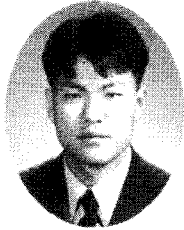


국내 인공 어초 시설의 현황

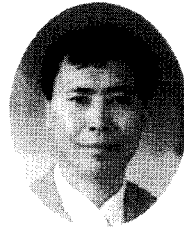
- The Present Condition of Domestic Artificial Reefs -



김재환*



강석표*



김창길**



권영진***



김무한****

1. 머리말

최근 산업 기술의 고도화와 함께 임해 공업단지 조성으로 연안매립이 활발하게 이루어져 왔으며, 그 외에도 매립·간척사업이 용이한 연안해역은 국토확장사업으로 점차 육지화되어 오고 있다. 또한 해양오염의 악화, 각국 200해리 경제수역의 설정으로 인한 원양어업 위축, 어업장비의 현대화 및 대형화로 인한 남획으로 연근해 수산자원은 심각하게 고갈되어 가고 있는 실정이다.^{1),6)}

이러한 경향과 함께 어업은 개발된 양식기술의 진전에 따라 종래의 잡는 어업에서 탈피하여 기르는 어업으로 전환되고 있으며, 그 일환으로 인공 어초 시설 사업도 적극적으로 실시되고 있다.¹⁾

인공 어초는 어류 등의 수산 생물이 암초나 침몰된 배에 위집(蟄集)하는 성질을 이용하여 대상으로 하는 수산생물의 어획 증대, 조업의 효율화 및 보호 배양을 도모하기 위한 시설물을 말한다. 즉 어초는 해

저로부터 돌출한 암초 등과 같은 것을 말하는 데 바다 속에서 육상의 숲과 같은 역할을 해준다고 할 수 있으며, 해수의 흐름을 변화시켜 어패류 등에게 먹이를 공급해 주거나 은신처를 제공해 주는 등 어패류가 살아가는 데 필요한 환경을 조성해 주는 것이다.

우리 나라의 인공 어초 시설 사업은 정부 투자 사업으로 국내의 경우 1971년부터 시작하여 1999년까지 4,253억원이 투자되었으며, 전국 연안 14만 2,440 ha에 약 98만 4,000개의 인공 어초가 시설되었고, 2011년에는 약 1조원의 인공 어초 시장 규모를 업계에서는 전망하고 있다.^{1),6)}

또한 앞으로도 해양수산부는 연근해 어장의 자원 조성 및 어업인의 소득 증대를 위해 인공 어초 시설 사업의 지속적인 확대를 도모하고자 하며, 인공 어초 시설 대상 수역과 어종의 특성에 적합한 새로운 어초 모형의 개발을 통한 효과 제고 및 인공 어초에 대한 지속적인 연구를 적극적으로 추진하고자 하고 있다.^{1),2)}

이에 본고에서는 국내의 인공 어초 시설 사업의 추진 현황, 시설 현황, 사용 재료 및 구조 특성, 시공 지침 등 국내 인공

어초 시설의 현황을 살펴보고자 한다.

2. 인공 어초사업의 추진체계

2.1 인공 어초 사업의 집행 절차³⁾

우리 나라의 인공 어초 시설 사업의 법적 근거는 수산업법 제79조의 2 제1호에 제시되어 있으며, 「인공 어초시설사업 집행 및 관리규정」(해양수산부훈령 제189호)에 의거하여 추진하고 있다.^{1),3)}

본 규정에 의한 인공 어초 시설 사업의 집행 절차를 살펴보면 어초 사업의 효율적인 집행 및 관리 등에 관한 사항을 협의하기 위하여 해양수산부에 중앙어초협의회를 설치하고, 또한 시·도에 시·도어초협의회를 설치하게 되어 있다. 여기서 중앙어초협의회는 ①시험 어초의 선정에 관한 심의, ②시험 어초의 효과조사 결과 분석 및 일반 어초의 선정여부 심의, ③어초 사업의 효율적인 집행 및 관리 방안에 관한 자문, ④기타 위원장이 필요하다고 부의하는 사항에 관한 자문 등을 수행하게 된다. 또한 시·도어초협의회는 ①시험 어초 선정·추천을 위한 심의, ②시험 어초 효과조사 결과분석 및 일반 어초 선정·추천

* 정회원, 충남대학교 대학원, 박사과정

** 정회원, 국립수산물과학원

*** 정회원, 흥용리플래시건설(주), 전무이사

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수

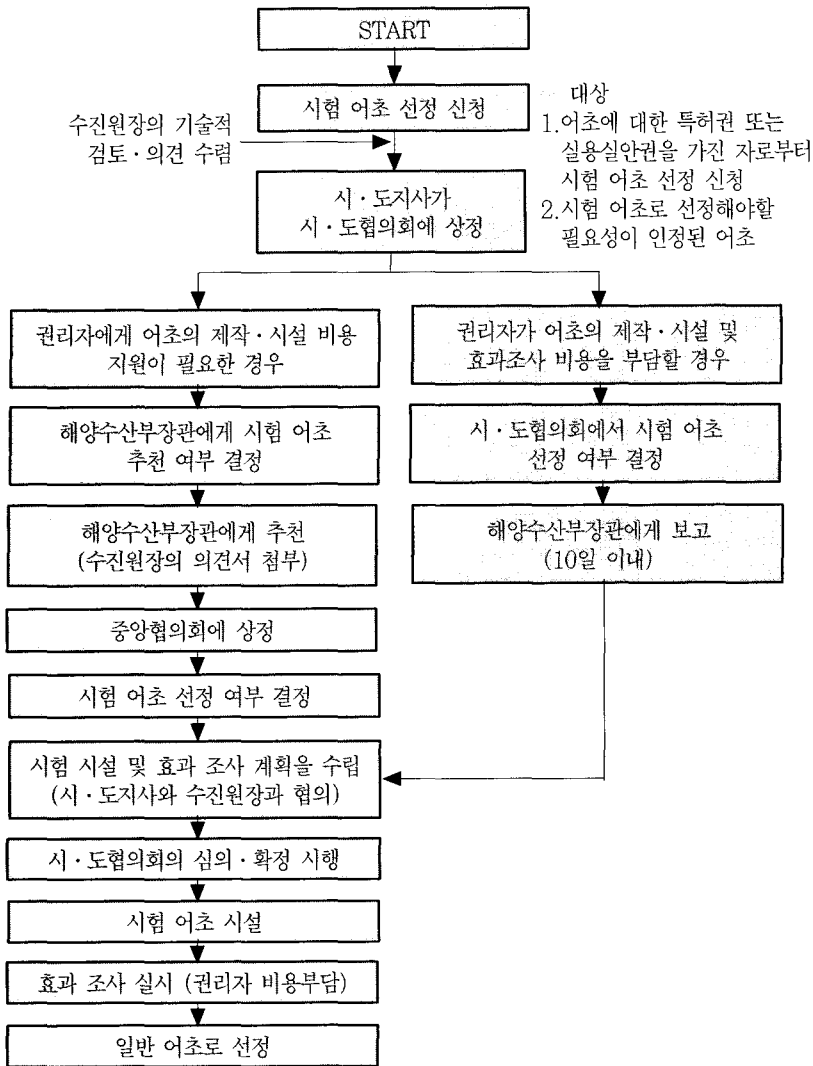


그림 1. 시험 어초 및 일반 어초의 선정 절차

여부 심의, ③ 당해연도의 어초 시설 계획 (어초의 종류, 시설 예정 구역, 시설 물량, 시설 방법, 우선 순위 등)의 심의, ④ 어초 사업의 효율적인 집행 및 관리 방안에 관한 자문, ⑤ 기타 위원장이 필요하다고 인정하여 부의하는 사항에 관한 자문 등을 수행하게 된다.

2.2 시험 어초 및 일반 어초의 선정 절차 및 방법³⁾

시험 어초 및 일반 어초는 「인공어초시설사업 집행 및 관리규정」 제2조에 정의되어 있으며, 이에 의하면 일반 어초라 함은 시험 어초 또는 연구 어초 중 어초의 시설 효과가 입증되어 중앙어초협의회에서 어초 사업 대상 어초로 선정된 어초를 말하며,

또한 시험 어초라 함은 이미 개발되어 시설 중인 일반 어초 외에 새로이 개발된 어초로서 중앙어초협의회 또는 시·도어초협의회에서 시험대상어초로 선정된 어초를 말한다. 이러한 시험 어초 및 일반 어초의 선정 절차 및 방법은 「인공어초시설사업 집행 및 관리규정」 제8조 및 제11조에 규정되어 있으며, 이를 도식화하면 <그림 1>에 나타낸 바와 같다.

2.3 현행 인공 어초 시설 계획 및 시공 공정³⁾

인공 어초 시설사업의 추진은 해양수산부에서 기본 계획을 수립하여 사업 물량 및 집행 방법 등을 시·도에 시달하고, 시·도지사는 어초 시설적지 조사를 실시한 후 연구기관 및 학계 등 전문가로 구성

된 어초협의회 심의를 거쳐 시설 장소와 어초 종류 등을 결정하고, 입찰에 의하여 선정된 업체에서 어초를 제작하여 시설하게 된다. 이와 같이 현행 인공 어초의 시설 계획 및 시공 공정을 도식화하면 <그림 2>에 나타낸 바와 같다.

즉, 시설 계획의 수립에서부터 어초의 설계까지는 관한 시·도의 담당부서에서 수행하고, 어초 제작에서부터 어담 조사까지는 시공업체가 주로 담당하고 있으며 관한 시·도의 담당부서가 인공 어초 시설사업의 전 공정을 총괄하는 체제로 이루어져 있다. 또한 시공업체가 수행하는 공정은 크게 어초 제작 공정과 운반·투하·어담 조사 등의 시설 공정으로 구분할 수 있으며, 일반적으로 어초 제작 경비가 약 70%, 어초 시설 경비가 약 20%, 일반 경비가 약 10%를 차지하고 있어 현실적으로는 어초 제작 공정이 어초 시설 공정보다 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다.

또한 인공 어초의 제작 및 시설 공정은 <사진 1>에 나타낸 바와 같다.

3. 인공 어초 시설의 현황

3.1 인공 어초 시설적지¹⁾

해양수산부의 조사 결과에 의하면 국내 각 해역별 인공 어초 시설적지는 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 총 30만 6,751 ha이며, 제주가 21.1%로 가장 많이 차지하고 있으며, 전남 18.2%, 경남 17.8%, 충남 10.0%, 경기 9.1% 등으로 나타났다. 이와 같이 우리나라의 인공 어초 시설적지는 주로 남해안에 분포하는 것으로 나타났다.¹⁾

3.2 인공 어초 시설의 총괄⁵⁾

우리나라의 인공 어초 시설 사업은 정부 투자 사업으로 1971년부터 시작하여 1999년까지 총 시설투자비 4,253억원이 투자되었고, 전국 연안 742개소에 시설면적 14만 2,449 ha, 시설량 98만 4,100개의 인공 어초가 시설되었다.

또한 우리 나라의 인공 어초 시설 사업은 크게 3기로 구분할 수 있으며, 그 특징을 살펴보면 다음과 같다.

제1기는 1971 ~ 1984년까지로 투자초기 단계로 구분할 수 있다. 본 단계에서는

소형 사각 어초 중심의 단순한 인공 어초 사업이 실시되었고, 적지 조사, 제작, 투하, 사후 관리 등이 전반적으로 미흡한 단계이다.

제2기는 1985 ~ 1991년까지로 인공

어초의 다양화 단계이다. 즉 원통형, 반구형, 잠보형, 육각형 요철형 등이 새롭게 도입되었고, 또한 인공 어초 투하를 위한 적지 조사가 개선된 시기이다. 그러나 여전히 제작, 투하, 사후 관리가 전반적으로 미흡한 단계이다.

제3기는 1992년 이후로 인공 어초 시설 사업의 정착기라 할 수 있다. 이 단계에서는 투하 기술이 특히 개선되었으며, GPS(칼라어군탐지기)를 도입하여 적지에 정확하게 인공 어초를 투하할 수 있게 되었다. 또한 인공 어초 제작이 상당히 개선되었으며, 1995년 수산업법 개정시 인공 어초 시설 사업의 법적 근거를 마련하여 명실상부한 제도권 사업으로 정착되었다.

3.3 인공 어초 시설면적⁵⁾

〈그림 4〉는 어초 종류별 시설 면적(1999년 기준)을 나타낸 것으로, 사각형 어초가 전체 시설면적의 80.02%로 대부분의 시설면적을 차지하고 있으며, 잠보형이 6.42%, 반구형이 6.34%, 뿔삼각형이 1.69%, 요철형이 1.42%인 것으로 나타났다. 이와 같이 우리 나라의 경우 전국 연안에 시설된 인공 어초는 대부분이 사각형 어초인 것으로 나타나 다양한 어초의 시설이 요구되고 있다.

또한 〈그림 5〉는 각 지역별 시설면적(1999년 기준)을 나타낸 것으로, 경남이 전체 시설면적 중 19.83%로 가장 많이 시설되었고, 전남 19.80%, 경북 13.31%, 제주 13.30%, 강원 12.99% 등인 것으로 나타났으며, 주로 남해안 지역에 집중되어 있는 것으로 나타났다.

또한 〈표 1〉은 인공 어초 사업 연대별 시설면적을 나타낸 것으로, 인공 어초 시설사업은 그 시설면적 측면에서 볼 때 최근에 크게 증가한 것을 확인할 수 있다.

3.4 인공 어초 시설량⁵⁾

〈그림 6〉은 어초 종류별 시설량(1999년 기준)을 나타낸 것으로, 사각형 어초가

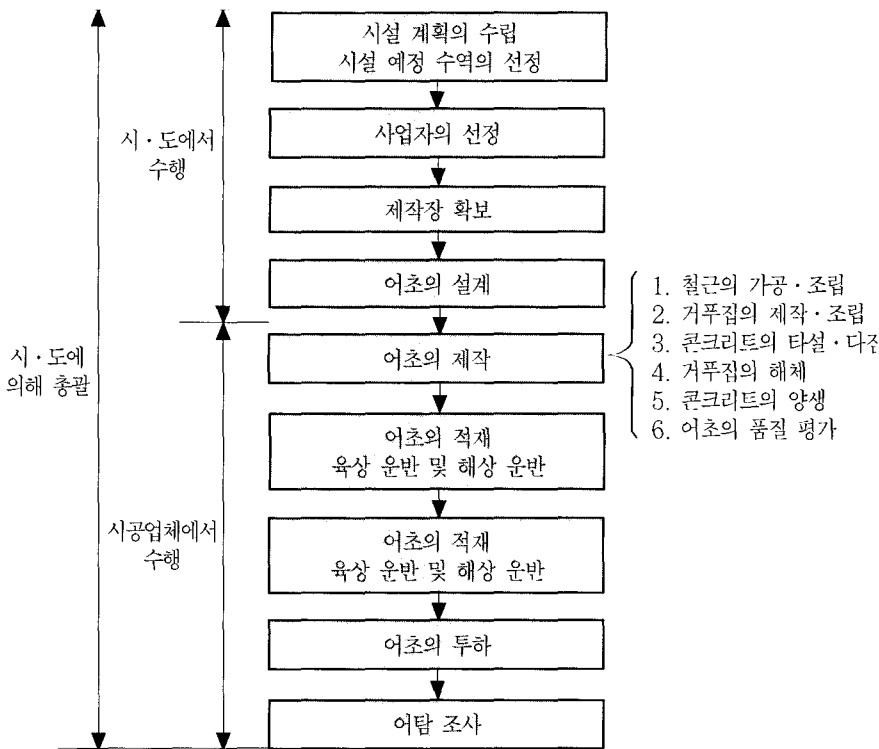


그림 2. 현행의 인공 어초 시설 계획 및 시공 공정



사진 1. 어초 제작 및 시설 공정

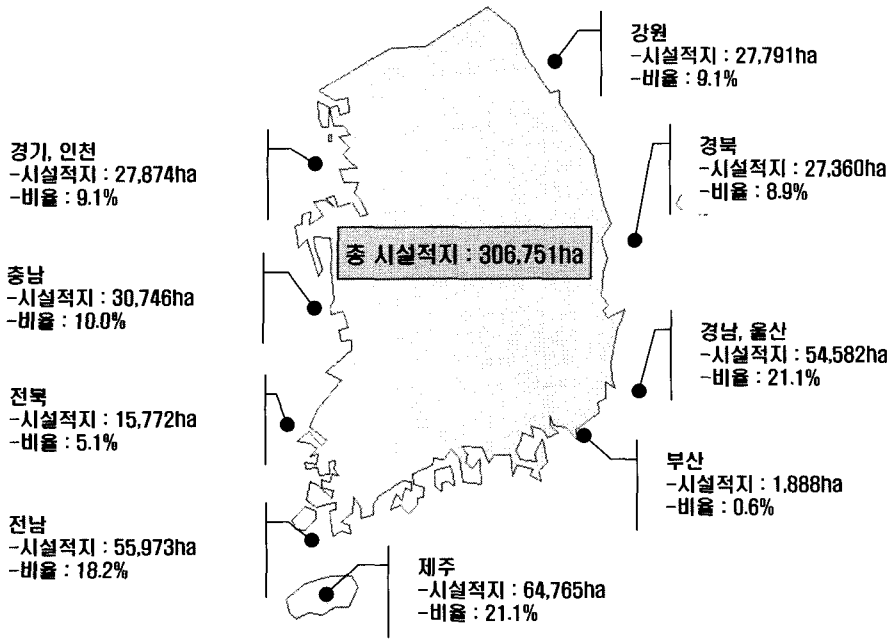


그림 3. 각 해역별 인공 어초 시설적지

전체 시설량의 75.23%로 대부분을 차지하고 있으며, 반구형 12.19%, 뿔삼각형 5.68%, 요철형 1.55%, 육교형 1.42% 등의 순으로 나타났고, 시설면적과 마찬가지로 사각형 어초가 대부분을 차지하고 있다.

또한 <그림 7>은 지역별 시설량(1999년 기준)을 나타낸 것으로, 전남이 21.34%로 가장 많은 양이 시설되었으며 경남 20.54%, 제주 16.51%, 경북 12.74%, 강원 16.51%, 충남 5.76% 등의 순으로 나타나 남해안 및 동해안에 주로 시

설된 것으로 나타났다.

4. 인공 어초의 재료 및 구조 특성

4.1 인공 어초의 재료

일반적으로 인공 어초에 사용되는 재료의 성질은 기본적으로 해수 중에서 공간을 유지할 수 있고 사용 재료가 갖는 물리·화학적 성질이 수산생물에 악영향을 미치지 않는 것이어야 하며, 또한 해수 중에서 내구적이어야 한다. 현재까지의 국내 인공

표 1. 인공 어초 사업 연대별 시설면적

년도	시설면적(ha)	비율(%)
1971 ~ 1980	1,539	1.0
1981 ~ 1990	51,874	34.2
1991 ~ 1999	89,027	58.7
2000	9,209	6.1

어초 사용 재료는 콘크리트, 석재, 강재 등이 있지만 유해 물질의 용출이 없고 내구성이 있으며 저렴한 가격으로 안정적으로 공급할 수 있는 콘크리트가 가장 많이 사용되었다.^{1),2)}

우리 나라의 경우 개발된 어초가 실제 현장에 적용되기 위해서는 시험 어초로 선정되어 그 효과를 인정받은 후 일반 어초로 선정되어야 한다. 따라서 현재 각 해역에서 시설되고 있는 인공 어초는 일반 어초이고 2002년 현재 총 14종이 있으며, 일반 어초의 개발 연도는 <표 2>에 나타난 바와 같다.

<표 2>에 나타난 바와 같이 현재 일반 어초로 지정된 총 14종의 어초 중 콘크리트 어초가 11종, 강재 어초가 3종이 있으나 강재 어초의 경우 1998년에 개발되어 시험 어초로 선정되어 2001년도에 처음으로 일반 어초로 선정되었기 때문에 현재 그 시설량은 매우 적다. 이와 같이 현재 국내 각 해역에 시설된 인공 어초 중 약 99% 이상이 콘크리트 어초이며, 최근에는 강재 어초, 세라믹 어초, 각종 산업

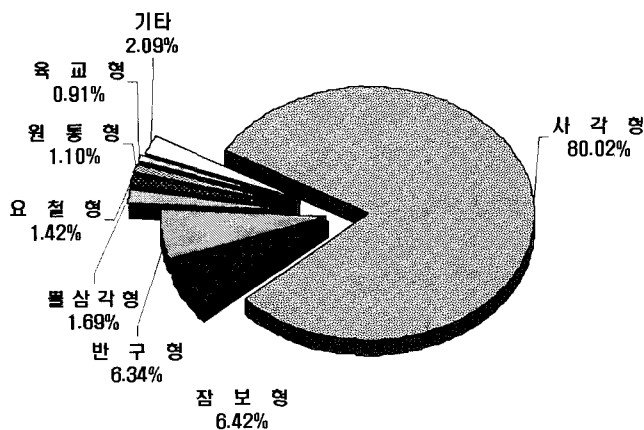


그림 4. 어초 종류별 시설면적

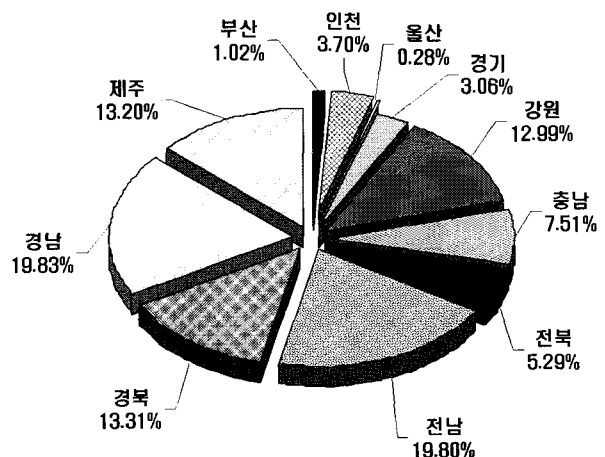


그림 5. 지역별 시설면적

표 2. 일반 어초의 개발 연도

개발 연도	어초 종류
1971	사각형 어초
1982	반구형 어초
1983	원통형 어초
1987	육각형 어초
1988	뿔삼각형 어초
1989	요철형 어초
1990	잠보형 어초
1993	방갈로형 어초
1997	반가지형, 신요철형, 육교형 어초
1998	상자형, 2단상자형, 연약지방용 강제어초

부산물 및 폐자재 등을 이용한 어초 등이 연구·개발되고 있다.

4.2 인공 어초의 구조

인공 어초의 구조적 특성을 알아보기 위해서는 어류가 인공 어초에 반응하는 주성과 관련시켜 분석하는 것이 바람직하다. 어류의 주성은 인공 어초에 대한 정위 형태에 의거하여 분류되며 크게 I형, II형, III형 3가지 형태로 구분할 수 있다. I형에 해당하는 어류는 인공 어초에 몸 전부 혹은 일부를 접촉시키는 어종으로 쥐노래미, 조피볼락, 솜뱅이, 볼락 등이 있으며, II형 어류는 인공 어초에 몸을 접촉시키지는 않지만 인공 어초 주변을 회유하는 어종으로 참돔, 돌돔, 농어, 벤자리 등이 있다. 한편 III형 어류는 인공 어초로부터 떨어진 표·층층 수역에서 회유하는 어종으로 방어, 가다랭이, 삼치, 전갱이, 고등어 등이 있다.¹⁾

또한 인공 어초에 반응하는 강약의 정도는 어종에 따라 다르며, 동일 어종이라도 발육단계와 절기에 따라 차이가 있다고 알려져 있다. 인공 어초에 위집하는 어종은 각각의 감각기관으로 인공 어초의 존재를 감지하면서 특유의 행동을 나타낸다고 알려져 있다. 이들 어류가 인공 어초의 존재를 감지하기 위한 자극으로서의 접촉 자극, 시각 자극, 음파 자극, 흐름에 대한 자극 등이 있으며, I형의 어종은 주로 접촉 자극, 시각 자극, II형의 어종은 시각 자극, 음파 자극, III형의 어종은 음파 자극, 흐름 자극에 반응하는 것으로 알려져 있다.

4.2.1 연안용 인공 어초의 구조적 특징

연안용 인공 어초는 수심 20 m 이하의 얇은 수역에 시설되는 인공 어초를 말하며 대상 생물의 목적에 따라 패·조류용 인공 어초와 어류의 유치자어 보호용 인공 어초로 구분할 수 있다. 수심 20 m 이하의 얇은 수역에 인공 어초를 시설하면 크고 작은 해조류가 인공 어초에 착생하고 시간이 경과함에 따라 해조류의 숲이 조성되어 많은 어류들이 모여들게 된다. 또한 인공 어초 표면에는 전복이나 소라, 성게 등이 서식하게 된다.

연안용 인공 어초의 구조는 유치자어 보호용의 경우 크고 작은 공간과 해조류가 부착·서식할 수 있는 구조가 필요하며, 패류를 대상으로 하는 인공 어초의 경우

해조류의 서식 공간 이외에 크고 작은 틈을 갖는 구조가 필요하다. 그러나 현재 사용되고 있는 연안용 인공 어초들은 외부 유체력에 대한 안정성은 높으나 대상으로 하는 생물의 서식 조건은 다소 미비한 점이 많다고 보고되고 있다.¹⁾

4.2.2 어획용 인공 어초의 구조적 특징

현재 우리 나라에서 시설되고 있는 어획용 인공 어초의 경우 대부분이 태구조로 되어 있어 흐름에 대한 자극이 풍부하며 상대적으로 공극률이 높아 시각자극을 다량 유발시키는 구조적 특징을 가지고 있다. 특히 잠보형 어초의 경우 사각형이나 육각형 어초보다 높이가 높아 지형파 유발 등 유체 자극이 풍부하여 부어류의 위집에 효과가 높다.

그러나 이러한 어획용 인공 어초는 구조적으로는 문제가 없지만 접촉 자극과 시각 자극, 유체 자극에 강하게 반응하는 어류(저서성 또는 부어류)를 모두 수용하기에는 한계가 있다. 왜냐하면 해역마다 절기에 따라 출현 어종이 다르고 동일 어종이라도 성장단계에 따라 출현 시기가 다르며, 어초성의 경우 어류의 성장단계, 해역의 조건 등에 따라 다르기 때문이다. 비록 인공 어초의 시설 효과 측면에서 투자 효율이 1.1 이상으로 나타나 그 효과는 인정되지만 우리 나라의 경우 특정 어종을 대상으로 하고 있는 인공 어초가 상대적으로 적은 편이다.

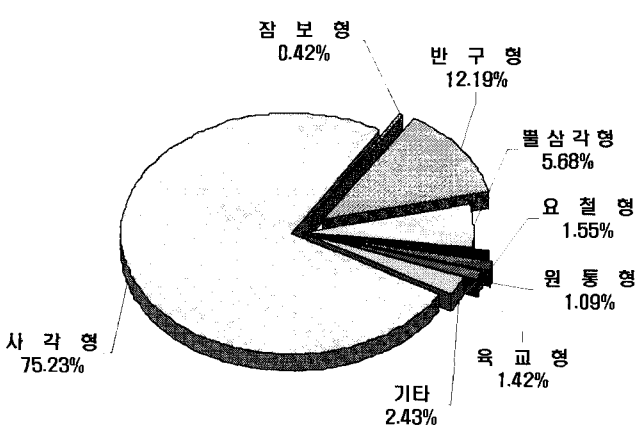


그림 6. 어초 종류별 시설량

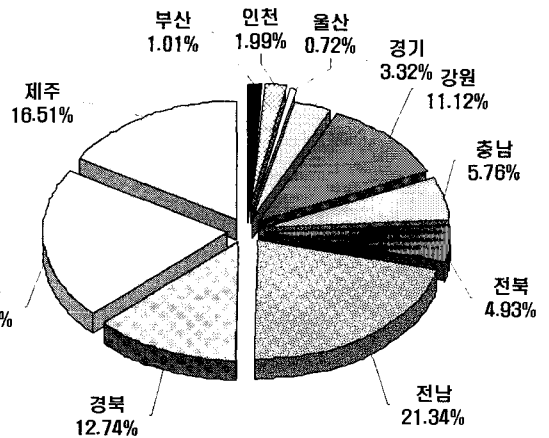


그림 7. 지역별 시설량

5. 국내 인공 어초의 개발 현황

5.1 일반 어초

2002년 현재 우리 나라에서 시설되고 있는 일반 어초는 <표 3>에 나타낸 바와 같이 총 14종이며, 어류용 어초의 경우 사각형, 원통형, 잠보형, 육각형 콘크리트 어초와 상자형, 2단상자형, 연약지반용 강제어초 총 7종이 있고, 패·조류용 어초의 경우 반구형, 빨삼각형, 육교형, 요철형, 신요철형, 반원가지형, 방갈로형 콘크리트 어초 총 7종이 있다.

이들의 개요를 살펴보면 표 4(a), (b)에 나타낸 바와 같으며, 또한 현재까지 시

표 3. 일반 어초 개발 현황

재질	어초 종류	규격(m) (가로×세로×높이)
콘크리트	사각형	2.0×2.0×2.0
	원통형	2.0×2.0×1.8
	반구형	2.0×2.0×1.8
	잠보형	2.0×2.0×1.8
	육각형	6.8×5.2×3.0
	빨삼각형	1.4×1.3×1.5
	육교형	2.4×2.×1.2
	요철형	2.5×2.0×1.5
	방갈로형	2.2×2.2×1.4
	반원가지형	5.0×3.45×2.85
강제	연약지반용	10.0×10.0×2.0
	2단상자형	14.0×14.0×9.0
	상자형	9.0×9.0×10.2

설된 일반어초의 시설효과는 사진 2에 나타낸 바와 같다.

5.2 시험 어초

시험 어초란 현재 시설되고 있는 일반 어초 이외에 새롭게 개발된 어초로서 중앙 어초협의회 또는 시·도어초협의회에서 시험 대상으로 선정된 어초를 말하며, 2002년 현재 시험 어초로 선정되어 있는 어초는 <표 5>에 나타낸 바와 같다.

<표 5>에서 알 수 있듯이 기존에는 콘크리트 어초가 대부분을 차지하고 있었으나 최근에는 강제, 세라믹 등 인공 어초 소재가 다양화되고 있는 추세이며, 또한 폐자원을 재이용한 사례도 나타나고 있어 앞으로 인공 어초 소재의 다양화가 계속적으로 이루어질 것으로 사료된다.

5.3 연구 어초

연구 어초란 국립수산진흥원장이 새로운 어초 모형 개발과 자원조성사업의 발전적인 추진을 위하여 시험 연구가 필요하다고 인정한 어초를 말하며, <표 6>에 나타낸 바와 같이 2002년 현재 개발된 연구

어초로는 중층부 어초, 표층부 어초, 투석식 소리초, 세라믹 어초(어패류용, 대형패조류형) 총 5종이 있다.

6. 인공 어초 시공 등에 관한 지침⁴⁾

6.1 목적

「인공어초 시설사업집행 및 관리규정」 제16조 제1항, 제19조 제5항 및 제29조의 규정에 의하여 인공 어초 시설사업의 설계 및 시공기준과 표준설계도 및 부실제작어초 판단기준 등 기타 필요한 사항을 정하여 사업설계서 작성에 통일을 기하고 경제적이며 적절한 설계로 건설 시공을 도모하는 한편 인공 어초 제작상태에 대한 검사를 효율적으로 추진하기 위하여 「인공 어초 표준설계 및 시공 등에 관한 지침」⁴⁾이 제안되고 있다.

6.2 인공 어초 제작에 관한 시공지침

인공 어초 시설공사의 시방서는 공사개요, 일반시방서, 특별시방서로 구분되어 작성되며, 또한 본 공사는 「토목공사 표준시방서」, 「콘크리트 표준시방서」, 「항만

표 4(a). 일반 어초의 개요

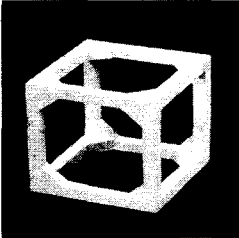
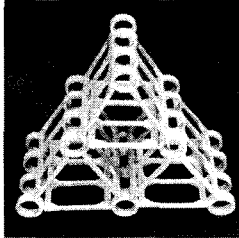
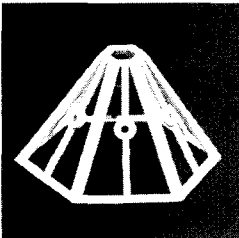
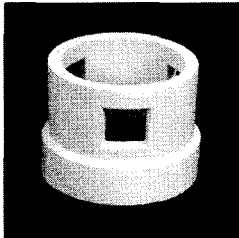
사각형 어초	특징	잠보형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 균체로 시설되었을 때 공간 용적이 많아 근해 회유성 어류의 자원 조성, 보호용 어초로 적합 - 다른 어초에 비하여 시공성이 우수하며 많이 사용되고 있음 - 근해 어류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 저면이 넓어 전도, 유실, 매물의 우려가 없음 - 공간 면적이 넓고 조류 소동이 양호함 - 삼각형상의 사면은 상승류를 유발하기 쉬워 해저의 영양염을 상승시키는 효과가 큼 - 어류의 휴식 공간이 많아 근해 회유성 어류 대상 어초와 자원 보호 조성용 어초로 적합 - 근해 어류용
육각형 어초	특징	원통형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 밑면이 넓은 구조로 되어 있어 외력에 대하여 매물 및 전도에 안정한 구조임 - 휴식 공간이 넓어 정착성 및 회유성 어종의 집어 효과가 큼 - 어류의 휴식 공간이 많아 근해 회유성 어류 대상 어초와 자원 보호 조성용 어초로 적합 - 근해 어류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 원벽 면적이 넓어 패조류가 서식하기에 적합하며 음염 조성이 적당하여 어류 위잡에도 효과 기대 - 단체의 구조가 원통형으로 조류의 영향이 적음 - 집중적으로 시설할 경우 집어 효과 및 성육장 효과를 얻을 수 있어 연안 공동 어장 자원 조성용 및 어획용 어초 등 다목적용으로 적합함 - 근해 어류용

표 4(b). 일반 어초의 개요

반구형 어초	특징	요철형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 표면적이 넓어 패조류가 서식하기에 적합함 - 밑면이 넓고 어초 모형을 곡면이라 유체저항을 적게 받음으로써 외력에 의한 전도, 이동 등에 대한 영향이 적음 - 파력과 조류의 영향을 많이 받는 천해역에 시설하기에 적합함 - 연안 패·조류 및 어류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 요철 형태로 제작함으로써 어패류를 보다 많이 수용할 수 있음 - 해저면에 고정된 상태에서도 조류 등의 횡방향 외력에 더욱 안정된 상태 유지 - 밑면이 요철형이므로 해저 지형에 요철이 있어도 시공이 용이 - 연안 패·조류용
육교형 어초	특징	빨삼각형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 밑면이 넓고 어초 높이가 낮아 외력에 의한 전도, 이동 등에 안정하므로 천해용 어초로 용이함 - 패조류 부착 면적이 넓고 형태상 패류의 서식, 은신처를 제공함으로써 패조류 서식장에 적합함 - 형태상 소라, 전복의 습성에 적합하여 패류 자원 조성용으로 적합함 - 연안 패·조류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 돌출부가 소파의 역할과 이동, 전도 등을 방지할 수 있도록 설계되어 있어 파도의 영향이 심한 연안에 시설하기가 용이함 - 연안 해조류의 착생이 용이하여 어패류의 생활장 및 보호장으로 이용 - 다단상적할 경우 어류의 휴식 공간을 제공하여 자원 보호 조성에 적합함 - 연안 패·조류용
방갈로형 어초	특징	반원가지형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 돌출부가 소파의 역할과 이동, 전도 등을 방지할 수 있도록 설계되어 있어 파도의 영향이 심한 연안에 시설하기가 용이함 - 연안 해조류의 착생이 용이하여 어패류의 생활장 및 보호장으로 이용 가능함 - 연안 패·조류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 터널식으로 전·후반이 관통된 공간 형성 - 위주벽면에 일정한 각도 방사상으로 구획된 위치에 외향으로 돌출된 고정 돌기가 길이 방향으로 구성 - 표면적이 넓은 인공 어초를 제작할 수 있어 해조류의 번식이 용이하고, 은신처가 확대되어 정착성 어류의 서식에 유리 - 연안 패·조류용
신요철형 어초	특징	연약지반용 강제어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 요철 형태로 제작함으로써 어패류를 보다 많이 수용할 수 있음 - 허부면이 상부면에 비하여 무겁기 때문에 투입시 평행유지가 용이하고 해저면에 고정된 상태에서도 조류 등의 횡방향 외력에 더욱 안정된 상태 유지 - 연안 패·조류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 대형 형태로 설계·제작 가능, 용적에 비해 중량이 가벼워 설치가 간편, 연약 지반에서도 설치 가능 - 내부 공간에 다수의 소형 육면체를 형성 - 스푼망의 절립을 방지하도록 경사 부재를 연결시킴 - 허부면을 폐쇄시켜 외부 테두리가 외부로 돌출된 사각철판이 일체로 장착됨 - 어류용
2단상자형 어초	특징	상자형 어초	특징
	<ul style="list-style-type: none"> - 대형 형태로 설계·제작이 가능 - 용적에 비해 중량이 가볍고 설치가 간편 - 표·중·저층 어류의 서식지 제공 - 다수의 수직 부재와 수평 부재로 연결되어 다수의 소형 육면체를 형성 - 소형 육면체의 내부 공간에 형성된 육면체형 철골 구조물의 외부면에 어류의 먹이가 되는 부착 생물의 부착률을 높이면서 유체 저항을 줄일 수 있도록 철망을 정착 - 어류용 		<ul style="list-style-type: none"> - 대형 형태로 설계·제작이 가능 - 용적에 비해 중량이 가볍고 설치가 간편 - 표·중·저층 어류의 서식지 제공 - 다수의 수직 부재와 수평 부재로 연결되어 다수의 소형 육면체를 형성 - 소형 육면체의 내부 공간에 형성된 육면체형 철골 구조물의 외부면에 어류의 먹이가 되는 부착 생물의 부착률을 높이면서 유체 저항을 줄일 수 있도록 철망을 정착 - 어류용

표 5. 시험 어초의 개발현황 (총 24종) - 2002년 기준

어초 종류	규격(m) (가로 × 세로 × 높이)	용적(m ³)	선정년도
삼각형	2.0 × 2.0 × 1.5	4.19	1987
조립식삼각형	4.6 × 3.0 × 3.0	41.4	"
창문삼각형	2.0 × 2.0 × 1.8	4.72	1993
말굽형	2.3 × 3.0 × 2.03	13.6	"
뜰니형	2.2 × 1.8 × 1.6	6.3	"
주택형	2.2 × 2.2 × 1.4	6.2	1996
빨사각형	2.0 × 2.0 × 1.5	6.0	"
복합형	1.5 × 2.1 × 1.75	5.5	"
원통가지형	3.2 × 4.3 × 3.1	34.58	1997
빨사각형II	2.5 × 2.5 × 2.5	15.63	"
거북이형	3.0 × 2.5 × 2.0	12.89	"
내부흡사다리꼴형	2.0 × 2.0 × 1.5	4.68	1999
날개박스형어초	2.0 × 1.7 × 1.35	4.72	"
십자형사각어초	2.2 × 2.2 × 1.53	6.14	"
해바라기C형패류	3.88 × 3.58 × 1.1	16.58	"
CN-99 강제증식초	2.0 × 2.0 × 1.5	4.68	2000
플라스틱다단식	2.0 × 1.7 × 1.35	4.72	"
외부흡삼각형	2.2 × 2.2 × 1.53	6.14	"
CN-99 연약지반용 강제증식초	8.0 × 8.0 × 4	256	"
CN-99 강제어초	12.0 × 12.0 × 8	896	"
상자형어초 (전복서식용)	3.0 × 2.0 × 1.5	9	2001
하우스형어초 (패·조류형어초)	3.0 × 3.1 × 1.6	14.88	"
해조부착터널형 (어·패류 용)	3.5 × 2.0 × 1.8	12.38	"
폐전주어초	3.14 × 3.14 × 3.14	30.95	"

표 6. 연구 어초의 개발 현황 (총 5종) - 2002년 기준

어초 종류	규격(m) (가로 × 세로 × 높이)	용적(m ³)	선정년도
중층부어초	1.9 × 1.9 × 3.8	-	1996
표층부어초	10.0 × 2.7	-	"
투석식소라초	2.0 × 1.6 × 1.15	4.3	1999
세라믹어초(어패류용)	0.70 × 0.64 × 0.63	0.28	2000
세라믹어초(대형패조류형)	2.6 × 3.5 × 2.1	19.20	"

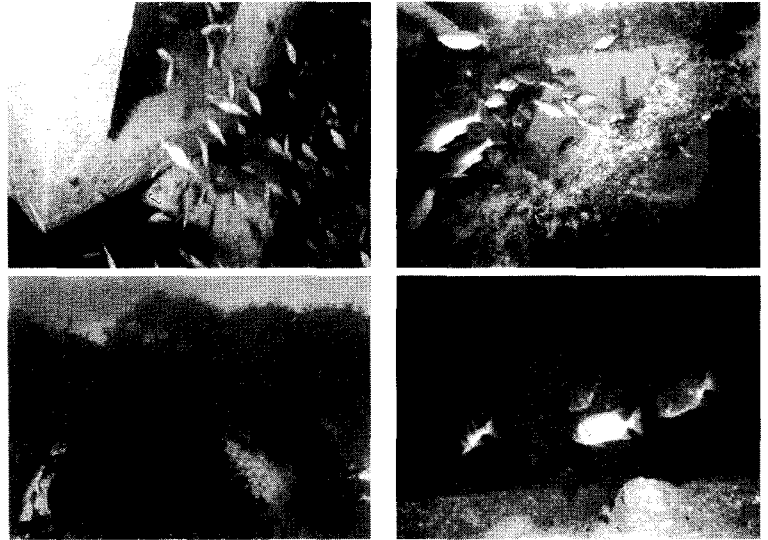


사진 2 인공 어초의 시설 효과

공사 표준시방서」 및 본 지침의 「특별시방서」에 의하여 시공하게 되어 있다.

본 지침의 특별시방서에 있어서 중요 사항을 서술하면 다음과 같다.

- ① 콘크리트는 레디믹스트 콘크리트 사용이 가능한 지역은 이를 사용하여야 하며, 그 규정은 KS F 4009에 따른다.
- ② 거푸집은 철재 거푸집 사용을 원칙으로 하되 제작현장 여건상 부득이한 경우에는 목재 거푸집을 사용할 수 있으며, 콘크리트 바닥면에 대한 요철부분 발생을 방지하기 위하여 최소한의 바다 거푸집을 사용하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.
- ③ 어초는 철근 가공 조립, 거푸집 제작 조립, 콘크리트 타설과 거푸집 해체 및 양생 과정을 거쳐 설계도서에 지정된 장소까지 운반 시설하여야 한다.
- ④ 콘크리트 품질 관리를 위한 제반시험은 건설기술관리법 규정에 의하여 실시하여야 한다.

- ⑤ 어초를 현수거치 방법으로 시설할 때에는 기중기에 매달아 해서 지반까지 내린 다음 거치하여야 한다.

또한 본 지침에 있어서 인공 어초 설계시 중요 설계지침을 살펴보면 <표 7>에 나타난 바와 같다.

6.3 부실 어초의 판단 기준

다음 각 호에 해당하는 어초에 대하여는 부실제작 어초로 분류하여 폐기 등 조치를 취하고 재시공하도록 해야 한다.

- ① 콘크리트 표면에 철근이 노출된 어초
- ② 콘크리트 압축강도가 기준치 미만인 어초
- ③ 모서리 등이 파손되거나 재료 분리현상이 있는 어초
- ④ 균열이 있거나 철근 피복두께가 얇아 염해를 줄 우려가 있는 어초
- ⑤ 설계도상의 어초 규격과 다르게 시공된 어초

- ⑥ 표준설계기준 및 중요설계지침에 적합하지 않은 원료로 제작된 어초
- ⑦ 기타 시행청의 장이 별도로 정하는 기준에 의하여 부실 제작어초로 판단된 어초

7. 맺음말

우리 나라의 경우 어려운 어업 환경을 개선하고 연근해 수산자원을 적극적으로 보호·육성하기 위하여 수산자원 조성정책의 일환으로 인공 어초 시설사업을 1971년부터 전국 연안해역에 걸쳐 대대적으로 추진해왔다. 이에 본고에서는 국내 인공 어초 시설 사업의 추진 현황, 시설 현황, 사용 재료 및 구조의 특성, 시공지침 등 국내 인공 어초 시설의 현황을 살펴보았으며 이를 종합하면 다음과 같다.

우리 나라의 경우 인공 어초 시설 사업에 사용되는 일반 어초는 2002년 현재 총 14종으로 콘크리트 어초가 11종, 강제 어초가 3종을 차지하고 있으며, 현재까지의 시설량 중 약 99% 이상이 콘크리트 어초

표 7. 인공 어초 공사의 중요 설계 지침

구분	시행 지침		
· 콘크리트 - 골재 치수	· 굵은골재의 최대 치수 : 25 mm 내 외 · 골재의 최대치수는 부재 최소치수의 1/5 또는 철근순간격의 3/4를 넘지 않아야 한다.		
- 기준 강도	· $\delta 28 = 210 \text{ kgf/cm}^2$ 이상		
· 골재 생산	· 골재를 채취하는 경우에는 채취료 및 사용료를 계상하고 현장까지 운반하는 품을 적용하여 설계한다. · 잔골재를 구입하는 경우에는 공신력 있는 기관에서 조사한 단가 중 저렴한 가격을 적용하되, 현장도 가격을 계상한다. · 부순 자갈을 굵은골재로 사용할 경우에는 부순 자갈의 생산비(원석대 + 발파 + 쇄석)와 현장까지의 운반비를 골재 단가로 한다.		
· 운반	· 운반선 : 현장 여건에 부합되도록 선정하여야 한다. - 인력 적재시간 : 450 분 - 기계 적재시간 : 별도 계산(폼셀 적용)		
· 전치 또는 이적	· 현장 작업 여건에 따라 작업장이 협소하거나 시공상 전치나 이적이 불가피 할 경우에는 별도 계상할 수 있다.		
· 육상 운반 - 적재	· 어초의 규격에 따라 적재 및 적하용 적정 장비를 선정, 적재와 적하 시간을 계산, 설계서에 반영한다. · 적하와 동시에 대선에 직접 적재하고자 할 때에는 해상기중기를 사용토록 계상할 수 있다.		
- 육상 운반	· 운반 차량은 어초의 규격에 알맞게 선정하되, 운반 거리를 감안한 장비 비용을 계상한다.		
· 해상 운반 - 적재	· 적재장 가까이 운반(육상 운반)된 어초가 운반선 위에 있는 기중기 회전 반경 이 내에 있으면 별도의 적재 장비가 필요 없으며 가능하면 적재는 운반 선의 기중기로 적재함을 원칙으로 한다. · 적재선은 대선을 사용하는 것으로 계산한다. · 접안 : 7.5분, · 이안 : 7.5분, · 투묘 : 10분, · 인묘 : 10분		
- 접 · 이안 시간			
- 해상 운반 (예인)	예선의 규격	토운선	대선
	80HP	-	100톤 까지
	180	100 m ²	200
	250	200 ~ 300 m ²	300
	350	-	500
	450	500 m ²	700
	800	-	1,500
· 시설	· 현수 거치의 품은 거치 구역의 실정에 맞는 품을 적용하여 설계할 수 있다. 다만, 이형 블록 거치 품 중에서 수중 부문의 난적 1일 작업량을 초과하여 설계할 수 없다.		
· 월간 작업 휴지계수	· 25/20 ※ 특수 지역은 구체적인 조사자료 활용		
· 부지 사용료	· 제작 부지 사용료를 지불하여야 한다고 판단되면 적정 사용료를 설계상에 반영할 수 있다.		

로 향 후 새로운 인공 어초 사업으로 발전을 위해서는 인공 어초 재질을 다양화할 필요가 있다. 또한 어초 제작시 플라이 애쉬나 고로슬래그 미분말 등의 산업 부산물과 재생 골재 등의 건설 폐기물이 활용됨으로써 어초 제작경비의 절감과 자원 재활용 등의 이점을 창출할 수 있을 것이며, 이의 활용이 기대되고 있다.

한편 현재 일반 어초로 선정된 어초는 총 14종이지만 어초 종류별 시설량을 살펴보면 사각형 어초가 약 80% 정도로 대부분을 차지하고 있으며, 반구형, 잠보형 어초 등 일부 형태에 제한되어 왔다. 즉

설치 해역의 생물상, 목적 대상 생물, 해역의 물리적 특성, 설치 수심 등 대상으로 하는 생물이나 해중립 조성, 어패류의 생산성 향상 등 목적으로 하는 어초의 기능성을 고려한 새로운 형태에 대한 연구가 소홀히 진행되어 왔다. 따라서 향 후 대상 어종의 종류 및 성장단계 등을 고려하여 어초 구조를 다양화할 필요가 있다.

이상과 같이 어초 재질의 다양화는 어초 형태를 다양화하여 어종 및 어장의 특성에 맞는 다양한 어초 형태를 개발할 수 있고 환경 친화적이며 경제적인 어초의 개발이 가능할 것이다.

또한 우리 나라의 경우 인공 어초 시설 사업의 시공업체 선정에 있어서 지나치게 많은 업체가 입찰에 응하고 있어 성실 업체 선정을 위한 노력이 과다하게 소비되고 있으며, 시공업체의 대부분이 인공 어초에 대한 전문지식·기술이 부족한 상태에서 시설 사업에 참여하고 있어 인공 어초 제작체제의 개편이 요구되고 있다. 예를 들면, 인공 어초 제작에 있어서 이미 규격화된 인공 어초는 사업주체인 시·도가 직접 제작을 주관하는 것보다는 공산품화하여 구매하는 것도 고려할 필요가 있다. 즉, 이미 재질, 형태, 제작 방법 등이 규격화된 인공 어초는 건설공사 기준에 의하여 시·도가 주관하여 제작하는 것보다는 공산품 생산기준에 의거하여 제작업체가 제작·생산하고 수요자인 공공기관이 이를 구매하는 체제로 전화하는 방안이다.

우리 나라의 인공 어초 시설 사업은 수산 투자 사업 중 어항 건설 산업 다음으로 가장 많은 예산이 투입되는 중요한 정책 사업이나 사업 시행 약 30년이 지난 지금까지도 본 사업에 대한 기술적 평가가 매우 미흡한 실정인바 이에 대한 체계적인 연구가 시급히 요구되고 있으며, 앞으로 이에 대한 연구가 활발히 진행되길 바란다. □

참 고 문 헌

1. 해양수산부, "인공 어초 시설사업의 종합평가 및 향후 정책방향 설정에 관한 연구", 2000.6.
2. 김창길, "우리나라의 인공 어초 기술개발 수준과 금후 개발 방향", 기르는 어업의 실현을 위한 인공어초 개발 방안 국제세미나, 1999, pp.1~19.
3. 해양수산부, "인공 어초 시설사업 집행 및 관리규정", 해양수산부훈령 제189호, 2000.3.
4. 해양수산부, "인공 어초 표준설계 및 시공 등에 관한 지침", 2000.3.
5. 해양수산부, "인공 어초 시설 실적", 각 연도.
6. 심호진, "우리나라 인공 어초 시설사업의 정책방향", 기르는 어업의 실현을 위한 인공 어초 개발 방향 국제세미나, 1999.