

## 국내 먹는샘물의 수질특성비교

두용균 · 김준환 · 김창수 · 장 덕\*  
국립환경연구원 · \*건국대학교 환경공학과

### Comparison of water quality of domestic natural mineral water

Yong-kyoon Doo · Jun-hwan Kim · Chang-su Kim · Duk chang

#### Abstract

The purpose of this study was to analyze and compare the contents of minerals and ionic components in domestic commercial natural mineral waters, and to investigate the relationship between water quality and characteristics of suspended and rocks there of its source. All mineral waters tested in this study met the korean mineral water quality guideline, although chemical components varied widely depending upon the geological characteristics and degree of urbanization of the source area or physical water treatment method. The water quality of commercial bottled water was different from that of source water, especially in cationic components, and showed a tendency to become worse with time elapsed. The water quality on the bottle was also different from the measured quality.

#### I. 서 론

급속한 산업화와 더불어 인구증가에 의한 각종 환경오염으로 상수원의 수질이 오염되어 수돗물에 대한 불신이 높아지고 경제성장에 따른 생활수준의 질적 향상으로 건강에 대한 관심이 높아지면서 사람들은 보다 깨끗하고, 건강에 유익한 음용수를 찾기 시작하였다.

우리나라에서는 먹는샘물이 1974년에 처음으로 생산, 판매되었으며 1974년 8월에 개정된 식품위생법 시행령에서 허가업종으로 규정하였고, 1976년 1월 “다이아몬드정수”가 최초로 허가를 받았다. 먹는샘물의 이름은 처음에는 “보존음료수”로 명명되었다가 1991년 3월에 “광천음료수”로 변경되었으

며 1994년 12월 다시 “먹는샘물”로 개칭되었다.

먹는샘물은 수돗물의 신뢰성을 떨어뜨린다는 것과 국민간의 위화감을 줄 수 있다는 이유에서 국내판매가 허용되지 않았는데 1994년 3월 대법원에서 먹는샘물의 시판을 금지하는 것은 국민의 행복추구권과 직업선택의 자유를 침해하여 위헌이라는 판결로 결국 국내시판을 허용하게 되었다. 먹는물 관리법은 1995년 1월 5일 법률 제 4908호로 제정·공포되고 동년 5월 1일부터 시행하게 되었다<sup>1)</sup>.

먹는샘물은 먹는물 관리법<sup>2)</sup>에서 “암반대수층내의 지하수, 용천수등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연상태의 물을 먹는데 적합하도록 물리적 처리등의 방법으로 제조한 물”로 정의하고 있다. 이처럼 국내 먹는샘물의 원수는 지하수뿐 아니

라 지표수까지 허용하고 있고 극도의 청정도를 요구하며 어떠한 화학적 처리도 허용하지 않지만, 정수공정에서 탄산가스를 제거 또는 첨가할 수 있도록 하였으나 농도를 0.1%로 제한하고 있다.

제품의 제조과정은 현재 침전, 여과, 폭기 및 자외선을 이용한 광학적 살균등 최소한의 물리적처리만을 허용하고 있어 먹는샘물은 어떠한 화학적인 정수처리도 하지 않는 천연에 가까운 물이다. 수질은 물의 질에 영향을 주는 화학물질이 인공적으로 첨가되지 않는 한 토양과 암반에서 유래하는 각종 무기이온성 물질에 의해 좌우된다. 그러므로 물속의 이온의 성분을 분석하여 먹는샘물의 이온성분에 의한 수질특성을 파악할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서 각종 먹는샘물에 함유되어 있는 미네랄성분 및 기타 이온성분에 대하여 물리적처리 전, 후 및 채수되는 지역의 지질과 물중의 이온물질함유량을 비교 분석하여 수질특성을 평가하고자 한다.

## II. 시료 채취 및 실험방법

### 2.1 시료의 채취

1999년 10월 현재 우리나라의 먹는 샘물허가업소는 74개소로 시료샘물은 백화점 및 슈퍼와 일부는 대리점에서 구입하여 총 17개 제품을 실험하였다. 시료로 사용한 먹는샘물 제조업소의 지역별 분포는 Table 1과 같다.

### 2.2 분석방법

먹는샘물중의 미네랄성분 및 기타 이온성분은 「먹는물 수질공정시험법」<sup>3)</sup>에 따라 분석하였으며 분석항목과 분석기기는 Table 2와 같다. 분석결과 각 성분들의 양이 정량한계 이하인 경우 불검출(ND : Not Detected)로 표기하였다.

## III. 분석결과 및 고찰

### 3.1 먹는샘물제품의 수질특성

분석대상 먹는샘물 17개 제품의 수질특성을 알

Table 1. Regional distribution of tested natural mineral water

지역 개소	충북	경기	경남	충남	강원	전북	전남	경북	계
채수개소	3	5	4	-	2	1	1	1	17

Table 2. Test items and analysis instruments

수질분석항목	분석기기(모델명)
암모니아성질소	UV-Visible Spectrophotometer(HEWLETT PACKARD 8452A)
질산성 질소, 불소, 황산 이온, 염소이온, 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘	Ion Chromatography (DIONEX 500)
경도, 증발잔류물, 과망간산칼륨소비량	적정법 및 증량법
pH	pH Meter (ORION ion analyzer EA940)
전기전도도	Conductivity meter (YOKOGAWA MODEL SC82)

아보기 위하여 먹는물 수질공정시험방법에 따라 먹는물 수질기준 항목인 양이온, 음이온, 전기전도도, 암모니아성 질소, 경도, 증발잔류물등을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

먹는샘물의 원수가 되는 지하수중에는 이산화탄소가 함유되어 있어 pH가 먹는물 수질기준치인 5.8~8.5보다 낮은 경우도 있으나 정수 공정을 거치면서 이산화탄소등이 성분이 변화되어 조사대상 먹는샘물의 pH는 6.7~7.9로 수질기준에 만족하는 것으로 나타났다. 암모니아성질소는 유기성 질소화합물을 함유하는 오염물질에 의하여 오염된 지오랜시간이 경과하지 않았음을 의미하며 조사대상 먹는샘물의 암모니아성 질소나 질산성 질소는 각각 0.06mg/L이하와 3.0mg/L이하를 나타내어 수질기준을 만족하는 것을 알 수 있었다.

경도 성분은 전기를 이동시켜주는 성분을 포함하고 있고 증발잔류물은 용존 고형물과 비용존 고형물의 합으로서 Figure 1에서와 같이 멤브레인이나 미세한 마이크로여과막을 사용하여 비용존 고

Table 3. The concentrations of ions in bottled water samples

(단위 : mg/L(수질기준, 이하) , 단 pH제외, 전기전도도의 단위 :  $\mu$ S/cm)

분석항목 수질 기준	나 트 륨	칼 륨	마그 네슘	칼 슘	알루 미늄	아 연	pH	경 도	전 기 전도도	과망간 산칼륨 소비량	증 발 잔류물	암 모 니아 성질소	질산성 질 소	불 소	황 산 이 온	염 소 이 온
제품명 (수원위치)	-	-	-	-	0.2	1	5.8~ 8.5	300	-	10	500	0.5	10	2.0	200	150
MW1 (경기 양주)	17.9	1.8	2.1	24.6	ND	0.014	6.9	61	170	1.3	124	0.03	2.7	0.3	17	11
MW2 (충북 괴산)	29.5	ND	4.0	19.9	ND	0.013	7.6	56	96	1.3	137	ND	1.2	ND	15	8
MW3 (경기 포천)	31.4	0.4	0.7	11.8	ND	ND	6.9	29	154	1.3	114	0.01	1.6	0.6	6	28
MW4 (충북 청원)	3.9	0.4	2.0	24.4	ND	0.016	7.3	63	129	1.3	104	0.01	1.6	ND	7	5
MW5 (충북 옥천)	12.0	0.6	13.7	36.6	ND	ND	7.6	140	270	1.3	191	ND	0.2	0.3	27	7
MW6 (경기남양주)	5.4	0.7	1.1	7.6	ND	0.002	6.7	22	64	1.9	61	ND	3.0	1.2	ND	6
MW7 (경남 양산)	7.5	ND	0.7	7.2	ND	0.012	6.7	23	70	1.9	90	ND	1.2	ND	6	6
MW8 (경남 마산)	20.4	ND	2.5	25.2	ND	0.010	7.9	63	174	2.3	146	ND	0.5	1.1	20	11
MW9 (전남 담양)	14.4	0.3	0.2	19.4	ND	0.011	7.7	47	-	1.9	127	0.03	ND	1.5	35	11
MW10 (경북상주)	8.6	0.5	0.8	10.4	ND	0.321	7.2	32	65	1.6	88	ND	1.1	ND	9	3
MW11 (강원 홍천)	1.7	0.4	0.6	3.0	0.04	0.049	6.7	11	-	2.9	34	ND	0.8	ND	4	1
MW12 (경기 가평)	8.0	1.1	10.1	11.4	ND	0.040	7.4	70	147	2.3	99	0.03	2.1	ND	9	2
MW13 (경남 산청)	6.4	0.6	1.0	12.0	0.05	0.039	7.8	35	74	1.6	91	0.04	0.3	ND	3	3
MW14 (경기 양주)	16.9	0.3	0.4	16.8	ND	0.015	7.0	44	123	1.3	138	0.06	1.2	ND	8	3
MW15 (경남 고성)	5.3	0.1	0.1	17.1	ND	0.012	7.4	44	100	1.9	110	ND	0.1	ND	27	2
MW16 (충북 옥천)	52	0.2	4.6	11.8	ND	0.008	7.8	50	174	1.6	174	ND	0.4	ND	30	7
MW17 (강원 횡성)	13.0	0.2	3.2	22.9	0.03	0.009	7.2	63	163	1.0	109	ND	1.2	ND	7	3

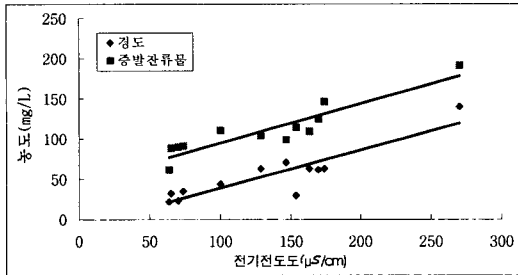


Figure 1. The relationship of electronic conductivity with residues after drying and water hardness

형물을 제거하지 않을 경우에는 전기전도도와 일정한 비례관계를 갖는다.

물속에 이산화탄소가 많으면 석회암이나 Dolomite를 잘 용해시키므로 이산화탄소가 많은 물은 경수가 되기 쉽다. 먹는물에서 경도의 수질기준은 300mg/L이하이며, 조사대상 국내샘물의 95%이상이 70mg/L이하의 연수에 속하였지만 충북 옥천(MW5)의 제품수에서는 경수(140mg/L)를 나타내었다. 불소성분은 표류수에서 일반적으로 1.0mg/L이하로 존재하나 지하암석에 형석과 화성암 내에 불소를 함유하는 광물이 존재하면 지하수에서 불소농도가 높아진다.<sup>4)</sup> 분석 먹는샘물의 제품수에서 불소농도는 0~1.5mg/L까지 다양하게 나타났고, 전남 담양과 경남 마산, 경기 남양주지역의 먹는샘물 제품수에서는 수질기준인 2.0mg/L을 초과하지는 않았으나 1.0mg/L이상이 검출되었다. 황산이온은 경남 마산, 전남 담양, 고성, 경기 포천등의 제품수에서 염소이온은 경남 마산, 경기 포천등에서 다른 지역보다 높게 검출되었으나 수질기준에는 미치지 못하였다.

Figure 2는 분석대상 양이온과 음이온의 함량을 meq/L으로 나타내었으며 대부분의 제품에서 양이온이 Na, Ca > Mg > K순으로 나타났으며 음이온의 대부분은 중탄산염으로 추정되고 있다.

### 3.2 원수와 제품수의 수질특성 비교

먹는샘물의 원수와 제품수의 수질과 정수과정에서 제거되는 변화를 알아보기 위하여 96년 9월 3곳의 먹는샘물제조공장을 방문하여 채수한 원수와

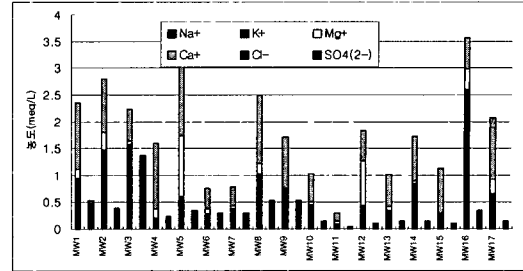


Figure 2. The concentrations of inorganic ions in bottled water samples

Table 4. The analysis of commercial bottled water and natural mineral water

(단위 : mg/l, 단 pH제의, 전기전도도의 단위 : μS/cm)

분석 항목	MW5		MW16		MW17	
	원수	제품수	원수	제품수	원수	제품수
암모니아성질소	0.02	ND	0.01	ND	ND	ND
질산성질소	0.2	0.2	0.3	0.4	1.1	1.2
불 소	0.3	0.3	ND	ND	ND	ND
황산이온	29	27	32	30	7.5	7
염소이온	7.1	6.7	4.2	6.5	3.3	2.9
경 도	143	140	157	50	75	63
과망간산칼륨소비량	1.0	1.3	1.3	1.6	1.6	1.0
중발잔류물	198	191	209	174	116	109
pH	7.6	7.6	7.5	7.8	7.3	7.2
나 트 른	-	12.0	-	52	-	13.0
칼 른	-	0.6	-	0.2	-	0.2
마그네슘	-	13.7	-	46	-	3.2
칼 슈	-	36.6	-	11.8	-	22.9
전기전도도	-	270	-	231	-	163

시중에서 구입한 제품수중의 무기 이온성물질의 농도를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

MW5와 MW16은 수원위치가 인접한 지역(충북 옥천)으로 분석대상 음이온 농도는 비슷하였으나 제품중의 양이온의 농도는 Figure 3과 같이 전혀 다른 양상을 보였다. 이 지역의 지질은 석회암, 변성암 및 화강암으로 비슷한 구조를 가지고 있으므로<sup>8)</sup> 두 제품에서의 양이온의 농도가 크게 차이가

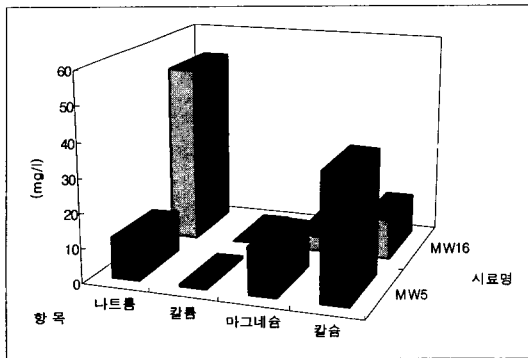


Figure 3. The concentration of cations in MW5 and MW16

있는 것은 원수를 채수하는 관정의 깊이나 위치가 달라서 다른 지질대에서 지하수가 유입되거나 정수처리공정상에서 이온교환수지등의 사용 여부에 따라 원수와 제품수의 수질이 다른 양상을 보인 것으로 추정된다.<sup>10,11)</sup>

### 3.3 먹는샘물제조 의 생산시기별 평가

먹는샘물 제품수의 생산시기별 수질의 변화를 알아보기 위하여 시중에 많이 유통되고 있는 4개 제품을 대상으로 20개월의 기간차이를 두고 생산된 제품의 수질을 비교하면 Table 5와 같다. 4개 제품 모두에서 경도, 증발잔류물, 암모니아성질소, 과망간산칼륨소비량, 질산성질소, 황산이온 등의 농도가 조금씩 높아지는 경향이 있었다. 그 원인은 지질에서 용출될 가능성과 계절 또는 강수의 영향을 받는 것으로 추측할 수 있지만 오염물질이 유입될 가능성도 고려해야 될 사항이다.

### 3.4 제품에 표기된 수질과

#### 실측치와의 비교

먹는샘물 제품용기의 상표에는 제조원과 일부 무기물질의 분이 표기되어 있으나 모든 제품의 지질은 암반대수층이라고만 되어 있었고 무기물의 함량은 일부 음이온도 표기되어 있었지만 대부분 양이온만 표기되어 있었다. 먹는샘물 제품의 채수 시기는 다르나 동일한 관정, 처리시설, 회사제품으로 보고 그 차이를 알아보기 위하여 본 연구에서

Table 5. The change in water quality of bottled water and depending on the date of manufacture

(단위 : mg/L, 단 pH제외)

분석항목	시료명 채수일	MW1		MW5		MW12		MW14	
		94년 12월	96년 8월	94년 12월	96년 8월	94년 12월	96년 8월	94년 12월	96년 8월
pH		6.8	6.9	6.6	6.9	7.7	7.4	6.9	7.0
경도		52	61	45	98	86	70	36	44
증발잔류물		82	124	120	168	90	99	80	138
암모니아성질소		ND	0.03	ND	ND	0.02	0.03	0.02	0.06
과망간산칼륨소비량		0.3	1.3	ND	1.6	1.6	2.3	0.3	1.3
질산성질소		1.5	2.7	1.2	2.7	0.2	2.1	1.3	1.2
불 소		ND	0.3	ND	0.3	ND	ND	ND	ND
염소이온		6	11	10	8	2	2	2	3
황산이온		12	17	4	6	6	9	7	8

의 실측치와 제품에 표기된 무기물질의 함량을 비교한 결과는 Table 6과 같다. 먹는샘물에서 제품의 상표에 표기되어 있는 함량과 환경영향평가보고서에 나타난 함량, 그리고 제품수를 실제 분석한 함량과는 다소 차이가 있었다. 그 원인은 지하수가 계절과 강우량에 따른 암석층에서 유입 수량의 변동과 정수처리장치의 형태에 따른 차이로서 이온교환이라든지 흡착공정등에 의해서 특정 성분의 변화가 있을 수 있음을 알 수 있었다.

### 3.5 먹는샘물 수질특성과 지질과의

#### 비교

조사대상 먹는샘물의 원수가 채수되는 곳에 위치한 대부분의 지질은 기반암의 분포와 그에 따른 암석층들이 관입하여 등사습곡과 단층이 발달된 상당히 복잡한 지질구조를 형성하고 있었다. 대부분이 변성암이나 퇴적암에서 흑운모화강암이나 석영반암이 관입하여 암석 파쇄대를 이루고 있었고 그에 따라 지하수맥이 형성되어 있었으며<sup>6,9,10)</sup> Table 7에서 먹는샘물 수원에 따른 주기반암을 이루는 암석들을 분류하여 수질성분을 종합 비교하여 보았다.

Table 6. The comparison of water quality in test results with that written on label

(단위 : mg/L)

시료명 성분	MW1		MW4		MW6		MW7		MW11		MW13		MW16	
	표기	실측	표기	실측	표기	실측	표기	실측	표기	실측	표기	실측	표기	실측
나트륨	8.5	17.9	6.9	3.9	5.2	5.4	6.5	7.5	1.9	1.7	5.2	6.4	3.2	39.4
칼륨	3.2	1.6	1.4	0.4	1.4	0.7	2.0	ND	0.6	0.4	1.0	0.6	1.0	ND
마그네슘	3.2	2.1	4.2	2.0	1.7	1.1	0.5	0.7	0.6	0.6	1.5	1.0	8.4	4.4
칼슘	19.5	24.6	26	24.4	11.3	7.6	6.8	7.2	3.3	3.0	11.9	12.0	20.8	11.8

Table 7. Water quality characteristics depending on regional distribution of source water

(단위 : mg/L, 단 pH제외, 전기전도도의 단위 :  $\mu$ S/cm)

지질분류 분석항목	화강암류	퇴적암류	변성암류
pH	6.7~7.2	7.3~7.6	6.9~7.8
전기전도도	65~70	96~129	74~163
경도	23~32	56~63	35~63
중발잔류물	90~127	104~137	91~124
나트륨	7.5~8.6	3.9~29.7	6.4~17.9
칼륨	ND~0.5	ND~0.4	0.2~1.8
마그네슘	0.7~0.8	2.0~4.0	0.2~10.1
칼슘	7.2~10.4	19.9~24.4	11.4~22.9
염소이온	3~6	5~8	2~11
황산이온	6~9	7~15	3~17
불소	ND	ND	ND~1.5
질산성질소	1.1~1.2	1.2~1.6	0.3~2.7
아연	0.012~0.321	0.013~0.016	0.009~0.040

지질별 수질비교에서는 각 수원별 환경영향평가 보고서를 기초로 암석을 분류하였는데 변성암의 일종인 편마암이 가장 많았으며 대부분 화강암의 관입등이 이루어진 형태여서 약간의 주기반암을 중심으로 나누었고 분류하기 어려운 것은 비교표에 포함하지 않았다. 또한 일부학자들에 의해 어떤 암석이 변성암이나 편마암으로 변하다가 더 변화

Table 8. The comparison of water quality depending on regional distribution of commercial bottled water

(단위 : mg/L, 단 pH제외, 전기전도도의 단위 :  $\mu$ S/cm)

지역 분석항목	충북	경기	강원	경남	경북	전남
pH	7.3~7.8	6.7~7.4	6.7~7.2	6.7~7.9	7.2	7.7
전기전도도	96~270	64~170	163	70~74	65	-
경도	50~140	22~70	11~63	23~63	32	47
중발잔류물	104~191	61~138	34~109	96~146	88	127
나트륨	3.9~5.2	5.4~31.4	1.7~13.0	5.3~7.5	8.6	14.4
칼륨	ND~0.6	0.3~1.8	0.2~0.4	ND~0.1	0.5	0.3
마그네슘	2.1~4.6	0.4~10.1	0.6~3.2	0.1~2.5	0.8	0.2
칼슘	11.8~36.6	7.6~24.6	11.4~22.9	7.2~25.2	10.4	19.4
염소이온	5~8	2~28	1~3	2~11	3	11
황산이온	7~30	ND~17	4~7	6~27	9	35
불소	ND~0.6	ND~1.2	ND	ND~1.1	ND	1.5
질산성질소	0.2~1.6	1.2~3.0	0.8~1.2	0.1~1.2	1.1	ND
아연	ND~0.016	ND~0.040	0.009~0.049	0.01~0.02	0.321	0.011

여 화강암으로 이루어질 수 있기 때문에 화강암은 전체가 화성암이 아니고 변성암의 일종이라 주장되고 있으며<sup>9)</sup> 대부분의 지질에서 복잡한 관입형태를 보여주기 때문에 분류하는데 어려움이 많았다. 지하수는 지하 토양층과 암반층을 통과하면서 고유의 수질 특성을 갖게 된다. 양이온이나 음이온은

퇴적암, 변성암, 화강암순으로 더 많이 함유되어 있으며 퇴적암에서 쉽게 용해되는 성분들이 많은 것으로 나타났다. 그러나 지하수는 동일한 암석류에 존재하더라도 지하수의 함양구간과 이동통로의 지질화학적 환경에 따라 수질이 현저히 변하며 일반적으로 어떠한 수맥안의 공간에 존재하는 것이 아니라 암석들 사이의 공극에서 존재하기 때문에 지질에 따른 지하수의 이온성분 분포는 여러번의 격렬한 변형작용과 관입들이 많은 우리나라지층에서 추측하기가 매우 힘들었다.<sup>7),8)</sup>

먹는샘물의 원수가 되는 지하수원을 각 도별로 구분하여 수질성분을 Table 8에 나타내었으며 경도나 증발잔류물은 충북지역에서 높게 나타났으며 경북에서는 양이온이나 음이온은 적게 검출되었고 도시화가 많이 된 경기지역에서 질산성질소가 가장 높게 나타났다.

#### IV. 결 론

국내에서 유통중인 먹는샘물의 수질 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사대상 먹는샘물의 95%이상이 경도 70mg/l 이하의 연수이었으며 불소는 화강암과 사암류질에서 1.0mg/l ~ 1.5mg/l 정도로 대체로 높게 검출되었으나 모두 수질기준에는 만족하였다.
2. 먹는샘물의 원수와 제품수의 수질은 정수처리공정중 이온교환수지등을 사용하여 비교 평가하는 것이 큰 의미는 없었으나 먹는샘물의 본래 취지와는 차이가 날 수 있으므로 이의 검토가 필요하다고 판단되었다.
3. 먹는샘물의 생산시기별 평가에서는 대체로 증발잔류물, 암모니아성질소, 질산성질소등이 증가하여 외부의 오염 노출 가능성을 배제할수 없었으며, 계절별 강우량에 의한 수질변화를 추정할 수 있었다.
4. 먹는샘물 제품수의 계절에 따른 수질변화와 먹는샘물 처리공정상의 처리형태 변화에 따라 제품 라벨에 표기된 값과 일치되지 않음을 알 수

있었다.

5. 우리나라의 지질은 여러번의 지각변동으로 인한 각종 암석의 관입으로 상당히 복잡한 지질구조를 형성하고 있었고 관정의 잘못된 시추와 폐공 처리로 인하여 지표층 및 지층에서의 유입으로 인한 수질변화도 있었을 것으로 추정되었으며, 먹는샘물의 수질은 원수취수지역의 지질특성 및 지역특성에 따라서 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 광결호: 먹는샘물의 제도변천과제. 생수 가을호, pp. 54-59, 1995.
2. 환경부: 먹는물 관리법(법, 시행령, 시행규칙), pp. 1-5, 1995
3. 환경부: 먹는물 수질기준및 검사등에 관한 규칙, pp. 46-72, 1995
4. 한정상: 지하수환경과 오염, pp. 523, 1998
5. (사)대한지질학회: 광천음료수의 합리적인 관리방안에 관한 연구, pp. 7-15, 1992.
6. 성익환: 먹는샘물관련법 사후관리방안. 지하수보전·환경교육교재. 한국 지하수자원 보존 협의회, pp. 211-245, 1996.
7. 중앙지하개발(주), 먹는샘물 환경영향평가 조사서. pp. 106-110, 1996
8. 동서엔지니어링(주), 먹는샘물 환경영향평가 조사서. pp. 110-113, 1995
9. 정창희: 지질학개론. 박영사, pp. 14-29, 1986
10. 이종태: 먹는샘물원수와 지질과의 연관성. 수자원환경, 제96호. pp. 36-38, 1996
11. 한국샘물협회: 먹는샘물 제조관리기술, 1996.
12. 환경부: 일본의 먹는물 관리 참고자료. 음용수관리과, pp. 19-29, 1996
13. 환경부: 먹는물 수질관리 지침서, pp. 102-305, 1998
14. 日本水道協會: 飲料水中の各種化學物質の健康影響評價., 1993