를 대상으로 생물 동정을 실시하였으며, 명확한 동정이 어려운 종은 표식을 붙여 다른 종임을 표시하였다.

조사기간 동안 정량분석을 실시한 7개 정점에서 출현한 대형무척추동물은 총 7개 동물문 63종이었다(표 3-1-32). 분류군별로 보면 자포동물이 43종으로 가장 많이 출현하였으며, 히드로충강에 속하는 *Millepora* sp., *Plumularia* sp. 2종을 제외하면 모두 산호충강에 속하였다. 다음으로 해삼류인 *Thelebobranchia ananas* 등 극피동물 6종, 해면동물 5종, 복족류인 *Trochus niloticus* 등 연체동물 4종, 절지동물 갑각류를 비롯한 기타 동물류에서 5종이 출현하였다. 이러한 출현 종수는 코스레(한해연 2004)에서 조사된 종수와 유사한 수준이며, 우점분류군인 산호류의 경우에서도 41종으로 비슷한 양상을 보였다. 특기할 점은 마이크로네시아 다른 지역에서 출현하였던 거인조개 *Tridacna maxima*와 해삼류 *Bohadschia graeffei*를 관찰하지 못한 것이다.

각 정점별 출현종수는 20~33종 범위로 맑은 북동쪽에 위치한 정점 1에서 가장 높았고, 파니프 섬 남서쪽에 위치한 정점 6에서 가장 낮았다. 전 조사정점에서 출현한 종은 총 10종으로 모두 산호류였으며, Acroporidae과 3종(*Acropora* sp.1, *Acropora* sp.2, *Acropora* sp.3), Pocilloporidae과 3종(*Stylophora* sp., *Pocillopora meandrina*, *Pocillopora* sp.), Pritidae과 2종(*Porites lobata*, *Porites lutea*), Faviidae과 2종 (*Diploastrea heliophora*, *Leptoria phrygia*)이다. 우점종인 산호류의 전체적인 분포를 볼 때 얕은 남부해변의 경우 북부해역과 비교하여 상대적으로 가지형태로 자라는 산호의 성장이 우세한 것으로 나타났다. 이러한 해역간의 차이는 태풍 혹은 파도 등의 물리적 영향으로 보인다. 서식처간의 지형특성이 다른 지역이 많이 포함되었음에도 종 수 측면에서의 큰 차이가 나타나지 않는 것은 아마도 초대형저서동물 위주의 조사가 이루어졌기 때문으로 보인다.

각 조사지점에서 출현하는 산호류와 일부 우점종의 피도를 조사해 본 결과 Acroporidae과에 속하는 종의 피도가 평균 23.5%로 가장 높은 것으로 나타났다(표 3-1-33). 다음으로는 Poritidae과 20.9%, Faviidae과 10.3% 순이었다. 이러한 우점종의 피도를 수심별로 보면 전체 피도와는 차이를 보인다. 수심 10 m와 15 m에서는 지역에 따라 다소 차이는 있으나 대략 Acroporidae과의 피도가 가장 우점하였으며, 수심 20 m와 25 m에서는 Poritidae과의 피도가 더 높은 것으로 나타났다. 가장 우점하는 Acroporidae과의 경우도 성장하는 형에 따라 수심 및 지역에 따른 차이가 있는 것으로 나타났다. 10 m 수심대에서는 분지를 형성하는

표 3-1-32. 마이크로네시아 압 해역에서 관찰된 초대형저서무척추동물 목록(2005. 9)

Table 3-1-32. List of macrobenthos collected in Yap, FSM (2005. 9)

Taxon and species	Station						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>PORIFERA</b>							
<i>Paratetilla lipotriaenosa</i>	+			+			
<i>Acnathella cavernosa</i>					+		
<i>Haliclona</i> sp.	+		+				
<i>Hippospongia metachromia</i>					+		
<i>Dysidea</i> sp.		+		+			
<b>CNIDARIA</b>							
<i>Goniopora</i> sp.1	+		+	+	+	+	+
<i>Goniopora</i> sp.2		+	+	+	+	+	+
<i>Clavularia</i> sp.	+	+		+		+	+
<i>Diploastrea heliopora</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Porites lobata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Turbinaria reniformis</i>	+		+	+	+	+	+
<i>Lobophyllia hemprichii</i>	+						
<i>Galaxea fascicularis</i>	+	+		+	+		
<i>Lobophyllia</i> sp.	+					+	
<i>Leptoria phrygia</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Favites</i> sp.1	+			+	+		+
<i>Favites</i> sp.2		+	+	+			+
<i>Stylophora</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Psammocora</i> sp.	+			+		+	
<i>Pocillopora meandrina</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tubastrea micrantha</i>					+		+
<i>Pavona</i> sp.1	+		+	+	+		
<i>Pavona</i> sp.2		+	+	+	+	+	+
<i>Merulina</i> sp.	+					+	+
<i>Pachyseris speciosa</i>	+		+	+	+	+	
<i>Siderastrea</i> sp.	+	+					+
<i>Porites lutea</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Porites cylindrica</i>	+			+			
<i>Fungia paumotensis</i>	+		+	+	+	+	
<i>Pocillopora</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Montipora</i> sp.			+				

표 3-1-32. 계속

Table 3-1-32. Continued

Taxon and species	Station						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Acropora</i> sp.1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acropora</i> sp.2		+	+	+	+	+	+
<i>Acropora</i> sp.3	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acropora</i> sp.4	+			+	+		+
<i>Galaxea</i> sp.			+				
<i>Heteractis</i> sp.	+						
<i>Tubipora musica</i>	+	+	+				
<i>Dendronephthya</i> sp.1		+			+		
<i>Dendronephthya</i> sp.2					+		
<i>Sarcophyton</i> sp.1			+		+	+	+
<i>Sarcophyton</i> sp.2	+		+				
<i>Sarcophyton</i> sp.3	+		+				
<i>Heliopora</i> sp.	+			+			+
<i>Rumphella</i> sp.	+		+				
<i>Junceella</i> sp.					+		
<b>Hydrozoa</b>							
<i>Millepora</i> sp.	+		+				+
<i>Plumularia</i> sp.							+
<b>Mollusca</b>							
<i>Trochus niloticus</i>	+	+	+	+	+	+	
<i>Tonna luteostoma</i>	+						
<i>Phyllidia</i> sp.		+					
<i>Tridacna</i> sp.				+			
<b>Arthropoda</b>							
<i>Panulirus versicolor</i>							+
<b>Polychaeta</b>							
Sabellidae unid.	+		+	+	+		
<i>Spirobranchus giganteus</i>	+					+	+
<b>Echinodermata</b>							
<i>Linckia multifora</i>		+					
<i>Acanthaster planci</i>		+		+	+		
<i>Culcita novaeguineae</i>			+		+		

표 3-1-32. 계속

Table 3-1-32. Continued

Taxon and species	Station						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Comanthina</i> sp.		+	+	+	+		+
<i>Thelenota ananas</i>		+		+	+	+	
<i>Actinopyga</i> sp.							+
<b>Chordata</b>							
<i>Rhopalaea</i> sp.		+					
<i>Polycarpa aurata</i>			+	+		+	+
Total number of species	36	25	31	32	31	25	30

산호류(type-1)의 피도가 높았으며, 이후 수심대에서는 피복형 산호류(type-2)가 우점하는 것으로 나타났다(그림 3-1-53). 이러한 차이는 연안에 미치는 파도 등의 물리적 요인에 의한 것으로 보이며, 파도 혹은 태풍의 영향이 강한 곳에서는 분지형태로 성장하는 Acroporidae의 성장이 불리하기 때문으로 보인다. 한편 부채형 혹은 평판형으로 자라는 Acroporidae의 경우 정점 7, 정점 17, 정점 18에서 우점적으로 출현하여 해역에 따른 뚜렷한 차이를 보였다. 이들 정점은 얕은 수심역에서부터 급경사가지가 곳곳에 형성되고, 그러한 지역에서 평판형으로 자라는 Acroporidae가 상대적으로 많이 출현함을 현장에서 관찰할 수 있었다.

두 번째로 우점하는 Poritidae과의 산호류에서도 정점별 분포양상이 뚜렷한 양상이 보였으며, 특히 정점 5, 정점 6, 정점 15, 정점 17에서 상대적으로 낮은 피도를 보였다. 한편 수심대별로 살펴보면 각 수심별로 13-20% 정도로 수심에 따른 큰 차이를 보이지는 않았다(그림 3-1-54). Acroporidae과에서 같이 25 m 이하의 깊은 수심대의 상대적 피도가 낮고, 낮은 수심대에서의 피도가 높은 것으로 나타났다. 전체적으로 볼 때 Acroporidae과의 피도와 상관성이 있어 보이며, Poritidae과의 피도가 높을 때 특히 Type 1에 속하는 종들의 피도가 낮은 것으로 관찰되었다. 앞서 언급한 바와 같이 이러한 차이는 해역에 가해지는 물리적 영향에 의한 것으로 추정된다.

Faviidae과의 경우에서도 정점별 뚜렷한 출현양상을 보였으며, 특히 정점 12와 13에서는 거의 출현하지 않는 것으로 나타났다(그림 3-1-55). 그러나 수심별로는 7-10%의 비슷한 피도를 보여 차이를 보이지 않았다. 기타 종들을 살펴보면 연산호(Octocoral)의 경우 정점 5에서만 출현하여 특이성을 보였다. 이 종은 비교적 안정된 해역을 선호하는 종으로 알려져

표 3-1-33. 마이크로네시아 압 해역의 부착성 무척추동물 우점종의 수심별 피도(2005. 9)

Table 3-1-33. Percent coverage of dominant sessile macrozoobenthos in Yap, FSM(2005. 9)

Taxon /Family	Station																		Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>10m</b>																			
Acroporidae-1	8	15	9	23	53	10	40	-	-	-	-	5	20	5	0	20	15	60	20.1
Acroporidae-2	4	0	16	5	5	3	0	-	-	-	-	20	10	25	0	30	0	0	8.4
Acroporidae-3	0	0	0	0	0	0	10	-	-	-	-	0	0	0	0	0	40	20	5.0
Pocilloporidae	0	0	0	3	5	8	10	-	-	-	-	10	0	0	10	0	0	10	3.9
Siderastreidae	0	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.2
Agariciidae	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.1
Dendrophylliidae	6	0	0	3	5	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	10	0	0	1.7
Faviidae	20	20	4	20	15	25	0	-	-	-	-	0	0	20	10	0	5	10	10.7
Poritidae	24	45	20	23	5	3	25	-	-	-	-	40	20	10	40	10	15	0	19.9
Alcyoniidae	0	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.2
Octocoral	0	0	0	0	0	5	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.4
Bottom coverage (%)	62	80	50	78	88	48	85	-	-	-	-	75	50	60	60	70	75	100	70.0
<b>15m</b>																			
Acroporidae-1	3	15	9	4	28	0	0	-	-	-	-	0	10	5	0	10	0	55	9.9
Acroporidae-2	10	0	21	16	25	0	15	-	-	-	-	30	5	10	0	20	0	10	11.6
Acroporidae-3	0	0	0	0	0	0	5	-	-	-	-	0	0	0	0	0	25	10	2.9
Pocilloporidae	0	0	0	0	8	13	0	-	-	-	-	0	0	10	0	0	0	0	2.2
Siderastreidae	0	0	0	5	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.4
Agariciidae	0	0	4	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	15	5	0	1.7
Dendrophylliidae	3	0	0	0	3	0	20	-	-	-	-	0	0	0	0	0	5	0	2.2
Mussidae	0	0	3	0	3	0	0	-	-	-	-	10	0	0	0	0	0	0	1.1
Faviidae	27	20	4	3	8	23	10	-	-	-	-	0	0	10	10	20	20	20	12.4
Poritidae	10	45	13	53	5	7	35	-	-	-	-	30	30	20	30	0	15	0	20.9
Alcyoniidae	0	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0.2
Bottom coverage (%)	53	80	54	83	78	43	85	-	-	-	-	70	45	55	40	65	70	95	65.4

표 3-1-33. 계속

Table 3-1-33. Continued

Taxon /Family	Station																		Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<b>20m</b>																			
Acroporidae-1	3	15	4	8	5	0	0	-	-	-	-	0	10	0	0	0	5	40	
Acroporidae-2	20	0	8	24	53	0	17	-	-	-	-	0	10	30	0	25	0	0	
Acroporidae-3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	10	
Pocilloporidae	0	0	8	0	5	5	3	-	-	-	-	0	0	0	0	5	10	0	
Siderastreidae	7	0	0	2	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Agariciidae	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Dendrophylliidae	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	10	0	0	0	0	5	0	
Mussidae	0	0	1	0	3	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Faviidae	13	0	13	6	13	15	7	-	-	-	-	15	0	0	10	10	25	10	
Trachyphylliidae	0	0	0	0	0	0	3	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Poritidae	13	65	16	12	3	25	53	-	-	-	-	20	0	30	70	10	20	30	
Alcyoniidae	0	0	0	4	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Octocoral	0	0	0	0	0	5	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Bottom coverage (%)	57	80	50	56	80	45	83	-	-	-	-	45	20	60	80	50	65	90	
<b>25m</b>																			
Acroporidae-1	2	20	1	5	0	0	5	-	-	-	-	0	0	10	0	0	0	20	
Acroporidae-2	6	17	0	23	15	0	0	-	-	-	-	0	10	5	0	25	5	0	
Acroporidae-3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	15	40	
Astrocoeniidae	0	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-	0	5	0	0	0	0	0	
Pocilloporidae	2	3	0	0	8	3	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	35	0	
Siderastreidae	2	0	0	10	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Agariciidae	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	10	
Dendrophylliidae	0	0	0	0	0	3	5	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	10	
Mussidae	0	0	0	0	3	7	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Faviidae	18	3	9	3	18	0	18	-	-	-	-	10	0	20	0	10	0	10	
Poritidae	8	30	14	8	15	0	15	-	-	-	-	30	5	20	60	10	15	0	
Octocoral	0	0	0	0	0	10	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	
Milleporina	0	0	0	0	0	0	15	-	-	-	-	5	0	0	0	0	0	0	
Bottom coverage (%)	38	73	24	50	58	13	43	-	-	-	-	40	20	55	60	45	70	90	

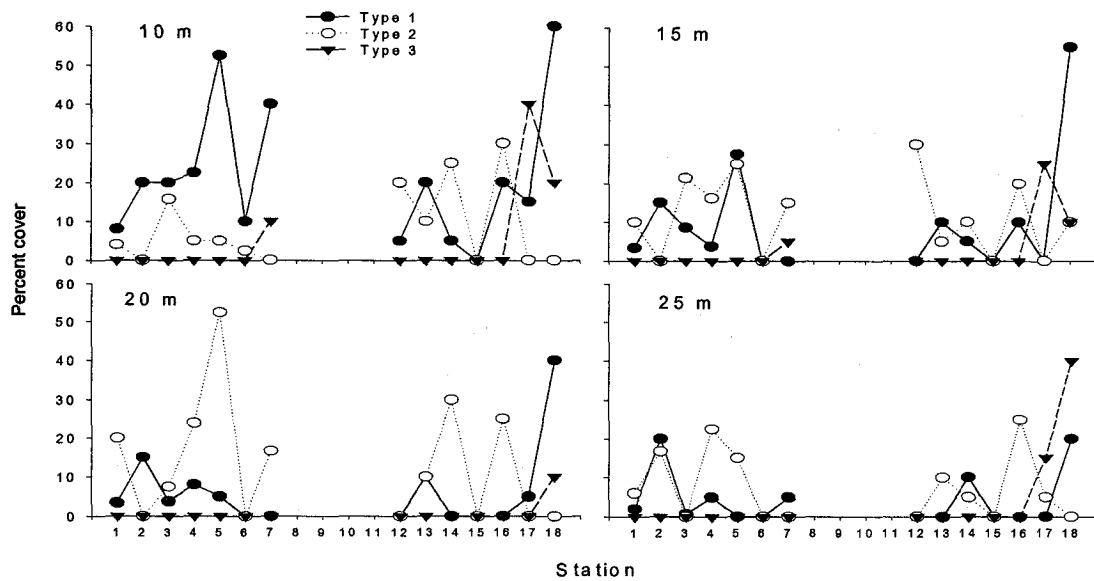


그림 3-1-53. 마이크로네시아 얍 해역의 Acroporidae과 산호류의 수심별 피도변화(2005. 9).  
 Fig. 3-1-53. Changes of coverage of corals belong to Family Acroporidae depend depth in Yap, FSM (2005. 9).

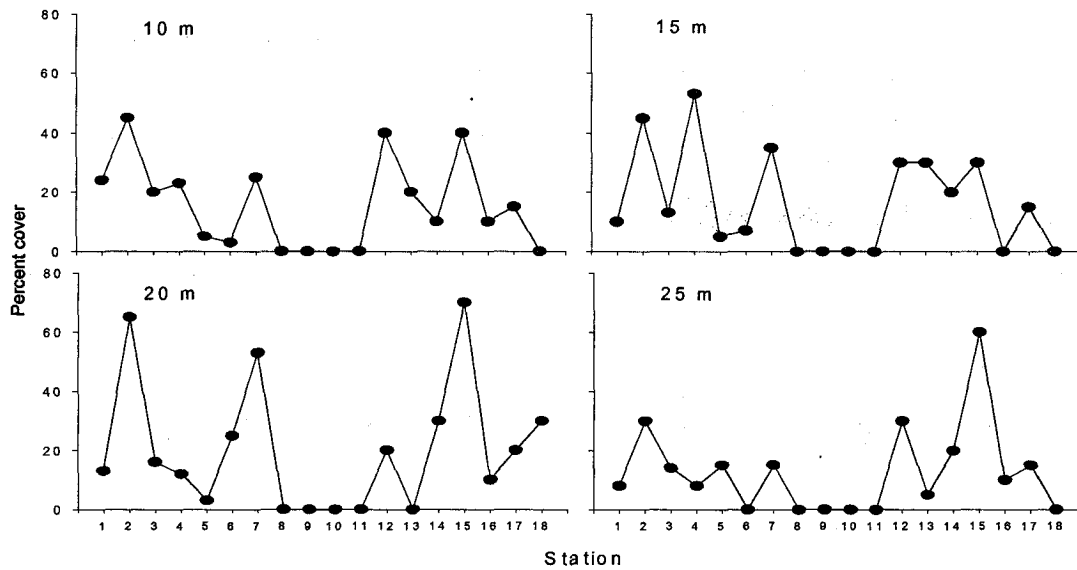


그림 3-1-54. 마이크로네시아 얍해역의 Poritidae과 산호류의 수심별, 정점별 피도변화(2005. 9).  
 Fig. 3-1-54. Changes of coverage of corals belong to Family Poritidae depend depth in Yap, FSM (2005. 9).



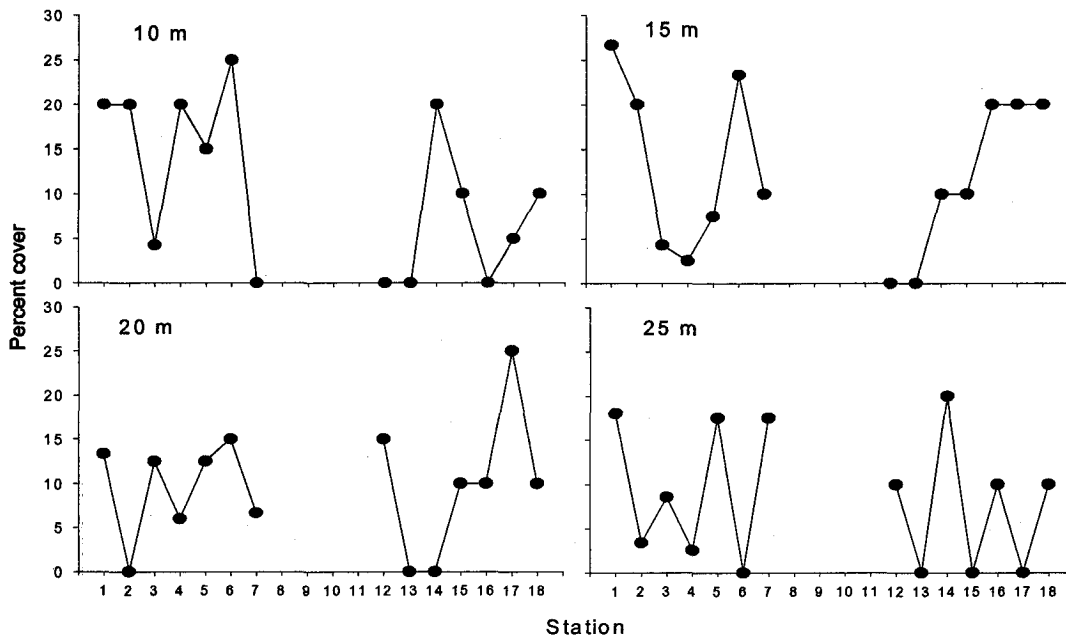


그림 3-1-55. 마이크로네시아 압 해역의 Faviidae과 산호류의 수심별, 정점별 피도변화(2005. 9).

Fig. 3-1-55. Changes of coverage of corals belong to Family Faviidae depend depth in Yap, FSM (2005. 9).

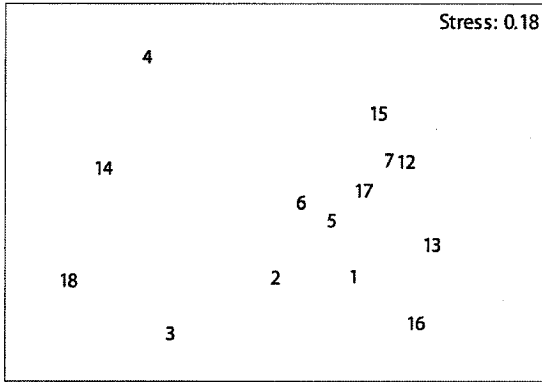
있으며, 본 조사에서도 급경사를 이루는 곳 아래나, 깊은 수심대의 얽은 퇴적물 층 위에서 출현하고 있었다. 한편 산호류가 아닌 Hydrozoa에 속하는 Milleporina의 경우 정점 7과 12에서만 출현하였으며, 주로 깊은 수심대에서 주로 서식하는 것으로 나타났다.

열대해역에 서식하는 대부분의 대형무척추 동물은 산호초 지대를 서식처로 하고 있다. 또한 해조류의 경우 생물생산에 기초가 되는 유기물 기원의 중요한 인자이기 때문에 이들의 분포상에 의한 서식처 특성에 대한 기술은 해역을 이해하는데 중요한 요소라고 판단되어 대형무척추동물과 해조류의 분포에 따른 서식처특성 분석을 실시하였다.

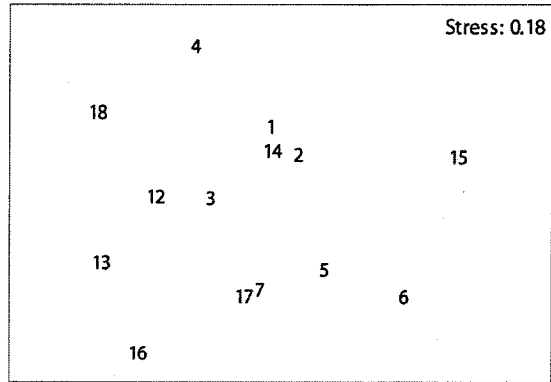
조사기간 중 우점으로 출현한 대형무척추동물과 해조류의 피도자료를 바탕으로 nMDS 분석을 실시한 결과 수심에 따라 인접하는 정점들이 다르게 나타나기는 하지만 대략 수심 10m 지역을 제외하면 특정한 규칙 없이 산포하는 것으로 보인다(그림 3-1-56).

수심 10m 지점을 살펴보면 대략 압 북서해역의 정점군과 남동해역에 위치한 각각의 정점들로 나눌 수 있다. 이러한 해역에 따른 군집간 차이는 종조성 측면에서도 언급된바 있듯이 얕은 수심대에서는 해역에 가해지는 물리적 영향에 의해 대표적 우점종인 산호류

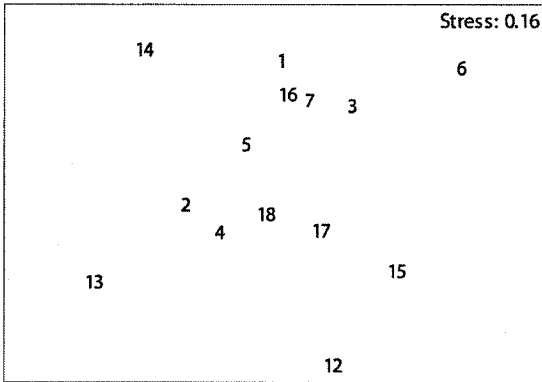
10 m



15 m



20 m



25 m

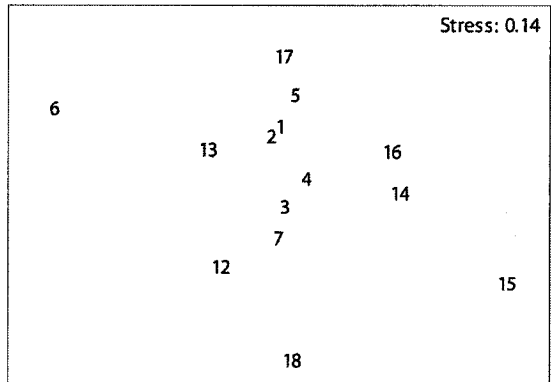


그림 3-1-56. 마이크로네시아 압주에서 출현한 우점 무척추동물 및 해조류의 피도 자료에 의한 nMDS.

Fig. 3-1-56. nMDS plots based on bottom coverage data of dominant macrobenthos and seaweeds depend on depth in Yap, FSM.

의 종조성 및 피도의 해역에 따른 차이가 나타나는 것으로 추정된다.

우점종인 Acroporidae과의 경우 축동 라군 지역에서 높은 피도를 보이는 branch형 산호의 경우 압의 남동해역에서 상대적으로 높은 피도로 나타나 이러한 물리적 영향을 잘 반영해 주고 있었다. nMDS 분석에서 제외한 수로지역의 경우 사니질퇴적상을 보이는 곳으로 잘피류인 *Enhalus* sp.의 착생이 뚜렷한 곳으로 다른 정점들과는 뚜렷이 구별되었다. 특히 이러한 지역은 어류의 산란장은 물론 해삼류 및 소형갑각류 등이 풍부하게 출현하는 곳으로 알려져 있어 자원생물생산 측면에서 중요한 역할을 수행하고 있을 것으로 판단된다.

이번 조사에서 출현한 무척추동물 및 해조류의 피도 및 서식처의 기질을 종합적으로

고려하여 얍 해역의 서식처특성을 고찰해본 결과 얍 해역을 크게 3개의 특징적인 서식처로 구별할 수 있었다(그림 3-1-57). G-1과 G-2의 경우 얍의 북서부해역과 남동부해역으로 산호류의 착생이 가장 우점하는 거초 형태를 띠는 곳으로 수심이 깊어질수록 죽은 산호 지대가 많이 나타난다. 얍은 수심대의 경우 종조성 및 피도에서 많은 차이를 보이는 지역이다. G-3의 경우 수로지역이며 사질퇴적상이 우세한 곳으로 육상과 해양으로 가는 전이지대 및 해삼자원 등 생물생산에 중요한 기능을 담당하는 곳이다.

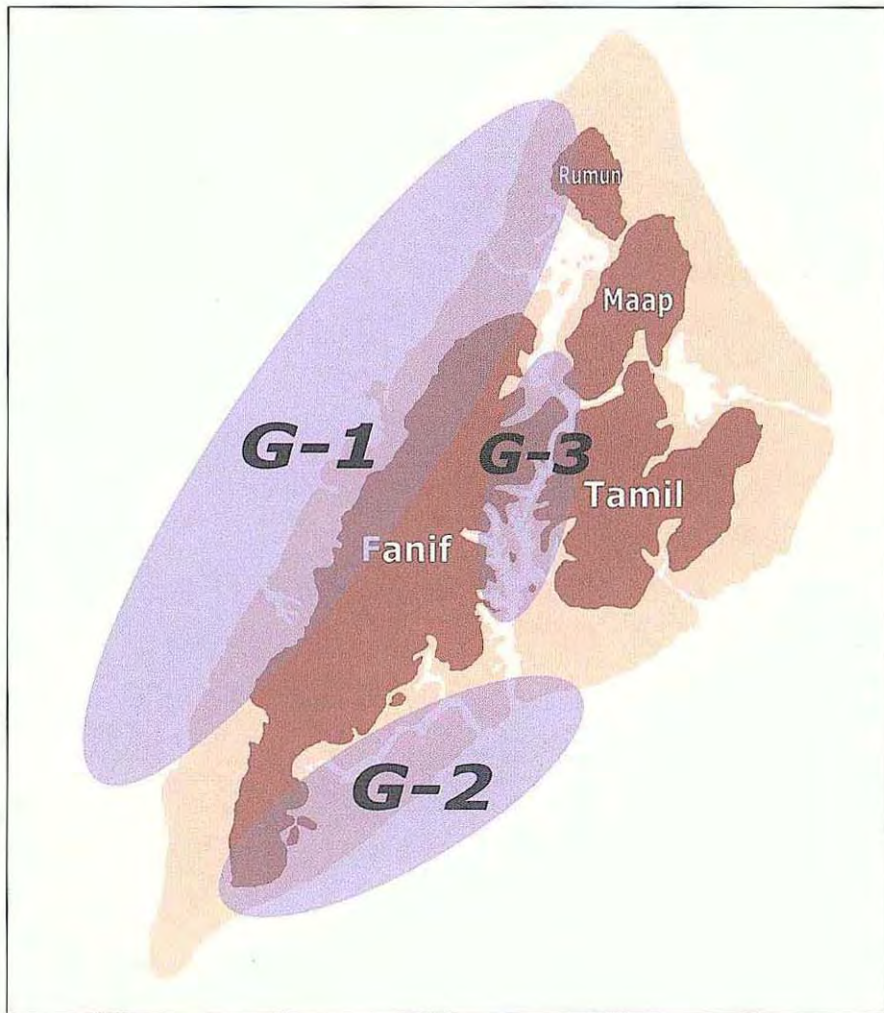


그림 3-1-57. 생태적 특성을 고려한 마이크로네시아 얍 해역의 서식처 구분도.  
 Fig. 3-1-57. Schematic representation of benthic habitats based on ecological characteristics Yap, FSM.

### 3). 어류

얹 연안은 서식 환경으로 보아 크게 동서로 구분되는데 동편 연안은 수심이 15~16m로 경사가 완만하고 북쪽의 대왕쥐가오리가 출몰하는 수로를 제외하면 남북으로는 유사한 환경을 가지고 있다. 서편 연안은 북쪽에 동편과 통하는 수로가 있으며 그 남쪽으로 일직선으로 발달한 직벽 연안에서는 다랑어, 전갱이, 상어 등의 전형적인 산호초 직벽에 서식하는 대형종이 자주 출현하는 연안 특성을 가지고 있었다.

얹 해역에서는 동서남북의 방향성을 고려하여 4개 정점을 선정하여 조사를 실시하였다. 4개 정점 중 정점 1과 2는 얹주의 북서, 북동쪽과 위치한 수로로서 중앙 수심이 18m였다. 외측에서 해수가 흘러들어오는 관계로 부니로 인한 탁도가 비교적 높았다. 정점 3과 4는 얹주의 남서, 남동쪽 직벽인 곳을 중심으로 조사하였다. 조사 결과 얹해역에서 총 7목 34과 167종이 관찰되었으며 각 정점별로 62~83종의 어종이 출현하였다(표 3-1-34).

얹해역의 어류 출현종은 축 해역의 222종 및 코스레 해역의 196종에 비하면 빈약한 종조성을 나타내고 있지만 폰페이 해역의 131종 보다는 다양한 종조성을 나타낸다. 이는 얹해역의 산호초 지형구조가 비교적 단순하였기 때문이기도 하겠지만, 기상적 요인으로 잠수조사 횟수가 제한된 것도 한 요인이었을 것으로 판단된다.

얹 연안은 서식 환경으로 보아 크게 동서로 구분되는데 동편 연안은 수심이 15~16m로 경사가 완만하고 북쪽의 대왕쥐가오리가 출몰하는 수로지역을 제외하면 남북으로는 유사한 환경을 가지고 있다. 서편 연안은 북쪽에 동편과 통하는 수로가 있으며 그 남쪽으로 일직선으로 발달한 직벽 연안에서는 다랑어, 전갱이, 상어 등의 전형적인 산호초 직벽에 서식하는 대형종이 자주 출현하는 연안 특성을 가지고 있었다.

얹 해역의 조사 정점 중 직벽 정점은 환초 외곽의 전형적인 형태로 대부분 정도의 차이는 있지만 조류가 있는 곳으로 어류상으로 보면 소형 금강바리류, 흰동가리를 비롯하여 쥐돔, 상어, 통돔류, 전갱이류, 바리류, 바라쿠다 등과 같이 대형 수산어종들이 떼를 지어 있는 것을 볼 수 있었다. 반면, 바닥이 모래나 작은 자갈로 깔린 수로지역은 비교적 강한 조석류 인하여 부상한 부유물질이 많아 직벽 지역에 비하여 탁도가 높은 특징을 가지고 있다.

점점 1과 2는 대형 대왕쥐가오리의 출현이 잦은 곳으로 유명한데 조사 결과 수로 입구 부근에서는 직벽에서 흔히 볼 수 있는 통돔류, 전갱이류, 상어류 등이 확인되었으며 모래바닥에서는 망둑어류, 촉수 등 작은 어종들이 관찰되었다. 특히 팔라우의 울릉채널은 봄철 바리류의 산란기가 되면 많은 수의 어미 바리들이 몰려드는 것으로 알려져 있어 바리류의 산란장으로서의 역할을 하고 있었다(표 3-1-35).

표 3-1-34. 마이크로네시아 압 해역에서 관찰된 어류 목록(2005. 10)

Table 3-1-34. List of fish species observed in Yap, FSM (2005. 10)

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
1	<i>Triaenodon obesus</i>	+	+	+	
2	<i>Manta birostris</i>		+		
3	<i>Carcharhinus amblyrhynchos</i>	+			
4	<i>Carcharhinus</i> sp.				+
5	<i>Himantura granulata</i>			+	
6	<i>Myripristis adusta</i>	+	+	+	+
7	<i>Myripristis berndti</i>		+	+	+
8	<i>Myripristis</i> sp.	+	+	+	+
9	<i>Myripristis</i> sp.2			+	
10	<i>Pterois</i> sp.	+			
11	<i>Aulostomus chinensis</i>		+		
12	<i>Aethaloperca rogae</i>	+			
13	<i>Pterois volitans</i>			+	
14	<i>Pseudanthias</i> sp.			+	
15	<i>Neoniphon</i> sp.				+
16	<i>Cephalopholis argus</i>	+	+	+	+
17	<i>Cephalopholis leopardus</i>	+			
18	<i>Cephalopholis urodeta</i>	+	+	+	+
19	<i>Cephalopholis sonnerati</i>	+			
20	<i>Gracila albomarginata</i>	+			
21	<i>Epinephelus polyhekadion</i>		+		
22	<i>Epinephelus caeruleopunctatus</i>			+	
23	<i>Paracirrhites arcatus</i>			+	
24	<i>Paracirrhites forsteri</i>			+	
25	<i>Cheilodipterus macrodon</i>			+	
26	<i>Carangoides plagiotaenia</i>			+	
27	<i>Plectropomus</i> sp.				+
28	<i>Variola louti</i>				+
29	<i>Caranx melamygus</i>	+	+		+
30	<i>Caranx sexfasciatus</i>	+			
31	<i>Caranx</i> sp.	+	+	+	
32	<i>Elagatis bipinnulatus</i>			+	
33	<i>Aphareus furca</i>			+	

표 3-1-34. 계속

Table 3-1-34. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
34	<i>Macolor macularis</i>	+	+	+	+
35	<i>Macolor argentimaculatus</i>		+		
36	<i>Lutjanus bohar</i>	+	+	+	
37	<i>Lutjanus ehrenbergi</i>		+		+
38	<i>Lutjanus fulvus</i>	+	+	+	
39	<i>Lutjanus</i> sp.		+		
40	<i>Scolopis lineatus</i>		+		
41	<i>Lutjanus monostigmus</i>	+		+	
42	<i>Lutjanus gibbus</i>			+	
43	<i>Caesio caeruleaurea</i>	+			
44	<i>Caesio lunaris</i>			+	
45	<i>Caesio</i> sp.			+	+
46	<i>Monotaxis grandoculus</i>	+		+	
47	<i>Gnathodentex aurolineatus</i>				
48	<i>Lethrinus</i> sp.	+	+	+	
49	<i>Lethrinus</i> sp.2		+		
50	<i>Parupeneus barberinus</i>		+		+
51	<i>Parupeneus bifasciatus</i>				+
52	<i>Paracirrhites arcatus</i>				+
53	<i>Parupeneus multifasciatus</i>			+	
54	<i>Parupeneus</i> sp.	+			
55	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>				+
56	<i>Scolopis lineatus</i>				+
57	<i>Pempheris oualensis</i>			+	+
58	<i>Kyphosus cinerascens</i>			+	+
59	<i>Chaetodon auriga</i>		+	+	
60	<i>Chaetodon bennetti</i>	+	+	+	
61	<i>Chaetodon ephippium</i>		+	+	
62	<i>Chaetodon kleinii</i>		+	+	+
63	<i>Chaetodon citrinellus</i>	+			
64	<i>Chaetodon lineolatus</i>	+			
65	<i>Chaetodon lunula</i>	+	+	+	+
66	<i>Chaetodon punctatofasciatus</i>	+	+	+	

표 3-1-34. 계속

Table 3-1-34. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
67	<i>Chaetodon speculum</i>	+			
68	<i>Chaetodon reticulatus</i>		+	+	+
69	<i>Chaetodon trifascialis</i>	+	+		
70	<i>Chaetodon ulietensis</i>	+	+		
71	<i>Chaetodon vagabundus</i>	+		+	+
72	<i>Forcipiger longirostris</i>		+	+	+
73	<i>Hemitaurichthys polylepis</i>			+	
74	<i>Heniochus acuminatus</i>	+	+		
75	<i>Heniochus monoceros</i>	+	+		
76	<i>Heniochus chrysostomus</i>			+	+
77	<i>Heniochus varius</i>			+	+
78	<i>Heniochus singularis</i>		+		
79	<i>Pygoplites diacanthus</i>	+	+	+	
80	<i>Pomacanthus xanthometapon</i>	+	+		
81	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>		+		
82	<i>Pomacanthus imperator</i>	+	+		
83	<i>Pomacanthus navarchus</i>			+	+
84	<i>Amphiprion perioderaion</i>	+			
85	<i>Amphiprion chrysopterus</i>		+	+	+
86	<i>Chromis ambonensis</i>	+		+	
87	<i>Chromis margaritifer</i>		+	+	+
88	<i>Chromis retrofasciata</i>	+			
89	<i>Chromis xanthura</i>			+	
90	<i>Chromis</i> sp.	+	+	+	+
91	<i>Chromis</i> sp.2	+	+		
92	<i>Chromis</i> sp.3		+		
93	<i>Dascyllus aruanus</i>		+		+
94	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	+	+	+	
95	<i>Dascyllus reticulatus</i>	+	+		
96	<i>Dascyllus</i> sp.	+			
97	<i>Abudefduf</i> sp.	+		+	+
98	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>	+			
99	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	+	+		

표 3-1-34. 계속

Table 3-1-34. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
100	<i>Chrysiptera oxycephala</i>	+	+	+	+
101	<i>Chrysiptera</i> sp.	+			+
102	<i>Pomacentrus coelestis</i>	+			+
103	<i>Pomacentrus</i> sp.			+	
104	<i>Pomacentrus</i> sp.2			+	
105	<i>Bodianus mesothorax</i>			+	+
106	<i>Cheilinus unifasciatus</i>	+			
107	<i>Cheilinus chlorourus</i>		+		
108	<i>Cheilinus fasciatus</i>		+	+	+
109	<i>Cheilinus undulatus</i>		+	+	
110	<i>Epibulus insidiator</i>		+	+	+
111	<i>Coris gaimard</i>				+
112	<i>Gomphosus varius</i>				+
113	<i>Gomphosus</i> sp.		+		
114	<i>Thalassoma hardwickii</i>		+		
115	<i>Thalassoma lunare</i>		+		
116	<i>Halichoeres hortulanus</i>	+		+	+
117	<i>Halichoeres chrysus</i>			+	+
118	<i>Halichoeres trimaculatus</i>				+
119	<i>Halichoeres</i> sp.			+	
120	<i>Hemigymnus melapterus</i>				+
121	<i>Thalassoma mblycephalum</i>	+		+	
122	<i>Thalassoma hardwickii</i>			+	+
123	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>			+	
124	<i>Labroides dimidiatus</i>	+	+	+	+
125	<i>Calotomus carolinus</i>	+			
126	<i>Bolbometopon muricatum</i>	+	+	+	
127	<i>Cetoscarus bicolor</i>		+		
128	<i>Scarus altipinnis</i>	+			
129	<i>Scarus niger</i>		+		
130	<i>Scarus oviceps</i>			+	
131	<i>Scarus schlegeli</i>		+	+	+
132	<i>Scarus sordidus</i>		+	+	
167	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>				+



표 3-1-34. 계속

Table 3-1-34. Continued

No.	Species	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
133	<i>Scarus</i> sp.	+	+	+	+
134	<i>Scarus</i> sp.2	+			
135	<i>Scarus</i> sp.3	+			
136	<i>Scarus</i> sp.4	+			
137	<i>Istigobius decoratus</i>		+		
138	<i>Ptereleotris evides</i>	+		+	+
139	<i>Ptereleotris heteroptera</i>				+
140	<i>Nemateleotris magnifica</i>				+
141	<i>Eviota</i> sp.	+			+
142	<i>Valenciennea strigata</i>				+
143	<i>Acanthurus dussumieri</i>	+			
144	<i>Acanthurus lineatus</i>	+	+		
145	<i>Acanthurus nigricans</i>	+	+	+	+
146	<i>Acanthurus blochii</i>		+		
147	<i>Acanthurus xanthopterus</i>		+		
148	<i>Ctenochaetus hawaiiensis</i>	+	+	+	+
149	<i>Ctenochaetus</i> sp.	+			
150	<i>Zebrasoma flavescens</i>			+	
151	<i>Naso lituratus</i>			+	
152	<i>Naso vlamingii</i>	+		+	+
153	<i>Zanclus cornutus</i>	+	+	+	+
154	<i>Paraluteres prionurus</i>		+		
155	<i>Siganus vulpinus</i>			+	
156	<i>Siganus</i> sp.	+			
157	<i>Balistapus undulatus</i>	+	+	+	+
158	<i>Balistoides viridescens</i>	+		+	
159	<i>Melichthys vidua</i>	+		+	
160	<i>Sufflamen bursa</i>			+	
161	<i>Seriola</i> sp.			+	
162	<i>Caranx melamygus</i>			+	
163	<i>Ostracisn cubicus</i>	+			
164	<i>Diodon</i> sp.	+			
165	<i>Diodon liturosus</i>				+
166	<i>Arothron nigropunctatus</i>				+

표 3-1-35. 마이크로네시아 압 해역의 환경 특성과 주요 출현 어종(2005. 10)

Table 3-1-35. Environmental characteristics and occurrence of important fish species in Yap, FSM (2005. 10)

Station	Topographical type	Commercial species	Remarks
St. 1, 2	channel with sandy bottom	<i>Manta birostris</i> <i>Lutjanus</i> spp. <i>Macolor</i> spp. <i>Caranx</i> spp. Gobiidae spp.	대왕쥐가오리 통돔류 통돔류 전갱이류 망둥어류
St. 3, 4	drop off toward deep water	<i>Cephalophlis</i> spp. <i>Epinephelus</i> spp. <i>Scarus</i> spp. <i>Ctenochaetus</i> spp. <i>Lutjanus</i> spp. <i>Naso</i> spp. <i>Myripristis</i> spp. <i>Caranx</i> spp. <i>Triaenodon</i> spp.	바리류 바리류 파랑비늘돔류 쥐돔류 통돔류 표문쥐치류 얼개돔류 전갱이류 상어류

압 해역 동북쪽에 위치하는 정점 1은 원주민들이 만타협곡(Manta Ridge)으로 부르는 곳으로 20m 정도의 협곡이 형성되어 있어 조류의 흐름이 강한 곳이며, 동중부에 위치한 정점 2는 맵 섬과 타밀 섬에서 뻗어 나온 거초 사이의 수로지대이다. 두 정점 모두 수심이 깊으며 수심 18m까지 직벽을 이루며 여러 형태의 산호들이 잘 발달하고 있으며, 수심 20m이하의 편평한 바닥은 모래나 산호사로 덮혀있다. 전체적으로 통돔류(*Lutjanus* spp.), 상어류, 돔류 등이 떼를 지어 머물거나 섭이 활동이 활발한 곳으로 대왕쥐가오리의 출현이 잦은 곳이다. 직벽이 시작되는 곳에서는 확인할 수 없었고 화이트팁상어(*Triaenodon obesus*) 등 상어와 다른 중형급 어종들 떼를 와 대형 전갱이(*Caranx* spp.) 등이 관찰되었다.

수심 3~5m에는 화이트팁상어 (*Triaenodon obesus*)와 그레이릴상어 (*Carcharhinus amblyrhynchos*) 2종이 관찰되었다. 그 아래 수심의 산호 근처에는 전장 30~45cm의 전갱이류(*Caranx melamygus*, *C. fasciatus*)와 3종의 통돔류(*Lutjanus bohar*, *L. fulvus*, *L.*

*monostigmus*) 및 무늬갈돔(*Kyphosus cinerascens*)이 많은 무리를 지었고, 또한 아침 무렵에만 나타나는 Humphead parrotfish(*Bolbometopon muricatum*)도 관찰되었다. 산호 아래나 굴 틈에는 작은 쥐돔류(*Acanthurus* spp.)와 바리류(*Cephalopholis argus*)가, 말미잘에는 흰동가리류(*Amphiprion perioderaion*)와 샛별돔(*Dascyllus trimaculatus*)이 서식하였다. 9종의 많은 나비고기류가 관찰되었으나 개체 수는 많지 않아 1, 2마리씩 적은 개체로 관찰되었다. 이곳에서는 조류의 흐름을 거슬러 헤엄치면서 먹이 활동을 하는 2m 급의 대왕쥐가오리 4마리도 관찰되었다.

대왕쥐가오리가 유영하는 비슷한 수심에서 전갱이류(*Caranx melamygus*)가 무리를 지었다. 그 아래 수심에서는 여러 형태를 가진 산호들이 군락사이에서 나비고기류(*Chaetodon* spp.), 놀래기류(*Labroides* spp.), 자리돔류(*Chromis* sp.), 쥐돔류 및 열게돔, 통돔, 파랑비늘돔 등이 중형급 어종들이 많이 서식하고 있었다. 또한 수심 16m의 모래 바닥에는 촉수류(*Parupeneus barberinus*)와 망둑어류(*Istigobius decoratus*)가 관찰되었고, 정점 1과 마찬가지로 몇몇 말미잘에는 흰동가리류(*Amphiprion chrysopterus*)와 샛별돔(*Dascyllus trimaculatus*)이 서식하였다.

정점 3과 4로 대표되는 거초 외해쪽은 직벽이 발달하여 바로 태평양 깊은 바다로 연결된다. 정점 3은 압의 남동쪽에 위치한 스페인벽(Spanish Wall)이란 이름이 붙은 곳으로 수직 경사가 급한 전형적인 직벽 지형이다. 정점 4는 남서쪽에 위치한 일명 밀레니엄정원(Millennium Gardens)으로 불리는 곳이다. 이곳은 직벽의 규모가 정점 3보다 적으며 수직 동굴과 완만한 경사의 가지는 산호초 지대가 혼재하는 곳이다. 정점 3에서는 압해역의 조사정점 중 가장 많은 84종의 어류가 출현한다. 정점 4에서는 이보다 적은 62종이 출현하였지만 두 정점간에 *Myripristis* spp., *Cephalopholis* spp., *Chaetodon* spp., *Lutjanus* spp., 등 많은 종들이 공동으로 출현한다.

직벽 중, 상부에 발달한 동굴의 산호에는 상대적으로 소형의 다양한 쥐돔, 놀래기, 망둑어류, 열게돔류가 많이 서식하고 있다. 수심 20~26m 부근에는 무늬갈돔(*Kyphosus cinerascens*) 수 십 마리가 아래위로 이동하고 있었으며 직벽 아래 굴에서는 점솔배감팽(*Pterois volitans*)과 50cm급 대형 바리류(*Epinephelus caeruleopunctatus*, *Anyperodon leucogrammicus*), 주걱치(*Pempheris oualensis*) 등이 서식한다. 다른 정점들과 마찬가지로 산호초 가까운 곳에는 소형 자리돔류, 놀래기류, 쥐돔류 및 나비고기류가 서식하였다. 모래 바닥에는 망둑어류(*Valenciennea strigata*)가 몇 마리 관찰되었고, 여러 군데의 말미잘에는 흰동가리류(*Amphiprion chrysopterus*)가 서식하였다.

## 제 2 절. 수산자원

### 1. 해조류 자원

#### 가. 열대산 유용 해조류

열대 태평양에 속하는 마이크로네시아 해역은 연중 높은 수온과 상대적으로 긴 낮 동안의 간출에 의해 해조류의 번식이 제한되어 있는 해역으로 해조류이 종다양성이 매우 빈약하다. 열대 태평양 해역에 분포하는 해조류를 상업적으로 이용하고자 하는 시도는 1980년대 후반에 들어 시작되었지만 현재 이용하고 있거나, 이용을 목적으로 연구개발되고 있는 해조류는 10여종에 불과하다. 열대 해역에 서식하는 해조류는 서식해역의 높은 수온과 수중의 빈약한 영양염 함량으로 인한 환경압박을 받고 있기 때문에, 이들 유용 해조류의 생물량을 증가시키기 위해서는 해조류에 가해지는 환경압박을 어떻게 조절하느냐가 중요한 해결점으로 인식되고 있다(Tusda 1982).

열대해역에 분포하는 *Eucheuma* 속 해조류는 카라기난 (carraghrnan)의 원료로 이용되고 있으며, 건조량 기준으로 약 32,000톤/년의 양식생산고를 기록하고 있다. 주생산지는 필리핀과 인도네시아이나 현재 중앙아프리카, 중남미 카리브해 연안, 동남아시아 각국으로 양식기술이 파급되고 있다. 마이크로네시아에서는 폰페이주에서 1990년대 초반부터 *Eucheuma*를 양식하려는 노력이 시도되었으며(Croft 1995), 현재 소량 생산되고 있는 것으로 알려져 있다.

*Eucheuma* 속 해조류 이외에 양식 가능한 종은 *Gracilaria* 속 해조류이다. *Gracilaria* 속 해조류는 한천(agar)의 주원료이며 *Eucheuma* 속 해조류와 더불어 공업용뿐만 아니라 식용으로도 사용되기 때문에 매우 전망이 밝은 종이다. 1986년 마이크로네시아 압주에 속하는 산호초에서 143종의 해조류가 동정되었고 연안 가까이 형성된 잘피밭(*Thalassia beds*)에서 *Gracilaria* 속 해조류의 생물량이 비교적 높은 것이 발견되었다. 이 해조류의 분석결과를 보면, 한천질(agar)의 함량은 1~10% 수준이며, 점성도는 100 g/cm으로 나타났다(Tsuda *et al.* 1987). 열대해역에서 *Gracilaria* 시험양식은 1980년 초반 Hawaii에서 시작되었다(Doty 1983). 대만에서는 육상 수조 양식기술을 개발하여 건조중량 기준으로 10톤/년을 생산하고 있으며 필리핀, 인도네시아, 말레이시아 등 아시아 국가에서 많이 양식하고 있다.

그 외 열대 태평양 해역에서 양식 개발실험이 진행되고 있는 해조류는 우뭇가사리 (*Gelidium sp.*), *Caulerpha*, *Halymenia* 등이다. 이직까지, 여러 가지 기술적 또는 경제적

이유로 양식화되지 못하고 있다. 그러나 장차 이들이 향후 경제적 가치가 커질 것으로 예측되기 때문에, 보다 면밀한 생리학적, 생태학적 및 번식학적 연구가 수행되어야 할 것이다.

#### 나. 유용 해조자원의 양식에 대한 제언

마이크로네시아에 서식하는 해조류 중 상업적 개발 대상 종은 전술한 *Eucheuma*속, *Gracilaria* 속 해조류, *Caulerpha* 속 해조류 및 *Halymenia* 속 해조류를 들 수 있다. 그러나 이들 해조류 양식에 앞서 마이크로네시아 해역이 열대 태평양 중에서도 해조류 생물량이 가장 적은 곳임을 염두에 두고, 우선적으로 보다 면밀한 해조류 식생에 관한 연구가 수행되어야 한다. 이를 통하여, 대상종을 선정하고 밝혀진 생리 및 생태학적 자료를 토대로 양식기술을 개발하여야 한다.

현시점에서 우선으로 양식 대상종을 선정한다면 다른 열대 해양 국가와 같이 *Eucheuma*를 대상으로 하는 것이 바람직하다. Hawaii, Philippine, Indonesia 등에서 *Eucheuma*의 양식방법은 수하연법(Doty 1983)으로 매우 단순하다(그림 3-2-1).

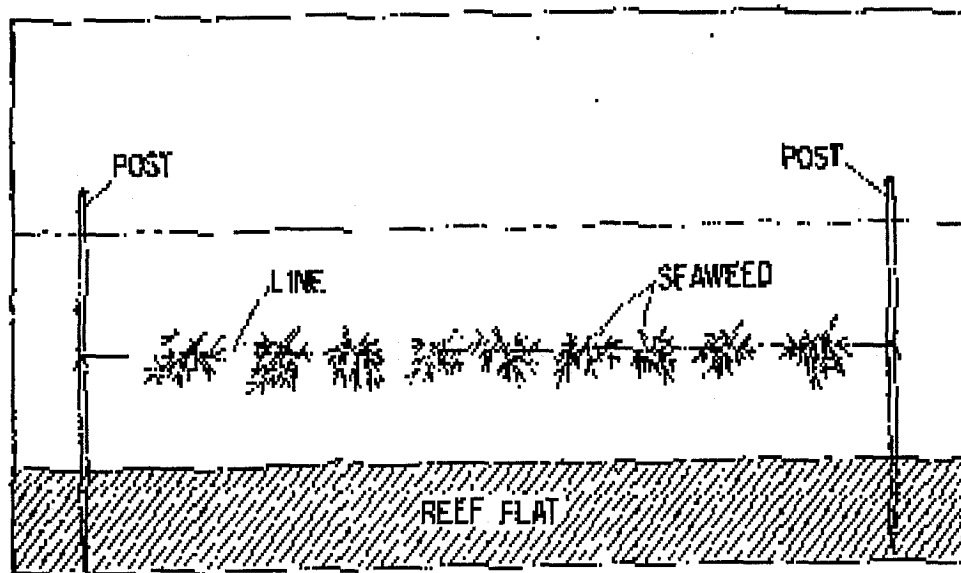


그림 3-2-1. 단승 수하식 해조양식 시설의 모식도(Doty 1983).

Fig. 3-2-1. Scheme of monoline seaweed culture unit. The seed thalli of seaweed tied to the monoline with plastic tye (Doty 1983).

즉, 1개의 수하연을 설치하고 해조류 엽상체 9개를 접종하는 방법이다. 1개의 수하연에 10개 내외의 엽상체를 접종할 경우 2개월 이내에 수배로 증식하여 수확 가능하다(Doty 1983). 인도네시아에서는 정부기관 혹은 도매업자가 수하연 설치 및 엽상체 접종을 지도하고 2~3개월 후에 수확물을 수매한다.

새로운 양식을 시작하고자 할 때에는 양식하기 가장 쉬운 적지부터 시작하고, 가능한 자연적 조건을 이용하는 것이 바람직하며, 어느 정도 양식이 성공한 후에 적절한 인공시 설물을 설치하여 대량 양식체제로 전환 하는 것이 투자에 따르는 위험 부담을 줄일 수 있다. 마이크로네시아에서는 잘피밭이나 얇은 지역의 산호초를 이용한 양식기술을 개발하여 현지주민에 보급할 필요가 있다. 특히, 축 환초의 외측에 산재한 나무인 환초, 쿠옵 환초, 나무륙 환초 등과 얇주의 우리티 환초 사이에 널리 분포하는 소형 환초들(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.

## 2. 저서동물자원

본 조사에서 밝혀진 유용 저서동물자원 중 연체동물은 흑진주 양식용 모패로 사용되는 흑진주조개(*Pinctada margaritifera*), 단추 등 고급 장신구로 이용되는 복족류 일종인 트로카스(*Trochus niloticus*), 열대 태평양 지역에서 사회적, 경제적 및 전통적으로 중요한 거인인조개류(*Tridacna* spp.)와 식용 및 관관용으로 중요한 대형 고둥류가 있다. 갑각류로는 톱날꽃게(mangrove crab, *Scylla serrata*), 닭새우류(*Panulirus* spp.)가 중요하며, 극피동물로는 해삼류(*Bohadschia graeffei*, *Stichopus chlorontus*, *Thelenota ananas*)이 대표적이다.

### 가. 흑진주조개

흑진주조개는 분류학적으로 연체동물문(Phylum Mollusca), 이매패강(Class Bivalvia), 익형아강(Subclass Pterimorphia), 익각목(Order Pterioida), 익각과(Family Pteriidae), 진주조개속(Genus *Pinctada*)에 속한다. 유사종으로 우리나라와 일본에서 진주양식 모패로 쓰이고 있는 속칭 아꼬야가이로 불리는 일본진주조개 (*Pinctada fucata martensii*)와 남태평양에서 백진주 양식에 쓰이는 백진주조개(*Pinctada maxima*), 베네즈엘라와 카리브해에 분포하는 *Pinctada radiata* 및 인도태평양에 분포하는 *Pinctada albina* 등이 있다.

한편, 소위 마베진주 또는 반구진주로 불리는 양식진주는 진주모패의 패각에 반구형 핵을 부착하여 생산한 것이며 모패로는 귀진주조개(*Pteria penguin*)와 1차 진주양식을 마쳤거나 노후한 백진주 조개를 사용한다.

흑진주조개는 껍질이 검은 것과 비진주층 경계선을 갖는 것이 특징이다. 껍질 표면에는 각정에서부터 나이트 모양의 성장선이 비늘모양으로 발달하여 있다. 껍질 안쪽의 진주층은 외측으로 갈수록 검은색이 짙어진다. 영명 blacklip은 이러한 형태적 특징에서 얻은 것이다. 다른 진주조개류와 마찬가지로 길고 곧은 돌쩌귀선과 돌쩌귀선에 직각하는 긴 각장을 가지고 있다. 돌쩌귀에 이는 없다. 왼쪽 껍질은 오른쪽 껍질보다 약간 작아 오른쪽 껍질이 외쪽을 감싸고 있는 듯 보인다. 왼쪽 껍질 기저는 움푹 패여 있고, 이곳에 족사가 나와 기질에 부착한다.

흑진주조개는 캘리포니아만에서 지중해 동부에 이르기까지 널리 분포하지만 (George 1978), 서식밀도는 수온과 밀접한 관계가 있다. 이 종이 포획되는 수온의 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. 수직 분포는 조간대 하부에서 40m 까지 (Intes and Coeroli 1985, Sim 1992a, b) 분포하지만 자원이 풍부한 곳은 5~10m 에서 많이 어획한다. 수심이 깊어질수록 진주층의 질은 좋아지지만, 성장은 느리다.

흑진주조개는 고착성 패류이다. 따라서 적절한 경성부착기질(사호, 수중 암초 등) 유무는 이 종의 분포에 직접적인 영향을 미친다. 흑진주조개가 가장 많이 서식하는 불령 폴리네시아의 환초 중에서도 부착기질이 없어 흑진주조개가 서식하지 못하는 환초가 많이 있다 (Service de la Peche 1970). 대부분의 연성저질에는 분포하지 않지만 Kiribati에서는 사질에서 흑진주조개가 분포하는 것이 발견된 적이 있다 (Banner 1952).

흑진주조개는 기초생산력이 빈약한 곳에서도 잘 서식하지만 비선택성 여과식자 (Non selective filter feeder) 이기 때문에 탁도가 높은 곳에서는 살수 없기 때문에 불령 폴리네시아일 지라도 탁도가 높은 락한가 환초 (Raakhanga Atoll)와 리오 환초 (Reao Atoll)에는 분포하지 않는다.

진주조개류는 자웅이체이지만, 성전환을 한다. 성전환 기작은 아직 잘 알려져 있지 않지만, 응성이 먼저 성숙하고 이어서 암컷으로 성전환하는 것으로 알려져 있으며, 그 반대 현상도 관찰되고 있다 (Chellam 1987, Rose et. al. 1990). 흑진주조개의 응성성숙은 2년 만에 일어난다 (Crossland 1957). 수컷의 생식소는 백색으로 매끄러우며, 암컷의 생식소는 분홍색 또는 노란색이 강하며 과립성이다 (Crossland 1957, Reed 1966)

수명은 30년 내외이며, 각장 30cm에 9kg 까지 성장하는 것으로 보고되고 있지만, 자연 상태에서 2kg 이상의 개체는 그리 흔하지 않으며 대부분 각장 14 ~ 17cm 급 이 많이 발견된다. 착저 후 1년 만에 7cm 내외로 성장하며 (Service de la Peche 1970), 2년 만에 11cm로 성장한다(Coeroli et. al. 1982, 1984). 이후의 성장은 매우 느려 1cm/년 내외의 성장률을 보인다.

마이크로네시아에서 가장 산업적 가치가 있는 미래 산업은 흑진주양식이며, 흑진주양식을 실현하기 위해서는 흑진주 핵을 삽입할 흑진주조개 모패가 있어야 한다. 흑진주조개는 캘리포니아만, 멕시코 연안, 동부 지중해(George 1978), 남태평양 등지에 분포하며, 가장 자원이 풍부한 해역은 남태평양으로 북쪽의 쿡 제도에서 남쪽의 폴리네시아에 이르기까지 분포한다(Gervis and Sims 1992). 그러나 다른 열대성 해양동물이 주어진 범위 내에서 비교적 고르게 분포하는데 반하여 흑진주조개는 특정 해역의 특정 저질에 소규모 개체군을 이루어 서식하고 있다(Banner 1952, Service de la Peche 1970, Intes et al. 1986).

국의 연구진에 의한 흑진주조개 자원조사는 남태평양 및 호주 각지에서 수행되었지만 (Anon 1956, Coeroli et al. 1982, Gervis and Sims 1992, Sims 1994, Southgate and Beer 1997), 마이크로네시아 해역에서 수행된 것은 Hedley(1924)가 유일하다. 국내 연구진에 의한 흑진주조개 자원조사는 한국해양연구원에서 1985년 "인공진주양식기술 개발에 관한 연구"의 일환으로 인도네시아 아루 열도(Aru Islands)에서 수행된 것(한해연 1987)과 남서태평양 해양자원개발조사"의 일환으로 마이크로네시아에서 수행된 것(한해연 1999, 2000)이 전부이며, 마이크로네시아에서는 축 환초, 남원 환초, 폰페이 환초에 비교적 양호한 흑진주조개 자원이 분포하는 곳으로 조사되었다.

#### 1). 흑진주조개 자원조사 방법

축 라군 (ChuuK Lagoon) 에 서식하는 흑진주조개 (*pinctada margaritifera*)의 서식량과 자원량을 조사하기 위해 2000년 10월 4일부터 10월 26일까지 무작위로 26개 정점을 선정하여 잠수조사를 실시하였다(그림 3-2-2, 표 3-2-1).

조사 대상 수역은 흑진주조개의 주서식지인 주위에 발달한 산호초를 대상으로 하였으며, 조사 수심은 3~15m 범위를 중점 조사수심으로 정하고, 특수한 경우 20m까지 조사 수심을 연장하였으며, 각 정점에서 수중 촬영을 통하여 저층 바닥의 특성을 분석하였다.



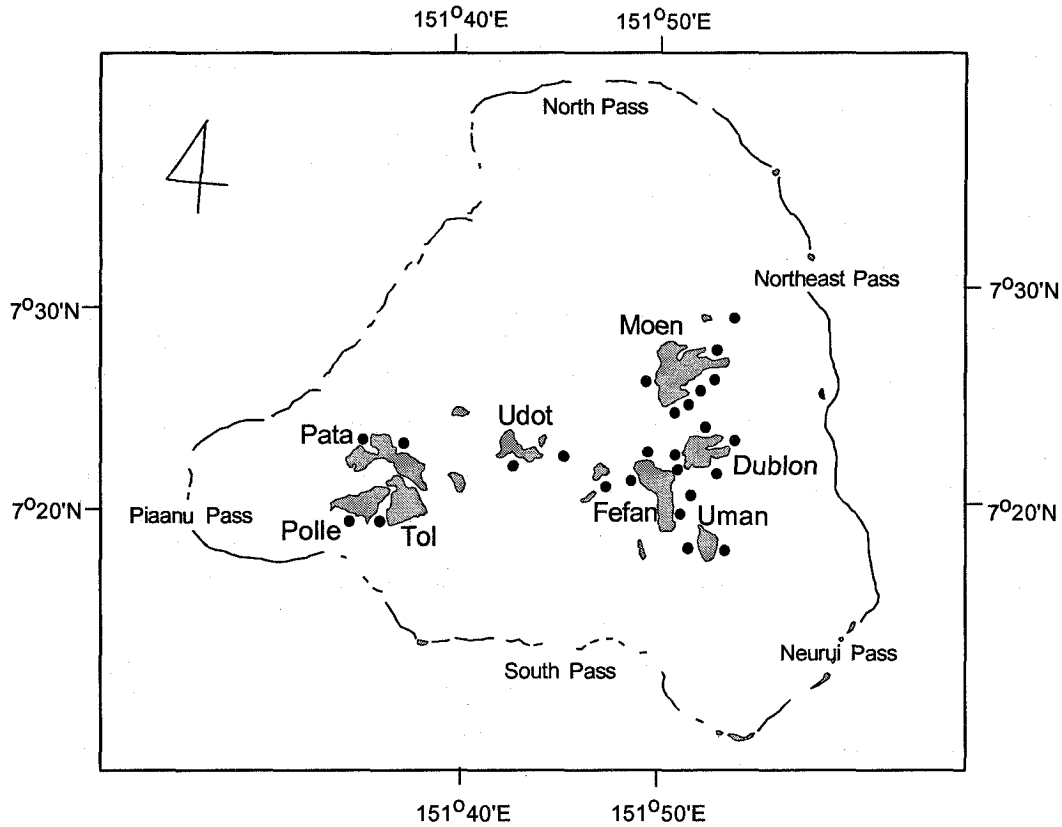


그림 3-2-2. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 자원조사 정점(2000).

Fig. 2. Map showing the sampling stations of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000).

수중조사는 각 정점별로 6명(연구원 2명 및 현지 고용원 4명)의 잠수부가 동시에 잠수하여 1개의 수중 호흡용 공기통의 공기를 모두 사용할 때까지 조사하는 것으로 하였으며, 육안으로 확인된 흑진주조개는 모두 채집하였다. 잠수부의 수중 이동속도는 6m/분, 이동중 한계시야는 1m하여 평균 조사면적을 환산하였다.

축 라군의 산호초 면적은 흑진주조개가 분포하는 대형 섬 주변의 산호초만을 대상으로 하였으며, 미정부 도면 982 (1974, Truk Islands, Caroline Islands, North Pacific Ocean)에 나타나는 산호초를 방안지에 옮겨 그 면적을 계산하였다.

채집된 흑진주조개는 한국해양연구원 남서태평양해양과학센터로 옮겨 버어니어캘리퍼스를 이용하여 각장 (Shell length), 각고 (Shell height), 각폭 (Shell width) 등을 측정하

표 3-2-1. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 자원조사 정점(2000).

Table 1. Position of sampling stations of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000).

Station	Latitude	Longitude	Position	Depth(m)
1	7° 25 ' 30 "	151° 52 ' 27 "	South of Moen Is.	6 ~ 10
2	7° 26 ' 10 "	151° 53 ' 02 "	"	3 ~ 5
3	7° 27 ' 03 "	151° 53 ' 37 "	NE of Moen Is.	5 ~ 10
4	7° 24 ' 55 "	151° 51 ' 49 "	SE of Moen Is.	5 ~ 8
5	7° 24 ' 30 "	151° 51 ' 09 "	South of Moen Is.	5 ~ 8
6	7° 25 ' 45 "	151° 50 ' 17 "	West of Moen Is.	4 ~ 7
7	7° 21 ' 12 "	151° 53 ' 16 "	South of Dublon Is.	3 ~ 9
8	7° 21 ' 43 "	151° 51 ' 47 "	East of Dublon Is.	4 ~ 11
9	7° 21 ' 23 "	151° 51 ' 12 "	East of Dublon Is.	3 ~ 9
10	7° 21 ' 56 "	151° 49 ' 48 "	North of Fefan Is.	4 ~ 12
11	7° 21 ' 21 "	151° 49 ' 14 "	NE of Fefan Is.	2 ~ 8
12	7° 28 ' 33 "	151° 54 ' 27 "	Osakura Is.	3 ~ 16
13	7° 20 ' 10 "	151° 52 ' 10 "	SW of Faldo Is.	2 ~ 6
14	7° 21 ' 05 "	151° 48 ' 08 "	South of Faram Is.	3 ~ 8
15	7° 21 ' 35 "	151° 45 ' 39 "	Eio Is.	2 ~ 9
16	7° 23 ' 12 "	151° 52 ' 38 "	North of Dublon Is.	3 ~ 12
17	7° 19 ' 24 "	151° 35 ' 57 "	South of Tol Is.	3 ~ 16
18	7° 19 ' 21 "	151° 34 ' 31 "	South of Polle Is.	1 ~ 18
19	7° 21 ' 59 "	151° 43 ' 14 "	South of Udot Is.	3 ~ 18
20	7° 25 ' 08 "	151° 59 ' 54 "	Elikambu Is.	6 ~ 12
21	7° 18 ' 00 "	151° 52 ' 28 "	South of Uman Is.	3 ~ 12
22	7° 17 ' 40 "	151° 53 ' 43 "	Easr of Uman Is.	2 ~ 12
23	7° 19 ' 36 "	151° 51 ' 28 "	SE of Fefan Is.	2 ~ 10
24	7° 22 ' 24 "	151° 54 ' 32 "	East of Dublon Is.	2 ~ 12
25	7° 22 ' 49 "	151° 35 ' 00 "	North of Pata Is.	2 ~ 15
26	7° 23 ' 10 "	151° 36 ' 53 "	Easr of Pata Is.	2 ~ 10

였으며, 패각 표면에 부착된 생물을 제거한 후에 전자저울을 사용하여 습중량을 측정하였다(그림 3-2-3).

계측 후 생식선 속도 조사를 위하여 크기별로 선별된 흑진주조개는 해부하여 생식소를 추출한 후, 10% 중성 포르말린 용액에 고정하여 한국해양연구원로 이송하였으며, 나머지 표본은 다시 채집된 해역에 방류하였다. 생식선 속도조사에 사용된 개체는 버니어 캘리퍼스를 이용하여 각장, 각고 및 각폭을 0.1 mm 까지 계측하였으며, 전자 저울을 이용하여 전중, 육중 및 생식소 중량을 0.1 g 까지 측정한 후 생식소속도지수 (GI)를 아래와 같은 공식에 따라 구하였다.

$$\text{생식소 속도지수 (GI)} = [W_{\text{Gonad}} (\text{g}) / W_{\text{Body}} (\text{g})] \text{ (Pouvreau et al., 2000)}$$

$W_{\text{Gonad}}$  : 생식소 중량(g),

$W_{\text{Body}}$  : 육중(g)

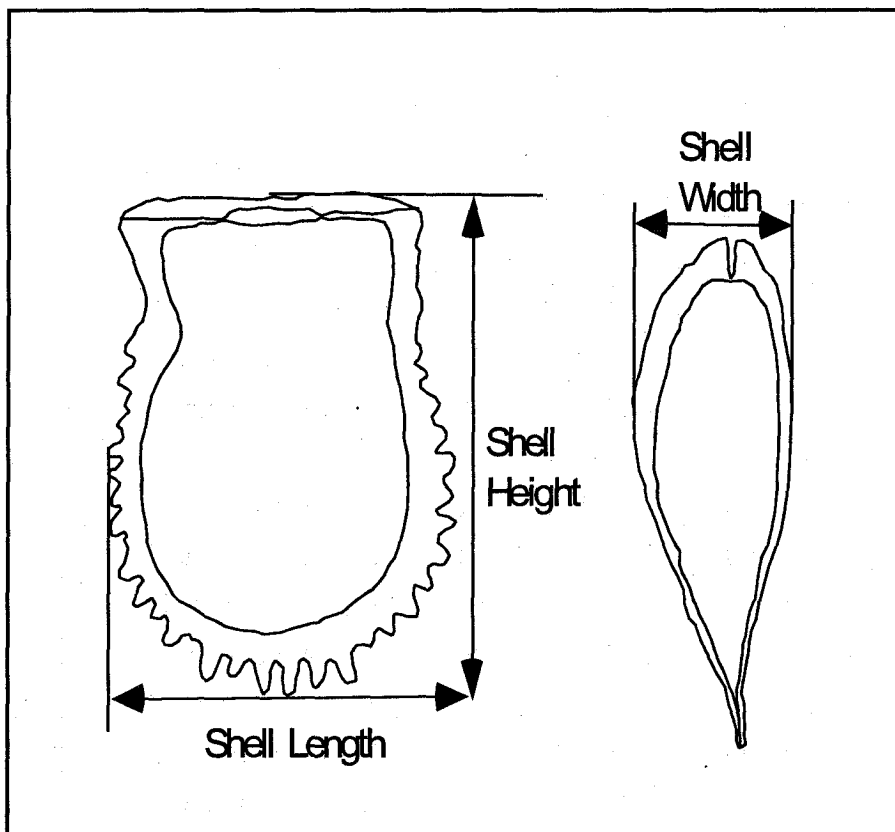


그림 3-2-3. 흑진주조개의 계측방법.

Fig. 3-2-3. Measurement of blacklip pearl oyster.

2). 축라군의 흑진주조개 서식환경

금번 조사에서 채집된 흑진주조개 개체수는 총 237개체이며, 정점당 평균 9개체 정도의 밀도이었다. 조사된 26개 해역을 경사도와 저질 환경, 서식생물을 고려하여 구분하면 *Porites nigrescens* 지역, 죽은 *Porites* 지역, *Acropora* 지역 및 모래바닥 지역으로 나눌 수 있다(표 3-2-2).

표 3-2-2. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 서식환경별 서식량(2000)

Table 4. Occurrence of blacklib pearl oyster depend on habitats in Chuuk Lagoon, FSM (2000)

Bottom type	Staions	No. individuals	Occurrence
<i>Porites nigrescens</i> area	3, 15, 22	21	7
Dead <i>Porites</i> area	1, 2 16, 17, 21, 25, 26	28	4
<i>Acropora</i> area	2, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 23	98	12
Sand bottom	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 24	98	12

사슴뿔산호류인 *Porites nigrescens* 지역은 *P. nigrescens*가 건강한 상태로 우점한 지역으로 주로 육지 쪽에 마을이 발달되지 않은 지역에 형성되어 있다. 이 지역의 경우 저서생물의 다양성이 매우 빈약한 대신 나비고기류를 포함해 어류가 밀도와 종다양성에서 우점적으로 나타나는 지역이다. 또한 모래와 이어지는 하층부에는 *Playgyra* sp. 와 *Acropora* sp. 등이 서식하며 국부적으로 거인조개의 일종인(*Tridacna squamosa*) 가 서식하고 있다. 흑진주조개는 *P. nigrescens* 에는 거의 부착하지 않고 있으며, 주로 *P. nigrescens*의 기저와 사질 바닥이 이어지는 부분에서 채집된다. 서식밀도의 경우 다른 지역에 비해 적게 나타났으며, 대부분의 개체가 수심 2m 이내 즉, *P. nigrescens*가 거의 발달하지 않고 있으나 경산호(Hard coral)가 비교적 널리 분포하고 있는 지역에서 관찰된다.

죽은 *Porites* 지역은 원주민의 다이내마이트 어획으로 *P. nigrescens* 군락이 대부분

파괴된 지역으로 주로 마을근처나 외진 곳에 위치한다. 산호가 모두 죽어 있어, 은신처가 요구되는 산호초 어류 등을 관찰할 수 없으며, 기타 해삼류나 왕관불가사리 등 타 지역에서 널리 관찰되는 생물도 서식하지 않는다. 이들 지역에서의 흑진주조개 서식밀도는 매우 희박하다.

*Acropora* 지역은 연안에서 산호초가 테라스형으로 발달하다가 급한 경사면을 나타내는 지역이다(그림 3-2-4A). 수심 1m를 전후하여 다량의 *Acropora* sp. 가 산호암반을 덮고 있으며, 그 틈 사이에 흑진주조개가 비교적 높은 밀도로 분포한다(그림 3-2-5). 6m를 전후하여 형성된 모래바닥 위에 분산된 *Platygyra* sp. 군체 틈에 흑진주조개가 서식하고 있다. 소형 개체는 가지산호 사이에 박혀 있어 관찰이 용이하지 않다.

모래 지역은 마을 앞으로 연안이 주로 죽은 산호초로 형성된 지역으로 경사면이 완만하고 시야가 흐린 지역 이다(그림 3-4-3B). 수심이 낮은 지역은 단단한 경산호로 덮여 있으며 말미잘 등 부착생물이 많이 착생하고 있으며, 연산호류의 군락도 형성되어 있다. *Acropora* sp. 는 거의 없어 노출된 상태이지만 연산호류와 해조류 사이에 흑진주조개가 비교적 높은 밀도로 분포하고 있다(그림 3-2-6).

A.



B.

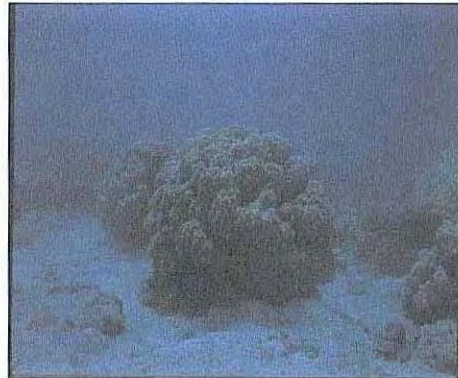


그림 3-2-4. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 서식환경(A: *Acropora* 지역, B: 모래지역).

Fig. 3-2-4. Habitat of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (A: *Acropora* area, Bottom: sand bottom).

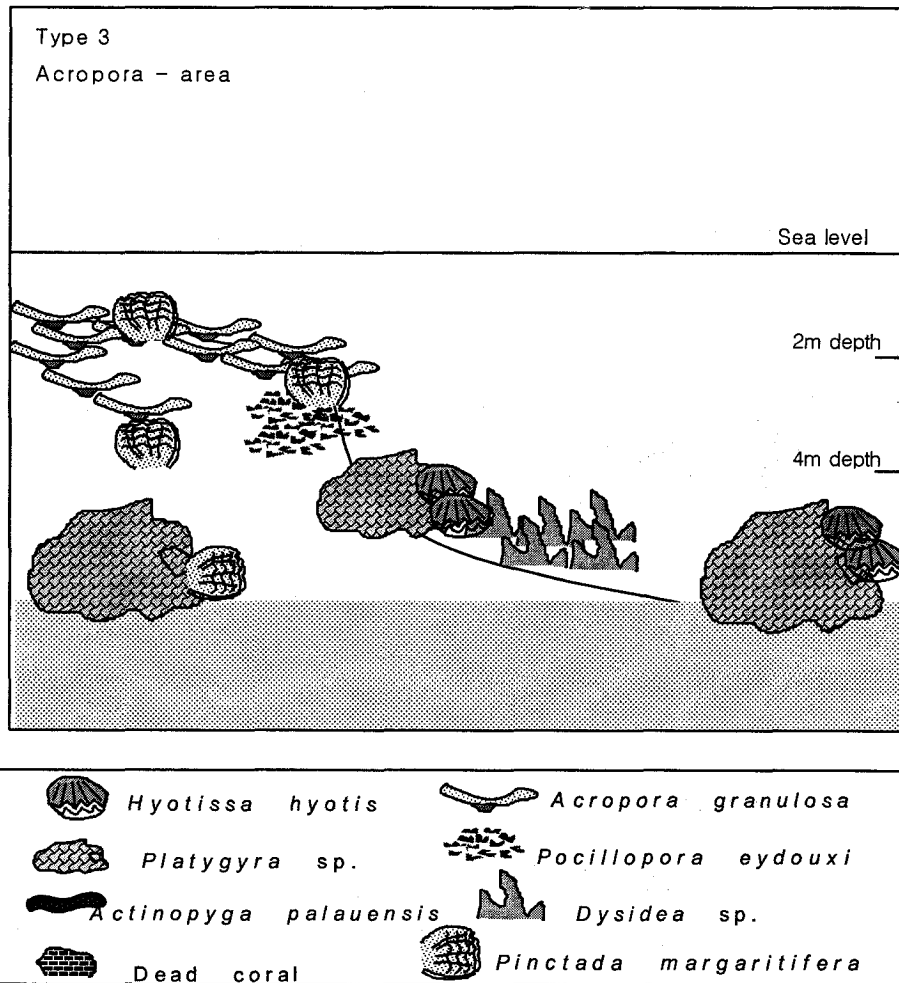


그림 3-2-5. 마이크로네시아 측 라군 *Acropora* 지역의 저서생물 수직분포 모식도.

Fig. 3-2-5. Scheme of vertical zonation at *Acropora* area in Chuuk Lagoon, FSM.

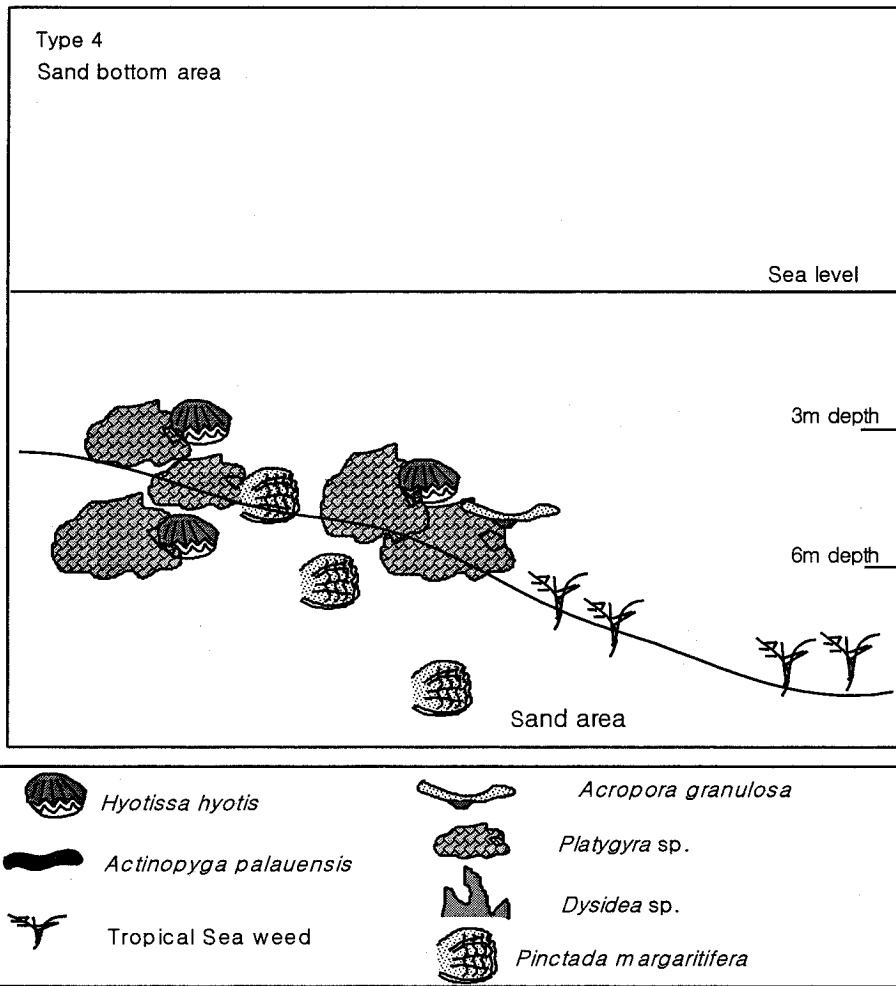


그림 3-2-6. 마이크로네시아 축 라군 모래바닥 지역의 저서생물 수직분포 모식도.  
 Fig. 3-2-6. Scheme of vertical zonation at sand bottom area in Chuuk Lagoon, FSM.

### 3). 축 라군 흑진주조개의 자원학적 특성

총 26개 정점에서 237개의 진주조개가 채집되었다. 각 정점별 분포양상은 정점 2에서 38개체로 가장 높은 서식밀도를 나타냈으며, 20개 이상이 채집된 지역은 주로 Moen 섬을 중심으로 Dublon 섬과 Fefan 섬 연안의 정점 7, 14 및 23의 3개 지역으로 나타났다(그림 3-2-7). 흑진주조개가 많이 분포하는 이들 4개 정점은 모두 연안의 마을과 많이 떨어져 있어 수질이 양호한 지역으로 해안선에 망그로브 군총이 발달한 지역이다. 같은 지

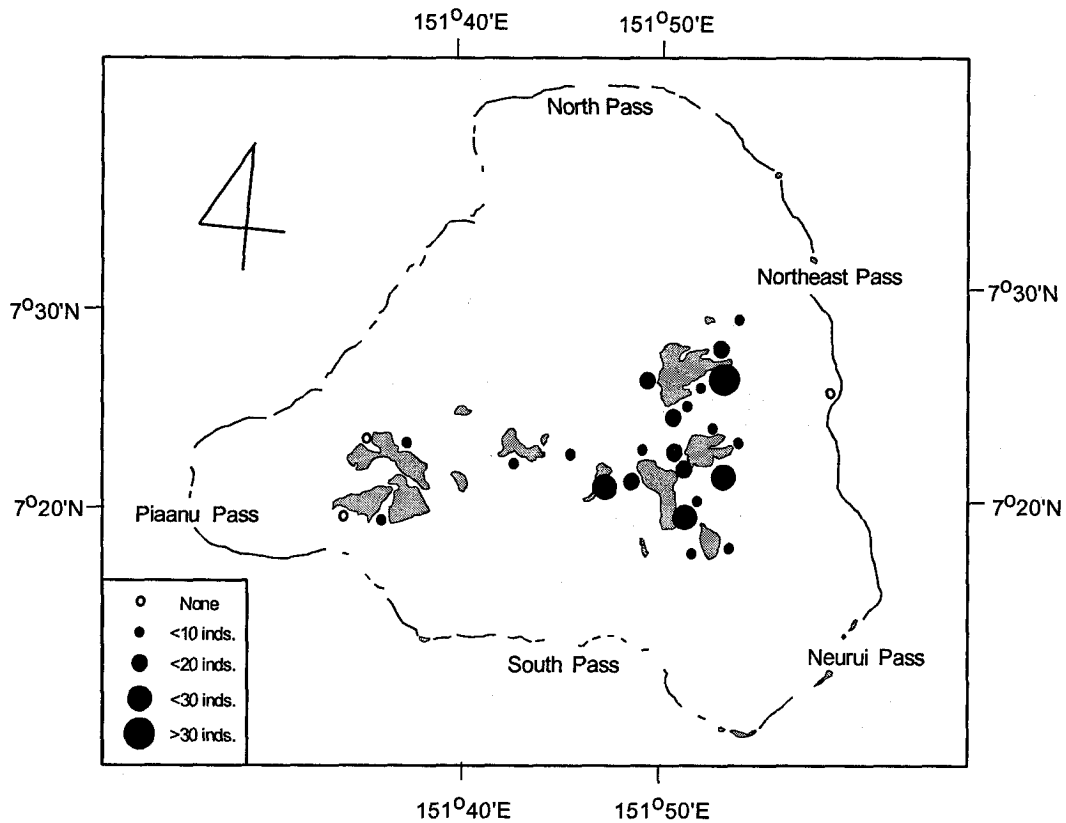


그림 3-2-6. 마이크로네시아 축 라군의 흑진주조개 분포도(2000).

Fig. 3-2-6. Distribution of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000)..

역에서도 망그로브 군총이 없는 지역에서는 비교적 낮은 서식밀도를 나타냈다. 채집된 개체의 크기는 각장 기준으로 13 ~ 208mm 의 범위로 고른 분포를 보였는데, 각장 120mm 내외의 개체군이 58개체로 전체의 25% 정도를 차지하였으며, 각장 130mm 이상의 대형 개체는 각장이 증가할수록 출현빈도가 감소하는 지극히 정상적인 저서생물의 개체군 구조를 나타내고 있었다(그림 3-2-8). 한편, 110mm 이하의 소형 개체 역시 크기가 감소할수록 급격히 출현 빈도가 낮아진 것은 소형 개체의 자원량이 적은 것이 아니라 채집방법에 기인된 문제라 생각된다.



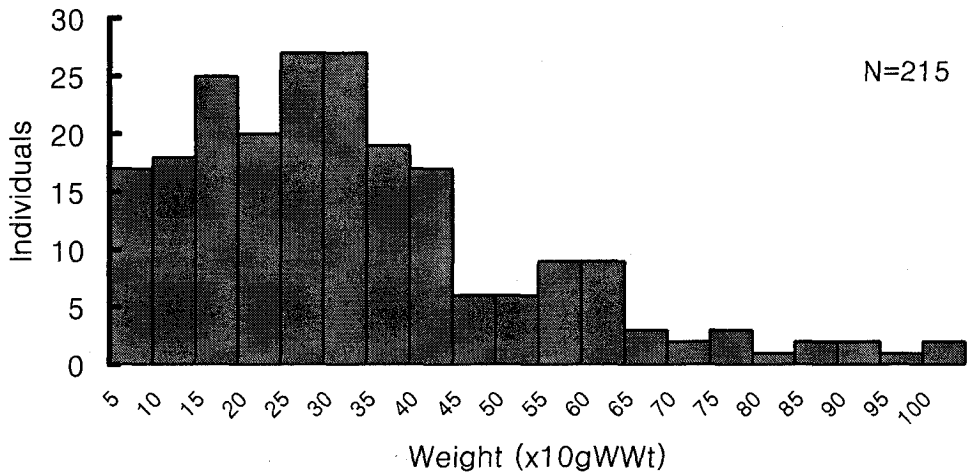
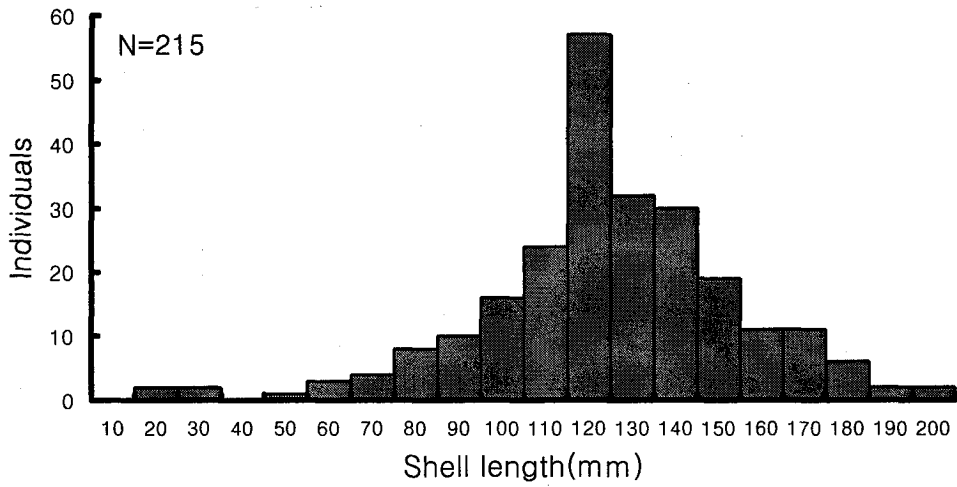


그림 3-2-8. 마이크로네시아 축 라군에서 채집된 흑진주조개의 각장 및 생체량의 빈도 분포(2000).

Fig. 3-2-8. Size frequency diagram by shell length and wet weight of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000).

축 라군의 흑진주조개 rocorns 구조는 가장 많이 출현한 120mm 군을 기준으로 좌변의 소형개체군의 각 크기별 상대밀도는 120mm 군보다 크리라 생각되며, 우변의 대형 개체군들은 출현수가 바로 상대밀도를 나타내는 것으로 추정해야 한다.

흑진주조개의 성장은 수온과 먹이생물의 질과 양에 따라 많은 차이가 있지만 호주에서

수행된 실험결과를 보면 수정 후 100일이 경과하면 각장 10mm 까지 성장하는 것으로 알려져 있다 (Southgate and Beer 1997). 따라서 이번 조사에서 채집된 가장 작은 개체는 6월 중순~하순에 산란 및 수정된 개체로 판단된다.

정점별로 보면, 정점 2에서 비교적 작은 개체들이 채집되었다. 각장 110mm 내외의 중형 조개가 가장 높은 밀도를 나타냈다. 40~60mm 등 비교적 작은 개체도 채집되어 개체군 구조가 정규분포화 하는 양상을 나타냈다. 정점 14와 23의 경우도 정점 2와 유사한 환경을 나타낸 지역으로 크기분포도 각 크기 간에 분포 형태는 다소 차이를 보이지만 전반적으로 비슷한 형태를 나타냈다. 그러나 정점 7의 경우는 작은 개체는 채집되지 못하고 각장 120mm 이상의 대형 개체들만이 채집되었다. 정점 7은 두블론 섬 남쪽에 위치하며, 완만한 경사면에 모래지역이 형성되어 있다. 주로 *Platygyra* sp. 등이 우점하는 지역으로 산호 사이에 수평으로 부착된 종이 주로 채집되었다.

생체량의 경우는 습중량 기준 0.1~1,130g의 범위이었으며, 150~400g 급의 중형 개체가 높은 빈도를 나타내었으며, 650g 이상의 대형 개체는 출현빈도가 매우 적었다. 생체량 측정시 패각에 부착된 각종 오손물질을 제거했음에도 생체량 빈도분포가 각장의 크기 빈도분포와 다르게 나타난 것은 조개의 수분 함유량이 전체 체중을 좌우하기 때문으로 추정된다. 대체적으로 볼 때, 측 라군의 흑진주조개 군집은 개체수빈도 보다는 생체량 빈도가 보다 효과적으로 개체군 구조를 나타내고 있었다.

본 조사 결과는 자연 상태에서 서식하는 자연환경을 파괴하지 않도록 주의하면서 잠수작업으로 조심스럽게 관찰하여 흑진주조개를 채집한 것이다. 따라서 다양한 생물이 서식하는 지역, 부착생물의 생물량과 서식밀도가 높은 지역, 산호가 밀생하여 공간 구조가 복잡한 산호초 지형에서 정확한 자원구조를 파악하는 것은 다소 무리가 있으며, 특히 최근에 가입된 소형 개체를 채집하는데 많은 문제점을 가지고 있다. 사실 본 조사에서 발견된 10~20mm 크기의 소형 개체는 모두 대형 개체의 패각에 착저하여 대형 개체가 채집됨에 따라 같이 채집된 것들로 단독으로 채집된 소형 개체는 없으며, 단독으로 채집된 각장 50mm 이하의 개체도 수 개체에 불과하다. 즉, 소형 개체의 출현 빈도가 낮은 것은 그대로 소형 개체의 자원량이 적다는 것을 의미하지는 않는다.

조사 지역 중 20개체 이상의 흑진주조개가 채집된 4개 지역을 분리하여 재구성 한 크기빈도·분포도를 보면 평균 각장의 크기는 119.8mm이었으며, 역시 각장 100~130mm 크기의 개체가 대다수를 차지하였으며, 140mm 이후에는 급격히 감소하는 양상을 나타냈다 (그림 3-2-9). 이 경우에도 전체 표품을 대상으로 한 경우와 유사하게 당년생 또는 1년생 범주에 속하는 각장 90mm 이하의 소형 개체는 매우 적게 채집되었다. 특히 착저 6개월 미만의 소형 개체는 전혀 채집되지 못하였다. 이러한 현상은 Cook Islands에서 조사된

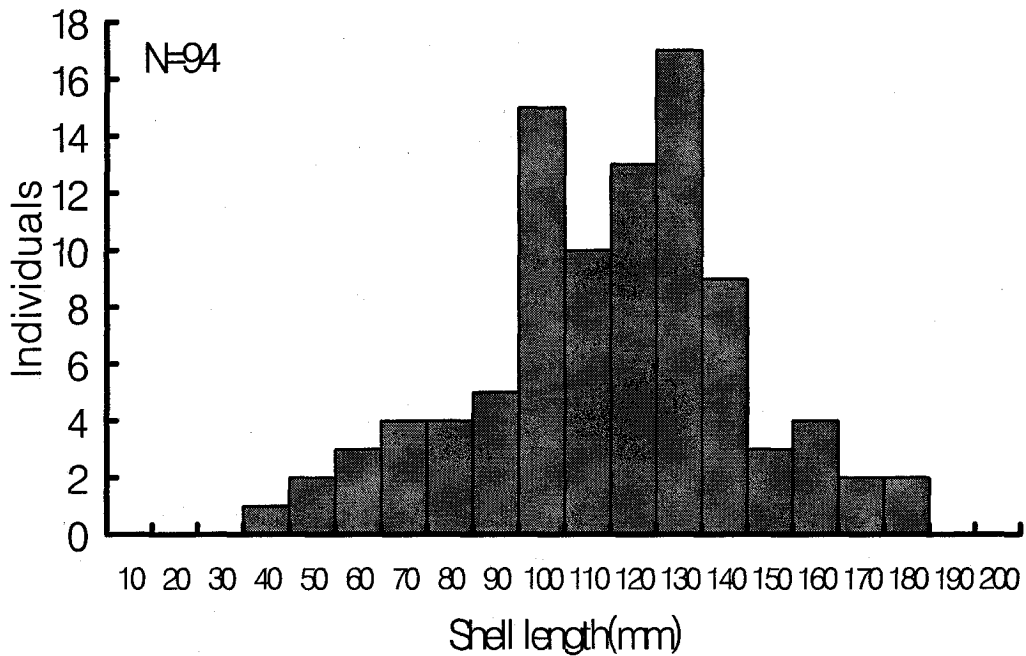


그림 3-2-8. 마이크로네시아 축 라군의 조사정점 중 20개체 이상의 흑진주조개가 채집된 4개 정점(2, 7, 14, 37)에서 각장별 빈도분포(2000).

Fig. 3-2-8. Size frequency diagram of four major stations (2, 7, 14, 23) in Chuuk Lagoon, FSM based on stations with more than 20 individuals of blacklip pearl oysters (2000).

결과 (Sims 1992a)와 잘 일치하고 있는데 1985년과 1986년 Manihiki Lagoon 조사에서는 각장 75mm 개체가 가장 작았으며, 1985년 Penrhyn 조사에서는 각장 55mm인 개체가 가장 작은 개체이었다.

사실상 흑진주조개 유패의 서식 습성은 아직 잘 알려지지 못하고 있다. 그러나 소형 개체들의 서식 습성 또는 서식장소가 대형 개체와 다르기 때문인 것이 아니라, 단순한 크기 문제로 이들이 산호 가지 사이나 바위틈에 숨에 있을 때는 잘 발견되지 않다가, 점차 성장하여 주위의 산호 가지나 바위틈이 이들을 더 이상 숨겨줄 수 없을 경우 발견되기 때문으로 생각된다.

각 개체간의 각장, 각고, 각폭의 상관관계를 알아보기 위한 회귀식 분석결과 모두 1차 회귀 방정식으로 표시할 수 있었다. 각장 (X)과 각고 (Y)의 경우  $Y = 1.05X - 1.72$  ( $r^2 = 0.89$ )로 매우 양호한 상관관계를 나타냈다. 각장 (X)과 각폭 (Y)의 관계에 있어서도  $Y = 0.28X - 1.602$  ( $r^2 = 0.84$ )로 나타났다(그림 3-2-10). 이러한 사실은 축 라군에 서식하는 흑진주조개는 바위틈에 끼어 체형이 변한 몇몇 개체를 제외하고는 매우 양호한 체형을 가지고 있는 것으로 밝혀졌으며, 진주양식의 모패로 우수한 형질을 가지고 있다고 판단된다. 체중은 각장 및 각고와 지수함수적 상관관계를 나타낸다. 체중 (Y)과 각장 (X)의 경우  $Y = 0.00014X^{3.004}$  ( $r^2 = 0.86$ )으로 높은 상관성을 나타내고 있었으며, 체중 (Y)과 각고 (X)의 경우도  $Y = 0.009 X^{2.13}$  ( $r^2 = 0.79$ )를 나타냈다. 즉, 체중과 체형간의 관계는 각장이 각폭에 비하여 좋은 지표라 하겠다. 이와 같은 각장, 각폭, 각고 및 체중간의 상관관계를 고려할 때, 흑진주조개의 개체별 형태학적 특징은 각장 및 체중으로 나타내는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

#### 4). 흑진주조개 자원량 추정

흑진주조개의 자원량을 추정하기 위해서는 조사지역의 정량화가 필요하다. 총 26개의 조사 정점에서 잠수부의 수중 소모시간, 이동거리, 수심, 표품 채집시간 등을 대비하여 정점당 조사지역의 면적을 구하였다.

잠수부가 관찰할 수 있는 면적은 수중 이동거리와 한계 시야에 따라 좌우된다. 본 조사에서 잠수부의 이동속도는 10m/분으로 제한하였으며 한계 시야는 좌우 1m 내외이었다. 정점별 조사시간의 경우 각 수심에 따라 다소 차이가 있지만 1인당 평균 50.27분/회/정점을 잠수 조사하였으며, 1개의 흑진주조개를 채취하는데 소요되는 시간은 약 30초로 나타났다. 따라서 각 정점별 총잠수시간에서 흑진주조개를 채취하는데 소요되는 시간을 제할 경우 6명의 잠수부가 이동한 시간을 얻을 수 있으며, 이에 이동 속도와 한계 시야를 곱하면 조사면적을 구할 수 있다(표 3-2-3). 가장 많은 흑진주조개가 채집된 정점 2의 자원량은 144.5 개체/ha로 추정되었으며, 그 다음은 정점 14의 89.0 개체/ha, 정점 7의 85.0 개체/ha, 정점 23의 72.2 개체/ha의 순이었다. 그러나 이들 4개 정점을 제외하고는 대부분의 정점에서 50 개체/ha 이하의 자원량을 보였으며, 전체 평균은 32.2 개체/ha이었다. 1974년 미정부 발간 축 라군 해도(US Government Chart 982 Truk Islands)를 토대로 환산한 흑진주조개 분포 면적은 약 11,400ha에 달한다. 따라서 축 라군의 흑진주조개 자원은 약 367천마리로 추정된다. 그러나 앞에서도 언급한 바와 같이 채집방법상 문제로 이 보다 많은 수의 소형 개체가 조사에서 누락되었을 것으로 생각된다.

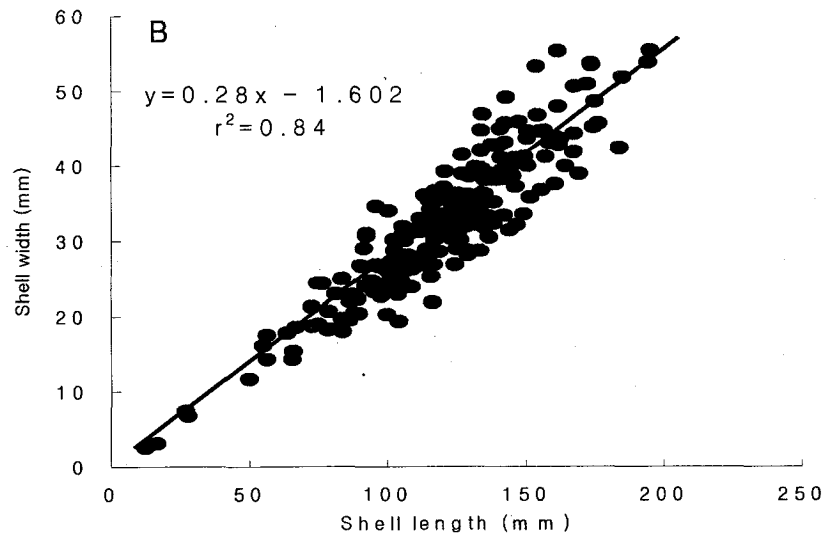
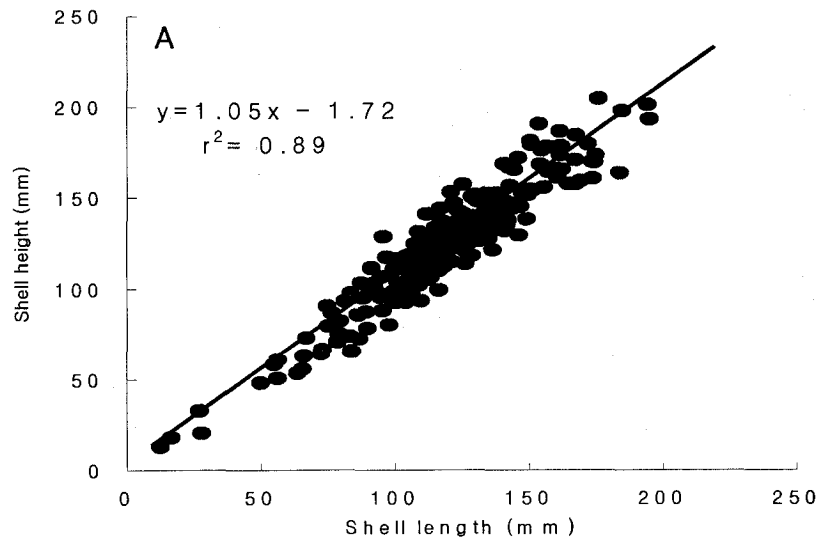


그림 3-2-9. 마이크로네시아 축 라군에서 채집된 흑진주조개의 각장과 각고 및 각장과 각폭 간의 회귀분석(2000).

Fig. 3-2-9. Relationship of shell length and shell height(A), and shell length and width (B) of blacklip pearl oyster collected in Chuuk Lagoon, FSM (2000).

표 3-2-3. 마이크로네시아 축 라군에서의 흑진주조개 자원조사를 위한 정점별 잠수 시간 및 조사 면적(2000)

Table 3-2-3. Underwater research time and estimated research area for esources study of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon, FSM (2000)

Station	Depth (m)	DT (min.)	Catch (inds.)	CT (min.)	ST (min.)	TA (m <sup>2</sup> )	Density (inds./ha)
1	14	288	3	1.5	286.5	2,865	10.47
2	5	282	38	19	263.0	2,630	144.49
3	12	270	11	5.5	264.5	2,645	41.59
4	10	330	6	3.0	327.0	3,270	18.35
5	8	330	14	7.0	323.0	3,230	43.34
6	9	300	19	9.5	290.5	2,905	65.40
7	9	282	23	11.5	270.5	2,705	85.03
8	11	270	11	5.5	264.5	2,645	41.59
9	9	300	13	6.5	293.5	2,935	44.29
10	12	300	7	3.5	296.5	2,965	23.61
11	8	300	10	5.0	295.0	2,950	33.90
12	16	330	1	0.5	329.5	3,295	3.03
13	8	270	2	1.0	269.0	2,690	7.43
14	10	270	23	11.5	258.5	2,585	88.97
15	12	330	4	2.0	328.0	3,280	12.20
16	12	270	4	2.0	268.0	2,680	14.93
17	16	300	4	2.0	298.0	2,980	13.42
18	12	210	0	0.0	210.0	2,100	0.00
19	12	270	1	0.5	269.5	2,695	3.71
20	3	120	0	0.0	120.0	1,200	0.00
21	10	300	1	0.5	299.5	2,995	3.34
22	10	300	6	3.0	297.0	2,970	20.20
23	8	330	23	11.5	318.5	3,185	72.21
24	13	300	5	2.5	297.5	2,975	16.81
25	15	300	0	0.0	300.0	3,000	0.00
26	8	330	8	4.0	326.0	3,260	24.54
Average		301.6	9.11	4.56	283.21	2,832.1	32.19

Remark: DT: total diving time of 6 divers, CT: time used for catch, ST; total survey time of 6 divers, TA: estimated total survey area of 6 divers

흑진주조개는 연중 산란하는 것으로 알려져 있으며, 내만 지역보다는 외해와 먼한 지역에서 높은 서식량을 나타낸다( Friedman and Bell, 1999)는 보고도 있다. 또한, 쿡 제도(Cook Island)의 Manihiki Lagoon 에서는 본 조사보다 더 많은 량의 흑진주조개가 분포하는 것으로 보고되었지만(Sims 1992a), 자원량이 평균 679개체  $\pm$  4,330 개체/ha로 표준편차의 범위가 실자원량을 초과하여 큰 의미를 부여하기는 어렵다. 그러나 수심 9~18m 사이의 자원량은 563개체  $\pm$  316 개체/ha 보고되고 있어 본 조사에서 가장 자원량이 많았던 정점 1 보다 최소한 1.7배 정도 많은 흑진주조개 자원이 분포하는 것으로 판단된다.

더욱 정확한 자원량 추정을 위해서는 시간에 따른 성장을 모니터링이 병행되어야 할 것이다. 이러한 경우 연령별 성장률과 최대성장율, 환수율(turn over ratio)등이 추정될 수 있을 것이다. Sims(1992b)에 의한 성장률 추정치에서는 Von Bertalanffy 방정식에 의하여, 최대 각장의 크기가 183mm 로 나타났다. 그러나 본 조사에서는 이미 195mm 크기인 개체도 채집되어 기존 자료에 의한 추정치보다는 더욱 크게 성장하는 것으로 나타났다. 또한 본 자원량 추정자료에서 고려해야 할 부분은 각장 90mm 이하의 어린 개체의 잠재 자원량이다. 실제 개체군 역학적으로 보면 초기 가입량은 성체수의 수백배에 달하며, 착저 이후 40mm까지의 생존률은 그다지 크지 않지만, 40~90mm 범위의 당년생 또는 일년생 개체군의 생존률은 비교적 높아 성체수의 수배에 달하는 것으로 알려져 있다. 따라서 축 라군의 흑진주조개의 추정 자원량은 본 조사에서 추정된 수치보다 월등히 높을 것으로 생각된다. 따라서 367,080개체라는 자원량은 흑진주조개 개체군 전체의 자원량이라기 보다는 흑진주양식에 즉시 투입할 수 있는 성체의 자원량으로 해석하는 것이 타당하다.

축주 남원 환초에도 흑진주조개가 분포하고 있다. 2001년 조사에서 4개 정점에서 14개체의 흑진주조개가 채집되었다. 가장 많은 양이 채집된 곳은 정점 8로 9개체가 채집되었다. 특히 이 지역은 수심 수심이 5m 내외의 지역으로 나잠에 의하여 조사된 곳이다. 따라서 이 지역의 흑진주조개 자원은 본 조사에서 나타난 것 보다 상당량 많을 것으로 추정된다. 그 다음으로 선박 계류장 부근 수심 2-3m 지역에서 3개체가 채집되었다. 채집된 진주조개 각장의 길이는 평균 90~163mm이며, 습중량은 62~626g이었다. 채집된 개체의 크기를 대비한 각장과 각고간의 회귀직선식(그림 3-2-11)은  $y=1.06-10.11$ ,  $r^2=0.95$ 로 외형적 특징으로 판단할 때 축 라군에 서식하는 흑진주조개와 동일 계군으로 추측된다. 남원 환초의 흑진주조개 자원은 축에 비하여 빈약한 수준이지만 상대적으로 인간간섭이 상대적으로 적은 곳이어서 인공적인 흑진주조개 자원 증식이 용이한 환경을 가지고 있어, 흑진주양식장 후보지로의 여건은 매우 양호하다고 판단할 수 있다.

Catching point	height	length	WWt(g)
St.5 □	127.63	136.1	223
	88.22	90.3	525
	118.44	112.16	411
St.6 ■	116.44	105.69	223
St.8 ●	147.8	149.54	525
	137.18	133.61	408
	75.84	67.43	62
	167.3	171.91	613
	114.01	103.7	201
	133.62	142.93	354
	127.28	133.61	279
	118.27	113.63	258
St.9 ○	153.22	151.73	433
	170.53	163.63	626

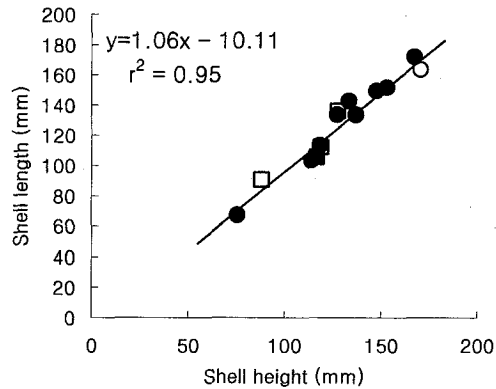


그림 3-2-11. 마이크로네시아 축주 남원 환초에서 채집한 흑진주조개의 크기 및 체형 분포(2001).

Fig. 3-2-11. Size distribution and relationship between shell length and shell height of *Pinctada margaritifera* in Nomwin Atoll, Chuuk, FSM (2001).

#### 나. 거인조개(대왕조개)

거인조개(Giant clam)는 이때패류강(Bivalvia) 백합목(Order Veneroidea), Family Cardiacea, 거인조개아과(Subfamily Tridacnidae)에 속하는 대형 조개류로 열대 태평양에서 가장 중요한 식용패류 이었으나, 현재 남획으로 인하여 자원이 매우 고갈되어 있다.

##### 1). 종의 분류

거인조개는 1965년 Rosewater에 의해 2속 6종으로 분류되었으나 최근 들어 8종으로 나누어지고 있다(Klumpp & Lucas 1994). 현재 가장 널리 적용되고 있는 분류 체계는 다음과 같다(Lucas *et al.* 1988).

- 1 패각 후부의 족사구 지역에는 서로 맞물리는 이가 있다. 족사구 주변의 패각부는 한 쌍의 뚜렷한 늑골형 구조를 갖는다. 외투막은 최대한 신장하여도 패각의 전단부를 초과하지 않는다. ----- *Hippopus* 2



패각 후부의 족사구 지역에는 서로 맞물리는 이가 없다. 족사구 주변의 패각부는 뚜렷한 늑골형 구조를 갖지 않는다. 외투막은 최대한 신장할 경우 패각의 전단부를 초과한다. ----- *Tridacna* 3

2(1) 패각은 두껍고 강한 굴곡이 있으며, 붉은 반점이 불규칙하게 분포한다. 입수공에 보호촉수(tentacle or papillae)가 없다. ----- *Hippopus hippopus*

패각은 비교적 얇고 강한 굴곡이 없으며, 붉은 반점은 흔적적이다. 입수공에 보호촉수가 있다. ----- *H. parcellanus*

3(1) 성체의 각장은 55cm 이상이며 1m 이상의 대형 종도 있다. 패각의 전단부는 4개의 뚜렷하다 맞물린 주름이 있다. 패각 위에는 유패를 제외하고는 비늘 형 구조물이 없다. 외투막은 갈색이며, 수많은 반짝이는 청록색 반점이 있다. --- *T. gigas*

각장은 55cm를 넘지 않는다. 패각의 전단부에 4개의 뚜렷한 주름이 없다. 외투막의 색깔은 다양하지만, 반짝이는 청록색 반점이 없다. ----- 4

4(3) 패각은 55cm 정도에 이른다. 대형 개체의 패각 위쪽에는 날카로운 돌기나 강한 굴이 없다. 패각의 돌쩌귀는 각장의 1/2보다 길다. ----- 5

패각은 55cm 이하이다. 패각의 위쪽에는 날카롭거나 약간 마모된 돌기가 있다. 패각의 돌쩌귀는 각장과 같거나 1/2 이하이다. ----- 6

5(4) 늑골형 주름에는 유색 반점이 없다. 외투막에는 용기(혹)가 없고, 입수공에는 미약한 보호촉수가 있다. ----- *T. derasa*

각장 부근의 늑골형 주름에는 유색 반점으로 구성된 줄무늬가 있다. 외투막에는 용기가 있으며, 입수공에는 뚜렷한 보호촉수가 있다. ----- *T. tevoroa*

6(4) 각정부위는 대체로 좌우 상칭이며, 돌쩌귀는 각장의 1/2 정도이다. 주름의 모든 부위에 규칙적인 돌기가 있다. 돌기간 거리는 돌기의 폭과 같다. 족사구는 비교적 좁고 저질에 묻혀 있지 않는다. 외투막에는 반점이 있으며, 보호촉수는 뚜렷

하다. ----- *T. squamosa*

각정부위는 비대칭이고, 돌쩌귀는 각장의 1/2 이하이다. 패각 주름의 돌기는 마모되어 있으며 밀집하게 나있다. 족사구는 넓고, 부분적으로 저질에 묻혀 있다. 외투막은 밝고, 입수공의 보호족수는 뚜렷하지 않다. ----- 7

7(6) 각장은 15cm 이하이다. 각정부위는 약간 비대칭이다. 족사구는 넓고, 패각전단을 제외한 돌기는 마모되었고, 산호초에 깊이 묻혀 있다. ----- *T. crocea*  
각장은 15cm 이상이다. 각정부위는 강한 비대칭이다. 족사구는 비교적 넓고, 돌기는 패각의 전단부에서 후단까지 비교적 잘 발달하여 있다. 개체는 산호초에 부분적으로 묻혀 있다. ----- *T. maxima*

## 2). 거인조개의 분포

마이크로네시아에서 관찰한 거인조개류는 *Tridacna squamosa*(그림 3-2-12A), *T. derasa*, *T. crocea* 및 *T. maxiam*의(그림 3-2-12B) 4종이었으며, 해변가의 패각을 통하여 *T. gigas* 와 *Hippopus hippopus*의 서식을 확인하였다.

A.



B.



그림. 3-2-12. 마이크로네시아 축 해역에 출현하는 거인조개류(A: *Tridacna squamosa*, B: *T. maxima*).

Fig. 3-2-12. Giant clams distributed in Chuuk Lagoon, FSM (A: *Tridacna squamosa*, B: *T. maxima*).

축 라군에서 거인조개류는 2-3m 수심의 낮은 지역에서는 가지산호류가 군데군데 우점을 이루고 간헐적으로 석회질화한 암반이 있는 곳에 서식하는 돌공성 소형 종인 *T. crocea*가 7-9개체/10m<sup>2</sup> 의 높은 밀도로 출현한다. 각장 30cm 이상의 중형 종인 *Tridacna squamosa*는 정점 2에서 드문드문 나타난다. 대체적으로 초호의 중심에서 연안으로 가까워질수록 서식밀도가 감소하였으며, 모엔 섬 근처에서는 전혀 관찰할 수 없었다. 대형 섬에 가까울수록 증가하는 현탁물질이 거인조개의 성장에 영향을 준 것도 이유가 되겠지만 자원감소의 주원인은 남획이며, 이는 관찰된 개체들이 모두 소형개체 이었던 것으로도 잘 설명된다.

폰페이 해역에서는 수심 10-15m 주변인 경사도가 완만한 해역의 *Porite* sp.의 기저 부근에 *T. squamosa*가 드물게 서식하고 있다.

코스레 해역에서는 *Tridacna squamosa*가 최대 12개체/100m<sup>2</sup>(정점 6)로 높게 나타나지만 그 외의 해역에서는 매우 드물게 나타난다.

마이크로네시아 해역에서 *T. gigas*는 거의 멸종위기에 처해해 있다. 그러나 아직 *Tridacna squamosa*는 어느 정도 자원이 유지되고 있기 때문에 마이크로네시아에서의 거인조개류는 *Tridacna squamosa*를 중심으로 보호되어야 할 것이다.

#### 다. 트로카스

트로카스는 복족강(Class Gastropoda) 원시복족목(Order Archaeogastropoda)에 밤고둥과(Family Trochidae)에 속하는 종으로 분포의 범위가 넓어 사모아에서 스리랑카, 호주에서 일본 류구열도까지 분포하고 있다. 이 종은 상업적으로 많은 지역으로 이식되어 현재는, 열대 태평양 모든 곳에 서식하고 있다. 1930년대 팔라우를 통하여 축라군에 이식되었으며 현재는 마이크로네시아 모든 지역에 분포하고 있다.

트로카스는 열대 태평양 해역에 있어 중요한 소득원이다. 육질은 식량자원이며, 패각은 고급 단추나 장신구(반지, 귀걸이, 목걸이, 브루지 등)의 원료로 사용된다. 현재 연간 교역 규모는 약 7,000톤이며, 가격은 톤당 가격은 3,000~4,000불이다. 주요 소비국은 일본, 홍콩, 싱가포르 및 한국이다(Lee and Lynch 1997). 최근 마이크로네시아의 트로카스 생산량은 100톤/년이며 금액으로는 약 400,000불 내외이다.

트로카스의 서식지는 죽은 산호가 해조류에 덮여 있는 산호초 지역의 수심 8~20m 부근이다. 먹이는 죽은 산호에 부착하고 있는 연한 해조류와 저서규조류이다.

트로카스는 라군 주변 외측과 내측에 석회지역(limestone bench)에 서식하며, 서식밀도는 라군의 지형적 특성과 관련 있는 것으로 알려져 있다(Smith 1987). 주로 라군 가장자

리나 해조류가 높은 밀도로 분포하는 수심 15m 이내 지역에 분산 분포한다. 같은 유형의 산호초 군집이라도 트로카스가 출현하지 않는 경우가 있는가 하면 몇 개의 개체가 밀집되어 있기도 한다. 그러나 트로카스는 무리를 이루어 서식하기보다는 개체마다 일정한 간격을 두고 각 개체별 서식영역(territory) 갖는 것으로 보여 진다. 따라서 효율적인 밀도 조사를 위해서는 100m<sup>2</sup> 이상의 방대한 규모로 조사를 해야 한다(Long *et al.* 1993).

### 1). 축 라군의 트로카스 자원

1999년 축 라군 조사에서는 정점 2에서는 40개체/ha가 출현하였으며, 평균 각장은 6~11 cm 범위이었다. 트로카스 어린 개체가 발견되지 않은 것은 소형 개체의 경우 산호초의 틈 사이와 그늘 밑에 은신하여 잠수부과 관찰할 수 없기 때문이었다. 트로카스는 환초가 바다와 만나는 부분의 정상부(reef flat)에서 많이 관찰되었다. 이 지형은 외해의 파고가 심하지만 해조류 서식밀도가 높고, 바닥이 평평한 지역이 많아 트로카스 서식이 용이한 것으로 판단되어 진다.

트로카스 자원량 파악을 위하여 축라군 정점 3에서 방류-재체포 조사를 실시하였다. 조사는 폐각에 실패로 상처를 내어 표지한 100마리의 트로카스를 산호초 외측의 트로카스 서식지에 방류한 후 3일 후 재체포하는 방법으로 상대자원량을 추정하였다(1999. 9. 10~13).

방류 및 재체포 결과 체포된 23마리의 트로카스 중 3마리의 표지방류 개체가 포함되어 상대자원량은 767마리/ha로 추정되었다. 이는 동부 인도네시아의 0.42/ha, 호주 북서부의 256마리/ha 보다 월등한 자원량이다. 물론, 단편적인 1회 조사에 의하여 자원량을 추정하는 것은 위험하지만 축 라군의 경우 비교적 양호한 트로카스 자원을 가지고 있는 것으로 추정된다.

### 2). 폰페이해의 트로카스 자원

폰페이 해역에서는 *Acropora* sp. 가 우점하는 지역에서 집중적으로 나타나는 것으로 관찰되었는데, 주로 수심 7m 전후 지역의 산호 하단에 2-3개체가 서식하였으며, 서식밀도는 대략 2-3/10m<sup>2</sup>이었다. 폰페이 해역의 트로카스 서식밀도가 다른 지역에 비하여 낮은 것은 주기적인 체포에 의한 현상으로 생각된다.

### 3). 코스레의 트로카스 자원

코스레의 경우 트로카스의 분포유형은 축 해역보다 밀집되어 있는 현상을 나타내는데 이는 코스레의 산호초가 거초로 초호의 폭이 좁아 상대적으로 트로카스의 평면 분포가 제한되기 때문으로 생각된다. 2003년 조사결과 선 동쪽의 정점 1과 5에서 각각 38개체/100m<sup>2</sup> 및 25개체/100m<sup>2</sup>가 출현하였으며 2004년에도 각각 19개체/100m<sup>2</sup> 및 36개체/100m<sup>2</sup>가 출현하였으며, 정점 6에서도 18개체/100m<sup>2</sup>가 출현하였다. 코스레의 트로카스 자원량이 축에 비하여 월등하게 높은 것은 지난 3년간 트로카스 조업이 금지되었기 때문으로 생각된다.

A.



B.



그림 3-2-13. 마이크로네시아 코스레 산호초의 트로카스 서식환경(A: 무절석회조류 군집, B: 무줄삭회조류에 군집한 트로카스).

Fig. 3-2-13. Habitat of *Trochus niloticus* in Kosrae, FSM (A: *Lithothamnion* spp. community, B: Aggregated *Trochus niloticus* on *Lithothamnion* spp.).

#### 4). 얍의 트로카스 자원

얍 해역에서는 정량조사가 이루어진 7개 조사정점에서의 출현양상을 살펴보면 0~52개체/1,000m<sup>2</sup> 범위로 수로지역 정점 7을 제외한 모든 조사해역에서 출현하였으며 평균출현 밀도는 19개체/1,000m<sup>2</sup> 이었다(표 3-2-4).

표 3-2-4. 마이크로네시아 압 해역의 트로카스 서식밀도(개체/1,000m<sup>2</sup>)

Table 3-2-4. Density of trochus in Yap, FSM (individuals/1,000m<sup>2</sup>)

Species	Station							Mean
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Trochus niloticus</i>	36	52	22	14	4	6	0	19

압에서의 트로카스 서식현밀도는 코스레(해양연 2003, 2004)에서 조사된 8~12개체/100m<sup>2</sup>와 비교해서는 상당히 차이를 보이고 있었다. 아마도 이러한 차이는 조사방법에서 기인한 것으로 보인다. 조사정점 1~6의 경우 20 m 정도 수심까지는 완만한 경사를 보이는 지대이며, 트로카스가 전혀 출현하지 않은 정점 7의 경우 U자형의 전형적인 수로로 저층 수심은 대략 30m 정도였다. 수심별 출현양상을 보면 총 출현개체수의 80% 이상이 10~20m 범위에서 출현하였으며, 20m 이하 수심에서는 3% 정도로 수심에 따른 분포가 뚜렷한 것으로 나타났다(그림 3-2-14).

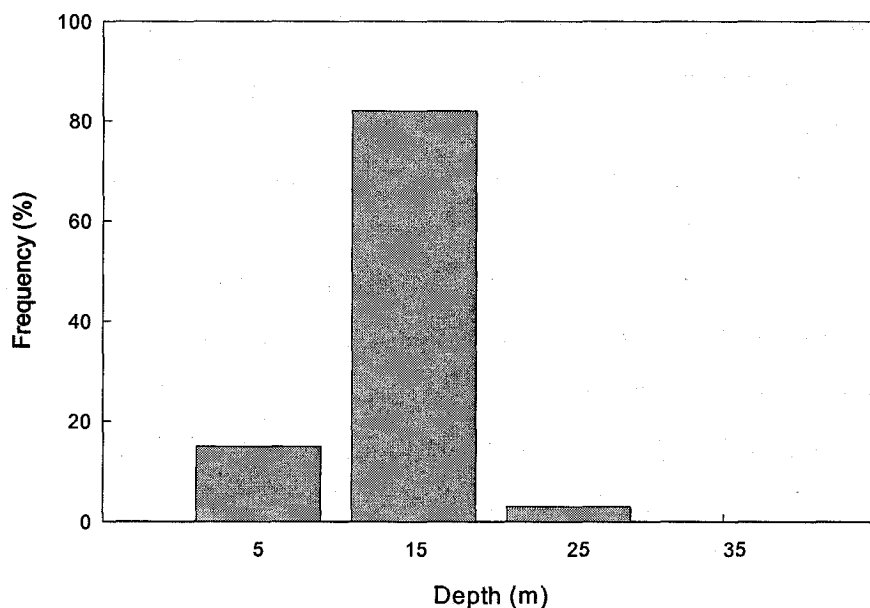


그림 3-2-14. 마이크로네시아 압 해역에서 출현한 트로카스의 수심별 출현 빈도.

Fig. 3-2-14. Occurrence of trochus depend on water depth in Yap, FSM.

얕은 경우 가지형의 산호지대보다는 경사가 완만하고 피복형 형태의 산호가 우점한 곳이나 암반과 암반사이 등 상대적으로 보호된 곳에 트로카스가 밀집하는 경향을 보인다. 또한 수심 20m 이하 경사도가 급해지며 산호가 죽어 있는 곳에서는 거의 출현하지 않아, 축에 비하여 다소 상이한 출현 양상을 나타내었다. 한 마리도 관찰되지 않은 정점 7의 경우 깊은 수심과 함께 수로 좌우에 형성된 직벽의 70° 정도의 경사가 서식에 불리한 조건을 제공하는 것으로 판단된다. 한편, 출현한 개체의 체폭을 조사한 결과에 의하면 80~150mm의 체폭범위를 보이는 것으로 나타났으며, 120~130mm 범위에 속하는 종이 전체 출현개체수의 24%를 차지하고 있었다.

#### 라. 해삼류

해삼류는 열대 태평양 해역의 어느 곳이나 널리 분포하고 채집이 용이하여 많은 도서 지방에서 주요 소득원이 되고 있다. 해삼류는 건조되거나 냉동되어 거래되는데, 연간 시장규모는 건해삼 기준으로 13천 톤이며, 가격으로는 약 62백만 불에 달한다. 주요 시장은 중국, 홍콩, 대만, 싱가포르, 말레이시아, 일본 및 한국이며 홍콩은 주 소비지이자 해삼의 가공 및 중계무역 기지이다.

현재, 축주를 비롯한 마이크로네시아의 해삼류 생산량에 대한 통계자료는 없지만, 원주민에 의하여 수확된 건조 해삼이 수출되고 있는 것으로 판단된다. 본 조사 결과 *Actinopyga palauensis*는 사질 저층에서 높은 밀도로 관찰되었으며, 상업적 채포 및 수집이 가능한 수준이라 생각된다. 그러나 무분별한 남획으로 인한 자원감소를 방지하기 위하여 보다 면밀한 자원량을 판별한 후, 이에 따라 지역별 적정어획량을 결정하여야 할 것이다. 즉, 보호와 수확을 조화 있게 할 경우, 해삼은 새로운 소득 대상원이 될 수 있을 것으로 판단된다.

축 해역에서는 다른 지역에서도 출현한 *P. palauensis*와 밝은색의 *Holothuria fuscopunctata*가 많이 서식한다. 서식밀도에서는 *P. palauensis*가 현저히 높게 나타났다. 서식밀도는 수심에 따라 차이가 났는데, 수심 6m 인 섬에 근접한 지역의 경우 *P. palauensis*는 20개체/100m<sup>2</sup>가 출현하며 *H. fuscopunctata*는 12개체/100m<sup>2</sup>가 출현한다. 한편, 수심이 9 m인 지역은 동일한 면적에 *P. palauensis*가 108개체/100m<sup>2</sup>로 상당히 높은 서식 밀도를 나타내며, *H. fuscopunctata*는 8개체가 출현하였다. *H. fuscopunctata*는 주로 *P. nigrescens*군락과 모래질이 경계를 이루는 지역에 서식하고 있었다. 이 지역의 경우 섬에 인접하여 있어 강우에 따른 육상으로부터의 유기물 유입이 원활하고, 수심이 낮고 모래질이 발달하였고, 죽은 산호파편들이 산호초 주변에 산재하여 퇴적물식자인 해삼류의 서식

에 좋은 환경적인 조건을 갖는 것으로 볼 수 있다. 모래질 지역(정점 5)에서는 상기 두 종이 모두 10개체/m<sup>2</sup>의 높은 밀도로 분포하며 수심이 깊은 지역보다 5m 내외에서 높은 서식밀도를 나타냈다. 이 지역의 경우도 육상으로부터 유기물의 유입이 원활하여, 현탁물 식자와 더불어 퇴적물식자의 먹이가 풍부한 것으로 생각되며, 탁도가 매우 높은 것으로 산호의 성장은 제한을 받고 있는 것으로 보인다.

코스레에서는 *Stichopus chloronotus*의 서식밀도가 높으며, 얕에서는 *Thelenota ananas*가 출현한다.

#### 마. 갑각류

마이크로네시아에서 가장 중요한 갑각류는 톱날꽃게(mangrove crab, *Scylla serrata*)와 닭새우이다.

##### 1). 닭새우류

닭새우류는 5종이 보고되고 있는데 이 중 *Panulirus longipes femoristriga*와 *P. ornatus*가 중요하며 갑각류 중에서 최고의 대접을 받는 고급 수산산동물이다. 최대 2.3kg의 대형개체도 종종 발견된다. 어획은 통발이나 작살을 이용하여 야간에 포획한다. 마이크로네시아에서는 대부분 원주민이 직접 고급 식당에 직접 판매하거나 수집상을 통하여 껌 등으로 수출되어 일반 시장에 출하되는 양은 제한되어 있다. 최근 자원량이 현저하게 감소했다고 원주민들이 불평하고 있어 자원보전 대책 수립이 시급한 종으로 하와이, 껌, 싱가포르 등에서 종묘생산 연구를 계속하고 있으나, 아직 산업화에 이르지 못하고 있다.

##### 2). 톱날꽃게

톱날꽃게류(*Scylla* spp.)는 절지동물문(Phylum Arthropoda), 대악아강(Sub-phylum Mandibulata), 갑각강(Class Crustacea), 십각목(Order Decapoda), 꽃게과(Family Portunidae)에 속하는 비교적 대형 게류이다. 톱날꽃게(*S. serrata*) 망그로브계들 중에서 체구가 가장 큰 대형종으로 분포 범위도 제일 넓은 종이다. 본 종은 동서로는 아프리카 동부해안에서 하와이를 거쳐 중국의 동남해안까지, 남북으로는 호주의 중북부에서 일본의 남부해안에 이르기까지 광범위하게 분포하는 종류로 다음과 같이 동정할 수 있다.



- 앞마디와 발목마디에는 뚜렷한 한 쌍의 가시가 있다. ----- 1.  
 발목마디의 가시는 뚜렷하지만 앞마디의 가시는 없거나 축소되었다. ----- 2.
- 1.-1. 이마구역의 이는 낮고 뭉툭하다. 다면체 무늬는 제 3, 4  
 걷는다리에서만 뚜렷하다. ----- *S. tranquebarica*
- 1-2. 이마구역의 이는 높고 약간 뭉툭하다. 다면체 무늬는  
 모든 걷는다리 및 집게다리에서 뚜렷하다. ----- *S. serrata*
- 2-1 이마구역의 이는 삼각형이고 뾰족하다. 다면체 무늬는  
 제 3, 4 걷는다리 및 집게다리에서 뚜렷하다. ----- *S. paramamosain*
- 2-2. 이마구역의 가시는 낮고 둥글다. 다면체 무늬는 모든  
 다리에서 뚜렷하지 않다. ----- *S. olivacea*

툽날꽃게는 마이크로네시아 모든 주에서 최고급 갑각류로 선호되는 종이다. 이 종은 망그로브군총의 사니질에 굴을 파고 서식하며, 야간에 섭이활동을 위하여 산호류의 틈이나 잘피밭으로 나온다. 현재 필리핀, 인도네시아, 호주 등지에서 초기 산업화 단계의 종묘생산을 시작하였으며, 코스레주에서도 본 종의 종묘생산 연구에 많은 투자를 하고 있다.

마이크로네시아에서 관찰된 개체들은 모두 *S. serrata* (그림 3-2-15)이었다. 우리나라에서는 김(1973)이 일본인 Kajima가 1941년 경상남도 거제에서 채집된 개체를 *S. serrata*로 기재한 것을 인용하여 툽날꽃게로 명명하였다. 상기 표본은 남아 있지 않으며, 종에 대한 분류학적 연구 문헌은 없다. 한편, 본 연구과제를 진행하면서 진해만 일원에서 툽날꽃게로 생각되는 다수 개체를 채집하여 동정한 결과 진해만에서 채집한 개체들은 Keenan et. al. (1998)의 관점에서 *S. serrata*가 아니라 *S. paramamosain* (그림 3-2-16)으로 동정되었다. 이 연구로 *S. paramamosain* 분포의 북방한계는 우리나라 남해안으로 밝혀져, 4종의 툽날꽃게류 중 가장 넓은 서식 범위를 갖는 것으로 밝혀졌다.

김(1973)의 “한국동식물도감 제 14권 동물편(집게·게류) 화보 80, 그림 91”에 나타난 툽날꽃게는 갑각 길이 14.8mm, 갑각 나비 22.5mm의 어린 계를 바탕으로 한 것으로 이마구역의 4개의 이는 *S. serrata* 특징을 나타내기 보다는 오히려 유사종인 *S. tranquebarica*의 특성을 가지고 있다. 이를 종합하면, 종의 특성이 완전하지 않은 *S. paramamosain*의 어린 개체를 분류의 대상으로 하여 이를 *S. serrata*로 잘못 동정하였기 때문에 발생한 오류로 생각된다. 그러나 학명에는 오류가 있었지만 툽날꽃게라는 국명은 유효하기 때문에, 한국동물분류학회의 동의를 얻기까지 잠정적으로 본 연구진에서 진해만에서 채집한 *S. paramamosain*을 툽날꽃게로 부르고, 남서태평양 일대에서 서식하는 *S. serrata*는 남방툽날꽃게로 부를 것을 제안한다. 이외 툽날꽃게속에는 *S. olivacea*가 있다.



A. Dorsal view.



B. Ventral view

그림 3-2-15. 마이크로네시아 코스레산 남방톱날꽃게(*Scylata serrata*).

Fig. 3-2-15. Mangrove crab (*Scylata serrata*) from Kosrae, FSM.



A. Dosal view.



B. Ventral view.

그림 3-2-16. 낙동강 하구산 톱날꽃게(*Scylla paramamosain*).

Fig. 3-2-16. *Scylla paramamosain* caught near estuary of Nakdong River, Korea.

### 3. 어류자원

#### 가. 수산어류의 분포

마이크로네시아 해역에 분포하는 어류 중 일부 독어를 제외하고는 모두가 식용 가능한 종들이다. 또한 열대지방 산호초를 근거로 살아가고 있는 작은 어류들은 화려한 체색을

가지고 있어 관상어로의 잠재력이 크다. 최소한 전체 출현종 중 최소한 50%는 관상용으로 가능한 어종이다.

마이크로네시아 해역에 분포하는 어종 현지 어민들이 선호하는 식용어와 수산업으로 개발 가능한 어종은 약 80종으로 밝혀졌다(표 3-2-5). 초호가 잘 발달한 측해역이 38종으로 가장 수산어종이 많았으며 압과 코tm레가 각각 31종, 폰페이가 22종으로 가장 적었다. 이들 중 전해역에 풍부하게 분포하는 어종들은 파랑비늘돔(*Scarus spp.*), 갈돔류(*Lethrinus spp.*), 바리류(*Cephalopholis spp., Epinephelus spp.*), 통돔류(*Lutjanus spp.*), 쥐돔류(*Naso spp.*), 전갱이류(*Caranx melampyngus*), 등이었다. 파랑비늘돔류와 갈돔류는 현지 마을 앞에서 대량으로 건조하여 식량으로 하거나 시장에 팔기도 한다.

수산어종의 지형적 분포는 일반 어종의 경우와 같이 해저지형에 따라 서식종이 달라진다. 소형 환초로 지역간 비교가 손쉬웠던 쿠읍 환초와 남위환초를 예로 들면 첫째, 환초 바깥 정점으로서 모두 대수심의 직벽을 이루고 있는 곳으로 대형 바리류, 갈돔, 전갱이류, 나폴레옹피시, 쥐돔류 등과 자주빛금강바리가 대표적 어종으로 나타난다. 이러한 지형에는 바리류인 *E. polyphekadion*, 꼬리띠바리류, 쥐돔류, 상어 등 대형어가 많이 관찰된다. 대부분의 바리과 어류들은 산호 부근에 떠 있다가 위협을 느끼면 자리를 옮기든지 산호 사이로 몸을 감춘 후 위협이 느껴지는 쪽으로 머리를 돌려 동태를 살핀다. 쥐돔, 깃대돔, 바리류 등이 떼를 지어 이동하는 현상을 볼 수 있어 산호초 직벽이 몇몇 어종 중에서 산란장으로 이용하고 있는 것으로 추정되었다(표 3-2-6).

둘째는 환초와 외해로 통하는 수로 주위는 외해로부터 부는 바람이나 파도가 어느 정도 막히면서 조류 소통이 좋아 비교적 다양한 어종이 서식하는 곳이다. 정강이류와 같은 외양성 개체도 출현하며 비교적 대형개체의 파랑비늘돔류, 쥐돔류, 바리류가 서식한다.

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.

넷째는 잘피밭으로 대형섬 주위의 인간 간섭이 있는 곳이다. 어류의 성육장 내지는 섭이장으로 이용되는 곳으로 놀래기류, 쥐돔류가 등 소형어류가 많이 출현하는 곳이다. 해초류 사이에 많은 관상어가 많이 출현한다.

조사 기간 중 코스레의 수산 시장 조사결과 열게돔류, 갈돔류, 파랑비늘돔류, 통돔류 외에 가다랑어와 대형 놀래기류의 일종인 나폴레옹피시 등이 판매되고 있었다. 열게돔류는 20cm 내외로 자라는 소형어로 마이크로네시아 전지역에 분포하며 맛이 좋아 구이감

표 3-2-5. 마이크로네시아 해역에 분포하는 수산어종

Table 3-2-5. List of commercial fish species distributed in Micronesia

Scientific name	Korean name	Kosrae	Yap	Pohnpei	Chuuk
<i>Carcharhinus melanopterus</i>	상어류	+			
<i>Triaenodon obesus</i>	"		+		
<i>Manta birostris</i>	가오리류		+		
<i>Himantura granulota</i>	"		+		
<i>Cephalopholis argus</i>	마리류	+	+	+	+
<i>Cephalopholis agurus</i>	"				+
<i>Cephalopholis leopardus</i>	"	+			+
<i>Cephalopholis miniata</i>	"	+		+	
<i>Cephalopholis urodeta</i>	"	+	+	+	+
<i>Cephalopholis</i> spp.	"				+
<i>Gracila albomarginata</i>	"	+		+	
<i>Epinephelus macrospiles</i>	"	+			
<i>Epinephelus caeruleopunctatus</i>	"		+		+
<i>Epinephelus polyphemadion</i>	"		+	+	+
<i>Epinephelus merra</i>	"				+
<i>Epinephelus</i> spp.	"				+
<i>Plectropomus</i> sp.	"		+		
<i>Plectropomus areolatus</i>	"			+	
<i>Plectropomus oligacanthus</i>	"				+
<i>Variola louti</i>	"		+		
<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	"		+		
Serranidae	"				+
Serranidae spp.	"				+
<i>Aethaloperca rogoa</i>	"				+
<i>Caranx melampygus</i>	전쟁이류	+	+	+	+
<i>Caranx sexfasciatus</i>	줄전쟁이류	+	+		
<i>Caranx</i> spp.	전쟁이류		+		+
<i>Carangoides plagiotaenia</i>	"		+		
<i>Gnathanodon specio</i>	"			+	
<i>Elagatis bipinnulatus</i>	"				+
<i>Lutjanus monostigmus</i>	무늬통돔	+	+	+	+
<i>Lutjanus fulvus</i>	통돔류	+	+		
<i>Lutjanus bohar</i>	"		+	+	

표 3-2-5. 계속

Table 3-2-5. Continued

Scientific name	Korean name	Kosrae	Yap	Pohnpei	Chuuk
<i>Lutjanus gibbus</i>	통돔류				
<i>Lutjanus kasmira</i>	"			+	
<i>Lutjanus semicinctus</i>	"				+
<i>Lutjanus</i> sp.1	"	+			
<i>Lutjanus</i> spp.	"		+		
<i>Macolor macularis</i>	"	+	+		+
<i>Macolor niger</i>	"				+
<i>Monotaxis grandoculus</i>	갈돔류	+	+	+	+
<i>Lethrinus erythracanthus</i>	"	+			
<i>Lethrinus olivaceus</i>	"	+			
<i>Lethrinus xanthochilus</i>	"	+			
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	"				+
<i>Lethrinus</i> sp.1	"	+			
<i>Lethrinus</i> sp.	"		+	+	
<i>Lethrinus</i> spp.	"	+			
<i>Scolopsis lineatus</i>	실꼬리돔류	+			
<i>Scarus microrhinos</i>	파랑비늘돔류	+			+
<i>Scarus niger</i>	"		+		
<i>Scarus</i> sp.	"			+	
<i>Scarus</i> sp.1	"	+			
<i>Scarus</i> sp.2	"	+	+		+
<i>Scarus</i> sp.3	"				+
<i>Bolbometopon muricatum</i>	"		+		
<i>Cheilinus undulatus</i>	놀래기류	+	+		+
<i>Naso lituratus</i>	쥐돔류	+		+	+
<i>Naso hexacanthus</i>	쥐돔류	+			+
<i>Naso annulatus</i>	"	+			+
<i>Naso vlamingii</i>	"	+	+	+	+
<i>Naso brevirostris</i>	"				+
<i>Naso</i> sp.1	"	+			+
<i>Naso</i> spp.	"				+
<i>Naso</i> spp.1	"				+

표 3-2-5. 계속

Table 3-2-5. Continued

Scientific name	Korean name	Kosrae	Yap	Pohnpei	Chuuk
<i>Naso</i> spp.2					+
<i>Acanthurus</i> sp.	"			+	
<i>Myripristis adusta</i>	얼게돔류	+	+		
<i>Myripristis berndti</i>	"		+		
<i>Myripristis kuntee</i>	"	+			
<i>Myripristis</i> spp.				+	
<i>Parupeneus barberinus</i>	촉수류		+		
<i>Parupeneus multifasciatus</i>	"		+		
<i>Elagatis bipinnulatus</i>	참치방어		+		
<i>Caesio</i> sp.				+	
<i>Caesio caerulea</i>				+	
<i>Hipposcarus longiceps</i>	비늘돔류			+	
<i>Sphyraena barracuda</i>	바라쿠다			+	
<i>Siganus</i> spp.	독가시치류				+
<i>Gymnosarda unicolor</i>					+

으로 인기가 좋은 어종이다.

전체적으로 흰동가리류, 자리돔류 등 관상어 자원은 비교적 풍부한 것으로 나타났는데 수심 10m에서 투명한 플라스틱 어항을 이용한 집어체에 의한 채집 실험 결과 자리돔류, 금강바리류와 같은 주위의 소형어들이 집어체에 약한 반응은 보이지만 어항에는 들어가지 않았다. 또 수산시장 앞 연안을 포함한 수심 2~5m 수심대에는 잘피류가 일부에 발달해 있는 가운데 비교적 몸집이 큰 갈돔류를 비롯하여 천사고기류, 얼게비늘류, 놀래기류, 파랑돔류, 자리돔류 등 관상어를 포함한 다양한 어종들이 서식하고 있었는데 외해에 면한 직벽보다는 이러한 얕은 연안에서 소형 관상어 채집이 더 용이할 것으로 판단되었다. 따라서 어항으로는 이번 조사 정점에서의 관상어의 대량 채집에는 어려움이 따를 것으로 예상되어, 앞으로 조간대를 포함한 연안 항 포구 등 비교적 채집 작업이 용이한 곳에서의 후리, 들망, 통발, 마취 등 여러 가지 방법에 의한 소형어 채집 도구 및 방법에 대한 연구가 필요하리라 생각되었다.

3-2-6. 마이크로네시아 해역의 지형적 특성에 따른 수산어류 분포

Table 3-2-6. Distribution of commercial fish depend on bottom topography in Micronesia

Habitat topography	Fish species	Remarks
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. in spawning season
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.	Feeding ground
2 ~ 20m depth, flat sand - grovel bottom, inside of atoll	Mullidae, Pomacentridae, Labroidae, Gobidae  <i>Naso</i> spp. <i>Scarus</i> spp.	Feeding ground, Nursing ground
2-5m depth Shallow grass bed and sand bottom	Labridae spp. Gobiidae spp. <i>Chaetodon</i> spp. Apogonidae spp.	Nursing ground, Mostly juvenile fish

나. 주요 어종

1). 쥐돔류(*Naso* spp.)

쥐돔과(Family Acanthuridae)에 속하는 종으로 마이크로네시아 전연안에 널리 분포하며 코스레에서는 가장 인기 있는 수산 어종이다. 전장 40cm 이상 자라는 중형종으로 30~40cm급이 많이 채포된다. 영어권에서는 surgeonfish 또는 unicornfish로 불린다(그림 3-2-17-1). 이 무리는 일반적으로 타원형의 측편한 몸에 비늘이 없는 까칠까칠한 피부 갖고 있으며 꼬리자루에 한 쌍 또는 그 이상의 수평의 날카로운 칼 모양 돌기를 가진 것이 특징이다. 코스레에서는 표문쥐치(*Naso unicornis*), *N. annulatus*, *N. vlamingii* 등이, 얍에서는 *N. brevirostris*, *N. vlamingii*, *N. hexacanthus* 등과 소형종인 *Zebrasoma scopas*, *Acanthurus* spp, *Ctenocheilus* spp. 등이 출현한다.

*N. vlamingii*는 마이크로네시아 전해역에서 출현하는 고급 쥐돔류로 일본 남부에서 호주 연안의 대보초(Great Barrier Reef)까지 널리 분포하는 종으로 다른 쥐돔류와 달리 전 두부가 빨처럼 길게 돌출되지는 않는 것이 외형적 특징이다. 체색은 전체적으로 등 쪽에는 보라색 점, 배 쪽에는 보라색 가로 줄무늬가 발달해 있는 것이 특징이고 주둥이가 앞으로 조금 돌출해 있으나 쥐돔류인 *Bignose unicornfish*, 표문쥐치나 및 *N. annulatus* 처럼 빨처럼 길게 돌출되지는 않은 것이 형태적 특징이다.

이 종은 요리 시 독특한 냄새가 나는 내장만 터뜨리지 않도록 조심하면 살이 쫄깃쫄깃하고 맛이 담백하여 국내 들돔과 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.

## 2). *Scarus* spp. (파랑비늘돔류)

파랑비늘돔류는 파랑비늘돔과(Family Scaridae)에 속하는 종으로 놀래기류로부터 진화한 종으로 체형, 체색 등 놀래기들이 갖고 있는 특징을 많이 갖고 있는 편이지만 이빨, 소화관의 형태 및 먹이는 차이가 있다. 일부 체색이 독특한 *Scarus bleekeri*, *S. schlegeli*, *S. sordidus*를 제외하고는 종 수준까지 동정이 매우 어려운 종이다. 체측의 비늘은 크고 둥근비늘로 연한 편이며 옆줄 위에 22~25개의 비늘을 가진다, 대부분의 비늘돔류는 산호초 위의 해조, 해초류를 잡아먹는데 일부 종들은 살아있는 산호를 먹기도 한다. 영명 Parrot fish는 이들 종이 공통적으로 가지고 있는 독특한 앞니(beak-like teeth) 때문에 붙여진 것이다. 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 주간 에 크게 무리 지어 살며 종종 다른 종끼리도 무리 짓는다. 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.

마이크로네시아에서 가장 풍부하게 분포하는 종류로 약 32종이 서식하는데 말려서 저장하여 먹기도 한다. 살이 희고 담백하지만 횡감으로는 살이 연한 편으로 시장에 많이 출하된다(그림 3-2-17-2).



### 3). 나폴레옹피시(*Cheilinus undulatus*)

파랑비늘돔과 유사한 무리인 놀래기과(Family Labridae)에 속하는 대형어종으로 남서태평양의 산호초역에서 만날 수 있는 가장 큰 어종의 하나이다. 체장 2.3m, 체중은 190kg에 달하는 초대형 개체가 체포된 적도 있으며, 통상 1m 정도의 개체는 종종 체포된다(그림 3-2-17-3). 수심 2~60m인 외해에 면한 산호초나 수로에서 단독 생활을 한다. 종종 야간의 휴식을 위하여 자신의 굴집을 가지기도 한다. 갑각류, 불가사리 등 다양한 무척추동물을 먹고 살며 두꺼운 입술과 이빨로 성게나 고둥류를 깨어 먹기도 한다. 자연 상태에서는 다가가기 힘들지만 해양공원과 같이 창질이 금지된 해역에서는 사람과 가까이 지내기도 한다.

맛이 좋아 남서태평양이나 홍콩 등지의 어시장이나 식당에서 고가로 거래되고 있어 자원의 남획이 우려되는 종으로 인도네시아 등지에서는 현재 양식 실험이 이루어지고 있는 종이기도 하다.

### 4). 통돔과(Lutjanidae)

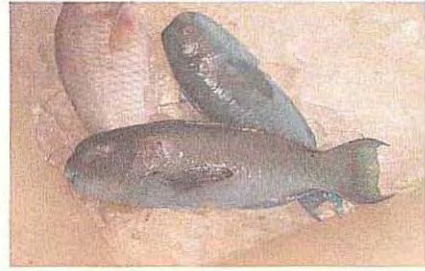
남서태평양에서 snapper로 일반명이 붙여진 돔류의 일종으로 우리나라에도 무늬통돔, 물통돔, 동갈통돔 등이 서식하여 우리에게 친근감을 줄 수 있는 어종이다. 하나의 등지느러미, 큰빗비늘, 양턱에 발달된 큰 송곳니, 새개골에 가시가 없는 점 등이 특징이다. 대부분 갑각류를 먹고살지만 어류나 플랑크톤을 먹기도 한다. 마이크로네시아 해역에는 4개의 아과(Etelinae, Paradicichthynae, Apsilinae, Lutjaninae)가 알려져 있다. 이 중 수산어종을 포함하는 Lutjaninae에는 *Macolor*속에 2종, *Lutjanus*속에 13종을 포함한다.

무늬통돔(*Lutjanus monostignus*)은 마이크로네시아 연안에 넓게 분포하는 종으로 포구의 안쪽에서 어린 개체들이 수 마리씩 헤엄치는 것을 종종 발견할 수 있다. 몸 뒤쪽에 검은 있는 것이 특징이며 우리나라 제주해역에도 분포한다. 우리나라에도 서식이 확인된 종으로 노랑색의 아름다운 체색에 옆구리의 갈색 타원형 점이 특징이며 살이 희고 담백한 맛이 일품이다(그림 3-2-17-4).

*Lutjanus semicinctus*는 낚시로 많이 잡히는 종이다. 영명 half-bared snapper는 체측 등 쪽에만 비스듬한 검정색 가로막대무늬가 7개 있는 것을 상징하고 있다. 노랑색 바탕에 검은색 막대 무늬와 미병부의 대형 검은색 반점이 이종의 특징이다. 초호와 외해에 면한 산호초 수심 30~40m 범위에 많이 서식하기 때문에 잠수관찰에서 발견하기 어려운 종이다.



1. 쥐돔류(*Naso annulatus*).  
1. Unicorn fish (*Naso annulatus*).



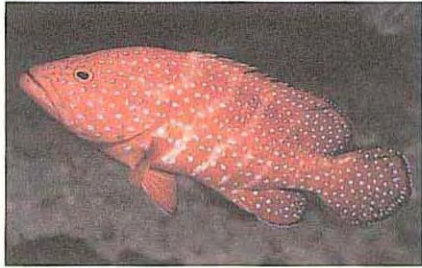
2. 파랑비늘돔류(*Scarus* sp.).  
2. Parrot fish (*Scarus* sp.).



3. 나폴레온피시(*Cheilinus undulatus*).  
3. Napoleon fish (*Cheilinus undulatus*).



4. 무늬통돔(*Lutjanus monostignus*).  
4. Snapper (*Lutjanus monostignus*).



5. 능성어류(*Cephalopholis miniata*).  
5. Grouper (*Cephalopholis miniata*).



6. 대왕쥐가오리(*Manta birostris*).  
6. Manta ray (*Manta birostris*).



7. 흰동가리류와 셋별돔.  
7. Anemone and damselfish.



8. 무태장어(*Anguilla marmorata*).  
8. Marble eel (*Anguilla marmorata*).

그림 3-2-17. 마이크로네시아에 출현하는 수산어종.

Fig. 3-2-17. Fisheries species of reef fish in Micronesia.

*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 떼를 지어 몰려드는 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.

*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.

##### 5). 갈돔과(Lethrinidae)

영명으로 Emperors라 부르는 종류도 우리나라의 돔류류(snapper)와 외형상 매우 닮은 종이다. 두부를 자세하게 관찰하면 외관상으로는 위턱을 구성하는 악골(maxillary)이 보이지 않고 전상악골(premaxillary)만 보이는 것으로 돔류와 구분된다. 위턱에는 송곳니가 발달하고 입술이 두꺼운 것이 특징이다. 강한 이빨로 껍질이 단단한 갑각류나 어류를 먹고 대부분 야행성이지만 주간에도 먹이를 먹는다. 이 종류에는 *Gymnocanius* 속 3종과 *Lutrinus* 속 13종 및 *Monotaxis* 속 *Gnathodentex* 속 *Wattsia* 속이 있다.

*Monotaxis grandoculus*는 big eye emperor란 이름에서 알 수 있듯이 눈이 매우 큰 종이고 머리 앞부분의 경사가 큰 종이다. 약 60cm까지 자라는 중형 종으로 체측에는 희색 가로띠로 붉은 검은 색 띠무늬가 있는 것처럼 보이지만 성체가 되면 몸 전체가 은백색을 띠게 된다. 이 종은 모래바닥이나 외해로 뚫린 산호초 수로의 표층에서 수심 100m까지 서식한다. 갑각류, 연체동물 및 성게 등을 먹고사는 종으로 야행성이 강하다. 홍해, 하와이 연안, 일본 류우큐우 열도, 뉴칼레도니아에서 마이크로네시아까지 비교적 풍부하게 서식한다.

## 6). 바리과(Serranidae)

일반적으로 grouper라 불리며 열대해역에 서식하는 어종 중에서는 가장 고급 어종이 속하는 무리이다. 입이 크며 종에 따라서는 전장 3m까지 성장한다. 연안에서 수심 200m에 이르기까지 널리 분포하며 갑각류나 어류를 먹고사는 육식성어류이다. 국내에서는 제주도의 자바리(지방명 다금바리)와 남해역의 붉바리, 능성어가 본 무리에 포함된다.

마이크로네시아에는 *Epinephelus* 속, *Cephalopholis* 속, *Plectropomus* 속, *Saloptia* 속, *Variola* 속, *Gracila* 속 등 9개 속이 분포하는데 이 중 *Epinephelus* 속, *Cephalopholis* 속 및 *Plectropomus* 속이 많이 분포한다. *Epinephelus* 속은 등지느러미 가지수가 11개인 점이 다른 속의 어종들(*Plectropomus*, *Saloptia*: 7~8개; *Gracila*: 9개)과 구분된다(그림 3-2-17-5).

*Epinephelus polyphkadion*은 마이크로네시아에서 가장 많이 잡히는 바리류이며, *E. micodon*은 몸 전체가 옅은 녹색을 띠면서 짙은 흑갈색 갈색 경사진 무늬가 발달하고 흰점이 산재해 있어 국내 제주도 연안에 서식하는 자바리와 유사한 외형을 가진 종으로 고급 식당에 주로 납품된다. 이 종은 이다. 30~40m 수심의 직벽을 수 십 마리씩 무리 지어 이동한다.

*Cephalopholis miniata*는 영어권에서 coral grouper로 부르는 종으로서 전장은 30cm 전후가 흔하여 바리류로는 중형급이라 할 수 있다. 환초와 외해를 연결하는 수로와 산호초 밖의 깨끗한 해역의 수심 3~150m에 서식한다. 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 수중 조사시에는 작은 청자주 빛갈의 점과 꼬리 부분의 3, 4개의 옅은 가로띠로 식별할 수 있었다. 산호가 잘 발달한 곳이나 깨끗한 1~40m 수층에 주로 서식한다.

*Plectropomus oligacanthus*는 blue-lined coral trout로 불리는 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 이종은 직벽에서 약 1m 정도 떠 있는 상태로 유영하는 습성을 보였다.

바리류는 국제적으로도 이미 알려져 홍콩, 호주, 말레이시아 시장에서 활어로 유통되고 있으며 대체로 US\$20~80/kg의 고가로 유통되고 있다(한해연 2002). 외형상 제주도의 자바리와 매우 유사한 일부 종은 이미 국내 제주도 활어시장에 수입되어 유통되고 있다, 따

라서 지금까지 연안 조사에서 확인되고 있는 일부 열대 아열대 어종들(고유봉 외 1991, 백문하 1980, 1982, Kim and Lee 1994, Kim *et al.* 1994, 한해연 1995, Myoung 1997, 명 1997)과 함께 수입되는 남방종에 대한 조사가 필요하리라 생각되며 나아가 현재 추진 중인 마이크로네시아를 포함한 남서 태평양 해역의 해양생물 자원에 대한 조사 자료를 축적해 두는 것은 앞으로의 이 분야 산업 발전 방향에 따라 그 이용도가 점차 크질 것으로 생각된다.

#### 7). 대왕귀가오리(*Manta birostris*)

얕의 수로에서 종종 만날 수 있으며, 축초호에도 분포하는 대형 가오리류로 대형종으로 체폭은 최대 6.7m, 체중은 1.4톤에 이른다(그림 3-2-17-6). 홍해에서 마이크로네시아를 거쳐 하와이까지 널리 분포하며, 우리나라 제주 연안에서도 드물게 관찰되기도 한다. 단독생활을 하거나 3~4 마리의 작은 그룹으로 모여 다니며 초호나 외해를 향한 수로의 중상층에서 서식한다. 먹이로는 주로 동물성 플랑크톤을 먹으며 소형물고기도 먹는다. 독은 없지만 식용이기 보다는 관광용 어종으로 дай버들에게 인기가 높다.

#### 8). 관상어류

사실상 산호를 포함하여 산초호를 기반으로 서식하는 모든 생물은 관광용으로 중요한 종들이다. 남태평양은 많은 산초초의 발달로 인해 이러한 관상어들이 풍부하다. 그 가치를 평가할 때 1kg의 식용어는 US\$6인 반면 관상어 1kg은 약 US\$500에 거래되고 있다. 남태평양 도서국에서의 관상어는 매우 중요한 수입원이다. 최근의 자료를 보면 피지가 US\$178,000, 마셜공화국이 US\$473,000, 바누아투가 US\$16,500, 쿡이 US\$73,500, 그리고 키리바시가 US\$1,160,000의 부가가치를 관상어로 창출하고 있으며, 마셜공화국이나 키리바시에서는 총 수산수출의 78%와 95%를 관상어가 차지하고 있다.

남태평양 도서국가에서는 약 20년 전부터 상어 열대어자원개발이 본격적으로 시작되었지만 아직 마이크로네시아에는 본격적인 관상어 체포 및 송출 시장이 개척되어 있지 못하다. 대부분의 관상어종들은 식용으로는 이용되지 않기 때문에 생계형 어업과 마찰 없는 새로운 수산어종으로 개발 전망이 매우 밝다.

마이크로네시아에서 가장 중요한 대상어종은 역시 이미 잘 개발되어 시장이 형성되어 있는 나비고기류(butterfly fish, Chaetodontidae), 자리돔류(damsel fish, Pomacentridae), 양귀돔류(surgeonfish, Acanthuridae), 청줄돔류(angelfish, Pomacanthidae) 등에 속하는

무리이다(그림 3-2-17-7).

마이크로네시아 해역에 분포하는 산호초 역시 아름다운 관상어의 주요 보고이다. 흰동가리류, 나비고기류, 자리돔류 및 금강바리류, 흰동가리류 (*Amphiprion* spp.)나 자리돔류 중에서 푸른빛을 띤 *Chromis viridis* 를 비롯하여 모양과 색깔이 화려한 금강바리류(*Pseudanthias* spp.) 깃대돔류인 *Zanclus cornutus*도 10여종의 나비고기류가 서식하고 있었으며 관상어로서는 베도라치류의 일종인 *Meiacanthus atrodorsalis*, *Nemateleotris magnifica*와 *Ptereleotris evides*의 서식이 확인되었다.

#### Amphiprion spp. (흰동가리류):

흰동가리류는 말미잘이나 *Gorgonia* 속의 연산호에 공생하는 것으로 잘 알려진 무리로서 관상어로 가정에서 많이 사육되고 있다. 흰동가리류는 말미잘 또는 *Gorgonia*에 암컷과 복수의 수컷 그리고 치어로 일종의 가족을 구성하여 생활한다. 암컷이 가장 크고, 나이가 많은데, 암컷이 죽거나, 사라지면, 수컷 중 가장 큰 수컷이 암컷으로 성전환하여 생활하며, 산란까지 한다. 선명한 체색과 특이한 행동으로 인해 관상어로 인기가 높은 종이다.

적도를 중심으로 태평양, 인도양, 홍해 등지의 최저 수온이 13℃ 이상인 곳에 서식하는 것으로 알려져 있는데 우리나라에는 제주도 연안에서 *Amphiprion clarkii* 가 서식한다. 폰페이 조사에서는 3종(*Amphiprion clarkii*, *A. melanopus*, *A. perideraion*) 이 발견되었다.

#### 9). 무태장어

마이크로네시아 각 섬의 하천에는 수종의 담수어류가 살고 있다. 특히 코스레, 폰페이 및 축에는 우리나라 천연 기념물인 무태장어(*Anguilla marmorata*)가 많이 서식하고 있다(그림 3-2-17-8).

무태장어는 뱀장어과(Family Anguillidae)에 속하는 종으로 주로 중국 남부, 대만, 일본, 필리핀, 남서부 태평양 제도, 인도네시아, 아프리카 동부에 이르기까지 널리 분포하는 아열대, 열대성 어종으로 우리나라에서는 경상남북도, 전라남도, 제주도 일부 지역에서 서식이 확인된바 있으나 매우 희소하다. 제주도 서귀포 천지연 폭포에서 서식하는 무태장어는 천연기념물 27호로 그외 전국에 분포하는 것들은 천연기념물 258호로 지정되어 있다.

영명은 Giant long-finned eel, Marbled eel 등으로 불리 우며 일본에서는 몸집이 큰

대형종이라 하여 오오우나기(オオウナギ)라 불리 운다. 우리나라에서는 몸에 검은 얼룩무늬가 있다하여 얼룩뱀장어, 점박이장어 등의 지방명을 가지고 있다. 지방명에서 알 수 있듯이 이 종의 체색은 등쪽이 황갈색, 녹갈색, 배쪽은 흰색이며 체측에 얼룩덜룩한 검은 색 무늬가 있는 점으로 뱀장어와 쉽게 구분할 수 있으며 뱀장어의 주둥이가 뽀족한 데 비하여 이 종의 주둥이는 뿔뿔한 것이 특징이다. 크기는 1.5~2m로 대형급에 속한다.

육식성으로 물의 흐름이 있는 하천에 서식하며 탐식성이 강하여 큰 개체가 작은 개체를 잡아먹기도 한다. 코스레주의 내륙 하천 어류 조사시 관찰된 바에 의하면 이 종은 나무 등결이나 나무 가지가 늘어져 있는 작은 소의 그늘진 곳, 바위 아래나 주변에 주로 머물고 있었으며 낮에도 먹이만 있으면 30~50cm의 얕은 수심까지 나와 먹이를 쫓고 먹이로는 어육, 돼지고기, 닭고기 등 육식이면 가리지 않고 덤벼드는 강한 탐식성을 나타내었다.

우리나라에서 최근 이 종이 체포되었거나 관찰된 기록이 없기 때문에 거의 멸종되었을 것으로 판단되기 때문에 본종의 회복은 생태학적 측면에서 뿐만이 아니라 국민 교육적인 측면에서도 중요하다. 따라서 본종의 분포 및 번식생태에 관한 연구가 필요하리라 판단된다.

### 제 3 절. 마린바이오 소재생물

해양생물을 대상으로 자원개발은 지금까지 주로 단백질원 획득에 그 목적을 두고 진행하여 왔으며, 수산자원의 개념에서 그 생산성 향상 및 자원가능성 연구에 초점을 두고 있었다. 1970년대 이후 발전하기 시작한 생명 공학적 연구 방식은 생물의 기능적 특성을 고려한 기능성 신물질(생리활성물질, 천연물) 개발을 위한 연구가 점차 확대되었다. 해양 특히 열대해양 기원의 신물질은 그 자체로서 중요성을 가질 뿐 아니라 이들이 가지고 있는 기능을 이용한 화학, 의·약학, 생명공학 등 관련분야에의 응용도가 높기 때문에 막대한 부가가치를 창출할 수 있다.

해양천연물화학의 중요성을 인식한 선진국에서는 이 분야를 21세기 생명공학분야의 중점분야로 선정하고, 해양생물을 대상으로 한 분류학적 근거의 생물다양성 연구를 토대로 이제는 생태학적 기능을 파악한 생화학적 연구에 많은 노력을 기울였다. 해양생물로부터 생리활성물질 추출은 전처리과정과 분석과정에서 매우 지루할 정도의 시간 사용과 경비산출이 이루어지므로, 지속적이고, 단순한 분석의 연속이다. 주로 화학적, 분광학적 방법을 통하여, 항미생물, 세포독성, 항산화, RNA 절단 등의 활성도를 통하여 선택하게 된다. 그러나 생화학적 합성물질의 발견은 인간생활에 있어 그 가치가 매우 높은 상업적 생산물로 인정받게 된다. 지금까지 해양생물을 대상으로 한 대사물질 연구는 이미 14,000여종에 대한 분석이 이루어 졌다 (Faulkner 2001, 2002). 그러나 기기의 발달과 분석방식의 변화는 기존에 물질 추출을 이루어내지 못한 생물에서도 새로운 활성물질이 발견되기도 하여, 지속적인 모니터링과 분석이 요구되는 부분이다.

우리나라의 경우 1990년대부터 해양생물로부터의 생리활성물질 추출 연구가 시작되면서, 국내 서식하는 해면류나 산호류로부터 물질 추출 연구가 진행되었다. 그러나 국내 서식생물의 경우 열대해역 생물보다 생물 활성도가 떨어져서, 물질 생산능력이 현저히 적은 것으로 나타나고 있다. 따라서 적은 생물량으로 포괄적인 물질 추출을 위하여 괌 대학 등과 연계하여 1998년 까지 31종을 대상으로 49종의 물질을 분리하였다. 이렇게 분리된 물질은 주로 독성, 효소저해, 항박테리아, 소염, 항진균의 효과를 가진 물질 등으로 나타났다(한해연 1998). 2000년 이후 한국해양연구원은 마이크로네시아 측주에 한·남태평양 해양연구센터를 설치하면서, 열대생물에 대한 접근과 연구 다양성을 가지게 되었으며, 2002년 이후 생물다양성 연구와 병행하여, 생리활성물질 탐색 연구를 수행하고 있다.

해양생물의 경우 해수라고 하는 염분농도가 높은 폐쇄된 환경에 산다는 것, 수심에 따라 상당히 높은 수압에 적응하는 것, 대신 온도변화에 민감성이 적은 것, 체표면의 많은 부분이 바깥으로 노출되어 있는 것 등 대기환경과는 독특한 서식 조건을 가지고 있다. 이



러한 특이한 환경은 조건에 따라 다양한 대사 구조를 가지게 되며, 다양한 생물활성이나 심지어 방어를 위한 독성을 지니게 된다. 생리활성물질은 다양한 의미의 화학구조를 나타낸 물질을 포괄적으로 설명하고 있다. 예를 들면, 병원균이나 바이러스에 작용하여, 그 성장을 억제하는 물질, 생물의 생리기능이나 생태계 제어에 중요한 역할을 담당하는 생리활성물질이나 생태화학물질, 방어나 섭이행동에서 여러 가지 약리작용을 나타내는 약리활성물질, 각종 종양세포의 증식을 억제하는 항종양활성물질 등 여러 가지 이며, 이들은 이미 오래전부터 인간에게 유용한 물질로서 이용되고 있다(Faulkner 2001). 한 예로, 해인초(홍조류의 일종)의 경우 구충성분인 카이닌산(Kainic acid) 추출, 갯지렁이로부터 추출된 네라이스톡신(Nereistoxin)은 잘 알려진 농약인 카타프(Cartap)로 개발되었으며, 해삼류의 생식선에서 추출한 홀로톡신(Holotoxin)의 경우 항백선균 성분을 가지고 있어, 무좀치료약으로 개발되어 사용하고 있다. 현재까지 해양생물유래 신물질로 상품화 된 것은 전술한 종료 이외에도 과편모류에서 추출한 브레베톡신(Brevetoxin)과 싸티톡신(Saxitoxin), 해면류에서 추출한 오키다익산(Okadaic acid), 마노아리이드(Manoalide), 칼리큐린(Calyculin) 등이 있으며, 대부분 1 $\mu$ g 단위에 미화 100불 이상을 호가하고 있다(표 3-2-1).

표 3-3-1. 해양생물유래 신물질 및 판매가격

Table 3-3-1. Unit price of bioactive compounds from marine organisms

Origin	Name	Unit	Unit price(US\$)	Remark
Algae	Kainic Acid	100mg	49	구충제
	Domic acid	1mg	153	기억상실증 독
Dinoflagellate	Brevetoxin	10 $\mu$ g	135	신경성 독
	Saxitoxin	10 $\mu$ g	98	마비성 독
Soft coral	Palytoxin	10 $\mu$ g	165	극독물
Sponge	Okadaic acid	1 $\mu$ g	128	설사성 독
	Manoalide	1 $\mu$ g	120	소염작용
	Calyculin	10 $\mu$ g	122	항암제
Sea cucumber	Holothurin	10mg	48	항진균제
Puffer	Tetrodotxin	1mg	200	신경성 독

열대 산호초는 전 세계 어류의 30% 이상 및 약100만종의 무척추동물이 서식하는 가장 생물다양성이 높은 생태계이자 생리활성물질의 보고이다. 자포동물인 산호를 중심으로 생태학적 조화를 유지하는데 있어 각각의 해양생물이 생산하는 화학물질은 매우 중요한 생존전략의 한 방법이다. 따라서 생리활성물질 연구의 50%는 산호초에 서식하는 해면동물이나 강장동물 등 분자구조가 단순한 동물을 대상으로 하고 있다. 오끼나와의 산호초에 서식종을 대상으로 하는 세포독성시험(cytotoxicity test) 결과 50% 이상의 종에서 해로운 세포를 죽일 수 있는 세포독성물질이 발견되었으며, 태선충에서 추출되는 생물독성물질인 브라이오타틴-1(Bryostatin-1)은 미래의 항암제로 각광을 받고 있다(Tatsda 1997).

생리활성물질은 주로 섭이행동이나 방어행동을 위하여 생산되고 있다. 섭이활동물질 중 초식성 무척추동물은 해조류의 섬유질을 찾거나 녹이는데 필요한 에스테르성 계통 물질이나 구성지방산을 가지고 있다. 포식성 권패류나 불가사리류는 동물성 단백질 분해물질을 가지고 있으며 젖산이나 요소 등을 탐색하는 감각기관을 유지하기 위한 물질을 가지고 있다. 방어행동물질을 분비하는 대표적 생물은 해면류이다. 해면류는 박테리아나 곰팡이의 서식을 저지하는 물질을 분비하며, 갯민숭달팽이류 등 해면을 먹는 생물로부터 보호받기 위해 Aerothinin, Homo-aerothinin 등 맛이 없거나 냄새가 고약한 물질을 방출하기도 한다(홍과 전 1995).

식물도 화학물질을 분비하여 초식자로부터 자기를 방어한다. 마이크로네시아 해역에서 흔하게 관찰되는 해조류인 *Halimeda* spp. 는 초식자의 공격을 받으면 일종의 화학물질을 내뿜어 더 이상 먹히는 것을 방지한다고 알려져 있다. 해파리의 표면에 서식하는 박테리아에서 분리한 살리나마이드-A(Salinamide A)는 소염작용을 하여 관절염의 치료제로 각광을 받기도 한다.

## 1. 생리활성물질 추출 대상생물

### 가. 해면류

마이크로네시아 산호초 해역에서 기재된 해면류는 총 54종으로 나타났다. 이 들 종은 주로 수면에서 수심 30m 까지 조사한 결과로 54종 이외에 12종은 과(Family)수준의 동정이 이루어져 약 64종의 해면이 서식하는 것으로 나타났으며, 이 중 2004년까지 31종에 대하여 생리활성물질 탐색연구가 수행되었으며, 23종이 해면류에서 28개의 생리활성물질이 추출되었다(표 3-3-2). *Acanathella cavernosa*에서는 Kalihinol ( $C_{22}H_{33}N_3O_2$ )이 분리되었으며 *Dysidea avara*에서는 Avarol ( $C_{22}H_{31}NO_2$ )이 분리되었다. 아직 분자구조만 밝히고,

표 3-3-2. 마이크로네시아에 서식하는 해면류 목록과 물질 분석 연구사례

Table 3-3-2. List of sponges distributed in Micronesia and screened bioactive compounds

No.	Species	Materials	Structure	Published
1	<i>Aaptos</i> sp.		C <sub>20</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	1983
2	<i>Acanthella cavernosa</i>	Kalihinol	C <sub>22</sub> H <sub>33</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	1988
3	<i>Acanthella</i> sp.	Kalihinol	C <sub>22</sub> H <sub>33</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	1984
4	<i>Acanthochaetetes wellsi</i>			
5	<i>Adocia</i> sp.		C <sub>21</sub> H <sub>31</sub> N	1980
			C <sub>22</sub> H <sub>32</sub> N <sub>2</sub>	1980
6	<i>Adocia viola</i>			
7	<i>Agelas clathrodes</i>	Clathrodin	C <sub>11</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O	1991
8	<i>Aka coralliphagum</i>	Akaol	C <sub>23</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	2003
		Siphonodictyol	C <sub>22</sub> H <sub>31</sub> NaO <sub>6</sub> S	2003
9	<i>Amphimedon viridis</i>	Amphicerebroside	C <sub>48</sub> H <sub>94</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	1989
		Halicerebroside	C <sub>47</sub> H <sub>94</sub> N <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	1989
10	<i>Ancorina acervus</i>	Ancironosid		1997
11	<i>Aplysilla</i> sp.	N.C.		1991
12	<i>Arenosclera psammochera</i>			
13	<i>Axinella proliferans</i>		C <sub>27</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	18996
14	<i>Axinella</i> sp.	N.C.		1985
15	<i>Axinyssa</i> sp.	Axinysterol	C <sub>28</sub> H <sub>42</sub> O <sub>3</sub>	1995
16	<i>Batzella</i> sp.	Batzelline	C <sub>12</sub> H <sub>11</sub> ClN <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S	1989
17	<i>Callyspongia</i> sp.	N.C.		1985
18	<i>Chelonaplysilla</i> sp.	Chelonapsin	C <sub>22</sub> H <sub>32</sub> O <sub>5</sub>	1991
19	<i>Clathria basilana</i>	Clathryimine		1996
20	<i>Clathria mima</i>			
21	<i>Clathria plinthina</i>			
22	<i>Clathria vulpina</i>			
23	<i>Craniella abracadabra</i>			
24	<i>Crella calypta</i>			
25	<i>Cribochalina</i> sp.	N.C.		1976
26	<i>Cymbastella marshae</i>			
27	<i>Dactylospongia elegans</i>	Smenospongiarine	C <sub>29</sub> H <sub>37</sub> NO <sub>3</sub>	1992
28	<i>Desmacella lampra</i>			
29	<i>Dorypleres splendens</i>			
30	<i>Dysidea avara</i>	Avarol	C <sub>22</sub> H <sub>31</sub> NO <sub>2</sub>	1982
31	<i>Dysidea granulosa</i>	Not identified		1994

표 3-3-2. 계속

Table 3-3-2. Continued

No.	Species	Materials	Structure	Published
32	<i>Haliclona coerulescens</i>			
33	<i>Halisarca</i> sp.	Not identified		1991
34	<i>Hippospongia amata</i>	Hymenamamide		1999
35	<i>Hippospongia metachromia</i>	Ilimaquinone	C <sub>22</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	1979
36	<i>Hymeniacion</i> sp.			
37	<i>Hyrtios erecta</i>	Hyrtial	C <sub>26</sub> H <sub>40</sub> O <sub>3</sub>	1985
		Scalarial		1985
		Scalarino		1985
38	<i>Hyrtios mela</i>			
39	<i>Ircinia ramosa</i>	Palinurin	C <sub>25</sub> H <sub>40</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	1986
40	<i>Katiba milnei</i>			
41	<i>Luffariella</i> sp.	Luffariellolide	C <sub>25</sub> H <sub>38</sub> O <sub>3</sub>	1987
42	<i>Mekioderma granulata</i>			
43	<i>Monanchora</i> sp.	Axinohydantoin		1995
44	<i>Nara nematifera</i>			
45	<i>Paratetilla lipotriaenosa</i>			
46	<i>Pericharax heterhaphis</i>	Not identified		1978
47	<i>Pseudoceratina</i> sp.	Not identified		1991
48	<i>Rhabdastrella pleopora</i>			
49	<i>Spheciospongia</i> sp.	Papakusterol	C <sub>27</sub> H <sub>44</sub> O	1992
50	<i>Stylissa flabelliformis</i>			
51	<i>Stylotella aurantium</i>	Stylostatin	C <sub>36</sub> H <sub>54</sub> N <sub>8</sub> O <sub>9</sub>	1992
52	<i>Tethya</i> sp.	Not identified		1987
53	<i>Thorectandra</i> sp.	Luffarin	C <sub>27</sub> H <sub>40</sub> O <sub>5</sub>	2002
		Palauolide	C <sub>25</sub> H <sub>38</sub> O <sub>5</sub>	2002
		Thorectandrol	C <sub>25</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	2002
54	<i>Xestospongia exigua</i>	Xestospongin	C <sub>28</sub> H <sub>50</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1983

성분이 명명되지 않은 물질도 4개이다. 나머지 8종의 경우 물질분석이 이루어 졌으나 의미 있는 생리활성물질을 발견하지 못하였다. 이들 연구 중 축에서 채집된 시료를 바탕으로 생리활성물질을 추출한 사례는 4종이며, 대부분 팔라우, 호주 대보초 등에서 시료를

채집하였다.

한편 호주에서는 1978년 *Pericharax heterhaphis*에서 생리활성물질 추출에 실패하였으나, 2004년 해양연구원 조사에서는 산화성 물질 1종이 추출되었다. 따라서 이미 타 연구자에 의하여 생리활성물질 검색을 마친 경우에도 분석 방법이나, 물질의 기능적 특성을 감안한다면 보다 심도 있는 연구가 필요하다고 생각된다. 또한, 해면류는 동일종일 경우에도 서식환경, 채집시기 및 성장단계에 따라 다른 생리활성물질을 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있어 연구 대상생물의 선별과 함께 해당생물의 서식환경, 생태 등의 생물학적 정보수집도 중요한 과제이다.

#### 나. 강장동물

강장동물 중 경산호류는 폴립 주변에서 생리활성물질이 추출되는 것으로 알려져 있으나 경산호의 골격조직 구조상 다른 생물군에 비하여 생리활성물질 연구대상 종이 적어 몇몇 종류의 물질만 추출되고 있다. 1980년대 이전에 추출된 생리활성물질은 경산호 자체에서 분리되었기 보다는 산호의 폴립이나 촉수 주변에 서식하는 다량의 미생물들이 분비하는 물질에서 분리된 것으로 알려져 있다.

마이크로네시아에서는 36종의 경산호류가 동정되었으며 1990년대까지 이중 10여종에 대하여 생리활성물질을 탐색하였지만 아직 뚜렷한 성과가 없다.

현재까지 연구결과를 보면 경산호류는 자체 방어물질이 미약함과 아울러 시료로 사용되는 폴립과 촉수의 분리가 어렵고, 골격조직의 대부분을 차지하는 탄산칼슘 골편(spicule)으로 인하여 효과적인 연구가 어려운 것으로 생각된다. 따라서 경산호의 생리활성물질 탐색은 내부적으로 공생하는 단세포조류와 폴립과 촉수 주변에 서식하는 미생물을 대상으로 한 생리활성물질 연구가 중점적으로 수행되고 있다.

연산호류와 육방산호의 경우 15종이 기재되었다. 연산호류(*Dendronephtha* sp.)의 경우 아직 정확한 종 수준의 동정이 이루어지지 못하고 있다. 기재된 15종중에 6종의 경우 아직까지 생리활성물질 분리를 위한 연구가 수행되지 않은 것으로 나타났으며, 2개종에서는 분석은 실시하였으나 물질이 검색되지 않았고, 9종에서 물질이 검색되어 경산호에 비하여 생리활성물질 탐색비율이 높았다(표 3-3-3).

현재, *Acalycigorgia* sp.에서 분리된 Ginamallene ( $C_{23}H_{30}O_5$ ), *Cladiella* sp.에서 분리된 Cladielin ( $C_{28}H_{34}O_5$ ), *Subergorgia suberosa*에서 분리된 Subergorgic acid ( $C_{15}H_{20}O_3$ ) 등은 상품화가 진행되고 있다. *Dendronephytha* sp.는 팔라우에도 분포하는 종으로 팔라우산에서 Dendronesterol이 분리되었다.

표 3-3-3. 마이크로네시아에 서식하는 연산호류 목록과 물질 분석 연구사례

Table 3-3-3. Liste of coelenterates distributed in Micronesia screened bioactive compounds

No.	Species	Materials	Structure	Published
1	<i>Acalycigorgia</i> sp.	Ginamallene	C <sub>23</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub>	1988
2	<i>Astrogorgia</i> sp.	Astrogorgiadiol		1998
		Calicoferol		1998
3	<i>Bebryce</i> sp.			
4	<i>Carijoa</i> sp.			
5	<i>Cladiella</i> sp.	Cladielin	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>5</sub>	1977
6	<i>Dendronephytha</i> sp.	Dendronesterol	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O <sub>5</sub>	2000
7	<i>Distichopora borealis</i>			
8	<i>Distichopora violacea</i>			
9	<i>Ellisella</i> sp.	N.C.		1994
10	<i>Lophogorgia</i> sp.	Cembranolide		1988
11	<i>Millepora platyphylla</i>	N.C.		2002
12	<i>Millepora tuberosa</i>			
13	<i>Plumigorgia hydroides</i>			
14	<i>Subergorgia suberosa</i>	Subergorgic acid	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	1985
15	<i>Tubipora musica</i>	Elemene	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1982
		Germacrene	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O	1982

## 2. 독성생물 탐색

열대해양에 분포하는 해양생물 중 독성물질을 가지고 있는 생물들은 2가지로 구분된다. 첫째는 포식자로부터 자신을 방어하기 위한 수단으로 독성물질을 가지고 있는 경우이며, 후자는 먹이를 잡아먹기 위한 수단으로 독성물질을 가지고 있는 경우이다. 이 독성물질들이 바로 가능성 신물질 탐색의 주요 대상물이다.

해면류, 산호류, 강장동물류 등 고착성이나 운동성이 적은 저서동물은 방어용 독성물질을 많이 가지고 있다. 포식성 무척추동물 특히 복족류들은 자신보다 빠른 먹이를 잡기 위하여 마비성 독을 사용하는 경우가 많다. 수족관 전시용 혹은 수집용으로 각광을 받는

*Conus* 속 종들은 사람에게도 치명적인 코누스 독(conotoxin)을 가지고 있다. 이 독은 일종의 단백질 펩타이드가 주성분인 마비성 신경독으로 신경통 치료제로 사용할 수도 있다 (Alonsa, D. et. al. 2003). 마이크로네시아를 포함한 남서태평양에 분포하는 *Conus* spp.는 *Conus geographus*, *C. striatus*, *C. textile* 등 약 10여종(Colin and Arneson 1991)이 보고되어 있다(표 3-3-4). 또한 같은 복족류에 속하는 *Cassis coronata*와 *Charonia tritonic*는 극피동물을 포식하는 복족류로 마비성 독을 가지고 있으며 *Ch. tritonic*은 왕관불가사리(*Acanthaster planci*)를 포식하는 유일한 생물이다. 복족류 이외 두족류에 속하는 문어의 일종인 *Hapalochlaena lunlata*는 사람에게도 치명적인 맹독을 가지고 있다.

표 3-3-4. 남서태평양 산호초에 서식하는 독성 무척추동물 목록

Table 3-3-4. List of venomous invertebrates distributed in coral reefs along the Southwest Pacific

Order	Scientific name	Prey	Remark
Gastropoda	<i>Conus victoriae</i>	Gastropoda	Studied
	<i>C. tulipa</i> ,	Gastropoda	Studied
	<i>C. catus</i>	Gastropoda	Studied
	<i>C. megus</i>	Gastropoda	Studied
	<i>C. marmoreus</i>	Gastropoda	Studied
	<i>C. geographus</i>	Gastropoda	Studied
	<i>C. ammiralis</i>	Gastropoda	
	<i>C. circumcissus</i>	Gastropoda	
	<i>C. arenatus</i>	Gastropoda	
	<i>C. auratinus</i>	Gastropoda	
	<i>C. bandanus</i>	Gastropoda	
	<i>C. cardinalis</i>	Gastropoda	
	<i>C. floccatus</i>	Gastropoda	
	<i>C. legatus</i>	Gastropoda	
	<i>C. eburneus</i>	Gastropoda	
	<i>C. imperialis</i>	Gastropoda	
	<i>Cassis coronata</i>	Echinodermata	
	<i>Charonia tritonic</i>	Echinodermata	
	<i>Terebra maculata</i>	Polychaeta	
	<i>T. guttata</i>	Polychaeta	
Cephalopoda	<i>Hapalochlaena lunlata</i>	Fish	

어류의 경우 복어류와 같이 근육조직과 생식소 등에 치명적인 독을 가지는 종류와 독가시치류와 같이 등지느러미가시 및 꼬리지느러미가시에 독성이 있어 가시에 찔릴 경우 극심한 통증을 유발하고 심지어 사망에 이르는 종류들이 있다.

남서태평양 산호초에 서식하는 독어는 약 15종으로 보고되고 있으며, 거북복과(Family Ostraciidae)에 속하는 *Lactoria cornuta*, *L. diaphana*, 노랑거북복(*Ostracion cubicus*), *O. meleagris*, 가시복과(Family Diodontidae)에 속하는 *Diodon liturosus*, *D. punctulatus*, 참복과(Tetraodontidae)에 속하는 흰점꺼끌복(*Arthron hispidus*), 은띠복(*Lagocephalus sceleratus*) 등이 대표적이다(표 3-3-5).

표 3-3-5. 남서태평양 산호초에 서식하는 독어류 목록

Table 3-3-5. Poisonous fish distributed in coral reefs along the Southwest Pacific

Family	Scientific name	English name	Korean name
Ostaciidae (거북복과)	<i>Lactoria cornuta</i>	long-hornrd cowfish	빨복
	<i>L. diaphana</i>	brown cowfish	
	<i>Ostracion cubicus</i>	blue-spotted boxfish	노랑거북복
	<i>O. meleagris</i>	ornate boxfish	
	<i>Strophurichthys robustus</i>	freckled boxfish	
	<i>Tetrosomus reipublicae</i>	smallspine turrer-fish	
	<i>Anoplocarpros lenticularis</i>	white-barred boxfish	
Diodontidae (가시복과)	<i>Diodon liturosus</i>	brown-backed porcupinefish	
	<i>D. punctulatus</i>	three-bar porcupinefish	
Tetraodontidae (참복과)	<i>Arthron hispidus</i>	star-and-stripes toadfish	흰점꺼끌복
	<i>Canthigaster valentini</i>	black-saddle toby	
	<i>C. bennetti</i>	black-spot toby	
	<i>C. solandri</i>	netter toby	
	<i>Lagocephalus sceleratus</i>	Giant toadfish	은띠복
	<i>Tetractenos hamiltoni</i>	common toadfish	
	<i>Marilyna pleurosticta</i>	banded toadfish	



지느러미가시 기저에 독샘이 있는 어류 중 대표적인 것들은 양볼락과(Family Scorpaenidae)에 속하는 어류들이다(표 3-3-6). 돌고기(*Synanceja horrida*) 및 *Scorpaena cardinalis* 등은 산호초 바닥에 몸을 숨기고 서식하는 종으로 등지느러미에 찔리면 강렬한 통증을 유발하며, 응급치료를 받지 못할 경우 의식불명 및 사망에까지 이를 가능성이 있는 맹독을 지니고 있다.

표 3-3-6. 남서태평양 산호초에 서식하는 독침 어류 목록

Table 3-3-6. Venomous fish distributed in coral reefs along the Southwest Pacific

Family name	Scientific name	Common name	Korean name
양볼락과 (Scorpaenidae)	<i>Synanceja horrida</i>	estuarine stonfish	돌고기
	<i>Pterois antennata</i>		솔배감팽
	<i>Pterois volitans</i>	red firefish	점솔배감팽
	<i>Scorpaena cardinalis</i>	red scorpion-cod	
	<i>Inimicus caledonicus</i>	Demon stinger	쭈기미
	<i>Scorpaenodes quamensis</i>	Guam scorponfish	
	<i>Scorpaenopsis diabolus</i>	False stonfish	놀락감팽
	<i>Minous versicolor</i>	Plum-striped waspfish	
	<i>Peristrominous dolosus</i>	Brown carpet fish	
	<i>Parascorpion picta</i>	painted stingfish	
	<i>Neosebastes incisipinnis</i>	red stinger	
	<i>Sebastapistes bynoensis</i>	Coral scorpionfish	
<i>Dentrochirus zebra</i>	dwarf lionfish		
독가시치과 (Siganidae)	<i>Siganus fuscescens</i>	rabbit fish	독가시치
	<i>S. guttatus</i>	golden-lined spinefoot	
	<i>S. doliatus</i>	barred spinefoot	
	<i>S. rivulatus</i>	potted spinefoot	
	<i>S. spinus</i>	black spinefoot	
	<i>S. vulpinus</i>	fox-face	
<i>S. punctatus</i>	golden-spot spinefoot		
Aspitidae	<i>Apistops caloundra</i>	short spined wasp fish	
Tetrarogidae	<i>Centropogon marmoratus</i>	north fortescue	
Dasyatididae	<i>Dasyatis sephen</i>		색가오리

돌고기에서 분리된 스톨뉴스톡신(Stonustoxin)은 혈압강하제, 심장 및 신경계통 질환의 치료제로 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Khoo 2002). 솔배감팽(*Pterois antennata*), 점솔배감팽(*P. volitans*), 놀락감팽(*Scorpaenopsis diabolus*), 쭈기미(*Inimicus caledonicus*) 등은 우리나라에도 출현하는 종이다. 이외 독가시치과(Family Siganidae)에 속하는 독가시치(*Siganus fuscescens*), *S. Siganus guttatus*, *S. doliatus* 등은 찢릴 경우 극렬한 통증을 유발하는 종들이다.

## 제 4 절. 신양식기술 개발

### 1. 종묘배양장 건설

#### 가. 종묘배양장 설계 조건

마이크로네시아에서 양식산업을 정착시키기 위해서는 먼저 어류, 갑각류 및 패류 종묘 생산에 공동으로 사용할 수 있는 종묘배양장을 건설해야 한다. 식물성 먹이생물 배양시설은 모든 해산동물의 종묘생산에 공통으로 필요한 부분이며, 동물성 먹이생물 배양시설은 어류와 갑각류 종묘생산에 필요하다. 또한, 현지의 전력사정과 현지 지원을 위한 기반 조건을 감안할 때 초기 단계에서의 종묘배양장은 대규모 첨단 시설보다는 저비용, 저기술로 운영할 수 있는 간이식 종묘배양 시설이 보다 적합할 것으로 생각된다. 간이 종묘배양장을 바탕으로 현지 양식산업을 시작하고, 점진적으로 현지 양식사업의 규모에 맞추어 시설을 확충 및 첨단화를 도모하는 것이 바람직하다. 이러한 관점에서 마이크로네시아 현지 종묘배양장은 다음의 조건으로 건설한다.

- 종묘배양장의 실내 시설 규모는 200m<sup>2</sup> 내외
- 부지 확보비용과 부지 정리비용을 제외한 순건축비는 \$100,000 이하
- 4명 이내의 소수인력으로 운영
- 양식동물의 초기유생용을 제외한 식물성 먹이는 가능한 한 국내산을 사용하여, 식물성 먹이생물 배양시설 최소화
- 자연적 환경조건 및 레벨에 순응과 조화하고 열대성 폭풍을 감안한 견고성 및 방수성 유지
- 구조방식
  - 지붕구조 : 캔버스식 돔 구조 (4면 개방 가능형)
  - 지붕지지 : H-beam 또는 강제 원통형 기둥
  - 지붕앵커 : 철근 콘크리트
  - 바닥 : 철근콘크리트
  - 수조 : FRP 이동식
  - 배관 PVC
  - 준비실 및 먹이생물 배양실 : 20 feet container 개조

#### 나. 종묘배양장 기본설계

종묘배양장의 시설은 각 종묘생산 단계별 공정에 있어 생산시설의 오염과 질병을 방지함과 동시에 동선을 최소화하여 단위노력을 줄일 수 있도록 배치해야 한다.

종묘배양장은 먹이생물배양실, 친어(모패)관리실, 부화실, 초기유생사육실, 물처리실 등을 설치할 폐쇄 공간과 중간육성용 반폐쇄 공간으로 나뉜다. 종묘배양장은 어류와 갑각류 종묘생산을 고려하여 설계하면, 패류 종묘생산에도 사용할 수 있다.

어류 및 갑각류 종묘배양장은 준비실, 먹이생물배양실, 친어(어미개) 관리수조, 부화수조, 유생사육수조 및 양성수조실로 나뉜다. 패류 종묘생산 시에는 동물성 목이배양실을 부착기 유생 채묘수조로 사용할 수 있다. 특히 거인조개와 트로카스는 부유유생기에 섬이하지 않으므로 배양장 공간을 많이 절약할 수 있다. 종묘생산 시설에서 준비실과 부화수조실은 폐쇄된 공간이며, 나머지는 반폐쇄 공간으로 건설해도 좋다(그림 3-4-1).

종묘배양장의 시설은 각 종묘생산 단계별 공정에 있어 생산시설의 오염과 질병을 방지함과 동시에 동선을 최소화하여 단위노력을 줄일 수 있도록 배치해야 한다.

종묘배양장에서 사용하는 해수는 가능하면 인간 간섭이 배제된 지역에서 취수한다. 주 배양시설은 사육구역과 실험구역(부화조 포함)으로 나누어 두 구역을 완전히 차단하여 자가오염을 최소화 한다. 실험구역은 준비실과 부화수조로 구분한다. 실험구역의 주 출입구는 사육구역의 출입구와 거리를 두고 실험실 전면에 설치하여, 먹이생물 배양실의 환경 변화 및 오염을 최소화 한다.

초기 사업단계에서의 배양장은 장치 사업규모를 확충을 고려하여 충분한 공간을 확보하여 건설한다. 우선적으로 종묘 10만 마리 정도를 수용할 수 있도록 사육수조를 배치하고 사업의 규모에 따라 배양장의 길이를 늘여 증축할 수 있도록 고려하여 건설한다. 기본적인 배치 계획은 전술한 바와 같이 해수의 공급 및 관리가 합리적인 공간을 조성함과 아울러 자연적 환경조건에 순응하여 조화를 이룰 수 있도록 건축해야 한다. 배양장의 규모가 커져도, 기본적 동선을 유지할 수 있도록 고려해야 한다. 배양장의 높이는 4m 내외로 하고 자연광의 조절이 가능하도록 항문은 흑색 여대지 문으로 설치한다. 판넬 조립식으로 건축할 경우는 2중 보온 판넬을 사용하고, 방염처리를 하는 것이 바람직하다.

급, 배수시설은 해수에 부식되지 않는 PVC 재질(고압이 필요한 부분은 스테인레스강)로 하고, 배양장 내의 모든 수조에 충분한 해수가 고르게 공급될 수 있도록 배관의 크기와 수압에 따른 펌프용량을 정해야 한다. 배수로는 가능한 크게 설치하고 구배를 주어 사육수가 원활히 배양장 외부로 배수 될 수 있도록 하되, 각 구역별로 구분하여 배수되게 해야 한다.

종묘배양장에서 사용할 해수 취수를 위한 펌프실과 여과기는 배양장 외측 바다 쪽에 설치한다. 주 배양시설은 사육구역과 실험구역(먹이생물 배양실 포함)으로 나누어 두 구역을 완전히 차단한다. 사육구역은 모패관리실, 부화실, 유생사육실 및 치패사육실로 구분하여 격벽으로 차단하고 별도의 출입문을 설치하여 서로간의 오염을 최소화 한다. 물처리

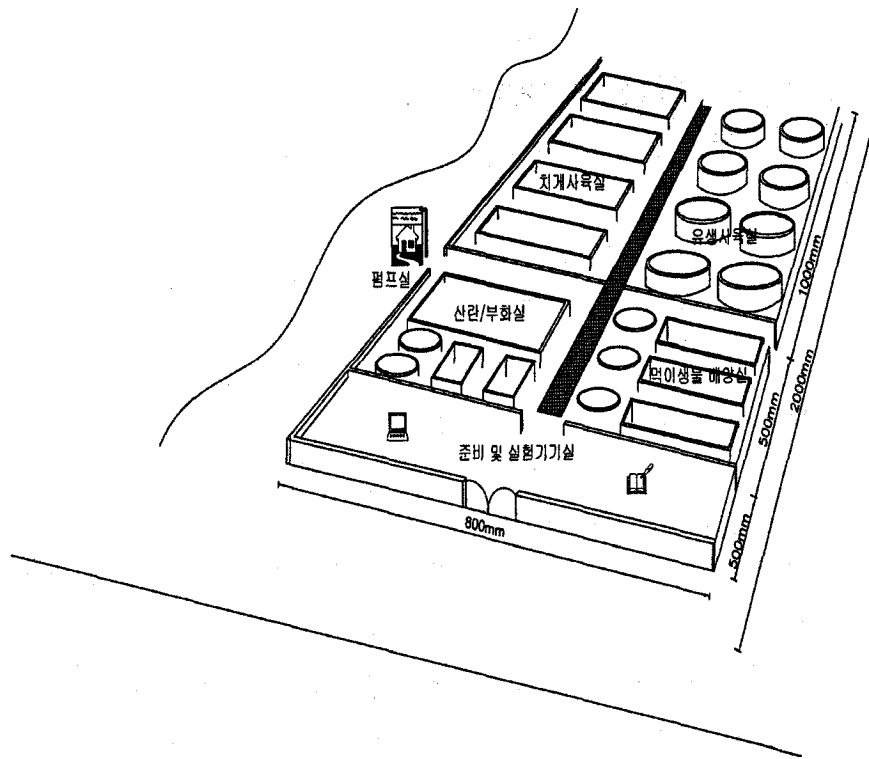


그림 3-4-1. 마이크로네시아를 위한 다목적 종묘배양장 모식도.

Fig. 3-4-1. Schematic drawing of multi-purpose hatchery for Micronesia.

실은 사육구역의 바다 쪽 중간에 설치하여 취수된 물을 곧바로 처리하여 필요에 따라 왼쪽의 부화실, 전면의 모패관리실, 혹은 오른쪽의 치패사육실과 유생사육실로 공급한다. 유생사육실은 채묘 후 치패사육실로 활용한다.

실험구역은 먹이생물 배양실과 실험실로 구분한다. 실험구역의 주 출입구는 사육구역의

출입구와 거리를 두고 실험실 전면에 설치하여, 먹이생물 배양실의 환경변화 및 오염을 최소화 한다. 먹이생물 배양실은 전실과 배양실로 나뉘며, 배양실은 다시 안쪽부터 대량 배양실, 중간배양실, 보존배양실로 나누며 배양실의 각 구역을 완전하게 차단할 필요는 없다. 다만, 전실과 배양실은 문을 달아 차단한다.

변전설비는 취수장치, 여과장치, 공기공급장치, 멸균장치, 각종 조명, 실험기기에 소모되는 전력량을 고려하여 여유를 두고 설계하고 중앙식 제어가 가능하도록 설치하고, 비상전력 공급계획을 수립해야 한다. 관리시설을 제외하고 배양장에 설치된 모든 기기를 동시에 사용할 경우 필요한 설비용량은 약 25kw 정도이지만 모든 기기를 동시에 사용하는 일은 거의 없으며, 순간 최대사용량은 20kw 내외이다. 안전도를 감안할 경우 종묘배양장의 전력설비용량은 30Kw로 하는 것이 바람직하다.

종묘배양장의 초기 소요기기는 표 3-4-1과 같다.

### 1). 펌프실

펌프실은 약 5평 규모로 시멘트 블록 또는 판넬로 배양장에 연결하여 바다에 먼한 쪽에 건설한다. 4방의 벽면에 창호를 설치하여 통풍이 잘되게 하고, 바닥은 콘크리트 매트 기초로 한다. 바닥은 바다 쪽으로 경사지게 하고 벽측과 중앙에 배수로를 건설하여 펌프실을 건조한 상태로 운영하게 한다.

펌프는 해수용 볼류트펌프(end suction volute pump)를 설치한다. 펌프의 능력은 양정에 반비례하며 수평양정보다는 수직양정에 민감하다. 펌프의 용량은 생산하는 종묘의 종류와 생산량에 따라 결정된다.

패류를 유수식으로 사육할 경우 사육수 교환율은 3회전/일이며, 유생사육수조와 치패사육수조의 가동율을 최대로 할 경우 종묘배양장에서 소요되는 해수량은 최대 500톤/일이다. 취수지점을 펌프실에서 200m 떨어진 지점으로 하고, 양정을 5m로 예상할 경우 5마력급 볼류트 펌프 2기로 충분한 해수를 취수할 수 있다. 펌프 수명연장 및 안정성을 감안하여 펌프 3기를 설치하여 교대로 가동하는 것이 바람직하다. 취수관의 끝은 간조시 노출되는 것과 선박 사고를 방지하기 위하여 취수관은 수심 5m 이상 되는 지점까지 연장하되, 해저면에서 2m 정도 떨어진 수심에 설치하여 해저에 쌓인 토사가 함께 유입되는 것을 방지해야 한다.

펌프실의 배관은 펌프 3기를 수평으로 연결하고 각 펌프의 흡입구에 발브를 달아 사용하는 펌프에 따라 발브를 개폐하도록 한다(그림 3-4-2).

펌프실 상단 또는 측면에 30톤급 저수조를 설치하고 펌프의 토출구를 직접 연결한다. 측면에 저수조를 설치할 경우 저수조의 물이 수압으로 자연스럽게 물 처리실로 보내질 수 있도록 지상에서 3m 이상 높이에 설치한다.

표 3-4-1. 마이크로네시아를 위한 다목적 종묘배양장용 기본 기자재

Table 3-4-1. Instruments for multi-purpose hatchery in FSM

	instrument	size	no.	remark
water treatment room	pump	5Hp	2-3	1-2 for working, 1 back up
	high presure filter	5m <sup>3</sup> /hr	1	in case of necessary
	UV-sterilizer	2m <sup>3</sup> /hr	1	sterilization
	chiller	25,000Kcal/hr	1	thermal shok for spawning
	heater	80℃/50 ℓ /min	1	sterilization
parent room	cartridge filter	소형- 5, 10μm	2/ea	clean water supply
	patrent tank	1 x 4 x 1m	3	
spawning room	spawning tank	1 x 1 x 0.7m	2	induced spawning
	hatching tank	원형 2m <sup>3</sup>	3	hatching and early nursing
	air condition	22m <sup>2</sup>	1	temperature control
nursing tank	cartridge filter	1, 5, 10μm	10/ea	water supply
	larvae tank	FRP-5m <sup>3</sup>	12	nursing
	air pump	DC50 ℓ /min	1	back aeration
food organism culture room	air condition	65m <sup>2</sup>	1	temperature control
	shaking incubator	0-40℃	5	strain subculture
	clean bench	1 x 1.5	1	innoculation
	high pressure sterilizer	50 ℓ /135℃	1	sterilization of glass ware
	UV-cabinet	800w/UVG20w	1	preservationof glass ware
	low temp. incubator	0-18℃	1	strain subculture
	refrigerator	200 ℓ	1	reagent storage
	angle deck	0.4x3x2m	4	deck
	active carbon filter	40 ℓ /min	2	aeration for culture media
	nutorient pump	set	2	auto nutrient supply
	photo- lamp	40w	20	light intensity control
	timer	24h	1	photo period control
thermometer	±0.1℃	1	temperatrure measurement	
laboratory	compound microscope	x400	1	observation
	stereo microscope	x 40	1	observation
	glass ware	set	1	
	water quality monitor	set	1	Temp/DO/pH/S‰

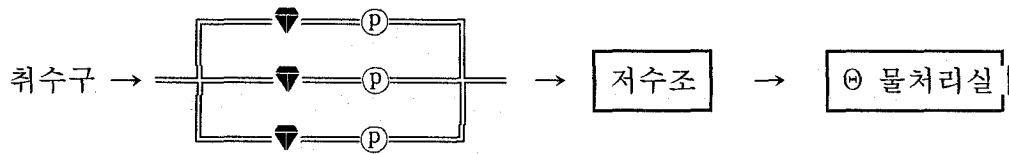


그림 3-4-2. 종묘배양장의 취수펌프 배열도(▼: 밸브, P: 펌프, ⊕: 고압여과기).  
 Fig. 3-4-2. Arrangement of water intake pump and water flow in a hatchery.

## 2). 물처리실

물처리실은 저수조에서 보내온 해수를 깨끗하게 처리하여 종묘배양 각 공정에 사육수를 공급하는 시설로 배양장의 가운데 위치한다. 바닥은 우레탄으로 마감한다.

배양장이 인간 활동이 활발한 지역에 위치할 경우 해수 중에는 플랑크톤을 포함하여 많은 부유물질이 존재하게 된다. 이때는 물처리실에 고압여과기를 설치하여 부유물질을 여과한 후 사용해야 한다. 고압여과기가 필요한 경우 5톤/시간 압력 2kg/cm<sup>2</sup> 정도의 소형을 설치한다. 그러나 배양장이 청정해역에 위치할 경우 고압여과기는 설치하지 않아도 된다.

물처리실에는 냉각기, 자외선멸균기 및 급탕기를 설치한다. 냉각기는 인공산란유발을 위한 저온자극과 부화조의 수온조절을 위한 것으로 25,000Kcal/hr 규모의 해수용 냉각기를 준비하여 500ℓ 급 수조에 직접 연결하여 사용한다. 담수용 냉각기를 사용할 경우에는 담수인 냉각수로 해수 사육수의 온도를 낮추는 것이므로 일반 보일러용 엑셀파이프를 저온수조에 감아주어 간접방식으로 사육수의 온도를 낮춘다. 자외선멸균기(2m<sup>3</sup>/hr)와 급탕기(80℃/50ℓ/min)는 유생사육수를 멸균하기 위한 것이다. 자외선멸균기는 산란유발부터 부유유생을 사육할 때까지 연속적으로 사용한다. 하며, 급탕기를 통과한 사육수는 적절한 수온으로 낮추어 사용하며, 산란유발에서 초기 D형 유생까지만 사용한다.

## 3). 친어관리실(모패관리실)

친어관리실은 패류 종묘생산시 모패관리실로, 갑각류 종묘생산시에는 모해관리실로 사용할 수 있다. 모패관리실은 물처리실 뒤쪽에 배치하고 중앙통로를 통하여 모패관리실로 출입한다. 창호는 폐쇄하고 외부의 빛을 차단하고, 타이머를 달아 기본적으로 광주기를 12L:12D로 조정하고 주간 광량은 30lux 내외로 조절한다. 광주기는 필요에 따라 조정한다.



다. 바닥은 에폭시로 마감하고 중앙통로를 향하여 약간 경사지게 만들고 중앙통로를 따라 배수로를 설치하여 바닥에 흐른 물이 즉시 빠져 나가게 한다.

폐류생산시에는 모패 특별관리용(산란자극용) 500ℓ 급 원형수조 2개를 배치한다. 모패 관리용 수조에는 10 $\mu$ m→5 $\mu$ m으로 이어지는 카트리리지여과기를 설치하여 공급수를 여과한다. 모패관리실에는 20ℓ/min급 중형 공기펌프 1개를 설치하여 폭기한다.

#### 4) 부화실

부화실은 어류 수정란을 부화시켜 난황이 흡수될 때까지 키우거나, 폐류 모패에 산란유발 자극을 가하여 수정란을 획득하고, 획득한 수정란을 부화시켜 초기 D형 유생까지 키우는 곳으로 오염방지를 위한 가장 세심한 주의가 필요한 장소이다. 감각류인 경우에는 포란한 모패를 관리하는 곳이다. 창호는 설치하지 않으며, 중앙통로를 통하여 부화실로 출입한다. 바닥은 우레탄으로 마감하고 철저한 관리로 항상 마른 상태를 유지하여야 한다.

실내 기온이 불필요하게 상승하는 것을 막아주기 위하여 소형 공조기를 설치한다. 부화실의 등을 끄고 손전등으로 산란여부를 판단하고, 부화시에는 간접조명으로 30lux 이하를 유지한다.

부화실에는 부화용 2톤급 원형수조 3개를 설치한다. 폐류 종묘생산산시에는 산란유발용 500ℓ 급 사각수조(1 x 1 x 0.7m) 2개를 설치한다. 동 수조는 감각류 종묘생산시 포란모해 관리수조로 사용한다.

부화실에서 사용하는 모든 용기와 자재류는 크로칼키로 소독하고 깨끗한 담수로 세척하여 건조한 후에 사용하고, 해수는 자외선멸균기 급탕기로 완전하게 멸균된 해수를 사용한다. 소형용기, 초자기구, 에어스톤 등은 자외선 건조기에 넣어 보관한다. 20ℓ/min급 중형 공기펌프 1개를 설치하여 전체수조를 폭기하거나, 소형 DC 블로워를 수조별로 설치하여 폭기한다.

#### 5). 유생사육실

유생사육실은 어류의 자어 또는 감각류 부유유생 및 폐류의 D형 유생부터 부착기 유생까지 흑진주조개의 부유유생을 양성하는 곳이다. 바닥은 콘크리트 마감으로 하고 등 간격으로 배수로를 설치하여 배수를 돕는다.

유생사육 수조는 5톤급 FRP 원형수조 12개를 설치한다. 각 수조별 10, 5, 1 $\mu$ m로 이어지는 카트리리지여과기를 설치하여 저수조에서 공급되는 사육수를 여과하여 공급한다. 100ℓ/min급 대형 공기펌프 1개를 설치하여 전체 수조를 폭기한다. 정전시를 대비하여 50ℓ

/min DC 블로워 1개를 설치하거나 소형 DC 블로워를 각 수조별로 설치한다.

패류종묘생산시 유생이 착저하여 채묘가 끝나면, 유생수조는 보조용 치패사육수조로 활용한다.

#### 6). 치패사육실

치패사육실은 패류 종묘생산시 필요한 시설이다. 착저한 흑진주조개 유생을 해상양성이 가능한 각장기준 2~5mm까지 양성하는 곳으로 육상작업의 최종단계 시설이다. 사육수조는 10톤급 4각 FRP 수조(2 x 5 x 1m) 10개를 설치한다. 100 l/min급 대형 공기펌프 2개를 설치하여 폭기하고, 정전시를 대비하여 50 l/min DC 블로워 2대를 설치한다. 소형 DC 블로워는 치패사육수조에 적합하지 못하다.

#### 7). 먹이생물배양실

양질의 먹이생물 확보 여부는 종묘생산의 승패를 좌우하는 가장 중요한 요소이다. 외부와 완전하게 차단되어 외부로부터의 오염을 방지하고, 먹이생물의 배양에 적합하도록 환경 조절이 가능한 공간이다. 먹이생물배양실은 다른 배양시설과 온전하게 분리하여 차단하고 별도의 출입구를 설치한다. 배양실은 바닥은 우레탄 또는 흰색 PVC 재질로 하여 청소를 용이하게 한다.

먹이생물배양실은 실험실을 포함하여 약 35평 규모로 배양실, 세척실, 준비실 및 실험실로 구분된다. 배양실은 계대배양이 손쉽게 보존배양실 - 중간배양실 - 대량배양실의 순으로 배치하는 것이 바람직하다. 배양실 문을 열었을 경우 직접 외부와 통하지 않도록 준비실을 마련하고 전실과 실험실로 통하는 문은 반듯이 2중문으로 한다.

환경조절이 가능한 진탕배양기(shaking incubator)를 여러 개 확보할 수 있다면 보존배양은 진탕배양기에서 실시하는 것이 좋다. 이 경우 보존배양실은 설치하지 않아도 되며, 배양실을 두 개로 나누어 이동 통로를 제외한 부분에 중간 칸막이를 설치하여 조도 차이에 의한 간섭을 최소화할 경우 중간배양과 대량배양을 같은 배양실에서 할 수 있다. 또한 편의상 보존배양실과 중간배양실을 합하고 앵글 선반을 상하로 구분하여 상부에서 보존배양을 하고, 하부에서는 중간배양을 하는 것이 손쉽다.

배양실의 출입은 실험실에서 세척실과 전실을 통하여 하도록 배치하여 배양실 출입에 의한 급격한 환경변화와 오염을 방지한다. 전실과 배양실을 연결하는 2중문 사이에 공간을 두어 두 공간이 직접 통하지 않게 배려하는 것이 바람직하다.

전실에는 진탕배양기, 크린벤치(clean bench), 저온배양기, 자외선보관함 및 냉장고를 설치한다. 세척실에는 세척용 싱크대, 고압멸균기, 2차 증류수 제조기를 설치한다.

먹이생물은 배양단계에 따라 필요한 빛은 각각 다르며, 조도는 배양용 선반에 설치된 형광등으로 조절한다. 가능하다면 보존배양실, 중간배양실, 대량배양실을 별도로 구분하는 것이 바람직하다. 배양실의 천장과 벽면에 40w급 이상의 대형 형광등을 설치하여 각 배양단계별 적정 조도를 유지하고, 추가로 20w급 소형 형광등을 배양용기 선반에 장치하여 부족한 광량을 보충해 준다. 보존배양실의 기본 조도는 1,000lux, 중간배양실은 3,000lux, 대량배양실은 5,000lux로 한다. 형광등의 안정기는 전자식으로 하여 안정기에서 나오는 열로 배양실의 온도가 상승하지 못하게 하고, 공조기를 설치하여 온도를 적정 수준으로 낮추어 준다.

배양실 벽은 흰색으로 칠하여 빛의 반사가 잘 이루어지도록하고 사정이 허락한다면 거울을 부착하여 벽에 흡수되는 광량을 최소화하는 것이 좋다. 배양용기 선반의 골격은 앵글로 제작하고, 선반의 각층은 투명아크릴로 제작하여 빛이 고르게 퍼지도록 한다.

먹이생물의 배양은 먹이생물의 성장에 가장 좋은 환경 아래에서 먹이생물의 성장에 가장 효과적인 영양분(배양액)을 공급하여 단시간 내에 고밀도로 증식시키는 작업이다. 따라서 먹이생물 배양실은 외부와 완전하게 차단되어 외부환경에서 유입되는 오염원을 완전하게 차단해야 함은 물론, 배양실 내부의 환경을 일정하게 유지시켜주어야 한다. 보존배양에서 중간배양을 거쳐 대량배양까지 배양선로를 종별로 구분하여 원하지 않은 식물플랑크톤이 배양되는 일이 없도록 주의하여야 한다.

먹이생물 배양에 영향을 미치는 오염물질은 대부분 공기를 통하여 유입된다. 바닷가 공기 중에는 해양미생물이나 원생생물(Protozoa)의 포자가 많이 포함되어 있다. 이중문으로 외기를 차단하였다 하여도, 배양실 내에 외기 유입을 완전하게 차단할 수는 없다. 따라서 불필요한 배양실 출입을 억제하고 배양실 내에 공기정화기를 설치하여 주는 것이 좋다. 공기를 통한 오염은 배양용기에 공기를 주입하는 과정에서도 발생한다. 따라서 에어펌프를 통과한 공기는 반듯이 원면 - 활성탄 - 원면으로 이어지는 활성탄 여과장치를 거친 후 배양용기에 공급해야 한다. 공기펌프는 활성탄 여과장치보다 높은 곳에 설치해야 한다 (그림 3-4-3).

활성탄 여과장치는 직경 15cm 정도의 투명 아크릴 관을 1m 정도 잘라 제작하여 내부의 여과재를 확인할 수 있도록 한다. 아크릴 관에 고온 멸균한 원면을 1kg 정도 다져 넣고 1~2mm 입자의 활성탄을 5kg 정도 채운 후 다시 원면을 다져 넣는다. 원면을 너무 다져 넣으며 여과기가 터지는 경우가 종종 있으므로 과도하게 다져 넣으면 안 된다. 여과기의 양쪽에 1cm 정도의 공기 주입 및 토출용 구멍을 뚫고 완전하게 밀폐한다. 한 쪽은 공기펌프의 토출구에 연결하고 다른 한쪽은 분지를 만들어 배양용기에 연결한다. 배양용기가 진열된 선반의 위쪽을 따라 1cm 직격의 PVC 관을 연결하여 주고 각 배양용기 별 1개의 에어발브를 장착한다. 에어 발브에 직경 3mm 내외의 공기 주입관(에어호스)을 배양용기의 바닥까지 연결하여 끝에 에어스톤을 달아 준다. 배양용기는 알미늄 포일로 덮어

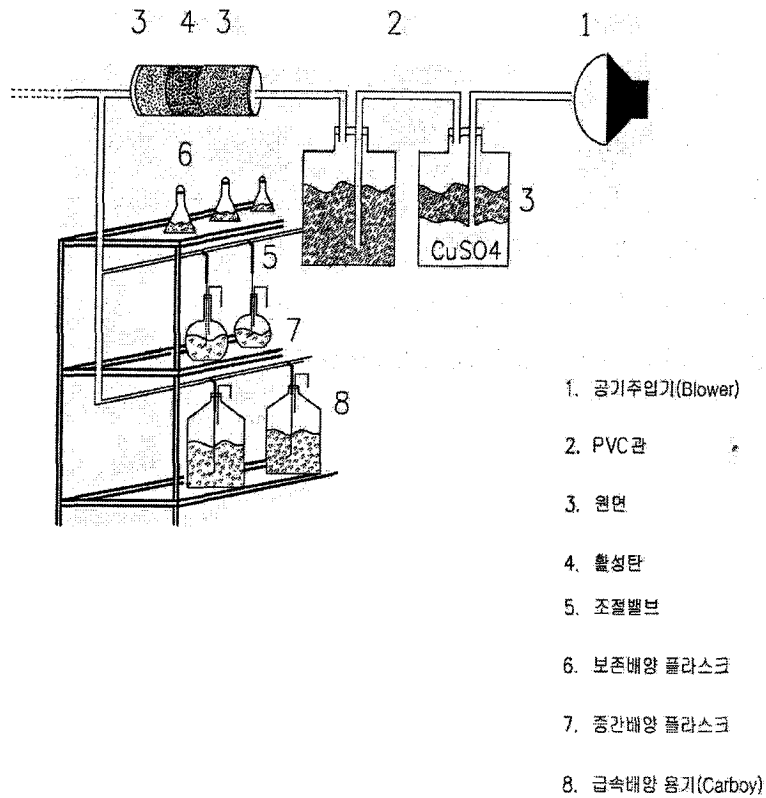


그림 3-4-3. 먹이생물 배양과정의 개념도.

Table 3-4-3. Schematic diagram of food organism culture.

주고 공기주입관을 찢러 넣는다. 활성탄 여과장치는 2~3개월 정도 사용이 가능하며, 활성탄과 원면은 세척 및 멸균하여 재사용이 가능하다. 배양용기에 투입되는 에어호스와 에어스톤은 배양이 종료된 후 고압 멸균하여 재사용한다.

변전설비는 취수장치, 여과장치, 공기 공급장치, 멸균장치, 각종 조명, 실험기기에 소모되는 전력량을 고려하여 여유를 두고 설계하고 중앙식 제어가 가능하도록 설치하고, 비상전력 공급계획을 수립해야 한다. 관리시설을 제외하고 배양장에 설치된 모든 기기를 동시에 사용할 경우 필요한 설비용량은 약 25kw 정도이지만 모든 기기를 동시에 사용하는 일은 거의 없으며, 순간 최대사용량은 20kw 내외이다. 안전도를 감안할 경우 종묘배양장의 전력설비용량은 30Kw로 하는 것이 바람직하다.

## 2. 먹이생물 배양

### 가. 식물성 먹이생물 배양

식물성 먹이생물은 패류 종묘생산에 있어 절대적인 먹이원이며, 갑각류와 어류 종묘생산시에는 부화유생(부화자어)에 먹일 동물성 먹이생물(윤충 등)을 배양하는데 먹이로 사용한다. 또한 일부 종들은 부화 직후 식물성 먹이생물을 필요로 하기 때문에 절대적이다.

현재, 식물성 먹이생물로는 타히티산 *Isocrysis galbana*, *I. galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chlorella* spp. *Nannochloropsis oculata*, *Chaetoceros gracilis* 등이 가장 많이 사용된다.

#### 1). 배양액 제조

먹이생물 배양액 제조용 해수는 1 $\mu$ m 카트리지여과기로 부유물질을 제거하고 자외선살균기로 1차 멸균하고, 고압멸균기에 넣어 115 $^{\circ}$ C/1.5기압 이상에서 1시간 멸균하여 사용한다. 멸균 후 모든 공정은 크린벤치 안에서 실시하여 미생물 오염을 철저히 배제해야 한다.

패류 종묘생산용 배지로는 f/2 배지(Guillard 1973)와 Conwy 배지(Walne 1974)가 많이 사용된다. F/2 배지는 상업적으로 제조되어 판매되지만 매우 고가이기 때문에 직접 제조하여 사용하는 것이 좋다. 완성된 f/2 배지는 양이 많으며, 장시간 배양환경에 보관할 경우 변질 위험이 있기 때문에 2단계로 나누어 제조한다(표 3-4-2). 먼저 질산나트륨 보존액( $\text{NaNCO}_3$ ) 중인산나트륨 보존액( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 규산나트륨 보존액( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), 미량원소 보존액, 완충액, 비타민 보존액을 만들어 멸균한 후 냉장고에 저장하고 필요에 따라 각 준비액을 혼합하여 2차 증류수에 희석하여 사용하는 것이 바람직하다. 상업적으로 판매되는 2/f 배지는 두 가지 종류가 있는데

*Ch. gracilis*, *Ch. simplex*, *Ch. calcitrans*, *Skeletonema costatum*(보조먹이로 배양) 등 규조류를 배양할 경우에는 반듯이 규산염(Si-salt) 성분이 포함된 배지를 선택해야 한다. f/2 배지의 염분은 32‰ 가 적당하나, 현지 조건에 따라 다소 조정하여 사용한다.

Conwy 배지는 f/2 배지보다 제조원가가 저렴하여 최근 많은 패류 종묘배양장에서 사용하고 있다. Conwy 배지의 조성은 표 3-2-3과 같으며 배양 대상 먹이생물과 배양방법에 미량금속용액과 규산나트륨 용액을 필요에 따라 첨가하여 주어야 한다. 경우에 따라서는 미량금속용액은 보존배양에는 사용하지 않고 대량배양에만 사용하는 경우도 있으나, 가능하면 모든 공정에서 사용하는 것이 바람직하며, f/2 배지에서와 같이 규조류를 배양할 경우 반듯이 규산나트륨용액은 첨가해야 한다.

표 3-4-2. 개량형 f/2 배지의 조성(Guillard 1975)

Table 3-4-2. Composition of modified f/2 media (Guillard 1975)

Fomula	Chemical name	amount/ l dw	Remark
NaNO <sub>3</sub>	질산나트륨	75g	보존액 (A)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	중인산나트륨	5g	보존액 (B)
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O	규산나트륨	15~30g	보존액 (C)
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	황산동	0.01g	미량원소 보존액 (D)
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	황산아연	0.022g	
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	염화코발트	0.01g	
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	염화망간	0.18g	
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	몰리브산나트륨	0.006g	
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	염화제1철	3.15g	
Na <sub>2</sub> · EDTA	나트륨 EDTA	9g	
Biotin	비타민 H	0.005g	비타민액 (E)
Thiamine · HCl	비타민 B1	0.1g	
B12	비타민 B12	0.005g	

보관: A~E 보존액은 암냉소 보관, 비타민액 (F)은 은박지 포장 4℃ 이하 보관

f/2 배지 제조: A, B, C, D 및 E 혼합액을 멸균해수에 1/1000로 희석 사용

단, 보존액 C는 규조류 배양시에만 첨가

## 2). 먹이생물 배양공정

패류 종묘생산에 적합하다고 알려진 먹이생물(Alagarwami *et. al.* 1989, Gervis and Sims 1992, Rose and Baker 1994, Southgate and Beer 1997, Yukihiro *et. al.* 1998) 중 흑진주조개 종묘생산에 적합한 먹이생물은 *Isocrysis* aff. *galbana*, *Pavlova lutheri*, *Pavlova* sp. (Green-iso.), *Nannochloropsis oculata*, *Phaeodactylum triconutum*, *Tetraselmis suecica*, *Chaetoceros simplex*, *Ch. calcitrans*, *Ch. gracilis* 등이다(한국해양연구원 2001, 2002, 2003). 국내에서 해산무척추동물의 종묘생산에 많이 사용되고 있는 *Tetraselmis suecica*는 흑진주 조개의 먹이생물로 적합하지 않은 것으로 나타났다.

흑진주조개는 비선택성 여피식자이므로 가능한 한 많은 종의 먹이생물을 준비하는 것이 종묘생산의 지름길이지만, 한 배양장에서 많은 종류의 먹이생물을 배양하는 것은 다소 무리가 있다. 그러나 최소한 4, 5종의 먹이생물은 흑진주조개 유생의 성장에 필수적이

표 3-4-3. Conwy 배지의 조성(Walne 1974)

Table 3-4-3. Composition of Cinwy media (Walne 1974)

Fomula	Chemical name	amount/ l dw	Remark
NaNO <sub>3</sub>	질산나트륨	200.0g	보존액 (A)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	중인산나트륨	40.0g	보존액 (B)
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	규산나트륨	100 g	보존액 (C)
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	염화제1철	2.6g	미량원소 보존액 (D)
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	염화망간	0.72g	
ZnCl <sub>2</sub>	염화아연	2.1g	
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	염화코발트	2.1g	
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4H <sub>2</sub> O	모리브덴산암모니아	0.9g	
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	황화구리	2.0g	
Na <sub>2</sub> · EDTA	EDTA-나트륨염	90.0g	완충액(E)
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	붕산	67.2g	
Vitamin B <sub>1</sub>	비타민 B1	0.2g	비타민보존액 (C)
Vitamin B <sub>12</sub>	비타민 B12	0.1g	

보관: A~E 보존액은 암냉소 보관, 비타민액 (F)은 은박지 포장 4℃ 이하 보관  
 Conwy 배지 제조: A, B, C, D, E 및 F 혼합액을 멸균해수에 1/1000로 희석 사용  
 단, 보존액 C는 규조류 배양시에만 첨가

므로 상기 먹이생물 중 녹조류 3~4 종 및 규조류 1~2 종을 배양하여 혼합 급이 한다.

먹이생물 배양용 부원종(suboriginal strain)은 한국해양연구원, 국립수산물과학원, 부경대학교, 경남수산자원연구소에서 정해진 밀도로 분양받을 수 있다. 분양시 먹이생물 밀도를 정확하게 기록해야 한다. 사정이 하락한다면 보존배양용 부원종과 별도로 직접 중간배양에 사용할 수 있는 먹이생물을 추가로 분양 받는다면 먹이생물 준비에 걸리는 시간을 단축할 수 있다. 즉, 보존용은 50ml 코닝병에, 중간배양용은 2l 플라스틱 병에 넣어 축현장으로 운반한다. 부원종 용기는 밀봉하여 아이스박스에 넣고 아이스 팩 2개를 넣어 주고 밀봉하면 운반 기간 중 온도 상승을 방지할 수 있다. 먹이생물 부원종은 밀봉한지 24시간 이내에 보존배양에 착수해야 한다. 부원종의 밀봉에서 항공편으로 껌을 거쳐 마이크로네시아 착륙까지 에 운반에 소요되는 시간은 약 17시간이며, 운반 중 온도변화는 18~21℃

범위로 먹이생물 부원종의 운반에 큰 문제는 없다.

먹이생물 배양은 보존배양 → 중간배양 → 대량배양의 순서로 계대배양(subculture)한다. 계대배양은 하나의 배양용기에서 먹이생물을 증식시켜, 이를 다시 부원종으로 사용하여 여러 개의 배양용기에 나누어 접종하는 방법이다. 이와 반대로 중간배양 한 먹이생물을 보존배양에 사용하거나, 대량배양 한 먹이생물을 중간배양용으로 사용하면 배양에 실패하기 쉽다.

현지에 운반된 먹이생물 용기는 배양실에 1~2 기간 정도 방치하여 온도를 조절한 후 곧 바로 배양액에 넣어 보존배양에 착수한다. 먹이생물 배양은 일시에 하는 것이 아니고 종묘생산 계획에 맞추어 진행하며, 최소한 산란유발 20일 전에 착수해야 한다. 시간별 먹이생물 배양공정은 다음과 같으며, 배양단계별 최적 조건은 표 3-4-4와 같다.

1일 : 먹이생물 도입

- 먹이생물 순치용 수조(선반이 장치된 100ℓ 수조) 및 22℃ 해수 준비(09:00~12:00)
- 먹이생물 부원종(종류별 ①, ②, ③, ④, 10<sup>6</sup>세포/250ml) 축배양장 도착
- 부원종 온도순치(12:00~13:00): 운반용기를 순치용 수조에 2/3 정도 잠기게 넣고, 22℃ 자연해수를 흘려주어 용기 내 수온을 22℃로 조절
- 먹이생물 부원종 진탕배양기 수용 (22℃, 광주기 12:12)

2일 : 먹이생물 배양 준비

- 배양실 환경조절(실온 22℃, 조도 3000lux, 광주기 12:12), 배양 기자재 준비, 배양액 제조, 멸균해수 준비

3일 : 먹이생물배양준비

4일 : 보존배양 준비

- 보존배양 기자재 준비

5일 : 보존배양 1차 접종 (\* 먹이생물별 7일 주기로 반복)

- 진탕배양기의 부원종(①, ②, ③, ④)을 꺼내어 내용물 1/4을 새로운 보존배양 용기(①', ②', ③', ④')에 재접종하여 진탕배양기에서 계대배양
- 잔여분 3/4는 상황에 따라 1~5ℓ 중간배양용기에 접종

11일 : 대량배양 접종 (예상급이량에 따라 조절)

- 5ℓ 배양용기 ①, ② → 30~50ℓ 배양용기 ②
- 5ℓ 배양용기 ③, ④ → 30~50ℓ 배양용기 ②

17일 : 급이 및 야외배양 시작

- 급이: 대량배양용기 내의 먹이생물밀도가 >3×10<sup>6</sup>세포/ml에 도달 후 부분 수확하여 급이하고 수확량 만큼의 배양액 첨가(3회 부분수확 가능)



표 3-4-4. 식물성 먹이생물의 배양단계별 최적조건

Table 3-4-4. Recommended culture conditions of phytoplankton food organism

Condition	Stock culture	Intermediate culture	Mass culture	Out door culture
Light intensity	1,000~1,500lux	2,500~3,000lux	3,000~5,000lux	natural
Media	f/2, Conwy	Conwy	Conwy	fertilizer
Temp.	18℃	18~20℃	18~20℃	28~32℃
Light cycle	12D:12L	10D:14L	8D:16L	natural
Culture tank	0.2~0.5 ℓ	5 ℓ	20~50 ℓ	>500 ℓ
innoculation	10 <sup>6</sup> cells/ml	10 <sup>6</sup> cells/ml	10 <sup>6</sup> cells/ml	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup> cells/ml
innoculation ratio	1 : 5	1 : 10	1 : 10	1 : 20
culture period	7~8일	6~7일	4~5일	5일
Aeration	없음	약하게	강하게	강하게
Max. density	5 x 10 <sup>6</sup> cells/ml	3 x 10 <sup>7</sup> cells/ml	3 x 10 <sup>7</sup> cells/ml	10 <sup>7</sup> cells/ml
methods	subculture	subculture	total harvest	total harvest

- 야외배양: 100~400 ℓ 수조를 야외에 설치하고 10<sup>4</sup>세포/ml 밀도로 먹이생물 접종하고 4~5일 방치 후 전수확법으로 급이(먹이생물이 부족할 경우 조방적으로 실시하는 방법으로 10<sup>5</sup>세포/ml 밀도까지 배양가능)

### 3). 단계별 먹이생물 배양

#### 보존배양

먹이생물 보존배양은 인공산란유발 예정일 20일전부터 실시한다. 보존배양은 부원종을 250ml 삼각플라스크에 넣어 진탕배양기에서 실시하거나 500ml 삼각플라스크에 넣어 보존배양실에서 실시한다. 크린벤치를 가동하고, 그 안에서 멸균된 보존배양용기(250ml 삼각플라스크)에 f/2 혹은 Conwy 배지를 125ml 넣어준다. 이어서 10<sup>6</sup>세포/ml 내외의 부원종 25ml를 넣어주고 멸균된 탈지면을 문쳐서 만든 마개로 꼭 막아준다. 진탕배양기의 온도를 18~20℃로 조정하고 조도 1,000lux, 광주기 12D:12L로 조정하고 보존배양용기를 넣어준다. 진탕속도는 초기 30회전/분으로 하고 시간이 경과함에 따라 60회전/분으로 증가시킨다.

다. 진탕배양기 내의 온도를 높여 주면 증식속도가 빠르지만 일시에 사멸하는 경우도 있다.

보존배양의 목적은 필요한 시기에 충분한 양의 중간배양 접종용으로 먹이생물을 확보하는 작업이다. 따라서 먹이생물의 필요성 즉, 흑진주조개 유생사육 계획에 맞추어 실시해야 한다. 먹이생물이 배양용기 내에서 최대 밀도를 유지하여, 최대의 활력을 가지는 기간은 최대 2일 이내이므로 빠르게 보존배양을 마친다는 개념보다는 필요한 시기에 보존배양을 마친다는 개념이 중요하다. 통상적인 보존배양 일수는 6~7일 이지만 접종밀도, 조도 및 광주기를 조절하여 증식속도를 조절해야 한다.

한 대의 진탕배양기에는 20~24개의 보존배양용기를 넣을 수 있으므로 종묘생산 계획에 맞추어 보존배양에 착수한다. 부원종의 공급이 원활할 경우 같은 밀도로 하루에 2~3개씩 순차적으로 접종하며, 부원종의 공급이 원활하지 못할 경우 한번에 서로 다른 밀도로 여러 개 접종하여도 좋다. 한번에 여러 개를 접종하여 보존배양에 임할 경우 접종밀도는 1:2, 1:3, 1:5, 1:10 등으로 구분하여 접종한다.

진탕배양기를 사용하지 않을 경우, 500ml 보존배양용기에 배양액 300ml를 넣고 부원종 25~50ml를 넣어준다. 배양용기 안의 조도가 1,000lux 되도록 광량이 조절된 보존배양실 선반에 용기를 놓아준다. 실내 온도는 20℃ 전후로 조절하고, 광주기는 12D:12L로 한다. 배양용기는 가능한 한 자주 흔들어 준다.

한국과의 교통이 불편한 마이크로네시아 측주에서는 부원종의 확보가 종묘생산의 관건이 될 수 있다. 따라서 부원종을 주기적으로 공급받을 수 없는 경우에는 한국에서 운반한 부원종에서 일부를 분리하여 부원종을 확보해야 한다. 먼저, 배양액에 미생물 증식용 박토아가(Bacto-aga, 시판용)를 2% 정도 넣고 완전히 녹인 다음 멸균된 시험관에 넣고 45°쯤 기울여주면 배양액이 경사진 상태에서 굳어진다. 이를 사면배지라 한다. 현장에 도착한 부원종의 상층액을 2~3ml 분리하여 미생물접종용 침(끝이 원형으로 되어 있음)으로 묻혀 사면배지에 접종하고, 시험관을 멸균된 원면으로 막아 준다. 이 모든 공정은 크린벤치에서 실시한다. 부원종을 접종한 사면배지는 냉장고에 보관한다. 필요시 3~4일 정도 배양실에 놓아두면 사면배지에 부원종 콜로니(colony)가 자라나기 시작한다. 25ml 정도의 시험관에 f/2 배지를 넣고 부원종 콜로니 수개를 넣어 잘 흔들어 준다. 이를 진탕배양기에 넣어 다시 3~4일 배양하면 좋은 부원종을 확보할 수 있다.

## 중간배양

중간배양은 먹이생물 소용량에 따라 1~5ℓ급 판라이트 용기 혹은 초사용기를 사용한다. 중간배양용기가 적을수록 최대 배양밀도가 높기 때문에 큰 용기 1개를 사용하는 것보다는 작은 용기를 여러 개 사용하는 것이 위험 부담률이 적고 효과적이다. 중간배양부터는 Conwy 배지를 사용하여도 무방하다. 녹조류를 배양할 경우 Conwy 배지에 미량금

속 용액을 첨가해 주고 규조류를 배양할 경우 미량금속 용액과 규산나트륨 용액을 첨가해 준다.

중간배양부터 24시간 연속적으로 조명하여 먹이생물의 증식시키는 경우도 있지만, 이 경우 먹이생물의 증식속도는 빠르지만 먹이생물이 크기성장이 저하된다. 다시 말하면 먹이생물이 흡수한 영양분을 세포분열에 모두 사용하여 체내에 축적된 영양성분이 줄어든다. 24시간 연속 조명은 먹이생물의 확보가 시급한 시기에 불가피하게 하는 경우도 있겠다. 연속조명은 가능한 한 피하여야 하지만 불가피한 경우 먹이생물 접종 초기에 2일을 초과하지 않는 한도에서 실시하는 것이 바람직하다.

중간배양 기간 중 각 배양용기별 1ml씩 3차례 표품을 채취하여 혈구계측기 위에 놓고 현미경 아래에서 먹이생물 밀도를 계수하여, 정상적인 증식이 진행되고 있는지 확인해야 한다. 먹이생물밀도가 *Isochrysis galbana* 기준으로  $2 \times 10^7$ 세포/ml 이상이 되거나,  $10^7$ 세포/ml 내외에 도달한 후 1일 이상 변동이 없으면, 다른 용기로 옮겨 주거나 대량배양으로 접종한다.

## 대량배양

먹이생물배양실 안에서의 대량배양은 규모의 제한성이 있어 두 가지 경우로 생각할 수 있다.

첫째는 30~50ℓ 급 용기에서 실시하는 경우로 배양방법은 중간배양의 규모만 확대한 것이다. 다만 대량배양에 사용하는 용기는 크기 때문에 먹이생물의 밀도가 높아지면 빛이 원활하게 배양용기의 내부까지 도달하지 못한다. 따라서 먹이생물의 증식에 따라 조도를 서서히 5,000lux 이상으로 높여주고 강하게 폭기하여 먹이생물이 용기 내에서 골고루 분산되고 바닥에 가라앉지 못하게 해 준다.

둘째는 100~500ℓ 급 대형 배양용기에서 실시하는 경우로 30~50ℓ 용기에서 배양한 먹이생물을 대형 배양용기에 접종하여 배양하는 것이다. 즉, 중간배양 과정이 한번 있다고 생각하면 된다. 중간배양까지는 계대배양이 가능하지만 대량 배양한 먹이생물은 재접종에 사용하지 않고 모두 수거하여 급이 한다. 만일 대형 배양용기에 재접종할 경우 바닥의 찌꺼기를 제외한 전량을 재접종한다.

500ℓ 급 대형용기에서의 배양을 실외에서 조방적으로 실시할 수 있다. 실외에서의 대량배양은 실내 대량배양의 보조수단이지 먹이생물 확보를 위한 주된 수단이 아니다. 실외 대량배양용 배지는 제조원가가 비싼 Conwy 배지를 대신하여 시판 중인 관상식물용 비료에 비타민 영양제와 규산나트륨 용액을 첨가하여 제조한다. 열대지방에서의 식물플랑크톤 육외배양은 매우 어렵다. 남조류 등 원하지 않는 식물플랑크톤으로 종교대 되거나, 동물플랑크톤의 유입으로 실패하는 경우가 많다. 육외 대량배양은 배양용기를 6개 이상 준비하며, 배양기간은 5일을 넘기지 않는 것이 좋다. 배양된 먹이생물은 2회에 나누어 수확하

여 급이한다.

유생이 성장하여 먹이생물 소요량이 급증하면, 배양으로만 먹이생물을 확보하기는 어렵거나, 먹이생의 배양실패로 먹이생물이 부족할 경우에는 자연산 먹이생물을 공급해야 한다. 망목 20 $\mu$ m과 10 $\mu$ m 2 가지 플랑크톤 망을 준비한다. 연안 해수를 망목 20 $\mu$ m 플랑크톤 망을 통과시킨 후 10 $\mu$ m 망에 모아진 식물플랑크톤만을 수거하여 급이한다.

#### 4). 식물성 먹이생물 배양의 실제

각 먹이생물 부원종을 250ml 삼각플라스크에 접종하여 보존배양 시 최대밀도에 이르기까지 걸리는 시간은 대상 종에 따라 차이가 있다. *P. lutheri*, *Pavlova* spp. (*P. lutheri*, *Pavlova* sp. (green-isp.)와 규조류에 속하는 *Chaetoceros simplex*는 10일이 소요되며, *T. suecica*는 9일 정도 소요된다(그림 3-4-4). 그 외 *I. aff. galbana*와 *Ph. triconutum*은 각각 7일 정도 소요된다. *Pavlova* sp.는 최대밀도  $1.2 \times 10^7$ 세포/ml까지 증식하며, *T. suecica*는  $1 \times 10^6$ 세포/ml 정도 증식 가능하다. 그 외의 종들은  $3.5 \sim 5.6 \times 10^6$ 세포/ml 수준으로 증식한다. 이러한 종별 차이는 세포의 크기, 성장을 등 각 종이 가지는 번식학적 특성에 기인한 원인도 있지만 초기 접종밀도에 따른 영향도 중요한 원인의 하나라고 생각된다. 이는 *T. suecica*를 제외하고는 중간배양의 첫 단계인 5l에서의 배양결과, 모두 접종 후 4~5일 내에  $5 \times 10^6$ 세포/ml의 밀도까지 도달할 수 있는 것으로 잘 설명된다.

30l 용기에서의 2단계 중간배양의 경우 *Ch. simplex*, *Ph. triconutum*, *I. aff. galbana* 3종이  $5 \sim 6 \times 10^6$ 세포/ml에 도달하며, 그 외 종들은  $3 \times 10^6$ 세포/ml 정도에 도달한다.

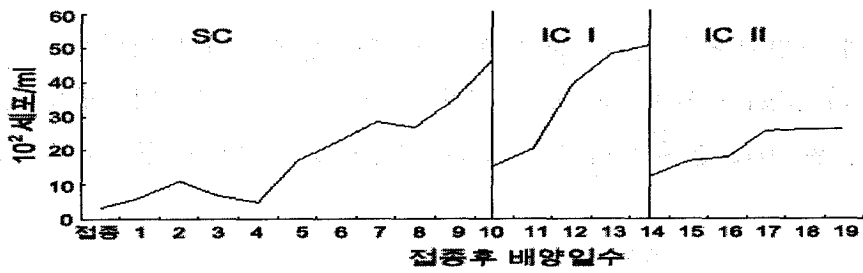
부원종의 보존배양을 위한 접종일로부터 2단계 중간배양이 종료될 때까지 걸리는 시간은 *Ch. simplex*, *Ph. triconutum*, *Pavlova* sp.가 20일 내외이었으며, *Ph. triconutum* 과 *I. aff. galbana*는 16일이 소요된다. 한편 *T. suecica*는 중간배양의 최대밀도가  $1 \times 10^6$ 세포/ml에 불과하며 최대밀도에 이르기까지 걸리는 시간도 21일로 가장 느리다.

실외 대량배양은 400l 급 수조에서의 실시하였으며 먹이생물로 중요성이 입증되어 있는 *Ch. simplex*, *Pavlova* sp 및 *I. aff. galbana* 3종과 보존배양에서 중간배양에 이르기까지 가장 성장률이 저조하였던 *T. suecica*을 대상으로 하였다. 실외수조에서 최대밀도에 도달하는 시간은 6일 내외로 중간배양과 유사하였으나, 최대밀도는 중간배양의 1/2 수준이었다(그림 3-4-5).

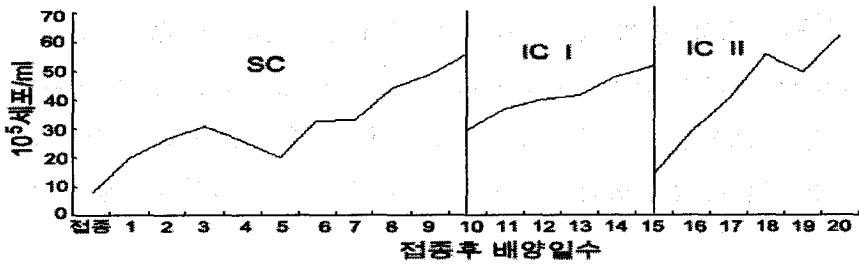
한편, *T. suecica*는 대량배양 시 도달하는 최대밀도가 매우 낮기 때문에 대량배양용 먹이생물로 부적합 것으로 판단된다.

전체적으로 볼 때, 국내에서의 먹이생물 배양밀도에 비하여는 약간 미흡한 결과를 나타내었다. 국내의 경우 철저한 물관리와 먹이배양실의 환경관리가 가능한 반면, 축 현장에서는 인위적 먹이생물 배양환경이 열악하였기 때문으로 생각된다.

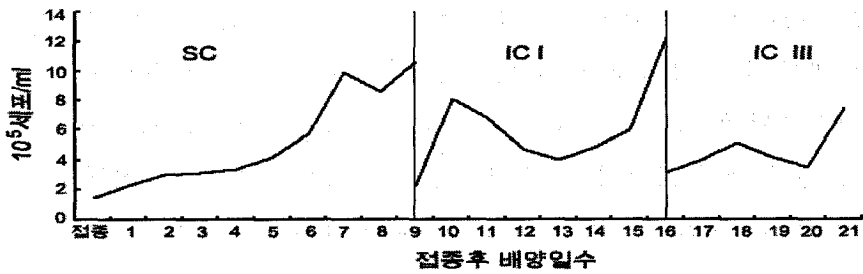
*Pavlova* Spp.



*Chaetoceros simplex*



*Tetraselmis suecica*



*Isocrysis* aff. *galbana*

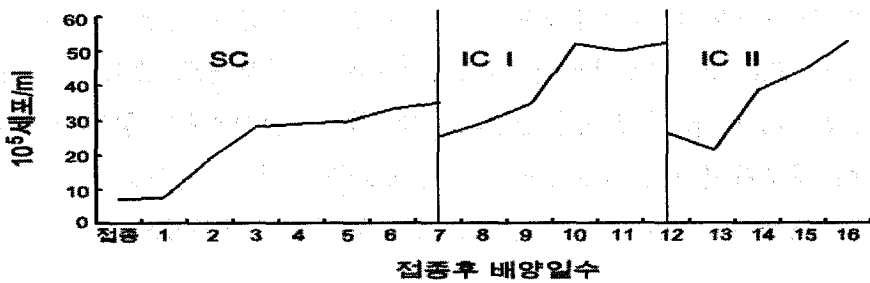


그림 3-4-4. 식물성먹이생물의 보존배양(SC), 중간배양 1 (IC I) 및 중간배양 2 (IC II) 기간 중 성장곡선.

Fig. 3-4-4. Growth of phytoplanktonic food organisms during stock culture(SC), 1st intermediate culture (IC I) and 2nd intermediate culture (IC II).

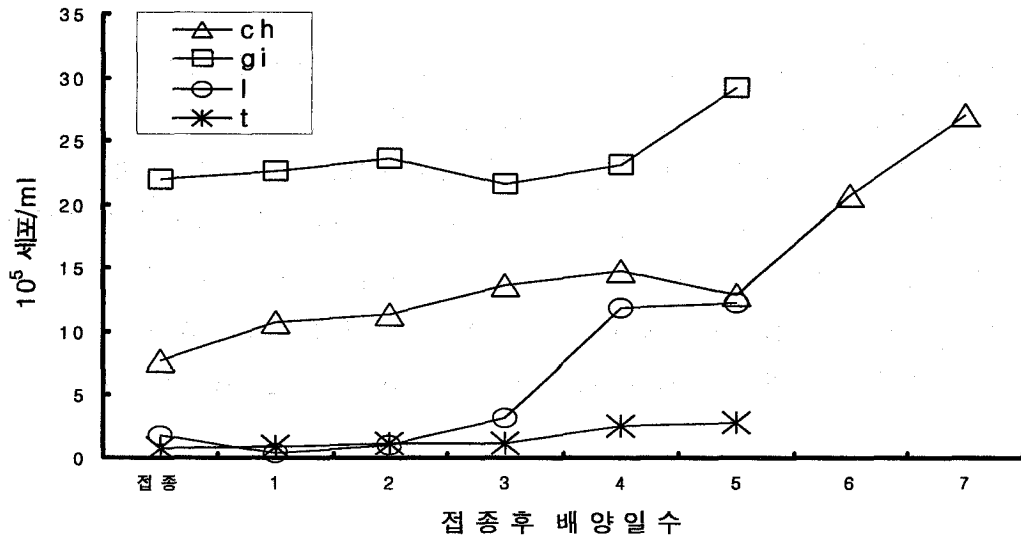


그림 3-4-5. 실외 대량배양시 식물성 먹이생물의 성장곡선.

Fig. 3-4-5. Growth of phytoplanktonic food organisms during out door mass culture (ch: *Chaetoceros simplex*, gi: *Pavlova* sp., l: *Isocrysis* aff. *galbana*, t: *Tetraselmis suecica*).

흑진주조개 유생은 부화 직후부터 섭이를 시작한다. 따라서 종묘생산을 위한 먹이생물 배양을 위한 부원종은 최소한 산란유발 20일 전에 현장에 도착하여 보존배양을 시작하여 인공산란을 시작하는 시기에는 최소한 모든 먹이생물이 30~50ℓ 급 배양용기를 이용한 2 단계 중간배양 단계에 들어가야 한다.

열대지방에서 먹이생물 배양에 있어 가장 문제가 되는 요인은 온도이다. 배양실 내의 온도는 공조기로 조절 가능하지만 전력 사정이 좋지 않을 경우 온도를 일정하게 유지하기가 어렵다. 먹이생물은 배양온도를 일정하게 유지시켜주면 증식률에는 차이가 있지만 꾸준한 증식효과는 얻을 수 있다. 따라서 같이 전력사정이 불안정한 경우 먹이생물 배양 온도를 상온으로 올려서 배양하는 방법도 고려할 필요가 있으며, 이 경우 외부전력이 두절되어도 비교적 손쉽게 자가발전으로 온도를 유지시킬 수 있으며, 부득이한 경우 DC 부로와를 사용하여 폭기만 시켜 주어도 수 시간 정도 먹이생물의 대량 폐사를 막을 수 있기 때문에 고수온 배양기술을 꾸준하게 개발해야 한다.

먹이생물의 고온배양은 열대태평양에서 분리되어 특별한 조치 없이 현지 배양이 가능하다고 판단되는 *Isochrysis* aff. *galbana*, 비교적 온수성이 강하여 일정 기간 순치 후 현

지 배양이 가능하다고 판단되는 *Chaetoceros simplex* 및 *Tetraselmis tetrathele* 3종이 주 대상이 된다.

일별 세포수의 증식률은 *I. aff. galbana*는 25°C구간에서 최초 농도 4.7x10<sup>5</sup>세포/ml에서 접종 후 4일째 1.6x10<sup>6</sup>세포/ml로 약 3.2배로 증식하며, 이후 완만한 증식을 보여 8일째 3.1x10<sup>6</sup>세포/ml로 약 6배로 증식한다. 반면 27°C 및 29°C에서는 배양 4일까지는 각각 1.9x10<sup>6</sup>세포/ml, 1.7x10<sup>6</sup>세포/ml로 약 4배가량 증식하다가 이후 세포수는 미미하게 증가하고 8일째 두 경우 모두 2.5x10<sup>6</sup>세포/ml로 25°C보다 낮은 세포수를 나타낸다. 접종 후 8일까지의 성장률은 25°C에서 0.2358, 27°C에서 0.2084, 29°C에서 0.2068로 25°C구에서 가장 높은 값을 나타내었으나 온도별 성장률은 유의한 (p<0.05) 차이를 보이지 않는다(표 3-4-5).

표 3-4-5. 식물성 먹이생물의 배양온도별 성장률

Table 3-4-5. Growth rates of phytoplanktonic food organisms depend on culture temperature

	Temperature (°C)	Food organisms		
		<i>I. aff. galbana</i>	<i>Ch. simplex</i>	<i>T. tetrathele</i>
Growth rates (μ)	25	0.2358	0.4519*	0.3337*
	27	0.2084	0.5533*	0.3448
	29	0.2068	0.4688	0.2905*

\*μ ≥ 95%

*Chaetoceros simplex*의 경우 1.6x10<sup>5</sup>세포/ml로 접종 후 25°C에서는 6일째 1.6x10<sup>6</sup>세포/ml로 약 9.5배로 증식하였고, 8일째는 1.8x10<sup>6</sup>세포/ml로 완만하게 증식한다. 27°C에서는 접종 후 4일째 1.5x10<sup>6</sup>세포/ml로 25°C와 29°C에서 보다 빠르게 증식률을 보이며 단시간에 세포수 증가가 뚜렷하게 타난다. 그러나 이후 배양일수가 경과함에 따라 세포수가 감소한다. *Chaetoceros simplex*의 4일간의 성장률을 보면, 25°C에서 0.4519, 27°C에서 0.5533 그리고 29에서 0.4688로 27°C에서 가장 높은 성장률을 보였다. 27°C구간의 성장률은 25°C의 성장률과는 유의한 (p<0.05) 차이를 나타내었으나 29°C의 성장률과는 유의한 (p<0.05) 차이를 나타내지 않아 고온배양이 가능하며 27°C가 최적 배양온도를 알 수 있다.

*Tetraselmis tetrathele*는 접종 후 4일까지는 각 온도별로 세포의 성장률이 큰 차이 없이 증식하다가 이후 25°C에서는 5일째  $4.0 \times 10^5$ 세포/ml로 약 8배로 증식하고, 8일째  $6.5 \times 10^5$ 세포/ml로 14배로 증가한다. 27°C에서는 4일째  $2.9 \times 10^5$ 세포/ml로 6.4배로 증식하고, 이후 완만한 증가를 보여 7일째  $5.0 \times 10^5$ 세포/ml로 11배로 증식하고 8일째  $7.1 \times 10^5$ 세포/ml까지 증식 가능하다. 반면 29°C에서는 4일째  $2.7 \times 10^5$ 세포/ml로 약 6배로 증식하였다가 이후 세포 증가율이 둔화되고 8일째는  $4.6 \times 10^5$ 세포/ml로 증식률이 저조해 진다. 온도별 성장률은 25°C에서 0.3337, 27°C에서 0.3448, 29°C에서 0.2905로 27°C 미만에서는 어느 정도 배양이 가능하다.

전체적으로 볼때, 열대환경에서의 먹이생물 배양은 25°C까지는 큰 무리 없이 가능하지만, 27°C부터는 다소 어렵다고 판단됨으로 부득이한 경우를 제외하고는 먹이생물 배양농도를 25°C 이하로 하는 것이 바람직하다.

배양온도  $25^\circ\text{C} \pm 0.6^\circ\text{C}$ , 조도는 2000~5,000lux에서 1ℓ의 중간배양 용기 및 30ℓ의 대량배양 용기에서 먹이생물을 계대배양한 결과는 다음과 같으며, 흑진주조개 종묘생산시 이와 같은 방법을 사용하여도 큰 무리가 없을 것이다.

#### 나. 동물성 먹이생물

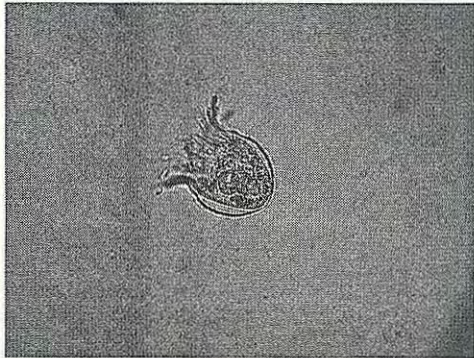
윤충(rotifer)은 어류 및 갑각류 종묘생산에 있어 가장 보편적인 동물성 먹이생물로 그 배양 기술이 이미 정착되어 있다. 또한 윤충은 30°C를 전후한 높은 온도에서 배양함으로써 온대지방인 우리나라에서 배양할 경우에도 가온하여 수온을 열대 해양환경으로 높혀 주어야 한다. 따라서 우리나라에서 사용하는 윤충배양 기기와 배양기법을 그대로 마이크로네시아에서 적용하여도 무방하기 때문에 보다 자세한 윤충 배양기법에 대한 논의는 생략하기로 한다

##### 1). 유충류(*Undella* sp.) 배양

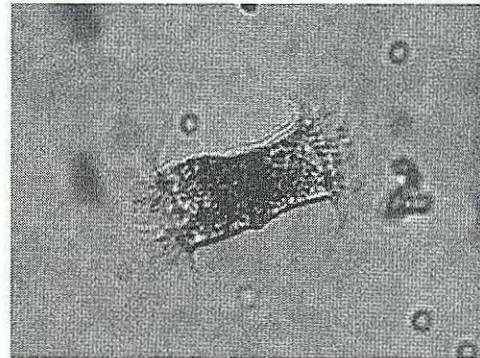
유충류는 분류학상 원생동물문(Phylum Protozoa), 섬모충강(Class Ciliata), 선모아강(Subclass Spirotricha), 유충목(Order Tintinnida)에 유충과(Family Undellidae)에 속하는 분류군으로 담수보다 해수에서 많은 종이 서식하고 있다. 이들은 환경에 대한 적응력이 강하여 전 지구적으로 분포하고 있으며, 경우에 따라서는 동물플랑크톤 군집에서 우점적으로 나타나기도 한다. 유충류는 불완전하게 발달된 체강섬모를 둘러싸고 있는 고깔이나 종모양의 외갑으로 다른 동물플랑크톤과 쉽게 구분된다. 대부분 이분법에 의해 번식하며 일반적으로 먹이가 충분한 조건에서 수온이 증가함에 따라 증식률이 빨라지며, 환경이 악화되면 윤충처럼 휴면란을 형성하기도 한다.



마이크로네시아의 축환초 안의 모웬섬 부근의 라군에서는 *Undella* sp. 1 종이 분리되었으며, 초기 부화자어를 위한 먹이생물로 적합하기에 소개 한다. 축초호에서 채집된 유충류는 소모충의 일종으로 남방소모충으로 명명하였다. 갑장과 갑폭은 각각 49.5 $\mu$ m 및 44.5 $\mu$ m로 입이 넓은 항아리 형태의 갑을 지니고 있으며 구강부분의 다수의 섬모를 이용해 유영 및 먹이를 섭취한다. 체강섬모는 신축성이 있고 갑의 안쪽으로 이동이 가능하였다 (그림 3-4-6).



1. 성장기 개체.  
1. growing stage.



2. 분열직전의 개체  
2. cell division stage.

그림 3-4-6. 축 초호에서 분리된 *Undella* sp.  
Fig. 3-4-6. *Undella* sp. isolated from Chuuk Lagoon.

남방소모충은 물의 요동이 있을 시는 섬모를 갑의 안쪽에 숨기고 바닥에 침하하여 움직이지 않다가 요동이 없어지면 갑 밖으로 섬모를 내민 뒤 섬모를 이용하여 유영을 한다. 유영속도는 윤충류에 비해 비교적 빠른 편이고 직선운동도 하나 호조건(증식이 왕성할 때)에서는 주로 원을 그리며 운동하는 것으로 나타났다. 이들의 번식방법인 이분법이 배양 중에 관찰되었으며 분열절차는 먼저 꼬리 쪽이 커짐에 따라 갑장이 점점 길어지고 이후 미부 끝이 열리면서 새로운 개체의 입이 생성된다. 대략 1시간 이내에 두 개체의 미부가 가늘어지며 분리된다. 분리 후, 10~20분 사이에 각각의 갑이 형성되고 새로 생성된 개체는 본 개체보다 다소 작은 것으로 관찰되었다. 이러한 분열은 각 개체가 수온 30℃에서 평균 24시간 만에 발생하는 것으로 보인다. 먹이섭취는 섬모를 이용하여 이루어지고 4~5 $\mu$ m크기의 *Isochrysis galbana*와 같은 편모조류는 물론이고 10 $\mu$ m이상의 비교적 큰

*Tetraselmis tetrathele*도 섭취가 가능한 것으로 관찰되었다.

남방소모충은 250ml 삼각플라스크에 배양수 150ml를 채우고 초기밀도 3개체/ml로 접종하여 5일 동안 배양하였다. 수온별 실험구는 22, 26, 30, 34℃로 설정하였으며 염분 33‰에서 먹이로 *I. galbana*를 매일 배양수내에 약  $2 \times 10^5$ 세포/ml가 유지되게 공급하였다. 22, 26, 30℃ 실험구는 각 수온이 24시간 유지되는 실내에서 실시하였고 34℃ 실험구는 항온수조 내에서 실시하였다. 염분별 실험은 10, 15, 20, 25, 30, 33‰에서 실시하였다. 염분 조절을 위한 담수는 지하수를 1μm filter로 여과하여 사용하였다. 먹이는 *I. galbana*를 사용하였으며, 배양수 중 먹이생물 밀도가  $2 \times 10^5$ 세포/ml를 유지되게끔 공급하였다. 먹이종류별 실험에 사용된 먹이는 *I. galbana*, *Pavlova lutheri*, *Pavlova* sp., *T. tetrathele*, *Nannochloropsis oculata*, *Synechococcus* Chuuk0208-1 및 *Chaetoceros simplex*로 총 7종이었으며 *I. galbana* 체적을 기준으로 약  $2 \times 10^5$ 세포/ml가 유지되게 공급하였다.

수온에 따른 배양실험에서 30℃ 실험구가 4일째 306개체/ml로 가장 높은 밀도를 보였고 다음으로 26℃에서 5일째 132개체/ml로 나타났으며, 22℃에서는 배양 5일 동안 1~7개체/ml로 낮은 밀도를 유지하였다(그림 3-4-7). 그러나 34℃에서는 성장하지 못하고 배양 3.5일째 모두 폐사하였다.

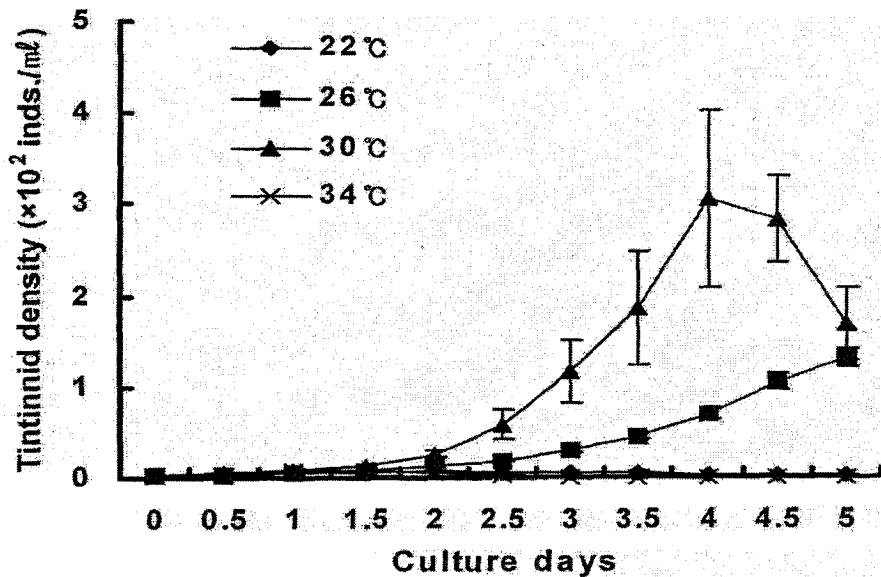


그림 3-4-7. 수온변화에 따른 남방소모충(*Undella* sp.)의 증식.

Fig. 3-4-7. Growth curve of *Undella* sp. depend on culture temperature.

염분에 따른 성장을 보면 염분이 낮아질수록 성장이 낮아지는 경향을 보이고 있었는데 최고밀도는 33‰에서 배양 4일째 나타난 807개체/ml이었으며, 30‰과 25‰에서는 각각 560개체/ml 및 173개체/ml로 나타났다(그림 3-4-8). 20‰에서는 배양 4.5일 까지 1~5 개체/ml를 유지하다가 이후 성장하지 못하고 모두 폐사하였다. 15, 10‰에서는 각각 0.5일과 1일째 모두 폐사하였다.

먹이생물 종류에 따른 *Undella* sp.의 배양실험 결과를 보면 *I. galbana* 공급구가 배양 4일째 409개체/ml로 가장 높은 밀도를 나타내었다. 그 다음으로는 *T. tetrathele*, *Green Iso.* 및 *P. lutheri* 순이었다(그림 3-4-9). *Ch. simplex* 공급구는 5간의 배양실험 중 0.3~5개체/ml의 낮은 밀도를 유지하는데 그쳤다. 또한 *N. oculata*, *Synechococcus Chuuk0208-1*을 공급한 실험구는 성장하지 못하고 3일째 모두 폐사하였다.

성시결과를 종합하면 유종류의 대량배양에 적합한 환경은 수온 30℃, 염분 33‰이며 가장 양호한 먹이는 *I. galbana* 로 판단된다.

형태학적 측면에서 갑이 있고 둥근 모양을 가지는 특성에서 남방소모충은 윤충과 유사한 점이 많은 생물로 대량 종묘생산 기법만 개발된다면 먹이생물로의 가치가 매우 큰 종이다.

유사한 점이 많이 있지만 먹이생물로의 가치는 크다고 하겠다. 우선적으로 남방소모충의 중요성은 크기이다. 성체의 크기는 40~60μm로 현재 어류양식에 주로 사용되고 있는 윤

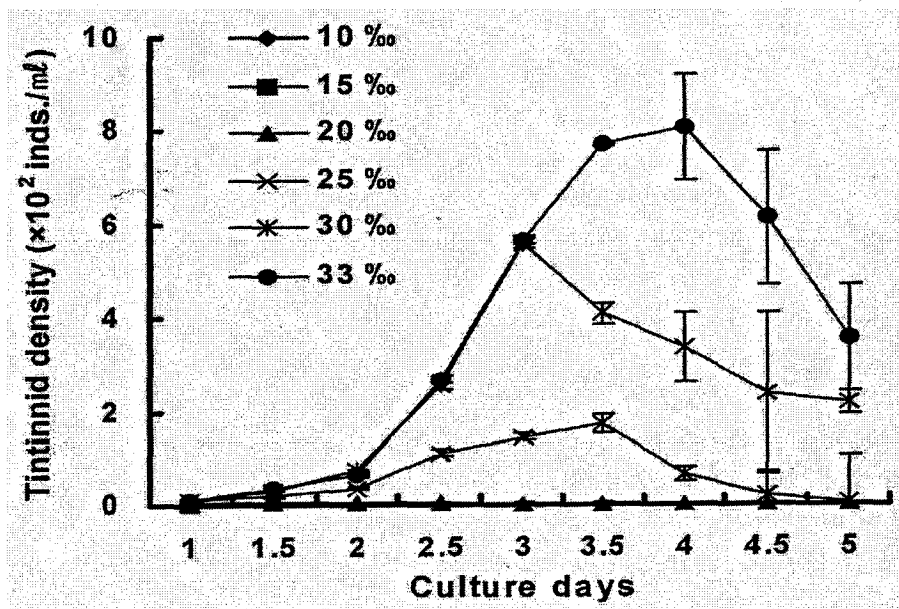


그림 3-4-8. 염분변화에 따른 남방소모충(*Undella* sp.)의 증식.

Fig. 3-4-8. Growth curve of *Undella* sp. depend on culture salinity.

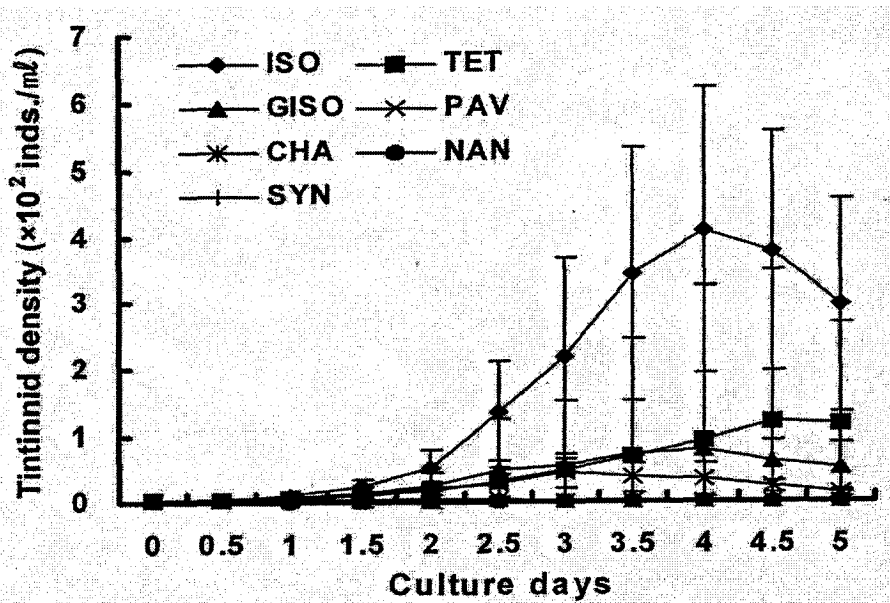


그림 3-4-9. 먹이생물에 따른 남방소모충(*Undella* sp.)의 증식.

Fig. 3-4-9. Growth curve of *Undella* sp. depend on food organisms.

충류인 *Brachionus plicatilis*나 *B. rotundiformis*에 비하여 1/2의 크기에 불과하여, 인후 크기가 작은 능성어류의 부화자어의 먹이로 적합하다. 둘째는 남방소모충의 생사이다. 이 종은 윤충류와 같이 환경이 좋은 조건에서는 무성생식을 하다가 환경이 나빠지면 유성생식으로 번식방법을 바꾸어 휴면란을 형성한다. 윤충류가 한번에 1-4개의 난을 생산할 수 있지만 남방소모충은 이분법으로 증식하기 때문에 번식 속도는 윤충에 비하여 다소 떨어진다고 할 수도 있겠지만, 환경조건이 좋을 경우 3회/일 증식이 가능하여 3일 이내에 실험조건에서 500배로 증식시킬 수 있다. 셋째는 생활습성이다. 윤충류는 대부분 시간을 부유생활로 지내지만 미부에 부착이 가능한 발을 지니고 있어 때때로 특정 물체에 부착하여 고착생활도 가능하다. 그러나 남방소모충은 부착할 수 있는 발이 없기 때문에 부화 후 계속해서 부유생활을 하여 부화자어가 포식할 수 있는 기회를 더 많이 제공한다. 마지막으로 남방소모충이 열대해역에서 분리한 종으로 자연환경과 같은 수온 및 염분에서 효과적으로 증식하기 때문에 마이크로네시아 현지 종묘배양장에서 손쉽게 배양할 수 있다는 것이다.

한편, 남방소모충은 자연에서 식물플랑크톤, 부유성 유기물 입자, 박테리아 등을 섭취하지만 대량 배양시 담수산 *Chlorella* 또는 빵효모로 배양이 불가능하고 배양원가가 높은 *I. galbana*를 급이해야 하기 때문에 먹이생물 공급비가 높아진다. 그러나 지금까지 먹이

생물의 크기 문제로 불가능하였던 능성어류의 종묘생산이 가능하게 된 것을 생각한다면 매우 획기적인 일이다. 다만, 남방소모충의 크기(체적)는 윤충의 1/8에 불과하기 때문에 보다 완전한 먹이생물로 정착되기 위해서는 20,000개체/ml 이상의 고밀도 배양기법이 개발되어야 할 것이다.

일반적으로 해수 및 기수에는 어류 자어의 먹이로 적합한 무척추동물의 난이나 유생, 갑각류 유생, 윤충류 등 매우 많은 동물플랑크톤이 서식하고 있지만 대량배양이 가능하여 먹이생물의 조건을 갖추고 있는 종류는 매우 적다. 현재까지 능성어류 등 부화자어의 인후가 작은 어류의 초기먹이 생물로 굴 수정란 또는 유생, 요각류의 노우 플리우스(nauplius) 유생을 급여하기도 하지만 이들의 대량 확보가 어려워 산업적인 규모의 종묘생산은 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

지난 40여 년간 윤충은 해산어류의 자어를 사육하기 위한 먹이 생물로써 사용되어 왔으며 많은 연구를 통하여 90~150 $\mu$ m 크기의 윤충 소위 SS-type 윤충(*B. rotundiformis*)를 개발하였지만 역시 능성어류 부화자어의 먹이로는 너무 크다. 따라서 능성어류 부화자어가 섭이가능 한 40~60 $\mu$ m의 크기이며 500개체/ml이상의 고밀도 배양이 가능한 초소형 먹이생물 남방소모충은 우리나라 양식기술 발전에 크게 기여할 것으로 기대된다.

## 2). 열대산 윤충(*Synchaeta* sp.)

축 라군에서 분리한 열대산 윤충 *Synchaeta* sp.는 분류학상 윤형동물분(Phylum Rotifera), 단소강(Class Monogonota), 유영강(Order Ploima), 털혹윤충과(Family Synchaetidae)에 속한다(그림 3-4-10).

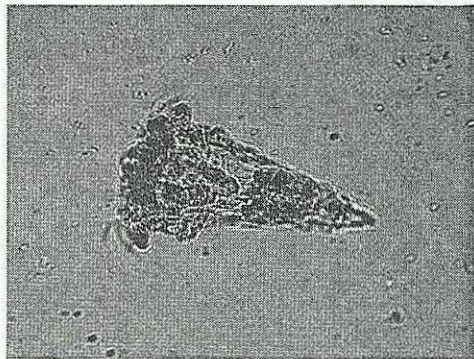


그림 3-4-10. 축 초호에서 분리한 윤충 *Synchaeta* sp.

Fig. 3-4-10. Rotifer, *Synchaeta* sp. isolated from Chuuk Lagoon.

이종은 국내에서 널리 배양하고 있는 완미윤충과(Family Brachionidae)에 속하는 종들과는 달리 값이 없고 체강의 신축성이 크다, 번식 시 대부분 미부에 난 1개를 달기 때문에 증식속도는 *Brachionus*속에 비해 매우 느리다. 크기는 90~130 $\mu$ m의 S급 혹은 SS급 윤충으로 운동성이 느리다. 따라서 대량배양이 가능하다면 능성어류 초기자어의 남방소모충 다음 단계의 먹이생물로 활용 가능하기에 여기에 소개하기로 한다.

열대산 윤충의 배양실험에 사용한 먹이는 *I. galbana*, *T. tetrathele*, *P. lutheri*, 그리고 *Synechococcus* Chuuk 0208-1이었으며 12 구역 배양판(5ml/구역)에 한 구역 당 1개 체씩 접종하여 6일 동안 배양하였으며 각 실험구는 3회 반복으로 실시하였다. *Synechococcus* Chuuk 0208-1은 마이크로네시아 축 환초의 초호에서 분리한 소형 식물플랑크톤이다.

*I. galbana*를 공급한 실험구가 배양 4일째 3.7개체로 가장 높게 나타났으며 다음으로 *T. tetrathele* 배양 4일째 3.3개체까지 증식하였다(그림 3-4-11). 그러나 *P. lutheri*와 *Synechococcus* Chuuk 0208-1을 공급한 실험구는 성장하지 못하고 각각 배양 4일째와 2일째 폐사하였다. 위의 실험결과로 보아 *Synchaeta* sp.는 성장속도가 다른 윤충에 비해 매우 느린 것으로 판단되며 최적 증식조건을 구명하기 위해서는 먹이와 물리적 환경에 관한 세부적인 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

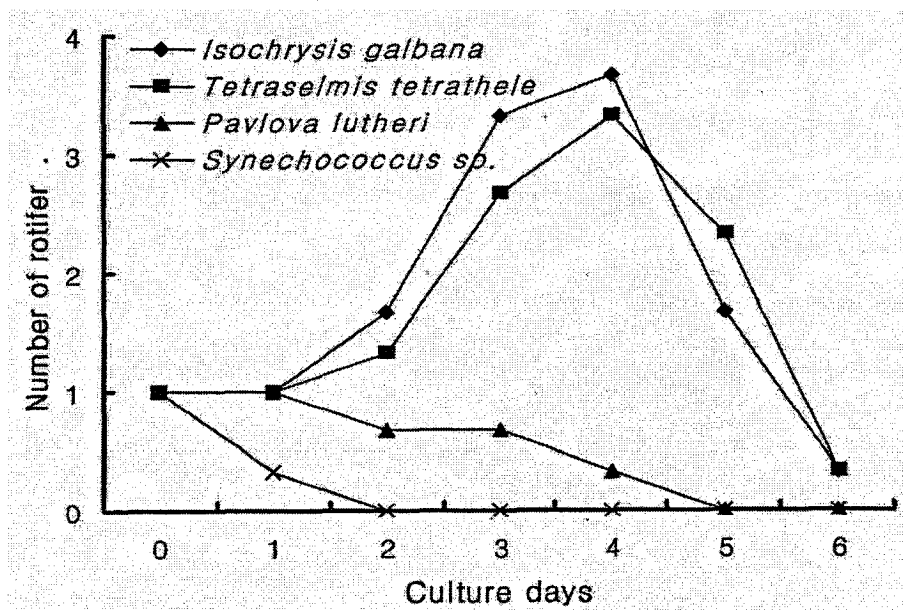


그림 3-4-11. 먹이생물 종류에 따른 마이크로네시아 산 윤충(*Synchaeta* sp.)의 증식.

Fig. 3-4-11. Growth curve of Micronesian rotifer (*Synchaeta* sp.) depend on food organisms.

### 3). *Brachionus rotundiformis*의 배양

능성어류 종묘생산에 있어 초기 부화자어에는 초소형 먹이생물이 필요하지만 자어가 성장하며 보다 큰 먹이생물이 필요하며, 윤충은 가장 손쉽게 얻을 수 있는 먹이생물이다. 그러나 열대환경에 있어서 윤충의 대량배양은 통상적으로 우리나라에서 행하는 방법으로 할 수는 없다. 특히, 우리나라에서의 종묘생산이 저수온기인 3월~5월에 대부분 실시된다는 점을 감안할 때, 열대환경에서의 윤충 고밀도배양 기법의 개발은 중요한 과제이다. 실험용 윤충은 고온환경에 강한 *Brachionus rotundiformis*가 적합한 것으로 판단되었으며, 강릉대학교 해양생명공학부 먹이생물실험실에서 보존 중인 부원종을 축 현장으로 운반하여 사용하였다.

배양실험은 강압적 고밀도 배양으로 80ℓ 급 원통형 수조에 17%의 여과 해수(1 $\mu$ m filter) 50ℓ를 넣고 상온에서 실시하였다. 실험 중 배양 수온은 30 $\pm$ 0.1 $^{\circ}$ C로 비교적 안정적으로 유지되었다. 초기 접종밀도는 5,000개체/ml로 하였으며 접종 24시간 후 매일 5,000개체/ml가 되게끔 수확한 후 수확한 량에 해당하는 새로운 배양수를 넣어주었다(이 등 2001). 산소 발생기를 사용하여 배양수 내로 산소를 공급하여 DO 5mg/l 이상 유지되게 하였다. 배양 수조 내의 현탁물질을 제거하기 위해 filter mat(1KS 185N, Aqua Culture System, Japan)를 설치하였으며 1일 2회 세척하였다. 먹이 공급은 자동 먹이 공급기를 사용하여 국내에서 냉장 운반한 담수산 농축 *chlorella*를 윤충 1,000개체 당 하루에 *chlorella* 건조 중량을 기준으로 0.65mg을 12시간 간격으로 2회로 나누어 공급하였다. 배양 중인 윤충의 일부를 매일 채취하여 200개체/ml로 희석하여 입체 현미경 아래에서 3회씩 계수하여 그 평균치를 윤충의 밀도로 하였으며, 배양수의 용존산소와 pH를 지속적으로 측정하였다.

배양 6일째 19,600개체/ml로 최고밀도를 보였으며 이후 4,700개체/ml로 감소하였다(그림 3-4-12). 이러한 감소원인은 NH<sub>3</sub>의 증가 때문이며 산성용액을 이용하여 강압적으로 pH를 7로 유지하고 산소를 강하게 폭기해 주어 NH<sub>3</sub>의 증가속도를 지연시켜주면 보다 장기간 윤충을 지속적으로 배양할 수 있다고 판단된다.

접종 24시간 후의 윤충의 평균밀도와 평균생산량은 *chlorella* 공급비율이 높을수록, 건조빵효모의 공급비율이 낮을수록 높아지는 경향을 보였다(표 3-4-6). 농축 *chlorella* 만 100% 공급한 경우와 *chlorella* 70% + 건조빵효모 30% 공급한 실험구가 다른 실험구에 비해 높은 생산력을 나타내었으나(p < 0.05), en 실험구간의 유의차는 없었다(p > 0.05). 일일 평균생산량은 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보여 효율적인 윤충생산을 위해서는 매일 배양수의 전량환수가 필요할 것으로 판단된다.

배양수의 pH는 *chlorella*의 비율이 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았고 DO는 *chlorella* 단독실험구와 *chlorella* 30% + 건조빵효모 70%

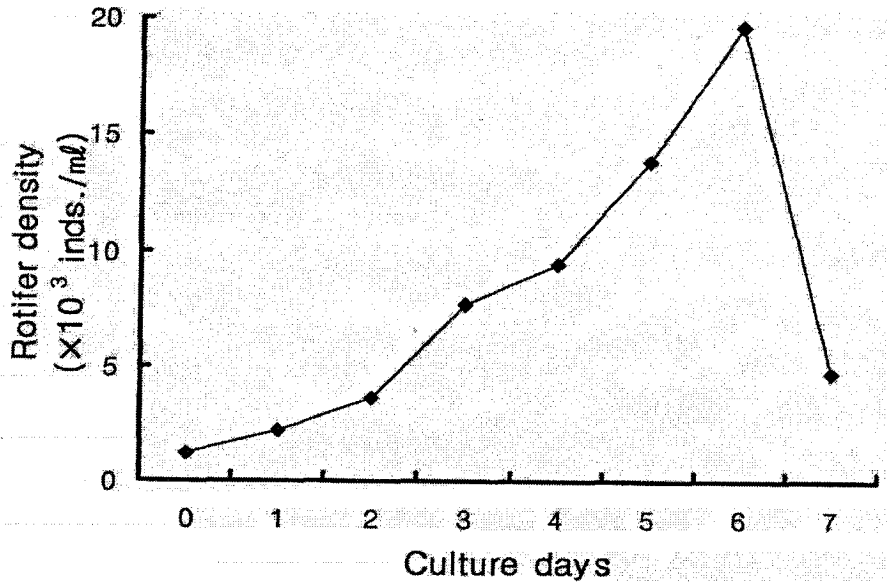


그림 3-4-12. 배양일 수에 따른 윤충, *Brachionus rotundiformis*의 증식.

Table 3-4-12. Growth of rotifer, *Brachionus rotundiformis* depend on culture period.

표 3-4-6. 열대환경에서의 윤충, *Brachionus rotundiformis*의 고밀도 배양

Table 3-4-6. High density culture of rotifer, *Brachionus rotundiformis* under tropical condition

Food organisms	Density* ( $\times 10^3$ /ml)	Production $\times 10^8$ /day	pH	DO(ml/ℓ)
<i>chlorella</i> 100%	10.7	2.8	7.5	5.3
<i>chlorella</i> 70% + yeast 30%	9.9	2.5	7.6	6.1
<i>chlorella</i> 50% + yeast 50%	7.8	1.4	7.6	6.1
<i>chlorella</i> 30% + deied yeast 70%	7.7	1.3	7.7	5.5
yeast 100%	7.1	1.1	7.8	6.0

\* innoculatuon density:  $5 \times 10^3$ /ml



실험구가 다른 실험구에 비해 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ).

먹이별 윤충의 일간 생산량 역시 유형으로 *chlorella* 만 100% 공급한 경우와 *chlorella* 70% + 건조빵효모 30% 공급한 실험구에서 접종 1일 후 각각  $3.7 \times 10^8$  개체/일 및  $2.0 \times 10^8$  개체/일로 가장 높았다. 이후 일간 생산량은 약간씩 낮아졌으며 배양 5일째에는 각각  $2.8 \times 10^8$  개체/일 및  $2.0 \times 10^8$  개체/일로 낮아졌다(그림 3-4-13). 따라서 열대해역서의 윤충류 고밀도 배양은 3일/회를 초과하지 않는 범위에서 실시하는 것이 바람직하다.

Fu et al.(1997)의 윤충의 고밀도 생산실험에서 *Brachionus rotundiformis*는 3000~6000 개체/ml를 배양할 수 있지만 *B. plicatilis*는 1100~2200개체/ml를 유지할 수 있다 하였다. 이 수치는 본 실험에 비하여 매우 낮은 수치이지만 Fu et al. (1997)의 실험이 본 실험에서 채택한 강압적 고밀도 배양보다는 일반 배양에 가까웠기 때문이다.

*Brachionus rotundiformis*를 *B. plicatilis*보다 높은 밀도로 배양할 수 있는 것은 크기와 건중량으로 비교하였을 때 *Brachionus rotundiformis*가 *B. plicatilis*에 비하여 약 3배정도 작게 나타나기 때문이다. 그러나 배양체적당 생체량으로 비교하였을 때는 큰 차이가 나지 않는다. 또 다른 원인으로서는 최적수온의 차이로 *Brachionus rotundiformis*는 비교적 고수온(최적배양수온 28~32°C)에서 *B. plicatilis*는 비교적 저수온(최적배양수온 20~24°C)에서 배양이 잘 되기 때문이다.

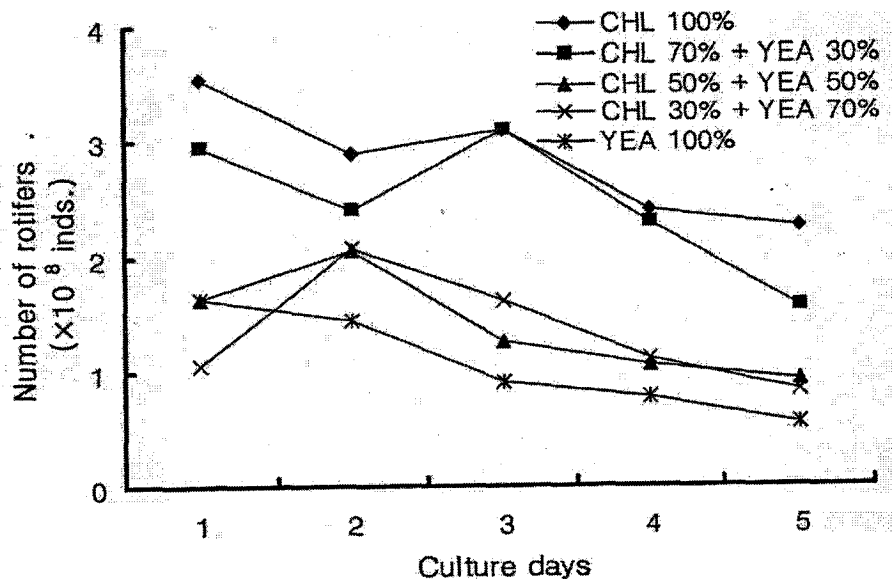


그림 3-4-13. 먹이생물에 따른 윤충, *Brachionus rotundiformis*의 일간 생산량 변화.

Fig. 3-4-13. Daily production of rotifer *Brachionus rotundiformis* depend on food organisms.

결론적으로 열대환경에서의 윤충 고밀도 배양은 상온에서 가능한 것으로 나타났으며 *Chlorella*를 가장 효율적으로 대체할 수 있는 건조빵효모의 혼합비율은 70% 이내로 하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 접종 후 최대밀도에 도달하는 기간은 약 6일이며, 접종 후 3일간 비교적 높은 일간 생산량을 유지한다.

열대지방의 상온에서의 윤충배양은 가능한 고밀도로 접종하고, 접종 후 1일부터 매일 1회씩 부분수확법으로 윤충을 수확하되 3일째에는 전량 수확, 환수하는 것이 바람직하다. 따라서 대형 수조에서 배양하는 것보다 여러 개의 소형수조를 준비하여 배양하는 것이 바람직하다.

### 3. 주요 어종의 종묘생산

#### 가. 흑진주조개

##### 1). 흑진주조개의 성분화

진주조개과에 속하는 대부분의 열대산 진주조개는 초기에는 수컷으로 번식에 참여하지만 군집 연령이 오래되고 개체 크기가 증가하면서 암컷의 빈도가 높아지는 응성선숙형 자웅이체이다(Tranter 1958a, 1958b). 흑진주조개도 이와 같은 성성숙 양상을 나타내며 초기에는 수컷으로 번식에 참여하지만, 각고 90mm를 전후하여 성전환이 일어나기 시작하여 같은 무리 내의 암컷비가 증가한다(Pouvreau *et al.* 2000).

조개의 성을 결정하는 요인은 수온, 광주기, 먹이 생물, 개체의 크기 그리고 집단 연령 및 규모 등의 외부 요인에 의해 다양하게 나타난다고 알려져 있지만 아직 정확한 원인은 밝혀지지 않고 있다. 서식 지역 및 환경에 따라 자웅동체와 자웅이체가 나타나기도 하며, 자웅동체에서도 집단과 개체의 크기에 따라 응성선숙형 또는 자성선숙형이거나 두 경우가 모두 나타나기도 한다(Tranter 1958b). 성이 결정되기 전의 어린개체는 한 생식소에 알과 정자를 같이 가지고 있는 경우가 종종 있다.

지금까지 축 환초와 나무인 환초에서 채집한 흑진주조개 중 조직학적 소견으로 암수 구별이 가능한 125마리를 대상으로 결과 암컷은 52마리, 수컷은 73마리로서 암수의 성비는 1♀ : 1.4♂ 이었다. 암컷에 비하여 수컷의 비율이 다소 높았으나  $X^2$  test 결과에서 유의성 없는 것으로 나타나( $p > 0.05$ ), 1♀ : 1♂ 성비에 부합되는 것으로 조사되었다. 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. 각고 90mm 이상의 개체는 성이 결정되어 뚜렷한 자웅이체성을 나타내는 것으로 나타났다. 이는 초기에는 100% 수컷인 집단에서

각고 90mm를 전후하여 암컷으로의 성전환이 일어나는 것으로 보고한 Pouvreau *et. al.* (2000)의 연구결과와 일치하는 것이다.

#### 가). 흑진주조개의 생식소 발달

##### 난소

난소는 몇 개의 작은 관상으로 나누어진 신축성 있는 난낭으로 이루어져 있다. 난낭 벽은 내층에 생식상피, 외층에 섬유성 결합조직의 막으로 이루어져 있다. 어린 난소에서는 생식상피에 의해 둘러싸인 작은 난소의 중심부가 결합조직으로 이루어진 일종의 스펀지와 같은 망상구조를 나타내고 있다. 난자형성이 진행됨에 따라 난낭의 형태는 뚜렷해지고 생식상피가 다소 비후된다. 난소의 발달 단계는 성장기, 성숙기, 방출기 그리고 퇴화기로서 각 단계별 특징은 아래와 같다.

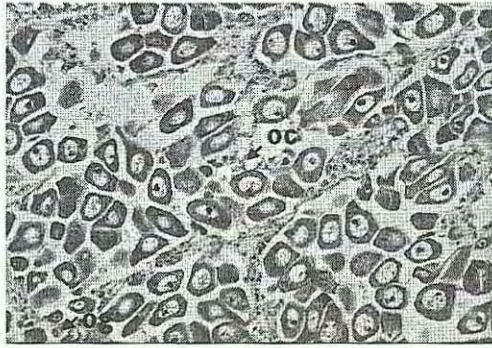
성장기에는 난낭의 생식상피 위에서 분열증식 중이던 알의 기원이 되는 난원세포들은 차츰 그 세포질이 커지고 난소 중앙이 빈 공간을 향해 성장하기 시작 한다(그림 3-4-14). 한쪽 끝이 가늘고 긴 알자루를 형성한 난황 형성기의 난모세포들이 관찰되며, 어느 정도 성숙이 진행되면 알자루는 소실되고 난모세포들은 생식상피로부터 분리되어 차츰 알 모양으로 둥그레진다.

성숙기에는 난소 안에 있는 난낭들은 모두 생식상피로부터 떨어진 성숙한 알들로 가득 채워져 있으며, 이들 알들은 대부분 원형을 이루고 있다. 생식상피 위의 여포세포들은 거의 소실되고, 난낭 벽이 얇아진다. 완전히 성숙된 알은 원형으로 세포질에 충분한 난황질을 축적하게 되고, 커다란 배포상의 핵을 가지며 핵 안의 인이 뚜렷하게 관찰된다. 인은 핵의 중앙에서 가장자리로 위치를 옮겨가고 있다. 조개를 벌려보면 성숙기 난소는 유백색 혹은 옅은 갈색을 띤다. 주사바늘 끝으로 난소를 찢어 내용물을 묻혀 내어 현미경으로 보면 완숙되어 분리되는 둥근 알이나 여포에 둘러싸인 담황색의 커다란 난세포를 관찰 할 수 있다.

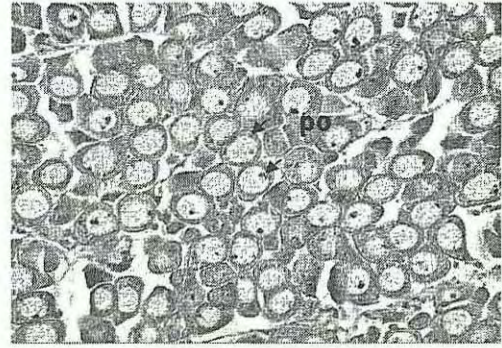
방출기에는 방란은 난낭 내의 완숙된 알들이 일시에 방출되는 것이 아니고 일부만 방출되고 나머지는 그대로 남아있다. 수축된 난낭들이 일부 관찰되기도 하며, 생식상피가 다소 두꺼워지는 경향이 나타난다. 같은 난소 안에 일부 난낭에서는 성숙 중에 있는 난모세포들이 소수 관찰되기도 한다.

퇴화기에는 난이 방출된 난낭은 비교적 빨리 수축되고 각 난낭 내에 남아 있는 미방출 알이 퇴화되어 흡수됨과 동시에 조직의 해체가 일어나 난낭이 형태를 잃어간다. 난낭 벽을 이루던 결합조직의 섬유들이 영성한 스펀지와 같은 망상구조를 이루면서 휴지기로 진행한다. 이때까지 일부 잔존 난들이 그대로 몇 개씩 산재하는 경우를 볼 수 있다.

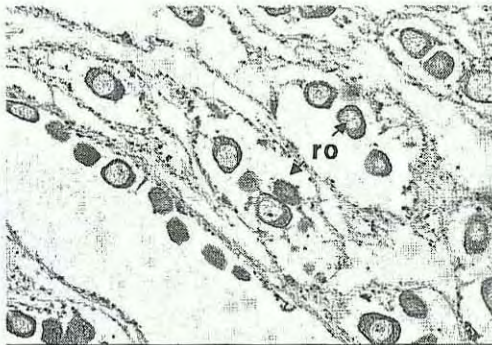
여포에는 남아 있는 알이 일부 관찰되지만 일부 영양세포를 제외하고는 소엽이 거의



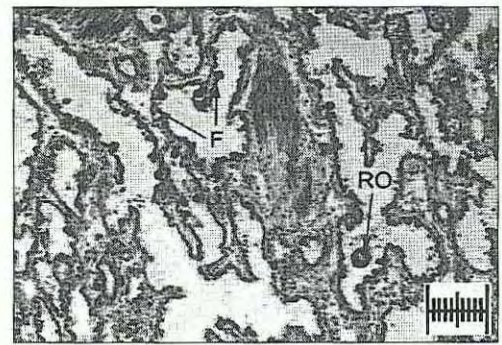
1. 성장기 난소 (x200).



2. 성숙기 난소 (x200).



3. 방출기 난소(x400).



4. 퇴화기 난소(x400).

그림 3-4-14. 흑진주조개 난소의 성숙단계별 현미경 사진.

Fig. 3-4-14. Microscopic feature of ovarian development of blacklip pearl oyster (

oc: oocyte, og: oogonium, po: post-vitellogenetic oocyte, ro: residual oocyte, F: follicle).

비어있는 상태이다. 퇴화기 난소에 있는 여포는 성숙기나 산란기의 난소와 비교했을 때, 여포의 크기는 상대적으로 많이 수축하고 퇴화되어 모든 산란활동이 끝났음을 나타내고 있으며, 식세포작용이 거의 이루어진 상태이다.

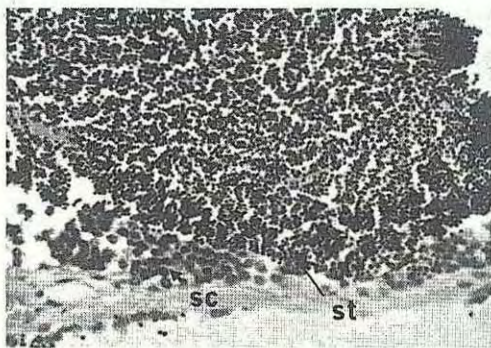
### 정소

정소는 많은 소관상의 정소세관으로 이루어져 있고, 이들 정소세관은 정소상피와 섬유성 결합조직의 기저막으로 구성되어 있다. 정소의 발달 단계는 난소와 마찬가지로 성장기, 성숙기, 방출기 그리고 퇴화기로 구분할 수 있는데 같은 정소에 여러 발달 단계가 같이 출현하는 경우가 많다. 성이 결정된 수컷 성체는 대부분 항상 수정이 가능한 정자를 보유하고 있다.

성장기에는 생식 상피에서 만들어진 정원세포들은 상피를 따라 여러 층을 이루며, 중앙 내강을 향해 제1차 정모세포, 제2차 정모세포 그리고 정세포로 발달해 간다(그림 3-4-15). 따라서 각 정소세관은 차츰 중앙 내강에 변태 중인 많은 정세포를 포함하게 된다.

성숙기에는 생식 상피에서 정원세포의 분열증식은 거의 중지되고 대부분의 세포가 정세포로서 정소세관 중앙에는 정자들이 관찰된다. 조개를 벌려보면 성숙기 정소는 흰색 혹은 유백색을 띤다. 주사바늘 끝으로 정소를 찢어 내용물을 묻혀 내어 현미경으로 보면 물결처럼 흐르는 수많은 정자를 관찰 할 수 있다.

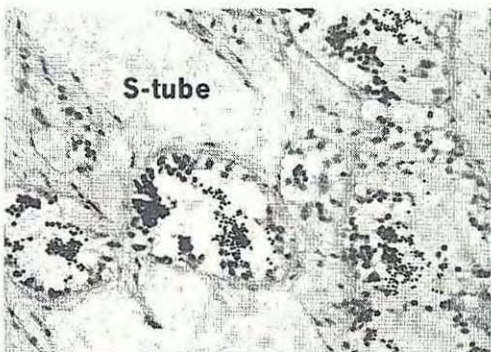
방출기에는 방정이 일어난 정소세관은 수축과 함께 조직이 차츰 해체되어 형태가 허물어지며 잔여 미방출 정자들은 퇴화 흡수되어 간다.



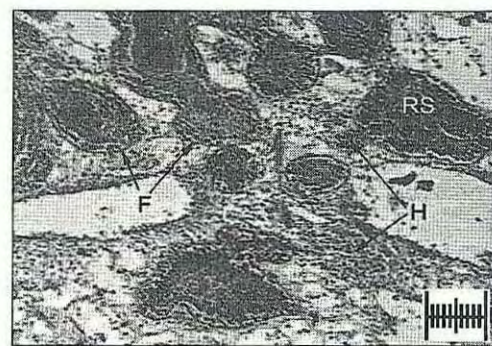
1. 성장기 정소(x400).



2. 성숙기 정소(x400).



3. 방출기 정소(x400).



4. 퇴화기 정소(x600)

그림 3-4-15. 흑진주조개 정소의 성숙단계별 현미경 사진.

Fig. 3-4-15. Microscopic feature of gonadal development of blacklip pearl oyster (

sc: spermatocyte, st: spermatid, sz: spermatozoa, S-tube: seminal tube, F: follicle, H: hermatocyte, RS: residual spermatozoa).

퇴화기에는 방정이 일어난 정소 세관은 그 조직이 차츰 해체되어 퇴화기의 특징인 결체조직이 관찰된다. 일부 정소 세관에서는 벽을 따라 방출되지 않은 정자들이 관찰되며, 또 다른 세관에서는 성숙기의 특징이 나타나기도 한다. 여포의 부피는 상당히 줄어들고, 결합조직에 있던 혈구들이 많이 관찰되고, 혈구들에 의한 식세포작용을 관찰할 수 있다.

#### 나). 흑진주조개의 성숙 주기성

흑진주조개의 생식소 발달과정은 일반적으로 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화기 그리고 휴지기에 이어 다시 성장기로 이어진다. 그러나 성숙기에 있어 계절별 주기성에 대한 논란은 계속되고 있다. 흑진주조개의 경우 휴지기 단계의 생식소는 거의 찾아보기 어려운 점과 같은 시기에 조사된 개체군에서도 두 단계 또는 세 단계의 생식소 발달 단계를 가지고 있었던 점을 감안 할 때, 퇴화기 이후 휴지기 없이(혹은 짧은 휴지기를 가진 후) 바로 성장기로 진행된다는 가정도 배제할 수 없다. 즉, 열대성 해양동물이 그러하듯이 일정한 생식시기 없이 개체군의 일부는 항상 생산에 가담하는 것으로 생각된다. 즉 환초에서 채집된 흑진주조개의 생식소 발달 정도를 종합하면 다음과 같다.

5월에 채집된 개체들은 부분적으로 산란한 흔적을 나타내는 성숙기~방출기 개체들이 우점적으로 나며, 6월에는 성숙기 개체들이 50% 이상을 차지한다. 한편 6월 축에서 120km 떨어진 남원 환초에서 채집된 흑진주조개들은 암컷의 경우 생식원세포, 난원세포 및 난모세포가 혼재하는 성숙기 개체들이 대부분이었으며 방출기 이후의 단계는 발견되지 않았다.

고수온기인 7월말에 채집한 개체들은 완숙한 생식소와 부분방출기의 현상이 약 50%씩 나타났으나, 8월 중순에는 생식세포의 성숙이 약 65%로서 7월 말보다는 다소 높았으며, 상대적으로 산란개체는 31% 내외로 줄어들었다. 9월 중순에는 산란하는 개체들과 퇴화기의 개체들이 각각 41%와 28%로 상대적으로 늘어나는 경향을 보였다. 전체적으로 볼 때, 9월에 들수록 퇴모기가 증가하는 경향을 나타내고 있었으며, 9월 말에는 성숙한 개체들이 약 2% 밖에 나타나지 않아 산란이 마무리 되고 있는 경향을 보였다. 8월 중순에서 9월 말까지 완숙한 개체는 약 62%로 감소했고, 산란중인 개체와 퇴화기의 개체들은 각각 23% 및 40%로 증가했다. 9월 말에 산란이 줄어들며 10월에는 소수의 개체만 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 고수온기를 지난 11월에는 모든 조사군에서 성장기 20.0%, 성숙기 6.7%, 방출기 40.0%, 퇴화기 33.3%로 모든 단계가 나타났으나 성숙기 단계는 다른 단계에 비해 상대적으로 낮은 빈도를 보여 11월 중 난소의 발달은 성장기와 방출기가 감소하고 퇴화기가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 12월에도 유사하였으나 성장기와 성숙기 개체들이 각각 20.0% 및 50.0%로 증가하였다. 퇴화기는 12월 초순(12월 2일) 조사군에서, 방출기는 12월 중순(12월 10일)~하순(12월 28일) 조사군에서만 관찰되었다.

전체적으로 볼 때 퇴화기는 2002년 11월과 12월 조사군에서만 관찰되어 12월 중의 난소 발달은 성숙기가 증가하였다가 감소하며 상대적으로 방출기가 증가하는 경향을 나타내는 것으로 보여 진다.

이듬해 1월 조사군에서는 방출기와 퇴화기 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. 2월 조사군에서는 성장기만 관찰되었다. 3월에 들어 소수의 성숙기 개체들이 출현하기 시작하지만 전체적인 발달 양상은 2월과 유사한 수준이었다. 4월에는 해황이 나빠 자연산 흑진주조개는 5개체만 검사가 가능하였는데, 이 중 3개체는 완숙기에 가까웠으며, 1개체는 부분적으로 산란한 흔적을 나타내었다.

한편, 수컷의 생식소 역시 난소와 유사한 성성숙 유형을 나타내었다. 휴지기를 제외하고 간단한 조직학적 검경으로 수컷으로 판별되는 개체는 한 생식소에 두, 세 단계의 생식소 발달 단계를 가지고 있으며, 대부분 활동성 있는 정자를 보유하고 있다. 수컷의 경우 특별한 단계의 성성숙 주기를 가지고 있다기보다는 항상 생식에 참여할 수 있는 상태로 생각된다.

결론적으로 축 해역의 흑진주조개는 생식소 발달에 월별 주기성을 갖지 않으며, 대부분 어느 정도 분화된 생식소를 가지고 있다. 성문화를 마친 성패는 항상 생식소 발달이 활발히 진행되고 있으며, 배우자 생산이 지속적으로 이루어지고 있기 때문에 어느 한 개체군은 항상 서로 다른 생식소 발달 단계를 가지는 개체들로 구성되어 있으며, 각각 다른 개체들이 다른 시기에 방란 및 방정에 참여한다. 즉, 비동기형 생식소 발달형으로 연중 수회 산란하는 것으로 판단되며, 상대적으로 빈영양 해역인 나무인 환초의 경우 축 환초에 비하여 성성숙이 다소 늦은 것으로 생각된다.

성숙기를 지나 산란이 임박하였거나 산란을 마치 개체들은 항상 출현하고 있으며, 5~6월 그리고, 9~11월 사이에 비교적 높은 빈도로 나타나지만 이시기를 산란 성기로 판단하기에는 다소 무리가 있다. 일반적으로 흑진주조개는 년 3회의 방란 하는 것으로 알려져 있지만, 방란 횟수는 개체 크기에 따라 달라 3년생인 경우 년 중 5회의 방란을 하는 것으로 알려져 있어 성성숙의 동시성은 집단보다는 개체의 크기에 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다.

열대산 진주조개는 일정한 산란기 없이 연중 산란이 가능하지만, 종종 최저 또는 최고 수온기와 열대 몬순에 의한 급격한 환경 변화기에 많은 개체들이 산란에 참여한다고 알려져 있다(Tranter 1958c, Gervis and Sims, 1992, Pouvreau *et. al.* 2000). 연중 수온이 28℃ 이상으로 유지되고 연중 수온 변동이 4~5℃에 불과한 Takapoto Lagoon (French Polynesia)에 서식하는 흑진주조개도 이와 유사한 경향을 보이는 것으로 알려져 있다.

축 해역에 서식하는 흑진주조개의 경우 앞선 다른 연구 결과와 마찬가지로 계절별 영

향을 받지 않는 것으로 생각되지만, 산란 성기는 5~6월과 9~11월로 생각되며, 최성기는 9월로 판단된다. 한편, 종묘생산용 모패로 비교적 영양염류 함량이 높아 먹이생물이 풍부한 연안지역에서 흑진주조개를 양성할 경우 대부분의 개체가 1개월 이내에 성숙기를 마치고 인공산란이 가능한 것으로 미루어 볼 때, 흑진주조개의 산란성기는 계절 그 자체보다는 계절변화에 따른 먹이생물 변화에 보다 민감하다고 판단된다.

동일한 시기에 다양한 단계의 생식소 발달 단계가 관찰된 것을 볼 때, 본 조사 대상 지역에 서식하는 흑진주조개 계통의 생식소 발달 양상은 비동기형으로서 연중 수회의 생식소 발달 주기를 가지며, 여러 번 방란·방정할 것으로 생각된다. 이러한 결과는 열대 지역에 서식하는 흑진주조개의 경우 1년만(각고 40mm 이하)에 성숙하고 계절과 무관하게 연중 방란·방정이 일어나는 복수생식주기형(polymodal reproduction pattern) 번식생태를 가지는 것으로 보고한 이전의 연구결과와(Gervis and sims, 1992; Pouvreau *et. al.*, 2000) 일치하는 것이다. 이러한 경향은 진주조개속에서는 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 *et. al.* (2000)은 본 종을 대상으로 한 연구에서, 열대성 지역에 서식하는 본 종은 고수온기에 빈번한 번식이 이루어지기는 하지만 온대성 지역에 서식하는 진주조개류와는 달리 배우자 방출은 주기성을 결정짓는 물리적 요인보다는 집단 또는 개체에 내재된 에너지 요인에 의해 작용한다고 보고한 바 있다.

이상의 결과를 분석하면 흑진주조개의 생식소 발달과정의 다음과 같은 특성을 갖는다.

- 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.

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 주기성보다는 본 종 고유의 번식 전략에 따르는 것으로 생각된다.

종묘생산용 모패는 생식소 발달 정도를 검사하여 성숙기에 이른 개체를 선별하여 사용하는 것이 좋다. 시간적 여유가 있을 경우 육상수조 혹은 연안의 기초생산력이 높은 지역에 육성장소를 택하여 조개를 수용하여 충분한 먹이로 생식소 발달을 촉진시킨 후 산란 유발 작업에 임하는 것이 바람직하다. 건강한 모패의 확보와 적절한 성성숙 관리가 본 종의 인공 종묘생산을 좌우하는 요인임을 감안 할 때, 인공산란유발은 먹이생물 준비 여부에 발맞추어 실시해야 할 것으로 판단되며, 축 해역의 해황이 비교적 양호한 6월~9월 중 조개를 산란 시키는 것이 바람직하다.

## 2). 종묘생산

### 가). 인공산란유발

#### 모패관리

종묘배양에 있어 가장 중요한 일은 우량모패를 확보하는 것이다. 외형적으로 볼 때의 우량모패는 조개의 체형이 올바르고, 활력이 좋아 성장돌기가 뚜렷하게 돌출된 조개이다. 크기는 각장 기준 14cm 내외, 체중기준 300g 이상의 개체이다. 모패는 자연산을 직접 채집하거나, 양식장에서 수용 중인 조개 중에서 선별하여 각장과 무게를 계측하여 기록한다(그림 3-4-16). 양식장에 수용 중인 조개를 종묘생산에 계속 이용할 경우 열성인자가 나타날 가능성이 있으므로, 항상 양식산과 자연산 모패를 섞어 쓰는 것이 좋다. 성문화가 상당히 진행된 모패를 선별하여 종묘생산에 임할 수도 있지만, 종묘생산 개시 1~2개월 전에 모패를 준비하여 계획에 맞추어 성성숙을 유도하는 것이 좋다. 한번 산란 경험이 있는 개체도 2개월 정도 양성하여 종묘생산용 모패로 사용할 수 있다. 선발된 모패는 수성페인트로 표시하거나 혹은 줄칼로 패각에 상처를 내어 암, 수 표시를 하고 소쿠리에 담아 관리한다(그림 3-4-16).

선발된 모패를 먹이생물이 풍부한 연안에 매달아 주거나, 실내수조에 수용하여 배양한 먹이를 주며 주기적으로 관찰한다. 조개를 간출시키거나 해수를 약간 담은 용기에 30분 정도 놓아두면 패각을 벌린다. 이때, 집개를 패각에 넣어 고정시키고 생식소의 색과 팽만도를 관찰하여 기록하고 소독한 주사바늘로 생식소를 가볍게 찔러 내용물을 묻혀 내어 현미경으로 관찰한다.



1. 모패 선별.  
1. selection of mother shell.



2. 모패 관리.  
2. Conditioning of mother shell.



3. 패각청소.  
3. Cleaning of mother shell.



4. 간출자극.  
4. Air exposure of mother shell.



5. 저온자극.  
5. Cold stimulus of mother shell.



6. 수컷의 방정.  
6. Sperm ejection of male.



7. 암컷의 방란.  
7. Spawning.



8. 수정란 수거.  
8. Collection of fertilized egg.

그림 3-4-16. 흑진주조개 인공산란 과정.

Fig. 3-4-16. Spawning procedure of blacklip pearl oyster.

Hans Micronesia International 소유의 사복리조트 앞 라군은 흑진주조개 모패관리에 양호한 장소이다. 종묘생산 시작 4~5주전에 선별된 개체를 2m 전후의 수심에 매달아 줄 경우 효과적으로 성성숙을 유발할 수 있다. 그러나 동 지역은 집중호우시 토사유입으로 탁도가 증가하거나, 동풍이 강할 경우 외역의 부유물질이 다량 유입하는 곳으로 기상에 따른 변수가 많은 곳이다.

산란을 마치고 휴지기에 있는 개체는 실내수조에서 30일 정도 먹이를 충분하게 주며 관리하면 성적으로 성숙한다. 수컷은 90% 이상에서 완숙기에 이른 정자가 관찰되며, 암컷은 60% 정도에서 성숙된 알을 관찰할 수 있다. 조개를 벌려보면 생식소가 팽대하기 시작하였으며, 안쪽으로 1/3 이상 부위가 유백색으로 나타난다. 이때부터 자극에 의한 인공산란이 가능하다. 2개월이 되면 산란을 마치고 생식소강이 서서히 비어 가는 산란기의 개체들이 관찰되기 시작한다. 따라서 주기적으로 생식소를 검사하여 가능한 한 산란에 임박한 개체를 선별하여 모패로 사용한다.

수컷의 경우 영양이 좋을 경우 항상 성숙된 정자를 가지고 있기 때문에, 조개를 수용할 때 표식을 하여 주고 관리하면 자주 생식소 확인을 하지 않아도 된다. 암컷은 생식소의 1/2 이상이 팽배하여 있으며 유백색이 짙은 개체를 골라 생식소를 검경하여 독립된 알들이 우점적으로 관찰되는 개체를 고른다. 생식소 관찰과정도 일종의 자극이다. 따라서 생식소가 안전하게 발달한 개체는 조개 벌리기 과정으로 산란하는 개체가 있으니 주의해야 한다. 통상 산란이 임박하였다고 판단될 경우 모패를 안정되게 관리하고 종묘생산 준비에 착수해야 한다.

### 인공산란유발

전술한 바와 같이 인공산란유도에 사용하는 모패는 산란유도 당일 오전에 채집한 자연산과 모패 다루기를 통하여 성성숙을 촉진시킨 조개를 섞어서 사용하는 것이 바람직하다. 2001년부터 2004년까지 총 29회의 인공산란을 시도하였으며 암컷이 자극에 반응하여 1천만개 이상의 수정란을 얻은 경우는 모두 10회이었으며, 가장 많은 수정란을 얻은 경우는 2004년 6월 24일의 7천만 개이었다(표 3-4-7).

대부분의 경우 수컷은 산란유발자극에 반응하였으나 암컷의 반응율은 18~50% 범위로 편차가 컸으며, 조석주기와는 큰 관계가 없는 것으로 나타났다.

지금까지 밝혀진 산란유발 자극방법 중 가장 효과 있는 방법은 3시간 정도 간출자극 후 상온보다 8℃ 낮은 수온에서 8시간 저온자극을 준 경우이었다.

흑진주조개는 응성선숙형 자웅이체로 알려져 있지만, 서식환경에 따라 자웅동체와 자웅이체형의 성결정현상을 보이며, 개체군에 따라 자성선숙형도 출현하는 경우도 있다(Tranter 1958a, b, c, 1959). 산란은 대부분 불완전하며 산란하지 못한 알을 재흡수 하지만, 경우에 따라서 생산된 알을 모두 산란하거나, 생산된 알의 2/3 정도만 산란하거나(Bullivant 1962),

표 3-4-7. 흑진주조개 인공산란 결과

Table 3-4-7. Result of spawning of blacklip pearl oyster

Date (Lunar)	No. of shell	Stimuli			reaction rate (♀, %)	Fertilized egg (million)	Remark
		exposure time	Cold shok				
			-ΔT	hr			
'01. 9. 24( 8. 8)	20		5	7	50	65	
'01. 9. 26( 8. 10)	18		10	7	30	18	
'02. 11. 19(10. 17)	20	3	8	5	25	20	
'03. 7. 30( 7. 2)	26	3	8	7	23	24	
'03. 8. 26( 7. 29)	46	3	8	7	18	12	Red tide
'03. 11. 18(10. 25)	20	3	8	7	30	17	
'04. 6. 11( 4. 24)	20	3	8	8	40	50	
'04. 6. 21( 5. 4)	20	3	8	8	30	35	
'04. 6. 24( 5. 7)	20	3	8	8	40	70	
'04. 12. 25(11. 14)	20	3			20	20	Feeding

여러 차례에 걸쳐 조금씩 산란(Rose *et. al.* 1990) 하는 경우도 보고되고 있듯이 다양한 산란유형을 나타낸다. 본 연구에서 사용한 흑진주조개 암컷의생식소에는 생식시원세포, 난원세포 및 난모세포가 혼재하는 개체가 많았으며, 자극에 반응한 암컷의 수와 수정란 수를 감안하면 대부분의 개체가 불완전 산란을 하는 것으로 판단된다. 또한, 자극에 반응하지 않은 조개를 열어 본 결과 생식소가 퇴화되어 암수 구별이 어려운 개체도 다수 발견되었다. 대부분의 수컷의 생식소에서 운동이 활발한 정자가 관찰된 것으로 유추할 때, 암수 구별이 어려운 개체들은 대부분 산란을 마치고 생식소가 퇴화된 암컷으로 판단된다.

모패는 전술한 바와 같이 관리 중이던 모패의 성성속도를 산란유발 1주일 전에 검사하여 암컷과 수컷의 비율을 2:1로 준비하고, 산란유발 당일 아침에 채집한 자연산 모패를 더하여 당일 산란용 모패로 한다. 관리중 모패와 자연산 모패의 비율은 2:1 내외로 한다.

11월에 들어 해황이 나빠지면, 자극에 대한 모패의 반응률도 떨어지며, 획득 가능한 수정란 수도 적어지는 바 흑진주조개 인공종묘 생산작업은 5월~10월 사이에 마치는 것이 바람직하다. 축 현지 사정을 감안하여 재구성한 인공산란 공정은 다음과 같으며, 먹이생물 배양공정의 제 16일째부터 시작한다.

07:00~09:00 자연산 모패 채집 및 배양장 운반(운반시 마포를 덮어 습기를 유지한 상태에서 운반)

인공산란 유발 준비(배양장 청결유지, 용기세척, 여과해수 준비)

09:00~10:00 패각청소

부착생물을 완전하게 제거하지 않을 경우 부착생물도 산란자극에 반응하여 산란하여 흑진주조개 유생과 경쟁하기 때문에 완전하게 제거해야 한다. 청소시 성장돌기도 제거하여 자극도를 높혀 준다.

패각청소가 끝나면 담수에 5분 정도 침적시켜 갯지렁이, 요각류 등 기생생물을 구제해 준다.

10:00~13:00 간출자극

간출자극은 그늘지고 통풍이 잘되는 곳에서 실시하며, 조개껍데기가 마를 때까지 실시한다. 간출 자극 중 자연산 모패의 생식소를 검경하여 최종적으로 산란에 참여할 모패를 결정한다. 가능하면 암컷은 양식산 7-8마리, 자연산 3-4마리를 준비하고, 수컷은 양식산과 자연산 각각 3마리 정도 준비한다.

간출자극 중에 저온수를 준비한다. 깨끗한 해수를 1 $\mu$ m 카트리지로 여과기로 거른 후 자외선멸균기로 멸균하여, 냉각기로 수온을 상온대비 8 $^{\circ}$ C 낮추어 준비한다. 냉각수는 소요량의 2배를 준비하고, 2개의 용기에 담아 준비한다.

13:00~21:00 저온자극

저온자극수조에 저온수를 20cm 깊이로 채워 모패가 완전히 잠기게 하여 수용하고 폭기는 하지 않으며 정숙을 유지한다. 자극개시 2시간 후 별도로 준비한 저온자극수조로 조개를 옮겨준다. 기존의 저온자극수조는 깨끗하게 청소하여 같은 방법으로 상온해수를 채워놓는다.

21:00~21:30 수온 상승(자극수온  $\rightarrow$  상온 수온)

저온자극수조는 그대로 산란수조로 이용한다.

저온자극수조의 저온해수를 조개의 1/2 잠길 정도로 따라 내고 미리준비한 상온해수를 서서히 넣어주며, 사이폰으로 바닥의 저온수를 배수한다. 수온에 상온에 다다르면 상온해수를 수조의 3/4까지 채워준다.

21:30~22:30 산란 및 수정

산란수조의 수온이 상온에 다다르면 정상적인 경우 30분 이내에 산란한다. 수컷이 먼저 방정하고, 이어서 암컷이 방란한다. 방출된 정자가 너무 많으면 물이 탁해지고 수정율이 저하될 뿐만 아니라 세균이 번식할 가능성도 높아진다. 방정이 시작되어 물색이 약간 흐려지면 수컷을 모두 제거한다. 여분의 수조가 있을 경우 수컷을 방정 시켜 적정량의 정자 현탁액을 암컷 수조에 넣어주어도 좋다.

암컷의 방란이 끝나면, 조개를 모두 제거하고 천천히 저어주어 수정을 도와 준다. 이 작업은 최초 방란 후 30분 이내에 마친다. 산란수조 내의 해수를 5ml씩 5회 각기 다른 위치와 수심에서 채취하여 같은 용기에 넣고 잘 흔들어 준 후 이중 1ml씩 3회 채취하여 해부현미경으로 검정하여 산란수, 수정률을 확인한다.

산란수조의 수온이 상온에 도달 후 30분 이내에 산란이 시작되지 못하면, 수컷 한 마리의 정소를 절개하여 정자현탁액을 만들어 넣어준다. 다시 30분을 경과하여도 산란이 시작되지 못하면 전과정을 다시 되풀이해야 한다.

부화수조를 준비하고 1 $\mu$ m로 여과하여 자외선멸균기를 통과시킨 상온해수를 채워 놓는다.

22:30~23:00 수정란 수거, 세척 및 부화조 수용

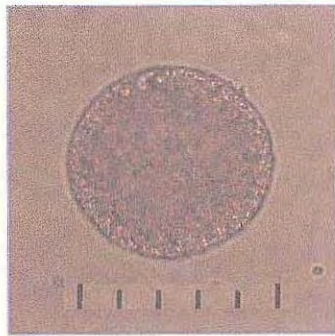
산란수조의 해수를 75 $\mu$ m 네트를 통과시켜 찌꺼기와 부유물을 제거하고 20 $\mu$ m 네트로 수정란을 수거하여 깨끗한 해수로 세척하여 잔존 정자를 제거하여 부화조에 수용한다.

흑진주조개 수정란은 유연성이 커 20 $\mu$ m 네트를 통과하는 경우가 많이 있다. 따라서 수정란의 수거 및 세척은 부화수조에서 실시하여 20 $\mu$ m를 통과한 수정란은 같은 부화수조에 수용하고, 20 $\mu$ m로 거른 수정란은 수 개의 부화수조에 나누어 수용한다. 수용밀도는 2~3개/ml로 한다. 부화수조를 약하게 폭기해 준다. 전력수급이 불안할 경우 DC 브로와로 폭기한다.

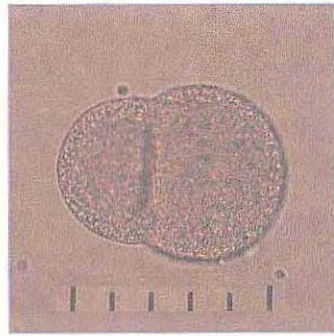
나). 부유유생 사육

### 흑진주조개의 초기발생

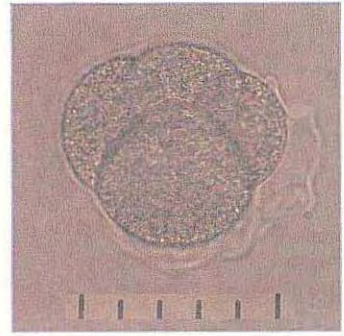
미수정란은 물방울형이나 수정을 마치면 점차 둥글어 진다. 인공산란유발로 얻어진 흑진주조개 수정란은 원형으로 직경은 50~61 $\mu$ m(Alagarawami *et. al.* 1989, Southgate and Beer 1997)로 보고되고 있는데, 축 초호산 흑진주조개 수정란은 50 $\pm$ 5 $\mu$ m로 비교적 작다(그림 3-4-17). 수온 29 $^{\circ}$ C, 염분 33‰에서 수정란은 부등할을 한다. 산란시간 기준으로 1시간 만에 2세포기에 도달하며, 이후 세포분열 시간은 평균 30분 내외로 1시간 20분만에 4세포기, 1시간 50분 만에 8세포기, 2시간 20분 만에 16세포기, 3시간 만에 32세포기에 도달하며, 이때부터 개체별 발생시간에 차이가 나기 시작한다. 4시간 30분 만에 상실기에, 6시간 만에 대부분의 수정란이 낭배기에, 9시간 후에는 담륜자유생으로 부화하여 유영생활에 들어간다(표 3-4-8).



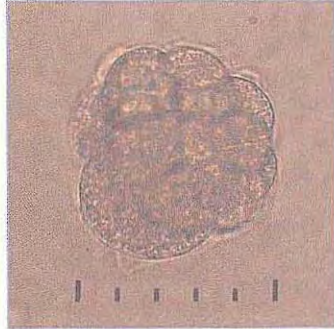
1. 수정란(fertilized egg).



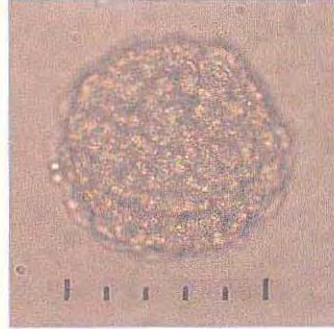
2. 2 세포기(2 cell stage).



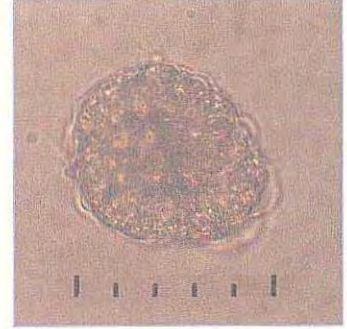
3. 4 세포기(4 cell stage).



4. 32 세포기(32 cell stage).



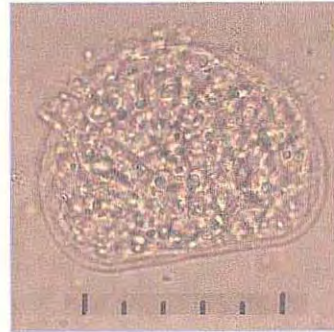
5. 상실기(Morula stage).



6. 낭배기(Blastula stage).



7. 초기담륜자(trochophore).



8. D형유생(D-shape larvae).



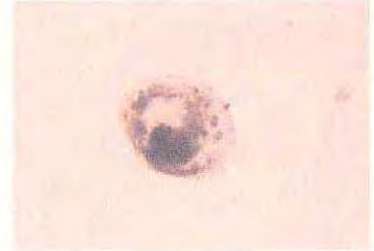
9. 각정기유생(Umbo stage).



10. 발안기유생(Eyed larvae).



11. 포복기유생(Pediveliger).



12. 부착치패(Spat).

그림 3-4-17. 흑진주조개 성장단계별 유생 사진(1digit = 10 $\mu$ m).

Fig. 3-4-17. Early development of blacklip pearl oyster (1digit = 10 $\mu$ m).

표 3-4-8. 흑진주조개의 배발생 및 초기발달(29°C, 33‰)

Table 3-4-8. Embryogenesis and early development of blacklip pearl oyster

Stage	Required time	Size( $\mu\text{m}$ )	Remark
Fertilized egg		50±5	
2 cell stage	1 hr	50±5	
4 cell stage	1 hr 20 min.	50±5	
8 cell stage	1 hr 50 min.	50±5	
16 cell stage	2 hr 20 min.	50±5	
32 cell stage	3 hr	50±5	
Morlula stage	4 hr 30 min.	50±5	
Gastrula stage	6 hr	50±5	
Early throchopore	9 hr	50±5	
Early D-shape	17 hr	70±5	1st mortality
D-shape (with cillia)	1.5 day	80±5	feeding start
Late D-shape	3 day	90	
Umbo stage	7 day	180	2nd mortality
Eyed larvae	14 day	185~190	growth difference
Pediveliger	18~19 day	200~210	spat collection
Spat	20~21 day	210~230	

수정에서 초기담륜자유생이 되기까지 걸린 시간은 같은 종의 난발생 연구 (Alagarwami *et. al.* 1989, Southgate and Beer 1997)와 유사하지만 초기D형유생의 크기가 5~10 $\mu\text{m}$  정도 작은 경우가 있다. 유생의 크기가 작은 것은 수정란의 크기가 작은 것과 관련하여 생각할 수 있는데, 이러한 현상이 축에 서식하는 흑진주조개의 특성에 기인한 것인지 혹은, 난질에 기인한 것인지는 불분명하다. 대부분의 경우 담륜자유생기에서 초기D형유생기 사이에 제1차 감모가 일어나며, 20% 이상의 유생이 사멸한다.

수정 후 1.5일이 지나면 D형유생의 입주위에 섬모가 발달하여 먹이를 섭취하기 시작한다. 이후 유생의 성장은 10 $\mu\text{m}$ /일 내외로 빨라지며, 제7일째 각정기에 도달하며, 180 $\mu\text{m}$ 으로 성장한다. 이때, 급격하고 치명적인 제2차 감모가 일어나며, 많은 유생이 사멸한다. 이 시기가 바로 흑진주조개 종묘생산에 있어 가장 조심해야 할 시기이다. 이러한 대량 폐사는 모든 산란군에서 같이 관찰되었으며, 유생밀도와 먹이생물 공급량과는 독립적으로 발생하는 것으로 생각된다.



제2차 대량 감모를 견디고 살아남는 유생은 14일째 발안기에 들어가기 시작한다. 15일째는 대부분의 유생에서 한 쌍의 뚜렷한 붉은색 안점을 관찰할 수 있다. 발안기 유생은 2~3일 내에 포복기유생으로 발달하여 저층에 머물다가 떠오르기를 수회 반복한다. 바로 이때가 채묘시기로 포복기유생을 부착기유생이라고 부르기도 한다. 포복기유생이 적당한 기질을 찾으면 다시는 떠오르지 않고 족사를 내어 기질에 부착하고 저서생활로 들어가며 점차 원형의 조개모양으로 변한다. 이를 부착치패라 하는데, 진주조개류의 특징인 귀는 아직 발달하지 않은 상태이다. 부착치패는 성장이 빨라 부착 후 10일이 지나면 각각 1mm로 성장하는데, 이때부터 귀가 발달하여 흑진주조개의 모양을 갖춘다.

### 유생 수거

흑진주조개 유생사육은 수정란의 부화에서부터 시작된다. 상온(28~30℃)에서 수정란은 10시간 이내에 담륜자유생으로 부화하여 유영생활에 들어간다. 담륜자 유생이 관찰 된지 1시간 후에 부화수조 바닥을 사이폰으로 청소해 주고 사육수를 보충해준다.

담륜자유생은 8시간이 경과하면 초기D형유생이 되며, 곧 이어 입주위에 섬모환이 발달하여 섭이를 시작하기 때문에 초기D형유생이 처음 관찰된 후 6 시간 이내(수정 후 30시간 이내)에 유생을 수거하여 유생사육조에 수용해야 한다. 먼저 깨끗한 해수를 채운 100ℓ 급 수조에 75 $\mu$ m 망지로 만든 부유물질 걸름망을 설치하고, 그 안에 20 $\mu$ m 망지로 만든 자루형 걸름망을 설치한다(그림 3-4-18).

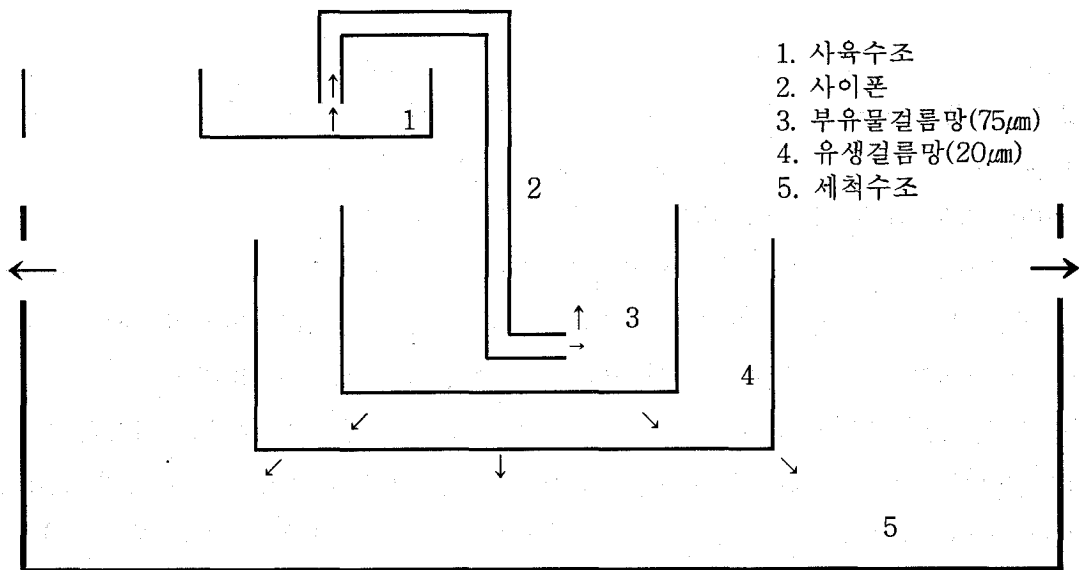


그림 3-4-18. 흑진주조개 유생세척장치 모식도.

Fig. 3-4-18. Schematic diagram of larvae cleaning system for blacklip pearl oyster.

세척수조와 부화수조 사이의 낙차를 이용하여 사이폰으로 부화수조의 해수를 부유물질 걸름망을 통과시킨 후 유생 걸름망으로 유생을 수거한다. 이 모든 과정은 수중에서 진행한다. D형 유생의 각장은 75 $\mu$ m 내외이지만 각고와 각폭은 이보다 작아 50 $\mu$ m 네트를 통과하므로 반듯이 20 $\mu$ m 네트를 사용해야 한다. 부유물질 거름망을 50 $\mu$ m으로 할 경우 유생이 망목에 걸려 피해를 입을 수도 있으므로 부유물질 걸름망은 75~100 $\mu$ m으로 만든다.

부유유생 사육공정은 다음과 같으며, 사육공정 상 제1일은 먹이생물배양공정의 제1일과 같다.

#### 1일

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

#### 2일

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(1/4~1/5)

#### 3일

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), 구조류 추가급이 시작

22:00~22:30 : 바닥청소, 1 $\mu$ m 여과 및 자외선 살균 해수 보충(1/4)

#### 4일

상동

해상가두리 준비

#### 5일

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

11:00~12:00 : 유생수거 및 계수

12:00~13:00 : 육상수조(1백만/m<sup>3</sup>) 및 해상가두리(2백만/m<sup>3</sup>) 수용

15:00~15:30 : 급이(10,000세포/ml)

#### 6일~11일

3회/일 시차를 두고 서서히 급이, 수조 및 해상가두리망 청소

#### 12일~13일

발안기유생(190~210 $\mu$ m) 출현 여부 및 포복기유생(210~230 $\mu$ m) 출현 여부  
채묘 준비

14일

채묘기 투입 및 채묘

### 초기유생사육

유생걸름망에 유생이 모이면 멸균된 해수로 걸름망과 함께 수차례 씻어준 후 유생사육 수조에 2백만개/ml로 수용하고 약하게 폭기해 준다. 수용 후 1~2 시간이 지나 유생이 골고루 분산되면 급이를 시작한다. 먹이는 *Isocrysis aff. galbana* + *Pavlova lutheri* + *Pavlova* sp. (green iso.)를 1:1:1로 혼합하여 3,000세포/유생 기준으로 3회/일(아침, 점심, 저녁) 나누어 급이한다. 2일째에는 5,000세포/유생 기준으로 3회/일 공급한다.

2일째 저녁부터 매일 사이폰으로 수조바닥을 청소하고 사육수를 보충한다. 바닥 청소시 사육수 1/5을 배수하고 깨끗한 해수로 보충한다. 각정기까지는 1회/2일 물갈이 하고, 그 이후는 매일 물갈이한다. 물갈이는 여분의 유생사육수조에 사육수를 받아 놓고 부화유생 수거와 같은 방법으로 유생을 수거한다. 유생 수거 중에는 세척수조를 폭기하여 준다. 수거한 유생을 멸균해수 50 $l$ 를 채운 수조에 넣고 1ml씩 수회 표품을 채취하고 새로운 유생사육수조에 수용한다. 매일 저녁(일몰 후 1시간) 무작위로 유생사육수조를 5개의 구획으로 나누어 매 구획마다 100ml 내외의 사육수를 채취하여 이를 잘 혼합한 후, 다시 1ml의 샘플을 3회 채취하여 해부현미경으로 유생발달 과정을 검사하고 유생수를 계수하며 생존율을 기록한다. 사육수조 내의 유생수는 단위 샘플 당 유생수에 전체 사육수의 양을 곱하여 계산하되, 성장이 느린 개체(정상 개체 대비 10% 이상 적은 개체)와 기형개체는 생존율 계산에서 제외한다. 단, 먹이생물량은 이들 모두를 포함하여 계산한다.

3일째부터 먹이량은 유생의 성장단계와 밀도에 따라 탄력적으로 조절하고 가능하면 많은 종류의 먹이생물을 혼합하여 준다. D형유생이 90 $\mu$ m로 자라면 7,000세포/유생으로 증가시키고 *Chaetoceros simplex* 나 *C. calcitrans* 등의 규조류를 첨가해 준다. 110 $\mu$ m급의 후기D형유생이 되면 10,000세포/유생, 각정기에 도달하면 12,000세포/유생, 포복기유생이 출현하면 20,000세포/유생을 공급하고 부착기에 이르면 30,000세포/유생을 공급한다(표 3-4-9).

4일째부터는 유생의 먹이 요구량이 급격하게 증가하므로 사육수 중 먹이생물 잔존량이 항상 2,000세포/ml를 유지할 수 있도록 충분한 양의 먹이생물을 하루에 2~3회 나누어 급이한다.

패류종묘생산에 있어 D형유생과 각정기유생 사이에서 대량폐사가 발생하는 현상은 널리 알려져 있는 현상으로 이 시기를 위험시기(critical period)라 부른다(田中等 1970). 노 등 (1986)과 한해연(1987)도 일본산 진주조개 종묘생산의 과정에서도 이와 유사한 폐사

표 3-4-9. 흑진주조개 유생의 먹이생물 급여량(29℃, 33‰)

Table 3-4-9. Feeding scheme of blacklip pearl oysterlarvae(29℃, 33‰)

Day after hatching	Stage	Size (μm)	Food organism	Amount of food (10 <sup>3</sup> cells/inds.)	Remark
0	early D-shape	75± 2	<i>Iso, Pav</i>	3	
1	D-shape	80± 2	<i>Iso, Pav</i>	5	
2		94± 3	<i>Iso, Pav, Ch</i>	7	
3		102± 4	<i>Iso, Pav, Ch</i>	8	
4	later D-shape	110± 5	<i>Iso, Pav, Ch</i>	10	1st mortality
5		134± 6	<i>Iso, Pav, Ch</i>	12	survival rate 50%
6	early umbo	117± 5	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	12	
7		123± 7	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	15	2nd mortality
8		127± 8	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	15	survival rate 15%
9		135±10	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	17	
10		145±13	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	17	
11	later umbo	153±17	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	17	
12		165±20	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	18	
13	eyed larvae	176±18	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	18	survival rate 7%
14		188±17	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	18	
15	pediveliger	198±17	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	20	collection in
16		203±13	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	20	spat appeared
17	spat	210±19	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	20	
18		218±18	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	30	survival rate 3%
19	young shell	230±21	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	30	end of settle down
20		358±51	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	2000세포/ml유지	
24		562±64	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	“	
28		781±49	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	“	
30		1127±93	<i>Iso, Pav, Ch, Te</i>	“	

※ *Iso*: *Isocrysis* aff. *galbana*, *Pav*: *Pavlova lutheri* + *Pavlova* sp.(green iso.),  
*Ch*: *Chaetoceros simplex* + *Ch. calcitrans*, *Te* : *Tetraselmis suecica*.

현상을 보고한바 있다. 이러한 현상은 고수온에 의한 수질환경 변화 즉, 수온, pH, 용존 산소, 암모니아 등의 변화와 밀접한 관계가 있다고 생각되지만, 그 외에도 모패의 성성숙, 사육시설의 수준, 원생동물 또는 세균성 질병 등의 영향도 배제할 수는 없다고 생각된다.

흑진주조개 유생에 먹이생물을 공급하지 않고 유수식으로 사육(27~28°C, 33‰, 3개체/ml)할 경우 3일령까지는 정상적인 유생발달 과정을 나타내었으나 제 4일부터 성장이 둔화되며 사망률이 증가하기 시작한다. 크기는 3일째 급이구에 비하여 하며 10 $\mu$ m 정도 작으며, 5일째에는 85 $\mu$ m 크기에서 성장을 멈춘다. 이러한 관점에서 볼 때, 초기 먹이생물이 매우 중요하지만 유생사육수조의 환경도 중요하다는 것을 알 수 있다. 이때패류의 유생 사육시 먹이생물에 함유된 불포화지방산의 질과 양은 유생의 생존율에 결정적인 영향을 미치며 (Tanaka 1970, Tanaka *et. al.* 1970, Brown *et. al.* 1989, Volkman 1989), 20°C 내외의 저온에서 배양된 먹이생물을 28°C 이상의 사육수조에 공급할 경우 물리적 및 생리적 영향으로 먹이생물로의 가치가 절감되는 경우도 발표되고 있다(Tanaka and Inoha 1970). 따라서 열대환경에서의 먹이생물을 배양기술 향상을 위하여 계속적인 노력이 필요하다고 판단된다.

#### 먹이에 따른 유생의 성장

먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장을 알아보기 위하여 D형유생을 7ℓ의 투명 용기에 수용하여 표 3-4-10과 같이 3회/일 급이 하면서 초기성장을 측정하였다. 먹이생물에 따른 흑진주조개 각장의 성장은 *Pavlova lutheri* 급이구가 가장 양호하였으며, 그 다음은 *Isocrysis aff. galbana*, *Chaetoceros gracilis* 순이었지만(그림 3-4-19) 통계학적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다 ( $P>0.05$ ).

표 3-4-10. 먹이에 따른 흑진주조개 유생의 성장실험을 위한 급이 조건

Table 3-4-10. Feeding regim of larvi-culture of blacklip pearl oyster

day after hatching	Amount of feeding (cells/ml)	Food organism
1	2,000	<i>Pavlova lutheri</i> +
2	4,000	
3	5,000	
4 ~ 5	6,000	<i>Chaetoceros gracilis</i> +
6 ~ 7	8,000	
8 ~ 9	10,000	<i>Isocrysis aff. galbana</i>

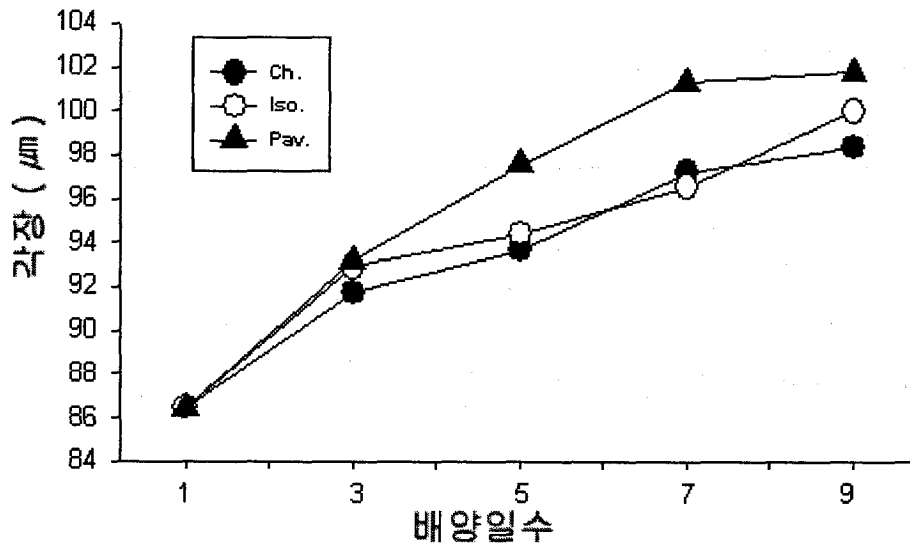


그림 3-4-19. 먹이생물의 종류에 따른 흑진주조개 유생의 초기성장.

Fig. 3-4-19. Growth of blacklip pearl oyster larvae depend on food organism.

본 실험만의 결과로 판단할 때, 축 현장에서 배양하고 있는 먹이생물은 흑진주조개 초기 유생의 성장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 그러나 Alagarwami *et. al.* (1989)는 *I. galbana*와 *P. lutheri*를 각각 급이하여 유생을 사육한 결과 *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 보고하고 있다. 이러한 차이는 실험조건에 따른 차이도 있겠지만, 본 실험에 사용한 먹이생물이 온대지역에서 계속적으로 계대배양한 종을 열대환경으로 옮겨 배양한 것으로, 고온환경에의 적응력 저하로 상대적으로 영양가치가 저하되었기 때문으로도 생각할 수 있다.

부유유생을 유수식으로 양성할 경우 어느 정도 자연산 먹이생물 섭이효과를 볼 수 있다. 30ℓ 급 판라이트 원형수조에 흑진주조개 초기D형유생을 넣고 각정기유생이 될 때까지 지수식 급이구, 50μm 여과해수 유수구, 5μm 여과해수 유수식 급이구 및 5μm 여과해수 유수구로 나누어 9일간 관찰한 결과는 표 3-4-11과 같다. 실험 중 먹이생물은 *I. galbana*, *Nannochloris* sp., *Phaeodactylum tricornutum* 등을 혼합하여 주었다.

부유유생의 생존율은 5μm 여과해수 유수식으로 하고 먹이생물을 공급하였을 때가 23.4%로 가장 양호하였으며, 그 다음은 지수식 급이구(급이 후 사육수 부분 환수)의 생존

표 3-4-11. 사육방법에 따른 흑진주조개 초기 D형유생의 각정기까지의 생존율

Table 3-4-11. Survival rate of blacklip pearl oyster larvae depend on nursing condition

Nursing condition	No. larvae	Survivor	Survival rate (%)
without water exchange + feeding	25,000	3,266	14.2
50 $\mu$ m filtered seawater flow	25,000	0	0
5 $\mu$ m filtered seawater + feeding	25,000	5,847	23.4
5 $\mu$ m filtered seawater flow	25,000	1,472	6.4

율이 14.2%로 비교적 좋았다. 한편 무급이 5 $\mu$ m 여과해수 유수식에서도 6.4%의 생존율을 나타내어 5 $\mu$ m 이하의 소형먹이생물의 중요성이 입증되었다. 50 $\mu$ m 여과해수 유수식의 경우 5 $\mu$ m 여과해수 유수식보다 많은 먹이생물이 유입되지만, 다량으로 유입되는 섬모충류에 의한 피해와 기타 동물플랑크톤과의 먹이경쟁이 심화되어 실험 3일째 모두 사망하였다.

실험기간 중 유생의 성장은 3일째부터 나타나기 시작하였으며, 지수식 급이구가 가장 성장이 좋았다. 5 $\mu$ m 여과해수 유수식 급이구는 지수식 급이구에 비하여 90% 내외의 성장률을 나타내었다. 따라서 먹이생물이 풍부하다면 5 $\mu$ m 여과해수 유수식으로 사육하면서 수조 내의 먹이생물 잔존량을 2,000세포/ml를 유지할 수 있도록 연속 급이 하는 것이 가장 효과적인 유생사육방법으로 생각된다. 또한, 흑진주조개 유생의 초기성장 중요한 역할을 하는 자연산 소형먹이생물도 공급할 수 어 성장률과 생존율을 함께 증대시킬 수 있다.

#### 관리방법에 따른 유생의 성장

흑진주조개 유생사육은 지수식 사육과 유수식 사육 모두 가능하다. 먼저 지수식 사육방법을 숙지하고 어장별 제반 문제점을 파악하였다면, 유수식 사육방법을 택하여도 좋다. 지수식과 유수식 간의 효율성을 검토하기 위하여 유생의 성장보다는 생존율 향상에 중점을 두고 두 실험구의 환경조건을 유사하게 유지하기 위하여 통상적이 급이에 비하여 1/2 절식조건에서 2톤급 원형수조에서 지수식과 유수식 사육 실험을 실시하였다. 유수식 수조는 수조 중앙에 50 $\mu$ m 망목의 역원추형 걸름망을 설치하고 밑에서 원형분사기에서 주입된 공기방울이 걸름망을 타고 위로 퍼져 유생이 걸름망에 붙거나 유출되는 것을 막아 주었다(그림 3-4-20).

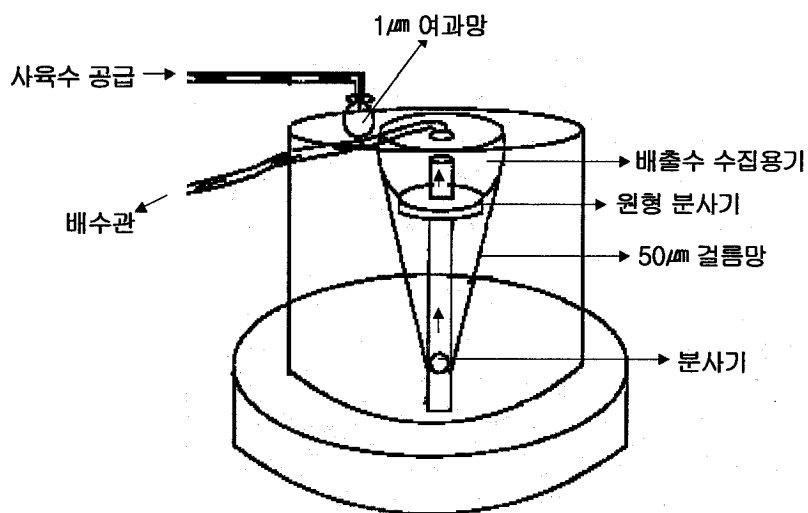


그림 3-4-20. 유수식 흑진주조개 유생사육장치의 모식도.

Fig. 3-4-20. Schematic diagram of flowing larvi-culture system for blacklip pearl oyster.

유생의 밀도는 D형유생 기준으로 3개체/ml이었으며, 사육수는 1 $\mu$ m 여과재를 거친 해수를 사용하였다. 실험기간 중 수온은 27 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C를 유지하였고, 사육수 환경은 지수식이 pH 8.47~8.62, 염분 32.3~34.6‰ 그리고 용존산소량 6.3~7.1mg/l 범위이었고, 유수식은 pH 8.58~8.71 염분 31.6~33.2‰ 그리고 용존산소량 6.0~6.8mg/l 범위이었다. 지수식은 2일 1회 사육수를 갈아주었고, 유수식은 D형유생의 각장 100 $\mu$ m까지는 1일 1회전, 각장 100 $\mu$ m 이상으로 성장한 이후에는 1일 2회전 유수하였다.

사육수 공급관 끝에 1 $\mu$ m 걸름주머니를 달고 여과된 해수를 공급하였으며, 배출수는 수주 중앙에 설치한 도관의 중간지점에 분사기를 설치하여 50 $\mu$ m 걸름망을 통과한 사육수가 에어리프트 식으로 밀어 올려져 배출수 수집용기에 모여 배수관을 타고 밖으로 흐르도록 하였다.

실험결과 유수식 사육구가 지수식 사육구에 비하여 처음부터 빠른 성장률을 보였다. 유수식은 실험 7일째 평균각장 100 $\mu$ m에 도달한 반면 지수식은 11일째에야 평균각장 100 $\mu$ m에 도달하다. 한편 생존율은 지수식이 전 기간에 걸쳐 유수식에 비하여 높았다(표 3-4-12).



표 3-4-12. 지수식 및 유수식 사육방법에 따른 흑진주조개 유생의 성장 및 생존율  
 Table 3-4-12. Growth of blacklip pearl oyster larvae depend on nursing condition

Day after early D-shape larvae	Non flow		Flow	
	shell length( $\mu\text{m}$ )	survival rate(%)	shell length ( $\mu\text{m}$ )	survival rate(%)
0	78.1±2.2	100	78.2±2.6	100
1	80.3±2.2	96	81.2±2.6	91
2	83.3±2.3	86	85.3±2.7	75
3	85.3±2.3	78	88.1±2.9	64
4	88.0±3.3	67	91.5±3.1	52
5	93.6±3.50	53	97.2±3.09	41
7	96.3±5.36	43	102.0±6.50	38
9	98.0±4.86	32	103.2±5.80	25
11	101.2±7.2	21.5	106.0±7.66	13.3
13	107.8±11.16	10.3	112.2±9.83	1.8

본 실험에서 유생의 성장은 1/2 절식으로 성장이 매우 느렸지만 생존율은 통상적인 종묘생산 결과에 비하여 매우 높았다. 지수식에 비하여 유수식의 생존율이 높았던 것은 수질환경이 좋았기 때문으로 생각되며, 사망률이 높았던 것은 유생보호 장치에도 불구하고 많은 수의 유생이 밖으로 유출되었기 때문이라 생각된다. 이러한 사실로 볼 때, 유생의 성장에 먹이생물의 중요성은 절대적이지만 과도한 먹이생물 급이는 수질악화를 가져와 유생의 사망률을 높여준다는 것을 알 수 있다.

### 해상사육

열대환경에서 새로운 품종의 양식기술개발에 있어 가장 중요한 사항은 먹이생물이다. 대부분의 종묘배양장이 그러하듯이 축 현장에서 자체적으로 먹이생물을 분리하여 순수 배양할 능력이 없기 때문에, 국내에서 배양된 먹이생물을 현장으로 옮겨 배양해야 한다. 20℃ 내외의 저온에서 배양된 먹이생물을 28℃ 이상의 사육수조에 공급할 경우 물리적 및 생리적 영향으로 먹이생물로의 가치가 낮아지는 경우가 종종 있다(Tanaka and Inoha 1970). 축에서 사용하는 먹이생물의 원산지가 비록 열대지방이라 하더라도 수백세대에 걸친 계대배양을 통해 얻어진 품종으로 유전적으로도 저온환경에 적응하였기 때문에 열대

환경의 상온에 노출될 경우 먹이생물로의 가치가 많이 낮다고 보여지며, 흑진주조개 유생의 높은 사망률도 먹이생물의 품질에 의한 결과라 생각된다.

종묘생산시 현지의 열대환경에 적합한 먹이생물을 급이하는 유일한 방법은 유생의 해상사육이다. 해상사육은 원형 FRP 수조에 50 $\mu$ m 망지로 창을 내에 제작한 수조를 해수의 흐름이 좋고 정온한 곳에 설치하여 유생을 사육하는 방법이다.

해상사육용 수조는 FRP로 제작된 900 $\ell$  원형 수조(지름110cm, 높이 100cm)의 옆면과 바닥에 각각 6개 및 4개의 창(45x30cm)을 내고 50 $\mu$ m 망지를 붙여 창을 통하여 자연산 식물플랑크톤의 흐름을 자유롭게 하였으며, 50 $\mu$ m 이상의 대형동물플랑크톤은 출입을 차단하였다(그림 3-4-21). 해상사육은 D형유생으로 발달한 수정 후 5일째부터 하는 것이 가장 효과적이며, 섬모충류를 비롯한 소형동물플랑크톤이 출입이 자유롭기 때문에 해상사육 장소는 부영양화 된 곳을 피해야 하며, 수조의 창은 매일 부드러운 솔로 부착물질을 제거하여 조류소통을 도와야 한다.

흑진주조개 유생의 해상사육은 부화 후 4일째 모든 유생이 D형기를 넘어선 후에 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

전 해상사육기간에 걸쳐 수온은 29.7~30.7 $^{\circ}$ C, 용존산소는 5.5~7.0 mg/ $\ell$ 를 유지하였으며, 염분은 30~33‰ 범위로 변화였다. 염분의 변화가 비교적 큰 것은 강우에 따른 영향이다.

먹이공급은 육상수조에서의 먹이 공급에 준하여 실시하였다. 해상사육 익일부터 해상사육장치의 용량을 기준으로 2x10<sup>4</sup>세포/ml에 해당하는 먹이를 매일 공급하였으며, 점차 공급량을 늘려 8일째부터는 3x10<sup>4</sup>세포/ml를 급이하였다.

해상사육장치에서의 유생은 수용 2일째부터 유생 전체의 채색이 진한 갈색을 띄어 위 내용물이 있는 부분만 갈색을 띄는 육상 수조에서 성장한 유생과 구분되었으며 유생의 움직임도 매우 활발하였다. 이러한 채색의 차이는 육상사육 유생에 비하여 해상사육유생이 자연에서 취할 수 있는 먹이가 풍부했다는 것을 알 수 있다. 이러한 자연에서의 먹이와 기타 물질의 섭취는 영양을 요구하는 유생에 있어서 부착기까지의 생존율과도 연계가 될 것으로 사료된다.

개략적으로 볼 때, 해상사육 유생의 성장은 중기 각정기까지 육상수조 사육에 비하여 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만, 후기 각정기에 들어 성장률이 서서히 차이가 나기 시작하였다. 해상수조에서 발안기유생은 11일째, 포복기유생은 13일째부터 출현하기 시작하여 육상수조 사육보다 2일 정도 빨랐으며, 각 단계별 크기도 해상사육이 육상수조사육에 비하여 5~10 $\mu$ m 정도 컸다(표 3-4-13).

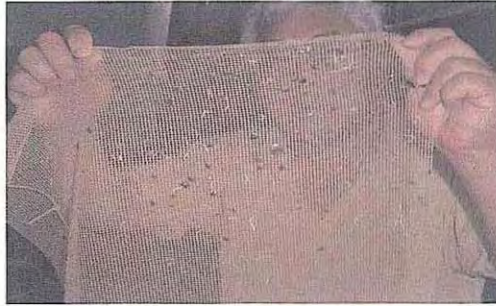
해상사육수조에서는 13일째 흑색 비닐차광막 및 흰색 나이론그물망으로 제작한 채묘틀은 설치하였으며, 15일째 채묘가 종료되었다. 한편, 육상사육수조에서는 15일째 채묘틀을 설치하였고 18일째 채묘가 종료되었다. 이때까지의 생존률은 해상수조와 육상수조가 각각



1. 해상사육용 가두리.  
1. Sea cage.



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



3. 나이론 망에 부착한 치패.  
3. Young shell on nylon net.



4. 수조바닥에 부착한 치패.  
4. Young shell on nursing tank.



5. 철사망에 부착한 치패.  
5. Yjung shell on iron net.



6. 상자형 채묘틀에 부착한 치패.  
6. Young shell on box net.



7. 흑진주조개 치패 선별.  
7. Weaning of young shell.



8. 흑진조개 치패의 성장.  
8. Growth of young shell.

그림 3-4-21. 흑진주조개 해상사육장치 및 채묘.

Fig. 3-4-21. Cage culture system of placklip pearl oyster larvae and weaning of spat.

표 3-4-13. 흑진주조개 해상사육 및 육상사육 결과

Table 3-4-13. Comparison of growth of pearl oyster larvar between sea nursing and tank nursing

Day after hatching	Sea nursing			Tank nursing		
	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Stage	Remark	Stage	Shell length ( $\mu\text{m}$ )	Remark
0				early D-shape	75	larvae collect.
1				D-shape	80	
2				"	94	
3				"	102	
4	110	late D-shape	sea nursing	late D-shape	110	1st mortality
5	114			"	114	sr: 50%
6	120			early umbo	117	
7	126			intermediate umbo	123	2nd mortality
8	140			"	127	sr: 25%
9	152			"	135	
10	165			"	145	
11	180	eyed larvae		late uimbo	153	sr: 21%
12	190			"	165	
13	202	pediveliger	spat collection	eyed larvae	176	sr: 13%
14	218	"		"	188	
15	230	spat	settlement end	pediveliger	198	spat collection
16		young shell	sr: 4%	"	203	
17		"		young shell	210	
18	358	"		"	218	settlement end
19		"		"	230	sr: 2%
20	562	"				
26	781	"				
28	1127	seed shell				

sr: survival rate

4% 및 2%이었다. 채묘 종료 후 착저한 모든 유생이 조사를 내어 완전하게 채묘틀에 착저하도록 3일을 유예한 후, 채묘틀과 함께 치패사육수로 옮겨 치패사육을 시작하였다.

#### 다). 채묘 및 치패사육

사육 중인 흑진주조개 유생을 검경하여 처음으로 발안기 유생이 관찰되면 곧 채묘틀을 준비해야 한다. 채묘틀은 흑색비닐막이나 백색 나이론망을 수조 크기에 맞추어 절단(50x75cm) 하여 양단에 철사 줄을 넣어 잘 수직으로 잘 퍼지게 제작하여, 한 쪽 끝에 수하용 줄을 달아서 깨끗한 해수에 1일 이상 침적시켜 놓는다. 대부분의 개체가 발안기에 도달하고 포복기 개체가 나타나기 시작하면 침적한 채묘틀을 나무 막대기에 15cm 간격으로 매달아 유생사육수조에 설치한다. 채묘틀은 포복기유생 200마리당 1매를 설치하며, 채묘틀이 서로 단지 않게 일정한 간격을 두고 설치하여 물의 흐름을 방해하지 않게 한다.

채묘틀은 흑색 비닐 차양막, 적색 양과망 또는 백색 나이론망 등으로 제작하는데 재질별 채묘효과는 그다지 큰 차이가 없으며, 모든 부착기질에 착저하지만 흑색 비닐 차양막으로 제조한 채묘틀이 효과 있는 것으로 알려져 있다(Kim and Bell 1994). 다만, 흑색 비닐 차양막의 경우 재료비는 저렴하고 채묘효과가 좋으나, 비닐막에 부유물질이 다소 많이 흡착되어 백색 나이론망보다 부착치패를 관찰하기 어렵다. 채묘후 일정한 시간이 지나면 수조 벽과 바닥에 많은 치패들이 붙어 있는 것을 발견할 수 있는데, 채묘틀을 매어단 철사에도 많이 착저하는 것으로 미루어 볼 때, 채묘틀 설치시기가 늦었기 때문이기 보다는 흑진주조개 유생이 유동적인 채묘틀 자체 보다는 견고한 기질을 선호하기 때문이라 생각된다.

흑진주조개 유생이 수조 벽과 바닥에 착저하는 것을 방지하기 위해서는 플라스틱 바구니 안쪽을 145 $\mu$ m 망지로 둘러싼 상자형 채묘틀을 띄워 놓고, 그 속에 부착기유생을 수용하여 망지에 부착 시키는 방법도 있다. 이 경우 부착치패가 협소한 공간에 밀집해 있기 때문에 가능한 빠른 시간에 부착치패를 분산시켜 주어야 한다.

흑진주조개 유생이 착저한 후부터 섭이량이 급속하게 증가하기 때문에 착저 당일 25,000세포/마리의 먹이생물을 3회/일 공급하고 그 다음 날은 30,000세포/마리로 증가시켜 준다. 3일째에는 강하게 폭기해 주며 1일 1회전 유수식으로 전환한다. 급이 전에 유수를 중단하고 급이 후 1시간이 지나면 다시 유수한다. 먹이생물이 충분할 경우 유수식으로 계속 사육수를 흘려주면서 수조 내 먹이생물 밀도가 2,000세포/ml 이상이 되게끔 연속적으로 먹이를 공급한다.

부착치패는 착저 후 10일 이내에 각장 1mm 이상으로 까지 성장하며 20일 이내에 2mm까지 성장하여 해상사육이 가능한 크기가 된다(표 3-4-14). 대부분의 치패는 부화 후 80일 내에 각장 1cm 이상으로 자라 종묘생산 과정이 완료된다. 지금까지 1천만개 이

표 3-4-14. 흑진주조개 치패의 성장

Table 3-4-14. Growth of young blacklip pearl oyster

Day after hatching	15	18	23	28	40	95	125
Shell length (mm)	0.23	0.25	0.5	1	2	12	15
Stage	pediveliger	spat	young shell		sea nursing	seed	

상의 수정란을 확보하여 시도한 9회의 종묘생산 결과 부착단계까지의 생존률은 3~5%이었으며, 각장 2mm까지의 생존율은 0.5~2%이었다. 부착치패가 각장 2mm로 자라면 둥근 철사 고리를 넣어 부피를 늘린 양파망에 넣어 정온이 유지되는 연안의 2m 수심에 수하하여 해상사육을 시작한다. 채묘틀에 부착한 치패의 수가 적으면 채묘틀을 그대로 양파망에 넣고, 밀도가 높은 경우는 분리하여 200마리/양파망 밀도로 넣어 수하식으로 양성한다. 착저 후 50일 정도 경과하면 5mm 이상으로 성장하는데, 이 때 수거하여 크기별로 선별하여 종패 중간육성을 시작한다. 단, 양파망에 표면에 부착생물이 많지 않을 경우 1cm까지 같은 양성한 후 선별해도 무방하다.

해상 중간육성장은 수심 10m 이상 되는 해역으로 조류소통이 원활한 지역을 택한다. 뗏목식 또는 로프식으로 육성장을 설비하고 종패는 그물망에 넣어 수하한다. 이어 종패가 성장하여 5cm 내외가 되면, 주머니망에 넣어 수하식으로 육성한다. 양성 조건이 좋을 경우 1년이 지나면 8cm까지 성장하며, 2년만에 11cm 이상 성장한다. 성장이 양호한 개체들은 3차년도에 핵삽입이 가능하다.

#### 나. 트로카스

지난 20년간 패각을 이용한 고급 장신구의 수요 증가는 트로카스의 가치상승을 유발하여 인도-태평양 해역에서 트로카스의 과도한 어획으로 자원량이 급격히 감소하게 되었다. 일부지역에서는 트로카스를 보호종으로 지정하여 개발과 무역을 금지하기도 하였다. 그러나 수요가 있는 한 불법남획을 막을 수 없어 보호기구와 어민 간에 마찰이 생겨나고 있으며, 월경조업에 의한 국제적 마찰도 많이 일어나고 있다.

호주는 인도네시아 어민의 월경 조업을 근본적으로 방지하기 위하여 인도네시아에 종묘생산 기술을 전수하고 있는 실정이며, 다른 국가에서도 트로카스 양식을 조건으로 개발과 유통을 허용하고 있다. 따라서 트로카스 종묘생산은 남서태평양 지역의 자원개발을 위한 첫걸음으로 반드시 수행하여야 할 과제이다. 현재 압주 및 코스레주의 트로카스 자원

은 비교적 풍부하며, 산호초의 전단이 끝나는 지점부터 급한 경사를 이루며 수심이 깊어 지다가 다시 평평해 지는 지점 사이의 8-12m 수심에 주로 분포하고 있다.

### 1). 트로카스의 생물학

트로카스는 복족류강 원시복족류목에 속하는 종으로 분포의 범위가 넓어 사모아에서 수리랑카, 호주에서 일본 류구열도까지 분포하고 있으며, 상업적으로 많은 지역으로 이식되어 현재는, 열대 태평양 모든 곳에 서식하고 있다. 이종의 서식지는 바위 또는 죽은 산호가 해조류에 덮여 있는 산호초 지역의 수심 8~20m 부근이다. 각장 1~2cm의 소형 개체는 바위틈이나 산호 가지 속에 숨어 지내기 때문에 거의 발견되지 않는다. 먹이는 연한 해조류와 저서규조류이다.

트로카스는 자웅이체인데 외부로 드러나는 2차 성징은 없어 패각을 보고 암수를 구분할 수 없다. 성숙은 각장 6cm 이상에서 이루어지며, 적도 지역에서는 연간 10~13회 산란하는 것으로 조사되어 있다(Nash 1985). 산란은 음력(lunar cycle)의 영향을 받으며 음력 보름이나 그믐의 2~3일 전에 주로 산란하는 것으로 보고되고 있다(Heslinga 1981, Heslinga and Hillmann 1981).

### 2). 종묘생산

#### 가). 먹이생물 배양

트로카스는 부화후 부유유생기에는 먹이를 먹지 않으나 변태하여 착저한 후에는 바닥에 붙어 있는 부착성규조류 및 남조류 등을 먹는다. 종묘를 대량으로 생산하기 위해서는 충분한 먹이를 준비하여야 한다. 부유유생이 착저하는데 부착기질이 매우 중요하며, 조개 껍질이나 산호 부스러기 등 자연산 기질이 좋으나 대량생산시에는 전복용 부착기를 사용하여 먹이생물을 준비하고 같은 기질에 트로카스를 채묘한다.

포복기 초기에는 주로 부착성 규조인 *Navicular*를 좋아하지만, 현지 여건상 분리하여 배양하기 어려울 경우 전복용 부착기를 바다에 넣어주어 자연산 저서규조류를 번식시켜 먹이로 사용한다. 바다에 방치한 전복 부착기는 2-3일 경과 후부터 연한 갈색을 띄며 부착조류가 자라기 시작하는데 주로 *Nitzschia sp*, *Navicula sp*, 등이 부착한다.

#### 나). 인공 산란유발

트로카스의 산란 유발을 위한 자극 방법으로는 폭기법, 자외선조사 해수자극법, 온도자

극법, 간출법 등이 단독 혹은 복합적으로 사용된다.

먼저 성숙이 확인된 어미를 부화장까지 옮긴 다음 껍질표면을 강한 솔로 세척한 후 3시간 동안 음지에서 간출 자극을 준다. 간출자극에 이어 채집지역의 수온보다 5~7℃ 낮은 해수에 4~7시간 저온자극을 준 다음 서서히 수온을 올려주면 대부분 산란한다. 먼저 수컷이 방정하고, 이어서 30분 이내에 암컷이 방란한다. 수컷의 방정은 10~30여분 계속되고 암컷의 방란은 10~20분 계속된다.

폭기법은 트로카스 성숙개체 암수 2~3 마리를 5~10ℓ 크기의 수조에 넣고 격렬하게 폭기해 주는 것이다. 저녁 무렵 4~5시간 폭기 후 안정 시켜주면 한 밤 중에 산란한다. 산란이 늦을 경우 수컷의 정소를 터트려 정액을 풀어 주어 산란을 촉진 시킨다. 저온자극과 같이 사용해도 좋다.

트로카스는 조석주기에 민감하며 방란과 방정은 밤에 일어나기 때문에 인공 산란유발은 그믐을 택하여 실시하고 간출과 수온자극은 오후 10시경에 완료되도록 하는 것이 좋다.

산란행동은 수조 벽면을 수직적으로 빠르게 이동하며 산란하는 것과 바닥에 포복하면서 산란하는 것 두 가지로 뚜렷하게 구분되지만 난의 크기와 부유성으로 본 난질은 동일하다. 일반적으로 각장 7cm 내외의 암컷은 50만개이 알을 산란한다.

#### 다). 수정난 관리 및 부화

산란된 난은 산란조에서 10분 정도 수정이 이루어지도록 방치한 다음 싸이폰을 이용하여 부유하는 난을 일차적으로 60 $\mu$ m되는 필터 가제로 받은 다음 여과 해수로 2회 이상 씻어 잔유 정자를 제거한다. 바닥에 가라앉은 수정난도 조심하여 걸러내어 씻어준 후 여과해수를 담은 부화조로 옮겨 미약하게 공기를 주입한다. 트로카스 수정난은 직경 210 $\mu$ m이며, 수정난의 배를 보호하기 위한 젤리층을 합한 직경은 500 $\mu$ m 내외이다. 난의 수용밀도는 20만개/톤으로 하고, 매일 20% 정도를 갈아 준다.

수정 후 30-50분이 경과하면 제 1분열이 일어나 2세포기가 되며, 수정 후 1시간이 경과하면 제 2분열이 일어나 제 4세포기에 들어간다. 수정 후 약 3시간이 지나면 64세포기에 도달하며, 6시간이 경과하면 상실기 도달한다. 상실기는 유생이 뽕나무 열매인 오디와 닮았다하여 붙여진 이름이다. 7시간 20분만에 포배기, 9시간 20분이 경과한 후에 낭배기에 도달한다. 10시간이 경과하면 알 속에서 유생이 회전운동을 하여 부화가 임박했음을 알리며, 14시간 이내에 모두 부화하여 담륜자 유생으로 부유생활에 들어간다.

#### 라). 부유유생 및 부착기 유생



수정에서 부화까지 소요되는 시간은 최초 12시간 정도가 소요되고 모든 유생이 부화를 완료되는 시점은 2시간 정도의 간격을 둔 14시간 후임을 고려하여 준비하여야 한다. 부화가 시작되면 정상적인 부화유생은 서서히 수면위로 부상하면서 주야간 수직 운동을 하는데 비정상적인 부화유생은 부상을 하지 못하고 밑바닥에 가라앉아 선별이 가능해진다.

바닥에 갈아 앉는 비정상적 개체의 유형은 미수정란, 발생 도중 폐사 개체, 부상 불가능한 기형 개체 등이다. 건강한 부유유생의 선별은 부화 완료되는 시점을 수정 후 15시로 하고, 계속적으로 현미경으로 검경하면서, 밤에 부유하는 건강한 개체를 골라 새로운 사육조로 옮기는 것이 바람직한데, 이때 트로카스 유생은 대부분 후기담륜자유생이다. 건강한 부화 유생의 확보는 종묘생산의 성패를 좌우 하므로 가능하면 수정난을 작은 부화조에 수용하였다가 부상하는 건강한 유생만을 사육에 수용하는 방법이 많이 쓰이고 있다. 부화율이 좋을 경우 적정 밀도 유지가 매우 중요하므로 톤당 10만 마리 이상의 유생 수용은 피하고, 바닥에 가라앉은 비정상적인 개체나 찌꺼기가 유생 사육수에 혼입되어 들어 오지 않도록 유의해야 한다.

부유유생기에는 먹이를 먹지 않으므로 먹이는 공급하지 않으며, 유각형성기 전까지는 충격에 대단히 약하므로 주의해야 한다.

유각형성기 이후는 수온 유지가 중요하며, 유수식(流水式)으로 서서히 전환하며 20%/일 비율로 새로운 해수로 갈아 준다. 환수가 개시되는 시점에는 수위 조절이 매우 중요하며 수면을 일정하게 유지하지 않으며 벽면 상부에 부착한 유생이 폐사하므로 주의하여야 한다.

수정 후 20시간이 경과하며 포복을 시작하는 포복기유생(veliger stage, 360 $\mu$ m)이 되는데 이때는 입술이 돌출 되고 평형포가 출현하며, 50시간이 경과하면 두부촉각에 2개의 소돌기가 2개 출현하고 입술이 출현하여 모양을 갖추게 된다. 수정 후 60시간이 경과하면 제 1 상촉각을 형성하여 포복행위도 할 수 있는데, 외부 충격에는 매우 민감하며, 이때부터 부착기유생이라 하며, 크기는 370 $\mu$ m에 달한다. 이때부터는 적극적으로 먹이를 먹기 시작하므로 부착 규모로 배양된 먹이를 공급해 주어야 한다. 경우에 따라서 먹이가 부족하면 일주이상 부유유생기와 포복기를 반복하기 때문에 사육관리에 만전을 기해야 한다.

## 2). 종묘생산 공정

월력 15일 경 1~2ℓ 급 수조 4개를 준비한다. 먼저 수조 2개에 해수를 채우고 수조 벽에 해조류가 부착하도록 월력 29일 저녁까지 방치한 후, 수조를 완전히 비우고 1 $\mu$ l 여과망으로 여과하여 동물플랑크톤과 기타 부유물을 제거한 해수를 채워준다. 나머지 수조 2개는 완전하게 건조한 후 28일 아침 그 중 1개에 1 $\mu$ l 여과해수를 채우고 뚜껑을 덮어 준다.

전복 부착용 파판을 500개씩 1조로 하여 종묘생산 계획량에 맞추어 해수 유동이 적은 1m 수심에 넣어 부유성 구조류를 배양한다.

월력 28일 아침 어미를 채집하여 생식소가 팽배한 암수 각각 5마리 선별하여 산란유발 자극을 실시한다. 미리 어미를 채포한 경우에는 먹이가 풍부한 어미관리수조에 산란유발 전까지 수용하여 생식소가 충만하도록 육성한다. 생식소 검사는 줄칼로 각정에서 1/3 지점을 생식소가 관찰될 때까지 얇게 갈아 낸다. 성숙한 수컷의 생식소는 우유색이며, 암컷은 흑자색 혹은 감청색으로 부풀어 올라 있다. 수컷의 생식소를 바늘로 찌르면 정자가 유유처럼 흐르고, 암컷의 알집을 터트리면 세모꼴(미성숙) 또는 물방울(성숙) 모양의 알이 분리되어 나온다.

#### 산란일: 월력 28일

- 08 - 10: 어미 채집(직사광선에 노출시키지 말고 젖은 형겅이나 해조를 덮어 운반)
- 10 - 19: 물통에 넣고 극심하게 공기주입하거나 그늘진 곳에서 간출
- 19 - 20: 산란유발(산란 수조에 1/2 정도 1 $\mu$ m 여과 해수를 채우고 산란 여부 관찰)
  - 수컷 1마리가 방정하면 나머지 수컷을 제거
  - 암컷 2마리 이상이 방란하면 나머지 암컷 제거
  - 산란 반응이 없을 경우 다음날 재산란을 유도하거나 새로운 개체를 채집하여 저온자극법으로 산란을 유도한다.
- 20 - 21: 방란과 방정이 끝나면 산란수조에 1 $\mu$ m 여과해수를 1/2 이상 채우고 서서히 저어 주어 수정을 돕는다.
- 21 - 22: 수정란 수거
  - 망목 60 $\mu$ m 망지로 조심스럽게 수정란을 수거하여 1 $\mu$ m 해수를 채운 물통에 망지와 같이 조심스럽게 흔들어 주어 잔여 정자를 씻어 준다. 수정란 수거 망지를 옮길 때는 넷트 밑에 해수를 채운 바가지를 대어 수정란을 보호해 준다.
  - 정자를 제거한 수정란은 부화수조(4각 수조 중 1 $\mu$ m 여과 해수를 채운 수조)에 넣고 부화를 기다린다.
  - 약하게 공기를 주입하고 정숙을 유지한다.
  - 산란수조를 세정제로 깨끗이 씻고 민물로 충분히 세척하여 잔여 세정제를 완전하게 없앤 후 1 $\mu$ m 여과해수를 채워 둔다.

#### 부화일: 월력 29일

- 08 - 10: 부화유생 수거 및 사육
  - 100 $\mu$ m 망지로 부화유생을 수회 수거하여 유생수조에 수용한다. 부화유생 밀도가 1개체/ml에 도달하면 유생 수거를 중단 한다.

- 부화유수조는 20%/일 수준으로 사육수를 교환해 준다.
- 18 - 20: 수조벽에 규조를 배양한 종묘생산수조의 해수를 완전하게 제거하고 1 $\mu$ m 여과지로 여과한 해수를 채워주고 부착판을 매달아 준다.
- 포복기 유생이 발견되면 부유유생을 같은 방법으로 수거하여 2개의 종묘생산 수조에 나누어 수용한다.
- 유생의 분조가 완료되면 부화수조에도 부착판을 매달아 채묘한다.

채묘확인: 월력 +월 01일 - 02일

- 부유유생 여부 및 발달 상태를 확인함과 아울러 부착판의 일부를 채취하여 부착기 유생의 유무를 검사한다.
- 채묘가 어느 정도 진전되었거나, 부유유생이 현저하게 줄어들면 20%/일 정도의 유수식 사육으로 전환하고 매일 20%씩 증가한다.
- 정적 채묘수 : 50개체/부착판, 부착 밀도가 100개체/부착판
- 이후, 섭이량을 감안하여 저서규조류를 배양한 부착판을 수시로 교환해 준다.
- 가능하면 4개의 수조에 골고루 분산하여 배양하고, 수조별 여과망을 설치하여 2회/일 유수한다.

산란하지 않을 경우

- 08 - 10: 어미 채집(직사광선에 노출시키지 말고 축축한 형짚이나 해조를 덮어 운반), 또는 전일 미산란 개체 이용
- 10 - 13: 간출자극  
저온자극용 1 $\mu$ l 여과해수 20l 냉장고에 넣어 수온을 낮추고 필요에 따라 준비된 1 $\mu$ l 여과해수를 혼합하여 자연수온 대비 7 $^{\circ}$ C 정도 낮은 저온해수 준비
- 13 - 19: 저온자극  
- 50l 급 물통에 트로카스 각고 2배정도의 저온자극해수를 넣고 트로카스를 넣어준다.  
- 자극 중 수온이 오르지 않도록 수시로 저온해수 보충해준다.
- 19 - 20: 산란유발  
- 건조된 종묘생산수조에 트로카스의 1/2 정도 잠길 수 있도록 저온해수를 채우고 저온자극이 끝난 트로카스를 조심스럽게 옮긴다.  
- 준비된 1 $\mu$ m 여과해수를 사이폰으로 서서히 첨가하여 30분 이내에 수온을 자연해수와 같이 올려주고 조용히 방치한다.  
- 1 $\mu$ m 여과해수를 만들어 해수수조를 보충한다.

- 수컷 1마리가 방정하면 나머지 수컷을 제거한다.
- 암컷 2마리 이상이 방란하면 나머지 암컷을 제거한다.
- 이하 동일한 방법으로 부유유생을 수거하여 채묘한다.

#### 다. 남방톱날꽃게

##### 1). 채집 및 운송

2006년 8월 4일과 5일 마이크로네시아 코스레주의 망그로브군총이 발달한 해안 습지에서 야간에 전등과 쪽대를 이용하여 채집한 남방톱날꽃게 15마리를 채집하여 연방정부 거인조개 종묘배양장에 임시로 보관하였으나 야간 정전으로 인한 사육수 공급 중지로 전량 폐사하여, 8월 6일 주간에 다시 채집하였다.

남방톱날꽃게는 낮에는 망그로브군총 사이에 구멍을 파고 은신하다가 밤에는 수심 낮은 산호초나 잘피밭으로 나와 먹이활동을 한다(그림 3-4-22). 이러한 습성을 이용하여 코스레섬 남단의 우뜨와 부락에서 표품을 채집하였으며 이중 암컷 17마리를 선별하여 깨끗한 해수로 세척한 후 포박하여 사육수조에 임시 수용하였다.

8월 7일 오후 채집된 개체의 크기에 알맞은 타원형 피복철사를 넣은 양과망에 한 마리씩 넣고 습도가 유지될 수 있도록 젖은 수건을 덮어 실온 22℃에서 다음날 아침까지 보관하였다. 8월 8일 아침 8시 이송 중 남방꽃게에 의한 이송용 비닐백의 손상을 방지하기 위하여 게가 들어 있는 양과망을 종이봉지에 넣은 후 습도 유지용 젖은 물수건과 함께 운반용 비닐백에 넣어 주었다. 8월 8일 아침 9시부터 시작하여 10시까지 이송용 비닐백에 40ℓ의 산소를 넣고 고무줄로 비닐봉지의 입구를 봉인한 후, 이른 단열 처리된 박스에 넣어 항공편으로 국내에 반입하였다. 8월9일 7시 30분 공항도착 즉시 포장을 개봉하여 남방톱날꽃게를 넣은 양과망을 햇빛을 기리고 습기를 유지하고 공기가 통하게끔 간이 포장하여 통영 소재 경상남도수산자원연구소로 이동하였다. 연구소 도착즉시 42×65×35cm 크기의 플라스틱 바구니에 한 마리씩 수용하여 5m×5m×1m의 콘크리트 수조에 수심 50cm, 수온 26℃로 조절하여 수용하였다. 포장부터 수산자원연구소까지 이동에 걸린 시간은 약 30시간이었으며, 이중 산소를 주입한 비닐 백으로 이동한 시간은 약 23시간이었다.

수송한 암컷 17마리 중 수산자원연구소에 도착한 후 다음날 관찰시 집게다리를 포함한 부속지를 정상적으로 가진 개체는 11마리였고, 집게다리가 탈락한 개체는 6마리, 사망개체는 1마리였다. 이중 손전등을 이용한 간단한 생식소 관찰시 정상적인 개체 11마리 중 생식소가 비교적 많이 발달하여 윤곽이 뚜렷한 개체는 6마리였고 그렇지 못한 개체는 5마리였다. 집게다리 및 부속지가 탈락한 게 6마리 중 3마리는 생식소가 발달하였고, 3마리는 비교적 발달하지 못하였다.



1. 남방톱날꽃게 섭이지(야간).  
1. feeding habitat at night.



2. 남방톱날꽃게 묶음.  
2. bending.



3. 양파망 포장.  
3. packing in an onion bag.



4. 양파망과 비닐백 보호용 종이봉지.  
4. Onion bag and protective paper bag.



5. 종이봉지 수용.  
5. insert in a paper bag.



6. 산소 충전.  
6. Oxygen filling.

그림 3-4-22. 남방톱날꽃게 채집 및 수송.

Fig. 3-4-22. Collection and transportation of mangrove crab.

## 2). 어미게 시육관리 및 포란

툽날꽃게류 암컷은 저정낭을 가지고 있어 1회의 교미로 수회 산란할 수 있다. 교미는 생물학적 성숙기에 접어드는 성숙탈피 후 두흉갑이 연합 때에만 이루어진다. 교미 후 체내에 정자를 상당 기간 보관할 수 있으며(Du Plessis 1971), 1회에 약 2~3백만개의 알을 낳는다. 산란 후 어미 게는 부속지를 이용하여 알을 모아 배다리에 붙여 부화할 때 까지 보호한다. 일반적으로 지역주민들은 남방툽날꽃게가 많이 잡히는 매월 보름을 산란기로 생각하고 있으며, 음력 11일째부터 어미를 체포할 수 있다고 믿고 있지만 정확한 근거는 없으며(Shelley 2002), 실제 거의 매일 채집하고 있다. 보름을 전후하여 체포량이 늘어나는 것은 게의 습성보다는 보름달로 인하여 육안으로 남방툽날꽃게를 쉽게 식별할 수 있기 때문으로 생각된다. 따라서 자연산 포란개체를 채집하여 종묘생산에 사용하는 것은 많은 제약이 따르기 때문에 코스레주에서 채집된 암컷 어미게를 국내에 반입하여 협동연구 기관인 경상남도 수산자원연구소의 수조에 수용하여 인공포란을 유도하였다.

마이크로네시아 코스레주에서 체포된 암컷 어미게를 수온은 26℃로 설정된 20톤급 사각콘크리트수조에 수용하였다(그림 3-4-23). 사육수는 모레여과기를 통과한 해수를 보일러를 이용하여 가온하여 사육수조에 공급하는 방식으로 하였으며, 어미게 수용일부터 5일간 매일 1℃씩 상승시켜 5일차부터는 30±0.5℃로 관리하였다.

먹이는 오전 10시, 오후 2시경 1일 2회에 걸쳐 전갱이의 비늘을 제거한 뒤 육질부위를 내장 및 뼈로부터 분리하여 1cm × 3cm크기로 세절하여 공급하였으며, 공급 2시간 후 먹지 않고 남아 있는 먹이는 제거하였다.

수용 후 12일(8월21일)째 실험에 사용하기 위하여 설정된 2마리의 개체 외에 각각의 어미게는 130cm × 85cm × 50cm의 타원형 플라스틱수조의 바닥에 모레를 15cm 깔고 1마리씩 수용하였다. 사육수의 공급은 그림 3-4-22와 같이 사각콘크리트수조에 공급된 여과가 온해수를 펌프를 통하여 각 플라스틱수조에 재공급되는 방식으로 하였으며, 사각콘크리트수조의 환수량은 4회전/일이었고, 각 플라스틱수조의 환수량은 10회전/일로 하였다.

산란을 유도하기 위하여 어미게를 플라스틱수조에 넣어 수용한 4일째(8월 13일) 어두운 곳에서 손전등을 복부에 비추어 나타나는 생식소의 윤곽으로 생식소 성숙정도를 판정하여 생식소가 발달되었다고 판단되는 정상 개체 1마리와 집게다리 1개가 없는 개체 1마리를 선정하였다. 선정된 개체는 곧 좌측 안병을 절단하여 바닥에 모레를 15cm 깔아준 지름 120cm× 높이 80cm수조에 개체별로 수용하여 산란 및 포란을 유도하였다. 안병절단 한 실험구 2개체 중 정상 개체가 다음 날(8월 14일) 포란한 후 사망하였기 때문에 수용 5일째 정상적인 개체 중 다음순위 생식소 발달 개체를 새로이 선정하여 안병을 절단하여 대체 수용하였다.

8월 13일 안병절단한 집게다리 없는 개체와 14일 다시 선별하여 안병을 절단한 정상

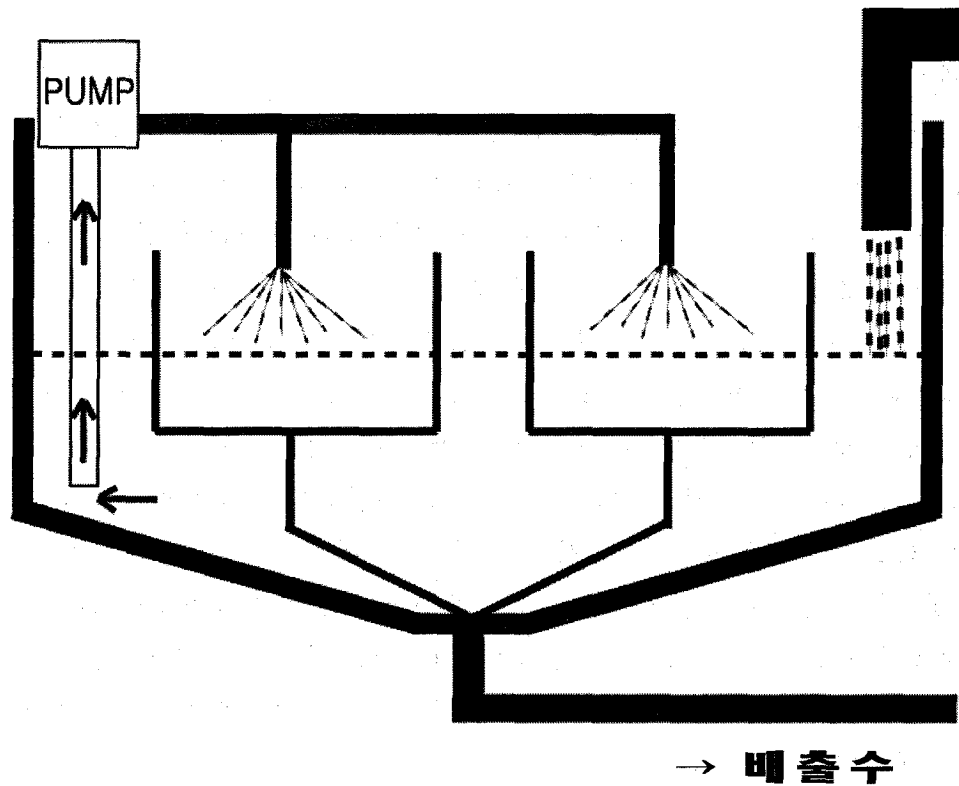


그림 3-4-23. 남방톱날꽃게 사육수조의 모식도.

Fig. 3-4-23. Schematic diagram of rearing tank of mangrove crab.

개체 2마리가 9월 3일(안병 절단 후 20일)에 산란하여 정상적으로 포란하였다. 이후 8월 21일 안병을 절단하지 않고 산란수조에 수용한 개체 중 집게다리가 없는 개체가 9월 6일, 정상개체 2마리가 각각 9월 11일과 9월 30일 각각 산란하여 포란에 성공하였다. 이후 어미관리를 종료한 10월 31일까지 2차 산란을 시도한 2마리를 포함하여 총 5마리가 더 산란하였고, 2마리가 폐사하였다. 10월 18일 산란한 어미는 10월 20일 부화수조로 옮겼으나 22일 사망하였으며, 10월 22일 산란한 개는 부화수조에서 11월 1일 부화 후 2일 만에 조에아(zoea) 1기 상태에서 완전 폐사하였다. 10월 18일 안병 절단으로 2차 산란을 유도한 어미는 10월 30일 산란하였으나 11월 10일 부화하면서 대부분 폐사하였다.

마이크로네시아에서 수송하여 사육 관리한 11마리의 정상개체 중 산란하여 포란한 개체는 총 9마리이며 이 중 5마리는 정상적으로 난발생이 진행되었다. 나머지 3마리는 산란 직후 포란하여 사망한 어미 1마리, 산란 후 포란하지 못한 개체 2마리였다. 정상 개체의 산란율은 약 70% 였으며, 포란율은 약 45% 로 나타났다.

한편 10월 22일과 10월 30일에 산란한 어미는 9월 초 1차 산란을 마친 개체로 충분한

먹이를 주고 적합한 환경을 보장하였을 때, 2개월 이내에 교미 없이 2차 산란이 가능하다는 것을 보여주었다. 또한, 환경이 적합하고 먹이가 풍부할 경우 안병 절단 없이도 성공적으로 산란할 수 있다는 것이 밝혀졌다.

산란 후 포란하지 못한 것은 과도한 스트레스로 인하여 어미가 스스로 포란을 포기한 것으로 생각되나 정확한 스트레스의 원인은 밝혀내지 못하였다. 다만 어미계의 사육수조가 어류 종묘생산용 수조와 같은 실내에 위치하여 빈번한 작업인원의 출입, 배양장의 사육수 공급과 폭기에 따른 소음 및 절적치 못한 광주기 등에 의한 스트레스도 적지 않았을 것으로 생각된다.

### 3). 부화 및 유생사육

어미계는 포란 후 3~5일까지 모래가 깔려있는 산란수조에서 관리하다가 외포란의 색깔의 대부분이 오렌지색에서 갈색(그림 3-4-23)으로 변하였을 때 안정적인 발생을 위하여 부화수조(5m × 5m × 1m 사각콘크리트수조)로 옮겨 관리하였다.

부화수조에서 산란 8일까지 먹이를 1일 2회로 냉동전갱이 근육을 공급하였으나 산란 7일부터는 먹이를 먹지 않아 8일부터는 공급하지 않았다. 부화 수조의 수심은 최초 50cm로 설정한 후 점차적으로 수위를 상승시켜 알의 색깔이 담갈색으로 변한 부화 직전에는 수심 100cm를 유지하도록 하였다. 공기 통기를 충분히 하여 전체적으로 사육수가 교반될 수 있도록 하였으며 추정 부화일 전일부터는 액체산소로 폭기하여 사육수의 용존산소량이 충분하게 유지될 수 있도록 하였다.

9월 3일 처음으로 정상적으로 포란된 개체(1번 어미)는 9월 13일 부화하였고, 9월 6일 포란한 개체(2번 어미)는 9월 15일 부화하였다(표 3-4-15).

9월 11일 포란한 어미(3번 어미)는 9월 18일 부화하였으며, 9월 30일 포란한 어미(4번 어미)는 포란 양이 적었지만 10월 10일 부화하였다. 포란에서 부화까지는 최소 7일(3번 어미), 최대 10일(1번 어미, 4번 어미)이 소요되었으며, 평균 소요시간은 9일이었다.

부화유생은 사육수와 함께 바가지로 떠서 새로운 수조로 옮기는 방식으로 수거하여 규조류와 녹조류를 첨가한 유생사육수조에 수용하였으며, 수조의 사양은 부화수조와 동일하였다.

부화 후 바닥에 깔려 있는 부화되지 않은 난과 폐사한 유생은 부화 당일 오전 이른 시간에 사이폰으로 제거하였다. 초기 물 만들기는 시중에 판매되는 해산클로렐라를 오전 이른 아침에 100만cell/ml 밀도로 첨가하여 수질안정 및 먹이생물의 영양상태를 유지하였고, 사육수는 조에아 1기~5기까지(그림 3-4-25) 1일 1회전 정도로 유수식으로 관리하였으며, 메갈로파(megalopa)기 이후부터는 수질 관리를 위하여 매일 야간에 30%씩 수위를 낮추





1. 망그로브게의 산란행동.  
1. Spawning behave of mangrove crab.



2. 포란한 망그로브게.  
2. Berried mangrove crab.



3. 포란 1일째 난발생.  
3. Egg development at day 1.



4. 포란 10일째 난발생.  
4. Egg development at day 2.



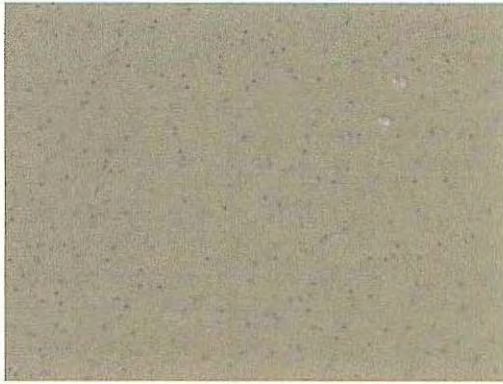
5. 부화직전의 망그로브게.  
5. Berried mangrove crab eggs just before hatching.



6. 부화유생(조에아-1).  
6. Just hatched zoea of mangrove crab.

그림 3-4-24. 남방톱날꽃게의 배발생 및 부화유생.

Fig. 3-4-24. Embryonic development and hatching of mangrove crab.



1. 부화유생.  
1. Just hatched larvae.



2. Zoea 1기 유생(x55).  
2. First zoea (x55).



3. Zoea 2기 유생(x55).  
3. Second zoea (x55).



4. Zoea 3기 유생(x55).  
4. Third zoea (x55).



5. Zoea 4기 유생(x55).  
5. Fourth zoea (x55).



6. Zoea 5기 유생(x55).  
6. Fifth zoea (x55)

그림 3-4-25. 남방톱날꽃게의 유생발달.

Fig. 3-4-25. Laval development of mangrove crab.

표 3-4-15. 남방톱날꽃게의 부화현황

Table 3-4-15. Hatching of mangrove crab.

Mother No.	Spawning day	Hatching day	No. of larvae	비고
1	2005. 9. 3	2005. 9. 13	2,500,000	eye stalk ablation
2	2005. 9. 6	2005. 9. 15	2,500,000	natural spawning
3	2005. 9. 11	2005. 9. 19	2,500,000	natural spawning
4	2005. 9. 30	2005. 10. 10	300,000	natural spawning

어 주는 강제배수를 행함과 동시에 1일 2회전 정도로 환수량을 상승시켰다.

고밀도 배양수조에서 수거하여 유헥오일(DHA-selco)에 12시간 담구어 영양 강화한 로티퍼를 부화 후 당일부터 오전, 오후로 나누어 조에아 1기부터 치계가 되기까지 공급하였다. 로티퍼는 수조내의 밀도가 25개체/ml 이상을 유지하도록 1일 2회 공급하였으며, 조에아 2기까지는 로티퍼를 단독먹이로 하였다. 조에아 3기부터는 로티퍼와 일테미아 유생을 같이 급여하였다(표 3-4-16). 알테미아 유생은 유헥오일(이화유업)로 24시간 영양 강화하여 급여하였다.

표 3-4-16. 남방톱날꽃게 유생의 발달단계별 먹이 공급체계

Table 3-4-16. Feeding regime of mangrove crab larvae

Stage Food	Zoea					Me*	ceab 1	crab 2	crab 3
	1st	2nd	3rd	4th	5th				
Marine chlorella									
Rotufer									
Artemia nauplius									
Compound food									
minched shell									

\* megalopa

매일 4회 이상 수조 내 알테미아 유생의 수를 검사하여 주간에는 유생수가 20개체/ml 이상으로 유지되게 하였으며, 5시 이후에는 섭이율을 감안하여 알테미아 유생의 공급을 조절하여 익일 아침에는 수조에 알테미아 유생이 남아있지 않도록 조절하였으며, 아침에 새로 부화한 알테미아 유생을 공급하였다. 조에아 5기에서 메갈로파기로 변태한 이후에는 수색조절을 하지 않았다.

배합사료는 조에아 4기부터 1일 5회로 일출 후부터 일몰시까지 나누어 공급하였다. 집게발이 생기는 메갈로파기부터는 바지락 육질을 믹서로 세절하여 익일 잔존 육질이 남아있지 않도록 섭이량을 감안하여 하루 2회 공급하였다. 부화 후 메갈로파로 변태 직전까지 3일마다 수조 바닥을 사이폰으로 청소하여 수질을 유지하였다.

부화유생을 30℃로 관리하였을 때 포란 후 약 10일이 지나면 조에아 유생으로 부화하는데 이를 조에아 1기 유생이라 한다. 조에아 1기 유생이 조에아 2기 유생으로 변태하는데 소요되는 시간은 2일, 다시 조에아 3기 유생으로 변태는 3일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 2일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 4일 걸린다. 조에아 5기 유생은 3일 후 형태가 완전하게 다른 메갈로파 유생(그림 3-4-26)으로 변태한다. 부화에서 메갈로파 유생으로 변태하기까지 걸리는 시간은 약 14일이다(표 3-4-17).

표 3-4-17. 남방톱날꽃게 유생의 시기별 변태 소요시간

Table 3-4-17. Time requirement for metamorphosis of mangrove crab larvae

Stage	Zoea 1st	Zoea 2nd	Zoea 3rd	Zoea 4th	Zoea 5th	Megalopa	Crab-1	Crab-2
Time (day)	2	3	2	4	3	7	4	3

메갈로파로 변태한 후에는 사망률이 현저하게 줄어든다. 메갈로파 유생은 수조 벽이나 부유물 주위에 몰려들어 무리를 이룬다. 이때 먹이가 부족하거나 개체밀도가 너무 높으면 공식현상이 발생하기 때문에 비닐차광막, 망목 5mm 내외의 그물망 등을 넣어주어 도피처를 제공하거나 개체간 격리를 유도해야 한다.

메갈로파 유생으로 변태한 후 7일이 되면 체색이 검어지고 다시 한번 형태가 다른 어린게로 변태한다. 부화서 어린게가 되기까지는 약 21일이 소요된다. 이후부터 3, 4일 주기로 탈피하여 빠르게 성장한다.

전술한 4마리의 어미 계로부터 부화된 유생은 대부분 부화 2일령 일몰시에 대량의 폐사를 가져왔으며 폐사율은 거의 90%에 이르거나 100% 전량 폐사한 경우도 있다. 이러한



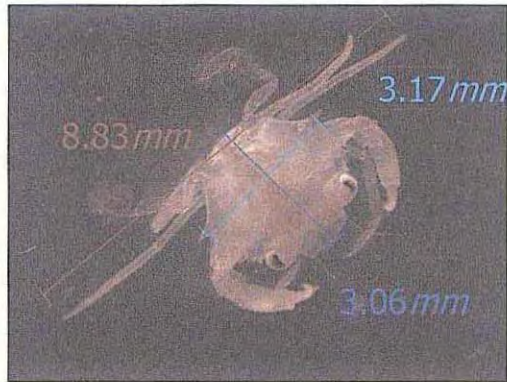
1. 메갈로파유생(x9).  
1. Megalopa(x9).



2. 탈피 직전의 메갈로파유생(x20).  
2. Megalopa just before molting (x20).



3. 어린게(1기, x17).  
3. Crab-1 (x17).



4. 남방톱날꽃게 어린게의 제원.  
4. Size of young mangrove crab.



5. 제2기 어린게(x6).  
5. Crab-2 (x6).



6. 어린게의 수거(x1).  
6. Harvested young crab (x1).

그림 3-4-26. 남방톱날꽃게의 후기 유생발달.  
Fig. 3-4-26. Late larval development of mangrove crab.

현상은 톱날꽃게류 종묘생산에 있어 종종 발견되는 현상으로(Li et. al. 1999) 부화 후 2 일령까지의 먹이순치와 영양상태가 남방톱날꽃게 유생사육에 있어서 가장 중요한 요인일 것으로 생각된다.

정상적인 어미의 경우 200 ~ 300만개의 알을 포란하는데, 이번 실험에서의 어미 당 부화유생은 10월 10일 산을 제외하고는 250만개 내외로 나타났다. 금번 종묘생산 실험에서는 유생의 단계별 생존율 보다는 부화에서 어린게가 되기까지의 종묘생산 전 과정을 하나의 흐름으로 실현하는데 주안점을 두었다. 따라서 유생발달 별로 이부 유생만을 실험 대상으로 하였으며, 불필요한 유생을 폐기하였기 때문에 단계별 생존율은 산출하지 않았다. 전체적으로 볼 때, 부화에서 메갈로파 유생이 되기까지 현재의 확보할 수 있는 생존율은 약 5% 정도로 추정되며, 어린게가 되기까지의 생존율은 2% 내외로 추정된다. 물론, 유생사육 기술이 발전하면서 생존율도 상승하겠지만 현시점에서 1마리의 어미에서 생산할 수 있는 어린게는 50,000마리 내외인 것을 감안하여 종묘생산 계획을 세워야 할 것이다.

## 제 5 절. 남서태평양 해양생물자원 개발전략

### 1. 남태평양 도서국가의 사회·경제지표

남태평양 도서국가의 사회·경제지표 분석에서는 쿡제도, 피지, 불령폴리네시아, 괌, 키리바시, 마셜제도, 마이크로네시아, 나우루, 뉴칼레도니아, 니우에, 팔라우, 파푸아뉴기니아, 사모아, 솔로몬제도, 통가, 투발루, 바누아투 등 총 17개 국가를 대상으로 일반현황, 경제현황 및 우리나라와의 무역을 조사하였다. 일반현황에서는 각 국가의 인구, 면적, 인구밀도, 인구성장률 등 총 4항목을 조사하였으며, 경제현황에서는 각국의 일인당GDP(US 달러기준), 인플레이션, 실업률, 수출, 수입, 노동력, 경제원조 등 총 7항목을 조사하였다. 우리나라와의 무역에서는 1999년부터 2002년까지의 각 국가별 수출액과 수입액을 조사하였으며, 주로 수출국과 수입국의 수출품목과 수입품목을 조사하였다.

#### 가. 일반현황

남태평양 도서국가의 인구는 2002년 예측인구 기준으로 총 7,997,829명으로 현재 전 세계 총인구(6,330,965,883명)의 0.126%에 해당한다. 전체 남태평양 도서국가 인구에서 차지하는 비율이 1% 이하인 국가로는 쿡제도(20,881명), 마셜제도(856,346명), 나우루(12,329명), 니우에(2,134명), 팔라우(19,409명), 투발루(10,991명) 등 6개 국가가 있다. 10% 이하인 국가로는 불령폴리네시아(257,847명), 괌(160,796명), 키리바시(96,335명), 마이크로네시아(135,869명), 뉴칼레도니아(207,858명), 사모아(179,058명), 솔로몬제도(494,786명), 통가(104,27명), 바누아투(196,178명) 등 9개 국가가 있다. 10% 이상인 국가로는 파푸아뉴기니아와 피지가 있다. 특히 파푸아뉴기니아 인구는 5,172,033명으로 남태평양 도서국가 전체 인구의 64.7%를 차지하며, 피지 인구는 856,346명으로 남태평양 도서국가 전체 인구의 10.7%를 차지한다(표 3-5-1).

남태평양 도서국가의 면적은 525,609km<sup>2</sup>로 전세계 총면적(134,142,300km<sup>2</sup>)의 0.39%에 해당한다. 남태평양 도서국가 전체 면적의 1% 이하를 차지하는 국가로는 쿡제도(241km<sup>2</sup>), 괌(549km<sup>2</sup>), 키리바시(811km<sup>2</sup>), 마셜 제도(181km<sup>2</sup>), 마이크로네시아(701km<sup>2</sup>), 나우루(21km<sup>2</sup>), 니우에(263km<sup>2</sup>), 팔라우(488km<sup>2</sup>), 사모아(2,831km<sup>2</sup>), 솔로몬제도(2,870km<sup>2</sup>), 통가(750km<sup>2</sup>), 투발루(26km<sup>2</sup>) 등 12개 국가가 있다. 10% 이하를 차지하는 국가로는 피지(18,272km<sup>2</sup>), 불령폴리네시아(4,000km<sup>2</sup>), 뉴칼레도니아(18,575km<sup>2</sup>), 바누아투(12,190km<sup>2</sup>) 등 4개 국가가 있다.

표 3-5-1. 남태평양 도서국가의 인구, 면적, 인구밀도 및 인구성장률

Table 3-5-1. Population, area, population density and population growth rate in the South Pacific Island Countries

Country	Population (person)	Area(km <sup>2</sup> )	Density of Population (person/km <sup>2</sup> )	Growth rate of Population (%)
Cook Islands	20,811	241	86.4	NA
Fiji	856,346	18,272	46.9	1.41
French Polynesia	257,847	4,000	9.9	1.67
Guam	160,796	549	292.9	1.99
Kiribati	96,335	811	118.8	2.28
Marshall Islands	70,822	181	391.3	3.88
Micronesia	135,869	701	193.8	NA
Nauru	12,329	21	587.1	1.96
New Caledonia	207,858	18,575	11.2	1.43
Niue	2,134	263	8.1	0.5
Palau	19,409	488	39.8	1.61
Papua New Guinea	5,172,033	462,840	11.2	2.39
Samoa	179,058	2,831	63.2	-0.23
Solomon Islands	494,786	2,870	172.4	2.91
Tonga	104,227	750	139.0	1.79
Tuvalu	494,786	26	422.7	1.40
Vanuatu	196,178	12,190	16.1	1.66

자료 : <http://www.countryreports.org/>

특히 파푸아 뉴기니아 면적은 463,840km<sup>2</sup>으로 남태평양 도서국가 전체 면적의 88.1%를 차지한다.

남태평양 도서국가의 평균 인구밀도는 14.6명/km<sup>2</sup>으로 세계 평균 인구밀도 47.2명/km<sup>2</sup>의 1/3수준으로 낮은 편이다. 남태평양 도서국가에서 인구밀도가 가장 높은 국가는 나우루로 587.1명/km<sup>2</sup>이다. 인구밀도가 100명/km<sup>2</sup> 이상인 국가로는 괌(292.29명/km<sup>2</sup>), 키리바시(118.8명/



km<sup>2</sup>), 마셜 제도(391.4명/km<sup>2</sup>), 마이크로네시아(193.8명/km<sup>2</sup>), 솔로몬제도(172.4명/km<sup>2</sup>), 통가(139.0명/km<sup>2</sup>), 투발루(422.7명/km<sup>2</sup>) 등 8개 국가가 있다. 남태평양 도서국가에서 인구밀도가 가장 낮은 국가는 니우에로 8.1명/km<sup>2</sup>이다. 인구밀도가 100명/km<sup>2</sup> 이하인 국가로는 쿡제도(86.4명/km<sup>2</sup>), 피지(46.9명/km<sup>2</sup>), 불령폴리네시아(64.5명/km<sup>2</sup>), 뉴칼레도니아(11.2명/km<sup>2</sup>), 팔라우(39.8명/km<sup>2</sup>), 파푸아뉴기니아(11.2명/km<sup>2</sup>), 사모아(63.2명/km<sup>2</sup>), 바누아투(16.1명/km<sup>2</sup>) 등 9개국이 있다.

남태평양 도서국가의 평균 인구성장률(쿡제도와 마이크로네시아 제외)은 1.77%이다. 남태평양 도서국가에서 인구성장률이 제일 높은 국가는 마셜제도로 3.88%이며, 제일 낮은 국가는 사모아로 -0.23%이다.

#### 나. 경제현황

남태평양 도서국가의 평균 일인당 GDP는 구매력 평가기준으로 5,012달러이다. 일인당 GDP가 5,000달러 이상 국가로는 쿡제도, 피지, 불령폴리네시아, 괌, 나우루, 뉴칼레도니아, 팔라우 등 8개 국가가 있으며, 5,000달러 이하 국가로는 키리바시, 마셜제도, 마이크로네시아, 니우에, 파푸아뉴기니아, 사모아, 솔로몬제도, 통가, 투발루, 바누아투 등 9개 국가가 있다. 특히, 괌, 뉴칼레도니아 및 팔라우의 일인당 GDP는 각각 21,000달러, 15,000달러, 9,000달러로 남태평양 도서국가 중에서 높은 편이며, 키리바시, 마셜제도, 솔로몬제도, 투발루, 바누아투의 일인당 GDP는 각각 840달러, 1,670달러, 1,700달러, 1,100달러, 1,300달러로 비교적 낮은 편이다(표 3-5-2).

남태평양 도서국가의 평균 인플레이션은 3.31%이다. 파푸아뉴기니아, 솔로몬제도, 통가 및 투발루의 인플레이션은 각각 10.3%, 7.9%, 7% 및 7%로 비교적 높은 편이며, 이들 국가를 제외한 국가들의 인플레이션은 2~3%로 비교적 안정되어 있다.

남태평양 도서국가의 실업률은 몇 나라의 통계만 발표되고 있으며 대체로 높은 편이다. 특히 쿡제도 13%, 괌 15%, 마셜제도 16%, 마이크로네시아 16%, 뉴칼레도니아 19%, 통가 13.3%는 높은 실업률을 나타내고 있으며, 키리바시와 팔라우의 실업률은 각각 2%, 2.3%로 고용측면에서는 안정된 모습을 보이고 있다.

남태평양 도서국가의 무역을 살펴보면 광물, 삼림 및 농수산물 중심의 1차 제품 수출이 대부분이며, 공산품과 에너지 자원의 수입이 주종을 이루고 있다. 이들 국가들은 공통적으로 무역의 대외의존도가 높으며, 무역적자 또한 심각하다. 더욱이 이들 국가의 수출은 대부분 선진국의 다국적 기업에 의해 주도적으로 이루어지기 때문에 수출을 통해 얻은 경제적 이익의 상당량은 국외로 유출되고 있는 실정이다. 또한 거의 대부분의 국가들이

표 3-5-2. 남태평양 도서국가의 주요 경제지표

Table 3-5-2. Main Economic Indices in the South Pacific Island Countries

Countries	GDP/capital (\$)	Inflation rate (%)	Unemployment (%)	Labor force (inds.)	Export (\$million)	Import (\$million)	Economic aid (\$million)
Cook Islands	5,000	3.2 (2000)	13 (1996)	8,000 (1996)	9.1 (2000)	50.7 (2000)	13.1 (1995)
Fiji	5,200	3 (2000)	7.6 (1999)	137,000 (1999)	572 (2000)	833 (2000)	7.6 (1995)
French Polynesia	5,000	1.5 (1994)	NA	7,000 (1996)	205 (1999)	749 (1999)	367 (1997)
Guam	21,000	0 (1999)	15 (2000)	60,000 (2000)	75.7 (1999)	203 (1999)	143 (1997)
Kiribati	840	2.5 (2001)	2 (1992)	7,870 (1985)	6 (1998)	44 (1998)	15.5 (1995)
Marshall Islands	1,670 (1998)	5 (1997)	16 (1991)	NA	28 (1997)	58 (1997)	16
Micronesia	2,000	2.5 (2001)	16 (1999)	NA	22 (2000)	149 (2000)	16 (2001)
Nauru	5,000	-3.6 (1993)	NA	NA	25.3 (1991)	21.1 (1991)	2.25 (1997)
New Caledonia	15,000	2.3 (2000)	19 (1996)	79,395 (1996)	400 (2000)	1,000 (2000)	880
Niue	3,600	1 (1995)	NA	NA	0.137 (1999)	2.38 (1999)	2.6 (2002)
Palau	9,000	3.4 (2000)	2.3 (2000)	8,300 (1999)	11 (1999)	126 (1999)	155.8 (1995)
Papua New Guinea	2,400	10.3 (2001)	NA	2,300,000 (1999)	1,800 (2001)	1,024 (2001)	400 (1999)
Samoa	3,200	0.8 (2000)	NA	90,000 (2000)	17 (2000)	90 (2000)	42.9 (1995)
Solomon Islands	1,700	7.9 (2001)	NA	26,842 (1992)	165 (1999)	152 (1999)	28 (2001)
Tonga	2,200	7 (2000)	13.3 (1997)	34,000 (1996)	8 (1998)	69 (1998)	38.8 (1995)
Tuvalu	1,100	7 (1999)	NA	NA	0.165 (1989)	4.4 (1989)	13 (1999)
Vanuatu	1,300	2.5 (2000)	NA	NA	22.8 (2000)	87.5 (2000)	45.8 (1995)

자료 : <http://www.countryreports.org/>,

\* 일인당 GDP는 2001년 구매력 평가단위, 인플레이션은 소비자 가격 기준임.

예전에 식민 지배를 받던 국가로부터 경제 원조를 받고 있다.

쿡제도의 경제는 농업을 기반으로 하고 있으며, 주요 수출품은 코프라, 자몽 등의 농산물이며, 의복과 전통 수공예품도 제한적으로 수출된다. 쿡제도의 무역적자는 심각하며, 뉴질랜드로 이주한 주민들의 송금과 선진국의 경제 원조를 통해서 보충하고 있다. 현재 쿡제도는 지속적인 경제개혁과 관광산업 육성을 통해 경제개발을 도모하고 있다.

피지는 남태평양 도서국가 중 가장 일찍부터 경제개발이 이루어진 국가이며, 풍부한 삼림자원, 광물자원, 수산자원을 가지고 있다. 피지의 설탕산업은 공업 활동의 1/3을 차지하며, 수출의 절반을 차지할 정도로 큰 산업이다. 이 밖에 코프라, 카카오, 금 등이 주요 수출품이다. 또한 피지는 지리적으로 아메리카 대륙과 오세아니아 대륙을 잇는 중계지에 위치해 있어 매년 30~40만 명의 관광객들이 찾아오고 있어 관광산업은 피지의 주요산업으로 부상하고 있다.

블령폴리네시아는 1962년부터 프랑스군의 주둔지로 프랑스군을 지원함으로써 얻는 경제적 이익이 국가 경제의 중요한 부분을 차지했다. 그러나 1996년 이후 프랑스의 핵실험 중지로 시작된 프랑스군의 예산삭감으로 블령폴리네시아의 경제에서 프랑스군이 차지하는 비율이 점차 감소하고 있다. 그리고 흑진주양식과 심해어류의 수출은 블령폴리네시아 경제에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 최근 관광산업은 블령폴리네시아 GDP의 1/4을 차지할 정도로 급속히 성장하고 있다.

팜 경제는 미국군의 지출, 관광산업, 수산물과 전통 수세공품의 수출에 의존하고 있다. 미국군의 지출은 1998년 10억 달러 이상으로 팜 경제에 있어서는 매우 중요한 역할을 하고 있다. 또한 지난 20년간 관광산업은 팜 경제를 지탱해온 산업으로 팜을 찾은 관광객 수는 연간 100만 명이 넘는다. 그중에 일본 관광객이 차지하는 비중이 90% 이상이다. 최근 미국군의 예산삭감과 일본 경제의 침체로 인한 관광객의 감소로 팜 경제는 어려운 상황이다.

키리바시는 남태평양 도서국가가 중 빈곤한 국가 중에 속한다. 키리바시는 인광석의 주요 생산국이었으나, 1997년 이후 고갈되어 현재 인광석 수출은 거의 이루어지지 않고 있다. 키리바시 정부는 국가의 재원으로 코프라 수출과 어업자원 개발에 기대를 걸고 있다. 현재 국가 재원의 주요 수입원은 한국, 일본, 미국 등 원양어업 국가들로부터 받는 입어료이다. 그러나 계속되는 재정적자로 영국, 일본, 호주, 중국으로부터 대외원조를 받고 있으며, 그 비중은 키리바시 GDP의 25%~50%에 해당한다. 또한 해외 거주 자국민으로부터 매년 5백 만 달러 이상의 송금을 받고 있다.

마셜제도는 주로 코브라, 코코야자 열매, 전통 수공예품 수출과 참치가공으로 얻는 수익으로 국가 경제를 유지하고 있다. 또한 미국으로부터 1986년 이후 10억 달러 이상 경

제 원조를 받았다.

마이크로네시아는 인광석 수출과 관광산업으로부터 얻는 수익으로 국가 경제를 유지하고 있다. 1986년 이후 미국으로부터 13억 달러 이상의 경제 원조를 받았으며, 지리적인 고립과 인프라 부족으로 인해 경제개발에 어려움을 겪고 있다.

나우루 경제에서 인광석 수출이 차지하는 비중은 매우 높으나, 1989년 이후 인광석 수출이 감소하고 있어 경제에 많은 타격을 주고 있다. 따라서 나우루 정부는 재정지출을 감소시키는 정책으로 공무원 인원감축, 정부부처의 민영화, 해외공관의 폐쇄 등을 추진하고 있다.

뉴칼레도니아는 전세계 니켈 매장량의 25%를 가지고 있는 국가로 니켈 수출을 통해 경제개발을 추진하고 있다. 최근 니켈의 국제 가격 상승으로 뉴칼레도니아 경제 전망은 밝은 편이다.

니우에는 농업중심의 경제구조를 가지고 있으며, 우표판매가 수입의 주요 수입원이다. 니우에 국민들은 뉴질랜드로 많이 이주하였으며, 2002년 뉴질랜드로부터 260만 달러의 경제원조와 관광산업을 통하여 경제를 유지하고 있다.

팔라우 경제는 농업, 수산업 및 관광산업을 통해 유지되고 있으며, 최근에는 관광산업을 중심으로 경제개발을 진행 중에 있다. 팔라우에는 연간 75,000명의 관광객들이 방문하고 있으며, 주로 일본, 타이완, 미국, 한국으로부터 많은 관광객들이 방문한다.

파푸아뉴기니아는 농촌형 자급자족경제와 도시형 화폐경제가 공존하는 이중 구조를 가지고 있다. 파푸아뉴기니아의 주요 수출품은 광물자원으로 구리와 금이 전체 수출액의 72%를 차지한다. 그 밖에 보크사이트 등의 광물자원과 삼림자원의 수출을 통하여 자국경제를 유지하고 있다.

사모아 경제는 선진국의 경제원조, 해외거주 자국민의 송금, 농업수출 등에 의존하고 있다. 농업은 노동력의 2/3를 고용하고 있으며, 코코넛기름, 코프라 등의 수출이 전체 수출의 90% 이상을 차지한다. 또한 관광산업은 사모아 GDP의 25% 이상을 차지하는 매우 중요한 산업이다.

솔로몬제도는 농업위주의 경제구조를 가지고 있으며, 아연, 니켈, 금 등의 광물자원도 풍부한 편이다. 그러나 최근 소수민족의 갈등, 주요산업의 파산 등으로 심각한 경제혼란에 처해 있다.

통가는 농산물 수출이 전체 수출품의 2/3를 차지하고 있으며, 관광산업이 두번째로 높은 비중을 차지하고 있다. 또한 외국으로부터의 경제원조가 통가경제를 유지하는 한 축이다.

투발루는 광물자원이 거의 부존하고 있지 않으며, 농업과 어업을 중심으로 하는 경제구

조를 가지고 있다. 투발루를 방문하는 관광객은 연간 1,000명 정도로 관광산업도 그리 발달되어 있지 않다. 정부의 주요 수입은 우표판매이며, 투발루의 실질적인 재원은 호주, 뉴질랜드, 영국, 일본 및 우리나라에서의 경제원조와 해외 자국민의 송금이다. 특히 나우루에는 투발루 국민 1,000여명이 인광석 산업에 종사하고 있다.

바누아투는 농업, 목축업과 어업에 경제기반을 두고 있으며, 코프라, 카카오, 커피는 중요한 수출품이다. 에파테 섬과 말레쿨라 섬에는 대량으로 소 사육이 이루어지고 있으며, 에스피리투산토에는 참치와 가다랑어 냉동 공장이 있다.

남태평양 도서 국가는 주로 농업, 수산업, 임업, 광업 중심의 경제 구조를 가지고 있으며, 관광산업도 각국의 경제에서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 또한 외국으로부터의 경제원조와 해외거주 자국민의 송금으로 국가경제를 지탱하고 있다. 이들은 외국시장과의 지리적 고립, 국내시장 크기의 한계, 주기적인 자연재해, 인프라의 부족 등으로 경제발전이 어려움을 겪고 있으나, 최근 관광산업을 중심으로 경제개발을 도모하고 있다.

#### 다. 우리나라와의 무역

2002년 남태평양 도서국가와 우리나라와의 무역량을 살펴보면 수출은 8억 7천4백만 달러, 수입은 9천4백만 달러로 수출이 수입보다 9.3배나 많아 심각한 무역 불균형을 보이고 있다. 또한 남태평양 도서 국가로의 수출액이 우리나라 전체 대외수출액에서 차지하는 비중은 0.53%이며, 남태평양 도서국가에서의 수입액이 우리나라 전체 대외수입액에서 차지하는 비중은 0.06%이다(표 3-5-3).

지난 4년간 남태평양 도서국가로의 우리나라 수출액은 1999년 274백만달러, 2000년 540백만달러, 2001년 741백만달러, 2002년 874백만달러로 점차 증가하는 추세이며, 우리나라의 전체 수출액 중 남태평양 도서국에 대한 수출액이 차지하는 비중도 1999년 0.19%, 2000년 0.31%, 2001년 0.49%, 2002년 0.53%로 점차 증가하는 추세에 있다. 그러나 지난 4년간 우리나라가 남태평양 도서국가에서의 수입액은 1999년 217백만달러, 2000년 236백만달러, 2001년 131만달러, 2002년 94백만달러이며, 우리나라의 전체 수입액 중 남태평양 도서국가에서의 수입액이 차지하는 비중은 1999년 0.18%, 2000년 0.14%, 2001년 0.09%, 2002년 0.06%로 점차 감소하는 추세이다.

2002년도 남태평양 도서국가 중에서 우리나라의 주요 수출대상 국가는 마살군도이며, 동 국가로의 수출액은 734백만달러로 남태평양 도서국가 전체 수출액의 87.4%를 차지한다. 주요 수출품으로는 탱커(수출입품목코드 HSK 890120)와 기타의 화물선과 화객선(수출입품목코드 HSK 890190) 등이 있다.

표 3-5-3. 우리나라와 남태평양 도서국가의 무역

Table 3-5-3. Export and import between Korea and the South Pacific Island countries

Unit : US\$1000

Country	1999		2000		2001		2002	
	Exports	Imports	Exports	Imports	Exports	Imports	Exports	Imports
Cook Islands	110	0	275	49	226	5	284	23
Fiji	14,331	9,992	8,261	7,388	9,789	1,136	10,714	887
French Polynesia	5,342	260	5,530	65	4,547	136	4,335	415
Guam	58,950	4,510	151,938	25,023	181,004	919	88,074	2,512
Kiribati	702	0	271	0	221	0	229	54
Marshall Islands	150,285	62	331,133	30	510,581	136	734,895	240
Micronesia	5,352	113	6,592	99	4,999	19	4,634	15
Nauru	33	6,377	0	3,848	7	1,209	25	3,638
New Caledonia	16,404	37,699	8,891	57,597	7,758	24,088	7,711	28,986
Niue	22	0	0	1	0	0	0	31
Palau	2,496	60	6,642	170	7,066	24	7,188	17
Papua New Guinea	12,927	144,965	11,535	117,488	9,311	86,236	9,015	32,197
Samoa	3,341	5	6,014	3	3,574	12	5,457	11
Solomon Islands	1,555	14,601	818	18,096	523	16,946	770	15,887
Tonga	413	6	437	7	308	2	371	19
Tuvalu	59	0	134	0	130	0	128	0
Vanuatu	2,587	7,890	2,067	6,774	1,234	639	992	9,108
Total	274,909	219,369	540,538	236,638	741,278	131,507	874,822	94,040

자료 : 한국무역협회 홈페이지(<http://www.kita.net>)

2002년도 남태평양 도서국가에서 우리나라 주요 수입 국가는 뉴칼레도니아와 파푸아뉴기니아이며, 동 국가에서의 수입액은 각각 29백만 달러와 32백만 달러로 남태평양 도서국가 전체의 수입액의 30.8%와 34.2%를 차지한다. 뉴칼레도니아에서의 주요 수입품은 페로니켈(수출입품목코드 HSK 720260)이며, 파푸아뉴기니아에서의 주요 수입품은 동광과 그 정광(수출입품목코드 HSK 260300)과 삼림자원이다. 동광과 그 정광의 2002년 수입액은 7백만 달러로 파푸아뉴기니아에서의 수입액의 23.8%를 차지한다. 그 외 남태평양 도서국가에서는 주로 광물자원(페로니켈과 동광 등)과 삼림자원이 수입되며, 조선, 석유화학제품 등이 수출된다.

## 2. 남태평양 해양생물자원 현황

### 가. 해양생물자원 개요

해양생물자원은 해양을 사용하고 활용하는데 가장 근본적이고도 우선되는 부분이다. 인간에게 식량과 경제적 혜택, 휴양장소, 문화적 요소 등을 제공하면서 현재와 미래세대에 필수적 자원이다. 해양생물자원의 범위는 엄청난 생산성을 가지면서 풍부한 유전자원을 가지고 있으며 대기가스의 균형을 조절하고 이산화탄소를 격리시킨다. 외양으로부터 가해지는 물리적 힘에서 섬 연안을 지키는 산호초, 세계수산업이 의지하고 있는 원양어업자원, 미래의 생명공학의 중요한 원료인 열수지역의 생물군집에 이르기까지 다양한 생물자원이 남서태평양에 존재한다.

#### 1). 해양생물자원의 직접적 가치

바다어류는 야생이든 양식이든 인간에게 경제적 가치를 가진 해양생물로 가장 잘 인식된 해양생물자원이다. 인간이 섭취하는 단백질의 16%가 해양에서 생산되며 세계적으로 어부들이 매년 8백억 불 가치의 물고기를 잡아들이고 있다. 어류와 해조류는 또한 아주 중요한 비료성분, 가축사료, 공업원료, 약재로 사용되고 있는데 생물자원탐사를 통한 해양생물자원활용 가치를 한 예로 든다면 *Tethya crypta*라는 sponge에서 추출된 Arabinosides는 항바이러스제로서 연간 5천만달러의 매출을 올리고 있다. 미국에서는 지난 수년간의 연구를 통해 해양생물에서 5개의 약품이 개발단계에 있으며 매년 20억불의 매출 가능성을 제시하고 있다. 또한, 해양생물자원의 비소비적 직접적 활용은 생태관광, 휴양, 그리고 과학연구일 것이다. 생태관광은 현재 획기적인 경제적 파급효과를 몰고 오고 있는데 예를 들면 미국 플로리다지역에서의 생태관광은 매년 20억불의 매출을 올리고 있어 약품개발과 버금가는 경제적 가치를 가져다주고 있다.

#### 2). 해양생물자원의 간접적 가치

건강한 생물자원, 즉 건강한 생태계와 이러한 생태계에 의지하고 있는 건강한 종다양성은 지구적·지역적으로 많은 혜택을 제공하고 있다. 즉, 건강한 해양생물자원이 있는 건강한 해양은 식물플랑크톤에 의해 이산화탄소를 축적하고 대기가스를 조절하며 영양염 순환 및 쓰레기처리에 그 역할을 다하고 있다. 식물플랑크톤은 또한 지구의 광합성의

40% 이상을 차지하고 있어 지구의 일차생산과 이산화탄소격리 및 산소생산을 담당한다. 산호초나 망그로브 군총 그리고 다시마류로 조성된 해중림(kelp bed)은 태풍과 기상악화로부터 연안을 보호한다. 많은 경우, 간접적 가치가 직접적 가치를 훨씬 능가하기도 하지만 경제적 분석에는 포함이 되지 않을 때가 많다. Costanza et al. (1997)에 의하면 지구적으로 간접적 해양생태시스템의 가치는 대양의 경우 매년 5조 2천억 달러라고 하였으며 연안은 11조 7천억 달러라고 할 만큼 엄청난 가치를 보유하고 있다.

### 3). 해양생물자원의 선택적 가치

종다양성의 많은 부분은 아직 활용되고 있지 않을 뿐 아니라 아직 인식조차도 되고 있지 않다. 그러나 아직 인식조차도 되고 있지 않은 부분들이 미래에 우리에게 필요한 것을 제공할 수 있을 것이다. 즉, 식량이나 약품생산의 기술적 발전은 자연 상태의 유전적 다양성에 많이 의지하고 있는데 특히 해양생물자원은 다양하고도 유익한 그리고 무궁무진한 자원 활용 가능성을 제시하고 있다.

### 4). 비활용성에 대한 가치

해양생물자원은 인간에게 무한적 심미적 가치를 제공하고 있다. 심미적 가치에서 문화가 발생하였으며, 해양에 대한 지속가능한 관리와 개발에 대한 의지를 준다. 그러나 현실점에서 해양생물자원에 대한 조사는 대부분 어류에만 한정되어 있는데 그것도 산업적으로 중요한 어류 외에는 활발히 이루어지고 있지 않다. 이러한 어종 외에 대한 해양생물자원에 대한 평가는 우리가 접하기 어려운 자료들이며 특히 풍부한 해양생물자원을 보유하고 있는 것으로 추측되는 남태평양에 대한 평가는 미비한 상태이다. 그러나 남태평양에서의 그 가능성은 무궁무진하다고 알려져 있으며 특히 새로운 유전자 및 신물질 확보, 새로운 어종의 확보는 그 가능성과 잠재력이 그 어느 지역보다 탁월하다고 알려지고 있다(그림 3-5-1).

남태평양은 사회·경제학적 뿐만이 아니라 지질학적 및 생물학적으로 아주 독특한 조화로 이루어져 있는 지역으로서 29,000,000km<sup>2</sup>가 넘는 해양을 차지하고 있다. 이 넓은 해역에 서식하고 있는 생물종들 중 80%는 이곳에서만 존재하고 있으며 세계 어느 곳에서도 볼 수 없는 많은 독특한 생물들을 남태평양은 보유하고 있다. 또한, 이 지역에서 산호초생태계는 대단히 높은 종다양성을 가지고 있지만 아직 주요 어종들에 대한 어획량만 조사되고 있으며 자원량 평가는 미진하다.



### Species number

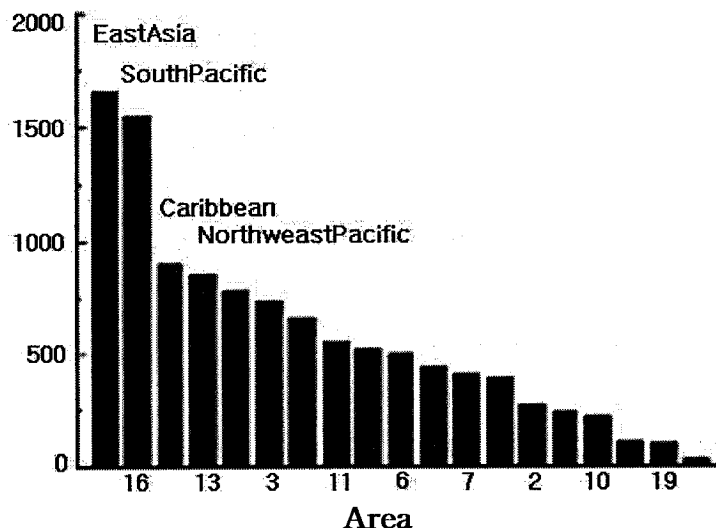


그림 3-5-1. 지역적 종다양성 비교.

Fig. 3-5-1. Regional biodiversity (2 Mediterranean, 3 North Atlantic, 6 West & Central Africa, 7 South Africa, 10 Kuwait, 11 South Asia, 13 Northwest Pacific, 16 South Pacific, 19 Arctic).

### 나. 어업

어류는 가장 잘 알려진 해양생물자원으로서 상업적으로 어획되어 직접적으로나 간접적으로 인간이 섭취하고 있다. 전 세계적으로는 약 1천 5백만 명에서 2천만 명의 어업인구가 있다고 하지만 이중 90%는 소규모 어부들이다. 어업은 전 세계적으로 약 1억 8천만 개의 관련 일자리를 제공하고 있다.

FAO의 자료에 의하면 남태평양 도서 국가들의 어획량은 다른 구역들과 비교해서 많은 편인데 그 이유는 호주와 뉴질랜드의 어획량이 포함되었기 때문이다. 총 어획량이 전반적으로 증가하는 추세를 보이며, 남획으로 자원고갈현상을 보이고 있는 북대서양 보다 아직 어족자원이 풍부한 것으로 보인다. 또한 남태평양에는 산호초들이 풍부하는데 산호초환경에는 4,000종이상의 다양한 어류들과 700종 이상의 산호초 그리고 그 외 수천종의 해양식물과 동물들이 살고 있으며 100만종 이상의 무척추동물과 조류(식물)들이 산호초와 연계하여 살아가고 있다. 이러한 생물자원들은 우리에게 식량과 심미적 효과 뿐 아니라 미래에

우리에게 필요한 약품과 신물질을 제공할 것이며 기후변화와 생태변화에 중요한 자료를 제공할 것으로 기대되고 있지만 이러한 생물자원에 대한 조사나 평가는 아직 아주 미비한 상태이다.

남태평양의 지역적 어업활동은 2가지로 구분되는데 해양과 연안어업이다. 해양어업에는 참치류와 그와 관련된 어종을 포함하고 있으며 이러한 어종들은 대부분 기업적 규모의 어업활동을 통해 어획되고 있다. 연안어업은 다양한 물고기와 무척추동물들을 포함하고 있으며 소규모 어업활동을 통해 어획되고 있다(그림 3-5-2, 표 3-5-3).

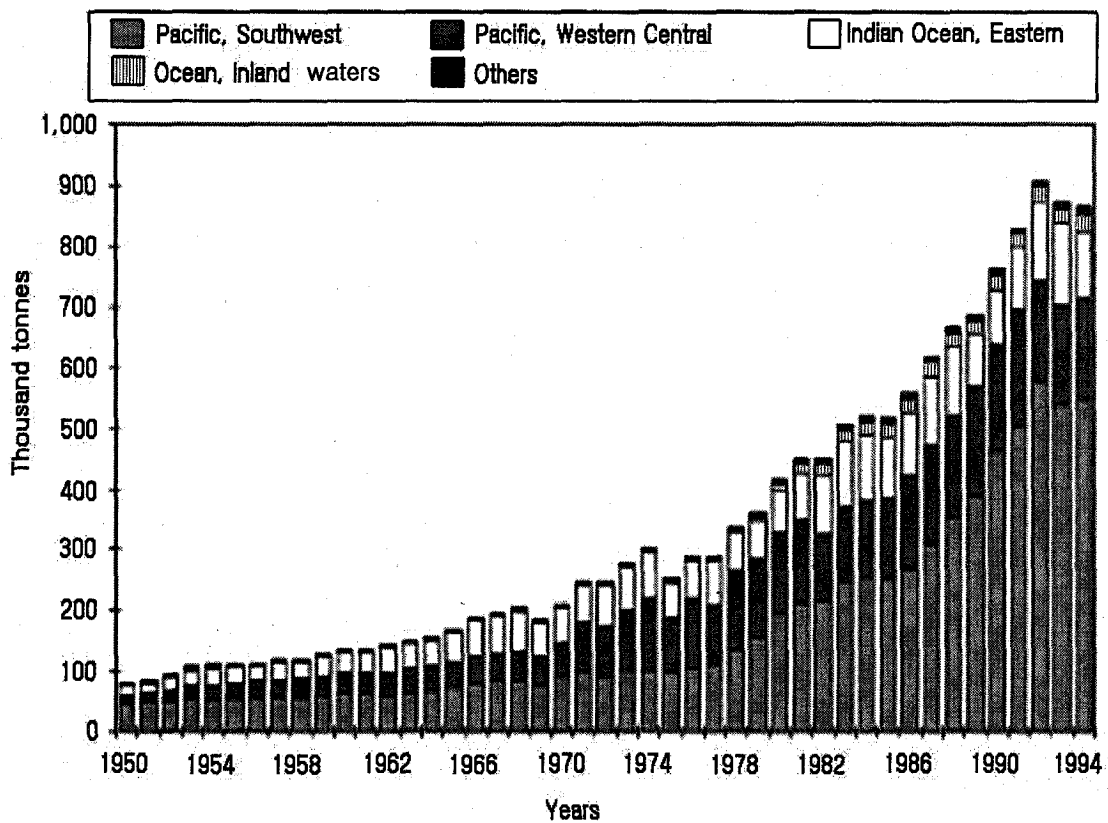


그림 3-5-2. FAO 남태평양 어업구분지역에서의 참치어업을 제외한 어업 총 생산량.  
 Fig. 3-5-2. Total production of States and territories of the South Pacific by year with a division for FAO' fishing areas. (FAO 1997).

표 3-5-4. 남태평양 지역의 어업량 및 가치

Table 3-5-4. Production value of fisheries in S. Pacific (FAO 1997)

	Production (t)	Value(US\$)
Industrial tuna	1,074,113	1,900,000,000
Industrial prawn	946	9,043,618
Commercial	83,914	179,914,623
Subsistence	24,327	81,800,664
Total	1,183,300	2,170,758,905

도서 국가들이 위치한 남태평양지역에서는 1991년도에는 약 25,000척의 무동력 어선과 17,000척의 동력어선들이 활동하고 있는 것으로 파악되었으나 점차 더 많은 무동력선들이 동력화 되어 있는 것으로 보인다(Gillett 2002).

남태평양지역의 도서국가 만 고려할 때 총 어업 생산량 및 양식 생산량은 세계 총 생산량과 비교할 때 아주 미미한 상태라고 할 수 있다. 그러나 이러한 숫자는 이곳에서의 개발 가능성을 나타내고 있다고 할 수 있다(표 3-5-4~8).

표 3-5-5. 남태평양 지역별 수산업 배후세력 비교

Table 3-5-5. Comparison of fisheries background by regions

Items	Caribbean	SPC Area	Indian Ocean	Atlantic tropic
Countries & territories	23	22	9	2
Number of territories	10	8	4	0
Average GDP/head (US\$)	9,660	5,720	3,510	969
Average aid/head (US\$)	5,164	1,081	5,647	1,748
% land use for agriculture	31.17	14.67	35.13	53.10
Total population (x1,000)	35,327	6,584	20,849	560
Total EEZ(1,000km <sup>2</sup> )	2,093	29,523	3,618	918
Average non-tuna catch/head	20.50	53.78	17.98	15.23
Average tuna catch/head	1.95	13.04	68.17	2.47
Total indicative catch/km <sup>2</sup> EEZ	3.49	0.12	1.43	0.09

표 3-5-6. 어업활동 및 어업허가권 등이 남태평양 경제에 미치는 영향 및 중요성

Table 3-5-6. Relative importance of fisheries and access fees, to Pacific Island economies (CFP Strategic plan 2002-2005)

**Relative importance**

	GDP (\$millions)	fishing (\$millions)	% fishing	Access (\$1,000)	% Access	total fishing value(\$millions)	total vs GDP (%)
Kiribati	48.1	5.7	11.78	20,600	42.81	26.3	54.58
Tuvalu	13.8	0.9	6.77	5,900	42.60	6.8	49.37
Solomon	279.6	35.8	12.80	273	0.10	36.1	12.90
Marshall	97.3	7.2	7.40	4,983	5.12	12.2	12.52
FSM	229.9	10.8	4.70	15,400	6.70	26.2	11.40
Nauru	51.6	1.1	2.12	3,400	6.59	4.5	8.71
Samoa	233.5	18.7	7.99	189	0.08	18.8	8.07
Tonga	157.0	11.2	7.13	152	0.10	11.3	7.22
Niue	7.5	0.1	1.65	152	2.02	0.3	3.67
Palau	113.5	3.1	2.77	800	0.70	3.9	3.48
Cook Is	82.4	2.3	2.84	169	0.21	2.5	3.04
Fiji	1,821.3	42.7	2.34	212	0.01	42.9	2.36
Vanuatu	226.3	2.2	0.96	218	0.10	2.4	1.05
PNG	3,415.6	19.2	0.56	5,840	0.17	25.0	0.73
	6,777.5	161.0	2.38	58,288	0.86	219.3	3.24

**Ranking**

Country	fishing/GDP (%)	Country	total fishing value (\$millions)	Country	Access (\$1,000)	Country	Access/GDP (%)
Solomon	12.80	Fiji	42.9	Kiribati	20,600	Kiribati	42.81
Kiribati	11.78	Solomon	36.1	FSM	15,400	Tuvalu	42.60
Samoa	7.99	Kiribati	26.3	Tuvalu	5,900	FSM	6.70
Marshall	7.40	FSM	26.2	PNG	5,840	Nauru	6.59
Tonga	7.13	PNG	25.0	Marshall	4,983	Marshall	5.12
Tuvalu	6.77	Samoa	18.8	Nauru	3,400	Niue	2.02
FSM	4.70	Marshall	12.2	Palau	800	Palau	0.70
Cook Is	2.84	Tonga	11.3	Solomon	273	Cook Is	0.21
Palau	2.77	Tuvalu	6.8	Vanuatu	218	PNG	0.17
Fiji	2.34	Nauru	4.5	Fiji	212	Solomon	0.10
Nauru	2.12	Palau	3.9	Samoa	189	Tonga	0.10
Niue	1.65	Cook Is	2.5	Cook Is	169	Vanuatu	0.10
Vanuatu	0.96	Vanuatu	2.4	Tonga	152	Samoa	0.08
PNG	0.56	Niue	0.3	Niue	152	Fiji	0.01

표 3-5-7. 남태평양 지역의 어업 및 양식 생산량과 교역

Table 3-5-7. SPF: fisheries and aquaculture production, food balance and trade

	1988	1992	1996	2000
Aquaculture production				
Inland production (1,000 tonnes)	2	2	3	4
Percentage of world total	0.0	0.0	0.0	0.0
Marine Production (1,000 tonnes)	39	66	98	124
Percentage of world total	0.9	1.1	0.9	0.9
Fisheries production				
Inland production (1,000 tonnes)	22	23	19	22
Percentage of world total	0.3	0.4	0.3	0.3
Marine production (1,000 tonnes)	588	856	824	1 031
Percentage of world total	0.7	1.1	1.0	1.2
Fisheries and aquaculture				
Combined total (1,000 tonnes)	650	947	943	1 181
Percentage of world total	0.6	0.9	0.8	0.9
Food balance				
Total food supply (1,000 tonnes)	522	537	584	...
Per capita supply (kg)	20.9	20.2	20.7	...
Fish as animal protein (%)	8.8	8.6	9.2	...
Trade in fishery commodities				
Total imports (US\$ millions)	415	483	599	610
Percentage of world total	1.3	1.2	1.1	1.1
Total exports (US\$ millions)	1 095	1 372	1 743	1 767
Percentage of world total	3.5	3.4	3.3	3.2

자료 : FAO (<http://www.fao.org/docrep/005/y7300e/y7300e09.htm>)

표 3-5-8. 남태평양 관련 국가 해양어업생산량 및 수출가치

Table 3-5-8. South Pacific fish production and fisheries exports value

	Pelagic Marine Fish Production (t)				Total Marine Fish Production (t)				Total Marine Fish Exports (\$1,000)			
	1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999
Australia	51948	40533	36719	43321	130095	122423	127816	134900	31432	54445	53811	53024
Cook Islands	204	172	165	165	693	706	690	690	172	0	0	1
Fiji	10691	9335	9395	14185	17281	15820	15584	22776	6870	10456	9538	4759
Kiribati	13019	11057	12704	10481	24939	22927	32110	46573	0	0	217	133
FSM	8474	9082	14279	10636	9674	10272	15479	11836	53	245	102	31
New Zealand	66394	83026	94033	87578	386155	535429	581661	552552	42531	38751	31879	37478
PNG	11077	19580	40265	26946	23427	32430	53115	39796	820	1281	3127	3124
Samoa	2159	5000	5344	4537	2381	6463	6969	9700	1060	4627	11366	10534
Solomon Islands	44854	49700	48183	70524	56364	60710	59133	81514	0	4864	1988	1146
Tonga	609	558	697	566	2709	2558	3633	3456	639	257	1333	2224
Tuvalu	290	290	290	290	400	400	400	400	350	300	300	300
Vanuatu	47318	67525	72388	92481	48536	68779	73608	93681	16	52	34	60
Marshall	-	-	-	-	2772	370	400	400	84	37	1670	1210
Nauru	-	-	-	-	400	350	300	250	-	-	-	-
Niue	-	-	-	-	120	120	120	120	-	-	-	-
American Samoa	163	430	549	434	206	437	583	472	-	-	-	-
French Polynesia	5171	6268	7334	7137	9890	11555	12349	12214	208	1574	821	380
Guam	109	140	187	125	126	163	249	227	-	-	-	-
New Caledonia	1603	1303	2013	2117	2063	1724	2514	2554	-	2744	3512	2579
Palau	57	14	37	40	1947	1707	1731	1753	240	174	123	285
Pitcairn	-	-	-	-	8	8	8	8	-	-	-	-
Tokelau	-	-	-	-	200	200	200	200	-	-	-	-
Wallis et Futuna	-	-	-	-	174	170	200	200	-	-	-	-
Northern Mariana	126	113	89	86	2223	250	233	192	-	-	-	-
World	42225090	41401292	34749209	40368334	73887139	72973282	66274759	71099094	3743308	3806644	3878716	4164677

자료 : FAO (<http://apps.fao.org/page/form?collection=Fishery.Primary&domain=fishery&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default>)

표 3-5-9. 남태평양 도서국의 연안 어업 생산량

Table 3-5-9. Estimated annual coastal fisheries production in Pacific Island countries (excerpted from Gillett (2002))

Country	fisheries production(t)		
	livelihood	commercial	Total
American Samoav	215	52	267
Cook Islands	795	80	875
FSM	5,000	5,000	10,000
Fiji	21,600	9,320	30,920
French Polynesia	3,691	2,352	6,043
Guam	472	118	590
Kiribati	10,000	6,000	16,000
Marshal	2,800	444	3,244
Niue	194	12	206
Nauru	110	315	425
New Caledonia	2,500	981	3,481
Northern Mariana Is.	2,825	141	2,966
Palau	1,250	865	2,115
Papua New Guinea	26,000	5,500	31,500
Pitcairn	8	0	8
Samoa	4,293	2,876	7,169
Solomon Islands	13,000	3,200	16,200
Tokelau	191	0	191
Tonga	2,863	4,173	7,036
Tuvalu	880	220	1,100
Vanuatu	2,700	230	2,930
Wallis et Futuna	621	296	917
Total	102,008	42,175	144,183

## 1). 참치현황

남태평양지역에서 잡히는 어종 중 경제적으로나 그 규모에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 역시 참치어업이다. 태평양 도서국들이 모여 있는 남태평양에서의 참치어업은 어느 지역보다 활발하다고 할 수 있다(그림 3-5-3, 4, 5). 또한 참치는 이 지역에서 수행되고 있는 어업 중 가장 중요한 부분일 뿐 아니라 다른 어업과 비교해서 10배나 많은 어획량을 기록하고 있으며 어획되는 다른 어종을 합해도 7배나 높은 가치를 생산하고 있다. 이 지역에서 어획된 총 참치의 가치는 1982년도에는 375백만 달러, 1993년도에는 12억 달러, 1994년도에는 16억 달러, 1995년도에는 17억 달러 그리고 1998년도에는 19억 달러의 가치를 발생하였다(Gillett 2002). 남태평양에서 가장 많이 잡히는 참치어종은 4가지로서 눈다랑어, 황다랑어, 참다랑어, 가다랑어이며 발달된 기술 등으로 인해 지난 몇 년간 꾸준한 어획량을 남태평양 지역에서 확보하고 있다.

남태평양의 참다랑어의 자원량을 평가할 때(stock assessment), 현재 최고 생물자원 수준(어업활동이 없을 경우)의 2/3정도이며(Hampton 2002a), 눈다랑어는 최고 자원량 수준에서 35% 감소된 상태이고(Hampton 2002b), 특히 열대지역에서의 감소량은 50% 이상인 것으로 나타났으며, 황다랑어의 자원은 눈다랑어와 유사한 추세를 보이고 있고(Hampton 2002c), 가다랑어의 자원량은 최고 생물 자원량의 거의 최고 수준인 것으로 나타났다(Hampton 2002d). 일반적으로 이 지역의 참치 자원량은 과잉 개발되었다고 보고 있지 않다. 반대로 가다랑어는 어획량을 높여도 괜찮다는 의견이 많다. 그러나 눈다랑어의 경우는 남획의 징조를 보이고 있기 때문에 어획량을 감소해서 지속가능한 자원을 유지하자는 의견도 있다(Gillett 2002).

남태평양지역에서 잡히는 어종 중 경제적으로나 그 규모에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 역시 참치어업이다. 태평양 도서국들이 모여 있는 남태평양에서의 참치어업은 어느 지역보다 활발하다고 할 수 있다. 또한 참치는 이 지역에서 수행되고 있는 어업 중 가장 중요한 부분일 뿐 아니라 다른 어업과 비교해서 10배나 많은 어획량을 기록하고 있으며 어획되는 다른 어종을 합해도 7배나 높은 가치를 생산하고 있다.

이 지역에서 어획된 총 참치의 가치는 1982년도에는 375백만달러, 1993년도에는 12억 달러, 1994년도에는 16억달러, 1995년도에는 17억달러 그리고 1998년도에는 19억달러의 가치를 발생하였다(Gillett, 2002). 남태평양에서 가장 많이 잡히는 참치어종은 4가지로서 눈다랑어, 황다랑어, 참다랑어, 가다랑어이며 발달된 기술 등으로 인해 지난 몇 년간 꾸준한 어획량을 남태평양 지역에서 확보하고 있다.



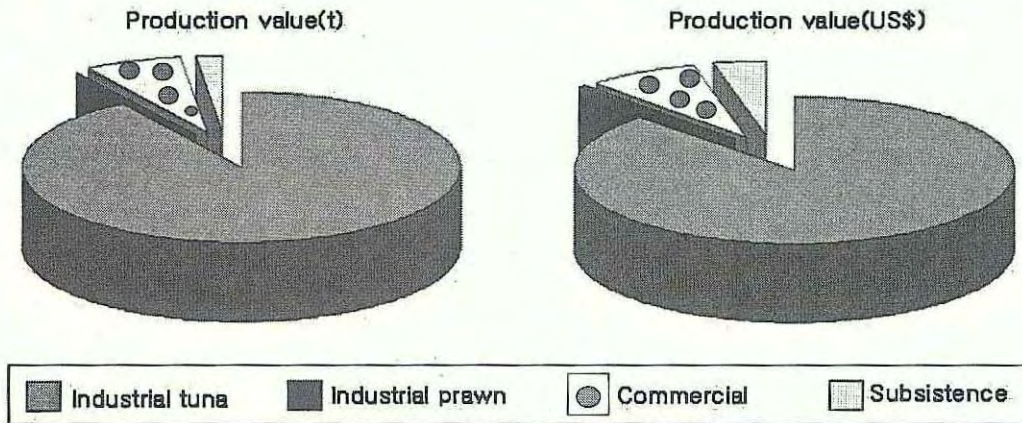


그림 3-5-3. 남태평양 지역에서의 어업생산량.

Fig 3-5-3. Production value of fisheries in South Pacific (FAO, 1997)

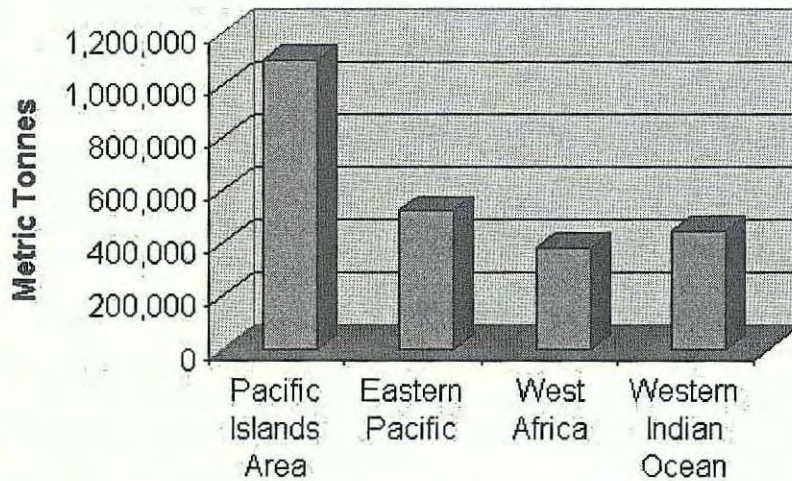


그림 3-5-4. 세계 주요 참치어장별 생산량.

Fig. 3-5-4. Production of tuna from major tuna fishing grounds.

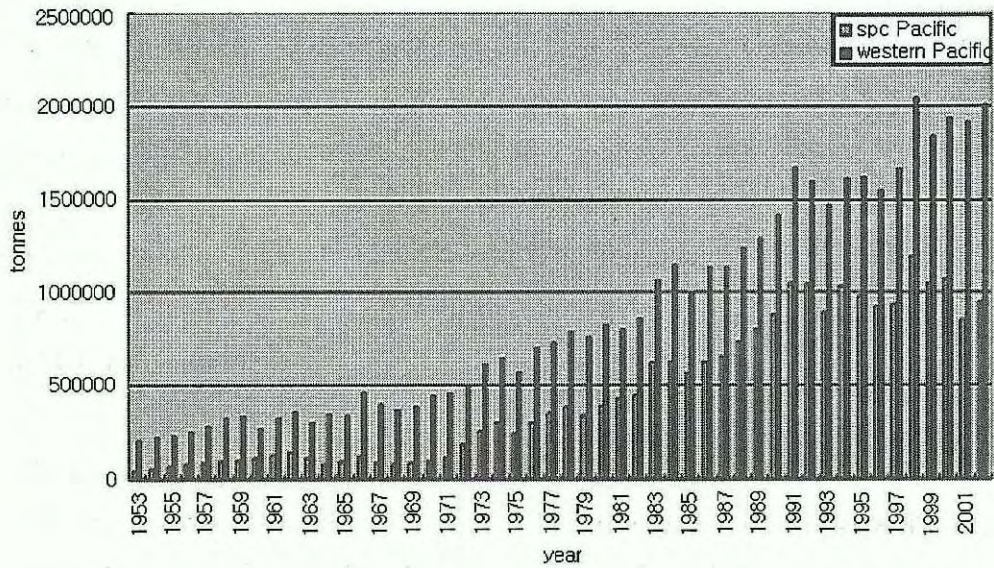


그림 3-5-5. 남태평양 지역에서의 총 참치 어획량.

Fig. 3-5-5. Total tuna(Albacore, Bigeye, Skipjack, Yellowfin) catch in the SPC statistical south Pacific Ocean & FAO western Pacific Ocean area ( Gillett 2002).

## 2). 연안생물자원

연안생물자원은 남태평양 도서 국가들에게 아주 중요한 부분이다(Gillett 2002). 특히, 생계적 차원에서 없어서는 안 될 부분이다. 그러나 연안생물자원에 대한 자료는 없거나 신뢰할 수 없는 정보들이 대부분이다. 그 이유는 도서국가 정부에서 제공하는 데이터는 소규모 산업적 어업활동만 포함하고 있거나 그것도 일부분만 포함하고 생계적 어업활동에 대한 정보는 포함하고 있지 않기 때문이다. 수많은 섬들이 넓게 퍼져 있으며 인적 자원이나 재정적 자원 그리고 기술적 지원이 부족하기 때문에 이러한 조사를 상세히 할 수가 없다. 방대한 지역에서의 연안생물 자원량을 예측하다는 것을 거의 불가능하다고 할 수 있다. Johannes (1998)는 인도네시아의 예를 들면서 이 지역의 연안생물자원을 조사하기 위해서는 400명의 과학자들이 평생을 바쳐야 통계적으로 신뢰성이 있는 자료가 나올 것이라고 하였다. 그 만큼 다양하고도 복잡한 지역이다. 인도네시아연안의 10%만 조사한다고 하여도 40명의 과학자들이 평생을 바쳐야 한다는 것이다. 그렇기 때문에 이러한 연안생물자원을 관리하기 위해서는 지역적 관리체제를 활용하는 것이 가장 적절하다는 권

고사항을 남겼다.

남태평양에서의 연안생물자원들은 물고기, 무척추동물, 해조류 등이 포함되고 다른 국가의 어획활동을 통한 참치어업보다는 지역적 도서국민들의 실해역 어업활동으로 활용되고 있다. 알려진 정보에 의하면 매년 남태평양 도서국 자체에서 생계적 차원의 어업활동으로 약 102,000톤 을 어획하는데 이중 70%가 연안지역에서 어획된 것이다. 그 가치를 따져보면 물고기와 갑각류의 경우 피지에서는 약 670만 달러 키리바시는 약 1800만 달러 솔로몬은 1,390만 달러 그리고 바누아투는 1,470만 달러이다. 연안지역에서 잡히는 생물자원은 물고기, 연체동물, 갑각류, 조류 및 그 외 많은 다양한 종들이 포함되어 있다(표 3-5-9).

서사모아의 경우 500종의 생물종들이 생계형으로 섭취되고 있는 것으로 알려져 있으며 이 중 몇 가지 종들이 많이 활용되고 있는 주요 종들이며 고부가가치 연안생물자원들은 대부분 생계형 어부들에 의해 채취되어 중간 거래자에게 넘겨지고 있다(표 3-5-10).

트로카스(*Trochus niloticus*)의 경우 대부분의 태평양 도서지역에 분포되어있으며 이 조개를 채취하기 위해서는 아무런 장비도 필요 없고 오래 동안 보관이 가능하고 또한 외진 곳에서도 채취 가능한 자원으로 각광을 받고 있어 특히 외해역에 위치하는 산호초에 거주하는 주민들에게는 아주 중요한 물자로서 그 역할을 하고 있다. 해삼의 경우는 약 20종이 현재 식용어종으로 개발되고 있는데 대부분 아시아로 수출되고 있다.

표 3-5-10. 남태평양에서의 주요 연안자원

Table 3-5-10. Major coastal fisheries resources of South Pacific (World Bank 2000, FAO 2002)

Country	Important coastal resources(descending order of importance)
Fiji	finfish, beche de mer, octopus, seaweed, lobster, mud crab, various bivalve molluscs
Tonga	finfish, octopus, lobster, beche de mer, turbo, giant clams, seaweed, Anadara
Samoa	finfish(especially surgeonfish, grouper, mullet, carangids, rabbit fish) octopus, giant clams, beche de mer, turbo, crab
Solomon Islands	finfish, beche de mer, trochus, giant clam, lobster, turbo, mangroves
Palau	finfish, giant clams, mangrove crab, lobster, turtle, sea cucumber

표 3-5-11. 남태평양 지역 도서국의 연안 어류자원 상품 수출량

Table 3-5-11. Estimated annual exports of major coastal fisheries commodities from the Pacific islands regions(FAO 2002, Gillett 2002)

Production	Amount
Sea cucumber	1,500 tonnes (dried, equivalent to 15,000 tonnes live weight)
Trochus shell	2 300 tonnes of shell(US\$15,000,000)
Pearl shell	400 tonnes (mainly spent farmed shell)
Pearl	~ 1 tonne(>US \$ 100 million value)
Deep-water snappers (mainly Tonga)	300 tonnes
Giant clam(mainly Fiji)	20 tonnes of adductor muscle
Live groupers	unknown but growing
Aquarium fish	small in tonnage but relatively large in value

해삼 또한 쉽게 채취하여 건조시켜 오래 동안 보관이 가능하나 남획문제로 인해 지역적으로 고갈상태가 발생하는데 트로카스와 마찬가지로 지속가능한 개발계획을 필요로 한다. 연안(수심 <50m)산호초 어류들 중 현재 약 300종이 주요 산업종으로 어획되고 있으며 매년 5~50kg/hectare/year의 생산성을 보이고 있다. 그러나 여러 가지 요건 때문에 수출이 잘 되고 있지 않다. 100~400미터 깊이에서 어획되는 물고기중 고가치 어종은 현재 잘 개발되어 있지 않으며 현재 통가에서만 실제적인 집중산업화를 수행하고 있다. 바다가재의 경우 *Panulirus*속의 3종이 개발되고 있는데 지속가능한 관리체제가 없는 상태에서 마구잡이로 어획하는 현상이 일어나 고갈되는 지역이 생기기도 한다. 그러나 현재, 파푸아뉴기니아와 북호주 지역사이에서는 약 400톤의 바다가재산업을 유지하고 있다. 또한 관상어 산업도 상당한 고가치의 해양자원으로 개발되고 있다.

과급효과가 큰 연안자원은 흑진주라고 할 수 있다. 흑진주양식의 대규모 산업적 생산은 1961년 타히티에서 일본인 기술자에 의해서 시작되었으며 4년 후 1,000개의 흑진주가 수확되면서 시작되어 세계시장을 선도하고 있다(그림 3-5-6). 현재, 불령 폴리네시아를 비롯하여 호주, 인도네시아 외에 여러 남태평양 도서국가에서 소규모로 양식이 시작되었다. 그러나 기술 및 재원이 부족한 곳에서는 그 가능성을 충분히 개발하지 못하고 있는 국가

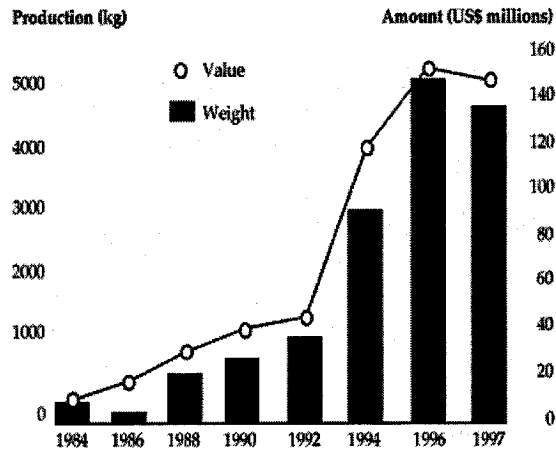


그림 3-5-6. 타히티 흑진주 수출현황.

Fig. 3-5-6. Export growth of Tahitian black pearls in volume and value.

(<http://www.spc.int/coastfish/News/POIB/12/6Tahiti.htm>).

들도 많다. 시장규모는 2억 달러로서 점차 증가하는 추세를 보이고 있으며 고소득 가능성을 지닌 자원이다. 흑진주산업의 1위는 호주 그리고 타히티가 2위를 차지하고 있다. 불령 폴리네시아에는 약 1,076개의 흑진주 양식장이 있으며 7,042명이 고용되어 있고 세계에서 날개 진주거래상으로는 20% 이상을 차지하고 있다. 그 뒤로 인도네시아, 일본, 홍콩, 중국, 필리핀, 미국, 프랑스, 쿡제도 등으로 이어지고 있다. 2000년도 쿡제도는 흑진주산업을 통해 470만 달러의 수출을 하였으며 세계흑진주 산업의 0.09%를 차지하였다(표 3-5-11).

### 3). 관상어

해산관상어산업은 그 역사가 이제 70년 밖에 되지 않았으며 1930년대에 Sri Lanka에서 시작된 것으로 보고 있다. 해산관상어는 현재 연간 330백만 달러의 사업을 형성하고 있으며 약 2백만 명이 해산어 수족관을 유지하고 있는 것으로 통계적으로 나와 있으나 실제 숫자는 훨씬 높은 것으로 보이며, 계속 상승세를 보이고 있다. 해산관상어 산업은 1990년부터 1999년까지는 매년 12-30%의 성장률을 보였다. 대부분의 관상어는 미국, 유럽연합 그리고 일본으로 수출된다.

표 3-5-12 쿡제도의 흑진주 산업 현황

Table 3-5-12. Pearl exports of Cook Island

Year	Pearl exports (NZ\$ Millions)	Mother-of-pearl exports (NZ\$ Millions)
1994	4.2	0.10
1995	3.8	0.02
1996	1.5	0.41
1997	3.0	0.23
1998	5.0	0.02

자료 : [www.spc.int/coastfish/News/POIB/12/6/Tahiti.htm](http://www.spc.int/coastfish/News/POIB/12/6/Tahiti.htm)

해산관상어는 대부분이 산호초 지역에서 채취된 해마를 포함한 물고기, 산호, 그리고 말미잘, 불가사리, 대형조개 등을 포함한 무척추 동물들이며 대부분 야생에서 채취된 것들이다. 남태평양은 많은 산호초의 발달로 인해 이러한 관상어들이 풍부하다. 그 가치를 평가할 때 1kg의 식용어는 6달러인 반면 관상어 1kg은 약 500달러에 거래되고 있다. 특히 이러한 다양한 생물자원의 군락이 산호지역에 위치해 있는데 다양한 형태의 모양으로 이루어진 군락을 토대로 복잡한 생물군집이 형성되어 있고 남태평양 뿐 아니라 대서양, 인도양 등 대양에 서식하는 생물의 대다수가 산호초 부근을 성육장으로 이용하기 때문에 대양생태계의 모체라고 할 수 있다.

관상용 및 패각공예용으로 이용되는 거인조개는 필리핀의 생산이 고갈되면서 남태평양 도서국과 베트남에서 그 생산성을 높이고 있다(그림 33, 표 39).

남태평양 지역에서의 관상어물고기 자원 중 가장 잘 개발된 열대어종은 나비고기류 (Chaetodontidae), 천사고기류 (Pomacanthidae), damselfish (Pomacentridae), surgeonfish (Acanthuridae) 등이다. 남태평양 도서국가에서는 약 20년 전부터 상어 열대어자원개발이 본격적으로 시작되었다고 할 수 있으며 대부분의 관상어종들은 식용으로는 사용되고 있지 않은 종들이라 생계형 어종들과의 마찰이 없어 개발이 수월하다. 현재 나와 있는 자료를 보면 피지가 178,000달러, 마셜공화국이 473,000달러, 바누아투가 16,500달러, 쿡이 73,500달러, 그리고 키리바시가 1,160,000달러의 부가가치를 열대어로 인해 만들어 내고 있다. 특히, 마셜공화국이나 키리바시의 관상어자원 개발사업은 총 수산수출의 78%와 95%를 차지하고 있다(Gillett 2002).

표 3-5-13. 야생 및 양식 대형조개의 무역현황

Table 3-5-13. Number of giant clams traded worldwide (totals for number of clams are derived from CiTES data for years 1993 to 2001. Percentage of total trade for each source)

source	Wild	Captive bred	Other	Grand total
1993	9485	7402	31546	48433
%	20	15	65	100
1994	15739	5731	38249	59719
%	26	10	64	100
1995	55830	6913	27721	90464
%	62	8	60	100
1996	60449	9303	1153	70905
%	85	13	2	100
1997	47394	28989	1256	77639
%	61	37	2	100
1998	92671	19783	157	112611
%	82	18	0	100
1999	93198	32789	319	126306
%	74	26	0	100
2000	94159	20695	531	115385
%	82	18	0	100
2001	96662	27318	2735	126715
%	76	22	2	100
total	565587	158923	103876	828386

Other : unspecified, no reported source, pre-convention, ranched, illegal/seizure

#### 4). 산호초

산호의 경우는 석회암 생산을 위한 산호는 1톤에 US\$60인 반면 살아있는 산호초 1톤은 7,000달러에 거래되고 있다(Morberg and Folke, 1999). 주요 수출국은 인도네시아와 피지이다(그림 3-5-8). 남태평양의 Palau 공화국의 경우 살아있는 수족관용 산호가 1kg당 4.4달러에 거래되었으나 건물건축자재로서 사용되는 산호는 1kg당 0.02달러에 거래되었다(Gillett, 2002). 홍산호(*Corallium rubrum*)는 1980년도에는 kg당 900달러에 거래되었는데(Moberg 매년 15~20%의 성장률을 보이고 있다. 그 가격범위는 그 가치에 따라 50mm 홍산호 구슬이 80달러에서 50,000달러에 이르고 있다(Prost 2001).

Major exporters of live and wild-sourced clams

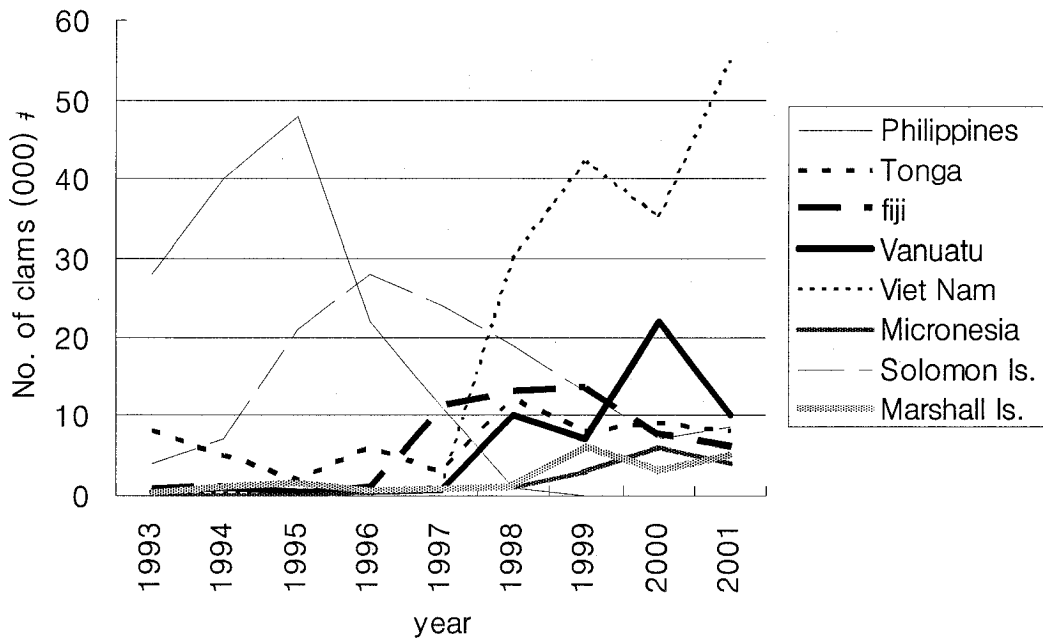


그림 3-5-7. 거인조개의 주요수출국.

Fig. 3-5-7. Major exporters of live and wild giant clams. Totals are derived from importers' data as Viet Nam, Philippines, Fiji and Vanuatu.

경산호는 수온 20~30℃의 따뜻한 바다에서만 서식하여 적도에서 남북위 20도 부근까지만 형성된다. 또한 100개국 이상의 나라들이 산호초 시스템을 가지고 있다. 남태평양에서는 산호가 풍부한데 이러한 산호초는 상업적 거래가치만 있는 것이 아니다. 비산업적 가치로서 그 역할이 엄청나기 때문에 조사와 연구의 대상이기도 하다(표 3-5-13).

산호초가 중요한 이유는 첫째, 산호초 지역은 지구환경조절에 중요한 역할을 한다는 것이다. 수많은 산호충은 엄청난 숫자의 미세한 단세포 조류들이 서식하고 있어 광합성 작용을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 만들어낸다. 지구상에서 약 60만km<sup>2</sup>를 차지하고 있는 산호초는 인위적으로 방출하는 이산화탄소의 10%를 흡수하는 것으로 알려져 있으며 산호초의 단위 면적당 광합성 능력은 열대 우림보다 뛰어난 것으로 알려져 있다. 또한, 이산화탄소를 이용해 석회석을 형성하기도 하는 산호초는 지구 온난화의 속도를 늦춰



Totals are derived from importers' data.

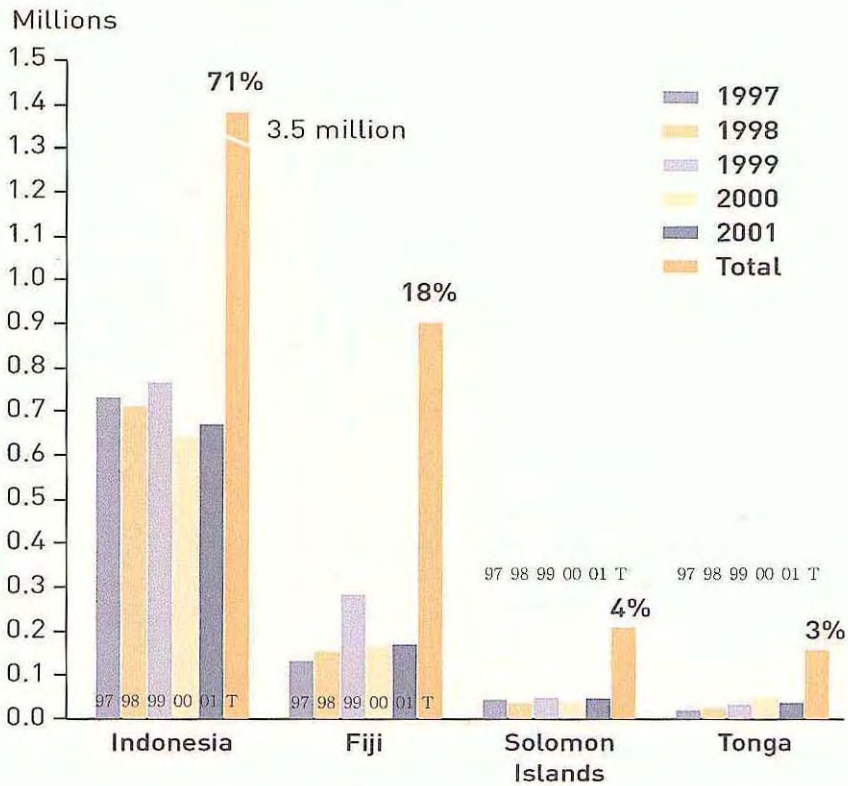


그림 3-5-8. 야생산호의 주요수출국

Fig. 3-5-8. Major exporters of live and wild-sourced corals (pieces) (Prost 2001, Morberg and Folke 1999)

주는 역할도 하는 것으로 알려져 있다. 산호의 나이테는 나무의 나이테가 나이를 알려주듯 매년 자라는 산호의 층으로 분석되어 나이는 물론 과거의 해양환경에 대해서 기록을 하고 있어 이러한 산호층의 기록을 통해 해양의 온도와 염분을 알 수 있는데 많은 선진 해양연구기관에서는 이러한 정보를 분석하여 기후환경변화연구를 하고 있고 더욱 정확한 전 지구적 그리고 지역적인 기후모델을 수립하기 위한 중요한 기초 자료로 활용되고 있다.

둘째, 산호초는 해양생물다양성의 보고로서 중요한 역할을 한다. 산호초 지역은 지난 수억 년간 해양생물의 은닉처와 서식장 그리고 생육장으로 활용되고 있으며 대양성 어류

표 3-5-14. 산호초 생태시스템에 의해 제공된 서비스와 상품

Table 3-5-14. Services and goods provided by coral reef ecosystem (Moberg and Folke, 1999)

Goods		Ecological services					
Renewable resources	Mining of reefs	Physical structure services	Biotic services		Biogeochemical services	Information services	Social and cultural services
			Within ecosystems	Between ecosystems			
Sea food products	Coral blocks, rubble and sand for building	Shoreline protection	Maintenance of habitats	Biological support through 'mobile links'	Nitrogen fixation	Monitoring and pollution record	Support recreation
Raw materials for medicines	Raw materials for production of lime and cement	Build up of land	Maintenance of biodiversity and a genetic library	Export of organic production, and plankton to pelagic food webs	CO <sub>2</sub> /Ca budget control	Climate record	Aesthetic values and artistic inspiration
Other raw materials (seaweed and algae for agar, manure, etc.)	Mineral oil and gas	Promoting growth of mangroves and seagrass beds	Regulation of ecosystem processes and functions		Waste assimilation		Sustaining the livelihood of communities
Curio and jewellery		Generation of coral sand	Biological maintenance of resilience				Support of cultural, religious and spiritual values
Live fish and coral for aquarium trade							

들도 산호지대에서 번식을 하기 때문에 해양 생물학적 차원에서 산호지대는 지구 어느 곳에 비해서 높은 경제적 가치를 지니고 있다. 앞에 언급한 바와 같이 산호초 지역은 700여종의 산호와, 4,000여종의 어류, 100만종 이상의 무척추동물과 조류들이 있다. 이러한 해양의 열대우림인 산호초는 또한 해양생물의 1/4에 서식처를 제공하고 있으며 사람이 먹는 물고기의 10~25%가 산호초지역에서 어획되고 있다. Costanza et al. (1997)는 산호

초가 연간 3,750억 달러의 경제 및 생태학적 가치를 제공한다고 Nature지에 발표하였다. 산호의 중요한 산업적 이용도로서는 지역의 건축자재로서 뿐 아니라 신물질 추출을 통해 의학계에서도 관심이 높다. 신물질 연구대상 생물의 70%가 산호초 주변에 서식하는 생물로 알려져 있으며 이미 알려진 바에 의하면 산호는 암과 에이즈 연구에 필요한 화학물질을 만들어 내며 산호석회석은 인간의 뼈를 대신하는 재료로 사용되고 있고 신경계 질병을 진단하는데 필요한 화학물질을 추출하기도 하며 현재 각종 암치료제를 산호생물을 대상으로 연구 중에 있다고 한다. 즉, 산호는 종다양성을 가지고 있는 해양의 보물이다.

셋째, 산호초는 연안서식환경보호와 해안선보호에 중요한 역할을 하고 있다. 전 지구 해저의 0.1~0.5%를 차지하면서 255,000~1,500,000km<sup>2</sup>의 넓이를 차지하고(Moberg and Folke 1999) 길이 10만km에 달하는 지구상의 산호초는 전세계 해안선의 15%를 보호하는 방파제 역할로서 또는 파도로부터 자연적 완충제 역할을 한다. 인도양에 있는 몰디브의 경우 해안선 대체 방벽 건설을 위해 킬로미터 당 1천만 달러의 공사비를 지출하고 있다(Talbot and Wilkinson 2001). 산호지역은 또한 인간의 휴식공간으로 산호초를 보유한 국가의 경우 상당한 경제적 소득을 보이고 있는데 미국의 플로리다 주의 경우 산호지역 수쿠바다이빙 관광 사업으로 년 간 16억 달러를 벌어들였다. 아름답고 다양하며 건강한 산호초는 수산학적 가치와 더불어 레저 산업에 따른 상당한 고용효과를 가져다주고 있다. 또한, 건강하고 보존이 잘 된 산호초지역은 인간 정서 및 감성을 위한 무한한 가치를 가지고 있다.

### 3. 주요국 진출현황

남태평양에서는 전 지구적인 기상이변과 해양환경변화 관측 및 연구를 위한 지구 해양 관측시스템인 GOOS(Global Ocean Observation System)의 구축을 여러 국가가 공동으로 추진하고 있으며, 남태평양 국가들의 환경적 위기상황을 지역적 문제가 아닌 인류공동의 문제로 간주하여 UNEP, UNPP, IPCC, WWF 등이 환경문제를 해결하고자 노력하고 있다. 한편 미국, 캐나다, 일본, 유럽연합 등은 미래의 해양생태자원의 개발가능성에 대비하여 자국의 이익을 보호하기 위하여 남태평양 도서국가에 중장기적으로 연구, 시설 및 개발투자를 추진하고 있다.

#### 가. 미국

미국은 참치어장으로 유명한 산호초 지대인 마이크로네시아에서 환경, 생태연구는 수행

하고 있고, EPA를 중심으로 Sea Grant 사업으로 수년에 한번씩 정기적인 조사를 수행하고 있다. 또한 미국은 태평양권 군소국가와 긴밀한 협력체제하에 다양한 생물유전자 자원을 확보하여 자국의 생물산업 소재로 활용하는 계획을 수립하여 수행중이다. NSF 지원으로 Northwestern University에 생체리듬연구소를 운영하고 있고, 신경생물학, 분자생물학, 의학, 생화학 등 각 분야 전문가들의 공동연구를 권장하고 있으며 프랑스, 스위스 이탈리아, 일본 등과도 국제 공동연구를 활발하게 수행하고 있다. NOAA는 US Coral Reef Task Force National Action Plan에 따라 마이크로네시아의 산호초 붕괴원인 및 생태연구를 2003~2005년간 수행 중에 있다.

#### 나. 일본

일본은 2003년 해양개발추진계획에 의거 망간, 코발트, 니켈 등의 광물자원에 대한 중장기적 안전공급 체제를 확립하기 위하여 남태평양의 유망한 부존해역에서 해양광물 부존상황조사, 조사기술 개발을 추진하고 또한 석유·천연가스의 탐사·개발에 의한 공급량 확보, 자원 보유국과의 유호관계 유지 및 증진 등을 적극적으로 추진하고 있다. 태평양·연안국 정상회담인 미야자키 선언과 일본·태평양제도 포럼(PIF)의 공동 과제로 해저광물자원에 관한 대응방안 협력을 강화하고, 남태평양 응용지구과학위원회(SOPAC)를 통한 ODA 사업 및 환경영향평가를 지속적으로 실시하며 다국간 공동연구사업인 국제심해굴착계획(ODP) 및 통합국제심해굴착계획(IODP)에서의 분담금 지원 및 사업 참여를 계속 추진하고 있다. 해양생물 다양성 보전 및 지속가능한 이용에 대한 국가적 차원의 대응에 전력을 기울이고 있으며, 그 예로 마이크로네시아 연방국의 Yap 과 Phonpei, 그리고 Palau에 해양생물 다양성 확보를 위한 체계를 구축하고 있으며 이를 위해 구체적으로 해양생명공학연구소(MBI)는 열대해양생물로부터 신물질 개발을 위한 연구를 수행하고 있으며, 일본정부는 JICA를 통해 Palau International Pacific Coral Reef Center를 설치·운영중이다.

해양과학기술센터(JAMSTEC)의 지구관측프론티어시스템(FORSGC)에서는 기후변동관측 연구와 해수순환 연구를 위하여 팔라우 주변해역에서 장기적인 PALAU(Pacific Area Long-term Atmospheric observation for the Understanding of climate change)사업을 추진 중에 있다. 대표적인 사례는 팔라우국제해양산호초센터(Palau International Coral Reef Center)이다. 팔라우국제해양산호초센터는 1998년도에 Palau International Coral Reef Center Act를 통해 미국, 팔라우, 일본 등의 협력을 통해 설치되었으나 미국이 손을 떼면서 일본이 730만 불을 지원하여 1999년 11월에 건설을 시작하여 2001년 1월에 완공하였으며, 그 개요는 다음과 같다.

- 운영예산 : 1,116,172불 (약 13억원)
- 인원 : 이사회 - 12명, 과학자문위원회 - 10명  
           수족관 - 25명, 연구원 - 5명, 연구기술원 - 3명, 산호초 전문가 - 1명  
           기타 방문객원 연구원 및 자원봉사자 다수
- 설립목적 :
  - 해양연구, 훈련 그리고 교육활동을 주도하는 자립적인 우수한 센터창설 (연구 시설의 완비, 수족관 건설 및 운영, 환경교육 및 인식 프로그램)
  - PICRC의 우선 목적은 정부에 정보를 제공하고, 교육정보를 제공하고, 해양자원 관련 기관에 정보를 제공하는 것인데 효율적인 해양환경보전노력은 과학에 바탕이 되어야 한다는 취지에서 발생된 것임.
  - 과학적 연구 사안은 기초 및 응용연구를 수행하여 양적 데이터 수집에 초점이 맞추어져 있으며, 이러한 정보와 데이터는 효율적인 정책결정, 관리체제설계 그리고 보전활동의 효율성 평가 등에 활용될 것임.
  - 최종 목적은 우수센터로서 팔라우와 세계해양환경을 관리·지속가능한 활용·보전을 향상시킬 수 있도록 하며, 또한 수족관을 통해 관광장소로 그리고 교육적 수단으로 활용하여 자연적 종다양성, 자연의 경이로움 그리고 아름다움을 이전 세대가 경험했듯이 미래 세대들도 지속적으로 경험할 수 있도록 함.
- 업무
  - 지식을 넓히고 보전을 위한 연구(conduct research that will enhance knowledge and conservation of coral reef ecosystems and their associated marine environment)
  - 교육(educate the public about the ecological, economic, and cultural importance of coral reefs ecosystems and their associated marine habitats)
  - 연구, 훈련, 교육 등 시설 제공(provide facilities for research, professional training, workshops, and conferences in coral reef and marine environment research, sustainable management and related activities)
  - 자립형 기관으로 성장하기 위한 우수연구원 방문연구 촉진 (develop a quality visitor attraction which can become financially self-sustaining over time)
  - 정부, 연구기관, 국제기구 등과의 협력 및 정보교환 (collaborate and exchange information with governments, institutions, organizations, and research groups)

- 교육자원 및 교육 프로그램 협조 제공 (provide educational resources and assistance for the development of marine studies programs)
- 전통관습을 바탕으로 한 산호초 보전관리 정보 제공 (provide information and assistance to Palau's traditional chiefs in their role of managing reefs and implementing traditional conservation practices)
- 산호초 모니터링의 센터역할 수행 (as the designated node for the Coral Reef Monitoring Network in Micronesia, the Center will act as a central information repository for coral reef monitoring in the region).

○ 프로그램 분야

- 일반해양환경관측
- 장기 해양생태계 모니터링
- 팔라우의 해양서식지 지도화
- 연안어업의 효율성 평가

다. 캐나다

캐나다는 1970년대 초반부터 CIDA의 지원으로 남태평양 열대어류 증식을 위하여 조사선과 조사장비 운용비로 \$750,000(Cdn)을 사용하였으며, 기타 해양과 관련하여 International Centre for Ocean Development(ICOD) 및 CUSO를 통하여 \$1,000,000(Cdn) 이상을 지원하였다. Canada-South Pacific Ocean Development Program(C-SPODP)은 1982년 유엔해양법협약의 영향에 근거하여 설립되었으며, 캐나다는 1986년부터 주요 지원국이 되었다.

2003년 2월에 2차 캐나다-남태평양 발전 프로그램(C-SPODP II) 합의각서를 피지의 Suva에서 체결하였으며, 이 프로그램에 참여한 4개 지역단체는 Forum Fisheries Agency(FFA), Forum Secretariat(ForSec), South Pacific Regional Environmental Program(SPREP), University of the South Pacific(USP)이다. 또한, South Pacific Commission(SPC)와 South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC)가 일부 사업에 참여하였다. 캐나다는 1988년부터 이 프로그램에 총 \$28백만 불을(Cdn) 투자하였으며, 이는 이 지역에 대한 선점을 위한 정책의 반영 결과이다. 4개 지역단체가 수행할 사업은 다음과 같다.

- FFA : 국가적 수산자원의 모니터링, 통제 및 감시전략 등을 조정하고 지속적으로 참치 산업을 발전시킴
- SPREP : 해양환경을 유지, 보호 및 증진을 위한 전략 개발과 연안역 관리 및 계획을

통합하여 수립

- USP : 해양연구 프로그램 개발 및 연구생(대학, 대학원) 장학금 지원
- ForSec : 남태평양 제도와 캐나다간 수산물 수출 관련 지원업무
- C-SPODPII: 해양자원 개발, 환경유지 등이며 현재까지 CIDA의 승인에 의해 거북이 보존, 참치 관리계획, 해양오염 통제, 해양 장식품 수출, 연구생 장학금으로만 \$8.6 백만불을(Cdn) 투자하였음. C-SPODPII의 주요 투자국은 캐나다, 호주, 뉴질랜드와 비정부 단체인 CUSO이며, CUSO와 주요 협력국가는 동티모르, 피지, 파푸아뉴기니, 솔로몬제도, 바이나투, 베트남임. 해양정책 측면에서 태평양 제도와 관련된 2004년 주요 심포지움 및 워크샵 개최

#### 4. 남서태평양의 해양생물자원 개발전략

남태평양의 해양생물자원은 대양에서의 풍부한 참치자원과 연안에서의 다양한 생물자원들이 지속가능한 개발을 기다리고 있다. 참치산업 외에는 활발한 개발이 이루어지고 있지 않기 때문에 어느 해양지역보다 개발발전 가능성을 보이고 있다. 또한 많은 도서 국가들은 비교적 건강한 산호초들을 보유하고 있어 다양한 생물체들이 서식하고 있는데 이러한 생물체에서 다양한 유전자 확보 및 신물질 확보 그리고 새로운 생물자원의 개발 가능성을 보여주고 있다. 또한 이러한 산호초 및 다양한 생물종을 보유하고 있는 남태평양은 과학적 가치도 높아 기후변화, 온난화, 해수면 상승 등을 남태평양 해양생물 생태계연구를 통해 데이터를 수집하여 그 분석결과를 연구자원으로 제공할 수 있다. 즉, 남태평양 생물자원의 잠재력은 우리의 탐사와 개발을 기다리고 있다.

남태평양에 대한 투자는 먼 미래를 위한 투자이기도 하지만, 가까운 미래에 투자에 대한 이익이 돌아올 수 있는 지역이라고 할 수 있으며, 또한 아직 제2차 세계대전의 감정이 남아 있어 일본이 진출하지 않은 지역이 남아있고, 거리상으로는 본토의 시장이 활발한 이유로 미국의 남태평양 진출이 아직 활발하지 못한 것을 계기로 우리가 진출할 수 있는 가능성이 많다.

현재 대만, 중국, 일본이 손을 남태평양에 뻗치고 있는 가운데 측주에 설치된 한남태평양해양연구센터를 중심으로 해양생물자원 및 생태환경 조사 및 연구가 활발히 이루어져야 할 것이다. 그리고 특히 산호지역에서의 생물은 온대지역에서보다 더욱 활발한 활동성을 보이는 신물질들을 보유하고 있는 것으로 알려져 있다. 그렇기 때문에 곧 시행될 산호 등 열대생물의 국가간 국제 반입규제에 대비한 신물질 자원을 확보할 수 있는 거점을 확보하는 것이 시급하다.

일본의 경우 팔라우에 산호초연구센터를 건설하여 기증하고 지속적으로 JICA를 통해 연구원 파견과 지원을 하고 있어 옛 침략자와 약탈자의 이미지에서 벗어나 남태평양지역과의 우호적인 관계를 유지하면서 연구 활동을 하고 있다. 이러한 생물자원획득을 위한 거점 확보는 도서국가와의 우호적인 관계를 지속적으로 유지해야 가능한 것으로 이러한 지역사회와 우호적인 관계를 유지하기 위해 이 지역에 이익이 돌아갈 수 있으며 우리에게도 이익이 되는 연구개발투자도 병행되어 이루어져야 할 것이다.

이에 남태평양 해양생물자원 개발전략 중, 참치어업에 관한 분야는 원양어업협회와 민간회사들이 지속적으로 연구조사를 병행하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 정부 및 학계에서는 국제규범에 관한 동향분석과 관련 국가들과의 우호증진을 통한 간접지원 방식을 유지하여야 할 것을 인식하면서 다음과 같은 전략방안을 제시한다.

남태평양 해양생물자원개발은 한·남태평양해양연구센터를 거점으로 하여 마이크로네시아 연방국의 축주를 중심으로 우선적으로 추진하고, 2단계로 마이크로네시아 연방국의 다른 3개주를 포함하고, 3단계로 남태평양 도서국전체를 대상으로 확대하여야 할 것이다.

이를 위하여 우선 1단계사업은 첫째, 마이크로네시아 축주의 능력을 향상시키는 사업, 둘째, 단기산업화사업, 셋째, 중장기 산업화 및 해양과학기술력 제고 사업으로 구분하여 추진해야 할 것이다.

### 가. Capacity Building 사업

남태평양에 대한 지식을 축적하고, 현지인들의 이익을 도모하기 위한 사업

- 기초해양생태환경조사 사업  
해양생태계 및 생산력연구를 포함한 축주에 대한 해양생태환경조사사업으로서 향후 축주의 해양생물자원 개발 시 요구되는 정보와 자료의 획득 및 자원의 지속 가능한 개발을 위한 해양환경보전에 필수적인 사항을 연구하는 사업
- 고도이용자원의 지속가능개발 방안 수립사업  
축주에서 생계형 어업에 의해 고도로 이용되고 있어 자원고갈이 우려되는 어종들에 대한 생태·자원량 등을 조사·분석하여 지속 가능한 개발방안을 수립하기 위한 사업
- 해양관리 정책방안 수립사업  
축주의 해양에 대한 환경과 자원조사사업을 수행하여 축주의 해양특성에 맞는 관리정책 방안을 수립하기 위한 사업



- 해양 전문인력 양성 사업

축주 및 향후 남태평양 전체에 대한 해양개발 진출에 대비하여 축주의 우수한 인력을 선발하여 해양 전문교육 및 한국어교육을 실시하는 사업

#### 나. 단기 산업화 과제

##### 흑진주, 대왕조개, 관상어 및 어류 증 · 양식 기술개발사업

- 흑진주양식 연구는 지금까지 수행해온 연구사업에 집중 투자하여 민간차원에서의 상업적 개발이 단기간에 이루어질 수 있도록 추진
- 관상어 양식기술개발사업은 향후 2만불 이상의 고소득 시대에 연간330백만 달러 이상의 시장규모가 예상되는 바, 적극적인 연구개발로 단기산업화가 요구되는 사업

- 어류 증 · 양식사업

어류에 대한 증 · 양식연구는 국내 양식 산업의 고비용에 대한 대안으로써 축주에서의 증 · 양식에 대한 환경, 대상어종 및 기술개발 등을 단기간에 수행하여 산업화를 이루어야할 사업임. 또한, 축주에서의 어류 증 · 양식개발로 수산물 자급률 및 수입대체 효과를 높이고, 이를 위하여 세제감면, 금융 및 법적지원을 위한 방안이 수립되어야 할 것임.

#### 다. 중장기 산업화 및 해양과학 기술력 제고 사업

투자회수 효과가 중장기적으로 나타나는 산업화과제 및 고도의 해양과학기술력이 요구되는 사업

- 열대해양생물 유전자 뱅크설립 및 유전자 자원 확보 사업

종다양성 협약에 따라 열대해양생물에 대한 시료 채취 및 획득에 어려워짐에 따라 유전자 자원 확보를 위하여 한 · 남태평양해양연구센터를 활용하여 시료채취 · 반입을 추진하며, 시료로부터 유전자 자원을 확보하고 유전자은행을 설립하여 향후 관련연구 및 산업화에 기여토록 함.

- 열대해양생물로부터 신물질 · 신의약품 개발사업

열대해양생물인 산호, 해면, 해조류와 기타 미생물들로부터 신물질 · 신의약품

개발 사업은 연 3,750억불 이상의 시장규모 창출할 것이라는 예상을 고려할 때 중, 장기적으로 집중적인 연구개발이 이루어져야 할 분야임.

- 지구기후변화와 해양생물자원의 상관관계 연구

축주를 중심으로 하는 해역은 엘니뇨·라니냐 등 지구기후변화에 민감한 지역이며, 한편 태풍의 발생지역이기도 함. 이곳에서 발생한 태풍은 우리나라에도 직·간접적인 영향을 주고 있음. 그리고 지구적 규모의 기후변화연구대상지로서 주요국들의 연구가 수행 중에 있음. 따라서 우리나라도 관련연구에 참여하고, 독자적인 연구도 수행하여 적도부근의 기후변화가 우리나라 주변해양에서 생물자원에 미치는 영향을 예측함은 물론 지구적 규모의 기후변화에 대한 국제사회의 노력에 동참하여야 할 것임.

여 백

## **제 4 장**

# **마이크로네시아 수산직 공무원 직무교육 교재**

여 백

## **제 4 장. 마이크로네시아 수산직 공무원 직무교육 교재**

### **I. Title**

Fisheries officer's training course for FSM

### **II. Objectives of the Training Course**

The development of quasi-territory in the Southwestern Pacific as an exploitation base for marine resources should be the 21st century's national task to meet the ever increasing demand of marine products. In this view, exploitation of oversea fisheries resources might be the best solution and Micronesia, the center of the Pacific and has 3 million Km<sup>2</sup> wide EEZ, is appears to be the best place to commence the project. Accordingly, as the first step, the present training course is designed to train the key Chuukish fisheries officials, and it is expected to establish a solid relationship with Chuukish government and the trainees these who need for the future exploitation of marine resources in Micronesia.

### **III. Contents and Scope of the Training Course**

#### A. Number of trainee

Up to ten trainees for a course

#### B. Duration of training Course

Two weeks

#### C. Scope of Training Course

- Introduction to oceanology
- Deep sea resources
- Fisheries biology (lecture and experiment)

- Study tour and aquaculture practice

#### **IV. Application of training Course**

The result of the training course will be applied in following ways.

- Future training course for fisheries officials in South Pacific region.
- Training of the third world fisheries officials in connection with international programs such as KOICA and UNDP.

#### **V. Lecture notes**

1. Marine policy
2. Persistent organic pollutants in marine environment
3. Pearl Culture
4. Origin of the earth
5. Reference research through internet
6. Ecology of Chuuk
7. Mineral Resources (Korea's Activities on Marine Mineral Resources)
8. Fish
9. Study tour
10. Marine ecology
11. Useful biological resources in Chuuk
- 12.. Aquaculture practise

#### **VI. Questionnaires and answers of the participants**

## I. Marine policy

Dr. M. S. Kwon

Marine policy issues are interdisciplinary, comprehensive, and integrative approaches

- The transition of science technology ; from the basic infrastructure of national competence to the relationship between human and nature  
=> Environmental Issues

What is the difference between the developments of land resources and marine resources?

Land : private ownership.

Marine: public domain.

What can bring the cost-effective benefits between the development of land resources and marine resources? Then How do we apply value-based decision making? How do we put a market value on the ocean?

- New discoveries in the ocean are beginning to reveal the seas potential in the pharmaceutical and biotechnology industries. Such a broad community of ocean users and interests leads to competing needs and even difficulty in just communicating between people with varying perspectives.
  - In the field of ocean science, the study of microbes, the bacteria, and viruses that inhabit the sea and its underlying crust, is one of the hottest and most rapidly expanding fields in ocean science.
  - Real time monitoring is a relatively new area for ocean science; integrated and coordinated global ocean observing system is the highest priority in ocean science.
- The economic aspects of Ocean



- the absence of sovereignty and ownership in large areas; High seas
- Then How do we deal with the High Seas Resources for the benefits of human kind?
- International Cooperation should have same interests and purposes among many nations
  - ; The strategy and policy have to be set based on this.
  - ; Sharing the benefits for the nations's interests

● The peculiarities of the ocean

Uncertainty ; a key word in ocean science

=> Risk

; Risk management and risk reduction ought to be essential part of integrated ocean and coastal management

! Risk necessitates cooperation.

- Cooperative spreading of risk reduces risk
- While competition increases risk

The deep ocean floor, its importance is infinitely more significant, than it was thought to be in the 1970s.

; the newly discovered resources and newly established services would form the basis of the new economics of the common heritage.

● Hot Issues

Massive sulfide

As far as resources concerned, the commercial exploitation of sea floor massive sulfide appears to be closer at hand than that of the manganese nodules. Sea floor of the coast of Papua new Guinea is the first licenses ever to have been issued for the exploration and development of sea floor massive sulphide deposits.

### Methane hydrates

Methane hydrates abound in the Arctic and Antarctic permafrost zones as well as on the deep sea-bed

### Underwater cable industry

As far as sea-bed is concerned, by far the most important is the development of the gigantic telecommunication system through the laying of the fibre-optic cables passing through the international sea-bed area.

Under-sea fibre-optic cables have become one of the most crucial components of today's communication-based global economy. The new use of the international sea-bed is closely related to the growth of the fibre-optic cable industry.

### Environment and biodiversity

#### The economic aspects of Ocean

- the absence of sovereignty and ownership in large areas ; High seas
- Then How do we deal with the High Seas Resources for the benefits of human kind?
- International Cooperation should have same interests and purposes among many nations
  - ; The strategy and policy have to be set based on this.
  - ; Sharing the benefits for the nations interests

The continuous discovery of new resources and the introduction of new users and services into the international sea-bed area could provide an economic basis for the International Sea-bed Authority even broader than envisaged by Arid Pardo in the 1960s and 1970s.

The conservation of the environment and biodiversity and the idea it must remain reserved for exclusively peaceful purposes, really may be framework for the building of a new economics of peace.

## II. Persistent organic pollutants in marine environment

Dr. W. J. Shim

### 1. Introduction

Marine pollution is becoming a widespread problem in the marine environment of Asian countries as a result of the rapid growth of agricultural and industrial activities. Inputs of sewage and persistent organic pollutants (POPs), e.g. pesticides, polychlorinated biphenyls (PCBs), and PAHs, into the marine environment have a negative impact on ecosystems and fishery resources.

To protect the marine environment, a comprehensive study is needed to develop national monitoring programs. As part of training course, a need has been identified to train local scientists in the analysis of trace organic contaminants to study the occurrence of these compounds in the coastal marine environment and to evaluate the effects of this contamination on marine organisms using validated analytical techniques.

### 2. Objectives

- A. To train personnel involved in research related to marine pollution studies including analysis, biological effects and toxicity of POPs.
- B. To provide a forum for discussion and exchange of ideas pertaining to the latest acceptable methods and procedures in the analysis of POPs.
- C. To discuss setting up an inter-laboratory comparison exercise as part of an analytical quality control/quality assurance (QA/QC) program.

### 3. Content

- A. Analysis of POPs
  - Introduction
  - General Aspects of Trace Organic Analysis
  - Importance and Difficulties

- Good Laboratory Practice (GLP)
  - Sampling for Trace Organic Analysis
- Sampling Protocol
- Sampling of Different Matrices
  - Pretreatment of the Samples
  - Separation Methods, Clean-up and Concentration Steps
  - Methods for the Detection of Trace Organic Compounds
- Principles of Electron Capture Detection
- Principles of Mass Spectrometric Detection
  - Quality Control/Quality Assurance (QA/QC)
  - Special cases in Trace Organic Analysis

#### B. Biological Effects of POPs

- Introduction
- General Aspects of Biological Effect of POPs
- Histopathology
- Gonadal Analysis
- Imposex
- Biomarkers

#### C. Sediment Quality Assessments

- Introduction to sediment sample collection and analysis methods
- Interpretation of sediment chemistry data with numerical guidelines: derivation and field validation
- Sediment toxicity tests: methods and scope of toxicity in U.S. estuaries
- Toxicant effects upon benthic communities: case histories
- Inter-relationships among measures of chemical contamination, toxicity, and benthic effects

### III. Pearl Culture

Dr. S. K. Yi

#### 1. Introduction

Pearl cultured is one of the biggest products from South Pacific. Mother of pearl used in Southern Pacific are whitelip pearl oysters and blacklip pearl oysters. High-quality black pearls are produced out of blacklip pearl oysters. In terms of black pearl culture, Tahiti of French Polynesia is the active country and occupying over 50% of the world market (Table 1). In 1999 Tahiti produced 8.18 tons (152 million US dollars) of black pearls. Its biggest export market is Japan (64.54%), and Hong Kong (15.82%), USA (7.77%) and France (4.73%) are the other major markets. Korea imported 3,955g, 0.05% of Tahiti's black pearls.

There is no doubt that the black pearl has been one of the promising aquaculture items for the economy of Micronesia since last year study (KORDI 1999) has appealed the distribution of black lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in Chuuk Lagoon.

The first step to establish the black pearl industry in Chuuk is understanding the resources of the oyster which will be used for nucleation. If we have an enough pearl oyster resources in the lagoon, mothers of pearls are provided naturally and making it easy to develop culturing technologies. On the other hand, if there is no enough oysters to begin with, we should develop seed production techniques to secure the mother oyster for nucleation. Accordingly, the research on blacklip pearl oyster resources is a precondition for realization of pearl culture in Micronesian waters.

#### 2. Resoueces of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon

Base on the resources inventory of blacklip pearl oyster at 26 stations in Chuuk Lagoon, a total 237 blacklip pearl oysters were collected from 26 stations. Distribution state of each station showed Station 2 the most abundant with 38 individuals, and Stations 7, 14 and 23 were with over 20 individuals (Fig. 1).

Table 1. Growth of Tahitian black pearl market

Year	Production (g)	Price (US\$)	Unit price (US\$/g)
1972	1,563	3,663	2.34
1973	800	24,871	31.09
1974	3,891	153,815	39.54
1975	15,631	114,077	7.29
1980	28,779	1,318,062	45.78
1985	206,463	8,470,062	41.02
1990	575,007	37,752,423	65.66
1991	786,521	42,846,059	54.48
1992	1,069,126	43,524,432	40.71
1993	2,113,728	75,131,697	35.54
1994	2,815,070	116,618,884	41.43
1995	3,239,745	103,465,232	31.94
1996	5,099,585	152,410,034	29.89
1997	4,787,794	136,201,522	28.45
1998	6,055,914	134,509,574	22.21
1999	8,182,184	152,533,530	18.64

sources : 1996-2000 GIE Perles de Tahiti

Moen Island was the center area of all these points, and near it were Dublon Island and Fefan Island.

The Size of blacklip pearl oysters collected varied within 13 ~ 208mm of shell length. 58 oysters made a group with shell length around 120mm, which took 25% of the whole, and number of small oysters with shell length under 110mm decreased rapidly with the size. This appears to be the problem with collecting method rather than the low quantity of small-sized oysters.

In wild condition, the oyster grow to 1cm 100 days after settlement, 7cm in shell length within 1 year and 11cm within 2 year. Then the growth rate was reduced to 1cm/year. According to such a growth rate, the smaller group of the oysters seemed to settle between late July and early September.

Their wet weight varied from 0.1g to 1,130g. Medium-sized oysters with 50 ~ 400g of wet weight were common and the oysters over 650g were very rare (Fig. 2).

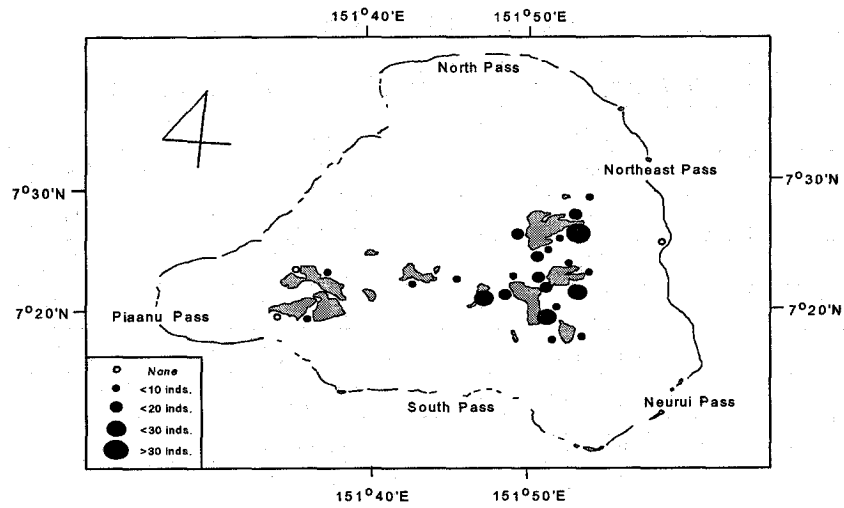


Fig. 1. Distribution of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon.

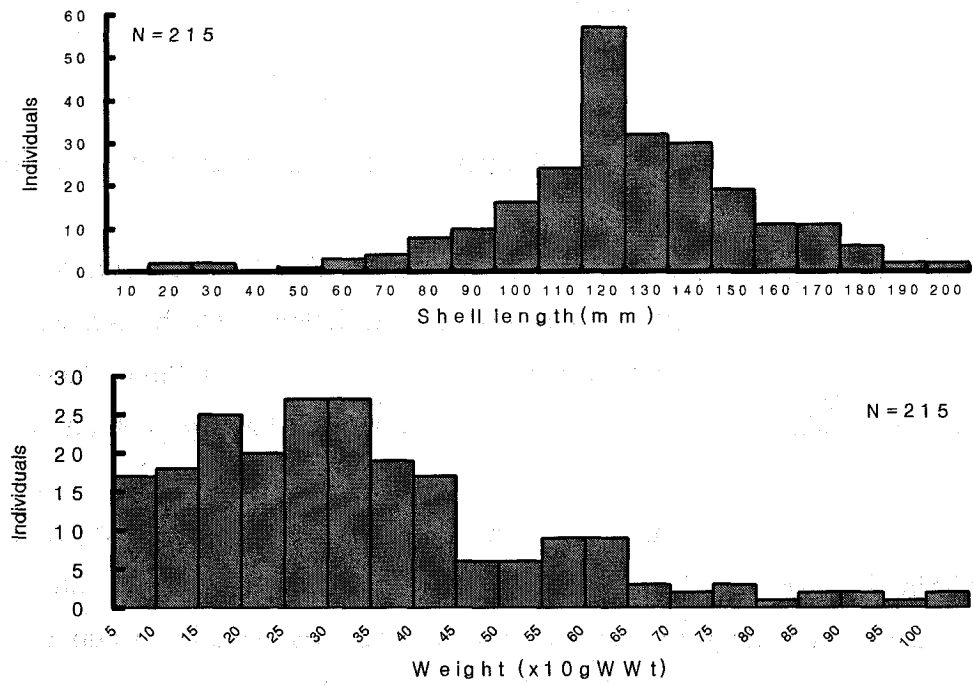


Fig. 2. Size frequency diagram by shell length and wet weight of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon.

The frequency distribution of wet weight differs from than that of shell length even when all the fouling materials were removed from the shell. It is probably because that the weight of an oyster is strongly affected by water content.

Generally, the blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon seems to represent its structure more effectively with its biomass frequency than by its shell length.

As a whole, the distribution of blacklip pearl oyster in Chuuk Lagoon somewhat varies in density in different environments. It does not, however, vary much in size of individuals, there were no difference in spacial distribution.

It was appeared that the total underwater time of the diving research was 7,482 minutes. Assumed that about 0.5 minute was required to collect a oyster, it is estimated that 7,363.5 minutes was used for survey while another 118.5 minutes was used for collection of the oyster. Based on the data, the total surveyed area was estimated to 73,635m<sup>2</sup> (Table 2).

The expected density of the oyster at Station 2, where showed the richest number of individuals, was estimated to 144.5 ind./ha, and it was followed by Station 14, 7 and 23, with 89.0 ind./ha, 85.0 ind./ha and 72.2 ind./ha, respectively. However except for these 4 stations the rest had less than 50 ind./ha, and the average of whole examined area was 32.2 ind./ha.

The size of coral reef in Chuuk Lagoon, apart from its atoll where the blacklip pearl oysters scarcely grow, is estimated 11,400ha. Therefore the adult oysters that can be directly put to pearl culturing is up to 367,080 individuals.

Friedman and Bell (1999) have reported that the biomass of the oyster in offshore area was larger than that in near shore area. Sims (1992a, b) has reported 679ind./ha of the species at Manihiki Lagoon, Cook Island. But wide range of standard deviation ( $\pm 4,330$  inds./ha) of his study make it difficult to compare.

### 3. Demonstration of nucleation

By slide show



Table 2. Underwater surveyed time for 6 divers and estimated surveyed area for blacklip pearl oyster

Station	Depth (m)	Diving time (minute)	Collected oyster (ind.)	Collection time (minute)	Surveyed time (minute)	Surveyed area (m <sup>2</sup> )
1	14	288	3	1.5	286.5	2,865
2	5	282	38	19	263.0	2,630
3	12	270	11	5.5	264.5	2,645
4	10	330	6	3.0	327.0	3,270
5	8	330	14	7.0	323.0	3,230
6	9	300	19	9.5	290.5	2,905
7	9	282	23	11.5	270.5	2,705
8	11	270	11	5.5	264.5	2,645
9	9	300	13	6.5	293.5	2,935
10	12	300	7	3.5	296.5	2,965
11	8	300	10	5.0	295.0	2,950
12	16	330	1	0.5	329.5	3,295
13	8	270	2	1.0	269.0	2,690
14	10	270	23	11.5	258.5	2,585
15	12	330	4	2.0	328.0	3,280
16	12	270	4	2.0	268.0	2,680
17	16	300	4	2.0	298.0	2,980
18	12	210	0	0.0	210.0	2,100
19	12	270	1	0.5	269.5	2,695
20	3	120	0	0.0	120.0	1,200
21	10	300	1	0.5	299.5	2,995
22	10	300	6	3.0	297.0	2,970
23	8	330	23	11.5	318.5	3,185
24	13	300	5	2.5	297.5	2,975
25	15	300	0	0.0	300.0	3,000
26	8	330	8	4.0	326.0	3,260
Total		7,482	237	118.5	7,363.5	73,635
Average		301.6	9.11	4.56	283.21	2,832.1

## IV. Origin of the earth

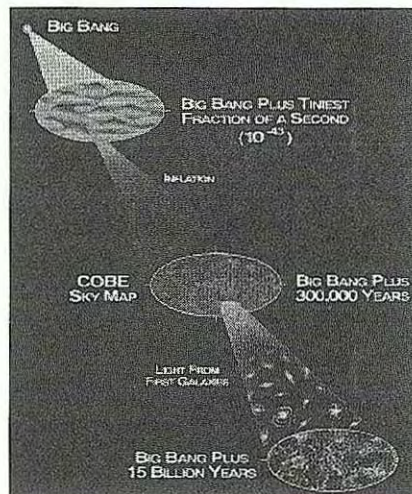
Dr. S. K. Yi

### 1. Birth of the ocean

About 15 billion years ago, believe or not, there was a Big Bang.

after  $10^{-23}$  second : size of an atom,  $10^{22}^{\circ}\text{C}$

after  $10^{-4}$  second : collapse of heavy particle  $\rightarrow$  became solid cosmos



after 10 billion years : the sun was born

after 10.5 billion years : the earth was born,

now it is 4.5 billion years old

The primordial earth was hot and no water.

### Origin of water

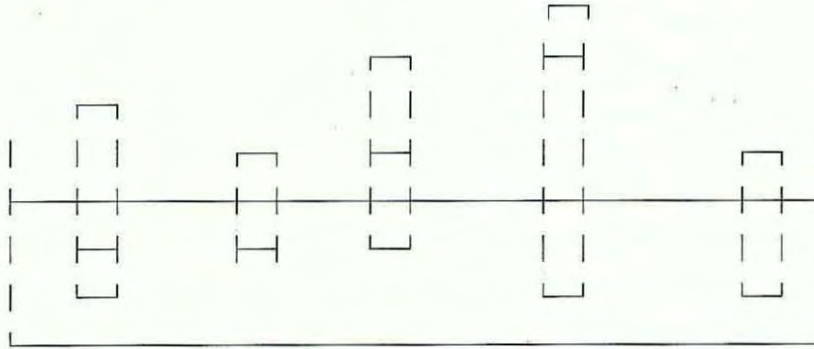
Mantle :  $10^{27}\text{cm}^3 = 4 \times 10^{27}\text{g}$  and contain 0.5% of  $\text{H}_2\text{O}$

Sea water :  $1.4 \times 10^{24}\text{g}$  or 0.035% of mantle

\* during the last 3 billion years more than 100 times of  $\text{H}_2\text{O}$  than ocean  $\text{H}_2\text{O}$  was supplied from the mantle by eruption and hot spring

### 2. Mantle is moving

- Isostasy theory

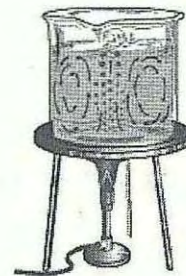
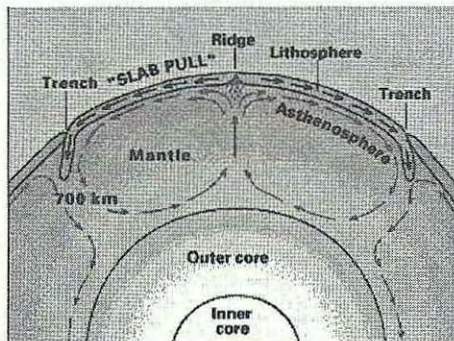


\* weight over water + weight of water below = weight of column

- The earth is an isostatic ball

altitude : sea bed < continent  
 density mantle : ocean mantle > continental mantle  
 thickness of mantle : ocean < continent

- Continent is floating and drift



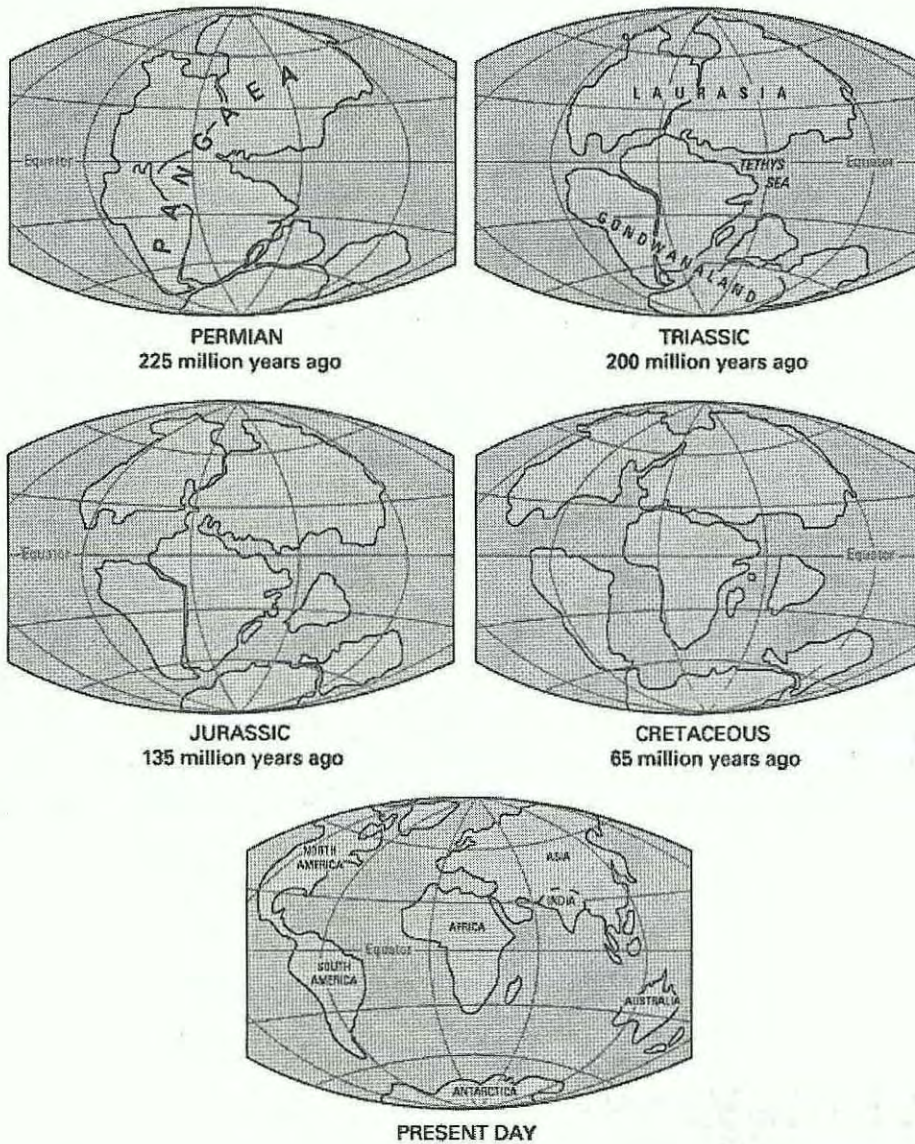
Energy source for Continental drift :

Radioactive heat flux from inside

Lithosphere : Solar energy > Radioactive heat flux

\* Climate is controlled by solar energy

- Process of drifting

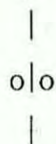


6 major plates

Pacific, American, Eurasian, African, Indian and Antarctic Plates

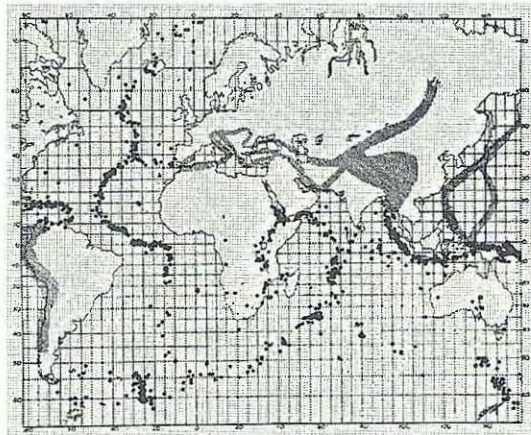
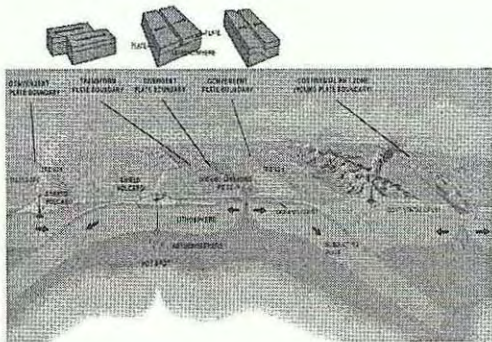
Latitude : actual

Longitude : concept



- Mechanism of drift (Speed : 5 - 9cm/yr)

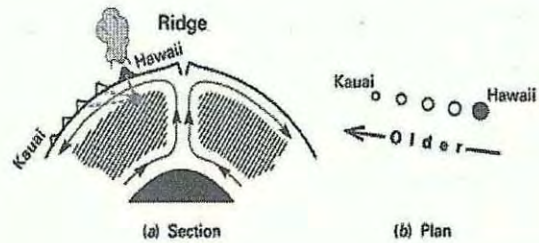
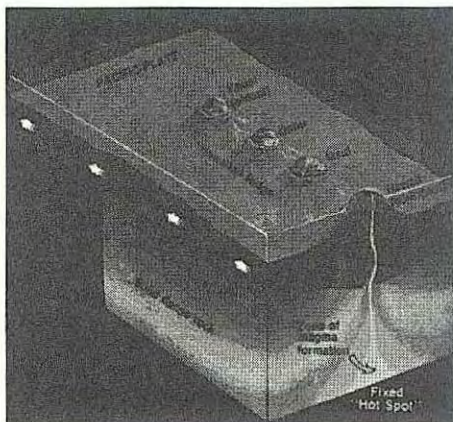
- Sliding : Transform boundaries
  - crust is neither produced nor destroyed
- Expansion : Divergent boundaries
  - new crust is generated by pull away each other
- Convergence : Convergent boundaries
  - crust is destroyed as one plate dives under another



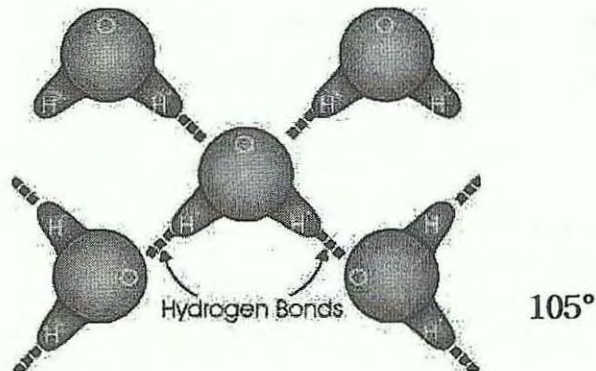
Earthquake zone

where the plates meet each other

Hot Spot



### 3. Water : H<sub>2</sub>O



Hydrogen bond :

- 1 O<sup>+</sup> bond to 2 H<sup>-</sup> in a 105° angle and has polarity
- able to bond with other H<sub>2</sub>O
- anywhere in forms of gas, liquid and solid
- high latent energy

- Surface tension : water > other liquid
- heat conductivity : mercury > water > other liquid
- viscosity : water < other liquid (decrease with increase temp.)
- evaporation latent heat : water > other liquid
- frozen latent heat : water > other liquid, some solid
- heat capacity (cal/g/°C) : water > other liquid, some solid
- density : changed with temperature, maximum at 4°C
- solubility : water > other liquid → **universal solvent**
- Wind, Wave, and current

Wind made turbulence on sea surface → created small wave → deviation between front and back of wave → anti eddy created → increased wave height and length → energy transferred to next wave → create constant flow → topography, continent, island changed the direction of flow → created current

- Other movement

density, temperature, tide, earthquake, land slide, iceberg, human

disturbance(pollution, land reclaim)

Evaporation	Precipitation
Ocean > Land	Land > Ocean
116-124cm	107-114cm

Table 1. Water movement

Current	Transport rate ( $10^6 \text{m}^3 \text{sec}^{-1}$ )
Antarctic current	150 - 200
Gulf Stream-Florisa Straits	25
Gulf Stream-Cape Hatteras	100
Kuroshio	50
North Pacific to Arctic Ocean	0.7
Sinking, upwelling, deep circulations	?
Rivers	1
Equator → Northward water vapor	0.7
Equator → Southward water vapor	0.6
Transpiration = Precipitation	10
Volcanos, hot spring	

River, Weathering, Sedimentation, Origin of nutrient for marine life

Elnino



1997. 7 El Nino

Lanina

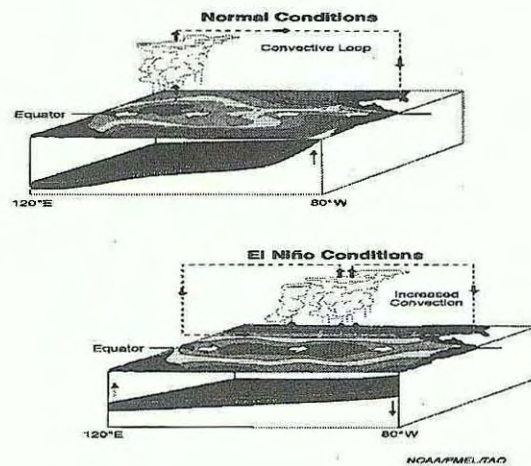


2001. 3 Nanina

El Nino : The Little Boy or Christ child :  $0.5^{\circ}\text{C}$  increase

trade wind disturbed → thermocline west pacific may depressed while west pacific enforced → reduced upwelling in South America → sea temperature increased,

reduced primary production → decline of fish → starvation of sea gull and other predator



La Nina : The Little Girl. El Viejo, anti-El Nino :

#### sea water

- all elements on the earth are dissolved in it
- main constituents are same/trace constituents are differ
- ‰ : all salt dissolved in 1kg of sea water
- the main solutes are Na + Cl
- where they came from

#### 4. origin of life

Pre-condition of the beginning of life

1. space,
2. amount of element : meet each other
3. temperature : boiling point < temperature for life > freezing point
4. quick and strong shock : to make compound



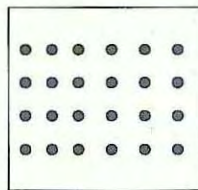
Table 2. River water vs. sea water(milliequivalents/kg)

	River water	Seawater	Cyclic salts	R-C
<b>Cations</b>				
Na <sup>+</sup>	0.27	468.0	0.19	0.08
K <sup>+</sup>	0.06	10.0	0.00	0.06
Mg <sup>++</sup>	0.34	107.0	0.04	0.30
Ca <sup>++</sup>	0.75	20.0	0.01	0.74
<b>Total</b>	<b>1.42</b>	<b>605.0</b>	<b>0.24</b>	<b>1.18</b>
<b>Anions</b>				
Cl <sup>-</sup>	0.22	546.5	0.22	0.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.96	2.3	0.00	0.96
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.24	56.2	0.02	0.22
<b>Total</b>	<b>1.42</b>	<b>605.0</b>	<b>0.24</b>	<b>1.88</b>

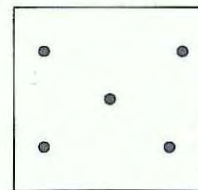
- It's came from mantle/ not concentrated from river water
- Cyclic salts / Salt zone over seawater / Spray / Salt work / organism



고체



액체



기체

Only ocean meet such conditions

- Ocean, the Uterus for all Creatures
- Reasonable amount of element, easy to meet
- Should have H<sub>2</sub>O in liquid form
- Energy for unusual reaction
- Moderate temperature for molecular movement
- Block material to prevent UV-ray
- Quick and strong shocks are provided by lightning

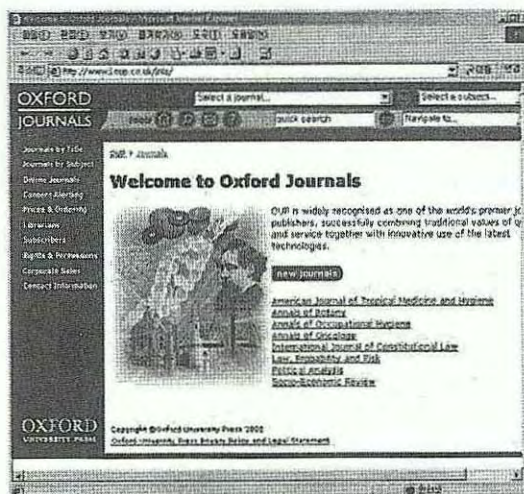
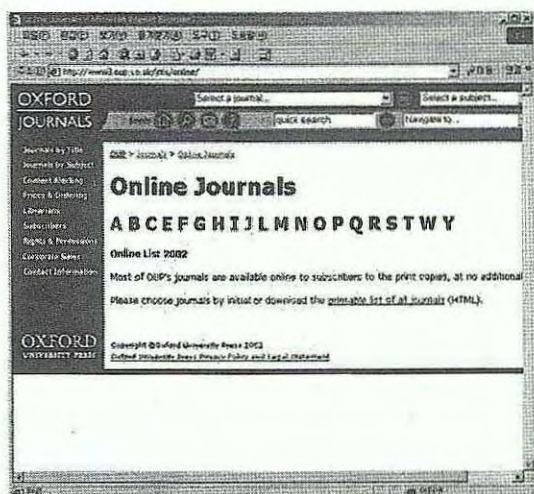
## V. Reference research through internet

Dr. J. Y. Han

### I. Introduction to KORDI's Library & Information Service

Librarian will demonstrate how to search references through internet. Oxford University Press System will be used for the demonstration. Then, the participants will surf through internet for their interesting subject.

#### A. Oxford University Press



#### B. Electronic journals

Biochemistry and Molecular Biology : Alcohol and Alcoholism, Annals of Botany, Bioinformatics, Carcinogenesis, Chemical Senses, The EMBO Journal, EMBO Reports, Glycobiology, Human Molecular Genetics, International Immunology, Journal of Antimicrobial Chemotherapy, Journal of Experimental Botany, Molecular Human Reproduction, Mutagenesis, Nucleic Acids Research

Plant and Cell Physiology, Protein Engineering, Toxicological Sciences

Biology and Ecology : Annals of Botany, BWP Update, Behavioral Ecology, Environmental Practice, Forestry, Journal of Environmental Law, Journal of

Experimental Botany, The Journal of Heredity, Journal of Molluscan Studies, Journal of Plankton Research, Plant and Cell Physiology

### C. Other useful sites

Accounts of Chemical Research - <http://pubs.acs.org/journals/achre4/index.html>

Analytical Chemistry - <http://pubs.acs.org/journals/ancham/index.html>

Biochemistry - <http://pubs.acs.org/journals/bichaw/index.html>

Bioconjugate Chemistry - <http://pubs.acs.org/journals/bcches/index.html>

Biotechnology Progress - <http://pubs.acs.org/journals/bipret/index.html>

Chemical Research in Toxicology - <http://pubs.acs.org/journals/crtoec/index.html>

Chemical Reviews - <http://pubs.acs.org/journals/chreay/index.html>

Chemistry of Materials - <http://pubs.acs.org/journals/cmatex/index.html>

Energy & Fuels - <http://pubs.acs.org/journals/enfuem/index.html>

Environmental Science & Technology - <http://pubs.acs.org/journals/esthag/index.html>

Industrial & Engineering Chemistry Research - <http://pubs.acs.org/journals/iecred/index.html>

Inorganic Chemistry - <http://pubs.acs.org/journals/inocaj/index.html>

Journal of Agricultural and Food Chemistry - <http://pubs.acs.org/journals/jafcau/index.html>

Journal of the American Chemical Society - <http://pubs.acs.org/journals/jacsat/index.html>

Journal of Chemical & Engineering Data - <http://pubs.acs.org/journals/jceaax/index.html>

Journal of Chemical Information and Computer Sciences - <http://pubs.acs.org/journals/jcisid8/index.html>

Journal of Medicinal Chemistry - <http://pubs.acs.org/journals/jmcmar/index.html>

Journal of Natural Products - <http://pubs.acs.org/journals/jnprdf/index.html>

-> Copublished with the Am. Soc. of Pharmacognosy

The Journal of Physical Chemistry A - <http://pubs.acs.org/journals/jpcafh/index.html>

The Journal of Physical Chemistry B - <http://pubs.acs.org/journals/jpcbfk/index.html>

Macromolecules - <http://pubs.acs.org/journals/mamobx/index.html>

Organic Process Research & Development - <http://pubs.acs.org/journals/oprdfk/index.html> -> Published in cooperation with the Royal Society of Chemistry

Organometallics - <http://pubs.acs.org/journals/orgnd7/index.html>

## VI. Ecology of Chuuk

Dr. H. S. Park, Dr. J. G. Myoung, Dr. S. K. Yi

### 1. Introduction

The Chuuk Lagoon is the largest one in FSM with a total surface area of about 2,000Km<sup>2</sup> and it is well protected from ocean waves by a 224km of surrounded coral reef. Water around the lagoon has good fisheries resources, coral reef fishes(Fam. Lutjanidae and Serranidae) and invertebrates(trochus, black-lib pearl oyster and mangrove crab). In this reason the lagoon has been designated as the best place for the development of fisheries resources in FSM by a group of Korean specialists visited the lagoon in September, 1998.

The field research was conducted in the environmental friendly manor. The major tools of the study were underwater photography and observation by scuba divers. Removing of marine organisms from the original habitats were restricted to the minimum number of the organisms needed for identification, measurement, gonadal examination and spawning trial. After such trials, the organisms were returned to its original habitats, however it is unevitable to kill some animals for the gonadal development study. The result of the study described here may not unable to represent the real value of the fisheries potential of Chuuk Lagoon due to the limitation of short study period and lack of proper knowledges on tropical marine organisms.

### 2. Oceanographical characteristics

The five oceanographical stations(OS), in general, can be classified into three category, stations affected by outer oceanic waters(OS-1, 2), inner lagoon stations(OS-3, 4) and station affected by running water from near by Moen Island(OS-5).

Transparency exceed 20m at all stations with the maximum depth of 24m at OS-1, however it was unable to determined at station 4 and 5 due to shallow water

depth(Table 1).

Table 1. Oceanographical characteristics of Chuuk Lagoon(1999. 9)

Item \ Station	OS 1	OS 2	OS 3	OS 4	OS 5
Depth(m)	540	40	60	20	12
Transparency(m)	24	21	23	na	na
W. temperature(°C)	29.5	29.4	30.9	30.6	31.3
DO(ppm)	9.8	9.8	9.2	9.3	11.8
pH	8.29	8.27	8.24	7.78	7.67
Density	1.025	1.025	1.025	1.022	1.024
Salinity(‰)	34.0	34.0	30.9	30.5	33.0
Susp. solid(ppm)	1.6	1.7	1.3	1.4	2.4

Surface water temperature increased from outer lagoon toward inner lagoon stations and the highest value of 31.3°C was observed at OS-1, the inner most station. It meant that the inner lagoon water has stagnated in certain degree and received relatively higher solar energy. This phenomenon was also well supported by lower dissolved oxygen contents(9.2-9.3ppm) and salinities(30.4~30.9‰) at inner lagoon stations. The lower salinities at inner lagoon stations seemed to be caused by tropical monsoon and slow water exchange rate.

The lowest pH of 7.67, the highest dissolved oxygen as well as suspended solid content at the inner most station(O-5) implied a higher primary productivity of the lagoon.

Chlorophyll-a content of the study area was one tens lower than temperate waters. The highest chlorophyll-a content of 0.026µg/l was observed at OS-1 while the lowest content was appeared at OS-3). This phenomenon was already expected based on general oceanographical characteristics and well supported by <sup>14</sup>C study. The highest primary productivity of 22.7 mgC/m<sup>2</sup>/day was observed at O-1 and the lowest value of 3.1 mgC/m<sup>2</sup>/day was detected at O-4. Considering primary productivity in Korean coastal water was around 200mgC/m<sup>2</sup>/day, water of Chuuk Lagoon showed

very low primary productivity, but it was 10 times greater than that of Central North Pacific and Sargasso Sea since primary productivity in these regions showed  $1.12\text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$  and  $2.92\text{mgC}/\text{m}^2/\text{day}$ . It was pointed that eutrophication is one of the important factors for increase of primary productivity and biomass of phytoplankton. It seemed that waters of Chuuk Lagoon showed a typical oligotrophic characters of tropical Pacific.

### 3. Phytoplankton

Fourteen species of phytoplankton were identified which were composed of 8 spp. of diatoms, 5 spp. of flagellates and 1 sp. of blue-green algae( Table 2).

Table 2. Occurrence of phytoplankton in Chuuk Lagoon(1999. 9)

unit: cells/ $\ell$

Station	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5
<b>Species</b>					
<b>Diatoms</b>					
<i>Chaetoceros</i> sp.			45		
<i>Guinardia striata</i>			10		
<i>Licmophora</i>			30		
<i>Navicula</i> sp.			25	10	10
<i>Nitzschia bicapitata</i>	12	5	10		
<i>N. longissima</i>				20	
<i>Rhizosolenia shrubusolei</i>	24				
<i>Thalassiosira</i> sp.					15
<b>Flagellates</b>					
<i>Ceratium furca</i>	96	12			
<i>Gymnodinium</i> sp.	18				
<i>Gyrodinium</i> sp.	36	18		25	
<i>Scropsiella</i> sp.	2280	384			
Unidentified sp.	480	96	80	150	150
<b>Blue-green algae</b>					
<i>Trichodesmium</i> sp.	180	120	50	50	25
<b>Total</b>	<b>3126</b>	<b>635</b>	<b>250</b>	<b>255</b>	<b>200</b>

Even considering the study area is belong to the tropical oligotrophic environment, the species number of phytoplankton observed in this study was poorer than expected and mostly consisted by phytoplanktons larger than  $20\mu\text{m}$  in cell

diameter. It meant, picoplankton was not counted in this study, and thus an intensive study on phytoplankton should be conducted.

As shown in distribution pattern of primary productivity, the highest standing crop of 3,126cells/ $\ell$  was observed at outer lagoon station(OS-1) and sharply decreased to less than 1/10 at inner lagoon stations(OS-3, 4, 5). A cosmopolitan flagellate *Scropsiella* sp. was the most dominant species with density of 2,280cells/ $\ell$  and followed by tropical diatoms such as *Nitzschia bicapitata* and *Rhizosolenia shrubusolei*.

#### 4. Zooplankton

15 taxa, including larvae of invertebrates, were identified. Copepoda was the dominant group. Chatognatha, cladocera, rotifer, appendicularia and salpa were present however each of them was consisted by only one species(Table 3).

*Corycaeus* sp. appeared at all stations except OS-4 while other species were

Table 3. Occurrence of zooplankton in Chuuk Lagoon(1999. 9, unit : ind./m<sup>3</sup>)

Species \ Station	O - 1	O - 2	O - 3	O - 4	O - 5
<b>Chartognatha</b>		24	6		24
<b>Copepoda</b>					
<i>Acartia</i> sp.		54			60
<i>Paracalanus gracilis</i>					72
<i>Oithona similis</i>					384
<i>Corycaeus</i> sp.	6	18	6		12
<i>Harpacticus</i> sp.					12
Unid. copepodite	30	42	6	6	240
Copepoda nauplius	18	66	6	42	798
<b>Cladocera</b>	1,458	60	12	6	42
<b>Rotifera</b>	228	18			
<b>Larvae and Eggs</b>					
Polychaeta larvae			6		
Echinopluteus					6
Mollusca larvae	6		18		150
Unid. eggs			6		
<b>Appendicularia</b>			24	6	24
<b>Salpa</b>			42		
Total	1,746	282	132	60	1,824



able to present at one or two stations. The outbreak of cladoceran at OS-1 and absent of *Corycaeus* sp. at OS-4 were the noticeable but unexplainable phenomena which required more information to understand.

In terms of species richness, inner lagoon stations(OS-3, 5) were superior than outer lagoon stations(OS-1, 2), however the inner most station OS-5 and outer most OS-1 showed similar zooplankton density around 1,800 inds./m<sup>3</sup>.

Cladocera was the dominant taxa at OS-1 with density of 1,458/m<sup>3</sup> and accounted 83.5% of the total population of zooplankton. When exclude an outbreak of copepodan nauplius, *Oithona similis* was the most dominant species at OS-5 and accounted 21% of the total zooplankton population of the station.

## 5. Benthos

### A. Algae

The subtidal benthic algae observed in Chuuk Lagoon during the study was 25 species and consisted by 3 Cyanophyta, 11 Chlorophyta, 3 Phaeophyta and 8 Rhodophyta(Table 5).

### B. Benthic animal

A total of 16 species of macrozoobenthos was observed in the intertidal zone of Chuuk Lagoon(Table 6).

The bottom habitat of intertidal zone was mainly consisted by patched live and dead corals, and their crevices provided good shelters for Coelenterate which comprised ten species was the most dominant group in terms of species number and it was followed by poriferans, molluskans and echinoderms. A total of 35 species of macrozoobenthos were identified at subtidal stations(Table 7).

Base on the bottom types and inhabited benthos, the benthic habitat of Chuuk Lagoon is divided into 4 categories as following : *Porites nigrescens* area, Dead *Porites* area, *Acropora* area and sand bottom area.

Table 5. Checklist of marine benthic algae in Chuuk Lagoon(1999. 9)

Species \ Station	T-1	T-2	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
<b>Cyanophyta</b>								
<i>Lyngbya</i> sp. 1			+				+	+
<i>Lyngbya</i> sp. 2			+			+		+
<i>Lyngbya</i> sp. 3			+			+	+	+
<b>Chlorophyta</b>								
<i>Boodlea coacta</i>						+	+	
<i>Ventricaria ventricosa</i>			+			+		
<i>Caulerpha brachypus</i>						+	+	
<i>C. okamurae</i>						+	+	
<i>C. serrulata</i> v. <i>serrulata</i> f. <i>lata</i>						+	+	
<i>C. sertularioides</i> f. <i>longipes</i>						+	+	
<i>Chlorodesmis fastigiata</i>	+	+		+	+			
<i>Halymeda discoidea</i>			+			+	+	
<i>H. incrassata</i> f. <i>incrassata</i>			+			+	+	+
<i>H. opuntia</i> f. <i>opuntia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Halymeda</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Phaeophyta</b>								
<i>Padina minor</i>			+			+	+	
<i>Turbinaria ornata</i>			+	+		+	+	
<i>Sargassum</i> sp.	+							
<b>Rhodophyta</b>								
<i>Peyssonnelia</i> sp.			+			+		+
<i>Galaxura</i> sp.			+		+	+	+	
<i>Gelidium pusillum</i>			+			+	+	
<i>Gelidium</i> sp.						+	+	
<i>Hildenbrandtia rubra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fosliella zostericola</i>			+			+	+	+
<i>Lithophyllum</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Polysiphonia</i> sp.			+			+	+	+

Table 6. Occurrence of zoobenthos in the intertidal reef flat in Chuuk Lagoon(1999. 9)

Species	Station	Transact 1						Transact 2						
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7
<b>Porifera</b>														
Fam. Halichondriidae														
<i>Stylinos</i> sp.														
Fam. Ancorinidae														
<i>Rhabdastrella</i> sp.														
<b>Cnidaria</b>														
Fam. Pocilloporidae														
<i>Pocillopora verrucosa</i>														
<i>Seriatopora caliendrum</i>														
Fam. Acroporidae														
<i>Acropora</i> sp. 1														
<i>Acropora</i> sp. 2														
Fam. Poritidae														
<i>Porites</i> sp.														
Fam. Zoanthidae														
<i>Palithoa tuberculosa</i>														
<b>Mollusca</b>														
Fam. Terebridae														
<i>Terebra gutatta</i>														
<b>Arthropoda</b>														
Fam. Diogenidae														
<i>Trizopagurus strigimarus</i>														
<b>Echinodermata</b>														
Fam. Ophidiasteridae														
<i>Linckia laevigata</i>														
Fam. Diadermatidae														
<i>Diadema savignyi</i>														
Fam. Holothuridae														
<i>Actinopyga paluauensis</i>														
<i>Bohadschina marmorata</i>														
Fam. Stichopodidae														
<i>Stichopus chloronotus</i>														
<b>Chordata</b>														
Fam. Didemnidae														
<i>Lissoclinum bistratum</i>														
<i>Leptoclinides</i> sp.														

Coverage of a species( +: <1%, \*: 2-3%, #: >3%)

Table 7. Distribution subtidal macrozoobenthos in Chuuk (1999. 9)

Species	Station	1	2	3	4	5	6
<b>Polifera</b>							
<i>Dorypleres splendens</i>							##
<i>Agelis</i> sp.			#		#	#	
<i>Acanthella</i> sp.			#		#	#	
<i>Stylotella aurantium</i>							##
<i>Xestospongia exigua</i>							##
<i>Dactylospongia</i> sp.				##			
<i>Hippospongia metachromia</i>			#		#	#	
<i>Dysidea</i> sp.			#	##	#	#	
<i>Pseudoceratina</i> sp.	#	#	#	##	#	#	
<b>Cnidaria</b>							
<i>Acropora granulosa</i>	#	#	##	##	##	##	
<i>Acropora</i> sp.1		#	##				
<i>Acropora</i> sp.2		##	#		#	#	
<i>Millepora platyphylla</i>				##			
<i>Pocillopora eydouxi</i>		#	##		#	#	
<i>Porites nigrescens</i>		###	#		###	###	
<i>Scapophyllia cylindricus</i>		#	#	##	#	#	
<i>Heteractis</i> sp.	#						
<i>Montipora</i> sp.		#	##		#	#	
<i>Platygyra</i> sp.		#	##		#	#	
<b>Bryozoa</b>							
<i>Schizoporella</i> sp.				##	#	#	
<b>Mollusca</b>							
<i>Lambis truncata</i>	#						
<i>Cypraea</i> sp.							#
<i>Trochus niloticus</i>				##			
<i>Pinctada margaritifera</i>							#
<i>Tridacna squamosa</i>	#	#	#			#	
<i>Tridacna deasa</i>		#					
<i>Pedum</i> sp.		#			#		
<i>Isognomon</i> sp.							##
<i>Hytissa hyotis</i>						#	###
<b>Echinodermata</b>							
<i>Choriaster granulatus</i>					#	#	
<i>Acanthaster planci</i>					#		
<i>Actinopyga palauensis</i>	##				##	##	###
<i>Bohadschia goeffreyi</i>					##	#	
<i>Holothuria fuscopunctata</i>							##
<b>Chordata</b>							
<i>Didemnum molle</i>					#	#	#

#: Rare, ##: Common, ###: Abundant

*Porites nigrescens* area :

The area was developed where no habitation developed and dominated by the healthy *Porites nigrescens* community (Fig. 1).

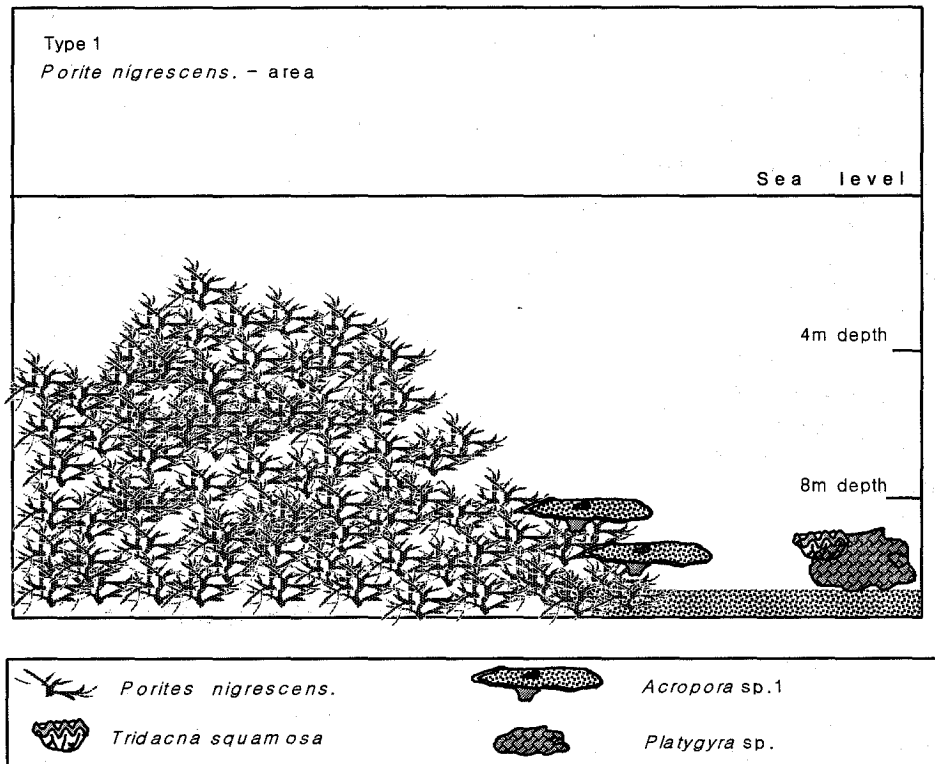


Fig. 1. Scheme of vertical zonation at *Porites nigrescens* area.

Species diversity was relatively lower than other habitats. *Platygyra* sp. and *Acropora* sp. were found around lower part of the slope and *Tridacna squamosa* distributed in a certain density. Blacklip pearl oyster were caught rather shallow area where *P. nigrescens* community meet the sand bottom.

Dead *Porites* area :

All corals were destroyed by dynamite fishing (Fig. 2). Organic debris was covered over all dead *Porites* and no peculiar benthic animals were found. A few blacklip oysters attached on dead coral at deeper part of the area.

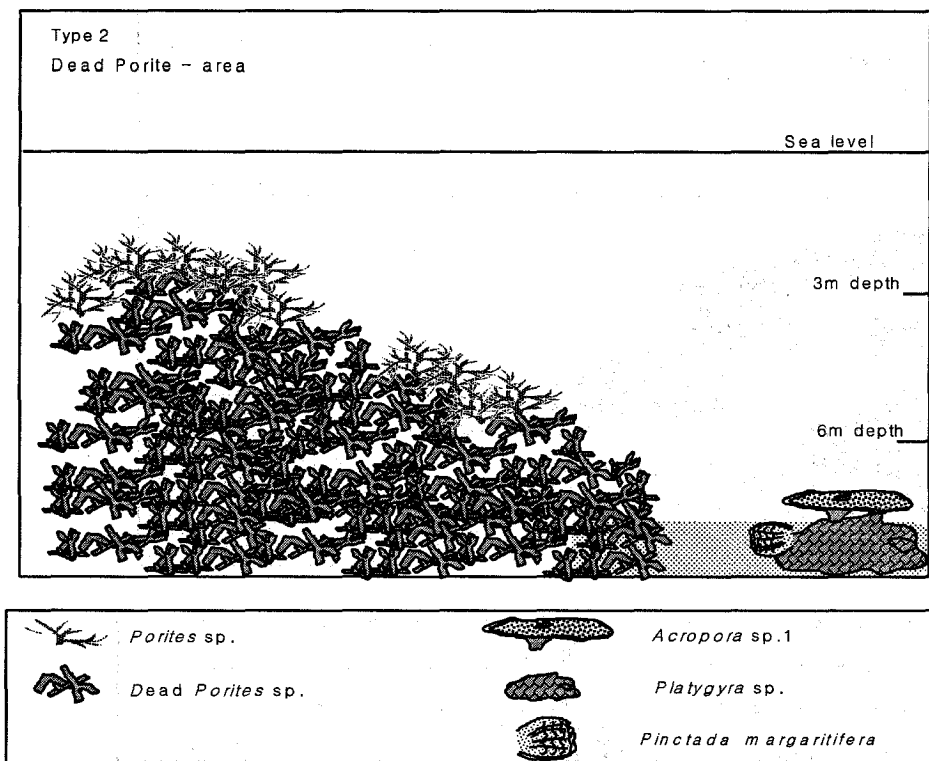


Fig. 2. Scheme of vertical zonation at dead *Porites* area.

*Acropora* area :

Coral reefs developed into form of shelf and the edge of the shelf meet a steep bottom topography (Fig 3). Mangrove swamp developed along the shoreline. *Acropora* sp. was dominated at shallow depth and dominant species was changed to *Pocillopora eydouxi* and *Platygyra* sp. with increase of depth.

Sand bottom area :

Shallow part of the area showed a mild gradient and covered by dead corals (Fig. 4). As the depth increase live hard corals and soft corals distributed. However the habitation of *Acropora* sp. was few and the area appeared to be somewhat bare. A good number of the oyster observed among branches of soft corals and algae. Sand bottoms was predominated bottom type of this area. At a medium depth, the oyster appeared to rather high density. A fairly good number of blacklip pearl oyster were found in this habitat.

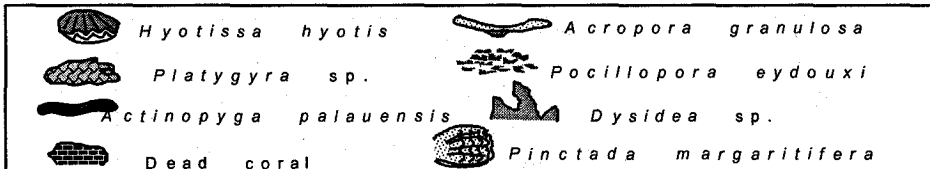
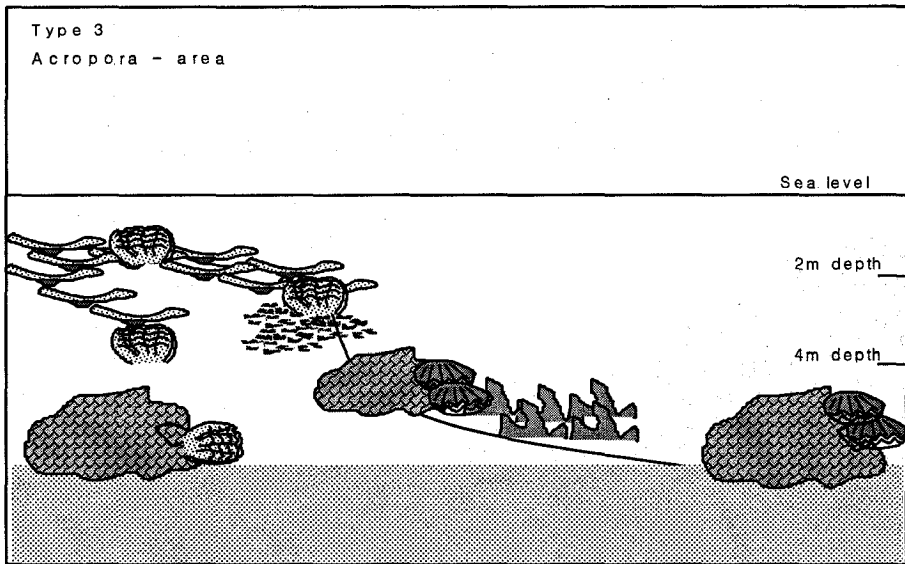


Fig. 3. Scheme of vertical zonation at *Acropora* area.

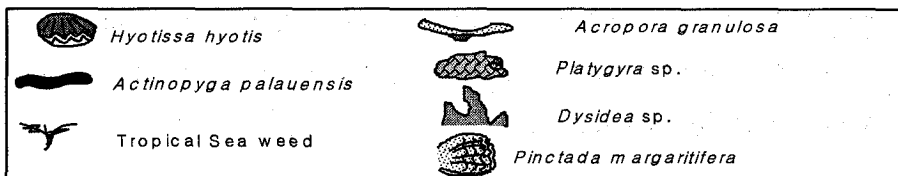
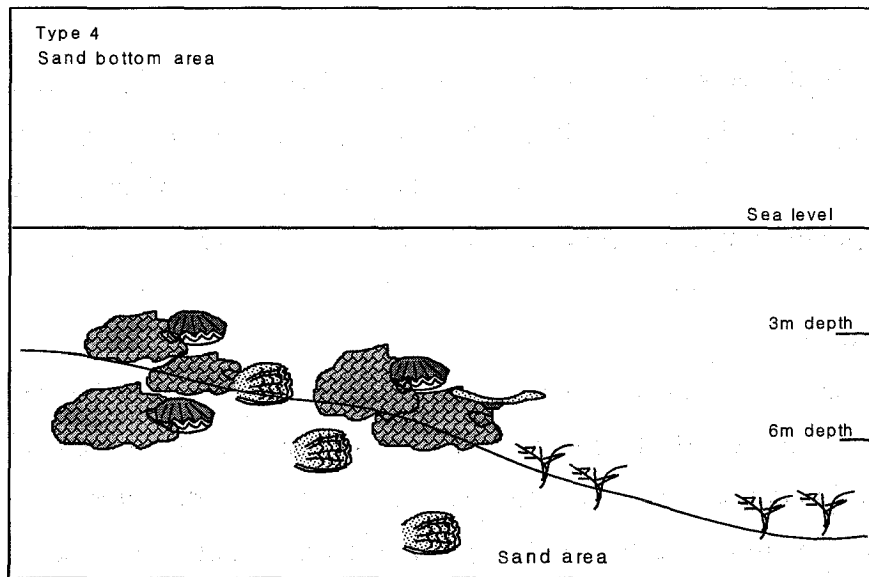


Fig. 4. Scheme of vertical zonation at sand bottom area.

## VII. Mineral Resources

### Korea's Activities on Marine Mineral Resources

Dr. K. Y. Lee

#### 1. Introduction

Marine mineral resources have been in the public consciousness to a greater or lesser extent for some 50 years now. Of course, individual marine mineral deposits, such as placers, were mined before then, but these were small-scale operations which attracted little international attention. It was in the 1950s that the work of John Mero on manganese nodules focused public attention on the potential of mineral resources from the sea. Because of the continual decrease of land-based mineral resources and increasing the world's demand for strategic rare metals such as Ni, Cu, Co, Mn, the world has come to focus on the seabed resources, especially on the manganese nodules that are expected to be commercially exploited around early in the 21st century. Interest in mining of deep seabed manganese nodule has rather been warned because of the low level of its economic viability compared to that of land-based mining. However, these obstacles will be removed sooner or later by the rapid development of ocean technology.

On the other hand, Korea has been sought the stable supplementary source of the strategic mineral resources due to her poor reserve of the land-based mineral resources. The dependence on mineral supplies from overseas and their local maldistribution has intensified the vulnerability of Korean economy to sporadic external shocks. In tackling these fundamental problems, the Korean government has evaluated a deep seabed mining venture as a possible option for stable long-term procurement of strategic metals to continue her economic growth. Such evaluation has accelerated a national seabed exploration effort as one of important marine policies since the beginning of 1980s. At last, such effort lead Korea to become the 7th pioneer investor country and secured registered mining site in the Clarion-Clipperton fracture zone of the central Pacific in 1994.



## VIII. Fish

Dr. J. G. Myoung

In order to understand distribution patterns of fish, diving observations were conducted at two subtidal transects and 5 point stations. Underwater time at each station was different to each other due to water depth, thus if there was no special comment, the findings of the present study was qualitative.

A total of 125 species of fish was observed during the study. Among them silvertip shark (*Carcharhinus albimarginatus*) was the most frequently observed species at all visiting stations except at Station 5. Horned bullfish (*Heniochus varius*), saddle coralfish (*Chaetodon ephippium*) and bristletooth surgeonfish (*Ctenochaetus striatus*) were observed at the most of inner lagoon stations. Schools of fish fingerlings swimming over coral reefs and large fishes such as groupers, snappers and parrotfish which sheltered under the shadow of large coral colonies or in side of rock crevices were the most common figures.

To understand relative fisheries resources a gill net was installed three times around North Pass using traditional method, two men hold each end of the gill net while other three to four men impound the fish to the net. As the result, 16 species of marketable fishes were caught (Table 1).

The most abundant fish by the first trial was parrotfishes which was known as the most tasty fish by local people. Among a total of 2.7kg of landing, 1.2kg (44.4%) was belong to *Sparus* spp.. The sizes of parrotfishes were range between 19.4-31cm and 115-560g in terms of body length and weight, respectively. The marketable parrotfish in Australia should be larger than 300g.

It meant about 50% of caught parrotfishes were marketable in the international markets. Beside to this white-mottled grouper, surgeonfishes, goatfish and grouper were the notable commercial fishes. The second trial resulted higher landing of surgeonfishes which comprised 61.5% of the total catch (26 inds.) and followed by goatfish (15.4%). One individual of emperor fish (*Lethrinus* sp.) also caught. The third trial landed similar amount of fishes to the first trial. Parrotfishes comprised 65% of total catch (40 inds.) and the largest was 560g. Goatfishes and surgeonfishes showed a good possibility of exploitation.

Table 1. Fishes caught by gill net in Chuuk Lagoon(1999. 9)

Measurement Species	No. fish/trial			Total length (cm)	Body Weight (g)
	1st	2nd	3rd		
<i>Sparus</i> sp.	7		26	15.7 - 32.5	84 - 580
<i>Ephinephelus maculatus</i>	1			38.2	700
<i>Acanthurus nigiri</i>	2		3	22.1 - 24.9	160 - 270
<i>A. triostegus</i>		17		13.2 - 17.2	70 - 130
<i>Aphareus furca</i>	1			32.2	365
<i>Epibulus</i> sp.	1		1	17.5 - 24.9	92 - 230
<i>Parupenus</i> spp.		4	4	17.7 - 31.1	70 - 355
<i>Siganus doliatus</i>		2		19.1 - 19.7	110 - 117
<i>S. vulpinus</i>			1	17.1	96
<i>S. puellus</i>			1	16.9 - 18.5	74 - 85
<i>Carangoides orthogrammus</i>		1		24.5	213
<i>Lethrinus</i> spp.		1		24.5	210
<i>Coris gaimard</i>		1		24.7	235
<i>Naso lituratus</i>			1	13.8	54
<i>Ctenochaetus striatus</i>			1	14.5	46
<i>Hemigymnus melapterus</i>			1	15.6	62
Total	12	26	39		

## IX. Study tour

Dr. S. K. Yi (Guided)

### 1. Cooling water aquafarm at Wolsung Nuclear Power Plant (April 19, 2002)

#### A. Introduction

Wolsung Nuclear Power Plant is located Southeaster coast of Korea, about 350km away from KORDI.

Korea has produced  $2.7 \times 10^{11}$  kwh of electricity in 2000, consequently the demand of coastal waters for power plant cooling was about  $8.6 \times 10^{10}$  m<sup>3</sup>/yr. After heat exchange through an once through cooling system of a power plant, the temperature of cooling water increased about 7°C and thus, about  $6.0 \times 10^{10}$  calories of energy has been loaded to Korean water in 2000. As temperature is one of the prime factors which controls marine ecosystem, cooling waters from power plants affect coastal marine ecosystem in many ways. However energy associated within it can be used in aquaculture espacially, for grow out during cold season in temperate zone.

Among three commercial scale cooling water farms in Korea, the Wolsung Nuclear Power Plant Aquafarm is the newest. It has 810m<sup>2</sup> of water surface and able to produce a half million of seed fish and 10 tons of adult fish per year.

#### B. Study tour

After a short guided plant tour, we will visit the aquafarm. At the farm, Mr. J. E. Park, Chief, Institute of Aquaculture Development who runs the aquafarm will show us the facility of the farm. Then, he will demonstrate how to prepare fish food and how to feed fish. After demonstration, the participants will prepare fish feed by themselves and feed fish. If we will be on time, it is expected to have a chance to grade seed fish.

### 2. Recirculating fish pond at Bukyoung University (April 20, 2002)

## A. Introduction

Technical and regulatory challenges facing the aquaculture industry in Korea have stimulated greater interest in recirculating aquaculture system and management practices. In order to protect water resources, the government of Korea declared in 1997 that all cage farms in inland waters must be discontinued at the conclusion of initially licensed terms, mostly 10 years. Now hardly seen a large scale freshwater cage culture farms in Korea any more.

In recent years, a number of recirculating systems have been developed, but most are too expensive to compete with outdoor pond or wild catch. However, professors at Bukyung University have developed a cost effective recirculating system which able to produce more than 100kg of carps per m<sup>3</sup> of rearing water.

The recirculating system has been developed based on the following ideas.

- Quick removal of solid wastes by mechanical filter
- Effective removal of dissolved organic matter by foam fractionation
- Removal of dissolved inorganic wastes such as ammonia by nitrification
- Accumulation of nitrates and their removal by denitrification of anaerobic biofilter or water plants
- Supply of oxygen and removal of carbon dioxide

## B. Study tour

Professor J. Y. Cho will give the participants a brief onsite lecture about recirculating system. A free discussion will be arranged after the lecture.

## X. Marine ecology

Dr. T. K. Lee

### 1. Red tide organism

*Cochlodinium polykrikoides*, *Gymnodinium sanguineum*, *Prorocentrum minimum*,  
*Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*, *Heterosigma akashiwo*

### 2. Collection of plankton and observation

#### A. Collection of plankton

Each participants of the course will collect their own sample using Kidajara Standard Plankton net(Instructor will demonstrate how to collect and how to preserve).

#### B. Observation

Bring the sample to lab., and observe under microscope in various magnitude. Continue the observation until you find out more than 3 species for each plankton type as shown in Fig 2. Then, make a drawing for each species that you found. Instructor will help your identification. Please note that type A is useful as food for marine animals, type B is potentially harmful as they make red tide, type C is harmful as they make red tide in which mass mortality of marine organisms almost occur, and type D is harmful as they produce toxins. If people eat the contaminated fish and shellfish with type D, they get poisoning.

Fig. 2. Four types of micorplanktons depend on usefulness.

## XI. Useful biological resources in Chuuk

Dr. H. S. Park

### 1. Algae

The algae inhabited in tropical waters are suffered by year round high water temperature and oligotrophic environment. Thus algal vegetations in the most of tropical waters are very poor in terms of species diversity and biomass. It was quite natural that Chuuk Lagoon had a poor algal vegetation since she is located in the center of tropical Pacific Ocean. However it was not necessary to say that there are no commercially useful algae. A study conducted in 1986 appealed that Yap Lagoon comprised 143 species of algae including *Gracilaria salicornia* and *Gracilaria* sp. The content of agar in the algae was about 1~10% and the conductivity was 100g/cm. These species were commercially cultured in Guam and it is possibly cultured around reef head in Micronesia. Recently Pohnpei has started *Eucheuma* culture and efforts on development of other algal resources have been paid continuously. It seems that mediation of such limiting factors is essential to increase the algal biomass through aquaculture. At Present there are about 10 species of macro algae have developed for commercial use in tropical Pacific waters. Beside to *Gracilaria* spp., *Eucheuma cottonii* has been widely cultured to produce corrageenan which is used for food industry. It has been commercially cultured in Philippines since 1974 and the production reached to 32000 M/T dry wt. in 1985. It was reported that Indonesia successfully developed a new aquaculture method of *Eucheuma* in 1985. Using this method, it is expected that the production of *Eucheuma* in Indonesia will overtake the production of Philippines soon(Table 2).

Table 1. Production of *Eucheuma* cultivated in Philippine and Indonesia

Country	Production	Seedlings/ha	Harvest		Production/ha
			Method	Interval	
Philippine		30000	full	6-8 weeks	10-15t dw./y
Indonesia		300000	pruning	2-3 weeks	35-40t dw./y

Up to now, about 10 species of tropical macro algae were developed for commercial purpose. Among them, *Eucheuma* spp. seems to be the most suitable species in Chuuk Lagoon. It is widely cultured in tropical Pacific such as Hawaii, Philippine and Indonesia. The culture method is very simple and operating cost is also very cheap. Two bamboo posts are piled to the bottom to surface and a mid-water line(monoline) is installed between the two lines. And nine seed thalli of *Eucheuma* are tied to the monoline. The weight of seed thalli is about 100g each, and will grow up to several hundred grams within a month or two.

The second possible species is *Gracilaria* spp. which will be a good source of agar and food additives. Culture of *Gracilaria* spp. was started in Hawaii in the early 1980's and quickly spread to other tropical Pacific regions with the development of tank culture technology. Taiwan produced 5~11 tons of dry wt/ha/y.

Beside to these two species, *Caulerpha* spp. and *Halymenia* spp. are the candidates for aquaculture. Even proper technology for aquaculture of these species haven't developed yet, they will become one of the most important species for algae culture in tropical Pacific.

## 2. Benthos

Giant clams, Blacklip pearl oyster, trochus, sea cucumber and mangrove crab were identified as useful benthos in Chuuk Lagoon. Rock oyster, *Lambis truncata* was not suitable for human consumption, however it was counted as a useful resource due to its eggs. The eggs of rock oyster will be a good nutrition source for juvenile fish being cultured.

### A. Giant clam

Four species of giant clams were counted by diving research. They were *Tridacna squamosa*, *T. derasa*, *T. crocea* and *T. gigas*. All giant clams observed during the study were young individuals less than 40cm in shell length. Except to these *Hippopus hippopus* appeared to present by dead shells on the shore.

The density of giant clams was decreased toward shore lines and hardly a giant clam observed near by the main island. The stock sizes of giant clams in Chuuk

Lagoon seemed to be very much affected by over exploitation as in other tropical Pacific waters. However there is no reason whatever for pessimism since the lagoon has a reasonable resources of *Tridacna squamosa*. Therefore the first step of artificial propagation of giant clam should be *T. squamosa*.

Aquaculture technology of giant clam has been well developed during the last decade by scientists of Queensland University.

#### B. Black pearl oyster

Black pearl oyster(*Pinctada margaritifera*) is the most valuable species found in Chuuk Lagoon. There is no doubt that the pearl culture is the most value-additive items for mariculture. The pearl oyster is used as a mother of pearl to produce black pearl. The pearl oyster was found only at Station 6 in this study, but it is quite natural to say that there are a lot of similar habitats where the pearl oyster distribute in large number. Thus, an intensive resources inventory of the pearl oyster should be conducted as soon as possible.

#### C. Trochus

Trochus is one of the most important species for fishing in tropical Pacific waters. However, recent harvesting has been declined to 7000tons/year owing to over exploitation. The lower harvesting has boosted the price of trochus up to \$4/kg in recent years. The major importers are Japan, Korea, Hong Kong, Singapore and Taiwan. Trochus had been introduced to Micronesian waters from Palau in 1930's through Chuuk Lagoon. She landed about 100tons of trochus annually and one tens was exported to Korea.

good habitat for trochus. They recommended an unit area for study of trochus resources should be bigger than 100m<sup>2</sup>. In this sense of view, the transact 2 has the ideal habitat for the distribution of trochus. Thus, further study should be concentrated to identify such habitats.

#### D. Sea cucumber



Sea cucumber is one of the most important commercial marine resources in tropical Pacific waters. The size of world market is about 13 thousand tons(dw.)/year and equivalent to US\$62 million. The major consumers are China, Hong Kong, Taiwan, Singapore, Malaysia, Japan and Korea(Table 2).

Table 2. Imports of sea cucumber by major consumers during 1992-1994

unit : M/T(dw.), US\$1,000

Country \ Year	1 9 9 2		1 9 9 3		1 9 9 4	
	amount	value	amount	value	amount	value
Hong Kong	7,030	35,136	7,401	29,774	7,281	35,136
China	2,423	na	3,508	9,140	3,163	8,260
Singapore	1,435	11,001	880	6,953	1,242	11,341
Malaysia	401	1,081	335	761	400*	1,000*
Taiwan	1,191	9,229	1,135	6,030	1,124	5,543
Korea	18	265	21	327	25	400*
Japan	40	1,263	17	635	17*	635*
Total	12,538	55,018	13,297	53,620	13,252	62,315

\* : imported from Hong Kong only

#### E. Crustaceans

All of the installed benthic crustacean traps were destroyed by unknown reason and unable to collect commercially important crustaceans during the study. However, market surveys and inquiry to fisherman appealed that mangrove crab(*Scylla serrata*) and lobsters(*Panulirus* spp.) are distributed in Chuuk Lagoon. Chuuk exported as valuable as US\$97,000 of crustacea in 1994. It seems that there is a few full time catchers of mangrove crab and lobsters in Chuuk Lagoon.

Mangrove crab has received many attentions in the most of all tropical Pacific countries. The retail price of the crab in Chuuk market is about US\$10/Kg while exceed US\$15/Kg in Guam and Australian markets. Many studies on the development of culturing technics of mangrove crab have been and being conducted in many topical Pacific countries. Soon commercial scale hatchery will be available in many

areas. Even Chuuk Lagoon is able to supply the domestic needs of mangrove crab, it is time to check the crab productivity and set up a management plan for the crab resources which, in turn, promises a export scale harvest. It is highly recommended to build a mangrove crab hatchery to produce juvenile crabs to be used for resources enhancement and commercial scale aquaculture.

Five species of lobsters were recorded in Chuuk Lagoon. Among them spiny lobsters(*Panulirus longipes femoristriga* and *P. ornatus*) are the most valuable species. No doubtfully, the lobsters in Chuuk Lagoon has been over exploited for long times and thus soon will be a rare species if no intensive care will be paid on the species. 2. Useful biological resources

## XII. Aquaculture practise

Dr. S. K. Yi, Mr. M. S. Kim(PE), Y. J. Park(PE)

### 1. Seed production of pearl oyster

#### A. Introduction

Five species of monocultured phytoplanktons *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Ch. simplex*, *Monochrysis* sp. and *Tetraselmis suecica* which are good for larvae of pearl oyster. They should be prepared before start the seed production of pearl oyster.

Blacklip pearl oysters were collected by staffs of Marine Resources, State of Chuuk were used for induced spawning. Shells of all of the oysters used for induced spawning were measured, and cleaned to remove all of fouling organisms and immersed into freshwater for 10 minute to kill parasites. Induced spawning was conducted by exposure and cold shock method. Blacklip pearl oysters were exposed to air under shadow condition for 2 to 3 hours and then immersed into UV treated cold seawater for 5 to 7 hours. Then, water temperature was increased gradually up to 3.1°C by suppling 1 $\mu$ m filtered UV treated water into the inducing container. The experiments were conducted three times with different degree of exposures and temperatures. Among 73 individuals which received the treatment 31 individuals(22 males and 9 females) responded, and the duration of cold shock was the most effective stimulus for spawning (Table 1).

Table 1. Spawning response of blacklip pearl oyster against stimuli

Date	No. Shell	No. response	Duration of cold shock(hr)	$\Delta T(^{\circ}C)$	Rate of Spawning (%)	Remark
2001. 9. 24	20	♂ 6 ♀ 4	7	5	50	reared
2001. 9. 25	35	♂ 9 ♀ 2	5	8	31	discard
2001. 9. 26	18	♂ 7 ♀ 3	7	10	55	discard

About 20 millions of fertilized eggs were collected by 20 $\mu$ m net and stored into 0.5 m<sup>3</sup> tank filled with 1 $\mu$ m filtered seawater. Fertilized eggs and larvae of the oyster were sampled every 30 minutes to examine the egg development.

The first cleavage occurred with 1 hour of fertilization, and the eggs entered 16 cell stage with 2 hours and 50 minutes. Then became morula stage by 4 hours and 30 minutes, and gastrula stage by 6 hours (Table 2). The first trochophore larvae appeared by 9 hours while the first D-shape larvae (70 $\mu$ m) occurred at 17 hours after fertilization.

Table 2. Early development of blacklip pearl oyster (29°C, 33‰)

Development stage	Times	Size ( $\mu$ m)
Fertilized eggs		50 $\pm$ 5
2 cell stage	1 hours	50 $\pm$ 5
4 cell stage	1 hours 30 minutes	50 $\pm$ 5
8 cell stage	2 hours 20 minutes	50 $\pm$ 5
16 cell stage	2 hours 50 minutes	50 $\pm$ 5
Morula stage	4 hours 30 minutes	50 $\pm$ 5
Gastrula stage	6 hours	50 $\pm$ 5
Trochophore stage	9 hours	50 $\pm$ 5
Early D shape larvae	17 hours	70 $\pm$ 5
Late D shape larvae	3 days	90
Early umbo stage	7 days	125
Pedi veliger stage	18 days	170

The D-shape larva were collected and kept into 2m<sup>3</sup> rearing tank filled with 1 $\mu$ m filtered seawater. The density of the larva in rearing tank was 8 inds./ml and fed with mixed phytoplankton. The density of food organisms in the tank was regulated 3,000 cells/ml at first, and gradually increased to 10,000 cells/ml with the growth the larva. A gentle aeration was provided, and rearing water were exchanged rate of 1/2days. The larvae reach to umbo stage by 7 days after hatching.

## B. Hatchery practise (April 24, 2002)

At this moment, no blacklip pearl oyster is available and thus we use pacific oyster (*Crassostea gigas*) for hatchery practise.

Participants will open the oyster and stripe the gonad of oysters for forced fertilization. Instructor will show the participants how to do.

Then place the fertilized eggs under stereo-microscope and observe them until hatching. Compare your record to Table 2.

Consequently fertilized eggs grouper (*Epinephelus septemfasciatus*) will be obtained by abdomen pressing of matured female and male. Then the egg development will be observed until hatched. As the egg development of grouper is rather slow, the observation will be continued to the next day.

## 2. Fish cage practise

Participants will visit Tongyeong Marine Ranching Station, KORDI and work together with staffs of KORDI. Mr. Y. J. Park, Head of the station will demonstrate how to change cage net and how to handle the fish. Then, at the first step, each participant will change a medium size cage net (2 x 3x 1m) by himself. And will change a regular size cage net (10 x 10 x 5m) together. It is expected that the participants will recognized that cooperation is the only solution in change of cage net.

## Questionnaires and answers of the participants

1. How was the schedule for this training course?

( ) too tight,

( 3 ) moderate,

( ) too loose

2. If you think it was too tight, which part of the course was difficult to follow?

A. Not tight, fresh water recirculating system at Bukyung University was important

B. Not tight, but need more information and time for chemistry

C. Not tight, all things were moderate and relevant

3. Which topic do you think needs more specific approach?

A. Aquaculture part to be more specific and more time in order to obtain more specific knowledge, about how to the work.

B. Ocean science, Fish production, Fish throught the world

C. Breeding and spawning of marne species because they will more beneficial to the living world including Micronesia

4. If you think it was too loose, which part of the course should be deleted?

A. Ocean policy is a matter that should by siscussed by the countries leader.

B. Ocean policy, Topical fish culturing

C. None

5. Which topic did you find most interesting, and why?

- A. Aquaculture of fish, and shellfish, as well as the biology of microscope organisms, so that I can educate the people of Chuuk
- B. The conservation of marine species as well as minerals in the ocean. Because these will be more useful to the future generations.
- C. Identification of eggs and sperms from bivalves including Korean oyster and blacklip oyster. This concept is vital for economic development for one country as Chuuk.

6. Which topic did you find least interesting, and why?

- A. Ocean policy, it was not prepared and not much information was given.
- B. Ocean policy : the policy should just be between the government of the countries.
- C. None

7. Are there any items to be added for the future course?

- A. None, but need more time in order to acquire more knowledge on the topics I have learned.
- B. I should prefer all necessary things that should enhance the promotions and continuation of this program in the year to come.
- C. The concepts on tropical fish production as grouper and emperor and snappers.

8. Any suggestion or recommendation for the training course will be greatly appreciated.

- A. Food should be decreased to similar to breakfast 4/24/02; accommodation for housing will be moderate, the hotels and motels are too luxurious; lecture will be prepared ahead of time, should have more information; time for classroom session and practice will balance; study tour is very excellent, it allowed the trainees to comprehend some of the famous legends and history concerned

Korea. It also teach the trainees how to cope and respect the Korean traditions and cultures in energy aspects; coordination has been doing very stupendous job in handling the course to the various scientists from KORDI, the nuclear power plant Wolsung, the scientist at the fresh water fish culturing at the university, including the scientists at KORDI station in Tongyeong where the course becomes more interesting when Dr., Park coordinated the lab. session and way to the other KORDI station for fish cage.

- B. Training is most vital as it gave me more skills as well as in-sight awareness, it is not only for my benefit alone but it will also be beneficial to the people of my country. I will humbly say my thankfulness and hope it will be continue for others to come.
- C. I need more time to make up, about the topics that are offered, to have more information, knowledge as well as skills to carry out such projects in my country, like what I have come across here in Korea.



여 백

## **제 5 장**

### **목표달성도 및 관련분야에의 기여도**

여 백

## 제 5장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절. 목표달성도

#### 1. 연구 내용별 개요

본 과제는 남서태평양의 해양생물자원을 개발하여 우리 기업의 진출촉진 및 도서국과의 수산협력체제를 구축하여 해외수산업전진기지 개척을 지원하기 위하여 기획되었으며, 제 6차 년도인 2005년 사업부터 마리바이오21사업에 편입되었다. 이 보고서는 2006년까지 마이크로네시아 해역에 대한 해양생물자원 연구 개발 내용을 토대로 작성되었으며, 연구목표 및 내용은 다음과 같다.

##### - 해양생물자원조사

- 축주 산호초 생태계 구조조사 및 유용생물 조사
- 폰페이주 산호초 생태계 구조조사 및 유용생물 조사
- 코스레주 산호초 생태계 구조조사 및 유용생물 조사
- 압주 산호초 생태계 구조조사 및 유용생물 조사

##### - 신양식 대상종 개발

- 흑진주조개 종묘생산 연구
- 트로카스 종묘생산 기초연구
- 남방점바리 종묘생산 기초연구
  - : 남방점바리 번식생태연구(성성숙 주기 및 주산란기 조사)
  - : 50 $\mu$ m급 소형동물성 먹이생물 고밀도 배양기술 개발
- 톱날꽃게 종묘생산 연구
  - : 성성숙 주기 및 주산란기 조사(포란개체 확보시 초기유생사육 연구)
  - : 톱날꽃게 종묘배양장 설계

##### - 마린바이오 21 소재생물 탐색

- 마이크로네시아 산호초의 유용물질 추출 대상생물의 종별 분포
- 마이크로네시아 산호초에 서식하는 독성생물 탐색

## 2. 연구항목별 연구성과

### 가. 해양생물자원조사

#### 1). 축주

축 라군에서 관찰된 주요 수산어종은 바리류, 나비고기류, 놀래기류, 돔류, 표문취치류, 등이며, 파랑비늘돔류와 도화돔류는 관상용으로 개발 가능한 어류이다. 가장 상업성이 큰 바리과 어류 중 가장 풍부한 자원량을 보인 종으로는 *Ephinepelus polyphkadion*, *Cephalopholis miniata* 및 *C. argurus* 이었으며, 우리나라에서 최고품으로 취급되고 있는 붉바리(*E. akkara*)도 서식한다. 이외 고가어종으로는 *E. lanceolatus*와 *Cheilinus undulatus*(나폴레옹피시) 등이 있다.

축 라군에 분포하는 거인조개는 *Tridacna squamosa*, *T. derasa*, *T. crocea* 및 *T. gigas*의 4종이었으며, 패각을 통하여 추가로 밝혀진 종은 *Hoppopus hippopus*이었다. 이들 종은 모두 남획으로 인하여 자원이 매우 고갈되어 적절한 보호대책이 시급하다.

진주양식은 축 라군의 미래를 약속할 수 있는 수산업종이다. 이를 위하여 *Pinctada margaritifera*의 적절한 자원관리 대책과 인공진주 양식기술 개발이 시급하다.

트로카스는 1930년대 Palau를 통하여 축 라군에 이식되었으며, 전통적으로 열대 태평양 해역의 중요 소득원이다. 방형구 조사에서 최대 40개체/ha, 표지방류 실험에서 767개체/ha가 조사되어 비교적 양호한 자원을 가지고 있는 것으로 평가되었다.

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, 나무룩환초(Namoluk Atoll) 등은 좋은 양식지역이다. 양식방법은 단승 수하식 양식이 가장 적합한 것으로 판단된다.

#### 2). 폰페이주

상업적으로 유용한 해조류는 꼬시래기(*Gracilaria* sp.) 1종뿐으로, S4, 8, 9, 10의 수심 10m에서 1~3%의 피도를 보였다.

대표적인 주요 관상어종은 대왕쥐가오리(*Manta birostris*)로 식용보다는 дай버 관광객들의 수중관찰 어종으로 인기가 높다. 이 종은 가오리 중에서 몸집이 가장 큰 대형종으로 체폭은 최대 6.7m, 체중은 1.4톤에 이르는 것으로 알려져 있지만 이번 조사에서는 체폭 2m 내외의 소형 개체만 관찰되었다. 흰동가리류(*Amphiprion* spp.)는 말미잘이나 *Gorgonia* 속의 연산호에 공생하는 것으로 잘 알려진 무리로서 가정용 관상어로 선호도가 높다. 폰페이외의 조사에서는 3종(*Amphiprion clarkii*, *A. melanopus*, *A. perideraion*) 이 발견되었다. 우리나라에는 제주도 연안에서 *Amphiprion clarkii* 가 서식한다.

### 3). 코스레주

거대조개의 최대 밀도는 12개체/100m<sup>2</sup>로 높게 나타나 마이크로네아의 타 지역에 비하여 양호한 자원량을 보여 주었다. 트로커스는 2003년과 2004년에 각각 최대 38개체/100m<sup>2</sup> 및 36개체/100m<sup>2</sup>가 관찰되어 상업적 수확이 가능한 정도의 자원량을 보여주었다.

식용어종으로는 바리류, 표문쥐치류, 비늘돔류, 얼게돔류, 놀래기류 등이 분포하고있으며, 관상어종으로는 흰동가리, 천사고기류, 자리돔류 등이 풍부하게 분포하였다.

### 4). 압주

상업적으로 유용하다고 판단되는 해조류는 우뚝가사리(*Gelidium* sp.) 1종뿐이었으며 이 종의 피도는 2% 이하였다.

주요 수산무척추동물은 산호초 얕은 해역에는 트로커스와 해삼류(*Thelenota ananas*)가 비교적 풍부하게 분포하였다. 필담새우(*Panulirus versicolor*)는 금번 조사에서 관찰하지 못하였으나, 원주민들이 가장 선호하는 고가 수산품으로 야간 간조시 작살로 포획한다. 수산어종으로는 표문쥐치류, 파랑비늘돔류, 얼게돔류외에 바리류, 나폴레옹피시 등 대형 식용어와 나비고기, 흰동가리 등 관상어들이 있었다.

## 3. 신양식 대상종 연구

### 가. 흑진주조개

축 라군에 서식하는 흑진주조개(*pinctada margaritifera*)의 자원량은 성체 기준으로 약 367,080개체로 추정된다. 그러나 흑진주양식에 사업에 사용하기에는 부족한 자원량으로 정묘방류를 통한 자연증대가 흑진주양식사업화의 전제 조건이다.

흑진주조개는 용성선속형 자웅이체(protandric hermaphroditic)로 산란이 임박한 암컷이 나타나는 시기는 3~6월과 9~12월이었으며, 정세포가 충만된 수컷들은 연중 관찰되어 산란성기는 4~5월과 10~12월로 생각된다.

흑진주조개 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 ~ 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.

#### 나. 트로카스

트로카스의 인공 산란유발 적기는 음력 그믐 후 2-3일이며, 간출(2 시간)에 이은 수온 자극(+ 3-4 $^{\circ}\text{C}$ , 1시간)이 가장 양호한 인공 산란유발 방법이다. 산란은 저녁 무렵에 시작되어 수차례 간헐적으로 일어나므로, 이에 맞추어 인공 산란계획을 세우는 것이 바람직하다. 수정란은 14 시간만에 부화하여 부유유생인 담륜자유생기로 들어갔으며, 20 시간만에 포복기유생이 되었으며, 50 시간만에 부착기유생으로 변태하여 착저한다.

#### 다. 톱날꽃게

톱날꽃게류 중 산업적으로 중요한 것은 *Scylla serrata*, *S. tranquebarica*, *S. paramamosain* 및 *S. olivacea* 4개종이 있으며 축주와 코스레주에는 *S. serrata*만 분포한다. 망그로브계는 성장 속도가 빠르기 때문에 자연산 어린 게(6~8명)를 수집하여 양성할 경우 5 개월 만에 시장크기로 키울 수 있다. 만월에 가까운 11월 26일(음력 10월 14일) 체포된 수컷은 3.3%의 비교적 높은 생식소중량지수를 나타낸다. 교미는 만월 또는 만월에 가까운 시기에 수컷이 탈피한 암컷과 교미하는 듯 하며, 암컷은 월주기와 관계없이 부정기적으로 산란에 임하는 것으로 추측된다.

사육수온을 30 $^{\circ}\text{C}$ 로하였을 때, 포란에서 부화까지는 약 9일이 소요되며, 조에아 1기 유생이 조에아 2기 유생으로 변태하는데 소요되는 시간은 2일, 다시 조에아 3기 유생으로 변태는 3일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 2일, 조에아 4기 유생으로 변태에는 4일 걸린

다. 조에아 5기 유생은 3일 후 형태가 완전히 다른 메릴로파 유생으로 변태하고 7일이 지나면 어린게로 변태한다. 부화서 어린게가 되기까지는 약 21일이 소요된다. 이후부터 3, 4일 주기로 탈피하여 빠르게 성장한다.

#### 마. 먹이생물 개발

마이크로네시아의 축 라군에서 50 $\mu$ m 유종류 *Undella* sp.를 성공적으로 분리하여 배양하였다. 수온에 따른 *Undella* sp.의 배양실험에서 30 $^{\circ}$ C 실험구가 4일째 306개체/ml로 가장 높은 밀도를 보였고 다음으로 26 $^{\circ}$ C에서 5일째 132개체/ml로 나타났으며, 22 $^{\circ}$ C에서는 배양 5일 동안 1~7개체/ml로 낮은 밀도를 유지하였다. 염분에 따른 성장을 보면 염분이 낮아질수록 성장이 낮아지는 경향을 보이고 있었는데 최고밀도는 33‰에서 배양 4일째 나타난 807개체/ml이었다. 유종류 대량배양에 적합한 환경은 수온 30 $^{\circ}$ C 및 염분 33‰로 추정되며 최적 먹이생물은 *I. galbana*로 밝혀졌다. *Undella* sp.는 이분법으로 증식하기 때문에 번식 속도는 윤충에 비하여 다소 떨어지지만, 환경조건이 좋을 경우 3회/일 증식이 가능하여 3일 이내에 실험조건에서 500배로 증식시킬 수 있다.

### 3. 마린바이오 소재생물 탐색

축주 산호초 해역에서 기재된 해면류는 총 54종으로 나타났다. 이 중 23종에서 28종류의 생리활성물질이 추출되었으며, 아직까지 분자구조만 밝히고, 성분에 대한 명명이 이루어지지 않은 물질도 4개에 이른다.

마이크로네시아를 포함한 남서태평양에 분포하는 맹독성 *Conus* spp.는 약 10여종이 보고되어 있는데 아직 이들을 대상으로 하는 구체적인 신물질 연구는 진행되지 않고 있다. 같은 복족류인 *Cassis coronata*, *Charonia tritonic*, *Ch. tritonic* 는 마비성 독을 가지고 있다. 독어는 노랑거북복, 가시복류, 흰점꺼끌복, 은띠복 등 15종이 보고되고 있다. 지느러미가시 기저에 독샘이 있는 돌고기의 등지르러미에 찔리면 치명적이지만 돌고기에서 분리된 스토티스톡신(Stonustoxin)은 혈압강하제, 심장 및 신경계통 질환의 치료제로 효과가 있다.

### 4. 남서태평양 해양생물자원 개발전략 연구(1999, 2003)

마이크로네시아의 육지 면적은 701Km<sup>2</sup>에 불과하지만 2,980,000Km<sup>2</sup>에 달하는 광활한



배타적 경제수역을 보유하고 있다.

남서태평양 해양생물자원 개발은 비영리사업으로 기초해양생태환경조사, 생계형 고도 이용자원의 지속가능 개발방안 연구 및 해양생물자원 관리 방안에 대한 연구가 필요하다. 단기적으로 산업화가 가능한 흑진주, 관상어 및 고급 어류양식사업이 선행된 후, 중·장기적으로 미이용 어종 개발, 열대해양생물 유전자 뱅크 설립, 열대해양생물로부터 신물질 및 신의약품 개발, 지구기후변화와 해양생물자원과의 상관관계 규명 사업 등 고부가 산업 및 해양과학 기술력 제고를 위한 사업을 추진하는 것이 바람직하다.

### 3. 목표 달성도

- 마이크로네시아 해역에서 양식가능한 해조류로 *Eucheuma* 속, *Gracilaria* 속 해조류를 검색하였으며, 최적 양식방법을 도출하였다.
- 흑진주 양식용 모패로 사용되는 흑진주조개, 단추 등 고급 장신구로 이용되는 복족류 일종인 트로카스, 열대 태평양 지역에서 전통적으로 중요한 거인인조개류의 자원 규모를 구명하였다.
- 흑진주조개, 트로카스, 남방툭날꽃게의 종묘생산 기법을 개발하였으며, 신종 먹이생물 남방소모충의대량배양 기법을 개발하였다.
- 마이크로네시아 어민들이 선호하는 30여종의 식용어와 관상어류의 서식생태와 자원현황을 파악하였으며, 중요종에 대한 특성을 기술하여 수산자원개발의 지침이 되게 하였다.
- 생명공학의 원료생물인 64종의 해면과 15종의 연산호류를 탐색하였다. 이중 생리활성물질이 추출된 기록이 있는 종은 28 종에 달하고 있다.
- 21종의 독성무척추동물과 16종의 독어류가 마이크로네시아에 분포함을 밝혀내었다.
- 남서태평양 해양생물자원 개발전략을 수립하였으며, 마이크로네시아 수산직공무원 직무교육용 영문교재를 작성하여 3회에 걸쳐 직무교육을 실시하였다.

4. 목표달성도 대조표

연구항목	연구목표	연구결과	중요도	달성도	가중치
해양생물 자원조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>어류자원</li> <li>무척추동물자원</li> <li>해조류자원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어류                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축 264종, 폰페이 131종, 코스레 271종, 압 156종</li> <li>- 식용어 및 관상어 30종</li> </ul> </li> <li>대형무척추동물                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축 47종, 폰페이 53종, 코스레 63종, 압 63종</li> <li>- 주요자원: 흑진주조개, 트로카스, 거인조개, 해삼</li> </ul> </li> <li>해조류 유용종                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 꼬시레기, 유케유마, 젤리디움</li> </ul> </li> </ul>	25%	100%	25%
		10%	100%	10%	
		5%	100%	5%	
소계			40%	100%	40%
신양식 대상종 종묘생산 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>흑진주조개</li> <li>트로카스</li> <li>남방툭날꽃게</li> <li>신먹이생물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>흑진주조개 종묘생산기술</li> </ul>	15%	100%	15%
		<ul style="list-style-type: none"> <li>트로카스 종묘생산기술</li> </ul>	5%	100%	5%
		<ul style="list-style-type: none"> <li>남방툭날꽃게 종묘생산기술</li> </ul>	15%	100%	15%
		<ul style="list-style-type: none"> <li>먹이생물 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고온, 고밀도배양기술</li> <li>- 남방소모충 대량배양 기술</li> </ul> </li> </ul>	5%	100%	5%
소계			40%	100%	40%
마린바이오 21 소재 물탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>유용물질 추출 생물</li> <li>독성생물 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유용생물                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해면류, 강장동물 검색</li> <li>- 유용물질 사례 조사</li> </ul> </li> <li>독성생물                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 독상 무척추 동물</li> <li>- 독어 및 독침어</li> </ul> </li> </ul>	13%	100%	13%
		5%	100%	5%	
		소계			18%
직무교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>마이크로네시아 수산직공무원 직무교육</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교재편찬</li> <li>직무교육 3회 실시</li> </ul>	2%	100%	2%
총계			100%		100%

## 제 2 절. 관련분야에의 기여도

### · 기술적 파급효과 :

- 해외 수산자원 개발능력 함양
- 흑진주조개 및 트로카스 종묘생산 기술 개발로 미이용 패류자원 이용 가능
- 남방톱날꽃게 종묘생산 기술개발로 열대산 갑각류 국내 종묘생산 가능
- 남방소모충을 초기먹이로 이용할 경우 지금까지 소형 먹이생물 부재로 불가능 하였던 능성어류의 종묘생산 가능
- 유사 먹이생물의 개발에 활용함으로 우리나라의 고급어류 및 관상어류 양식 기술 향상
- 발전소 온배수 이용기술과 연계, 아열대산 어류 양식산업의 국내 정착

### · 사회적 파급효과 :

- 동 연구결과를 토대로 우리 기업의 남서태평양 진출을 위한 기술지원
- 남서태평양 도서국에 대한 수산서비스 지원으로 21세기 태평양 시대의 선도적인 해양개발 및 경제·외교적 영향력 확보

### · 경제적 파급효과 :

#### - 직접효과 :

- 흑진주 양식 : 300kg/년 x 50백만원/kg = 150억원/년
- 능성어류 양식 : 200톤/년 x 50백만원/톤 = 100억원/년
- 갑각류 양식 : 100톤/년 x 40백만원/톤 = 40억원/년
- 관상어류 개발 : = 20억원/년

#### - 간접효과 (열대 태평양 어장에서의 조업권 확대 지원)

- 산호초 어업 : 2,000톤/년 x 20백만원/톤 = 400억원/년
- 원양어업 : 100,000톤/년 x 1.2백만원/톤 = 1,200억원/년

## **제 6 장**

### **연구결과 활용계획**

여 백

## 제 6 장. 연구결과 활용계획

1. 특허 제 0464672호 ‘흑진주조개의 종묘생산용 해상장치’ 및 ‘특허 제 10-0692378호 부화 자어 먹이로 이용 가능한 남방소모충 및 이것의 배양방법’은 어느 한 기업이 독점하여 종묘생산 어가에 고가로 판매할 경우 실제 종묘생산 어가에 자금압박 등 부작용이 발생할 가능성이 있음. 따라서 동 발명의 공공성을 감안하여 우리나라 고급어종 종묘생산 어가에 널리 보급하는 것이 바람직함. 또한, 동 발명을 지자체의 수산연구소 등 공공연구기관에 보급하여 입이 작은 열대산 종묘생산 기술개발에 활용케 하는 것이 바람직함.

다만, 특정 기업이 동 기술을 열대태평양 도서국에 진출하여 사용하고자 할 경우에는 해당 지역에 한하여 배타적 권리를 부여하는 것이 바람직함

2. 열대태평양 도서국용 간이 종묘배양시설 및 흑진주조개를 비롯한 남방톱날꽃게와 트로카스 종묘생산 기술은 남서태평양 도서국에 대한 수산서비스에 적극 활용하는 것이 바람직함.

여 백

## **제 7 장**

### **참 고 문 헌**



여 백

## 제 7장. 참고문헌

- 고유봉, 고경민, 김종만. 1991. 제주도 북방 함덕 연안역의 자치어 출현. 한국어류학회지, 3(1): 24-35.
- 김훈수. 1973. 한국동식물도감 제 14권. 동물편(집게·게류). 문교부. 서울. 694pp.
- 노섬·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.
- 마채우. 2005. 개인 연락.
- 백문하. 1980. 서귀포 연근해의 어류상. 제주대 해자연보, 4: 39-46.
- 백문하. 1982. 서귀포 연근해의 어류상. 제주대 논문집, 14: 93-108.
- 이균우, 박흠기, 조성환. 2001. Rotifer 반 연속 고밀도 배양에 있어서 담수산 rotifer, *Brachionus calyciflorus*와 해수산 rotifer, *B. rotundiformis*의 생산성. 한국수산학회지, 34(2): 156-159.
- 이순길, 김용억, 명정구, 김종만. 2006. 한국산어명집. 한국해양연구원. 정인아이앤디. 서울. 256pp.
- 이영돈, 송영보. 2001. 능성어류의 양식산업화를 위해서 (1). 한국양식, 13: 4-9.
- 이영돈, 송영보. 2004. 능성어류의 양식산업화를 위해서 (2). 자바리의 어미관리와 종묘생산. 한국양식, 16: 12-20.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 一志社, 서울. 727pp.
- 한국무역협회. 2003. 홈페이지. <http://www.kita.net>
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 한국동물분류학회. 서울. 489pp.
- 해양수산부. 2000. 해양개발기본계획(Ocean Korea 21). 서울. 228pp.
- 해양수산부. 2003. 농수산통계연보. [www.momaf.go.kr/info/stat/d.-stat-01.asp](http://www.momaf.go.kr/info/stat/d.-stat-01.asp)
- 해양수산부. 2004. 해양수산통계연보. 홈페이지. <http://www.momaf.go.kr>
- 해양수산부. 2007. 해양수산통계. <http://badasori.momaf.go.kr>
- 한국해양연구소. 1987. 인공진주양식기술 개발에 관한 연구(III). BS)G00042-159-3, 서울. 607pp.
- 한국해양연구소. 1995. 제주도 남부해역의 생물상 연구. BSPE 00454-794-3, 서울. 155pp.
- 한국해양연구소. 1998. 해양생물로부터 신물질 및 유용물질 개발 연구. BSPE 98702-00-1142-4. 416pp.

- 한국해양연구소. 1999. 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM99042-00-1204-7. 서울. 461pp.
- 한국해양연구소. 2000. 남서태평양 흑진주조개 자원개발 연구. BSPM 0086-00-275-3. 서울. 70pp.
- 한국해양연구원. 2002. 2001년 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM10800-1411-3, 해양수산부, 96pp.
- 한국해양연구원. 2002a. 마이크로네시아 해양부문 공무원 직무교육. BSPK04300-1432-7. 해양수산부, 51pp.
- 한국해양연구원. 2003. 2002년 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM169-00-1529-3, 해양수산부, 198pp.
- 한국해양연구원. 2004. 2003년 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM233-00-1590-3, 해양수산부, 171pp.
- 한국해양연구원. 2005. 2004년 남서태평양 해양생물자원 개발연구. BSPM276-00-1692-3, 해양수산부, 153pp.
- 해양수산부. 2005. 해양수산통계연보. 홈페이지. <http://www.momaf.go.kr>
- 홍재상, 전중균. 1995. 해양생물의 화학적 신호. 전파과학사, 286pp.
- 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.
- Aldon, E. T. 1997. The culture of seabass. *Asian Aquaculture*, 19: 14-17.
- Alonsa, D., Z. Khakil, N. Satkunanathan, and B. G. Livett. 2003. Drugs from the sea: Conotoxins as drug leads for neuropathic pain and other neurological conditions. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 3: 785-787
- Anon. 1956. Closing Minihiki lagoon is unnecessary. *The Pacific Islands Monthly*. March 1956: 47.
- Anon. 1973. Mother of pearl, *Pinctada margaritifera*. *Australian Fisheries*. Dec. 1973, Plate No. 22.
- Arnaud-Haond, S. V. Vonau, F. Bonhomme, P. Boudry, J. Prou, T. Seaman, M. Veyret and E. Goyard. 2003. Spat collection of the pearl oyster (*Pinctada margaritifera cumingii*) in French Polynesia: an evaluation of the potential impact on genetic variability of wild and farmed populations after 20 years of commercial exploitation. *Aquaculture*, 219: 181-192.

- Banner, A. H. 1952. Preliminary report on marine biology study of Onotoa Atoll, Gilbert Islands. Atoll Res. Bull., 13: 1-42.
- Bosque, T., R. Hernández, R. Pérez, R. Todolí, R. Oltra. 2001. Effects of salinity, temperature and food level on the demographic characteristics of the seawater rotifer, *Synchaeta littoralis* Rousselet. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 258, 55-64.
- 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.
- Calfo, A., 2001. Book of coral propagation; reef gardening for aquarists. reading tree Publ. 450pp.
- Calfo, A. and R. Fenner, 2003. Reef invertebrates; An essential guide to selection, care and compatibility. The natural marine aquarium series, reading tree Publ. 399pp.
- Capriulo, G.M., 1982. Feeding of field collected tintinnid micro-zooplankton on natural food. Mar. Biol., 71, 73-86.
- Catherine, B. and Rassoulzadegan, F. 1990. Bacteria or microflagellates as a major food source for marine ciliates: possible implications for the microzooplankton. Mar. Eco. Pro. Ser., 64, 147-155.
- Chellam, A. 1987. Biology of pearl oyster. Pages 13-29 in K. Alagarwami ed. Pearl culture. Bull. Cent. Mar. Fisf. Res. Inst. No. 39. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India.
- Chua, T. E. and S. K. Teng. 1980. Economic introduction of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. Aquaculture, 20: 187-228.
- Chua, T. E. and S. K. Teng. 1982. Effects of food ration on growth, condition factor, food conversion efficiency, and net yield of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, cultured in floating net cages. Aquaculture, 27: 273-283.
- Clardy. 1994. Salinamides A and B: anti-inflammatory depsipeptides from a

- marine streptomycete. J. Am. Chem. Soc., 116: 757-758.
- Coeroli, M. D., D. De Gaillande, J. P. Landret and D. Coatanea. 1982. Recent innovations in cultivation of molluscs in French Polynesia. Aquaculture 39(1-4): 45-67.
- Coeroli, M., D. De Gaillande and J. P. Landret. 1984. Recent innovation in cultivation of molluscs in French Polynesia. Aquaculture, 39: 45-67.
- Colin, P. 2004. Marine bioprospecting for the National Cancer Institute. Reef Research, Issue 7.
- Colin, P. L. and C. Arneson, 1995. Tropical Pacific Invertebrates, Coral Reef Press, 296pp.
- Copeman, L. A., C. C. Parrish, J. A. Brown and M. Harel. 2002. Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. Aquaculture, 210: 285-304.
- Costanza, R., R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. Niell, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Saitton and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387: 253-260.
- Crossland, C. 1957. The cultivation of the mother of pearl oyster in the Red Sea. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 8: 111-130.
- Doroudi, M. S., P. Southgate and R. J. Mayer. 1999. Growth and survival of blacklip pearl oyster larvae fed different densities of microalgae. Aquaculture International, 7: 179-187.
- Doty, M. S. 1983. Coral reef diversified farming. Pages 437-478 in C. K. Tseng ed. Proc. Joint China-U.S. Phycology Symp., Science Press, Beijing.
- Du Plessis, A. 1971. Preliminary investigation into the morphological characteristics, feeding, growth, reproduction and larval rearing of *Scylla serrata* Forskal (Decapoda: Portunidae), held in captivity. South Pacific Development Corporation. Unpublished 24P. Sited by D. Mann, T. Asakawa, and A. Blacksha. 1999. Performance of Mud Crab *Scylla serrata* Broodstock held at Bribie Island Aquaculture Research Centre. Pages 101-105 in C. P. Keenan and A. Blackshaw ed. Mud Crab Aquaculture and

- Biology. ACIAR Proceedings No. 78. Canberra. 216pp.
- Ellis, E. P., W. O. Watanabe, S. C. Ellis, J. Ginoza and A. Moriwake. 1997. Effects of turbulence, salinity, and light intensity on hatching rate and survival of larval Nassau grouper, *Epinephelis striatus*. J. Appl. Aquaculture, 7: 33-43.
- English, S., C. Wilkinson and V. Baker, 1994. Survey manual for tropical marine resources, Asean-Australia marine science project: living coastal resources, 5-117.
- FAO. 1997. FAO Fisheries Circular No. 907 FIP/C907, ISSN 0429-9329, Fisheries and aquaculture in the south Pacific: situation and outlook in 1996. Available from <http://www.fao.org/docrep/003/w5369e/w5369e06.htm>
- FAO. 2002. Pacific Island Fisheries: Regional and Country Information. RAP Publication 2002/13. Asia-Pacific Fishery Commission, FAO/UN, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC682E/ac682e00.htm>
- Faulkner, D. J. 2001. Marine natural products. Nat. Prod. Rep., 18: 1-49.
- Faulkner, D. J. 2002. Marine natural products. Nat. Prod. Rep., 19: 1-48.
- Federated States of Micronesia. 2007. [www.fsimgov.org/info/people.html](http://www.fsimgov.org/info/people.html)
- FitzGerald, W. J. Jr., M. Bauerlein and C. S. Tamaru. 1994. Preliminary sawning and larval culture trials for groupers from Guam and Palau. Final Report. Tech. Rep. Ser. Guam Aquacult. Dev. Train. Cent., No 18. 40pp.
- Friedman, K. L. and J. D. Bell. 1999. Variation in abundance of blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera* Linne.) spat from inshore and offshore reefs in Solomon Islands. Aquaculture 178: 273-291.
- Friedman, K. L. and J. D. Bell, G. Tiroba. 1998. Availability of wild spat of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, from 'open' reef systems in Solomon Islands. Aquaculture, 167: 283-299.
- Fu, Y., A. Hada, T. Yamashita, Y. Yoshida and A. Hino. 1997. Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. Hydrobiologia, 358, 145-151.
- Furuita, H., T. Takeuchi and K. Uematsu. 1998. Effects of eicosapentaenoic and

- docosahexaenoic acids on growth, survival and brain development of larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 161: 269-279.
- Hussain, N. A. and M. Higuchi. 1980. Larval rearing and development of the brown spotted grouper, *Epinephelus tauvina* (Forskaal). *Aquaculture*, 19 : 339-350.
- George, C. D. 1978. The pearl. FAO and Asian Development Bank. Samarai, Papua New Guinea. 169pp.
- Gervis, M. H. and N. A. Sims. 1992. The biology and culture of pearl oysters (Bivalvia: Pteridae). ICLARM Studies and Reviews 21. Manila, Philippines, 41pp.
- Gillett, R. D. 2002. *Pacific island fisheries : regional and country information*. Asia-Pacific Fishery Commission, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, RAP Publication 2002/13, 168pp.
- Guillard, D. 1973. Handbook of phycological Methods. Pages 289-311 in J. R. Stein ed., Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press, Cambridge. UK.
- Groombridge B. Jenkins, M. D. The Diversity of the Seas : a regional approach. World Conservation Monitoring Centre. World conservation Press, Dec, 1996))
- Granvil, D.T and D.A. Davis, 2000. Culture of small zooplankters for the feeding of larval fish. SRAC Publication No. 701.
- Hagiwara, A., W.G. Gallardo, M. Assavaaree, T. Kotani, A.B. de Araujo, 2001. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture*, 200, 111-127.
- Hampton, J. 2002. Stock assessment of albacore tuna in the south Pacific Ocean. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community, SCTB 15 Working Paper ALB-1, New Caledonia. 31pp.
- Hampton(a), J. 2002. Stock assessment of bigeye tuna in the south Pacific Ocean. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community, SCTB 15 Working Paper BET-1, New Caledonia. 35pp.
- Hampton(b), J. 2002. Stock assessment of yellowfin tuna in the south Pacific Ocean. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community, SCTB

- 15 Working Paper yft-1, New Caledonia, 32pp.
- Hampton(c), J. 2002. Stock assessment of skipjack tuna in the south Pacific Ocean. Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community, SCTB 15 Working Paper skj-1, New Caledonia. 30pp.
- Hedley, C. 1924. Australian pearl fisheries. Aust. Mus. Mag., 2: 5-11.
- Heslinga, G. A. 1981. Larval development, settlement, and metamorphosis of the tropical gastropod *Trochus niloticus* Linne, Malacologia, 20: 349-557.
- Heslinga, G. A. and A. Hillmann. 1981. Hatchery culture of commercial top snail *Trochus niloticus* in Palau, Caroline Islands. Aquaculture, 22: 35-43.
- Hussain, N. A. and M. Higuchi. 1980. Larval rearing and development of the brown spotted grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) Aquaculture, 19 : 339-350.
- 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.
- Johannes, R. 1998. The case for dataless management of marine resources: examples from tropical near shore fisheries. Trends in Eco. Evo. 13(6): 243-246.
- Keenen, C. P. 2001. Aquaculture of the mud crab, Genus *Scylla* - past, present, and future. Pages 9~13 in C. P. Keenan and A. Blackshaw ed. Mud Crab Aquaculture and Biology. ACIAR Proceedings No. 78. Canberra. 216pp.
- Khoo, H. E. 2002. Bioactive proteins from stonefish venom. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, 29: 802-806.
- Klinbunga S. Boonyapakdee A. and Pratoomchat. 2000. Genetic diversity and species-biagnostic markers of mud crab(Genus *Scylla*) in eastern Thailand determined by RAPD analysis. Mar. Biotechnol., 2: 180-187.
- Kim I.-S. and W.-O. Lee. 1994. New recorded of seven species of the Order Perciformes 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.
- Lee, C. L. and P. W. Lynch. 1997. *Trochus*: Status, hatchery practice and nutrition. Proc. of a workshop held at NTU, 6-7 June, 1996. ACIAR,



Canberra, 185pp.

- Lee, Y. D., H. B. Kim, C. B. Song, S. Rho and J. J. Lee. 1996. Hormonal induction of sex reversal in serranid fish, *Epinephelus septemfasciatus*. J. Aquacult., 9: 19-23.
- Lee, K. W., 2004. Mass culture and food value of the cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. Ph. D. thesis, Kangnung University, 124pp.
- Li S., C. Zeng, H. Tang, G. Wang and Q. Lin. 1999. Investigations into the reproductive and larval culture biology of the mud crab, *Scylla paramamosain*: A research overview. Pages 121 -124 in C. P. Keenan and A. Blackshaw eds. Mud crab aquaculture and biology. Proceedings of an international scientific forum held in Darwin, Australia. 21-24 April. 1997. ACIAR. Canberra.
- Long, B. G., I. R. Poiner and A. N. M. Harris. 1993. Method of estimating the standing stock of *Trochus niloticus* in incorporating Landsat satellite data, with application to the trochus resources of the Bourke Isles, Torres Strait, Australia. . Mar. Biol., 115: 587-593.
- Manoa Map works. 1987. Kosrae coastal resources atlas. US Army Corps of Engineers. 61pp.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arage, T. Uyeno and T. Yoshino. 1984. The fish fauna of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo. 437pp.
- McEvoy, L. A., T. Naess, J. G. Bell and Ø. Lie. 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed enriched *Artemia*: a comparison with fry fed wild copepods. Aquaculture, 163: 237-250.
- McEvoy, L. A., J. C. Navarro, F. Hontoria, F. Amat and J. R. Sargent. 1996. Two novel *Artemia* enrichment diets containing polar lipid. Aquaculture, 144: 339-352.
- Minaur J. 1969. Experiments on the artificial rearing of the larvae of *Pinctada maxima* (Jameson)(Lamellibranchia). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 20: 175-187.
- Moberg, F. and C. Folke. 1999. Analysis : Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Eco. Econ. 29: 215-233.

- 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.
- Nash, W. J. 1985. Aspect of the biology of *Trochus niloticus* and its fishery in the Great Barrier Reef region. Qld. Fish. Res. Branch & GBR Marine Park Authority. 210pp.
- Nelson, J. S. 1994. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc., NY. 600pp.
- Nissou Foods. 1990. Report of study on mangrove crabs on Kosrae Island. Bio-Production & Technical Research Institute Co., Ltd. 73pp.
- Orcutt A. M, R. Cordy, O. J. Rappa and B. D. Smith. 1989. Yap proper coastal resources inventory. NOAA Grant NA85AA-D-SG082. 179pp.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale. 2000. Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched *Artemia*. Aquaculture, 188: 353-361.
- Perrine, D. 1978. The mangrove crabs on Ponape, Marine Resources Division Ponape, 66P.
- 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* (Bivalvia: Pteriidae), cultivated in Takapoto atoll (French Polynesia). Aquatic Living Resources. 13: 37-48.
- Prost, M. 2001. In the Red. Colored Stone, July/August. Available from <http://www.tucsonshowguide.com/stories/jul01/markets.cfm>
- Reed, W. 1966. Cultivation of black-lipped pearl oyster *Pinctada margaritifera* (L.). J. Conc. London, 26: 26-32.
- 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(2): 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.
- Sargent, J. R., L. A. McEvoy and J. G. Bell. 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155: 117-128.
- Sargent, J., L. McEvoy, A. Estevez, G. Bell, M. Bell, J. Henderson and D. Service de la Peche. 1970. Etude sur l'industrie nacrifere en Polynesie Francaise. Bull. Tech. No. 2. Tahiti. Polynesie Francaise. 34pp.
- Shansudin, L., M. Yusof, A. Azis and Y. Shukri. 1997. The potential of certain indigenous copepod species as live food for commercial fish larval rearing. *Aquaculture*, 151: 351-356.
- Shelly, Colin. 2002. Feasibility of mangrove carb farming in Kosrae. Eco-Cinsult Pacific. Suva, Fiji. Report to the Kosrae, FSM. 27pp.
- Sims, N. A. 1992a. Abundance and distribution of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.), in the Cook Island, South Pacific. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 43: 1409-1421.
- Sims, N. A. 1992b. Population dynamics and stock management of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.), in the Cook Island, South Pacific. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 43: 1423-1435.
- Smith, B. D. 1987. Growth rate, Distribution and abundance of the introduced topshell *Trochus niloticus* Linnaeus on Guam, Mariana Islands. *Bull. Mar. Sci.*, 41(2): 466-474.
- Southgate P. and A. Beer. 1996. Hatchery production of the blacklip pearl oyster. *Austasia Aquaculture*, 10: 58-60.
- 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. and A. C. Beer. 2000. Growth of blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) juveniles using different nursery culture techniques. *Aquaculture*, 187: 97-104.
- 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; 24

- Støttrup J. G. and L. A. McEvoy, 2003. Live feeds in marine aquaculture. (in) J. G. Støttrup (ed.), Production and Nutritional Value of Copepods. Blackwell Science Ltd, pp. 17-64.
- Talbot, F and C. Wilkinson. 2001. *Coral Reefs, Mangroves and Seagrasses* : a source book for managers.
- 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.
- Tasuda, H. 1997. Coral Reef: Mines of precious substrates. Tropical Coasts, 4(1).
- Tranter, D. J. 1958a. Reproduction in Australian pearl oysters. III. *Pinctada albina* : Breeding season and sexuality. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 9 : 191-216.
- Tranter, D. J. 1958b. Reproduction in Australian pearl oysters. IV. *Pinctada margaritifera*. 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.
- Tocher. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. Aquaculture, 179: 217-229.
- Tsuda, R. T. 1978. Marine biological survey of Yap Lagoon. Univ. Guam Marine Lab. Technical Report No. 45. Guam. 169pp.
- Tsuda, R. T. 1982. Seasonality in micronesian seaweed population and their biogeography as affecting wild crop potential. Pages 27-31 in R. T. Tsuda and Y. M. Chiang ed. Proc. China-United States Cooperative Science Seminar on Cultivation and Utilization of Economic Algae.
- Tsuda, R. T., S. G. Nelson, V. J. Paul and K. L. Van Alstyne. 1987. Survey of

- potentially important economic seaweeds in Yap lagoon, Micronesia. Univ. Guam Marine Laboratory, Technical report 14.
- Vernon, J. 2000. Corals of the world. Vol. I. Mary Stafford-Smith. AIMS & CRR, Queensland, Australia. 463pp.
- 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.
- Wada, K. T., A. Komaru, Y. Ichimura, H. Kurosaki. 1995. Spawning peak occurs during winter in the Japanese subtropical population of the pearl oyster, *Pinctada fucata fucata* (Gould, 1850). *Aquaculture*. 133: 207-214.
- Walne, P. R. 1974. Culture of bivalve molluscs 50 years experience at Conwy. Fishing News Ltd., West Byfleet, 173pp.
- Watanabe, T. C., S. Kitajima, S. Fujita. 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: A review. *Aquaculture*, 34: 115-143.
- World Bank. 2000. Voices from the village—a comparative study of coastal resource management in the Pacific islands. Pacific island discussion paper series No. 9., Papua New Guinea and Pacific Islands Country Unit, The World Bank. pp.21.
- Yukihira, H., D. W. Klumpp and J. S. Lucas. 1998a. Effects of body size on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxia*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 170: 119-130.
- Yukihira, H., D. W. Klumpp and J. S. Lucas. 1998b. Comparative effects of algal species and food concentration on suspension feeding and energy budgets of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxia* (*Bivalvia: Pteriidae*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 171: 71-84.
- 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.

[별지 제16호 서식]

해양수산연구개발사업 연구결과 활용계획서				
사업구분	해양수산연구개발사업-마린바이오21사업			
과제명	남서태평양 해양생물자원 개발연구			
연구기관	한국해양연구원	연구책임자	이순길	
총연구기간	2000년 4월 1일 ~ 2007년 12월 31일 (7년 9개월)			
총 연구비 (단위 : 천원)	정부출연금	민간부담금	합계	
	1,370,000	220,000	1,590,000	
기술분야	해양수산			
참여기업	Hans Micronesia International (2003-2004)			
협동연구기관	경상남도 수산자원연구소			
위탁연구기관				
연구결과활용 (해당항목에(√) 표시)	1.기업화 (√)	2.기술이전(√)	3.후속연구추진( )	4.타사업에활용(√)
	5.선행 및 기초연구( )	6.기타목적활용(교육, 연구)( )	7.활용중단( )	8.기타( )
<p>해양수산연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제33조(연구개발결과의 보고) 제2항에 의거 연구결과 활용계획서를 제출합니다.</p> <p>첨부 : 1. 연구결과 활용계획서 1부. 2. 기술요약서 1부</p> <p style="text-align: right;">2007년 12월 28일</p> <p style="text-align: right;">연구책임자 : 이희승 (인) 연구기관장 : 염기대 (직인)</p> <p>해양수산부장관 귀하</p>				

여 백

[첨부1]

## 연구결과 활용계획서

### 1. 연구목표 및 내용

본 과제는 남서태평양의 해양생물자원을 개발하여 우리 기업의 진출촉진 및 도서국과의 수산협력체제를 구축하여 해외수산업전진기지 개척을 지원하기 위하여 기획되었으며, 제 6차 년도인 2005년 사업부터 마리바이오21사업에 편입되었으며, 연구연도별 연구목표 및 내용은 다음과 같다.

- 산호초 생태계 및 수산자원 조사
  - 축라군(Chuuk Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(1999, 2001, 2002)
  - 축주 나무원환초(Nomwin Atoll) 생태계 및 수산자원 조사(2001)
  - 축주 쿠오희초(Kuop Atoll) 생태계 및 수산자원 조사(2002)
  - 축주 흑진주조개 자원조사(2000)
  - 코스레거초 (Kosrae Fringe reef) 생태계 및 수산자원 조사(2003, 2004)
  - 얍라군(Yap Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(2005)
  - 폰페이라군(Pohnpei Lagoon) 생태계 및 수산자원 조사(2006)
  
- 신양식 대상종 개발연구
  - 흑진주조개 종묘생산 연구(2001, 2002, 2003, 2004)
  - 트로카스 종묘생산 연구(2000, 2002)
  - 능성어류 종묘생산 기초연구(2004, 2005)
  - 톱날꽃게 종묘생산 기초연구(2005, 2006)
  
- 마린바이오 소재생물 탐색(2005, 2006)
  
- 남서태평양 해양생물자원 개발전략 연구(1999, 2003)



- 해양생물자원조사
  - 압주 산호초 생태계 구조조사
  - 압주 산호초의 유용생물 조사
  
- 신양식 대상종 개발

## 2. 연구수행결과 현황(연구종료시점까지)

### 가. 특허(실용신안) 등 자료목록

발명명칭	특허공고번호	공고일자	발명자 (출원인)	출원국	비고
흑진주조개 종묘 생산용 해상사육 장치	특허 제 0454672호	2004. 12. 22	한국해양 연구원	대한민국	
부화자어 먹이로 이용 가능한 남방 소모충 및 이것의 배양방법	특허 제 10-0692378호	2007. 3. 2	한국해양 연구원	대한민국	

### 나. 프로그램 등록목록

- 해당 없음 -

### 다. 노하우 내역

- 흑진주조개 인공산란 유발 방법
- 남방뚝날꽃게 생식소 검사 및 안병 절단에 의한 인공포란 유발 방법
- 열대환경에서의 식물성 먹이생물 및 윤충 배양 배양 기법

라. 발생품 및 시작품 내역

- 해당 없음 -

마. 논문게재 및 발표 실적

○ 논문게재 실적(필요시 별지 사용)

학술지 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명	SCI게재여부
Ocean and Polar Research	Chuuk Lagoon에 서식하는 흑진주조개, <i>P. margaritifera</i> 의 2003년 하계생식소 발달 및 산란 특성	2005년 9월	27권 3호	한국 해양연구원	대한민국	준SCI
계: 1건수						

○ 학술회의 발표 실적(필요시 별지 사용)

학술회의 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명
10th International Coral Reef Symposium	Spatial distribution of corals and fisheries relation to the reefs formation based on topography around Kosrae, FSM.	2004.6. 29		International Society of Reef Studies	일본
	The fish fauna in Chuuk, Micronesia.	"		"	"
	Spatial distribution and natural stocks of blacklip pearl oyster, <i>Pinctada margaritifera</i> in Chuuk Lagoon, FSM	"		"	"
계: 3건					

### 3. 연구성과

연구내용	연구목표	연구결과
해양생물 자원조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산호초생태계 구조조사</li> <li>• 산호초 수산자원조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 축, 폰페이, 코스레 및 압주 산호초 해양생물자원조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축주: 해조류 25종, 대형무척추동물 48종 및 어류 264종</li> <li>- 폰페이주: 해조류 23종, 해초류 1종, 대형무척추동물 53종 및 어류 131종</li> <li>- 코스레주: 해조류 19종, 대형무척추동물 71종 및 어류 271종, 트로카스 및 해삼 자원량 파악</li> <li>- 압주: 해조류 15종, 대형무척추동물 63종 및 어류 156종, 트로카스 자원량 파악</li> <li>- 각 주 산호초 군집구조 구명 및 유사도 분석</li> <li>- 바리류, 쥐돔류, 파랑비늘돔류, 관상어류 등 수산어종 탐색</li> <li>- 흑진주조개, 거대조개, 트로카스, 해삼류 자원 탐색</li> </ul> </li> </ul>
신양식 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먹이생물 열대환경배양</li> <li>• 신먹이생물 개발</li> <li>• 흑진주조개</li> <li>• 트로카스</li> <li>• 톱날꽃게</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먹이생물개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물성 먹이생물 6종 현지 고밀도 계대배양</li> <li>- 열대환경에 적합한 식물성 먹이생물 고수온(25℃) 배양</li> <li>- 남방소모충 분리 및 배양기술 개발</li> <li>- 열대산 윤충류 배양기술 개발</li> </ul> </li> <li>• 흑진주조개               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 종묘생산 기술 확립 및 종묘생산 지침서 작성</li> <li>- 해양종묘생산 장치 개발</li> </ul> </li> <li>• 트로카스               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인공산란유발 기술 확립</li> <li>- 종묘생산 공정기술 확립</li> </ul> </li> <li>• 톱날꽃게               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장거리 항공운송 기법 확립</li> <li>- 인공산란유발 기술 확립</li> <li>- 종묘생산 공정기술 확립</li> </ul> </li> </ul>
해양생물 공학 소재 생물개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소재생물</li> <li>• 독성생물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유용생물 추출 대상생물(해면류, 산호류 및 강장동물류) 분포 조사</li> <li>• 남서태평양 산 독성 무척추동물 및 어류 조사</li> </ul>
정책개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양생물개발 정책 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 남서태평양 도서국 수산직 공무원 연수용 교재작성</li> <li>• 남서태평양 해양생물자원 개발전략 수립</li> </ul>

#### 4. 기술이전 및 연구결과 활용계획

가. 활용계획(6하 원칙에 따라 구체적으로 작성)

- 마린바이오21 사업의 소재생물 수집에 활용
- 남서태평양에 진출하는 국내 수산양식기업에 대한 기술지원(흑진주양식, 갑각류 양식, 능성어류 양식)
- 국내 고급어종의 양식업 생산성 향상을 위한 기술 지원(남방소모충, 열대산 윤충 등 소형 먹이생물 배양기술 지원)
- 남서태평양 해양생물자원 개발을 위한 정책지원

나. 활용방법

- 대상기업에 직접 기술이전
- 국내 양식어민에 대한 기술지도
- 남서태평양 수산직 공무원 교육용 교재로 활용

다. 차년도 이후 활용계획(6하 원칙에 따라 구체적으로 작성)

- 신양식 대상종 종묘생산기술
  - 남서태평양 진출 기업에 직접 기술 이전, 단기간 내 기업화 달성
  - 사업성과에 따라 해당 상품 생산 초년부터 기술료 징수
- 남서태평양 해양생물자원 개발전략에 활용
  - 연구결과를 토대로 2009년부터 남서태평양 해양생물자원 기업화 개발 추진
- 국내 양식기업을 대상으로 먹이생물 및 열대산 갑각류 양식 기술지도
- 남방소모충 대량배양 기술 및 흑진주조개 해상사육 기술은 특허권을 부여 받은 기술이지만 어느 한 기업이 독점할 경우 영세 종묘생산 어민에게는 자금압박 등 부작용이 발생 할 가능성이 있음. 따라서 동 특허의 공공성을 감안하여 우리나라 고급어종 종묘생산 어가에 널리 보급하는 것이 바람직함. 또한, 동 발명을 지자체의 수산연구소 등 공공연구기관에 보급하여 입이 작은 열대산 종묘생산 기술 개발에 활용케 하는 것이 바람직함

## 5. 기대효과

### ○ 과학기술계 파급효과

- 수산자원의 고부가 가치화 기술 확보 및 생물 종다양성 보존 기법 함양
- 열대수산자원 개발을 위한 기술능력 배양
- 해양BT산업 육성을 위한 원료확보에 활용

### ○ 산업계 파급효과

- 초소형 먹이생물 개발로 국내산 양식어류 종묘의 초기 생존율 향상
- 발전소 온배수 이용기술과 연계, 아열대산 어류 양식산업의 국내 정착
- 확보된 열대성 어종의 유전형질을 이용한 신품종 어류개발
- 흑진주 양식기술의 산업화 및 국내 진주양식기술의 고급화

### ○ 경제적 파급효과(단위 사업체당 예상 생산액)

#### · 직접효과 :

능성어류 양식 :	200톤/년	x	50백만원/톤	=	100억원/년
흑진주 양식 :	300Kg/년	x	50백만원/Kg	=	150억원/년
관상어류 개발 :				=	20억원/년
갑각류 양식 :	100톤/년	x	40백만원/톤	=	40억원/년

#### · 간접효과 (조업권 획득 및 확충)

산호초 어업 :	2,000톤/년	x	20백만원/톤	=	400억원/년
원양어업 :	100,000톤/년	x	1.2백만원/톤	=	1,200억원/년

### ○ 사회·문화적 파급효과

- 남서태평양 현지 양식산업을 정착시켜 우리나라 기업의 해외진출 촉진
- 신해양개발기술 확보로 신해양자원 개발 및 관리능력 향상
- 21세기 태평양 시대의 선도적인 해양개발로 태평양 주변국들과의 해양기술협력을 통한 외교적 영향력 확보

**6. 문제점 및 건의사항(연구성과의 제고를 위한 제도·규정 및 연구관리 등의 개선점을 기재)**

- 연구예산상 현지조사 및 실험기간 절대부족 및 현지 실험시설의 미비로 인하여 효과적인 연구수행이 어려움
- 연구개발 기간을 단축하고, 개발된 기술을 단시간 내에 산업화 하기위하여서는 최소한 2명의 연구원이 현지에 상주하여 지속적인 연구를 수행하여야 함
- 따라서 2009년부터 이를 위한 pilot plant 수준의 연구시설과 경비 지원이 필요함 또한, 해양생물자원개발의 분야별 투자를 확대하고 충분한 연구비 지원이 요망됨

[첨부2]

## 기술 요약서

■ 기술의 명칭

1. 흑진주조개 해상사육장치 및 종묘생산 기술
2. 남방소모충 및 고밀도 배양방법
3. 꽃게류 간이 생식소 검사 및 안병 절단에 의한 인공포란 유발 방법

■ 기술을 도출한 과제현황

과제관리번호	PM44700			
사업구분	해양수산연구개발사업-마린바이오21사업			
과제명	남서태평양 해양생물자원 개발연구			
세부사업명				
연구기관	한국해양연구원	기관유형	출연연구기관	
참여기관(기업)	경상남도 수산자원연구소			
총연구기간	2000. 4 - 2007. 12			
총연구비	정부(1,370,000)천원    민간(220,000)천원    합계(1,590,000)천원			
연구책임자 1	성명	이희승	주민번호	650915-1683111
	근무기관 부서	한국해양연구원 해양자원연구본부	E-mail	hslee@kordi.re.kr
	직위/직급	책임연구원	전화번호	031-400-6179
연구책임자 2	성명	이순길	주민번호	491010-1023128
	근무기관 부서	한국해양연구원 해양자원연구본부	E-mail	skyi@kordi.re.kr
	직위/직급	책임연구원	전화번호	031-400-6227
실무연락책임자	성명		소속/부서	한국해양연구원/연구개발팀
	직위/직급		E-mail	
	전화번호		FAX	
	주소	(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29		

## ■ 기술의 주요내용

### 1. 흑진주조개 해상사육장치 및 종묘생산 기술

#### [기술의 개요]

이 기술은 발명특허 특허 제 0454672호 “흑진주조개 종묘생산용 해상사육장치”를 기반으로 하는 흑진주조개 및 열대산 패류의 종묘생산 기업의 생산성을 획기적으로 향상 시켜줄 수 있는 기술이다. 특징은 흑진주조개 초기유생에게 인공산 먹이에 더하여 해적생물이 제거된 자연산 먹이를 충분하게 공급하고, 사육수의 원활한 교환으로 최적사육환경을 제공하는 것이다. 이 발명의주요 구성은 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.

#### <기술적 특징>

이 기술의 특징은 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 인공대량종묘생산을 이룩하여, ④ 지속적으로 흑진주 양식업이 발전할 수 있는 기틀을 마련한 것이다.

이 기술은 하나의 시스템으로 남태평양 현지에 손쉽게 설치할 수 있으며, 교환망의 교체 등 간단한 조작으로 탁도가 높은 우리나라 연안에서도 고급 해산동물의종묘생산에 활용할 수 있다.

#### [용도 · 이용분야]

- 흑진주조개, 진주조개를 포함하여 피조개, 굴 등 이대패류 종묘생산에 활용
- 능성어 등 고급어종의 자어 양성에 활용
- 남서태평양 해양전진기지 개척의 도구로 활용



## 2. 남방소모충 및 배양방법

### [기술의 개요]

이 기술은 발명특허 특허 제 10-0692378호 “부화자어 먹이로 이용 가능한 남방소모충 및 이것의 배양방법”을 기반으로 하는 기술로 부화자어의 초기먹이로 이용 가능한 남방소모충(*Undella* sp. Chuuk-04) 및 이것의 배양방법에 관한 것으로, 종래에 입이 작은 부화자어에 알맞은 크기의 먹이생물을 개발하지 못하여 불가능하였던 능성어류(grouper)의 종묘생산을 가능하게 한 것이다. 본 발명에 따라 갑장이 50 $\mu$ m~60 $\mu$ m 범위이고 갑폭은 44 $\mu$ m~46 $\mu$ m 범위인 남방소모충을 최적의 배양조건인 29~30℃의 온도와 32~34‰ 염분에서 4 $\mu$ m~5 $\mu$ m 범위의 세포크기를 갖는 아이소크라이시스 갈바나(*Isochrysis galbana*)를 먹이생물로 하여 4일 이내에 250배로 증식시킴으로써, 능성어류 부화자어의 초기먹이용 시료를 공급하여 능성어류의 양식용 종묘를 생산하여 지금까지 불가능 하였던 능성어류 양식을 가능하게 하는 효과가 있는 것이다.

### <기술적 특징>

이 기술은 고부가 수산어종인 능성어류를 비롯한 열대성 어류는 부화자어의 입이 작아 통상적으로 어류 종묘생산시 부화자어의 먹이생물로 사용되는 윤충을 섭취할 수 없어 아직 종묘생산에 성공하지 못하고 있다. 이 기술과 관련하여 개발한 남방소모충은 갑장과 갑폭이 모두 50 $\mu$ m 내외의 소형 동물플랑크톤으로 입이 작은 능성어류의 부화자어도 쉽게 섭취할 수 있는 크기이다. 본 발명에 따라 배양조건을 정하여 줄 경우 남방소모충은 일간증식을 400%로 집중 후 4일 이내에 250배로 증식 가능하며 배양액 1ml당 800개체의 고밀도 배양이 가능하다. 능성어류의 부화자어가 윤충을 섭취할 수 있는 크기로 자라는 기간은 1주일 이내 이기 때문에, 1회의 종묘생산에 있어 남방소모충의 배양기간은 10일 정도의 단기간이다. 남방소모충은 기존의 먹이생물 배양시설에서도 배양이 가능한 것으로 초기먹이생물에 대한 큰 부담 없이 능성어류의 종묘생산을 가능하게 하여 우리나라 양식산업에 크게 기여할 수 있다.

### [용도·이용분야]

- 능성어류 등 고부가 어종 종묘생산시 초기먹이생물로 이용
- 국내외 신양식 대상종 개발에 활용
- 남서태평양 해양전진기지 개척의 도구로 활용

### 3. 꽃게류 간이 생식소 검사 및 안병 절단에 의한 인공포란 유발 방법

#### [기술의 개요]

꽃게류 간이 생식소 검사에 대한 노하우는 암조건에서 손전등을 이용하여 게류의 생식소발달 정도를 간접적으로 파악하는 기술이다.

안병절단 방법은 통상 새우류에서 생식소 발달을 촉진시키기 위하여 사용하는 방법을 개량한 것이다. 이 노하우는 톱날꽃게는 물론 꽃게 등 대형 식용게에 모두 적용할 수 있으며, 간이 생식소 검사법과 연계하여 인위적으로 필요한 시기에 포란 개체를 확보할 수 있어 종묘생산 시기를 조절할 수 있어 갑각류 종묘생산의 생산성을 향상 시켜 준다.

#### <기술적 특징>

톱날꽃게 간이 생식소 검사 노하우의 사용으로 어미게 생식소 일부를 적출하여 검경하는 기존방법에서 발생하는 산란유도 실패율을 획기적으로 저감시킬 수 있다. 또한 생식소가 충분한 양질의 어미만 선택하여 종묘생산을 할 수 있어 갑각류 종묘생산 성공률을 향상시켜준다.

안병절단에 대한 노하우는 포란한 자연산 어미 게를 채집하여야만 가능하였던 꽃게류의 종묘생산을 생식소 발달이 어느 수준까지 진척된 어미게를 간이 생식소 검사 노하우로 선별하여 필요한 시기에 포란 개체를 얻는 방법이다. 따라서 어미게가 수집 및 운송에 따른 스트레스 없이 포란함으로 부화율과 유생의 건강을 동시에 보장하여 게류 종묘생산 효율 증대에 크게 기여할 수 있다.

#### [용도·이용분야]

- 꽃게류 종묘생산에 활용
- 톱날꽃게류 국내 및 남서태평양 현지 종묘생산에 활용
- 남서태평양 해양전진기지 개척의 도구로 활용

■ 산업재산권 보유현황(기술과 관련한)

권리유형	명칭	국가명	단계	등록일자	특허번호
특허	흑진주조개 종묘생산용 해상 사육장치	한국	등록	2004. 12. 22	제 0454672호
특허	부화자어 먹이로 이용 가능한 남방소모충 및 이것의 배양방법	한국	등록	2007. 3. 2	제 10-0692378호

■ 기술이전 조건

이전형태	<input type="checkbox"/> 유상 <input checked="" type="checkbox"/> 무상	최저기술료	천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(공개 기술지도)		
이전 소요기간	1 년 6 개월	실용화예상시기	2009년
기술이전시 선행요건	- 어민후계자 - 수산기사 1급 이상의 기술력 보유한 양식어민 - 상기에 해당하는 자로 소정의 양식시설을 보유한 자 - 남서태평양 진출 우리 양식 기업 - 기타 해양수산부가 지정하는 자		

■ 기술의 개발단계 및 수준

[기술의 완성도] (1개씩 선택(√로 표시)하여 주십시오)

	① 기초, 탐색연구단계 : 특정용도를 위해 필요한 신 지식을 얻거나 기술적 가능성을 탐색하는 단계
	② 응용연구단계 : 기술적 가능성의 실증, 잠재적 실용화 가능성의 입증 등 실험실적 확인 단계
√	③ 개발연구단계 : Prototype의 제작, Pilot Plant Test 등을 행하는 단계
	④ 기업화 준비단계 : 기업화에 필요한 양산화 기술 및 주변 기술까지도 확보하는 단계
	⑤ 상품화 완료단계

**[기술의 수명주기]** (1개만 선택(√호 표시)하여 주십시오)

	① 기술개념 정립기 : 기술의 잠재적 가능성만 있는 단계
	② 기술실험기 : 기술개발에 성공했으나 아직 실용성, 경제성 등이 확실치 않은 단계
	③ 기술적용 시작기: 최초의 기술개발국에서만 활용되고 있는 단계
√	④ 기술적용 성장기: 기술개발국 및 일부 선진국에서 활용되고 있는 단계
	⑤ 기술적용 성숙기: 선진국사이에서 활발한 기술이전이 일어나며, 기술의 표준화가 되어가는 단계
	⑥ 기술적용 쇠퇴기: 선진국에서 개도국으로 기술이전이 활발하게 일어나고, 선진국에서는 기술의 가치가 저하되나, 개도국에서는 아직 시장의 가치가 높은 기술

**[기술발전 과정상의 기술수준]** (1개만 선택(√호 표시)하여 주십시오)

	① 외국기술의 모방단계: 이미 외국에서 개발된 기술의 복제, reverse Eng.
	② 외국기술의 소화·흡수단계: 국내시장구조나 특성에 적합하게 적용시킴
√	③ 외국기술의 개선·개량단계: 성능이나 기능을 개선시킴
	④ 신기술의 혁신·발명단계: 국내 최초로 개발

■ 본 기술과 관련하여 추가로 확보된 기술

기술명	
개발단계	<input type="checkbox"/> 연구개발 계획 <input type="checkbox"/> 연구개발 중 <input type="checkbox"/> 연구개발 완료
기술개요	

[ 기술을 도출한 과제현황]

사업구분	해양수산연구개발사업-마린바이오21사업			
과제명	남서태평양 해양생물자원 개발연구			
세부사업명				
연구기관	한국해양연구원	기관유형	출연연구기관	
참여기관(기업)	경상남도 수산자원연구소			
총연구기간	2000. 4. 1 - 2007. 12. 31			
총연구비	합계 : ( 1,290 )백만원 - 정부 : ( 1,070 )백만원    민간 : ( 200 )백만원			
연구책임자	소속	해양자원연구본부	성명	이희승
	전화번호	031-400-6179	E-mail	hslee@kordi.re.kr
연구개발 주요내용				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 마이크로네시아 축, 폰페이, 코스레 및 얍 주의 산호초 생태계 구조 및 유용 생물 조사</li> <li>- 먹이생물 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 식물성 먹이생물의 열대환경 고밀도 배양기술 개발</li> <li>: 50µm급 소형동물성 먹이생물 남방소모층 고밀도 배양기술 개발</li> </ul> </li> <li>- 신양식기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 흑진주조개 종묘생산 기술개발</li> <li>: 튼날꽃게 종묘생산 기술개발</li> <li>: 트로카스 종묘생산 기술개발</li> <li>: 남서태평양용 표준 종묘배양장 설계</li> </ul> </li> <li>- 마린바이오 21 소재생물 탐색             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 마이크로네시아 산호초의 유용물질 추출 대상생물의 종별 분포</li> <li>: 마이크로네시아 산호초에 서식하는 독성생물 탐색</li> </ul> </li> <li>- 남서태평양 해양생물자원개발 전략 수립</li> </ul>				