

물과 건강

정 문 식

서울대학교 보건대학원

Water and Health

Moonshik Zong

School of Public Health, Seoul National University

I. 序 言

모든 생명체가 살아가는데 있어서 가장 필요하고 없어서는 안될 물질이 물이 아닌가 싶다. 따라서 범세계적으로도 적정량의 좋은 음용수를 주민들에게 공급하는 것은 매우 중요한 사업으로 간주되고 있어서, 각 국가 혹은 국제기구에서 이 분야에 많은 투자를 하고 있으나 현실은 만족한 상태에 있지 못하다. 개발도상국의 주민 5명 중 약 3명은 안전한 음용수를 얻지 못하고 있으며, 4명 중 한명만이 웅덩이 정도의 화장실(pit latrine)에 접근할 수가 있다. 도시지역은 좀 양호하여 주민 75% 정도가 가정용 수도관이 연결되어 있고, 53%가 기본적 위생시설을 갖추고 있는 반면, 시골에서는 29%만이 음용수에 접근할 수 있고, 13%만이 기본위생시설을 이용하고 있다.

많은 생물들은 물이 없으면 수시간 혹은 수일 내에 사망한다. 인간도 예외는 아니어서 음식을 섭취하지 않고는 40~50일을 지탱할 수 있으나, 물을 마시지 않고는 수일 이상 살아갈 수가 없다. 성인(미국인) 한사람이 하루에 물, 커피 등 음용수로 1, 250 ml, 음식으로 900 ml를 취하며, 체내에서 영양 물질을 신진대사시킬 때 350 ml가 배출하여, 몸이 하루에 얻는 물의 총량은 2,500 ml 정도다. 그래서 성인 한 사람이 하루에 약 2l의 물을 음료수나 식품조리시 포함되는 물로 섭취하여야 한다. 한편 체외로 배출되는 물은 소변으로 1,400 ml, 대변으로 100 ml, 땀으로 700 ml, 그리고 호흡으로 300 ml 등으로 역시 총 2,500 ml를 배출하게 된다.

탈수는 건강에 심각한 영향을 미친다. 독일의 생리학자 Rubner의 동물 실험에서 몸 속 glycogen과 fat은 거의 없어질 때까지, 그리고 protein은 반이 없어 질 때까지 생존하였으나, 물은 10%가 손실되면

건강에 치명적인 손상을 입히고, 20~22%가 손실 되면 사망을 초래함을 보여 주었다.

1993년말 현재 우리나라 급수시설별 이용 인구를 보면 상수도가 80% 그리고 간이급수시설이 11%로, 총 인구의 91%가 공공급수시설에서 음용수를 공급 받고 있어서, 선진 외국에 뒤지지 않는 상수도 보급율을 보이고 있다. 그러나 최근 수도수의 질에 대해서 뿐만 아니라 그 물을 공급하는 공공기관까지 많은 주민들로부터 불신을 받고 있다. 이에 본 논문에서는 현재 우리나라에서 사용되고 있는 음용수의 현황과 야기될 수 있는 건강상의 위해, 그리고 음용수 수질 개선을 위한 방안을 개괄하여 보고자 한다.

II. 상수도 보급률 및 음용수 사용량과 건강

과거 우리의 재래식 농촌에서는 하루 한 사람이 30~50l 정도 사용하였다. 수세식 화장실도 없고 매일 샤워도 못하였지만 우리 조상들은 이런 환경에서 수백년간 살아 왔다. 그러다가 현대적인 상수도 시설이 보급되면서 물의 사용량은 급격히 증가하였으며, 또 생활정도가 높아지면서 그 양은 더욱 증가하여 현재 우리나라에서는 1993년말 현재 하루 한 사람이 385l를, 서울시에서는 461l를 사용하고 있다. 그래서 조금만 가뭄이 들면 물의 부족을 겪고 있으며, 그 많은 양의 물이 하수가 되어 주위 하천수에 방류되므로 심각한 수질오염상태를 초래하고 있다.

한편 물의 사용량이 증가하면서, 우리는 더욱 쾌적하고 건강한 생활을 영위하게 되었으며, 동시에 질병의 발생도 급격히 줄어들었다. 수인성 질병이 감소한 것은 물론, 신체와 주위 환경이 청결해짐에 따라 그 외의 전염성 및 비전염성 질병도 감소함을 볼 수가 있다(표 1).

표 1. 상수도 보급과 소화기계 질병 발생 추이(1961~1991)

년도	상수도보급상황		1인 1일 급수량(<i>l</i>)	세균성 이질(명)	장티푸스 (명)
	급수인구(천)	율(%)			
1961	4,400	17.3	102	145	4,982
1971	11,600	36.4	173	306	3,146
1976	17,910	50.0	220	78	672
1981	22,088	57.0	264	110	164
1986	28,289	68.7	295	57	278
1990	33,631	78.5	369	13	232
1991	35,123	81.2	372	34	187

III. 음용수의 수질과 건강

음용수의 질을 논할 때 주민은 주로 물의 탁도, 색도, 냄새, 맛 등의 감각으로 평가하나 이들만 양호하다고 해서 건강에 아무 위해를 주지 않는 좋은 음용수라고 할 수 없다. 사실 색이나 pH 등은 건강에 직접 영향을 주지는 않지만 오랜 기간 음용수 수질평가에 이용되어 왔다. 음용수 수질평가에 가장 중요한 세균은 감각에는 아무 영향을 미치지 않지만 어느 인자와도 비교될 수 없을 정도로 중요한 수질인자로 간주되고 있다.

물이 오염되었다고 하는 것은 그 구성 성분이나 조건이 변하여 원래의 목적이나 기능을 전부 혹은 일부를 충족시키지 못할 때를 말한다. 즉 물의 물리적, 화학적 및 생물학적인 변화를 뜻한다. 다만 뜨거운 물로 방출되어 물의 온도가 높아졌을 때 물이 오염되었다고 한다.

1. 생물학적 오염원

주요 생물학적 오염원을 보면 pathogenic bacteria, viruses, parasites, 그리고 기타 생물을 들 수 있다. bacteria에 의하여 전파될 수 있는 질병은 콜레라, 장티푸스를 위시하여 소아 설사, 이질, 장염 등을 들 수 있다. virus에 의한 질병은 소아마비 등을 들 수 있다. 회충 등 parasite에 의한 각종 기생충증이 있는데 수년 전까지만 해도 우리 국민 중에서 그 이환율이 매우 높았으나 지금은 많이 낮아 졌다. 주요 질병을 일으킬 수 있는 미생물과 그들이 일으키는 질병은 다음 표에 있는 바와 같다(표 2).

2. 무기화합물질

수중 무기화합물질에 metals, salts, hardness 등을 들 수가 있다. 수년 전에 일본에서 발생한 수은에 의한 미나마타병과 카드뮴에 의한 이타이이타이병

표 2. Microbiology and disease of drinking water

Causative organism	Disease
<i>Vibrio cholerae</i> , including biotype EI Tor	Cholera
<i>Shigella</i> spp.	Bacillary dysentery
<i>Salmonella typhi</i>	Typoid fever
<i>Salmonella paratyphi</i> A, B & C	Paratyphoid fever
Other <i>Salmonella</i> types, <i>Shigella</i> , <i>Proteus</i> spp., etc.	Gastroenteritis
Enteropathogenic types of <i>Escherichia coli</i>	Infantile diarrhoea
<i>Leptospira</i> spp.	<i>Leptospirosis</i>
<i>Pasteurella (Brucella or Francisella) tularensis</i>	<i>Tularaemia(rarely)</i>

등이 유명하며, 그 외에도 연관(鉛管)에 의한 음용수의 납오염에 의한 연중독도 전에는 자주 발생한 질환이었다. 지하수 중 과다한 질산에 의한 영아의 청색증과 과다한 불소에 의한 치아불소증 등은 외국에서는 자주 보고된 바 있으나 우리나라에서는 이런 질환의 발생이 없다. 음용수 중 주요 무기화합물질과 최대허용농도 및 그로 의해서 유발될 수 있는 질환을 보면 다음 표와 같다(표 3).

3. 유기화합물질

유기물 중에서는 농약으로 많이 사용되고 유기염소제(DDT, aldrin, 2, 4, 5-T 등)와 산업용으로 많이 이용되는 chlorinated naphthalenes 및 biphenyls 등이 있다.

그리고 최근까지 우리나라에서는 음용수 중 유기화합물질에 의한 건강의 장애는 보고된 바 없었으나, 도시 상수원수로 주로 이용되는 하천수가 여러가지 유기물질로 오염되어서 많은 주민들이 그들의 건강에 지장을 초래하지 않을까 하고 우려하고 있다. 특히 미량유기물질이 염소소독을 하는 동안 염소와 결합하여 발암물질로 의심받고 있는 THM 등이 생긴다는 보고가 있고부터 주민들의 우려는 더욱 높아지고 있다. 음용수에서 자주 발견되는 유기화합물질과 최대허용농도 및 영향을 미치는 신체부위를 보면 다음과 같다(표 4).

4. 음용수중 오염물질의 허용기준치

WHO에서는 음용수에 포함되어도 괜찮을 물질의 최대량을 guideline values로 제시하여 두고 있다. 이 값은 각국이 음용수의 기준으로 최소한 이 정도의

표 3. Maximum contaminant level (MCL) for inorganic chemicals in drinking water

Element	MCL(mg/l)	Reason for inclusion
Arsenic	0.05	Recognized poison long-term effects, carcinogenic in some contacts, food intake contributory
Barium	1.0	Recognized toxic effects on heart, blood vessels, and nerves from accidental, experimental, and therapeutic ingestion
Cadmium	0.01	Acute poisoning in humans via foods, increased concentration in kidney and liver of rats on water with 0.1 to 10 mg/l
Chromium as hexavalent	0.05	Carcinogenic on inhalation cumulative in rat tissue at level of 5 mg/l in drinking year at concentration of 0.45 to 25 mg/l
Lead	0.05	Recognized poison with daily food, water, air, and inhaled tobacco smoke; balance maintained at total intake of about 0.3 to 0.4 mg/day
Mercury	0.002	Recognized poison at work and in fish; found in natural waters at less than 1 µg/l; present in some foods from 10 to 70 µg/mg; daily intake limit is 0.3 mg for 70-kg person
Nitrates as nitrogen	10	Private well waters with nitrates from 15 to 250 mg/l caused methemoglobinemia in infants fed milk formulated from such waters; between 1945 and 1964, 2000 cases reported in United States and Germany with about 150 deaths; no cases from water under 10 mg/l
Selenium nitrogen	0.01	Recognized occupational poison and cause of livestock poisoning where Se exceeds 3 to 4 mg/kg of food intake; high in soils and crops in some localities in north central United States
Silver	0.05	To limit additions of silver for disinfection; silver retention causes argyria—blue-gray discoloration of skin, eyes, and mucous membranes

값은 유지하라는 것이지 가장 좋은(낮은) 값은 아니라는 사실을 유념할 필요가 있다. 실제 구미 선진국에서는 각자 자기 나라에 적합하면서 여기 제시한 값보다는 훨씬 낮은 값을 음용수 수질기준으로 정하여 실시하고 있다.

염소소독을 한 물을 관을 통해 주민에게 공급할 때는 소독할 경우 가능한 pH를 8.0이하로 하고 염소와 접촉시간을 30분 이상으로 하여 잔류염소가 0.2~0.5 mg/l로 하는 것이 좋다. 물을 소독하지 않고 관으로 공급할 때도 수질이 소독한 물과 비슷하여야 한다. 즉 100 ml의 물에 대장균이 검출되지 않아야 하며, 단 자주 검사할 때 물에 faecal coliform이 없고, 수원(水源)의 유역과 저장시설의 위생상태가 양호할 때는 100 ml당 대장균 3개 이하는 허용할 수가 있다. 관(管)으로 공급하기 않은 음용수는 100 ml당 coliform organisms은 10개, faecal coliform은 검출되어서는 안된다. 병의 물은 100 ml당 이상 둘 모두 발견되어서는 안된다.

사실 불소의 경우 1 mg/l 정도면 충치가 생기지 않고 좋아서 많은 나라에서는 정수장에서 불소를 주입하고 있다. 그러나 과량 포함되어 있을 때는 반상치를 일으키고 뼈를 손상시켜 규제를 하고 있다. 크롬의 경우 특히 6가가 유해하여 우리나라에서는

별도의 기준을 두고 있다. 질산의 경우도 직접 유해한 영향을 미치지 않는나 6개월 미만의 영아가 과량(100 mg/l)섭취할 때 청색증을 유발한다. 보통 경도가 낮은 물이 좋으나 연수를 음용하는 지역에서 동맥경화성 심장질환 고혈압 등의 발병률이 높았다.

원래 유기물질은 그 자체의 유해성보다는 물의 오염정도를 나타내는 지표로 더 많이 이용되었다. 유기물질의 양은 물 속에서 분해하면서 소모되는 산소의 양으로 나타내는데 음용수의 경우 BOD로 나타낸다. 그러나 최근에 와서는 그 자체로써 유해한 여러가지의 각종 농약 등을 많이 사용하고, 유기성 하수가 상수 원수에 많이 유입되면서 허용량을 설정하게 되었다. 음용수 중에서 600여개의 유기물질이 검출되었고 일부는 발암물질이거나 암촉진물이며, 돌연변이성 물질도 검출되었다. 이와 같은 물질에 대해서도 기준을 정할 때 가장 영향을 많이 미치는 경우는 건강에 유해한 농도가 아니라 냄새나 맛 등 심미적인 요인에 의하여 정해진다는 사실이다. 기준은 하루 체중 70 kg의 사람이 물을 2l씩 섭취한다고 보고 정해진다. 미리 Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives에서 정해준 acceptable daily intake(ADI)를 이용하든지 정해진 ADI가 없을 때는 과학문헌을 이용한다. 이때는 no-

표 4. Maximum contaminant level (MCL) for organic chemicals in drinking water

Contaminants	MCL(mg/l)	Health effects
- Volatile organics -		
o-Dichlorobenzene	0.6	Nervous system, lung, liver, kidney
cis-1, 2-dichloroethylene	0.07	Nervous system, liver, circulatory
trans-1,2-dichloroethylene	0.1	Nervous system, liver, circulatory
1,2-Dichloropropane	0.005	Probably cancer, liver, lungs, kidney
Ethylbenzene	0.7	Kidney, liver, nervous system
Styrene	0.1	Liver, nervous system
Tetrachloroethylene	0.005	Probably cancer
Toluene	10	Kidney, nervous system, lung
Xylenes	10	Liver, kidney, nervous system
- Pesticides and PCBs -		
Alachlor(Lasso)	0.002	Probably cancer
Aldicarb	0.003	Nervous system
Aldicarb sulfone	0.003	Nervous system
Aldicarb sulfoxide	0.003	Nervous system
Atrazine (Atranex, Crisazinal)	0.003	Reproductive and cardiac
Carbofuran (Furadan 4F)	0.04	Nervous system and reproductive
Chlordane	0.002	Probably cancer
Dibromochloropropane (DBCP, Nemaflume)	0.0002	Probably cancer
2,4-D (Formula 40, Weedar 64)	0.07	Liver, kidney, nervous system
Ethylene dibromide (EDB, Bromolume)	0.00005	Probably cancer
Heptachlor (H-34, Heplox)	0.0004	Probably cancer
Heptachlor epoxide	0.0002	Probably cancer
Lindane	0.0002	Nervous system, liver, kidney
Methoxychlor (DMDT)	0.04	Nervous system, liver, kidney
Polychlorinated biphenyls (PCBs, Aroclor)	0.0005	Probably cancer
Pentachlorophenol (Martale)	0.001	Probably cancer, liver, kidney
Toxaphene	0.001	Probably cancer
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	Nervous system, liver, kidney
- Treatment techniques -		
Acrylamide	0	Probably cancer, nervous system
Epichlorohydrin	0	Probably cancer, liver, kidney, lungs

adverse-effect dose에 safe factor를 적용하여 기준을 만든다.

이외에 냄새 맛 등 심미적인 인자에만 영향을 미치고 독성은 별로 없는 물질들이 있다. 보통 그 물질을 제거하는 작업은 어렵거나 많은 비용이 든다. 이것은 사람의 감각기능으로 측정하므로 그 결과는 다분히 주관적이다. 그러므로 기준을 정할 때는 그 나라가 당면한 사회적 경제적 및 문화적 사정을 고려하여야 한다. threshold level의 50%를 기준으로 삼으면 주민은 잘 인지하지 못한다.

보통 미량의 방사선 물질이 음용수에 검출된다. 종류와 농도는 그 물이 스며 나온 토양과 바위에 따라 차이가 난다. 극히 예외를 제외하고는 소량 검출되어 신체에 별 영향을 주지 않는다. 그러나 방사선 폐기물에서 오염될 때는 고농도가 검출될

수도 있다.

IV. 우리나라의 음용수의 문제점

앞에서 본 바와 같이 우리나라는 전국적으로 강수량이 많아 물이 풍부하며 주위 환경이 좋아서 수질도 매우 좋은 편이다. 그래서 오래 전부터 여름철에는 냉수를 잘 마셨고 맛도 좋았다. 그러나 근래에 와서 인구가 증가하고 산업이 발달하여 전국의 토양을 오염시키고 지표수와 지하수를 오염시켜서 아무 처리도 안하고 그대로 마실 수 있는 물은 별로 없으며 대부분의 상수원수로 이용하고 있는 하천수마저 심하게 오염되어 있다.

1993년 말 현재 우리나라 국민의 81%가 수도수를 음용으로 사용하고 있으므로 그 수질에 이상이 있

표 5. 1993년 중요도시의 수도수 원수의 수질(BOD)
(단위: ppm)

서울(팔당)	대전(대청)	대구(고령)	부산(남지)	광주(담양)
1.2	1.6	4.5	3.8	1.4

으면 국민건강에 지대한 영향을 미칠 것이라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 그러므로 국가는 가능한 많은 국민에게 적정량의 물을 공급하는 것도 중요하지만 건강에 전혀 위해를 주지 않고 맛있는 물을 공급하는 것도 매우 중요한 기본 임무 중의 하나라고 본다. 그러나 현실은 그렇게 되고 있지 않다. 1993년 박혜숙 등이 보고한 바에 의하면 대전시 주부 800명을 대상으로 조사하였을 때 수도수를 불신하고 지하수를 음용하는 사람이 52.9%나 된다고 한다. 1993년 대전의 상수원수의 BOD 1.6 ppm(대청댐)인데 반해 대구는 4.5 ppm(고령), 부산은 3.4 ppm(물금)이나 되고, 1천만 이상이 이용하는 팔당댐의 수질도 1.2 ppm으로 2급 원수에 해당한다(표 5).

이상과 같이 2~3급의 원수로 처리를 하는데, 주요 처리과정을 보면, 침전, 여과, 소독 등이다. 특히 중요한 과정은 여과 및 소독인데 우리나라에서는 가능한 많은 양의 물을 여과하기 위하여, 모든 정수장에서 급속여과법을 적용하고 있다. 이 방법은 완속여과법에서보다 미세입자의 여과 효율이 떨어진다. 여러 종류의 물질이 녹아 있거나 미세한 입자로 여과된 물에 남아 있을 수 있다는 것이다. 여과한 다음 여과수를 염소로 소독하여 물 속의 세균을 죽이는데, 이때 일부 염소는 물 속의 용해물질이나 미세한 유기물과 반응하여 염화물을 생성하기도 한다. THM도 이와 같이 생긴 염화물 중의 한가지이다. 원래 여과수에 있던 물질과 염소소독을 할 때 생긴 염화물 등의 일부는 냄새를 유발하거나 인체에 해로운 작용을 할 때가 있으며, 일부는 발암물질로 판명된 것들도 있다.

농촌지역의 간이 급수시설은 지역주민 특히 부인들의 노역을 덜어 주고 위생상태를 높여 건강한 생활을 하는데 많은 공헌을 한 것은 틀림없으나 앞서 언급하였듯이 우리나라는 인구가 조밀하고 산업이 발달하여 물이 대부분 오염되어 있어서 소독시설을 하지 않은 물은 그대로 음용하기가 곤란하다. 그래서 대부분의 간이급수 시설에 염소소독장치를 가설해 두었으나 거의 작동하지 않고 있다. 염소소독은 사실 까다로운 과정으로 그런 간단한 장치로 되지 않으며, 지역 주민 중에는 그런 것을 제대로 작동시킬만한 기술자도 별로 없다. 원수에 있는 세균을 포함한

각종 오염물질은 그대로 관을 따라 각 가정에 공급될 수 있다.

오지나 외딴 곳에 사는 주민은 주로 샘이나 지하수를 이용하고 있다. 아주 깊은 지하수를 제외하고는 대부분의 물이 오염되어 있으므로 우선 그 물을 사용하는 주민이 가능한 방법을 모색하여야 할 것이다. 지표수를 사용하는 것을 가급적 피하고, 단독으로나 몇 집이 합쳐 심정(深井)을 뚫어서 좋은 원수를 찾아서 모터로 취수하여 사용하는 방법을 모색해보든지 하고, 가능한 자주 주기적으로 수질검사 특히 분변성 세균검사를 해볼 필요가 있다.

V. 結 言

주민의 81%가 음용하는 수도수의 경우 원수에 포함되어 있는 미량물질이 문제다. 이 미량물질은 때로 냄새나 맛을 유발한다든지 외관상 변화를 초래하고, 더 나아가서 그 물을 사용하는 주민들은 혹시 발암물질이 포함되어 있거나 않은지 의심을 하게 된다. 그래서 주민은 물은 물론 그 물을 생산하는 관계기관까지 불신하게 되는 악순환을 초래하게 된다.

미량물질은 우리나라에서 쓰고 있는 급속여과법으로는 잘 제거가 되지 않고 완속여과시설로 교체하면 여과 효율을 높일 수 있다. 그러나 모든 여과시설을 다 교체하려면 많은 돈이 들 뿐만 아니라, 현재의 생산량을 유지하려면 많은 시설이 별도로 더 필요하다. 현 정수시설에 활성탄 여과시설을 첨가하는 것도 논의되고 있으나, 대규모의 도시정수장에 활성탄 여과시설을 하는 것은 여러가지 어려운 점이 많다. 각 가정마다 급수전 단계에 정수기를 가설하면 효과가 있으나, 정수기에도 경제적 부담 뿐만 아니라 여과효율, 여과부품의 교체시기 및 방법 등에 문제점이 많다.

수도수의 수질을 높일 수 있는 가장 효율적이고 근본적인 방법은 원수의 수질을 개선하는 일이다. 원수유역에서 나오는 하-폐수를 처리하여 오염을 줄이는 일은 어느 정도는 가능하지만 그 이상은 안되고 또 처리가 안되는 질소, 인, 기타 무기질 오염물은 제거되지 않고 그대로 나온다. 그러므로 상수원수유역에서는 사람이 모이는 개발계획을 포함한 모든 하-폐수배출시설을 허가하지 않고, 기존의 시설도 계획을 세워 유역하류로 이전하여 집단화하고 처리시설도 공동으로 가설 운영하는 것이 필요하다. 현재와 같이 비공해시설이라 해서 골프장, 스키장 등을 위시한 대규모 위락시설을 상수원수 유

역에 건설하거나, 지방자치시대가 열리면서 자가지역에 수입을 늘리기 위하여 되지도 않은 처리시설을 완벽하게 설치했다면서 오염물 배출시설을 마구 허가해 주고 있는 상황에서는 상수원수는 물론 수도물의 오염 또한 날로 더 심해질 것으로 예견된다.

국민의 11%가 사용하고 있는 간이급수 시설의 물은 대부분 원수가 특히 미생물로 오염되어 음용 부적이며, 부설된 염소소독 장치도 잘 작동되지 않는다. 개선책으로는 가능하면 간이급수지역을 인근 도시 상수시설에 편입시키거나, 오염이 되지 않은 심정(深井)을 개발하여 물을 공급하는 방법으로 시설을 개선하는 것이 좋다. 위 두 방법이 다 불가능하거나, 심정(深井)에서도 미생물 부적 판정일 때는 염소소독시설을 하는 것보다 오히려 물을 꼭 끓여 마시도록 교육하는 것이 좋을 것이다.

우물, 펌프 등을 이용하는 주민에게 위생적인 우물, 소규모 여과시설, 급수전부착 정수기, 실용적인 소독시설 등을 국가가 연구 개발하여 보급하고, 안전한 물을 먹을 수 있는 방법을 주민에게 교육 홍보할 필요가 있다.

참고문헌

- 1) 보건사회부 : 음용수 수질관리 지침서, 1990, 보건사회부, 서울.
- 2) WHO : Guidelines for Drinking-Water Quality,

Vol. 1. 1-3, 1984, Geneva.

- 3) WHO : Health Hazards of the Human Environment, 1972 Geneva.
- 4) Rom W. N. : Environmental and Occupational Medicine, 2nd ed. 1992, Little, Brown & Co., Boston.
- 5) Goodhart R. S. and M. E. Shils : Modern Nutrition in Health and Disease, 6th ed. 1980, Lea & Febiger, Phil.
- 6) Moeller, D. W. : Environmental Health, 1992, Harvard College, Boston.
- 7) Freedman, B. : Sanitarian's Handbook, 1970, Peerless Pub. New Orleans.
- 8) National Reserch Council : Drinking Water and Health, Vol. 6, 1986, National Academy Press, Washington D.C.
- 9) US EPA : EPA Journal, Protecting Our Drinking Water, Vol. 12, No. 7, 1986, Washington D. C.
- 10) WHO : Water Quality Bulletin, The Water Decade, Part 2, Vol. 9 No. 3, 1984, Ontario.
- 11) WHO : Water Quality Bulletin, Water Management, Vol. 11. No. 2, 1986, Ontario.
- 12) 박혜숙 이동배 : 일부 도시주민들의 음용수 이용실태, 충남대학교 환경문제 연구보고, 11, 1993.
- 13) 환경처 : 환경백서, 환경처, 1994.
- 14) 환경처 : 한국환경연감, 환경처, 1992.
- 15) 통계청 : 통계로 본 한국의 발자취, 통계청, 1992.