

해양심층수의 개발



안 희 도 | 책임연구원, 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 / hdahn@kordi.re.kr

1. 해양심층수란

바다의 표면 가까이에서는 태양광선에 의해 식물플랑크톤이나 해조의 광합성이 활발하게 일어나는데 반해 수심 200~300m의 깊이에서는 충분한 태양광선이 도달하지 못해 광합성도 일어나지 않는다. 통상 이러한 수심 200m 이상의 해수를 심층수라고 부르고 있다. 지구상에 존재하는 물의 97.6%가 해수이고 그 중 약 95%를 차지하는 것이 수심 200m 이상의 심층수이다. 따라서 지구상에 있는 물의 90% 이상이 심층수라는 얘기가 된다.

심층수의 성분은 장소에 따라 다르고, 각각 다른 곳에서 만들어지므로 그 특성도 다 다르지만, 대체로 저온성, 청정성, 부영양성을 해양심층수의 3대 특징으로 꼽는다(그림 1).

해수는 수심 200m까지의 표층에서는 계절이나 해역에 따라 온도가 크게 변한다. 그러나 200m 이상에서는 저온으로 거의 안정한 상태이다. 또한 200m 이상에서는 광합성이 일어나지 않기 때문에 유기물이 적고 게다가 병원균 등도 표층수에 비해 상당히 적다. 바다 속에서의 광합성에 필요한 영양염으로는 질소, 인, 규소, 실산 등을 들 수 있다. 이것들은 표층에서는 광합성으로 소비되기 때문에 얕은 곳일수록 적어

지지만 심층에서는 빛이 부족하므로 광합성이 충분히 일어나지 않아 이들 영양염은 소비되지 않고 많이 남아 있다.

이처럼 바다의 심층수는 표층수와는 확연히 다른 특성과 특징을 가지고 있으며 그 두드러진 특징 중의 하나로 해수의 심층순환을 들 수 있다. Ocean Conveyor Belt라고 불리는 심층순환의 출발점은 그린란드 바다로, 그곳에서 차가워져 바다 속 깊이 잠수한 해수가 대서양, 남극해, 인도양을 통해서 북태평양에 도달하면 상층의 따뜻한 물과 혼합되면서 부상한다. 표층까지

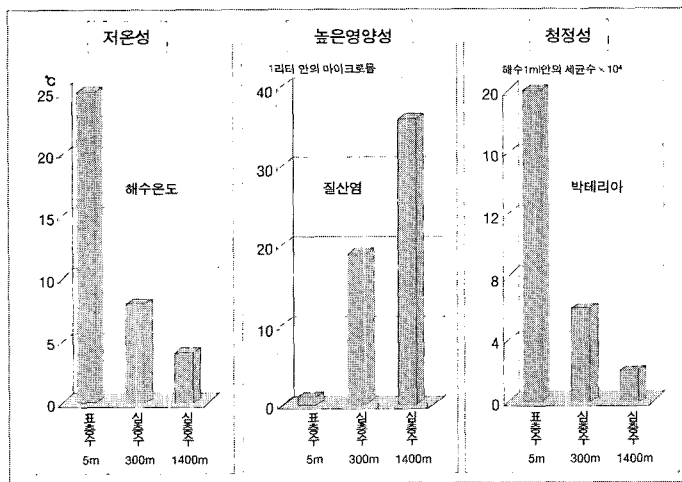


그림 1. 해양심층수의 특성

부상한 해수는, 이번에는 역으로 인도네시아 해역 등을 통과해서 인도양으로 들어오고 다시 대서양으로 돌아가는 순환을 반복하고 있다(그림 2).

최근에는 북태평양에 도달한 심층순환 물의 약 반절이 그린랜드로부터가 아니고 남극근해로부터 흘러 들어 온 것임이 밝혀졌다. 심층순환의 흐름은 1초간에 3000만 톤의 엄청난 양이며 그린랜드로부터 북태평양까지 1,500~2,000년에 걸쳐 여행을 해 오고 있다. 이러한 순환은 해양의 가장 깊은 부분을 통하고 있기 때문에, 현재 우리의 관심사인 수심 200~500m의 수심과는 완전히 같은 것이라고 할 수 없지만 해양심층수가 세계에 걸쳐있는 자원이라는 것을 알 수 있다.

2. 지금까지의 해양심층수 이용

바다에는 심층수가 표층으로 상승하는 용승현상이 일어나고 있는 곳이 있는데, 이러한 해역은 옛날부터 풍부한 어장으로서 알려져 왔다. 이에 따라 구조물을 설치해서 인공적으로 용승을 일으키는 시스템도 개발되고 있다. 이 외에 심층수를 끌어올리는 방법으로는 파이프라인이나 터널을 이용해서 끌어올리거나 예

리프트로 해수의 거품을 발생시켜 그 상승과 함께 해수를 끌어올리는 방법도 있다.

심층수 이용의 실제 프로젝트로는 1970년대에 미국이 온도차 발전을 위한 연구를 개시한 것이 최초이다. 온도차발전이란, 표층의 따뜻한 해수와 차가운 심층수의 온도차를 이용해서 발전을 하려는 것으로, 1920년대에 최초의 실험이 실시되었다. 그러나, 실용화를 겨냥하여 본격적인 연구가 시작된 것은 1970년대의 오일 쇼크 이후이다.

미국의 하와이주가 연방정부의 에너지부와 협력하여 자연에너지연구소를 설립하고 심층수를 이용한 온도차발전의 연구를 대대적으로 시작했다. 이후 하와이주는 연구소 주변에 연구개발단지를 만들고 민간기업이 심층수를 활용한 연구개발활동을 가능하도록 했다. 여기에는 현재 미국과 일본의 기업이 진출하고 있고, 상업적인 규모에서 양식과 약품제조 등의 실험을 실시, 일부는 이미 제품으로 시장에 나오고 있다.

미국 콜롬비아대학의 로엘교수는 1972년 카리브해 외 샌트크로이섬에서 수심 870m로부터 심층수를 끌어올려(360톤/일), 식물플랑크톤 배양과 굴 사육실험 등을 통해서 심층수가 생물생산에 효과가 있는 것을 실

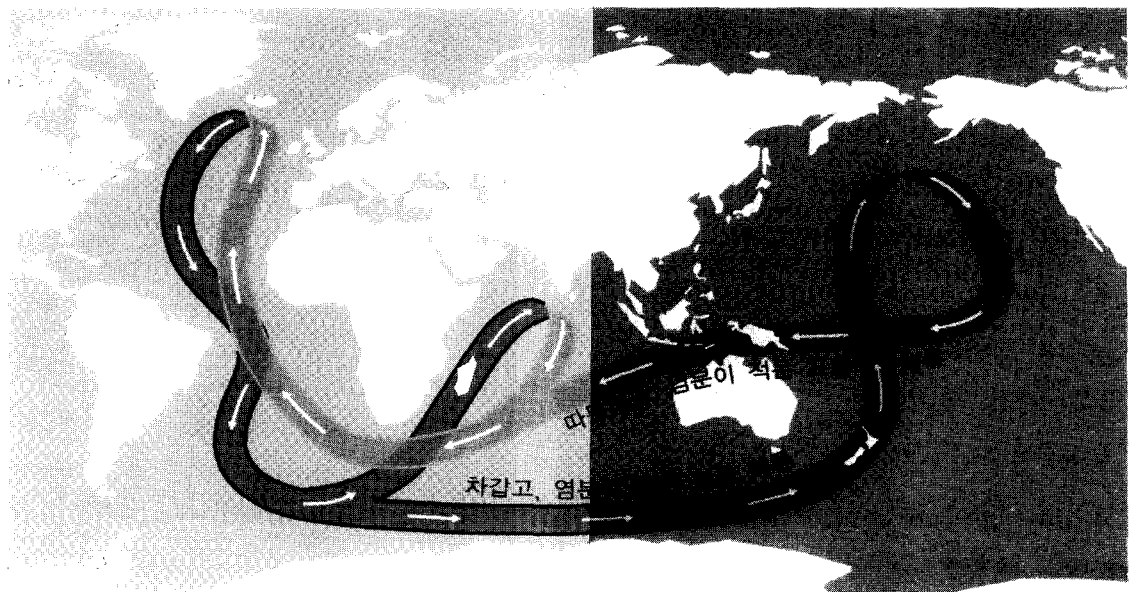


그림 2. 심층순환

증했다. 이것을 계기로 1974년 하와이 자연에너지연구 기구(NELHA: Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority)가 탄생되었다. 연구소의 연구자금은 연간 30~40억달러이며, 1998~99년도에 29개의 특허출원을 하였으며 이중 13개가 사업화에 성공하였다.

하와이 심층수의 가격은 일본의 4%에 불과한 금액으로 값이 저렴하다는 장점이 있다. 2001년 12월에는 규모가 큰(취수수심 915m, 취수량 155,520톤/일) 취수관이 설치되었다.

일본은 1985년 8월, 과학기술청의 아쿠아마린 계획이「해양심층자원의 유효이용기술에 관한 연구」를 시작하여 모델해역으로 고치(高知)현의 무로토미사키(室戸岬) 해역을 지정하였다. 그 뒤로 1987년에는 취

수장치 건설이 착수(해양과학기술센터가 개발, 설치)되어 1989년 4월에 고치현 해양심층수연구소가 발족되었으며, 6, 7년간의 기초연구를 거쳐 1995년에는 하루 100톤의 해양심층수를 민간기업에 공급하게 되었다. 특히 음료수 등의 식품분야에서 연구개발이 활성화되어 청량음료, 건강음료 등이 개발, 시판되었다. 또한 심층수를 다목적으로 사용하는 시스템이 등장하게 되어 다양한 종류의 상품이 사업화되었다. 고치현 이외에도 토야마(富山)현에서는 심층수 얼음을 대량 생산하기 위한 제빙(製氷)시설을 완성하고 민간기업에게 남는 심층수를 공급하기 시작하였다.

오키나와현에서는 1988~90년에 연안부어초(淨漁礁)형 심층수 이용시설을 계획했지만 채산이 맞지 않

표 1. 해양심층수 이용 연구기관과 계획

일 지	기관명 연구연도	취수깊이 (m)	취수심층수 온도(℃)	취수관설치 구조방식	취수관 길이(m)	취수관 구경(mm)	취수관재료	취수량 (m ³ /일)
고지현 무로토시	고지현 해양심층수연구소 1989	①320 ①340 ②0.5	①9-9.5 ②15-28	육상설치형	2650	φ125	철선피복 경질PE관	①계920 ②900
도야마현 신미나토시	간끼대학 수산연구소 도야마실험장 1992	①100	①10~19	육상설치형	①1500	①φ450	경질PE관(앞부분). 리바호스(뒷부분)	①7200 ②14400
도야마현 나메리카와시	도야마 심층수연구시설 1995	①321	①1~2 ②8~30	육상설치형	①2630	①φ250	철선피복 경질PE관	①3000 ②48
홋카이도 라우수쵸	라우수 심층수이용, 간단한 취수시설 설치 1999. 12	①218	-	육상설치형	1400	①φ50	①비닐호스	①58
고지현 무로토시, 나카오카	무로토 해양심층수 아쿠아팜 2000. 4	①374	-	육상설치형	3125	①φ270	철선피복 경질PE관	①4000
오키나와현 이토만 외해	오키나와현 해양심층수 개발활동조합 1997. 2. 우미야가라1호	①600 ①1400	-	육상설치형	①750 ①1550	φ50	①PVC호스	①계200
오키나와현 이토만 외해	이월대종합연구소 1999. 7 우미야가라 2000	①800 ①2000	-	육상설치형	-	φ50	①PVC호스	①계200
오키나와현 구메지마	오키나와현 해양심층수 연구소 2000. 6	①612 15	①9 ②25~30	육상설치형	①2527	φ380 φ280	강선피복PE관(앞부분). 철선피복경질PE관(뒷부분)	①13000 ②13000
시즈오카현 야이조시	시즈오카현 수산실험장 내 심층수 취수시설 예정 2001	①680 ①380 30	-	육상설치형	①7350 ①3400 965	①φ225 ①φ200 ①φ268	①철선피복경질PE관 ②경질PE관	①계4000 ②2000
도야마현 뉴젠마찌	뉴젠해양심층수 2001. 9. 취수관 제작, 시설장비 예정	①300	-	육상설치형	①2500	①φ225	-	①2400

아 중지하고 1993년 「해양심층수 복합 이용에 관한 조사」를 산학연관에 의한 연구회와 「오키나와현 심층수 이용 추진협의회」가 민간기업 중에서 발족되어 2000년 6월 오키나와 해양심층수 연구소를 개소함으로써 일본 내에서는 최대의 취수량(13,000톤/일)을 공급하게 되었다. 총사업비는 60억엔으로 이 중에서 절반이 국고(과학기술청)에서 출자되었다. 이밖에 여러 지방단체들이 심층수를 이용하기 위한 구상을 본격화하고 있다(표 1 참조).

노르웨이는 베르겐대학 해양생물학 부와 국립해양연구소 양식부에서 이의 연구를 하고 있다. 노르웨이 피요르드 해역의 경우, 표층수는 용설수(融雪水)와 육수(陸水)의 영향을 받고 있고, 저층 해수(수심 35m 以深)는 수온이 연간 7~8도에 염분농도 3.4%로 안정되어 있을 뿐 아니라 병원균은 적고, 영양염은 많다는 점에서 심층수와 동일한 특성을 가지고 있어 수산분야에서 그 특성을 활용한 연구가 이루어지고 있다.

3. 해양심층수 이용의 과제

이처럼 심층수의 이용에는 커다란 기대가 걸려 있지만 문제가 없는 것은 아니다. 심층수는 무공해일 뿐만 아니라 그 양이 거의 무진장하므로 21세기 이후 인류에게 커다란 자원으로 부각되고 있지만 아직은 심층수 자체의 성질에 해명되지 않은 부분이 많기 때문에 더욱더 연구가 필요하다.

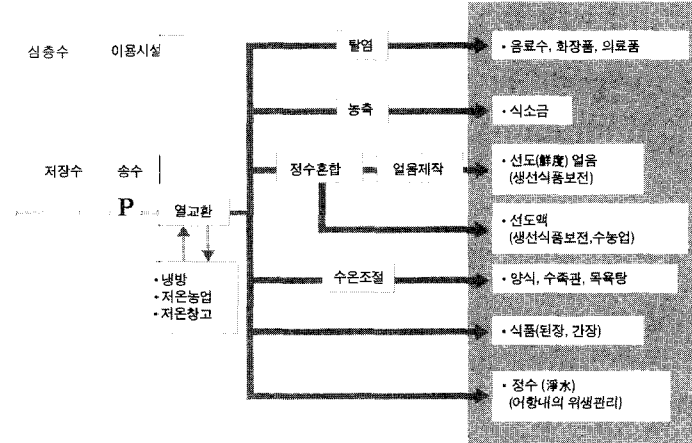


그림 3. 심층수 다목적 이용 개념

한 때는 10만톤, 100만톤 규모의 취수도 예상되었지만, 어느 정도 규모의 취수라야 재생순환에 영향을 미치지 않을지 아직 파악되지 않고 있다. 또한, 활용성을 높이기 위해서는 끌어올린 심층수의 다단계 이용이 필요하다. 끌어올린 심층수로 식물플랑크톤 생산, 어개(魚介)류 생산뿐만 아니라 그것을 열교환 냉각시켜 순환 사용하는 것이 자원의 유효활용 측면, 경제성 향상 측면에서도 바람직할 것으로 생각된다(그림 3).

이 밖에 심층수의 이용은 환경문제를 떼어놓고는 생각할 수 없다. 이용한 심층수를 그 상태로 연안의 바다에 배출하는 것은 연안의 환경에 커다란 영향을 끼칠 것이다. 한번 끌어올린 심층수는 배출 제로(zero emission)를 목표로, 경우에 따라서는 표층수도 섞여서 되돌리는 등의 배려가 필요하다. 따라서 심층수의 개발, 이용은 하나의 자치단체나 기업단위에서 추진하기보다는 산·학·연·관의 공동사업으로서 추진되어야 할 것이다.

참고/문/헌

안희도, 이종우, 이명권, 신승호(1997), 21세기 해양개발, 기문당
 안희도, 전중균(2001), 알기 쉬운 해양심층수, 도서출판 과학기술

한국해양연구원(2001), 21세기 해양친수공간, 해양과학 총서(6), pp. 117-129
 해양수산부(2001), 해양심층수의 이용, 해양정책 R&D동향 제1호, pp. 24-27