

## 홍천 철-희토류광상 모암의 암석기재학적 연구

이한영\*, 박중권

한국지질자원연구원 (Hanlee@kigam.re.kr)

### 1. 서론

홍천지역에 분포하는 철광산은 선캠브리아기의 층상 철광상으로 성인은 사질퇴적암중에 협재된 철광층이 후기에 일어난 동력변성작용에 의해 재결정작용과 화성활동에 연유된 열수용액에 의해 2차적인 교대작용으로 부화된 철광상으로 알려져 왔다(김원조 등, 1966). 그러나 1994-1995년 동안 지질자원연구원의 재조사 결과 REE의 함량이 매우높아 추정된 매장량만 10,000M/T에 이르는 것으로 보고되자 성인에 대한 의문점이 제기되어 왔다. 따라서 본 연구는 높은 REE함량을 보이는 광체모암의 암석기재학적인 연구를 통하여 구성 광물들의 종류, 화학성분 및 조직을 파악하여 홍천 REE 광체모암이 어떤 암석인지를 밝히려고 하였다.

### 2. 일반지질

본 연구지역에는 경기편마암복합체의 편마암류들이 분포하고 있으며 흑운모-각섬석 편마암류에 REE 광체모암이 남북방향의 분포를 보여주며 폭은 20-50m, 연장은 2500m에 이른다. 광체모암의 주구성광물은 Fe-돌로마이트, 돌로마이트, 자철석이며 부구성광물은 모나자이트, 콜럼바이트, 퍼구소나이트, 스트론티아나이트, 알카리-엠펜볼, 에지린회석, 앤케라이트, 능철석, 능망간석, 방해석, 황철석 등으로 구성되어있다.

모암주변암인 편마암은 모암의 관입에 따른 Na 교대작용에 의하여 페나이트로 변질되어 있다(Fig. 1). 페나이트들은 심장암질 페나이트와 장석질 페나이트로 나눌 수 있으며 전자는 알바이트와 알카리-엠펜볼로 후자는 알바이트와 적철석으로 구성되어 있다.

### 3. 광물조직 및 화학성분

조사지역 여러 곳에서 100개 이상의 시료를 채취하여 현미경관찰과 EPMA 분석을 위하여 박편을 만들었으며 기초과학연구원에서 EPMA 분석을 실시하였으며 개개 구성광물의 조직특성과 화학성분은 다음과 같다.

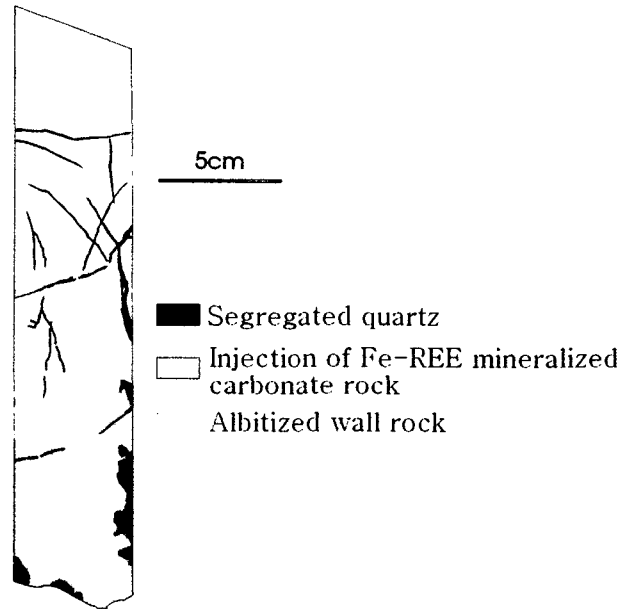


Fig. 1. Sketch of drilling of cores showing fenitized wall rock along with injection of Fe-REE carbonate rock.

#### Fe-돌로마이트

모암에서 가장 많이 나타나는 주 구성광물이며 자철석과 연정을 이루고 기질부의 대부분을 차지한다. 입자크기는 세립 내지 중립질이다. MgO 함량은 15.70-21.22wt%, CaO 12.70-27.02wt%, FeO 5.49-16.19wt%를 보인다.

#### 자철석

두 번째로 많은 광물이며 돌로마이트와 같이 나타난다. FeO 함량은 89.93 - 93.46wt%이며 TiO<sub>2</sub>는 0.53-1.02wt%의 낮은 값을 보인다. 입자크기는 0.1-3mm이며 광염상, 대상 및 괴상조직을 보인다. 자철석은 예외 없이 미세구조를 보이며 탄산염광물들이 이를 충전하며 황철석이 보이기도 한다. 광염상 분포를 보이는 곳에는 돌로마이트에 의한 용식구조를 보이며 능철석안에 잔존물로도 나타난다. 후기정출의 콜럼바이트가 자철석안으로 침식하기도 한다.

#### 모나자이트

REE 광체의 주요광물이며 돌로마이트, 스트론티아나이트, 및 다른 탄산염광물들과 무리를 이루어 나타난다. 특히 스트론티아나이트와는 밀메카이틱 연정을 보이고 다른 탄산염광물들에 의하여 용식구조를 보인다. 입자크기는 0.02-2mm이며 미세균열이 잘 발달된 것과 후기의 신선한 것이 관찰된다. 일반적으로 광체구간에서 Sr함량은 1.25 - 7.02wt%를

보이며 예외적으로 28.88wt%의 높은 값을 나타내기도 한다. 다른 인산염광물은 1mm 이하의 세립질 인회석이 나타나며 대부분 변질되어 탄산염광물로 오인되기 쉬우며 포키리티크 조직을 보인다.

#### 산화광물

앞에서 언급한 자철석외에 주요광물은 적철석, 콜럼바이트(columbite), 휘구소나이트(fergusonite)들이 산출된다. 경하에서 적색내지 적갈색을 보이며 간혹 중심부에 불투명한 흑색을 보이는 콜럼바이트는 자철석과 연정을 이루고 휘구소나이트에 의해 교대되기도 하며 주요 Nb광물이다. 전자현미경 분석에 의하면 적색부분은 Mn-columbite인  $(\text{Mn}_{.57}\text{Fe}_{.24}\text{Mg}_{.19})\text{Nb}_2\text{O}_6$ 이며 불투명한 부분은  $(\text{Fe}_{.82}\text{Mn}_{.15}\text{Mg}_{.03})\text{Nb}_2\text{O}_6$ 의 Fe-columbite이다. 휘구소나이트는 경하에서 노란색을 띠며 콜럼바이트의 잔존체를 포획하고 있으며 때로는 자철석을 교대하며 자철석, 모나자이트와 무리를 이룬다. Nb, Ce, Nd를 많이 함유하며 평균 분자식은  $(\text{REE}_{.90}\text{Ca}_{.05}\text{Th}_{.05})\text{NbO}_4$ 이다. 적철석은 이차적인 변질산물이며 광화대에서는 소량으로 나타난다.

#### 회석

조립질의 섬유상조직을 보이고 Na-각섬석, 인회석과 무리를 이루며 담황록색을 띠며 모암에서 산출된다. 평균분자식은  $(\text{Na}_8\text{Ca}_2)(\text{Fe}^*\text{Mg}_2)\text{Si}_2\text{O}_6$ 인 aegirine-augite이며 순수한 액마이트(acmite)도 관찰된다.

#### Na-각섬석

모암과 변질대인 페나이트에서 발견되며 흑색 또는 암록색을 띠고 에지린-오자이트와 무리를 이룬다. Mg함량은 페나이트의 각섬석이 모암 것보다 높게 나타나며 평균분자식은 모암에서  $(\text{Na}_{2.23}\text{Ca}_{.52}\text{K}_{.18})(\text{Mg}_{.54}\text{Fe}_{.43}\text{Mn}_{.03})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_2$ 이며 페나이트에서는  $(\text{Na}_{2.01}\text{Ca}_{.54}\text{K}_{.14})(\text{Mg}_{.80}\text{Fe}_{.18}\text{Mn}_{.02})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH},\text{F})_2$ 인 richterite이다.

#### 4. 토의 및 결론

야외조사와 구성광물의 조직을 통하여 미세균열이 잘 발달된 전기와 각력화작용이 없는 후기의 2단계 광물형성 시기로 나눌 수 있는데 전기에는 돌로마이트, 자철석, 모나자이트, 인회석이 전기에 속하며 콜럼바이트, 휘구소나이트, 능철석, 안케라이트 등이 후기에 해당되며 스트론티아나이트는 전후기 모두에 속한다.

앞으로 지화학적 연구가 더 진행되어야겠지만 자철석, 탄산염광물, REE 함유광물, Sr 및 Nb 함유광물 등의 구성광물로 볼 때 흥천 철-희토류광상의 모암은 탄산염암중의 카보나타이트(carbonatite)인 것으로 보인다.

5. 참고문헌

- Chao, E.T., Back, J.M., Minkin, J.A., Tatsumoto, M., Wang, J., Conrad, J.E. & McKee, E.H. 1997, The sedimentary-hosted Giant Bayan Obo REE-Fe-Nb ore deposit of inner Mongolia, China; A cornerstone example for giant polymetallic ore deposits of hydrothermal origin, *USGS Bulletin* 2143.
- Le Bas, M.J., 1987, Nephelinites and carbonatites. *Alkaline Igneous Rocks* (Edited by J. G. Pitton & B. G. Upton) Geological Society Special Publication No. 30, pp. 53-83.
- Mariano, A.N., 1989, Nature of economic mineralization in carbonatites and related rocks. *Carbonatites Genesis and Evolution* (Edited by Keith Bell), pp.149-176
- Park, J.K. & Hwang, D.H., 1995, Magnetite-monazite mineralizations in Proterozoic carbonate rocks from Hongcheon - Jaun area, S. Korea (II). Korea Institute of Geoscience and mineral Resources, *Research report KR-95-(C)-10*, pp.1 ~ 112
- Ontoyev, D.O., 1988, Complex rare-earth deposits as new source of barium, strontium and fluorite. *International Geology Review*, pp.444-452
- Peter, M., Peter, C. & Francis, S., 1986, Lanthanides, Tantalum and Niobium, Proceedings of workshop in Berlin, November 1986. *The Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Special Publication No. 7*.
- Tu, G., Zhao, Z. & Qiu, Y., 1985, Evaluation of Precambrian REE mineralization. *Precambrian Research* 27, pp. 18-151.
- Woolley, A. R. and Kempe, D.R.C., 1989, Carbonatites: Nomenclature, average chemical compositions, and element distribution. *Carbonatites Genesis and Evolution* (Edited by Keith Bell), p. 1~14.