

해수담수화 : 대체 수자원으로의 가능성

박희경, ○ 박노석

1. 서 론

물은 바다에서 증발하여 대기 중으로 이동하며 대기 중에서 구름이 되어 움직이다 강우의 형태로 지상에 떨어진다. 일부는 다시 대기로 증발되고 일부는 땅으로 스며들어 지하수를 이루고 나머지는 지표수가 되어 하천, 호수 또는 댐 저수지 등을 형성하게 된다. 지하수와 지표수는 흘러 결국에는 다시 바다로 돌아가게 된다. 이와 같이 순환을 하는 물은 어떤 형태로든 해수든 지표수든 지하수든 구름이든 인간의 경제, 사회, 문화 활동에 자원으로 사용하게 되면 모두가 수자원이라고 할 수 있다. 근래에 국내의 물공급시스템이 댐과 광역상수도를 근간으로 하여 지표수를 집중 개발하여 공급하였던 관계로 수자원 하면 지표수를 의미하는 것으로 통용되는 예가 있다. 따라서, 근자에 와서 이 지표수가 부족하여 짐에 따라, 지하수개발, 하수재이용, 인공강우 및 해수담수화를 이용한 수원의 개발이 요구되자 지표수인 수자원을 대신한다는 의미에서 이들을 대체수자원 개발이라는 말로 부르고 있는 실정이다. 그러나, 이들이 이미 수자원임을 감안할 때, 대체수자원이라는 명칭은 합당하지 않다. 단지, 현재의 주요수원인 지표수의 부족 분을 보완하는 새로운 수원이라는 점에서 보조수원의 개발 또는 수원의 다변화라 부르는 것이 오히려 합당한 것으로 사료된다.

전세계적으로 물 부족 사태는 매년 심각해지고 있으며, 현재 전 세계 인구 중 40%가 식수난을 겪고 있다. 우리 나라도 마찬가지로 물압박국으로 분류되어 있으며, 해마다 국부적으로 갈수 문제가 심각해지고 있다. 보고에 의하면 21세기초에는 10%이상의 물 부족 사태가 발생한다고 한다 [한국수자원공사, 1993]. 따라서 새로운 물 공급원을 개발하는 것이 시급한 당면 과제로 현재 댐 건설, 지하수 개발, 하수 재이용, 해수담수화 등이 거론되고 있다. 현재의 수자원 중장기 계획에 의하면 2011년까지 30개 이상의 댐이 건설되어 필요한 물을 공급할 계획이나 환경문제 및 민원 등의 어려움으로 사실상 여러 면에서 차질이 예상되고 있으며, 국내 지형상 대수층의 빈약으로 인해 지하수의 개발을 기대하기도 어려운 실정이다. 소규모 지역적인 물 공급원으로 하수의 재이용이 각광을 받고 있기는 하나, 현재로는 물 공급원으로서의 기능보다는 수질 보전의 측면이 부각되어 실용성에 문제가 있다. 한편, 삼면이 바다로 둘러싸여 있고, 공업단지가 해안지역에 밀집되어 있는 국내 현실을 감안할 때, 해수담수화야말로 물 공급원으로서의 역할이 크게 기대되고 있다.

본 발표 자료에서는 보조수원으로서 해수담수화의 개발 가능성 및 필요성을 살펴보고자

한다. 이를 위하여 경제적이고 환경적인 면에서 현재의 주요 수원개발대안인 댐 및 광역상수도건설안과 서술적으로 비교하려한다..

2. 본 론

2.1 물관리 현황 및 댐건설 여건의 악화

우리 나라의 연평균 강수량은 세계 평균의 1.3배나 되나 1인당 강수량은 세계 평균의 1/11에 불과하며, 그나마 6~ 9월에 1년 강우의 67%가 집중적으로 내리는 수자원 빈국이다. 이런 강우의 집중으로 인해 수자원 총량(1,267억 톤) 중 이용율은 23%에 불과하며 나머지 77%는 홍수 등에 의해 손실되고, 홍수기와 갈수기에 하천 유량의 차이가 유럽 등에 비해 10배 이상 커서 수자원 관리에 매우 불리한 입장이다 [한국수자원공사, 1996a]. 현재 건설 중에 있는 용담·남강 등 7개 댐을 2001년까지 완공하더라도 <표 1>에 제시된 바와 같이 2001년 이후에는 전국적으로 심각한 물 부족 사태가 예상되고 있으며, 지금도 겨울 가뭄 시에는 상습적으로 식수난을 겪는 지역이 많다 [한국수자원공사, 1993]. 지금과 같은 추세라면 대규모의 수원개발이나 용수확보를 위한 효과적인 대체 수단이 없는 한, 갈수기에는 광범위한 급수제한이 실시되고, 공중위생과 산업에 중대한 영향을 줄 것으로 예상되고 있다.

표 1. 단계별 물수급 현황 및 전망

(단위 : 백만톤/년)

구분	1994	2001	2011
용수 수요량	30,144	33,662	36,673
용수 공급량	32,463	34,364	34,662
과부족량	2,319	702	△ 2,011

수질관리의 측면에서 보면 물 사용량의 증가와 더불어 하수와 폐수의 발생량이 해마다 증가하고 있으나 환경기초시설의 확충이 미비하여 상수원인 하천의 수질이 날로 악화되고 있다. 환경부는 현재 전국 하천을 이용 목적에 따라 195개 구간으로 구분하여 수질 목표를 설정·관리하고 있으나, 목표 달성율은 13.8%에 불과하며, 4대강 중 한강을 제외한 주요 수계의 중·상류에 인구 및 산업의 도시집중 현상으로 수질은 악화 일로를 걷고 있다.

이와 같은 양과 질에서의 문제점들을 해결하기 위하여 정부에서는 댐, 광역상수도 및 처리장 등의 시설들을 확충할 계획을 하고 있다. 그러나, 댐 및 광역상수도의 건설은 수몰지로 인한 생활기반의 상실, 댐 인근지역의 생태계 변화, 주변지역의 개발제한 등으로 지역주민의 반대가 심화되어 가고 있다. 근래의 내린천댐 건설의 취소 및 동강에서의 댐 개발 반대 등이 그 좋은 예라 하겠다. 또한, 댐적지의 소진, 보상비의 상승 등으로 새로운 댐의 건설을

위한 비용은 나날이 상승하고 있다 [건설교통부, 1996]. 지난 20년간 우리가 알고 있던 댐 건설을 통한 용수의 확보가 가장 경제적인 대안이라는 통념은 더 이상 적용되지 못하는 곳이 늘고 있는 실정이다. 실제로 경상도 및 전라도의 해안지방의 공업단지에 물을 공급하기 위해 현재 계획되고 있는 댐들 중 상당수가 그 개발단가가 톤당 몇천 원씩 되어 기존의 몇 십 원 또는 몇백 원에 비해 상당히 높은 것으로 알려져 있다.

2.2 해수담수화의 경제성 비교

현재 국내에서 담수화를 적용하는데 있어 가장 큰 장애로는 많은 사람들이 경제성이라고 생각하고 있다. 이들이 흔히 이야기하는 경제성비교에는 크게 두 가지 유의하여야 할 점이 있는 것으로 필자는 보고 있다. 첫째, 해수담수화의 비용을 현재의 물값과 비교하는 것이다. 수도 요금은 각 도시마다 다르며, 그 범위는 대개 톤당 300원~500원 정도이다. 이렇게 낮은 가격에서 800원대를 상회하는 RO를 이용한 해수 담수화는 고려될 수 없는 실정이라고 한다. 그러나, 이 경우는 비교 대상을 잘못 선정한 것이다. 해수 담수화를 대체수자원 또는 보조수원으로 국가에서 또는 이를 대신한 공사에서 개발을 하는 경우에는 해수 담수화의 개발 비용이 다른 수자원의 개발비용과 비교되어야 한다. 즉, 앞에서 논의된 바와 같이 댐 및 광역상수도를 건설하여 물을 공급할 계획을 갖고 있는 해안 지역에서 해수 담수화로 대신 공급할 계획을 세우는 경우, 비교가 되어야 할 비용은 현재의 물값이 아니라 댐 및 광역상수도의 건설비용이다. 현재 보상비의 인상 등으로 인하여 댐 및 광역상수도의 건설비용이 상당히 높은 것을 감안할 때, 해수 담수화의 경제성이 그다지 나쁘다고 만은 할 수 없다. 두 번째로, 댐과 광역상수도 대안과 해수담수화 대안이 비교될 때, 똑같은 방법으로 생산비용을 계산하여 비교하여야 할 것이다. 필자가 살펴본 바에 의하면, 두 대안을 계산하는 방법에 상당한 차이가 있다. 따라서, 전자의 생산단가가 후자보다 상당히 낮은 것으로 알려져 있으나 이것은 계산방법의 차이에 기인하는 요소가 적지 않은 것으로 사료된다. 따라서, 현재에 알려진 단위비용만을 가지고 두 대안을 비교하는 것은 부당하며 같은 방법 및 근거에 의해 보다 자세한 경제성의 비교가 두 대안을 상대로 시행되어야 할 필요가 있다.

3. 해수담수화의 단위 생산비용

세계적으로 증가하는 추세에 있으며 국내에서도 여러 면에서 가능성을 보이고 있는 해수 담수화의 국내적용을 위해서는 먼저 경제적인 측면의 연구가 이루어져야한다. 올바른 경제성 평가를 위해서는 건설비 및 운전 유지비(O&M) 자료가 필요하나, 국내에서는 이에 대한 자료가 없으므로, 본 장에서는 외국에서 적용된 자료를 토대로 실행한 필자의 연구결과를 중심으로 경제성을 검토하였다

경제성 평가의 주요 인자로 자본 비용과 운전 유지비를 들 수 있는데, 자본 비용은 직접 자본 비용과 간접 자본 비용으로 나뉘며, 전자는 대지 비용, 건설비, 시설비, 수처리, 전력

공급 등이 포함되며, 후자는 건설기간 중 이자, 관리비, 인건비 등이 포함된다. 운전 유지비용은 유지 인건비, 행정 비용, 재료, 화학 약품, 연료, 전기 전력 비용 등이 포함된다. 외국의 20여사례를 분석하여 발표한 필자의 연구결과에 의하면 담수화의 단위비용은 <그림 1>에 제시된 바와 같이 변화한다 [Park et al., 1998]. (외국자료를 사용하였으므로 분석의 편의상 US\$를 비용의 단위로 사용하였음). 국내에서와 사정이 비슷한, 즉 에너지 비용이 약 US\$0.06/kwh이고 생산수의 염도가 300ppm미만인 경우들만을 선정하여 보았을 때, <그림 1>에 제시된 바와 같이 A군과 B군에 속한 비용들이 선정되었다. 이들의 톤당 생산비용 (단위생산비용)은 약 US\$1.0 - \$1.5 정도이다. 다른 대안들과의 비교를 위해 환율을 1달러당 850원을 적용할 때, 단위생산비용은 약 850-1275원정도 된다고 말할 수 있다. 이 가격은 지역 및 기술 등 여러 사정에 따라 차이가 있을 수 있을 것이다. 비용분석을 위해 선정된 사례들이 미국, 중동의 여러 국가와 인도에서 적용되었던 것들로 각 국가들의 사정이 서로 다를 것을 감안할 때, 이 가격을 국내에 그대로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

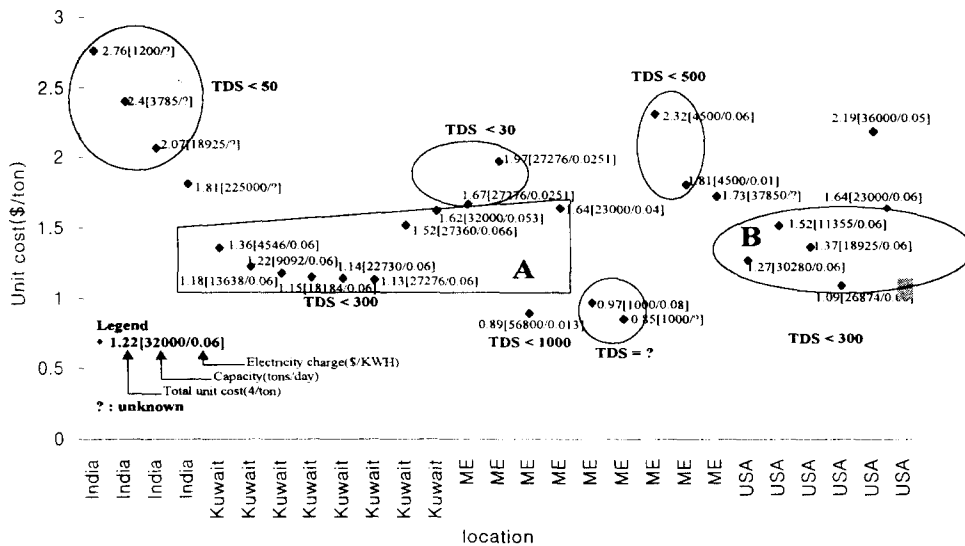


그림 1. 에너지 비용 및 담수화 단위비용 분석 [Park et al., 1998]

한편, 위의 분석에는 역삼투막법 (Reverse Osmosis, RO)을 이용한 담수화플랜트들의 자료를 사용하였다. 담수화 방법에 따라 비용은 달라질 수 있는 것으로 RO는 50,000톤/일 이하 규모에서 더욱 경제적인 것으로 나타났으며, 증발법의 경우는 규모가 큰 경우 비용이 저렴한 것으로 나타났다. 따라서, 위의 단위비용은 담수화계획을 위한 타당성 조사 등에는 유용하게 적용될 것으로 사료된다. 그러나, 실제 담수화플랜트를 건설할 경우에는 보다 정밀한 비용분석이 필요할 것이다.

4. 결 론

대체수자원, 즉 보조수자원으로서 해수 담수화를 살펴볼 때, 다음과 같은 가능성 또는 전망을 내다 볼 수 있다.

(1) 해안지역 용수공급을 목적으로 계획되고 있는 댐과 광역상수도 건설의 대안으로 해수담수화는 경제적인 면과 환경적인 면에서 경쟁력이 있을 수 있다. 근래에 댐적지의 부재, 보상비의 상승 등으로 댐 및 광역상수도의 개발단가가 급등하고 있다. 특히, 해안지방의 용수공급을 목적으로 계획된 댐들 중에는 이와 같은 요인으로 현재의 개발단가가 이미 상당히 높은 경우가 있다. 또한, 대규모 수몰지로 인한 생활기반 상실, 댐 인근지역의 생태계변화 및 환경파괴, 많은 이주민의 발생, 주변지역의 개발 제한 등으로 지역 주민들 및 환경 보호 단체들의 댐건설에 대한 반대는 날로 심화되고 있다 [건설교통부, 1996]. 내린천댐 건설의 취소와 동강을 파괴하는 댐건설에 대한 최근의 논쟁 등이 좋은 예이다. 이 모든 것을 감안할 때 댐 및 광역상수도 건설방안이 갖는 이점은 점차 사라져 가고 있다. 특별히, 해안지방에서는 더욱 심한 것으로 사료된다. 이에 대한 대안으로 해안지방을 중심으로 해수담수화를 이용한 용수개발 방안은 많은 가능성이 있다 하겠다.

(2) 해수담수화의 단위생산비용은 톤당 850원에서 1275원정도 인 것으로 사료된다. 일반적인 댐 및 광역상수도의 개발비용보다 높은 것이 사실이다. 그러나, 해안지방을 공급하기 위한 댐들중의 일부는 비용이 상당히 높은 것으로 알려져 있다. 이들을 대신하기 위한 방안으로 해수담수화는 고려될 수 있을 것이다. 주의하여야 할 점은, 댐 및 광역상수도 개발단가의 계산방법이 해수담수화의 경우와 상당히 다른 관계로, 대안들의 경제성 비교를 위해서는 개발 단가들을 같은 근거 하에서 같은 방법으로 다시 산정하여야 한다는 것이다. 특히, 편익의 계산부분에서 많은 차이를 보이고 있으므로 조심하여야 할 것으로 사료된다.

(3) 보다 근본적인 가뭄대비비용으로 해수담수화방안을 심도 깊게 고려하여야 할 필요가 있다. 앞에서 논의된 바와 같이 우리 나라에서 발생한 근래의 주요가뭄은 '67-68년, '76-77년, '81-82년, '87-88년 및 '94-95년의 5번을 들 수 있다. 약 5-6년마다 한번씩 큰 가뭄이 드는 것으로 추정할 수 있다. 이와 같은 가뭄이 들 때마다, 먹는 물의 공급은 물론이고 공업용수의 공급이 어려워져 경제적인 손실도 상당하다. 울산지역에서 165개의 제조업체를 대상으로 조사한 결과 68.9%의 업체가 공업용수의 절대부족을 호소하고 있으며 37%에 달하는 업체는 물부족으로 인한 가동중단이나 조업단축을 한 경험이 있는 것으로 나타났다 [매일경제신문, 1993]. 이와 같은 물부족으로 인한 경제손실을 산출한 결과 가동을 감소비용이 30%인 경우 약 13조 5천억원의 손실이 전국적으로 예상된다 [국토개발연구원, 1992]. 엘니뇨현상, 지구온난화와 같은 이상기후로 인하여 극심한 가뭄이 닥쳐올 가능성이 높아가고 가뭄으로 인한 경제적 손실이 천문학적 숫자임을 감안할 때 이를 대비한 항구적인 계획 및 시설의 완비는 무엇보다도 필요하다. 또한 주요 가뭄지역이 주로 경상도와 전라도의 해안지방을 중심으로 위치하고 있는 것을 감안할 때, 가뭄대비를 위한 최적의 대안은 해수담수화일 것으로 사료된다. 이를 위한 계획과 건설에 보다 많은 관심과 노력이 투자되어야 할 것은 두말할 나위가 없다.

5) 그 동안 시행된 경제개발의 성공으로 국민들의 경제 및 문화생활은 눈부시게 향상되었다. 이 결과 1일 1인당 급수량이 1970년 158리터에서 1993년 394리터로 증가하게 되었다 [환경부, 1995]. 병행하여 상수도 보급율도 꾸준히 증가하여 현재 도시지역인 경우 보급율이 98%로 선진국 수준이고 농어촌지역은 19.8%이다 [환경부, 1998a]. 반면에, 도서지역은 1995년 현재 1일1인당 급수량이 100리터 미만인 것으로 추정되고 있으며 [환경부, 1998b], 상수도 보급율도 단지 9.5%에 불과한 실정이다. 따라서, 도서지역은 절대적으로 공급량이 작은 것은 물론이고 다른 지역과 비교하여 상대적으로도 낮아 어려움은 가중되고 있는 실정이다. 국민의 복지 향상 차원에서 볼 때, 도서지방의 생활용수 해결은 무엇보다 시급한 것으로 사료된다. 해수담수화를 적용할 경우, 규모가 적은 관계로 그 비용이 상당히 비쌀 것이다. 그러나, 도서지역에서는 비용을 떠나 복리증진의 차원에서 해수담수화의 가능성을 적극 검토하여야 할 것이다.

6. 참고문헌

1. 건설교통부 (1996), 수자원장기종합계획 (1997-2011).
2. 국토개발연구원 (1992) 용수관리정책의 기본방향
3. 매일경제신문 (1993) '93. 9. 24일자
4. 한국수자원공사 (1993) 21세기를 바라보는 수자원 전망.
5. 한국수자원공사 (1996a). 숫자로 본 수자원.
6. 환경부 (1995) 상수도통계.
7. 환경부 (1998a) 홈페이지, <http://www.moenv.go.kr/sang/sang1-2.html>
8. 환경부 (1998b) 수도정책과 담당자와의 전화통화.
9. Park, Mi-Hyun, No-Suk Park, Heekyung Park, Hang-Sik Shin, and Byung-Duck Kim (1998) An Economic Analysis of Desalination for Potential Application in Korea, Desalination, the International Journal on the Science and Technology of Desalting and Water Purification, V. 114, No. 3, pp.209-222