

갯녹음현상 복원을 위한 해조장 조성



김 남 길 교수
경상대학교 해양생물이용학부
TEL) 055-640-3107
E-mail) ngkim@gachuk.gsnu.ac.kr

1. 서론

동해는 전 면적이 약 70만 km²에 이르고, 그 경계의 95%가 한국, 북한, 러시아, 일본의 해안선으로 막혀 있는 내해이다. 중앙부에는 2,000m가 넘는 몇 개의 깊은 해분으로 구성되어 있어, 심층수의 형성과 관련된 해수의 순환 등이 존재하기 때문에 축소판 대양이라고 불리기도 한다. 또한 태평양의 중위도권에 위치하고 있기 때문에, 4계절이 뚜렷하며 북태평양 및 열대해역의 기후현상에 간접적으로 영향을 받고 있다. 한류와 난류가 동해 중앙부에서 서로 대치하며 동서방향으로 극전선을 형성하고 있는데, 극전선 부근에서는 항상 여러 개의 와류가 형성되어 있다. 동해의 이러한 물리학적 특성이 해양생태계에 미치는 영향은 매우 크다 하지 않을 수 없다.

또한 동해에는 유용한 수산자원도 많은데, 약 400여종 이상의 어류 및 수산생물이 서식하고 있다.

이 가운데 강원 동해연안은 북위 37° 17' ~ 38° 10', 동경 128° 21' ~ 129° 21' 에 위치하고 있으며 암석과 모래로 이어지는 해안선은 길이가 약 212.3km에 이른다. 이 지역은 쓰시마(對馬) 난류

의 약한 지류인 동선난류(East Korean Warm Current)가 남쪽에서 북상하여서 북쪽에서 남하하는 리만한류의 지류인 북선한류(North Korean Cold Current)와 만나는 곳으로 (Kang, 1966; Taniguti, 1981) 20여년전만 하더라도 해수의 표면온도는 거진 연안에서 동절기 약 3.4°C, 주문진 연안에서 하절기 약 23.1°C를 나타내었으나 (한국해양조사연보, 1983) 최근 들어 동해 중부연안은 여름철 한때 일시적인 현상이지만 27, 28°C의 고수온을 나타내는 등 연안역의 온난화 현상이 장기간에 걸쳐 나타나고 있으며 이러한 온난화는 연안역의 해조식생을 붕괴시키는 지렛대 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 최근 남해안의 홍도나 제주도 부근 해역에서 주로 생육하는 것으로 알려진 조식성(藻食性) 독가시치가 10월 하순에도 강원 동해북부의 연안역에서 대량으로 나타나고 있는 현상은 난류세력이 강해져서 나타나는 연안역 온난화의 한 현상으로 이해될 수 있다.

이러한 생태학적 배경하에 강원 동해 연안역의 연안생태계는 해조류의 일부 또는 전부가 탈락, 고사, 유실, 소멸하고 그 공간과 기질을 산호조류가 피복, 점유함으로써 암반이 백색, 황백색 또는 분홍색을 나타내는 갯녹음(백화)현상이 만연하고

있다. 이러한 갯녹음 현상이 2000년과 2001년에 동해안 지역에 발생한 산불의 영향과 관련이 있는지에 대해서도 논란이 많았으나 이것과의 연관성은 차치하고라도 동해안의 갯녹음 현상은 실로 심각하다 하지 않을 수 없다.

이러한 시점에서 강원 동해안의 갯녹음 원인에 대해서 조사한 후 이 결과를 토대로 동해안의 갯녹음 발생에 대하여 진지하게 논의하고 해중조립 기술 등 이것을 치유하고 복원할 수 있는 방안은 무엇인가를 찾아내고자 한 것이 이 연구의 배경이라 할 수 있다.

2. 연구방법 및 내용

가. 연구방법

1) 대상해역의 선정

동해안 일원에서 갯녹음 현상이 심하게 나타나고 있는 지역 가운데 양양군 현남면 남애2리 해역(북위 37° 57' 642", 동경 128° 47' 450")으로 선정하였다.

2) 해조상 조사

해중립 조성 시험해역인 양양군 남애 연안과 대조구 해역인 강원 고성, 속초해역에서는 수층별 종의 분포 및 조성을 조사할 목적으로 스킨스쿠버 다이빙에 의한 채집조사와 수중촬영 조사를 병행하였으며 육안적인 관측에 의한 우점종을 기록 정리하였다. 한편 삼척 갈남의 해조상 자료는 이지역과 타지역의 상대적인 비교를 위해 참고문헌을 인용하여 정리하였다.

3) 해조초 제작

해조장 조성 시험용 해조초는 통상 해조상 조사에 사용하는 크기와 동형으로서 방형구형 철근 콘크리트 구조를 기본으로 하였다. 먼저 연구진이 직접 설계한 해조초 제작용 프레임을 만든 후 여기에 콘크리트와 철근을 넣어 양생시키는 방법으로 제작하였다. 첫 번째 형은 가로, 세로 각각 50cm로서 내부에 격자형 철근을 넣고 콘크리트로 양생시켜 표면에 흠을 내어 조면(거친면)이 되도록 하여 해조류가 착생하기 쉽도록 제작한 해조초로서 해중립이 발달한 해역(고성 죽도)에서 해조류를 인위적으로 착생시켜 해조장 조성 시험해역에 이식할 목적으로 제작한 해조초이다. 두 번째 형은 첫 번째 형과 같은 구조에 약간의 변형을 가하여 모자반의 씨줄, 곰피의 유체 및 모조를 끼워 넣은 이식용 palm사를 감아 넣기 쉬운 뿐만 아니라 씨줄이 해조초에서 이탈되지 않도록 10cm 간격의 격자무늬가 직각으로 만나는 지점에 U자형의 스테인레스 스틸 핀을 박아 고정시켜 놓은 형이다.

4) 팽생이모자반의 배양 및 야외이식

모자반과 해조인 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)은 우리나라 동·남·서해안의 조하대에 자생하는 대표적인 대형해조로서 어느 해역에서건 이식, 정착시킬 수 있기 때문에 손쉽게 해조장을 만들 수 있다는 점에서 생태적으로 유리한 해중립 조성용 해조이다. 본 연구에서는 연구 일 정상 춘계성숙형으로는 유배의 배양, 야외양성에 뒤이은 강원 해역에의 순조로운 이식이 어려울 것으로 판단하여 동계에 성숙하는 팽생이모자반을 조사 채집하여 이식실험에 활용하였다.

5) 곰피의 채취 및 이식

곰피(*Ecklonia stolonifera*)는 한국 동, 남해안에 널리 분포하는 다년생 해조(Kang, 1966)로서 일반적으로 조하대의 수심 2~10m 깊이에 서식한다. 이종은 해중림을 구성하는 해조로서 천해의 주요한 1차 생산자일 뿐만 아니라 연안생태계에서 수산물생산에 직접 관여하는 중요한 생태적 지위를 가진다. 따라서 본 연구에서는 곰피의 모조 및 유체를 이식할 목적으로 2001년 6월 19일 팽생이모자반을 채집한 곳과 같은 곳인 척포 연안의 수심 4m에서 곰피를 채집한 후 조체를 이식할 목적으로 엽장 100cm전후의 대형엽체는 부착기와 포복지를 한데 묶은 후 우렁챙이 채묘용 팜(palm)사로 직접 결착시켰으며, 엽장 2~10cm의 유엽과 포복지는 10cm 간격으로 팜사에 끼워 넣은 상태로 대형쿨러에 넣어 강원도립대학으로 운반한 후 냉각수조에 넣어 하룻밤을 보존하였다. 운반된 곰피의 유체 및 모조는 팽생이모자반과 같은 방식인 해조초에 이식용 씨줄을 고정핀에 결착 시키는 방법으로 이식한 후 해조장 조성 시험해역인 양양군 남애리 현장에 20개를 투하하였다.

6) 강원 고성해역으로 부터의 이식

양양군 남애리 연안의 갯녹음 발생해역과는 달리 대조구 해역인 고성군 죽왕면 죽도의 해조상은 심해 냉수의 영향으로 매우 풍부하다. 이 해역은 조간대에서 수심 20m까지 해조류의 서식대가 뚜렷하게 구분되어 있는데 특히 수심 15m전후에서는 참다시마 등 대형 다년생 해조군락이 풍부하여 열대나 아열대의 정글과 비슷할 정도로 울창한 해조숲을 이루고 있다. 연구진은 이렇게 해조상이 풍부한 점에 착안 처녀면을 가진 새로운 기질을 투하한 후 이곳에 강원 동해안형 해조

를 착생시켜 갯녹음 해역에 이식시킬 경우 좋은 결과를 기대할 수 있겠다고 하는 가설을 두고 2001년 8월 10일에 표면을 거칠게 제작한 해조초 20개를 고성군 죽도해역에 투하한 후 2001년 12월 16일에 인양하여 다음날 시험해역인 남애리의 갯녹음 해역에 20개 전량을 투하 이식하여 같은 동해안이라 하더라도 환경이 서로 다른 곳에 이식하였을 때 나타날 수 있는 해조류의 생리, 생태적 특성을 파악하고 이식효과를 평가하고자 하였다.

7) 쇠미역사촌 이식

12월 22일에는 강원도립대학에서 배양장에 보존, 배양하고 있던 쇠미역사촌(舊名:쇠미역)의 종사를 해조초에 감아 투하하고 착생 및 성장효과를 검토하였다.

3. 연구결과

가. 엽상체의 이식에 의한 방법

2001년 6월 18일 경남 통영시 척포리 연안에서 채집한 다년생 대형 갈조인 곰피와 곰피의 포복지 및 포복지로부터 절취한 유엽을 이식 대상으로 하였다. 당일 채집한 곰피를 쿨러에 넣어 강원도립대학으로 운반한 후 다음날 오전에 갯녹음 복원 시험 어장 현지에서 직접 해조초에 결착하거나 씨줄에 끼워서 이식하였다.

1) 성숙모조의 이식법

성숙모조를 이식하는 목적은 성숙엽체의 자낭반으로부터 방출된 유주자가 주변해역에 널리 확산됨으로써 번식조장이 이루어질 수 있다는 점에

서 일견 포자주머니(spore bag)를 사용하는 것과 비슷한 위치이다.

이식 대상으로 채집한 곰피는 2~3년생으로 엽체의 기부 일부분에 자낭반을 가진 조체로 엽폭 20~30cm, 엽장 80~100cm 정도의 대형 엽체이다. 앞장에서도 논의된 바와 마찬가지로 곰피는 동해안 특산이라고 하나 사실은 최근 10년 동안 동해안에서 발견 보고된 적이 없는 남방계해조이다. 따라서 여름철 평균 수온이 남해안보다 상대적으로 낮은 동해안의 시험어장에 남방계 해조를 이식함으로써 고수온으로 인한 갯녹음으로 식생이 파괴된 해조장을 복원할 수 있을 것이라 생태학적 가설하에 도입한 방법이다.

또한 곰피는 동해안에 자생하고 있는 다시마과 해조인 쇠미역사촌, 애기다시마, 참다시마 등의 해조와 달리 수명이 길어 4~5년까지 생존할 수 있고, 냉수계에도 서식할 수 있기 때문에 갯녹음 해역에 이식하면 상당한 조장효과를 가져올 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 모조로부터 방출된 유주자의 효과를 체감하기 위해서는 상당한 시간적 여유와 인내심을 가지고 시험해역을 모니터링 해야할 것으로 생각된다.

2) 유엽 및 포복지의 이식법

곰피는 다년생 해조로서 포복지에 의한 새로운 조체의 형성이 이루어지는 등 수명도 길고 번식력이 우수하며, 특히 가두리양식장이 밀집함으로써 탁도가 낮은 해역에서도 우수한 번식력을 가진다. 따라서 조장조성을 목적으로 유엽이나 포복지를 이식하여 번식을 조장시키면 짧은 시간에 훌륭한 해조장을 만들어 낼 수 있을 것으로 생각된다. 이번 연구에서는 통영산 곰피 성엽체의 포복지와 포복지에서 발아, 성장한 엽장 2~10cm의

어린 유엽을 절취하여 모자반을 채묘한 종사와 동일한 굵기의 우렁쉥이 채묘용 팜사에 끼워 넣은 후, 인공 해조초의 핀에 감아 해저에 시설하는 방법으로 이식실험을 행하였다.

이렇게 이식한 유엽과 포복지에서 발아 성장한 개체의 생장은 매우 좋게 나타나 약 4개월 후에는 30~60cm에 달했으며 7개월 후에는 1m 전후의 대형 엽체로 생육하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

3) 논의

이 방법으로 해조장을 조성한 결과 엽체의 성장속도가 빠를 뿐만 아니라 효과 또한 빠르게 나타나고 있다. 특히 주목할만한 사실은 부유물이나 사질의 현탁물질이 엽면에 침착하거나 퇴적된 상태에서도 원종의 서식지인 남해안산 보다 엽체의 건전도가 좋다고 하는 사실이다. 다만 엽체의 색택과 엽면의 형태에 있어서는 원종과 차이를 나타내었는데, 색택의 경우 남해안산이 흑갈색인데 반하여 동해안 갯녹음 해역에 이식한 유엽은 성장하여 황갈색을 나타낸다고 하는 점과 남해안산은 엽면에 주름이 적고 가장자리에 거치상의 돌기가 많은데 비하여 시험해역인 갯녹음 해역에 이식한 조체는 엽면에 주름이 많고 거치상의 돌기도 적은 특징을 나타내었다.

이는 수온, 광선 및 영양염류의 영향에서 기인하는 것으로 알려져 있으며, 특히 엽면에 주름이 많이 생기는 것은 영양염류의 부족에 기인하는 것으로 나타났다. 곰피의 유엽 및 포복지를 이식하면 앞으로 이중의 번무와 더불어 좋은 해조장이 형성될 것으로 생각된다. 이 결과는 이번 연구로부터 얻은 고무적이고 희망적인 사항이 아닌가 생각한다.

나. 포자 붙이기에 의한 방법

이 방법은 강원 동해연안에서 해조상이 풍부하고 해조류의 성장, 번식 등 생육 여건이 좋은 곳을 선택하여 인위적으로 해조류의 착생기질을 제공함으로써 강원 동해안형 해조초를 이식 시설하여 그에 따른 결과를 비교 평가하고자 하였다. 포자 붙이기는 심층수의 영향으로 동해안의 다른 해역에 비해 해조상이 풍부하고 종 다양성이 높은 고성군 죽왕면 죽도를 선정하여 실시하였다. 2001년 8월 10일 표면을 조면(거칠게 함)상태로 제작한 방형구형 해조초 20개를 죽도 인근의 수심 15m 전후의 해역에 투하하여 약 4개월간 해조의 포자 붙이기를 시도하였다.

지난 2001년 10월에 1차 조사한 후, 12월 16일에 인양하였으며, 당일 남해리의 시험예정해역으로 운반, 투하하여 지금까지 착생 및 성장과의 관계를 관찰하면서 생육상태를 확인하고 있는데 발육상태가 매우 좋은 편이다.

죽도해역에서 이루어진 포자 붙이기에 인공 해조초에 부착된 종의 목록은 표 1과 같다. 부착된 해조류는 녹조류 2종, 갈조류 7종, 홍조류 11종으로 총 20종이 착생하였으며 대형조류 보다 진두발 등 소형 다년생 홍조류가 두드러지게 우세한 것으로 나타났다. 이렇게 종 다양성이 낮은 이유는 대형 갈조류의 부착을 좋게 하기 위해 4~6월에 걸쳐 이루어지는 해조류의 일반적인 생식세포 방출기를 지나서 인공 해조초를 투입했기 때문에 나타난 것으로 보인다. 그러나 10월의 조사에서 대형 갈조인 비틀대모자반과 팽생이모자반의 착생을 확인할 수 있었으며, 12월의 조사에서는 다시마 유엽 등이 착생하여 생육이 순조롭게 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

해조초의 소방형구(10cm²)에 착생한 주요 해조류 유엽의 착생밀도는 비틀대모자반이 22~31개체로 평균 26개체/10cm²를 나타내었고, 팽생이모자반은 이보다 더욱 높은 밀도로 부착하여 29~42개체로, 평균 착생밀도는 34개체/10cm²에 달하였다. 다시마의 경우는 이보다 착생밀도가 낮아 소방형구당 6~18개체를 나타내었고, 평균 착생밀도는 9개체/10cm²에 불과하였다. 이와 같이 수정란으로 번식하는 모자반보다 포자로 번식하므로 모자반보다 번식력이 높은 다시마의 부착밀도가 낮게 나타나는 것은 조체가 질기며 직립 다육질성 해조인 모자반보다 막상 해조인 다시마에 대한 식해동물의 기호성이 높기 때문에, 유엽시기부터 식해동물에 의해 섭이됨으로서 높은 섭식압(high grazing pressure)에 의해 밀도가 낮아졌기 때문에 나타난 현상으로 추찰된다.

이외에 소형 다년생 홍조류인 진두발, 돌가사리, 우뭇가사리 등이 높은 밀도로 해조초의 표면을 점유하며 생육하고 있는 것으로 관찰되었다.

다. 쇠미역사촌 종사 감아 넣기

강원 독립수산시험장으로부터 분양 받아 강원 도립대학 양어장의 냉각수조에서 배양하며 보존해 왔던 쇠미역사촌(쇠미역)의 종사를 2001년 12월 16일 인공 해조초에 감아 투하함으로써 조장조성을 시도하였다.

라. 동해안형 해조장 조성 방안

1) 생태학적 전략

강원 동해안은 겨울철(2월)의 표면수온 2°C의 등온선을 고려하고, 다른 한편으로 북상하는 난

〈표 1〉 포자붙이기에서 해조초에 착생한 해조류의 목록

학 명	국 명
Chlorophyta	녹조식물문
<i>Enteromorpha linza</i>	잎파래
<i>C. fragile</i>	청각
Phaeophyta	갈조식물문
<i>Dictyopteris divaricata</i>	미끈뻘대그물말
<i>Colpomenia sinuosa</i>	불레기말
<i>Costaria costata</i>	쇠미역사촌
<i>Petalonia fascia</i>	개미역쇠
<i>Laminaria japonica</i>	참다시마
<i>Sargassum horneri</i>	괭생이모자반
<i>S. sagamianum</i>	비틀대모자반
Rhodophyta	홍조식물문
<i>Laurencia okamurae</i>	쌍발이서실
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	에기마디잘록이
<i>Gigartina tenella</i>	돌가사리
<i>Carpopeltis affinis</i>	참까막살
<i>Grateloupia divaricata</i>	뼈지누아리
<i>G. filicina</i>	참지누아리
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	참도박
<i>P. yendoi</i>	꽤기꼴도박
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리
<i>Pterocladia capillacea</i>	개우무
<i>Chondrus ocellatus</i>	진두발

류와 남하하는 한류가 부딪히는 주문진을 중심으로 2개 식생대의 경계선으로 나누어 왔으며 따라서 주문진은 북방계 해조류의 남쪽 한계가 되고 있는 것으로 해석되어 왔다. 또한 남해안이나 서해안 등 다른 해역의 연안에서 볼 수 있는 바위수염, 패, 넓패, 뜸부기 등이 발견되지 않는 반면 참국수나물, 마른나무, 삼나무말 등으로 대표되는 해조류가 동해연안의 표징종으로 인식되고 있다. 한편, Taniguti(1987)는 극동의 식생을 논하면서 한반도 연안의 해조식생을 온대와 아한대 2개 식

생대로 구분하였는데 동해안의 경우 주문진이 이렇게 나눌 수 있는 중심해역이 된다. 그러나 최근 갯녹음 현상이 심각하게 나타나고, 발생지역도 강원 동해역의 남부에서 북부쪽으로 확산되어 점차 그 면적이 확대되어 가는 추세에 있으며 이는 매년 해황의 변동에 따라 규모나 피해가 다르게 나타나며 그에 따라 해조상의 변동도 연동되어 나타날 수 밖에 없다. 그렇기 때문에 과거의 해조상 조사결과를 기준으로 해역별 적합 해조를 판정한다는 것은 무리가 따른다고 하지 않을 수

없다. 그럼에도 불구하고 해조장을 복원하기 위한 생태학적 전략을 세우는데 과거의 해조상 자료를 참고로 할 수 밖에 없는 것은 강원 동해역의 해조류 생태조사가 해조류연구 분야의 전문가에 의해 이루어졌기 때문에 현재의 상태를 진단하고 대책을 마련하는데 필수 불가결한 요소가 되고 있다. 그러나 해조상 복원에 필요한 기초자료로서 조하대에 대한 자료가 미비하다는 점이 아쉽다고 할 수 있다.

앞서 동해안의 갯녹음 원인에서도 밝혔듯이 강원 동해안의 갯녹음 현상은 고수온과 그에 따른 해조류의 생리적 약화 및 산호조류의 번무, 식해동물의 활성으로 대별할 수 있다. 그로 인해 대형 다년생 해조가 유실, 탈락하고 그 자리를 소형 1년생의 사상형 해조나 막상해조가 차지하게 되며 이어서 산호조 군락의 극상으로 안정된 산호조의 평원을 만들게 된 것이 강원 동해안 갯녹음의 가시적인 현상이다.

그러나 이렇게 갯녹음이 심각하게 발생한 해역에도 성게, 고동 등 식해동물의 섭식압을 유유히 견디며 보기 좋게 산호조류와 공존 또는 경쟁관계에 있으면서 무리를 이루어 생활하는 해조가 있다. 이들이 바로 갯녹음 해역을 복원시키기 위해 선택해야할 해조장 조성 해조이다.

2) 대상해조의 선정

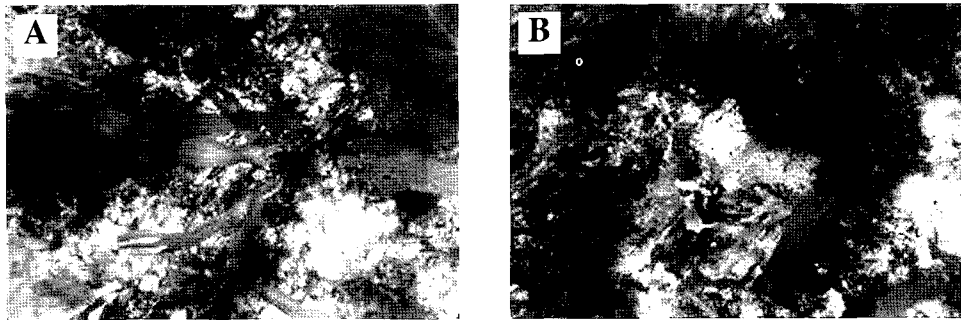
일반적으로 애기다시마, 미역, 쇠미역사촌 등 1년생 다시마목 해조류는 한류수괴에서 번무하며 생산력도 높은 반면 난류수괴에서는 생산력이 떨어지고 빨리 쇠퇴한다. 그러나 개그물바탕말(*Dilophus okamurae*), 왜모자반(*Sargassum yezoense*), 알송이모자반(*S. confusum*) 등의 대형 다년생 해조와, 팽생이모자반(*S. horneri*) 등의 대

형 1년생 해조 및 막우뭇가사리(*Gelidium vagum*), 진두발(*Chondrus ocellatus*), 참도박(*Pachymeniopsis elliptica*)을 중심으로한 소형 다년생 해조들은 수온이 상승하여 온난한 해에는 잘 살아 남으며 반면 한류의 세력이 강한 해에는 약화하여 쇠퇴한다.

따라서 1차적으로 강원 동해역에 적합한 해조장을 만들기 위해서는 상기한 소형 다년생 해조류를 포함하여 갯녹음지대에서도 잘 살아남는 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 부채까막살(*Carpopeltis prolifera*), 애기돌가사리(*Gigartina intermedia*), 붉은은행초(*Rhodoglossum japonica*), 마디잘록이(*Lomentaria catenata*), 애기마디잘록이(*Lomentaria hakodatensis*), 잔금분홍잎(*Acrosorium polyneurum*), 참빛풀(*Odonthalia corymbifera*) 등의 해조류로 고수온, 초식압력(식해) 및 산호조와 공존, 경쟁할 수 있는 기본적인 해조상의 구조를 만들어 가야한다(그림 1.1 참조).

그러한 이유로서 상기한 소형 다년생 해조는 화학적 방어물질을 생산하여 스스로 살아남는 생존전략을 가지고 초식동물을 배제함으로써, 다음 세대인 다년생 대형 해조의 발아를 보증하고, 천이의 진행을 억제시키고 해중립의 확대를 위해 주변 해조류의 서식조건을 변화시키고 있다고 볼 수 있기 때문이다. 이번 조사에서도 나타났지만 이 가설은 소형 다년생 해조를 이용한 해중립의 조성이 결국 대형 다년생 해조에 의한 푸른 해조 숲을 만들 수 있을 것으로 판단된다. 그 근거는 다음과 같은 논거로 설명될 수 있을 것이다.

해역에 따라서는 미역, 쇠미역사촌이나 애기다시마 등 대형 일년생 해조가 일시적으로 우점하는 군락의 형성을 볼 수 있다. 지역에 따라서는 일시적으로 수심 15m까지 농밀하게 분포하는 일



〈그림 1.1〉 무절산호조위에서 번무하는 개그물바탕말(A)과 소형 다년생 흥조류 군락(B)

도 있다.

이들 대형 일년생 해조는 상당히 빠른 성장과 고밀도로 군락을 형성함으로써 초식동물의 섭식압에 대항하고 있다고 생각된다. 이때 다년생 대형해조가 대량으로 발아함과 더불어 대형 일년생 해조가 번성하면 이것이 섭식압을 흡수하는 역할을 맡게 되어 다년생 해조의 생존율을 보다 높일 수 있기 때문이다. 이렇게 해서 이 지역의 해조상은 소형일년생, 소형다년생, 대형일년생, 대형다년생 해조로 군락의 안정을 기할 수 있다고 보기 때문이다.

마. 갯녹음 해역의 복원전략

이제까지 갯녹음의 일반적인 원인과 대책 그리고 강원 동해안에서 나타나 갯녹음의 원인에 대해서 논의하고 진단하였다.

갯녹음의 원인은 기본적으로 지구 온난화에 따른 기상이변 등 천재에 가까운 자연재해 현상의 한 부분으로도 이해될 수 있다. 그렇기 때문에 이러한 자연 현상을 인간의 힘으로 단시일내에 극복한다는 것은 논리적으로 모순이 따른다 하지 않을 수 없다. 그렇다고 이를 극복하기 위한 방

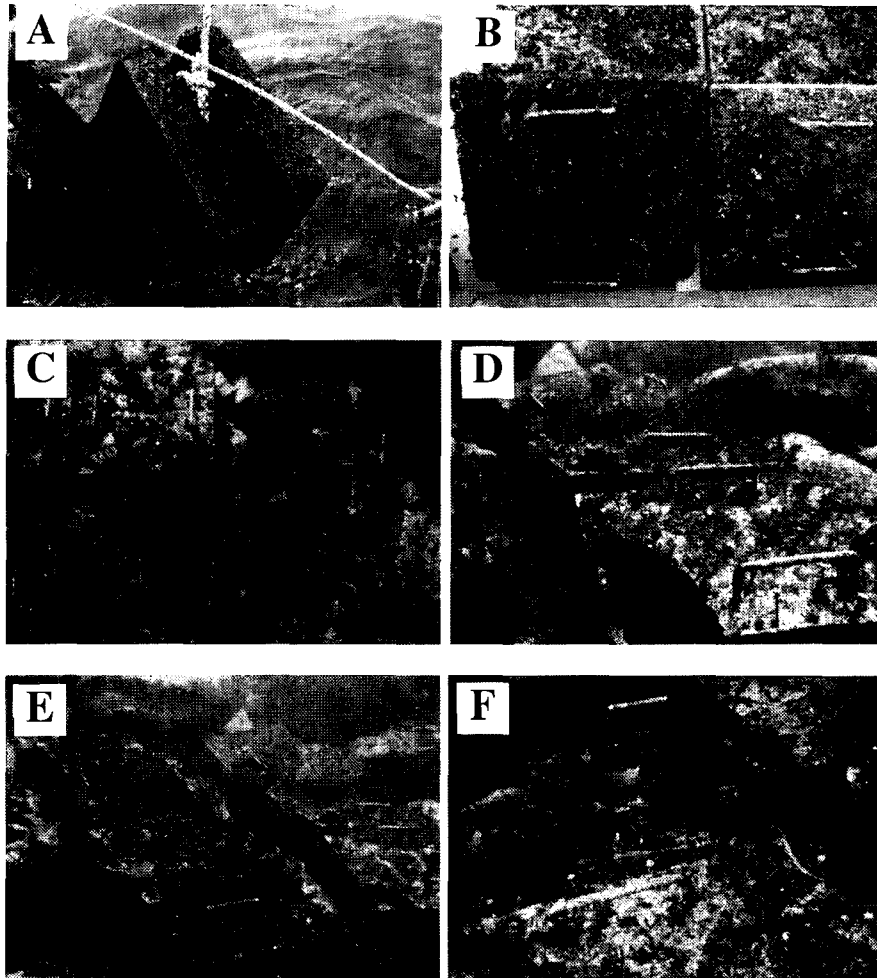
법이 전혀 없는 것은 아니다.

인위적인 노력으로 완벽에 가깝게 복원할 수는 없겠지만 우리가 시도하고 있는 다양한 생태학적 조사, 연구가 중요한 복원 전략 가운데 하나이다. 그것은 다름 아닌 변화하는 자연환경에 맞게 연안 생태계를 보존 관리하고 모니터링 하면서 환경 조화형으로 바꾸려고 하는 시도가 복원전략의 단초임을 지적해 두고자 한다. 그러기 위해서는 갯녹음 발생해역의 물리, 화학, 생물학 및 역학적인 종합조사가 선행되어야 한다.

그것을 토대로 새로운 환경에 적응할 수 있는 종을 선택하고, 그러한 종들을 갯녹음 해역에 적용하여 대량으로 번식시킬 수 있는 인공 해조초의 개발을 강구해야 할 것이다.

바. 시험해역의 해조장 복원결과

이번 연구를 통해 시험어장인 양양군 남애리 연안 갯녹음 발생해역에 조성한 해조장은 앞서 설명한 방법과 같이 곰피의 성숙엽체, 유엽 및 포복지 이식, 팽생이모자반 종묘의 이식 및 포자 붙이기 방법으로 이루어 졌으며, 현재 조성되어 있는 해조장의 시설과정 및 조성현황은 〈그림



〈그림 1.2〉 양양군 남애리 연안 시험해역에 조성된 해조장

A, 외양에 이설된 해조초의 인양; B, 인양된 해조초에 착생한 모자반류 및 소형 다년생 홍조류;
C, 내해측에 투하 병열 시설한 해조초; D, E, & F, 모자반류, 소형 홍조류 군락 및 곰피류의 부착 및 생육상황

1.2)와 같다.

사. 강원 동해안형 해조장 조성방법

강원 동해안의 갯녹음 발생원인에 대해서는 이미 논의한 바 있다. 이러한 원인과 지금까지의 해조장 조성시험 결과를 종합하여 현 시점에서

강원 동해안에서 시행하여 단기간에 효과를 기대해 볼 수 있는 갯녹음 발생 해역의 복원방법을 제시하면,

1) 수온 적응력이 높은 남방계 해조 가운데 곰피류의 유엽이나 포복지를 팜사 등 천연재료로 만든 채묘용 종사에 끼워 해조초 또는 갯녹음

해역의 바위, 암반 등에 감아 이식시켜 주는 방법

2) 번식력이 빠르고 초식자에 대한 내성이 강하며, 무질산호초의 표면에서도 잘 생육하는 팽생이모자반을 인공으로 채묘한 후 가이식 양성하여 엽장 2cm 되었을 때 그 종사를 해조류의 부착기질에 감아 투하하거나 대상 해역의 바위, 암반 등에 직접 감아주는 방법

3) 강원 고성지역의 죽도나 백도 등 갯녹음이 발생하지 않은 해역에 우렁챙이 채묘틀이나 소형 해조초를 투하시켜 포자를 붙여 해조착생을 확인한 후 그 종사나 해조초를 갯녹음 대상 해역에 투하 이식하는 방법을 들 수 있으며, 이외에 국내·외에서 널리 쓰이고 있는 방법으로 3)과 유사한 방법으로, 갯녹음이 발생하지 않은 해역에 서식하고 있는 참다시마 등 다년생 해조류의 성숙엽체(자낭반이나 수정란이 형성된 조체)를 선별하여 채취한 후 이를 포자주머니에 넣어 대상 해역에 수하하여 매달아 주는 포자주머니를 이용한 방법을 제안할 수 있다.

단, 이 사업을 시행하기 전에 대상종의 성숙시기 등 해조류의 생리, 생태를 고려하여 사업시행 시기를 놓치는 일이 없도록 해야 하고 필요할 경우 관련 전문가의 자문을 얻어 사업효과가 최대한 나타날 수 있도록 노력해야 한다.

이러한 점을 고려할 때, 곰피의 유엽이나 포복지의 경우는 늦봄에서 초여름에 걸쳐서 이식하면 좋고, 팽생이모자반 등 모자반 종류의 수정란을 채묘하여 그 종사를 이식할 목적이라면 이들 해조류가 성숙하는 4~5월 사이에 하는 것이 좋으며, 참다시마의 경우는 11월 이후에 하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

4. 종합논의

전자에서도 여러번 논의한 바와 같이 갯녹음 현상에 대한 연구는 연구 그 자체도 매우 어렵거니와 예방대책 및 치유책을 마련하는 것도 쉽지 않은 일이다. 이 자연재해적 자연현상에 대한 보다 구체적인 구명작업은 해역의 수온, 염분 등 물리, 화학적 환경의 지속적인 모니터링(monitoring), 식해동물(grazer)의 생리, 생태 그리고 산호조류의 번식생태를 구명하므로써 가능한 일이라 하겠으며 “사막의 바다” 즉 갯녹음 해역을 녹화하여 갯녹음 해역을 복원하기 위한 해중림 조성 기술 개발도 매우 중요하다.

그러한 목적을 달성하기 위해서는 해양생물학자는 물론 해양화학, 해양물리학 분야의 전문가가 컨소시엄을 형성 공동연구를 수행하지 않으면 갯녹음 구명작업은 매우 어려운 연구과제가 될 것이다. 이번 연구를 통해 연구자들은 갯녹음에 대한 올바른 이해를 돕기위해 술어로서의 갯녹음을 수산용어로서 정착시키고자 그 어원부터 정리하였으며 아울러 지금까지 알려진 제학설들을 수많은 문헌을 통해서 정리 해명하고자 하였다. 이를 토대로 연구계획을 수립하고 착수하여 현재의 결과들을 도출해 내었으나 갯녹음 발생에 대한 실태 파악 및 발생해역에 대한 원인분석을 완벽히 하기에는 연구기간이 너무 짧아 연구자체가 다소 벽찬 감이 없지 않았다.

사실 갯녹음 현상은 적조현상 못지 않게 생태학적이나 수산업적으로 중요한 자연 생태계의 변화 현상이면서 다른 한편으론 자연재해적인 성격도 없지 않다. 다만 적조현상보다 매우 완만히 진행되고 불특정 다수에게 영향을 준다는 점에서 우리의 인식이 거기에 미치지 못하고 있고 그 심각

성을 크게 느끼지 못하였던 것이 작금의 일이다.

이러한 갯녹음 현상에 대한 명확한 정의와 원인에 대한 생태학적 개념 그리고 그 결과가 미치는 수산업적 의미 뿐 만이 아니라 더 나아가서 자연환경 보존적 측면에서의 의미를 통해 갯녹음 문제를 일부 연구자들이 아닌 어업인과 수산행정 기관 및 정부 모두가 함께 고민하고 함께 해결하는 방향으로 머리를 맞대어야 한다고 생각한다. 1년이라는 짧은 기간동안 이루어진 연구 결과물 이어서 부족하고 미흡한 점이 너무 많다. 그러나

이러한 자그마한 연구결과가 축적되다 보면 자연 재해적인 갯녹음에 대한 보다 확실한 대안이 마련될 수 있을 것으로 기대한다. 강원도의 지원을 받아 이루어진 갯녹음 복원방안으로서의 해조장 조성시험 결과를 정리하여 내놓으면서 바라는 작은 희망은 이 연구결과가 갯녹음 현상에 대한 올바른 인식, 원인 구명 그리고 예방대책 및 해조장 조성분야 연구 및 정책수립에 더할 나위 없이 좋은 지침서가 될 것임을 확신하며 이 연구의 종결을 짓고자 한다.