

# 부산 사하구지역 지하수의 수질 연구

임현철

한국지질자원연구원 지하수지열연구부

## A Study on the Quality of Groundwater in Sahagu, Busan, Korea

Hyun Chul Im

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

**요 약** 부산광역시 사하구지역 지하수의 수질 특성을 이해하기 위하여 20개의 지하수 시료를 분석하였다. 분석된 자료를 이용하여 지하수의 물리적, 화학적 성질, 광물량 및 물-암석 반응 등을 해석하였다. 연구지역 지하수의 수질유형은  $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}\text{-(Cl}^+\text{SO}_4^{2-})$ 으로 나타난다. EC 값은 평균 1,040  $\mu\text{S/cm}$ 로 높은 편이며, 일부 지하수에서는 14,140  $\mu\text{S/cm}$ 를 보이기도 한다. 또한 일부 지하수에서는  $\text{NO}_3\text{-N}$ 와  $\text{NH}_4\text{-N}$ 가 음용수 기준을 초과하지만 중금속에 의한 오염은 나타나지 않는다.

**주요어** 지하수, 함량, 상관관계, 오염, 중금속

**ABSTRACT** 20 groundwater samples in Sahagu Busan were analyzed to understand the characteristics of groundwater quality of the area. Using the data, physical and chemical property, mineral contents, water-rock reaction of the groundwater carried out. The water type in the area is  $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}\text{-(Cl}^+\text{SO}_4^{2-})$ . Average EC value of the groundwater is 540  $\mu\text{S/cm}$ , but in the case of several samples influenced by seawater, the value is up to 4,140  $\mu\text{S/cm}$ . Some samples are exceeding the drinking water standard in  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$ . On the other hand, contamination by heavy metal is not found.

**Key words** groundwater, contents, correlation, contamination, heavy metal

### 1. 서 언

우리나라의 지하수 자원은 지질학적 특성으로 인해 지표수 자원과 마찬가지로 다른 국가에 비해 빈약한 실정이다. 지하수의 수질은 무절제한 지하수 개발과 지하수공에 대한 관리 소홀로 인해 점점 악화되고 있다.

부산지역의 지질은 화강암류, 화산암류, 및 퇴적암류로 구성되어 있으며 구조적으로 동래단층, 양산단층 등의 대단층이 발달되어 있으며(신중수, 1999) 이에 수반된 동래온천과 해운대온천이 부산 시내에 위치하고 있다. 또한 바다와 접해 있기 때문에 해수에 의한 지하수의 영향 등도 예상된다(류충렬외, 1999). 또한

낙동강의 최하류에 위치한 관계로 지표수의 수질악화로 인한 수돗물 불신에 따라, 서울이나 대구 등 대도시에 비해 지하수에 대한 의존도가 높은 실정이다. 본 논문에서는 사하구내 20개 지하수시료에 대한 수질분석 결과를 토대로 물리화학적 성질과 용존물질의 함량, 수질 유형, 물-암석반응에 따른 수질특성, 수질의 통계학적 분석 등을 실시하였다.

### 2. 시료채취

시료의 분석은 현장분석과 실내분석으로 나누어 실시하였다. 현장분석에서는 채수 후 지표에 노출되자마

Corresponding Author : 임현철(ihc@kigam.re.kr)

원고접수일 : 2004년 9월 10일 게재승인일 : 2004년 10월 25일

자 곧 불안정해지기 시작하는 온도, pH, EC(전기전도도),  $\text{HCO}_3^-$ (중탄산이온),  $\text{CO}_3^{2-}$ (탄산이온)는 현장에서 측정하였다. 지하수의 온도는 SM-1250MC를, pH는 Orion Model 250A를, EC는 Orion Model 115를 사용하여 측정하였다. 그리고  $\text{HCO}_3^-$ 와  $\text{CO}_3^{2-}$ 는 메틸오렌지-페놀프탈레인을 이용한 산-중화 적정법으로 분석하였다. 연구지역에서의 지하수 시료는 사하구내에 개발되어 있는 공유공 69개공 중에서 17개와 3개 사유공에서 채취하여 현장분석과 실내분석을 실시하였다 (Table 1, Fig. 1). 시료채취 지하수공의 심도는 대체로 100-200 m이며 지하수위는 KJ8, DR1, HD2가 지표하 10 m 미만이고 나머지 대부분은 15-20 m 정도이다(한국자원연구소).

### 3. 물리화학적 성질과 용존물질의 함량

#### 3.1 pH와 EC

연구지역 지하수의 pH는 6.41-7.49의 범위(평균

7.04)를 보이며 대부분 음용수 수질기준(5.8-8.5) 내에 속한다.

EC는 137-14,140  $\mu\text{S}/\text{cm}$ (평균 1,040  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )이며 HD3, DR4, KJ4, KJ5 지점이 다른 지점보다 높다. 특히 HD3의 EC 값은 14,140  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 가장 높은 값을 보이는데 이는 염수의 영향으로 추정된다.

#### 3.2 용존물질의 함량

##### (1) $\text{Na}^+$

연구지역 지하수의  $\text{Na}^+$  함량은 9.5-1,460 mg/l를 보이며 특히, HD3(1,460 mg/l)가 위치한 지역은 염수의 영향을 받고 있는 것으로 추정된다.

##### (2) $\text{K}^+$

$\text{K}^+$  이온의 함량은 0.29-23.8 mg/l(평균 3.39 mg/l)로서 역시 HD3에서 가장 높게 나타난다.

##### (3) $\text{Ca}^{2+}$

$\text{Ca}^{2+}$  이온함량은 8.69-375 mg/l(평균 49.92 mg/l)이며 HD3에서 특히 높게 나타난다.

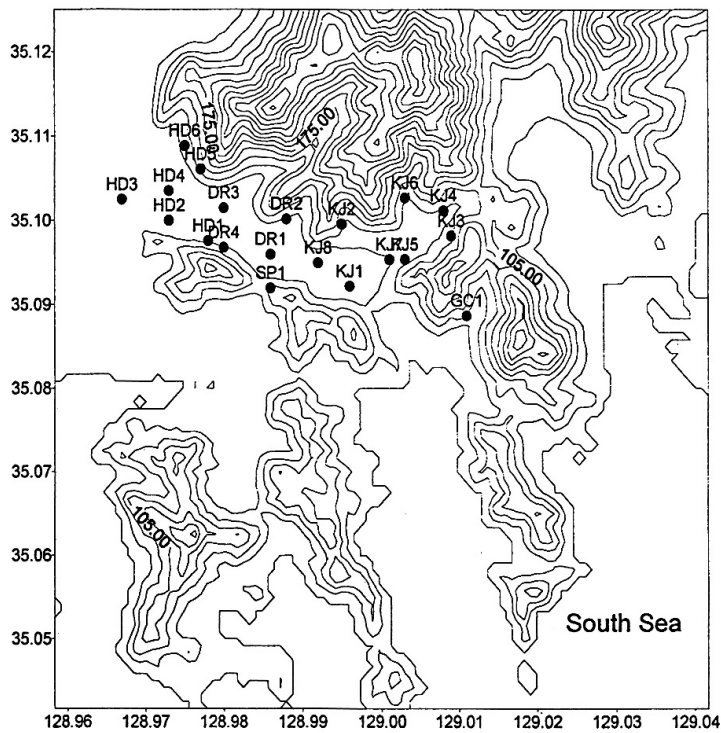


Fig. 1 Location map of the sampling sites.

**Table 1** Results of the analysis for the 20 groundwater samples (자료:한국자원연구소, 1999).

Well No	KJ1	KJ2	KJ3	KJ4	KJ5	KJ6	KJ7	KJ8	GC1	SP1
Temp (°C)	17.1	17.3	16.3	22.3	21.8	20.2	21.7	18.0	18.9	16.2
pH	7.02	7.28	6.70	7.10	7.07	7.45	7.40	6.60	7.49	7.47
EC ( $\mu$ S/cm)	456	252	147	558	532	137	480	357	325	373
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	30.1	23.7	15.5	26.9	29.0	24.1	34.4	35.0	21.2	25.6
Na (mg/l)	21.1	16.2	9.6	20.2	20.6	15.0	25.2	20.3	14.3	17.3
Mg (mg/l)	19.0	7.1	2.5	20.8	15.6	2.8	15.3	12.6	5.3	15.7
Ca (mg/l)	47.5	24.5	18.7	54.1	60.4	8.7	45.2	29.5	43.5	36.9
K (mg/l)	0.79	1.81	2.19	1.49	1.25	0.56	1.58	1.77	0.29	0.91
Fe (mg/l)	0.04	0.04	0.05	0.08	0.03	0.06	0.03	0.16	0.02	0.02
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.09	0.05	0.03	0.18	0.10	0.02	0.07	0.06	0.03	0.09
Zn (mg/l)	0.698	0.338	0.014	0.008	0.012	0.010	0.170	0.228	0.000	0.000
Cu (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F (mg/l)	0.010	0.040	0.000	0.010	0.020	0.030	0.010	0.020	0.020	0.040
Cl (mg/l)	65.4	36.7	10.5	73.3	68.8	18.5	59.3	47.1	28.7	35.7
SO <sub>4</sub> (mg/l)	43.5	22.2	15.8	32.1	42.8	4.6	42.0	61.3	26.9	30.4
TDS	408	212	127	502	441	110	358	293	288	276
NO <sub>3</sub> (mg/l)	7.8	10.8	16.1	73.3	43.0	8.4	33.4	13.2	45.7	29.3
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	150.8	67.7	52.3	107.8	129.3	52.3	110.8	55.4	86.2	135.5
CO <sub>3</sub> (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.008	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass balance	0.92	0.92	0.93	0.94	0.93	0.83	0.95	0.92	0.92	0.90

Well No	DR1	DR2	DR3	DR4	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5	HD6
Temp (°C)	17.3	18.1	19.0	18.2	21.0	21.0	18.1	19.5	20.5	18.3
pH	6.43	7.25	7.24	6.97	6.41	6.84	7.31	6.71	6.82	7.14
EC ( $\mu$ S/cm)	440	360	216	594	327	491	14140	242	203	171
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	15.7	37.0	41.9	23.3	25.4	14.1	25.8	6.2	42.7	42.5
Na (mg/l)	42.8	18.5	14.8	23.2	22.4	53.8	1460.0	14.6	14.1	9.5
Mg (mg/l)	12.3	15.4	6.3	16.5	8.7	7.7	173.0	3.8	4.8	4.1
Ca (mg/l)	29.4	31.6	19.0	58.4	27.4	31.5	375.0	18.3	19.0	19.8
K (mg/l)	4.74	3.38	2.30	1.38	3.05	9.22	23.80	3.39	2.33	1.64
Fe (mg/l)	0.30	0.07	0.03	0.04	0.04	0.03	0.56	0.04	0.02	0.02
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0.14	0.10	0.02	0.11	0.06	0.11	2.02	0.05	0.01	0.00
Zn (mg/l)	0.330	0.244	0.202	0.394	0.000	0.006	0.028	0.004	0.008	0.000
Cu (mg/l)	0.000	0.002	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000
F (mg/l)	0.250	0.000	0.000	0.040	0.030	0.040	0.000	0.090	0.000	0.000
Cl (mg/l)	54.6	40.9	21.4	67.2	34.2	49.8	3060.0	18.6	14.3	9.8
SO <sub>4</sub> (mg/l)	73.5	15.6	6.9	47.3	34.3	64.1	564.0	40.4	3.3	9.7
TDS	324	263	153	373	270	318	10300	162	172	137
NO <sub>3</sub> (mg/l)	19.9	11.9	10.0	11.9	49.5	24.4	0.0	10.9	9.4	4.3
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	89.3	147.8	95.4	157.0	55.4	120.0	230.9	46.2	104.7	80.0
CO <sub>3</sub> (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd (mg/l)	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Pb (mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000
Mass balance	0.92	0.92	0.88	0.95	0.94	0.94	0.95	0.85	0.87	0.96

(4)  $Mg^{2+}$

지하수의  $Mg^{2+}$  함량은 2.52-173mg/l (평균 18.46)를 나타내며 MD3(173 mg/l)에서 특히 높게 나타난다. 염수의 영향을 받는 것으로 생각되는 HD3를 제외하고는 암석과 화학반응으로 지하수에 용해된 것으로 판단된다. 이와 같이 사하지역에서  $Mg^{2+}$  함량이 높은 것은 안산암질암내에 상대적으로 풍부한 마그네슘을 함유한 광물(각섬석, 녹니석 등)의 영향 또는 염수의 영향 때문으로 해석된다.

(5)  $SiO_2$

지하수 중의  $SiO_2(aq)$ 는 암석내(특히 화강암질 암석) 규산염 광물의 분해로부터 유래한다. 연구지역의  $SiO_2(aq)$ 는 6.2-42.7 mg/l(평균 27.01 mg/l) 이다.

(6)  $Cl^-$

연구지역 지하수의  $Cl^-$  함량은 9.8-3060 mg/l(평균 190.7 mg/l)를 보이고 있으며, 특히 HD3(3,060 mg/l)의 높은 함량은 염수의 영향으로 보인다.

(7)  $F^-$

불소의 함량 범위는 0.0-0.25 mg/l(평균 0.03 mg/l)이고 음용수기준치(1.5 mg/l)를 초과하는 곳은 없다.

(8)  $SO_4^{2-}$

$SO_4^{2-}$  이온은 황화광물(황철석, 황동석)의 산화작용 및 용해에 의해서 유래한다. 지하수의  $SO_4^{2-}$  이온 함량은 3.31-73.5 mg/l(평균 59 mg/l)이며 음용수 기준인 200 mg/l 이내에 속하고 있다.

(9)  $HCO_3^-$

본 지역의  $HCO_3^-$  함량은 46.18-230.9 mg/l(평균 103.7 mg/l)를 보인다.  $HCO_3^-$ 의 주 공급원은 방해석의 용해와 관련이 있을 것으로 추정된다.

(10) 질산성질소( $NO_3-N$ )

질산성질소의 함량은 0.0-16.55 mg/l(평균 4.89 mg/l)이며, 음용수 기준치인 10 mg/l를 넘는 곳은 KJ4, GC1, HD1으로 이는 생활하수의 유입과 관계가 있는 것으로 보인다.

(11) 암모니아성 질소( $NH_4-N$ )

암모니아성 질소 함량은 0-1.57 mg/l(평균 0.13 mg/l)를 가지며, HD3에서는 암모니아성 질소의 수질기준(0.5 mg/l)를 초과하고 있다. 이는 HD3 지점이 염수의 영향뿐만 아니라 인위적인 오염의 영향도 받고 있음을 지시한다.

(12) 중금속원소

연구지역 지하수의 중금속이온 함량은 DR1과 HD3에서 철의 함량이 음용수 기준치(0.3 mg/l)를 초과하는 것을 제외하고 나머지 중금속 성분의 함량은 음용수기준보다 낮다. 이는 연구지역 지하수에서는 현재까지 중금속에 의한 지하수 오염의 영향은 거의 없음을 지시 한다.

3.3 수질특성

Piper diagram에서 연구지역 지하수는 대부분  $Ca^{2+}-HCO_3^-$ 과  $Ca^{2+}-(Cl^-+SO_4^{2-})$ 형의 영역에 속한다 (Fig. 2).

TDS에 대한  $Na^+/(Na^++Ca^{2+})$  몰비를 도시하여 본 결과 TDS가 증가함에 따라  $Na^+/(Na^++Ca^{2+})$  값이 감소하는 경향을 보인다(Fig. 3). 이것은 물-암석반응에서  $Na^+$  이온에 비해  $Ca^{2+}$  이온의 용해가 더 활발함을 보여주는 것이다.

TDS와 pH의 관계를 살펴보면 TDS가 증가함에 도 pH 값은 거의 변화가 없다(Fig. 4). 이는 사장석의 풍화로 점토광물이 생성되면서 수소이온이 소모되지만 탄산용해로 중탄산과 수소이온이 생성되기 때문으로 판단된다.

물과 접하는 환경에서 사장석의 용해는 2차광물로서 점토광물을 형성하여 금속이온을 용탈시키는 비조

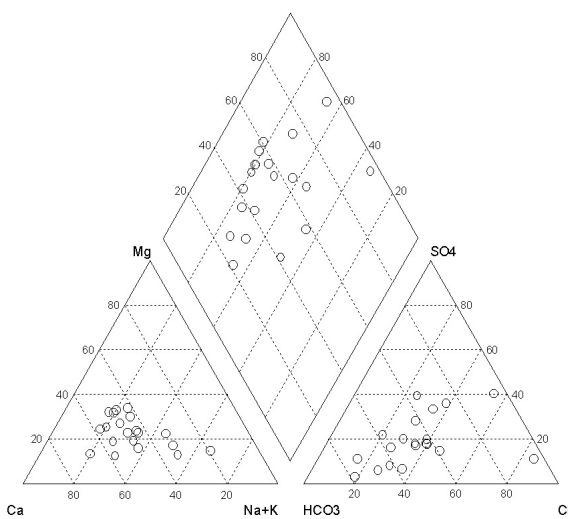
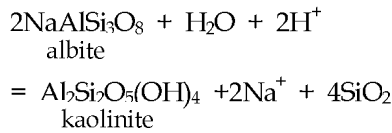
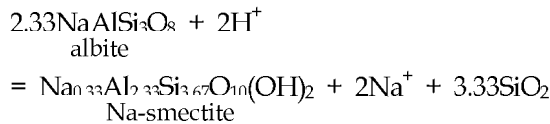


Fig. 2 Piper plot showing the major ion of groundwater in Saha area.

화용해(Incongruent dissolution)를 수반한다. 예를 들면 알바이트는 카올리나이트를 형성하면서 규산과 나트륨을 방출한다.



알바이트가 Na-smectite를 형성하는 경우에는 Na<sup>+</sup>/SiO<sub>2</sub> 몰 비의 반응선은 위 식의 경우보다 약간 크다.



따라서 Na<sup>+</sup>와 Na<sup>+</sup>/SiO<sub>2</sub> 몰 비가 직선상에 위치 할 때는 사장석이 카올리나이트로 풍화되는 과정으로 설

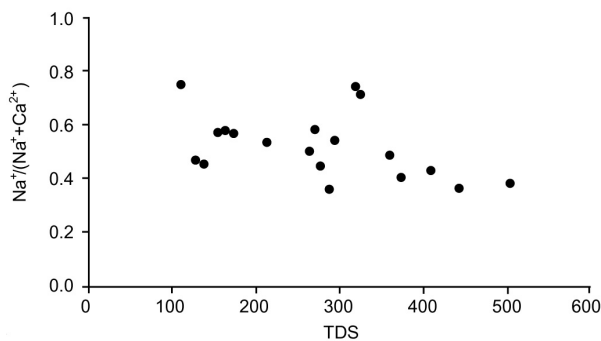


Fig. 3 Diagram showing the mole relation of TDS and Na<sup>+</sup>/(Na<sup>+</sup>+Ca<sup>2+</sup>).

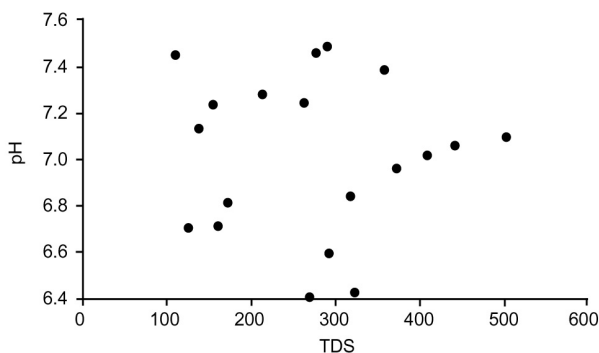
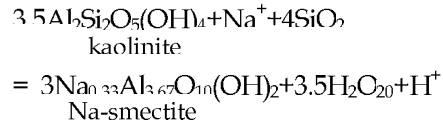


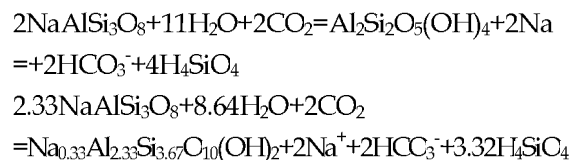
Fig. 4 Diagram showing the relation of TDS and pH.

명할 수 있으며, 직선에서 벗어난 것은 해수의 영향이나 사장석의 용해에 의하여 물속으로 유입되는 Na<sup>+</sup>와 비례하여 SiO<sub>2</sub>가 공급되지 않는 경우로서, 카올리나이트와 Na-smectite 간의 반응에 의한 것이다.



연구지역의 지하수는 거의 모든 시료가 알바이트-카올리나이트 반응선 위쪽에 위치하므로 사장석이 카올리나이트로 풍화되는 과정과 함께 Na<sup>+</sup>이온이 다른 기원(해수의 영향 등)으로부터 공급되고 있음을 지시한다(Fig. 5).

H<sup>+</sup>의 공급원으로 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 추가적으로 고려하면 사장석이 카올리나이트 또는 Na-smectite로 변할 때 물속으로 공급되는 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Na<sup>+</sup>의 몰 비는 1이 되어야 할 것이다. 반면 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Na<sup>+</sup> 몰 비가 1보다 높은 값을 보인다면 이는 사장석의 용해에 의하여 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 공급될 뿐만 아니라 토양층이나 풍화대의 CO<sub>2</sub>의 용해 등에도 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 공급됨을 시사한다. 예를 들면



와 같은 반응을 고려할 수 있다.

연구지역 지하수는 알바이트-카올리나이트 반응선 위에 위치하므로 사장석의 용해뿐만 아니라 토양층이

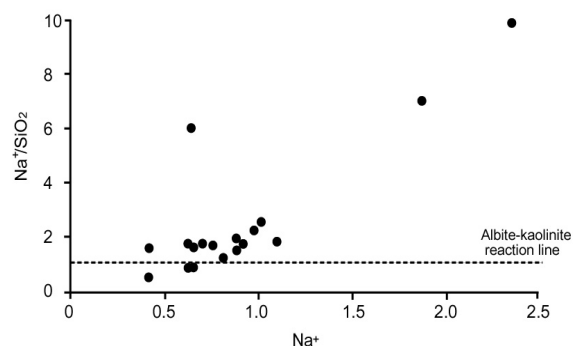


Fig. 5 Diagram showing the mole relation of Na and Na/SiO<sub>2</sub>.

나 풍화대의 CO<sub>2</sub>의 용해에 의해서도 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 공급됨을 암시한다(Fig. 6).

#### 4. 물-암석 반응

##### 4.1 광물에 대한 포화지수

물-암석반응 모델링 프로그램인 PHREEQC(Parkhurst, 1995)를 이용하여 사하지역 지하수의 특정한 광물에 대한 포화지수 값을 구해보면 석영과 칼세도니에 대해서만 과포화 상태에 있고 비정질 실리카, 돌로마이트,

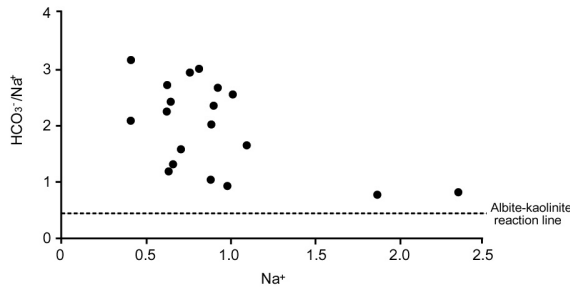


Fig. 6 Diagram showing the mole relation of Na and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/M.

시테라이트, 석고, 경석고, 아라고나이트, 방해석에 대해서는 불포화 상태에 있다. 특히 사하 안산암질암 내에 함유된 방해석의 용해로 Ca이온의 용해가 계속 일어날 수 있음을 의미한다(Table 2).

##### 4.2 광물의 상평형 관계

광물간 상평형 관계에서는 장석류의 용해반응을 통하여 일단 깃사이트(Al(OH)<sub>3</sub>)를 형성하는 반응으로 가정하고 깃사이트-카오리나이트, 미사장석-카오리나이트, 미사장석-백운모, 백운모-카오리나이트, 백운모-깃사이트, 알바이트-카오리나이트의 관계식을 이용하였다. 이와 같은 방법으로 [Na<sup>+</sup>]/[H<sup>+</sup>], [K<sup>+</sup>]/[H<sup>+</sup>] 그리고 [H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>]의 대수값을 각각 종축과 횡축으로 하는 각 광물의 안정영역에 지하수 시료를 도시하였다(Fig. 7-a, b). 여기서 [ ]는 각 이온의 활동도(농도)를 의미한다(Amorsson, 1983).

[K<sup>+</sup>]/[H<sup>+</sup>]와 [H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>]의 그래프에서 보면 사하지역의 경우에는 거의 대부분의 시료가 카오리나이트의 안정영역에 위치한다.

[Na<sup>+</sup>]/[H<sup>+</sup>]와 [H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>]의 그래프에서는 모든 시료가 카오리나이트의 안정영역에 위치한다.

Table 2 Saturation index of the minerals

Well No	SiO <sub>2</sub>	Quartz	Dolomite	Siderite	Gypsum	Anhydrite	Aragonite	Calcite	CO <sub>2</sub> (g)	Chalcedony
KJ1	-0.64	0.69	-1.55	-1.61	-2.08	-2.33	-0.85	-0.70	-1.90	0.23
KJ2	-0.74	0.58	-2.31	1.73	-2.55	-2.79	-1.16	-1.01	-2.50	0.12
KJ3	-0.92	0.41	-4.25	-2.15	-2.75	-3.00	-1.95	-1.80	-2.02	-0.05
KJ4	-0.73	0.56	-1.36	-1.37	-2.18	-2.41	-0.78	-0.63	-2.10	0.12
KJ5	-0.69	0.60	-1.37	-1.73	-2.01	-2.24	-0.69	-0.55	-1.99	0.16
KJ6	-0.76	0.54	-2.83	-1.77	-3.59	-3.83	-1.46	-1.31	-1.75	0.10
KJ7	-0.62	0.67	-0.96	-1.82	-2.11	-2.34	-0.05	-0.40	-2.39	0.23
KJ8	-0.58	0.74	-3.56	-1.75	-2.09	-2.33	-1.87	-1.72	-1.90	0.29
DR1	-0.92	0.40	-3.59	-1.49	-2.04	-2.29	-1.87	-1.72	-1.53	-0.05
DR2	-0.55	0.76	-1.27	-1.21	-2.65	-2.89	-0.76	-0.61	-2.13	0.31
DR3	-0.51	0.80	-2.15	-1.73	-3.14	-3.88	-1.12	-0.97	-2.29	0.35
DR4	-0.76	0.56	-1.55	-1.63	-1.97	-2.21	-0.78	-0.63	-1.83	0.11
HD1	-0.71	0.61	-4.12	-2.53	-2.34	-2.58	-2.08	-1.93	-1.71	0.16
HD2	-1.00	0.30	-2.50	-1.92	-2.06	-2.30	-1.24	-1.09	-1.79	-0.14
HD3	-0.70	0.62	0.53	-0.43	-0.76	-1.00	0.15	0.30	-2.10	0.17
HD4	-1.34	-0.04	-4.08	-2.26	-0.29	-2.63	-1.98	-1.83	-2.07	-0.48
HD5	-0.51	0.79	-2.95	-2.11	-3.45	-3.68	-1.47	-1.32	-1.82	0.34
HD6	-0.50	0.82	-2.68	-2.00	-2.95	-3.19	-1.28	-1.13	-2.27	0.37
GC1	-0.80	0.50	-1.53	-2.05	-2.26	-2.50	-0.59	-0.44	-2.60	0.06
SP1	-0.70	0.63	-0.94	-1.77	-2.30	-2.55	-0.55	-0.40	-2.40	0.17

### 4.3 통계학적 분석

연구지역 지하수 시료에 대한 화학성분 및 기타 수질자료들 간의 상관관계를 구해보면(Table 3),  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  및 EC는 서로 높은 상관관계를 가지는데 이는 사장석 및 방해석의 용해로  $Ca^{2+}$ 와  $Mg^{2+}$ 가 지하수내로 용탈되고 이에 따라 총 고용물의 함량이 증가하기

때문으로 판단된다.  $Ca^{2+}$ 와  $HCO_3^-$ 는 약간 높은 상관성(0.69)을 보이는데 이는 방해석의 용해와 관련되는 것으로 보인다.

$HCO_3^-$ 와  $SiO_2$ 는 서로 별도의 거동을 보이며,  $HCO_3^-$ 는  $CO_2$ 의 용해에 기인한 것으로 보이고  $SiO_2$ 는 장석 및 운모류의 용해 및 점토류의 형성 등의 반응에 모

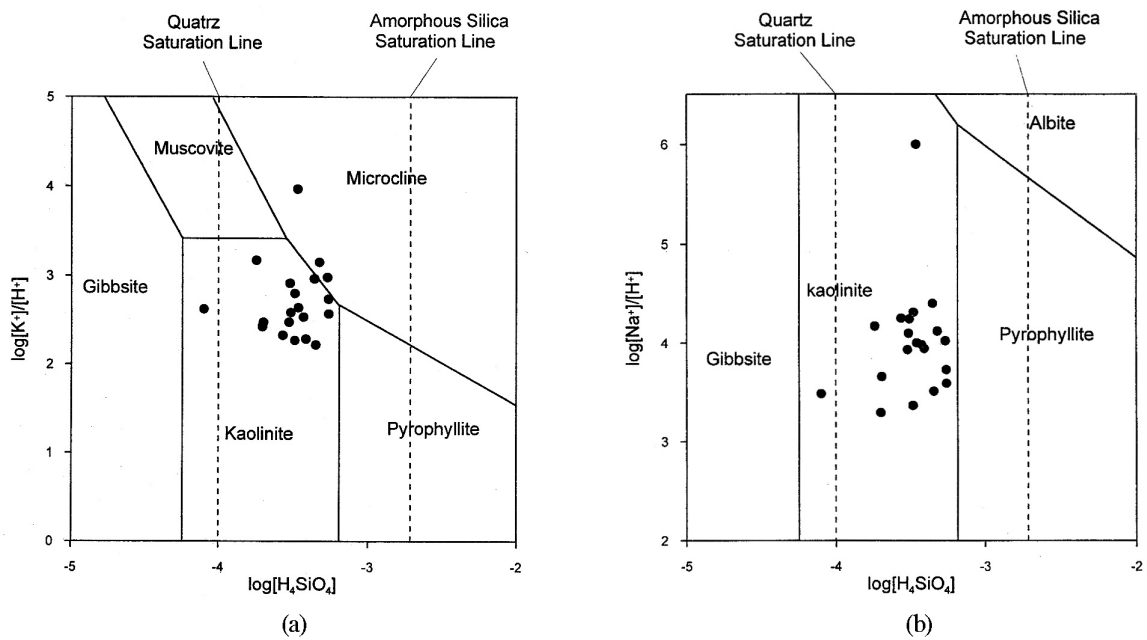


Fig 7 Diagram Showing the phase stability of groundwater in Saha area.

Table 3 Correlation matrix of the 20 groundwater.

	pH	EC	SiO <sub>2</sub>	Na	Mg	Ca	K	Fe	NH <sub>4</sub>	F	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>
pH	1.00													
EC	0.18	1.00												
SiO <sub>2</sub>	0.29	-0.05	1.00											
Na	0.18	0.99	-0.04	1.00										
Mg	0.20	1.00	0.00	0.99	1.00									
Ca	0.22	1.00	-0.03	0.98	0.99	1.00								
K	0.00	0.92	-0.16	0.94	0.91	0.90	1.00							
Fe	-0.09	0.87	-0.13	0.87	0.87	0.84	0.85	1.00						
NH <sub>4</sub>	0.17	1.00	-0.06	1.00	1.00	0.99	0.93	0.88	1.00					
F	-0.46	-0.11	-0.52	-0.12	-0.13	-0.15	0.01	0.28	-0.10	1.00				
Cl	0.19	0.99	-0.03	1.00	0.99	0.99	0.93	0.87	1.00	-0.13	1.00			
SO <sub>4</sub>	0.11	0.99	-0.11	0.99	0.99	0.98	0.94	0.90	0.99	-0.04	0.99	1.00		
NO <sub>3</sub>	-0.02	-0.19	-0.14	-0.27	-0.21	-0.17	-0.28	-0.25	-0.22	-0.01	-0.26	-0.24	1.00	
HCO <sub>3</sub>	0.43	0.68	0.18	0.61	0.68	0.69	0.56	0.47	0.64	-0.17	0.62	0.62	-0.19	1.00

두 참여하고 있는 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

(1) 부산 사하지역 지하수의 수질특성을 파악하기 위하여 총 20개의 지하수 시료를 채취하여 현장분석과 실내분석을 실시하였다.

(2) 지하수의 EC 값은 평균 1,040  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 높은 편이고, 해수의 영향을 받는 일부 지하수에서는 14,140  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 높은 값을 보인다.  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  함량도 해수의 영향을 받는 지하수에서 높은 값을 보인다.

(3) 일부 지하수의 수질은 생활하수의 유입으로 인해 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), 암모니아성 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ )가 음용수 기준을 초과하지만, 중금속에 의한 오염은 없는 것으로 보인다.

(4) 지하수의 TDS가 증가함에도 pH는 변화하지 않고 있는데 이는 탄산용해로 인해 중탄산과 수소이온이 생성되기 때문이다.

(5) 연구지역 지하수의 수질유형은  $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 과  $\text{Ca}^{2+}\text{-}(\text{Cl}^-+\text{SO}_4^{2-})$ 이며, 모든 지하수 시료는 광물의 상평형 관계에서 카오리나이트의 안정영역에 위치한다.

(6) 지하수 시료는 대부분 알바이트-카오리나이트 반응선 위쪽에 위치하므로 사장석이 카오리나이트로 풍화되는 과정과 함께  $\text{Na}^+$  이온이 해수의 영향 등으

로부터 공급되고 있는 것으로 해석된다. 또한  $\text{HCO}_3^-$ 의 공급은 사장석의 용해뿐만 아니라 토양층이나 풍화대의  $\text{CO}_2$  용해에 의해서도 이루어진다.

## 사 사

본 연구는 한국자원연구소의 1999년도 기본연구사업으로 수행된 연구 결과의 일부를 알려 드립니다.

## 참고문헌

- 류충렬, 성익환, 이병대, 조병욱, 이봉주, 함세영, 1999, 부산-양산 일원 화강암체 내의 파쇄특성: 유체의 유동성 분석을 위한 예비적 연구. 1999년도 대한지하수환경학회. 한국토양환경학회 춘계공동학술 발표회 논문집 p13-14.
- 신종수, 1997, 부산 다대포분지의 형성 및 구조 진화사에 대한 연구. 부산대학교이학석사 학위논문, p100.
- 한국자원연구소, 1999, 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구(부산지역). p541
- Amorsson S., 1983, Chemical equilibria in Icelandic geothermal systems-implications for chemical geothermometry investigation, Geothermics, 12, p119-128.
- Parkhurst D.L., User's guide to PHREEQC - A computer program for speciation, reaction-path, advective-transport and inverse geochemical calculations report, p135-143