

# 해안지역 암반 지하수의 수리화학적 특성

이정환\*, 정해룡, 박주완

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

\*oathway@korad.or.kr

## 1. 서론

해안지역에 인접한 지역의 지하수는 해수의 침입으로 염의 농도가 높을 가능성이 크다. 해수에 영향을 받은 지하수는 각종 용수로의 사용성이 떨어지기 때문에, 해안지역에서는 물 부족 현상이 초래될 수 있다[1]. 따라서 해안지역의 지하수 관리와 향후 해안지역 개발 가능성을 평가하기 위해 다수의 해안지역 지하수의 염수화 연구가 진행되고 있다[2]. 우리나라의 경우, 제주도와 서해안 지역은 화산 지질 및 충적층 발달 등으로 인해 해수의 침입이 내륙 수 km까지 발생하고 있으나, 암반이 우세하며 충적층 발달이 미약한 남해안과 동해안은 해수의 침입이 상대적으로 적게 발생한다[3]. 이는 해수 침입의 정도는 주변 지질특성에 의해서 결정됨을 지시한다.

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

## 2. 연구지역

### 2.1 지형 및 지질

연구지역은 해발고도가 300 m 이하이며 경사도는 약 30% 미만의 완만한 구릉지를 형성하며, 서고동저형 지형 경사로 인하여 동서방향의 산지들이 발달한다. 지질은 하부로부터 상부로 백악기 퇴적암, 제3기 관입암류에 포함되는 섬록암, 화강섬록암, 흑운모화강암, 유문암, 반상질 조면암질 안산암과 이들 모두를 피복하는 제4기 충적층이 분포한다[4].

### 2.2 기상특성

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, 계절적으로 우기와 건기가 뚜렷하게 구분된다[5].

## 3. 본론

### 3.1 지하수 주성분 분석 결과

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.

연구지역의 암반 대수층 지하수의 주성분 원소를 분석한 결과, 주로 Ca-HCO<sub>3</sub>형과 Na-HCO<sub>3</sub>형이 우세하며 부분적으로 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 이온이 높게 나타나는 시추공도 있다. 그러나 지하수 수질 변동은 계절과 관계없이 거의 일정하여 안정된 심부 지하수 시스템을 형성하고 있다. 따라서, 연구지역의 수질은 자연적인 물-암석 반응에 의한 Ca<sup>2+</sup>와 Na<sup>+</sup>의 직접적인 무기 양이온 교환을 지시한다(Fig. 1).

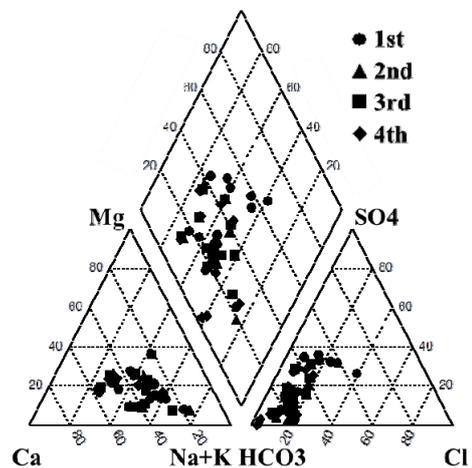


Fig. 1. Pipe diagram of groundwater samples.

한편, Cl<sup>-</sup> 농도는 4.80~23.3 mg/L 농도이며, EC는 203~448  $\mu$ S/cm의 범위를 나타낸다. 따라서 연구지역은 인위적인 오염과 해수 침입의 영향이 없는 담수 지하수(<500  $\mu$ S/cm) 영역에 포함된다[6].

### 3.2 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)[7]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).

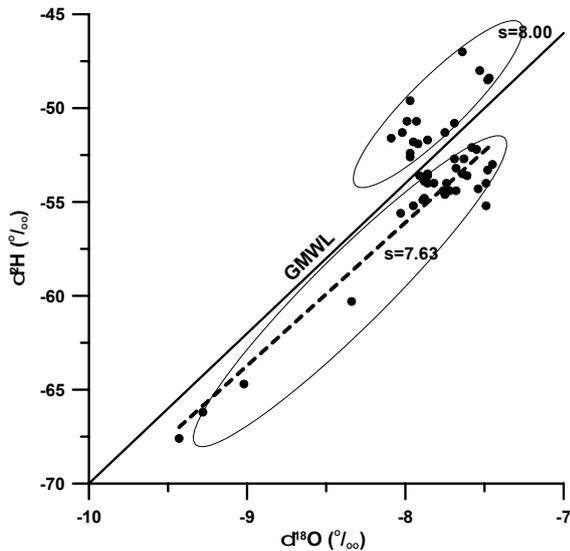


Fig. 2.  $\delta^{18}\text{O}$  vs  $\delta\text{D}$  plots of groundwater samples.

<Fig. 2>에서 산소, 수소 안정동위원소가 기상수선(Global Meteoric Water Line, GMWL)을 기준으로 2개의 영역으로 구분된다. 상부의 경우, 해수로부터 증기가 발생할 시 증발하는 동안의 동역학적 동위원소 효과(Kinetic isotope effect)를 반영하는 것으로, 우기의 강한 증발 효과로 인해서 해수로부터 무거운 동위원소 조성의 1차 증발로 형성된 강우의 영향을 반영한다. 한편 하부의 경우, 강우 사건 이후 2차 증발 효과를 반영하는 것으로서, 강우가 지하수로 침투됨에 따른 효과를 반영한다[8]. 이러한 영향은 지하수 수질 성분에서  $\text{Cl}^-$  이온의 기원 분석과도 일치하는 특성을 나타낸다.

### 4. 결론

본 연구를 통하여 해안지역 암반 지하수의 수리지질특성을 분석한 결과, 계절적인 변동이 적은 안

정한 지하수 시스템을 형성하고 있으며,  $\text{Cl}^-$  이온 농도도 일반적인 지하수 수질 범위에 포함되어 해수의 영향은 적은 것으로 판단된다. 그러나 해안에 인접한 지리적 위치 때문에 우기의 강한 강우사건의 영향으로 인해서 지하수내 산소/수소 안정동위원소 조성비는 무거운 특성을 나타내고 있다.

### 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] Vandenbohede, A., Lebbe, L., Gysens, S., Delecluyse, K., Dewolf, P., "Salt water infiltration in two artificial sea inlets in the Belgian dune area", Journal of Hydrology, 360, 77-86 (2008).
- [3] 정상용, 김태형, 박남식, "부산 수영구 지하철 터널에서의 지하수 유출이 주변 지하수에 미치는 영향", 지하수토양환경, 17(2), 28-36 (2012).
- [4] 황재하, 김유홍, 김유봉, 송교영, "경주시 양북면 봉길리 지역의 제3기 수인폭발작용" 대한지질학회지, 43(4), 453-462 (2007).
- [5] 이정환, 정해룡, 윤시태, 김지연, 조성일, "시계열분석과 요인분석에 의한 결정질 암반의 지하수 유동 평가", 지하수토양환경, 19(4), 12-22 (2014).
- [6] 한정상, 지하수환경과 오염, 박영사, 1069p (2000).
- [7] Choo, S.-H. and Chi, S.-J., Stable isotope study on surface and ground waters. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 47 (1992).
- [8] Clark, I., and Fritz, P., Environmental isotopes in hydrogeology, CRC Press, 328.