

## 경남 고성군 삼산면 삼산제일광산과 삼봉광산 주변 하천 침전물에 관한 연구; 예비 보고

조현구, 장병준, 김순오, 정현수, 정영일  
경상대학교 지구환경과학과(juni0176@naver.com)

### 1. 서론

2004년 6월 경남 고성군 삼산면 병산리 일대 주민의 체내에서 카드뮴이 다량 검출되어 사회적으로 큰 물의를 일으킨 적이 있다. 이 일대는 삼산제일, 삼산, 삼봉광산 등 과거 '한국의 동광상구'로 일컬을 질 정도로 많은 동광상들이 밀집 분포하고 있다. 1910년대부터 개발하기 시작하여, 많은 구리 광석을 캐었지만, 1960-70년대에 거의 대부분 휴-폐광하였다. 삼산제일광산의 경우 황동석을 약 200톤/일 채광하였으며, 1972년 선광장이 가동되어, 1973년 동 정광 2,558톤/년(Cu 16%)을 생산한 실적이 있다(대한광업진흥공사, 1973, 1974, 1976). 이들 광상들이 휴-폐광된 후 적절한 처리를 하지 않고 방치되었기 때문에, 주변 토양이나 하천이 오염될 소지가 높다.

이 일대의 지질은 경상누층군 유천층군에 속하는 고성층과 안산암질암류, 그리고 이들을 관입한 불국사관입암류로 구성되어 있다. 삼산제일광산 주변은 안산암질암 또는 응회질 사암류가 넓게 분포하고 있으며 소규모의 셰일이 협재한다. 광상은 NS 계열의 단층 파쇄대 또는 열극을 충진한 열극충진 맥상 광상이다. 주요 광석광물은 황동석과 섬아연석이며, 황철석, 방연석, 유비철석 및 코발타이트 등이 약간 수반된다(정기창, 1970; 연규훈, 2005). 삼봉광산 주변은 고성층의 응회질 사암과 응회질 셰일 및 응회암이 분포하며, 주요 광석광물은 황동석과 유비철석이며, 황철석, 섬아연석, 에렉트럼(electrum) 및 테트라헤드라이트 등이 수반된다.

폐 동광상 주변에 대한 오염을 연구할 경우, 일반적으로 광미, 토양 및 하천수에 대한 화학분석으로 통하여 오염 정도와 범위를 추정할 뿐, 구체적으로 오염물질이 무엇인가에 대한 연구는 거의 수행되지 않는다. 이번 연구에서는 광상의 광미, 토양 및 하천수 이외에도 광상 주변 하천에서 발견된 침전물을 대상으로 연구하였다. 이번 연구에서 발견된 하천 침전물은 3가지인데, 삼산제일광산의 경우 녹색 침전물이 삼봉광산의 경우 흰색과 청색 침전물이 존재한다.

### 2. 시료채취 및 실험방법

광산 주변 하천에서 녹색, 흰색, 청색 침전물을 각각 수집하여 플라스틱 칼을 사용하여 압석에 붙어있는 침전물을 긁어낸 후, X선 회절분석(X-Ray Diffraction Analysis), 주사전자현미경(SEM-EDS, Scanning Electronic Microscope), EDS 분석 등을 실시하여 침전물의 구성 물질, 화학조성, 형성 과정 등을 연구하였다. 녹색 침전물의 경우 연마 박편을 만들어, 전자현미분석기(EPMA)를 이용하여 정량적인 화학조성과 화학조성의 변화를 조사하였다.

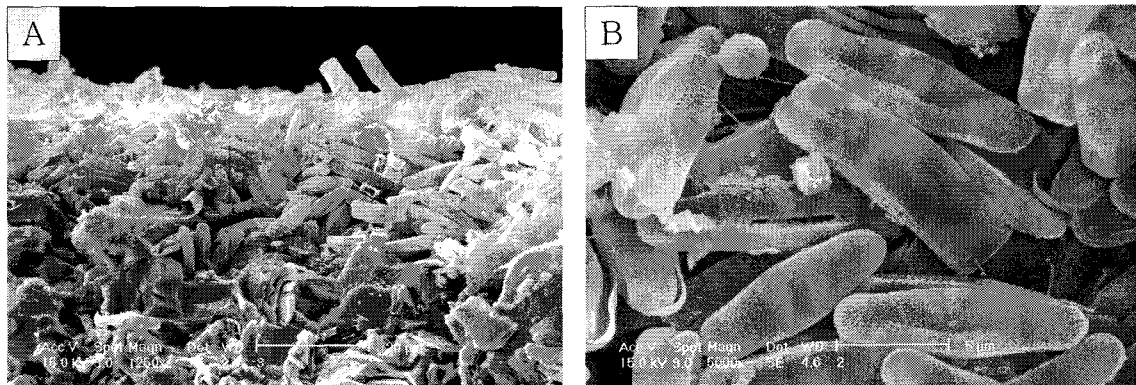


Fig. 1. SEM photograph of white precipitate (A) and enlargement of B.

### 3. 결과 및 고찰

#### (1) 흰색 침전물

XRD 분석 결과, 흰색 침전물은 석영으로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. SEM으로 관찰하면 암석 표면에 흰색 침전물이 약 30 $\mu$ m 두께로 덮고 있으며, 모양으로 판단할 때 규조류라는 사실을 알 수 있다(Fig. 1). 이 규조류는 장축 10 $\mu$  m, 단축 3 $\mu$  m 정도의 크기를 가지며, 규조종은 *Fragilaria construens* 로써, 담수 특히 호수나 작은 못에 많이 서식하며, 정체된 물에서 왕성한 번식을 한다. EDS 분석에서 이들은 모두 Si로 이루어져 있음을 알 수 있다.

#### (2) 청색 침전물

SEM 분석 결과 주상 모양의 결정 내부가 비어있는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 2). 주변에 변질을 받지 않은 광물은 황동석이다. 속이 빈 광물은 황동석에 비하여 Cu 성분은 더 많고, Fe 성분은 감소한 것을 알 수 있다. 이들은 황동석이 변질된 것이라고 판단된다.

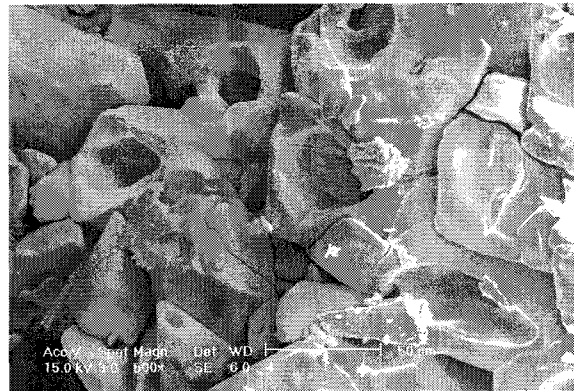


Fig. 2. SEM photograph of blue precipitate

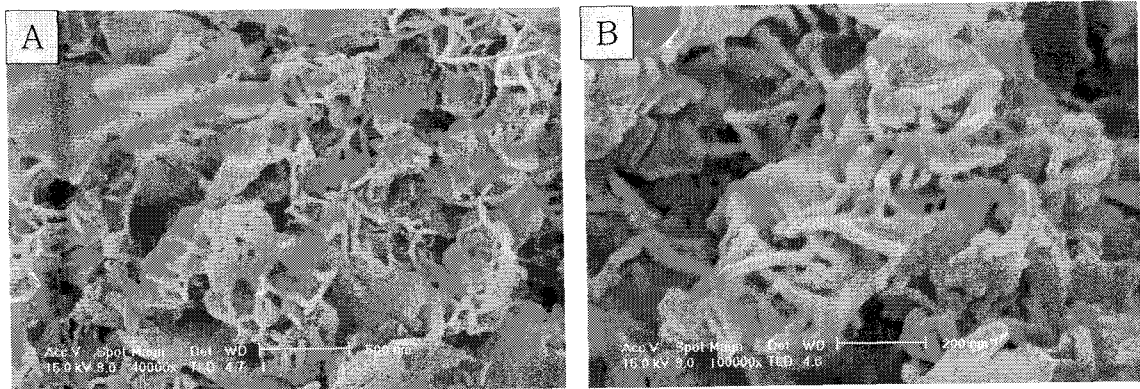


Fig. 3. SEM photograph of green precipitate (A) and enlargement of A (B)

### (3) 녹색 침전물

녹색 침전물은 폐석 적치장으로부터 하천수가 흘러나오는 지점부터 약 100m 하부까지 분포한다. SEM으로 관찰한 결과 이들은 암석 표면을 약 30-50 $\mu$ m 두께로 덮고 있으며, 가느다란 실 모양을 가지고 있다. 길이는 200-300nm, 지름은 10-20nm 정도이며, 이들이 쌓여 속이 빈 튜브 모양을 이루기도 한다(Fig. 3). EDS 분석 결과 Cu가 확인되는 것으로 보아 녹색 침전물은 Cu 광석으로부터 용해된 Cu가 재침전된 것으로 해석된다.

XRD 분석 결과 녹색 침전물은 확실하게 규명되지 않은 구리 광물(woodwardite?), 석영, 석고, 녹니석 등으로 구성되어 있는 것을 알 수 있다(Fig. 4). 녹색 침전물의 화학조성을 알아보기 위하여 EPMA 분석을 실시한 결과, 녹색 침전물은 Cu, S, O를 주로 하고, Fe, Al 등이 포함되어 있다. 이 광물을 반정량분석한 결과 CuO 85.23, FeO 2.06, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.94, SO<sub>3</sub> 11.77% 들어있다. 그러나 이 광물이 워낙 크기가 작기 때문에 분석 시 주변 불순물이 같이 분석될 가능성이 매우 높다. 이런 이유 때문에 Cu, S, Fe, Al 함량이 일정하지 않으므로 현재로서는 정확한 화학조성을 알 수 없다. XRD 분석과 EPMA 분석을 토대로 녹색침전물은 woodwardite에 가까운 것으로 판단되지만, 이 물질의 정확한 동정을 위해서는 순수한 녹색침전물을 채집한 후 각종 분석법에 의한 추후 연구가 더 필요하다.

### 4. 참고문헌

- 대한광업진흥공사 (1973, 1974, 1976) 탐광골진 1호, 2호, 3호.  
 박희인, 최석원, 장호완, 이민성 (1983) 경남고성지역 동광상의 성인에 관한 연구. 광산지질, 16, 135-147.  
 연규훈, 이평구, 염승준, 최상훈 (2005) 삼산제일광산 광미 내 유해 미량원소의 오염 및 이동도. 자연환경지질, 38, 451-462.  
 정기창 (1970) 삼산제일광산 S.P. 탐사 및 시추결과 종합보고. 광산지질, 3, 223-229.

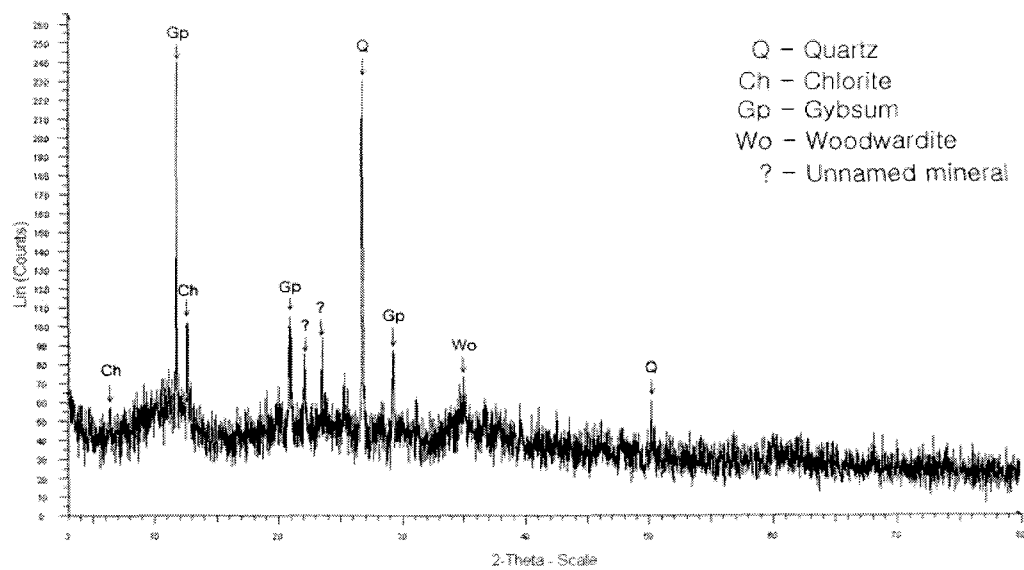


Fig. 4. XRD pattern of green precipitate.