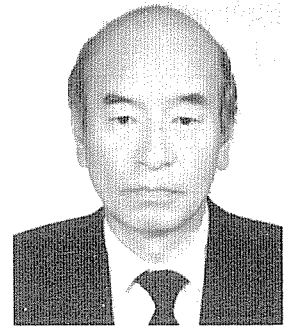


기획특집 <3>

물과 환경

권속표
(연세대 명예교수)



도시의 상수원 수질오염 심각 수질기준·정수처리 강화해야

물은 인류문화발상의 뿌리

우리 생활과 산업에서 물은 가장 중요한 자원이다. 모든 생물은 물에서 생겨나고 생물체를 구성하고 있으며 모든 신진대사에도 물이 관여하여 생명을 유지하고 있다. 인간이 살고있는 자연환경도 물은 중요한 역할을 하고 있다.

대기중의 수분은 증발, 응축, 얼음을 통해서 기온을 적절히 조정해서 인간을 비롯한 생물의 생존이 가능하다. 인간의 식량이 되는 농작물, 해산물도 물 없이는 생산이 불가능하다. 또 모든 산업에도 막대한 양의 산업용수가 필요하다. 과거에 인류는 물을 구해서 이동하고 문화를 발전시켜 왔다. 세계의 인류문화발상지로 알려진 중국의 양자강유역, 나일강변의 고대 이집트 문화, 이라크의 티그리스, 유프라테스 강변의 메소포타미아문화가 그것이다.

풍부한 담수(淡水)가 보존되는 곳은 모든 식물이 잘 자라고 여기에서 동물이 서식하므로써 인간이 생존할 수 있는 환경이 만들어졌다.

지구표면의 2/3를 덮고 있는 바다에는 지구상의 물의 98%가 존재하여 항상 태양열을 받아 수증기를 증발시켜 주면서 지구기온을 적절히 냉각시키고 바다에서 증발하는 수증기는 육지에 비가 되어 담수를 제공해 준다. 이와 같이 지구상의 물의 순환은 지구의 생태계를 구성하는데 중요한 역할을 하고 있다.

물 순환의 한계 : 물이 지구상에서 증발하고 상공에서 냉각되어 비나 눈이 되어 다시 지표면과 해양에 떨어지는 순환과정은 태양빛의 열에 의해서 일어난다. 그래서 육지에 내리는 강수량은 그 지역에 따라 한정되고 있다. 우리나라는 과거 수백년 동안 연평균 1천2백74mm의 강수량(降水量)을

유지하고 수자원총량(水資源總量)은 1천2백67억톤이라고 알려져 있다. 그러나 우리나라에서도 지역적으로 강수량에 많은 차가 있어 대관령, 서울, 충무지역과 제주도 서귀포는 강수량이 1천3백mm을 초과하는가 하면 경북 지방, 강원도 중부지방은 강수량이 연간 평균 1천mm 이하로 적다.

지구상에는 극도로 강우가 없어 사막화된 지역이 지구상의 약 30%가 된다. 중국의 고비사막, 아프리카 사하라사막, 미국의 북아메리카사막, 러시아의 터어키스탄사막, 아라비아사막 등은 연간 강수량이 평균 1백50mm 정도라고 한다. 이처럼 강수량은 지역에 따라 차이는 있으나 대개 일정한 한계가 있다. 따라서 각 지역의 수자원은 강수량에 따라 대체로 일정하다.

7·8월에 총 강수량의 47%

물의 한계는 강수기에 따라 달라진

다. 우리나라는 강우기가 크게 편중되어 있어서 7, 8월에 연간 총 강수량의 약 46.8% 4백67억t이 홍수로 유실되어 평상시 증발, 침투량 5백70억t(45%)과 합쳐서 총소실량은 1천37억t이 되고 평상시 하천유출량은 2백30억t(18.2%)에 불과하다.

우리나라에서는 강우기가 편중되어 있고 홍수로 인해 약 47%의 수자원이 유실되고 갈수기가 길어 수자원의 수요가 증가하면 심한 물부족현상이 나타난다. 정부에서는 이러한 물부족에 대비해서 주요하천에 많은 댐(Dam)을 건설해왔다.

소양, 안동, 대청, 청평, 춘천, 충주, 괴산, 화천, 팔당, 합천, 남강, 섬진강, 보성강댐 등 13개댐이 그것이다. 이들 댐에 강우기에 하천수를 저장하여 갈수기에 연간 1백25억t(용수공급량의 41%)을 공급한다. 그리고 하천에서 1백64억t(공급량의 53%)지하수를 16억t(공급량의 6%)을 공급하고 있다.

용수량 : 우리나라의 용수량은 인구, 도시, 산업의 발달과 평행해서 증가하고 있다. 1991년에 우리나라의 용수수요는 생활용수가 46억t(총 공급량의 17%), 공업용수가 25억t(9%), 농업용수가 1백51억t(54%), 유지용수가 57억t(20.7%)으로 총 용수수요는 합계 2백82억t으로 평상시 류량 2백30억t보다 52억t이 많지만 댐, 하천, 지하수 공급량보다는 27억t 적다.

물 오염의 원인 : 생활용수, 공업용수, 농업용수 수요가 증가할수록 생활하수, 공업폐수, 농경지유하수가 증가

한다. 91년도에 전국에서 유출된 생활하수량은 1일평균 약 9백77만t, 산업폐수는 약 5백78만t, 축산폐수는 약 10만t이라고 추산되고 있어 총 1천5백93만t의 폐·하수가 하천, 댐, 해안에 유입되고 있다. 이것은 연간 58억t의 오수가 유출되는 것이며 그중 약 20%가 해안에 유출된다고 하면 연간 하천유입량은 전국하천의 평상시류량의 20.2%가 된다.

유출되는 생활하수에는 주택에서 배출되는 하수와 정화조에서 각종 유기물과 염류, 미생물(때로는 병원균도 포함된다), 합성세제들이 포함되어 있고 도시의 오염된 지표수를 통해서 토사, 도시내 산업장의 폐수들도 혼입되어 있다. 최근에는 차량이 증가하여 세차장의 폐수, 폐유들도 하수가 되어 하천에 유입된다.

산업폐수 중금속 등 포함

산업폐수는 주로 공장폐수로서 공장에서 배출되는 폐유, 유기용매, 중금속(수은, 납, 카드뮴, 비소, 동 등),

유해금속염류, 산과 알칼리, 열수(熱水-冷却水) 등이 포함되어 있다. 농경지유하수는 농경지에 살포된 유독한 농약, 비료, 토사가 섞여 유출된다.

우리나라 도시에서 배출되는 하수는 평균 BOD 1백ppm 정도로서 하수 37%만이 1백17개소의 하수처리장에서 처리되고 있어(방류수는 BOD 30ppm) 63%의 하수는 그대로 하천이나 해안에 방류되고 있다. 전국 1만 4천7백15개소의 공장에서 유출되는 공장폐수는 대부분이 공장폐수처리장에서 정화처리하여 배출허용기준 이하의 방류수를 방류하게되어 있으나 아직도 충분한 처리를 하지 못하고 불법방류하는 산업장이 많다.

하천이나 저수지에서 가장 큰 오염원은 토사와 질소, 인분이며 이것은 산림이나 농토에서 가장 많이 유출되고 도시하수처리에서도 질소, 인분이 유출된다. 농토에 살포된 비료분중에는 질소, 인분이 많고 이것이 생활하수, 축산폐수의 높은 질소, 인분과 합쳐 하천, 호수(저수지)에 유입되면 부



◇공장에서 방출된 폐수 등 오염물질이 강과 하천을 오염시키고 있다.



◇한강시민공원에 흩어져 있는 쓰레기를 청소하고 있는 환경보우원들. 시민들에게 개방된 후 한강은 수질오염과 함께 각종 쓰레기公害를 양고 있다.

영양화현상(富營養化現象)이 발생한다. 인분이 인(P)으로서 0.02ppm 이상이고 질소:인분의 비율이 16:1 이상이 되면 수중에서 조류(藻類)가 갑자기 불어나기 쉽다. 1mg의 인분은 약 25mg의 BOD의 원인이 되는 조류가 발생한다.

조류중에는 물에 악취나 유독물을 분비하는 종류도 있다. 이들 조류, 수서식물들은 질소, 인분이 많은 수중에서 잘 번식하고 사멸하면 부식성퇴적물이나 부유물질이 되어 물을 혼탁하게 하여 이물을 이용할 때에 정수과정에서 여과장해(濾過障害)를 가져와서 정수속도를 떨어뜨리고 또 염소소독을 할때에 발암성(發癌性)이 있는 트리할로메탄(THMs) 등 소독부산물을 생성시킨다.

수질오염의 피해 : 하천, 저수지의 물이 오염됨으로써 수자원이용에 많은 지장을 가져온다. 하천, 저수지에서 빈번히 나타나는 피해는 수서생물(水棲生物)의 폐사, 감소 현상이다.

하천수가 유기오염물로 오염되면 그것이 분해산화하는 과정에서 용존산

소(溶存酸素)를 소모한다. 약 15℃의 수온에서 용존산소 포화도는 약 9mg/l 인데 수중에서 유기오염물이 산화하는 과정에서 이 용존산소는 소모하여 DO(용존산소)가 5ppm 이하가 되면 어류(魚類)는 호흡장애로 폐사한다. 또 산소부족으로 혐기(嫌氣)상태가 되면 유기물은 혐기분해를 하여 암모니아, 황화수소를 발생시켜 악취가 나며 수서생물에 피해를 준다. 하수와 같이 병원균이 하천에 침입하여 그 물을 먹는 주민들에게서 많은 전염병 환자가 폭발적으로 발생하는 경우가 있다.

1892년에 독일 함브르그시에서는 엘베강이 콜레라환자의 배설물로 오염되어 그 강물을 상수원으로 사용한 함브르그시에서 일주일간에 약 1만8천명의 콜레라환자가 발생하고 그 중 약 8천9백명이 사망하였고 또 스페인 바르셀로나시에서는 상수원이 장티푸스환자의 배설물로 오염되어 약 1만명의 장티푸스환자가 발생하여 약 8천명의 사망자가 발생한 예가 있다. 일본의 오오무타시에서도 상수원이

지하수가 이질균으로 오염되어 약 3천5백명의 환자가 발생한 예가 있다.

우리나라에서도 1946년 태평양전쟁이 끝나고 많은 사람이 남양 여러 나라에서 귀환하면서 콜레라균보균자가 있어 이들 보균자의 배설물로 한강이 오염되어 약 1만5천명의 콜레라환자가 발생하고 약 1만명이 사망하였다.

이와같은 수인성전염병은 과거에 세계각국에서 빈번하게 발생하였고 현재에도 세계 각국에서 발생하고 있다. 수인성전염병은 콜레라, 이질, 장티푸스뿐만 아니라 간염, 소아마비, 유행성결막염(아데노바이러스와 피코바이러스 등)도 있다. 또 아메바성이질, 자이알디아(Giardiasis), 크립토스포리듐(Cryptosporidium) 등도 음료를 통해서 감염된다. 수인성전염병은 최근에도 미국, 영국에서 음료수오염으로 집단적으로 발생하고 있다.

일본서 5천명이 수은중독

공장폐수와 같이 하천에 유입된 중금속염류는 하천이나 저수지의 생물이나 저질에 흡수 축적된다. 1955년에 일본 구주 미나마타시에서는 약 5천명의 신경마비환자가 발생하고 약 3백50명이 사망한 사건이 발생하였다. 그 원인을 조사한 결과 미나마타만으로 유입되는 하천변에 위치한 공장에서 폐수와 같이 미량의 수은이 계속 흘러들어 갔는데 이 수은이 미나마타만의 해저에서 축적되고 그 일부가 더욱 유독한 유기수은(有機水銀)으로 전환되어 부유생물에 흡수되었다.

이 부유생물을 잡아먹은 물고기에는

고도로 유기수은이 축적되었다. 이것을 모르는 시민이 약 7~8년 이 바다 고기를 먹어 사람 몸에는 더욱 높은 농도로 유기수은이 축적되었고 (먹이 사슬로 인한 생물농축) 어느 농도에 달하여 신경증상이 나타났다. 증상은 시력, 청력이 감퇴되고 중심성시야교착증(中心性視野狹窄症)과 평행감각상실로 보행이 어려워지고 언어장애를 일으켜 결과적으로 사망자가 많이 발생하였다. 또 이 증상은 치료가 불가능하다고 한다. 생존자는 현재까지도 신경마비가 악화돼가고 있다. 이 사건이 발생한 후 이곳에서 자란 여아는 약 20년이 지나 결혼한 후 태어난 신생아가 뇌성마비인 것이 20건이나 되었다.

일본 니이가따현(新潟縣) 진쓰강(神通江)하류의 농촌에서는 많은 중년여성(다산계, 폐경기이후의)들이 심한 관절통, 근육통을 호소하고 많은 곳에 골절이 발생하고 전신이 위축되는 조로증으로 약 2백명이 사망하고 사망자 외의 환자 약 4백명이 신음하고 있다. 원인은 진쓰강상류에 있는 동방아연(東邦亞鉛)가미오까(細岡)제련소에서 하천변에 버린 폐광석에서 「카드뮴」금속이 빗물에 용출되어 진쓰강하류 일대의 농경지에서 오염된 하천수를 농업용수로 사용하였기 때문이다. 이로 인하여 농경지에 카드뮴이 흡수, 축적되고 이것이 나락, 쌀에 흡수되어 이 쌀을 장기간 먹은 주민들의 체내에 카드뮴이 흡수 축적되었다. 체내의 카드뮴은 칼슘대사를 억제하고 신경기능이 저하되어 다량의 칼슘이 배설되므로써

발생한 질병이다. 이 당사골절을 일으킨 2백~3백명 환자는 치료가 불가능하여 완전히 불구의 몸이 되었다.

1986년 11월 스위스 바젤근처의 Sandoz AG화학 및 제약회사에서 화재가 발생하여 수은을 포함한 30t의 화학약품이 라인강으로 유입되었다. 이 사고로 라인강하류의 프랑스, 서독, 네덜란드에서는 하천의 어류가 대량 폐사하고 상수도공급을 2주간 중단하는 사태가 발생하였는데 그 전에도 10월에 스위스 Ciba-Geigy 화학공장에서 4백L에 달하는 제초제가 유출되었다.

1991년 3월에 대구시 상수도수에 페놀오염이 발생하여 수도수에서 크롤페놀의 강한 악취가 발생 약 7일간 급수를 중단하였다. 이로 인하여 대구시민은 큰 혼란에 빠졌고 낙동강하류의 부산, 남지, 마산, 진주까지도 수도수의 오염이 심해졌다. 이때 원인은 구미단지의 모 공장에서 페놀이 대량 유출된 것이었으나 그것보다 더 큰 원인은 2~3월에 갈수기가 계속되었고 안동댐에서 물을 방류하지 않아 하천의 자정회색능력을 상실한 것이 더 큰 원인이었다.

하천수는 상류에서 흐르는 동안에 주위 농토에서 살포한 많은 종류의 농약이 유입된다. 농약중에서 비교적 자연분해가 잘 일어나는 종류도 있으나 (유기인계농약 : 마라치온, 파라치온, DDVP 등) 자연분해가 잘 일어나지 않는 유기염소계농약은 저질이나 수중생물체내에 흡수축적된다. 또 이들 농약은 상수도정수과정에서도 잘 제거되

지 않으므로 수도수를 통해서 인체에도 흡수축적된다. 유기염소계농약은 인체의 지방조직에 흡수, 축적되어 발암성을 발휘하는 종류도 있다 (예: DDT의 분해산물인 DDE 등).

우리나라의 수질오염 현황 : 우리나라 대부분의 하천상류는 도시, 산업체가 적어서 오수의 유입이 없고 현재로서는 하천오염이 없다(1급수 수준). 그러나 중류지역에서는 농촌, 농공단지, 축산장, 주거지가 있어 이들 오염원에서 유입되고 하수, 폐수가 증가하여 하천이나 호소의 수질오염이 발생되고 이미 상수원으로 사용하기도 부적당한 오염도를 나타내는 구역이 있다. 상수원의 수질은 1급수가 BOD 1ppm 이하, 2급수가 3ppm 이하로 설정하고 있으며 1급수는 간단한 정수처리를 하면 음용수기준에 적합하고 2급수는 응집, 침전, 여과, 소독과 같은 고급처리를 하여야 수도수로 급수할 수 있는 원수를 말한다. 우리나라의 대부분 도시의 상수원이 오염된 하천 중·하류에 있어 하천수질오염이 심해지면 원수가 1급수를 초과하여 고도정수처리가 불가피해진다.

최근에는 공장, 산업장, 도시가 하천상류, 중류지역에까지 위치하게 되고 농촌에서도 축산단지, 농공단지가 들어서면서 하천의 수질오염이 다양화(多樣化)돼 가고 있다. 또 농약, 비료 사용량이 증가하여 과거에 없었던 유독한 오염물이 검출되고 있어 상수도정수과정을 더욱 고도화할 필요가 있게 되었고 수도수의 수질기준도 더욱 강화하여야 한다. 57