

금산지역 고불소 지하수의 지구화학적 특성과 불소의 기원

황 정 · 박 총 화¹⁾

주요어: 형석광화대, 백악기 화강암, 고불소 지하수, 함불소 규산염광물, 페그마타이트

1. 서 론

일반적으로 사람의 뼈와 치아건강을 위해서는 약 1mg/l 정도의 불소섭취가 필수적이며, 불소섭취량이 과다하거나 기준에 미달되면 건강에 유해한 것으로 알려져 있다. 음용수내 불소의 최대허용기준은 각국의 식생활형태와 기후조건에 따라 1.2~2.4mg/l 범위로(US EPA, 1976) 다양하다. 우리나라의 경우 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙이 1996년 개정되면서 과거 1.0mg/l에서 1.5mg/l로 기준이 완화된 실정에 있다. 그러나 최근에는 어린이의 경우 0.75mg/l 이상인 식품이나 약품에 장기간 노출되면 건강에 위해하다는 연구결과도 있어(Bjorvatn et al., 1992), 불소 초과섭취에 따른 우려가 확산되고 있다. 이 연구는 형석광상이 밀집부존하여 지하수의 불소오염이 가장 우려되는 금산지역 지하수의 지구화학적 특성과 불소의 기원에 대하여 고찰하는데 있다.

2. 시료채취 및 방법

음용 지하수 시료는 석회암지역에서 11개, 유라기 화강암지역에서 9개, 백악기 화강암지역에서 24개가 채취되었다. 채취된 시료의 pH, Eh, 온도, EC, 중탄산이온 농도, 용존산소량 등의 물리적 성질은 현장에서 측정되었다. 중탄산이온 농도는 메틸오렌지 지시약을 이용하여 염산으로 적정하여 계산하였다. 양이온 분석용 시료에는 용기 벽면에 양이온의 흡착을 방지하기 위하여 농질산을 가해 pH를 2이하로 조절하였다. 시료채취과정과 현장분석전처리 등은 Greenberg(1992)의 방법을 참조하였다. 화학분석은 기초과학 지원연구소에서 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 지구화학적 특성

지하수 분석결과 수질은 모암의 종류에 관계없이 질산성 질소가 기준치를 초과하는 경우

1) 대전대학교 지질공학과(jeongha@dragon.taejon.ac.kr)

가 다수 있으며, 백악기 화강암지역 지하수에는 F가 최고 13.5 mg/l 까지 포함되어 있어 주민들의 식수오염이 우려된다. 고불소 지하수는 F함량이 증가함에 따라 주성분 중 Na, HCO_3^- , Cl, SiO_2 등은 증가하며, Ca, Mg 등은 감소한다(Fig. 1). 또한 F함량이 증가함에 따라 B, Li, Rb, Cs 등의 미량원소 성분이 증가한다. 특히 고불소 지하수의 pH는 7.8이상으로서, 이는 지하수내 F의 방출은 pH가 7.5 이상이거나 4이하인 환경에서 최대이며 pH가 6근처에서 최소라는 기존의 연구결과와 일치한다(Hounslow, 1995). 지하수의 대표적인 양이온과 음이온에 대한 분석자료를 종합하면 모암의 종류에 관계없이 연구지역의 지하수는 Ca- HCO_3 유형이며, 일부 백악기 화강암 지하수는 Ca- HCO_3 유형의 지하수에서 Na- HCO_3 유형의 지하수로 진화한다. 이러한 변화는 지하수의 심도증가와 관련이 깊다.

3-2. 불소의 기원

일반적으로 F의 기원은 F-광물의 용해, 화산 및 분기공활동, 산업적 방출 등에서 기원한다. 연구지역에는 금·은·형석 광상들이 밀집부존하므로 지하수의 불소는 주로 형석의 용해에 기인할 가능성이 매우 높다. 특히 연구지역 고불소 지하수들은 Na와 HCO_3 가 풍부한데 이는 Na-bicarbonate water가 형석으로부터 F방출에 가장 효과적이라는 연구결과와 잘 일치한다(Handa, 1975; Rao et al., 1993). 그러나 형석의 용해도는 일반적으로 매우 낮기 때문에 화강암질암의 심부지하수내 불소의 상당량은 합불소 규산염광물의 용해에 기인한 경우도 많다(Nordstrom et al., 1989). 특히 연구지역 고불소 지하수는 백악기 화강암류에 집중 분포하며 지하수내 F가 Na, Cl, SiO_2 뿐만 아니라 페그마타이트에 부화되는 원소인 B, Li, Rb, Cs와 정의 상관관계를 갖는다. 이는 지하수내 불소가 분화지수가 매우 높은 화강암류와 성인적 관련이 깊을 것임을 시사한다.

4. 결 론

1. 고불소 지하수는 F함량이 증가함에 따라 Na, HCO_3^- , Cl, SiO_2 , B, Li, Rb, Cs 등은 증가하며, Ca, Mg는 감소하며, pH는 7.8이상인 지구화학적 특성을 보인다.
2. 지하수내 불소의 기원은 형석 혹은 합불소 규산염광물의 용해에 기인하며, 이들 광물은 분화지수가 매우 높은 화강암류와 성인적 관련이 깊다.
3. 백악기 화강암지역 음용 지하수에는 F함량이 매우 높아 있어 주민들의 식수오염이 우려된다.

- 사 사 -

이 연구는 1998년도 한국학술진흥재단의 학술연구비(관리번호: 003-D00220) 지원으로 수행되었으며, 이 기관에 사의를 표한다.

참 고 문 헌

Bjorvatn K., Thorkildsen A. H., Raadal M., and Selvig K. A., 1992, Fluoride contents of Norwegian drinking waters. Water from deep hardrock well can create

- healthproblems; in Norwegian. *Nor Tannlegeforen Tidsskr* 102: 86-89.
- Greengerg, A. E., Clesceri, L. S., and Eaton, A. D., 1992, Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th ed., American Public Health Association, Washington DC, 1010p.
- Handa, B. K., 1975, Geochemistry and genesis of fluoride-containing groundwaters in india. *Groundwater*, 13, 275-281
- Hounslow, A. W., 1995, *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*. Lewis Pub., Boca Raton. 397p.
- Nordstrom, D. K., Ball, J. W., Nonahoe, R. J., and Whittemore, D., 1989, Groundwater chemistry and water rock interactions at Stripa. *Geochem Cosmochim. Acta*, 8, 153-160.
- Rao N. V. R., Rao, N., Rao K. S. P., and Schuiling, R. D., 1993, Fluorine distribution in waters of Nalgonda District, Andhra Pradesh, India. *Environmental Geology*, 21:84-89
- US Environmental Protection Agency, 1976, *Guidelines for state and areawide water quality management program development*. US EPA, Washington, DC.

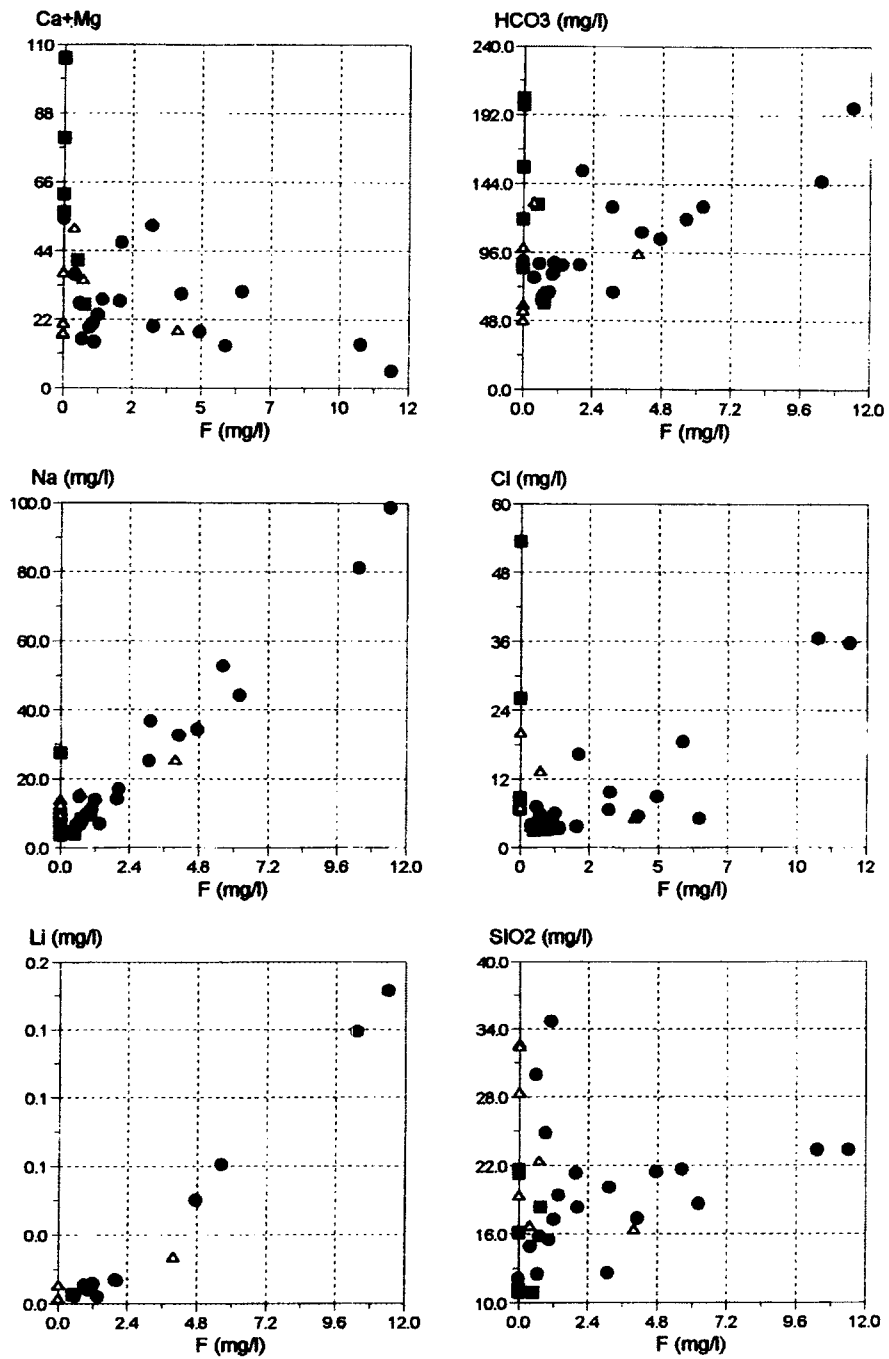


Fig. 1. Plots of F concentration versus Ca+Mg, Na, Li, HCO₃⁻, Cl, SiO₂ concentrations in limestone(■), Jurassic granite(△), and Cretaceous granite(●).