

# 증발법에 의한 해수담수화

감압증발법을 이용하여 해수를 담수화 하는 방법에 대해서 소개한다.

정 형 호 / 편집이사

한국해양대학교 기계정보공학부(junghh@hhu.ac.kr)

## 서론

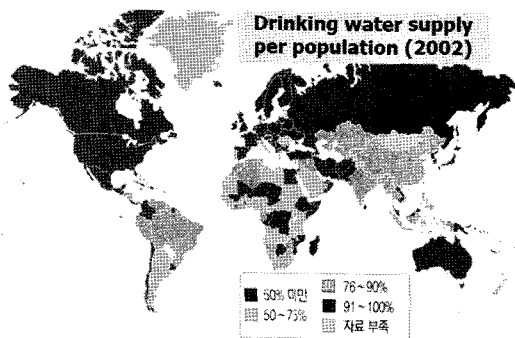
지구상에 존재하는 모든 생명체는 물에 근간을 두며 물에 의해 그 생명을 유지하고 있다. 사람의 경우 70% 이상 대부분이 물로 구성되어 있으며 체내의 수분 농도가 2%만 부족해도 심한 갈증의 고통을 느끼게 된다. 뿐만 아니라 5%가 부족하면 혼수상태, 12%가 부족하면 사망에 이르게 된다. 생물학적으로 사람이 음식을 섭취하지 않는 극한의 경우 약 5일 정도 생존하지만 물만 섭취하더라도 약 15일을 생존하게 된다. 실제로 1967년 충남 청양 구룡광산이 매몰돼 갯도에 갇혔던 양창선(당시 36세)씨는 하루에 물 1컵 정도를 마시며 15일 8시간(368시간)의 사투를 벌인 끝에 구조되기도 했다. 사람에게 물은 생명과

도 같으며 물이 그만큼 중요하다는 것을 반증하는 것과 같다.

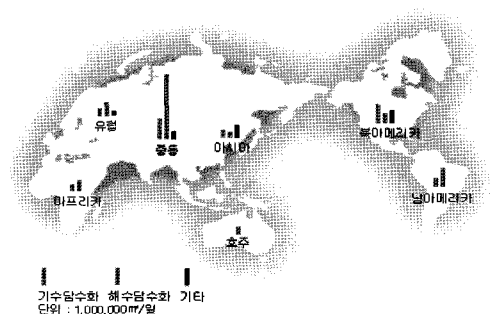
지구에 존재하는 물의 약 97.5%가 해수로 되어있으며 담수는 불과 2.5%에 그치지 않는다. 이 중에서 지하수를 제외한 인간이 사용할 수 있는 담수호의 물 또는 하천수는 약 9만 km<sup>3</sup>에 불과하며, 이는 전 세계 물 총량의 2.5% 밖에 되지 않는 담수 전체량 중에서도 겨우 0.26%에 불과하다. 하지만 물의 수요는 1950~1990년 사이에 3배나 증가하였고 앞으로 35년 이내에 현재보다 2배나 증가할 것으로 예상되고 있다.

## 해수담수화 방법

이미 물이 절대적으로 부족한 중동이나 아프리카



[그림 1] 세계의 물공급 현황(2002)



[그림 2] 세계의 담수시설 현황



지역 이외에도 전 세계적으로 물 부족에 대한 대안을 모색하고 있다. 여러 가지 대안 중에서 가장 현실적이고 기술적인 접근이 바로 해수 담수화 방법이다. 해수 담수화는 지구상에서 가장 많은 자원인 해수를 이용함으로써 접근이 쉽고 무엇보다 자원에 대한 추가적인 비용이 들지 않는 장점을 가지고 있다.

담수화의 의미는 미네랄 성분을 제거하는 탈 염화 와 이온을 제거하는 탈 이온화를 종합한 것으로서 탈염 담수화로 일컫기도 한다. 담수화 공정으로는 크게 증류법과 막 여과법으로 나눌 수 있고 넓은 의미의 담수화장치는 19세기 후반에 선박용 조수기의 형태로 시작하였고 1950년대부터 중동지역에서 본격적인 담수화장치가 설치되었다. 해수담수화 방법

에는 특수한 막을 이용하는 역삼투법 및 전기투석법, 해수를 증기로 변화시켜서 담수화하는 증발법(다단플래쉬법, 다중효용법, 증기압축법), 그 외에 냉동법, 태양열 이용법 등이 있다. 그러나 해수담수화에는 주로 증발법과 역삼투법이 사용되고, 기수담수화에는 역삼투법과 전기투석법이 주로 사용되고 있다.

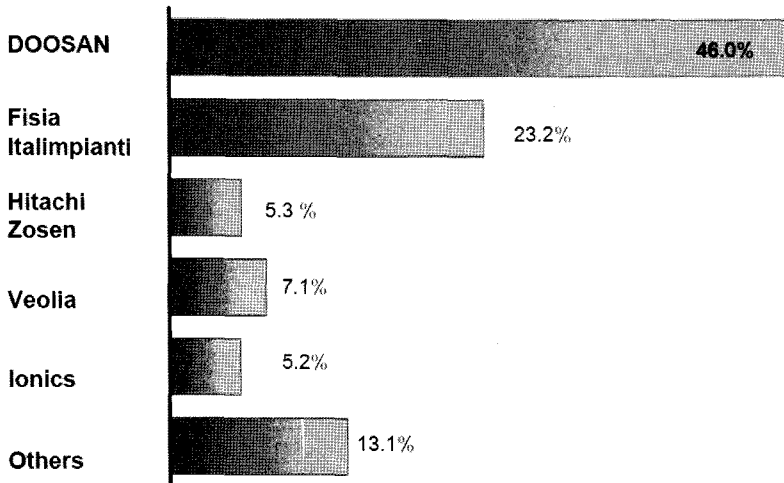
최근에는 담수 장치를 보다 규모화 하여 단시간에 많은 담수를 만들기 위한 플랜트 산업이 각광받고 있다. 국내에서는 두산중공업이 세계 담수시장의 40% 이상을 확보하고 있으며 이미 그 시장가치가 거대한 산업분야로 성장하고 있다. 플랜트로 이용되는 담수화 방식은 주로 감압증발법이 이용되는데 짧은

<표 1> 세계 담수화 용량 전망 (단위:백만 톤/일)

구분	중동	미국	유럽	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	97.5

자료:GWI(desalination 2007)

Desalination plant order record\*, 2003~2005



\* Total = 846 MiGD

[그림 3] 세계 담수시장 점유율

시간에 가장 많은 담수를 만들어 낼 수 있는 다단플래시법과 에너지효율이 가장 좋은 다중효용법이 대표적인 방법이다. 본고에서는 가장 오래된 방식이며 기술적인 방식인 증발법에 대해 그 내용과 방식을 소개하고자 한다.

### 증발을 이용한 담수방법

증발법은 기원전 4세기부터 알려져 온 해수담수화 기술 중 가장 역사가 오래된 기술로서 현재까지 가장 널리 사용되고 있다. 현재 전 세계 담수화 생산용량중 약 50% 이상이 증발법이 차지하고 있으며 앞으로 그 규모는 더욱 커질 것으로 예상된다. 증발식으로 만들어진 담수의 염도는 이론적으로 "0"이므로 보일러용 초순수의 제조 등에도 응용되고 있으며 대표적으로 다단플래시법과 다중효용법을 들 수 있다.

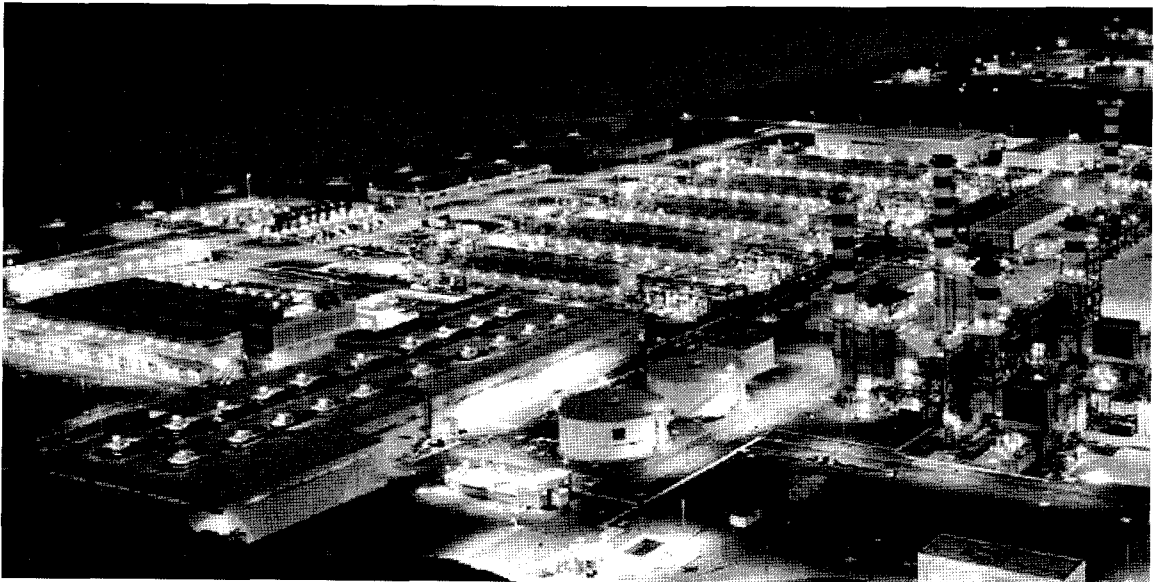
#### • 다단플래시법(MSF : Multiple-Stage Flash Distillation)

고온의 액체를 감압된 용기에 도입하면 액체는 비등 증발하여 기내의 포화온도에 까지 액체온도는 내려간다. 이 순간적인 증발을 플래시증발이라 하며

이 원리를 응용한 것이 플래쉬식 담수화장치이다.

다단플래시법은 담수시장에서 40년 이상 사용되어 온 가장 알려진 방식이다. 현재 대용량 담수화장치에 가장 널리 사용되는 담수화기술로 전 세계 담수화 용량의 약 2/3 가량을 담당하고 있으며, 세계 최대의 담수시장인 중동에서도 80% 이상이 다단플래시법을 사용하고 있다. 상대적으로 고압의 열교환기 내에서 가열된 해수가 오리피스를 통해 저압의 격실로 분출되면서 증발이 일어나게 된다. 이때 전체의 열에너지는 동일한 상태로 각 격실에서 외부로부터의 열 공급이 없으므로 원수의 잉여 에너지에 해당하는 부분만의 잠열로 변환되기 때문에 각 격실에서의 증발량은 수% 이내이다. 다단플래시법의 일반적인 계통은 그림 5처럼 점차 진공도가 높은 격실이 직렬로 이어진 형태를 가진다. 여러 단의 플래시를 거쳐 해수를 증발시키고 응축시키기 때문에 에너지 공급원만 충분하다면 짧은 시간 내에 가장 많은 담수량을 낼 수 있는 방법으로 알려져 있다.

최근에는 다단플래시법과 역삼투압법을 혼합한 하이브리드 방법(Hybrid Desalination System)으로 담수와 전기를 동시에 생산하는 방식이 개발되었다. 하이브리드 방법을 사용할 경우 담수와 전기를 각각



[그림 4] 두산중공업의 아랍에미리트 후자이라에 세운 최대 담수플랜트



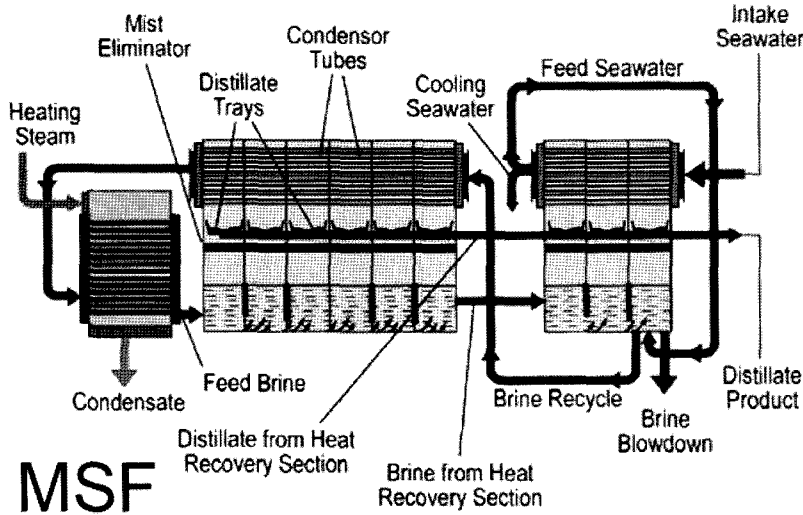
생산하는 방식에 비해 에너지 효율이 결과적으로 월등히 높게 나타나게 된다.

• **다중효용법(MED: Multi-Effect Distillation)**

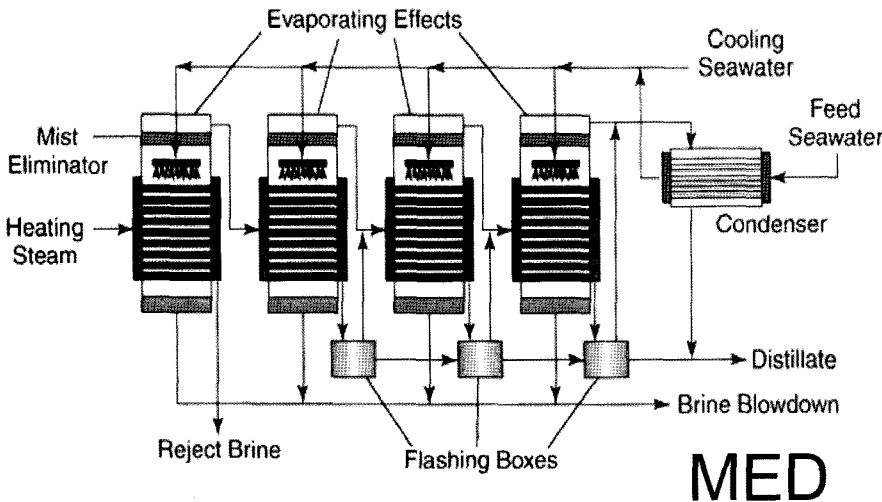
다중효용법은 다단플래쉬법에 비해 보다 기술적인 방식이다. 증발식 담수 장치에서 열 교환이 가장 크게 이루어지는 부분은 상변화를 할 때 출입하는 잠

열이다. 이 잠열을 재사용함으로써 여러 번 증발과 응축을 반복하는 원리로 이루어져 있다(그림 6).

다중효용법은 단순 증류기를 시리즈로 배열한 형태로 첫 번째의 증발기에 보일러에서 발생된 증기로 열을 가하여 해수를 증발시키면, 발생된 증기는 다음 효용의 증발기에서 응축되어 담수가 되고 동시에 가열 원으로 작용하여 증발기 내부의 해수를 증발시



[그림 5] 다단플래시법 담수장치의 작동도



[그림 6] 다중효용법 담수장치의 작동도

킨다. 또한 이때 발생된 증기는 다시 다음 효용의 증발기에서 가열 원으로 작용한다. 이때 각 효용 증발기 내의 압력을 차례로 낮게 유지하여 효용이 진행됨에 따라 더 낮은 온도에서 비등이 일어나도록 해주어야 한다. 또 각 효용에서 생산된 담수의 온도가 상온보다 높기 때문에 유입되는 해수와 상호 열 교환을 시켜 생산 담수의 현열을 회수하는 방법도 널리 채택되고 있다.

다중효용법은 사용되는 에너지에 비해 많은 담수를 만들어내기 때문에 에너지 절약에 탁월한 성능을 발휘한다. 최근에는 소형뿐만 아니라 대형에서도 에너지 절약적인 측면이 강조되기 때문에 앞으로 다중효용법에 관한 연구가 더욱 커질 것으로 예상된다.

## 마무리

세계의 담수시장은 황금알을 낳는 거위라고 표현

할 정도로 그 부가가치가 큰 산업으로 성장하였다. 하지만 앞으로는 선택이 아닌 필수로 해수담수화를 많은 나라가 필요로 할 것이다. 유엔보고서에 따르면 2025년에는 78억 인구의 38%, 2050년에는 94억 인구의 42%가 물 부족으로 고통을 겪을 것으로 전망된다. 하루가 다르게 지구의 생태계는 변화하고 있으며 인간에게 있어 가장 중요하며 필수적인 물을 확보하기 위한 노력은 더욱 커지게 될 것이다. 그에 따라 담수화 기술은 앞으로 수요가 더욱 늘어날 것으로 예상되고 있다. 현재 증발법은 담수 장치에 있어서 대형화와 더불어 기술적으로 발전하고 있다. 많은 해수담수화 방법이 존재하지만 그중 증발법은 가장 기본적이면서도 기술적인 방법을 요구하고 있으며 앞으로 이에 맞춰 보다 신뢰성 있는 연구와 개발이 이루어 져야 할 것이다. 