

S4

## 신자원으로서의 해양심층수 이용과 개발

남기두 · 조훈호

일산실업(주)부산주정공장

### I. 해양심층수란?

일반적으로 해양심층수(deep sea water, DSW)란 광합성에 필요한 태양광선이 닿지 않는 수심 약 200m 이하로 대륙붕보다 더 깊은 수심으로 수온이 매우 낮은 물대(water band, 水帶)를 말한다. 그러나 DSW가 지니고 있는 특수 성분에 초점을

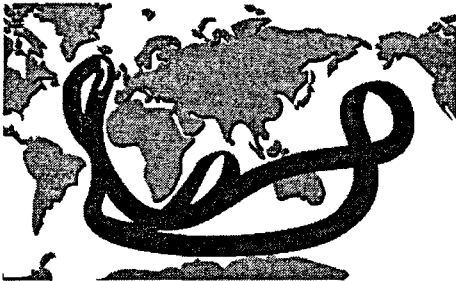


그림 1. 황색의 화살표로부터 분홍의 화살표까지 해수가 흐르는데 약 2000년 정도 시간이 소요된다. (세계 해양에 걸치는 순환의 모식도 -W.S. Broecker, 1989)

맞출 경우 1000 m 이하의 해수를 지칭하기도 한다. DSW를 "광합성이 없는 200m 以深 수역의 청정수"로 일본에서는 정의하고 있으나 우리나라에서는 현재 연구 초기 단계로 일본의 정의 및 제반 용어를 그대로 받아들이고 있는 실정이다.

이 DSW는 북극이나 남극, 그린란드 주변 수역에서 생성된다<그림 1>. 빙하가 융해된 低溫水는 점점 염분 농도와 함께 비중이 증가되어 해저로 내려가서 염농도가 낮은 저위도 수역으로 유입되어 흘러간다. 유입 속도는 매우 느려 연간 이동거리가 수 m에 불과하다. 北洋 심층수는 韓半島나 일본열도 해저에 다다를 때까지는 大氣와의 접촉이 없어 저온(약 5℃~10℃ 이하 유지)이 그대로 유지되며 각종 미네랄 Ca, Mg, K, Fe, Zn, Se 등 영양 염류가 풍부하다(Table 1). 무엇보다 DSW의 특성은 低溫性, 富營養性, 熟成性, 高미네랄성, 淸淨性이며, 식물성 플랑크톤 생성에 필요한 각종 영양염류가 풍부하게 들어 있어 이 DSW를 해면으로 끌어올리면 좋은 어장을 인공적으로 형성시킬 수도 있다.

Table 1. 해양심층수와 표층수의 성분 특성 비교

구 분	일본 고지현 (심층수/표층수)	하와이 (심층수/표층수)	한국 동해안 적지 (심층수/표층수)
수 온	9.0 / 20.5℃	9.45 / 26.2℃	1.71 / 18.8℃
수소이온농도	7.9 / 8.2	7.55 / 8.20	7.55 / 8.18
염 분	34.35 / 34.25‰	33.83 / 34.69‰	33.83 / 32.75‰
용존산소	4.45 / 7.95mg/l	1.35 / 7.08mg/l	9.30 / 8.35mg/l
질 산 염	19.05 / 2.7μM	39.95 / 0.33μM	8.45 / 0.75μM
인 산 염	1.55 / 0.25μM	3.02 / 0.17μM	3.0 / 0.35μM
규 산 염	45.35 / 5.85μM	76.88 / 3.12μM	90.05 / 22.1μM
비 고	취수수심 320m	취수수심 600m	취수수심 200m

## II. DSW의 국내 개발현황

### 2.1 동해심층수 개발현황

2000년부터 동해의 청정 수역을 중심으로 DSW 개발에 대한 관심이 고조되고 있는 분위기이다. 21세기는 해양을 신자원으로 인식하면서 DSW 연구개발사업이 민간 업체를 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 특히, 우리나라는 세계 많은 국가 중에서도 향후 물 부족국가로 분류되고 있을 뿐만 아니라 고령화사회 및 생활수준 향상으로 건강, 미용 등에 대한 관심 증가와 함께 이에 관련된 상품의 소비성향이 증가하게 될 것으로 예상된다. 따라서 국민의 건강 음·식료품의 개발사업은 성공 잠재력이 충분하며 음료수 및 대체용수로서 DSW 개발에 관심을 가지는 것은 매우 시의 적절하다고 생각된다.

해양수산부는 국책 연구사업으로 2005년까지 약 5백억원을 투자해 하루 5,000톤 규모의 DSW 실용화 시범단지 개발사업을 본격 추진하고 있다. 동해안의 200m 수심은 연중 약 2℃의 수온(Table 1)이 유지되며, 해양생물의 성장에 필수적인 영양염류가 풍부할 뿐만 아니라 유해한 유기물질이나 병원균 같은 오염물질이 거의 없는

것으로 보고되고 있다. 시범단지의 개발 규모는 시범단지 25,000평, 특화단지 75,000 평으로 총 100,000평 의 종합개발계획을 추진하고 있으며, 2002년 하반기에 참여업체를 공개입찰 할 예정이다.

## 2.2 DSW의 다목적 개발현황

DSW는 환경친화적 재생형 자원으로써 물부족, 청정식량생산, 자연에너지원으로 서 뿐만 아니라 청정식품, 신의약품 및 수산분야를 비롯한 다양한 청정 신물질개발 산업 창출을 위한 소재로써 다단계 다목적 이용을 위한 종합개발을 시도하고 있다.

금번 일본현지의 “DSW의 다각적 이용현황에 대한 실태조사 및 경제성 연구”에 서도 확인 된 바 있는 DSW 규격문제가 일본해양산업연구원을 중심으로 준비되고 있었다. 현재 일본에서는 무분별한 DSW 이용 유사 상품들이 판매되고 있어 DSW 의 사용과 규격제정에 관한 문제가 대두되고 있었다. 그러나, 국책연구사업으로 추 진되고 있는 DSW 개발은 외국에 비해 출발은 늦어나마 DSW를 중요한 자원으로 인식하고 DSW의 규격을 실용화와 동시에 마련하고 있다(Table 2).

Table 2. DSW 자원의 특성 및 품질기준 (안)

구분	청정성	저온성	부영양성	고미네랄성	풍부성
대상	일반생균: 10이하	2℃ 이하	인산염: 1이상 질산염: 3이상 규산염: 30이상	마그네슘, 칼륨, 칼슘, 나트륨, 크롬, 구리, 인, 아연, 요오드, 망간, 셀렌, 철, 폴리브덴 등	해수의 95% 약 13.3억 km <sup>3</sup> (1.33*10 <sup>18</sup> 톤)

## III. 외국의 DSW 개발현황

### 3.1 일본

일본의 水産深層水協議會 위원장인 高橋正征(東京大) 교수는 DSW의 상품가치 및 거래 기준으로서 DSW는 “광합성에 의한 유기물 생성이 일어나지 않고 분해가 탁월하며 겨울철 해수 수직 혼합(海水垂直混合)작용이 도달하는 深度의 이하에 있

는 해수”로 정의하고 있다.

DSW에 대한 본격적인 연구는 1970년대 후반이다. 개발 당시에는 DSW의 저온 특성을 이용한 온도차 발전이었다. 일본의 경우 1985년 과학기술청 “Aqua marine plan”에 따라 DSW자원의 유효이용기술에 관한 연구가 시작되었고, 모델해역으로써 高知縣의 室戶해역이 지정되었다. 1987년에는 취수장(일본해양과학기술센타가 개발, Table 3)이 설치되었다. 1989년 4월에 高知縣이 해양심층수연구소를 발족하여 6~7년에 걸친 연구 끝에 DSW를 다목적으로 사용하는 시스템이 등장하게 되었고, 수산분야 연구목적 외에 잉여 DSW를 주민들에게 무료로 공급하기 시작하였다. DSW는 이외로 주민들의 좋은 반응과 더불어 중소기업체에서는 이를 활용한 여러 가지 상품개발에 응용하여 상품화에 성공함으로써 중소기업체 및 지역경제의 활성화 전기가 되었다. 그 중에서도 DSW의 염분을 그대로 이용하여 만든 동결제품, 조미료, 자연염 등 보통의 제품에 비하여 맛이 좋다고 하는 소비자의 반응이 일자 1998년부터 과학기술청의 경비로서 室戶 DSW가 식품과 건강 등에 어떠한 기능을 하는지 규명하는 연구가 시작되었다. 특히, 아토피성 피부염의 경우 경증에서 중증 환자 386명의 환부도포치료를 한 결과, 이 병으로 인한 수면장애 등 증상이 83%가 경감되었다는 결과를 얻었다. 따라서 DSW를 이용한 난치성 피부염 치료, 혈 중 cholesterol 농도 저하, 혈전 용해 등 여러 분야에서 주목을 받고 있는 실정이다.

Table 3. 일본의 DSW 취수량

구분		취수량 (톤/일)	수산분야 (톤/일)	산업분야 (톤/일)	판매가 (수산용)	비 고
高知縣	深層水研	920				
	室戶	4,000	2,000	2,000	5,000	Miura ¥5,000/m <sup>3</sup>
富山縣	滑川	3,000			10 <sup>~</sup>	
	入善町	2,400	1,680	720	10 <sup>~</sup>	2001.12/21준공
	沖繩	13,000				
	靜岡	4,000				
	韓國	5,000	2,500	2,500	2,000	해양연구원

현재 일본의 高知, 富山, 沖繩縣이 DSW 사업으로 지역경제 및 산학연 연구네트워크 활성화에 크게 기여한 결과, DSW 관련사업이 지역경제활성화와 미래를 약속하는 새로운 자원으로써 평가받게 되었다. 따라서, 타 현에서도 재정자립을 위해 DSW 사업을 bench marking 함으로서 전국적으로 확산되고 있는 실정이다. 또한, 산학연 연구네트워크를 중심으로 DSW 신제품의 개발지원과 홍보를 지자체가 대행 함으로서 상품의 신뢰성을 향상시키고 있어 2001년도 DSW 관련제품의 연간 매출액은 1조억엔에 달한 것으로 조사되었다. 개발 상품 중 대 Hit 상품으로는 “심층수 두부”로써 발매 전 매출액 3억엔에서 8억엔으로 급성장한 것으로 조사되었다. DSW를 이용한 상품으로는 음료, 식품, 화장품 온천욕 등 다양하며 이에 대한 과학적인 효과 검정이 해명되어야 할 과제이다.

이번에 방문한 富山縣의 경우, 심층수를 이용한 수산분야가 가장 발전한 곳이나 DSW를 이용한 각종 음식료품도 발매되고 있었으며, (株) 純 Kemia 화장품회사에서는 미래의 화장품 개발에 있어 심층수의 효과에 큰 기대를 걸고 있었다. 현재 일본에서는 선풍적인 DSW 상품의 붐 조성이 기업활성화와 더불어 縣의 재정자립정책과 맞아 떨어져 각종 음료수, 조미료, 식품, 화장품, 기타 세제 등의 개발과 판매가 확대되고 있는 실정이다. 특히, 수산 양식분야에서는 치어폐사방지, 플랑크톤 생산, 양어용수원 공급 등에 이용되고 있었다. DSW 제품의 붐으로 유사제품이 난립함에 따라 DSW 이용산업을 선도하고 있는 高知縣, 富山縣, 沖繩縣을 중심으로 DSW의 표시 및 규격을 제정하기에 이르렀다.

지금까지 高知縣 등 일부 지자체 중심으로 DSW 이용개발 사업이 추진되어 왔으나 사업의 중요성과 유망성이 있다고 판단되어 수산청은 금년 2억7천만엔 예산을 편성하여 사업에 적극 참여하고 있다.

### 3.2 미국

DSW 이용 실제 프로젝트는 1970년대 온도차발전 연구가 최초이다. 온도차 발전은 오일쇼크 이후 대체에너지 개발 대안으로서 시작되어 1974년에는 NELHA (Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority)가 탄생하게 되었다. 이 연구소

에서는 29개의 특허를 출원하였고, 이 중 13건을 사업화에 성공한 바 있다. 대체에너지 분야로서 DSW의 온도차 발전에 대하여 대대적인 연구를 시작함으로써 DSW의 응용연구가 본격적으로 시작되었으나 현재는 발전보다는 상업적인 규모의 수산양식사업과 미세조류배양 사업분야가 크게 발전하였고, 신약 및 생리활성물질 추출에도 성공하여 일부는 이미 제품으로 시판되고 있다. 미국 콜롬비아대학의 로엘교수는 1972년 카리브해의 세인트크로아섬에서 수심 780m로부터 DSW(360톤/일)를 식물플랑크톤 배양과 굴 사육실험을 통해 DSW 부영양성 효과를 실증된 바 있다.

### 3.3 기타

노르웨이의 베르겐대학 해양생물학부와 국립해양연구소 양식부에서 저층해수(수심 35 m)는 수온이 7~8°C, 염분농도 3.4%로 안정되어 병원균이 적고 영양염이 많은 특성을 가지고 있어 수산분야에서 이용성 연구가 진행되고 있다. 중국과 뉴질랜드도 바다목장사업화를 구상 또는 추진중에 있다.

## IV. DSW의 개발 분야와 잠재력

DSW의 개발산업은 기대와 아울러 문제점이 없는 것도 아니다. DSW는 무공해이며 그 양이 무진장 있어 21세기 이후 인류에게 큰 자원으로 부각되는 것은 사실이지만 심층수의 자체 성질과 효과에 대한 해명부분에 더 많은 연구가 요구되고 있는 실정이다. 따라서, DSW의 개발이용은 산·학·연·관이 공동사업으로 추진하는 것이 상품개발 및 판매에서도 전략상 바람직하다고 판단된다. DSW의 개발사업을 성공하기 위해서는 외국의 성공사례를 모델로서 제시할 수 있다. 현재 일본에서는 DSW 원수나 1차 가공수가 식품개발 등 다양한 분야에서 활용되고 있다(Table 4, 5). 미국에서도 DSW를 이용한 수산양식, 에너지이용 뿐 아니라 미세조류의 배양 및 건강식품 등에도 적용되고 있다. 따라서, DSW의 개발 및 활용분야는 무궁무진한 상태이다. 우리나라도 DSW를 산업환경과 전통식문화에 잘 접목하여 특성화하면 일본과 같이 성공할 가능성이 매우 높다. DSW는 미국, 일본 등에서는 이미 사업화가 이루어져 미국 하와이의 경우 관련산업 매출규모가 연간 390억원(1999년)에

Table 4. 각종 mineral water의 성분분석

(단위 : ppm)

구 분	Na	Ca	K	Mg	F
진로석수	2.0-8.0	5.5-32.5	0.5-2.1	1.0-3.6	0.1-0.7
토야마심층수	9.0	8.8	0.6	25.2	-
다이린생수	42.0	0.8	2.7	1.9	-
다이린농염수	12,500	492	514	1,510	-
구 분	DO	Hardness	Cl <sup>-</sup>	pH	맛
진로석수	(8.9)	(20.0)	(20.0)	6.8(6.84)	좋다
토야마심층수	(9.0)	250(236)	(20.0)	(6.8)	뛰다
다이린생수	33.0(12.9)	(60.0)	(20.0)	6.2(6.73)	달다
다이린농염수	19.5(8.9)	(8,100)	(15,400)	7.4(6.44)	짜다

\*괄호는 연구실 분석치

Table 5. DSW의 다목적 개발을 위한 활용가능 분야

구 분	현 황	적용(활용)방안	
수산분야	증식	자원급감, 해양오염 위협	한해성 자원조성, 관리(도루묵, 대구, 털게 등)
	양식	안정적 공급지장, 식량오염	한해성 수산양식, 축양(연어, 노랑가자미, 김 등)
산업분야	에너지	수입의존, 신재생에너지 탐색	냉각, 냉방, 냉장, 제빙,
	물	물 부족, 오염심각, 담수화기술	생수, 기능성 음료수
	소금	오염심각, 공업용(180만톤 수입)	청정소금, 기능성소금
	식품	원재료 오염, 건강안전 위협	김치류, 장류, 주류, 두부, 염장류, 과자류
	약품	난치병 증가 및 신약개발 필요	당뇨병, 투석액, 신약
	의료	신경성, 알레르기성 질병 다발	피부염 치료, 해양치료
	미용	공해심각, 민감성 피부 증대	화장품, 보습제, 입욕제, 생리활성물질추출
	자원	수입의존, 자원무기화 위협	회소금속, 에너지원
농산분야	농업	농약의 과다사용, 농산물오염	냉온성 식물 수경재배, 토양 내 응결급수 등
기타분야	관광	수요증대, 기반취약	DSW 개발 및 이용기반의 관광화
	휴양		생태형 청정타운 조성
	스포츠		해양공간의 스포츠 활용
	교육		전시체험형 해양교육장 조성

이르고, 일본 高知縣의 경우는 74개 기업이 연간매출이 1000억엔 이상, 일본 전체 DSW 관련 매출액은 1조억엔을 상회하는 것으로 조사되었다.

## V. 전망

DSW는 21세기 마지막 자원으로서 그 개발 가능성이 무궁무진하다고 생각된다. 일본에서 DSW 이용연구는 종래 수산분야에서 非水産 상업제품개발에 적극 참여하고 있는 추세이다. 개발모델도 일본과 같이 위험부담이 적고 지자체와 기업이 상호 공존할 수 있는 대안으로서 정부가 DSW를 개발하여 수산연구분야에 일정량을 공급하고 나머지 DSW는 고부가가치 제품개발에 활용하는 방안이 가장 무난하다고 판단된다. 이 방안은 지자체의 수익성 사업으로 강력히 추진될 수 있는 장점이 있으며 각종 개발제한이나 제반 관련법을 쉽게 극복할 수 있는 장점도 있다.

따라서, DSW 관련사업을 성공적으로 추진하기 위해서는 지속적인 시장변화 조사와 산·학·연 연구네트워크와 연계하여 제품개발을 추진하는 것이 효과적일 것으로 예상된다. 또한, 이번 일본 현장 조사를 통해 DSW의 시장 잠재력이 확인된 바 있으므로 지속적인 시장동향과 소비자의 욕구를 보다 면밀히 분석하여 DSW 제품개발사업을 착수할 경우 사업전망은 매우 밝은 것으로 예상되었다.

## VI. 參考文獻

1. 醫學博士 鈴木平光. 2001. 身體がほしがかる“海洋深層水”ミネラルパワー. 勁文社
2. 富山灣深層水を考える會. 2001. 深層水ってなに?
3. 中川 がずひろ. 2001. 驚異の新機能性食品 海洋ミネラル
4. 月刊海洋. 2000年 8月(號外 No. 22). 海洋深層水-取水とその資源利用
5. 21世紀の資源 富山灣深層水. 2001. 富山灣深層水利用研究會.
6. 中島敏光. 2001. 日本の海洋深層水利用の現況. 제2회 동해심층수 개발·이용 심포지움요지집 p1~3
7. 김현주. 2001. 해양심층수의 다목적 개발(II). 제2회 동해심층수 개발·이용 심포지움요지집 p7~10



8. 신규사업계획서(I)-DSW 개발 타당성 및 시장성 조사. 2002.1. 일산실업(주)부산주정공장
9. 신규사업계획서(II)-DSW 사업의 타당성 및 경제성 분석. 2002.2. 일산실업(주)부산주정공장