

## 食水の 水質중 미네랄성분과 陰이온을 利用한 指數에 關한 研究

김형석, \*신현덕, \*\*이기태

경희대학교 의과대학 예방의학교실, \*경희대학교 정보대학원, \*\*경희대학교 생물학과

### Study on the Drinking Water Index with Minerals and Anions

Hyung-Suk Kim, \*Hyun-Duk Shin, \*\*Ki-Tae Rhie

*Department of Preventive Medicine, School of Medicine Kyung Hee University*

*\*Graduate School of the Industrial Information, Kyung Hee University*

*\*\*Department of Biology, Kyung Hee University*

#### Abstract

It is well known that we should take 2L of drinking water per day to maintain our health. The drinking water quality is becoming worse owing to sewage discharge and industrial wastewater. Surface water is polluted by various kinds of contaminants and ground water were known as clean and unpolluted water, but through recent many reports the ground waters are also contaminated by waste disposal and intrusion of organic and bacterial movement.

This research was undertaken to make a water index of water contamination by refering cations and anions.  $\text{NH}_4$ , Fe, Mn, and Pb are chosen as cations and  $\text{NO}_3$ , Cl, and  $\text{SO}_4$  ions are chosen as anions to make a index, and the following water index was made as the contamination index.  $(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Pb})/0.7 + (\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{Cl} + \text{SO}_4)/10.5 < 6.0$

By using Ion Chromatogrph the cations and anions are rapidly analyzed and plotting the analyzed data to the equation, we can easily get the degree of contaminations by avoiding analysis of over 37 water parameters in several days. Of course this index of water contami-

nation is not perfect and detail one, but in case of emergent case or to know the overall trends of contamination, it is convenient to use this index. Among the tested 5 kinds of samples the ground water showed contamination index of 6.87.

Authors used the already published healthy index and tasty index and differentiated their degrees in detail.

## I. 緒論

우리는 健康을 유지하기 위하여 매일 2ℓ 정도의 食水를 마셔야 한다. 식수로서 이용되는 물의종류로는 수돗물, 우물물, 생수, 정수기통과수 등이 있으나 産業의 發達과 人口의 增加로 인하여 식수의 水質이 汚染되어 있는 상태이다. 즉 産業場에서 流出되는 産業廢水가 上水源을 오염시키며 産業廢棄物중 有毒成分이 지층을 통과하여 地下水를 오염시키고 家庭下水, 畜産廢水, 공공건물폐수 등이 역시 상수원을 오염시킨다.

때로는 오염된 地表水가 여러종류의 有機物에 의하여 오염되었다고 발표하였고 지하수의 오염은 지표수보다 유기물의 종류는 적으나 오염물의 농도는 지표수보다도 지하수가 높다는 보고도 있다. 수질오염의 심도에 따라 淨水과정에서 藥品의 소요량도 증가하는데 소독용으로 사용되는 액체염소는 發癌性物質인 trihalomethane(THM) 및 하로겐화합물을 만든다. 염소소독과정에서 humine 질과 염소가 화학반응을 일으켜 volatile organic halide와 nonvolatile organic halide를 만든다.

흔히 식수에 존재하는 유해성분들을 열거하면 THM, 重金屬, 大腸菌, 一般細菌, 잔유농약, 방사성물질, virus, 기생충류, 무기물질, 유기물질 등 여러 종류가 있으며 이들은

수질을 악화시켜 음용수로서 부적당하게 한다. 상수도 수질오염의 다른 한가지 요인은 수돗물을 공급하는 송수관의 문제점과 건물 및 아파트의 貯水탱크이다. 이와 같은 문제점들로 인하여 세균, 녹물, 부유물질, 청관제와 같은 약물첨가, 이물질 등이 수돗물에 존재하게 된다. 이같은 문제점들을 解決하기 위하여 일반가정 및 사무실에서는 淨水器, 生水 및 地下水를 이용하게 된다. 지하수를 식수원으로 많은 사람들이 이용하여 왔으나 근래에는 土壤汚染으로 인한 지하수의 水質이 악화되고 있다.

이상과 같은 이유들 때문에 家庭과 建物에서는 여러 종류의 정수기, 생수, 지하수, 藥水 등을 이용하고 있으나 이들 음용수의 수질이 크게 문제시 되며 경우에 따라서는 건강에 해가 되는 식수를 마시는 기회도 있다.

Diamantis와 Petalas<sup>(1)</sup>는 海水가 Greece의 해변 지하식수에 침투하여 식수로서의 수질을 악화시키는 현상을 염소이온을 중심으로 指數로 표현하였으며 이 指數를 이용하면 해수침투의 현상을 신속히 판단하도록 하였고 Carlson<sup>(2)</sup>은 총인성분의 함량과 탁도, 및 chlorophyll 함량 등의 수질항목을 이용하여 영양상태指數를 고안하였으며 Martin 등<sup>(3)</sup>은 地下水오염을 연구함에 있어서 염소이온, 질산염, 황산염의 농도를 이용하여 오염

성분의 浸透指數를 고안하였으며 橋本 獎<sup>(4)</sup>은 음료수중 양이온과 음이온의 함량을 이용하여 맛있는 물과 건강한 물의 미네랄 평형指數를 발표하였으며 Matsushita(松下)<sup>(5)</sup>는 NMR 에 의한 수질의 指數를 고안하는 등 수질의 지수에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

本 研究에서는 식수를 대상으로 여기에 함유된 미네랄과 음이온의 농도를 관련시켜 식수의 汚染指數를 만들고 또한 이미 발표된 지수를 이용하여 우리가 마시는 食水의 水質을 알아보기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## II. 研究方法

### 1. 시료

실험대상으로 삼은 시료는 우리가 통상 사용하는 수도물, 지하수, 정수기통과수, 생수, 약수 등과 보통으로는 음용치 않는 빗물, 온천수, 바다물, 강물 등을 대상으로 하였다.

### 2. 분석방법

일반수질항목은 환경오염 공정시험법과 미국의 Standard Method에 의하여 측정하였고 이온성분은 Ion Chromatograph로 금속은 Atomic Absorption Spectrophotometer로 각각 실험하였다.

### 3. 실험기구

1) Ion Chromatograph, Varian Vista 5200에 Conductivity Detector 연결

(1) 陽이온 1價(NH<sub>4</sub>, K, Na)

Column : Vydac 400 IC

Flow Rate : 1.0 ml/min

Eluent : 2.5 mM HNO<sub>3</sub>

Column : Ion-200 cation (Interaction)

Eluent : 10 mM isonicotinic acid, pH 2.75. Isonicotinic acid 1.23g을 HPLC물에 용해시킨다. 필요하면 加溫한다. nitric acid로 pH 2.75가 되게 한 후 0.45μ membrane filter로 여과한 후 degassing시켰다.

Flow Rate : 1.5 ml/min

(2) 陽이온 2價(Ca, Mg)

Column : Wescan Cation/HS

Flow Rate : 1 ml/min

Eluent : 1 mM Ethylenediamine citrate, 2 mN citric acid, pH 4.5. Ethylenediamine(MW 60.1) 0.0601 ml를 증류수에 용해시켜 1 l로 한 후 2mM-citric acid (MW 210.15, 1M=3N, 210.15 × 0.002 × 1/3 = 0.1401 g, 즉 citric acid 0.1401 ml를 HPLC용 증류수로 1 l로 조제한 액)용액으로 pH가 4.5가 되도록 조절한다.

Detector : Conductivity, Milton Roy 10s

Sample Volumn : 20 μl

### 2) 金屬測定

미국 Instrumentation Laboratory사 Atomic Absorption Spectrophotometer, model 551을 이용하였다.

표 1. Concentration of Some Cations and Anions in Various Waters, and Contamination Index. (unit : ppm)

Ions		Tap Water	Ground Water	POU Passed Water		River Water
				Filter	R.O.	
Cation	Fe	0.11	0.01	0.02	0.00	0.05
	Mn	0.02	0.05	0.01	0.00	0.02
	Pb	0.04	0.03	0.04	0.01	0.04
Anion	NH4	0.17	0.37	0.02	0.01	0.24
	NO3	1.82	4.73	0.42	0.01	1.93
	Cl	11.73	25.65	21.46	2.03	11.58
	SO4	32.64	40.02	10.74	1.40	38.52
Contamination Index		4.66	6.87	3.11	0.34	5.14

### III. 結果

#### 1. 식수 및 하천수중 양이온 및 음이온의 농도

식수와 하천수중 양이온인 NH<sub>3</sub>, Fe, Mn, Pb 과 음이온인 NO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>-이온 등의 농도를 측정 한 결과 표 1 과 같은 결과를 얻었다.

본 연구에서 양이온과 음이온을 결부시켜 考案한 오염지표인 다음 공식을 응용한 결과 수돗물의 CI(오염지수)는 4.66 이었고 지하수의 CI는 6.87, 여과식 정수기 통과수는 3.11, 역삼투막식 정수기 통과수는 0.34 였다. 한편 하천수의 오염지수는 5.14 였고 수돗물은 4.66, 지하수는 6.87 로 나타났다.

$$\text{汚染指數} = \frac{\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Pb}}{0.7} + \frac{\text{NH}_4 + \text{NO}_3}{10.5} < 6.0$$

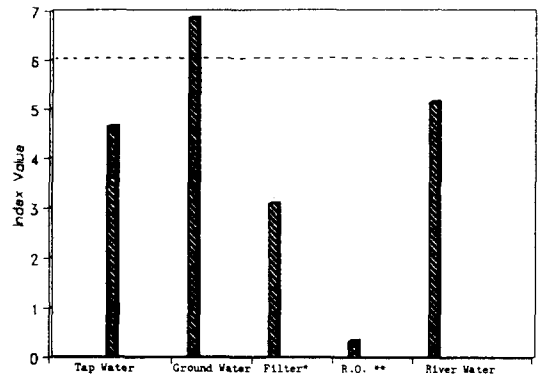


Fig. 1. Contamination Index of Water

\* : Passed water through filter purifier  
 \*\* : Passed water through R.O. purifier

#### 2. 이(맛있는 물의 指標) 및 KI(건강한 물의 指標)

이미 발표된 일본의 橋本獎<sup>(4)</sup>에 의한 OI 및 KI 지표를 구하기 위하여 우리 주위에 있는 여러종류의 물의 수질을 검사한 결과 표 2.와 같은 결과를 얻었다.

표 2. Results of Water Analysis of Various Kinds of Water

(unit : ppm)

Kinds of Water		Results							
		Ca	Mg	K	Na	Cl	Mn	SO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>
Non-Drinking Water	Sea Water	594	1617	414	1586	34063	0.02	3233	0.02
	Rain Water	2.7	0.2	1.9	2.2	0.4	0.02	5.4	0.9
	Distilled Water	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hot Spring Water	A	13.0	0.1	1.8	69.8	15.1	0.04	28.5
B		2.4	0.0	0.8	36.0	7.2	0.0	12.5	66.5
Tap Water	City Tap Water	13.3	2.6	1.7	5.7	13.5	0.0	9.4	3.6
Water Purifier	R.O. System	1.4	0.3	0.6	2.5	2.0	0.0	1.4	1.3
	Mineral Pot	22.9	2.8	2.3	5.1	12.2	0.0	10.7	4.2
Bottled Water	A	14.5	1.4	1.4	18.2	5.4	0.02	10.9	11.2
	B	7.1	6.4	2.8	6.5	6.3	0.0	1.3	36.6
Natural Mineral Water	A	24.4	3.7	4.3	13.6	16.3	0.07	19.4	20.3
	B	52.1	17.0	0.0	26.0	93.7	0.03	13.0	35.1

우리가 보통 마시지 않는 바다물의 양이온 및 음이온의 농도는 예측대로 대단히 높았는데 최고로 높은 농도는 음이온인 염소로서 34063 ppm 이었고 다음으로 높은 농도는 마그네슘으로서 1617 ppm 이었으며 다른 이온들도 농도가 대단히 높았다.

빗물은 전반적으로 농도가 낮았으며 증류수는 모든 이온이 검출되지 않았고 온천수에는 약간의 이온들이 검출되었고 서울 시내 수돗물에는 Ca 이 13.3 ppm, Cl 이 13.5 ppm 이 검출되었다. 정수기 가운데 역삼투막식(R.O)정수기를 통과한 물은 Na 가 2.5 ppm 으로 나타났고 기타 이온들은 모두 낮은 농도를 보였고 워터사사의 정수기를 통과한 물에서는 Ca 이 22.9ppm 이었고 Na 가 5.1 ppm 이었으며 생수 및 약수에서는 비교적 이온들이 많이 검출되었다.

橋本 獎이 고안한 지수인  $KI = Ca - 0.87 >$  5.2 와  $OI = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4) < 2.0$  공식에 위의 수질 성적을 대입하여 표 3 과 같은 결과를 얻었다.

건강의 지수인 KI 수치를 보면 마시지 않는 물에서 5.2 를 넘는 곳은 없었다. 海水에서는 KI 가 -785.8 이었으며 빗물에서는 0.8, 증류수에서는 0.0, 온천수에서는 -15.4 및 -28.0 이었다. 마시는 물 가운데에서도 R.O.(역삼투막식)정수기 통과수에서는 KI 가 -0.8, 생수 A에서는 -1.3 이었고 생수 B에서는 1.4 로 지수인 5.2 에 못미치고 있으나 시내 수돗물에서는 KI 가 8.3 으로 높았고 Mineral Pot 에서는 KI 가 18.5 였고 KI 지수가 가장 높은 음료수는 산에서 용출되는 약수로서 KI 가 12.6 및 29.5 였다.

한편 맛있는 물의 지수인 OI 는 2.0 이 넘

표 3. O-Index and K-Index of Various Waters

Kinds of Water		KI	OI	
Non-Drinking Water	Sea Water	-785.8	0.2	
	Rain Water	0.8	1.0	
	Distilled Water	0.0	0.0	
	Hot Spring Water	A	-15.4	2.5
		B	-28.9	5.5
Tap Water	City Tap Water	8.3	1.6	
Water Purifier	R.O. System	-0.8	1.9	
	Mineral Pot	18.5	2.2	
Bottled Water	A	-1.3	2.2	
	B	1.4	6.0	
Natural Mineral Water	A	12.6	2.1	
	B	29.5	2.9	

KI : Healthy Index  
OI : Tasty Index

는 물로서 海水는 0.2, 증류수는 0.0, 빗물은 1.0, 온천수는 각각 2.5 및 5.5였다. 마시는 물 가운데에는 수도물이 1.6으로 나타났고 R.O.정수기가 1.9였으며 기타 다른 음용수에서는 2.1~6.0 이었다.

VI. 考 察

우리나라의 음용수 수질기준의 항목수는 총 37개 항목으로 이 가운데 양이온은 중금속 및 암모니아를 포함하여 11가지이며 음이온은 시안이온을 포함하여 5 항목이다. 수질검사를 시행하는 경우에 37개 항목을 모두 실험함이 원칙이지만 때에 따라서는 37개 수질 항목을 모두 실험할 시간이 없거나 간단히 오염상태의 여부를 알아보기 위하여 짧은 시간내에 대략의 오염여부를 알아볼

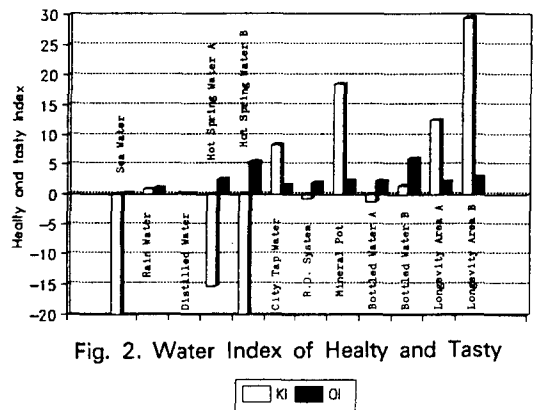


Fig. 2. Water Index of Healthy and Tasty

필요가 있다. 이러한 경우에 음이온과 양이온의 일부를 선택하여 이온크로마토그래프를 이용하여 오염여부를 알아보는 指數가 있으면 편리한 점이 있다고 생각되어 오염지수를 고안하게 되었다.

현재 우리나라의 음용수수질기준 항목은 37 가지로서 이들 37 항목을 모두 실험하는

데는 많은 시간이 걸리므로 단시간내에 대략의 오염상태를 파악하기 위하여 Ion Chromatograph를 이용하면 양이온 3가지 및 음이온 4가지를 짧은 시간내에 검출할 수 있다. 검출된 양이온의 총량을 이들의 기준치의 합으로 나눈값에 검출된 음이온의 총량을 이들의 기준치의 합으로 나눈후 이들 양이온과 음이온의 값을 합한 것이 6보다 적으면 오염되지 않았다고 보는 것이 좋겠다. 이같은 지수는 여러 종류의 물 100여 시료를 대상으로 대입한 결과로서 정확한 지표는 못되지만 신속하고 대략의 오염상태를 파악하는데에 편리하리라고 생각되어 고안하였다. 물론 세균검사, 독성물질검사, 농약검출이 관여되지 않았으나 이 지수는 응급시 신속하게 또는 예비적으로 오염상태를 파악하는데 사용하면 도움이 되리라고 생각한다. 본 연구에서 CI 6을 초과하는 물은 지하수 하나이고 다른 종류의 물은 오염되지 않았거나 적게 되었다고함을 의미한다.

우리가 마시는 식수가 특별한 맛이 없고 물맛이 좋아야 음용수로 계속 마시게되는데 일본에서 학생을 대상으로 목이 마를 때 어떠한 음용수를 마시는지의 설문조사를 시행한 결과 콜라, 주스, 차, 우유 등이고 물(수돗물)을 마시는 학생은 7%에 불과하였다. 이와 같은 결과의 원인으로는, 첫째, 염소소독약 냄새 때문이고, 두번째는, 물에 존재하는 藻類에 의한 냄새와 맛이 있기 때문이고, 세번째로는, 염소소독으로 인한 THM의 생성때문이라고 岡高明<sup>6)</sup>은 발표하였다.

사람이 一生동안 물을 마시는데 물에 함유된 成分이 各 器官에 미치는 영향은 크리라고 생각한다. Ueno<sup>7)</sup>는 일본에서 지역별

로 腦卒症으로 인한 사망자수가 다르다는 것을 알게되었다. 즉 일본의 東北지방이 사망률이 높고 西南지역이 사망률이 낮음을 알았는데 이에 대한 원인으로는 河川水의 화학성분이 다르다는 것이다. 한동안 日本에서는 뇌졸중에 의한 사망률이 대단히 높아 수명을 좌우하였기 때문에 뇌졸중 사망률이 가장 낮은 지역의 음료수를 건강한 물이라고 부르고 이에 대한 상관관계를 발표하였다. Ca의 함량이 많고 Na의 함량이 적은 물은 장수촌이라고 생각하여  $Ca-Na > 5.2$ 라는 공식을 고안하게 된 것 같다. 광천수의 관능시험을 통하여 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 맛이 좋고 Mg, SO<sub>4</sub>는 맛이 나쁘다는점에 착안하여 맛있는물의 지표인  $(Ca+K+SiO_2)/(Mg+SO_4) > 2$ 를 채택하였다.

본 연구에서 바닷물의 KI는 -785.8으로서 모든 대상 시료 가운데 가장 낮은 수치였으며 온천수 A에서는 -15.4, B에서는 -28.9로서 낮은 수치였고 생수에서는 -1.3 및 1.4로서 기준치인 5.2보다 낮은 수치를 보여주었다. 한편 기준치 5.2를 넘는 시료로서는 수돗물이 8.3, 정수기 통과수 B에서 18.5, 산악수에서 12.6 및 29.5로 가장 높은 수치를 보여주었다. 한편 OI를 살펴보면 기준치 2.0 이하인 시료는 바닷물이 0.2, 빗물이 1.0, 증류수가 0.0으로서 흔히 우리가 마시지 않는 물의 OI 농도가 낮음을 알 수 있었고 2.0을 넘는 시료로서는 온천수에서 2.5 및 5.5였고 정수기 통과수에서 2.2, 산악수에서 2.1 및 2.9의 수치를 나타내었다.

KI와 OI를 종합하여 관찰하여보면 정수기 통과수와 산악수에서 기준치인 5.2와 2.0을 넘는 건강하고 맛있는 물로 나타났다.

표 4. Summary of Ambient Water Quality, SFWMD, 1985-87, Expressed as Average Indices.

Location	Layer	Chloride Index	Sulfate Index
Collier	Surficial	47	36
	Intermediate	72	60.5
	Floridan	82	72
Glades	Surficial	53	45
	Intermediate	44	39
	Flokridan	80	68
Lee	Surficial	55	32
	Intermediate	70.5	56
	Floridan	85	69
Charlotte	Surficial	41	41
	Intermediate	72	48

Source : Martin, D.F. : J. Environ. Sci. Health, A26(6), 899~910, 1991.

미국 Florida주의 환경상태를 알아보기 위하여 Martin<sup>(8, 9)</sup> 등은 오염물질 표준지수(Pollutants Standard Index)와 Trophic State Index 를 고안하였으며 계속하여 이들은 지하수 오염에 관한 지수를 고안하였다. 이들은 鹽水, 심층부의 물 및 농업배수가 지하수를 오염시키는데 이와 관련된 지수를 고안하기 위하여 염소이온, 황산이온 및 질산이온을 관여시켰다. 이들의 연구 결과로서 침투지수를 0~100으로 잡고 0~59는 좋은편이고 60~69는 보통이며 70~100은 나쁜상태로 표현하였다.

미국 Florida주에 있는 Collier, Glades, Lee 및 Charlotte 지역의 지표수, 중간층 및 하층의 물중 염소이온 지수와 황산이온 지수를 관찰한 결과를 보면 하층으로 내려갈수록 지수가 높아지는 것을 알 수 있다. 이들은 다음과 같은 지수를 만들어 지하수의 침투에 대한 사실을 간단히 알 수 있도록

하였다.

$I-Cl = 12.90 \ln(Cl) - 7.033$  index, chloride  
 $I-SO_4 = 12.90 \ln(SO_4) - 7.033$  index, sulfate  
 $I-NO_3 = 6.21 \ln(NO_3) + 61.22$  index, nitrate  
 Groundwater Intrusion Index

$$= \frac{I-Cl + I-SO_4 + I-NO_3}{3}$$

미국의 Carlson 은 호수에서 영양상태에 관한 지수를 고안하였는데 0~100의 범위에서 10, 20, 30 등으로 구분하여 藻類의 생물량을 알 수 있는 지수이다.

$$TSI(Chl) = 10 \left( 6 - \frac{2.04 - 0.68 \ln Chl}{\ln 2} \right)$$

- tropic state index, chlorophyl

$$TPTSI(TP) = 10 \left( 6 - \frac{\ln \frac{48}{TP}}{\ln 2} \right)$$

- tropic state index, total phosphorous



과거에는 호수의 부영양화를 oligotrophic, mesotrophic, eutrophic으로 구분하였으나 이들 사이에 뚜렷한 차이가 없어서 위의 공식을 유도하게 되었다고 한다.

이상과 같이 물의 수질을 간단히 알아보기 위하여 여러 종류의 지수를 고안하고 있으며(10~17) 이들 지수를 이용하면 모든 수질항목을 검사하지 않고 몇가지의 검사만으로도 수질상태를 파악할 수 있으므로 앞으로 이들 지수의 개발이 필요하리라고 생각된다.

## V. 結 論

음료수에 대한 水質의 특성을 알아보고 오염여부를 신속하게 인식하기 위하여 선진 국가에서는 指數를 이용하고 있는 실정에서 새로운 오염지수를 고안하고 이미 발표된 일부 지수를 이용하여 수질을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 오염상태를 신속히 인식하기 위하여 Ion Chromatograph를 이용하여 3종류의 양이온과 4종류의 음이온을 검출하여 아래와 같은 지수를 고안하였다.  

$$\text{Contamination Index} = (\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Pb}) / 0.7 + (\text{NH}_4 + \text{NO}_3 + \text{Cl}' + \text{SO}_4) / 10.5 < 6$$
(단, 단위는 각 이온의 ppm)
2. 위의 오염지수를 이용하여 여러 종류의 오염상태를 알아본 결과 수돗물, 정수기 통과수는 指數가 6.0이하였으나 地下水는 6.87로서 오염되었음을 나타내었다.
3. 이미 발표된 건강지수(KI) 및 맛의 지수(OI)의 기준치 2.0과 5.2의 한계에 들어가는 물은 산악수와 여과식 정수기 통과수

이었다.

## References

1. Diamantis, J.B., and Petalas, C.P. : Sea-water intrusion into coastal aquifers of Thrace and its impact on the environment. *Toxicol. and Environ. Chem.* 20-21, 291-305, 1989.
2. Carlson, R.E. : A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanography*, 22(2), 361-369, 1977.
3. Martin, D.F., Norris, C.D., and Matin, B. B. : Intrusion indices-A measure of groundwater quality. *J. Environ. Sci. Health*, A26(6), 899-910, 1991.
4. 橋本 獎 : 맛있고 건강한 물의 미네랄평형 指數. *化學과 生物*, 26, 1, 1988.
5. 松下和弘 : Tasty and healthy water observed by NMR spectroscopy. *水環境學會誌*, 15(2)24-28, 1992.
6. 岡高明 : 맛있는 물과 健康한 물. *水處理技術*, 26, 8, 1985.
7. 上野碩夫 : *山口醫學*, 6, 16, 1957
8. Martin, D.F., and Cooper, C.D. : Strategic assessment of Florida's Environment. Part I. Environmental status and conditions report. Final report from University of South Florid and University of Central Florida to Florida Department of Environmental Regulation ii + 81 pp, 1989.
9. Martin, D.F., and Cooper, C.D. : Strategic Assessment of Florida's Environ-

- ment. Part II. Environmental Measurement system. Final report from University of South Florida and University of Central Florida to Florida Department of Environmental Regulation, Tallahassee, Fl, 202 pp, 1989.
10. Beeton, A.M., and Edmondson, W.T. : The eutrophication problems. J.Fish. Res.Bd.Can. 29, 673-682, 1972.
  11. Steele, J.H. : Environmental control of photosynthesis in the sea. Limnol.Oceanogr., 7, 137-150, 1962.
  12. Revelle, R. : Trans. Amer. Geophysical Union 22, 593-597, 1941.
  13. Blatt, H., Middleton, G., and Murray, R. : Origin of sedimentary rocks, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, pp 209-244, 1980.
  14. Todd, K.D. : Groundwater hydrology, John Wiley & Sons, New York, pp 535, 1980.
  15. 和田安彦 : 맛있는 물의 뉴스와 조건. 水處理技術, 26, 8, 1985.
  16. WHO : Guidelines for drinking water quality, Vol.1, 7, 1984.
  17. 林 秀光 : 의학으로부터 본 물. 水の科學, 1, 1, 1989.