

# 통영 바다목장해역 내 해상 가두리어장의 입체적 공간 활용 방안



명정구 박사  
한국해양연구원  
TEL) 031-400-6234, FAX)031-406-2882  
E-mail) jgmyoung@kordi.re.kr

박용주, 박홍식, 강래선, 박철원, 김종만 박사  
한국해양연구원 바다목장센터

## 1. 서론

80년대부터 본격적으로 발달하기 시작한 해상 가두리 어류양식은 종묘생산 기술 및 어장 개발에 힘입어 90년대 들어 급속히 발전하였고 2002년에는 연간 생산량이 48,073톤(372,559,187천원, 해양수산통계연보, 2003)에 이르렀다. 그러나 최근에 와서는 넙치(23,343톤), 조피볼락(16,548톤) 등 일부 종에 국한된 대량 생산, 어미의 열성화로 인한 성장 저해, 어병의 빈발, 생선 사료가격의 폭등, 배합 사료의 질적 문제와 활어를 포함한 수산물 수입개방 등의 복합적인 요인으로 인하여 경영적인 어려움을 겪고 있는 실정이다. 또, 몇 년째 기승을 부리는 적조와 태풍과 같은 재해로 양식업계의 어려움은 더욱 커지고 있다. 이러한 어려움을 타개하기 위해서는 산·학·연이 함께 풀어야 하는 숙제는 대상 어류의 혈통, 종묘 수급, 사료, 시장 가격의 안정을 위한 협동조합의 활성화, 시설의 자동화 및 근대화 문제 등으로 여러 가지 종합적인 대책의 수립과 시행이 필요한 시점이다. 그러나 여러 가지 문제점들이 업계의 구조적인 문제와 얽혀있어 전반적인 해결에는 시간이 다소 걸릴 것으로 보인다.

따라서 현재의 기존 양식시설과 노동력을 근간으로 해상 가두리 양식장을 다목적으로 이용할 수 있는 방안이 있다면 이러한 과도기의 어장 경영에 하나의 돌파구가 되리라 생각된다.

바다목장 사업의 진행하면서 한국해양연구원 통영해상 가두리 주변에서 수행한 어류의 행동 실험, 중간 육성 실험 등 일련의 연구 조사 결과에 따르면, 현재의 해상 가두리 양식장 시설은 양식 어류 생산시설로서 뿐만 아니라 정착성이 비교적 강한 볼락류와 같은 어종들에게 좋은 부어초(浮魚礁) 역할을 하고 있다는 것을 알 수 있었다.

따라서 기존 해상 가두리사업장을 입체적 어장으로 이용하는 방안으로 현재 목장해역 내 설치되어 있는 해상가두리들을 어류양식 기능을 가진 표층의 '부어초'란 개념으로 간주하고 가두리 어장의 해저면까지의 전 수층을 활용하는 것이다. 즉, 해상가두리 아래에 어류자원 증대용 인공 어초를 설치함으로써 전 수층을 활용한 '다목적 복합어장'으로 이용하고자 하는 것이다. 그렇게 되면 가두리 시설 내에서는 기존 어류 양식생산 활동을 계속하면서 그 아래의 울타리 없는 해양공간을 이용하여 자연산 어류를 생산한다든지 또는

낙시터로서 활용할 수 있을 것이다. 즉, 가두리 양식장의 면허 해역을 하나의 입체적인 해양 공간 개념으로 생산과 이용(낙시터 외)이 가능한 복합 가두리 어장 모델로 활용하는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 가두리 시설 재배치 및 입체어장 조성

1998년부터 통영바다목장 사업이 진행되고 있는 경남 통영시 산양면 연명마을 앞에 위치한 한국해양연구원 해상가두리시설을 이용하여 새로운 개념의 어장으로 활용하기 위하여 우선 기존 시설을 교체하면서 가두리를 새로운 형태로 배치하였다. 기존의 해상가두리를 이용할 경우에는 중앙 공간을 둔 모양으로 재배치하면 되며, 한국해양연구원 가두리시설은 PE재질의 직사각형 가두리어장으로 새로 제작(그림 참조)하고 그 가운데 부분의 해저면에 어류 자원증대용 어초를 설치하였다.

통영 해역의 해류 흐름과 투명도를 감안하면 해조류의 분포는 8~9m가 한계 수심으로서 그 이상의 수심에서는 해조류가 생존할 수 없다. 따라서 수심 8~9m까지는 인공 해중림을 위한 다목적 연안어초나 인공 해중림 구조물 등의 설치가 가능하지만 그 이상 깊은 수심대에 설치하는 인공어초는 해조류와 유사한 구조를 가진 인조 해조장이나 부어초와 같은 다양한 간격, 구조 공간을 가진 구조물의 설치가 바람직하다(한국해양연구소, 1998, 1999). 입체어장에 설치된 어초는 최근 지적되고 있는 일반 어초의 단점(해양수산부, 2000)들을 보완하기 위하여 여러 가지 실험을 거쳐 2002년 한국해양연구원에서 고안하여 만든 바다목장 해역의 볼락용 강재어초였다.

통영바다목장 해역 내 한국해양연구원 해상가두리시설이 위치한 대장두도 연안은 조류가 비교적 빠른 곳으로 바닥이 사패 또는 사니질로 되어 있고, 지금까지의 실험 결과에 의하면 강제 어초나 PP 어초와 같은 구조물을 설치하는데 문제가 없는 곳이다(한국해양연구원, 2001, 2002). 어초를 바닥에 설치한 후 어초를 중앙에 위치시키고 '□'자 모양의 가두리를 설치(그림 1, 2)하는 것이 기본 모델이다.

이러한 어장배치를 전제로 가두리 생산과 어초

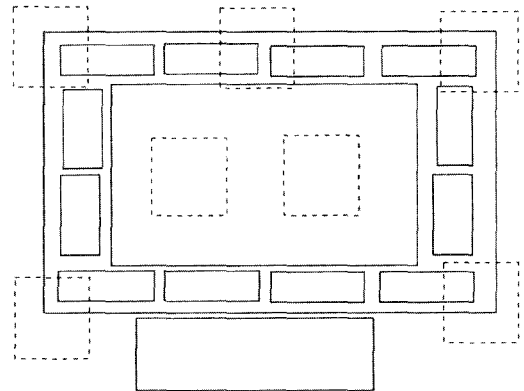


그림 1. 해상 가두리와 수중 어초 배치의 평면도 (실선: 해상가두리 어장; 점선: 인공어초 <7기 설치안>).

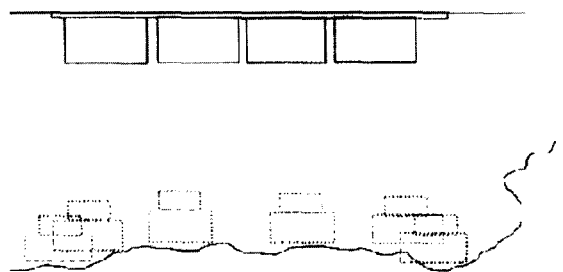


그림 2. 해상 가두리와 수중 어초 배치의 측면도 (실선: 해상가두리 어장; 점선: 인공어초).

에 의한 생산량을 계산하여 입체어장의 전체 생산량을 추정해 보았다.

어장을 재배치하여 입체적인 어장으로 꾸밀 때 드는 비용과 그에 따른 경제성 분석은 가두리 양식장 1ha를 기준으로 시설, 생산, 시설 재배치에 대한 제반 경비를 토대로 생산과 이용에 대한 경제성을 분석하였다.

생산량은 통영지방 가두리에서의 조피볼락 생산량을 기준으로 추정하였으며, 가두리 아래 수중에 설치한 강제어초의 생산력은 볼락류를 대상으로 실제 수중 조사 결과를 토대로 어초 일정 공간 당 어류 생산량을 추정하였다.

한편, 어초를 시설하면서 나타나는 저서생물상의 천이과정은 주변에 시설한 강제어초와 콘크리트 어초의 생물상 변화과정을 인용하여 생산성과 경제적 가치를 추산하였다.

### 3. 입체 어장 재 조성 후

#### 가. 가두리 양식어장의 저서 환경

해상 가두리어장은 표층에서 조류의 소통을 방해하지만 저층에서는 가두리에 의한 물리적 변화는 거의 나타나지 않는다. 일부 연구에서는 가두리 시설 저층의 유기물 축적을 유발하여 빈산소 수괴를 형성한다는 결과도 있으나(임 등, 1992), 이러한 결과는 연구 대상 시설물이 조류의 소통이 적은 곳에 위치할 경우에 해당된다. 또, 가두리 양식장 밑 환경 변화는 양식 활동으로부터 보다는 가두리 시설에 따른 영향을 더 크게 받고 있다는 보고도 있다(박 등, 2000).

해상 가두리가 위치한 곳의 저서 생물상은 가두리 시설에 부착하여 살고 있는 부착 생물들에 의하여 영향을 받는다. 즉, 가두리 시설의 부이에

부착하여 살던 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*), 굴(*Crassostrea gigas*) 등 부착성 생물들이 떨어져 가두리 아래의 저층 표면을 덮고, 이들을 포식하는 육식성 저서동물의 가입이 원활해진다. 불가사리 등 육식성 동물의 포식활동에 의하여 패류의 육질 부분은 포식되지만 패각은 남게 되어 저층으로의 유생 가입을 저해하게 되고, 이러한 요인들에 의하여 독특한 저서생태계를 구성한다.

통영 바다목장 중간육성장용 해상가두리어장을 대상으로 1995년과 2000년의 저서 생물상을 비교해보면, 양식장 시설은 시간이 흐름에 따라 초대형 저서동물의 유입을 유발하고, 그에 따라 저층에서의 생물 종조성에 상당한 변화를 줄 수 있었다.

#### 나. 어초내 생물상 천이과정변화 및 예측

저서동물의 경우 연성기질과 경성기질에서의 생물량 차이는 주어진 환경과 구조에 따라 물론 다르지만, 조하대의 경우 해조류를 제외한다고 하더라도 경성저질에서 3배 이상 높게 나타난다(Putman, 1994). 이와 같이 인공어초와 같은 인공 경성기질을 제공하면 단위면적당 생물다양성을 증대시키고, 다양한 서식환경을 제공해 주어 연안 생태계에서는 높은 경제성을 나타내기 때문에 오래 전부터 인공어초 사업이 실시되고 있는 것이다(Seaman, 2000).

입체적인 어장이용을 위하여 기존 해상가두리 아래에 인공 기질을 시설할 경우 저서 환경 변화에 따른 생물상 및 단위 면적당 생체량의 경우도 상당한 차이를 나타낸다. 특히, 인공기질은 시간에 따른 천이 과정이 복잡하게 작용하면서 기질에 따라 또는 어초의 구조에 따라 생산량도 차이를

나타낸다(한국해양연구원, 2001). 이러한 결과는 동일 조건하에서의 부착판 실험에서도 나타났다. 재질면에서 콘크리트와 강재의 경우 산성물질 노출에 따른 pH 변화와 산화과정을 거치면서, 시설 후 생물 부착 양상이 상이하게 나타났는데 즉, 전

반적으로 초기 생물가입은 콘크리트가 높게 나타났지만 약 1년 후에는 유사해지고, 일정 시간(약 2년) 경과 후부터는 저서동물상은 기질에 따른 차이가 거의 나타나지 않았다(표 1, 그림 3).

표 1. 가두리 시설에 따른 저서생물상 변화

| Before cage installation(1995)                  |             |         |         | Five years after cage installation(2000)        |             |         |         |
|---|-------------|---------|---------|---|-------------|---------|---------|
| Dominant taxonomic group (ind./m <sup>2</sup> ) |             |         |         | Dominant taxonomic group (ind./m <sup>2</sup> ) |             |         |         |
| Taxon.  | Korean name | Density | Biomass | Taxon.  | Korean name | Density | Biomass |
| Ophiuroidea                                     | 거미 불가사리류    | 2,050   | 1,106   | Polychaeta                                      | 다모류         | 32,560  | 216     |
| polychaeta                                      | 다모류         | 9,842   | 208     | Crustacea                                       | 갑각류         | 5,435   | 57      |

| Dominant species (ind./10m <sup>2</sup> ) |          |     |     | Dominant species (ind./10m <sup>2</sup> ) |          |     |       |
|---|----------|-----|-----|---|----------|-----|-------|
| <i>Asterias amurensis</i>                 | 아무르 불가사리 | 2   | 250 | <i>Asterias amurensis</i>                 | 아무르 불가사리 | 220 | 7,780 |
| <i>Asterina pectinifera</i>               | 별불가사리    | 140 | 215 | <i>Asterina pectinifera</i>               | 별불가사리    | 370 | 682   |
| <i>Stichopus japonica</i>                 | 돌기해삼     | 0   | 0   | <i>Stichopus japonica</i>                 | 돌기해삼     | 25  | 1,800 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i>          | 지중해담치    | 0   | 0   | <i>Mytilus galloprovincialis</i>          | 지중해담치    | 285 | 4,030 |
| <i>Crassostrea gigas</i>                  | 참굴       | 0   | 0   | <i>Crassostrea gigas</i>                  | 참굴       | 227 | 3,850 |

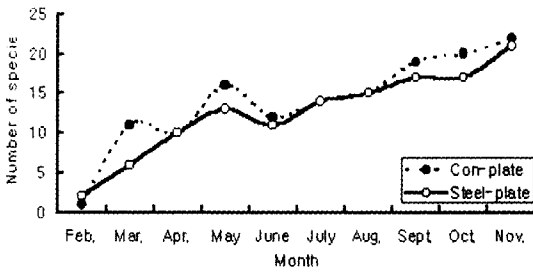


그림 3. 인공 어초내 종수 변화.

**다. 어초 시설에 따른 생물 생산성 변화**

입체적 공간 활용을 위해 어초를 가두리 주변에 시설하고, 가입되는 산업종의 생산량을 알아 보기 위해 유사한 시기에 동일한 수심에 설치한 두 가지 재질의 어초를 비교하였다. 표 2에 비교한 두 가지 형태의 어초가 가두리 주변 공간에 배치하는데 가장 효과적인 구조라고 가정한다면, 복합콘크리트 어초의 경우, 시설 후 1년이 경과한 다음 우렁쟁이의 대량 가입이 있었으며, 연약

지반식 강제어초는 2년이 경과한 후에 가입이 있었다. 그러나 강제어초는 초기에 지중해담치가 대량 가입하였다. 종의 가입양상에서는 강제어초가 다양한 생물의 가입이 나타났으며, 콘크리트 어초의 경우 소수종이 우점하여 대량 가입하는 양상을 나타냈다. 이러한 특징은 가입 시기에 따라 다소 차이를 보일 수 있는데, 실제로 구조에 따라서도 영향을 미칠 수 있다. 즉, 해삼의 공간이 충분하고, 바닥에 생물 유입이 용이한 구조인 강제어초에서만 나타났다. 재질상 비교를 통한 생산량에서는 콘크리트어초가 우렁쟁이 서식밀도가 우세하여 비교적 높은 생산성을 나타냈으며, 구조적 표면적 대비 콘크리트 어초가 다소 높은 결과를 보였다.

그러나, 콘크리트어초의 경우 구조적 특성으로 내부에 생물가입이 원활치 않고 통영 해역의 설치수심에서는 해조류가 가입되지 못하는 수심이므로, 어류 군집만을 고려한다면 구조의 변화가

표 2. 통영해역에 시설된 두 종류의 어초표면에 부착한 저서동물 중 상업적 유용종의 생물량(밀도:개체수/m<sup>2</sup>). (생물량은 2003년 5월까지 조사하였고, 제시된 자료는 각 해의 3월에 조사하였음)

| 어초형태                        | 시설년도      | 출현종                         | 밀도(개체수/m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | 평균 |
|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------------|------|------|------|------|----|
|                             |           |                             | 1999                    | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |    |
| 콘크리트어초<br>(2×2×2m)          | 2001년 11월 | <i>Steyela clava</i>        | -                       | -    | 5    | 25   | 23   | 18 |
|                             |           | <i>Halocynthia roretzi</i>  | -                       | -    |      | 19   | 45   | 32 |
| 연약지반형<br>강제어초<br>(10×10×2m) | 1999년 12월 | <i>Steyela clava</i>        |                         |      |      |      |      | 13 |
|                             |           | <i>Halocynthia roretzi</i>  |                         |      |      |      |      | 9  |
|                             |           | <i>Mytilus galloprovinc</i> |                         | 5    | 17   | 15   | 16   | 54 |
|                             |           | <i>Stichopus japonica</i>   |                         |      | 2    | 11   | 14   | 2  |

용이한 강제어초가 다소 효율적일 것으로 판단되었다.

#### 4. 경제성 분석(비용 및 생산량 추정)

##### 가. 해상가두리 시설 (1 ha)

헥터 당 입체 가두리 어장 시설비는 현재 사용 중인 가두리 어장의 최초 시설비를 현 시가(2002년)로 전환하여 추정하거나 신규 면허를 받아 시설할 경우의 경비를 계산하였다. 가두리 시설비는 최근 PE를 비롯한 다양한 재질과 규격들이 선보이고 있으나 가장 널리 시설되어 있는 목재 가두리를 설치한다는 것을 가정하였으며, 시설 면적을 수산업법상에 제시하고 있는 면허면적의 20%선으로 제한하여 계산하였을 때 총 경비는 26,500만원였다.

세부 항목별 시설비는 다음과 같다.

- \* 가두리(14×14m) 10조×600만원/조=6,000만원 (PE로 할 경우 800만원/조)
- \* 그물(14×14×7m) 30조×80만원=2,400만원
- \* 로프(φ 30mm) 20Roll×15만원=300만원
- \* 앵커(90kg) 20개×15만원=300만원
- \* 어장관리 선박(4 ton) 1척=7,000만원
- \* 관리사(뗏목)14×8m=2,500만원
- \* 사료 보관 냉장 시설(1동) 14×8m=2,000만원
- \* 사료제조기 1기=3,000만원
- \* 그물보관 창고(1동) 14×8m =2,000만원
- \* 기타(그물세척기, 전자제품, 급수 시설, 주방 등) 1,000만원

계 26,500만원

##### 나. 가두리 어장만으로서의 생산 추정

가두리 어장 운영 경비는 통영 해역내의 기준

가두리 어장을 모델로 추정하였으며, 사육기술 중급 정도인 가두리 어장에서의 연간 추정 생산량을 130톤으로 하였다. 연간 가두리 1ha에 보유하고 있는 생체량은 조피볼락 기준으로 150톤으로 계산하였다.

따라서 연간 생산액은 최근 조피볼락을 중심으로 양식산 어가가 하락한 상태이지만 kg당 4,000~6,000원으로 가정한다면 총 생산액은 78,000만원이다.

$$130\text{톤} \times 6000\text{원/Kg} = 78,000\text{만원}$$

$$(\text{Kg 당 } 5000\text{원 선일 경우 } 65,000\text{만원})$$

$$(\text{Kg 당 } 4000\text{원일 경우 } 52,000\text{만원})$$

생산 경비는 아래와 같다.

- \* 연간 종묘 구입비 : 50만마리×200원/마리=10,000만원 (주 어종 30만 마리/기타 어종 20만 마리의 종묘를 입식한다고 가정)
  - \* 인건비 : 5인×2,500만원/인/년=12,500만원
  - \* 사료비(생사료 기준) : 900톤×400원/Kg =36,000만원  
 ※ 총사료량 : (150톤(생산량)×6(사료계수)=900톤)
  - \* 영양제 및 첨가제 : 4,000만원
  - \* 기타 부대 운영비 : 500만원×12월=6,000만원
  - \* 시설감가상각비(10년) : 26,500만원×0.1 =2,650만원
- 계 71,150만원

##### 다. 입체어장 1ha 당 어초 시설 기준 (어장수심 10m 이상인 경우)

입체 어장을 만들기 위하여 인공어초를 4개를 설치한다고 하면 제 경비는 다음과 같다.

- \* 강제어초(10×10×7m H/시설 부대 경비 포함)

## 양식기술특집

4기 × 2,000만원 = 8,000만원

- \* 방류어(정착성 어류)10만마리 × 350원/마리 = 3,500만원
  - \* 어장재배치 및 조성작업 1인 인건비의 100만원
- 계 11,600만원**

이때 위 시설에 대한 감가상각 년수가 30년이라 보면(어초기준 30년), 연간 추가로 발생하는 비용은 11,600만원 × 0.03 = 348만원이 된다.

### 라. 입체어장의 어초 시설에서 생산되는 생산량 및 부대가치 효과

10만마리를 방류하였을 때 채포율을 매년 약 15%(생존율은 70% 이상이며, 이들을 통한 재생산이 이루어져 새로운 가입군이 발생한다고 가정)로 계산한다면,

3.8톤(1.5만마리) × 7,000원/kg ≒ 2,700만원

낚시객이나 놀이객을 대상으로 유어장으로 활용할 경우에는 부가가치가 급상승하는데, 현재 전국에 운영 중인 바다낚시터나 가두리어장을 기준으로 이용객 1인당 3만원으로 계산해보면 348만원의 투자로 동일 면적 어장에서 3,600만의 이익을 추가로 얻을 수 있는 셈이다.

연간 이용객을 100명/월 × 12월 = 1,200명으로 추정한다면,

1,200명 × 3만원/인 = 3,600만원이 된다.

이상의 계산치를 바탕으로 해상가두리를 입체어장으로 꾸며서 활용할 경우 수익률을 계산하면 표 3과 같다. 즉, 기존양식장의 경우 연간 조피블락 130톤을 생산하고 어가가 kg당 6,000원선을 유지하면 109%의 수익률을 가지는 것으로 단순한 산술 계산이 되는 반면, 가두리 어장 아래에 4기의 강재어초를 설치할 경우 방류된 어류의 재생산을 통해 연간 2,700만원의 수익을 추가로 얻을 수 있어 수익률이 113% 범위로 증가하게 된다. 또, 유어장을 결합 경우에는 3,600만원의 수익이 얻어져 수익율은 118%로 증가한다.

## 5. 기타 기대효과

이러한 경제적인 가치 상승 외에 기존 양식장을 입체공간이용 개념의 바다목장어장으로 개조 활용할 경우 기대할 수 있는 또 다른 이점이나 효과는 다음과 같다.

- (1) 수직, 수평적인 공간 이용확대: 지금까지 해면 양식장은 수면에서 5~10m까지의 수층

표 3. 가두리 연안 입체공간 이용에 따른 수익률 추정

| 구분           | 면적  | 시설                     | 어장운영비(a) | 연간 생산(b)                   | 수익률(RPI)<br>b/a×100(%) | 비고                          |
|--------------|-----|------------------------|----------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 기존 양식장       | 1ha | 20%<br>가두리<br>10조 기준   | 71,150만원 | 78,000만원<br>(130톤, 조피블락기준) | 109%                   |                             |
| 바다목장형<br>가두리 | 1ha | 해상가두리<br>수중어초4기<br>방류비 | 71,498만원 | 80,700만원                   | 113%<br>(118%*)        | *가두리외 년<br>2,700만원<br>생산 포함 |

을 이용하던 것을 저면까지 (대개 15~30m) 이용 확대. 1ha에 시설 면적 30%만을 한정하여 사용하던 것을 입체적으로 이용함으로써 전 공간 활용 생산 가능함

- (2) 가두리 바깥, 바다까지 항상 일정량 이상의 어류가 존재함으로써 가두리 양식장에서 발생하는 사료 허실을 최대한 줄임으로 저질 환경유지 효과
- (3) 울타리 없는 어장에서 생산되는 육질 좋은 자연산 어류 생산 효과
- (4) 유어장으로 활용할 경우 가두리 양식장의 수익 증가
- (5) 양식장 주변의 자연 어미 양성 보존에 따른 목장 해역내 자원 증대 효과
- (6) 가두리 어장의 재배치에 따른 어장내 조류 소통 원활, 단위 공간당 생체 밀도 감소에 따른 어병 발생 억제 효과 등을 기대할 수 있다.

이상과 같은 효과는 기존 양식장의 불황을 타계하고 나아가 현재 진행 중인 바다목장 사업과의 복합 기능 활성화로 시너지 효과를 기대할 수 있는 것으로 판단되었다.

바다목장 사업을 추진하면서 현재까지 얻어진 결과를 토대로 경남 통영 연안에 설치된 양식장을 이용하여 공간입체이용을 위한 가두리 어장으로 개조할 경우에는 다목적 양식장으로서의 역할과 함께 연안 자원증대효과 및 유어장으로서의 이용 가능성이 높아져 현 양식업의 경영에도 도움이 되리라 생각되었다. 즉, 통영 해상가두리를 대상으로 산정해 보면 1 ha 당 연간 어류대상으로 약 4,000만원, 우렁챙이 등 저서동물 가입으로 인하여 연간 약 350만원의 부가 소득을 증대시

킬 수 있을 것으로 계산되었다.

아무튼 향후 보다 정밀한 분석과 개념 정립을 통하여 기존 해상가두리 양식장을 이용한 새로운 타입의 입체복합기능어장이 자리 매김할 것으로 믿는다.

## 참 고 문 헌

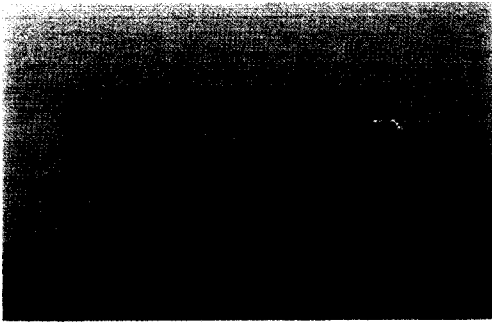
- Putman, R. J. 1994. Community ecology, Chapman & Hall, 178pp.
- Seaman, W. 2000. Artificial reef evaluation with application to natural marine habitat. CRC Press. 246pp.
- 박홍식, 최진우, 이형근, 2000, 통영인근 가두리 양식장 지역의 저서동물군집구조. 한수지 33(1) : 1-8.
- 임현식, 최진우, 제종길, 이재학, 1992. 진해만 양식장 밀집해역의 저서동물 분포. 한수지 25(3) : 115-132.
- 한국해양연구소. 1998. '98 통영해역의 바다목장 연구개발용역사업 보고서. 해양연구보고 BSPM98005-01-1116-3. 서울, 980pp.
- 한국해양연구소. 1999. '99 통영해역의 바다목장 연구개발용역사업 보고서. 해양연구보고 BSPM99021-00-1203-3. 서울, 902pp.
- 해양수산부. 2000. 인공어초시설사업의 종합 평가 및 향후 정책방향 설정에 관한 연구. 해양수산부, 24pp.
- 한국해양연구원. 2001. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서. 해양연구보고 BSPM114-00-1424-7. 서울, 783pp.
- 한국해양연구원, 2002. 통영해역의 바다목장화 개발 연구 용역 사업 보고서. 해양연구



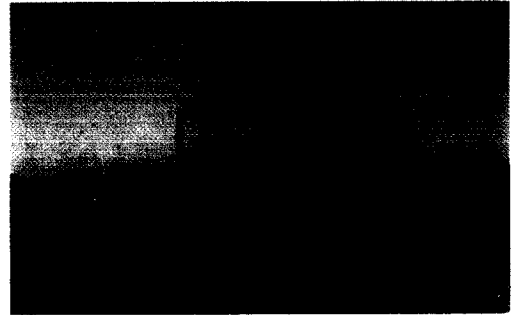
보고 BSPM114-00-1424-7. 서울, 738pp.

해양수산부 2003, 어업생산통계. <http://fs.fips.go.kr>

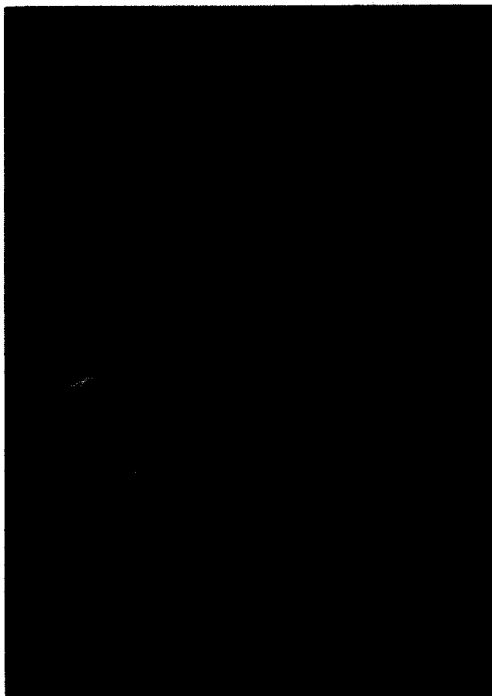
## Plate



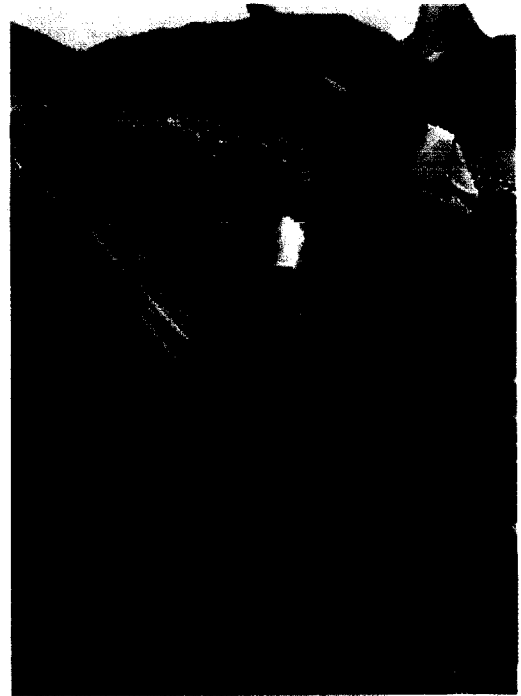
입체어장 조성용 PE가두리(한국해양연구원)



가두리 아래에 설치된 인조해조형 강제어초



가두리 아래 인공어초에 조성된 조피볼락떼(수심18m)



입체 어장의 시험 어획