

세계 물문제에 대한 개요

김형수 (선문대학교 토목공학과 교수)

물은 모든 자연환경과 인간사회에 있어서 가장 기본적이고 필수적인 자원이며 생태계 순환에 있어서 아주 중요한 성분이다. 물은 인류에게 에너지를 제공하고 식량을 생산하기 위한 원동력이며, 산업시설을 가동하기 위하여 필연적 요소이다. 대규모의 저수지를 건설함으로써 한발기를 대비하여 물을 저장하고 홍수를 위하여 물을 조절한다. 물이 풍부한 지역으로부터 한발 지역으로 물을 송수하기도 하며, 큰 강의 물줄기를 거꾸로 역류시키는 방법을 연구중이고, 사막 지역에서는 바닷물의 염분을 제거하여 담수로 이용하기도 한다. 인류는 보다 더 풍부한 수자원을 얻기 위하여 남극과 북극의 빙산을 이동시키는 방안을 검토중에 있다.

수자원 부족에 대한 현실은 인류가 물을 보호하고 이용하는데 다양한 방법을 생각하고 연구하도록 하고 있다. 21세기를 목전에 두고 있는 시점에서, 기본 수문순환과정의 기능에 대해 부적절하거나 또는 잘못 설정되어 있는 우리의 인식을 검토할 필요가 있을 것이다. 하천, 호수, 지하대수층 등은 생물학적 또는 화학적인 이물질로 오염되고 있어, 인류는 깨끗한 물에 대한 욕구와 기본적인 위생시설에 대하여 만족을 느끼지 못하고 있다. 말레리아, 장티푸스, 콜레라와 같은 물과 관련된 질병으로 매년 백만명 이상의 사람들이 죽어가고 있으며, 대규모의 수자원관련 공사로 지구상의 비옥한 토양은 파괴되어가고 수중 동식물은 그들의 서식지를 잃어가고 있다. 그리고 기후조건들의 변화는 수질과 물공급 및 수요에 대한 새로운 전환을 요구할 것이다.

세계의 수자원

지구상에 존재하는 물의 97%는 마시거나 곡식을 재배하는데 부적절한 염분을 포함하고 있으며, 단지 3%만이 담수이고 이는 약 35,000,000km³의 체적을 나타낸다. 이 물을 지구표면에 일정하게 분포 시킨다면 그 깊이는 약 70m의 두께를 갖는 층을 이룬다. 그러나 이 담수의 대부분은 남극과 그린랜드의 만년설이나 깊은 지하대수층에 존재하여 기술적으로 또는 경제적으로 인간이 개발하기에 어려운 지역에 존재하고 있다. 강이나 호수로부터 실제로 우리가 이용할 수 있는 물의 체적은 100,000km³ 보다 작으며 담수의 약 0.3%를 구성한다. 수문순환 과정 속에서 물은 하천유량과 지하수로써 매년 약 45,000km³의 양이 바다로 유출되며, 만약 이 유출량이 지표면위에 일정하게 분포되어 있다면 한 사람당 약 8,000m³/년의 물을 이용할 수 있다.

그러나 실제로 물은 지표면상에 일정하게 분포되어 있지 않으며, 강우와 유출은 시간과 공간적으로 불규칙하게 분배되어진다. 칠레의 Arica에 있는 우량계는 연중 강수량이 영으로 기록되어지며 아프리카의 사하라 사막은 구름 한 점없는 공간사진을 보인다. 하와이 Kauai섬의 Waialeale산은 한해에 11.5m의 강우량을 기록하고, 아마존강으로부터의 유출량은 지표면 평균유출량의 20%를 차지하며, 유럽의 총유출량은 7%, 오스트레일리아는 1%를 차지하고, 아프리카 총 유출량의 30%는 Congo/Zaire의 한 유역으로부터 유출된다. 인도의 Cheerapunji지역은 연간 10.5m의 강우가 짧은 몬순기간 중에 내리고, 미국 캘리포니아

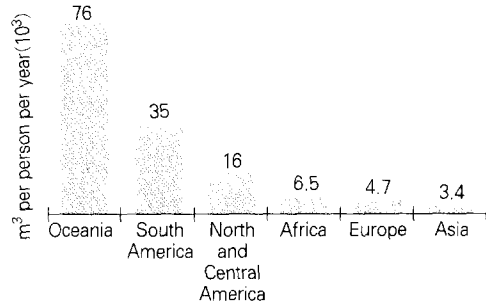


그림 1. 대륙별 연간 1명이 이용할 수 있는 물의 양(1990)

지역은 물이 많이 소요되는 5월부터 9월까지 거의 비가 오지 않는다. 그림 1은 연간 1명이 이용할 수 있는 담수의 양을 대륙별로 나타낸 것이다.

수자원 분포의 불규칙성은 기후조건에 의한 자연현상이다. 따라서 인류가 직면하고 있는 물문제를 해결하기 위해서는 자연현상의 특성을 연구하고, 정적 또는 동적인 수문현상을 파악할 수 있는 능력을 향상시키고, 인간의 경제적 활동과 인구 성장률 등의 영향을 지구의 물순환 과정과 연계시켜 이해할 필요가 있다. 이러한 활동은 물문제에 대해 보다 더 효과적으로 국제적인 협력방안을 강구할 수 있는 기초가 될 것이다.

수질과 건강

인류는 수질, 물과 관련된 질병 그리고 수문순환현상을 어떻게 연계할 것인가를 이해하기 위하여 노력하였으나 이러한 수질문제들의 원인을 줄이는데 실패하였다. 수질문제에 대해 두 가지의 원인을 보면 첫째, 세계의 많은 질병을 발생시키는 미생물학적인 오염이고, 둘째는 인류와 수중 생태계에 위협을 초래하는 화학적인 오염이다. 바이러스나 박테리아가 인간에게 미치는 해로움은 수중에 있는 독성 화학물질, 금속, 또는 방사성 핵종에 의한 영향보다 더 크지만 화학적인 오염 역시 계속적으로 증가하고 있어 장래에 인류의 건강문제에 심각한 영향을 줄 것이다.

물과 관련된 질병은 박테리아, 바이러스 또는 물속에 살고 있는 벌레들로부터 원인을 찾아 볼 수 있으나, 수질과 위생시설의 개선으로 이러한 질병들은 조

절할 수 있었으며 그 예로 19세기에 유럽과 북미지역에서는 물공급에 대한 질적 향상으로 공중보건에 커다란 공헌을 하였다. 1854년 영국 런던에서 500명이 콜레라에 의해 사망한 사건이 발생하였고, 그 원인은 우물과 연결된 펌프의 오염이었으며 이 펌프를 제거함으로써 더 이상의 피해는 발생하지 않았다.

그러나 이러한 개선은 인류의 건강을 절대적으로 보호하지는 못하였고, 거의 140년 후, 부적절한 위생 시설, 안전한 식수에 대한 평가 부족, 그리고 물과 질병간의 연계성에 대한 무지로 인하여 새로운 전염병이 많은 지역에 번지기 시작했다. 세계적으로 매년 약 250,000,000 종류의 새로운 질병이 발생하고 있으며 이로 인하여 연간 약 10,000,000의 인명이 목숨을 잃고 대부분의 질병은 열대지역의 개발도상국들에서 발생하고 있다. 1991년 남미 지역에서 전례 없는 콜레라의 발병은 빈곤한 지역에서 이러한 질병들이 얼마나 쉽게 전염되는지를 보였으며, 식수의 전염을 막고 위생 및 물 그리고 건강에 대한 교육이 어떻게 실패하였는지를 보였다. 그림 2와 그림 3은 1979년부터 1991년 사이에 발생한 콜레라의 종류와 사망자수를 나타낸다. 우리나라에서도 1991년에 113가지의 콜레라관련 질병이 발생하였고 이로 인하여 4명이 사망하였다. 또 다른 수질관련 문제들은 질산염, 중금속 그리고 유기물질에 의한 오염이다.

이들 오염원과 인간 및 생태계의 관계에 대한 인류의 관심은 증가하고 있으나 우리의 지식은 매우 한정되어 있는 실정이다. 선진국에서의 암발생률 증가, 오염된 물로 인한 유산, 기형아의 출산, 불임 등이 물의

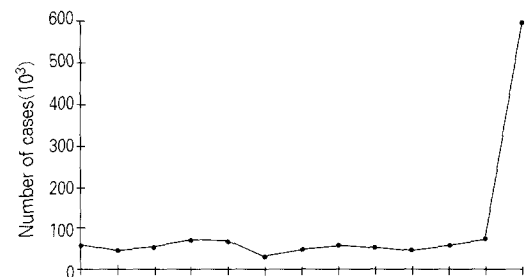


그림 2. 세계의 콜레라관련 질병 수 (1979 - 1991, WHO 보고서, 1991).

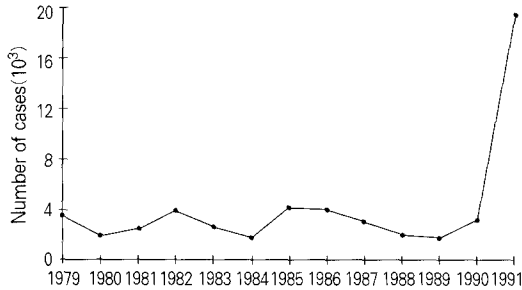


그림 3. 콜레라 질병에 의한 세계의 사망자 수 (1979 - 1991, WHO 보고서, 1991).

오염원들에 대한 부적절한 통제로 발생하고 있으며 알지 못하는 원인들은 계속 증가하고 있다. 효과적인 수질관리의 주요 장애는 고비용과 정보의 부족이다. 질병예방과 공중보건 개선을 위하여 저비용의 기술개발과 수질문제에 대한 양질의 자료가 시급하나, 정보의 부족은 국제적 수준에서 물오염문제를 해결하는데 커다란 장애가 되고 있다.

물과 생태계

세계의 호수, 연못, 강, 개울, 습지 및 지하수 등은 지구의 담수 생태계를 상호연결하고 있는 개체들이다. 내륙지역의 물은 단지 지구표면의 1%를 차지하고 바다에 의해 70%가 덮여있다. 그러나 바다속에는 단지 7%의 동물들이 살고 있으며, 내륙지역의 수중에는 12%의 동물들이 생존하고 있고 바다속에 살고 있는 동물의 종류보다 65배나 더 많은 종이 강속에 서식하고 있음이 추정되고 있다. 제한된 수자원을 개발하기 전에 생태계의 보호를 위한 연구가 선행되어야 하지만 산업 또는 상업용수를 위한 경쟁적 개발로 담수중에 있는 서식지나 생물군은 연구결과 보다 더 빨리 파괴되고 있다. 수질, 동식물의 분포 그리고 생태계의 과정은 인구 증가, 수질저하, 동식물의 비형평성, 댐 건설, 부영양화, 산성비, 그리고 지구의 기후변화 등에 의해 급격하게 변할 것이다.

자연적인 또는 인위적인 담수 생태계의 파괴 원인을 이해하고 해결하기 위해서는 우리는 보다 더 많은 노력을 기울여야 한다. Remote sensing이나 GIS와

같은 기법들이 도움을 줄 수는 있지만 많은 중요한 변화는 급격하게 발생하며, 기술적인 개발 보다도 많은 문제점들은 제도적인 해결방안을 요구한다. 생물학적 자원이 그들의 안정성을 유지하기 위해서는 적절한 물이 자연 서식지에 제공되어야 하고, 자연생태계의 과정에 대한 변화나 생물종의 손실이 최소화 되어야 한다. 생물종이나 특정지역에 살고있는 동식물의 자연적인 담수 중 서식지가 보존되고, 지역적으로 대표적인 생물군과 수문학적 영역에 대해 다양한 학문분야에서의 공동 연구가 수행되어야 한다.

농업

가장 먼저 발생한 인류문명은 티그리스, 유프라테스, 나일, 인더스, 콜로라도와 같은 주요 하천 주변의 건조지역에서 발달하였고 관개용수를 얻기 위하여 이들 하천을 이용하였다. 기원전 3,400년 이집트에서는 나일강을 따라 관개를 이용하였으며, 5,000년전 히말라야 산맥의 구릉지대에서 발생한 문명은 인더스유역의 물을 이용하여 관개를 하였고 수로망을 건설하였다. 페루의 잉카 문명은 기원전 1,000년에 관개를 이용하였으며, 2,000년전 콜로라도 하류의 Salt River 계곡에서 Hohokam종족은 관개수로로 건설하고 관리하여 이용한 고고학적인 증거가 발견되었다.

20세기의 녹색혁명은 관개기술 및 용수의 가용성과 이용을 증대시켰다. 1950년에서 1980년대 말 사이에 관개면적은 94,000,000헥타르에서 230,000,000로 두 배 이상 증가하였고 세계 농산물에 대한 총수확량의 1/3이 관개된 농경지의 17%면적으로부터 생산되고 있다. 그림 4는 각 대륙별로 관개된 농경지의 비율을 나타낸다. 세계 담수의 2/3를 농업용수로 이용하고 있으며 장래 인구증가에 따라 식량을 공급하기 위해서는 보다 더 많은 관개 농경지가 요구될 것이며 농업용수 또한 증가할 것이다.

그러나 세계적으로 인구증가에 대한 정확한 통계를 추정하는 데 어려움이 있으며, 경제적 또는 환경적인 비용 때문에 관개 농경지를 개발하는데 역시 어려움이 따른다. 아프리카의 경우 도로 및 사회기반시설의

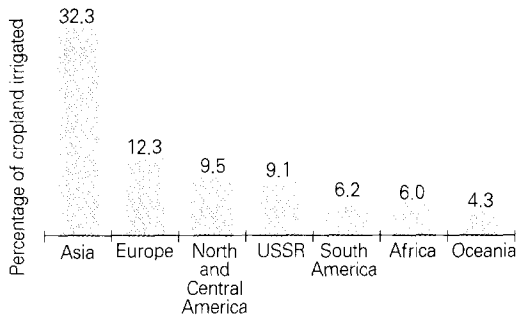


그림 4. 대륙별 관개된 농경지의 퍼센트 (세계 총농경지의 16%가 관개된 면적임).

부족과 관개 농경지를 개발할 수 있는 땅의 부족 그리고 하천유량의 계절적인 변화 때문에 고비용이 요구되는 실정이다.

따라서 인구증가에 따른 식량과 농업용수에 대한 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 방안을 찾아야 할 것이다. 그 방안으로는 적은 양의 물로 곡물을 생산할 수 있도록 기존 시스템의 효율을 높이는 것이다. 실제로 많은 관개수로망에 있어서 농업용수의 절반만이 관개용수로 이용되고 나머지는 부적절한 수로시설로 인한 침투 및 증발로 손실되고, 적절치 못한 물이용과 관리 부족으로 적시에 적절한 양을 공급하지 못해 유출로 손실되고 있다. 그러므로, 기존 관개 시스템의 효율성을 개선하고 빠른 인구증가에 따른 개선방안들이 강구되어야 할 것이다.

관개는 농경지와 수질 문제에도 상당한 영향을 미친다. 땅이 침수 및 염분화되고 지하수위의 감소와 오염, 호수와 내륙해의 축소, 수중식물의 파괴 등이 발생한다. 이러한 환경적인 문제가 관개 농경지 개발에 고려되어야 할 것이다.

관개 농경지의 완만한 증가, 관개 사업으로 인해 급증하는 환경파괴, 농경지로부터 도시로의 물이동 문제, 복잡한 기후변화에 의한 장래 예측, 농지의 합리적인 운영 등 모든 문제가 우리의 대처능력에 영향을 끼친다. 따라서, 증가하는 물이용에 대한 효율성, 종합적인 관개사업 개선, 성공적인 농업실태를 토대로 한 농경지의 생산성 개선 등을 통하여 우리의 새로운 아이디어와 다양한 접근방법이 요구되며, 제한된 물

을 이용하기 위해서는 가용한 물과 인구증가 그리고 수요에 대한 조사와 검토가 이루어져야 할 것이다.

에너지

인류는 생활에 필요한 에너지를 얻기 위해 물을 이용하고, 필요한 물을 맑게 하고 양수 및 이동을 위해 에너지를 이용한다. 에너지와 물을 이용하기 위해 물리적, 환경적인 제한 조건들에 대한 연구를 하고 있다. 어떤 지역에서는 가용한 담수의 한계성으로 에너지 개발을 제한하고, 한정된 에너지 때문에 맑은 물과 적절한 위생시설을 제공하지 못하고 있다.

에너지 자원의 생산과 이용은 수자원의 중요한 역할을 요구한다. 에너지를 생산하기 위한 물의 양은 연료순환에 대한 특성과 시설형태에 크게 영향을 받는다. 화석 및 핵연료, 지열에 의한 발전은 냉각을 위하여 상당한 양의 물이 필요하고, 일부의 물은 증발이나 오염으로 손실된다. 반면에 태양 광발전 시스템, 풍력 터빈, 또는 재활용할 수 있는 에너지원은 적은 양의 물이 필요할 것이다.

물이 적은 지역에서, 에너지 생산을 위한 많은 물의 이용은 자연상태의 수문학적, 생태학적인 변화를 가져올 수 있고 유역간의 물이동에 대해 문제가 발생할 수도 있을 것이다. 어떤 지역에서는 가용한 물의 절대적인 제한조건 때문에 에너지 시설 선택에 어려움을 줄 수도 있다.

사회의 다변화와 인구 증가에 의한 물수요로 에너지 생산을 위한 가용한 물의 양은 감소할 것이며, 에너지를 생산하고 이용하는데 인간의 능력은 지역적인 제약조건들에 직면하게 될 것이다. 동시에 지역적인 제약조건들은 에너지 수요의 증가에 따라 물공급에 대한 또다른 어려움을 겪게 되며, 특정 지역의 가용한 수자원의 변동은 또한 지구의 기후변화 등 여러형태의 복잡한 현상에 의해 영향을 받을 것이다.

물을 절약할 수 있는 방법으로 우리는 광발전, 풍력에 의한 발전, 태양열 시스템 등과 같은 재활용할 수 있는 에너지 자원을 이용하는 것이며, 기존의 시스템보다 단위 에너지당 적은 양의 물을 요구한다. 미국

캘리포니아에서 가뭄이 들었을 때 수력발전 생산량의 큰 감소에도 불구하고 세계에서 가장 큰 풍력발전과 태양열 시스템의 이용으로 가뭄에 의한 영향은 거의 없었으며, 물이 부족한 지역에서 적은 양의 물로 필요한 에너지를 얻기 위해서는 앞으로 이러한 시스템이 바람직할 것이다.

에너지를 생산하기 위해 물이 필요하지만 물을 얻기 위해서도 에너지가 필요하다. 에너지를 생산하기 위해서 우리는 탈염과 폐수처리 시설을 이용해 염수나 폐수를 이용할 수 있고 깊은 지하대수층의 물이나 장거리에 있는 물을 송수함으로써 에너지를 얻을 수 있을 것이다. 따라서 장래에 필요한 수자원을 얻기 위해서 우리는 물공급, 수질, 에너지의 연계성을 고려한 이해가 수반되어야 할 것이다.

20세기를 통하여 인구증가와 산업발전으로 필요한 물을 얻기 위하여, 수자원 분포의 불균형을 해결하기 위하여 대규모의 사업이 진행되어 왔으며, 환경과 경제성을 고려한 깊은 지하대수층의 물을 개발하기에 이르렀다. 그러나 미국, 멕시코, 중국, 인도, 구소련 등의 일부지역에서 환경과 경제성에 대한 자세한 검토 없이 과다한 지하수를 개발함으로써 실패한 경우들을 거울로 삼아야 할 것이며, 염수의 담수화도 경제적인 조사가 병행되어 사업을 수행하는 것이 바람직하다 하겠다.

수자원 개발을 위한 관점

1970년 스톡홀름에서 환경에 대한 UN 컨퍼런스가 개최된 이래로 4반세기가 흘렀으며, 환경문제에 대한 중요성은 모두가 크게 인식하고 있고 환경과 인간사회는 분리할 수 없는 불가분의 관계에 있음을 누구나 알고 있다. 비효율적인 경제문제는 환경문제를 야기시키며 환경파괴는 경제와 인류의 발전에 복잡한 저해 요인이 된다. 또한 인류의 건강, 복지, 삶의 질을 향상시키기 위해 수자원을 개발하고 있으나, 사회경제적 개선, 사회경제와 수자원의 관계, 그리고 새로운 수자원 관리 정책과 방안은 현대 사회에 있어서 아주 중요한 요소임을 인식해야 할 것이다.

물의 존재 여부는 인간의 삶과 죽음, 번영과 빈곤을 좌우하며, 물은 인간의 모든 활동과 농업 및 산업발전에 필수불가결한 자원이다. 오늘날 물은 세계의 모든 인류에게 이미 심각한 문제로 대두되고 있으며 우리의 수자원 관리 시스템과 기구들을 긴장시키고 있다. 세계인구의 40%에 달하는 약 80개국이 심각한 물부족에 고통받고 있다.

가용한 수자원의 효율적인 이용을 위해 다음과 같은 조건들이 전제되어야 할 것이다. 즉, (1) 시공간에 따른 가용한 수자원 변동의 균형을 위한 기술 축적, (2) 경제적이고 안전하게 활용할 수 있는 저장된 물의 지리학적 또는 지형학적 양상, (3) 수자원 개발을 위한 비용과 개발된 수자원의 가격 및 성공적인 수자원 분배를 관리할 수 있는 능력 등의 조건이다.

수자원 개발을 위한 중요한 문제점중의 하나는 도시 인구의 증가이다. 서기 2000년에는 세계 인구의 절반이 도시에 그들의 생활 터전을 마련할 것으로 예측되며, 특히 개발도상국의 도시인구 증가가 보다 더 심각할 것이다. 예를 들면, 멕시코시는 1920년 백만명의 인구가 1980년 천오백만명으로 증가하였고 2000년에는 이천오백만명의 인구집중 현상이 일어날 것으로 예상되고 있다. 이러한 현상은 물을 공급하기 위해 지리학적인 어려움이 따를 것이다. 보다 먼거리에서 물을 송수하거나 보다 깊은 지하대수층을 개발해야 하나 수자원의 손실과 수자원 시스템의 파괴를 가져올 수 있으며 대규모의 개발 노력과 비용이 소모될 것이다. 따라서 수자원의 지속적인 개발을 위해 물, 자연 생태계 및 인류사회간의 신중한 관리와 운영이 필요할 것이다.

물, 정치, 국제법

20세기 후반 인구증가, 산업발전 그리고 물수요의 증가로 지구상의 한정된 수자원을 놓고 정치분쟁의 위험이 고조되었다. 상당부분의 수자원은 국가간에 상호 공유되어 있는 배수유역으로부터 얻어진다. 이러한 유역은 세계 전지역의 약 50%를 차지하며 아프리카와 남미에서는 거의 60%를 차지한다. 공유된 수

자원에 관한 수많은 조약들이 있지만 어떤 지역들에서는 국제적 협정을 이행하기에 불충분하고 아직 해결해야 할 상당한 문제점들이 있다. 혹자는 국가간 공유되고 있는 강, 호수, 지하대수층들에 대한 정치적 이해관계로 말미암아 전쟁 발발의 가능성도 배제하지 않고, 특히 물이 부족한 지역에서는 물이 없다면 그 지역은 가치 없는 땅이 되며 물을 통제할 수 있는 사람은 그 지역을 통치할 수 있는 자격을 갖추고 있다는 것이다. 물분쟁의 가장 심각한 지역의 사례로 갠지스, 인더스, 리오그란데, 콜로라도, 중동 등의 지역을 들 수 있다.

1964년 이스라엘이 대규모 물이동 시스템인 National Water Carrier를 건설하자 아랍국들은 요르단강 상류의 물줄기를 바꾸어 이용하는 계획을 발표하였다. 이스라엘은 아랍국들의 행동을 주권침해로 규정하고 공격을 하게 되었다. 물론 물문제가 1967년 6월 전쟁의 유일한 요소는 아니지만 주요인으로 간주되고 있다. 이 전쟁으로 이스라엘은 요르단강의 West Bank를 점령하였고 이곳의 대규모 지하대수층은 지금 적어도 이스라엘 수자원의 1/4을 제공하고 있고 평화협상의 주요 쟁점이 되고 있다. 따라서 물분쟁은 정부관리들, 외교관들, 학자들 모두의 관심을 끌고 있고 인구증가, 기후변화, 하천상류의 개발 등으로 부족한 수자원을 놓고 여러 강들이 국제적인 관심을 모을 것이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 국제적 수자원 이용과 보호 정책, 국제법의 원칙 등에 관한 연구가 필요할 것이다. 그러나 복잡하고 심각한 자원에 관한 분쟁도 정치적 해결의지가 있다면 국가간에 원만한 관계를 유지할 수도 있을 것이다. 1960년 인더스강에 대한 인도와 파키스탄의 협정은 두 나라 사이의 긴장을 진정시켰으며 이는 수자원 분쟁 해결에 대한 좋은 선례가 되고 있다.

국제 수자원법의 대부분의 규칙들은 다음의 두 가지 측면에서 볼 수 있다. 즉, 조약이나 국제적 관례에 의한 것이다. 조약에 근거를 둔 규칙들은 항상 개개 규정들에 대한 해석을 달리할 가능성이 있지만 비교적 확인하기가 쉽다. 관례에 의한 국제법의 규범들은

제정하기가 쉽지 않으나 최근 이러한 규범들을 성문화하려는 노력들이 진행중이며 많은 성과를 거두고 있다. 순수한 국제적 수자원관련 조약은 많이 있다. UN의 식품농업기구(FAO)가 제공한 지표에 따르면 2000개가 넘는 실례들이 있고 그중 어떤 조약은 1000년 이상 된 것들도 있다. 이러한 수자원 관련 조약중 두 가지 중요한 원칙을 보면 첫번째는 공유된 수로의 이용과 혜택을 공평하게 분배하자는 동등한 수자원 이용에 관한 원칙과 두번째는 한 국가가 국가간 공유된 수로에 어떤 조치를 취해 다른 국가들에게 중대한 피해를 주어서는 안된다는 것이다.

수자원 갈등의 해결을 위한 국제법의 역할은 사례마다 다르고, 주요 물 분쟁들이 적용된 법원칙에 따라 해결된 것은 아니다. 그러나 일반적으로 외교적 문제에 관해서는 수용된 국제법의 원칙들에 의존하고 있으며, 이러한 원칙들을 보편적으로 적용한다면 국제적인 수자원 분쟁 해결에 큰 역할을 할 가능성은 높다. 이러한 관점에서 Institut de Droit International, International Law Association, International Law Commission 등과 같은 조직들이 기존 분쟁의 해결과 장래에 발생할지도 모르는 분쟁을 예방하는데 많은 공헌을 하고 있다.

공유된 수자원 분쟁의 평화적 해결 방안은 국가간 또는 지역간에 평화협상에 관한 노력이다. 특히, 기술적 측면에서 보면, 수문학적, 기상학적인 자료를 가지고, 또는 유역을 토대로 개발하고자 하는 개발계획등 공유된 수자원과 관련한 모든 현안들을 꾸준한 대화와 협상으로 해결하고자 하는 노력이다. 이러한 노력은 유역의 모든 국가 또는 지역의 전문가들로 구성된 위원회나 연합체를 통하는 것이 가장 효과적이라는 것은 과거의 경험을 통해 알 수 있다.

21세기의 물

인류문명의 시작 이래로 인간은 물을 동력화 함으로써 식량생산과 운송, 에너지를 얻는데 이용하였다. 건조한 지역에서는 최초의 관개시스템을 이용하여 수세기 동안 지속된 인류문명을 확립하였고, 1700년과

1800년대에는 떨어지는 물을 이용해 동력을 발생시킴으로써 산업혁명에 일조하였다. 20세기 녹색혁명은 1970년대와 1980년대 인구증가에 따른 식량을 제공하였고 이는 수자원을 이용한 관개농업의 개발로 가능하게 된 것이다.

이제 우리가 21세기를 바라볼 때 당면한 문제중 가장 중요한 문제는 증가하는 인구를 위해 식량, 식수, 공중위생, 건강에 관한 문제들을 어떻게 해결할 수 있는가 하는 것이다. 1990년에 12억 3천만명이 깨끗한 식수를 마실 수 없었고, 17억 4천만의 사람들이 충분한 공중위생 서비스를 제공 받지 못했다. 그리고 현재 인류는 인구증가에 따른 물 수요를 충족시킬만한 명확한 계획이 없다는 것이다. 그럼 5와 6은 1980, 1990, 그리고 2000년에 개발 도상국들에서 안전한 물과 적절한 공중위생 서비스를 받을 수 없는 인구를 예측한 것이다.

새로운 산업 및 에너지 개발 그리고 농산물 생산의 증가는 보다 더 많은 물을 필요로 할 것이다. 그러나 1인당 관개농지는 이미 감소하고 있으며, 인구증가가 새로운 관개농지의 개발보다 앞서고 있어 1인당 관개농지는 더더욱 감소할 전망이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 우리의 창의력과 노력이 필요하다. 1989년 논란을 일으킨 인도의 Narmada 수자원 프로젝트에 대해 혹자는 다음과 같이 썼다. "정부는 정부의 기본목표가 무엇인지를 모르고 있다. 즉, 사람들에게 피와 눈물, 슬픔, 고통을 주지 않고 물을 제공할 수 있는 최적의 방법을 찾지 않았다".

불확실 하면서도 엄청난 영향을 끼칠 수 있는 또 다른 문제가 우리 앞에 다가오고 있는데 이는 지구 오존층의 파괴와 지구의 기후변화이다. 인간은 지금 우리의 삶과 문명 그리고 환경을 제공한 지구의 기후를 조절할 수 있는 능력을 갖게 되었다. 대기의 상층부에 위치한 오존층은 태양으로부터 쏟아지는 자외선의 방사능을 거르는 역할을 한다. 과학자들은 화성표면에 생명이 발견되지 않는 한 가지 이유는 화성의 대기중에는 지구와 같은 오존층이 존재하지 않는 것과 관련이 있다고 말한다. 지구상의 어떤 미생물도 화성표면에 노출시켜 놓는다면 즉시 생명을 잃게 될 것이다. 그런데 우리는 지금 우리를 보호하고 있는 오존층을 파괴하고 있는 중이다.

오존층 문제와 함께 중요한 것은 지구의 기후이다. 우리에게 물과 식량 및 삶의 터전을 제공하고, 맑은 공기, 의약품, 생활용품 그리고 기타 서비스를 제공하는 우리의 생태계를 유지, 보존시켜주는 기후시스템의 변화이다. 지구의 기후는 복잡한 지구물리학적 특성에 의해 엄청난 물과 열에너지의 공간적 이동을 지배하고, 거대한 해양기류와 대기중의 바람을 발생시키며, 인간에게 대규모의 피해를 주는 열대폭풍, 허리케인, 몬순의 크기를 결정한다. 모든 자연재해들 중에서도 홍수와 열대성 저기압은 가장 많이 인간의 목숨을 앗아가고, 사망자의 95%는 개발 도상국에서 발생한다. 중국의 황하강은 Brahmaputra 다음으로 실트질 퇴사의 운송이 가장 많은 하천이며 퇴적에 의한 제방은 홍수의 위험성을 높이는 원인이 된다. 1887년

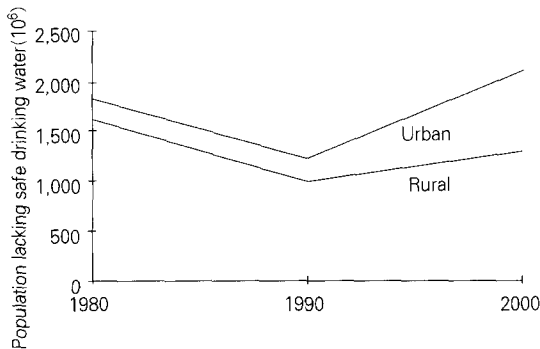


그림 5. 개발 도상국에서 안전한 물을 마시지 못하는 인구

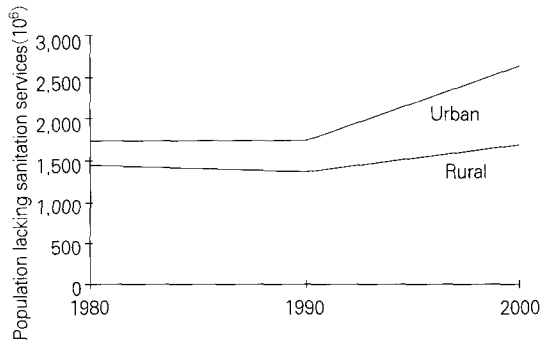


그림 6. 개발 도상국에서 공중위생 서비스를 받지 못하는 인구

홍수와 기아로 90만 내지 2백만명이 사망하였고, 1931년 홍수로 백만 내지 3백 7십만명이 사망한 것으로 추정되고 있다. 이러한 극한 상황은 아마도 지구의 기후변화에 의한 수문순환의 극한 현상일 수도 있을 것이다.

화석연료의 연소, 열대림의 화재, 연소된 가스의 방출 등은 지금 지구의 기후변화를 예고하고 있으나 이러한 원인들을 감소시킨다고 해서 기후변화의 문제가 해결되는 것은 아니다. 기온의 상승, 강우, 강설, 주요 폭풍에 대한 시공간의 강도, 다른 지구물리화학적 문제 등 많은 원인들이 기후변화에 영향을 미치며 이러한 결과는 물의 수요와 공급 그리고 수질 등의 수자원에 영향을 끼친다. 또한 기후변화의 시간, 방향, 범위 그리고 이들의 사회적인 영향 등 많은 불확실한 요소들이 존재하며 이러한 불확실성은 장래 수자원 계획을 복잡하게 하고 기후변화에 어떻게 대처할 것인지 많은 정치적인 토론도 있어왔다.

그러나 최근까지도 기후변화, 곡물생산, 임야의 파괴, 에너지 개발 등 다른 환경적인 문제들과는 달리 수자원은 상대적으로 아주 적은 관심의 대상이었으며, the World Commission on Environment and Development의 보고서에도 수자원 관련 절이나 항이 없고 수자원에 관한 단독적인 국제적 기관이 없다

는 것이다. 국가적 차원에서도 수자원에 관한 기관은 많지 않으며 수자원에 관한 문제는 자원과 광산, 농업, 또는 환경 관련 기관에서 다루어 지고 있다. 이러한 문제는 환경문제간의 상호 연관성의 인식 부족으로부터 오고 있다. 즉, 우리는 수인성 질병을 빈곤, 적절한 물공급, 문맹, 공중보건 등과 같은 상호연계성 속에서 원인을 찾지않고 콜레라 또는 말라리아 등과 같이 개개의 질병으로 간주하고 있기 때문이다. 변화하거나 파괴되고 있는 전체적인 생태계에서 원인을 찾기 보다는 사라지고 있는 어떤 특정한 생물만을 보호하기 위해 노력하고, 사회적, 문화적, 생태학적인 결과를 고려하지 않고 대규모의 수력발전 시설을 건설하기도 한다.

인류가 새로운 시대를 시작하기 위해서 직면하고 있는 물문제는 우리가 장기적으로 환경문제를 다룰 수 있는 안목을 모으고, 미래에 발생할 재난 위험을 줄이기 위한 정치적인 노력과 우리의 미래를 위해 투자를 아끼지 않는다면 해결할 수 있을 것이다. ●

〈참고문헌〉

Gleick, P. H. (1993), Water in Crisis, Oxford University Press.