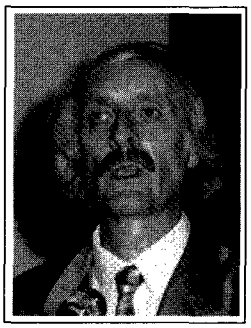
물의 수요와 공급

R. Helmer
국제보건기구(WHO)



"인구 증가와 경제 성장에 따른 물 수요의 증가 때문에 앞으로 수자원 이용에 피할 수 없는 제한이 따를 것이다. 따라서 저급수를 사용해도 괜찮은 곳에서는 물을 재사용·재순환하고, 식수나 특수 목적의 산업 용수는 해수나 소금기 많은 지표수를 담수화하여 제한된 수자원을 효과적으로 사용해야 할 것이다."

97년 UN 물 회의에서 채택된 Mar Plata Action Plan에는 "모든 사람들은 그들의 개발 상태나 사회적 경제적 조건에 상관없이 양과 질에서 기본 요구를 충족시킬 수 있을 정도의 식수를 공급받을 수 있는 권리가 있다"라고 명문화하고 있다.

이 목적을 달성하기 위해서는 경쟁 관계에 있는 물 사용자들간의 수요를 조정하기 위한 수자원 관리가 필요하게 된다.

도시·산업체 및 농업 부문에서 필요로 하는 물 수요를 조정해야 하며, 도시와 시골 지역 사람들 모두에게 물 공급이 원활하게 이루어질 수 있어야 한다.

마찬가지로 상수도와 하수도 설비를 잘 조화시켜 하수 방출에 따른 환경 공해 없이 양질의 식수 공급에 문제가 없도록 해야 한다.

소비자는 값싸고 믿을 수 있는 서비스를 요구하는데, 궁극적으로 경제적·사회적 상품으로서의 수자원 관리는 사회 자체가 책임을 져야 하며, 특히 개발 도상국에서 더욱더 그러하다.

이러한 요구들을 만족시키기 위한 방안들이 다음과 같은 국제 회의에서 논의되었다.

① 1990년 인도의 뉴델리에서 열린 1990년대를 위한 안전한 물과 위생에 대한 자문회의(Global Consultation on Safe Water and Sanitation) ② 1992년 아일랜드 더블린에서 열린 물과 환경에 대한 국제회의(International Conference on Water and Environment) ③ 1992년 브라질의 리우데자네이루에서 열린 환경과 개발에 대한 유엔 국제회의(United Nations Conference on Environment and Development).

최근에 경제·사회 분과 회의 천연자원에 대한 위원회(Committe on Natural Resources of Economic and Social Council)는 "전세계 인구의 약 40%에 해당하는 약 80개국에서 이미 심각한 물 부족 문제로 고통을 겪고 있으며, 수자원의 부족이 경제·사회 발전에 제한 요소가 되고 있다. 또한 증가일로에 있는 수자원의 오염이 해안 지대를 포함하여 전세계적으로 심각한 문제이다"라고 밝혔다.

94년 유엔의 지속 가능한 개발에 대한 위원회(Commission on

Sustainable Development)는 "많은 국가들이 빠른 수질 악화, 심각한 물 부족과 수자원의 감소로 인하여 국민 건강, 생태계 및 경제 발전에 심각한 영향을 받고 있다"고 밝혔다.

97년 4월에 열린 지속 가능한 개발에 대한 위원회에서는 「세계의 담수 자원 총체적 추정」이라는 보고서를 발표하였으며, 이 보고서의 주요 결론을 본 논문에 이용하였다.

이용 가능한 세계 수자원 총량

비록 지구의 70%가 물로 덮여 있으나 97.5%가 염분수이고 나머지 2.5%만이 담수이다. 거의 70%의 담수가 남극과 그린란드의 빙하이고, 나머지도 토양수이거나 사람이 접근하기 어려운 지하수이다.

따라서 지구상의 물 가운데 약 0.007%만이 인류가 직접 이용 가능한 정도이다.

이런 물은 호수 · 강 · 저수지 혹은 적절한 수준의 비용을 들여 얻을 수 있는 얕은 지하수로 존재한다.

단지 이 정도의 양만이 규칙적으로 비나 눈 따위로 재순환되어 지속적인 자원으로 이용 가능한 것이다.

인류가 쉽게 사용할 수 있는 담수의 양은 1년에 약 9,000km^3 정도이다. 또 다른 3,500km^{3}의 물은 댐이나 저수지에 저장되어 있다.

인류의 필요에 따라 이 이외의 수자원을 활용하는 데는 지형학적 위치, 먼 거리, 그리고 환경 영향 등의 이유로 개발 비용이 급격히 비싸게 된다.

현재 쉽게 이용 가능한 약 12,500km^{3}의 물 중 약 절반 정도를 실제적으로 사용하고 있다.

향후 50년간 약 50%의 인구 증가와 이와 함께 수반되는 경제 성장, 생활 스타일 변화에 따라 증가되는 소비량을 예상할 때, 남아있는 수자원은 예상 소비량을 충분히 공급할 수 없는 양이다.

세계적인 수자원 분포를 국가별로 보면, 어떤 나라는 아직까지 충분히 많은 양의 물이 있으나 다른 나라들은 심각한 어려움에 직면하고 있다.

인구 증가와 경제 성장에 따른 물 수요 증가 때문에 향후 수자원 이용에 피할 수 없는 제한이 따를 것이다.

세계적으로 담수가 고르게 분포되어 있지 않기 때문에 건조 지역이나 혹은 반건조 지역에 있는 나라에서 물 부족은 현실이며, 계절간의 차이 때문에 가장 물이 필요한 시기에 물 공급이 원활하지 않다.

따라서 대규모 물 소비를 대비하여 관개 용수의 개발이 요구되었다.

지구상의 지표수에 근거하여 볼 때, 물 이용 가능량의 이론적 평균치는 인구 1명당 1년에 7,600km^{3}로 추정되는데, 30년전에는 이 양의 두 배였다.

실제에 있어서는, 세계의 많은 사람들에게 있어서 실질적으로 이용 가능한 물의 양은 이보다 훨씬 적다.

〈표 1〉 부문별 물 취득과 소비

부문	물 취득(%)	물 소비(%)
농업	70.1	93.5
산업	20.0	3.8
주민 사용	9.9	2.7
계	100	100

자료 인용 : 유엔, 1997 (2)

세계적인 물 취득량은 95년에 약 3,000km^{3}로 평가 되었는데, 이는 지질학적으로 취득 가능한 지구상 지표수의 54%에 해당하는 양이다.

물 부족은 지표수나 저장량의 자연적 변화에 의하거나, 실제로 물이 요구되는 지역에 물을 수송할 능력이 없거나 혹은 수자원을 과다하게 사용함으로써 야기된다.

지역별 물 수요

물 취득 및 소비의 주요 형태는 농업 · 산업 그리고 가정 용수의 순이다 〈표 1〉.

산업체와 사람들에 의해 사용된 물은 대부분 수질이 나빠져서 호수 · 강 혹은 다른 물줄기로 되돌아가게 된다.

관개 용수는 일부는 농작물 생산에 사용되고, 일부는 토양의 소금기를 없애는 데 사용된다.

그러나 대부분의 관개 시스템은 비효율적이어서 취득한 관개 용수의 약 60%만이 다시 강이나 지표수로 되돌아간다.

수요에 부응하기 위한 세계의 물 취득량은 금세기에 획기적으로 증가하고 있는 중이다.

90년부터 95년 사이에 물 취득 증가율은 6배에 달하였는데, 이는 인구 증가율의 2배에 이른다.

이런 빠른 증가는 식량 증산을 위한 관개 시스템, 산업 용수, 가정 용수의 증가에 기인한 것이다.

세계 평균적으로 관개수로 농업을 위한 물 취득량이 전체의 70%를 차지하며, 이 수치는 열대 건조 지역에서 약 90%까지 오르게 된다.

농업에 가장 많은 물이 소비되며 전체 소비량의 87%를 차지한다.

전통적으로 대부분의 식량은 비가 내려 만들어지는 토양수를 머금은 땅에서 길러진다.

그러나 식량 증산이 필요함에 따라 호수 · 강 및 지하수를 취득하여 사용하는 관개 농업이 증가하고 있다.

관개 농법은 단지 17%의 경작지에서 세계 식량의 40% 정도를 생산하고 있다.

녹색 혁명을 포함한 최근의 획기적인 식량 증산은 화학 비료와 농약의 사용과 더불어 다생산 곡물 품종의 개발에 힘입은 바 크며, 빠른 곡물 성장을 위해 적기에 적절한 물을 공급할 수 있는 관개 시스템의 개발 덕분이다.

60년대 이래로 관개를 위한 물 취득량은 약 60%이상 증가되었다.

물 부족 도시를 위한 물은 96년 유엔의 HABITA-Ⅱ회의(UN Conference on Human Settlements)의 주요 주제 중의 하나였다.

개발 도상국의 많은 도시들의 최우선 환경 문제는 깨끗한 물과 위생 설비의 확보이다.

19세기와 20세기에 유럽의 도시들이 깨끗한 물을 공급받고 위생 시설을 확보하였을때, 도시민의 건강이 획기적으로 향상되었으며 수명은 빠르게 늘어나게 되었다.

2025년에는 세계 인구의 약 61%가 도시에서 살게 될 것으로 추정되기 때문에, 21세기에는 거대 도시의 성장이 인류 건강에 최대의 위협이 될 것이다.

유엔 통계에 의하면 50년에서 55년 사이에 인구가 백만명이 넘는 도시가 2배 늘었는데, 개발 도상국에서는 그 숫자가 34개에서 213개로 6배 증가되었다.

통계에 따르면 94년에 개발 도상국 도시 인구의 83.6%가 안전한 물을 공급받고 있음에 반하여 약 68.5%만이 위생 시설의 혜택을 받고 있다.

이것은 위생 시설의 구축이 물 공급에 비해 아주 늦게 추진되고 있음을 보여주고 있으며, 집에 하수 시설을 갖추는 일보다 상수도를 갖추는 일에 사람들이 우선적으로 관심을 두고 있음을 말하고 있다.

오늘날 엔지니어가 해결해야 할 중요한 숙제 중 하나는 상수도관의 노후에 따른 누수를 최소화는 일이다.

상수도관을 통해 공급되는 수돗물의 누수량이 최고 60%에 달하는 아주 충격적인 경우도 보고되고 있다.

도시의 수자원 공사는 사람들이 원하고 또한 기꺼이 지불하고자 하는 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

개발 도상국에서는 모든 도시민들에게 상수도 공급을 할 수 있지 않기 때문에 물 공급 정책은 통상 부유한 지역에 대해서는 상수도 공급에 주력하고, 도시 변두리 지역에서는 급수탑이나 수동 펌프를 이용한 식수 공급을 추진하고 있다.

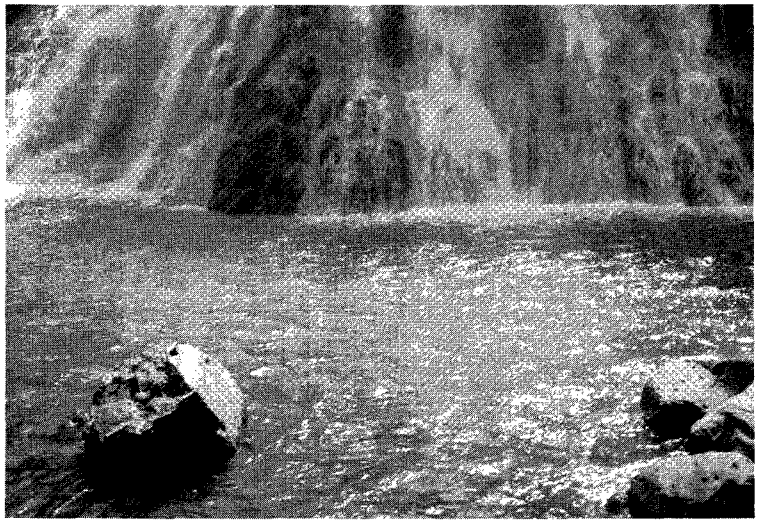
이와 대조적으로, 산업화된 나라에서의 물 소비자들은 작동, 유지 보수 및 투자 자본 등의 물 공급에 필요한 모든 비용을 지불하고 있다.

개발 도상국에서는 총 소요 경비의 약 35%밖에 안되는 훨씬 적은 비용을 지불하고 있다.

그러나 대부분의 도시민들은 안정적인 상수도 공급을 원하고 있으며, 여기에 필요한 모든 비용을 지불할 용의가 있다고 조사되고 있다. 따라서 개혁적인 금융 지원이나 사용자 부담 원칙을 통해 도시민들의 상수도 수요량을 공급할 수 있을 것이다.

바람직하면서 실현 가능한 목표는 모든 도시민들이 최소한의 기본적인 양의 가정 용수를 확보하는 것이어야 한다.

전문가들에 따르면 도시 변두리 거주민들에게 필요한 최소 용수량으로 하



지구의 70%가 물로 덮여 있으나 97.5%가 염분수이고 2.5%만이 담수이다. 담수 중 70%가 빙하이고, 나머지는 토양수나 지하수로서, 지구상의 물 가운데 약 0.007%만이 인류가 직접 이용 가능한 정도이다.

루 50리터가 적절하다고 말하고 있다.

세계적으로 보면 어떤 곳에서는 하루 20리터의 깨끗한 물을 공급할 수 있으면 굉장한 개선이 이루어진 것으로 보고 있지만, 다른 곳에서는 200리터가 공급되어야만 충분하다고 생각하고 있다.

92년 리우데자네이루에서 열린 UN 주재 「환경과 개발에 대한 컨퍼런스(Conferenece on environment and development)에서는 "2000년까지 모든 도시 거주민은 하루 40리터의 깨끗한 물을 공급받을 수 있어야 한다"고 천명하였다.

하지만 이 정도의 수준도 개발 도상국의 도시 물 공급자에게는 엄청나게 어려운 도전이다.

산업 용수에 대한 소요량은 아주 합리적으로 관리되고 있다.

여러가지 용수 절약 방법이 도입되었는데 〈표 2〉에 제시된 바와 같이 내부 재순환 방법의 사용이 점차 증가 추세에 있다.

따라서 단위 생산당 필요한 용수량은 최근에 급격히 감소되고 있다.

물 소요는 양뿐만 아니라 사용 목적에 따른 최소한의 질에 대한 것을 포함한다. 식수는 가장 엄격한 요건을 만족시켜야 하는 반면, 관개 용수는 생산 작물에 따라 요구되는 최소 염도만 만족시키면 된다.

유럽이나 북미에서는 수질과 수중 생태계를 복원시키기 위해 오염을 줄이는 데 많은 노력을 기울여 왔다. 불행히도 개발 도상국에서는 하수의 약 90%까지 아무런 처리없이 방류되고 있기 때문에 담수원이 오염되어 수자원, 특히 식수원이 급격히 감소되는 결과를 낳고 있다.

물 공급과 위생

안전한 물과 위생 시설의 확보는 모든 인간에게 필요한 기본 요구로 인식된다. 그러나 94년에 개발 도상국의 약 11.1억명과 28.7억명이 각각 안전한 물과 적절한 위생 시설을 얻지 못하고 있다.,

선진국과 경제 발전기에 있는 국가들을 포함하여 전세계 인구의 약 20%가 안전한 물을 공급받지 못하고

〈표 2〉 미국 제조업체의 물 재사용 횟수

제조업체	1968	1985	2000
제지 산업	2.9	6.6	11.8
화학 산업	2.1	13.2	28.0
석유 및 석탄 산업	5.1	18.3	32.7
주요 금속 산업	1.6	6.0	12.3
전체 제조업	2.3	8.6	17.1

자료 인용 : Postel, 1986 (6)

〈표 3〉 개발 도상국에서의 물 공급 현황

구 분	인구(10억)		
	1990	1994	2000
물 공급을 받는 인구	2.49	3.27	4.13
물 공급을 못받는 인구	1.58	1.11	0.75
전 체	4.07	4.38	4.88

자료 인용 : WHO, 1996 (7)

〈표 4〉 개발 도상국에서의 위생 시설 보급 현황

구 분	인구 (10억)		
	1990	1994	2000
위생시설의 혜택을 받는 인구	1.47	1.51	1.57
위생시설의 혜택을 못받는 인구	2.60	2.87	3.31
전 체	4.07	4.38	4.88

자료 인용 : WHO, 1996 (7)

5월 26일~30일까지 대덕 연구단지에서 열린 원자력 이용 해수 담수화 심포지엄

있고, 약 50%가 적절한 위생 시설을 갖추지 못하고 있다.

2000년까지 안전한 물을 공급받지 못하는 인구는 7.5억명으로 줄어들 것으로 추정되나, 위생 시설을 갖추지 못하는 인구는 33.1억명으로 늘어날 것으로 보인다.

따라서 1980~1990년 사이에 국제적으로 추진된 식수와 위생 시설 10개년 공급 계획에 따라 이룩된 성과는 〈표 3·4〉에서 보는 바와 같이 2000년에는 다시 원점으로 돌아가게 될 것이다.

인류의 건강은 안전하고 깨끗한 물의 공급에 달려 있다.

WHO는 안전하지 못한 물의 공급과 비위생 상태로 인하여 매년 약 5백만명의 인간이 죽는다고 추정하고 있다.

식수에 포함되어 있는 화학 물질, 예를 들면 살충제나 중금속은 건강에 매우 위험하다. 안전한 물을 공급하기 위한 노력을 돕기 위해, WHO는 식수의 질에 대한 지침서에서 건강에 영향을 미치는 화학 물질과 미생물에 대한 허용치를 규정하고 있다.

물 부족

유한한 수자원을 가지고 계속 증가하는 물 소요량을 만족시키려 하면 천연 수자원이 고갈되게 된다.

많은 나라에서 이런 이유 때문에 물 소요량을 충분히 공급할 수 없게 되었고, 결국에는 반건조 지역이나 건조 지역에서는 지속적인 위기에 직면하게 되었다.

물 부족은 강, 호수 혹은 지하수를 너무 많이 사용하여 공급이 사람이나 생태계의 요구량을 더이상 따르지 못하게 될 때 일어난다.

물 부족은 이용 가능한 수자원이 많지 않은 지역이나 또는 인구 증가가 지나치게 높은 지역에서 쉽게 발생하게 된다.

만일 물 소비 형태의 변화로 인하여 수자원 소요량이 증가하게 되면 물 부족 현상은 더욱 더 심각해진다.

지속 가능한 개발에 대한 위원회(Commission of Sustainable Development)에 보고된 평가보고서에서는 물 부족의 범주를 다음의 네 가지로 정의하고 있다.

① 문제가 없음 : 이용 가능한 담수의 10% 이하를 사용하는 국가는 전반적으로 물 부족 현상이 없음.

② 약간의 물 부족 : 10~20% 정도를 사용하는 국가는 일반적으로 이용 가능량이 제한 요소가 되며, 물의 공급을 증가시키고 수요를 감소시키기 위해 상당한 노력과 투자가 필요함.

③ 상당한 물 부족 : 물의 사용량이 20~40%에 이르면 지속 가능한 이용을 보장하기 위하여 물의 공급과 수요에 대한 양면을 모두 관리하는 것이 필요함. 경쟁 부문별 물 사용을 적절히 조정하는 것이 필요할 것이며, 수중 생태계에 적절한 양의 물이 유입되도록 특별한 관심이 요망됨. 개발 도상국에서는 특히 물 사용의 효율성을 높이는 데 많은 투자가 필요하게 되며, 국민 소득의 상당 부분을 수자원 관리에 사용하여야 함.

④ 심각한 물 부족 : 40% 이상을 사용하는 것은 심각한 물 부족을 나타내며, 통상 담수화와 재충전보다

빠른 속도의 지하수 소비를 통하여 공급을 만족함. 이는 물의 수요와 공급을 아주 철저히 관리하는 부서가 필요함을 의미함. 현재의 물 사용 행태와 공급의 균형을 계속 유지시킬 수 없으며 물 부족은 경제 성장에 제한 요소가 됨.

수자원 관리에 있어서 또 다른 중요한 요소는 물 부족이나 오염에 대한 국가의 대처 능력이다.

오염의 영향과 물 부족에 대한 국가의 대처 능력은 여러 가지 인자에 좌우되지만, 대체적으로 소득 수준이 높은 국가가 자금과 인력을 보유하고 있기 때문에 소득 수준이 낮은 국가에 비해 대처 능력이 낫다고 말할 수 있다.

많은 개발 도상국들은 낮은 소득 수준으로 인하여 효과적인 수자원 관리 기구를 만들지 못하고 있다.

통계에 따르면 세계 인구의 반 이상이 일인당 연간 800달러 이하의 낮은 소득을 얻고 있다.

이 가운데 1/3 이상이, 다시 말하면 9.5억명이 상당한 물 부족 범주에, 2.4억명이 심각한 물 부족 범주에 속하고 있다.

이러한 상황하에서 수자원 고갈은 관개 농업이나 산업 생산을 포함한 사회 · 경제 개발에 심각한 장애가 되고 있다.

다른 한편으로는 높은 소득(9,000달러 이상)을 얻는 나라 중에도 수자원은 풍부하나 과도한 사용과 오염으로 인해 물부족 범주에 속하는 나라도 있다.

어떤 나라들은 수자원을 거의 다 사용하였고, 종래의 방법으로는 생태계를 파괴하지 않거나 지하수를 고갈시키지 않고 물 공급을 늘릴 수 있는 방안이 없는 경우도 있다. 이런 상황하에서 해수 담수화는 좋은 수자원 공급 방안이 될 것이다.

미래 전망

중요한 사회 · 경제 부문들에 이용될 수 있는 수자원에 영향을 주는 몇 가지 중요한 인자가 있다.

세계 인구의 증가는 가장 기본적인 인자로서 식량 생산 및 산업 개발을 포함한 여러 가지 활동 영역, 특히 식수와 가정 용수에 의한 물 수요를 결정한다.

세계 인구는 95년의 57억명에서 2025년에는 83억명으로 증가할 것으로 예견되는데, 대부분의 인구 증가는 개발 도상국의 대도시에서 발생되는 것으로 보고 있다.

이 도시들은 오늘날에도 이미 물 부족, 간헐적인 물 공급 및 무리한 수자원 개발을 경험하고 있다.

산업 용수 사용량은 2025년까지 2배 이상, 수반되는 오염 물질 방출은 4배가 될 것으로 예상된다.

그러나 보다 효율적인 물 사용 기술과 무공해 기술을 도입함으로써 산업 용수의 수요는 크게 늘지 않고 수질 오염은 억제될 수 있을 것이다.

마찬가지로 현대의 관개 농법은 식량 안전을 저해하지 않으면서 관개 용수 수요를 감소시킬 수 있을 것이다.

그러나 인구 발전으로 인하여 모든 사회 · 경제 부문에서 한정된 수자원에 대한 수요가 증가할 수 밖에 없을 것이다.

현재의 물 수요 행태를 미래로 연장시켜 보면, 2025년에는 세계 인구의 2/3가 상당한 물 부족 상태에서 살게 될 것이다.

물 공급을 상당히 늘린다 하더라도 증가하는 수요를 감당할 수 없을 것이므로 물 소비 행태를 바람직한 방향으로 변화시켜야 할 것이다.

수자원 관리는 여러 사회 · 경제 활동에 필요한 물 수요를 고려하여 보다 합리적인 정책 및 전략에 기초해야 할 것이다.

저급수를 사용해도 괜찮은 곳에서는 물을 재사용하고 재순환함으로써 제한된 수자원을 효과적으로 사용할 수 있다.

아주 양질의 물, 예를 들면 식수나 혹은 특수 목적의 산업 용수는 해수나 소금기 많은 지표수를 담수화하여 사용하면 공급을 늘릴 수 있을 것이다.

그러나 이러한 방법을 이용하여 물 공급을 확대하는 것도 중요하지만, 엄격한 수요 관리만이 이제 겨우 보이기 시작한 물 위기에 효과적으로 대처하는 길일 것이다.