

# REE 분석과 GIS를 이용한 퇴적물 이동 연구

곽재호<sup>1\*</sup>, 이현구<sup>3</sup>, 이승구<sup>2</sup>, 양동윤<sup>1</sup>, 김주용<sup>1</sup>

## 1. 서언

희토류원소는 변성작용, 변질작용 및 풍화작용의 영향 측면에서 다른 원소에 비해 영향을 덜 받는 특성 (Taylor and McLennan, 1985; McLennan, 1989; Lee et al., 1994)과 더불어 암석생성과정을 이해하는 데 매우 중요한 기초자료로 이용되고 있으며 지구의 생성과정을 이해하는데 중요하게 인식되고 있다. 최근의 연구결과에 의하면 퇴적물의 기원을 밝히는데 있어서 희토류원소가 매우 유용한 도구가 될 수 있음이 밝혀졌으며(Piper, 1985; Cullers et al., 1987; Elderfield et al., 1990), 지표수 혹은 지하수에서의 희토류원소 존재도가 지하수의 유동방향을 지시해준다는 연구결과가 보고되기도 하였다(Johannesson et al., 1996, 1997). 본 연구에서는 다양한 지질현상을 해석하는 데 유용하게 사용되고 있는 희토류원소를 이용하여 퇴적물의 기원지를 밝혀보고자 하였다. 또한 GIS를 이용하여 침식에 의한 토양유실등급을 산정하여 희토류원소의 분석에 의한 결과와 비교하여 퇴적물의 기원지를 밝히는데 이용하고자 하였다. 침식제해를 유발하는 여러 가지 인자에 대한 지금까지의 연구결과 다양한 토양침식 모델이 개발되어 있으며, 그중 가장 보편적으로 적용가능하다고 알려진 USLE(Universal Soil Loss Equation)공식을 적용하였다.

## 2. 지형 및 지질

연구지역인 전라북도 곡성군 일대는 북쪽으로 전라북도 순창군·남원시, 동쪽으로 구례군, 남쪽으로 순천시, 서쪽으로 화순군·담양군과 접하고 있다. 섬진강 본류가 흐르고 있으며, 이로 유입되는 지류로서 순창읍을 관통하는 경천, 옥과읍을 지나가는 옥과천과 곡성군 입면 대사리 약천리일대의 산지에서 유입되어 매월리, 서봉리를 거쳐 섬진강 본류와 합류되는 입천 및 장청천이 있다. 북동부 섬진강 유역의 넓은 평야와 순창군과 접해있는 옥과면의 구릉성 평지를 제외하고, 동·서·남 세 방면이 노령산맥과 소백산맥의 지맥이 지나가는 산지에 싸여 있다.

---

**주요어 :** 하상퇴적물, 희토류원소, 퇴적물 기원, USLE, GIS

- 1) 한국지질자원연구원 지질연구부 (geoskwak@dreamwiz.com)
- 2) 한국지질자원연구원 환경지질연구부
- 3) 충남대학교 자연과학대학 지질학과

연구 지역은 고생대로 추정되는 변성퇴적암류가 북북동-남남서 방향으로 대상분포하며 기저를 이루고 있다 (이병주 외, 1997). 이 변성퇴적암류층은 주로 규암으로 구성된 용암산층과 운모편암, 천매암, 렌즈상의 협재되는 석회암 등으로 구성되는 설옥리층으로 구분된다 (이병주 외, 1997). 연구지역의 중앙부에는 삼오리 엽리상화강암, 동쪽으로는 대강 엽리상화강암, 서쪽으로는 순창 엽리상화강암이 넓게 분포하고 있다.

### 3. 연구방법

#### 3.1. 하상시료채취 및 분석방법

연구대상지역의 시료채취는 섬진강 본류를 포함한 5개 하천과 주변 모암 및 토양에서 총 46개 시료를 채취하였다. 하상시료는 섬진강 본류에서 6개, 경천에서 5개, 옥과천에서 7개, 입천에서 5개, 장청천에서 3개 시료 등 총 26개 시료를 채취하였다. 하천 주변의 모암에서는 9개 시료, 토양에서는 11개의 시료를 채취하였다.

퇴적물 시료는 삽을 이용하여 퇴적층 표면의 유기물층을 제거한 후 약 30cm 내외의 깊이까지 2~3 곳 이상의 인접시료 지점을 선정하여 혼합 채취시료를 만들어 시료의 대표성이 유지되도록 하였다. 각 지점마다 약 1kg정도 채취된 시료는 비닐백으로 밀봉하여 실험실로 옮겼으며, 자연상태에서 수분을 어느 정도 제거한 후 100 mesh 체를 이용하여 시료를 선별하였다. 선별된 시료는 증류수에서 교반 시킨 후 부유되는 입자들을 따라내는 과정을 여러번 반복하여 점토광물 및 유기물을 제거하였으며, 오븐에서 건조(<40℃)하여 분석시료로 선택하였다.

시료 채취지역 주변에 분포하는 대표적인 암상(순창 엽리상화강암, 삼오리 엽리상화강암, 대강 엽리상화강암, 설옥리층)들과 하상퇴적물과의 관계를 파악하기 위해 동일하게 화학분석을 실시하였다. 이들 시료들의 회토류원소는 기초과학연구원 (Thermo Elemental PQ III) 및 한국지질자원연구원 (VG Plasma PQ II)의 ICP-MS를 이용하여 분석하였다.

#### 3.2. 토양유실량 산정방법

토양침식의 주요변수는 사면의 경사, 토지 이용 및 토지피복분류, 토양보전능력 등이며 침식재해 유발 가능성은 이들 변수를 곱한 값으로 나타내는데, 이 값이 높을수록 침식재해 유발 가능성이 높아지게 된다(Wischmeier and Smith, 1978). 본 연구에서는 지리정보시스템 (GIS: Geographic Information System)을 활용하기 위해 1:25,000 지형도를 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network)을 작성하였고, 토양유실등급 산정을 위해 USLE(Universal Soil Loss Equation)을 이용하였다.

### 4. REE 분석과 토양유실등급 산정 결과

#### 4.1. 기반암 및 퇴적물의 REE 조성

조사지역내 기반암과 하상퇴적물의 회토류원소 분포도를 살펴보면 아래와 같다. 조사지역내 북부에 위치하는 경천주변의 순창 엽리상 화강암과 옥과천 주변의 설옥리층으로부터

보여지는 희토류원소 분포도는 약한 Eu의 부(-)의 이상을 보여주며 일반적인 대륙지각 구성암석(PAAS: post-Archean Australian Shale)의 분포와 유사하다. 그러나 동일한 옥과천 주변의 삼오리 엽리상 화강암의 분포도는 중희토류(HREE)가 부화된 양상을 보여주고 있다. 그리고 마산봉 지구의 대강 엽리상 화강암은 Eu의 부(-)의 이상이 매우 현저하게 발달되어 있음을 알 수 있다. 화강암시료의  $(La/Yb)_N$ 과  $Eu/Eu^*$ 의 값을 보면 각각 2.04~13.85와 0.07~2.03의 범위를 갖는다. 그리고 연구지역내 하상 퇴적물의  $(La/Yb)_N$ 과  $Eu/Eu^*$ 의 값은 각각 6.40~45.3과 0.09~0.81의 범위에 속한다.

#### 4.2. 소유역 토양유실등급 산정

지리정보시스템을 이용하여 소유역별 토양유실등급을 산정하기위해 연구지역 내의 수계에 영향을 줄 수 있는 지역까지 범위를 넓혀 7개 권역으로 분할하였다. 범용토양유실공식을 이용하여 토양유실등급을 나눈 결과 옥과천 상류 권역에서 토양유실이 우세하게 일어나고, 옥과천의 중류와 합류하는 삼기천 권역에서도 토양유실이 우세하게 일어나는 것으로 나타났다. 경천 권역에서는 중·상류주변에서 주로 토양유실이 일어나며, 입천에서는 동쪽 산사면에서 토양유실이 우세한 것으로 나타났다.

#### 5. 결론

전라남북도의 경계에 위치한 섬진강 본류와 4개 지류에서 채취한 하상시료들의 희토류원소 조성과 7개 권역으로 분할하여 권역별 토양유실등급을 산정해본 결과, 경천은 일대를 둘러싸고 있는 순창 엽리상 화강암과 하상시료의 희토류원소 분포양상,  $(La/Yb)_N$ 과  $Eu/Eu^*$ 의 값에서 밀접한 상관관계를 보여주었다. 옥과천은 인접한 설옥리층 또는 삼오리 엽리상 화강암보다 옥과천 중류에서 합류하는 원거리의 삼기천 상류 대강 엽리상 화강암에 기인한 것으로 보이며, 입천·장척천은 설옥리층보다는 인접한 삼오리 엽리상 화강암과 대강 엽리상 화강암의 영향이 큰 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- 이병주, 김정찬, 김유봉, 조등룡, 최현일, 전희영, 김복철, 1997, 광주 지질도폭 설명서 (1:250000). 한국자원연구소.
- Cullers, R.L., Barrett, T., Carlson, R. and Robinson, B., 1987, Rare earth element and mineralogic Changes in Holocene soil and stream sediment: A case study in the West Mountains, Colorado, U. S. A. *Chemical Geology*, 63, 275-297.
- Elderfield, H., Upstill-Goddard, R., Sholkovitz, E.R., 1990, The rare earth elements in rivers, estuaries and coastal seas and their significance to the composition of ocean waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 54, 971-991.
- Johannesson, K.H., Stetzenbach, K.J., Hodge, V.F., Lyons, W.B., 1996, 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.
- Johannesson, K.H., Stetzenbach, K.J., Hodge, V.F., 1997, Rare Earth Elements as geochemical tracers of regional groundwater mixing. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 3605-3618.
- Lee, S.G., Masuda, A. and Kim, H.S., 1994, An early Proterozoic leuco-granitic gneiss with the REE tetrad phenomenon. *Chemical Geology*, 114, 59-67.
- McLennan, S.M., 1989, Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B.R. and McKay, G.A. (eds.), *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Mineralogical Society of America, 169-200.
- Piper, D.Z., 1985, Rare earth elements in the sedimentary cycle: a summary, *Chemical Geology*, 14, 285-304.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985, *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312p.
- Wischmeier W.H., and D.D. Smith, "Predicting rainfall reosion losses : Aguide to comservation planning", US. Dep. Agric. Handb. No. 537, 1978.