

## 이상적인 음료수 공급을 위한 수질관리에 관한 연구

김형석, 신현덕, 박경석

경희대학교 산업환경연구소

### Study on the Water Management to get High Quality of Drinking Water

Hyung-Suk Kim, Hyun Duck Shin, Kyoung Suk Park

*Institute of Environmental and Industrial Health, Kyung Hee University*

#### Abstract

Until now, pure drinking water generally means the water without taste, odor, general bacteria, coliform, and other exotic substance. Such a definition has been changing recently due to the finding of numerous other inorganic and organic substances unknown to us. 10 years ago, major causes of death were infectious agents and parasites contained in water, but recently, it has become apparent that some substances contained in drinking water cause cancer and heart diseases.

We must drink about 2L of water everyday in order to maintain healthy condition. Waters used for drinking include tap water, well water, spring water, filtered water, etc., but the quality of drinking water has more polluted due to the industrial development and population increase. For example, industrial waste waters from industrial plants pollute the water supply sources ; toxic substances contained in the waste waters pollute the ground water sources by penetrating the geological strata, and municipal, livestock, public building waste waters also pollute the water supply sources. Sometimes, the polluted surface waters were announced to be polluted by various kinds of organic substance, and it is reported that the pollution of ground water by orga-

nic substances has few in number but high in its concentration comparing with those of surface water. As the water quality pollution level increases, so the amount of disinfectant also increase. For example, chlorine solution, one of widely used disinfectants, creates trihalomethane (THM), a carcinogen, and halogen compounds. According to Oliver, through chlorine disinfection process, humine substance and chlorine create volatile organic halide and nonvolatile organic halide by chemical reaction.

There are tens or hundreds filtering devices, but filtering principles and maintenance methods are different, so their efficiency tests are needed. According to Smith, the efficiency tests against over 30 American filtering devices show that 10 devices can remove 85% of volatile organics and further studies on filtered waters are underway.

In consideration of important impacts of polluted drinking water on national health, authors studied the state of water quality pollution against tap water used as drinking water, filtration device passed water, ground water, and conserved drinking water; tested the efficiency of filtration devices for tap water; tried to set up the detection method by using ion chromatography based on negative ion and positive ion by using single column, and attempted the simple filtration method for general households.

Our findings are as follows:

1. In municipal tap waters, items such as  $\text{NH}_3\text{-N}$ , Fe, general bacteria, THM, etc. sometimes exceeds the national and foreign standards.
2. Measurements of silver contents in drinking water in this country showed 4~15ppb; dissolved amount from filtration devices on sale is 5~34ppb; and the amount from silver dissolved from activated carbon is 0.62~0.97 ppb.
3. Fe amount erupted from reserve tanks is 0.196~1.382 ppm and is being reduced to the water quality standard after 4 minutes depending on the water outflow amount.
4. The result of elimination rates of THM against 12 different filtration devices showed that 5 devices eliminate 100%; 3 devices eliminates less than 10%; and the rest of them have elimination rates of 33.9~84.9%.
5. By applying the simple methods at home including boiling tap waters and using activated carbon, we find that THM, bacteria are completely eliminated and the concentration of metals are also reduced.

## I. 서 론

최근까지 순수한 음료수라고 하면 맛, 냄새, 일반세균, 대장균, 이물질 등이 없는 깨끗한 물을 지적하였으나 최근에는 수많은 무기물 및 유기물이 우리가 마시는 식수중에 존재한다는 것을 인식하게 되었다. 한편 10여년전까지만 하더라도 전염병과 기생충이 발병과 사망의 주된 원인이라고 알려졌었으나 근년에는 식수에 함유된 성분이 암을 유발하며 때로는 심장병을 일으킨다는 사실이 알려지고 있다.<sup>1)</sup>

우리는 건강을 유지하기 위하여 매일 2l 정도의 식수를 마셔야 한다. 식수로서 이용되는 물의 종류로는 수도물, 우물물, 생수, 정수기통과수 등이 있으나 산업의 발달과 인구의 증가로 인하여 식수의 수질이 오염되어 있는 상태이다. 즉 산업장에서 유출되는 산업폐수가 상수원을 오염시키며 산업폐기물중 유독성분이 지층을 통과하여 지하수를 오염시키고 가정하수, 축산폐수, 공공건물폐수 등이 역시 상수원을 오염시킨다.

때로는 오염된 지표수가 여러종류의 유기물에 의하여 오염되었다고 발표하였고<sup>2)</sup> 지하수의 오염은 지표수보다 유기물의 종류는 적으나 오염물의 농도는 지표수보다도 지하수가 높다는 보고도 있다.<sup>3-6)</sup> 수질오염의 심도에 따라 정수과정에서 약품의 소요량도 증가하는데 소독용으로 사용되는 액체염소는 발암성물질인 trihalomethane (THM) 및 하로겐화합물을 만든다. Oliver<sup>7)</sup>에 의하면 염소소독과정에서 humine 질과 염소가 화학반응을 일으켜 volatile organic halide 와 no-

volatile organic halide 를 만든다고 하였다.

흔히 식수에 존재하는 유해성분 등을 열거하면 THM, 중금속, 대장균, 일반세균, 잔유농약, 방사성물질, virus, 기생충류, 무기물질, 유기물질 등 여러 종류가 있으며 이들은 수질을 악화시켜 음용수로서 부적당하게 한다. 상수도수질오염의 다른 한가지 요인은 수도물을 공급하는 송수관의 문제점과 건물 및 아파트의 저수탱크이다. 이들의 문제점들로 인하여 세균, 녹물, 부유물질, 청관제와 같은 약물첨가, 이물질 등이 수도물에 존재하게 된다. 이같은 문제점들을 해결하기 위하여 일반가정 및 사무실에서는 정수기, 생수 및 지하수를 이용하게 된다.

정수기의 종류는 수십 내지 수백종류가 있으나 정수원리가 다르고 관리상의 문제점 등으로 이에 대한 효능검사가 요망되는 실정이다. Smith<sup>8)</sup>은 미국의 30여 종류의 정수기에 대한 효능 검사결과 10개의 정수기는 volatile organic 을 85% 제거한다고 발표하는 등 정수기 통과수에 대한 연구발표가 진행중이다.<sup>9)</sup>

많은 사람들이 지하수를 식수원으로 이용하여 왔으나 근래에는 토양오염으로 인해 지하수의 수질이 악화되고 있다. 지하수오염중에서도 병원균에 의한 오염이 가장 빈번히 발생한다. 토양의 여과성 때문에 하수, 부패조, 폐기물 등으로부터 세균이 지하수로 침투한다.<sup>10,11)</sup> Matthes<sup>12)</sup>는 오염된 지하수에서 비소가 최고 56 ppm 이 검출되었다고 하였고 Kakar 와 Bhatnagar<sup>13)</sup>는 인도에서 지하수중 Cr 이 12 ppm, cyanide 가 2 ppm 이 검출되었다고 하였다. 한편 Giger 와 Schaff-

ner<sup>13)</sup> 및 Zoeteman 등<sup>14)</sup>은 오염된 지역에서 chloroform, carbon tetrachloride, trichloroethylene, dichlorobenzene, alkylbenzene, naphthalene 등의 성분이 검출되었다고 보고하였다.

저자 등은 환경오염으로 인한 식수문제가 국민보건에 미치는 영향이 중대함을 감안하여 식수로 사용되는 수도물, 정수기통과수, 보존음료수를 대상으로 수질오염상태를 파악하고 수도물을 정수하는 정수기의 효능을 실험하였으며, 수질검사 방법중 음이온과 양이온을 ion chromatography를 이용하여 검출법을 시도하였고 가정에서 간단히 정수하는 방법을 강구하였다.

## II. 실험방법

### 1. 시료채취

시료의 대상으로는 수도물, 정수기통과수, 생수로 하였고 채수는 polyethylene 병을 이용하였으며 세균검사 및 THM 검사용으로는 멸균된 유리병을 이용하였다.

### 2. 정수기효능검사

시판되는 정수기 12종을 구입하여 일정한 양의 시료수(300~3,000 l)를 통과시킨 후 통과수의 수질을 검사하였다.

### 3. 실험방법

우리나라의 음용수 수질검사법, 미국 standard method<sup>15)</sup> 및 일본의 위생시험법주해<sup>16)</sup>를 이용하였다.

## 4. 분석에 이용한 기기

Atomic Absorption Spectrophotometer, IL Co., model 551

Gas Chromatography, Varian Co., model 4600

Ion Chromatography, Varian Co., model 5020

Spectrophotometer, Varian Co., model DMS 90

Spectrophotometer, HACH, model DR/3

기타 실험실 기본 장비

## III. 실험결과

우리나라의 음료수 수질현황을 알아보기 위하여 생수, 정수기통과수, 수도물정수장에서 정수된 물 및 시내수도물을 대상으로 수질검사를 한 결과 Table I 과 같은 결과를 얻었다. 생수(산악수), 정수기통과수, 정수장 물 및 수도물에서 유해성분이 특이하게 검출되지는 않았으나 일반세균 및 THM(trihalomethane)이 소량씩 검출되었고 때로는 시내수도물, 생수, 정수기통과수에서 일반세균이 수질검사보다 높게 나타나는 경우가 있었으며 수도물에서는 Fe, NH<sub>3</sub>-N 가 역시 기준보다 높은 경우가 있었다.

네가지 종류의 식수중 기준을 초과하는 것은 시내수도물에서 암모니아성질소, 일반세균수 및 철분이었고 정수기통과수 및 생수에서는 일반세균수였다. pH의 범위는 6.2~7.5로서 수질기준내에 있었으며 철분이 검출되는 이유는 송수관 및 저장탱크가 문제인 것 같았다. 중금속인 Mn, Zn, Cu, Pb,

Table I Comparison of Water Quality among Mountain Mineral Water, POU Passed Water, Treated Tap Water before Distribution, and City Tap Water.

Parameter \ Water	Mountain Mineral Water	POU Passed Water	Treated Tap Water	City Tap Water
NH <sub>3</sub> -N	0.01 (0 ~ 0.05)	0.02 (0 ~ 0.11)	0.24 (0 ~ 0.41)	*
NO <sub>3</sub> -N	1.00 (0.01 ~ 3.40)	0.02 (0.01 ~ 1.03)	1.71 (1.10 ~ 2.61)	1.82 (1.13 ~ 2.62)
pH	7.1 (6.70 ~ 7.50)	7.2 (6.2 ~ 7.4)	7.1 (7.0 ~ 7.3)	7.1 (7.0 ~ 7.3)
KMnO <sub>4</sub> Consumption	2.44 (0.40 ~ 5.10)	1.58 (1.55 ~ 1.63)	3.35 (1.70 ~ 7.40)	3.36 (1.70 ~ 7.40)
Cl <sup>-</sup>	28.2 (1.60 ~ 74.9)	21.4 (1.0 ~ 38.3)	11.5 (7.7 ~ 21.5)	11.7 (7.8 ~ 22.4)
Hardness	43.7 (19.0 ~ 78.0)	54.6 (26.8 ~ 71.0)	70.4 (11.8 ~ 90.2)	70.5 (11.8 ~ 90.8)
F	0.18 (0 ~ 0.50)	0.17 (0 ~ 0.86)	0.05 (0.01 ~ 0.10)	0.05 (0.01 ~ 0.10)
Fe	0.04 (0.01 ~ 0.06)	0.02 (0 ~ 0.06)	0.02 (0.01 ~ 0.06)	*
Mn	0.02 (0 ~ 0.07)	0.01 (0.01 ~ 0.02)	0.02 (0 ~ 0.05)	0.02 (0 ~ 0.05)
Zn	0.06 (0 ~ 0.13)	0.03 (0.02 ~ 0.09)	0.03 (0.02 ~ 0.03)	0.03 (0.02 ~ 0.03)
Cu	0.01 (0 ~ 0.02)	0.01 (0 ~ 0.04)	0.02 (0 ~ 0.03)	0.02 (0 ~ 0.03)
Pb	0.02 (0 ~ 0.05)	0.02 (0 ~ 0.03)	0.03 (0 ~ 0.04)	0.04 (0 ~ 0.05)
Cd	0.01 (0 ~ 0.02)	ND	ND	ND
THM	ND	ND	46 ppb(1.6 ~ 126.5)	48 ppb(1.7 ~ 130.2)
Stand. Plate Count	*	*	1.0 (0 ~ 3.0)	*
E. Coli	ND	ND	ND	ND
Residual Chlorine	ND	ND	0.7 (0.1 ~ 1.2)	0.2 (0.05 ~ 0.71)

Values are ppm unless noted

\* : indicates sometimes above the standards

ND : nondetectable

POU : poin-of-use water purifying unit

( ) : range

THM : trihalomethane

Cd 등은 모두 기준이내로서 문제점은 없었다.

THM은 생수와 정수기통과수에서는 검출되지 않았으나 정수장수와 수도물에서는 최고 126.5 및 130.2 ppb가 검출되었는데 이 수치는 미국의 수질기준인 100 ppb를 훨씬 초과하는 양이었다. 잔유염소의 양은 0.1~1.2 ppm으로서 잔유염소량과 THM량과는 밀접한 관계가 있는 것 같다. 즉 잔유염소량이 없는 생수나 정수기통과수에는 THM의 생성량이 전혀 없음이 확인되었다.

정수기의 정수효율을 알아보기 위하여 시

중에서 판매되는 12 종류를 대상으로 본교 수도물을 300l 통과시키면서 수질의 변화를 관찰한 결과 Table II와 같은 결과를 얻었다.

실험결과 12개의 정수기 가운데 금속을 가장 많이 제거시킨 정수기는 8번과 9번으로 이들은 reverse osmosis system이었다. Na는 대부분의 정수기에서 감소되었으나 정수기 1, 2 및 4에서는 약간씩 증가하였다. K도 대부분의 정수기에서 감소되었으나 2, 3, 6, 11번의 정수기에서는 약간씩 증가하였다. Ca는 3, 10, 11, 12번 정수기에서 약간씩

Table II The Change of Metal Concentrations in POU Water Purifying Unit.  
The Passed Water Volumn was 300 L.

Sample	Metal Origine	Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
		23.46	2.21	41.52	8.90	0.170	2.299	0.019	0.083
1		26.12	1.78	39.89	8.13	0.067	0.771	0.021	0.033
2		25.12	3.34	36.70	8.30	0.151	1.052	0.018	0.040
3		23.09	2.81	44.01	2.24	0.114	0.617	0.015	0.027
4		23.55	1.89	38.51	8.33	0.177	0.395	0.018	0.025
5		21.60	1.86	40.14	8.13	0.146	0.597	0.020	0.023
6		21.38	2.80	2.05	0.03	0.060	0.022	0.020	0.008
7		21.14	2.04	12.46	7.02	0.094	0.135	0.019	0.045
8		2.01	0.23	1.33	0.07	0.063	0.010	0.021	0.020
9		2.21	0.31	4.96	0.76	0.026	0.024	0.010	0.027
10		22.62	2.12	42.41	7.80	0.039	0.795	0.019	0.009
11		19.58	2.35	43.52	7.40	0.092	0.010	0.009	0.031
12		22.45	1.97	46.77	9.23	0.059	0.115	0.010	0.030

증가되었으며, Mg 은 12 번 정수기에서만 약간 증가하였다. Fe 는 대부분 감소되었으나 4 번에서만 극미량 증가하였다. 이들 성분의 증가는 정수효과를 얻기 위하여 사용한 여러종류의 흡착제에서 용출된 것으로 생각된다. 기타 Zn, Cu, Mn 성분들은 거의 모두 정수기를 통과하면서 제거되는 추세를 보였다.

음료수중에 은(Ag)의 함량과 정수기중에 흡착제로 사용되는 은활성탄에서 용출되는 은의 양을 검출하기 위하여 Atomic Absorption Spectrophotometer 를 이용하여 측정된 결과 Table III 와 같은 결과를 얻었다.

경희대학교의 수도물에서는 은의 함량이 13~15 ppb 가 검출되었으며 서울시내 수도물에는 7~12 ppb 가 검출되었고 생수에서는 4~11 ppb 가 검출되었다. 정수기통과수에서 은의 용출량을 알기 위하여 우선 3 가지의 종류를 선택하였다. 한가지는 은을 coating 한 활성탄 흡착제이고, 다른 하나는 활성탄

Table III Silver Concentration in Various Drinking Water

Sample	Ag Concentration(ppb)
School Tap Water (Kyung Hee University)	13~15
City Tap Water (Seoul Area)	7~12
Mountain Well Water (Mineral Water)	4~11

만을 넣은 흡착제이며, 세번째는 reverse osmosis system 이다. 여기에 학교수도물 50 l 를 통과한 후 은의 함량을 측정한 결과 Table IV 와 같은 결과를 얻었다.

은을 도금한 활성탄을 통과한 통과수에서는 은의 함량이 17~34 ppb 가 검출되었으나 활성탄만을 사용한 정수기에서는 12 ppb 의 은만이 검출되었고, reverse osmosis system 을 통과한 통과수에서는 5~7 ppb 의 은만이 검출되었다.

은을 coating 한 활성탄에서 암모니아성질소 및 질산성질소의 용출량을 알아보기 위

Table IV Silver Concentration in the Passed Water through the Point-Of-Use Water Purifying Unit.

Sample No.	Silver Concentration(ppb)	Status of Filter
1	34	Silver Pregnated Activated Carbon
2	18	〃
3	17	〃
4	18	〃
5	16	〃
6	18	〃
7	17	〃
8	31	〃
9	12	Activated Carbon
10	12	〃
11	7	Reverse Osmosis
12	5	〃

Table V NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, and Ag Concentration in the Passed Water which were Eluted by HPLC Water through Ag Pregnated Activated Carbon.

Parameter Volumn of the Passed Water	NH <sub>3</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	Ag (ppb)
100 ml	0.45	0.62	11
200 ml	0.37	0.97	4
300 ml	0.35	0.81	4
500 ml	0.15	0.85	4
1,000 ml	0.13	0.76	4
2,000 ml	0.11	0.67	8
3,000 ml	0.11	0.63	9

하여 HPLC 용 순수한 물을 100 ml 에서부터 3,000 ml 까지 통과시키면서 이들의 함량을 측정 한 결과 Table V 와 같은 결과를 얻었다.

암모니아성질소의 용출량은 100 ml 통과 시 0.45 ppm 이었다가 통과수의 양이 많아질 수록 용출량은 감소되다가 통과수량이 3,000 ml 에 이르러서는 암모니아성질소의 용출량이 0.11 ppm 으로 훨씬 감소되었다. 우리나라의 수질기준인 0.5 ppm 을 초과하지는 않았다. 질산성질소의 용출량은 100 ml 통과시에는 0.62 ppm 이었고 200 ml 통과시에는 0.97 로 가장 많이 용출되었으며 차츰 통과수량

이 증가할수록 용출량은 감소되었다. 은의 용출량은 통과수가 100 ml 일 때 11 ppm 이었고 1,000 ml 통과시까지 4 ppm 이었다가 2,000 ml 통과시부터는 증가하여 8~9 ppm 으로 증가하였다. 이 실험에서는 1.5×30 cm 되는 유리관에 은 활성탄을 10 cm 로 채운 후 실험하였다.

대부분의 빌딩과 아파트는 식수 및 용수를 위한 탱크가 준비되어 있어서 그곳에 시내수도물이 한동안 저장된다. 그런데 이 저장탱크의 재질이 철인 경우에는 이 탱크에서 철분이 용출되어 가정용 식수로 나오기도 하고 건물내 송수관 또는 연결부분이 철

인 경우에는 이들로부터 역시 철분이 용출되어 나온다. 경우에 따라서는 절수를 목적으로 야간에는 물의 공급을 차단하므로 야간시간동안 철분의 농도를 측정하였던 바 Table VI와 같은 결과를 얻었다.

아침에 수도 밸브를 처음 열었을 때의 철분 함량은 1.382 ppm 이었고 1분후에는 1.075 ppm 이었으며 4분후에는 음용수기준인 0.3 ppm 보다 낮아졌음을 알 수 있었고 그 이후에는 정상화가 되어 10분후에는 0.196 ppm 이 되었다.

정수장에서 물을 처리하는 과정중 액체염소로 소독을 하게 되는데, 이때 물에 존재하는 humic substance와 염소가 반응하여 생성되는 THM(trihalomethane)이 정수기를 통과할 때 제거율이 어떠한지를 알아보기 위하여 실험한 결과 Table VII와 같은 결과를 얻었다.

Table VII에서 보는 바와 같이 실험대상

Table VI Change of Fe Concentration in a University Tap Water According to Runoff in the Morning

Runoff Minutes	Fe Concentration(ppm)
0	1.382
1	1.075
2	0.752
3	0.431
4	0.253
5	0.248
10	0.196

12개의 정수기 가운데 THM을 100% 제거한 정수기는 5개였으며 제거율이 10% 미만인 것이 3개 있었고 나머지는 제거율이 33.9~84.2%였다. 이와 같이 제거율이 각기 다른 것은 정수기의 구조, 흡착력, 통과수량에 좌우되는 것 같다.

일반가정에서 수도물을 간단히 끓이거나 활성탄을 이용하여 여과하였을 경우 처리전 후의 수질변화를 알아보기 위하여 실험한

Table VII THM Removal Rate by Passing Sample Water Through Water Purifying Unit(The volumn of passed water were 300~3,000l according to the unit conditions).

Sample	THM(ppm)	Removal Rate(%)
Original Water	0.171	0
1	0.160	6.4
2	0.113	33.9
3	0.027	84.2 *
4	-	100
5	0.170	0.6
6	-	100 *
7	0.158	7.6
8	-	100 *
9	-	100
10	0.030	82.5
11	0.095	44.4 *
12	-	100

\* : The volumn of passed water is 3,000l



Table VIII Effects of Boiling and Passing through Charcoal of City Tap Water.

Parameter Water	Fe	Cu	Zn	Ca	Standard Plate Count	THM(ppb)
Original Tap Water	0.174 (+0.046)	0.018 (+0.005)	0.465 (+0.129)	16.53 (+0.95)	32 (+2.8)	76
Boiled Water	0.130 (+0.040)	0.013 (+0.004)	0.115 (+0.115)	16.20 (+2.30)	0 0	0 0
Passed Water through Charcol	0.122 (+0.029)	0.008 (+0.003)	0.042 (+0.038)	14.64 (+1.71)	0	0

Table IX Retention Time and Peak Area of the Anion Standard Solution and Tap Water.

Parameter	Concentration of Standard Soln	Standard Solution		Tap Water	
		R.T	P.A	R.T	P.A
F	10 ppm	1.292	1.062	—	—
Cl	20 ppm	1.415	20.173	1.247	14.522
NO <sub>2</sub>	20 ppm	2.932	4.061	2.937	329
Br	20 ppm	3.543	4.213	—	—
NO <sub>3</sub>	20 ppm	3.962	2.278	3.838	926
PO <sub>4</sub>	30 ppm	8.305	5.151	8.100	3.579
SO <sub>4</sub>	30 ppm	12.872	5.346	12.559	10.577

R.T.: retention time

P.H.: peak height

결과 Table VIII과 같은 결과를 얻었다.

가정에서 수도물을 끓인후에 수질의 변화를 관찰한 결과 금속성분인 Fe, Cu, Zn, Ca 모두가 끓이기 전보다도 농도가 감소되었으며 일반세균과 THM 함량은 완전히 제거되었다. 한편 활성탄을 통과한 통과수에서도 끓이는 효과와 같은 결과를 얻었다.

수질검사시 음이온 및 양이온을 신속하고 정확하게 측정하기 위하여 single column HPLC 방법을 이용하여 실험한 결과 Figure 1과 같은 음이온의 chromatogram을 얻었다.

미국 Alltech사 제품인 anion 표준액을 HPLC에 주입한 결과 이들 성분의 peak

area retention time 등은 Table IX과 같다.

표준액을 기준으로 시내수도물을 검사하여 보니 Cl이온은 14.40 ppm 이었고 NO<sub>2</sub>이온은 1.62 ppm, NO<sub>3</sub>이온은 8.13 ppm, PO<sub>4</sub>이온은 20.84 ppm, SO<sub>4</sub>이온은 59.35 ppm 이었다.

음료수중 1가 양이온인 Na, NH<sub>4</sub> 및 K 이온들을 HPLC를 이용하여 동시에 측정하는 방법을 시도하였다. Figure 2는 양이온 1가 표준용액의 chromatogram이고 Table X은 표준용액을 이용하여 측정한 수도물중 농도이다.

Table X에서 보는 바와 같이 Li의 R.T는 1.452분이고 P.H는 5182였고, Na의 R.T는 1.749분이고 P.H는 15585였으며, NH<sub>4</sub>의 R.

Table X Concentration of the Cation Monovalent in Tap Water

Parameter	Standard Solution		Tap Water		Concentration Tap Water(ppm)
	R.T	P.H	R.T	P.H	
Li	1.452	5182	—	—	—
Na	1.749	15585	1.727	36215	26.22
NH <sub>4</sub>	2.224	11029	—	—	—
K	2.727	9546	2.764	1267	0.79

R.T. : retention time

P.H. : peak height

Concentration of Standard Solution :

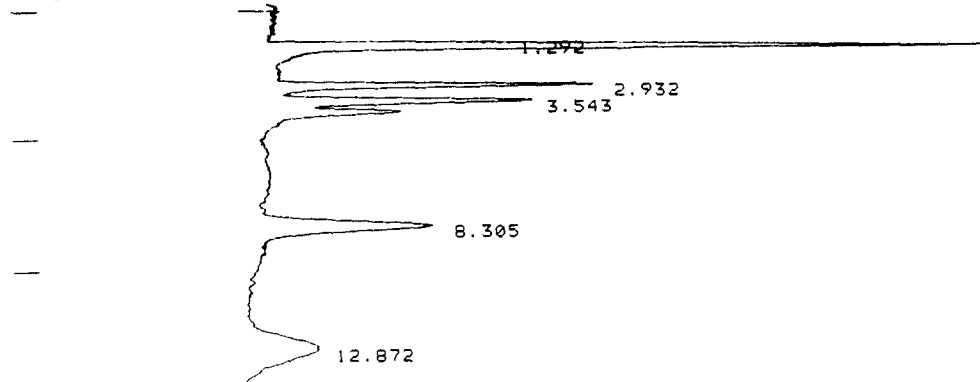
Li — 0.5 ppm

Na — 3.0 ppm

NH<sub>4</sub> — 3.0 ppm

K — 6.0 ppm

CHART SPEED 0.5 CM/MIN  
ATTEN: 1 ZERO: 5% 5 MIN/TICK



TITLE: ANION IN WATER

11:21 26 DEC 90

CHANNEL NO: 1

SAMPLE: ANION

METHOD: ANION

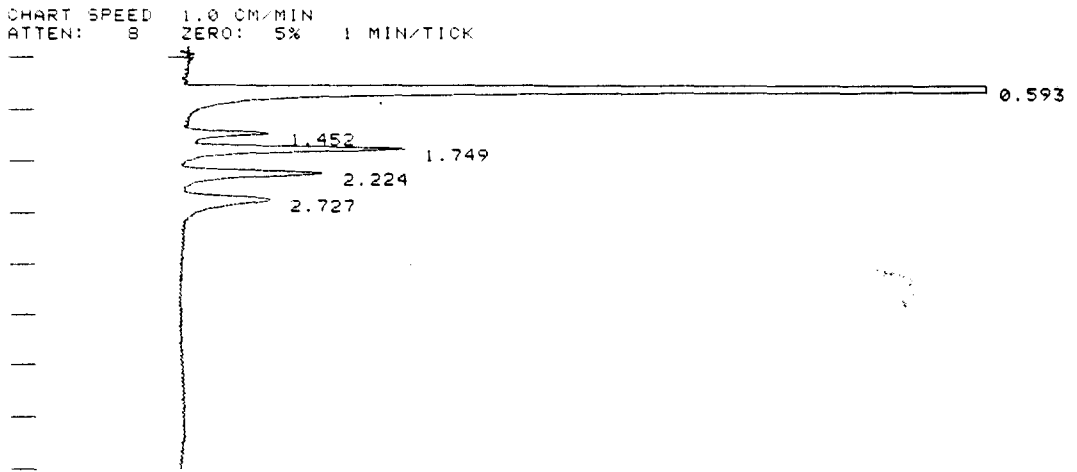
PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1	F	2.5116	1.292	1062	BV
2	Cl	47.7084	1.415	20173	VB
3	NO <sub>2</sub>	9.6041	2.932	4061	BV
4	Br	9.9636	3.543	4213	VV
5	NO <sub>3</sub>	5.3874	3.962	2278	VB
6	PO <sub>4</sub>	12.1819	8.305	5151	BB
7	SO <sub>4</sub>	12.6431	12.872	5346	BB

TOTALS: 100.0000

42284

MULTIPLIER: 1.00000

Figure 1. Chromatogram of the Anion Standard Solution.



TITLE: CATION 12:45 31 DEC 90

CHANNEL NO: 1 SAMPLE: METAL METHOD: CATION

PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1	Li	83.0193	0.593	202122	BB
2	Na	2.1284	1.452	5182	BV
3	Ammonium	6.4014	1.749	15585	VB
4	K	4.5300	2.224	11029	BV
5		3.9209	2.727	9546	VB
TOTALS:		100.0000		243464	

MULTIPLIER: 1.00000

ERRORS:  
INST POWER FAIL

Figure 2. Chromatogram of the Monovalent Cation Standard Solution.

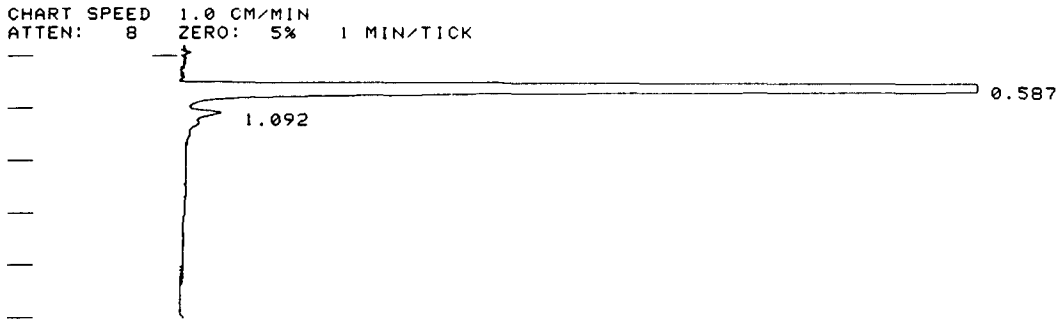
T는 2.224 이고 P.H는 11029 였으며, K 의 R. T는 2.727 이고 P.H는 9546 이었다. 시료인 수도물에서는 Na 및 K 이온만이 검출되었는데 Na 의 농도는 26.22 ppm 이었고 K 의 농도는 0.798 ppm 이었다.

양이온층 2가금속인 Ca 과 Mg 이온을 HPLC 로 측정하기 위하여 각각 5 ppm 의 표준액으로 실험한 결과 Figure 3 와 Table XI 과 같은 결과를 얻었다.

5 ppm 의 Ca 이온의 표준액의 R.T는 0.587

Table XI Mg and Ca Concentration in Tap Water.

Parameter	Standard Solution		City Tap Water		Concentration(ppm)
	R.T	P.H	R.T	P.H	
Mg(5 ppm)	0.587	243844	0.591	155189	3.18
Ca(5 ppm)	1.092	1676	1.040	10969	32.72



TITLE: CATION 15:40 31 DEC 90

CHANNEL NO: 1 SAMPLE: METAL METHOD: CATION

PEAK NO	PEAK NAME	RESULT	TIME (MIN)	AREA COUNTS	SEP CODE
1	Mg	99.3174	0.587	243844	BV
2	Ca	0.6826	1.092	1676	T
TOTALS:		100.0000		245520	

MULTIPLIER: 1.00000

Figure 3. Chromatogram of the Ca and Mg Standard Solution(5 ppm each).  
Column : Wescan Cation/HS  
Eluent : 1 mM ethylenediamine citrate, 2 mN citric, pH 4.5  
Flow Rate : 1 ml/min

분이었고 P.H는 243844였으며 Ca의 R.T는 1.092분이었으며 P.H는 1676이었다. 시내수도물중 Mg의 농도는 3.18 ppm이었고 Ca 농도는 32.72 ppm이었다.

#### IV. 고 찰

우리가 마시는 식수는 주로 수도물로서, 많은 사람들이 착색된 녹물과 부유물질 및 염소소독약 약취로 인하여 수도물의 이용을 꺼려하여 정수기를 이용하거나 지하수 및 생수를 이용하고 있는 실정이다.

인간이 생활하는데는 3가지 필수요건이 있다. 이들은 공기, 식품, 그리고 물이다. 그

러나 공기는 우리주위에 흔하기 때문에 관심을 많이 갖지 않으며 물도 도처에 있기 때문에 등한히 생각하여 왔고 오로지 식품에만 많은 사람들이 관심을 갖게 되었다. 우리생명의 필수요건인 물은 지구상에 가장 흔한 물질이다. 즉 공중, 지표, 지하, 얼음, 가스상태 등으로 도처에 많이 존재하고 있다. 그러나 최근 우리는 어느곳에서나 순수한 물을 찾기는 어렵게 되었다. 물은 많은 유해물질들을 용해시켜 이동해가며 공기중에 부유하고 있는 공기오염물질을 지표로 끌고내려와 식물, 건물, 지표수를 오염시키면서 결국 해양을 오염시킨다.

화학적으로 순수한 물을 마시면 맛이 없

Table XII Origins of Chemicals Commonly Occuring in Drinking Water.

- 
1. Substances affecting the source quality
    - (A) Naturally occurring substances
      - a : leached from geological formations(Ca, heavy metal)
      - b : derived from soils and sediments(humic substances)
    - (B) Pollutants derived from point sources
      - a : domestic sewage treatment
      - b : industrial effluent (synthetic organics, metals, cyanide)
      - c : landfill waste disposal (metals, synthetic organics)
    - (C) Pollutants derived from non-point sources
      - a : agricultural run-off(fertilizer, pesticides)
      - b : urban run-off salt, PAHs)
      - c : atmospheric fall-out(PAHs, chlorinated organics, heavy metals)
  2. Substances resulting from treatment
    - (A) Substance formed during disinfection(THM, chlorophenols)
    - (B) Treatment chemicals(chloramine, fluoride)
  3. Substances arising from the distribution and service systems
    - (A) contaminants arising from contact with construction materials and protective coatings(lead, vinyl chloride monomer, asbestos, Cd)
    - (B) Substances arising from poin-of-use(Na, Ag)
- 

고(tasteless), 단조롭고(flat), 무미건조한(insipid) 느낌을 갖게 한다. 그러나 좋은 맛을 주는 물에는 무기이온이 함유되어 있다. 식수에 불소가 미량 함유한 물은 사람 특히 어린이에게 충치를 예방하는 데 좋은 역할을 한다.<sup>17)</sup> 칼슘 및 마그네슘함량이 심장병과 관계가 있다는 발표<sup>18)</sup>가 있으나 화학물질이 식수를 오염시키는 문제는 사회적으로 대단히 중요한 문제이다. 화학물질이 식수를 오염시키는 과정을 알아보면 Table XII와 같다.

수자원을 오염시키는 사항으로는 토질을 통과하여 중금속과 humic 물질이 침투하는 것과 가정하수, 공장폐수, 토지매립 등으로 인하여 합성유기물질, 중금속 등이 지하수를 오염시키며, 특정지점 오염원이 아닌 것으로 농경지로부터 비료와 살충제, 도시유

수로부터 PAH와 염분, 대기로부터 산성비, PAH, chlorinated organic 등이 지상으로 낙하한다. 물을 처리하는 과정에서 생성되는 오염물질로는 소독과정에서 생성되는 THM, chlorophenol 등이 있고 처리약품에서 함유되는 chloramine, F, acrylamine monomer, carbontetrachloride 등이 있고, 송수 및 저장과정에서 Pb, asbestos fiber, Fe, 세균 등이 있으며, 정수기를 사용하는 과정에서 Na, Ag, 세균 등이 유출될 수 있다.

저자 등이 실시한 본 연구에서는 수도물에서 암모니아성질소, 철, 일반세균 등이 때때로 음용수기준을 초과하는 경우가 있었는데 원인은 상수원의 오염도 증가, 송수관의 노후 및 누수, 저장탱크 및 연결관이 문제인 것 같다.

본 연구에서 일반세균수가 생수, 정수기

통과수 및 수도물에서 검출되는 것은 여러 가지 원인이 있겠는데 수도물인 경우에는 송수관과 저장탱크가 문제인 것 같다. 이유인즉 정수장에서 처리한 직후의 처리수에는 일반세균이 검출되지 않았다는 점이다. 한편 정수기에서 일반세균이 검출되는 것은 흡착제로 사용되는 흡착제가 세균을 흡착하고 있어서 이 세균들이 증식하여 방출되기 때문인 것으로 사료된다. 또한 생수에서 일반세균이 검출되는 것은 비록 원수에는 세균이 없었다고 하더라도 유통과정에서든가 저장과정에서 주위환경에 있던 부유세균들이 침투되어 생존하기 때문으로 생각되어진다. 또한 Table I 에서 보는 바와 같이 수도물에서  $\text{NH}_3\text{-N}$ 가 검출되는 것은 수도물의 저장 및 송수과정에서 오염된다고 보아야 하겠다. 이유인즉 서울시내 수도관의 누수현황이 40%에 달한다고 하니 누수지점으로부터 유입되는 오염물질의 거동을 추산할 수 있겠다. 한편 아파트나 건물의 옥상에 설치된 저수탱크내부에는 곤충들을 위시하여 흙, 부유물질들이 때때로 존재하기 때문에 이들로부터 용출되는 암모니아성질소의 양도 상당하다고 볼 수 있다.

이상과 같이 수도물의 수질이 국민들로부터 불신을 갖게됨에 따라 많은 사람들은 깨끗한 물을 얻기 위하여 정수기에 관심을 갖게되었다. 그러나 정수기의 소재(이온교환수지, 활성탄, 은활성탄, membrane filter, alumina) 및 정수기전(reverse osmosis, distillation, 전기분해 등)에 의하여 처리수의 수질이 크게 달라지게 된다. 미국에서는 과거 10년동안 이상적인 음료수를 얻기 위하여 정

수기(point-of-use, POU)의 사용량이 크게 증가하였다. 수도물에 존재하는 오염물질인 맛, 냄새, 송수관의 부식물(철분 등), 소독시 생성되는 부산물 등을 제거하기 위하여 정수기를 많이 사용하게 된 것이다. 정수기를 이용함으로써 한 도시의 전체물을 이상적인 음료수로 만들기보다는 사용자가 직접 소량의 이상적인 식수를 만들므로 비교적 경제적이고 간편한 방법으로 이용되게 되었다. 미국의 Gulf South Research Institute에서는 30개의 여러종류의 정수기를 대상으로 실험한 결과 10개의 정수기는 volatile organic matter를 80% 제거한다고 발표하였다.<sup>20,21)</sup> 한편 미국의 NSF(National Sanitation Foundation)에서는 filter를 이용하여 85%의 부유물질을 제거한다고 하였고,<sup>23</sup> precoat filter를 이용하여 미세입자를 99.9% 이상을 제거한다는 보고도 있다.<sup>24,25)</sup> 본 연구에서는 금속제거실험결과 12개의 정수기가운데 대부분이 금속을 제거하였으나 Na와 Ca은 약간 상승하는 정수기도 있었다.

정수기의 효과를 높이기 위하여 은을 활성탄에 입혀 살균효과를 얻으려고 은활성탄을 여과재로 사용하는 정수기도 있다. Kopp<sup>26)</sup>에 의하면 자연환경중 지표수 및 지하수에는 보통  $0.1\sim 1\mu\text{g/l}$ 의 농도로 은이 존재한다고 하며 해수에는  $0.2\sim 0.3\mu\text{g/l}$ 의 농도로 은이 함유되어 있다고 한다. 은을 도금하는 과정에서 질소성분의 함유여부를 관찰한 결과 Table V와 같이 암모니아는  $0.11\sim 0.45\text{ ppm}$ 이 검출되었고 질산성질소는  $0.62\sim 0.97\text{ ppm}$ 이 검출되었다. 한편 은의 함량은  $5\sim 34\text{ ppb}$ 가 검출되었는데 미국 내무부에서 설

Table XIII 우리나라에서 사용되는 정수기 종류

형태별	수압식(수도연결식) : 수도관 연결형, 수도꼭지 연결형 자연여과식(중력낙하식) : 소형(개인용), 대형(다수인 용도)
구조기능별	filter 식 : ceramic 여과제, ultra filter, 이온교환수지 filter—활성탄, 산호석, zeolite, 맥반석, somelite 역삼투압식(membrane) 자화식

정한 기준<sup>27)</sup> 50 ppb 에 비하면 기준이내라고 볼 수 있다. 현재 우리나라에서 사용되는 정수기의 종류를 보면 Table XIII와 같다.

병에 담긴 물(bottled water)인 보존음료수는 맛이 좋고 불순물이 비교적 적으며 심리적인 문제때문에 우리나라를 비롯하여 선진국에서 소비량이 증가추세에 있다. 외국에서 bottled water 는 여러종류가 있는데 대별하여 하나는 용존하는 이온성분을 filtration, distillation, deionization, reverse osmosis 등과 같은 방법으로 제거하는 물로서 이를 "bottled drinking water"라고 하고, 다른 하나는 Ca 과 Mg 을 첨가하여 맛을 돌구는 "mineral water"라고 하는 것으로 대별한다. 우리나라에서는 보존음료수에 대한 시판이 아직 정식으로 실행되지 않고 있으나 미국에서는 Food and Drug Administration(FDA)에서 bottled water 의 수질에 대하여 규정을 실행하고 있으며,<sup>28)</sup> 이 bottled water 의 화학적성분에 대한 연구는 극히 적은숫자이다.<sup>29)</sup> Allen<sup>31)</sup>에 의하면 37종의 bottled water 를 실험한 결과 이중 24개는 미국 수질기준을 최소 1 항목이상 넘었다고 보고하였다. 본 연구에서 실시한 보존음료수에서는 우리나라의 수질기준을 넘는 시료는 거의 없었는

데 원인으로는 원수자체가 깨끗하였기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 유통과정에서 때때로 세균이 침입하여 일반세균수가 기준치를 초과하는 경우도 간혹 있었으므로 앞으로 이 방면에 대한 관리 및 연구가 필요할 것으로 사료된다.

음료수중에 함유된 무기화합성분은 대부분 금속으로서<sup>31-33)</sup> 미국의 National Academy of Science 에 의하면 정수장에서 처리된 수도물중 금속의 함량은 Table XIV 와 같이 알루미늄이 평균 179.1 ppb 로 가장 높고 다음이 모리브덴으로 85.9 ppb, Zn 79.2 ppb, Fe 68.9 ppb 의 순으로 나타났다. 가장 적은량의 금속은 Be 으로 0.1 ppb 이었고 다음은 Ag 으로 2.2 ppb 로 나타났다. 본 연구에서 실시한 금속의 종류는 8가지로서 미국에서 실시한 15개보다는 적었으나 Na, K 과 같은 건강과 관련이 있는 항목을 실험대상으로 삼은 것은 잘되었다고 생각되며 미국에서 실시한 기타의 중금속은 실제로 식수에는 별로 존재하지 않으므로 본 연구에서는 대상으로 삼지 않았다.

일반가정에서 생수나 정수기를 이용하지 않고 수도물을 이상적으로 마실 수 있는 방법을 강구할 목적으로 수도물을 끓이는 방

Table XIV Metals in 380 Finished Waters in the United States(1962~67).

Element	Frequency of Detection(%)	Concentration(ug/liter)		
		Minimum	Maximum	mean
Zn	77.0	3	2010	79.2
Cd	0.2	12	12	12
Fe	83.4	2	1920	68.9
Mn	58.7	0.5	450	25.5
Cu	65.2	1	1060	43
Ag	6.1	0.3	5	2.2
Pb	18.1	3	139	33.9
Cr	15.2	1	29	7.5
Ba	99.7	1	172	28.6
Mo	29.9	3	1024	85.9
Al	47.8	3	1600	179.1
Be	1.1	0.02	0.17	0.1
Ni	4.6	1	490	34.1
Co	0.5	22	29	26
V	3.4	14	222	46.1

Source : National Academy of Science(1977)

법과 활성탄을 이용하여 여과하여 본 결과 두가지 방법이 모두 효과적이었다. 즉 THM의 양도 감소 또는 제거되었고 금속의 함량도 감소되었으며 가열후에는 물론 일반세균이 검출되지 않으므로 가정에서 간단히 깨끗하고 이상적인 물을 마시는 방법이 되겠다.

총괄적으로 볼때 이상적인 음용수를 얻기 위해서는 음료수로 사용하는 원수자체가 오염되지 않아야 되고 저장탱크의 관리를 완벽하게 하여야만 되겠으며 개별적으로 이용되는 생수 및 정수기는 국가에서 철저히 관리를 하여야만 국민들의 건강을 유지 향상시키게 될 것이다.

## V. 결 론

이상적인 음료수공급을 위하여 수도물,

정수기통과수, 보존음료수 등을 대상으로 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 시내 수도물에서는  $\text{NH}_3\text{-N}$ , Fe, 일반세균, THM 등, 생수와 정수기통과수에서는 일반세균의 항목이 우리나라 및 외국기준에 초과되는 경우가 있었다.
- ② 우리나라 식수중 은의 함량을 측정된 결과, 은의 함량은 4~15 ppb 였으며 시판되는 정수기에서 은의 용출량은 5~34 ppb 였고 은 활성탄에서 용출되는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 용출량은 0.62~0.97 ppm 으로 기준치보다는 낮았다.
- ③ 저장탱크에서 용출되는 Fe의 양은 0.196~1.382 ppm 으로 물의 유통시간에 따라 감소되어 4분후에는 수질기준 이내였다.
- ④ 12 종류의 정수기를 대상으로 THM의



제거율을 검사한 결과 100% 제거되는 정수기는 5개였고 제거율이 10% 미만인 것은 3개였으며 나머지는 제거율이 33.9~84.2%였다.

- ⑤ 가정에서 간단히 정수하는 방법은 수도물을 끓이거나 수도물을 활성탄을 통과하는 방법으로, 이 방법으로 정수하면 THM, 세균이 완전 제거되며 금속의 농도도 감소됨을 알 수 있었다.
- ⑥ 음료수중 양이온 및 음이온을 동시에 검출하는 single column ion chromatography 법으로 실험한 결과 재래식 습식방법보다 시간이 단축되며 경제적이어서 HPLC를 갖고 있는 경우에는 Ion Chromatography 방법이 효율적이라는 점을 확인하였다.

산업의 발달과 인구의 증가로 인하여 상수원의 오염이 심화되어 정수과정에 여러가지 문제점이 있었으며 송수관의 노후와 파열로 인하여 가정 및 건물에서 이용하는 식수가 문제시 되고 있는 현실이다. 이같은 문제를 해결하기 위해서는 상수원의 오염을 방지하고 송수관의 보호를 철저히 하여야 한다. 그러나 위의 대책을 완수하는데는 많은 시간이 필요하므로 현시점에서 이상적인 식수를 이용하기 위해서는 물을 끓여서 이용하거나 정수기를 사용하거나 보존 음료수에 대한 국가 검정 및 위생적인 관리가 필요하며, 각 업체에서는 자체 검사실에서 실시하는 수질검사 결과를 주기적으로 관계기관에 제출하도록 하여 제품의 품질관리를 실시하여야 되겠다.

## 참 고 문 헌

1. Neol, R.A. : Safe Drinking water, Lewis Publishers, Inc. pp. 1~8, 1985.
2. Symons, J.M. : National organics reconnaissance survey for halogenated organics in drinking water, J.Am. Water works Assoc., 67. 634, 1975.
3. U.S.EPA : National organics monitoring survey. Technical Support Division, Office of Drinking Water. 1978.
4. U.S.EPA : Community Supply Survey. Office of Drinking Water. 1981.
5. U.S.EPA : The occurrence of volatile synthetic organic chemicals in drinking water. Office of Drinking Water. 1981.
6. U.S.EPA : The ground water survey-Summary of volatile organic contaminant occurrence data, Office of Drinking Water. 1982.
7. Oliver, B.G. : Chlorinated nonvolatile organics produced by the reaction of chlorine and humic materials. Canadian Res. 11, 21~22, 1978.
8. Smith J.K., et al : Development of basic data and knowledge regarding organic removal capabilities of commercially available home water treatment units utilizing activated carbon, Preliminary Report-Phase 1, Gulf South Res. Inst., New Orleans, LA. May, 1979.
9. Bell, F.A., Jr., et al : Studies on home

- water treatment systems. J.Am. Water Works Assoc., 76, 126, 1984.
10. Crown, G.F., et al : Waterborne disease outbreaks in the U.S. 1971~1974. J. Am. Water Works Assoc. 68, 420~424, 1976.
  11. Gerba, C.P. and Keswick B.H. : Survival and transport of enteric viruses and bacteria in groundwater, In : W. van Duijvenbooden, et al(Eds.), Quality of Ground Water. Elsevier, Amsterdam, pp. 511~515, 1981.
  12. Matthes, G. : In site treatment of arsenic contaminated groundwater. In : w. van Duijvenbooden, et al(Eds.), Quality of Ground Water. Elsevier, Amsterdam, pp. 291~296, 1981.
  13. Giger, W. and Schaffner, C. : Groundwater pollution by volatile organic chemicals. Same as above, pp. 517~522, 1981.
  14. Zoeteman, B.C. and Brinkman, F.J. : Persistence of organic contaminants in groundwaters, lessons from soil pollution incidents in The Netherlands. Same as above. pp. 465~476, 1981.
  15. APHA : Standard Method for the Examination for the Water and Wasterwater, APHA, AWWA, WPCF, 15 th ed. 1981.
  16. 日本薬學會 : 日本衛生法注解, 金泉出版社. 1987.
  17. WHO : Fluorides and human health, Monograph Series No.59., Geneva, Switzerland, 1970.
  18. Zoeteman, B.C.J. : Water supply and health, Sci. Total Environ. 18, 363~366 1981.
  19. Perry, D.L., Smith, J.K., and Lynch, S.C. : Same as above, July, 1980.
  20. Smith, L.K., et al. : Same as above, Oct. 1981.
  21. National Foundation Sanitation : Drinking water treatment units. Aesthetic effects, Standard No. 42, Ann Arbor, MI, June, 1982.
  22. Regunathan, P., et al. : Efficiency of point-of-use treatment devices. J. Am. Water Works Assoc. 75, 42, 1983.
  23. Cook, P.M., et al. : Evaluation of cartridge filters for removal of small fibers from drinking water. J. Am. Water Works Assoc. 70, 459, 1978.
  24. Kopp, J.E. and Kroner, R.C. : Trace metals in waters of the United States. U.S. Dept. of Interior, FWPCA, Division of Pollution Surveillance, Cincinnati, Ohio, 1967.
  25. U.S. Dept. of Interior : Report of Committee on water quality criteria. FWPCA, 1968.
  26. FDA : Code of federal regulation, Title 21, Section 103.35, Subpart B-Standards of quality(botted water) revised as of April 1, 1985, pp. 53~55.
  27. Consumer Report : The selling of H<sub>2</sub>O. September 45, 531, 1980.
  28. Studlick, J. and Ain, R. : Bottled waters-expensive ground water. Groundwater,

- 18, 340, 1980.
29. U.S.EPA : National Interim Primary Drinking Water Regulation, Publicatiepon EPA/570/9-76-003, GPO, Washington, DC. 1976.
30. Craun, G.F. and McCabe, L.J. : Problem associated with metals in drinking water. J. Am. Water Works Ass., 67, 593, 1975.
31. National Academy of Sciences : Drinking water and health. vol. 1. National Academy Press, Washington, D.C. 1977.