

# 해양심층수 자원의 개발 및 이용에 대하여

## 1. 서 론

20세기에는 인류가 석유, 석탄 등의 화석연료를 이용하여 급속한 산업발전을 이룩하였다. 그러나, 이러한 에너지 자원들이 40~50년 내에 고갈될지도 모른다는 우려가 제기되며 인류문명은 위협을 느끼면서 세계 각국이 대체에너지 개발에 매진하고 있다. 에너지 자원 뿐 아니라 식량, 물의 부족이 21세기 인류를 괴롭히게 될 것이며, 화석연료의 소모에 따른 이산화탄소의 배출이 지구 온난화를 가속시켜 생태계 파괴를 심화시킬 것으로 예상되고 있다.

산업혁명을 통해 과학기술이 발달하면서 인류가 물질을 이용하여 편리와 풍요를 누리며 물질만능의 시대적 가치관이 만연하였고, 산업 성숙기를 지나며 이를 가져온 과학기술의 가치가 높아지는 인간 중심의 가치관이 정립되고 있다. 그러나, 이러한 편리와 풍요를 가져다 준 산업과 물질이 환경오염과 자원고갈로 우리를 위협하고 있다는 새로운 인식이 싹트고 있다. 이로부터, 생태계 환경과 조화를 이루면서 지속가능하게 자원을 활용함으로써 생태계의 일부로서 영속하며 공생하는 가치의 중요성이 강조되고 있다.

그러나, 인류가 하루 아침에 풍요롭고 편리한 과학문명을 포기하며 자연으로 돌아갈 수는 없을 것이므로 자원을 덜 소모하는 생활과 함께 자연에 부하를 덜 주는 자원의 개발 및 이용, 자연을 복구 및 개선하며 공생할 수 있는 방법 등이 중요한 사회·과학적 이슈가 되고 있다[1].

이를 만족시킬 수 있는 자원을 탐색하고 실용화하는 것이 지금부터 인류가 추구해야 할 일이며, 이러한 자원은 자연의 물질 순환계 속에서 재생되고 있고, 재생될 수 있는 것이어야 한다. 최근, 해양 심층수가 주목받기 시작한 배경에는 이러한 자원과 환경 문제에 바탕을 둔 인류의 자기구원적 자성이 깔려 있다.

본 고에서는 이러한 중요성을 가진 해양자원인 해양심층수의 정의와 자원적 특성, 활용방안 및 외국 사례, 우리 나라에서의 추진현황 및 계획 등을 소개하고자 한다.



김 현 주

- 1962년 12월 15일생
- 1995년 부산수산대학교(현, 부경대학교)
- 현 재 : 한국해양연구원, 책임연구원
- 관심분야 : 해양 심층수 및 에너지 자원의 개발 및 이용, 연안 생태계 제어공학
- 연 락 처 : 042-868-7516
- E-mail : hjkim@kriso.re.kr



그림 1. 해양 심층수의 순환 및 동해 심층수의 특성

## II. 해양심층수란 ?

해양자원적 측면에서 해양심층수는 “태양광이 도달하지 않는 수심 200m 이상의 깊은 곳에 존재하여 유기물이나 병원균 등이 거의 없을 뿐 아니라 연중 안정된 저온을 유지하고 있으며, 해양식물의 생장에 필수적인 영양염류가 풍부하고 장기간 숙성된 해수자원”이다[2,3]. 즉, 해양 심층수는 저온성, 청정성, 안정성, 부영양성, 숙성성 등의 특징을 가진 유용한 해양자원이며, 태양광을 에너지원으로 하는 물질순환계 중에서 생성되어 해수로서 재생 및 순환되는 막대한 청정자원이다. 한편, 이 정의는 해양용어사전[4]에 해양학적 측면에서 정의된 “심층수(심층수, deep water)란 가장 깊은 수심에 있는 저온이면서 중층수보다 다소 염분이 높은 수괴를 심층수라 하며, 그 원천은 양극지방에서 대부분 형성되어 공급한다”는 것과는 다소 차이가 있을 수 있다.

## III. 해양심층수의 자원적 특성 및 활용

해양 심층수의 이러한 다양한 자원성을 어떻게 효율적으로 활용할 것인가?는 어떻게 개발할 것인가?와 함께 중요한 숙제이다. 이를 풀기 위해서는 자원적 특성

을 정밀하게 분석하여야 하고, 그 특성을 공익적 및 산업적으로 활용하는 계획이 필요하다.

해양심층수의 자원적 특성은 저온성, 청정성, 부영양성, 안정성 등으로 요약될 수 있으며, 우리나라 동해의 해양심층수를 대상으로 분석한 결과를 그림 1에 나타내었다[2,3]. 동해 심층수의 수온, 영양염, 용존산소량 및 생균수에 대한 특성을 표층수에 비해 양호한 안정성을 가짐을 알 수 있다.

해양 심층수의 저온성, 청정성, 부영양성, 숙성성, 안정성 등의 자원적 특성은 표 1에 나타낸 것과 같이 다양한 산업분야에 활용할 수 있을 뿐 아니라 새로운 해양산업 창출을 위한 기반으로 활용될 수 있을 것이다 [1]. 기존 산업과 연계하여 정리해보면 (1) 식량과 관련한 수산 생산 및 가공, 그리고 담수화 분야, (2) 에너지와 관련한 냉방, 냉장, 냉동 및 제빙 분야, (3) 자원과 관련한 소금, 희소금속, 에너지원 등의 유용물질 추출 분야 및 (4) 기타 의약, 미용, 건강 등의 많은 분야에 활용할 수 있을 것이다.

## IV. 해양심층수의 산업적 활용사례

해양 심층수를 수산분야 및 산업분야에 적용하여 다양한 성과를 올리고 있는 외국의 사례를 보면 해양 심

표 1. 해양 심층수의 자원 특성별 활용분야

구분	특성	활용분야
저온성	년중 안정적인 저수온 해수	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고수온에 의한 질병 및 사망 방지</li> <li>■ 한수성 어패류의 종묘 생산 및 양식</li> <li>■ 냉방, 냉장, 냉동을 위한 에너지 활용</li> </ul>
청정성	병원균과 유기오염물이 적은 청정 해수	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 청정한 양질의 사육수 확보</li> <li>■ 하계 축양수 활용</li> </ul>
부영양성	해양식물 생장에 필요한 질소, 인, 규소 등의 무기영양염이 풍부한 부영양 해수	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 식물성 및 동물성 플랑크톤 배양</li> <li>■ 해조류의 배양 및 이를 이용한 복합양식</li> <li>■ 해역 기초생산량 증대</li> </ul>
숙성성	수압 20기압 이하에서 오랜 기간 성숙한 숙성 해수	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 식품 첨가제로 활용</li> <li>■ 화장수 및 화장품 등의 개발에 활용</li> </ul>
안정성	다양한 필수 미량원소가 균형있게 용존해 있는 안정 해수	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유용물질(희소금속 및 에너지원) 추출</li> <li>■ 기능성 음용수 또는 음료수 제조</li> <li>■ 의료 또는 약용수로 활용</li> </ul>



그림 2. 외국의 해양 심층수 이용상품 (색소, 건강식품 및 식품류)

층수가 얼마나 소중한 인류의 자원인지 알 수 있을 것이며, 우리나라에서도 그 잠재력이 얼마나 큰 지 짐작할 수 있을 것이다. 해양 심층수를 활용하기 시작한 것은 용승해역의 높은 생산성에 주목하였던 선진 해양국들이 인공적으로 끌어 올릴만한 가치가 있는 자원으로 인식하기 시작하고 동시에 저온성을 이용하여 에너지로서 활용을 모색하면서 부터였다. 이로부터 미국과 일본을 필두로 심층수 자원 보유국들은 다양한 상품 개발(그림 2) 및 자원 이용에서 놀라운 성과를 올리고 있다.

미국은 해양 심층수를 취수하여 냉방 및 대체에너지,

태양에너지를 병용한 제염, 담수생산, 의약품 생산, 수산 및 농업 분야 등에 적용하고 있다. 하와이자연에너지연구소(NELHA; 그림 3)는 민간기업을 입주시켜 창업보육 기능을 하고 있으며, 29개 벤처기업이 입주하여 년 300명 이상의 고용효과와 4,000만불 이상의 재정 기여를 하고 있다.

해양 및 산업 환경이 비슷한 일본에서는 더욱 활성화되어 9개소에서 개발 및 운영 중이며, 차후 20여개소 이상으로 확대될 전망이다. 그 대표적인 한 곳인 코우치현 무로토시(그림 4)에서만 74개 기업이 심층수 사업을 전개하여 '99년에 약 440억원, 2000년에는 약 2,500



그림 3. 미국 하와이자연에너지연구소(NELHA)



그림 4. 일본 코우치현 해양심층수연구소

억원의 매출을 달성한 것으로 알려지고 있다. 일본에서는 해양심층수가 생수, 맥주, 음료수, 소금, 화장품, 두부 등의 제조에 이용되어 400여 종에 이르는 해양심층수 관련상품이 출시되어 있고, 10조원 정도의 시장을 형성하고 있는 것으로 추측되고 있다.

### V. 해양심층수의 다단계 이용에 대한 개념 및 필요성

전술한 바와 같이 해양심층수는 다양한 분야에 활용되고 있는 종합자원으로서 이를 위한 다목적 개발이 이루어지고 있다. 즉, 해양심층수를 식수확보 및 수산자원 조성관리 등을 위한 공익적 활용과 식품, 약품 및 관광 등의 산업적 활용을 위한 다목적 개발을 추진되고 있다.

다목적 개발 뿐 아니라, 해양심층수가 가진 자원적 특성을 단계적으로 연계하여 다목적 활용하는 방안이

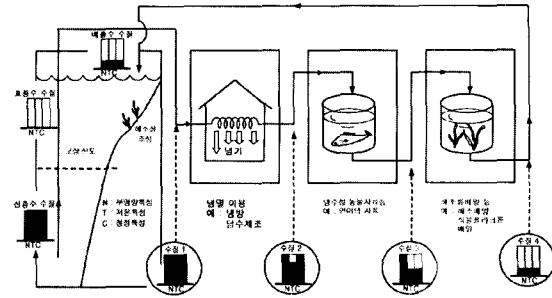


그림 5. 해양 심층수의 다단계 이용 개념

강구되고 있다. 그림 5에 예시한 것처럼, 해양심층수가 저온에너지 뿐 아니라 청정성 및 부영양성 등의 자원적 특성을 가졌다는 점에 착안하여 (1)저온성을 냉방, 냉장 등에 활용한 후, (2)청정성을 활용하여 대상생물에 대해 적정 수온이 된 해수를 양식 또는 축양에 활용하고, (3)부영양성을 활용하여 해조류를 양식한 후 연안에 방류하여 연안 해조장을 조성하는 단계적 이용 방법이 있다. 이 해양심층수의 다단계 이용시스템은 해양심층수의 자원적 특성을 단계적으로 활용함으로써 이용효율을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 연안환경에 대한 영향을 최소화할 수 있다는 점에서 중요한 이용 방안이다.

### VI. 동해 심층수 자원의 개발 및 이용 계획

우리나라 동해에도 무한한 해양 심층수 자원이 부존하고 있다. 그러나, 자원의 개발 여부는 그 시점에서의 경제성 및 안정성과 밀접한 관계가 있다. 즉, 개발을 통한 편익이 이용을 위한 비용보다 크지 않으면 안 되며 계속적 활용이 가능하여야 한다. 따라서, 고품위의 자원을 취수비용이 적게 들고 얻을 수 있는 곳을 찾는 것과 저렴하게 취수할 수 있는 기술의 개발이 중요하며, 이를 가치 높게 가공 및 이용할 수 있는 사회적, 기술·산업적 기반이 존재하는 곳에서의 전개가 중요하다.

이를 위해, 해양연구원은 해양수산부의 해양개발사업으로 “해양심층수의 다목적 개발”을 위한 시범적 실증단지를 취수거리가 짧아 현재관점에서도 경제성이

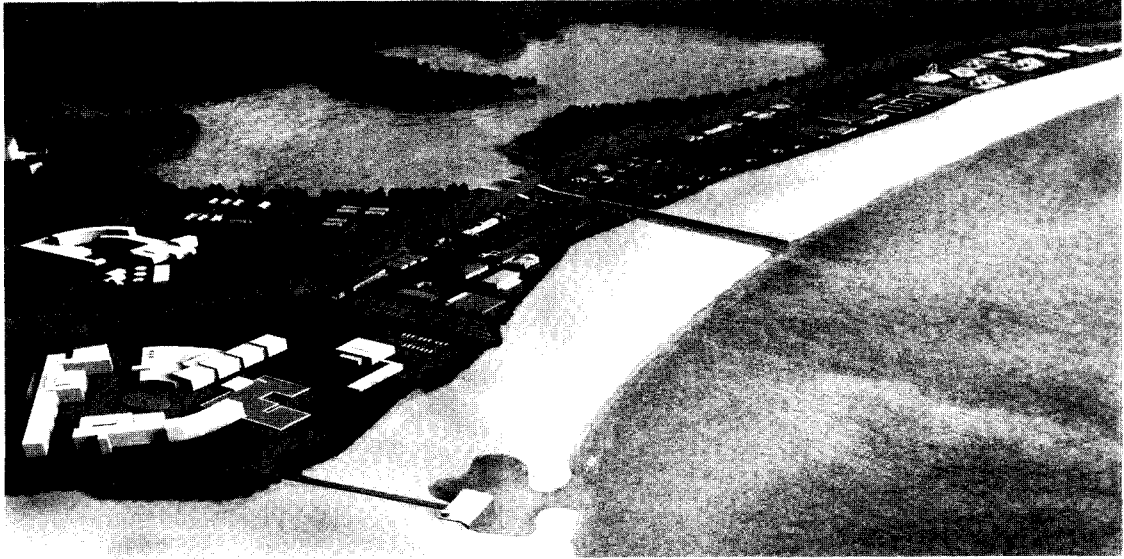


그림 6. 해양 심층수의 시범단지 개발 조감도

확보될 것으로 판단되는 강원도 북부해역에 조성할 계획이며, 이를 토대로 하여 우리나라 동해에서 2015년 까지 7개소에 육상형 및 해상형 해양 심층수 개발단지를 순차적으로 개발할 예정이다.

해양심층수 시범적 실증단지(그림 6) 조성은 수심 200m 이상으로부터 1일 5,000톤의 해양 심층수를 취수하여 1) 담수 제조 및 유용물질 추출을 통한 기능성 생수 및 음료수, 식품, 의약품의 제조, 2) 저온 에너지를 이용한 냉방, 냉장 및 냉동(제빙), 3) 해양 심층수를 이용한 심해성 및 냉수성 수산자원 친어관리, 종묘생산 및 방류, 또한 이 심층수와 수심 30~50m로부터 취수하는 일반 해수와 혼합하여 수온을 조절하고 충분한 해수량을 확보하여 활어 수산물의 전략적 유통을 위한 축양 및 양식을 실시할 수 있을 것이다.

해양 심층수를 이렇게 이용하기 위한 기반기술은 일부 분야(주로 식품 분야)는 이미 정립되어 있기 때문에 적용성 시험후 실용화가 가능하다. 한편, 일부 응용 분야는 체계적인 연구개발이 필요한 실정이다. 이를 위해 필요한 것이 취수관의 설치와 연구개발의 추진 및 실증을 위한 Pilot plant의 건설이다. 이는 실용화를 위한 시범단지로서의 역할이 필요하며, 취수관리 및 기

초연구를 위한 연구개발 구역, 전시교육 구역 및 관광 위락 구역, 수산분야 및 산업분야의 시범산업 구역 등으로 구성되는 시범단지가 계획되고 있다. 연구개발 구역은 중앙정부가 지원하여 설립 및 운영하지만, 기타 구역은 지방자치단체(또는 공공기관) 및 민간기업이 참여하는 것으로 계획되어 있다.

한편, 향후 성과확산을 위한 요소기술 및 종합화기술이 계속 연구될 것이며, 이는 1) 해양심층수의 개발 기술로서 해양심층수의 자원성 분석(평가)기술, 대용량 해양심층수 취수관 개발기술, 육상식 취수관의 설계 및 설치기술, 해상식 취수 및 이용시스템의 설계, 설치 및 운영기술, 저비용 수송기술 등의 정립이 필요할 것이며, 2) 해양심층수의 이용기술로서 2-1) 수산분야에서 해양심층수를 이용한 냉수성 및 심해성 수산자원 개발, 조성 및 관리기술 개발, 육상 양식산업의 집적화 및 고도화기술, 수산물의 전략적 유통을 위한 에너지 절약형 축양시스템 기술의 개발 등으로 진행되고, 2-2) 산업분야로서 해양심층수의 저온에너지를 이용한 냉방, 냉장, 제빙 등의 기술과 청정성을 활용한 고효율 담수화 기술 및 품질 기능화 기술, 용존물질을 활용한 다양한 식품 및 약품 개발기술, 선도유지 장기화기술, 회

소금속 및 에너지원 추출기술, 건강 및 의료분야로의 활용기술 등으로 추진될 것이며, 3) 해양심층수 관리 기술로서 해양심층수 품질인증 및 관리기술, 해양심층수를 이용한 연안 생태계 복구 및 개선 기술, 연안 생산성 향상 및 이를 이용한 이산화탄소 고정(저감화)기술 등이 정립되어야 할 것이다.

따라서, 우리나라에서 동해 심층수의 다목적 개발 및 다단계 이용을 위해서는 해양학 및 해양(조선)공학, 수산학 및 수산공학, 수자원(처리)공학, 식품공학, 의약학, 교육 및 관광학 등의 전문기술의 발전 및 참여와 이를 효율적으로 통합하여 실현할 수 있는 산학연관 협력 시스템의 구축이 필요할 것으로 판단된다.

## VII. 결 론

해양 심층수는 막대한 순환재생형 해양자원으로서 효율적 개발 및 이용이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 이는 환경친화적 자원 개발을 통해 인류의 유지와 발전을 도모하기 위해서 피할 수 없는 현실이다. 외국에서는 25년 전부터 해양심층수에 대한 중요성을 인식하고 연구개발을 추진하여 왔으며, 그 결과로서 새로운 해양 신산업으로 등장하게 되었다.

우리나라 동해에도 해양심층수 자원이 풍부하게 부존하고 있다는 것은 다행한 일이며, 효율적 개발 및 지속가능한 이용을 위한 연구개발을 통해 실증적 시범개발을 거친 후, 다수 해역으로 확산되어 해양심층수를

이용한 해양 신산업의 창출 및 연안역 활성화가 이루어 질 것으로 기대된다.

이를 통해, 2015년까지 7개소 이상에서 1조원 이상의 경제적 효과가 나타날 뿐 아니라 연안역에서의 용수난을 완화시키고 안전한 수산식량의 공급을 위한 공공적 기반으로 널리 활용될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 해양공학을 필두로 한 다양한 분야의 연구개발이 진전되고 통합되어, 해역(지역)별 자연 및 산업 환경을 특성화한 종합적 개발모델로서 구현되고, 전체가 조화롭게 연계될 수 있도록 구축되어 관리되어 나가야 할 것이다.

## 후 기

본고는 해양수산부가 시행하고 있는 “해양심층수의 다목적 개발” 사업의 일부로서 작성되었음을 밝혀둔다.

## 참고문헌

- [1] 김현주, 오병두, 홍석원, “해양심층수의 자원적 특성 및 다목적 이용”, 한국해양공학회 2001년도 춘계학술대회 논문집, 2001.5
- [2] 해양연구원, “동해심층수의 다목적 개발 기획연구”, 해양수산부, 2000. 12
- [3] 해양연구원, “해양심층수의 다목적 개발(1)”, 해양수산부, 2001.12
- [4] 조창선, “해양용어사전”, 일진사, 1997.
- [5] www.kadowa.com