

먹는샘물 수질에 관한 연구

임현철

한국지질자원연구원 지하수지열연구부

The Study on the Quality of Natural Mineral Water

Hyun Chul Im

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350 Korea

요 약 국내 먹는샘물의 수질특성을 파악하기 위하여 56개 먹는샘물 제조업체의 수질을 분석하였다. 먹는샘물 제조업체가 위치한 지역의 지질은 선캄브리아기 변성암류, 옥천계변성암류, 대보화강암, 불국사화강암, 제주화산암이다. 먹는샘물의 전기전도도는 $150 \mu\text{S}/\text{cm}$, pH는 7.3 내외이며 수질유형은 대부분 Ca-Na-HCO_3 형에 속한다. 전반적으로 보아서 아직까지 먹는샘물의 수질에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 일부 먹는샘물에서는 질산성질소가 검출되고 있고, 비소와 불소가 수질기준치에 접근하고 있어서 케이싱 설치나 그라우팅 처리, 새로운 취수정의 개발 등의 관리가 요망된다.

주요어 먹는샘물, 수질, 성분

ABSTRACT 56 samples were analyzed to understand water quality of the natural mineral water of Korea. The geology according to each sample location is grouped into Precambrian metamorphic rocks, Okcheon metamorphic rocks, Jurassic granite, Cretaceous granite, and Jeju volcanic rocks. Average EC and pH values of the water is $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ and 7.3, respectively and water type of the water is mainly Ca-Na-HCO_3 . Fundamentally, there still is no problem for the water quality of the natural mineral water. Nevertheless, nitrate was detected and arsenic and fluoride contents are near the drinking water standards, it is highly necessary to manage the water quality by installment of casing and grouting or by development of another production well.

Key words natural mineral water quality component

1. 서 언

우리나라는 급속한 산업화와 함께 지표수의 양적인 수요가 현저하게 늘어나고 있으며 급기야는 유엔으로부터 물 부족 국가로 지정되기에 이르렀다. 물 사용량이 증가하면서 하수처리, 공장폐수처리 문제 등 이에 따른 지표수의 오염이 점점 심화 되고 있어서 음용수의 지하수 의존이 날로 늘어가는 실정이다(이병선과 우남철, 2003).

과학의 발달과 생활수준의 향상으로 국민들의 먹는

물에 대한 인지도 또한 날로 높아지고 있다. 아울러 사람들이 건강에 대한 관심이 높아져 음용수의 요구 조건으로 맑고 깨끗한 물을 원하고 있다. 더구나 상수원의 원수 오염도가 높아지고 수돗물의 불신이 팽배해지면서 먹는샘물의 수요는 점점 증가하고 있다.

1995년 5월 ‘먹는물 관리법’이 시행되면서 그동안 무허가로 생산, 유통되던 먹는샘물은 새로운 국면을 맞이하여 정부의 규제를 받기에 이르렀다.

2002년 12월 현재 먹는샘물 제조업체는 72개소로 증가하였고 판매량도 2002년도에는 $150\text{만m}^3/\text{년}$ 으로

증가 하면서 수질관리, 지하수 자원 고갈 방지등 많은 문제점이 제기 되었다. 현재 국내에는 72개 먹는샘물 제조업체 중 65개 업체에서 영업중이며 나머지 업체는 자체 사정에 의해 영업을 중단하고 있다.

1997년 8월 ‘먹는물 관리법’이 개정되면서 먹는물 제조업체에 대한 관리의 법적근거가 마련되었다. 정기적인 수질 점검과 적정취수량 유지, 감시정의 관리는 먹는샘물에 있어 필수적인 요건이다. 먹는샘물은 지표의 강수가 지하로 침투되어 유로를 통해 오래동안 유동하면서 유해한 성분은 자연적으로 제거되고 주변 암석과 상호 반응하여 광물질이 용해되어 있는 것이 암반대수층 내의 지하수 이다(정찬호 외, 2002).

먹는샘물 관리규정을 준수한 물은 미량의 다양한 광물성분을 함유하고 있으며 생산과정에 있어서도 전자동으로 진행되어 위생적으로도 안전한 음료수 이다. 그러나 최근 들어 일부 먹는샘물 제조업체의 경우 허가 취수량이 적정채수량 보다 많아 암반대수층 자체의 수질을 보존하고 있지 못하는 경우가 있다.

이는 최근의 수질분석 자료에서도 나타나고 있으며 어느 특정 먹는샘물 제조업체의 경우 원수내에 비소, 불소, pH 등이 기준치에 육박하고 있는 곳도 있다. 따라서 이러한 업체는 좀더 품질관리 수질보존 및 취수량등 관리규정을 준수하여 수질보존에 최선을 다 해야 할 것이다.

2. 지질별 먹는샘물 분류

지하수와 암석의 관계는 암석의 틈을 따라 지하수가 유동하기 때문에 이 과정에서 암석을 구성하고 있는 광물과 상호 반응하여 특징적인 수질형태를 나타낸다. 때문에 지하수의 수리화학적 특성은 주변 분포 암석 구성광물의 화학적인 특성에 따라 달라질 수 있다(Rogers, 1989).

전국 먹는 샘물업체의 주변 지질은 매우 다양하다. 지질별로 크게 분류하면 선캄브리아기 변성암류, 옥천계 변성암류, 대보 화강암류, 불국사화강암류, 제주도 화산암류 등으로 구별된다.

선캄브리아기의 변성암류는 오랜 기간동안 변성작용을 거치면서 변성정도, 광물화적인 변화가 심하여 이 지역에는 수리지질학적인 변수가 너무 많은 편이다.

2002년 현재 영업중인 65개의 먹는샘물 제조업체 중 27개 업체가 이 변성암지역에 분포하고 있다.

옥천계 변성암류는 변성정도, 지질구조 등이 다양하고 복잡하여 일률적으로 지질을 기술하기가 매우 어렵다. 옥천계변성암류 분포지역에는 12개의 먹는샘물 업체가 있다.

대보화강암은 삼척기-쥬라기에 대보지질변동 과정에 관입된 것으로 알려져 있다(윤현수 외, 2002). 총 65개 먹는샘물 업체중 20개 업체가 대보화강암 분포지역에 위치하고 있다.

불국사화강암은 백악기 말부터 신생대초에 관입한 암석으로서 지각하부 물질의 부분용융으로부터 유래된 것으로 알려져 있다. 본 암석은 주로 경상분지 내에 분포하고 있다. 이 암석분포 지역에는 4곳의 먹는샘물 업체가 있다.

그 외 제주도 화산암 분포지역에는 2곳의 먹는샘물 업체가 있다.

3. 수질특성

연구지역의 수질특성을 파악하기 위한 물 시료는 각 샘물업체의 취수정에서 양이온 및 음이온 분석용, 미량원소 분석용으로 각각 구별하여 채수하였다. 양이온 분석용 시료는 농질산을 가하여 pH가 2이하가 되도록 산성화하여 분석 전까지 냉장 보관하였다. 시료 채취시에는 4.45 μm 의 여과지를 이용하여 이물질 등을 여과하였다. 시료의 pH, EC, 온도등의 측정에는 TOA Electronics사의 휴대용 측정기를 이용하여 현장에서 직접 측정하였다. 그리고 시료의 HCO_3^- 농도는 0.05N 농도의 염산을 이용한 산중화적정법으로 현장에서 측정하였다.

2002년 1-5월의 전반기와 6-10월의 후반기에 걸쳐 분석된 먹는샘물 원수의 용존 성분들의 함량을 구체적으로 살펴보면 Table 1과 같다.

가장 높은 함량을 보이는 SiO_2 를 제외하면 지하수내 양이온의 함량비는 $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ 의 순서를 나타내며 음이온의 경우는 $\text{HCO}_3^- > \text{SC}_4^- > \text{Cl}^-$ 의 순서를 보인다.

Table 1 Physicochemical data of water samples collected as a drinking water (mg/l).

	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	Al	Fe	Pb	Zn	Cu	As	F	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	HCO ₃	EC	pH	Temp	조사일
대표화강암	1	0.38	17.60	18.90	0.36	23.70	0.00	0.01	0.00	0.00	0.022	1.90	33.2	4.5	0.06	49	204	7.48	18.6	02-05-23
		0.40	14.60	18.50	0.39	17.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	1.15	38.4	4.1	0.09	40	206	7.28	17.8	02-09-26
2	0.69	2.52	5.79	0.65	9.86	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.007	0.04	2.6	4.1	1.12	24	82	8.45	8.3	02-03-26
	1.05	4.06	7.23	0.91	8.94	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.014	0.10	1.8	5.6	0.34	29	70	7.18	16.1	02-09-25
3	0.78	6.62	15.20	1.45	19.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.12	5.7	6.9	2.64	58	122	6.5	13.2	02-03-07
	0.99	6.71	15.80	1.64	18.70	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.001	0.15	4.9	7.7	3.07	48	133	6.73	14	02-09-12
4	0.80	4.45	5.19	1.08	27.20	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.000	0.07	1.5	1.5	0.34	46	64	6.19	14.7	02-03-27
	1.08	4.90	5.65	1.10	26.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.001	0.15	2.0	1.9	0.73	32	62	7.18	15.7	02-09-13
5	0.97	12.20	16.50	1.99	23.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003	0.91	4.1	9.5	2.28	82	116	6.65	14.5	02-03-08
	1.13	9.30	19.00	2.72	22.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.001	0.38	5.5	17.3	2.17	63	158	6.39	15.7	02-09-13
6	1.34	6.39	31.30	1.56	11.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.014	0.27	5.4	13.1	1.63	107	223	7.24	12.3	02-03-07
	1.24	6.54	30.90	1.42	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.33	4.6	13.4	1.48	92	-	7.58	15.9	02-09-12
7	2.36	2.66	8.35	1.68	8.88	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.000	0.06	5.0	7.8	4.92	12	102	7.3	5.9	02-03-26
	5.22	4.05	14.30	3.12	9.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.1	7.1	20.5	8.13	9	102	6.44	14.9	02-09-25
8	0.48	23.60	17.70	5.90	12.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.008	0.91	5.3	15.4	2.82	128	245	8.12	14.5	02-05-23
	0.60	16.10	21.50	7.05	9.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.47	4.6	16.6	2.87	111	107	8.61	14	02-09-14
9	0.63	8.27	15.10	2.39	8.79	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.002	0.25	2.6	8.4	2.03	76	162	7.36	12.6	02-03-21
	0.69	9.16	15.30	2.50	7.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.27	2.2	7.6	1.19	66	98	7.43	13	02-09-26
10	0.59	4.97	10.20	1.56	23.50	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.000	0.16	1.9	0.6	1.37	52	94	7.47	10.6	02-03-25
	0.58	4.53	8.05	1.27	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.11	1.7	0.8	1.16	35	74	7.57	10.5	02-09-24
11	0.39	6.85	14.80	1.27	20.70	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.000	0.83	1.4	3.0	0.39	76	111	7.08	12.9	02-03-22
	0.40	6.48	12.00	1.32	15.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.71	1.4	3.5	0.34	57	100	7.1	13.2	02-09-27
12	0.61	13.00	20.60	1.72	24.80	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.006	1.6	4.6	5.5	0.93	98	196	-	10.2	02-03-22
	0.75	13.60	23.30	2.05	18.70	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.003	0.91	6.1	5.8	1.88	101	195	6.42	16.3	02-09-27
13	1.47	13.50	28.00	5.55	45.60	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.000	0.24	9.9	11.3	2.73	119	254	6.62	15.1	02-05-08
	1.44	13.60	27.60	5.35	33.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.18	8.5	10.2	2.62	114	247	6.85	15.9	02-08-29
14	0.83	9.94	31.40	4.24	18.80	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.009	0.080	11.5	17.4	0.12	114	240	7.52	15	02-05-08
	1.07	11.80	32.00	9.90	27.60	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.000	0.030	25.8	8.6	1.35	127	303	6.58	15	02-09-09
15	1.55	9.07	33.50	8.18	24.80	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.026	0.66	7.7	18.2	0.91	143	284	7.69	16.3	02-05-09
	1.61	8.43	37.30	8.43	22.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.021	0.48	6.5	16.9	0.99	143	285	7.76	17.5	02-09-12
16	0.80	8.78	15.70	2.95	35.30	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.001	0.34	3.9	9.9	1.99	73	167	6.78	14.2	02-02-27
	0.88	9.32	18.00	3.60	34.20	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.000	0.30	4.0	12.2	2.23	70	170	6.34	15.3	02-09-11
17	0.70	6.56	11.90	0.98	16.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.032	0.29	2.3	3.4	0.19	58	95	8.3	13.5	02-02-28
	0.91	4.78	12.60	1.86	18.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.020	0.16	2.5	1.3	0.49	58	104	7.45	15.5	02-09-11
18	0.59	12.00	13.30	1.58	34.70	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.000	0.42	7.1	7.2	4.59	49	154	5.97	15.7	02-03-29
	0.58	11.60	14.50	1.66	33.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.65	6.7	6.1	3.68	58	149	6.85	16.5	02-08-26
19	0.77	6.66	9.74	1.63	30.20	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.000	0.32	4.4	2.8	0.79	55	108	7.83	16.0	02-03-28
	0.80	6.87	9.01	1.91	29.50	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.001	0.3	4.1	2.7	0.66	49	99	7.94	17.0	02-08-30

Table 1 continued.

	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	Al	Fe	Pb	Zn	Cu	As	F	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	HCO ₃	EC	pH	Temp	조사일
20	0.29	12.60	20.80	0.66	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004	1.3	4.3	26.3	0.29	64	176	7.67	15	02-05-
편마암 (선캄브리아)	0.29	12.80	21.50	0.70	22.90	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.003	1.19	4.7	31.2	0.08	64	171	7.69	21.8	02-09-09
	0.42	5.36	12.60	0.88	21.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.95	3.1	5.7	0.98	46	104	6.94	13.3	02-03-06
	0.43	5.09	12.50	0.89	20.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.76	3.1	5.2	1.26	42	96	6.98	13.8	02-09-11
22	0.52	5.49	10.40	1.41	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.17	1.7	1.0	0.76	61	98	6.44	14.4	02-03-06
	0.52	5.77	11.30	1.57	23.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.18	2.2	1.2	1.01	54	64	7.19	14.7	02-09-11
	1.12	4.45	10.40	0.88	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.25	1.2	2.7	0.58	55	89	7.18	13.2	02-03-06
23	1.16	4.80	12.10	1.10	19.80	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.000	0.24	2.1	2.8	0.85	51	96	7.65	13.7	02-09-11
24	0.89	4.12	6.36	0.97	17.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.000	0.1	2.5	4.8	2.50	27	66	5.98	11.1	02-03-20
	1.20	4.66	7.97	1.20	19.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.09	2.9	5.6	2.80	26	54	6.25	13.6	02-09-10
	1.44	8.04	22.20	19.30	8.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.023	0.14	6.4	15.3	0.85	174	344	7.5	11.7	02-03-05
25	1.40	8.12	22.60	19.80	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.016	0.12	9.6	14.7	0.96	165	280	7.98	13.8	02-10-01
	1.81	9.78	22.00	3.98	30.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.58	3.9	7.3	0.07	104	237	7.21	16.3	02-02-26
	2.32	12.50	24.90	5.47	38.90	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.230	10.7	9.3	3.43	91	232	6.42	16.8	02-08-28
26	2.02	11.30	31.10	6.90	34.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.004	0.33	5.1	9.9	0.41	183	284	7.35	14.3	02-02-26
	2.30	12.30	39.60	8.87	41.90	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.005	0.33	5.5	9.7	0.25	165	307	6.7	16.9	02-08-28
	2.26	11.90	24.10	9.71	38.30	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.18	5.2	4.0	0.23	168	267	6.37	11.4	02-02-26
27	2.13	14.30	42.90	7.58	27.60	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.000	0.82	3.9	10.8	0.01	189	327	7.08	19.8	02-08-29
	0.96	7.08	19.40	1.82	16.50	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.021	0.09	3.9	14.7	0.22	64	149	7.19	14	02-05-07
	0.98	7.53	23.50	2.16	15.80	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.027	0.09	3.4	20.4	0.01	70	172	8.04	15.8	02-08-27
28	0.74	5.56	16.80	2.33	13.90	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.000	0.06	7.2	11.5	0.99	53	136	6.33	14.2	02-05-10
	0.75	5.14	14.00	2.60	16.60	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.004	0.03	5.4	8.4	0.78	52	127	6.92	16.8	02-09-09
	0.52	17.70	41.60	1.77	25.70	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.001	0.17	13.1	7.8	1.76	189	38	7.36	15.7	02-05-23
29	0.61	13.40	51.00	2.09	20.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.66	8.1	7.7	1.51	181	174	7.49	16.2	02-09-24
	1.13	10.80	21.00	5.28	35.90	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.004	1.13	10.9	6.8	0.37	95	201	7.21	17.6	02-05-07
	1.19	11.00	21.30	5.60	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004	0.89	10.2	6.2	0.72	95	306	7.98	18.8	02-08-29
30	2.25	22.50	34.30	3.55	23.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003	1.32	12.4	12.0	0.02	146	328	7.15	17.2	02-05-14
	2.57	21.80	34.70	3.38	22.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.001	1.22	12.3	13.8	0.01	134	296	7.17	17.8	02-08-28
	1.49	8.80	12.50	2.10	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.009	0.6	2.5	8.0	1.22	79	141	7.27	13.2	02-03-05
31	1.60	3.94	14.70	2.10	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.037	0.34	1.5	8.2	1.09	55	117	9.00	13.7	02-09-30
	0.87	11.40	36.30	1.89	29.70	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.018	0.29	4.0	9.2	0.41	146	258	7.01	16.5	02-03-28
	0.81	11.70	35.10	1.94	29.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.018	0.28	3.7	9.2	0.34	140	222	6.8	16.2	02-09-13
32	1.22	17.50	38.20	3.27	18.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.013	0.64	17.9	30.0	0.28	113	331	6.58	15.8	02-05-14
	1.15	17.00	37.30	3.16	18.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.024	0.82	14.9	32.8	0.12	136	300	6.66	17.2	02-08-26
	0.42	18.10	17.60	0.96	21.20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.003	0.24	4.3	12.3	1.11	70	196	7.9	16.4	02-05-13
33	0.43	12.40	17.70	1.00	21.60	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.003	0.43	3.7	20.3	1.11	72	158	6.96	18	02-08-28
	0.56	6.13	5.42	0.43	11.40	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.005	0.27	1.5	7.2	0.28	27	66	6.97	13.5	02-05-16
	0.68	6.12	5.92	0.49	12.20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.008	0.22	1.3	6.7	0.01	40	136	6.75	16.4	02-08-29

Table 1 continued.

	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	Al	Fe	Pb	Zn	Cu	As	F	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	HCO ₃	EC	pH	Temp	조사일
39	0.76	3.68	6.53	0.86	25.70	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.08	1.8	2.0	0.65	27	68	6.27	15.7	02-05-17
	0.77	3.76	6.42	0.91	22.50	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.001	0.06	1.7	2.0	0.85	-	60	7.29	15.8	02-09-10
40	0.90	4.45	11.70	1.10	20.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.003	0.15	2.8	3.1	1.68	43	102	7.22	16.8	02-05-17
	0.96	4.37	12.10	1.13	21.30	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.002	0.11	2.7	2.9	1.72	46	83	8.6	17	02-09-10
41	0.55	1.69	4.22	0.90	7.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.04	1.6	3.8	1.67	24	48	7.28	3.4	02-03-05
	0.62	4.40	11.70	1.23	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.043	0.76	1.5	10.6	0.73	36	99	8.9	16.4	02-09-30
42	0.56	5.02	18.60	1.01	14.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.010	0.55	4.6	4.1	0.85	79	136	6.95	11.0	02-03-07
	0.66	4.97	27.80	1.50	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.010	0.5	2.2	5.0	0.89	98	171	8.17	12.7	02-09-10
43	0.61	2.75	7.61	1.69	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.07	1.9	2.0	0.56	40	76	7.36	14.1	02-05-16
	0.66	3.12	8.77	2.03	17.90	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.05	2.0	2.0	0.90	49	78	7.77	14.7	02-08-30
44	0.86	3.97	10.40	0.87	19.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002	0.18	2.1	2.1	0.30	43	91	7.01	17.5	02-05-17
	0.99	4.07	11.90	0.97	20.20	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.002	0.16	2.2	2.2	0.41	46	80	7.5	17.7	02-09-10
45	1.90	6.20	49.30	7.19	37.70	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.039	0.83	3.6	72.8	0.63	104	340	7.13	16.3	02-05-09
옥천계	2.17	6.63	66.00	10.50	37.40	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.003	0.59	3.5	130.0	0.89	101	440	7.46	17.2	02-09-12
46	0.73	1.96	13.40	5.22	11.10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.000	1.69	7.6	0.1	0.00	67	121	7.74	13.5	02-03-22
	0.75	1.78	13.20	1.94	10.90	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.000	0.05	1.8	7.2	0.30	64	121	7.91	14.4	02-09-10
47	0.84	4.39	32.00	3.19	11.90	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.008	0.06	2.5	26.5	0.00	107	227	8.3	14.1	02-02-28
	0.87	4.42	31.50	3.33	12.70	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.009	0.07	2.8	27.4	0.01	95	211	8.0	15.9	02-09-10
48	1.08	2.59	17.60	1.82	11.20	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.002	0.06	5.9	7.1	2.37	55	123	7.05	12.2	02-05-06
	1.19	2.81	19.70	1.94	9.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.05	3.5	4.5	1.11	64	135	7.69	14.2	02-10-04
49	1.17	6.18	17.80	4.69	18.80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.06	5.9	7.1	3.56	58	162	6.31	14.1	02-05-06
	1.06	5.69	15.60	3.94	13.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.09	3.7	15.1	2.94	46	145	7.1	14.9	02-10-02
50	1.53	18.30	25.70	13.20	15.80	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.001	0.76	3.6	25.5	0.01	168	333	8.34	15	02-02-28
	0.91	9.46	34.50	11.60	16.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.26	3.9	25.8	0.34	162	302	7.74	16.5	02-09-13
불국사화강암	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	Al	Fe	Pb	Zn	Cu	As	F	Cl	SO ₄	NO ₃ -N	HCO ₃	EC	pH	Temp	조사일
51	0.44	6.86	10.20	1.78	35.90	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.24	3.5	2.8	0.34	52	102	7.14	16.0	02-06-03
	0.41	7.02	9.77	1.89	34.40	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.000	0.20	3.2	2.7	0.38	58	92	6.63	16.0	02-09-11
52	0.42	10.50	3.84	1.36	54.60	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.000	0.11	3.6	3.4	0.07	49	86	7.02	18.6	02-06-04
	0.37	10.80	4.36	1.50	52.60	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.001	0.09	3.2	4.9	0.07	47	82	6.58	17.5	02-09-12
53	0.28	14.20	16.90	3.43	43.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001	0.41	3.2	3.5	0.15	111	169	7.02	19.8	02-06-04
	0.23	14.60	16.10	3.66	46.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.002	0.38	2.9	3.5	0.14	49	161	6.93	19.6	02-09-12
54	0.10	5.22	25.60	0.71	27.20	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.020	0.07	2.3	43.8	0.04	43	188	7.81	17.8	02-06-03
	0.11	5.23	22.50	0.83	26.70	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.001	0.07	2.3	40.4	0.01	38	142	7.89	16.8	02-09-11
제주도화강암	2.07	5.17	3.06	2.30	30.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.05	5.3	1.1	0.04	29	78	7.05	14.1	02-04-10
	2.16	5.37	2.96	2.34	31.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.000	0.05	5.9	1.5	0.13	29	80	6.74	15.5	02-08-01
56	2.56	7.43	6.72	6.87	42.60	0.00	0.01	0.00	0.07	0.00	0.000	0.05	8.5	1.6	0.70	61	190	6.86	15.7	02-04-10
	2.64	7.47	6.10	6.80	41.70	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.000	0.05	9.1	1.8	1.00	60	132	7.03	16.3	02-08-01

3.1 수 온

평균은 15.3℃이다. 지질에 따른 수온의 차이는 뚜렷이 나타나지 않는데 전반기에 비해 후반기의 수온이 상대적으로 높다. 전반기의 수온의 평균은 14.3℃이며 후반기의 평균은 15.8℃로서 1.5℃의 차이를 보이고 있다. 이는 매해 전반기의 분석은 주로 1-5월에 실시되고 후반기는 6-10월에 이루어졌으므로 수온은 계절적인 영향이 가장 큼을 알 수 있다. 또한 취수정에서의 양수량이 많아 지하수의 항온 효과가 있는데 반해 열악한 환경에서 운영되는 소규모의 먹는샘물 제조업체는 1주일에 1-2회 내지 2-3회 정도 양수만이 이루어지고 있다. 때문에 전, 하반기 양수온도의 차이는 계절적인 영향을 받고 있는 것이다.

3.2 전기전도도(EC)

옥천변성암지대에서의 EC값은 평균 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 가장 높으며 다음으로 대보화강암 분포지역에서의 165 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 선캠브리아편마암 분포지역의 145 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 불국사화강암 분포지역의 118 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 제주도화산암 지역의 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 순으로 측정되었다.

3.3 pH

먹는 샘물의 수질기준에 의하면 허용 한계의 pH는 5.8-8.5로 제한하고 있어 생산업체에서는 이의 변화에 상당히 예민한 편이다. 측정 시기에 따른 pH의 변화에 큰 차이가 없으나 일부 먹는샘물 제조업체에서는 점차 증가하는 양상을 보이고 있다. 이는 생산량이 비교적 많은 몇몇 업체에서의 과잉 양수에 의한 결과일 것으로 판단된다. 일반적으로 굴착공의 심도가 깊을수록, 양수량의 과다에 따라 pH가 높아지는 경우가 많으며 암석의 구성광물 차이에 따라서도 약간의 차이를 나타내기도 한다. 지질별 pH 변화는 옥천변성암대의 평균 7.53, 제주도화산암지대 7.46, 선캠브리아 편마암지대 7.38, 불국사화강암지대 7.23, 대보화강암지대 7.1로 관측되었다.

3.4 주요 양이온과 음이온의 함량분포

양이온의 총 함량은 옥천변성암지대가 타 암석분포

Table 2 Type of quality of water.

대보화강암: Ca-Na- HCO_3 형
불국사화강암:Ca-Na- HCO_3 형
선캠브리아편마암:Ca-Na- HCO_3 형
옥천계:Ca-Mg- HCO_3 형
제주화산암:Na-Mg- HCO_3 형, Mg-Na- HCO_3 형

지대보다 높게 나타난다. 함량비는 $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ 순서이다. 음이온도 옥천변성암지대에서 높게 나타나는데 그 순서는 $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ 이다. 이 지역의 지하수내 양이온중 Ca의 함량이 높은 이유는 전반적인 옥천계 암석의 구성광물 중 석회암질 성분함량이 타 암석들 보다 높으며, 일부는 사장석의 용해작용에 기인하기 때문으로 판단된다.

3.5 용존이온의 거동

Fig. 1은 먹는샘물의 주요 이온들의 화학적인 관련성을 보여주고 있다. 그림 A는 대보화강암 지역, B는 선캠브리아 변성암지역의 성분별 상관성을 나타낸다. 대보화강암 지역의 경우는 Ca- HCO_3 가 상관계수 0.91로 가장 높으며 Mg- HCO_3 (0.84), Ca-Mg(0.70) 간의 관계도 비교적 높은 상관관계를 보여준다. Ca 함량이 높은 것은 화강암에 풍부하게 포함되어 있는 사장석류의 용해작용에 기인한 것으로 해석된다. 선캠브리아 변성암지역 역시 Ca- HCO_3 가 0.89로 가장 높은 상관성을 보이며 Na-Ca(0.69), Na- HCO_3 (0.68), Ca-Cl(0.67)의 순서로 상관관계를 보여준다. 선캠브리아 변성암지역에도 Ca와 Na의 함량이 높은데, 이는 이 지역 암석내에 풍부한 광물인 장석류가 용해작용에 의하여 Ca^{2+} , Na^+ 를 방출하는데 기인한 것으로 보인다.

3.6 수질유형

2002년도 전반기와 후반기의 먹는샘물의 수질유형을 파악하기 위하여 Piper diagram에 도시하였고(Fig. 2), 또한 Table 2에 정리하였다. Fig. 2에서 보듯이 양이온에서는 Ca-Na형, 음이온에서는 HCO_3 형이 우세하며 전체적으로는 Ca-Na- HCO_3 형으로 볼 수 있다. 먹는샘물 제조업체별 공내 케이싱이나 그라우팅

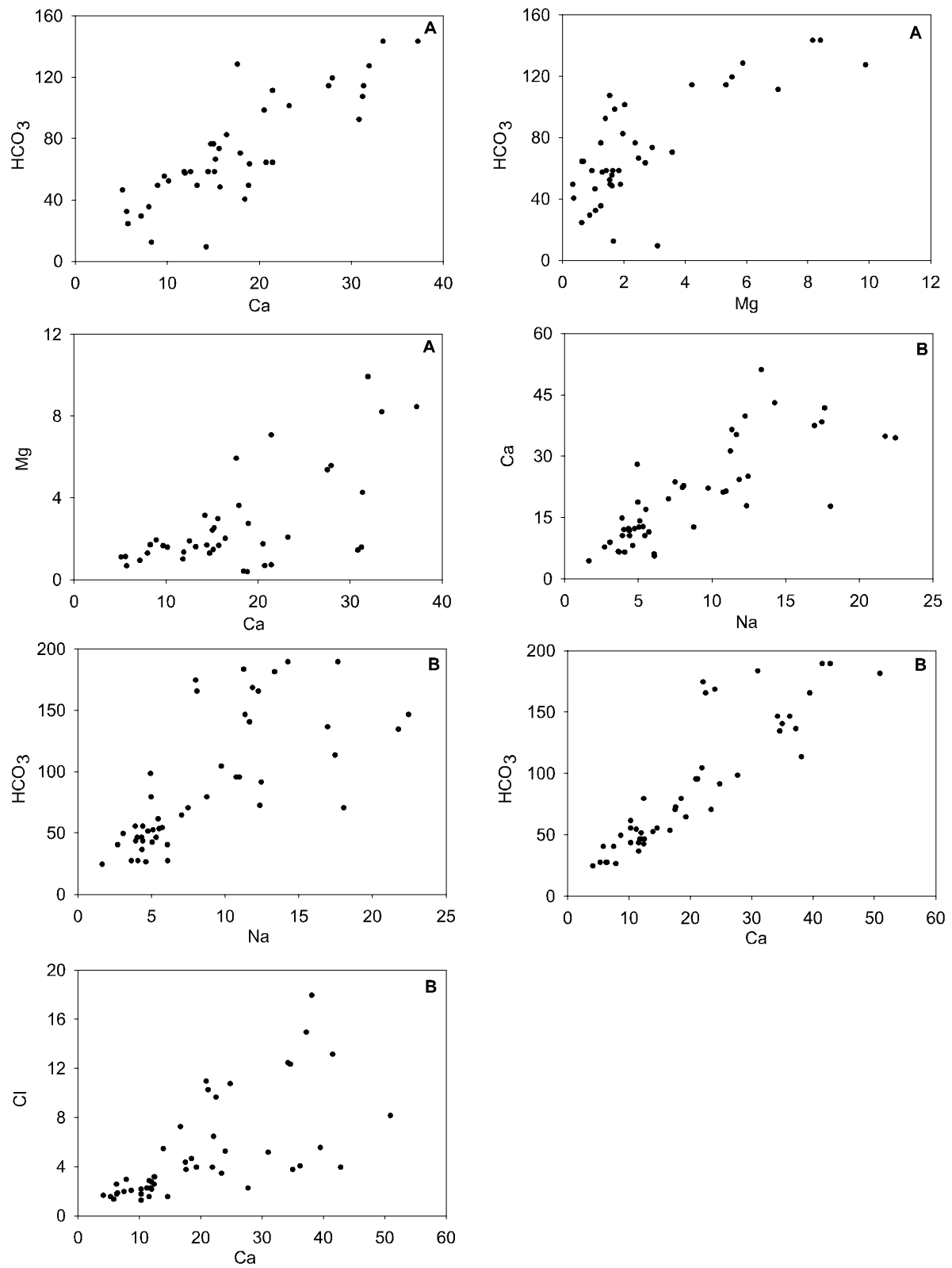


Fig. 1 Variation Diagrams of major elements for water samples. A: DaeBo granite, B: Precambrian metamorphic rock.

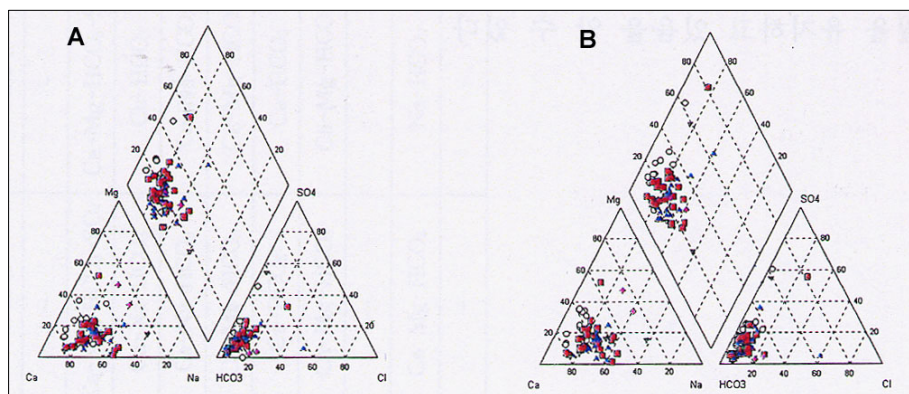


Fig. 2 Piper diagram(▼ DaeBo granite, ▲ Bulgaksa granite, ■ Precambrian metamorphic rock, ○ Okchon metamorphic rock, ◆ Jeju volcanic rock. A: The first half 2002, B: The latter half 2002).

등 조건이 각각 다르므로 같은 암석 분포지역이라도 수질유형은 약간씩 다를 수 있다. 그러나 전반적인 지질학적인 암석분포별 수질유형은 다음과 같다.

전반적으로 먹는샘물 제조업체의 성분간에는 약간의 차이는 있으나 계절에 관계없이 수질의 변화가 거의 없는 곳이 68% 이상으로 상당히 안정된 수질상태를 유지하고 있다. 그러나 계속적인 무리한 양수로 인해 지하수가 대수층에 머무는 시간의 변화나 공내 상황이 변경될 경우(지표수 누수)에는 상기 결과가 약간 다를 수도 있다.

Chebotaev(1955)는 지하수의 화학적인 진화경로를 통계적 결과를 바탕으로 관찰하였는데 지하수는 이동시간과 깊이에 따라서 음이온은 중탄산(HCO_3^-)으로부터 황산이온(SO_4^{2-})을 거쳐 Cl^- 이 풍부한 해수의 조성으로 점진적으로 진화해 간다고 한다. 그렇지만 규산염광물이 풍부한 화강암질 암석에서는 Cl^- 과 SO_4^{2-} 가 미량으로 존재하기 때문에 지하수가 화학적인 진화를 거치더라도 Cl^- 이나 SO_4^{2-} 이 우세한 수리화학적 상(Hydrochemical facies)으로 발전되는 것은 어려운 것으로 보인다(Freeze and Cherry, 1979).

3.6 질산성질소, 불소, 비소

3.6.1 질산성질소

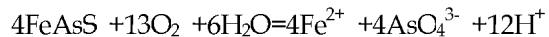
질산성질소의 먹는물에서의 수질기준은 10 mg/l 이다. 질산성질소는 무기물인 암석에서 유래 하지 않고 유기물이 많은 토양이나 유기물로 오염된 지표수의 침투로 인해 검출된다. 따라서 각 먹는샘물 제조업체

는 취수정이나 감시정의 양수 파이프 및 케이싱의 파손과 공내 그라우팅 구간의 터짐 등을 철저히 관리하여 지표의 오염물질이 공내에 침투하지 못하도록 해야 할 것이다. 2002년도 수질검사에서 K업체는 4.92, 8.13 mg/l, M업체는 4.59, 3.68 mg/l 가 검출되어 향후 먹는샘물 취수정 관리에 주의가 요망된다.

3.6.2 비소

비소의 먹는샘물에서의 허용치는 0.05 mg/l이며, 비소의 지각평균 함량은 1.5-2 ppm이다. 비소는 물에서 arsenite($\text{H}_2\text{AsO}_3^{3-}$), arsenate($\text{H}_2\text{AsO}_4^{3-}$)의 oxyanion으로 존재한다. 비소의 용탈정도는 중성의 pH에서 가장 낮으며 산성과 알칼리 수성환경에서 상승한다(Lasaga, A. C., 1994).

일반적으로 비소의 가장 흔한 근원물인 유비철석(Arsenopyrite, FeAsS) 내에 있는 비소가 지하수로 용탈되는 메카니즘은 다음과 같다.



일부 먹는샘물 제조업체의 원수에서 미량의 비소가 검출되기는 하나 기준치를 넘지는 않고 있다. 그러나 환원형의 비소가 보다 유독성이 강하기 때문에 먹는샘물 원수에서의 주요 비소 저감법으로는 과도한 수위강하가 일어나지 않도록 하는 것 등의 조치가 필요하다. 음용수에서 비소를 예방하는 것은 거의 불가능 하므로 그 해결 방안은 사전에 지질조건을 규명 한 후 안전한 지하수공을 개발하여야 할 것이다. 비소와 같은 유해 중금속은 미량이지만 장기간 음용 할 경우 치명적이기 때문에 과학적인 방법을 통하여 사전에 예방해야

할 것이다. 2002년도 먹는샘물 수질분석 결과 거의 모든 먹는샘물에서 비소가 검출되지 않았거나 극미량으로 나타났다. 그러나 J 업체의 경우 수질 기준을 넘는 0.063, 0.054-0.037 mg/l 등이 검출되므로 이 업체는 취수정을 새로 착정하는 등 비소의 검출에 대비해야 할 것이다.

3.6.3 불소

불소는 형석(CaF₂)에서 주성분으로 들어 있지만 대보화강암과 선캄브리아 변성암 지역에서는 Na-F의 상관관계가 비교적 높은 편이므로 형석의 기원이라고 보기 보다는 사장석, 운모, 각섬석 등의 용해작용이 함께 진행된 현상과 관련이 있는 것으로 추측된다 (Kraynov, S. P. and Ryzhenko, B. N, 1997). 먹는물의 수질기준은 2 mg/l 이며 대부분의 먹는샘물은 이 기준을 넘지 않고 있다.

4. 결 론

1. 국내 먹는샘물의 수질특성을 파악하기 위하여 2002년 상반기와 하반기의 2차에 걸쳐 수질을 분석하였다.
2. 국내 먹는샘물의 수질유형은 대부분이 Ca-Na-HCC₃형이며, 전기전도도는 150 μ S/cm, pH는 7.3 정도를 보인다.
3. 일부 먹는샘물 제조업체에서는 질산성질소가 1mg/l 이상 검출되어, 이들 업체에서는 공내 케이싱 설치나 그라우팅 처리 등의 지속적인 관리가 요망된다.

4. 또한 일부 먹는샘물 제조업체에서는 비소와 불소가 수질기준치에 접근하고 있어서 이들 업체에서는 새로운 취수정의 개발 등의 방안이 요구된다.

참고문헌

- 성익환, 추창호, 조병욱, 이병대, 김통권, 이인호, 1998, 선캄브리아기 변성암지역에 분포하는 먹는샘물 지하수의 수리화학적 특성, 한국지하수토양학회지, 5, 203-209
- 윤현수, 김재성, 이윤수 2002, 포천-기산리 일대에 분포하는 유라기 대보화강암류의 암석 및 암석화학. 암석학회지, vol11, no.1, p1-6.
- 이병선, 우남철 수자원의 수질과 오염에 대한 기반암의 영향 연구. 자원환경지질 제36권, 제6호 415-429p.
- Chebotarev, I. I., 1955, Metamorphism of natural water in the crust of weathering. Geochim. Cosmochim. Acta 8, 22-48.
- Freeze, R. A. and Cherry, A., 1979, Groundwater, Prentice-Hall 604p
- Kraynov, S. P. and Ryzhenko, B. N., 1997, Origin of chloride groundwaters and brines in crystalline massifs: evidence from thermodynamic modeling of geochemical processes in water-granite systems, Geochemistry International 35, 913-933.
- Lasaga, A. C., Solar, J. M., Ganor, J., Burch, T. E. and Nagy, K. L., 1994, Chemical weathering rate laws and global geochemical cycles. Geochim. Cosmochim. Acta 58, 2361-2386.
- Rogers, R. J., 1989, Geochemical comparison of ground water in areas of England, New York, and Pennsylvania, Groundwater, 27, 609-712.