

경남 창원 마금산온천의 수리화학

김건영 · 박경우 · 김천수

한국원자력연구소

kimgy@kaeri.re.kr

요 약 문

마금산온천 지역에 대한 기초적인 지화학 조사를 수행하였다. 연구지역내에는 일반 지하수와 온천수가 함께 산출되며, 온천수의 지화학적 특성은 마금산 온천이 해수의 영향을 받았음을 지시한다. 또한 주변의 일반지하수와 혼합정도에 따라 지화학적 특성이 변화하고 있으며, 일반지하수 또한 온천수의 영향을 지역적으로 받고 있는 것으로 판단된다. 따라서 마금산온천을 생성시킨 지열수가 연구지역의 지하수체계에 광범위하게 영향을 주고 있다.

주요어: 마금산온천, 지열수, 지구화학

1. 서론

일반적으로 지열수의 수리화학적 특징은 동일한 지질이라 하더라도 지하수 부존 심도나 물-암석 반응 정도 및 주변 지하수와 혼입 정도 등에 따라 다양하게 변화한다. 따라서 특정 지역에 부존하는 지열수의 수질 특성, 생성 과정 및 부존 특성을 이해하기 위해서는 체계적인 수리지질학적 및 지구화학적 연구가 수행되어야 한다. 최근에 와서 경제성장에 따른 관광자원으로서의 가치와 더불어 환경 분야에 대한 관심이 높아지면서 국내 지열수에 대한 연구가 비교적 활발하게 수행되어 왔다 (염병우, 1993; Koh et al., 1994; Yun et al., 1998; 김건영 외, 2000). 이번 연구는 국내 심부지하수특성을 밝히기 위한 연구의 일환으로 경상남도 창원시 북면 신촌리에 위치한 마금산 온천에 대하여 수행된 예비결과이다. 마금산온천은 경상남도 창원시 북면 신촌리에 위치하며, 1927년 일본인에 의해 발견되어 개발되기 시작한 후 다수의 온천공들이 개발되어 현재 마금산온천 관광지로 운영중에 있다. 이 마금산온천수에 대한 기초적인 지구화학조사를 수행하였으며, 특히 온천수에 의한 주변 일반 지하수의 영향 가능성을 조사하였다.

2. 연구결과 및 토의

연구지역의 지질은 화강섬록암, 흑운모화강암, 작약산안산암, 주산안산암질암, 팔룡산응회암, 진동층에 해당하는 셰일과 처트 등, 매우 다양하게 분포한다 (Fig. 1). 이들은 하부로부터 진동층, 팔룡산응회암층이 퇴적하였으며 이들 퇴적암층을 관입 또는 분출하여 안산암질암이 발달한다. 이후에 흑운모화강암과 화강섬록암 등의 화성암의 관입이 있었다. 마금산 온천은 이 중 주산안산암질암 내에서 산출된다. 주산안산암질암은 안산암, 조면질안산암, 휘석안산암, 함각력안산암 등으로 구성되어 있고, 암색은 암녹색이 우세하나, 녹색, 암회색, 암갈색 등으로 다양하며 산상 역시 용암류, 천호관입암체, 암상 등으로 다양하다. 지화학분석을 위하여 마금산 온천 관광단지 안에 분포하는 온천공에서 6곳의 시료를 채취하였고 주변 지하수시료를 분포지역 및 지질에 따라 11곳의 시료를 채취하였다.

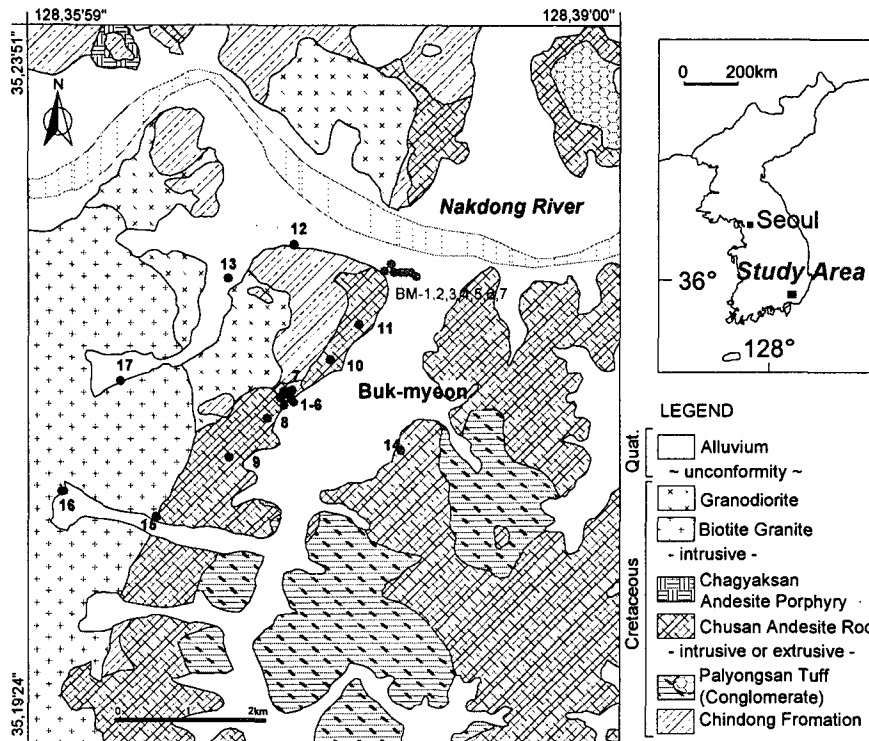


Fig. 1. Geologic map of Mageumsan thermal area.

이들에 대한 현장측정 및 화학분석결과를 Table 1에 정리하였다. 온천수의 경우 용출온도가 39~49℃의 범위를 보이며 pH는 8.2~8.6의 범위를 나타낸다. 용존이온의 특성을 살펴보면 온천수의 경우 해수의 영향으로 Na, Cl, SO₄ 함량이 매우 높게 나타나고 있으며, 해수기원의 Br 함량 역시 높게 나타나고 있다 (~8 mg/L). 일반 지하수 중에서도 신목리와 신기리 시료의 Cl 함량이 높으며, 이들 시료는 다른 지역의 지하수와는 달리 Br을 함유하고 있다. 지하수의 진화과정을 알려주는 총용존고체함량(TDS)와 각 주요 이온들과의 상관관계를 살펴보면 일반 지하수와는 매우 상이한 경향을 보여준다 (Fig. 2). Ca 및 Mg와의 관계에서는 일반지하수와 온천수와는 전혀 다른 경향을 보여주고 있다. 특히 HCO₃와의 경향에서는 온천수의 경우 오히려 TDS의 증가에 따라 감소하는 경향을 보여준다. Piper 다이어그램에서 살펴보면 온천수는 Na-Cl(SO₄)에서 Na-Cl(SO₄,HCO₃)형에 속한다 (Fig. 3). 주변지하수와의 혼합 정도에 따라 HCO₃의 상대적 양이 증가하는 것으로 판단된다. 일반지하수는 (Na,Ca)-(HCO₃,SO₄,Cl)와 Ca-(HCO₃,SO₄,Cl)의 두 유형으로 명확하게 나뉘어진다. 이러한 경향들은 일반지하수와 온천수의 생성 과정은 전혀 다르며, 온천수의 지화학적 특성은 일반지하수와의 혼합 정도에 따라 변화하고 있음을 지시한다.

3. 참고문헌

- 염병우, 1993, 화강암내의 부존하는 지열수에 대한 환경 수리지구화학적 연구: 포천, 고성, 예산 및 중원지역을 중심으로, 박사학위논문, 서울대학교, 251p.
- Koh, Y. K., Yun, S. T. and Ahn, J. S., 1994, Environmental isotope and hydrochemical studies of geothermal waters in Korea: Yusung geothermal area, Jour. Korean Inst. Mineral & Energy Resour. Eng., 31, 388-399.
- Yun, S.T., Koh, Y.K., Choi, H.S., Youm, S.J. and So, C.S., 1998, Geochemistry of geothermal waters

in Korea: Environmental isotope and hydrochemical characteristics, II. Jungwon and Munkyeong areas, Econ. Environ. Geol., 31, 201-213.

김건영, 고용권, 김천수, 배대석, 박맹언, 2000, 유성 지역 지열수의 지구화학적 특성 연구, 지하수토양 환경학회지, 7, 32-46

Table 1. Physicochemical data of various kinds of waters from the Mageumsan thermal area.

Sampling No.	Sample Name	Sampling Date	Temp. (°C)	pH	E _f (mV)	EC (μS/cm)	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	Concentration (mg/L)												
									Na	K	Mg	Ca	SiO ₂	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Br ⁻	HCO ₃	CO ₃	
1	마금산원탕	May-04	42.8	8.4	-12	138	3.58	1243	207.0	12.0	0.8	47.2	72.2	636.9	172.5	2.4	0.76	4.66	80.9	6.0	
2	우성온천	May-04	47.9	8.3	-11	857	4.15	884	160.0	7.3	1.1	31.4	60.7	278.5	167.2	1.0	0.65	1.76	173.9	0.0	
3	신촌온천	May-04	39.0	8.2	-26	538	3.81	597	106.0	2.9	0.8	23.9	44.7	82.4	70.9	0.0	0.82	0.50	263.9	0.0	
4	하니온천	May-04	39.0	8.3	-33	647	3.99	655	119.0	3.5	0.7	26.2	47.7	145.2	107.8	1.8	0.59	0.80	202.0	0.0	
5	천마	May-04	46.4	8.2	-52	982	2.67	996	170.0	10.1	1.0	40.1	69.0	442.4	151.1	1.8	0.56	3.03	106.8	0.0	
6	자연온천	May-04	49.0	8.6	-56	178	2.8	1612	259.0	17.7	0.8	60.6	85.0	929.0	206.0	0.4	0.61	7.68	42.7	3.0	
7	자연지하수	May-04	18.8	7.7	72	445	4.11	440	50.6	10.9	13.4	26.8	24.3	72.4	64.2	6.6	0.31	0.00	170.9	0.0	
8	운천초교지하수	May-04	16.6	8.0	-21	439	4.74	443	49.5	10.4	13.5	26.9	23.6	61.9	58.2	6.8	0.31	0.00	192.2	0.0	
9	침복중	May-04	19.1	8.1	-29	347	4.82	332	14.1	0.9	7.1	47.4	26.8	63.3	29.7	35.9	0.24	0.00	106.8	0.0	
10	신목	May-04	19.0	7.9	-38	502	2.54	508	29.0	1.2	10.8	66.6	30.7	107.0	72.6	0.0	0.12	0.53	189.2	0.0	
11	신기	May-04	19.3	7.6	-29	807	3.69	748	50.8	1.1	14.1	97.5	29.0	294.7	68.5	13.1	0.06	2.43	177.0	0.0	
12	신천	May-04	18.1	8.0	-30	302	5.01	309	15.2	1.0	7.3	37.7	37.5	54.3	20.6	31.6	0.48	0.00	103.7	0.0	
13	하천초교	May-04	18.5	7.1	-37	452	3.53	422	19.0	1.5	12.3	50.3	41.3	127.7	25.8	62.0	0.06	0.00	82.4	0.0	
14	연동마을	May-04	18.3	7.9	-55	357	2.38	348	17.1	0.9	5.3	51.7	25.6	37.8	35.6	19.4	0.27	0.00	154.1	0.0	
15	중리노인회관	May-04	16.6	7.1	-34	128	2.76	156	12.9	0.9	2.4	8.1	42.6	15.8	5.7	16.3	0.65	0.00	50.3	0.0	
16	내곡리 현천	May-04	18.3	7.2	-26	271	4.57	288	14.8	1.0	4.1	37.2	37.9	21.8	35.8	29.3	0.42	0.00	105.3	0.0	
17	어유골	May-04	15.0	6.3	-21	140	4.55	144	14.4	1.7	3.2	8.8	32.4	23.2	10.0	16.6	0.00	0.00	33.6	0.0	

Sampling No.	Concentration (g/L)																					
	Al	Fe	Mn	Sr	Li	B	Ti	Cr	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Rb	Mo	Cd	Cs	Ba	W	Pb	Sb	U
1	3.04	5.70	1.38	0.81	254.6	52.6	0.91	1.14	0.61	1.55	4.4	1.68	2.59	34.01	14.77	0.09	12.16	7.9	5.98	0.37	0.13	2.11
2	1.04	4.40	1.86	0.48	175.2	48.4	0.79	0.53	0.48	5.62	8.1	1.76	6.34	18.96	16.72	0.11	7.26	26.0	2.90	0.27	0.71	5.10
3	1.80	3.70	1.35	0.34	105.2	42.9	0.49	0.27	0.43	0.45	38.5	1.08	2.65	4.86	16.33	0.08	1.74	6.3	2.52	0.14	0.16	1.03
4	2.07	1.70	2.94	0.42	122.5	40.9	0.54	0.35	0.63	4.79	31.9	1.03	7.33	3.99	12.97	0.09	2.11	31.0	1.00	0.94	0.98	1.62
5	1.70	4.20	5.93	0.62	208.7	42.6	0.65	0.74	0.40	1.51	10.3	1.53	2.65	31.47	11.22	0.09	14.14	7.1	3.97	0.68	0.21	3.13
6	1.51	25.90	6.78	1.24	337.1	61.6	1.29	1.72	0.73	0.54	13.9	1.73	2.84	61.93	16.80	0.14	33.77	37.4	9.04	0.77	0.20	0.19
7	2.14	4.70	0.65	0.28	4.5	112.3	0.47	0.27	1.15	12.37	40.7	<0.2	2.39	4.08	3.03	0.09	0.88	33.3	0.86	0.22	<0.05	0.06
8	0.65	<1	0.39	0.27	1.8	116.8	0.29	0.32	0.85	3.03	15.9	<0.2	2.17	2.99	2.51	<0.05	0.16	39.0	0.22	0.28	<0.05	0.07
9	<0.2	<1	2.00	0.25	5.7	4.9	0.31	<0.2	0.56	3.40	190.7	<0.2	<1.0	0.90	1.10	0.05	0.35	72.6	0.10	0.08	<0.05	0.14
10	0.67	<1	82.03	0.28	17.3	8.0	0.57	0.59	2.95	2.30	125.9	<0.2	9.11	1.00	6.05	0.09	0.57	12.0	0.37	0.11	5.33	1.46
11	6.43	<1	4.43	1.19	26.8	12.6	0.98	0.70	1.34	3.93	24.5	<0.2	1.81	0.65	1.74	0.10	0.45	33.4	0.23	0.28	1.15	0.21
12	1.66	<1	0.51	0.16	4.2	10.4	0.29	<0.2	0.49	4.52	81.1	<0.2	10.99	0.76	1.41	0.11	0.19	10.5	0.61	0.29	0.49	0.47
13	<0.2	1.80	1.40	0.28	2.0	4.3	0.32	0.30	0.66	4.57	541.5	<0.2	<1.0	0.42	0.73	0.07	0.13	47.9	0.07	0.88	0.16	1.66
14	<0.2	<1	0.24	0.41	26.5	5.3	0.48	<0.2	0.36	2.16	23.0	<0.2	1.33	0.51	2.65	0.24	0.18	17.0	0.08	0.13	0.11	0.93
15	<0.2	<1	17.83	0.10	1.5	3.4	0.28	<0.2	1.31	7.88	5307	<0.2	<1.0	0.22	0.28	0.35	0.12	3.8	0.11	1.94	0.10	0.20
16	1.79	<1	1.23	0.18	5.3	7.7	0.39	<0.2	0.49	11.23	188.2	<0.2	1.47	0.51	14.34	0.10	0.11	14.6	0.23	0.26	0.24	4.21
17	0.26	<1	1.27	0.11	1.0	4.2	0.26	<0.2	0.14	0.64	306.4	<0.2	<1.0	0.33	0.22	0.11	0.05	112.5	0.07	0.35	<0.05	0.09

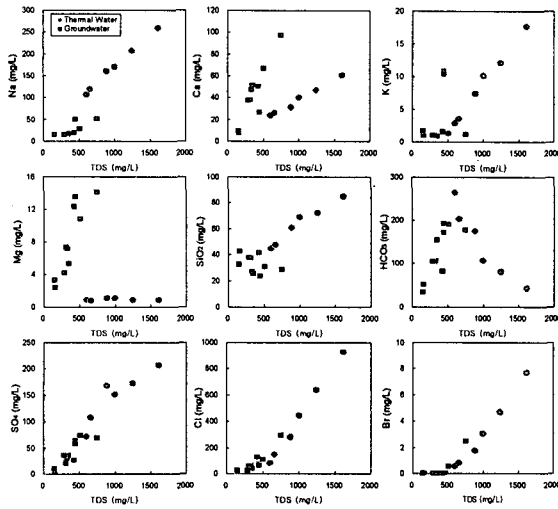


Fig. 2. Plots of TDS versus Na, Ca, K, Mg, HCO₃, SO₄, NO₃, Cl and Mn of water samples from the Mageumsan thermal area.

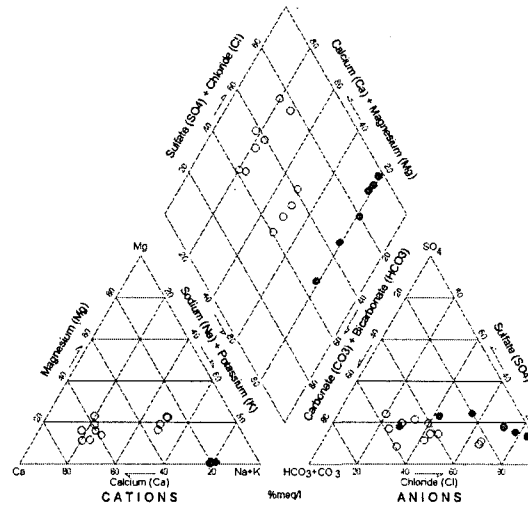


Fig. 3. Piper diagram for the water samples concentrations from the Mageumsan thermal area. red circle : thermal water, blue open circle : ground water.