

T00241752

최 종
연구보고서

어패조류 번식조장 및 자원관리를 위한
다목적형 어초의 개발 및 현장적용 연구
A Study on Development and Application of
Multipurpose Reef for Management and
Propagation of Fisheries Resources

경 상 대 학 교

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “어패조류 번식조장 및 자원관리를 위한 다목적형 어초의 개발 및 현장적용에 관한 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 11월 일

주관연구기관명: 경상대학교

주관연구책임자: 김 남 길

연 구 원: 최 영 준

연 구 원: 임 현 식

연 구 원: 최 창 근

연 구 원: 손 병 규

참 여 기 업: (주)우양개발

참여기업 대표: 강 명 우

요 약 문

I. 제 목

어패조류 번식조장 및 자원관리를 위한 다목적형 어초의 개발 및 현장적용 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

기존의 어초와 기능 및 자원조성 효과면에서 차별성 있는 어초를 개발하여 현장에 적용시켜 어류의 유집효과를 검토하고 패류의 방류 및 조장 조성을 통해 마을어장의 수익성을 높이는 연안 자원조성 및 번식조장 어초의 개발을 목적으로 한다.

본 연구는 피조개 채묘어장의 닻으로 사용되는 참나무말목을 신고 가던 멧목이 전복된 곳에서 유실되어 가라앉은 참나무말목이 쌓여 있는 곳에 전복이 대량으로 서식하고 있는 점에 착안하여 참나무와 강재를 재질로 한 어패조류용 다목적 어초를 제작하면 연안자원 증식에 탁월한 효과가 있을 것으로 예상하고 예비실험을 통하여 그 가능성이 있음을 확인하여 참나무를 재질로 한 어패조류의 자원관리 및 증식을 위한 새로운 어초의 개발 필요성이 있는 것으로 판단하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 내용에 따라 2년에 걸쳐 연구를 수행하였다.

1. 설계어초의 제작 안전성 검토
2. 어초시설 해역의 생태환경조사 (물리, 생물)

3. 해수부지침에 의한 효과조사
4. 전복의 방류 및 효과 조사
5. 방류자원의 성장도 조사
6. 조장조성 및 효과조사
7. 어업인 설문조사
8. 시설해역의 변경 및 생태환경조사
9. 해삼의 방류 및 효과조사
10. 어류의 유집효과조사
11. 녹, 갈, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통한 복합 해조장 조성
12. 해조장 조성 해조류의 생태조사
13. 참나무의 섭이 및 유인활성에 대한 문헌조사 및 유인성 탐색

IV. 연구개발 결과

1. 1차년도 결과

가. 연구계획에 따른 참나무 재질의 정사각형 설계어초를 제작하여 통영시 사랑도 연안에 운반, 시설한 후 안전성을 검토한 결과 기울어짐, 침하 등의 안전에 위해가 되는 요소가 관찰되지 않았다.

나. 전복 및 해삼을 방류하여 성장도 등 효과를 탐색한 결과 전복의 성장은 늦고 해삼은 매우 빠르게 성장하는 것으로 나타났다.

다. 다시마와 쇠미역 종묘를 이식하였으나 조장조성 효과가 나타나지 않았다.

라. 부착 및 해적생물의 부착시기, 종조성 등 생태조사를 완료하였다.

마. 주변 어업인들로부터 어초시설 효과에 대한 설문조사를 실시하여 시설어초의 타당성에 대한 여론을 수렴하였다.

바. 참나무추출물의 제조 및 성분분석을 완료하였고 유인성에 대한 기초실험을 통해 해조류 및 목재 추출물의 유인성 검색함

2. 2차년도 결과

가. 2차년도 연구계획에 따른 피라미드형 설계어초를 제작하여 1차년도와

다른 물리, 생물학적 배경을 가진 통영시 산양읍 연명리 연안에 운반, 시설한 후 안전성을 검토한 결과 현재까지 기울어짐, 침하 등의 안전에 위해가 되는 요소가 관찰되지 않았다.

나. 새로운 시설해역의 생물학적 환경을 조사하였다.

다. 해삼과 전복의 방류효과 및 성장도를 조사하였다.

라 어류의 유집효과를 조사, 정리하였다.

마. 녹, 갈, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통한 복합 해조장을 조성하였다.

바. 해조장 조성 해조류의 생태조사

사. 참나무의 섭이 및 유인활성에 대한 문헌조사 및 해삼에 대한 유인성 탐색을 완료하였다.

아. 고품시비재의 사용 및 효과조사 결과 해조류가 부착한 곳에서는 해조류의 생육촉진 등에 대한 효과는 있었으나 해조가 착생하지 않는 곳의 암반에서는 그 효과가 뚜렷하지 않았다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

1. 시공이 간편하고 제작기간이 짧은 어초의 설계, 제작기술을 바탕으로 저렴하게 어초를 제작할 수 있기 때문에 재정이 열악한 어촌계나 수협이 자원 조성사업에 적극 활용할 수 있음.

2. 마을어장이나 체험형 어장의 시설어초로 활용할 수 있음

3. 침설식 전복양식 어초로 활용할 수 있음.

4. 현재까지의 연구결과를 볼 때 이 어초는 국립수산과학원의 어초 안정성 시뮬레이션 실험만 통과하면 바로 실용화할 수 있을 것으로 판단됨. 빠른 시간 내에 지방자치단체의 소규모바다목장 설계용 어초로 선정될 수 있도록 업무를 추진할 예정임.

SUMMARY

We accomplished studies on development and application of multipurpose reef for management and propagation of fisheries resources from september 2005 to september 2007. Two types of artificial reefs (Square type oak reef and pyramid type oak reef) were deployed and their multipurpose efficiency was examined by monitoring the composition of seaweeds, fishes and sessile animals.

Square type oak reef and pyramid type oak reef were established in the 10m depth of Saryangdo and the 6m depth of Yeonmyeong in Tongyeong coast respectively. Multipurpose reefs were very stable and functional in two sites. Abalone and sea cucumber released on the multipurpose reefs showed very good growth.

A total 33 species including three transplanted species (Chlophyta 6, Phaeophyta 10 and Rhodophyta 17) were identified. The dominant species were *Ulva pertusa*, *Codium fragile*, *C. divaricatum*, *C. adhaerens*, *Undaria pinnatifida*, *Endarachne binghamiae*, *Scytosiphon lomentaria*, *Sargassum horneri*, *Ecklonia stolonifera*, *Dictyopteris divaricata*, *Gracilaria textorii*, *Grateloupia turuturu*, *Pachymeniopsis lanceolata*, *P. yendoii*, *Campylaephora hypnaeoides*, *Carpopeltis cornea*, *Phyllymenia sparsa*, *Chondrus ocellatus*, *hodymenia intricata*, *Plocamium telfairiae*, *Polysiphonia morrowii*. Transplanted three species (*Myagropsis myagroides*, *Costaria costata*, *Laminaria japonica*) showed good growth in Yeonmyeong but did not in Saryangdo.

A total 8 Phylum and 44 species were identified in invertebrate. The

most dominant species were *Hydractinia sodalis*, *Crassostrea nippona*, *Mytilus edulis*, *Crassostrea gigas*, *Ceratostoma burnetti*, *Charybdis acuta*, *Crinoidea unid*, *Asterias pectinifera*, *Asterias amurensis*, *Halocynthia hilgendorfi* f. *ritteri*, *H. roretzi*, *Ciona intestinalis*. Fishes of a total 23 species were observed from two examined sites. The 13 sessile species (*Sebastes (Mebarus) inermis*, *S. (Neonispanscus) schlegeri*, *Epinephelus septemfasciatus*, *Halichoeres poecilopterus*, *Hypodytes rubripinnis*, *Stephanolepis cirrhifer*, *Ditrema temmincki*, *Neoditrema ransonnetii*, *Hexagrammos otaki*, *Acanthopagrus schlegelii*, *Oplegnathus fasciatus*, *Microcanthus strigatus*, *Pterogobius zacalles*) were observed from two sites. The attraction efficiency of the two reefs was apparent in juveniles fishes. In two examined sites, turbidity was considered a important factor for the growth and epiphyte of seaweeds.

The feeding attractant activities of cortex extracts from some trees (fine tree, Sonamoo; *Quercus variabilis* Blum, Golchamnamoo; *Querrus serrata* Thunberg, Golchamnamoo) and seaweeds were investigated in an vivo assay using cellulose coating glass plate for abalone.

The water extracts from Golchamnamoo cortex showed a little feeding attractant. The water extract from *Ulva pertusa*, particularly the fraction from saturated ammonium sulfate ranged from 60 to 80%, showed the highest feeding attractant activity among seaweeds. The enzymatic hydrolysates from protein polymerization by transglutaminase, followed by Protamex and Neutrase hydrolysis showed a mild attractant activity. A abalone was attracted toward DL- alanine and glutamic acid for amino

acids, inosine mono phosphate and guanine mono phosphate for nucleotides.

The attractant activities of nitrogenous compounds were decreased in order of protein > peptide > amino acids. The results suggest that attractant activity correlate with molecular weight of compounds . The attractant activity was clearly observed in abalone of 3 cm size. The results indicate that the size of abalone was related to attractant activity in vivo assay. The attractant activities of monosaccharides were not observed. Also, the sea cucumber did not show the attractant activities for all compounds. The results indicate that assay method for sea cucumber must be different from abalone assay.

CONTENTS

SMMARY

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	14
1. Purpose of research	14
2. Necessity and range of research	15
Chapter 2. Research status	18
1. The present state in home and abroad	18
2. Research status in home and abroad	19
Chapter 3. Methods and results of research	21
1. The first year	21
2. The second year	49
3. Comments	101
Chapter 4. Achievement of the study goal	110
1. Achievement of research goal	110
2. Technical contribution of research	112
Chapter 5. Application of research outputs	113
Chapter 6. References	114

목 차

제1장 연구개발과제의 개요	14
제1절 연구개발의 목적	14
제2절 연구의 필요성 및 범위	15
1. 연구개발의 필요성	15
2. 연구개발의 범위	17
제2장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보	18
제1절 국·내외 기술개발 현황	18
제2절 연구결과가 국·내외 기술개발 현황에서 차지하는 위치	19
제3장 연구개발 수행내용 및 결과	21
제1절 1차년도의 연구방법, 연구내용 및 결과	21
1. 연구개발방법	21
2. 연구결과	25
제2절 2차년도의 연구방법, 연구내용 및 결과	49
1. 연구개발방법	49
2. 연구결과	57
제3절 평가의견 반영요소	101
1. 동일한 형태의 다른 재질 어초와의 비교	101
2. 타 해역에서의 적용가능성	104
제4장 연구개발 목표달성도 및 기여도	110
제1절 연구개발 목표의 달성도	110
1. 연차별 목표달성도	110
제2절 기여도	112
제5장 연구개발 결과의 활용계획	113
제6장 참고문헌	114

< 표 목차 >

<표 1> 시험어초 주변에서 채집 발견된 어류의 종류	33
<표 2> 시험어초에 착생하고 있는 착생동물과 어초 주변에서 채집 발견된 무척추동물	34
<표 2> 계속	35
<표 3> 시험어초와 어초 연결용 로우프에 착생한 해조류	36
<표 4> 시험어초에 착생한 천연해조류와 이식해조류	65
<표 5> 시험어초에 부착하고 있는 부착동물들과 어초 주변에서 발견된 무척추동물	69
<표 5> 계속	70
<표 6> 시험어초 주변에서 채집 발견된 어류의 종류	73
<표 7> 목피의 총 페놀함량과 구성비율	87
<표 8> 해조류의 총 페놀함량과 구성비율	88
<표 9> 목피의 수용성 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성	89
<표 10> 해조류의 수용성 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성	91
<표 11> 목피의 메탄올 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성	92
<표 12> 해조류의 메탄올 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성	93
<표 13> 단백질과 구멍갈파래 추출물로부터 얻어진 ammonium sulfate(AS)의 먹이 유인활성	95
<표 14> 효소 가수분해물의 먹이 유인활성	97
<표 15> 아미노산 및 핵산관련물질의 먹이 유인활성	99
<표 16> 단당류의 먹이 유인활성	100
<표 17> 1996년 경남 연안의 연안 반구형 어초에 착생한 해조목록	105
<표 17> 계속	106

<표 18> 경남 통영 연안에 시설된 해조장 조성용 어초에 착생한 해조목록 107

<표 19> 1996년 경남 연안의 연안 반구형 어초에 서식한 무척추동물 목록 108

<표 19> 계속 109

<그림 목차>

<그림 1> 본 연구에서 시험 연구할 어초의 설계모형	21
<그림 2> 시험어초의 모형사진	26
<그림 3> 통영시 사랑도 연안의 시험어초 시설지	26
<그림 4> 시험어초의 주단면도	27
<그림 5> 시험어초의 최상층 평면도	28
<그림 6> 시험어초의 2층 평면도	29
<그림 7> 시험어초의 3층 평면도	30
<그림 8> 시험어초의 제작, 운반 및 시설과정.	31
<그림 9> 시험어초에 착생한 해조류, 무척추동물 및 유집어류	37
<그림 10> 전복과 해삼의 방류과정.	38
<그림 11> 방류 전복의 성장도	40
<그림 12> 방류 해삼의 성장도	41
<그림 13> 시험어초에 방류한 전복과 해삼의 성장도 측정.	42
<그림 14> 해조류 종묘의 입식 공정 및 이식 시설 후의 생장.	44
<그림 15> 본 연구에서 1차년도에 어초를 수정, 제작하여 시설할 시험연구용 피라미드형 어초의 설계모형	51
<그림 16> 2차년도 연구에서 1차년도의 사각형 어초를 수정, 보완한 후 제작 하여 시험 연구해역에 시설한 연구용 어초의 실물모형도.	52
<그림 17> 통영시 산양읍 연명리 해역의 시험어초 시설지	53
<그림 18> 2차년도 시험 연구용 어초의 1층 평면도	58
<그림 19> 2차년도 시험 연구용 어초의 2층 평면도	59
<그림 20> 2차년도 시험 연구용 어초의 최상층 평면도	60
<그림 21> 2차년도 시험 연구용 어초의 단면도	61

<그림 22> 2차년도 연구시험어초의 제작, 운반 및 시설공정과 사각형 어초의 이설공정.	62
<그림 23> 해조류 종묘의 이식공정 및 이식후의 성장상태	66
<그림 24> 다목적 어초에 착생한 이식해조류와 천연해조류의 생육상태	67
<그림 25> 다목적 어초에 착생한 저서생물 및 해적생물	71
<그림 26> 다목적 참나무어초의 내외 공간에 서식하는 어류 I	74
<그림 27> 다목적 참나무어초의 내외 공간에 서식하는 어류 II	75
<그림 28> 전복과 해삼의 방류과정, 서식생태 및 성장도 측정	77
<그림 29> 다목적 어초에 방류한 전복의 성장도	79
<그림 30> 다목적 참나무 어초에 해삼을 방류한 후의 성장도	80
<그림 31> 유인활성 실험을 위한 냉각수조	83
<그림 32> 총 페놀화합물 결정을 위한 표준 곡선	84
<그림 33> 전복을 이용한 섭식촉진 활성 실험결과 나타난 결과	86

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

우리나라에서는 1971년부터 인공어초를 시설한 이래 지금까지 약 5,000여 원을 투자하여 전국 연안에 약 140,000ha의 인공어초 어장을 시설하였고 그 가운데 절반 이상인 약 55%가 남해안에 집중 시설되어 있다(경상남도, 1996b). 그러나 지금까지 시설된 어초가 어장조성이나 자원증대에 기여하였다 할지라도 어초의 구조와 형태에 있어서 목적으로 하는 생물의 자원증대에 뚜렷한 효과를 가져왔는지에 대해선 아직 의문의 여지가 있으며 특히 전복 등 패류자원의 증대에 탁월한 패조초를 개발 투하하여 그 효과를 극대화 시킨 예는 없는 것으로 알려져 있다(한국해양수산개발원, 1999; 국립수산과학원, 2005; 동해수산연구소, 2006).

본 연구는 피조개 채묘어장의 닻으로 사용되는 참나무말목을 신고 가던 멧목이 전복된 곳에서 유실되어 가라앉은 참나무말목이 쌓여 있는 곳에 전복이 대량으로 서식하고 있는 점에 착안하여 참나무와 강재를 재질로 한 어패조류용 다목적 어초를 제작하면 연안자원 증식에 탁월한 효과가 있을 것으로 예상하고 예비실험을 통하여 그 가능성이 있음을 확인하여 참나무를 재질로 한 어패조류의 자원관리 및 증식을 위한 새로운 어초의 개발필요성이 있는 것으로 판단하였다.

예비실험결과 참나무는 전복의 유집 및 증식에 탁월한 효과가 있는 것으로 나타나 참나무조립형 어패조류 어초를 개발하여 해조류를 번식시키고 어류를 유집시키는 물론 천연에서의 전복양식을 통해 생산량을 증대시키고 그러한 실험결과를 바탕으로 보다 효율적인 구조의 어패조류어초의 새로운 모형을 개발하고 보급하여 최근 자율적으로 관리되고 이용되는 마을어업 어장에서 어촌계의 소득증대를 꾀할 대안어초로서의 역할을 할 것으로 기대되기 때문이다.

제2절 연구의 필요성 및 범위

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

현재 우리나라의 어초는 이전부터 제작되어온 콘크리트 어초를 중심으로 최근에는 강재어초, 굴, 껍질이나 폐타이어를 재료로 한 어초, 세라믹과 강재를 접목시킨 세라믹어초 및 목선어초를 기본으로 하여 제작되고 있다. 그러나 참나무를 주 재질로 한 어초는 국내 어느 곳에서도 제작되거나 실용화되고 있지 못하다. 본 고안에 따른 참나무를 주 재질로 한 어초를 제작하는데 사용되는 참나무는 이미 송이버섯 등의 종자 배양용으로 그 효능이 입증되었으며 바닷물 속에서도 쉽게 썩지 않으며 바닷물 속에서 식물성 플랑크톤인 녹색 규조류가 대량으로 부착되어 생성되는 수종이다. 그러므로 참나무로 만들어진 어초의 표면에는 지속적인 먹이 생성이 이루어지므로 표면에 부착된 치패의 먹이 부족 현상이 방지될 수 있다.

또한 일반 목재를 불완전 연소했을 때 검출되는 각 성분들은 알데히드, 산류, 페놀류, 케톤류, 알콜류 및 수지류로서 농도는 수지류가 가장 높다. 한편 어패류의 생태적인 환경에 미루어 대부분의 섭이 행동을 자극하는 물질은 화학적 자극을 유발하는 물에 용해하는 저분자 성분인 것으로 추정하고 있다. 따라서 물에 침지한 목재가 섭식행동을 자극하는 유인성 물질을 침출한다면 목재에 함유된 성분 중에서 물에 녹는 가용성 성분이 차지할 확률이 가장 높은 것으로 추정된다. 전복의 유인을 위한 화학적 자극제로서 목재의 수용성, 메탄올 추출물에 관한 연구는 새로운 물질의 유인성 물질의 발견이라는 측면에서 뿐 아니라 유인성을 가진 생활공간의 구축이라는 측면에서도 큰 의의를 가질 것으로 예상된다. 이러한 측면에서 참나무재질에서 유래하는 섭이 유인물질은 전복의 체색 및 육질에도 다양한 기능성을 가질 것으로 예상되며 또한 천연 전복과 같은 껍질을 가지는 전복을 생산할 수 있기 때문에 부가가치도 높힐 수 있

다.

따라서 본 연구는 참나무를 주 재료로 한 어패조류의 번식조장 및 자원관리를 위한 다목적형 어초의 개발 및 현장적용을 통해 연안자원을 관리하고 증식을 촉진시켜 어촌계의 소득증대를 이룰 수 있다는 측면에서 연구개발의 필요성이 있는 것으로 판단된다. 특히 강재구조에 참나무를 울타리식으로 조립하여 제작되기 때문에 현재 상당한 제작비가 소요되는 목선어초의 기능 및 효과를 동시에 얻을 수 있다는 점에서도 그 필요성이 절실한 것으로 볼 수 있다.

나. 경제·산업적 측면

최근에 제작되는 어초는 바다목장이나 연안해역의 자원조성을 목적으로 이용되고 있다. 그러나 대량으로 제작되지 않을 경우 제작단가가 비싸고 대형인 경우 운반, 하역 등에 어려움이 많다. 그러나 참나무를 재질로 한 어초는 벌목 후의 참나무를 이용할 수 있고 강재어초에 비해서 기당 제작단가가 저렴할 뿐만 아니라 다양한 크기로 손쉽게 제작할 수 있고 제작기간이 짧아 경제적이면서 고효율구조를 가지는 어패조류 자원조성형 어초를 만들 수 있다는 잇점이 있다.

또한 이러한 재질의 다목적형 어초에서 생산된 패류는 패각의 색채나 육질 등에서 기능성을 가질 수 있기 때문에 육상양식 전복에 비해 부가가치도 높아질 것으로 예상할 수 있다.

다. 사회·문화적 측면

지금까지의 우리나라의 어초는 콘크리트, 강재, 폐선 등을 주 재질로 한 어초가 주류를 이루어 왔다. 그러나 강재구조에 참나무를 주 재질로 한 어초는 이제까지 제작되거나 현장에 적용된 예가 없다. 이 어초는 어류의 유집 및 전복이나, 소라 등의 패류와 해삼 등의 무척추동물은 해조류와 함께 육성하여 관리할 수 있는 것을 목표로 하기 때문에 지금까지의 어초와는 재질과 구조면에서 그 궤를 달리하는 어초로 생각할 수 있다. 또한 어촌계에서 자율적으로 관리하

고 있는 수심이 얇은 마을어장에 시설되는 구조로 되어 있어 연안어장의 자원 관리와 증식수단으로서 뿐만 아니라 초보 스쿠버다이버에게는 체험 관광형어초로 활용할 수 있는 등 다목적형 어초로서의 기능을 제공해 줄 수 있다는 잇점이 있기 때문에 앞으로 적용되는 체험, 관광형 바다목장해역에도 적용할 수 있다는 장점이 있다.

2. 연구개발의 범위

연구개발의 범위는 설계어초의 제작 및 안전성

검토, 어초시설 해역의 생태환경조사, 해수부지침에 의한 효과조사, 전복의 방류 및 효과 조사, 방류자원의 성장도 조사, 조장조성 및 효과조사, 어업인 설문조사, 시설해역의 변경 및 생태환경조사, 해삼의 방류 및 효과조사, 어류의 유집효과조사, 녹, 갈, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통한 복합 해조장 조성, 해조장 조성 해조류의 생태조사, 참나무의 섭이 및 유인활성에 대한 문헌 조사 및 유인성 탐색의 순으로 연구개발 범위를 정하고 연차별 계획에 따라 연구를 수행하였다.

제2장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

제1절 국·내외 기술개발 현황

지금까지 국내에서는 많은 중소기업들에 의해서 다양한 재질과 형태의 인공어초들이 개발되어진 후 일반어초로 선정되어 동, 서, 남해안의 인공어초 사업에 시설되어 왔다. 인공어초의 재질은 1990년대 초반까지는 대부분이 콘크리트 단일재료였지만 이후 강제, 황토와 패각, 강제와 석재, 폴리에틸렌과 황토 및 패각, 세라믹과 강제, 목재를 주재료로 한 페어션, 콘크리트제의 탄약운반선 등 복합재질로 인공어초가 설계 제작되어 왔다.

또한 그 용도도 어류, 패조류, 어패류 및 해조류 등 주로 단일 어종을 대상으로 한 어초가 대부분을 차지하고 있다. 반면 어초 설계 및 제작에 이용되는 주재료가 참나무를 이용한다는 것과 어패조류 모두를 대상으로 하는 용도의 인공어초 설계 및 제작 예가 없다는 점에서 본 연구에서 개발하고 설계하여 제작한 어초의 예는 이제까지 그 예를 찾아볼 수 없다는 점에서 본 연구에 적용한 어초의 개발 및 설계 아이디어와 적용기술이 기존에 개발되어 현장 적용된 어초와의 차별성이 있다.

국외 연구사례를 조사한 결과 우리나라와 같이 인공어초 시설이나 방파제 등 항만시설의 예에서 우리와 비슷한 경우인 일본의 경우 인공어초 시설사업의 어떤 적용 사례에서도 참나무를 주 재료로 한 어초 설계 및 제작 예가 없고 개발 중인 예도 없는 실정이다. 또한 국·내외를 통틀어 콘크리트, 강제, 세라믹 및 목선어초의 기술개발은 다양하게 이루어져 왔으나 참나무를 재료로 한 어초에 대한 관련기술 검토는 전무하다는 점이 본 연구과제에 적용된 어초의 개발 장점이다.

이와 관련하여 참여업체인 우양개발에서는 이미 설계모형에 대한 실용신안 및 특허를 출원하여 그 권리를 확보해 두고 있다.

본 연구에서 개발 적용하고자 하는 인공어초는 제작 및 시공이 간편하고

현장적용에 어려움이 없으며 제조원가나 기술수준 등에서 기존의 어초에 비해 제작단가가 저렴하고 원재료의 확보 등에 어려움이 없다. 특히 주재료인 참나무는 벌목 후 산에 남아 미활용 상태로 방치되고 있는 참나무를 사용한다는 측면에서 자원 재활용의 경제적 잇점도 있다. 따라서 본 연구에서 제작, 설계, 개발된 참나무 재질의 다목적형 어초는 어패조류의 자원조성과 번식조장을 위한 새로운 기능성 어초로서의 활용이 기대되고 참나무어초의 기능성을 활용하여 연안의 수산자원 조성사업에 유리한 위치를 차지할 것으로 예상된다.

제2절 연구결과가 국내외 기술개발 현황에서 차지하는 위치

참나무를 주 재질로 한 어초는 이제까지 개발된 사례도 없을 뿐만 아니라 현장에 적용한 예도 없다. 나무를 재질로 한 어초의 경우 폐선을 활용한 목선어초 외에는 개발된 예가 없고, 또한 그 재질은 대부분이 목선의 건조에 사용되는 삼나무가 대부분이다. 참나무는 그 목초성분의 유용성이 많이 알려져 있기 때문에 그 기능성도 뛰어난 것으로 알려지고 있다. 또한 목질의 특성상 해수 속에서도 쉽게 부패되거나 분해되지 않아 내구성이 크기 때문에 그 수명 또한 목선어초에 비해 긴 것으로 알려져 있다. 또한 이곳에서 서식, 성장하는 패류 및 기타무척추 동물은 참나무로부터 유래하는 기능성물질에 의해 육질, 패각의 섹택 등에서 부가가치가 높은 자원으로 활용할 수 있기 때문에 다른 양식생물에 비해 고수익을 창출할 수 있을 것으로 전망된다.

또한 현재 적용하고자 하는 기술은 수중을 탐사하다 우연히 발견한 사실로부터 연구개발 아이템을 찾았기 때문에 어초제작 기술 외에는 특별한 기술도입의 필요성이나 타당성은 존재하지 않는다. 또한 어초제작 기술은 설계기술 외에는 특별한 기술도입의 필요성이 없다. 현재 우리나라의 어초설계 및 기

술개발 수준도 상당한 수준에 있고 본 연구계획서상의 독창적인 기술 및 설계기술로 개발할 수 있고, 패조류의 사육기술도 선진국 수준에 이르렀기 때문에 기술도입의 타당성은 없는 것으로 볼 수 있다.

제3장 연구개발 수행내용 및 결과

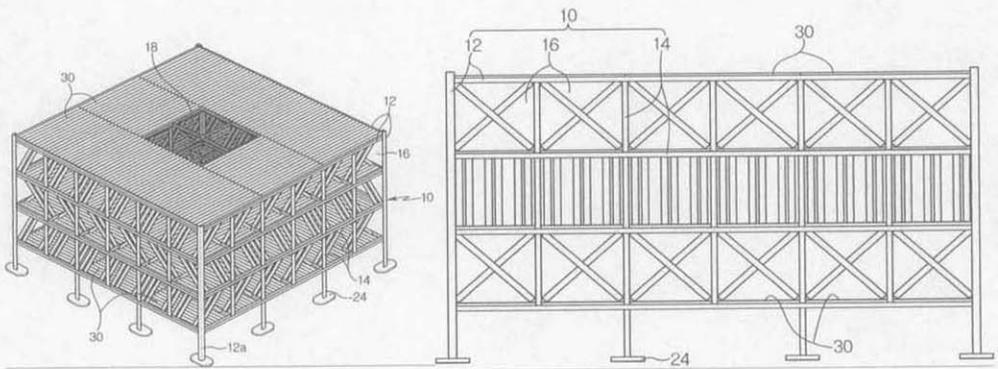
제1절 1차년도 연구방법, 연구내용 및 결과

1. 연구개발방법

가. 어초의 설계, 제작 및 시설, 방류자원의 효과조사, 생태환경 조사 및 해조장 조성

1) 연구내용 및 방법

가) 참여기업인 우양개발에서 개발하고 설계, 제작한 어초의 기본형인 사각3단형(그림 1과 2)을 시험제작하여 통영시 사랑도 해역에 시설하였다(그림 3).



<그림 1> 본 연구에서 시험 연구할 어초의 설계모형

나) 어초시설 해역의 생태환경조사를 실시한다.

다) 어초시설 해역의 기본적인 생물환경 등을 조사한다.

라) 시험, 연구어초에 대한 전복방류 및 효과조사

매월 1회 잠수부를 고용하여 방류 전복의 방류효과 및 성장도 조사를 수행

한다. 전복과 해삼은 각각 30마리 이상을 대상으로 수중에서 각장 및 체장을 측정한다.

마) 조장조성 및 효과조사

해조장을 조성하고 그 효과를 조사한다. 또한 녹조, 갈조, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통하여 참나무를 재질로 한 어초의 조장조성효과를 분석하고 해조류의 성장도 등을 조사하고 해조장 조성을 통하여 생성된 해조류는 방류전복의 먹이원으로 활용하도록 한다.

나. 목재에 대한 유인활성 실험과 전복 껍질 및 육의 물리화학적 특성 분석

1) 연구내용 및 방법

일반 목재를 불완전 연소했을 때 검출되는 각 성분들은 알데히드, 산류, 페놀류, 케톤류, 알콜류 및 수지류로서 농도는 수지류가 가장 높다(박 등, 1997). 한편 어패류의 생태적인 환경에 미루어 대부분의 섭이 행동을 자극하는 물질은 화학적 자극을 유발하는 물에 용해하는 저분자 성분인 것으로 추정하고 있다(Harada, 1982; Harada and Ikeda, 1984; Harada and Akishima, 1985). 따라서 물에 침지한 목재가 섭식행동을 자극하는 유인성 물질을 침출한다면 목재에 함유된 성분 중에서 물에 녹는 가용성 성분이 차지할 확률이 가장 높은 것으로 추정된다.

갈조류의 전체 엽상에서 얻은 유인에 효과적인 분획을 분획하여 검전복의 유인 활성을 실험한 결과, 40-50% 포화암모늄 단백질 획분과 산성 및 염기성 아미노산, 중성 및 인지질의 유인성 높다고 하였으며, 인지질 중 phosphatidyl-inositol의 활성이 가장 높았다. 그리고 염기화합물 중 monoethylamine과 감마-aminobutyric acid가 가장 효과적이라고 보고하였다(Harada and Akishima, 1985). 특히 휘발성 염기 화합물 중 전복은 pyrrolidine에 대한 활성이 높았다(Harada et al., 1987). 핵산관련물질로서 cytoxic, xanthine이 전복에 대하여 높은 섭식 유인 효과를 발휘하였고 유인

반응에는 단일물질보다는 여러 가지 물질의 협동 효과가 인지되었다(Harada, 1986). 미역의 메탄올 추출물에서 활성 물질을 검색한 경우 C₁₄~C₂₀부터 포화 및 불포화지방산이 구성 지방산이 되는 디갈락토실디아실글리세롤(DGDG)과 포스파티딜콜린(PC)이 활성본체에 있다는 것을 알았다. 이 같이 전복의 섭식 유인에 관한 다양한 물질의 효과에 관하여 연구되었으나, 목재 추출물에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 따라서 전복의 유인을 위한 화학적 자극제로서 목재의 수용성, 메탄올 추출물에 관한 연구는 새로운 물질의 유인성 물질의 발견이라는 측면에서 뿐 아니라 유인성을 가진 생활공간의 구축이라는 측면에서도 큰 의의를 가질 것으로 예상된다. 그리고 예비 실험에 의하면 목재에 부착하여 생활한 전복은 일반적인 사육 수조에서 사육한 전복에 비하여 껍질의 색이 갈색화한 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 목재에 부착하여 생활한 전복이 일반적인 사육 방법에 따라 양성한 전복과는 육성분의 조성에서도 차이를 보일 것으로 예상되기 때문에 소비자의 acceptability에 영향을 미치는 몇 가지 식품학적 특성을 조사할 필요가 있을 것으로 예상하였다.

가) 목재 추출물의 제조

목재 추출물은 잘게 부순 참나무 껍질에 중량 대비 5배량의 물, 3% 식염수, 70% methanol을 첨가하여 냉각 장치를 장착한 가열 플라스크에서 24시간 추출하고, 감압 농축기에서 Brix 11-12로 농축한 후 전복의 화학적 자극을 위한 물질 혹은 성분 분석을 위한 시료로 사용한다.

나) 성분의 조성 분석과 유인성의 측정

(1) 일반성분과 총 phenol화합물

수분은 상압가열건조법, 조지방은 chloroform과 methanol을 추출용매로 사용하는 Bligh and Dyer 법(1959), 총 질소 화합물은 semi-micro Kjeldahl 법, 회분은 건식회화법, 총 phenol 화합물의 양은 Foline-phenol법으로 측정한다.

(2) 섭이 유인활성의 예측

섭이 유인 활성, 즉 유인 지표 a(줄여서 A.I.a)는 Harada (1982)의 방법에 따라 수조를 사용하여 통계적 방법으로 배치한 획분의 물질에 모인 전복의 개체수로 판정한다.

(3) 단백질, 아미노산 및 지질의 분획

목재에서 단백질 획분을 암모늄 설페이트로 염석하여 5개 획분으로 분리하였다. 단백질 획분을 5배량의 탈이온수에 현탁시키고 Ultra-Turrax로 10분 동안 완전히 균질화하였다. 균질물은 12,000 x g에서 20분 원심분리하여 비 단백질 물질들을 제거하였다. 상층액에 34% 포화 암모늄설페이트를 넣고 교반하면서 1시간 방치한 후 원심분리하여 침전물을 모았다. 상층액에 40% 포화 암모늄설페이트를 넣고 침전물을 얻기 위해 같은 방법으로 처리하였다. 계속하여 순차적으로 50%, 62% 및 68% 포화 농도를 만들어 3번의 침전물을 얻었다. 각 침전물을 적당한 양의 물에 현탁시켰다. 암모늄설페이트를 완전히 제거하기 위해 현탁물을 흐르는 물에서 투석하였다. 투석물을 물에 녹이거나 현탁시켜 단백질 농도가 4 mg/mL이 되도록 조정하였다. 이런 조작은 모두 7C 이하에서 수행하였다. 34%, 40%, 50%, 62% 및 68% 포화로 얻은 각 획분은 각각 감마-globulin, 알파, 베타-globulin 및 감마-globulin, 알파와 베타-globulin 및 mucoglobulin, 알부민, 알부민과 당단백질을 포함한다.

아미노산과 지질 획분은 각각 음이온 교환 크로마토그래피로 산성, 중성 및 염기성 아미노산으로, 전보에서 서술한 유기 용매-분획 추출로 중성, 인 및 당지질로 분리하였다. 아미노산과 지질의 각 획분을 각각 물에 녹이고 중합 등급이 1,100인 10% polyvinyl alcohol에 현탁하여 농도가 2 mg/mL와 3 mg/mL이 되도록 조절하였다. 필요하다면 모든 분획은 NaOH 혹은 HCl을 첨가하여 pH 6.0-7.0으로 조정한다.

다) 전복 껍질과 육의 물리화학적 특성 분석

(1) 전복 껍질의 색도 측정

껍질의 색도는 껍질의 표면색을 측정해야 하기 때문에 일반적인 Hunter Lab로 측정할 수 없을 것으로 예상되어 피자 껍질의 색도 분석에 사용하는 Papadakis 방법(2000)에 따라 digital camera와 photoshop 및 scan pro s/w를 이용하여 측정하였다.

(2) 전복 육의 항산화능의 측정

전복 육 마쇄물의 항산화 효과를 측정하기 위해 DPPH항산화능(Burda and Oleszek, 2001)과 Ferric cyanate법(Chen et al., 1996)으로 항산화능을 측정한다.

(3) 조직감의 측정

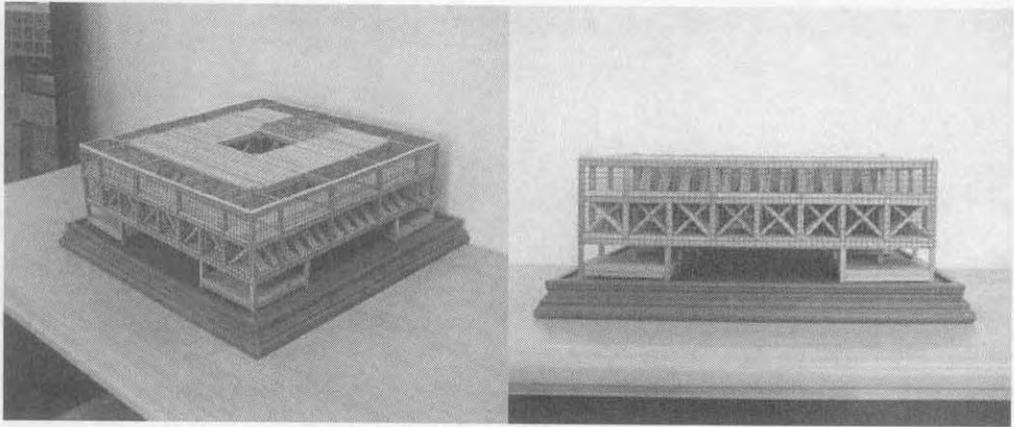
전복 육의 조직감은 Tung and Rogers(2000)의 방법에 따라 일반적인 압축 측정으로 파괴 강도와 변형값을 측정한다.

2. 연구결과

가. 설계어초의 제작, 시설 및 안전성 검토,

설계된 어초는 바닥에서 최상단까지의 높이가 300cm이고 바닥에서 100cm의 높이로 가로, 세로 각각 2m길이의 사각형 다리에 콘크리트를 타설하여 어초의 침하 및 이동을 방지하고자 하였으며 1m층 2개로 된 복층의 구조로 되어있다(그림 2의 모형도 및 그림 4, 5, 6, 7의 설계도면 참조). 또한 각층의 H빔 강제 프레임 구조에 참나무를 끼워 넣은 후 수심 8m내외인 경남 통영시 사랑면 답포리 내만에 시설하였다(그림 3). 어초의 제작, 운반 및 시설 공정은 <그림 8>과 같다.

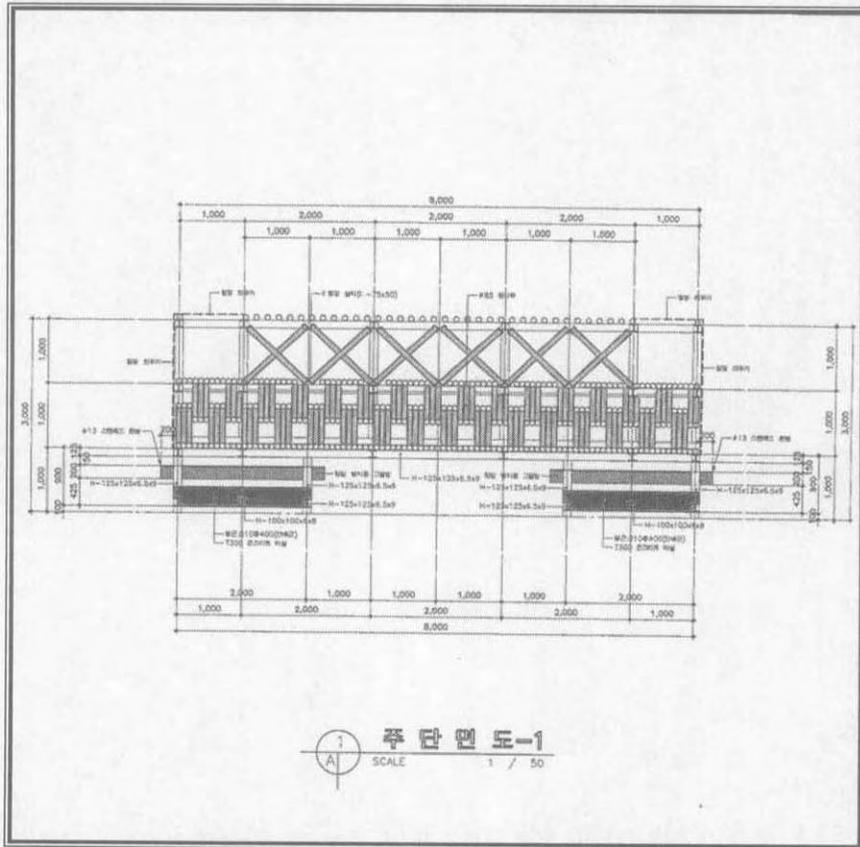
어초시설지의 바닥은 니질로서 시설 후 지난해 8월 29일에 시설한 후 약 11개월이 경과한 현재까지 바닥에 침하되거나 기울어지거나 침하되어 가라앉는 등의 불안정한 요소는 찾아볼 수 없었으며 아직까지 세력이 강한 태풍의 내습은 없었으나 소규모의 태풍에도 어초의 안정성에 위해를 주는 요소는 발견할 수 없었다.



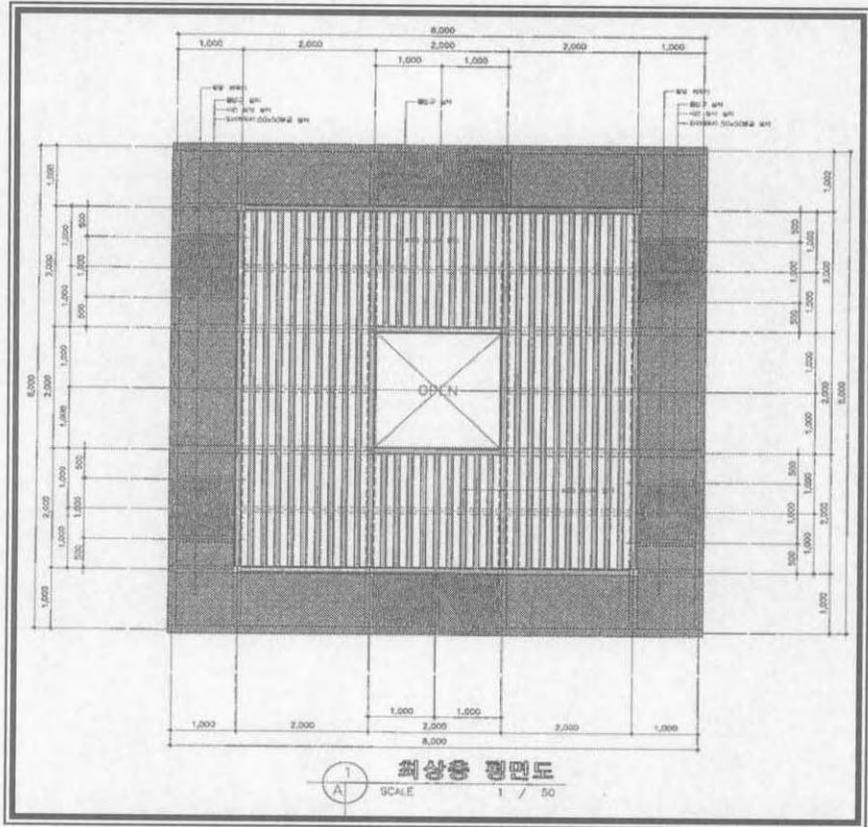
<그림 2> 시험어초의 모형사진 (좌, 입체면; 우, 주단면도)



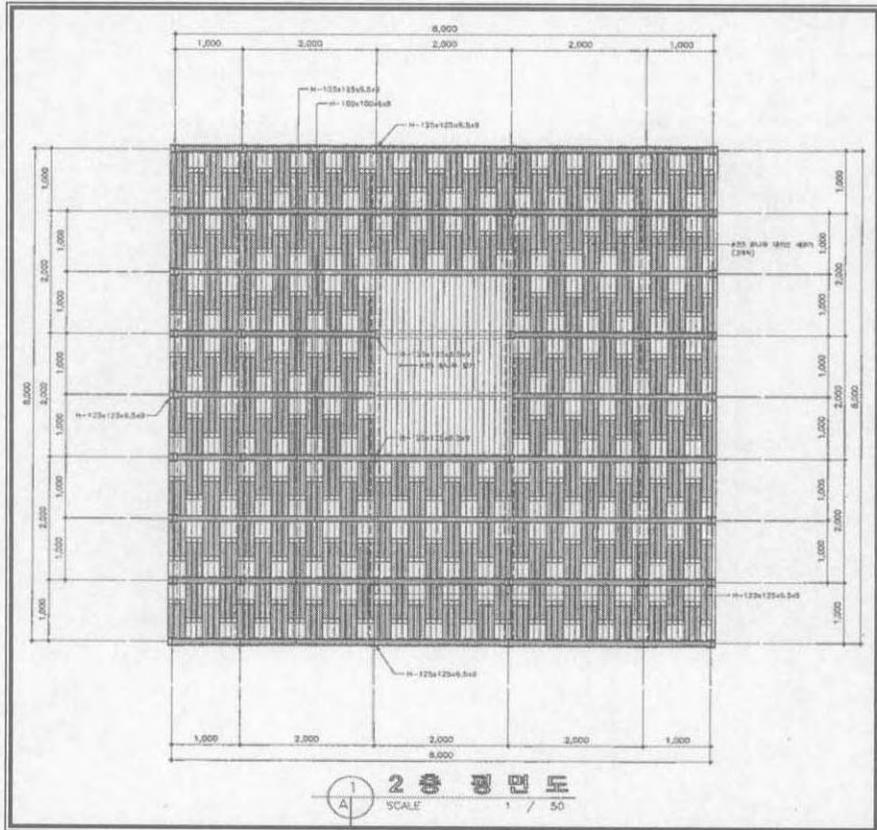
<그림 3> 통영시 사랑도 연안의 시험어초 시설지



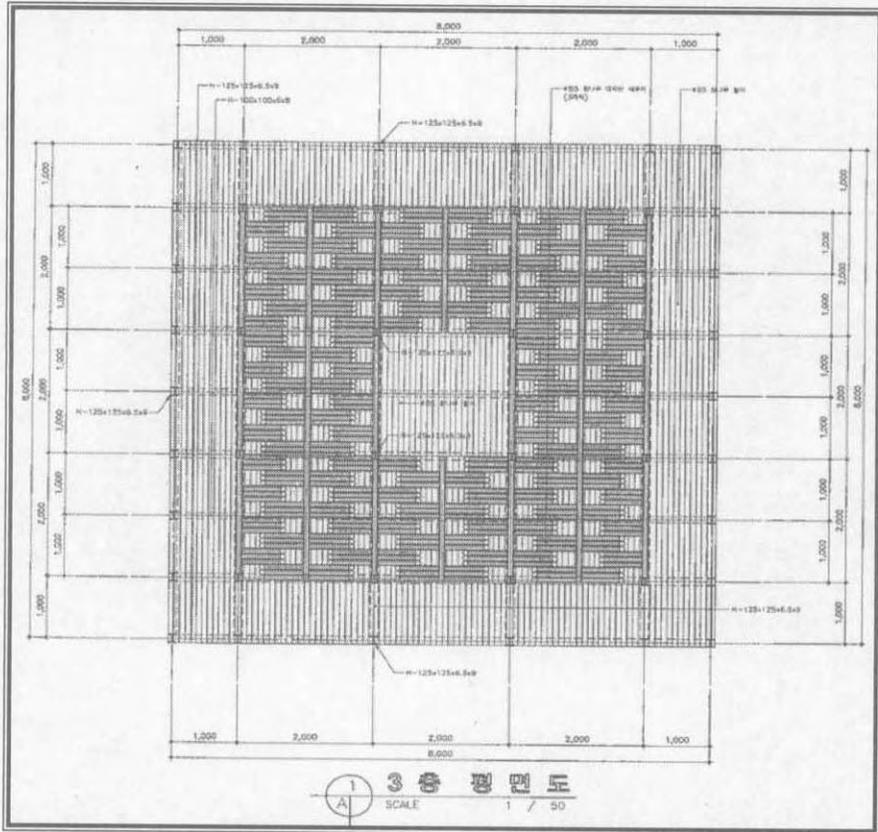
<그림 4> 시험어초의 주단면도



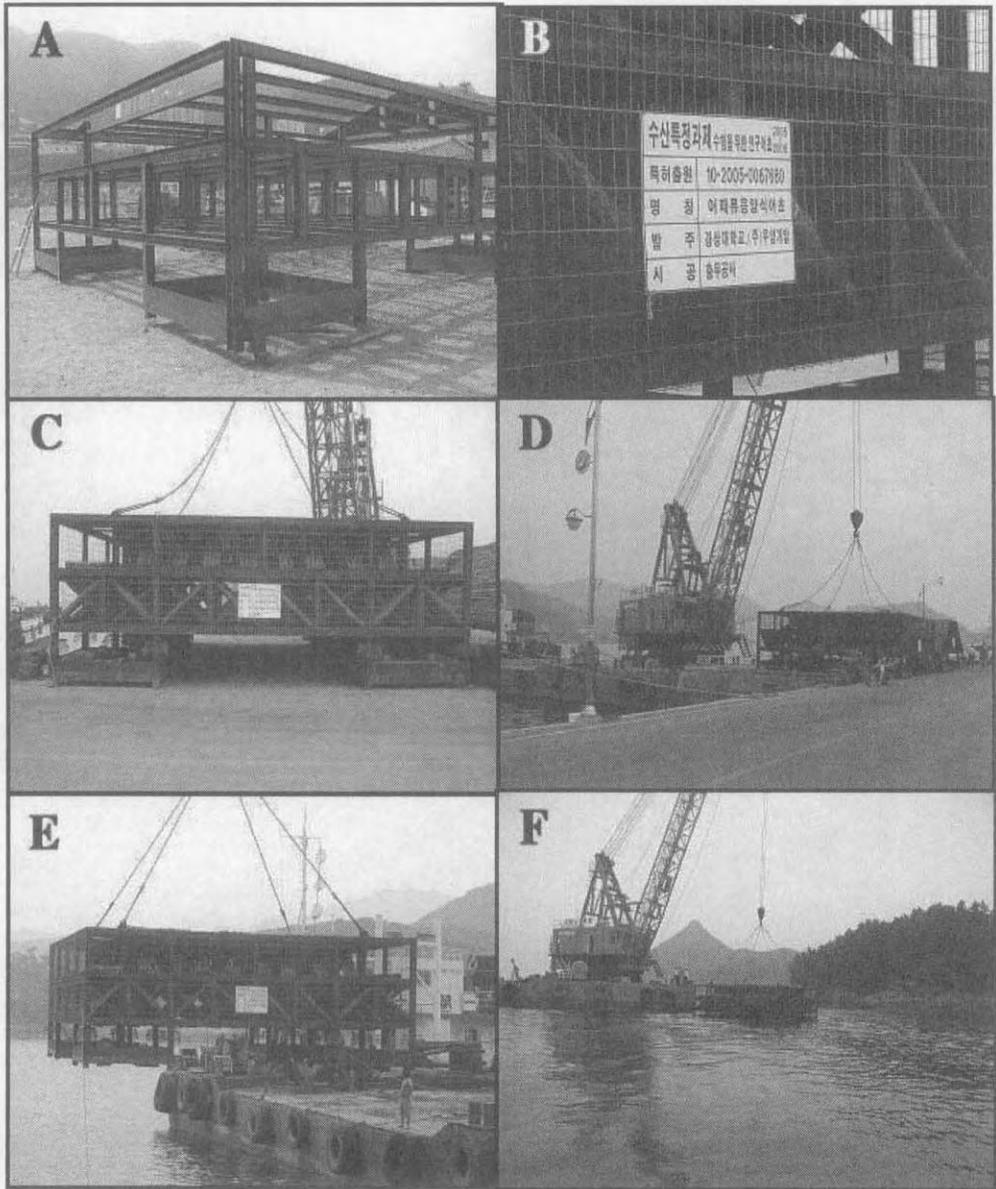
<그림 5> 시험어초의 최상층 평면도



<그림 6> 시험어초의 2층 평면도



<그림 7> 시험어초의 3층 평면도



<그림 8> 시험어초의 제작, 운반 및 시설과정.

A, H빔으로 제작한 어초프레임; B, 제작 완료 후 연구목적과 주관연구기관과 (주) 우양개발의 이름을 새겨 넣은 판넬; C, 설계도면과 같은 형태로 제작 완료된 시험어초; D, 어초운반; E, 바지선에 어초를 탑재하는 모습; F, 사랑도 답포연안의 시험어초 시설작업 전경.

나. 어초시설 해역의 생태환경 및 효과조사

시험어초에 착생한 해조류, 무척추동물 및 유집어류의 수중사진을 <그림 9>에 나타내었다.

잠수조사에 의한 영상물과 채집조사에 의해 확인된 시험어초의 유집 수산동물은 어류 15종, 무척추동물 34종, 해조류 7종이었다. 무척추동물에서는 해면동물 1종, 강장동물 1종, 환형동물 1종, 연체동물 16종, 절지동물 5종, 극피동물 6종, 원색동물 4종으로 총 34종의 무척추동물이 출현하였다.

그러나 여기서 어획조사로 확인할 경우 보다 많은 수산동물이 채집, 채포될 수 있을 것으로 예상되었다(표 1과 2).

한편 해조류는 시험어초 시설지의 부유물에 의한 높은 탁도의 영향으로 불과 7종만이 출현하였는데 출현 종은 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*), 청각 (*Codium fragile*), 말청각(*C. divaricatum*), 미역쇠(*Endarachne binghamiae*), 고리매(*Scytosiphon lomentaria*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*)으로 현탁물에 의한 높은 탁도에 강한 내성을 가지는 종만 출현할 뿐 기타 해조의 착생은 관찰할 수 없었다(표 3). 이는 현 시험어초 시설지의 해조 생육 및 번식환경이 부적합한 것에 기인하는 것으로 2차년도 시험어초 시설지의 적지 선정에 최우선으로 고려해야 할 요소로 판단된다.

<표 1> 시험어초 주변에서 채집 발견된 어류의 종류

국 명	학 명
불 낙	<i>Sebastes(Mebarus) inermis</i>
조피불낙	<i>S.(Neonispansiscus) schlegeri</i>
용치놀래기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>
보리멸	<i>Sillago sihama</i>
미역치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>
솜뱅이	<i>Sebastiscus marmoratus</i>
열쌍동가리	<i>Neopercis multifasciata</i>
보구치	<i>Nibea argentata</i>
쥐노래미	<i>Hexagrammos otaki</i>
노래미	<i>Agrammus agrammus</i>
감성돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
다섯동갈망둑	<i>Pterogobius zacalles</i>
살망둑	<i>Chaenogobius heptacanthus</i>
가시망둑	<i>Pseudoblennius cottoides</i>
그물베도라치	<i>Dictyosoma burgeri</i>

<표 2> 시험어초에 착생하고 있는 착생동물과 어초 주변에서 채집 발견된 무척추동물

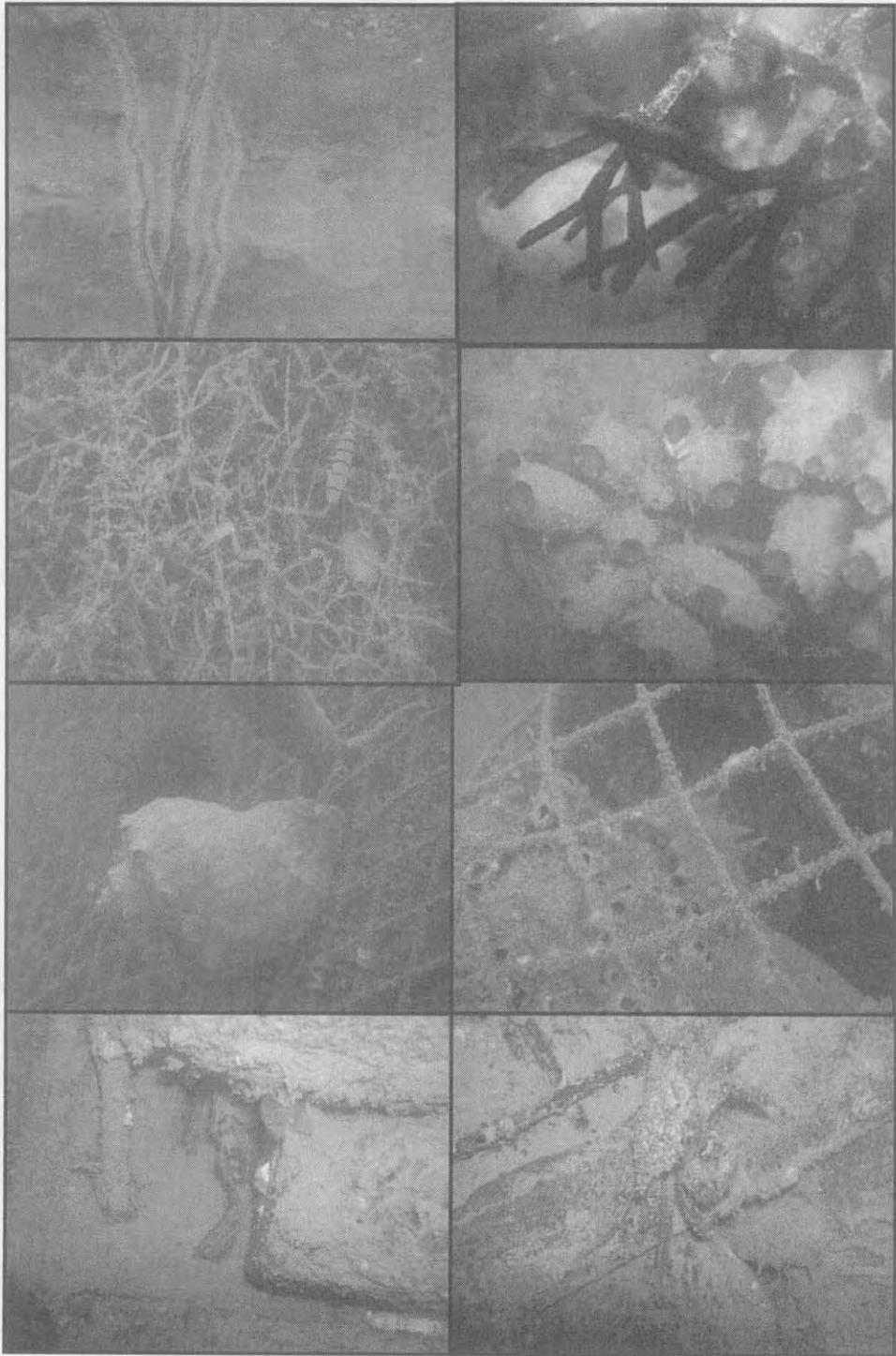
국 명	학 명
해면동물	
집게코르크해면	<i>Nereis</i> sp.
강장동물	
히드라류	<i>Hydractinia Sodalis</i>
환형동물	
갯지렁이류	<i>Suberites ficus</i>
연체동물	
바다방석고둥	<i>Tegula (Omphalius) pfeifferi</i>
방석고둥	<i>Calliostoma unicum</i>
매물고둥	<i>Neptunea despectus</i>
보라골뱅이	<i>N. arthritica</i>
갈색여매물고둥	<i>N. acumingii</i>
돼지고둥	<i>Siphonalia cassidariaeformis</i>
감생이고둥	<i>Sydaphera spengleriana</i>
똥똥이짚신고둥	<i>Crepidula onyx</i>
각시수랑	<i>Buccinum (Voluthatpa) perryi</i>
수염고둥	<i>Cymatium (Monoplex) echo</i>
긴뿔고둥	<i>Fusinus perplexus perplexus</i>
날개뿔고둥	<i>Ocenebrellus adunca</i>
큰구슬우렁	<i>Neverita (Glossaulax) didyma</i>
두드럭고둥	<i>Purpura (Mancinella) bronni</i>
입뿔고둥	<i>Ceratostoma burnetti</i>
연챙이고둥	<i>Inguisitor jeffreysi</i>
문 어	<i>Octopus vulgaris</i>

<표 2> 계속

절지동물	
홍색민꽃게	<i>Charybdis acuta</i>
털줄원손집게	<i>Dardanus arrosor</i>
털게	<i>Erimacrus isenbecki</i>
갯가재	<i>Squilla oratoria</i>
새우류	<i>Leander</i> sp.
극피동물	
별 불 가 사 리	<i>Anthocidaris crassispinia</i>
아무르불가사리	<i>Asterias amurensis</i>
불가사리	<i>Astropecten polyacanthus</i>
거미 불가사리	<i>Ophioplocus japonicus</i>
보 라 성 게	<i>Asterina pectinitera</i>
해 삼	<i>Stichopys japonicus</i>
원색동물	
리테르개멍게	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> for. <i>ritteri</i>
우 령 쉹 이	<i>H. roretzi</i>
흑 미 더 덕	<i>Styela plicata</i>
유 령 멩 게	<i>Ciona intestinalis</i>

<표 3> 시험어초와 어초 연결용 로우프에 착생한 해조류

국 명	학 명
녹조식물	
구멍갈파래	<i>Ulva pertusa</i>
청각	<i>Codium fragile</i>
말청각	<i>C. divaricatum</i>
갈조식물	
미역쇠	<i>Endarachne binghamiae</i>
고리매	<i>Scytosiphon lomentaria</i>
팽생이모자반	<i>Sargassum horneri</i>
홍조식물	
앞꼬시래기	<i>Gracilaria textorii</i>
개도박	<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>

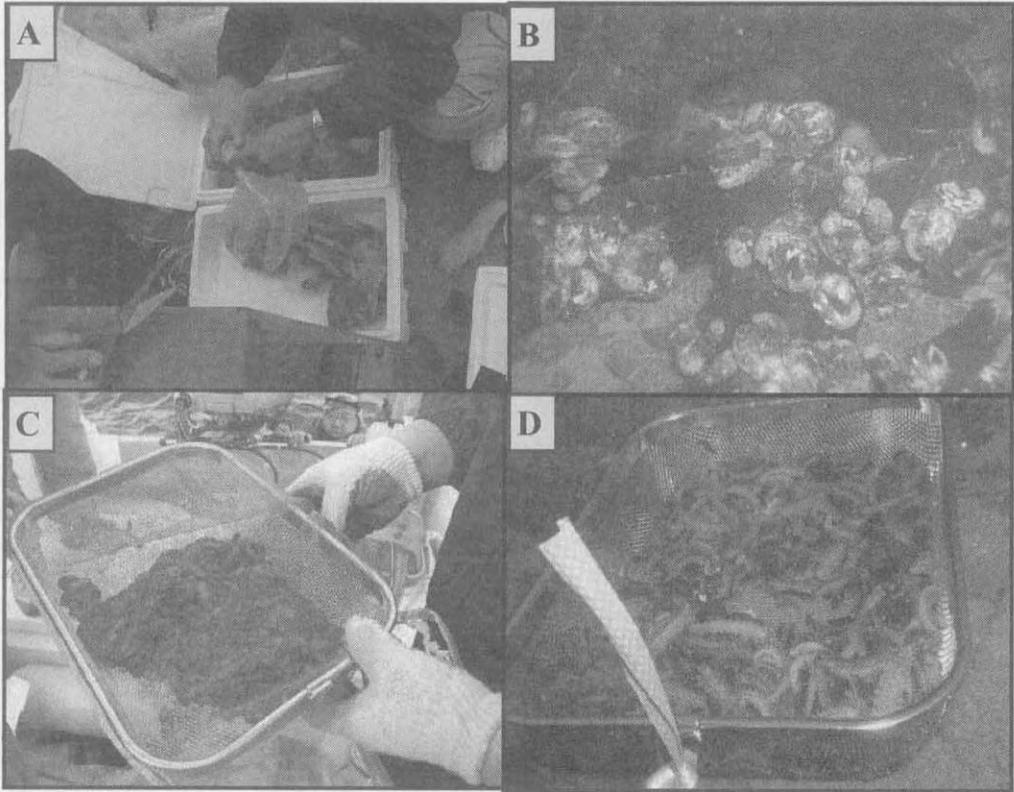


<그림 9> 시험어초에 착생한 해조류, 무척추동물 및 유집어류

다. 전복과 해삼의 방류 및 효과 조사

시험어초에 대한 전복과 해삼의 방류작업을 <그림 10>에 나타내었다.

방류 전복의 크기와 양은 각각 2cm 1만미, 3cm 5천미였으며, 해삼은 체장 평균 4.3cm인 치삼 5000미를 방류하였다.

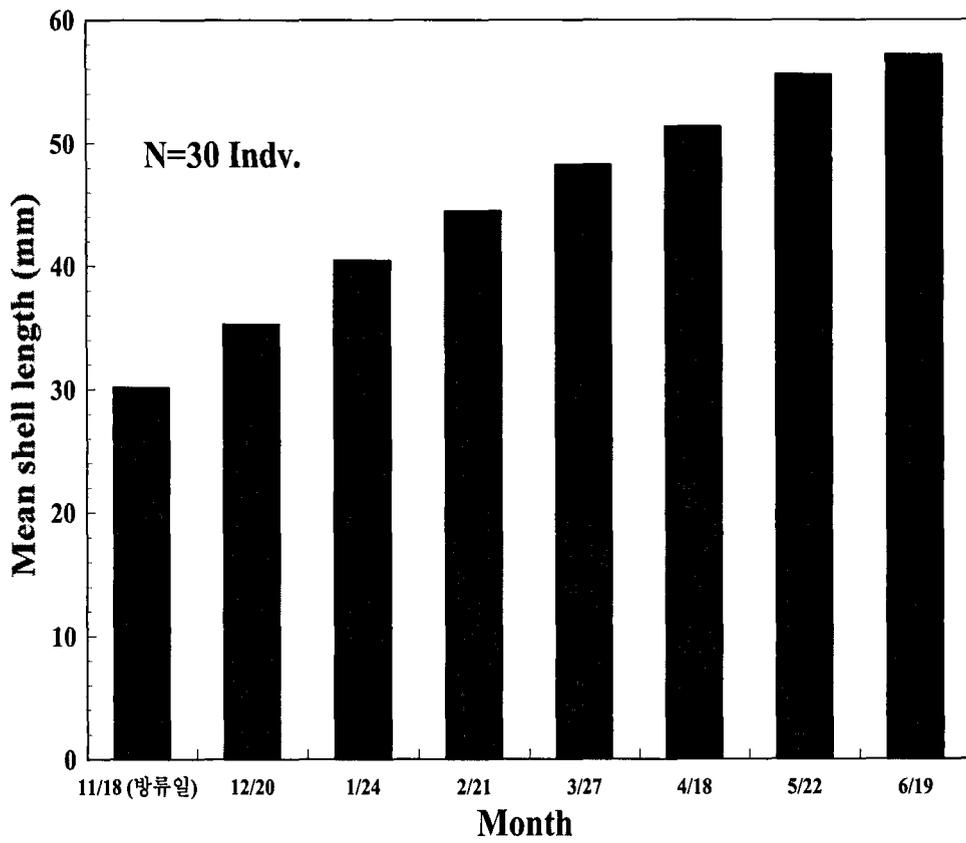


<그림 10> 전복과 해삼의 방류과정.

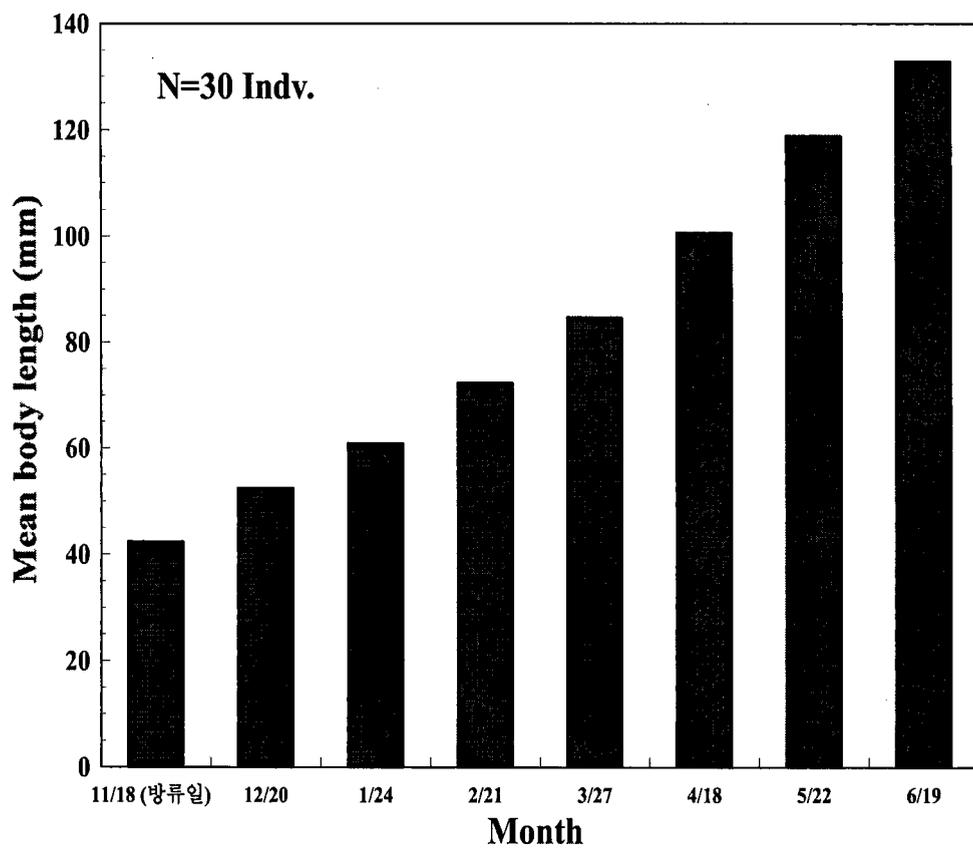
A, 전복의 선별; B, 먹이인 다시마와 함께 시험어초의 상단에 방류한 전복; C, 해삼을 담은 체에 양과망을 씻은 상태; D, 양과망을 씻워 수중에 시설된 어초에 망을 벗겨 방류한 상태.

라. 방류자원의 성장도 조사

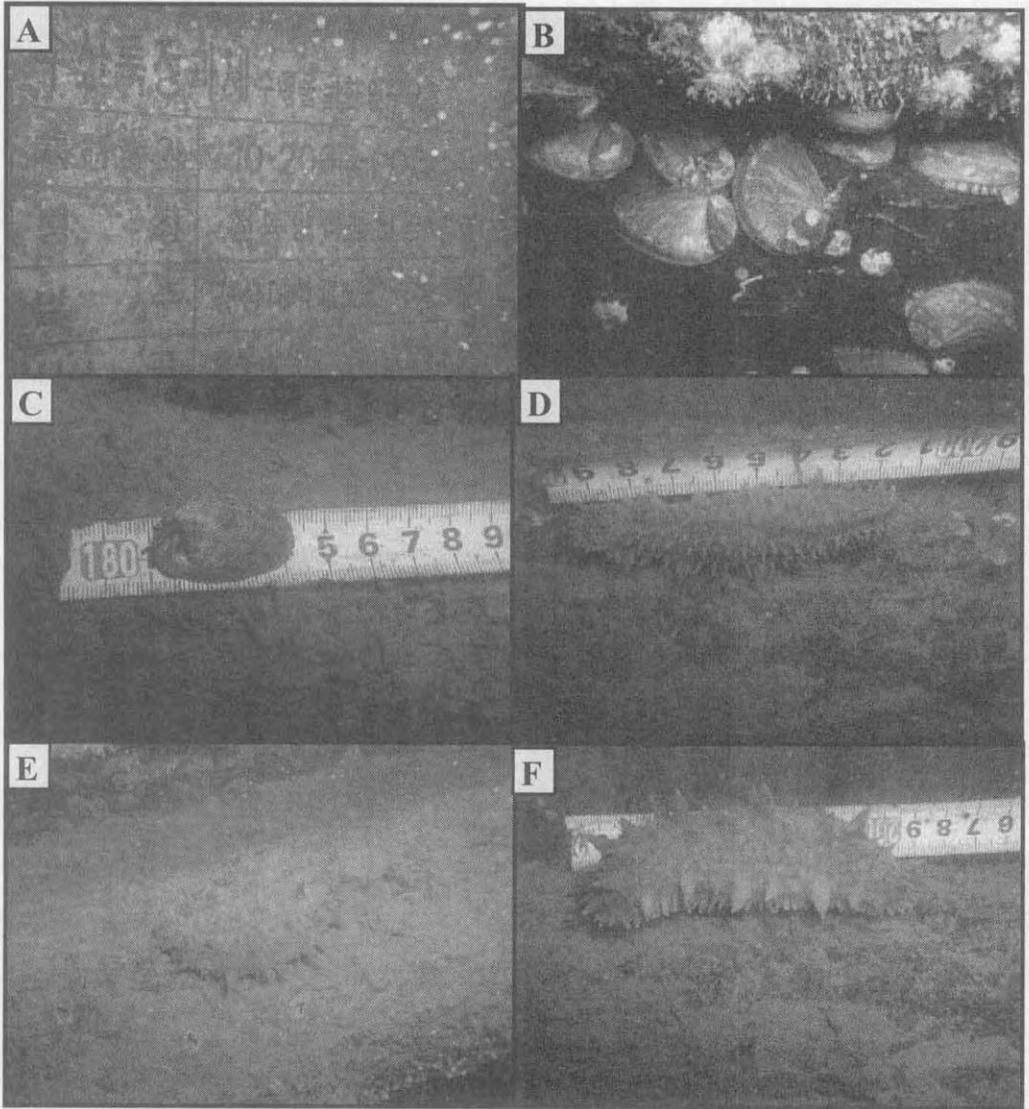
방류한 전복과 해삼의 성장도를 <그림 11> 및 <그림 12>에 나타내었다. 매월 1회 실시한 전복의 성장도 조사에서 방류 당시 평균 30mm였던 전복은 방류 후 7개월 만에 59mm로 성장하여 뚜렷하게 성장효과가 나타나지 않았다. 이는 시험어초 시설지에 주변의 양식장으로부터 유입된 부유물이 퇴적한 것, 부유물이 과다하여 입식된 해조류 종묘가 탈락한 것과 먹이 부족 등이 원인으로 앞으로 2차년도 시험, 연구에서 특별히 고려해야할 사항이다. 반면 해삼의 경우 방류당시 평균 체장 43mm였던 치삼이 방류 7개월 후 130mm 이상으로 성장하여 전복과 달리 매우 빠르게 성장하는 것으로 나타났다. 이는 인근 해역이 미국 FDA가 지정한 청정해역으로 굴 양식이 집중되고 있기 때문에 이들 양식장으로부터 해삼의 성장에 필요한 양질의 먹이가 유입되었기 때문인 것으로 판단되었다(그림 13 참조).



<그림 11> 방류 전복의 성장도



<그림 12> 방류 해삼의 성장도

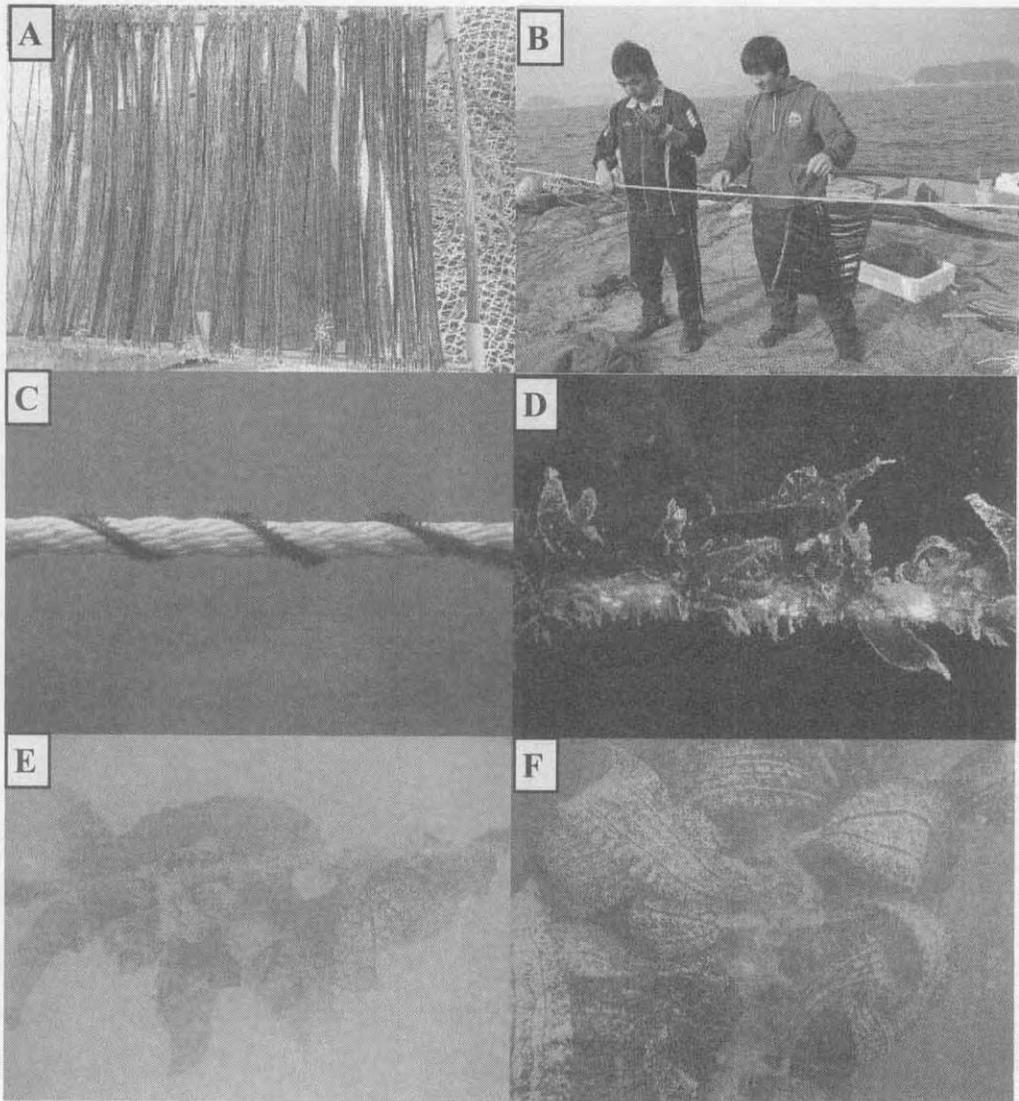


<그림 13> 시험어초에 방류한 전복과 해삼의 성장도 측정.

A, 시험어초의 표지판, B, 참나무 틈 사이에 몸을 숨긴 전복치패; C, 수중에서의 전복 성장도 측정; D, 해삼의 측정(체형이 긴 것); E, 표면에 서식하는 해삼; F, 체형이 짧고 몸통이 굵은 해삼.

마. 조장조성 및 효과조사

해조장 조성을 목적으로 전남, 완도와 목포에서 다시마와 쇠미역사촌(쇠미역) 종묘를 입식하여 연승에 감아주는 방법으로 이식하였다. 이식 후 1월 중순 까지 유체의 성장이 나타났고 3월 중순 까지는 빨 등이 부착한 상태로 어느 정도 자랐으나 4월이 되면서 수온 상승과 함께 높은 탁도와 점질성 부유물의 부착으로 태반이 탈락하였다(그림 14 참조). 따라서 2차 년도에는 해조류의 생장 번식을 고려하여 어초시설의 적정 수심을 결정해야할 것으로 판단되었다.



<그림 14> 해조류 종묘의 입식 공정 및 이식 시설 후의 생장. A, 가이식 용 종묘; B, 어미줄에 종사감기작업; C, 어미줄에 종사를 감은 후 수중에 이식한 상태; D, 유엽이 성장한 어린 포자체; E, 부니가 침착한 어미줄 및 중엽체; F, 부니가 대량으로 착생하여 탈락하기 시작하는 엽체

바. 어업인 설문조사

어업인 설문조사는 (주) 우양에서 개발한 시험어초의 시설이전에 이 시험어초를 시설하고자 하는 예정 해역의 어업인 및 연구자가 알고 있는 지선 어업인들을 통해 이루어진 것이다. 조사방법은 인공어초 시설에 따른 어초의 기능, 효과 및 어민 활용도 그리고 금후 시설방향 등에 대한 어민의견을 조사, 수렴하여 인공어초시설사업 추진을 위한 기본자료로 활용코져 했다. 1어초시설 지선에 거주하는 어민 109명을 대상으로 하여, 2006년 5월 15일부터 6월 30일까지 인공어초시설과 관련한 14개 항목(아래)이 기재된 설문지를 이용했다. 설문에 응답한 인원은 79명으로 응답율은 72.5%이었다. 설문지의 내용은 아래와 같다.

1) 설문내용

가) 과거에 대비 최근의 어획량은?

- 감소하고 있다
- 똑 같다
- 증가하고 있다

나) 어획량이 감소하는 이유로는?

- 연안오염
- 불법어업 성행
- 어선 어구 발달에 의한 남획

다) 어획량을 증가시키기 위해 최우선 투자 분야는?

- 인공어초 시설
- 수산종묘 방류

라) 인공어초를 시설하는 이유는?

- 어패류 산란 및 서식장 제공
- 불법어업 방지
- 낚시터 개발

마) 시설효과가 큰 어초와 금후 희망하는 시설 어초는?

- 사각어초
- 반구형 어초
- 세라믹어초
- 강제어초
- 어선어초
- 기능성어초(대상생물에 따른 어초)
- 기타

바) 인공어초 시설 최적 수심은?

- 10m 이내
- 10~20m
- 20~30m

사) 인공어초 시설 해역에서 조업한 사실이 있는가?

- 가끔 조업하고 있다
- 자주 조업하고 있다

아) 어초를 시설한 해역과 시설하지 않은 해역의 어획량은 어느 쪽이 많은가?

- 어초 시설구
- 어초 비시설구
- 모른다

자) 어초시설 해역에서 어획이 많았다면 시설 몇 년 후부터 인가?

- 시설 3년 후
- 시설 2년 후
- 시설 1년 후

차) 어초시설 해역에서 많이 어획되는 어종은?

- 우럭, 볼락

- 노래미
- 참돔, 감성돔
- 기 타

카) 어초시설 해역에서 가장 도움이 되는 업종은?

- 낚시어업
- 자망어업
- 통발어업

타) 인공어초시설이 어민소득에 기여도는?

- 많이 기여한다
- 약간 기여한다

파) 인공어초시설사업 확대 여부는?

- 더욱 확대되어야 한다
- 모르겠다

하) 다목적형 신형어초에 대한 기대효과는?

- 효과가 클 것 같다.
- 효과가 없을 것 같다.
- 잘 모르겠다.

2) 설문 분석결과

응답자의 연령은 84%가 30세에서 59세 사이였고 92%가 거주기간 15년 이상이었다. 이들 중 낚시어업에 종사하는 사람이 45%이었고 통발어업이 26%이었다. 조업일수는 50%가 200일 이하였고 25%가 100일 이하였다. 설문 13개항에 대한 응답을 분석한 결과는 아래와 같았다.

먼저 과거에 대비한 최근 어획량은 87%가 감소하고 있다고 하였고, 감소하는 이유로는 연안오염과 불법어업 성행이 다 같이 39%씩 이었다. 어획량을 증가시키기 위해 최우선 투자 분야는 61%가 인공어초시설, 22%가 수산종묘 방류를 원하는 것으로 나타났다. 인공어초를 시설하는 이유에 대해서는

어패류 산란 및 서식장 제공이 74%, 불법어업 방지 13%와 낚시터 개발 12%였다.

시설효과가 큰 어초와 금후 희망하는 시설 어초에 대한 설문에서는 어선어초 29%, 강제어초 21%, 대상생물의 생태를 고려한 기능성어초 19%, 세라믹어초 14%, 사각어초 9%와 반구형어초 4% 및 기타 4%로 나타났다. 인공어초 시설의 최적 수심에 대해서는 10~20m가 39%, 20~30m 25%, 10m이내가 23%로 10m이내보다는 10-20m에 시설되길 원했으나 패조류를 대상으로 한 어초에 대해서는 10m이내로서 적지선정에 대한 의견을 피력하였다. 인공어초 시설 해역에서 조업한 사실이 있는가라는 설문에서는 가끔 한다 50%, 자주 한다 24%로 74%이상이 어초시설지에서 주로 어업을 하는 것으로 나타났다. 어초를 시설한 해역과 시설하지 않은 해역의 어획량은 어느 쪽이 많은가에 대해선 시설구가 72%, 모른다 17%, 비시설구 4%로 나타나 비시설구가 시설구보다 높게 나타난 경우도 있었는데 이는 시설구의 높은 어획강도에 기인하는 것으로 판단되었다. 어초시설 해역에서 어획이 많았다면 시설 몇 년 후부터인가에 대해선 3년 후가 35%로 가장 많았고 2년 후 31% 및 1년 후 24%로 나타났으며 어초시설 해역에서 많이 어획되는 어종은 우럭·볼락(66%), 노래미(24%), 참돔, 감성돔 4% 및 기타 6%로 나타났다. 어초시설 해역에서 가장 도움이 되는 업종은 낚시어업이 83%로 자망어업(6%)과 통발어업(6%)에 비해 압도적으로 높은 것으로 나타났다. 인공어초 시설이 어민소득에 기여하는가에 대해선 많이 기여한다 58%로서 약간 기여한다(34%)에 비해 매우 긍정적인 인식을 갖는 것으로 나타났고 따라서 인공어초시설사업이 더욱 확대되어야 한다(94%)는 생각이 우세한 것으로 나타났다.

이상의 응답을 종합하면, 인공어초 시설은 수산생물의 산란, 서식장 제공과 불법어업 방지로 연근해 수산자원 조성효과가 높아 실질적 어민소득 증대에 크게 기여하고 있어 지속적으로 인공어초시설을 확대하여 줄 것을 요망한다

고 볼 수 있지만 어민에게는 인공어초를 어촌계 지선에 가까운 공동어장의 수심 20m정도 되는 곳이나 섬 주위로서 저질이 자갈, 암반 또는 사니질인 해역에 집중 시설하는 것이 효과가 크다고 생각하고 있음을 알 수 있다. 한편 인공어초 시설지가 자연초 어장보다 부분적으로 어획량이 떨어지는 경우가 있는데 이는 어초시설지에서의 집중어획에 따른 높은 어획강도에 기인하는 것으로 나타났다.

제2절 2차년도의 연구방법, 연구내용 및 결과

1. 연구개발방법

국내의 인공어초는 피라밋강제어초, 인조해조장어초, 행동시험용강제어초, 목선쌍둥어초, 연약지반형강제어초, 조립식사각어초, 신형강제어초, 반구형어초, 강제해조용어초, 상자형강제어초, 연안다목적어초, 사각구조물, 육성용강제어초, 로프-강제복합어초, 상자형어초, 대형사각구조물, 2단상자형강제어초, 원형강제어초, 강선+피라밋강제어초, 어패류용세라믹어초, 목선어초, PP조립형상자어초, 자연석, PP조립형 커텐어초, 탄약운반선, 2단상자형 강제어초, 인조 해조장어초외에 최근에 개발된 폐수지와 제강분진을 결합하여 만든 스톤펠렛 어초, 정삼각뿔형 어초, 자연석 사각어초, 쇠석형 철골구조망어초 등 그 재질과 형태에 있어서 높은 다양성을 나타내고 있다. 그러나 이들 어초는 콘크리트, 강재, 제강슬래그, 폐비닐, 목선, 세라믹 등 그 재질에서 뚜렷한 차이를 나타내나 참나무를 주재료로 한 어초는 아직 개발되어 실용화 된 적이 없기 때문에 이와 관련된 국내 어초개발 분야의 환경은 변화된 것이 없는 것으로 평가할 수 있다.

가. 어초의 설계, 제작 및 시설, 방류자원의 효과조사, 생태환경 조사 및 해조장 조성

1) 재료 및 방법

가) 참여기업인 우양개발에서 설계한 어초의 기본형을 수정, 보완하여 제작한 피라미드형(그림 15와 16)을 시험제작하여 통영시 산양읍 연명리 연안 마을어장 해역에 시설하였다(그림 17).

나) 어초시설 해역의 생태환경조사를 실시한다.

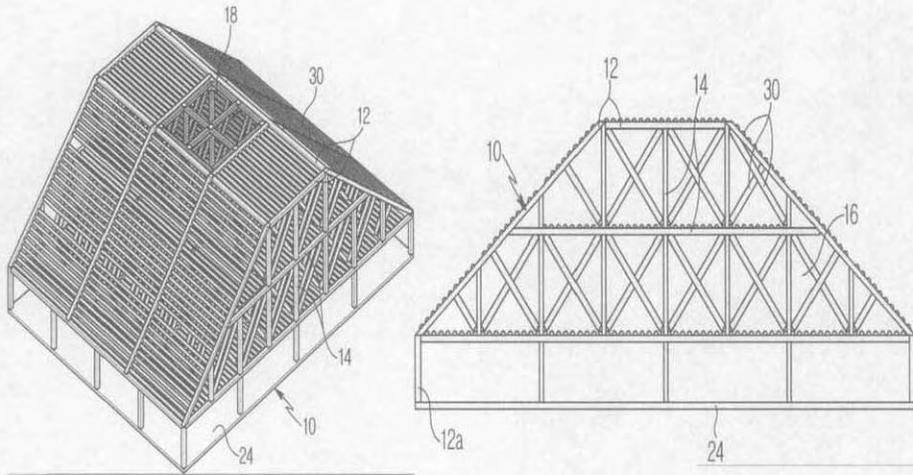
어초시설 해역의 기본적인 생물환경 등을 조사한다.

다) 시험, 연구어초에 대한 전복방류 및 효과조사

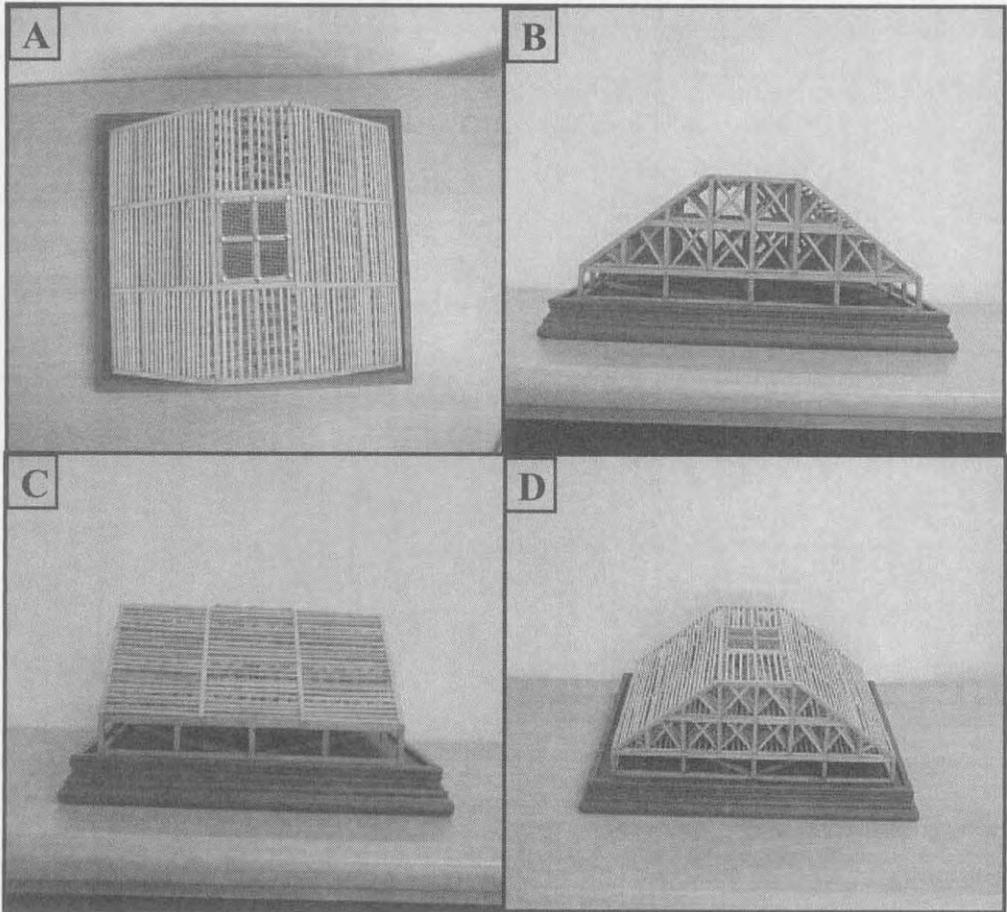
매월 1회 잠수부를 고용하여 방류 전복의 방류효과 및 성장도 조사를 수행한다. 전복과 해삼은 각각 30마리 이상을 대상으로 수중에서 각장 및 체장을 측정한다.

라) 조장조성 및 효과조사

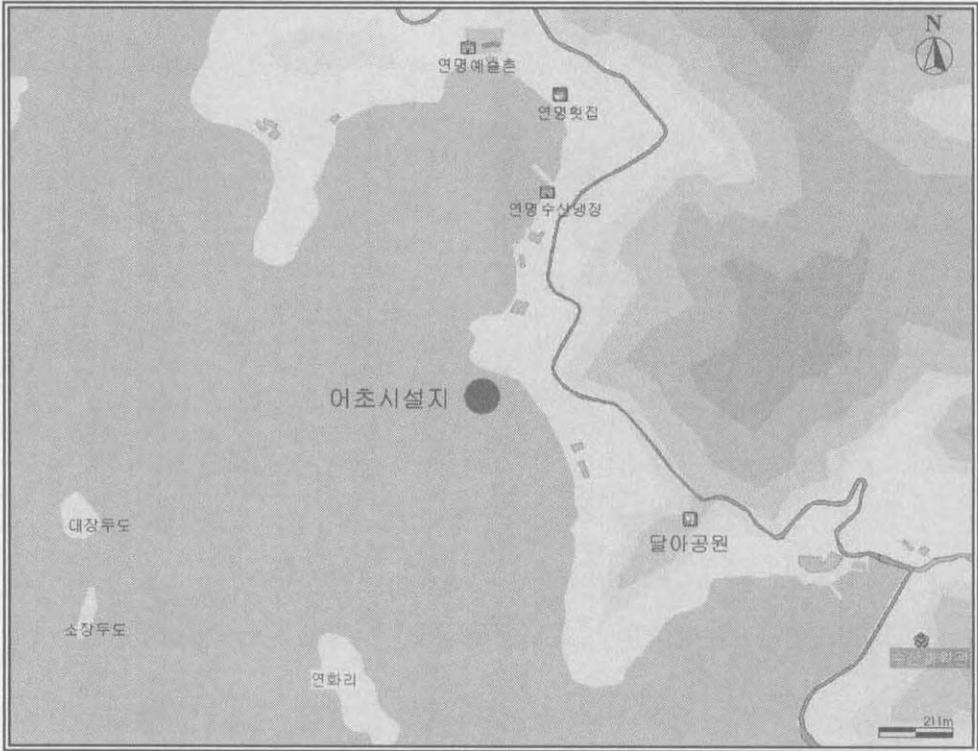
해조장을 조성하고 그 효과를 조사한다. 또한 녹조, 갈조, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통하여 참나무를 재질로 한 어초의 조장조성효과를 분석하고 해조류의 성장도 등을 조사한다. 해조장 조성을 통하여 생성된 해조류는 방류전복의 먹이원으로 활용하고 전복의 배설물 등은 해삼의 먹이로 활용하도록 하였다.



<그림 15> 본 연구에서 1차년도에 어초를 수정, 제작하여 시설할 시험연구용 피라미드형 어초의 설계모형



<그림 16> 2차년도 연구에서 1차년도의 사각형 어초를 수정, 보완한 후 제작하여 시험 연구해역에 시설한 연구용 어초의 실물모형도. A, 어초의 상부 평면도; B, 어초의 단면도; C, 어초의 측면도; D, 어초의 입체면



<그림 17> 통영시 산양읍 연명리 해역의 시험어초 시설지

나. 목재에 대한 유인활성 실험과 전복 껍질 및 육의 물리화학적 특성 분석

일반 목재를 불완전 연소했을 때 검출되는 각 성분들은 알데히드, 산류, 페놀류, 케톤류, 알콜류 및 수지류로서 농도는 수지류가 가장 높다(박 등, 1997). 한편 어패류의 생태적인 환경에 미루어 대부분의 섭이 행동을 자극하는 물질은 화학적 자극을 유발하는 물에 용해하는 저분자 성분인 것으로 추정하고 있다(Harada, 1982; Harada and Ikeda, 1984; Harada and Akishima, 1985). 따라서 물에 침지한 목재가 섭식행동을 자극하는 유인성 물질을 침출한다면 목재에 함유된 성분 중에서 물에 녹는 가용성 성분이 차지할 확률이 가장 높은 것으로 추정된다.

갈조류의 전체 염상에서 얻은 유인에 효과적인 분획을 분획하여 검전복의 유인 활성을 실험한 결과, 40-50% 포화암모늄 단백질 획분과 산성 및 염기성 아미노산, 중성 및 인지질의 유인성 높다고 하였으며, 인지질 중 phosphatidyl-inositol의 활성이 가장 높았다. 그리고 염기화합물 중 monoethylamine과 감마-aminobutyric acid가 가장 효과적이라고 보고하였다(Harada and Akishima, 1985). 특히 휘발성 염기 화합물 중 전복은 pyrrolidine에 대한 활성이 높았다(Harada et al., 1987). 핵산관련물질로서 cytosine, xanthine이 전복에 대하여 높은 섭식 유인 효과를 발휘하였고 유인 반응에는 단일물질보다는 여러 가지 물질의 협동 효과가 인지되었다(Harada, 1986). 미역의 메탄올 추출물에서 활성 물질을 검색한 경우 C₁₄~C₂₀부터 포화 및 불포화지방산이 구성 지방산이 되는 디갈락토실디아실글리세롤(DGDG)과 포스파티딜콜린(PC)이 활성본체에 있다는 것을 알았다. 이 같이 전복의 섭식 유인에 관한 다양한 물질의 효과에 관하여 연구되었으나, 목재 추출물에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 따라서 전복의 유인을 위한 화학적 자극제로서 목재의 수용성, 메탄올 추출물에 관한 연구는 새로운 물질의 유인성 물질의 발견이라는 측면에서 뿐 아니라 유인성을 가진 생활공간

의 구축이라는 측면에서도 큰 의의를 가질 것으로 예상된다. 그리고 예비 실험에 의하면 목재에 부착하여 생활한 전복은 일반적인 사육 수조에서 사육한 전복에 비하여 껍질의 색이 갈색화한 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 목재에 부착하여 생활한 전복이 일반적인 사육 방법에 따라 양성한 전복과는 육성분의 조성에서도 차이를 보일 것으로 예상되기 때문에 소비자의 acceptability에 영향을 미치는 몇 가지 식품학적 특성을 조사할 필요가 있을 것으로 예상하였다.

1) 재료 및 방법

가) 목재 추출물의 제조

목재 추출물은 잘게 부순 참나무 껍질에 중량 대비 5배량의 물, 3% 식염수, 70% methanol을 첨가하여 냉각 장치를 장착한 가열 플라스크에서 24시간 추출하고, 감압 농축기에서 Brix 11-12로 농축한 후 전복의 화학적 자극을 위한 물질 혹은 성분 분석을 위한 시료로 사용한다.

나) 성분의 조성 분석과 유인성의 측정

(1) 일반성분과 총 phenol화합물

수분은 상압가열건조법, 조지방은 chloroform과 methanol을 추출용매로 사용하는 Bligh and Dyer 법(1959), 총 질소 화합물은 semi-micro Kjeldahl 법, 회분은 건식회화법, 총 phenol 화합물의 양은 Foline-phenol법으로 측정한다.

(2) 섭취 유인활성의 예측

섭취 유인 활성, 즉 유인 지표 a(줄여서 A.I.a)는 Harada (1982)의 방법에 따라 수조를 사용하여 통계적 방법으로 배치한 획분의 물질에 모인 전복의 개체수로 판정한다.

(3) 단백질, 아미노산 및 지질의 분석

목재에서 단백질 획분을 암모늄 설페이트로 염석하여 5개 획분으로 분리하였다. 단백질 획분을 5배량의 탈이온수에 현탁시키고 Ultra-Turrax로 10분

동안 완전히 균질화하였다. 균질물은 12,000 x g에서 20분 원심분리하여 비단백질 물질들을 제거하였다. 상층액에 34% 포화 암모늄설페이트를 넣고 교반하면서 1시간 방치한 후 원심분리하여 침전물을 모았다. 상층액에 40% 포화 암모늄설페이트를 넣고 침전물을 얻기 위해 같은 방법으로 처리하였다. 계속하여 순차적으로 50%, 62% 및 68% 포화 농도를 만들어 3번의 침전물을 얻었다. 각 침전물을 적당한 양의 물에 현탁시켰다. 암모늄설페이트를 완전히 제거하기 위해 현탁물을 흐르는 물에서 투석하였다. 투석물을 물에 녹이거나 현탁시켜 단백질 농도가 4 mg/mL이 되도록 조정하였다. 이런 조작은 모두 7C 이하에서 수행하였다. 34%, 40%, 50%, 62% 및 68% 포화로 얻은 각 획분은 각각 감마-globulin, 알파, 베타-globulin 및 감마-globulin, 알파와 베타-globulin 및 mucoglobulin, 알부민, 알부민과 당단백질을 포함한다.

아미노산과 지질 획분은 각각 음이온 교환 크로마토그래피로 산성, 중성 및 염기성 아미노산으로, 전보에서 서술한 유기 용매-분획 추출로 중성, 인 및 당지질로 분리하였다. 아미노산과 지질의 각 획분을 각각 물에 녹이고 중합 등급이 1,100인 10% polyvinyl alcohol에 현탁하여 농도가 2 mg/mL와 3 mg/mL이 되도록 조절하였다. 필요하다면 모든 분획은 NaOH 혹은 HCl을 첨가하여 pH 6.0-7.0으로 조정한다.

다. 전복 껍질과 육의 물리화학적 특성 분석

(1) 전복 껍질의 색도 측정

껍질의 색도는 껍질의 표면색을 측정해야 하기 때문에 일반적인 Hunter Lab로 측정할 수 없을 것으로 예상되어 피자 껍질의 색도 분석에 사용하는 Papadakis 방법(2000)에 따라 digital camera와 photoshop 및 scan pro s/w를 이용하여 측정하였다.

(2) 전복 육의 항산화능의 측정

전복 육 마쇄물의 항산화 효과를 측정하기 위해 DPPH항산화능(Burda and Oleszek, 2001)과 Ferric cyanate 법(Chen et al., 1996)으로 항산화능을 측

정한다.

(3) 조직감의 측정

전복 육의 조직감은 Tung and Rogers(2000)의 방법에 따라 일반적인 압축 측정으로 파괴 강도와 변형값을 측정한다.

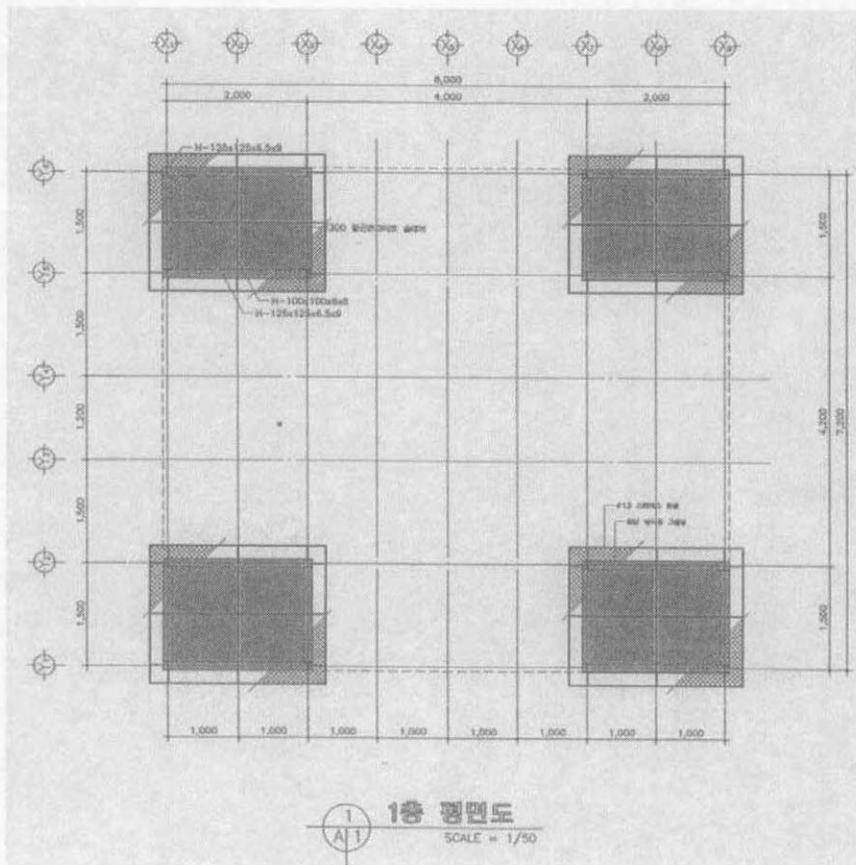
2. 연구결과

가. 설계어초의 제작, 시설 및 안전성 검토,

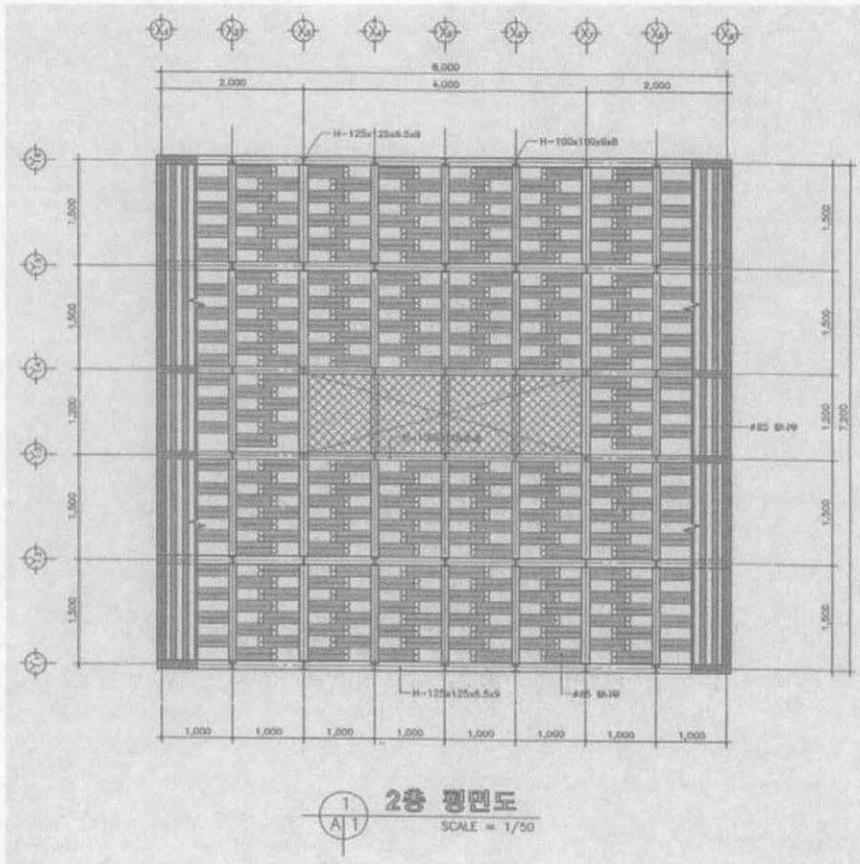
설계된 어초는 바닥에서 최상단까지의 높이가 300cm이고 바닥에서 100cm의 높이로 가로, 세로 각각 2m길이의 사각형 다리에 콘크리트를 타설하여 어초의 침하 및 이동을 방지하고자 하였으며 1m층 2개로 된 복층의 구조로 되어있으며 바닥에서 1m층 높이에서 45°각도로 상층면을 향하여 양면을 절개한 형태의 피라미드형으로 제작하였다(그림 16의 모형도 및 그림 18,19,20,21의 설계도면 참조). 또한 각층의 H빔 강재 프레임 구조에 참나무를 끼워 넣은 후 수심 6m내외인 경남 통영시 산양읍 연명리 내만의 마을어장 해역내에 시설하였다. 어초의 제작, 운반 및 시설공정은 <그림 22>와 같다.

어초시설지의 바닥은 사니질로서 이설하여 시설한 후 지금까지 바닥에 침하되어 기울어지거나 침하되어 가라앉는 등의 불안정한 요소는 찾아볼 수 없었으며 아직까지 세력이 강한 태풍의 내습은 없었으나 소규모의 태풍에도 어초의 안정성에 위해를 주는 요소는 발견할 수 없었다. 단 이 어초가 시설된 연명리 연안이 이설하기 전인 사랑도 연안 해역에 비하여 해안선에 가깝고 수심이 얕아 강력한 태풍 내습이후의 모니터링을 통해 어초 안전성을 재검하여 현장적용 시 나타날 수 있는 문제점 보완이 필요할 것으로 생각된다.

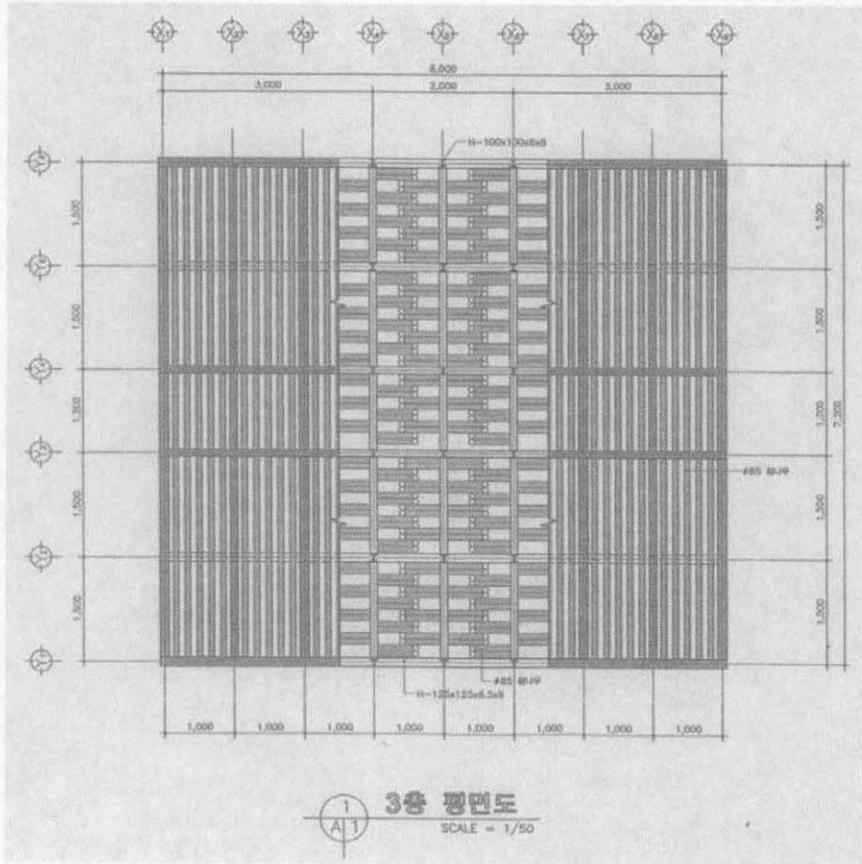
한편 해상크레인을 이용하여 1차 년도에 사랑도 연안해역에 시설되었던 사각형 어초를 인양하여 피라미드 어초가 시설된 곳으로부터 약 20m 떨어진 연안에 함께 시설하고 사랑도에 시설되었을 때의 시험 연구결과와 비교하여 어초의 안정성과 기능성을 재검토 하고자 하였다(그림 22의 E, F).



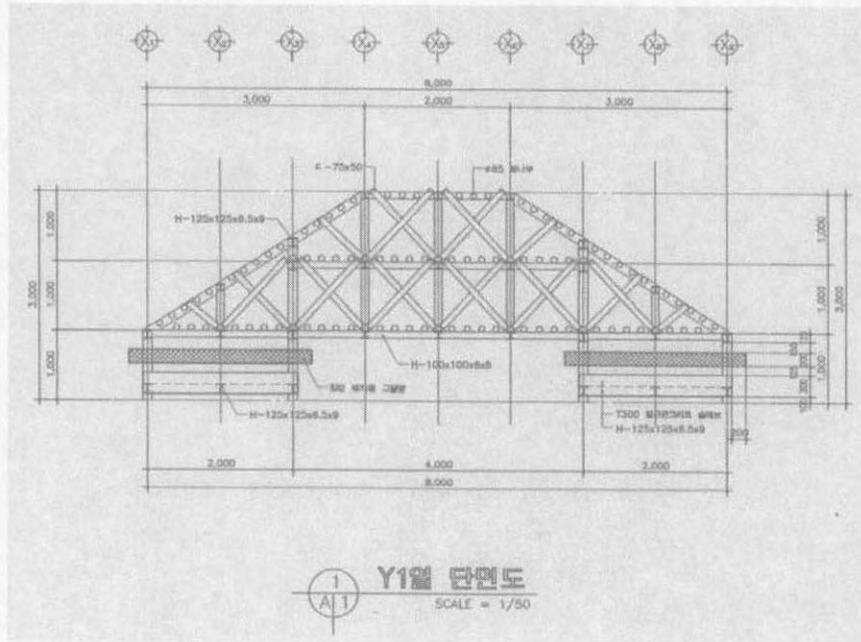
<그림 18> 2차년도 시험 연구용 어초의 1층 평면도



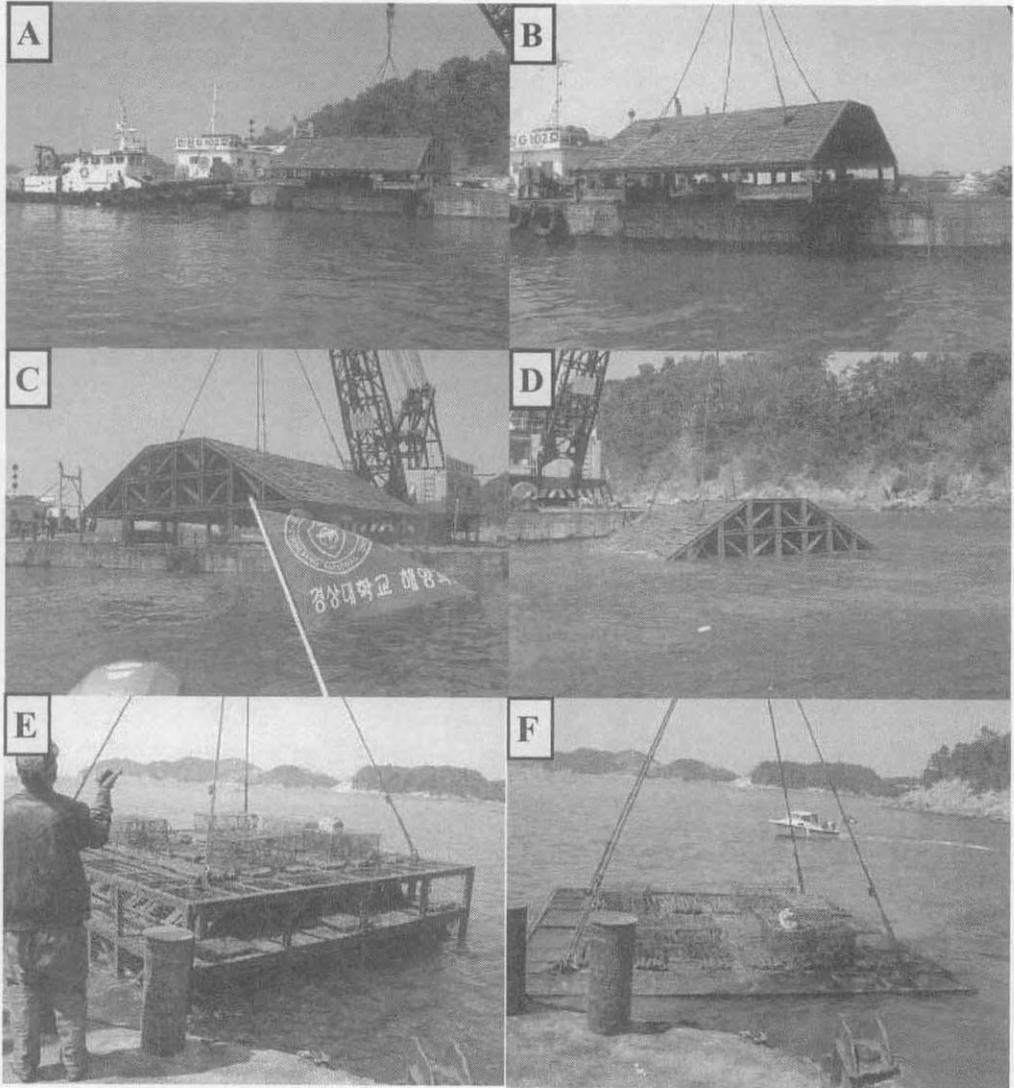
<그림 19> 2차년도 시험 연구용 어초의 2층 평면도



<그림 20> 2차년도 시험 연구용 어초의 최상층 평면도



<그림 21> 2차년도 시험 연구용 어초의 단면도



<그림 22> 2차년도 연구시험어초의 제작, 운반 및 시설공정과 사각형 어초의 이설공정. A, 피라미드형 어초의 선적; B & C, 바지선에서 어초를 이동시키는 작업 광경; D, 수중에 투하하여 시설되는 피라미드 어초; E & F, 사랑도에서 1년간 시험을 마친 사각형 어초를 인양하여 연명리 연안 마을어장 내에 이설, 투하하는 작업 광경.

나. 어초시설 해역의 생태환경 및 효과조사

1) 착생 해조류 및 해조장 해조류의 이식효과조사

통영시 연명리 마을어장에 이설한 후 시험어초에 이식하거나 착생한 해조류의 목록을 <표 4>, 다목적 어패조류 번식조장을 목적으로 한 참나무어초에 이식하는 해조류의 이식작업 공정을 <그림 23>에 착생하는 해조류의 서식생태 사진을 <그림 24>에 나타내었다.

이식해조류는 통영연안에 자생하는 외톨개모자반 성체를 지름 10mm의 로우프에 끼워 어초에 이식하였고, 입식용 해조는 전남 목포에서 구입한 쇠미역사촌(쇠미역) 종묘와 전남 완도에서 구입한 다시마종묘로서 우렁쉥이 채묘용 팜사에 씨줄을 감은 후, 이 팜사를 어초의 상단면에 참나무의 표면과 수평이 되게 감아주었고 부착을 돕기 위해 참나무에 못을 박아 어미줄인 팜사를 고정시켰다(그림 23).

이식해조류는 부분적으로 탈락한 것도 있으나 8월말 현재 엽장 100cm이상으로 성장하여 착생 및 생육상태가 양호한 것으로 나타나 1차적으로 부분적인 해조장의 기능을 수행하고 먹이원으로서의 역할을 하는 것으로 판단된다.

착생해조류의 생태는 1차 년도에 시설되었던 사랑도 연안의 시설된 어초에 부착, 서식하고 있는 해조상과 달리 수심이 얕고 투명도가 좋아 종 다양성이 보다 높은 것으로 나타나 녹조 6종, 갈조 10종, 홍조 17종 등 총 33종으로 이 가운데 성체이식 및 종묘입식을 통한 해조장과 먹이원으로서 조성한 3종을 제외하면 대부분이 천연적으로 착생, 서식하고 있는 종으로 나타났다.

대표적인 출현 종은 녹조류의 구멍갈파래 (*Ulva pertusa*), 청각(*Codium fragile*), 말청각(*C. divaricatum*), 넓청각(*C. adhaerens*), 갈조류의 미역(*Undaria pinnatifida*), 미역쇠(*Endarachne binghamiae*), 고리매(*Scytosiphon lomentaria*), 팽생이모자반(*Sargassum horneri*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 미끈뽀대그물말(*Dictyopteris divaricata*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 미끌지누아리(*Grateloupia turuturu*), 개도박(*Pachymeniopsis lanceolata*), 썩기

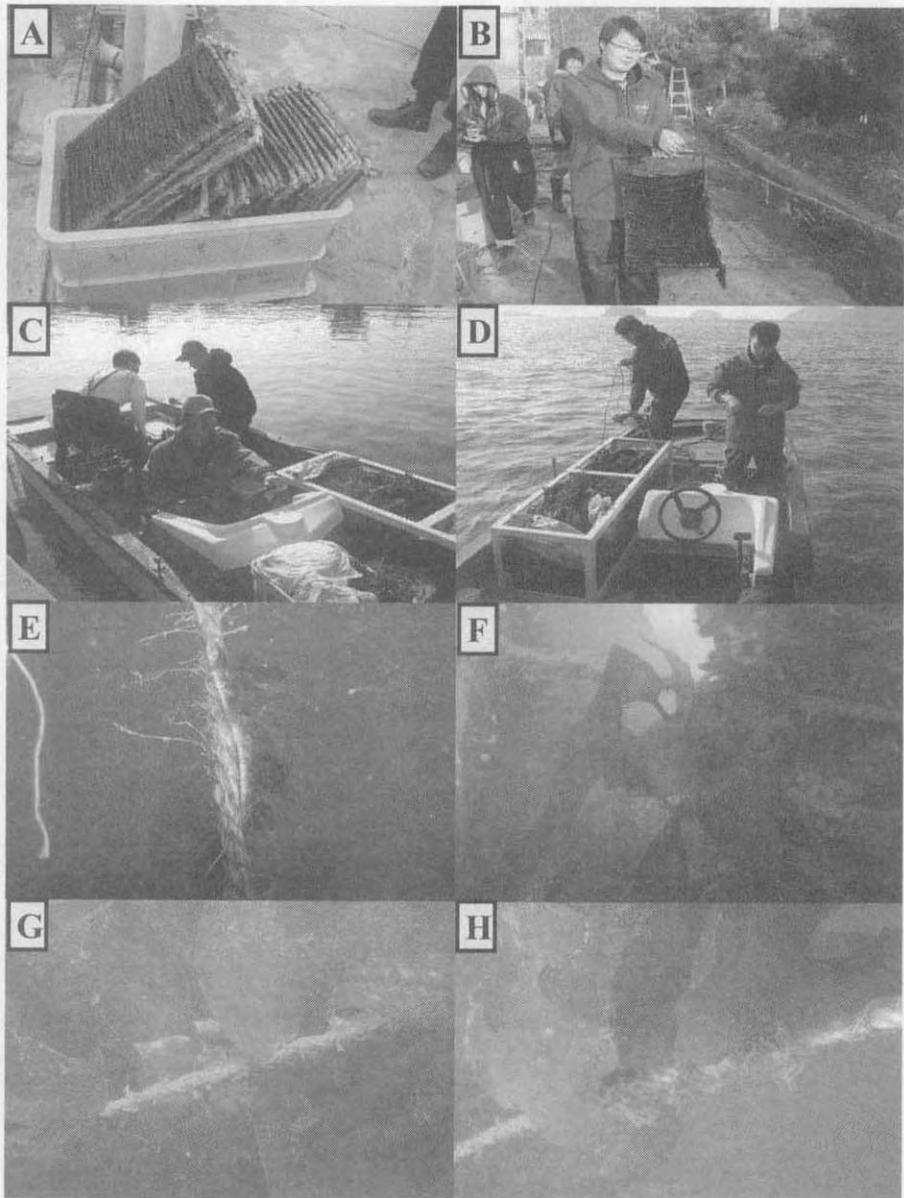
꿀도박(*P. yendoi*), 석목(*Campylaeophora hypnaeoides*), 붉은까막살(*Carpopeltis cornea*), 명주지누아리(*Phyllymenia sparsa*), 진두발(*Chondrus ocellatus*), 두갈래분홍치(*Rhodymenia intricata*), 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*), 모로우붉은실(*Polysiphonia morrowii*) 등으로 높은 탁도에 강한 내성을 가지는 종을 포함해 남해안의 조하대에서 일반적으로 나타나는 해조류의 착생을 관찰할 수 있었다(표 4). 이 같은 결과는 1차년도인 사랑도 연안해역의 시설지에 비해 현 시험어초 시설지인 연명리 연안이 해조류의 생육 및 번식환경이 보다 적합하였기 때문에 나타난 결과로 보였다. 이러한 결과를 근거로 할 때 이와 유사한 환경조건에 이러한 어초를 시설하고 전복이나 해삼을 어초에 방류한다면 어패조류 번식조장을 목적으로 한 다목적 어초의 시설목적을 달성할 수 있을 것으로 판단된다.

한편 어초의 상단 평면에 해조류의 이식과 함께 황산제일철을 주원료로 한 시비재 각 2kg을 양과망에 넣어 참나무에 못을 박아 어초표면 상단부에 각 10개를 고정시켜 시비재의 효과를 관찰하였다.

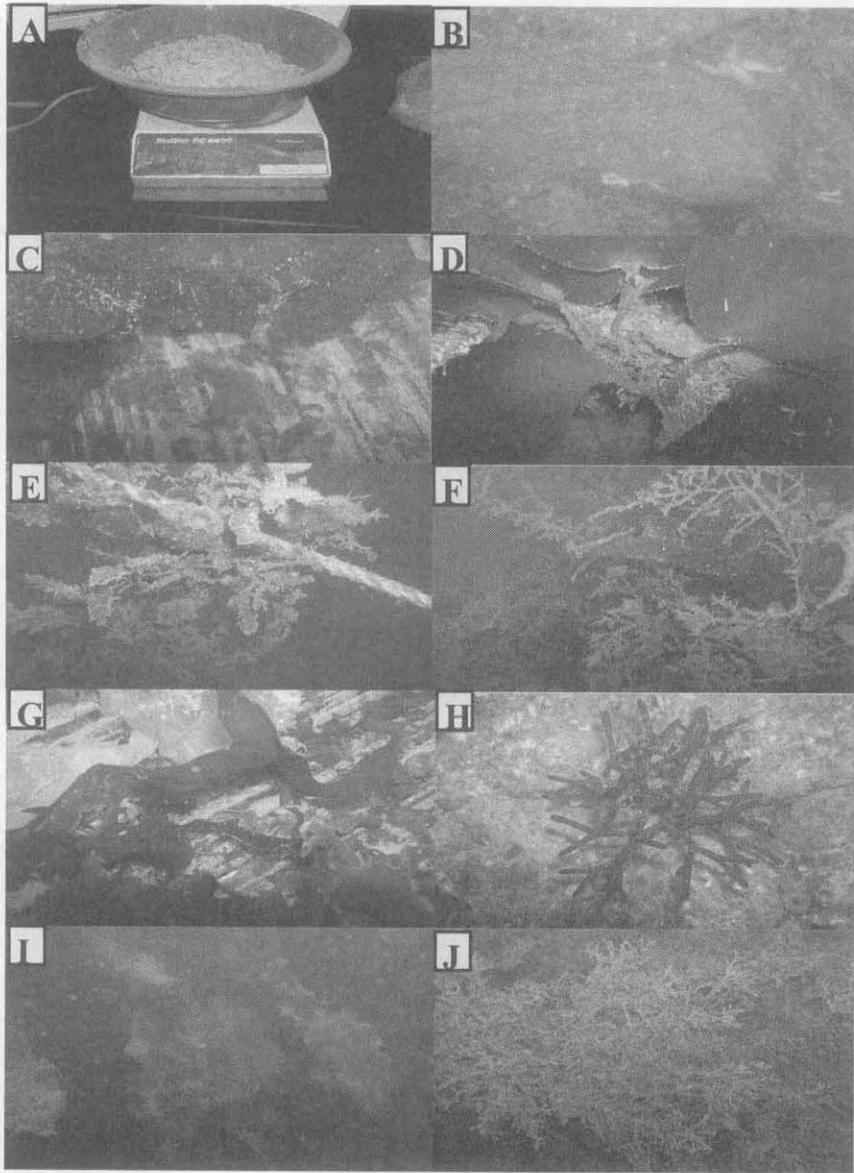
시비재는 현재까지 팔목할만한 해조류의 번식, 증산효과를 관찰할 수 없었으나 해조류의 주성장기인 가을과 겨울을 지나면서 관찰한다면 그 효과를 검증할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 아직까지 매달아 둔 시비재 주변에 전복 치폐가 유집되는 현상으로 보아 시비재가 전복의 유집이나 서식에 장애를 주는 것으로는 단정할 수 없었지만 지속적인 관찰을 통한 자료 축적이 필요한 것으로 생각되었다.

<표 4> 시험어초에 착생한 천연해조류와 이식해조류

국 명	학 명	비 고
녹조식물 구멍갈파래 갈파래 청각 넓청각 말청각 옥덩굴	<i>Ulva pertusa</i> <i>U. lactuca</i> <i>Codium fragile</i> <i>C. adhaerens</i> <i>C. divaricatum</i> <i>Caulerpa okamurae</i>	
갈조식물 미역 미역쇠 고리매 팽생이모자반 외톨개모자반 쇠미역사촌 다시마 곰피 미끈뻘대그물말 산말	<i>Undaria pinnatifida</i> <i>Endarachne binghamiae</i> <i>Scytosiphon lomentaria</i> <i>Sargassum horneri</i> <i>Myagropsis myagroides</i> <i>Costaria costata</i> <i>Laminaria japonica</i> <i>Ecklonia stolonifera</i> <i>Dictyopteris divaricata</i> <i>Desmarestia viridis</i>	성체이식 종묘이식 종묘이식
홍조식물 잎꼬시래기 미끌지누아리 잎꼬시래기 석묵 붉은까막살 개도박 썬기꼴도박 명주지누아리 비단풀 작은구슬산호말 에페드라게발 부챗살 진두발 누른끈적이 두갈래분홍치 참곱슬이 모로우붉은실	<i>Gracilaria textorii</i> <i>Grateloupia turuturu</i> <i>Gracilaria textorii</i> <i>Campylaephora hypnaeoides</i> <i>Carpopeltis cornea</i> <i>Pachymeniopsis lanceolata</i> <i>P. yendoi</i> <i>Phyllymenia sparsa</i> <i>Ceramium condoi</i> <i>Corallina pilulifera</i> <i>Amphiroa ephedraea</i> <i>Gymnogongrus flabelliformis</i> <i>Chondrus ocellatus</i> <i>Chrysomenia wrightii</i> <i>Rhodymenia intricata</i> <i>Plocamium telfairiae</i> <i>Polysiphonia morrowii</i>	
총 계		



<그림 23> 해조류 종묘의 이식과정 및 이식후의 성장상태. A, 엽장 10-20mm전후의 쇠미역사촌 및 다시마 종묘; B, 이식 종묘를 팜사에 감아주는 공정; C, 팜사에 감아 준 종묘를 해수를 채운 수조에 넣어 보트로 이식현장에 운반하는 과정; D, 보트에서 수중에 있는 다이버에게 종묘를넣어 주는 모습; E, 종묘입식 후 15일; F, G & H, 이식종묘의 생육상태.



<그림 24> 다목적 어초에 착생한 이식해조류와 천연해조류의 생육상태.

A, 해조류의 시비재(2Kg); B, 양파주머니에 시비재를 넣어 매단 상태; C, 이식한 쇠미역사촌과 천연파래; D, 이식 다시마; E, 이식한 외톨개모자반; F, 파래, 모자반, 곰피의 혼생군락; G, 채묘틀에 착생한 미역; H, 천연청각; I, 이식한 다시마 군락; J, 이식한 모자반과 홍조류의 혼생군락

2) 어초착생 무척추동물

다목적 참나무어초에 부착하거나 착생하는 무척추동물의 목록은 <표 5>와 같고, 수중의 서식생태는 <그림 25>와 같다.

잠수조사에 의한 영상물과 채집조사에 의해 확인된 시험어초의 무척추동물은 해면동물 1종, 강장동물 1종, 환형동물 2종, 연체동물 23종, 절지동물 5종, 극피동물 8종, 원색동물 4종, 편형동물 1종으로 총 8문 44종의 무척추동물이 출현하였다.

이와 같은 결과를 1차년도에 사랑도 연안에 시설하였을 때와 비교하면 종수가 많아 졌으며 또 그 만큼 종 다양성이 증가된 것으로 나타났다.

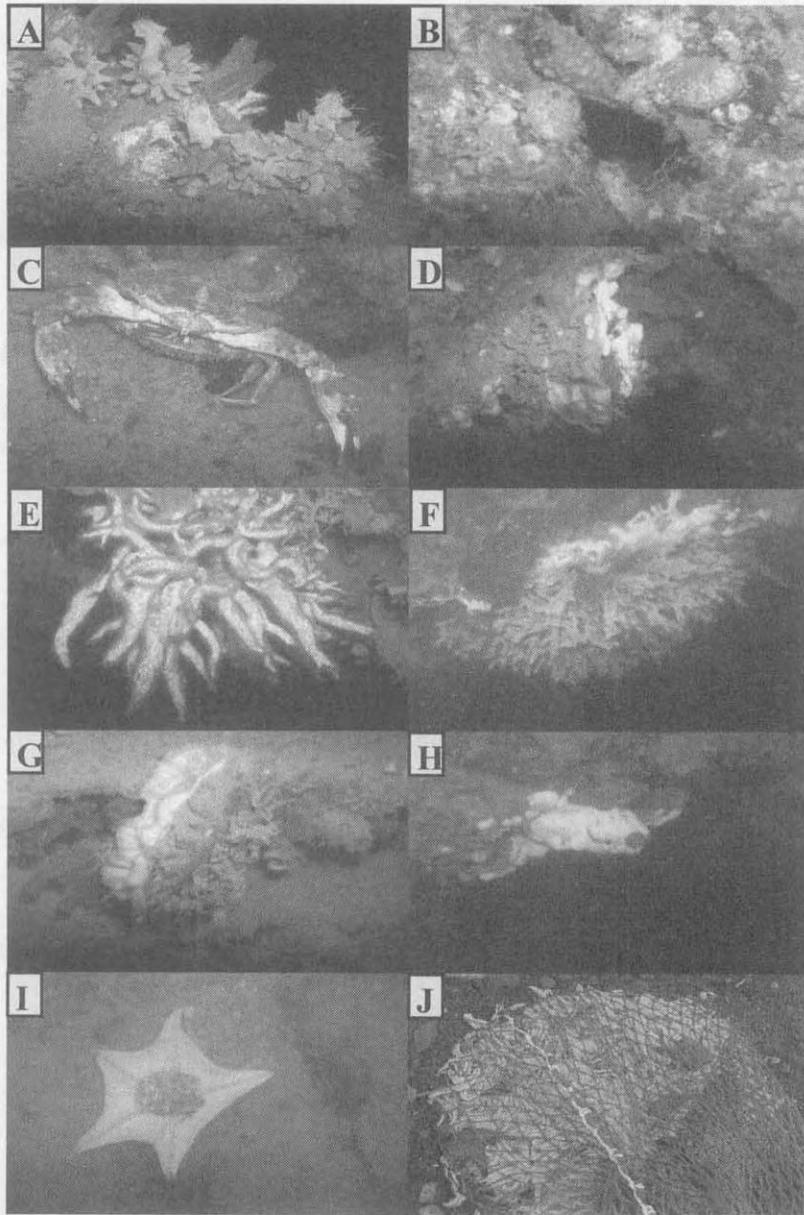
수중사진에서도 알 수 있듯이 부착 저서생물은 남해안, 특히 통영연안에 전형적으로 착생하는 것으로 알려진 우렁쟁이, 유령명게, 미더덕, 해면, 민꽃게 외에 산호불이히드라 종류도 관찰되었다. 또한 어초의 측면과 내측에는 피빨고둥이나 입빨고둥이 산란한 부착란이 대량으로 관찰되었으며, 수온이 높아지면서 하면(여름잠)하는 해삼이 어초의 내측에서 많이 관찰되었는데 이는 내측에 쌓인 유기쇄설물이 해삼의 먹이를 제공함과 동시에 해삼의 생태적 특성상 그늘을 좋아하고 주간에 활동하지 않고 야간에 활동하는 점, 수온이 25℃ 이상 되면 하면한다는 점에서 다목적 참나무어초의 층간 공간은 해삼이 하면할 수 있는 공간으로 이용되고 있음을 시사하는 것으로 판단된다.

<표 5> 시험어초에 부착하고 있는 부착동물들과 어초 주변에서 발견된 무척추 동물

국 명	학 명
해면동물	Phylum Porifera
집게코르크해면	<i>Suberites ficus</i>
강장동물	Phylum Cnidaria
히드라류	<i>Hydractinia sodalis</i>
환형동물	Phylum Annelida
석회관갯지렁이류	Serpulidae unid.
참갯지렁이류	<i>Nereis</i> sp.
연체동물	Phylum Mollusca
각시수랑	<i>Voluthatpa ampullacea perryi</i>
갈색여매물고둥	<i>Neptunea acumingii</i>
감생이고둥	<i>Sydaphera spengleriana</i>
긴빨고둥	<i>Fusinus perplexus perplexus</i>
날개빨고둥	<i>Ocenebrellus adunca</i>
피빨고둥	<i>Rapana thomasiana</i>
돼지고둥	<i>Siphonalia cassidariaeformis</i>
두드럭고둥	<i>Purpura (Mancinella) bronni</i>
똥똥이짚신고둥	<i>Crepidula onyx</i>
매물고둥	<i>Neptunea despectus</i>
문어	<i>Octopus dofleini</i>
바다방석고둥	<i>Omphalius pfeifferi pfeifferi</i>
바위굴	<i>Crassostrea nippona</i>
방석고둥	<i>Calliostoma unicum</i>
보라골뱅이	<i>Neptunea arthritica</i>
비단가리비	<i>Clamys ferreri</i>
수염고둥	<i>Cymatium (Monoplex) echo</i>
진주담치	<i>Mytilus edulis</i>
참굴	<i>Crassostrea gigas</i>

<표 5> 계속

언챙이고둥	<i>Inguisitor jeffreysi</i>
입빨고둥	<i>Ceratostoma burnetti</i>
참전복	<i>Haliotis discus hannai</i>
큰구슬우렁	<i>Neverita (Glossaulax) didyma</i>
절지동물	Phylum Arthropoda
갯가재	<i>Oratosquilla oratoria</i>
새우류	<i>Leander</i> sp.
털게	<i>Erimacrus isenbecki</i>
털줄원손집게	<i>Dardanus arrosor</i>
홍색민꽃게	<i>Charybdis acuta</i>
극피동물	Phylum Echinodermata
거미불가사리	<i>Ophioplocus japonicus</i>
바다나리류	<i>Crinoidea unid</i>
별불가사리	<i>Asterias pectinifera</i>
보라성게	<i>Anthocidaris crassispira</i>
분지성게	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>
불가사리	<i>Astropecten polyacanthus</i>
아무르불가사리	<i>Asterias amurensis</i>
참해삼	<i>Stichopus japonicus</i>
원색동물	Phylum Chordata
리테르개명게	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> f. <i>ritteri</i>
우렁쟁이	<i>H. roretzi</i>
유령명게	<i>Ciona intestinalis</i>
흑미더덕	<i>Styela plicata</i>
편형동물	Phylum Platyhelminthes
납작벌레류	<i>Turbellaria</i> spp.
총계	8문 44종



<그림 25> 다목적 어초에 착생한 저서생물 및 해적생물. A, 어초 1단 측면에 착생한 우렁쟁이와 유령명게; B, 참나무의 공간에 서식하는 방류 전복과 함께 착생한 미더덕, 유령명게, 따개비; C, 홍색민꽃게; D, 히드라와 해면; E & F, 산호불이와 산호; G & H, 굴, 우렁쟁이, 유령명게, 해면 등; I, 불가사리에 의한 식해; J, 구제한 불가사리.

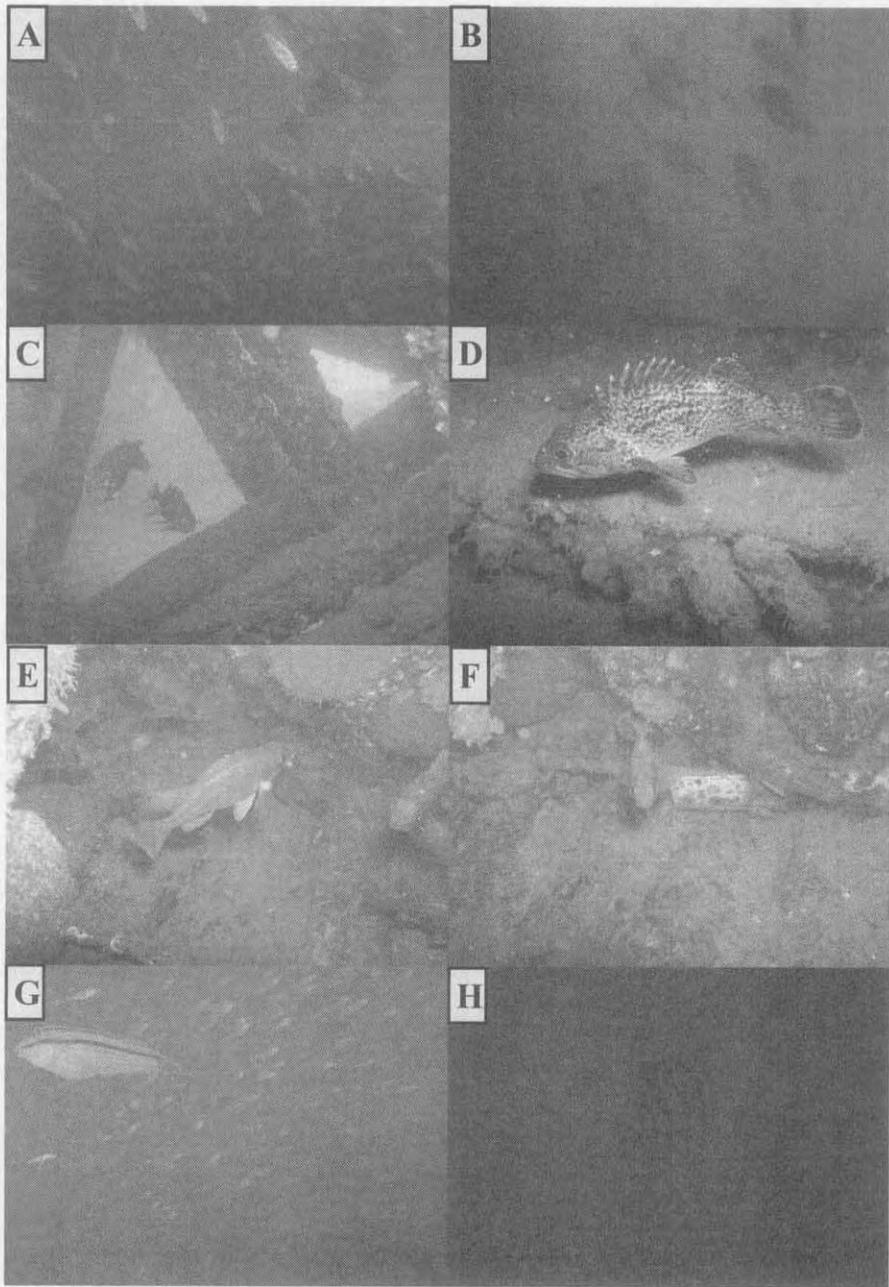
3) 어초유집 어류상

수중조사를 통한 목시 관찰이나 수중사진 및 동영상 자료를 분석하여 어초와 어초주변에 정착하거나 회유하여 유집하는 것으로 나타난 어류목록을 <표 6>에 나타내었고, 서식생태와 관련된 사진을 <그림 26, 27>에 각각 나타내었다.

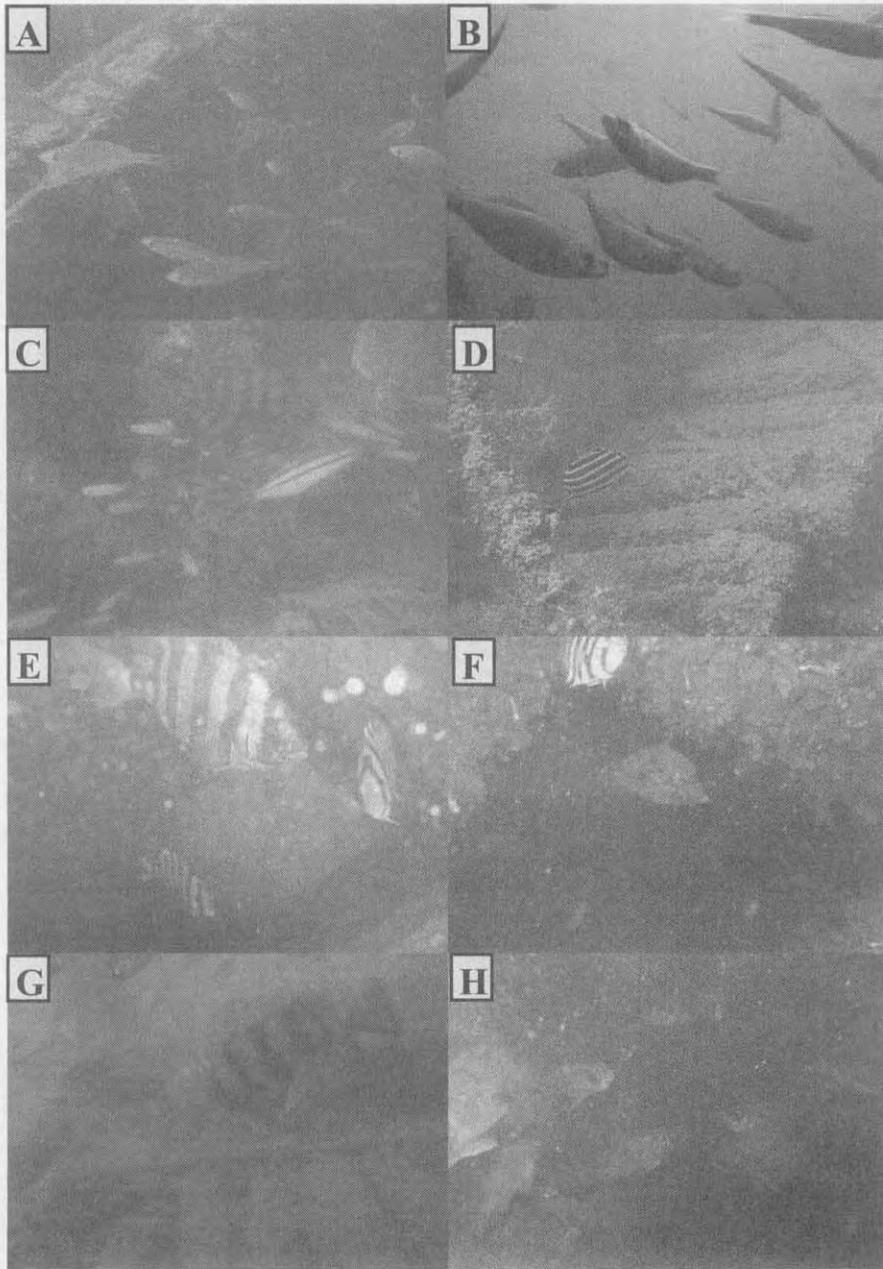
어초주변에 서식하고 있는 어류는 통영연안의 대표적인 어종인 불락을 주종으로 23종이 출현하였다. 수온이 상승하면서 정착성 어종의 산란에 따라 어군을 이루며 분포하는 종은 인상어와 망상어로 나타났고(그림 26의 A, G), 정착성 어종인 불락과 조피불락의 무리를 쉽게 관찰할 수 있었다. 이 밖에 감성돔, 참돔 및 돌돔의 서식이 확인되었고 남해안 연안 암초지대의 전형적 어종인 용치늘래기와 노래미 등도 많이 유집하는 어종으로 나타났다.

<표 6> 시험어초 주변에서 채집 발견된 어류의 종류

국 명	학 명
불 낙	<i>Sebastes(Mebarus) inermis</i>
조피불낙	<i>S.(Neonispansiscus) schlegeri</i>
능성어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>
용치놀래기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>
보리멸	<i>Sillago sihama</i>
미역치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>
쥐치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>
솜뱅이	<i>Sebastiscus marmoratus</i>
망상어	<i>Ditrema temmincki</i>
인상어	<i>Neoditrema ransonnetii</i>
열쌍동가리	<i>Neopercis multifasciata</i>
보구치	<i>Nibea argentata</i>
쥐노래미	<i>Hexagrammos otaki</i>
노래미	<i>Agrammus agrammus</i>
감성돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>
돌돔	<i>Oplegnathus fasciatus</i>
참돔	<i>Pagrus major</i>
범돔	<i>Microcanthus strigatus</i>
다섯동갈망둑	<i>Pterogobius zacalles</i>
살망둑	<i>Chaenogobius heptacanthus</i>
가시망둑	<i>Pseudoblennius cottoides</i>
흰줄망둑	<i>Pterogobius zonoleucus</i>
그물배도라치	<i>Dictyosoma burgeri</i>
총 종수	23



<그림 26> 다목적 참나무어초의 내외 공간에 서식하는 어류 I.
 A, 인상어 무리; B, 볼락무리; C, 참나무 공간사이에서 유영하는 볼락; D, 조피볼락; E, & F, 어초상단에서 유영하는 볼락무리;
 G, 용치놀래기와 망상어 무리; H, 돌돔.



<그림 27> 다목적 참나무어초의 내외 공간에 서식하는 어류 II.
 A, 인상어와 망상어 무리; B, 인상어 어군; C, 다섯동갈망둑, 용
 치놀래기, 망상어, 인상어, 돌돔의 유영모습; D, 범돔; E, & F,
 어초의 2층 공간에서 유영하는 돌돔과 쥐치; G, 돌돔, 인상어,
 망상어; H, 볼락무리.

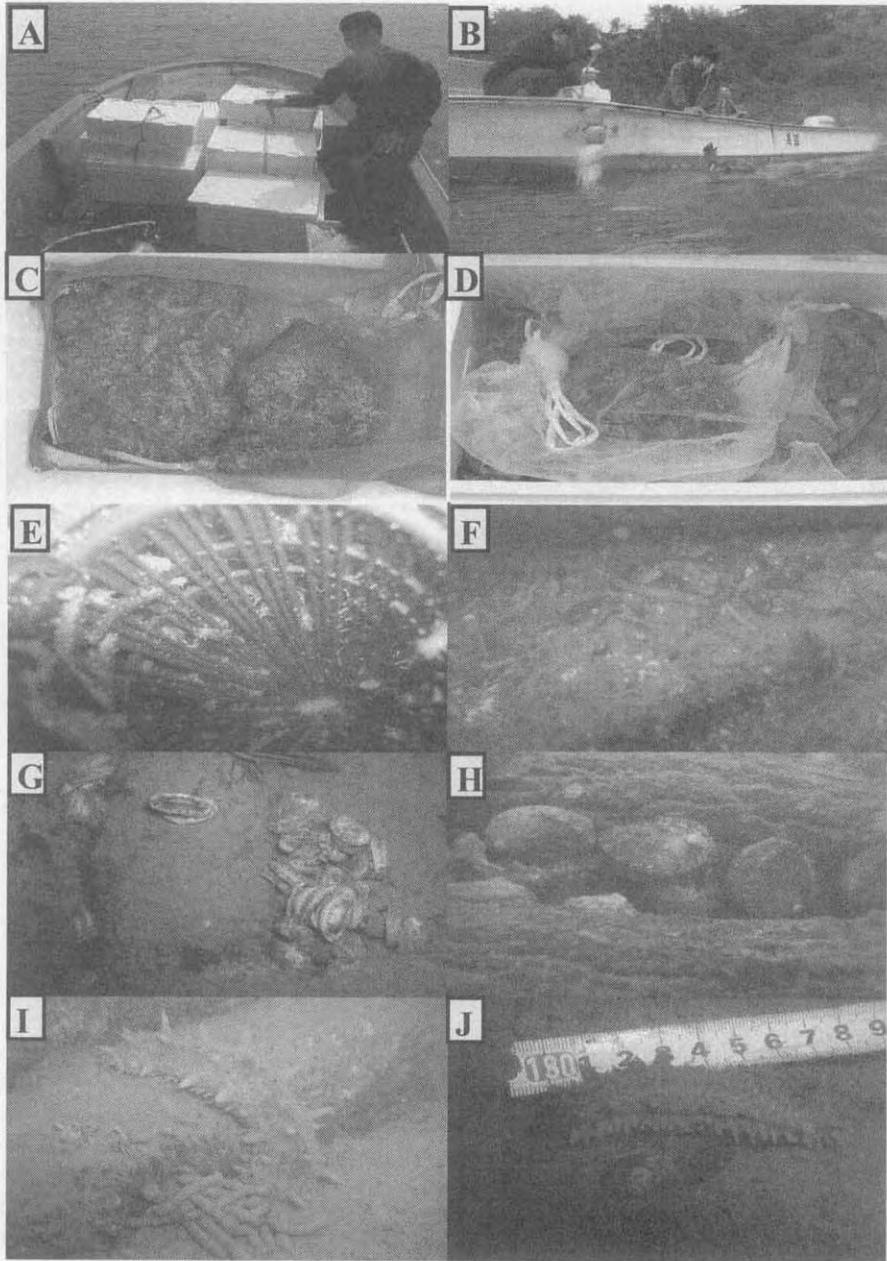
다. 전복과 해삼의 방류 및 효과 조사

시험어초에 대한 전복과 해삼의 방류작업을 <그림 28>에 나타내었다.

방류대상 전복종묘의 크기와 양은 각장 2cm 10,000미, 3cm 5,000미였으며, 해삼종묘는 체장 평균 38.3mm인 치삼 5000미를 방류하였다. 이 후 7월 하순에 각장 5cm인 전복종묘 2,000미를 추가 방류하였다.

방류한 전복은 해적생물인 불가사리에 의한 부분적인 식해의 피해(그림 25의 I)를 제외하면 8월말까지 집단으로 폐사하는 사례 없이 대부분이 높은 생존율을 나타내는 것으로 목시 관찰되었다.

방류해삼은 특별한 포식자나 해적생물이 없기 때문에 방류 해삼의 대부분이 생존하는 것으로 나타났다. 방류 후의 해삼은 대부분이 어초의 하단부로 이동하였다가 방류환경에 적응한 후 성장해 가면서 차츰 어초의 상단면 및 가운데층으로 이동하며 섭식활동을 하면서 서식하는 것으로 나타났다. 해삼은 배광성이고 추축성인 동물로서 일주기성이 있으며, 낮에는 돌이나 바위틈 또는 그 밖의 그늘에 붙어 활동하지 않고 밤에 활동하는 생태적 특징을 가지고 있기 때문에 다목적 참나무어초는 해삼의 생활이나 번식에 알맞은 생육공간을 제공하고, 수온이 상승하면 하면(여름잠)할 수 있는 최적조건인 어둡고 다양한 공간을 제공해 준다는 점에서 해삼의 방류양식과 자원관리에 효과적으로 기여할 수 있는 것으로 판단된다.



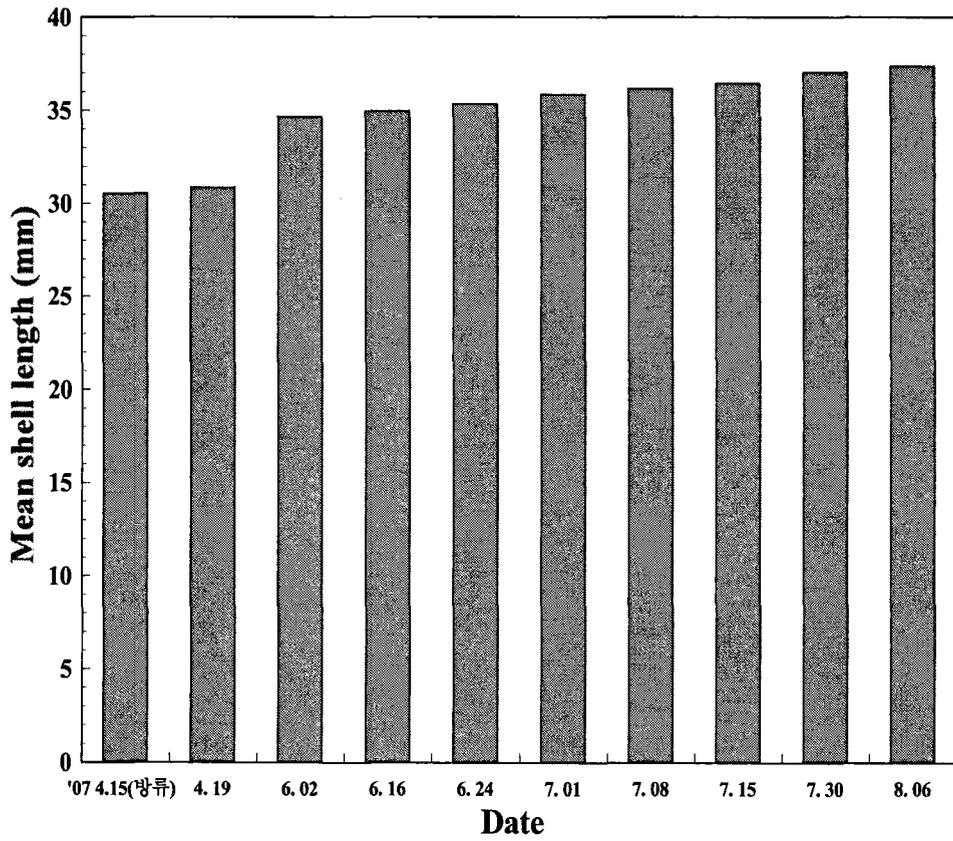
<그림 28> 전복과 해삼의 방류과정, 서식생태 및 성장도 측정. A, 스티로폼 박스에 넣은 종묘를 보트로 운반; B, 다이버에게 종묘를 공급하는 과정; C & D, 방류용 해삼(C)과 전복종묘(D); E, 통발어구에 해삼종묘를 넣어 수중의 어초 상단부에서 방류하는 과정; F, 방류직후의 해삼종묘; G, 방류직후의 전복종묘; H & I, 방류 후 안정적으로 성장중인 전복(H)과 해삼(I); J, 어초표면에 서식하는 방류해삼과 전복을 측정하는 과정

라. 방류자원의 성장도 조사

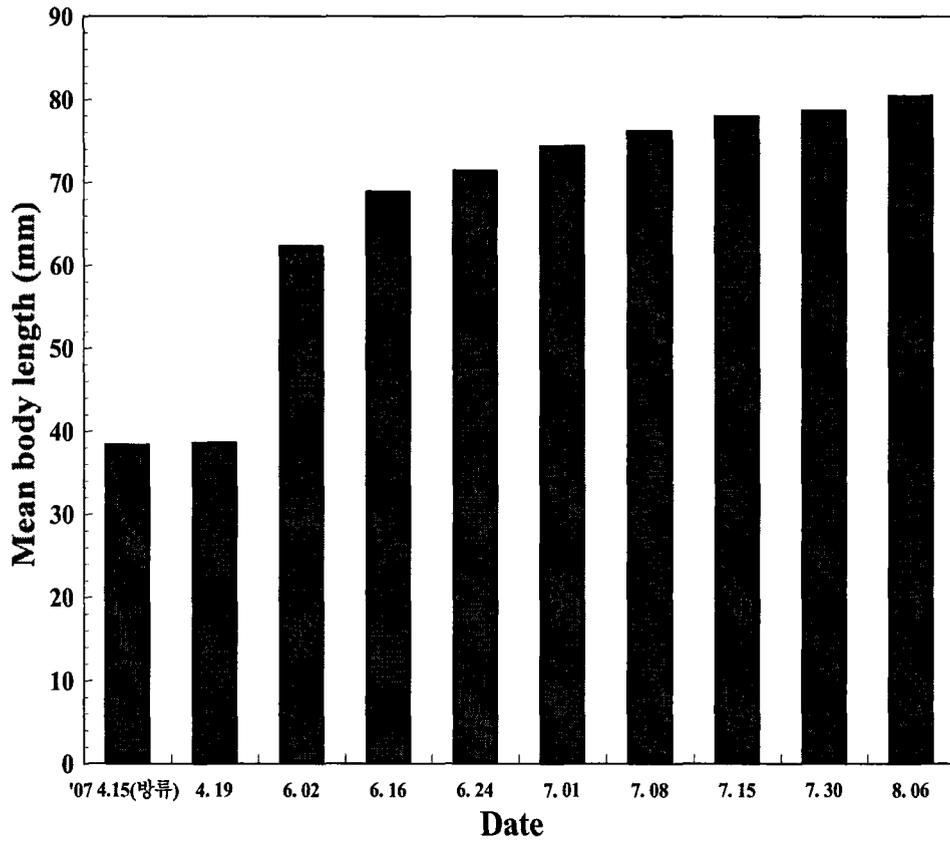
방류한 전복과 해삼의 성장도 조사는 다이버가 잠수한 후 눈금이 선명한 줄자의 위나 아래쪽에 대상생물을 놓고 디지털 수중카메라로 접사 촬영하여 컴퓨터에서 측정치를 분석하였다.

방류한 전복과 해삼의 성장도는 각각 <그림 29>, <그림 30>과 같다. 부정기적으로 실시한 전복의 성장도 조사에서 방류 당시 평균 30mm였던 전복은 방류 후 110일 만에 37mm로 성장하여 뚜렷하게 성장효과가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 전복을 방류한 시점이 4월 중순으로 천연 해조류가 소실하기 시작하고 곧 이어 수온이 상승하여 고수온기로 접어든 데다 시험어초 시설지의 주변에 위치한 가두리 양식장으로부터 유입된 과도한 부유물이 퇴적되어 입식된 해조류 종묘가 탈락한 것 등이 원인이 되어 나타난 것으로 판단된다.

해삼의 경우도 방류 당시 평균 체장 38mm였던 치삼이 방류 110일 후 80mm 이상으로 성장하여 전복과 마찬가지로 생장이 매우 느린 것으로 나타났다. 이는 수온이 올라가면 소화관이 천천히 쇠퇴하고, 17.5-19℃ 이상이 되면 하면(여름잠) 준비기에 들어가고 이어 25℃ 이상으로 수온이 상승하면 특히 소화관이 작아져 최소로 되어 하면에 들어가는 해삼의 생리, 생태적 특성에서 기인하는 것으로 보인다. 또한 해삼은 가을이 되어 수온이 19℃ 이하로 내려가면 활동기로 들어가고, 수온이 10℃ 이하가 되면 소화관이 최대로 발달하여 왕성한 섭식활동을 하며 빠른 성장을 나타내기 때문에 9월 이후 수온이 하강하고 겨울철 저수온기를 지나면 방류해삼이 빠르게 성장하여 상품크기까지 성장이 가능할 것으로 예측할 수 있다. 이 같은 예측은 1차년도에 경우 사랑도 연안에서 같은 해삼종묘를 11월에 방류하여 130mm 이상 성장시킨 결과와 비교할 때 충분히 가능하다.



<그림 29> 다목적 어초에 방류한 전복의 성장도



<그림 30> 다목적 참나무 어초에 해삼을 방류한 후의 성장도

마. 참전복 (*Haliotis discus hannai*)과 해삼에 대한 몇 가지 나무 수피, 해조 추출물 및 표준물질의 섭식촉진 활성

1) 서론

참전복의 양식 생산량은 1998년 140톤을 기점으로 급속히 증가하여 2004년에는 1260 톤에 달하였다(해양수산 통계연보, 2004). 양식 전복은 자연산에 비하여 가격이 60-70%에 불과하며, 이는 소비자가 양식산 특유의 패각 색깔을 구별할 수 있어서 쉽게 판정할 수 있고, 양식산이 자연산 보다 영양적으로 우수하지 못하다는 선입견을 가지고 있기 때문이다. 이 같은 실정에 미루어 어초를 이용하여 전복을 균집시키고, 섭식 촉진을 위한 유인성 물질을 활용한다면 자연 상태에서의 사육 조건과 유사한 조건의 조성이 가능하기 때문에 소비 촉진과 가격 향상으로 인해 생산자의 보호는 물론 소비자의 기호도 측면에 크게 기여할 것이다. 한편 해삼은 최근 종묘 생산이 가능함에 따라 양식 생산량도 증가하고 있으며, 경남이 전국 출하량의 31.8%를 차지하고 이중고성과 통영지역이 18.8%를 점하고 있다(이, 2007).

연체동물의 섭식 행동은 먹이에서 받은 자극에 의한 자각, 먹이로의 방향 전환, 이동 탐색의 행동과 입안으로 보내는 완료 행동으로 이루어진다(Kohn, 1983). 따라서 먹이에서 오는 화학 자극은 각 단계의 행동에 관여하는 것으로 생각되지만 각 성분이 어느 단계에 관여하는 지는 물질에 따라 혹은 다른 성분의 혼합 정도에 따라 달라진다. 아미노산 조합물은 전복의 섭식을 촉진하며, 지질 조합물에 lecithin을 첨가한 경우도 섭식을 촉진하지만 휘발성 염기성분의 조합은 효과가 없다고 하였다(Harada et al., 1987). 까막 전복 (*Haliotis discus*)에 대하여 갈조류는 유인 효과를 가지고, *Ishige okamurai*의 엑스분 중 아미노산, 휘발성 염기, 단백질 획분 및 지질 획분에서 효과가 섭식촉진 효과가 인정되었다(Harada et al., 1984). Sakata and Ina (1985)는 섭식 자극 활성을 보이는 지용성 복합 지질을 미역에서 분리하였다. 약초인 *Amomum*의 씨는 전복에 대하여 섭식 촉진 활성이 있으나 높은 농도에서

는 오히려 효과가 감소하는 것으로 나타났다(Harada, 1991). 이 같은 보고는 섭식을 촉진하는 물질은 유효농도가 있음을 지적한다. 그러나 홍조류 *Plocamium leptophyllum*에서 단리한 할로젠화 terpene류들은 오히려 해산복족류의 섭식을 저해한다(Sakata et al., 1991). Avicel판을 이용한 호주산 홍조류 *Phacelocarpus labillaedieri*에 대한 전복, 소라와 성게의 섭식 촉진 효과를 측정된 결과 이들 홍조류는 대단히 강력한 섭식 저해효과를 가지며 macrocyclic γ -pyrone에 기인하는 것으로 판정하였다(Sakata et al., 1991). 그리고 갈조류 *Dilophus okamurai*의 diterpene류도 전복에 대하여 섭식 저해 효과를 가진다(Taniguchi et al., 1992). 이 같은 보고에 미루어 해조류는 섭식 촉진 물질 뿐 아니라 자신을 먹는 생물에 대하여 기피 물질도 동시에 함유하고 있음을 알 수 있다. 그러나 해삼은 먹이 섭취에 따른 생태가 확실하게 밝혀져 있지 않기 때문에 해삼 섭이 촉진 물질에 관한 연구는 전혀 이루어져 있지 않다.

본 연구는 굴참나무로 만든 어장의 지지대에 전복이 군집한다는 관측에 근거하여 흔히 지지대의 재료로 사용하는 굴참 및 졸참나무 수피에 전복을 유인하거나 섭식을 촉진하는 물질이 존재하는지를 확인하기 위하여 시도하였다. 그리고 굴참나무 어초에 서식할 수 있는 몇 가지 해조류의 수용성 및 methanol 추출물의 섭식 촉진 효과도 아울러 확인하였다.

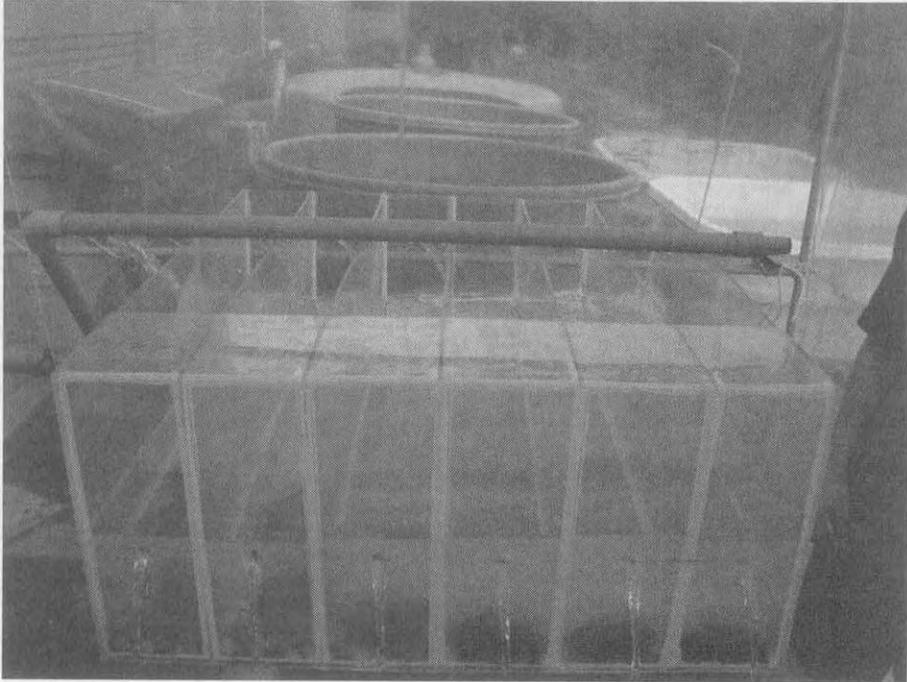
2) 재료 및 방법

가) 재료

섭식활성 측정에 사용한 수피는 야산에 자생하는 나무의 껍질을 사용하였고, 구멍갈파래는 경남 통영시 도남동 해변에서 수집하였으며, 가시파래, 미역 미 툇은 통영시 소재 재래시장에서 구입하여 사용하였다. 단백질 가수분해물은 연구실에서 굴을 단백질 가수분해효소로 가수분해하여 조제하였으며, 아미노산, 핵산관련물질 및 당을 포함한 그 외의 표준시약은 모두 Sigma사 (St. Louis, MI, USA)의 시약을 사용하였다.

나) 시험 수조

시험 수조(100x90x40)는 아크릴 투명판(두께 0.5 cm)으로 만들었으며, 6구역(폭 15 cm)로 나누었다(그림 31). 각 구역에 유속 4.1-5.5 L/min로 냉각한 여과 해수를 공급하였으며, 수온은 18℃를 유지하였다.



<그림 31> 유인활성 실험을 위한 냉각수조

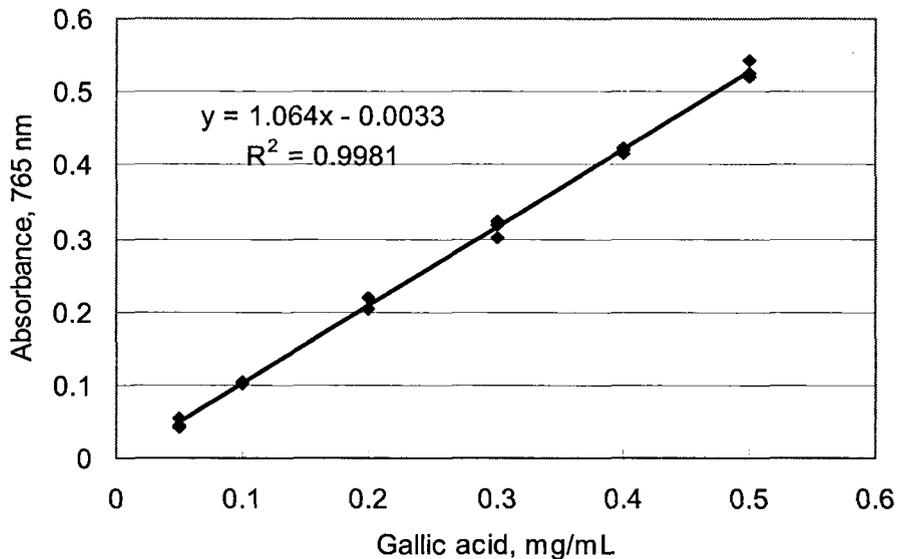
다) 실험동물

평균 패각 길이가 약 1 cm, 2 cm 및 3 cm인 참전복은 경남 통영시 산양읍 풍화리 소재의 통영전복에서 분양 받아 40분 이내에 경상대학교 해양과학대학 내 수조에 운반하여 2일 동안 순치하였다. 각 구역에 크기별로 30마리의 전복을 입식하였으며 먹이는 건조 다시마를 사용하였다. 그리고 해삼은

3-5 cm 크기의 것을 경남 거제 소재의 해바라기 수산에서 분양받아 1시간 이내에 운반한 다음 각 구역별로 30마리씩 입식하고 2일간 순치한 후 실험에 사용하였다.

라) 일반 성분과 total phenol 함량의 측정

수분은 적외선 수분 측정계(FD-600, Kett electric Laboratory, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 총질소 함량은 semi-micro Kjeldahl법(秦과 林, 1971), 총지질은 지질의 추출 용매로 chloroform과 methanol 혼합물을 사용하여 추출하고 분리하여 정량하였다(Wrolstad 2001). 회분은 건식회화법으로 측정하였고, 탄수화물 함량은 100에서 수분, 단백질, 지방 및 회분을 제외한 함량으로 표시하였다. 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(Wrolstad, 2001)으로 측정하여 표준 곡선에 따라 gallic acid양으로 환산하여 표시하였다(그림 32).



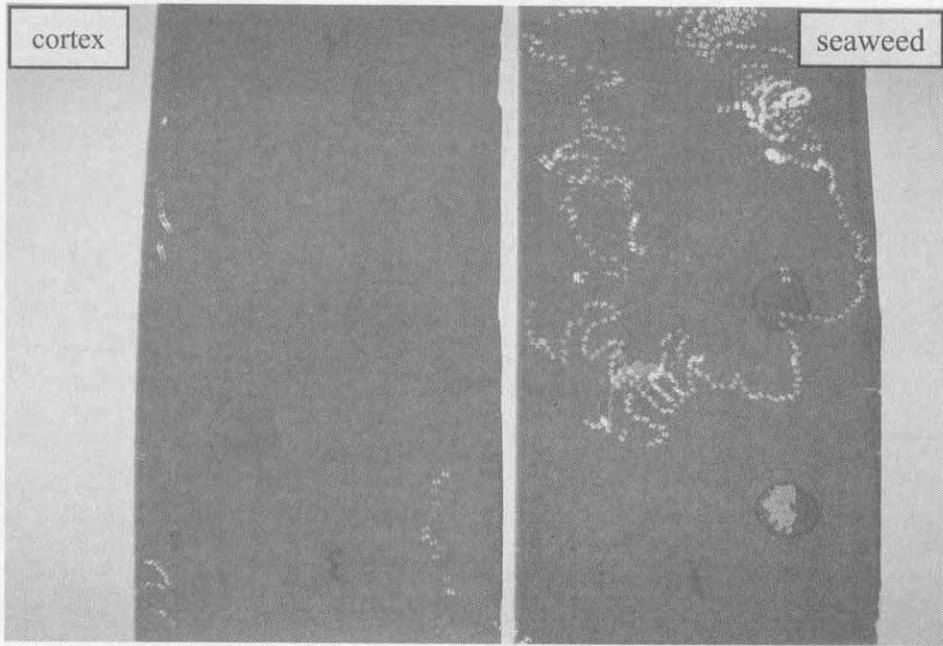
<그림 32> 총 페놀화합물 결정을 위한 표준 곡선

마) 수용성 및 methanol 추출물의 조제

Round 플라스크에 수피 100 g 당 1 L의 증류수를 첨가하여 100°C의 환류 냉각 장치를 장착한 heating mantle에서 4시간 가열 추출하였다. 추출 혼액을 냉각하여 여과지(Toyo No.2)로 여과한 후 회전진공증발기(R-3000, ELELA, Tokyo, Japan)로 감압 농축하고 농축액을 200 mL로 정용한 것을 수용성 추출물로 사용하였다. 그리고 해조류는 수피와 상대적인 수분 함량을 고려하여 250 g을 사용하여 같은 방법으로 수용성 추출물을 추출하였다. 한편 methanol 추출물은 수피 5 g 및 25 g에 2 배량의 methanol을 첨가하여 8000 rpm에서 30초 동안 균질화(Biohomogenizer M133, Biospec Products Inc, Bartlesville, OK, USA)한 후, 여과지(Toyo No.2)로 여과하고 여액은 회전진공증발기로 농축하여 methanol을 증발시킨 후 증류수를 사용하여 5mL로 정용하였다.

바) 섭식 촉진 활성의 측정

섭식촉진 활성을 측정하기 전에 전복과 해삼은 하루 동안 절식시켰다. Cellulose 판(10x20 cm, 두께 0.25 mm)에 지름 2.2 cm의 원 4-6개 그리고 각 원안에 대조구로서 증류수를 포함하여 50 uL의 시료용액을 흡착시켰다(그림 33). 시료를 흡착시킨 cellulose 판을 시험 수조의 중앙에 위치시키고 저녁 7시부터 다음 날 9시까지 식이 탐색 혹은 섭식 활동을 위해 cellulose 판을 저작한 정도에 따라 섭식 촉진 활성을 판정하였다. 즉 시료흡착 영역 내와 바깥에 전혀 저작 활동을 보이지 않은 것을 -, 시료 흡착 영역은 아니나 바깥에 저작 활동을 보인 것을 +, 시료 흡착 영역 내에서 명확한 저작활동을 보인 것을 ++, 시료 영역 내외에서 가장 왕성한 저작 활동을 보인 것을 +++로 표시하였다. 그리고 섭식활성을 정량적으로 표현하기 위하여 SigmaScan Pro 프로그램을 이용하여 섭식물질 흡착시킨 원반에 있는 저작흔적의 면적을 계산하였다.



<그림 33> 전복을 이용한 섭식촉진 활성 실험결과 나타난 결과

3) 결과 및 고찰

가) 일반성분과 총 페놀 함량

소나무는 우리나라에서 흔히 볼 수 있는 나무이며, 낙엽활엽수인 참나무류는 상수리나무, 굴참나무, 졸참나무, 갈참나무, 떡갈나무, 신갈나무 등 6 수종이 기본종이다. 굴참나무는 밤나무 잎과 유사하나 잎 뒷면이 희고 코르크가 발달하였으며, 졸참나무는 엽병이 길고 잎과 열매가 상대적으로 작으며 수피가 얇은 것이 특징이다. 소나무, 굴참 및 졸참나무의 일반성분을 분석한 결과(표 7), 단백질과 지질 성분은 확인되지 않았다. 이 같은 결과는 수피 층의 대부분이 셀룰로오스로 구성되어 있기 때문이다. 수피의 일반성분 분석에 관한 보고는 거의 없다. 최 등(1999)은 침엽수 12종과 활엽수 18종의 심재에 탄을 추출물에 대한 항균 및 항산화 활성을 조사한 결과 수종에 따라 많은

차이를 보인다고 하였다.

총 페놀 성분의 함량은 굴참과 졸참나무가 소나무에 비하여 높은 2.23-2.97 mg/mL의 함량 범위를 보였다. 느티나무의 항균 성분으로서 2-hydroxy-5-isopropyl -6-methoxy -3,- dimethyl-naphthalene을, 아까시나무에서 flavanone 물질을, 산뽕나무에서 resveratrol, oxyresveratrol, morin, epiafzelechin을 분리하여 보고(최, 1999)한 점에 미루어 수피에는 다수의 유기화합물이 존재하는 것으로 보이며, 수피의 대부분은 tannin이라고 하였다(Personal communication, 2006).

<표 7> 목피의 총 페놀함량과 구성비율

Species	Moisture %	Protein %	Fat %	Ash %	Carbohydrate %	Total phenol mg/mL
Fine tree (Sonamoo)	17.3±0.0	-	-	3.3±0.4	79.4	0.65±0.00
<i>Quercus variabilis</i> Blum (Gulchamnamoo)	12.7±0.8	-	-	2.7±0.4	84.6	2.97±0.06
<i>Querrus serrata</i> Thunberg (Golchamnamoo)	15.1±0.3	-	-	4.6±0.4	80.3	2.23±0.00

구멍갈파래, 가시파래, 미역 및 톳 의 생시료 중 일반성분 함량은 <표 8>과 같다. 수분 함량은 미역이 다소 높은 88.7%였으나, 대체로 85% 전후였고, 단백질은 0.6-1.9%, 회분은 3.2-5.3%의 범위였다. 탄수화물은 수분을 제외한 성분하고 가장 높은 5.0-9.8%의 함량 범위를 보였으며, 지방은 거의

검출되지 않았다. 본 연구의 결과는 해조의 수분은 대개 60-90% 범위이고 수분의 함량을 제외한 나머지 성분 중에서 가장 많은 성분이 탄수화물이며, 지질은 아주 적고 녹조나 홍조에는 1% 이하인 것이 많다고 한 보고(변과 전, 1994)와 비슷하였다. 총 페놀 성분의 함량은 톱이 가장 높은 2.69 mg/mL였으며, 나머지 녹조와 미역은 0.22-0.37 mg/mL의 범위로 거의 비슷한 것으로 나타났다. 녹조의 phenol로는 2-3가지가 있고 *Cladophora fascicularis*에서는 항염과 항미생물 작용이 강한 브롬화페닐에테르가 확인되었다(변과 전, 1994).

<표 8> 해조류의 총 페놀함량과 구성비율

Species	Moisture %	Protein %	Fat %	Ash %	Carbohydrate %	Total phenol mg/mL
<i>Ulva pertusa</i>	86.0±0.2	1.0±0.0	0.0±0.0	3.2±0.2	9.8	0.27±0.01
<i>Enteromorpha prolifera</i>	85.8±0.5	1.4±0.0	0.0±0.0	4.8±0.2	8.0	0.22±0.01
<i>Undaria pinnatifida</i>	88.7±0.4	1.9±0.0	0.1±0.0	4.3±0.0	5.0	0.37±0.00
<i>Hizikia fusiformis</i>	85.1±0.0	0.6±0.0	0.0±0.0	5.3±0.0	9.0	2.69±0.09

나) 섭식 촉진에 미치는 수용성 추출물의 영향

수피의 수용성 추출물에 대한 섭식 촉진 활성을 측정한 결과(표 9), 전복의 크기에 상관없이 굴참나무 수용성 추출물의 흡착 영역 외에서 저작 활동이 있었던 것으로 확인되었다. 굴참나무 수용성 추출물은 전복의 전장 3 cm에서 동일한 효과를 확인할 수 있었다. 이 같은 결과는 굴참나무 수피의 수

용성 추출물이 다른 나무에 비하여 유인을 위한 촉진 효과가 있음을 증명한다. 그러나 수피의 섭식 촉진 효과를 유발하는 성분에 관한 확인이 필요하다. 그리고 해삼에서는 수피 수용성 성분의 섭식촉진 효과는 전혀 인지되지 않았다. 이 같은 결과는 해조 및 다른 표준물질에서도 동일한 결과였다. 해삼은 섭식 형태가 전복과 같이 저작활동을 하는 것이 아니라 먹이를 흡입하여 유효성분은 여과하기 때문인 것으로 생각되었다.

<표 9> 목피의 수용성 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성

Species	Abalone			Sea cucumber
	1 cm	2 cm	3 cm	
control	-	-	-	-
Fine tree (Sonamoo)	+	+	-	-
<i>Quercus variabilis</i> Blum (Gulchamnamoo)	+	+	+	-
<i>Querrus serrata</i> Thunberg (Golchamnamoo)	-	-	+	-

해삼의 섭식 형태와 관련하여 강(2007)은 어류를 위한 주요한 사료 형태인 pellet이나 moisture pellet은 섭식하지 않기 때문에 다른 급이 형태가 필요하고, 따라서 수조에 전체적으로 사료를 용해하여 급이하고 사료로 인해 생성되는 암모니아를 제거하는 여과 시스템이 유효하다고 하였다.

전복의 전장에 따라 해조류 섭식 촉진 활성은 다소 차이가 있는 것으로 나타났다(표 10). 구멍갈파래는 전장 2 cm와 3 cm에서 가장 큰 활성을 보였

고, 미역은 2 cm에서 가장 큰 활성을 보인 반면, 툇은 1 cm와 2 cm에서 이보다 낮은 활성을 보였다. 한편 가시파래는 전장에 관계없이 시료 흡착 영역 내에서 명확한 저작 활동을 보이고 있었다. 이 같은 결과에 미루어 전복에 대한 해조류의 섭식 촉진 활성은 전복의 크기에 따라 차이가 있을 것으로 추정된다. Harada and Kawasaki (1982)는 녹조류에서는 나선염주말, 구멍갈파래, 옥덩굴, 갈조류는 짝잎모자반, 참가죽 그물바탕말, 부챗말, 홍조류에서는 우뚝가사리와 애기우뚝가사리가 가장 높은 섭식 탐색 효과를 유발한다고 보고하여 본 실험의 구멍갈파래와 비슷한 결과를 보고하였다. 그러나 섭식 촉진 효과를 나타내는 구체적인 성분에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다. 까막전복에 대한 갈조류(*Ishige okamurai*)의 전체 엽상체에서 얻은 섭이 촉진에 효과가 있는 획분은 40-50% 포화 암모늄 단백질 획분, 산성 및 염기성 아미노산, 중성 및 인지질이었고, 시험한 단백질 중에서 알부민이 가장 효과적이었다. L-아미노산 중에서, 모든 염기성 아미노산, 몇 가지 중성 및 산성 아미노산, 아마이드(amide), 이미노산(imino acid) 역시 확실한 활성을 보였으며, 특히 ornithine과 hydroxyproline이 가장 효과적이었다. 지방산과 지질 중에서 tristearin이 활성이 높았고 인지질의 대부분은 효과적이었으며, 특히 phosphatidyl-inositol이 가장 높은 활성을 보였다. 질소성 염기 중에서, 시험한 모든 휘발성 methylamine들과 ethylamine들 및 몇 가지 비휘발성 질소성 염기들 활성을 갖는 것이 확실하며 γ -aminobutyric acid가 가장 효과적인 촉진제이다 (Harada and Akishima, 1985). 이 같은 보고에 미루어 수피가 해조류에 비하여 낮은 섭식촉진 활성을 보인 것은 수피에 단백질과 지질이 없기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 해삼에 대하여 시료로 사용한 해조에 대하여 전혀 섭식 효과를 인지할 수 없었다.

<표 10> 해조류의 수용성 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성

Species	Abalone			sea cucumber
	1 cm	2 cm	3 cm	
Control	-	-	-	-
<i>Ulva pertusa</i>	+	+++	+++	-
<i>Enteromopha prolifera</i>	++	++	++	-
<i>Undaria pinnatifida</i>	+	+++	++	-
<i>Hizikia fusiformis</i>	++	++	-	-

다) 섭식 촉진에 미치는 메탄올 추출물의 영향

수피 메탄올 추출물의 섭식촉진 효과를 측정한 결과(표 11), 전장 2 cm의 전복에서 굴참과 졸참나무 메탄올 추출물이 spot의 근처까지 유인하는 다소의 효과가 관측되었으나, 전장 1cm와 3 cm의 전복에서는 효과가 없었다. 이 같은 결과는 수용성 추출물의 결과(표 9)에 비하여 효과가 떨어지는 것으로 나타나 섭식 촉진을 위한 유도 효과는 수용성 추출물이 우수하였다.

<표 11> 목피의 메탄을 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성

Species	abalone		
	1 cm	2 cm	3 cm
control	-	-	-
Fine tree (Sonamoo)	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i> Blum (Golchamnamoo)	-	+	-
<i>Querrus serrata</i> Thunberg (Golchamnamoo)	-	+	-

해조류의 메탄을 추출물에서는 전장 1 cm와 2 cm의 전복에서는 섭식 촉진 효과가 인정되지 않았으나, 전장 3 cm의 전복에서는 구멍 갈파래, 미역, 가시파래의 순으로 효과가 있었다. 이 같은 결과는 수용성 추출물의 섭식 촉진 효과와 비슷한 결과(표 12)였다. 한편 해조의 메탄을 추출물에서는 해삼은 전혀 섭식 반응을 나타내지 않고 이었다. 이 같은 결과는 전복과 다른 섭식 방법에 차이 때문에 전복과 동일한 방법으로는 섭식촉진 활성의 측정이 불가능하며, 해삼에 특이적인 방법의 개발이 필요함을 뜻한다.

<표 12> 해조류의 메탄올 추출물로부터 얻어진 먹이 유인활성

Species	Abalone			sea cucumber
	1	2	3	
Control	-	-	-	-
<i>Ulva pertusa</i>	-	-	+++	-
<i>Enteromorpha prolifera</i>	-	-	+	-
<i>Undaria pinnatifida</i>	-	-	++	-
<i>Hizikia fusiformis</i>	-	-	-	-

라) 섭이 촉진에 미치는 단백질, 산 및 효소 가수분해물의 영향

섭식촉진 효과가 가장 큰 구멍갈파래를 선택하여 단백질을 ammonium sulfate로 포화도에 따라 0-20%, 40-60% 60-80%로 분획하고 이들의 섭식촉진효과를 측정한 결과(표 13), 1 cm 크기의 전복에서는 섭식 촉진 활성을 확인할 수 없었고, 2 cm와 3 cm의 전복에서 높은 활성을 확인하였다. 이 같은 결과는 섭식 촉진 활성은 전복의 크기와 밀접한 상관이 있음을 제시한다. 2 cm와 3 cm 전복의 경우 60-80% ammonium sulfate 획분에서 가장 높은 섭식촉진 활성을 보였으며, 0-20%와 40-60% 획분에서도 활성을 확인할 수 있었다. 갈조류인 *Ishige okamurai*의 전체 엽상체에서 얻은 섭이 유인에 효과가 있는 획분을 여러 작은 획분들(subfractions)로 분획하고 이 획분들에 대하여 까막 전복 *Haliotis discus*의 유인 활성을 시험하여 40-50% 포화 암모늄 단백질 획분, 산성 및 염기성 아미노산, 중성 및 인지질이 활성이 높다고 보고하여(Harada and Akishima, 1985) 본 연구와

ammonium sulfate 획분과는 다소 차이를 보였다. 이 같은 차이는 해조의 차이에 기인하는 것으로 보인다.

비근육 단백질로서 식품의 ingredient로만 사용하고 있는 난백 단백질 분말, 유장 단백질과 대두 단백질 농축물의 섭취촉진 활성을 측정한 결과 전복의 크기에 따라 효과는 구멍갈파래 ammonium sulfate 획분과 같은 결과를 보였고, 유장 단백질과 대두 단백질 농축물이 구멍 갈파래 60-80% ammonium sulfate 획분과 같은 가장 높은 효과를 보였다. Harada and Akishima (1985)는 까막 전복의 단백질에 대한 섭이 유인 활성을 측정한 결과, 인간 알부민과 알파 및 베타 글로부린에 대하여 확실한 효과를 보였고 알부민이 가장 효과적이라고 보고한 것에 미루어 높은 농도의 ammonium sulfate 분획은 글로부린 성분인 것으로 추정된다. 해조류의 어린 까막 전복에 대한 유인효과를 비교하기 위해 6 가지의 녹조류, 12 가지의 갈조류, 14 가지의 홍조류에 대한 유인효과 측정하여 2가지의 녹조류인 굵은염주말 (*Chaetomorpha crassa*)과 옥덩굴(*Caulerpa okamurae*), 4가지의 갈조류인 짝잎 모자반, 참가죽그물 바탕말, 패 및 부채말, 2가지의 홍조류 우뭇가사리와 애기우뭇가사리가 높았고 전복을 유인함에 있어 일반적으로 갈조류가 효과적인 경향이었다고 보고하였다(Harada and Kawasaki, 1982). 이 같은 보고는 본 연구와 다소 차이가 있는 것으로 보인다. 인간의 알부민과 베타-globulin은 높은 활성, 난 알부민은 낮은 활성, 우유 알부민은 중간 정도의 활성을 보였고, 기원이 다른 재료에서 얻은 모든 protamine들에서는 활성을 발견하지 못했으며, 인간의 알부민이 가장 높은 활성을 보였고 알파 및 베타-글로부린은 중간이었다(Harada and Akishima, 1985).

<표 13> 단백질과 구멍갈파래 추출물로부터 얻어진 ammonium sulfate(AS)의 먹이 유인활성

Species	Abalone		
	1 cm	2cm	3 cm
control	-	-	-
0-20% AS fraction	-	+++	++++
40-60% AS fraction	-	+++	++++
60-80% AS fraction	-	++++	+++++
Egg white powder*	-	-	+++
Whey protein	-	+++	+++++
Soy protein concentrate	-	+++	+++++

* The concentration of egg white powder, whey protein and soy protein concentrate is 0.1 g/mL

펩티드 화합물의 섭식 촉진 활성을 측정하기 위해 효소 가수분해물을 조제하였다. 즉 냉동굴을 흐르는 수도수로 해동하고 제품의 비린내를 성분을 감소시키기 위해 끓는 물에서 굴이 부상할 때까지 soaking한 다음 플라스틱 바구니에 담아 실온에서 물기를 제거하였다. 물기를 제거한 굴에 3배량의 증류수를 첨가하여 8000 rpm에서 1분 동안 마쇄한 후 1%의 Protamex와 Neutrase로 2단 가수분해하고 원심분리하여 얻은 가수분해물을 분자량 5 k dalton의 막으로 여과하여 5 kDa 이상의 가수분해물(PN 5kDA)과 이하의 가수분해물(PN 5kDB)로 구분하였다. 그리고 가수분해물의 수율을 증가시키기 위해 굴에 증류수 대신 3% NaCl을 첨가하여 마쇄한 후 동일한 효소를 사용하여 분자량 3 k dalton으로 하여 여과하고 3 kDa 이상의 가수분해물(NaCl PN 3 kDA)와 3 kDa 이하의 가수분해물(NaCl PN 3 kDB)로 구분하였

다. 한편 새로운 펩티드를 만들기 마쇄한 굴에 1%의 transglutaminase를 첨가하여 단백질을 중합시킨 후 같은 단백질 가수분해효소를 사용하여 가수분해하고 5 kDa 이상의 펩티드(TGPN 5 kDA)와 이하의 펩티드(TGPN 5 kDB)로 구분하였다. 산가수분해물의 섭취 촉진효과를 측정하기 위해 굴에 5배량의 6 N HCl을 가하여 110°C에서 24시간 가수분해하여 3G-4 glass filter로 잔사를 제거하고 NaOH로 pH 4.5로 중화한 산가수분해물(acid hydrolysate)을 조제하였으며, 젤라틴 가수분해물은 시약급을 구입하여 사용하였다.

가수분해물의 섭취 촉진 활성은 단백질 획분과 마찬가지로 1 cm 크기에서는 나타나지 않았고, 특히 3 cm 크기에서 가장 뚜렷한 섭취촉진활성을 보였다. 이 같은 결과는 섭취촉진 활성에 전복의 크기와 밀접한 상관이 있음을 지적한다. 섭취촉진활성은 TGPN화합물과 젤라틴 가수분해물에서 가장 높다. 그러나 가수분해물의 활성은 단백질에 비하여 낮은 것으로 나타났으며, 이 같은 결과는 분자량의 분포가 가수분해물에 비하여 더 작은 아미노산 화합물에서 활성이 더욱 낮아지는 결과에 비추어 전복의 질소화합물에 대한 섭취촉진 활성은 분자량에 크게 의존하는 것으로 보인다<표 14>.

<표 14> 효소 가수분해물의 딱이 유인활성

Species	abalone			sea cucumber
	1	2	3	
control	-	-	-	-
PN 5 kDA	-	-	+	-
PN 5 kDB	-	-	++	-
TGPN 5 kDA	-	-	+++	-
TGPN 5 kDB	-	-	+++	-
NaCl PN 3 kDA	-	-	++	-
NaCl PN 3 kDB	-	-	-	-
Acid hydrolysate	-	+++	++	-
Gelatin hydrolysate	-	-	+++	-

* The concentration of enzymatic hydrolysate is 0.1 g/mL.

P and N represent protamex and Neutrase, respectively.

TG represents TGase

NaCl means extraction solvent of oyster

마) 섭이 촉진에 미치는 아미노산 및 핵산관련물질의 영향

14 종의 표준 아미노산과 지미를 가진 것으로 알려진 2종의 핵산관련물질로 섭식촉진 활성을 측정한 결과(표 15), 3 cm 크기의 전복에서만 활성이 인지되어 전복 크기에 따른 섭식촉진 활성의 차이를 뚜렷이 반영하였다. 아미노산 중에서는 L-glutamic acid와 DL-alanine에서 활성이 측정되었으며, DL-Alanine의 활성이 L-glutamic acid 보다 다소 높았다. 핵산관련물질로서 IMP와 GMP 모두에서 활성이 확인되었고, 특히 GMP가 IMP의 2배에 해당하는 활성을 보였다. 그러나 아미노산의 섭식촉진 활성은 단백질과 가수분

해물에 비하여 현저히 낮았다. 한편 해삼에서는 어떤 활성도 확인되지 않았다.

5'-AMP 등의 핵산 관련물질이나 젖산, 호마린, TMAO 등이 새우류의 섭식 유인·자극물질로써 중요한 것으로 보고되어 있는 것에 비추어 전복의 결과와는 핵산관련물질에서 다소 차이를 보이고 있었다. 전복에 대하여 염기성 아미노산들의 섭이 유인 활성이 다소 높고, 특히 hydroxylysine과 ornithine은 활성이 가장 높았으며, 중성 아미노산 중에서 glycine, cystine과 tyrosine은 중간 정도의 활성을, 산성 아미노산, 이들의 아마이드 및 이미노산들 중에서는 hydroxyproline인 가장 높은 활성을 보였고 asparagine과 glutamine은 중간이었다(Harada and Akishima, 1985).

<표 15> 아미노산 및 핵산관련물질의 먹이 유인활성

Species	abalone			sea cucumber
	1	2	3	
Control	-	-	-	-
L-Asp**	-	-	-	-
L-Glu*	-	-	++	-
DL-Ala*	-	-	+++	-
Gly*	-	-	-	-
DL-Ser**	-	-	-	-
Tyr*	-	-	-	-
Phe**	-	-	-	-
L-Cys*	-	-	-	-
DL-Met**	-	-	-	-
L-Lys*	-	-	-	-
L-His**	-	+	-	-
L-Asn**	-	-	-	-
L-Gln*	-	-	-	-
Taurine**	-	-	-	-
IMP	-	-	++	-
GMP	-	-	++++	-

* Amino acids and nucleotides are dissolved in distilled water.

** Amino acids are dissolved in 1 N HCl solution.

The concentration of amino acids is 1 M solution.

바) 섭이 촉진에 미치는 단당류의 영향

섭식촉진에 미치는 단당류의 효과를 측정하였다(표 16). 실험에 사용한 모든 크기의 전복과 해삼에 대하여 포도당, 칼락토오즈, fructose 및 mannose 에서 섭식촉진 활성은 검출되지 않았다. 전복이 다당류에 활성을 보이는 것과는 상반된 것으로서 이 같은 결과는 전복이 다당류의 기본 단위인 단당류에는 섭식촉진 활성이 없음을 지적한다. 잉어, 메기, 찬넬메기, 대서양 연어는 당에 대하여 섭식활성을 보이며, 특히 잉어는 포도당과 fructose, mannose, galactose에 대하여 반응을 보이나, 해산어는 서당이나 다른 당에 대하여 0.5 M 이상의 농도에서도 반응을 보이지 않는다고 보고하였다(清原, 19982). 이 같은 보고에 해산 복족류인 전복에 대해서도 당은 섭식 촉진 활성을 나타내지 않는 것으로 추정된다.

<표 16> 단당류의 먹이 유인활성

Species	abalone			sea cucumber
	1	2	3	
control	-	-	-	-
Glucose	-	-	-	-
Galactose	-	-	-	-
Fructose	-	-	-	-
Mannose	-	-	-	-

사) 요약

우리나라에서 가장 흔히 볼 수 있는 3종의 나무(소나무, 굴참나무, 졸참나무)의 수피와 몇 종의 해조류에서 추출한 수용성 성분의 전복에 대한 섭식 유인활성을 실험한 결과, 굴참나무 수피의 수용성 추출물이 섭이 탐색효과를 다소 증진시키는 것으로 나타났으며, 해조류는 구멍갈파래의 수용성 추출물이 가장 높은 효과를 보였으며, 특히 60-80% 포화 ammonium sulfate 희분에서 가장 섭식촉진 활성이 높았다. 효소 가수분해물 중에서는 transglutaminase로 단백질을 종합한 후 protamex와 nutrase로 가수분해한 가수분해물에서 활성이 높았고, 아미노산은 DL-alanine과 L-glutamic acid에서 활성을 보였다. 그리고 핵산관련물질 IMP와 GMP에 대하여 비교적 높은 섭식 촉진 활성을 보였다. 단백질 관련화합물의 섭식촉진활성은 단백질>펩티드 함유 가수분해물>아미노산의 순으로 감소하여 관련물질의 분자량과 밀접한 상관을 가지는 것으로 나타났다. 한편 섭식 촉진 활성은 전장 3 cm>2 cm>1 cm의 순으로 나타나 섭식 촉진 활성의 측정은 전복의 전장과 관련이 있는 것으로 나타났다. 단당류에 대한 활성은 확인할 수 없었다. 해삼은 실험에 사용한 모든 물질에 대하여 활성을 확인할 수 없었으며, 이 같은 결과는 실험 방법에 기인한 것으로 추정된다. 해삼의 생리 생태적 특성을 고려한 섭식 촉진 물질 확인을 위한 실험 장치와 방법에 관한 연구가 선행되어야 할 것으로 보인다.

제3절 평가의견 반영요소

1. 동일한 형태의 다른 재질 어초와의 비교

본 연구에 적용된 참나무 어초는 재질면에서 이제까지 적용된 예가 없고, 설계도면에 나타난 바와 같이 형태면에 있어서도 다른 어초와 비교할 수 없

는 공간 구조를 가지고 있다. 특히 현장에 시험 적용한 2기의 시험어초가 3단의 구조로 되어 있는 점, 층별로 참나무의 굴곡면을 활용하여 전복이 은신할 수 있는 공간을 제공하고 있다는 점 및 각층에는 참나무를 대각선형태로 배열하여 조립해 놓았다는 점에서 기존의 어초와 비교할 때 구조와 기능면에서 차별성을 가지고 있다고 하는 것이다. 그럼에도 불구하고 기존의 어초와의 차이점은 이 어초가 연안의 소규모 바다목장 조성에 적합한 형이라는 점에서 연안에 시설되는 반구형 어초, 근해사각 어초 등 중, 소형 어초의 생물상을 조사한 기존의 인공어초 사후관리 조사보고서(경상남도, 1995a; 1995b; 1996a; 1997)와 석탑형 어초 및 세라믹 어초 등 연안에 시설된 소형 어초의 기능성을 조사한 바다목장화 개발 연구용역사업 보고서(해양수산부, 2002; 2003a; 2003b; 2004a; 2004c; 2005a; 2005b; 2006)와 비교하면 다음과 같은 점에서 특징을 가진다고 할 수 있다.

가. 해조상

해조류의 경우 본 연구의 다목적형 참나무어초에서는 총 33종이 출현하였는데 경남 연안의 반구형 어초에서는 총 44종(표 17)이 출현하였고 이 가운데 투명도가 높아 해조류 생육에 유리한 비진도의 38종을 제외하면 탁도가 높은 통영 연안에 시설된 참나무어초에 착생한 해조류는 양적 질적인 면에서 풍도와 다양성이 높은 것으로 해석할 수 있다.

반면, 통영 연안에 해조장 조성을 목적으로 시설한 해조초의 경우 총 7개의 시설정점에서 총 38종의 해조류가 착생하여 서식하는 것으로 나타났고 이 가운데 참나무어초와 유사한 수층에 시설한 세라믹 어초나, 석탑형 어초에서 총 31종이 출현하여 다목적 참나무어초와 유사한 결과를 나타내었다.

나. 무척추동물상

무척추동물의 경우 경남 연안의 반구형 어초에서는 총 26종의 무척추동물이 착생, 서식하는 것으로 나타났으나, 본 연구에 적용된 다목적형 참나무어초에서는 8문 44종의 무척추동물이 부착, 서식하는 것으로 나타나 참나무어

초가 연안 반구형어초보다 부착생물의 착생 및 서식에 효과가 큰 것으로 나타났다.

통영 연안에 시설된 어초의 경우 무척추동물을 비롯한 부착생물의 부착효과에 대한 조사결과가 없어 직접적으로 비교하기 어려우나 본 연구를 수행하면서 관찰한 세라믹 어초의 경우 부착생물이 착생할 수 있는 부착면이 좁고, 적어 다양한 생물상을 기대할 수 없었다. 반면 다목적 참나무어초의 경우 원통형의 참나무를 조립식으로 제작하였기 때문에 부착면이 넓고 은신할 수 있는 공간이 많아 정착성 무척추동물이나 부착생물의 효과적인 서식처를 제공해 줄 수 있기 때문에 보다 많은 무척추동물이 유집되고 부착할 수 있는 효과를 가지는 것으로 판단된다.

다. 어류상

본 연구의 다목적 참나무어초에 대한 연구에서는 어획효과를 구명하기 위한 효과조사는 수행하지 않았고 비디오와 디지털카메라를 이용한 촬영을 통해 목시관찰 결과만을 토대로 어류상을 정리하여 총 23종의 유집어류를 동정하였다. 경상남도의 인공어초 사후관리 조사에서도 수심 30-40m에 시설되는 근해 사가어초만을 대상으로 자망 또는 통발을 이용하여 어획효과 조사를 수행하였기 때문에 직접적인 비교는 곤란하나, 어획된 어류목록을 비교해보았을 때 참나무어초에서는 연안 회유성 또는 정착성 어종이 주종을 이룬 반면, 근해사각어초에서는 1회의 어획조사에서 10여종의 어류가 어획되었으며 주종은 말쥐치, 붕장어, 보구치, 볼락, 보리멸 및 문어인 것으로 나타났다. 또한 자원순환형 폴리콘 시험어초의 효과조사(국립수산과학원, 2005) 결과와 비교하여 볼 때 부착생물의 종수에 있어서도 참나무 어초의 부착생물 부착 및 유집효과가 월등한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 비교해 볼 때 어패조류 다목적형 참나무어초는 착생해조류와 무척추동물 및 유집되는 어류상을 볼 때 연안자원의 번식, 조장에 유리한 것으로 판단된다.

2. 타 해역에서의 적용가능성

본 연구에 적용된 참나무 어초는 동, 서, 남해안의 연안에 시설되는 어초로서 큰 문제점이 없을 것으로 보인다. 다만 동해안의 경우 태풍 매미와 같은 초강력 태풍에 적용할 수 있는 설계변경 등 수정, 변형 모델과 시설면에서 소파제를 활용한 어초시설 등 부수적으로 검토할 사항이 있는 것으로 판단된다.

<표 17> 1996년 경남 연안의 연안 반구형 어초에 착생한 해조목록(경상남도, 1997)

국 명	학 명	'92	'93	'93	'93	'94	'94	'95	'95	'95
		통영 욕지 상노대	거제 일운 망치	통영 산양 연곡	남해 남면 유구	통영 한산 추봉	통영 한산 비진	남해 미조 송정	남해 남면 덕월	거제 장목 유호
녹조식물문	Chlorophyta									
갈파래	<i>Ulva lactuca</i>				+	+	+	+		+
구멍갈파래	<i>U. pertusa</i>	+		+	+	+		+	+	
초록갈파래	<i>U. japonica</i>			+			+			
청각	<i>Codium fragile</i>	+	+	+	+	+		+	+	+
소 계	4종	2	1	3	3	3	2	3	2	2
갈조식물문	Phaeophyta									
가시뻘대그물말	<i>Desmarestia prolifera</i>					+	+		+	
감태	<i>Ecklonia cava</i>			+		+	+		+	
곰피	<i>E. stolonifera</i>			+	+	+	+	+	+	
팽생이모자반	<i>Sargassum horneri</i>	+		+			+		+	
넓은뻘대그물말	<i>Dictyopteris latiuscula</i>			+					+	
담배잎산말	<i>Desmarestia tabacoides</i>						+			
미끈뻘대그물말	<i>Dictyopteris latiuscula</i>			+		+	+			
미역	<i>Undaria pinnatifida</i>			+	+	+	+			
밋첼긴털실말	<i>Giffordia mitchellae</i>					+	+		+	
쇠꼬리산말	<i>Desmarestia viridis</i>	+					+			
열매의관말	<i>Carpomitra cabrerai</i>			+						
참가죽그물바탕말	<i>Dictyopteris dichotoma</i>	+				+	+		+	
참털비말	<i>Sporochnus scoparius</i>	+	+			+	+			
채찍말	<i>Cutleria cylindrica</i>						+			+
소 계	14종	4	1	7	2	8	12	1	7	1

<표 17> 계속

국 명	학 명	'92	'93	'93	'93	'94	'94	'95	'95	'95
		통영 욕지 상노대	거제 일운 망치	통영 산양 연곡	남해 남면 유구	통영 한산 추봉	통영 한산 비진	남해 미조 송정	남해 남면 덕월	거제 장목 유호
홍조식물문	Rhodophyta									
긴가지나룻말	<i>Auduinella robusta</i>						+			
팔손이풀	<i>Palmaria palmata</i>					+	+			
외호늘풀	<i>Scinaia japonica</i>					+	+			
에페드라게발	<i>Amphiroa ephedraea</i>								+	
작은구슬산호말	<i>Corallina pilulifera</i>					+	+		+	
주름까막살	<i>Carpopeltis crispata</i>					+	+			
썩기꽃도박	<i>Pachymeniopsis yendoi</i>				+	+	+		+	
개도박	<i>P. lanceolata</i>								+	
명주지누아리	<i>Grateloupia sparsa</i>	+					+			
미끌지누아리	<i>G. turuturu</i>	+		+			+			
좁은붉은잎	<i>Callophyllis adhaerens</i>					+	+			
팔손이붉은잎	<i>C. palmata</i>					+	+			
갈래잎	<i>Schizymenia dubyi</i>						+			
참곱술이	<i>Plocamium telfairiae</i>					+	+		+	
잎꼬시래기	<i>Gracilaria textorii</i>	+		+	+	+	+		+	+
개꼬시래기	<i>G. chorda</i>			+			+			
가는줄풀	<i>Stenogramma interupta</i>					+	+			
돌가사리	<i>Gigartina tenella</i>					+	+			
가시돌가사리	<i>G. teedii</i>						+			
마디잘록이	<i>Lomentaria catenata</i>					+	+	+		
외깃풀	<i>Callithamnion callophyllidicola</i>					+	+			
굵은석묵	<i>Campylaephora crassa</i>	+		+			+	+	+	
꼬마붉은혀	<i>ErythroGLOSSUM minimum</i>						+			
떨기나무붉은실	<i>Polysiphonia japonica</i>						+		+	
우뭇가사리	<i>Gelidium amansii</i>	+		+	+	+	+		+	
개우무	<i>Pterocladia capilacea</i>	+	+	+	+	+	+		+	
소 계	24종	6	1	6	4	16	24	2	10	1
총 계	44종	12	3	16	9	27	38	6	19	4

<표 18> 경남 통영 연안에 시설된 해조장 조성용 어초에 착생한 해조목록(해양수산부, 2007)

종명		정점						
학명	국명	1	2	3	4	5	6	7
<i>Ulva pertusa</i>	구멍갈파래	+	+	+	+	+	+	+
<i>U. lactuca</i>	갈파래	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladophora stimpsonii</i>	명주대마디말	+					+	+
<i>Codium fragile</i>	청각	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. divaricatum</i>	말청각			+				
<i>C. latum</i>	넓청각			+	+	+	+	
<i>Dictyota dichotoma</i>	참그물바탕말		+		+			
<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뼈대그물말	+	+	+	+	+		+
<i>Pachydictyon coriaceum</i>	참가죽그물바탕말			+				
<i>Laminaria japonica</i>	다시마		+	+	+	+	+	
<i>Ecklonia stolonifera</i>	곰피	+	+	+	+	+	+	
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myagropsis myagroides</i>	외틀개모자반	+		+	+			
<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. miyabei</i>	미야베모자반				+	+		
<i>S. fulvellum</i>	모자반	+			+	+		
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리			+	+	+	+	
<i>Pterocladia tenuis</i>	개우무		+		+	+		
<i>Gloiopeltis tenax</i>	풀가사리				+			
<i>Carpopeltis angusta</i>	붉은뼈까막살	+						
<i>Grateloupia filicina</i>	지누아리			+	+			
<i>G. prolongata</i>	개지누아리				+			
<i>G. turuturu</i>	미끌지누아리		+	+	+	+	+	+
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	개도박				+	+		
<i>Pachymeniopsis yendoi</i>	췌기꿀도박				+	+		
<i>Phyllymenia sparsa</i>	명주지누아리	+	+	+	+			
<i>Callophyllis crispata</i>	주름붉은잎	+						
<i>C. rhynchocarpa</i>	부리붉은잎				+			
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이			+	+	+		+
<i>Gracilaria textorii</i>	잎꼬시래기	+	+	+	+	+	+	
<i>Gracilaria acilariopsis</i>	개꼬시래기						+	
<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	부챗살				+	+		
<i>Chondrus ocellatus</i>	진두발				+	+		
<i>Rhodymenia pertusa</i>	구멍분홍치				+	+		
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	+		+	+	+		
<i>Heterosiphonia japonica</i>	엇가지풀		+		+	+		
<i>Laveillea jungermannioides</i>	깃꼴서실		+					
<i>Polysiphonia morrowii</i>	모로우붉은실	+	+	+	+	+	+	+
총계	38종	16	16	20	31	24	14	10

<표 19> 1996년 경남 연안의 연안 반구형 어초에 서식한 무척추동물 목록(경상남도, 1997)

국 명	학 명	어초어장	비교어장
해면동물			
집게코르크해면	<i>Suberites ficus</i>	+	+
강장동물			
히드라류	<i>Hydractinia Sodalis</i>	+	+
환형동물			
갯지렁이류	<i>Nereis sp.</i>	+	
연체동물			
바다방석고둥	<i>Tegula (Omphalius) pfeifferi</i>	+	
방석고둥	<i>Calliostoma unicum</i>	+	
매물고둥	<i>Neptunea despectus</i>	+	+
보라골뱅이	<i>N. arthritica</i>		+
갈색여매물고둥	<i>N. a. cumingii</i>	+	+
돼지고둥	<i>Siphonalia cassidariaeformis</i>	+	+
감생이고둥	<i>Sydaphera spengleriana</i>	+	
똥똥이짚신고둥	<i>Crepidula onyx</i>	+	
각시수랑	<i>Buccinum (Voluthatpa) perryi</i>	+	+
수염고둥	<i>Cymatium (Monoplex) echo</i>	+	+
긴빨고둥	<i>Fusinus perplexus perplexus</i>	+	+
날개빨고둥	<i>Ocenebrellus adunca</i>		+
큰구슬우렁	<i>Neverita (Glossaulax) didyma</i>		+
두드럭고둥	<i>Purpura (Mancinella) bronni</i>		+
임빨고둥	<i>Ceratostoma burnetti</i>	+	
연챙이고둥	<i>Inguisitor jeffreysi</i>	+	
문 어	<i>Octopus vulgaris</i>	+	+
낙 지	<i>O. Variabilis</i>	+	+
절족동물			
홍색민꽃게	<i>Charybdis acuta</i>	+	+
민 꽃 게	<i>Ch. japonica</i>	+	+
두갈래민꽃게	<i>Thalamita sima</i>		+

<표 19> 계속

국 명	학 명	어초어장	비교어장
제집참집게	<i>Pagurus constans</i>	+	+
빗참 집게	<i>P. pectinatus</i>	+	
털줄원손집게	<i>Dardanus arrosor</i>	+	+
갯가재	<i>Squilla oratoria</i>	+	
새우류	<i>Leander sp.</i>	+	+
극피동물			
불가사리	<i>Astropecten polyacanthus</i>	+	+
거미불가사리	<i>Ophioplocus japonicus</i>		+
보라성게	<i>Anthocidaris crassispina</i>	+	+
총 32종		26종	23종

제4장 연구개발 목표달성도 및 기여도

제1절 연구개발 목표의 달성도

1. 연차별 목표달성도

연차별	연구개발 목표	달성도
1년차	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설계어초의 제작, 시설 및 안전성 검토 ○ 패류자원의 방류효과 탐색 ○ 조장조성 효과 탐색 ○ 부착 및 해적생물의 생태조사 ○ 조장효과 조사 ○ 어업인 설문조사 ○ 참나무추출물의 제조 및 성분분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설계어초를 제작하여 사랑도 연안에 운반, 시설한 후 안전성을 검토한 결과 기울어짐, 침하 등의 안전에 위해가 되는 요소가 관찰되지 않음. ○ 전복 및 해삼을 방류하여 성장도 등 효과를 탐색한 결과 전복의 성장은 늦고 해삼은 매우 빠르게 성장하는 것으로 나타남. ○ 다시마와 쇠미역 종묘를 이식하였으나 조장조성 효과가 나타나지 않음. ○ 부착 및 해적생물의 부착시기, 종조성 등 생태조사 ○ 주변 어업인들로부터 어초시설 효과에 대한 설문조사 ○ 참나무추출물의 제조 및 성분분석을 완료하였고 유인성에 대한 기초실험을 통해 해조류 및 목재 추출물의 유인성 검색함
2년차	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설계어초의 보완, 수정제작 및 시설 ○ 복합 해조장 조성 ○ 참나무의 유인활성 분석 ○ 부착생물 및 해적생물의 생태조사 ○ 구조물의 안전성 조사 ○ 어초주변 수역의 유동조사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 피라미드형 어초의 제작 및 시설 ○ 시설해역의 변경 및 생태환경조사 ○ 방류자원의 방류효과 및 성장도 조사 ○ 방류자원의 성장도 조사 ○ 어류의 유집효과조사 ○ 녹, 갈, 홍조류의 이식 및 종묘입식을 통한 복합 해조장 조성 ○ 해조장 조성 해조류의 생태조사 ○ 참나무의 섬이 및 유인활성에 대한 문헌조사 및 유인성 탐색 ○ 고행시비재의 사용 및 효과조사

2차년에 걸쳐 수행한 본 과제의 연구개발 목표의 달성도를 요약하면 다음과 같다.

가. H빔으로 제작된 강재 프레임 구조물에 참나무를 끼워 넣어 조립한 형태의 어초를 피라미드형으로 제작한 설계기술과 이를 수심이 얇은 연안 해역에 운반 시설하는 독창적인 시공기술을 확보하였다.

나. 수심이 얇은 마을어장 내에서 참나무어초의 안정성 및 기능성을 확인하였다.

다. 2차년도의 어초 시설지는 연구계획에 따라 1차년도의 경남 통영시 사량도에서 통영시 산양읍 연명리 바다목장 해역내의 연명어촌계 연안 마을어장에 시설하여 자원의 방류효과, 부착생물의 생태조사결과 방류한 전복과 해삼의 성장도, 해조장 조성 효과 등에 있어서 이전의 시설지에 비해 성장도, 해조장 조성효과가 매우 뛰어난 것으로 나타났고 부착생물의 종조성, 부착량 등에 대한 기초자료를 확보하였다.

라. 방류 해삼의 성장이 매우 빠르게 나타나 해삼의 방류 및 유집에 기대할 만한 성과를 나타내었다.

마. 조피블락, 용치놀래기, 인상어, 돌돔, 감성돔, 범돔, 능성어 및 정착성인 미역치, 일곱동갈돔 등 연안 정착성 어류의 유집효과가 뚜렷한 것으로 나타났으며 특히 치, 자어의 유집에 탁월한 효과가 있는 것으로 나타났다.

바. 1, 2차년을 종합 평가한 결과 참나무 어초는 통영 연안 양식장 주변의 탁도가 높은 수심 10m전후의 수층에서는 해조류의 착생이나, 발아에 매우 불리한 것으로 나타났으며 이는 이 해역에 시설된 다른 어초에서도 공통된 현상인 것으로 나타났다.

사. 현장적용 결과 참나무어초를 투명도가 비교적 높고 파랑으로부터 안정된 곳에 시설한다면 더욱 효과를 높일 수 있는 것으로 나타나 연안역의 소규모 바다목장 시설사업에 유리한 것으로 평가된다.

제2절 기여도

가. 기술적 측면

- 1) 새로운 인공어초의 설계기술을 확립하였다.
- 2) 연안역의 자원조성 및 번식조장을 위한 다목적 참나무 어초의 개발을 통한 현장적용 가능성을 확인하였다.
- 3) 요철부위 및 은신처가 많은 공간특성으로 인해 대량으로 전복이나 해삼을 방류하여 수용할 수 있는 것으로 나타났다.

나. 경제·산업적 측면

- 1) 경제적인 인공어초 제작을 기대할 수 있다
- 2) 참나무를 재질로 한 어초는 벌목 후의 참나무를 이용할 수 있고 강재어초에 비해서 기당 제작단가가 저렴할 뿐만 아니라 다양한 크기로 손쉽게 제작할 수 있고 제작기간이 짧아 경제적이면서 고효율구조를 가지는 어패조류 자원조성형 어초를 만들 수 있다는 잇점이 있다.
- 3) 참나무 조립형 어초에서 생산된 패류는 패각의 색채나 육질 등에서 가능성을 가질 수 있기 때문에 육상양식 전복에 비해 부가 가치가 높은 전복이나 해삼을 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

제5장 연구개발 결과의 활용계획

가. 현장 적용기술을 분석하여 시설 예정해역의 환경 특성에 맞는 어초의 설계 및 제작모형을 수정, 개발하여 현장적용이 가능할 것이다.

나. 시공이 간편하고 제작기간이 짧은 어초의 설계, 제작기술을 바탕으로 저렴하게 어초를 제작할 수 있기 때문에 재정이 열악한 어촌계나 수협이 자원조성사업에 적극 활용할 수 있을 것이다.

다. 어초의 구조상 마을어장이나 체험 다이빙 어장의 시설어초로 활용할 수 있을 것이다.

라. 새로운 어초설계 및 제작기술의 정립을 통해 마을어장 등의 연안자원 조성형 시설어초로 공급될 수 있도록 한다.

마. 천연 해조류의 번식조건이 좋은 곳에서 침설식 전복양식 어초로 활용할 수 있다.

바. 대량 제작시 원가를 절감할 수 있기 때문에 저비용, 고효율 어초의 생산, 공급에 기여하도록 한다.

사. 소규모 바다목장 조성용 인공어초시설로서 다목적 어초의 기능을 가진 어초로 활용한다.

아. 인공어초 시설사업과 관련한 제반 규정에 적합한 일반어초로 전환하여 중소기업형 어초회사로 발전시키고 이를 토대로 환경 친화적 어초개발 전문회사로 발전시킨다.

제6장 참고문헌

- Harada K, Akishima Y. 1985. Feeding attraction activities of proteins, amino acids, lipids and nitrogenous bases for abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 51:2051-2058.
- Harada K, Eguchi A, Kurosaki Y. 1987. Feeding attraction activities in the combinations of amino acid and other compounds for alalone, oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53: 1483-1489.
- Harada K, Kawasaki O. 1982. The attractive effect of seaweeds based on the behavioral responses of young herbivorous abalone *Haliotis discus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 48: 617-622.
- Harada K, Maruyama S, Nakano K. 1984. Feeding attractants in chemical constituents of brown alga for young abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50: 1541-1544.
- Harada K. 1991. Attraction activities of herbal crude drugs for abalon, oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 2083-2088.
- Kohn AJ. 1983. *The mollusca vol. 5, physiology, part 2*. ASM. Saleuddin and KM. Wibur (Eds.), Academic press, New York, p. 1-63.
- Sakata K, Ina K. 1985. Digalactosyldiacylglycerols and phosphatidylcholines isolated from a brown alga as effective phagostimulants for a young abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 51: 659-666.
- Sakata K, Iwase Y, Ina K, Fujita D. 1991. Halogenated terpenes

- isolated from the red alga *Plocamium leptophyllum* as feeding inhibitors for marine herbivores. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57:743-746.
- Sakata K, Iwase Y, Kato K, Ina K, Machiguchi Y. 1991. A simple feeding inhibitor assay for marine herbivorous gastropods and the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* and its application to unpalatable algae extracts. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 261-265.
- Sakata K, Iwase Y, Kato K, Ina K, Machiguchi Y. 1991. A simple feeding inhibitor assay for marine herbivorous gastropods and the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* and its application to unpalatable extracts. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 261-265.
- Taniguchi K, Kurata K, Suzuki M, Shiraishi K. 1992. Feeding deterrent activity of diterpenes from the brown alga *Dilophus okamurai* against the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 1931-1936.
- Wrolstad RE. 2001. Analysis of fatty acids in food lipid in "Current Protocols in Food Analytical Chemistry" John Wiley & Sons, Inc., New York, D 1.1.1-D 1.1.11
- 강석중. 2007. personal communication.
- 경상남도. 1995a. 인공어초 사후관리 조사보고. 81pp.
- 경상남도. 1995b. 인공어초 사후관리 조사보고. 116pp.
- 경상남도. 1996a. 인공어초 사후관리 조사보고. 118pp.
- 경상남도. 1996b. 인공어초 시설현황. 127pp.
- 경상남도. 1997. 인공어초 사후관리 조사보고. 140pp.
- 국립수산과학원. 2002. 인공어초시설 사후관리 실태 및 개선방안 보고서. 178pp.
- 국립수산과학원. 2005. 자원순환형 폴리콘 시험어초 효과조사. 43pp.

- 동해수산연구소. 2006. 바다숲 조성에 의한 생태계복원. 세미나요약집 149pp.
- 변재형.전중균. 1994. 수산이용화학, 수학사, 서울. p.283-395.
- 유성규. 1979. 천해양식. 대한교과서(주). pp. 605.
- 이정열. 2007. 통영해삼 특산품 육성. 통영수산업 발전을 위한 세미나, 통영시
- 秦忠夫. 林力丸. 1971. アミノ酸. タンパク質の分析. 講談社. 東京 p. 2-7.
- 최돈하. 1999. 임산자원의 신용도 개발. 임업연구사업보고서. 120pp.
- 한국해양수산개발원. 1999. 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안. 인공어초 구제세미나 요약집. 133pp.
- 해양수산부. 2002. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서. 2단계 1차년도 보고서. 783p.
- 해양수산부. 2003a. 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서(1단계 1차년도 보고서). 603pp.
- 해양수산부. 2003b. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서. 2단계 2차년도 보고서. 708pp.
- 해양수산부. 2004a. 어업통계연보.
- 해양수산부. 2004b. 전남 다도해형 바다목장 기반조성사업 연구용역 보고서(1단계 1차년도 보고서). 779pp.
- 해양수산부. 2004c. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서. 2단계 3차년도 보고서. 767pp.
- 해양수산부. 2005a. 전남 다도해형 바다목장화 개발 연구용역 보고서(2단계 1차년도 보고서). 698pp.
- 해양수산부. 2005b. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서. 3단계 1차년도 보고서. 552pp.
- 해양수산부. 2006a. 전남 다도해형 바다목장화 개발 연구용역 보고서(2단계 2차

년도 보고서). 640pp.

해양수산부. 2007. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역사업 보고서(3단계 3차년도 보고서). 785pp.