

금성 몰리브덴 광화작용과 관련된 생산성/비생산성 화강암의 지화학적 특성

안용환^{1)*} · 최선규¹⁾ · 박정우¹⁾ · 김창성¹⁾

1. 서론

금성 몰리브덴 광상은 영월형 탄산염암을 교대한 스카른 광상으로 1978년부터 1987년까지 약 1,507 t (90 % MoS₂)이 생산되어 상동광상에 이어 국내 2위에 해당하는 중요 몰리브덴 광상이다. 1987년 이후 채산성 관계로 휴광되었으며, 최근 몰리브덴 가격 상승과 함께 새로운 탐광작업이 진행 중에 있다. 2006년 광업진흥공사에서 수행된 심부시추 탐사를 통하여 기존 광체 하부의 새로운 근지성 스카른광체와 함께 국내 처음으로 큐폴라형 몰리브덴 광체가 확인되었다(KORES, 2006).

본 연구에서는 심부시추시료에서 확인된 하부의 반화강암, 흑운모화강암 및 제천화강암에 대한 암석화학적 연구를 수행하여 몰리브덴 광화작용과 관련된 관계화성암에 대한 고찰과 함께 금성광상의 몰리브덴 광화작용과 관련된 생산성 화성활동의 특성을 정립하고자 한다.

2. 지질 및 광상개요

금성광상 주변의 지질은 하부로부터 경기육괴의 선캠브리아이언 변성복합체를 기반암으로 하여, 시대미상의 옥천계 변성퇴적암류(서창리층)와 고생대 조선 및 평안누층군의 퇴적암류 그리고 이들을 후기에 관입한 쥐라기 및 시대미상의 화강암류로 구성된다. 본 광상의 모암을 이루는 조선누층군의 삼태산층은 하부로부터 석회암, 석회규산염암, 이질 판상석회암 및 혼펠스화된 이암으로의 층서적 변화가 언급된 바 있다(Kim et al., 1967). 광상주변에 분포하는 화성암체는 쥐라기의 제천화강암체와 시대미상의 흑운모화강암으로 구분된다. 제천화강암체는 장석 반정(약 5-15 cm)을 포함하는 조립질 흑운모화강암과 화강섬록암으로 구성된다(Jin et al., 1992).

최근 시추에서 확인된 바에 의하면 광상은 상부 스카른형 몰리브덴 광체와 하부 큐폴라형 몰리브덴 광체의 두가지 유형으로 구분된다. 상부 스카른형 광체는 과거에 개발되었던 구진갱(309mL)과 서통갱(257mL)수준에서 확인되는 광체로서 괴상, 또는 산점상으로 산출되며, 하부 광체는 2006년 실시된 시추 약 200m 심도에서 확인된 광체로 반화강암과 빗살 모양의 석영질 층이 함께 산출되는 큐폴라형 특징을 보인다.

3. 금성지역 화강암체의 지화학적 특성

기존연구에 의하면 금성광상은 공간적으로 근접한 제천화강암을 관계화성암으로 간주하여 쥐라기 대보화성활동과 관련된 광상으로 기재된 바 있으나(Shibata et al., 1983, Jin et al., 1992), 2006년 시추탐사 결과 기존 상부 스카른 광상의 하부에서 큐폴라 형태의 반화강암 및 암맥군과 흑운모화강암이 확인되었다.

광상 주변에 분포하고 있는 화강암류는 장경 약 10 km의 규모로 노출되어 있는 제천화강암, 흑운모화강암과 큐폴라 및 암맥의 형태로 산출되는 반화강암으로 구분된다. 제천화강암은 SiO₂함량이 증가함에 따라 K₂O를 제외한 주원소들이 전반적으로 감소하는 양상을 보인다. 흑

주요어: 큐폴라, 금성, 몰리브덴 광화작용, 제천화강암, 반화강암

1) 고려대학교 지구환경과학과 (2000160164@korea.ac.kr)

운모화강암의 SiO₂조성은 75.98-77.06 wt. %로서 비교적 좁은 범위에서 변화되는 양상을 보이며, K₂O 및 Na₂O를 제외하면 제천화강암의 조성변화와는 명확한 차이가 인지된다. 반화강암은 열수유체에 의한 변질정도에 따라 주원소들이 다양한 변화양상을 보이며 이는 현미경 관찰결과와 일치한다. CaO와 Na₂O는 백운모와 탄산염광물의 변질정도에 영향을 받으며 K₂O는 장석과 백운모의 견운모화 정도에 영향을 받는다.

제천화강암은 흑운모화강암과 비교하여 고장력(high field strength)원소 Zr과 친석원소 V, Sr 함량이 높은 반면, 흑운모화강암은 상대적으로 Rb, Y과 Yb의 함량이 부화된 경향을 보인다. 변질된 반화강암에서는 유체에 의한 이동이 용이한 Ba, Sr성분에서 현저한 함량변화를 보이고 있다.

제천화강암, 흑운모화강암 및 반화강암을 콘드라이트 값(Sun and McDonough, 1989)으로 표준화시킨 희토류원소의 성분변화는 제천화강암에서 경희토류에 비하여 중희토류가 빈화되고 (La_N/Yb_N = 20.6-31.9) Eu의 이상이 관찰되지 않은 반면, 흑운모화강암은 경희토류와 중희토류가 유사한 함량을 보이고(La_N/Yb_N = 1.90-2.16), 뚜렷한 Eu 음의 이상을 보이는 전형적인 M-type의 형태를 나타낸다(Takahashi et al., 2002). 반화강암은 다양한 단계의 열수변질 양상을 보이며, 흑운모화강암에 비하여 경희토류가 부화되고 중희토류는 빈화되며 Eu 음의 이상이 감소하는 특성을 갖는다.

4. 열수작용과 관련된 반화강암과 스카른대의 지화학적 특성

반화강암질 암맥군은 흑운모화강암과 비교하여 불 때 경희토류가 부화되고 Eu 음의 이상이 감소하는 형태를 나타낸다. 상대적으로 변질이 약한 반화강암질 암맥군의 희토류원소 변화양상은 큐폴라형 반화강암질 암체와 전반적으로 유사하지만 경희토류가 부화하고 Eu 음의 이상이 감소하는 특성을 나타낸다. 이것은 두 반화강암질 암체의 진화에 따른 변화의 특성으로 간주된다.

한편 스카른대는 공간적으로 큐폴라를 중심으로 배태된 하부스카른대와 그로부터 약 100±30m 상부에 위치하는 상부스카른대로 구분되며 상부스카른대는 다시 중앙부의 단사회석-석류석 스카른대와 주변부의 석류석 스카른대로 세분된다. 상부중앙부 스카른대의 희토류원소 성분변화는 반화강암과 전체적으로 유사한 형태를 보이지만 Eu의 양의 이상이 나타난다. 상대적으로 열수의 영향을 덜 받은 상부주변부 스카른대는 경희토류가 빈화되고 Eu의 이상이 나타나지 않는다. 하부스카른대는 자철석이 우세하게 나타나는 마그네시안 스카른대로서 희토류원소 성분변화는 큐폴라형 반화강암질 암체와 유사한 양상을 보인다.

5. 토의 및 결론

최근 몰리브덴을 수반하는 큐폴라형 반화강암질 암체의 연령이 96.5 ± 2.1 Ma로 백악기 화성활동과 관련된 광화시기로 보고된 바 있다(Choi et al., 2007). 이는 기존의 관계화성암으로 기재되었던 제천화강암체의 연령(179-169 Ma, Shibata et al., 1983; 203 Ma, Jin et al., 1992)과 현저한 차이를 보인다. 또한 반화강암은 천부 관입암체의 정치환경(약 <1 kbar)을 지시하는 반면(Choi et al., 2007), 제천화강암은 각섬석 압력계에 의하여 약 3.8 kbar의 비교적 심부 지질환경에서 고결된 암체로 간주되고 있다(Cho and Kwon, 1994). 이와 함께 제천화강암, 흑운모화강암과 반화강암의 주원소, 미량원소 및 희토류원소의 지화학적 특성을 종합적으로 고려할 때, 반화강암은 제천화강암보다 흑운모화강암의 분화산물일 가능성이 높은 것으로 사료된다.

금성 몰리브덴 광상은 Mo/Cu비가 높은 특징을 보이고 지질·광상학적 관점에서 자철석계

열, I형 천부화성활동과 밀접한 연관성을 갖고 있으며, 마그마의 분화작용이 매우 진행된 관계 화성암과 성인적으로 연관된다(Carten et al., 1993).

이러한 특성들을 종합적으로 고려할 때 기존 연구결과와는 달리 금성광상의 물리브덴 광화 작용과 관련된 생산성 화강암은 제천화강암보다 광상하부의 백악기 천부 반화강암체일 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

- Carten R.B., White, W.H., and Stein, H.J. (1993), High-grade granite-related molybdenum system: classification and origin. *Geol. Assoc. Canada Spes. Paper*, v. 40, p. 521-554.
- Cho, D.L. and Kwon, S.T. (1994) Hornblende geobarometry of the Mesozoic granitoids in South Korea and the evolution of crustal thickness. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v. 30, p. 41-61.
- Choi, S.G., Park, J.W., Seo, J., Kim, C.S., Shin, J.K., Kim, N.H., Yoo, I.K., Lee, J.Y. and Ahn, Y.H (2007) Hidden Porphyry-related Ore Potential of the Geumseong Mo Deposit and Its Genetic Environment. *Korea Society of Economic and Environmental Geology*, v. 40, p. 1-14.
- Jin, M., Kim, S.J., Shin, S.C., Choo, S.H. and Chi, S.J. (1992) Thermal history of the Jecheon granite pluton in the Ogcheon fold belt, South Korea. *Jour. Petrol. Soc. Korea*, v. 1, p. 49-57.
- Kim, K.W., Park, B.S. and Lee, H.K. (1967) Explanatory text of the geological map of Jecheon sheet. *Geological survey of Korea*, 46 p.
- KORES (2006) Detailed geological survey report (molybdenite: Jaechon area). *Korea Resource Corporation*, 100 p.
- Shibata, K., Park, N.Y., Uchiumi, S. and Ishihara, S. (1983) K-Ar ages of the Jecheon granitic complex and related molybdenite deposits, South Korea. *Mining Geol.*, v. 33, p. 193-197.
- Takahashi, Y., Yoshida, H., Sato, N., Hama, K., Yusa, Y. and Shimizu, H. (2002) W-and M-type tetrad effects in REE patterns for water-rock systems in the Tono uranium deposit, central Japan. *Chemical Geology*, v. 184, p. 311-335.