

육천대 월악산-무암사 화강암의 희토류원소 테트라드 효과

이승구¹, 신성천¹, 진명식¹, Masatsugu Ogasawara², Akimasa Masuda^{1,3}

¹한국지질자원연구원 환경지질연구부 (sgl@kigam.re.kr)

²Institute of Geoscience, Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba 305-8567, Japan

³일본동경대학 화학과

1. 서언

희토류원소는 지각 및 이를 구성하고 있는 각종 암석의 생성환경 및 분화과정을 해석하는데 매우 유용하게 사용된다. 특히 Masuda(1962)가 운석을 기준물질로 사용하여 규격화한 Masuda-Coryell plot는 현재 지구화학적 연구의 매우 귀중한 도구로 사용되고 있다. 그리고 Masuda and Ikeuchi (1979)는 유체 특히 물의 성분과 관련된 환경하에서 La-Ce-Pr-Nd, Pm-Sm-Eu-Gd, Gd-Tb-Dy-Ho, Er-Tb-Yb-Lu으로 나뉘는 희토류원소의 “테트라드 효과”를 만들어낸다고 보고하였다. 이에 대한 연구는 발표 초기에는 그리 관심을 끌지 못했으나, 최근에는 분석기술의 향상과 더불어 지구화학적으로 매우 중요한 의미를 갖고 있음이 밝혀지게 되었다 (Kawabe, 1992; Bau, 1994; Lee et al., 1994; Jahn et al., 2001; Monecke et al., 2002).

이 논문에서는 충청북도의 충주시, 제천시, 괴산군과 담양군 일대에 분포하는 중생대의 무암사 화강암과 월악산 화강암에서 얻어진 희토류원소의 테트라드효과와 그 의의에 대해서 토의하고자 한다.

2. 일반지질

연구지역내 무암사 화강암과 월악산 화강암체는 주 구성암석이 흑운모 화강암이며, 기준의 고생대 캄브리아기-오르도비스기의 석회암층군과 슈라기의 각섬석-흑운모 화강섬록암을 관입하였다. 그리고 이 암체들은 후기의 화산암류에 의해 피복 혹은 관입받았다. 월악산 화강암체는 약 500km²의 저반상 화강암체이고, 거의 등립상 중립 혹은 조립질의 흑운모 화강암이다. 주구성광물은 석영-알칼리장석-사장석-흑운모(-각섬석)이다. 무암사 화강암체는 월악산 화강암체로부터 북쪽으로 약 7km 떨어져 40km²로 분포하는 저반상 암체로 전체적인 암상은 월악산 화강암체와 유사하다.

3. 결과 및 토의

주성분의 분석결과에 의하면, SiO₂의 함량은 월악산 화강암이 73.8~77.4%, 무암사화강은 73.2~76.8%로 매우 유사하다. 두 암체 모두 SiO₂가 증가함에 따라 TiO₂, Al₂O₃, total Fe, MgO, CaO는 미약하게 감소하고 K₂O, Na₂O는 거의 일정하다. Fig. 1은 월악산과 무암사 화강암체의 희토류원소 존재도이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이, 양쪽 모두 현저한 Eu의 부(-)의 이상과 함께 테트라드 효과를 보여주고 있다. 임원지역 보고된 우백질화강암에서는 테트라드 효과가 광물내 희토류원소 존재도의 조합이나 잘못된 화학분석에 의해 얻어진 것이 아님이 밝혀졌다 (Lee et al., 1994). 이는 테트라드 효과가 마그마 초기상태에서 부터 이미 형성되어 있었음을 의미하는 것이다. Fig. 1의 a와 b를 비교해 볼 때, 월악산보다 무암사 화강암에서 테트라드 효과가 보다 더 현저하게 발달되어 있음을 알 수가 있다. 주성분의 특성에 의하면 월악산화강암이 무암사화강암에 비해 다소 더 분화된 양상을 보여준다. 동위원소

자료와 같이 고려해볼 때, 무암사 화강암이 약간 더 앞서 정치되었고, 이를 형성한 마그마는 월악산 화강암에 비해 함유율이 떨어졌던 것으로 사료된다.

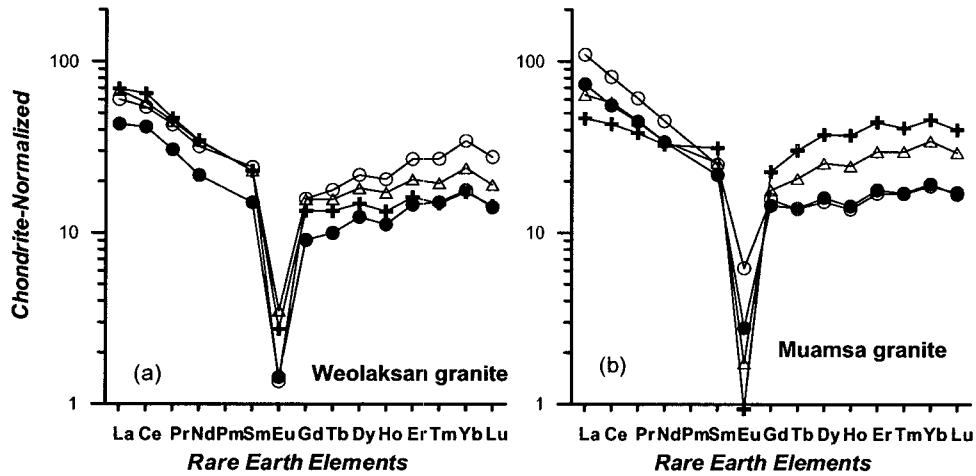


Fig. 1. 월악산 화강암(a)과 무암사 화강암(b)의 희토류원소 분포도

5. 참고문헌

- Bau, M., 1994, Controls on the fractionation of isovalent trace elements in magmatic and aqueous systems: evidence from Y/Ho, Zr/Hf, and lanthanide tetrad effect. *Contr. Mineral. Petrol.*, 123, 323-333.
- Jahn, B-m., Wu, F., Capdevila, R., Martineau, F. and Zhao, Z. and Wang, Y., 2001, Highly evolved juvenile granites and with tetrad REE patterns: the Woduhe and Baerzhe granites from the Great Xing'an Mountains in NE China. *Lithos*, 59, 171-198.
- Kawabe, I., 1992, Lanthanide tetrad effect in the Ln^{3+} ionic radii and refined spin-pairing energy theory. *Geochem. Jour.*, 26, 309-335.
- Lee, S. G., Masuda, A. and Kim, H. S., 1994, An early Proterozoic leuco-granitic gneiss with the REE tetrad phenomenon. *Chem. Geol.* 114, 59-67.
- Masuda, A. and Ikeuchi, Y., 1979, Lanthanide tetrad effect observed in marine environment. *Geochem. Jour.*, 13, 19-22.
- Masuda, A., 1962, Regularities in variation of relative abundances of lanthanide elements and an attempt to analyse separation-index patterns of some minerals. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 10, 173-187.
- Monecke, T., Kempe, U., Monecke, J., sala, M and Wolf, D., 2002, Tetrad effect in rare earth element distribution patterns: A method of quantification with application to rock and mineral samples from granite-related rare metal deposits. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 1185-1196.