

## 둔전금광산 북광상에서 산출되는 다상포유물내의 고상

박희인\*·이찬희\*

### Solid Phases in Polyphase Inclusions from North Ore Deposits, Dunjeon Gold Mine

Hee-In Park\* and Chan Hee Lee\*

**ABSTRACT:** North ore deposits of the Dunjeon gold mine is disseminated-stockworks deposits emplaced in Ordovician Dongjeom quartzite. Six types of fluid inclusions are recognized in the stage I quartz. Among them polyphase inclusions (type-IV-A, B) are predominant in the lower part of stage I quartz crystals whereas liquid and gas inclusions (type I, II) are abundant in the upper part of the same quartz crystals. Liquid CO<sub>2</sub>-bearing inclusions (type III-A, B) occur as pseudosecondary inclusions. Solid phases in polyphase inclusions are identified by using scanning electron microscopy combined with energy dispersive x-ray spectroscopy. The solid phases are as follows; halite, sylvite, hydrophyllite, quartz, muscovite, calcite, ankerite, K-Mg-Fe-Al-Si mineral, Ca-Fe-Si mineral, Mg-Al-Si mineral, two kinds of Fe-mineral and Cu-Fe mineral. Results of freezing and heating experiments of fluid inclusions and identification of daughter minerals in polyphase inclusions in the stage I quartz reveal that ore fluids were high saline system NaCl-KCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O in the earlier stage and then evolved to rather simple system NaCl-H<sub>2</sub>O in the later stage, and temporally fluid mixing occurred with system CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O. Homogenization temperatures and salinity of fluid inclusions in the stage I range from 290 to 454°C and from 0.2 to 54.2 wt. % equivalent to NaCl.

### 서 언

유체포유물중에는 암염, 카리암염을 비롯한 여러 종류의 고상을 포함하는 다상포유물이 있다. 다상포유물내의 고상은 광물내에 포유된 유체에서 정출한 것(daughter mineral)이 많다. 따라서 고상을 정확히 감정하는 것은 그 포유물을 포함하는 광물이 정출될 당시에 존재하였던 유체의 성질을 밝히는 데 있어 매우 중요하다. 포유물내 고상의 감정은 주로 광학적 성질, 형태, 가열 및 냉각실험에 의하여 간접적으로 알 수 밖에 없었다. 그러나 이들을 확실히 감정을 하기 위한 시도로써 큰 포유물에서 추출해낸 고상에 대한 XRD와 SEM, EDX에 의한 고상의 결정형태와 화학성분을 검출하는 등의 연구가 있어 왔다 (Metzger et al., 1977; Nesbitt and Kelly, 1977; Anthony et al., 1984; Quan et al.,

1987). 최근에는 Raman laser 분광현미경을 이용하여 유체포유물내의 기상, 액상, 고상의 분광분석이 시도되고 있으며 온도에 따른 이들의 상과 조성변화에 대하여도 연구되고 있다 (Burke and Lustenhouwer, 1987; Kosztolanyi et al., 1987; Anderson et al., 1989; Guilhaumou et al., 1990).

국내 광산의 유체포유물에서도 암염등을 포함한 다상포유물의 존재가 여러 곳에서 보고되어 있으며 이들의 용융점에 의한 농도가 밝혀져 있다 (박희인, 1974, 1976; 문건주, 1979; 지정만, 황호선 1974; 우영균 등, 1982; 지정만, 1985; 박희인 등 1985, 1985; 김원사 등, 1988). 또한 최석원 (1986)은 SEM을 이용하여 암염등의 고상을 보고하였으나 고상의 화학조성은 밝혀지지 않았다.

둔전금광산 북광상의 맥석인 석영에는 암염, 카리암염 및 그 밖에 여러 종류의 고상을 포함하는 다상포유물이 많이 포함되어 있다. 필자들은 이 광산 주변의 지질과 광상 및 광물에 대한 상세한 연구를 수행하여 위 광상의 생성환

\* 서울대학교 지질과학교(Department of Geological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

경을 보고한 바 있다(박희인 등, 1987; 박희인, 이찬희, 1990).

이 연구에서는 둔전금광산 북광상의 광화기 광석중의 석영에서 산출되는 다상포유물내의 고상을 SEM과 EDX로 감정하여 보았고 각종 유체포유물의 산출상태, 염농도, 균일화온도등의 자료를 가지고 광화기간중의 광화유체의 진화경향을 고찰하여 보았다.

SEM과 EDX분석에 협조하여 준 서울대학교 지질과학과 최현수 석사와 한국동력자원연구소 이성록 선임연구원에게 사의를 표한다.

### 지질 및 광상의 개요

광상부근의 지질은 박희인등(1987)에 의하여 상세히 보고된 바 있어 여기서는 그 개요만을 기술하고자 한다. 이 지역의 지질은 조선누층군에 속하는 지층과 이를 관입한 화강암류와 맥암류로 구성되어 있다. 화강암류는 섬록암, 석영섬록암, 화강섬록암, 반상화강암의 순으로 관입한 복합관입암체이다. 이 암체는 역둔화강암체로 명명된 바 있고 석영섬록암의 whole rock K-Ar 연령은  $106 \pm 3.0$  Ma로 보고된 바 있다(박희인, 이찬희, 1990). 역둔화강암체 주변의 석회질암류는 스카른화 되어 있다. 이 지역에는 NS계의 단층과  $N15^{\circ}E$ 주향의 백전리단층이 발달한다.

광상은 역둔화강암체의 북연에서 북쪽으로 약 600m 지점에 있다. 광상은 주로 동점규암층의 백색규암내에 배태된 광염-망상세맥상 광상이다. 유화광물을 수반하는 석영세맥의 폭은 0.8cm 미만의 것이 대부분이나 15cm정도인 것도 있다. 규암과 접하는 상위의 석회질암에도 소량의 스카른광물과 함께 괴상광석을 배태하기도 한다. 광체의 주향과 경사는 규암층의 그것과 같이  $N15^{\circ}-20^{\circ}E$ 에  $10-15^{\circ}NW$ 로 경사한다(박희인, 이찬희, 1990). 광체 주변의 암석은 대부분 규화되어 있고 부광부의 모암은 건운모화, 녹리석화, 점토광물화 작용을 심하게 받았다. 괴상광석이 배태된 석회질암에도 부분적으로 스카른화되어 투회석, 석류석, 양기석, 녹렴석들이 생성되어 있다. 모암변질 산물인 건운모의 K-Ar 연령은  $75 \pm 1.7$  Ma이다(박희인 등, 1988).

광화작용은 두시기에 있었으며 소량의 산화광물과 base metal 유화광물 이외에 Bi, Te계의 테트라디마이트(tetradymite), 에이키나이트(aikinite), Bi-Te계 광물, Ag-Bi-Te계 광물이 산출된다. 에렉트럼(electrum)의 주요정출기는 I기의 말기이다.

### 유체포유물의 산출상태

둔전금광산 북광상의 I기 광맥에는 정동이 많이 발달하여 있으며 이 정동에는 방해석, 황철석, 방연석, 테트라디마이트와 함께 석영결정이 산출된다. 이 석영의 길이는 0.5-1cm 정도이며 투명도도 양호하다.

위 석영에 포함되어 있는 유체포유물은 상의종류, 충전도, 가열 및 냉각실험시의 거동에 따라 6가지 유형으로 분류된다(박희인, 이찬희, 1990; Fig. 6). I형 포유물은 액상포유물이고 II형 포유물은 기상포유물이다. III-A형 포유물은 액체  $CO_2$ 를 포함하는 액상포유물이며, III-B형 포유물은 액체  $CO_2$ 를 포함하는 기상포유물이다. VI-A형은 액

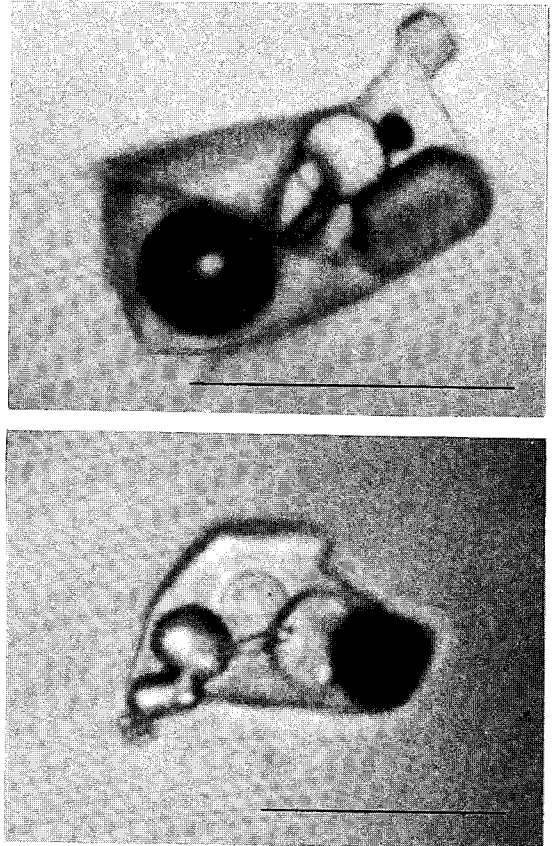


Fig. 1. Photomicrographs showing various kind of solid phases in polyphase inclusions (type IV) in the stage I quartz from north ore deposits, Dunjeon gold mine. Bar scale represents 25 micron.

상, 기상, 암염, 카리아염 이외 여러 종류의 고상을 포함하는 다상포유물이고 VI-B형은 액상, 기상과 암염만을 포함하는 것이다. 이 유체포유물의 모양은 석영의 결정형과 유사한 negative crystal form을 보이는 것도 있으나 대부분 불규칙한 형태를 보인다. 크기도 다양해서 10-2000 $\mu$ 까지 있으나 대부분은 30-50 $\mu$  정도이다.

IV형 포유물에는 암염과 카리아염 이외에도 광학적으로 이방성인 고상에는 육면체, 주상, 능면체, 육각판상, 침상, 섬유상, 기타 불규칙한 모양을 갖는것등 여러가지가 있다(Fig. 1). 또한 불투명광물도 있어 하나의 포유물내에 최대 11개의 고상을 갖는 것도 있다. 광학적으로 이방성인 고상과 불투명한 고상들은 550 $^{\circ}$ C까지 가열하여도 용해되지 않는다.

I형 포유물은 석영과 방해석내에서 관찰되며 부분적으로 불규칙한 모양을 보이며 광학적으로 이방성인 고상을 포함하는 것도 있다. II형 포유물은 I, II기의 석영에서 I형 포유물과 공존하고 같은 시기의 I형 포유물과 균일화온도, 염농도가 비슷한 것으로 보아 I, II기 광석의 정출기간중에는 광화유체의 단순적인 비등이 있던 것으로 추정된다. III형 포유물은 I기의 말기 석영에서만 관찰되며 주로 제한된 범위내에서 군집하거나 선상배열하는 것으로 보아 의2차포유물로 해석된다. IV형 포유물은 I기의 정동 석영의 뿌리 부분에서 주로 관찰되는데 대하여 I, II형 포유물은 동일결정의 상위부분에 많이 분포하는 경향을 보인다.

## 시료준비 및 분석방법

### 시료준비

위와 같은 석영결정을 선택하여 두께 3-5mm 정도로 양면을 연마하면 편광현미경하에서 쉽게 다상포유물을 찾을 수 있다. SEM과 EDX분석을 하려면 고상이 노출되어야 하기 때문에 고체가 많은 부분을 스케치하고 절단할 부분을 고려하여 다상포유물이 많은 부분을 표시하여 둔다. 고체의 노출을 위해 시료를 절단할 경우 유체포유물의 내부 압력과 대기압사이의 기압차이, 절단당시의 충격에 의해 고상들은 원래의 위치를 이탈하는 경우가 많다고 한다(Metzger et al., 1977). 이런 요인들을 방지하기 위하여 필자들은 시편들을 작은 플라스틱 비이커에 넣은 다음 액체 질소를 채워서 시료를 파냉각하였다. 이 때문에 유체포유

물의 고체는 유체와 더불어 완전히 얼게된다. 이들을 용융이 시작되기 전에 절단하였다. 시료를 절단하기전에 포유물을 동결시킨 시료와 동결시키지 않은 시료를 비교하면 전자에 있어서 고상의 보존상태가 훨씬 양호하였다.

절단된 시료가 준비되면 시중에서 구입한 고무찰흙을 이용하여 관찰하고자 하는 부위의 반대편을 찰흙에 고착하고, EPMA용 금속 pellet에 부착하면 쉽게 떨어지지 않는다. 이때에는 먼지의 오염과 고상의 이탈이 없도록 주의하여야 한다. 이 단계까지 준비되면 코팅(coating)을 해야 한다. 일반적인 광물분석에는 탄소코팅을 많이 하나 고상의 감정을 위하여는 금(Au)코팅을 하는것이 SEM의 해상도를 높이는데 효과적이라 한다(Anthony et al., 1984). 이 연구에서는 Au로 코팅하였다. 이 단계까지 완료되면 고배율 실체현미경을 이용하여 절단된 시료의 표면을 관찰할 때 고상의 존재를 확인할 수 있다.

### 분석방법

시료준비가 완료되면 전자현미경을 이용하여 다상포유물내 고상의 결정형태와 구성 원소를 확인할 수 있다. 분석에는 JEOL(일본전자)회사제 Superprobe 733 EPMA에 부착되어 있는 SEM과 LINK 회사제 AN 10000 EDX를 이용하였다.

고상의 식별은 SEM의 배율을 40배로 하여 유체포유물의 내벽윤곽을 확인하고 고상이 인지되면 배율을 점차로 5000-8000배 까지 확대하여 각 고상에 대한 EDX를 실시하였다. SEM에는 시료의 절단으로 파괴된 포유물내의 유체가 증발하면서 생긴 침전물이 포유물 주변에 형성되어 있다. EDX에는 석영의 간섭 때문에 생긴 Si와 코팅에 따른 Au의 spectrum이 검출된다.

고상의 노출을 위한 시료의 절단된 면이 평탄하지 않은 뿐 아니라 고상자체도 평탄하지 못 함으로 분석에 어려움이 있다. 또한 고상의 크기가 대부분 5 $\mu$  내외로 상당히 작으며 유체포유물의 내벽의 모양이 불규칙하고 노출된 크고 작은 고상의 높이가 서로 달라서 각별히 주의를 기울여야 한다.

## DAUGHTER MINERALS

둔전광산 북광상의 I기 석영중에 포함된 다상포유물의

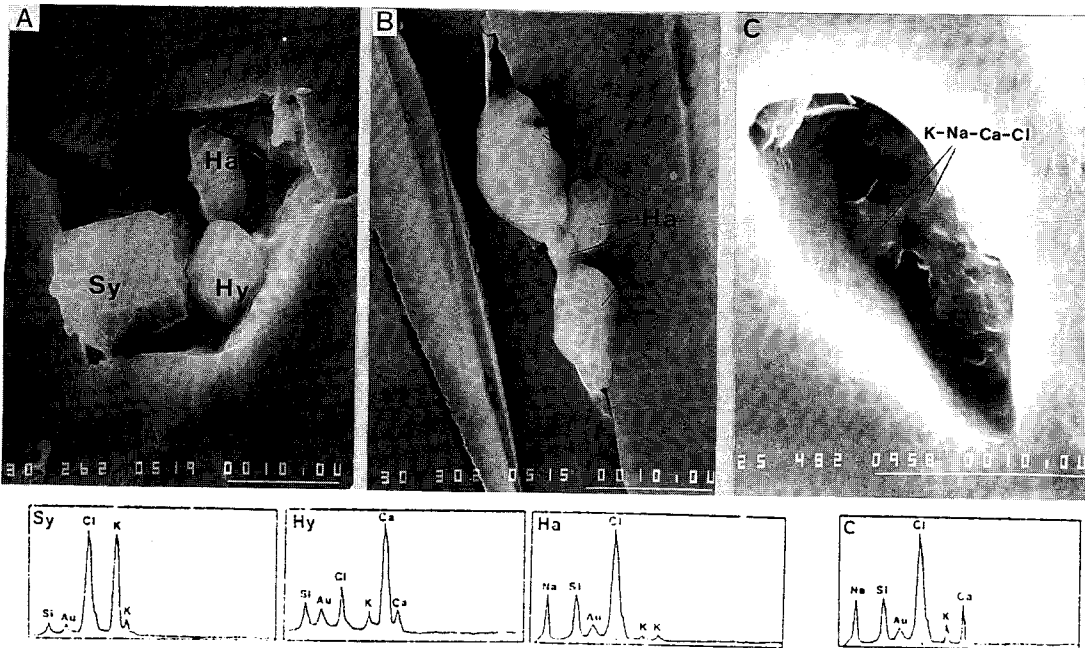


Fig. 2. SEM photomicrographs and EDX spectra of solid phases in opened polyphase inclusions in quartz from north ore deposits, Dunjeon gold mine. A; Daughter minerals in opened polyphase inclusion in quartz. Sy; sylvite, Ha; halite, Hy; hydrophyllite B; Halite crystals in opened polyphase inclusion in quartz. C; Irregular shaped Na-K-Ca-Cl compound precipitated from fluid of opened inclusion. Bar scale represents 10 micron.

고상에 대한 감정결과를 할로젠, 규산염, 탄산염 및 기타 광물별로 기술하면 아래와 같다.

#### 할로젠 광물

카리암염(Sylvite); 이 광물은 편광현미경 하에서 등방성이며 가열실험시 220°C 정도에서 용해되는 것들이다. 포유물내에 단독으로 산출되는 경우는 없으며 Fig. 2. A. 에서와 같이 암염과 함께 산출된다. 보통 구형으로 기재되어 왔으나 SEM에서는 육면체의 결정모양을 갖는다. 크기는 10 $\mu$  정도로서 다른 고상에 비하여 조금 큰 편이다. EDX에 의해 K, Cl만 검출되는 것으로 볼 때 카리암염임을 알 수 있다. Fig. 2. A에서 이 광물의 표면은 포유물의 액상이 증발하여 생긴 침전물의 막으로 피복되어 있다.

암염(Halite); 광학적으로 등방성이며 카리암염등의 고상과 같이 산출되는 경우(VI-A형)와 단독으로 산출되는 경우(VI-B)가 있다(박희인, 이찬희, 1990; Fig. 6). 전자의 경우는 260-320°C 정도에서 용해되나 후자의 경우는 유체포유

물의 기상이 소실된 후(360°C 정도) 암염은 450°C 정도에서 용해되어 균일화된다. 크기는 1-10 $\mu$  정도로 다양하나 보통 5 $\mu$  정도이며 양호한 육면체의 결정을 보인다(Fig. 2. A. B). 고상의 표면은 시료의 절단당시 포유물내 유체의 증발로 생긴 침전물로 피막되어 있어 Na, Cl 이외에도 K의 존재가 EDX spectrum에 검출된다. Fig. 2. A에는 침전물의 고결에 따른 부피의 수축으로 생긴 작은 균열이 관찰된다. 또한 몇개의 암염만 공존하는 것도 있다(Fig. 2. B).

Hydrophyllite; 이 광물은 편광현미경하에서 확인이 불가능하였으나 SEM에서는 육면체를 이루는 것(Fig. 2. A)과 사각판상결정을 보이는 것이 있다. 크기는 보통 10 $\mu$  정도이다. EDX에 의해 Ca, Cl이 검출되는 것으로 보아 hydrophyllite (CaCl<sub>2</sub>)로 생각된다. 이들은 암염, 카리암염과 공존하는 것이 대부분이나 드물게는 역편상을 보이며 Fe 광물과 공존하는 경우도 있다(Fig. 3. F).

Fig. 2. C에서 관찰되는 일정한 결정형태를 보이지 않고 EDX에서 K, Na, Ca, Cl이 검출되는 것은 시료의 절단으로 포유물내의 유체가 승화하면서 생긴 침전물로 보인다. 그

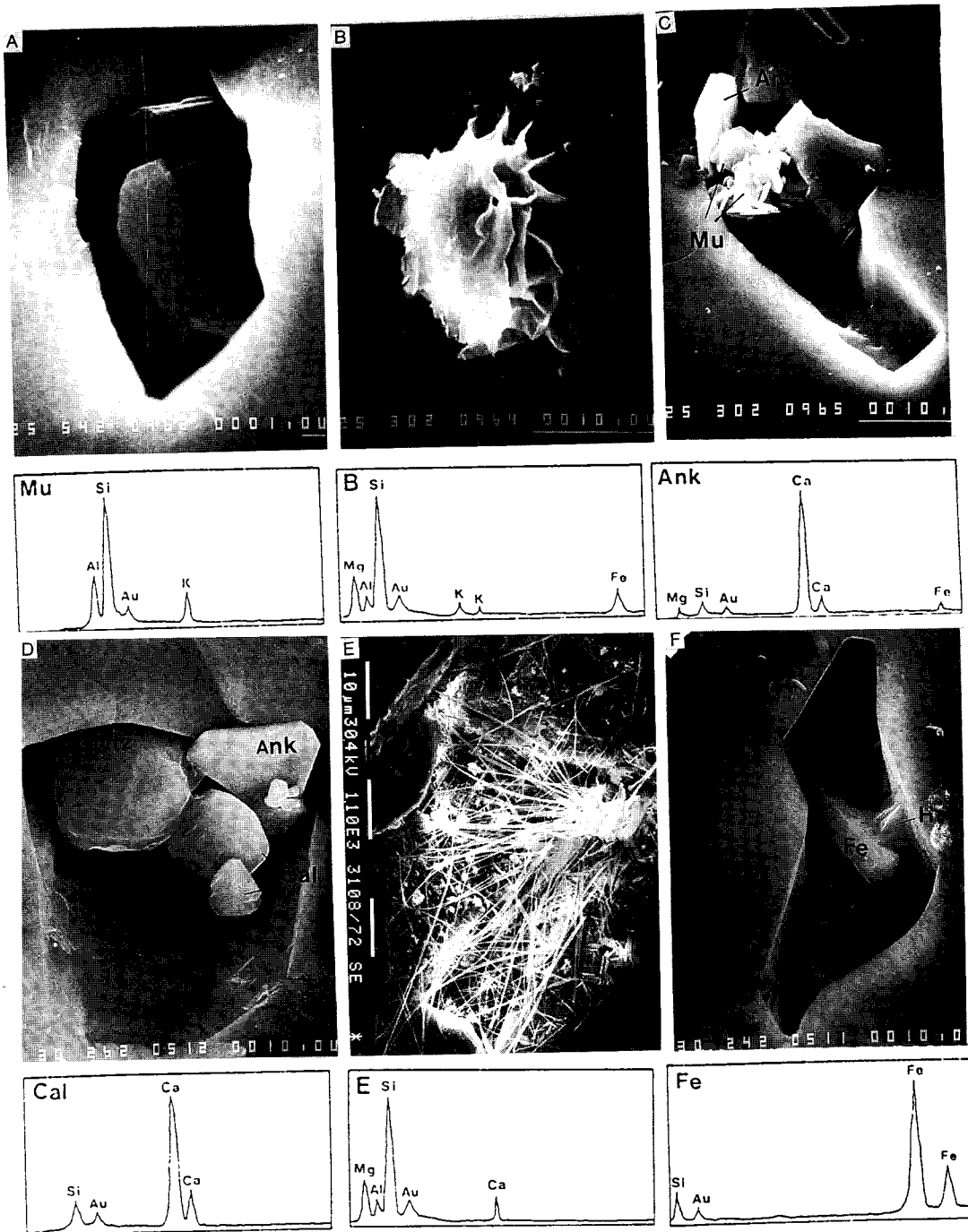


Fig. 3. SEM photomicrographs and EDX spectra of solid phases in polyphase inclusions in opened quartz from north ore deposits, Dunjeon gold mine. A ; Pseudo-hexagonal books of muscovite(Mu). B ; Irregular shaped K-Mg-Fe-Al-Si mineral(B), C ;Pseudo-hexagonal books of muscovite and pseudorhombic ankerite(Ank). D ; Subrounded quartz(Qtz), pseudorhombic ankerite and calcite(Cal) and irregular shaped Cu-Fe mineral (Cu), E ; Acicular and fibrous Ca-Mg-Al-Si mineral (E), and F ; Columnar Fe mineral (Fe) and flexural sheets of hydrophyllite (Hy). Bar scale represents 10 micron.

러나 Fig. 2. C에서는 어떤 종류의 고상을 피복하고 있는 것인지는 알 수 없다.

### 규산염광물

백운모(Muscovite); 고상중에는 편광현미경하에서 육각판상의 결정형태를 보이며 광학적으로 이방성인 광물이 관찰되어 운모류로 추정된 것들이 있었다. 이 광물은 Fig. 3. A. C에서 보듯이 육각판상결정으로 산출되며 넓이는 보통  $5\mu$  정도이다. EDX에서 Si, K, Al이 검출된다. 화학성분과 결정형으로 보아 백운모일 것으로 보인다.

K-Mg-Fe-Al 규산염광물; 편광현미경하에서 불규칙한 모양을 보이는 고상이 흔히 관찰된다. 이들은 광학적으로 이방성이며 크기는  $10-20\mu$  정도이다. 압염, 카리암염등과 같이 산출되는 경우도 있으나 I형 포유물에서 산출되는 경우가 더 많다. Fig. 3. B에서 보는 바와같이 불규칙한 형태를 보이며 산출된다. EDX에서 K, Mg, Fe, Al, Si가 검출된다. 이는 Metzger et al. (1977)이 Jamestown 광산에서 산출되는 다상포유물중의 고상에 대하여 SEM과 EDX로 감정한 자료와 비교할 때 화학성분은 금운모(phlogopite)와 같으나 결정형태는 전혀 다르다. 따라서 광물명을 정하기는 어려운 실정이다.

석영(Quartz); Fig. 3. D에서 보여지는 구형의 외형을 갖는 고상은 EDX에서 Si만 검출되는 것으로 보아 석영으로 추정되며 그 크기는  $12\mu$  정도이다.

이외에 규산염 광물로는 Fig. 3. E에서 보는 바와 같이 침상 또는 섬유상의 결정으로 산출되는 것이 있다. 이는 EDX에서 Mg, Al, Si와 미량의 Ca, Na가 검출되는 규산염 광물(tremolite?)이나 광물명을 확인할 수 없었다. 또한  $1\mu$  미만의 미립의 집합체로 산출되는 것으로 EDX에서 Ca, Fe, Si 성분이 검출되는 규산염 광물이 있으나 이 광물이 헤덴버자이트(hedenbergite)인지 또는 안드라다이트(andra-dite)인지 확실한 광물명을 정할 수 없었다.

### 탄산염 광물

방해석(Calcite); 편광현미경하에서 이방성이고 판상의 형태를 가지는 결정이 많이 있다. 이를 SEM에서 관찰하면  $2-10\mu$  정도로서 구형을 보이는 것(Fig. 3. D)과 능면체를 보이는 것이 있다. 이들을 EDX에서 보면 Ca만 검출된

다. 다상포유물에서 보고된 Ca 광물로는 방해석과 형석이 있으나 결정의 모양이 능면체 또는 판상을 이루며 광학적으로 이방성인 것으로 보아 방해석으로 판단된다.

앵커라이트(Ankerite); 이 광물의 특징은 상기한 방해석과 같이 광학적 이방성을 보이며 판상 또는 능면체로 산출된다(Fig. 3. C. D). 크기는  $10\mu$  정도이며, EDX에서 Ca와 소량의 Fe, Mg가 검출된다. 이것으로 볼 때 앵커라이트로 추정된다.

### 기타 광물

Fe광물; Fig. 3. F에서와 같이 크기는  $10\mu$  정도이며 오각 주상의 결정을 잘 보여주는 광물이 있다. EDX에서는 Fe만 검출되는 철광물로서 결정외형으로 볼 때 자철석일 가능성이 있다. 그러나 음이온의 검출이 없으므로 확실한 광물명을 정할 수 없다. 또한 세립의 판상 결정으로서 Fe만 검출되는 것이 있다. 이는 specularite 또는 능철석(siderite)일 가능성이 있으나 광물명을 확인할 수 없었다.

Cu-Fe 광물; 보통  $2-3\mu$  정도로서 구형 및 판상으로 산출된다(Fig. 3. D). 이 광물은 EDX에서 Cu와 Fe가 검출된다. 음이온의 검출이 없으므로 산화광물인지 또는 유화광물인지 식별이 불가능 하다.

## 고 찰

둔전금광산 북광상의 광화기 석영중에는 여러 종류의 고상을 가지는 다상포유물이 관찰되며 하나의 포유물내에 11개의 고상을 갖는 것도 있다. 국내의 금-은광산에서 압염, 카리암염을 포함한 다상포유물이 보고되기는 이 광산이 처음이었다. 이 연구의 SEM 관찰에서도 최대 6종의 고상이 공존하는 것이 있다. 다상포유물에 포함되는 고상에는 daughter mineral 뿐만 아니라 foreign mineral이 포함되기도 한다. 그러나 양자중에서 광화유체의 성질을 규명하는데 있어서 중요한 것은 daughter mineral이다. Roedder(1984)에 의하면 전세계적으로 유체포유물에 포함된 daughter mineral로 보고된 광물은 108종이나 된다.

둔전광산 북광상은 전술한 바와 같이 주로 동점규암층중의 규암내에 배태되어 있으나 이 규암과 접하는 석회암중에도 부분적으로 스카른광석이 형성되어 있다. 여기서 검출된 다상포유물은 전술한 바와 같이 광화 [기]의 비교적

조기를 대표하는 것으로서 고상중에는 규산염, 탄산염광물과 함께 불확실하지만 금운모, 양기석, 투회석, 석류석과 같은 것으로 보이는 석회규산염광물이 있다는 것은 이들 광물이 daughter mineral 또는 foreign mineral 인지 간에 매우 흥미있는 일이다.

전술한 바와 같이 IV형 포유물은 I기의 조기에 정출한 석영결정의 뿌리부분에 우세하고 I, II형 포유물은 동일시료의 중, 상위부와 기타 I기의 모든 석영에 존재하며 III형 포유물은 I기 석영의 의2차포유물로서 I기의 말기에 생성되었다. 각 유형의 염농도와 균일화온도를 살펴보면 I형; 4.2-11.6 wt. %, 290-408°C, II형; 1.0-11.8 wt. %, 294-402°C, III-A형; 0.2-6.8 wt. %, 294-358°C, III-B형; 0.2-5.4 wt. %, 336-402°C의 범위를 보인다. IV-A형은 NaCl 농도; 23.0-25.4 wt. %, KCl 농도; 27.2-28.6 wt. %로서 KCl의 농도가 높았던 것으로 보여진다. IV-B형의 NaCl 농도는 48.8-51.4 wt. %로서 상당히 높다. 균일화온도는 IV-A형; 294-400°C, IV-B형; 410-454°C이다. 한편 다상포유물중에 daughter mineral로 암염, 카리암염 뿐만 아니라 hydrophyllite(Fig. 2. A)가 포함되어 있는 것과 유체포유물의 절단당시에 생긴 침전물이 K-Na-Ca-Cl계의 화합물(Fig. 2. C)이라는 사실로 미루어 보아 이 광상의 광화유체는 I기의 조기에 NaCl-KCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 계나 그 밖의 복잡한 조성을 가지는 고염농도의 유체가 주종을 이루었으며 후기로 가면서 중-저염농도의 비교적 단순한 NaCl-H<sub>2</sub>O계로 변화하였음을 알 수 있다. I기의 말에는 일시적인 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O계의 혼입이 있었던 것으로 추정되며 최말기에는 단순한 NaCl-H<sub>2</sub>O 계의 유체에 의한 광화작용이 있었던 것으로 추정할 수 있다.

다상포유물의 고상의 감정을 위해 SEM과 EDX를 이용하는데 시료준비 과정에서 오염이나 고상의 이탈이 없도록 신중을 기해야 하며 사진의 해상도를 높이기 위하여 Au 코팅하는 것이 좋다. 또한 EDX 패턴에서 원소의 양상은 주변광물의 간섭에 의하여 정확한 구성원소를 알아내기가 어렵다. 고체자체의 정량분석이 불가능함을 감안 할 때 여기서 소개한 방법에 의한 고상의 감정은 보다 효과적이라 하겠다. 그러나 EDX에서는 H, C, O, N, F 등의 원소를 검출할 수 없으므로 고상의 구성원소 중 양이온과 결정형태만으로 광물명을 추정할 수 밖에 없는 것이 현실이다. 최근에는 Raman laser 분광현미경을 이용하여 유체포유물의 액상, 기상, 고상을 보다 정량적으로 분석하는 비파괴 분석법이 많이 이용되고 있다.

국내에서도 암염을 비롯한 다상포유물을 포함하는 유체포유물은 많이 보고되었다. 그러나 광학적 성질과 가열실험시의 상변화에 따라 일부 고상이 감정되었을 뿐 보다 정량적인 연구는 없는 실정이다. 앞으로는 SEM, Raman laser 분광현미경을 함께 이용하면 보다 좋은 결과를 얻게 될 것으로 기대한다.

## 결 언

1. 둔전금광산 북광상의 I기 석영중 유체포유물은 6가지 유형으로 분류되며 다상포유물(IV-A, B) 형은 I기의 조기에 정출한 석영 결정의 뿌리 부분에 우세하고, I, II형 포유물은 동일시료의 중, 상위부에 우세하다. III-A, B형 포유물은 의2차포유물로서 I기의 말기에 생성되었다.
2. 다상포유물중의 고상에는 암염, 카리암염, hydrophyllite, 석영, 백운모, 방해석, 앵커라이트, K-Mg-Fe-Al-Si 광물, Ca-Mg-Al-Si 광물, Ca-Fe-Si 광물, Fe 광물(2종류), Cu-Fe 광물등으로 13종이 있다.
3. 광화유체의 조성은 I기의 조기에 NaCl-KCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 계의 염농도가 높은 유체가 주종을 이루었고, I기의 말기로 가면서 단순한 NaCl-H<sub>2</sub>O 계로 변하면서 일시적인 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 계의 혼입이 있었다. I기 유체포유물의 NaCl 상당염 농도와 균일화온도는 0.2-54.2 wt. %, 290-454°C의 범위를 보인다.

## 참고문헌

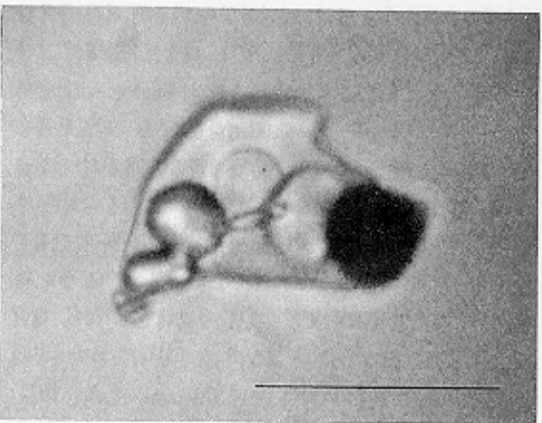
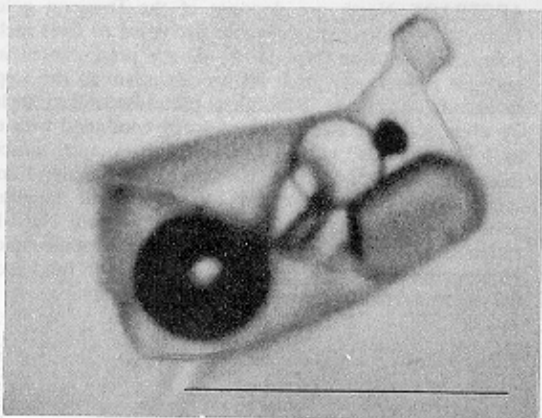
- 김원사, 신현숙, 이선숙(1988) 연양자수정의 내포물에 관한 연구. 한국광물학회지, 1권, p. 83-93.
- 문건주(1979) 상동중석광상의 유체포유물 연구. 광산지질 12권, p. 197-206.
- 박희인(1974) 우리나라 수정의 산출상태와 정출환경에 관한 연구. 문교부 연구보고서, p. 1-52.
- 박희인(1976) 우리나라 형석광상의 유체포유물 연구. 광산지질, 9권, p. 27-44.
- 박희인, 최석원, 장호완, 채동현(1985) 경남 함안, 군북지역의 동광화작용에 관한 연구. 광산지질, 18권, p. 107-124.
- 박희인, 문상호, 배영부(1985) 동보 중석-모리브덴광상의 광물공생과 유체포유물. 광산지질, 18권, p. 331-342.
- 박희인, 장호완, 진명식(1988) 태백산 지역내 광상의 생성 연령. 광산지질, 21권, p. 57-67.

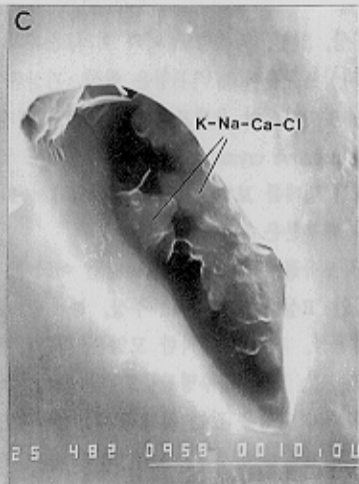
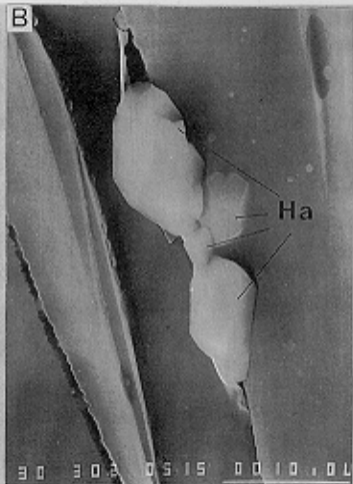
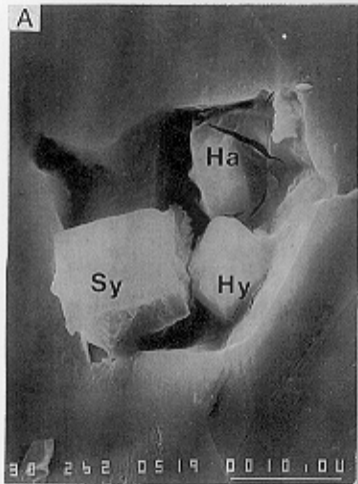
- 박희인, 우영균, 이찬희(1987) 둔전금광산 남광상의 광석과 유체포유물. 광산지질, 20권, p. 107-118.
- 박희인, 이찬희(1990) 둔전광산 북광상의 금-은 광화작용. 지질학회지, 26권, p. 358-370.
- 우영균, 이민성, 박희인(1982) 경남지역의 스퀴르광상의 성인과 스퀴르광물에 관한 연구. 광산지질, 15권, p. 1-16.
- 지정만, 황호선(1974) 달성광산의 유체포유물에 의한 생성온도와 광물공생에 관한 연구. 광산지질, 7권, p. 23-35.
- 지정만(1985) 일광광산의 유체포유물 연구. 인하대학교 산업과학기술연구소, 논문집, 13권, p. 433-441.
- 최석원(1986) 함안지역 동광상의 성인에 관한 연구. 서울대학교 대학원, 이학박사 학위논문, p. 49-63.
- Anthony, E. Y., Reynolds, T. J. and Beane, R. E.(1984) Identification of daughter minerals in fluid inclusions using scanning electron microscopy and energy dispersive analysis. *Am. Min.*, v. 69, p. 1053-1057.
- Anderson, A. J., Clark, A. H., Ma, X. P., Paimer, G. R., Macarthur, J. D. and Roedder, E.(1989) Proton-induced X-ray and gamma-ray emission analysis of unopened fluid inclusion. *Econ. Geol.*, v. 84, p. 924-939.
- Burke, E. A. J and Lustenhouwer, W. J.(1987) The application of a multi-channel laser Raman microprobe (Microdil-28) to the analysis of fluid inclusions. *Chem. Geol.*, v. 61, p. 11-18.
- Guilhaumou, N., Santos, M., Touray, J. C., Beny, C. and Dardenne, M.(1990) Multiphase methane-rich fluid inclusions in gold-bearing quartz as illustrated at Pontal(Goias, Brazil). *Min. Mag.*, v. 54, p. 257-266.
- Kosztolanyi, C., Mullis J. and Weidmann, M. (1987) Measurements of the phase transformation temperature of gypsum-anhydrite, included in quartz, by microthermometry and Raman microprobe techniques. *Chem. Geol.*, v. 61, p. 19-28.
- Metzger, F. W., Kelly, W. C., Nesbitt, B. E. and Essene, E. J.(1977) Scanning electron microscopy of daughter minerals in fluid inclusions. *Econ. Geol.*, v. 72, p. 141-152.
- Nesbitt, B. E. and Kelly, W. C.(1977) Magmatic and hydrothermal inclusions in carbonatite of the Magnet Cove Complex, Arkansas. *Cont. Min. Petro.*, v. 63, p. 272-294.
- Quan, R., Cloke, P. L. and Kesler, S. T.(1987) Chemical analyses of halite trend inclusions from the Granisle porphyry copper deposit, British Columbia. *Econ. Geol.*, v. 82, p. 1912-1930.
- Roedder, E.(1984) Fluid inclusions. *Min. Soc. Am., Reviews in mineralogy*, v. 12, p. 644.

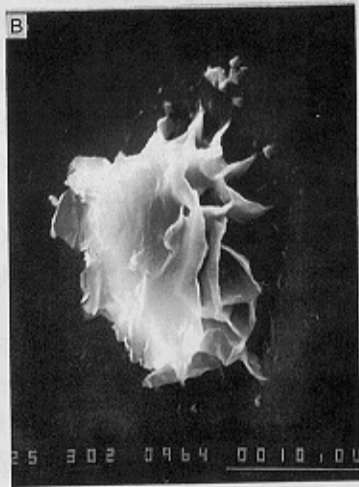
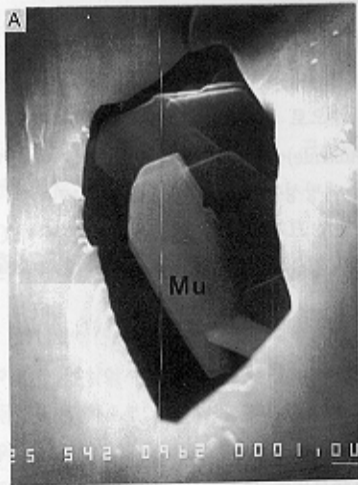
---

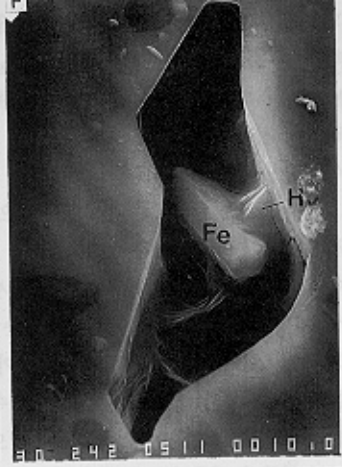
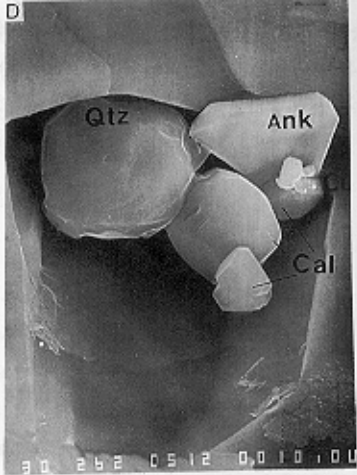
1990년 12월 28일 원고접수











Fe