

제주연안 갯녹음어장 복원 연구

A study on Restoration of Barren Ground in JeJu island

주관연구기관	국립수산과학원
연구책임자	윤장택
발행년월	2008-04
주관부처	해양수산부
사업관리기관	해양수산부
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200800006755
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/02 17:35:14

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

과학원간행물번호

TR-2008-RE-022

2007년도

국립수산과학원 사업보고서

Report of National Fisheries Research & Development Institute

제주연안 갯녹음어장 복원 연구

A study on Restoration of Barren Ground in JeJu island

국립수산과학원 제주수산연구소

JeJu Sea Fisheries Research Institute, NFRDI

국립수산과학원

National Fisheries Research & Development Institute

제 출 문

국립수산과학원장 귀하

본 보고서를 일반 과제 “제주연안 갯녹음어장 복원 연구” 의 최종
(2003-2007년) 보고서로 제출합니다.

2008년 월 일

총괄연구책임자 : 윤 장 택

참 여 연 구 원 : 이 정 의, 한 석 중,
문 태 석, 이 창 훈, 양 문 호,
남 명 모, 김 재 우, 조 성 환,
김 경 민, 하 동 수, 김 성 철,
이 정 우, 최 영 민, 김 대 권,
이 용 필, 김 형 근, 정 규 화

보고서 요약

과제관리번호		해당단계 연구기간		단계 구분	(해당단계)/(총단계)
과 제 명	연안 해중립 조성 및 생태계 보전 연구				
세부과제명	제주연안 갯녹음어장 복원 연구				
연구책임자	윤장택	해당단계 참여연구원수	총 : 18명 내부: 15명 외부: 3명	해당단계 연구비	정부: 천원 기업: 천원 계: 천원
과제소관부서명	동해수산연구소 증식연구과		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)					보고서 면수
제주연안의 갯녹음 발생 면적은 4,541ha로 조사되었으며, 이는 마을어장 전체면적의 31.4%에 달하며, 우리나라 갯녹음 면적(7,427.1ha)의 61%를 차지하고 있다. 갯녹음 발생 해역은 저조선 부근에서 조간대 및 수심 15m 이상으로 점차 확산되고 있다. 제주연안에 해중립을 조성하고 있는 해조류는 다시마목 2종, 모자반목 17종으로 모두 19종이었다. 제주도 전 연안에 골고루 분포하고 있는 해조류는 감태이며, 저조선에서 조하대 수심 30m까지 넓은 해역에 서식하고 있다. 모자반 종류는 해역 또는 수심에 따라 다양하게 분포하고 있었다. 모자반 가운데 식용으로 이용하고 있는 참모자반과 생물량이 많은 팽생이모자반을 해중립 대상종으로 선택하여 인공종묘를 생산하였다. 해조류 착생기질 개발은 감태와 대황 같은 부착기가 수지상근을 가진 다시마과 해조류를 위하여 기질 표면이 거칠고 요철이 심한 다공성 재질을 이용하여 반독판 형상의 해중립초를 개발하였다. 모자반류는 부착기가 반상근 형태를 하고 있어서 착생기질 표면이 편평해야 부착기 전면이 착생할 수 있으므로 암석과 콘크리트를 이용한 구조물을 개발하였다. 해조류 인공종묘의 조식동물로부터 섭식피해를 예방하기 위한 구조물은 철재로 제작된 200cm×60cm×46cm 크기이며, 외부로 내경 6mm의 철망으로 둘러싸여 있어서 소형 어·패류를 제외하고는 침입할 수가 없게 제작하였다. 인공종묘 보호망 외부에는 잡조류 및 이물질이 침적되므로 매월 2회씩 청소를 실시하여 광합성이 유지되도록 노력하였다.					

해조류 인공종묘를 중간 양성시킨 후 갯녹음 어장에 이식시키기 위해서는 조류와 파랑 등 물리적 특성, 지반구조, 서식생물상 등 여러 가지 생태적 특성을 사전에 파악하고 수행해야 한다. 지반이 편평하고 파랑 등 물리적 영향이 비교적 작은 내만성 해역은 해조류 인공종묘가 착생된 패널 그 자체만으로도 시설하여 해중립을 유지할 수가 있다. 물리적 충격이 적고 수심이 10m 정도의 편평한 지반을 가진 해역은 종묘 패널을 서로 연결하여 저층 암반에 고정하여 해중립을 조성하였다.

조류의 유속이 빠르고 파랑 등 물리적 충격이 큰 해역은 해중립초를 이용해야만 해조류 인공종묘 이식이 가능하였다. 하우스형 해중립초 상부는 인공종묘 패널(30개)을 부착시켜 해중립을 조성할 수 있도록 강재로 제작되어 있으며, 중부는 암석이 채워져 있어 어류와 패류의 서식공간을 제공하며 하부는 어류의 은신처 역할을 함으로써 소형 생태구조를 형성하고 있다.

자연상태에서 해조류를 섭식하는 조식동물은 자리돔, 독가시치를 비롯한 어류와 전복, 소라 등 패류 등이었으며, 이들 조식동물들은 대부분 군집을 이루어 이동하면서 해조류 생장에 피해를 주고 있었다. 해조류 인공종묘 이식 초기에는 조식동물의 섭식피해로 그 생물량이 감소되었다. 그러나 시간이 지나면서 업체의 생장이 빨라 점차 생물량이 증가되었다. 해조류 인공종묘가 착생한 암석 또는 콘크리트 블록을 바닥에 편평하게 배열하여 시설한 결과 가장자리에 설치된 블록의 해조류는 조식동물의 피해를 가장 많이 받았다. 더불어 자연산 미역 등 타 해조의 착생효과도 발생하였다.

해중립이 조성된 해역에는 많은 수의 어류가 위집하였고, 해중립 내부는 저서성 어류들의 서식공간을 제공하고 있었다. 해조류 업체와 어초 바닥에는 소라, 고동 등이 밀생하여 먹이사슬에 연결된 생태계를 구성하고 있었다.

해조류 인공종묘를 갯녹음 어장에 이식하여 성장상태를 관찰한 결과 자연상태의 해조장과 다름없이 정상적인 성장을 하였으며, 조식동물의 섭식량보다 많은 량의 해조류 인공종묘를 이식한다면 해조장이 조성된다는 결론을 얻었다.

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	갯녹음, 해조장, 재생산, 해조류 생산, 해중립초
	영 어	Barren ground, Marine forest, Reproduction, Seaweed production, Artificial reef of seaweed

요 약 문

I. 제 목

제주연안 갯녹음어장 복원 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

제주도 연안어장은 감태, 모자반 등 다년생 해조류 군락이 고수온, 저염분, 해양환경여건의 악화, 그리고 조식성 동물의 과다섭식 등으로 1990년대 초반부터 훼손되기 시작하여 2003년도에는 갯녹음 어장면적이 4,541ha에 달하였으며 그 피해면적이 계속 확산되고 있는 실정이다. 제주도 연안의 갯녹음 현상은 대부분 수심 3~10m의 마을어장에서 발생하여 수질정화 기능의 상실, 연안어업자원의 감소 등으로 인하여 연안어업 생산력이 감소되어 어려움에 처해있는 실정이다. 따라서, 황폐화된 연안어장의 생태계를 회복하고 어업인의 소득증대를 도모하기 위해서 갯녹음 발생해역에 해중림을 조성하여 안정적인 해양생태계를 유지할 필요가 있다. 해조장은 해수중의 순수 산소를 공급하고 해양환경을 정화하며 각종 어·패류의 산란장과 성육장을 제공하여 해양생태계 일차생산자로서의 그 기능이 매우 중요하다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 제주연안의 갯녹음 원인을 구명하고, 발생면적을 산정하여 생태계 회복을 위한 기초자료로 활용하여 이에 대한 대책을 마련하는 것은 중요한 과제이다. 과거에는 마을어장별 잠수에 의한 갯녹음 실태를 파악하였으나 지금은 항공촬영에 의한 채색비교법이 개발되어 향후에는 해역별 정확한 면적을 구할 수 있을 것이다.
- 제주연안은 대부분 암반 또는 암석으로 구성되어 있어서 갯녹음 어장 및 사질해역을 제외한 연안역은 해조장이 발달되어 있다. 해조장에는 다년생 갈조류인 감태와 모자반 등이 성장하고 있어서 이에 대한 생리·생태적 특성을 파악하였다.
- 갯녹음 어장의 생태계 회복을 위한 해중림 조성방법은 해조류 인공종묘 생산이 요

구된다. 해조류 인공종묘를 생산하기 위하여 착생기질 개발이 요구되며, 해조류의 부착기는 수지상근, 반상근 또는 포복상근으로 나눌 수 있으며 이에 적합한 기질을 개발해야만 한다.

○ 자연상태에서는 먹이사슬에 따른 생태계가 유지되나 갯녹음 어장에는 일차생산자인 해조류 생물량보다 소비자인 조식동물이 과다하게 서식하고 있어서 어린상태의 인공종묘를 이식하여 해중립이 조성되기를 기대하기는 어렵다. 따라서 해조류 인공종묘를 일정기간동안 노출됨이 없이 조식동물로부터 보호할 수 있는 구조물이 필요하다.

○ 해조류 인공종묘를 갯녹음 어장에 이식하는 경우에 해양환경 특성을 감안하여 시설해야한다. 해양의 저질 및 물리적 영향에 유지할 수 있는 고정기술 및 구조물이 필요하다.

○ 해조장 조성은 일차생산력을 증강시키고 생태계를 복원하는 사업으로 지속해서 생태계 천이를 파악해야 한다.

IV. 연구개발결과

갯녹음 현상의 진단을 위해서 항공촬영에 의한 채색비교법이 개발되면 우리나라 전해역의 그 실태를 쉽게 파악할 수 있을 것이며, 그에 대한 대책이 강구될 것이다. 갯녹음 어장의 생태계 복원을 위한 해조장 조성기술은 다음과 같이 개발되었다.

1. 해중립 대상종 파악

제주도 연안에 분포하고 있는 천연 해중립과 이를 구성하고 있는 대상종이 파악됨으로써 해조군락 조성 지침이 마련되었다.

2. 해조류 종묘생산 기술개발

제주도 연안의 해중립을 조성하고 있는 대표종인 감태와 모자반류 종묘생산 기술이 개발됨으로써 인공종묘 대량생산이 가능하게 되었으며, 해조류 종류별 착생기질이 개발되어 안정된 종묘공급이 가능하게 되었다.

3. 해조류 인공종묘 중간양성 기술개발

해조류 유엽체 시기에 조식동물의 섭식피해를 예방하기 위하여 인공종묘 보호망을 이용한 중간양성 기술이 개발되었으며, 해조장 조성사업에 큰 기틀이 마련되었다.

4. 해조류 인공종묘 이식기술개발

해역별 또는 수심별 해중립을 조성하기 위한 해중립초 3종, 즉 해중립 조성용 하우스형 인공어초, 해조류 종묘패널 부착식 인공어초, 친환경적 암석어초가 개발되어 생태계 복원사업이 가능하게 되었다.

V. 연구개발결과의 활용계획

○ 제주연안의 해조장 해역과 갯녹음 해역이 파악됨으로서 수산자원 보존 및 회복을 위한 정책자료를 마련할 수 있으며, 어업인을 포함한 전 국민이 이에 대한 대책을 제시할 수 있다.

○ 해조류 대량 인공종묘생산 기술이 개발됨으로서 해중립 조성을 원하는 수협 또는 어업인들에게 종묘공급이 가능하고, 기술을 이전함으로써 자체적으로 생산된 종묘를 바다 숲 가꾸기 사업에 활용할 수 있다.

○ 다양한 해양환경에 적합한 해중립 조성용 구조물이 개발되어 해역 특성 및 어업인들이 요구하는 어장을 조성할 수 있다. 특히 바다목장과 같은 특수 목적을 위한 어장조성에는 종묘생산, 중간양성, 이식작업을 선택적으로 시행할 수 있다.

여백

S U M M A R Y

Total area of the phenomenon named barren ground in Jeju coastal waters was amounting to 4,541ha, representing 31.4% of the total coastal waters of Jeju and 61% of all the national barren grounds. The barren ground was expending down to coastal zone of 15m in depth.

The seaweeds of Jeju marine forests were of 19 species, covering 2 species of Laminariales and 17 species of Fucales. The major species of the Jeju forest was *Ecklona cava* which distributed all the coastal waters from tide line to subtidal zone 30 m in water depth. Habitats of Sargassaseae was also wide open. Two species of edible Sargassaseae, *Sargassum fulvellum* and *S. hornerii*, were selected as a target species for seed production to rebuilt the barren ground.

The iron artificial nets for the seaweed attachment was sized 200 cm× 60 cm×46 cm and specially covered by iron net (6 mm in mesh size) to prevent invasion of herbivores. In the structure, however, small fish and shellfish were allowed to pass through the net. Fouling organisms attached on the covering nets were regularly removed for a light penetration into the artificial nets.

The candidate sites for an installation of the artificial reef carrying seaweed seeds were surveyed in terms of tidal current, wave, physical parameters, bottom structure, faunal and floral structures. Selecting criteria for the installation of the artificial reefs were locations where bottoms are hard and flat and physical energy of the waters are mild. This selection provides a safe installation of the reef, even without fixation. The artificial reefs were deployed in the selected sites where water depth was about 10 m. The seed panels were put together on the artificial reefs and fixed to the hard bottom of the site.

The seaweed seeds were transplanted using artificial reefs in the barren grounds where physical energy of the water was strong. Top of the artificial reefs of housing form was made of steel to hold 30 seaweed panels. Middle parts of the artificial reef were filled with rocks to provide fish and shellfish with shelter. Therefore, the artificial reefs was characterized by a small ecosystem in the place.

Herbivores damaging the wild ecosystem of the seaweed forests were marine

fishes composing *Chromis natatus* and *Siganus fuscescens*, shellfish, *Nordotis gigantea* and *Turbo (Batillus) cornutus*. The organisms showed a fishing action, damaging early life of the transplanted seaweeds. However, the seaweeds could survive the herbivores with growth. Seaweed seeds on the artificial reefs which were placed in the outer boundary among the grouped installation were more severely damaged by the herbivores. Some of wild seaweeds including *Undaria* were found in the artificial reefs.

Establishment of seaweed forest on the artificial reef brought aggregation of swimming and benthic fishes around it. Molluscs such as *Turbo (Batillus) cornutus* and *Chlorodtoma lischkei* were inhabiting on the blades of the seaweeds and surface of the artificial reefs, providing a food-chained ecosystem. Concludingly, seaweed seed transplantation in the barren ground was successful in terms of recovery or rebuilding of ecosystem. For the better results, however, the seaweed seeds should be transplanted over the level where they could survive damaging herbivores, particularly during the initial life stage.

목 차

보고서요약	1
요약문	3
I. 제목	3
II. 연구개발의 목적 및 필요성	3
III. 연구개발의 내용 및 범위	3
IV. 연구개발 결과	4
V. 연구개발 결과의 활용계획	5
Summary	7
목차	9
제 1 장 연구개발과제의 개요	15
제 2 장 국내의 기술개발 현황	16
제 1 절 갯녹음 연구	16
1. 갯녹음의 정의	16
2. 갯녹음의 원인	17
3. 갯녹음의 실태	19
제 2 절 갯녹음의 어업피해	20
1. 갯녹음의 진행과정	20
2. 갯녹음어장의 원인생물	21
3. 갯녹음 현상에 의한 어업피해	21
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	22
제 1 절 연구개발 수행 내용	22
1. 갯녹음 진단기법 개발	22
2. 해중립 조성모델 개발	22

3. 해중림 조성에 의한 생태계 분석	23
제 2 절 연구개발 수행 결과	24
1. 갯녹음 실태	24
2. 해중림 조성기술 개발	27
3. 해중림 조성에 의한 생태계 분석	35
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	38
제 1 절 목표달성도	38
제 2 절 관련분야에의 기여도	39
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	40
제 6 장 참고문헌	41

CONTENTS

Report summary	1
Summary	3
I. Title	3
II. The project of purpose and needs	3
III. The project of content and extent	3
IV. The result of this project	4
V. The plan of application from results	5
Summary	7
Contents	11
Chart 1 The project of summary	15
Chart 2 The situation of technology from the inside and outside of the country	16
Section 1 A study on the barren ground	16
1. The definition of barren ground	16
2. The reasons of barren ground	17
3. The status of barren ground	19
Section 2 Fishery damages by the barren ground	20
1. Progress of the barren ground	20
2. Reasonable animals of the barren ground	21
3. Fishery damages by the barren ground	21
Chart 3 The content and result from project	22
Section 1 The contents of performance on project	22
1. Development of diagnosis technique from barren ground	22

2. Model development of constructing seaweed forest	22
3. Studies on the ecosystem at seaweed forest	22
 Section 2 The result of project	 24
1. The status of barren ground	24
2. The technique development of constructing seaweed forests	27
3. Studies on the ecosystem at seaweed forest	35
 Chart 4 The goal of achievement and contribution of relation part	 38
 Chart 5 The plan of application from project	 40
 Chart 6 References	 41

그림 목 차

그림 1. 제주 해역의 갯녹음 현상(A: 조간대, B: 조하대)	16
그림 2. 전 세계의 갯녹음 발생해역	19
그림 3. 일본해역의 갯녹음 발생 실태	20
그림 4. 제주해역의 갯녹음 발생어장	24
그림 5. 한국의 갯녹음 발생실태	26
그림 6. 감태 인공종묘 생산기술 개발	29
그림 7. 모자반 인공종묘 생산기술개발	29
그림 8. 해조류 인공종묘 중간 양성 기술개발	30
그림 9. 해조류 인공종묘 이식기술 개발	31
그림 10. 하우스형 해중립초를 이용한 해중립 조성	31
그림 11. 종묘패널 부착식 해중립초를 이용한 해중립 조성	32
그림 12. 제주시 연안에 시설한 해중립 조성방법 연구를 위한 시험어장 모식도	32
그림 13. 제주시 연안에 2004년과 2006년에 이식된 감태	33
그림 14. 제주시 연안의 시험어장에 2006년 이식된 감태의 생장도	33
그림 15. 제주시 연안어장에 이식된 감태와 반구형어초에 착생한 팽생이모자반	34
그림 16. 제주시 연안의 연승 및 어초에 부착된 분홍명게	34
그림 17. 모자반 월별 생장도	36
그림 18. 제주연안에서 이상 확산되고 있는 생물들	37

표 목 차

표 1. 2004년도 지역별 갯녹음 발생 현황	25
표 2. 우리나라의 갯녹음 발생 현황(2004년도 현재)	26
표 3. 제주도 연안의 해중립을 조성하고 있는 해조류	27
표 4. 목표 달성도 및 관련분야 기여도	39

FIGURE LISTS

Fig. 1. Barren grounds in JeJu Island	16
Fig. 2. Costal area of barren ground in the world	19
Fig. 3. Costal area of barren ground in Japan	20
Fig. 4. Coastal area of barren ground at JeJu island	24
Fig. 5. The map showing barren ground in Korea	26
Fig. 6. Development of productive technique of artificial seedling from <i>E. cava</i>	29
Fig. 7. Development of productive technique of artificial seedling from <i>Sargassum</i> spp.	29
Fig. 8. The technique development of mid-culture from algal artificial seedlings	30
Fig. 9. Transplanting technique of algal artificial seedlings	31
Fig. 10. Construction of marine forest using artificial reefs of house form	31
Fig. 11. Construction of marine forest using artificial reefs of sticking pannel	32
Fig. 12. Diagram of seaweed forest to transplant <i>E. cava</i> at JeJu coast	32
Fig. 13. Line method of seaweed forest to transplant <i>E. cava</i> at JeJu coast	33
Fig. 14. Monthly growth rates of <i>E. cava</i> at JeJu coast 2006	33
Fig. 15. <i>E. cava</i> growing on the rope and <i>S. hornerii</i> on hemicircular reef at JeJu coast ..	34
Fig. 16. <i>Herdmania monus</i> growing the rope of <i>E. cava</i> and the hemicircular reef	34
Fig. 17. Monthly growth rate of <i>Sargassum</i> spp.	36
Fig. 18. Benthos spreading on coastal rocks at JeJu island	37

ABLE LISTS

Table 1. Present status of barren ground at JeJu island	25
Table 2. Status of barren ground in Korea	26
Table 3. Lists of seaweeds to construct seaweed forests in JeJu island	27
Table 4. Achievement of project and contribution to connecting field	39

제 1 장 연구개발과제의 개요

제주도는 대륙(중국, 러시아)과 해양(일본, 동남아)을 연결하는 요충지이며, 천혜의 자연 경관이 수려한 휴양관광지이다. 독특한 지리환경과 옛 탐라국의 역사가 깃든 특이한 민속 문화, 다른 곳에서는 볼 수 없는 고유한 관광섬(삼다, 삼무, 삼려)이다(제주도, 2005).

한국의 최남단에 위치한 제주도(동경 12608'~12658', 북위 3306'~3400')는 사면이 바다로 둘러싸여 있고 대마난류와 황해난류가 접근 통과하고 있어서 다양한 해양환경(노, 1976, 1977)을 이루고 있으며, 해조류 식생에 많은 영향을 미치고 있다. 제주도에서 생육이 보고된 해조류는 남조류 11종, 녹조류 48종, 갈조류 68종 그리고 홍조류 208종으로 총 335종이 보고되고 있으며(윤, 1985), 최근의 monograph에 의한 단편적인 보고 등 많은 종이 추가되었을 것으로 사료된다.

제주도 연안은 감태 및 모자반 군락이 번무하여 해양생물의 먹이를 제공하고 산란장 및 자치어의 성육장으로 대단히 중요한 역할을 하고 있다(Largo and Ohno, 1993). 이러한 연안해역이 어떤 원인에 의해 그곳에 생육하고 있는 해조류의 일부 또는 전부가 고사, 유실되고 해저는 불모의 상태로 되어 유용해조는 물론 그것을 먹고사는 성게, 전복, 소라 등 조식성 저서생물의 감소와 함께 해조장을 기반으로 살아가는 정착성 어류의 생산이 감소하는 등 갯녹음 현상이 발생하고 있다(Kim, et al., 2002).

제주수산연구소에서는 제주도 연안의 갯녹음 어장을 복원시키기 위한 노력의 일환으로 갯녹음 실태조사, 원인 분석, 해중립초 개발, 해조류 인공종묘 생산 및 이식을 통한 해중립 조성 등 많은 노력을 경주하여 왔다. 제주연안 갯녹음 어장의 해양생태계 복원을 위한 연구는 실내에서 대형갈조류인 감태와 모자반류의 인공종묘를 생산하고 유엽체 시기에 조식동물의 섭식피해를 예방하기 위하여 보호망을 제작하고 그 속에서 일정기간 중간 양성시킨 후 갯녹음 어장에 이식하여 해중립을 조성하는 방법으로, 제주도 갯녹음 어장의 생태계 복원을 위한 시범어장으로 활용하고, 수산자원 증강에 따른 어업인들의 소득증대에 기여하고자 수행하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 갯녹음 연구

1. 갯녹음의 정의

해양 연안역은 일반적으로 다양한 생물군집에 의해 생태계를 구성하고 있다. 풍부한 연안 암초역에는 감태류와 모자반류가 있고, 대형해조가 번무하는 해중림(海中林)이라 부르는 조장(藻場)이 존재하고 있다. 조장은 해양생물에 있어 먹이의 공급원이 되고, 산란장 및 자치어의 생육장으로 대단히 중요한 장소이다. 이러한 연안역에 감태, 모자반류 등이 소실되고 산호말과 식물이 암반에 착생하여 홍색 또는 백색으로 변화하는 소위 갯녹음 현상이 발생하였다(그림 1).

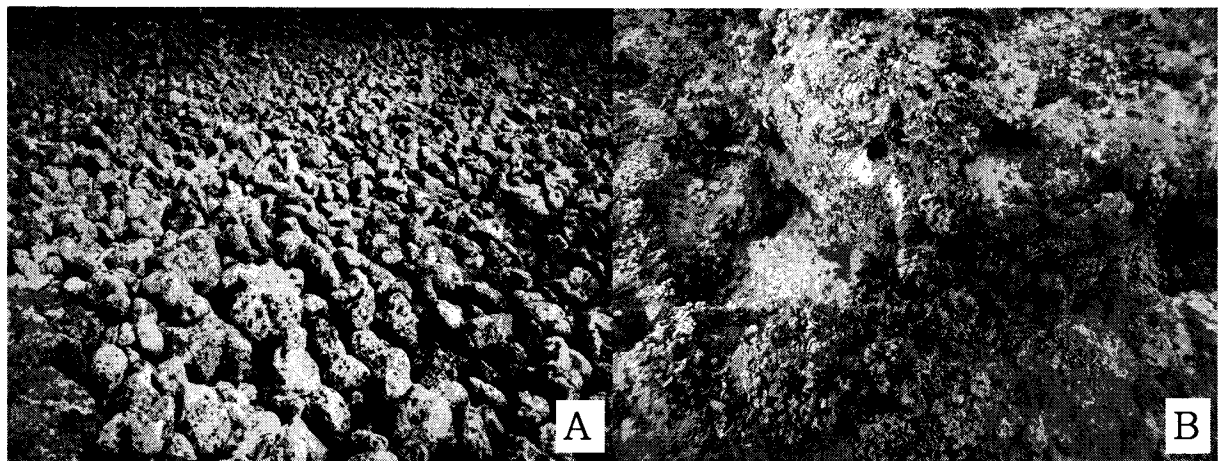


그림 1. 제주 해역의 갯녹음 현상(A: 조간대, B: 조하대).

Fig. 1. Barren grounds in JeJu Island(A: Intertidal zone, B: Subtidal zone).

일본에서는 이것을 정의하기를 특정한 연안에 미역, 감태, 모자반 등 직립형 대형 해조류가 소멸하고 암반 표면에 산호조류가 피복되어 암반이 분홍색이나 흰색으로 보이는 현상을 말하며, 최근에는 해조류의 소실과 더불어 산업적으로 유용한 동물이 소멸 또는 감소하는 결과까지 포함하여 정의하고 있다(菊地·浮, 1981).

이러한 현상에 대한 용어는 한국에서는 갯녹음, 일본에선 이소야께(磯焼), 이소카레(磯枯れ)로 사용되고 있으며, 그 뜻은 조간대의 해조류가 녹아 유실되는 현상을 의미하고 있다. 최근의 갯녹음 현상은 수심 20m까지 확산되고 있으며, 용어 자체의 의미와 실제의 내용과는 사뭇 다르다. 한국조류학회에서는 현재 “갯녹음 현상”이라는 용어를 사용하기로 하였다. 한편 국제적인 어휘로 통용되는 용어는 “whitening or whiting event, Sea

desert, Coralline flats, Barren grounds, Open space” 등이며, 백화현상은 “whitening” 또는 “whiting event”를 직역한 것으로 보인다.

2. 갯녹음의 원인

제주도의 갯녹음 현상은 해역 또는 마을어장별로 각각 다른 원인에 의하여 발생되고 있으며, 그 현상도 각기 다르게 나타나고 있다. 제주도 남부해역에서부터 발생하기 시작한 갯녹음 현상은 현재 제주도 전 해역으로 확산되었으며, 조하대 뿐만 아니라 조간대까지 무절산호말류가 착생하여 마치 백색으로 페인트칠한 모습과 같다. 갯녹음 원인은 크게 생태학적인 요인과 인위적인 요인으로 나누어 볼 수가 있다. 겉으로 나타난 현상이 두 경우가 매우 비슷해도 생태학적인 요인에 의한 것은 수십 년 또는 그 이상 장기간 경과하면 언젠가는 해중림이 회복될 수가 있다. 그러나 인위적인 요인, 즉 해양오염으로 발생한 현상은 산호조류를 포함한 모든 생물을 소멸시킴으로서 해중림 회복이 불가능하다.

가. 생태학적인 요인

(1) 지구 온난화에 의한 해양생태계 변화

전 세계적으로 자동차, 선박, 공장 등 화석연료 사용으로 인한 이산화탄소 증가로 지구 자체의 온실효과에 의하여 육상생태계 뿐만 아니라 해양생태계에도 영향을 끼쳐 변화를 일으키고 있으며, 수온 상승에 따른 해조류의 생태계 천이도 진행되고 있는 것으로 추정하고 있으나, 아직 그 증거에 대한 정확한 조사보고가 없는 실정이다.

(2) 제주해역의 쿠로시오 해류의 영향

제주해역은 쿠로시오 해류의 지류인 대마난류의 영향을 받고 있으며, 이 해류의 특성은 고수온, 고염분, 저영양염의 특성을 가지고 있어서 난류성 해조류인 산호말이 번식하기에 알맞은 조건을 지니고 있다. 동계에 김, 미역 등 해조류의 생장에 적합한 수온은 7℃ 정도이지만, 제주해역의 수온은 12℃ 이상되어 유용해조류의 번식이 어렵고 반면 산호말류의 증식으로 갯녹음 현상이 확산되고 있으며, 그와 더불어 각종 조식성 동물들이 연중 활동하고 있다.

나. 인위적인 요인

(1) 해양생태계와 육상생태계의 차단

(가) 수자원 이용으로 해변가 용천수 차단

우리가 살고 있는 지구는 바다에서 해수가 증발하여 대기 중에 수증기로 머물다가 강수에 의해 육지에 빗물로 떨어진다. 육지에 내린 빗물은 식물의 광합성 활동과 동물의 대사활동에 이용된다. 육지의 동·식물에 의해 생성된 유기물과 미네랄 성분은 다시 빗물에

의해 바다로 유입되어 해양 1차생산자, 특히 해중립 조성의 주체인 해조류 생장의 밑거름이 된다. 바다에서 해조류는 산소를 발생시켜 해양생태계의 모태가 된다.

제주도는 화산활동에 의한 용암석으로 형성된 섬으로 한라산을 중심으로 경사져 있으며, 중산간 지대는 꽃자왈로 강수에 의해 내린 빗물은 곧바로 저층에 스며들어 지하수를 통하여 해변가에서 용천수로 솟아오르며, 이는 곧바로 바다와 연결되어 있다. 강수에 의한 표층수는 하나의 하천을 이루고, 하천을 따라 흐르는 물은 반듯이 바다와 연결된다. 제주도 평지에 내린 빗물은 토양의 유기물과 미네랄 성분을 함유하고 육지의 경사면을 따라 바다로 유입된다.

육지에서 유입된 담수는 쿠로시오 해류의 특성인 고수온, 고염분, 저영양염을 희석하여 수온과 염분을 낮게 만들고, 영양염을 공급함으로써 감태, 모자반 등 대형 해조류의 생장을 촉진시키는 역할을 하게 된다. 그러나 수자원 이용을 목적으로 어승생과 외도천과 같은 댐건설, 삼다수 등 지하수 개발로 바다로 유입되는 담수는 그 양이 현저히 감소하여 거의 소실되어가고 있는 실정이다. 더욱이 골프장 및 유락장 건설 등 각종 개발사업은 꽃자왈의 자연습지 생태계를 파괴하고 불법으로 지하수를 개발하면서 하천은 건천으로 변하고, 해안가 용천수는 솟아오르지 못하고 마른지 오래되었다.

(나) 방파제, 해안도로, 하천정비 등 임해지역 개발로 생태계 차단

제주 연안의 항·포구는 만으로 형성된 하천입구에 위치하고 있으며, 어항건설을 위한 방파제 공사는 하천수의 진로를 변화시키고, 때로는 차단하는 역할을 함으로써 주변해역의 생태계를 교란시키고 있다. 과거에는 마을과 인접한 해역의 생태계가 파괴되었으나 현재는 하천수량의 감소로 인하여 항·포구 내의 해조류 생장이 촉진되고 있다.

제주도의 해안절경을 관광산업화 목적으로 건설된 해안도로는 육상생태계와 해양생태계의 연결을 직접 차단하는 역할을 하고 있다. 강수에 의한 빗물이 제주도 전역의 해안가를 통하여 지속해서 바다에 유입되어 해양환경의 안정성을 유지되어야 함에도 불구하고 해안도로로 인하여 균일하게 흐르지 못하고 낮은 곳으로 모여 있다가 대량으로 특정해역에 일시에 유입되면서 연안수질의 악화를 초래하고 있다. 즉, 바다로 유입되는 담수가 해역 전체에 영향을 주어 수온, 염분, 영양염 등 균일한 양상을 나타내어야 하나, 일시에 대량으로 유입되면서 역효과를 나타내고 있다.

최근 홍수, 산사태 등의 자연재해의 피해를 예방하기 위한 하천정비는 매우 바람직스러운 일이지만, 자연적으로 형성된 하천 형태를 빗물이 빨리 흘러가도록 일직선으로 정비하는 것은 제고되어야 한다. 하천은 대기 중에 습도를 조절하여 인간의 삶을 쾌적하게 하고, 농작물의 생장을 조절하며 주변 생태계의 항상성을 유지하도록 한다. 그리고 주택이나 도로에 내린 빗물은 하수구를 통하여 하수종말처리장으로 이동함으로써 그만큼 바다

로 유입되는 수량이 감소되고 있다. 용천수나 하천을 통한 바다로 유입되는 담수는 갯녹음 현상을 억제하는 가장 중요한 요인 중 하나이다.

(2) 수질오염

제주도는 감귤 과수원이 많이 조성되어 있어서 연간 4~5회 병충해 제거용 농약을 살포하고 있고, 일반 농가에서도 제초제 등 다양한 농약을 사용하고 있다. 농약 사용은 토지 오염은 물론 수질오염의 주범이 되고 있으며, 특히 골프장 등에서 사용하는 선택적 제초제는 주변 하천의 오염을 가중시키고 생태계를 파괴하는 역할을 하게 된다. 현재까지 농약사용으로 인해 해조류 생태계가 파괴되고 있다는 직접적인 원인 분석 자료는 없으며 이에 대한 폭넓은 세밀한 조사가 필요하다.

한라산은 구릉지대로 많은 소, 말 등이 방목하여 목장으로 이용되고 있다. 여기에서 생성된 유기물들은 토양의 비료가 되고 빗물에 의해 바다로 유입될 경우 해조류 생장에 필요한 영양분이 된다. 한라산 자체가 오염이 안되고 자연상태로 생태계가 유지될 때 제주 바다는 반드시 살아날 것이다.

3. 갯녹음의 실태

가. 전 세계

갯녹음 현상은 세계 각지에서 발생하고 있으며(그림 2), 특히 미국 California주 전역의 약 1,500km에 걸친 연안과 미국 Maine주에서 캐나다 St. Lawrence만을 경유하여 Newfoundland 섬까지 이르는 약 2,000km에 걸친 광범위한 연안에서 갯녹음 현상이 보고되고 있다.

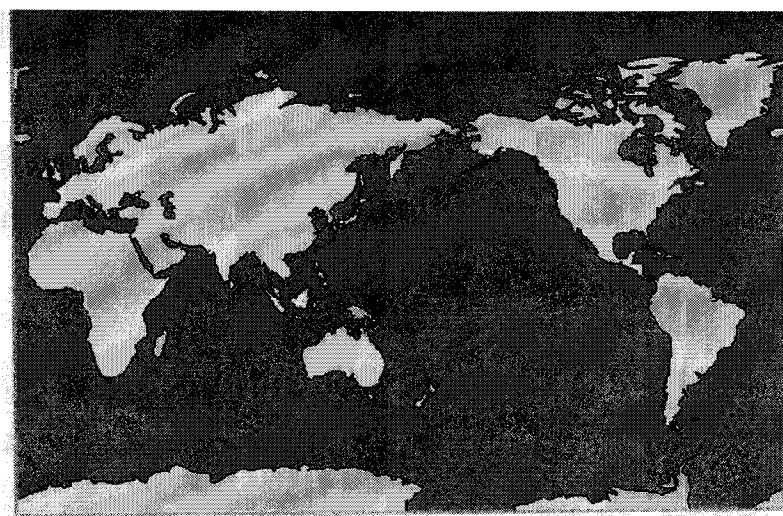


그림 2. 전 세계의 갯녹음 발생해역.

Fig. 2. Costal area of barren ground in the world.

나. 일본

일본의 갯녹음 현상은 그림 3에서 나타난 바와 같이 전 해역에서 발생하고 있다. 특히 쿠로시오 해류와 대마난류의 영향을 직접 받고 있는 남부해역, 북해도 남서부와 삼육해안 등에서 현저하게 관찰되고 있다.

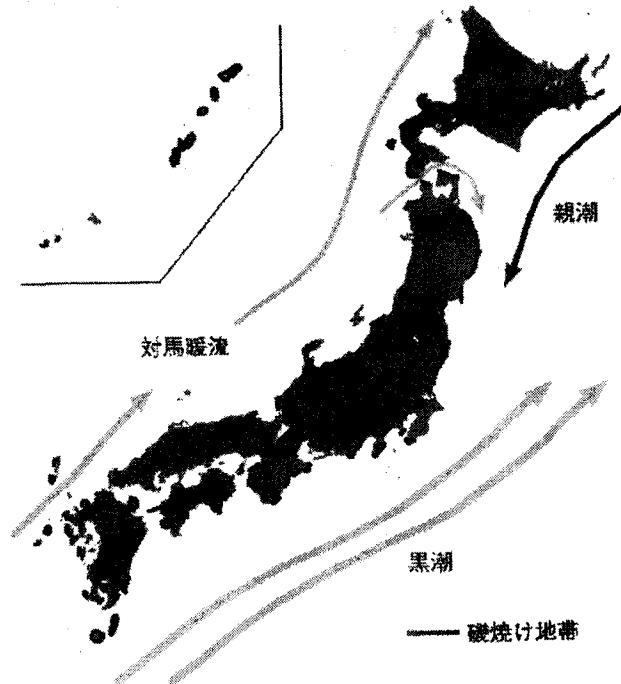


그림 3. 일본해역의 갯녹음 발생 실태.

Fig. 3. Coastal area of barren ground in Japan.

제 2 절 갯녹음의 어업피해

1. 갯녹음의 진행과정

갯녹음은 바다의 사막이라고 불리고 있지만, 아무 것도 서식하고 있지 않은 것은 아니다. 그곳에는 무절산호조류가 확산되고, 조식성 동물인 성게가 고밀도로 서식하고 있다. 또, 눈에 보이지 않지만 부착규조와 박테리아 등도 서식하고 있다.

갯녹음 현상은 아래와 같은 3단계로 진행된다(遠藤, 1902).

- 제1기 : 우뚝가사리, 대황, 모자반 등 해조류의 생산량이 크게 감소하고, 그로 인하여 전복 등 어획도 감소한다. 그러나 조간대의 해조류는 변화가 없다.
- 제2기 : 유용해조류는 거의 전멸하고, 해저의 암석은 산호말科 식물로 피복되어 자혹

색으로 보인다. 전복, 닭새우 등은 물론 어류의 생산량도 감소한다. 조간대의 해조류는 이상이 없다.

- 제3기 : 해저의 암석은 백색 또는 황백색으로 변하고 어패류는 거의 보이지 않는다. 조간대 하부에서 점차 중부로, 조하대 수심 10m 이상 깊이까지 확산된다. 이와 같은 과정에서 회복은 제2기, 제1기 순으로 역순환하여 원상태로 회복 되는 것으로 알려져 있다.

2. 갯녹음 어장의 원인생물

Rhodophyta 紅色植物門

Florideophyceae 眞正紅藻類綱

Corallinales 산호말목

- Hydrolithon samoense
- Lithothamnion muelleri
- Lithophyllum okamurae f. japonicum
- L. yessoense
- Phymatolithon repandum
- Spongites fruticulosus

3. 갯녹음 현상에 의한 어업피해

갯녹음 현상이 발생하면 다음과 같은 어업피해가 발생한다.

가. 대형 해조류인 다시마, 모자반류, 감태 등 많은 식용 해조류의 부착기질 상실로 해조자원이 감소하여 어업인 소득원에 커다란 타격을 준다.

나. 해조자원 감소는 이들을 먹이로 하는 전복, 성게, 소라 등의 조식성(藻食性) 패류 및 자리돔, 쥐돔, 독가시치 등 조식성 어류의 먹이 부족을 일으키고 또한 서식공간의 상실로 어류 자원량에 나쁜 영향을 미친다.

다. 갯녹음에 의한 해중립 소멸은 어류의 산란장, 유치어 육성장, 생태계의 파괴로 이어져 어업자원 전체에 나쁜 영향을 미친다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 갯녹음 진단 기법 개발

갯녹음 현상은 직립형 해조류가 소실되고 그 자리에 산호조류가 착생하여 육안적으로 홍색 또는 백색으로 나타내는 것을 말하며, 산업적으로는 미역, 감태 등 유용해조류가 소멸하고 수산자원이 감소하는 현상을 말한다. 갯녹음 현상은 해역에 따라 나타내는 특성이 다르고 그 원인도 다양하여 원인 및 실태파악이 매우 어려운 실정이다.

제주해역 4개 정점(북촌, 온평, 법환, 신창)의 수심별(5m, 10m, 15m) 해조류 착생실태 및 종별 피도를 파악하여 갯녹음 확산현상을 분석하였다. 조사결과를 항공촬영한 영상자료와 비교하여 채색차이에 따른 갯녹음 현상을 진단하고자 하였다. 갯녹음 현상은 원거리에서 백색으로 나타나므로 항공촬영에 의한 채색을 비교하여 해조장, 암반, 모래, 갯녹음 해역을 분석하였다.

2. 해중립 조성모델 개발

가. 해중립 대상종

해중립 대상종을 파악하기 위하여 대형 갈조류인 다시마과와 모자반과 식물을 중심으로 조사를 실시하였다. 조사해역은 제주도 전 연안을 대상으로 갯녹음 해역과 해조장 해역을 구분하고, 해중립을 구성하는 출현종 및 분포를 파악하였다.

나. 해조류 착생기질 개발

해조류의 부착기는 끝 부분이 편평한 반상근, 손가락 모양의 수지상근, 암반 위를 기어다니는 포복상근으로 나눌 수가 있다. 해중립을 구성하는 해조류 가운데 모자반류는 부착기가 반상근으로 되어 있어 이에 적합한 착생기질은 바닥이 편평한 암반 또는 콘크리트 블록이 적합하다. 미역, 감태, 다시마 등은 부착기가 수지상근으로 바닥표면이 울퉁불퉁한 기질이 용이하여 이에 인공종묘 착생용 기질을 개발하였다.

다. 감태 및 모자반 인공종묘 생산기술 개발

제주연안에 해중립을 조성하고 있는 해조류는 다시마목 2종, 모자반목 17종으로 모두 19종이었다. 제주도 전 연안에 골고루 분포하고 있는 해조류는 감태이며, 저조선에서 조

하대 수심 30m까지 넓은 해역에 서식하고 있다. 모자반 종류는 해역 또는 수심에 따라 다양하게 분포하고 있었으며, 모자반 가운데 식용으로 이용하고 있는 참모자반과 생물량이 많은 팽생이모자반을 해중립 대상종으로 선택하여 인공종묘를 생산하였다.

라. 해조류 인공종묘 중간양성 기술개발

갯녹음 어장에는 많은 조식동물들이 서식하고 있어서 해조류 생물량이 충분하지 않을 경우 해조장이 소실되어 결국에는 갯녹음 현상이 발생된다. 해조류 인공종묘를 유엽체 상태로 이식할 경우 조식동물의 섭식피해를 받아 해중립은 조성할 수가 없다. 하지만 해조류 인공종묘를 충분히 성장시킨 후 이식을 하면 조식동물의 섭식량보다 잔여량이 많아 해조장이 조성될 수가 있다. 이러한 생태적 특성을 기초로 해조류 인공종묘 보호망을 개발하여 중간양성 과정을 통한 해중립 조성 기술을 개발하였다.

마. 해조류 인공종묘 이식 기술개발

해조류 인공종묘의 이식은 자연상태에서 조류 및 파랑 등 많은 물리적인 영향을 받으므로 안정성이 확보되어야 한다. 이를 극복하기 위해서는 해조류 인공종묘의 보호기능을 가진 구조물 즉, 해중립초가 요구된다. 해중립초는 해조류 성장뿐만 아니라 어류와 패류의 서식공간을 제공하고 그 자체의 생태구조를 갖출 수 있는 구조물이어야 한다. 따라서 해중립 조성을 위한 해조류 인공종묘 이식용 구조물을 개발하여 수산자원 증식에 기여하고자 수행하였다.

3. 해중립 조성에 의한 생태계 분석

가. 해조류 성장상태

감태와 모자반 인공종묘를 패널기질에 착생시켜 갯녹음 어장에 이식시킨 후 자연상태에서의 해조류 인공종묘 안정된 착생상태, 성장도, 조식동물의 섭식피해 실태, 성숙도 등을 매월 조사하였다.

나. 천이과정 및 생태계 지위 분석

갯녹음 어장에 이식한 해조류 인공종묘의 성장과 더불어 다른 해조류의 착생, 경쟁상태, 어류와 패류의 이입 및 그 생물량, 해중립의 기능 등 생태계 구조를 분석하였다.

제 2 절 연구개발수행 결과

1. 갯녹음 실태

가. 제주연안의 갯녹음 발생현황

제주해역의 갯녹음 실태는 1998년도부터 본격적으로 조사가 이루어졌으며, 당시의 갯녹음 현상은 제주도 남부해역에서 주로 발생되었다. 당시의 갯녹음 어장은 저조선에서 수심 8m까지 발생되었으며, 어장면적은 2,931ha 달하였다(표 1). 2004년도 조사에 의하면 갯녹음 현상은 제주도 남부를 포함한 북서부 해역 즉, 제주시 삼양동에서 북제주군 한경면 고산리 해역이 추가로 발생되었으며, 발생해역은 조간대 및 수심 15m 이상으로 확산되고 있다(그림 4, 제주도수산해양개발협의회, 2004). 현재 제주도의 갯녹음 발생 총면적은 4,541.1ha로 추정되고 있다.

제주도 갯녹음 현상의 특징은 초기에 심하게 발생했던 제주도 남부해역은 진행속도가 느리고, 수심 10m 이상의 해역에서는 정체되었거나 부분적으로 회복의 기미가 보이고 있다. 그러나 최근에 발생되고 있는 제주도 북부해역은 그 확산속도가 빠르게 진행되고 있으며, 조하대 지형의 경사면이 완만하여 매우 넓은 면적의 갯녹음 현상이 발생되고 있다.

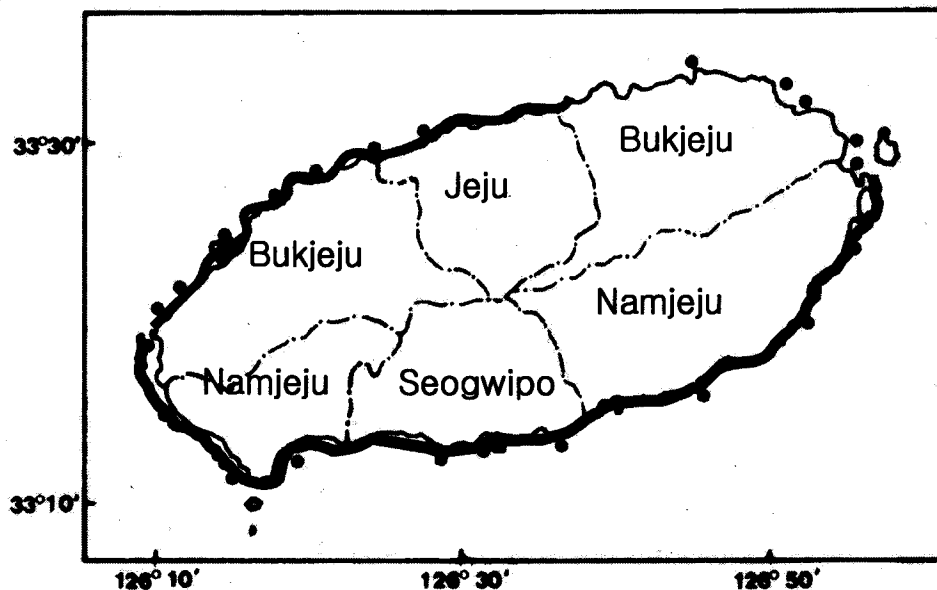


그림 4. 제주해역의 갯녹음 발생어장 (적색바탕 : 1998년도 자료, 청색바탕 : 2004년도 추가 어장).

Fig. 4. Coastal area of barren ground at JeJu island.

제주도 행정구역별 갯녹음 발생실태는 표 1에 나타난 바와 같다. 제주시의 갯녹음 발생 비율은 37.8%로 1998년도에 비해 높은 증가율을 나타내고 있다. 북제주군은 24.6%로 비

교적 낮게 나타나고 있는데, 이러한 현상은 제주도 북동부 해역 즉, 북제주군 조천읍과 구좌읍 해역의 어장이 아직 정상적인 어장환경을 유지되고 있기 때문이며, 북제주군 북서부 해역 중 비양도 어장은 모자반과 감태 군락이 보존되고 있어서 갯녹음 발생 비율이 다소 낮아졌다. 그렇지만 북제주군의 마을어장 면적이 7,113ha로 가장 넓게 차지하고 있어서 그에 따른 피해어장도 넓다. 서귀포시와 남제주군의 갯녹음 발생비율은 과거에 비해 높아졌으나 진행속도는 그다지 빠르게 확산되고 있지는 않은 것으로 밝혀졌다.

표 1. 2004년도 지역별 갯녹음 발생 현황

Table 1. Present status of barren ground at JeJu island 2004

시군별	마을어장면적 (ha)	발생면적 (ha)		발생비율 (%)
		1998	2004	
제주시	646	36	244.2	37.8
북제주군	7,113	738	1,750.0	24.6
서귀포시	1,661	598	740.8	44.6
남제주군	5,031	1,559	1,806.1	35.9
합 계	14,451	2,931.0	4,541.1	31.4

나. 한국의 갯녹음 현황

우리나라의 갯녹음 현상은 1990년대 초반부터 학계, 언론매체를 통하여 알려지면서 논의되기 시작하였으며, 갯녹음 복원을 위한 연구는 수산관련 기관, 단체 및 어업인을 중심으로 해중립 조성사업이 시험적으로 시도되어 왔다.

갯녹음 발생은 제주에서 시작하여 동해안으로 점차 확산된 것으로 추정하고 있다. 그 이유는 갯녹음 현상이 쿠로시오 해류의 영향을 직접 받고 있는 해역을 중심으로 고위도 방향으로 확산되고 있기 때문이다. 현재 갯녹음 발생해역은 제주도, 울산광역시, 경상북도, 강원도이며, 그 이외의 지역에 대한 갯녹음 발생실태는 아직 보고된 바 없다(그림 5). 하지만 여러 매스컴 또는 어업인들로부터의 청취 조사결과에 의하면 경상남도의 욕지도 해역, 전라남도의 거문도 해역에서 갯녹음 현상이 발생되고 있다고 한다.

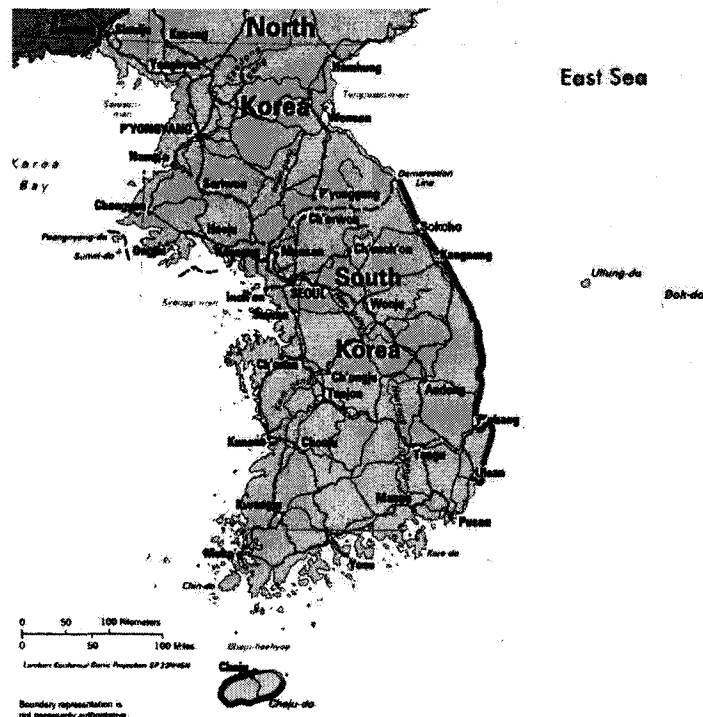


그림 5. 한국의 갯녹음 발생실태.

Fig. 5. The map showing barren ground in Korea.

우리나라의 갯녹음 발생면적은 마을어장의 23%인 7,427.1ha에 달하고 있다(표 2). 강원도는 갯녹음 발생면적이 마을어장의 6.9%로 가장 적게 발생하고 있으며, 경상북도와 제주도는 각각 31.7%와 31.4%로 비슷하게 나타나고 있다. 그러나 경상북도는 울산광역시를 포함한다고 할지라도 마을어장 면적이 6,663ha에 불과한 반면 제주도는 14,451ha로 그 배가 넘고 있다. 제주도의 갯녹음 발생면적은 전국의 61.1%인 4,541.1ha에 달하고 있다.

표 2. 우리나라의 갯녹음 발생 현황(2004년도 현재)

Table 2. Status of barren ground in Korea

지역별	마을어장 면적 (ha)	갯녹음 면적 (ha)	비율(%)	비 고
강원	11,216	776	6.9	
경북 (울산포함)	6,663	2,110	31.7	
제주	14,451	4,541.1	31.4	
합 계	32,330	7,427.1	23.0	

2. 해중림 조성기술개발

가. 해중림 대상종

제주도의 연안에 해중림을 조성하고 있는 해조류는 다시마목 2종, 모자반목 17종으로 총 19종이다(표 3). 제주도 전 연안에 골고루 분포하고 있는 종은 감태(*Ecklonia cava*)였으며, 저조선 부근에서 조하대 30m까지 넓은 해역에 서식하고 있다. 다시마목 가운데 미역(*Undaria pinnatifida*)은 전 연안에 우점종으로 분포하고 있으나, 5월 이후에는 엽체의 상부에서 끝녹음 현상이 발생하여 동계와 춘계에만 해중림 군락을 형성하고 있다

표 3. 제주도 연안의 해중림을 조성하고 있는 해조류

Table 3. Lists of seaweeds to construct seaweed forests in Jeju island

구 분	학 명	국 명	서식대
Laminariales (다시마목)	<i>Ecklonia cava</i> <i>Undaria pinnatifida</i>	감태 미역	조하대의 전해역 조간대하부에서 수심10m
Fucales (모자반목)	<i>Hizikia fusiformis</i> <i>Myagropsis myagroides</i> <i>M. yendoii</i> <i>Sargassum confusum</i> <i>S. coreanum</i> <i>S. filicinum</i> <i>S. fulvellum</i> <i>S. giganteifolium</i> <i>S. hemiphyllum</i> <i>S. horneri</i> <i>S. micracanthum</i> <i>S. patens</i> <i>S. piluliferum</i> <i>S. sagamianum</i> <i>S. serratifolium</i> <i>S. siliquastrum</i> <i>S. thunbergii</i>	톳 외톨개모자반 애기외톨개모자반 알송이모자반 큰잎모자반 고사리모자반 참모자반 큰톱니모자반 작잎모자반 팽생이모자반 잔가시모자반 쌍발이모자반 구슬모자반 비틀대모자반 톱니모자반 파배기모자반 지충이	조간대 하부 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~5m 조간대 하부 조하대 수심 3~10m 조하대 수심 3~10m 조하대 수심 3~10m 조하대 수심 3~5m 조하대 수심 3~10m 조하대 수심 3~10m 조하대 수심 3~10m 조간대 중·하부

모자반목 가운데 조간대의 중·하부 우점종은 지충이(*Sargassum thunbergii*), 톳(*Hizikia fusiformis*)이었으며, 저조선 부근의 우점종은 작잎모자반(*S. hemiphyllum*)이었

다. 조간대의 갯녹음 현상이 발생한 해역은 이들 조체가 자리다툼으로 산호말류에 밀려 매우 연약하고 기질에 안정된 착생을 하지 못하고 있다. 톳은 제주 어업인의 큰 소득원이었으나 조간대의 갯녹음 발생으로 자원량이 크게 감소하였다.

연안역에 가장 큰 해중립을 조성하고 있는 모자반류는 팽생이모자반(*S. horneri*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 큰톱니모자반(*S. giganteifolium*), 톱니모자반(*S. serratifolium*), 쌍발이모자반(*S. patens*) 등이었다. 특히 팽생이모자반은 엽장이 5m 이상 되고 분기수가 5개 이상되어 현존량이 가장 많았다. 식용으로 이용하고 있는 참모자반(*S. fulvellum*)은 수심 3~5m 정도의 깊이에서 해중립을 조성하고 있는 종으로, 3월부터 생식 기탁이 형성되고 4월 이후에는 엽체 하부만 남기고 탈락되었다. 그 이외의 모자반류(*Sargassum* spp.)는 해역에 따라 종별 해중립을 조성하고 있어서, 갯녹음 어장의 복원을 위한 해중립 조성종은 다양하다고 할 수 있다.

그 이외의 해조류 가운데 다년생은 아닐지라도 큰 군락을 이루고 있는 종은 구멍갈파래, 대마디말류, 청각류, 그물바탕말류, 도박류 등이 서식하고 있으며, 해조군락 조성은 어느 한 종 보다는 여러 종들이 함께 혼생하여 입체적인 구조를 이루고 있었다.

나. 해조류 착생기질 개발

감태와 대항 같은 다시마과 해조류는 부착기가 수지상근으로 기질 표면이 거칠고 요철이 심한 기질이여야 고착할 수가 있다. 기질 표면이 편평한 것은 유엽체 시기에는 착생이 가능하나 성엽체 시기에는 파랑 등 작은 물리적 충격에도 탈락하기 쉽다. 따라서 감태의 인공종묘 착생기질로 적합한 구조물은 다공성 재질이 요구되고, 요철이 심한 표면이 유지토록 하는 것이 필요하였다(그림 6, 69kg).

모자반류는 부착기가 반상근 형태를 지니고 있어 착생기질 면이 편평해야 부착기 전면이 착생할 수 있고, 생장기간 동안 조류와 파랑 등에 의한 물리적 충격에도 탈락하지 않으며, 물벼룩 또는 갯지렁이 같은 소형 동물들이 침투함이 없이 강건하게 지지할 수가 있다. 이러한 해조류 착생특성을 고려하여 개발한 기질이 암석과 콘크리트로 제작된 구조물이다(그림 7, 40cm×40cm×15cm, 55kg).

다. 감태 및 모자반 종묘생산

제주연안에 해중립을 조성하고 있는 해조류는 다시마목 2종, 모자반목 17종으로 모두 19종이었다. 제주도 전 연안에 골고루 분포하고 있는 해조류는 감태이며, 저조선에서 조하대 수심 30m까지 넓은 해역에 서식하고 있다. 모자반 종류는 해역 또는 수심에 따라 다양하게 분포하고 있었다. 모자반 가운데 식용으로 이용하고 있는 참모자반과 생물량이

많은 팽생이모자반을 해중립 대상종으로 선택하여 인공종묘를 생산하였다.

감태 인공종묘 생산을 위한 모조는 10월 하순에 채집하였으며, 야간에 10시간 정도 건조시킨 후 수조에서 유주자를 방출토록 하였다. 감태의 유주자 방출은 2시간 정도 실시하고 모조를 제거한 후 채묘틀을 넣어 24시간 동안 포자착생을 유도하였다. 포자가 착생된 채묘틀을 실내에서 2개월 동안 배양하여 유엽체가 5mm 정도 성장하였을 때 바다에 가이식하였다.

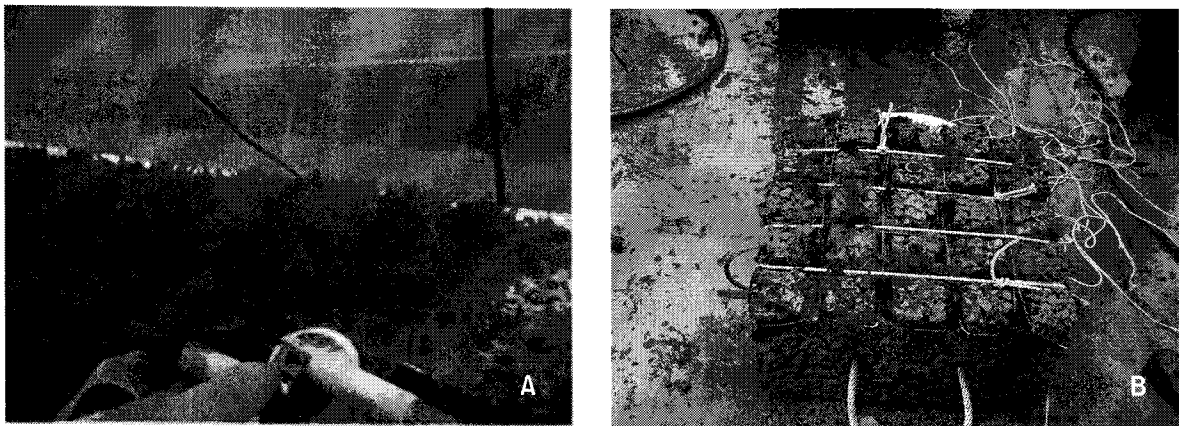


그림 6. 감태 인공종묘 생산기술 개발(바둑판형상의 다공성 해중립조, 실용신안 20-0432551호).
Fig. 6. Development of productive technique of artificial seedling from *E. cava*.



그림 7. 모자반 인공종묘 생산기술개발(A. 팽생이모자반, B. 참모자반, 콘크리트 패널어조, 특허 제10-0680868호).

Fig. 7. Development of productive technique of artificial seedling from *Sargassum* spp(A. *S. hornerii*, *S. fulvellum*).

모자반 종묘생산은 4월 중순에 모조를 채집하여 생식기탁을 채취하고, 수정난액을 제조하여 붓으로 암석과 콘크리트 블록에 도포하여 착생을 유도하였다. 수정난이 착생된 블록을 수조에서 배양하여 엽체가 5mm 정도 성장시킨 후 중간 양성하였다.

라. 해조류 인공종묘 중간양성

해조류 인공종묘의 조식동물로부터 섭식피해를 예방하기 위한 구조물은 철재로 제작된 200cm×60cm×46cm 크기이며, 외부로 내경 6mm의 철망으로 둘러싸여 있어서 매우 소형 어·패류를 제외하고는 침입할 수가 없게 제작되었다(그림 8 A, 66kg). 상부에는 열고 닫을 수 있는 문이 달려 있어서 청소 및 이물질을 제거하기에 편리하게 되었다. 해조류 인공종묘 중간양성 시 보호망 내부에 종묘 패널 3개 또는 4개를 넣어서 이용하였다(그림 8 B). 인공종묘 보호망 외부에는 잡조류 및 이물질이 침적되므로 매월 2회씩 청소를 실시하여 광합성이 유지되도록 노력하였다.

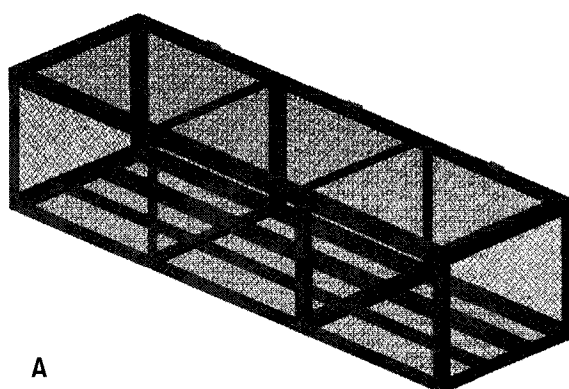


그림 8. 해조류 인공종묘 중간 양성 기술개발(인공종묘 보호망, 특허 제10-0732725호).

Fig. 8. The technique development of mid-culture from algal artificial seedlings.

마. 해조류 인공종묘 이식 기술개발

해조류 인공종묘를 중간 양성시킨 후 갯녹음 어장에 이식시키기 위해서는 조류와 파랑 등 물리적 특성, 지반구조, 서식생물상 등 여러 가지 생태적 특성을 사전에 파악하고 수행해야 한다. 지반이 편평하고 파랑 등 물리적 영향이 비교적 작은 내만성 해역은 해조류 인공종묘가 착생된 패널 그 자체만으로도 시설하여 해중립을 유지할 수가 있다(그림 9 A). 물리적 충격이 적고 수심이 10m 정도의 편평한 지반을 가진 해역은 종묘 패널을 서로 연결하여 저층 암반에 고정하여 해중립을 조성한다(그림 9 B).

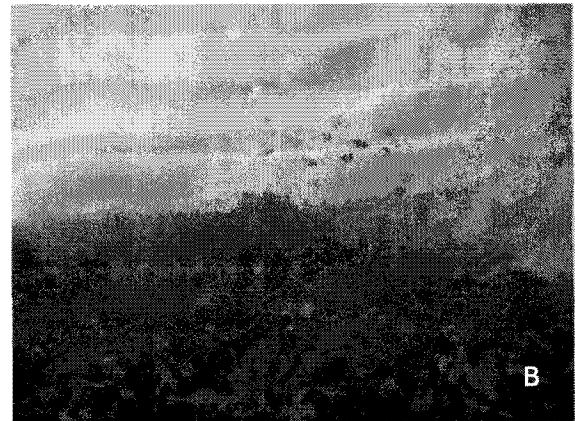
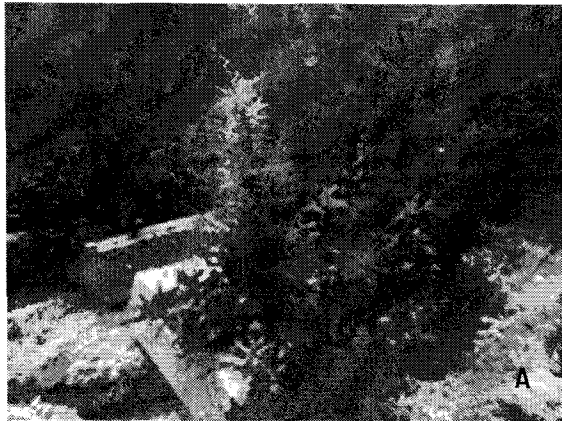


그림 9. 해조류 인공종묘 이식기술 개발(A. 참모자반, B. 감태).

Fig. 9. Transplanting technique of algal artificial seedlings(A. *S. fulvellum* B. *E. cava*)

조류의 유속이 빠르고 파랑 등 물리적 충격이 큰 해역은 해중립초를 이용해야만 해조류 인공종묘 이식이 가능하였다. 하우스형 해중립초 상부는 인공종묘 패널(30개)을 부착시켜 해중립을 조성할 수 있도록 강재로 제작되어 있으며, 중부는 암석이 채워져 있어 어류와 패류의 서식공간을 제공하며 하부는 어류의 은신처 역할을 함으로써 소형 생태구조를 형성하고 있다(그림 10).

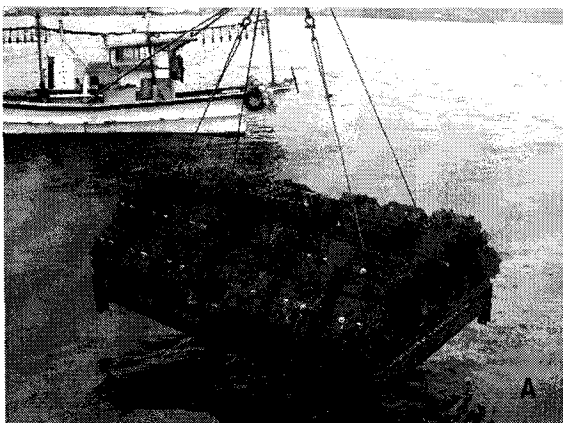


그림 10. 하우스형 해중립초를 이용한 해중립 조성(특히 제10-0734466호).

Fig. 10. Construction of marine forest using artificial reefs of house form.

해조류 종묘패널 부착식 해중립초는 콘크리트로 제작되어 있으며, 소형으로 수심 15m 이내에 시설이 가능하도록 제작되었다. 외부에는 종묘패널 8개를 부착시킬 수 있으며, 별

도의 중간양성 과정 없이 그 자체로도 가능토록 설계되었다(그림 11A). 상부는 열려있어 광이 침투할 수 있고, 조류소통이 원활하며 물리적 충격에도 견딜 수 있다. 내부공간은 어류의 서식처를 제공하고 바닥에는 저서동물들이 은신할 수 있다(그림 11 B, C).



그림 11. 종묘패널 부착식 해중림초를 이용한 해중림 조성(A. 어초 도면, B. 감태 성장, C. 어류 위집, 특허 제10-0622634호).

Fig. 11. Construction of marine forest using artificial reefs of sticking pannel.

바. 해조류 인공종묘 연승식 해중림 조성

사질대에 시설된 반구형 인공어초(30개)와 수심 8~10m의 암반사이 및 사질대에 다공극 및 해조류 부착이 용이한 다공간 생물육성초를 시설하고, 수심 12~15m의 사질대에 해조류 부착을 인위적 방법으로 용이하게 할수 있는 교체블럭식 어초를 설치하여 각종 해조류 이식 및 기존 인공어초를 이용한 해중림 조성 방법 연구의 시험어장으로 조성하였다(그림 12).

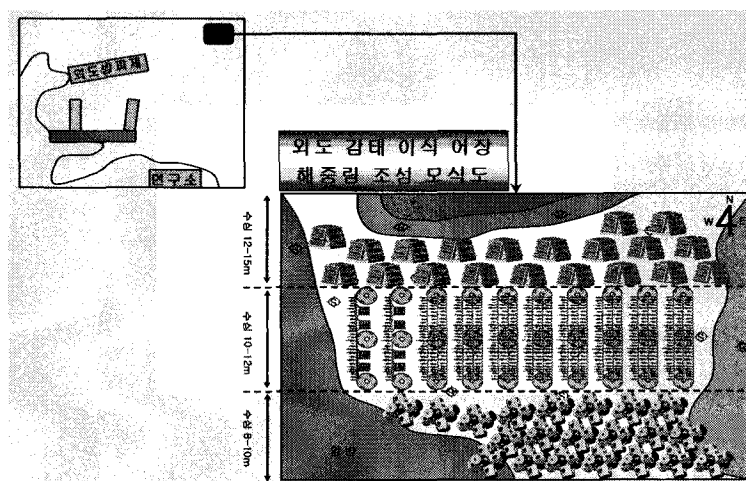


그림 12. 제주시 연안에 시설한 해중림 조성방법 연구를 위한 시험어장 모식도.

Fig. 12. Diagram of seaweed forest to transplant *E. cava* at JeJu coast.

반구형 어초는 기존에 시설된 어초로써 산호조류 및 기타생물이 피복되어 해조류 착생이 되지 않는 어초를 인양하여 선상에서 갯닢기를 실시하여 재설치 하였으며, 인공 종묘 생산된 감태 및 팽생이모자반을 2004년과 2006년에 저연승시설에 의해 이식하였다(그림 13). 2004년에 이식된 감태 중 일부는 20mm의 PP로프에 부착하여 30~50cm 성장하였으며, 2006년에 이식한 감태유엽은 약 4~24cm까지 성장하였다(그림 14)

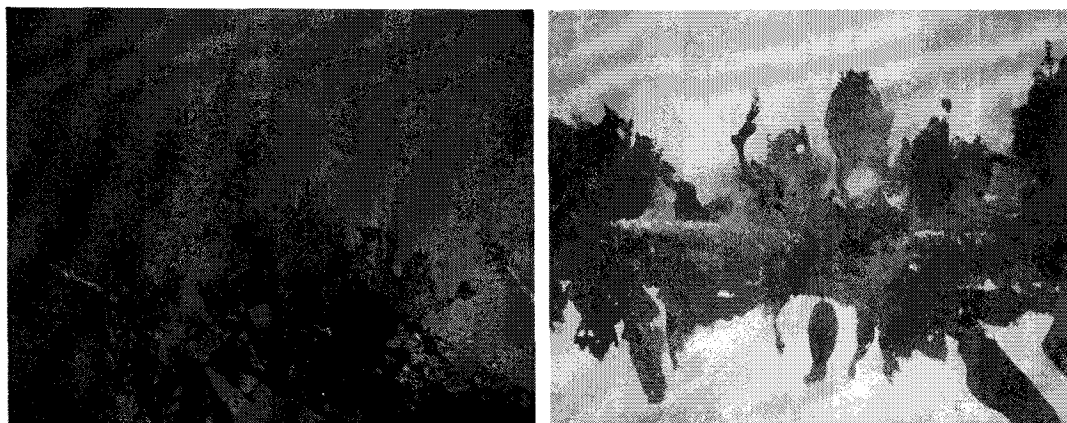


그림 13. 제주시 연안에 2004년(왼쪽)과 2006년(오른쪽)에 이식된 감태유엽.

Fig. 13. Line method of seaweed forest to transplant *E. cava* at JeJu coast.

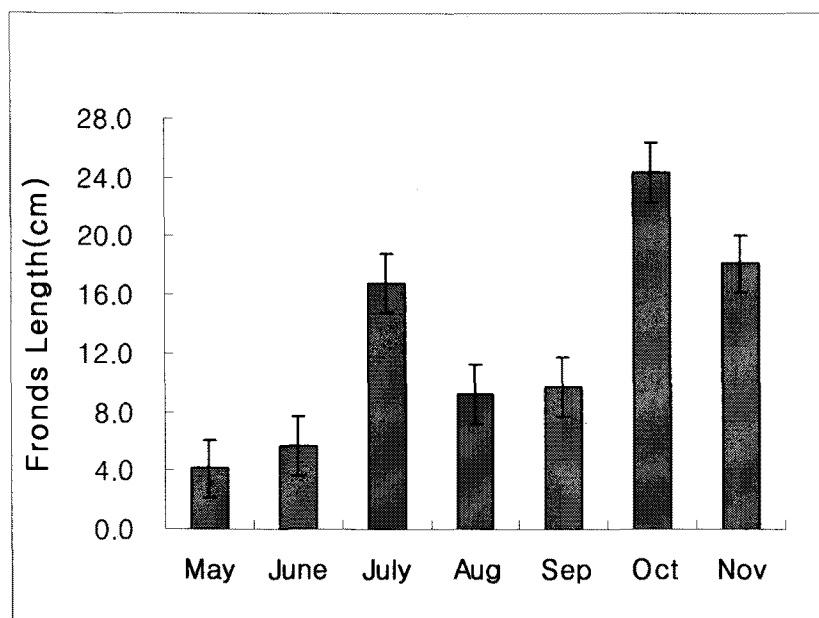


그림 14. 제주시 연안의 시험어장에 2006년 이식된 감태의 성장도.

Fig. 14. Monthly growth rates of *E. cava* at JeJu coast 2006.

수중 저연승식으로 시설한 감태 해중림은 7월에 생장도가 높았다가 8월에 갑자기 낮아지는 현상이 나타나 이는 파랑 등 물리적 영향을 많이 받는 것으로 사료되었으며, 생장도가 가장 높은 시기는 10월로 밝혀져 성숙시기와 일치하였다. 감태 종묘를 이식한 친승과 갯뚝기를 실시한 반구형어초에는 자연산 팽생이모자반 수정란이 착생하여 생장하였다(그림 15). 반구형어초에는 산호말이 밀생하여 팽생이모자반 생장을 억제할 뿐 아니라 다른 해조류 착생을 억제하고 있었다.



그림 15. 제주시 연안어장에 이식된 감태와 반구형어초에 착생한 팽생이모자반.

Fig. 15. *E. cava* growing on the rope and *S. hornerii* on hemicircular reef at JeJu coast.

한편 제주연안에는 2000년 이후에 분홍명게가 널리 분포하고 있다(Fig. 16). 분홍명게 군체는 해조류 착생을 억제하는 등 갯녹음 현상과 더불어 새로운 문제로 대두되고 있다. 분홍명게는 해중림을 조성한 저연승 로프와 어초에도 부착하여 해조류 생장에 많은 영향을 미치고 있으나 확산 이유는 전혀 알 수가 없다.



그림 16. 제주시 연안의 연승 및 반구형어초에 부착된 분홍명게.

Fig. 16. *Herdmania monus* growing the rope of *E. cava* and the hemicircular reef.

3. 해중립 조성에 의한 생태계 분석

가. 해조류 성장상태

감태 : 자연상태에서 해조류를 섭식하는 조식동물은 자리돔, 독가시치를 비롯한 어류와 전복, 소라 등 패류 등이었으며, 이들 조식동물들은 대부분 군집을 이루어 이동하면서 해조류 성장에 피해를 주고 있었다. 특히 갯녹음 어장에서는 성게들이 때를 지어 몰려다니면서 아주 작은 군락까지 소멸시키고 있었다. 이러한 갯녹음 어장에 감태 인공종묘를 유엽체 상태로 이식은 불가능하였다. 바다에서 5cm 정도 성장한 감태 유엽체를 다공성 블록에 결착시킨 후 조식동물로부터 섭식피해를 감소하기 위한 보호망 속에서 중간양성 하였다. 감태 인공종묘의 중간양성 기간동안 보호망 표면은 규조류가 착생하고, 부니가 침적하여 팽투과 억제 및 조류소통이 어려워 2주 간격으로 철사로 제작된 솔을 이용하여 청소하였다. 일부 감태 보호망은 문 틈이 열려있거나 망이 파손되어 그 곳을 통하여 소형 패류가 침입하여 섭식피해를 주는 경우가 있었다. 7월에는 수온이 20℃ 이상 되었으며, 감태의 성장도 활발하였다. 이러한 양호하게 성장하던 감태 엽체가 기질바닥에 투명한 거미줄 같은 실로 엉켜서 쓰러지고 엽체 가장자리 또는 중심부에 구멍이 생겨 있었다. 겹쳐진 엽체 속에는 물벼룩 종류의 동물이 서식하고 있었으며, 이들의 섭식피해는 매우 크게 나타났다. 특히 조류 소통이 원활하지 못한 보호망 속의 엽체들은 그 피해가 더욱 컸다.

9월 중순 감태 유엽체가 착생한 1,500개 블록 가운데 480개가 조식동물의 피해를 받았다. 나머지 1,020개를 갯녹음 어장에 이식하였다. 감태 유엽체 이식초기 주변의 많은 어류들이 몰려들었고, 점차 소라를 비롯한 패류가 이동하여 왔다. 감태 유엽체 이식 4개월 후에는 65cm 이상 성장하였으며, 조식동물의 섭식피해도 계속되고 있었다.

모자반 : 모자반 인공종묘를 보호망 속에서 양성시킨 후 제주시 한경면 마을어장으로 운송하여 갯녹음어장에 이식하였다. 모자반 인공종묘 이식당시 엽체의 크기는 참모자반이 36~45 cm, 팽생이모자반이 28~49 cm이었다. 모자반 인공종묘가 착생한 해중립초를 이식한 직 후에는 소라, 고둥 등 조식동물들이 모여들어 섭식피해가 급속하게 진행되었다. 가장자리에 시설한 해중립초는 모자반 부착기까지 섭식피해를 당하였으며, 1개월 동안 그 피해가 지속되었다. 해중립초 이식 2개월 후에는 엽체의 성장속도가 빠르고 엽체 줄기가 단단하여 섭식에 의하여 소실되는 경우는 없었다. 이식 4개월 후에는 모자반 대부분이 100 cm 이상 성장하여 큰 해중립을 형성하였다. 해중립초에는 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)와 미역(*Undaria pinnatifida*) 등이 착생하여 다양한 해조군락을 조성하고 있었다. 모자반 엽체들은 6월 초순까지 생장이 지속되었으며, 팽생이모자반은 엽장이 300 cm 이상 성장하였다. 그러나 모자반 가운데 성숙한 생식기탁은 관찰할 수가 없었다. 해조류 인공종묘를 갯녹음 어장에 이식하여 성장상태를 관찰한 결과 자연상태의 해조장과 다름없이 정상적

인 생장을 하였으며, 조식동물의 섭식량보다 많은 량의 해조류 인공종묘를 이식한다면 해조장이 조성된다는 결론을 얻었다.

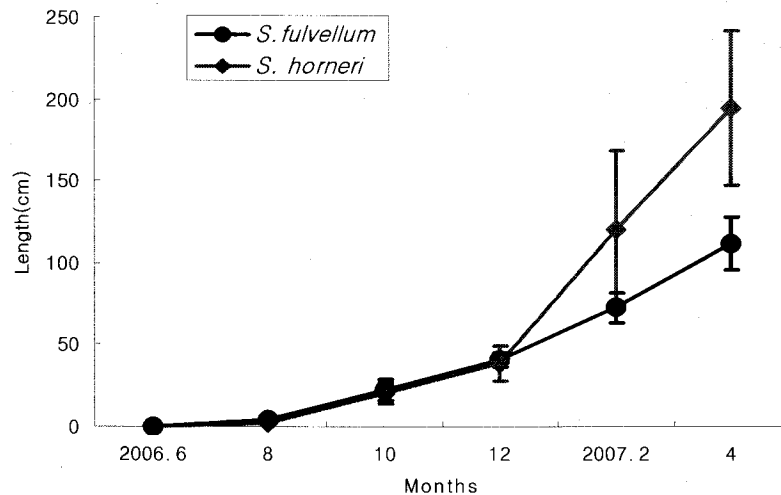


그림 17. 모자반 월별 생장도.

Fig. 17. Monthly growth rate of *Sargassum* spp.

나. 천이과정 및 생태계 지위 분석

해조류 인공종묘 이식 초기에는 조식동물의 섭식피해로 그 생물량이 감소되었다. 그러나 시간이 지나면서 엽체의 생장이 빨라 점차 생물량이 증가되었다. 해조류 인공종묘가 착생한 암석 또는 콘크리트 블록을 바닥에 편평하게 배열하여 시설한 결과 가장자리에 설치된 블록의 해조류는 조식동물의 피해를 가장 많이 받았다. 더불어 자연산 미역 등 타 해조의 착생효과도 발생하였다.

해중림이 조성된 해역에는 많은 수의 어류가 위집하였고, 해중림 내부는 저서성 어류들의 서식공간을 제공하고 있었다. 해조류 엽체와 블록 바닥에는 소라, 고동 등이 밀생하여 먹이사슬에 연결된 생태계를 구성하고 있었다.

다. 해중림과 경쟁생물

해중림을 조성하는데 있어 저해요인은 조식동물의 섭식피해 이외의 다른 요인들도 많이 있다. 제주연안에서 해조류 서식장소를 놓고 자리 경쟁을 하고 있는 생물은 산호조류, 거품돌산호, 말미잘 그리고 분홍명게 등이 대표적이다(Fig. 18). 이와 같은 생물들은 대부

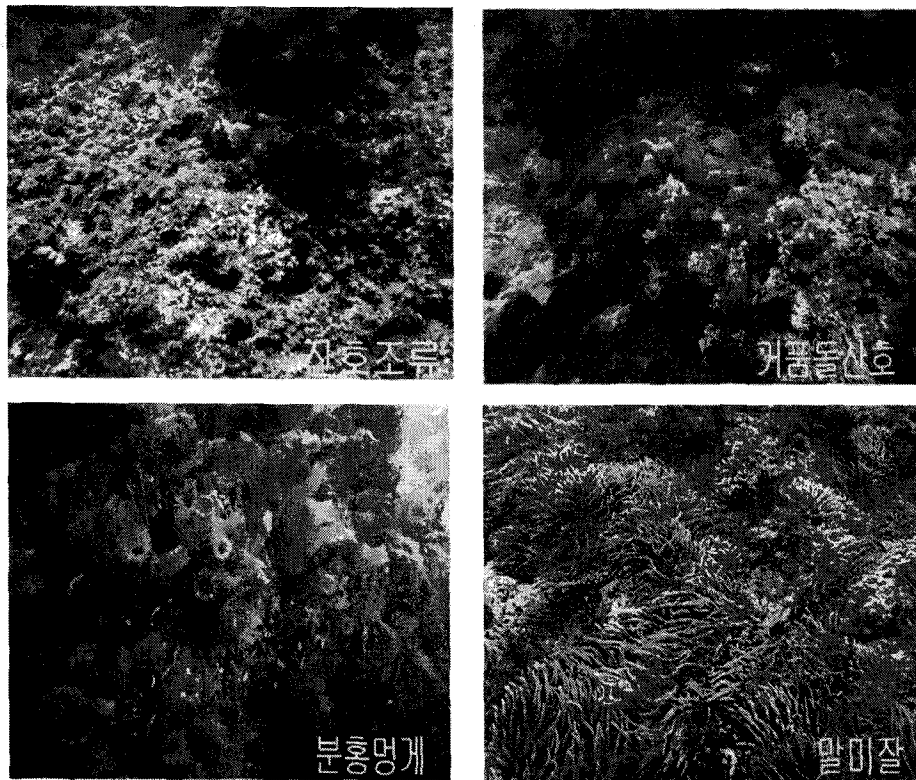


그림 18. 제주연안에서 이상 확산되고 있는 생물들.

Fig. 18. Benthos spreading on coastal rocks Jeju island.

분 부착기질을 필요로 하는 생물들로서 연안해역의 해조류와 부착공간에 있어서 심한 공간경쟁을 하고 있다. 따라서 향후 갯녹음 어장의 피해를 줄이기 위해서는 이들 확산되고 있는 저서생물들에 대한 생리생태학적인 연구결과가 시급히 도출되어야 할 것으로 사료된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표 달성도

갯녹음 현상의 진단을 위해서 항공촬영에 의한 채색비교법이 개발되면 우리나라 전해역의 그 실태를 쉽게 파악할 수 있을 것이며, 그에 대한 대책이 강구될 것이다. 갯녹음 어장의 생태계 복원을 위한 해조장 조성기술은 다음과 같이 개발되었다고 평가할 수 있다.

1. 해중립 대상종 파악

제주도 연안에 분포하고 있는 천연 해중립과 이를 구성하고 있는 대상종이 파악됨으로써 해조군락 조성 지침이 마련되었다.

2. 해조류 종묘생산 기술개발

제주도 연안의 해중립을 조성하고 있는 대표종인 감태와 모자반류 종묘생산 기술이 개발됨으로써 인공종묘 대량생산이 가능하게 되었으며, 해조류 종류별 착생기질이 개발되어 안정된 종묘공급이 가능하게 되었다(콘크리트 패널어초, 특허 제10-0680868호; 바둑판형상의 다공성 해중립초, 실용신안 제20-0432551호).

3. 해조류 인공종묘 중간양성 기술개발

해조류 유엽체 시기에 조식동물의 섭식피해를 예방하기 위하여 인공종묘 보호망을 이용한 중간양성 기술이 개발되었으며, 해조장 조성사업에 큰 기틀이 마련되었다(특허 제10-0732725호).

4. 해조류 인공종묘 이식기술개발

해역별 또는 수심별 해중립을 조성하기 위한 해중립초 3종, 즉 해중립 조성용 하우스형 인공어초(특허 제10-0734466호), 해조류 종묘패널 부착식 인공어초(특허 제10-0622634호), 친환경적 암석어초(실용신안 제20-0432532호)가 개발되어 생태계 복원사업의 가능성을 제시하게 되었다.

제 2 절 관련분야의 기여도

제주연안의 갯녹음 면적이 산정됨으로써 수산자원 증감에 대한 사회학적 및 경제적 대책이 마련할 수 있게 되었으며, 해중림이 조성된 해조장의 생태조사를 통하여 해중림 대상종이 파악되어 해조장 조성에 기틀을 마련할 수 있게 되었다(표 4). 해중림 대상종을 실내에서 대량으로 인공종묘 생산기술이 개발되어 수협 또는 어업인들에게 종묘공급이 연중 가능하게 되었으며, 이를 기반으로 해중림 조성기술이 개발할 수 있게 되었다. 갯녹음 어장 또는 해조군락 소실해역에 해조류 인공종묘 투입에 의한 해중림 조성기술이 개발되어 생태계 복원이 가능하게 되었으며, 과거의 식목행사처럼 국가정책으로 전 국민이 참여할 수 있는 “바다 숲 가꾸기”행사를 지속하여 추진한다면 해양생태계 복원이 빠른 시일 내에 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

표 4. 목표 달성도 및 관련분야 기여도

Table 4. Achivement of project and contribution to connecting field

년도	목표	달성도	관련분야 기여도
2003	○ 갯녹음 해중림 실태 파악	○ 갯녹음 해역 실태 파악 ○ 연안해역의 해조류 천이조사를 통한 갯녹음 어장 모니터링	해역별 수산자원 증감 대책 마련
2004	○ 갯녹음 어장 및 해중림 실태파악	○ 연안해역의 해조류 천이조사를 통한 갯녹음 어장 모니터링	갯녹음 면적 및 해중림 대상종 파악
2005	○ 해중림 대상종 탐색 및 인공종묘생산	○ 해중림 대상종 탐색 : 감태 등 ○ 인공종묘생산 : 감태, 모자반류 ○ 방법 : - 기질 : 부착기 구조에 따라 개발 - 촉진물질 : 포자착생 유도	해조류 인공종묘 대량 생산 기술개발
2006	○ 갯녹음 어장 복원 및 해중림 조성방법 연구	○ 해조류 종묘 중간양성 기술 개발 ○ 수심분포에 따른 해중림 조성기술 개발 ○ 해중림 조성용 인공어초 개발	해중림 조성방법 개발
2007	○ 해중림 조성 모델 개발	○ 해중림초를 이용한 대상어장의 해중림조성 방법 개발 및 보급	해중림 조성모델 제시

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 추가연구의 필요성

갯녹음 현상은 지구의 온난화에 따른 해양환경 변화, 해안도로, 방파제, 임해공단 건설 등 각종 토목공사에 의한 연안 지질학적 변화, 생활하수 및 산업폐수의 방류에 의한 수질 오염, 인간에 의한 과도한 채취, 그리고 돌돔, 능성어 등 대형 어류의 남획으로 성게, 고동, 군소 등 조식동물의 천적이 감소로 먹이사슬 붕괴에 의해 확산되고 있는 실정이다.

해조류는 광합성 활동에 의해 대기 또는 해수중의 이산화탄소를 감소시키고 수질오염을 저감하는 일차생산자이다. 이러한 해조류의 서식지 파괴 및 생산량 감소는 인간 생활에 막대한 영향을 미친다. 지구상의 화석연료 사용으로 이산화탄소 증가에 따른 온실효과가 증가되고 그에 따는 많은 기상변화에 의한 인류 대 재앙이 여러 곳에서 발생되고 있다.

지구상의 이산화탄소를 감소시킬 수 있는 것은 광합성 식물이 대표적인 것이다. 그 가운데 해조류는 그 역할 이 매우 높다고 할 수 있다. 우리나라에서 발생되고 있는 갯녹음 현상은 노력에 따라서는 회복할 수 있다. 현재 갯녹음 현상의 주된 원인은 조식동물의 섭식에 의한 피해가 가장 큰 것으로 나타나고 있다. 이것은 인위적인 요인에 의해 발생한 것으로 치유가 가능하다.

갯녹음 어장의 수산자원을 증강시키고 생태계 복원에 의한 인류복지 향상을 추구하기 위해서는 갯녹음 연구를 지속해야만 한다. 인간도 생태계의 한 군집에 불과하다. 지상의 생태계 일부가 파괴되면 그 피해는 반듯이 인간에게 닥쳐오게 되어있다. 갯녹음 확산에 의한 피해가 더 심화되기 전에 복원연구를 할 수 있는 제도적 장치가 필요하다.

2. 타 연구의 응용

우리나라에서 바다목장 사업은 통영을 시점으로 동해 울진, 서해 태안, 남해 여수 그리고 제주에서 추진되고 있다. 바다목장을 위해서는 가장 먼저 어·패류의 산란장, 성육장에 필요한 해중림 조성이 우선적이다. 또한 많은 종류의 어류들은 해조류를 섭식하고 은신처로 이용한다.

현재 정부 정책으로 강원도, 경상북도, 제주도에서 해중림 조성사업을 추진하고 있다. 이들 사업의 기본이 되는 연구가 그동안 수행한 “갯녹음 연구”이다. 이들 사업이 활발하게 수행하기 위해서는 갯녹음에 대한 보다 철저한 연구가 요구된다.

3. 기업화 추진방안

본 연구에서 개발된 기술은 대부분 산업재산권으로 등록되어 있다. 해중림 조성사업을 추진하기 위하여 기업체에 기술을 이전하고 산학연 공동연구를 수행하고자 한다.

제 6 장 참고문헌

- Kim, D.K., D.S. Ha, Y.J. Kang, J.T. Yoon and S. Rho. 2002. Chang of distribution of habitation organism at whitening area in the coastal of Jeju Isaland. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 61, 12~21.
- Largo, D.B. and M. Ohno. 1993. Construction an artificial seaweed bed. In: Seaweed cultivation and marine ranching. Ohno M. and A.T. Critchley, eds. Japan International cooperation agency. pp. 113~130.
- Rho, H.K. and K.H. Chung, 1976. Studies on the fluctuation of temperature and alinity in the coast of Jeju island(I). (The characteristics of local fluctuation). Cheju Univ. 8: 115~122.
- Rho, H.K. and K.H. Chung, 1977. Studies on the fluctuation of temperature and salinity in the coast of Jeju island(II). (The tendency of the general fluctuation of temperature and salinity). Cheju Univ. 9: 131~136.
- 손철현, 김형근, 한현섭, 2002. 갯녹음 연안을 바다숲으로. 청문각, 163쪽.
- 윤장택, 1985. 제주도 해조상에 관한 연구. 석사학위논문, 31쪽.
- 윤장택, 2004. 제주도 연안역의 해조류 관리 및 조성방안. (사) 제주도수산해양개발협의회, 51~63.
- 제주도, 2005. 2005년도 해양수산현황, 79쪽.
- 遠藤菊吉三郎, 1902. 海藻類磯燕調査報告. 水産調査報告12: 1~33.
- 菊址省吾・浮 永久, 1981. 藻場・海中林, 藻場・海中林の水産上の效用. 恒星社, 9~23.