

# 洪川-自隱 鐵-稀土類鑛床에서 産出되는 鑛石鑛物의 産狀 및 特性

## Occurrences & characteristics of ore minerals from

### Hongcheon-Jaun Fe-REE Deposit, South Korea

朴重權<sup>1)</sup>, 李鉉具<sup>2)</sup>

#### 1. 서론:

강원도 홍천군 두촌면 천현리 일원에 부존하는 홍천-자은 철광상은 자철석이 주 구성광물인 時代未詳의 철광상으로 報告(1966)된 이후 한국자원연구소의 희토류광물 탐사팀(1995)에 의해 희토류광물과 희유금속광물의 산출이 확인된 바 있으나 금번의 논문을 통하여 철-희토류-희유금속광화대의 鑛石鑛物과 隨伴鑛物群의 産狀, 地化學, 탄산염광물의 탄소, 산소 안정동위원소 값의 특성 그리고 광화대에 隨伴된 변질대의 특징에 관하여 記述함으로써 철-희토류-희유금속광화작용이 카보나타이트, 특히 ferrocabanatite에 관련되었을 가능성을 제시코자 한다.

#### 2. 지질 및 광상개요

本 域은 先캄브리아紀의 京畿基底變成岩 複合體 중 춘천-홍천을 포함하는 地構造區(tectonic province)의 가장자리에 해당하며 이는 그 남동부에 발달하는 거대한 주라기 화강암 저반을 사이에 두고 경기육괴(Kyeonggi massif)내의 다른 지구조구와 경계를 이룬다. 암석은 대부분 互狀構造를 나타내는 片麻岩으로 흑운모 편마암이 대부분이고 서부에는 간혹 greenstone을 협재 하는 흑운모-각섬석 편마암이 발달한다.

흑운모-각섬석 편마암 내에는 탄산염암과 알카리초염기성암복합체가 남북으로 좁고 길게 시트상으로 발달, 철과 희토류광물의 광상을 배태하고 주변에는 Na가 풍부한 광물로 구성된 변질대를 수반한다.

한편, 시대미상의 편상 화강암질암이 편마암류를 관입하여 광화대의 동남측 일우에 분포하며 또 이와 관계미상의 古期 염기성맥암은 탄산염암과 편마암류를 관입하였다. 남부에는 중생대 玆長斑岩이 비교적 큰 규모로 관입하고, 여기서 파생된 소규모 암맥들이 발달한다. 構造的으로 本域은 支那方向으로 발달하는 大斷層의 영향을 받아 片麻岩 내에는 壓碎岩(mylonite)이 발달 한다

희토류와 희유금속광상은 자철석을 다량 함유(Fe 20%내외)하는 含鐵碳酸鹽岩과 알카리超鹽基性岩 複合體가 母岩(host rock)이며 여기에 모나자이트, 콜럼바이트, 휘구소나이트 등의 희토류광물과 희유금속광물이 배태한다. 함철탄산염암은 돌로마이트, 자철석, 스트론티아나이트가 주 구성광물이고 안케라이트, 능철석, 방해석등을 수반하며 알카리 초염기성암은 조립질의 엠피볼(tirodite), 파이록신(aegirine-augite), 흑운모가 주 구성광물이나 이들은 분대하기 어려운 混成複合體로 되어있다.

광화대는 곳에 따라 심한 파쇄작용을 받았음이 확인되며 특히 경하에서 자철석, 모나자이트, 황철석 등에 미세한 균열(micro-fracture)이 발달하거나 파쇄되어 있는 독특한 현상을 볼 수 있어 광화작용 과정에 파쇄작용이 수반된 것을 강하게 示唆한다.

#### 3. 모암(wall rock)의 알카리교대작용

탄산염암과 알카리 초염기성암 복합체의 모암(wall rock)인 편마암은 Na-교대작용을 받아 흑운모편마암 또는 흑운모-각섬석편마암이 편리구조를 그대로 보존하고 있으면서 원래 석영과 장석으로 구성된 優白帶는 대부분 糖晶質의 알바이트[albite:NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]로 교대되어 있고, 흑운모나 각섬석으로 구성된 優黑帶는 알카리엠피볼류인 티로다이트[tirodit: (Na,Ca)<sub>2</sub>(Mg,Mn,Fe)<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>]로 교대되어 주 구성광물은 두 광물(bi-mineral)로 되어 있는 所以 페나이트(fenite)帶가 발달한다.

#### 4. 희토류-희유금속광물의 광화작용

합철탄산염암과 알카리초염기성암 복합체는 마그마性 侵入岩(magmatic injections)형태로 餅盤(laccolith)내지 岩床(sill)형태로 관입된 것으로 판단되며 이는 후기의 동력변성작용에 의해 伸長되어 지표에서는 폭 약25~50m, 주향은 남북방향, 경사는 서쪽인 3개 광체로 총 연장은 약2.5km에 달한다. 희토류광물과 희유금속광물은 모나자이트(monazite), 콜럼바이트(columbite), 휘구소나이트(fergusonite), 스트론티아나이트(strontianite) 등이며 이들은 자철석을 주로하는 저품위 철광과 함께 철-희토류-희유금속 복합광(complex ore)형태로 산출된다.

#### 5. 광석광물(ore mineral)과 맥석광물(gangue mineral)의 산출상태

복합광의 광석광물과 맥석광물을 살펴보면 철의 광석광물은 자철석(magnetite)과 적철석(hematite), 희토류의 광석광물은 모나자이트, 희유금속의 광석광물로는 콜럼바이트, 휘구소나이트, 스트론티아나이트 등이며 이들의 맥석광물로는 돌로마이트, 인회석, 알바이트, 녹니석, 녹염석, 티로다이트, 아지린-휘석(aegirine-augite), 능철석, 안케라이트(ankerite), 황철석, 황동석, 중정석 등이다.

모나자이트는 미세균열이 발달하거나 파쇄된 것과 후기의 신선한 것으로 구분되며 탄산염광물과 밀접하게 공존한다. 스트론티아나이트와는 미르메카이트 連晶을 이루고 돌로마이트와는 포획된상태로 溶蝕境界를 나타내기도 한다. 자철석은 광염상, 괴상, 또는 대상으로 광체를 형성하며 대부분 미세균열이 발달하고 적철석은 자철석의 균열을 따라 교대된 형태로 산출된다. 콜럼바이트는 자철석보다 후기에 晶出, 휘구소나이트에 의해 교대된 것이 관찰되며 전자현미 분석결과 鑛物粒의 중심부는 주로 ferrocolumbite, 가장자리에는 manganocolumbite로 구성된다. 홍천의 콜럼바이트는 탄탈륨을 거의 함유치 않으며 미량의 티타늄을 함유하는 것이 특징이다.

#### 6. 광화대의 지화학적 특성

본 광화대는 카보나타이트의 산상과 유사한 징후들이 있어 광화대(합철탄산염암)의 12개 시료의 주 구성원소, 미량원소, 희토류원소 분석(캐나다 Actrabs.의 Fusion ICP, ICP/MS, INAA분석)결과를 Woolley(1989)가 정리한 카보나타이트, 특히 ferrocarnatite와 평균화학생분 그리고 원소 분포등과 비교 검토하였다. 주 구성원소에서 홍천은 ferrocarnatite에 비하여 총 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>값이 높고 CaO값이 낮은 것이 특징이나 인, 바륨, 스트론튬 값은 카보나타이트의 특성을 잘 반영한다. 미량원소 역시 카보나타이트와 마찬가지로 Nb와 Th가 풍부하다. 희토류원소 또한 총희토류값이 높고 경희토류의 부화(enrich)현상을 나타내며 콘드라이드에

표준화(Wakita, 1971)한 희토류원소 분포패턴도 카보나타이트와 큰 차이가 없다. 일반적으로 희토류원소는 카보나타이트에서 대표적인 원소로 대부분 희토류 광상을 형성한다.

한편, 이 광상의 Au값은 평균 55 ppb, 이고 최고치는 300ppb로 Au의 함량이 높은 것이 특징이다.

## 7. 광화대 탄산염광물의 탄소 및 산소동위원소

함철탄산염암과 알카리초염기성암 복합체의 돌로마이트와 스트론티아나이트에 대하여 탄소 및 산소안정동위원소 분석(한국자원연구소, 중국의 武漢지질대학)결과는 대체로  $\delta C^{13} = -3.16 \sim -9.31\%$ 이며  $\delta O^{18} = -18.05 \sim -23.80\%$ 로 전형적인 화성기원의 탄산염광물의 값의 범위(Fig. 필드II)에 접근하며 필드III의 영역내에 점시된다. 필드III은 대표적인 카보나타이트의 탄산염광물 분포영역으로 P. Deines(1989)에 의하여 세계각국의 110개 지역에서 채취한 카보나타이트 또는 그와 관련된 암석의 탄산염광물의 분석치(약 500여개시료)를 점시한결과 65%가 이 영역에 분포한다. 그러나 변성암에서는 광역변성작용에 의해 암석내의 방해석이 나 돌로마이트등의 탄소동위원소는 탈 탄산가스반응으로 인하여  $C^{13}$ 과  $O^{18}$ 의 변화를 초래하며 대부분 결핍을 가져 올 수 있어 분석결과에 대한 해석은 탄산염암의 광화작용 시기와 변성암의 변성작용 에피소드에 대한 자료가 필요하다.

## 8. 결론

홍천-자은 철광과 희토류광물의 모암(host rock)인 함철탄산염암과 알카리초염기성암의 복합체는 광화대의 구성광물, 지화학적 특징, fenite대의 발달, 탄산염광물의 탄소, 산소 안정동위원소분석결과 등에서 카보타이트, 특히 분화말기의 ferrocarnatite의 특성을 잘 나타내어 본 역의 철-희토류광상은 카보나타이트 기원임을 강력히 시사한다.

---

주요어: 카보나타이트, ferrocarnatite, greenstone, 含鐵碳酸鹽岩과 알카리초염기성암 복합체, Na-교대작용, 마그마性 侵入岩(magmatic injections), fenite, 복합광(complex ore), ferrocolumbite, manganocolumbite

- 1) 한국자원연구소 지질연구부
- 2) 충남대학교 자연과학대학 지질학과

### 참고문헌

- 1) 김원조, 박노영, 김선익, 1966, 홍천지구 철광상 조사보고. 국립지질조사도, 지광조연, 9, 31-78.
- 2) 박중권, 이재호, 서정률, 1995, 선캠브리아기 철광화대의 희유금속광물 자원 조사 연구(홍천-자은지역), 한국자원연구소, KR-94(C)-17
- 3) A. R. Wolly, 1989, Carbonates Genesis and Evolution, pp. 1-13.
- 4) Wakita, H., Rey, P. and Schmitt, R.A., 1971 Abundances of the 14 rare-earth elements and 12 other trace-element in applo 12 samples: five igneous and one breccia rocks and four soils. proc. 2nd Lunar Sci. Conf., pp. 1319-1329.
- 5) P. Deines, 1989, Carbonates Genesis and Evolution, pp. 301-350.