

어항의 고도이용에 대하여

- 해양심층수를 중심으로 -

서 언

고찌(高知)현에서 해양심층수의 연구는 무료토(屋戸)갑이 과학기술청의 아쿠아마린계획 '해양심층자원의 유효이용기술에 관한 연구'의 모델해역으로 지정됨에 따라 시작되었다.

1989년에 해양과학기술센터의 협력으로 첫 번째의 취수장치가 설치되어 일본 최초의 해양심층수연구소가 발족되었다. 1994년에는 취수장치를 증설, 현재 2개의 취수장치로 하루 920㎥의 해양심층수를 퍼올리고 있다.

본 원고에서는 해양심층수의 특성이나 해양심층수연구소의 연구성과, 나아가서 해양심층수를 이용한 어촌활성화의 가능성에 대하여 소개한다.

해양심층수란

해양심층수의 명확한 정의는 없으나 편의상 식물의 광합성에 필요한 태양광이 미치지 않는 수심 약 200m 이상 깊이의 해수를 말한다. 전 해양의 평균수심은 약 3,800m이므로 해양심

층수는 전 해수의 약 95%를 차지하는 방대한 자원량이 된다.

이와 같은 해양심층수는 '저온안정성' '청정성' '부영양성' 등의 특성을 가지고 있다.

저온안정성

수온은 표층의 해수와 비교하면 상당히 낮고(약 9.5℃), 1년내내 거의 변화하지 않는다.

청정성

육수의 대장균이나 일반 세균에 오염되어 있지 않다. 또 해양성 세균수도 표층의 해수에 비하여 매우 적은 데다 육수나 대기의 화학물질로 오염되는 경우가 적다. 이 점에서 청정하다고 말할 수 있다. 현탁물이나 부착생물이 적은 것(물리적 청정성)도 중요한 특성이다.

부영양성

표층 해수에 비하여 식물의 성장에 필요한

질소 인 규산 등의 무기영양염을 많이 함유하고 있다.

해양심층수연구소의 연구성과

해양심층수연구소는 해양심층수(이하 '심층수'라 한다)를 이용하여 넙치 전복 연어병치 다시마 감태 등 해양생물의 사육이나 재배어업기술 개발시험 등을 하고 있는데 지금까지 얻어진 성과를 개략적으로 소개한다.

취수시설

일반적으로 수산시험장이나 재배어업센터에서 사용하는 사육수는 표층해수이다. 해역에 따라 다르지만 표층수의 취수관이나 취수펌프에는 굴조개 등이 부착하므로 해마다 취수능력이 떨어진다. 또 취수한 해수에서 쓰레기나 현탁물 등을 제거하기 위한 모래여과조도 반년만 지나면 더러워진다. 그 때문에 취수관 취수펌프 여과조 등 취수관련 시설은 정기적인 청소작업이나 부품의 교환이라는 유지보수가 필요하고 결국은 취수관이나 취수펌프를 교환해야 한다.

그러나, 심층수는 청정성이



〈사진〉 바다로 뻗어있는 취수관

〈표-1〉 취수시설의 개요

	No1	No2
설치년도	1989	1994
취수수심(m)	320	344
취수관연장(m)	2,650	2,650
취수관내경(mm)	125	125
취수관재질	철선피복 경질폴리에틸렌	
취수량(톤/일)	460	460

뛰어나기 때문에 취수관이나 취수펌프 저수조 등 취수관련 시설은 거의 더러워지지 않는다. 해양심층수연구소에서는 과거 10년간 청소작업을 전혀 하지않고 있으나 시설은 거의 설치 당초의 상태를 유지하고 있다.

해양생물을 사육하는데 있어서 사육수는 생명선이므로 취수시설의 유지관리가 중요하지만 여기에 소요되는 비용이나 다른 걱정이 필요 없다는 것이 큰 장점이다.

해양생물 사육

심층수는 수온이 낮으므로 넙치 범가자미 등 냉수성 어류, 금눈돔 등 심해성 어류를 사육할 수 있다. 물론 표층수라도 냉각하여 수온을 내리면 사육수로 이용할 수 있으나 해수의 냉각비용이 높으므로 재배어업이나 양식업의 경우 관리·운영경비 부담은 사업을 계속하는데 큰 지장이 된다.

그런데 이와같은 해양생물의 재배어업화기술개발시험의 성과로서 넙치 수정란의 공급이 있다. 본 현에서도 재배어업의 대상어종으로서 십수년전부터 재배어업 센터에서 넙치 종묘를 생산하고 있었다.

본 현 해역의 특성이나 어업자 수요에 맞게 종묘를 공급하기 위해서는 현 스스로 생산, 즉 현에서 친어를 사육하여 종묘를 생산하는 것이 이상적이다. 그러나 넙치 친어의 사육시설이나 해수의 냉각장치를 정비하고 유지하기 위한 경비문제 등으로 수년전까지 현 외의 공설종묘생산기관에서 수정란을 양도받고 있었다.

공급을 다른 현에 의지하면 본 현의 사정에 맞는 시기에 필요한 만큼의 수량을 확보하기는 어려울 것이므로 해마다 높아지는 어업자의 요청에 따라 본 현에서 종묘생산의 실현은 큰 과제였다.

1996년에 와서 심층수연구소에서 수정란 공급계획을 세웠다. 심층수에서 넙치친어를 수년에 걸쳐 사육·양성하여 양질의 수정란을 확보할 수 있는 기술을 확립한 셈이다. 그 이후, 현 내 방류용 종묘 수정란은 모두 심층수연구소에서 현 재배어업센터에 공급하고 있고, 현 외의 민간·공공종묘생산기관에서도 수정란을 양도해 주기를 바라고 있다. 질적으로도 상당히 평가가 높이고 심층수브랜드의 넙치로서 크게 성장할 가능성이 높아지고 있다.

한편, 성장의 면에서 넙치 전복 등은 일반적으로 빠른 성장이 확인되고 있다. 앞으로는 현재와 같은 정도의 비용이나 노력으로 방류효과나 부가가치가 높은 대형종묘, 조기종묘를 공급할 수 있다고 생각한다.

다시마 감태 미역 등 해조에 대해서도 수조배양시험을 통하여 해면양식과 비교해 보면 훨씬 좋은 결과를 얻고 있다.

수온제어

심층수는 시기나 대상어종에 따라 수온이 너무 낮기 때문에 온도를 높일 필요가 있다. 반대로 표층수의 경우는 수온이 너무 높기 때문에 냉각하지 않으면 안된다. 가온비용과 냉각비용을 비교하면 냉각비용이 크지만 본 현 재배어업의 중심어종인 넙치친어 양성의 경우 비용을 비교해 보았다. 지면 사정으로 조건설정이나 산출방법 등은 생략하는데 심층수 표면수 각각에 대해서 매월 설정한 최적수온 유지에 필요한 냉각 또는 가온경비를 비교하면 표층수는 심층수의 약 1.6 배가 된다.

심층수연구소에서는 심층수와 표층수를 혼합하여 수온조

정을 하고 있는데 다음의 방역 면에서 앞으로는 심층수로 사육하는 것이 바람직하다고 생각된다.

방역대책

종묘생산현장에서 현재 전국적으로 문제되고 있는 것이 질병대책이다. 어병 그 자체는 과거에도 있었지만 현재 문제되고 있는 어병은 한번 발병하면 전멸할 정도의 큰 피해를 가져오므로 이 경우에는 종묘생산을 다시 하거나 친어의 전부를 교체할 필요가 생긴다. 이것은 안정 공급의 차질이나 경비적인 손실 등 종묘생산사업에 큰 영향을 준다. 그 때문에 전국의 종묘생

산시설에서는 친어, 생산단계에서의 알이나 종묘에 대한 감염예방에 세심한 주의를 기울이고 있다.

그중 하나로 자외선이나 오존을 사용한 해수살균장치의 도입이 있다. 사육수 중에 병원균이 있으면 즉시 감염돼 버린다. 물론 질병대책은 친어 그 자체가 감염되어 있지 않거나 사육수 이외의 요인으로부터 감염을 방지할 필요도 있고, 발병하지 않은 건강한 종묘를 기르는 것도 중요하다. 그러나 해양생물의 서식장인 사육수에서 감염될 염려가 없다는 것은 관리상 매우 유리한 점이다.

이 살균장치는 고가이고 유지비도 상당하지만 심층수의

경우에는 조금도 걱정할 필요가 없다. 물론 심층수에서 사육하고 있더라도 병은 발생하고 있으나 사육수에서 치명적인 어병에 감염될 염려는 거의 없고 종묘가 전멸한다는 절망적인 상태도 없었다.

수산이외에서의 심층수 이용

고찌현은 수산이외의 분야에서 여러 가지 심층수 이용의 가능성을 살피기 위해 1995년 10월부터 일반인에게 심층수를 공급하였다. 그 결과 심층수를 이용한 음료수나 식품 화장품 등 여러 가지 상품이 개발되었다. 기업수는 45개 사, 개발된 상품은 35개 품목에 미치고 있으며 현 내외의 시장에서 호평을 받고 있다.

심층수를 이용한 결과 '맛이 더 좋아졌다' '부드러운 맛이다' '보습성이 뛰어나다' '발효가 촉진되었다' 등 가지각색이다. 이와같은 효과의 요인, 즉 심층수의 무엇이 어떻게 작용하여 효과가 나타나고 있는가에 대한 과학적인 해명은 거의 되어 있지 않다. 그러나 소비자로부터 종래의 상품보다 품질이나 효능면에서 확실히 차이가 있다는 인정을 받고 있으며 그 평가로서 수

〈표-2〉 해양심층수인 표층해수의 기본 데이터

항 목 (단 위)	해 양 심 층 수 (320m)	표 층 해 수 (0m)
수 온 ℃	8.1~9.8	16.1~24.9
P H	7.8~7.9	8.1~8.3
염 분 %	34.3~34.4	33.7~34.8
용존산소량 ppm	4.1~4.8	6.4~9.5
N03-N μm	12.1~26.0	0.0~5.4
P04-P μm	1.1~2.0	0.0~0.5
Si02-Si μm	33.9~56.8	1.6~10.1
클로로필 mg/m ³	흔적	4.2~50.6
생균수 CFU/ml	10 ²	10 ³ ~10 ⁴

요가 증가되고 있다고 생각한다.

심층수 상품을 개발하고 있는 것은 거의가 현 내의 기업이고 심층수를 취수하고 있는 무로토시내의 기업도 있다. 무로토 시내의 업자들은 심층수 상품이 성공했기 때문에 제조라인을 증설하고 종업원도 늘려 규모를 확대하는가 하면, 그 지방사람이 모여서 새로운 회사를 설립하고 있는 경우도 있다. 또한 현 외의 기업이 심층수에 착안하여 무로토에 공장을 건설하는 기업진출도 실현되고 있다.

이와같은 지방기업의 규모확대나 새회사 설립, 나아가서는 현 외 기업의 유치가 지방경제에 미치는 영향은 크다. 특히 전국적으로 보아도 지리적으로 불리한 조건이 무로토시의 어촌에 새로운 고용의 장이나 산업활동의 거점이 될 수 있다는 것은 심층수가 아니었다면 생각할 수 없는 일이다.

심층수와 어업진흥 어촌의 활성화

고지현 어업은 다랑어나 가다랭이 등 원양·근해어업을 중심으로, 연안어업도 가다랭이, 방어 등 회유어를 중심으로 발전해 왔다. 그러나 공해

어장의 축소는 국제적인 조류이기 때문에 다시 어장을 확대하여 생산량을 늘린다는 것은 생각할 수 없다. 또 연안어업도 회유어만으로는 안정적인 어가경영이 어려울 것이다. 어느 정도 계획적인 생산을 실현하기 위해서는 정착성이 강한 어종을 대상으로 한 기르는 재배어업의 추진이 불가피하다고 생각된다.

어획물의 부가가치를 높이는 일도 중요하다. 지선해역의 생산력은 한정되어 있고 어획 가능량 제도의 도입에 의하여 앞으로는 어종에 따라서 어획량도 규제된다. 한정된 어획 가능량 중에서 어가의 소득향상을 위해서는 어획물의 부가가치를 높이는 것 뿐이다.

이와같은 상황에서 심층수는 생산력이나 생산기반의 강화, 어촌의 활성화를 유지하는 기폭제로서 큰 가능성을 갖고 있다.

우선, 재배어업의 골격인 종묘생산에 심층수를 이용하면 시설의 유지관리나 정비에 소요되는 경비의 대폭적인 절약과 함께 생산의 안전성이나 종묘의 양질화(무병, 대형화)로 이어진다는 것은 소개한 바와 같다.

또, 어획물의 부가가치 향상이라는 관점에서 보면 선도

유지나 위생관리면에서 심층수 이용을 선호하고, 출하조정을 포함한 활어출하나 심층수이기에 가능한 새로운 양식사업 등의 전개도 생각할 수 있다.

예컨대 해양생물이 먹거리라는 고정관념을 버린다면 최근 도시에서 인기있는 수족관의 전시어로 공급하는 일도 생각할 수 있다. 수족관의 전시어는 먹거리로서 가치는 없더라도 진귀하다거나 아름답다는 것으로 가치가 있다. 다양한 어종을 유지하기 위해서는 폭넓은 수온대를 확보하지 않으면 안되지만 수요가 한정되어 있으므로 그것 때문에 시설을 정비하는 것은 어렵다. 그러나 심층수와 표층수를 혼합해서 다단이용을 잘 조합시키면 비교적 쉽게 적정수온을 확보할 수 있다. 지금까지 폐기하고 있던 해양생물을 낮은 비용으로 보유할 수 있다면 어협에서도 충분히 다룰 수 있지 않을까.

그리고 배수의 이용도 가능하다. 종묘생산 육상양식 활어출하 등에 심층수를 이용하면 반드시 배수가 나온다. 이 배수에는 해역의 비옥화, 즉 조장조성 효과가 있다. 아마도 심층수의 부영양성이나 저온성에 의하는 것으로 생각되나,

〈표-3〉 심층수 상품

분 류	상 품
수 산 가 공 품	건어물, 연제품
음 료	미네랄워터, 주스, 아이스크피, 일본술
식 품	두부, 곤약, 콩발효식품, 면스프, 빵
조 미 료	소금, 간장, 소스, 폰스
과 자	물양갱, 아이스크림, 제리
화 장 품	화장수
기 타	입욕제, 물티슈

심층수의 효과적인 방수에 의하여 조장조성을 피하고 오분 자기 전복 우뚝가사리 등 해변 자원의 유지·배양이나 유치 자어 생육장의 확보도 가능하다.

그리고 지역에서 새로운 산업을 일으킨다. 심층수로 인해 어촌에서 새로운 고용창출이나 교류인구의 확대도 이루어지고 있다.

이와같이 심층수에 의한 어업진흥·어촌 활성화의 가능성은 여러 가지가 있으나 보다 효율적으로 이용하기 위해서는 심층수의 다단계이용시스템의 확립이 요구된다. 다단계 이용이란 심층수의 특성을 충분히 사용하기 위한 시스템으로서 예컨대 취수한 심층수를 최초로 해조배양에 사용하고 다음에 재배어업용 어류사육

으로 사용한다. 최초 해조배양에서의 수질은 그다지 떨어지지 않은 상태에서 수온이 점차 상승하므로, 수온이 낮은 어종에도 이용할 수 있다. 그리고 다음에 축양용 사육수로 이용하고 마지막으로 해변에 방수하여 조장조성을 도모하는 등의 방법이다. 이 이외에도 농업시설이나 건물 공기조화에 심층수의 냉열을 이용하고 온도가 상승한 심층수를 사육수로 이용하는 등의 시스템도 생각할 수 있다.

심층수 이용의 전망

심층수를 취수하기 위해서는 많은 경비가 필요하다. 다행히도 취수시설은 1998년부터 수산청의 어항 고도이용활성화 대책사업의 보조대상이 되었

다. 심층수 취수시설의 정비에 필요한 경비부담의 경감이 시도된 것이다.

본 현에서도 이 사업을 도입하여 무료토시가 하루 4,000톤 능력의 시설정비에 착수, 2000년에 완성할 예정이다.

취수시스템이나 취수방법에 대해서는 앞으로도 개량 또는 새로운 방법이 개발되어 정비비용이 경감될 가능성도 있고 한번 정비하면 그 후의 유지관리는 거의 필요 없으므로 잘 이용하면 전체 비용으로 보아 경제적인 시설이 아닐까 생각한다.

또 심층수의 자원량은 거의 무진장하고 그 이용분야도 식품 화장품 뿐 아니라 앞으로는 의료 건강 에너지 등 여러 분야에서 고도이용의 가능성이 넓어지고 있다. 그 이후는 심층수를 어떻게 어업진흥과 지역 활성화에 관련시켜 가느냐이다.

심층수의 잠재능력을 종합적 효율적으로 이용하여 지역으로 환원해 간다는 관점에서 보면 심층수가 산업소재로서 각광받도록 가능성을 살려 나가야 하며, 이것은 곧 어촌 활성화로 이어지는 것이 아닐까 생각한다. ㉠