희토류원소를 이용한 하상퇴적물의 기원 규명

곽재호[1] · 이현구[2] · 이승구[3] · 양동윤[1] · 홍세선[1] · 김주용[1]

1. 서 언

희토류원소는 원자번호 57번의 La으로부터 71번의 Lu까지의 15개 원소와 Sc, Y을 합한 17개의 원소 군을 부르는 명칭이지만, 지구화학에서는 일반적으로 La에서 Lu까지의 15개 원소를 주로 희토류원소라 일컫는다. 희토류원소가 갖고 있는 가장 중요한 특성은 관심시료내의 희토류원소의 존재도 특히 운석으로 규격화한 분포양상은 외적요인 즉 변성작용, 변질작용 및 풍화작용의 영향을 다른 원소와 비교해 볼 때, 덜 받는다는 데 있다. 최근의 연구자료 중에는 지표수 혹은 지하수에서의 희토류원소 존재도를 가지고 지하수의 유동방향을 지시해준다는 연구결과가 보고되기도 하였다.

하상퇴적물은 일반적으로 주변의 암석 혹은 토양으로부터 생성되어 여러 가지 분급작용을 거친 후 현재의 위치에 쌓인 것이며, 이는 하천의 흐름과 함께 계속해서 이동해 간다. 따라서 현재의 위치에 놓여있는 하상퇴적물이 최초 어디로부터 온 것인가를 판단하는 것은 매우 어렵다 하겠다. 우선적으로 하상퇴적물과 주변 암체의 광물조성을 서로 비교함으로써 그 기원지를 추정해볼 수 있을 것이다. 그리고 양쪽의 화학조성을 비교해 가면서 그 기원암을 추정해 갈 수 있다. 그러나 풍화된 퇴적물이 하천을 따라 이동해 가면서 광물입자의 크기에 따라 분급작용이 다르게 적용되므로, 일반적인 화학조성으로는 그의 구별이 매우 어렵다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이, 희토류원소는 일반적인 외적요인에 의해서는 그 존재도 특히 분포양상이 변화하지 않기 때문에 이를 이용하면 퇴적물의 기원지 혹은 기원암을 추적하는 데 매우 유용하게 사용되어 질 수가 있을 것이다. 이 논문에서는 전라북도 순창군 일대의 섬진강 수계 내 퇴적물과 주변 암체의 화학조성 특히 희토류원소 존재도를 토대로 하상퇴적물의 근원지를 밝혀내고자 한다.

2. 지형 및 일반지질

이 연구를 위해 선정된 섬진강 수계 내 지역은 전라북도 순창군 일대로서 화강암류, 변성퇴적암류 등의 지질환경을 갖는 암석들이 분포하고 있다. 이 지역에서 선택된 수계는 섬

주요어: 하상퇴적물, 희토류원소, 퇴적물 기원

1) 한국지질자원연구원 지질연구부

2) 충남대학교 지질환경과학과

3) 한국지질자원연구원 환경지질연구부

진강 본류, 순창읍을 관통하는 경천, 옥과읍을 지나가는 옥과천과 곡성군 입면 대사리 약천리 일대의 산지에서 유입되어 매월리, 서봉리를 거쳐 섬진강 본류와 합류되는 하천(여기서는 서봉천1이라 함)이다.

이 지역은 고생대로 추정되는 변성퇴적암류가 북북동-남남서 방향으로 대상분포하며 기저를 이루고 있다. 이 변성퇴적암류층은 주로 규암으로 구성된 용암산층과 운모편암, 천매암, 렌즈상의 협재되는 석회암 등으로 구성되는 설옥리층으로 구분될 수 있다. 이 층의 동쪽으로는 삼오리 엽리상화강암, 대강 엽리상화강암이, 서쪽으로는 순창 엽리상화강암이 넓게 분포하고 있다.

3. 시료채취 및 분석방법

연구대상지역은 전라북도 순창군 일대를 섬진강 중류와 그 주변 수계들이다. 행정구역상 이 지역은 섬진강을 경계로 북쪽은 전라북도 순창군, 남쪽은 전라남도 곡성군에 해당된다. 시료의 채취는 연구지역의 섬진강 본류를 포함한 5개 하천에서 상류에서 하류로 가면서 하상퇴적물을 채취하였다. 섬진강 본류에서는 7개 시료, 경천에서는 5개 시료, 옥과천에서는 7개 시료, 서봉천1에서 5개 시료, 서봉천2에서 3개 시료 등 총 27개 시료를 채취하였다..

4. 기반암 및 퇴적물의 화학조성

주성분조성

기반암을 포함한 하상퇴적물의 화학조성은 다음과 같다. SiO_2는 55 wt.%~78 wt.%의 비교적 넓은 범위의 조성값을 가지며 특히 서봉천의 서봉2, 서봉3, 서봉4 시료에서 낮은 함량을 보인다. SiO_2가 증가함에 따라 TiO_2, Al_2O_3, $Fe_2O_3(t)$, MnO, MgO, CaO, P_2O_5는 대체로 감소하는 경향을 보이며, K_2O는 증가하는 경향을, Na_2O는 미약하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 한편, TiO_2, $Fe_2O_3(t)$, MnO, MgO, CaO의 함량은 거의 모든 시료에서 기반암의 함량보다 높은 값을 보이며 Na_2O, K_2O, Al_2O_3 함량은 기반암의 함량보다 대체로 낮은 값을 갖는다.

수계별 조성상의 특징을 살펴보면 옥과천 하상퇴적물이 다른 수계의 하상퇴적물에 비해 동일한 SiO_2 함량에서 TiO_2, $Fe_2O_3(t)$, CaO의 함량이 낮은 경향을 보이며 경천과 섬진강 본류 시료가 그 다음으로 높은 경향을 보이며 서봉천의 시료는 높은 값과 낮은 값을 동시에 갖는 특성을 보이고 있다.

희토류원소 조성

조사지역 내 기반암과 하상퇴적물의 희토류원소 분포도를 살펴보면 아래와 같다. 조사지역 내 북부에 위치하는 외이 지구의 편마암과 옥과 지구 편암으로부터 보여지는 희토류원소

분포도는 약간의 Eu의 부(-)의 이상을 보여주는 일반적인 대륙지각 구성암석(PAAS: post-Archean Australian Shale)의 존재도와 유사하다. 반면에 동일한 옥과 지구의 편암질 화강암의 분포도는 중희토류(HREE)가 부화된 양산을 보여주고 있다. 그리고 마산봉 지구의 화강 편마암은 Eu의 부(-)의 이상이 매우 현저하게 발달되어 있음을 알 수가 있다.

5. 토 의

이 연구의 주목적은 하상퇴적물의 화학조성을 이용하여, 그 기원지를 밝혀 내는 데 있다고 서언에서 언급한 바 있다. 일반적으로 암석의 구성광물 중 장석이 기타광물에 비해 쉽게 풍화되고, 특히 Ca-사장석이 가장 쉽게 풍화를 받는 경향이 있으므로, 이를 이용하여 기반암과 하상퇴적물간의 $CaO-Na_2O-K_2O$를 이용한 상관관계를 살펴보았지만, SiO_2 함량변화에 따른 산화물의 변화경향과 같이 결부하여 고려해볼 때, $CaO-Na_2O-K_2O$를 이용하여 기반암과 하상퇴적물과의 상관관계를 밝혀내는 것은 쉽지가 않음을 알 수가 있었다.

반면에 희토류원소의 경우, 기반암과 하상퇴적물 사이의 존재도를 상호 비교해 보았을 때, 하상퇴적물의 분포양상과 기반암 사이에 매우 현저한 차이가 있는 하천 지류 (옥과 지구)와 거의 동일한 분포양상을 보여주는 하천지류로 분류할 수가 있었다(외이 지구). 섬진강 본류의 경우에도 주변의 기반암들이 갖고 있는 희토류원소 존재도의 특성과 매우 밀접함을 지시해주고 있음을 알 수가 있었다.

6. 결 론

본 연구결과 희토류원소가 하상퇴적물의 기원을 밝혀내는데 매우 유용하게 쓰여질 수 있음을 알 수가 있었다. 그러나 보다 명확한 결론을 유추해 내기 위해서는 시료채취의 보다 체계적인 방법을 강구해야 될 것으로 사료된다. 뿐만 아니라, Sr, Nd과 같은 동위원소의 비교 연구도 매우 유용하게 사용되어지리라 사료된다.