

경상도 지역 탄산약수의 지구화학적 특성 연구

김건열 · 고용권 · 김천수 · 박맹언* · 성규열*

한국원자력연구소 심부지질환경특성연구
*부경대학교 응용지질학과
(e-mail : kimgy@kaeri.re.kr)

요 약 문

경상도 지역에서 산출되는 탄산수에 대하여 수리화학적 연구를 수행하였다. 탄산수는 낮은 pH (5.2~6.7)를 가지며 높은 이산화탄소 분압 ($10^{-0.96} \sim 10^{-0.99}$)과 높은 총용존고체함량 (1,233~3,272 mg/L)으로 특징지워진다. 주요 양이온의 상대적 함량에 따라 Ca-HCO₃ 유형과 Ca(Na)-HCO₃ 유형으로 구별되며 일부 Ca-SO₄ 유형을 나타내기도 한다. 높은 Ca 및 SO₄ 함량을 보이는 탄산수들은 탄산수의 진화과정에 있어서 천부상승중 경상계 퇴적암과의 반응이 중요한 부분을 차지하였을 가능성을 지시하며 탄산수는 모두 방해석 및 돌로마이트에 포화상태에 근접하고 있다. $\delta^{18}\text{O}$ 와 δD 분석 결과는 이들이 모두 순환수 기원임을 알려준다. 탄산수의 삼중수소 함량이 낮아질수록 TDS값은 증가하여 탄산수의 체류시간이 길수록 TDS값이 높아지는 특성을 잘 보여준다. 탄소 동위원소값은 탄산약수의 CO₂ 가스 기원이 심부기원일 가능성을 지시하고 있다. 현재까지 진행된 수리지구화학 및 환경동위원소결과는 대부분의 경상도 탄산수는 순환수 기원의 지하수가 심부로부터 CO₂ 가스를 공급받아 탄산수로 형성된 후 심부순환과정 중 주변모암으로 추정되는 화강암질 암석과의 반응에 의해 진화하였으며 천부로 상승하는 과정에서 주변 퇴적암내 탄산염 광물과 퇴적층에 협재되어 있는 황화광물과의 반응이 매우 다양한 정도로 중첩되어 현재 경상도 지역 탄산수들의 다양한 지화학적 특성을 지니게 된 것으로 판단된다.

Key words : 탄산약수, 지구화학, 동위원소, 심부기원 이산화탄소

I. 서론

일반적으로 탄산약수는 낮은 pH, 높은 이산화탄소 분압, 높은 총용존고체함량으로

특징지워지며, 국내에서는 주로 강원도와 경상도 및 충청도 일부지역에 밀집하여 존재하고 있다. 그러나 이러한 탄산수들은 수자원으로서의 가치측면이나 환경적인 측면에서의 중요성에도 불구하고 지역에 따라서는 수문학적 및 지구화학적인 평가없이 관광지로 개발되면서 인위적 양수에 의해 주변 일반지하수 및 오염된 천부지하수의 혼합가능성이 증가되고 있다. 이번 연구는 이러한 탄산수가 밀집되어 있는 경상도 지역을 대상으로 이들의 지화학적 특성 및 진화과정을 밝히는 것을 목적으로 하여 수행되었다.

II. 결과 및 토의

1. 현장측정자료

이번 연구에서는 경상도 지역에 분포하는 탄산수에 대해 1998년 9월에서 1999년 8월에 걸쳐 총 19 곳의 시료를 채취하였으며 비교를 위하여 탄산수와 인접한 곳의 지표수도 3곳에서 함께 채취되었고, 이밖에 3곳의 일반 지하수 및 2곳의 산성수를 채취하였다. 이들의 현장측정자료로부터 SOLVEQ⁽¹⁾ 프로그램을 이용하여 탄산의 함유량을 구해보면 탄산수는 CO₂ 분압이 10^{-0.96}~10^{0.59} atm의 높은 값을 보이며 일반 지하수나 지표수와는 명확한 차이를 보여준다. pH의 경우 탄산수가 기타 일반 지하수 (6.5~6.7) 및 지표수 (6.6~7.6)에 비해 5.2~6.7로서 비교적 낮은 값을 보이고 있으며 총 용존고체함량 (TDS)에 있어서는 일반 지하수 (64.3~291 mg/L) 및 지표수 (118~294 mg/L)에 비해 탄산수가 훨씬 높은 값을 나타내고 있다 (1,233~3,272 mg/L).

2. 용존이온 분포 특성

경상지역 탄산수는 용존 양이온 중 가장 풍부한 Ca와 Na의 상대적 몰비에 따라 Ca유형과 Ca-Na유형으로 구별된다 (Fig. 1). Na가 주 양이온인 탄산수들은 Al함량에 있어서도 높게 나타나며 (40~236 μ g/L) 음이온에 있어서는 Cl의 함량이 높다 (19.8~51.6 mg/L). 탄산수와 그 밖의 다른 지하수 및 지표수와는 Cr과 Ni, Zn 등의 중금속 및 As 함량에 있어서도 명확한 차이를 보인다. 또 한가지 특이할 만한 사실은 용존이온의 분포특성에서 모암에 따른 큰 차이점을 보이지 않는다는 사실이다. 특히 Na/Ca 몰비에 있어서 지표상에서의 모암이 화강암인 시료와 퇴적암인 시료와의 차이는 거의 없으며 오히려 같은 퇴적암에서 다양한 Na/Ca 몰비를 갖는 탄산수가 산출된다. 이는 탄산수가 매우 깊은 곳에서 주로 화강암과의 반응으로 진화한 후 비교적 빠른 시간내에 단열을 따라서 지표로 올라오기 때문에 탄산수내에 용존되는 주요 이온들의 종류나 양은 주로 심부 화강암과 반응에 의해 결정되었고, 이후 경상분지를 구성하고 있는 각종 퇴적암이나 화성암의 다양성에 의해 다소 영향받았을 가능성을 지

시한다. 강원도 지역 탄산수의 경우 탄산수에서 관찰되는 Na/Ca 몰비의 차이를 탄산수 생성의 온도차이, 즉 심도 차이로 설명한 바 있다.⁽²⁾ 그러나 경상지역의 경우는 탄산수가 지표로 상승하는 과정에서 퇴적암과 반응에 의해 영향받았을 가능성이 더 높은 것으로 판단된다.

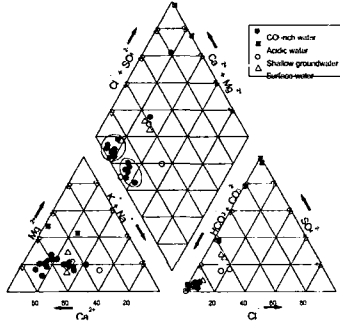


Fig. 1. Piper diagram for the water samples from the Gyeongsang province.

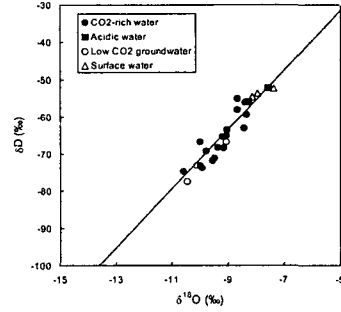


Fig. 2. δD versus $\delta^{18}O$ diagram for the water samples from the Gyeongsang province.

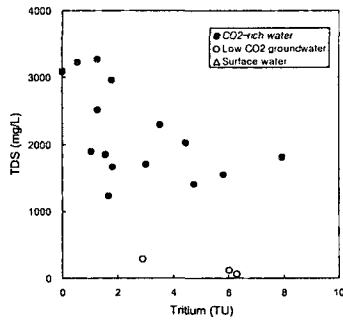


Fig. 3. Plot of tritium versus TDS for the water samples from the Gyeongsang province.

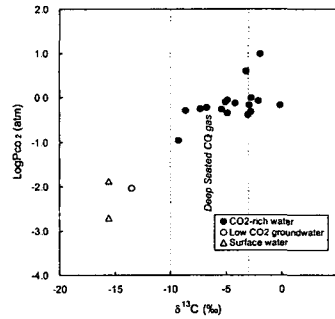


Fig. 4. Plot of $\delta^{13}C$ (‰) versus $\text{LogP}_{\text{CO}_2}$ (atm) for the water samples from the Gyeongsang province.

3. 환경 동위원소 특성

탄산수의 $\delta^{18}O$ 와 δD 분석결과는 일반 천부지하수 및 지표수를 포함하여 전체적으로 지구순환수선상에 도시되어 이들이 모두 순환수 기원임을 알려준다 (Fig. 2). 탄산수의 삼중수소함량은 0~7.9 (평균 3.3)로서 일반 천부지하수나 지표수에 비해 매우 낮은 값을 나타낸다. 이처럼 낮은 삼중수소 함량은 탄산수의 오랜 체류시간을 지시하며 따라서 삼중수소 함량이 낮아질수록 TDS값은 증가하게 된다 (Fig. 3). 경상지역 탄산수의 $\delta^{13}C$ 값은 비교적 좁은 범위를 보이며 (Fig. 4), 특히 탄소 동위원소값이

-0.1~-9.3‰ (평균 -4.4‰)의 범위를 보여주어 일반적으로 알려진 심부기원 CO₂의 δ¹³C값인 -3~-10‰ 범위와 유사한 값을 갖기 때문에^{(3),(4)} 탄산약수의 CO₂ 가스의 기원이 심부기원일 가능성을 지시하고 있다.

III. 결론

경상도의 탄산수는 주변 모암 및 탄산염 광물과의 반응정도에 따라 Ca-HCO₃, Ca(Na)-HCO₃ 및 Ca-SO₄ 형으로 구분된다. 높은 Ca 및 SO₄ 함량으로 미루어 주변모암인 퇴적암과의 반응에 의해 다양한 정도로 영향받았을 것으로 추정되나 현재까지 진행된 수리지구화학 및 환경 동위원소결과는 대부분의 경상도 탄산수는 순환수 기원의 지하수가 심부로부터 CO₂ 가스를 공급받아 탄산수로 형성된 후 심부순환과정 중 주변모암으로 추정되는 화강암질 암석과의 반응에 의해 진화하였으며 천부로 상승하는 과정에서 주변 퇴적암과의 반응이 매우 다양한 정도로 중첩된 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- (1) Reed, M. H. (1982) Calculation of multicomponent chemical equilibria and reaction processes in systems involving minerals, gases and an aqueous phase. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 46, p. 513-528.
- (2) 고용권, 김천수, 최현수, 박맹언, 배대석 (2000) 강원도지역 탄산약수의 지화학적 연구. *지하수환경*, vol. 7, no. 3, 인쇄중.
- (3) Deines, P. and Gold, D. P. (1973) The isotopic composition of carbonatite and kimberlite carbonates and their bearing on the isotopic composition of deep-seated carbon. *Geochim. Cosmochim. Acta*. vol. 37, p. 1709-1733.
- (4) Anderson, T (1987) Mantle and crust components in a carbonate complex and the evolution of carbonatite magma: REE and isotopic evidence from the Fen complex, southeast Norway. *Chem. Geol.* vol. 65, p. 147-166.