

## 전남 영암지역 광상 재평가: 은적 · 상은 광산을 중심으로

허철호 · 박성원 · 이재호\*

한국지질자원연구원 광물자원연구본부 해외광물자원연구실

### Revaluation of Ore Deposits within the Yeongam District, Cheollanamdo-Province: The Eunjeok and Sangeun Mines

Chul-Ho Heo, Sung-Won Park and Jae-Ho Lee\*

Overseas Mineral Resources department, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geosciences and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

Gold and silver deposits within the Eunjeok and Sangeun mines are located in Yeongam district, Cheollanamdo-province. They are composed of vein ore bodies infilling the fractures of Cretaceous rhyolitic tuff. The Eunjeok mine have three gold and silver bearing hydrothermal veins which is infilling the fracture of rhyolitic tuff. Major ore minerals within the Eunjeok and Sangeun mines are arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite, sphalerite and galena and minor ores are electrum, native silver and argentite. Sericitization is dominant in alteration zone and chloritization and dickitization is minor. Quartz veins in the Eunjeok and Sangeun mine have the similar paragenesis and vein textures such like breccia, crustiform, comb and vuggy morphology indicating the formation of typical epithermal environment. In order to carry out the preliminary feasibility study of mine according to the commodity and elucidate the occurrence features of mineral resources from Eunjeok and Sangeun mine, common commodity (Pb, Zn, Cu, Fe, Mo, W, Au and U), and industrial commodity (In, Re, Ga, Ge, Se, Te, Y, Eu and Sm) for 17 ore specimen were analyzed. It is tentatively thought that there is no exploitable mine for iron, lead, zinc, copper, tungsten and uranium based on the preliminary result. If the reserves are secured through the detailed prospecting in case of molybdenum and silver, it is tentatively thought that there will be exploitable deposits depending on international metal price. If we assume the vein width from 0.25 m to 2 m including alteration zone with the gold grade of 80g/t, it is inferred that the resources amount of the Eunjeok-Sangeun mines range from 6.5 to 65ton. However, as the vein structure of the Eunjeok and Sangeun mines is developed together with alteration zone, it should be estimated to include potential alteration zone in order to yield the average grade. It is needed to carry out more exploration in the near future because the reserves can be flexibly estimated according to the change of average grade considering the alteration zone.

**Key words** : revaluation, Eunjeok mine, Sangeun mine

전라남도 영암군에 위치하고 있는 은적 및 상은 금은광상은 백악기의 유문암질 응회암의 열극을 충전한 맥상광체로 구성되어 있다. 은적광산은 유문암질응회암내열극을 충전한 3개조의 함 금은 열수 석영 맥이 발달하고 있다. 은적, 상은광산의 주요 광석광물로는 유비철석, 황철석, 황동석, 섬아연석, 방연석 등이 확인되었고, 일부 엘렉트럼과 자연은, 휘은석이 산출되고 있다. 광화작용과 관련된 열수변질작용은 건운모화작용이 지배적이며, 녹니석화작용 및 디카이트화작용이 관찰된다. 은적, 상은광산 일대의 석영맥은 brecciated, crustiform, comb, open vuggy 조직과 관련된 공생 광물군을 보여주고 있는데, 이는 두 광산의 광화작용이 전형적인 천열수 환경에서 형성되었음을 지시해 주고 있다. 또한, 상은 및 은적 광산에서 산출되는 광석시료를 대상으로 광물자원의 부존특성을 규명하고 광종에 따른 광산별 예비 재평가를 수행하기 위하여 범용자원으로서 Pb, Zn, Cu, Fe, Mo, W, Au, U와 산업원료자원으로서 In, Re, Ga, Ge, Se, Te, Y, Eu, Sm 함량을 분석했다. 예비연구결과, 철, 연, 아연, 동, 텅스텐, 우라늄을 대상으로 개발할 가치가 있는 광상은 없는 것으로 잠정적으로 사료되며, 몰리브덴과 은의 경우 정밀탐광을 통한 매장량이 확보되면 국제적 가격추

\*Corresponding author: jhlee@kigam.re.kr

이에 따라 경제적으로 개발할 가치가 있는 것으로 잠정적으로 사료된다. 맥폭을 0.25 m부터 변질대를 포함한 최대 2 m 까지 적용하고, 금품위를 80 g/t으로 적용할 경우, 상은 및 은적광산의 자원량은 6.5톤부터 65톤까지 산출될 수 있다. 그러나, 상은-은적광산의 맥 구조가 변질대와 같이 발달하고 있어 개발 가능한 변질대를 포함한 평균 품위의 산출이 되어야 하며, 변질대를 포함한 평균 품위에 따라 매장량이 달라질 수 있어 향후 많은 탐사가 수행되어야 한다.

**주요어** : 제평가, 은적광산, 상은광산

## 1. 서 론

본 조사지역은 행정구역상으로 전라남도 영암군 서호면 태백리(은적광산)와 학산면 매월리(상은광산)이며, 지리좌표로는 은적광산이 북위 34° 47'47.7, 동경 126° 32'43, 상은광산이 북위 34° 46'51.5, 동경 126° 33'00.4 에 해당한다. 본 광산지역의 탐사현황은 과거 한국광물자원공사가 은적광산에서 1984년(4개공, 450 m), 1985년(3개공, 300 m)에 시험시추를 한 바 있으며, 상은광산에서는 1990년(5개공, 500 m)에 시험시추를 한 바 있다. 또한, 은적광산에는 3개 갱도(하부 본갱, 상부 본갱, 상부갱) 약 1,200 m 이상이 굴진되었으며, 상은광산에서는 약 70 m의 1개 갱도가 굴진되어 있다. 은적광산은 현재 상부갱을 제외하고는 입항이 불가능한 상태인데, 하부갱은 입구가 침수되었으며 본갱은 봉락되어 입항이 불가능하다. 또한, 1개소의 수갱도 봉락된 상태이며, 상부갱만이 입항이 가능한 상태였다. 상은광산은 1개 갱도가 약 70 m 구간에 걸쳐 개설되었다. 본 조사지역에 대하여 은적광산의 지질광상학적 연구와 상은광산에 대한 광물학적 연구 등이 수행된 바 있다(Choi, 1987; Kim, 1989; Yun, 1989; Kim *et al.*, 1990; Kim *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1996). 본 연구는 상은-은적광산일대의 광화작용과 잠두광체의 발달여부를 파악하여 광산을 재평가 하는데 필요한 기본자료를 취득하는데 역점을 두고 수행되었다.

## 2. 지질개요

본 조사지역의 지질은 광역적으로 주로 변성암류와 화성암류로 구분된다. 변성암류는 모두 시대미상으로 혹은 운모편마암, 규암, 운모편암, 석회암으로 구성된 변성 퇴적암류, 반상변정편마암과 화강암질편마암으로 구분된다. 화성암류로는 관입암으로써 맥암과 화산암인 유문응회암으로 주로 구성된다(Choi and Koh, 1971; Park *et al.*, 1979).

조사지역 일대는 유문암질응회암, 안산암질응회암, 각력질응회암, 유문암 및 석영반암 등으로 구성된다

보고된 바 있다(Choi, 1987; Kim, 1989; Yun, 1989; Kim *et al.*, 1990; Kim *et al.*, 1991). 또한, 합화산력 유문암질응회암, 석영안산반암, 안산암, 석영반암 등으로 구성된다고 보고한 연구결과도 있다(Lee *et al.*, 1996).

은적 및 상은 광화대의 금-은 광화작용은 목포 화산암체와 연관되어 있는 것으로 사료된다(Cha and Yun, 1988). 목포 화산암체는 직경이 약 22×18 km이며 화산암체 체적의 약 2/3를 차지하는 산성화산암과 화강암, 석영반암 및 규장암으로 구성된 환상암맥으로 구성되어 있다. 화산암체 가까이에는, 고각의 중력단층이 화산암체의 중심부를 향해 경사져 있다. 산성 화산암은 선캠브리아기 편마암 복합체와 유라기 화강암위에 부정합적으로 놓여 있으며 백악기 화강암 및 석영반암에 의해 관입되고 있다. 목포 화산암체의 동부에는, 연장 13 km이고 층후가 300 m이하인 규장암이 화산암과 백악기 화강암사이의 접촉부를 따라 환상암맥으로 관입하고 있다(Fig. 1). 은적 및 상은 광화대에 분포된 산성 화산암은 진도 유문암과 황산 응회암으로 구성되어 있다. 화산암체의 중심부를 차지한 진도 유문암은 유문암질 용결 응회암과 같은 응회암 암석으로 구성되어 있다. 이 암석은 해남 지역에서 라필리 응회암 및 유문암질 용암류에 의해 교호되어 분포하고 있다. 황산 응회암은 주로 화산쇄설성 암석 및 조면암질 응회암과 교호된 공중낙하(air-fall) 응회암으로 구성되어 있으며 가끔 화산탄을 함유하기도 한다. 진도 유문암과 접촉하고 있는 고각의 중력 단층을 따라 접촉되어 있는 조립질의 분홍색 혹은 노란색 화강암은 폭이 약 2 km 이하이며 북서 방향으로 약 20 km에 걸쳐 연장되어 있다.

조사지역의 북동쪽인 모재산일대, 남동쪽일대 쌍풍리지역, 동쪽인 매월계 인근에는 안산암이 분포하고, 서쪽 매월리 801번 지방도 인근에는 석영안산암층이, 모재산 무송동일대에는 석영반암이 분포한다(Lee *et al.*, 1996). 그러나, 야외지질조사결과 조사지역은 전체적으로 응회암으로 구성되고 있으며, 이를 후기에 염기성 및 산성 암맥이 관입하고 있다. 전반적으로 조사

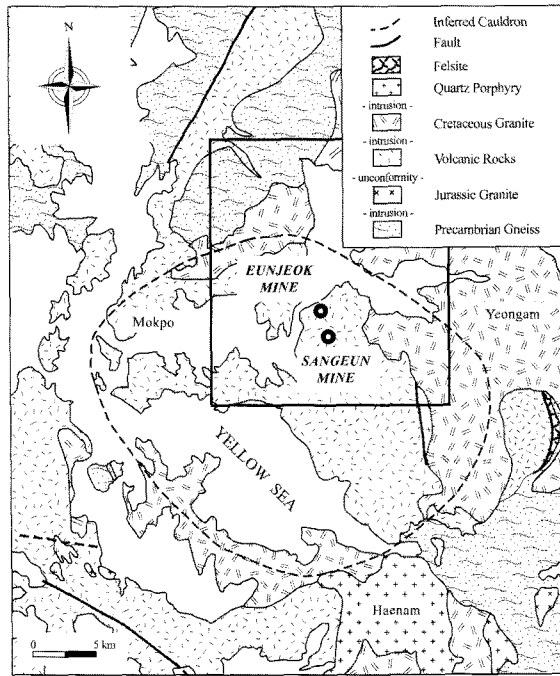


Fig. 1. Regional geologic map including the Eunjeok-Sangeun mining district.

지역 전체에 걸쳐 응회암이 발달하고 있는 것으로 볼 수 있고, 국부적으로는 유문암이나 안산암, 반암류가 발달하고 있다. 조사지역의 대부분을 차지하는 응회암을 세분하면, 안산암질유문암, 유문암내지 유문암질응회암, 화산력응회암, 용결응회암 등으로 구분된다. 조사지역 전반에 걸쳐 화산력응회암이 지배적으로 발달하고 있으며, 화산력응회암이나 용결응회암에서 유문암이나 안산암으로 구성되는 역들이나 암편을 함유하고 있는 점으로 미루어 보아 이들의 전후 관계는 안산암질응회암, 유문암내지 유문암질응회암 그리고 화산력응회암이나 용결응회암 순으로 암석이 고화된 것으로 사료된다. 화산력응회암은 용결조직이 잘 발달되어 있으며, 암편들의 크기는 보통 2mm에서 1cm까지의 구상이며 간혹 직경 10cm 이상의 역을 함유하기도 한다. 용결응회암은 조사지역의 남쪽인 매월계 계곡 일대에 분포되고 있는데, 유문암이 유문암질응회암( $\phi \approx 1$ cm), 안산암이나 안산암질역( $\phi \approx 1-2$ cm)을 함유하고 있으며 대체적으로 구상을 보여주고 있다. 안산암질유문암이나 유문암내지 유문암질응회암은 국부적으로 나타나는 특징을 보이는데, 보통 연회색 내지는 회색을 띄며 자세히 관찰하면, 유문상 조직을 보이고 있다. 조사지역내에 발달하는 응회암내에는 많은 단층과 절리들이 발달하고 있다. 은곡지역의 도로공사지역에서는 N80°W, 60°SE의

단층이 발달하고 있으며, 응회암내에는 망상의 절리군이 발달하고 있다. 본 노두에서 후기 열수에 의한 변질작용이 뚜렷하게 관찰되고 있다(Fig. 2A and 2B). 조사지역에서 관찰되는 유문암은 연속성이 없이 단속적으로 발달하고 있는데, 은곡지역의 도로공사 현장에 노두가 잘 나타나고 있다. 이러한 유문암체는 조사지역에 전형적으로 나타나는 화산력 응회암에 의해 피복되고 있다.

### 3. 광 상

#### 3.1. 함내 모암

**은적 광산:** 함내 모암의 주 구성 광물로는 석영, 사장석, 정장석, 소량의 흑운모가 반정의 형태로 산출되며, 미립의 석영과 사장석과 담황색~황갈색의 기질로 구성되어 있다. 기질로 구성되어 있는 석영입자는 0.2mm 미만의 크기를 나타낸다. 석영반정은 대체로 반자형에서 자형으로 결정형이 잘 발달되어 있으며, 파동소광을 보인다. 사장석 반정은 대부분이 변질되어 건운모화되어 있다. 유색광물인 흑운모 또한 반정의 형태로 산출되며, 일부 반정은 적갈색의 간섭색을 보인다. 그러나 대부분의 흑운모는 녹니석으로 변질되어 그 흔적만 남아 있다. 석영과 장석의 반정에는 불투명 광물인

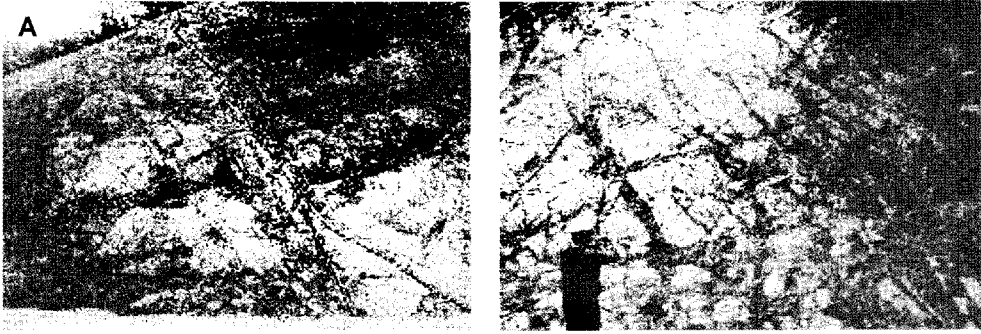


Fig. 2. (A) Fault within rhyolite, (B) Late hydrothermal alteration infilling the stockwork vein.

자형의 황철석이 관찰된다. 사장석과 흑운모 반정과 불투명광물은 서로 집합체로 산출된다. 반정의 크기는 최소 0.05mm~약 3mm에 달하며, 석영 세맥에 의해 점차 변질정도가 심해진다(Fig. 3A through 3C).

**상온 광산:** 향내 모암의 주구성광물은 석영, 사장석, 정장석, 흑운모, 녹니석, 견운모, 저어콘, 스피넬, 불투명 광물로 이루어져 있다. 반정과 기질로 이루어져 있는데 반정은 주로 사장석과 흑운모가 주를 이루며 미립

의 정장석과 석영, 견운모 입자가 기질을 이루고 있다. 사장석 반정은 자형~반자형으로 약 1-3 mm의 크기를 갖으며 후기에 관입한 석영맥의 영향으로 대부분이 견운모화 되었다. 모암 부분에는 정동이 관찰되며 이를 석영입자가 채우고 있으며 후기에 충전된 석영과 불투명 광물이 함께 산출된다. 황철석은 후기에 생성된 것이므로 그 형태가 대체로 자형으로 잘 발달되어 관찰된다. 유색광물인 흑운모는 거의 녹니석화 되었으며 결

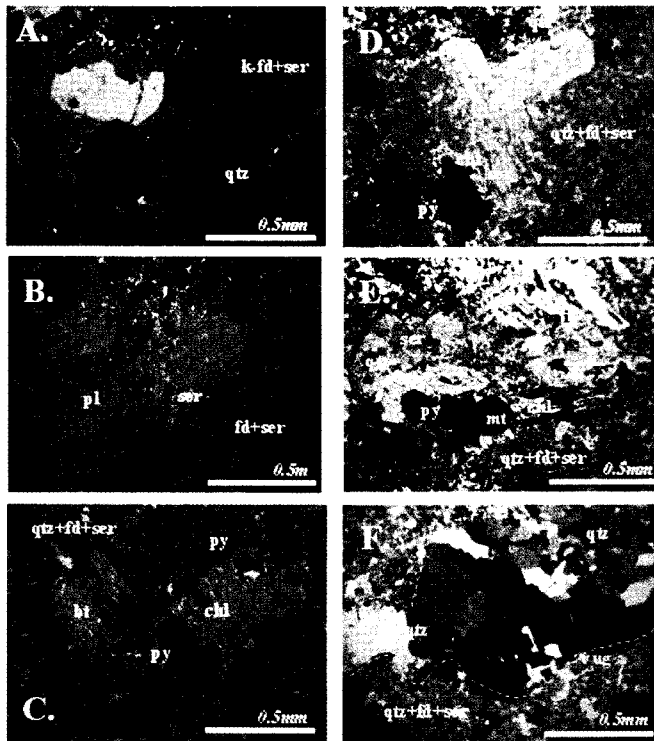


Fig. 3A through 3F. Photomicrographs for the wall rocks in the adits from the Eunjeok and Sangeun mines. Abbreviations: K-fd=K-feldspar, ser=sericite, qtz=quartz, pl=plagioclase, bt=biotite, py=pyrite, chl=chlorite, fd=feldspar, mt=magnetite.

정형만 관찰되고 흑운모 반정 내에는 저어콘과 스펀이 관찰된다. 불투명광물은 사장석 및 흑운모와 집합체로 관찰된다. 후기에 관입한 석영 맥과 모암과의 관계는 매우 뚜렷하며 맥 주변을 따라 원암의 기질 부분의 장석들의 견운모화가 관찰되며 이때 석영은 타형으로 깨짐이 발달하고 파동소광을 보이나 맥에서는 자형으로 결정형이 잘 발달된 석영도 관찰된다. 주로 이 석영맥을 따라서 불투명광물이 집중되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 사장석 반정은 기질 부분과 접촉하고 있는 결정의 연변부부터 견운모화 작용이 발생한다. 또한 모암의 조직에 의한 유동 조직도 관찰되며 일부 반정내에 미립의 석기가 포함된 포이킬리틱 조직이 관찰된다. 이 후에는 모든 장석이 심한 견운모화 변질 작용을 받았으며 유색광물은 거의 관찰되지 않는다(Fig. 3D through 3F).

3.2. 광맥

광화대내에는 목포 화산암체의 북동 연변부에서 형성되었던 NS- 및 NW 주향의 고각중력단층의 확장계가 있다. 3개의 합금-은 열수석영맥이 백악기 후기 화산암의 N20-50°W 주향의 단층면을 따라 형성된 좁은 공간을 충전하면서 형성되었다. 생산성 맥들은 주향을 따라 약 1km동안 추적될 수 있으며 폭은 0.1m~0.3m의 변이를 보인다. 주향과 경사방향을 따라 맥들의 반복된 팽창이 흔하게 관찰된다. 석영맥의 광석광화작용은 경계성있는 금과 은을 수반한 황화물 광물이 국부적으로 농집된 단순한 형태이다. 광석광물들은 다결정질 집합체로 산출되며, 산점상으로 산출되기도 하고 가끔은 맥전체적으로 모암 각력암 주변에 코케이트(cockate)광석으로 산출되기도 한다. 유비철석과 황철석이 변질된 모암에서 세립질 결정으로 산포하며 맥들의 모서리에 농집되는 경향이 관찰되기도 한다. 자연

은은 맥의 중앙부와 정동에서 대개 산출된다. 드물게 광석들은 연변부에서 중앙으로 가면서 다음과 같은 광물정출순서를 보이기도 한다: 황철석+유비철석섬아연석+방연석+황동석자연은.

은적광산지역에서 산출되는 광석광물로는 자연은, 방연석, 섬아연석, 황철석 등이 있다(Kim et al., 1990). 또한, 유비철석, 자류철석, 황동석, 엘렉트럼, 휘은석 등도 광석광물로 소량 산출된다(Lee et al., 1996).

상은광산지역에서 산출되는 광물로는 광물생성 시기 별로 다른 산출광물을 보이는데 광화 I기에 유비철석, 황철석, 그리고 소량의 섬아연석, 방연석, 자류철석, 황동석과 광화 II기에 섬아연석, 방연석, 엘렉트럼, 황철석, 유비철석, 자류철석, 휘동석, 백철석, 광화 III기 및 IV기에 황철석, 자류철석, 섬아연석, 유비철석, 백철석, 황동석, 휘동석, 엘렉트럼 등이 산출된다(Kim et al., 1991). 은적광산과 상은광산은 동일한 환경에서 생성된 광산으로 산출되는 광물도 유사한 특징을 보이고 있는데, 육안으로 흔히 관찰되는 광석광물로는 황철석, 섬아연석, 방연석, 유비철석, 황동석 등이 있다(Fig. 4A and 4B). 육안 관찰시 황철석은 흔히 자형으로 나타나며, 유비철석, 섬아연석, 방연석과 함께 산출되고 있다. 석영맥 주변에 심하게 변질된 옹회암에서도 반경 0.3mm 정도의 반점들이 나타나는데, 외견상으로 석영 반암이나 장석반암과 같은 형태를 보이나 자세히 관찰하면 석영과 황철석으로 구성된 입자들이 산화되어 반암과 같은 형태로 나타나고 있다(Fig. 5A and 5B). 육안으로 관찰되는 맥은 두 종류 이상이 되는데, 흔히 관찰되는 석영맥은 우유빛 백색 석영맥과 회백색 석영맥으로 대별된다. 우유빛 백색 석영맥은 회백색 석영맥을 절단하고 있어 후기임을 시사해 준다. 은적·상은 광산에서 주 광화작용은 회백색 석영맥으로서 섬아연석, 방연석, 황철석, 유비철석과 같은 다양한 유화광물

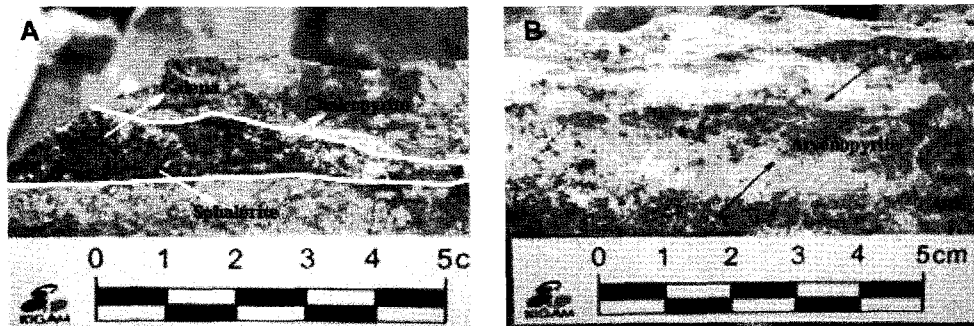


Fig. 4. (A) Sulfide mineral within quartz vein, (B) Arsenopyrite within quartz vein.

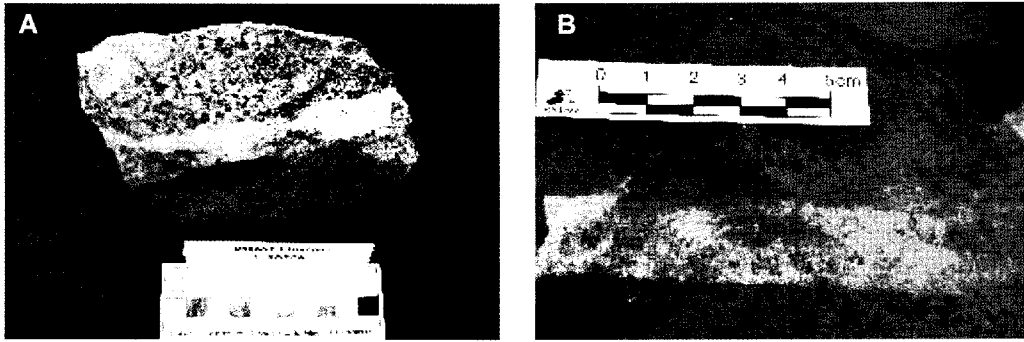


Fig. 5. (A) Altered rock around quartz vein, (B) Pyrite dot within altered rock.

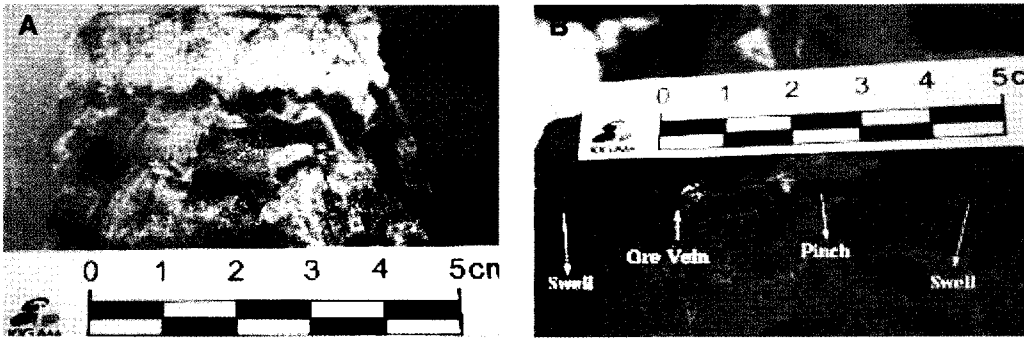


Fig. 6. (A) Colloform texture developed within vug, (B) pinch and swell structure of quartz vein.

을 함유하고 있으며, 우유빛 백색 석영맥은 후기에 모암의 변질작용을 일으키고, 회백색 석영맥들을 포획하기도 하는데 디카이트, 견운모, 고령토와 같은 광물을 형성시키고 있다. 변질광물의 생성시기는  $86.15 \pm 7.65$  Ma로 보고된 바 있다(Kim, 1989). 우유빛 석영맥들은 흔히 빗살조직이나 정동을 많이 함유하고 있는 반면, 회백색 석영맥은 치밀한 조직을 보여주고 있다. 우유빛 석영맥은 빗살조직과 함께 정동내에서는 콜로포움 조직을 보여주고 있으며, 회백색 석영맥은 팽축이 반복되는 구조를 보여주고 있다(Fig. 6A and 6B).

### 3.3. 광맥 발달 양상

은적광산은 갱내조사가 불가능하여 1984년도 대한광업진흥공사에서 실시한 시험시추자료를 검토했으며 3개조의 광체가 발달하고 있는 것으로 파악되었다. 시추자료를 검토한 결과 은적 광산지역에서 광맥은  $N10^{\circ}-30^{\circ}W$ ,  $70^{\circ}-85^{\circ}SW$ 로 발달하는 석영맥 군으로 형성되었음을 알 수 있다. 이러한 맥은 직선 거리상으로 1.8 km 남쪽에 위치한 상은광산까지도 연장 발달되는 것으로 판단된다. 은적-상은광산에 발달하는 맥은 폭

약 20-30 m 구간에 걸친 구조적 약선대를 따라 최소 2회에 걸친 석영맥이 팽축을 반복하면서 연장 약 2 km에 걸쳐 발달하고 있다. 은적광산의 석영맥은 약 30 m 구간의 구조 약선대를 따라 변질대를 형성하고 있으며, 이러한 약선대를 따라 석영맥들이 발달하고 있는데, 갱내에서 분지되거나 팽축 구조가 인지되고 있다(Fig. 7A and 7B).

### 3.4. 광체연장 탐사결과

북쪽에 발달하는 은적광체와 남쪽에 발달하는 상은 광체는 변질대 폭이 약 1 m에 걸쳐 발달하는 동일 광체로 추정된다. 은적광체의 북쪽 및 상은광체의 북쪽 연장 발달 상태를 추적한 결과, 은적광체 북쪽 연장 맥은 발견하지 못하였으나, 북쪽 연장선상의 북쪽 도로변 노두에서 전적으로 보이는 광석들을 발견하였다. 상은광체의 북쪽 연장 맥은 251 m 고지로 향하는 고도 240 m부근 노두에서 광체를 발견하였는데, 응회암내 발달하는  $N10^{\circ}-30^{\circ}W$  방향으로 발달하는 약선대를 따라 석영 세맥들이 발달하고 있다(Fig. 8A and 8B).

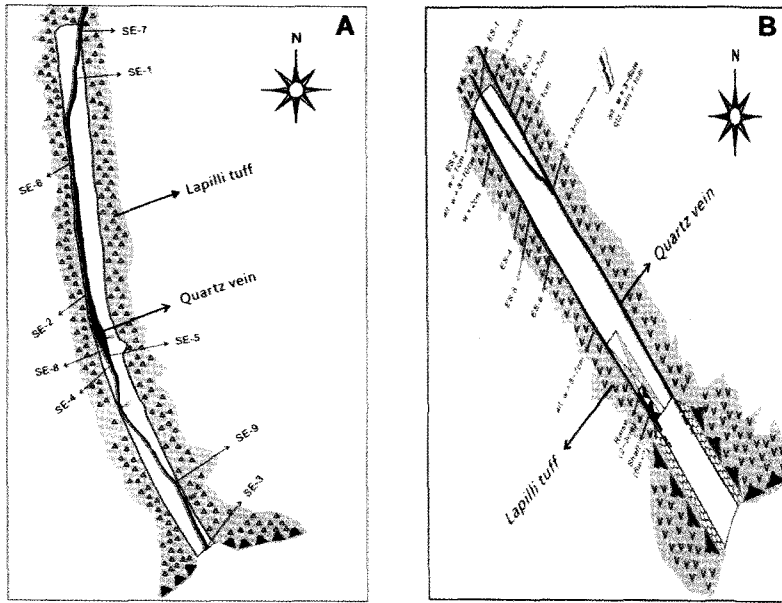


Fig. 7. (A) Adit sketch map of the Sangeun mine(1:200 scale), (B) Adit sketch map of the Eunjeok mine(1:200 scale).

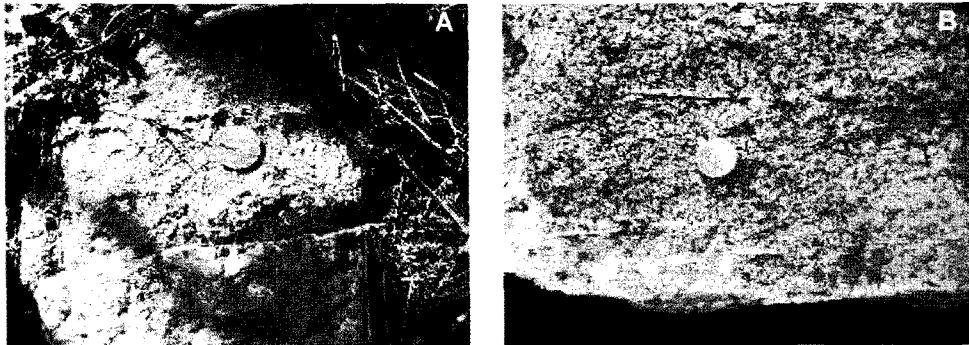


Fig. 8. (A) Quartz veinlet in outcrop at the altitude of 240 m inferring the northward extension of the Sangeun ore body, (B) Quartz veinlet observed within tuff.

고도 240 m부근 노두에서 채취한 석영맥은 유백색을 띄며, 0.2 cm~수cm에 달하는 많은 정동들이 발달하고 있다. 또한, 이러한 석영맥 내에는 응회암 암편 잔류물들이 많이 포획되어 있으며, 유백색 석영보다 이전으로 보이는 회색 석영맥 잔유물들이 역시 포획되어 있는데, 이들은 유비철석, 황철석과 같은 다량의 미립의 유화물들을 함유하고 있다. 지금까지 연구에서는 우유빛 백색 석영맥은 회백색 석영맥을 끊고 있어 후기인 것으로 밝혀졌었는데, 금번 조사에서도 유백색 석영내에 회백색 석영들을 포획하고 있는 점으로 보아 은적 및 상은 광산지역에서 1차 주광화작용은 회백색 석영과 관계되고 있다. 주 광화작용의 회백색 석영맥

은 섬아연석, 방연석, 황철석, 유비철석과 같은 다양한 황화광물을 함유하고 있으며, 우유빛 백색 석영맥은 후기에 모암의 변질작용을 일으키고, 회백색 석영맥들을 포획하기도 하는데 디카이트, 견운모, 고령토와 같은 광물을 형성시키고 있다. 북쪽 도로변 노두에서 채취한 시료는 후기에 모암의 변질작용에 의해 형성된 암석으로서 다량의 자형( $d=0.05$  cm) 정육면체 형태의 황철석을 함유하고 있는 것이 특징이다.

#### 4. 광물공생관계

많은 천연수 광상에서 열극을 충전하고 있는, 예를

들면 *crustification*, *각력화작용*, 및 작은 정동같은 혼한 특징들이 상은 및 은적광산의 함금-은 석영맥에서 흔하게 산출된다. 야외 및 시편에서 관찰한 조직적인 관계를 보면 맥들은 단층작용 및 *각력화작용*에 의해 분리된 3개의 광화시기로 형성되었다고 사료된다. 광화 I기 광화작용동안에, 미량의 황화물을 수반한 barren한 백색 내지 우유빛의 석영이 열극대로 침전되었다. 광화 II기 동안에는, 천금속 황화물을 수반한 금

및 은 광물이 경제적으로 농집된 석영이 침전되었다. 광화 III기는 탄산염의 산출이 특징적이다. 은적 및 상은 광산의 주요맥은 모두 3개 광화시기에 걸쳐 침전된 것으로 사료된다. 상은 및 은적 광산의 광화작용 및 공생관계는 다음과 같이 요약된다(Fig. 9 and 10A through 10D).

Minerals	Stage I	Stage II	Stage III
quartz	—	—	—
arsenopyrite	—	—	—
pyrite	—	—	—
pyrrhotite	—	—	—
galena	—	—	—
chalcopyrite	—	—	—
tetrahedrite	—	—	—
sphalerite	—	—	—
electrum	—	—	—
argentite	—	—	—
native silver	—	—	—
calcite	—	—	—

Fig. 9. Mineralogical paragenesis from the Eunjeok and Sangeun mines.

4.1. 광화 I기 광화작용

본 광화시기는 소량의 유비철석, 황철석 및 황동석과 괴상의 백색 석영으로 구성되어 있다. 광화 I기 석영맥은 대개 폭이 10 cm이하이며 변질받은 모암 *각력암*을 포함한다. 유비철석은 가끔 맥전체적으로 세립내지 중립질의 산포상으로 산출하며, 자주 맥의 모서리에서 황철석과 황동석과 밀접하게 상호성장한 타형의 입자들의 집합체로서 산출하기도 한다. 세립질의 자형 황철석이 드물게 작은 정동내에 산출하거나 정동을 충전하고 있는 석영에 내포된 개별적인 자형의 입자로서 산출하기도 한다.

4.2. 광화 II기 광화작용

광화 II기 맥은 경제적으로 가장 중요하다. 광화 II기 초기 광화작용은 다량의 유비철석, 황철석과 소량의 황동석, 자류철석 및 섬아연석을 수반한 초기 회색

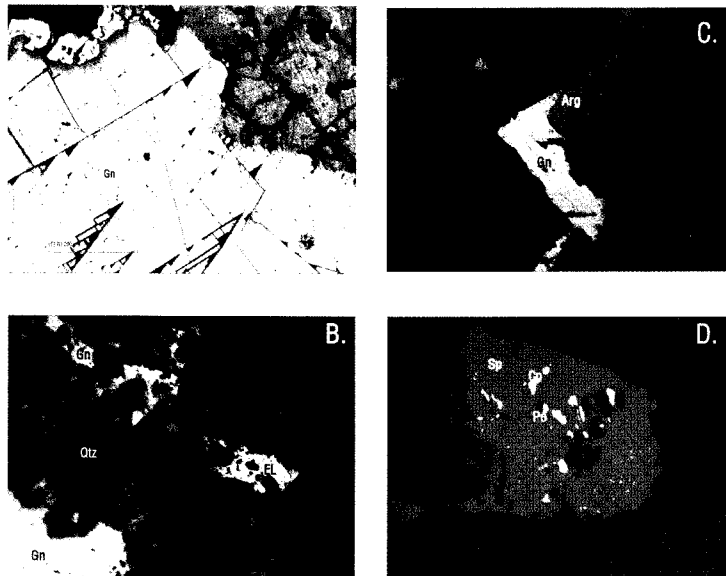


Fig. 10. Reflected photomicrographs of ore specimens from the Eunjeok and Sangeun mines. (A) Galena(Gn) with chalcopyrite(Cp) disease in sphalerite(Sp), (B) Electrum(EL) coexisting with galena(Gn) infilling the fracture of quartz vein, (C) Argentite(Arg) coexisting with galena(Gn) infilling the fracture of quartz vein, (D) Pyrrhotite(Po) bleb and chalcopyrite(Cp) disease in sphalerite(Sp).



석영으로 특징지워진다. 백 모서리의 세립질 회색 석영은 주상결정으로 안쪽으로 성장하고 있다. 초기 유비철석은 모암 및 맥연변부에서 특징적인 마름모 모양의 자형내지 반자형 입자로 관찰된다. 일부 유비철석은 다결정질 집합체의 형태로 산출되기도 하며 드물게 맥의 모서리에서 두께 수mm에서 10mm까지의 변이를 보이는 괴상의 띠로 산출되기도 한다. 황철석은 모암에서 보통 산점상으로 반자형 내지 자형의 입자로 산출되며 다른 광석광물의 포유물을 함유하지는 않으나 맥의 황철석은 가끔 작고 불규칙하며 둥근 입자로 되어 있는 자류철석과 황동석을 포함한다. 황동석과 용리를 이루는 자류철석 입자들이 조립질 황철석 및 유비철석에 의해 내포되어 있기도 한다. 소량의 황동석은 황철석과 유비철석의 입자상 집합체의 빈틈을 채우고 있기도 하다. 광화 II기 증기광화작용은 에렉트럼, 휘은석 및 천금속을 수반한 백색석영으로 기재할 수 있다. 조립질 결정으로 산출되고 있는 백색 석영이 주상의 광화 II기의 초기 회색 석영결정 위에 자라고 있다. 황철석과 유비철석은 세립질의 산포상으로 산출된다. 심하게 각력화된 유비철석 조각의 일부는 에렉트럼과 관련된 방연석과 황동석에 의해 굳게 결합되어 있다. 황동석은 방연석 및 섬아연석과 관련되어 있으며 다른 황화물의 열극을 채우고 있다. 섬아연석과 방연석의 산출은 미미하고 경제적으로 중요성은 없다. 적갈색의 섬아연석은 맥의 중간부분에 에렉트럼, 휘은석 및 자연은과 연관된 다결정질의 집합체로 산출된다. 매우 각력화된 섬아연석은 방연석에 의해 접합되어 있고 치환되어 있기도 하다. 대부분의 섬아연석은 정향된 황동석 내포물을 함유하고 있다. 사면동석은 보통 섬아연석을 치환하는 방연석과 관련되어 산출하며 자형의 황철석 및 유비철석의 틈을 충전하기도 한다. 금은 에렉트럼의 작은 입자로 산출한다. 에렉트럼은 방연석과 밀접하게 관련된 타원형 입자나 후기 황철석 및 유비철석내 고립된 포유물로서 산출되기도 한다. 광화 II기 후기광화작용은 투명한 석영, 자연은, 황철석이 특징적이다. 상은 및 은적광산의 경계성 있는 은은 본 광화 시기에 농집되어 있다.

### 4.3. 광화 III기 광화작용

본 시기는 열수광화작용의 최후기이다. 맥내 후기 운동은 괴상의 석영맥내의 몇 개의 좁은 후기 탄산염 세맥들의 존재에 의해 나타나고 있다. 이 광화시기는 단지 백색 방해석으로 구성되어 있다.

## 5. 품위 및 자원량

### 5.1. 품위

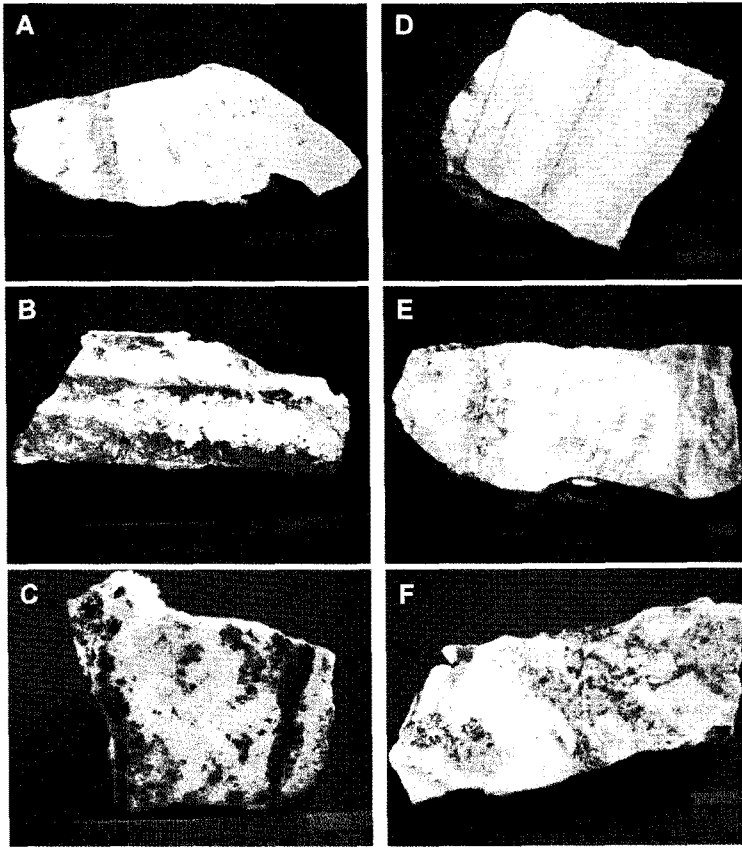
야외에서 채취한 대표시료 17개를 대상으로 범용자원으로 Pb, Zn, Cu, Fe, Mo, W, Au, U 및 산업원료자원으로 In, Re, Ga, Ge, Se, Te, Y, Eu, Sm의 함량을 분석했다. 분석은 한국기초과학지원연구원의 유도결합 플라즈마 방출분광기(ICP-AES)를 사용하여 분석하였다. 그 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 야외에서 채취한 17개 시료에 대한 분석결과에 대한 평균 함량 값은

$$\text{Average assay} = \frac{\sum(\text{품} \times \text{함량})}{\sum(\text{품})}$$

과 같은 공식을 적용하여야 했으나 입항이 불가능한 갱도가 많고, 야외에서 노두발달 상태가 불량하거나 노두의 추적이 어려워 시료채취가 용이한 지역에 대하여 시료를 채취하여 산출 평균값을 적용하였다. 분석결과 특이한 것은 먼저 금이 평균 87.2 g/t로 매우 높은 함량을 나타낸 것인데, 과거의 분석에서도 이 지역은 금의 함량이 높았던 지역이다. 금에 비해 은의 함량은 크게 높은 편은 아니지만 평균 160.5 g/t를 나타냈으며, Ag/Au의 함량 비는 1.84였다(Fig. 11A through 11F). 철의 함량은 황철석이나 유비철석 등이 많이 산출되는 영향으로 평균 3.46%의 함량을 보이고 있다. 연이나 아연은 방연석 및 섬아연석이 산출되고 있어 검출되는 것으로 보이며, 상은갱 60m 지점에서 채취한 시료는 복합시료로서 섬아연석이 육안으로 관찰되기에 분석결과 아연이 2.96%-3.29%의 함량을 나타내고 있다. 기타 희유원소로서 Zn-In,Ga,Ge과 Mo-Re, Cu-Se,Te의 상관관계를 검토하여 보았으나 상은-은적지역에서는 특이한 연관성은 보이지 않았다. 인듐의 경우 2.4 mg/kg에서 133.7 mg/kg까지 함량을 나타냈으며 평균 함량은 22.3 mg/kg였다. 갈륨의 경우 0.9 mg/kg에서 88.7 mg/kg까지 함량을 나타냈으며 평균 함량은 43.24 mg/kg였다. 게르마늄의 경우 65.1 mg/kg에서 273.7 mg/kg까지 함량을 나타냈으며 평균 함량은 121.96 mg/kg였다. 보통 아연을 제련시 부산물로 회수할 수 있는 이들 희유원소의 함량은 미달되는 것으로 판단된다. 레늄의 경우 0에서 3 mg/kg까지 함량을 나타냈으며 평균 함량은 1.4 mg/kg으로 낮은 편이었다. 셀레늄과 텔레륨의 경우 각각 5.9 mg/kg에서 154.4 mg/kg, 0에서 76.1 mg/kg까지 함량을 나타냈으며, 평균 함량은 각각 48.65 mg/kg,

Table 1. Analytical result of representative samples from the Eunjeok and Sangeun mines

Elements	Fe	Pb	Zn	Cu	In	Ga	Ge	Se	Te	Y	Mo	Re	W	Sm	Eu	Ba	Ag	Au	U
Sample No.	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
EJ-3	3.56	0.08	0.61	1,787	8.0	70.8	141.8	7.8	38.4	213.4	350	1.3	837	36.9	5.8	3,046	206	41.3	95.2
EJ-4	12.84	0.08	0.13	50	3.9	32.5	273.7	88.5	76.1	70.4	1,325	0	651	15.1	3.2	58	216	100	20.5
EJ-7	2.95	0.29	0.01	175	6	52.5	111.3	6.2	0	334.1	657	1.3	876	42.4	4.2	4,843	157	9.5	113.5
EJ-8	4.18	0.2	0.71	1,751	4.7	38.4	106.9	74.6	16.4	9.3	262	2.4	1,202	1.7	0	1,990	124	303.9	3.7
EJ-10	1.85	0.45	0.39	2,690	10.8	88.7	94.5	135.4	0	59.4	755	2.7	673	15.1	2.1	304	158	29.8	14
SE-1(60m)-1	3.65	0.25	2.96	237	14.2	85.8	129.5	64.4	19.4	74.7	325	1.2	876	20.4	3.4	55	133	101.4	36
SE-1(60m)-2	5.63	0.66	3.29	257	5.6	78.9	83.5	11.6	0	123.3	278	1.1	862	19.3	3.2	2,775	224	19.1	81.4
SE-2(40m)	1.61	0.31	0.17	36	19.1	45.5	67.3	42.2	12.7	11.6	339	0.4	702	2.0	0.0	10	123	120.7	82.4
SE-entrance	1.62	0.61	0.05	88	3.9	13.7	65.1	15.3	0	220.1	933	1.7	923	63.9	9.9	6,889	44	77.3	59.3
SE-5-1(26m)	0.57	0.06	0.03	32	3.2	32.8	82.5	33.2	0	82.1	527	1.0	1,041	41.1	6.5	3,301	107	25.9	60.6
SE-6-1(50m)	2.37	1.31	0.39	228	6.7	72.6	100.4	14.1	5.8	259	494	1.1	512	52.5	9.2	1,345	122	98	59.7
SE-6-2(50m)	1.33	0.46	0.09	70	113.9	57.9	139.9	26	10.2	79.3	203	0.5	666	7.8	0.8	23	160	108.2	115.7
SE-6-3(50m)	5.43	0.15	1.11	383	133.7	36	113.6	9.5	0	20.3	145	1.0	801	0.5	0.0	6	196	179.7	135.2
SE-7-2	2.07	0.35	0.36	54	20.1	11.4	191.8	5.9	21	1,211.9	812	1.2	1,570	371.6	34.8	16,017	166	38.5	333.8
SE-8-1(10m)	1.35	0.62	0.00	35	9.9	0.9	138.7	107	8.8	199.1	1,297	1.9	1,188	59.1	6.4	2,730	129	69.8	51.1
SE-8-2(10m)	2.95	0.19	0.01	64	13	3.4	109.7	154.4	16.9	9.9	379	3.0	1,490	5.0	0.4	1,144	139	27	1.3
E-5	4.79	0.17	0.30	92	2.4	13.3	123.1	30.9	27.9	37.3	4,787	2.1	1,006	12.4	1.2	524	325	131.6	39.1
average	3.46	0.37	0.62	472.29	22.30	43.24	121.96	48.65	14.92	183.8	815.8	1.4	933.9	45.1	5.4	2,650.6	160.5	87.2	76.6



**Fig. 11.** Photographs of high-grade ore specimens from Eunjek and Sangeun mines. (A) Quartz vein showing comb structure as well as vug. Dark brown sphalerite, pyrite, chalcocopyrite, galena and arsenopyrite were observed. Sample No. EJ-3, Au 41.3 g/t, Ag, 206.0 g/t, (B) Comb textures with vuggy structures. Large amounts of fine-grained arsenopyrite occurs in quartz vein. Sample No. EJ-4, Au, 100 g/t, Ag, 216.0 g/t, (C) Within very massive white quartz vein, large amounts of vugs are developed. Fine-grained arsenopyrite are observed with some pyrite and sphalerite. Sample No. E-5, Au, 131.6 g/t, Ag, 325 g/t, (D) Tuffs were altered, fine-grained galena and chalcopyrite are concentrated along the fractures. And, along the fractures, epidotization are observed. Sample No. EJ-10, Au, 29.8 g/t, Ag, 158g/t, (E) Within very massive white quartz vein, vugs are often observed. Fine-grained pyrite as ore minerals are observed. Sample No. SE-Entrance, Au, 77.3 g/t, Ag, 44 g/t, (F) Major ore mineral is fine-grained pyrite with some sphalerite and galena. Within very massive white quartz vein, vugs are often observed. Altered rock fragment of tuff are observed in quartz vein. Sample No. SE-6-3-50 m, Au, 179.7 g/t, Ag, 196 g/t.

14.92 mg/kg이었다.

## 5.2. 자원량

은적광산과 상은광산은 동일 구조에 발달하는 광상으로 생각되는데, 전술한 바와 같이 북쪽에 위치한 은적광산과 남쪽에 위치한 상은광산의 거리는 약 1.5 km에 달한다. 이러한 맥은 N10°-30°W, 70°-85°SW로 발달하는 비교적 구조가 단순한 석영맥군으로 형성되었다. 현재로서는 은적 및 상은광산지역 일대에 대한 탐사자료가 충분치 않아 매장량을 산출하기는 어려우나 그동안의 시추탐사자료, 현지 굴진갱도, 과거의 탐사개

도 자료, 금번 조사자료 등을 종합하여 자원량을 유추해 보았다. 자원량을 산출하기 위해 기획된 구간은 3개 구간으로 첫째, 현재까지의 개발갱도준의 구간으로서 연장 500 m, 수직 경사 심도 50 m를 보았으며 둘째, 현재 개발갱도준 이하 100 m와 연장 1 km 구간, 셋째, 그 이하 심도 100 m와 2 km 연장구간에 대하여 적용하였다. 맥폭은 0.25 m부터 변질대를 포함한 최대 2 m까지 적용하였으며, 품위는 80 g/t 을 적용하였다. 상은 및 은적광산의 자원량은 6.5톤부터 65톤까지 산출될 수 있으나 상은 및 은적광산의 맥 구조가 변질대와 같이 발달하고 있어 개발 가능한 변질대를 포함한

평균 품위의 산출이 되어야 하며, 변질대를 포함한 평균 품위에 따라 매장량이 달라질 수 있어 향후 많은 탐사가 수행되어야 한다.

## 6. 결론 및 제언

전라남도 영암군에 위치하고 있는 은적 및 상은 금은광상은 백악기의 유문암질 응회암의 열극을 충진한 맥상광체로 구성되어 있다. 은적광산은 2개 갱이 굴진되어 개발되었던 광산으로, 유문암질응회암 내의 열극을 충진한 3개조의 함 금은 열수 석영 맥이 발달하고 있다. 은적 및 상은광산의 주요 광석광물로는 유비철석, 황철석, 황동석, 섬아연석, 방연석 등이 확인되며, 엘렉트럼, 자연은 및 휘은석 등이 소량 산출된다. 광화작용과 관련된 열수변질작용은 건운모화작용이 지배적이며, 녹니석화작용 및 디카이트화작용이 관찰된다. 은적 및 상은광산 일대의 석영맥은 brecciated, crustiform, comb, open vuggy 조직과 관련된 공생 광물군을 보여주고 있는데, 이는 두 광산의 광화작용이 전형적인 천열수 환경에서 형성되었음을 지시해 주고 있다.

또한, 상은 및 은적광산에서 산출되는 광석시료를 대상으로 광물자원의 부존특성을 규명하고 광종에 따른 광산별 예비 채평가를 수행하기 위하여, 범용자원으로 Pb, Zn, Cu, Fe, Mo, W, Au, U 및 산업원료자원으로 In, Re, Ga, Ge, Se, Te, Y, Eu, Sm의 함량을 분석했다. 예비분석결과, 철, 연, 아연, 동, 텅스텐, 우라늄을 대상으로 개발할 가치가 있는 광산은 없는 것으로 사료되며, 몰리브덴과 은의 경우 정밀탐광을 통한 매장량이 확보되면 국제적 가격추이에 따라 경제적으로 개발할 가치가 있는 것으로 사료된다.

맥폭을 0.25 m부터 변질대를 포함한 최대 2m까지 적용하고, 금품위를 80 g/t으로 적용할 경우, 상은 및 은적광산의 자원량은 6.5톤부터 65톤까지 산출될 수 있다. 그러나, 상은 및 은적광산의 맥 구조가 변질대와 같이 발달하고 있어 개발 가능한 변질대를 포함한 평균 품위의 산출이 되어야 하며, 변질대를 포함한 평균 품위에 따라 매장량이 달라질 수 있어 향후 많은 탐사가 수행되어야 한다.

내 부존 금속광(Cu, Pb-Zn, Au등)부존량 확보를 위한 국내 광산 개발 잠재성 평가(10-1123)" 과제의 일환으로 수행되었습니다. 그리고, 현장조사와 자료해석에 도움을 주신 (주)지오리소스 김유동 박사님께 감사 드립니다. 또한, 이 논문의 심사를 맡아 유익한 조언을 해주신 익명의 심사위원님들께 깊이 감사 드립니다.

## 참고문헌

- Kim, M.Y., Shin, H.J. and Kim, J.H. (1991) Mineral paragenesis and chemical composition of Sangeun Au-Ag ore vein, Korea. *Jour. Korean Inst. Mining Geol.*, v. 24, p. 347-361.
- Kim, M.Y., Shin, H.J. and Jang, Y.N. (1990) Study on ore mineral from Eunjeok mine. *KIER-Research Report KR-89-2A-2*, p. 189-228.
- Lee, C.S., Kim, J. and Kim, H.N. (1996) Mineralization of the gold-silver ore deposits in Naju-Youngam area, v. 17, p. 166-173.
- Cha, M.S. and Yun, S.H. (1988) Cretaceous volcanic cauldrons and ring complexes. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 24, p. 67-86.
- Choi, M.S. (1987) Petrochemical and fluid inclusion study of sulfide-bearing metallic deposits in Yeongam area. Master thesis of Chosun University, p. 12-30.
- Choi, S.G. and Wee, S.M. (1992) The genetic characteristics of gold and/or silver vein deposits related to chemical compositions of electrum in central Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 28, p. 196-217.
- Choi, S.G., Wee, S.M. and Ryu, I.C. (2005) Shallow igneous activity and mineralization by the tectonic movement in the southern part of Korea. *KOSEF*, 100p.
- Choi, S.O. and Koh, J.B. (1971) Geological map of Mu-an sheet (1:50,000, 6418-1), National geological survey, 12p.
- Kim, S.Y. (1989) Mineralogical and geochemical studies of the Eunjeok volcanic-hosted silver-gold vein deposit, Youngam-Naju mining area, Korea. Unpubl. Thesis for the degree of master, Korea University, 65p.
- KOMIS, 2009, <http://www.komis.or.kr>
- Park, K.H., Yoon, K.S., Kim, E.H. and Freeland, M.H. (1979) Geology and geochronology of Gwangju fault area. *J. Geol. Soc. Korea*, v. 15, p. 201-208.
- USGS (2008) <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity>
- Yun, J.H. (1989) Geochemistry of hydrothermal gold-silver deposit in Korea. Unpubl. ph. D. Thesis. Seoul Nat. Univ. 191p.

## 사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 기관목적사업인 “국

2010년 3월 5일 원고접수, 2010년 4월 20일 게재승인