

# 세계 담수자원의 종합평가

—UN 사무총장 보고서—

## Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World

정 병 호\*

Cheong, Byeong-ho

### 1. 머리말

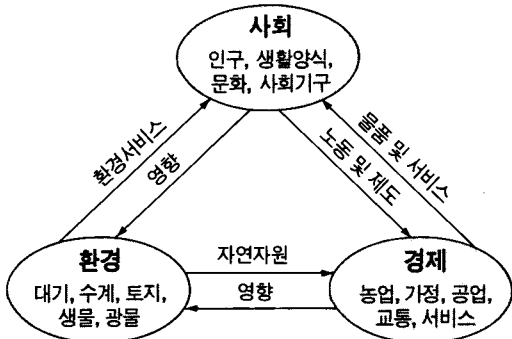
재생이 가능하지만 유한자원인 물의 오염과 사용량 증가로 고통받는 지역이 늘고 있으며, 이러한 지역에서는 강수량보다 많은 물이 사용됨으로서 물부족 현상이 발생하고 있다.

물문제를 지구 전체의 문제로 다루기 시작한 것은 1972년 스톡홀름에서 개최된 UN의 인간 환경에 관한 회의부터이며, 1977년 아르헨티나 마르델플라타(Mar del Plata)의 'UN 물회의(United Nations Water Conference)', 1990년 인도 뉴델리의 '안전한 물과 위생처리 세계 전문가회의(Global Consultation on Safe Water and Sanitation)', 1992년 아일랜드 더블린(Dublin)의 '21세기를 위한 물과 환경개발 국제 회의(International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century)'와 브라질 리오 데자네이로(Rio de Janeiro)의 '환경과 개발 UN회의(United Nations Conference on Environment and Development)' 등에서 세계의 물과 환경문제를 집중적으로 논의해 왔다. 그 이후 1994년 네덜란드 누르드윅(Noordwijk)의 '먹는 물 공급과 환경적 위생처리 국제 각료회의(Interministerial Conference on Drinking Water Supply and Environmental Sanitation)'

에서는 특히 물문제를 크게 강조하였다. 최근 UN 경제사회이사회 자연자원위원회(Committee on Natural Resources of the Economic and Social Council)는 세계 인구의 40%를 차지하는 80여개국이 이미 심한 물부족을 겪고 있으며, 물부족이 경제와 사회발전을 제한하는 경우가 허다하다고 경고하였다. 지속적인 수질오염 증가는 해안지역을 포함하는 세계의 문제로 지적되어 UN 지속가능개발위원회(UN Commission on Sustainable Development)는 1994년 제2차 회의에서 각국의 급속한 수질 악화, 극심한 물부족, 이용가능 담수량 감소 등이 인간의 건강, 생태계 및 경제개발에 막대한 영향을 끼치고 있다고 지적하였다.

따라서 UN 지속가능개발위원회는 세계 담수 자원 종합평가서를 1997년 제5차 위원회와 총회에 제출하도록 요구하였다. 본 보고서는 여러 UN기구와 정책조정지속가능개발국(Department of Policy Coordination and Sustainable Development), 개발지원관리국(Department of Development Support and Management), FAO, UNDP, 유엔환경계획(UNEP), UNESCO, UNIDO, 세계은행, 세계보건기구(WHO), 세계 기상기구(WMO)와 스톡홀름 환경 연구소가 협력하여 각 분야 전문가의 자문을 받아 작성하였다. 또한 스웨덴, 노르웨이, 덴마크, 네덜란드, 캐나다

\* 농어촌진흥공사 농어촌연구원



〈그림·1〉 인간과 자연에 미치는 물의 영향

정부는 재정지원을 하기도 하였다.

본 평가는 수량과 수질문제가 더 이상 악화되기 전에 긴급히 대처해야 할 필요성에 대한 인식을 제고하기 위하여 전반적인 검토를 하고자 한다.

## 2. 세계 담수자원의 공급, 확보 및 사용

담수는 인간생활, 경제성장 및 개발을 뒷받침하는 필수자원이다. 먹는 물, 위생 처리, 식량생산, 수산, 공업, 수력발전, 수운, 휴양 및 기타 활동에 이용되는 물은 대체가 불가능한 자원이다.

### 가. 이용가능 수량

많은 사람들은 지구를 70%가 물로 덮여 있는 푸른 위성으로 생각하고 있으나, 이러한 물의 97.5%는 염수이고 나머지 2.5%만이 담수이다. 담수의 70%는 빙하로 존재하고, 나머지 대부분도 인간이 사용할 수 없는 토양수분, 또는 지하 깊은 층에 모여있다. 그러므로 인간이 이용할 수 있는 담수는 전체 담수자원의 1% 미만, 또는 총수량의 0.007%에 불과하다. 호수, 강, 저수지의 물과 적정비용으로 채수할 수 있는 얕은 층의 지하수만이 비와 눈의 형태로 정기적으로 교체되며 지속적으로 이용할 수 있을 뿐이다.

매년 육지에 내리는 110,000km<sup>3</sup>의 강수중 많은 양이 증발, 또는 식물에 의해 소비되고 42,700km<sup>3</sup>(38.8%)만이 하천으로 유하한다. 1995년의 세계 하천유하량은 1인당 연평균 7,300m<sup>3</sup>로서 인구증가에 의해 1970년보다 37%나 감소되었다. 담수 자원은 비가 거의 오지 않는 사막지대에서부터 연간 강우량이 수미터나 되는 다우지역에 이르기까지 심한 차이를 보이며, 대부분의 유출량도 소수의 대하천에 집중되고 있다. 예를 들면 아마존강으로 세계 유출량의 16%가 유하하며, 콩고-자이레강으로 아프리카 하천유출 총량의 1/3이 흐른다. 육지의 40%를 차지하는 건조 및 반건조 지역에서는 세계 유출량의 2%만이 유출될 뿐이다.

대하천 지역에서도 이용가능 수량은 시간과 장소에 따라 큰 차이를 보이며, 유출량이 저수지나 호수에 저류되지 못하면, 해빙기나 집중호우시에 대부분 바다로 유출되어 계절적인 홍수가 발생하고 다른 시기에는 가뭄으로 고통을 받기도 한다.

전문가들은 손쉽게 이용할 수 있는 담수량 9,000km<sup>3</sup>와 댐이나 저수지에 저류되는 3,500km<sup>3</sup>을 합한 총 이용가능 수량은 12,500km<sup>3</sup>이며, 이 중 약 절반이 현재 사용되고 있다고 밝히고 있다. 그러나 50년후에는 50%의 인구증가와 경제성장 및 생활양식의 변화로 이용가능 수량의 거의 전량이 소비될 전망이다. 건전한 생태계 유지와 수산, 휴양, 수운 및 수력발전을 위해서도 하천에 적정량의 물이 보존되어야 한다. 세계의 물 사정은 소수의 수자원 부국을 제외한 많은 나라에서 이미 심각한 물문제에 직면하고 있을 정도로 매우 어려운 상태이며, 인구와 경제활동의 증가에 따라 물 사용량도 더욱 확대될 전망이다.

### 나. 물의 이용

댐과 수로, 건설, 습지배수, 삼림벌채 및 토양 피복제거 등 인간의 활동이 세계 도처에서 수문사이클의 여러 단계에서 물의 흐름을 변화시킨다. 지표수와 지하수를 오염시키며 대기중 수분의 화학적 성질도 변화시킨다. 농약과 축산 폐기물

은 물론 자동차, 가정, 사무실, 공장으로부터 오염물질이 배출되어 하천수와 지하수를 오염시킬 뿐만 아니라, 자연경관의 변화는 물의 양과 질에 영향을 끼친다.

농업, 공업 및 생활용수로 많은 물이 사용되며, 공업용수와 생활용수의 대부분은 사용후 수질이 저하되어 호수나 하천으로 환원된다. 그중 관개용수는 이용효율이 낮아 취수량의 약 60%가 강이나 지하로 되돌아 간다.

생태계 보존을 위한 유지수도 식량생산, 홍수 피해감소 및 독성오염물질 정화 등에 큰 혜택을 주고 있으나 다른 용수에 비하여 너무 소홀하게 취급되는 경우가 많다. 근래에는 수생계의 담수 수요에 대한 이해증진과 필요성 때문에 관련법이 제정되고, 물사용 결정자들도 환경유지수에 우선권을 두게 되었다.

#### 다. 물부족

금세기에 들어와서 물수요를 충족시키기 위하여 세계적으로 취수량이 극적으로 증가해 왔다. 1900~1995년간의 취수량은 식량안전 확보를 위한 관개의존도와 공업용수 및 1인당 생활용수의 급속한 증가로 인하여 인구 증가율보다 2배 이상 높이는 6배 이상 증가하였다.

이러한 물수요의 증가로 세계 각지에서 물부족이 발생하고, 다우지역에서도 물수요와 인구 증가로 수자원을 과도하게 사용하는 사례가 나타나고 있다. 이미 세계 인구의 8%가 넘는 4억6천만명이 물부족이 심한 나라에, 그리고 세계 인구의 1/4이 물부족이 심해지고 있는 나라에 살고 있다.

#### 라. 인간이 야기시킨 물부족

##### 1) 물의 양

전세계 취수량의 약 70%를 관개용수로 사용하며 건조지역에서는 90%까지 사용하는 경우도 있다. 현재까지 농업은 수자원 총 사용량의 87%를 차지하는 물을 가장 많이 소비하는 산업

이다. 전통적으로 대부분의 농작물은 빗물을 이용하여 재배해 왔으나, 식량수요가 증가하면서 호수와 하천수 및 지하수를 관개하여 토양 수분을 보충하게 되었다. 따라서 세계 농경지의 17%에 해당하는 관개농지에서 거의 40%의 식량을 생산하고 있다.

지난 수십년간에 이룩한 식량증산의 대부분은 녹색혁명을 포함한 비료와 방제 등과 연계된 다수확 품종 재배와 적정관개에 의존해 왔다고 할 수 있다. 이에 따라 1960년 이후 관개수량이 60% 이상이나 증가하였다.

1970년대 후반까지는 관개농지의 확대가 인구증가를 앞섰으나, 그 이후에는 적지의 제한, 물부족과 관개농지의 염화 등에 따른 토양 악화 때문에 인구 증가율 보다 낮아졌다. 그러나 농업총생산은 생산성의 증가로 여전히 인구증가를 앞서왔다. 지금은 충분한 식량생산이 가능하지만, 2025년에는 83억 인구에게 공급할 식량의 생산이 어려워져 식량구입비 마련과 생산활동도 지장을 받게 될 것이다. 여러 지역, 특히 건조 및 반건조지역에서는 관개수량도 제한되고 비용도 증가할 것이다.

##### 2) 과도한 물수요의 영향

지나친 취수로 인해 강하류의 유량감소 지역이 늘어나고, 호수가 줄어들기도 한다. 지하수는 세계 인구의 1/3에게 공급되고, 여러 지역의 농촌 거주자에게 주용수 공급원, 또는 유일한 용수공급원이 되며, 관개수로 사용되는 양도 증가하고 있다. 지하수를 자연보충 속도보다 빨리 채수하므로써 심하게 고갈되고 있는 지역도 많다. 이와 같은 과도한 지하수 사용은 향후 30년간 더욱 늘어날 전망이다, 이미 여러 지역에서 지하수위가 수십미터나 낮아져 지하수 이용이 어려워지거나 많은 비용이 소요되고 있다. 과도한 지하수의 사용은 특히 건기에 하천기저 유출량을 심하게 감소시켜 수중 생태계에 치명적인 영향을 준다.

대부분의 대수층은 비와 눈녹은 물로 정기적으로 보충되지만, 기상조건에 따라 보충되기 어

려운 경우도 있고, 수천년전에 함양된 지하저수지들은 화석기의 대수층으로 한번 사용된 후에는 보충되지 않거나, 보충될 경우에도 오랜 세월이 소요된다.

멕시코, 미국, 일본, 중국, 태국을 포함한 여러 나라에서 과다채수로 인해 지하수가 고갈되어 대수층의 상부지반이 1~10m나 침하하였다.

해안지역의 과다한 지하수 채수는 해수침입을 초래하여 지하수의 염분농도를 증가시키며 작은 섬에서는 과다 채수로 해수화된 지하수를 다시 담수화시키기 위하여 많은 비용을 투입하거나 지하수를 사용하지 못하고 물을 수입하기도 한다.

### 3) 수질오염 문제

수천년 동안 사람들은 물을 쓰레기를 버리는 편리한 장소로 사용해 왔으며 하수, 화학물질, 유류, 비료와 농약 등이 씻겨나오거나 지하로 침투되어 수질이 오염된다. 자연의 분해, 또는 정화능력을 훨씬 초과하는 쓰레기 배출 지역이 늘어나, 막대한 양의 물이 사용할 수 없게 되거나 제한된 목적으로 사용될 수 밖에 없도록 수질이 오염되고 있다.

도시부근의 수질악화로 공업용수로도 적합하지 않을 정도로 수질이 저하되고 있는 지역도 많다. 지하수는 한번 오염되면 흐름이 매우 더디기 때문에 다시 정화하기가 매우 어렵다.

수질오염 문제중에서

(1) 오염된 물을 처리하지 않고 마시면 질병을 유발시키는 원인이 되므로 먹는 물의 처리는 반드시 필요하다.

(2) 사람과 동물의 배설물, 세제, 비료분의 유출 등 각종 배출물에 포함된 인과 질소가 물에 씻겨 들어가면 부영양화 현상이 발생한다. 지나친 조류(藻類)의 성장은 수중의 산소량을 감소시켜 수중생물을 질식사시키고 악취를 발생시킨다.

(3) 비료와 사람과 가축의 배설물에 포함된 질소는 지하수를 오염시키며, 먹는 물에 질소 함유량이 높으면 피속의 헤모글로빈의 산소 운반능력을 감퇴시켜 유아의 건강을 위협한다.

(4) 10만종이 넘는 화학제품의 일부와 수많은 화학폐기물은 인간과 동식물에 해로운 영향을 끼칠 수 있다.

(5) 흙과 물에 포함된 중금속은 공업, 농업, 광산업에 사용되어 많은 양이 자연환경속으로 퍼져 있다. 인간의 건강과 밀접한 관계가 있는 금속은 납, 수은, 비소, 카드뮴이며 구리, 은, 셀레늄, 아연, 크롬 등도 수생식물에 매우 유독하다.

이론적으로는 모든 오염물질을 물에서 제거할 수 있으나, 수질정화에는 많은 비용과 고도의 기술이 요구된다.

정보 부족으로 인해 세계의 오염량을 수치화하기는 어렵지만, 하수처리 시설 및 운영비가 부족한 개발도상국에서는 약 90%의 오폐수가 처리되지 않고 유출되는 것으로 추정된다. 개발도상국에서 경험하는 수질오염 문제는 유럽이나 북아메리카 지역에서 발생했던 문제들이 되풀이 되고 있다. 주로 국민들의 압력으로 오염원 조절과 정화작업이 시행되고 있으나 이러한 오염정화 작업은 현세대에게 큰 비용부담을 지워주고 있다.

세계 각지에서 많은 양의 오염물질이 직접 배출되거나 공업, 주거, 농업 지역에서 씻겨 나가고, 때로는 대기중에서 먼거리까지 이동한다. 공기 중에 배출된 수천만톤의 유황과 질소가 황산 및 질산 낙진을 발생시키는 것이 수십년전에 발견되었으며, 이러한 산성비는 세계 각지의 생태계를 파괴하고 물속에 금속물질이 용해되어 인간의 건강을 해치고 있다.

대부분의 호수와 강은 바다로 유출되므로 오염된 담수의 유출은 해안 지역은 물론 심해의 생태계에까지 영향을 미친다. 해양오염의 약 80%는 인간 활동에 의하여 발생하므로 오염원이 조절되지 못하면 바닷물은 결코 깨끗해질 수 없을 것이다.

## 마. 물문제로 인한 인간 건강의 위기

### 1) 물의 공급, 위생처리 및 건강

안전한 먹는 물 공급, 위생처리 및 수질오염 감소는 인간이 고루 건강하게 살기 위한 가장 기본적인 문제이다. 이러한 점이 1977년의 Mar del

Plata회의에서 강조되었고, 1980년 UN총회에서 1981~1990년을 국제음용수 공급과 위생처리 기간으로 선포하고, 이 기간 동안에 회원국들은 먹는 물과 위생처리의 기준 및 수준의 개선을 약속해 줄 것을 기대하였다.

지난 20년간 세계 각지의 먹는 물 공급과 위생처리로 수백만명이 목숨을 구하고 질병이 감소되었다. 그러나 아직도 세계 인구의 20%는 안전한 물을 공급받지 못하고, 50%는 적절한 위생처리를 받지 못하고 있으며, 미혜택자의 대부분이 가난하고 투자재원이 부족한 개발도상국에 살고 있다. 개발도상국에서는 수도물의 절반이 누수, 불법 연결 및 도난으로 손실되며, 이러한 손실로 인해 상수도 운영수입이 줄어 수도물의 공급확대를 더욱 어렵게 한다.

사람에게 큰 영향을 끼치며, 흔히 발병하는 수인성 질병은 설사, 말라리아, 주혈흡충증, 뎅그열(Dengue), 회충감염 등이 있다. 세계보건기구에 의하면 20억명이 말라리아에 걸릴 위험이 있으며, 1억명이 1회 이상 발병한 적이 있고, 연간 1~2백만명이 사망한다고 한다. 세계보건기구는 매년 5백만명 이상이 안전하지 못한 물을 마시거나 하수처리와 위생처리의 불비로 발생하는 질병으로 사망하며, 깨끗한 물공급과 위생설비로 이러한 질병의 발병이나 사망을 3/4정도 줄일 수 있다고 하였다.

특히 개발도상국에서는 여성이 주요 물공급자이므로 기초 상수도 시설을 설치하면, 1천만명이 애기를 업고 물을 먼거리까지 운반하는 노력을 절감할 수 있으며, 이와 같은 비생산적 활동시간을 줄이면 빈곤퇴치에도 도움을 줄 것이다.

## 2) 기타 오염물질의 건강에 대한 영향

고농도의 화학물질과 중금속 물질에 노출되어 암, 신경계 질환, 기형아 출산 등 각종 질병에 고통을 받고 있다. 공장폐수로 배출된 수은으로 오염된 생선을 먹고 미나마타(Minamata)병에 걸린 예와 같이 오염물질은 먹이사슬을 통해 축적되어 사람에게 피해를 준다.

## 바. 토지자원의 부족

물과 토지에 가해지는 압박은 서로 밀접한 관계가 있다. 수천년간 사람들은 건조한 농지에 관개하여 작물을 재배해왔으나 배수시스템의 불비로 배수불량이나 토양염화가 발생하고 있다. 전 세계 관개농지 2억5천만ha의 20%가 생산량이 크게 감소될 정도로 염화되었고, 매년 150만ha의 농경지가 주로 건조지역과 반건조 지역에서 심하게 염화되고 있다. 흙과 물의 부적절한 관리로 토양침식이 발생하고 비료분과 농약 등 오염물질이 흙과 같이 씻겨나가 수질이 오염되며 저수지의 바닥에 부유토사가 퇴적되어 저수량이 심하게 줄고 있다.

## 사. 물 압박의 정도와 지역적 분포

물부족은 연간 취수량과 이용가능량의 비율로 표시한다. 담수자원을 10% 이상 사용하면 물부족이 시작되고, 20% 수준이 되면 물부족이 심해진다. 평균 하천 유출량의 1/3이 댐과 저수지에 저수되나 대댐의 축조는 사회, 환경적 영향의 증대로 더욱 어려워지고 있다.

본 보고서에서는 담수의 사용량에 따라 4단계로 분류한다.

- 낮은 물압박 : 담수의 10% 미만을 사용하는 나라는 일반적으로 물사용에 어려움이 적다.
- 중간 물압박 : 담수의 10~20%를 사용하면 이용가능 수량이 제한되며 공급량 증대와 수요량 감소를 위하여 막대한 노력과 투자가 요구된다.
- 심한 물압박 : 이용가능량의 20~40%를 사용하면 지속적인 수요공급 관리와 인간과 생태계의 물사용 경쟁을 해결하기 위한 특별관리가 요구된다.
- 극심한 물압박 : 이용가능량의 40% 이상 사용하여 물기근을 보이는 상태로, 해수의 담수화에 대한 의존도가 높아지고 지하수도 줄어 현재의 물사용이 지속될 수 없으며, 물부족이 경제성장에 지장을 준다.

**아. 소득수준에 따른 대처능력**

수질오염을 포함한 물부족에 대한 각국의 대처 능력에는 여러가지 요인이 작용하나 본 보고서에는 물문제에 대한 대처능력을 판단하기 위하여 소득수준별 국가그룹으로 분류하였다. 일반적으로 고소득 국가는 저소득 국가보다 재원과 수자원의 개발 및 관리에 전문인력 동원이 쉬우므로 대처능력이 높고, 개발도상국은 소득이 낮기 때문에 수리시설의 건설에 어려움을 겪는다.

세계은행은 국가 총생산과 1인당 소득에 따라 4개 국가그룹으로 분류하였다.

- 저소득 국가 : 1인당 국민소득 US \$ 795이하
- 중저소득 국가 : 1인당 국민소득 US \$ 796 ~ US \$ 2,895
- 중소득 국가 : 1인당 국민소득 US \$ 2,895 ~ US \$ 8,955
- 고소득 국가 : 1인당 국민소득 US \$ 8,955 이상

〈표-1〉은 세계 57억 인구의 담수이용과 1인당 국민소득 수준에 따른 분류이다. 세계 인구의 절반 이상이 저소득 그룹이며, 이중 1/3이상이 이미 심각한 물부족, 또는 극심한 물부족을, 다른 39%도 상당한 물부족을 겪고 있다. 국가별로는 세계 인구의 1/5이 중저소득 국가에 살고, 31%는 물부족이 심한 나라에, 24%는 물이 상당히 부족한 국가에 살고 있다. 수자원을 효율적으로 이용하고 균등하게 배분되도록 관리하지 못하면 물부족이 빈국의

경제사회 발전에 심한 지장을 줄 것이다.

**자. 담수의 취약성**

물부족과 소득수준이 복합적으로 작용하여 발생하는 물부족 문제의 취약도에 따라 국가와 지역을 다음의 네가지 유형으로 분류하였다.

**1) 물부족이 심하지 않은 고소득 국가**

국토가 넓은 경우에는 물부족 지역도 있겠지만 물의 공급보다 오염이 더 중요한 문제이며, 물공급 문제를 해결할 수 있는 재정능력을 가지고 있다.

**2) 물부족이 심한 고소득 국가**

많은 양의 물을 보유하고 있지만 과도한 물사용과 오염이 발생하는 나라는 가까운 장래에 지하수 고갈과 같은 문제가 예상된다. 그 외의 국가들은 이미 대부분의 물이 사용되고 있어 생태계 피해와 지하수의 고갈 없이는 물사용량을 증가시키기 어렵다.

**3) 물부족이 심하지 않은 저소득 국가**

이 유형에 속하는 나라는 몇가지로 구분된다. 먼저 주로 열대 다우 국가나 열대지역을 포함하는 큰 나라와 같이 수자원이 풍부하여 물부족을 겪지 않는 저소득 국가와 그 지역은 단기집중호우, 또는 몬순기의 홍수범람으로 건물, 구조물 및 농업에 피해가 발생한다. 다음은 아프리카의 사하라 지역 일부와 건조, 또는 반건조지

〈표-1〉 이용가능수량 대 취수량 비에 따른 물부족 정도 분류

(단위 : 백만명)

소	이용가능 수량 대 취수량 비(1995)					계
	1(<10%)	2(10~20%)	3(20~40%)	4(>40%)		
1	806.18	1,265.89	957.70	238.07		3,267.84
2	542.40	285.95	165.33	137.91		1,131.59
3	258.95	13.10	137.30	63.44		472.79
4	108.44	514.41	181.25	19.74		823.84
계	1,721.97	2,079.35	1,441.58	459.16		5696.06

역의 수개국은 너무 가난하여 물을 많이 사용할 수 없기 때문에 물부족을 겪지 않는다. 전반적으로 재원, 기술자 및 제도적 지원 부족으로 수자원을 적절하게 이용하지 못하기 때문에 물공급, 위생처리 및 하수처리 시설의 부족으로 고통을 받는다. 따라서 높은 인구 증가나 경제발전 전에 의한 물수요 증가를 잘 관리하지 못하면 물문제에 대단히 취약한 국가로 전락하게 된다.

#### 4) 물부족이 심한 저소득 국가

현재 수자원을 주로 관개용수로 사용하는 저개발국과 오염조절시설의 부족으로 고통을 당하는 건조 및 반건조 지역에 속하는 아프리카와 아시아 여러 국가들이 이 유형에 속한다. 이 나라는 물의 여유도 없고, 식량도 수자원 부족으로부터 수입하고, 고용창출과 소득증대가 가능한 타산업으로 관개 용수를 전용할 재원도 부족하기 때문에 국가발전이 어렵다.

### 3. 물에 대한 도전-향후 30년간의 전망

1995년부터 30년간을 물사용에 영향을 끼치는 중요 사항들을 검토하기 위한 기간으로 설정하였다. 2025년의 세계 정치, 경제의 불확실성으로 인하여 전망하기 어렵지만 일반적인 분석을 통하여 미래를 전망해 본다.

#### 가. 변화요인

2025년의 물사용은 다음의 몇가지에 의해 변화될 것이다.

- 인구증가는 식량생산, 공업발전 및 생활용수 수요량에 영향을 끼칠 것이다.
- 인구증가의 영향은 자연자원과 소비형태 및 오염정도에 따라 달라지며 물소비는 사용기술에 따라 변할 것이다. 현재의 기술로 관개하여 식량을 증산하려면 물사용량도

증가할 것이며 공업용수의 경우도 마찬가지이다. UNIDO의 연구는 물이용 효율을 개선하지 못하고 현재 추세가 계속되면, 2025년에는 1995년보다 공업용수는 1배 이상, 오염량은 4배 이상 늘어나 농산물과 공산품 생산에 사용될 물이 감소할 것으로 전망했다.

- 식량수요는 주로 인구증가율이 높은 개발도상국의 건조 및 반건조 지역에서 증가할 것이다.
- 대부분 인구증가는 개발도상지역에서 발생되어 도시 인구비율이 1995년의 37%에서 2025년에는 56%로 늘어나고 공업도 더욱 발전할 것이다. 이러한 추세는 농업인구와 물공급을 도시로 이동시켜 도시의 위생처리를 위한 물수요가 발생하고, 도시근교 농업도 발전할 것이다.

기상변화는 물이용 가능성에 영향을 끼치는 잠재인자이며, 가스의 배출은 대기의 열 보유력을 증가시켜 온도상승, 강우변화 및 바다의 수위상승으로 전세계의 이용가능 담수량을 변화시킬 것이다.

#### 나. 향후의 전망과 도전

미래의 물수요는 불확실하지만 수요량이 증가할 것은 확실하다. 현재의 추세가 계속되면 2025년에는 세계 인구의 2/3가 극심한 물부족을 겪게 되며, 절반이 재원부족으로 인하여 물부족에 대처하기 어려울 것이다. 수자원 개발로 고통받거나 혜택을 받는 모든 나라를 계획에 참여시켜, 골고루 혜택을 주도록 설계, 시공하고, 물소비 형태도 바꿀 필요가 있다.

각종 경제계획에 필요한 물을 고려하지 않으면 경제발전은 제한받게 되며, 현재의 과도한 물사용 개발방식도 차츰 줄어들고 타당성도 상실하게 될 것이다. 물부족의 심화와 용도간 사용경쟁이 높아지면 경제사회적 혜택을 확대하기 위한 수요관리의 필요성이 커진다. 세계의 식량생산력을 유지하지 못해 발생할 심각한 사태를 예방하기

위하여 물이 부족한 나라는 인구, 도시화, 경제, 농업개발, 물전략 정책을 전향해 볼 필요가 있다.

물의 수요량에 대한 부족량 증가, 경쟁가열, 자유재로의 사용 중단 및 시장재로의 전환, 물의 저가공급에서 물시장 조정으로 정부기능 전환 및 지방자치단체, 공장, 발전소, 관개단체 등 기관간의 경쟁으로 물값도 상승한다. 수익성이 높은 쪽으로 사용이 허용되면 물값이 높아져 모두에게 고통을 줄 것이므로 모든 사용자들이 적정 가격으로 기본량을 이용할 수 있도록 해야 한다.

### 1) 식량생산을 위한 물수요

세계의 인구전망에 의하면 향후 30년 이내에 식량공급 인구가 1995년보다 50% 증가하여 식량생산에 50~100%의 물사용량이 증가할 것이다. 2025년의 농업, 공업, 가정용수 공급과 호수와 하천의 적정수위 및 유량 유지를 위해서는 전세계에서 경제적으로 사용할 수 있는 모든 물이 필요하며, 추가로 필요한 물의 이용에는 많은 비용이 투입되는 댐 건설과 먼거리 운반이 필요할 것이다.

물이 더 부족해지면 지방자치단체나 공장들이 농민들보다 높은 물값을 제시하여 물값을 높이고, 비용은 소비자에게 전가될 것이다. 만약 농민들이 이와 같은 높은 물값을 물게 되면 수익성이 낮은 농작물을 재배하는 농민들은 농업에서 떠나게 될 것이다. 장기적으로는 물값에 따라 배분되는 것이 효과적이지만, 물가격 정책이 도시주변과 농촌의 빈민층에 미칠 경제사회적 영향도 고려되어야 한다.

### 2) 물의 공급, 위생처리 및 건강

현재 물의 사용이 어렵고, 급속한 인구증가, 무계획적 도시화, 투자재원 및 전문인력이 부족한 국가들이 대부분 물부족에 취약한 지역에 포함한다. 1990년대의 공급량 증가추세를 유지한다면 2025년까지 세계의 모든 사람들이 안전한 물을 공급받을 수 있게 될 것이며, 모두가 위생처리 혜택을 받으려면 30년간에 50억 이상의 인구에게 위생처리시설을 공급해야 한다.

### 3) 앞으로의 문제

현재의 물관리 방법이 변하지 않는다면 물부족은 더욱 더 심해지고, 물부족이 심화되면 국경을 넘어서 흐르는 300개 이상의 국제하천과 많은 대수층에 대한 국가간 분쟁이 확대될 위험성이 있다. 이는 연안 국가간 협력의 중요성을 시사하며 모든 물사용자의 이익 극대화를 위한 분배방안에 대한 합의점 도출이 필요하다는 것을 의미한다.

소규모 수자원개발사업도 계획에서 완료까지 최소한 10년은 걸리며 대규모 사업은 더 오랜 기간이 소요되므로 정책결정자들은 현재의 자료를 기초로 수자원 정책과 계획을 긴급히 수립, 시행하여야 한다.

## 4. 결론 및 정책대안

### 가. 수자원전략-일반사항

현재의 물을 비효율적으로 사용하고 오염시키는 관행은 지방, 또는 지역의 물위기를 초래하고 있으나 인류는 아직까지 이러한 관습을 바꾸지 못하고 있다. 수자원의 압박을 줄일 수 있는 방안도 막대한 투자가 수반되어야 하기 때문에 실행이 어렵다.

각국은 수자원정책 개발에 노력을 기울이고 있지만 이러한 노력을 더욱 확산, 강화하고, 각종 계획 수립에 있어 수자원에 우선권을 두어야 한다. 정부도 물문제에 대한 책임의 분산을 줄이고 경제분석에 수자원을 반드시 포함시켜야 한다.

비지속적 개발유형을 바꾸는 것은 장시간이 소요되므로 긴급하고 중요한 활동은 바로 시작해야 한다. 이러한 활동의 지연으로 받게 될 고통, 사회적 파탄, 경제기회의 상실 및 자원과 환경 복원비가 지속가능개발에 투입되는 노력과 비용을 훨씬 초과하는 것을 경험적으로 보여준다. 각종 문제는 지방과 지역적 특수성을 가지므로 국가, 또는 지역에서 우선적으로 책임을 지고 대처해야 한다. 그러나 물 문제를 전세계적으로 대처하지



않고 지속적 이용이 가능할 것으로 믿는 것은 환상에 불과하므로 심각한 물위기를 반전시키기 위하여 전세계가 협력하여야 한다.

**1) 식량증산을 위한 물의 이용**

식량수요는 계속 늘어나고, 세계 곡물의 많은 양이 선진국의 육류생산을 위하여 사용되며, 개발도상국의 식량소비도 늘어나 선진국과의 차이도 좁혀져 동물성 단백질의 수요도 증가할 전망이다. 육류 생산은 채소류보다 많은 물이 소요되므로 육류 수요의 증가로 더 많은 물이 필요하게 될 것이다.

세계적으로 식량생산에 적합한 토지가 줄어들고, 농지확대로 환경비용 부담이 커져 어려워지고 있다. 식량수요 증가의 대부분을 기존 농경지의 생산성을 높여서 충족시켜야 하므로 품종개발, 비배관리 및 병충해 관리와 연계하여 관개방법이 개선되어야 할 것이다. 수로라이닝과 관개방법 개선으로 관개효율을 높일 수 있으나, 상류의 관개효율을 높이면 하류에 물부족이 발생할 수도 있으므로 유역내 개별지구의 관개효율이 낮더라도 유역 전체의 물이용은 효율적이 될 수 있다는 사실에도 유의하여야 할 것이다.

해수의 담수화는 공장이나 수입이 높은 가정에서 비교적 소량의 고급수를 사용할 경우에 선택할 수 있는 대안이지만, 아무리 기술이 발달하여도 밀의 재배에 담수화한 물을 사용하는 것은 경제적으로 불가능하다. 물값이 높아지면 소농들이 부족한 수자원을 이용하기 어려워지므로 자본, 기술 및 유통지원이 필요하다. 물이 부족하여 수자원에 대한 용도간 배분요구가 높아지면 관개용수의 기존 수리권이 축소되고 도시 사용자의 사용권이 우세해진다. 이러한 전환은 타 경제 분야에 필요한 기술을 농민에게 교육하고 새로운 경제기회를 창출하기 위한 투자가 필요하다.

또한 세계의 식량안전을 위한 협력이 필요하다. 일부 국가는 식량자급에서 식량수입으로의 전환이 가능하나, 이러한 세계 경제의 종합화는 시장조건과 개발 도상국의 빈곤층 인구증가 때문에 고통없이 이루어질 것 같지는 않다. 세계농

업 시장에서 적절한 가격으로 필요한 식량을 안정적으로 공급할 수 있는 경우에만 이러한 전환이 가능하다.

**2) 먹는 물 공급과 위생처리의 급속한 증가**

개인과 가정의 물소비와 위생처리에 필요한 물이 없으면 수십억 인구가 비위생적인 환경과 오염된 물로 각종 질병에 계속 고통을 받게 될 것이다. 먹는 물 공급과 위생처리에 성공을 거두려면 지방 단위로 사용자 중심의 비용부담이 적은 시설의 설치와 관리기술이 필요하다. 경험에 의하면 먹는 물 공급과 위생처리 비용은 물 사용자들이 부담하는 경우가 많으며 높은 수준의 수요관리도 필요하다.

**3) 인간의 건강과 환경을 보전하기 위한 수질오염 감소**

도시하수와 공장폐수 등의 점오염원과 농지와 도시 유출수 등의 비점오염원이 조절되지 못하면 하천, 지하수 및 해안지역에 계속 피해를 주어 담수자원과 바다를 황폐화시킬 것이다. 폐기물을 처리하지 않고 배출하는 것보다 오염방지 시설을 설치하는 것은 많은 초기투자가 필요하지만, 경험에 의하면 이러한 초기투자는 오염물질을 정화하는 것보다 훨씬 경제적이다. 특히 오염이 심하지 않은 하수는 공장의 냉각수나 관개 등 타목적으로 사용할 수도 있다. 오염방지의식을 고취시키기 위하여 오염자 부담원칙을 적용하는 것과 타지역의 수질관리 경험을 활용하는 것도 중요하다.

**4) 국가간 협력**

300개 이상의 국제하천과 대규모 지하수층의 상당수는 이미 수량과 수질 문제가 발생하고 있거나, 곧 발생될 지역에 위치하고 있어, 강과 호수 및 기타 수자원과 관련한 광범위한 국가간 협약이 체결되고 있다. 협약의 대부분은 강의 유역, 특히 수리시설물, 물사용, 조절방안, 유량 조절에 대한 것이며 수질문제에 대한 협약은 극소수이다.

### 5) 경제자원으로서 물의 필요성

물도 다른 상품과 같이 개발비가 필요하며, 경제가치를 가지므로 물을 경제재, 사회재로 생각해야 한다. 물의 사용이나 오용은 기존 자연재가 감소되는 것이므로 사용자나 사용집단이 값을 지불하게 된다. 물수요가 증가하면 수익성이 높은 쪽으로 사용되게 됨으로 원가계산, 비용회수 및 사용자의 비용부담이 필요하다.

수자원 계획에 인간과 환경의 기본수요를 확인하여야 하며, 이 수요량을 확보하지 못하면 물부족으로 건강과 경제적 손실을 발생시킬 위험이 있다.

정부는 물의 공급자로서 수자원 개발과 이용은 물론, 공급과 위생처리에 지방단체, 민간 및 비정부기구의 참여, 환경 조성 및 조정자로서의 역할변화가 필요하다. 물의 시장제 및 가격제 도입은 수자원의 성공적 개발과 이용에 필요한 자금과 관리기술에 민간부분이 중요한 역할을 하게 됨을 의미하며, 정부는 물시장의 효율적 운영을 위한 법과 규정, 사회적, 국가적 차원의 보조금 지급과 소득전환 및 시설에 투입되는 보조금의 범위 등을 명확하게 규정하여야 한다.

지나친 사용과 오염으로 고갈될 수 있는 자연재인 지하수를 경제계획에 반드시 구체화하여야 한다. 고갈되거나 오염된 물의 회복은 막대한 비용이 소요되며, 수자원을 경제분석, 특히 거시경제 분석에 포함시키지 않으면 장기적으로 수자원 개발에 불필요한 낭비와 높은 비용을 수반하고, 용도별 수자원 배분의 착오 및 사업의 실패를 초래할 것이다.

### 6) 물문제 해결을 위한 인적, 제도적 능력 배양

인간이 사회속에서 장기적으로 혜택을 누리면서 살 수 있는 환경, 법 및 제도정비, 교육 및 의식고취가 지속가능한 물전략의 수립능력 배양에 필수단계이다. 여성, 젊은이, 비정부기구 및 토착민들은 지속가능한 수자원 체계의 구축에 필수 구성원이므로 능력배양 전략에 참여시켜야 한다.

물관리 기관의 창설 및 법제화, 인적자원 육

성을 위한 능력배양에 정부의 적극적인 노력이 필요하며, 국제기구, 지역기구, 대외지원기구와 민간을 포함하는 비정부 단체의 지원도 필요하다.

### 7) 자료부족

효율적인 수자원평가 및 관리는 수문, 수량, 수질, 인구, 삼림 등 토지자료 및 자료의 평가능력이 없이는 불가능하다. 일반적 자료분석법은 물론 국가적, 국제적으로 인정되는 자료를 공급하는 결정지원 정보시스템이 필요하다. 강유역은 자료수집과 분석에 이상적인 지형단위이다. 일반적으로 유역단위 수문자료를 가진 나라는 많지만 비슷한 수준의 사회경제 자료를 가진 나라는 거의 없다.

현재까지의 평가경험에 의하면 대부분의 국가는 정확한 수량 및 수질 자료가 부족하다. 자료수집을 위한 국제기구, 지역기구 및 대외지원기구의 지원도 긴급히 요청되고 있다. 세계기상기구(WMO)에 의해 수립된 WHYCOS 계획, UNEP/WHO/GEMS 계획, WHO/UNICEF의 세계 먹는물 감시계획, FAO의 AQUASTATS 계획, UNESCO의 국제수문계획 FRIENDS(Flow Regimes of International Experimental and Network Data Sets) 계획 등은 국제적으로 수문기상 자료의 수집, 분석 및 정보처리를 지원하고 있으나, 정보관리에 대한 국제적 지원 노력은 아직까지 단편적이고 불완전하다.

## 나. 전략개발

물문제에 대한 활동으로 세계 각지에서 수자원의 균등 배분과 효율적 이용에 상당한 성과를 거두었으나 지속가능개발 목표의 달성과는 아직도 거리가 있다. 본 보고서에 설명한 사항들은 담수자원의 전반적 관리개념 구체화와 국가의 경제사회 정책 골격내에서 용도간 수자원 계획 종합화의 중요성을 잘 설명해 준다.

여러 차례의 회의, 특히 Dublin의 수자원회의

Dublin 수자원 원칙

1. 담수는 유한하고 피해받기 쉬우며 개발 및 환경유지에 필수적인 자원이다.
2. 수자원의 개발과 관리의 전단계에 사용자, 계획자, 정책결정자의 참여를 기본으로 하여야 한다.
3. 여성들이 물공급, 관리 및 안전확보에 중심역할을 하여야 한다.
4. 사용되는 모든 물은 경제가치를 가지는 경제재로 인식되어야 한다.

를 통하여 후에 Agenda 21의 18장에 반영된, 수자원 계획과 관리원칙이 작성되어 넓은 지지를 얻고 있다.

**다. 각국의 정책**

현재 추세로 진행되면 더 많은 저소득 국가들이 물부족에 직면할 위험이 있다. 일부 국가는 경제성장으로 고소득 국가그룹으로 진입하여 수자원 개발을 위한 재정 능력을 가질 수 있으나, 경제성장 전망에 물이 경제발전에 제한 인자가 될 수 있다는 사실이 고려되지 않았다는 점에 유의해야 한다.

각국은 물관리 정책의 골격내에서 리우선언과 Agenda 21의 18장에 포함된 제안사항의 실행과 물의 수요관리와 가격원칙의 채택도 필요하다. 수자원개발 지원비가 부족할 때는 사용비의 부족으로 고통을 받는 사람들을 지원하는데 초점을 맞추어야 한다. 또한 물과 다른 자연자원을 과도하게 사용하지 않고 경제사회적 발전을 추진하여야 한다. 기본 필요수량을 공급한 후에 물을 수익성이 높은 상품생산에 효과적으로 사용하도록 힘써야 한다.

**1) 물이 부족하지 않은 고소득 국가**

이 그룹의 대부분 국가들이 당면한 물관련 문

제는 오염의 저감과 조절이다. 물이 풍부하다고 해서 자유재는 아니며, 물가격에 대한 관심이 필요하고, 개발비 및 급수비는 공공, 또는 민간이 부담하여야 한다. 비옥한 토지와 좋은 기상 조건을 가진 일부 국가는 식량증산 잠재력이 커 세계시장으로 식량을 공급할 수 있다.

**2) 물부족이 심한 고소득 국가**

1인당 수자원량이 적은 국가는 물의 수익성을 높이도록 하며, 물의 사회경제적 가치를 극대화하기 위한 수요관리와 물배분 정책이 오염관리만큼 중요하다. 수리권과 사용권을 사고 팔 수 있는 물시장은 이미 물의 배분에 중요한 역할을 하고 있으며 분배 효율이 높아지면 관개농업이 위축되어 농산물의 국제시장 의존도가 높아지는 국가가 늘어날 것이다.

지표수와 지하수의 오염감시와 조절에 주의해야 하며 하수의 처리 및 재이용은 오염조절과 물공급을 늘이기 위하여 필요하다. 이스라엘은 이미 도시와 공장 배출수의 2/3를 처리하여 재 사용하고 있다.

**3) 물부족이 심하지 않은 저소득 국가**

이 그룹 국가들의 토지와 수자원은 농업생산을 증가시켜 세계 시장에 팔 수 있는 좋은 조건을 가진다. 증발이 심하면 수익성이 높고 물소비가 적은 농업으로 전환되므로 일부 빈곤국들은 적은 양의 물을 잘 이용할 수 있도록 지원하여야 한다.

저소득 국가들은 일반적으로 위생처리 및 하수처리가 미흡하여 고통을 당하고 있으므로, 인간과 생태계를 보호하기 위하여 오염원의 조절과 처리를 개선하여야 한다. 단기적인 경제성장을 위하여 심한 공해를 유발하는 공장폐수를 조절하지 않으면 장기적으로는 처음부터 저공해 사업을 육성하는 것보다 환경피해의 복구비가 더 들게 된다.

**4) 물부족이 심한 저소득 국가**

지금부터 2025년까지 적절한 조치를 하지 않

으면 이 그룹의 국가에 살게 되는 사람 수가 크게 증가할 것이므로, 수익성이 낮고 물소비가 많은 생산으로부터 생산과 소비형태를 바꾸지 않으면 물이 사회경제 발전을 저해할 것이며 일부 국가에서는 이미 개발이 한계에 도달하고 있다. 대부분 국가는 수자원을 지속적으로 사용하기 위하여 인구증가만큼 1인당 물소비량을 줄여야 한다.

이 국가들은 다음과 같은 전략의 채택이 필요하다.

- 공업화로의 전환에 필요한 노동자의 기술 교육 및 정보기반시설 개발
- 수익성이 높고 물소비가 적은 작물재배로 전환하고 농산물 가공공장을 설립하여 부가 가치를 높여야 한다.

향후 30년간 이 그룹으로부터 탈피하기 위한 경제체제 전환체제의 마련에 국제단체의 지원이 필요하다.

## 라. 제안사항

기존 원칙과 Agenda 21, 18장의 제안사항을 고려한 본 보고서의 논의사항을 근거로 다음과 같은 활동을 제안한다.

- 관리활동의 상하류 지역에 끼칠 영향, 지역과 산업의 관계 및 사회적 균등성을 고려한 종합적이고 일관된 수량과 수질의 관리
- 담수관리에 모든 관련자가 참여하는 지속 가능개발의 기본전략 수립
- 깨끗한 물의 균등공급 및 수자원관리 지표에 인간의 건강과 환경 포함
- 사회경제적 목표와 일치하고 인간의 기본 욕구 충족 및 생태계 보존이 가능한 수자원 전략 수립
- 국가나 지역의 수자원정책 및 계획, 비용절감형 기술개발, 토지이용 계획, 산림자원 이용, 토지에 근거한 활동, 해안지역 보호를 포함하는 물리적, 사회적, 경제적 계획을 종합한 물관리 시행
- 물과 환경을 귀중한 자원으로 인식하여 물

의 가치와 수자원의 악화로 발생할 경제적 손실을 국가예산의 각 항목에 반영

- 수자원의 개발과정에 민간 참여, 적정비용으로 기본수량 공급, 사회여건이 반영된 공업 및 농업용수 비용 결정에 용도간 협조
- 수문, 수질, 관련법, 분쟁해결, 전문 기술인력 양성, 가격결정, 공급, 위생처리 및 사회경제적 물관리 담당 민간 기술자 양성
- 수자원 평가능력과 측정망 강화, 환경보전과 관련한 도시, 공업, 가정 및 농업개발 수자원정보시스템 구축
- 물관련 사업, 공업화, 토지이용의 결정에 여성참여 유도
- 세계적, 국제적, 지역적 합의와 시행을 위한 활동
  - 안전한 먹는 물 공급과 환경적 위생처리
  - 독성물질, 특히 지속성 유기질 오염물질의 지나친 사용배제
- 기존의 계획, 회의 및 협약의 범주내에서 활동
  - 토지와 물의 효율적 통합관리로 사막화와 가뭄 대처
  - 담수이용과 관련된 생태계 보전 및 지속 이용
  - 해안지역과 해양의 보존
- 국제 하천유역과 지하수의 개발이익을 최대화하기 위한 협력 모델 개발
  - 1993년 Barbados의 작은섬 개발국 회의
  - 1994년 카이로의 인구 및 개발에 관한 국제회의
  - 1995년 북경의 제4차 세계 여성대회
  - 1996년 이스탄불의 Habitat II 대회
- 1996년 로마의 세계식량정상회의에서 인가된 세계 식량계획의 물관련 활동의 조사 및 보고
- 물시장의 기능과 수리권 보호를 위한 제도 및 기구 구성과 세계수자원 정보망 구축, 국가별 수자원정보화 계획의 추진 및 국제적인 자료교환 모델 제시
- 지속가능위원회의 기존 전문가망을 이용한 정기적 세계 담수자원 평가 제안

- 세계수자원협력체(Global Water Partnership)와 세계물공급·위생처리협력위원회(Global Water Supply and Sanitation Collaborative Council), 세계수자원위원회(World Water Council) 등 국제협력체제 정비 및 비정부기관과의 협력 증진
- 물문제 연구를 위한 남북간(North-south)의 학문적 유대 구축, 물이용 분야간 상호이익 증진을 위한 전문기술 활용, 민간과 산업간 협력체제 구축
- 물위기를 대비한 긴급대책과 균등한 혜택을 줄 수 있는 정책수립

정 병 호



약 력

- 1969. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1977. 화란 국제수리공학과정 수료
- 1981. 미국 캘리포니아대학교 석사
- 1993. 미국 유타주립대학교 공학박사
- 1994. 메콩유역 베트남 야수프다목적사업 예비타당성 용역단장
- 현재 농어촌진흥공사 농어촌연구원  
농공기술연구소장  
KCID 이사/편집·학술분과위원  
ICID 연구개발분과위원/아시아지역  
분과위원