

무화증기를 이용한 해수 담수화장치

강상규, 이상민, 정희석

한국과학기술정보연구원

序 言

'9988!' 이는 중소기업의 중요성을 함축적으로 나타내는 구호입니다. 국내 총 사업체수 중에 99%가 중소기업이고 총 근로자수의 88%가 중소기업에서 일하고 있다는 사실을 일깨워주고 있습니다. 이렇듯 중소기업은 국가 산업의 根幹을 이루고 있다 할 수 있습니다. 그렇지만 국가 산업경제에 없어서는 안 될 이 중요한 중소기업은 지금 참으로 어렵습니다. 국제적인 금융 위기 여파로 자금조달에 극심한 난관을 겪고 있습니다. 5인 이하의 근로자가 근무하는 중소제조업체 수가 22만개로 전체 중소제조업체수 30만개에 약 74%에 이르고 이들의 평균 이직률은 약 20% 정도로 높은 편입니다. 이렇듯 국내 중소기업은 고질적인 인력난에 시달리고 있습니다. 중소기업을 더욱 어렵게 하는 현실은 제품 개발 및 생산에 필요한 장비의 75%이상 보유한 기업체수가 전체에 약 19% 정도라는 사실입니다. 중소기업은 자금, 인력과 연구장비 등의 부족으로 인해 기업 경쟁력을 지속적으로 유지할 수 없게 되어 10년 내에 약 13%의 중소기업이 사라지는 안타까운 현실이 반복되고 있습니다.

이에 정부는 중소기업의 현실적 어려움을 해결 지원하기 위해 해마다 R&D 투자비를 증액하고 있습니다. 첨예한 시장경제 속에서 우수한 제품 경쟁력만이 유일한 생존의 길이 될 것입니다. 이를 위하여 중소기업청과 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 슈퍼컴퓨터 활용을 통하여 중소기업의 제품을 글로벌 경쟁력을 갖추도록 제품에 대한 첨단 설계를 지원하는 한편, 제품에 대한 신기술 및 글로벌 제품 시장 동향을 면밀히 조사 분석하여 제공하고 있습니다.

본 보고서는 슈퍼컴퓨터 활용을 통해 개발된 제품에 대한 국내외 기술 동향과 세계 시장 판세를 종합적으로 조사된 것으로 알고 있습니다. 슈퍼컴퓨터 활용 지원과 제품 시장동향 분석에 각고의 노력을 경주한 KISTI 연구원의 노고를 치하하며 아무쪼록 본 보고서가 향후 기업의 생존의 열쇠가 될 수 있기를 기대합니다. 감사합니다.

2010년 10월

한국과학기술정보연구원 원장 박영서

<제 목 차 례>

제1장 기술개요 및 특징	4
1. 대상기술개요	4
2. 기술발전방향	5
3. 국내외 기술개발 동향	6
4. 경쟁·대체기술 동향	8
5. 시사점	14
제2장 국내외 시장동향	17
1. 해수담수화 시장 구조	17
2. 업계동향	20
3. 해수담수화 시장 및 전망	26

기술개요 및 특징

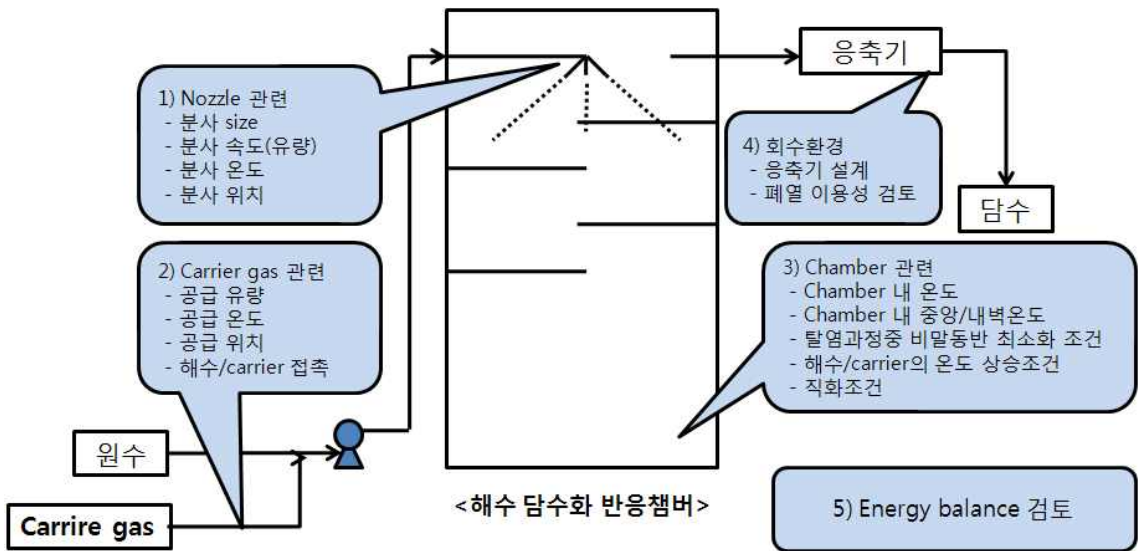
제1장 기술개요 및 특징

1. 대상기술의 개요

본 기술은 저효율과 고비용인 종래의 담수화법의 단점을 극복하기 위하여 증발표면적의 확대에 의한 증발효과 제고의 방법으로 해수를 미세입자로 무화하고, 무화된 해수 입자 층에 운반기체를 통과되도록 공급하여 표면적이 증가된 미립자 해수의 수분만을 운반기체에 흡습하여 탈염케 함으로써 쉽게 증발이 이루어진다. 그리고 증발된 무화증기의 분리운반이 용이하여 효율적이며, 태양에너지를 활용하여 해수와 운반가스의 가열원과 설비가동의 필요한 전력을 공급 받기 때문에 에너지 절약적인 해수 담수화 장치이다.

본 해수담수화 장치는 작동의 용이성과 소규모 시스템으로 운용할 수 있기 때문에 전력공급이 원활히 이뤄지지 않는 도서지방의 식수공급원으로 설치 가능하다는 장점을 가진다.

<그림 1> 무화증기를 이용한 해수담수화 시스템 개략도



자료 : 동양화학 특허

2. 기술발전방향

기존의 해수담수화 기술은 지역과 특성과 여건에 따라 다양한 방법이 연구되고 있다. 증발법의 경우 그 동안 가장 많이 이용되어 온 기술이나, 막대한 에너지 소모량 때문에 석유 등 에너지 자원이 풍부한 중동 등지에서 주로 이용되는 기술이다.

우리나라에서는 두산중공업이 증발방식의 담수화 기술이 있어 경쟁력 있는 기술력을 확보하고 중동지역에서 상당한 성과를 거두고 있다. 그러나 현재 담수화 기술은 증발법 담수화공정의 막대한 에너지 소모량으로 인해 에너지 소모량이 보다 적은 역삼투막법 담수화공정으로 대체되어 가고 있는 실정이며 Ondeo Degremont, Vivedi Water, B&V, GE Ionics, Siemens 등 물 관련 세계 다국적 기업들은 고효율 담수화용 역삼투압 기술개발과 시장 확대에 적극 나서고 있다.

우리나라에서도 두산중공업, 코오롱 등 기업과 국가적 차원의 연구 프로젝트로 역삼투막 관련 담수화 기술을 개발하고 있다. 그러나 역삼투막의 경우 아직까지 에너지 소모량이 많은 고압펌프를 사용해야하고 투과막의 유지관리 등 운전 및 유지 관리 기술의 기술개발이 여전히 필요한 실정이다. 따라서 현재 기존에 사용되고 있는 에너지 소비량이 많고 운영 유지 보수가 어려운 현재 널리 적용되고 있는 기존의 담수기술들의 가진 단점들을 보완하는 저비용 저에너지의 새로운 담수화 기술을 개발하고자 세계 여러 나라에서 새로운 연구들이 진행되고 있다.

이러한 신개념 담수화 기술에는 미국 예일대학의 정삼투압 해수담수화기술, 호주 RMIT의 태양열 담수화 공정, 그리고 미국 LLNL, Sabrex of Texas 등에서 개발중인 CDI(Capacitive Deionization) 기술, MIT의 농도분극을 이용한 기술 등이 신공법으로 소개되고 있다.

그 중 전기흡착식 담수화 기술인 CDI(Capacitive Deionization)기

술은 다른 방법에 비해 에너지; 소모량이 적으며 역삼투막법과는 달리 화학약품에 의한 세정이 필요 없어 2차 오염이 없는 환경 친화적인 새로운 담수화 공정이며, 유지 보수가 간편하다는 장점이 있어 차세대 담수화 기술로 국외에서 연구가 활발하게 진행되고 있다.

3. 국내의 기술개발 동향

담수화 기술의 개발과 진보는 1952년부터 1972년까지 약 20년간 미국 내부무의 OSW(Office of Saline Water)에 의해 수행된 연구개발 노력에 의한 것이다. 실제로 오늘날 상업적으로 적용되고 있는 모든 기술은 이 프로그램에 의해 개발되고 시험된 것이다. OSW에 의해 평가되고 연구된 담수화 공정은 다음과 같다. (1) 여러 가지 열적 증류공정, (2) 여러 가지 박막공정, (3) 태양열에 의한 증발과 증류공정, (4)전기분해 시스템, (5) 염수변환에서 조류의 이용, (6) 고압용매 추출공정, (7) 킬레이트 화합물에 의한 해수로부터 이온의 제거, (8) 수화공정, (9) 냉동공정 등이다. 그 중 OSW에 의한 성공적인 업적은 RO 공정의 개발이다. OSW 프로그램으로 운영되고 있는 대표적인 플랜트는 (1) Texas, Freeport에 건설된 수직형 다중효용 증류 플랜트, (2) South Dakota, Webster에 건설된 전기분해 플랜트, (3) California, Pt. Loma에 건설된 다단 플래시 증류 플랜트, (4) New Mexico, Roswell에 건설된 강제대류 증기 압축 플랜트, (5) North Carolina, Wrightsville에 건설된 여러 가지 파일럿 플랜트 등이다.

산업계에서는 담수화의 기술과 경제성 향상을 위해 여러분야에 걸쳐 연구개발 활동이 계속되고 있다. 이들 분야는 증류, 박막, 하이브리드, 에너지 통합, 전력과 물, 새로운 대체에너지, 에너지의 회수, 공정의 구조, 재료 및 화학 약품 등이다. 예를 들면 이중 강철의 사용함으로써 스테인레스 강의 두께감소를 통해 비용을 효과적

으로 감소시킬 수 있었다. 유리섬유 보강 파이프는 MSF 플랜트에서 열 방출 부분, 저온 단에서의 열회수 워터박스, 공기 제거기의 보충 분무 파이프에 사용할 수가 있다. NF(Nano Filtration)공정을 가진 최고의 MSF기술은 향후 관심을 가질만 하다.

이 공정의 채택으로 최고 염수 온도를 높일수 있으며, 생산과 효율을 증가 시킬수 있다. 이 기술은 기존 플랜트에 적용할 수 있으며, 플랜트, 성능도 최적화 할 수 있다. MSF에서의 향후 기술개발은 증발기의 열역학적 재료선정을 향상시키는 일이다. RO 공정에 대한 전처리 분야의 연구가 더 필요하다. 생물 부착(Bio-fouling)에 대한 저항이 있는 박막의 개발도 필요하다.

박막 기술의 지속적인 향상에도 불구하고 원하는 성능수준을 성취하는데 필요한 박막의 교체 비용이 아직도 높다. 산업계에서는 7년의 고수명을 요구하고 있다. 열적 담수화는 에너지 집약적 공정으로 열적담수화의 연구는 공정기술에서 성능 향상의 개발과 설계의 단순화에 집중되고 있다.

여기에 고려해야할 과제는 다음과 같다. (1)대체에너지원의 개발, (2) 스케일링과 파울링의 완화, (3) 건설의 대체재료(공정 설계의 최적화), (4) 부품설계의 향상, (6) 소모품의 최적 제어 시스템 등이다.

박막 담수화는 최근 공정이 향상되어 비용 경쟁이 가능해졌다. 연구는 플랜트 성능에 집중되고 있다. 다음은 공정 향상을 위한 연구과제들이다. (1) 새로운 박막, (2) 박막 모듈 설계, (3) 박막 공정 설계, (4) RO 공정에서의 에너지 회수, (5) 전처리법과 파울링 완화, (6) 스케일링과 파울링의 기초, (7) 공정과 보조기기의 설계 등이다.

담수화에 의한 물의 생산비는 자본비와 운전 및 보수 유지비에 대해 계산되며, $\$/m^3$ 으로 표시되고, 모든 비용의 총 합계를 물의 총량으로 나누어 얻는다. 분석의 파라미터는 생산용량, 플랜트 수명, 직접 및 간접 자본비 등이 포함된다. 운전 및 유지비는 노임, 재료비, 부품비, 소모품비, 전기료, 화학약품비, 바닷물 값 등으로 구성된다. 최근의 연구결과는 매우 고무적이다. 예를 들면, Tampa

의 94,600 m³/day 용량의 RO 플랜트에서의 해수담수화에 의한 물 생산비는 \$ 0.55/m³으로 추정되고 있다.

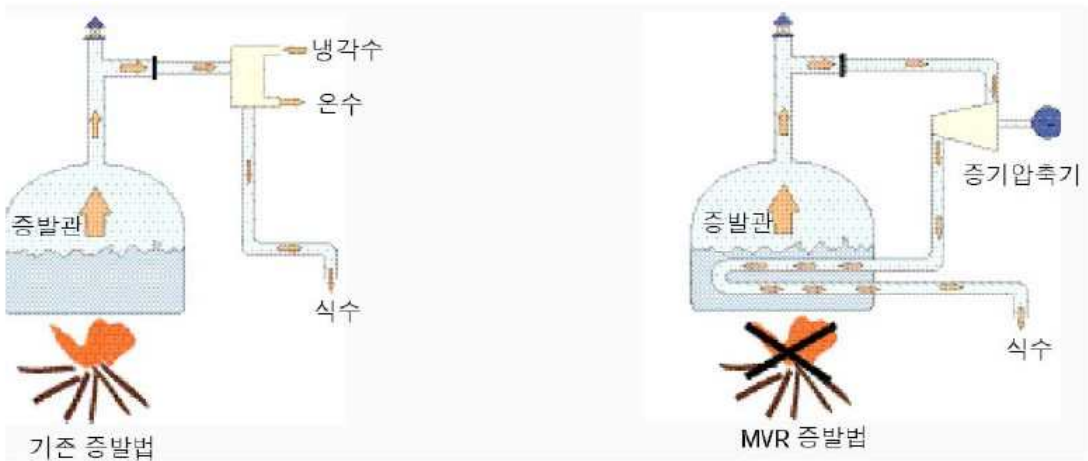
4. 경쟁 · 대체기술 동향

현재는 상업적으로 가장 성공한 해수의 담수화 기술은 증발법과 막분리법이 가장 많이 응용되고 있으며, 실제로 아직까지 가장 많이 이용되고 있다. 그러나 아직까지 해수의 담수화 공정에서 그 정도의 상업적 단계에는 이르지 못했지만 상업적으로 매우 유용한 기술이 등장하고 있다. MVR (Mechanical Vapor Recompression) 방식과 전기흡착법, 농도분극방법이다.

가. MVR(Mechanical Vapor Recompression) 방식

이 방식의 해수담수화 장치는 기존 증발법의 원리 및 장점은 그대로 유지하면서 최대 단점인 에너지비용을 최소화한 방식으로 과거 산업용 히트펌프 기술을 응용한 새로운 해수담수화 기술이다. 해수담수화란 바닷물에 포함된 염분과 불순물을 제거하여 담수를 생산하는 것으로 가장 오래되고 단순한 방법인 물의 자연순환의 원리 즉 태양에너지에 의해 바닷물이 증발/응축되어 강우에 의해 담수가 생성되는 원리를 이용하는 물리적인 증발방식이다. MVR 해수담수화는 이러한 바닷물이 물리적 증발에 필요한 에너지를 줄이기 위해 그림 2에 나타낸 바와 같이 가열과 냉각을 따로 반복하는 기존 증발법과는 달리 증발관에서 발생된 저온의 증기를 기계적 에너지로 압축하여 자체 가열원으로 재이용하는 방식이다.

<그림 2> 기존 증압 방식과 MVR 방식의 비교 개념도



MVR 해수담수화 장치는 그림 2과 같이 증발관과 증기압축기 그리고 초기시동용 보일러 등 주요 기기와 제어시스템으로 구성되어 있으며 압축기의 성능 및 담수회수율(담수량/취수량)에 따라 하나의 증발관으로 구성되는 단일효용이나 두 개 이상의 증발관으로 구성되는 다중효용의 MVR 방식이 있다.

이는 기존의 증발농축방식의 장점은 그대로 이용하면서 보일러에 의한 값비싼 생증기를 사용하는 대신 자체 공정에서 발생하는 증기를 재압축 승온하여 열원으로 사용함으로써 소비되는 에너지를 줄일 수 있다.

그림 3는 기존 증발법과 MVR 방식의 에너지 Q가 필요한 반면 오른편의 MVR 방식은 저온증기의 압축.승온에 필요한W의 에너지만 필요하므로 Q-W만큼의 에너지가 절약된다.

좀더 자세히 말하면 에너지 재이용 사이클에 필요한 보충열량은 가열측과의 온도차에 해당되는 에너지만을 필요로 하기 때문에 대기압 증발에는 온도차가 10℃인 경우 가역단열 압축 가정에서 기존

단일효용 증발관에서는 약 550kcal/kg의 에너지가 필요하지만 MVR 방식은 1/40 정도인 14kcal/kg의 보충열량만으로 운전이 가능하다.

그러나 실제의 경우 증기압축의 단열압축 효율 및 계적 손실을 고려하면 표 1에서와 같이 단일효용 증발법 대비 약 25~35배의 에너지절감 효과를 나타낸다. 또한 에너지원으로 전력을 사용하기 때문에 대형보일러의 추가 설치가 불필요하며 대기오염이 거의 없다.

<그림 3> (a)MVR 증발 농축 시스템의 개념도 (b) T-S 선도

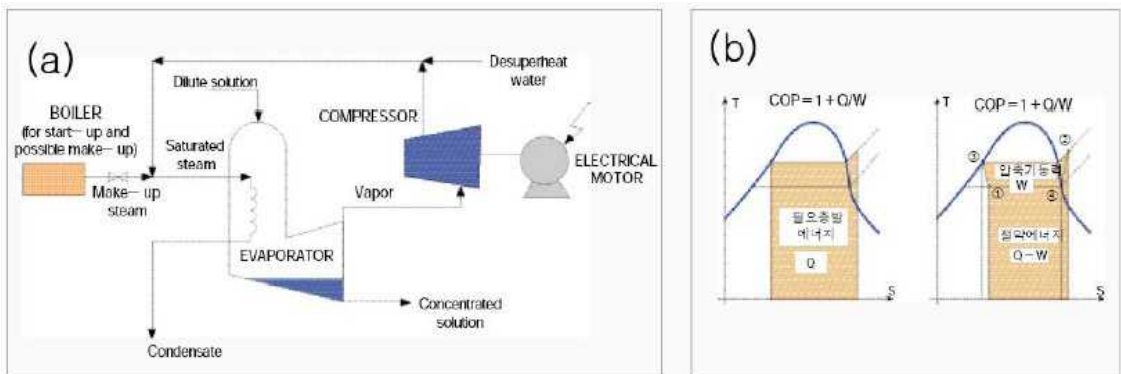


표 1 증발방식에 따른 에너지 경제성 (증발량/steam약)비교

단일 효용 증발법	2중효용 증발법	3중효용 증발법	단일 MVR 증발법
0.8~0.82	1.6~1.7	2.4~2.5	25~35

MVR 증발법은 장치가 간단하고 교체부분이 없어 유지관리가 용이하고 모뎀이나 인터넷을 통한 원격자동제어 및 감시에 의한 무인운전이 용이하며 고립 및 도서지역의 해수담수화에 적합하다.

또한 운전부하범위가 넓어 풍력과 같은 자연에너지 이용이 용이하고 담수화수율이 높고 유지관리비가 낮다(10~20kwh³/담수). 그리고 각종 산업공정 및 수처리 분야 등 응용범위가 광범위하나 초기 시설투자비가 높은(기존의 약 1.5~5배)단점이 있다.

나. 전기흡착법¹⁾

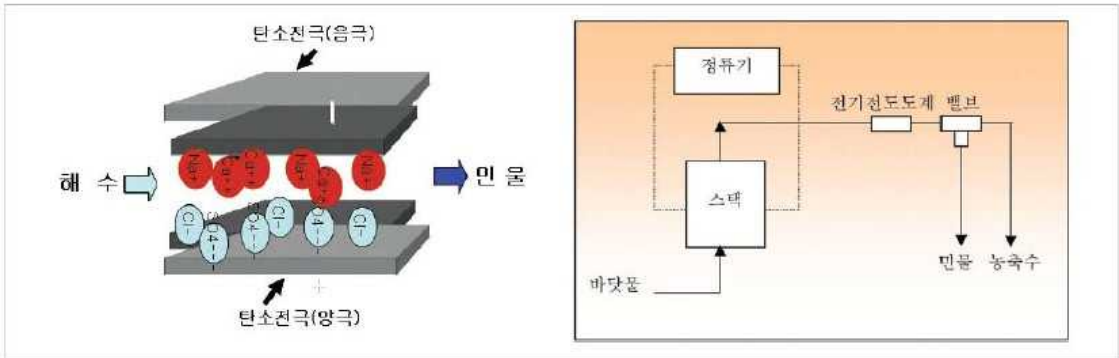
활성탄소전극에 약 1.4 볼트의 직류전원만을 인가하여 그림 4과 같이 해수나 짠물 중의 염분을 탄소표면으로 이동시켜 흡착 제거함으로써 해수나 짠물로부터 민물을 생산하는 새로운 방식의 담수화 기술이며 전기투석법과 근본적으로 다른 점은 전기투석법에서의 전극의 역할이 이온교환막을 이용하여 이온을 분리만 하는 데 이용되는 반면에 전기흡착면에서는 이온을 적극 자체에서 흡착하여 제거한다는 것이다.

다른 담수화 기술과 비교하여 담수를 만드는 데 필요한 에너지가 기존 방법에 비하여 상당히 낮으며 화학약품을 사용하지 않아 환경친화적이며 또한 기존 방법에 비해 구성설비가 단순하고 운전이 편리하다는 장점이 있다. 이 기술의 연구개발 현황을 살펴보면 미국의 경우 Sabrex of Texas는 활성탄소섬유를 이용하여 전기 화학적 이온부리전극 및 시스템을 개발하고 염수용으로 사용할 수 있음을 발표하였으나 성능이 미약한 것으로 알려지고 있으며 미국 LLNL(Lawrence Livermore National Laboratory)은 고하전율의 카본 에어로젤 전극 소재를 개발하여 탈염 가능성을 발표하였으나 전극 내 압력강하 저항문제 등이 문제점을 안고 있는 실정이다.

그리고 일본, 중국, 네덜란드 등의 일부 대학에서 전기흡착식 탈염전극 개발 및 시스템 개발을 위한 연구를 최근에 많이 수행하고 있다. 국내의 경우 과학기술연구원, 연세대학교 등에서 기초적인 연구를 수행한 실적이 있으며 한전 전력연구원에서 21세기 프런티어 연구개발연구인 수자원의 지속적 확보, 기술개발 연구단의 연구비 지원으로 전기흡착식 담수화 기술의 연구개발을 2002년부터 시작하여 현재까지 수행하고 있으며 현재까지 짠물담수화용 시스템 개발 및 담수화용 탈염전극 개발에 성공하였다.

1)참고 : 물과 미래, special issue, 2008

<그림 4> 전기흡착법의 개념도



다. 농도 분극 (Concentration Polarization) 담수화 방법

막은 무수한 나노 크기의 구멍이 있는 것으로 막 주변의 전기적/기계적 유동 현상의 관찰 및 성능 향상은 대용량 해수를 담수화 시킬 수 있는 핵심이 되고 있다. 뿐만 아니라 바닷물에 대량으로 포함되어 있는 박테리아, 바이러스, 중금속 등 인체 유해한 물질을 검출하는 데에도 나노 유체역학 기반의 센스가 이용되고 있다.

나노 채널 내부에서의 전달 현상 가운데 가장 중요한 현상은 전기이중층 겹침 현상이다. 전기이중층 겹침은 여러 가지 인자로부터 나노 채널의 사이즈를 매우 줄이는 직접적인 방법과 전해질의 농도를 매우 낮게 하는 간접적인 방식으로 유도할 수 있다.

주로 주어진 크기의 나노 채널에서는 전해질의 농도를 낮추는 방식이 널리 사용되고 있다. 전기이중층이 10% 이상 겹쳐지기 시작하면 채널 내부의 전기삼투요동 (EOF) 속도가 현저히 줄어드는 것으로 보고되어 있다. 또한 전기이중층이 겹치는 시점에서부터 나노 채널 내부는 전기적 중성이 유지되지 못하고 벽면 전위에 의한 전기적 장애물이 생성되는 것과 같은 상황이 일어난다. 이에 따라 벽면 전위와 상반되는 극의 이온만이 선택적으로 통과하게 되며 나노 채널 또는 막 양단에 농도 분극(concentration polarization) 현상이 유도되게 된다.

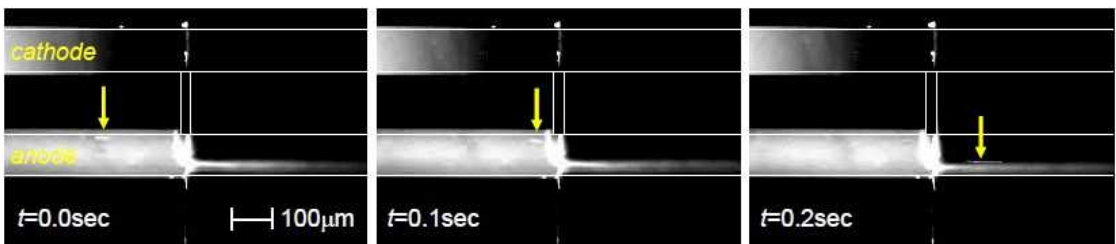
예를 들어 음전하로 대전된 나노 채널 양단에 직류 전기장을 인가하면 양이온만이 나노 채널 또는 막을 통과하면서 양극의 양이온 농도는 매우 낮아지게 되고 음극의 양이온 농도는 매우 높아지게 된다.

이로 인하여 양극에서는 ion depletion 영역이 음극에서는 ion enrichment 영역이 발달하게 된다. 이 ion depletion 영역에는 미세 입자, 이온, 박테리아, 바이러스 등과 같이 전하를 갖는 물질들이 침범할 수 없는 영역으로 이를 해수담수화에 응용할 수 있다.

그림 5는 2개의 마이크로 채널이 나노 채널로 연결된 시스템에서 상단 마이크로 채널에 음극을 하단에 양극을 인가한 경우 하단 마이크로 채널 ion depletion 영역이 생기게 된다.

이때 하단에 흐름을 형성시키는 입자의 경로를 추적하면 그림 4에서 볼 수 있듯이 ion depletion 영역을 통과할 때 경로를 바꾸게 된다. 형광 염료 또한 ion depletion 영역 이후에는 한곳으로 모이게 됨을 관찰할 수 있다.

<그림 5>. 마이크로채널 내부에서 입자가 ion depletion영역을 통과한 후 경로를 바꿈.



하지만 미세유체역학(Microfluidic)장치는 낮은 처리 용량(low throughput)으로 인하여 대용량 처리가 필요한 해수담수화에는 부적합할 수도 있고 개념만 잡혀있는 단계이기 때문에 근시일 내에 사용화가 될 수 없다. 아직은 이러한 단점들을 가지고 있지만 MIT, UIUC에서는 RO 공정에 비해 낮은 전력 소모와 시스템 자체의 부

피가 작고 휴대가 가능하여 그 응용 가능성 때문에 활발히 연구하고 있다.

5. 시사점

해외의 담수화 플랜트 건설 시장에 대한 경쟁력을 확보하기 위하여서도 국내 담수화 기술 개발은 중요한 과제이다. 증발법은 석유와 같은 에너지 자원이 풍부한 중동지역에서 주로 이용되고 있으나 에너지 자원이 부족한 나라에서는 역삼투막법이나 전기투석막법에 의한 해수의 담수화 기술을 개발하여 사용하고 있으며 증발법에 의한 담수화기술은 에너지 자원이 많은 날들에 수출하고 있는 실정이다. 우리나라 실정에 맞고 대량 생산할 수 있는 담수화기술을 개발하고 아울러 해외에 수출함으로써 경쟁력을 가질 수 있도록 노력을 기울일 때라고 판단된다.

국내적으로는 도서지역 주민의 물부족 해소를 위해 설치되고 있는 해수담수화 시설을 효율적으로 설치 운영하기 위하여 다음과 같은 방안을 제시하고자 한다.

기존시설의 경우 기술력과 전문인력을 확보하고 있는 상수도 전문기관에 위탁하여 통합관리하고 국고 지원을 확대하여 지방상수도 요금과 동일한 수준으로 물 공급 서비스를 제공할 수 있도록 하며 신규로 설치하는 시설의 경우에도 해수담수화 시설 도입의 타당성 및 설계 등을 전문기관에서 기술적으로 지원하도록 관련제도를 개선하는 것이 바람직하다.

제도적 장치와 더불어 기술적으로도 풍력, 태양열, 원자력 등 다양한 에너지원의 적용기술과 원격운영 기술 등을 개발하여 생산단가를 낮추고 효율적인 운영이 이루어 질 수 있도록 연구개발에 대한 지속적인 투자를 아끼지 말아야 한다.

해수담수화는 지속적인 생산단가 감소가 이루어지고 있으나, 아직 타 수자원과 비교할 때 가격 면에서 우위에 있지는 못하다. 따라서 우리나라의 경우 우선 대체할 담수자원이 없는 도서지역을 대상으로 소규모 해수담수화 시설을 설치하는 동시에 기술의 축적,

국민적 인식 제고 등에 노력을 기울여 맑은 물 공급에 대한 요구 및 요즘 국내에서 심화되고 있는 수리권 문제 등 장래 물 분쟁 해결의 대안으로서 미리 대비하여야 할 것이다.

국내외 시장동향

제2장 국내외 시장동향

1. 해수담수화 시장 구조

가. 시장 특성

해수담수화(탈염) 제품 및 서비스의 세계적인 수요는 연간 9.1%로 증가하여 2013년에는 130억 달러에 도달할 것으로 예측된다. 음료수의 공급이 부족한 지역은 가정, 산업 이용자 및 관광 목적지나 농업관련 상용 고객 등에게 물을 공급하기 위해 열 담수화 혹은 막 담수화 기술을 더욱 이용할 것으로 보인다. 기술발전에 의해 확대된 담수화의 방법은 역침투(RO)와 같은 막을 기반으로 한 기술의 형태를 취할 것이다. 그러나 이와 같은 개량은 열 담수화 부문에서 다중효용증류(MEO)의 점유율 확대를 초래할 것으로 보인다.

해수담수화 산업은 제한된 지역에서 탈피하고 있으나, 중동·북아프리카 지역은 세계 해수담수화의 생산량, 담수화 제품 및 서비스 수요의 절반 이상을 차지하며 해수담수화 시장을 계속 독점할 것이다.

본 지역에는 알제리, 이스라엘 등 최근 대규모 담수화 용량을 추가한 국가들의 아직 미성숙 상태인 큰 수익원이 예상되며, 또한 담수화가 다양한 수처리의 하나로 간주되는 몇몇 지역에서도 큰 수익을 창출할 것으로 예상된다.

아시아태평양 지역은 2013년까지 급속히 성장하는 지역이 될 것으로 예상되며, 오스트레일리아는 해안변에 대량의 해수 RO 담수화 설비의 추가 작업이 한창이며, 중국정부는 경제 근대화를 위해 수 십년간 경시하며 활용해온 수자원에 대처하기 위해 해수담수화를 최우선 사항으로 책정하였다.

<표 2> 세계의 해수담수화 시장 및 수요

(단위 :

백만달러)

WORLD WATER DESALINATION DEMAND					
(million dollars)					
Item	% Annual Growth				
	2003	2008	2013	2003-2008	2008-1013
World Water Desallnation Demand	3,946	8,425	13,000	16.4	9.1
Africa/Mideast	2,660	5,895	9,025	17.3	8.9
United Arab Emirates	750	1,595	2,310	16.3	7.7
Saudi Arabia	740	1,590	2,360	16.5	8.2
Other	1,170	2,710	4,355	18.3	10.0
United States	440	750	1,090	11.3	7.8
Asia/Pacific	279	735	1,345	21.4	12.8
Other Regions	567	1,045	1,540	03.0	8.1

2009 by The Rreedonia Group. Inc.

나. 해수담수화 산업의 미래 전략

정부는 “물 산업 육성 5개년 세부추진계획” 발표를 통해 상·하수도서비스, 하·폐수 처리, 해수담수화 등 물 관련 산업을 미래전략 산업으로 집중 육성할 것으로 보인다.

떠오르는 황금산업(BLUE GOLD)으로 비유되고 있는 물 산업은 현재 세계적으로 830조원 규모의 시장을 형성하고 있으며 2015년에는 1,600조원의 거대 시장으로 성장할 전망이다.

그러나 국내에는 GE, VEOLIA, SUEZ 등 세계적인 다국적 기업과 경쟁할 만한 물 기업이 없으며 상·하수도 서비스의 국제 표준화 및 개방화에 따른 물 산업의 구조변화에 대한 정부의 정책도 미흡한 상태이다.

따라서 정부는 물 산업 육성 기반 마련을 위하여 물 산업의 비효율을 개선하고 추진분야별로 집중 육성하여 새로운 미래 성장동력으로 추진하여야 한다.

첫째, 전문 사업자 육성 및 내수시장 확대 방안이다. 외국의 물 산업과 국내 타 산업의 사례를 볼 때 대형 물 전문 기업이 육성되어야 하며 지자체와 전문 물 기업간 협력 활성화를 위한 제도 개선이 필요하다.

둘째, 해외시장 진출 방안이다. 물 전문 기업의 높은 신뢰도를 바탕으로 건설, 엔지니어링, 기자재, 설비 관련기업과 공동으로 진출하는 방안이 필요하다.

셋째, 연관산업 육성, 기술력 확보 등 경쟁력 제고 방안이다. 관련 기자재 및 계측기 사업의 육성과 우수인력 양성을 위한 교육·훈련 시스템 강화를 통하여 핵심기술개발 및 상용화를 추진해야 한다.

세계 물 산업 동향은 소수 다국적 물 기업으로 집중화되어 가고 있는 지금 국내 기업은 정부의 정책만 타하고 있을 때가 아니라 물 수요가 급증하고 있는 개도국 시장에 직접 진출함으로써 새로운 BLUE OCEAN 시장에서 기업의 가치를 이루어야 할 것이다.

다. 용도별 전망

생활용수용으로는 유인도서를 대상으로 지속적으로 증가가 예상된다. 이는 댐 건설이 점차적으로 어려워지면서 해안지역을 대상으로 광역상수도 단위의 대용량 건설이 예상되기 때문이며, 폐열 등을 활용하는 증발법과 수질을 고려한 역삼투법 등의 조합한 Hybrid 형태의 담수화시설 도입이 예상된다. 또한, 기능성 음료 등의 개발을 위하여 해양심층수를 활용한 담수화시설 도입이 예상된다.

공업용수용으로는 국내에서는 석유화학단지에 기수를 공업용수로

이용하기 위하여 담수화 시설이 이용되고 있으며, 국내를 기반으로 중동 등 해외에서의 수주를 위하여 역삼투법에 대한 관심이 고조 예상된다. 기상 이변과 환경오염으로 인하여 물 부족과 물값 상승으로 점차 그 규모가 확대될 것으로 예상되고 있다.

2. 업계동향

가. 국내

(1) 효성에바라

효성에바라와 한국남동발전(주)은 2009년 9월 22일 인천 영흥도에 있는 영흥화력발전소에서 신재생 담수플랜트 착공식을 개최했다.

이 플랜트는 '태양열 다중 복합 시스템'으로 역삼투식 해수담수 플랜트와 태양열을 이용한 증발식 해수담수 플랜트를 최적으로 조합한 하이브리드 방식으로 개발된다.

효성에바라는 2010년 6월까지 단위용량으로 하루 2000톤을 생산할 수 있는 플랜트를 설계, 시공한 후 5년간 운영·관리하다 한국남동발전(주)에 관련 설비를 이관할 예정이다.

효성에바라는 태양열 다중 복합 담수시스템이 세계 최초로 태양열을 담수화에 활용, 수자원 확보는 물론 환경 친화적인 담수 생산의 단초를 마련한다는 점에 큰 의의를 두고 있다.

이번 프로젝트를 통해 고효율 담수화플랜트 기술개발을 성공적으로 완료해 수출할 수 있다면 이를 바탕으로 12조원 규모인 역삼투 방식의 세계 해수담수화 시장을 선점할 수 있다.

<그림 6> 인천 영흥도에 시공 예정인 신재생 담수플랜트의 조감도



담수플랜트는 바닷물을 담수로 전환해 식수, 산업 및 농업용수로 활용할 수 있도록 하는 시설. 세계 담수플랜트 시장은 연평균 16.6%의 성장세를 보이고 있으며, 2017년에는 62조원 규모에 이를 것으로 예상된다.

효성에바라와 한국남동발전은 담수플랜트의 해외 사업 발굴과 시장 개척을 함께 추진키로 하는 양해각서(MOU)를 체결하고 앞으로 해외 시장 개척 시 효성에바라는 플랜트 설계 및 시공을, 한국남동발전은 플랜트 운영을 맡게 된다.

(2) 응진케미칼

응진케미칼은 멤브레인에서 역삼투막(RO막)과 정밀여과막(MF막) 사업을 영위하고 있다.

이 중 역삼투막은 약 6개의 업체가 전세계 시장을 선점하고 있는 상황이며, 동사는 2009년 기준 전세계 10%의 시장점유율을 차지하고 있다.

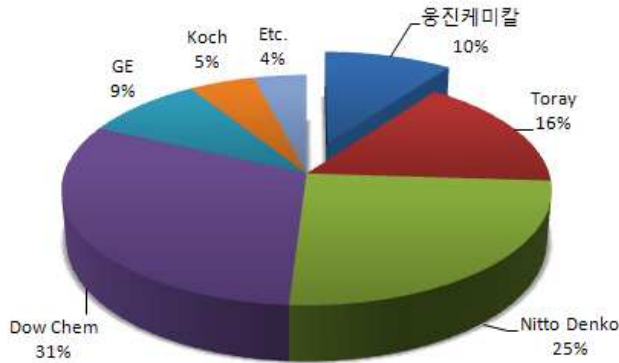
동사의 RO필터부문은 가정용과 산업용으로 크게 나눌 수 있는데 가정용은 전량 응진코웨이로 공급하고 있으며, 산업용은 폐수처리 분야 등을 위주로 하여 중국, 인도를 중심으로 하여 2009년 RO필터부문에서만 매출액 795억원, 영업이익 155억원의 실적을 보였다.

2010년 동사는 전세계 멤브레인 시장에서 큰 비중을 차지하고 있는 미국, 중동지역을 중심으로 해외 비중을 늘려, 매출액을 전년대비 17% 증가한 932억원으로 확대하는 것을 목표로 하고 있다.

또한, 현재 국토해양부 지원으로 두산중공업 등과 해수담수화 사업을 진행 중에 있으며, 이외에도 멤브레인 관련 여러 정부지원 과제를 완료했고 현재 진행하고 있다.

전세계 해수담수화 시장의 45%정도가 역삼투막이 차지하고 있고, 연 15% 수준으로 성장하고 있는 점을 감안할 때, 향후 RO막 부문에서 경쟁력을 확보하고 있는 동사의 멤브레인 부문 성장이 예상된다.

<그림 7> 웅진케미칼의 RO시장 점유율



나. 중국

중국²⁾은 수자원 부족 문제를 해결하기 위하여 연해지역의 해수담수화와 종합이용을 위한 생산시설 규모를 지속적 확대하고 있으며, 해수 담수화는 새로운 해양산업으로 부각되고 있다. 2006년 말 중국의 일일 해수담수화 능력은 15만 톤에 달하여 2005년 실적의 2배를 넘어섰다. 대당 1일생산량 1만 톤급의 해수담수화 공정이 천진 빈해구(天津 濱海區)에 건설 완공 되었는데 이 공정에서 사용된 열에너지압축저온다효(熱功壓縮低溫多效)설비는 국내기업이 최초로 제작한 것으로서 대당 담수생산량이 현재 중국에서 제일 높다고 한다. 2010년까지 천진은 중국 해수담수화 관련기술의 개발 중심지이자 해수담수 설비의 제작 기지로 자리 잡게 될 것이며 해수 담수화 총 규모가 일 생산량 50만 톤, 년 해수 직접 이용량은 40억 톤에

2)www.ckjorc.org(신려화(중국해양대학교 교수); 편집: 한중센터) 2008.3.21

이를 것으로 보인다. 현재 중국은 절강성의 해수담수화 능력이 중국 총량의 1/3을 차지하고 전국 해수담수화 시장의 60% 이상을 점유하고 있으며 연 생산액은 20억 위안이다.

<그림 8> 중국 청도시 황도에 있는 해수담수화 공장



<그림9> 2007년 2월 한국 온배수 학회 회원들의 황도 담수화공장 방문



물 부족 국가인 중국은 연해지역에 담수 수원을 많이 사용하는

사업의 건설은 엄격하게 제한하는 한편, 화력발전, 석유화학, 화공, 철강 등 산업은 해수 사용을 장려하고 있다. 해수를 이용할 수 있는 기업에 대해서는 해수 사용을 장려하고, 담수화 해수를 도시 용수 공급망에 연결하여 수자원 공급구조를 개선시키고, 여건이 되는 지역에 대해서는 담수를 등급별로 구분하여 공급함으로써 해수담수화의 효익을 제고시키고 있다.

또한 연해지역에 수권(水權)교역시장을 설립함으로써 해수이용을 통한 수도물 절약과 유상 양도를 통하여 용수기관의 해수이용을 가속화하고 있다. 해수 이용정책의 완성도를 높이기 위하여 합리적인 물 값 조정을 통해 해수담수의 생산과 사용을 촉진하는 한편, 해수 이용을 위한 재정과 세금정책(국가 발전 개혁위원회는 해수이용을 “에너지 절약, 절수 대상 목록”에 포함시켰음)을 연구 제정하는 한편, 재정부와 국가 세무총국은 관련부서와 세금 혜택을 위한 방안을 공동 협의하고 있다.

아울러 국가발전개혁위원회는 도시 생활용수를 목적으로 건설하는 해수 담수화공장 및 관련 관도건설에 대해서는 기존 수돗물생산을 위한 기초설비사업과 똑 같이 지원하는 방안을 검토하고 있다. 또한 해수담수화 사업 및 전력·수력 연합 사업, 해수 직접이용 사업에 대해서는 우선적으로 투자하도록 유도하는 한편, 지방 정부에 대해서는 일정한 수량과 물 값을 보장하는 조건으로 각종 자금을 동원하여 해수이용 사업에 투자하도록 격려하고 있다.

해수이용 시 과도한 투자비용과 원가는 해수담수화 발전에 저해요인으로 작용하고 있는데, 현재 중국 해수담수화 원가는 4-7원/m², 간수담수화 원가는 2-4원/m²로 조정되었다. 예를 들면 천진 대항(大港)발전소의 해수담수화 원가는 5원/m²이고, 하북성 창주시(河北省滄州市)의 간수 담수화 원가는 2.5원/m²이다.

결론적으로 중국은 해수담수화를 위해 반삼투법(절강성이 중국에서 최초로 반삼투 해수담수화 연구와 응용을 수행하였음), 증류법

등 해수 담수화 관련기술에 대한 상업화 건설 및 운영 경험을 구비하고 독자적인 지적 재산을 가지고 있다. 해수 이용은 공업용 냉각, 탈 유황, 먼지 제거, 산업생산을 위한 난방 및 냉각, 가정용 하수도 용수, 조경용 호수 용수, 공업 용수, 생활 식수 등 여러 방면에서 일정한 효과를 거두고 있다.

2010년까지 처리될 담수화 해수의 공급량은 연해지역 공급량의 16~24%를 차지할 것으로 예측되고, 2020년까지 이 비율은 37%로 상승할 것으로 보인다. 향후 해수이용은 중국 해양경제발전 추진과정에서 더욱 큰 비중을 차지할 것으로 기대된다.

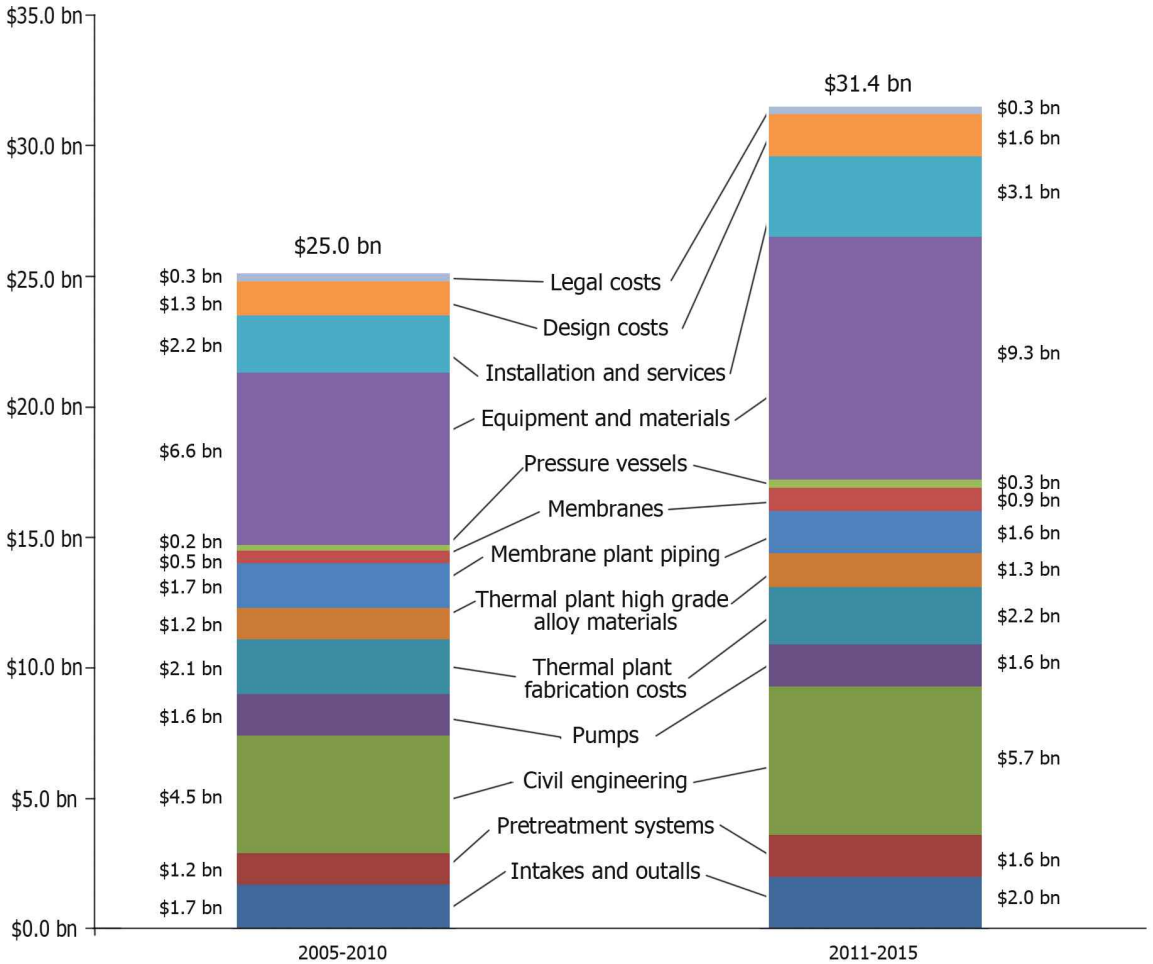
3. 담수화 시장 및 전망

가. 담수화 시장 특성

담수화 시장 특성은 담수화 설비 예산이 공공자금보다는 일반 기업 자금을 통하여 투자되고 있는 실정이다. 이는 다른 물 산업보다 개인사업자에 의해 개발되고 있음을 보여주는 지표라고 보여 진다.

또한 담수화 시장의 특성은 다른 물 산업 산업분야 보다 높은 기술력을 필요로 하기 때문에 경쟁력을 갖춘 소수의 선진업체를 중심으로 Global화된 시장을 형성하고 있다.

<그림 10> 담수화 분야별 시장 규모



나. 담수화 시장 성장 요인

담수화 시장 성장의 주요 요인은 크게 두 가지로 볼 수 있다.

첫째, 세계적으로 증가되는 물 부족 현상과 지구 온난화에 따른

기후 변화에 기인한다.

계속 증가되는 물 부족 현상은 지리적으로 물 공급이 불가능한 지역인 섬 지역이나 중동지역, 남부 스페인 지역, 미국 남서부 지역 등과 같이 불리한 지리적 조건, 인구 증가에 따른 물 부족이 심화되는 지역에서 발생되고 있다.

또 다른 원인으로는 지구 온난화에 따른 가뭄과 홍수 발생 및 산업화 발달에 따른 수자원 오염에 의한 물 부족이 더욱 가중되고 있다.

둘째, 물 생산 단가의 인하이다.

담수화 산업은 물 생산 단가가 과거 40년간 \$10/톤에서 현재는 \$0.47/톤까지 떨어짐으로써 재래식 수자원 공급 방법보다 차츰 경쟁력을 갖추게 되었다. 이 같은 생산 단가 인하 추세는 앞으로 계속 진행될 것으로 보이며 에너지 소비 전력도 4.5kWh/톤 정도 이하로 계속 발전될 것으로 보인다.

특히 RO(Reverse Osmosis) 방식에 의한 담수화 설비가 증가되면서 보다 더 경쟁력을 갖게 될 것으로 보인다.

향후 담수화 시장은 다음과 같은 추세로 형성될 것으로 보인다.

첫째, 증발식보다 RO방식설비의 증가 추세이다

RO방식은 현재 전체 담수화 시장의 60%를 점유하고 있으나 향후 2015년에는 65%까지 증가될 것으로 예상된다.

둘째, 중동지역보다 그 외 지역에서 담수 시장이 성장될 것으로 예상된다.

중동지역 담수화 시장은 2015년에는 현재 총 설비의 46%에서 42%로 떨어질 것으로 예상되며 그 외 지역으로 중국, 미국 및 인도 지역에서 새로운 시장으로 확대될 것으로 예상된다.

셋째, RO설비의 대형화 추세이다.

RO방식 담수화 설비도 핵심 요소기술의 발달과 시장의 요구에 따라 증발식과 같이 대형화가 이루어 질 것으로 전망된다.

다. 담수화 시장 전망

세계 담수화 설비는 2005년 말 약 40백만 톤/일(약 1억 명~1.5억 명 사용량)이 운영되고 있으며 앞으로 10년간 지속적으로 성장하여 2015년에는 약 1억 톤/일 규모로 설비가 확대될 것으로 전망된다.

이 수치는 매년 연평균 성장률이 9%로 성장하여 2015년에는 현재보다 140% 규모로 성장하게 되는 설비 용량이다.

아래 표와 같은 담수화 설비 용량을 갖추기 위한 담수화시장 규모는 2006년에서 2010년까지 250억\$, 2011년에서 2015년까지 약 315억\$의 규모로 형성되어 전체 시장 규모는 2015년까지 약 565억\$으로 형성될 것으로 예상된다.

<표 3> 세계 담수화 용량 전망

(단위:백만 톤/일)

구분	중 동	미 국	유 럽	아프리카	아시아	기타	세계종합
~2005년	18.1	6.6	3.8	2.7	3.1	5.6	39.9
2006~2010년	11.3	1.3	1.7	3.1	3.6	3.4	24.4
2011~2015년	12.8	2.7	1.6	4.2	7.8	4.1	33.2
2015년 누계	42.2	10.6	7.1	10.0	14.5	13.1	97

자료:GWI(desalination 2007)

해수담수화시장은 매년 16%씩의 급성장세를 기록하고 있으며 2012년에는 세계시장 규모가 55조원에 이를 것으로 전망된다.

앞으로 세계 담수화 시장은 중동지역을 비롯하여 중국, 미국 및 인도 시장 중심으로 2015년까지 큰 성장을 보일 것으로 기대되며 이 같은 담수화 성장 추세는 2015년에서 2020년까지는 더 크게 확대되어 연 15%대의 성장률을 이룰 것으로 전문가들은 예측하고 있다.

전 세계적으로 인구 증가와 산업의 발달 및 오염 확산으로 지표수 및 지하수에 의한 용수 공급은 심각한 위기를 맞을 것으로 전망된다.

2025년이 되면 거의 모든 국가가 물 부족 현상을 겪게 되며 그 중 절반의 국가들은 물 자원의 고갈을 맞을 것으로 예상된다.

우리나라도 물 부족이 예상되며, 따라서 수자원 공급에 대한 국가적 대책 마련이 필요한 상황이다.

지구상에 존재하는 물의 양은 13억8500만 km^3 로 추정되며 이 수자원 중 해수가 97%를 차지한다. 나머지 3%인 민물은 빙산, 빙하, 지표수, 지하수, 대기 등에 분포하고 있다.

현재 인류가 사용할 수 있는 민물은 65,000 km^3 . 이는 매우 부족한 양으로 지구상 수자원의 대부분을 차지하는 해수의 담수화를 통한 수자원 확보는 미래 물 산업에서 중요한 의미를 지니고 있다.

해수담수화는 기존 증발식에서 1990년대 후반 이후 역삼투압 방식의 공정이 뚜렷한 상승세를 기록하고 있다.

세계 해수담수화플랜트의 총 규모는 1965년부터 지속적으로 성장해 현재 약 4천만 t /일 규모다.

이 중 역삼투압 방식이 45%를 차지하고 있으며 2015년에는 전체의 61%를 차지할 것으로 예상된다.

해수담수화시장은 연평균 16.6%의 성장률을 기록하고 있는데, 2000년 이후부터는 대규모 플랜트 위주로 건설이 이뤄지고 있어 고부가가치 산업으로 꼽히고 있다.

우리나라는 특히 첨단기술로 꼽히는 역삼투압 방식 기술개발 부분에서 앞서가고 있기 때문에 지속적 기술개발과 투자가 이뤄질 경우 미래 세계 해수담수화시장을 주도할 것으로 기대된다.