

먹는 물의 수질평가방법에 관한 연구

옥삼복[†]·정용준·정승원^{*}
대구기능대학 환경화학과·경북대학교 고분자공학과
(1999년 4월 26일 접수)

A Study on Evaluation Method of Mineral Water Quality

Sam-Bok Ok[†], Young-Joon Chung, and Seung-Won Jeong^{*}

Dept. of Environmental & Chemical Technology Taegu Polytechnic College, Taegu, 703-721, Korea

^{*}Department of Polymer Science Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea

(Manuscript received 26 April, 1999)

This study has been performed to evaluate mineral water quality by using four parameters [Mg]/[Ca], [Na]/[K], [Mg]+[Ca]/[Na]+[K] and total hardness(as CaCO₃ mg/ℓ). The four parameters has been plotted in a general scale and logarithmic scale, respectively. The method of general scale is not applicable for evaluation on several parameters. Therefore, The logarithmic scale is applied instead to settle the problem. The evaluation of the water quality is based on standard sample S, and the results of the 6 domestics and 5 overseas sample evaluation are as follow. At present, evaluation of the water quality on the mineral water can be done by using four parameters calculated from only cation concentration printed on the bottle's marking.

Key words : mineral water quality, total hardness, bottle's marking

1. 서론

우리나라의 먹는 물에 관한 제도는 1974년 8월에 제정된 식품위생법 시행령에 의해 단지 1개 회사에 대해서만 전량 수출을 조건으로 보존음료수를 제조할 수 있도록 허가한 것이 최초라 할 수 있다. 이후 1994년 3월 먹는 물의 국내 시판이 허용되었으며, 1999년 2월 법률로 '먹는 물 관리법'이 개정되었다.

먹는 물 관리법에서 규정하고 있는 먹는 물이라 함은 암반대수층 내의 지하수, 용천수 등 수질의 안정성을 계속해서 유지할 수 있는 자연상태의 물을 물리적 처리만으로 먹는데 적합하도록 제조한 샘물로 규정하고 있다.

먹는 물 제품은 현재 생산과 소비가 매년 증가하는 추세에 있으며, 여러 나라에서 수입하고 있는 세계적인 먹는 물과 경합하고 있는 실정이다.¹⁾ 일반적으로 먹는 물의 맛을 결정하는 것은 각각의 원수를 취수하는 지리적·지질적에 대한 내력이라 할 수 있으며, 이러한 내력은 용기표지에 그 성분이 기재되어 있다.

먹는 물의 수질기준은 그 나라의 문화적, 기술적, 경제적 여건을 토대로 행정적으로 가능한 한 범위에서 정하고 있으나, 국내의 경우 MCL(maximum contaminant level)로 규정되어 있으며 미생물이 2종, 건강상 유해물질로서 무기물질이 10개, 유기물질이 15개이며 심미적인 영향물질이 16개 항목으로 규제하고 있다. 또한 용기 성분표기에 Ca, K, Na, Mg 등에 대해서만 표시하도록 규

정하고 있어 대부분 4개 양이온 원소의 농도(mg/l)와 일부에서만 pH나 HCO₃⁻ 농도를 표시하고 있을 뿐, 황산염, 염화물, 용해성 규산염, 중탄산염 등의 음이온 성분은 대부분 표시하지 않고 있는 실정이다. 일반 소비자들은 이같은 화학 분석치가 어떠한 의미를 가지는지의 이해가 어려울 뿐만 아니라 먹는 물의 수질에 대한 과학적인 비교평가를 하기 어렵다고 할 수 있다.

일반적으로 널리 알려진 먹는 물의 수질 조성을 알기 쉽게 도식하고 있는 Water Quality Diagram인 Key Diagram과 Symmetry Diagram에서는 모든 음이온의 분석치가 없으면 묘사되지는 않기 때문에 현행 시판되는 먹는 물에서는 양이온 원소성분 밖에 표시되지 않으므로 이들 다이어그램을 이용하여 비교평가 할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 현재 이용할 수 있는 표시성분 값을 활용하여 양이온의 몰비 및 환산경도로 된 4요소를 작성하고 대수눈금이 붙은 X-Y도상에서 수질조성의 특징을 도형으로서 표시하는 방법을 연구하여 먹는 물의 수질평가 방법으로 활용하는 방안을 모색코자 하였다.

2. 이 론

2.1. 수질평가를 위한 Diagram

먹는 물의 수질조성을 알기 쉽게 도식하는 방법의 하나로 제시된 것으로 Fig. 1과 같이 「Key Diagram」 이 있다.²⁾ 이것은 지하수의 주성분을 다음의 4가지 성분계

인 $[HCO_3 + CO_3]$, $[Cl + SO_4]$, $[Ca + Mg]$, $[Na + K]$ 로 나눌수 있으며, 이들 me(milli equivalent)를 양이온 및 음이온의 백분율로 환산하여 마름모형태로 이를 Plot하는 것이다.

모든 먹는 물에 대한 주요 성분계는 이렇게 제시된 Fig. 1의 도형 내에 plot될 수 있다. 이렇게 plot된 상태를 파악함으로써 물의 수리·화학적 성격이나 지역적 수리의 변동상황 등을 고찰할 수 있다. Key Diagram에 의한 수질조성은 (1) 탄산염경도, (2) 탄산염알카리도, (3) 비탄산염경도, (4) 비탄산알카리도, (5) 기타로 구분된다.^{3,4)}

또 하나의 도식방법으로 Symmetry Diagram(Fig. 2)이 있다. 양이온과 음이온을 취급하는 것은 같지만 4개 음이온 중에서 CO_3^{2-} 대신 NO_3^- 를 채용하는 점이 다르며, 일본의 자연수 성분은 Table 1에 나타난 일본의 자연수 성분을 도식한 것이 Fig. 2와 같이 나타났다.

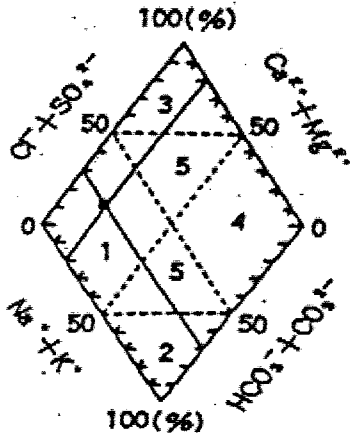


Fig. 1. Key Diagram.

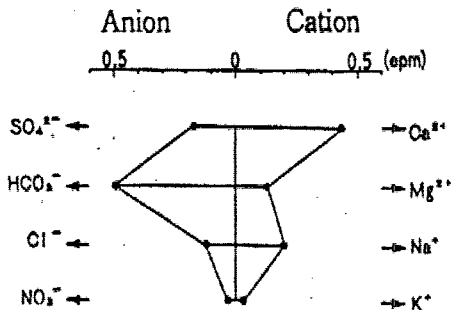


Fig. 2. Symmetry Diagram.

2.2. 수질평가를 위한 4개 parameter

먹는 물로는 주요한 4대 양이온 원소에 의해 대표되는 화학성분 상호의 조성비와 농도에 의해 물의 맛이 특정 되고 있다. 보통으로 표시되는 개별 양이온 원소의

용존산소 농도를 단순히 중량기준의 농도(mg/ℓ)로 표시되는 것은 없고, 용존원소의 물농도의 상대비를 비교해보더라도 개별제품의 수질이 일종의 도식으로서 취급되는 것이다. 4종류의 양이온 원소에서 2종류씩 취하는 조합의 수는 6개이다. 이중에서 2가의 알카리토금속 원소의 물농도비 $[Mg] / [Ca]$ 와 1가의 알카리금속원소의 물농도비 $[Na] / [K]$ 의 2개를 단순하게 제1, 제2의 parameter라 한다. 그리고 1가 원소의 총물농도에 대한 2가 원소의 총물농도의 비 $[Mg] + [Ca] / [Na] + [K]$ 를 제3의 parameter라 한다. 앞의 2개 parameter는 주기율표에서 제3주기 원소와 제4주기 원소의 농도비를 주기율표의 족(Ⅱ족과 Ⅰ족)별로 구한 것으로 한다. 또한 X-Y 좌표에 도식할 parameter의 수는 4개이다. 그래서 제4의 parameter로서 실제 농도를 반영하는 의미를 참작하여 총경도를 취급하였으며, 총경도는 Ca와 Mg의 실제 농도에서 계산치($CaCO_3$ mg/ℓ)로서 쉽게 구할 수 있다.

Table 1. Concentration of Natural Water in the Japan⁵⁾

Natural Water	Ca	Mg	K	Na	Mg/Ca	Na/K	Mg+Ca/K+Na	T-Hardness
Precipitation	1.0	0.4	0.3	1.1	0.61	7.1	0.71	3.9
River(ave.)	8.9	1.7	1.1	4.8	0.31	7.7	1.23	29.2
Hot spring	221	56	42	770	0.41	31.2	0.22	782

2.3. X-Y좌표에 의한 Water Quality Diagram

Fig. 3은 평균된 수질이라 생각되는 시료에 대하여 앞의 4개 parameter를 산출하고 이를 plot한 것이다. 4개의 양이온 원소의 기초수치는 상품표시 성분에 따라 분류되며, 국내·외 시료 모두 표준시료 S와 유사한 형태를 가지지 못하였으며, 국내시료 E, F는 $[Mg]/[Ca]$ 값이 큰 값을 가지고, 국외시료 G는 양쪽 옆으로 큰 값을 가져 일반적인 눈금으로는 표시를 할 수 없었다. 그림에서 시료 C와 시료 H는 표준시료 S에 비해서는 X축 좌측과 Y축 상단 부분에서 약간 큰 형태를 가졌으나 다른 시료에 비해서는 작은 도형을 나타내었다. 시료 A, K는 Y축 상단으로 치우친 경향을, 그리고 시료 B는 X축 양쪽 방향으로 길게 뻗은 형태를 나타내었다. 또한 시료 D, J는 좌우 상하가 약간은 균형을 가진 도형이지만 전체 도형이 크므로 상하로 길게 뻗어난 형태로 Ⅰ족, Ⅱ족 몰비가 큰 수질 특징을 가졌다.

그러므로 여러 가지 시판 먹는 물 중에서 총경도나 $[Mg]/[Ca]$ 비(시료 G의 경우)가 10을 초과하는 것이 있고 보통 눈금 크기에서는 잘 수용되지 않는 사례를 나타내고 있다. 그래서 4개 parameter 중에서 1개 또는 2개를 대수로 대체한 것을 고려하였지만 시행착오의 성과로서 4개 parameter 모두 대수로 고치더라도 별로 차이가 없었다. 그러나 총경도나 Ⅰ, Ⅱ족 몰비가 큰 시료는 일반 눈금좌표에 의해서는 도식할 수 없어 이를 판정하기 어려운 점이 있지만 대수눈금 좌표에서 이를 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

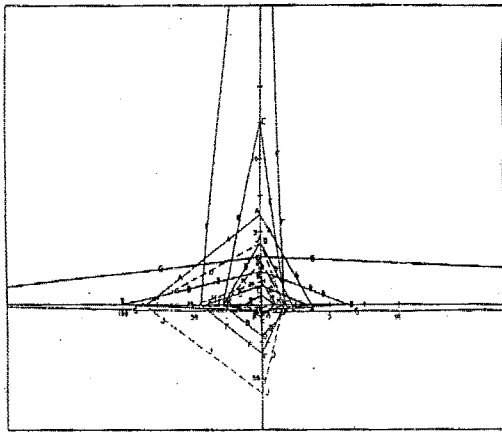


Fig. 3. Water Quality Diagram of General Scale.

3. 결과

3.1. 표준시료의 설정

Fig. 3에서 plot된 시료인 물 S는 Ca 5.3mg/l, Mg 2.4mg/l, K 0.9mg/l, Na 4.6mg/l, [Mg]/[Ca] 0.74, [Na]/[K] 8.6, [Mg]+[Ca]/[Na]+[K] 1.0, 총경도가 23(CaCO₃ mg/l로서)이라는 양질의 음료수로서 이 물은 음이온계의 화학성분조성에 대해 표시된 자료는 없지만 그 기원은 일본 북알프스의 2857m 지역에서 심정호(약 100미터 깊이)의 지하수이다.²⁾ 이 시료 S를 잠정적인 표준 시료로 하여 다른 여러 종류의 국내의 시료와 비교하였다.

3.2. 조사대상 시료 및 4개 parameter

국내에서 시판되고 있는 먹는 물을 지역별로 6개 시료를 선정하였으며, 국내로 수입·시판되고 있는 외국 시료 중에서 대표적인 것과 일본에서 많이 시판되는 대표적인 5개 시료에 대한 문헌자료^{5,6)}를 이용한 표시농도를 Table 2, Table 3에 나타내었으며, 이를 이용하여 각각 시료에 대한 4개 parameter 계산치를 일괄하여 Table 4에 나타낸다. 여기서 T-Hardness는 CaCO₃(mg/l)로서 계산한 것이다.

Table 2. Concentration of Mineral Water in the Korea

Sample	Location	Concentration(mg/l)					
		Ca	Mg	K	Na	pH	HCO ₃
A	Chungbuk Chongwon	26.0	4.2	1.4	6.9	-	-
B	Chungbuk Chongwon	23.6	10.2	1.1	4.2	-	-
C	Kangwon kapyong	7.2	5.4	3.1	0.7	-	-
D	Kyongnam kinhae	8.1	1.9	0.2	4.2	7.4	-
E	Kyongnam Hadong	10.1	0.8	0.9	5.4	7.5	52
F	KyongbukSangju	17.0	0.4	0.3	10.0	7.7-8.2	91.4

Table 3. Concentration of Foreign Mineral Water

Sample	Country	Goods	Concentration(mg/l)								
			Ca	Mg	K	Na	pH	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃
G	France	Evian	78	24	1.0	5.0	7.2	357	10.0	4.0	1.0
H	France	Volvic	9.9	6.1	5.7	9.4	7.0	-	-	-	-
I	Sweden	Vittel	202	36	-	3.0	7.1	-	-	-	-
J	Japan	Water of RokGoo	24.0	5.7	0.3	18.0	-	-	-	-	-
K	Japan	Huge Mauntain	7.1	2.4	0.8	4.7	-	-	-	-	-

Table 4. Four Parameter of Samples

Sample	[Mg]/[Ca]	[Na]/[K]	[Mg]+[Ca]/[Na]+[K]	T-Hardness
A	6.19	4.93	3.64	82.5
B	2.31	3.82	6.38	101.5
C	1.33	0.23	3.32	40.5
D	4.26	21.00	2.27	28.2
E	12.63	6.00	1.73	28.6
F	42.50	33.33	1.69	44.2
G	3.25	5.00	82.00	295.0
H	1.62	1.65	1.06	50.2
J	4.21	60.0	1.62	83.8
K	2.96	5.88	1.73	27.8

3.3. 대수능금 X-Y좌표에 의한 Water Quality Diagram

Fig. 4에서 먹는 물, 자연수 등 과 Table 3에서 나타난 시료에 대한 4개 parameter의 Water Quality Diagram을 나타낸다. 자연수의 수질특징은 Water Quality Diagram 의해 각각 명료하게 식별할 수 있으며, 한편 먹는 물에 대해서는 여러 시료를 도상에 표시하면 선도가 교차하여 판별이 어렵게 되었다. 그러므로 그외 시료에 대하여는 조금씩 순차적으로 선택하여 표준시료 S 또는 다른 비교시료와 병행하여 Water Quality Diagram을 그려 Fig. 5(1)~(5)로서 검토하였다. Fig. 5(1): 시료 A, B, C는 총경도가 약간 높은 지역으로 시료 C는 총경도가 약간 낮아 [Na]/[K] 비가 매우 낮은 특성을 나타내었다. Fig. 5(2): 시료 D, E는 시판품이면서 총경도 가장 낮은, 자연수 중에서는 화학적 용존성분량이 최소인 화학적 순도가 높은 물이라고 판단되며, 시료 E는 [Mg]/[Ca]비가 높은 특성을 가지며, 시료 D는 [Na]/[K]비가 높은 특성을 가졌다. Fig. 5(3): 시료 H는 국내의 음료용 자연수로 수원 의 지리적 조건에 유사성이 상정되므로 시료 K와 비교하였다. 시료 H의 [Na]/[K]비가 표준시료 S의 1/2이었다. Fig. 5(4): 시료 G는 총경도가 매우 크기 때문에(295mg/l CaCO₃) 표준시료 S의 Diagram보다 더 양의 폭이 넓고, 부채형을 나타내었다. Fig. 5(5): 시료 F, J의 Diagram과 거의 비슷하지만 도형은 전체적으로 Y축 상하가 크고, 화학적 용존성분량이 농축되어 있다고 해석할 수 있다. 표준시료보다 약간 큰 도형이지만 유사성을 가지고 있었다.

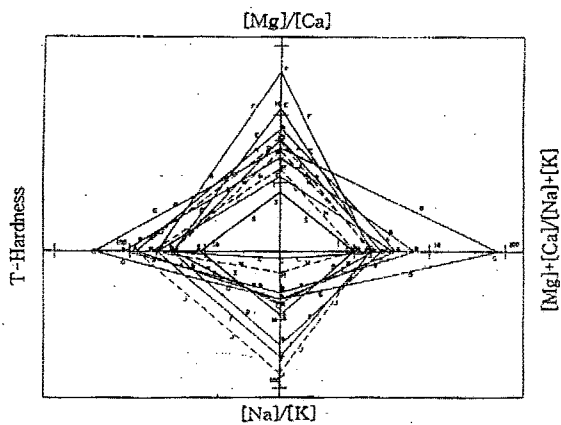


Fig. 4. Water Quality Diagram of Logarithmic Scale.

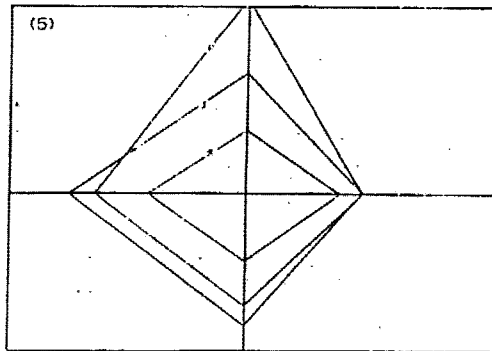
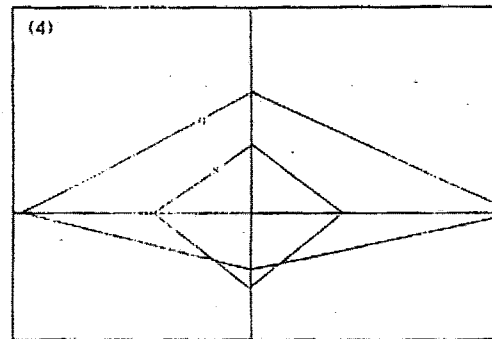
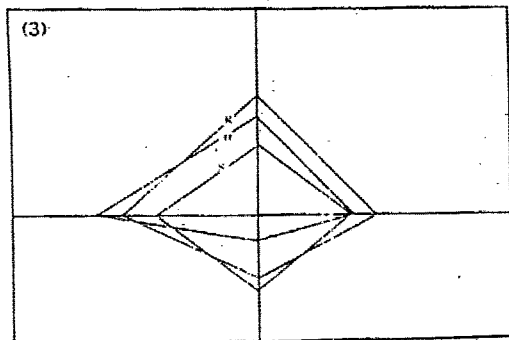
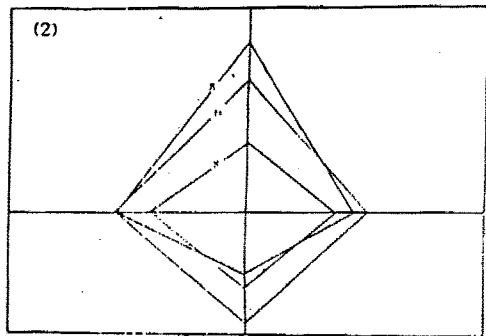
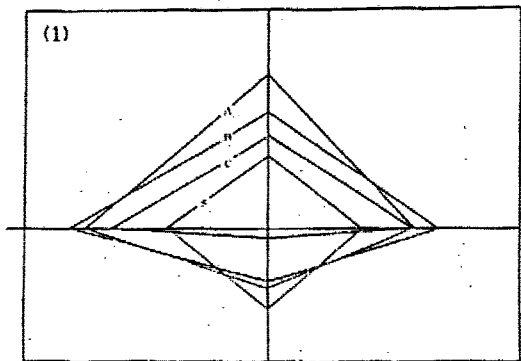


Fig. 5. Comparison of Water Quality Diagram.

4. 고찰

4.1. 4개 parameter와 Water Quality Diagram의 이용
4개의 양이온계 원소성분의 농도만으로도 수질을 판별한다는 것은 원래부터 제약이 있다고 할 수 있다. 그러므로 먹는 물의 수질을 판별하기 위해서 이 논문에서 제안한 새로운 Water Quality Diagram에 의한 먹는 물, 또는 음료수 수질의 화학적 특징을 Diagram으로 이해할 수 있다는 것을 알았다.

이것을 곧바로 먹는 물의 용기에 표시된 양이온의 농도만으로도 수질판별에 이용하는 것이 소비자가 이를 쉽게 이해할 수는 없다하더라도 상품내용 즉, 물의 화학적 수질성상을 보다 객관적으로 설명하는 자료로서는 이를 충분히 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 물을 생산하는 공급자의 입장에서는 자사제품의 품질관리나 타사제품과의 수질비교 등에 이 자료를 적극적으로 연구개발의 기초자료로서 활용할 수 있을 것이며, 향후에 발생 될 수 있는 수원의 계절변화, 연간변동에 대비하여 수원의 장기관리에도 필요할 것으로 사료된다.

4.2. 맛있는 물의 판정 및 수질시험방식에 대하여
수도물을 이용하는 입장에서 보면 잔류염소의 함유량이나 냄새 유무가 문제가 되고 있다. 그러나 음료수를 제조하는 식품공장의 입장에서는 이러한 인자는 제품의 품질을 정함에 있어 마이너스 인자가 될 것이다. 경우에 따라서는 얻어진 마이너스의 인자에 대해서는 COD값

등과 병행하여 별개의 마이너스 정도를 평가하는 것이 좋다. 하지만 매우 작은 COD값이 물 맛에 플러스 인자로 작용한다는 점에 대하여도 고려할 수도 있다.

화학적으로도 물 맛을 결정하는데 매우 중요하게 작용하는 탄산비($\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$)는 알카리도와 pH측정치를 기초로 해서 분석으로도 개략적인 값을 알 수 있다. 그러므로 양이온 값만으로 수질을 판정하는 것보다는 분석이 용이한 음이온에 대해서 표시를 적용함으로써 수질판정을 위한 지표로 이용할 수 있도록 하여야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 현재 먹는 물 제품에 표기되어 있는 양이온 성분 값을 활용하여 양이온의 몰비 및 환산경도로 된 4요소를 적용한 대수농금이 붙은 X-Y도상에서 수질조성의 특성을 도형으로 표시하여 보다 쉽게 이해되었음을 확인하였다. 기존의 Water Quality Diagram에서 양이온과 음이온 분석치가 있어야만 비교분석이 가능했던 물의 수질 평가방법을 개선 시켰다. 또한 물 수질에

대한 과학적인 비교평가 자료로 될 수 있음을 확인하였다. 금후는 일단 보편적인 자료의 축적이 된 단계에서 이 수질 다이어그램과의 비교 등의 발전이 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 환경부, 1996, 환경백서.
- 2) 松橋 鐵治郎, 1995, ミネラルウォーターのダイアグラム, 用水と廢水, 37(7), 12~17.
- 3) 安藤 武, 1961, 地下水の水質(その1)-水質の機構および成分について, 用水と廢水, 3(1), 91~96.
- 4) 安藤 武, 1961, 地下水の水質(その2)-水質の機構および成分について, 用水と廢水, 3(2), 63~68.
- 5) 北野 康, 1969, 水の科學, 日本放送出版協會, 67~102.
- 6) 小林 純, 1960, 日本の河川の特質について, 用水と廢水, 2(1), 9~24.
- 7) 岩井 重久, 濟川 要, 1964, 宮水とその保存について, 用水と廢水, 6(2), 1~9.