

# 전주-완주지역내 지표수와 지하수에서의 희토류원소 분포도의 시간적-공간적 변화: 지표수-지하수 순환계 해석을 위한 희토류원소의 지구화학적 응용

이승근, 최범규\*, 유재영\*, 염병우

한국지질자원연구원 지하수지열연구부, \*강원대학교 지질학과  
(e-mail : sgl@kigam.re.kr)

## <요약문>

희토류원소를 이용하여 전주-완주지역에서의 지표수와 지하수의 연계성을 밝혀내기 위해 8개 지역을 선정하고, 기반암시료와 더불어 2002년 4월, 2003년 6월, 2003년 8월 그리고 2003년 11월의 4차례에 걸쳐 현장분석과 더불어 지표수와 지하수시료를 채취하였다. PAAS(Post Archean Australian Shale)로 규격화한 희토류원소분포도에 의하면, 갈수기인 2002년 4월과 2003년 11월의 지표수와 지하수는 대체적으로 중희토류가 부화되었고, 아울러 강한 Eu의 정(+)의 이상과 Ce의 부(-)의 이상이 관찰된다. 그러나 갈수기가 끝난 2003년 6월과 장마가 끝난 직후인 2003년 8월의 시료에서는 대부분의 지표수와 지하수 시료가 Eu의 강한 부(-)의 이상을 보여준다. 그리고 일부 시료에서는 Ce의 부(-)의 이상도 관찰되었다. 이와 같은 희토류원소 분포 및 Ce와 Eu의 변화는 산화-환원작용의 영향을 받은 산화수(즉  $Ce^{3+}$ 와  $Ce^{4+}$ ,  $Eu^{2+}$ 와  $Eu^{3+}$ )의 변화에 의한 것으로 해석할 수가 있다. 뿐만 아니라, 본 연구결과에 의하면, 전주-완주 지역에서의 지표수와 지하수는 매우 밀접한 연관성을 갖고 있으며, 그 순환속도 또한 비교적 빠른 편으로 나타났다. 그리고 본 연구결과, 희토류원소는 지표수와 지하수의 연계성을 밝혀내는 데 있으며 매우 유용한 지시자임을 확인하였다.

**Key words** : 지표수와 지하수의 연계, 희토류원소, Eu과 Ce의 이상, 지시자

## 1. 서 언

지난 40여년간, 희토류원소는 유사한 물리적/화학적 성질로 인해 자연계내에서 규칙성이 매우 강하기 때문에 암석, 해수와 같은 지구구성물질 및 지구외물질(운석)의 생성시 환경 및 현재의 환경변화를 해석하는 데 아주 중요한 도구로 사용되고 있다<sup>1-6)</sup>. 특히 ICP-MS 혹은 HR-ICP-MS와 같은 질량분석기의 개발은 지하수내 희토류원소를 보다 빠르고 정확하게 분석할 수 있게 해주었고, 이는 희토류원소를 지하수내의 각종 환경변화 및 지하수 유동연구의 지시자로서 활용할 수 있게 해주었다<sup>4,5)</sup>. 본 연구에서는 전라북도 전주와 완주지역에서의 지표수와 지하수의 상관성을 밝혀내기 위해 공간적/시간적인 분포를 고려하여 시료를 채취한 후 이에 대해 지하수내의 희토류원소 함량을 분석하였다. 본 논문에서는 대수

층 구성암석의 화학조성과 함께 지하수, 지표수의 희토류원소 분포도를 이용하여 상호간의 상관관계를 토의하고자 한다.

## 2. 조사지역의 지질학적 특성 및 연구방법

연구지역은 행정구역상 전라북도 전주시와 완주군에 해당되며, 주 구성암석은 고생대의 변성퇴적암류와 중생대의 화강암, 화산암류이다. 그리고 남동쪽에는 퇴적암류도 산출된다. 지표수는 연구지역의 북동-남동방향에서에서 남서-북동방향으로 흐른다. 지하수와 지표수 시료의 채취는 2002년 4월, 2003년 6월, 2003년 8월 그리고 2003년 11월의 4차례에 걸쳐 모두 8개지역에서 이루어졌다. 희토류원소의 분석은 한국기초과학지원연구원의 MC-HR-ICP-MS (모델명: AX10M, VG Elemental 사)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 토의

측정된 희토류원소 자료를 해석하는 가장 좋은 방법은 표준물질로 규격화했을 때의 분포도로서, 표준물질로는 일반적으로 운석을 이용한다. 이는 지구 초기의 물질이 운석과 유사하다고 판단하기 때문이다. 그러나 지하수의 경우, 지각내 대개는 천부지각 구성암석과의 반응에 의해 영향을 받으므로, 운석보다는 지각의 대표적인 구성물질을 지하수의 진화과정을 해석하기위한 표준물질로 선택하여야 한다. 이 연구에서는 PAAS(Post Archean Australian Shale)<sup>6)</sup>를 이용하여 희토류원소를 규격화하였다(그림 1). 그림 1에는 PAAS로 지하수내 희토류원소를 규격화한 도면과 2002년도 및 2003년도의 월별 강수량을 도시하였다. 그림 1a, 1b, 1c는 각각 전기인 2002년 4월의 지표수와 지하수의 희토류원소 분포도 그리고 2002년도의 월별 강수량변화도이다. 그림 1d와 1e 그리고 1f는 장마가 끝난 직후인 2003년 8월의 지하수, 지표수 그리고 2003년도 월별 강수량변화도이다. 월별 강수량변화도를 고려하여, 전반적으로 지하수와 지표수 모두 강수의 영향을 많이 받았음을 알 수가 있다. 우선 그림 1a와 1b를 보면 중희토류(Gd-Lu)가 부화되어 있고, 전기의 지하수는 Eu의 정(+), Ce의 부(-) 이상이 현저한 편이다. 지표수의 경우, Ce은 대부분이 부(-)의 이상을 갖는 반면에, Eu은 정(+), 부(-)의 이상을 모두 보여준다. 그럼에도 불구하고, 지표수와 지하수는 상호간에 서로 대비됨을 알 수 있다. 이는 그림 1d 및 1e의 장마직후의 희토류원소 분포도에서 보다 명확하게 나타난다. 즉 지표수와 지하수 대부분이 Eu의 부(-)의 이상을 갖는 반면에, Ce의 이상은 거의 소멸되어 있다. 이는 지표수와 지하수의 순환이 매우 빠르며, 광역적으로 서로 간에 영향을 주고 있음을 말해주는 것이다. 특히 2003년 8월의 장마직후에 채취된 시료에서의 희토류원소 분포도는 지표수, 지하수 모두 연구지역의 북동쪽 상류에 위치한 규장암질 편마암 (GW1, SW1의 대수층 구성암석)의 영향을 많이 받은 것으로 나타났다. Eu과 Ce의 분포도 변화는 지하수와 지표수에서의 산화-환원 환경변화에 의한 Eu(Eu<sup>2+</sup>와 Eu<sup>3+</sup>) 과 Ce(Ce<sup>3+</sup>와 Ce<sup>4+</sup>)의 산화수 변위 및 기반암과 지표수 그리고 지하수의 반응결과를 지시해주는 것이다. 그리고 이러한 변화는 지표수와 마찬가지로, 이 지역에서의 지하수의 유동방향을 잘 지시해준다고 볼 수 있다.

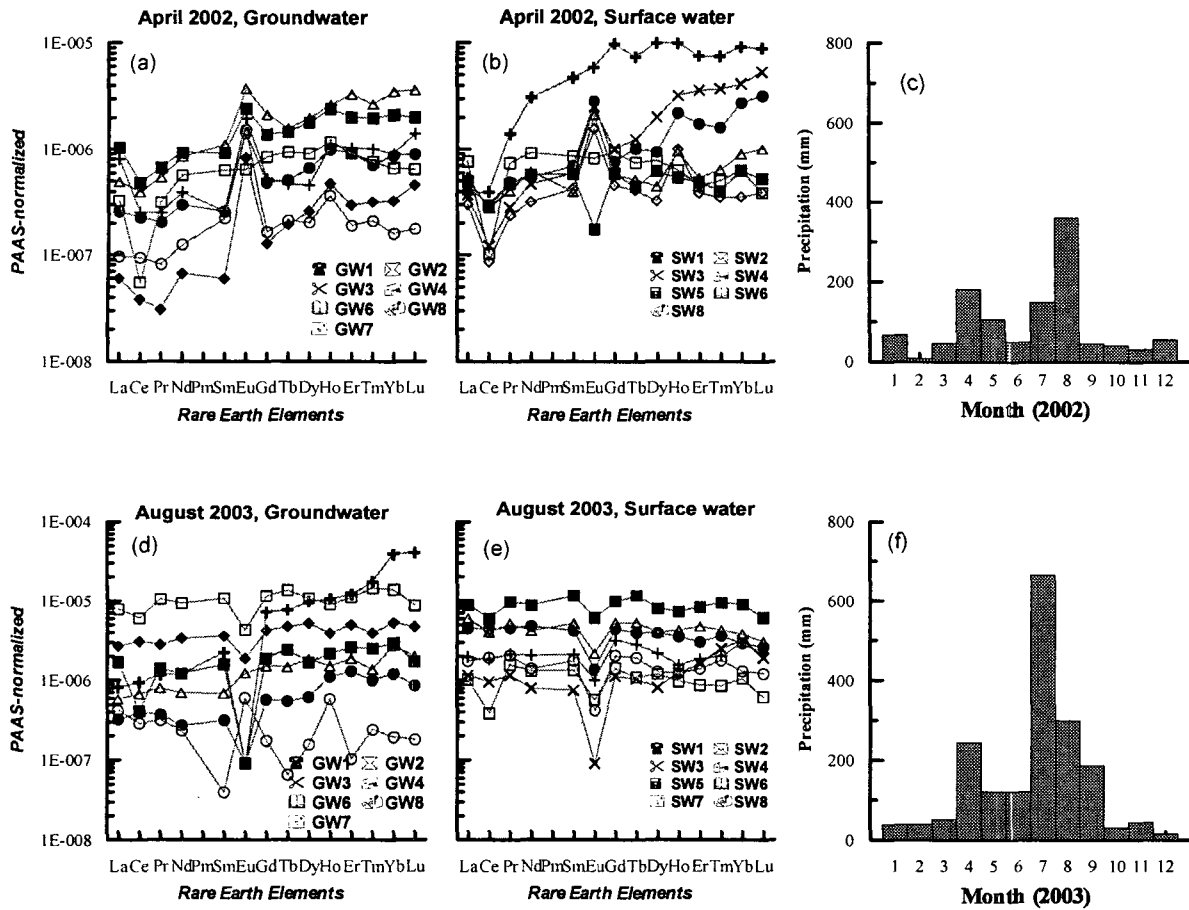


그림 1. 전주-완주 지역 지하수와 지표수에서의 희토류원소 분포도 및 전주지역내 2002년도2003년도 강수량의 월별 변화도

#### 4. 결론

본 연구결과 지하수와 지표수에서의 희토류원소의 존재도는 지하수와 지표수의 지시간적/공간적인 지구화학적 환경변화 뿐만 아니라 지하수의 유동방향 그리고 지하수와 지표수의 연계성을 밝혀내는데 매우 유용함이 밝혀졌다.

#### 참고문헌

- 1) Masuda, A, Simple regularity in the variation of relative abundances of rare earth elements. J. Earth Sci. Nagoya Univ., 5, 125-134, 1957.
- 2) Coryell, C. G., Chase, J. W. and Winchester, J. W., A procedure for geochemical interpretation of terrestrial rare-earth abundances patterns. J. Geophys. Res., 68, 559-566, 1963.
- 3) Lee, S. G., Masuda, A. and Kim, H. S., An early Proterozoic leuco-granitic gneiss with the REE tetrad phenomenon. Chem. Geol., 114, 59-67, 1994.
- 4) Johannesson, K. H., Stetzenbach, K. J., Hodge, V. F., Rare Earth Elements as geochemical tracers of regional groundwater mixing. Geochim. Cosmochim. Acta, 61, 3605-3618, 1997.

- 5) Dia, A., Gruau, G., Olivie-Lauquet G., Riou, C., Molenat J. and Curmi, P., The distribution of rare earth elements in groundwaters: Assessing the role of source-rock composition, redox changes and colloidal particles. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 4131-4151, 2000.
- 6) Nance, W. B. and Taylor, S. R., Rare earth elements patterns and crustal evolution-I. Australian post-Archean sedimentary rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, 1539-1551, 1976.

## 사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제 번호 3-1-1)에 의해 수행되었습니다.