

## 중부 경기육괴와 동남부 옥천변성대의 각섬암에 관한 지화학적 연구

정원석, 나기창\*

충북대학교 자연과학대학 지구환경과학과(petrona@chungbuk.ac.kr)

### 1. 서론

각섬암은 일반적으로 각섬석과 사장석이 주로 구성된 변성암으로 그 기원에 대해서 많은 연구가 진행되었다. 각섬암의 기원은 크게 화성기원과 퇴적기원으로 분류된다. 각섬암의 야외 산출 상태가 주변암석의 방향성 등과 비조화적인 관계를 보일 경우는 현무암질 관입암류 같은 화성 기원 변성암으로 추측할 수 있으나, 조화적일 경우는 근원암에 대한 여러 가지 가능성(예를 들어, 용암, 암상, 탄산염 성분이 풍부한 이질암 등)이 존재한다. 또한 조화적이었던 각섬암도 심한 변형작용을 받으면 조화적인 각섬암으로 보일 수도 있다(Leake, 1964). 이러한 가능성들은 야외 조사만으로 각섬암의 기원을 판단하는데 방해요소로 작용하기 때문에 화학적 특징으로 기원암을 밝히려는 시도가 과거로부터 계속 있어왔다(예를 들어 Pearce and Cann, 1973; Floyd and Winchester, 1975; 1978; Winchester and Floyd, 1977). 본 연구는 중부 경기 육괴와 동남부 옥천 변성대에 분포하는 각섬암의 주원소 및 미량원소 분석을 이용하여 각섬암의 기원과 화학적 특징을 비교 연구하였다.

### 2. 시료 채취 지역 및 연구 방법

본 연구를 수행한 중부 경기 육괴 지역은 경기도 양평을 중심으로 조사하였다. 이 지역은 원생대 경기편마암복합체가 분포하며 이들을 대규모 주라기 화강암체가 관입하고 있다. 이 지역의 각섬암은 대부분 주변 암석의 방향성과 비조화적이나 일부는 조화적으로 나타난다. 각섬암은 크게 석류석의 존재 유무에 따라 두 종류로 구분할 수 있다. 두 각섬석 모두 공통적으로 각섬석 + 사장석 + 석영 + 흑운모 ± 녹렴석 + 녹니석 + 스피넬 + 방해석의 광물 조성을 보여주며, 석류석 각섬암은 석류석이, 석류석이 없는 각섬암은 투휘석이 주성분 광물로 나타난다.

동남부 옥천변성대 지역은 옥천군 청산면 일대 및 경북 문경군 문경읍 상내리 일대의 각섬암을 조사하였다. 이 지역의 각섬암은 천매암과 변성 사질암내의 곳곳에 산재되어 있다. 각섬암은 각섬석 + 사장석 + 녹니석 + 흑운모 + 녹염석 + 석류석 + 석영이다.

주성분 원소의 분석은 서울대학교 기초과학 교육연구 공동기기에 있는 X선 분광기(XRF; Himadzu1700)를 이용하였고 미량원소의 분석은 한국 기초과학 연구원의 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP/Ms)를 이용하였다. 각섬석군은 서울대학교의 전자현미분석기(EPMA; JXA-8900R)를 이용하였다.

### 3. 연구 결과

본 연구지역의 각섬암에 대한 주성분원소의 특징은 두 지역 모두  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO$  등이 비교적 불유동원소로 알려진  $MgO$ 의 변화에 대해 뚜렷한 상관관계를 보이지 않지만  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ 가  $MgO$ 의 감소에 따라 전반 적으로 증가하는 경향을 보여 이들 원소들이 마그마의 분화 과정에서 서로 양립할 수 없는 원소로 행동했음을 보여준다. 그리고  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $Al_2O_3$ 는 변성작용 동안에 유동성이 있음을 지시하나  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ 는

비교적 불유동 원소로 나타난다.

각섬석군의 종류는 Leake(1978)의  $Si - Mg/(Mg+Fe^{2+})$  성분 에 의한 분류에 따르면 두 지역의 각섬암 내의 각섬석군은 모두 마그네시오 각섬석, 처마카이틱 각섬석 및 페로안 처마카이틱 각섬석의 영역에 속했다. 또한 전암 분석값을 이용한  $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$ 에 따른 분류(Irvine and Barager, 1971)에서는 두 지역 모두 아알칼리질과 알칼리질의 경계 영역에 밀집된 값을 나타내나 옥천대의 것이 좀더 아알칼리질 영역에 넓게 분포하였다.

불유동원소인 Ti, Zr, Y, Nb를 이용한 화산암의 분류를 해 보면  $TiO_2 - La+Sm+Yb$ 에서 경기육괴 암석들은 일부 영역에서 벗어나는 값도 있었으나 대부분 소레아이트와 알칼리현무암역영에 고르게 분포하였고 옥천변성대의 것들은 주로 알칼리현무암역영에 분포하였다. Ti-Zr-Y 자료를 도시하여보면 경기육괴 각섬암은 일부 지구조환경을 벗어나는 영역에 도시되기는 했지만 주로 중앙해령내지 호상열도 환경을 지시했다. 반면에 옥천변성대의 것은 대부분 판 내부 환경을 지시한다.

두 지역의 희토류원소 분석치를 보면 표준화된 콘드라이트 값으로 추정할 수 있는 암석의 생성환경은 LREE가 HREE보다 높고, 경사기울기가 비슷하며, Eu 이상치가 확연히 나타나지 않았다.

#### 4. 결론 및 토의

두 지역은 비교적 불유동원소로 MgO와 타 원소와의 비교에서  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O$  등의 원소가 마그마의 분화과정에서 서로 양립할 수 없는 원소로 행동했음을 보여준다. 이는 알려진 퇴적기원 각섬암과는 두드러진 차이를 보이며 원암이 화성기원임을 지시한다. 따라서, 경기육괴에서 나타나는 조화적인 야외 산출상태는 암상으로서의 관입, 현무암질의 용암으로 추측할 수 있다. 또한 이를 근거로  $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$  도표에 따른 분류에서 아알칼리질과 알칼리질의 현무암이라고 분류해도 큰 무리가 없다고 생각된다. 두 지역의 각섬암의 각섬석군의 종류는 마그네시오 각섬석, 처마카이틱 각섬석 및 페로안 처마카이틱 각섬석으로서 유사했다.

Ti, Zr, Y, Nb와 같은 불유동 원소에 의한 분류에서 비교적 차이를 보여 중부 경기육괴에 분포하는 각섬석은 중앙해령내지 화산호 현무암과 같은 해양성 현무암이고, 동남부 옥천변성대의 각섬암은 판내부 현무암으로 분류되어 두 지역의 생성 환경이 차이가 뚜렷하게 나타난다. 이는 두 지역의 변성 이전 관입활동이 서로 다른 기원의 마그마에 의해 형성했음을 반영한다.

희토류원소의 분석치는 LREE가 HREE보다 높으며 음의 Eu 이상치가 확연히 나타나지 않아 사장석의 분별정출이 마그마의 기원에 별다른 영향을 주지 않았음을 알 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- Floyd, P.A. Winchester, J.A., 1975, Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chem. Geo.*, 21, 291-306.
- Floyd, P.A. Winchester, J.A., 1978, Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth Planet. Sci. Letters*, 27, 211-218.
- Irvine T.N., Barager, W.R., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocs. *Canadian J. Earth Sci.* 8, 523-548.
- Leake, B.E., 1964, The chemical composition between orth- and para- amphibolite. *J.*

***Proceedings of the Annual Joint Conference,***  
Petrological Society of Korea and Mineralogical Society of Korea  
May 28, 2004, Cheongju, Korea

Pet. 5, 238-254.

Leake, B.E., 1978, Nomenclature of amphiboles. *American mineralogist*. 63, 1023-1052.

Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Letters*, 19, 290-300.

Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Chem. Geo.*, 20, 325-343.