

거도지역 생산성 화강암체의 암석·지화학적 특성

박정우^{1)*} · 최선규¹⁾ · 고은미¹⁾ · 지세정²⁾

1. 서론

태백산 분지에는 캄브리아-오오도비스기 조선누층군을 관입한 백악기 화강암류와 관련된 다양한 광종의 접촉교대 또는 열수교대 광상이 분포하고 있다. 거도 지역은 태백산 분지 내 함백 지향사의 남익부에 위치하며, Fe-Cu(-Au) 스카른 광상이 배태되고 있다. 본 연구에서는 거도광상과 공간적으로 밀접한 관계를 갖는 관입화강암체인 어평화강암체와 복운모화강암체의 암석·지화학적 성인연구를 통하여 관계화성암을 규명하는데 그 목적이 있다.

2. 거도지역 화강암체

거도 지역의 관입화강암체는 석영몬조섬록암과 화강섬록암으로 구성된 어평화강암체와 복운모화강암체로 구분된다. 어평화강암체는 조선누층군의 장산규암, 묘봉슬레이트, 풍촌석회암, 화절층, 동점규암 및 두무골층을 관입한 소규모 암주상(<3 km²) 암체로서, 외측부의 석영몬조섬록암의 관입후 중앙부에서 이를 관입한 화강섬록암으로 구성된다(Yun, 1983; Yun, 1986). 각 암체의 관입시기는 석영몬조섬록암(111-108 Ma)과 화강섬록암(109-108 Ma)이 다소 차이를 보이나, 광물·지화학적 특성을 비교할 때, 두 암상이 동일한 마그마에서 분화된 것으로 보고되었다(Yun, 1986). 복운모화강암은 어평화강암체의 서남쪽으로 약 3km떨어진 지역에서 소규모 암주상으로 관찰되며 조선계 양덕층군의 장산규암층을 관입하고 있다. 각 암체의 대자율은 석영몬조섬록암에서 $11.34-31.4 \times 10^{-3}SI$, 화강섬록암에서 $5.23-26.4 \times 10^{-3}SI$ 로서 자철석계열 화강암체의 특징이 보이는 반면, 복운모화강암에서 $0.01-0.09 \times 10^{-3}SI$ 로 티탄철석계열 화강암체로 구별된다.

2.1 암석학적 특성

석영몬조섬록암은 49.4-62.8 wt. %의 SiO₂함량변화를 보이며, 주로 사장석, 휘석, 흑운모, 알칼리장석, 석영 및 각섬석으로 구성되어있다. 암체 내 SiO₂함량이 증가함에 따라서 휘석의 함량은 감소하고 사방휘석보다 단사휘석이 우세하게 관찰되며, 휘석의 주변부에 우랄라이트화되는 경향을 보인다. 흑운모는 대부분 타형으로 휘석 및 사장석, 알칼리장석의 간극을 충전하는 형태로 산출하며, 연갈색에서 암갈색의 다색성이 관찰된다.

화강섬록암은 비교적 좁은 범위의 SiO₂성분변화(55.6-64.8 wt. %)를 보이며, 주구성광물은 사장석, 알칼리장석, 석영, 각섬석, 흑운모이다. 실리카 함량의 증가에 따라 각섬석의 함량은 감소하고 흑운모의 함량은 증가한다. 각섬석은 대부분 자형 내지 반자형의 반정상이며, 흑운모는 자형 또는 반자형으로 연갈색에서 암갈색의 다색성을 보인다.

복운모화강암체는 SiO₂함량이 73.1-74.7 wt. %이며, 주로 석영, 알칼리장석, 백운모, 전기석, 흑운모의 광물조합을 보인다. 백운모는 대부분 중립질 자형으로 산출되거나 알칼리 장석에 포획된 형태로 산출한다. 흑운모는 자형 내지는 반자형으로 산출하며, 연갈색에서 적갈색의 다색

주요어: 아다카이트, 태백산분지, 거도광산, Fe-Cu(-Au)광화작용

1) 고려대학교 지구환경과학과(parkjw@korea.ac.kr)

2) 한국지질자원연구원(csjung@kigam.re.kr)

성이 뚜렷하게 관찰되며, 흑운모 내부에 저어콘이 다량 포함된다.

2.2 지화학적 특성

어평화강암체와 복운모화강암체는 지화학적인 특성이 서로 상이하게 나타난다. 어평화강암체인 석영몬조섬록암 및 화강섬록암은 공통적으로 high-K 칼크알칼라인계열, I-형, 중알루미나질, 자철석계 화강암류인 반면, 복운모화강암은 S-형, 고알루미나질, 티탄철석계 화강암류로 성격을 달리한다. 주 성분원소함량은 어평화강암체에서 공통적으로 SiO₂ 증가에 따라서 K₂O, Na₂O는 증가하고 CaO, MgO, FeO^T는 감소하는 경향을 보인다.

각 암체별로 SiO₂함량 증가에 따른 미량원소의 변화추이는 석영몬조섬록암에서 Sr, Cr, Ni 이 감소하고 Ba, Rb, Th, Nd, Zr은 증가하며, 화강섬록암에서 Yb, Y, Cr, Ni, Zr의 감소가 보이지만 다른 원소는 함량변화가 적다. 또한, 화강섬록암에서는 높은 Sr/Y비(23-43), 낮은 Y(13-24 ppm) 및 Yb(1.1-2.0 ppm)함량이 특징적으로 나타나 아다카이트와 유사한 화학조성 (Defant and Drummond, 1990)을 보인다. 복운모화강암은 전체적으로 미량원소가 빈화되었으나 불호정성 원소인 Rb함량 다른 암체보다 부화되었다.

미량원소를 원시맨틀로 표준화시켰을 때 화강섬록암 및 석영몬조섬록암은 부화된 LILE (Rb, Ba, K)함량을 갖으며, LILE의 함량은 대체로 각 암체에서 분화가 진행될수록 커지는 경향을 보이며, Nb, Ta 및 Ti의 현저한 결핍이 보이는 반면, 복운모화강암체는 화강섬록암 및 석영몬조섬록암에 비해 전반적으로 REE가 빈화되었으며, Ba, Sr 및 Ti에서 특징적인 음(-)의 이상이 보인다.

콘드라이트로 표준화 시킨 희토류원소 분포양상은 화강섬록암, 석영몬조섬록암 및 복운모화강암체에서 LREE는 부화되고 HREE는 상대적으로 빈화된 양상(La_N/Yb_N=16-50)을 보인다. 석영몬조화강섬록암은 Eu 음(-)의 이상을 보이나, 화강섬록암체에서는 관찰되지 않는다.

3. 거도 Fe-Cu(-Au)광상 개요

거도광산은 어평화강암체를 중심으로 남측부의 Fe광화작용이 우세한 장산광체와 태백광체, 북측부의 Cu광화작용이 우세한 78광체, 그리고 Au광화작용이 우세한 유곡광산으로 구성된다 (Yun, 1983). 주요 광화작용에 따라서 스카른 광물도 광체별로 차이를 보이는데, 북측부 78광체 스카른의 단사휘석(Di₅₋₅₀) 및 석류석(Ad₆₀₋₁₀₀)의 성분과 남측부 장산광체 스카른에서 단사휘석(Di₇₈₋₉₃)과 석류석(Ad₂₀₋₅₃)의 성분은 각각 Meinert et al. (2005)가 제시한 Cu 및 Fe 스카른 광상의 스카른광물 조성과 일치한다. 또한, Cu(-Au)광화작용이 우세한 북측부 광체의 단사휘석, 석류석 및 녹염석의 조성은 산화환경의 조건에서 광화작용이 진행되었음을 지시한다.

4. 토의

어평화강암체의 석영몬조섬록암과 화강섬록암, 그리고 복운모화강암체는 각각 암석의 분화 과정에서 보이는 상이한 광물조합과 지화학적 변화양상을 고려할 때 서로 다른 마그마 기원과 별개의 진화과정을 거친 것으로 사료된다.

화강섬록암은 높은 대자율을 보이며, 비교적 높은 Fe₂O₃/FeO비(0.29-0.74)를 갖는 I-형, 자철석계열 화강암류로 거도 스카른 광상의 Fe-Cu(-Au)광화작용과 산화환경 조건이 일치하며 Cu-Au 스카른 광상을 형성시키는 화강암체의 일반적인 화학조성과 유사한 성분을 갖는다. 또한, 화강섬록암체에서 보이는 높은 Sr/Y비(23-43), La/Yb비(22-43), 낮은 Y(13-24 ppm) 및 Yb(1.1-2.0 ppm) 함량은 일반적으로 Cu-Au광상의 형성과 밀접한 관계(Martin, 1999)가 있는 아다카이트와 유사하다. 석영몬조섬록암은 충분한 분화작용을 거치지 않아 Fe-Cu(-Au)광상을 형성시키는 화성암체의 일반적인 화학조성(Meinert et al., 2005)과 일치하지 않으며, 복운모화

강암체는 SiO₂함량이 73-74 wt. %로 매우 분화된 화강암체의 특성을 보이고 낮은 대자율을 보이는 티탄철석계열 화강암체로 적색 흑운모와 낮은 Fe₂O₃/FeO비(0.06)는 전반적으로 환원환경에서 형성되었음을 지시하며 거도광상의 광상형성 조건과 일치하지 않는다. 따라서, 태백산 분지 거도지역에 특징적으로 나타나는 Fe-Cu(-Au)광화작용은 화강섬록암체를 형성시킨 아다카이트질 화성활동과 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- Defant, M. J. and Drummond, M. S. (1990) Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, v. 347, p. 662-665.
- Yun, S. K. (1983) Skarn-ore associations and phase equilibria in the Yeonhwa-Keodo mines, Korea. *Jour. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 16, p. 1-10.
- Yun, H. S. (1986) Petrochemical study on the Cretaceous granitic rocks in the southern area of Hambaeg Basin. *Jour. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 19, p. 175-191.
- Martin, H. (1999) The adakitic magmas: modern analogues of Archaean granitoids. *Lithos*, v. 46, p. 411-429.
- Meinert, L. D., Dipple, G. M., Nicolescu, S (2005) World skarn deposits. *Econ. Geol.*, 100th Anniversary Volume, p. 299-336.