

## 慶南固城地域 銅鑛床의 成因에 관한 研究

朴喜寅\* · 崔錫源\*\* · 張浩完\* · 李旼成\*\*\*

### Genesis of the Copper Deposits in Goseong District, Gyeongnam Area.

Hee-In Park, Suck Won Choi, Ho Wan Chang and Min Sung Lee

**Abstract:** The copper deposits in Goseong district, Gyeongnam area are fissure filled copper veins emplaced on Cretaceous Goseong formation and andesitic rocks.

Occurrence of ore veins and mineral paragenesis suggest a division of the hydrothermal mineralization into three stages: stage I, deposition of arsenopyrite, pyrite, quartz, chlorite and epidote; stage II, deposition of pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, electrum, pyrargyrite, tetrahedrite, silver sulfosalt minerals, quartz, chlorite, sericite and minor amount of calcite; stage III, formation of barren calcite veins.

Filling temperature of fluid inclusions in quartz of stage II, range from 260 to 360 C and salinities from 6.2 to 13.6 weight percent NaCl equivalent.

#### I. 序 言

우리나라의 銅鑛床은 慶南地域에 密集分布하고 있어 하나의 銅鑛床區를 이루고 있다. 이들 銅鑛床은 中生代末의 花崗岩類의 貫入活動과 成因의으로 密接한 關係를 갖는 것으로 알려져 있어 이 地域은 우리나라에서 中生代末의 銅鑛化作用의 特性을 밝히는 研究에 適合한 地域이다. 一部 學者들 中에는 慶南地域의 鑛化作用을 板構造論의 立場에서 考察한 바도 있고(閔庚德 등, 1982), 또 一部 銅鑛床에 對하여는 成因의으로 보아 環太平洋의 여러 沿岸國에 많이 分布하는 斑岩銅鑛床에 屬하는 것으로 報告한 바도 있다(金玉準 등, 1974, Sillitoe, 1980).

慶南地域의 銅鑛床 全般에 對하여는 孫致武 등(1969) 李商萬(1969, 1973), 金善億 등(1973, 1975)의 研究가 있다, 그러나 銅鑛床의 成因에 對하여 定量的인 檢討를 바탕으로 한 研究는 적다. 따라서 이 研究는 慶南地域 銅鑛床의 成因에 관한 研究의 一環으로 우선 固城地域에 密集하는 銅鑛床들을 對象으로 하여 이 地域의 地質, 鑛床의 產出狀態, 鑛物의 共生關係, 鑛物中에 包含된 流體包有物들을 檢討하여 이 地域의 銅鑛化

作用의 特性을 밝히는 데 그 目的이 있다. 그러나 이 地域의 大部分의 鑛山들이 廢鑛中이어서 詳細한 調査가 不可能하여 研究는 主로 三峯鑛山과 眞興鑛山의 몇 鑛床을 對象으로 하였음을 附言하여 둔다.

固城地域의 地質에 對하여는 1/50,000 忠武地質圖幅(張泰雨 등, 1983)과 三千浦地質圖幅(池植蔓 등, 1983)이 發刊中에 있다. 이 地域의 銅鑛床에 對하여는 具武鉦(1968, 1969), 李泓圭(1970), 鄭址崑(1970), 金善億(1973), 黃德煥 등(1981)의 研究報告가 있다.

이 研究를 함에 있어 野外調査와 室內實驗을 도와준 서울大學校大學院 地質科學科의 裴永富, 朴熙平, 尹錫台, 文相鎬, 蔡東鉉, 金惠來 등에게 感謝하는 바이다. 이 研究는 1982年度 文敎部 學術研究助成費에 依하여 遂行되었음을 銘記하는 바이다.

#### II. 地 質

固城地域에서 銅鑛床이 密集分布하는 固城郡 三山面, 上里面, 下一面 一帶의 地質은 慶尙果層群中 河陽層群에 屬하는 鎮東層과 楡川層群에 屬하는 固城層과 安山岩質岩類, 그리고 이들을 貫入한 佛國寺貫入岩類 등으로 構成되어 있다(Fig. 1).

이 地域의 地質系統을 模式的으로 表示하면 아래와 같다.

\* 서울 대학교 지질학과

\*\* 공주 사범대학 지구과학 교육과

\*\*\* 서울 대학교 지구과학 교육과

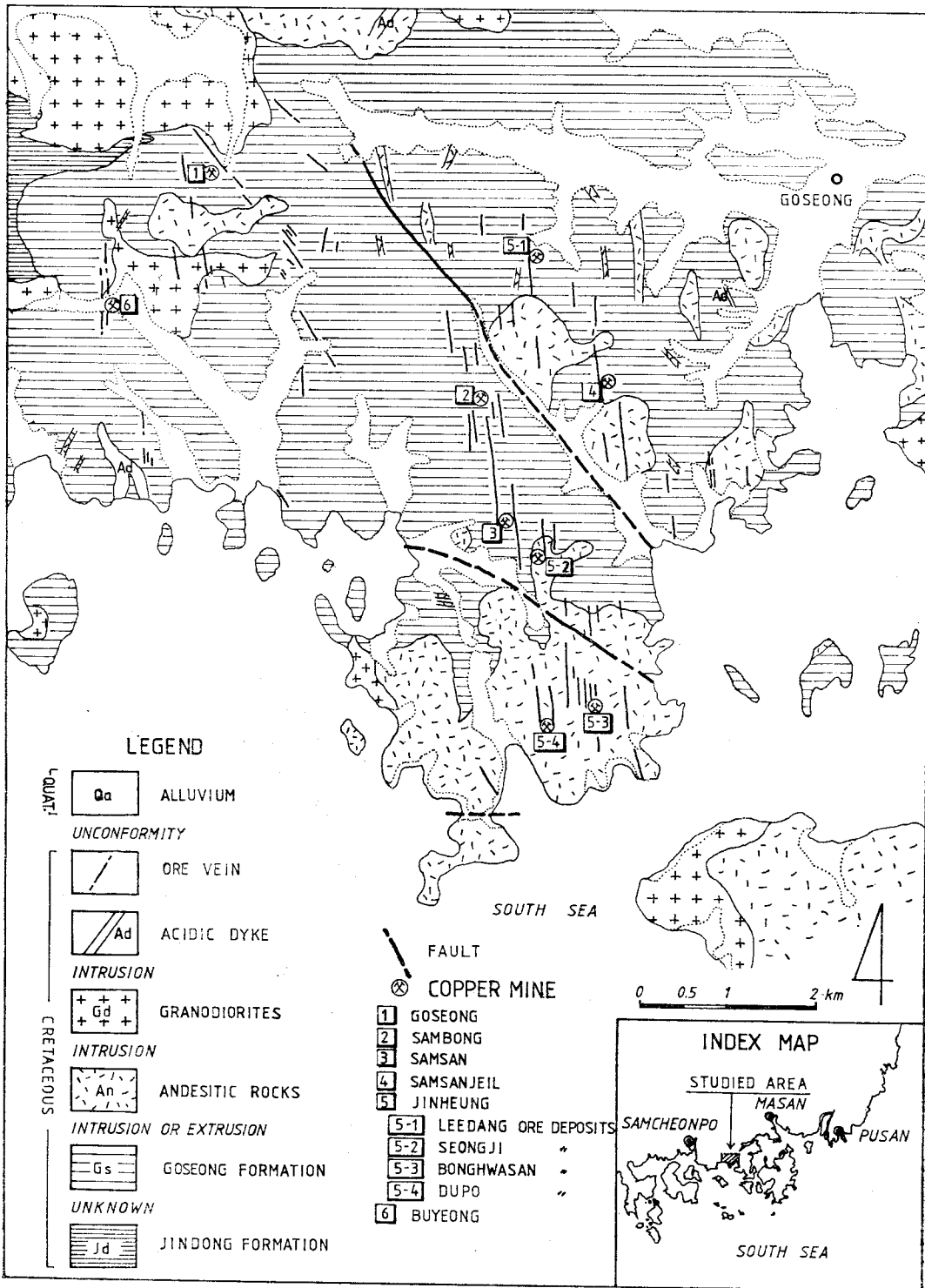


Fig. 1 Geologic Map of Goseong District.

沖積層.....	第四紀	
—不整合—		
酸性岩脈	佛國寺貫入岩類	白堊紀
—貫入—		
花崗閃綠岩類		
—貫入—		
安山岩質岩類		
—貫入, 噴出—	榆川層群	
固城層		
—關係未詳—		
鎮東層 河陽層群		

鎮東層은 이 地域의 東北쪽과 西쪽에 分布하며 大體로 暗灰色, 灰色세일 및 砂岩으로 되어 있다. 이 層의 走向은 N10~45°E 에 10~18° SE로 傾斜한다. 이 鎮東層의 構成岩石은 花崗岩閃綠體와의 接觸帶에서 廣範하게 호온펠스화되어 있다.

固城層은 榆川層群中 最下位의 地層으로 忠武地質圖幅(張泰雨等, 1983)에서 처음으로 命名된 것으로 馬山地質圖幅(金鍾煥等, 1963)에서의 精兵山層과 對比시키고 있다. 忠武地質圖幅과 隣接하는 三千浦地質圖幅(池楨蔓等, 1983)에서는 이 層에 該當되는 部分을 鎮東層에 包含시키고 있다. 이 研究에서는 忠武地質圖幅에서 提示된 層序에 따르기로 하였다. 固城層은 主로 赭色 凝灰質세일, 綠色凝灰質砂岩, 凝灰質礫岩, 凝灰岩으로 構成되어 있다. 固城層과 鎮東層과의 關係는 不明하다. 이 層은 安山岩, 安山岩質火山碎屑岩에 의하여 貫入되어 있다. 銅鑛床 周邊의 固城層 構成岩中凝灰質岩은 廣範하게 푸르피라이트화되어 있다.

安山岩質岩類에는 安山岩質火山礫凝灰岩과 熔結凝灰岩과 安山岩으로 되어 있다. 安山岩質火山礫凝灰岩은 主로 三山面 豆布里 附近과 上里面 大谷山 附近에 分布한다. 이 岩石을 構成하는 火山礫은 主로 安山岩質岩으로 되어 있다. 安山岩은 固城層, 安山岩質火山礫凝灰岩等을 모두 貫入하거나 이들 層위에 噴出하여 덮고 있다. 安山岩은 NS의 走向을 갖은 大小規模의 岩脈을 이루기도 한다. 熔結凝灰岩은 固城郡 道山面의 烽火山 一圓에 分布한다.

佛國寺貫入岩類로서의 花崗閃綠岩類은 固城郡 上面面

夫浦里 附近과 下一面 長峙里 附近, 大可面의 연동部落 附近, 三山面 豆布里 덕개部落 附近등에 大小規模의 岩體를 이루고 分布한다. 이 岩體들은 上述한 河陽層群과 榆川層群에 屬하는 모든 地層과 岩體를 貫入하고 있으며 貫入接觸部의 모든 岩石은 廣範하게 호온펠스화되어 있다. 이 岩體는 主로 中粒質의 花崗閃綠岩으로 되어 있으나 各岩體마다 中心部와 緣邊部의 鑛物組織의 差가 甚하여 岩質이 多樣하다. 下一面 長峙里東쪽 固城鑛山 南쪽에 分布하는 岩體緣邊部의 構成鑛物의 모오드組成은 Table 1 과 같고 이를 Streckeisen의 Q-Af-Pl 三角圖에 表示하여 보면 各各 石英閃綠岩과 石英몬조나이트에 該當된다.

酸性岩脈類에는 主로 硅長岩, 長石斑岩이 있고 위에 記述한 모든 岩石을 貫入하고 있다.

이 地域에는 三山面 屏山里附近과 米龍里 附近에 各各 NW系의 斷層이 發達하여 있다. 한편 이 地域에는 NS系의 裂罅를 充填한 鑛脈이 特히 많이 發達하여 있다. 忠武地質圖幅(張泰雨等, 1983)에서는 前記斷層은 正斷層으로 보이나 鑛脈으로 채워진 裂罅들이 斷層生成에 隨伴된 것이라면 이 斷層은 dextral sense의 走向移動斷層으로 解析할 수 있다고 한다. 따라서 이 斷層들은 그 發達過程에서 正斷層과 走向移動斷層이 重複되어졌을 것으로 推定하고 있다(張泰雨等, 1983).

### III. 鑛床

#### III~1. 概要

固城地區에서 開發된 銅鑛山은 18個鑛山이나 이中 主要한 것은 固城郡 三山面 上里面과 下一面에 賦存하는 固城, 富榮, 眞興(舊대덕鑛山), 三山, 三山第一, 三峯鑛山이다(Fig. 1). 이 中에서 現在稼行되고 있는 것은 三峯鑛山뿐이다. 다른 鑛山들은 抗道의 大部分이 崩壞되고 廢石場의 포락까지 道路鋪裝用으로 搬出되어 鑛床의 産出狀態와 鑛石을 觀察할수 없는 것이 大部分이다.

鑛床의 母岩은 固城層의 凝灰質砂岩, 凝灰質세일, 凝灰岩, 이를 貫入하거나 덮고있는 安山岩, 安山岩質火山礫凝灰岩 等이다. 花崗閃綠岩, 石英閃綠岩體는 調査地域 西쪽의 固城鑛床과 富榮鑛床 附近에 露出되어

Table 1. Modal Composition of quartz diorite

sample No.	mineral									
	qtz	pl	kf	bt	hbl	px	sph	ap	o.m.	
1	7.98	79.79	2(20)	0.14	20.39	0.38	0.86	0.38	3.17	
2	7(25)	62.03	2(27)	0.88	19.03	3.75		0.39	4.39	

\*qtz : quartz, pl : plagioclase, kf : k-feldspar, bt : biotite, hbl : hirnblende px : pyroxene, sph : sphene, ap : apatite, o.m. : opaque mineral

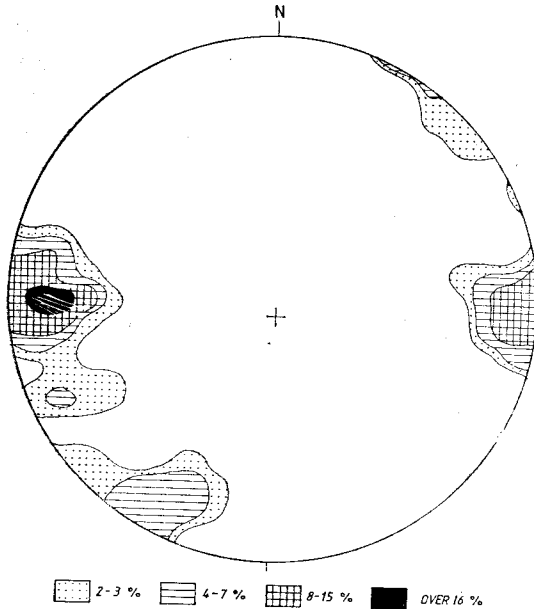


Fig. 2 124 poles to Copper ore veins.

있을뿐 其他 鑛床附近에는 露出되어 있지 않다.

鑛脈은 走向이 N10W~N10E 에 거의 直立하는 斷裂이나 破碎帶에 胚胎한 것이 大部分이나 一部 走向이 N40~20°W 에 65~85° NE 로 傾斜하는 것도 있다. 이 地域內(Fig. 1의 區域)에 胚胎하는 124銅鑛脈에 對한 文獻上에 表示된 走向 傾斜를 Schmidt net에 表示하여 보면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 大部分의 鑛脈이 NS系에 急傾斜하고 있음을 알 수 있다. 脈幅은 10~40cm의 것이 普通이나 1.5m로 膨大된 部分도 있다. 이들 鑛山中 固城鑛山本脈, 眞興鑛山の 聖旨鑛床, 富榮鑛山の 2號脈等은 地表附近의 酸化帶에서의 二次的인 富化作用으로 形成된 富鑛帶가 開發의 主對象이 된 것도 있다. 그러나 下部로 가며 深成鑛(hypogene ore)의 品位가 上部보다 떨어져 採鑛이 中斷된 것도 있다.

具武鉦等(1969)은 이 地域의 銅鑛脈을 1) 黃銅石-硫化鐵鑛-石英脈 2) 硫化鐵鑛-石英脈 3) 硫化鐵鑛脈 4) 黃銅石-方鉛石-閃亞鉛石脈으로 나누었다. 그러나 이 分類가 各 鑛脈에서 產出되는 鑛物組成을 根據로 한 것인지, 量的으로 優勢한 것을 強調한 것인지, 鑛化時期의 差를 뜻하는 것인지에 對한 說明은 없다. 또 各 鑛山에서 產出되는 銀鑛物이나 脈石鑛物에 對한 記載도 없다.

이번 研究에서는 많은 鑛山들이 上述한바와 같이 廢鑛中이어서 各 鑛脈에 對한 鑛物組成別 分類는 할 수 없었으나 觀察可能한 三峯鑛山, 眞興鑛山の 聖旨鑛床에

서 보던 모두 黃鑛石, 黃銅石, 方鉛石, 閃亞鉛石을 包含하는 石英脈들로서 Ag 品位가 높다. 한편 李泓圭(1970), 具武鉦(1969), 金善億(1973)의 報告를 檢討하여 보면 銅鑛脈의 Ag 含量은 위의 두 鑛山뿐만 아니라 普遍的으로 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 이 地域 銅鑛床의 特徵으로 看做할 수 있다.

脈石鑛物로는 石英을 主로 하나 一部 方解石, 綠泥石, 綠簾石, 絹雲母 등을 隨伴한다.

鑛脈에 接한 母岩中 安山岩 및 安山岩質凝灰岩類는 固城層의 세일이나 砂岩에 比하여 顯著하게 變質되어 있다. 安山岩이나 安山岩質凝灰岩類는 共通的으로 鑛脈과 接하는 部位에서 母岩쪽으로 가면서 鑛脈-綠泥石 絹雲母帶-프로피라이트帶 順으로 變質帶가 發達한다. 鑛脈과 接하는 固城層의 凝灰岩質세일, 凝灰質砂岩等은 前記한 安山岩質에서 보여지는 變質과 같다. 그러나 其他 砂岩에서는 綠泥石, 絹雲母帶 外側에 珪化帶가 一部 發達할 뿐이다.

### III-2. 鑛石과 鑛物共生關係

이 地域의 銅鑛床에서 產出되는 鑛石에 대하여는 三峯鑛山과 眞興鑛山の 聖旨鑛床中 障成脈等을 對象으로 하여 檢討되었다.

三峯鑛山에서 產出되는 鑛石의 初生鑛石鑛物로는 硫砒鐵石 黃銅石 黃鐵石 閃亞鉛石 方鉛石 鏡鐵石 에렉트럼(electrum), 테트라헤드라이트, 銀의 硫鹽鑛物, 脈石鑛物은 石英을 主로하여 若干의 綠泥石 綠簾石 絹雲母와 方解石 等이다. 鑛石에는 母岩의 角礫을 中心으로 한 roset 構造, 빗構造(comb structure) 등이 發達한다. 肉眼的으로 보아 鑛石에서는 roset 石英이나 빗構造를 갖는 石英에 의하여 包圍된 硫砒鐵石, 黃鐵石을 主로하는 鑛石과 晶洞石英結晶內에 包含되거나 石英結晶의 表面에 生長한 附着 黃銅石-黃鐵石-方鉛石-閃亞鉛石을 主로하는 鑛石, 위의 이들 鑛石을 切斷하고 있는 barren 方解石細脈 等を 볼 수 있다. 鑛石에서 보여지는 이와 같은 macrostructure에서의 tectonic boundary로 보아 鑛化時期는 크게 보아 早期로부터 I, II, III期로 區分된다. 이들 鑛石은 顯微鏡下에서 鑛化期 I을 代表하는 鑛石은 硫砒鐵石 黃鐵石을 主로하며 脈石鑛物로는 石英, 綠泥石, 少量의 綠簾石을 갖는다. 鑛化期 I의 鑛石鑛物은 甚히 角礫化되고 鑛化期 II의 鑛物로서 交代되어 있다(Fig. 3-A, B, C).

한편 鑛化期 I의 硫砒鐵石과 鑛化期 II의 鑛石中 黃銅石은 다시 破碎되어 테트라헤드라이트, 滷紅銀石을 包含하는 方鉛石, 에렉트럼(electrum)으로 채워져 있다(Fig. 3-D, E). 이로서 鑛化期 II는 II-A, II-B로 다시 細分됨을 알 수 있다. 그러나 鑛化期 II-A, II-B

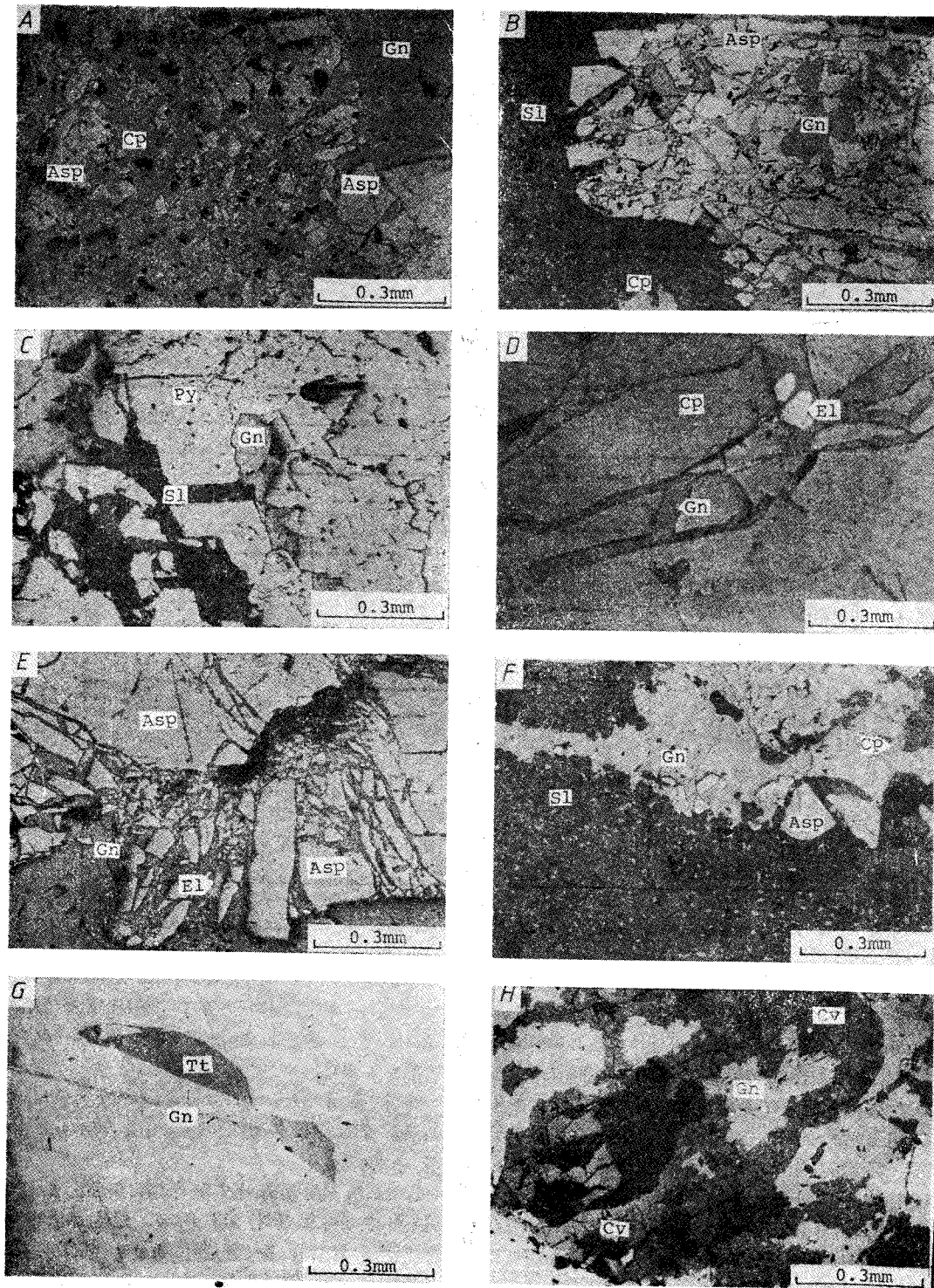


Fig. 3 Microphotographs of area.

- A; Arsenopyrite(Asp) extensively replaced by galena(Gn) and chalcopyrite(Cp).
- B; Arsenopyrite(Asp) replaced along fractures by galena(Gn) and sphalerite(Sl). Exsolution blebs of chalcopyrite(Cp) in sphalerite(Sp).
- C; Arsenopyrite(Asp) replaced by galena(Gn) and sphalerite(Sl).
- D; Fractures in arsenopyrite infilled by electrum(EI) and galena(Gn).
- E; Fractures in arsenopyrite infilled by galena(Gn) and electrum(EI).
- F; Exsolution in sphalerite. The countless small blebs are chalcopyrite. Arsenopyrite replaced by galena(Gn), sphalerite(Sl) and chalcopyrite(Cp).
- G; Tetrahedrite(Tt) in galena(Gn).
- H; Galena(Gn) replaced by covellite along the cracks.

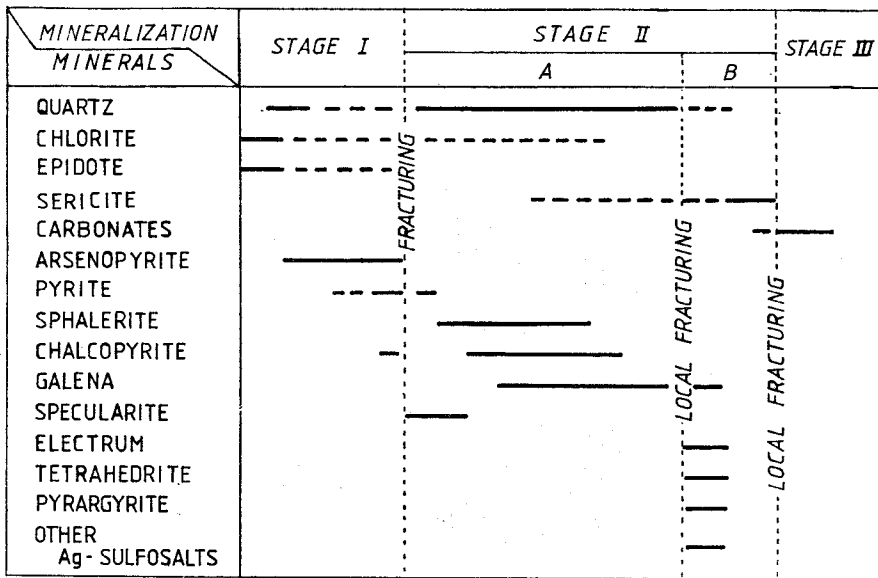


Fig. 4 Paragenetic sequence of mineral deposition, Sambong and Seongji ore deposits.

사이의 tectonicbreak 는 鑛石의 macrostructure 에서는 確認하기 어려웠다. 鑛化期 II 期間에 局地的인 輕微한 fracturing 이 있었을 것으로 생각된다. 鑛化 II -A 期를 代表하는 鑛石鑛物은 黃銅石, 方鉛石, 閃亞鉛石을 主로하고 少量의 鏡鐵石 黃鐵石 等이다. 脈石鑛物은 石英을 主로하고 少量의 綠泥石을 隨伴한다. 이 期의 黃銅石은 閃亞鉛石의 star 를 包含하고 또 閃亞鉛石은 黃銅石의 dot 를 많이 包含한다(Fig. 3-F). 鑛化期 II -B 的 라이트와 그밖의 鑛石鑛物은 方鉛石, 電鍍銀, 濃紅銀石, 테트라헤드르의 硫鹽鑛物로 생각되는 鑛物들이다. 테트라헤드라이트와 銀鑛物은 모두 方鉛石內에 小粒으로 包含되어 있다(Fig. 3-G).

脈石鑛物에 대하여는 鑛化期 II -A 的 경우와 같이 明

瞭하지 않으나 若干의 石英 絹雲母 方解石 等일 것으로 보인다. 鑛化期 III 的 方解石은 鑛石鑛物을 隨伴하지 않으며 위에 記述한 鑛化期 I, II 的 鑛石을 細脈으로 切斷하고 있다.

鑛石의 macrostructure, microstructure 에 對한 檢討 結果를 總括하여 鑛物의 共生關係를 表示하면 Fig. 4 와 같다.

以上으로 이들 鑛床에서 銅의 鑛化作用은 II -A 期에 이루어진 것이고 특히 鑛石中 金, 銀의 品位가 높은 部位는 II -B 期의 鑛化作用이 重疊된 部位일 것으로 생각된다. 이들 鑛床의 鑛石에서는 銅의 二次鑛物로서 孔雀石, 輝銅石과 코베라이트 등이 보여진다. 코베라이트는 黃銅石 뿐만 아니라 方鉛石內의 틈을 따라 이

를 交代하고 있다(fig. 3-H).

固城鑛山의 南坑에서는 二次의 鑛物로서 레피도크로사이트(lepidochrosite), 孔雀石, 크리소코라(chryso-colla) 赤銅石, 輝銅石, 自然銅과 함께 스미소나이트(smithonite) 앙그레사이트(anglesite), 괴사이트, 赤鐵石等の 産出이 報告되어 있다(鄭址崑, 1970).

Ⅲ-3. 流體 包有物

對象 試料: 流體包有物 研究은 三峯鑛山 本脈, 眞興鑛山의 聖旨鑛床(장성坑脈)과 固城鑛山 夫浦坑 附近의 鑛石手選場의 鑛石과 鑛脈露頭에서 採取된 試料들이다. 研究 對象 鑛物은 主로 石英과 若干의 方解石이다.

三峯鑛山과 眞興鑛山의 聖旨鑛床産 石英은 大部分이 鑛化期Ⅱ에 晶出된 石英들이다. 鑛化期Ⅱ의 石英中 Ⅱ-A, Ⅱ-B의 識別은 肉眼的으로는 어려워 流體包有物 研究에서는 區分하지 않았다. 鑛化期Ⅰ의 石英도 이번 研究에서는 除外되었다 따라서 이번에 檢討된 流體包有物 試料는 모두 이들 鑛床에서 銅을 비롯하여 鉛, 亞鉛, 金, 銀의 主鑛化期를 代表하는 것에 主眼點을 둔 것이다. 方解石中의 流體包有物은 鑛化期Ⅲ의 barren

方解石脈의 것이다.

固城鑛山의 流體包有物 研究試料는 坑內 試料를 採取할 수 없어 固城鑛山産 石英은 鑛物의 共生關係와 聯關지어 試料의 性格을 規定지을 수는 없는 것임을 附言하여 둔다.

流體包有物의 種類: 위의 各 鑛床에서 産出되는 流體包有物은 初生, 擬二, 次二次包有物을 莫論하고 室溫에서 觀察되는 相의 種類와 構成比로 보아 I, Ⅱ의 두型으로 分類된다.

I型 包有物은 液相과 氣相으로 되어 있고 液相의 充填度는 60%~90%이나 冷却 實驗中에 液體 CO<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>水化物의 生成을 볼 수 없다(Fig. 5-A, B).

Ⅱ型 包有物: 液相, 氣相, 固相으로 되어 있다. 固相은 星形 모양(Fig. 5-C)을 닮는 것과 不規則한 모양을 갖는 것이 있고 光學的으로 모두 異方性이다. 流體包有物中에는 위 두 種類의 固相을 모두 갖는 것도 있다(Fig. 5-D). 이들 固相은 360°C까지 加熱하여도 녹지 않는다. 冷却 實驗中 液體 CO<sub>2</sub>나 CO<sub>2</sub>水化物은 생기지 않는다. 加熱 實驗時 液相으로 充填된다. 液相

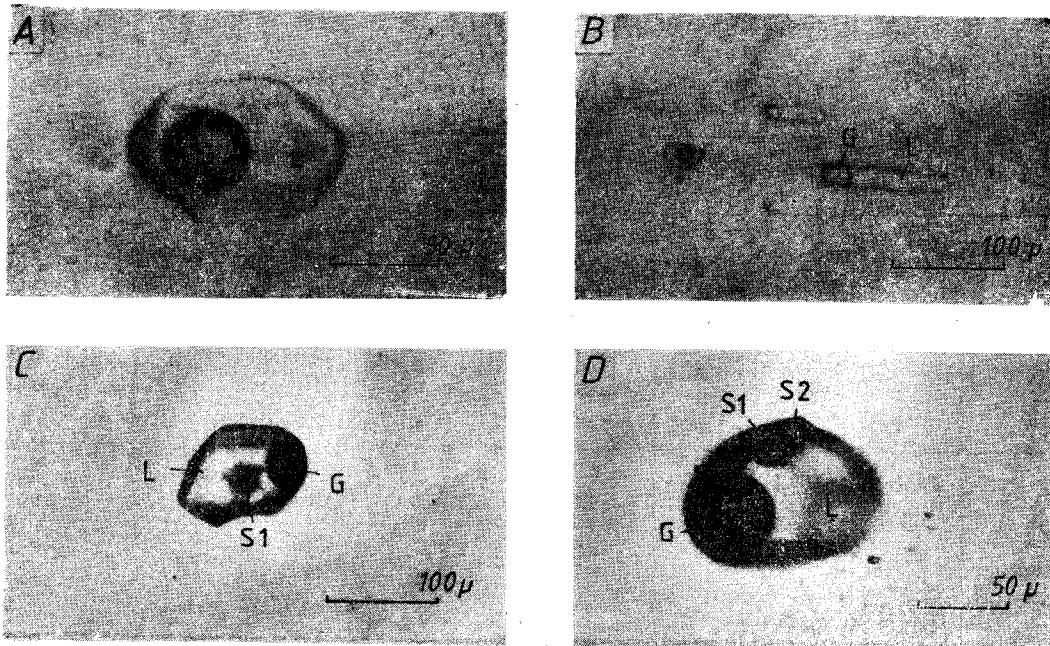


Fig. 5 Microphotographs of fluid inclusions

- A; Type I inclusion from Seongji ore deposits.
- B; Type I inclusion from Goseong ore deposits.
- C; Type II inclusion from Sambong ore deposits.
- D; Type II inclusion from Sambong ore deposits.
- L; liquid phase. G; gas phase.
- S<sub>1</sub>; Sea urchin shaped anisotropic solid phase.
- S<sub>2</sub>; irregular shaped anisotropic solid phase.

의 充填度는 65~75%이다. II型 包有物은 固相을 除外하면 I型과 같다.

I型 包有物은 研究된 모든 鑛山産 石英試料와 方解石中에 包含되어 있다. 石英에 包含된 I型 包有物中 初生包有物과 擬二次包有物의 充填度는 65~75%이고 二次包有物의 充填度는 80~85%의 것과 90% 内外의 것이 있다. 方解石에 包含된 I型 包有物의 充填度는 90~95%이다.

II型 包有物은 모든 鑛山産 石英中에 初生, 擬二次 包有物로 包含되어 있다. 이들 I, II型 包有物은 같은 石英結晶內에 初生包有物로 混在하기도 하며 兩者間의 生成時期의 差를 찾아 볼 수 없다.

加熱實驗: 加熱實驗은 Leitz 會社製 Model S-Lux 加熱顯微鏡으로 實施하였다. 實驗方法은 朴 등(1981)이 實施한 것과 같다. 加熱實驗 結果는 Table 2 및 Fig. 6 과 같다. 이들 表와 그림에서 보여 주는 바와 같이 三峯

Table 2. Salinity and Homogenization temperature of fluid inclusions in quartz and calcite.

Mine	Sample location	Host mineral	Type	Salinity (wt. % equiv alent NaCl)	Number of inclusion tested	Homogenizaion temp. (°C)	Number of inclusion tested	*Remarks	
Sambong	Main adit	Quartz	I	11.0~11.7	3	334~340	3	p	
			II	11.0~11.7	4	321~339	5	p	
			I	7.4	2	298~303	3	ps	
			II	8.7	1	290, 306	2	ps	
			II	8.9	1	310, 319	2	p	
			II	8.1~ 8.4	2	288~291	4	ps	
			I	14.5	3	236~240	6	s	
			I	9.5~10(2)	6	286~306	8	p	
			I	11.6~11.8	4	281~284	4	p	
			II	11.8	1	283	1	p	
			I	1.0~ 1.8	3	166~170	4	s	
			II	0(9~ 1.5	5	167~170	6	s	
		Calcite	I			144~157	9	p	
			I			119~x23	5	s	
Sambong	No. 2 adit	Quartz	I	6.4~ 8.8	5	318~351	7	p	
			II	7.4~11.2	7	325~345	9	p	
			III	12.3	2	332~345	5	p	
			I	9.5~10.2	4	284~300	5	ps	
			II	11.2~11.6	2	284~293	2	p	
			I	14.5~17.7	9	252~273	10	s	
			II	14.5~16.7	4	256~274	4	s	
			Jinheung (Seongji)	Outcrop	Quartz	I	6.2~ 9.3	3	278~319
II	9.0~ 9.6	2				304~307	2	p	
Jangseong No. 2 adit	Quartz	I		9.6~10.0	2	310~335	7	p	
		II		9.1~ 9.6	2	337~338	2	p	
		I		9.1~10.0	5	297~333	5	p	
		I		8.8~10.3	4	315~331	5	p	
		I		8.8~ 9.0	3	290~300	3	p	
		II		9.3	4	295~300	4	p	
Jinheung (Seongji)	Jangseong No. 3 adit	Quartz		I	10.2~10.9	4	295~321	4	p
				I	10.6~10.8	2	275~276	2	ps
			II	9.6~10.3	5	295~355	5	p	
			II	11.6	2	321~331	2	p	
			II	11.6	3	306~308	3	p	



Gcseong	Outcrop	Quartz	II	9.3~ 9.4	2	326	2	ps
			I	9.4~10.5	7	293~342	23	p
			II	9.6~10.2	2	274~342	4	p
			I	9.3~ 9.6	3	276~334	7	p
			II			327	1	p
			I	9.3~10.2	5	287~320	7	p
			II	10.2	1	314	1	p
			I	9.5~12.1	3	278~329	3	p
			I			344~360	4	p
			II	9.3	1	358	1	p
		I				274	1	p
Goseong	Bupo adit	Quartz	II	9.1~ 9.3	3	295~300	3	p
			I	9.4~ 9.6	5	279~335	6	p
			I	8.5~ 8.8	8	284~325	9	p
			II	8.7~13.6	4	321~338	2	ps
			I	9.4	3	240~338	7	p
			II			240~255	2	p

\* p: primary inclusion, ps: pseudosecondary inclusion, s: secondary inclusion

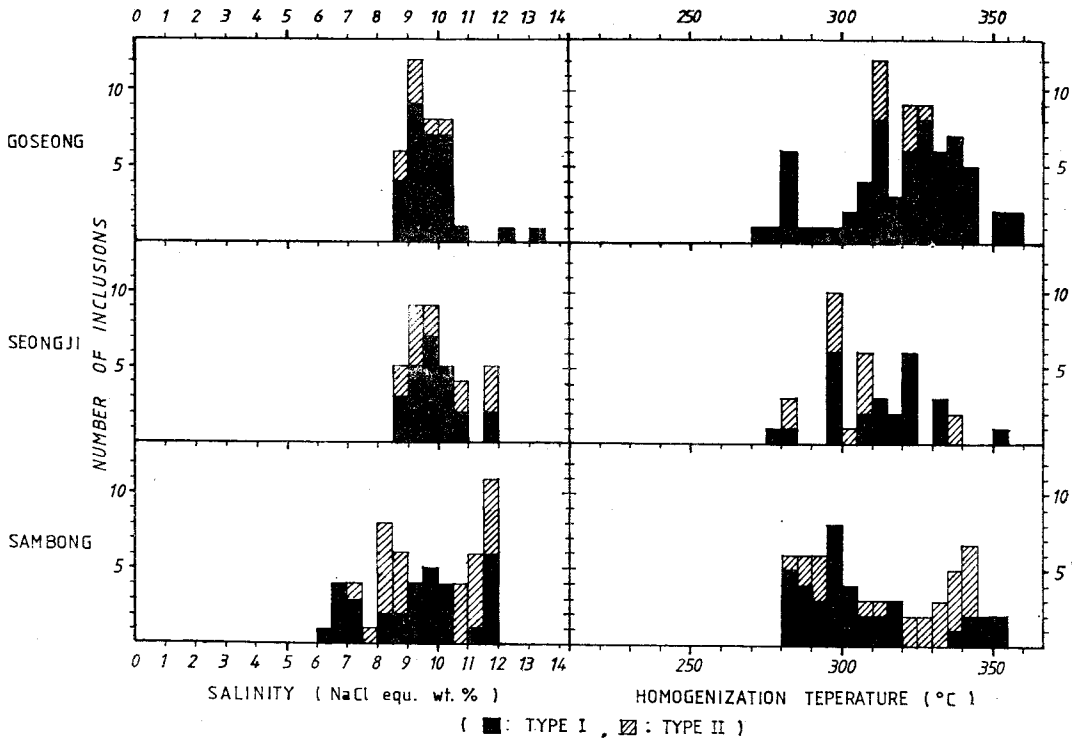


Fig. 6 Salinity and homogenization temperature of quartz from Goseong, Seongji and Sambong ore deposits.

鑛山 本脈과 2號脈 石英에 包含된 初生과 擬二次 流體包有物의 充填溫度는 284~351°C이고 I型和 II型 包有物間의 充填溫度의 差는 없다. 眞興鑛山의 聖旨鑛

床産 石英에 包含된 初生과 擬二次 流體包有物의 充填溫度는 276°C~350°C이다. 固城鑛山産 石英中の 初生과 擬二次 流體包有物도 充填溫度는 240°C~353°C

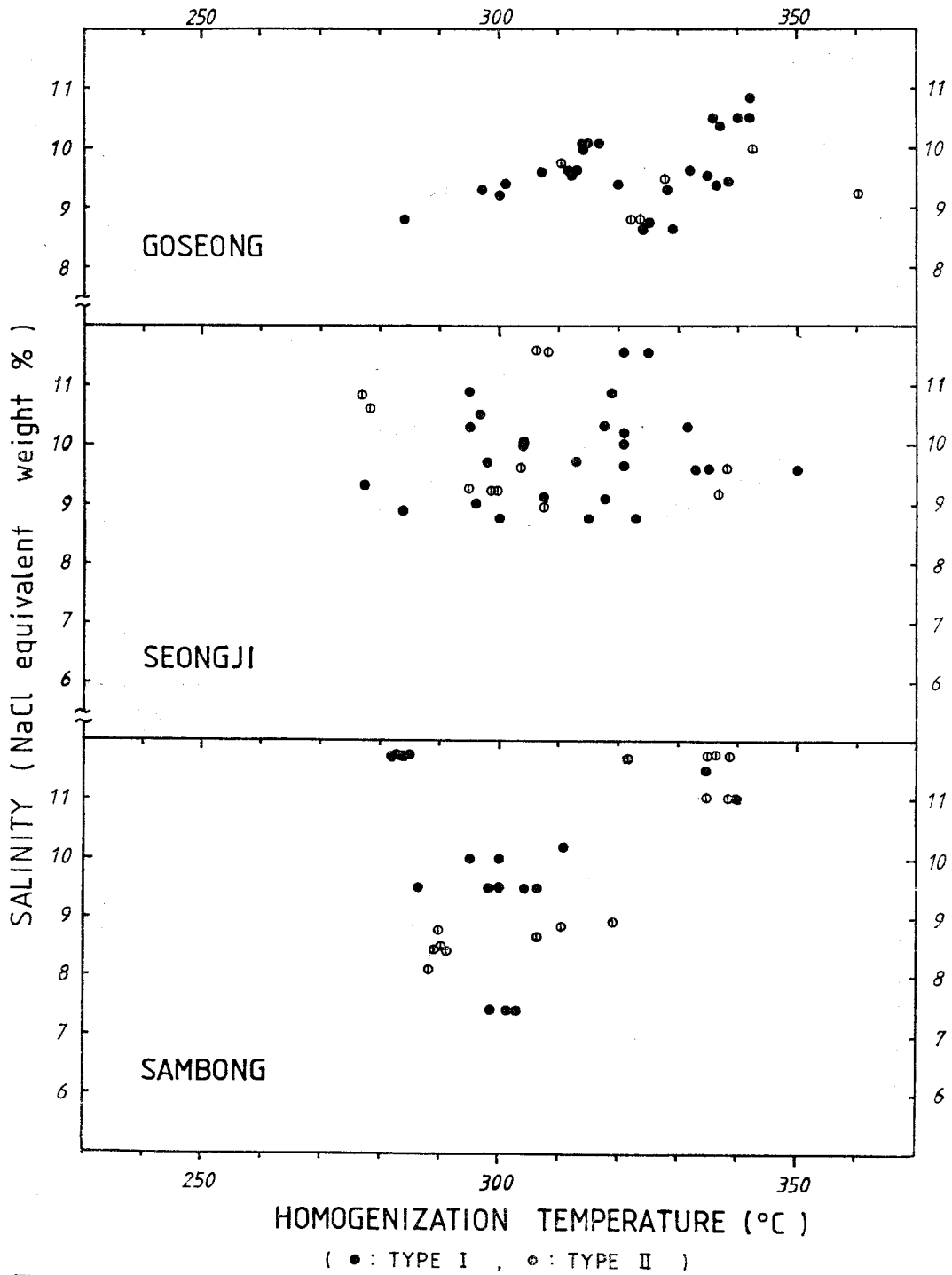


Fig. 7 Diagram showing relation between homogenization temperature and salinity of fluid inclusions from Goseong, Seongji and Sambong ore deposits.

이나 大部分이 305~345°C에 集中된다. 聖旨鑛床과 固城鑛床의 試料에서도 I型 包有物과 II型 包有物間의 充填溫도의 差는 찾아볼 수 없다. 이로써 이면에 檢討된 三峯, 聖旨鑛床 鑛化期 II의 石英中에 있는 流體包有物의 充填溫도는 276~356°C이고 固城鑛山產의 것도 같은 溫度範圍임을 알 수 있다.

한편 三峯鑛床產 石英中의 二次包有物의 充填溫도는 236~274°C의 것과 166~170°C의 것이 있다. 鑛化期 III의 方解石內의 初生流體包有物의 充填溫도는 144~157°C이다. 이 方解石內의 二次包有物의 充填溫도는 119~123°C이고 三峯鑛床 石英中의 二次包有物中 充填溫도가 166~170°C의 것은 充填溫度만으로 보아서는 方解石 中의 初生 包有物의 것과 같아 보인다.

冷却實驗: 冷却對驗은 Nikon 會社製 NE-1型 低溫顯微鏡을 使用하여 實施하였다. 實驗方法의 詳細한 것은 Roedder(1962)의 方法에 따랐다. 冷却實驗은 石英試料에 對하여서만 行하였다. 方解石內의 流體包有物은 流體包有物 內壁의 그늘 때문에 凍結溫度測定이 不可能하였다.

三峯鑛床 本脈과 2號脈產 鑛化期 II의 石英 中에 包含된 初生과 擬二次 包有物의 NaCl 相當 鹽濃도는 Table 2와 Fig. 6에서와 같이 各各 8.1~11.8 wt. %와 6.4~11.6 wt. %이고 大部分은 8.0~11.6 wt. %의 範圍內에 든다. 두脈의 경우 鹽濃도에 큰 差가 없고 I型과 II型 包有物 間의 鹽濃도의 差도 없다.

眞興鑛山 聖旨鑛床의 各脈에서 產出된 鑛化期 II 石英에 包含된 初生과 擬二次包有物의 NaCl 相當鹽濃도는 6.2~11.6 wt. %의 範圍에 들고 1個包有物을 除外한 모든 것이 9.0~11.6 wt. %이다. 各脈과 包有物의 型에 따른 NaCl 相當鹽濃도의 差가 없다.

固城鑛山 夫浦坑口 앞의 鑛石手選場에서 주은 石英에 包含된 初生과 擬二次 包有物의 NaCl 相當鹽濃도는 8.5~13.6 wt. % 範圍에 들고 大部分은 9.1~9.6 wt. %에 集中된다. 한편 山稜部의 鑛脈露頭試料도 6.5~12.1 wt. %의 範圍中 9.3~10.5 wt. %에 集中된다.

以上으로 3個 鑛床에서 產出되는 石英中의 初生, 擬二次 包有物의 NaCl 相當 鹽濃도는 주로 8.1~11.8 wt. % 內에 集中되며 鑛床別로 差가 없다. 固城鑛床과 三峯鑛床의 流體包有物에서는 充填溫도가 높은 것일수록 NaCl 相當 鹽濃도가 높고 充填溫도가 낮을수록 NaCl 相當 鹽濃도가 낮아지는 傾向을 보인다(Fig. 7). 그러나 眞興鑛山 聖旨鑛床의 것에서는 위의 傾向은 찾아볼 수 없다. 三峯鑛山產 石英中의 二次包有物의 NaCl 相當鹽濃도는 充填도가 작고 充填溫도가 236~274°C의 것은 14.5~17.7 wt. %이고 充填溫도가 166~

170°C의 것은 0.9~1.8 wt. %이다. 石英中의 二次 包有物에는 充填溫도와 鹽濃도에 있어 顯著한 差가 있는 2種類의 것이 있음을 알 수 있다. 이와같이 種類를 달리하는 二次 包有物이 있다는 것은 主要 鑛化期後에도 石英은 여러차례 fracturing 과 rehealing 이 있었음을 뜻한다. 이 二次 包有物中 NaCl 相當鹽濃도가 높은 것은 充填溫도가 236~274°C인 것으로 보아 鑛化期 II의 末期에 該當될 可能性도 있으나 確認할 수 없다.

#### IV. 鑛床 成因에 對한 考察

固城地域의 銅鑛床은 모두 脈狀의 鑛床들이다. 이들 鑛脈에 對하여 具武鉦等(1969)은 前述한 바와같이 1) 黃銅石-硫化鐵鑛-石英脈, 2) 硫化鐵鑛-石英脈 3) 硫化鐵鑛脈, 4) 黃銅石-方鉛石-閃亞鉛石脈으로 分類한 바 있다. 그러나 分類의 根據에 對한 說明은 없다. 이와 같은 鑛脈이 時期를 달리하는 鑛化作用이 重疊된 (polyascendent)의 產物인지 또는 monoascendent에 의하여 形成된 單一鑛脈에서 構成鑛物의 種類나 量比의 差에 의한 zoning인지 밝히지 않고 있다. 花崗閃綠岩體를 中心으로 한 地域의인 鑛床의 帶狀分布에 對하여도 言及치 않고 있다. 慶南地域의 銅鑛化作用이 時間的으로 나 空間的으로 보아 白堊紀末의 花崗岩類와 密接한 關係를 갖는다는 것은 여러 사람에 의하여 多角度로 檢討 報告되어 있다(李商萬, 1972, 1983, 李政成, 1982, 陳明植, 198x, 閔庚德, 1982). 그러나 固城地域에서 花崗閃綠岩體를 中心으로 鑛石組成의 差에 對한 報告는 아직 없다.

이런 研究에서 確認할 수 있었던 三峯鑛山과 眞興鑛山의 聖旨鑛床產 鑛石은 모두 具等(1969)의 4型에 屬하는 것으로 共通의 銀品位가 높은 것들이다. 이들 鑛床의 鑛石에 對한 鑛物共生關係로 보면 鑛化期는 I, II, III期로 나뉘어진다. 이로 보아 적어도 이 地域의 銅鑛化作用은 polyascendent로 이루어졌음을 알 수 있다. 또 主要銅鑛脈은 II-A 期의 鑛化作用으로 形成되고 金, 銀品位는 II-B의 鑛化가 重疊된 部位에서 높아진 것임을 알 수 있다. 各 鑛化期에 沈澱한 鑛石 鑛物에 上下間의 帶狀分布가 있을지에 對하여는 앞으로 檢討되어야 할 問題이다.

固城地域 銅鑛床에서 鑛化期 II를 代表하는 石英 中의 初生과 擬二次流體包有物의 充填溫도는 260~360°C이고 NaCl 相當鹽濃도는 6.2~13.6 wt. %이다. 慶南 地域 銅鑛脈에 對한 流體包有物의 研究資料는 아직 發表된 바가 없다. 다만 池楨蔓等(1974)이 慶北達城郡에 있는 達城 重石·銅鑛床의 流體包有物의 充填溫도를 154~335°C로 報告한 바 있을 뿐이다. 達城鑛床은 安

山岩內에 胚胎된 重石·銅의 角礫파이프 鑛床으로 알려져 있다(朴喜寅 등, 1963)

우리 나라 中部에서 白堊紀末 鑛化作用으로 生成된 黃江里地域의 重石·몰리브덴 鑛脈들에서 酸化鑛物, 珪酸鹽鑛物과 其他 主要 硫化鑛物 晶出期의 流體包有物 均一化溫度는 235~370°C 이고 NaCl 相當鹽濃도는 3.0~11.5 wt.% 이고 이 中 大部分 5~9 wt.% 이다(朴喜寅 등, 1981). 이 地域에서의 鑛化作用末期의 流體包有物 均一化溫度는 145~202°C 이고 NaCl 相當鹽濃도는 1.0~2.9 wt.% 이다. 黃江里地域의 重石·몰리브덴 鑛床의 流體包有物의 均一化溫度에 比하여 固城地域 銅鑛床의 均一化溫度는 溫度下限이 높으나 上限은 大體로 같다. 鑛化流體의 NaCl 相當鹽濃도에 있어서는 黃江里地域 鑛床의 것에 比하여 높다. 한편 黃江里地域의 重石·몰리브덴 鑛床의 流體包有物에는 液體 CO<sub>2</sub>를 包含하는 包有物이 普遍的으로 많이 보여지나 固城地域 銅鑛床의 流體包有物에서는 보여지지 않는다. 이와 같은 資料로 보아 固城地域의 銅鑛化作用의 主要 鑛化期의 鑛化流體의 組成은 中部地方의 重石 몰리브덴 鑛化作用의 主要 鑛化期의 鑛化流體와 鹽濃도와 CO<sub>2</sub>含量에 差가 있음을 알 수 있다.

한편 日本의 第三紀의 14個 銅(鉛, 亞鉛) 鑛脈鑛床의 流體包有物 充塡溫度는 190~320°C 이고 大部分은 190~270°C 範圍內에 든다. 이들 鑛脈을 形成한 鑛化流體의 NaCl 相當鹽濃도의 資料는 적으나 阿仁鑛床과 尾去澤鑛床의 것은 0~12 wt.% 이다(門城寺, 1981). 固城地域 銅鑛脈에서 보여지는 流體包有物의 充塡溫도와 NaCl 相當鹽濃도는 日本의 鉛, 亞鉛을 隨伴하는 銅鑛脈의 것보다 大體로 높다.

Roedder(1971)는 Bingham 鑛床의 中核部에는 NaCl 과 KCl, 그밖의 daughter crystal 을 갖는 多相包有物과 氣相包有物이 壓倒的으로 많고 均一化溫度는 400°C 以上을 報告하였다. 한편 周邊部의 衛星鉛, 亞鉛 鑛脈에서는 流體包有物이 優勢하고 均一化溫度도 294~330°C 範圍에 든다. NaCl 相當鹽濃도는 中核部에 比하여 顯著하게 낮다. 斑岩銅鑛床에 對한 流體包有物 研究結果를 總括하여 보면(Roedder, 197x, Nash, 1971) 鑛化流體는 鑛化作用의 初期에는 高鹽濃도를 갖으나(最高 50 wt.%까지 報告됨), 後期로 가면서 鹽濃도가 낮아진다. 또 많은 경우 鑛化期間中에 鑛化流體의 沸騰이 있었던 것이 報告되어 있다. 鑛床의 中核部에서 均一化溫도와 鹽濃도가 높고 周邊部로 가면서 漸次 낮아지는 것이 하나의 特徵이다. 이는 鑛床 中核部의 鑛床은 早期의 마그마起源의 鑛化流體에 의하여 鑛化되고 後期나 緣邊部의 鑛床은 天水의 混入이 있었음

安定同位體의 研究로써 밝혀져 있다.

固城地域 銅鑛床의 경우 研究의 主對象이 된 鑛床의 主要 鑛化期에 鑛化流體가 流體包有物에 NaCl 이나 KCl 結晶이 生成될 만큼 高鹽濃度였던 痕跡이 없고 鑛化期間中 鑛化流體의 沸騰이 있었던 뚜렷한 證據가 없다. 그러나 流體包有物의 均一化溫도와 鹽濃도로 보아서는 Bingham 銅鑛床 周邊部의 鉛, 亞鉛 鑛床과 類似하나 이 資料만으로 斑岩銅鑛化作用과의 類似性 與否를 擧論할 수는 없는 問題이다. 이 問題에 對하여는 前述한 여러 研究者들에 의하여 指摘된 關係火成岩으로서의 花崗閃綠岩體內나 그 緣邊에 胚胎된 銅鑛床을 對象으로 하여 鑛床의 帶狀分布와 關聯지어 流體包有物에 對하여 앞으로 더 檢討를 要하는 問題라고 생각한다.

## V. 結 言

1. 固城地域의 銅鑛床은 慶尙累層群의 固城層과 安山岩質岩內의 NS系와 N45~70°W系의 裂縫를 充塡하여 胚胎된 鑛脈鑛床이다.

2. 鑛化作用은 早期로부터 I, II, III期에 걸쳐 鑛化溶液의 polyascending에 의하여 이루어졌다.

3. 鑛化期 I의 鑛石鑛物은 硫砒鐵石, 黃鐵石이다. 鑛化期 II는 II-A와 II-B로 나누어지고, II-A期의 鑛石鑛物은 黃銅石, 方鉛石, 閃亞鉛石, 黃鐵石, 鏡鐵石으로 代表되고 II-B期의 것은 方鉛石, 에렉트림, 濃紅銀石, 테트라헤드라이트와 銀의 硫鹽鑛物들로 되어 있다. 鑛化期 I의 脈石鑛物은 石英, 綠簾石, 綠泥石으로 되어있고, 鑛化期 II의 것은 石英, 綠泥石, 絹雲母와 少量의 方解石으로 되어있다. 鑛化期 III은 barren 方解石脈의 生成期이다.

4. 固城地域內 主要 銅鑛脈의 初生鑛石의 富鑛部는 鑛化期 II-A의 鑛化作用으로 이루어졌고, 鑛脈中 金과 銀의 品位가 높은 部分은 鑛化期 II-B의 鑛化作用이 重疊된 곳이다.

5. 鑛化期 II의 石英中의 初生과 擬二次流體包有物의 充塡溫度는 260~360°C 이고 鑛化流體의 NaCl 相當 鹽濃도는 6.2~13.6 wt.% 이다.

## 參 考 文 獻

- 1) 張泰雨·黃尙九·李東雨·吳仁燮·金學天, 金義弘(1983) 忠武地質圖幅 說明書, 韓國動力資源研究所
- 2) 池楨蔓·黃鎬善(1974) 達城鑛山의 流體包有物에 의한 生成溫도와 鑛物共生에 관한 研究: 鑛山地質 V. 7, p. 23-35
- 3) 池楨蔓·金亨植·吳仁燮·金學天(1983), 三千浦地

- 質圖幅說明書：韓國動力資源研究所
- 4) 鄭趾崑(1970), 固城銅鑛床의 表成起源鑛物에 대한 成因的研究：碩士學位論文, 서울대학교
  - 5) 円城寺守·武内壽久彌(1976), 鑛脈鑛物産 流體包有物研究の現狀と動向：日本鑛山地質特別號 No 7, p. 85-100
  - 6) 黃德煥·金裕東(1981), 清道地域鑛化帶調査 및 鑛床研究：調査研究報告, V. 10, p. 94-103
  - 7) Jin, M. S., 1981, Petrology and geochemistry of the Cretaceous granitic rocks in south Korea: Ph. D, thesis, S. N. U.
  - 8) 金玉準·金奎漢(1974), 銅店鑛山の 붉은등 鑛體의 成因에 관한 研究：鑛山地質, V. 7, p. 157-174
  - 9) 金善億(1973), 慶南地區 銅鑛床의 綜合開發에 관한 研究：鑛山地質, V. 6, p. 133-170
  - 10) 金鍾煥·金正澤(1963) 馬山 地質圖幅說明書, 國立地質調査所
  - 11) 具武鉦(1968), 大德銅鑛床調査報告：地質鑛床, V. 6, p. 22-27
  - 12) 구무옥·김기동·최종옥(1969) 경남고성지역 銅鑛化帶調査개보：地質鑛床 調査報告, V. 11, p. 47-60
  - 13) 이흥규(1970), 대덕銅鑛床調査報告書, 地質鑛物調査研究報告, V. 12, p. 95-132
  - 14) Lee, M. S. (1981), Geology and metallic mineralization associated with Mesozoic granitic magmatism in south Korea: Mining Geol, V, 31, p. 235-244
  - 15) 李商萬(1972), 慶南盆地內의 花崗岩類와 鑛化作用：孫致武教授 訟壽記念論文集, p. 195-219
  - 16) Lee, S. M. and Lee, S. H. (1982), Petrogenetic and petrochemical approaches to ore genesis in Korea: Jour. Geol. Soc. Korea, V. 18, p. 203-214
  - 17) 閔庚德·金玉準·尹碩奎·李大聲·朱承煥(1982), 韓國南部의 白堊紀末以後의 火成活動과 鑛化作用에 대한 板構造運動의 適用性研究：鑛山地質, V. 15, p. 123-154
  - 18) Moore, W. J. and Nash, J. T. (1974), Alteration and fluid inclusion studies of the Porphyry copper ore body at Bingham, Utah: Econ. Geol. V. 69, p. 631-645
  - 19) Nash, J. T. and Theodore, T. D. (1971), Ore fluid in the porphyry copper deposit at Copper Canyon, Nevada: Econ. Geol., V. 66, p. 385-399
  - 20) 朴喜寅·金玉準(1963), 達城鑛山調査報告(未發刊): 韓國地下資源調査所
  - 21) 朴喜寅·李商萬·李旼成·金洙鎮(1981), 黃江里地域 金屬鑛床成因에 관한 研究：地質學會誌, V. 17, p. 201-222
  - 22) Roedder, E. (1971), Fluid inclusion studies on the Porphyry type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana and Climax, Colorado: Econ. Geol., V. 66, p. 98-120
  - 23) Roedder, E (1962), Studies of fluid inclusions I: Low temperature application of a dual-purpose freezing and heating stage: Econ. Geol. V. 57, p. 1045-1061
  - 24) Sillitoe, R. H. (1980), Evidence for porphyry-type mineralization in southern Korea: Mining Geol. Spec. Issue, Japan No. 8. p. 205-214