

해안지역 암반대수층 지하수의 동위원소 분포 특성

이정환*, 윤정현, 박주완, 김수진

한국원자력환경공단 기술연구소, 대전광역시 유성구 가정로 168

*oathway@korad.or.kr

1. 서론

해안지역에 인접한 대수층의 지하수 수질은 해수의 침입으로 염의 농도가 높을 잠재적인 가능성 크기 때문에 해안지역 지하수의 이용가능성이 낮아지며, 이는 해안지역에 대해 물 부족 현상이 초래될 수 있다[1]. 현행 연구결과를 통해, 제주도과 서해안 지역은 화산 지질 및 충적층 발달 등으로 인해 해수의 침입이 내륙 수 km까지 발생하고 있으나, 남해안과 동해안의 경우 암반 대수층이 우세하고 충적층 발달이 상대적으로 미약하여 해수의 침입이 내륙으로 적게 발생되고 있는 상황이다[2]. 이는 해수 침입의 정도가 주변 지질특성에 의해서 좌우됨을 반영한다.

본 연구에서는 해안지역 암반 지하수의 계절적인 안정동위원소 분석 결과를 바탕으로 해수의 영향과 지하수의 수리화학적 특성을 평가하였다.

2. 연구지역

2.1 개황

연구지역은 해발고도가 300 m 이하이며 경사도는 약 30% 미만의 완만한 구릉지로서, 서고동저형 지형을 나타낸다. 지질은 하부로부터 상부로 백악기 퇴적암, 제3기 관입암류에 포함되는 섬록암, 화강섬록암, 흑운모화강암, 유문암, 반상질 조면암질 안산암과 이들 모두를 피복하는 제4기 충적층이 분포한다[3]. 한편 토양종류, 토지이용도, 식생상태를 활용하여 11개의 수문학적 토양군이 존재하며, 산림지역(64.9%)과 초지지역(19.8%)이 약 84.7%를 차지한다[4].

2.2 기상

연구지역과 가장 인접한 울산기상관측소의 지난 30년간(1985-2014) 기상자료를 분석한 결과, 강수량의 범위는 693 ~ 2,058 mm이고 연간평균값은 1,287 mm이다. 이 연평균 강수량은 남부지방 연평균 범위에 포함된다. 한편, 연평균 강우량의 약 66%가 6월에서 9월 사이에 집중되어, 계절적

로 우기와 건기가 뚜렷하게 구분된다[4].

3. 결론

3.1 지하수 시료 채취 현황

연구지역의 수리화학적 특성을 규명하기 위해서, 연구지역의 12개 지하수공에서 지하수 시료를 채취하였으며, 시료채취 시기는 건기와 우기 특성을 반영하여 2006년 5월(봄), 8월(여름), 10월(가을), 12월(겨울)에 걸쳐서 총 4회를 수행하였다.

3.2 지하수 주성분 분석 결과

양이온 이온교환 반응 특성을 규명하기 위해 Expanded Durov diagram로 도시한 결과, 양이온은 Na^+ , 음이온은 HCO_3^- 가 우세하며, 사각형 diagram의 1사분면에 거의 도시되고 있다. 따라서, 연구지역의 지하수 수질은 물-암석 반응에 의한 Ca^{2+} 와 Na^+ 의 직접적인 무기 양이온 교환 작용을 지시한다. 연구지역의 pH 조건(범위 : 5.36 ~ 8.61, 평균값 : 6.88)과 수질 유형에 기초한 수리지구화학적 진화 특성은 초기 내지 중간 단계에 진입하는 것으로 판단된다(Fig. 1)[5].

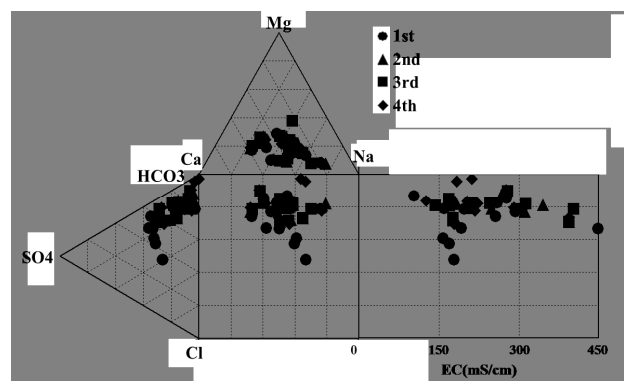


Fig. 1. Expanded Durov diagram of groundwater samples from the study area.

3.3 지하수 안정동위원소 분석 결과

연구지역 지하수의 수문학적 순환 특성을 규명하기 위해서 산소/수소 안정동위원소 분석을 실시하였다.

산소 안정동위원소는 -9.43~-7.45%의 범위이고 평균값은 -7.87%이다. 수소의 경우, -67.6~-47.0%의 범위이고 평균값은 -53.6%이다. Choo and Chi(1992)[6]에서 한국의 100여개 자연수 자료를 기초로한 산소 및 수소 안정동위원소의 범위는 -11~-4%, -80~-40%로 제시한 범위에 포함되나, 평균보다는 약간 더 무거운 동위원소비를 지시한다(Fig. 2).

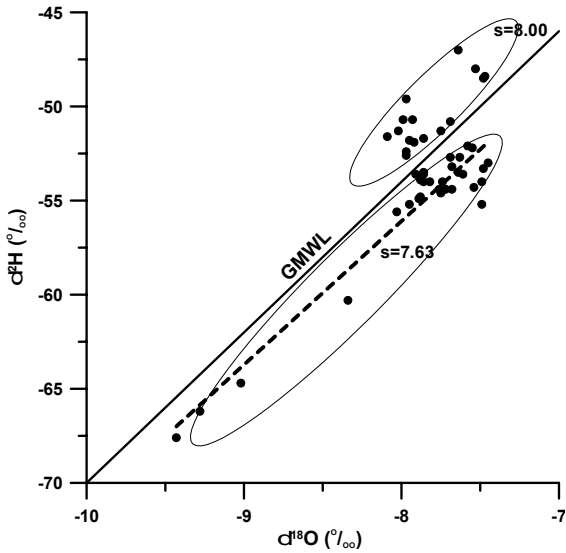


Fig. 2. $\delta^{18}\text{O}$ vs δD plots of groundwater samples.

Fig. 2에서 산소, 수소 안정동위원소가 전지구적 기상수선(Global Meteoric Water Line, GMWL)을 기준으로 2개의 영역으로 명확히 구분된다. 이는 연구지역의 지하수 함양 기작이 서로 상이함을 의미한다. GMWL의 상부 영역에 해당되는 지하수는 해수로부터 증기 생성시 시 증발하는 동안의 급진적인 동역학적 동위원소 효과(Kinetic isotope effect)를 반영하는 것으로, 우기의 강한 증발 효과로 인해서 해수로부터 무거운 동위원소 조성의 1차 증발로 형성된 강수의 영향을 지시한다. 한편 하부의 경우, 강우 사건 이후 일반적인 2차 증발 효과를 반영하는 것으로서, 강우가 지하수로 침투됨에 따른 증발 효과를 반영한다[7].

4. 결론

본 연구를 통하여 해안지역 암반대수층의 동위원소 분포 특성을 분석한 결과, 계절적인 변동이 적은 안정적인 지하수 시스템을 형성하고 있으나, 해안에 인접한 지리적 위치 때문에 우기의 강한 강우 사건의 영향으로 인해서 지하수내 산소/수소 안정

동위원소 조성비가 무거운 특성을 나타내고 있다. 이는 지하수 진화 특성이 초기 내지 중간 정도 단계를 지시한다.

5. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20141720100570).

6. 참고문헌

- [1] 홍성훈, 한수영, 박남식, "해안지역의 지하수 개발가능량 평가", 대한토목학회논문집, 23(3B), 201-207 (2003).
- [2] 정상용, 김태형, 박남식, "부산 수영구 지하철 터널에서의 지하수 유출이 주변 지하수에 미치는 영향", 지하수토양환경, 17(2), 28-36 (2012).
- [3] 황재하, 김유홍, 김유봉, 송교영, "경주시 양북면 봉길리 지역의 제3기 수인폭발작용" 대한지질학회지, 43(4), 453-462 (2007).
- [4] 이정환, 정해룡, 박주완, 윤정현, 정재열, 박선주, 전성천, "해안지역 암반대수층의 침투수량 평가", 한국방사성폐기물학회, 14(1), 21-33 (2016).
- [5] C.H. Jeong, M.S. Kim, Y.J. Lee, J.S. Han, H.G. Jang, B.U. Jo, "Hydrochemistry and occurrence of natural radioactive materials within borehole groundwater in the Cheongwon area", J. Eng. Geol., 21(2), 163-178 (2011).
- [6] Choo, S.-H. and Chi, S.-J., Stable isotope study on surface and ground waters. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 47p (1992).
- [7] Clark, I., and Fritz, P., Environmental isotopes in hydrogeology, CRC Press, 328p.