



국내 해수담수화 플랜트 적용 활성화 방안 연구

The Research on Activation Plan for Seawater Desalination Plant Application in Korea

손진식 · 양정석* · 박진서

Jinsik Sohn · Jeong-Seok Yang* · Jinseo Park

국민대학교 건설시스템공학부

(2009년 2월 24일 접수; 2009년 4월 6일 수정; 2009년 4월 10일 채택)

Abstract

Foreign and domestic seawater desalination plant market investigation was performed to analyze the worldwide trend of seawater desalination plant market and to establish the activation plan for seawater desalination plant application. Water demand and seawater desalination related laws and regulations were investigated and analyzed for the activation plan.

RO type and large scale plants are popular nowadays however there are only small plants in island region in Korea. There will be about 1 million m³/day deficit in 2015 according to the water demand forecasting from Ministry of Environment and Ministry of Land, Transportation, and Maritime Affairs in Korea. Therefore, it is necessary to activate the domestic application of seawater desalination plant to secure stable water resources. To activate the domestic application of seawater desalination plant, first, we need to establish regulations, support system in the water service law for seawater desalination plant. Second, related Ministry should increase the support for the operation and management of seawater desalination plant and suggest the construction of seawater desalination plant for water resources security near seaside region.

Key words : Seawater desalination plant, Water demand, Water shortage, Laws, Regulations, RO

주제어 : 해수담수화플랜트, 물 수요, 물 부족, 법, 제도, 역삼투법

1. 서론

최근 전 세계적으로 기후변화와 이상기온 현상이 심각해짐에 따라 가뭄, 홍수, 태풍 등이 발생하고 있으며, 이에 대하여 온실가스 배출량 증가에 따른 지구온난화를 가장 큰 원인으로 제시하는 의견이 대두되고 있다.(IPCC 4차 보고서, 2007) 또한 산업화와 인구증가로 인해 삶의 질을 향상시키기 위해 물의 수요량이 증가하고 있는 반면 공급량은 수자원

고갈과 오염의 확산으로 감소함에 따라 전 세계적으로 물 부족 현상이 심각해지고 있다.

UN 보고서(2004)에 의하면 2025년에는 약 30억 명이 물 부족 현상을 겪을 것이라고 전망하였다. 현재 인간이 사용할 수 있는 담수 자원은 전체 수자원의 3% 밖에 되지 않는다. 그마저도 지표수 및 지하수의 오염 확산 등으로 인하여 향후 용수 공급에 있어 잠재력이 급감할 것으로 예상됨에 따라 안정적인 수자원 공급을 위한 대책마련이 요구되고 있다.

* Corresponding author Tel:+82-2-910-4289, Fax:+82-2-910-8597, E-mail: jyang@kookmin.ac.kr(Yang, J.S.)

국내 대부분 지역의 경우 보조수원 없이 근접한 강에만 전적으로 의존하고 있어 수원에 문제가 발생할 경우 대책마련에 어려움이 크다. 원수 취수를 위한 강의 의존도를 낮추어 간다면 상수의 안정적인 공급과 하천수질개선 측면에도 이점이 있다(박희경 등,1998).

세계 각국에서도 안정적인 대체 수자원 확보를 위한 여러 가지 연구가 이루어지고 있으며 그 중에서도 전체 수자원의 97%에 달하는 해수를 이용한 해수담수화 기술은 매우 중요한 부분을 차지한다. 이는 대량의 수자원을 확보 가능하게 하고 급격한 기후변화에도 안정적으로 기여할 것으로 보인다.

해수담수화 기술은 해수 중의 염분을 포함한 용존 유기물, 이온성 물질 등의 용해물질을 제거하여 음용수 및 생활용수, 공업용수 등을 얻어내는 기술을 말한다. 대표적인 기술로는 증발법(MSF)과 역삼투법(RO)이 있다. 해수담수화 시설에 의해 생성된 담수의 생산비는 현재 1m³당 1달러 미만으로 생산되고 있으며, 전력생산과 담수를 같이 생산하는 담수화 플랜트의 경우 생산비가 최저 1m³당 0.2~0.3달러까지 하락할 것으로 보고되었다. 이처럼 해수담수화 기술이 발달됨에 따라 21세기 물 부족 현상을 해결하기 위한 방안으로 급성장할 것으로 기대된다(Juhn,1997).

국내에서도 댐 및 광역상수도와 해수담수화의 용수 생산 비용을 비교해 본 결과 해안지역을 중심으로 한 일부 지역에서는 해수담수화가 풍부한 경쟁력을 가지고, 편익이나 환경성면에서도 장점을 가지고 있다(박희경 등, 1998).

해수담수화 플랜트 시설은 1965년 이후 지속적으로 발전해 현재 세계적으로 해수담수화 플랜트의 총 생산 규모는 약 4000만m³/day 이다(Fig.1). 지금까지 중동지역을 중심으로 발전되어 왔으며, 최근 중동 이외 지역에서도 규모가 점차 성장하고 있다.

본 연구는 세계적인 해수담수화 시장 추이를 파악하고 국내 해수담수화 시설현황 과 관련 제도 및 법규를 분석함으로써 국내에 해수담수화 플랜트 시설의 적용방향에 대하여 연구하였다. 이를 통해 향후 국가 지원 사업으로 연구 개발 및 시장진출을 하는데 있어 방향을 설정하고 대체수자원 확보전략 마련에 도움이 될 것이라고 판단된다.

2. 해외 해수담수화 플랜트 시장 추이

전 세계적인 물 부족 현상으로 인하여 해수를 이용한 담수화 플랜트 산업이 지속적으로 성장하고 있다. 최근 해외 담수화 플랜트 시장의 추이를 살펴보면 Fig.2에 나타나 있듯이 2000년 이후부터 50,000m³ 이상의 담수화 플랜트 방식이 늘어나고 있음을 알 수 있다. 그리고 Fig.3에 나타난 바와 같이 최근 5년간 RO방식의 해수담수화 사용이 50%에 달함을

알 수 있고, 다른 방식들에 비하여 월등히 많이 사용되고 있음을 알 수 있다. 이는 RO 방식이 이전의 MSF나 MED 방식보다 에너지 효율이 좋고 플랜트의 대형화를 통해 운전비용의 감소를 유도할 수 있기 때문이다(손진식 등, 2008). 기술별 비용을 살펴보아도 MSF 방식을 이용한 생산비용에 비하여 RO 방식을 통한 생산비용이 절반 정도임을 알 수 있다(Fig.4).

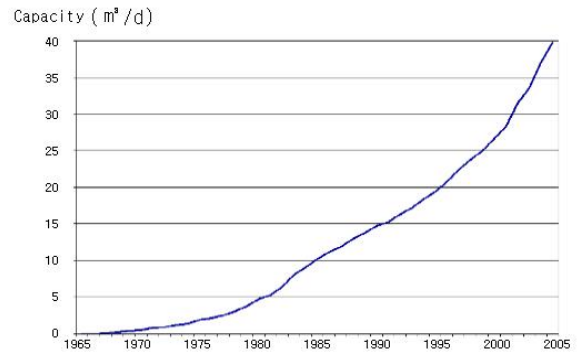


Fig. 1. 연도별 해수담수화 플랜트 규모 추이.
(IDA Desalination, year book 2007~2008)

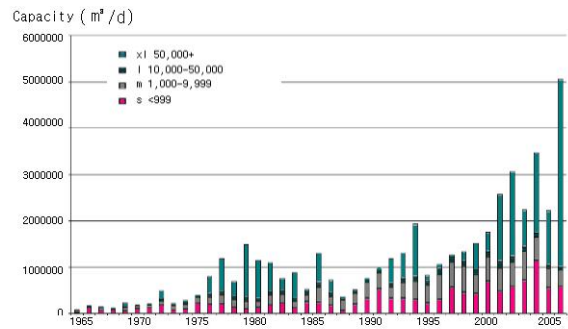


Fig. 2. 연도별 플랜트 용량별 수주 추이
(IDA Desalination, year book 2007~2008)

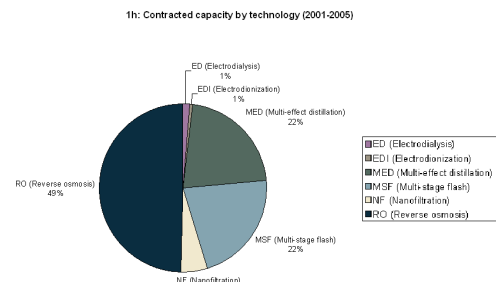


Fig. 3. 해수담수화 기술별 수주 추이 (2001~2005)
(IDA Desalination, year book 2007~2008)

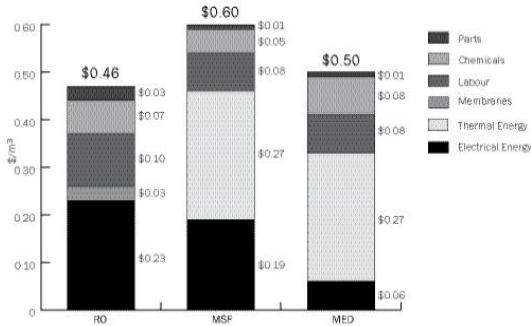


Fig. 4. 해수담수화 기술별 비용(Desalination markets 2007)

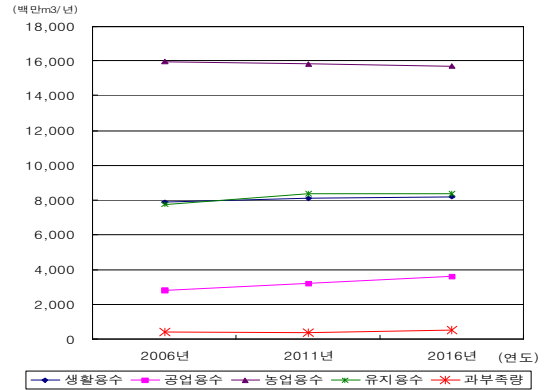


Fig. 5. 연도별 물 공급량과 부족량 (2006 수자원장기종합 계획)

Table.1. 국내 주요 도서지역 해수담수화 플랜트 시설 현황 (환경부 2005)

도서명	용량 (m3/일)	급수 인구	설치 연도	소요사업비(백만원)			비고	중지 및 휴지 이유
				계	국비	지방비		
조도(大)	10	19	'99	200	140	60	자체운영	
호도	10	32	'01	240	168	72	자체운영	
상마도	15	126	'98	120	84	36	폐쇄예정 (기존급수시설 이용)	전기로 부담
이수도	20	145	'97	90	0	90	폐쇄예정 (기존급수시설 이용)	전기로 부담
조도(小)	20	102	'99	300	210	90	자체운영	
노도	20	33	'98	270	189	81	자체운영	
고대도	20	300	'97	284	0	284	수공관리	
삽시도(윗마을)	30	300	'03	79	55	24	수공관리	
효자도	30	180	'05	467	327	140	수공관리	
여채(한산도)	40	140	'97	192	134.4	57.6	폐쇄예정	전기로 부담
어청도	50	480	'03	262	183	79	수공관리	
서넙도	50	202	'04	500	350	150	자체운영	
가파도	150	327	'05	1,000	700	300	자체운영	
추자도	1,000	3,529	'03	4,567	3,005	1,562	자체운영	
우도	1,000	1,815	'01	3,499	2,295	1,204	자체운영	

3. 국내 해수담수화 플랜트 현황

세계 해수담수화 플랜트 시장의 경우 역삼투(RO)시장의 대형화 추세로 큰 폭으로 발전해 나가고 있지만 우리나라의 경우 아직까지는 대용량의 해수담수화 플랜트 시설이 없는 실정이다. 현재까지는 지역적인 특성에 의해 상수원 공급이 어려운 지역에만 소규모로 운영되고 있으며, 1990년대 중반부터 추진된 국내 해수담수화 시설은 2005년 말 기준 대부분 도서지역을 중심으로 78개소의 시설이 운영되고 있다. 현재 국내에는 최대용량 1,000m³/day의 해수담수화 시설이 추자도와 우도에 설치되어 있다.

운영방식은 지자체에서 자체적으로 운영하는 방식과 수자원 공사에서 운영하는 방식이 있으며, 국가로부터 일부 또는

전부를 지원 받아 설치되고 있다. 하지만, 일부 지역에서는 운영상의 문제점이 발생함에 따라 폐쇄될 예정이다. 주요 문제점으로는 과도한 전기를 들 수 있고, 그에 따라 고가의 운영비용이 발생한다(Table.1). 그 외에도 수리부품의 조달 곤란 등에 의한 가동 부진, 운영 관리의 부실 등의 문제점이 있다.

4. 국내 물 수요 분석

환경부에서 내놓은 전국수도정비 계획에 따르면 2015년 기준으로 총 지역별 용수수급 불균형으로 48개 시·군에 1,049.6천m³/day의 부족량이 발생할 것으로 전망하였다(환경부,2006). Fig.5 수자원 장기종합계획에서 예상한 연

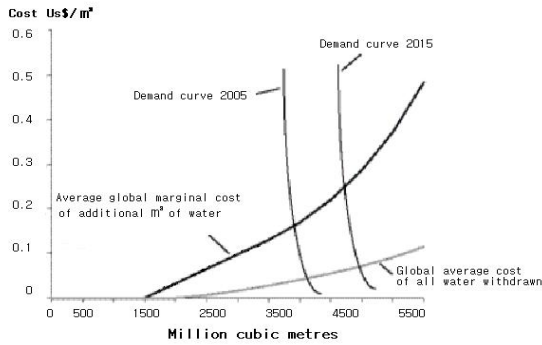


Fig. 6. 물의 한계비용 추이(Desalination markets 2007)

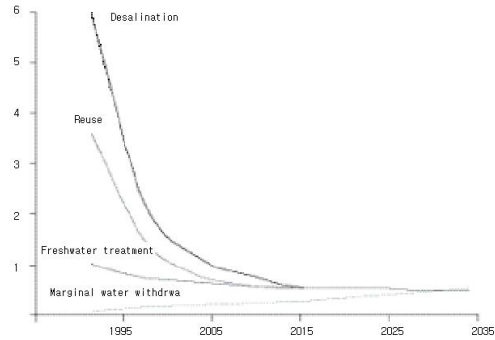


Fig. 7. 수자원이용 비용추이(Ecological management foundation)

도별 물 공급량과 부족량을 살펴보면 농업용수의 비중이 증가하면서 용수 부족량이 나타남을 알 수 있다(국토해양부, 2006). 전체 적인 용수 부족량은 적지만 지역적 용수공급 불균형으로 인하여 지역별로는 용수 부족 지역이 늘어날 것으로 예상된다. 하지만 향후 예상되는 부족량에 대비하기 위한 국토해양부와 환경부의 대처 방안은 차이가 있다. 국토해양부의 경우 수자원의 다각화를 모색하면서 해수담수화시설의 도입에 우호적인 입장을 보이는 반면, 환경부에서는 급수 체계 조정과 연계 이용을 통해 해결하고자 하고 해수담수화 시설의 경우는 운용비용 측면에서 부담이 많이 되어 대체 수자원 중에서도 우선순위에 밀려나 있는 상황이다.

이처럼 해수담수화 플랜트가 아직까지 국내에서 활성화 되지 못한 이유는 운용비용이 많이 들기 때문이다. 하지만 Fig. 6에 나타나 있는 물의 한계비용 추이를 살펴보면 2005년에 비하여 2015년에는 물 사용량도 증가하게 되고 전체적으로 에너지나 재료비용이 올라가기 때문에 물의 한계비용 역시 증가하게 됨을 알 수 있다. 반면 운용비용이 고가였던 해수담수화 시설의 경우 수요량은 증가하지만 그에 따른 비용 증가는 나타나지 않아 다른 수자원보다 가격이 안정화 될 수 있다. Fig. 7에서도 볼 수 있듯이 해수담수화 플랜트 시설에 의한 생산비용이 90년대 중반부터 꾸준히 감소하고 있어 2015년경에는 다른 수자원과 생산비용이 같아짐을 볼 수 있다.

5. 국내 해수담수화 시설 관련 제도 검토 및 개선 방향

우리나라의 수자원 이용은 국토해양부와 환경부를 통해 이뤄지고 있다. 국토해양부의 경우 수자원 개발, 홍수 및 관리 등을 맡고 있고, 환경부는 수질관리와 상하수도 서비스 부분을 맡고 있다.

해수담수화 시설의 경우 환경부 주관인 수도법에 따라 운영

되고 있으며 국토해양부 예하기관인 한국수자원공사에서 담당하고 있다. 현재 수도법상에는 해수담수화 시설에 대한 정확한 범규가 마련되어 있지 않으나, 담수화 시설을 통해 상수도 서비스를 제공한다는 측면과 부합하여 수도법을 따르고 있다.(수도법, 2008) 현재 수도법 상에는 해수 및 해수담수화 시설에 대한 정확한 정의가 포함되어있지 않은 상태이다. 상수원 관리규칙상에는 수원으로써 해수가 명시되어 있지만, 상수원 관리규칙은 수도법 하위 법규로 해수담수화 시설 설치·운영에는 영향을 주지 못한다. 우리나라 해수담수화 시설의 경우 급수가 부족한 도시지역에 국한되어 소규모 해수담수화 시설로 운영되고 있어 현행법상 문제가 되지 않지만, 대규모의 해수담수화 플랜트 시설을 이용한 해안지역의 수도시설을 운영하기 위해서는 정식 수도사업 인가를 받아야만 일반상수도로서 수돗물의 공급이 가능해진다. 따라서 수도법 및 하위법령 상에 해수담수화시설 관련제도 개선이 요구된다. 수도법의 경우 우선적으로 범용 상 해수 및 해수담수화 시설에 대해 명확히 정의를 내려야 한다. 또한, 해수를 상수원으로 이용할 경우 원수의 수질검사 시 환경정책기본법에 명시된 해수의 기준을 따르게 되는데 이는 상수원 기준이라기보다는 양식업, 어업 등의 해역 기준으로 명시되어 있어 해수이용에 어려움이 발생한다. 해수를 상수원으로 사용하기 위해서는 별도의 해수 수질 기준이 요구된다. 마지막으로 해수담수화 시설을 수도시설로 이용하기 위해 이에 대한 명확한 설치기준 및 운영기준이 요구된다.

개발 및 이용촉진 관련 법규를 살펴보면 직접적으로 해수담수화 플랜트 개발과 관련된 법규는 없는 실정이고, 해양심층수 개발을 위한 해양심층수 개발 및 관리에 관한 법률은 있지만, 해수를 이용한다는 부분만 같을 뿐 상수도 서비스를 제공하는 해수담수화 시설과는 거리가 멀다. 해수담수화가 포함된 대체수자원의 개발 및 이용 촉진에 관한 법이 새로이 추진 중에 있으나, 빗물이용 위주의 법규이며, 수도법과의 중첩으로 인해 법률의 통과도 어려운 실정이다. 따라서 장기

적인 측면에서 해수담수화 기술 및 시설 지원, 전문가 육성 교육 등의 연구개발 지원부분과 설치 및 관리 관련 사항, 사업화 추진, 국고보조 사항 등을 포함한 해수담수화시설 개발 위주의 새로운 법 제정이 요구된다.

현재 지원제도로는 환경부의 상수도사업 재원조달 기준(2006)에 따라 도서지역 식수원 개발 사업 시 수원지, 관로, 해수담수화 등에 대하여 사업비의 70% 국고 지원이 가능하다. 이는 도서지역의 소규모 해수담수화 시설에 국한되어 있어 많이 부족한 실정이다. 해안지역에 대규모의 수도시설로써 이용하기 위해서는 현재 해수담수화시설의 생산비용을 고려해 볼 때 설치 및 운영에 국가와 지방자치단체의 재원조달 지원이 요구된다.

6. 결 론

최근 세계 담수시장은 RO(역삼투)방식을 이용한 대형화 발주가 주를 이루고 있다. 하지만 국내 해수담수화플랜트의 경우 아직까지 급수부족 지역에 국한하여 소규모로 운영되고 있다. 도서지역에 설치되어진 해수담수화 시설의 경우 설비단계에서 전부 또는 부분적인 국고지원을 통해서 설비되지만 운영상의 문제로 인해 폐쇄되는 곳이 있으며, 이는 국가적으로도 손실이라고 볼 수 있다. 국내 수도요금에 아직까지 저렴하고 해수담수화플랜트 시설을 이용한 담수의 경우 고가의 생산비용으로 인해 지속적으로 사용하기에 어려운 실정이다. 그리고 현재 국내에는 해수담수화 플랜트가 활성화 되지 않아 그와 관련된 법규나 지원제도 역시 전무한 상태이다.

해수담수화플랜트 시설의 경우 안정적인 국가 수자원 확보 뿐만 아니라 물 산업 측면에서도 큰 부분을 차지한다. 이처럼 향후 가치를 생각해 볼때 국내에 해수담수화플랜트 시설의 추가 적용이 필요하다고 여겨진다. 따라서 국내외 현황 및 관련 법규 및 제도를 분석해본 결과 국내 해수담수화 플랜트 시설의 적용 활성화를 위해 다음과 같은 방안을 제안한다.

1. 물수요 분석을 통해 나타난 국내 물 부족 지역 중 해안 지역 및 도서지역을 중점적으로 해수담수화플랜트 시설에 대한 경제성 분석을 실시하여 대체수자원으로써 해수담수화플랜트 시설을 이용한다. 다만 아직까지는 해수담수화 플랜트 시설을 통한 담수의 생산비용이 고가이기 때문에 기후변화에 따른 안정적인 수원확보 측면에서 해안지역에 수도 사업을 하거나 공업용수로 해수 담수화시설을 이용하는 지역에 대하여 정부와 지방자치단체에서 운영비용을 지원하는 방안이 요구된다.

2. 국내에서는 아직까지 수도법 상에 해수 및 해수담수화

플랜트 시설에 대한 명확한 규정이 없다. 해수담수화플랜트 시설을 정식 수도사업으로 국내에 적용하기 위해서는 해수에 대한 정의 및 기준과 해수담수화 시설기준, 운영기준 등 설치·운영에 대한 Guideline 마련이 선행되어야 한다.

3. 지속적인 해수담수화플랜트 시설의 발전을 위해서는 기술개발이 중요시 된다. 따라서 국내 해수담수화 시설의 기반 마련을 위한 해수담수화 기술개발, 이용 부분을 포함한 체계적인 지원제도가 마련되어야 한다. 이는 국내 해수담수화 시설의 발전 외에도 물 산업 측면에서 해수담수화 시설 수출을 위한 기반마련에도 필요한 사항이다. 국고지원 부분에서 재정상 많은 어려움이 예상되지만 급격하게 기후변화가 발생하는 최근의 상황과 장기적인 관점에서 접근한다면 해수를 이용한 담수화 플랜트에 대하여 충분히 적용할 가치가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(07해수담수B01-01-01)에 의해 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. 손진식, 양정석, 이선재, 장진구, 임재한, 김동하 (2008) 해외 해수담수화플랜트 수주현황 분석 및 연구, *상하수도학회지*, 22(3), pp. 337-342
2. 환경부,(2008) 수도법
3. 환경부, (2006) 전국 수도종합 계획
4. 국토해양부, (2006) 수자원 장기종합 계획
5. 박희경, 박노석 (1998)해수담수화의 국내 적용을 위한 타당성 검토, *대한 토목학회논문집*,18(2), pp. 354-373
6. 환경부, (2005) 국내 주요 도서지역 해수담수화 플랜트 시설 현황
7. UN, (2004) UN보고서
8. IPCC,(2007) IPCC 4차 보고서
9. IDA, *Desalination yearbook 2007~2008 Water Desalination Report*
10. Global Water Intelligence, *Desalination Markets 2007*
11. Juhn,P.E.(1997) Summary of IAEA Activities on Nuclear Desalination of Seawater, *International Atomic Energy Agency, IAEA-SM-347, Symposium on Desalination of Seawater with Nuclear Energy, Taejon , Republic of Korea,May1997, pp5-8.*