

## 부산지역 지하수 중의 기능성 미네랄 성분 분석 연구

정재은<sup>†</sup>, 지화성, 김봉기, 한상민, 김시영, 권기원  
수질보전과

### Functional Mineral Characteristics of Groundwater in Busan Area

Jae-Eun Jeong<sup>†</sup>, Hwa-seong Ji, Bong-gi Kim, Sang-min Han, Si-yeong Kim and Ki-won Kwon  
Water Preservation Division

#### Abstracts

We evaluated the content of the functional minerals and tastes as well as health of water according to geological characteristics regarding 291 drinkable groundwater in Busan area. The water samples were collected from April to September in 2011. The 4 items of the main minerals (Na, Mg, K, Ca),  $\text{SO}_4^{2-}$  and germanium (Ge) and vanadium (V) known well as functional minerals were analyzed. As a result of comparison with the groundwater after implementing the same analysis about the bottled water, the average mineral composition of the groundwater was Na (37.299 mg/L), Ca (31.802 mg/L), Mg (10.470 mg/L) and K (2.155 mg/L). Total mineral concentration was quite high in the alluvial-layer and the Ichonri-layer and the lowest in the intrusive-rock stream in Bulguksa. The average mineral composition of the bottled water showed Ca (12.200 mg/L), Na (6.699 mg/L), Mg (4.244 mg/L) and K (3.577 mg/L). Both sample groups did not show Ge and V. The correlation coefficient between Mg and Ca in the groundwater and bottled water also showed 0.567 ( $p < 0.01$ ) and 0.848 respectively which is very high. Total mineral concentration of the groundwater in Busan area is 81.726 mg/L, and it showed quite higher than 26.72 mg/L of the bottled water. But in the evaluation about delicious and healthy water presented by Hashimoto, the groundwater was evaluated as 13.4% in Group I, 20.3% in Group II, 35.7% in Group III and 30.6% in Group IV, and the bottled water was evaluated as 26% in Group I, 22% in Group II, 48% in Group III and 4% in Group IV. Consequently, the groundwater in the Busan area showed relatively lower evaluation index than the bottled water.

**Key words** : Groundwater, Minerals, K index, O index

#### 서론

부산광역시의 지하수 이용 현황은 지하수공 총 8,257 개로서 연간 34,561,012  $\text{m}^3$  를 음용수, 생활용수, 공업용수, 농업용수로 개발하여 사용하고 있다<sup>1)</sup>. 특히 지표수의 오염 증가에 따라 음용수로서의 지하수에 대한 관심이 커지고 있어, 우리나라 대도시 중 지하수 의존도가 비교적 높다. 이 중 음용으로 사용하고 있는 지하수는 인체에

대한 수질 안정성을 확보해야 하는 것 뿐 만 아니라 신체의 구성 및 조절 작용 등 건강에 영향을 미치는 미네랄 성분을 적당히 함유하고 있어야 한다. 미네랄은 생물체의 에너지원은 아니지만 생물체의 주요 구성성분으로 비타민과 더불어 생명유지와 건강을 위해서 생체조절작용을 하는 필수 불가결한 영양소이다<sup>2)</sup>. 또한 먹는 물에서는 매우 적은 양이지만 함량이 너무 많으면 쓴맛, 떫은 맛 등 물맛에 영향을 주고 부족하거나 과량으로 섭취하게 되면 여러

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail : jejung@korea.kr

Tel : +82-51-757-7504, Fax : +82-51-753-1424

가지 질병을 일으킬 수 있다<sup>3)</sup>. 우리 인체에 필요한 필수 금속은 하루 약 1.5 g 정도이며, 인체의 구성요소 중 1일 100 mg 이상 요구되는 미네랄은 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 인 등이며, 그 이하로 요구되는 미량 원소는 철, 망간, 아연, 구리, 규소 등이 있다<sup>4)</sup>.

주요 미네랄 성분의 기능으로, Na(나트륨)는 세포 외액의 주된 양이온으로 체내에 풍부하게 함유된 무기질로서, 생리적으로 수분평형을 조절하고, 산과 염기의 균형을 유지해 주고 정상적인 근육의 자극반응을 조절해 준다<sup>5)</sup>. Mg(마그네슘)는 칼슘, 인과 함께 골격과 치아를 구성하며 당질대사와 단백질대사에 필수적 요소이고 부갑상선호르몬의 조절작용을 한다. Mg의 결핍증은 근육경련, 심장박동항진, 혼동, 식욕부진, 오심, 구토 등의 증상을 나타낸다. K(칼륨)는 칼슘, 인 다음으로 체내에 많이 들어있는 무기질로 나트륨의 2배 정도가 들어있다. 수분과 전해질 및 산염기의 균형을 유지해 주며 근육의 수축과 이완작용에 관여하고 당질대사 및 단백질의 합성에 관여한다<sup>5)</sup>. Ca(칼슘)은 인체 내 무기질 중 가장 많이 들어있으며, 체내 칼슘의 99%는 골격과 치아와 같은 경조직에 존재하고 나머지 1%는 세포와 세포 내외의 체액에 존재하면서 매우 중요한 생리작용을 조절하고 있다<sup>6)</sup>.

그 외 미량으로서 인체 내에서 주요 역할을 하는 무기질성분으로 Ge(게르마늄), V(바나듐) 등이 있다. Ge는 항암, 항바이러스 작용이 강한 물질로 암세포를 공격하고 억제하는 탁월한 성능을 가진 인터페론의 생성을 증대시키는 기능을 가지고 있다고 한다<sup>7)</sup>.

V(바나듐)은 인슐린과 유사한 작용으로 당뇨병 치료효과를 갖고, 심장질환 및 동맥경화 예방효과와 신진대사 활성을 증진시키는 것으로 알려져 있다<sup>8)</sup>. 또한 물 속에 녹아 있는 Si(실리카)는 알츠하이머 예방효과 뿐 만 아니라 항동맥경화 효과도 있는 것으로 보고되고 있다<sup>9)</sup>.

지하수는 자연 상태에서 암석 및 대수층의 수리 지질학적 조건에 따른 화학적·생물학적 상호작용의 결과로 많은 무기물질이 용해되어 있어 인체에 필요한 무기질을 공급하는 역할을 하기도 한다. 또한 먹는샘물(생수)이란 샘물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 등의 방법으로 제조한 물을 말하며, 샘물은 암반대수층안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연 상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수로 정의하고 있다<sup>10)</sup>. 환경부 자료에 의하면 2010년 12월 현재 국내 먹는샘물 제조업체는 69개이며, 수입업체는 43개로 각각 69개(제품명 기준)와 43개 먹는샘물 제품을 국내 유통시키고 있다. 이에 따른 먹는샘물 판매량은 325만톤/

년, 판매금액 3,268 억원으로 해마다 증가하고 있고<sup>11)</sup>, 2000년도에 비해 시장 규모가 두 배 가량 증가할 만큼 사람들의 관심이 높아지고 있다.

지금까지 먹는 물에 대한 미네랄 연구로는 부산을 비롯한 인천<sup>12)</sup>, 충남<sup>13)</sup>, 전남 지역<sup>14)</sup> 등의 약수터에 대한 미네랄 함량 분석 및 물의 맛과 건강성에 대한 평가가 이루어졌고, 부산 지역 지하수를 대상으로는 부산 북서부지역 화강암 지하수의 지화학적 특성 및 오염 가능성<sup>15)</sup>, 사상공단지역의 지하수 수질 및 오염특성<sup>16)</sup>, 남부지역 지하수와 서북부지역 지하수의 수리화학적<sup>17)</sup> 특성 비교 등에서 미네랄에 대한 연구가 수행되어졌으나, 일부 지역에 대한 연구로 한정되어 있어 부산 전역에 걸쳐 지질학적 특성을 고려한 미네랄 연구가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 부산지역 지하수 중의 주요 미네랄 성분과 미량으로서 인체에 기능성을 나타내는 게르마늄, 바나듐 함량에 대한 지질학적 특성을 고찰하여 아직 국내 기준치가 설정되어 있지 않은 항목에 대한 지역적 특성을 고려한 기준 설정 등 지하수 자원의 효율적인 관리에 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 또한 시판되고 있는 먹는샘물에서의 미네랄 함량과 비교 분석하고 이를 이용한 물 맛과 건강성에 대해 평가하여 향후 세계적 경쟁력 확보를 위한 기능성 먹는샘물 연구 및 제품개발의 기초 자료를 제공하고, 지하수나 먹는샘물을 음용하고 있는 많은 시민들의 건강한 물에 대한 웰빙 욕구를 충족시키고 시민 건강의 증진에 기여하고자 한다.

## 부산의 지질

부산광역시의 지질은 대부분 백악기 화성암류가 분포하고, 하위로부터 백악기 퇴적암인 이천리층의 응회질 퇴적암, 유천층군의 안산암질암, 유문암질-테사이트질암, 백악기 불국사 화성암류의 반려암, 화강섬록암, 화강암, 규장암으로 이루어져 있으며, 이들을 피복하는 제4기 충적층(자갈, 모래, 실트)이 분포하고 있다<sup>18-20)</sup>.

이천리층의 응회질 퇴적암은 금정산 줄기 북측의 금정구 청룡동과 백양산 부근의 초읍동, 부암동, 연지동에 걸쳐서 소규모로 분포하며, 흑색 및 암회색 셰일이 우세하고 심하게褶曲 변성되어 대부분 혼펠스로 산출된다.

안산암질 화성암류는 주로 유리질 또는 용결응회암과 화산각력암으로 구성되며, 가장 넓은 분포 면적을 보인다. 금정산의 남측 경계 부근인 덕천동, 만덕동 일원과 백양산 북측 구포동 일원 그리고 연지동 일원에 분포하며, 금정산 줄기의 북측 경계부인 양산시 다방동과 동면 석산리, 금산리 일원에도 비교적 큰 규모로 분포한다. 동래단



Table 1. The site number of investigation of the underground water in Busan area

Hydrogeologic unit	Rock floor	No. of sampling site(n=291)
Alluvium	Qa	106
	Kad	1
	Kgd	10
	Kgp	2
	Kmgr	4
	Kada	13
	Kbgr	15
Bulguksa intrusive rocks	Khgdi	4
	Krh	2
	Krt	5
	Krs	2
	Krb	14
	Krwt	10
Rhyolitic rocks	Kts	3
	Klt	48
	Kan	21
	Kanb	28
	Kic	3
Icheonri Formation	Kic	3

Qa(Alluvium) : 충적층, Kad(Acidic dike) : 산성암맥류, Kgd(Granitic dike) : 화강암질암맥, Kgp(Granite Porphyry) : 화강반암, kmgr(Micrographic Granite) : 미문상화강암, Kada(Adamellite) : 아다멜라이트, Kbgr(Biotite Granite) : 흑운모화강암, Khgdi(Hornblende Granodiorite) : 각섬석화강섬록암, Krh(Rhyolitic Rock) : 유문암질암, Krt(Rhyolitic Tuff) : 유문암질응회암, Krs(Spherulitic Rhyolite) : 구과상유문암, Krb(Rhyodacitic Volcanic Breccia) : 유문석영안산암질 화산각력암, Krwt(Rhyodacitic Welded Tuff) : 유문석영안산암질 용결응회암, Kts(Dark Gray Tuffaceous Sediment) : 암회색응회질퇴적암, Klt(Lapilli Tuffs) : 래피리응회암류, Kan(Andecites) : 안산암류, Kanb(Andesitic Volcanic Breccia) : 안산암질화산각력암, Kic(Icheonri Formation) : 이천리층<sup>23)</sup>

연구 방법

분석 항목

지하수 중 함유된 인체에 유익한 성분의 양을 평가하기 위해 Na, Mg, K, Ca, Ge, V, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>의 농도를 분석하였다. 분석항목 중 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 먹는물 수질공정시험기준<sup>24)</sup>에 준하여 분석하였고, 그 외 무기물질들은 일본 상수시험방법<sup>25)</sup>에 따라 분석하였다. Table 2에는 분석에 사용한 시험방법과 분석 기기를, Table 3에는 각국의 미네랄에 대한 수질 기준을 나타내었다.

분석 성분에 대한 통계학적 접근

각 항목들 간의 상관성 및 주성분 분석, 요인 분석을 위해 SPSS for Windows 12.0 을 사용하였다.

K index와 O index에 의한 물 맛 및 건강성 평가

광천수의 관능시험을 통하여 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 맛이 좋고 Mg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 맛이 나쁘다는 점 등을 이용한 Hashimoto 교수의 맛있고 건강한 물의 지표 지수<sup>26)</sup>를 통한 물에 대한 평가를 실시하였다.

$$K \text{ index} = Ca - 0.87 Na$$

$$O \text{ index} = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4^{2-})$$

결과 및 고찰

일반적으로 오염되지 않은 지하수의 화학적 특징은 주로 지질에 의해서 좌우되므로 연구지역내 지질학적 특성에 따른 미네랄 성분의 농도와 상관계수 및 요인분석을 실시하여 암석 종류에 따른 지하수의 미네랄 특성에 대해 고찰하였다. 또한 Hashimoto가 제시한 물의 지표를 이용하여 맛있고 건강한 물에 대한 평가를 나타내었다.

지질학적 특성에 따른 미네랄 성분 농도

지하수의 미네랄 농도

지하수의 미네랄 함량은 지질적 환경이나 지하수의 유동에 따라 특성을 보이게 된다. 하지만 기반암의 광물 조성은 지층의 경계면에서처럼 비교적 짧은 거리에서도 상당히 달라질 수 있어서 기반암의 수질 특성은 국부적인

**Table 2. Analytical methods and instruments for determining water quality**

Items	Method and Instrument
Na, Mg, K, Ca, Ge, V	Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry (Agilent 7500)
SiO <sub>2</sub>	UV–VIS spectrophotometer (Varian Cary 300)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ion Chromatograph (Dionex ICS 3000)

**Table 3. Water quality standards for inorganic substance**

Items	unit	standards				
		WHO	EEC	Japan	U.K	RU
Na	mg/L	200		200	150	–
Mg	mg/L	–	50(Mac)	–	50	–
K	mg/L	–	12(Mac)	–	12	–
Ca	mg/L	–	100(GL)	–	250	–
V	μg/L	–	100(Mac)	–	–	100

EEC(Mac : 최대허용농도, GL : 지침값), U.K(영국), RU(러시아)

지역 내에서도 매우 다양하게 나타날 수 있다<sup>27)</sup>. 우선 지질층별 암석의 종류에 따른 분포 지역을 Table 4에 나타내었다. 한국자원지질연구원 지질정보시스템의 지질도에서 각 지하수의 분포 지역을 적용한 결과, 충전층이 연구지역에 가장 넓게 분포하고 있고, 불국사관입암

류는 주로 동래, 금정, 수영, 남구 등지에, 유문암질은 해운대, 영도 등지에, 안산암질은 수영, 남구, 해운대 등지에, 이천리층은 기장군과 부산진구에 주로 분포되어 있었다.

**Table 4. Distribution by kinds of geological features and rocks in Busan area**

Hydrogeologic unit	Rock floor	Distribution region
Alluvium	Qa	Seogu, Junggu, Donggu, Busanjingu, Namgu, etc.
	Kad	Haeundaegu
	Kgd	Yeonjegu, Dongraegu
	Kgp	Yeongdogu, Busanjingu
	Kmgr	Geumjeonggu
	Kada	Dongraegu, Geumjeonggu
	Kbgr	Geumjeonggu, Busanjingu
	Khgdi	Suyeonggu, Namgu
Bulguksa intrusive rocks	Krh	Haeundaegu
	Krt	Haeundaegu
	Krs	Haeundaegu
	Krb	Yeongdogu, Haeundaegu
	Krwt	Yeongdogu
Rhyolitic rocks	Kts	Suyeonggu, Namgu
	Klt	Haeundaegu
	Kan	Suyeonggu, Busanjingu, Yeonjegu, Dongraegu, Geumjeonggu
	Kanb	Busanjingu, Namgu, Haeundaegu
Icheonri Formation	Kic	Gijanggun, Busanjingu

각 미네랄 성분의 함량을 살펴보면, Na는 0.416 ~ 193.300 mg/L, Mg는 0 ~ 44.730 mg/L, K는 0 ~ 9.762 mg/L, Ca는 0 ~ 100.440 mg/L의 범위를 나타내었다. 지점별 농도는 별도로 첨부하였다.(별첨) 미네랄 성분에 대한 기준이 설정되어 있는 WHO와 영국의 수질기준에는 전 지점에서 만족하는 결과를 보였다. Fig. 2는 지질층별 미네랄 농도를 상자 도표로 나타낸 그림이다.

지하수의 주 양이온에 해당하는 Na, Mg, K, Ca의 함량은 암석의 종류나 계열에 따라 용존량에 다소간의 차이가 있다. 일반적으로 Ca>Na>Mg>K의 함량 순위를 보이거나<sup>34)</sup> 부산지역의 지하수에서는 Na(평균 37.299 mg/L)> Ca(31.802 mg/L)>Mg(10.470 mg/L)>K(2.155 mg/L)의 순으로 나타났다. 이는 국내 화강암질암에서의 Ca(20.15 mg/L)> Na(14.35 mg/L)>Mg(4.24 mg/L)>K(0.82 mg/L)<sup>28)</sup>과 전남 지역 지하수의 Ca(29.016 mg/L)> Na(19.348 mg/L)>Mg(3.576 mg/L)>K(1.004 mg/L)<sup>29)</sup>와 다른 분포 양상을 보인다. 하지만 이천리층에서는 Ca 농도가 Na 보다 높게 나타났는데, 이천리층의 주 구성광물인 퇴적암이 화강암에 비해 Na의 주요 공급

원인 사장석을 적게 함유하기 때문이라 판단된다. 전반적으로 Na가 가장 높게 나타나 이유는 지리적으로 해안에 인접한 지역이 많아 염수의 유입에 의한 영향이라 판단되는데, 이러한 염수의 영향 외에 Na가 Ca보다 더 용존되는 경우는 지하수가 방해석 등에 대하여 이미 과포화 상태에 도달하여 방해석이 침전될 때 지하수로부터 Ca가 제거되어 그 함량이 감소될 수 있으나, 이는 심부(300 m 이상) 지하수에서 발생하는<sup>(28)</sup> 경우로써 본 연구대상 지하수에는 극히 제한적으로 해당된다고 할 수 있다. 또한 Na, Mg, K, Ca 농도를 합한 총 미네랄의 평균 농도는 81.726 mg/L로서 국내 화강암질암에서의 39.56mg/L<sup>28)</sup>와 전남지역 지하수의 52.944 mg/L<sup>29)</sup>보다 1.5~2배 정도의 높은 미네랄 농도를 보이고 있으나, 총 미네랄농도 200 mg/L이상인 지하수는 1곳(0.3%)으로 조사되어, 중등도(moderate, 200~700 mg/L) 또는 고농도(high, 700 mg/L 이상) 미네랄수로 알려진 유럽의 생수들에 비해 부산 지역의 지하수는 저농도(low, 200 mg/L 미만)의 미네랄을 함유하고 있는 것으로 나타났다<sup>30)</sup>.

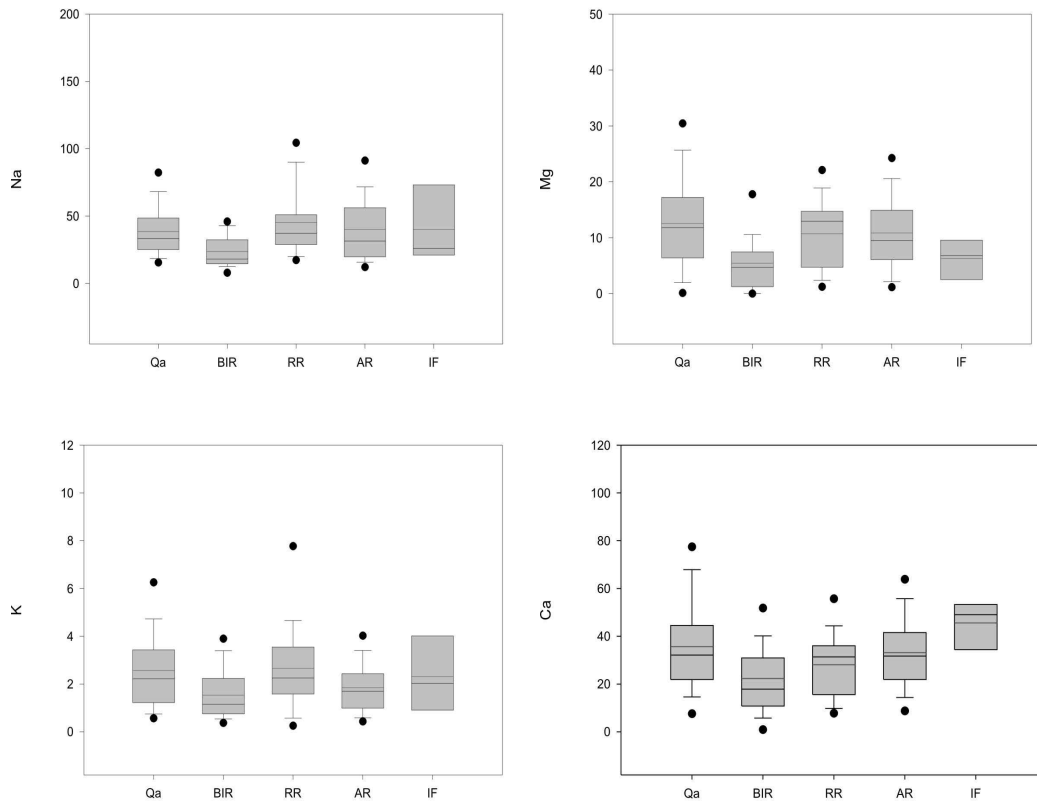


Fig. 2 Box plots of mineral distribution of groundwater by hydrogeologic unit in Busan area  
Qa, Alluvium; BIR, Bulguksa intrusive rocks; RR, Rhyolitic rocks; AR, Andesitic rocks; IF, Icheonri Formation.

지질층별로는 Na는 유문암질암>안산암질암>이천리층>충적층>불국사관입암, Mg는 충적층>안산암질암>유문암질암>이천리층>불국사관입암, K는 유문암질암>충적층>이천리층>안산암질>불국사관입암, Ca는 이천리층>충적층>안산암질>유문암질>불국사관입암 순으로 나타났으며, 총 미네랄농도는 퇴적암류인 충적층과 이천리층에서 각각 89.123 과 94.191 mg/L로써 가장 높게, 불국사 관입암류에서 52.921 mg/L로 가장 낮게 나타났다. 각 지질층과 암석의 종류별 미네랄 농도 분포를 Table 5에 나타내었다.

가장 많은 함량을 보인 Na는 수용성이며 무기질 중 자연계에 널리 분포되어 있는 알칼리원소로서 광물질이나 염화나트륨의 형태로 존재한다. 자연적인 기원은 조암광물인 사장석의 용해이다<sup>17)</sup>. 이외에도 염수와 근접한 지역에서는 지하로 침투한 염수의 영향을 받아 높은 Na 함량을 나타낼 수 있다. Na는 용해도가 매우 크기 때문에 지질학적인 조건 등에 따라 농도차이가 크게 나타날 수 있다. 전체 평균은 37.299 mg/L로서 화강암질의 심부 지하수의 경우 23.20 mg/L, 전남 지역에서 19.348 mg/L, 경기 가평지역에서 7.6 mg/L, 충남 12.1 mg/L 보다 매우 높게 나타났다. 지질층별로 Na가 가장 높게 나타나는 지

질층은 해운대, 영도구에 많이 분포되어 있는 유문암질으로 평균 45.353 mg/L를 보였고, 남부지역(주로 수영구, 남구)에 널리 분포하고 있는 안산암질에서 평균 40.095 mg/L로 높은 Na 농도를 나타내는데 이는 해안에 인접한 지역으로 염수의 유입 영향 때문이라고 판단된다. 그 외 지질층에서도 Na가 23.612 ~ 40.023 mg/L로 타 지역보다 비교적 높은 농도를 나타내었다.

자연 상태에서 Mg는 백운석과 Mg를 포함한 방해석, 흑운모, 각섬석, 휘석, 감람석, 녹니석, 사문석의 용해로부터 유래한다<sup>32)</sup>. 또한 해안가에서는 염수로부터 유래할 수도 있다. 전체 평균은 10.470 mg/L로 광주 지역 10.5 mg/L와는 유사한 농도를, 경기 가평지역의 3.8 mg/L, 충남 지역의 5.5 mg/L보다는 높게 나타났다.

지질층별로는 충적층에서 12.492 mg/L로 가장 높게, 그 다음 순으로 안산암질에서 10.849 mg/L로 나타났으며, 안산암질의 Mg 농도가 다소 높은 것은 안산암질내 상대적으로 풍부한 Mg를 함유한 광물(각섬석, 녹니석 등)의 영향 또는 염수의 영향 때문으로 해석된다. 그리고 화강암이 많이 분포되어 있는 불국사 관입암류의 Mg 농도가 5.434 mg/L로 가장 낮게 나타난 것은 화강암질암에서 Mg를 물 속으로 공급할 수 있는 기원이 되는 광물의 존재

Table 5. Average concentration of mineral by hydrogeologic unit and rock floor (unit : mg/L)

Hydrogeologic unit	Rock floor	Na	Mg	K	Ca	Total
Alluvium	Qa	38.405	12.492	2.571	35.655	89.123
	Mean	23.612	5.434	1.536	22.339	52.921
Bulguksa intrusive rocks	Kad	44.800	6.090	0.885	24.830	
	Kgd	16.854	8.176	1.260	21.003	
	Kgp	31.335	5.974	2.010	41.260	
	Kmgr	22.035	5.714	1.301	22.765	
	Kada	30.308	4.262	1.526	19.925	
	Kbgr	19.595	2.224	1.732	21.332	
	Khgdi	26.223	13.719	1.685	26.790	
	Mean	45.353	10.685	2.658	28.082	86.778
Rhyolitic rocks	Krh	89.935	12.110	3.917	41.555	
	Krt	56.858	16.852	2.067	42.278	
	Krs	108.735	15.630	1.530	47.500	
	Krb	37.861	8.178	2.864	23.708	
	Krwt	28.497	9.837	2.638	20.528	
	Mean	40.095	10.849	1.846	33.169	85.959
Andesitic rocks	Kts	43.950	5.508	1.219	41.827	
	Klt	61.737	8.951	2.142	43.090	
	Kan	27.221	10.302	1.683	26.664	
	Kanb	40.115	15.390	1.916	33.572	
Icheonri Formation	Kic	40.023	6.278	2.317	45.573	94.191

량이 적고<sup>28)</sup>, 화강암에 대한 현미경상 관찰에서 운모나 함마그네슘 광물의 함량은 매우 낮게 나타나는 결과와 부합한다. 이는 물-암석반응에 따른 영향이 크다고 볼 수 있다.

자연적인 K의 기원은 정장석, 미사장석, 흑운모의 용해로부터 유래하며<sup>33)</sup>, 그 외에도 K는 비료의 주 성분이므로 농업활동에 의해서 물속에 유입될 수 있다. 전체 평균값은 2.155 mg/L 로써 광주 지역의 2.7 mg/L, 경기 가평 2.3 mg/L, 충남 1.8 mg/L와 유사한 농도 분포를 보였다. 또한 지질층별 평균은 1.536 ~ 2.658 mg/L로서 다른 성분에 비해 훨씬 낮은 분포를 보이면서 전 지질층에서 고른 분포를 보였다. 일반적으로 지하수에서 K의 농도가 Na보다 훨씬 낮게 나타나는 이유는 규산염 광물의 원소인 Na와 K가 용해작용이나 변질작용에 의하여 분해되어 빠르게 용탈되는데, 용탈된 K가 음전하를 띠는 점토광물이나 유기성 콜로이드입자에 Na보다 훨씬 강하게 흡착되거나 광물의 구조 내에 쉽게 치환되기 때문이다<sup>34)</sup>. 또한 K-장석의 용해 속도가 사장석보다 낮은 것도 지하수에서 K의 농도가 Na보다 훨씬 낮은 이유이기도 하다.

일반적으로 지하수내 용존되어 있는 Ca의 기원은 주로 방해석(CaCO<sub>3</sub>)이나 돌로마이트같은 탄산염광물의 용해, 퇴적암내에 존재하는 석고 그리고 일부는 사장석(CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>)의 용해로부터 기원된다<sup>35)</sup>. 자연적인 기원이 아닌 Ca는 주로 생활 하수나 염수로부터 유래할 수 있고, 제설제로 뿌려지는 CaCl<sub>2</sub>에서 유래한다<sup>36)</sup>. 연구 지역은 겨울에 눈이 거의 내리지 않아 제설제를 사용하지 않으므로 Ca가 제설제로부터 유래하지 않는다. Ca 평균 농도는 31.802 mg/L, 지질층별 평균 농도 22.339 ~ 45.573 mg/L로 광주 28.0 mg/L, 경기 가평 14.8 mg/L, 충남 20.0 mg/L 보다 높은 농도를 보였다. 불국사 관입암

류에서 Ca 농도가 가장 낮은 분포를 보이는데 이는 불국사 관입암류의 주 암종인 화강암, 흑운모 화강암에서의 CaO 함량이 낮기 때문이라고 판단된다.

### 먹는샘물(생수)의 미네랄 농도

미네랄 분포는 Ca(평균 12,200 mg/L) > Na(6,699 mg/L) > Mg(4,244 mg/L) > K(3,577 mg/L) 로 Ca가 가장 높게 나타나, 일반적인 지하수와는 동일한 순이었고, 부산 지역에서 Na가 가장 높게 나타난 결과와는 다르게 나타났다. 또한 총 미네랄의 평균 농도는 26.720 mg/L로써 부산 지역 지하수의 81,726 mg/L보다 상당히 낮은 농도를 보였다. 먹는샘물은 원수인 지하수에 일정한 처리를 거쳐 제품화한 것으로, 제조업체마다 다른 공정을 가지나, 대부분 원수를 2~3단계 필터 여과 또는 활성탄 여과한 후 살균하는 공정을 거친다. 이 중 여과 공정에서 일부 미네랄 성분이 제거된 것으로 판단되며 미네랄 농도 면에서는 부산 지역의 지하수가 시판 먹는샘물보다 우수한 기능을 가지고 있다고 볼 수 있다. Fig. 3에 미네랄 성분별로 지하수와 먹는샘물의 농도를 비교하였다. K를 제외한 모든 미네랄 성분이 지하수에서 훨씬 높게 나타났고, 이는 일부 먹는샘물 제조업체에서 물의 영양 성분을 강화하기 위해 탄산수소칼륨을 첨가하여 인위적으로 고농도 K를 유지하기 때문이며, 엄밀히 말하면 이 제품은 먹는샘물이 아니라 혼합음료에 해당한다<sup>37)</sup>. 수원지별로 분류한 지역별 분포 특성은 경북과 제주지역을 제외한 모든 지역에서 Ca가 가장 많이 분포하였고, 경북 지역에서 Na가 총 미네랄의 87.2%, 제주 지역의 K 농도가 총 미네랄의 69.7%를 보여 타 지역보다 상당히 높은 비율을 차지하였다. Table 6은 제품별 미네랄 함량을, Fig. 4는 지역별 미네랄의 평균 농도를 이용한 분포 비율을 나타내었다.

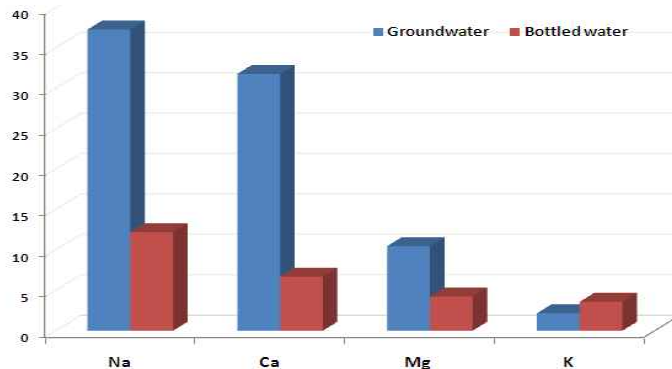
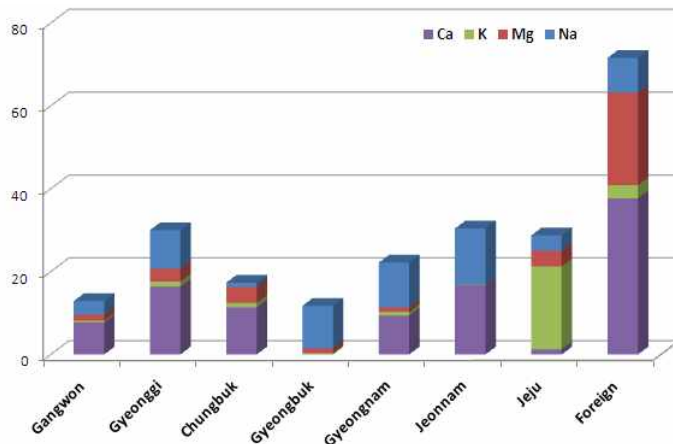


Fig. 3 Comparison of mineral contents between groundwater and bottled water.



**Table 6. Mineral concentration of bottled water by origins** (unit : mg/L)

No	Origin	Na	Mg	K	Ca	Total
1	Pyeongchang	3.112	1.869	0.579	9.140	14.700
2	Yeoncheon	4.928	1.035	0.631	10.350	16.944
3	Auvergne	11.690	9.032	5.229	5.906	31.857
4	Cheongwon	1.268	2.761	1.911	16.980	22.920
5	Cheongwon	0.000	4.702	0.777	6.997	12.476
6	Hongcheon	3.450	1.053	0.235	6.324	11.062
7	Goesan	1.563	6.571	1.256	20.680	30.070
8	Seogwipo	6.460	7.800	3.263	3.313	20.836
9	Ulju	10.240	1.189	0.241	0.071	11.741
10	Evian	4.989	35.710	1.078	69.490	111.267
11	Jeju	2.313	2.221	54.060	0.404	58.998
12	Hapcheon	26.160	1.884	0.683	8.214	36.941
13	Yangju	15.980	3.540	1.633	22.780	43.933
14	Yangju	15.930	3.719	1.676	22.470	43.795
15	Jeju	2.206	1.370	2.701	0.052	6.329
16	Yeoncheon	0.269	4.105	1.112	9.804	15.290
17	Gimhae	6.375	2.048	0.188	10.260	18.871
18	Sancheong	12.490	0.910	1.403	8.205	23.008
19	Sancheong	1.469	0.337	0.864	4.077	6.747
20	Hadong	7.392	0.555	1.104	16.190	25.241
21	Cheongwon	2.256	0.442	0.828	4.654	8.180
22	Cheongwon	0.000	4.704	0.751	7.497	12.952
23	Damyang	13.530	0.054	0.057	16.750	30.391
	Max	26.160	35.710	54.060	69.490	111.267
	Min	0.000	0.054	0.057	0.052	6.329
	Mean	6.699	4.244	3.577	12.200	26.720



**Fig. 4** Distribution of minerals in bottled water by origins.

**기능성 미네랄 Ge, V의 농도**

수계에 존재하는 게르마늄(Ge)은 무기게르마늄으로 Ge(OH)<sub>4</sub>, HGeO<sub>3</sub>가 대표적으로 알려져 있으며, 게르마늄과 규소(Si) 사이에는 서로 치환이 잘 일어나므로 규산염 광물에서 높은 게르마늄 함량을 나타낼 수 있는데 가장 많은 게르마늄을 함유하는 규산염 광물로는 황옥, 석류석, 운모 등이 있다. 또한 해양지각의 열수 황화 광상의 경우 높은 게르마늄 함량을 나타내므로 강물에 비해 바닷물이 더 높은 게르마늄 함량을 나타낸다고 알려져 있다<sup>38,39)</sup>.

전남 지역 먹는샘물의 게르마늄 분석 결과 4개 제품에서 0.007~0.180 µg/L 가 검출되었다고 보고하고 있고<sup>40)</sup>, 바나듐(V)의 경우 제주도내 3개 지역, 22개 지하수 관정에서 1.4~52.8 µg/L 분포를 보인다는 연구 결과가 있으나<sup>41)</sup>, 부산 지역의 지하수 및 먹는샘물에서는 기능성 미네랄 성분으로 알려진 게르마늄, 바나듐은 모두 검출되지 않았다.

**미네랄 성분에 대한 통계 분석**

**상관성 분석**

상관(correlation)분석은 변수들 간의 관련성을 분석하기 위해 사용하는 분석방법으로써 하나의 변수가 다른 변수와 관련성이 있는지, 있다면 어느 정도의 관련성이 있는지 알아보기 위한 분석기법이다. 상관관계 분석에서 보편적으로 자주 이용되는 척도인 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient : r)를 사용하였다. Table 7은 지하수와 먹는샘물의 미네랄 변수들 간의 상관계수를 나타낸 것이다. 미네랄 간의 지질적 특성을 고찰하기 위해 먹는샘물 중 인위적으로 K를 첨가한 제품은 상관성 분석에서 제외시켰다. 지하수와 먹는샘물에서 Mg와 Ca 간의 상관계수가 통계적으로 유의한 수준에서 각각 0.567(p<0.01), 0.848로서 비교적 높게, 지하수의 Na와 Ca 은 0.457 로 다소 높은 상관성을 보인다. 나머지 변수들간의 상관성은 거의 없는 것으로 나타났다.

**Table 7. Comparison of correlation coefficients among mineral components (A : Groundwater in Busan, B : Bottled water)**

Variable		Na	Mg	K	Ca
A	Na	1.000			
	Mg	0.238**	1.000		
	K	0.241**	0.236**	1.000	
	Ca	0.457**	0.567**	0.239**	1.000
B	Na	1.000			
	Mg	-0.079	1.000		
	K	0.080	0.197	1.000	
	Ca	0.064	0.848**	-0.080	1.000

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level, \* Correlation is significant at the 0.05 level

**Table 8. Correlation coefficients among mineral components by hydrogeologic unit**

Variable		Na	Mg	K	Ca
A	Na	1.000			
	Mg	0.219*	1.000		
	K	0.275**	0.158	1.000	
	Ca	0.445**	0.600**	0.272**	1.000
B	Na	1.000			
	Mg	0.392**	1.000		
	K	0.415**	0.345*	1.000	
	Ca	0.504**	0.471**	0.268	1.000
C	Na	1.000			
	Mg	0.510**	1.000		
	K	0.092	0.235	1.000	
	Ca	0.717**	0.861**	0.123	1.000

Variable		Na	Mg	K	Ca
D	Na	1.000			
	Mg	0.039	1.000		
	K	0.154	0.162	1.000	
	Ca	0.399**	0.400**	0.120	1.000
E	Na	1.000			
	Mg	0.743	1.000		
	K	0.901	0.960	1.000	
	Ca	0.384	-0.333	-0.555	1.000

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level, \* Correlation is significant at the 0.05 level  
 (A:Alluvium, B:Bulgooksa intrusive rocks, C:Rhyolitic rocks, D:Andesitic rocks, E:Icheonri Formation)

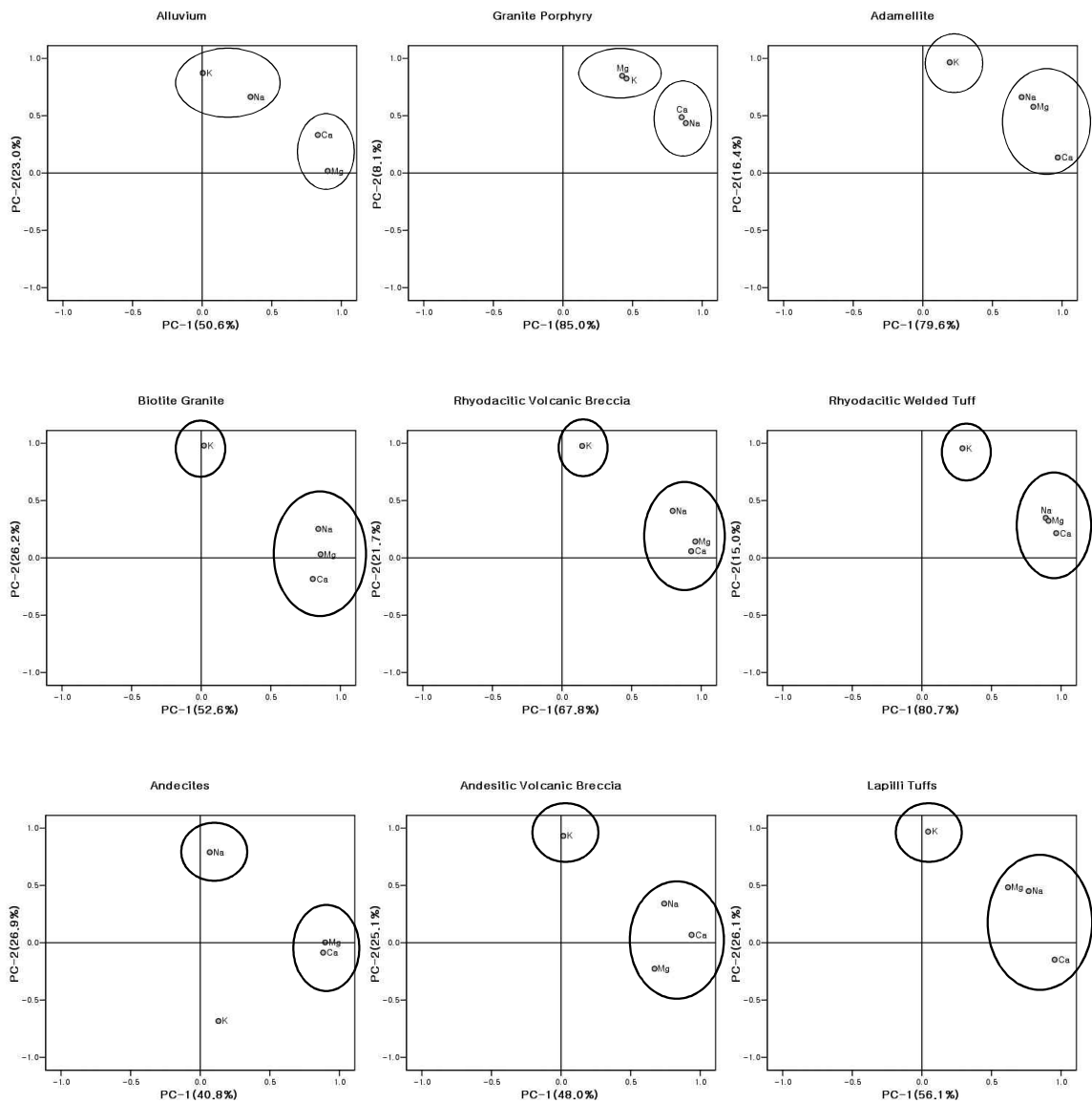


Fig. 5 Factor loading after Varimax rotation for variables.

지질층별로는 충적층에서 Mg와 Ca가 상관계수 0.600(p<0.01)의 비교적 높은 상관성을, 불국사관입암류에서 Na와 Ca가 0.504, 유문암질암에서 Na와 Ca, Mg와 Ca가 각각 0.717, 0.861의 높은 상관성을 보이거나, 불국사 관입암류 및 안산암질에서는 연관성이 나타나지 않았다.

**요인 분석**

요인분석(factor analysis)은 여러 변수들 사이의 상관관계를 기초로 하여 정보의 손실을 최소화하면서 변수의 개수보다 적은 수의 요인으로 자료변동을 설명하는 다변량 분석기법이다. 다른 다변량 분석기법과 차이가 나는 것은 독립변수와 종속변수가 지정되지 않고 변수들 간의 상호작용을 분석하는데 있다.

요인 추출모델은 PCA (principal component analysis) 방식을 이용하였으며, 다요인 가정에 적합하고 요인해석이 용이한 Varimax 직각 회전방식을 택하였다.

충적층에 대한 주성분 분석 결과 Mg와 Ca가 제1요인 성분, K와 Na가 제2요인 성분으로 나타났는데, 요인 1은 방해석의 용해 및 장석의 용해를 나타내고, 요인 2는 장석과 운모의 용해 및 염수 영향의 가능성을 보여준다. 불국사 관입암류 중 화강반암에서는 Na와 Ca가 제1요인 성분, Mg와 K가 제2요인 성분으로 나타났다. 불국사 관입암류 중 아다멜라이트와 흑운모 화강암, 유문암질 중 유문석영안산암질 화산각력암, 유문석영안산암질 용결응회암, 안산암질 중 안산암질화산각력암 및 이천리층에서는 제1요인 성분으로 Na, Mg, Ca, 제2요인 성분으로 K로 나타났다. 요인 1은 사장석과 장석 및 방해석의 용해로, 요인 2는 정장석과 운모류의 용해에 의한 것으로 설명할 수 있다.

**맛있고 건강한 물의 지표**

일본 大阪大 Hashimoto 교수는 일본 전역의 지역별 뇌졸중 사망률과 그 지역 물의 Na, K, Mg, Ca의 함량 및 성분비 사이에 상관관계가 인정되며, 장수지역과 단명 지역 물의 Na, K, Mg, Ca의 함량 및 조성의 유의성이 인정되는 점, 그리고 Ca, K, SiO<sub>2</sub> 성분은 물의 맛을 좋게 하고, Mg, SO<sub>4</sub> 성분은 물의 맛을 나쁘게 하는 인자임을 이용하여 건강에 좋은 물의 지표인 K index와 맛있는 물의 지표인 O index를 제시하였고, 이 두 가지 지표를 이용하여 4 그룹으로 분류하였다<sup>26)</sup>.

$$K \text{ index} = Ca - 0.87 Na$$

$$O \text{ index} = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4)$$

Group I : K ≥ 5.2, O ≥ 2.0 : 건강에 좋고 맛있는 물

Group II : K ≥ 5.2, O < 2.0 : 건강에 좋은 물

Group III : K < 5.2, O ≥ 2.0 : 맛있는 물

Group IV : K < 5.2, O < 2.0 : 어느 쪽에도 속하지 않는 물

부산지역 지하수 중 Group I에 해당하는 지점은 총 291개 지점 중 39개 (13.4%), Group II는 59개 (20.3%), Group III은 104개 (35.7%), Group IV는 89개 (30.6%)로 나타나 Group III의 맛있는 물이 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다. 각 지질층별 지하수에 적용한 결과 각 그룹에 해당하는 지점수를 Table 9에 나타내었다.

충적층에서는 Group I ~ IV가 각각 8.5%, 29.2%, 27.4%, 34.9%, 불국사 관입암류에서는 12.2%, 16.3%, 44.9%, 26.5%, 유문암질에서는 3.0%, 3.0%, 45.4%, 48.5%, 안산암질에서는 22.0%, 18.0%, 37.0%, 23.0%, 이천리층에서는 Group I ~ III까지가 각각 33.3%를 나타내었다. 맛있고 건강한 물은 이천리층과 안산암질에서 각각 33.3%와 22.0%로 가장 높은 분포율을 보였고, 유문암질에서 맛있고 건강한 물 어느 쪽에도 속하지 않는 지하수가 48.5%로 가장 많았다.

먹는샘물의 경우 지역별로 계산된 먹는샘물의 K index 평균값과 O index 평균값은 강원 4.9, 4.3, 경기 8.3, 2.9, 충북 10.5, 3.2, 경북 -8.8, 5.3, 경남 0.0, 4.0, 전남 5.0, 1.9, 제주 -1.9, 8.5, 수입 생수는 30.4, 2.1이었다. 지역별 K, O index와 해당되는 Group을 Table 10에 나타내었다.

제품별로는 건강에 좋고 맛있는 물(Group I)은 6개 제품(강원 1종, 충북 2종, 경기 3종)이 해당되었고, 건강에 좋은 물(Group II)에는 5개 제품(경기 1종, 충북 2종, 경남 1종, 수입 1종), 맛있는 물(Group III)에는 11개 제품(강원 1종, 제주 3종, 경북 1종, 경남 4종, 충북 1종, 수입 1종)으로 가장 많은 제품이 이에 해당되었다. 전남 지역의 1개 제품은 어느 쪽에도 속하지 않는 그룹(Group IV)으로 평가되었다. Fig 6에는 부산지역 지하수와 먹는샘물의 그룹별 분포도를 나타내었다.

부산 지역 지하수 중 건강에 좋은 물이 33.7%, 맛있는 물이 49.1%를, 먹는샘물의 경우 건강에 좋은 물은 47.8%, 맛있는 물은 73.9%를 차지하여 두 시료군에서 모두 건강에 좋은 물보다 맛있는 물의 분포가 많았다. 건강에

좋은 물의 지표인 K index( $\geq 5.2$ )인 부산 지역 지하수가 반적으로 Na의 농도가 높기 때문이라 판단된다. 먹는샘물보다 적은 이유는 염수의 유입 등의 영향으로 전

Table 9. Group distribution of groundwater by rock floor in Busan area

		Group I	Group II	Group III	Group IV
Total (n=291)		39	59	104	89
Alluvium	Qa(n=106)	9	31	29	37
	Kad (n=1)	-	-	1	-
Bulgooksa intrusive rocks	Kgd (n=10)	-	4	1	5
	Kgp (n=2)	1	1	-	-
	Kmgr (n=4)	1	-	2	1
	Kada (n=13)	1	-	7	5
	Kbgr (n=15)	3	1	10	1
	Khgdi (n=4)	-	2	1	1
Rhyolitic rocks	Krh (n=2)	-	-	-	2
	Krt (n=5)	1	-	1	3
	Krs (n=2)	-	-	-	2
	Krb (n=14)	-	-	8	6
	Krwt(n=10)	-	1	6	3
Andesitic rocks	Kts (n=3)	-	2	-	1
	Kan (n=48)	13	13	12	10
	Kanb (n=21)	6	2	8	5
	Klt (n=28)	3	1	17	7
Icheonri Formation	Kic(n=3)	1	1	1	-

Table 10. K index and O index of bottled water by origins

	Gangwon	Gyeonggi	Chungbuk	Gyeongbuk	Gyeongnam	Jeonnam	Jeju	Foreign
K index	4.9	8.3	10.5	-8.8	0.0	5.0	-1.9	30.4
O index	4.3	2.9	3.2	5.3	4.0	1.9	8.5	2.1
Group	III	I	I	III	III	V	III	I

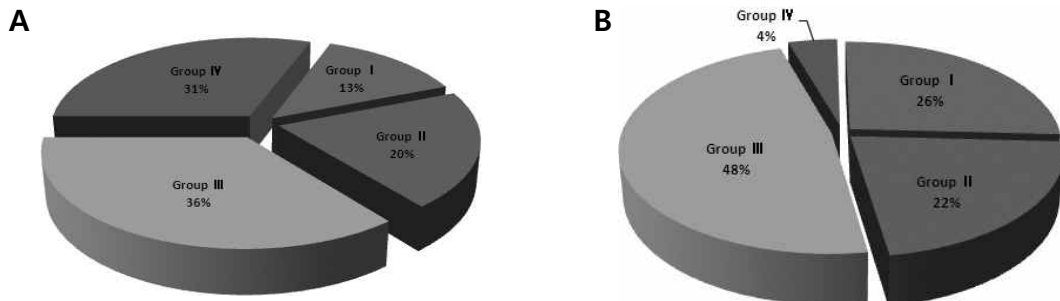


Fig. 6. Group distribution of groundwater(A) in Busan area and bottled water(B).

## 결 론

부산지역 음용 지하수 291개소와 시판 먹는샘물(생수) 23개 제품에 대한 주요 미네랄 성분을 분석하여 각 성분들 간의 상관성, 주성분 분석 및 요인 분석 등의 통계학적 분석을 실시하고, 이들 결과를 Hashimoto 의 맛있고 건강한 물의 지표인 K index와 O index에 적용하여 평가하였다.

1. 미네랄 분포순을 보면 부산지역 지하수는 Na(평균 37,299 mg/L) > Ca(31,802 mg/L) > Mg(10,470 mg/L) > K(2,155 mg/L)의 순을, 먹는샘물은 Ca(평균 12,200 mg/L) > Na(6,699 mg/L) > Mg(4,244 mg/L) > K(3,577 mg/L)로 부산지역 지하수에서의 Na가 높게 나타났는데, 이는 해안에 인접한 지역이 많아 염수의 유입 영향으로 판단된다.
2. 부산지역 지하수의 총 미네랄농도는 평균 81,726 mg/L로서 먹는샘물의 26,720 mg/L 보다 상당히 높은 함유량을 보였다. 퇴적암류인 이천리층과 층적층에서 각각 94,191 과 89,123 mg/L로서 가장 높게, 불국사 관입암류(화강암류)에서 52,921 mg/L 로서 가장 낮게 나타났다.
3. 기능성 미네랄로 알려진 게르마늄과 바나듐은 지하수, 먹는샘물에서 모두 검출되지 않았다.
4. 각 항목별 상관성을 분석한 결과 부산지역 지하수에서 Ca가 Mg, Na와 각각 0.567( $p < 0.01$ ), 0.457로 다소 높은 상관성을 보이고, 먹는샘물에서는 Ca와 Mg의 상관계수가 0.848( $p < 0.01$ )로서 상당히 높은 상관성을 보이나, 나머지 변수들간은 연관성이 거의 없는 것으로 나타났다.
5. 부산 지역 지하수에 대한 주성분 분석 결과 층적층에서는 Mg와 Ca가 제1요인 성분, K와 Na가 제2요인 성분으로 나타났는데, 요인 1은 방해석의 용해 및 장석의 용해를 나타내고, 요인 2는 장석과 운모의 용해 및 염수 영향의 가능성을 보여준다. 불국사 관입암류인 화강반암에서는 Na와 Ca가 제1요인 성분, Mg와 K가 제2요인 성분으로 나타났으며, 그 외 암종에서는 제1요인 성분으로 Na, Mg, Ca, 제2요인 성분으로 K로 나타났다. 요인 1은 사장석과 장석 및 방해석의 용해로, 요인 2는 정장석과 운모류의 용해에 의한 것으로 설명할 수 있다.
6. 부산지역 지하수 중 맛있고 건강에 좋은 물(Group I)은 총 291개 지점 중 39개 (13.4%), 건강에 좋은 물

(Group II)은 59개 (20.3 %), 맛있는 물(Group III)은 104개 (35.7 %), 어느 쪽에도 속하지 않는 물(Group IV)은 89개 (30.6 %)로 나타나 Group III의 맛있는 물이 가장 많이 분포하는 것으로 나타났다.

7. 먹는샘물의 제품별로는 건강에 좋고 맛있는 물(Group I)은 26.1 %인 6개 제품(강원 1종, 충북 2종, 경기 3종)이 해당되었고, 건강에 좋은 물(Group II)에는 21.7 %인 5개 제품(경기 1종, 충북 2종, 경남 1종, 수입 1종), 맛있는 물(Group III)에는 47.8 %인 11개 제품(강원 1종, 제주 3종, 경북 1종, 경남 4종, 충북 1종, 수입 1종)으로 가장 많은 제품이 이에 해당되었다. 전남지역의 1개 제품(4.3 %)은 어느 쪽에도 속하지 않는 그룹(Group IV)으로 평가되었다.

## 참고문헌

1. 지하수 조사연보, 국토해양부(2011).
2. 한국식품공업협회 식품연구소, 광천수의 성분분석 및 규격기준안에 관한 연구(I), pp.84, 87~89(1998).
3. Hendler, SS. The Doctor's Vitamin and Mineral Encyclopedia, simon and Schuster(Eds.), N.Y. p.112(1990).
4. 서정숙 외 3인, 최신 고급영양학, 지구문화사, pp.273~274(2003).
5. 서정숙 외 3인, 최신 고급영양학, 지구문화사, pp.294~300(2003).
6. Lee, YS. Advanced Nutrition, Kwang-moongak Press. Seoul, p.223(1999).
7. Aso, H.,F. Suzuki, T. Yamaguchi and Y. Hayashi, Inducation of interferon and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-132, an organic germanium compound, Gantokagakuryoho, 9, pp.1976~1980(1982).
8. Wallach, J. 죽은 의사는 거짓말을 하지않는다 ! (박우철 역). 도서출판(2005).
9. Jugdaohsingd R., M.R. Calomme, K.Robinson, F.Nielsen, S.H.C. Anderson, P.D'Haese, P. Geusens, N.Loveridge, R.P.H. Thompson, J.J. Powel, Increased longitudinal growth in rats on a silicon-depleted diet. Bone 43, pp.596~606(2008).
10. 먹는물관리법.

11. 환경통계연감, 환경부(2010).
12. 이정자, 김오목, 이병욱, 정유진, 김경태, 최춘석, 맛있고 건강한 물의 미네랄 발란스에 관한 연구, 대한상수도학회·한국물환경학회, 공동 추계학술발표회 논문집, pp.143~151(2006).
13. 송은승, 김은경, 우나리아, 충남 지역 주민들의 약수 이용 실태 및 무기질 함량에 관한 조사 분석, 한국식품영양학회, 19(4), pp.515~525(2006).
14. 문희, 박근형, 전남지역 약수의 미네랄 특성, 한국식품과학회지, 30(2), pp.253~259(1998).
15. 함세영, 조명희, 성익환, 김정숙, 이병대, 조병욱, 한석중, 부산 북서부 화강암 지역 지하수의 화학적 특성, 수처리기술, 7(2), pp.57~68(1999).
16. 함세영, 김광성, 이정환, 정재열, 성익환, 장성, 부산시 사상공단지역의 지하수 수질 특성, 자원환경지질, 39(6), pp.753~770(2006).
17. 함세영, 조명희, 성익환, 이병대, 조병욱, 심형수, 부산 남부지역 지하수와 서북부지역 지하수의 수리화학적 특성 비교, Korean Soci. Groundwater Environ., 6(3), pp.140~151(1999).
18. 손문, 이선갑, 김종선, 김인수, 이진, 부산시 도심지의 지하 지질구조와 단층손상과 관련된 지질위험도 분석, 자원환경지질, 40(1), pp.87~101(2007).
19. 손치무, 이상만, 김영기, 김상욱, 김형식, 1978, 한국 지질도 동래, 윌래도폭 (1:50,000) 및 설명서, 자원개발연구소, p.27(1978).
20. 장태우, 강필중, 박석환, 황상구, 이동우, 한국지질도 부산, 가덕도폭 (1:50,000) 및 설명서, 한국동력자원연구소, p.22(1983).
21. 김태원, 함세영, 정재열, 류상민, 이정환, 손건태, 김남훈, 금정산지역의 수위변동 자료를 이용한 시계열 및 지하수 함양량 분석, 한국환경과학회지, 17(2), pp.257~267(2008).
22. 류상훈, 함세영, 차용훈, 장성, 정재형, 손문, 김기석, 부산광역시 도심부 수리지질 특성과 지하지질 발달상태의 관련성, J. Eng. Geol., 17(3), pp.367~379.
23. 한국지질자원연구원 [www.geoinfo.kigam.re.kr](http://www.geoinfo.kigam.re.kr).
24. 먹는물수질공정시험기준, 환경부(2010).
25. 상수도시험방법, 일본수도협회(1985).
26. 橋本獎° おいしく健康なのミネラルバランス指標, 化学と生物, 26(1), 65(1988).
27. Rogers, R. J., Geochemical comparison of ground water in areas of New england, New York, and Pennsylvania, Ground Water, 27, pp.690~712(1989).
28. 이종운, 전효택, 전용원, 국내 화강암질내 심부지하수의 지구화학적 특성, J. Korean Soci. Groundwater Environ., 4(4), pp.199~211(1997).
29. 이정일, 임향선, 양정고, 오은하, 박종수, 전남지역 지하수의 게르마늄 분포, 전남보건환경연구원보, pp.171~193(2009).
30. Arik Azouldy, MSc,BComm, Philippe Garzon,BSc, and Mark J.Eisenberg, MD,MPH, Comparison of the mineral content of tap water and bottled waters. *Journal of General Internal Medicine, Vol 16, issue 3*, pp.168~175(2001).
31. 박경수, 김종찬, 오조교, 권경안, 정은희, 황선민, 가평지역의 지하수중에 함유된 미네랄성분조사에 관한 연구, 대한위생학회지, 20(1), pp.55~63(2005).
32. Hem, J.D.Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S Geological Survey water-supply paper 2254, p.263(1985).
33. Saether, O.M. and De Caritat, P. Geochemical processes, weathering and groundwater recharge in catchments. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, p.400(1997).
34. 조병욱, 성익환, 추창오, 이병대, 김통권, 대보화강암과 불국사화강암지역 먹는샘물의 수리화학적 특성, J. Eng. Geol., 8(3), pp.247~259(1998).
35. Hounslow, A.W., Water quality data:Analysis and interpretation, Lewis Publishers, NY, USA, p.397(1995).
36. Jeong, C.H. Effect of Land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea, Journal of Hydrology, v253, pp.194~200(2001).
37. 식품공전, 식품의약품안전청(2011).
38. Mortlock, R, A. and Froelich, P, N, Continental weathering of germanium, pp.2705~2082 (1987).
39. Mortlock, R, A. and Froelich, P, N, Excess germanium in Hydro-thermal plums over the southern East pacific Rise., Science 231, pp.43~45(1986).
40. 이호범, 이정일, 박종수, 이증기, 도내 먹는샘물의 미

네랄 성분, 전남보건환경연구원보, pp.255~272 (2010).

의 기능성미네랄 함유 분포 연구, 제주특별자치도환경 자원연구원보, 2, pp.254~267(2009).

41. 송영철, 오상실, 현익현, 오태권, 김수미, 제주지하수

**별첨 : 지점별 미네랄 농도 및 K, O index 값** (unit : mg/L)

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
1	중구1	대동맨션	17,670	0,247	1,200	0,782	2,377	87.0	-14.6	0.0
2	중구2	보수동주민센터	1,919	0,000	0,919	0,000	0,548	8.0	-1.7	0.2
3	중구3	해림탕	7,010	0,000	2,736	0,548	3,509	7.0	-5.6	1.0
4	중구4	역수탕	74,240	35,830	4,492	31,250	43,278	49.0	-33.3	0.9
5	서구1	서구청	29,270	16,900	1,976	26,520	43,006	10.0	1.1	2.7
6	서구3	경남중학교	33,460	28,370	2,113	44,530	38,518	41.0	15.4	1.2
7	서구4	구)부용동사무소	34,240	20,460	3,790	58,270	40,570	42.0	28.5	1.6
8	서구5	동신초등학교	27,220	13,530	3,683	30,380	40,368	16.0	6.7	2.5
9	서구6	동아대학교병원	25,570	13,510	3,720	29,960	38,629	24.0	7.7	1.9
10	서구7	서부교회	33,020	21,420	2,208	34,580	40,590	36.0	5.9	1.3
11	서구8	정법사	26,970	12,680	4,086	40,160	40,739	28.0	16.7	2.1
12	서구9	부민초등학교	41,620	7,729	4,827	21,660	9,520	70.0	-14.5	0.5
13	서구11	동아빌딩	32,210	25,160	4,920	50,770	44,100	40.0	22.7	1.5
14	동구1	하나수영장	100,420	15,560	0,424	43,120	10,330	68.0	-44.2	0.6
15	동구2	경희아파트	69,820	29,260	4,368	86,270	47,790	15.0	25.5	3.1
16	동구3	새마을금고	23,460	1,502	0,808	6,494	10,988	7.0	-13.9	2.2
17	동구4	이원하	42,500	19,510	1,778	46,900	55,781	24.0	9.9	2.4
18	동구5	낙원주택	42,320	18,630	2,56	49,020	53,218	13.0	12.2	3.3
19	영도1	대원맨션	37,240	19,790	8,201	33,220	54,389	11.0	0.8	3.1
20	영도2	신선동체육공원	33,940	17,520	1,974	27,460	47,021	42.0	-2.1	1.3
21	영도3	유림아파트	28,630	14,780	2,437	25,760	49,373	32.0	0.9	1.7
22	영도4	봉래시영아파트	40,010	20,940	3,324	40,100	51,454	50.0	5.3	1.3
23	영도5	해돋이마을	17,120	4,726	1,804	8,270	40,805	9.0	-6.6	3.7
24	영도6	청동초등학교	33,220	4,724	4,660	14,810	45,764	9.0	-14.1	4.8
25	영도7	한리아파트	58,620	12,940	3,775	31,380	38,012	87.0	-19.6	0.7
26	영도8	제일택시	22,400	2,212	2,659	6,775	39,357	7.0	-12.7	5.3
27	영도9	일신마리나아파트	29,060	3,457	3,284	12,580	42,240	38.0	-12.7	1.4
28	영도10	조양아파트	44,400	11,890	3,129	34,350	46,071	20.0	-4.3	2.6
29	영도11	영도중학교	57,090	9,196	3,878	23,190	12,033	63.0	-26.5	0.5
30	영도12	부산남교	41,390	5,764	1,597	31,360	26,433	49.0	-4.6	1.1
31	영도13	고신대학교(1)	28,100	10,030	1,628	21,960	31,714	16.0	-2.5	2.1
32	영도14	고신대학교 (2)	24,420	3,258	0,696	17,850	29,749	19.0	-3.4	2.2
33	영도15	해동중학교	36,000	5,337	2,254	14,440	36,836	13.0	-16.9	2.9
34	영도16	청소년수련원	24,050	1,657	0,372	11,300	32,049	12.0	-9.6	3.2
35	영도17	도개공영구입대(A)	28,980	6,707	2,257	33,800	30,601	35.0	8.6	1.6
36	영도18	삼창파크타운	33,350	7,844	2,550	16,390	30,795	12.0	-12.6	2.5
37	영도21	신한여객(1)	44,240	8,223	4,053	23,290	40,383	25.0	-15.2	2.0
38	영도22	태종대초등학교	29,130	3,936	4,136	9,217	38,491	8.0	-16.1	4.3



연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
39	영도23	경동빌라	36,770	5,016	1,739	23,210	38,701	13.0	-8.8	3.5
40	영도24	주공3단지아파트	17,370	2,654	0,495	18,060	23,160	22.0	2.9	1.7
41	영도25	상리초등학교	18,100	0,194	0,000	10,730	20,280	16.0	-5.0	1.9
42	영도26	대광탕	34,410	6,309	3,845	31,810	28,611	39.0	1.9	1.4
43	부산진구1	한신타워아파트	26,960	17,170	4,583	93,110	36,515	54.0	69.7	1.9
44	부산진구2	화니아파트	13,190	8,355	2,116	17,370	39,393	37.0	5.9	1.3
45	부산진구3	천 용 사	23,100	8,667	2,417	62,650	42,166	64.0	42.6	1.5
46	부산진구4	선경아파트	64,250	15,250	3,035	69,040	34,440	63.0	13.1	1.4
47	부산진구5	삼 광 사	25,930	2,491	0,909	53,280	35,188	62.0	30.7	1.4
48	부산진구6	창신그린힐아파트	50,660	8,188	5,915	25,030	11,297	50.0	-19.0	0.7
49	부산진구7	부산시교육청	12,100	5,991	1,781	20,950	32,352	8.0	10.4	3.9
50	부산진구8	부산여자대학	12,140	6,058	1,853	21,370	36,747	7.0	10.8	4.6
51	부산진구10	천 수 탕	27,720	11,770	2,785	41,480	40,231	17.0	17.4	2.9
52	부산진구12	양정2동사	24,040	16,270	3,011	55,850	40,806	42.0	34.9	1.7
53	부산진구13	황령신테포즈공원	10,100	13,440	1,795	25,510	37,658	11.0	16.7	2.7
54	부산진구14	화신아파트	15,530	19,900	2,287	24,530	24,073	22.0	11.0	1.2
55	부산진구15	화신거화아파트	16,520	1,137	1,077	41,470	12,332	36.0	27.1	1.5
56	부산진구16	전포3동사	24,200	32,580	3,975	77,370	42,888	74.0	56.3	1.2
57	부산진구17	웅 달 샘	17,450	14,100	2,396	31,410	54,983	11.0	16.2	3.5
58	부산진구18	대 성 압	37,340	8,543	1,608	44,620	37,290	46.0	12.1	1.5
59	부산진구19	용 사 촌	21,670	7,499	1,435	37,450	39,563	42.0	18.6	1.6
60	부산진구20	동평여중	20,990	13,540	3,005	29,390	36,524	18.0	11.1	2.2
61	부산진구21	당감1동사무소	31,240	21,000	3,080	76,580	49,562	44.0	49.4	2.0
62	부산진구22	주공소공원	48,110	7,392	3,527	43,960	43,002	65.0	2.1	1.2
63	부산진구23	새당감시장	27,470	9,801	1,560	62,940	32,048	41.0	39.0	1.9
64	부산진구24	국제백양아파트	33,690	5,241	1,762	48,720	45,407	40.0	19.4	2.1
65	부산진구25	당감삼익아파트	35,780	18,970	3,357	67,400	48,553	54.0	36.3	1.6
66	부산진구26	당감4동사밀	50,910	20,390	4,042	77,480	53,502	67.0	33.2	1.5
67	부산진구30	일산아파트	30,670	3,530	1,425	54,940	39,998	45.0	28.3	2.0
68	부산진구32	벽산아파트	31,540	2,534	1,482	39,110	34,880	24.0	11.7	2.8
69	부산진구33	가야3동사열	58,380	16,050	2,166	57,350	45,043	69.0	6.6	1.2
70	부산진구34	동의대학교	13,770	0,543	0,730	17,880	37,880	12.0	5.9	4.5
71	부산진구36	EM연구소	15,330	3,364	1,603	71,400	24,820	8.0	58.1	8.6
72	부산진구37	종합사회복지관	10,540	0,000	1,001	9,532	21,137	8.0	0.4	4.0
73	부산진구38	고원아파트	14,670	0,390	1,099	11,350	20,969	14.0	-1.4	2.3
74	부산진구39	주공2단지	29,890	4,579	2,435	30,790	33,485	39.0	4.8	1.5
75	부산진구41	도개공아파트	17,510	0,778	2,345	10,460	43,625	9.0	-4.8	5.8
76	부산진구43	신개금엘지아파트	27,620	2,753	1,178	29,440	40,477	40.0	5.4	1.7
77	동래1	동래한양아파트	81,120	18,340	3,401	31,810	30,078	107.0	-38.8	0.5
78	동래2	현대아파트	32,440	24,980	4,855	33,540	37,632	114.0	5.3	0.5
79	동래4	동래문화회관	16,460	3,871	1,839	6,729	25,134	16.0	-7.6	1.7
80	동래5	금정사	46,340	7,518	1,306	36,260	39,695	37.0	-4.1	1.7
81	동래6	원예고등학교	47,000	14,390	3,884	41,740	15,419	59.0	0.9	0.8

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
82	동래7	동원빌라	35,150	16,770	1,631	24,920	53,149	37.0	-5.7	1.5
83	동래8	세광아파트	29,360	16,910	1,300	26,240	49,529	32.0	0.7	1.6
84	동래9	화신아파트	44,460	6,826	4,246	19,270	11,385	64.0	-19.4	0.5
85	동래10	화인아파트	34,540	21,620	0,869	38,280	32,767	51.0	8.2	1.0
86	동래11	금강대	13,650	0,481	0,300	11,070	26,770	37.0	-0.8	1.0
87	동래12	미남전화국	25,950	31,070	0,751	27,910	36,476	52.0	5.3	0.8
88	동래13	유원아파트	12,440	4,592	0,344	10,750	30,723	9.0	-0.1	3.1
89	동래14	한신아파트	20,500	12,460	0,538	24,410	40,537	27.0	6.6	1.7
90	동래15	사직여중	17,760	2,150	0,187	18,220	29,738	24.0	2.8	1.8
91	동래16	체육시설관리소	27,510	17,650	0,882	47,870	41,755	46.0	23.9	1.4
92	동래17	화목아파트	13,580	4,904	0,021	36,010	43,990	31.0	24.2	2.2
93	동래18	효산타워아파트	17,350	15,980	2,850	38,560	42,853	96.0	23.5	0.8
94	동래19	명장우성아파트	16,100	9,796	2,647	32,600	42,503	67.0	18.6	1.0
95	동래20	영화아파트	24,060	8,445	2,822	40,340	41,257	42.0	19.4	1.7
96	동래21	일양아파트	11,980	1,599	1,876	10,500	51,059	7.0	0.1	7.4
97	동래22	명장2동사무소	12,750	4,069	0,851	20,060	48,404	29.0	9.0	2.1
98	동래23	동남타워	17,290	1,866	0,744	27,060	37,343	144.0	12.0	0.4
99	동래24	한홍	32,120	4,693	0,900	24,680	55,330	40.0	-3.3	1.8
100	동래25	새온천화신동영	14,540	10,570	1,101	14,190	31,386	26.0	1.5	1.3
101	동래26	대건그린빌라	19,990	12,870	0,623	22,510	36,557	26.0	5.1	1.5
102	동래27	해양자연사박물관	35,690	5,420	0,578	26,420	50,054	39.0	-4.6	1.7
103	동래28	금정마을버스	14,400	4,620	0,911	7,215	38,161	48.0	-5.3	0.9
104	동래29	숲속의 향기	13,650	2,047	0,977	9,481	40,295	45.0	-2.4	1.1
105	동래30	우장춘기념관	39,970	6,199	4,470	18,420	11,746	53.0	-16.4	0.6
106	남구1	대연중앙교회	61,910	3,984	0,750	35,460	33,412	15.0	-18.4	3.7
107	남구2	대우그린아파트	0,416	0,000	0,000	0,000	6,803	4.0	-0.4	1.7
108	남구3	삼익그린아파트	23,870	15,510	1,882	56,660	34,432	4.0	35.9	4.8
109	남구4	부산공업고등학교	40,280	25,300	2,383	49,290	54,049	63.0	14.2	1.2
110	남구5	대호탕	48,970	8,001	4,444	21,930	15,175	59.0	-20.7	0.6
111	남구6	대연초등학교	55,770	8,708	4,696	26,110	17,597	35.0	-22.4	1.1
112	남구7	경성대학교(신학관)	56,710	1,126	0,541	24,830	24,901	70.0	-24.5	0.7
113	남구8	일반주택(정태병)	44,930	10,670	2,402	47,680	36,206	35.0	8.6	1.9
114	남구9	백운초등학교	20,820	11,900	1,819	25,860	29,067	24.0	7.7	1.6
115	남구10	동일아파트	39,190	18,210	3,061	30,620	40,685	15.0	-3.5	2.2
116	남구11	벽산아파트	25,930	8,290	1,174	33,170	32,171	16.0	10.6	2.7
117	남구12	동보빌라	38,810	24,270	2,458	32,930	41,934	15.0	-0.8	2.0
118	남구13	동부타워아파트	34,390	18,970	1,350	31,890	35,062	23.0	2.0	1.6
119	남구14	한진훼미리타운	26,200	13,470	1,155	29,240	34,005	24.0	6.4	1.7
120	남구15	부산인력개발원	16,590	14,880	1,482	14,330	37,963	24.0	-0.1	1.4
121	남구16	신선대(아래솔밭)	18,850	13,200	0,723	16,510	40,842	16.0	0.1	2.0
122	남구17	광원아파트	15,700	3,682	1,868	21,920	41,700	39.0	8.3	1.5
123	남구18	문현여자고등학교	39,580	17,300	1,632	37,700	37,600	40.0	3.3	1.3
124	남구19	인각사	14,160	3,734	0,702	23,350	32,244	14.0	11.0	3.2

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
125	남구20	대도라이프타운	31,280	23,470	1,007	29,210	38,004	24.0	2.0	1.4
126	해운대2	신동비치맨션	65,750	24,820	1,469	67,660	52,071	27.0	10.5	2.3
127	해운대3	로얄셀스빌리지	92,250	17,400	2,748	43,700	61,394	25.0	-36.6	2.5
128	해운대6	삼진마리나아파트	89,720	10,870	4,663	44,340	52,009	48.0	-33.7	1.7
129	해운대7	삼진그린아파트	132,800	14,330	1,180	44,410	45,986	46.0	-71.1	1.5
130	해운대8	삼환아파트	88,590	26,590	1,611	80,140	53,154	39.0	3.1	2.1
131	해운대9	은혜의집	84,670	16,930	1,880	50,590	57,800	44.0	-23.1	1.8
132	해운대10	삼진요트빌라1차	90,150	13,350	3,171	38,770	12,325	35.0	-39.7	1.1
133	해운대12	동백중학교	44,590	13,120	7,587	35,650	26,198	54.0	-3.1	1.0
134	해운대13	개인시설	45,730	13,780	1,646	35,300	49,425	34.0	-4.5	1.8
135	해운대15	마마빌라	57,410	26,740	2,402	47,680	46,561	25.0	-2.3	1.9
136	해운대16	달맞이우성빌라트	98,620	11,980	1,446	46,360	38,869	8.0	-39.4	4.3
137	해운대17	타워힐즈	50,800	20,690	2,327	39,570	46,505	14.0	-4.6	2.5
138	해운대18	추리문화관	39,750	9,116	1,394	20,070	46,618	8.0	-14.5	4.0
139	해운대19	일신3, 5차	91,520	1,495	2,110	41,470	35,700	15.0	-38.2	4.8
140	해운대20	해월정사	58,120	28,040	1,143	49,320	47,934	19.0	-1.2	2.1
141	해운대21	대림힐빌라	52,710	23,830	1,914	41,140	41,807	9.0	-4.7	2.6
142	해운대22	부흥중학교	72,790	12,680	2,712	61,720	40,570	36.0	-1.6	2.2
143	해운대23	좌동초등학교	84,560	12,930	2,692	37,130	9,724	57.0	-36.4	0.7
144	해운대24	현대아파트	44,800	14,520	1,746	33,210	42,880	12.0	-5.8	2.9
145	해운대25	벽산2차아파트	42,320	14,140	3,148	33,840	42,410	31.0	-3.0	1.8
146	해운대26	영남아파트	44,230	14,810	1,813	34,450	48,424	50.0	-4.0	1.3
147	해운대27	상록아파트	44,270	14,670	1,900	36,440	38,958	8.0	-2.1	3.4
148	해운대28	대우1차아파트	42,340	14,030	1,535	33,380	35,885	7.0	-3.5	3.4
149	해운대29	경남선경아파트	39,740	13,090	1,158	31,740	47,303	54.0	-2.8	1.2
150	해운대30	효성,코오롱아파트(1)	95,970	7,816	3,421	67,570	34,528	74.0	-15.9	1.3
151	해운대31	경남아파트	46,700	3,559	3,738	11,250	52,330	13.0	-29.4	4.1
152	해운대32	효성,코오롱아파트(2)	69,970	12,420	3,013	40,640	43,499	54.0	-20.2	1.3
153	해운대33	장산공원	59,100	15,180	3,684	39,620	46,927	34.0	-11.8	1.8
154	해운대35	두산동국아파트	58,470	13,830	2,597	32,680	44,912	24.0	-18.2	2.1
155	해운대36	동부아파트	56,740	6,447	1,676	50,900	41,800	28.0	1.5	2.7
156	해운대37	삼성아파트	48,710	10,590	1,372	31,680	43,139	21.0	-10.7	2.4
157	해운대38	건영1차아파트(1)	53,090	6,297	2,435	23,680	41,032	31.0	-22.5	1.8
158	해운대39	건영1차아파트(2)	51,050	5,319	3,161	18,480	38,148	12.0	-25.9	3.5
159	해운대40	대림1차아파트	56,520	12,580	1,090	33,040	48,577	24.0	-16.1	2.3
160	해운대41	해운대LG아파트	54,530	16,700	1,622	45,980	49,776	22.0	-1.5	2.5
161	해운대42	고려암	44,800	6,090	0,885	24,830	51,929	14.0	-14.1	3.9
162	해운대43	간이상수도	54,090	9,175	0,826	38,800	47,091	31.0	-8.3	2.2
163	해운대46	신동아아파트	66,360	17,120	0,786	55,810	34,065	26.0	-1.9	2.1
164	해운대48	새마을금고	49,120	12,850	1,182	36,430	39,389	17.0	-6.3	2.6
165	해운대49	에덴탕	58,470	7,467	0,963	41,600	38,587	28.0	-9.3	2.3
166	해운대50	현대3차아파트	78,680	8,638	3,515	47,280	26,795	50.0	-21.2	1.3
167	해운대51	에덴동산아파트	48,710	2,866	0,436	34,240	34,857	22.0	-8.1	2.8

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
168	해운대52	현대일성아파트	65,700	4,438	1,362	38,640	26,460	16.0	-18.5	3.3
169	해운대53	현대아파트	71,720	10,080	0,897	57,150	43,262	30.0	-5.2	2.5
170	해운대54	반여초등학교	57,530	6,724	0,798	34,660	42,593	21.0	-15.4	2.8
171	해운대55	어린이놀이터	70,450	9,128	2,282	63,900	44,278	28.0	2.6	3.0
172	해운대56	금사대우아파트	71,570	44,730	0,906	58,370	31,906	59.0	-3.9	0.9
173	해운대59	건영아파트	36,120	3,208	0,483	38,900	35,182	24.0	7.5	2.7
174	해운대61	체육공원	59,970	9,940	4,040	31,750	55,596	14.0	-20.4	3.8
175	해운대62	송미탕	77,150	12,920	1,892	88,640	57,740	39.0	21.5	2.9
176	해운대63	신동아아파트	54,120	8,911	1,684	42,380	47,998	19.0	-4.7	3.3
177	해운대65	금수탕	54,360	4,794	0,448	54,860	39,654	10.0	7.6	6.4
178	해운대66	장산동국아파트	39,590	2,037	0,795	14,780	39,353	9.0	-19.7	5.0
179	해운대67	글로벌아파트	68,440	11,550	3,259	59,620	42,122	30.0	0.1	2.5
180	해운대68	금호아파트	80,900	13,460	2,747	65,790	39,460	59.0	-4.6	1.5
181	해운대69	79시영아파트내	84,580	13,490	4,771	33,520	32,171	20.0	-40.1	2.1
182	해운대70	현대아파트	103,400	15,180	3,692	55,410	42,603	48.0	-34.5	1.6
183	해운대71	청일탕	58,120	4,063	1,035	49,820	45,309	31.0	-0.7	2.7
184	금정1	서1동지하수	18,290	18,180	1,336	29,760	44,711	9.0	13.8	2.8
185	금정2	삼한아파트	27,480	22,220	2,064	42,980	46,128	47.0	19.1	1.3
186	금정3	서동현대아파트	29,040	9,284	1,526	25,280	53,031	17.0	0.0	3.0
187	금정4	아신아파트	29,770	15,090	1,733	36,060	44,745	21.0	10.2	2.3
188	금정5	금정전자공고1	34,400	6,310	1,405	19,250	55,913	27.0	-10.7	2.3
189	금정6	금정전자공고2	21,080	7,451	1,975	23,250	47,238	8.0	4.9	4.7
190	금정7	서동상가시장	26,990	17,700	1,188	54,680	47,754	23.0	31.2	2.5
191	금정8	서곡초등학교	32,790	6,062	3,179	18,090	19,970	20.0	-10.4	1.6
192	금정11	시영APT120동	28,510	16,960	2,467	46,620	54,238	40.0	21.8	1.8
193	금정12	시영아파트115	22,440	14,260	2,218	34,150	53,601	31.0	14.6	2.0
194	금정13	보덕사	21,670	14,330	1,474	25,350	47,847	24.0	6.5	1.9
195	금정14	금양중앙	16,540	4,670	0,602	30,380	38,110	14.0	16.0	3.7
196	금정15	부곡압입구	15,000	7,900	0,714	17,610	36,977	7.0	4.6	3.7
197	금정16	대동대학	18,170	9,426	0,654	27,850	44,904	18.0	12.0	2.7
198	금정17	금정구청	100,720	8,129	6,088	100,440	41,256	82.0	12.8	1.6
199	금정18	오륜동사	19,840	0,971	6,699	3,173	24,648	7.0	-14.1	4.3
200	금정19	본동입구	16,400	2,019	0,462	11,590	42,225	7.0	-2.7	6.0
201	금정20	국민주택	40,200	8,268	3,426	31,480	30,316	28.0	-3.5	1.8
202	금정21	부곡교회	37,620	2,878	2,029	21,240	44,250	24.0	-11.5	2.5
203	금정22	SK아파트	68,180	5,972	6,378	46,800	31,839	63.0	-12.5	1.2
204	금정23	현대2차아파트	42,620	7,391	2,260	25,220	57,234	42.0	-11.9	1.7
205	금정24	대진정보고	25,300	4,809	1,787	16,200	44,044	30.0	-5.8	1.8
206	금정25	부산대학교	42,770	7,154	2,887	25,290	54,698	26.0	-11.9	2.5
207	금정27	하정마을	15,770	1,397	3,960	10,280	36,095	8.0	-3.4	5.4
208	금정28	상현마을	16,340	0,000	3,085	1,050	48,270	6.0	-13.2	8.7
209	금정29	신천마을	16,730	0,409	2,432	9,847	54,270	8.0	-4.7	7.9
210	금정30	두구동사무소내	22,160	3,458	1,235	12,340	54,002	8.0	-6.9	5.9

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
211	금정31	두구동 연못위	23,640	6,775	1,190	15,180	59,490	9.0	-5.4	4.8
212	금정32	임석마을	18,010	0,720	1,450	10,830	60,681	8.0	-4.8	8.4
213	금정34	자두농원입구	6,656	1,722	0,798	3,450	29,477	18.0	-2.3	1.7
214	금정35	대룡마을	7,594	2,594	0,597	5,763	27,209	5.0	-0.8	4.4
215	금정36	작장마을위	16,050	5,226	1,314	13,570	32,593	12.0	-0.4	2.8
216	금정38	남산동사무소내	33,790	13,010	6,348	38,040	44,322	29.0	8.4	2.1
217	금정39	남산초등학교	29,320	18,560	1,697	33,950	48,524	21.0	0.2	2.1
218	금정40	럭키남산APT	19,070	9,080	1,573	16,760	46,376	26.0	7.9	1.8
219	금정41	남산하이츠APT	28,310	17,880	2,532	32,520	54,498	21.0	-3.5	2.3
220	금정42	국제그린파크	34,060	4,957	4,487	26,180	52,723	28.0	-5.3	2.5
221	금정43	금단마을	45,420	5,602	0,611	34,190	46,759	19.0	-11.6	3.3
222	금정44	한일APT	25,230	1,407	4,359	10,380	55,779	9.0	-31.6	6.8
223	금정45	태평양아파트	51,810	3,590	0,697	13,520	37,604	10.0	-2.1	3.8
224	금정46	경보아파트	30,310	0,046	7,125	24,260	39,344	41.0	-21.2	1.7
225	금정47	무지개아파트	68,030	11,700	9,762	38,030	38,930	28.0	-34.6	2.2
226	금정48	금강부광APT	73,090	10,390	3,398	28,990	31,224	40.0	-44.2	1.3
227	금정49	두실경로당앞	82,880	9,080	3,228	27,880	49,521	53.0	3.5	1.3
228	금정50	신동아APT102	58,360	18,380	1,686	54,280	55,137	32.0	-10.4	2.2
229	금정51	부영벽산APT102동	47,150	11,630	1,945	30,620	42,975	26.0	-23.5	2.0
230	금정52	우성APT8동	38,130	2,263	2,810	9,677	4,017	19.0	-23.5	0.8
231	금정53	우성APT12동	27,410	3,366	0,648	21,900	60,380	9.0	-1.9	6.7
232	금정54	선경1,2차APT8동	35,640	7,591	0,540	18,670	53,831	35.0	-12.3	1.7
233	금정55	선경3차APT311동	34,550	13,360	2,204	35,180	45,672	48.0	5.1	1.4
234	금정56	선경3차APT312동	33,070	0,000	0,364	18,740	39,655	10.0	-10.0	5.9
235	금정57	일신APT2동	45,910	6,605	0,662	42,500	43,267	21.0	2.6	3.1
236	금정60	금성어린이집	33,200	6,850	1,159	29,250	36,852	7.0	0.4	4.9
237	금정61	금성토산주	29,530	3,966	1,222	34,540	36,157	5.0	8.8	8.0
238	금정62	국청사뒤	14,290	1,067	1,350	14,990	37,312	5.0	2.6	8.8
239	금정63	구서동 산25-1(1통지내)	13,110	0,837	1,082	14,580	38,746	5.0	3.2	9.3
240	금정64	구서동 산30(2통지내)	8,169	0,000	0,982	0,841	40,068	15.0	-6.3	2.8
241	금정65	남문입구	16,270	0,000	0,775	5,837	40,299	5.0	-8.3	9.4
242	금정66	세심정	13,620	0,000	1,052	0,612	35.1	5.0	-11.2	7.4
243	연제1	부산교육대학교A	35,490	8,758	2,855	21,860	51,296	32.0	-9.0	1.9
244	연제2	개인택시조합A	18,330	7,310	1,204	28,980	38,818	14.0	13.0	3.2
245	연제3	개인택시조합B	15,770	7,135	1,714	29,300	38,004	14.0	15.6	3.3
246	연제4	대우그린아파트	23,110	26,540	3,843	47,810	47,229	70.0	27.7	1.0
247	연제5	부산의료원	20,740	6,803	1,410	39,400	29,513	42.0	21.4	1.4
248	연제6	국가기록원 역사기록관	14,650	4,719	0,405	15,940	31,489	29.0	3.2	1.4
249	연제7	양지재활원A	20,860	8,927	2,766	29,760	35,430	32.0	11.6	1.7
250	연제8	아시아드주경기장	24,120	3,223	0,796	24,260	39,212	25.0	3.3	2.3
251	연제10	연산중학교	15,480	7,916	1,363	15,120	34,255	18.0	1.7	2.0
252	연제11	동서무지개아파트	20,460	6,319	0,637	11,660	18,822	25.0	-6.1	1.0

연번	시료번호	지점명	Na	Mg	K	Ca	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K-index	O-index
253	연제12	연산초등학교A	25,760	15,480	2,020	34,900	39,373	21.0	12.5	2.1
254	연제13	물만골A	17,680	9,489	0,584	26,820	28,726	13.0	11.4	2.5
255	연제14	물만골B	8,836	2,876	0,992	8,970	30,795	9.0	1.3	3.4
256	연제15	한일유엔아이아파트	24,680	5,323	0,983	17,000	23,054	12.0	-4.5	2.4
257	연제16	새싹어린이공원	48,290	27,890	3,163	40,950	31,074	56.0	-1.1	0.9
258	연제17	동명초등학교	17,710	12,080	1,408	18,790	33,879	13.0	3.4	2.2
259	연제18	연제중학교	19,990	14,940	1,240	22,450	31,164	20.0	5.1	1.6
260	연제19	동남정사	36,860	21,930	2,990	36,180	40,721	39.0	4.1	1.3
261	연제20	청마파크아파트	27,710	20,810	1,420	33,180	35,358	42.0	9.1	1.1
262	연제21	경상대학A(학생회관)	18,780	8,604	0,827	17,910	36,638	12.0	1.6	2.7
263	연제22	경상대학C(도서관)	11,100	2,018	0,210	6,532	31,011	8.0	-3.1	3.8
264	연제24	부산외국어고등학교	16,080	6,909	0,115	16,920	26,281	9.0	2.9	2.7
265	연제25	현대아파트	23,440	8,377	2,286	18,630	29,923	41.0	-1.8	1.0
266	연제26	부산교육연수원	19,640	8,773	1,269	16,980	31,954	13.0	-0.1	2.3
267	연제27	환경자원관리소	26,020	14,290	0,936	19,420	43,927	29.0	-3.2	1.5
268	연제28	망미주공아파트	25,120	9,598	1,025	8,777	12,022	10.0	-13.1	1.1
269	연제29	엘지아파트A	23,810	11,240	1,412	26,340	45,308	31.0	5.6	1.7
270	연제30	오대양수산	19,030	10,650	1,168	23,250	36,583	17.0	6.7	2.2
271	연제31	연산선경아파트	28,420	12,980	1,596	21,320	40,597	32.0	-3.4	1.4
272	연제32	부전타워아파트	24,990	11,610	2,188	24,140	34,750	12.0	2.4	2.6
273	수영5	환돌실버타운	27,230	14,920	2,141	30,560	38,119	31.0	6.9	1.5
274	수영6	삼성아파트	22,950	10,060	1,137	23,900	30,513	17.0	3.9	2.1
275	수영8	덕문여고	24,360	9,286	2,224	26,590	28,586	20.0	5.4	2.0
276	수영9	광원아파트	38,730	22,330	2,654	40,160	38,199	44.0	6.5	1.2
277	수영10	수영한서병원	57,290	9,503	2,481	31,660	19,175	42.0	-18.2	1.0
278	수영11	성분도수녀원	193,300	0,000	0,778	1,532	26,681	45.0	-166.6	0.6
279	수영12	(구)공무원교육원	40,860	6,239	1,637	53,370	32,376	33.0	17.8	2.2
280	수영13	수영구도서관	43,620	15,170	2,870	64,140	20,032	35.0	26.2	1.7
281	수영14	부일전원빌라	31,520	0,228	0,247	36,510	21,118	36.0	9.1	1.6
282	수영15	그랜드빌리지	70,630	0,000	0,581	21,900	21,118	43.0	-39.5	1.0
283	기장1	기장읍사무소	24,610	8,361	3,118	22,170	48,824	7.0	0.8	4.8
284	기장2	기장고등학교	28,160	28,010	2,894	38,130	33,699	163.0	13.6	0.4
285	기장3	정관면사무소	18,630	8,513	2,815	26,180	41,894	13.0	10.0	3.3
286	기장4	한신그린코아	32,700	36,040	4,792	72,750	46,369	54.0	44.3	1.4
287	기장5	부산관광개발	21,000	6,789	2,027	34,390	37,868	17.0	16.1	3.1
288	기장6	천년약속	20,550	10,590	2,073	28,410	27,546	21.0	10.5	1.8
289	기장7	대진로얄아파트	31,820	33,160	2,228	71,370	30,699	79.0	43.7	0.9
290	기장9	장안고등학교	73,140	9,554	4,014	49,050	45,607	30.0	-14.6	2.5
291	기장10	기장군청	24,000	4,877	6,364	15,730	72,547	7.0	-5.2	8.0