

# 해수담수화의 개발현황과 장래전망

김충환 (한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원)

## 1. 서론

물은 생명의 근본이며 인간의 모든 경제, 사회, 문화활동에 없어서는 안 될 중요한 자원 중의 하나이다. 그러나 이와 같은 물이 인구의 증가 및 급속한 산업화로 인해 부족해지면서 전세계적으로 물 부족 사태는 매년 심각해지고 있으며, 현재 전세계 인구중 40%가 식수난을 겪고 있는 실정이다. 우리 나라도 마찬가지로 물 부족국가로 분류되어 있으며, 해마다 국부적인 갈수 문제와 더불어 지표수 및 지하수의 오염 등으로 인하여 더욱 심화될 것으로 예상된다. 보고에 의하면 21세기 초에는 10%이상의 물 부족 사태가 발생한다고 한다. 따라서 새로운 물 공급원을 개발하는 것이 시급한 당면과제로 댐건설, 지하수 개발, 하수 재이용, 해수담수화 및 인공강우 등이 거론되고 있다.

특히 해수담수화는 지구상에 무한정 존재하는 해수를 갈수의 영향 없이 담수화하여 물 부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 그 필요성이 대두되고 있다.

세계적으로 해수담수화는 1960년대부터 인구의 증가, 생활수준의 향상, 기상이변 등으로 인하여 물부족지역이 확대됨으로서 해수담수화에 대한 수요가 증대되어 설치의 예도 급증하고 있는 실정이다. 아울러 우리나라에서 해수담수화는 가뭄과 더불어 지형여건상 수자원 확보의 어려움 때문에 만성적인 용수 부족 현상을 나타내고 있는 일부 도서지역에 항구적인 용수공급 방안의 하나로 해수의 담수화 시설의 도입이 증가하고 있는 실정으로서 2001년까지 26개 도서지

역에 설치할 예정으로 있다.

따라서 본고에서는 장래 물 부족이 예상되는 지역이나 담수자원의 절대량이 부족한 지역에서 기존의 담수수자원을 대체할 수 있는 수자원으로서 뿐만 아니라 유일한 담수자원의 확보방안이 될 수 있는 해수의 담수화에 관하여 국내외의 개발현황 등을 소개하여 해수담수화에 관한 보다 많은 관심을 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 먼저 해수담수화에 대한 기본개념을 주지시키기 위하여 해수담수화의 방법과 담수비용 등을 소개하고, 또한 다소 독자의 전문성과는 동떨어진 감이 있지만 해수담수화시설의 기본시스템을 소개하여 담수화방법에 대한 궁금증을 다소나마 해소시키고 아울러 국내외의 개발현황 및 장래전망 등을 기술하고자 한다.

## 2. 해수담수화의 기본개념

### 2.1 해수담수화란

해수 중에 용해되어 있는 염분을 제거하여 담수를 얻는 일련의 공정을 말하며, 생산된 물은 각종용수로 사용된다. 이러한 해수담수화의 방법에는 물을 끓여 수증기를 응축시켜서 담수를 얻는 징발법, 막을 이용하여 해수중의 이온을 분리시켜 담수를 얻는 역삼투법이 있다. 또한 이와 같은 방법 외에도 이온교환막에 전류를 통과시켜 담수를 얻는 전기투석법 등이 상용화되어 있다.

특히 역삼투법은 물은 통과하지만 염분은 통과하지 않는 반투막을 해수 측에 삼투압이상의 압력을 가하여 해수로부터 담수를 얻는 방법이다.

세계적으로 보면 1980년대에는 전체 담수화플랜트의 3/4이 증발법이 차지하였으나 1990년대에는 막 제조 기술의 발전 및 높은 기술의 완성도 등으로 인하여 역삼투법이 30%정도 차지하고 있으며 점차 도입 비율도 증가추세에 있다.

해수담수화시설의 담수생산수 수질은 증발법이 역삼투법보다 상대적으로 이온성분이 적은 경향이 있고, 특히 역삼투막의 경우는 해중에 포함되어 있는 이온 성분이 99%이상 제거되어 먹는물의 수질기준을 충분히 만족할 수 있는 물이 생산된다. 그러나 맛을 유지하는 경도성분(칼슘, 마그네슘)이 다소 과다 제거되기 때문에 먹는물로 사용할 때에는 미네랄을 주입하거나 담수와 혼합하기도 한다.

## 2.2 담수생산 비용

해수담수화의 생산비용을 산출하는 것은 결론부터 말하자면 상당히 어려운 문제로서, 담수화방법이 같을지라도 생산규모, 설치장소, 운전조건 및 해수의 상황 등에 따라 크게 변화하기 때문에 일률적으로 결정할 수는 없다. 다시 말하자면 이상의 제조조건이 결정된다면 생산수비용의 산출이 가능하기 때문이다. 아울러 해수담수화는 시설의 설치장소, 환경, 규모 등의 조건에 적합한 담수화 방법을 선정하는 것으로서 원유가 가격이 낮은 지역에서는 연료를 많이 소비하는 방식이 상대적으로 유리하고, 또한 소규모 장치에서 자동운전이 불가능한 경우는 운전자를 상주시켜야만 하는 등 이러한 조건에 따라 생산수의 비용이 크게 변화한다. 국내외에 설치된 해수담수화시설의 생산수 비용은 수돗물의 수배에서 수십배의 범위로서 경우에 따라 다르다고 말할 수 있다. 따라서 어떠한 담수화 방식일 지라도 담수생산비용은 적어도 수돗물 값의 2배이상으로 간주하는 것이 무난하다는 생각이 든다.

아울러 해수담수화의 경제성은 중동지역같이 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 대체수자원이 아닌 생존권차원의 수자원으로 간주하기 때문에 기존의 지표담수자원의 개발과 비교하여 경제성을 평가하기에는 무리가 있다는 것을 밝혀 두고자 한다. 아울러 우리나라에서 해수담수화는 장래 물 부족에 대비하

여 대체 수자원으로 간주는 할 수 있으나 개발의 정도는 기존의 담수자원개발보다 우선하거나 대등할 수는 없을 것이며 물 부족에 대비해서는 우선 지표담수자원의 양적확보 및 물사용의 합리화 등이 이루어져야 할 것이다. 그러나 현시점에서 우리 나라의 해수담수화는 남해의 섬지역과 같은 담수자원의 개발에 한계가 있는 곳에서는 국민의 생존권 차원에서 식수를 확보하기 위한 방안으로서 도입하기 때문에 경제성과 결부시키는 것은 다소 무리가 있다는 생각이 들지만 개발 그 자체에 대해서는 상당한 의미를 부여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 해수담수화시설의 기본 시스템

### 3.1 담수화 방법 및 특징 비교

염수의 담수화방법으로는 증발법과 막여과법으로 대별되며, 증발법에는 다단플래쉬법(Multiple Stage Flash, MSF), 다단효용증발법(Multiple Effect, ME) 및 증발압축법(Vapor Compression, VC)이 있다. 또한 막여과법에는 압력을 이용하는 역삼투법(Reverse Osmosis, RO)과 전기를 이용하는 전기투석법(Electrodialysis, ED)이 있으며, 그 외에 냉열법(Freezing Process), 이온교환수지법(Ion Exchange) 등이 있다. 해수담수화 방식의 적용성 및 특성을 포괄적으로 파악하기 위하여 대표적인 담수화 방식에 관해서 실제에 적용되어 있는 원수의 농도와 운전온도범위를 표 3.1에 나타내었다.

증발법은 해수 등의 고농도의 염수에, 전기투석법은 비교적 저농도의 염수에 적용하며, 역삼투법은 저농도에서 고농도까지의 넓은 범위의 염수에 주로 적용하고 있다. 운전온도범위는 에너지 소요량과도 관계되는 것으로 증발법은 35℃에서 100℃까지의 비교적 높은 온도에서 역삼투법 및 전기투석법은 상온에서 운전한다.

아울러 담수화방법을 상변화의 유무에 따라 분류하면 액상에서 기상으로 상변화를 이용하는 증발법, 상변화가 없는 막법으로 크게 분류할 수 있고, 또한 필요한 에너지의 사용형태에 따라 분류하면 열을 이용

표 3.1 해수담수화 방식별 원수의 농도 및 온도의 적용범위

담수화방식	적용원수농도(TDS mg/l)	운전온도(℃)
증발법	30,000~500,000	35~120
역삼투법	500~50,000	0~40
전기투석법	500~3,000	0~65

비고) 역삼투법, 전기투석법의 최저온도는 동결되지 않는 온도

하는 방법, 압력을 이용하는 방법, 전기에너지를 이용하는 방법으로 대별할 수 있다.

해수담수화의 방식으로는 에너지의 소비량이 적은 역삼투법이 일반적으로 유리하지만, 발전소 또는 쓰레기 소각장과 병설하여 발전용터빈을 구동하는데 사용한 증기로 담수를 생산하는 발전·담수생산의 2중 목적의 경우나 혹은 쓰레기소각·발전·담수의 3중 목적의 경우에는 증발법이 유리하다. 역삼투법은 해수를 원수로 할 경우 1단 역삼투공정으로 먹는물을 얻을 수 있고, 2단 역삼투공정에 의해 순수에 가까운 수질을 얻을 수 있다. 또한 증발법에서는 역삼투법보다 순도가 높은 증류수를 얻을 수 있고, 전기투석법에서는 운전조건에 의해 염수에서 먹는물까지 비교적 쉽게

생산수질을 변화시킬 수 있다.

각종 해수담수화 시설이 환경에 미치는 영향은 특히 역삼투법이나 전기투석법에서는 농축수가 배출되거나 비교적 환경에 미치는 영향은 적은 것으로 조사되었고, 증류법에서는 다량의 온 배수가 배출되므로 주변 환경에 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

이러한 해수담수화 방법별 실용성은 표 3.2에 나타난 것과 같이 기술의 완성도, 대규모 시설의 실적, 에너지 소요량, 유지관리 등을 종합적으로 평가하면 역삼투법이 실용성에서 가장 우수한 것으로 나타났다.

### 3.2 역삼투법에 의한 해수담수화

#### 3.2.1 역삼투법

해수와 담수를 접하게 하면 담수가 염수측에 이동하여 희석하려고 한다. 이러한 화학적포텐셜에 의한 자연현상을 삼투작용(Osmosis)이라고 한다. 이동의 구동력(Driving force)은 용질의 농도차에 의한 화학적포텐셜(Chemical potential)이고, 물의 이동으로 용질의 농도가 높은 염수측에 작용하는 압력을 삼투압(Osmotic pressure)이라고 한다. 이러한 희석은

표 3.2 해수의 담수화 방법에 따른 실용성 비교

항목	역삼투법	증발법	전기투석법
기술의 완성도	최신의 이상적인 담수화 방법으로서 기술의 완성도가 높다. ○	초기 개발된 담수화 방법으로서 기술의 완성도가 높다. ○	기수담수화에는 실적이 있지만, 해수담수화에는 실적이 적다. △
대규모 시설의 실적	최근 대규모시설에 실적이 증가하고 있다. 1유닛 5천~6천m <sup>3</sup> /일 ○	중동지역 대규모시설의 주방식으로 실적이 많다. 1유닛 2만~3만m <sup>3</sup> /일 ○	해수 담수화용의 대규모시설은 없다 x
경제성 (에너지 소요량)	해수담수화 기술중에서 에너지 소비량이 가장 적다. ○	비교적 에너지 소비량이 많으며 에너지 비용이 높은 곳에는 적당하지 않다. 발전소 등 에너지 생산 플랜트와 2중목적의 플랜트에 적합하다. x	해수담수화와 같이 원수의 농도가 높으면 에너지 소비량이 많아서 비경제적이다. x
유지관리	상온에서 운전할 하므로 저압부에는 플라스틱재료를 사용한다. 따라서 재료부식문제가 비교적 적다. 운전기기는 펌프가 중심이므로 운전유지 관리가 비교적 용이하다. 막모듈의 교환이 비교적 많다. ○	높은 온도에서 운전하므로 재료의 부식이 많다. 보일러, 펌프, 진공장치등 유지관리를 필요로 하는 장치가 많다. △	상온, 상압에서 운전할 하므로 플라스틱재료의 사용이 가능하며, 이로 인하여 부식문제는 비교적 적다. 정류기, 펌프의 운전이 중심이므로 유지관리가 쉽다. 막의 세정 교환주기가 약간 빠르다. △
종합평가	○	△	x

(○△x: 상대적인 순위 ○)△)x)

삼투압과 액면차의 압력이 일정할 때까지 계속되며, 삼투압은 용해되어 있는 염분농도에 거의 비례하여 용질 1,000mg/1당 0.6~0.8Kg/cm<sup>2</sup>정도로서 표준해수(TDS(Total Dissolved Solids = 35,000mg/l)의 경우는 약 25Kg/cm<sup>2</sup>이 발생한다. 반대로 삼투압보다 높은 외부 압력을 가하면 물은 용질의 농도가 낮은 담수 쪽으로 이동하게 되는데 이 현상을 역삼투(Reverse osmosis)라고 한다.

염분농도 35,000mg/l의 해수는 삼투압이 약 25Kg/cm<sup>2</sup>이고, 담수율이 50%인 조건에서는 삼투압이 24.5×1.5=37Kg/cm<sup>2</sup>이 되기 때문에 역삼투법에서는 이보다 높은 압력을 해수에 가해야 물이 투과하게 된다. 실제 해수담수화용 역삼투 공정에서는 압력이 약 42Kg/cm<sup>2</sup> 이상이 되어야 투과수가 분리되기 시작하며 약 56Kg/cm<sup>2</sup>에서 정상운전이 가능하다.

역삼투막을 수처리에 사용할 경우 제거대상물질은 부유물질, 대장균, 세균, 바이러스, 일반유기물, 취기물질, 영양성분, 무기성이온 등이며, 담수화에서는 수만 ppm의 고농도에서 수천 ppm의 저농도까지 넓은 범위의 염분제거에 사용되고 있다.

### 3.2.2 기본 공정

역삼투법에 의한 먹는물 생산용 담수화시스템의 설비는 기본적으로 막의 성능을 일정하게 유지하기 위한 전처리설비, 원수를 역삼투막모듈에 공급하기 위한 고압펌프, 용존염을 제거하기 위한 역삼투막모듈 등의 세부분으로 구성되지만, 실제 시설에서는 원수를 공급하기 위한 취수설비, 막으로 처리된 생산수를 먹는물로 급수하기 위한 설비, 세정설비 및 세정배수 처리설비 등이 필요하다. 먹는물 생산용 역삼투법 해수담수화 시설의 기본적인 공정도는 그림 3.1과 같다.

현재 먹는물 생산용 소규모 역삼투법 해수담수화 시설에 많이 채용되고 있는 기본 단위공정은 전처리설비로는 응집제주입에 의한 압력식급속여과조와 카트리지지식 전처리필터가 있고 역삼투설비로는 고압펌

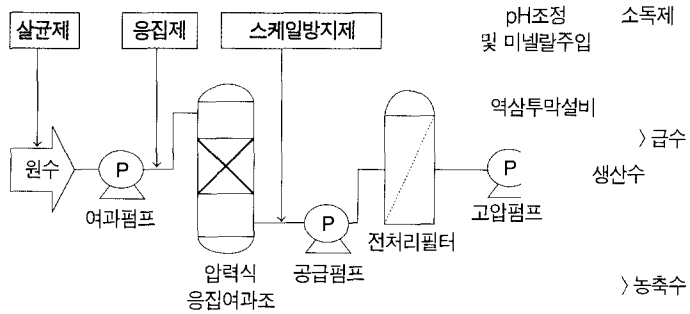


그림 3.1 먹는물 생산용 역삼투법 해수담수화 시설의 기본공정도

프와 와권형(Spiral형)막을 사용한 1단 역삼투막모듈이 있으며, 후처리설비로는 pH조정설비, 미네랄주입조 및 소독설비 등이 있다.

시설의 장애제거 및 성능을 일정하게 하기 위하여 주입되는 화학약품은 살균제로서 염소(NaClO), 응집제로서 염화제2철(FeCl<sub>3</sub>), 폴리아미드 제질의 막을 사용할 경우 잔류염소를 제거하기 위한 환원제로서 SBS(Sodium Bisulfite)등이 있다. 또한 먹는물로서 급수하기 위하여 NaOH나 Ca(OH)<sub>2</sub>에 의한 pH조정과 맛을 내기 위한 미네랄성분 첨가 및 염소(NaClO) 소독 등을 한다.

## 4. 해수담수화 현황 및 적용사례 소개

### 4.1 해수담수화 현황

#### 4.1.1 우리나라

국내에서의 기수 및 해수 담수화시설은 1980년 후반부터 수백톤 이상의 공업용수 생산용 중소규모시설과 먹는물을 생산하기 위한 수십톤 규모의 역삼투 시설이 설치되기 시작하였다.

최근에는 주로 기수를 원수로 하여 하루 수만톤 규모의 공업용수를 생산하는 시설이 가동중에 있으며, 아울러 하루 수십톤을 생산하는 먹는물 생산용 해수담수화 시설이 섬지방에 보급되고 있다.

그러나 섬지방에 보급되어 있는 수십톤 규모의 역삼투법 해수담수화 시설은 구조가 간단한 造水機의 형태로 중대규모시설과는 장치의 구성에 다소 차이가 있다. 표 4.1은 1996년 말 현재 우리나라에 설치되

표 4.1 우리나라의 역삼투법에 의한 담수화 시설의 현황 (1998년)

항목	장 소	용도	용량(m <sup>3</sup> /일)	급수인구
海水	전남 신안군 홍도	먹는물	100	423
	경북 울릉군 독도	먹는물	16	50
	경남 진해시 연도	먹는물	20	237
	경남 진해수 우도	먹는물	20	229
	경남 진해시 수도	먹는물	20	379
	경남 거제시 지심도	먹는물	20	32
	경남 통영시 해간도	먹는물	15	60
	경남 통영시 비산도	먹는물	10	49
	경남 통영시 상노대도 탄항	먹는물	30	101
	경남 통영시 상노대도 상리	먹는물	20	184
	경남 통영시 학림도	먹는물	40	230
	경남 통통시 서좌도	먹는물	30	87
	경남 통영시 한산도 역줄	먹는물	15	48
	경남 통영시 한산도 관암	먹는물	30	103
	경남 통영시 한산도 여차	먹는물	40	235
	전남 해남군 상마도	먹는물	15	129
汽水	현대석유화학(서산)	공업용수	70,000	-
	현대정유(서산)	공업용수	16,000	-
	삼성종합화학(서산)	공업용수	25,000	-
	기아산업(서산)	공업용수	4,800	-

어 있는 기수와 해수를 원수로 사용하여 담수를 생산하는 역삼투시설의 현황을 나타낸 것이다. 주로 담수 수신통을 생산하는 소규모시설은 대부분이 먹는물 생산시설이고, 중대규모의 시설은 기수를 원수로 하여 공업용수를 생산하는 시설이다. 그러나 수백톤 규모의 먹는 물 생산용 역삼투법 해수담수화 시설은 아직 실적이 전무하고 기술력 또한 축적되어 있지 않은 상태이다.

국내에 이러한 담수화 시설의 설치에 있어서 역삼투막 시설의 주요부품인 고압펌프 및 역삼투막은 전량 외국에서 수입하고 있다. 또한 시설의 설계 및 운전도 일부 외국의 역삼투막 관련 회사로부터 컨설팅

을 받아서 하고 있는 실정이다.

증류법에 의한 해수담수화 시설은 국내에서의 실적은 미미하나 한국중공업이나 현대중공업 같은 일부 회사는 중동지역에서 시설을 설치한 경험을 가지고 있다.

#### 4.1.2 외 국

담수화 플랜트의 방식별 설치현황은 표 4.2에 나타내었다. 1993년 말 현재 세계 담수화 플랜트의 총용량은 19,098,000m<sup>3</sup>/일로서 1984년보다 2배 정도 증가하였다. 특히 해수담수화 방식별 플랜트의 용량은 증발법이 11,257,000m<sup>3</sup>/일로서 59%을 차지하고 있으며, 그 다음이 역삼투법 33%, 전기투석법 5.7%의 순이다. 특히 연도별 담수화 시설의 증가 추세는 1993년말 현재 증발법은 1984년보다 약 1.5배 증가하였으나 역삼투법은 3.2배로서 급격히 증가하는 추세에 있다는 것을 알 수 있다. 또한 담수화 플랜트의 생산수 용도별 현황은 표4.3과 같이 1993년 현재 대부분이 음용수 및 공업용수로 사용되며, 차지하는 비율은 음용수가 11,587,000m<sup>3</sup>/일로서 60.67%, 공업용수는 5,360,000m<sup>3</sup>/일로서 28.07%이다.

#### 4.2 적용사례 소개

##### 4.2.1 홍도 해수담수화시설

일부 도서 해안지역은 지형여건상 댐이나 하천 등 취수원의 확보가 어려워 정부의 수자원개발사업이 완료되어도 충분한 물공급을 받지 못할 것으로 예상된다. 따라서 이들 지역에는 해수담수화사업을 추진하여 도서해안지역에 대한 안정적인 용수공급을 하기위

표 4.2 세계의 담수화 플랜트의 방식별 설치현황 추이 (1994)

(단위 : 1,000 톤/일)

방 식	1984년 누계		1986년 누계		1987년 누계		1989년 누계		1991년 누계		1993년 누계	
	용량	비율(%)	용량	비율(%)	용량	비율(%)	용량	비율(%)	용량	비율(%)	용량	비율(%)
증발법	7,471	75.3	8,263	72.0	8,351	69.7	8,508	63.7	9,693	59.7	11,275	59.0
역삼투법	1,983	20.0	2,682	23.4	3,005	25.1	4,114	30.9	5,339	32.9	6,297	33.0
전기투석법	467	4.7	530	4.6	582	4.9	679	5.1	898	5.5	1,087	5.7
기타	-	-	-	-	44	0.3	47	0.3	306	1.9	439	2.3
합 계	9,921		11,475		11,982		13,348		16,236		19,098	

(자료 : 1994년, International Desalination Association : IDA)

**표 4.3 담수화 플랜트 생산수의 용도별 현황 (1993년)**

생산수용도	플랜트수	유니트수 (대)	플랜트용량 (m <sup>3</sup> /일)	비율(%)
음용수	1,423	2,699	11,587,000	60.67
공업용수	3,226	4,420	5,360,000	28.07
보일러수용	696	1,134	1,055,000	5.53
군사시설용수	281	742	326,000	1.71
관광시설용수	243	297	124,000	0.65
농업용수	106	160	81,000	0.43
기타	210	455	565,000	2.94
합 계	16,185	9,877	19,098,000	100

(자료 : 1995년, 일본 조수축진센터, 해수담수화의 현상과 장래전망)

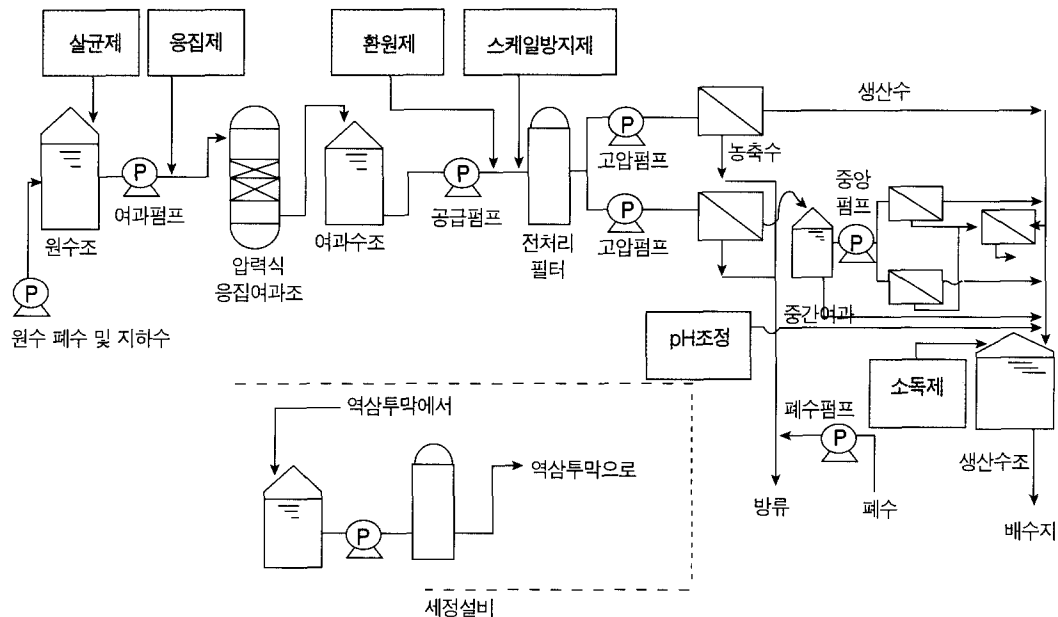
한 운영기술을 개발하고자 한국수자원공사에서는 홍도를 대상지역으로 선정하여 시설을 1997년 6월에 완공하였다. 특히 홍도는 유인도 1개, 무인도 13개로 천혜의 지형조건을 가지고 있어 관광객의 왕래가 많은 지역으로, 1965년에는 천연기념물 보호구역으로, 1981년에는 다도해 해상국립공원으로 지정되어 있다. 강수량은 연평균 약 800mm로서 전국 연평균 강수량 1,274mm의 약 60%정도밖에 되지 않는 소우 지역이다. 섬의 면적은 647ha로서 임야가 97%를 차지하며, 하천은 없고 작은 계곡이 10여개 정도 있다. 그러나 이들 계곡은 유역면적이 작고 유로 연장이 짧

아 유량이 불안정함과 동시에 보수력이 빈약한 상태이고, 또한 섬전체가 국립공원으로 지정되어 있기 때문에 계곡수의 개발도 어려운 실정이다. 섬의 용수는 3개의 공동지하수 및 우천 후의 계곡수에 의존하여 各戶마다 집수탱크를 두어 지하수의 생산량 및 수요량에 따라 부정기 급수를 받고 있다. 그러나 적은 강수량·계곡수 이용의 한계 등으로 인하여

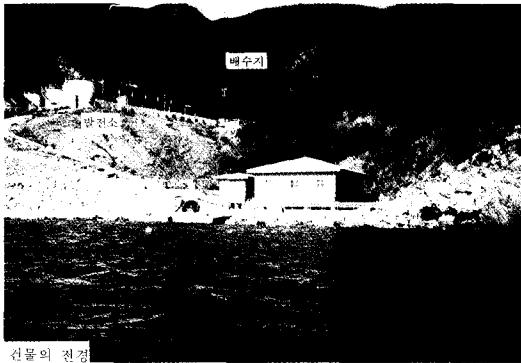
만성적인 물부족현상을 나타내고 있다.

또한 홍도는 국립공원으로서 관광객의 증가에 의한 물수요의 증가가 예상되나 지리적으로 불리한 조건을 가지고 있어 용수의 확보에 어려움을 겪고 있고, 또한 지형적으로도 지하수 및 계곡수의 개발에는 한계가 있기 때문에 대체수자원의 개발이 시급한 지역이라고 할 수 있다.해수의 담수화 방법은 역삼투법으로 장치의 개요 다음과 같고 공정도는 그림 4.1과 같다. 또한 시설 및 장치의 모습은 그림 4.2, 그림 4.3에 나타내었다.

(1) 장소 : 전라남도 신안군 흑산면 홍도 1리

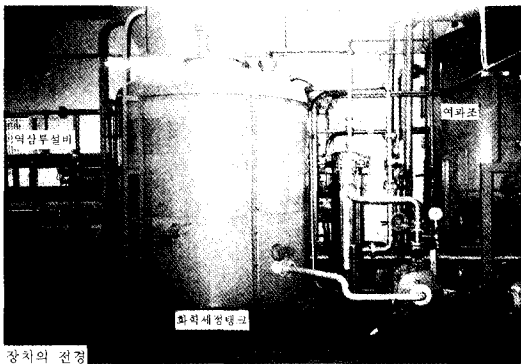


**그림 4.1 홍도해수담수화시설의 공정도**



건물의 전경

그림 4.2 흥도 해수담수화시설의 전경



장치의 전경

그림 4.3 흥도 해수담수화시설비의 전경

(2) 건축면적 : 대지 690m<sup>2</sup>, 건축면적 190.31m<sup>2</sup>, 연면적 176.3m<sup>2</sup>

(3) 건물구조 : 철근 콘크리트 구조

(4) 규모 : 100m<sup>3</sup>/일 (50m<sup>3</sup>/일×1단RO×1기, 50m<sup>3</sup>/일×2단RO×1기(후단은 연구용 시설))

(5) 담수화방식 : 역삼투법

(6) 모래여과 역세정배수처리 : 침전처리

(7) 세정폐액처리 : 중화처리

(8) 농축수방류방식 : 해수희석 방류방식

(9) 취수방식 : 해수 및 지하해수 취수

#### 4.2.2 일본 오키나와현 차탄(北谷) 해수담수화 시설

(가) 오키나와현의 수자원 현황

50개의 유인도에 약 126만여 명이 거주하고 있는 오키나와현은 최근의 인구증가, 경제발전, 생활수준

의 향상 및 관광객수의 증가에 의해 물 수요가 점점 증가하는 경향에 있다. 또한 나하시의 연평균 강수량은 2,040mm로서 일본 평균 약 1,800mm보다 10% 정도 많으나 1인당의 강수량은 3,000m<sup>3</sup>로서 전국 평균의 반정도에 불과하다.

1994년도 오키나와현 기업국의 물 수요는 원수를 기준으로 하여 하루 평균 440,000m<sup>3</sup>으로 수원은 댐 60%, 하천수 30%, 지하수 10%에 의존하고 있으며, 2001년에는 1일 최대 급수를 583,000m<sup>3</sup>으로 예측하고 있다. 이러한 수원 중에서 하천은 작은 유역면적과 짧은 유로 연장 및 급구배로 인하여 빗물이 바로 바다로 흘러가는 상황에 있고, 강수량은 여름에 집중되어 짧은 기간에 비가 오지 않으면 물부족 현상이 오는 등, 일년중 안정된 취수원의 확보가 곤란하다. 또한 댐은 주로 북부에 있어 인구가 집중된 남부로의 물 수송을 필요로 하는 등 물의 확보가 상당히 불리한 자연조건을 가지고 있다. 이와 같은 지리·지형적조건 및 강우특성으로 수자원이 부족하여 오키나와현이 일본 본토에 복귀한 이래 현재까지 14년간 급수제한을 실시하였으며 총일수는 1,130일에 달하였다. 따라서 물 수요의 증가, 빈번한 급수제한 및 陸水系 수자원개발의 한계 등으로부터 물부족을 해소하기 위하여 장기 물 공급 계획으로서 하루 40,000m<sup>3</sup>의 해수담수화 시설을 도입하게 되었다. 이 시설은 1995년에 10,000m<sup>3</sup>을 생산하였고, 1996년 12월 현재 25,000m<sup>3</sup>이 가동 중에 있으며 1997년부터 40,000m<sup>3</sup>을 생산할 예정이다. 이러한 해수담수화 시설의 도입에서 1994년 해수담수화시설 건설에 대한 주민의식 조사결과, 획기적인 사업 32.8%, 필요한 시설 29.4%, 단수 감소기대 21.5%, 환경영향 불안 12.4%, 필요 없음 3.9% 등으로 시설의 도입에 많은 관심을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

#### (나) 도입경위

해수담수화 시설도입에 관한 조사 및 검토는 整備計劃, 시설계획 및 유지관리계획에 중점을 두고 실시되었다. 1977에서 1986년까지 후생성, 일본수도협회 및 조수축진센터 등이 주관되어 도입할 해수담수

화 시설의 규모, 위치, 시설정비계획, 비용 등과 관련하여 오키나와本島 해수담수화 계획조사를 실시하였다. 이러한 계획조사의 결과를 바탕으로 하여 1988년 역삼투법에 의한 해수담수화 시설의 도입허가를 厚生大臣으로부터 얻었다. 그 후 1988년에 차탄(北谷)정수장에 해수담수화 시설을 도입하기 위하여 정비계획을 검토하였고, 1989년에 정비계획에 의거하여 생산비용, 재정수지, 물수급수지 및 시설의 가동률 등을 조사하였다. 1990년에 해수담수화 시설도입에 관한 예비조사로 해수담수화 시설도입 검토위원회를 설립하여 단계적 시설정비 계획, 高硬度水の 평준화 및 환경영향조사 등을 검토하였다. 또한 같은 예비조사로 1991년에는 단계적인 시설 정비계획에 근거하여 수질의 평가, 운전방식의 검토, 취수·방류시설의 검토 등을 실시하여 관련시설의 공사비를 산출하였다. 해수담수화 시설의 도입에 따른 주변 해양의 환경영향 조사는 1991에서 1992년까지 2년동안 수질 및 생태계의 현황조사, 농축해수확산 및 오염물질 확산 예측을 실시하였다.

(다) 시설의 개요

해수담수화 시설의 개요는 다음과 같다

- (1) 건축면적 : 약 9,000m<sup>2</sup>
- (2) 건물구조 : RC 및 PC, 지하 1층 지상 4층
- (3) 시설규모 : 40,000m<sup>3</sup>/일(최종 생산수량)  
(1996년 현재 25,000m<sup>3</sup>/일, 1997년 40,000m<sup>3</sup>/일 완공)
- (4) 담수화 방식 : 역삼투법(회수율 40%, 여과압력 60Kg/cm<sup>2</sup>)
- (5) 막의 종류 : Spiral형, 가교 방향족 폴리이미드 복합막계 ( 201×1,016mm), 염분제거율(해수 35,000mg/l : 평균 99.75% 이상, NaCl 35,000mg/l : 평균 99.60% 이상, 실험조건 : 56Kg/cm<sup>2</sup>, 온도 25℃, pH 6.5)
- (6) 막유닛트 : 5,131m<sup>3</sup>/일×8기
- (7) 배수처리 : 침전분리방류방식
- (8) 취수방식 : 해저 취수관 방법
- (9) 방류방식 : 수중확산방류방식

(10) 총사업비 : 347억엔

5. 해수담수화의 장래전망 및 맺음말

해수담수화는 지구상에 무한정 존재하는 해수를 갖수의 영향 없이 담수화 하여 물 부족에 대처할 수 있는 방법이기 때문에 절대적인 담수자원이 부족한 지역에서는 유일한 대안으로서 그 필요성이 대두되고 있고, 세계적으로 해수담수화는 1960년대부터 인구의 증가, 생활수준의 향상, 기상이변 등으로 인하여 물부족지역이 확대됨으로서 해수담수화에 대한 수요가 증대되어 설치의 예도 급증하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 우리 나라에서도 해수담수화시설은 가뭄과 더불어 지형여건상 수자원 확보의 어려움 때문에 만성적인 용수 부족현상을 나타내고 있는 일부 도서지역에 식수를 확보하기 위하여 지원을 하고 있는 등 공업용수의 확보차원에서도 증가가 예상되고 있다. 그러나 우리 나라에서 해수담수화를 대체수자원으로서 도입하기 위한 가능성을 검토할 경우에는 댐 및 광역상수도중심의 수자원개발 계획을 보완하기 위하여, 도서지방의 식수난을 해결하기 위하여, 가뭄에 대비하기 위하여, 지속적인 개발을 위한 상수 관리 및 수질관리 등을 들 수 있으나 아직도 도서지역의 식수난을 해결하기 위한 방안 외에는 도입된 예가 없으며, 기타 항목에 대해서는 해수담수화의 충분한 경제적인 검토나 사회적인 공감대의 형성 없이 도입을 검토하는 것은 다소 무리가 있다는 생각이 든다. 또한 우리 나라에서 해수담수화는 장래 물 부족에 대비하여 대체 수자원으로 간주는 할 수 있으나 개발의 정도는 기존의 계획된 담수자원의 개발보다 우선하거나 대등할 수는 없을 것이며 물 부족에 대비해서는 우선 지표담수자원의 양적 확보 및 물 사용의 합리화 등이 이루어져야 할 것이다. 그렇지만 장래 해수담수화가 부족한 담수자원을 확보하기 위한 유일한 대안으로 검토될 경우를 대비하여 지속적인 도입방안의 검토와 더불어 기술의 확보 및 인력의 양성에도 힘을 기울여야 할 것이다. 아울러 한국수자원공사에서는 해수담수화 타당성 조사 및 중장기 계획을 내년 중에 마련하



여 향후 해수담수화의 체계적인 추진방향을 설정할  
예정으로 있다. ●

〈참고문헌〉

1. 한국수자원공사, 1996, 해수의 담수화 시스템 및 적용방안 연구(1)
2. 한국수자원공사, 1997, 해수의 담수화 시스템 및 적용방안연구(2)
3. 한국수자원공사, 1997, 해수담수화 및 고도정수처리 기술, 국외전문가 초청 세미나 발표 논문집
4. 한국수자원공사, 한국물학술단체 연합회, 1998, 21세기를 대비한 우리나라의 수자원 정책
5. Y. Magara, T. Aizawa, et al. "The Behavior of Inorganic Constituents and Disinfection By-products in Reverse Osmosis Water Desalination Process", WATER QUALITY INTERNATIONAL '96 -IAWQ 18th Biennial International Conference (Singapore)-, 315-322, 1996
6. Y. Kojima, Y. Kusakabe & S. Hatakeyama, "Behavior of Trihalomethane in Reverse Osmosis Desalination Process for Seawater", Desalination & Membrane Technology, 263-267, 1996
7. Y. Shiota & N. Hiraishi, "Seawater Desilaniation", Desalination Membrane Technology, 268-272, 1996
8. 日本海水學會, 海水淡水化技術の現狀と將來 "日本海水學會誌", Vol. 50, No. 4, 211-15, 1996
9. 日本海水學會, 海水淡水化技術の動向と課題 "日本海水學會誌", Vol. 50, No. 4, 216-246, 1996
10. 日本海水學會, おきなわ縣における大規模海水淡水化施設の概要 "日本海水學會誌", Vol. 50, No. 4, 273-279, 1996
11. 造水技術ハンドブック編輯企劃委員會編, "造水技術ハンドブック", 社團法人 造水促進センター, 1993
12. 造水技術編輯企劃委員會編, "造水技術-水處理のすべて-", 1983
13. 半谷喜久, 小倉紀雄水 共著, 1985, "水質調査法", 丸善株式會社
14. 和田洋六, 1992, 水のリサイクル(基礎編, 應用編), 地人書館
15. 日刊工業新聞社, 1994, 水のはなし
16. オーム社新, 1993, しい水の基礎知識