

해수담수화 후보지역 조사

A survey on the regional criteria required desalination

최병섭(한국수자원공사)

Choi, Byoung Seub

Abstract

Seawater desalination is the production of the water, suitable for human consumption, from seawater. Since the water supply produced by desalination is at least as good, in quality than that provided by traditional catchment, the decision as to whether or not desalination plant is to be installed should be made on technical, social, economic grounds. By analysis of these criteria, we selected some regions required seawater desalination.

I. 序論

산업경제 규모의 증대와 인구증가로 인하여 물수요량은 날로 증가하는 반면, 지가양등, 수물민의 집단적인 반발등으로 인하여 수자원개발은 매우 어려운 실정이다. 이에 따라 보조수자원 개발의 한 방법으로 해수담수화 사업에 대한 거론이 자연스럽게 이루어졌고, 최근의 지역적으로 극심한 가뭄현상으로 인해 그 필요성이 한층 더 가중되었다. 이와 같은 물문제의 해결을 위해서는 이전부터 수자원 부족량의 부족으로 물부족 현상을 겪고 있는 중동지역과 미국, 일본등 선진국에서는 생활용수나 공업용수 등을 확보하기 위한 수단으로 널리 이용되고 있는 해수의 담수화 개발사업은 양적으로 무한하고 계절적으로 부족량의 불변등 많은 장점을 내포하고 있으므로 물문제 해결책의 적절한 방법이 될 것이다. 지구상의 물의 총량은 약13.8억km³으로 추정되며, 이중에서 97%가 염수로서 손쉽게 구할수 있는 해수를 담수화하여 물부족에 대처할 필요가 있다. 따라서 수자원개발이 어려운 해안지역, 대규모 용수수요가 예상되는 임해공단 및 신도시와 가뭄으로 인한 수자원 부족지역에 안정적인 수자원 공급과 이상 가뭄시 비상용수확보를 위한 보조 수자원개발의 일환으로 해수의 담수화가 요구되며 본 연구에서는 이에 대한 후보지역선정을 검토하고자 한다.

II. 수자원 부족량

1. 수자원 부족현황

우리나라 유출특성은 강수의 계절별, 지역별 변동이 크기때문에 강수와 유사한 유출특성을 보여준다.계절별로 보면 우리나라 연평균 유출량은 수자원 부족량 1,283.6억m³의 57.8%인 741.0억m³이 유출되고 이중 홍수기인 6월~9월중의 유출량이 총유출량의 63.9%인 473.3억m³이고 평시유출량은 36.1%인 267.7억m³이다.

2 가뭄현황

우리나라에서 발생한 주요 가뭄기간은 '67-'68년, '81-'82, '87-'88년 및 '94-'95년의 5개 기

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

간으로 나타났으며 각 기간에 대한 가뭄우심지역과 갈수빈도를 살펴보면 다음과 같다.

가. '67-'68 가뭄 : '67-'68 가뭄은 남해안 지역의 가뭄이 재현기간 약 15-20년 정도로 가장 심각하였으며 영산강 중하류지역에도 약 15년 빈도의 가뭄이 발생하였다. 한편 섬진강 유역의 경우도 약 15년 빈도의 가뭄이 발생하였으며 낙동강 중하류지역에는 약 10년, 만경강 유역에 약 20년 빈도의 가뭄이 발생하였다.

나. '76-'77 가뭄 : 낙동강 중하류지역에 약 12년 빈도, 영산강 중하류지역에 약 10년 빈도의 가뭄이 발생하였으며 금강 상류부에 약 15년 빈도의 가뭄이 발생하였다.

다. '81-'82 가뭄 : 낙동강 중상류부에 약 10년 빈도, 남한강 중류부에 약 10년 빈도의 가뭄이 발생하였다.

라. '87-'88 가뭄 : 동진강 유역에 15년 빈도의 가뭄이 발생하여 가장 심각하였으며 금강하류부도 약 10년 빈도의 가뭄이 발생하였다.

마. '94-'95 가뭄 : 낙동강 전역에 약 15년 빈도의 가뭄이 발생하였으며 금강 중류부와 상류부에는 20년 빈도를 상회하는 가뭄이 발생하였으며 섬진강 중류부에는 12년 빈도, 만경강에 약 15년 빈도를 중류지역에도 약 10년 빈도의 가뭄이 발생하였고 영산강 유역에는 약 10~20년 빈도의 가뭄이 발생하는 등 전국적으로 상당히 넓은 지역에 걸쳐 가뭄이 발생하였다. 거의 대부분의 가뭄기간동안 낙동강 전역과 금강, 영산강유역으로 주로 남부지방의 국지적인 물부족을 나타내고 있으며 이로 인한 제한급수지역은 주로 경상도와 전라도의 해안지방을 중심으로 이루어져 왔다.

III. 해수담수화 방법

1. 해수담수화란?

해수중에 용해되어 있는 염분을 제거하여 담수를 얻는 일련의 공정을 말하며, 생산된 물은 각종용수로 사용되며, 담수화 공정으로는 크게 증발법과 막여과법으로 나눌수 있다.

2. 담수화 방법의 종류

가. 열공정(Thermal Processes)

전 세계의 담수화 설비 중 60%이상이 열을 이용해서 해수를 증발시켜 담수를 만들어내고 있다. 이 방법은 물의 순환을 모사한 것으로 열에 의해 증기가 된 물이 담수를 만들기 위해 응축되는 원리를 이용했다. 지금 대부분의 증발식 담수화 설비는 다단 플래쉬 증발법(Multi-stage flash distillation)이며 아직까지는 세계에서 가장 많은 용량의 담수를 생산해내고 있다. 다단플래쉬 증발법, 다중 효용법(MED, Multiple Effect Distillation), 증기 압축법(VC, Vapor Compression Distillation)등 이있다.

나. 막공정(Membrane Processes)

막공정은 물에서 일어나는 투석과 삼투 작용에 적용되는 것으로, 상업적으로 두가지 공정으로 개발되었다.; 전기투석법과 역삼투막법이 있으며 각 공정은 막을 이용하여 선택적으로 염과 물을 분리해낸다. 그러나 두 공정은 각기 다른 방법으로 막을 이용한다. 전기투석법은 막을 이용해서 생산수로부터 전기적 포텐셜을 이용해서 선택적으로 염을 제거하는데 반해 역삼투막법은 막을 통해 압력을 가하여 염을 남기면서 생산수를 뽑아내는 원리이다. 아시아와 미국에서

막의 생산이 가장 많다.

다. 기타 공정

결정법 (freezing), 막증발법(Membrane Distillation), Solar Humidification등이 있다.

표 1. 해수담수화 방식별 특징

구분	증발법	역삼투막법	전기투석법
실적	해수담수화 기술로 가장 먼저 실용화된 방식으로 대규모설비에 적용되고 있음.	염수 및 해수의 담수화의 실적이 급격히 증가하고 있음.	염수의 담수화에 적용예가 많지만, 해수담수화의 실적은 적음.
유지관리	온도, 진공도 및 해수 수준의 조정, 해수의 탈기 및 약품주입에 의한 수질조정, 전열관의 세정이 필요함.	해수의 여과 및 약품의 주입에 의한 해수수질조정, 막모들의 세정 및 교환이 필요함.	해수의 여과 및 약품의 주입에 의한 해수수질 조정, 막모들의 세정 및 교환이 필요함.
경제성	증발잠열이상의 열에너지가 필요하기 때문에 에너지 소비량이 큼. 발전소와 조합시켜 폐열을 이용 등 에너지의 유효이용을 꾀하고 있음.	에너지소요량이 가장 적은 담수화 방식임. 대형설비에서는 농축배수의 압력에너지를 회수하는 것이 가능하며 에너지절약이 가능함.	염분의 농도가 적은 염수의 담수화에서는 비교적 에너지의 소비량이 적음.
생산수질	중류수가 얻어짐	1단탈염으로 음용수가 얻어지고, 2단탈염으로 순수에 가까운 수질이 얻어짐	운전조건에 의해 염수로부터 음용수까지 비교적 용이하게 생산수의 농도를 변화시키는 것이 가능함.
환경영향	다량의 온배수가 배출됨. 그 영향은 발전소의 냉각배수와 같은 정도임	농축배수가 배출됨. 환경영향은 비교적 적음	농축배수가 배출됨. 환경영향은 비교적 적음.

IV. 국내의 현황

1. 우리나라

국내에서의 기수 및 해수 담수화는 1980년 후반부터 수백 톤 이상의 공업용수 생산용 중소규모 시설과 먹는 물을 생산하기 위한 수십 톤 규모의 역삼투 시설이 설치되면서 시작되었다. 국내 최초의 담수화 설비는 1989년 후반 보령화력에 설치되어 실험적으로 운영하였던 820m³/일의 플랜트이다. 최근에는 주로 기수를 원수로 하여 하루 수만톤 규모의 공업용수를 생산하는 시설이 가동 중에 있으며, 아울러 하루 수십톤을 생산하는 먹는 물 생산용 해수담수화 시설이 섬 지방에 보급되고 있다. 그러나 섬 지방에 보급되어 있는 수십 톤 규모의 역삼투법 해수담수화 시설은 구조가 간단한 조수기(造水機)의 형태로 중대규모 시설과는 장치의 구성에 다소 차이가 있다.

2. 외국

예전에 담수화 플랜트 중 대부분의 비율을 차지했던 다단플래쉬 증발법의 비율이 상대적으로 줄고 있고, 에너지 소비량이 적고 증발법과 비교했을 때, 환경에 미치는 영향이 적은 이점이 있는 역삼투법의 비율이 늘고 있다.

표 2. 우리나라의 역삼투법에 의한 담수화 시설의 현황(1996년)

항 목	용량(m ³ /일)	장 소	용 도
해 수	20	경남 진해시 연도	먹는물
	20	경남 통영시 욕지면 동항리	먹는물
	15	경남 통영시 한산면 연호리	먹는물
	10	전남 여천군 사도	먹는물
기 수	70,000	현대석유화학(서산)	공업용수
	16,000	현대정유(서산)	공업용수
	25,000	삼성종합화학(서산)	공업용수
	4,800	기아산업(서산)	공업용수
	500	현대석유화학(서산공장사택)	먹는물

표 3. 세계담수화 설비의 생산수 용도별 분포 (단위:1,000톤/일)

생산수 용도	플랜트수(개소)	총 용 량	비 율 (%)
음 용 수	1,423	11,587	60.67
공 업 용 수	3,226	5,360	28.07
보일러 용수	696	1,055	5.53
군사시설용수	281	326	1.71
관광시설용수	243	124	0.65
농 업 용 수	106	81	0.43
기 타	210	565	2.94
합 계	6,185	19,098	100

V. 담수화사업 후보지역 선정

1 개요

후보지역에 대하여 담수화사업의 기술적인 측면과 사회적인 측면, 경제적인 측면의 타당성을 고려하여 적절한 지역을 선정하고자 한다.

기술적인 측면에서는 역삼투막법의 경우, 80년대 후반부터 도서지방을 중심으로 수십톤 규모의 해수담수화 시설이 건설되어 음용수로 이용되고 있다. 그러나 수백톤 규모이상의 음용수 생산용 해수담수화 시설은 아직은 실적이 전무하고 기술력 또한 축적되지 않은 실정이다.

사회적인 측면에서는 우리나라 경제 규모로 보아 아직도 가장 기본적인 가장 중요한 마시는 물문제를 해결하지 못하여 생활에 어려움을 겪는다면 경제성 문제를 따질것이 아니라 국민의 복지와 생존권 차원에서 접근되어야 할 것이다.

경제적인 측면에서 담수화 사업의 가장 큰 단점은 기존 수자원 개발단가와 비교하여 생산단가가 비싼점이다. 그러나 광역상수도 개발이 어려운 틈새지역, 상습가뭄지역 등의 용수확보개념으로 접근하여 볼 때, 보조수자원으로서 수자원 영역 확장의 의미에서 차별화 되어야 할 것이다. 따라서 경제성을 댐등과 같은 기존 수자원개발 방법과 상대 비교하는 것은 적절하지 못할 것으로 판단된다.

후보지역의 장래 용수수요 목표년은 수자원 장기계획인 2021년에 대하여 용수수요와 공급을 대비, 과부족을 산정하여 물부족이 예상되는 지역을 선정하였으며 목표년도에 대한 댐 등의 수자원 개발계획을 고려하여 분석하였다.

2 후보지역 선정기준

해수 담수화 사업 후보지역 선정기준은 담수화 가능지역에서 검토된 전국 도서지방과 해안선을 따라 읍·면단위의 소구역을 대상으로 후보지역을 선정하였으며 이에 대한 선정기준은 다음과 같다.

- 댐이나 광역상수도에서 용수공급계획 수립이 어려운 틈새지역
- 상습 가뭄지역
- 물부족이 심각한 임해공단 및 이에 대한 비상용수 확보와 공단확장으로 인하여 추가용수 공급이 예상되는 지역
- 관광철에 따라 물수요량 변화가 심한 관광지역
- 해안 및 도서지방의 국가기반 산업인 가스, 석유 비축기지 지역
- 대규모 신공항개발과 같은 특수개발 지역

가. 댐이나 광역상수도에서 용수공급계획 수립이 어려운 틈새지역
댐이나 광역상수도에서 용수공급계획의 수립이 어려운 틈새지역이 해안을 따라 분석된다.

나. 상습 가뭄지역
우리나라에서 강우측정을 시작한 1905년 이후 최근까지의 5대강 유역 모두 연강수량이 1,000mm이하를 기록한 해는 모두 13개년으로 1907년, 1909년, 1913년, 1917년, 1924년, 1932년, 1939년, 1943년, 1951년, 1977년, 1982년, 1988년, 1994년 등이다. 그리고 1929년과 1968년은 한강유역을 제외한 전국에서 가뭄이 심하였던 것으로 해로써, 일부 수계에서 강수량이 적었던 해는 1906년, 1912년, 1935년, 1938년, 1942년, 1944년, 1949년, 1967년 등 8개년으로 이를 종합하여 분석해 보면, 평균 4~5년으로 상대적으로 강수량이 적은 해를 기록하고 있다. 특히 강수량 자체가 매우 적었던 해는 1913년, 1932년, 1939년, 1968년, 1988년, 1994년 등으로 가뭄이 심했음을 알 수 있다.

다. 임해공단지역
임해공단지역으로서 후보지역 선정은 국가공단과 지방공단을 대상으로하여 선정하였다. 여기에는 물부족이 심각한 공단지역으로서 비상용수 확보와 장래 공단확장으로 인하여 추가로 용수공급이 예상되는 지역을 포함하였다.

라. 관광용수
전국에 걸쳐 산재하여 있는 해안 인근 국립공원을 찾는 관광객은 해수욕장에서 해수욕을 동시에 즐기는 경우가 대부분이다. 관광용수는 특성상 관광철 즉, 계절적으로 용수수요량의 편차가 매우 클뿐 아니라 관광철에 하루중의 시간대에 따라 용수수요량의 변화가 매우 크다. 따라서 관광용 해수담수화 설비는 첨두(peak) 사용량 배제로 접근하여야만 할 것으로 판단된다.

마. 해안 및 도서지방의 국가기반 산업인 가스, 석유비축기지 지역
해안지역과 도서지방에 위치한 가스 비축기지와 석유비축기지는 국가의 중추가 되는 기간산업으로서 그 중요도는 매우 크며 비축기지의 건설을 위해서는 시공단계뿐 아니라 유지관리를 위하여서도 용수원 확보가 필요할 것이다. 비축기지의 건설계획이 수립될 경우, 앞에서 언급된

틈새지역에서 선정된 지점에서 언급된대상지역에서 용수공급 계획을 수립하면 별도의 해수담수화 계획을 수립 할 필요성은 없을 것으로 사료된다.

바. 신공항지역

대규모 신공항 건설이 추진되면 주변에 국제금융타운과 세계적 레저시설을 갖춘 새로운 배후도시계획이 수립된다. 신공항 주변에 배후도시와 국제 금융타운과 국제규모의 대단위 레저시설이 건설될 경우, 이로 인한 대단위 용수수요가 발생할 것이다.

6.결론

현재의 지표수자원 개발은 신규 댐개발 적지 회소 및 빈번한 민원발생 등으로 개발의 한계에 도달되어 있으며, 장래 안정적인 용수공급과 이상가뭄시 비상용수 확보를 위한 보조수자원 개발의 일환으로해수담수화 사업의 필요성이 대두되어 보조수자원인 해수담수화가 필요한 지역이 마련되었다. 향후 이 기준에 맞는 해수담수화설비의 개발로 용수부족지역에 대한 안정적 용수공급이 기대된다.

참 고 문 헌

- 1.日 造水促進センター, "海水淡水化の現況と將來展望", 1995
- 2.IDA, "Desalting Plants Inventory Report No.12",1992
- 3.건교부, 가뭄기록 조사보고서,1995,12,
- 4.한국수자원공사,"해수의 담수화시스템 적용방안 연구(1차,2차년도)",1997