

## 임원지역 우백질 화강편마암류의 Sm-Nd 및 Rb-Sr 전암연대의 지구화학적 의의

이승구<sup>1\*</sup>, 송용선<sup>2</sup>, 김남훈<sup>2</sup>, 박계현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 지하수지열연구부, sgl@kigam.re.kr

<sup>2</sup>부경대학교 환경지질학과

### 1. 서언

Lee et al. (1994)는 강원도 임원지역에 분포하는 우백질 화강편마암에서의 희토류원소 테트라드 효과와 더불어 전암과 그 구성광물인 석류석과 장석에서의 2.25 Ga Sm-Nd 광물연대를 보고한 바 있다. 그리고 본 논문의 저자들은 지난 2005년도 암석학회에서 이 지역에서의 보다 세밀한 야외조사결과를 토대로 희토류원소의 테트라드효과의 형성과정에 있어서 주변암 특히 함수광물을 많이 함유하고 있는 암석과의 관련성에 관한 초기연구결과를 토의한 바 있다. 이 논문에서는 동일지역에서의 전암시료들에 대해 측정된 Sm-Nd 및 Rb-Sr 전암연대 자료를 토대로 임원지역에 분포하는 우백질 화강편마암의 생성연대에 대한 재조명 및 희토류원소의 테트라드효과의 생성시기에 대해 토의하고자 한다.

### 2. 일반지질 및 시료채취방법

연구지역은 영남육괴 북동부의 동해안가에 길게 남북으로 분포하는 우백질 화강편마암류로서, 주변부에는 혼성암질 편마암이 분포한다. 주로 괴상의 형태로서 분포하지만, 부분적으로는 엽리가 현저하게 발달되어 있는 것이 관찰되며, 흑운모 편마암을 포획하고 있는 것이 관찰된다. 그리고 이와 같은 포획체와의 경계부분에서는 조립질의 석영-장석질 화강편마암이 발달되어 있다. 주구성광물은 석영, 정장석, 사장석이지만 부분적으로는 1cm이상의 석류석 반정이 야외에서 관찰된다. 1% 미만의 미량광물로는 흑운모, 백운모, 규선석이 있다.

이 연구에서는 희토류원소의 테트라드 효과의 분포규모와 더불어 생성시기를 밝혀내기 위해, 서로 간에 약 3km 정도 떨어져 있는 노두 2곳(노두 A와 노두 B)을 선정하여 시료를 채취하였다. 그림 1d의 20041016-8-fo1과 같은 시료는 풍화에 의해 변질된 석류석이 선구조를 현저하게 보여주고 있는 시료로서, 이 시료는 흑운모 편마암 포획체 주변에서만 주로 관찰된다.

### 3. 결과 및 토의

주성분의 분석결과에 의하면 노두위치에 관계없이 우백질 화강편마암 및 석영장석질 편마암의 SiO<sub>2</sub>의 함량은 75% 전후, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14.5% 전후이다. K<sub>2</sub>O가 Na<sub>2</sub>O보다 약간 더 많이 함유되어 있고 total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 1%이하이다. 노두A와 노두B에서의 희토류원소의 분포도는 그림 1a~1d에 도시된 바와 같다. 그리고 그림 2는 그림 1의 시료들에 대한 Sm-Nd 및 Rb-Sr 전암연대를 구하여 도시한 그림이다.

노두A와 노두B에서의 희토류원소 분포도를 살펴보면, 일반적인 우백질 화강편마암(그림 1a와 1c)에서는 Eu의 강한 부(-)의 이상을 갖는 M-형의 희토류원소 테트라드효과가 현저하게 관찰된다. 반면에 그림 1b와 1d의 석영-장석질 편마암에서는 Eu의 이상이 현저하게 작아지거나 혹은 정(+)의 이상을 보여준다. 그리고 중희토류(Gd-Lu)에서는 일부 M-형의 테트라

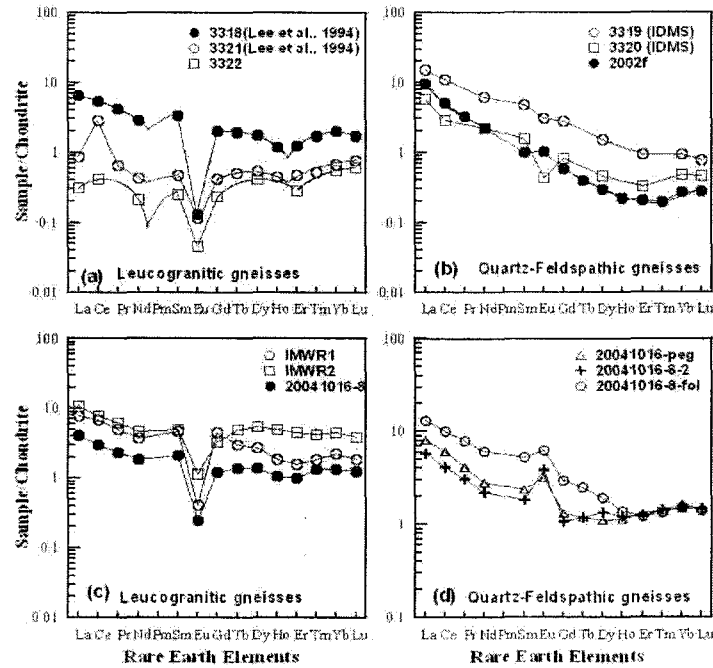


그림 1. 임원지역내 우백질화강암류에서의 희토류원소 분포도. (a)와(b)는 노두 A에서의 희토류원소 변화도임. (c)와 (d)는 노두 B에서의 희토류원소 변화도임(이승구 외, 2005).

드 효과가 관찰되지만, 전반적으로 미약하거나 혹은 W-형의 테트라드 효과가 관찰되기도 한다. 희토류원소의 테트라드효과와 형성과정에 대한 이론적 설명은 아직 불명확하지만, 화강암류에서의 희토류원소 테트라드효과를 설명함에 있어서 Irber(1999), Jahn et al. (2001)과 Wu et al. (2004)는 열수용액과의 반응에 의한 마그마 분화과정의 후기산물로 간주하였다. 그러나 그림 1의 희토류원소 분포도에서 볼 수 있듯이, 희토류원소의 테트라드 효과 및 Eu의 부(-)의 이상을 현저하게 보여주는 시료와 테트라드 효과를 갖지 않으면서 Eu의 정(+)의 이상을 갖고 있는 시료가 그림 2와 같이 하나의 Sm-Nd 및 Rb-Sr 등시선도를 형성하고 있다. 이는 본 연구지역에서의 희토류원소 테트라드효과는 마그마 분화과정의 후기산물 혹은 변성작용에 의해 형성된 것이라기보다는 본 지역 우백질 화강편마암의 기원물질 자체가 이미 희토류원소의 테트라드 효과를 지니고 있었음을 지시해주는 것이다.

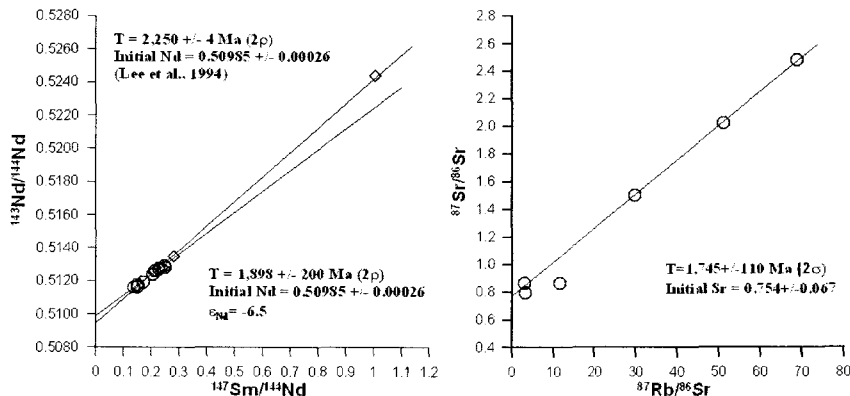


그림 2. 임원지역 우백질 화강편마암에서의 Sm-Nd 및 Rb-Sr 전암 연대(그림 1의 시료를 토대로 측정)

#### 4. 결론

임원지역 우백질 화강편마암의 Sm-Nd 전암연대치는  $1,898 \pm 200$  Ma로서, 이는 우백질 화강편마암을 형성시킨 초기물질의 생성연대인 것으로 볼 수 있다. 특히 이 연대는 임원지역에서 관찰되는 희토류원소 테트라드효과의 생성연대를 지시해주는 것으로 볼 수 있으며, 아울러 희토류원소의 테트라드 효과가 우백질 화강편마암의 형성 초기에 이미 형성되어진 것임을 지시해주는 것이다. 특히 이 연구결과는 희토류원소의 테트라드 효과를 형성해주는 지각내의 지구화학적 조건이 선캠브리아기의 원생대 초기부터 이미 존재하였음을 지시해주는 증거라 볼 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- 이승구, 송용선, 박계현, 김남훈, 2005, 임원지역 우백질 화강편마암류의 희토류원소의 분포도 변화: 희토류원소 테트라드 효과의 분포규모 및 형성요인에 대한 고찰. 2005년도 한국광물학회·한국암석학회 공동학술발표회논문집. 122-125.
- Irber, W., 1999, The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu\*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 489-508.
- 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.
- 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.
- Wu, F.-Y., Sun, D.-Y., Jahn, B.-m. and Wilde, S., 2004, A Jurassic garnet-bearing granitic pluton from NE China showing tetrad REE patterns. *Jour. Asia. Earth Sci.* 731-744.

#### 6. 사사

이 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호: R01-2004-000-10825-0)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사를 드린다.