

한강 수계에서의 희토류원소 분포도의 유역별/계절별 분포도 변화

이승구¹·이광식²·이동호³·김용제¹

¹한국지질자원연구원 지하수지열연구부

²한국기초과학지원연구원

³연세대학교

sgl@kigam.re.kr

요약문

희토류원소 분포도를 이용하여 하천본류의 화학조성에 미치는 각 지류 및 주변 암석들의 영향을 조사하기 위해 한강본류, 남한강, 북한강의 상류 및 하류에서 하천수를 계절별로 채취하여 분석하였다. 한강수내 희토류원소 자료를 PAAS (Post Archean Australian Shale)로 규격화한 분포도 특성은 다음과 같이 요약된다. 첫째, 한강의 모든 물시료는 Eu의 정(+)의 이상과 Ce의 부(-)의 이상을 갖고 있다. 둘째 절대농도에 있어서 하기에 채취된 모든 한강 시료는 다른 절기의 시료들보다 함량이 높다. 셋째로 전반적으로 중희토류(HREE)가 경희토류(LREE)보다 부화되어 있다. Eu의 이상을 가지고 비교해 볼 때, 한강 본류는 남한강쪽보다는 북한강쪽의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 본 연구결과, 하천의 본류에 보다 많은 영향을 주는 지류를 판단함에 있어서 희토류원소의 분포도가 유용하게 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

주요어: 한강본류, 남한강, 북한강, 희토류원소, Eu과 Ce의 이상, 지시자

1. 서언

희토류원소는 유사한 물리적/화학적 성질로 인해 자연계내에서 규칙성이 매우 강하기 때문에, 지난 40여년간 암석, 해수와 같은 지구구성물질 및 지구의물질(운석)의 생성시 환경 및 현재의 환경변화를 해석하는 데 아주 중요한 도구로 사용되고 있다¹⁾⁻⁸⁾. 특히 Johannesson 과 그의 동료들³⁾⁻⁸⁾은 희토류원소를 이용한 지하수의 지구화학적 특성 및 지하수 유동방향의 지시자로서 연구결과를 활발하게 발표하고 있다. 이와 같이, 희토류원소는 운석-암석-해수-지하수 등 지구과학 전 분야의 연구에 있어서 매우 중요한 도구로서 널리 활용되고 있다. 특히 1980년대 초기에 개발된 ICP-MS는 지질시료내 희토류원소를 보다 빠르고 정확하게 분석할 수 있게 해주었고³⁾, 이는 희토류원소를 각종 지질시료의 진화 혹은 분화 그리고 지하수내의 각종 환경변화 및 지하수 유동연구의 지시자로서 활용할 수 있게 해주었다^{1), 7)-8)}.

우리나라의 대표적인 하천의 하나인 한강수계는 크게 북한강 수계와 남한강 수계로 나눌 수 있다. 그리고 북한강과 남한강의 수질은 유역내에 분포하는 기반암의 지질학적 특성에 의해 결정된다. 먼저 북한강 수계는 선캠브리아기 편마암류와 중생대 화강암 등 주로 결정질 규산염으로 이루어져 있다. 반면 남한강 유역에는 결정질암뿐만이 아니라 상류에 고생대의 탄산염암과 퇴적암이 넓게 분포하고 있다. 이와 같이 지질특성이 다르기 때문에 한강수계는 하천수의 화학성분에 미치는 기반암의 영향을 연구할 수 있는 최적의 조건을 갖추고 있다고 할 수 있다. 이 논문에서는 북한강과 남한강 그리고 한강 본류에서의 계절별 희토류원소 분포도를 토대로 상호간의 상관관계를 토의하고자 한다.

2. 조사지역의 지질학적 특성 및 연구방법

사전 야외조사를 통하여 상하류로 나누고 이에 따라 북한강 2지점, 남한강 2지점 그리고 한강 본류 2지점을 시료채취지점으로 선정하였고 (그림 1), 이를 토대로 4 차례 (봄, 여름, 가을, 겨울)에 걸친 야외조사를 통해 총 24점의 하천수 시료를 채취하였다. 시료채취시에는 인위적인 영향이나 지류의 영향을 피할 수 있는 위치를 선택하여 교량을 이용하여 강의 중심부에서 전체 깊이에 대한 평균적인 시료를 채취하였다. 수온, pH, 전기전도도는 현장에서 측정하였으며, 알칼리도는 실험실에서 0.1N 염산을 이용하여 적정법으로 구하였다. 희토류원소의 함량은 한국지질자원연구원의 ICP-MS (모델명: ELAN 6100, Perkin Elmer사)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 토의

그림 2는 측정된 한강수내 희토류원소 자료를 PAAS (Post Archean Australian Shale) 로 규격화한 분포도이다. 그림 2의 희토류원소 분포도의 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다. 첫째, 모든 시료는 Eu의 정(+)³의 이상과 Ce의 부(-)³의 이상을 갖고 있다. 둘째 절대농도에 있어서 하기에 채취된 모든 시료는 다른 절기의 시료들보다 함량이 높다. 셋째로 전반적으로 중희토류(HREE)가 경희토류(LREE)보다 부화되어 있다.

희토류원소의 특성은 서언에서도 언급한 바와 같이, 그 분포도가 외적인 영향을 거의 받지 않고 초기의 상태를 그대로 유지한다는 것이다. 이와 같은 특성과 채취된 한강수의 Eu의 이상을 고려해 볼 때, 한강본류는 남한강 보다는 북한강의 영향을 더 받고 있는 경향을 보인다. 그러나 보다 구체적으로 정량화하기 위해서는 주변 암석들에 대한 희토류원소 분포도 및 유역별 유량 등의 자료가 추가되어야 할 것으로 본다. 그리고 하기의 한강수내 모든 시료가 더 높은 함량을 갖는 것은 강우사건과 더불어 주변 구성암석들과의 반응에 따른 결과로 볼 수 있다. 즉 이 시기의 온도조건과 습도가 다른 시기에 비해 물-암석반응을 더욱 촉진시킴으로서 그림과 같이 함량이 증가된 경향을 보여준 것으로 판단된다.

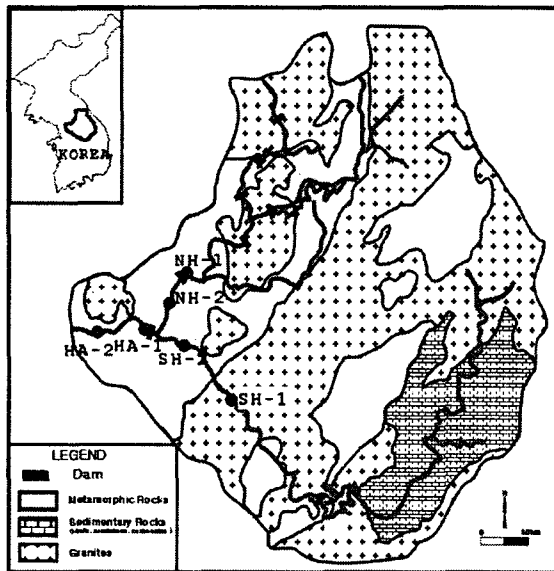


그림 1. 한강수계내 시료채취도
SH:남한강, NH: 북한강, HA: 한강본류
1: 상류, 2: 하류

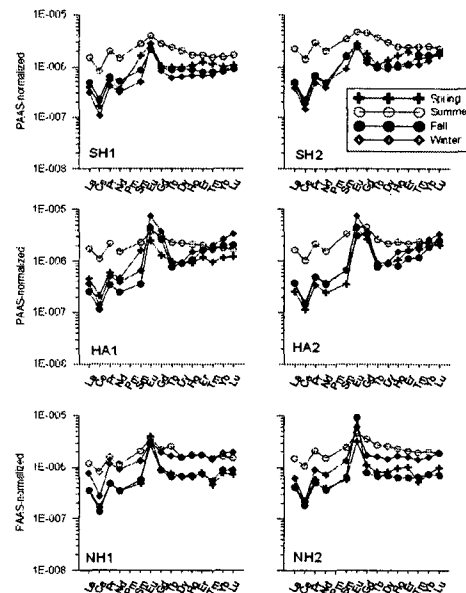


그림 2. 남한강 상하류(SH1, SH2), 북한강 상하류(NH1, NH2) 및 한강본류의 상하류(HA1, HA2)의 계절별 희토류원소 분포도

4. 결론

한강유역별 상하류에서의 강물내 희토류원소의 존재도를 비교해 본 결과, 한강 본류는 남한강보다는 북한강쪽의 영향을 더 받는 것으로 나타났으며, 아울러 하기의 희토류원소존재도는 다른 계절에 비해 월등히 높았다. 이와 같은 함량의 변화는 온도, 습도의 증가에 따른 물-암석반응이 보다 활발하게 발생된 결과라도 판단된다. 본 연구결과 희토류원소의 분포도가 하천의 지류별 영향성의 강도를 판단할 수 있는 근거가 될 수 있음이 밝혀졌다.

5. 참고문헌

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) Johannesson, K.H. and Lyons, W. B., The rare earth element geochemistry of Monor Lake water and the importance of carbonate complexing, *Limnology and Oceanography*, 39, 1141-1154, 1994,
- 4) Johannesson, K.H. and Lyons, W. B., Rare-earth element geochemistry of Color Lake, an acidic freshwater lake on Axel Heiberg Island, Northwest Territories, Canada. *Chemical Geology*, 119, 209-223, 1995.
- 5) Johannesson, K. H., Zhou, X., Guo, C., Stetzenbach, K. J., Hodge, V. F., Origin of rare earth element signatures in groundwaters of circumneutral pH from southern Nevada and eastern California, USA, *Chemical Geology*, 164, 239-257, 2000.
- 6) Johannesson, K.H. and Hendry, M. J., Rare-earth element geochemistry of groundwaters from a thick till and clay-rich aquitard sequence, Saskatchewan, Canada. *Geochimica Cosmochimica Acta*. 64, 1493-1509, 2000.
- 7) Johannesson, K.H., Stetzenbach, K.J., Hodge, V.F., Lyons, W.B., Rare earth element complexation behaviour in circumneutral pH groundwaters: Assessing the role of carbonate and phosphate ions. *Earth and Planetary Science Letters*, 139, 305-319, 1996.
- 8) 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.
- 9) Shabani, M. B., and Masuda, A., Sample Introduction by On-Line Two-Stage Solvent Extraction and Back-Extraction to Eliminate Matrix Interference and to Enhance Sensitivity in the Determination of Rare-Earth Elements with Inductively Coupled Plasma Mass Spectro. *Anal. Chem.*, 63, 2099-2105, 1991.

6. 사사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 3-2-2)에 의해 수행되었습니다.