

옥천대 황강리층 화강암질 편마암 거력에서 산출하는 갈럼석의 SHRIMP U-Th-Pb 연대측정

김윤섭^{1*}, 정창식¹, Ian S. Williams²

¹한국기초과학지원연구원 연대측정팀(yoonsup@kbsi.re.kr)

²호주국립대학교 지구과학연구소

옥천대 충주지역 황강리층 내에서 산출하는 화강암질 편마암 거력으로부터 갈럼석 (allanite; $\text{CaREEAl}_2\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$)을 채취, 고분해능 이차이온질량분석기를 이용하여 우라늄-토륨-납 연대측정을 실시하였다. 채취된 갈럼석 결정들은 가장자리 부근에서 중원소들이 결핍되는 양상을 보이기도 하나 뚜렷한 누대구조를 나타내지는 않는다. 반면, 다양한 중광물 포유물들이 갈럼석 내에 불규칙적으로 분포한다. 특히, 토륨을 많이 함유하고 있는 토라이트 (thorite)가 결정의 가장자리를 중심으로 넓게 분포하며, 모나자이트와 저어콘도 소량 산출한다. 또한, 크리노조이사이트 맥이 결정을 가로지르며 발달해 있어, 내부 구조를 교란하고 있다. 분석에 사용된 갈럼석 결정들은 대략 21.2—25.5 wt% REE_2O_3 (0.72—0.89 atoms per formula unit, apfu), 0.2—1 wt% ThO_2 (0.003—0.021 apfu), 0.19—0.69 wt% Y_2O_3 , 0.14—0.73 wt% TiO_2 의 화학성분을 가지고, 약 500—4000 사이의 매우 높은 Th/U 비의 범위를 보이며 우라늄이 결핍되어 있는 성분적 특징을 보여준다. 우라늄-토륨-납 동위원소의 비를 측정하기 위하여 Tara allanite (412 Ma)를 표준시료로 사용하였고, $\text{In}^{248}\text{ThO}/^{232}\text{Th}$ 과 $\text{In}^{208}\text{Pb}^*/^{232}\text{Th}$ 및 $\text{In}^{254}\text{UO}/^{238}\text{U}$ 과 $\text{In}^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ 사이에 존재하는 선형관계를 이용하여, 토륨-납과 우라늄-납 동위원소계에 대하여 각각 독립적으로 검정선을 수립하였다. 또한, 갈럼석은 저어콘과 모나자이트 등의 광물과는 다르게, 다량의 보통 납을 함유하고 있기 때문에 보통 납에 대한 보정이 매우 중요하며, 이번 연구에서는 Cumming and Richards (1975)가 제시한 보통 납 성분을 적용한 ^{207}Pb 보정법 (Williams, 1998)을 사용하였다. 데이터의 처리는 Prawn과 Isoplot 프로그램을 사용하였다 (Ludwig, 2003). 20개 갈럼석 결정에 대해 3회에 걸쳐 총 53 번의 점 분석을 실시하였다. 매우 큰 Th/U 비와 상대적으로 높은 보통 납의 함유량으로 인하여 우라늄-납 동위원소계는 크게 교란되어 있어 토륨-납 동위원소계와 등시관계가 성립하지 않는다. 이와 반대로 대다수의 토륨-납 동위원소 성분은 동일한 실루리아기의 연대를 지시하며, 49 번의 분석을 통하여 95% 신뢰수준에서 구한 토륨-납 가중평균연대는 413 ± 8 Ma 이다. 하지만, 2개의 갈럼석 결정은 페름기의 연대를 지시하며, 4 번의 점분석에서 얻은 가중 평균치는 249 ± 14 Ma 이다. 그러나, 페름기를 지시하는 광물들의 분석에서 LaSiO_2/Th 비가 실루리아기를 지시하는 결정에 비해 그 값이 현저하게 낮아 이로 인한 기질효과의 영향을 배제할 수 없어 주의가 요구된다. 갈럼석과 함께 채취한 약 100 마이크로 크기의 모나자이트 단 결정에 대하여 4 번의 점분석을 동시에 실시하였다. 미국지질조사소 모나자이트 표준시료 (425 Ma)를 이용하여 갈럼석과 마찬가지로 우라늄-납과 토륨-납 동위원소계에 대해 독립적으로 검정선을 수립하였다. 이 모나자이트는 갈럼석과 마찬가지로 1500—1800 사이의 매우 높은 Th/U 비를 가지며, 4 번의 점분석에서 얻은 가중 평균치는 416 ± 13 Ma 로, 갈럼석 연대측정 결과와 오차범위내에서 일치한다.

참고문헌

- Cumming, G. L. and Richards, J. R., 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing Earth. *Earth and Planetary Science Letters*, 28, 155-171.
- Ludwig, K. R., 2003. User's manual for Isoplot 3.00 a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel.
- Williams, I. S., 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. *Reviews in Economic Geology*, 7, 1-35.