

자원증대 방안과 대책

명 정 구 / 한국해양연구소 책임연구원



바다 목장사업이던 자원조성사업이던 사업의 추진절차는 거의 유사하게 이루어질 수밖에 없으나 시범 사업이라는 것은 지금까지 해 오고 있던 방법에서 보다 효율적인 방법을 찾고, 연구사업을 담당하는 연구자는 물론이고 이 해역을 관할하고 이 해역에 생계를 맡기고 있는 어업인에 이르기까지 해양생물 자원의 증대 방법과 관리, 이용에 대한 정확한 인식을 하여 소기의 목적을 달성할 수 있도록 서로 협조하여야 하겠다.

자원 증대를 위한 방류어의 생태를 정확히 파악하는 것은 종묘생산, 중간육성, 방류의 일련의 과정을 거쳐 대상 해역에서의 자원 증대를 꾀함에 있어 기초적이면서도 필수적인 분야이다.

볼락이나 조피볼락을 현지 해역에 방류함에 있어 가장 높은 방류 효과를 얻기 위해서는 어느 크기의 종묘를 어떤 구조를 가진 구조물에 방류하는 것이 가장 바람직한 가를 알아야하며 그러한 판단을 위해서는 이 종의 성장에 따른 행동 양식의 변화를 파악하는 것이 중요하다. 즉, 산출 후 어느 크기까지 또는 어느 일령까지 표층 부유생활을 하며 그 후 바닥의 저서생활로 전화하면 어떤 암반 또는 구조물에 어떠한 형태로 정착하게 되는지를 아는 것이 필요하다. 이러한 과정에서 어느 시기에 수중구조물에 대하여 인식하기 시작하는지 등 인위적인 서식환경을 조성하는 사업에 중요한 자료를 제공하게 된다.

이러한 대상 생물의 목적 해역에서의 생태나 행동 양식을 기초 자료로 바다목장 사업의 자

원 증대분야의 연구는 몇 가지 최종목표를 세우고 추진하고 있다. 즉, 바다목장 사업의 자원 증대 분야의 최종목표는 1) 대상생물의 생리·생태 및 행동 파악하여 자원 관리 방법을 제시하고 2) 음향 순치에 의한 방류후 일정기간 인위적 자원관리 기술을 개발하며 3) 방류용 종묘의 어체표식 기술과 경제성을 고려한 방류 크기 결정을 통하여 방류 효과의 극대화를 꾀한다. 4) 종묘 건강도 판별 기술을 개발하고 5) 방류용 우량 종묘 생산 방법을 개발하는 것이라 할 수 있다.

이러한 목표에 따라서 '98년부터 이 분야에서는 <표-1>과 같이 연차별 연구 계획을 세우고 추진해 오고 있다. 각 분야별 연구 개요와 진행상황을 살펴보면 다음과 같다.

대상어의 군집행동 및 생태

바다목장연구 사업을 추진함에 있어 대상종

의 생태나 자연 수중 생태내에서의 행동 양식을 파악하는 것은 그 종의 자원 증대를 위한 가장 기본적인 자료라 하겠다. 따라서 대상 생물의 생태 및 행동연구분야는 대상종의 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시시기 및 반응 형태 조사, 성장 및 나이에 따른 구조물에 대한 행동반응, 중간(블락, 조피블락)의 식성 및 환경 먹이 생물과의 관계 규명, 방류 후 대상어의 이동, 성장도 추적 조사, 블락과 조피블락의 군

집 행동 특성 파악에 대한 연구가 진행 중에 있다.

연구 진행은 이와같이 실내 수조, 해상가두리에서의 기본적인 실험을 거쳐 대상 해역의 자연 생태 내에서의 잠수 조사 및 촬영을 병행하여 실험 결과의 각각 환경의 차이에 따른 오차를 줄이기에 노력하고 있다.

지난 2년간의 결과중 일부를 소개하면 '99년도 종묘생산 과정에 있는 조피블락 자치어를 대상으로 실내 수조 내에서의 수층별 수중구조물에 대한

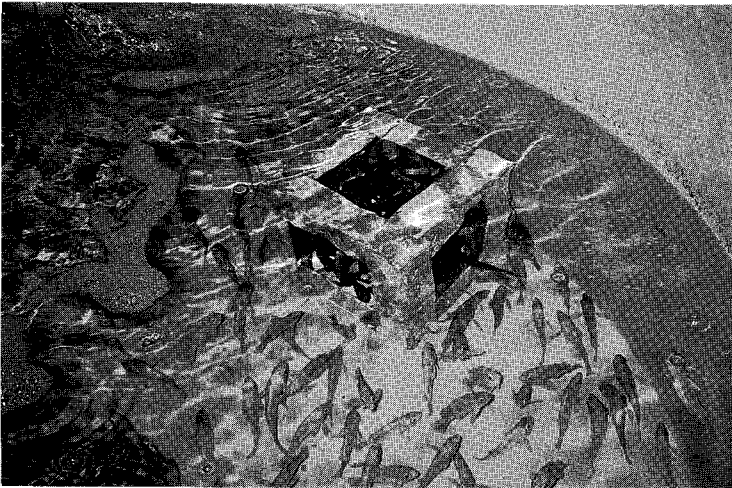
행동 변화를 관찰한 결과 종묘 생산시 자연 해수수온 조건하에서 사육한 조피블락 자치어는 산출 후 40~50일 사이에 구조물에 대한 반응을 보이기 시작하였다. 조피블락의 전장이 1.5cm 전후로 성장하고 배가 아래로 처지면서 체색이 누런빛을 띠기 시작하는 시기였으며 사료계열로 보면 대개 알테미아 투여단계에서 인공배합사료에 순치가 완료된 시점과 일치하였다.

이후 가두리로 옮겨진 후 초기 중간 육성 기간동안은 이들 치어는 구조물이 없는 가두리에서 참돔이나 블락 등의 치어 등과 마찬가지로 먹이를 먹을 때에는 이리 저리 빠른 속도로 무리 지어 유영하며 먹이투여가 끝나면 표층, 중층에 흩어져 있었다. 또, '99년 가두리에서의 수중구조물에 대한 관찰 실험에서 전장 10~15cm급 방류어들은 수중구조물 아래에 모이는 특성을 보였다. 또 2-3년생 조피블락은 몇가지 형태의 수중구조물을 두고 실험한 결과 천장이 있는 구조물이 없는 구조물보다 조피블락이 많이 군집하는 특성을 보였으며 넓은 구조보다는 로우프와 같이 좁은 구조물에 많이 군집하는 양상도 나타내었다.

이러한 실험 결과로 미루어

〈표-1〉 연구개발 목표 및 내용

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도 (1998년)	적용 기술의 선정	- 대상생물의 생리·생태 및 행동 연구 (I) - 음향순치 기술 (I) - 선발육종 기술 (I) - 인공해조장 조성기술 (I) - 종묘 특성연구 - 방류용 우량종묘 생산방법연구
2차년도 (1999년)	적용기술 개발	- 방류 기술 개발 - 방류 어종의 생태 및 행동 연구 (II) - 음향순치 기술 (II) - 중간육성 기술 - 인공해조장 조성기술 (II) - 우량종묘 판정법 - 우량종묘 생산방법개발
3차년도 (2000년)	기술적용 모델제시	- 대상생물별 관리 방법 제시 - 방류 기술 확립 - 음향순치에 의한 생물관리 기술 확립 - 건강한 종묘 판정기준 - 우량종묘 생산방법개발



수조내에 설치한 모형어초에 대한 볼락의 군집행동

볼 때 태양 빛이 닿는 수심에 설치하려는 조피볼락용 어초는 적어도 위 천장이 있어 어느 정도의 빛을 가려주는 형태의 구조물이 효과적이며 너무 넓은 간격의 구조물보다는 자신들이 인식할 수 있는 좁은 구조의 어초 개발이 필요하리라 생각되었다. 한편, 같은 조건에서 실시한 볼락류의 관찰에서는 조피볼락과 마찬가지로 구조물에 대하여 반응을 하지만 그 반응정도는 조피볼락보다 약한 경향을 나타내었다. 두 종의 이러한 행동 양식은 현재 경남 산양면 저도 등대 주변에 설치된 수중구조물과 인조해조장에 비교적 많은 수의 방류 치어를 포함하여 볼락, 불볼락 등 어린 볼락류들이 년 중 모여 서식하는 점들

로서 어느 정도 현실성 있는 가설로 받아들여지고 있다.

조피볼락의 자치어는 산출 후 40~50일 사이에 구조물에 대한 반응을 보이기 시작하였다. 볼락은 조피볼락처럼 뚜렷한 행동 발달은 보이지 않았는데 다음해 두 종간의 정밀한 비교 실험이 필요한 상태에 있다. 아무튼 초기 행동 발달로 보면 조피볼락은 알테미아 투여단계에서 인공배합사료에 순치가 완료된 시점에 전장이 1.5cm 전후크기에서 행동변화를 보였는데 비하여 볼락은 뚜렷한 변화를 보이지 않았던 차이가 있으나 빛이나 수온 등 환경 조건을 고려한 실험이 필요하다라고 생각되고 있다.

자연 상태로 방류된 조피볼락의 행동양식은 중간 육성 중

이던 조피볼락을 목장해역 내소, 대장두도 암반 연안에 방류하여 이들의 방류 후 자연 상태에서의 행동을 관찰하였다. 2000년 8월 4일에 당시 조피볼락의 크기는 평균 전장 6.2cm, 평균체중 4.2g이었고 한국해양연구소 조사선(해양호 2.99톤)을 사용하였으며 수면으로 방류하는 방법을 택하였다. 방류 후 방류 연안에서 일정 간격으로 주, 야간 다 이빙을 통하여 수중 관찰 및 사진 촬영을 병행한 결과 방류어는 대개 하루 또는 이틀 후에 위에서 자연 먹이가 확인되어 중간 육성시 자연 먹이에 길이든 효과가 있었던 것으로 나타났으며 방류 해역의 수심 2~15m의 수층에서 자연산 볼락, 불볼락, 인상어 등과 함께 암초 지대에 어울려 서식하고 있어 방류 후 극단적인 도피 행동 또는 볼락류나 다른 어종들과의 사이에 텃세 행동은 찾아 볼 수 없었다.

방류 기술 및 방류 효과 평가 방안

대상 생물의 방류 기술에 대한 분야에서는 볼락, 조피볼락, 참돔, 감성돔, 전복 등 방류 대상종의 어체 표식 방법에 대한 연구를 진행하고 있으며

연차별로 방류대상 생물의 다양화와 함께 적정 방류 크기 결정을 위한 방류실험을 추진 중에 있다.

이중 표지(marking 또는 tagging)기술은 방류한 생물의 생존율, 성장률, 재포율, 이동 범위 등 조사를 통하여 방류시 어체 크기, 방류 장소, 방류 시기, 분포 범위를 검정할 수 있고 방류한 어류의 2차 생산력 등 연안 자원의 증가 효과를 검정할 수 있는 핵심적인 기술이다.

표지 선택에서 고려해야할 사항은 대상 종, 크기, 습성, 생태 등의 요인과 견고성, 부식성, 유연성 등 표지 자체 요인이 있다.

표지를 위해 몸체의 일부를 절단하거나 몸체에 직접 기호를 각인하는 방법은 전통적으로 사용되어 왔으나 생물체의 재생 능력으로 인해 표지 효과가 장기간 지속되지 않는다. 따라서 이를 극복하기 위하여 몸체 일부분에 인식표를 고정시키는 시도가 있었다.

표지 방류에 의한 조사는 분포와 회유를 알 수 있는 좋은 방법이다. 이 방법으로 방류어의 분포 및 회유 상황을 추정할 수 있다. 표지방류 조사는 생물체에 표시하여 수중에 방류하고 이것이 다시 잡혔을

때, 방류시와 재포획시의 위치 관계, 수량관계, 체부분 성장 관계, 형태변화 등을 해석하고 이를 근거로 방류된 각종 자원군의 회유경로, 자원의 계군, 회유속도, 분포범위, 귀소성, 연령 및 성장도, 연령형질 형성의 상태, 어획률, 자원량, 어획사망계수, 자연사망계수, 이식에 의한 잔존율, 인공부화 방류의 효과, 방류시기의 결정, 산란회수 등 기타 추측하는 것이 그 목적이다.

표지방법은 대별해서 체부분 표시법(절제 표시법), 착색법, 입묵법(문신법), 표식표지법, 미량원소에 의한 표지법, 초음파 및 전파표지법 등이 있다. 표식 방법에 대한 것도 오차나 있을 수 있으며 효율적인 자료 축적을 위하여 목적으로 하는 대상 생물에 대한 정확한 검토가 있어야 한다.

방류용 어류의 우량종묘 생산 및 판정 기술

건묘 판별 및 생산 기술분야에선 대상 생물의 어미 관리법 연구를 진행하면서 종묘생산 과정을 거치면서 종묘의 건강성 판별에 대한 연구를 수행하고 있으며 한편으로는 종묘 생산 기술도 병행 연구 중에 있다. 지금까지 자원 조성 사업에

사용된 방류어들은 대부분 양식용 종묘로서 자연에서의 살아남을 능력으로 보면 자연 방류후 적응력이 뛰어난 즉, 야성에 대한 기준에 의하여 판단 기준이 달라져야 한다. 이러한 관점에서 마취에 대한 내성, 은신성 등에 대한 검토가 되어지고 있으며 기초적인 실험이 국립수산진흥원 각 종묘 배양장에서 실시되어지고 있다.

방류효과 극대화를 위한 자연먹이 섭이능력 평가

자연먹이를 이용한 중간 육성기술은 방류어가 육상 종묘 생산수조에서 곧 바로 자연으로 방류되었을 경우 자연에 대한 적응력에 문제가 있을 것을 대비하여 자연 생태로의 적응력을 높이기 위하여 일정기간 해상 가두리에서 사육하는 것을 가리킨다. 현재 경남 통영 목장에서는 방류용 치어를 수용한 해상가두리 위에 불을 켜서 야간에 불빛을 보고 몰려드는 플랑크톤을 치어들이 먹도록 유도하는 실험을 계속하고 있다. 방류 전 일정기간동안 이러한 장치로 자연산 플랑크톤을 먹으면서 자란 치어들은 방류 전 건강과 성장이 좋게 나타나고 있으며 방류 후에 자연산 먹이에 의존해야하는 방

류 후의 적응도도 높은 것으로 판단되고 있다. 실제 이런 과정을 거쳐 중간 육성된 치어를 방류하였을 때 위 내용물 분석 결과 방류 후 1일 이내에 대부분의 방류어들이 자연산 먹이를 먹은 것으로 확인된 바 있다.

음향순치기술

이 분야는 일본의 해양목장에서 널리 활용되고 있는 기술로서 방류어를 일정기간 특정 음향에 길들인 다음 방류하여 음향과 함께 먹이를 주어 사육하는 기술이다. 우리 나라에서는 초기 개발 단계에 있으며 통영바다목장 사업에서는 불락, 조피불락의 청각능력 조

사, 바다목장 대상 해역에서의 해수 중 수중 음파전달 손실 등에 대한 기초 자료를 축적 중에 있으며 이러한 조사와 함께 한국형 음향급이기를 설계 중에 있다.

이상과 같은 분야의 연구과정을 하나한 거치면서 우리나라의 시범목장사업은 진행이 되고 있다. 새로운 시도인 만큼 위험성도 높다고 하겠으나 현재 우리 나라 국내 기술로서 해결할 수 있는 가능한 한 모든 정보나 지식을 통합한 종합적인 추진임을 미루어볼 때 이 한번의 시도로 많은 결과와 경험을 축적할 수 있을 것으로 확신한다.

연구는 어느 정도의 규모가 되는 사업과 병행하여 추진되

고 있어 1998년부터 현재까지 바다목장 해역에 방류된 종묘 현황은 <표-2>와 같다. 주 대상 어종 중 불락은 대량 종묘 생산 기술이 아직은 완전하게 확립되어 있지 않은 관계로 그다지 많은 수를 방류하지 못하고 있으나 이 종이 바다목장 해역에 많은 자원을 갖고 있었던 점을 고려하면 빠른 시일 내에 종묘생산 기술이 확립되어야 할 것이다.

바다 목장사업이던 자원조성 사업이던 사업의 추진절차는 거의 유사하게 이루어질 수밖에 없으나 시범 사업이라는 것은 지금까지 해 오고 있던 방법에서 보다 효율적인 방법을 찾고 나아가 자연계의 생산력을 최대한 지속적으로 이용하려는 것이 최종 목표임을 감안하면 이러한 연구사업을 담당하는 연구자는 물론이고 이 해역을 관할하고 이 해역에 생계를 맡기고 있는 어업인에 이르기까지 해양생물 자원의 증대 방법과 관리, 이용에 대한 정확한 인식을 하여 소기의 목적을 달성할 수 있도록 서로 협조하여야 하겠다. 자원이 풍부한 바다는 자원증대에 관련된 기술로만 되는 것이 아니라 바다를 가꾸면서 이용하려는 인식 전환부터 바탕이 된다는 점을 기억하여야 한다. ㉠

<표-2> '98~'99년 종묘방류 현황

연도·일시	어 종	마리 수	장 소	나이/크기	비 고
'98. 11~12	조피불락	15,000	소장두도	0 age	연구사업
"	조피불락	35,000	만지도(등대주변)	0 age	"
"	불락	5,000	만지도(등대주변)	0 age	"
'99. 7.	불락	500	만지도(등대주변)	1 age	"
'99. 8-12	조피불락	500,000	소장두도, 만지도, 학림도, 미륵도연안	0 age (7-11cm)	"
'99. 11.	전복	5,000	소장두도	3cm	통영시
2000. 8~11	조피불락	950,000	목장 전 해역	0 age	방류 중
	불락	50,000	대, 소장두도	0 age	
	감성돔	70,000	목장 전해역	0 age	
	참돔	80,000	목장 전해역	0 age	
	전복	10,000	학림도, 송도	5cm	