

## 태백산분지내 망토행 다금속 광상의 부존특성

김의준<sup>1)\*</sup> · 박맹언<sup>1)</sup> · 성규열<sup>1)</sup> · 김필근<sup>1)</sup> · 노상건<sup>1)</sup> · 유인걸<sup>2)</sup> · 신종기<sup>2)</sup> · 김량희<sup>2)</sup>

### 1. 서 론

강원도 태백산분지내 중생대 쥐라기와 백악기의 화성활동과 관련하여 스카른 및 망토행 다금속 광상 등이 발달되어 있다. 석회암을 모암으로 하는 망토행 다금속 광상은 풍촌층의 중부 백운암대와 하부 석회암의 경계부를 따라서 분포하며, 광화대는 흔히 단층과 습곡에 수반된 열극과 부분적으로 암맥과의 경계부를 따라서 맥상으로 산출된다(박맹언 외, 2006). 이번 연구에서는 광석 및 광물의 공생관계와 산소, 수소, 탄소 및 황 안정동위원소 연구를 통해서 연구지역에서 산출되는 망토행 다금속 광상의 부존특성을 논의하고자 한다.

### 2. 지질 및 광상개요

태백산 분지는 옥천 습곡대의 북서부에 위치하며, 선캠브리아기 변성퇴적암류와 이를 관입한 전기 및 후기 원생대 화강암, 그리고 캠브리아기의 탄산염암과 쇄설성 퇴적암으로 구성되어 있다(태백산지구 지하자원조사단, 1962). 태백산분지내 화강암류는 주로 암주상으로 산출되며, 거도광산 주변의 어평 화강암체, 북부의 둔전 화강암, 삼척화강암인 서부의 이북화강암체 등이 분포한다. 이들 화강암류의 조성은 석영문조니암, 화강섬록암, 반상화강암 등으로 시기를 달리하는 화성복합체를 이룬다(원종관 외, 1994).

이들 화강암류의 관입과 관련하여 고온의 스카른광상과 상대적으로 저온의 망토행 다금속 광상 등이 형성되었다. 망토행 다금속 광화작용은 예미지역의 송원 석회석 광산(본갱 서부맥)과 성우 석회석 광산의 석회석 시추코어(2003-1, -2, -3호와 2005-3, -5호)에서 확인된 구리(Cu) 부화형과 송원 석회석 광산(본갱 동부맥)에서 확인되는 금(Au) 부화형 및 가림지구의 연-아연(Pb-Zn) 부화형 광맥으로 구분된다.

송원 석회석 광산의 삼육갱 항내에서 맥폭이 10~50cm의 횡축을 갖는 렌즈상의 광맥이 2~3개 관찰되며, 연장이 양호한 맥은 주향 N30°E, 경사 40°SE로 50m의 연장이 확인된다. 광맥을 구성하는 주 광석광물은 자류철석, 황동석, 섬아연석, 방연석, 유비철석 등이며, 황철석, 석영과 방해석 등이 맥석광물로 산출된다.

성우 석회석 광산의 시추코어에서도 다금속 광화대가 착맥되었으며, 맥폭은 대체적으로 10~30cm로 황동석이 풍부한 광체와 자류철석이 풍부한 광체로 구분된다. 정선-신동 지구 정밀조사 보고서(대한광업진흥공사, 2001)에 수록된 시추자료에서 석회암을 모암으로 방향을 달리하는 수 개 조의 망토행 다금속 광화작용이 수반된 석영맥 및 방해석 맥이 확인되었다.

구리 부화형 광맥의 맥폭은 10~70cm이며, 구리, 금, 납과 아연의 함량은 각각 0.1~4.3%, 최대 2.25g/t, 0.1~12.3%와 1~6.7%의 범위를 보인다. 금 부화형 광맥의 맥폭은 10~40cm이며, 금, 구리, 납과 아연의 함량은 각각 6.33g/t, 0.05%, 0.55%와 3.22%이다. 연-아연 부화형 광맥의 맥폭은 10~100cm이며, 납과 아연의 함량은 각각 0.99~19.41%와 2.3~14.56%

주요어 : 망토행 다금속 광상, 엘렉트럼, 태백산분지, 송원 석회석광산, 성우 석회석광산

1) 부경대학교 환경지질과학과 (mozart8099@hotmail.com)

2) 대한광업진흥공사

의 범위를 나타낸다.

### 3. 광석과 광물공생관계

망토행 다금속 광체의 주 광석광물은 구리 부화형, 금 부화형, 그리고 연-아연 부화형으로 구분되는 각 광화유형에 따라 상이한 특성을 보인다. 구리 부화형 광석은 주로 황동석, 황철석, 자류철석 등을 함유하고 있으며, 소량의 섬아연석, 방연석 등이 수반되며, 금 부화형 광석에서는 상대적으로 많은 양의 유비철석 및 방연석과, 소량의 황철석, 황동석, 섬아연석 등이 산출된다. 연-아연 부화형 광석은 다량의 방연석 내지 섬아연석을 함유하고 있다.

광화 제 1기 전기에 황동석, 자류철석, 황철석 등이, 광화 제 1기 후기에는 방연석, 섬아연석, 유비철석 및 엘렉트럼 등이 침전되었다. 광화 제 2, 3기에 견운모와 방해석이 침전되었으며, 맥석광물로는 석영, 방해석, 견운모, 녹염석, 녹니석 및 드물게 각섬석이 수반된다.

송원 석회석 광산의 경우, 광석은 고온의 스카른 광물을 수반하지 않는 방해석-황화광물-석영맥으로 다량의 황동석이 산출된다. 이는 상대적으로 저온열수에 의한 광화작용의 특징을 나타낸다. 열수광맥은 황철석의 경계면을 따라 세립의 석영과 방해석이 밀접하게 공생하며, 황동석과 섬아연석이 수반된다. 조립의 방해석과 석영으로 구성된 암맥은 주로 황동석으로 구성되며, 소량의 섬아연석과 방연석이 공생한다. 광화 제 1기 전기에 정출된 황철석과 황동석의 균열이나 경계면을 따라 각 각 상대적으로 후기의 방연석, 섬아연석이 교대되어 산출된다. 또한 엘렉트럼은 광화 제 1기 후기에 정출된 방연석 및 휘창연석과 밀접한 공생관계를 갖는다.

### 4. 안정동위원소 연구

수소, 산소 및 탄소 동위원소: 연구지역에 위치하고 있는 성우와 송원 석회석 광산에서 채취된 모암(석회암)과 모암 변질대 및 광맥에 수반되는 방해석에 대한 수소와 산소 및 탄소 동위원소 분석결과 각각  $\delta D = -117 \sim -83\%$ ,  $\delta^{18}O = 9.4 \sim 19.9\%$ ,  $\delta^{13}C = -4.8 \sim 7.1\%$ 의 범위를 나타낸다. 산소와 탄소의 동위원소 값은 모암인 석회암에서 가장 높게 나타나며, 모암 변질대와 광맥에 수반되는 방해석으로 갈수록 낮아지는 경향을 보인다. 이는 마그마의 관입에 의해 형성된 대규모 열수계의 순환과정에서 초기 고온의 광화열수가 Au±Cu 스카른형 광상을 형성하였으며, 관입체 외곽부에 탄산염암 모암의 망토행 다금속 광상을 형성시킨 것으로 이해된다.

송원광산에 발달한 망토행 다금속 광상의 모암에 대한 산소와 탄소 안정동위원소 값은 각각 19.9%, 5.8%이며, 구리-연-아연-금광맥 주변부의 변질대에서 채취한 방해석의 안정동위원소 값은  $\delta^{18}O = 9.4 \sim 15.4\%$ 과  $\delta^{13}C = -0.3 \sim 0.4\%$ 로 비교적 변화 폭이 크다. 그러나 광화작용의 후기단계에 형성된 열수광맥에 수반되는 조립질 방해석맥의 안정동위원소 값은  $\delta^{18}O = 10.2 \sim 12.6\%$ 과  $\delta^{13}C = -4.8 \sim -4.2\%$ 로 모암변질대의 값에 비해 제한된 범위를 보인다.

방해석 내에 함유되어 있는 유체포유물의 수소동위원소값( $\delta D$ )은  $-124 \sim -73\%$ 로 비교적 값의 변화가 크다. 이러한 결과는 망토행 다금속 광상을 형성시킨 광화유체가 석회암을 변질시키는 과정에서 압력과 온도변화를 겪었음을 의미한다.

유황동위원소: 송원광산에서 채취된 황화광물의 황 동위원소값( $\delta^{34}S$ )은 광물공생 특성의 차이에 따라 다소 상이한 값을 보인다. 세립질 방해석 변질대 내지 미량의 녹니석과 대상(band) 구조를 갖는 백운암 변질대의 광석에 대한 황 동위원소 값은 자류철석이 4.9~7.6%, 황동석이 6.3~6.5%, 황철석이 6.6%의 범위를 보인다. 한편, 조립질 방해석 변질대와 상대적으로 다량의 섬아연석을 수반하는 광석의 황 동위원소 값은 자류철석이 9.2~9.4%, 황동석이 9.0%, 섬아연석이 9.8%로 다소 높은 값을 나타낸다.

광석시료 중 동시 침전의 특성을 갖는 황철석과 자류철석에 대한 황 동위원소 지질온도계 ( $\Delta_{py-po}$ )를 적용한 결과, 광석의 침전온도는 192~277°C의 범위로 추정된다. 이는 스카른 규산염 광물을 수반하지 않은 송원광산의 광물공생 특성으로 볼 때 광화유체의 온도가 300°C 이하의 저온환경에서 광석광물이 침전하였음을 의미한다.

## 5. 결 론

이번 연구지역에 나타나는 망토행 다금속 광상의 부존특성은 다음과 같다.

가. 망토행 다금속 광상은 풍촌층과 화절층내에 분포하며, 광상의 유형은 단층과 습곡작용에 의해 발달된 열극을 따라 상대적으로 저온의 열수가 충전한 세맥의 맥상광상과 풍촌석회암층의 층리와 평행하게 상승한 열수에 의한 포켓(pocket) 상으로 배태된 산점상 교대광상 (disseminated replacement deposits)으로 구분된다.

나. 광화작용은 각각의 주요 금속의 부화정도에 따라 구리(Cu) 부화형, 금(Au) 부화형 및 연-아연(Pb-Zn) 부화형 광맥으로 구분된다.

다. 광석과 광물공생관계에서는 광화 제 1기 전기에 황동석, 자류철석 등이 침전되었으며, 광화 제 1기 후기에는 황철석, 유비철석, 섬아연석, 방연석 등이 침전되었다.

라. 황철석과 자류철석에 대한 황 동위원소 지질온도계( $\Delta_{py-po}$ )를 적용한 결과, 광석의 침전온도는 192~277°C의 범위로 추정되었다. 이는 마그마 관입과 관련하여 형성된 대규모의 열수계를 형성하고, 초기단계에서 고온의 Au±Cu 스카른형 광상을 형성시켰으며, 상대적으로 후기의 중-저온의 열수가 금, 구리 및 연-아연 부화형의 망토행 다금속 광상을 형성시킨 것으로 이해된다.

## 6. 참고문헌

대한광업진흥공사 (2001) 정밀조사보고서.

박맹언, 성규열, 김필근, 김의준, 김문호, 노상건, 임성택, 유인걸, 최동호, 김량희, 신종기, 김남혁 (2006) 2006 금속광 벤처탐사 학술연구용역 보고서, pp. 1-70.

원종관, 이문원, 노진환, 이해경 (1994) 통리분지에서의 백악기 화산활동. 지질학회지, 30권, pp. 542-562.

태백산지구 지하자원조사단 (1962) 태백산지구 지질도.