

Evaluation and characteristics of commercial portable ground-water in Korea

Byong-Wook Cho · Ig-Hwan Sung · Chang-O Choo · Byeong-Dae Lee,
Tong-kwon Kim · In-Ho Lee

Korea Institute of geology, mining and materials, Earth environment division

ABSTRACT

Chemical analysis, measurement of pumping rates of 60 production wells and depth to water tables of 57 monitoring wells were carried to protect depletion of water resources and deterioration of water quality for the commercial portable ground-water. Borehole depth of production well averages 149m(31 boreholes), casing depth is 28m(29 boreholes), production rate is 70m³/day and depth to water table of monitoring well is 23.26m, respectively. The geology of 60 wells can be divided into Daebo granite(20), Okchun metamorphic complex(18), Precambrian granitic gneiss(15), Bulguksa granite(4), Cheju volcanics(2), Cretaceous sedimentary rock(1). Average electrical conductivity and pH are 152 μ S/cm, and 7.35, respectively. The contents of major cation and anion predominantly $Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > K^+$ and $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^- > F^-$. Water type is predominantly $Ca^{2+}-HCO_3^-$ (81.7%). It's possible that water chemistry of some wells were affected not only by the geology of boreholes penetrated but by inflows of surface water or shallow ground-water. Therefore, it is strongly necessary to steadily monitor the water quality and hydrogeologic conditions of production wells.

I. 서론

60개 먹는샘물 제조업체의 수질특성을 파악하기 위해서 취수정의 제원, 취수량, 감시정의 지하수심 등의 수문지질조사와 함께 주요 양이온과 음이온을 위시한 14개 성분에 대한 수질 분석 및 측정이 이루어졌으며 이를 지질과 연관시켜 수질특성과 이의 해석을 시도하였다.

II. 수문지질

1. 지질

먹는샘물이 위치한 지역의 지질은 크게 선캄브리아기 화강편마암류, 옥천계변성암류, 대보 화강암, 불국사화강암, 백악기퇴적암, 4기 화산암으로 구분된다.

2. 취수정 심도

일반적으로 심도가 깊어질수록 물-암석간의 상호반응 시간이 길어져서 pH, 용존물의 증가 등을 보인다¹⁾. 취수정의 심도는 98m에서 400m의 범위이며 평균심도는 149m이다.

3. 허가취수량 및 현 취수량

대수층의 특성에 따라 차이가 있으나 결정질암에 있어서는 균열의 발달정도, 방향성, 충전 물질의 화학적 특성²⁾과 양수량에 따라서 지하수의 수질은 변할 수 있다³⁾. 각 먹는샘물 제조업체의 환경영향평가조사 결과에 의한 허가취수량과 사후관리에 의해서 확인된 42개 먹는샘물 제조업체의 취수량자료(1998.4-1998.7)는 Table 2와 같다.

III. 시료채취 및 분석

1. 시료채취 및 분석

수소이온농도(pH)와 전기전도도(EC)는 채수즉시 현장에서 측정 하였고, 실내 수질분석은 AAS를 사용하여 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_2 , Al , Cl^- , F^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 를 분석하였다.

2. 이온전하 균형

60개 전체 업체의 이온전하균형은 0.1~16.3 %범위로서 평균 5.1 %이다. 이 중에서 8개 업체의 지하수가 10 % 이상의 이온균형의 차이를 보인다.

IV. 결과

1. 수질유형

Chevotarev(1955)에 의하면 일반적으로 지하수의 이동 즉, 연령이 오래될 수록 음이온은 HCO_3^- 에서 SO_4^{2-} , Cl^- 로 진화한다고 하였다⁴⁾. 물론 이는 가장 이상적인 조건에서 지하수의 유동에 따른 음이온의 진화이다. 이에 의하면 전국 먹는샘물의 수질은 진화의 초기단계에 있다고 볼 수 있다.

Back(1966)은 공급지역에서 배출지역으로 지하수가 이동함에 따른 지하수내에 용존된 성분 함량이 달라지는데 이를 표시하기 위하여 hydrochemical facies를 사용하였다⁵⁾. 각 지질별 먹는샘물의 지하수 유동 시스템에 따른 수질 특성을 알기 위하여 주요 이온의

epm(equivalent per million)을 Piper 다이어그램에 도시하였다⁶⁾(Fig. 2). 60개 먹는샘물의 수질유형은 양이온은 Ca^{2+} dominant type, 음이온은 HCO_3^- dominant type을 보인다.

2. 용존물질의 함량

pH : 60개 먹는샘물의 수소이온농도는 6.08~8.17의 범위를 보이며 평균 7.35이다.

EC : 전기전도도는 43.9~314 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 범위로서 전체 평균은 151.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이다.

K^+ : 함량범위는 0.07~2.91 mg/ℓ 이며 전체적인 평균은 1.01 mg/ℓ 이다

Na^+ : Na 의 경우 1.63~21.1 mg/ℓ 범위로서 전체평균은 7.35 mg/ℓ 이다.

Ca^{2+} : Ca^{2+} 의 함량범위는 3.15~43.4 mg/ℓ , 전체평균은 17.36 mg/ℓ 이다.

Mg^{2+} : Mg^{2+} 는 0.36~15.0 mg/ℓ 범위로서 전체평균 3.55 mg/ℓ 이다. 옥천계변성암에서 Mg^{2+} 의 함량이 가장 높은 것은 이 지역의 지질특성과 관련되는 현상으로 보인다.

SiO_2 : SiO_2 는 2.09~45.5 mg/ℓ 범위로서 전체평균 18.41 mg/ℓ 이다. 제주도에서 함량이 높은 것은 규소의 함량은 낮은 편이지만 풍부한 지하수가 빠른 속도로 유동하기 때문에 주변 암석을 용해하는 속도가 상대적으로 빠르다. 일반적으로 염기성암석의 풍화속도는 산성암보다 평균 2.5배 빠른 것으로 알려져 있다⁷⁾.

Al^- : Al^- 은 화강편마암 지역 2곳, 주라기화강암 지역 1곳, 불국사화강암 지역 3곳, 제주도 화산암 지역 1곳에서만 미량으로 함유(최대 0.1 mg/ℓ)되어 있다.

Cl^- : Cl^- 은 1.06~15.1 mg/ℓ 의 범위에서 전체평균은 4.1 mg/ℓ 이다.

SO_4^{2-} : SO_4^{2-} 는 0.96~42.5 mg/ℓ 의 범위에서 전체평균은 10.05 mg/ℓ 을 보인다.

F^- : F^- 함량은 화강암, 편암, 편마암지역에서 높고 일반적으로 대수층의 심도가 깊을수록 증가한다¹⁾. F^- 함량 분포는 0~1.91 mg/ℓ 의 범위이며 전체평균은 0.36 mg/ℓ 이다.

NO_3^- : NO_3^- 의 함량은 0~4.33 mg/ℓ 범위이고 전체평균은 0.87 mg/ℓ 이다. 함량분포는 지질특성 보다는 주변환경과 관련되는 것으로 생각된다. 함량이 1 mg/ℓ 이상이면 농업활동이나 하수오물의 누출에 의한 오염으로 간주할 수 있다⁸⁾.

HCO_3^- : 옥천계변성암 지역(105.86 mg/ℓ)에서 중탄산의 함량이 가장 높다.

3. 원소간의 상관관계분석

전체업체의 평균적인 상관관계를 보면 Mg^{2+} - HCO_3^- (0.79), Ca^{2+} - HCO_3^- (0.79)가 가장 높으며 지질별 상관관계 분석결과에 의하면 각 지질마다 상이한 상관계수를 보인다.

4. 용존이온간의 거동특성

양이온의 함량은 Ca^{2+} 가 가장 높으며 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ 의 순이다. 화강편마암 지역의 1개업체, 옥천계변성암 지역의 8개업체(지역 내에서 53.3 %를 차지), 그리고 대보화강암지역의 1개 업체에서는 Mg^{2+} 가 Na 보다 함량이 높아 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ 의 함량순서를 보인다.

인위적 오염에 의한 성분인 NO_3^- 를 제외한 음이온 성분의 함량은 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^-$ 의 순을 보인다. 전체평균치는 각각 HCO_3^- 가 77.4 mg/ℓ 이고, SO_4^{2-} 는 10.1 mg/ℓ , Cl^- 은 4.1 mg/ℓ ,

F⁻는 0.4mg/ℓ 이다.

V. 결론

1. 수질분석된 60개 먹는샘물 제조업체의 분포는 유라기화강암(20), 옥천계변성암류(18), 화강편마암류(15), 불국사화강암(4), 신생대 퇴적암(2), 백악기퇴적암(1)이다.
2. 31개 취수정의 평균 굴진심도는 149m, 29 취수정의 평균 케이싱심도는 28m, 42개 취수정의 일평균 취수량은 허가취수량의 23.8%인 70m³/day이고 수위가 가장 낮은 감시정(57개)에서의 평균 지하수심은 23.26m이다.
3. 60개 업체의 평균 전기전도도는 152 μS/cm, pH는 7.35이다
4. 주요이온 함량은 양이온은 Ca²⁺>Na⁺>Mg²⁺>K⁺, 음이온은 HCO₃⁻>SO₄²⁻>Cl⁻>F⁻(NO₃⁻는 제외)이다.
5. 수질 유형은 Ca²⁺-HCO₃⁻이 81.7%로 우세한데 이는 장석류의 선택적인 용해에 의한 것으로 본다.
6. 전반적으로 보아 먹는샘물 제조업체의 수질은 취수정이 관통한 지질에 지배를 받고 있으나 그라우팅 정도 등에 의한 인위적인 요소에 의해서도 영향을 받고 있다.
7. 따라서 먹는샘물의 수질은 취수량 증감에 의해서 영향을 받을 것으로 보여 지속적인 사후관리가 필요하다

참 고 문 헌

- 1) 이종운, 전효택, 전용원. "국내 화강암질내 심부지하수의 지구화학적 특성", 지하수환경학회4(4), pp199-211 (1997)
- 2) Caona et al. "Quality of water in an aquifer and its manifestation in pumping wells", Jour. of Hydrology, 78, pp165-181 (1985).
- 3) P.F. Folger, E. Poeter, R.B. Wanty, Frishman, and W.Day. "Controls on ²²²Rn variations in fractured crystalline rock aquifer evaluated using aquifer test and geophysical logging", Groundwater, 34(2), pp253 (1996).
- 4) R. Allan Freeze and John A. Cherry, "Groundwater", Prentice-Hall, Inc, pp604 (1979).
- 5) Back, W. "Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain", U.S. Ggeo. Surv. Prof. Paper 498A, pp42 (1966).
- 6) Noel c. Krothe and Marcel P. Bergeron. "Hydrochemical facies in a Tertiary basin in the Milligan Canyon area, Southwest Montana", Groundwater 19(4), pp394 (1981)
- 7) Nahon, D. B. "Introduction to the petrology of soils and chemical weathering" (1991).
- 8) Banks, D. Reimann, C., Royset, O., Skarphagen, H. and Saether, O. M. "Natural concentrations of major and trace elements in some Norwegian bedrock ground-waters", Appl. Geochem, 10, pp1-16 (1995).