

인공어초시설사업의 종합평가 및 향후  
정책방향 설정에 관한 연구

2000. 6.

해 양 수 산 부

# 인공어초시설사업의 종합평가 및 향후 정책방향 설정에 관한 연구

2000. 6.

연구기관 : 한국해양수산개발원  
한국해양연구소  
국립수산진흥원 남해수산연구소

해양수산부

## 제 출 문

해양수산부장관 귀하

본 보고서를 “인공어초시설사업 종합평가 및 향후 정책방향 설정에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000년 6월

주관연구기관 : 한국해양수산개발원  
연구총괄책임자 : 류 정 곤  
연구 원 : 박성쾌, 주문배, 정명생  
강종호, 이지은, 정성희,  
양미영

협동연구기관 : 한국해양연구소  
협동연구책임자 : 명 정 구  
연구 원 : 김종만, 이순길, 박철원  
강래선, 최희정, 박용주  
노봉호, 김영주, 박홍식  
조선형, 김효찬, 김남길  
원기식

협동연구기관 : 국립수산진흥원 남해수산연구소  
협동연구책임자 : 이 정 우  
연구 원 : 황두진, 김대권, 노영수  
박나영

# 요 약 문

## I. 제 목

인공어초시설사업의 종합평가 및 향후 정책방향 설정에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

인공어초 시설사업은 우리나라 수산투자사업 중 어항건설사업 다음으로 가장 많은 예산이 투입되는 중요한 정책사업이다. 불행하게도 아직까지 30여 년간 동 사업을 실시하면서 동 사업에 대한 종합적인 평가가 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 정부에서 실시해 온 인공어초 시설사업에 대하여 생물학적, 기술적 및 사회경제적 관점에서 평가하고, 이를 기초로 향후 동 사업이 추구해야 할 목표 및 방향을 제시하여 사업의 효과를 극대화하고자 하였다. 즉 기존 사업에 대한 종합적인 평가, 문제점 도출, 향후 종합 개선방안 제시, 새로운 자원조성방안 마련, 중장기 정책방향 제시 등을 통하여 동 사업이 효율적으로 추진될 수 있도록 하는데 본 연구의 목적이 있다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

연구내용은 크게 인공어초어장의 생물상 평가, 인공어초의 제작 및 투하, 사후관리 등 기술적인 측면과 이의 이용에 따른 사회경제적 효과분석 및 중장기 정책방향 설정으로서 각 분야의 주요 연구내용은 다음과 같다.

### ① 생물학적 평가분야

- 인공어초에 위집되는 주요 수산생물 및 생태자료 조사
- 잠수조사를 통한 어초형별 어류의 종조성 및 서식 밀도 파악
- 어초 구조별 부착생물 가입 양상의 정량적 조사
- 어초형 또는 어초 구조별 해조상 조사
- 생물량 평가를 통한 어초내 생태계 구조 파악

### ② 기술적 평가분야

- 경제적인 인공어초 시설배치 방법
- 인공어초의 규격화 방안
- 인공어초 재질 다양화
- 인공어초의 모형에 대한 어패류의 기능성 검토 및 평가

- 인공어초 내구성 증진방안
- 해역별(남해, 동해, 서해, 제주 해역) 대상 생물에 적합한 어초 모델 제시

### ③ 사회경제적 평가분야

- 사업의 수립배경, 정책의 내용, 집행절차 등을 시대별로 여건을 감안한 분석
- 어업인을 대상으로 한 직접 편익·비용 설문조사 및 분석
- 유어낚시, 관광 등 간접편익에 대한 계량분석
- 시설투자자 직·간접 편익을 감안한 경제성 분석
- 인공어초어장의 이용·관리실태 평가
- 중장기 정책방향 및 투자계획
- 새로운 자원조성방안

## IV. 연구결과

### 1. 추진실태와 정책평가

#### 가. 인공어초의 정의 및 기능

##### 정의

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하고, 대상 수산동물을 끌어 모으고, 보호 배양을 목적으로 하는 어장시설이다. 인공어장은 어류 등의 수산생물이 암초, 침물선 등에 모이는 성질을 이용하여, 대상 수산생물의 어획증대, 조업의 효율화 및 보호 육성을 도모하기 위한 시설이다. 그리고 인공어초어장은 주로 어획의 증대, 조업의 효율화를 도모하기 위하여 인공어초를 계획적으로 배치하여 조성하는 어장이다.

##### 기능

인공어초의 기능은 어종의 생물학적 기능과 밀접한 관련이 있다. 통상 인공어초는 수산자원의 산란장, 휴식장 및 먹이장으로서의 기능을 한다.

산란장 기능은 산란할 어미 고기가 인공어초를 산란장소로 이용하는 것이다. 즉 어미 고기가 안전하고 스트레스를 경감시킬 수 있는 장소로 인공어초를 택함으로써 양질의 알을 산란하고 수정률 특히 부화율을 높이는 효과가 있다.

먹이장 기능은 크게 착생생물의 증대를 통한 먹이사슬 형성과 인공어초에 모여든 어종간의 먹이사슬 형성으로 설명할 수 있다. 인공어초에 착생한 생물을 잡아먹는 어류가 모여들어 인공어초가 먹이장이 되는 경우다.

휴식장 기능은 어초내부와 어초의 사이에 머무는 어종과 어초 주변에 유영하는 암초성 어

류나 저서성 어류 등이 인공어초를 휴식장으로 활용하는 경우이다. 이런 기능은 수중의 물체와 밀접한 관계를 가지려고 하는 어류의 본능적 욕구에 의한 것이다.

## 나. 정책평가 체계

### 평가 목적

정책평가의 목적은 정책목표의 달성정도를 측정해 보는 것이며, 이전의 정책경험을 반성함으로써 새로운 정책결정의 합리적 개선을 위한 피드백(feedback)을 얻기 위함이다. 그러나 '공공정책'에 있어서 정책평가의 가장 궁극적인 가치는 정책이 국민의 욕구충족과 만족에 얼마나 기여하였는지를 반성해 봄으로써 국민의 요구에 순응하는 행정을 실현하려는 것이다.

### 평가 항목

인공어초사업과 관련하여 일반적으로 고려할 수 있는 정책평가 항목은 첫째, 인공어초사업 관련 법·제도적 평가 둘째, 사업의 추진경위, 사업수립배경, 정책내용, 집행절차, 시대별 평가 셋째, 인공어초사업에 대한 과정관리(및 운영) 평가 및 사후평가 등이다.

### 평가기준 및 체계

인공어초사업의 정책평가 기준은 반응성(responsiveness), 능률성(efficiency), 합법성(legality), 형평성(equity) 등이 있고, 정책평가에 대한 기본적인 사고방식 및 기준에 따라 정책평가를 구체적으로 수행하고자 할 때의 정책평가 체계는 다음과 같이 8단계로 구분된다.

제1단계, 정책평가과제를 설정하는 것으로서 평가의제 선정에 있어서 평가대상과 범위를 한정하며, 평가대상에 대한 평가참여자의 공통인식을 확인하는 단계

제2단계, 인공어초사업의 기본목표 및 이념, 활동주체, 대상, 수단 등에 대한 구체적인 정책실체 및 구조를 확인하는 단계

제3단계, 정책평가 목적을 명확히 하고 정책평가의 기본시점을 검토하는 단계

제4단계, 정책목적과 정책성과를 확인하여 각 수단(활동)에 따른 정책성과의 연계를 체계화하는 단계

제5단계, 평가기준에 의하여 정책평가지표를 설정하고, 행정이념(정책이념)의 우선순위에 입각하여 명확히 하는 단계

제6단계, 선택된 평가지표간 관련성을 고려하여 평가체계도를 작성하는 단계

제7단계, 인공어초 시설효과와 목표달성효과를 산정하기 위한 각 지표별 산정결과를 통합하여 정책평가표를 작성하는 단계

제8단계, 정책전체에 대한 총괄평가 및 결과에 근거한 개선안을 제시하는 단계로서 정책평가표에 제시된 정책효과의 산정결과는 어디까지나 개별지표에 근거한 정량화 가능한 범위의 성과이므로, 정량화하기 곤란한 질적 효과에 대한 고려가 필요

## 다. 인공어초사업의 추진체계 및 실적

### 추진체계

우리 나라의 인공어초사업의 법적 근거는 수산업법 제79조의2제1항제1호로서 수산자원을 조성하기 위하여 어초시설사업을 할 수 있도록 하고 있다. 우리 나라의 인공어초 시설사업의 목적은 수중에 인공적으로 수산생물의 산란·서식장을 조성하여 수산자원 증강 및 어업인 소득증대를 도모하는 것이다.

인공어초사업의 추진은 해양수산부에서 기본계획을 수립하여 사업물량 및 집행방법 등을 시·도에 시달하고, 시·도지사는 어초시설 적지조사를 실시한 후 연구기관 및 학계 등 전문가로 구성된 어초협의회 심의를 거쳐 시설장소와 어초종류 등을 결정하고, 입찰에 의하여 선정된 업체에서 어초를 제작하여 시설하게 된다.

적지조사는 국립수산진흥원 등의 전문 연구기관에서 실시하고 있으며, 주요 조사내용은 어초 시설예정지가 수산생물의 산란·서식 및 보호 등에 필요한 수역인지의 여부와 시설된 인공어초가 조류나 태풍 등에 의해 넘어지거나 빨 속에 묻힐 염려가 있는지 여부 등을 조사 분석한다.

어초제작은 전문직 공무원이 제작현장에 상주하면서 철근 및 소요자재의 적정 사용여부와 콘크리트 강도 등 시공 전반에 걸쳐 감독하는 한편, 어초 제작현장의 인근 어촌계장 등을 명예 공사감독관으로 위촉하여 어초가 건실하게 제작되도록 하고 있다.

이렇게 제작된 어초는 항구에서 바지선에 선적하여 시설수역까지 운반, 수중에 시설하게 되는데 이 때에는 시·도, 시·군, 지방해양수산청 소속 공무원과 수협직원 및 어촌계 대표 등이 공동 승선하여 어초가 적재적소에 시설되도록 입회 감독하고 있다.

어초를 수중 시설한 후에는 사업집행주체인 시·도지사가 사후관리상태를 년 1회이상 조사하여 어초 기능을 저해하는 폐어망 및 오·폐물 등을 제거하고, 불법어업의 방지 및 단속을 강화하는 등 어초어장 관리대책을 수립 시행하고 있다.

### 실적

우리 나라의 인공어초 시설사업은 정부투자사업으로 1971년도 강원도 양양 앞바다에 처음으로 투하된 이후 매년 약 5만개 이상 증가하여 1999년까지 시설적지 306,751ha 중 전국연안 142,440ha에 약 984천개의 인공어초를 시설하였으며, 금액으로 4,253억원이 투자되었다.

연도별 투자된 사업비를 살펴보면, 1971년에는 30백만원에 불과하였던 사업비가 1990년도에는 129억원으로 증가되었고, 그 후 계속 증가되어 1997년에는 최고 627억원에 이르게 되었으며 1999년에도 약 434억원을 투입하였다.

각 도별 적지면적과 시설면적을 살펴보면(1999년도 기준), 적지면적 306,751ha중 약 47%인 142,440ha가 조성되었으며, 전체 시설면적중 경남(울산포함)이 20.5%(29,176ha), 전남이 20.2%(28,727ha), 그 다음 제주가 13.5%(19,269ha)로 나타나고 있다.

현재 인공어초를 제작하는데 사용되고 있는 재질은 콘크리트이며, 어초 종류는 사각형, 반구형, 원통형, 잠보형, 뿔삼각형, 방가로형, 반원가지형, 신요철형 등 11종이다.

이중 어류를 주대상으로 하는 근해용 어초는 4종이고, 패류·해조류를 주대상으로 하는 연안용 어초는 7종이다. 또 수역 및 어종특성에 적합한 어초를 개발하기 위하여 시험어초로서 23종의 새로운 어초를 시험 중에 있으며, 다양한 재질을 이용한 어초개발 노력이 이루어지고 있다.

<표 1> 인공어초시설 적지면적 대 시설 실적

(단위 : ha, 백만원)

시·도	적지면적	계		1971~1998		1999	
		면적	금액	면적	금액	면적	금액
계	306,751	142,440	425,302	133,789	381,912	8,651	43,390
부산	1,888	1,473	4,431	1,297	3,683	176	748
인천	27,874	2,681	14,173	2,057	11,216	624	2,957
경기		4,443	13,705	4,267	11,875	176	830
강원	27,791	18,913	48,371	18,231	44,421	682	3,949
충남	30,746	10,897	34,881	9,745	30,579	1,152	4,302
전북	15,772	7,676	24,301	7,084	21,968	592	2,333
전남	55,973	28,727	81,986	27,105	74,227	1,622	7,759
경북	27,360	19,303	50,583	18,342	46,094	961	4,489
경남	54,582	28,766	81,925	27,437	74,411	1,329	7,514
울산		410	1,982	282	1,296	128	686
제주	64,765	19,151	68,964	17,942	61,141	1,209	7,823

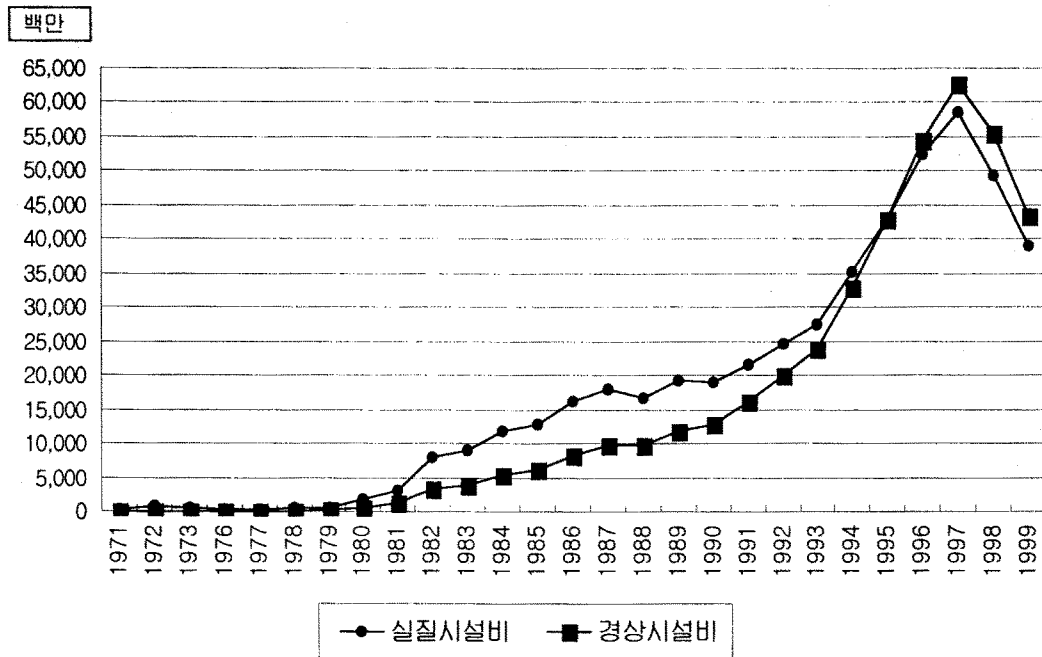
자료 : 해양수산부 양식개발과

인공어초 시설사업에 대한 투자추이를 크게 4단계로 구분할 수 있다. 제1단계는 1980년 초까지로 미미한 증가세를 보이는 단계로서 사업초기의 양상을 나타내고 있고, 제2단계는 1980년 초부터 1990년 초까지로 매년 안정적으로 증가하는 양상을 보여 사업이 확장되는 단계였다. 제3단계는 1990년 초부터 1995년까지로 급격한 증가세를 보여 집중적인 투자가 이뤄진 시기이다. 마지막 제4단계는 1996년 이후로 정부에서 목표로 하는 적지면적에 대한 투자가 어느 정도 이뤄지면서 투자세가 한층 감소하는 단계이다.

인공어초 투자예산을 수산부문 실질예산과 대비해 보면 전체적으로는 약 6.52%이었다. 시대별로 보면 1981년까지는 수산투자예산의 5% 미만으로 미미하다가, 1982년부터 투자가 증가하여 1991년과 1992년은 약 10%대까지 증가되었다. 그러나 1990년대 중반이후 수산투자예산이 대폭 증가하면서 상대적으로 인공어초 투자예산은 점차 감소하여 1998년에는 1984년 수준인 약 7%로 떨어지다가 1999년에는 5% 미만으로 떨어졌다.

총 인공어초 시설투자비는 경상가격으로는 약 4,250억원이지만 GDP 디플레이터로 디플레이트한 실질가격으로는 약 4,900억원에 이른다.





<그림 1> 인공어초시설사업 투자추이분석

## 2. 생물학적 평가

### 가. 재료 및 방법

#### 조사대상

본 조사대상 표본 인공어초어장은 동해 2개소, 남해 3개소, 제주 2개소, 서해 1개소이고, 서해에서는 침몰된 강선이 어초와 유사한 기능을 하고 있어 추가로 조사하였다. 유형별로는 6개소가 사각어초였으며, 2개소가 반구형 연안어초였다. 반구형 연안어초는 남해에서 집중적으로 조사되었다.

#### 조사방법

대상생물의 생태는 짧은 조사기간에 현장에서 이해하기 어렵기 때문에 지금까지 보고된 자료를 활용하여 정리하였으며, 어류 조사는 잠수를 통하여 육안으로 출현종과 생물량을 계수하고 사진 촬영을 병행하여 어류의 어초에 대한 행동을 조사하였다. 무척추동물의 조사 방법은 어초별로 20×20cm의 면적을 대상으로 사진 촬영을 실시한 후, 부착생물을 채집하였다. 해조류는 어초에 형성된 생물군집의 다양성과 풍도를 기준으로 하였다.

## 나. 조사결과

### 동해안

표본어장은 사각어초가 대부분이고 일부 몇 종의 신행 어초가 실험중에 있었는데, 모래 바닥이 넓게 발달한 동해의 특성상 잘 쌓여진 사각어초는 수중여의 역할을 하고 있었으며 주위의 모래 바닥에 비하여 생물상이 다양하였다. 그러나 계절에 따라 수온의 변화가 심하고 그러한 환경 변화로 인하여 모이는 어류종이나 양도 크게 달라짐을 추정할 수 있다.

강릉 사근진 앞바다에 설치된 사각어초에는 조사 시기가 수온이 감소하는 상황으로 쥐노래미 외에는 특별한 수산 어종이 없었으며 쥐노래미의 양도 어업 활동을 하기에는 부족한 실정이었다. 오히려 몇 마리 안되는 대형 쥐노래미와 대형 한류성 말미잘, 명게류를 보호하면서 다이버들에게 관광 상품으로 활용하고 있었다.

동해안 어초의 이와 같은 계절적 환경변화와 생물상의 특징으로 미루어 각 지역의 특성에 맞는 어초 성격 즉, 관광형 또는 어업용(산란장 조성용, 성육장 또는 어업장소용) 등을 정하고 어초의 형태, 설치 수심, 배치 및 생물 대상종을 정하여 사업을 추진하는 것이 바람직하리라 판단되었다.

### 남해안

반구형 어초는 해조류를 부착시켜 해중림을 조성하는 데에는 효과가 인정되나 패류나 어류를 대상으로 하기에는 형태나 설치 기준에 대하여 수정이 필요하다고 판단된다. 한편 사각어초는 수심이 깊은 곳에 설치되어 생물상은 반구형에 비하여 단순하지만 우렁쟁이나 어류의 생산량은 크다. 보다 효율적인 어초 배치나 어초 형태, 재질의 다양화가 필요하다.

### 서해안

빨 바닥이 넓게 발달된 서해의 특성상 어초가 잘 설치된 곳은 조피볼락과 같은 정착성 어종의 서식처를 제공해 주고 있다. 그러나 서해는 탁도가 높아 어초 설치 수심에서는 해조류의 번식은 어렵고 무척추동물도 다른 해역에 비하여 다양하지 않은 편이다. 따라서 서해는 정착성 어종을 대상으로 대상 해역의 저질, 물의 흐름, 수심 등을 기초 자료로 대상어종의 이동로를 예상하여 어초 배치를 실시하는 것이 바람직하다.

### 제주도

사각어초의 경우 바닥에 얇은 암반이 발달하여 있는 서귀포 법환 연안의 사각어초에서 다양한 어족 자원이 확인되었다. 반면 현재 시험 중인 시험어초가 설치된 비양도 연안은 수심이 10m 이심으로 다양한 해조류가 번성하여 있어 연안의 해중림 조성 사업에 효과가 있을 것으로 판단되었다. 단, 수심이 얇고 해저 지형이 단순하면서 평탄한 환경 특성상 고급 어류 자원은 그다지 많지 않는 편이었다. 따라서 각 해역별 어초의 설치 목적이 보다 명확하게

정의된 다음 해당 사업에 필요한 어초형이 선택되고 그렇게 선택된 어초가 예상했던 바대로 수중 생태가 조성되어 가는지를 장기 모니터링하는 가운데 시행오차를 줄이는 것이 바람직하다.

### 3. 기술적 평가

#### 가. 어초규모와 배치구조

우리 나라의 인공어초의 규모와 배치를 보면 근해 어류용어초는 3~4단, 연안의 패·조류용어초는 1단 병렬로 시설토록 기준을 설정함으로써 인공어초사업이 일관되게 추진할 수 있도록 하고 있다. 그러나 인공어초 주변의 자원 가입량, 와류발생, 지역여건, 수심에 따라 이를 결정하는 것이 바람직하다.

어초 단체(單體)는 단위어초가 가지고자 하는 기능에 알맞고, 대상생물에 대한 기능성, 내구성, 경제성, 조업성 등을 종합적으로 검토하여 결정하여야 하며, I, II형 어류용은 내부구조가 복잡한 것으로 하고, III형 어류용은 높이가 있고, 표·중층까지 유동환경의 변화를 주는 것으로서 어초에 정위하는 어류의 행동에 따라 다르게 정할 필요가 있다.

단위어초의 규모는 최소한 400m<sup>2</sup> 이상(낙시어선 2~3척이 1일척당 20kg정도 어획)으로 하고, 어획용 어초는 수심에 따라 800~6,000m<sup>2</sup> 정도 지역 특성에 알맞게 할 필요가 있고, 소형어초, 대형어초 및 부어초를 혼합 시설하여 연안을 입체적으로 활용할 필요가 있다.

단위어초의 배치는 어군이 수직방향 20m, 수평방향 50m 이내에 집중 위집하고, 수평방향으로는 500m 연속하여 분포하므로 이를 감안하여야 효과를 높일 수 있다.

어초군(魚礁群)은 복수의 단위어초를 서로 고려하여 대상해역에 있어서의 자원량, 해역의 환경특성, 조업 및 조업어선의 수용척수 등을 고려하여 정하는 것이 바람직하다.

#### 나. 어초어장 조성계획

##### 해역 조사

어초어장의 조성을 위하여 해역조사가 필요한데 해역조사에서는 생물적 조건, 물리·화학적 조사 및 사회경제적 조건의 조사가 필요하다.

조성하는 어초어장은 대상해역의 연안 어업 유도방향, 어장 이용 계획을 기본적으로 검토하고, 해역조사와 병행하여 대상해역의 사회·경제적 조건을 조사하여 사업의 목표, 조성위치, 조성 규모 검토의 기초자료로 활용한다.

해역조사 결과를 해석하고, 대상해역의 어장특성, 자원특성, 쾌적한 어장조건을 추정하고 대상어업의 동향을 고려하여 어초어장 조성계획을 책정할 필요가 있다.

### 어초어장 계획의 수립

인공어초 어장을 조성하는 해역은, 대상생물의 생식조건과 물리·화학적 환경으로부터 효과적인 어초어장이 형성되는 것과, 대상해역 어업인에 의한 유효 이용이 기대되는 해역을 선정하고, 대상생물과 조성위치를 다음과 같이 선정한다.

대상생물의 발육단계에 있어서 환경선택 특성과 어장형성과의 관련성을 관련을 파악하고, 조성위치를 선정할 필요가 있으며, 이 때 생물 생태 및 행동특성과 기존어장의 환경해석 등이 검토되어야 한다. 또한 종묘 방류를 행하는 경우에는, 방류, 육성, 천연예의 자원첨가 등의 조건을 배려하여야 할 것이다.

조성위치는 대상종의 서식장으로 적합하던가 아니면 어도(魚道)가 되는 경우로서 해역의 수온, 염분, 수심 등의 기본조건이 대상종의 발육단계에 있어서 생식조건을 충족하고 있어야 함은 물론이고, 인공어초를 설치하는 것에 의해 어장환경이 향상되는 해역이어야 할 것이다.

### 어초어장 조성계획의 기본요건

어류용 어초의 일반적 적지 여건은 수산생물이 서식하는 수심 10~50m 수역(최적 수심은 20~40m)으로 매몰, 유실의 우려가 없는 경사가 완만한 곳으로, 공단 주변이거나 항로가 아닌 곳이어야 한다.

패·조류용 어초는 해조류의 착생을 위한 부착기질을 제공하는 것이 목적이므로 단위 면적당 어초 시설량을 결정하는 것 보다 보상심도를 정밀히 측정하여 보상심도 이하 시설면적에 패·조류용 어초를 전면에 설치하는 것이 바람직하다. 패·조류용 어초의 적지조사는 수중 정밀 조사를 실시하여 해조류 서식 유무를 관찰하여 적지로 판정한다.

연안 해역에 시설되는 인공어초 적지조건의 일반적인 사항은 생물 환경, 어업생산의 장소, 해저지형, 시설 수심, 수질, 저질, 파도와 흐름, 자연초와의 상호 관계이다.

## 다. 인공어초 시설

### 시설 위치 결정

인공어초 시설을 하기 위해서는 이미 기 조사되어 결정된 적지위치를 확인하고, 시설이 가능하도록 기점을 설치하여야 한다. 위치를 결정하는 방법에는 물표의 겹침 등의 방식에 따라서 위치를 결정하는 방법, 선위 측정법으로서 육상의 정점에 대해서 측각에 의한 방법, 방위를 구하는 방법, 거리를 구해서 원호의 교점을 찾는 방법, 거리차를 구해서 쌍곡선의 교점을 찾는 방법 등이 있다. 그리고 전자기기를 이용하여 위치를 측정하는 방법은 LORAN-C, DECCA 시스템, OMEGA 시스템, NNSS, GPS 등이 이용되었으나 최근에는 GPS보다 더 정확한 전지구 위치 측정기(DGPS)와 같은 기기가 발달됨에 따라 보다 과학적인 방법으로 시설위치를 찾을 수 있다.

## 시설 방법

현재 행해지고 있는 어초의 투입방법은 대체로 다음의 3가지 방법으로 나눌 수 있다.

- ① 바지선에 선회 기중기를 이용 어초 1~2개를 수면 가까이에서 투입(현수투하)
- ② 바지선에 선회 기중기를 이용 어초 1~2개를 저면까지 내려서 투입(현수거치)
- ③ 어초를 준설선에 실어 선저를 열어서 한번에 투입

이들의 투입 방법 중 집적에 대해서는 ③의 방법이 좋겠지만, 정확한 투입 위치를 결정하고, 파도가 잔잔한 날을 골라 투입하며, 바지선의 이동을 최대한 억제하면 ①, ②의 방법에서도 양호하게 어초를 시설할 수 있다.

인공어초 설치는 복잡한 해저지형에 이용가치, 효율성, 대상어종의 유영행동, 재생산 등 그 생태에 적합한지 등을 종합적이고 기술인 검토를 토대로 결정하여야 하며, 어초어장의 생산효율 및 수산생물의 증식효과를 높이도록 하기 위하여 시설한 것으로 정확한 배치기술이 어초시설사업의 중요한 요인이다.

## 시설 상태 조사

침설 후 인공어초의 시설 상황 조사는 잠수, 수중 VTR, 음향 측심기(어군 탐지기)등에 의해 행해지고 있다.

## 라. 인공어초의 안정성 검토

### 인공어초 침하에 대한 안정성

인공어초에 대한 세굴침하 및 저감을 위한 대책으로서는 어초구조 및 부재의 형상 개량에 의한 방법, 어초 전면 하강류의 차단공법, 어초 전면의 경계층 제어 공법, 기초지반의 한계 소류력 증대법 등을 고려할 수 있으며, 흐름장에서는 쇄석공법이 양호하다.

인공어초군에 대한 세굴침하 및 매몰에 관한 연구 검토가 요망되며, 이를 위한 수리실험 및 수치 시뮬레이션 기법의 정립이 차후 과제로 강조될 수 있다. 또한, 연약지반에 대한 인공어초어장 조성 및 유지를 위해 침하에 대한 어초 자중의 효과를 체계적으로 정리할 필요가 있다.

우리 나라 인공어초 설치 예정수역의 상당부분이 니질이기 때문에, 설치한 어초가 매몰할 가능성이 높다. 그래서 그 설계에 있어서 매몰을 최소한으로 하기 위한 기초자료로서 침하 실험을 행하고, 해저의 지지력을 조사하여야 한다

### 철근 콘크리트 건설 시공

철근콘크리트 내부 철근 부식방지 대책으로는 ①피복두께 증가, ②염화물 동결 방지제 및 바다모래 사용 제한, ③철근 방식법이 있으며, 이는 다시 ①철근 자체 처리법, ②철근의 전기방식법 및 ③부식 억제제 사용 등이 있다.

## 마. 인공어초 재질의 다양화

### 세라믹 인공어초

부실시공 방지와 다양한 형상의 인공어초 제작이 용이하여 수산생물 특성에 적합한 인공어초 개발에 기여할 수 있다. 특히 표면적을 넓게 제작할 수 있어 패조류용 어초와 고유 정착성어류의 서식처 제공하기에 알맞다. 또한 세라믹어초는 황토 및 천연 석화(4~6% 혼합하였을 때) 성분의 흡수력이 강하여 해양의 부유물 및 오염물질을 흡착하여 오염도를 감소시킨다.

### 강제 인공어초

① 강제어초는 단위 면적당 강도가 기존의 철근콘크리트 어초보다 강하므로 같은 공간 부피를 만들기 위해서는 소량의 부재가 소요됨으로 대형화 어초 제작에 적합

② 강제는 초대형 인공어초 제작이 용이하고, 연약지반용, 심해용으로 적합하며 표·중층어류의 위집에 큰 효과

③ 가공성이 다양하여 복잡한 구조, 형상, 부재간 거리 등의 조절이 용이하여 알맞은 어류의 서식 환경 제공이 용이

④ 가공된 강제어초는 콘크리트어초 보다 가벼워 운반이 용이하고 품질관리와 조립이 간편하여 공장조립이 가능

### 표·중층 부어초

인공어초의 기능이 다양화되고 그 목적 또한 복합적이 되면서 주로 회유성 어종을 대상으로 한 부어초의 개발이 각광을 받고 있다. 부어초의 특징은 다음과 같다.

① 수심이 깊은 해역이 시설하기 적합

② 착저식 어초와 병행 시설하여 연안어장을 입체적으로 이용

③ 공간부피당 제작단가가 저렴

④ 연약지반에도 시설이 용이

⑤ 계류삭의 길이 조절로 표층 ↔ 중층용 어초로 전환이 가능

### 강제 침선어초

어초에 이용된 선박은 생물학적으로 수산생물의 서식에 영향이 없고, 환경 오염의 우려가 없으며, 구조적으로는 일정 기간동안 어초 기능을 발휘할 수 있는 내구성을 구비해야 하며, 경제적인 측면에서는 기존 어초의 단가보다 저렴해야 한다.

강제선박을 어초로 사용하기 위한 조건은 첫째, 선령이 30년 이상의 내구 연수를 갖는 것으로서 어초화 작업이 가능해야 하고, 둘째, 선박의 구입가격은 해체비, 예인비, 어초 개조비, 잔존 선가 등을 합한 금액이 같은 규모의 콘크리트 어초 가격 이하여야 한다.

## 4. 사회경제적 효과분석

### 가. 직접효과 분석결과

표본인공어초 어장에서의 직접편익 추정을 위한 순어업생산량은 2000년 현재 현지 조사를 통하여 산출한 총어업생산량에 어획효과를 감안하여 추정하였으며, 어획효과는 원칙적으로 인공어초 투하로부터 3년이 경과한 4년째부터 발생한다고 가정하였고, 1991~1994년 동안의 국립수산진흥원에서 조사한 어획효과조사결과를 기초로 추정한 결과 강원 5배, 경남 4.5배, 충남 3배 그리고 제주가 5배이었다. 인공어초어장에서의 조업척수는 인공어초 시설량에 따라 비례한다는 가정하에 현재 이용하고 있는 조업척수를 기준으로 추정하였다.

본 연구의 모든 표본어장은 1996년 이전에 시설한 인공어초 어장을 대상으로 하였기 때문에 2000년 현재는 대상 모두가 인공어초 시설로 인한 어획효과가 발생하고 있다고 가정하였다. 이러한 가정하에 추정한 2000년 현재의 표본어장별 추정결과 수익률이 26.6%~39.7%로 나타났다.

<표 2> 표본어장별 경상 직접 편익 및 비용(2000년 현재)

(단위 : 천원, %)

지 역	직접순편익 (A)	직접편익 (B)	직 접 비 용			수익률 (A/B)
			합 계	고 정 비	변 동 비	
강 룡	112,343	313,956	201,613	34,802	166,811	35.7
태 안	128,781	324,000	195,219	30,707	164,512	39.7
통 영	399,331	1,500,000	1,100,669	204,715	895,954	26.6
제주도	13,807	51,300	37,493	10,236	27,257	26.9

주) 직접 비용중 인공어초 시설투자비는 제외되었기 때문에 동 분석결과는 인공어초효과를 반영한 2000년 현재의 순수한 어업에 의한 편익 및 비용만을 나타내고 있음.

### 나. 간접효과 분석결과

간접효과는 인공어초가 투하된 4개 표본지역을 방문한 관광객을 대상으로 설문조사를 실시하여 예상방문객 수, 소비자잉여를 및 간접편익을 추정하였다.

추정결과를 보면 각 지역 공히 거리비용 및 시간의 기회비용을 포함한 여행비용변수가 매우 중요한 방문 결정요인이었으며, 특히 여행비용변수의 기울기가 陰(-)으로 나타나고 있어 방문율은 여행비용의 역함수관계임을 나타냈고, 지역별 방문객수는 강릉 828만명, 태안 800만명, 통영 230만명, 제주도 366만명이었고, 총 방문객중 인공어초를 이용한 방문객을 총 방문객의 0.05~0.1%로 가정하여 추정한 간접편익은 <표 4>와 같다.

<표 4> 인공어초 간접효과 추정 결과

(단위 : 명, 천원)

구 분	지 역	연간 방문객수	경제적 편익
시나리오 I (방문을 0.05%)	강 룡	4,140	318,952
	태 안	4,000	253,807
	통 영	1,150	97,375
	제주도	1,830	281,020
시나리오 II (방문을 0.075%)	강 룡	6,210	478,428
	태 안	6,000	380,711
	통 영	1,725	146,063
	제주도	2,745	421,530
시나리오 III (방문을 0.1%)	강 룡	8,280	637,905
	태 안	8,000	507,614
	통 영	2,300	194,750
	제주도	3,660	562,039

#### 다. 타당성 분석결과

사회경제적 타당성 평가는 어업용으로 인공어초를 이용하여 얻는 직접효과와 낚시 등 이용에 의한 간접효과를 종합적으로 검토하였다. 간접효과는 각 지역 총 방문객중 0.05, 0.075 및 0.1%가 인공어초를 이용한다고 가정하여 시나리오별로 분석하였다.

분석결과 투자에 대한 경제적 효과가 얼마인가를 나타내는 순현재가치(NPV)는 모든 시나리오가 “+”로 나타나 경제적으로는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 다만 3가지의 시나리오를 비교해 볼 때 지역에 상관없이 시나리오 III이 상대적으로 NPV가 높아 보다 효율적인 것으로 볼 수 있다.

또한 NPV=0으로 하는 내부수익률도 각 지역 모두 사회적 할인율인 8.5%를 모두 넘어서 투자효율성이 있는 것으로 분석되었다.

이상의 지역별 인공어초 투자에 따른 사회경제적 타당성 분석결과를 종합하면, 동 사업은 경제적으로 투자할 만한 가치가 있는 것으로 평가된다. 특히 시나리오 III의 경우 간접효과를 최대 방문율 0.1%로 가정하였으나, 만일 방문율이 높아진다면 동 사업의 효과는 더욱 더 커질 것으로 전망된다.



<표 6> 시나리오별 사회경제적 타당성 분석 결과

구 분		시나리오 I (방문율 0.05%)	시나리오 II (방문율 0.075%)	시나리오 III (방문율 0.1%)
순현재가치(NPV) (천원)	강릉	969,963	1,668,419	2,366,880
	태안	299,210	1,425,246	1,571,557
	통영	1,030,365	1,228,676	1,426,982
	제주	551,768	1,007,287	1,462,803
내부수익률(IRR) (%)	강릉	15.81	19.42	22.33
	태안	10.33	16.05	16.70
	통영	15.28	16.22	17.05
	제주	16.05	19.82	22.63
투자회수기간 (년)	강릉	13	12	11
	태안	18	16	15
	통영	13	12	12
	제주	15	13	12

## 5. 인공어초어장의 이용·관리 실태

### 가. 이용·관리 실태

#### 인지도

인공어초사업에 대한 어업인들의 인지도는 전국 평균 86%가 동 사업에 대하여 알고 있었고, 강원이 94%, 전남과 경기도가 89%, 경북이 87%, 제주가 77%로서 이제는 대부분의 어업인들이 인공어초사업에 대하여 인식하고 있었다.

구체적인 인공어초어장의 위치에 대한 인지도는 전국 평균 78%이고, 지역별로는 강원이 94%로 가장 높고, 경북이 88%, 경기도가 82%, 제주가 77%인 반면 전남은 46%로서 전남을 제외하고는 상당수의 어업인들이 구체적인 투하장소까지도 파악하고 있었다. 어장이용 빈도수 증가, 어탐기의 사용 및 정보의 공유에 의한 것으로 판단된다.

#### 이용실태

인공어초어장의 어획어종을 보면 불락류가 47%로 가장 많고, 넙치류가 15%, 돔류가 9% 그리고 나머지 28%는 기타어종으로 주로 연안 정착성 어종인 불락류와 넙치류가 주종을 이루고 있었다.

인공어초 어장을 이용하는 어구·어법은 낚시류가 45%, 통발류가 18% 그리고 자망류가

17%이고 기타가 19%이었다. 인공어초 어장에서의 조업여부는 전국적으로 40% 정도가 자주 이용하는 것으로 나타났다. 가끔 이용자는 약 32%이고 이용을 아니하는 경우가 27%로서 약 70% 정도가 빈도수는 적지만 인공어초 어장을 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

인공어초 어장의 이용사유는 어획효과가 높아서 이용한다는 의견이 전국적으로 51%로 가장 높았다. 그 외에 어획효과가 높아서라기 보다는 어장거리가 짧아서 어업비용을 줄일 수 있다는 이유가 26%이었고, 어장이 고정되어 있어 어획효과는 떨어져도 용이하게 이용할 수 있다는 편리성이 22%이었다.

### 인공어초 시설적적성

인공어초시설이 적합한가에 대해서는 전국적으로 57% 정도만 적합하다고 응답하였고, 경기가 76%로 가장 높고 강원이 58%인 반면 경북은 36%에 그쳤다. 그 이유는 인공어초사업의 초기에 시설한 어장에 대한 불신과 마을어장 등 육상에서 가까운 연안에 시설하는 것을 바라고 있기 때문인 것으로 보여진다.

## 나. 어획효과 분석결과

인공어초의 어획효과에 대해서 전국적으로 59%가 좋다고 보았고, 효과가 있다를 의미하는 보통을 포함하면 약 80% 정도가 동 사업에 대한 효과를 인정하였다. 한편 전남의 경우는 의외로 인공어초에 대하여 효과가 좋다고 답변한 경우가 33%에 그쳤으나, 경기도 및 제주도 대단히 좋다가 70%를 넘었다.

국립수산진흥원에서 1991년부터 1994년까지 전국의 인공어초에 대한 어획효과를 조사한 결과를 살펴보면 어획중량을 기준으로 할 경우 자연초어장보다는 1.14~3.92배가 좋은 결과를 보였고, 비시설지구에 비해서는 1.51~7.13배의 효과가 있었다. 어획미수도 유사한 추세를 보여 결론적으로 인공어초 어장이 자연초나 비시설지구에 비하여 약 2~3배의 어획효과를 가져온다고 보아도 무리가 없을 것 같다.

## 6. 종합평가 및 중장기 정책방향

### 가. 종합평가

인공어초사업은 약 30년전부터 실시되었기 때문에 평가는 시대적 변천에 따라 평가되어야 할 것으로 사료된다. 따라서 일차적으로 시대적 변천을 감안하여 평가하면 다음과 같다.

제1기(1971~1984)는 투자초기단계로 소형사각어초 중심의 단순한 사업실시기간으로서 적지조사, 제작, 투하, 이용관리 및 사후관리 등의 기술이 저조하여 효과가 상당히 떨어졌다고 볼 수 있다.

제2기(1985~1991)는 인공어초 다양화 단계로 새로운 어초유형이 개발되어 보급되기 시작했고, 적지조사 방법이 개선되어 본격적인 인공어초사업이 실시되기 시작한 단계로 평가할 수 있다. 그러나 여전히 제작, 투하 및 사후관리는 미흡한 단계이다.

제3기(1991년 이후)는 인공어초사업의 정착기로서 투하기술이 개선되었고 수산업법에 동사업의 실시근거가 마련되어 명실상부한 제도권 사업으로 자리매김하였다. 그러나 여전히 사후 효과조사 및 사후관리는 다소 미흡하여 개선할 필요가 있다고 보여진다.

평가분야별로 보면 먼저 생물학적으로는 상당히 효과가 있는 것으로 평가할 수 있다. 다만 자원상태 및 어장환경생태계가 충분히 고려되지 못하고 있어 이의 개선이 요구되고 있다. 일본의 경우만 보아도 인공어초 어장을 조성할 때 어업유형별 인공어초 어장을 조성하고 있음을 볼 때 막연하게 어종만을 기준으로 한 현행 방법은 개선이 필요할 것이다.

기술적으로는 상당히 발전 개선되고 있으나, 인공어초 재료가 대단히 제한되어 있고, 장기간 사용함으로써 경제적이고 어초효과가 높은 새로운 어초개발이 제약되었다고 할 수 있다.

사회경제적 관점에서는 NPV가 0보다 크고 내부수익율도 13%가 넘어 어느 공공사업에 못지 않은 평가결과가 나왔다. 그러나 동 사업이 불특정 연안 다수어업인을 대상으로 하고 있고, 사업목표가 어초어장을 조성한 어업인소득 증대에 한정되어 있다는 문제점이 있다.

## 나. 문제점

### 사업 평가체제

막대한 예산이 투입되고 있는 공공사업인 인공어초사업에 대한 합리적이고 과학적으로 평가할 수 있는 구체적인 방법이 존재하지 않기 때문에, 인공어초의 자원조성효과 및 어민소득증대효과, 불법어업방지효과에 대한 평가결과에 대해 많은 논란이 존재하고 있다.

### 사후관리

인공어초는 수중내에 설치하여 일정기간이 경과한 후 지속적인 관찰이 필요하지만, 지속적인 관찰에는 막대한 예산 및 전문인력이 필요하다. 특히 사업주체인 시·도가 자체적으로 사후평가나 사후관리를 수행하는 것은 예산 또는 인력상 불가능한 실태이다.

### 적지선정

인공어초 적지 선정의 과학적인 검토가 이루어져야 할 것이다. 현재 국립수산진흥원의 수산공학과와 해양수산부 지정 전문연구기관에서 적지선정을 수행하고 있으나, 조사항목이 대부분 해양공학적 측면에 한정되어 있고, 예산이 부족하여 예산 규모에 따라 적지조사량이 좌우되는 경우도 있다. 따라서 적지 조사에는 반드시 단층촬영을 통한 어느 정도 깊이의 저질 분석과 생물 생태학적인 자료를 토대로 한 적지 선정이 요구되며, 현재 적지로 분류되어 있는 해역에 대해서도 차후 전반적인 재검토가 필요하리라 생각된다.

### 인공어초 유형

인공어초는 산란장, 먹이장, 은신처로서의 기능을 담당하며 각 어종에 따라 어초의 이용목적에 다르다. 예를 들면 해초에게는 부착기반이 되며, 방어나 광어에게는 먹이장이 되며, 문어에게는 은신처 및 먹이장을 제공하게 된다. 다시 말하면 어종에 따라 어초에 대한 반응의 차이가 존재하며, 역으로 어초의 종류에 따라 서식하는 어종이 다르다. 그러므로 목적대상(어종별)의 성장단계에 대한 정확한 규명을 통한 다양한 어초제작 및 시설이 필요하다.

### 인공어초 제작

지나치게 많은 업체가 입찰에 응하고 있어 성실업체 선정을 위한 노력이 과다하게 소요되고 있으며, 선정된 업체에 대한 성실성 판단은 매우 어렵다. 또한 현재 인공어초제작은 건설공사로 취급되고 있으므로, 시·도에서 인공어초 제작장을 확보해야 하나 부지 확보가 매우 곤란하다. 또한 공사시기가 지역이나 자연조건에 구별없이 일괄적으로 규정되어 있기 때문에 사업실시에 있어서 비효율성을 노정하고 있다.

## 다. 종합개선방안

### 사업추진체계

계획수립에서부터 집행에 이르기까지 관련 전문가로 구성된 평가팀으로 하여금 사전 및 사후평가를 실시토록 하고 이를 차년도 정책에 반영토록 하는 것이 바람직할 것 같다. 즉 정책평가의 일반화를 위한 평가방법 및 기준이 설정과 복수의 방법에 의한 평가체계 구축할 필요가 있다.

### 제작 및 시설

인공어초제작을 건설공사 취급에서 공산품 취급으로 전환할 수 있는 방안을 검토할 필요가 있으며, 지역이나 자연적인 조건의 차이에 따라 공사시기를 다르게 규정하여 사업실시의 효율성을 향상시켜야 한다. 성실업체 선정을 위해 입찰업체 요건을 강화해야 하며, 많은 업체를 종합적으로 관리할 수 있는 D/B를 구축하여야 할 것이다.

한편 어초유형에 따라 어초규모를 조정하고 다양한 어초유형을 복합적으로 시설배치할 필요가 있다. 어초의 설치 목적을 대상해역의 환경 및 생물학적 특성에 맞게 정하고 그 목적과 대상 어종에 맞는 어초의 재질을 포함한 형태, 투하 및 배치 방법이 선정되어야 하겠다.

### 적지선정

인공어초의 적지는 어초의 유실 및 매몰 등 기준에서 생물생태적 특성을 고려한 적지조사를 실시하여 적지를 선정할 필요가 있다. 또한 인공어초 효과를 배가시킬 해역별 어초유형별 대상종 선정을 위한 기초조사를 실시하여 사업계획을 수립할 필요가 있다.

## 이용 및 관리

인공어초어장의 효율적인 이용·관리를 위하여 기르는 어업을 총괄하는 법을 제정하던가 아니면 현행 수산업법에서 자원조성수면에 대한 이용·관리 조항을 신설할 필요가 있다. 실질적인 어초어장의 이용·관리주체는 어업인 단체(어촌계 또는 수협)로 하고 유어낚시를 포함한 어장 이용·관리를 자율적으로 할 필요가 있다.

사후관리를 전국적으로 공정하고 객관적이며 효율적으로 수행하기 위해서 시·도에 맡기는 것보다는 별도의 전국적인 통합기구를 신설하는 방안으로서 국제규제에 따른 어업인지원 특별법에 근거하고 있는 기르는 어업센터를 기반으로 가칭 인공어초 통합관리재단(가칭)을 설립하는 것도 검토할 필요가 있다.

폐어망 등으로 오염된 인공어초어장의 폐어망을 수거하는 것은 대단히 비경제적이다. 따라서 사후수거보다는 사전에 예방하는 것이 보다 더 현실적이고 경제적인 것이다. 사전예방을 꾀하고 인공어초의 효과를 높이는 방안으로 동 어장의 이용가능 대상자인 인근의 어업인들에게 인공어초 어장의 위치 등에 관한 정보를 충분히 알리고 어망 등의 투기를 하지 않도록 홍보할 필요가 있다.

## 라. 새로운 자원조성방안

### 어초의 다양화

현재 우리 나라 인공어초는 철근 콘크리트 인공어초가 주종을 이루고 있다. 따라서 경제적인 측면으로나 어초의 다양한 개발 측면에서 많은 제약이 따르고 있으므로 어초재질을 다양화함으로써 어종 및 어장의 특성에 맞는 다양한 어초형태를 개발할 수 있고, 환경친화적이며 경제적인 어초의 개발이 가능할 것이다.

### 종합적 자원조성사업 실시

현재 인공어초사업은 수산자원조성중 어장조성에만 한정되어 있어 그 효과를 극대화하는데 제한이 따르고 국가적으로도 예산을 낭비한다는 비판을 받고 있다. 따라서 정부에서 현재 추진중인 기르는 어업이라는 상위목표를 실현하기 위한 하위목표인 양식어업, 수산자원의 조성 및 어장환경개선 등이 상하목표간 일치성과 하위목표간의 연계성이 강화된 종합적 자원조성사업으로 전환될 필요가 있다.

### 목적형 인공어초어장 조성

인공어초사업의 효과를 극대화시키기 위해서는 한정된 투자자금을 집약적으로 사용하는 것이 필요하다. 그러한 방법으로서 인공어초 사업의 목표를 분명하게 설정하고 그에 맞는 적지선정, 어초형태 및 수량의 결정과 사업추진을 행하는 것이 바람직하다. 이러한 목적형 인공어초 어장의 조성방법은 크게 어로형, 유어낚시형 및 관광형으로 구분할 수 있겠다. 이러한 목적이 정해지면 그에 따른 적지, 어초형, 수량 및 사업추진 체계도 달라져야 한다.

## 마. 증장기 정책방향

### 기본방향

첫째는 연안어장의 인공어초사업은 생물생태적 특성에 맞게 조성하는 것이다. 지금까지 인공어초사업은 인공어초의 매몰 및 유실을 방지하는데 치중하였으나, 앞으로는 생물생태적 관점에서 적지를 재조사하여 사업의 규모 및 투자대상을 등을 재조정할 필요가 있다.

둘째는 근해어장으로 인공어초사업을 확대하는 것이다. 한·중·일 어업협정으로 인하여 감소된 어장의 어업생산성을 높이기 위한 것이기도 하고, 근해로부터 연안으로 유입하는 어업자원의 양을 증대시키기 위한 것이다.

셋째로는 궁극적으로는 정부투자가 아니라 민영화하는 방안이다. 특히 인공어초의 제작 및 시설에 대해서는 궁극적으로 민영화를 추진하는 방향으로 정책 방향을 설정할 필요가 있다. 또한 보다 이를 앞당겨 추진하기 위한 방안으로 유어낚시용 및 관광형 인공어초어장의 조성사업을 민영화하는 방안도 검토할 필요가 있다.

### 투자전략

인공어초사업에 대한 향후투자는 크게 다음과 같은 세 가지 원칙에 의하여 수립되는 것이 바람직할 것이다.

첫째는 인공어초 적지조사 기준을 수정하여 전면적으로 적지를 재조사하고, 이를 기초로 목적형 인공어초사업 등의 계획을 수립하는 조사연구를 실시하는 것이다.

둘째는 인공어초 사업 제1기에 해당하는 1980년대 이전에 시설한 인공어초 어장을 생물생태적 연안어장의 인공어초화를 위하여 기 시설어장을 보강하는 투자를 하는 것이다.

셋째는 목적형 인공어초, 다양한 재질의 인공어초 등을 위한 새로운 인공어초 개발 및 사후관리 예산을 확보하는 것이다. 이러한 연구개발 및 사후관리 예산은 인공어초사업 예산의 일정비율로 정하여 확보하는 방안도 필요하다.

### 해역별 인공어초 개발 방향

우리나라의 바다는 동·서·남해안 및 제주도로 크게 구분되기 때문에 인공어초의 기능을 극대화시키고 사업의 효과를 높이기 위해서는 각 해역의 자연환경 및 생물자원의 서식상태와 사회경제적 여건을 감안하여 개발하여야 사업효과를 높일 수 있을 것이다.

동해안은 대형해조류 서식기반이 약하고 갯녹음 현상이 심화되고 있기 때문에 패·조류용과 해중립조성용 어초를 개발하는 것이 필요하고, 동해안 고유어종인 문어, 오징어의 산란초 개발도 필요하다. 한편 어류용은 부어초 개발이 필요하고, 산호류 및 우렁쉥이류 어초를 개발하여 육상관광과 연계한 체험·관광형 어초어장의 조성도 요구된다.

서해안의 조석간만의 차가 심하기 때문에 패·조류용 어초는 표사이동과 전도이동에 안정

적인 구조로 설치하여야 한다. 어류용 어초도 표사이동 및 침하방지용 어초의 개발이 필요하고, 서해안 고속도로의 개통에 따른 수도권 낚시인의 유치를 위한 유어낚시용 어초어장 조성도 고려하는 것이 좋다.

남해안의 패·조류용 어초는 연안어업인들의 소득원인 전복, 성게 등을 위한 어초개발이 필요하고, 불락, 넙치, 도다리 등 고유 정착성 어종이 많으므로 이를 위한 어초의 개발과 더불어 회유성 어종을 위한 대형 어초어장의 조성도 필요하다. 한편 소득증대 방안으로서 패·조류용과 어류용의 병행시설도 고려할 필요가 있다.

제주도도 동해안과 마찬가지로 갯녹음 현상이 심하고, 연안어업인 주소득원이 패류이므로 패·조류용 어초와 해중립 조성용 어초시설 확대가 필요하다. 한편 아열대성 어류의 관광자원화를 위하여 패·조류용 어초와 어획·관광용 어초어장 조성을 병행실시할 필요가 있다.

### 기능별 인공어초 개발 방향

인공어초기능별 개발 방향은 우선 어초시설 형태에 따라 침설형어초와 부어초로 구분하고, 침설형은 서식형태와 생물 성장단계에 따라 구분할 필요가 있고, 부어초는 대상어류의 생태에 따라 표층과 중층으로 구분할 필요가 있다.

서식형태별 인공어초는 대상 어종에 따라 표·중층성, 저서성 및 암초성어류용으로 구분되는데, 표·중층성은 규모를 크고 높게 시설하여 어류의 시각자극을 높이고, 저서성은 저면을 이용할 수 있도록 넓게 시설하며, 암초성은 시설규모가 크고 높으며 구조가 복잡하도록 시설하는 것이 바람직하다.

생물 성장단계별 인공어초로는 산란보육용, 성육용, 유도·어획용 및 해중립용 등으로 구분하여 이에 맞는 어초를 개발하는 것이 바람직하다.

표층부어초는 회유성이 강하고 계절적 이동이 심한 어류를 대상으로 하는 것이므로 그늘이 많고 파랑에 의한 동요가 적고 안정된 구조로 하고 어초재질은 부력이 우수하고 부드러운 재질이 적합하다.

중층부어초는 선박항해에 지장을 초래하지 않는 수심대에 시설하는 것이 좋고 어초재질은 어초형상을 유지하기에 좋은 강한 재료가 좋고 충분한 부력이 유지되도록 개발할 필요가 있다. 또한 침설형 어초와 복합 병행시설하여 저층, 중층, 표층 어류가 입체적으로 이용할 수 있도록 입체적 어초 어장 조성이 바람직하다.

# 목 차

I. 서 론 .....	1
II. 추진실태와 정책평가 .....	3
1. 인공어초의 정의와 기능 .....	3
가. 인공어초에 모여드는 어류의 분포 .....	3
나. 어초의 기능 .....	4
2. 인공어초사업의 본질과 추진실태 .....	6
가. 사업의 본질 .....	6
나. 추진경위 .....	8
3. 인공어초사업의 정책평가 .....	12
가. 평가 개관 .....	12
나. 정책평가 개념도 .....	13
다. 정책과정 .....	18
라. 집행절차 .....	19
마. 인공어초사업의 시대별 특징 .....	21
4. 시설투자분석 .....	22
III. 생물학적 평가 .....	25
1. 재료 및 방법 .....	25
가. 조사대상 .....	25
나. 조사방법 .....	26
2. 결과 및 고찰 .....	27
가. 주대상 생물의 생태 .....	27
나. 생물상 .....	38
다. 기존 자료와의 고찰 .....	74
3. 결론 및 건의 .....	79
가. 동해안 .....	79
나. 남해안 .....	79
다. 서해안 .....	80
라. 제주도 .....	80



<b>IV. 기술적 평가</b>	<b>81</b>
1. 어초규모와 배치구조	81
가. 인공어초의 와류발생 조건	81
나. 단위어초어장의 높이	81
다. 어초어장의 구성	82
2. 어초어장 조성계획	87
가. 해역 조사	88
나. 어초어장 계획의 수립	88
다. 어초어장 조성계획의 기본요건	89
3. 인공어초 시설	94
가. 시설 위치 결정	94
나. 시설 방법	94
다. 시설 상태 조사	107
4. 인공어초의 안정성 검토	107
가. 인공어초의 유체역학적 특성	107
나. 인공어초 침하에 대한 안정성	109
다. 철근 콘크리트 건설 시공	116
5. 인공어초 재질의 다양화	124
가. 세라믹 인공어초	124
나. 강재 인공어초	126
다. 표·중층 부어초	129
라. 강재 침선어초	130
<b>V. 사회경제적 효과분석</b>	<b>133</b>
1. 사회경제적 효과 이론적 배경	133
가. 인공어초 사업의 필요성	133
나. 인공어초 사업의 경제이론적 배경	135
2. 사회경제적 평가모형	137
가. 사회경제적 평가분석 모형	137
나. 인공어초 사업의 사회경제적 효과분석	139
3. 직접효과 분석결과	142
가. 조사지역 및 시설투자 내역	142
나. 편익 추정	143
다. 비용 추정	146
라. 분석결과	146

4. 간접효과 분석 .....	147
가. 조사지역 및 분석대상 .....	147
나. 자료분석 .....	147
다. 분석결과 .....	149
5. 타당성 분석결과 .....	151
<b>VI. 인공어초어장의 이용 · 관리 실태 .....</b>	<b>153</b>
1. 조사 개황 .....	153
2. 이용 · 관리실태 .....	153
가. 인지도 .....	153
나. 이용실태 .....	154
다. 인공어초 시설적정성 .....	155
3. 어획효과 분석결과 .....	156
<b>VII. 종합평가 및 중장기 정책방향 .....</b>	<b>159</b>
1. 종합평가 .....	159
가. 추진실적 및 정책평가 .....	159
나. 기술적 평가 .....	159
다. 생물학적 평가 .....	160
라. 인공어초어장의 이용 · 관리 .....	163
마. 사회경제적 평가 .....	163
바. 종합평가 .....	164
2. 문제점 .....	165
가. 사업 평가체제 .....	165
나. 사후관리 .....	165
다. 계획수립 및 예산편성 .....	166
라. 전문인력 .....	166
마. 적지선정 .....	166
바. 인공어초 유형 .....	166
사. 인공어초 내구년수 .....	167
아. 인공어초 제작 .....	167
3. 외국 사례 조사분석 .....	167
가. 일본 .....	167
나. 캐나다 .....	179

다. 미국 .....	182
라. 비교분석 .....	184
4. 종합개선방안 .....	185
가. 사업추진체계 .....	185
나. 제작 및 시설 .....	187
다. 자원조성 .....	188
라. 이용 및 관리 .....	190
5. 새로운 자원조성방안 .....	192
가. 어초의 다양화 .....	192
나. 종합적 자원조성사업 실시 .....	192
다. 목적형 인공어초어장 조성 .....	193
6. 중장기 정책방향 .....	194
가. 기본방향 및 투자전략 .....	194
나. 해역별 인공어초 개발 방향 .....	196
다. 기능별 인공어초 개발 방향 .....	201
<b>VIII. 결    론 .....</b>	<b>219</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>221</b>
<b>부록 인공어초 사진 모음 .....</b>	<b>227</b>

# 표 차례

<표 II-1> 인공어초시설 적지면적 대 시설 실적 .....	10
<표 II-2> 일반인공어초 개발 현황 .....	10
<표 II-3> 시험인공어초 개발 현황 .....	11
<표 II-4> 인공어초 시설사업의 투자분석 .....	23
<표 III-1> 생물상 조사대상 인공어초 현황 .....	25
<표 III-2> 강원도 강릉 연안의 사각어초와 연안 암반해역에서 확인된 어류 .....	39
<표 III-3> 강원 동해 연안의 사각어초에 서식하는 부착생물의 서식 양상 .....	42
<표 III-4> 강원 강릉 연안 사각어초(수심 25m)의 해조류와 그 피도 .....	44
<표 III-5> 경북 홍해 연안의 사각어초에서 확인 어종 .....	45
<표 III-6> 경북 홍해 연안의 사각어초에 서식하는 부착생물의 서식 양상 .....	46
<표 III-7> 경북 홍해 연안 사각어초(수심 25m)의 해조류와 그 피도 .....	48
<표 III-8> 남해안 반구형어초의 설치유형별 어류 출현 현황 .....	49
<표 III-9> 남해안 반구형어초의 다이빙과 자망 조사에 의해 확인된 어종 .....	51
<표 III-10> 남해안 반구형어초와 부근 해역의 생물상 .....	52
<표 III-11> 경남 통영 산양과 봉암 연안의 반구형어초의 해조류와 피도 .....	55
<표 III-12> 경남 통영 연안 반구형어초가 투입된 해역의 해수중 광량 분포 .....	56
<표 III-13> 남해안에 출현하는 주요 해조류의 광합성 보상광도 .....	56
<표 III-14> 경남 통영 연안 사각어초의 생물상 .....	59
<표 III-15> 충남 외연도 연안의 사각어초와 사니질 바닥에서 확인된 어류 .....	60
<표 III-16> 서해안 사각어초의 생물상 .....	61
<표 III-17> 제주 서귀포 범환 연안 사각어초 및 자연암반에서 확인된 어류 .....	66
<표 III-18> 제주 서귀포 연안 사각어초의 생물상 .....	68
<표 III-19> 제주 서귀포 연안 사각어초(수심 30m)의 해조류와 그 피도 .....	70
<표 III-20> 제주 시험어초에 서식하는 무척추동물의 종 조성 .....	72
<표 III-21> 제주 한림 연안 시험용 사각어초(수심 8~10m)의 해조류와 그 피도 .....	73
<표 III-22> 제주 한림 연안 시험용 사각어초에서 감태의 최대 생육밀도 .....	74
<표 IV-1> 수심별 로프 길이와 밀려 도는 직경 .....	100
<표 IV-2> 작업선의 경사(3°)에 의한 착저 오차 .....	101
<표 IV-3> 수심별 · 유속별 수평 이동량(6종 평균) .....	102
<표 IV-4> 자유낙하의 경우 수평 이동량(1m <sup>3</sup> 콘크리트 사각형) .....	104
<표 VI-5> 선저 SONAR 송신기 상세내역 .....	115

<표 VI-6> 선저 SONAR 수신기 .....	115
<표 VI-7> SONAR 운용내역 .....	115
<표 V-1> 인공어초 사업의 경제적 효과 .....	140
<표 V-2> 강원도 강릉시 표본어장 시설내역 .....	142
<표 V-3> 충남 보령시 표본어장 시설내역 .....	142
<표 V-4> 경남 통영시 표본어장 시설내역 .....	143
<표 V-5> 제주도 서귀포시 표본어장 시설내역 .....	143
<표 V-6> 강원도 강릉시 표본어장 생산현황 .....	144
<표 V-7> 충남 보령시 표본어장 생산현황 .....	144
<표 V-8> 경남 통영시 표본어장 생산현황 .....	145
<표 V-9> 제주도 서귀포시 표본어장 생산현황 .....	145
<표 V-10> 표본어장별 경상 직접 편익 및 비용(2000년 현재) .....	146
<표 V-11> 교통수단별 방문자 수 현황 .....	148
<표 V-12> 성별·연령별 방문자 수 현황 .....	148
<표 V-13> 월평균소득별 방문자 수 현황 .....	149
<표 V-14> 인공어초 투하에 따른 소비자잉여 추정 결과 .....	149
<표 V-15> 인공어초 간접효과 추정 결과 .....	150
<표 V-16> 사회경제적 타당성 분석 시나리오 구분 기준 .....	151
<표 V-17> 시나리오별 사회경제적 타당성 분석 결과 .....	151
<표 VI-1> 이용·관리실태 조사개관 .....	153
<표 VI-2> 인공어초사업에 대한 인지도 .....	154
<표 VI-3> 인공어초어장 주어획어종 및 어업 종류 .....	155
<표 VI-4> 인공어초어장 이용도 .....	155
<표 VI-5> 인공어초어장 어획효과 .....	156
<표 VI-6> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1991년 5월) .....	157
<표 VI-7> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1991년 10월) .....	157
<표 VI-8> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1992년 5월) .....	157
<표 VI-9> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1992년 10월) .....	157
<표 VI-10> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1993년 5월) .....	158
<표 VI-11> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1993년 10월) .....	158
<표 VI-12> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1994년 5월) .....	158
<표 VI-13> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1994년 10월) .....	158
<표 VII-1> 일본의 어초어장 이용·관리 문제점 및 대책 .....	171
<표 VII-2> 인공어초 투자계획 .....	196

# 그림 차례

<그림 II-1> 어초에 정위하는 어류의 분포 .....	4
<그림 II-2> 인공어초시설사업의 정책평가 개념도 .....	16
<그림 II-3> 인공어초시설사업 투자추이분석 .....	22
<그림 III-1> 강원도 강릉 연안 사각어초의 어류 분포상 .....	40
<그림 III-2> 강원도 강릉 연안 자연암반의 어류 분포상 .....	40
<그림 III-3> 남해안 반구형 어초의 설치 유형 .....	49
<그림 III-4> 경남 통영 산양 저도 연안 반구형어초의 어류상 .....	50
<그림 III-5> 경남 통영 산양 소장두도 서쪽 연안(수심 24m) 사각어초 어류상 .....	57
<그림 III-6> 충남 외연도 연안 사각어초의 어류 분포상 .....	60
<그림 III-7> 제주 서귀포 법환 연안 사각어초(수심 34m)의 어류상 .....	67
<그림 III-8> 제주 서귀포 연안의 자연암반 해저(수심 24m)의 어류상 .....	67
<그림 IV-1> 어초의 높이와 난류높이와의 관계 .....	82
<그림 IV-2> 어초어장 시설 설치도 .....	83
<그림 IV-3> 1992년 후쿠오카현 인공어초 조성어장의 어초규모별 어획량 변동 .....	85
<그림 IV-4> 어초의 유형과 어초어장의 형성시간 .....	88
<그림 IV-5> 육분의(Transit)에 의한 오차 범위 .....	95
<그림 IV-6> 위성 측위 방식인 GPS의 개념도 .....	99
<그림 IV-7> 현수투하시 유속별, 어초종류별 어초모형 분산거리비 .....	103
<그림 IV-8> 자유낙하시 유속별, 어초종류별 어초모형 분산거리비 .....	105
<그림 IV-9> 인공어초 시설 후 일부 흩어짐(시설 직후, 시설 경과 후) .....	106
<그림 IV-10> 사각형 인공어초 시설 어장의 시설 상태 조사 결과 .....	106
<그림 IV-11> 국부 세굴의 모식도 .....	110
<그림 IV-12> 인공어초가 저면으로 침하되는 모식도 .....	111
<그림 IV-13> 해저지반 매몰량 측정기의 모식도 .....	112
<그림 IV-14> 해저매몰량 측정 과정 모식도 .....	113
<그림 IV-15> 강재의 부식반응 기구 .....	119
<그림 IV-16> 철근의 부식과 균열 발생 .....	119
<그림 IV-17> 철근의 부식과정도 .....	120
<그림 IV-18> 철(Fe)의 부식도 .....	122
<그림 IV-19> 희생양극에 의한 방식 장치도 .....	123
<그림 IV-20> 패류용 인공어초 재질의 다양화 .....	125

<그림 IV-21> 강제어초의 수심별 부식량 변화 .....	128
<그림 IV-22> 계절별 강제어초의 부식변화 .....	128
<그림 IV-23> 우리 나라에 시설되어 연구 중인 중층 부어초 모식도 .....	129
<그림 IV-24> 강제 침선어초화 작업이 완료된 어초 .....	131
<그림 V-1> 인공어초에 의한 생경제적 균형 .....	136
<그림 V-2> 인공어초 사업과 생산보조 정책의 효과 비교 .....	137
<그림 V-3> 재무분석과 경제분석 비교 .....	138
<그림 V-4> 직접효과분석 방법 .....	140
<그림 V-5> 간접효과 분석방법 .....	141
<그림 VII-1> 일본의 인공어초어장 조성사업 추진방법 .....	169
<그림 VII-1> 오징어가 천연암초 저면에 산란한 알집(山形縣, 1986) .....	205
<그림 VII-2> 오징어 산란초의 모형도(山形縣, 1986) .....	206
<그림 VII-3> 인공어초 저면에 산란된 오징어 알집(山形縣, 1986) .....	207
<그림 VII-4> 오징어 산란에 적합한 산란초 모형도(靑森縣, 1988) .....	207
<그림 VII-5> 닭새우 서식에 알맞은 공간형의 모식도(中筋 등, 1977) .....	208
<그림 VII-6> 닭새우 서식에 알맞은 구조물의 종류(大岡, 1978) .....	208
<그림 VII-7> 닭새우초의 구조(高知縣, 1989) .....	209
<그림 VII-8> 닭새우 성육초의 구조와 단위어초의 배치도(熊本縣, 1989) .....	210
<그림 VII-9> 수평형 표층 부어초 모식도(作中, 1988) .....	211
<그림 VII-10> 중층 부어초의 개념도(石川縣, 1981) .....	212
<그림 VII-11> 프라이에쉬 조초 모식도(吉川 등, 1986) .....	213
<그림 VII-12> 해조류 성육 효과를 높이고 전복 서식에 적합한 어초(大野 등, 1991) .....	214
<그림 VII-13> 부유식 자연광 강제 주입 장치 개요(磯崎 등, 1991) .....	215
<그림 VII-14> 다목적용 증식초 개념도(松浦 등, 1989) .....	216
<그림 VII-15> 해조장 조성 및 해역 제어 구조물 모식도(佐久田 등, 1991) .....	217

# I. 서 론

우리 나라의 수산업은 지난 30여 년간 눈부신 발전을 거듭하여 어업생산량이 1960년대 초 50여 만 톤에서 최근에는 300여 만 톤으로 괄목할 만한 발전을 거듭하여 세계 10위권의 어업생산국이 되었다.

그러나 최근 수산업의 국내외 여건이 급변하면서 수산물에 대한 수요는 날로 증가하고 있는 반면 우리 나라 수산물 생산의 증대는 더 이상 기대하기가 어려운 실정에 있다.

국민소득 증대에 따라 동물성단백질의 수요는 날로 증가 추세에 있고, 수산물이 양질의 건강 및 기능성 식품으로 관심의 대상이 되면서 수산물 수요는 더욱 증대될 것으로 전망된다. 더욱이 식량자급도가 약 23~27%에 불과한 우리 나라 식량수급 사정을 고려한다면 그러한 수요는 더 커질 것으로 예상된다.

반면에 국내 생산 여건은 어장 상실, 축소 및 자원의 감소로 더 이상의 생산증대를 꾀하기 어려운 실정이다. 우리 나라 주변 국가들의 배타적경제수역 선포, 매립·간척, 산업화 및 도시화에 따른 해양오염의 확산 등으로 인하여 연근해 어장이 상실되거나 축소되고 있고, 어업자원의 생태계 또한 파괴되고 있다. 나아가서 산업화에 따른 어획능력의 향상과 어업자원관리의 미비는 초과어획을 유발시켜 어업자원의 남획이라는 심각한 문제점을 노출하고 있다.

따라서 어업자원을 보전하는 방안으로 많은 어업관리 노력들이 행해졌으나 뚜렷한 효과를 거두지 못하면서 적극적인 자원조성을 통한 어업자원 증대방안이 고려되었고, 이러한 방안의 일환으로 인공어초 시설사업이 실시되었다.

인공어초 시설사업은 수중에 인위적 구조물인 인공어초를 설치하여 수산자원의 서식장, 산란장 및 치어 성육장을 제공하여 줌으로써 황폐화된 어장의 생산성을 제고하고 자원을 증강시키는 사업으로서 국내외에서 그 가치를 높이 평가받고 있다.

우리 나라에서는 날로 감소하는 어업자원을 보전하는 방안으로 어업자원의 서식환경을 개선하기 위한 방안으로 1971년부터 인공어초 시설사업을 실시하였다. 그 결과 1999년 현재까지 약 4,253원을 투자하여 약 143천ha의 면적에 740여 개소의 인공어초 어장을 조성하였다.

이러한 인공어초 시설사업은 우리 나라 수산투자사업 중 어항건설사업 다음으로 가장 많은 예산이 투입되는 중요한 정책사업이다. 그럼에도 불구하고 사업실시 장소가 바다 속이라는 것과 기술의 미흡, 집행 및 관리의 미비 등으로 동 사업의 경제적 효과에 대하여 많은 논란이 일었던 것이 사실이다. 이러한 논란의 핵심은 동 사업이 필요치 않다는 정당성 문제가 아니라 사회경제적으로 과연 사업성이 있는가 이고, 과연 정부가 많은 예산을 투자하면서 소기의 성과를 거둘 수 있도록 사업계획을 수립하고 이를 집행하고 있는가에 대한 것이라 할 수 있다. 즉 사업계획의 수립에서부터 집행 및 사후평가에 이르기까지 일련의 종합적인 정책평가 하에서 동 사업이 이뤄지고 있는가를 알고자 하는 것이다.

그러나 불행하게도 아직까지 30여 년간 동 사업을 실시하면서 동 사업에 대한 종합적인



평가가 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 정부에서 실시해 온 인공어초 시설사업에 대하여 생물학적, 기술적 및 사회경제적 관점에서 평가하고, 이를 기초로 향후 동 사업이 추구해야 할 목표 및 방향을 제시하여 사업의 효과를 극대화하고자 하였다. 즉 기존 사업에 대한 종합적인 평가, 문제점 도출, 향후 종합 개선방안 제시, 새로운 자원조성방안 마련, 중장기 정책방향 제시 등을 통하여 동 사업이 효율적으로 추진될 수 있도록 하는데 본 연구의 목적이 있다.

이를 위하여 연구분야는 생물분야, 기술분야 및 사회경제분야 등 3개 분야로 나누었고, 생물 및 기술분야 연구진은 동 분야에 다년간 경험이 있고 직접 인공어초어장에 잠수하여 조사할 수 있는 국내 유일의 연구인력으로 편성하여 표본어장 선정 및 조사에 있어서 3개 분야가 상호유기성을 갖도록 추진하였다.

연구내용은 크게 인공어초어장의 생물상 평가, 인공어초의 제작 및 투하, 사후관리 등 기술적인 측면과 이의 이용에 따른 사회경제적 효과분석 및 중장기 정책방향 설정으로서 각 분야의 주요 연구내용은 다음과 같다.

① 생물학적 평가분야

- 인공어초에 위집되는 주요 수산생물 및 생태자료 조사
- 잠수조사를 통한 어초형별 어류의 종조성 및 서식 밀도 파악
- 어초 구조별 부착생물 가입 양상의 정량적 조사
- 어초형 또는 어초 구조별 해조상 조사
- 생물량 평가를 통한 어초내 생태계 구조 파악

② 기술적 평가분야

- 경제적인 인공어초 시설배치 방법
- 인공어초의 규격화 방안
- 인공어초 재질 다양화
- 인공어초의 모형에 대한 어패류의 기능성 검토 및 평가
- 인공어초 내구성 증진방안
- 해역별(남해, 동해, 서해, 제주 해역) 대상 생물에 적합한 어초 모델 제시

③ 사회경제적 평가분야

- 사업의 수립배경, 정책의 내용, 집행절차 등을 시대별로 여건을 감안한 분석
- 어업인을 대상으로 한 직접 편익·비용 설문조사 및 분석
- 유어낚시, 관광 등 간접편익에 대한 계량분석
- 시설투자자와 직·간접 편익을 감안한 경제성 분석
- 인공어초어장의 이용·관리실태 평가
- 중장기 정책방향 및 투자계획
- 새로운 자원조성방안

## II. 추진실태와 정책평가

### 1. 인공어초의 정의와 기능

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여, 대상 수산동물을 끌어 모으고, 보호 배양하는 것을 목적으로 하는 어장시설이다. 따라서 인공어초어장은 어류 등의 수산생물이 암초, 침물선 등에 모이는 성질을 이용하여, 대상 수산생물의 어획증대, 조업의 효율화 및 보호 육성을 도모하기 위하여 인공어초를 계획적으로 배치하여 조성한 어장이다.

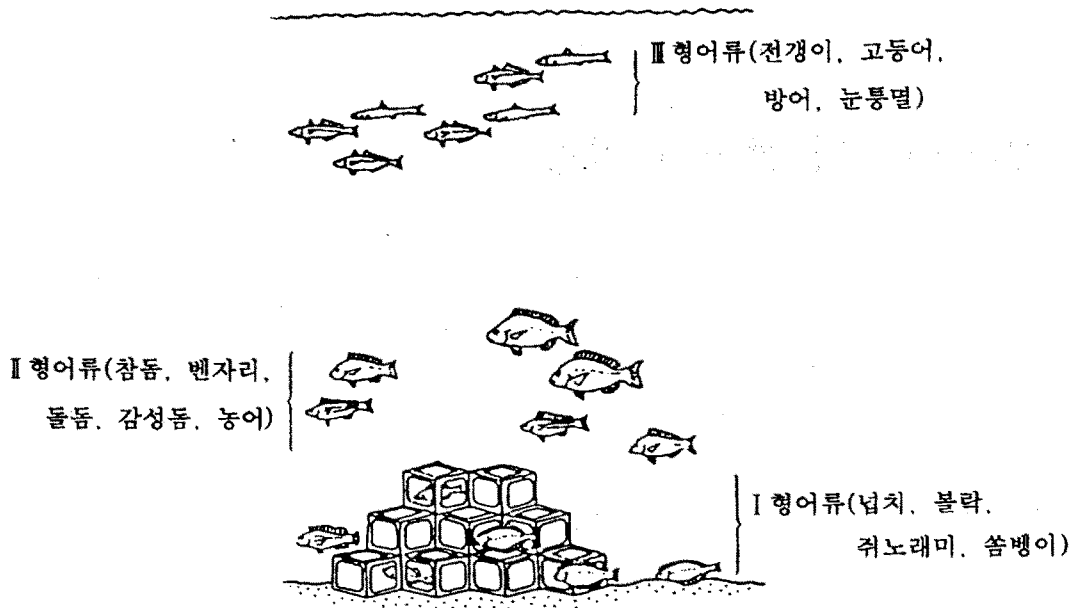
#### 가. 인공어초에 모여드는 어류의 분포

어류 등 수산생물이 인공어초에 모이는 이유에 대해서는 명확히 해명된 것은 없으나, 인공어초가 서식장소로서 쾌적한 환경조건을 만들어 주기 때문으로 생각된다. 예를 들면, 인공어초에는 각종의 부착생물이 착생하는데 이들 부착물을 직접 먹이로 이용하는 귀치, 돌돔, 어린 다랑어 등이 있고, 정어리, 전갱이, 고등어 등은 플랑크톤을 섭취하며, 돔류, 솜뱅이 등은 benthos(저서어류)를 포식한다. 한편 방어, 넙치 등은 어초에 모이는 작은 고기를 잡아먹는 포식어로서 인공어초를 포식어의 먹이장소로서 활용하고 있다. 또한 부착란을 산란하는 쥐노래미, 오징어 등은 인공어초를 산란장으로 이용하는 것으로 알려져 있다. 산란기의 참돔 등도 인공어초 어장에서 완숙란을 가진 친어가 어획되는 것으로 보아 인공어초가 이러한 어종 등의 산란장으로서도 중요한 역할을 하고 있는 것으로 추정되고 있어, 인공어초는 치자어의 성육장으로서의 역할을 하고 있는 것으로 추측된다.

유영이 작은 볼락, 솜뱅이 등의 어종은 조류가 강한 때에는 암초나 어초내부에서 휴식을 취하는 것으로 알려져 있고, 표·중층어도 어초 상부에 형성되는 지형과 등에 체류·정위하는 등 어초를 서식장, 휴식장으로 이용하고 있다. 또한 돌돔, 볼락 등은 대형의 육식어(肉食魚)에 쫓길 때 인공어초를 숨는 장소로서 이용하기도 한다.

이와 같이 인공어초 어장의 조성은 대상으로 하는 생물의 먹이장, 산란장, 서식장, 도피장 등을 제공하는 것이고, 이러한 생물들을 모아줄 뿐만 아니라 보호 배양하는 기능을 겸하고 있다.

인공어초에 모이는 각각의 어류는 대하여 특유의 행동 형태를 보이는 것으로 알려져 있다. 즉 어종마다 어초에 대한 친밀 정도가 다르고, 또한 동일종이라도 발육단계와 계절 등에 따라 차이가 있기도 하다. 이러한 어종을 어초에 대하여 정위(定位)하는 방법에 의하면 <그림 II-1>과 같이 3 가지 형태로 분류할 수 있다.



<그림 II-1> 어초에 정위하는 어류의 분포

- ① I 형 : 강한 접촉자극을 필요로 하는 어종, 항상 어초에 몸의 대부분을 접촉시키고 있거나 땅속을 파고들거나 구멍에 숨어사는 어종(넙치, 붕장어, 베도라치, 쥐노래미, 솜뱅이, 볼락 등)
- ② II 형 : 거의 몸을 고형체에 접촉시키지는 않지만 대단히 가까운 거리에 항상 어초가 존재하는 것이 필요한 어종(참돔, 벤자리, 돌돔, 병에돔, 농어 등)
- ③ III 형 : 어초의 존재가 반드시 필요한 것은 아니지만 어초가 존재하면 이것에 정위행동을 취하는 어종으로서 이들은 어초 상부에 형성되는 지형과 등의 유체자극만으로도 정위가 가능한 어종(방어, 가다랭이, 전쟁이, 고등어, 눈통멸 등)

인공어초에 모이는 어종은 각각의 감각기관으로 인공어초의 존재를 감지하면서, 특유의 행동을 보이는 것으로 생각된다. 이러한 생물이 인공어초의 존재를 감지하기 위한 자극으로서 접촉 자극, 시각 자극, 음파 자극, 흐름 자극 등이 작용하고 있는 것으로 생각된다. I 형은 주로 접촉 자극, 시각 자극, II 형은 주로 시각 자극, 음파 자극, III 형은 주로 음파 자극, 흐름 자극에 반응하는 것으로 생각된다.

## 나. 어초의 기능

어류는 성장단계에 따라 각각 특유한 생활권이 있다. 어초를 수중에 존재하는 물체로만 생각하여 볼 때 고기들에게 어초는 생물학적 기능의 중요한 부분과 관련되어 있다.

어떤 어종은 어린 고기 때 흘러 다니는 해조류와 함께 생활하기도 하고, 어떤 어종은 얕은 바다에 해조가 무성한 조장(藻場)생활의 시기를 갖기도 한다. 또 암초성 어류의 대부분은 처음부터 암초지역에서 생활하는 등 각각 수중물체와 관련을 가지고 생활을 한다. 어초의 기능을 크게 3가지로 분류하여 살펴보면 다음과 같다.

## 1) 휴식장

어초내부와 어초의 사이에 머무는 어종과 어초 주변에 유영하는 암초성 어류나 저서성 어류에 있어서 어초는 일종의 휴식장이라 할 수 있다.

어초의 주변에 생활하고 있는 돌돔, 뱅어돔, 볼락류, 쥐치류 등은 어초가 서식장이며, 표층성 어류의 경우는 어초에서 어초로 이동하는 것이 일반적이며 그 사이에 색이(索餌 : 먹이 찾기)행동을 하고 외적을 만났을 때 도피장으로 쓰는 것도 있지만 일시적으로는 휴식장으로 이용하고 있다고 봐야 할 것이다. 이런 행동은 수중의 물체와 밀접한 관계를 가지려고 하는 어류의 본능적 욕구이며 이러한 현상은 성장단계에 따라서 다르다.

이상에서 보는 바와 같이 어류의 휴식은 물체에 몸을 접촉한다든지 혹은 물체에 가까이 있고자 하는 행동 즉 어류가 가지고 있는 본능적 행동인 주촉성(走觸性)이라 할 수 있다. 모래나 썰 속에 들어가 있는 가자미류, 넙치류를 상기하면 될 것이다.

## 2) 먹이장

어초가 생물학적 기능으로 어류와 중요한 관계를 갖는 것은 먹이를 섭취하는 곳이라는 것이다. 천연초가 천해에서 심해까지 부착 생활을 하는 착생생물의 생활기반이라는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 부착생활을 하는 생물은 해양학적 특성에 의해서 거의 한정되어 있지만 얕은 해역에 많고 수심이 깊어질수록 감소한다. 천해역에는 해조류가 번성하고 거기에 갑각류, 패류, 태선충류, 선충류, 히드라충류, 해면류 등의 동물이 부착한다.

또한 해조류가 서식하고 있지 않은 곳에서도 따개비류, 태선충류, 멍게류, 해면류 등이 착생하며 소형 갑각류와 다모류 등이 다량 서식한다. 따라서 어초는 고착 혹은 부착생물의 생활기반 및 착생생물의 군집을 증대시켜 주는 것임에 틀림없다.

이들 착생생물을 잡아먹는 어류의 행동을 보면 돌돔, 감성돔, 뱅어돔 등과 같이 쪼아먹는 것, 씹어먹는 것들이 있고 볼락, 쏘뱅이, 쥐노래미와 같이 부착생물로부터 떨어진 소형동물을 잡아먹는 것도 있다.

인공어초의 먹이 섭취장 기능으로는 어초에 모여든 어종간에도 성립한다. 즉, 어초에 모여든 소형어류를 대형어류가 잡아먹는다. 농어, 넙치, 곱치 등은 대표적 어류다. 이와 같은 관계는 부어류의 멸치와 소형전갱이를 쫓아오는 고등어, 방어, 가다랭이 등의 행동에서도 볼 수 있다.

그 외에도 인공어초의 착생생물이 어초에 모여드는 어류의 먹이가 된다는 것은 어초어장이 어류의 먹이연쇄가 인공어초에서 어획한 어류의 위내용물(胃內容物) 조사 혹은 인공어초의 잠수관찰 등의 각종 연구에 의해 명확히 밝혀졌다.

### 3) 산란장

쥐노래미의 경우 산란 생태를 보면 어초는 그들의 산란장으로써 역할을 한다. 일본에서는 벤자리도 6~7월 산란기에 어초에 모여드는데, 이때 낚시로 낚아 많은 어획을 올리고 있다. 어류는 아니지만 화살오징어(한치)도 어초에 산란한다고 한다.

자원배양에 있어서 산란할 어미고기가 안전한 산란장을 확보하는 것은 스트레스를 경감시켜 산란률 및 수정률 특히 부화률을 높이는 것과 관련된다고 추정된다.

## 2. 인공어초사업의 본질과 추진실태

### 가. 사업의 본질

인공어초는 인공적으로 바다 속에 구조물을 설치하여 대상으로 하는 수산동물의 보호배양을 도모하기 위한 시설이며, 어부보안립 등과 함께 일찍부터 어장형성에 중요한 역할을 담당하고 있다.

다시 말하면 인공어초는 수중에 인공적으로 수산생물의 산란·서식장 등을 조성하기 위하여 시설하는 각종 구조물을 의미하는 것으로, 수산자원의 획기적인 증강은 물론 소형기선저인망의 불법어업을 방지하기 위하여 연안지역에 인공어초사업이 실시되고 있다.<sup>1)</sup>

이와 같이 인공어초는 자연초가 갖는 이점을 이용하여 만든 해양구조물로 바다에 서식하는 동식물들을 위해 인공적으로 만든 어초를 제공함으로써 수중에 어류의 은신 본능을 충족시킬 수 있는 충분한 공간을 갖추게 한다. 그리고 이와 같이 수산동식물을 모이게 하는 기능 이외에도 여러 생물이 하나의 먹이사슬을 형성하게 함으로써 자원상태를 최적화할 뿐만 아니라 해양환경보호기능을 수행하게 함으로써 수산생물을 어획하려는 연안 어업인들의 소득증대에도 기여하고 있다.

정부는 1971년부터 어려운 어업환경을 개선하고 연근해 수산자원을 적극적으로 보호·육성하기 위하여 전국 연안해역에 수산자원 조성정책의 일환으로 인공어초사업을 대대적으로

1) 수산청, 수산청30년사(1996), p.372 및 「인공어초시설사업집행및관리규정」(2000, 해양수산부훈령 제 189호) 제2조의 1을 참조.

일본은 1930년에 콘크리트 어초가 시험 채용되었다고 일컬어지고 있으나, 국가시책으로 콘크리트 인공어초시설사업을 실시한 것은 1954년부터임 (金子忠男, “日本の鐵鋼魚礁技術開發と資源造成効果,” 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 세미나(발표논문), 1999, p.5-15).

실시하고 있다. 1971년부터 1999년까지 29년간 4,253억원(연평균 223억원)이라는 막대한 예산이 투입되어 왔다.<sup>2)</sup>

앞으로도 해양수산부는 연근해어장의 자원조성 및 어업인의 소득증대를 위해 인공어초시설사업의 지속적인 확대를 도모하고자 하며, 인공어초시설 대상수역과 어종의 특성에 적합한 새로운 어초모형 개발을 통한 효과 제고 및 인공어초에 대한 지속적 연구를 적극적으로 추진하고 있다.<sup>3)</sup>

인공어초어장은 시설 3년후 비시설지 보다 평균 2~3배의 높은 어획효과를 나타내고 있으며, 해역에 따라 고급어종이 주 대상어종으로 나타나 어민의 소득증대에 크게 기여하는 것으로 나타나고 있다. 또 시설 14년후 투자비를 제외한 순이익이 발생하며 시설 30년후 누계 순이익은 투자비의 약 15배에 이르는 것으로 예상되고 있다. 이외에도 인공어초사업은 어촌정주권 유지, 수산물 공급 증대, 유어수의 증대, 불법어업 방지 및 관광객 증가 등 효과가 나타나고 있다.<sup>4)</sup>

현재 해양수산부는 인공어초시설사업의 지속적인 확대, 대상수역과 어종의 특성에 적합한 새로운 어초모형 개발을 통한 효과 제고, 인공어초에 대한 지속적인 연구를 통하여 효율적인 추진방안 등을 강구하고자 하고 있으며, 인공어초 투입의 목적도 종전에는 수산자원의 양적 확대 및 증강을 유도하기 위한 것으로부터 앞으로는 생태계 복원을 통한 생산성 증대 방향으로 정책적 전환을 도모하고 있다.<sup>5)</sup>

그런데 이와 같이 막대한 예산이 투입되는 정부의 계속사업임에도 불구하고,<sup>6)</sup> 인공어초사업의 타당성에 대한 사전·사후평가체계가 제도화되어 있지 않다. 그러므로 인공어초사업의 자원조성에 대한 긍정적인 효과에도 불구하고 집행과정의 투명성 및 객관성, 사회경제적 효과 등에 대한 논란이 끊임없이 제기되고 있으며, 정책평가체계의 제도화가 역설되고 있다.<sup>7)</sup>

물론 정책평가에 대한 관심의 정도는 정책유형 및 사회경제적 영향범위에 따라 다르게 나타나겠지만, 인공어초사업에 대한 정책평가는 납세자로서의 국민의 입장에서 볼 때 매우 중요하다. 정책평가의 실천은 정부가 정책과정의 각 단계 및 예산집행에 있어서 보다 바람직한 정책결과를 산출하는 것에 대한 관심의 표명이라고 할 수 있다. 또 정부조직 내적으로는 정책결정자가 정책과정에 있어서 자신의 업적에 대한 반성과 정책수정의 기회를 가지고자 하는 것이다.

---

2) [www.momaf.go.kr/doc/momaf\\_pds/20000126131130a.htm](http://www.momaf.go.kr/doc/momaf_pds/20000126131130a.htm). 인공어초업계는 2011년의 시장규모를 약1조원으로 전망하고 있음([members.tripod.lycos.co.kr/haejoong/in/smenu.htm](http://members.tripod.lycos.co.kr/haejoong/in/smenu.htm), 참조).

3) 심호진, "우리 나라 인공어초시설사업의 정책방향," 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 세미나(발표논문), 1999, p.1-3.

4) 해양수산부, 인공어초시설사업, 2000.

5) 심호진, "전계논문," p.1-3.

6) 해양수산부, 수산진흥종합대책(1999), p.116. 현재 인공어초정책은 환경친화적 기르는 어업육성정책의 주요한 수단적 의미를 가지고 있음.

7) 류정곤, "인공어초사업의 사회경제적 평가," 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 세미나(발표논문), 1999, pp.7-2 및 pp.7-18. 해양수산부, 인공어초추진실태 점검·평가 결과보고(내부자료), 1999.10. 한국일보(1999년 11월 5일자) "인공어초 해조류 정착효과 없다", 강원일보(1999년 4월 1일자) "인공어초 제작에 환경보호 뒷전"등을 참조.

따라서 인공어초사업에 대한 집행과정의 투명성 및 객관성을 확보하고, 예산집행의 효율성 확보를 위해서 연안어장조성에 미치는 직·간접적인 영향 및 사회경제적 효과 등에 대한 평가기준을 제시할 수 있는 구체적인 검토가 이루어져야 할 것이다. 또한 신규사업에 대한 의사결정자의 결정행동을 지원할 수 있는 객관적 기준을 설정하기 위해서도 인공어초사업의 정책평가제도가 제도적으로 정립될 필요가 있을 것이다.<sup>8)</sup>

인공어초에 사용되는 재료는 자연석, 칠강, 콘크리트, 목재, 타이어, 플라스틱 등 다양한데, 그 중에서 콘크리트가 가장 많이 이용되어 왔다.

이러한 인공어초를 새로운 서식지로 생활하는 어류는 주로 연안 정착성으로 알려진 어종들로서 주로 어초 바닥이나 내부 및 어초 주변에 정지하거나 유영하면서 먹이를 섭취하는 것으로 알려지고 있다.

인공어초에 의한 어장조성의 목적은 첫째, 어장가치가 낮은 수심의 얇은 천해수역을 인공어초에 의하여 양호한 어장으로 개조하는 것이며 둘째, 새로운 어장을 조성하는 것이며 셋째, 집어시설(集魚施設)로서 이용하는 것이다. 그리고 수산생물의 종묘 방류후 보호육성장으로 이용하는 것 등을 들 수 있다.<sup>9)</sup>

이와 같이 다양한 목적을 가지는 인공어초의 종류는 인공어초의 기능에 따라 크게 어획형(漁獲型)과 자원배양형(資源培養型)으로 구분 할 수 있다.<sup>10)</sup>

전자인 어획형 인공어초의 가장 주요한 기능은 수산생물의 집어라고 할 수 있다. 이 어획형 인공어초에는 해저에 설치하는 침설형(沈設型) 인공어초와 회유어의 체류 또는 유집(誘集)을 위해 표층 및 중층에 설치하는 어초형이 있다. 후자인 자원배양형 인공어초는 유치어의 서식지에서 어획의 위협으로부터 보호수면을 설정하여 그 기능을 발휘하게 하는 유형이다. 자원배양형 어초를 설치하는 유치어 보호육성수역에는 불법어업 방지를 겸한 구조물을 침설하여, 천연조류의 번식을 촉진하고, 수역의 조건에 따라서는 인공해조를 설치하여 유치어의 서식지 조건을 양호하게 하는 역할도 한다.

## 나. 추진경위

현행 우리 나라의 수산자원조성 관련제도는 수산업법에 규정되어 있다. 즉 수산업법 제79조의2 제1항에서 행정관청은 수산자원을 조성하기 위하여 다음 각호의 ①어초시설사업 ②수산종묘의 생산·공급 및 방류사업 ③어선감척등 어업구조조정사업 ④기타 수산자원조성에 필요한 사업을 시행하여야 한다라고 규정하고 있는데, 수산자원조성사업은 인공어초사업과 수산종묘방류사업, 바다목장화사업을 중심으로 구성되어 있다.

8) 정책평가는 하나의 단절적인 국면으로서가 아니라 정책형성—결정—집행—평가—(환류)라는 동태적인 전체과정 속에서 파악되어야 하지만, 여기서는 수산정책평가체계의 제도화를 위한 하나의 시·도로써 인공어초사업의 정책평가 개념도입에 초점을 맞추어 한정적으로 검토하고자 한다.

9) 文部省, 漁業, 海文堂, p.230.

10) 상계서, pp.220-223, 참조.

우리 나라의 인공어초 시설사업의 목적은 전술한 바와 같이 수중에 인공적으로 수산생물의 산란·서식장을 조성하여 수산자원 증강 및 어업인 소득증대를 도모하는 것이며, 현재 주무기관인 해양수산부의 인공어초정책방향은 ①인공어초시설사업의 지속적인 확대 ②대상 수역과 어종의 특성에 적합한 새로운 어초모형 개발을 통한 효과 제고 ③인공어초에 대한 지속적인 연구를 통한 효율적인 추진방안을 강구하고자 하는 것이다.

해양수산부장관은 수산자원조성사업을 효율적으로 추진하기 위하여 수산자원조성사업기본계획을 수립하고, 시·도지사는 그 기본계획에 따라 지역특성을 감안하여 수산자원조성사업시행계획을 수립·시행하여야 한다고 규정하고 있으며, 수산자원조성사업의 추진방법·시설기준 및 절차 기타 필요한 사항은 해양수산부장관이 정하는 것으로 규정하고 있다(수산업법 제79조의 2). 수산업법 제79조의 2에 의거하여 “인공어초시설사업 집행 및 관리규정”(2000, 해양수산부훈령 제189호)을 규정하여 사업을 실시하고 있다. 1998년 “인공어초시설사업 집행 및 관리요령”이 발령되기 전까지는 “연도별 인공어초시설사업 집행지침”에 의하여 수행되었다.

우리 나라의 인공어초 시설사업은 정부투자사업으로 1971년도 강원도 양양 앞바다에 처음으로 투하된 이후 매년 약 5만개 이상 증가하여 1999년까지 시설적지 306,751ha 중 전국연안 142,440ha에 약 984천개의 인공어초를 시설하였으며, 금액으로 4,253억원이 투자되었다.<sup>11)</sup>

연도별 투자된 사업비를 살펴보면, 1971년에는 30백만원에 불과하였던 사업비가 1990년에는 129억원으로 증가되었고, 그 후 계속 증가되어 1997년에는 최고 627억원에 이르게 되었으며,<sup>12)</sup> 1999년에도 약 434억원을 투입하였다.

이와 같은 예산규모는 수산분야의 단일 예산으로는 어항시설사업과 더불어 수위를 차지하는 규모이다.

각 도별 적지면적과 시설면적을 살펴보면(1999년도 기준), 적지면적 306,751ha중 약 47%인 142,440ha가 조성되었으며, 전체 시설면적중 경남(울산포함)이 20.5%(29,176ha), 전남이 20.2%(28,727ha), 그 다음 제주가 13.5%(19,269ha)로 나타나고 있다(<표 II-1> 참조).

현재 인공어초를 제작하는데 사용되고 있는 재질은 콘크리트이며, 어초 종류는 사각형, 반구형, 원통형, 잠보형, 뿔삼각형, 방가로형, 반원가지형, 신요철형 등 11종이다.

이중 어류를 주대상으로 하는 근해용 어초는 4종이고, 패류·해조류를 주대상으로 하는 연안용 어초는 7종이다. 또 수역 및 어종특성에 적합한 어초를 개발하기 위하여 시험어초로서 23종의 새로운 어초를 시험 중에 있으며, 다양한 재질을 이용한 어초개발 노력이 이루어지고 있다(<표 II-2와 3> 참조).

11) 해양수산부, 인공어초시설실적, 2000.

전국 11개 연안 시·도를 대상으로 하여 국고보조 80%, 지방비 20%로 사업을 실시하고 있다. 사업주체는 시·도지사이며, 기술지원 및 협조는 국립수산진흥원과 지방해양수산청이 수행하고 있다.

12) 해양수산부, 인공어초시설실태 및 효과, 1998.



<표 II-1> 인공어초시설 적지면적 대 시설 실적

(단위 : ha, 백만원)

시·도	적지면적	계		1971~1998		1999	
		면적	금액	면적	금액	면적	금액
계	306,751	142,440	425,302	133,789	381,912	8,651	43,390
부산	1,888	1,473	4,431	1,297	3,683	176	748
인천	27,874	2,681	14,173	2,057	11,216	624	2,957
경기		4,443	13,705	4,267	11,875	176	830
강원	27,791	18,913	48,371	18,231	44,421	682	3,949
충남	30,746	10,897	34,881	9,745	30,579	1,152	4,302
전북	15,772	7,676	24,301	7,084	21,968	592	2,333
전남	55,973	28,727	81,986	27,105	74,227	1,622	7,759
경북	27,360	19,303	50,583	18,342	46,094	961	4,489
경남	54,582	28,766	81,925	27,437	74,411	1,329	7,514
울산		410	1,982	282	1,296	128	686
제주	64,765	19,151	68,964	17,942	61,141	1,209	7,823

자료 : 해양수산부 양식개발과

<표 II-2> 일반인공어초 개발 현황

어초종류	규격(m) (가로×세로×높이)	용적 (m <sup>3</sup> )	단지당(16ha) 표준 시설량	비고
사각형	2.0×2.0×2.0	8.00	100	1단지(16ha) : 800m <sup>3</sup> 기준
원통형	2.0×2.0×1.8	5.65	142	
반구형	2.0×2.0×1.3	3.03	264	
잠보형	6.8×5.0×5.97	112.56	7	
육각형	6.0×5.2×3.0	63.91	13	
빨삼각형	1.4×1.3×1.5	2.05	390	
육교형	2.4×2.4×1.2	4.48	179	
요철형	2.5×2.0×1.5	6.45	124	
방가로형	2.2×2.2×1.4	4.69	171	
반원가지형	5.0×3.45×2.85	33.87	24	
신요철형	2.45×2.0×1.5	6.45	124	

<표 II-3> 시험인공어초 개발 현황

선정년도	어초종류	규격(m) (가로×세로×높이)	용적 (m <sup>3</sup> )	단지당시설량 (16ha)	추천기관
계	23종				
1987 (2종)	삼각형	2.0×2.0×1.5	4.19	19	강원
	조립식사각형	4.6×3.0×3.0	41.4	191	경남
1993 (3종)	창문삼각형	2.0×2.0×1.8	4.72	169	강원
	말굽형	2.3×3.0×2.03	13.6	59	"
	툽니형	2.2×1.8×1.6	6.3	127	"
1996 (5종)	주택형	2.2×2.2×1.4	6.2	129	제주
	빨사각형	2.0×2.0×1.5	6.0	133	"
	복합형	1.5×2.1×1.75	5.5	145	"
	중층부어초	1.9×1.9×3.8	-	-	수진
	표층부어초	10.0×2.7	-	-	"
1997 (3종)	원통가지형	3.2×4.3×3.1	34.58	23	강원
	빨사각형Ⅱ	2.5×2.5×2.5	15.63	52	전남
	거북이형	3.0×2.5×2.0	12.89	62	제주
1998 (3종)	2단형대형강제어초	14×14×9	804	1조	경북
	상자형강제어초	9×9×10.2	826	1조	"
	연약지반형 강제어초	10×10×2	164.6	5조	"
1999 (4종)	내부흡사다리꼴형어초	2.0×2.0×1.5	4.68	170	제주
	날개박스형어초	2.0×1.7×1.35	4.72	170	"
	십자형사각어초	2.2×2.2×1.53	6.14	130	"
	해바라기C형패류어초	3.88×3.58×1.1	16.58	48	"
2000 (3종)	CN-99강제증식초	2.0×2.0×1.5	4.68	171	전남
	플라스틱다단식어초	2.0×1.7×1.35	4.72	170	경남
	외부흡삼각형어초	2.2×2.2×1.53	6.14	130	"

자료 : 해양수산부 양식개발과

1971년부터 수행되고 있는 인공어초사업을 수행시기별로 그 특징을 요약하면, 1971년은 인공어초를 시험 시설하는 시기였으며, 1972년부터는 1980년까지는 인공어초를 시험 시설후 전국적으로 매년 투자 확대·추진을 검토하는 시기였으며, 1981년부터 1990년까지는 인공어초사업을 정립하는 단계이었다. 그리고 1991년 이후에는 인공어초의 시설효과를 인정하여 자원조성정책으로서 인공어초사업을 계속적으로 확대하는 단계라고 할 수 있다.

### 3. 인공어초사업의 정책평가

#### 가. 평가 개관

정책평가란 정책결과의 가치에 대한 분석정보를 제공하려는 것이므로 정책평가의 목적은 정책내용의 성질과 유형에 따라 다소의 차이가 있다.<sup>13)</sup>

정책평가에 대한 일반적 논의를 기준으로 할 때, 첫째, 정책평가는 원래 의도한 정책목표와 실제 정책활동의 결과로서 나타난 실적과의 괴리를 파악하고자 하는 것이며, 파악된 괴리현상의 원인을 발견하여 정책결정의 합리성을 제고하기 위해 이에 필요한 객관적이고 합리적인 정보를 제공하고자 하는 것이다. 둘째, 정책평가는 정책과정을 통하여 형성된 정책이 집행과정을 통하여 얼마나 유효하게 수행되었는가를 파악하여 정책집행의 합리적인 대안을 강구할 수 있는 기초자료를 제공하기 위한 것이며, 셋째, 무엇보다도 정책활동에 대한 평가를 통하여 얼마나 국민의 정치적·행정적 수요를 충족시켜 주었는가를 판단하려는데 그 목적이 있다고 하겠다.

여기서 인공어초사업에 한정하여 정책평가의 논의대상을 구체화해 보면, 첫째 자원조성 정책으로서 인공어초사업이 얼마나 효과를 거두었는가,<sup>14)</sup> 즉 인공어초 설치지역과 비설치지역과의 자원조성효과, 동일지역에서의 설치 전·후 자원량 측정·평가가 이루어져야 할 것이며, 또 어초종류 및 설치방법 등의 차이에 따른 효과, 기술적 평가 등도 실시되어야 할 것이다.

둘째, 인공어초사업의 정책과정상 또는 절차상의 평가가 실시되어야 한다. 다시 말하면 인공어초사업의 plan→decide→do→see 라는 과정평가가 이루어져야 하며, 법·제도(인공어초 관련 법·제도)상의 평가 및 인공어초사업을 담당하는 조직, 인사, 예산 등에 대한 평가도 동시에 이루어져야 할 것이다.

마지막으로 인공어초사업이 국민(어업인, 일반국민)의 정치적·행정적 수요를 어느 정도 충족시켜주고 있는가에 대한 평가를 들 수 있다. 인공어초사업 실시에 따라 대상어업인에게

13) 정책은 「개인 혹은 집단이 의도적으로 수행하는 일련의 문제해결적 활동」으로 정의해 볼 수 있다. 공공정책(public policy)은 이러한 활동의 주체가 정부 및 공공기관인 경우를 의미하는 것으로, 정책의 개념은 다음과 같은 요소를 포함하고 있다. ①공공정책은 공공기관이 주체이기 때문에 정치권력성을 띤다. ②정책은 목표지향적 활동이기 때문에 미래성과 방향성을 갖는다. ③정책은 목표와 함께 그 실현수단을 핵심으로 한다. ④공공정책은 비용과 편익의 배분을 통해 국민들의 이해관계에 영향을 미친다. ⑤정책은 의도적인 행위뿐만 아니라 의식적인 부작위, 즉 무의사결정도 포함한다. ⑥정책은 일련의 선택이므로 일회의 선택을 의미하는 의사결정과 구별된다. 정책은 공익을 표방하는 공공기관의 활동이라는 점에서도 의사결정과 구별된다. 정책은 서로 관련된 많은 의사결정들 간의 상호작용의 결과인 경우가 많다. 박성복·이종렬, 정책학강의(대영문화사, 2000), pp.136-152, 참조.

14) 「인공어초시설사업집행및관리규정」에 입각하여 인공어초사업평가의 대상은 자원조성효과, 불법어업방지효과, 어민소득증대효과 등 세 가지로 구체화할 수 있을 것이다. 여기서 공공정책적 의미를 한 가지 더 추가하여 평가대상을 제시한다면 일반국민에 대한 정책효과도 고려되어야 할 것이다.

어느 정도의 소득증대 효과가 나타났는가, 동시에 일반국민의 사회·경제적 수요는 어느 정도 충족되었는가를 평가하여야 할 것이다.

그런데 이상과 같은 인공어초사업에 대한 평가를 합리적으로 수행하기 위해서는 평가대상 자료가 수집 가능해야 할뿐만 아니라 수집 가능한 자료도 정확해야 한다. 그러나 필요한 자료의 제한 및 시공간적 제약으로 말미암아 제한적인 상황에서 한정적으로 검토할 수밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 인공어초사업에 대한 생물학적 평가, 기술적 평가, 사회경제적 평가를 중심으로 검토하고 있으며, 이를 토대로 인공어초사업에 대한 종합적인 평가를 할 것이다. 이러한 평가를 위하여 본 장에서는 우선 인공어초사업의 본질 및 추진실태에 대하여 개략적으로 살펴보고, 인공어초사업의 정책평가를 위한 이론적인 틀을 제시하고자 한다.

## 나. 정책평가 개념도

### 1) 정책평가 필요성

정책평가(policy evaluation)의 목적은 정책목표의 달성정도를 측정해 보는 것이며, 이전의 정책경험을 반성함으로써 새로운 정책결정의 합리적 개선을 위한 피드백(feedback) 효과를 얻기 위함이다. 그러나 '공공정책'에 있어서 정책평가의 가장 궁극적인 가치는 정책이 국민의 욕구충족과 만족에 얼마나 기여하였는지를 반성해 봄으로써 국민의 요구에 순응하는 행정을 실현하려는 것이라고 할 수 있다.<sup>15)</sup>

정책을 평가하는 형태에는 정책의 영향을 미리 예측해 보는 사전평가, 그리고 추진과정의 정책을 평가하는 과정평가와 정책종결후의 사후평가 등으로 구분할 수 있다. 그러나 일반적인 정책평가는 정책이 집행되고 난 다음에 그 결과와 효과를 평가하는 사후평가를 중심으로 하는 개념이다.<sup>16)</sup>

다시 말하면, 정책평가라는 것은 정책평가대상(정책결과)의 가치에 대한 일정한 기준과 방법에 근거하여 판정하는 행정활동으로서 사회에 대한 공적관여를 목적으로 하는 사업계획의 개념화, 설계, 실시 및 효과를 평가하는 과정인 것이다.

정책의 효과는 산출(output), 성과(outcome), 영향(impact)으로 나눌 수 있다. 따라서 정책평가도 산출평가, 성과평가, 영향평가로 나누어 볼 수 있다. 산출은 단기적으로 나타나고 계량적 측정이 비교적 용이한 결과의 형태를 취한다. 반면에 영향은 오랜 뒤의 효과이며, 정확한 측정이 어려운 경우가 대부분이다. 성과는 산출과 영향의 중간수준으로 분류될 수 있는 효과라 할 수 있다.

15) 안해균, 현대행정학(다산출판사, 1984), pp.285-286. 齊藤達三 編著, 實踐自治體政策評價(東京:ぎょうせい, 2000), pp.6-8.

정책을 평가하는 기술적인 필요성은 계획과정의 불완전성과 집행과정상의 여건변화에 대한 피리를 확인하고 확인된 피리에 대한 정책오류를 수정하고, 변화에 대한 적응력을 높이고자 하는 것이다.

16) 상계서, pp.3-5.

## 2) 정책평가 기준과 방법

정책결과를 어떠한 기준과 방법, 즉 잣대로 평가할 것인가의 문제는 공공정책에 있어서 매우 중요한 문제이나, 평가대상정책의 가치(질적 가치와 양적 가치)에 대한 일정한 기준과 방법을 설정하는 것은 용이한 일이 아니다.

인공어초사업과 관련하여 일반적으로 상정할 수 있는 정책평가 항목은 첫째, 인공어초사업 관련 법·제도적 평가 둘째, 사업의 추진경위, 사업수립배경, 정책내용, 집행절차, 시대별 평가 셋째, 인공어초사업에 대한 과정관리(및 운영) 평가, 사후평가 등으로 구분해 볼 수 있다.

인공어초사업에 대한 과정관리평가는 ①정책과정별 유효성 검토, 계획과 예산, 계획과 집행 평가 ②중앙정부와 지방자치단체의 역할분담 평가 및 사업추진체계 평가 ③사후관리 및 평가체계, 성과에 대한 평가, ④사회경제적 영향 등으로 다시 세분화할 수 있을 것이다.

이상의 정책평가를 수행함에 있어서는 우선 평가의 기준을 설정해야 할 것이다. 정책평가의 기준은 정책의 성격이나 평가의 성격에 따라 다르게 적용될 수 있다. 일반적으로 공공정책을 평가함에 있어서 평가기준으로 사용되고 있는 기준을 원용하여 인공어초사업의 정책평가 기준을 제시하면 반응성(민주성), 능률성, 효과성, 합법성, 형평성 등이다.<sup>17)</sup>

첫째, 반응성(responsiveness)은 민주성이나 사회적 능률성과 유사한 개념으로 정책이 얼마나 시민의 요구에 반응하였는지에 관한 정도를 말한다. 반응성은 정책이 국민의 요구와 선호, 가치를 충족시키는 정도를 측정하여야 하기 때문에, 정책집행 전과 후에 나타난 국민들의 반응에서 일관성의 정도를 조사해 보는 방법 등이 사용된다. 실세계에서는 효과성, 능률성, 합법성, 형평성을 충족시키면서도 국민을 만족시키지 못하는 정책이 있을 수 있기 때문에 반응성은 중요하다.

둘째, 능률성(efficiency)은 집행활동의 투입과 산출의 비율이다. 즉 정책과정에 있어서 인적·물적 자원과 시간을 들여서 최대의 성과를 이룩하여야 한다는 것이다. 또한 역으로 제한된 비용으로 최대의 성과를 이룩하는 것이 능률성이다. 능률성 평가의 대표적인 기법으로는 비용-편익분석을 들 수 있다.

셋째, 효과성(effectiveness)이란 목표달성도를 의미하는 것으로, 효과성의 측정단위는 정부가 산출한 제화와 용역의 양이다. 이러한 효과성은 1960년대에 들어오면서부터 행정활동의 규범 또는 원리로서 등장하였다.<sup>18)</sup>

넷째, 합법성(legality)은 인공어초사업의 정책과정이 법 적합성에 의하여 수행되었는가를 의미한다. 즉 모든 정책활동이 합법적으로 제정된 법령, 규칙, 조례 등에 따라야 하는 법적합성을 가져야 한다는 것이다.

다섯째, 정책의 효과가 얼마나 사회내의 각 부분에 고르게 작용하였는지를 판단하는 형평성(equity)도 하나의 기준이 될 수 있다. 즉 인공어초사업이 지역적으로 또는 시설적지당 얼

17) 안해균, 전계서, pp.77-85. 박성복·이성률, 전계서, pp.388-390, 齊藤達三 編著, 前掲書, pp.12-14, 참조.

18) 안해균, 전계서, pp.80-81.

마나 균형된 비율로 수행되었는가를 의미한다. 형평성은 사회복지정책에서 특히 중요시되고 있다.

이외에도 정책의 목표와 성과가 진정으로 가치 있는 것인지를 평가하는 적절성 (appropriateness)도 하나의 기준이 될 수 있을 것이다. 이 적절성은 실제로 내포된 가치의 정도를 의미하므로 고도의 가치판단을 요하는 극히 주관적인 기준이다

한편 정책평가의 기법으로 가장 일반적인 형태는 기술적 평가와 인과적 평가로 분류하여 볼 수도 있다. 정책평가기법의 선택에 있어 기준이 되는 것은 어떤 기법이 평가의 타당성 (validity)을 높여줄 수 있을 것인가의 문제이다. 여기에서 타당성은 어떤 측정이나 절차가 그것이 목표로 내세운 것을 제대로 달성하였느냐의 정도를 나타내는 말이다. 정책평가의 타당성은 정책평가가 정책의 효과를 얼마나 진실에 가깝게 추정해 내고 있느냐 하는 정도를 나타내는 개념이다.

전자인 기술적 평가는 정책과 관련된 사실의 열거에 그치는 평가를 의미한다. 정책에 투입된 내용과 산출된 내용을 기술하는 방식이나, 정책이 어떤 수단으로 누구에게 교부되었는지를 밝히는 연구 등은 여기에 해당된다. 후자인 인과적 평가는 정책과 관련된 원인과 결과의 관계를 밝혀내려는 평가이다. 정책에 대한 인과적 평가는 실험실에서와 같이 변수들을 통제할 수 없고, 대단히 많은 변수들이 복잡하게 뒤얽힌 개방체계하에서 이루어지기 때문에 무척 어려운 과정이다. 정책에 대한 인과적 평가는 독립변수와 종속변수의 확인이 극히 곤란하다. 인과적 평가의 변수 사용에는 허위변수와 혼란변수가 개입하는 일이 빈번하다.

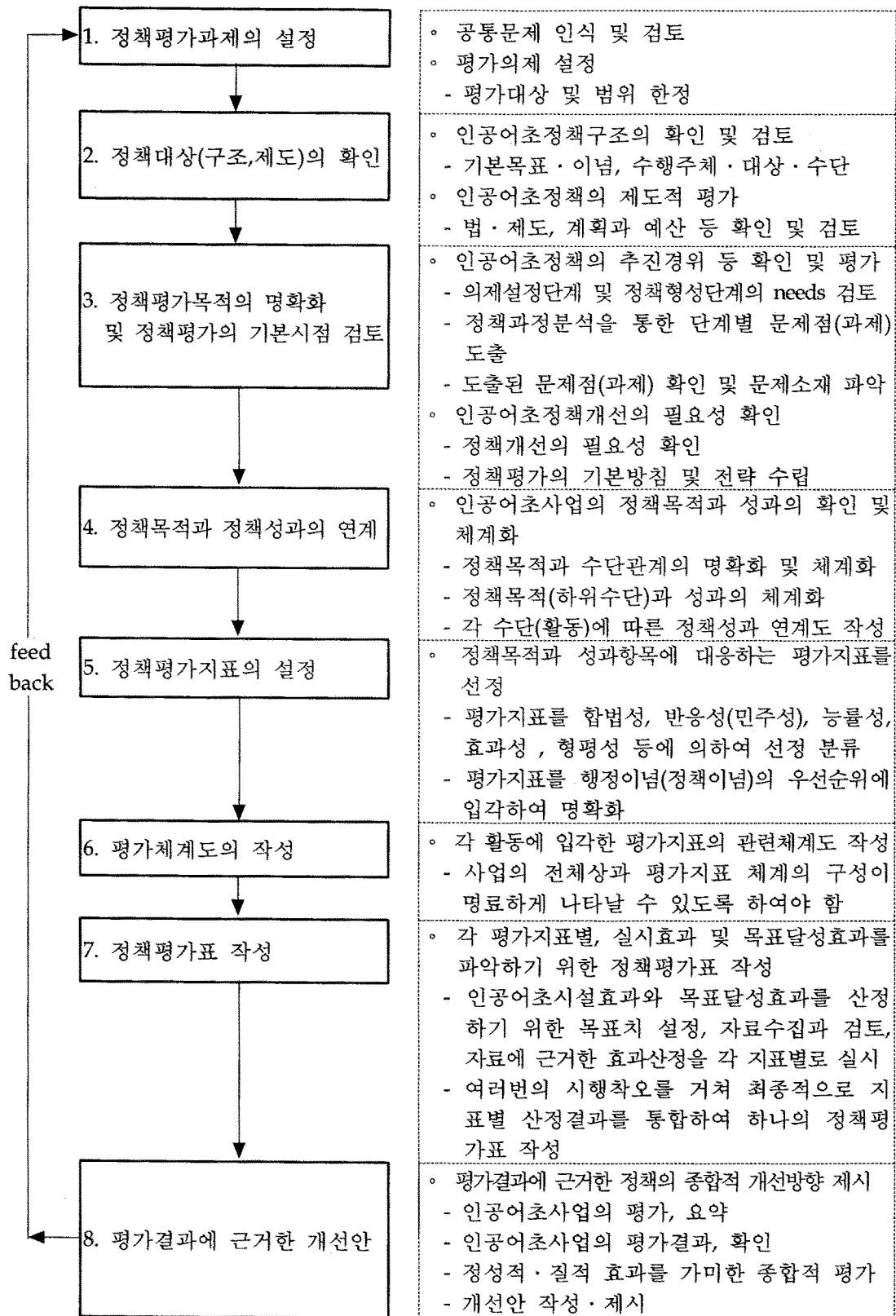
### 3) 정책평가 개념체계

전술한 바와 같이 인공어초사업의 정책평가에 대한 기본적인 사고방식 및 기준에 따라 정책평가를 구체적으로 수행하고자 한다면, 어떠한 절차에 의하여 추진되어야 할 것이다. 따라서 여기서는 정책평가단계를 과정적 의미로 나누어 인공어초사업의 정책평가 개념도를 제시하고자 한다.

인공어초사업의 정책평가는 <그림 II-2>과 같이 크게 8단계로 구분할 수 있다.

제1단계는 정책평가과제를 설정하는 것으로서 평가의제를 선정함에 있어서 평가대상과 범위를 한정한다. 또한 평가대상에 대한 평가참여자의 공통인식을 확인해야 하는 단계이다.

제2단계는 정책실체 및 구조를 확인하는 단계이다. 즉 인공어초사업의 구조로서는 인공어초사업의 기본목표 및 이념, 활동주체, 대상, 수단 등에 대한 구체적인 내용 검토가 이루어져야 한다. 특히 이 단계에서는 사업의 서비스 수준, 영향범위, 공급형태 등을 명확하게 해야 한다. 제도적 확인에서는 법·제도, 계획과 예산, 실태 등에 대한 자료수집 및 확인이 행해져야 한다.



<그림 II-2> 인공어초시설사업의 정책평가 개념도

제3단계는 정책평가 목적을 명확히 하고 정책평가의 기본시점을 검토하는 단계이다. 우선 지금까지의 실시과정을 명백하게 하기 위해 사업개시 시점으로 돌아가 당초(의제설정단계 및 정책형성단계)의 needs를 상황과 함께 검토해야 한다. 그리고 지금까지 실시되어온 인공어초사업의 추진경위 등을 확인하여야 하며, 정책과정분석을 통한 단계별 문제점(과제)을 도출하고, 도출된 문제점에 대한 문제소재를 파악해야 한다. 이러한 검토과정을 통하여 정책개선의 필요성을 확인하고, 정책개선의 필요성에 대한 공통인식을 확인하고 정책평가의 기본 방침 및 전략을 선택하여야 한다.

제4단계는 정책목적과 정책성과를 확인하고 체계화하는 단계이다. 이 단계에서는 정책목적과 수단관계를 체계적으로 정리하여야 한다. 즉 정책목적(목표-수단 연계, 하위목표와의 관계)과 성과를 체계화하고, 각 수단(활동)에 따른 정책성과의 연계도 체계적으로 작성해야 한다. 체계화를 위해 가능한 한 폭 넓고 다양한 관점에서 고찰되어야 할 것이다.

제5단계는 정책평가지표를 설정하는 단계이다. 즉 정책목적과 성과항목에 대응하는 평가지표를 선정하는 것이다. 지표설정에는 이론적 틀에 입각하여 체계적인 검토와 함께, 통상의 활동에서 쉽게 발견되지 않는 영향 및 효과를 추출하기 위한 창조적인 노력도 이루어져야 할 것이다. 평가지표는 합법성, 반응성(민주성), 능률성, 효과성, 형평성 등 평가기준에 의하여 선정·분류되어야 하며, 행정이념(정책이념)의 우선순위에 입각하여 명확화 하여야 할 것이다.

제6단계는 평가체계도를 작성하는 것이다. 선택된 평가지표간 관련성을 고려하여 전체를 체계적으로 정리하고, 사업의 전체상과 평가지표 체계의 구성이 명료하게 나타날 수 있도록 하여야 한다.

제7단계는 평가표를 작성하는 단계이다. 인공어초시설효과와 목표달성효과를 산정하기 위한 목표치 설정, 자료수집과 검토, 자료에 근거한 효과산정을 각 지표별로 실시한다. 여러 번의 시행착오를 거쳐 최종적으로 지표별 산정결과를 통합하여 하나의 정책평가표를 작성한다.

마지막 제8단계는 정책전체에 대한 총괄평가 및 결과에 근거한 개선안을 제시하는 단계이다. 정책평가표에 제시된 정책효과와 산정결과는 어디까지나 개별지표에 근거한 정량화 가능한 범위의 성과이므로, 정량화하기 곤란한 질적 효과에 대한 고려가 필요하다.

#### 4) 정책평가 한계

정책평가에는 다양한 한계를 내포하고 있다. 여기서는 공공정책평가에서 일반적으로 지적되고 있는 한계를 중심으로 검토하고자 한다.

첫째, 평가자의 관점 또는 사용한 방법론이 달라지면 평가의 결과도 달라질 수 있다. 이것은 평가자 또는 평가방법들이 서로 다른 기본철학과 유용성, 적용성, 관심영역을 지니고 있기 때문이다. 즉, 인공어초사업이 수산자원조성에 어느 정도 효과가 있는가, 이로 인하여 소득증대효과는 어느 정도인가, 또 제2차적 효과는 어느 정도인가를 평가해야 하는 것으로, 평가자가 어디에 비중을 두느냐에 따라 다르게 나타날 수 있다는 것이다.

둘째, 평가자가 외부전문가인 경우 평가자는 평가 그 자체에 집중하여 그것을 정책결정자



가 응용하는 문제에는 소홀히 하는 경향이 있다. 예를 들면 우리 나라의 경우 인공어초사업에 대한 전문가는 소수에 불과하며 직접적인 피평가 당사자이기도 하다. 따라서 타분야의 사업평가 전문가에게 평가를 의뢰할 수밖에 없는데, 이 경우 인공어초에 대한 질적 과정적 평가는 경시되기 쉽다는 것이다.

셋째, 정책평가의 일반적인 문제점으로 다음과 같은 것을 지적할 수 있다. 평가는 복잡한 문제에 대해 제한된 해답만 제시할 뿐이며, 정책결정자의 주관적 판단의 여지를 많이 남기고 있다. 또한 정밀한 평가에는 많은 시간이 들어가기 때문에 평가결과는 적시성을 잃기 쉬우며, 평가자들은 전문적 언어를 사용하기 때문에 결과를 필요로 하는 집단과의 사이에 의사소통 장애가 발생할 가능성이 높다. 같은 평가결과도 상반된 해석을 하는 경우도 종종 발생하며, 평가가 구체적이고 분명한 결론을 내지 못하여 쓸모 없는 것으로 되는 경우가 많다.

넷째, 변화 저항적인 조직과 달리 평가연구는 변화 지향적이다. 관료들은 평가결과가 초래할 자신들에게 불리한 영향을 우려한 나머지 평가연구를 기피하고 자료에의 접근을 봉쇄하려 하는 경향이 있다.

다섯째, 정책결정자는 다양한 이해관계인들의 갈등을 완화하는 방법으로 목표를 다양하고 불명확하게 설정하는 경우가 많다. 이 경우 정책평가는 혼란에 빠질 가능성이 높다.

여섯째, 대개의 정책은 그 영향이 광범위하게 미치고 장기간에 걸쳐 일어난다. 정책은 대상집단 이외의 다른 집단에도 영향을 미치며, 여러 가지 영향들 간에는 상호작용이 이루어지고 있다. 따라서 이것을 정확히 평가한다는 것은 극히 어렵다.

이상에서 지적한 한계점 이외에도 인과성의 확인이 곤란하고 평가를 위한 자료가 부족하며 평가에 필요한 자원이 부족한 것 등 많은 한계가 있다. 특히 인공어초사업은 수중에 투하한 어초의 기능 및 수년후의 효과를 평가하여야 하는 것이므로 더 많은 문제점이 제기될 수 있다.

## 다. 정책과정

정책과정은 반드시 순차적으로 진행되는 것은 아니며, 분절적(disjointed), 점증적(incremental), 비정형적으로 진행되기도 한다.<sup>19)</sup> 정책과정에 대한 단계구분은 어디까지나 분석적 필요와 설명의 편의를 위해 단순화하여 체계화한 것일 뿐이다. 그러나 많은 경험적 연구들은 실제의 정책과정에서 어떤 단계가 생략되거나 각 단계가 분리할 수 없을 만큼 상호 유기적으로 관련되어 있음을 밝혀주고 있다. 다시 말하면 정책과정의 각 단계는 상호 유기적인 연계관계에 있다. 정책형성이 집행에 영향을 미치는가 하면 정책집행이 역으로 형성에 영향을 미치기도 한다. 이렇게 볼 때 정책평가는 정책의 종결을 의미하는 것이 아니라 새로운 정책의 시작으로 볼 수도 있다.<sup>20)</sup>

19) Lindblom, Charles E., *The Policy-Making Process*(Yale Univ. Press, 1980), p.12.

20) 이러한 특성을 Robert T. Nakamura와 Frank Smallwood는 정책과정의 순환원칙(principle of

요컨대 정책과정은 ①다양성, ②복잡성, ③동태성을 본질로 한다. 정책과정의 각 단계는 혼합적으로 진행된다. 정책과정에서는 단계의 반복과 생략, 순환현상이 나타나기도 한다. 정책과정은 어떤 이유로 인해 진행과정에서 바뀔 수도 있다. 정책과정은 본질적으로 사회과정의 일부이기 때문에 고도의 정치성을 띤다. 또 사회문제의 완전한 해결이 불가능한 것처럼 정책문제도 완전해결은 불가능한 것이다. 따라서 정책과정은 끊임없이 반복되는 연속성을 특징으로 한다. 정책과정의 동태성은 정책문제의 성격과 그 해결과정 자체가 복잡하고, 불명확하며 사회갈등과 상황적 특성들을 반영하고 있기 때문이다. 인간의 인지적 능력과 가용수단의 한계는 정책과정의 합리성에 일정한 제약을 부과하고 있는 것으로 이해된다.

정책과정은 국민들을 향해 비용과 편익을 배분하는 과정이라고 할 수 있으므로, 사회 내의 다양한 개인과 집단들은 자신들에게 유리한 정책을 위해 정책과정에 참여하거나 영향을 미치려고 한다.

정책과정의 참여자가 누구인가 하는 문제는 "왜 어떤 문제에는 정책적 대응을 하면서 어떤 문제에 대해서는 정책이 만들어지지 않는지," 그리고 "왜 어떤 정책이 그와 같은 과정을 거쳐서 그런 형태로 만들어지고, 그런 방식으로 집행되는지" 등의 질문에 대해 많은 것을 알려준다.

일반적으로 정책과정의 참여자는 공식적 참여자와 비공식적 참여자들로 나누어 설명되고 있다. 인공어초사업의 정책과정에 한정하여 참여자를 본다면, 공식적 참여자로 해양수산부(기획예산처), 의회, 시·도를 들 수 있으며, 비공식적 참여자에는 어민(단체), 관련 단체, 전문가, 언론기관, 일반국민 등을 들 수 있을 것이다.<sup>21)</sup>

## 라. 집행절차

### 1) 집행절차

인공어초사업은 수산업법 제79조의 2에 의거 규정된 "인공어초시설사업 집행 및 관리규정(해양수산부훈령 제189호, 2000. 3. 7)"에 의하여 수행되고 있다. 동 훈령이 처음 발령된 1998년 이전의 사업은 부칙 제3항(경과조치)에서 "이 요령 시행당시 연도별 인공어초시설사업세부집행지침에 의하여 선정된 시험어초, 일반어초 및 연구어초는 이 요령에 의하여 선정된 것으로 본다"고 규정하고 있다.

현행의 "인공어초시설사업 집행 및 관리규정"은 전체 5장 29개조로 구성되어 있다.

동 규정 제1장 총칙에서는 관리규정의 목적, 용어의 정의, 적용범위, 사업집행주체 등에

---

circularity)이라고 하였다(Nakamura, Robert T. & Frank Smallwood, The Politics of Policy Implementation, New York: St. Martin's Press, 1980, pp.25-30).

21) 일반적인 정책과정의 공식적 참여자에는 ①대통령, ②의회, ③고급공무원, ④사법부 등이 포함되며, 비공식적 참여자에는 ①정당, ②이익집단, ③전문가, ④언론기관, ⑤일반국민 등이 포함된다고 할 수 있다.

대해 규정하고 있다. 동 규정의 목적은 인공어초 시설사업을 효율적으로 집행 및 관리하기 위하여 그 추진방법, 시설기준, 절차 및 사후관리방법 기타 필요한 사항을 규정하는 것이다. 제2조에서 인공어초는 일반어초, 시험어초, 연구어초 및 침선어초 등으로 구분하고 있으며, 어초사업비는 국고 및 지방비 예산으로 구분하고 있다.

제4조 ①항에서 어초사업을 집행하고 관리하는 주체를 광역시장 또는 도지사로 규정하고, 시장 군수 또는 자치구의 구청장에게 위임하여 집행할 수 없다고 규정하고 있다. 동조 ②항에서 도지사는 어초사업의 효율적인 추진을 위하여 필요하다고 인정하는 경우, 국립수산진흥원장 또는 지방해양수산청장에게 협조를 요청할 수 있으며, 이 경우 국립수산진흥원장 및 지방해양수산청장은 특별한 사유가 없는 한 이에 협조하여야 한다고 규정하고 있다.

동 규정에 의한 인공어초사업의 집행절차를 보면, 어초사업의 효율적인 집행 및 관리 등에 관한 사항을 협의하기 위하여 해양수산부에 중앙어초협의회를, 광역시 및 도(이하 "시·도"라 한다)에 시·도어초협의회를 둔다. 중앙어초협의회는 ①시험어초의 선정을 위한 심의 ②시험어초의 효과조사 결과 분석 및 일반어초 선정 여부 심의 ③어초사업의 효율적인 집행 및 관리방안에 관한 자문 ④기타 위원장이 필요하다고 인정하여 부의하는 사항에 관한 자문 등을 수행한다.

시·도어초협의회는 ①시험어초 선정 추천을 위한 심의 ②시험어초 효과조사 결과 분석 및 일반어초 선정 추천 여부 심의 ③당해연도의 어초 시설계획(어초의 종류, 시설예정구역, 시설물량, 시설방법, 우선순위 등을 포함한다) 심의 ④어초사업의 효율적인 집행 및 관리방안에 관한 자문 ⑤기타 위원장이 필요하다고 인정하여 부의하는 사항에 관한 자문 등을 수행한다( 동 규정 제5조 및 제6조)

인공어초시설사업은 해양수산부에서 기본계획을 수립하여 사업물량 및 집행방법 등을 시·도에 시달하면, 시·도지사는 어초시설 적지조사를 실시한 후 연구기관 및 학계 등 전문가로 구성된 어초협의회 심의를 거쳐 시설장소와 어초 종류 등을 결정하고, 입찰에 의하여 선정된 업체에서 어초를 제작하여 시설하게 된다(동 규정 제8조에서 제10조 참조).

적지조사는 국립수산진흥원 등의 전문 연구기관에서 실시하고 있으며, 주요 조사내용은 어초 시설예정지가 수산생물의 산란·서식 및 보호 등에 필요한 수역인지 여부와 시설된 인공어초가 조류나 태풍 등에 의해 넘어지거나 빨 속에 묻힐 염려가 있는지 여부 등을 조사 분석한다.

## 2) 인공어초 제작과정

어초제작은 전문직 공무원이 제작현장에 상주하면서 철근 및 소요자재의 적정 사용여부와 콘크리트 강도 등 시공 전반에 걸쳐 철저히 감독하는 한편, 어초 제작현장의 인근 어촌계장 등을 명예 공사감독관으로 위촉하여 어초가 견실하게 제작되도록 하고 있다. 특히, 해양수산부에서는 1998년부터 어초에 발주처, 감독관, 시공자 등 실명 표시판을 부착토록 하여 시공

자의 무한책임을 유도하고, 견실시공 의지가 정착되도록 하고 있다. 그러나 사후관리 또는 감독에는 많은 시간과 인력, 예산이 뒤따라야 하나 현실적으로 그러하지 못하다.

이렇게 제작된 어초는 항구에서 바지선에 선적하여 시설수역까지 운반, 수중에 시설하게 되는데 이 때에는 시·도, 시·군, 지방해양수산청 소속 공무원과 수협직원 및 어촌계 대표 등이 공동 승선하여 어초가 적재적소에 시설되도록 입회 감독하고 있다.

어초를 수중 시설한 후에는 사업집행주체인 시·도지사가 사후관리상태를 년 1회이상 조사하여 어초 기능을 저해하는 폐어망 및 오·폐물 등을 제거하고, 불법어업의 방지 및 단속을 강화하는 등 어초어장 관리대책을 수립 시행하고 있으며, 이러한 일련의 사후관리사항을 어초 어장별 사후관리부에 기록, 영구 비치하는 등 관리에 만전을 기하여 어초의 기능이 지속적으로 유지되도록 하고 있다.<sup>22)</sup>

## 마. 인공어초사업의 시대별 특징

인공어초 시설사업은 크게 3기로 구분하여 검토할 필요가 있다. 흔히 인공어초사업에 대한 평가를 할 때 사업의 시대변천을 고려하지 아니하고 평가를 하게 됨으로써 발전에 대한 긍정적 면이 저평가되는 사례가 있다. 이러한 오류를 바로 잡고 보다 객관적으로 동 사업을 평가하기 위하여 본 연구에서는 시대를 구분하였다.

제1기는 1971~1984까지로 투자초기단계로 규정할 수 있다. 동 단계에서는 소형사각어초 중심의 단순한 인공어초사업이 실시되었고, 적지조사, 제작, 투하, 사후관리 등이 전반적으로 미흡한 단계이다.

제2기는 1985~1991까지로 인공어초 다양화 단계이다. 이 단계에서는 인공어초가 다양화된 것이 가장 큰 특징이다. 즉 원통형·반구형(1986), 잠보형(1987), 육각형(1988), 요철형(1990) 등이 새로이 도입되었다. 또한 인공어초 투하를 위한 적지조사가 개선된 시기이다. 그러나 여전히 제작, 투하, 사후관리는 전반적으로 미흡하였다.

제3기는 1992년 이후로 인공어초사업 정착기라고 규정할 수 있다. 이 단계에서는 투하기술이 특히 개선되었다. 즉 GPS, 칼라어군탐지기를 도입하여 적지에 정확하게 인공어초를 투하하게 되었다. 또한 인공어초 제작이 상당히 개선되었는데, 그 방법으로 수산직 부감독관 임명, 명예감독관 지정 등 어초제작의 관리감독강화를 들 수 있다. 또한 1995년 12월 수산업법개정시 인공어초사업실시의 법적 근거를 마련하여 명실상부한 제도권 사업으로 정착되었다. 그러나 인력, 장비 및 예산의 부족으로 효과조사 및 사후관리는 여전히 미흡하다는 지적이 있다.

---

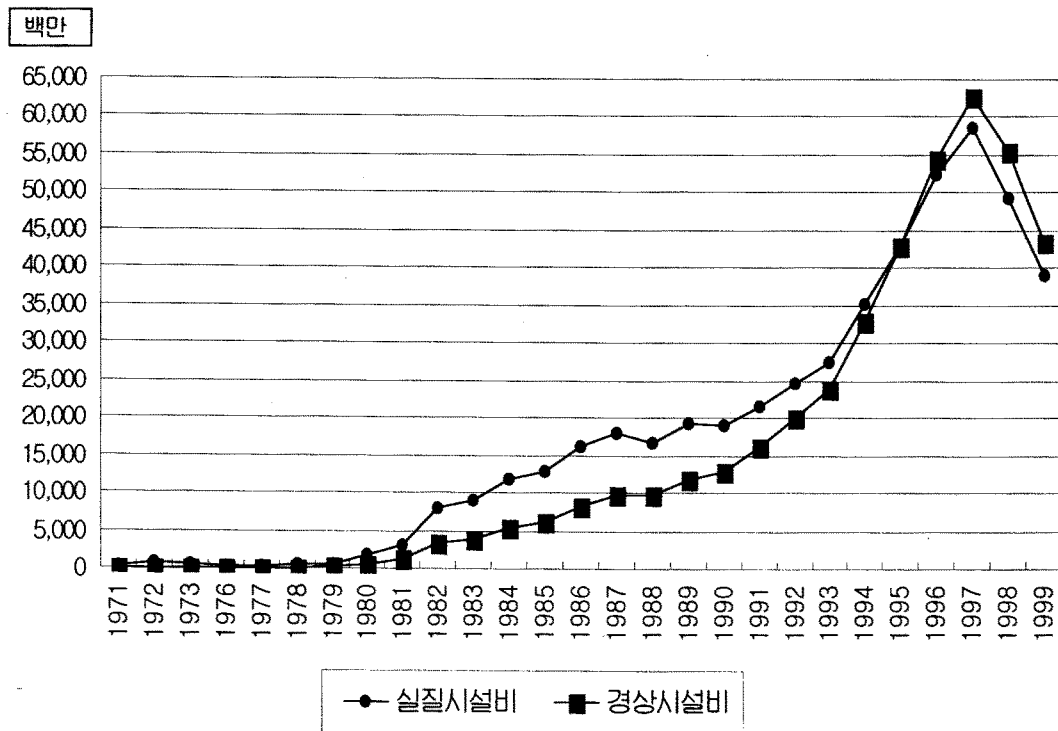
22) 동 규정 제4장 사후관리 및 연구 등 참조.

## 4. 시설투자분석

인공어초 시설사업에 대한 투자추이를 <표 II-4>와 <그림 II-3>에서 보면 크게 4단계로 구분할 수 있다. 즉 제1단계는 1980년 초까지로 미미한 증가세를 보이는 단계로서 사업초기의 양상을 나타내고 있고, 제2단계는 1980년 초부터 1990년 초까지로 매년 안정적으로 증가하는 양상을 보여 사업이 확장되는 단계였다. 제3단계는 1990년초부터 1995년까지로 급격한 증가세를 보여 집중적인 투자가 이뤄진 시기이다. 마지막 제4단계는 1996년 이후로 정부에서 목표로 하는 적지면적에 대한 투자가 어느 정도 이뤄지면서 투자세가 한층 감소하는 단계이다.

인공어초 투자예산을 수산부문 실질예산과 대비해 보면 전체적으로는 약 6.52%이었다. 시대별로 보면 1981년까지는 수산투자예산의 5% 미만으로 미미하다가, 1982년부터 투자가 증가하여 1991년과 1992년은 약 10%대까지 증가되었다. 그러나 1990년대 중반이후 수산투자예산이 대폭 증가하면서 상대적으로 인공어초 투자예산은 점차 감소하여 1998년에는 1984년 수준인 약 7%로 떨어지다가 1999년에는 5% 미만으로 떨어졌다.

총 인공어초 시설투자비는 경상가격으로는 약 4,250억원이지만 GDP 디플레이터로 디플레이트한 실질가격으로는 약 4,900억원에 이른다.



<그림 II-3> 인공어초시설사업 투자추이분석

<표 II-4> 인공어초 시설사업의 투자분석

(단위 : 백만원)

년도	GDP디플레이터	실질시설비(A)	경상시설비	실질수산예산(B)	A/B(%)
1971	5.5	545	30	152,036	0.36
1972	6.5	708	46	137,969	0.51
1973	7.5	580	44	83,493	0.69
1976	15.3	304	47	62,465	0.49
1977	17.8	350	62	83,680	0.42
1978	22.1	461	102	84,873	0.54
1979	26.4	489	129	112,326	0.44
1980	32.9	1,709	562	117,368	1.46
1981	38.7	3,018	1,168	127,393	2.37
1982	41.5	7,998	3,319	141,065	5.67
1983	43.9	8,974	3,940	134,850	6.65
1984	46.4	11,850	5,498	177,203	6.69
1985	48.5	12,818	6,217	183,474	6.99
1986	51.0	16,150	8,236	196,067	8.24
1987	53.9	18,038	9,722	193,770	9.31
1988	58.0	16,686	9,678	194,466	8.58
1989	61.3	19,232	11,789	239,502	8.03
1990	67.9	18,970	12,881	221,798	8.55
1991	75.2	21,468	16,144	217,488	9.87
1992	81.0	24,643	19,961	251,783	9.79
1993	86.7	27,472	23,818	382,204	7.19
1994	93.3	35,257	32,895	415,033	8.49
1995	100.0	42,833	42,833	583,342	7.34
1996	103.9	52,449	54,494	660,651	7.94
1997	107.2	58,453	62,662	749,360	7.80
1998	112.6	49,337	55,551	736,980	6.69
1999	110.8	39,161	43,390	871,439	4.49
<b>합 계</b>		<b>489,951</b>	<b>425,219</b>	<b>7,512,076</b>	<b>6.52</b>

주) 수산부문예산은 1985년까지는 실적, 1986년부터는 계획이고, 인공어초예산중 1974-75년은 누락됨.

여 백

### Ⅲ. 생물학적 평가

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 조사대상

본 조사를 위해 조사대상으로 삼은 인공어초는 <표 Ⅲ-1>과 같다. 총 9지점에 투하된 어초를 조사하였다. 해역별로는 동해 2개소, 남해 3개소, 제주 2개소, 서해 1개소의 어초를 조사하였다. 서해에서는 침몰된 강선이 어초와 유사한 기능을 하는 것으로 판단되어 추가로 조사하였다. 유형별로는 6개소가 사각어초였으며, 2개소가 반구형 연안어초였다. 반구형 연안어초는 남해에서 집중적으로 조사되었다.

사각어초의 경우에는 대부분 수심 25~30m에 투하된 것들이며, 연안어초는 수심 8~14m에 시설된 것이다. 제주도 한림에 위치한 어초는 시험용으로 연안증식을 목적으로 삼는 수심 8~10m에 시설된 사각어초이다. 대부분의 어초들은 퇴적물 속으로의 침하를 방지하기 위해 암반 또는 단단한 모래질 퇴적물 위에 시설되었고, 남해 수우도의 것만 니질의 퇴적물 위에 시설되어 있었다.

<표 Ⅲ-1> 생물상 조사대상 인공어초 현황

해역	어초유형	투입위치		투입년도	투입지 환경	
		행정명	위치		수심	퇴적환경
동해안	사각어초	강원도 강릉시 사근진	37° 49.000' N 128° 55.000' E	1996	25 m	모래저질 위 암반
	사각어초	경상북도 포항시 흥해읍	36° 10.771' N 129° 25.621' E	1995	25 m	모래
남해안	사각어초	경상남도 통영시 수우도	34° 47.000' N 128° 09.000' E	1988	25 m	니질
	반구형어초	경상남도 통영시 산양읍	34° 45.000' N 128° 23.060' E	1995	6-8 m	암반
	반구형어초	경상남도 통영시 봉암	34° 45.020' N 128° 31.050' E	1994	6-8 m	암반
서해안	사각어초	충청남도 보령시 외연도	36° 38.489' N 126° 04.895' E	1986	25 m	모래/니질
	좌초강선	충청남도 보령시 외연도	36° 12.025' N 126° 05.165' E	?	25 m	모래/자갈
제주도	사각어초	제주도 서귀포시 법환리	33° 36.000' N 126° 18.000' E	1989	30 m	암반
	시험어초	제주도 북제주군 한림	33° 24.533' N 126° 14.167' E	1997	8-10 m	calcite 각상더미 (석회조류)

주) 서해안의 좌초강선은 침몰된 선박으로서 연도를 정확히 알 수가 없음.



## 나. 조사방법

### 1) 주 대상 생물의 생태

어초 사업의 목적은 연안의 생물자원을 증식시키는 데 있다. 생물자원은 종마다 진화생태적인 적응의 결과로 서식지와 살아가는 방식이 다르기 때문에 어초시설 시에는 이를 우선적으로 고려하고 있다. 따라서 어초의 생물학적 평가를 위해서는 반드시 주요 대상생물의 생태를 이해하여야 한다. 대상생물의 생태는 짧은 조사기간에 현장에서 이해하기 어렵기 때문에 지금까지 보고된 자료를 활용하여 정리하였다.

### 2) 생물상

#### 가) 어류

어류 조사는 잠수를 통하여 육안으로 출현종과 생물량을 계수하고 사진 촬영을 병행하여 어류의 어초에 대한 행동을 조사하였다. 다이빙 조사는 2인 1조로 구성하여 1인은 수중에서의 어종 판정 및 스케치에 의한 출현종과 어초에 대한 행동을 관찰하였으며 1인은 수중에서 정확한 동정이 어려운 종을 위주로 사진 촬영을 한 후 실험실에서 어류검색도감(정, 1977; 中坊, 1995)을 통하여 동정하였다.

어초 효과 조사에 있어 자망에 의한 채집과 잠수에 의한 어종 확인사이에 어느 정도 오차가 있는지를 알기 위하여 2000년 3월 15일 반구형 어초의 잠수조사가 이루어진 전날인 3월 14일 16시경 반구형 어초가 설치된 해역에 시판 삼중자망 150m를 설치하여 다음날 아침 9시경에 어획된 어종을 확인하고 잠수 조사에 의한 어종과 비교를 행하였다.

#### 나) 무척추동물

서해, 동해, 남해, 제주 등 4개 해역에 시설된 어초를 대상으로 부착생물 및 이동성 저서동물의 분포에 관해 조사하였다.

조사 방법은 어초별로 20×20cm의 면적을 대상으로 사진 촬영을 실시한 후, 부착생물을 채집하였다. 채집된 시료는 2mm 망목의 체로 거른 후 실험실 내에서 초대형 저서동물(mega-fauna)만 골라내어, 동정을 실시하였다. 현장에서 촬영된 사진을 이용하여 화상분석을 실시함으로써 부착생물의 피도를 측정하였다. 한편 어초의 다른 부분과 주변에 서식하는 생물에 관한 사진촬영과 더불어 서식생물의 목록 및 서식양상을 조사하였다.

## 다) 해조류

생물학적 평가는 어초에 형성된 생물군집의 다양성과 풍도를 기준으로 하였다. 매 조사시마다 SCUBA로 어초에 접근하였고, 어류군집, 무척추동물군집, 해조군집의 다양성과 풍도를 측정하였다. 각 생물군별로 얻어진 자료는 다시 종합되어 종합적인 어초의 평가에 이용되었다.

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 주대상 생물의 생태

#### 1) 어류

##### 가) 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*)

###### (1) 형태

몸 빛깔은 짙은 회갈색으로 몸 옆에는 분명치 않은 흑갈색 가로띠가 있으며, 눈에서 뒤쪽으로 비스듬하게 2개의 흑색띠가 있다. 몸은 긴 타원형으로 측편되어 있으며, 꼬리지느러미 뒷끝은 수직형이거나 약간 볼록하다. 아래턱이 위턱보다 약간 돌출되어 있으며, 양턱에는 음털모양의 이빨띠가 있다. 두 눈 사이는 넓고 편평하다.

눈 앞 안전골 아래에 단단한 3개의 가시가 있다. 가슴지느러미 뒷끝은 항문까지 도달하며, 꼬리지느러미 아래, 위 양 끝부분은 희다. 또한 눈 뒤쪽에서 아가미뚜껑을 향한 3개의 굵은 검은 띠가 특징이며, 아가미 뚜껑의 앞 가장자리(전새개골)에는 볼락류의 공통 특징인 매우 강한 5개의 가시를 갖고 있다.

###### (2) 분포

조피볼락은 수심 10~100m 사이의 연안 암초에 주로 서식하고 있으며, 비교적 차가운 물을 좋아하므로 한류의 영향을 받는 곳에 많이 모여 산다. 우리 나라 동·서·남해, 일본 북해도 이남, 중국북부 연안, 발해, 황해에 분포한다.

###### (3) 생태

이 종은 볼락과 마찬가지로 난태생어(卵胎生魚)로서 수컷은 28cm(2년생), 암컷은 35.2cm(3년생)부터 어미가 된다. 어미가 된 암·수컷은 추운 겨울이 되면 짝짓기를 하는데 수컷은 항문 바로 뒤의 조그만 생식기를 사용하여 암컷의 생식공에 밀착, 정자를 암컷의 체내로 보

낸다. 이 행위는 몇 초간의 짧은 시간 내에 끝나며, 암컷의 몸 속으로 들어간 정자는 난소 내에서 약 1개월간 난소가 성숙될 때까지 기다렸다가 수정을 하게 된다. 전장이 50cm급인 어미는 이듬해 봄에 약 40만 마리의 새끼를 낳는다. 몸길이가 5~7mm 전후인 새끼들은 표층으로 떠올라 표층 생활을 하게 된다. 조피볼락의 어린 새끼는 해초가 많은 연안 표층을 헤엄쳐 다니면서 성장하다가 10cm이상으로 자라면 점차 깊은 곳으로 이동해 간다.

식성은 주로 어식성이며 그 외 새우, 게류 등 갑각류와 오징어류 등도 포식한다.

## 나) 볼락 (*Sebastes inermis*)

### (1) 형태

볼락의 가장 큰 특징은 무엇보다 눈이 크다는 점이며, 몸은 방추형으로 측편되어 있다. 빛깔은 서식 장소나 깊이에 따라 변화가 심하여 수 미터의 얕은 곳에 사는 놈은 회갈색이지만, 깊은 곳에 사는 놈은 붉은 빛을 많이 띤다. 또, 암초 지대의 그늘에 숨어사는 대형 볼락은 검은빛을 많이 띠어 '돌볼락'이라고도 불린다. 체측에는 불분명한 5~6줄의 검정색 가로 띠가 있으며, 입은 뾰족하고 아래턱이 위턱 보다 약간 길다. 볼락류에 속하는 종들은 눈 가장자리, 머리 위 부분, 아가미 뚜껑 부분 등에 여러 개의 강한 가시(棘)를 가지고 있어 맨손으로 다루기가 쉽지 않은데, 이 가시의 위치와 수는 종을 분류하는 좋은 특징이 되기도 한다. 볼락은 눈 아래쪽에 2개의 강한 가시를 가지고 있으며, 아가미 앞쪽 뚜껑 가장자리에는 5개의 가시를 가지고 있다. 볼락의 등지느러미는 13개의 가시와 13~14개의 강하고 날카로운 줄기를 가지며, 뒷지느러미는 3개의 가시와 7~8개의 줄기, 가슴지느러미는 16~18개의 줄기로 이루어진다. 크기는 보통 20~25cm이며 큰놈은 30cm가 넘는다.

### (2) 분포

볼락은 수심 10~100m 사이의 연안 암초에 주로 서식하고 있으며, 비교적 차가운 물을 좋아하므로 한류의 영향을 받는 곳에 많이 모여 산다. 우리 나라 동·서·남해, 일본 북해도 이남, 중국북부 연안, 발해, 황해에 분포한다.

### (3) 생태

어미 한 마리가 갖는 알 수는 크기가 클수록, 나이가 들수록 많아지는데 2년 생은 5,000~9,000개, 3년 생은 30,000개, 나이를 더 먹으면 85,000개까지도 증가한다. 암컷과 수컷의 성 비율은 연령에 따라 달라지는데 1세어는 대개 1 : 1, 2~4세에서는 55~60%정도로 암컷이 많다가 5세어는 암컷이 거의 대부분(90%)을 차지하게 된다.

볼락은 암컷과 수컷이 교미를 통하여 어미 뱃속에 알을 부화시킨 후 새끼를 낳는 난태생(卵胎生)이다(부화 후 새끼들이 어미 뱃속에서 영양물질을 공급받으며 일정기간 성장하는 망상어는 태생어(胎生魚)임). 교미는 11~12월에 행한다. 볼락류의 수컷은 항문 뒤쪽에 수정관

(輸精管)과 수뇨관(輸尿管)의 끝이 돌출된 간단한 교미기(성기)를 가진다. 한 쌍이 된 암컷과 수컷은 서 있는 자세로 서로의 배를 밀착시켜 교미를 한 후, 정자(精子)는 교미기로부터 난소(卵巢) 속에 들어가 일정 시간을 기다려, 알이 12~1월에 완숙되면 그때 수정(受精)이 이루어진다.

어미 뱃속에서 발생하여 부화한 새끼는 1~2월 사이에 어미 몸밖으로 나오게 되는데, 그때의 크기는 전장 4~6mm이며, 몸밖으로 나올 때는 눈만 반짝이는 새끼들이 마치 구름 모양으로 흩어져 나온다.

부화된 새끼는 10mm가 되면 아가미 뚜껑의 가시가 생기며, 4cm 크기에 각 지느러미 줄기수가 완성되고 어미를 닮은 모습이 된다. 치어들은 약 한 달간 3~5cm정도 크기까지 수면 근처의 해조류 그늘이나, 연안의 부표 등 시설물 주위에 떠서 살다가 그 후에 바닥 부근의 암초나 해조 지대에 머물면서 떼를 지어 살아간다. 성어가 되면 어릴 때만큼 큰 무리는 짓지 않으나 수 십 마리 씩 떼를 지어 머리를 위로 한 자세로 머문다. 어릴 때에는 주간에도 활발히 활동하지만 성어가 되면 야행성이 강해진다.

불락은 성장단계에 따라 서식장소가 바뀌고, 서식장소를 바꾸게 됨에 따라 식성도 바뀌게 되는데, 새우, 게, 갯지렁이, 오징어, 어류 등을 먹는 전형적인 육식성어(肉食性魚)이다. 크기가 6cm미만인 어린 불락은 해조류가 많은 곳에서 주로 떠다니는 소형 갑각류(새우, 곤쟁이류등)를 먹으며 성장하여 암초 지대로 옮기게 되면 주로 야간에 작은 플랑크톤과 새우, 게, 갯지렁이 등을 먹게 된다.

#### 다) 쥐노래미 (Hexagrammos otakii)

##### (1) 형태

쥐노래미는 체색이 서식 장소나 개체에 따라 차이가 많고, 약간 가늘고 길며 측편된 체형을 가진다. 등지느러미는 1개이며, 가시부와 연조부의 경계가 깊게 패여 있고, 꼬리지느러미의 뒤끝을 펼치면 수직형이거나 약간 오목하며, 비늘은 작고 제2 및 제3 옆줄 사이에서 11~12줄로 줄지어 있다. 눈의 위쪽과 후두부에 2쌍의 피질돌기가 있다. 옆줄은 5개로 제1 옆줄은 등지느러미 앞쪽에서 등지느러미 연조부 중간보다 약간 앞쪽까지, 제2 옆줄은 등지느러미 약간 앞쪽에서 시작하여 꼬리지느러미 기저 위쪽에 도달하며, 제4 옆줄은 아가미구멍 아래쪽에서 시작하여 그 뒤끝은 배지느러미를 넘지 못한다. 배지느러미는 가슴지느러미보다 약간 뒤쪽에서 시작한다.

##### (2) 분포

쥐노래미는 노래미와 마찬가지로 우리 나라 전 연안에 분포하고 북해도 이남의 일본 전 연안, 황해와 발해에도 널리 분포하고 있다. 연안의 돌밭과 해초밭, 사니질 바닥에 돌이 섞여 깔린 곳에 살며, 행동은 그다지 활발하지 않고 먼 거리를 회유하지도 않는다. 대부분 연안에서 살고 있으나 대형급은 수심 70m 깊이까지 살고있다.

### (3) 생태

연안 정착성 어류로서 바닥이 암초지대이거나 해조류가 무성한 곳, 또는 모래와 펄이 섞인 암초지대 등에 서식한다. 행동은 활발하지 않고, 배부분을 바위나 돌에 접촉하여 생활하며 부레가 퇴화되어 있다.

쥐노래미는 암컷이 13~14cm 크기가 되면 성숙하기 시작하여 암·수컷은 20cm가 되고 나이가 2세 이상이 되어야 산란에 참여하게 된다. 우리 나라 연안에서는 수온이 13~18℃범위로 유지되는 늦가을부터 초겨울사이에 산란한다. 한 마리가 가지는 알 수는 몸길이가 23cm급이 5,000~6,000개, 35cm정도이면 10,000~20,000개 정도이다. 산란기가 되면 수컷은 암컷을 유인하여 산란한 후, 암컷은 떠나 버리고 수컷이 남아 알을 지킨다.

쥐노래미의 알은 둥글고 점착란으로 덩어리를 이루며, 알의 지름은 1.8~2.2mm, 색은 담황갈색, 담황자색 등 다양하며, 알 속에는 많은 기름방울(油球)을 가진다. 산란한 알은 덩어리가 되어 해조류(모자반, 도박 등)의 줄기 및 뿌리 부근이나 바닥 암초의 굴곡진 부분에 부착한다.

수정란은 수온 15.5℃에서 23일째부터 부화한다. 쥐노래미의 새끼들은 등이 푸른색을 띠며 바다의 표층을 떠다니다가 봄철에 5cm 정도로 자란 새끼는 몸이 갈색으로 바뀌며 바닥으로 내려가 정착 생활을 하게 된다. 부화 후 만 1년만에 15cm 전후로 자라며, 2년 후에 22cm, 3년 후에 25~29cm, 4년 후에는 30~38cm 정도로 자란다.

쥐노래미는 작은 새우, 게류, 지렁이, 어류(망둥어)등 바닥에 사는 동물성 먹이를 주로 먹으며 해초도 먹는 잡식성이다.

## 라) 말쥐치 (*Thamnaconus modestus*)

### (1) 형태

몸 빛깔은 등쪽이 회색을 띤 청색, 배쪽은 담색을 띠며, 등·뒷지느러미는 녹색이고 가슴·꼬리지느러미는 암청색을 띠고 있다. 몸은 긴 타원형으로 측편되어 있으며, 수컷은 암컷보다 체고가 낮다. 주둥이는 길고 수컷은 그 윗부분이 융기되어 있으나 암컷은 직선상이거나 약간 오목하다. 등지느러미의 가시는 눈 중앙위보다 약간 뒤쪽에 위치하며, 가늘고 긴 편이다. 등지느러미는 2개로서 서로 떨어져 있으며, 배지느러미의 가시는 움직일 수 없는 1개의 가시로 되어 있다. 비늘은 미세한 융털모양으로 손으로 만지면 꺼칠꺼칠하다. 이빨은 앞니모양이며, 옆줄은 없다.

### (2) 분포

말쥐치는 수심 0~200m 사이에 주로 서식하고 있으며, 비교적 따뜻한 물을 좋아하므로 난류의 영향을 받는 곳에 많이 모여 사는 중층회유성 어종이다. 우리 나라 동·서·남해, 일본 연안, 중국 연안, 황해, 동중국해에 분포한다.

### (3) 생태

쥐치류의 주둥이는 뾰족하며 입술이 두터운데, 이빨은 복어와 마찬가지로 강한 앞니(incisor-like teeth)가 있어 암초나 부착물에 붙어 있는 생물을 뜯어먹기에 편리하다.

말쥐치는 19cm(1세) 이상이 되면 산란을 하는데 5~7월 연안 얕은 곳에서 산란을 한다. 성숙한 알의 지름은 0.60~0.65mm 크기의 침성점착란이며, 체장이 19~22cm급이면 13~45만개의 알을 낳는다.

말쥐치나 쥐치는 방어, 돌돔 등 어류와 마찬가지로 수면에 떠다니는 해조류(모자반류 등) 아래에 모여서 어린 시기를 지낸다. 5cm 정도로 자라면 연안의 얕은 해초밭으로 내려가게 되며 성장함에 따라 수심이 좀더 깊은 곳(10~30m)으로 이동해 간다. 말쥐치는 생후 만 1년 만에 19cm전후로 성장하여 성숙한다.

말쥐치는 떠다니는 해조류 아래에서 지내는 자어기 및 치어기에 일반 다른 경골어류의 어린 자치어와 마찬가지로 계의 유생 및 유공충, 요각류 등 플랑크톤을 포식한다. 그러다가 연안의 수심이 얕은 바닥으로 내려가면 해조류 사이를 헤엄쳐 다니면서 새우류와 소형 부착생물, 갈조류 등을 먹고살다가 성어가 되면 새우, 게 등의 갑각류와 패류, 갯지렁이류를 비롯하여 해조류를 포식한다.

## 마) 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)

### (1) 형태

몸 빛깔은 금속 광택을 띤 회흑색이며, 배 부분은 연하다. 몸은 타원형으로 측편되어 있으며, 주둥이는 약간 돌출한다. 양 턱의 앞쪽에는 각각 3쌍의 앞니 모양의 송곳니가 있고, 그 뒤쪽에는 어금니가 발달하여 위턱의 옆쪽으로 4~5줄, 아래턱에는 3~4줄이 있다. 비늘은 빗비늘이며, 두 눈 사이와 아가미 뚜껑 아래 부분에는 비늘이 없다. 옆구리에는 가늘고 세로로 그어진 불분명한 선이 있다.

### (2) 분포

감성돔은 전 연안에서 볼 수 있는 내만성 어종으로서, 수심 0~80m 사이에 주로 서식하고 있으며, 난류, 한류와 무관한 어종이다. 일본 홋카이도 이남, 큐우슈우, 동남 중국해, 대만 등지에 널리 분포하고 있다.

### (3) 생태

감성돔의 생태적 특징 중 가장 특이한 것은 성전환(性轉換)을 한다는 것이다. 감성돔은 어릴 때 난소와 정소를 같이 가지고 있으나 20cm급으로 자라면 성이 분화되기 시작하여 25~30cm(2~3세)가 되면 모두 수컷이거나 수컷의 역할을 하게 된다. 이후 4살이 되면 최초로 암컷이 나타나기 시작하여 그 후 점차 암컷의 비율이 높아진다. 드물게는 2살 된 암컷이 나타나기도 하지만 그 수는 극히 적다. 따라서 감성돔은 나이 어린 수컷과 나이 많은 암컷이

만나 알을 낳게 된다. 암컷 한 마리가 낳는 알 수는 연령에 따라서 다르나 대개 10~20만개 범위이다. 감성돔의 산란장은 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 육지로 깊숙이 들어간 연안의 조용한 내만으로 남해안의 득량만, 강진만, 순천만, 여자만, 고성만 등지가 그 대표적인 곳이다. 감성돔 새끼들은 5~7월에 연안의 해초가 무성한 얕은 곳에 많이 나타나며, 때를 지어 다니다가 가을이 되면 서서히 깊은 곳으로 이동해 간다.

감성돔은 성장 속도가 참돔보다는 조금 느린 편이며, 참돔은 매년 1m 크기가 잡혀 화제가 되곤 하는데 감성돔은 70cm급이 초대형이라 할 수 있다. 감성돔은 대개 1년에 12~13cm, 2년에 19~22cm(약 220g 전후), 3년에 23~26cm(약 400g)로 성장하며 4년 후에는 30cm 전후로 성장한다. 대개 40cm급이면 6~7세로 추정된다.

감성돔은 새우, 게류, 갯지렁이류, 조개류, 소형갑각류, 어류 등 다양한 먹이를 잡아먹으며 해조류도 약 10종 정도 위내용물에서 확인되고 있다.

## 바) 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)

### (1) 형태

넙치의 가장 큰 특징은 두 눈이 한쪽(왼쪽)으로 쏠려 있다는 것이다. 이렇게 몸의 어느 한 편으로 두 눈이 모여있는 물고기는 바닥 생활에 맞게 적응된 것인데 넙치 외에 가자미류, 서대류가 있다. 넙치는 가자미목 어류 중 대형급으로 1m가 넘는 것도 있다. 넙치의 몸은 긴 타원형이며 눈이 있는 쪽의 체색은 황갈색 바탕에 흰색 원형 반문이 산재하여 있고 눈이 없는 쪽은 백색이다. 몸의 좌우 측면은 체색이 다를 뿐만 아니라 피부를 덮고 있는 비늘의 종류도 달라서 눈이 있는 쪽에는 빗비늘(櫛鱗), 눈이 없는 쪽에는 둥근 비늘(圓鱗)로 덮여 있다.

### (2) 분포

넙치는 우리 나라 전 연안에 서식하고 있으며 사할린, 쿠릴 이남에서 일본, 중국해에 널리 분포하고 있다. 넙치는 수심이 30~200m 정도인 바다에 서식하고 있으며 어린 시기에는 5~20m의 얕은 수심에서 살기도 한다.

### (3) 생태

넙치는 암컷이 체장 40cm, 수컷이 30cm정도 크기로 자라면 성숙하게 되며 봄이 되면 수심이 20~50m인 연안으로 접근하여 산란한다. 한 마리가 갖는 알 수는 크기나 나이에 따라 다르지만 대개 40~50만개 정도이며 여러 번에 걸쳐서 산란하고 산란은 대개 밤에 이루어진다(양식을 할 경우에는 빛과 수온 조절로서 연중 알을 받을 수 있다).

넙치의 알은 분리부성란(分離浮性卵)으로 지름이 0.8~1.1mm이고 유구(油球)가 1개 있다. 수온 18~20℃에서 약 2일만에 부화한다. 갓 부화한 자어(仔魚)는 전장이 2.4~2.9mm이며 커다란 난황을 갖고 있으며 눈과 입은 발달되어 있지 않다. 난황을 흡수하면 형태적 발달이 급속히 진전되며, 몸길이가 약 17mm 이상이 되면 치어기(稚魚期)에 이르러 바닥 생활로 들어

가게 되는데 이 때는 수심이 20m보다 얇은 곳으로 이동하게 된다. 바닥지질은 모래나 중모래가 섞인 사니질을 선호한다.

넙치의 초기 어린 시기에는 두 눈이 몸 좌우에 있으며 유영하는 행동 양상도 일반 경골어류와 같다. 그러나 성장함에 따라 오른쪽 눈이 왼쪽으로 이동하며 그에 따라 왼쪽의 몸 표면에는 흑갈색소포들이 발달하고 반대편에는 아무런 색소포가 발달하지 않아 좌우 비대칭의 몸으로 바뀌는데 이 시기를 변태기라 한다. 변태기는 눈의 이동뿐만 아니라 서식환경도 바뀌는데 눈의 이동이 완전히 끝나기 전에 부유 생활에서 바닥 생활로 들어가게 된다.

이 시기의 또 하나의 특징은 머리 뒷쪽의 등면에 3~5개의 긴 돌기가 나타나는 것인데 이 돌기는 부화 10일 전후에 나타났다가 치어기로 바뀌면서 사라지게 된다. 치어는 수심이 얇은 연안이나 하구에서 성장하여 약 3개월 후에는 6cm전후로 성장한다.

어릴 때 플랑크톤을 먹던 넙치는 몸길이가 몇 cm로 자라면 멸치나 망둑어류의 새끼를 잡아먹으며 10cm정도 크기에서 어식성(魚食性)이 강해지기 시작하여 15cm크기에선 먹이의 90% 이상이 어류이다.

넙치의 자연 상태에서의 성장 속도는 서식하고 있는 환경 요인(수온, 먹이 등)에 크게 영향을 받지만 대략 생후 만 1년만에 전장 30cm, 체중 250g, 2살엔 40cm, 700g, 3살에 50cm, 1.4kg, 4살에 60cm, 2.5kg, 5살에 65cm, 3.3kg, 6살에 70cm, 4.5kg정도의 성장속도를 나타낸다.

## 2) 무척추동물

### 가) 우렁쟁이(*Halocynthia roretzi*)

흔히 멩게라고 불리는 우렁쟁이는 척색동물에 속하여, 유생시에는 올챙이모양의 척색을 가지고 있으며, 곧 고형물에 부착하고, 변태, 성장하는 동물이다.

암수동체로 자가수정은 하지 않으며, 위새강의 출수구를 통해 알이나 정자가 배출되어 해수 중에서 수정을 한다. 만 2세가 되면 성숙하며, 대체로 11월에서 3월 사이인 수온이 8~13℃에서 수정이 이루어진다.

우리 나라 전 연안에 살고 있으며, 특히 동해안이나 남해안에 많다. 서식장의 수온은 대체로 5~24℃이고, 해수의 비중이 높은 곳으로 근처에 담수유입이 거의 없는 곳에서 살며, 따라서 수심이 낮은 곳보다는 10m 이상인 지역에서 주로 서식한다. 여름철 고수온이나 집중강우 시기에는 집단 폐사하는 것으로 알려져 있다.

주로 외해역의 암반에 해수의 유동이 원활한 곳에 집단적으로 서식하며, 양식 활동이 원활하면서 자연적으로 군집 형성이 원활한 것으로 알려져 있다.

다른 동물에 비해 글리코젠의 함량이 높으며, 연중 어느 때나 먹지만 주로 수온이 높은 여름철이 더욱 맛이 좋다. 이는 겨울에 비해 글리코젠 함량이 7배나 높기 때문이다.



## 나) 소라(*Turbo cornutus*)

산업종으로 알려지면서 최근에는 종묘생산이 이루어지고 있는 종이다. 소라는 우리나라 전 연안에서 분포하는 것으로 되어 있으나 주로 남해안과 제주지역에 분포한다. 성장이 늦고, 수심이 얇은 곳에서도 서식하여(주로 2~5m에 서식) 어획이 용이하기 때문에 최근에 남획이 이루어지고 있는 실정이다.

생식소는 만 2년 생부터 발달하며, 5월에서 8월 사이에 방란·방정을 하며, 수온은 23~24℃이다. 자웅이체이고 성숙란은 구형이며, 정지된 물에서는 침강하고, 다소 점성이 있지만 유동이 있는 경우 다시 부유한다. 만 1년경까지의 치패기에는 조건대의 톱이나 지층이 밀 등지에서 서식하지만 성장하면서 차차 깊은 곳으로 이동한다. 서식장 환경에 따라 가시가 있는 것과 없는 것이 있는데, 주로 외양에 분포하는 것이 가시가 발달하였다. 주로 각고가 3~4cm가 될 때 가시가 발달한다.

깊은 곳에 사는 소라는 한군데 모여 사는 경향이 있으며, 먹이로는 대황, 미역, 감태 등 갈조류를 주로 먹지만 이밖에 홍조류나 작은 동물을 먹기도 한다. 섭식 활동은 일몰 후 2시간 전후에 가장 활발하고, 약 6시간이 지나면 거의 활동하지 않는다. 일반적으로 수온이 13℃이하이면 성장 휴지기대가 만들어진다.

## 다) 말전복(*Haliotis gigantea*)

전복은 고대 패총에서도 발견된 오래 전부터 산업종으로 사용된 수산물이다. 전 세계적으로 100여종 이상이 알려져 있으며, 온대지역에 주로 분포하고 있다. 우리나라와 일본에 널리 분포하는 산업종으로는 참전복(*Haliotis discus hannai*), 까막전복(*Haliotis discus*), 말전복 등이 있다. 어초에서 관측된 전복은 제주 시험어초에서의 말전복이다. 말전복의 경우 수심 15~30m에 까지 서식하는 것으로 알려져 있다. 국내 전복중 성장률이 가장 빠르고, 남방성으로 주로 남해 외해역과 제주지역에 분포한다.

패각은 참전복보다는 둥글고, 호흡공이 특히 높아 돌출된 형태이다. 산란기는 9~1월 사이로 수온이 15~20℃ 인 경우이다. 전복이 서식하기 좋은 위치는 빛이 가려지는 암반구조로 먹이 공급이 충분하며, 해수유통이 좋은 곳이다. 따라서 기존의 사각어초의 경우 자체 모양으로는 적절치 않으며, 집단 시설에서 발생하는 공간에서 간혹 나타나기는 하지만 그 양은 극히 미약하다.

## 라) 해삼(*Stichopus japonicus*)

세계적으로 100여종의 해삼이 서식하지만 우리나라에서는 돌기해삼과 광삼(*Cucumaria japonica*)이 잘 알려져 있다. 예로부터 식용으로 이용하여 왕실에 상납의무를 지니기도 하였다. 먹이에 따라 해삼의 체색에 차이를 둔다. 주로 썩에 사는 종은 흑색을 띠고 있으나 암반에 서식하는 것은 적색을 띠어 홍삼이라 불리기도 하지만 모두 돌기해삼이다.

해삼은 5~7월 사이 산란을 하며 주로 수온 15℃ 내외에서 이루어진다. 수정후 부유시기를 거친 후 약 2주일이 지나면, 저서생활로 들어가 포복운동을 한다. 이동속도는 분당 약 10 cm 정도이다. 주로 연안 조간대에서 20여m까지 서식하며, 암초지대나 자갈밭을 선호한다. 어린 개체의 경우 암반이나 해조사이를 선호하며, 성체가 되어서 자갈이나 빨질에서 서식한다.

수온이 10℃ 전후에서 가장 활발한 먹이활동을 한다. 19℃ 이상이면 소화관이 쇠퇴하면서 활동을 중단하고 하천기에 들어선다. 여름에는 암반 밑이나 깊은 곳으로 이동하여 여름잠을 자는 것으로 나타났으며, 주로 수온과 광의 영향으로 알려져 있다.

#### 마) 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)

성게의 생식소는 오래 전부터 식용으로 잘 알려져 있다. 우리 나라에서는 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*), 분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*), 보라성게 등이 산업종으로 사용되고 있다. 이 중에 보라성게가 가장 심해성 종으로 연안 조간대에서 수심 40여m까지 서식하는 것으로 나타났다. 5~8월 사이에 생식선이 최대로 발달하여, 수온이 23℃에서 산란하는 것으로 알려져 있다. 생식소의 경우 수심에 따라 색상이 다양하여 연안산은 색이 밝고 선명하여 상품으로 취급되나, 깊은 수심의 것은 색이 선명하지 못하여 상품가치로 평가되지 못하고 있다.

주 먹이는 해조류이지만 간혹 동물성 먹이도 섭취한다. 먹이량은 조도에 따라 달라 너무 밝은 경우에 그 활동이 적은 편이다.

성게는 배광성으로 낮에는 바위그늘에 숨어있지만 밤에 나와서 활동을 한다. 서식하기 좋은 곳에 집단 서식하는 양상을 나타낸다.

### 3) 해조류

우리 나라 연안에 분포하는 해조류는 600종을 상회한다(Lee and Kang, 1986). 이들은 그 크기가 미세한 것부터 수 미터에 이르는 것은 물론, 형태적으로도 단순한 것부터 매우 복잡한 것까지 매우 다양하다. 대체로 대형 해조류일수록 물질생산력이 크고, 어류 등의 동물에게 보다 다양한 서식공간을 제공한다(Schiel and Foster, 1986).

해조류의 성장에는 빛이 필수적이다. 빛이 있어야만 광합성을 통해 에너지를 생산하고, 이 에너지로써 물질축적을 통해 성장이 가능할 수 있다. 그런데 물 속으로 빛이 들어오는 양은 해역에 따라 많은 차이가 있다. 대체로 하천수가 유입되는 곳에서는 육성 퇴적물의 침적량이 많고, 조류 등에 의해 이들이 재부유됨으로서 탁도가 높고, 이들의 간섭에 의해 빛의 투과량이 적다(Kang, 1999). 반면 유기물의 퇴적량이 적은 곳에서는 상대적으로 빛의 투과량이 많다. 그러나 투과되는 빛이 일정한 에너지로 물 속에 투과되는 것이 아니라 에너지 중

많은 부분이 표면부근에서 흡수된다. 빛의 양과 질은 수심에 따라 많은 차이를 보이게 되며, 결국 해조류가 성장하기에 충분한 빛이 도달하는 수심은 최대 30~40m로 제한되게 된다.

이상과 같은 정보를 토대로 지금까지 해조류를 통한 자원증대사업에서는 통상 수심 10 m 이내의 연안에서 대형 갈조류 숲을 조성하는데 주력해 왔다. 그러나 조성하고자 하는 숲의 종류는 해역에 따라 다소 차이가 있다. 이것은 식물지리적 측면에서 이해될 수 있다. 즉 우리 나라 연안의 식생은 크게 온대(temperate)에 해당하나(Michanek, 1979), 해역에 따라서도 식생이 크게 달라진다(Kang, 1966, 1993). 이는 국토의 연안을 따라 흐르는 쿠로시오 등의 해류가 여러 가지로 작용하여, 수온의 변동폭이 해역마다 많은 차이를 보이기 때문이다.

대체로 리만 해류의 영향을 강하게 받는 동해중부에서는 한대성 해조류가 많고, 남해보다는 제주해역에서 쿠로시오의 영향으로 아열대성 해조류의 출현율이 높다.

선형적인 가이드라인에 의하면, 동해중부의 경우에는 다시마(*Laminaria* spp.) 미역(*Undaria pinnatifida*), 모자반류(*Sargasum* spp.), 동해남부에서는 모자반류(*Sargasum* spp.), 감태(*Ecklonia cava*), 미역(*U. pinnatifida*), 남해에서는 모자반류(*Sargasum* spp.), 감태(*E. cava*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 제주도에서는 감태(*E. cava*)와 모자반류(*Sargasum* spp.)를 주요 대상으로 삼고 있다.

서해에서는 탁도가 높고, 해조류가 부착할 수 있는 기질이 대단히 제한되어 있기 때문에 해조숲 조성이 타 해역에 비해 어려울 수밖에 없다. 다음은 각 종의 생태적인 특성을 간략히 기술한 것이다.

#### 가) 다시마(*Laminaria japonica*)

국내에서 분포하는 다시마속 식물 중에서 가장 우점적으로 분포하는 종이다. 한대성 종으로 국내에서는 주로 동해 중부 이북의 해안에 분포하는 다년생 해조이다. 이 종은 생활사 중 초기생활사(배우체 및 어린 포자체) 단계에 이르는 시기의 수온이 20℃ 이상으로 유지되는 곳에서는 배우체가 성숙할 수 없거나 또는 어린 포자체가 생존할 수 없기 때문에 주로 한대역에만 분포하게 된다(Kang, 1999).

동남해에서 양식되는 것들은 대부분 초기 생활사 단계가 실내에서 인위적으로 조절·배양된 것이다. 대체로 조하대 수심 3m 이상인 곳에서만 분포하나, 자연에서는 수심 10m 이상인 곳에서 대규모 군락을 이룬다. 크기는 최대 4m에 이르며, 개체의 중량은 최대 1kg wet wt.에 이른다. 주로 10월부터 성숙하여 포자(meiospore)를 방출하고, 엽상부는 녹아들고 성장점 부분의 기부만 남게 된다. 남은 기부는 겨울부터 다시 재생한다. 포자체로부터 방출된 포자는 암수배우체로 발아·성숙하여 정란수정하게 된다.

수정된 어린 포자체는 겨울부터 급속히 자란다. 충분히 자란 개체들은 견고한 부착기를 가지기 때문에 강한 파도 에너지에도 쉽게 견딘다. 밀생하는 다시마 군락의 생물량은 단위 면적(m<sup>2</sup>)당 최대 50kg에 이른다.

## 나) 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)

모자반류 중에서 우리 나라 연안에 가장 흔하게 분포하는 종은 팽생이모자반이다. 이 종은 전국 연안의 조하대에 분포하는 단년생 해조류이다. 대체로 표면 가까이부터 수심 20m까지 분포하며, 조류세기가 강한 곳보다는 잔잔한 곳에 대형 군락을 이룬다. 엽체의 크기는 최대 10m에 이르며, 개체의 습중량(wet wt.)은 최대 20kg에 이른다. 장소에 따라 많은 차이가 있으나, 남해의 경우 봄에 성숙하여 난과 정자를 방출하고, 수정된 유체는 수온이 낮아지는 10월부터 자라기 시작한다. 겨울부터 초봄에 생물량이 최대에 이르나, 봄철의 강한 파도 에너지에 의해 쉽게 떨어져 나간다.

## 다) 감태(*Ecklonia cava*)

경북 연안으로부터 제주까지 광범위하게 분포하는 온대성 해조이다. 그러나 해수의 탁도가 낮은 곳에 주로 분포하는 외양성 해조이며(Taniguti, 1987), 남해에서는 외양성 도서해안 중 파도에너지가 강한 곳에서 생육한다. 이런 곳의 조하대에서는 대규모 숲을 이루어 많은 동물의 서식공간으로 기능 한다. 대개 수심 5m부터 30m까지 넓은 수직범위에서 생육한다. 단년생으로 다 자란 엽체의 크기는 최대 1m이며, 중량은 최대 1kg wet wt.에 이른다. 주로 10월부터 성숙하기 시작하여, 포자(meiospore)를 방출한다.

포자를 방출한 엽상부는 녹아들고 다시마만큼 녹아드는 정도가 심하지 않다. 엽상부는 다시 겨울부터 재생한다. 포자체로부터 방출된 포자는 암수배우체로 발아·성숙하여 정란수정하게 된다. 수정된 어린 포자체는 겨울부터 급속히 자란다. 충분히 자란 개체들은 견고한 부착기를 가지기 때문에 강한 파도 에너지에도 쉽게 견딘다.

## 라) 미역(*Undaria pinnatifida*)

팽생이모자반과 마찬가지로 우리 나라 연안에서 흔하게 분포하는 해조이다. 조하대 1~4m에 주로 분포하며, 계절적 소장이 매우 뚜렷한 단년생이다. 엽체의 크기는 최대 1m에 이르며, 개체의 중량은 최대 1kg wet wt.에 이른다. 봄부터 성숙하여 포자(meiospore)를 방출한다.

포자는 다시마 또는 감태와 달리 특별히 엽체의 하부에 있는 생식기탁에서 만들어진다. 그러나 포자방출시에는 엽체의 상부부터 녹아들고, 생식기탁은 마지막까지 존재한다. 포자체로부터 방출된 포자는 암수배우체로 발아·성숙하여 정란수정하게 된다. 수정된 어린 포자체는 겨울부터 급속히 자란다. 충분히 자란 개체들은 견고한 부착기를 가지기 때문에 강한 파도 에너지에도 쉽게 견딘다.

## 마) 곰피(*Ecklonia stolonifera*)

주로 남해동부 연안 가까이 국소적으로 존재하는 온대성 해조이다. 감태와 같은 속에 속하나 생육하는 곳은 전혀 다르다. 감태는 외양성임에 비해 곰피는 이들이 살 수 없는 상대적으로 탁도가 높은 곳에서도 살아갈 수 있다. 대개 수심 5m 부근부터 생육하며, 경우에 따라서는 크게 숲을 이루기도 한다. 원래 다년생이나 장소에 따라서는 일년생인 경우도 흔하다. 자란 엽체의 크기는 최대 1m에 이며, 중량은 최대 0.8kg wet wt.에 이른다. 감태와 마찬가지로 주로 10월부터 성숙하기 시작하여, 포자(meiospore)를 방출한다.

포자를 방출한 엽상부는 녹아드나, 그 정도는 그 다지 심하지 않다. 엽상부는 다시 겨울부터 재생한다. 포자체로부터 방출된 포자는 암수배우체로 발아·성숙하여 정란수정하게 된다. 수정된 어린 포자체는 겨울부터 급속히 자라며, 초봄부터 40cm 크기까지 자란다. 충분히 자란 개체들은 견고한 부착기를 가지기 때문에 강한 파도 에너지에도 견디나, 엽상부가 쉽게 부러지는 점도 있다. 부착기에서는 영양생식에 의해 새로운 엽상체들이 자라난다. 대개 유성생식에 의한 개체군 증식보다는 무성생식에 의한 증식이 더 흔하다.

## 나. 생물상

### 1) 동해안

동해안의 어초는 1971년 강원도 강릉 정동진 연안에 43개의 사각어초 투하를 시작으로 지금까지 사각어초, 반원가지어초(실험중/주문진), 잠보형(양양), 신요철형(고성), 연안 해조초(실험용) 등이 있는데 그 중 사각어초가 가장 많이 설치되어 있다.

### 가) 사각어초(강원)

1999년 11월 12일 강릉시 안현동 연안에서 약 1km 떨어진 곳에 설치된 사각어초군에 조성된 생물상을 조사하였다. 조사대상이 되었던 대상 어초군은 사각어초군으로 각각 1994년, 1997년에 설치된 군이었으며 조사 당시 수온은 14℃였고 조류는 북동쪽에서 남서쪽으로 흐르고 있었다.

어초는 100~200개가 피라미드형으로 쌓여 있었다. 조사 대상이 되었던 세 군의 어초는 수심 20~24m 바닥에서 3~4단으로 양호하게 쌓여져 있었다. 바닥은 모래이거나 낮은 암반으로 이루어져 있었는데 모래 바닥에서도 어초가 함몰된 것은 없었다. 조사 대상이 되었던 어초군의 부착 생물상은 어초군 사이에 큰 차이가 없었으나 그 중에서도 1994년 어초군이 비교적 다양하고 풍부한 생물상을 보였다.

(1) 어류

조사 당일 어초 조사시 확인된 어종은 총 12종이었으며 사각어초군에서 11종, 자연 암반에서 8종이 확인되었다(<표 III-2> 참조).

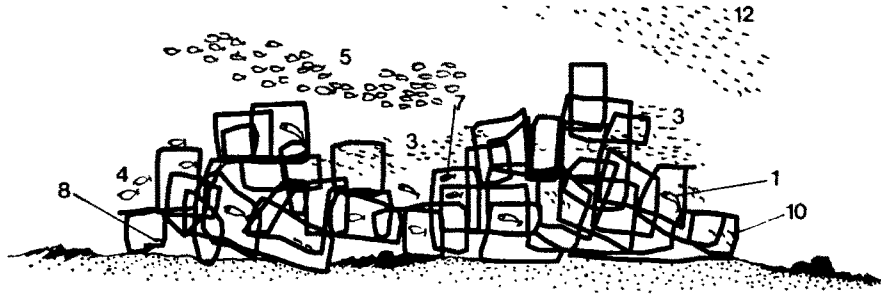
<표 III-2> 강원도 강릉 연안의 사각어초와 연안 암반해역에서 확인된 어류

종 명	한국명	인공어초	자연암반
1. <i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	○	○
2. <i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	○	○
3. <i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	○	○
4. <i>Ditrema temmincki</i>	망상어	○	○
5. <i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치	○	
6. <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	○	○
7. <i>Microcanthus strigatus</i>	범돔	○	
8. <i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	○	○
9. <i>Pseudoblennius percoides</i>	돌팍망둑	○	○
10. <i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	○	
11. <i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기		○
12. Carangidae spp.	전쟁이류	○	

사각어초군에서 확인된 어종은 체색이 황색인 전장 40~50cm범위의 쥐노래미가 15마리, 20~25cm급 노래미, 인상어, 망상어, 말쥐치 떼(250마리), 범돔, 가시망둑, 돌팍망둑, 황놀래기, 전쟁이류(5~10cm), 쥐치 등이 관찰되었다. 이 중 가장 몸집이 큰 쥐노래미는 텃세를 부리는 것으로 보였다(<그림 III-1> 참조).

자연초는 모래 바닥에서 약 1~2m정도 높이로 흩어져 있었는데 암반이 낮은 탓인지 어류에 대한 뚜렷한 위집 효과는 없어 보였다. 그러나 모래 바닥에서는 볼 수 없는 망상어(20~30cm급), 인상어, 노래미, 가시망둑, 돌팍망둑, 용치놀래기, 쥐노래미, 쥐치의 서식이 확인되었다. 실험군이었던 사각어초군과 비교할 때 쥐노래미의 경우는 개체 크기 차이가 상당하여 자연초에는 10~20cm급이 흔하였던 반면 사각어초에는 40~50cm급 대형 쥐노래미가 관찰되었다(<그림 III-2> 참조).

조사 당시 수온은 14℃ 전후로서 육점날개를 제외하고는 한류성 어종이 확인되지 않았다. 현지인에 의하면 수온이 높았던 8~10월에는 돌돔과 쥐치 떼가 많이 확인되었는데 수온이 14℃ 전후로 유지되는 조사 당시에는 돌돔은 이동해 가고 없었으며, 말쥐치는 조사 당일에도 많은 떼가 남아 있었다.



<그림 III-1> 강원도 강릉 연안 사각어초의 어류 분포상

주) 1999년 11월 12일 조사임. 그림에 표시된 숫자는 <표 III-2>어종중 주요 어종임.



<그림 III-2> 강원도 강릉 연안 자연암반의 어류 분포상

주) 그림에 표시된 숫자는 <표 III-2>어종중 주요 어종임.

한가지 흥미로운 것은 강릉 연안의 경우 말쥐치는 자연초에서 잘 관찰되지 않으나 사각어초에는 무리 지은 서식이 확인되어 암반이나 콘크리트 어초와 같은 대형 수중 구조물에 따라 각각 어종별 군집 행동의 패턴에 대한 세심한 연구 관찰이 필요하리라 생각되었다.

또, 수온이 조금 더 하강하면 조사 당시 피지 않고 있던 한류성 말미잘인 '일본 말미잘'의 축수가 크게 펼쳐져 장관을 이루며 냉수성 어종인 입연수어가 어초에 출현한다고 하였다. 현지 다이버의 경험을 고려하면 동해안 중부 지방 즉, 강릉 연안에서는 연중 다양한 어종들이 교대로 어초군을 이용한다고 볼 수 있다.

수심이 20m 전후였던 이번 조사결과 연안의 어초는 수산 어종이 정량적으로는 그다지 풍부하지 않아 어초군에서 어획이 이루어 질 경우 어획에 의한 어업 생산량은 일시적인 증가에 그치고 대형 수산 어종의 급격한 자원 감소 현상이 나타날 확률이 크다. 따라서 이번 조사 대상이 된 동해안의 사각어초군과 같은 어초군은 수산물의 증대에 기여하는 것보다는 어

초에 의한 다양한 생물들의 부착 또는 군집을 유도하여 동해안 특유의 투명도 높은 바다에서 수산 자원은 물론 관광 자원으로서도 병행 개발하는 것이 기대치가 더 높을 것으로 판단되었다.

이번 조사 결과와 그 동안 현지 дай버의 경험을 종합하여 볼 때 동해안 중부 해역과 같이 연안 모래 바닥과 낮은 암반이 넓게 펼쳐진 곳에서는 모래 바닥만 있는 곳에 어초를 쌓는 것보다는 자연 암반이 발달해 있으나 사각어초군처럼 넓거나 높지 않아서 어류가 잘 모이지 않는 곳에 어초를 쌓아놓는 것이 보다 많은 어류를 모으는 데에 효과적일 것으로 판단되었다. 이는 이번 조사와 병행된 제주도 남제주군 사계리 앞의 사각 콘크리트 어초군이나 경남 통영시 산양면 저도 연안에 설치된 반구형 어초군의 조사에서도 유사한 현상이 조사된 점으로도 유사한 결론에 도달할 수 있었다. 즉, 인공 어초군은 주변에 자연초가 많으면 군집되는 어종이 다양하고 한 종의 무리의 크기도 큰 경향을 나타내었다.

그 외 동해안에서 시험 중이거나 실험 계획 중에 있는 ①반원가지어초(주문진), ②잠보형(양양), ③연안 해조초(실험용 제작 중), ④신요철형(일반어초, 고성), 등은 앞으로 동해안에서 어초 타입에 따른 효과 차이를 알기 위한 좋은 자료를 제공하리라 믿으며, 이러한 효과 조사는 잘 짜여진 계획하에서 비교적 장기적인 조사가 필요할 것이다. 특히 갯녹음 현상이 심각한 연안에서는 자연 암초와 연계한 인공어초를 만들어 해중림 조성 효과와 함께 전복, 성게 양식과 같은 복합적인 효과를 기대할 수 있을 것이다.

총 11종의 어종 중에서 수산 어종이라 할 수 있는 종은 쥐노래미, 말쥐치, 전갱이 등 3종이었다. 이 중 어초군에서 가장 대형종이었던 쥐노래미는 전장 40~50cm 전후로 비교적 대형급이 25마리로 파악되었다. 특히, 쥐노래미 중에는 유달리 노랑색을 띤 개체가 많이 눈에 띄어 이 어초를 다이빙 포인트로 삼고 있는 현지의 다이버 업계에는 큰 명물로 자리잡고 있어 보호를 받고 있는 중이었다.

말쥐치는 조사 당일 15~20cm급이 약 200~300마리(250마리 추정)가 관찰되었는데 이 종은 수온이 하강하면 다른 해역으로 이동해갈 것으로 생각되며 어초에는 계절성을 갖고 출현하는 어종으로 분류할 수 있다.

## (2) 무척추동물

사각어초의 경우 외벽보다는 내벽에 생물 서식 피도가 높게 나타났다. 수심에 따른 생물군의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 피복력이 강한 해면동물과 히드라충류가 우점하였다(<표 III-3> 참조).

수직형태의 외벽에는 부분적으로 붉은색 가지산호류가 우점하는 것으로 나타났으며, 부분적으로 다시마의 가입이 나타났다. 외벽의 생물피도가 낮은 원인은 조사 이전에 다이버들에 의한 우렁쉥이 채취가 성행하여 외벽에 서식하는 생물들이 대부분 이탈되었기 때문이며, 채취 이전에는 외벽의 경우 우렁쉥이가 약 50%이상의 피도를 나타냈다고 한다. 따라서 외벽에는 생물이 가입할 수 있는 공간이 있어 생물의 공간경쟁이 치열할 것으로 예측되며, 겨울철 다시마 등 해조류의 가입이 비교적 원활할 것으로 생각된다.



<표 III-3> 강원 동해 연안의 사각어초에 서식하는 부착생물의 서식 양상

분류군	종 명	한국명	상층부	하층부	주변 암반
해면동물	<i>Halohondria</i> sp.	해면류	*	*	*
	<i>Cliona</i> sp.	해면해면류	*	*	*
강장동물	<i>Anthopleura japonica</i>	해면말미잘	*		
	<i>Metridium fimbriatum</i>	말미잘류	**	*	*
	<i>Melithaea flabellifera</i>	섬유세널말미잘	**	*	*
	<i>Verrucella umbraculum</i>	돌산호류	**	*	*
연체동물	<i>Acanthochiton</i> sp.	털군부류	*		
	<i>Diodora</i> sp.	삿갓조개류	*	*	
	<i>Chlorostoma argtostoma</i>	밥고둥	*		
	<i>Kelletia lischkei</i>	매끈이고둥	*		
	<i>Macroschisma</i> sp.	구멍삿갓조개류	*		
	<i>Tristichotrochus</i> sp.	삼각고둥류	*	*	
	<i>Aplysia argentata</i>	군소	*		
	<i>Mytilus</i> sp.	담치류	*		
	<i>Mytilus coruscus</i>	동해담치	**		
	<i>Crassostrea</i> sp.	굴류	*		
	<i>Hiatella</i> sp.	털조개류	*		
	<i>Arca</i> sp.	돌조개류	*		
대형동물	Bryozoa unid.	이끼벌레류	*	**	**
환형동물	<i>Serpulus</i> sp.	석회관갯지렁이	*	*	*
	Polynoidae unid.	비늘갯지렁이류	*	*	*
	Sabellidae unid.	꽃갯지렁이류	*	*	*
	Surpulidae unid.1	석회관갯지렁이류	*	*	*
	Terebellidae unid.	유령갯지렁이류	*		
절지동물	<i>Caprella aequilibra</i>	바다대벌레	**	*	***
	<i>Caprella</i> sp.1	바다대벌레류	*		*
	<i>Caprella</i> sp.2	바다대벌레류	*	*	*
	<i>Amphithoe</i> sp.	참옆새우류	*	*	
	Amphipoda unid.	옆새우류	*		
	<i>Balanus trigonus</i>	삼각따개비	*		**
	<i>Balanus</i> sp.	따개비류	*		
	<i>Achelia</i> sp.	바다거미류	*		
	<i>Pagurus langinonus</i>	털다리참집게	**	*	**
	<i>Diogenes</i> sp.	원손집게류	*		
	<i>Charbdis</i> sp.	민꽃게류	*		
	<i>Pugettia</i> sp.	빨물맞이게	*		
극피동물	<i>Henricia reniessa</i>	애기불가사리	*		
	<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	*	*	*
	<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	*	*	*
	<i>Amphipholis</i> sp.	비늘거미불가사리	*		*
	<i>Ophipholis</i> sp.	빨거미불가사리	**		
	<i>Temnopleurus harwickii</i>	하드웍분지성게	*		
	<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	*	*	**
	<i>Strongycentrotus intermedius</i>	말뚝성게	*	*	**
	<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	*	*	*

<표 III-3> 계속

분류군	종 명	한국명	상층부	하층부	주변 암반
극피동물	<i>Pteraster tessellatus</i>	입방불가사리	*	*	
	<i>Distolasterias nipon</i>	일본불가사리	*	*	*
	<i>Anthocidaris crassispina</i>	보라성게	*	**	**
척삭동물	<i>Halocynthia rorezi</i>	우렁쟁이	*	*	**
	Styelidae unid.	미더덕류	*	*	*
	<i>Steyela</i> sp.	미더덕류	*	*	*
	<i>Pyura</i> sp.	가죽멍게류	*	*	

주) \* : 피도 10%이하, \*\* : 피도 10~30%, \*\*\* : 피도 50% 이상

가지산호류가 우점하는 지역의 경우 해면동물과 히드라충류의 공간경쟁이 일어났으며, 콩팥애기불가사리류의 출현이 높게 나타났다.

하층부의 경우 포식력이 강한 일본불가사리(*Distolasterias nipon*), 아무르불가사리, 별불가사리 등이 서식하였으며, 상층부에는 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)가 간혹 출현하였다. 불가사리 등은 어초에 부착된 생물보다는 주변에 서식하는 어류나 패류 등을 포식하는 것으로 보이며, 실제로 어초 하단부에서는 동해담치류의 패각이 다량 발견되었다.

인근 자연암반의 경우 틈이 적고 평평한 돌출형으로 생물다양성을 극히 낮게 나타냈다. 표층에는 다시마류가 우점하면서 다른 생물의 가입을 저지하는 것으로 보여진다. 국부적으로 우렁쟁이군락이 형성되었지만 피도는 매우 적게 나타났으며, 기타 가지산호류 등은 볼 수 없었다. 전반적으로 인공어초보다는 상당히 낮은 종조성을 보였으며, 이러한 원인은 어초의 공간이 암반보다는 다양하고, 해조류의 서식이 빈약한 것으로 보여진다.

### (3) 해조류

어초 표면과 어초 주변의 자연암반에 형성된 해조군집의 구성종, 피도, 생물량을 비교한 결과는 <표 III-4>와 같다. 어초에서는 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 10종을 포함한 총 14종의 해조류가 관찰되었고, 자연암반에서는 녹조류 2종, 갈조류 5종, 홍조류 8종을 포함한 총 15종이 관찰되었다. 종 다양성은 두 곳 사이에 큰 차이가 없었으나, 구성 종 및 그 피도가 서로 다르므로 인해 군집구조에도 많은 차이가 있음을 볼 수 있었다. 특히 어초에서의 갈조류 수가 자연암반에 비해 상대적으로 적었다. 어초에서는 마디잘록이(*Lomentaria catenata*)와 엔도혹돌잎(*Lithophyllum yendoi*)과 같이 해조군집의 천이과정에서 초기에 나타나는 소형 또는 무절석회조류가 우점함을 들 수 있다.

반면 자연암반에서는 다년생 갈조류로서 해중립을 이룰 수 있는 개다시마(*Kjellmaniella crassifolia*)가 우점함을 볼 수 있다. 구성종의 차이에 의해 생물량 또한 많은 차이가 있음을 볼 수 있었다. 어초의 생물량은 0.1kg wet wt · m<sup>-2</sup>에 비해 자연암반에서는 이의 15배인 1.5kg wet wt · m<sup>-2</sup>이었다.

<표 III-4> 강원 강릉 연안 사각어초(수심 25m)의 해조류와 그 피도

출현종	한국명	피도(%)	
		인공어초	자연암반
Chlorophyta	녹조류		
<i>Ulva latuca</i>	참갈파래	+	
<i>Codium adhaerence</i>	떡청각	+	+
<i>Codium fragile</i>	청각		+
Phaeophyta	갈조류		
<i>Costaria costata</i>	쇠미역사촌		+
<i>Ecklonia stolonifera</i>	곰피		
<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	개다시마		15
<i>Laminaria japonica</i>	다시마		+
<i>Dictyota dichotoma</i>	참그물바탕말	+	
<i>Sargassum confusum</i>	알송이모자반		+
<i>Sargassum horneri</i>	괭생이모자반	+	
<i>Sargassum sp.</i>	모자반류		+
Rhodophyta	홍조류		
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리	+	+
<i>Lithothamnion cystocarpidium</i>	낭과쩍	+	+
<i>Lithophyllum yendoi</i>	엔도흑돌잎	6	15
<i>Amphiroa sp.</i>	게발류		1
<i>Marginisporium aberrans</i>	방황게발혹		2
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	개도박	+	3
<i>Ticocarpus crinitus</i>	마른가지		2
<i>Callophyllis adhaerens</i>	좁은붉은잎	+	
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이	+	
<i>Gigartina tenella</i>	돌가사리		+
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	20	
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎	+	
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	털엿가지풀	+	
<i>Symphyclocladia linearis</i>	가는보라색우무	+	
피도합계		26	38
생물량(kg wet wt · m <sup>-2</sup> )		0.1	1.5

이상을 간략하게 정리하면 첫째, 조사 어초에서 해조류의 출현 종수, 피도, 생물량이 적고 밀생하는 해중림이 형성되지 않았다는 점이다. 둘째, 어초의 피도가 자연암반에 비해 현저하게 낮았다는 점이다. 이는 투하된 어초의 투하목적과 투하지의 광량분포 때문으로 해석된다. 조사된 어초는 어류 집어용 사각어초로 주로 수심 30m 가까운 곳에 투입된다. 그러나 해수면으로부터 투과되어 수심 30m에 도달하는 광량은 식물이 광합성을 통해 성장하여 해중림을 이루기에는 대단히 적고, 이 수심에서 생육할 수 있는 종도 상당히 제한될 수밖에 없다. 또한 투입된 시기가 비교적 최근이기 때문에 아직까지 이 어초가 해조류가 부착하기에 충분히 안정화되지 못한 것도 대형갈조류인 개다시마(*K. crassifolia*)가 착생하지 못한 주요한 원인이 된다.

## 나) 사각어초(경북)

### (1) 어류

경북 포항시 흥해읍 청진리 연안 약 1km 지점에 설치된 사각어초(북위 36° 10' 771" ~ 769" ; 동경 129° 25' 621" ~ 625")를 조사하였고, 조사 당시 수온은 8.2℃이었다.

1995년 설치된 사각어초군은 조사 당시 3단으로 잘 쌓여 있었고 보존 상태도 양호하였다. 단 어초 일부분에 어망들이 걸쳐져 있거나 쌓여 있어 관리 상태는 좋지 않았다. 수중 관찰 시간 15분간 관찰한 어류는 <표 III-5>와 같다. 가장 많은 종은 인상어로 약 1,200마리로 추정되었다. 그 외 망상어, 쥐노래미, 불볼락, 금줄망둑, 다섯동갈망둑 등이 있었으나 쥐노래미만 3마리가 관찰되었을 뿐 나머지는 한 마리씩으로 자원량은 많지 않았다. 그중 어초 사이에 머물고 있는 종은 쥐노래미였으며 나머지 종은 모두 바닥에 위치하고 있었다.

<표 III-5> 경북 흥해 연안의 사각어초에서 확인 어종

종 명	한국명	관찰미수
1. Hexagrammos otakii	쥐노래미	3
2. Neoditrema ransonneti	인상어	1,200
3. Ditrema temmincki	망상어	1
4. Sebastes thompsoni	불볼락	1
5. Pterogobius virgo	금줄망둑	1
6. Pterogobius zacalles	다섯동갈망둑	1

카키모토(1999, 미발표)는 어초의 조건을 한마디로 "Not see though but can swimming through"란 한 문장으로 압축하여 표현하고 있다. 그러나 생물마다 구조물에 대한 반응은 모두 다른데 예를 들어 문어는 입구만 있으면 들어간다. 왜냐하면 거의 종이 크기 만한 공간만 있어도 빠져나올 자신이 있기 때문이다. 반면 닭새우는 들어가는 입구와 나오는 입구가 없으면 들어가지 않는다. 그러므로 대상종의 행동 습성을 이해하고 그러한 습성에 맞는 구조를 가진 어초를 개발하는 것이 필요하다고 지적하고 있다. 특히 동해안에서는 연중 머무는 종이 많지 않고, 계절별로 종이 나 연급군(年級群)이 교체되어 나타나므로 수산 어종의 위점을 목적으로 어초를 투하할 경우 어초의 효과 극대화를 위해서는 각 해역별 어종의 특성을 분석하여 가장 자원 증대에 효과적인 종에 대한 생태, 행동학적 연구가 이루어져야 하겠다.

### (2) 무척추동물

경북 흥해 지역에서 나타난 어초는 섬유세닐말미잘(*Metrodium fimbriatum*)에 의해 극우점하는 양상을 나타냈다. 수심이 깊은 상태에서 해조류의 밀도는 적게 나타났다. 어초 상층부는 주로 말미잘에 의해 우점하는 양상을 나타냈으며, 아래쪽은 우렁쟁이, 돌멍게 등이 우점

하였다. 어초 지역의 경우 총 53종이 출현하였다(<표 III-6> 참조). 이러한 양상은 주변 암반보다 높은 종조성을 나타낸 것이다. 이러한 경향은 어초의 구조적인 특징으로 보여져서 강릉지역과 유사하게 다양한 어초의 공간이 생물의 서식량에 영향을 준 것으로 보여진다.

어초에서는 극피동물이 16종으로 가장 높은 종 수를 나타냈는데, 이러한 결과는 시각적 관찰에 의한 것이며, 실제로 서식 피도나 밀도에서는 강장동물과 절지동물이 우점하는 것으로 나타났다. 암반의 경우 돌출형으로 표면이 매끈한 형태를 보여, 섬유세닐말미잘보다는 히드라충류가 우점한 양상을 나타냈다. 또한 부분적으로 다시마의 가입이 관찰되었다.

어초 지역에서 말미잘의 밀도가 적은 지역은 해면류와 갯고사리가 서식하였으며, 그 사이에 집게류의 밀도가 높게 나타났다.

<표 III-6> 경북 흥해 연안의 사각어초에 서식하는 부착생물의 서식 양상

종 명	한국명	인공어초	주변 암반
<b>Porifera</b>	해면동물		
<i>Spongilla</i> sp.	해면류	##	#
<b>Cnidaria</b>	자포동물		
<i>Metridium senile fimbriatum</i>	섬유세닐말미잘	####	###
<i>Nemanthus nitidus</i>	말미잘류	#	#
<i>Bellonella rigida</i>	바다딸기류	#	#
<i>Melithaea flabellifera</i>	가지산호류	#	
<i>Rhizopsammia munita</i>	돌산호류	##	#
<i>Verrucella umbraculum</i>	홍색가지산호류	#	
<i>Solanderia secunda</i>	가지산호류	#	
Hydrozoan unid.1	회드라류	#	#
Hydrozoan unid.2	회드라류	##	##
<b>Bryozoa</b>	태형동물		
Bryozoan unid.	태형동물류	#	#
<b>Mollusca</b>	연체동물		
<i>Serpulobis</i> sp.	뱀고둥류	#	#
<i>Batillus cornutus</i>	소라	#	
<i>Hypselodoris festiva</i>	파랑갯민숭달팽이	#	
<i>Sakuraelis</i> sp.	갯민숭달팽이류	#	
<i>Mytilus coruscus</i>	동해담치	#	
<i>Ostrea</i> sp.	벚굴류	#	
<i>Arca</i> sp.	돌조개류	#	
Nereidae unid.	참갯지렁이류	#	
Sabellidae unid.	꽃갯지렁이류	#	
Surpulidae unid.	석회관갯지렁이류	#	#
Lumbrineris sp.	털갯지렁이류	#	
<b>Arthropoda</b>	절지동물		
<i>Idorea</i> sp.	등각류	#	

<표 III-6> 계속

종 명	한국명	인공어초	주변 암반
<i>Balanus trigonus</i>	삼각따개비	#	
<i>Balanus</i> sp.	따개비류	#	
<i>Pagurus langinosus</i>	털다리참집게	##	#
<i>Pagurus japonicus</i>	붉은눈자루참집게	##	#
<i>Diogenes</i> sp.	넓적왼손집게류	#	#
<i>Pugettia</i> sp.	빨물맞이게류	#	
<i>Heteropanope</i> sp.	자게류	#	
<b>Echinodermata</b>	극피동물		
<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	#	#
Crinoidea unid.	갯고사리류	#	
<i>Ophiactis</i> sp.	뱀이거미불가사리류	#	#
<i>Amphipholis</i> sp.	비늘거미불가사리류	#	#
<i>Temnopleurus harwickii</i>	하드워분지성게	#	#
<i>Pseudocentrotus pulcherrim</i>	분홍성게	#	#
<i>Anthocidaris crassipina</i>	보라성게	#	#
<i>Ophidiaster cribrarius</i>	긴팔불가사리	#	#
<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	#	#
<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	#	#
<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	#	#
<i>Henricia nipponica</i>	애기불가사리	#	#
<i>Henricia regularia</i>	네모애기불가사리	#	#
<i>Henricia</i> sp.	애기불가사리류	#	#
<i>Distolasterias japonica</i>	일본불가사리	#	#
<i>Stichopus japonicus</i>	돌기해삼	#	#
<i>Halocynthia roretzi</i>	우렁쟁이	#	#
<i>Halocynthia aurantium</i>	붉은멍게	#	#
<i>Halocynthia ritteri</i>	릿테르개멍게	#	#
<i>Pyura</i> sp.	개멍게류	#	#
<i>Styela clava</i>	미더덕	#	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

### (3) 해조류

어초 표면에 형성된 해조군집의 구성종, 피도, 생물량을 조사한 결과는 <표 III-7>과 같다. 어초가 투입된 곳은 모래지역이기 때문에 해조류가 전혀 존재하지 않는 곳이다. 어초가 투입된 후 약 5년이 경과된 조사시기 동안에 관찰된 해조류는 총 9종(녹조류 1종, 갈조류 1종, 홍조류 7종)으로 나타났고, 그 피도와 생물량은 각각 6% 및 0.03 kg wet wt · m<sup>-2</sup>에 불과하였다. 이는 대부분의 기질을 고착성 저서동물들이 차지하여, 해조류가 이들과의 종간경쟁에서 뒤졌기 때문으로 해석된다. 고착성 저서동물과의 종간경쟁에서 우위를 차지하지 못하는 주원인은 어초의 투입지점이 대부분의 해조류가 광합성을 통해 성장하기에 충분하지 않은 것으로 풀이된다.

## 다) 요철형

1999년 7월 20일 강원도 고성군 교암 연안에 설치된 요철형 어초를 조사한 결과 모래 바닥에 투여한 어초에는 해조류가 덮여 있었고 쥐노래미, 누루시불락, 가시망둑 등 일부 소형 어종들이 서식하고 있었다. 설치한 수심이 얇고 (수심 10m) 설치 장소가 편평한 모래 바닥 이어서 다양한 어종은 없었다.

<표 III-7> 경북 흥해 연안 사각어초(수심 25m)의 해조류와 그 피도

출현종	한국명	피도(%)	
		인공어초	자연기질(모래)
Chlorophyta	녹조류		
<i>Ulva latuca</i>	참갈파래	+	
Phaeophyta	갈조류		
<i>Dictyota dichotoma</i>	참그물바탕말	+	
Rhodophyta	홍조류		
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리	+	
<i>Lithothamnion cystocarpidium</i>	낭과적	+	
<i>Lithophyllum yendoi</i>	엔도혹돌잎	6	
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곰슬이	+	
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	+	
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎	+	
<i>Heterosiphonia pulchra</i>	털엇가지풀	+	
피도합계		6	
생물량(kg wet wt · m <sup>-2</sup> )		0.03	-

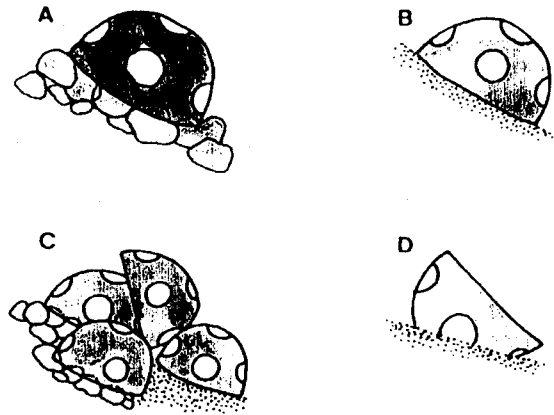
## 2) 남해안

### 가) 반구형 어초

#### (1) 어류

이번 조사 대상이 되었던 반구형 어초는 1995년에 설치된 군이었으며 조사 당시 수온은 22℃(1999년 9월), 13~14℃(1999년 12월), 11.5℃(2000년 3월)였다. 조류는 비교적 강한 편이 있으며 투명도는 4~5m 전후로 비교적 수중 시야는 그다지 좋지 않은 편이었다.

조사 해역의 반구형 어초는 경사가 급한 연안 바위 암반과 수심 7~9m부터 시작되는 사니질 바닥에 놓여져 있었다. 투하 위치나 상태는 바위, 사니질 위에 있는 것을 비롯하여 거꾸로 뒤집힌 것, 쌓여 있는 것 등 다양하였다. 한 개씩 놓여져 있는 것도 떨어져 있거나 서로 붙어 있는 것 등 수심 8~14m 범위에 설치된 어초는 쌓여 있는 위치와 쌓여 있는 형태에 따라 네 가지 타입으로 나누어졌으며, 각 타입에 따라 어류상과 수산 어종의 군집 정도에 차이가 있었다(<그림 III-3> 참조).



<그림 III-3> 남해안 반구형 어초의 설치 유형

반구형 어초가 바닥에 쌓인 형태와 바닥 저질에 따른 어류상과 어초의 효과를 비교하기 위하여 1999년 9월과 12월, 2000년 3월, 3회에 걸친 잠수 조사결과 9월, 12월에는 14종, 3월에는 7종이 확인되었다.

조사 기간 중 반구형 어초의 놓인 형태별로는 돌 위에 쌓여진 어초(A)와 뺄 바닥에 놓여진 어초(B)를 비교할 때에는 A에서 더 많은 어종이 관찰되었으며(9월에는 A에서 9종; B에서 4종/12월에는 A에서 8종; B에서 6종/3월에는 A에서 3종; B에서 2종), 실제 잠수 관찰시 느낄 수 있었던 것은 인상어, 문치가자미와 같은 일부 종을 제외하면 뺄 바닥 위에 어초가 놓여져 있다 하더라도 그다지 그곳을 선호하지 않음을 느낄 수 있었다.

<표 III-8> 남해안 반구형어초의 설치유형별 어류 출현 현황

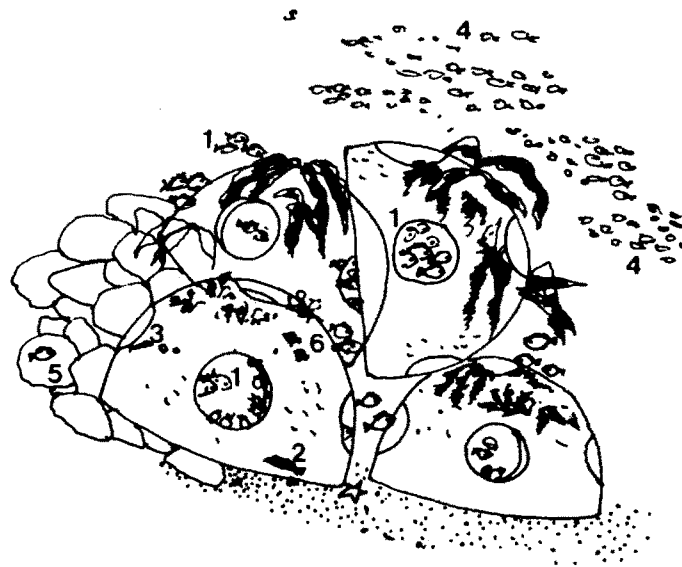
종 명	한국명	A	B	C	D
1. <i>Sebastes inermis</i>	불락	2	-	42	-
2. <i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	1	1	1	-
3. <i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	-	-	1	-
4. <i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	100+	-	300+	-
5. <i>Ditrema temmincki</i>	망상어	-	-	1	-
6. <i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	-	-	2	2
7. <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	-	1	-	-
8. <i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	-	-	-	2

주) A, B, C, D는 <그림 III-3>의 반구형 어초 설치 유형임.



또한 반구형 어초는 비교적 표면적이 넓은 특징을 가져 곰피나 우렁쟁이 등 해조류나 무척추동물들이 많이 부착하여 있다 하더라도 어류에 대해서는 어느 정도의 효과를 가지고 있는지 의문시되었다. 그 한 예로서 쌓여진 어초(C)는 어초 투하 작업시 우연히 이루어진 구조이지만 그곳에서는 다양한 어종과 볼락과 같은 수산 어종이 가장 많이 서식하는 양상을 보여, 어류만을 대상으로 두고 생각하면 반구형 어초의 구조 자체에 문제가 있는 것이 아닌가 하는 의문을 갖게 하였다(<표 III-8> 및 <그림 III-4> 참조).

따라서 연안에 설치된 반구형 어초는 일부 무척추동물과 수산 어종을 함께 위집할 수 있는 구조로 개선할 필요가 있을 것으로 판단되었다.



<그림 III-4> 경남 통영 산양 저도 연안 반구형어초의 어류상

주) 2000년 3월 15일 조사, 숫자는 <표 III-5>와 동일함(그림 III-3의 C형).

어초 효과 조사에 있어 자망에 의한 채집과 잠수에 의한 어종 확인사이에 어느 정도 오차가 있는지를 알기 위하여 반구형 어초의 잠수조사가 이루어진 전날 반구형 어초가 설치된 해역에 자망을 설치하여 다음날 아침에 확인한 결과와 잠수 조사사이의 어종을 비교한 결과는 <표 III-9>와 같다.

즉 잠수에 의한 조사에서는 8종, 자망에 의하여 채포된 어종 수는 4종을 단순 수리적인 어종 수에 있어서도 2배의 차이를 나타내었다. 자망의 경우는 150m를 어초 주변 바닥에 설치하였지만 수심과 흐름을 고려하여 숙련된 어부가 깔았다고 하더라도 어초군을 벗어날 위험이 있으며 확인된 어종 역시 문치가자미, 인상어 등과 같이 어초가 아니더라도 썰 바닥이나 연안에서 흔히 서식하는 종들이 있어 어초에 의하여 모인 어종 외에 다른 어종이 혼획될 위험도 있다.

<표 III-9> 남해안 반구형어초의 다이빙과 자망 조사에 의해 확인된 어종

종 명	한국명	다이빙	자망
1. <i>Sebastes inermis</i>	볼락	○	
2. <i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락		○
3. <i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	○	
4. <i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미	○	
5. <i>Neoditrema ransonneti</i>	인상어	○	○
6. <i>Ditrema temmincki</i>	망상어	○	○
7. <i>Rudarius ercodes</i>	그물코쥐치	○	
8. <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	○	
9. <i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	○	
10. <i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미		○

무엇보다도 중요한 것은 잠수 조사에서 확인된 어종의 50% 이상이 자망에 의하여 어획되지 않았다는 것이다. 자망에 의한 표본 조사에서 오는 오차를 최대한 줄이기 위해서는 전문가들로 구성된 잠수 조사와 자망이나 통발과 같은 일반 어구에 속련된 자가 동시에 동일 어초군을 대상으로 효과 조사를 병행하여야만 실질적인 어초의 효과가 확인 가능할 것으로 생각되었다.

한편, 2000년 3월에 조사되었던 한산면 봉암도의 반구형 어초는 직경이 50~100cm인 잘피 발 위에 설치되어 있었는데 주위에 잘 발달한 곰피발의 영향으로 대부분의 어초에 미역, 곰피 등 대형 갈조류가 잘 발달해 있었다. 어초 주변에는 일곱동갈망둑, 인상어, 망상어, 그물코쥐치 등 7종의 소형 어종들이 떼를 지어 서식하고 있었다. 수심이 5~8m로 얕고 연안이 단순한 형태를 띠고 있어 조사 당시 대형 또는 고급 수산 어종은 찾아볼 수 없었다.

## (2) 무척추동물

통영 부근 저도와 한산도(봉암) 등 총 2개 지역에서 조사를 실시하였다. 각 정점마다 외벽에 부착된 생물의 정량 조사를 실시하였다. 총 7개 분류군의 생물이 채집되었다(<표 III-10> 참조). 저도 부근의 어초에서는 수심 8m 부근에 뒤집어진 어초의 경우 암반 생물과 더불어 니질에 서식하는 생물이 다소 채집되었다. 어초 표면에 감태 등 해조류가 번성하여 엽상체가 어초 전체를 덮고 있었다. 주로 따개비류가 높은 피도를 나타냈으며, 해조류의 영향으로 인해 대벌레류(*Caprella* sp.), 단각류(*Amphipoda* unid., *Amphiothoe* sp.)와 성게류(*Hemicentrotus* sp.) 등이 다수 출현하였다. 얕은 어초의 경우 해조류가 거의 서식하지 않았으며, 따개비류의 점유도도 낮게 나타났다. 어초 표면에 니질 퇴적물과 우렁쉥이 등 초대형 현탁물 식자의 서식으로 인해 다모류의 서식이 높게 나타났으며, 그늘진 하부 쪽에는 다수의 유령명게(*Ciona intstnalis*)가 서식하였다.

<표 III-10> 남해안 반구형어초와 부근 해역의 생물상

종 명	한국명	통영	한산도	주변암반
<b>Porifera</b>	해면동물			
<i>Halochondria</i> sp.	해면해면류	##	#	#
<b>Cnidaria</b>	강장동물			
<i>Anthopleura japonica</i>	해면말미잘류		##	#
<i>Anthopleura</i> sp.	담황줄말미잘류	#	#	#
Hydrozoan unid.	회드라류	##	##	##
<b>Bryozoa</b>	태형동물			
Bryozoa unid.	태형동물류	#	#	#
<b>Mollusca</b>	연체동물			
<i>Acanthochiton</i> sp.	군부류	#	#	#
<i>Mitrella</i> sp.	얼룩고둥류	#	#	#
<i>Diodora</i> sp.	삿갓조개류	#	#	##
<i>Cellana</i> sp.	배말류	#	#	##
<i>Chlorostoma argyrostoma</i>	밤고둥	#	##	##
<i>Serpulobis</i> sp.	뱀고둥류	#	#	##
<i>Kelletia lischkei</i>	매끈이고둥	#	#	#
<i>Batillus cornutus</i>	소라	#	#	#
<i>Ceratostoma</i> sp.	세뿔고둥	#	#	#
<i>Searlesia</i> sp.	긴뿔매물고둥	#	#	#
<i>Tristichotrochus</i> sp.	방석고둥류	##	#	#
<i>Aplysia argentata</i>	군소	#	#	#
<i>Mytilus</i> sp.	홍합류	#	#	#
<i>Crassostrea gigas</i>	참굴	##	##	##
<i>Arca</i> sp.	돌조개류	#	#	#
<i>Octopus</i> sp.	문어류	#	#	#
<b>Annelida</b>	환형동물			
Nereidae unid.	참갯지렁이류	#	#	#
Sabellidae unid.	꽃갯지렁이류		#	#
<i>Surpulus</i> sp.	석회관갯지렁이류	##	##	##
<i>Lumbrineris</i> sp.	털갯지렁이류	#		
<b>Arthropoda</b>	절지동물			
<i>Caprella aequilibra</i>	가슴가시대벌레	###	###	###
<i>Ampithoe</i> sp.	참옆새우류	##	##	##

<표 III-10> 계속

종 명	한국명	통영	한산도	주변암반
<i>Megabalanus rosa</i>	빨강따개비	#	#	#
<i>Balanus trogonus</i>	삼각따개비	##	##	##
<i>Balanus</i> sp.	따개비류	#	#	#
<i>Diogenes</i> sp.	넓적원손집게류	##	##	##
<i>Pilumnus</i> sp.	부채게류	#	#	#
<i>Charbdis</i> sp.	민꽃게류	#	#	#
<i>Pugettia</i> sp.	뿔물맛이게류	#	#	#
<i>Herteropanope</i> sp.	자게류	#	#	#
<i>Archaeus</i> sp.	아케우스게류	#	#	#
<i>Cancer</i> sp.	은행게류	#	#	#
<b>Echinodermata</b>	극피동물			
<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	##	##	##
<i>Ophiactis</i> sp.	뱀이거미불가사리류	#	#	##
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	뿔거미불가사리	##	##	##
<i>Amphiopholis</i> sp.	비늘거미불가사리류	#	#	##
<i>Ophiothrix</i> sp.	가시거미불가사리류	##	##	##
<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	분지성게	#	#	#
<i>Temnopleurus harwickii</i>	하드워분지성게	#	#	#
<i>Anthocidaris crassispinia</i>	보라성게	#	#	#
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게	##	##	###
<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	##	##	##
<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	##	##	##
<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	#	#	#
<i>Henricia nipponica</i>	애기불가사리		#	#
<i>Stichopus japonica</i>	돌기해삼	#	#	#
<b>Chordata</b>	척삭동물			
<i>Ciona intestinalis</i>	유령멍게	#	#	#
<i>Halocynthia roretzi</i>	우렁쟁이	##	##	##
<i>Halocynthia ritteri</i>	릿테르개멍게	#	#	#
<i>Pyura</i> sp.	개멍게류	#	#	#
<i>Styela clava</i>	미더덕	#	#	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

한산도 부근 어초의 경우도 저도와 유사한 생물상을 나타냈다. 한산도 부근은 경사면이 완만하고 암반 지대에 어초를 놓아 주변과 매우 유사한 생물상을 나타내면서 암반면적을 증대시키는 효과를 나타냈다. 해조류의 번성으로 인해 저도와는 달리 따개비류의 서식밀도가 작게 나타났으며, 우렁쟁이의 경우도 극히 적은 양만 서식하는 것으로 나타났다. 우렁쟁이의 경우 해조류 번성으로 인한 조류 흐름의 약화가 작용한 것으로 생각된다.

저도 주변에 서식하는 생물로는 어초의 내부공간에 인접한 경계면에는 바다나리와 우렁쟁이가 서식하였으며, 포식성이 강한 아무르불가사리와 별불가사리가 간혹 나타났다. 내부공간 주위에는 등근성게와 멧게류가 서식하는 것으로 나타났으며, 내부에는 부착생물이 거의 발견되지 않았다. 어초 내부 바닥의 경우 민꽃게류와 집게류가 서식하는 것으로 나타났다.

어초에 부착된 저서동물 중 산업 종으로는 우렁쟁이가 높은 밀도를 보인 반면, 소라, 해삼, 성게 등은 낮은 밀도를 나타냈다. 한편 전복류는 한 개체도 발견하지 못하였다. 주변 저도와 인접한 암반 지대에서는 어초보다는 비교적 높은 생물 다양성을 나타냈으며, 복잡한 암반 구조가 생물이 은신할 수 있는 피신처를 다양하게 제공함으로써 오히려 전복, 소라 등의 밀도는 크게 나타났다. 따라서 저도의 반구형 어초는 암반 지대를 연장하는 선상에 위치하여 암반 생물의 가입이나 이동이 원활할 것으로 생각되나, 구조상 은신처가 전혀 없기 때문에 여과성 식자의 서식은 두드러졌지만 경계성이 높은 초식성 식자의 서식은 매우 저조하였다.

현재까지의 종조성 자료 분석에 의하면 소형 생물의 경우 일부 계절적인 영향이 보이나 대부분의 경우 어초 내에서의 계절적인 군집변화는 나타나지 않은 것으로 생각된다.

결과적으로 저도 부근의 어초는 암반생태계와 니질 생태계의 경계면에 어초를 투하함으로써 암반지역을 확대하는 양상을 나타냈으며, 수로지역으로 조류의 세기가 주로 현탁물식자가 우세한 환경을 만들었다. 다만 부적절하게 시설된 어초의 경우 생물상에서도 다소 차이를 나타냈다. 반면 한산도의 경우 암반 위에 시설하여 어초와 암반간에 차이를 보이지 못한 동일한 생태계가 형성되었다. 해조류의 번식으로 현탁물식자의 서식밀도가 감소한 반면, 오히려 어초 내부에 서식하는 양상을 나타냈다.

### (3) 해조류

통영시 산양과 봉암에 투입된 반구형어초 표면과 어초 주변의 자연암반에 형성된 해조군집의 구성종, 피도, 생물량을 비교한 결과는 <표 III-11>과 같다.

우선 산양의 반구형어초에서는 녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 7종으로 총 10종의 해조류가 관찰되었고, 자연암반에서는 녹조류 1종, 갈조류 2종, 홍조류 9종으로 총 12종이 관찰되었다. 또한 두 곳 사이의 구성종 차이는 10% 이내로 종조성에서 매우 밀접하였다. 해조류가 차지하는 피도 또한 35~36% 수준으로 매우 유사하였다. 그러나 우점종에서는 약간 차이를 볼 수 있었다. 어초에서는 곱피(*Ecklonia stolonifera*)가 극우점하는 양상을 보였으나, 자연암반에서는 보다 다양한 종이 유사한 피도로 구조되어 있었다. 우점종의 차이에 의해 생물량 또한 차이가 있었다. 어초의 생물량은  $4.5\text{kg wet wt} \cdot \text{m}^{-2}$ 에 비해 자연암반에서는  $2.7\text{kg wet wt} \cdot \text{m}^{-2}$ 이었다.

봉암의 반구형어초와 자연암반의 구성종은 거의 동일하였다. 두 곳 모두에서 녹조류 1종, 갈조류 3종, 홍조류 5종으로 총 9종의 해조류가 관찰되었다. 반면 우점하는 종은 약간의 차이를 보였다. 어초에서는 미역(*Undaria pinnatifida*)과 곱피(*E. stolonifera*)가 공히 30%의 피도로 가장 우점하는 종이었으나, 자연암반에서는 미역(*U. pinnatifida*)과 엔도흑돌잎(*Lithophyllum*

yendoi)이 각각 피도 20% 및 15%로 우점하는 종이였다. 생물량 또한 차이가 있어, 어초의 생물량은 5.2kg wet wt · m<sup>-2</sup>에 비해 자연암반에서는 4.1kg wet wt · m<sup>-2</sup>이었다.

산양과 봉암 두 곳 어초간의 생물량 차이는 두 지역이 같은 환경의 차이에 의해 비롯된 것으로 판단된다. 봉암의 경우 조류의 세기가 빠른 곳으로, 주변의 퇴적물이 주로 사질로 이루어져 퇴적물의 재부유에 따른 영향이 적은 곳이나, 산양은 암반 주변이 사니질 퇴적물로 이루어져 니질의 재부유에 따른 탁도저하 등 해조류의 성장과 착생이 다소 불리한 곳이다.

<표 III-11> 경남 통영 산양과 봉암 연안의 반구형어초의 해조류와 피도

출현종	한국명	피도(%)			
		산양		봉암	
		인공어초	자연암반	인공어초	자연암반
Chlorophyta	녹조류				
<i>Ulva latuca</i>	참갈파래	+	+	3	+
Phaeophyta	갈조류				
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역			30	20
<i>Ecklonia stolonifera</i>	곰피	30	8	30	8
<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	+	2	+	2
Rhodophyta	홍조류				
<i>Gelidium amansii</i>	우뭇가사리		5		
<i>Lithophyllum yendoi</i>	엔도흑돌잎	+	+	3	15
<i>Corallina pilulifera</i>	작은구슬산호말	+	2	1	3
<i>Pachymeniopsis elliptica</i>	도박	3	5	3	
<i>Gracilaria textorii</i>	잎꼬시래기	3	3		5
<i>Gigartina tenella</i>	돌가사리		5		
<i>Lomentaria catenata</i>	마디잘록이	+	+		
<i>Acrosorium flabellatum</i>	부채분홍잎	+	5	+	+
<i>Heterosiphonia purchra</i>	털엿가지풀	+	+	+	+
피도합계		36	35	70	53
생물량(kg wet wt · m <sup>-2</sup> )		4.5	2.7	6.8	5.5

이상을 정리하면 조사 어초에서 자연암반 만큼의 출현 종수를 보이며, 피도와 생물량에서 오히려 높은 값을 보였다. 이것은 이들이 투입된 후 불과 5년밖에 경과하지 않았음에도 해조류가 부착하기에 충분히 안정화되어, 기질로서 자연암반과 큰 차이가 없음을 의미한다. 특히 두 곳 모두에서 어초주변에는 곰피가 우점하는 것으로 나타났음을 주목할 필요가 있다.

곰피(*E. stolonifera*)는 남해 연안의 수심 4~8 m에 분포하는 해조이며, 장소에 따라 외톨개 모자반(*Myagropsis myagroides*) 및 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)과 더불어 연안에서 해중림을 이루는 주요한 종이다. 따라서 조사된 장소에서 곰피(*E. stolonifera*)의 피도가 30% 이상이라는 것은 투입된 어초가 반구형 어초로서 가져야 할 기능에 비교적 잘 일치한다고 보아야 할 것이다.

그러나 조사된 어초는 수심 8m 주변에 위치한 것들이며, 이 보다 깊은 수심에서는 해조류의 피도가 대단히 낮았다. 이는 해역의 높은 탁도에 의한 것이다. 즉 이 곳에서는 퇴적물

이 대부분 니질로 이루어져 있고, 이 니질의 퇴적물이 조류에 의해 재부유함에 따라 탁도가 높다. 1999년 사이에 이 해역에서 매월 해수중의 광량 분포를 조사하여 구한 소광계수(昭光係數)  $k$ 는 <표 III-12>와 같다.

<표 III-12> 경남 통영 연안 반구형어초가 투입된 해역의 해수중 광량 분포

조사일자	소광계수( $k$ )	ALI <sup>1</sup>	광량( $\mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )			
			2 m	4 m	6 m	8 m
1999년 1월	0.650	1127.6	307.3	83.7	22.8	6.2
1999년 2월	0.545	1439.0	483.8	162.7	54.7	18.4
1999년 3월	0.725	1058.9	248.4	58.3	13.7	3.2
1999년 4월	0.886	1602.9	272.5	46.3	7.9	1.3
1999년 5월	0.680	1961.7	503.5	129.2	33.2	8.5
1999년 6월	0.506	1389.6	505.1	183.6	66.7	24.3
1999년 7월	0.424	1179.0	504.9	216.3	92.6	39.7
1999년 8월	0.665	1216.0	321.6	85.1	22.5	5.9
1999년 9월	0.756	1203.9	265.4	58.5	12.9	2.8
1999년 10월	0.549	1165.0	388.6	129.6	43.2	14.4
평균	0.639	1334.3	380.1	115.3	37.0	12.5

주) 1) ALI : 일조시간 동안 해수면에 도달한 광량( $\mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

소광계수는 0.424~0.886으로 비교적 높은 값을 보였고, 해수 표면에 도달하는 낮 시간 동안의 월간 평균 광량은 1,058~1,962  $\mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었기 때문에 수심 8m에 도달할 수 있는 광량은 최대 40  $\mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 을 넘지 않는다. 반면 해조류가 광합성을 하여 성장할 수 있는 최소한 광량을 의미하는 보상광도(補償光度)는 <표 III-13>과 같이 50  $\mu\text{M} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  이상이 됨을 흔하게 볼 수 있다. 따라서 이 해역의 수심 8m 이하에서는 해조류의 성장률이 급속히 낮아지며, 이 수심에서 생육할 수 있는 종도 제한된다. 따라서 본 해역에서 반구형 어초의 투입시에는 생물학적 특성과 환경과의 관계를 반드시 고려하여야 할 것이다.

<표 III-13> 남해안에 출현하는 주요 해조류의 광합성 보상광도

출현종	1999년										평균
	1월	2월	3월	5월	6월	7월	8월	9월	10월		
<i>Ecklonia stolonifera</i>	71.3	10.7	42.1	13.4	21.4	1.3	2.4				23.2
<i>Gelidium amansii</i>				31.7	5.8	12.6	64.9	9.9	30.9		26.0
<i>Gracilaria textorii</i>				5.5	19.9	22.3					15.9
<i>Myagropsis myagroides</i>	30.1	48.1	35.4						88.5	41.7	48.8
<i>Pachymeniopsis spp.</i>		0.4	7.6	1.3	13.4	51.5	82.7	51.4	76.9		35.6
<i>Sargassum horneri</i>	40.6	75.6	37.0							58.6	53.0
<i>Ulva pertusa</i>				52.9	5.1	4.9	15.0	43.8	15.2		22.8
<i>Undaria pinnatifida</i>	22.8	2.0	11.8	14.5	30.9						16.4

## 나) 사각어초

### (1) 어류

1988년 설치된 수우도의 조사 당시 투명도가 매우 낮아 수심 24m에 설치된 어초를 육안 관찰이 거의 불가능하였다. 20m 이심에선 거의 사물을 구분 할 수 없을 정도로 어두웠는데 잠수 시 관찰과 어군탐지기에 포착된 화상을 종합해 보면 조사대상 어초군은 2~3단으로 길게 쌓여져 있었다. 어류는 육안으로 확인된 미역치 외에는 확인이 어려웠다. 단, 조사 당일 현장에서 외출낚시를 하는 어부와 의 면담결과 사각어초 어장에서는 주로 볼락과 쥐노래미를 낚아왔던 것으로 확인하였다. 그러나 조사당시의 환경조건하에서는 이러한 한 어종의 자원량을 추정하기가 어려웠다.

우리 나라에서 유일하게 경제성 분석이 된 바가 있는 수우도 사각어초의 경우 조사 당일에는 시야가 그다지 좋지 않아 우렁쉥이 자원 외에 볼락류, 쥐노래미 등 어류 자원에 대한 간접적인 확인이 가능하였다. 류 등(1998)은 수우도 사각어초 어장은 설치 후 13년 후인 2001년부터는 순이익이 발생하는 것으로 평가하고 있으나 최근 그 어장을 이용하는 선박은 수우도의 외출낚시배가 대부분인 것으로 조사되었다. 따라서 경제성 분석 결과가 자연 상태와 일치하고 있는가하는 문제에 관해서는 보다 주기적이고 장기적인 조사가 필요하리라 생각되었다.

한편, 1999년 10월에 새로 설치된 통영시 소장두도 서편의 사각어초는 31m 바닥에서 24m 수층까지 3단으로 잘 쌓여 있었다. 조사 당시에 확인된 어종으로는 5~10cm급 인상어가 500~600마리로 가장 많았으며(<그림 III-5, 4> 참조), 수산 어종으로는 7~15cm급 조피볼락(<그림 III-5, 1> 참조) 0세어가 10마리, 20cm전후의 쥐노래미(<그림 III-5, 2> 참조)가 3마리 있었고 그 외 배도라치(<그림 III-5, 5> 참조)와 미역치(<그림 III-5, 3> 참조)가 서식하고 있었다. 설치한 지 6개월이 경과한 콘크리트 어초에는 유령명게 등 일부 부착 생물이 부분적으로 붙어 있었을 뿐 안정된 생태를 갖추지 못하였고 따라서 어류 역시 위의 일부 어종이 모여들고 있는 중이라 볼 수 있어 정확한 생물상의 변화를 추정하기 위하여 주기적인 잠수 조사가 필요하리라 생각되었다.



<그림 III-5> 경남 통영 산양 소장두도 서쪽 연안(수심 24m) 사각어초 어류상

주) 숫자는 본문에 명시



## (2) 무척추동물

통영해역에서는 장두도 부근과 수우도 부근의 사각어초를 조사하였다. 장두도 부근은 시설 이후 지속적으로 관찰한 것으로 2000년 3월 조사 자료를 사용하였다. 시설된 지 6개월 정도 경과한 어초로 생물상이 다양하지 않았다. 다만 겨울철 수심 20m 부근에 대량 가입하는 유령명게(*Ciona intestinalis*)가 전체 피도의 90%를 차지할 정도로 대량 서식하는 것이 관찰되었다. 어초 상층부와 옆면에 주로 부착하였으며, 부착된 유령명게 사이로 빨이 퇴적되는 양상을 나타냈다. 즉, 생물 가입이 미세한 조류의 흐름을 제어하여 빨이 침적되는 것으로 보여진다.

유령명게 이외에는 최근에 가입되어진 생물이 작은 크기로 관찰되었으며, 빨과 인접한 지역의 경우 유령명게의 서식밀도가 낮게 나타나면서 거미불가사리 등 불가사리류의 번식이 두드러졌다(<표 III-14> 참조). 어초 밑면의 경우 미더덕이 가입된 양상이 나타났다.

유령명게의 경우 단년생으로 수온이 상승하면 부착면에서 탈락하는 것으로 알려져 있다(한국해양연구소, 1999). 따라서 이 지역에서도 상당한 생물 천이가 나타날 것으로 보인다. 기존 어초의 경우 우렁쟁이와 갯고사리류가 우점하는 양상을 보이면서 해면류, 히드라충류가 높은 우점도를 나타낼 것으로 예측된다.

한편 시설된 지 10년 이상 지난 수우도의 경우 조사 당시 높은 탁도와 조류로 인해 생물 관찰이 매우 어려웠다. 실제 사전에 얻은 지식보다는 어초가 빨로 침하한 것으로 나타났으며, 종조성에 있어서도 시야 제한으로 인해 넓은 지역을 대상으로 한 조사가 어려웠다. 어초 표면의 경우 현탁물식자의 부착기 사이에 상당량의 빨이 침적된 것으로 나타났다.

생물은 주로 다년생인 우렁쟁이, 릿테르개명게, 갯고사리, 육방산호류가 우점하는 것으로 나타났다. 이들 종은 모두 현탁물식자로 조류의 흐름이 강하고, 부유물의 농도가 높은 지역에 서식한다. 특히 육방산호류의 경우 수심 50m 이후의 암반층에서 관측되는 생물이다.

따라서 이 지역은 조류흐름이 원활하고 부유물의 농도가 높은 지역임을 예상할 수 있다. 빨의 경우 니질퇴적상에 서식하는 다모류가 일부 관찰되어 어초가 부착기질로서의 역할을 나타내지 못하는 것으로 보여진다. 실제로 니질퇴적상이 침적되는 경우에 부착기질을 가진 생물의 착저가 용이하지 못하여, 기존에 부착한 생물이 사망할 경우 니질환경이 변화가 생기지 않는 한 다른 부착생물의 가입은 불가능하다. 따라서 수우도 주변의 어초는 부착생물에 있어서는 기능적인 역할이 약한 것으로 보여진다.

## (3) 해조류

남해 수우도에서 조사된 사각어초에서는 해조류가 전혀 분포하지 않았다. 이 곳은 저층 퇴적물의 재부유에 의해 탁도가 높아 수심 20m 이상으로 투입되는 빛의 양이 극히 적어, 식물이 광합성을 통해 살아가기 어렵다. 또한 퇴적물의 이동양상이 대단히 복잡한 곳으로 많은 양의 니질 퇴적물이 어초에 침적되어 해조류의 착생을 저해하였다.

<표 III-14> 경남 통영 연안 사각어초의 생물상

종 명	한국명	장두도	수우도
<b>Porifera</b>	해면동물		
Actinaria unid.	말미잘류	#	
Anthozoa unid.	육방산호류		###
<i>Bellonella rigida</i>	바다말기류		#
<i>Sertularella</i> sp.	가지산호류	##	#
<b>Bryozoa</b>	태형동물		
Bryozoan unid.	태형동물류	#	#
<b>Mollusca</b>	연체동물		
<i>Cellana</i> sp.	배말류	#	
<i>Kelletia lischkei</i>	매끈이고둥	#	
<i>Ceratostoma furnieri</i>	세뿔고둥	#	
<i>Searlesia modesta</i>	긴뿔매물고둥	#	
<i>Tristichotrochus</i> sp.	방석고둥류	##	
<i>Ostrea</i> sp.	벗굴류		#
<i>Chlamys</i> sp.	가리비류	#	
<i>Octopus</i> sp.	문어류	#	
<b>Annelida</b>	환형동물		
<i>Hydroides</i> sp.	석회갯지렁이류	#	
Sabellidae unid.	꽃갯지렁이류		#
Surpulidae unid.	석회관갯지렁이류		#
<i>Surpulus</i> sp.	석회관갯지렁이	##	
<b>Arthropoda</b>	절지동물		
<i>Megabalanus rosa</i>	빨강따개비	#	#
<i>Balanus</i> sp.	따개비		#
Pycnogonida unid.	바다거미류	#	
<i>Diogenes</i> sp.	넓적왼손집게류	#	
<i>Pilumnus</i> sp.	부채게류	#	
<i>Cancer</i> sp.	은행게류	#	
<i>Latreillia</i> sp.	사슴게류		#
<b>Echinodermata</b>	극피동물		
<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	#	###
<i>Ophiactis</i> sp.	뱀이거미불가사리류	#	
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	뿔거미불가사리	##	
<i>Amphipholis</i> sp.	비늘거미불가사리류	#	
<i>Ophiothrix</i> sp.	가시거미불가사리류	##	
<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	분지성게		#
<i>Temnopleurus harwickii</i>	하드워분지성게	#	
<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	##	
<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	##	#
<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	#	#
<b>Chordata</b>	척삭동물		
<i>Ciona intestinalis</i>	유령멍게	###	
<i>Halocynthia roretzi</i>	우렁쟁이		##
<i>Halocynthia ritteri</i>	릿테르개멍게		
<i>Styela clava</i>	미더덕	#	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

### 3) 서해안

#### 가) 사각어초

##### (1) 어류

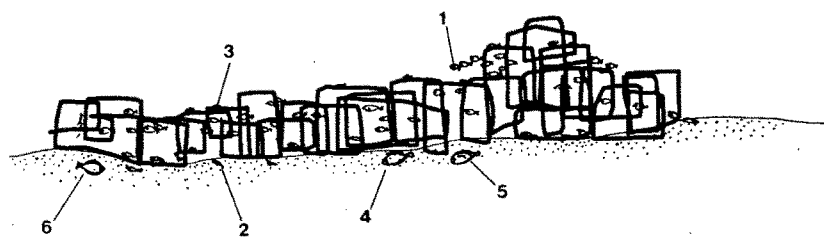
조사 대상이 되었던 충남 외연도 연안의 사각어초는 설치한지가 약 15년 가량 된 것으로서 24~26m 수심의 해저에 대부분 1단으로 줄지어 나열되어 있었으며, 그중 일부는 3단으로 쌓여 있었다.

조사 당일 수온은 13℃, 투명도가 약 8~9m로 밝아 어초어장에서 출현어종 확인 및 육안 계측, 계수 작업이 용이하였다. 비교적 단단한 사니질 바닥에 줄지어 설치된 콘크리트 인공어초에는 조피볼락, 황해볼락 등 볼락류, 쥐노래미, 문치가자미, 돌가자미와 넙치의 6종이 확인되었다(<표 III-15> 및 <그림 III-6> 참조). 이 중에서 가장 많은 수의 서식이 확인된 종은 역시 조피볼락으로 15분간 관찰에서 총 46마리가 계수되었다.

수중조사시 같이 잠수한 일행이 관찰한 조피볼락의 한 떼를 제외하고도 우점종이라 할 수 있었다. 다음은 쥐노래미로 5~6cm 크기의 당년생부터 15~20cm, 20~30cm급의 다양한 크기의 개체를 36개체가 확인되었다.

<표 III-15> 충남 외연도 연안의 사각어초와 사니질 바닥에서 확인된 어류

종 명	한국명	인공어초	사니질 바닥
1. <i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락	○	
2. <i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	○	○
3. <i>Sebastes koreanus</i>	황해볼락	○	
4. <i>Kareius bicoloratus</i>	돌가자미	○	○
5. <i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미	○	○
6. <i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치	○	○



<그림 III-6> 충남 외연도 연안 사각어초의 어류 분포상

주) 그림에 표시된 숫자는 <표 III-15>와 동일함.

(2) 무척추동물

서해에서는 안면도 부근 수심 27m의 난파선과 외연도 부근 사각어초를 조사하였다. 전반적으로 서해안의 경우 부착생물의 종조성이 남해나 동해보다는 적은 것으로 나타났으며, 실제로 어초의 투하기간이 오래되었음에도 불구하고 서식생물의 피도는 50% 내외로 빈공간이 많이 나타났으며, 평면보다는 측면에서 비교적 높은 서식밀도를 나타냈다.

<표 III-16> 서해안 사각어초의 생물상

종 명	한국명	외연도(사각어초)	강선어초
<b>Porifera</b>	해면동물		
<i>Spongilla</i> sp.	해면류	#	##
<b>Cnidaria</b>	강장동물		
<i>Bellonella rigida</i>	바다말기류	#	#
<i>Melithaea flabellifera</i>	가지산호류	#	##
<i>Rhizopsammia munita</i>	돌산호류	#	
<i>Verrucella umbraculum</i>	홍색가지산호류	##	##
<b>Bryozoa</b>	대형동물		
Bryozoan unid.1	대형동물류	##	#
Bryozoan unid.2	대형동물류	#	
<b>Mollusca</b>	연체동물		
Gastropoda unid.	고둥류	##	#
<i>Rapana venosa</i>	피빨고둥	#	
<i>Bornella</i> sp.	갯민숭달팽이류		
<b>Annelida</b>	환형동물		
<i>Surpulus</i> sp.	석회관갯지렁이류	#	#
<b>Arthropoda</b>	절지동물		
Amphipoda unid.	옆새우류	#	#
<i>Diogenes</i> sp.	넓적원손집게류	##	#
<i>Charbdis</i> sp.	민꽃게류	#	#
<i>Pugettia</i> sp.	빨물맞이게류	#	
<b>Echinodermata</b>	극피동물		
<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	#	##
<i>Ophiopholis mirabilis</i>	빨거미불가사리	#	
<i>Ophiothrix</i> sp.	가시거미불가사리류	#	#
<i>Temnopleurus harwickii</i>	하드워분지성게	#	
Echinoidea unid.	성게류	##	
<i>Asterias amurensis</i>	아무르불가사리	#	
<i>Asterina pectinifera</i>	별불가사리	#	#
<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	#	#
<b>Chordata</b>	척삭동물		
<i>Ciona intestinalis</i>	유령멍게	#	
<i>Steyela clava</i>	미더덕	##	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

외연도 사각어초에서는 평면부에 바다말기류(*Bellonella rigida*)가 관찰되었다(<표 III-16> 참조). 주로 서해안 수심 10m 이상 지역 조류의 흐름이 빠른 지역의 암반에 서식하는 것으로

알려진 종으로 어초의 측면부나 하단부에서는 관찰되지 않았다. 대형동물과 히드라충류 등은 주로 일정지역에 집단서식하는 것으로 나타났으며, 대형동물은 어초의 측면부에서 해면동물과 우점하는 양상을 나타냈다. 하단부의 경우 생물이 거의 부착되지 않는 상태를 나타냈다.

어초 표면에 피뿔고둥과 성게류가 일부 관찰되었는데 이들은 주변 갯벌에서도 높은 서식 밀도를 나타냈다. 한편 집게류의 경우도 해면동물 사이에서 주로 출현하였으며, 불가사리의 경우 일반적으로 아무르불가사리나 별불가사리의 밀도가 높은 것과는 상반적으로 아펠불가사리(*Aphelasterias japonica*)의 서식밀도가 높게 나타났다.

어초의 경우 침하된 양상이 나타나지 않았으며, 뿔이 침적된 양상도 나타나지 않았다. 뿔 주변에는 키조개가 다량 서식하였다.

### (3) 해조류

서해에서 조사된 사각어초에서는 해조류가 전혀 분포하지 않았다. 이 곳은 조류의 세기가 강한 곳으로 저층이 사질로 이루어져 있다. 때문에 퇴적물의 재부유에 의한 해조류의 생육 저해현상은 서해 타 지역에 비해 상대적으로 적으나, 서해 고유한 높은 탁도에 의해 광합성을 통한 해조류의 생존이 불가능한 것으로 판단된다.

## 나) 강선어초

### (1) 어류

2000년 5월 20일 충청남도 태안군 근흥면 안흥리 정죽도 부근 수심 24m에 위치한 강선에서의 생물상을 조사하였다. 어류 조사는 잠수를 통하여 표본을 채취하였으며 3인 1조로 구성하여 수중 관찰 및 사진 촬영을 병행하였다.

조사 당시 수온은 8.3°C이었으며 탁도가 높아서 수중에서의 어종 관찰 및 자원량 파악은 불가능하였다. 강선은 잔자갈 바닥에 마스터를 위로 한 채 안착되어 있었으며 선박 표면에는 산호류 등의 무척추동물로 덮여 있었다. 어류로는 30cm급 쥐노래미 3마리, 미역치, 피도라치류가 확인되었다.

이번에 확인된 미역치는 남해안에 주로 서식하는 소형 어류로 비교적 따뜻한 수온 환경을 좋아하는 종인데 서해안의 수온 10°C이하의 24m 수심에서 확인된 점은 이 종의 분포범위가 생각보다 넓다는 것을 시사하고 있다.

아무튼 서해에서의 어초에 모이는 수산 어종으로는 조피볼락, 서해볼락, 쥐노래미 등이 대표적이라 할 수 있으며 보다 많은 자원이 모이도록 하려면 어초의 적지 조사시 저질 종류, 해류 흐름, 그 해역의 생물상을 고려한 종합적인 평가 및 어초 배치 계획이 필요하리라 생각되었다.

## (2) 무척추동물

강선 어초에서는 시야로 인해 생물관찰이 매우 한정적이었다. 측면에는 홍색가지산호류 (*Verrucella umbraculum*)가 높은 밀도를 나타냈으며, 이들의 폴립을 섭취하려는 갯민숭달팽이 (*Bornella* sp.)가 집단 서식하는 것이 관찰되었다(<표 III-16> 참조). 어초 평면부에는 옆새우류의 집이 높은 피도를 보이면서, 해면류와 태형동물, 히드라충류의 서식밀도가 높게 나타났다. 빨이 집적된 지역의 경우 부착생물은 거의 관찰할 수 없었으며, 가시거미불가사리 (*Ophiothrix* sp.)와 빨거미불가사리(*Ophiopholis mirabilis*)가 관찰되었다.

## (3) 해조류

서해에서 조사된 사각어초에서는 해조류가 전혀 분포하지 않았다. 이 곳은 조류의 세기가 강한 곳으로 저층이 사질로 이루어져 있다. 때문에 퇴적물의 재부유에 의한 해조류의 생육 저해현상은 서해 타 지역에 비해 상대적으로 적으나, 서해안의 고유한 높은 탁도에 의해 광합성을 통한 해조류의 생존이 불가능할 것으로 판단된다.

# 4) 제주도

## 가) 사각어초

### (1) 어류

어초는 서귀포의 범환 앞바다의 조류 소통이 원활한 수심 36m인 암반과 사니질이 섞여 있는 곳에 2~3단으로 잘 쌓여 있었으며 맨 꼭대기는 24~25m이었다. 바닥에 나지막한 암반이 널리 펼쳐져 있어 어초는 다양한 각도로 놓여져 어초들이 매우 다양한 공간을 만들어 놓고 있었다.

조사 당시 어초군과 대조 암반 해역에서 관찰된 어종은 총 15와 29종이었으며, 어초해역에서 21종이 확인되었던 반면 대조군이었던 암반 지대에서 관찰된 어류는 15종으로 어초군에서 다양한 어류상이 확인되었다.

조사 당일 확인된 어종의 분류 체계별 목록은 다음과 같다.

Order Rajiformes	홍어목
Family Naroinidae	전기가오리과
1. <i>Narke japonica</i>	전기가오리
Order Cprinida	잉어목
Family Plotosidae	솔종개과
2. <i>Plotosus anguillaris</i>	솔종개

	Order Percida	농어목
	Family Serranidae	농어과
3.	<i>Epinephelus akaara</i>	붉바리
4.	<i>Epinephelus bruneus</i>	자바리
5.	<i>Epinephelus chlorostigma</i>	구실우럭
6.	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어
	Family Apogonidae	동갈돔과
7.	<i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔
8.	<i>Apogon endekataenia</i>	일곱줄얼게비늘
	Family Pomadasidae	하스돔과
9.	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	벤자리
	Family Aplodactylidae	다동가리과
10.	<i>Goniistius zonatus</i>	아홉동가리
	Family Carangidae	전갱이과
11.	<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이
12.	<i>Seriola purpurascens</i>	젯방어
	Family Scorpididae	범돔과
13.	<i>Chaetodontopus seprentronalis</i>	청줄돔
	Family Pomacentridae	자리돔과
14.	<i>Chromis notatus</i>	자리돔
	Family Labridae	놀래기과
15.	<i>Choerodon azurio</i>	호박돔
16.	<i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기
17.	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기
18.	<i>Labroides dimidiatus</i>	청줄청소놀래기
19.	<i>Xyrichtys dea</i>	옥두놀래기
	Order Lophiiformes	아귀목
	Family Antennariidae	썩벙이과

20. *Histrio histrio* 노랑썩뱅이

Order Cottida 횃대목

Family Scorpaenidae 양볼락과

21. *Sebastes marmoratus* 썩뱅이

22. *Scorpaena miostoma* 주굴감펍

23. *Inimicus japonicus* 쭈기미

24. *Pterois lunulata* 썩배감펍

Order Pleuronectiformes 가자미목

Family Paralichthyidae 넙치과

25. *Paralichthys olivaceus* 넙치

Order Tetraodontida 복어목

Family Monacanthidae 쥐치과

26. *Stephanolepis cirrhifer* 쥐치

27. *Thamnaconus modestus* 말쥐치

Family Ostraciontidae 거북복과

28. *Ostracion cubicus* 거북복

Family Tetraodontidae 참복과

29. *Canthigaster rivulatus* 청복

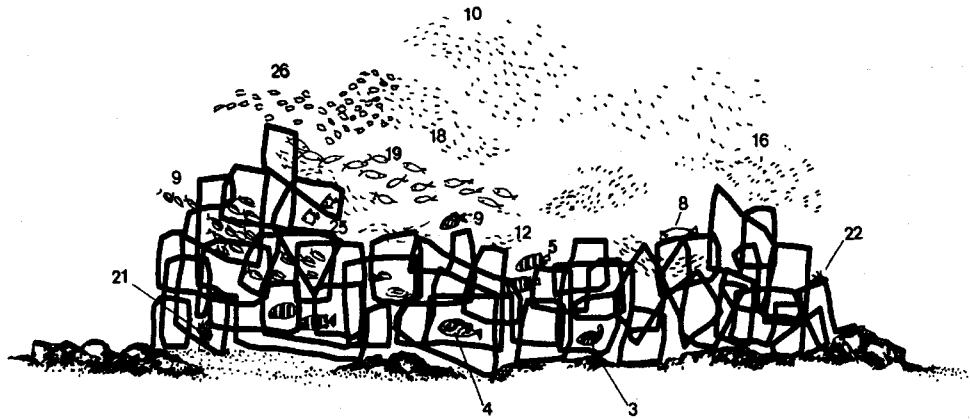
이 중 수산어종으로 대표적인 어류로는 제주 지방에서 다금바리로 불리는 자바리, 능성어, 벤자리 등이 있었으며 이 중에서 특히 다금바리는 수중에서 육안으로 추정된 크기가 60cm 전후(체중 5kg 전후)로 대형이었고 능성어 역시 30~40cm급이 20여 마리가 확인되어 정착성이 강하고 텃세를 가지고 있는 바리과 어종들에게 좋은 서식처가 되고 있음을 알 수 있었다. 또, 회유성이 강한 것으로 알려진 벤자리도 40~50마리와 말쥐치, 전갱이 때도 사각어초 안과 주위에서 떼지어 다니는 것을 확인 할 수 있어 일부 회유성이 강한 어종도 사각어초 주위에 반응하는 것으로 나타났다(<표 III-17> 및 <그림 III-7> 참조).

한편, 대조군으로 설정한 암반 바닥에서는 줄도화돔, 자리돔 등 제주도 연안에서 대표적으로 꼽을 수 있는 소형 표층 중층성 어종이 대량으로 서식하고 있는 것이 확인되었을 뿐 구슬우럭, 썩뱅이 등의 몇몇 수산 어종이 확인되기는 하였지만 그 량은 사각어초군에서보다 훨씬 적었고 자바리나 능성어 등 대형급 어류의 수도 적었다(<그림 III-7> 참조).



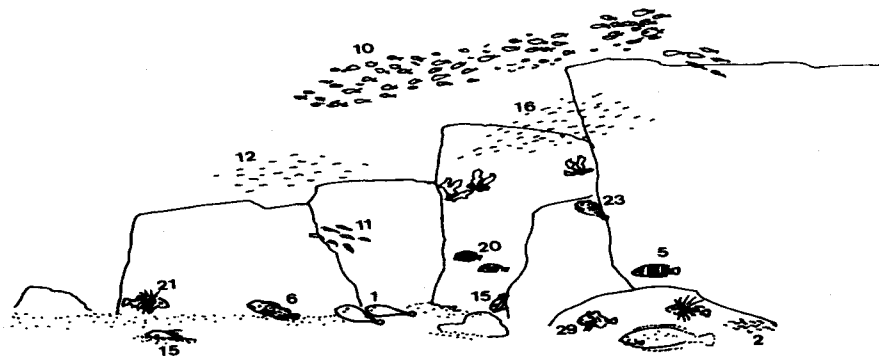
<표 III-17> 제주 서귀포 법환 연안 사각어초 및 자연암반에서 확인된 어류

종 명	한국명	인공어초	자연암반
1. <i>Narke japonica</i>	전기가오리		○
2. <i>Plotosus anguillaris</i>	쏨종개		○
3. <i>Epinephelus akaara</i>	붉바리	○	
4. <i>Epinephelus bruneus</i>	자바리	○	○
5. <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	능성어	○	○
6. <i>Epinephelus chlorostigma</i>	구실우럭		○
7. <i>Goniistius zonatus</i>	아홉동가리	○	
8. <i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치	○	○
9. <i>Parapristipoma trilineatum</i>	벤자리	○	
10. <i>Cromis notatus</i>	자리돔	○	
11. <i>Pseudolabrus japonicus</i>	황놀래기	○	○
12. <i>Halichoeres poecilopterus</i>	용치놀래기	○	
13. <i>Labroides dimidiatus</i>	청줄청소놀래기	○	
14. <i>Choerodon azurio</i>	호박돔		○
15. <i>Xyrichtys dea</i>	옥두놀래기		○
16. <i>Apogon semilineatus</i>	줄도화돔	○	○
17. <i>Apogon endekataenia</i>	일곱줄얼게비늘		○
18. <i>Trachurus japonicus</i>	전갱이	○	
19. <i>Seriola dumerili</i>	챗방어	○	
20. <i>Chaetodontopus septentrionalis</i>	청줄돔		○
21. <i>Pterois lunulata</i>	쏨배감펍	○	○
22. <i>Inimicus japonicus</i>	쑤기미	○	
23. <i>Sebastiscus marmoratus</i>	솜뱅이	○	○
24. <i>Scorpaena miostoma</i>	주굴감펍	○	
25. <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	쥐치	○	
26. <i>Thamnaconus modestus</i>	말쥐치	○	
27. <i>Canthigaster rivulatus</i>	청복	○	
28. <i>Ostracion immaculatus</i>	거복복	○	
29. <i>Histrion histrio</i>	노랑선뱅이		○



<그림 III-7> 제주 서귀포 법환 연안 사각어초(수심 34m)의 어류상

주) 1999년 8월30일 조사함. 그림에 표시된 숫자는 <표 III-17>의 어종중 주요 어종임.



<그림 III-8> 제주 서귀포 연안의 자연암반 해저(수심 24m)의 어류상

주) 1999년 8월 30일 조사함. 그림에 표시된 숫자는 <표 III-17>의 어종중 주요 어종임.

## (2) 무척추동물

현재까지 사각어초에서 정량 채집은 실시하지 않았으며, 사진에 의한 우점종의 분포양상을 조사하였다. 바닥에 인접한 수심 35m 지점을 하층부라 정하고, 수심 30m 부근인 어초 윗부분을 상층부라고 정하였다. 어초 표면의 부착생물은 매우 미비하여 상층부의 경우 해면동물과 강장동물 중 히드라충류가 높은 서식밀도를 나타냈다. 그러나 전반적으로 생물에 의한 피도가 80% 내외로 낮은 서식량을 나타냈다(<표 III-18> 참조).

<표 III-18> 제주 서귀포 연안 사각어초의 생물상

종 명	한국명	서귀포	주변압반
<b>Porifera</b>	해면동물		
<i>Callyspongia confederata</i>	보라에鞭이해면	#	#
<i>Halochondria</i> sp.	해면해면류	#	#
<i>Halochondria japonica</i>	회색해면해면	#	
<i>Haliclona</i> sp.	보라해면류	#	
<i>Spongila</i> sp.	해면류	#	#
<b>Cnidaria</b>	강장동물		
<i>Melithaea flabellifera</i>	가지산호류	#	#
<i>Acalycigorgia inermis</i>	골고니언산호류	##	##
<i>Antipathes japonica</i>	해송	##	##
<i>Rhizopsammia munita</i>	돌산호류	##	##
<i>Verrucella umbraculum</i>	홍색가지산호류	#	#
<i>Solanderia secunda</i>	가지산호류	#	#
<i>Hydrozoan</i> unid.	희드라류	#	#
<i>Lytocarpia nigra</i>	희드라류	###	###
<i>Sertularella</i> sp.	가지산호류	#	#
<b>Bryozoa</b>	태형동물		
Bryozoa unid.1	태형동물류	##	##
Bryozoa unid.2	태형동물류	#	#
Bryozoa unid.3	태형동물류	#	#
<b>Mollusca</b>	연체동물		
Chitonidae unid.	군부류	#	#
<i>Nordotis gigantea</i>	말전복	#	#
<i>Diodora</i> sp.	삿갓조개류	#	#
<i>Serpulobis</i> sp.	뱀고둥류	#	#
<i>Batillus cornutus</i>	소라	#	#
<i>Tristichotrochus</i> sp.	방석고둥류	#	#
<i>Astraliium</i> sp.	바퀴고둥류	#	#
<i>Hypselodoris festiva</i>	파랑갯민숭달팽이	#	#
<i>Bornella</i> sp.	갯민숭달팽이류	#	#
<i>Ostrea</i> sp.	벗굴류	#	#
<b>Annelida</b>	환형동물		
Polynoidae unid.	비늘갯지렁이류	#	#
Sabellidae unid.	꽃갯지렁이류	#	#
Surpulidae unid.	석회관갯지렁이류	##	##
<b>Arthropoda</b>	절지동물		
<i>Megabalanus rosa</i>	빨강따개비	#	#
<i>Pagurus</i> sp.1	참집게류	#	#
<i>Pagurus</i> sp.2	참집게류	#	#
<i>Pilumus</i> sp.	부채게류	#	#
<i>Archaeus</i> sp.	아케우스게류	#	#
<i>Cancer</i> sp.	은행게류	#	#
<b>Echinodermata</b>	극피동물		
Crinoidea unid.	갯고사리류	#	#
<i>Ophiothrix</i> sp.	가시거미불가사리류	#	#
<i>Microscyphus olivacea</i>	올리브분지성게	#	#

<표 III-18> 계속

종 명	한국명	서귀포	주변암반
<i>Pseudocentrotus pulcherrim</i>	분홍성게	#	#
<i>Clypeaster japonica</i>	방패연잎성게	#	#
<i>Ophidiaster cribrarius</i>	긴팔불가사리	#	#
<i>Stichopus japonicus</i>	돌기해삼	#	#
<b>Chordata</b>	피낭동물		
<i>Steyela</i> sp.	미더덕류	#	#
Rhodosomatidae unid.	안장멍게과	#	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

그러나 하층부보다는 상대적으로 높은 서식밀도를 나타냈다. 연안의 동일한 수심에서 관찰되는 보라해면(*Haliclona permollis*)과 가지 산호류가 출현하였으며, 서귀포 연안에서 우점하는 부착생물인 바다맨드라미는 전혀 관찰할 수 없었다. 하층부의 경우 해면동물의 서식이 감소한 반면, 히드라충류와 태형동물이 상대적으로 높은 서식밀도를 나타냈다. 생물에 의한 피도는 50% 내외로 시설된 이후 생물 가입이 매우 빈약하였다. 그러나 동일수심의 암반에서도 이와 유사한 생물상을 나타냈으며, 부분적으로 해송(*Antipathes japonica*)이나 가지산호류의 분포가 나타났다.

생물 서식 양상은 주변 암반과 유사하게 나타났다. 다만 서식밀도에서는 다소 차이를 보였다. 암반지역의 경우 해송과 가지산호류는 주로 그늘진 곳에서 작은 크기로 관찰되었으나 어초에서는 상층부나 노출된 지역에서 관측되었다. 오히려 히드라충류가 어초 하단부에서 우점하는 것으로 나타났다. 해면동물의 경우 어초에서는 일정지역에 우점하는 양상을 나타냈으나 암반지역에서는 관찰하기 어려웠다.

제주지역의 경우도 어초는 다양한 서식공간을 제공하였다. 즉, 상당량의 어초를 쌓아 시설해 놓음으로서 내부의 경우 조류의 흐름이 약한 곳에 서식하는 생물이 관찰된 반면 외부지역은 암반과 유사한 양상을 나타냈다. 하지만 우렁쟁이 등은 전혀 관찰할 수 없었으며, 미더덕류도 남해안과는 달리 극소량만이 출현하였다. 수심에 의한 영향으로 해조류의 분포가 적은 영향으로 소라, 전복 등은 관찰할 수 없었다. 산업종으로는 분홍성게가 다수 관찰되었으며, 돌기해삼도 1개체 관찰되었다. 따라서 수심에 의한 영향으로 부착생물의 종조성은 주변보다도 다양한 양상을 나타내나 산업종에 의한 경제적 효과는 적다고 생각된다. 잡식성인 성게류의 경우 어초 지역에서는 은신처 역할을 하는 틈 등이 적게 제공되고 포식성 어류가 남해안보다는 높은 밀도를 나타내는 지역이라 서식량이 크게 차이가 나는 것으로 보여진다.

### (3) 해조류

어초 표면과 어초 주변의 자연암반에 형성된 해조군집의 구성종, 피도, 생물량을 비교한 결과는 <표 III-19>와 같다. 어초에서는 녹조류 1종, 갈조류 1종, 홍조류 7종을 포함한 총 9

종의 해조류가 관찰되었고, 자연암반에서는 녹조류 2종, 갈조류 2종, 홍조류 7종을 포함한 총 11종이 관찰되었다. 구성 종수는 자연암반이 약간 많았으나, 피도는 각각 32% 및 34%로서 거의 유사하였다. 피도와 마찬가지로 생물량 또한 매우 유사하였고, 그 값은 각각 0.4kg wet wt · m<sup>-2</sup> 및 0.5kg wet wt · m<sup>-2</sup>이었다. 우점종 또한 두 곳간에 뚜렷한 차이가 없음을 볼 수 없었다. 두 곳 모두에서 공히 깊은 수심에서 생육할 수 있는 자루바다표고(*Peyssonnelia caulifera*), 엔도혹돌잎(*Lithophyllum yendoi*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 방황게발혹(*Marginisporum aberrans*), 붉은뼈까막살(*Carpopeltis angusta*)이 피도 5% 이상인 우점종이었다.

<표 III-19> 제주 서귀포 연안 사각어초(수심 30m)의 해조류와 그 피도

출현종	한국명	피도(%)	
		인공어초	자연암반
Chlorophyta	녹조류		
<i>Ulva latuca</i>	참갈파래	+	+
<i>Codium coactum</i>	누운청각		+
Phaeophyta	갈조류		
<i>Ecklonia cava</i>	감태	2	3
<i>Sargassum seratifolium</i>	톱니모자반		+
Rhodophyta	홍조류		
<i>Peyssonnelia caulifera</i>	자루바다표고	5	5
<i>Lithophyllum yendoi</i>	엔도혹돌잎	10	8
<i>Lithothamnion okamurae</i>	혹돌잎	+	
<i>Amphiroa dilatata</i>	넓은게발	5	5
<i>Marginisporum aberrans</i>	방황게발혹	5	8
<i>Carpopeltis angusta</i>	붉은뼈까막살	5	5
<i>Callophyllis japonica</i>	벚붉은잎	+	+
<i>Plocamium telfairiae</i>	참곱슬이		+
피도합계		32	34
생물량(kg wet wt · m <sup>-2</sup> )		0.4	0.5

이상을 종합해 볼 때, 조사된 어초와 자연암반 모두에서 해조류의 출현 종수, 피도, 생물량이 적고 밀생하는 해중림이 형성되지 않았다. 이는 동해와 마찬가지로 투하된 어초가 어류 집어용 사각어초로 수심 30m 가까운 곳에 투입되었기 때문이다. 그러므로 해수면으로부터 투과되어 들어오는 광량은 식물이 광합성을 통해 성장하여 해중림을 이루기에는 대단히 적고, 이 수심에서 생육할 수 있는 종도 상당히 제한될 수밖에 없다.

그러나 어초가 투입된 후 10년 경과됨으로 인해 어초 주변의 해조류는 자연암반과 거의 동일한 형태를 보였다.

## 2) 시험어초

### 가) 설치상태

시험 어초는 비양도 동쪽 연안에 실험을 위하여 모델별로 구분되어 잘 설치되어 있었다.

### 나) 어류

비양도 주변에 설치된 시험어초에서의 어류 조사 결과 어류는 각 시험 어초 형별 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 방갈로형이 조류, 패류 등의 생물량에 있어 우수한 결과를 나타낸 바 있으나(국립수산진흥원, 1999) 어류에 대한 위집에 대하여는 이번 조사 결과 뚜렷한 경향이 없었다.

### 다) 무척추동물

수심 7m 부근에 시설한 시험 어초의 경우 다양한 형태의 어초를 10~15개 정도로 시설하였다. 어초 상층부에는 감태, 모자반 등 해조의 서식이 두드러졌으며, 다양한 은신처를 제공한 상태로 연체동물의 서식량이 매우 높게 나타났다. 심지어 말전복이 관찰되었으며, 어초 표면에서 돌기해삼도 관찰되었다(<표 III-20> 참조).

조사기간 중 군소, 매끈이고둥의 경우 실제 어초 표면에 산란하고 있는 장면이 목격되어 어초가 주변 암반과 동일한 형태의 서식처로서 제공되고 있음을 시사하였다. 어초는 부분별로 서식하는 생물이 다양하게 나타났다. 문어단지 모양의 하층부에서는 실제로 문어가 관찰되었으며, 말전복, 군소 등이 서식하였고, 중층부에서는 밤고둥, 갯민숭달팽이, 히드라충류, 해면동물이 우점하였다. 반면 상층부의 경우 해조류와 태형동물이 우점하여 상당량의 대벌레류가 관찰되었다.

주변은 암반지대가 없는 산호사 지대로 약 1km 떨어진 암반지대를 대조구로 선정하였다. 암반지대의 경우 현무암으로 구성되어 구멍과 틈이 많아 다양한 복족류가 관찰되었다. 암반에는 감태와 모자반이 부착된 상태로 성계의 서식이 두드러졌다. 성계의 경우 어초보다는 높은 서식밀도를 나타냈다. 소라의 경우 높은 서식밀도를 나타냈는데, 이러한 양상은 어초지대 보다는 복잡한 구조를 보인 때문으로 생각된다.

시험 어초를 남해안의 반구형 어초와 비교하면 물론 환경적 차이로 인해 적당한 비교는 불가능하지만 어초의 주변 환경적응 면에서는 유사하지만 산업종의 서식밀도에서는 이러한 문제점을 고려한 시험어초가 무척추동물에서 더욱 기능적인 역할을 하고 있는 것으로 보여진다.

<표 III-20> 제주 시험어초에 서식하는 무척추동물의 종 조성

종 명	한국명	북제주	주변압반
<b>Porifera</b>	해면동물		
<i>Halochondria</i> sp.	해면해면류		#
<b>Cnidaria</b>	강장동물		
<i>Anthopleura japonica</i>	해면말미잘류	##	##
Hydrozoan unid.	희드라류	##	##
<b>Bryozoa</b>	태형동물		
Bryozoan unid.	태형동물류	#	#
<b>Mollusca</b>	연체동물		
<i>Acantpachiton</i> sp.	군부류	#	##
<i>Nordotis gigantea</i>	말전복	#	#
<i>Chlorostoma argyrostoma</i>	밥고둥	##	#
<i>Kelletia lischkei</i>	매끈이고둥	##	##
<i>Batillus cornutus</i>	소라 군소	##	##
<i>Aplysia argentata</i>	군소류	#	#
<i>Aplysia juliana</i>	검정갯민숭달팽이	#	#
<i>Protaeolidella atra</i>	갯민숭달팽이류	#	#
<i>Octopus</i> sp.	문어류	#	#
<b>Annelida</b>	환형동물		
Surpulida unid.	석회관갯지렁이류	#	#
<i>Surpulus</i> sp.	석회관갯지렁이류	#	#
<b>Arthropoda</b>	절지동물		
<i>Caprella aequilibra</i>	가슴가시대벌레	##	##
<i>Caprella</i> sp.1	바다대벌레류	#	#
<i>Caprella</i> sp.2	바다대벌레류	#	#
<i>Amphipithoe</i> sp.	참옆새우류	##	##
<i>Balanus</i> sp.	따개비류	#	#
<i>Pagurus</i> sp.1	참집게류	#	#
<i>Diogenes</i> sp.	넓적외손집게류	#	#
<i>Charbdis</i> sp.	민꽃게류	#	#
<i>Cancer</i> sp.	은행게류	##	##
<i>Latreillia</i> sp.	사슴게류	#	#
<b>Echinodermata</b>	극피동물		
<i>Comanthus japonica</i>	깃갯고사리	#	#
Crinoidea unid.	갯고사리류	#	
<i>Pseudocentrotus pulcherrim</i>	분홍성게	#	
<i>Anthocidaris crassispina</i>	보라성게	#	#
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	말뚝성게	##	##
<i>Ophidiaster cribrarius</i>	긴팔불가사리	#	#
<i>Aphelasterias japonica</i>	아펠불가사리	#	
<i>Henricia nipponica</i>	애기불가사리	#	#
<i>Henricia regularia</i>	네모애기불가사리	#	#
<i>Stichopus japonica</i>	돌기해삼	#	#
<b>Chordata</b>	척삭동물		
<i>Stevela</i> sp.	미더덕류	#	#

주) # : 피도 10%이하, ## : 피도 10~30%, ### : 피도 50% 이상

라) 해조류

어초 표면과 어초 주변의 자연암반에 형성된 해조군집의 구성종, 피도, 생물량을 비교한 결과는 <표 III-21>과 같다. 어초에서는 녹조류 3종, 갈조류 6종, 홍조류 3종을 포함한 총 12종의 해조류가 관찰되었고, 석회조류로 이루어진 살아있는 calcite 기질에서는 녹조류 1종, 갈조류 1종, 홍조류 3종을 포함한 총 5종만이 관찰되었다. 피도 또한 어초에서 67%로 자연 기질에 비해 3배 가량 높았고, 군집을 이루는 우점종의 종류는 두 지점간에 많은 차이를 보였다. 어초에서는 감태(*Ecklonia cava*)가 극우점하는 양상을 보였으나, 자연기질인 석회조류 (*Lithothamnion* sp.) 밑에서는 극소수 존재하는 암반에 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)이 분포하였다. 그리고 어초에서의 생물량은 6.4kg wet wt. · m<sup>2</sup>로 주변에 비해 20배 가까이 높은 값을 보였다.

<표 III-21> 제주 한림 연안 시험용 사각어초(수심 8~10m)의 해조류와 그 피도

출현종	한국명	피도(%)	
		인공어초	자연암반
Chlorophyta	녹조류		
<i>Cladophora sakaii</i>	사카이대마디말	3	5
<i>Codium adhaerens</i>	떡칭각	+	
<i>Codium</i> sp.	칭각류	+	
Phaeophyta	갈조류		
<i>Undaria pinnatifida</i>	미역		
<i>Ecklonia cava</i>	감태	40	
<i>Dictyota dichotoma</i>	참그물바탕말	3	
<i>Padina arboresces</i>	부챗말	8	
<i>Zonaria diesingiana</i>	반주름말	2	
<i>Myagropsis myagroides</i>	외톨개모자반		
<i>Sargassum horneri</i>	팽생이모자반	5	15
<i>Sargassum macrocarpum</i>	큰열매모자반		
<i>Sargassum micracanthum</i>	잔가시모자반		
<i>Sargassum ringoldianum</i>	큰잎모자반	3	
Rhodophyta	홍조류		
<i>Galaxaura</i> sp.	갈라라가류		2
<i>Lithophyllum yendoi</i>	엔도혹돌잎	3	+
<i>Lithothamnion cystocarpidium</i>	낭과쩍		+
<i>Amphiroa dilatata</i>	넓은게발	+	
<i>Marginisporum aberrans</i>	방향게발혹	+	
피도합계		67	22
생물량(kg wet wt. · m <sup>-2</sup> )		6.4	0.3



이상을 종합해 볼 때, 조사된 어초에서는 밀생하는 감태숲(*E. cava*)이 잘 형성되었고, 해조류가 거의 없던 기존 환경을 목적하는 쪽으로 잘 변화시켜 일차생산력의 증대는 물론 서식지를 폭 넓게 제공하였다고 판단된다. 특히 어초가 투입된 이후 채 4년이 경과하지 않은 조사시점에서 감태숲이 형성될 수 있었던 것은 이들의 생육환경에 적합한 곳에 어초가 투입되었음을 의미한다. 참고로 <표 III-22>는 어초표면에 형성된 감태의 밀도를 나타내었다.

<표 III-22> 제주 한림 연안 시험용 사각어초에서 감태의 최대 생육밀도

구분	조사정점						평균
	st. 1	st. 2	st. 3	st. 4	st. 5	st. 6	
밀도(개체 · m <sup>-2</sup> )	25.0	25.0	25.0	25.0	43.8	43.8	31.3

## 다. 기존 자료와의 고찰

1980, 1990년대의 인공어초 조사 보고서를 중심으로 동해·남해·서해안 및 제주도로 나누어 자료 분석, 고찰한 결과는 다음과 같다.

### 1) 동해안

우리 나라 동해는 해안선이 단조롭고 난류와 한류가 교차하여 복잡한 물덩이를 갖고 있는 점등이 서해나 남해와는 다른 특징이며 이에 따라 독특한 생물상을 갖고 있기도 하다.

최근 어초 조사에 따르면 동해안 울진 연안의 어초 어장에는 총 43종의 생물종이 확인되었다. 이 중 어류는 총 22종(영남대학교·국립수산진흥원, 1997), 39종(국립수산진흥원, 1989)으로 조피볼락, 쥐노래미, 개볼락 등이 포함되어 있으며 청각 외 해조류가 17종, 부착생물이 17종이었다. 어획효과는 비교 어장에 비하여 1.98배(영남대학교·국립수산진흥원, 1997), 2.73~7.22배(국립수산진흥원, 1989)로 역시 어초가 투하된 곳의 수산 생물량이 많음을 시사하고 있다.

속초, 고성, 양양, 삼척군을 대상으로 조사한 강원도 연안 역시 어초 어장에서의 어획 효과가 좋아 총 45종(14~29종)의 수산 어종이 종수에 있어 0.9~1.96배, 마리수에 있어서 1.43~3.10배, 중량비로는 1.74~2.81배로 비교 어장에 비하여 높은 어획률을 보여 주고 있다(영남대학교·국립수산진흥원, 1997). 생물상은 지역에 따라 17종에서 31종까지 다양하게 출현하였으며 전체적으로는 총 50종으로 이 중 어류가 48종, 두족류가 2종이 있었고 수산 어종으로는 쥐노래미, 볼락, 말귀치, 용가자미, 빨간횃대 등이 대부분의 어장에서 출현하는 경향을 나타내었다. 그 외 해조류가 44종(각 지역별 12~26종)이었으며 이 중 녹조류가 5종, 갈조류가 14종, 홍조류가 25종이었다. 부착동물은 지역별 25종에서 34종 범위로 총 56종이었

다. 따라서 본 결과에서 미루어보면 동해안은 생물상에 있어 계절적인 변화가 심하지만 각 해역별로 보면 모래사장이 발달한 비교구에 비하여 다양하고 많은 량의 수산 어종이 서식하고 있음을 알 수 있었다. 단 이번 다이빙 조사에서 나타난 것처럼 그 절대량에 있어서는 그렇게 연중 계속하여 풍족함을 유지하는 것으로는 보이지 않았다. 해역의 환경특성상 동해의 주 어획대상 어종이 명태, 오징어, 청어, 꽁치, 까나리 등 회유성 어종임으로 감안하면 어초 어장은 어획 대상종의 다양화 또는 일부 딱지, 도루묵, 쥐노래미, 문어, 오징어 등 수산 생물종의 산란, 육성을 위한 구조물, 지역 관광과 연계한 레저용으로 구분 또는 병행하여 개발하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

최근 새로운 형태의 신형어초에서의 조사에서도 어획 효과조사결과 비교구의 1.9~3배의 효과를 기록하여(강릉대학교, 1993) 기존 사각어초와 유사한 효과를 거두고 있었는데 갯녹음에 대비한 해중립 조성 효과와 전복, 성게 등 수산 생물종의 자원증대를 위하여 바람직한 연구 방향이라 생각되었다. 특히, 쇠미역, 다시마 등 이 지역의 독특한 해조류상을 조성하는 것은 연안 일차생산력을 올리는 동시에 전복, 성게 등 고급 수산 생물의 서식장을 조성하여 궁극적으로는 어민 소득에 기여할 것으로 기대되었는데, 다른 해역과 마찬가지로 어느 수심, 위치에 어떻게 배치하는 것이 가장 바람직할 것인가는 차후 관련 전문가들에 의하여 세심한 연구가 필요하리라 생각되었다.

## 2) 남해안

1997년 경상남도의 조사결과 확인된 생물은 총 106종으로 무척추동물 47종(장소에 따라 7~27종으로 다양)으로 그 중 수산 어종으로는 우렁쉥이가 많았으며 불락, 쥐노래미 외 총 14종의 어종이 확인되었다(경상대학교, 1997). 어류는 인공어초 어장에서 8종, 비교구에서 13종이며 비교구에서만 불락과 말쥐치가 확인되어 어구에 대한 선택성 또는 오차를 암시하고 있다. 해조류는 45종으로 조사 위치별로 3종에서 38종으로 수심이나 설치 해역의 환경 특성에 따라 매우 큰 차이를 나타내었다. 착생해조류는 반구형어초에서 38종으로 피도가 풍부하고 효과 좋았으며 반면 장목 유희 반구형에는 3종, 사천 신수도 사각어초에는 4종으로 위치에 따라서 종 수의 차이가 매우 컸다.

어획효과는 마리수 1.04배, 중량은 1.16~7.02배였으며 비교구가 더 많은 어획량을 기록했던 때도 5회중 2회나 있었다. 어쨌든 1995년 7.00배, 1996년 2.10배, 1997년 1.16배로 점차 어획량이 낮아지고 있음을 나타내며 이는 어초 어장에 대한 어민들의 집중적인 어획 활동을 원인으로 지적하고 있다.

경남도에서 조사한 보고서(경상대학교, 1996)에 따르면 생물종은 부착생물 55종, 해조류 42종, 어류 20종(인공어초 어장에서 불락, 조피불락 등 13종, 비교어장에서 능성어, 쥐노래미 등 15종)으로 1994~1995년 잠수조사시에는 거의 어군 확인이 어려웠고, 1996년 조사시에는 어군 확인이 가능하였다. 당시 어획효과 마리수로는 1.65배, 중량으로는 2.11배를 기록하였다.

한편, 전남해역에서는 남해 서부의 여천, 완도, 청산 대모도 해역을 대상으로 한 조사에서 다이빙 조사와 어획종을 포함하여 총 60종의 생물종을 보고하고 있다(여수대학교, 1998). 이 중 해조류는 미역, 팽생이모자반, 외톨개모자반 등 12종, 무척추동물은 문어, 우렁쟁이, 굴, 홍합 등 26종, 어류는 돌돔, 조피볼락, 감성돔, 참돔, 말쥐치, 쥐노래미, 볼락, 흑돔, 솜뱅이 등 22종이 확인된 바 있다. 어획효과는 마리수가 1.8~2.2배, 중량 2.0~2.3배로 남해 동부 해역의 결과와 유사하였다. 국립수산진흥원(1989) 조사에 의하면 자망, 연승, 외줄낚시에 의한 남해어초의 어획효과조사 결과 총 47종의 어종이 확인되었고, 어초 비설치해역에 비하여 1.22~12배로 지역에 따라 큰 차이를 나타내었다.

남해해역은 비교적 사니질 해저 바닥이 넓게 발달해 있고 해안선이 복잡하고 크며 작은 섬이 많아 연안 해류의 흐름도 다양하여 회유성 어류뿐만 아니라 정착성 어류의 군집은 일정한 조건이 갖추어진 곳에 밀집해 있는 현상은 어업인뿐만 아니라 낚시계나 다이빙계에 널리 알려져 있는 사실이다. 지금까지 어초는 크게 연안형 반구형 어초와 사각어초가 해역의 평면적인 넓이에 따라 일정하게 투하되어 온 실정이고 이러한 설치 기준으로 인하여 목적하는 수산 어종의 대량 군집을 기대한 만큼 확인하기 어려운 장소도 있어 온 것이 사실이다. 1990년대의 어획효과 조사결과 대조 어장에 비하여 1.04~2.3배(경상대학교, 1996, 여수대학교, 1998)를 기록하고 있다고는 하지만 일반 어구에 의한 전체 어획량을 계산한 자료 자체에의 문제점을 고사하고라도 앞으로 그 보다 더 큰 효과를 기대하기 위해서는 어초의 기능성을 부여한 그 목적에 맞게 형태의 개선 또는 보완이 필요할 것으로 사료된다. 특히 사각어초 시설에 있어서는 저질상태를 포함한 보다 정밀한 환경 조사와 함께 대상 생물의 생태를 고려한 설치 기술 개발이 필요하리라 생각되었다.

### 3) 서해안

조사 대상 해역 중에서 잠수 조사가 가장 어려웠던 곳이 서해이지만 어초효과에 있어서는 가장 인식도가 좋은 곳이었다. 그러나 전북지방 연안의 조사결과에 따르면 군산 연안 말도, 옥도면에서는 총 생물종이 29종으로 남해나 동해에 비하여 상대적으로 빈약한 생물상을 보이고 있었다. 다만 어류는 붉바리, 조피볼락, 쥐노래미, 삼세기, 개볼락, 어름돔 등 20종으로서 동해역의 전체적인 생물종수에 비해 풍부하다고 볼 수 있다. 한편 수산식물은 5종, 기타 수산동물은 4종으로 빈약한 생물상을 나타내어 서해안의 특징을 보여 주고 있었다.

어획 효과는 비교 어장에 비하여 어초어장이 생산량에 있어 2.5~6.13배로 높아 어초 투하의 효과는 다른 해역보다 높은 경향을 나타내고 있다(국립수산진흥원, 1989, 서해수산연구소, 1996).

경기도의 생물종은 총 62종이었으며 연체동물이 21종, 갑각류가 12종, 극피동물이 8종, 어류가 6종, 수산식물 6종 등이 포함되었다. 전북 지방과 마찬가지로 높은 탁도로 인하여 해조

류의 종수는 극히 제한되고 있음을 알 수 있다. 어획효과는 조피볼락, 쥐노래미, 민꽃게, 낚지 등의 어획 중량으로 비교 어장에 비하여 1.7배로 높은 편이었다(한국해양연구소, 1999).

이번 조사 대상 해역이었던 충남 외연도 연안에서는 80년대 중반에 투하된 사각어초로 대부분이 한 층으로 줄지어 놓여져 있었음에도 불구하고 조피볼락, 황해볼락, 쥐노래미 등 어종이 풍부하게 조성되어 있었다. 이러한 결과를 종합해보면 전체적으로 수심이 얕고 사니질이 발달된 서해에서는 수중 암초는 예로부터 좋은 어장이 되어 왔으며 인위적으로 조성된 인공어초 어장 역시 조피볼락, 쥐노래미 등 일부 정착 어종의 어장으로서 그 역할을 다해 온 것으로 생각되었다.

어종별로 고찰해보면 넙치, 도다리, 가자미 등은 비교군에서 57.8%가 어획된 반면 어초군에서 28.3%밖에 어획되지 않아 이러한 종들은 어초 어장에서뿐만 아니라 그들이 먹이를 구하거나 이동로에 있는 사니질 바닥에 널리 서식함을 나타내고 있다(영남대학교·국립수산진흥원, 1995). 한편 볼락, 조피볼락은 47.8%가 어초 어장에서 체포한 반면 비교어장에서는 13.3%밖에 안되어 암반이나 어초와 같은 고품 구조물이 이들의 서식처가 됨을 알 수 있다.

그러므로 어초 어장의 효과 조사는 주대상 어종 즉, 어초로 인하여 위집하는 어종인 볼락, 조피볼락, 쥐노래미 등을 대상으로 분리 평가해 볼 필요도 있으며, 어획량 비교는 수산 어종만 대상으로 계산해 볼 필요가 있고, 현재 어시장 가격 형성조차 어려운 하급종은 제외하고 계산할 필요가 있다.

어중에 있어서 어초 어장에서 확인되었던 총 104종 중 넙치, 조피볼락, 쥐노래미, 말쥐치, 방어 등은 전 연안에서 확인되었으며(국립수산진흥원, 1989), 이번 조사에서도 조피볼락을 비롯한 볼락류와 쥐노래미는 전 조사 해역에서 확인되어 이러한 정착성 어종이 어초 어장의 대표적인 수산 대상으로 연구되어야 할 것으로 사료되었다.

어초 어장이 수산 생물종의 산란장, 휴식장, 성육장, 월동, 월하장 등 각각 해역별, 수심별, 위치별로 다양한 역할을 하고 있다. 계획 단계에서 이러한 역할을 고려한 어초 어장 조성계획이 수립되는 것이 바람직하리라 생각된다.

지금까지의 어초 효과 조사중에는 비교어장에서 어초 어장보다 더 많은 어획량을 기록했던 때도 있었으며 일부 인공어초 어장에서는 해가 갈수록 어획량이 적어지는 경향을 나타내고 있어 어초 어장에 대한 어민들의 집중적인 어획 활동을 지적하고 있다(경상대학교, 1997).

1984년부터 1988년 국립수산진흥원에서 조사한 전국 어초 어장의 어획 효과가 일반 비교 어장에 비하여 1.2~12.0배(평균 2.66배)이었고(경상대학교, 1996), ha당 어획생산성은 440kg으로 보고되고 있어 인공어초 어장이 어초 비설치 어장에 비하여 많은 수산 자원량을 가질 수 있는 잠재력을 나타내고 있다.

이는 일반 연안어장과 마찬가지로 어초의 효과를 기대하기 어려울 정도로 어민들이 남획을 하고 있음을 보여주는 것이다. 따라서 앞으로 어초 어장의 최대의 효과를 얻고 지속적인 생산을 기대하려면 어민들의 교육과 함께 어획 제한(어종별 산란기, 제한 체장 규정, 어구 어법 제한) 등 다양한 부분에서의 자료 축적과 규제가 시급하다고 할 수 있다.

한편, 조사의 방법에 있어 부착생물과 해조류는 잠수조사에 의하여 이루어지고 있어 비교

적 정확한 자료를 축적하고 있으나, 어류의 어획량에 대한 조사는 자망이나 통발과 같은 일반 어구에 의하여 이루어지고 있다. 앞으로 잠수조사를 병행하는 등 효과조사방법에 대한 보완이 이루어지면 보다 각 해역별 어초 어장의 성격 파악은 물론 정확한 자료축적이 가능하리라 판단되었다.

#### 4) 제주도

제주도는 남해안의 어느 섬보다 다양한 생물상을 갖고 있는 곳이고 이에 따라 연중 가장 다양한 생물들이 서식하고 있는 곳이다. 국립수산진흥원(1989)에 의한 전국 어초어장의 잠수조사 결과 제주해역에서 31종으로 가장 다양한 어종이 확인된 바 있다. 이번 조사에서도 서귀포 법환연안의 사각어초에서 단 1회 잠수조사에서 27종이 확인된 점은 이 해역의 다양한 어류상을 보여주는 것이다.

1995년 조사에 따르면 수산 어종으로는 찰양태, 놀래기, 솜뱅이, 쥐치 등이 확인되었고, 어획 효과에 있어 비시설구 822g(7.6마리/자망 폭당), 어초시설구 959g(13.4마리/자망 폭당), 자연초 1,339g(15.6마리/자망 폭당) 순으로 자연초에서 가장 많은 어획량이 기록되었다(국립수산진흥원, 1995). 이처럼 연안에 자연 암반이 잘 발달된 곳에서는 인공어초어장보다 더 많은 수산 생물이 서식하고 있으나 비시설구보다는 인공어초어장의 효과가 큼을 알 수 있었다. 1980년대 제주도 연안의 어초어장 어획효과 조사결과 1.58~4.04배를 기록한 바 있다(국립수산진흥원, 1989).

본 연구의 대상 지점이었던 서귀포 법환연안에서 조사된 결과를 보면 어류로는 벤자리, 고등어, 자리돔, 쭈기미 등 17~20종이 확인되었으며, 해조류는 감태, 미역 등 39종, 패류로는 전복, 오분자기 등 55종이었다(제주대학교, 1995). 그러나 어구에 의한 조사 결과에서 나타난 바와 같이 이번 잠수 조사에서 확인되었던 자바리, 능성어, 붉바리 등과 같이 어초 아래나 주로 바위틈에 사는 종은 어초에 서식하고 있다고 하더라도 자망과 같은 어구로는 채포가 어려움을 보여 주었다. 아무튼 법환 연안의 어초 중 얕은 암반위에 3단으로 쌓여진 어초군에서는 어류상이 풍부하였을 뿐만 아니라 비교군으로 택하였던 자연초에 비하여 어종이 풍부하여 어초어장으로서의 효과가 큰 것으로 판단되었다. 단, 이러한 조사가 좀더 과학적인 자료를 제시하기 위해서는 적어도 일반 어구에 의한 조사와 잠수 조사가 병행된 가운데 장기적으로 정량 자료의 축적이 필요하리라 생각되었다.

한편 제주도연안에서는 전복, 소라, 오분자기와 같은 패류 자원의 증식을 위하여 1988년부터 1995년까지 총 205ha에 걸쳐 투석 어장을 조성하였으며 그에 대한 투석 효과도 조사된 바가 있었다(국립수산진흥원, 1996). 결과에 따르면 투석어장의 패류는 11.1마리/m<sup>2</sup>(87.7g)로 대조구의 4.7마리/m<sup>2</sup>(67.7g)에 비하여 마리수로는 1.6배, 중량으로는 3.8배를 기록한 바 있다. 따라서 투석 어장은 자연 어장보다 1.7~12.7배 생산 효과가 있으며 소라, 전복, 오분자기 등의 성육장으로 가치가 높다고 보고하고 있다.

제주도는 연안의 특성과 고급 수산 자원의 생태를 고려한 투석을 포함한 다양한 어초들이 시험되고 있고 그에 따른 연구가 가장 과학적인 방법으로 진행되고 있는 곳으로서 앞으로 적지 조사를 포함한 종합적인 연안 어초어장 구성 계획 하에 사업이 진행된다면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

### 3. 결론 및 건의

각 해역별 조사 대상이 되었던 어초어장에서의 잠수에 의한 생물상 조사 결과 각 해역별 현황 및 인공어초사업시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

#### 가. 동해안

현재 사각어초가 대부분이고 일부 몇 종의 신행 어초가 실험중에 있었는데, 모래 바닥이 넓게 발달한 동해의 특성상 잘 쌓여진 사각어초는 수중어의 역할을 하고 있었으며 주위의 모래 바닥에 비하여 생물상이 다양하였다. 그러나 계절에 따라 수온의 변화가 심하고 그러한 환경 변화로 인하여 모이는 어류종이나 량도 크게 달라짐을 추정할 수 있다.

강릉 사근진 앞바다에 설치된 사각어초에는 조사 시기가 수온이 감소하는 상황으로 쥐노래미 외에는 특별한 수산 어종이 없었으며 쥐노래미의 양도 어업 활동을 하기에는 부족한 실정이었다. 오히려 몇 마리 안 되는 대형 쥐노래미와 대형 한류성 말미잘, 멧게류를 보호하면서 дай버들에게 관광 상품으로 활용하고 있었다.

동해안 어초의 이와 같은 계절적 환경변화와 생물상의 특징으로 미루어 각 지역의 특성에 맞는 어초 성격 즉, 관광형 또는 어업용(산란장 조성용, 성육장 또는 어업장소용) 등을 정하고 어초의 형태, 설치 수심, 배치 및 생물 대상종을 정하여 사업을 추진하는 것이 바람직하리라 판단되었다.

#### 나. 남해안

반구형 어초는 해조류를 부착시켜 해중림을 조성하는 데에는 효과가 인정되나 패류나 어류를 대상으로 하기에는 형태나 설치 기준에 대하여 수정이 필요하다고 판단된다. 한편 사각어초는 수심이 깊은 곳에 설치되어 생물상은 반구형에 비하여 단순하지만 우렁쟁이나 어류의 생산량은 크다. 보다 효율적인 어초 배치나 어초 형태, 재질의 다양화가 필요하다.

## 다. 서해안

빨 바닥이 넓게 발달된 서해의 특성상 어초가 잘 설치된 곳은 조피볼락과 같은 정착성 어종의 서식처를 제공해 주고 있다. 그러나 서해는 탁도가 높아 어초 설치 수심에서는 해조류의 번식은 어렵고 무척추동물도 다른 해역에 비하여 다양하지 않은 편이다. 따라서 서해는 정착성 어종을 대상으로 대상 해역의 저질, 물의 흐름, 수심 등을 기초 자료로 대상어종의 이동로를 예상하여 어초 배치를 실시하는 것이 바람직하다.

## 라. 제주도

사각어초의 경우 바닥에 얇은 암반이 발달하여 있는 서귀포 법환 연안의 사각어초에서 다양한 어족 자원이 확인되었다. 반면 현재 시험 중인 시험어초가 설치된 비양도 연안은 수심이 10m 이심으로 다양한 해조류가 번성하여 있어 연안의 해중림 조성 사업에 효과가 있을 것으로 판단되었다. 단, 수심이 얇고 해저 지형이 단순하면서 평탄한 환경 특성상 고급 어류 자원은 그다지 많지 않는 편이었다. 따라서 각 해역별 어초의 설치 목적이 보다 명확하게 정의된 다음 해당 사업에 필요한 어초형이 선택되고 그렇게 선택된 어초가 예상했던 바대로 수중 생태가 조성되어 가는지를 장기 모니터링하는 가운데 시행오차를 줄이는 것이 바람직하다.

지난 연구기간 중에 조사된 어초의 생물상을 제시함에 있어 그 결과들은 각 지방 자치단체에서 지금까지 실시한 조사 결과와 동일 선상에서 비교할 수 없다. 왜냐하면 어초의 설치 상태나 어초가 위치한 해역의 특성에 따라 생물상이나 수산 생물의 조성 정도는 매우 달라질 수 있으며, 특히 동일 계절, 동일 장소가 아니면 직접 비교하기가 어려운 것이 수중 생태이기 때문이다. 따라서 각 해역별 조사 대상이 된 어초의 생물상은 조사 시점에서의 표준 상태로 보면 되고 앞으로의 조사 방법 및 적지 조사시 이러한 생물학적인 관점에서 좀더 상세히 검토가 이루어지는 것이 바람직하다는 것을 제시하는 바이다.

## IV. 기술적 평가

### 1. 어초규모와 배치구조

#### 가. 인공어초의 와류발생 조건

인공어초의 구조는 대상생물의 행동특성에 적합한 어초기능을 가지는 것으로 한다. 또한, 어초의 부착생물들의 音, 와류(소용돌이), 난류(흐름의 흐트러짐) 등의 수압변동을 청각으로 느끼는 어류를 위한 인공어초 구조는 이러한 특성을 감안하여야 한다. 이중 가장 중요한 어초의 부재로부터 발생하는 와류와 난류의 발생조건은 다음 식 (1)과 같다.

$$Bu > 100 \text{ (cm.sec)} \quad (1)$$

여기서, B는 어초의 부재폭, u는 평상시의 조용한 흐름의 경우의 유속이다. 이런 유형에 속하는 어종은 대부분 III형 어류로서 이런 어류를 위한 어초의 구조는 어초 높이가 높을수록 좋고, 흐름의 차단력이 뛰어나야 하며, 유체음을 많이 낼 수 있어야 한다.

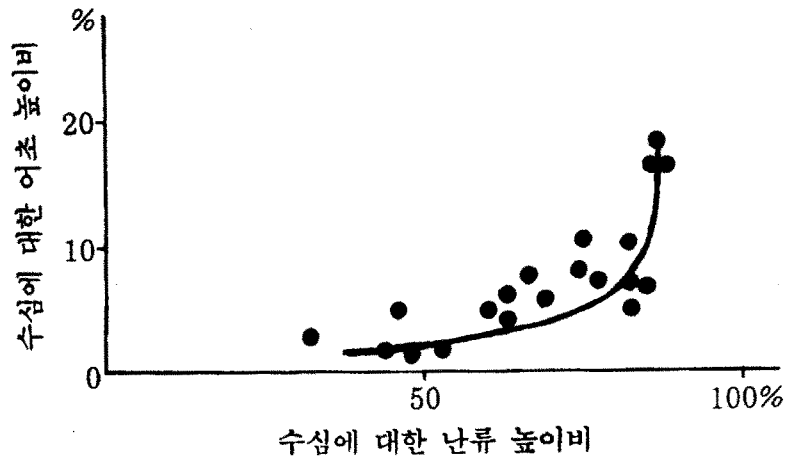
#### 나. 단위어초어장의 높이

III형어에 대한 어초의 높이는 조류 흐름의 변화가 가장 큰 영향을 미친다. <그림 IV-1>은 수심에 대한 어초 높이 비에 의해 발생하는 유동변화가 상층에 미치는 상태를 나타내는 것으로서 어군탐지기에 기록된 유영생물의 변동으로부터 발생을 추정한 것이다. 이것에 의하면 어초높이가 수심의 10% 정도까지는 흐름의 교란의 발달은 수심의 80% 정도까지 급격히 발달하고, 어초높이가 수심의 10%를 넘어도 흐름 교란의 발달은 수심의 80% 이상은 되지 않는다는 것이다. 또한 표층으로부터 저층을 향하여 해수밀도가 크게 되어 흐름이 완만한 경우에는 저층의 어초에 의해 지형파(내부파의 일종)를 만든다. 어초 높이가 수심 비의 10% 인 때 Froude 수  $Fr = 0.09$  일 때 가장 좋은 지형파가 발생한다. 한편 유속이 커지는  $Fr > 0.32 (=1/\pi)$ 로 되면 지형파는 흘러 어초 배후에 유영(流影)이 형성된다.

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{\epsilon gh}} \quad \epsilon = (\rho_2 - \rho_1) \frac{1}{\rho_2} \quad (2)$$

여기서, u: 유속, g: 중력가속도, h: 수심  
 $\rho_1, \rho_2$ : 상층, 저층의 해수밀도





<그림 IV-1> 어초의 높이와 난류높이와의 관계  
( H : 수심(m), D : 어초 높이(m), h : 난류역의 높이(m) )

#### 다. 어초어장의 구성

인공어초 어장을 구성하는 주요 요소의 정의는 다음과 같다.

어초단체(單體) : 어초어장 구성에 쓰이는 1개의 어초구조물

단체 또는 단위 어초 : 1개 또는 복수의 어초 단체에 의해 조성되는 최소규모의 어초어장

어초군(群) : 상호 관련된 복수의 단위어초에 의해 구성되는 어초어장

어초대(帶) : 복수의 어초군 등에 의해 구성되는 광역적인 어초어장

단위어초는 어업 생산의 단위로서 안정된 효과를 발휘하는 최소 규모의 어초어장이다. 단위어초에는 1개의 단위어초로 구성되어 있는 것과 복수의 어초단체로 구성되어 있는 것이 있어 전자를 단체초(單體礁), 후자를 군체초(群體礁)로 표현하는 경우도 있다. 어초군은 단위어초가 서로 관련되는 범위(어획의 유효범위, 어군의 이동 가능한 거리와 유영의 영향 범위 등)에 배치된 어초어장이다.

어초대는 단위어초와 어초군을 출어 범위 내에 계획적으로 배치하고, 생산의 증대, 안정 및 조업의 효율화를 도모하기 위한 광역적인 어장이다. 어초대를 구성하는 어초군은 그 자체로서 독립된 어장으로서의 기능을 한다.

## 1) 어초단체

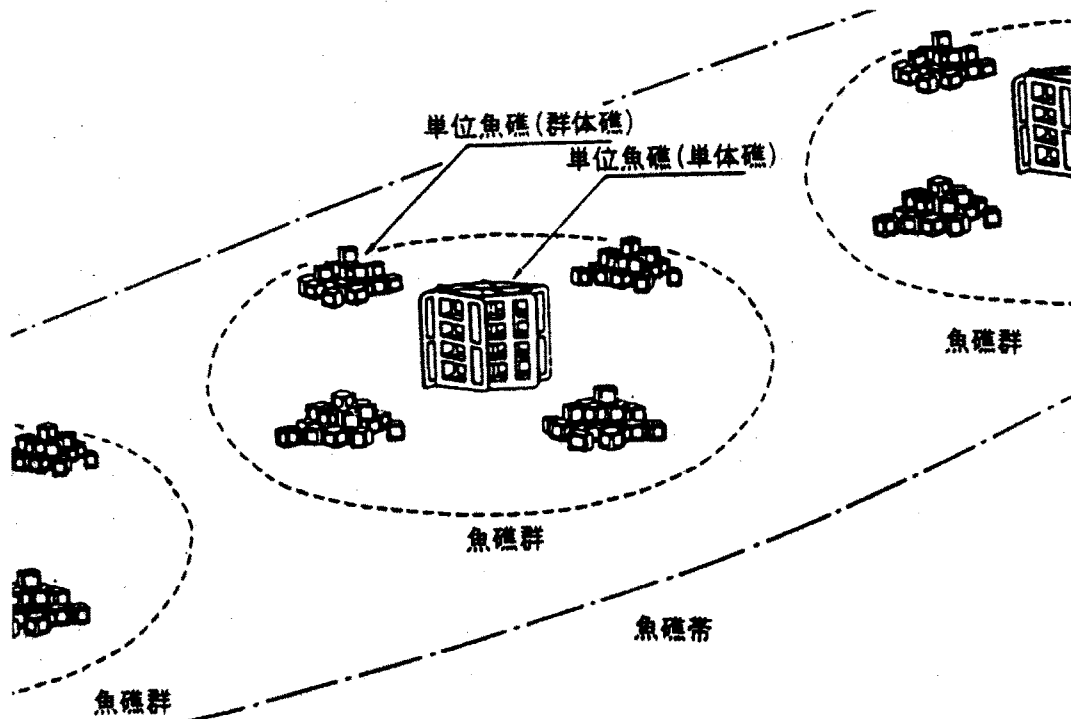
어초 단체(單體)는 단위어초가 가지고자 하는 기능에 알맞고 내구성, 안전성, 경제성, 조업성 등이 우수한 것으로 하여야 한다.

어초단체의 선정에 있어서는, 대상생물에 대한 기능성, 내구성, 경제성, 조업성 등을 종합적으로 검토하여 결정하는데, I ~ III형의 대상종별에 적합한 어초단체의 형상은 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

I, II형 : 내부 구조가 복잡한 것

III형 : 높이가 있고, 표·중층까지 유동환경의 변화를 주는 것

어초 주변을 이용하는 어종에서는 어초 부재간 거리가 1m이하의 간격에서 2×2×2m의 간격까지 유효하지만 어중에 따라서는 2m의 간격에서는 효과가 없는 것도 있다. 일반적으로 어초부재간 최대 간격은 1.5m이며, 최소 부재 폭은 0.15m가 한계치수이고 자극면적이 크고 복잡한 구조가 좋다.



<그림 IV-2> 어초어장 시설 설치도

## 2) 단위 어초

단위어초는 어초어장의 구성단위로서 최소규모의 어초어장이다. 천연초의 보완을 포함하여 어초어장의 계획에 있어서 필요로 하는 기능을 가지도록 한다. 단위 어초를 구성하는 어초 단체의 형상, 중량, 조합시킨 높이, 넓이, 설치밀도 등은 대상생물의 행동 생태의 특성, 설치해역의 환경특성으로부터 결정한다.

어초어장의 조성에는, 단위어초 한 개로 천연초 등을 보완하는 것과 복수의 단위어초의 조합에 의해 어초어장이 조성되고, 단위어초의 기능은 각각의 조성목적으로부터 검토하고, 각 단위어초에 부담시키는 기능을 결정한다.

단위어초의 규모는, 어초어장의 최소단위로서 대략 공간부피가  $400m^3$  이상을 표준으로 하고, 수심에 의한 시공정도와 천연초의 보완, 평탄한 해저에서의 어장조성 등 대상어종의 특성, 해역환경의 특성, 설치수심, 어업자의 조업상의 요망 등으로부터 결정된다.

단위어초의 구조는 I형 어종에서는 겉보기용적(공간  $m^3$ )이, II형 어종에서는 측면에 대한 투영표면적이, III형 어종에서는 높이가 각각 필요하다. I, II형 어종에서 측면에 대한 투영면적을 크게 하는데는, 분산하여 배치하는 것이 유리하다. 그러나 너무 분산하면 환경 자극도 분산하고, 효과도 감소하므로 해저면의 넓이를 어초 투영면적의 20 배 이내 정도가 바람직하다고 생각되나, 그 경우는 높이를 5m 이상으로 하는 등 집중시킬 필요는 없다. 또한 III형어종을 대상으로 하는 높이는 수심의 1할 정도로 하고, 해역의 특성, 시공의 난이도를 고려하여 정한다.

단위어초의 설치에 의해 형성되는 어장면적은 거의 I, II형 어종으로서 단위어초 가장자리에서 200m, III형 어종에서는 300m 이다. 더욱이 어류가 어초를 감지하고, 어초간을 이동하는 거리는 1km 정도로 하는 조사 사례가 있다.

### 가) 단위어초의 규모

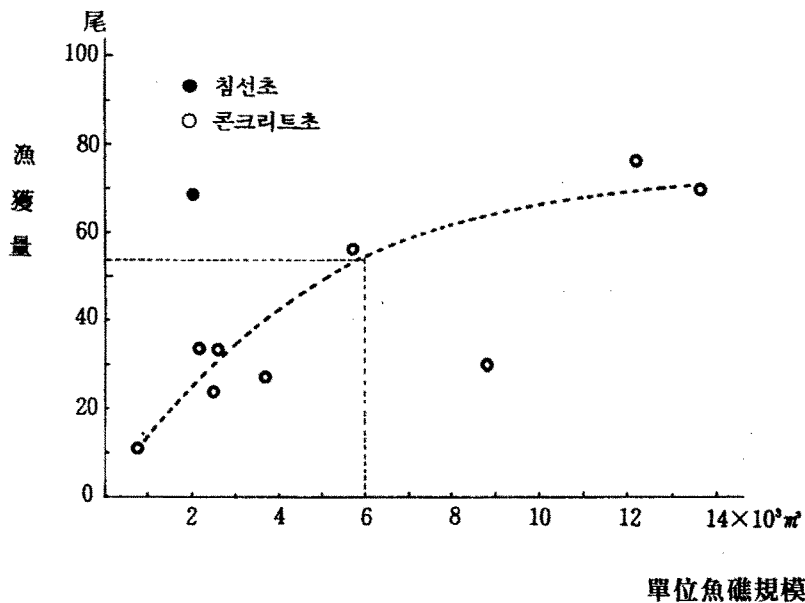
채낚기, 연승, 자망 등 대상어업별로 동일어장에서 많은 어선이 조업을 하기 때문에 어느 정도의 어초규모로 시설하는 것이 가장 효율적이고 경제적 측면에서 효과적인가를 일본수산공학연구소의 자료에 의하면 단위어초의 규모는 최소한  $400m^3$  이상이어야 한다. 즉 연안소형 낚시어선 2~3척이 1일 척당 20kg 정도 어획이 가능하면 단위어초 규모로서 적합하다고 말하고 있다.

1992년도 후쿠오카현 인공어초 조성 사업의 경우 당해 연도 기초조사에 의한 단위어초의 규모는 <그림 IV-3>에서 보는 바와 같이  $6,000m^3$ 가 그 지역의 특성상 단위어초로서의 규모가 적당한 것으로 조사되었다. 어초규모와 어획량과의 관계를 보면은 규모가 커짐에 따라 어획량은 증가하지만 그 증가율은  $6,000m^3$ 에서 둔화하는 경향이 나타났다. 따라서 단위어초로서의 효과적인 어초규모는  $6,000m^3$  정도가 적당한 것으로 보고 있다.

### 나) 단위어초의 배치

1989년도 후쿠오카현 인공어초 어장조성 사업계획에 의하면 인공어초시설 대상수역(수심 60~70m)의 어군분포는 수직방향 20m, 수평방향 50m 이내에 어군이 집중 위집하고 수평방향으로는 500m 연속하여 어느 정도 어군이 분포하는 것으로 조사되었다.

그 결과에 의하면 어초의 효과범위를 500m로 판단, 단위초의 간격을 약 1,000m(양쪽 각 500m씩)로 하여 시설하고 있음을 알 수 있다.



<그림 IV-3> 1992년 후쿠오카현 인공어초 조성어장의 어초규모별 어획량 변동

인공어초 어장의 구조와 배치를 결정함에 있어서는 그 지역에서 생산되는 주 어종의 생태 특성 및 대상어업자의 앙케트 조사에 의한 어초의 넓이, 높이, 어초의 재질 등과 대상어업의 어획실태, 대상어종의 수심대별 위집분포별로 결정된다. 1992년 후쿠오카현의 단위어초의 배치 및 규모는 10×10×6m의 강제어초 4기(3,480m<sup>2</sup>), 2×2×2m 사각형어초 500개(4,000m<sup>2</sup>)로 총 7,480m<sup>2</sup>을 시설하였으나, 우리 나라의 경우는 단순 적지조사에 의하여 16ha(800m<sup>2</sup>공m<sup>2</sup>) 당 100개 정도의 사각어초를 현수투하 또는 현수거치 방식에 의거 상적 시설하는 것에 비하여 불 때 시설방법, 규모 등에 있어서 많은 차이점이 있다는 것을 알 수 있다.

### 3) 어초군

어초군(魚礁群)은 복수의 단위어초를 서로 고려하여 어초어장을 조성한다. 어초군의 구성은 대상해역에 있어서의 자원량, 해역의 환경특성, 조업 및 조업어선의 수용척수 등을 고려하여 정하는 것이 바람직하다.

단위어초에 의해 형성되는 어장을 서로 고려한 복수 배치로 어업상 필요한 면적의 어초어장을 조성한다. 이러한 경우 조업면에서 낚시, 연승 등 다양한 어구 이용을 고려하여 어구어법을 배려한 어초군의 구성을 검토한다. 한편, 자원의 증가량, 가입량을 추정하여 1일 1척당 어획량의 증대를 도모한다. 자원의 증식에 대해서는, I형 어종에서는 어초설치에 의한 서식장의 증대에 의해 자원량의 증대가 기대된다. II형 어종에 대해서는 어초 주변의 플랑크톤, Benthos의 증대 등 먹이환경의 조성이 도모되어서 증식효과가 기대되는데, 종묘방류와 증식장 조성으로 자원의 증가를 촉진한다. III형 어종에 대해서는 가입량의 추정으로부터 단위어초를 검토한다.

어초군을 구성하는 단위어초 간의 거리는 단위어초에 의해 조성된 어장을 서로 관련시켜 어초군 전체로서 유효어획이 기대되는 어군을 서식시키고, I, II형 어종의 경우, 단위어초 주변으로부터 대략 400m 이내, III형 어종의 경우에는 어초 주변으로부터 600m 이내에 배치한다. 이것은 단위어초의 유효어획 범위로서 I, II형 어종에서 대략 200m, III형 어종에서는 대략 300m로 한 2배의 값이다.

단위어초의 배치에 있어서는, 그 해역에서의 수괴이동과 어군의 이동상황 등을 고려하여 집어효과를 높일 수 있도록 할 필요가 있다. 어도의 추정은 표식어의 방류조사, 음향추적장치를 부착한 어류의 추적조사 등에 의한 생물·수온·염분조사, 원격탐사(remote sensing)조사에 의한 열화상·수색화상·내부파의 거동 해석 등의 환경조사와 어장형성 상황 해석 등에 의하여 추정한다. 이러한 방법으로 어도가 추정되면 어초군은 어도를 가로 지르는 배치 형태로 시설하는 것이 바람직하다.

#### 4) 인공어초어장 이용·관리

인공어초어장은 수산자원을 관리, 보호 및 배양하여 연안어업 진흥을 목적으로 하는 국가의 정책사업으로서 시설된 인공어초에 대한 관리는 사업 주체인 각 시·도지사가 자율적으로 하도록 되어 있다.

그러나 실질적인 이용주체는 어업인이기 때문에 어업인이 가장 효율적으로 이용하도록 하는 것이 필요하다. 인공어초 어장의 이용의 극대화를 위한 방안으로는 인공어초의 시설위치(DGPS 경위도 표시, 육상기점으로부터의 시설위치)를 정확하게 어업인에게 공개하는 것이 바람직하다.

한편 인공어초의 사후관리 효과를 높이기 위한 방안으로는 어류용 어초는 수협이나 지선어촌계를 관리주체로 하고, 마을어장에 시설되어 있는 패·조류용 어초는 관할 어촌계별을 관리주체로 하는 방안도 검토할 필요가 있다.

향후 인공어초어장의 이용·관리 효과를 높이기 위해서는 인공어초어장의 이용 및 관리계획 수립, 이용방법, 관리방법, 이용·관리주체 선정, 인공어초어장의 시설위치의 명확화 등에 관한 제도적 장치를 마련할 필요가 있다.

## 2. 어초어장 조성계획

어초어장의 조성계획은 대상해역의 연안어업 이용의 효율화 도모를 포함한 연안어업 진흥 계획을 수립하여 적절한 위치를 정하여 계획한다. 어초어장을 이용하는 어업의 종류, 어초어장에 모이는 어종은 대단히 다양하여 동일 해역에 있어서도 크게 다르다. 따라서 어초어장의 구성에 있어서는 대상어종의 선정, 대상 어업 종류에 따른 어구·어법과 조업방법에 따라 적당한 계획을 책정할 필요가 있다.

이러한 어초어장의 조성 계획에 입각하여 어초어장 구성에 필요한 기본적 요소의 도출과 검토를 실시하여야 한다. 어초어장 조성의 계획에 있어서는 대상 해역의 생물 생산력 및 이것을 둘러싼 생물적 조건, 물리·화학적 조건, 또한 그 해역을 이용하는 어업자의 사회·경제적 조건 등으로부터 어초어장 조성계획에 관련된 기본적 요소를 도출하고, 필요한 조사를 행하여 합리적이고 과학적인 계획을 수립하여야 한다.

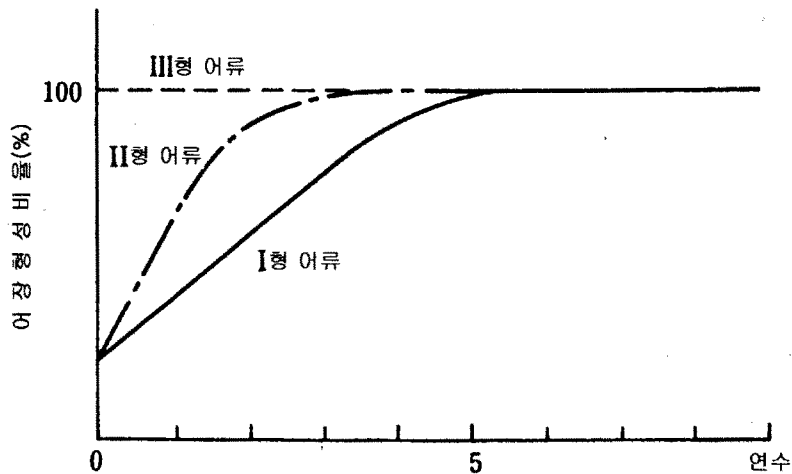
어초어장의 조성은 대상해역의 생산력 평가와 대상해역의 연안어업 동향을 포함하여, 각 지역에 적합한 사업계획을 기초로 하여 실시하여야 한다. 이를 위해서는, 사업계획 책정의 기본적 요소에 대하여 기존의 지식의 정리 검토 및 필요한 사항에 대하여 조사를 실시할 필요가 있다. 조사에 있어서는 우선 기본적 요소와 사업과의 관련을 검토하는 것이 바람직하다.

대상해역 및 주변해역에 있어서의 생물적 조건 조사와 물리·화학적 조건 조사로부터 대상어종별 최적 조건 및 어획효과의 예상 등을 검토한다.

어획효과의 예상은 해당 지역에 있어서의 대상종의 가입, 배양, 어획, 사망 등과 어초의 어군 수용량에 의해 추정되는데, 실제로 해당 해역에서의 선행 어초사업, 시험침설초, 혹은 유사해역 어초어장 등에서의 어획효과의 측정에 의한 대상어종마다의 어획효과를 추정한다. 어초의 집어효과는 I, II, III형 어종에 따라 다르기 때문에 측정 어초 규모에 대하여 조성 어초 규모가 특히 큰 경우에는 측정된 단위 시공량의 어종별 어획량으로부터 조성어장의 어획 가능량을 추정하는데 있어서 다음 사항을 유의할 필요가 있다.

- ① I형 어종의 경우에는 서식지의 구성에 있어서 거의 시공량에 비례하여 어획효과를 예측할 수 있다.
- ② II형 어종의 경우에는 해당 해역의 플랑크톤, 벤토스 등 먹이 환경을 배려하여 정한다.
- ③ III형 어종에서는 그 해역을 지나는 자원량이 조성어장의 수용량보다 충분히 클 경우, 조성어장 면적에 비례하여 어획효과를 예측할 수 있다.

인공어초어장 조성과 어초효과의 발생과의 관계를 보면 대상 어종과 인공어초와의 친밀정도에 따라 시간적인 차이가 있다. 즉 <그림 IV-4>에서 보는 바와 같이 I형어는 거의 치어의 가입부터 시간의 경과에 따라 서서히 효과가 발생하여 성어가 될 때 최대의 효과가 발생한다. 반면 III형어는 인공어초 설치 직후부터 그 효과가 발생하고, II형어는 I, III형어의 중간형태를 취한다.



<그림 IV-4> 어초의 유형과 어초어장의 형성시간

## 가. 해역 조사

어초어장의 조성을 위하여 해역조사가 필요한데 해역조사에서는 생물적 조건, 물리·화학적 조사 및 사회경제적 조건의 조사가 필요하다.

어초 어장의 조성위치의 선정, 어초 단위의 선정, 단위어초, 어초군, 어초대의 구성의 검토 및 효과의 추정에 필요한 생물적 조건 등을 조사에 의해 명확히 한다. 이런 것들의 조사결과는 물리적 조건조사의 결과와 병행 해석하여 효율적인 어초어장 조성 계획 책정의 자료로 활용한다.

어초어장의 계획·설계에 필요한 해양물리, 해양화학, 해저, 기상에 관한 제조사를 행하여, 생물적 조건 조사 결과를 기초로 기존의 어장형성 상황조사와 병용하여 해석하고, 효율적인 어초어장 조성 계획 책정의 자료로 활용한다.

조성하는 어초어장은 대상해역의 연안 어업 유도방향, 어장 이용 계획을 기본적으로 검토하고, 해역조사와 병행하여 대상해역의 사회·경제적 조건을 조사하여 사업의 목표, 조성위치, 조성 규모 검토의 기초자료로 활용한다.

해역조사 결과를 해석하고, 대상해역의 어장특성, 자원특성, 쾌적한 어장조건을 추정하고 대상어업의 동향을 고려하여 어초어장 조성계획을 책정할 필요가 있다.

## 나. 어초어장 계획의 수립

인공어초 어장을 조성하는 해역은, 대상생물의 생식조건과 물리·화학적 환경으로부터 효과적인 어초어장이 형성되는 것과, 대상해역 어업인에 의한 유효 이용이 기대되는 해역을 선정하고, 대상생물과 조성위치를 다음과 같이 선정한다.

대상생물의 발육단계에 있어서 환경선택 특성과 어상영성과의 관련성을 판단할 때, 조성위치를 선정할 필요가 있으며 이 때 생물 생태 및 행동특성과 기존어장의 환경해석 등이 검토되어야 한다. 또한 종묘 방류를 행하는 경우에는, 방류, 육성, 천연에의 자원첨가 등의 조건을 배려하여야 할 것이다.

조성위치는 대상종의 서식장으로 적합하던가 아니면 어도가 되는 경우로서 해역의 수온, 염분, 수심 등의 기본조건이 대상종의 발육단계에 있어서 생식조건을 충족하고 있어야 함은 물론이고, 인공어초를 설치하는 것에 의해 어장환경이 향상되는 해역이어야 할 것이다. 어종별 특성에 따른 해역의 선정시 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① I형의 어종은 어초를 설치함으로써 서식지가 증대되기 때문에, 치어의 분포해역과 방류종묘 등 어초에의 가입이 용이한 해역
- ② II형의 어종에서는 치어의 분포역 혹은 성어(어획대상 크기)의 어도에 해당하는 해역
- ③ III형의 어종에서는 성어의 어도에 해당하는 해역

이상의 해역조건을 조사함에 있어서 기존어장의 분포, 어획조사, 방류실험 등의 방법으로 행하고, 어도의 설치에 의해 어장의 조성, 개량, 확대를 도모하는 해역을 정한다.

인공어초 어장 조성 적지의 물리·화학적 조건은 유동환경, 수질, 해저지형, 저질 등으로부터 정하는데, 어초 설치 장소는 어초가 파도, 흐름과 연약지반의 세굴, 매몰, 전도, 이동이 되지 않고, 어초의 기능이 계획기간 동안 지속적으로 유지되어야 할 것이다. 조성하는 어초 어장의 규모는 대상해역 어업인의 소득증대와 대상어종의 자원동향으로부터 결정된다.

## 다. 어초어장 조성계획의 기본요건

인공어초 어장을 조성하기 위한 해역은 대상생물의 생식조건과 물리·화학적 환경이 종합적으로 검토되어 그 환경이 적합하여야 하며, 효과적으로 어초어장이 형성될 수 있고, 어업인의 소득증대가 기대되는 해역이 선정되어야 할 것이다.

인공어초 어장의 조성 대상해역으로서 갖추어야 할 기본적인 조건을 보면, 첫째, 대상생물에 관한 것으로 인공어초 어장의 조성위치가 대상생물의 성육단계에 알맞은 환경특성을 가졌는지에 대해 고려하여 선정하여야 한다. 이와 더불어 대상생물의 생물 생태 및 행동특성과 기존어장의 환경 등을 검토해야 하며, 종묘 방류를 행하는 경우에는 방류, 성육될 자원가입 등의 조건을 고려한다.

둘째, 물리·화학적 조건으로 유동환경, 수질, 해저지형, 저질 등을 고려한다.

셋째, 인공어초 설치장소는 어초가 연약지반에서도 파도와 해류의 흐름에 의해 세굴, 매몰, 전도, 이동되지 않고, 인공어초의 기능이 일정기간동안 유지될 수 있는 곳을 선정한다.

넷째, 인공어초 어장조성해역을 이용하는 어업인의 사회·경제적 조건 등을 고려하여 합리적인 계획이 수립되어야 한다.



## 1) 조성위치의 기본조건

인공어초 어장을 조성하는 해역은 대상생물의 생식조건과 물리, 화학적 환경으로부터 효과적인 어초어장이 형성되는 것과, 대상해역 어업인의 소득증대가 기대되는 해역을 선정한다.

### 가) 대상 생물과 조성위치

대상생물의 발육단계에 있어서 환경선택 특성과 어장형성의 관련을 파악하고, 조성위치를 선정한다. 이것에는 생물 생태 및 행동특성과 기존어장의 환경해석 등에 의해 검토한다. 또한 종묘 방류가 행하는 경우에는, 방류, 육성, 천연 자원첨가 등의 조건을 배려한다.

### 나) 물리·화학적 조건과 조성위치

인공어초 어장 조성 적지의 물리·화학적 조건은 유동환경, 수질, 해저지형, 저질 등으로부터 정한다.

### 다) 어초의 기능 유지와 적지

어초 설치 장소는 어초가 파랑, 흐름과 연약지반에서 세굴, 매몰, 전도, 이동을 하지 않고, 어초의 기능이 계획기간 동안 유지될 수 있을 필요가 있다.

## 2) 대상어종과 어업 종류

어초어장을 이용하는 어업의 종류 및 어초어장에 모이는 어종이 다양하고 각 해역마다 다르다. 따라서 어초어장을 조성함에 있어서는 대상해역의 자원 및 어구·어법 특성을 감안하여 대상어종 및 어업의 종류 선정할 필요가 있다.

## 3) 기본적 요소의 추출과 검토

어초어장 조성의 계획에 있어서는, 대상 해역의 생물 생산력 및 이것을 둘러싼 생물적 조건, 물리·화학적 조건, 또한 그 해역을 이용하는 어업자의 사회·경제적 조건 등으로부터 어초어장 조성계획에 관련된 기본적 요소를 추출 검토하고, 필요한 조사를 행하는 합리적인 계획을 수립하여야 한다.

#### 4) 해역 조사 방법

인공어초 시설적지 선정방법은 대상어초에 따라 다르다. 적지선정 방법은 크게 어획용 어초와 패조류용 어초의 경우로 나누어 볼 수 있다.

어류용 어초의 일반적 적지 여건은 수산생물이 서식하는 수심 10~50m 수역(최적 수심은 20~40m)으로 매물, 유실의 우려가 없는 경사가 완만한 곳으로, 공단 주변이거나 항로가 아닌 곳이어야 한다.

패·조류용 어초는 해조류의 착생을 위한 부착기질을 제공하는 것이 목적이므로 단위 면적당 어초 시설량을 결정하는 것 보다 보상심도를 정밀히 측정하여 보상심도 이하 시설면적에 패·조류용 어초를 전면에 설치하는 것이 바람직하다. 패·조류용 어초의 적지조사는 수중 정밀 조사를 실시하여 해조류 서식 유무를 관찰하여 적지로 판정한다.

이렇게 조사하여 시설한 인공어초의 설치 목적은 일반해역이 갖는 생물 생산력을 증대시키고 적정 연안 어장환경을 조성하는 것이다. 연안 해역에 시설되는 인공어초 적지조건의 일반적인 사항은 다음과 같다.

##### 가) 생물 환경

인공어초 시설 어장의 대상생물은 그 생활사의 각 성장 단계마다 환경에 대한 적응 가능한 허용 범위를 가지므로(예를 들면 수온, 염분, 수압 등) 자연환경을 보존(수질, 저질 환경의 오염으로부터의 보존)할 수 있는 곳이면 어디라도 어초의 적지라고 할 수 있다.

##### 나) 어업생산의 장소

인공어초어장의 조성 목적은 최종적으로 유용생물 자원을 적절히 어획하는 것이기 때문에 어로 작업에 안전하고 가능한 어획이 효율적으로 이루어질 수 있어야 한다. 인공어초 어장에 있어서 어획생산 환경으로서의 조건은 다음과 같다.

- ① 조성된 인공어초 어장을 이용하고 생산에 종사하는 어업인이 현실적으로 요구하는 곳
- ② 어업인이 거주하는 어항에서 가까운 곳
- ③ 인공어초 시설 장소를 쉽게 찾을 수 있고, 주야간, 악천후에도 조업이 가능한 곳
- ④ 다른 어초(천연초, 인공어초) 또는 자연어장과와의 조합에 의한 계획적 조업을 할 수 있는 곳
- ⑤ 조업 어선수, 사용어구 규모에 적합한 규모로 시설할 수 있는 곳
- ⑥ 바람, 파도, 조류가 적고 쾌적하고 안전한 조업을 할 수 있는 곳
- ⑦ 왕복 항로가 안전한 곳
- ⑧ 통신, 특히 전파 장애가 적은 곳

### 다) 해저지형

현재까지 우리 나라에서는 침설형 어초를 시설하고 있으므로 시설 적지조건 중 해저지형에 대해서 검토되어야 한다. 간략한 해저지형은 해도에 의해 알 수 있다. 해저지형은 해수의 평면적, 연직적 유동의 양·질에 변화를 주고, 어류의 회유분포에 중요한 영향력을 갖고 있다. 또한 해저지형은 인공어초의 안전한 시설과 시설 후 유동 및 유실 그리고 매몰 등에 크게 영향을 미치는 요인으로써 인공어초 어장 적지선정 요건으로 매우 중요하다. 인공어초 어장 적지로써 적합한 해저지형은 크게 네 가지로 대별할 수 있다.

첫째, 평탄한 지형 적지를 들 수 있다. 둘째는 자연초와 가까이 있는 적지, 셋째는 용기부가 있는 적지, 넷째는 급경사, 함몰된 지형이 있는 적지를 들 수 있다.

### 라) 시설 수심

인공어초 어장 조성을 위한 수심은 대상 생물의 성장 단계, 형태, 생리, 생태적 특징에 따라 선정된다. 시설 수심은 대체로 200m이하의 대륙붕 이내 해역으로 육지의 영향을 받아서 영양염이 풍부하고 염분, 수온, 수소이온농도의 변화, 일사량, 복잡한 해수의 유동, 저질이 다양하고 해양의 일차생산의 장소로서 어업자원가치가 높은 곳이어야 한다. 일차생산력은 수심이 얕을수록, 육지로부터 가까울수록 증대하기 때문에 자원증식을 위한 어초시설 수심 으로서는 일반적으로 30m 내외가 적합하다.

어획용 어초 시설 수심으로서 4~5m에서 대륙붕 연변까지를 대상범위로 할 수 있지만, 어초 어장의 시설 관리 측면을 고려하면, 최고 수심은 130m, 최저 수심은 4m, 최다 수심은 20~40m가 된다.

### 마) 수질

해양 수질오염은 인간의 산업활동으로 육지에서 발생되어 점차 연안역으로 확대되고 있다. 적지조건으로서의 수질환경은 수산생물의 서식이 가능하며, 양식 및 산란에 적합하여야 한다. 수질에 관한 환경기준에 의하면 수소이온 농도가 6.5~8.5, 화학적 산소요구량이 2ml/l 이하여야 하며, 또한, 용존산소량은 5ml/l 이상이 되어야만 수산생물이 서식 가능한 환경이다.

### 바) 저질

인공어초 어장 적지선정에 있어서 저질은 안전한 시설유지 및 매몰 문제에 있어서 매우 중요한 요인이다.

인공어초의 매몰 방지 관점에서 저질 조건은

- ① 저질이 패각, 잔자갈이 섞인 사질대에서는 매몰 위험성은 거의 없다.

- ② 사니설에서는 어조서면 수면이 세굴되지만, 소류 및 서실소성 등의 소전에 의해서 반드시 매몰이 진행된다고는 말할 수 없다.
- ③ 니질에서는 매몰하는 경우가 많다.
- ④ 조류가 빠르고 저질이 가는 모래(Fine Sand)에서는 단기간에 매몰할 우려가 있다.
- ⑤ 암반지대에서는 매몰의 위험은 전혀 없다.

### 사) 파도와 흐름

물리적 환경으로서의 파도와 흐름은 주로 어초 시설의 안정 기능에 작용하는 외력, 생산 활동의 안전 등의 문제를 야기한다. 인공어초 시설의 안정 기능에 작용하는 외력은 침설형 어초에 대해서는 매몰, 전도 또는 세굴력으로 작용하는 것과 함께 해저 구조물로서의 설계 조건을 지배한다. 또한 생산활동의 안정은 어초의 배치 시공, 어초 기능성의 보존, 생산활동에 따르는 조선, 어획, 그 외의 해상작업에 영향을 준다.

생물적 환경으로서의 경우를 보면, 파도와 흐름은 에너지로서 수산생물의 환경제어에 영향을 미치며, 해수의 유동에 따르는 물리적, 화학적, 지리적으로 상호 평형화에 기인하여 신진대사 보존으로 생태계에 기여한다. 또한 해수 유동에 의해 산소, 영양염, 먹이생물, 탄산, 배설물, 어류알, 유치자어 등의 이송, 운반에 기여한다.

### 아) 자연초와의 상호 관계

인공어초 어장의 적지 조건으로는 규모가 크고, 좋은 어장을 형성하고 있는 자연초가 있는 해역은 적합하지 않다. 종래의 인공어초 어장조성사업에서 자연초와의 상호 관계에서 배치되어있는 예가 많은 것은 주로 어획형 어초로서 생산성의 향상을 지향할 것, 어류의 생산이 확실하고 양적으로도 풍부한 해역일 것, 자연초와의 조합에 의한 이용률을 높이는 것 등의 이유를 들 수 있다. 인공어초로서 자원증식 목적의 어초 등, 목적별 또는 양식별, 예를 들면 표·중층형 어초 등의 신규어초(예 : 부어초 등)의 배치에 관해서는 별도의 고려가 필요하다.

침설형어초와 자연초와의 상대거리는 230m부터 1,000m 정도가 적합하다. 인공어초에 서식하는 생물과 자연초에 서식하는 생물 상호간에 유의성을 가지는 거리는 회유성 어류의 경우 600m 정도이다.

생물 척도로서의 유효거리는 자연초와 인공어초의 규모, 지형, 해수의 유동에 관계한 상대 위치, 어종, 어군량 등의 조건에 따라 서로 달라지므로 고정적이지는 않다.

### 자) 분석

조사결과를 분석하고, 대상해역의 어장특성, 자원특성, 쾌적한 어장조건을 추정하고 대상해역의 어업 동향을 고려하여 어초어장 조성 계획을 수립한다.

### 3. 인공어초 시설

#### 가. 시설 위치 결정

인공어초 시설을 하기 위해서는 이미 조사되어 결정된 적지위치를 확인하고, 시설이 가능하도록 기점을 설치하여야 한다. 일반적으로 위치를 결정하는 방법에는 육상의 물표가 보이는 경우에 물표의 겹침 등의 방식에 따라서 위치를 결정하는 방법이 있다. 또 다른 방법으로는 선위 측정법으로서 육상의 정점에 대해서 측각에 의한 방법, 방위를 구하는 방법, 거리를 구해서 원호의 교점을 찾는 방법, 거리차를 구해서 쌍곡선의 교점을 찾는 방법 등이 있다. 그리고 전자기기를 이용하여 위치를 측정하는 방법은 1942년부터 현재까지 장거리 전차측위 장치로 이용되는 LORAN-C, 2차 대전 중 영국에서 쌍곡선 항법을 실용화한 항법시스템인 DECCA 시스템, 다주파수 측정방식을 이용한 OMEGA 시스템, 도플러 효과를 이용하여 위치를 결정하는 NNSS, 인공위성을 이용하여 위치를 측정하는 GPS 등이 이용되었으나 최근에는 GPS보다 더 정확한 전지구 위치 측정기(DGPS)와 같은 기기가 발달됨에 따라 보다 과학적인 방법으로 시설위치를 찾을 수 있다.

#### 나. 시설 방법

##### 1) 투하 시설

현재 행해지고 있는 어초의 투입방법은 대체로 다음의 3가지 방법으로 나눌 수 있다.

- ① 바지선에 선회 기중기를 이용 어초 1~2개를 수면 가까이에서 투입(현수투하)
- ② 바지선에 선회 기중기를 이용 어초 1~2개를 저면까지 내려서 투입(현수거치)
- ③ 어초를 준설선에 실어 선저를 열어서 한번에 투입

이들의 투입 방법 중 집적에 대해서는 ③의 방법이 좋겠지만, 정확한 투입 위치를 결정하고, 파도가 잔잔한 날을 골라 투입하며, 바지선의 이동을 최대한 억제하면 ①, ②의 방법에서도 양호하게 어초를 시설할 수 있다.

인공어초 설치는 복잡한 해저지형에 이용가치, 효율성, 대상어종의 유영행동, 재생산 등 그 생태에 적합한지 등을 종합적이고 기술인 검토를 토대로 결정하여야 하며, 어초어장의 생산효율 및 수산생물의 증식효과를 높이도록 하기 위하여 시설한 것으로 정확한 배치기술이 어초 시설 사업의 중요한 요인이다.

그러나 시설 배치 계획은 해면상의 위치를 실제 해역에 시설하는 것이므로 육상에서의 공

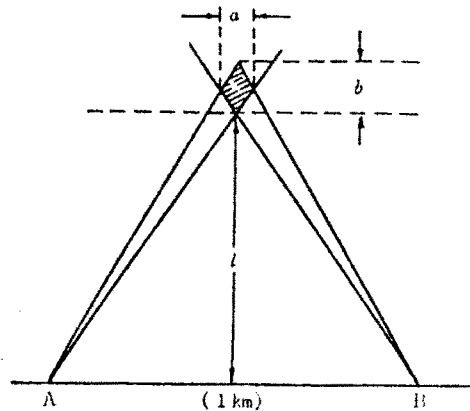
사와는 달리 목시로 판단할 수 없어 계측기계류에 의지하지 않을 수 없다. 전자기기류의 개발에 의해 측량기술은 현저하게 향상되어 있고, 그것들에 관련하여 어초의 설치위치의 정밀도에 관한 이론적인 기술이 이루어지고는 있지만, 해상 작업의 어려움으로 인한 오차를 포함해, 측량의 오차, 부표 흐름에서 오는 오차, 바지선의 계류 위치의 오차, 해조류의 흐름에 의한 엇갈림 등 공사 시행자의 책임에 돌릴 수 없는 설치오차가 생기는 것이 고려된다.

### 가) 측량기기로 측량할 경우의 오차

인공어초를 설치하기 위한 기준 부표 설치를 위하여 해상 위치 결정의 측량 기기로는 약 6km 이내에 있어서는 육분의(Transit), 그것 이상의 거리인 경우는 마이크로파 전파측량기 또는 Decca(2선 교차각이 80°~100°의 해역) 및 위성측량인 GPS에 의한 방법 등이 있다.

#### (1) 육분의에 의한 측량

과거에는 육분을 사용하는 경우가 많았는데 佐藤(1981)은 경위의 측량오차를 20초로 하여 기선거리 1km로 구한 점이 기선의 수직 2등분 선상에 있는 경우의 오차범위는 측정거리 5,000m의 경우에는 b의 값이 5m, 10,000m의 경우에는 20m가 된다고 하였다(<그림 IV-5> 참조). 그러나 실제로는 여러 가지 오차요인이 있기 때문에 종합적으로 40~50초의 오차를 볼 필요가 있다」고 하고 있으며, 5,000m에서도 이 오차범위는 적어도 20m 정도, 10,000m에서는 90m 정도가 됨을 알 수 있다.



측량오차 20초

I(km)	1	5	10	15
a(m)	0.1	0.5	1.0	1.5
b(m)	0.2	5.0	20.0	45.0

측량오차 50초

I(km)	1	5	10	15
a(m)	0.6	2.4	4.9	7.3
b(m)	1.2	24.5	97.2	218.4

<그림 IV-5> 육분의(Transit)에 의한 오차 범위

#### (2) 전파·인공위성 측정장치

##### (가) 전파측위장치의 개요

전파를 이용하는 측위장치는 주로 전파의 전달시간이나 도래시간차를 측정하는 방식이다.

전파의 전달시간을 이용하는 예는 레이더이며, 도래시간을 이용하는 예는 「2점간의 거리차가 일정한 점의 궤적이 그 2점을 초점으로 하는 쌍곡선으로 된다」는 원리를 이용한 쌍곡선 항법이다. 여기에는 로란, 데카, 오메가 등이 있다.

또한 NNSS가 개발된 이래 인공위성을 이용한 측위시스템이 최근 항법장치의 주류를 이루고 있다. 1973년부터 미 국방부가 주관해서 개발한 GPS(Global Positioning System)는 1993년말 24개의 인공위성을 모두 올려 완전한 시스템을 갖추고 구 소련에서 개발한 인공위성 측위시스템인 GLONASS(Global Navigation Satellite System)를 이용하여 자선의 위치를 얻고 있다.

#### (나) 전파측위장치 현황

대부분의 세계적인 전파측위장치는 미국의 군사적인 목적에 의해 개발되었으며 이들 시스템의 운용 및 향후 개발 동향도 미국의 국가 정책에 지대한 영향을 받는다. 미국 연방전파항법 계획(Federal Radionavigation Plan ; FRP)은 미 국방성과 운수성의 공동문서이며 미국 전파항법시스템의 장래계획에 관한 국가계획을 수립하기 위해 1980년부터 매 2년마다 개정판을 발행하고 있다. 내용은 국방성과 운수성의 관련조직의 임무와 관계 각 시스템의 현상과 운영계획, 장래계획, 시스템 필요요건 등이 포함된다.

해상 및 항공 전파항법시스템으로는 LORAN-C, DECCA, OMEGA, VOR, VOR/DME, VOR/TAC, TACAN, ILS, TRANSIT, RADIO BEACON, MLS, GPS 등이 있다.

### (3) 전파측위장치의 종류 및 특성

#### (가) LORAN-C

지금까지 LORAN-C는 미국방성과 운수성이 공동운영하여 왔으나 GPS의 운용이 본격화됨에 따라 미영토 이외의 송신국은 비용을 절감하기 위하여 1994년까지 FRP계획에 따라 폐지 또는 타정부에 이관하였다.

미국 연안의 송신국도 2000년까지만 운용하기로 계획을 세웠으나 최근 항공기 및 자동차에서의 이용이 연구되고 있어 향후에도 존속할 가능성이 있으며, 미국 본토의 중앙부에 체인을 증설하는 계획이 진행하고 있다.

우리 나라는 미 공군에서 사용하던 Commando Lion LORAN-C 체인 GRI 5970을 미국 FRP에 따라 송신국 2개소(포항, 광주)를 인수받아 동아시아 LORAN-C 체인을 운용하게 되었다. LORAN-C는 하나의 주국과 2~4개의 종국으로 체인을 구성하게 되는데, 인수당시 주국 1개소와 종국 1개소로 독자적인 체인 구성 및 운영이 곤란하여 일본에 위치한 북해도 및 계사시 송신국을 연결하여 동아시아 체인을 운영하게 되었다. 그러나 송신국 위치가 적절치 못하여 우리 나라 동남해 일부지역은 송신국의 혜택을 못지 못했다. 그러다 일본에 있던 미국의 LORAN-C 송신국을 일본 정부가 인수함에 따라 한국, 일본, 중국, 러시아 4개국의 LORAN-C 운영 국제협력 체인을 구성하였다.

우리 나라는 1995년 7월 1일부터 KOREA 체인의 운영 및 통제권을 가지고 전파를 발사하게 됨에 따라 배링해에서 필리핀해역에 이르기까지 이용범위를 확대할 수가 있다. 그러나 KOREA 체인을 이용하기 위해서는 기존의 주기억장치(ROM)인 GRI 5970를 GRI 9930으로 변경하여야만 한다. GRI 9930으로 ROM를 개조할 경우 국제협력 체인구성이 연계되어 있는 B체인에서 G체인까지 칩을 조정하면 필리핀 남단에서 배링 해역까지 동북아 전지역에서 이용이 가능하다.

#### (나) DECCA

Decca 시스템은 2차 대전중 영국에서 실용화한 항법시스템으로 쌍곡선항법을 이용하나 LORAN-C와는 달리 위상차를 측정하므로 매우 정도가 높은 측위를 할 수 있다.

Decca시스템은 1994년 노르망디 상륙 작전에서 성능이 입증되었으며, 1945년 DECCA NAVIGATOR Co.를 설립하여 민간 전파항법시스템으로 발족하였다. 타 전파항법 시스템과는 달리 민간운영시스템으로 그간 특허에 의해 보호되었으나 특허 기간이 끝나 몇 가지 문제점이 야기되고 있다.

Decca는 공간파 혼입방지 수단이 없으므로 사용범위가 250마일 정도로 제한된다. 현재 세계적 추세는 Decca의 사용을 줄여가고 있으나 영국에서는 지금도 선박뿐만 아니라 차량, 항공용으로 시스템의 성능을 개선하고자 하는 연구가 수행되고 있다.

#### (다) OMEGA

전세계적인 측위시스템을 구축하기 위 1940년 후반부터 미국에서 개발이 시작되었으며, 처음 50kHz대의 전파 이용을 검토하였으나 후에 10kHz대의 주파수를 이용하는 시스템으로 구성되었다. 따라서 이 주파수대는 차단주파수에 가까워 최후 주파수라는 의미에서 시스템을  $\Omega$ (OMEGA)로 명명하였다.

현재 OMEGA 송신국은 8개의 송신국이 운용되고 있으며 전세계 어디서나 2마일 정도의 측위 정도로 상시 위치를 얻을 수 있다. 시스템이 본격 운용에 들어간 때는 1982년이며 그 이전에 시스템이 불완전한 상태에서 사용한 선박에서는 평판이 좋지 않았다.

근래 10.2kHz의 주파수 외에 이용가능한 주파수를 모두 사용하는 다주파수 측정방식을 이용하여 오차를 1.2마일 정도로 개선한 시스템도 등장하고 있으며 Differential OMEGA 시스템을 이용하는 방안도 마련되고 있다.

#### (라) NNSS

세계 최초 인공위성인 스푸트닉 1호 발사후 그 위성으로부터 전파를 수신해 온 미국 John Hopkins대학 Applied Physics 연구소에서는 수신신호의 주파수가 도플러 효과에 의해 변화되는 사실을 확인하였다. 여기서 도플러효과에 의해 인공위성의 속도를 알면 케플러 법칙에 따라 지구를 선회하는 인공위성의 운동해석이 가능하여 궤도요소를 확인할 수 있다.

역으로 궤도를 알고 있는 인공위성으로부터 수신주파수 변화를 측정하면 수신점의 지구상



위치를 확인할 수 있다. 동 연구소에서 미 해군이 이 시스템의 개발을 제의하고 원자력 잠수함용 측위시스템 개발을 위탁하여 개발이 시작되었다.

1959년~1964년 실험위성 Transit을 올려 개발에 성공하고 1964년에 운용이 시작되었으며 1967년 7월 수신기 매뉴얼 공개로 민간에 개방되었다. 이후 NOAA 위성으로 개량되어 시스템의 개선이 시도 되었으나 GPS가 본격운용에 들어가면서 FRP에 따라 1996년말 운용이 중단되었다.

#### (4) 인공위성 측위장치(GNSS)

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 제2세대 위성측위방식인 GPS(Global Positioning System)와 GLONASS(Global Navigation Satellite System)를 통칭하는 용어로 IMO, IALA, ITU, CCIR에서 공식적으로 사용하는 용어이다. GPS는 군사목적으로 개발되었으나 시베리아 상공에서의 KAL 007기 격추사고(1983. 9. 16)를 계기로 미국의 레이건 대통령이 GPS를 C/A코드에 한하여 민간용으로 개방하겠다고 선언하였다.

이후 1988년에는 US Federal Aviation Administration과 USSR Ministry of Civil Aviation 간에 GPS와 GLONASS를 민간항공에 적극 이용하도록 연구할 것을 합의하였으며 1992년 10월 캐나다 몬트리올에서 개최된 제 10차 항공항행회의에서 미국의 GPS는 10년간, 러시아의 GLONASS는 15년간 무상 이용할 것임을 공포하였다.

##### (가) GPS 시스템의 운용

GPS 시스템에서 제공하는 서비스는 SPS(표준위치결정 ; Standard Positioning Service)와 PPS(정밀위치결정 ; Precise Positioning Service)의 두 가지로 구분된다.

SPS는 모든 GPS사용자들이 이용할 수 있는 위치결정 및 시보체계(時報體系)이며, C/A (Coarse/Acquisition) 코드와 항법자료 메시지를 수송하고 있는 주파수인 L1 주파수를 통해 전송된다. SPS는 100미터 이내에서 95퍼센트의 확률, 300미터 이내에서 99.99퍼센트 확률로 수평위치 결정 정밀도를 얻을 수 있는 능력을 갖도록 계획되어 있다.

PPS는 원래 군사용으로 설계된 것인데 고도로 정밀한 위치확인, 속도측정 및 시보 제공 서비스이다. PPS 서비스에 필요한 P 코드는 위성에서 송신되는 L1, L2 주파수에 동시에 실려 전송되는데 미 국방부로부터 허가를 받아야만 이용할 수 있다. GPS의 정확도는 16m 이내에 들 때가 50% 정도이며 25m 이내에 드는 경우는 95%까지로 되어 있다.

##### (나) GPS의 오차

측정오차를 최소화하기 위해 GPS 시스템에서는 여러 가지 보정 기법을 사용하고 있다. GPS 시스템의 오차 중 제거 가능한 오차는 기준국과 사용자의 공통오차만 제거 가능하며, 이러한 공통오차에는 S/A오차, 전리오차, 대류권지역오차, 궤도력 오차, 위성시계오차 등이 있고 제거할 수 없는 오차에는 수신기 잡음, 다경로에 의한 잡음 등이 있다.

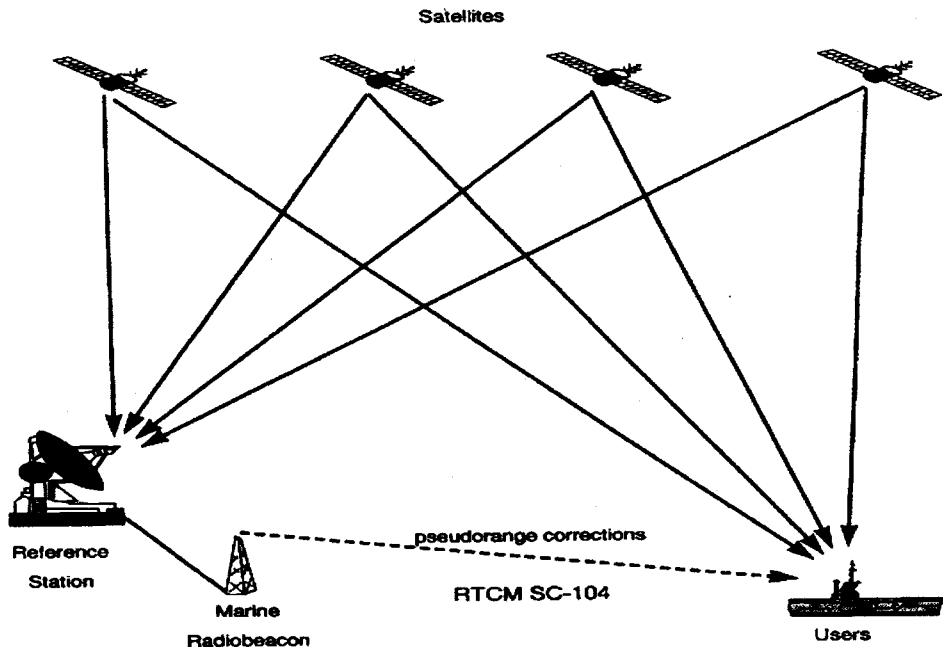
(다) GPS의 측위 원리

전술한 GPS의 오차는 다음과 같이 크게 3가지로 분류된다.

- ① 위성오차 : 클럭오차, Ephemeris오차
- ② 전파지연오차 : 전리층, 대류층 전파에 따른 지연 오차
- ③ 수신기 오차 : 잡음, 클럭오차, 다중경로의 영향 등에 의한 오차

그런데 서로 근접하여 설치된 GPS 수신기 2대가 동일한 위성 신호를 수신해서 측위를 하는 경우 2대의 수신기에서 받아들이는 신호의 오차 중 위성출력 오차와 Ephemeris오차는 동일하며 전리층 및 대류권 지연에 따른 오차도 거의 비슷하다.

따라서 이미 위치를 알고 있는 지점의 측위에서 얻어진 오차의 크기와 방향을 측위해야 할 지점의 결과에서 보정하면 정확한 위치를 구할 수 있다. 이 방법은 고정국과 측위해야 할 장소가 너무 떨어져 있지 않는 한 유효하며 위성의 궤도나 시계의 오차, 전리층이나 대류권의 영향 등을 거의 제거할 수 있다. 이렇게 해서 얻어지는 측위의 정확도는 수 m로 P 코드에 의한 측위와 비슷한 값이다(<그림 IV-6> 참조).



<그림 IV-6> 위성 측위 방식인 GPS의 개념도

DGPS는 위의 2개 수신기간의 공통 오차를 제거하기 위한 것인데 이들 오차를 경감시키기 위한 방법은 다음과 같이 요약된다.

- ① 위성오차 : DGPS 시스템 도입(기준국 별도로 필요)
- ② 전리층 지연오차 : 2개의 주파수 (L1, L2) 사용
- ③ 대류권 지연오차 : 정확한 모델화 필요(모델화된 오차는 제거 가능)
- ④ 수신기 오차 : 적절한 신호처리 기법 도입

## 나) 부표에 의한 오차

인공어초 투하 시설은 시설하고자 하는 해역에 미리 설치된 기준 부표를 기준으로 어초 투하 작업을 실시한다. 따라서 이 부표의 위치에 의해 상당한 오차가 생길 수 있다.

부표위치의 오차는 측량에 의한 오차와 기준부표 설치에 의해 투하되는 닻 설치 작업시 오차, 표준부표의 해조류에 의해 떠밀려 생기는 오차가 있다. 여기에서는 먼저 해조류의 흐름에 따라 부표의 떠밀려 생기는 오차에 대해서 고려해 보면 해면상에 떠있던 부표는 항상 해조류에 의해 밀려 해류에 따라 움직이므로 부표의 수직 위치는 적어도 인공어초를 시설하고자 하는 실제 위치는 아니다.

닻에 의한 부표의 고정에는 통상 수심의 50%이상 로프를 더 사용하여야 하는데 이 경우, 부표의 위치는 <표 IV-1>과 같이 거의 2배 이상의 직경인 원주상에 있는 것이 되며, 기준 부표를 목표로 해서 작업한 경우에 있어서도 어초 설치 위치는 수심의 2배 정도의 범위로 흩어지는 것이 된다.

<표 IV-1> 수심별 로프 길이와 밀려 도는 직경

수 심	50m	70m	100m
로 프 길 이	75m	105m	150m
밀려 도는 직경	112m	156m	224m

이와 같이 밀려 도는 것을 피하기 위해서는 로프 길이를 가능한 한 수심에 가깝게 하면 좋아지며, 수심 50m의 경우 로프 길이가 1.3배에서는 밀려 도는 직경은 41m, 1.2배에는 33.2m가 되지만, 로프 길이를 짧으면 짧을수록 부표 부력은 증대하고, 계류에 사용된 닻의 무게는 증가하지 않으면 얇게 되어 있는 것은 당연하다. 일본의 경우, 수심 50m에서 12m 이내로 해서 개발한 부표(총부력 790kg, 총중량 210kg, 나머지 부력 580kg) 1세트의 가격이 50만엔 이상의 고가였기 때문에 현재에는 거의 사용되지 않는다.

현실적인 문제로서 조류·파고 등의 조건이 좋지 않은 해역에서는 로프를 많이 늘어뜨려서 기준 부표의 잠입·유출방지를 도모함으로써 그 밀려 도는 범위를 확대하는 것이 좋다.

## 다) 바지선의 계류 위치에 의한 오차

바지선의 계류 위치에 의한 오차, 바지선의 경사에 의한 오차 등이 있는데, 먼저 바지선의 계류시 생기는 오차를 최소화 할 수 있는 방안을 강구하여야 한다. 이제까지는 바지선을 어초를 시설하고자 하는 기준부표의 위치에서 한쪽에는 대형 닻을 이용하고 다른 한쪽에는 인공어초를 이용하여 닻으로 이용하는 경우가 대부분이다.

이는 인공어초를 운반하는 바지선을 정확한 위치에 계류하기란 매우 어려우므로 바지선 양측에 전용 닻을 설치하여 바지선 양측에서 닻줄을 충분히 주어 닻을 올리면 닻에 가해지는 파주력이 증가하고 해조류에 의한 바지선의 이동이 최소화 될 수 있다.

인공어초 투하 시설은 바지선의 이동이 없이 완전하게 고정된 것을 확인한 후 인공어초를 투하하기 시작하여야 소기의 위치에 인공어초를 시설할 수 있다.

또한, 해상의 바지선은 항상 파랑에 의해 동요하고 있고, 현수투하 또는 현수거치함에 있어서 어초도 항상 흔들리는 상태로 투하하기 때문에 현수투하하거나 현수거치되는 위치도 어느 정도의 오차가 생긴다.

이러한 바지선 내에서 작업이 가능한 선체 경사 허용범위내의 각도 3°일 때 착저 오차는 <표 IV-2>와 같이 그다지 큰 것은 아니다.

<표 IV-2> 작업선의 경사(3°)에 의한 착저 오차

(단위 : m)

수 심	착 저 오 차
100	5.23
70	3.66
50	2.61

#### 라) 조류(潮流)에 의한 오차

바다에는 약간이라도 흐름이 있고, 흐름의 방향, 세기가 수심층에서 일정하지 않은 등 복잡한 해역이 대부분이다. 투하되는 어초는 자유낙하에 의한 현수투하, 로프에 매달아 내리는 현수거치하는 경우 흐름의 영향을 받는 수평방향으로 어느 정도 이동해서 착저하게 된다.

佐藤(1982)은 블록을 매달아 내려 설치하는 경우의 수평이동량( $l$ )은 다음 식에 의해서 계산될 수 있다고 하고, 콘크리트 사각형을 모델로 해서 유속마다의 착저까지의 수평이동량은 다음과 같다고 하였다.

$$l = \frac{h \cdot C_D \cdot A}{2 \cdot g \cdot (\sigma / \rho - 1) \cdot V} \cdot v^2 \quad (3)$$

여기서  $h$  = 수심,  $C_D$  = 항력계수,  $A$  = 투영면적,  $g$  = 공기중 중량,

$\sigma$  = 어초재료의 밀도,  $\rho$  = 해수의 밀도,  $V$  = 어초체적,  $v$  = 조류속도

인공어초 6종에 대해서 투하 설치 시 조류에 의한 분산 각도에 대해 평균 수평이동량을 산출하였다. 유속별 인공어초의 분산 경사각도는 유속 0.25 m/sec에서는 최대가 1°, 최소가 0.4°로 평균은 0.6°이지만, 유속이 2배인 0.5 m/sec가 되면 경사각도는 4배가 되고, 유속이 1.0 m/sec가 되면 다시 그 4배가 되어서 최대에서는 16.2°, 평균에서도 10.1°가 된다고 되어 있다.

그러나 수평이동량은 유속 0.5 m/sec의 경우 수심 50~100m까지는 평균 2~4m(최대에서도 약 4~7m) 정도이지만, 유속 1m/sec의 경우에는 수심 50m에서 최대 13.9m, 수심 70m에서는 최대 27.8m의 차가 생긴다고 한다.

우리 나라의 주요 인공어초 모델인 원통형, 사각형, 육각형, 잠보형 어초모델 4종의 투입에 따른 분산에 대한 모형실험 결과 어초의 분산은 투입 자세와 투입 방법, 수심, 어초의 형상과 크기, 중량, 밀도와 중심의 위치 등과 관련이 있다. 이러한 분산특성을 파악하기 위한 실내 실험을 인공어초 투하 시설시 해조류의 변화에 따른 분산을 밝히기 위하여 1/50로 축척된 현수투하식 어초 모형 2종과 현수거치식 어초 모형 2종의 모형을 수조 실험실에서 유속 변화에 따른 분산을 구하였다. L1은 어초모형의 대표거리, L2는 변화에 따른 흐름방향의 분산거리로서 gm름방향에 대한 직각방향의 분산거리이다. 유속과 분산과의 상관관계를 분석한 결과, 인공어초의 투영방향에 따라 공극율의 변화가 많은 원통형 모형의 흐름방향에 대한 분산거리비 L2/L1의 편차값은 6.5~16.9로 4종의 어초 중에서 가장 크다. 흐름방향에 대한 편차값은 유속증가에 따라 최고 16.9에서 6.5로 감소하는 경향이 나타나고 있다. 흐름 직각방향의 분산거리비 L3/L1은 원점을 중심으로 편차값이 5.9~10.4로 Reynolds수가 증가함에 따라 분산의 편차값은 감소하였다.

<표 IV-3> 수심별 · 유속별 수평 이동량(6종 평균)

(단위 : m)

수 심	유 속(m/sec)	평 균	최 대	최 소
100	0.25	1.1	1.8	0.7
	0.5	4.4	7.2	2.6
	1.0	17.5	27.8	10.2
70	0.25	0.8	1.3	0.5
	0.5	3.1	5.1	1.8
	1.0	12.1	19.5	7.1
50	0.25	0.6	0.9	0.4
	0.5	2.2	3.6	1.3
	1.0	8.7	13.9	5.1

밀도( $\rho$ )가 2.5인 사각어초A모형은 육면체 구조로 6방향의 유체력이 비슷한 구조적 특징 때문에 흐름방향의 분산거리비 L2/L1의 편차값은 0.4~6.0으로 유속변화에 큰 영향을 받지 않으며, Reynolds수 변화에 따라 흐름 직각방향의 분산거리비 L3/L1은 원점을 중심으로 편차값이 1.1~3.4로 4종의 어초 모형 중에서 가장 적은 분산을 보였다. Reynolds수와 L3/L1의 편차값은 Reynolds수가 증가함에 따라 분산의 편차값은 적어지는 경향을 보였다.

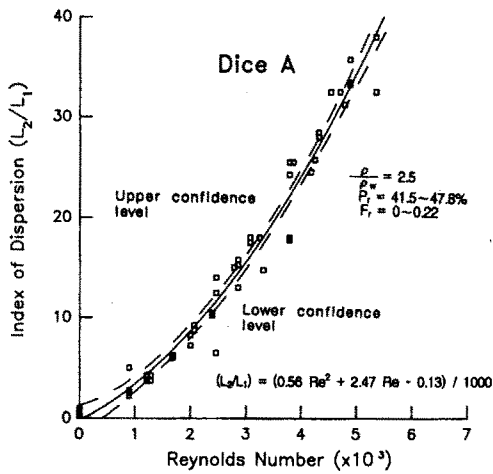
밀도( $\rho$ )가 2.2인 사각형어초 B모형의 Reynolds수 변화에 대한 흐름방향의 분산거리비 L2/L1의 편차값은 0.8~10.0으로 사각형어초 A모형보다 분산 편차값이 크게 나타났다.

현수투하식 방법으로 투하되는 밀도( $\rho$ )가 2.5인 원통형과 사각형어초 A모형간 분산거리비의 차이를 살펴보면, 어초형상의 흐름방향에 따라 유체저항이 다소 큰 원통형 어초 모형이 사각형어초 모형보다는 흐름방향과 흐름 직각방향의 분산거리의 편차값이 큰 것으로 나타났다. 그리고 밀도가 다른 사각형어초 A, B모형간 분산거리비의 차이는 밀도가 큰 A형보다 밀도가 적은 B형 어초 모형이 흐름 방향 분산거리비 L2/L1과 흐름직각방향의 분산거리

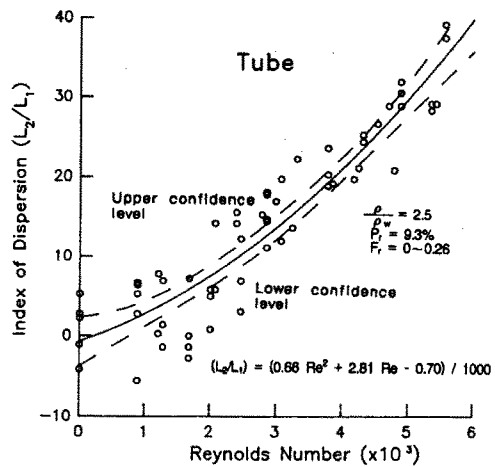
리비 L3/L1 모두 분산편차값이 크며, 흐름에 대한 분산거리비도 크게 나타났다.

육각형어초 모형의 Reynolds수 변화에 대한 흐름방향의 분산거리비 L2/L1의 분산값은 0.5~7.1로 사각형어초 A모형과 유사하다.

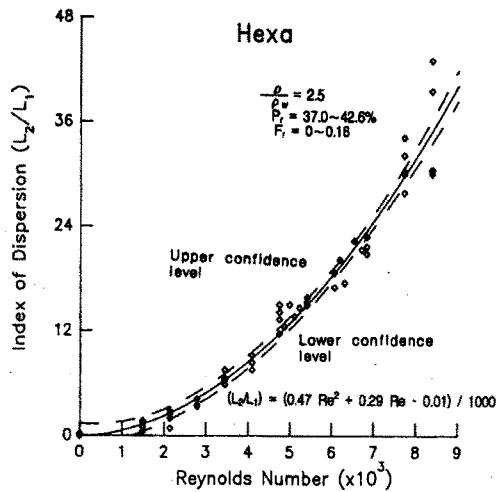
잠보형어초 모형의 Reynolds수 변화에 대한 흐름방향의 분산거리비 L2/L1의 상관관계를 나타낸 L2/L1의 분산값은 1.4~5.0으로 Reynolds수가 증가할 수록 증가하는 경향이 나타났으며, 현장에 시설된 인공어초의 분산특성과 실내 실험 결과와 비교 분석해보면 <그림 IV-7>과 같다.



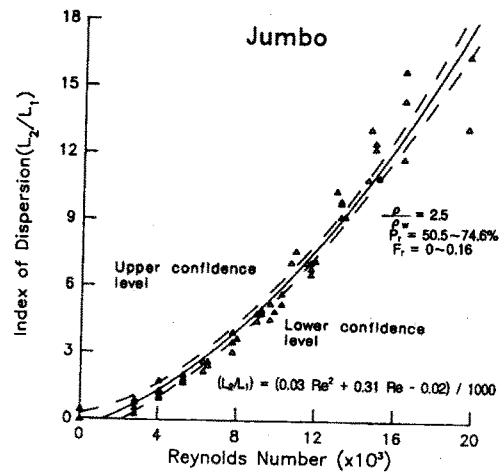
< 사각형 >



< 원통형 >



< 육각형 >



< 잠보형 >

<그림 IV-7> 현수투하시 유속별, 어초종류별 어초모형 분산거리비

마) 자유낙하에 의한 현수투하의 경우 분산

佐藤(1981)은 원통형모형을 수조내에서 자유 낙하시켜 그 분산의 범위를 측정 한 결과 어초모형 96%가 수심의 2분의 1 이내에 착저했던 것을 보고하고 있다. 秀島(1982)는 1m<sup>2</sup>의 콘크리트 어초 모델로 해서 자유낙하시켰던 경우의 착저소요시간과 수평이동량을 계산해서 그림으로 나타내고 있지만, 이를 표로 나타내면 <표 IV-4>에 보여지는 바와 같이 대체로 수심의 10 내지 20% 이내에 착저하는 것으로 추산된다.

<표 IV-4> 자유낙하의 경우 수평 이동량(1m<sup>2</sup> 콘크리트 사각형)

(단위 : m)

수 심	착저소요시간 (sec)	수 평 이 동 량		
		유속 0.5 m/sec	유속 1.0 m/sec	유속 1.5 m/sec
50	12	2.0	4.5	9.6
70	16	2.5	7.0	13.5
100	22	4.0	11.0	20.0

또 棟生(1983)은 원통형 어초의 분산범위를 수심 50m의 경우, 정수시에 있어서 분산 25m에 조류에 의한 가로방향으로의 이동을 식 (4)와 같이 佐藤(1982)의 식을 이용하여 33.8m로 추산하고 있다.

$$C_1 \text{ (靜水時에 있어서 분산)} = 50m \div 2 = 25m$$

$$C_2 \text{ (조류에 의한 가로방향으로의 이동)} = \frac{h}{V_c} \times V \approx 8.8m$$

$$V_c = K_2 \sqrt{\frac{g}{\sigma}} \cdot \sqrt{(\sigma - \rho)l} \quad (4)$$

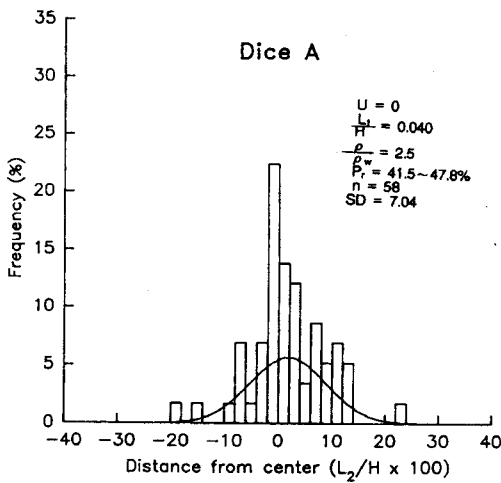
여기서  $h$ =수심,  $V_c$ =수중낙하속도,  $V$ =유속=0.51m/sec  
 $K_2=0.93$ (실험치),  $\sigma$ =어초블록材의 밀도,  $\rho$ =해수의 밀도  
 $l$ =어초의 대표적 길이=1.8m

현장의 결과를 보기 이전에 어초를 시설한 해역의 시설 당시의 유향·유속을 추정하여야 하는데, 인공어초가 시설된 경남 남해군 미조해역은 미조항에서 남동방향으로 3.5mile 떨어진 해역에 1989년 12월 23일 사각어초 73개를 투하 시설하였다.

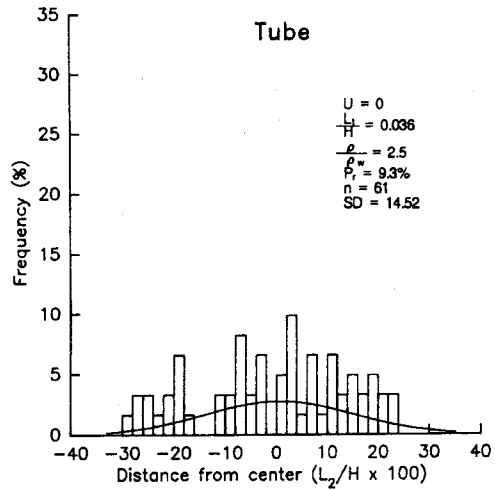
시설 2년 5개월 후인 1992년 5월에 side scan sonar를 이용하여 인공어초의 시설상태와 분산특성을 사각어초가 시설된 해역에서 조사 분석하였다.

시설 당시의 유향 유속은 조류도(수로국, 1982)와 조석표(수로국, 1989)를 참조하여 추정 한 결과, 사각어초시설 어장의 유향 유속은 삼천포항의 저조(L.W) 전 1시간 52분에 투하를 시작하여 저조(L.W)전 42분경에 사각형어초 73개의 투하가 완료하였다. 투하조건 중 유동변화는 조류도를 참조한 결과, 동류 20.6cm/sec에서 북동류 15.4cm/sec의 유동변화 상태에서 투하가 완료되었다.

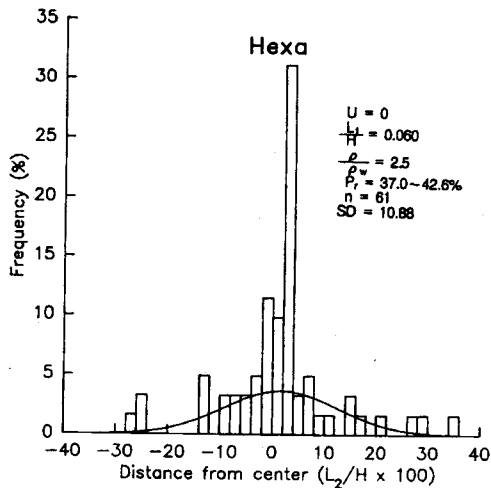
현장 유동 변화와 수리 모형 실험을 비교분석하면 인공어초가 시설된 해역의 현장의 유속 변화 15.4~20.6cm/sec을 Froude 모형법칙  $vr = Lr(1/2)$ 에 대입하면 실험 유속은 2.2~2.9cm/sec의 유속 변화와 같으므로 Reynold 수 0.87~1.15x10<sup>3</sup>범위내에서 투하실험된 것과 유사하다. 그러므로 사각형 어초 A모형의 수리실험 결과를 <그림 IV-8>에서 살펴보면 원점으로 부터 흐름방향 분산비 L<sub>2</sub>/L<sub>1</sub>은 1.4, <그림 IV-9>와 <그림 IV-10>에서 2단이상 상적되는 편차값은 수심의 ±10%이므로 원점에서 ±4.0m에서 분산거리 10.8m (2.8m+8m)를 얻을 수 있다. 실험결과에서 얻은 결과와 현장에서 관측된 결과 21m와 비교해 볼 때 2배의 분산을 보이고 있었다.



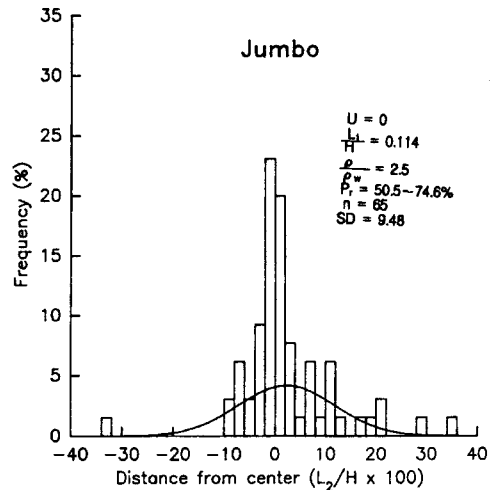
< 사각형 >



< 원통형 >



< 육각형 >



< 잠보형 >

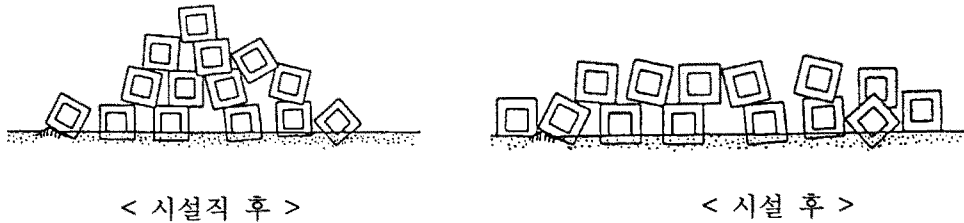
<그림 IV-8> 자유낙하시 유속별, 어초종류별 어초모형 분산거리비



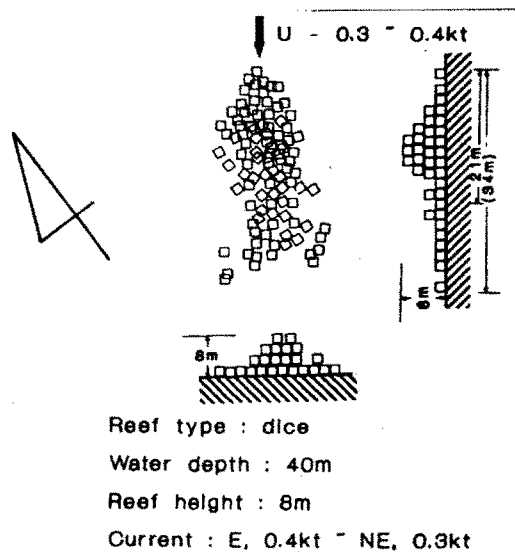
사각형 어초를 수심 40m해역에 시설된 어초의 시설상태를 관측한 결과가 수리 실험 결과치 보다 2배 높게 나타난 것은 中村(1976)등이 밝힌 바와 같이 조류의 유향변화에 따라 탑재선의 투입위치가 변화하는 것과 투입 기간 중에 브이의 위치가 당초의 위치와 다른 것 등에 기인한 것으로 보인다. 이상의 결과를 정리하면 분산에 대한 모형실험 결과, 수심 100cm의 회류 원형수조에서 평균 밀도 2.4의 인공어초 모형을 자유낙하했을 때 대부분 중심으로 부터 수심의 5~36% 범위내에 집중 낙하되었다.

- ① 수면에서 조용하게 낙하시키는 데에 비해 선상에서 회전시켜 낙하시키면 분산이 크게 된다.
- ② 수심이 깊게 될수록 분산량은 크다.
- ③ 원통형, 육각형, 사각형, 잠보형 순으로 분산비가 크다.
- ④ 동일 형상의 것이라도 부분적으로 무게중심을 다르게 놓으면 분산비는 크게 된다.

또한 일본의 경우 수심 2.27m의 수조에서 4cm의 어초모형은 70%가 원점으로부터 반지름 10cm의 범위에 낙하하고 있지만, 모형 실험 결과, 사업에의 응용에 대해서는 모형과 원형과의 관계가 확실하지 않기 때문에 현장에 이용되고 있지 않다.



<그림 IV-9> 인공어초 시설 후 일부 흩어짐(시설 직후, 시설 경과 후)



<그림 IV-10> 사각형 인공어초 시설 어장의 시설 상태 조사 결과

## 다. 시설 상태 조사

침설 후 인공어초의 시설 상황 조사는 잠수, 수중 VTR, 음향 측심기(어군 탐지기)등에 의해 행해지고 있지만, 이들 조사에는 다음과 같은 장·단점이 있다.

### 1) 잠수 조사

어초의 매몰, 부착생물, 어류의 위집 상황, 부분적인 집적과 분산 등의 조사에는 대단히 유효하지만 잠수 수심과 시간에 제한을 받고, 시야에 문제가 있어 수심이 깊고 광범위한 어초어장에서는 전체를 알기가 어렵다.

### 2) 수중 VTR

잠수 조사보다는 깊은 수심에서도 조사가 가능하지만, 시계의 문제는 잠수 관찰보다 더욱 심각하다. 또한, 가시 범위도 무척 좁아 이것을 넓게 하는 장치가 필요하다.

### 3) 어군 탐지기

어초 한 개 한 개의 형상은 자세하게 볼 수는 없지만, 집적과 분포범위 등의 전반적인 파악에는 유리하고, 인공어초의 설치 면적이 넓은 경우에는 이 방법으로 조사해서 산출할 수 있다.

## 4. 인공어초의 안정성 검토

### 가. 인공어초의 유체역학적 특성

인공어초를 해저에 시설한 후 파도와 흐름에 의하여 이동되거나 전도되어 어초의 기능을 상실할 우려가 있다. 이동, 전도 등에 관한 문제점을 해소하기 위해서는 어초에 작용하는 파도와 흐름에 대한 유체력의 안정성에 대한 구조계산을 gkd야 한다. 인공어초에 작용하는 유체력은 흐름에 대한 항력과 걸보기 질량력을 합한 힘은 식 (5)와 같다.

$$F = \frac{C_D A \omega_0}{2g} u^2 + \frac{C_M V \omega_0}{g} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (5)$$

여기서,  $F$ = 힘,  $C_D$ = 항력계수,  $A$ = 투영면적,  $\omega_0$ = 비중,  $u^2$ = 유속,  $C_M$ = 질량계수,  $V$ = 부피  $g$ = 중력가속도

먼저 유속을 구하기 위하여 파랑에 대한 유속을 고려해 보면 수심이 깊은 파운동은 표면에서 깊어짐에 따라 작아진다. 이것을 미소진폭파 이론으로 수입자의 이동속도  $U_1$ 을 구식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$u_1 = u_m \sin \theta \quad (6)$$

$$u_m = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2\pi D/L}{\sinh 2\pi h/L} = \frac{\pi KH}{T}$$

여기서, L : 파장, H : 파고, T : 주기, h : 시설수심, D : 해저에 설치된 어초의 높이, K : 수심에 대한 파장의 비와 어초 높이와 파장의 비와의 상수이다.

인공어초에 작용하는 유체력은 흐름에 대한 항력과 걸보기 질량력을 합한 힘 F의 식 (5)에 대입하면 식 (7)과 같다.

$$F = \frac{C_D A \omega_0}{2g} (u_m \sin \theta + u_0)^2 - \frac{2\pi C_M V \omega_0 u_m}{gT} \cos \theta \quad (7)$$

식 (7)에 흐름에 대한 어초의 저항력인 식 (8)과 정지물체에 작용하는 부가질량력 식 (9)를 대입하면 파도가 어초에 작용하는 유체력은 식 (10)과 같다.

$$F_D = \frac{C_D A \omega_0 u_m^2}{2g} \quad (8)$$

여기서,  $F_D = F(\text{힘})$ 의 최대값

$$F_M = \frac{2\pi C_M V \omega_0 u_m}{gT}$$

$$a = \frac{u_0}{u_m} \quad (9)$$

여기서,  $F_M =$  수직방향 힘

$$F = F_D(\sin \theta + a) - F_M \cos \theta \quad (10)$$

어초에 작용하는 유체력은 파랑의 위상  $\theta$ 에 의해 좌우되는데 유체력 F가 최대가 되는 위상은  $dF/d\theta = 0$ ,  $d^2F/(2F_D) < 0$ 인 조건을 계산하여 산출한다.

유체력에 의한 인공어초의 이동, 전도에 대한 안정을 확보하여야 하는데 이동에 대한 안정은 인공어초가 흐름이나 파도 등에 의해 이동되지 않는 조건은 어초에 작용하는 유체력  $F_0$ 보다 해저와 어초의 마찰 저항이 크면 된다.

안전을  $S_F$ 의 값을 1.2이상이면 안전하다. 그리고 어초와 해저 지반과의 마찰계수  $\mu = (0.5 \sim 0.6)$ , 어초의 공중 중량 W의 유체력  $F_0$ 의 값이다.

식 (11)과 같이 안전율  $S_F$ 의 값은 1.2이상이면 안전하다. 그리고 어초와 해저 지반과의 마찰계수  $\mu=(0.5\sim 0.6)$ , 어초의 공중 중량  $W$ 의 유체력  $F_0$ 의 값이다.

$$S_F = \frac{W\mu(1-\omega_0/\sigma_G)}{F_0} \geq 1.2 \quad (11)$$

또한, 전도에 대한 안정은 인공어초가 흐름이나 파도 등에 의해 전도되지 않는 조건이 어초에 작용하는 저항 모멘트가 식 (12)와 같이 전도 모멘트 보다 큰 1.2 이상이면 된다.

$$S_F = \frac{W(1-\omega_0/\sigma_G)l_w}{F_0h_0} \geq 1.2 \quad (12)$$

여기서  
 $S_F$  = 안전율,  $h_0$  = 작용점 높이  
 $l_w$  = 전도와 회전축과의 수평거리

## 나. 인공어초 침하에 대한 안정성

### 1) 세굴 침하 및 방지대책

어초 주변의 국소세굴은 어초 주변의 와류, 축류 및 전면의 하강류가 원인으로 작용하는 것으로 판단되며, 세굴에 위한 어초의 침하 및 매몰을 저감시키기 위한 대책으로서는 다음과 같은 방법을 고려할 수 있다.

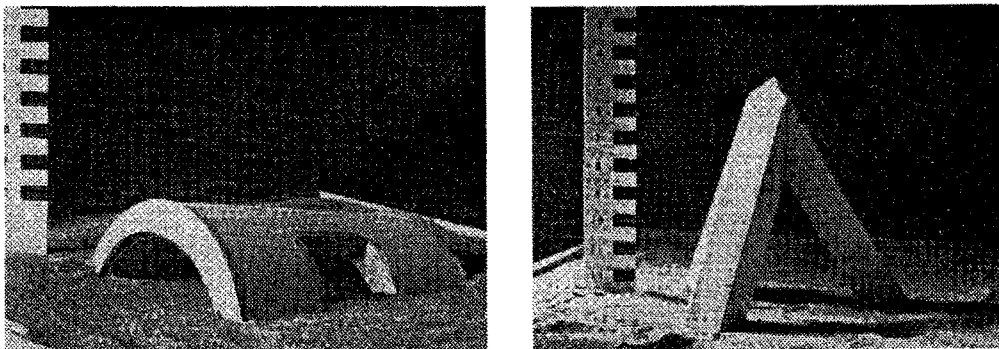
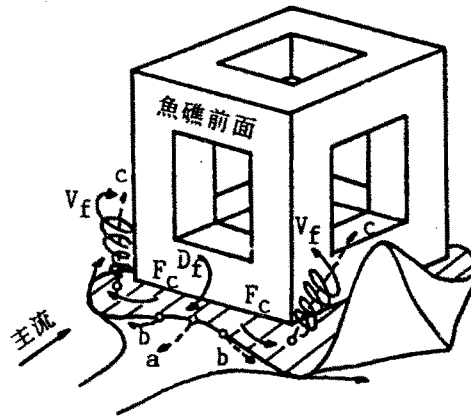
- ① 어초 구조 및 부재의 형상 개량에 의한 방법
- ② 어초 전면 하강류의 차단공법
- ③ 어초 전면의 경계층 제어 공법
- ④ 기초 지반의 한계 소류력 증대법
- ⑤ 어초 전면 압력구배 완화법 등

이 중에서 어초 자체의 형상 개량은 부재의 형상을 개선시켜 흐름장을 제어하고 세굴을 완화시키는 방법이며, 부재구조의 보완은 전면 하강류의 차단(조도 증대, 보조판 부착 등), 전후방 저면의 경계층 제어(보조 판, 보조 구조물의 배열 등)와 전후방의 압력구배 완화(완화공 시공법, 침투수 흡입법 등) 등의 방법을 생각할 수 있다. 기초지반의 한계 소류력 증대법으로는 소류저항 증대를 위한 사석공법과 매트 시공법, 또는 저질의 밀도 증대를 위한 다짐공법 등을 들 수 있다. 그러나, 어초 형상의 개량에 의한 방법은 어초의 집어 메카니즘의 하나인 와류 및 축류 등을 감소시키는 작용도 할 수 있으므로 신중히 검토되어야 한다. 따라서, 상부의 흐름장에 영향을 최소화하고 어초 주변의 흐름과 저질의 상호작용을 차단할 수 있는 보조 밀판 부착공법은 어초군으로 시공에 곤란한 점이 많을 것으로 고려되므로 이에

대한 추가적인 검토와 어초의 배열에 의한 저면 경계층의 제어 및 사석이나 매트 등을 이용한 저질 개량 공법을 적용할 수 있다.

대책공법을 실시하지 않은 경우에 비해 대책공법이 실시되었을 경우에 침하량이 감소하는데 전면 하강류 차단공법의 경우 50~40 % 정도로 감소함을 볼 수 있다. 여기서, 내부 저면 차단공법의 경우 역효과가 발생하는 경우도 있으므로 보조판의 이용은 신중을 기해야 함을 알 수 있다. 또한, 쇄석의 경우 기초의 한계소류력 증대 뿐 아니라 전면 하강류의 차단 및 전후방 저면 경계층 제어 효과를 나타내므로, 주변의 굴착공사, 가용 쇄석 등을 고려하여 적용 가능한 대책으로 고려되며, 쇄석 자체의 어초효과도 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

인공어초의 세굴침하 및 매몰에 대한 대책 수립과 국소세굴을 이용한 저질개량 효과의 질리를 위한 기초적 연구로서 수리실험을 통해 흐름장에서의 인공어초 주변의 세굴 및 퇴적 과정과 침하 및 매몰기구 및 특성을 검토하면 다음과 같다(<그림 IV-11> 참조).



<그림 IV-11> 국부 세굴의 모식도

① 인공어초 주변의 저질이동 특성은 인공어초의 설치에 따른 흐름의 축류, 와류 등과 밀접함을 확인하였다. 흐름장의 경우 후류장 변화의 지표인 Reynolds수와 밀접하며 정적 세굴의 형태를 나타내었고, 파동장의 경우 K.C수와 밀접한 관계를 보이는 동적세굴의 형태를 나타낸다.

② 인공어초의 설치방향에 따른 주변의 세굴 과정 및 특성은 주변 흐름장의 변화 차이에 따라 상이하며, 흐름에 대해 직각방향으로 설치한 경우에 비해 편향(45°)되게 설치한 경우의 세굴 위치가 어초로부터 멀고, 세굴은 깊어 저질개량 효과가 비교적 양호한 것으로 고려된다.

③ 흐름장에서 인공어초의 최대 세굴깊이, 퇴적높이 및 세굴침하량은 Reynolds수가 중요한 영향인자이며, 파동장에서는 K.C수가 중요한 인자로 고려되고, 이와 저질이동의 지표와 지속시간을 고려하여 예측식으로 정리할 수 있었다. 또한, 세굴침하량과 퇴적높이로부터 인공어초의 매몰량을 예측할 수 있다.

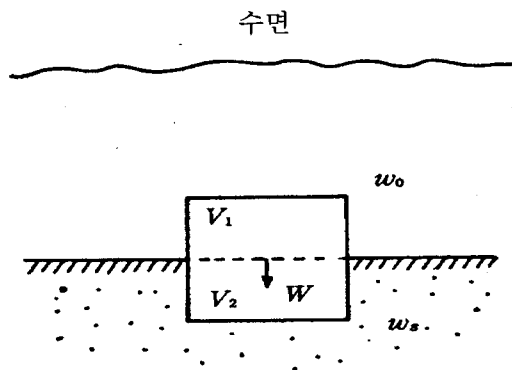
④ 인공어초에 대한 세굴침하 및 저감을 위한 대책으로서는 어초구조 및 부재의 형상 개량에 의한 방법, 어초 전면 하강류의 차단공법, 어초 전면의 경계층 제어 공법, 기초지반의 한계소류력 증대법 등을 고려할 수 있으며, 흐름장에서는 쇄석공법이 양호하다.

⑤ 인공어초군에 대한 세굴 침하 및 매몰에 관한 연구 검토가 요망되며, 이를 위한 수리 실험 및 수치 시뮬레이션 기법의 정립이 차후 과제로 강조될 수 있다. 또한, 연약지반에 대한 인공어초어장 조성 및 유지를 위해 침하에 대한 어초 자중의 효과를 체계적으로 정리할 필요가 있다.

## 2) 자연 및 압밀침하

어초가 파랑 등에 의해 진동을 받을 경우 저질 속으로 흔들려 들어간다. 실제 해저에서 아주 작은 파랑이나 흐름에서 장시간 반복된 힘을 받으면 진동하게 되는데, 이 진동에 의해 인공어초는 가라앉게 된다. 이렇게 가라앉는 침하 운동을 高粘性 유체 중에서 낙하운동이라 생각하고 실험을 실시한 결과 운동방정식과 거의 일치하는 것을 확인하였다.

따라서 진동이 장시간 계속되면 콘크리트 인공어초는 저질 등의 밀도가 무거운 액체속으로 침하하고 부력을 받아 인공어초 일부는 묻히고 일부는 떠오르는 상태로 되는 것을 식으로 나타내면  $\omega_0 V_1 + \omega_s V_2 = W$ 가 된다(<그림 IV-12> 참조).



<그림 IV-12> 인공어초가 저면으로 침하되는 모식도

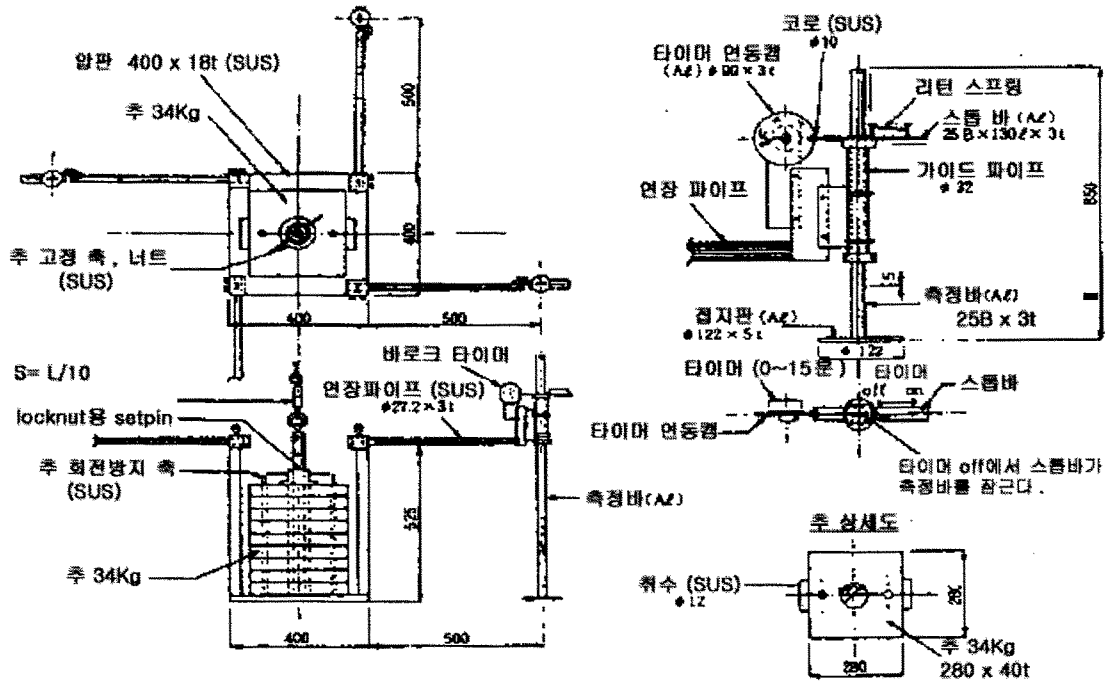
여기서  $\omega_0$ 는 해수의 단위 중량,  $\omega_s$ 는 저질의 단위 중량,  $V_1$ 는 어초의 수중 용적,  $V_2$ 는 어초의 저질속 용적,  $W$ 는 어초의 공기 중 중량이다. 또한 밀도가 다른 어초의 경우 침하속도는 다르게 나타날 것이다.

이러한 침하 현상을 일으키는 경우는 저질이 모래이거나 입도가 작은 니질이면서 그 층이 두꺼운 해역에서 일어난다. 암반이나 자갈로 이루어진 해역 위에 약간 덮여 있는 경우는 침하현상을 볼 수 없다.

우리 나라 인공어초 설치 예정수역의 상당부분이 니질이기 때문에, 설치한 어초가 매물할 가능성이 높다. 그래서 그 설계에 있어서 매물을 최소한으로 하기 위한 기초자료로서 침하실험을 행하고, 해저의 지지력을 조사하여야 한다(<그림 IV-13> 참조).

해저지지력 조사방법은 해저지반 매물량 측정기를 이용 해저면의 접지압에 대한 해저에의 매물량(cm)을 측정한다.

접지판은 0.4×0.4m로 그 위에 접지압을 가하기 위하여 납추(납제, 약 34kg)를 최대 9개까지 달수 있도록 하였다. 측정봉은 4개의 알루미늄제로서 본체가 해저면에 매물하였을 때의 영향을 피하기 위하여 본체로부터 떨어져 있다. 이 측정봉은 타이머에 의해 측정시간 동안 매물량을 측정한 후 기록되도록 되었으며, 측정봉의 끝에는 직경 12.2cm의 원반이 붙어있고, 지반에 매물하지 않는 봉으로 하였다. 와이어 로프가 측정기 위쪽에 있어 꼬임과 감김을 방지하기 위하여 측정기 위 약 2m에 직경 20cm의 브이를 붙였다.

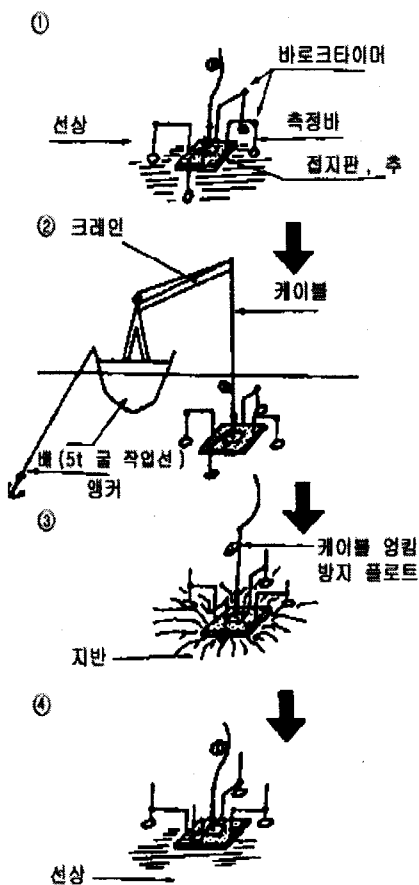


<그림 IV-13> 해저지반 매물량 측정기의 모식도

측정은 각 조사점에서 수중 접지압이 1m<sup>2</sup>당 0.3t, 0.7t, 1.1t 및 1.5t 의 4단계로서 조사하여 침하량을 행하여야 한다.

수중접지압 측정작업은 소형선박(4톤 내외로 소형 크레인 탑재)를 이용하고, 조사작업은 타이머를 세트(수심 20m까지 약 5분)한 후 크레인으로 측정기를 늘어뜨려서 해저에 조용히 내려 수분 후에 선상으로 끌어올린다. 그 후 4개의 측정봉 상의 눈금을 읽어, 추를 추가 또는 떼어내어 측정을 반복하는 방법으로 행하였다. 이러한 방법으로는 파고가 1.5~2.5m의 약조건에서도 측정하는 것이 가능하였다.

매물량 조사는 접지압마다의 측정결과 4개의 값의 평균치로 한다. 이 측정치는 실패역에서 직접 측정으로 얻어진 값으로 즉시 침하이고, 일반적으로는 탄성변형으로서 취급하고 있는 경우가 많지만, 이 조사 방법은 해저면의 측방으로의 이동 등을 포함한 역성변형에 의한 것이 그 대부분을 차지한다. 그 이유는 해저의 점토는 정규 압밀 상태이고, 과거에 행하여진 불링조사에 의한 표면의 점착력은 상당히 적고, 파괴에 대하여 저항력이 적기 때문이다.



- ① 선상에 소정의 접지압 눈금을 세트하고, 바로크타이머를 소정의 값(해저에 닿을 때까지의 시간≒5분)으로 세트한다. 이 때 측정바는 자유롭게 한다.
- ② 크레인에서 측정기를 천천히 하강시켜 해저에 얹히고, 케이블을 휘어지게 하고 기계에 로프가 휘감기는 것을 방지하기 위하여 브이를 붙인다.
- ③ 측정기의 접지판이 지반에 묻힌다. 이 때 측정바는 주변에 떨어져 있기 때문에 매물에 영향을 주지 않는 지표면에 올린다.
- ④ 소정의 시간으로 타이머가 끊어지게 하고, 측정바를 잠근다.

<그림 IV-14> 해저매물량 측정 과정 모식도



그러나 점토의 강도(점착력)는 하방향으로 강도에 따라 증가하고 있기 때문에 접지압이 크고, 지반에의 매몰(파괴)이 해저 심부에 미치면, 그곳에서 강한 저항이 생겨 매몰량은 접지압에 따라서 비례적으로 증가하지 않고 약간 그 비율이 적어지게 된다.

매몰량의 정점간 차이가 적은 경우에는 인공어초시설 적지조사시 그 평균치에 의해서 검토하는 것이 바람직하다.

저질 입도분석 결과 사질의 함량이 동일한 수역일지라도 저질의 압밀 침하량은 상당한 차이를 보이는 경우가 많다. 그러므로 인공어초 시설예정지에 대한 적지조사시 입도분석과 함께 압밀 치하량을 어장별 1개 정점 이상 해저 지지력 시험을 실시하여야 보다 안정한 인공어초 시설을 기대할 수 있다. 지지력 조사 방법은 여러 가지가 있겠으나 해저지반 매몰량 측정기를 이용하여 해저의 매몰량을 측정할 수 있다(<그림 IV-14> 참조).

## 2) 연안역 지층탐사 조사

### 가) 지층탐사의 개요 및 탐사

고주파 (3.5~12 kHz)를 이용한 지층 탐사는 해저 표면으로부터 최대 투과 깊이가 약 20~70m로서 해저지형과 표층 및 최상부 지층의 퇴적물 특성을 규명하는 탐사 방법이다. 현재 해저지형은 표면 및 최상부 지층을 형성시킨 퇴적 및 침식작용의 산물이다. 따라서 지층을 알게 되어서 탐사하는 고주파 천부지층 탐사는 현재 해저지형을 형성시킨 기작(퇴적 및 침식 작용)을 이해하고, 향후 해저지형 변화를 예측할 수 있다. 또한 천부지층 탐사는 해저 퇴적물의 두께가 얇은 연안역에서 기반암의 위치를 파악하는데 필요하다. 해저지층 변화 및 기반암의 위치파악은 해양내의 시설물 설치 및 보존하는데 필수적이다.

고주파 천부지층 탐사는 1970년대 초반부터 실용화되었으며, 현재까지 기초적인 해양조사 자료를 제공하고 있고, 천부지층 탐사자료의 음향특성 정밀해석과 표층퇴적물 입도분석을 통하여 인공어초시설 예정해역 적지조사해역의 장기적인 침하량을 파악하는데 매우 중요하다.

### 나) 지층탐사장비

고주파 지층탐사 장비는 Chirp sonar system의 일종으로 2~7kHz 음역대를 갖는 음파원을 동시에 내보내고 또한 반사된 음파 중 2~7kHz 음역대를 동시에 받음으로써 한 주파수를 이용한 기존의 천부지층 탐사장비보다 지층 투과력과 분해도가 향상된 것이다.

#### (1) 장비의 구성

장비의 구성은 chirp 음향 처리기(Chirp sonar Processor), Chirp 송수신기(Chirp Transceiver), 비디오 모니터, 키보드 및 마우스, 프린터, 디지털 오디오 테이프 레코더, 변환기(Transducer), 선형 수파기(Linear Hydrophone)로 되어 있다.

(2) Transducer 및 Hydrophone의 상세 내역  
 송수신기의 상세내역은 <표 IV-5~7>과 같다.

<표 VI-5> 선저 SONAR 송신기 상세내역

구 성	9개의 Datasonics AT-471s 형 (3 x 3세트)
주 파 수	표준 2 ~ 7 Khz
빔 각 도	35 ° 원추형
출 력	최대 2 KW (3.5 Khz 시)

<표 VI-6> 선저 SONAR 수신기

구 성	한 개의 Datasonics AT-100R8T 형 선형 수신기
주 파 수	500 ~ 30 KHz

<표 VI-7> SONAR 운용내역

전 송 비 율	4 pings/sec. 최대 : 사용자 선택
전송 펄스 길이	5 ~ 60 msec (사용자 선택)
이 득 조 정	0 ~ 90 dB (6 dB 씩 증가)

(3) 장비 특징

지층탐사장비의 특징은 다음과 같다.

- ① 긴 FM 신호는 통상적인 해저 표층 수중 음파 탐지(sonar) 시스템보다 더욱 개선된 신호대 잡음비(signal to noise)인 20~30dB을 추가로 제공한다.
- ② 층별 대비(對比) 신호자료 처리는 같은 주파수대에서 기준 자료처리를 사용하는 시스템과 비교하여 해상도에 있어서 4 배로 개선된다.
- ③ 이 시스템은 저질(低質)의 딱딱함과 침전물의 종류를 양적인 두께로 나타낸다.
- ④ 신호의 자료 처리는 감소된 변환기의 공명(共鳴)과 중건 부(副) 복사의 결과로 나타난다.
- ⑤ 송신되는 파형은 펄스에서 펄스로 반복할 수 있다.
- ⑥ 이 시스템은 측정 범위와 투과력이 함께 일정한 시간의 해상도를 유지한다.
- ⑦ 신호 특징은 조정할 수 있고 송신된 파형의 펄스 길이와 주파수 회전거리는 탐지기 기계설비의 변경 없이도 변화할 수 있다.
- ⑧ 음향자료는 침전물 종류에 있어 음파 신호자료에서 얻는 깊이를 고려한 량에 의한다.
- ⑨ 이 시스템은 다수의 신호를 처리한다.
- ⑩ 음파 신호자료 기록 테이프에 저장된다.

- ⑪ 항해 시스템과 연결시스템을 작동하면 실제 선속(船速), 방향, 경위도(經度/緯度)가 표시되고 이들을 직렬방식으로 출력도 할 수 있다.

#### 다) 자료획득 방법

프린터의 기록지 폭(수심폭)은 해저지형을 고려하여 200m와 400m로 출력하고, 자료취득 간격은 조사구역의 수심과 평균 음속도 (1,500 m/sec)등을 계산하여, 펄스의 길이는 수심과 해저지질 및 인쇄상태 등을 고려하여 설정한다.

선박 위치자료와 정밀 음향측심의(PDR), 디지털 수심자료를 해양 측량 자동화 프로그램 (Hypack)을 이용하여 실시간 수록하고, 저질 채취점은 조사구역의 해저지형과 천부지층 탐사자료를 선정하고, 피스톤 코아(pistoncore)와 채니기(grab sampler)를 이용하여 퇴적물을 채취하여 비교 분석한다.

피스톤 코아로 채취된 저질은 상하로 바뀌거나 혼합되지 않도록 주의하였고, 채니기로 채취된 저질은 마르지 않도록 비닐팩에 밀봉하여 냉장고에 보관하여 분석한다. 각각의 저질은 위치, 수심, 날짜 등을 표시하여 입도분석에 용이하도록 아이스박스에 담아 운반, 냉장고에 저온 보관하여야 한다.

## 다. 철근 콘크리트 건설 시공

### 1) 인공어초 제작

#### 가) 거푸집 공정

- ① 거푸집 내부에 손상 및 청결유무를 검사하고 이물질을 제거
- ② 거푸집 내부에 부착된 콘크리트 제거
- ③ 거푸집 조립시 콘크리트가 유출되지 않도록 수밀 철저
- ④ 탈형제를 너무 과하게 바르지 않도록 주의
- ⑤ 제품의 형상을 정확하게 성형할 수 있는 거푸집을 사용하여 제품생산

#### 나) 콘크리트 공정

- ① 타설전에 적정 슬럼프, 공기량, 바다 모래인 경우 염화물량(염화물 0.04%이하)의 시험을 하여 합격품을 사용
- ② 콘크리트 타설시 제품의 강고, 외관 및 형상에 손상이 되지 않도록 배려

- ③ 타설순서는 거푸집내부에서부터 외부로 자연스럽게 흐르도록 하여 콘크리트를 신속하게 채움
- ④ 다짐시, 다짐기를 사용할 경우에 특히 철근주위, 거푸집의 우각부에서는 주의하여 다짐을 실시
- ⑤ 콘크리트의 청타설시간은 1시간이내에 실시
- ⑥ 타설면을 매끄럽게 하기 위하여 거푸집표면을 금속으로 된 것을 사용

#### 다) 철근 공정

- ① 구입자는 철근의 치수가 정확한지 검사
- ② 철근 간격 유지(피복두께 : 5cm 이상)
- ③ 설계도면에서 제시하는 형상 및 재질을 정확하게 사용
- ④ 조립완료후, 도면에서 제시하는 형상 및 치수 합격여부를 파악하여 조치
- ⑤ 철근이 구부러지거나 절단된 경우에 적절한 보호 조치를 취할 것
- ⑥ 철근 이음과 배근 간격을 시방 기준치 유지

#### 라) 양생 공정

- ① 타설직후에는 저온, 건조, 급격한 온도변화, 하중에 의한 충격의 유해한 영향을 받지 않도록 충분히 주의
- ② 양생방법
  - 전양생 : 2시간
  - 온도상승 : 1시간당 20 ℃이하
  - 최고온도상승과 지속시간 : 최고온도 65 ℃로 2시간 이상
  - 적산온도 : 950℃·h이상
  - 양생완료후, 급격한 온도하강을 피하고, 외기 온도 차이가 크지 않은 온도에서 거푸집 제거를 실시

#### 마) 거푸집 제거 및 거치 공정

- ① 제품에 손상되지 않도록 충분히 주의하고, 편평한 지반위에 거치
- ② 거치후, 부재번호를 표기
- ③ 거푸집 제거·거치강도는 설계기준강도에 각 40, 70%수준 6, 16.8 N/mm<sup>2</sup>이상
- ④ 양생 후 거푸집 철거 : 24시간 → 48시간 이상 경과
- ⑤ 양생시 습윤 양생 기간을 최소 5일 이상

#### 바) 보관·운반

- ① 보관 및 운반시 적재되는 이 떨어지지 않도록 하며, 충분히 고정할 것.
- ② 도로교통관계법령에 준수하여 적재량을 결정하여 운반

#### 사) 우수업체 포상제 도입

- ① 현장 대리인 및 현장 인부의 교육 철저
- ② 전문 인공어초 전문 제작업체 양성

### 2) 철근콘크리트 내부 철근 부식방지

최근 미국, 일본 등 선진국에서는 염해에 의해 열화된 콘크리트 구조물의 보수대책으로서 전기방식법(電氣防蝕法을) 활용하고 있다.

이 기술은 염해에 의한 대책으로서 실용화되었고, 특히 일본의 경우 장대한 해안선을 갖고 있는 나라로서 해양구조물 뿐만 아니라 도로구조물, 철도구조물 등 염해환경에 노출되는 구조물이 팽배되어 염해대책의 수단으로서 전기방식법이 실용화되고 있는 실정이다.

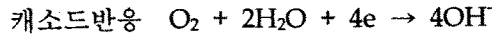
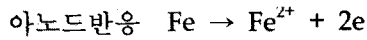
물론 신설 구조물의 경우에는 콘크리트의 고품질화, 철근의 피복두께의 증가, 에폭시 수지 도장, 철근 구조물의 방식 라이닝 등의 대책이 채택되고 있으나, 이미 기설구조물에 대해서는 염화물이 침투되어 여러 가지 보수공법을 시·도해도 근본적인 대책이 될 수 없고 결국 열화현상이 나타난다. 그러므로 염해문제의 현상에 대응하는 기술로서 근년에 상기한 전기방식법이 중요한 대책 수단으로서 등장하게 되었다.

우리 나라의 경우 1970년부터 경제성장과 함께 급격히 증가한 산업구조물, 해양구조물 등이 최근 들어 그 열화현상이 나타나고 있으며, 여기에 대한 대책이 시급한 시점에 와 있다고 하겠다.

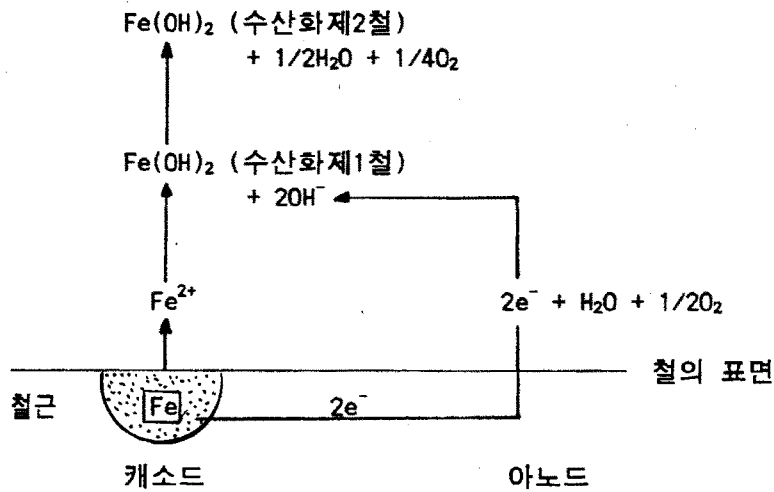
#### 가) 염화물 이온에 의한 콘크리트 중의 철근의 부식반응

콘크리트 중에 존재하는 철근은 시멘트의 강알칼리성에 의해  $pH=12.5$  정도의 알칼리 환경에 있다. 이러한 알칼리 환경에 있는 강재의 표면은  $20\sim60\text{\AA}$  정도의 얇은 산화피막( $r\text{-Fe}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ )이 형성되어 있어 부동태화되어 있기 때문에 부식작용으로부터 보호된다.

그러나 콘크리트 내부로의 염화물이온(이하 염소로 표기)의 침입은 철근 표면의 부동태 피막을 파괴해 강재 표면을 활성태로 변화시킨다. 활성태된 강재의 표면은 강재가 이온화한 아노드반응(산화반응)과 산소가 환원한 캐소드반응(환원반응)이 다음 식에 의해 생긴 부식 전지가 형성된다.

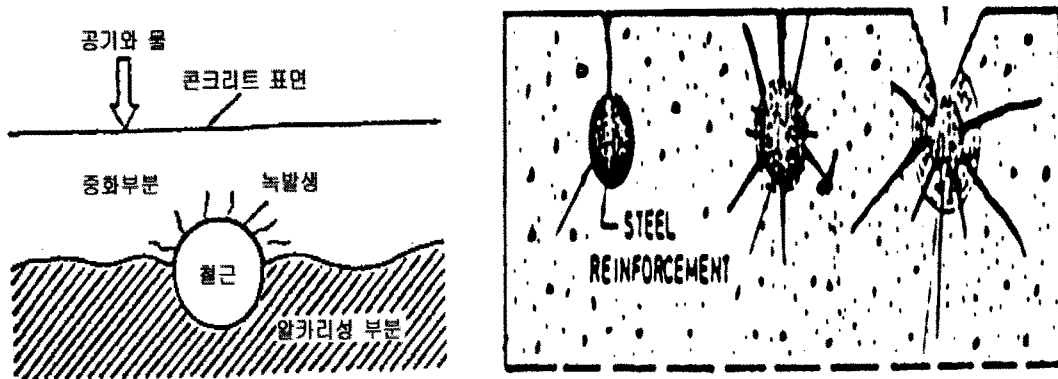


이 아노드 및 캐소드 반응은 동시 병행적으로 일어나 <그림 IV-15>에 나타나는 화학반응이 생겨 수산화제2철[Fe(OH)<sub>2</sub>]이 되어 결국은 이 수산화 제2철이 물을 잃고 수화산화물[FeOOH](적녹색)로 되고 일부는 산화 불충분의 것[Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>](흑색녹)으로 되어 강재 표면에 녹층이 형성된다.



<그림 IV-15> 강재의 부식반응 기구

이 녹층은 다공질로서 부식을 억제하는 효과가 적어 부식은 계속 진행하며 또한 녹은 체적 변화가 커서 원래의 철의 약 2.5배의 체적이 되기 때문에 이 팽창압에 의해 콘크리트에 금이 가고 박리가 발생해 부식이 계속 진행된다(<그림 IV-16> 참조).



<그림 IV-16> 철근의 부식과 균열 발생

이것에 의해 염소자체는 부식반응 자체에 직접적인 관여는 하지 않지만 부동태 피막을 간단히 파괴시켜 활성점을 만들고 동시에 콘크리트의 전기저항을 저하시켜 부식반응을 촉진시키는 등 그 존재가 부식에 미치는 영향은 대단히 크다. 즉 부식은 어떤 환경적 불균일에 의해 전위차가 생기면 전자가 움직이게 되고 전지가 형성되며 전류가 흐르게 된다. 이 전류를 부식전류(Corrosion Cell)라 한다.

### 나) 부식 사례

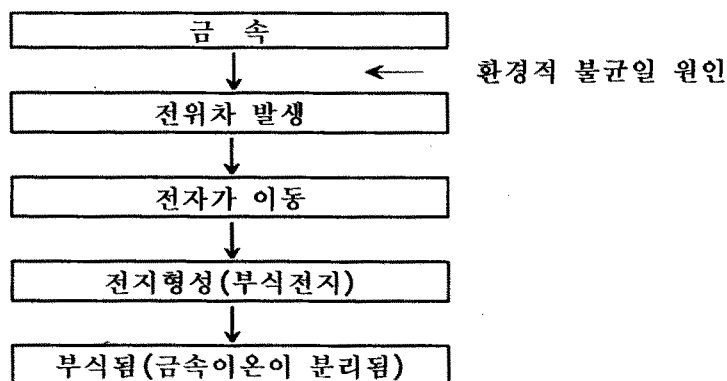
상기한 바와 같이 모든 금속은 고유한 전위값을 가지고 있으므로 전위가 높은 금속과 낮은 금속을 접촉시키면 전위가 높은 금속은 방식되고(음극), 전위가 낮은 금속은 부식된다(양극). 그리고 같은 금속이라도 금속성분의 불균일, 주위환경 조직 등에 의해서 전위값이 차가 나므로 결과적으로 동일 금속 표면위에도 양극과 음극이 존재하게 된다.

따라서 동일 금속 표면위에서 양극은 산화 부식되고 음극은 방식되며, 전체적으로 외관상 부식되는 것으로 보인다.

이와 같은 현상은 지상의 모든 철근 구조물, 해양구조물 그리고 철근 콘크리트 구조물 등에서도 동일한 현상이 나타나고 있다. 그리고 용액의 종류 즉 pH가 산성, 중성, 알칼리성의 경우에 다음과 같이 양극과 음극의 반응이 일어난다.

이상의 부식과정을 과정을 다시 정리해 보면 <그림 IV-17>과 같다.

다음에서는 이상의 부식원리에 의한 부식사례를 보고자 철근 콘크리트내의 철근의 부식과 지하 매설관 등에서 일어나는 부식 예를 중심으로 보고자 한다.



<그림 IV-17> 철근의 부식과정도

#### (1) 염소이온 침투

염소칼슘과 해수에 함유된 염소이온은 콘크리트 표면을 침투하여 철근 고유의 부동태를 파괴한다. 전형적으로 철근의 맨 상층은 가장 빨리 그리고 가장 높은 농도의 염소이온에 의해 활성화된다.

## (2) 전위차

염소 농도는 구조물의 전체 구조에 걸쳐 일정하지 않기 때문에 부동태로 남아 있는 여타의 부위와 달리 약간의 부위는 활성화된다. 철근의 상태는 ASTM Test Method C876-80에 측정되어지는 전위에 의해 특성 지어질 수 있다.

1. 산성용액 : 양극 :  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$   
음극 :  $O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$
2. 중성용액 : 양극 :  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$   
음극 :  $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$
3. 알칼리성용액 : 양극 :  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$   
 $Fe^{2+} + Na^+ + O_2^{2-} \rightarrow NaFeO_2^-$   
음극 :  $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-$

이 방법에 의하면 표면의 전위차가 CSE(Copper Sulfate reference Electrode)에 비해서 -0.20V 보다 적다면 그곳에서 부식작용이 일어나지 않을 확률은 90% 이상이며 만약 전위들이 -0.20~-0.35 범위에 있다면 부식활동의 정도는 확실하지 않다.

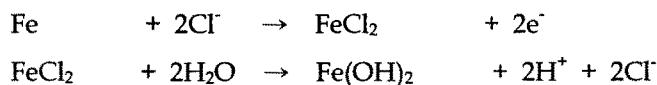
그러나 전위가 -0.35V보다 크다면 부식 작용이 일어날 확률은 90% 이상이다. 구조적인 면으로 전개해보면 이러한 전위차는 철근을 통해 전자를 이동하게 하여 거대한 부식작용을 일으키는 전지를 형성하는 기전력으로 작용한다.

## (3) 부식반응

전위차는 철근에 전자의 흐름을 만드는 동시에 철근의 표면에서 전기 화학적인 반응을 일어나게 한다. 산화반응(전자의 생성)은 양극에서 일어나며 환원반응(전자의 소모)은 부동태의 상태로 있는 음극에서 일어날 것이다. 또한 양극에서 발생된 수소이온(H<sup>+</sup>)은 철근 표면의 pH를 낮춤으로써 부식에 영향을 미치게 된다. 활발한 부식반응이 일어나고 있는 철근 부위에서의 pH는 언제나 4.8에서 6.0사이의 범위에 있다.

## (4) 이온의 흐름

부식반응이 일어날 때 이온들은 전기적 중성을 유지하기 위해 전해물질을 통해 이동한다. 음으로 하전된 이온들(anions)은 양극쪽으로 이동을 하고 양으로 하전된 이온들(cations)은 음극쪽으로 이동하여 전기적 회로를 구성하게 된다. 염소이온의 양극쪽에서의 이동은 부동태의 상태를 침해하게 되어 부식반응을 더욱 강하시킨다. 이것은 염소가 부식반응에서 실제적으로 관여하기 때문에 일어나는 현상이다. 반응은 다음과 같이 일어난다.





염소이온을 반응에서 볼 수 있듯이 다시 재발생하게 되므로 부식반응은 끊임없이 계속 일어나게 되는 것이다.

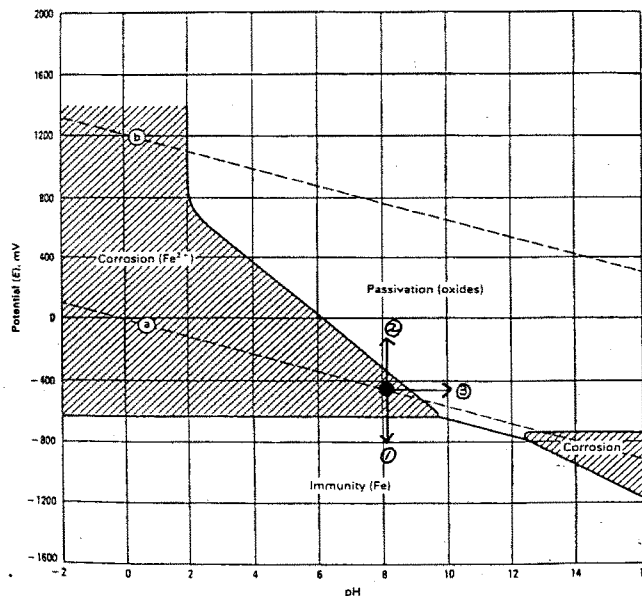
#### 다) 부식과 방식법

금속의 부식(腐蝕)이 어떤 환경에서 일어날 것인가의 여부를 파악할 수 있도록 프랑스의 부식학자 프로베(Pourbaix)는 전위(Ppotential)와 pH사이의 관계를 표시한 부식도(Corrosion Diagram)를 제창하였다. 이에 다른 철의 부식도의 예를 들면 <그림 IV-18>과 같다.

<그림 IV-18>에서 pH8의 경우 철의 자연전위가 -400mV이면 부식영역에 있으나, 전위를 ②방향으로 전위를 높이면 부동태 상태가 되어 방식영역에 있게 되고, ①의 방향으로 전위를 낮추면 음극방식이 된다. ③의 방향으로 pH를 높이면 부동태화 되어 결과적으로 방식된다.

이와 같이 어떤 용액에 있는 금속이 어떤 전위값을 가지고 있는가 그리고 이때의 pH값은 얼마인가에 따라서 부식 또는 방식되고 있음을 알 수 있게 만든 것이 부식도이다.

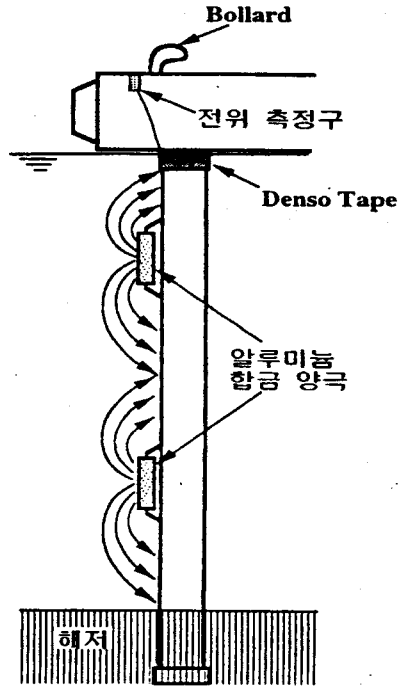
<그림 IV-18> 부식도에서 ①의 방향으로 즉, 전위를 낮추어 방식하는 방법이 음극방식법이며, 전위를 ②의 방향으로 높여서 방식하는 방법이 양극방식법이다. 그러나 일반 철근 구조물 등의 방식에는 음극 방식법을 채택하고 있다. 그리고 이들의 방식법 전체가 포괄적인 의미에서 전기방식법이라 한다.



<그림 IV-18> 철(Fe)의 부식도

라) 희생 알루미늄 양극에 의한 방식법

희생 알루미늄 양극에 의한 방식법은 <그림 IV-19>와 같다.



<그림 IV-19> 희생양극에 의한 방식 장치도

마) 철근 콘크리트의 방지 대책

(1) 피복두께 증가

공기 중 : 45mm, 수중 : 55mm, 가혹한 조건 : 70mm

(2) 염화물 동결 방지제 및 바다모래 사용 제한

(3) 철근 방식법

(가) 철근 자체 처리법

① 아연도금법 : 직경 6.35mm이하 : 600g/m<sup>2</sup> 이상

② 도장법

- 콘크리트 억제제인 왁스 등 첨가에 의한 부식환경을 차단하는 방법
- 콘크리트 표면에 도료, 몰탈피복 등으로 부식환경 차단

(나) 철근의 전기방식법

① 유전양극법

## ② 외부전원법

(다) 부식 억제제 사용

### (4) 최적 전기방식 조건

(가) 최적 방식 전류 밀도

- ① 3~30mA/m<sup>2</sup>
- ② 강파이프 100mA/m<sup>2</sup>, 토중 20mA/m<sup>2</sup>

(나) 최적 방식 전위

- ① -77mV(SCE) 이하
- ② 복극전위 : 100mV(통전 정지 직후와 일정 시간 경과 후의 전위차)
- ③ 분극전위 : 100mV(강제 통전 정지 직후와 통전 계속 후 안정된 후의 전위차)

(다) 과방식

- ① 양극 주변에 염소이온에 의한 차아염소산 형성, 콘크리트 열화시킴  
 $(Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O)$
- ② Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 등의 양이온이 음극 철근 주위에 모여 철근과 콘크리트의 부착력 저하
- ③ 철근에서 수소 발생 → 수소취화

## 5. 인공어초 재질의 다양화

### 가. 세라믹 인공어초

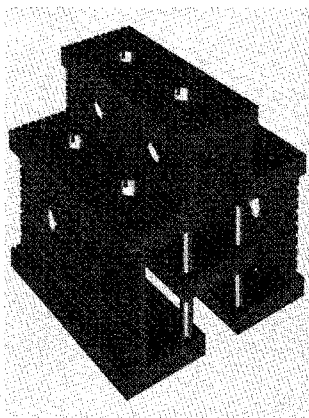
남해안 일대의 굴양식장과 가공공장에서 처리하지 못하고 폐기되는 석화(굴 껍데기)는 연간 약 30여 만톤으로 이러한 수산폐기물이 공유수면에 버려짐으로서 연안 오염의 원인이 가속화되므로 이의 처리나 재활용이 절실히 요망된다.

철근콘크리트 인공어초에 미세한 균열이 발생될 경우, 해수의 침투로 철근이 부식되면서 부피팽창에 의한 파손이 심각하여 강도가 높은 세라믹 인공어초 개발로 내구성 증대 방안 제시하여야 하나 이제까지의 인공어초 연구는 어류용 어초와 패조류용 어초로 구분하여 연구되고 있으나, 철근콘크리트 단일 재질의 연구에만 치중됨으로써 다양한 형상의 제작에 한계가 있다.

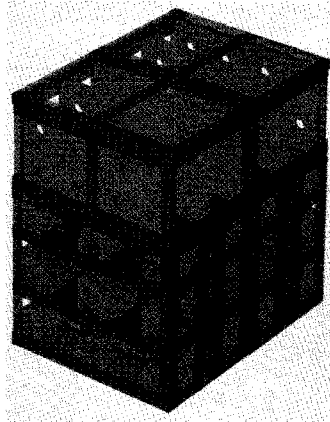
### 1) 세라믹어초의 특징

- ① 수산폐기물인 석화를 환경친화적인 재료로 전환함은 물론, 수산폐기물 수거효과 기대
- ② 세라믹은 석화와 황토를 혼합 소성한 재질로 반영구적이며, 내구성이 우수함
- ③ 황토가 주원료이므로 독성이 전혀 없고 원적외선 방출로 살균효과 기대
- ④ 다공질이므로 해수에 녹아있는 오염물을 흡수, 흡착하여 수질환경 개선 효과 기대
- ⑤ 연중 제작됨으로 제품 규격화로 부실시공의 우려가 없음
- ⑥ 시멘트의 단점을 보완 환경친화적인 대체품 개발

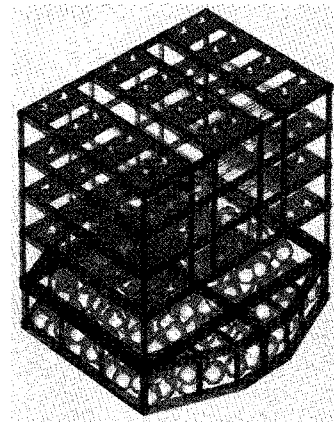
### 2) 세라믹 어초의 종류 : 3종



패류용 소형  
(0.70×0.64×0.63)



어·패류용  
(2.05×1.27×1.64)



패·조류용 대형  
(2.66×3.46×2.10)

<그림 IV-20> 패류용 인공어초 재질의 다양화

### 3) 기대 효과

부실시공 방지와 다양한 형상의 인공어초 제작이 용이하여 수산생물 특성에 적합한 인공어초 개발에 기여할 수 있다. 특히 표면적을 넓게 제작할 수 있어 패조류용 어초와 고유 정착성어류의 서식처 제공하기에 알맞다. 또한 세라믹어초는 황토 및 천연 석화(4~6% 혼합하였을 때) 성분의 흡수력이 강하여 해양의 부유물 및 오염물질을 흡착하여 오염도를 감소시킨다.

밀집한 양식어업으로 연안 환경오염이 극심한 남해안 일대의 굴 껍데기를 재처리하여 부산물로 얻어진 석화분말을 환경친화적인 인공어초를 생산하고, 석화와 황토를 혼합한 원료를 고온(1,250℃)에서 소성한 재료로 환경친화적이며, 표면이 다공질로서 수질 개선효과와 황토 성분에서 방출되는 원적외선 방사율이 높아 살균 등의 효과가 기대된다.

## 나. 강제 인공어초

### 1) 강제어초의 특징

- ① 강제어초는 단위 면적당 강도가 기존의 철근콘크리트 어초보다 강하므로 같은 공간 부피를 만들기 위해서는 소량의 부재가 소요됨으로 대형화 어초 제작에 적합하다.
- ② 강재는 초대형 인공어초 제작이 용이하고, 심해용으로 적합하며 표·중층어류의 위집에 큰 효과가 있다.
- ③ 가공성이 다양하여 복잡한 구조, 형상, 부재간 거리 등의 조절이 용이하여 알맞은 어류의 서식 환경 제공이 용이하다.
- ④ 가공된 강제어초는 콘크리트어초 보다 가벼워 운반이 용이하고 품질관리와 조립이 간편하여 공장조립이 가능하다.
- ⑤ 재료의 품질이 균일하여 부실공사의 우려가 적고, 가공성이 좋아 시공 및 공정이 짧아 현장에서 간편히 조립하여 시설할 수 있어 철근콘크리트보다 공사기간이 짧은 장점이 있다.
- ⑥ 여러 형상의 설계, 제작이 자유로워 다양한 형태의 어초 제작이 용이하여 타 재료와 복잡한 구조의 어초제작이 가능하다.
- ⑦ 어장 환경 및 어구어법에 적합한 구조 개발이 용이함. 특히 불법어업 방지를 위한 시설이나 그물이 걸리지 않는 구조를 만들 수 있다.
- ⑧ 강제어초는 기존의 철근콘크리트 인공어초와는 달리 대형 공장에서 조립, 제작하여 인공어초시설 현장으로 운반하여 1개의 어초가 1단위 어초 규모로 제작하여 현수거치 시설할 수 있다.
- ⑨ 기존 콘크리트어초에 비하여 단위용적당 무게가 가벼워 지반이 약한 연약지반에 어초를 시설할 수 있다.
- ⑩ 강제어초의 표면은 수중의 생물과 친화성이 매우 좋아 어패류의 먹이생물인 부착생물의 부착효과가 좋아 재생산 대사가 높다.
- ⑪ 강제어초의 표면에서 용출되는 철이온은 식물성 플랑크톤 증식의 필수 영양분으로 강제어초에서는 지속적으로 철이온이 공급되어 양호한 식물성장 환경을 제공하여 증식 기능이 우수하다.

### 2) 강제의 부식 특성

#### 가) 강제어초의 해수 중 부식의 주요인

강제어초가 해수에 투하되었을 때 해양에 미치는 영향이 크거나, 수심, 수온, 용존산소, 염

분도, 마모, 부착생물 등의 요인과 조류, 파랑 등의 반복 응력에 의한 응력부식 등의 요인으로 부식 손상이 일어난다면 고급어류가 다양하게 서식한다고 하여도 어초의 기능이 장기간 발휘할 수 없다. 이러한 강제어초의 부식손상에 대하여 정리하면 다음과 같다.

- ① 염분농도 : 해수는 강 전해질로 약 25 $\Omega$ .cm로 부식의 주요 요인으로 작용한다.
- ② 용존산소(DO) : 해양의 표면에는 파랑 등으로 공기 중의 산소가 공급되어 표층에는 용존산소량이 많아 철재의 부식이 많으나 해저에는 표층보다 용존산소량이 적으므로 해저에 시설하는 강제어초의 경우 해면의 구조물보다는 부식의 영향이 적다.
- ③ 해수오염 : 공업화 발달로 임해공단의 건설로 바다에 산성화된 공장폐수의 유입이 극심하여 연안역이 오염되어 강재의 부식에 영향을 주나 오염의 우려가 적은 해역에 시설되는 강제어초는 해수오염에 의한 부식은 적다.
- ④ 수온 : 해수의 온도가 10 $^{\circ}$ C 상승하면 강재의 부식속도는 2배로 증가하나 해수의 온도 변화는 심하지 않으며, 주로 강제어초는 수심 20m 이상에 시설함으로 수온의 변화는 더욱 작다.
- ⑤ 전지작용 부식 : 이중금속재료 사용에 따른 전지작용부식에 주의해야 한다.
- ⑥ 유속 : 해수 흐름에 의한 표사 이동 등에 의한 마모 부식에 주의해야 하나 강제어초는 해조류 혹은 부착생물 등에 의해 침식 부식을 억제한다.

#### 나) 부식 평가법

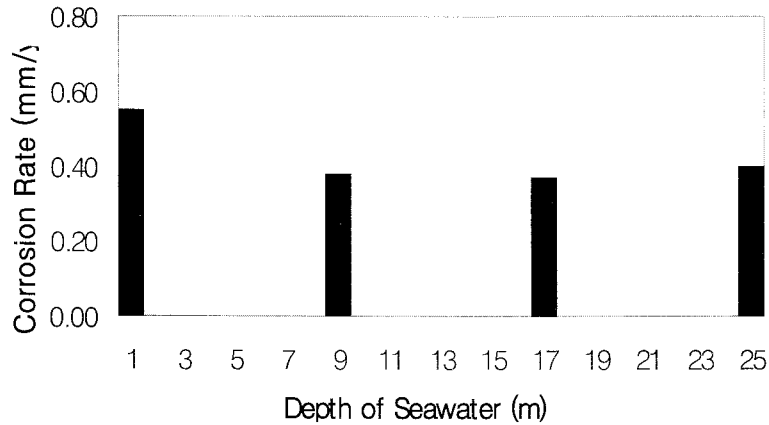
- ① 장시간 침지 부식시험법
- ② 전기화학적 부식평가법 : 이 시험법은 백금대극 및 포화 카로멜 전극을 이용하여 부식성을 평가하는 방법으로 장시간 침지 부식시험법 보다 실험시간이 짧고, 비파괴적으로 실시할 수 있다.

#### 다) 강제어초의 수심별 부식

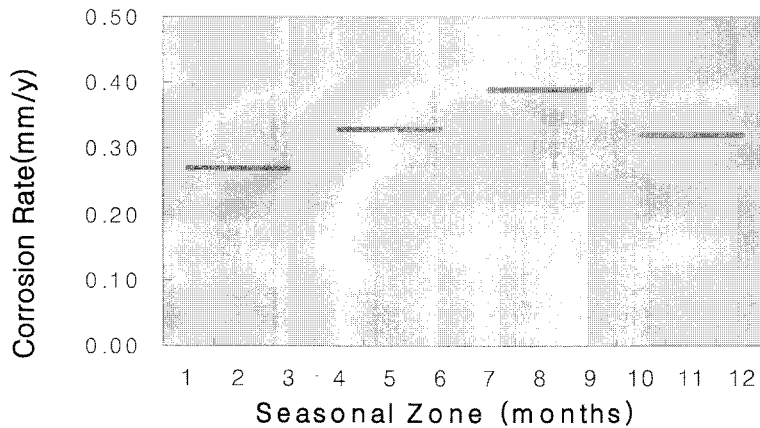
강제어초의 부식은 연안의 해면으로부터 깊이 변화에 따른 연강의 부식속도는 0.36~0.55 mm/y이고, 1m 깊이인 비탈대에서 부식도는 가장 높게 나타나며, 그 외 깊이의 중층에서는 평균 약 0.4mm/y로 나타나 부식속도는 거의 유사하지만 해저로부터 약 1m에서 부식속도는 약간 증가한다. 이는 파랑이나 해류의 영향으로 표사 이동 등에 의한 마찰 침식으로 보아진다(<그림 IV-21> 참조).

#### 라) 강제어초의 계절별 부식량

해중 9m 깊이에서 계절에 따른 부식속도는 0.27~0.39mm/y이고, 1, 2, 3월의 부식속도가 가장 낮고, 7, 8, 9월의 부식속도가 가장 민감하였다(<그림 IV-22> 참조). 그리고 경년에 따른 부식속도는 5년 경과와 30년 경과와의 경우 1년의 1/2, 30년 경과와 1년의 약 1/10로 감소된다.



<그림 IV-21> 강제어초의 수심별 부식량 변화



<그림 IV-22> 계절별 강제어초의 부식변화

#### 마) 강제어초의 내구성

강제어초의 내구성을 검토하기 위하여 해수중에 강제어초용 SS41 강재의 부식량을 전기 화학적 부식시험, 6개월 침지 부식시험과 1년 해중 침지 부식 시험을 실시한 결과 전기화학적 부식시험에 의한 연간 양면의 부식속도는 0.408mm/y, 공기를 주입하여 용존산소량이 포화 상태에서 실시한 6개월 침지부식시험에 의한 연간 양면의 부식속도는 0.50mm/y, 1년간 실험역에서 실시한 해중 침지부식시험에 의하면 연간 양면의 부식속도는 0.36~0.38mm/y로 가장 적었다.

해수 중에서 강재의 경년변화에 따른 부식속도는 5년이 경과하면 1년의 약 1/2로 감소하며 30년이 경과하면 1년의 약 1/10로 감소하므로, 강제어초의 30년간의 부식량은 1년간 부식시험에서 가장 많이 부식된 공기를 주입하여 용존산소량이 포화 상태에서 실험한 침지부식시험에 의한 부식량이 1.50mm로 나타나 부식에 의한 내구성은 매우 양호한 것으로 나타났다.

## 바) 강제어초의 방식(防蝕)

강제어초의 방식법은 여러 방법이 있으나, 시공이 간단하고 전원이 필요 없는 유전(희생)양극 방식법을 선택하여야 한다. 유전양극 방식법은 Mg, Zn, Al 유전양극법이 있는데 Mg 유전 양극은 토양과 담수에서 주로 이용되고 Zn유전양극은 해수에 이용되나 가격이 고가이므로 Al 유전 양극에 의한 음극방식법을 이용한다.

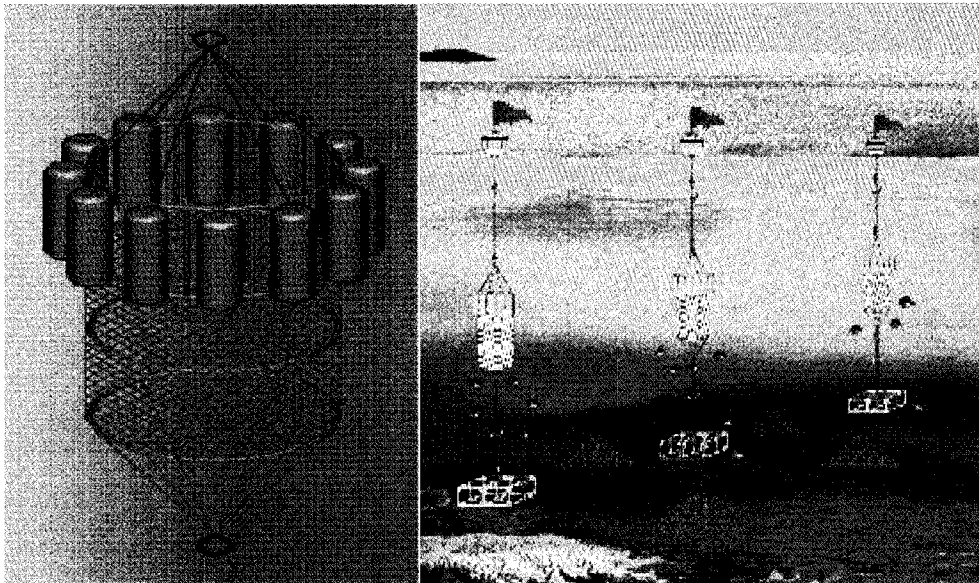
Al 유전 양극에 의한 음극방식법은 Al은 가격이 매우 싸므로 경제적이고, 방식 성능이 우수하고 무게가 가볍기 때문에 취급이 용이하여 강제어초 방식법에 적합하다.

## 다. 표·중층 부어초

### 1) 부어초의 특징

인공어초의 기능이 다양화되고 그 목적 또한 복합적이 되면서 주로 회유성 어종을 대상으로 한 부어초의 개발이 각광을 받고 있다. 부어초의 특징을 간추리면 다음과 같다.

- ① 수심이 깊은 해역이 시설하기 적합
- ② 착저식 어초와 병행 시설하여 연안어장을 입체적으로 이용
- ③ 공간부피당 제작단가가 저렴
- ④ 연약지반에도 시설이 용이
- ⑤ 계류삭의 길이 조절로 표층 ↔ 중층용 어초로 전환이 가능



<그림 IV-23> 우리나라에 시설되어 연구 중인 중층 부어초 모식도



## 라. 강제 침선어초

### 1) 침선어초의 구비 조건

#### 가) 침선어초의 대상 선박

침선어초로 활용되는 선박은 상선, 어선, 군함 등 다양하며, 이들 선박에 사용되는 재질은 주로 목재, 강재, FRP 등이다. 어초로 이용되는 선박은 처음부터 어초로 사용하기 위해서 건조된 것은 아니고, 일정기간 동안 상업적이나 군사적으로 사용된 것을 자원의 재활용 측면에서 어초로 이용하는 것이 대부분이다. 따라서 어초에 이용된 선박은 생물학적으로 수산생물의 서식에 영향이 없고, 환경 오염의 우려가 없으며, 구조적으로는 일정 기간동안 어초 기능을 발휘할 수 있는 내구성을 구비해야 하며, 경제적인 측면에서는 기존 어초의 단가보다 저렴해야 한다.

침선어초의 재질과 관련해서 목선은 설치 후 수면에 떠오르거나, 내구성이 낮아 소기의 효과를 달성하고 있지 못할 뿐만 아니라 이들이 해양오염을 야기하고 있는 경우도 있다(국립수산진흥원, 1989). 또한 FRP의 경우, 밀도가 낮고 수명이 반영구적이므로 선체가 수면에 부상하지 않도록 반영구적인 충진재를 보충해 주어야 하고, FRP에서의 유해한 용출성분이 수산생물에 악영향을 끼칠 우려가 있다. 강재의 경우도 천해에서 부식의 우려에 대한 대책 등 사용시 주의가 요구되나, 수산생물의 서식 및 오염 측면에서 목재나 FRP보다 영향이 적어 현재로서는 강재가 침선어초의 재질로서는 가장 적당하다고 판단된다(金, 1999b).

#### 나) 침선어초의 구비조건

재질이 강재인 선박으로 사용 중에 있거나 폐선된 것을 어초로 사용하기 위해서는 다음 조건을 만족해야 한다. 첫째 어초로 사용될 선박은 30년 이상의 내구 연수를 갖는 것으로서 어류의 위집효과를 높일 수 있도록 외판 등에 개구설치 등의 어초화 작업이 가능한 선박이어야 하며, 둘째 선박의 구입가격은 해체비(기관이나 폐유류 수거), 예인비(어초 시설지까지의 비용), 어초 개조비(외판 등에 개구설치), 잔존 선가(재료비 혹은 고철비)등을 합한 금액이 같은 규모의 콘크리트 어초 가격과 동등 또는 그 이하여야 한다.

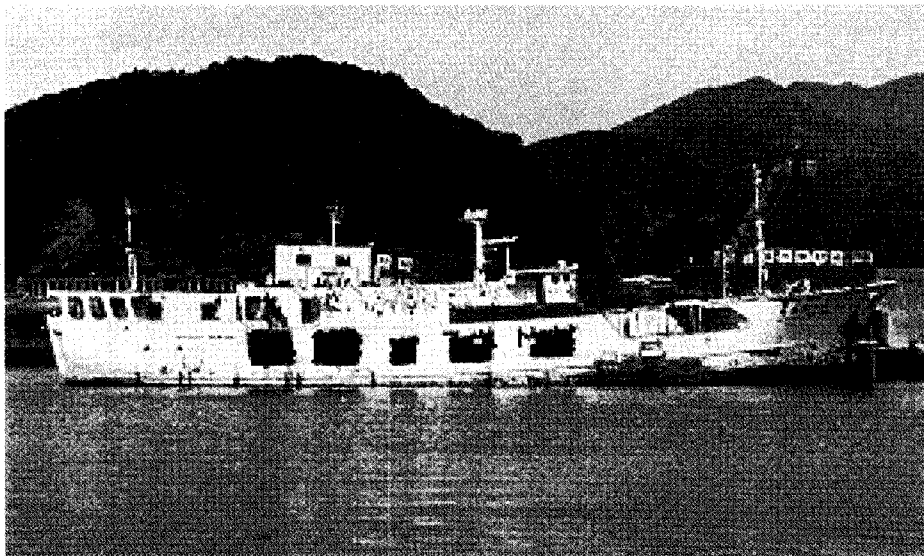
### 2) 어선의 어초화 공정

#### 가) 어선의 오염원 및 불필요한 장비 제거

어선에서의 어초화 공정과 관련해서 주요 오염원으로는 화학적 오염원과 물리적 오염원으

로 나눌 수 있다. 전자는 운항 시 사용했던 연료, 각종 기관의 윤활유, 어창의 냉동 파이프 내에 있는 프레온 가스 등을 들 수 있으며, 후자는 목재나 각종 문과 같이 유동성을 갖는 장비나 기관 등을 들 수 있다.

불필요 장비 제거와 관련해서는 작동유를 가지고 있는 주기관, 발전기관, 냉동기, 갑판 유압장비 등을 철거해야 하며, 마스트, 각종 출입문, 환창 및 각창, Hatch Cover 등 어초 시설에 불필요한 설비 및 통신장비, 항해장비, 각종 전동기, 전기기기 등 재사용 가능한 장비 및 설비는 모두 철거한다. 이와 함께 어선 내에 잔존하고 있는 기름을 제거하고, 화학약품으로 깨끗이 처리하여 인공어초에 의한 자원조성 효과를 충분히 거둘 수 있도록 해야한다(<그림 IV-24> 참조).



<그림 IV-24> 강제 침선어초화 작업이 완료된 어초

#### 나) 어선의 어초화 작업

어초로 사용될 어선은 외판, 격벽, 갑판, 갑판실 외벽 등에 어류의 위집효과를 높이기 위하여 어초용 개구를 설치하여야 한다. 우리나라에서는 개구의 크기, 개구간의 간격, 개구모양 등에 대한 연구가 없어 구체적으로 기술하기는 어려운 실정이나, 일본의 경우 개구모양은 대부분 사각형과 원형으로 하며, 크기를 보면 사각형은 2×1m, 1×1m, 원형은  $\phi$ 0.3m 정도, 그리고 개구간의 간격은 1m 정도이다(일본 나가쓰키현, 고찌현, 1999). 또한 어초의 안정을 위해서 선체 내의 바닥부분에 일정량의 콘크리트를 타설하거나 석재를 채워 넣어 시설한다.

그러나 개구의 모양이나 크기는 어초 내의 조도 등의 음영에 영향을 줄 뿐만 아니라, 와류 등의 유체력학적 음영 및 선체 자체의 안정에도 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

저질조건은 단지 생물환경으로서의 요구 영역 이외에 어초 시설의 보존 및 어로 활동에 수반되는 어구 어법활동에 지장을 주지 않아야 한다. 어초의 매몰방지 관점으로부터 고려한 적지로서는 매몰의 위험성이 적고, 시설 후 세굴이 쉽게 일어나지 않는 곳이 적당하다고 판단된다.

#### 다) 일본에서의 침선어초 시설 추진 현황

일본에서 인공어초시설은 오래 전부터 시작되었으며, 국가적 차원에서 대규모로 실시한 것은 1976년부터이다. 현재 인공어초 시설사업은 연안어장 정비개발사업 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 1999년도의 순수 어초시설예산은 약 223억엔이다. 한편 침선어초의 시설비에 대한 정확한 자료 확보가 어려워 정확한 수치 제시는 어렵지만, 인공어초의 관계자들에 의하면 어초 시설비 중 5% 이내인 것 같다.

이렇게 하여 시설한 침선어초 어장은 중앙부분이 높고 가장자리가 낮은 봉우리형으로 대상어종은 참돔, 전갱이, 방어 등이었다. 어장규모는 정부의 보조조사사업인 경우, 2500 공<sup>3</sup> 이상인 대형어초 기준으로, 현 단독사업인 경우에는 1,200~2,500 공<sup>3</sup> 규모로 실시하고 있었다.

## V. 사회경제적 효과분석

### 1. 사회경제적 효과 이론적 배경

#### 가. 인공어초 사업의 필요성

인공어초 사업의 필요성은 어업관리론의 관점에서 보는 것이 가장 바람직하다. 어업관리(fisheries management)라 하면 통상 어업에 대한 규제만을 의미하는 경우가 있다. 그러나 엄격한 의미에서 어업관리란 수산자원을 대상으로 하는 어업에 대한 규제뿐만 아니라 인공어초 사업과 같이 자원량을 증대시키는 조장수단도 포함하는 개념이다.

어업관리의 정의는 논자에 따라 다양하게 다를 수 있다. 예를 들어 구미에서는 어업관리를 수산자원의 적정한 관리라는 측면에서 어업생산활동을 어떻게 관리하는 것이 최선인가를 추구하고, 그것에 필요한 정책수단을 명확히 하는 이론체계라고<sup>23)</sup> 정의하여 자율갱신적인 수산자원의 적정하고 지속적인 이용을 도모하는 것을 가장 중요한 목표로 삼고 있다. 반면에 일본에서는 어업관리를 정부나 공공기관이 관리주체인 자원관리와 개별경영주체가 관리주체인 생산관리 및 경영관리로 크게 구분하고 있다. 즉 어업관리의 주축인 자원관리는 그 대상인 어장 및 자원에 의하여 생물관리의 기술적·단계적 차이가 있고, 생산활동을 관리하는 생산관리와 경영성과를 높이기 위한 경영관리는 그 지역의 역사적·사회적 관계에 의하여 다양하게 성립·전개된다고<sup>24)</sup> 보아 자원보전과 경제적 및 사회적인 목표까지도 어업관리의 범주에 포함시키고 있다.

그러나 어업관리의 궁극적 목적은 자원관리를 통한 수산자원의 증식이 아니라 이를 통한 사회경제적 후생의 극대라고 정의할 수 있다.

그러면 왜 인공어초 사업과 같은 조장수단이 필요한가를 어업자원의 특성을 통하여 고찰해 보고자 한다.

주지하는 바와 같이 어업자원은 생물학적으로는 밀도의존적 자율갱신자원이고, 사회경제적으로는 공유재산적 자원이다.<sup>25)</sup> 따라서 우리 인간들이 어떻게 이를 관리하고 이용하느냐에 따라 지속적 어업의 실현여부가 결정된다.

어업자원은 광물자원이나 삼림자원과는 달리 자원 그 자체가 생산함수를 가지고 있는 살아 있는 생물체로서 인간의 이용에 관계없이 일정한 수준을 유지한다. 즉 일정한 자연환경 하에서 어업자원은 출생, 성장 및 사망이라는 라이프사이클을 통하여 자율적으로 갱신되는데, 그 갱신율(성장률)은 대상자원의 밀도에 의존하므로 자원이 멸종되거나 무한히 증가하지

23) 清光照夫·岩崎壽男, 「水産政策論」, 日本, 恒星社厚生閣, 1986, p.8.

24) 漁協經營センター-經營部, 「漁場管理と漁協」, 日本, 漁協經營センター-出版部, 1983, p.1.

25) 박구병, "수산자원의 합리적 이용관리에 관한 경제학적 연구", 부산수산대학논문집, Vol.22, 1979, pp.6~11.

않는 밀도의존적 자율갱신자원이라는 것이다. 따라서 자원의 밀도를 일정하게 유지하면서 자율적으로 갱신되는 성장률만큼만 어획하면 자원은 고갈되지 아니하고 지속적으로 이용 가능하다는 것이다.

즉 식 (1)과 같이 인위적 어획이 있기 전의 어업자원의 자연적 생산함수는 자원의 가입과 자연사망에만 의존한다.

$$G = f(X) = B(X) - D(X) = aX \quad (1)$$

여기서, G = 자연증가량, X = 자원량수준  
 B = 출생량(성장가입 포함), D = 자연사망량  
 a = 본원적 성장률

그러나 서식장소가 한정되어 있기 때문에 해당 수역에서 서식할 수 있는 최대의 자원량 수준(K)이 존재하게 되는데 이를 환경부양용량(environmental carrying capacity)이라고 부른다. 로지스틱 성장모델에서는 어떤 일정 시점에서의 성장량은 환경부양용량(K)과 자원량 수준(X)과의 차이에 비례한다고 가정하면 어업자원의 생산(성장)함수는 식 (2)와 같다.

$$G = aX \left( \frac{K - X}{K} \right) = aX \left( 1 - \frac{X}{K} \right) \quad (2)$$

식 (2)는 인위적인 어획이 없는 자연상태를 나타내고 있다. 우리의 목적은 어업을 통한 사회경제적 후생 극대에 있다. 따라서 앞서 어업관리의 정의에서 본 바와 같이 어떻게 하면 어업자원의 고갈 없이 지속적 어업을 유지하는가가 중요하다.

흔히 어업생산함수는 식 (3)과 같이 어획계수, 자원량 수준과 어획노력량의 함수로 정의한다.

$$Y = y(X, E) = qEX$$

$$\text{단, } \frac{\partial y}{\partial X} > 0, \frac{\partial y}{\partial E} > 0, \quad (3)$$

여기서, Y = 어획량, E = 어획노력량

q = 어획계수(catchability coefficient)

만일 자연증가량 만큼만 어획하게 된다면 자원의 감소 없이 어업은 지속될 것이고 이러한 어업생산함수를 지속적 어업생산함수라 하며 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned}
 Y_s &= qE \left\{ K \left( 1 - \frac{qE}{a} \right) \right\} \\
 &= KqE \left( 1 - \frac{qE}{a} \right)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

여기서,  $Y_s$  = 지속적 어획량

그러나 어업자원의 이용역사를 보면 공유재산성 즉 먼저 잡는 자가 주인이라는 의식 때문에 식 (4)와 같은 지속적 어획량 수준을 유지한 경우는 거의 없다. 즉 어획노력량을 과다하게 투입하여 초과어획을 함으로써 자원량은 계속적으로 감소하여 고갈상태가 되고, 경제적 이익 또한 날로 줄어들고 있다.

따라서 어업관리의 관점에서 한편으로는 초과어획을 방지하기 위한 다양한 규제수단이 동원되고 있는 반면 다른 한편에서는 환경부양용량  $K$ 를 증대시키는 방법이 사용되고 있는 것이다.

여기서 우리는 조장수단으로서의 인공어초는 어떠한 효과를 가져오는가를 보기로 한다. 자연적 증가량을 증대시키기 위한 방법으로서 본원적 성장률  $a$ 를 늘리거나, 환경부양용량  $K$ 를 증대시키는 방법이 있다. 그러나  $a$ 는 생물의 본질적 특성이기 때문에 인위적으로 이를 증대시키는 것은 무리이다. 따라서 서식장 등을 확장시키거나 개선시켜 환경부양용량을 증대시키는 방법밖에 없다. 인공어초는 바로 이러한 환경부양용량을 증대시키는 방법이다.

## 나. 인공어초 사업의 경제이론적 배경

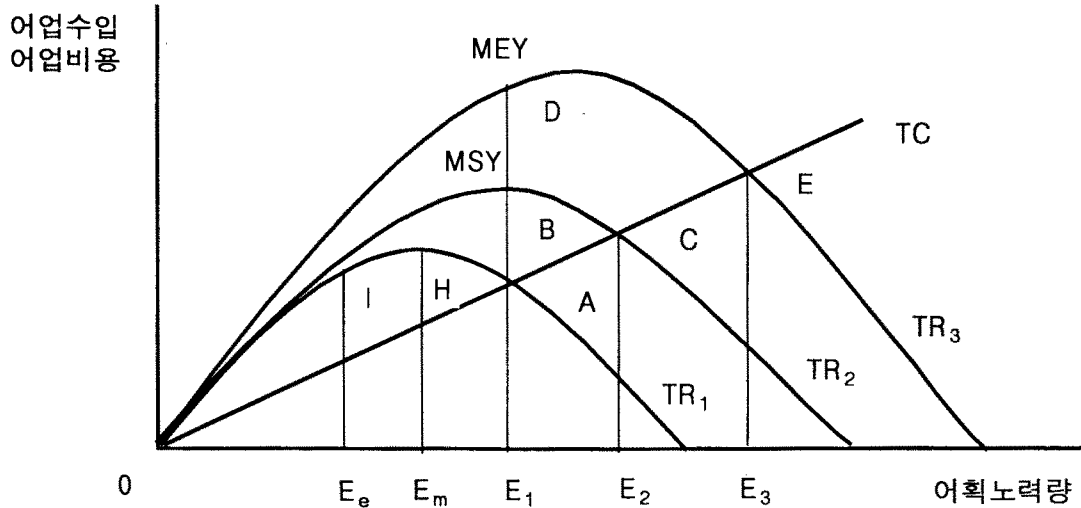
인공어초 사업의 목적은 자원증식을 통한 사회경제적 후생의 극대라고 앞서 정의하였다. 자원증식 방법은 직접 생물자원을 바다에 첨가하는 방법, 자원이 서식할 수 있는 환경을 개선하는 방법, 어획강도를 줄이는 방법이 있다. 여기서 인공어초는 자원의 서식환경을 개선하는 방법에 속하는데 크게 두 가지 목적을 두고 있다. 첫째는 나빠진 서식환경을 종전 수준으로 개선하는 것이고, 또 하나는 종전보다 더 좋은 환경을 만드는 것이다.

또한 사회경제적 후생이라 하면 생물자원을 어업의 목적으로 사용하여 경제적 이익을 극대화하는 것과 어업의 목적 즉 낚시, 스쿠버 다이빙 등을 통한 사회적 후생을 증대하는 것이다.

여기서는 전기한 지속적 생산함수 이론에 근거하여 환경부양용량을 높여서 자원량을 증대시킴으로서 어업이익을 극대화하는 경우만을 도표를 통하여 보기로 한다.

<그림 V-1>에서 현재의 수입곡선이  $TR_1$ , 비용곡선이  $TC$ 라고 가정한다. 이 경우에는  $E_1$ 의 어획노력량을 투하하여 이미 경제적 남획은 말할 것도 없고 생물적 남획 상태에 있다. 자원상태를 회복시키기 위해서는 일반적인 어업관리에서는 어획노력량을  $E_m$ 이나  $E_0$ 로 감축시키기 위한 방법을 사용한다.

그러나 인공어초를 시설하여 환경부양용량을 늘림으로서 자원이 증대되어 수입곡선이  $TR_2$ 로 이동하고 현재의 어획노력 수준  $E_1$ 을 유지한다면 균형점은 A에서 B로 이동한다. 따라서 현재의 어획노력 수준을 유지하면서 어업수입을 증대시키고 MSY도 달성할 수 있다. 더 많은 인공어초 투하로 만일 수입곡선이  $TR_3$ 로 이동한다면 균형점은 B에서 D로 이동하여 MEY도 달성할 수 있다.  $TR_2$ 와  $TR_3$ 의 경우 어업규제에 의한 방식보다도 어업수입이 증대되어 경제적 이익은 증대한다.



<그림 V-1> 인공어초에 의한 생경제적 균형

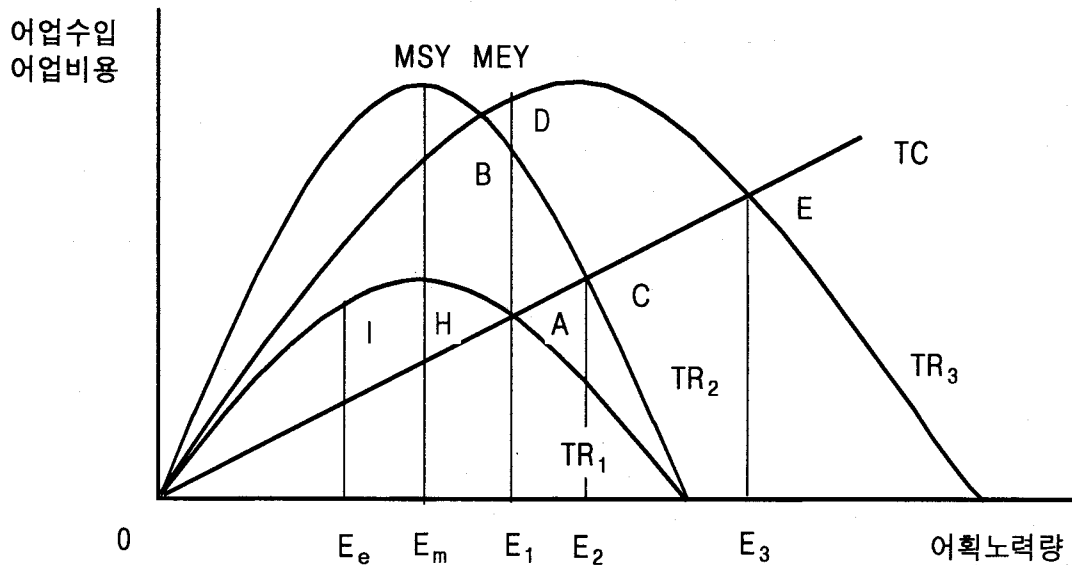
그러나  $TR_2$ 와  $TR_3$ 가 되도록 자원을 조성하고 어업규제를 하지 않는다면 인공어초를 투하하지 않은 경우보다는 어업수입도 증대되고 어획노력량도 증대되어 고용증대 효과는 있을 수 있으나 생물적 남획과 경제적 남획은 여전히 발생하게 된다. 따라서 인공어초를 통한 어업관리 효과를 극대화시키기 위해서는 인공어초 시설투자를 통한 자원조성과 더불어 어업규제가 병행되어야 할 것이다.

다음으로는 인공어초 사업과 어업인에 대한 생산보조 정책과의 효과를 그림을 통해서 비교해 보기로 한다. 생산보조 정책과 인공어초 사업을 통하여 MSY가 동일 수준으로 증대시키는 경우를 가정한다. 즉 <그림 V-2>에서 보는 바와 같이 생산보조로 인하여 기존 어업수입곡선  $TR_1$ 이  $TR_2$ 로 이동하고, 인공어초 투하로 인하여  $TR_1$ 이  $TR_3$ 로 이동했다고 가정하자.

현재 어획노력량  $E_1$  수준을 유지한다면 생산보조로 인한 균형점은 A에서 B로 이동하는 반면 여전히 남획상태에 있게 된다. 반면 인공어초 투하로 인한 효과는 MEY를 달성하면서 생물적 남획과 경제적 남획을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 생산보조 보다도 어업수입이 크게 된다. 만일 어업을 관리하지 않는 자유어업의 상태로 된다면 균형점은 C와 E로 이동하게 되어 두 가지 경우 모두 남획상태에 있게 되나, 어업수입과 고용증대 효과는 인공어초사업이 높게 나타난다.

이상에서 보는 바와 같이 어업인의 소득을 증대시키기 위한 정책으로서 생산보조 정책보

다 인공어초와 같은 자원조성을 통한 소득 증대효과가 유리하다는 것을 알 수 있다. 더욱이 생산보조 정책은 단기적으로 생산자에 대한 소득보전은 될 수 있을지언정 어장의 생산성을 근본적으로 개선하지 못하기 때문에 인공어초 사업이 훨씬 유리하다 하겠다.



<그림 V-2> 인공어초 사업과 생산보조 정책의 효과 비교

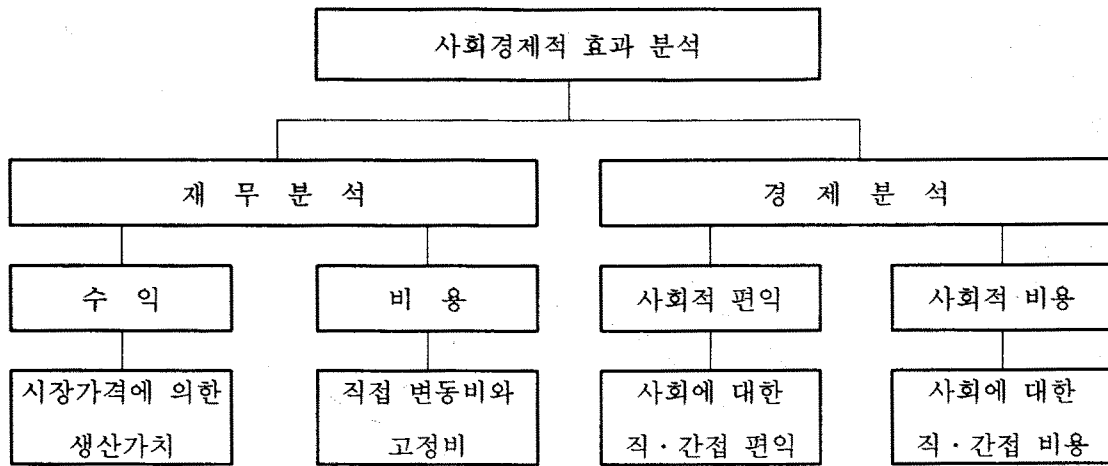
## 2. 사회경제적 평가모형

### 가. 사회경제적 평가분석 모형

어떤 투자사업에 대한 효과를 사회경제적으로 평가한다는 것은 첫 번째로 투자사업의 경제적 효과가 얼마나 되는가 이고, 두 번째는 이러한 투자사업이 사회적으로 긍정적 효과를 나타냈느냐 하는 것이다. 전자의 경우에는 대부분은 금액으로 환산이 가능하기 때문에 용이하지만 후자의 경우에는 계량화가 곤란하기 때문에 정성적 분석에 그치는 경우가 많다.

따라서 일반적으로 사회경제적 평가라 하면 경제적 효과분석에 한정되는 경우가 많다. 경제성 평가 또는 경제적 효과분석이라 하면 그 기본이 비용·편익분석(benefit-cost analysis)이다. 즉 투자로 인한 편익과 비용을 계산하여 순편익이 있으면 동 사업은 경제적으로 효과가 있다고 본다. 그러나 자본은 여러 가지 사업에 투자될 수 있으므로 평가 시에는 자본의 기회비용을 고려하게 된다.





<그림 V-3> 재무분석과 경제분석 비교

비용·편익분석을 통한 사회경제적 효과를 분석하는 방법은 크게 재무분석과 경제분석이 있다. 재무분석은 개별 사적 기업의 입장에서 얼마나 이익을 창출했는가를 분석하는 것으로서 사적 수익과 비용을 비교하는 것이다. 반면에 경제분석은 주로 공공투자 사업에 대한 효과를 추정하기 위한 방법으로서 사적기업의 수익과 비용 외에 사회전체에 미치는 편익과 비용까지도 계산하게 된다(<그림 V-3> 참조).

그러나 비용·편익분석을 실시하게 되는 재무분석과 경제분석의 기본원리는 같다. 단지 편익과 비용항목의 선정이 다르다.

투자사업의 효과를 평가하기 위한 분석방법으로는 자본회수기간법, 평균이익율법 및 할인율법 등이 일반적으로 사용되고 있다.

자본회수기간법(Payback Period)은 투자에 소요된 자금을 그 투자로부터 발생하는 현금흐름으로부터 모두 회수하는데 걸리는 기간을 분석하여 투자에 대한 효과를 평가하는 방법이다. 이 방법의 단점은 화폐의 시간적 가치를 무시하고 있고, 어느 정도의 자본회수기간이 적정한가에 대한 판단기준이 없다. 따라서 여러 가지 투자안을 선택시 사전 타당성 평가에는 적절하나 사후 평가에는 적절치 않다.

$$\text{자본회수기간} = \frac{\text{초기투자액}}{\text{연간 현금유입액}} \quad (5)$$

평균이익율법(average rate of return)은 평균투자액 또는 총 투자액에 대한 연평균 이익의 비율을 구하여 연평균이익률이 목표이익률과 비교하여 효과를 평가하는 방법이다. 식 (6)에서 연평균 투자액을 2로 나눈 것은 연평균투자액의 잔존가치가 없고 투자기간동안 정액법으로 감가상각을 한다고 가정한 것이다. 이 방법은 회계장부상의 자료만으로 계산이 가능하여 편리하나 현금흐름을 파악할 수 없고, 화폐의 시간적 가치를 무시한다는 단점이 있다.

$$\text{평균이익율} = \frac{\text{연평균 이익}}{\text{연평균 투자액}} = \frac{\text{연평균 이익}}{\frac{\text{연평균 투자액}}{2}} \quad (6)$$

할인율법은 화폐의 시간적 가치를 감안하여 순편익을 추정하는 방법으로서 순현재가치법, 내부수익율법 등이 있다.

순현재가치법(Net Present Value : NPV)은 투자시점을 기준으로 미래에 발생하는 수익과 비용 또는 현금유출과 유입을 일정한 할인율로 할인하여 현재가치로 환산하는 방법이다. 따라서 NPV가 0보다 크면 투자의 효과가 있다고 보는 것이다.

$$\text{NPV} = A_0 + \frac{A_1}{(1+k)} + \frac{A_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{A_n}{(1+k)^n} \quad (7)$$

여기서  $A_0$ : 현재의 현금유출  
 $A_n$ : 미래의 현금유입  
 $k$ : 자본비용 또는 최저 필수이익율

한편 내부수익율법(Internal Rate of Return : IRR)은 투자안의 NPV를 0으로 하는 할인율을 구하여 목표이익률 또는 최저 필수이익률(자본비용 또는 시장이자율)과 비교하여 투자효과를 평가하는 방법이다. 따라서 내부수익률  $r$ 이 비교대상 이익률보다 높으면 투자효과가 있는 것이다.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (8)$$

여기서  $r$ : 내부수익율  
 $CO_t$ : t시점에서의 현금유출  
 $CI_t$ : t시점에서의 현금유입

## 나. 인공어초 사업의 사회경제적 효과분석

### 1) 직접효과

인공어초 사업으로 인한 사회경제적 효과는 <표 V-1>에서 보는 바와 같이 직접효과와 간접효과로 구분된다. 직접효과는 어업효과라 할 수 있는데, 인공어초시설로 인한 어업수익 증대 및 어업비용 감소 효과를 말한다. 이러한 직접효과는 인공어초 어장의 자원증식 효과와 자원 위집 효과로 인한 자원증대에 기인한다.

직접효과중 어업수익 증대효과를 분석하는 방법은 식 (9)와 같이 순수한 인공어초 어장에서서의 현재가치화한 순어업현금흐름 총액에서 초기 인공어초 시설투자비를 차감한 것으로 한다.

순어업현금흐름은 순어업수익에서 감가상각비를 제외한 어업비용을 뺀 것이고, 순어업수익은 인공어초 시설이전의 어업생산량을 제외한 순어업생산량에 평균어가를 곱한 것이다.

<표 V-1> 인공어초 사업의 경제적 효과

인공어초의 경제적 효과								
직접효과(어업효과)		간접효과(어업외 효과)						
어업수익증대	어업비용감소	유 어	어 촌 관 광	어 촌 정주권 유 지	불 법 어 업 방 지	해 양 환 경 개 선	어 업 기 반 시 설 활 용	고 급 수산물 공 급 증 대
자 원 증 대								
자 원 증 식	자 원 위 집							

$$\text{어업효과} = \sum_{t=1}^n (\text{순어업현금흐름} \times \text{현재가계수}) - \text{어초시설투자비}$$

여기서, 순어업현금흐름 = 순어업수익 - 어업비용(감가상각비제외)

$$\text{순어업수익} = \text{순어업생산량} \times \text{평균어가} \tag{9}$$

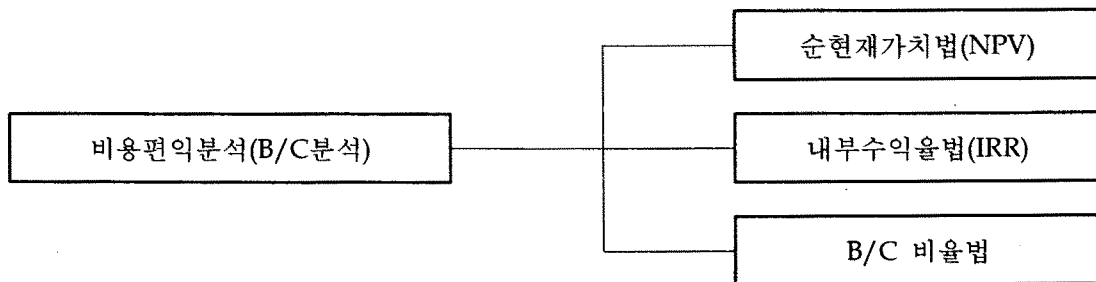
$$\text{순어업생산량} = \text{총어업생산량} \left(1 - \frac{1}{\text{어획효과}}\right)$$

$$\text{어획효과} = \frac{\text{인공어초어장 어업생산량}}{\text{비시설어장 어업생산량}}$$

총어업생산량은 어업별·어종별 월평균 조업일수, 연평균 조업월수, 1일 적당 생산량과 총조업척수를 조사하여 산출한다.

어업비용은 크게 인건비, 출어비(연료비, 어구 및 선구비, 수리비 등), 판매관리비 등이 있다.

인공어초의 경제적 효과를 추정하기 위한 효과분석 기간은 어초 재질, 어초 유형, 시설지역, 인공어초 어장상태 등에 따라 다를 수 있다. 그러나 통상 인공어초 시설후 3~4년 이후부터 효과가 발생하여 30~50년 동안 효과가 지속하는 것으로 보는 것이 통상적이다.



<그림 V-4> 직접효과분석 방법

미래현금 흐름을 현재가치로 환산하기 위한 할인율을 결정하는 일은 대단히 어렵다. 할인율은 가치를 평가하고자 하는 사업의 특성, 목적에 따라 할인율의 결정요인과 그 수준이 다양하고 불확실하기 때문이다. 그러나 공공투자사업의 성격을 띤 인공어초사업과 같은 투자사업은 은행의 예금금리가 아닌 3년만기 회사채의 수익률 및 통화안정증권과 같은 국공채의 수익률을 사용하는 것이 일반적이다.

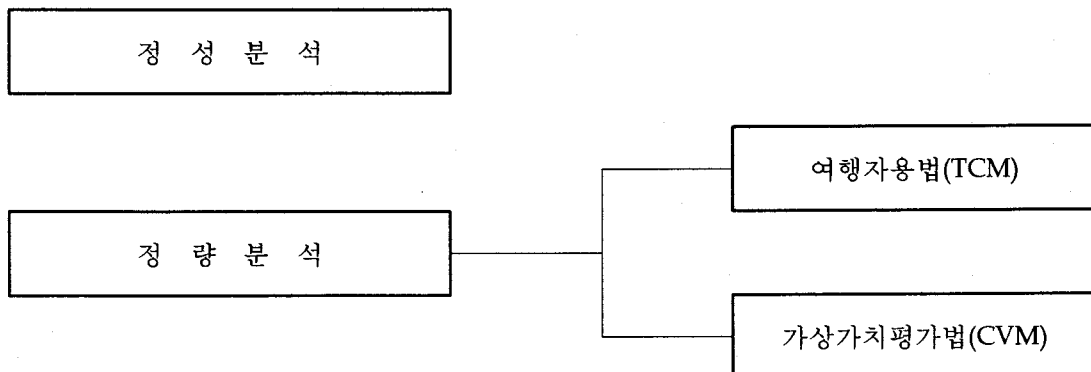
## 2) 간접효과

인공어초의 간접효과 즉, 어업의효과는 유어, 어촌관광, 어촌정주권유지, 불법어업방지, 해양환경개선, 어업기반시설활용, 고급 수산물 공급증대 등의 효과가 있다. 그러나 유어나 관광효과를 제외한 간접효과를 계량화하기는 대단히 어렵기 때문에 통상 간접적 자료를 이용하여 정성분석을 실시한다.

어촌정주권 유지효과는 해당지역 전체가구 및 인구에 대한 어가수 및 어업인구의 비중과 어가소득의 추세를 분석하여 증가하거나 전체에 비하여 상대적으로 감소폭이 작으면 효과가 있는 것으로 분석하고, 반대의 경우 효과가 없는 것으로 추정할 수 있다.

불법어업방지 및 수산물공급증대 효과는 자원관리형 어구어법을 사용하는 어업이면서 자연산 고급 활어를 주대상으로 하고 있는 어업의 허가 및 신고 수가 증가한 것을 효과판정의 척도로 사용할 수도 있다.

유어와 관광효과를 분석하는 경제분석 방법으로는 여행자비용법(Travel Cost Method)이나 가상적 가치평가법(Contingent Valuation Method) 등이 있고, 이러한 방법을 통한 분석이 최근 많이 사용되고 있다. 이러한 과학적 방법 이외에 간단하게 그 효과의 유무만을 알기 위한 방법으로는 유어효과의 경우 낚시점업 및 유어낚시 용선업의 증가추세 등을 조사하여 추정하는 방법이 있다. 관광효과는 인공어초 어장이 형성된 이후 관광업의 변화추이를 파악하는 방법이 있다.



<그림 V-5> 간접효과 분석방법

### 3. 직접효과 분석결과

#### 가. 조사지역 및 시설투자 내역

사회경제적 타당성 평가 조사대상 지역은 동서남해 및 제주해역으로 하였다. 동해안은 강원도 강릉시 안현동, 서해안은 충남 보령시 외연도 부근, 남해안은 경남 통영시 사랑면 수우도 일대, 그리고 제주는 서귀포시 법환동 일대로 하였다.

각 지역별 표본의 인공어초 시설투자 내역은 <표 V-2>~<표 V-5>와 같다.

<표 V-2> 강원도 강릉시 표본어장 시설내역

(단위 : ha, 개, %, 천원)

연 도	어초종류	시설면적	수 량	수량비율	사업비
1988	사각형	140	840	26.91	121,800
1989	원통형	16	100	3.20	24,600
1993	사각형	192	1202	38.5	520,466
1996	사각형	157	980	31.40	654,640
합 계		505	3,122	100.00	1,321,506

<표 V-3> 충남 보령시 표본어장 시설내역

(단위 : ha, 개, %, 천원)

연 도	어초종류	시설면적	수 량	수량비율	사업비
1986	사각형	100	600	12.61	130,200
1991	사각형	98	590	12.40	245,440
1992	사각형	72	432	9.08	179,712
1993	사각형	84	525	11.03	237,300
1994	사각형	200	1200	25.22	573,600
1995	사각형	208	1300	27.32	742,300
1996	잠보형	256	112	2.35	751,000
합 계		1,018	4,759	100.0	2,859,552

<표 V-4> 경남 통영시 표본어장 시설내역

(단위 : ha, 개, %, 천원)

연 도	어초종류	시설면적	수 량	수량비율	사업비
1986	사각형	160	1000	16.69	216,895
1988	사각형	480	3000	50.08	671,631
1992	반구형	20	540	9.01	165,713
1994	반구형	16	264	4.41	102,261
1995	반구형	46	758	12.65	358,982
1996	반구형	26	429	7.16	238,765
합 계		748	5,991	100.0	1,754,247

<표 V-5> 제주도 서귀포시 표본어장 시설내역

(단위 : ha, 개, %, 천원)

연 도	어초종류	시설면적	수 량	수량비율	사업비
1984	사각형	33.4	202	9.18	42,824
1986	사각형	66	400	18.17	89,200
	원통형	64	400	18.17	104,400
1988	원통형	9	54	2.45	14,472
1989	사각형	65	387	17.58	82,818
1991	반구형	48	298	13.54	69,732
1995	빨삼각형	19	460	20.90	141,680
합 계		304.4	2,201	100.0	545,126

## 나. 편익 추정

직접편익은 인공어초 투하로 얻어지는 어업수입을 말한다. 이를 위해서는 인공어초가 투하된 지역에서 조업을 한 결과와 인공어초가 투하되지 않은 지역에서 조업을 한 경우를 비교해 그 효과를 측정하였다. 즉 인공어초가 투하된 지역에서의 어업수익과 그렇지 않은 대조구의 어업수익을 비교하여 인공어초 투하에 따른 직접편익을 추정하였다.

표본인공어초 어장에서 편익추정을 위한 순어업생산량은 식 (9)와 같이 2000년 현재 현지 조사를 통하여 산출한 총어업생산량에 어획효과를 감안하여 추정하였으며 그 결과는 <표 V-6> ~ <표 V-9>와 같다. 순어업생산량 추정을 위한 어획효과는 1991년부터 1994년까지 국립수산진흥원에서 조사한 어획효과조사결과를 기초로 추정하였으며, 각 지역별 어획효

과는 강원 5배, 경남 4.5배, 충남 3배 그리고 제주를 5배로 하였다.

한편 어획효과는 원칙적으로 인공어초 투하로부터 3년이 경과한 4년째부터 발생한다고 가정하였고, 조업척수는 인공어초 시설량에 따라 비례한다는 가정하에 현재 이용하고 있는 조업척수를 기준으로 추정하였다.

<표 V-6> 강원도 강릉시 표본어장 생산현황

(단위 : kg, 원/kg, 일, 척)

구 분	생산량	평균가격	연 간 조업일수	척 당 1일생산량	연 간 투입척수
1991	8,893	4,271	108	18	5
1992	9,914	4,668	108	18	5
1993	9,914	5,101	108	18	5
1994	9,914	5,575	108	18	5
1995	9,914	6,093	108	18	5
1996	22,803	6,659	108	18	12
1997	22,803	7,278	108	18	12
1998	22,803	7,954	108	18	12
1998	33,048	8,693	108	18	17
2000	33,048	9,500	108	18	17
어업명	유자망				
어획물	우럭, 장어, 가자미, 임연수어, 기타 잡어				

<표 V-7> 충남 보령시 표본어장 생산현황

(단위 : kg, 원/kg, 일, 척)

구 분	생산량	평균가격	연 간 조업일수	척 당 1일생산량	연 간 투입척수
1989	4,086	3,764	120	18	2
1990	4,086	4,113	120	18	2
1991	4,086	4,496	120	18	2
1992	4,086	4,913	120	18	2
1993	4,086	5,370	120	18	2
1994	8,100	5,868	120	18	4
1995	11,016	6,414	120	18	5
1996	14,580	7,009	120	18	7
1997	23,004	7,661	120	18	11
1998	31,752	8,372	120	18	15
1998	32,400	9,150	120	18	15
2000	32,400	10,000	120	18	15
어업명	연승				
어획물	농어, 광어, 돔, 기타잡어				

<표 V-8> 경남 통영시 표본어장 생산현황

(단위 : kg, 원/kg, 일, 척)

구 분	생산량	평균가격	연 간 조업일수	척 당 1일생산량	연 간 투입척수
1989	24,285	3,764	100	15	16
1990	24,285	4,113	100	15	16
1991	100,050	4,496	100	15	67
1992	100,050	4,913	100	15	67
1993	100,050	5,370	100	15	67
1994	100,050	5,868	100	15	67
1995	114,000	6,414	100	15	76
1996	114,000	7,009	100	15	76
1997	120,000	7,661	100	15	80
1998	139,500	8,372	100	15	93
1998	150,000	9,150	100	15	100
2000	150,000	10,000	100	15	100
어업명	연승, 통발, 채낚기				
어획물	넙치, 참돔, 감성돔, 기타돔, 노래미, 우럭, 볼락, 기타잡어				

<표 V-9> 제주도 서귀포시 표본어장 생산현황

(단위 : kg, 원/kg, 일, 척)

구 분	생산량	평균가격	연 간 조업일수	척 당 1일생산량	연 간 투입척수
1987	496	2,994	60	15	-
1988	496	3,272	60	15	-
1989	2,473	3,576	60	15	2
1990	2,473	3,908	60	15	2
1991	2,592	4,271	60	15	2
1992	3,541	4,668	60	15	3
1993	3,541	5,101	60	15	3
1994	4,272	5,575	60	15	4
1995	4,272	6,093	60	15	4
1996	4,272	6,659	60	15	4
1997	4,272	7,278	60	15	4
1998	5,400	7,954	60	15	5
1998	5,400	8,693	60	15	5
2000	5,400	9,500	60	18	5
어업명	채낚기, 연승				
어획물	병어, 돔, 광어, 갈치, 오징어, 옥돔, 기타잡어				



## 다. 비용 추정

비용은 크게 고정비와 변동비로 구분할 수 있다. 고정비는 해당 지역별 인공어초의 실질 시설투자비 및 어선의 자본회수비로 하였고, 변동비는 어선어업 변동비 즉 어업경비로 구분하였다.

대상 어선어업의 변동비는 크게 인건비, 어선의 연료비, 판매수수료, 판매운반비 및 제잡비 등으로 구성되어 있으며 미끼를 사용하는 경우 미끼대가 포함되는데 여기서는 지역별 대상어업이 다르나 일반적으로 비용의 구조가 동일 내지는 비슷하다는 전제하에 각 지역별 어선어업의 변동비에 대한 동일한 분석을 시·도하였다.

## 라. 분석결과

직접효과는 인공어초 시설로 인하여 얻어지는 직접 어업편익에서 인공어초 시설투자비 및 어업비용을 공제한 순편익을 추정하는 것이다. 그러나 다음절에서 인공어초 시설투자비를 포함한 직접효과 및 간접효과를 모두 감안하여 타당성을 평가하기 때문에 본 절에서는 인공어초 시설투자비를 제외한 인공어초 시설로 인하여 얻어지는 직접 어업순편익만을 추정하기로 한다.

본 연구의 모든 표본어장은 1996년 이전에 시설한 인공어초 어장을 대상으로 하였기 때문에 2000년 현재는 모두 인공어초 시설로 인한 어획효과가 발생하고 있다고 가정하였다. 이러한 가정하에 추정한 2000년 현재의 표본어장별 직접 어업편익 및 비용은 <표 V-3>과 같다.

각 표본어장별 직접 어업편익 및 비용의 규모가 다른 것은 기본적으로 인공어초 어장의 규모가 다르기 때문이다.

<표 V-10> 표본어장별 경상 직접 편익 및 비용(2000년 현재)

(단위 : 천원, %)

지 역	직접순편익 (A)	직접편익 (B)	직 접 비 용			수익률 (A/B)
			합 계	고 정 비	변 동 비	
강 룡	112,343	313,956	201,613	34,802	166,811	35.7
태 안	128,781	324,000	195,219	30,707	164,512	39.7
통 영	399,331	1,500,000	1,100,669	204,715	895,954	26.6
제주도	13,807	51,300	37,493	10,236	27,257	26.9

주) 직접 비용중 인공어초 시설투자비는 제외되었기 때문에 동 분석결과는 인공어초효과를 반영한 2000년 현재의 순수한 어업에 의한 편익 및 비용만을 나타내고 있음.

## 4. 간접효과 분석

### 가. 조사지역 및 분석대상

#### 1) 조사지역

인공어초 투하에 따른 간접적인 효과로는 관광객의 유치에 의한 지역경제 활성화를 들 수 있다. 물론 관광의 개념은 매우 복잡하고 다양하다. 그러나 본 연구에서는 인공어초가 투하된 지역 중 낚시를 주목적으로 방문하는 관광객을 대상으로 하였으며 대상지역은 전국을 동, 서, 남해안 및 제주도로 구분하여 사례지역을 정하여 분석하였다.

#### 2) 분석대상 및 조사방법

인공어초 투하에 따른 간접효과를 분석하기 위한 대상은 인공어초가 투하된 지역을 방문한 관광객을 대상으로 실시한 설문조사를 기초로 하였으며 상기 지역의 지역적 특성과 설문내용상의 특성을 감안하여 개인면접법을 선택하였다. 따라서 설문지는 여행비용법을 적용하기 위한 변수 즉 응답자의 월 평균소득, 거주지, 여행시간과 비용, 체재시간, 연간방문횟수 등을 핵심문항으로 하여 설계하였다.

조사대상 지역을 방문하는 관광객의 행태를 살펴보면, 드물게 혼자 방문하는 경우도 있으나 대부분 그룹으로 방문하고 있다. 인공어초 투하지역의 방문수요곡선을 도출하기 위해 방문객의 여행비용과 시간을 조사하는 본 설문에서 혼자 방문하는 경우나 버스를 이용하는 경우를 제외하고는 대부분 자가교통수단을 이용하는 경우 필연적으로 무임승차자가 존재하기 때문에 조사대상자 선택의 결정이 모호해져서 본 연구에서는 그룹으로 방문하는 경우에는 대표자 한 명만을 설문대상자로 선정하여 설문을 실시하였다.

### 나. 자료분석

인공어초가 투하된 지역에서 각 지역별로 약 50명씩 총 207명의 방문객을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 설문조사 이후 설문지를 검토하는 과정에서 응답상 일관성이 없거나 여행비용접근법을 적용하는데 중요한 변수인 임금에 대한 응답이 빠진 경우, 방문목적이 본 연구의 조사목적과 상이한 설문지를 제외시켰더니 총 표본수는 141개가 되었다.

### 1) 교통이용 현황

관광객의 교통수단별 이용현황을 보면, 전체 표본중 66.8%인 125명이 승용차를 이용하여 방문하였으며, 조사대상에 제주도가 포함되어 비행기를 20.9%나 이용하는 것으로 나타났다. 반면에 버스를 이용하여 방문하는 경우는 13명으로 전체의 7.0%에 불과하였다. 즉 대부분의 관광객은 승용차를 주요한 교통수단으로 이용하는 것으로 나타났다.

<표 V-11> 교통수단별 방문자 수 현황

(단위 : 명, %)

구분	합계	승용차	버스	비행기	기타
교통수단별	187	125	13	39	10
이용현황	(100)	(66.8)	(7.0)	(20.9)	(5.3)

주) 복수응답임

### 2) 성별·연령별 분포 현황

표본집단의 성별 방문비율은 보면, 남성이 전체의 88.7%인 141명을 차지한 반면에 여성은 11.3%인 16명에 불과하고, 연령별 방문비율을 보면, 전체표본중 40대가 58명으로 39.0%, 30대가 51명으로 36.2%의 비중을 보였으며, 특이하게도 50대 이상이 21명으로 14.9%로 높게 나타났으며 20대의 경우 전체의 10% 미만인 것으로 나타났다.

<표 V-12> 성별·연령별 방문자 수 현황

(단위 : 명, %)

구분	성별			연령별				
	계	남	여	계	20대	30대	40대	50대이상
방문자수	141 (100)	125 (88.7)	16 (11.3)	141 (100)	14 (9.9)	51 (36.2)	55 (39.0)	21 (14.9)

### 3) 지역별 분포 현황

지역별 방문자수를 보면, 조사대상지 자체가 동, 서, 남해 및 제주도로 전국에 걸쳐 분포되어 있으며 동, 서, 남해안의 경우 대부분 승용차를 이용하는 관계로 주변지에서 방문이 적지 않았으며 제주도의 경우 지형적 특성으로 인해 항공을 이용한 전국적인 지역분포를 보였다.

#### 4) 방문객 월평균소득 현황

관광객의 월평균소득을 기준으로 분류한 결과를 보면, 월평균소득은 150~200만원 사이의 방문객 수가 전체표본수의 41.1%인 53명으로 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, 다음이 100~150만원 사이로 33.3%인 43명을 차지하고 있다.

<표 V-13> 월평균소득별 방문자 수 현황

(단위 : 만원, 명, %)

소 득	100만원이하	100~200	200~300	300~400	400만원이상
방문자수	16 (11.3)	53 (37.6)	37 (26.2)	16 (11.3)	10 (7.1)

#### 다. 분석결과

추정결과 각 지역 공히 거리비용 및 시간의 기회비용을 포함한 여행비용변수가 매우 중요한 방문 결정요인임을 알 수 있다. 특히 여행비용변수의 기울기가 陰(-)으로 나타나고 있어 방문율은 여행비용의 역함수관계임을 보이고 있다. 이는 여행비용이 많으면 많을수록 방문율은 감소한다는 것을 의미한다.

두 번째 단계에서는 이러한 추정결과를 통하여 예상방문객 수를 추정하고, 이를 기초로 인공어초 투하사업의 경제적 편익가치를 추정해야 한다. 추정 결과는 <표 V-14>와 같다. 인공어초 투하에 따른 총 소비자잉여와 1인/1회당 소비자잉여는 지역별로 차이가 있었다. 총 소비자잉여는 약 4천 4백만원에서 1억 4천만원, 1인/1회당 소비자잉여는 약 6만 3천원에서 15만 4천원으로 추정되었다.

<표 V-14> 인공어초 투하에 따른 소비자잉여 추정 결과

(단위 : 원)

지 역	구 분	인공어초의 경제적 편익
강 릉	소 비 자 잉 여	44,236,937
	1인/1회당 소비자잉여	77,042
태 안	소 비 자 잉 여	50,753,284
	1인/1회당 소비자잉여	63,451
통 영	소 비 자 잉 여	43,791,963
	1인/1회당 소비자잉여	84,674
제주도	소 비 자 잉 여	140,503,262
	1인/1회당 소비자잉여	153,562

각 지역의 인공어초 관련 연간 방문객수를 정확히 판단한다는 것은 현실적으로 대단히 어려운 문제이다. 예를 들어 1999년 말 현재 제주지역의 연간 방문객수는 300만명을 초과하고 있다. 앞으로 이러한 관광객수의 증가추세는 지속될 것으로 예상된다. 그러나 인공어초의 투하와 관련된 연간 방문자 수를 구하는 것은 불가능하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 제주지역을 포함해 각 지역의 총 관광객수에서 일정부분을 인공어초와 관련된 낚시방문객으로 가정하여 경제적 편익을 추정하고자 하였다. 즉 전체방문객의 0.01%에서 0.1%가 인공어초 관련 방문객이라고 가정할 경우 간접효과를 추정하면 <표 V-15>와 같이 각 지역별 간접효과가 발생하는 것으로 추정되었다.

<표 V-15> 인공어초 간접효과 추정 결과

(단위 : 명, 천원)

구 분	지 역	연간 방문객수	경제적 편익
연간 총 방문객수	강 룡	8,280,000	
	태 안	8,000,000	
	통 영	2,300,000	
	제주도	3,660,000	
0.01%	강 룡	828	63,790
	태 안	800	50,761
	통 영	230	19,475
	제주도	366	56,204
0.025%	강 룡	2,070	159,476
	태 안	2,000	126,904
	통 영	575	48,688
	제주도	915	140,510
0.05%	강 룡	4,140	318,952
	태 안	4,000	253,807
	통 영	1,150	97,375
	제주도	1,830	281,020
0.075%	강 룡	6,210	478,428
	태 안	6,000	380,711
	통 영	1,725	146,063
	제주도	2,745	421,530
0.1%	강 룡	8,280	637,905
	태 안	8,000	507,614
	통 영	2,300	194,750
	제주도	3,660	562,039

## 5. 타당성 분석결과

3개의 시나리오는 간접효과 추정에 있어서 각 지역별 총 방문객 중 인공어초 투하지역 방문율에 따라 구분하였다(<표 V-16> 참조). 분석기간은 각 표본어장별로 인공어초 시설후 30년간으로 하였으며, 분석결과를 보면 <표 V-17>과 같다.

<표 V-16> 사회경제적 타당성 분석 시나리오 구분 기준

구 분	시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III
어초지역 방문율	0.05%	0.075%	0.1%

<표 V-17> 시나리오별 사회경제적 타당성 분석 결과

구 분		시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III
순현재가치(NPV) (천원)	강릉	969,963	1,668,419	2,366,880
	태안	299,210	1,425,246	1,571,557
	통영	1,030,365	1,228,676	1,426,982
	제주	551,768	1,007,287	1,462,803
내부수익률(IRR) (%)	강릉	15.81	19.42	22.33
	태안	10.33	16.05	16.70
	통영	15.28	16.22	17.05
	제주	16.05	19.82	22.63
투자회수기간 (년)	강릉	13	12	11
	태안	18	16	15
	통영	13	12	12
	제주	15	13	12

투자에 대한 경제적 효과가 얼마인가를 나타내는 순현재가치는 모든 시나리오가 “+”로 나타나 어떠한 경우도 경제적으로는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 다만 3가지의 시나리오를 비교해 볼 때 지역에 상관없이 시나리오 III이 상대적으로 NPV가 높아 보다 효율적인 것으로 볼 수 있다.

또한 NPV=0으로 하는 내부수익률도 각 지역 모두 사회적 할인율인 8.5%를 모두 넘어서 투자효율성이 있는 것으로 분석되었다.

투자자본에 대한 회수기간은 시나리오 I의 경우 13~18년으로 다소 긴 편이다. 그러나 인공어초 사업의 효과가 3년 후에 발생한다고 가정하였으므로 실질적인 투자회수기간은 10에서 15년을 경과하게 되었다. 시나리오 III의 경우 투자회수기간이 11~15년으로 실질 투자회수기간은 8~12로 비교적 길지 않은 기간에 회수가 가능함을 보이고 있다.

이상의 지역별 인공어초 투하에 따른 사회경제적 타당성 분석결과를 종합하면, 동 사업은 경제적으로 투자할 만한 가치가 있는 것으로 평가된다.

특히 시나리오 III의 경우 간접효과를 최대 방문율 0.1%로 가정하였으나, 만일 방문율이 높아진다면 동 사업의 효과는 더욱 더 커질 것으로 전망된다.

## VI. 인공어초어장의 이용 · 관리 실태

### 1. 조사 개황

본 연구에서는 우선 각 시·도가 대학이나 연구기관에 의뢰하여 최근에 조사한 자료와 본 연구기간중 관계 공무원, 어업인, 단체 등 면담조사 결과를 중심으로 이용·관리실태를 파악하였다.

조사대상 어장은 1983년부터 1996년도에 시설한 인공어초어장이고, 어초유형은 사각형콘크리트가 대부분이고, 일부 반구형, 요철형, 잠보형, 원통형, 뿔삼각형, 육교형이 포함되어 있다. 그러나 실제로 인공어초어장의 형성이 사각형어초에 의하여 이뤄져 있기 때문에 분석은 사각형어초에 한정하여 실시하였다.

조사대상 지역은 동해안은 경북과 강원, 남해안은 전남, 서해안은 경기 그리고 제주지역이었다. 경남의 경우 대학 및 연구기관에서 어획효과 조사를 수행한 바 있으나 이용·관리 설문조사를 실시하지 않아 타 지역과 직접적인 비교가 불가능하여 면담조사 결과를 기초로 종합적으로 판단하였다.

<표 VI-1> 이용·관리실태 조사개관

(단위 : ha)

지 역	어초유형	시설면적	시설개수	시설년도
전 국	사각형, 요철형, 잠보형, 원통형	1,956	8,911	1985~1994
강원도	사각형	1,092	6,870	1983~1987
경북도	사각형	868	5,624	1994~1995
경기도	사각형, 반구형	1,477	11,453	1992~1996
전남도	사각형, 뿔삼각형, 반구형, 육교형	435	3,970	1994~1996

### 2. 이용 · 관리실태

#### 가. 인지도

동 사업에 대한 어업인들의 인지도는 전국 평균 86%가 동 사업에 대하여 알고 있었고, 강원이 94%, 전남과 경기도가 89%, 경북이 87%, 제주가 77%로서 이제는 대부분의 어업인들이 인공어초사업에 대하여 인식하고 있었다.

한편 구체적인 인공어초어장의 위치에 대한 인지도는 전국 평균 78%이고, 지역별로는 강원이 94%로 가장 높고, 경북이 88%, 경기도가 82%, 제주가 77%인 반면 전남은 46%로서 전남



을 제외하고는 상당수의 어업인들이 구체적인 투하장소까지도 파악하고 있었다. 어장이용 빈도수 증가, 어탐기의 사용 및 정보의 공유에 의한 것으로 판단된다(<표 VI-2> 참조).

<표 VI-2> 인공어초사업에 대한 인지도

(단위 : %)

지역	인공어초사업 인지도	인공어초어장 위치 인지도	인지방법			
			행정기관	어촌계,이웃	매스컴 등	기타
전국	86	78	24	49	6	19
강원도	94	94	41	25	2	32
경북도	81	88	28	46	11	15
경기도	89	82	27	50	13	10
전남도	89	46	20	59	2	19
제주도	77	80	6	65	6	23

## 나. 이용실태

인공어초어장을 이용하는 어업인들의 실제 어획경험에 의한 어획어종을 보면 <표 VI-3>에서 보는 바와 같이 불락류가 47%로 가장 많고, 넙치류가 15%, 돔류가 9% 그리고 나머지 28%는 기타어종이었다. 이처럼 인공어초를 이용하는 어종은 주로 연안 정착성 어종인 불락류와 넙치류가 주종을 이루고 있었다.

지역별로는 약간의 차이를 보이고 있는데 이는 해역의 특성이 다르기 때문일 것이다. 즉 전남과 같은 남해안의 경우에는 넙치류가 적고 돔류가 동해안이나 서해안에 비하고 높은 비중을 차지하였다.

인공어초 어장을 이용하는 어구·어법은 <표 VI-4>에서 보는 바와 같이 낚시류가 45%, 통발류가 18% 그리고 자망류가 17%이고 기타가 19%이었다. 그러나 이러한 어구어법 즉 어업의 종류도 해역의 특성에 따라 달랐다. 강원 및 경북과 같은 동해안은 자망류가 각각 48%와 37%로 상당히 높은 비중을 차지한 반면 다른 지역에서는 거의 사용치 않은 것으로 나타났다. 그러나 실제 현지 조사결과에 의하면 서해나 남해에서도 자망에 의한 인공어초어장 이용이 있으나, 동해안처럼 전통적으로 많이 사용하는 어업이 아니고 소수이기 때문에 기타 어업으로 분류되었을 가능성이 높다. 지역별로 보면 제주도가 93% 이상을 낚시어업에 의존하고 있고, 남해안 서해안도 약 50% 정도가 낚시어업으로 어획하고 있었다.

인공어초 어장에서 조업여부를 <표 VI-4>에서 보면 전국적으로 40% 정도가 자주 이용하는 것으로 나타났다. 가끔 이용자는 약 32%이고 이용을 아니하는 경우가 27%로서 약 70% 정도가 빈도수는 적지만 인공어초 어장을 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

지역별로는 경기도가 가장 자주 이용하는 것으로 조사되었고, 제주도의 미이용 비율이 40%로 타 지역에 비하여 상당히 높았다. 이는 조사대상이 공동어장 내와 외로 구분하여 조사하여 평균하였기 때문이지만 공동어장 외연에 위치한 어초어장 이용이 낮았다.

인공어초 어장의 이용사유는 <표 VI-4>에서 보는 바와 같이 어획효과가 높아서 이용한다는 의견이 전국적으로 51%로 가장 높았다. 그 외에 어획효과가 높아서라기 보다는 어장거리가 짧아서 어업비용을 줄일 수 있다는 이유가 26%이었고, 어장이 고정되어 있어 어획효과는 떨어져도 용이하게 이용할 수 있다는 편리성이 22% 이었다.

지역별로 보아도 어획효과 높다는 이유가 모두 제1의 이유이었으나, 기타 이유에 대해서는 지역간 차이가 있었다.

**<표 VI-3> 인공어초어장 주어획어종 및 어업 종류**

(단위 : %)

지 역	주어획어종 <sup>1)</sup>				주어업종류 <sup>2)</sup>			
	볼락류	돔류	넙치류	기타	낚시류	통발류	자망류	기타
전 국	47	9	15	28	45	18	17	19
강원도	34	6	21	39	19	7	48	26
경북도	56	9	13	22	17	16	37	30
경기도	45	-	19	36	51	46	-	3
전남도	54	23	7	16	47	22	-	31
제주도	-	-	-	-	93	-	-	7

주) 1) 볼락류 : 조피볼락, 볼락, 돔류 : 참돔, 자리돔 등, 넙치류 : 넙치, 가자미, 도다리

2) 낚시류 : 외줄낚시, 연승, 채낚기, 기타 : 잠수기, 정치망 등

**<표 VI-4> 인공어초어장 이용도**

(단위 : %)

지 역	인공어초어장 조업여부 <sup>1)</sup>			이용사유 <sup>2)</sup>		
	자주	가끔	안함	어획효과	어장거리	어장고정
전 국	40	32	27	51	26	22
강원도	46	33	21	47	26	28
경북도	34	34	32	51	16	33
경기도	53	26	21	-	-	-
전남도	28	38	34	53	30	18
제주도	25	35	40	56	32	12

주) 1) 조업여부 : 자주 : 연평균 30일 이상, 가끔 : 30일 미만

2) 어획효과 : 어획이 잘 되기 때문, 어장거리 : 비시설어장보다 가깝기 때문, 어장고정 : 어획효과는 그리 높지 않으나 어장이 정해져 있기 때문

## 다. 인공어초 시설적정성

인공어초시설이 적합한가라는 질문에 대해서는 전국적으로 57% 정도만 적합하다고 응답하였고, 경기가 76%로 가장 높고 강원이 58%인 반면 경북은 36%에 그쳤다. 그 이유는 인공어초사업의 초기에 시설한 어장에 대한 불신과 마을어장 등 육상에서 가까운 연안에 시설하는 것을 바라고 있기 때문인 것으로 보여진다.

### 3. 어획효과 분석결과

인공어초의 어획효과에 대해서 어업인들은 <표 VI-5>에서 보는 바와 같이 전국적으로 59%가 좋다고 보았고, 효과가 있다를 의미하는 보통을 포함하면 약 80% 정도가 동 사업에 대한 효과를 인정하였다. 지역별로는 인공어초 사업이 가장 먼저 실시된 강원도가 90% 정도가 효과를 인정한 반면 동일 해역인 경북의 경우는 약 75% 만이 효과를 인정하였다.

한편 전남의 경우는 의외로 인공어초에 대하여 효과가 좋다고 답변한 경우가 33%에 그쳤으나, 경기도 및 제주도 대단히 좋다가 70%를 넘었다.

물론 이러한 결과는 설문대상자가 인공어초 어장을 이용하고 있는냐의 여부에 따라 크게 달라질 수 있기 때문에 단순한 비교가 곤란하다. 그러나 전체적으로 보면 지역별 어업 특성 과도 상당히 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 양식어업이 비교적 잘 발달된 지역에서는 인공어초에 대한 효과가 그리 높지 않다고 본 반면 연안 어선어업의 비중이 큰 지역에서는 긍정적인 평가가 나오고 있다.

<표 VI-5> 인공어초어장 어획효과

(단위 : %)

지 역	좋다	보통이다	모르겠다
전 국	59	20	20
강원도	68	21	11
경북도	56	18	26
경기도	76	11	13
전남도	33	46	21
제주도	73	7	20

한편 국립수산진흥원에서 1991년부터 1994년까지 전국의 인공어초에 대한 어획효과를 조사한 결과를 중심으로 인공어초에 대한 어획효과를 살펴보고자 한다.

<표 VI-6>에서 <VI-13>은 1991년부터 1994년까지 5월 10월 두 번에 걸쳐 어획효과를 조사한 결과를 요약한 것이다. 어획효과는 크게 어획중량과 어획미수로 구분하고, 비교대상은 표본 인공어초 인근의 자연초와 인공어초 비시설구로 하고 있었다.

어획중량을 기준으로 할 경우 자연초어장보다는 1.14~3.92배가 좋은 결과를 보였고, 비시설지구에 비해서는 1.51~7.13배의 효과가 있었다. 이와 같이 효과의 범위가 큰 것은 인공어초에 무관하게 기존에 어업자원이 산란 서식하기에 좋은 어장 여건을 가지고 있는 해역인 경우는 상대적으로 어초의 효과가 낮고 그렇지 않은 해역에서는 월등히 높았던 것으로 평가할 수 있겠다.

어획미수도 유사한 추세를 보여 결론적으로 인공어초 어장이 자연초나 비시설지구에 비하여 약 2~3배의 어획효과를 가져온다고 보아도 무리가 없을 것 같다. 이러한 효과는 각 시·도가 대학 및 연구기관에 의뢰하여 실시한 효과조사에서도 유사한 경향을 보였다.

<표 VI-6> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1991년 5월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	3.70(0.98~7.64)	4.96(2.28~9.94)	3.15(1.00~5.43)	2.27(0.69~4.00)
강 원 도	2.20	9.94	2.90	4.00
경상북도	0.98	2.28	1.00	2.13
경상남도	-	2.66	-	0.69
전라남도	7.64	-	3.43	-
충청남도	2.15	-	3.30	-
제 주 도	5.54	-	5.43	-

<표 VI-7> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1991년 10월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	3.92(2.34~6.49)	6.67(2.64~11.70)	2.55(1.05~5.80)	4.44(1.94~9.33)
강 원 도	3.09	5.67	1.83	2.06
경상북도	2.34	2.64	2.06	1.94
경상남도	-	11.70	-	9.33
전라남도	5.29	-	2.00	-
충청남도	2.41	-	1.05	-
제 주 도	6.49	-	5.80	-

<표 VI-8> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1992년 5월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	2.86(1.13~4.53)	1.81(0.98~2.52)	2.12(1.00~4.14)	2.32(1.05~6.33)
강 원 도	-	0.98	-	1.05
경상북도	1.16	2.46	1.44	1.44
경상남도	-	-	-	6.33
전라남도	2.66	1.34	1.64	1.33
충청남도	4.14	-	4.14	-
제 주 도	3.44	-	2.07	-

<표 VI-9> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1992년 10월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	3.05(1.37~5.81)	1.51(1.05~1.86)	3.33(1.33~7.75)	1.89(0.97~2.79)
강 원 도	-	1.05	-	0.97
경상북도	1.47	1.75	1.48	2.54
경상남도	-	-	-	1.86
전라남도	2.55	1.51	2.0	1.52
충청남도	5.64	-	3.0	-
제 주 도	3.30	-	4.68	-

<표 VI-10> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1993년 5월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	1.51(0.22~3.86)	2.92(0.54~4.30)	1.47(0.36~4.00)	2.22(0.48~5.00)
강 원 도	1.37	3.15	1.09	1.75
경상북도	0.93	3.69	1.32	1.63
경상남도	-	0.54	-	0.48
전라남도	2.22	4.30	1.43	5.00
충청남도	3.86	-	4.00	-
제 주 도	0.33	-	0.48	-

<표 VI-11> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1993년 10월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	1.14(0.47~2.19)	5.86(1.32~13.3)	1.16(0.40~2.25)	3.53(1.50~6.60)
강 원 도	0.98	4.06	1.14	1.50
경상북도	0.47	1.32	1.04	2.25
경상남도	-	4.76	-	6.60
전라남도	1.23	-	1.25	3.75
충청남도	2.19	-	2.25	-
제 주 도	0.99	-	0.66	-

<표 VI-12> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1994년 5월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	2.68(0.87~0.56)	5.80(3.19~7.11)	1.82(0.78~2.38)	5.18(1.25~14.5)
강 원 도	1.90	6.59	1.73	3.25
경상북도	1.42	3.19	0.78	1.73
경상남도	-	∞	-	∞
전라남도	6.56	7.11	2.00	1.25
충청남도	2.63	-	2.38	-
제 주 도	0.87	6.30	2.23	14.5

<표 VI-13> 인공어초 어장과 비교구간의 어획효과 비교 분석(1994년 10월)

구 분	어 획 중 량		어 획 미 수	
	어초어장/자연초	어초어장/비시설구	어초어장/자연초	어초어장/비시설구
전 국	2.46(1.42~5.87)	7.13*(3.13~59.89)	1.82(1.00~4.44)	5.66*(1.7~29.75)
강 원 도	1.53	8.66	1.00	1.75
경상북도	1.42	8.50	1.68	4.17
경상남도	-	59.89	-	29.75
전라남도	1.76	3.13	1.08	6.75
충청남도	1.72	-	1.25	-
제 주 도	5.87	8.23	4.44	10

주) \*는 경상남도의 어획효과를 제외한 평균치임

## VII. 종합평가 및 중장기 정책방향

### 1. 종합평가

#### 가. 추진실적 및 정책평가

##### 1) 47%의 목표 달성

인공어초시설사업은 우리 나라 수산예산중 단일사업으로서는 어항사업 다음으로 규모가 큰 사업으로 1999년 현재까지 47% 목표를 달성하고 있어 비교적 원만하게 사업이 추진되고 있었다.

##### 2) 연안 자원조성사업으로서 조기사업 착수

우리 나라 연안 어업자원 상태가 크게 나쁘지 않은 1971년부터 동 사업을 실시한 것은 자원감소에 대응하기 위한 정부의 적절한 대응이었다.

다만 초기 시설투자비가 적고, 적지조사, 제작, 투하 등의 기술미흡으로 효과가 미진하다는 평가가 있었다.

##### 3) 인공시설사업의 집행절차

계획수립, 예산확보는 중앙정부에서, 집행 및 사후관리는 지방자치단체에서 담당하며 국립수산진흥원 및 수산기술관리소가 협조하는 시스템을 갖추고 있다. 전반적인 집행절차는 큰 무리가 없으나, 사실상의 집행기관인 시·도의 인력과 사후관리 예산의 부족으로 철저한 시공 및 사후관리에서 곤란을 겪고 있었다.

#### 나. 기술적 평가

##### 1) 인공어초 규모와 배치

어초유형별로 배치 및 규모를 정하여 시설하는 등 개선이 되었으나, 아직도 자원상태, 생태계 및 시설수심에 따른 적정 규모와 배치기술이 미흡하였다.

## 2) 인공어초 어장 조성

인공어초 어장 조성 후보지 선정 기준으로 해양조사, 해저지형, 저질, 수심 및 어업 여건 등을 감안토록 하는 등 상당히 개선되었다. 그러나 여전히 시설 후 매몰, 유실 가능성이 어장조성의 가장 큰 요인으로 작용하고 있어 실질적인 어장조성 효과를 거양할 수 없을 것으로 사료된다.

## 3) 인공어초 시공 및 투하

인공어초 제작기술은 상당수준으로 개선되었으나, 부실시공을 방지하기 위해서는 여전히 감시감독 체제를 강화할 필요가 있다. GPS를 이용한 투하기술의 개선 등으로 목표지점에 상당히 근접하는 투하가 이뤄지고 있으나 보다 정교한 투하를 위해서는 정확한 바지선의 고정과 조류영향을 받지 않는 정도의 투하 등 투하방법을 일부 개선할 필요가 있다.

# 다. 생물학적 평가

## 1) 동해안

### 가) 사각어초-1(강원)

1999년 11월 12일 강릉시 안현동 연안에서 약 1km 떨어진 곳에 설치된 사각 어초군(1996년 설치)에 조성된 생물상을 조사한 결과 어초는 100~200개가 피라미드형으로 쌓여 있었다.

조사 대상이 되었던 세 군의 어초는 수심 20~24m 바닥에서 3~4단으로 양호하게 쌓여져 있었다. 바닥은 모래이거나 낮은 암반으로 이루어져 있었는데 모래 바닥에서도 어초가 함몰된 것은 없었다. 어초군의 부착 생물상은 어초군 사이에 큰 차이가 없었으나 그 중에서도 1994년 어초군이 비교적 다양하고 풍부한 생물상을 보였다.

조사 당일 어초 조사시 확인된 어종은 총 12종이었으며 사각 어초군에서 11종, 자연 암반에서 8종이 확인되어 어초군에서 다양한 어종이 확인되었다. 어초군에서 확인된 어종 중 대표적인 종은 전장 40~50cm범위의 쥐노래미와 말쥐치 떼(200~300마리)였다. 무척추동물의 경우 우렁쉥이 채취로 인해 교란되어진 양상을 나타냈으며, 가지산호류 등 55종이 출현하였다. 이번 조사 대상이 된 동해안의 사각어초군과 같은 어초군은 수산물의 증대에 기여하는 것보다는 어초에 의한 다양한 생물들의 부착 또는 군집을 유도하여 동해안 특유의 투명도 높은 바다에서 수산 자원은 물론 관광 자원으로서도 병행 개발하는 것이 기대치가 더 높지 않을까 하고 생각되었다.

## 나) 사각어초-2(경북)

경북 포항시 흥해읍 청진리 연안 약 1km에 설치된 사각어초를 조사하였다. 1995년 설치된 사각어초군은 조사 당시 3단으로 잘 쌓여 있었고 보존 상태도 양호하였다. 가장 많은 종은 인상어였으며 망상어, 쥐노래미, 불볼락, 금줄망둑, 다섯동갈망둑 등이 있었다. 무척추동물의 경우 섬유세닐말미잘이 극우점하는 양상을 나타내 산업종의 가입이 다소 미진하였다. 총 52종이 관찰되었다.

## 다) 요철형

1999년 7월 20일 강원도 고성군 교암 연안에 설치된 요철형 어초를 조사한 결과 모래 바닥에 투여한 어초에는 해조류가 덮여 있었고 쥐노래미, 누루시볼락, 가시망둑 등 일부 소형 어종들이 서식하고 있었다. 설치한 수심이 얕고(수심 10m) 설치 장소가 편평한 모래 바닥이어서 다양한 어종은 없었다.

## 2) 남해안

### 가) 반구형 어초

경남 통영시 산양면 저도 북쪽연안에 설치된 반구형 어초에 대한 조사 결과 반구형 어초는 경사가 급한 연안 바위 암반과 수심 7~9m부터 바위, 사니질 위에 있는 것을 비롯하여 거꾸로 뒤집힌 것, 쌓여 있는 것 등 다양하였다.

반구형 어초가 바닥에 쌓인 형태와 바닥 저질에 따른 어류상과 어초의 효과를 비교한 결과, 돌 위에 쌓여진 어초(A)와 뿔 바닥에 놓여진 어초(B)를 비교할 때에는 A에서 더 많은 어종이 관찰되었으며 (9월에는 A에서 9종; B에서 4종/ 12월에는 A에서 8종; B에서 6종 / 3월에는 A에서 3종; B에서 2종), 저서생물도 같은 경향을 나타내었다. 무척추동물은 주변 암반과 유사한 종조성을 보이거나 종다양성은 적게 나타났으며, 따개비, 우렁쉥이 등이 어초 구조별로 밀생하는 양상을 나타냈다.

### 나) 사각어초

조사는 2000년 4월 26, 27일과 두 차례에 걸쳐 경남 통영시 수우도와 두미도 사이 해역의 사각어초(1988년 설치)와 통영시 산양면 소장두도 서쪽에 1999년 10월 설치한 사각어초를 대상으로 이루어졌다.

1988년 설치된 수우도의 조사 당시 투명도가 매우 낮아 수심 24m에 설치된 어초의 생물상을 수중에서 육안 관찰은 거의 불가능하였으나 볼락, 쥐노래미 등 어종은 현재 어획대상



어로서 어장을 형성하고 있었다. 무척추동물은 주로 현탁물(懸濁物)을 먹이로 하는 생물로 구성되어 있고, 어초에 빨이 침적되면서 빨에 사는 생물도 출현하는 양상을 나타냈다.

1999년 10월에 새로 설치된 통영시 소장두도 서편의 사각어초는 31m 바닥에서 24m 수층까지 3단으로 잘 쌓여 있었다. 조사 당시에 확인된 어종으로는 5~10cm급 인상어가 500~600마리로 가장 많았으며 수산 어종으로는 7~15cm급 조피볼락 0세어가 10마리, 20cm전후의 쥐노래미가 3마리 있었다. 초기가입이 왕성한 유령명게가 극우점하였으며, 공간별로 갯고사리류, 히드라충류의 가입이 관찰되었다.

### 3) 서해안

1차 시·도에서는 전북 위도, 왕등도 주변 해역의 사각어초를 대상으로 1999년 11월에 조사를 시·도했지만 탁도가 좋지 않아 조사를 하지 못하고, 2000년 5월 20일 충청남도 태안군 근흥면 안흥리 정죽도 부근 수심 24m에서 확인한 강선에서의 생물상을 조사하였다.

조사 당시 수온은 8.3℃였으며 탁도가 높아서 수중에서의 어종 관찰 및 자원량 파악은 불가능하였다. 선박 표면에는 산호류 등의 무척추동물로 덮여 있었고 어류로는 30cm급 쥐노래미 3마리, 미역치, 피도라치류가 확인되었다.

외연도 부근의 사각 어초에서는 조피볼락, 서해볼락 등 어류와 태형동물 및 히드라충류가 우점하는 양상을 보였으며, 생물피도가 상대적으로 적게 나타났다.

### 4) 제주도

#### 가) 사각어초

조사는 1999년 8월 30일 남제주군 서귀포 법환 앞바다 수심 30~36m에 설치된 사각 어초군(1984년 투하된 것)을 대상으로 실시하였다.

어초는 서귀포의 법환 앞바다의 조류 소통이 원활한 수심 36m인 암반과 사니질이 섞여 있는 곳에 2~3단으로 잘 쌓여 있었으며 맨 꼭대기는 24~25m이었다. 바닥에 나지막한 암반이 널리 펼쳐져 있었다. 조사 당시 어초군과 대조 암반 해역에서 관찰된 어종은 총 15과 27종이었으며, 어초해역에서 21종이 확인되었던 반면 대조군이었던 암반 지대에서 관찰된 어류는 15종으로 어초군에서 다양한 어류상이 확인되었다. 무척추동물로는 히드라충류가 우점하였고, 수심에 의한 영향으로 산업종의 가입이 적게 나타났다.

이 중 수산 어종으로 대표적인 어류로는 제주 지방에서 다금바리로 불리는 자바리, 능성어, 벤자리 등이 있었으며 이 중에서 특히 다금바리는 수중에서 육안으로 추정된 크기가 60cm 전후(체중 5kg 전후)로 대형이었고 능성어도 30~40cm급이었다. 회유성이 강한 것으로 알려진 벤자리도 40~50마리와 말쥐치, 전갱이 폐도 사각 어초 안과 주위에서 떼지어 다니고 있었다.

## 나) 시험어초

북제주군 비양도 동쪽 수심은 8~9m 연안에 설치된 시험어초를 조사 결과 방갈로형어초, 주택형어초, 뿔사각형어초와 같은 시험 어초가 일정한 간격으로 배치되어 있었다.

시험어초에서의 어류상은 시험어초형별로 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며 모자반, 감태 등 해조류가 무성하였다. 다양한 어초 구조로 인해 경제적으로 가치가 있는 무척추동물의 산업종 가입이 두드러졌다. 향후 생물 천이에 관해 모니터링할 필요가 있다.

## 라. 인공어초어장의 이용·관리

### 1) 인공어초어장 이용

대부분의 어업인들이 인공어초사업에 대하여 좋은 반응을 나타내고 있고, 어탐기 등 장비의 개량 및 정보의 공유로 인공어초어장을 인식하고 있었다. 다만 인공어초어장이 좁아 이용 빈도수 및 이용자수는 아직도 제한적이나, 이용자의 의견은 어획효과가 있다고 판단하고 있고 시설의 확충을 요구하고 있었다. 이용방법은 유어낚시, 연승, 채낚기, 자망, 통발 등으로 지역별로 다른 특성을 보였다.

### 2) 인공어초어장 관리

시설시기가 오래된 인공어초는 정확한 위치 확인이 어렵고, 위치가 확인된다 하더라도 이를 보수, 폐어구 제거 등을 위한 비용이 과다하고 장비의 부족으로 사후관리가 어려운 실정이다. 인공어초에 폐그물, 폐통발 등 어구가 둘러쳐져 쌓인 곳이 상당수 발견되고 있어 이에 대한 사전규제조치가 필요하다. 따라서 동 사업목적에 비추어 볼 때 어초어장에 대한 이용 및 관리가 다소 부실한 편이다.

## 마. 사회경제적 평가

인공어초어장을 이용하는 어업의 직접어업효과는 어업인을 대상으로 한 설문조사 및 각 대학 및 연구기관의 조사결과와 거의 유사하게 나타나고 있는 것으로 평가되었다.

레저낚시 등 간접효과는 단정적으로 추정할 수는 없으나 해당 지역을 방문하는 여행자의 방문율을 0.05%, 0.075% 및 0.1%가 인공어초어장과 관련이 있는 것으로 가정하여 추정한 결과 효과가 있는 것으로 평가되었다.

직접효과와 간접효과를 추정한 결과 동서남해 및 제주 지역 모두 순현재가치(NPV)가 (+)

로 나타나 일단 사업시행의 경제적 타당성은 있는 것으로 평가되었고, 내부수익률도 10.3%~22.63%로 나타나 다른 사업과 비교시 상당히 우선순위가 높을 것으로 사료된다.

인공어초시설투자에 따른 자본투자회수기간은 11년~18년으로 나타나, 투자회수면에서는 다소 장기간인 것으로 판단되나, 사회간접자본 투자의 성격인 본 사업의 특성을 감안하면 기간 면에서도 그리 길지 않다고 평가할 수 있었다.

이상의 사회경제적 평가는 인공어초어장에 위집되어 나타나는 현상을 분리할 수 없다는 점을 감안하면 순수한 자원조성으로 인한 효과는 다소 저평가되어야 할 것으로 사료된다.

## 바. 종합평가

동 사업은 약 30년전부터 실시되었기 때문에 평가는 시대적 변천에 따라 평가되어야 할 것으로 사료된다. 따라서 일차적으로 시대적 변천을 감안하여 평가하면 다음과 같다.

제1기(1971~1984)는 투자초기단계로 소형사각어초 중심의 단순한 사업실시기간으로서 적지조사, 제작, 투하, 이용관리 및 사후관리 등의 기술이 저조하여 효과가 상당히 떨어졌다고 볼 수 있다.

제2기(1985~1991)는 인공어초 다양화 단계로 새로운 어초유형이 개발되어 보급되기 시작했고, 적지조사 방법이 개선되어 본격적인 인공어초사업이 실시되기 시작한 단계로 평가할 수 있다. 그러나 여전히 제작, 투하 및 사후관리는 미흡한 단계이다.

제3기(1991년 이후)는 인공어초사업의 정착기로서 투하기술이 개선되었고 수산업법에 동사업의 실시근거가 마련되어 명실상부한 제도권 사업으로 자리매김하였다. 그러나 여전히 사후 효과조사 및 사후관리는 다소 미흡하여 개선할 필요가 있다고 보여진다.

평가분야별로 보면 먼저 생물학적으로는 상당히 효과가 있는 것으로 평가할 수 있다. 다만 자원상태 및 어장환경생태계가 충분히 고려되지 못하고 있어 이의 개선이 요구되고 있다. 일본의 경우만 보아도 인공어초 어장을 조성할 때 어업유형별 인공어초 어장을 조성하고 있음을 볼 때 막연하게 어종만을 기준으로 한 현행 방법은 개선이 필요할 것이다.

기술적으로는 상당히 발전 개선되고 있으나, 인공어초 재료가 대단히 제한되어 있고, 장기간 사용함으로써 경제적이고 어초효과가 높은 새로운 어초개발이 제약되었다고 할 수 있다. 또한 어초유형도 1990년대 들어 상당히 개발되고 있으나 사업의 목표가 어획효과와 직접 어업인들의 소득증대에 한정돼 있어 다양한 어초형 개발이 어려운 실정이다.

사회경제적 관점에서는 NPV가 0보다 크고 내부수익률도 13%가 넘어 어느 공공사업에 못지 않은 평가결과가 나왔다. 그러나 동 사업이 불특정 연안 다수어업인을 대상으로 하고 있고, 사업목표가 어초어장을 조성한 어업인소득 증대에 한정되어 있다는 문제점이 있다. 따라서 동 사업의 목표를 자원의 증대, 생태계 보전, 어업인 소득증대 및 일반 국민들의 바다이용 제고를 통한 부가가치 극대화로 설정하고 관련 사업과 연계해서 추진한다면 더욱더 경제성이 높은 사업이 될 것으로 사료된다.

## 2. 문제점

### 가. 사업 평가체제

막대한 예산이 투입되고 있는 공공사업인 인공어초사업에 대하여 합리적이고 과학적으로 평가할 수 있는 구체적인 방법이 존재하지 않기 때문에, 인공어초의 자원조성효과 및 어민 소득증대효과, 불법어업방지효과에 대한 평가결과에 대해 많은 논란이 존재하고 있다.

인공어초사업의 평가는 수산자원조성 효과가 어느 정도 있는가, 이로 인하여 소득증대효과는 어느 정도인가, 또한 제2차적 효과는 어느 정도인가를 평가해야 하는 것이지만 평가자가 어디에 비중을 두느냐에 따라 결과가 다르게 나타날 수도 있다. 특히 인공어초사업은 수중에 투하한 어초의 기능 및 수년후의 효과를 평가하여야 하는 것이므로 더 많은 문제점이 제기될 수 있다.

정책평가자의 관점 또는 사용한 방법론이 달라지면 정책평가의 결과도 달라질 수 있으므로, 평가방법 및 기준이 명확하게 설정되어야 하며 방법상의 한계를 극복하기 위해 복수의 방법에 의한 평가가 필요하다.

정책평가자가 외부전문가인 경우 평가자는 평가 그 자체에 집중하여 그것을 정책결정자가 응용하는 문제에는 소홀히 하는 경향이 있다. 예를 들면 우리 나라의 경우 인공어초사업에 대한 전문가는 소수에 불과하며 직접적인 피평가 당사자이기도 하다. 따라서 타분야의 사업 평가 전문가에게 평가를 의뢰할 수밖에 없는데, 이 경우 인공어초에 대한 질적 과정적 평가는 경시되기 쉽다는 것이다.

### 나. 사후관리

인공어초는 수중 내에 설치하여 일정기간이 경과한 후 지속적인 관찰이 필요하지만, 지속적인 관찰에는 막대한 예산 및 전문인력이 필요하다. 특히 사업주체인 시·도가 자체적으로 사후평가나 사후관리를 수행하는 것은 예산 또는 인력상 불가능한 실태이다. 즉 시·도 자체적인 사후평가나 사후관리 수행은 예산 또는 인력상 불가능한 상태이며, 전체 사업에서의 비중이 낮기 때문에 시·도 행정 전체에서 우선 순위를 배정 받지 못하고 있다.

따라서 인공어초시설후 효율적인 사후관리체제 구축이 필요하다. 예를 들면 해양오염방제 조합과 같은 전해역에 걸쳐 인공어초를 관리할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 다시 말하면 시·도별 사후관리체제에서 전국적인 통합관리체제로의 시스템 전환이 이루어져야 한다.

## 다. 계획수립 및 예산편성

인공어초 계획수립 및 예산편성과정에 있어서 시·도 담당공무원의 재량권 부재로 말미암아 담당공무원의 적극적이고 능동적인 사고가 부족하다. 왜냐하면 해양수산부의 인공어초시설사업 집행 및 관리규정에 의하여 계획되고 집행되는 것이며 오랫동안 시행되어온 것이므로 담당자들의 적극적이고 창의적인 의사가 필요하지 않다는 것이다.

더구나 창의적인 아이디어가 있다고 하더라도 정책과정에 자치단체 공무원의 의사가 투입될 수 있는 여지는 매우 제한적이다. 이러한 상황의 연속이었으므로 지방자치단체에서의 인공어초행정은 사실상 일상적인 업무화 되었다는 것이다.

## 라. 전문인력

인공어초 제작, 시설적지 선정, 인공어초시설 및 시설후 관리를 효율적으로 추진할 수 있는 전문인력이 부족하다.

또한 인공어초행정을 담당하는 공무원은 자치단체별 약간의 차이는 있으나, 1~2명이 담당하고 있으며, 이들 담당자는 인공어초를 전담하는 것이 아니라 어항행정과 대부분 겸무를 하고 있다.

## 마. 적지선정

인공어초 적지 선정의 과학적인 검토가 이루어져야 할 것이다. 현재 국립수산진흥원의 수산공학과와 해양수산부 지정 전문연구기관에서 적지선정을 수행하고 있으나, 조사항목이 대부분 해양공학적인 측면에 한정되어 있고, 예산이 부족하여 예산 규모에 따라 적지조사량이 좌우되는 경우도 있다. 따라서 적지 조사에는 반드시 단층촬영을 통한 어느 정도 깊이의 저질 분석과 생물 생태학적인 자료를 토대로 한 적지 선정이 요구되며, 현재 적지로 분류되어 있는 해역에 대해서도 차후 전반적인 재검토가 필요하리라 생각된다.

## 바. 인공어초 유형

인공어초는 산란장, 먹이장, 은신처로서의 기능을 담당하며 각 어종에 따라 어초의 이용목적에 다르다. 예를 들면 해초에게는 부착기반이 되며, 방어나 광어에게는 먹이장이 되며, 문어에게는 은신처 및 먹이장을 제공하게 된다.

다시 말하면 어종에 따라 어초에 대한 반응의 차가 존재하며, 역으로 어초의 종류에 따라 서식하는 어종이 다르다. 그러므로 목적대상(어종별)의 성장단계에 대한 정확한 규명을 통한 다양한 어초제작 및 시설이 필요하다.

## 사. 인공어초 내구년수

인공어초의 수명이 30년, 또는 그 이상이라는 말이 있으나, 어초의 종류나 수중의 상황에 따라 수명은 크게 달라질 수 있다. 따라서 수명에 대한 과학적인 검토를 바탕으로 비용 및 효과 산출이 이루어져야 하지만, 현실적으로 이러한 점들은 경시되고 있다.

### 아. 인공어초 제작

지나치게 많은 업체가 입찰에 응하고 있어 성실업체 선정을 위한 노력이 과다하게 소요되고 있으며, 선정된 업체에 대한 성실성 판단은 매우 어렵다. 따라서 성실업체 선정을 위해 입찰업체 요건을 강화해야 할 필요성이 있으며, 종합적으로 관리할 수 있는 D/B 체제를 구축하여야 할 것이다.

또한 현재 인공어초제작은 건설공사로 취급되고 있으므로, 시·도에서 인공어초 제작장을 확보해야 하나 부지 확보가 매우 곤란하다. 건설공사 취급에서 공산품 취급으로 전환시켜 완제품에 대한 선정시스템이 더욱 효율적일 것이다.

공사시기가 지역이나 자연조건에 구별 없이 일괄적으로 규정되어 있기 때문에 사업실시에 있어서 비효율성을 노정하고 있다.

## 3. 외국 사례 조사분석

### 가. 일본

#### 1) 인공어초의 역사 및 실적

일본에서 옛날부터 전해져 오는 전통적 어구 중에는, 고기를 모아 어획하기 쉽게 하는 부어구로서, 漬け(쓰케, Fish Aggregating Devices : 어구집어장치)와 石塚(Stone mound : 석방렴)이 있으며, 낙지통발처럼 어획기능과 집어기능을 함께 가진 어구도 있다. 이들은 경험에서 생겨난 어구어법이며, 개량과정을 거쳐 현재에도 이용되고 있다. 이들 전통적 어구에 대한 지식이 인공어초의 원조로 생각되지만, 기록에 남겨져 있는 일본 최초의 인공어초 사업은 1652년 高知(코치)지방에서부터이다. 산에 있는 돌을 바다에 넣어 어장을 조성했다고 하는 기록이 있는데, 지금으로부터 약 350년의 역사를 가지고 있다. 이러한 어장조성은 단지 일본 연안에서만뿐만 아니고 다른 연안국에서도 행해져 왔을 것이다.

일본에서는 인공어초사업이 어장조성사업의 일환으로 실시되었다. 동 사업은 국가정책사

업으로서 1952년의 천해증식개발사업의 일환으로 시작되어, 연안어업구조개선사업, 연안어장 정비개발사업으로 계승되었다. 특히 1970년대에는 각국의 200해리 어업전관수역의 설정에 따라 연안어장의 자원증대가 중요한 문제가 되었고, 이 사업도 대폭 확대되어 현재에까지 실시되고 있다. 한편, 어류의 종묘를 방류하는 재배어업은 1974년경부터 각 현이 재배어업센터를 설립하고, 국가의 재배어업협회와 협력하면서 기술개발이 본격적으로 이루어져 현재에 이르고 있다.

일본의 인공어초사업을 시대별로 개관하면 제1기는 1968년까지로 사업규모가 소규모로서 초기단계이다. 제2기는 1969년~1976년까지로 사업량이 증대되고 본격적으로 인공어초사업이 실시된 본격추진단계이다. 마지막으로 1977년 이후는 동 사업이 정착한 단계로서 다른 수산자원조성사업 예를 들어 수산종묘방류 및 바다목장 사업과 연계하여 실시되는 단계이다.

일본의 연안수역에 있어서 수산자원증대 시책은 ①인공어초에 의한 어류생식장 조성, ②종묘방류에 의한 자원증대, ③연안자원의 관리의 3가지이다. 그 중 인공어초를 이용한 어류생식장 조성은 어획을 주된 목적으로 한 어장조성과 특정 어종의 번식을 목적으로 한 증식장 조성이 있지만 기본적인 기술에는 차이가 없다.

본격적으로 사업이 실시된 1974년 이후의 실적을 보면, 제1차 연안어장정비개발계획 기간 중인 1976~1981년간에는 750억엔이 투자되었다. 제2차 연정개발사업기간은 1982~1987년까지는 1,400억엔이 그리고 제3차 사업기간인 1988~1993년간에는 1,440억엔이 투자되었으며, 제4차 사업기간인 1994~2001년까지는 인공어초를 비롯한 증양식장 조성 등 사업비로 6,000억엔이 계획되어 있다. 이처럼 1974년부터 1999년 현재까지 일본에서는 약 7,000억엔이 인공어초 시설사업비로 투자되었다.

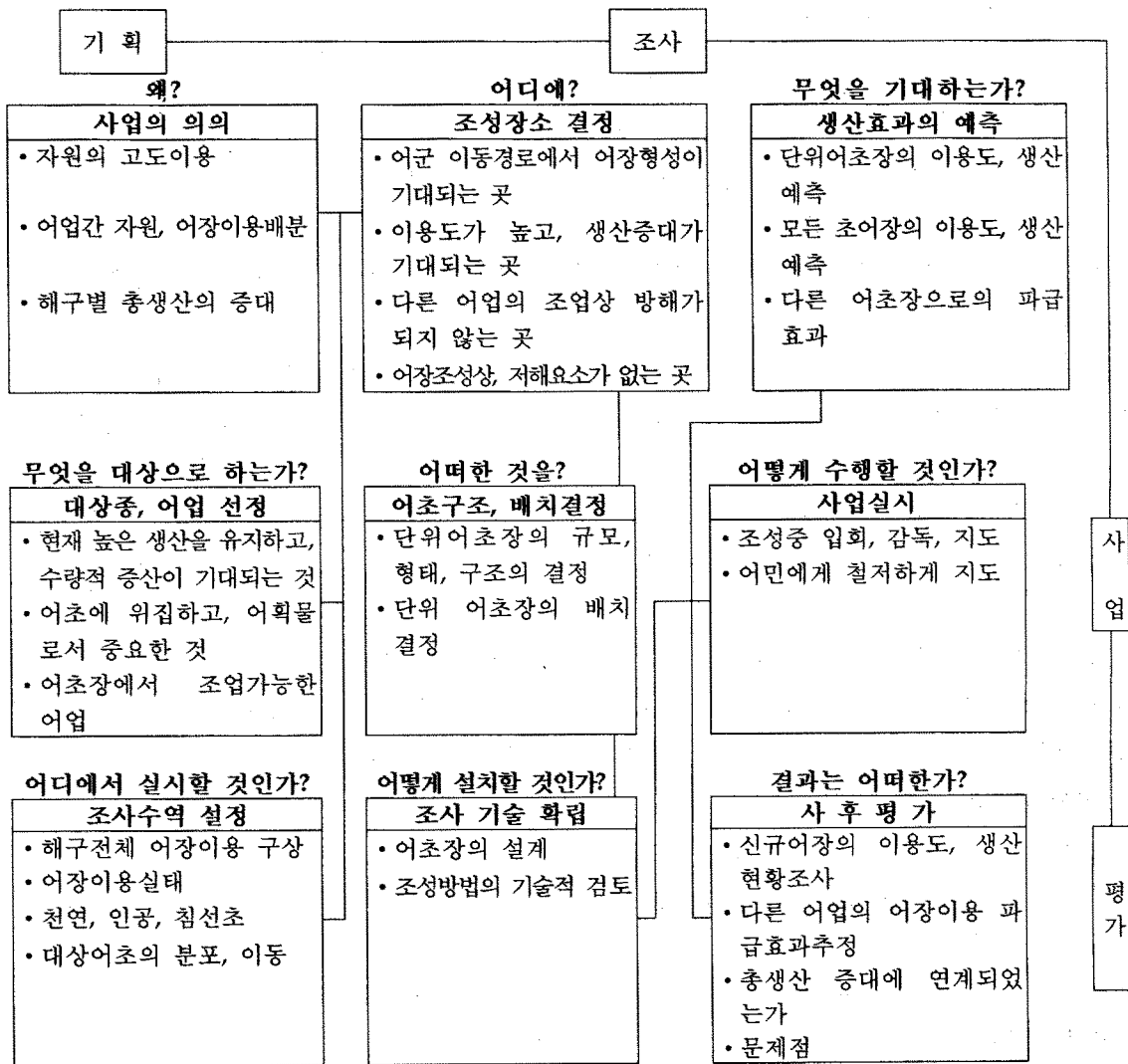
사업주체는 국가와 지방자치단체이며 사용어초는 특허 등 권리권을 가진 모든 어초로서 콘크리트, 강제어초 등 약 100여종이 있다. 어초시설 수심을 200m까지이나 주로 100m 이내에 시설하고 있고, 어초시설사업비 조달은 정부가 50%, 지방정부가 50%이다.

## 2) 일본의 인공어초사업 추진 방법

인공어초사업은 자원조성사업으로서 천연초 어장을 보완·확충하거나 신규로 어장을 조성하는 것으로서 어업생산의 증대 및 안정과 지역어업 진흥을 꾀하는데 목적이 있다.

후쿠오카현의 어장조성사업(동 사업의 주 내용은 인공어초사업임)의 추진사례를 통하여 일본의 인공어초사업의 개관을 보면, 동 사업은 기획, 조사, 사업집행, 평가 등의 4단계를 거쳐 이루어지고 있다(<그림 VII-1> 참조).

기획단계는 대상어업 및 어종의 선정, 조사수역의 설정 등을 명확히 하는 단계로서 어업자원의 고도이용, 어업간의 자원·어장 이용 배분, 어업용과 레저용과의 배분의 적정화에 의한 해역의 총생산 및 사회경제적 이익을 증대시킬 수 있도록 하여야 한다.



**<그림 VII-1> 일본의 인공어초어장 조성사업 추진방법**

자료) 福岡市經濟農林水産局, 魚礁漁場造成の効率化と管理適正化調査報告書, 1988.

조사단계에서는 가장 중요한 것이 조성 장소 즉 인공어초 시설어장의 위치를 결정하는 것으로서 적지조사라 할 수 있다. 이 단계에서는 어군의 이동경로와 함께 어장형성이 기대되는 장소, 이용·생산의 증대가 기대되는 곳, 타 어업의 조업상 저해가 되지 않는 곳을 검토하기 위한 조사가 이뤄져야 한다. 또 어초의 규모, 형상, 재질 등의 적정한 구조 혹은 배치를 검토하고, 집어효과를 높임과 아울러 조업에 적정한 어장조성이 행해지지 않으면 안 된다. 나아가서 생산효과의 예측이 가능해야 한다.

사업집행단계에서는 어업인의 의견을 듣고 현지의 여건을 감안하여 설계하여야 하고, 시설위치 등을 분명히 하여 사업을 실시할 필요가 있다.

평가단계에서는 사업실시후 추적조사를 실시하여야 한다. 즉 조성어장의 이용도, 생산실적 파악, 타 어업의 인공어초어장 이용의 파급효과 등을 종합적으로 평가하고, 그 효과를 다음 어장조성 사업 계획수립에 적용하여야 한다.



### 3) 인공어초사업 효과<sup>26)</sup>

일본 후쿠오카현에서 낚시어업인을 대상으로 실시한 인공어초사업의 효과조사 결과를 요약함으로써 일본의 인공어초사업에 대한 효과를 보고자 한다.

낚시어업인의 어장이용형태를 보면 천연초가 3.2%, 인공어초만 이용이 6.5%, 천연초와 인공어초 모두를 이용하는 경우가 89.8%로서 인공어초 이용이 96.3%로 대단히 인공어초 이용도가 높았다.

낚시어업인의 총어업생산량중 인공어초에서의 어획비중을 보면 20% 미만이 39%, 21~40%가 30.9%, 41~60%가 21.5%, 61~80%가 7.7% 그리고 80% 이상이 0.9%로 나타나 인공어초 의존도가 높았다.

인공어초의 필요성에 대해서는 약 83.5%가 필요하다고 보았고, 불필요하다거나 모른다가 16.5%로서 대부분 그 필요성을 인정하고 있었다. 이러한 결과는 우리 나라의 결과와도 거의 유사하다.

인공어초 설비비용 부담에 대해서 어업인 부담이 없어야 한다는 의견이 35.8%, 일부 부담해야 한다는 의견이 47.1%, 전액부담이 4.6%로 50% 이상이 부담해야 한다는 의견이었다. 전액을 중앙정부와 지방정부가 부담하고 있는 우리 나라의 경우와 비교해 보면 의식전환이 많이 이뤄졌음을 알 수 있다. 그러나 아직도 약 36%는 인공어초 사업이 국가의 사회간접자본 투자사업의 성격을 띄고 있으므로 정부가 부담해야 한다는 입장이다.

인공어초의 역할에 대해서는 48.4%가 어획량 증대를 꼽았고, 어업비용 절감이 9.1%(조업 경비 경감이 5.7%, 조업시간 단축이 3.4%), 어장분쟁 해소 및 특정어종 어획이 각각 9.1%와 11.4%이고 기상이 나빠도 이용할 수 있다는 의견이 12%이었다. 여기서 어업인을 대상으로 하였기 때문에 레저낚시 등 간접효과는 제외된 결과이다.

효과적인 인공어초의 조건으로서는 투하장소가 47.7%로 가장 높아 우리 나라와 마찬가지로 장소를 가장 선호하고 있었다. 다음이 재질이 26.9%, 단위 인공어초의 넓이가 9.8%, 단위 인공어초의 높이가 7.3%, 인공어초어장의 분산이 7.3%이었다.

### 4) 인공어초의 이용관리의 문제와 대책

일본에서도 우리 나라와 마찬가지로 인공어초의 이용·관리면에서 많은 문제점이 노출되어 있다. 즉 어업자간의 경합, 어업자와 유어자와의 경합 및 폐어망 등에 의한 인공어초 기능의 저하가 그것이다(<표 VII-1> 참조).

26) 福岡市經濟農林水産局, 魚礁漁場造成の効率化と管理適正化調査報告書, 1988, pp.48-50.

<표 VII-1> 일본의 어초어장 이용·관리 문제점 및 대책

항 목	현상과 문제점	대책방향
어장의 유지관리 문제	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 시설유지 관리에 있어서는 어초의 설치수심 등의 관계로부터 곤란한 문제 발생</li> <li>2. 어초의 적극적 유지관리가 이뤄지지 않고 있음</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 어초의 현상 파악(관리주체로의 연결 체제 정비)</li> <li>2. 어초의 기능복구(어초의 추가투입 등)</li> <li>3. 어망의 제거</li> </ol>
어업경합·어 장이용 문제	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 다종다양한 어업생산활동에 의하여 이용됨으로서 어업간 어장경합 발생</li> <li>2. 대형 그물어업에 의하여 소형낚시 어업이 압박을 받음</li> <li>3. 어장이용관리는 각종 규정에 의하여 규제되나, 기본적으로 관행적인 지선 주의에 의해 규제되고, 어업조정적 성격이 강함</li> <li>4. 어업권 어장내에서는 어협의 관리 의식이 강하나 그 외 어장에서는 관리의식 희박</li> <li>5. 이용도가 높은 어초어장에 관리적 수단을 시행하기가 용이치 않음</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 해구 전체에 대한 어장조성계획, 어장이용 구상·계획을 수립</li> <li>2. 자원·어장의 유효이용을 위한 어업간의 어장이용 배분</li> <li>3. 다종 어업용 어장조성과 자원배 양적 어장조성</li> <li>4. 어업권의 어장에 있어서 인공어초 관리주체의 명확화</li> </ol>
유어 문제	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 유어인구의 증가에 따라 어업자와 유어자간의 어장이용간 문제 발생</li> <li>2. 레포츠의 증가</li> <li>3. 유어자에 의한 어장오염</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 유어자의 어초어장 이용실태 조사 (유어자수, 유어선업자수, 단채수 등)</li> <li>2. 어장이용 조정의 협의(어업자와 유어 어업자·유어단체와의 협의)</li> <li>3. 유어자용 어장의 조성</li> <li>4. 유어자에 대한 계몽활동</li> </ol>

자료) 福岡市經濟農林水産局, 魚礁漁場造成の効率化と管理適正化調査報告書, 1988, pp64.

어업권어장 밖에 위치한 인공어초 어장의 이용관리상 문제점이 많다. 단지 어업권 어장안에 시설된 인공어초의 경우는 어협의 관리의식이 강하기 때문에 큰 무리가 없다. 그러나 현실적으로 인공어초가 대부분 수심 30m 이심에 시설되어 있어 대부분의 인공어초 어장이 어업권어장 밖에 있으므로 어협의 관리권 밖에 있다고 볼 수 있다.

따라서 일본에서는 이에 대한 대책으로서 인공어초어장마다 관리주체를 명확히 하려고 시·도하고 있고, 어초에 이상이 있을 때 즉시 대처할 수 있는 체제를 정비하고 있고, 어초 기능을 손상시키는 어구·어법의 어장이용을 조정하고 폐어망 등을 제거하려고 노력하고 있다.

구체적으로는 인공어초 어장의 이용관리에 관한 종합적 어장이용계획을 수립하고, 이러한 계획하에 관리내용을 구체화하며, 조업척수, 어선규모, 어구·어법, 조업장소, 조업기간, 특정 어종 어획채장 등을 제한하고 있다.

그리고 이러한 제한 등을 실현시키기 위하여 인공어초 어장 이용관리규정, 어업권 행사규칙, 어업조정위원회 지시, 어업조업규칙에 의한 조정 제도적 장치를 활용하고 있다. 그러나 일본에서는 기본적으로 이러한 제도적 장치에 의한 이용관리 보다는 어장이용실태를 정확히 조사하고, 관련 어업자의 합의를 도출해서 시행하려고 하고 있다.

## 5) 일본의 인공어초 기술동향

### 가) 어초기능과 군집형태

해양생물과 어초의 관계를 위집기구로서 검토하면, 부착생물은 인공어초를 부착기반으로 직접적으로 이용하며, 방어와 넙치는 어초에 모여있는 전갱이 치어를 포식하는 것이 주된 군집요인인데, 먹이를 매개로 하여 간접적으로 이용하고 있다. 또한 솜뱅이와 쥐노래미는 피난장소로서 직접 이용하면서 간접적으로는 먹이장소로서 이용하고 있다.

이처럼 수산생물이 어초에 군집하는 요인은 어종과 성장단계에 따라 변화하기 때문에 유효한 어류생식장을 인공어초로 조성하기 위해서는 우선 대상이 되는 어종이 어초에 군집하는 요인을 명확히 밝히는 것이 중요하다.

따라서 일본에서는 이러한 관계를 이용하여 인공어초를 시설하고 있다. 예를 들어 방어와 넙치는 전갱이 치어를 포식하는 것이 주요한 군집요인이기 때문에 전갱이 치어를 모이게 하는 구조의 어초를 시설하면, 그 전갱이는 플랑크톤을 포식하기 위해 모임으로서 어초효과를 높인다. 또한 돌돔은 부착생물을 포식하며 솜뱅이, 불락, 도루묵 등은 소형어류와 갑각류를 포식하지만, 다른 포식자에 대해서 어초 속에 피난하여 이들을 피하기 때문에 부착생물의 착생과 소형어류의 군집 외에 피난할 수 있는 공간을 제공하는 인공어초를 시설한다.

### 나) 인공어초에 의한 자원증식

인공어초의 자원증식기능은 피난장소의 기능에 의한 생산율의 증대와 산란장소 기능에 의한 성어와 알의 보호가 있다. 생산율 증대를 통한 인공어초 효과를 높이기 위한 연구결과는 어초와 해조가 있는 것이 피포식자의 생산율이 높아지며, 그리고 어초구조와 해조의 형태가 복잡한 쪽이 생산율이 훨씬 많이 높아진다는 것이다. 또한 돌돔과 벵에돔의 경우 어초가 있는 어군의 평균체중이 어초가 없는 어군보다 크다는 결과도 있다.

한편, 인공어초에는 연안자원 증식에 중요한 기능이 있음이 밝혀졌는데, 해조, 패류 등 磯根자원(저서부착자원) 이외에, 참돔, 흑돔, 화살오징어, 대게, 북쪽분홍새우 등의 자원증식을 목적으로 한 증식장 조성이 이루어지고 있으며, 최근에는 재배어업 등에서 생산된 인공종묘의 방류장소로서 인공어초에 의한 보호·육성장 조성(바다목장)의 기술개발이 진행되고 있다.

#### 다) 어초의 구조와 군집성 생물

인공어초의 소재가 어군군집에 미치는 영향에 대해 수조실험을 한 결과, 소재에 따른 변화는 거의 없었다. 그러나 어종에 따라서 어초에 군집하는 요인이 다르므로, 어초의 구조에 따라 군집하는 어종 및 수량도 다르다. 따라서 대상생물과 그 생물의 성장단계, 어초설치의 목적에 따라서 적절한 구조를 선택할 필요가 있다.

#### 라) 어초의 배치와 어군의 분포 및 행동

인공어초 주변의 어군분포는 일정한 경향이 보여진다. 한 덩어리로 설치된 인공어초(이하 단위어초)에서는 어초성이 강한 볼락과 돌돔 등이 어초 바로 옆에 분포하고, 참돔과 광어는 어초 주변에 분포한다. 또한 단위어초가 간격을 두고 배치된 어초군의 어군분포도 각 단위어초를 기점으로 거의 비슷하게 분포하고 있다.

### 6) 인공어초의 배치와 이용사례

#### 가) 인공어초군의 배열사례

일본의 인공어초사업은 사업규모에 따라 명칭이 다르지만, 대규모 사업에서는 50,000~70,000㎡ 규모의 사업이 일반적이다. 이들 단위어초의 배치는 앞에서 소개한 사례 이외에, 佐渡(사도)지방 연안역에서는 70,000㎡의 어획목적의 인공어초가 설치되었다. 이 어초군은 높이 10m정도의 높은 魚礁單體와 한 변이 2m 정도의 소형 魚礁單體로 구성되며, 일정량마다 집단적으로 배치되어 있다. 그리고 해류를 따라 接岸移動하는 고등어와 볼락이 어초군을 따라 이동하면서 주변에 어군이 분포하며 이들을 일본조나 자망으로 어획할 수 있도록 고안된 배치이다. 이와 같은 인공어초 어장에서는 볼락류, 감성돔, 넙치, 옥돔 등이 어획대상으로 되며, 일본조 어선과 자망어선은 위치측정 정밀도가 높은 GPS플로터를 이용하여 1일에 수 개소의 어초를 순회하며 어획하고 있다.

#### 나) 어획 사례

新潟縣(니이가타현) 연안역의 소형선망어선이 1972~1983년까지 인공어초에서 어획한 실적을 보면, 지선어장에 설치되어 있는 인공어초에서 12년간 평균치로 1년간에 1㎡당 2.4kg를 어획하였다. 이들 인공어초는 선망만이 이용하고 있는 것이 아니고, 그 외 일본조어선, 자망어선이 빈번히 조업하고 있기 때문에 인공어초의 생산효과는 이보다 클 것으로 예상된다.

한편, 佐渡島(사도시마)에 있는 어느 어업협동조합 어선의 일일 어획상황을 기록하여 총어획량과 인공어초에서의 어획량을 비교하였다. 총어획량에 대한 인공어초의 어획량은 0.5%에 불과하지만 어류만을 비교하면 5%이며 더욱이 어종별로 보면 중요 어종인 참돔은 29%, 송어는 14%를 차지하고 있다. 이러한 어초어장은 어종에 따라 중요한 어장이 되고 있음을 알 수 있다.

이처럼 인공어초를 이용하여 조성한 어장에서 어획되는 어종은 주로 연안소형어선의 어획 대상이 되는 어초성이 강한 어종이며, 살오징어, 쾡치 등 다획성 부어류에는 반드시 유효한 것만은 아니다. 따라서 인공어초에 의한 어장조성은 대상어종과 대상어법을 명확히 하여 이에 대응한 조성을 실시할 필요가 있다고 생각된다.

## 7) 일본의 강제어초

### 가) 역사

일본에서는 1930년에 콘크리트제 어초가 山口縣(야마구치현)에서 시험채용되었던 것이 본격적 인공어초의 기원으로, 1954년부터는 국가시책으로 사용자재를 콘크리트로 한정하여 인공어초 사업이 실시되었다.

한편, 강제어초는 1960년 시험연구로 島根縣(시마네현)에서 강판제 상자형어초가 설치되었던 것이 효시로 알려져 있고, 일본 국내철강회사에서도 1962년경부터 수산청과 각 도도부현의 지도를 받아 시험사업이 시작되어 개발단계로 들어섰다.

그 후 200해리 문제를 배경으로 1976년에 기르는 어업을 중심으로 한 국가시책인 「제1차 연안어장정비개발사업」이 시작되었는데, 강제어초는 이에 대응하여 본격적인 개발·실용화 단계로 접어들어 오늘날에 이르고 있다.

인공어초에 사용되는 재료는 자연석, 콘크리트, 목재, 철재, 타이어, 플라스틱 등 다양하지만, 강제어초의 재료는 板材, L형鋼, 棒鋼, 鋼管 등이 단독 혹은 복합적으로 사용되어지고 있다. 이하, 鋼製어초의 종류, 특징, 어류군집 효과 등에 대해서 개략적으로 설명한다.

### 나) 강제어초의 종류

강제어초의 기술개발 경위는 강제어초의 종류를 보여주고 있다. 전술한 시험개발기에는 鋼板을 이용한 날개형, 상자형, 각형어초 및 엑스밴드 메탈을 사용한 원통형, 반원원통형, 지붕형 등이 고안되었지만, 실용화된 오늘날에는 대형화 및 부대기능이 부가된 탑형, 철형, 돛형, 상자형 등이 주류를 이루고 있다.

## 다) 강제어초의 특징

강제어초의 소재, 구조, 제작·시공, 효과, 경제적 관점에서 특징을 정리하면 다음과 같다.

- ① 소재강도가 크고 설계제작에 대한 적응성이 넓기 때문에 대형화, 깊은 수심에 대응이 가능하다.
- ② 가공성이 높고 복잡한 구조, 형태, 내부공간, 차영(遮影)면적 등을 자유롭게 설계할 수 있기 때문에 저층어, 중층어, 부어 등 모든 어종에 적절한 서식환경을 만들 수 있다.
- ③ 공장제작, 현지조립·현지제작 모두 대응할 수 있으며, 가공성이 좋고 경량이기 때문에 공기를 단축할 수 있고, 운반과 설치작업도 비교적 간단하다.
- ④ 다른 어초소재와의 복합화도 용이하며, 설치해역에 사용되는 어법, 해역조건에 대한 적응성이 크고, 용승류 발생 및 어망파손방지 등의 기능이 용이하다.
- ⑤ 鋼소재는 여러 종류의 해중생물과의 친화성이 우수하고, 먹이생물인 부착생물이 조기 착생하여 증가 및 재생, 대사(代謝)도 양호하다.
- ⑥ 물속에서 용출되는 철이온은 식물성 플랑크톤 증식에 기여하며, 지속적인 공급은 양호한 식물연쇄 환경을 만들어 어류의 증식기능을 유지 및 조성한다.

## 라) 강제어초의 설계·제작·침설 기술 요강

강제어초회사의 단체인 (사)강제구락부가 강제어장시설위원회를 설치하여 강제초의 설계·제작·침설에 관한 기본기술을 기술매뉴얼로 정리하였다. 아래에서 그 내용을 간단히 요약한다.

### (1) 설계·설계순서

대상해역 및 어종에 최적한 강제어초를 선정하기 위한 고려, 검토할 작업의 기본적 순서는 다음과 같다

- ① 기본계획의 작성→② 설계조건 설정→③ 설치위치와 구조물의 제원 가정→④ 강제어초군의 성능예측→⑤ 강제어초의 안전성 검토→⑥ 주변해역에 대한 영향 확인→⑦ 시공법 검토→⑧ 공비·경제적 효과 검토→⑨ 설치위치·구조물 제원 결정→⑩ 강제어초의 부재강도 검토→⑪ 공비산정

### (2) 설계시 검토할 사항

- ① 설계해역 조건 : 파고, 주기, 해류 유동, 해저토질의 마찰계수, 반력계수, 지지력 등
- ② 강제어초의 요구기능 : 강제어초의 형태, 구조, 기능, 형식, 특수해역에서의 세굴·매설 대책, 침하 대책
- ③ 설계치 : 강제어초 재료, 계수부의 허용 응력도, 단위체적 중량 및 강제 부식량 등
- ④ 안정계산 : 파랑 및 조류에 의해 받는 항력, 질량력(쇄파역 및 비쇄파역별), 전도, 활동에 대한 안정계산

- ⑤ 구조계산 : 중력, 충격력, 유체력, 기반반력, 응력도 등
- ⑥ 재료 : 강제어초의 구성재료(강재, 콘크리트, 석재, 기타)의 사용규격, 품질, 내구성, 환경영향 등
- ⑦ 부식·방식 : 내용년수를 30년, 전기방식, 피복재방식, 도장 등

### (3) 제작 공정

강제어초의 제작순서와 각 공정에서 중요관리 사항은 다음과 같다.

- ① 제작도면·사양서→② 제작요령서·공작도→③ 재료순서→④ 검사→⑤ 가공(굽힘, 절단, 조립)→⑥ 길이(치수)검사→⑦ 용접(용접, 교정, 마무리) 및 검사→⑧ 운반 및 현지조립→⑨ 제품검사

### (4) 침설 공정

한편 강제어초의 침설공정은 다음과 같다,

- ① 선박에 옮김→② 예항→③ 계류정지→④ 침설

## 마) 강제어초의 어장조성 효과

인공어초의 어장조성 효과 판정은 대상어종과 어법 등이 복잡하기 때문에 유효한 효과지표를 얻는다는 것이 매우 어렵다. 어초투입·설치에 대한 반대급부로서 대상해역에서의 어업자원 유지·증대가 필요하지만, 여러 가지 어초시설 효과조사에서는 어구·어법, 기술혁신과 어획과다와 더불어 어초의 군집효과는 알려지고 있는 반면 어획량 증대의 보고결과는 적다. 이것은 강제어초에 대해서도 마찬가지이며, 더욱이 전체 인공어초에서 차지하는 설치비율(추정 8%)이 낮은 점도 고려한다면 유효조사 사례는 아직 적다. 다음은 대표적인 조성효과 사례를 정리한다.

### (1) 조성효과 사례 1

- ① 설치강제어초 : 강판각형강제어초, 5m×5m×5m 정입방체, 125m<sup>3</sup>×4기  
 사용강재(L형 강틀에 두께6~9mm, 폭200~500의 강판을 용접)  
 사용강재의 중량(1기 평균 약7,500kg)
- ② 설치장소 : 靜岡縣(시즈오카현) 網代市근해 400m(網代港 外赤石어장), 수심25m
- ③ 설치방법 : 크레인선에 의한 투입방식
- ④ 설치시기 : 1964년 7월
- ⑤ 효과조사법 : 잠수조사, 어탐조사
- ⑥ 조사결과
  - 설치 2개월후 부어치어의 무수한 군집, 저생생물의 착생확인
  - 설치 6~9개월후 따개비 등의 부착생물이 증식, 부어, 중층어, 저층어의 수량증가, 군

집한 어류의 체장도 커지고, 어초내부공간에서도 채영이 확인됨. 동시에 병행된 어탐에서도 어초의 바로 위에서 농밀도가 수록되었다.

- 설치 20개월후에는 무수한 치어 및 체장 20~40cm의 중형어가 많이(수십 마리~200마리 정도) 관찰되어 어초로서 유효하게 기능하고 있음이 확인되었다.
- 36개월 후의 조사에서는 강제어초의 용접부 파괴부재 결락이 확인되었다(원인추정 - 용접강도 부족, 태풍 등의 과대한 외부의 힘, 어망조업의 영향 등으로 여겨지지만 특정은 곤란함). 강제자체의 부식으로 인한 손상은 없었다.
- 40개월후 파손되지 않은 것이 1기뿐이었다
- 1기만이 남은 강제어초에서도 치어의 무수한 군집 및 중형어의 군집도 확인되었다.
- 68개월 후에는 종래와 같은 군집효과를 유지하고 있는 것으로 나타났다.
- 80~92개월 후에는 부착생물도 많고, 다른 콘크리트어초와 비교하여도 손색이 없었고, 군집효과도 지속되고 있었다.

### (2) 조성효과 사례2

- ① 설치강제어초 : 철봉조립凸형 어초, 1.5m×1.5m×1.5m 정입방체, 1기구성, 3.375m<sup>3</sup> 5unit(4+1, 2단), 설치수량 6기, 강재의 중량 970kg/기사용봉재(φ25, 19 및 16mm 이형봉강)
- ② 설치장소 : 高知縣(코오치현) 安藝郡 田野町 2.7km, 수심28~29m
- ③ 설치시기 : 1972년 6월
- ④ 효과조사법 : 어군탐지기조사(1974년 6월, 낚시어획조사(카부세(かぶせ) 낚시어법, 1997년 6월), 어획량조사(1975년 3월))
- ⑤ 조사결과
  - 어군탐지기 조사결과 어군분포는 강제어초 근방의 중층부터 저층에 걸쳐 확인되었다.
  - 낚시어획조사에서는 체장 14~22cm, 체중 35~150g의 중형사이즈 若年魚가 어획되었다.
  - 어획량조사에서는 1974년 강제어초가 설치된 해상에서 낚시어획량 4.5M/T, 금액 3,130만엔 이었고, 또한 64일간에 동해상에 출어한 연 척수는 443척으로 어초규모에 비해 이용상황이 양호하다고 판단된다. 지역 수협 전체 낚시어업생산량에서 점하는 강제어초 의존도는 15.6%이었다.

### (3) 조성효과 사례3

- ① 설치강제어초 : 강제 탑상 어초, 바닥 10m×10m, 높이 20m, 중량 22,400kg, 설치수량 14기(400m 간격)
- ② 설치장소 : 愛媛(에히메)縣 南宇和지구, 수심 90m
- ③ 설치시기 : 1988년
- ④ 효과조사법 : 수중 TV관찰, 시험조업
- ⑤ 조사결과



- 설치된 강제어초구역에서의 3중 저자망 어획량을 통계 처리한 결과, 동해역에 설치된 콘크리트어초구역 및 FRP형 어초구역보다 어획량이 많다고 판단되었고, 또한 설치된 강제어초는 세굴, 매몰이 없어 건전하다고 판단되지만, 부착생물은 비교적 적음이 확인되었다.

## 8) 금후의 방향

### 가) 연안어장정비

인공어초 어장을 이용하여 어업을 하는 어선은 비교적 고가격 어종이나 선도를 유지하여 부가가치를 높일 수 있는 어종을 대상으로 하며, 일본조, 연승, 자망 등 적은 선원에 의해 조업할 수 있는 연안소형어선과 드물게는 소형선망 등이 조업하고 있다. 그 때문에 어획량은 많지 않으며, 그 수역에서의 어획총량 좌우할 정도의 어획량은 아니다. 그러나 소형어선은 정밀한 GPS플로터를 이용하여 조업하며, 인공어초어장은 연안소형어선에 있어서 필요하다고 여겨지는 지역이 많고, 이들 연안어업의 조업안전과 어획안정에 큰 역할을 하고 있다.

어장조성기술은 일정한 수준에 이르고 있고, 지역에 대한 사회적 환경과 수역의 물리화학적 환경을 조사하여 적절한 사업목적과 대상어종을 선정한다면 그 나름대로 효과를 기대할 수 있다. 그러나 대상어종 대부분이 다확성 어종이 아닌 양적으로 적은 고급어이며, 어업생산의 양적 수단이 되지 않는 경우가 많기 때문에, 지역의 총생산량 증대를 목적으로 하기보다는 연안소형어선을 대상으로 한 어업진흥수단으로 고려하여야 할 것이다. 따라서 사업을 전개함에 있어서 지역환경, 수역환경을 조사하여 적절한 검토를 실시해야 한다. 또한 기술확립, 기술발전을 위해서는 대상어종과 대상생육단계에서 어초에 대한 분포와 행동생태를 측정하며, ①어초에 군집하는 요인을 분석하고, ②군집한 생물간에 형성되는 상호관계 등을 규명하며, ③어초의 자원포용량을 분석하는 등 많은 연구과제가 있다.

### 나) 증식장 조성

전복, 다시다, 성게, 해삼 등 저서부착자원을 대상으로 실시되어 온 증식장 조성사업은, 참돔, 화살오징어 등 유영성을 가진 어종으로 확대되고 있다. 어장조성에 따른 어획의 안정 및 증대도 중요하지만, 최근에는 자원감소가 큰 어종에 대한 자원증대가 보다 중요하며, 사업량은 매년 증식장 조성 쪽으로 옮겨지고 있다. 그러나 유영성 어종의 자원증대 효과를 파악하는 것은 상당히 곤란하며, 아직 이들 어종에 대한 증식효과는 충분히 파악되지 않고 있다.

자원증식을 위한 장소 만들기는 산란촉진(산란장 조성), 자원보호(피난장·휴식장 조성), 육성(먹이장소 조성)의 3가지 요인으로 나눌 수 있다. 대상자원에 필요한 요인을 갖춘 구조물을 개발하여 적절한 장소에 설치한다면, 자원증식에 커다란 역할을 할 수 있을 것이다. 또

한 과거의 사업은 저서부착자원을 대상으로 연구·개발되어 왔기 때문에 어류 등에 대해서는 아직 기술이 부족하다. 그러나 자원감소의 경향이 큰 상황에서 자원증대가 수산업 발전에 있어서 가장 중요한 요소이기 때문에 증식장 조성기술을 확립시킬 필요가 있다. 또한 연안자원의 증식은 수산업뿐만 아니고 환경문제로 고려할 때도 매우 중요한 것이기 때문에, 국내적 및 국제적 대책을 시급히 강구하여야 한다. 더불어 이를 위해서는 어초설치뿐만 아니고 어획을 조정하는 등의 소프트와 하드를 종합적으로 고려한 대책이 중요하다. 증식장 조성과 관련한 연구과제로서는 대상어종의 생태적 특성 해명, 번식기구 해명은 물론, 이를 위한 어초의 역할을 명확히 찾는 것이 중요하다. 또한 단일어종뿐만 아니고 천해역의 생태계의 자원증식 기술개발도 중요하다. 예를 들면 연안 암초역(인공어초역)의 생태계 해명 등도 그것을 위한 중요한 테마가 될 것이다.

## 나. 캐나다

### 1) 인공어초사업 실태

캐나다에서는 비영리 단체인 인공어초협회(The Artificial Reefs Society)에 의하여 인공어초 사업이 진행되고 있다. 인공어초사업의 목적이 우리 나라나 일본처럼 자원증대를 통한 상업적 어업수익 증대가 아니라 주로 레크리에이션을 위한 것이다.

이러한 인공어초사업을 주관하고 있는 협회중 하나인 브리티쉬 콜럼비아 인공어초 협회의 설립목적은 비영리단체로서 교육프로그램과 인공어초 사업을 통하여 스포츠 다이빙을 활성화하기 위한 것으로 되어 있다. 즉, 인공어초 사업의 목적이 연안 자원증대에 있는 것이 아니고 스포츠다이빙을 활성화시켜 지역 사회의 경제를 활성화시키는 데 있다.

동 협회에서는 인공어초사업의 경제적 효과를 연간 1,000,000\$(캐나다 달러)로 추정하고 있고, 그 외 생태 관광에 관련된 부대 산업의 활성화 효과도 기대되는 것으로 평가하고 있다.

동 협회는 1986년에 조직하여 1997년까지 강선어초 5개를 설치한 바 있으며,<sup>27)</sup> 그 외 대외적인 활동으로는 Caribbeango, 인도양, 미국 캘리포니아 연안에서의 인공어초 사업에 참여한 바 있다. 지원은 국방부, 수산, 관광, 환경, 해양경찰 관련 중앙 및 지방정부와 관광 및 레저, 스쿠버다이빙 관련 단체 등이다.

예를 들어 지금까지 침설한 4척의 침선어초는 국방부로부터 4척의 선박을 지원 받았고, 기타 재정지원 기관으로는 중앙부처, Human Resources Development, Western Economic Diversification, British Columbia 지방정부, 스쿠버협회, 개인투자가 등이 있다. 2000년 HMAS Swan Project에는 약 800,000\$의 예산이 책정되어 있고 이러한 기관으로부터 투자될 예정이다.

27) G. B. Church(1991년 8월 10일), HMCS Chaudiere(1992년 12월 5일), HMCS Mackenzie(1995년 9월 15일), HMCS Columbia(1996년 6월 22일), HMCS Saskatchewan(1997년 6월 14일)

## 2) 침선어초 실태조사

본 연구기간중 캐나다에서 최근에 설치하였거나 설치계획 중에 있는 신형 강선어초(군함)에 대하여 현지 수중다이빙 조사결과를 요약함으로써 향후 우리 나라 인공어초사업의 방향 설정에 기초자료로 활용토록 하고자 한다.

### 가) 침선실태

본 조사대상 강선어초는 캐나다 해군 소속 호송구축함인 HMCS Saskatchewan로서 크기는 110m이다. 설치는 1997년 Nanaimo의 다이빙 협회에서 NASDS(National Association of Scuba Diving School)의 후원 하에 Snake Island 연안에서 대대적인 행사와 함께 설치하였다. 본 인공어초는 수중 관광을 위한 인공어초로서 안정성을 고려한 기름 제거 및 출입구 제작 등 사전 처리는 Artificial Reef Society of British Columbia(BC인공어초협회)에서 수행하였다.

동 어초는 Snake Island에서 약 100m 떨어진 수심 40m 바닥에 설치되어 가장 높은 곳인 마스터의 깊이는 12m이었다. 현재 이 포인트에는 6개의 표식 브이와 함께 어초에 연결된 로우프가 다이빙 포인트의 표식 및 안전 로우프 역할을 해 주고 있다.

관광객으로는 연간 약 25,000명의 다이버가 이 강선 어초를 위하여 이곳을 방문하여 수중 관광 포인트로서의 역할을 충분히 하고 있었다. 다이빙 장소는 Nanaimo에서 소형 보우트로 약 30분 거리에 있는 Dodds Narrows이었다.

### 나) 위치 및 다이빙 여건

Nanaimo 연안 부두에서 보트로 약 10분 거리의 Snake Island 연안의 인공어초 주변 환경은 바닥 수심이 40m이며 잔 자갈이 깔린 조류 소통이 원활한 곳으로 어초 설치 후 다양한 생물상을 조성하려는 점을 고려한 위치이었다. 조사 당시 수온은 8℃로 차가운 편이었고, 투명도는 수심에 따라 차이가 있었는데 표층에서 약 7~8m 수층까지는 투명도가 매우 낮아 약 1m전후에 불과하였으나 그 이하 수심에서는 점차 좋아져 마스터가 있었던 수심 9m 수층에서는 약 4~5m의 시야가 확보되었다. 그러나 전반적으로는 부유물이 많고 물색이 초록색을 띠고 있는 등 다이빙을 위한 조류나 투명도 면에선 그다지 양호한 여건이라 할 수 없었다.

### 다) 환경 및 수중생태

조석 간만에 따라 조류가 강하게 흐르는 곳으로서 정조시에 다이빙을 실시하였다. 투명도는 부유물이 많아 그다지 좋지 않은 편으로 수중에서의 시야는 약 2~4m 정도였다. 대형

갈조류가 많은 연안에서 수심 15m정도의 직벽 사이에 어초 설치해역은 한대성 해양생물이 살고 있는 곳으로서 게, 성게, 불가사리류, 한대성 대형 말미잘, 우럭조개류 등의 무척추 동물과 볼락류, 쥐노래미류, 꺾정이류 등의 어종이 비교적 풍부하게 서식하고 있는 곳이었다.

캐나다(British Columbia주)에서는 이번 조사 대상이 되었던 군함 어초 외에도 밴쿠버섬 남부에 위치한 Sydney area에 1995년 설치한 HMCS MacKenzie을 비롯하여 HMCS Chaudiere, HMCS Columbia 등과 난파선 포인트(Del Note, Alpha 등)가 있다. 이러한 군함, 난파선 다이빙 포인트 중에는 캐나다에서 보호해야할 유산 중의 하나로 지정하여 보호하고 있는 곳도 있을 정도로 그 활용도는 물론 '수중 유산'으로서의 가치를 인정하고 있다.

가장 가까운 장래에 설치 계획 중인 어초는 2000년 9월 30일 Nanaimo 연안에 설치될 'HMCS Cape Breton'이다. 이 설치에 총비용은 500,000 C\$ (약 4억원)이 들 것으로 예상하고 있는데, 이 선박의 설치를 위하여 현재 Artificial Reef Society of British Columbia에서 사전 처리 등 준비 작업을 실시하고 있다. 현지 다이빙 협회는 이 축제 행사를 위하여 행사 참여 다이버를 모집하는 등 대대적인 이벤트 사업으로 진행중에 있다

현재 알려져 있는 세계적인 난파선 다이빙 포인트로서는 2차 세계대전 당시 일본남태평양 함대 사령부가 위치하였던 마이크로네시아 축주(CHUUK)이며, 그곳에는 연중 수중 사진작가를 비롯하여 많은 수중다이버들이 찾아가는 곳이기도 하다. 최근에는 영화화하여 유명해진 'Titanic호'의 수중 관광 사업을 비롯하여 호주 서부 연안의 군함어초 다이빙 포인트 등 난파선이든 인공어초 등 수중선박 관광에 대한 많은 관심이 일고 있다.

캐나다의 현지 경제적, 연안 관광 여건 등 우리 나라와 차이가 있는 것은 사실이다. 그러나 물이 차갑고 투명도가 낮은 점 등 불리한 수중 관광 여건에도 불구하고 수명이 다 된 군함을 연안 해저에 설치하여 수중 관광용 인공어초로서의 역할을 십분 활용하고 있는 점은 괄목할만 하였다. 특히 인구 85,000여명 정도의 작은 Nanaimo란 도시에 이 어초를 보기 위하여 연간 25,000명의 다이버가 방문한다는 것은 어초의 역할이 꼭 수산자원 증대뿐만 아니라 형태나 소재에 따라서 다양한 기능을 가질 수 있음을 시사하고 있다.

또 어초 설치 적지를 정함에 있어 ① 바닥 경사, ② 수심, ③ 저질(빨은 피하여야 함), ④ 조류의 세기(조류가 너무 없는 곳은 생물상이 빈약하기 때문) 등 환경 조건에 따른 생물상의 다양성 정도를 고려한 점은 군함을 어초로 설치 후의 관광용 어초의 기능을 고려한 적절한 고려 항목이라 생각되었다.

이러한 캐나다의 강선 어초 사업의 실례는 수중 시야가 좋음에도 불구하고 수온 환경 등 환경 조건으로 인하여 자연 암초나 인공어초에 수산 생물의 양이 제한적인 우리 나라 동해안의 어초를 고려할 때 캐나다의 군함 등 강선을 이용한 어초사업은 배울 점이 있다고 판단되었다.

## 다. 미국<sup>28)</sup>

### 1) 인공어초사업의 역사 및 실적

미국의 인공어초사업은 약 100여년의 역사를 가지고 있다. 1900~1940년까지의 인공어초사업의 역사를 보면, 1916년에 Great South Bay의 낚시어선협회에서 낚시인들을 위하여 가까운 섬 주위에 인공어초를 시설한 것이 최초의 기록이다. 당시 인공어초는 버터통에 직경 10cm, 길이 60~90cm의 통나무를 꽂고, 시멘트를 채워 움직이지 않도록 한 것이다. 이러한 인공어초는 약 30년 가량 생산성이 있는 것으로 파악되었고, 인공어초를 시설하게 된 배경은 어선의 성능과 조업장비가 열악하여 먼바다까지 나가지 못하여 생산성을 높이기 위한 수단으로 활용하기 위한 것이었다.

이처럼 일부 연안과 담수에서 인공어초가 시설되기는 하였으나 연안에 의존하는 어업비중이 낮고 어장이 넓기 때문에 큰 관심을 가지지는 않았으나, 인공어초의 생산성에 대해서는 상당히 긍정적이었고 그 필요성을 높이 평가하고 있었다.

따라서 1940년대는 거의 전무하던 인공어초사업이 1950년대 들어서부터 연안역을 대상으로 실시되기 시작했다. 1953년도의 실적을 보면 Beer Case Reef가 약 14,000개 시설되었고, 수심 20m 이심에도 시설되어 점차 깊은 바다까지 시설하기 시작했다. 이렇게 깊은 수심에서는 침선과 수 톤의 다른 재료들을 이용하여 시설하였다. 이렇게 시설된 인공어초 어장은 낚시꾼들에게 인기가 높아 철도회사에서는 1일 낚시관광 상품을 내놓을 정도였다.

한편 대상어종을 목적으로 한 인공어초시설은 1954년 Alabama주에서 처음으로 시작되었고, 재질은 자동차로서 250개의 자동차 어초를 멕시코만에 시설한 바가 있다. 대상어종은 Grouper(바리류)와 Snapper(금색돔) 등이었다. 그 밖에 텍사스주에서도 스포츠 피싱을 위한 인공어초를 시설한 바 있다.

1950년대 중반부터 1960년대까지는 수많은 어업클럽에서 스포츠 피싱을 위하여 소형어초사업을 시작하였다. 이제까지는 주로 인공어초시설을 민간인 중심으로 수행하여 왔으나 당시부터는 연방정부와 각 주정부가 많은 관심을 기울이기 시작했다. 당시의 관심의 대상은 어떻게 하면 인공어초의 시설효과를 증대시키느냐 이었고, 1970년대부터 바다에서뿐만 아니라 담수에서도 활발히 진행되어 45개 주에서 동 사업을 시행하였고, 그중 28개 주에서는 담수에서도 시행하였다.

1980~1990년대 사이에는 많은 수량의 인공어초가 미국 전역에 걸쳐 시설되었으며, 1984년 미국어업진흥법이 연방회의를 통과함으로써 비로소 인공어초사업을 촉진하기 위한 연방수준에서의 법규가 마련되었다. 1985년에는 미국 어업진흥법에 의해 상무성 어업해양국에서 인공어초 시설사업에 관한 연방지침이 작성되었고, 1987년에는 독립된 연방정부의 기금으로

28) 미국의 인공어초사업 현황은 다음 문헌을 참고로 정리하였음.

김창길, 미국, 일본의 인공어초 현황, 국립수산진흥원 공무국외여행보고서, 2000. 7.

서 유어대상종 회복기금을 발족시켰다. 1987년도에는 총 140만 달러(연방정부 75%, 주정부 25%)를 각 주에 배분하여 실시하였다.

사업시행은 미 육군공병대의 허가를 받아 해양 및 연안역에 시설하였는데, 1990년까지 600개소 가량이 시설되었다.

각 주의 인공어초 시설사업의 실적을 보면, 플로리다주가 1990년까지 약 121개소, 노스 캐롤리나주가 66개소, 캘리포니아주가 39개소, 워싱턴주가 30개소, 사우스 캐롤리나주가 22개소, 매리랜드주가 21개소, 하와이주가 4개소 그리고 5대호 지역에서 11개소이다.

하천, 강, 호수 등 담수에서의 인공어초 사업실적은 1984년까지 52개 주중 32개 주가 연방정부로부터 자금을 받아 44,643개를 시설하였다. 이들 담수 인공어초의 70% 정도는 호수나 저수지, 그리고 나머지 30% 정도는 강에 시설되었다. 1990년대까지 바다와 인접한 23개 주중 16개 주가 인공어초를 시설하였다.

인공어초의 형태를 보면, 콘크리트 어초 등 침설어초가 85%로 가장 많고, 표·중층 부어초가 15% 가량이다.

미국의 인공어초사업의 특징은 인공어초 등 서식장의 시공기술이 매우 정교한 우리나라 일본과는 달리 그다지 정교하지 못하고, 상대적으로 비용이 적게 드는 천연 혹은 산업부산물을 인공어초 재료로 활용하고 있다는 것이다.

또한 사업시행이 중앙정부가 아닌 지방정부나 민간단체에서 주도하였다는 것이다. 물론 수산생물 서식장 조성에 대한 정부의 관심이 높기는 하나 여전히 민간주도가 원칙이다.

## 2) 플로리다주의 사례

플로리다주의 인공어초사업 목적은 크게 네 가지이다. 첫째는 레저 및 스쿠버 다이빙을 위하여 인공어초를 시설하는 것이다. 플로리다 동남부 지역에서는 2차 대전중에 침몰된 선박보다 많은 선박이 인공어초로 투하되었다는 설도 있을 정도이고 대부분 레저용이었다.

둘째는 어업관리 장치로서 활용하는 것이다. 어업의 가치가 적은 해역에 인공어초 어장을 조성함으로써 어획사망률을 낮추고 포식어의 피해로부터 보호하여 자원을 증식시키는 것이다. 이렇게 증식된 자원은 자연스럽게 어업용으로도 활용될 것이나 어획사망으로 인한 남획을 방지할 수 있다는 것이다.

셋째는 자연초의 이용강도를 줄이고, 인위적인 생태계 파괴에 따른 대체어장을 개발하는데 활용된다는 것이다.

넷째는 어종별 성장단계에 따라 적합한 서식장을 조성해 줌으로서 어류의 성장을 돕고 자원을 보전하는 것이다.

이상의 목적으로 플로리다에서는 어느 주에 못지 않게 인공어초사업을 가장 활발히 수행하고 있다. 사업 추진체제를 보면 주정부가 사업의 모든 자금, 허가, 시공, 모니터링 및 연구 사업을 주관하나 동 사업을 수행하기 전에 지방정부, 스포츠 클럽, 관련 이익단체들과 충분한 협의를 거쳐 결정하게 된다.

사업실적을 보면 1918년 최초로 인공어초사업의 허가를 받아 1920년에 사업을 시행한 이래 1970년 이전까지는 거의 전무하였다. 그러다 1970년에 들어서 18개소를 시설하고, 1980년에는 92개소, 1986년에는 117개소로 증가하여 1999년 현재는 약 1,500여개소를 시설하였다.

인공어초의 재료는 그리 중요하지 않았고, 목적 적합성, 환경에 미치는 영향 그리고 경제적 측면에서 검토하여 선정하고 있었다. 즉 인공어초 재료는 군대에서 사용한 폐장비, 콘크리트 블록, 선박, 일정 크기의 석회석 등 매우 다양하였고, 구조도 단일재료에 의한 단순구조가 아닌 다양한 재료를 복합적으로 활용한 다양한 구조를 가지고 있었다. 최근에는 조립식 형태가 많이 사용되고 있었다.

재원을 보면 1986년 이전에는 주의 일반세입자금으로 지원하였으나, 1989년에 해면어업 허가판매에 의한 세수로 대체하였고, 1990~1991년에는 인공어초 연구비로도 상당수 할애되었다. 1992~1996년까지 4년 동안에는 어업허가가세와 연방지원자금으로 약 90만 달러가 조성되는 등 과거 20여년 동안 약 1,000만 달러가 투자되었다.

## 라. 비교분석

일본, 미국, 캐나다와 우리 나라의 인공어초 사업을 비교함으로써 향후 우리 나라 인공어초 사업의 개선방향을 찾고자 한다.

먼저 우리 나라의 인공어초 사업의 목적은 연근해 수산자원의 보호육성으로 대단히 막연하다. 즉 어로용이라든가 레저용으로 구분돼 있지 않고, 대상어종의 성장단계에 따른 구분도 되어 있지 않다. 반면에 미국과 캐나다는 레저용과 어로용이 구분돼 있고, 대부분은 레저용으로 사용되고 있었으며, 레저를 목적으로 한 인공어초는 다시 대상 자원에 따라 성격이 달리 규정되고 있었다. 일본의 경우에도 초창기는 우리 나라와 같이 막연하게 자원조성이라는 목표를 두고 본 사업이 시행되었으나 최근에는 그 목적을 분명히 하고 사업이 실시되고 있었다. 즉 치어보호장, 산란장, 육성장 등으로 인공어초 어장의 목적을 분명히 하고 그에 맞는 어초를 개발하여 시설하고 있었다.

둘째는 인공어초의 구조, 재질의 선택문제이다. 우리 나라는 콘크리트 사각형어초가 대부분을 차지하고 전 연안에 투입되고 있다. 그리고 어초의 재질을 어느 것으로 할 것인가와 구조를 어떻게 하는 것이 효과를 높일 수 있는가에 대해 관심이 많다. 그러나 재질의 선택 기준은 ① 환경에 영향을 미치는 정도, ② 인공어초 설치목적에 부합되는 구조에 맞는지 여부 및 ③ 경제적으로 가장 비용이 적게 드는 재료인가이다. 즉 재료자체가 문제가 아니고 어떤 목적의 구조를 갖춘 인공어초냐에 따라 달라진다는 것이다. 구조면에서도 우리 나라는 사각형이니, 잠보형이니 원통형이니 일률적인 형태의 인공어초만을 생산하여 투하하였다. 그러나 이는 전술한 인공어초의 목적이 무엇인가를 명확히 한다면 그 구조 또한 다양한 형태가 될 수밖에 없다는 것이다. 일본이나 서구 모두 재료와 구조에 대해서는 아주 다양화되어 가고 있었고, 목적 중심의 인공어초사업이 이뤄지고 있었다.

셋째는 사업주체 및 재원의 문제다. 우리 나라는 사업주체가 시·도로 되어 있으나 실질적으로는 중앙정부인 해양수산부에 의존하는 바가 크다. 인공어초는 회유성 어종의 방류와는 달리 어장을 조성하는 사업이기 때문에 그 수혜자가 상당히 분명해진다. 그런 면에서 그 사업의 주체는 당연히 해당 수역을 관리하는 시·도가 되어야 할 것이다. 일본의 경우는 각 현에서 주관이 되어 실시하고 있고, 정부에서는 자금만 지원하고 있다. 일본은 자금의 50%만 정부에서 부담하고 있고, 미국이나 캐나다는 그 보다 훨씬 적은 규모만을 중앙정부가 지원하고 나머지는 지방정부가 주도적으로 기금을 조성하여 실시하고 있다.

우리 나라의 경우는 중앙정부가 기본계획을 수립하고 시설투자액의 대부분을 조달하고 있다. 그러나 선진국의 경우는 지방정부가 실질적인 사업주체가 되고, 투자예산도 지방정부가 주축이 되어 어업인, 낚시인, 어업 및 레저 관련단체 등으로 하여금 출연케 한다. 이는 동사업으로 인하여 실질적인 이익을 얻는 자가 비용을 부담한다는 수익자 부담 원칙에 입각한 것이다. 우리 나라도 가능한 지방정부의 주도하에 투자비용을 수익자가 부담하는 형태로 바꾸는 것이 바람직리라고 본다.

넷째는 다른 관련사업과의 연계성 문제이다. 인공어초사업과 가장 긴밀한 관련이 있는 사업이 종묘방류와 바다목장사업이다. 일본의 경우에는 이미 종묘방류는 인공어초사업과 연계하여 실시하고 있고, 바다목장은 당연히 종묘방류와 인공어초가 핵심기술이기 때문에 태생부터 밀접한 관련을 맺고 있다. 서구에서는 우리 나라나 일본처럼 적극적인 자원조성사업이 실시되지 않고 있기 때문에 비교가 불가능하나 동질성을 가진 사업을 연계시키는 것은 사업의 효과를 증대시키는 좋은 방안이 될 것이다.

마지막으로 모니터링을 위하여 서구에서는 국가 연구소, 대학, 관련단체, 민간단체 유어자 등이 협조하고 있고, 일본의 경우에도 어협을 중심으로 공동체적 관리가 잘 이뤄지고 있다. 따라서 인공어초의 기능을 저하시키는 행위를 사전에 방지하는 감시 기능뿐만 아니라 인공어초가 소기의 목적을 달성하고 있는지를 조사하고 분석하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 그리고 이러한 모니터링 및 인공어초에 대한 연구개발 투자가 상당히 이뤄지고 있는 반면 우리 나라는 이에 대한 투자가 대단히 미흡한 실정이다.

## 4. 종합개선방안

### 가. 사업추진체계

#### 1) 인공어초사업의 평가체제 구축

계획수립에서부터 집행에 이르기까지 관련 전문가로 구성된 평가팀으로 하여금 사전 및 사후평가를 실시토록 하고 이를 차년도 정책에 반영토록 하는 것이 바람직할 것 같다. 즉



정책평가의 일반화를 위한 평가방법 및 기준이 설정과 복수의 방법에 의한 평가체계를 구축할 필요가 있다.

또한 인공어초 계획수립 및 예산편성과정에 시·도 담당공무원의 know-how 및 현장의 의견이 제대로 반영될 수 있는 체제로의 개편이 요청된다. 이러한 체제개편을 통하여 담당자들의 창의성을 유도할 필요가 있다.

## 2) 사후관리

인공어초사업에 대한 전문인력 양성 및 해외훈련을 강화하고, 시·도 자체적인 사후평가나 사후관리 수행을 위한 예산 또는 인력 지원이 필요하며, 이를 위해 시·도행정 전체에서 우선 순위를 배정받을 수 있도록 제도적 장치가 마련되어야 한다.

투하된 인공어초의 효과를 극대화하기 위하여 투하된 어초군뿐만 아니라 어초시설해역에 대해서 대형 표식물을 설치하고 그 해역을 정기적으로 점검하도록 하는 이용관리 및 사후관리가 필요할 것이다. 특히 표식물에는 시설연도와 어초의 제작 및 시설에 참여한 건설업체명 등을 기록하여 어초 제작이나 시설상 문제가 발생시 책임을 질 수 있도록 하고 향후 사업자 선정에서 배제하는 방안도 검토할 필요가 있다.

또한 시설된 어초가 퇴적물이 쌓여 기능을 상실하는 경우가 있기 때문에 어초의 이력서를 만들고 기능을 상실한 어초 해역은 재투자하여 어장으로서의 가치를 높일 필요가 있다.

금번 조사과정에서 확인된 사실이나 기존의 사후관리 조사 및 언론에 보도된 바에 의하면 인공어초에 폐어망 등이 쌓여 어초의 기능을 상실시키는 경우가 있었다. 한 조사자료에 의하면 폐어망 등을 잠수부를 이용하여 수거할 경우 약 16ha 규모의 어초군당 약 708만원 정도가 소요되는 것으로 나타났다. 이를 사각어초 기준 어초당으로 환산하면 약 7만원, 면적당으로 환산하면 약 45만원이었다.<sup>29)</sup>

만일 1999년까지 투하한 모든 인공어초에 대하여 잠수부를 이용하여 완벽한 수중관찰 및 폐어망 등을 수거한다고 가정하면 약 640억원이 소요되어 1년 인공어초 시설비보다 더 소요될 수도 있다. 따라서 이미 폐어망 등으로 오염된 인공어초어장의 폐어망을 수거하는 것은 대단히 비경제적이라 할 수 있다. 그러므로 사후 수거보다는 사전에 예방하는 것이 보다 더 현실적이고 경제적일 것이다.

29) 55개 어초군에 대한 폐어망 등의 수거비 산출내역(한국해양연구소, '99 인공어초 시설사업 효과조사 연구, 1999, p147). 사각형어초 5,424개, 면적 868ha, 어초군 55개에 쌓인 약 6톤의 폐기물 처리비 산출내역은 다음과 같음.

① 잠수 인건비(출장비 포함)	: 15,000원/팀/일×4팀×55개 어초군 = 330,000천원
② 공기탱크 사용료	: 20개/일×10,000원/개×55일 = 1,100천원
③ 선박임차료(탐색 및 실패기간 포함)	: 400,000원/척×70일 = 28,000천원
④ 정보처리 및 경상경비	: 200,000원/일×70일 = 14,000천원
⑤ 수중비디오 임차료	: 300,000원/일×55일 = 16,500천원
⑥ 합계	: = 389,600천원

사전예방을 피하고 인공어초의 효과를 높이는 방안으로 동 어장의 이용가능 대상자인 인근의 어업인들에게 인공어초 어장의 위치 등에 관한 정보를 충분히 알리고 어망 등의 투기를 하지 않도록 홍보할 필요가 있다. 전술한 어초해역 및 어초군에 대한 표식은 어업인들에게 인공어초 어장을 인식시키는 좋은 방안이 될 수 있을 것이다. 더불어 인공어초어장의 위치 등의 정보는 D/B화하여 관리하는 것이 효율적일 것이다.

마지막으로 인공어초사업의 성과를 향상시키기 위해 시·도별 사후관리체제에서 전국적인 통합관리체제로의 시스템 전환이 이루어져야 한다. 전국을 대상으로 하는 인공어초통합관리를 위한 인공어초통합관리재단(가칭) 설립을 상정할 수 있다.

## 나. 제작 및 시설

### 1) 인공어초 제작체제 개편

인공어초제작을 건설공사 취급에서 공산품 취급으로 전환할 수 있는 방안을 검토할 필요가 있으며, 지역이나 자연적인 조건의 차이에 따라 공사시기를 다르게 규정하여 사업실시의 효율성을 향상시켜야 한다.

성실업체 선정을 위해 입찰업체 요건을 강화해야 하며, 많은 업체를 종합적으로 관리할 수 있는 D/B를 구축하여야 할 것이며, 성실시공을 위해 인센티브제도를 적극적으로 활용하여야 한다.

### 2) 인공어초 규모와 배치

어초 침하방지를 위해 투하 적지조사시 저질상태를 정밀조사하고, 연약지반용 어초를 개발(강제 또는 신소재를 이용한 다양한 모델 개발)할 필요가 있다. 즉 어초유형에 따른 단위 어초어장의 높이와 단위어초 규모를 조정하고 다양한 어초유형을 복합적으로 배치할 필요가 있다.

### 3) 인공어초시설

GPS 측량을 통해서 시설위치를 측정하고, 바지 및 준설선 이용한 투하시설 방법을 개선하고, 인공어초의 시설분산을 피할 필요가 있다. 특히 인공어초시설시 고려하여야 할 요소를 나열해 보면 다음과 같다.

- ① 대상 해역의 특성(백화 현상을 포함)
- ② 대상 주 어종 선정
- ③ 어초의 형태 및 타입

- ④ 저질의 안정성
- ⑤ 저질의 특성과 주 대상 어종의 생리, 생태
- ⑥ 어초의 재질에 따른 효과 차이
- ⑦ 어초의 경제성 등을 들 수 있다.

또한 사업 대상 해역의 환경 및 생물학적 특성을 고려하여 어초의 설치 목적을 정하고, 그 목적과 대상어종에 맞는 어초의 재질을 포함한 형태, 투하 및 배치 방법이 선정되어야 하겠다. 그렇게 설치된 어초어장의 수중생태가 예상했던 대로 조성되어 가는지를 잘 정립된 어초 효과조사 방법에 따라 장기 모니터링 함으로써 차후의 유사한 사업에서 점차 시행오차를 줄여 가는 것이 어초사업의 효율을 극대화하는데 가장 바람직하다고 생각된다.

아무튼 복잡한 환경 조건을 갖고 있는 우리 나라 연안에서의 효율적인 어초사업 추진을 위해서는 다양한 어초 어장을 대상으로 좀더 폭넓고 장기적인 조사에 의한 자료 축적이 우선 되어야 하겠다.

## 다. 자원조성

### 1) 적지판정

어초의 유실 및 매몰 등 기준에서 생물생태적 특성을 고려한 적지조사를 실시하여 적지를 선정할 필요가 있다.

### 2) 방류종 선정

인공어초 효과를 배가시킬 해역별 어초유형별 대상종 선정을 위한 기초조사를 실시하여 사업계획을 수립할 필요가 있다.

### 3) 효과조사

#### 가) 대상 어초 및 비교 대상 해역 선정

비교할 어초는 가능한 한 동일한 시기, 동일 수심, 해류의 흐름을 고려한 동일 생태적 특징을 가진 해역에 투하된 것을 택하여야 할 것이다. 투하 시기가 다른 특히 연도가 다른 어초군의 경우는 부착 생물 상 자체가 달라져서 생태적인 판단에 오류가 있을 우려가 있기 때문이다.

## 나) 어획효과 조사

자망, 통발, 낚시 등에 의한 조사는 어초 조사의 한 방법으로 알려져 왔지만 정확한 효과를 판단하기에는 단점이 많다.<sup>30)</sup> 어획량 조사는 표본 어선 및 일반 어선에 대한 설문 조사 방법과 단위 노력당 어획량(CPUE)에 의한 수치화 방법이 있다. 전자는 어가의 경영에 의존하기 때문에 어장 이용 빈도의 상태가 반드시 어장의 양호 불량으로 나타나지 않으며, 따라서 자료의 신빙성이 떨어지는 단점이 있다. 후자는 어획 대상종에 따라 어구 어법이 다르기 때문에 단위 노력당 어획량의 수치도 달라져 자료의 작성이 어렵다.

어초 사업은 점점 대형화되고 있어 그 사업의 타당성을 평가하기 위해서는 어떤 형태로든지 정량화된 평가결과를 구하는 것이 필요하다.

그러나 어구에 의한 조사는 어초에 의하여 군집된 어종과 부근에서 어초가 없더라도 서식 가능한 어종과 혼합하여 데이터가 처리되고 있어 정확한 효과 분석이라 볼 수 없다. 예를 들면 남해안의 불락은 어초에 출현하는 대표적인 어종인데도 불구하고 이번 조사결과에서 본 바와 같이 일반 어구(자망)에 의한 현존 자원량 추정 자체가 어렵다. 또한 낚시로도 날씨, 시간, 물 때, 미끼, 채집자의 숙련도 등 여러 가지 요인에 따라 큰 차이가 있기 때문에 객관성이 없는 자료가 대부분이다. 따라서 이러한 어종에 대해선 잠수 조사에 의한 직접 계수 계량이 가장 바람직하다고 판단되므로 어초의 자원 조성 효과조사에 대해선 위의 두 가지 방법을 병행하여 실시하여야 한다.

## 다) 조사자

현재까지의 어초 관리조사는 중앙정부와 지방정부 양 기관에서 실시하고 있다. 중앙정부 차원에서는 국립수산진흥원이 매년 조사를 하고 있고, 지방자치단체에서는 대부분의 경우 관내 관련 전문가에게 용역을 발주하여 수행한다. 그러나 국내에는 수중다이빙을 통한 생태 조사를 하는 전문가가 적은 관계로 전문가가 아닌 수중사진 촬영 전문가에 의한 촬영자료를 실험실에서 간접 조사하는 경우가 많아서 대상 해역에 설치된 어초의 전반적인 생태를 파악할 수 없고, 어초효과에 대한 과학적인 정량자료의 축적이 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 수중 생태는 반드시 전문가들에 의한 전공 분야별 조사 판단이 전제되어야 한다. 여기서는 전문가의 육성이 시급함을 언급해 두고 싶다.

다만 서해안이나 수심이 깊은 해역의 경우와 같이 수중이 어렵거나 조류가 거세어 수중 조사 자체가 힘든 해역에서는 일반 어구로 한다 하더라도 가능한 한 숙련된 어업자들과 연구자가 공동 조사를 실시하여 어획되는 어종의 생태를 고려한 자료의 표준화가 이루어진 후 결과를 해석하는 것이 바람직하다.

---

30) 선진국에서는 일반 어구에 의한 방법과 전문가의 다이빙에 의한 방법이 병행되고 있다.

## 라) 조사 기간

수중생태의 계절적 변화는 매우 크며 특히 수온 변화가 심한 연안일수록 그 변화 폭은 커진다. 따라서 어초의 효과 조사는 어초가 안정적인 생태를 유지하였다고 판단된 시기에 설치된 해역의 정확한 생태를 파악한 상태에서 비교되어야 할 것이다. 또, 어초의 효과 조사는 일년 단위로 되어지고 있고 그나마 기간 중에서 1~2회 조사로 그치는 단기성 결과가 많아 자료의 연속성 결여로 인하여 분석결과의 객관성을 잃을 우려가 있다. 따라서 어초의 효과 조사는 표준 어초 어장을 정한 후 장기적인 계획 아래 주기적으로 자료를 축적하여야 그나마 변화가 심한 수중 생태를 추측할 수 있을 것이다.

## 마) 어초형태

지금까지 우리 나라에서 설치해 온 어초는 사각어초, 반구형, 잠보형 등 일부 어초형태에 제한되어 왔다. 설치 해역의 생물상, 목적 대상 생물, 해역의 물리적 특성, 설치 수심 등 대상으로 하는 생물이나 해중림 조성, 어패류 생산성 향상 등 목적으로 하는 어초의 기능성을 고려한 새로운 형태나 어초 배치에 대한 연구가 소홀히 되어 왔다. 그러므로 어초의 효과나 그 효율성에 있어서도 어초의 기능을 고려하여 조사 항목이 선택되고 해석되어야 한다.

한편으로는 아직 다양한 어초 구조물의 각각의 특징과 어종 사이에 미치는 그 유의성이 분명하지 않는 점이 많아 '어초학'에 대한 연구 지원이 우선 되는 것이 바람직하다.

## 4) 치어보호 대책

산란기의 어업 금지 및 채장과 마리수를 제한하고, 어장 집중 이용으로 인한 남획방지를 방지하기 위하여 어촌계의 관리 책임 하에 채포금지 어획채장 제한기준을 마련하여 준수토록 유도할 필요가 있다.

## 라. 이용 및 관리

인공어초어장의 이용관리제도를 마련할 필요가 있다. 방법으로는 현행의 육성수면제도를 이용할 수도 있으나 위반시 처벌조항이 없어 실효성이 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 차후에 기르는 어업을 총괄하는 법을 제정하던가 아니면 현행 수산업법에서 자원조성수면에 대한 이용·관리 조항을 신설하는 방안을 강구하는 것이 바람직할 것 같다.

이러한 자원조성수면에 대해서는 어구어법 및 어획량 제한 등 자원조성수면의 효과를 극대시키기 위한 각종 규제와 더불어 실질적인 이용 및 관리주체를 어업인 단체(어촌계 내지는 수협)로 하여 이용자 자율에 의한 관리가 이뤄지도록 할 필요가 있다.

인공어초어장에서는 통발, 3중자망 등 어초의 기능을 상실시킬 수 있는 어구 및 어법은 금지시키고, 산란기 금어기 설정, 어종별 채장제한 및 가능하면 생산량도 제한하는 것이 어장 관리상 필요할 것이다. 다만 이러한 규제는 전국적으로 통일된 기준을 마련하는 것보다는 지역 여건에 따라 각 지방자치단체가 어업인들과의 합의에 의하여 기준을 만드는 것이 바람직하다.

한편 인공어초어장의 관리에 있어서 이용자들이 이용실적을 정확히 보고하게 하는 것은 대단히 중요한 과제이다. 인공어초어장의 자원상태 및 가능 어획량에 관한 정보를 얼마나 정확히 수집하느냐는 인공어초어장을 어떻게 이용하고 관리하여야 할 것인가를 결정하는데 있어서 대단히 중요한 문제이다. 이를 위하여 각 지방자치단체와 이용·관리 단체는 이에 대한 철저한 보고시스템 및 감시시스템을 구축하여야 할 것이고, 중앙정부에서는 이러한 이용·관리시스템의 구축 및 실적에 따라 재정지원을 달리함으로써 효율적이고 합리적인 이용·관리를 유도할 수 있을 것이다.

한편 유어의 경우 어업인 단체에 의하여 관리주체가 정해질 경우 당해 어장이용관리 규칙에 의거 무분별한 유어가 행해지지 않도록 할 필요가 있다. 유어는 또 다른 효용창출 행위로서 그에 따른 비용을 지불하여야 하고, 이러한 비용을 수입원으로 얻고자 하는 자(인공어초어장 관리주체)는 인공어초어장의 이용관리권자라는 권리취득과 더불어 책임으로서 유어자가 효용을 최대화할 수 있도록 자원을 관리하고 편의를 제공하는 등의 행위를 하도록 하는 것이 바람직하다. 즉 책임과 권한을 부여하여 실질적이고 가장 비용을 최소화하는 방법으로 인공어초 어장을 관리하자는 것이다.

사후관리를 전국적으로 공정하고 객관적이며 효율적으로 수행하기 위해서 시·도에 맡기는 것보다는 별도의 전국적인 통합기구의 신설방안을 검토할 필요가 있다. 일본의 경우는 각 현이 계획을 수립하고 예산을 조달하여 각 현 산하 재배어업센터에서 이를 실시한다. 이러한 방식은 사업의 효율성, 전문성 및 일관성을 유지하기 위한 것으로 우리 나라의 경우도 “국제규제에따른어업인지원특별법”에 근거하여 기르는 어업센터를 조직하고, 동 센터의 하부조직으로 인공어초 통합관리재단(가칭)을 설립하는 방안도 적극 검토할 필요가 있다.

재원은 국가, 지방자치단체, 수산단체, 해양오염 발생 기업 및 단체, 인공어초 제작회사, 스쿠버다이빙 및 바다낚시 관련 단체 등에서 출연하는 것도 하나의 방안일 것이다.

동 재단의 업무는 인공어초에 대한 연구개발, 제작 및 투하감시, 인공어초 어장 이용·관리 감시 및 수중조사를 통한 인공어초 관리실태 파악 등으로 하는 것이 바람직하다.

인공어초 어장이 상기에서 제안한 바와 같이 법적으로는 자원조성수면으로 지정되고, 실질적인 관리주체가 어업인 단체가 될 경우 동 재단은 정부와 어업인들 동시에 모니터링 하는 민간단체의 성격을 가지면서 한편으로는 정부의 업무를 위임·위탁받아 수행하는 이중적 역할을 수행할 것이다.

또한 바다낚시, 스쿠버다이빙 등 해양레포츠인에게 각종 정보 및 서비스를 제공하는 한편 인공어초 어장을 이용·관리하는 어업인 단체와의 연계업무도 수행하여 인공어초의 효과를 극대화하는데 기여할 것이다.

## 5. 새로운 자원조성방안

### 가. 어초의 다양화

현재 우리 나라 인공어초는 철근 콘크리트 인공어초가 주종을 이루고 있다. 따라서 경제적인 측면으로나 어초의 다양한 개발 측면에서 많은 제약이 따르고 있다. 향후 새로운 인공어초 사업으로의 발전을 위하여 어초재질을 다양화할 필요가 있다.

기술적 평가에서 언급한 것처럼 철근 콘크리트 외에 세라믹, 철제, 강선 등으로 재질을 다양화하는 것이다. 이러한 새로운 인공어초를 개발할 때에는 반드시 기술적인 측면 뿐만 아니라 자원생태학 및 사회경제적인 측면을 고려하여야 할 것이다.

이러한 어초 재질의 다양화는 어초의 형태를 다양화하여 어종 및 어장의 특성에 맞는 다양한 어초형태를 개발할 수 있고, 환경친화적이며 경제적인 어초의 개발이 가능할 것이다.

한편 현재의 어로용 중심의 어초형태 및 배치구조를 대폭 개선할 필요가 있다. 즉 산란형, 서식형, 어로형, 관광형, 낚시형 등 인공어초 사업의 목표를 다양화하고 이에 부합하는 어초를 개발하고 이에 따른 배치구조를 개선할 필요가 있다.

### 나. 종합적 자원조성사업 실시

인공어초사업의 일차적으로 어장을 조성하는 것이고, 궁극적으로는 이를 통하여 증대된 자원을 이용함으로써 사회적 후생을 극대화하는 것이다. 그러나 현행의 인공어초사업은 수산자원조성중 어장조성에만 한정되어 있어 그 효과를 극대화하는 데 제한이 따르고 국가적으로도 예산을 낭비한다는 비판을 받게 된다.

따라서 정부에서 현재 추진중인 기르는 어업이라는 상위목표를 실현하기 위하여 하위목표를 구체적으로 설정할 필요가 있다. 이러한 하위목표로서는 양식어업, 수산자원의 조성 및 어장환경개선이 있을 수 있다. 각 하위목표 자체의 계획도 중요하지만 가장 중요한 것은 각 하위목표와 상위목표간의 일치성이 있어야 하고, 전체적으로 상위목표를 달성할 수 있도록 하기 위한 하위목표간의 연계성이 필요하다.

인공어초사업과 관련하여 가장 관련이 많은 사업으로는 수산종묘방류사업을 들 수 있다. 현재 수산종묘방류와 인공어초사업이 연계되면 훨씬 자원조성의 효과가 클 것으로 예상된다. 따라서 인공어초사업과 수산종묘방류사업이 동일한 정책목표하에서 계획이 수립되어 집행하는 것이 바람직할 것이다. 하지만 모든 인공어초사업과 수산종묘방류가 동일한 사업으로 진행되어서는 안 된다. 어떤 해역에서는 수산종묘방류라든가 인공어초사업이 개별적으로 이뤄지는 것이 합리적일 수도 있기 때문이다.

한편 바다목장사업과의 연계성을 보면, 인공어초는 바다목장조성에서 가장 중요한 어장조

성 요인이다. 따라서 바다목장사업을 추진하는 기관에서는 동 사업과 상호 연계하여 사업계획을 수립하는 것이 바다목장사업이나 인공어초사업의 효과를 극대화시킬 수 있을 것이다. 예를 들어 현재 추진중인 통영바다목장의 경우 경남도에서 해당 도에 배정된 인공어초를 바다목장 해역에 바다목장 조성계획에 따라 투하한 경우가 있다.

그러나 이러한 경우에도 각 개별사업의 목표와 계획이 우선되어야 하고, 동일한 해역에서 동일한 목표가 되는 경우에 연계하는 것이 전반적인 우리 나라 자원조성사업의 목표를 조기 달성하는데 도움이 될 것이다.

## 다. 목적형 인공어초어장 조성

인공어초사업의 문제점에서도 지적한 바와 같이 동 사업의 목표가 전 연안의 자원증대에 있는 것은 사실이나, 직접적인 투자를 할 경우에는 그에 따른 투자효과가 극대화되도록 하는 것이 필요하다.

동 사업의 효과는 전체적인 자원조성효과와 개별사업의 효과로 구분할 수 있다. 전체적인 자원조성효과를 목적으로 하는 경우에는 일반적인 인공어초 적지 및 투하에 의하여 시설해도 큰 무리가 없을 것이다. 그러나 이러한 형태의 사업추진은 재원이 제한된 상태에서 너무 기대효과가 적고 장기화되어 사업 자체의 실효성이 떨어질 수가 있다.

따라서 보다 효과를 극대화시키기 위해서는 한정된 투자자금을 집약적으로 사용하는 것이 필요하다. 그러한 방법으로서 인공어초 사업의 목표를 분명하게 설정하고 그에 맞는 적지선정, 어초형태 및 수량의 결정과 사업추진을 행하는 것이 바람직하다. 이러한 목적형 인공어초 어장의 조성방법은 크게 어로형, 유어낚시형 및 관광형으로 구분할 수 있겠다. 이러한 목적이 정해지면 그에 따른 적지, 어초형, 수량 및 사업추진 체계는 달라져야 함은 재론의 여지가 없다.

서구에서는 주로 유어낚시용 인공어초를 투하하고 있는데, 미국의 예를 든다면 100만 \$의 인공어초를 유어낚시용으로 투입하고 있다. 그리고 일본의 경우도 어업별 또는 어종별 특성에 맞는 인공어초가 개발되어 어장을 조성하고 있다. 따라서 일본에서는 인공어초를 낚시어업용, 자망용 등으로 명칭을 붙여 사용하고 있다. 이러한 것은 목적형 인공어초 개발의 좋은 사례가 되고 있다.

30여 년의 역사를 가진 인공어초사업을 이제는 목적형 사업으로 전환하여 사업의 효과도 증대시키고 실질적인 투자가 이뤄져 예산의 낭비를 막는 것 또한 중요한 정책결정 사항중의 하나일 것이다.



## 6. 중장기 정책방향

### 가. 기본방향 및 투자전략

#### 1) 기본방향

##### 가) 생물생태적 인공어초어장

인공어초 사업의 대상해역은 아무래도 연안이 되기 쉽다. 그 이유는 연안이 어업자원의 산란 및 치어 서식장으로서의 기능이 크기 때문이고, 사업의 효과 또한 보다 직접적이고 근해까지를 포함한 광역적인 효과를 가지기 때문이다.

그러나 그 동안 우리 나라 인공어초 사업은 적지조사 등 사업의 주요 사안의 결정과정이 주로 해양공학적 관점에서 이뤄졌다. 즉 인공어초의 매몰 및 유실을 방지하는데 치중하였다는 것이다. 그러나 본 사업의 본래 취지를 감안하면 해양공학적 관점에서의 검토 이전에 생물생태적 관점에서의 검토가 대단히 중요할 것이다.

따라서 지금까지 시설한 기존의 인공어초에 대하여 생물생태적 관점에서 적지조사를 전면 재실시하고 이를 기초로 투하계획을 재조정할 필요가 있다.

사업의 목표는 생물생태적 특징을 살린 연안어장의 인공어초 어장 조성으로 하는 것이다. 따라서 이러한 사업의 집행과정에서는 기존 어장의 전면 보강도 향후 인공어초 사업의 중요한 정책방향이 될 것이다.

##### 나) 근해어장으로 인공어초 확대

주지하는 바와 같이 한·중·일 어업협정으로 인하여 우리 어장은 축소되었고, 어획노력의 과잉투자로 자원은 날로 감소하거나 정체상태에 있다. 새로운 수산업의 여건에 부응하는 자원조성 정책이 필요한 시기이다.

제한된 어장에서 어업생산성을 높이기 위한 방법으로 근해어장에 대해서도 자원조성 사업을 실시하는 것이 필요한 시점이다. 즉 근해어장의 인공어초 어장화 계획을 수립하고 투자하여야 할 것이다. 따라서 근해로부터 연안으로 유입하는 어업자원의 양을 늘리고, 어장 축소로 인한 생산량 감소에 대응하며 근해어업의 수입 증대와 어업비용 감소를 통하여 근해어업의 경쟁력을 제고할 필요가 있다.

향후 근해어업관리는 단지 잡는 것에 대한 제한만으로는 그 한계가 있을 것이므로 적극적인 자원조성을 통하여 생산성을 높이는 방안은 극히 필요한 정책이 아닐 수 없다.

## 다) 인공어초사업 민영화

서구의 경우 인공어초사업의 목적에 따라 상당부분 민영화가 이루어져 있다. 우리 나라는 아직까지도 동 사업을 불특정다수가 이용하는 공공사업의 성격으로만 규정하고 있기 때문에 민영화하기가 곤란한 것이 현실이다. 그러나 국가가 제작 및 투하에 대하여 직접적으로 집행하는 업무를 수행하는 것은 도리어 효율성을 떨어뜨릴 수가 있다.

따라서 인공어초의 제작 및 시설에 대해서는 궁극적으로 민영화를 추진하는 방향으로 정책 방향을 설정할 필요가 있다. 또한 보다 이를 앞당겨 추진하기 위한 방안으로 전술한 목적형 인공어초 사업으로 계획이 수립된다면 1차적으로 유어낚시용 및 관광형 인공어초어장의 조성사업을 민영화하는 방안도 검토할 필요가 있다. 그러한 사례로는 캐나다의 인공어초 협회 및 일본의 재배어업센터를 모델로 삼는 것도 좋을 것으로 사료된다.

이러한 인공어초사업의 민영화와 더불어 인공어초 제작에 있어서 이미 규격화된 인공어초는 사업주체인 시·도가 직접 제작을 주관하는 것보다는 공산품화하여 구매하는 것도 고려할 필요가 있다. 즉 이미 재질, 형태, 제작방법 등이 규격화된 인공어초는 건설공사 기준에 의하여 시·도가 주관이 되어 제작하는 것보다는 공산품 생산기준에 의거 제작업체가 생산하고, 수요자인 공공기관이 이를 구매하는 체제로 전환하는 방안이다.

완전히 시장경제 메커니즘에 맡겨 제작 및 구입이 어려울 경우 조달청 조달품목으로 선정하여 구매하는 조달품화 과정을 거치는 것도 시행착오를 줄일 수 있는 방안이다. 즉 이러한 조달품화를 통하여 인공어초 생산업체의 경영의 불확실성을 줄이고 인공어초의 지속적이고 안정적인 공급을 꾀할 수 있기 때문이다.

## 2) 투자전략

인공어초사업에 대한 향후 투자는 크게 다음과 같은 세 가지 원칙에 의하여 수립되는 것이 바람직할 것이다.

첫째는 인공어초 적지조사 기준을 수정하여 전면적으로 적지를 재조사하고, 이를 기초로 목적형 인공어초사업 등의 계획을 수립하는 조사연구를 실시하는 것이다.

둘째는 인공어초 사업 제1기에 해당하는 1980년대 이전에 시설한 인공어초 어장을 생물생태적 연안어장의 인공어초화를 위하여 기 시설어장을 보강하는 투자를 하는 것이다.

셋째는 목적형 인공어초, 다양한 재질의 인공어초 등을 위한 새로운 인공어초 개발 및 사후관리 예산을 확보하는 것이다. 이러한 연구개발 및 사후관리 예산은 인공어초 사업 예산의 일정비율을 확보하는 방안이 필요하다.

정부에서는 기르어는 어업의 일환으로 2011년까지 인공어초사업의 투자계획을 <표 VII-2>와 같이 수립한 바 있다. 그러나 구체적인 사업의 내용이 없어 구체적인 평가는 어려운 실정이지만 이러한 투자계획을 중심으로 정부가 체계적으로 사업을 추진하는 것은 높이 평가할 만하다. 다만 이상에서 본 바와 같이 투자계획은 중장기적인 인공어초사업의 정책방향을 설정하고 이를 기초로 구체적인 목표와 수단을 정하여 결정하는 것이 필요하다. 따라서 전술한 투자

계획의 기본원칙하에 투자계획을 재수립하는 것이 필요하다.

전반적으로 총투자액을 보면 기존의 인공어초사업의 투자액을 기준으로 약간 상향하여 책정한 바가 없지 않다. 그러나 본 조사연구의 결과와 관련하여 보면 투자액이 현행보다 증가되어야 할 것으로 사료된다. 물론 구체적인 투자규모 및 내역은 적지조사 결과를 기초로 수립되어야 할 것이다.

<표 VII-2> 인공어초 투자계획

(단위 : ha, 억원)

구분	합계	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005~2011
물량	135,000	10,000	10,000	10,000	10,000	12,500	12,500	70,000
금액	6,649	449	450	500	500	625	625	3,500

자료 : 해양수산부 내부자료

## 나. 해역별 인공어초 개발 방향

### 1) 기본방향

우리 나라의 바다는 크게 동·서·남해안 및 제주도 해역으로 구분된다. 물론 넓은 의미에서는 별로 차이가 없지만 투자효과를 극대화하고자 하는 인공어초사업과 관련해서 보면, 각 해역별로 특성이 다르다. 따라서 인공어초를 시설함에 있어서 각 해역별 특성을 충분히 감안하면 훨씬 그 효과가 높을 것이다.

해역별 특성을 감안한 인공어초의 개발방향은 첫째, 각 해역의 자연환경 및 서식 생물자원의 상태를 면밀히 검토하여 이를 반영할 필요가 있다. 즉 어류용 어초인가 패·조류용 어초인가의 판단기준은 해당 해역의 자원상태에 달려있다. 또한 동일 어종이라도 그 목적이 산란용인가 서식장용인가는 자원상태 뿐만 아니라 환경특성이 고려되어야 할 것이다.

둘째는 사회경제적 여건을 감안하여 가장 경제적인 방안을 강구하는 것이 바람직하다. 즉 인공어초의 시설목적에 자원조성을 통한 어업소득의 증대에 한정할 것이 아니라 레저용으로 개발하여 소득을 증대시킬 수 있다면, 어로용보다는 레저용으로 개발하는 것이 바람직하다는 것이다.

이와 같이 해역별 인공어초 개발의 기본방향은 크게 자원생태학적인 측면과 사회경제적인 측면을 고려하여 결정되어야 할 것이다. 그러나 현재 우리 나라 인공어초 시설사업의 실태를 감안하면 모든 해역에 공통적으로 적용될 몇 가지 기본방향이 있다.

첫째, 어류용 인공어초는 대상 어류가 저서성인가 회유성인가에 따라 각기 다른 구조와 시설방법이 선택되어야 한다는 것이다.

우리 나라 연안에 분포 서식하는 주요 어류중 저서성 어류로는 도다리, 가자미류가 있고,

회유성 어류로는 민어, 삼치, 방어, 명태, 꽂치, 도루묵 등이 있다. 저서성 어류용 인공어초는 저면을 넓게 하는 것이 효과가 높고, 회유성 어류용 인공어초는 구조가 대구조 형상을 가지면서 내부 구조가 복잡한 것이 효과가 크다.

어류용 인공어초 부재의 폭은 0.15m 이상으로 하여 유체 자극면적을 크게 함으로써 먹이 생물인 동물성 부착생물이 많이 부착하도록 하고, 이들 부착생물을 먹이로 하는 쥐치, 들돔 등에게는 인공어초가 1~2m 내외의 공간이 많고 구조가 복잡하도록 하는 것이 효과가 크다.

회유성 어류를 대상으로 인공어초 어장을 조성할 경우는 인공어초를 쌓거나 대형 강제어초를 적당한 높이로 시설하면 표·중층까지 유동환경의 변화를 주어 회유성 어류 서식에 적합하다.

강한 접촉자극을 필요로 하거나 항상 몸의 일부를 인공어초 표면에 접촉시키는 I형 어류는 걸보기 용적인 공간용적이 큰 어초를 선호하므로 이러한 구조의 인공어초를 시설하는 것이 적합하다. 반면 몸을 거의 어초에 접촉시키지는 않지만 아주 가까운 거리에 인공어초를 필요로 하는 어류인 II형 어류를 위해서는 투영면적을 가능한 한 크게 하는 인공어초시설이 필요하다.

둘째, 패·조류용 인공어초는 패·조류 서식 공간을 제공하기 위하여 표면적이 넓고 연안의 생산성이 높은 15m 미만에 시설함으로써 파랑과 전도 이동에 대하여 안정적인 구조를 가지도록 하여야 할 것이다. 그리고 전복, 성게 등을 위한 인공어초의 구조는 작은 틈과 홈이 산재해 있도록 개발할 필요가 있다.

셋째, 인공어초시설의 가장 큰 목적이 어장조성을 통한 수산자원의 증식이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 자원의 서식환경을 개선하는 것도 중요한 인공어초사업의 목적이 될 수 있다. 이러한 사업 목적 수행을 위한 방안으로 해중립 조성용 인공어초를 개발하는 방안이 필요하다.

동해안과 제주도 연안에서 최근 심각하게 나타나고 있는 갯녹음 현상 등과 같은 천연 재해가 심하여 사막화되어 가고 있는 연안에 해중립 조성용 인공어초를 개발할 필요가 있다. 해중립 조성용 어초를 개발하기 위해서는 해조류의 포자를 이식하는 방법이 가장 우선적으로 강구되어야 할 것이다. 그 방법으로는 종사를 감거나 유주자 방출시기에 해조류의 모근을 망태에 담아 어초에 이식하거나, 인공어초의 시설시기를 해조류의 유주자 방출시기를 고려하여 시설하는 방법이 있다. 해조류의 부착시기를 이용하려면 인공어초 제작시기를 조절하여야 하는데 그렇게 하기 위해서는 인공어초 제작과 투하 시설을 이원화하여 인공어초를 시설할 필요가 있다.

## 2) 동해안형

동해안은 섬이 거의 없어 해안선이 단조롭고 수심이 깊으며 풍파가 거세 연안어업이 잘 발달하지 못하였으며, 주로 회유성 어류인 명태, 오징어 등의 어업에 종사하는 어업인이 대부분이다. 이러한 잡는 어업은 연안 어장의 오염과 지구의 온난화로 인하여 점차 어획 생산

성이 떨어지고, 이로 인하여 동해 연안의 어업인 소득이 날로 감소하고 있는 실정이다.

이러한 동해안의 환경적인 특징은 ①수심이 깊어 수산생물의 서식 산란장이 적고, ②영양염류가 남해안과 서해안에 비하여 극히 적기 때문에 투명도가 상당히 높으며, ③일부 해역의 해저지형은 암반이 발달하여 굴곡이 심하며, ④저질은 사질 혹은 니사질대가 대부분이다.

투명도가 높아 연안의 암반지대에는 다시마, 미역, 모자반, 우뚝가사리 등 대형 해조류가 무성하여 이를 먹이로 하는 전복, 성게 등 유용패류의 서식에 적합한 해역이나 근해에는 갯녹음 현상이 심화·확대되고 있는 실정이다.

### 가) 패·조류용

동해안의 해역 특성을 보면 암반이 잘 형성되어 있으나 그 면적이 극히 제한되어 있고, 그 주위에 사질대가 발달되어 있어 연안 어업인의 소득원인 미역, 다시마, 모자반 등 경제성이 높은 대형 해조류의 서식장이 많지 않다는 것이다. 그러므로 대형 해조류의 부착기질인 패·조류용 인공어초를 연안 15~40m 수역에 대량으로 시설하여 연안 고유 정착성 어류의 산란·서식장을 제공하고, 패·조류의 서식환경을 개선·보강하여 연안 어업인의 소득원을 증대시킬 필요가 있다.

한편 동해안의 주요 수산물인 문어, 오징어의 산란을 위한 산란초를 연안에 집중적으로 시설함으로써 안정적인 자원증대를 꾀할 필요가 있다.

### 나) 어류용

동해안은 자연 암반이 많이 산재해 있어 인공어초를 자연암반과 연계하여 군으로 어초어장을 조성하면 연안의 다양한 어종이 서식하기에 적합하리라 판단된다.

또한 재래식어업의 하나인 손꽂치어업을 활성화할 수 있는 방안으로 부어초를 개발하여 체험·관광어업으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 더욱이 제주도와 유사하게 물이 맑고, 해조류가 서식하지 않는 수심에 부착서식 생물인 석산호, 부채빨산호, 말미잘, 보라명게 등이 많이 서식하고 있다. 따라서 이러한 자연환경과 연계하여 인공어초를 시설하면 레저관광 목적으로 동해안을 찾아오는 관광객 및 스쿠버인들에게 좋은 상품을 제공하여 소득원 개발에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

## 3) 서해안형

서해안은 많은 섬과 해안선이 매우 복잡하고 수심이 얕아 풍파의 영향이 저면에까지 미침으로써 저면의 표사 이동이 많고, 사질대와 단단한 니질로 이루어진 해역이 많다. 반면에 간석지가 잘 발달되어 있고 갯벌이 매우 넓어 연안어업이 비교적 잘 발달하였다. 그러나 간만의 차가 심하고, 빠른 조류에 의해 탁도가 매우 높아 해저면에 인공어초를 시설할 경우 해

조류의 서식지로는 적합하지 않은 해역이다. 그러나 영양염류가 많아 기초생산성이 높은 해역으로서 자원조성을 통한 어획효과를 높일 수 있는 가능성이 많은 해역이다.

서해안은 주로 우럭 등 고유 정착성 어류와 민어류, 농어 등이 회유하는 주요 어장이 많아 연안어업이 발달되어 있다. 그러나 황해의 오염과 매립간척으로 인하여 어장생산성이 떨어져 어업소득이 격감하고 있는 실정이다.

이와 같이 암반이 잘 발달되어 있지 않고 조류가 빠르며 탁도가 높은 서해안의 특성에 부합되는 자원조성을 위하여 어류 산란·서식용 어초를 개발하여 시설하는 것이 필요하다 하겠다.

#### 가) 패·조류용

서해안은 탁도가 심하기 때문에 패·조류용 어초 효과를 위해서는 인공어초를 5m미만에 시설하는 것이 바람직하다. 따라서 표사 이동과 파랑에 대한 전도 이동에 안정적인 구조의 인공어초를 개발하는 것이 필요하다.

#### 나) 어류용

서해안은 조류가 심하기 때문에 표사 이동이 많아 인공어초의 침하현상이 발생할 우려가 높다. 따라서 표사 이동 방지용 인공어초와 침하 방지용 인공어초를 개발하여 어초의 내구성을 향상시켜야 하며, 니질이 많은 해역에는 침하되지 않는 연약지반용 인공어초의 개발이 시급하다.

한편 해중립 조성에 부적합한 연안역에는 어류용 어초를 시설하여 서해안을 찾아오는 유어낚시인에게 유료 낚시터를 제공하여 연안 어업인의 소득증대에 기여하는 것도 한 방안일 것이다. 이는 도시인들의 레저에 대한 수요의 급증, 서해안 고속도로의 개통으로 인하여 많은 수도권 레저 인구가 서해안을 찾을 가능성이 높기 때문이다.

### 4) 남해안형

남해안은 해안선이 매우 복잡하고 많은 섬과 만으로 형성되어 있고, 수심은 동해안과 서해안의 중간형으로 풍파의 영향이 많은 해역과 풍파의 영향이 없는 조용한 내만으로 혼재되어 있다. 저질은 대부분 니질로 형성되어 있고, 어류의 산란 회유로가 남해안을 주로 통과하므로 수산생물이 다양하고 자원량도 풍부하다.

남해안에 서식하는 어업자원은 볼락, 도다리, 넙치, 들돔 등 고유 정착성 어류가 많으며, 민어류, 농어 등이 회유하는 주요 어장이 많아 우리 나라에서 연안어업이 가장 발달되어 있다. 그러나 연안 어장의 오염 심화와 어업자원의 과잉 어획으로 인하여 날로 자원이 감소하고 있는 추세다.

이러한 남해안에 알맞은 어장 환경을 조성하기 위해서는 수산생물의 서식·산란용 인공어초어장의 조성이 필요하다. 반면에 암반이 잘 발달되어 있지 않고, 조류와 탁도가 높은 남해 서부해역에는 어류산란용 어초개발이 시급하다.

투명도가 높은 일부 해역에는 다시마, 미역, 모자반, 우뚝가사리 등 대형 해조류가 무성하여 이를 먹이로 하는 전복, 성게 등 유용패류의 서식에 적합한 해역이다.

남해 서부해역은 간석지가 잘 발달하였고 갯벌이 매우 넓어 연안어업이 발달하였으며, 해조류 양식업이 매우 발달한 해역으로 인공어초에 대한 인식이 조금 낮은 해역이다. 남해 동부해역은 어선어업과 양식업이 발달되어 있는 해역으로 서부 해역보다는 인공어초시설에 대한 인식이 조금 높은 해역으로 어로가 발달된 해역에 인공어초를 시설하면 좋은 효과를 거둘 수 있는 해역이다.

남해안은 영양염류가 풍부하여 항시 적조 발생 해역으로 해조류의 성육을 촉진하여 연안 어장을 조금이나마 정화하여야 하는 해역이라 판단되며, 외양은 해조류 서식에 알맞은 해역이 일부 있어 패·조류용 인공어초 적지가 있는 해역이다.

#### 가) 패·조류용

대부분 해역은 패·조류용 어초를 시설하기에 적절치 않다. 그러나 수심이 아주 얇은 해역에 대하여 패·조류용 어초를 시설하면 효과적일 것이다. 그러나 수심이 얇은 해역에 시설할 경우 파랑과 전도 이동에 의한 영향이 있을 수 있으므로 파랑과 전도 이동에 대하여 안정적인 구조의 인공어초의 개발이 필요하다.

한편 남해안에 많이 서식하고 있고, 연안 어업인들의 주요한 소득원인 전복, 성게 등을 위한 인공어초는 작은 틈과 홈이 산재해 있는 구조로 되어야 효과가 크다.

또한 연안 어업인의 소득원 확보를 위한 방안으로 패·조류용 어초만을 시설하는 것보다는 어류용 어초와 병행 시설함으로써 관광어촌을 개발하는 것도 하나의 방안일 것이다.

#### 나) 어류용

고급 어류인 민어류 등의 회유성 어류는 유체 자극을 감지하여 회유하는 경향이 있으므로 유체 자극을 많이 줄 수 있도록 인공어초를 높게 쌓거나 대형 강제어초를 적당한 높이로 시설하면 회유성 어류에 적합하리라 판단된다.

인공어초시설 어장을 자연암반과 연계하여 균으로 어초어장을 조성하면 연안의 다양한 어종이 서식하기에 적합하므로 자원조성효과가 높을 것으로 판단된다.

한편 니질이 많은 해역에는 어초가 침하되지 않는 연약지반용 인공어초를 개발하여 어초의 내구성을 향상시켜 자원조성효과를 높이는 것이 필요하다.

## 5) 제주도형

제주도 연안은 섬은 거의 없고 해안선이 단조로우나 수중 암초나 굴곡이 심한 해역으로 패·조류가 무성한 해역이다. 외양에 접해 있으므로 풍파가 거세 연안 어선어업이 잘 발달하지 못한 반면, 연안 패류채취업이 대단히 발달해 있고, 자원관리가 잘 되는 해역이다.

쿠로시오 난류의 영향을 받는 해역으로 투명도가 높아 연안의 암반지대에는 감태, 모자반, 우뚝가사리 등 대형 해조류가 무성하여 이를 먹이로 하는 전복, 성게, 소라 등 유용패류의 서식에 적합한 해역이나 근해에는 갯녹음 현상이 확산되고 있는 실정이다.

제주도 연안은 주로 다금바리, 능성어, 자리돔, 불락, 도다리, 넙치, 돌돔 등 고유 정착성 어류가 많으며, 난류성 어류가 항상 존재하고 있어 관광레저용 인공어초어장을 개발하여야 어업인의 소득증대에 기여할 수 있을 것이다.

### 가) 패·조류용

갯녹음 현상 등과 같은 천연 재해가 심한 해역으로 사막화되어 가고 있기 때문에 제주해역에 적합한 해중림 조성용 인공어초의 개발이 대단히 시급하다.

연안에 잠겨 있는 자연암반이 많고 굴곡이 심하여 이곳에 적합한 소형 패·조류용 어초를 개발할 필요가 있으며, 소형어초의 경우 파랑에 관한 사항도 인공어초 설계시 충분히 고려하여야 할 것이다.

### 나) 어류용

다른 해역과는 달리 제주도 연안은 연산호, 감태, 쓸폐감펍, 도화돔, 범돔, 청줄돔 등 아열대성 어류가 다량 서식하고 있다. 따라서 패·조류용 어초와 어획·관광용 어초를 병행·시설하여 제주도의 관광자원과 연계하면 높은 소득원으로서 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 다. 기능별 인공어초 개발 방향

### 1) 침설 인공어초

#### 가) 표·중층성 어류용

인공어초에 위집하는 어류 중에서 표·중층 어류인 전갱이, 고등어류, 오징어류, 방어 등은 어초 위쪽에 유영한다. 고행체 자극에 대한 정위행동을 주로 하는 어류의 생활에서 어초에 위집하는 어류를 <그림 II-1>에서 본 3가지 타입이 아닌 5가지의 타입으로 구분하면



표·중층성 어류는 IV 및 V형에 속한다.

즉, IV형은 고행체와의 거리는 상당히 떨어져도 좋고, 고행체의 존재가 꼭 필요한 것이 아니지만, 고행체가 존재하면 이것에 정위행동을 취하는 어류로서 전갱이, 고등어, 방어 등이 이에 속한다. V형은 고행체의 존재를 전혀 필요로 하지는 않고 유체 자극만으로 생활할 수 있는 어류로 참치, 가다랭이 등이 있다. 堺(1973)도 위집어의 행동범위에서 5가지의 타입으로 분류하고 있지만, 어초 주변 해역의 표·중층 어류로서는 전갱이류, 방어류, 농어 등을 들고 있다.

표·중층성 어류는 소형어류가 많고, 또 계절적으로 회유하는 어종이 많으므로 어초에 위집한 소형어류를 포식할 목적으로 어초에 단기간 체류하는 경향이 있다.

잠수관찰 조사에 의한 결과를 보면, 인공어초에 위집한 어군은 각각 어종마다 다른 수직 분포 형태를 보였다. 즉 전갱이는 큰 집단을 이루어 어초 중간보다 어초 위쪽에 분포하고 있고, 방어는 이러한 소형어를 따라 거의 같은 행동권을 보였다. 고등어, 방어(미성어)는 어초에서 떨어져 유영하며, 어초의 높이 및 조류와는 큰 관계가 없는 것으로 판단된다.

藤井(1974)은 중·소형 고등어군이 외양에서 어초어장으로 이동하는 과정을 추적 조사한 결과 규모가 큰 어초어장의 가시거리 안에서 표층 유영 행동을 하며 어초에 위집한다고 보고한 바 있다.

柿元(1984)은 방어의 추적조사 결과에서 회유기의 방어는 외양역으로 이동할 때 어초에 반응하지는 않지만, 접안하여 수심 70m 이내의 수역에 들어서면 해저면을 따라 어초에서 어초로 이동하게 된다고 하였다.

어초에 대한 어류의 행동은 어초 높이에 대하여 강하게 영향을 받는 것으로 보여지고, 이들이 어초에 위집행동을 나타낼 수 있는 가장 큰 요인은 시각자극이라고 생각된다.

## 나) 저서성 어류용

저서성 어류는 넙치, 가자미, 성대, 동갈민어, 갯장어 등 13종을 들 수 있다(小川, 1984). 川名(1959)는 어초에 대한 어류의 반응 정도가 높은 어류는 갯장어, 가자미, 성대 등이고, 옥돔, 황돔, 자바리는 중간형으로 구분된다.

저서성 어류는 일반적으로 매물 또는 잠굴형이라고 하는 바다장어, 곰치, 뱀장어 등 강한 접촉자극을 필요로 하고, 항상 고행체에 몸의 대부분을 접촉시키고 있는 어종이다. 이러한 어종은 어초주변의 해저에 접하고 해저 근처를 서식 범위로 하는 어종은 가자미, 넙치류 등이다. 山田·内木(1977)도 小川의 분류에 준하여 5가지의 타입으로 나누어 저서성어(잠굴성)로서 넙치, 가자미, 양태류 등을 들고 있다.

柿元(1984)도 인공어초에 있어서 어군의 분포양식 중 저층 분포형으로서 넙치류, 성대, 아귀, 참가자미, 옥돔, 돌가자미, 가오리 등 18종을 들고 있다. 연구자에 따라서 다소 차이는 보이지만 참서대, 바닥문질은 암초성어 또는 저서성어로 분류하는 등 그 분류에 다소의 차이를 보였다. 그러나 인공어초에 위집하는 어류의 분류에 대하여서는 지금까지 말하여 온

것과 같이 小川은 어류의 정위의 방식에서 5형으로 나누고, 堺도 잠수관찰의 결과로서 위집어의 행동범위를 5형으로 나누고 있지만, 山田, 内木, 柿元도 그 분류에 큰 차는 없었다고 보고하고 있다.

이중 넙치는 어초 구역에서 조류의 상류측에 편중되어 분포하고, 조류 방향의 하류측 100m이내에 걸쳐서는 분포가 적었다. 가자미류는 어초에서 100~200m와 600m 전후에 많았다. 아귀는 어초에서 100m와 600m전후에 많았지만, 1,200m 먼 해역에서도 상당히 높은 어획율을 나타내고 있는 것으로 보아 아귀는 어초와 그다지 관계가 없다고 보여진다. 가오리도 어초어장에는 적었다.

저서성 어류 중 어초성이 강한 어종은 넙치이고, 그 다음으로 문치가자미, 도다리, 동갈민어, 물가자미 등이다. 어초어장에서 많이 어획되는 돌가자미는 어초 주변 50m이내에서 약 40% 정도 어획되었기 때문에 어초성이 비교적 높다고 할 수 있다. 저서성 어류 중 넙치, 붓돔은 어초어장 중앙과 어초어장 측면에서, 가자미류는 어초어장내에서 모두 100m이내, 동갈민어는 300m에서 많이 어획되었다.

이상의 결과에서 인공어초의 효과범위는 거의 300m이내라고 생각된다. 한편 경제성이 큰 어종인 넙치와 돌가자미 등에 한정하여 판단해 본다면, 인공어초의 효과범위는 100m까지라고 보는 것이 타당하다.

넙치의 성어는 어초에 잘 모이는 어종이라고 할 수 있다. 일본의 경우는 춘계보다도 추계에 수심 40~60m에 설치되어진 인공어초 주변에 넙치어장이 형성되어 이 시기에 저자망과 연승어망이 인공어초어장에서 집중적으로 이용된다.

어초어장 주변에서는 흐름과 관계가 없는 행동이 많이 보여지지만, 시간이 경과하면 흐름의 영향을 받아, 흐름의 하류로 이동하고 흐름을 이용하여 이동한다고 생각되어진다.

이 경우 900m의 간격으로 배치한 단위어초를 흐름의 역으로 이동한 예도 있고, 어초군에서는 어초와 관련하여 어초에서 어초로 이동한다. 이것에 의해 군상으로 배치한 인공어초는 넙치의 체류시간을 장기화시킬 수 있다고 판단하고 있다.

#### 다) 암초성 어류용

일반적으로 어초에 위집하는 어류의 대부분은 암초성어라고 하고 있지만, 小川(1968)의 분류 중에서 암초성어는 II, III형에 속한다. 즉 II형은 가슴지느러미와 배 등 몸의 일부분을 고행체에 접촉시키는 형이라고 할 수 있는 쥐노래미, 볼락, 솜뱅이, 농어류 등의 어종이다. III형은 대부분이 몸을 고행체에 접촉하지 않지만, 극히 근거리 고행체가 존재하는 것이 필요한 일반적으로 암초성이라고 하는 볼락, 돌돔, 참돔, 쥐치 등의 어종 대부분이 여기에 속한다. 堺(1973)의 분류에서는 암초성어에 속하는 것으로서는 B, C, D타입은 놀래기류, 쥐치류, 돌돔, 볼락류 등의 어종으로 어초에 상당히 근접하는 행동을 보이는 것이 특징이다.

C타입은 볼락, 솜뱅이, 감성돔, 벵에돔 등의 어종으로 어초의 내부에 깊이 잠입하고 어초

의 그림자 등 좁은 부분을 서식장소로 이용하고 있다. 이 타입의 어종은 일반적으로 대형어이고 직접 어획대상이 되는 것이 많고, 어초가 도피장소로서 큰 의미가 있다.

B, C타입의 어종은 일차적 요인으로 어초에 모이지만, 어초의 표면에 부착하는 사료효과에 의해 체류하는 것이라고 생각되어진다, D타입은 쥐노래미, 쏘뱅이의 유어 등의 어종으로 직접어초의 표면에 접하든지, 바위 그늘에 몸을 숨기지만 어초의 내부에는 잠입하지 않는 타입이며, 보호색이 특징이라고 한다.

참돔은 침설되어진 인공어초 주변에서 관찰된 경우는 드물고, 관찰된 경우에도 많은 양이 아닌 단독 내지 수 마리에 불과했다. 참돔 치어를 어초주변에 방류한 경우, 시간의 경과에 따라 주위에 널리 산재하는 소규모적인 군락으로 분산·유영한다.

산란기의 참돔은 해저면을 따라 행동을 하고 있을 때 어초에 반응하고, 어초어장간 연직 방향으로 활발하게 이동한다. 그러나 중층에서 이동하고 있을 때에는 바로 밑에 어초가 있어도 반응하지 않는다. 참돔 성어는 야간에 어초를 떠나서 부상하여 연안으로 이동하는 경향이 있다. 그리고 표층의 빠른 흐름을 이용하면서 다른 수역으로 이동하는 것으로 생각된다(柿元, 1984).

돌돔에 대해서는 암초역에서 자주 보여지는 어종이고, 유어의 경우는 인공어초 사이를 이동하고 해저의 인공어초로는 향하지 않았다. 그러나 성어가 되면 침적어초의 주위에는 항상 관찰되며, 어초 주변에서는 관찰되지 않았던 것으로 성장단계에 의한 서식장 및 무리로서의 강도의 상위가 확인되었다(山田·内木).

돌돔은 어초가 10여개 이상 설치되어 있는 경우는 어초에서 대체로 0.3~2m의 범위에서 어초군을 덮는 상태로서 관찰된다. 돌돔은 무리에 접근하면 일제히 어초 밑으로 숨지 않고 어초군내를 이동하는 행동을 나타낸다(藤井).

돌돔은 목선 및 암석어초에서 확인되었지만, 유치어의 경우 불락에 쫓겨서 유영하고, 성어는 암초상을 낮게 조류를 가로질러 왕복 유영하고 있었다(宇都宮, 1957). 돌돔은 완전히 어초에 붙어 유영범위는 어초의 상부 1~2m까지이고, 어초로부터 그다지 떨어지지 않았다.

돌돔은 모두 대형 어초 어장에 강하게 반응하고 복잡한 구조의 모형에 강하게 반응한다. 돌돔이 모형 어초와 같은 구조물에 모이는 것은 본능적 행동이고, 이것은 주로 시각자극이라고 생각되어진다(小川, 1966). 어초의 수평적, 수직적인 확대가 어군행동에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 실험결과 돌돔은 병렬보다 수직배치 쪽의 반응율이 약간 높았다.

농어는 수직배치, 즉 높이의 증가에 반응율이 약간 높은 경향이 있어 높이의 증가에 대하여 강한 반응을 보이는 것으로 나타났다. 또한 벤자리도 높이에 대해서 강한 반응을 나타냈다.

분리배치에 대한 벤자리와 돌돔의 반응결과는 반드시 인공어초를 집중 설치하지 않아도 좋다는 것으로 나타났다(小川, 1968).

小川은 이외에도 암초성어의 돌돔, 벤자리, 농어, 병에돔, 쥐치류 등을 이용하여 인공해조와 하얀 배경을 가진 검은 부분에 대한 반응 등에 대하여 수조실험을 한 결과 저조도하에서도 구조물을 인식하고 이러한 접근 행동은 주로 시각자극에 기인한 것이라고 판단된다.

## 라) 오징어류 산란용

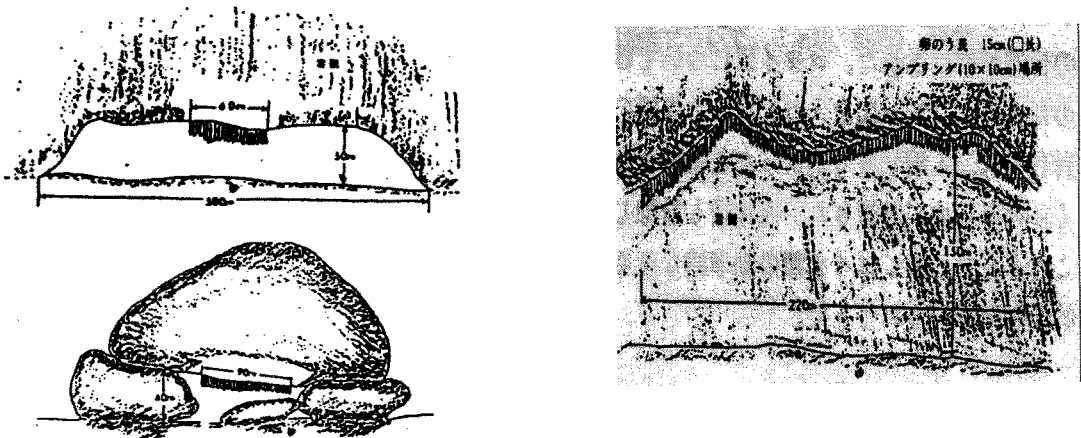
오징어와 갑오징어는 근해에서 표층과 중층에서 유영생활을 하고 있는 것이 많지만, 산란기에는 연안에 근접하여 해조와 가라앉아 있는 나뭇가지, 암초 등에 알을 낳아 붙이는 산란행동을 가진다. 이러한 오징어류는 갑오징어, 살오징어, 화살오징어 등 수십 종이 있으며, 어업용으로는 살오징어와 화살오징어류가 주요 어종으로 알려져 있다(窪寺, 1989).

화살오징어는 극히 길고 가는 대형으로 외투장은 40cm에 달한다. 산란기는 겨울의 끝에서 초여름으로 비교적 길고 남쪽지방에서 북쪽지방으로 계절 이동한다. 산란장은 수심 30m이 내의 얇은 암초역으로 산란행동은 암봉, 바위와 바위사이의 간격, 전석과 해저의 사질 등 조류의 소통이 좋은 장소에 매달은 것과 같이 알을 낳아 붙이는 것을 좋아한다. 난집은 소세 지상으로 길이는 10cm내외로 1회의 산란에서 30~100의 난집을 수회로 나누어서 낳아 붙인다. 산란 후는 암수 모두 사망한다(窪寺, 1989, 奥谷, 1980).

산란초 형태는 입방체의 철구조에 아연강판, FRP판, 폴리콘판을 붙인 것, 콘크리트제 및 새끼짚을 말아 붙인 것이 이용되어져, 형상은 개방형, 반개방형, 폐쇄형이 있다.

산란초 1기당의 난수는 최고 14,600개로서 난집의 부착위치는 어초 내측 천정이 49%로 가장 많고, 다음이 내측 측면의 22%이었다. 설치수심별로는 거의 차가 나타나지 않고, 산란성기인 3월 이후 전체의 80%로 출현한 것으로 화살오징어가 구조물에 집중적으로 산란하고 있다고 생각되어진다. 오징어류의 효율적인 산란보호시설을 함으로서 자원의 증대와 안정적인 생산이 도모된다.

오징어 어업은 동해주변 해역을 중심으로 채낚기, 붕수망, 정치망 등에 의하여 어획되고 있다. 어장은 암초가 많은 해역으로 특히 천연초, 지형이 들어가 있어 깊은 곳이 좋은 어장으로 되어있다. 산란장은 특히 수심 30m이내의 얇은 암초역이 중심으로 되어있지만, 수심 60~90m의 평평한 사질대, 해조가 많은 해저에도 많이 산란되며, 망지, 로프, 유목 등에도 부착 난이 보여지는 것으로 오징어의 산란장소는 가벼운 암초 저면이 최적이라고 하지만, 적당한 것이 없으면 어찌됐든 낳아 붙이고 있는 듯하다(<그림 VII-1> 참조).

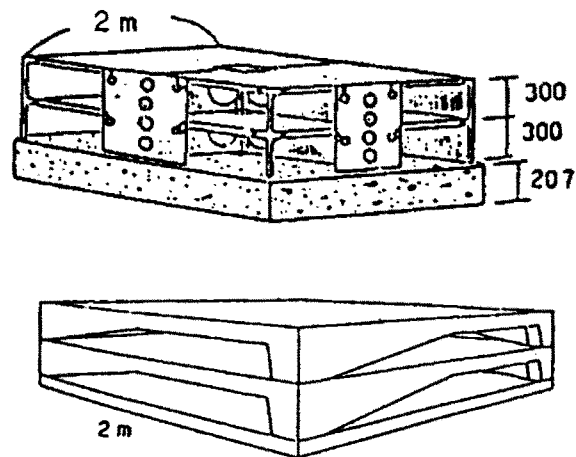


<그림 VII-1> 오징어가 천연암초 저면에 산란한 알집(山形縣, 1986)

연안에 접안한 오징어는 낮 동안 수심 60~120m의 약간 먼 깊은 바다에 분포하고, 밤이 되면 산란을 위하여 얕은 곳으로 이동하는 것으로 추정된다. 오징어의 산란기는 2~5월로 산란장소는 주로 연안의 암반이 있는 장소이다. 잠수에 의한 천연초의 산란조사로 양호한 환경조건으로서 파랑의 영향을 받지 않는 30m 이내의 얕은 곳으로 조류 소통이 좋고, 오징어의 산란에 적합한 곳이다. 그리고 해조류가 서식하는 장소도 좋다.

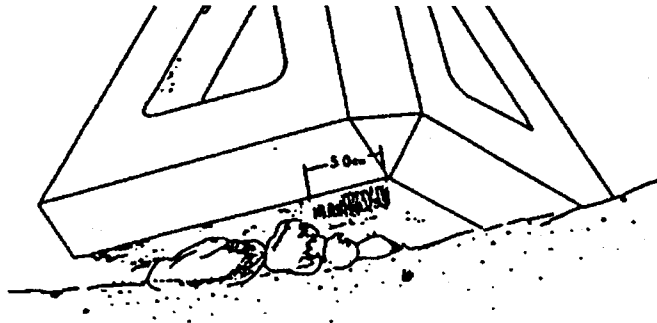
산란책의 발견 장소 및 몇 가지의 산란책의 형상을 구별한 결과에 의하면 책의 높이는 일정한 경향이 있다. 선택된 산란책에 의하면 30cm 정도의 비교적 좁은 간격을 좋아하는 것 같다. 간격은 30~200cm, 폭은 20~300cm이나, 모두 일정한 경향은 보여지지 않는다. 일반적으로는 저면이 암반의 저면에 가장 많이 이용되어지고 있다.

인공 산란초를 설치하여 5개월 후의 오징어는 모래의 영향이 없는 경우에는 해저면에 보다 가까운 단을 이용하지만, 표사 등의 영향이 있는 경우에는 전혀 낚지 않거나, 영향이 적은 상단을 많이 이용하는 것으로 보아 단의 수는 4~5단위가 좋다고 판단된다. 또 어초 내부에 모래가 퇴적하지 않은 구조가 바람직하다. 그러나 너무 개방도가 높아도 문제가 되기 때문에 어느 정도 음영부가 있고 조도가 어느 정도 있는 것이 바람직하다(<그림 VII-2> 참조).



<그림 VII-2> 오징어 산란초의 모형도(山形縣, 1986)

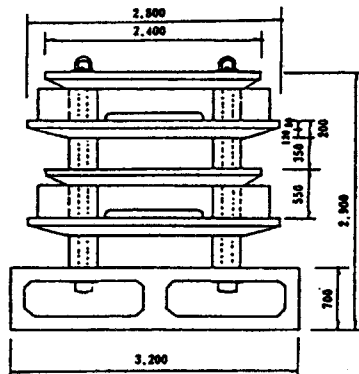
오징어의 산란은 해조류가 번무한 암초지대로 수심이 6~40m의 암초지대에서 산란한다. 수심 100m 이하의 연안역에서도 산란한다고 하고 있으나 산란장을 명확하게 하기 위하여 바닥끌기형 치어 넷트를 이용하여 오징어의 알과 새끼를 채집한 결과 오징어의 난낭이 수심 125m과 150m에서 채집되었다. 몇 번의 채집사례에서 오징어의 산란은 수심 70~150m의 해저에서 산란하고 있다고 생각되어진다. 치자는 5월에 가장 많고, 수심100m에서 1,652미, 수심 125m에서 1,911미가 채집되었다. 6월에는 수심 75m에서도 다수 출현하고 7월에는 수심 75~150m의 폭넓게 출현하게 되었다. 오징어의 산란장은 암초지대의 암초의 천정면과 해초에 산란되어, 수심 3~30m의 파도가 조용하고 해조류가 많고, 암초의 천정과 전석이 많은 곳에서 형성되어지고 있다(그림 VII-3> 참조).



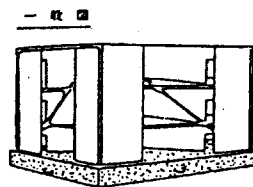
<그림 VII-3> 인공어초 저면에 산란된 오징어 알집(山形縣, 1986)

산란초의 예를 <그림 VII-6>에 나타낸 A, B의 2형과 같이 판상1단의 높이는 50cm정도, 폭은 1~3m, 어초 안측 높이는 1~1.5m 정도, 구조물 전체의 높이는 2~3m, m<sup>2</sup>당의 천장면적은 1m<sup>2</sup>이상 하는 것이 좋다. 이상의 결과를 보면 산란초의 설치 장소는 다음과 같은 장소가 좋다.

- ① 해류가 완만하고 파도가 조용한 수심 15~20m의 장소
- ② 하천수의 영향을 받고 있지 않는 장소
- ③ 해저는 사질이고, 여울이 있으면 좋다
- ④ 썩나무는 가지가 좋고, 잎이 떨어지지 않고 어두운 장소



A 型



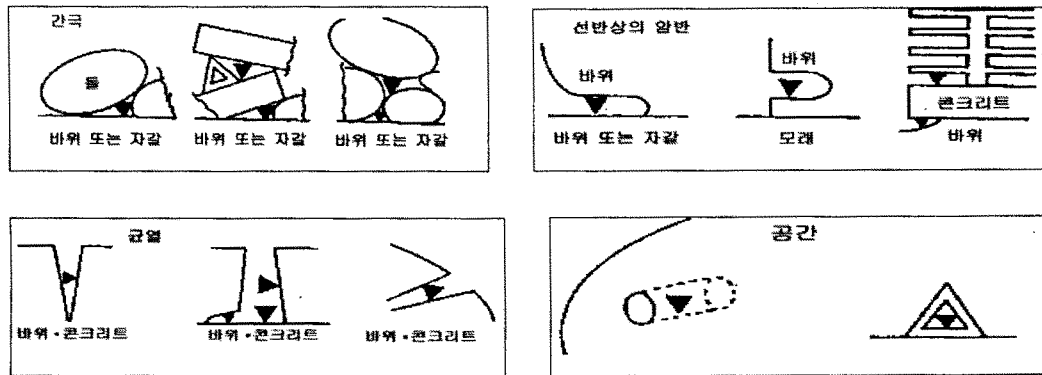
B 型

<그림 VII-4> 오징어 산란에 적합한 산란초 모형도(靑森縣, 1988)

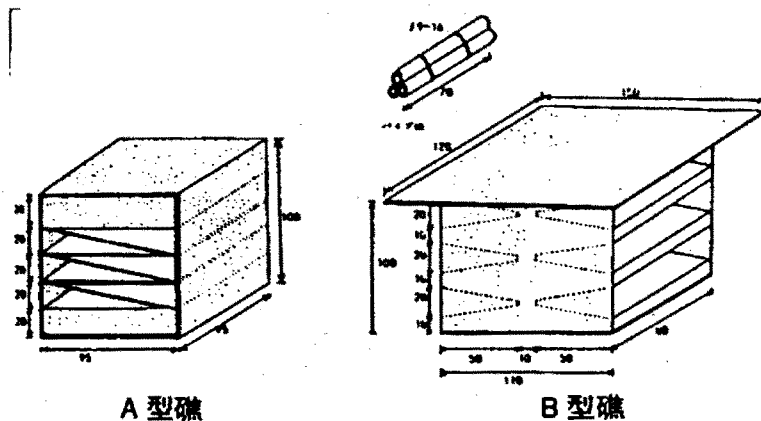
마) 닭새우용

닭새우는 일반적으로 낮 동안은 바위와 돌 사이 및 바위의 갈라진 틈에 서식하고, 야간은 먹이를 찾기 위해 어초 내부로부터 나오는 것으로 알려져 있다. 또 닭새우는 어류에 비하여 구조물에 반응하기 쉽고, 닭새우초와 투석장, 제방 등에 위집한다.

석재의 크기는 1개 500kg전후의 안산암으로, 설치 수심은 5~8m의 전석과 사력질이다. 자연석의 경우, 어초의 높이는 2m정도가 충분하고 그 이상 높이에서 닭새우의 자원량은 어초 조성량에 비례하여 증가하지 않는다. 전석은 장경 1m 전후에서 틈이 비교적 큰 부분에 닭새우가 서식하고, 어미 새우는 도주로가 되는 틈 있는 장소를 좋아하고 생식하는 것으로 생각되어진다, 이 외에 전복 증식장에서도 콘크리트관초와 그 하부의 사석과의 틈에 닭새우의 서식이 확인되었다(<그림 VII-5> 및 <그림 VII-6> 참조).



<그림 VII-5> 닭새우 서식에 알맞은 공간형의 모식도(中筋 등, 1977)



<그림 VII-6> 닭새우 서식에 알맞은 구조물의 종류(大岡, 1978)

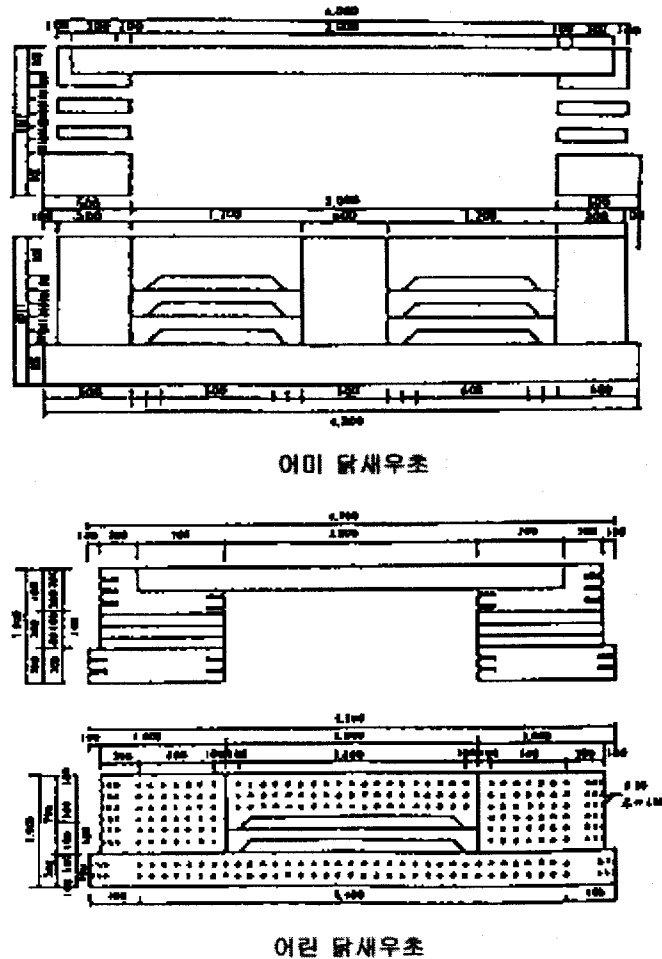
인공어초 시설 해역의 조건은 다음과 같다.

- ① 서식지는 약간 오목하게 들어간 지형이 유리하다.
- ② 저질은 평평한 암반과 사람머리 크기 만한 전석대가 좋다.
- ③ 수심은 파랑의 영향과 시공방법을 고려하여 15~30m가 적합하다.
- ④ 어장관리가 용이한 장소를 들 수 있다.

인공어초 구조 및 설치구조는 다음과 같다.

- ① 작은 새우 대상의 어초는 서식장으로서 다공질이고, 다단 구조로 한다.
- ② 다 자란 새우 대상의 어초는 불규칙한 간극과 피난장소로서 공동에 접속하는 다단식의 구조를 좋아하기 때문에 이들 요소를 가지는 구조로 한다.
- ③ 파랑에 대하여 안정한 구조이라는 것을 들 수 있다.

이상의 조건을 만족하도록 고안되어진 구조물을 해역특성에 적합하게 개량이 되어진 구조는 <그림 VII-7>과 같다.

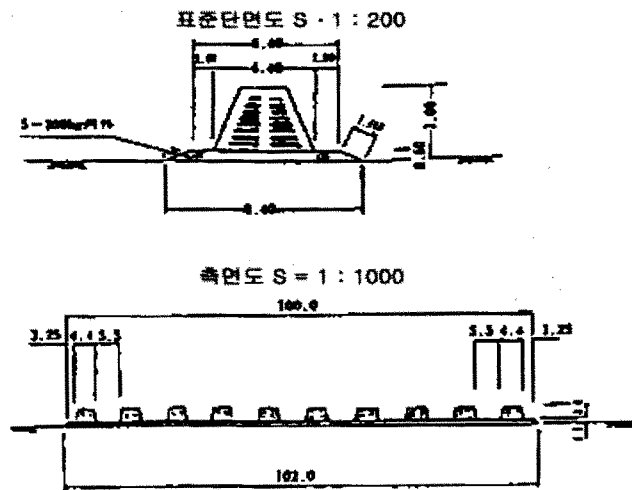


<그림 VII-7> 닭새우초의 구조(高知縣, 1989)



닭새우의 유생이 대마난류를 타고 북상하고 어초에 의해 발생하는 정체 와류역에 착저한다. 착저한 어린 새우는 약 1년간의 정착생활을 거친 후, 몸의 크기에 적합한 간극에 서식, 성장한다. 따라서 닭새우의 증식장 조성의 기본구상은 저생산성 어장인 모래지대에 천연초 시설을 유기적으로 배치하고 정체 와류역의 증대를 도모하고, 어린 새우 정착의 촉진과 외해에 성육장을 조성한다.

구조물은 복잡한 공간구조를 형성하는 투석초가 좋다. 단체의 구조는 밑면의 폭이 8m, 어초 상부의 폭이 2m, 높이 2m로 하였다. 어초 구조는 밑면이 4.4m, 높이 3m, 판상의 높이는 10cm, 두께는 50cm, 간극은 와류 형성 범위가 초의 높이의 15배 정도이기 때문에 정착초에서는 30m, 성육초에서는 50m가 좋다(<그림 VII-8> 참조).



<그림 VII-8> 닭새우 성육초의 구조와 단위어초의 배치도(熊本縣, 1989)

## 2) 표·중층 부어초

### 가) 표층

부표물에 왜 고기가 모여드는가? 가다랭이는 유목에 왜 모여드는가? 부표물에 고기가 붙는 이유는 다음과 같은 종래의 5가지 이외에도 무리를 형성하는 고기는 본래 부표물에 끌리는 성질이 강하기 때문이라고 한다.

- ① 부유물체에 붙어 서식하는 먹이생물에 의한 유인
- ② 부유물체가 만드는 그림자에 대한 반응
- ③ 외적으로부터의 도피 목적
- ④ 난을 부착시키는 산란장으로서의 이용

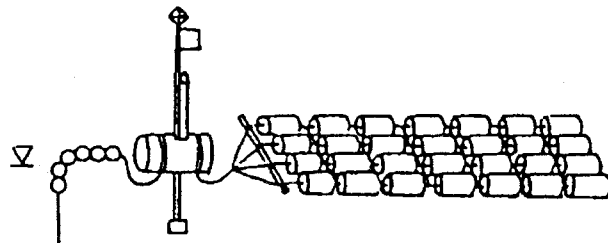
⑤ 고기에 붙은 외부 기생충을 제거하는 장소로 이용

부유물체의 조건으로는 크고 그늘을 많이 만드는 것, 수중에서 동요가 적고 안정적인 것, 해조 등의 부착생물이 많이 붙는 것 등을 들 수 있다. 부착 생물이 붙어 있는 쪽이 좋고, 유목의 뿌리가 있고 없고와는 큰 차가 없으나, 뿌리가 있는 유목에는 부착생물이 붙기 쉽기 때문에 어류의 서식환경에 좋은 것이라 추측된다.

부어초의 위집 효과를 보면 일본의 경우 가다랭이가 가장 많으며, 가장 많이 위집하는 범위는 부어초 바로 밑이나, 어초 외측 20~60m에서 외측 150m의 범위에서도 어획되는 것으로 보아 다랭이류의 위집 범위는 상당히 넓은 것으로 판단된다. 한편 어초 바로 주변에는 객주리, 부시리, 만새기가 많이 유영하고 있어 이들 어종의 위집효과가 있는 것으로 판단된다.

표층 부어초의 형식으로서 표층에서도 내구성을 가지는 대형 부어초의 개발이 필요하다는 것이다. 부체는 철제 원반형, 계류색에는 신소재를 이용하고, 나아가서 금후 다목적 부어초의 동력원이 될 수 있는 태양광 발전과 그 전원으로 음향효과와 집어를 목적으로 한 살수 장치를 붙인 대형 부어초를 예로 들 수 있다.

초기 표층 부어초인 파야오에 위집하는 어종으로는 유조(流藻떠 : 나니는 해조류)에 붙는 것과 같은 각종의 유어에서 다랑어, 황다랑어, 만새기, 삼치 등 많은 어종이 위집된다. 중·소형 어선의 조업의 효율화를 도모하기 위하여 시설하는 파야오(표층 부어초)의 구조의 본체로는 FRP제, 스티로폼 브이를 수평형과 FRP제의 종형 등이 있다(<그림 VII-9> 참조).



<그림 VII-9> 수평형 표층 부어초 모식도(作中, 1988)

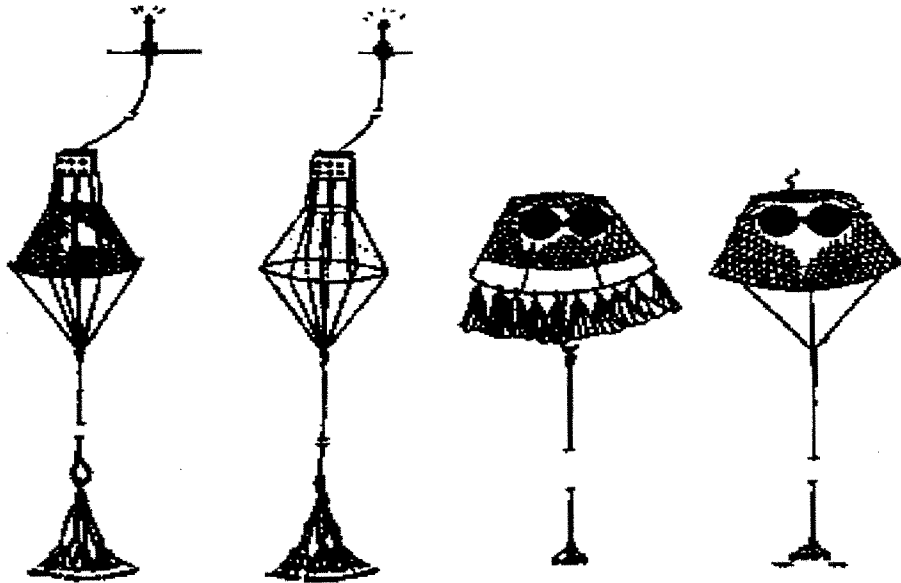
나) 중층

중층 부어초는 유체 저항을 많이 받고 있기 때문에 주로 구형 어초를 설치한다. 이 구형 어초에 대한 위집 효과로서는 반경 200m의 범위 내에 멸치, 눈통멸, 갈고등어, 오징어 등이 위집함을 확인하였다. 또 어초에서 400m의 범위 내에 있어서 어탐의 반응량으로 검토하면, 계절적으로는 추계가 가장 많고 다음으로 춘계가 많았으며, 수직적으로는 중층, 표층의 순이었다고 보고하고 있다(工藤, 1981).

이들 어초에 대한 위집 어류는 중층에 소형어류가 대부분이고, 특히 고등어, 눈통멸류가 많았다. 위집어는 대부분 설치 후 6~9개월부터 급증한다고 한다. 고등어, 눈통멸, 전갱이의

수평적 위집 범위는 FRP어초의 경우 전체의 40~60%가 어초어장 주변 100m 이내에 분포하고, 수직적으로는 만새기, 전갱이류, 정어리, 고등어 등은 어초 상부에서 중앙부에 위집하고, 전갱이, 객주리, 돌돔, 벤자리 등은 어초 하단에 위집하였다.

부어초가 표층 어류의 어획효과를 거두기 위해서는 다수의 부어초를 넓은 해역에 설치하고, 중층 부어초의 경우는 선박의 영향이 없는 범위에서 표층 근처에 설치하는 것이 좋다.



<그림 VII-10> 중층 부어초의 개념도(石川縣, 1981)

<그림 VII-10>과 같이 캔버스지 붙인 것과 넷트를 붙인 해파리형 및 접시형으로 이는 어초 하부 프레임에 인공해조가 붙어있다. 부어초의 집어 효과는 3개월째부터 농밀한 반응이 기록되어, 부어초 주변에서는 불락, 말쥐치, 돌돔 등이 상당히 많이 모여있는 것이 관찰되었다.

상단의 부어초에는 돌돔, 말쥐치, 불락 등이 하단에는 붉돔, 불락, 말쥐치 등이 관찰되어, 주로 인공해조의 주위 상부 10m의 범위에 군을 이루어 유명하고 있고, 또 저·부어 모두 어초의 주위 10~50마리가 도넛츠상으로 집어하고 있었다.

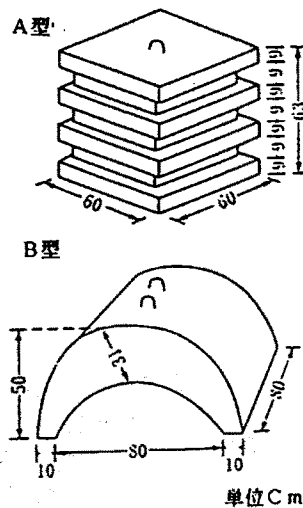
### 3) 해중립 조성용

해조장은 천해역에 비교적 대형의 해조가 군락대를 형성하는 것을 말하며, 생물상이 가장 풍부하고 예로부터 유치어의 성육장으로서 중시되어 왔으며, 생태학적인 중요성 이에 대하여 많은 연구가 행하여지고 있다(大島 : 1954, 畑中·飯塚 : 1962, 菊地 : 1966).

그러나 아직까지 해조장 구성에 대하여 수년간에 걸쳐서 추적 조사된 사례가 적을 뿐만 아니라 그 효과가 장기간에 걸쳐서 계속된다는 보고도 적다.

해조장을 조성하기 위하여 부착기질로서 파랑에 대하여 안정적인 이형 블럭을 이용하는 경우가 많다. 감태군락 조성의 경우를 보면 이형 블럭 어초 조성 2년째부터 블럭 표면에 감태가 착생하여 생육이 진행된다. 3년째에는 블럭을 중심으로 주변의 암반에도 감태가 착생하여 소규모 조장이 형성되어지기 시작하고, 4~5년째에는 현존량이 약  $4\sim 10\text{kg/m}^2$ 의 감태장을 조성하는 것이 가능하다. 이와 같이 감태장 조성의 요인에는 착생기질의 설치장소, 시기, 재질, 안정성, 형상 등이 고려되어지지만, 감태의 천연군락의 근방에 유주자가 방출되어지는 시기에 부착기질을 제공한 것으로 천연종묘의 공급을 받은 것이 가능하다. 특히 시설 직후 감태의 유주자의 착생수가 극히 많았던 것으로 설치장소와 시기를 검토하여 부착기질을 시설하는 것이 보다 효과적이다.

또한 산업 폐기물을 이용하여 가능성 해조장 조성용 해조초를 개발한 사례를 보면, 석탄을 이용한 화력발전소에서 발생시키는 모래인의 프라이에쉬(frie ash)는 시멘트 혼화제와 시멘트 원료인 점토의 대체로서 이용된다. 프라이에쉬 블럭을 포자 방출 시기에 시설하여 감태와 모자반류의 착생 및 성장을 관찰한 결과, 감태용 조초(操礁)(A형)와 모자반류용 조초(A, B형)는 시설 후 3개월째에 착생이 확인되었고, 그 후는 완만하게 성장하여 군락은 1년째(8월)에 최대가 되었다. 모자반류는 조초 시설 후 6개월째에 착생이 확인되어 그 후는 급속하게 성장하였다(<그림 VII-11>).



<그림 VII-11> 프라이에쉬 조초 모식도(吉川 등, 1986)

조초 형상별로 비교하면 감태와 모자반류의 생육밀도와 현존량의 추이와 생장이 상이한데 A형 조초의 쪽이 B형 조초에 비하여 우수하였다. 특히 감태용 조초의 경우 2년째 이후가 되면 B형 조초에서는 급속하게 생장이 떨어진다. 이것은 감태가 2~3년째에 들어가면 대형

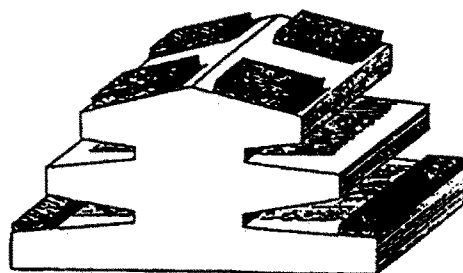
화대 감태가 흐름의 영향을 강하게 받아 조초에서 쉽게 박리되기 때문에 감태의 착생 및 흐름에 대한 조초의 강도와 관련이 있다고 추측된다. 이상과 같이 프라이어쉬 조초에는 감태와 모자반류가 착생하고 그 생장에 따라 각각 군락을 형성하였다. 또 조성조장에 있어서 감태와 모자반류의 생육밀도와 현존량이 천연 조장에 비하여 상당히 큰 값을 나타내고 있어 프라이어쉬를 주재료로 한 조초는 조장조성의 착생기질로서 충분히 효과가 있다고 볼 수 있다.

성계와 전복의 주 먹이인 다시마는 많은 포자가 해수의 유동을 이용하여 광범위하게 번식하는 해조류이므로, 저질과 수심 등 물리적 환경에 의해 부적절한 곳에 다시마 생육을 조성하려고 할 경우, 저질과 기타 물리적인 환경을 개선하여 우량 어장으로 조성할 필요가 있다.

대형 갈조류인 미역, 감태 조장을 조성하기 위하여 콘크리트제 기반의 착생시험 결과, 미역과 감태의 종묘사를 종 로프 및 종망에 붙여서 종 로프는 콘크리트제 기반에 고정된 결과 단년생과 다년생간에 다음과 같은 차이가 있었다.

- ① 단년생의 미역 : 이식 후 6개월로서 성엽을 형성한 후, 고사, 탈락하였지만, 12월에 기반과 그 주변의 호안에서 재생산이 확인되었다. 미역의 수심별, 기질별 번무 상황은 수심 4m 이심이 되면 성장량은 저하하였다. 착생기반과 종망에서는 후자가 해조류의 밀도는 높은 경향이 보여졌다.
- ② 다년생의 미역 : 이식 후 14개월에는 전장 1m를 넘어가는 것도 출현, 6월에는 수심 4~8m에서 재생산에 확인되었다. 미역은 수심 6m 이심에서 양호한 성장을 나타내고, 기질에 의한 해조류의 밀도에 차이는 없었다.

대형 갈조류가 생육하는 곳은 전복, 성계의 서식지로 적합하고 어류 등의 산란장과 육성장이 되고 있다. 그러나 갯녹음 현상이 심한 해역에서는 해조류 생육 효과를 높이기 위하여 <그림 VII-12>와 같이 인공어초 사면에 합성수지 매트를 붙여 수심 5~10m에 사니역, 자갈역, 암초역으로 나누어 시설하고 모자반류, 감태류 등을 이식하면 해조의 종류가 증가한다. 실험결과 시설 4년 후에 블록과 주변의 암초에 약 37종의 해조류가 번식한 것으로 확인되었다. 해조의 블록에의 착생상태는 외양의 암초역에서는 성계의 식해가 심하고, 4년후에도 모자반의 번무는 보여지지 않았다. 전석과 사니역에 설치되어진 블록에는 모자반류의 착생이 2년후부터 높아지고, 주변의 블록으로 확대하고 있었다.

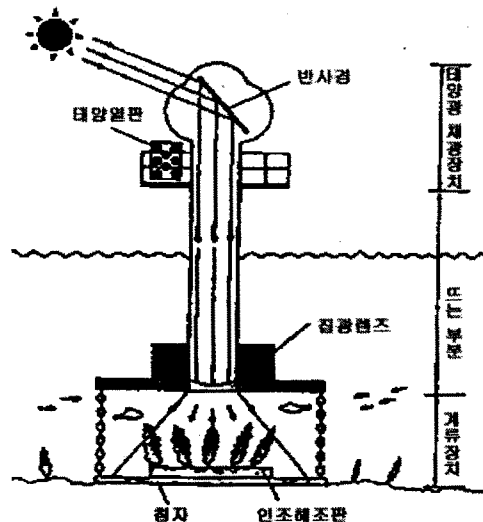


<그림 VII-12> 해조류 생육 효과를 높이고 전복 서식에 적합한 어초(大野 등, 1991)

감태는 2년간 이식하였지만 착생은 보여지지 않았다. 콘크리트면에 비교하여 입체공간이 많은 매트 쪽이 20배 이상 효과가 있음이 확인되었다. 어초 주변에는 많은 치어가 위집하였고 어업인이 항상 낚시장소로 이용하였다.

전복도 다수 확인되었고 패류, 성게 등의 서식도 확인되었다. 그러나 어초를 개발하기 이전에 블록의 형상, 합성수지매트, 시비, 식해 방지책, 해조의 이식법, 블록의 설치법 등이 우선 연구되어야 할 것이다.

해조는 조장 해역에서 서식하는 소형 어류의 먹이가 됨과 동시에 해조 자체가 패류의 먹이가 되기 때문에 수산 자원의 증식에는 해조류가 필요 불가결하다. 투명도가 저하하여 자연광이 도달하기 어려운 해저에는 태양광을 비추고, 해조류의 광합성을 촉진하여 성장을 촉진시키는 해조장을 조성할 필요가 있다. 이러한 태양광 도입에 의한 해조육성 시스템은 태양광 채광장치, 부채 브이, 계류 장치로 구성되어 있다.



<그림 VII-13> 부유식 자연광 강제 주입 장치 개요(磯崎 등, 1991)

<그림 VII-13>에서와 같이 해상에 원통형의 내파성 직립 브이를 설치하고, 상부에 태양광 채광장치로부터 받은 광을 부채 브이의 통내의 공간을 통하여 해저에 비추는 것이다. 이 장치는 겨울철과 조석 등 태양고도가 낮은 때에도 태양광을 효율적으로 채광할 수 있도록 한 것이 특징이다. 해조의 성장은 확산 렌즈 중앙에서 1.7m 떨어진 위치에 붙인 감태는 2.7m의 거리의 감태보다 15~30% 정도 성장이 촉진되었다. 이식해조 중 감태, 대항은 잘 성장하였고, 장치주변의 광 환경은 렌즈 바로 밑에서는 시각에 의한 상대 광량의 변화가 컸지만, 거리가 늘어나면 시각에 의한 변화는 적어졌다.

수온과 투명도에 대해서는 해조가 성장하는 12~6월의 수온은 12~23℃의 범위였다. 투명도의 최대치는 12월의 10.5m, 최소치는 7월의 3.5m이었는데, 장치 밑의 저생생물은 절족, 연

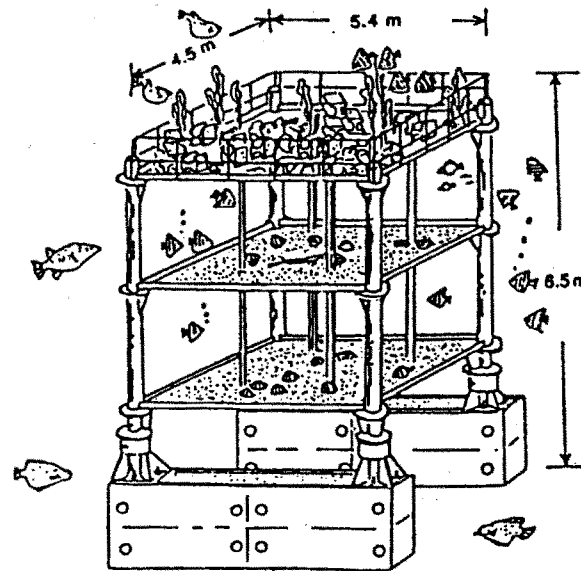
체, 환형, 원색, 측수, 공장, 해면, 편형동물 등 총 9문 82종의 서식하였다. 장치주변에 위집한 어류는 37종류로 집어 효과가 높았다.

松永·鈴木·工藤(1989)에 의하면 생물생산에 있어서 철은 중요한 역할을 하고 있는 필수 미량금속이다. 이 철은 해수 중에서는 다양한 화학 종을 가지고, 광합성시에는 용존철 Fe(II)로서 이용되어진다. 그래서 해수 중의 용존철을 인위적으로 해수에 공급하여 생산력을 높이는 것이 가능하기 때문에 강제 증식초를 해양에 시설하고 이 증식초에서 철의 산화에 의한 해수에 용출하는 용존철의 확산에 의하여 해수 중의 용존 철의 농도는 높아지고, 흐름에 따라서 확산된다.

철제 인공어초 설치 부근의 해역에서는 용존철 Fe(II)을 인위적으로 해수에 공급하는 것이 가능하고 다른 해역보다도 높은 생산력을 인공적으로 만드는 것이 가능하다는 보고도 있다.

松永·北川·鈴木(1989)는 지금까지의 연구에서 용존철은 광합성에 이용되어져, 그 외에도 Spring bloom 중에 Fe(II)이 검출되고 철이 부식함에 의해서 Fe(II)이 확산하는 등의 결과에서 철제 증식초는 일차생산을 높이는 큰 효과가 있다고 주장하였다. 철은 크로로필이 광합성에 극히 중요한 작용을 하고 있다.

종래의 어초는 특정의 대상 종의 생산 또는 증식을 목적으로 하여 개발되어져 왔다. 개발한 다목적 증식초는 해양을 입체적으로 이용하여 모든 어패류의 증양식이 가능한 집약적이고 이용성이 풍부한 기능을 가지는 강제 다단 어초이다. <그림 VII-14>에 나타낸 것과 같이 3단의 프랜트를 설치하고, 상단에 이형 블럭등을 배치하고, 중, 하단에 15cm 두께의 모래를 깔아 암초성 패류와 사니성 이매패를 동시에 서식하기에 적합한 구조로 하부에는 불가사리의 식해를 방지하기 위한 방제기도 설치하였다.

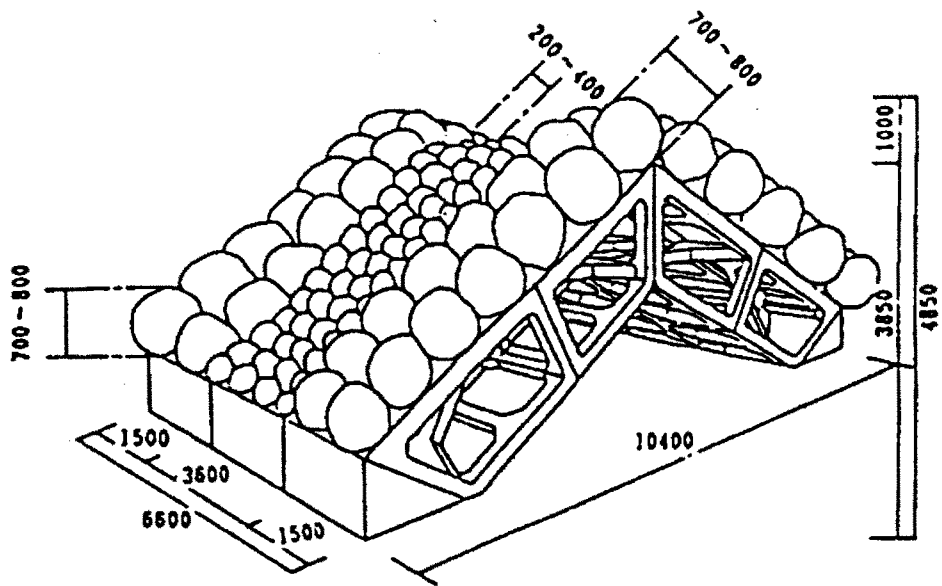


<그림 VII-14> 다목적용 증식초 개념도(松浦 등, 1989)

수심 11m에 설치하여 패류이식 효과를 실험한 결과 피조개의 생산율은 80%이상으로 생산율이 높았고, 바지락도 17mm 크기의 종묘가 채취기에는 31mm로 성장하고 높은 생산율을 나타냈다. 어류의 위집 상황은 설치 1개월후 어초 내에 불락이 서식하고 불락에 이어서 쥐노래미, 용치놀래기, 말쥐치, 돌돔의 순으로 출현하였다.

어초주변에서는 정어리 큰 무리가 가끔 보이고 해저부에서는 돌돔, 매통이, 황매통이 등의 출현도 있었다. 이상의 결과에서 다목적용 증식초는 비교적 천해인 내만에 설치하고, 집약적인 증양식초로서 이용한다면 수산자원 조성효과가 배가될 것으로 판단된다.

佐久田, 高木(1991)은 연안역을 효과적으로 이용한 레크리에이션 공간의 개발, 연안역에 있어서 어업의 효율화 등 해양공간의 창조적 활용을 목적으로 해역 제어시스템의 확립과 그 효과를 파악하기 위한 기초적 연구를 행하였다. 즉 <그림 VII-15>와 같이 해역제어를 위한 구조물을 설치하여 유치자어 등을 집어·채류시키고 집적시켜 그곳에서 성장시키는 증식장으로서의 2가지의 기능을 할 수 있도록 하였다.



<그림 VII-15> 해조장 조성 및 해역 제어 구조물 모식도(佐久田 등, 1991)

또한 자연석을 사용하여 생물이 서식하기 좋은 환경을 만들기도 하였다. 구조물의 시설 장소는 수심 12m의 해역이고, 흐름이 강한 내만에 설치하여 제어 구조물의 전후에 유동제어에 의한 흐름의 체류 효과를 판단하기 위하여 수산생물의 부유유생 부착기질이 되는 각종 전석 구조물이다.

제어 구조물 주변에는 줄도화돔, 전갱이가 무리를 이루어 위집하고, 벤자리, 능성어(유어), 능성어(성어), 참돔, 병에돔 등이 유명하고 있었고 구조물에 적재되어진 돌의 주변에는 자리



돔이 다수 확인되었다. 어류의 분포는 각형 구조물까지 위집 범위가 확산되어, 어장조성의 효과가 있었다.

이상과 같이 해역제어의 구조물을 설치함으로써 서식 수산종의 증가와 분포 범위의 확대, 전복, 소라 등과 같은 유용 어패류의 위집이 가능하였다. 위집 어종은 5개월째에 15종, 1.5년째에 17종, 3.5년째에 20종으로 확인되었으며, 부착생물은 9동물문, 29종류와 조류 1종으로 식해를 받고 있는 어초는 항상 어초 표면에 새로운 면을 노출하고 있고, 그곳에 새로운 생물들이 부착하는 것으로 확인되었다.

## VIII. 결 론

1970년대초 비교적 우리 나라 연근해 어업자원의 상태가 비교적 양호한 시점에서 정부는 연안의 자원증강을 위하여 인공어초사업을 시작하였다. 우리와 어업의 여건이 비슷한 일본에 비해서는 다소 늦었지만 국민소득 수준을 감안할 때 상당히 빠른 조치이었다는 평가다.

그러나 약 30여 년간 동 사업이 추진되는 과정에서 인공어초 어장의 적지선정, 인공어초의 제작 및 투하, 효과조사 면에서 전반적으로 사업효과가 떨어지지 않았는가 라는 비판이 있어 온 것은 사실이다.

따라서 본 연구에서는 인공어초사업의 전반에 관하여 분야별로 평가를 하였고, 그러한 평가결과를 기초로 문제점을 도출하여 향후 지향해야 할 정책방향을 제시하였다. 평가는 현 시점을 기준으로 하기보다는 시대적 여건을 감안하여 실시하였고, 향후 정책방향은 어업에 한정하지 않고 일반 국민들의 바다에 대한 수요를 감안한 미래 지향적인 관점에서 제시하였다.

동 사업은 크게 3단계로 나누어 평가할 수 있었다.

제1기는 1971~1984까지로 투자초기단계로 규정할 수 있다. 동 단계에서는 소형사각어초 중심의 단순한 인공어초사업이 실시되었고, 적지조사, 제작, 투하, 사후관리 등이 전반적으로 미흡한 단계로 이 당시에 제작 투하된 인공어초 어장은 그 효과가 대단히 부진하다고 평가할 수 있다.

제2기는 1985~1991까지로 인공어초 다양화 단계이다. 이 단계에서는 인공어초가 다양화된 것이 가장 큰 특징이다. 즉 원통형·반구형(1986), 잠보형(1987), 육각형(1988), 요철형(1990) 등이 새로이 도입되었다. 또한 인공어초 투하를 위한 적지조사가 개선된 시기이다. 그러나 여전히 제작, 투하, 사후관리는 전반적으로 미흡하였다. 따라서 적지에 제대로 투하 시설된 인공어초 어장의 경우는 상당히 효과를 나타내고 있었으나, 제작이 부실하거나 투하가 제대로 이뤄지지 않은 인공어초 어장의 경우는 실효성이 다소 떨어지는 것으로 평가할 수 있었다.

제3기는 1992년 이후로 인공어초사업 정착기라고 규정할 수 있다. 이 단계에서는 투하기술이 특히 개선되었다. 즉 GPS, 칼라어탐기를 도입하여 적지에 정확하게 인공어초를 투하하게 되었다. 또한 인공어초 제작이 상당히 개선되었는데, 그 방법으로 수산직 부감독관 임명, 명예감독관 지정 등 어초제작의 관리감독강화를 들 수 있다. 또한 1995년 12월 수산업법개정시 인공어초사업실시의 법적 근거를 마련하여 명실상부한 제도권 사업으로 정착되었다.

그러나 인력, 장비 및 예산의 부족으로 효과조사 및 사후관리는 여전히 미흡하다고 평가할 수 있다. 하지만 각 시·도 주관하에 실시한 대학 및 연구기관의 조사보고서에 의하면 이 당시에 조성된 대부분의 인공어초어장은 자연초 내지는 비시설구에 비하여 효과가 높게 나오는 것으로 평가되었다. 따라서 이 시기부터 인공어초사업이 어느 정도 궤도에 올라 어업인들의 반응도 높아진 것으로 평가할 수 있다.

그러나 전반적인 평가는 인공어초를 시설하는 것이 그렇지 않은 것보다는 효과가 있지만,

사회경제적 관점에서 본다면 보다 경제성을 높이기 위하여 계획수립 단계에서 사후관리에 이르기까지 상당부분 정책 방향을 수정하는 것이 바람직하다는 것이다.

첫째, 계획수립 단계에서 가장 중요한 인공어초 시설사업의 목표가 분명하여야 한다는 것이다. 단순히 불특정 다수인을 위한 자원조성이라는 목표 설정보다는 구체적으로 어업용인지 레저관광용인지를 구분하여야 하고, 이에 따라 대상어종 및 어장수역의 범위를 결정하여야 한다는 것이다.

둘째, 적지를 판정함에 있어서 기존의 유실 및 매몰 방지를 주목적으로 하는 해양공학적 기준만으로는 목표지향적인 인공어초 시설사업이 이뤄질 수 없다는 것이다. 즉 해양공학 기준 외에 연안생태계 및 대상어종의 자원상태 등을 중요한 적지판정 기준으로 설정하고, 적지 가능지를 전면 재조사하여 목표량을 결정하여야 한다는 것이다. 이러한 적지조사 기준의 변경에 따른 적지 가능지가 결정되면 신규 어장의 조성보다는 가장 최적의 장소에 최우선적으로 인공어초 어장을 조성하여야 한다는 것이다. 따라서 새로운 기준에 의하여 이미 조성된 어장이라도 신규투자의 우선순위 대상이 될 수 있도록 투자기준 등이 변경되어야 한다는 것이다.

셋째, 인공어초 어장의 규모 결정기준을 현재 면적당 몇 개라는 식의 일률적인 기준에서 자원상태, 어장 조성의 물리적 조건 및 사회경제적 여건 그리고 인공어초 어장의 조성목적 및 목표량에 따라 결정될 수 있도록 기준을 변경하여야 한다는 것이다. 전반적으로 단위 인공어초 어장이 인공어초 어장으로서의 기능을 발휘하기엔 너무 규모가 적고 단순하여 효과를 상당히 떨어뜨리고 있기 때문이다.

넷째, 집행단계의 개선사항으로서 제작 및 투하의 공정성 및 성실성을 확보하기 위하여 관 주도보다는 민간주도를 유도하여 시장경제 원리에 입각한 책임을 물을 수 있는 제도적 보완이 필요하다는 것이다.

다섯째, 인공어초 어장에 쌓여있는 폐어망 등을 수거하는 직접적인 사후관리 보다는 사전에 방지할 수 있는 제도적 장치가 필요하다. 즉 인공어초 어장에 적합치 않은 어로행위 등을 사전에 금지하는 규제가 필요하다는 것이다. 따라서 사후관리는 표본어장을 선정하여 지속적으로 조사하고 문제점을 도출함으로써 개선방안을 찾고 노하우를 축적하는 것이 합리적인 것으로 사료된다. 이를 위하여 인공어초 시설사업비의 일정비율을 사후관리 예산으로 확보하여 지속성을 유지토록 하는 것이 필요할 것이다.

## 참 고 문 헌

- Anderson, L. E., *The Economics of Fisheries Management*, The Johns Hopkins Press, USA, 1977.
- Cunningham, S., M. R. Dunn and D. Whitmarch, *Fisheries Economics an Introduction*, Mansell St. Martin's, USA, 1985.
- Frank, M. D'Itri, *Artificial Reefs*, Lewis Publishers, Inc., 1986.
- Gordon, H. S., "An Economic Approach to the Optimum Utilization of Fishery Resources," *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 10, No. 7, 1953, pp.442-457.
- Gordon, H. S., "The Economic Theory of a Common Property Resource: the Fishery," *The Journal of Political Economy*, Vol. 62, No. 2, 1954, pp.124-142.
- <http://members.tripod.lycos.co.kr/haejoong/in/smenu.htm>.
- Lackey, R. R. and Nielsen L. A., *Fisheries Management*, Blackwell Scientific Pub., 1980.
- Lindblom, Charles E., *The Policy-Making Process*, Yale University Press, 1980.
- Nakamura, Robert T. & Frank Smallwood, *The Politics of Policy Implementation*, New York: St. Martin's Press, 1980.
- OECD, "The Impact of Fisheries Resource Sustainability of Government Financial Transfers", 1999.
- Schaefer, M. B., "Biological and Economic Aspects of the Management of the Commercial Marine Fisheries," *Transactions of the American Fishery Society*, Vol. 88, No. 1, 1959, pp.101-104.
- Seaman, W., *Artificial reef evaluation*. CRC Press, 2000, pp.246.
- The American Fisheries Society, "What if Everyone Thought about Reefs?", *Fisheries* Vol.22, No.4, 1997.
- [www.momaf.go.kr/doc/momaf\\_pds/20000126131130a.htm](http://www.momaf.go.kr/doc/momaf_pds/20000126131130a.htm).
- 江陵大學校, 江原沿岸 凹凸型 多目的人工魚礁에 對한 效果調査 研究報告書, 江原道東海出張所, 1993, pp.41, pl. VII.
- 岡山縣水産, 和氣・邑久地區人工魚礁漁場造成事業調査報告書, 1987, p.78.
- 강원일보, 1999.4.1.
- 건설교통부, 강도로교 용접 및 도장요령, 1998, pp.430.
- 경상대학교 수산대학, 인공어초 사후관리 조사보고, 1996.
- 경상대학교 해양과학대학, 인공어초 사후관리 조사보고, 1997, pp.140.
- 국립부산수산대학교, 강제어초 특성에 관한 연구, 산업기술연구소 연구결과보고, 1993, pp.65.

- 국립수산진흥원, 강제어선의 인공어초 실용화에 관한 보고서, 1999, pp.76.
- 국립수산진흥원, 전국연안 인공어초 어장 생산성조사, 국립수산진흥원 사업보고 82, 1989, pp.107.
- 국립수산진흥원, 한국연안 인공어초의 자원조성효과에 관한 연구, 사업보고 제95호, 1992.
- 국립해양조사원, 수로기술연보, 1997, pp.325.
- 金子忠男, “日本の鐵鋼魚礁技術開發と資源造成効果,” 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 국제세미나(발표논문), 1999, pp.5-15.
- 김대권·장대수, 인공어초를 이용한 해조림조성. 수진연구보고 46, 1992, pp.7-19.
- 김두남·강영실·이정우, 인공어초에 서식하는 부착생물의 시공간적 변동, 수진원연구 49, 1995, pp.7-16.
- 김수관 역, 「양식업 경제분석」, 도서출판 대경, 1999.
- 김창길, “우리나라의 인공어초 기술개발 수준과 금후 개발방향”, 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발 방안 국제세미나, pp.1-19.
- 김창길, 미국, 일본의 인공어초 현황, 국립수산진흥원 공무국외여행보고서, 2000. 7
- 김현주, 연안 생태제어 구조물의 안정성과 기능의 극대화를 위한 기초적 연구, 1995, 부산수산대학교 공학박사학위논문, pp.81-102.
- 남해수산연구소 제주분소, 시험어초 효과조사 보고서, 1998, pp.35.
- 남해수산연구소 제주분소, 시험어초 효과조사 최종보고서, 1999, pp.71.
- 남해수산연구소 제주분소, 인공어초 사후관리 조사보고서, 1996, pp.61.
- 남해수산연구소 제주분소, 패조류 투석사업 효과조사 보고서, 1996, pp.56.
- 노화준, 「정책평가론」, 법문사, 1986.
- 大島泰雄, 人工魚礁, 日本水産資源保護協議會, 1964, pp.56.
- 동해수산연구소, 시험어초 효과조사 최종 보고서, 1999, pp.255.
- 류정곤 외 3인, 「총허용어획량(TAC) 할당제도의 운영방안에 관한 연구」, 한국해양수산개발원, 정책자료 175, 1997.
- 류정곤, “인공어초사업의 사회경제적평가,” 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 국제세미나(발표논문), 1999.
- 류정곤, 「한국 연안어업의 합리적 관리에 관한 연구」, 부산수산대학교대학원, 박사학위논문, 1994.
- 류정곤·이승우·황진욱, “인공어초시설사업의 경제적 효과에 관한 연구- 수우도 인공어초 어장을 중심으로-”, 한국수산경영학회, 수산경영론집 제29권 제2호, 1998. 12, pp.177-197.
- 文部省, 「漁業」, 海文堂, 1997.
- 박구병, “수산자원의 합리적 이용관리에 관한 경제학적 연구”, 부산수산대학논문집, Vol. 22, 1979, pp. 5 - 74.
- 박성복·이종렬, 「정책학강의」, 대영문화사, 2000.
- 福岡市經濟農林水産局, 魚礁漁場造成の効率化と管理適正化調査報告書, 1988, pp.100.

- 부산수산대학교 산업기술연구소, 강제어초 효과에 관한 연구, 1993, pp.91.
- (社)鋼製俱樂部, 鋼製礁技術マニュアル, 1996.
- 社團法人全國沿岸漁業振興開發協會, 沿岸漁場情費開發事業 人工魚礁漁場造成計劃指針, 1986.
- 서해수산연구소, 전라북도 인공어초 효과조사, 전라북도, 1996, pp.117.
- 小倉通男, 人工魚礁と魚(近年における人工魚礁等に関する研究), 1994, 小野田, pp.156.
- 小倉通男, 人工魚礁と魚, 1990, 小野田, pp.39.
- 水産増殖話談會, 人工魚礁效果, 水産増殖 臨時号 7, 綠書房, 1968.
- 수산진흥원, 「무한담구」, 1997년 2월호.
- 수산청, 「수산청30년사」, 1996.
- 水産廳振興部開發課, 人工魚礁漁場造成計劃指針案, 수산공학연구소연구보고, 1981.
- 柿元皓, テレメトリングによる魚の行動, 水産土木, 17(1), 1980, pp.67-74.
- 柿元皓, 新潟縣沿岸域の人工魚礁における魚類の行動學的研究, 新潟縣 水産試験場, 1984, pp.191-152.
- 柿元皓, 人工魚礁の生物學的機能解析に関する研究, 水産工學會誌, 35(1), 1998, pp.1-7.
- 柿元皓, 人工魚礁關連技術發達の經過と今後の方向, 水産工學會誌, 35(2), 1998, pp.139-144.
- 柿元皓・大久保久直, 新潟縣沿岸域における人工魚礁の總合的研究と事業, 新潟縣水産試験場, 1985, pp.1-327.
- 柿元皓・津村憲・内田和良, 餌動物の生殘りに及ぼす人工魚礁の效果. 水産工學會誌, 30(1), 1993, pp.35-40.
- 柿元皓・津村憲・野田幹雄, 人工魚礁による漁場・増殖場造成, 水産工學會誌, 34(3), 1998, pp.305-311.
- 심호진, “우리나라 인공어초시설사업의 정책방향,” 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발방안 국제세미나(발표논문), 1999.
- 안해균, 「현대행정학」, 다산출판사, 1984.
- 魚礁綜合研究會, 人工魚礁理論實際(I)基礎編, 石崎書店, 1976, p118.
- 魚礁綜合研究會, 人工魚礁理論實際(II)實際編, 石崎書店, 1976, p126.
- 漁協經營センタ經營部, 「漁場管理と漁協」, 日本, 漁協經營センタ出版部, 1983.
- 여수대학교 수산과학연구소, 인공어초시설 사후관리 조사연구, 1998.
- 麗水大學敎, 人工魚礁施設 事後管理 調査研究, 全羅南道, 1998, pp.122.
- 沿岸漁場整備開發事業研究會, 沿岸漁場整備開發事業の解説(第4次沿整計劃版), 新水産新聞社 1995, pp.606.
- 嶺南大學校・國立水産振興院東海水産研究所, 人工魚礁施設事業 效果調査 研究 慶尙北道, 1995, pp.436.
- 嶺南大學校・國立水産振興院, 人工魚礁施設事業 效果調査 研究, 江原道, 1997, pp.531.
- 유동운・강세훈, 「자원경제학」, 법문사, 1989.
- 이정우, 인공어초의 분산특성에 관한 실험적 연구, 부산수산대학교 석사학위졸업논문, 1994, pp.43.
- 이정우・강영실, "인공어초어장의 어류군집상과 어획량 변동", 한국수산학회지 27(5), 1994 pp.535-548.

- 이정우·배헌민, "단체어초 주변의 유체역학적 특성에 관한 연구", 한국해양공학회 추계강연 회논문집, 1994, pp.284-293.
- 이정우·배헌민·김창길, "인공어초모형의 유체역학적 특성연구", 국립수산진흥원 연구보고 49, 1995, pp.1-6.
- 이정우, "국내 강제어초 기술과 자원조성 효과", 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발 방안, 국제세미나, 1999.
- 인하대학교, 인공어초 시설 효과조사, 인천광역시, 1997, pp.106.
- 日吉春一·相馬勝平, コンクリート魚礁と鋼製板魚礁との集魚効果比較試験、1968、昭和42年度静岡水産試験場事業報告, pp.187-194.
- 日本水産資源保護協會, 「人工魚礁理論と實際(I)」, 1976.
- 日本水産資源保護協會, 「人工魚礁理論と實際(II)」, 1976.
- 長谷川彰, 「漁業管理研究」, 日本, 成山堂書店, 1991.
- 全國沿岸漁業振興開發協會, 「増殖場造成指針」, 地球社, 1993, pp.252.
- 全國沿岸漁業振興開發協會, 沿岸漁場整備開發事業施設設計指針, 連合印刷センタ, 1993, pp.410.
- 全國沿岸漁業振興開發協會, 沿岸漁場整備開發事業人工魚礁漁場造成計劃指針, 東京プリント, 1986, pp.184.
- 齊藤達三 編著, 「實踐自治體政策評價」, ぎょうせい, 2000.
- 제주대학교 해양연구소, 어초시설어장 사후관리 조사보고서, 1995.
- 제주대학교 해양연구소, 어초시설어장 사후관리 조사보고서, 1998.
- 제주대학교, 어초시설어장 사후관리 조사보고서, 제주도, 1998, pp.98, pl. VII.
- 제주대학교, 어초시설어장 사후관리 조사보고서, 제주도, pp.65, pl. IV.
- 佐藤修, 人工魚礁(水産學シリーズ 51), 恒星社厚生閣, 1984, pp.130.
- 竹村嘉男, 鋼製魚礁の構造について, 東海區水産研究所業績, 1965, pp.41-48.
- 竹澤嘉治, 田野町沖に沈没された鋼製魚礁について, 昭和49年高知水産試験場事業報告, 1974, pp.30~46.
- 中村充, 改訂水産土木學(生態系海洋環境エンジニアリング), 工業時事通信社, 1991, pp.561.
- 中村充, 水産土木學(生態系海洋環境エンジニアリング), 工業時事通信社, 1979, pp.508.
- 清光照夫·岩崎壽男, 「水産政策論」, 日本, 恒星社厚生閣, 1986.
- 坂口秀雄, 愛媛縣南宇和地區人工礁場造成事業の紹介, 南西海ブロック第10回魚礁研究會, 1992.
- 한국건설방식기술연구소, 콘크리트 철근의 부식과 방식 대책, 1994, pp.128.
- 한국일보, 1999. 11. 5.
- 한국해양연구소, '99 인공어초 시설사업 효과조사 연구, 1999, pp.216.
- 韓國海洋研究所, 人工魚礁에 附着하는 底棲生物相에 관한 研究, 해양연구보고, 1998, BSPE 00317-957-3, pp.79.
- 해양수산부, 「'98년 통영해역의 바다목장 연구개발」, 1998.
- 해양수산부, 「'99년 통영해역의 바다목장 연구개발」, 1999.

해양수산부, 「수산진흥종합대책」, 1999

해양수산부, 「인공어초시설사업집행및관리규정」, 2000

해양수산부, 「인공어초시설사업집행및관리요령」, 1998

해양수산부, 「인공어초시설실적」, 각 연도.



# 여 백

## 부록 인공어초 사진 모음

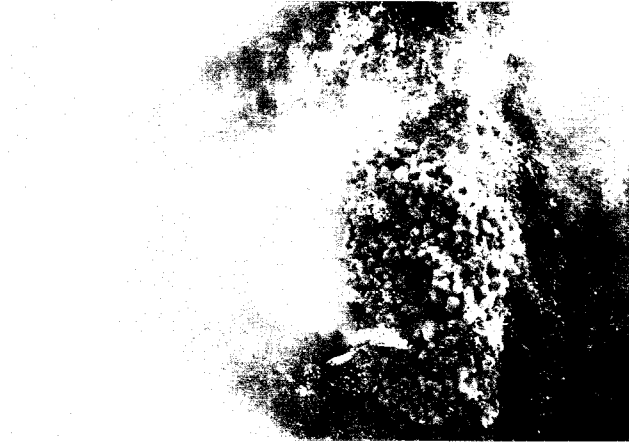


사진 1 강원 교암 연안의 요철형 시험어초(수심 10m)

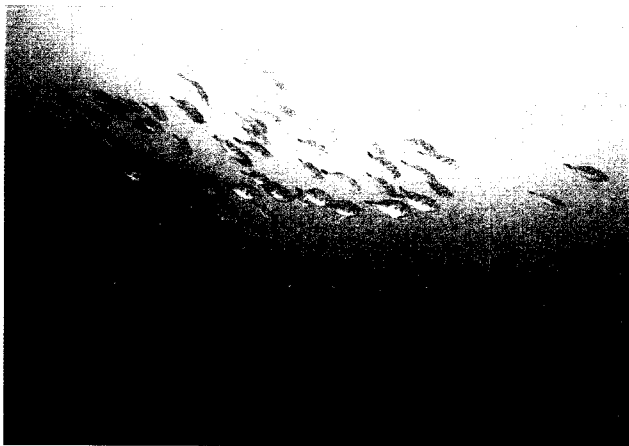


사진 2 강원 강릉 사근진 연안 사각어초(수심 20m)의 말쥐치떼



사진 3 강원 강릉 사근진 연안 사각어초(수심 20m)의 50cm급 쥐노래미



사진 4 강원 강릉 어초의 가지산호 군락



사진 5 강원 강릉 어초의 우렁쟁이



사진 6 경북 흥해연안 사각어초에 군락을 이룬 섬유세닐말미잘과 우렁쟁이



사진 7 충남 외연도 연안 사각어초(수심 26m)의 산호



사진 8 충남 외연도 연안 사각어초(수심 26m)에 앉아 있는 조피볼락



사진 9 충남 외연도 연안 사각어초(수심 26m)의 황해볼락과 성게

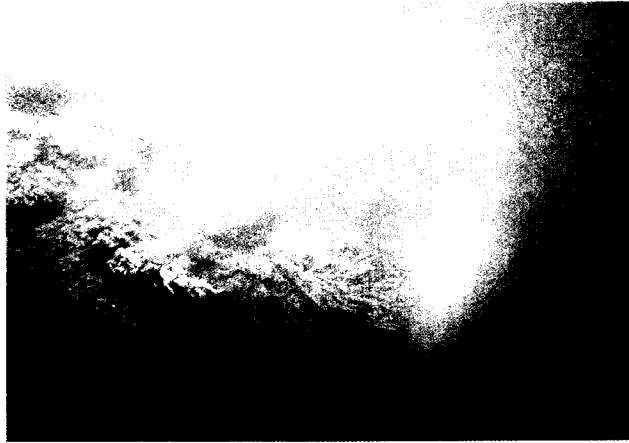


사진 10 충남 신지도 연안 강선(수심 24m)표면의 산호와 불가사리

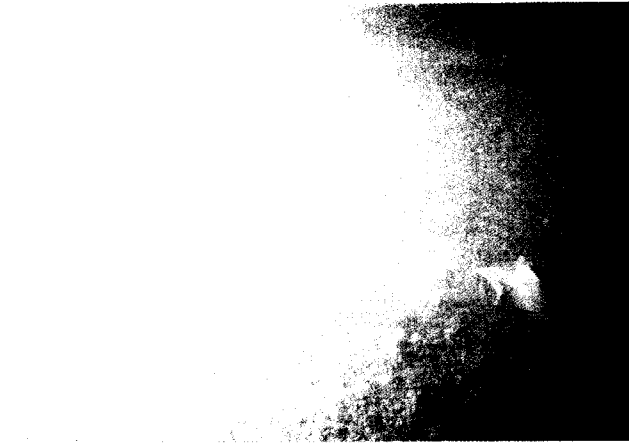


사진 11 충남 신지도 강선(수심 24m)표면의 30cm급 쥐노래미



사진 12 경남 수우도 사각어초에 쌓인 어망



사진 13 경남 통영 산양면 연안 사각어초(수심 24m)의 유령멍게

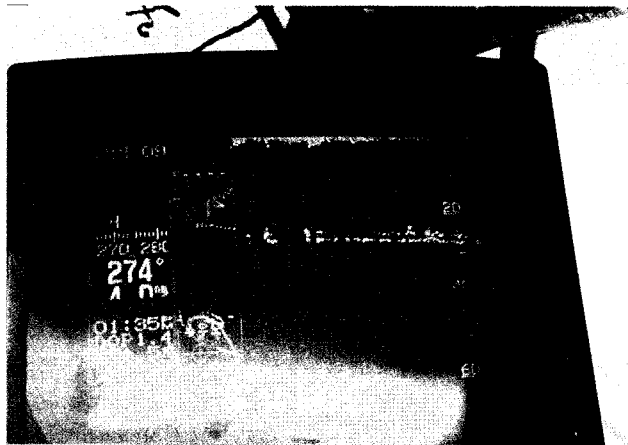


사진 14 어군탐지기에 잡힌 경남 수우도 사각어초군



사진 15 경남 통영 산양면 연안 사각어초(수심 24m)의 쥐노래미와 조피불락



사진 16 제주 서귀포 법환 연안 사각어초(수심 34m)의 붉바리

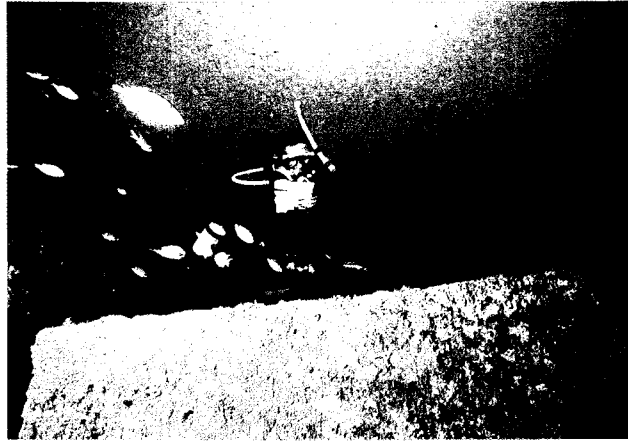


사진 17 제주 서귀포 법환 연안 사각어초(수심 34m)의 생물상조사 장면

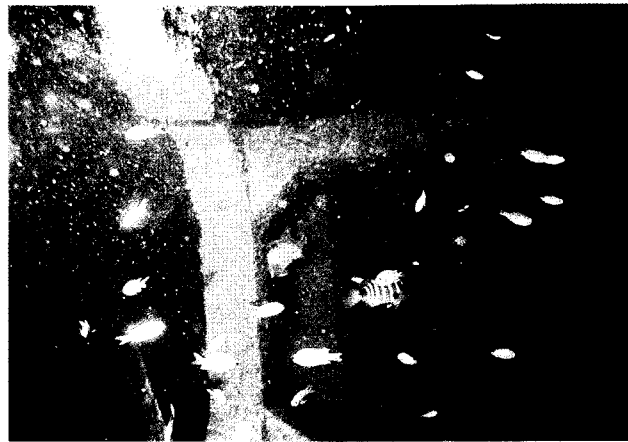


사진 18 제주 서귀포 법환 연안 사각어초(수심 34m)의 60cm급 자바리와 능성어



사진 19 제주 비양도 연안 패 · 조류용 시험어초



사진 20 제주 시험어초의 감태

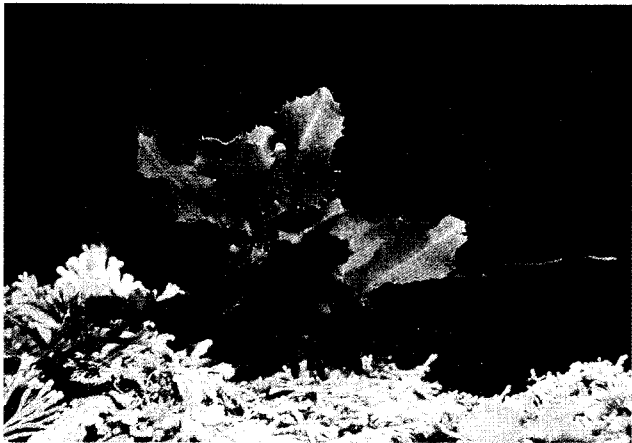


사진 21 제주 시험어초의 모자반



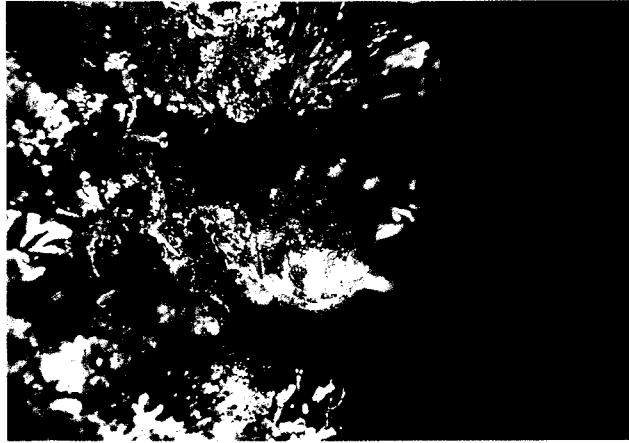


사진 22 제주 시험어초의 소라



사진 23 제주 시험어초의 고둥 산란 모습

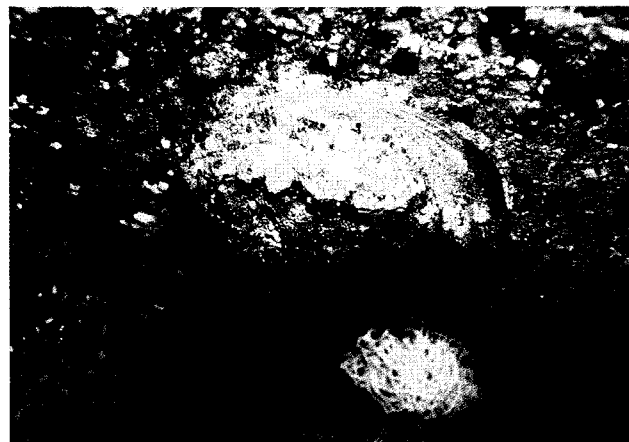


사진 24 제주 시험어초의 말전복

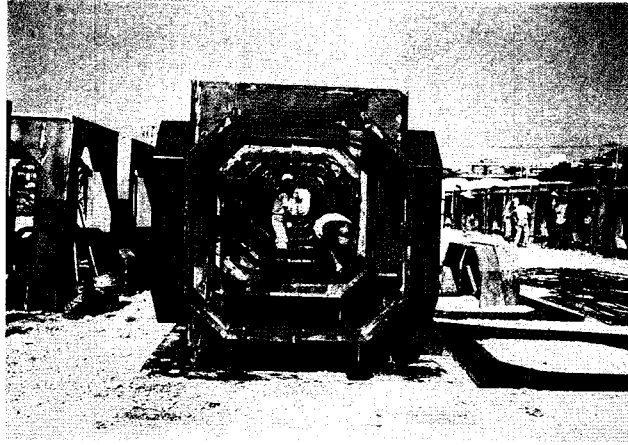


사진 25 인공어초 제작 모습(사각형 인공어초 거꾸집)



사진 26 인공어초 제작 모습(반구형 인공어초 거꾸집)

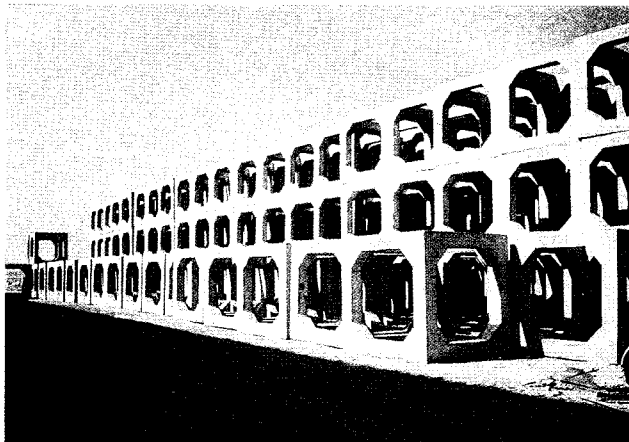


사진 27 사각형 인공어초 제작 완료 상태

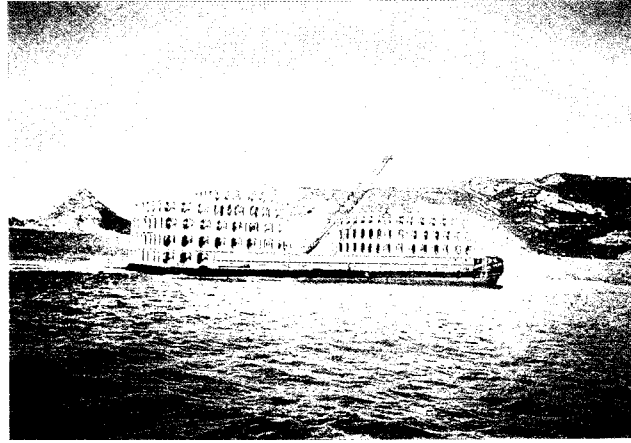


사진 28 대형 바지로 운반하여 투하하는 장면(사각형)

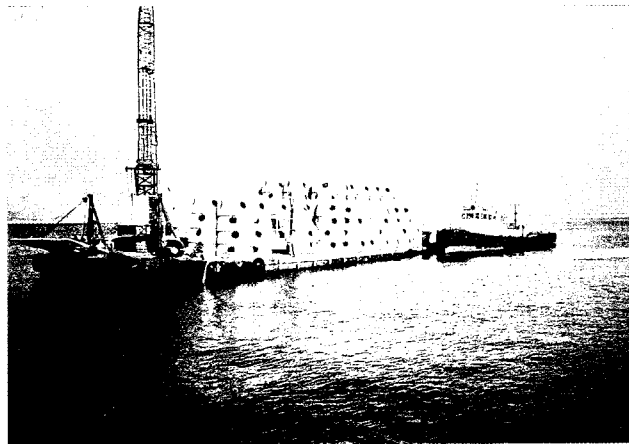


사진 29 대형 바지로 운반하여 투하하는 장면(반구형)

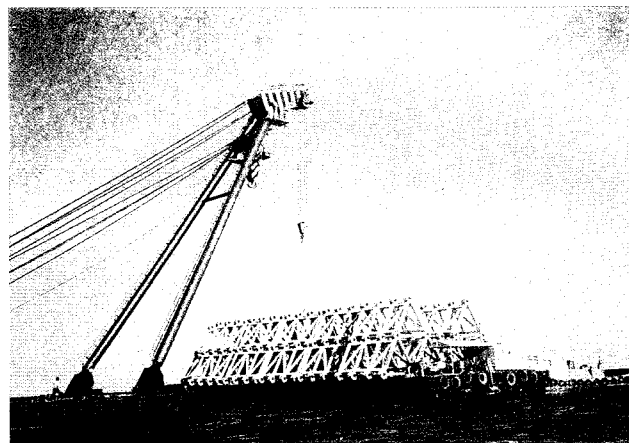


사진 30 대형 바지로 운반하여 투하는 장면(잠보형)

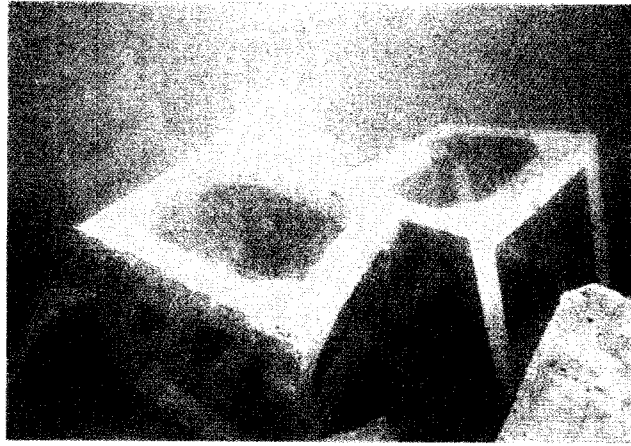


사진 31 인공어초 수중시설 상태(사각형 상적시설)



사진 32 인공어초 수중시설 상태(사각형 상적시설)



사진 33 인공어초 수중시설 상태(반구형 1단 병렬시설)



사진 34 제주 반구형어초에 조성된 감태 군락

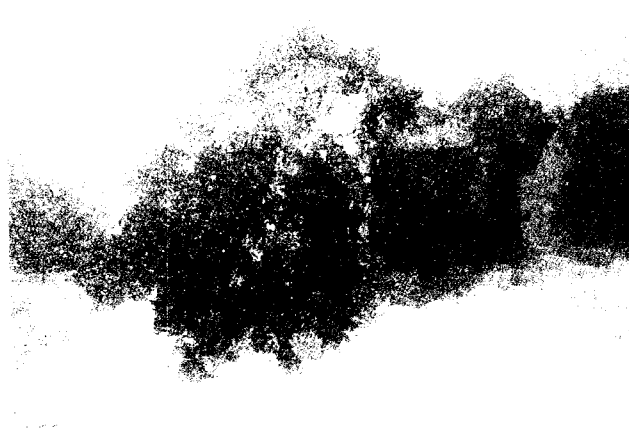


사진 35 강원 요철형어초에 조성된 해조 군락



사진 36 제주 사각형어초에 조성된 감태 군락

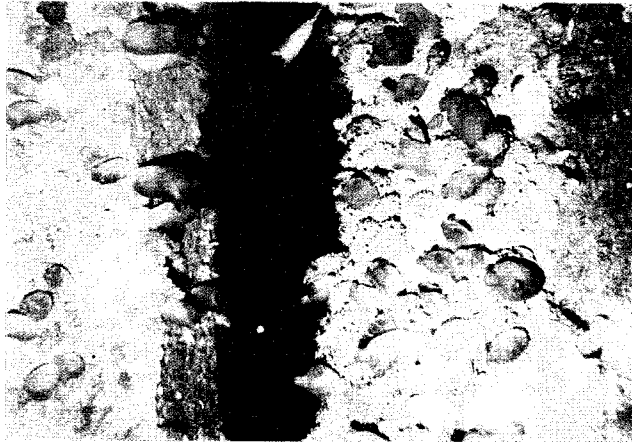


사진 37 강원 사각형어초에 부착서식하는 비단멍게

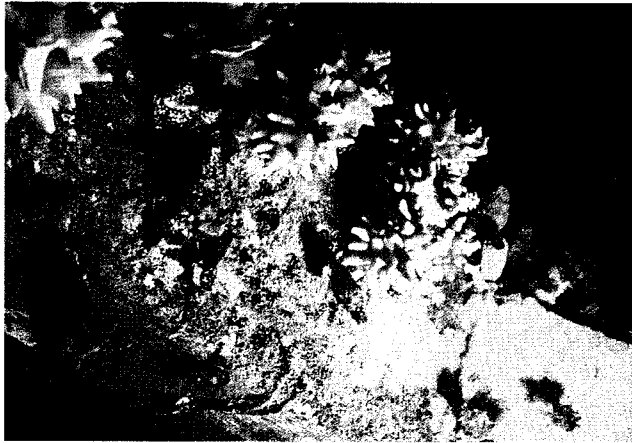


사진 38 경남 사각형어초에 서식하는 우렁쟁이

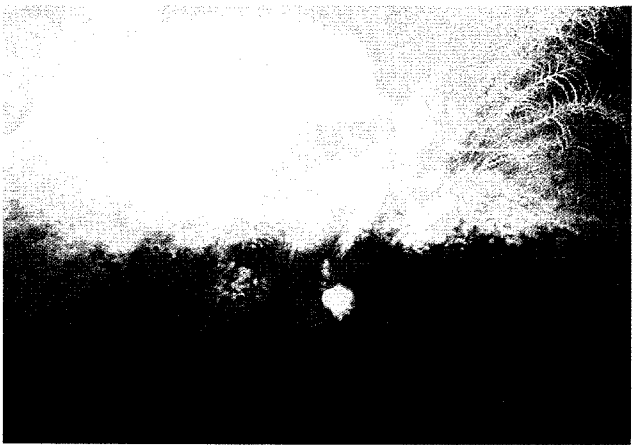


사진 39 경남 사각형어초에 서식하는 갯지렁이

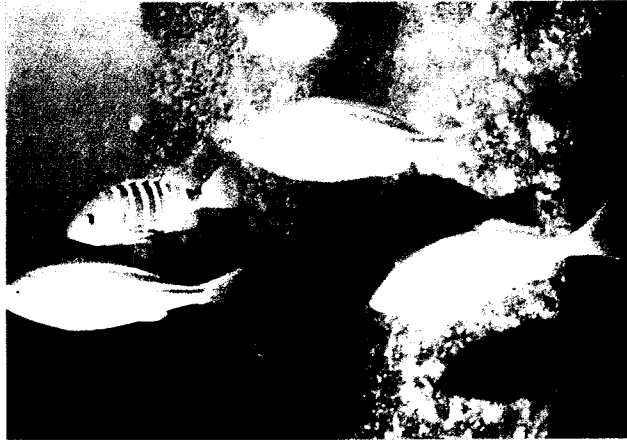


사진 40 제주 사각형어초에 유영하는 벤자리



사진 41 동해안 사각형어초에 유영하는 불락균

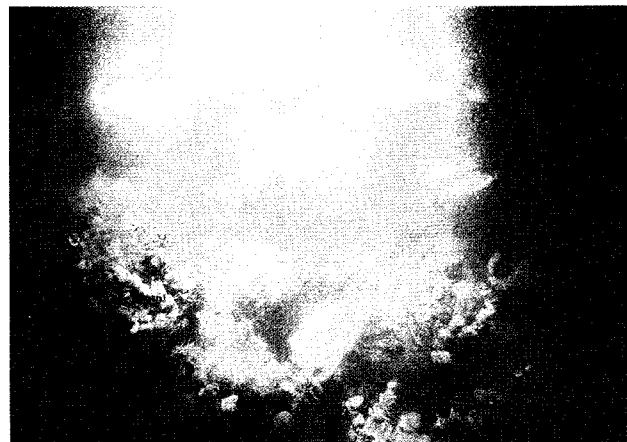


사진 42 서해안 사각형어초에 유영하는 불락과 부착생물상



사진 43 제주 사각형어초에 군집 유명하고 있는 자리돔



사진 44 제주 사각형어초에 군집 유명하고 있는 벤자리



사진 45 제주 반구형 어초상부의 감태 군락





사진 46 제주 사각형어초에 군집 유영하고 있는 벤자리

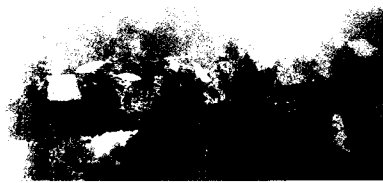


사진 47 제주 뿔삼각형어초의 해중림 및 어류군집



사진 48 경북 사각형어초에 군집 유영하고 있는 개볼락