

多德鑛山 楓井脈의 金銀鑛化作用

朴喜寅* · 崔錫源** · 李相善*

Gold and Silver Mineralization of the Pungjeong Vein, Dadeok Mine

Hee-In Park*, Suck-Won Choi** and Sang-Sun Lee*

Abstract : Ore deposits of Dadeok mine, the largest in the Bonghwa gold mining district, are composed of numerous gold and silver-bearing quartz veins emplaced in granite batholith. Mineralization of the Pungjeong vein, one of the representative vein in the mine was investigated. K-Ar age of sericite in the vein is 84 ± 5 Ma. Hypogene open-space filling can be divided into four paragenetic stages; (1) fine grained quartz and carbonate; (2) quartz and carbonates with base metal sulfides, electrum, native silver, argentite, polybasite, freibergite, pyrrargyrite, and Cu-Ag-Fe-S minerals; (3) quartz with base metal sulfides; (4) quartz and calcite with or without pyrite. Composition of electrum ranges from 44.17 to 56.50 atomic % Ag. Meanwhile FeS content of sphalerite coexisting with electrum in stage II range from 0.01 to 1.67 mol.%. Homogenization temperatures for quartz and sphalerite of stage II (239° to 310°C), quartz of stage III (206° to 255°C) and quartz and calcite of stage IV (232° to 253°C) show little time-space variation during mineralization. Salinities of the fluid inclusions range from 5.5 to 12.8wt% NaCl in stage II, 7.3 to 12.3wt% in stage III and 4.5 to 8.0wt% in stage IV. Based on the homogenization temperatures, Fe content of sphalerite and Ag content of electrum, temperature and sulfur fugacity for stage II are estimated to be 208° to 310°C and $10^{-9.2}$ – $10^{-12.8}$ bars, respectively.

序 言

多德鑛山은 慶尙北道 奉化郡 法田面에 位置하고 있다. 이鑛山은 1930年 鑛業權登錄이 된 以後에 主로 金, 銀, 鉛, 亞鉛을 對象으로 하여 繼續的으로 稼行되어 왔으나 現在는 休鑛中이다.

多德鑛山中에는 15個의 鑛脈이 發達하고 있으며 이밖에도 周邊에 세목鑛山, 금륜鑛山, 법흔鑛山 등의 金鑛山이 있다. 多德鑛山은 鑛床의 規模나 開發程度로 보아 이 地域에서는 가장 代表的인 것으로서 多德鑛山の 鑛

床에 대한 研究는 이 地域의 鑛化作用의 特性을 밝히는 데 있어서 重要한 뜻을 갖는다.

多德鑛山 周邊地域의 地質에 대해서는 (1/50,000)春陽地質圖幅(孫致武 등, 1963)이 發刊되어 있고 多德鑛山에 대해서는 Gallagher(1963), 大韓鑛業振興公社의 報告書(1968, 1978, 1983) 등에 簡單한 報告가 실려 있으며 그의 자세한 研究는 아직 이루어지지 않았다.

이 研究의 目的은 鑛床 周邊의 地質, 鑛床의 產出狀態, 鑛石의 鑛物組成과 化學組成, 鑛物共生關係, 流體包有物 등을 檢討하여, 鑛化作用의 特性을 밝히는 데 있다. 이를 위하여 研究는 多德鑛山 中에서 가장 最近까지 開發되어온 楓井鑛床을 主要 對象으로 實施하였다.

이 研究는 1987年 文敎部 學術研究助成費에 의하여 이루어졌음을 銘記하고 이에 깊은 謝意를 表한다.

* 서울大學校 地質科學科(Dept. of Geological Science Seoul Nat. Univ. 151-742, Korea)

** 公州師範大學 地球科學教育科

地質

鑛山周邊의 地質은 時代未詳의 花崗閃綠岩, 後에 이
를 貫入한 侏羅期의 春陽花崗岩 및 페그마타이트 岩脈
等으로 構成되어 있다(Fig.1).

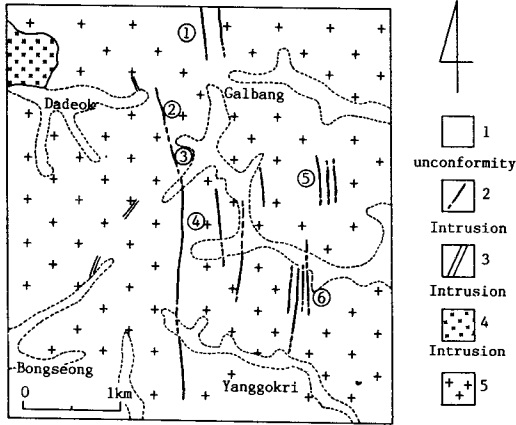


Fig. 1 Geologic map of the Dadeok mine area.
1 : Alluvium, 2 : Vein, 3 : Pegmatite,
4 : Chunyang granite, 5 : Granodiorite
① Dadeok ② Samok ③ Unbong
④ Yanggok ⑤ Naeyeul ⑥ Pungjeong

花崗閃綠岩은, 春陽地質圖幅에서는 角閃石花崗岩으로 表示된 것으로, 鑛山周邊에 넓게 分布한다. 岩石은 中粒質 粒狀組織을 가지며 主構成鑛物은 石英, 斜長石, 正長石, 角閃石 等이고 이 外에 少量의 黑雲母 等을 隨伴한다. 石英은 波動消光을 보여준다. 斜長石의 An成分은 An₁₃₋₂₃이다.

이 岩石에 대해서 소듐 코발티니트라이트(Sodium cobaltinitrite)와 포타슘 로디조나이트(Potassium rhodizonite)로 着色하여 모드分析한 結果는 Table과 같고 이를 Streckeisen의 Q-A-P 三角圖에 表示하여 보면 花崗閃綠岩에 該當됨을 알 수 있다.

春陽花崗岩은 花崗閃綠岩을 貫入하여 一部地域에서 花崗閃綠岩의 捕獲岩을 갖기도한다.

春陽花崗岩은 主로 石英, 斜長石, 正長石, 黑雲母, 白雲母 等으로 構成되어 있으며 一般의으로 黑雲母가 白雲母보다 含量에 있어서 優勢하며 곳에 따라서는 白雲母를 包含하지 않기도 한다.

金玉準 等(1971)에 의하면 春陽花崗岩의 黑雲母의 K-Ar年齡은 133~155Ma이다.

鑛床

多德鑛山內의 鑛床들은 花崗閃綠岩內에 발달한 製鍊를 充填한 含金銀石英脈이다. 이 鑛山에서는 NS方向으로 約 6km, EW方向으로 1.5~1.8km의 範圍內에 15個의 거의 平行한 鑛脈이 발달한다. 이들 鑛脈을 개발한 採鑛場은 北쪽에서 南쪽으로 多德, 삼역, 내울, 운봉, 陽谷, 楓井區라 불리어지고 있다(Fig.1). 이中 내울-陽谷區 사이의 2.5km 길이의 鑛脈은 énechlon狀으로 發達하고 있어보이나 이것이 同一脈이 齡層등으로 轉移된 것인지는 不明하다. 鑛脈들의 走向은 N15W~N10E에 75NE~80SW로 傾斜한다. 脈幅은 대체로 0.2~1.0m이다.

이 鑛山에서는 1941~1945년사이에 위의 6個區에서 216,000t의 鑛石(Pb : 1.9%, Zn : 5.75%, Cu : 0.58%, Au : 2.2g/t, Ag : 243.8g/t)을 生産하였고 (Gallagher, 1962) 1976년에는 楓井區에서 250t의 鑛石 (Au : 5g/t, Ag : 800g/t)을 生産하였다한다(鑛振, 1978).

楓井區는 4개의 鑛脈이 發達한다. 이들 脈中 西쪽의 2個脈이 主로 개발되어 있어 이번 研究는 이 2個脈을 主對象으로 하였다. 이 脈들의 走向은 N10E~N10W에 85NE~80NW로 傾斜한다. 脈幅은 0.15~0.6m로 膨縮한다. 各 鑛脈들은 生成時期를 달리하는 여러脈이 서로 끊고 끊기는 複雜한 構造를 갖는 複成脈으로 되어있다. 脈內에는 鬚構造, 晶洞, 累被構造, 縞狀構造들이 발달

Table 1 Modal composition of granodiorite from Dadeok mine area.

| Sample No. | HG-A | HG-B | HG-C |
|-------------|------|------|------|
| Minerals | | | |
| Quartz | 31.6 | 30.4 | 32.4 |
| K-feldspar | 12.8 | 13.1 | 15.3 |
| Plagioclase | 34.5 | 33.8 | 33.3 |
| Biotite | 2.6 | 2.7 | 2.3 |
| Muscovite | 3.3 | 3.1 | 2.9 |
| Hornblende | 14.2 | 15.2 | 13.5 |
| Others | 1.0 | 1.3 | 0.3 |

한다.

産出되는 鑛物은 閃亞鉛石, 方鉛石, 黃鐵石, 硫砒鐵石, 輝銀石, 테트라헤드라이트, 에렉트럼, 自然銀, 폴리바사이트, 濃紅銀石, 푸라이버자이트, Ag-Cu-S系 鑛物, Ag-Cu-Fe-S系 鑛物, 石英, 菱矽間石, 앵커라이트와 方解石 등이다. 1941~1945년사이와 1976년에 楓井脈에서 生産한 鑛石의 Au : Ag는 1 : 160~200이다.

鑛脈과 接하는 母岩은 絹雲母化, 綠泥石化 되어있다. 鑛脈內에 介在하는 絹雲母化된 母岩片의 絹雲母의 K-Ar年令은 83.7±5 Ma이다(朴동, 1988).

鑛石

多德鑛山, 楓井區內에 발달하는 鑛脈은 前述한 바와 같이 하나의 鑛脈內에 生成時期를 달리하는 脈이 서로 끊고 끊기는 關係를 가지며 發達하고 있다. 生成時期를 달리하는 脈의 鑛石들은 構造, 組織, 鑛物組織과 化學組成을 달리하는 特徵을 갖는다.

鑛脈은 生成時期를 달리하여 서로 끊고 끊기는 關係로 보아 鑛化作用은 4기에 걸쳐 形成되었음을 알 수 있다.

楓井區産 鑛石의 生成時期를 早期의 것부터 I, II, III, IV期라 부르기로 하고 各期의 鑛石의 特徵을 記述하면 아래와 같다.

各期の 鑛石

I 期の 鑛石; 微粒質의 石英과 앵커라이트로 되어있다. 鑛石鑛物을 隨伴하지 않는다. 母岩片을 갖기도하며 II 期の 鑛石에 의하여 끊기어 있다.

II 期の 鑛石; II 期에 生成된 脈은 脈石鑛物이 脈壁

가까이에서는 石英과 앵커라이트로 되어 있으나 脈의 中央部 가까이에서는 菱矽間石과 石英으로 되어 있고 鑛石의 組織에도 差가 있다. 따라서 II 期 鑛石中 石英-앵커라이트帶의 鑛石은 II-A 期 鑛石, 菱矽間石-石英帶內의 鑛石을 II-B 期 鑛石으로 나누어 부르기로 한다.

II-A 期 鑛石은 閃亞鉛石, 黃鐵石, 方鉛石과 少量의 黃銅石, 테트라헤드라이트, 에렉트럼, 폴리바사이트, 푸라이버자이트, 濃紅銀石, 自然銀, Ag-Cu-Fe-S와 Ag-Cu-S系 鑛物, 石英, 앵커라이트로 되어있다. 이 期の 鑛物中 脈壁에는 rosette 石英이 優勢하다. 脈의 中央部 쪽에서는 石英과 앵커라이트가 混在한다.

II-B 期 鑛石은 閃亞鉛石, 方鉛石, 黃鐵石, 輝銀石, 테트라헤드라이트, 푸라이버자이트, 에렉트럼과 능망간석, 石英으로 되어있다. 鑛石은 緻密하고 不規則한 縞狀構造를 갖는다; II-B 期 鑛石은 部分的으로 II-A 期 鑛石을 交代하거나 깨어진 틈을 채우고 있다.

II-A 期の 鑛石에서 産出되는 閃亞鉛石은 共通의으로 淡黃綠色과 淡黃褐色으로된 累帶構造를 갖고 顯微鏡下에서 黃銅石의 點滴을 거의 갖지 않는다. II 期 閃亞鉛石의 FeS mol%는, II-A 期の 것이 0.90~1.70이고 II-B 期の 것은 0.30~0.99이다(Table 2).

III 期の 鑛石; III 期の 脈은 I, II 期の 鑛石을 脈狀으로 끊고있으며 縞構造가 잘 발달한다. 構成鑛物은 閃亞鉛石, 黃鐵石, 黃銅石, 硫砒鐵石, 方鉛石, 테트라헤드라이트, 폴리바사이트 및 石英이다. II 期鑛石의 脈石鑛物은 石英과 炭酸鹽鑛物이 緻密하게 混在하는데 대하여 III 期の 脈石鑛物은 透明한 石英만으로 되어있다.

I 期の 閃亞鉛石은 暗褐色을 띠며 黃銅石의 點滴을 다량 包含한다. 이 閃亞鉛石의 FeS mol.%는 5.69~9.

Table 2 Composition of sphalerite from Dadeok mine.

| Stage | Associated minerals | Weight% | | | | | | | FeS | |
|--------|---------------------|---------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|--|
| | | Fe | Co | Ni | Cd | Zn | S | Total | mole % | |
| II - A | Py-El-Arg | 0.07 | 0.01 | - | 0.37 | 56.15 | 34.54 | 101.14 | 0.10 | |
| | | 0.53 | - | - | 0.37 | 64.87 | 34.11 | 99.87 | 1.00 | |
| | | 0.52 | - | - | 0.40 | 64.92 | 34.34 | 100.12 | 0.90 | |
| | | 0.93 | - | - | 0.30 | 63.24 | 33.30 | 98.75 | 1.70 | |
| | | 0.93 | - | 0.01 | 0.31 | 64.56 | 32.97 | 98.78 | 1.69 | |
| II - B | Py-El-Arg | 0.51 | 0.01 | 0.01 | 0.39 | 65.43 | 33.22 | 99.56 | 0.89 | |
| | | 0.53 | - | 0.01 | 0.35 | 65.66 | 33.47 | 100.02 | 0.99 | |
| | | 0.33 | 0.01 | 0.02 | 0.31 | 65.39 | 33.45 | 99.51 | 0.60 | |
| | | 0.23 | - | - | 0.42 | 65.93 | 33.52 | 100.03 | 0.40 | |
| | | 0.31 | 0.02 | - | 0.32 | 65.63 | 33.13 | 99.42 | 0.59 | |
| III | Py-Cp | 0.18 | - | 0.02 | 0.34 | 65.99 | 33.33 | 99.86 | 0.30 | |
| | | 3.19 | 0.00 | 0.12 | 0.27 | 61.72 | 33.51 | 98.81 | 5.69 | |
| | | 5.16 | 0.01 | 0.00 | 0.36 | 59.35 | 32.19 | 97.52 | 9.20 | |

20로서 Ⅱ期の 것과 현저하게 다르다(Table 2).

Ⅳ期の 鑛石; 石英, 方解石과 함께 少量의 黃鐵石을 갖는다. Ⅳ期の 鑛石은 破碎된 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ期の 鑛石片 사이를 채우거나 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ期の 鑛石片위에 石英, 方解石의 順으로 成長하며 かく이드(cockade)構造를 갖기도 한다.

金銀鑛物

金鑛物; 產出되는 金鑛物은 에렉트럼 뿐이다. 에렉트럼은 Ⅱ期の 鑛石에서만 產出되며 量的으로 보아서는 Ⅱ-A期 鑛石에서 많이 產出된다. 에렉트럼은 Ⅱ-A, B期 鑛石에서 모두 方鉛石, 黃鐵石, 閃亞鉛石, 石英의 順으로 密接한 隨伴關係를 갖는다(Table 3).

Ⅱ-A期 鑛石에서는 一部 黃銅石, 테트라헤드라이트, 폴리바사이트, 輝銀石에 隨伴되는 경우도 있다. 이들 에렉트럼中的 Ag成分은 Ⅱ-A의 것이 44.17~56.50atom. %이고 Ⅱ-B의 것은 50.05~54.81atom. %이다.

銀鑛物; 產出되는 銀鑛物은 自然銀, 輝銀石, 폴리바사이트를 主로하고 少量의 濃紅銀石, 푸라이버자이트, Ag-Cu-S系와 Ag-Cu-Fe-S系 銀物들이다. 이들 鑛物은 거의 모두가 Ⅱ-A 鑛石에서 主로 產出된다. 自然銀과 푸라이버자이트는 서로 密接히 共生한다.

輝銀石과 폴리바사이트는 서로 密接히 共生하며 Ⅱ期の 鑛石에서는 base metal 硫化鑛物과 함께 產出되는 頻도가 높다.

Ⅱ, Ⅲ期 鑛石에서 產出되는 金銀鑛物의 種類와 다른 鑛物과 함께 相接하며 產出되는 頻도를 綜合한 것이 Table3이다. 이 表에서 主要 金銀鑛物은 石英 以外에 方鉛石, 閃亞鉛石, 黃鐵石, 黃銅石 등과 密接한 隨伴關係를 갖고 있음을 알 수 있다.

폴리바사이트의 EPMA 分析資料는 Cu:5.31~5.16wt. % (6.45~6.3atom. %) Ag:69.41~69.51wt. % (49.71~50.02atom. %), As:0.00~0.18wt. % (0.00~0.19atom. %), S:14.58~15.44wt. % (37.20~37.63atom. %)이다. 이 組成의 Cu/(Ag+Sb)와 Sb/(As+Sb)와의 관계로 보아 이는 폴리바사이트의 組成領域에 속함을 알 수 있다.

鑛物共生關係

앞에서 記述한 各期鑛石의 鑛物共生關係를 綜合하면 Fig.2와 같다. 풍정 鑛脈의 鑛化作用은 fracturing을 사이에 두고 poly-ascending에 의하여 4期에 걸친 鑛化作用으로 이루어졌음을 알 수 있다.

| Stage Minerals | I | II | | III | IV |
|--------------------|---|----|---|-----|----|
| | | A | B | | |
| Sphalerite | | | | | |
| Galena | | | | | |
| Pyrite | | | | | |
| Chalcopyrite | | | | | |
| Arsenopyrite | | | | | |
| Argentite | | | | | |
| Tetrahedrite | | | | | |
| Polybasite | | | | | |
| Electrum | | | | | |
| Pyrargyrite | | | | | |
| Native silver | | | | | |
| Freibergite | | | | | |
| Ag-Cu-S mineral | | | | | |
| Ag-Cu-Fe-S mineral | | | | | |
| Quartz | | | | | |
| Rhodochrosite | | | | | |
| Ankerite | | | | | |
| Calcite | | | | | |

Fig. 2 Paragenetic sequence of hypogene minerals from Dadeok mine.

Ⅰ期은 微粒의 石英과 炭酸鹽鑛物의 晶出期이다.

Ⅱ期은 鑛物晶出順序에 따라 Ⅱ-A期은 base-metal 硫化鑛物, Ag-硫化鑛物, Ag-硫鹽鑛物, 에렉트럼, 自然銀, 石英, 앵커라이트의 晶出期이며 Ⅱ-B期은 base-metal 硫化鑛物, 若干의 Ag-硫化鑛物, 石英, 능망간석의 晶出期이다.

Ⅲ期은 base-metal 硫化鑛物과 少量의 테트라헤드라이트와 폴리바사이트 및 石英의 晶出期이다. Ⅳ期은 石英과 方解石 및 少量의 黃鐵石의 晶出期이다.

流體包有物

流體包有物 研究는 鑛石의 鑛物晶出順序와 聯關시켜 Ⅱ期の 閃亞鉛石, 石英, Ⅲ期の 石英, Ⅳ期の 石英 및 方解石內의 流體包有物에 對하여 行하였다.

Ⅰ期과 Ⅱ期の 石英과 炭酸鹽鑛物들이 緻密하게 섞여 있는 部分의 石英은 透明度가 낮아 研究하지 못하였다.

流體包有物의 種類

多德鑛山 楓井脈 鑛石 中에 包含된 流體包有物의 크기는 대체로 10~45μ 程度이나 一部 60~80μ에 이르는 것도 있다. 이들의 充塡度는 鑛化時期에 關係없이 75~90% 程度이다.

流體包有物의 研究는 初生 및 擬二次 包有物을 對象으로 하였으며 實溫에서 觀察되는 流體包有物은 모두 液體包有物이다. 이들 液體包有物은 液相과 氣相으로 되어있으며 加熱實驗時 液相으로 充塡된다. 이들 液體包有物 中에는 一部 固相을 含有한 것이 있다. 이때의 固相은 針狀으로 잘 產出되며 加熱實驗時 350°C 以上의 溫度에서도 固相이 녹지 않는다 이러한 固相을 含有한

包有物은 鹽濃度와 充填溫度에 있어서 液體包有物과 差異가 없다.

鹽濃度

流體包有物의 鹽濃度 測定은 液體窒素를 冷却劑로 使用하는 Nikon 會社製 NE-1型 低溫顯微鏡을 使用하여 實施하였다. 冷却實驗 結果 流體包有物의 NaCl 相當 鹽濃度는 Table 4 및 Fig. 3와 같다.

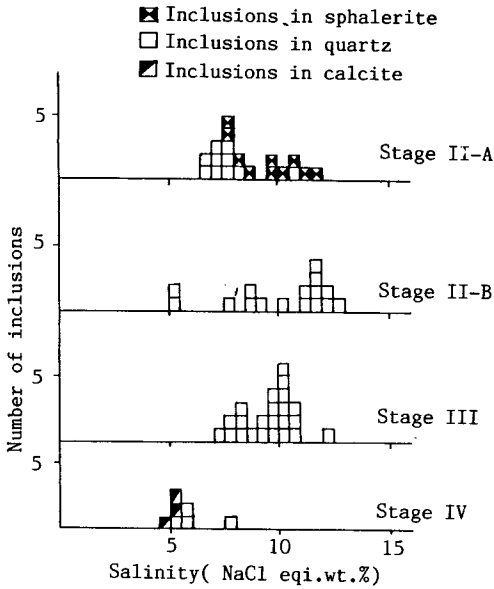


Fig. 3 Salinity of fluid inclusions from Dadeok mine.

이 表에서 보는 바와 같이 鑛化流體의 NaCl 相當 鹽濃度는 鑛化 II-A 期의 閃亞鉛石 中の 것이 7.9~11.5wt%, 石英 中の 것이 6.5~11.5wt%, (mainly 6.5~8.5wt.%)이다.

II-B 期의 石英 中の 流體包有物의 鹽濃度는 5.0~12.8wt% (mainly 8.5~12.8wt%)이다.

IV 期의 石英 中の 流體包有物의 鹽濃度는 7.3~

12.3wt% 이다.

II 期에 있어서 같은 時期의 石英 內의 鑛化流體의 鹽濃度는 閃亞鉛石 內의 鹽濃度에 比하여 조금 낮고 IV 期의 方解石 內의 鑛化流體의 鹽濃度는 같은 期의 石英 內의 鑛化流體의 鹽濃度보다 조금 낮게 나타난다.

全體的으로 II 期의 鑛化流體의 鹽濃度가 가장 낮게 나타난다.

充填溫度

流體包有物의 充填溫度 測定은 Leitz 會社製 Model SM-Lux 加熱顯微鏡을 使用하였다. 加熱實驗에서는 溫度計와 測定試料의 熱的 平衡狀態를 維持시키기 위하여

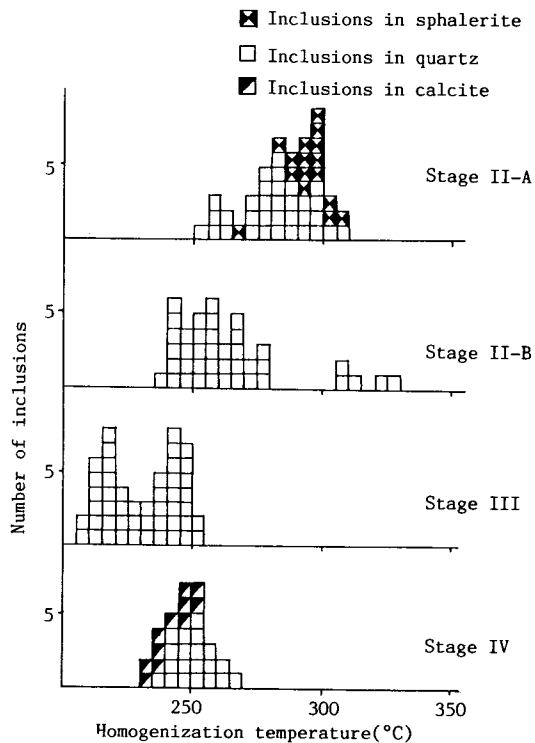


Fig. 4 Homogenization temperature of fluid inclusions.

Table 4 Salinity of fluid inclusions.

| | | Host mineral | Salinity(NaCl eq. wt. %) | Number of freezing run |
|-----------|---|--------------|--------------------------|------------------------|
| Stage II | A | Sphalerite | 7.9-11.5 | 10 |
| | | Quartz | 6.5-11.0 | 10 |
| | B | Quartz | 5.1-12.8 | 16 |
| Stage III | | Quartz | 7.3-12.3 | 23 |
| Stage IV | | Quartz | 4.5-5.5 | 3 |
| | | Calcite | 5.0-8.0 | 3 |

Table 5 Filling temperature of fluid inclusions.

| | | Host mineral | Filling temperature(°C) | Number of heating run |
|-----------|---|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| Stage II | A | Sphalerite | 267-310 | 16 |
| | | Quartz | 250-310 | 33 |
| | B | Quartz | 239-326 (mainly 239-289) | 50 |
| Stage III | | Quartz | 206-255 | 46 |
| Stage IV | | Quartz | 235-270 | 20 |
| | | Calcite | 232-253 | 11 |

溫度上昇速度를 가능한 작게 하면서 實施하였다. 加熱實驗結果 流體包有物의 充填溫度는 Fig4 및 Table5와 같다.

이 表와 그림에서 보는 바와 같이 各鑛化期의 流體包有物 充填溫度는 II-A期의 閃亞鉛石에는 267~310°C, 石英에는 250~310°C 範圍이다. II-B期의 石英에는 239~329°C(mainly 239~280°C) 範圍이다. III期 石英에는 206~255°C 範圍이다. III期 方解石에는 232~253°C이고 石英에는 235~270°C 範圍를 보여준다.

同一한 流體包有物에 대한 鹽濃度와 充填溫度의 相互關係는 Fig5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 II期의 것의 充填溫度가 가장 높았으며 III期의 充填溫度가 조금 낮았음을 알 수 있다. 鹽濃度는 II, III期에 大體로 비슷한 값을 보이거나 IV期에서는 鹽濃度의 값이 낮아졌음을 알 수 있다.

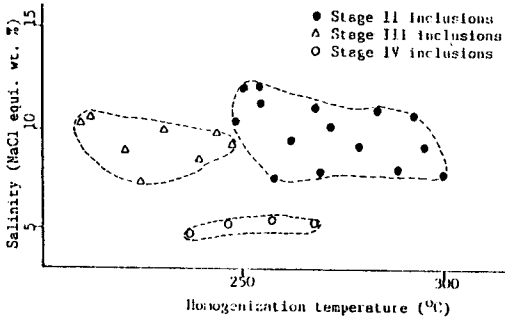


Fig. 5 Relationship between salinities and homogenization temperature of fluid inclusions from Dadeok mine

考 察

多德鑛山의 楓井脈은 4期에 걸친 鑛化作用으로 生成되었으며 主要 金銀鑛化作用은 II-A,B期에 있었다. 充填溫度는 250°C~310°C와 239~280°C이고 NaCl 相當 鹽濃度는 各各 6.5~11.5wt.%와 5.1~12.8wt.%이다. 이 流體包有物의 充填溫度는 II-A期에서 II-B期로 가

며 낮아지는 傾向을 갖는다.

II-A期中葉과 II-B期末의 鑛石에는 모두 閃亞鉛石-黃鐵石-輝銀石-에렉트럼의 鑛物共生群이 存在한다. 이와같은 鑛物共生群을 이루는 閃亞鉛石의 FeS mol.%와(Table2)에렉트럼의 Ag atom.%(II-A期;44.17~56.5, II-B期;50.5~54.81)를 Barton and Toulmin(1963), Barton and Skinner(1979)의 T-fs₂圖에 表示하여 重疊시켜 보면 Fig6.와 같다. 이 그림에서 II

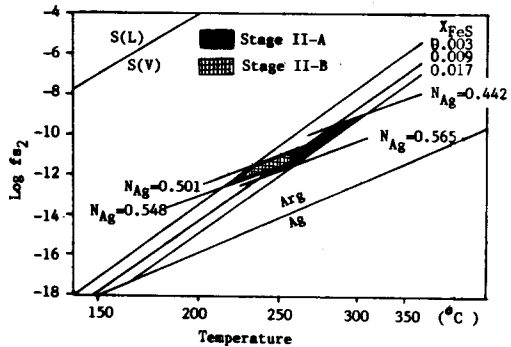


Fig. 6 Sulfur fugacity-temperature diagram of gold-silver mineralization in stage II. Sulfidation curves are from Barton and Toulmin(1963), Barton and Skinner(1979).

-A期 에렉트럼 晶出期間中の 溫度는 236°C~298°C이고 fs₂는 10^{-9.2}~10^{-12.1}bar 임을 알 수 있다. II-B期 에렉트럼 晶出期間中の 溫度와 fs₂는 208°C~268°C, 10^{-10.9}~10^{-12.8}bar로서 II-A期의 것에 比하여 모두 낮다. 이 溫度는 上記한 II-A, B期 流體包有物의 充填溫度 範圍內에 든다.

鑛化期間中 沸騰하는 鑛化流體가 含有된 流體包有物이 아닌 限 鑛床의 生成溫度는 一般的으로 流體包有物 充填溫度에 壓力補正을 하여야 얻어진다. 그러나 楓井脈의 鑛石中の 流體包有物에는 鑛化流體의 沸騰이 있었

음을 나타내는證據는 보이지 않는다. 流體包有物 充填溫度가 壓力補正을 要하지 않는 다른 方法으로 求한 鑛石의 生成溫도와 類이하다는 것은 流體包有物이 鑛化流體의 蒸氣壓曲線 附近의 條件의 것이 包有된 것이었거나 鑛床이 地表에서 깊지 않은 部位에서 生成되었을 경우를 생각할 수 있다. 楓井脈의 II期 鑛化作用이 이 위의 두가지 경우 中 어느것에 該當되는지는 明確히 判斷키 어렵다. 그러나 金銀의 主要 鑛化期인 II期の 溫度條件은 流體包有物의 充填溫도와 鑛石鑛物의 相平衡關係로 求한 溫度인 208°C~310°C의 範圍로 보아도 無理는 없을 것으로 생각된다.

奉化-春陽 地域內的 花崗岩底盤에 胚胎된 金銀鑛脈에 대하여는 一般적으로 鑛床이 春陽花崗岩과 成因의으로 關係가 있는 中~深熱水 鑛床일 것으로 생각되어 왔다 (金, 1970; Kim, 1986) 그러나 春陽花崗岩의 K-Ar 年齡이 133~155Ma인데 대하여 多德鑛山의 鑛脈과 多德鑛山 西쪽에 있는 금륜 金銀鑛床의 鑛化作用의 K-Ar 年齡은 84~93Ma로서 春陽花崗岩보다 38~69Ma나 더 젊어 兩者를 成因의으로 관련 지우기에는 無理가 있어 보인다. 이 두 鑛床의 生成年齡은 太白山地域內的 熱水性 金銀鑛床과 스카르型 多金屬鑛床의 生成年齡과 大體로 같다(朴, 등 1988). 鑛脈도 熱水溶液의 polyascending에 의하여 形成된 複成脈으로서 縞狀構造와 累被構造등을 가지며 鑛床의 生成溫度도 200~300°C의 範圍를 갖는 것으로 보아 이 鑛床은 中~淺熱水 鑛床일 것으로 推定된다.

結 言

1. 多德鑛山의 金銀鑛床들은 花崗閃綠岩內에 胚胎된 製礫充填 含金銀鉛亞鉛 鑛脈이고 鑛化作用의 年代는 83.7±5Ma이다.

2. 楓井脈에서 產出되는 主要 金銀 鑛物은 에렉트럼, 自然銀, 輝銀石, 폴리바사이트이고 少量의 푸라이버자이트, 濃紅銀石, Ag-Cu-Fe-S系 鑛物이 產出된다. 에렉트럼의 Ag成分은 44.17~56.50 atom. %이다.

3. 楓井脈의 鑛化作用은 4期에 걸쳐 이루어졌고 主要 金銀鑛化作用은 II期에 있었다.

4. II期の 金銀鑛化作用의 溫度는 208~310°C, 鑛化流體의 NaCl 相當 鹽濃度는 5.1~12.8wt.%, f_{s_2} 는 $10^{-9.2}$ ~ $10^{-12.8}$ bar로서 溫度와 f_{s_2} 條件은 II期の 早期에서 後期로 가며 漸次 낮아졌다. III期 鑛石中的 流體包有物 充填溫도와 NaCl 相當 鹽濃度는 各各 206~255°C, 7.3~12.3wt.%이고 IV期の 것은 232~253°C, 4.5~8.0wt. %이다.

5. 多德鑛山의 金銀脈은 中~淺熱水 鑛床일 것으로 보인다.

參考文獻

- Barton, P.B.Jr. and Toulmin, P. III (1964) The electrometallurgical method for determination of fugacity of sulfur in laboratory sulfide systems, *Geochem et Cosmochim. Acta.*, vol.28, p.619~640.
- Barton, P.B.Jr. and Skinner, B.J. (1979) Sulfide mineral stabilities, in Barns, H.L. ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, New York, John Wiley and sons, p.278~403.
- 大韓鑛業振公社 (1968) 한국의 광산 제1호.
- 大韓鑛業振公社 (1978) 탐광굴진
- Gallagher, D. (1963) Mineral resource of Korea. 韓國動力資源研究所, 1982, 금광산 요약
- Koneda, H., Shimazaki, H. and Lee, M.S. (1986) Mineralogy and geochemistry of the Au-Ag ore deposits of the south Korean Peninsula. 金玉準 (1970) 南韓의 金銀鑛床區, 鑛山地質, vol.3, p.163~168
- 金玉準 (1971) 南韓의 新期花崗岩類의 貫入時期와 地殼變動, 鑛山地質, vol. 4, No.1. p1~10.
- Kim Won Jo (1986) Metallogeny on gold-silver in south Korea, *Jour, Korean Inst. Mining Geol.*, vol. 19, p.243~264.
- 朴喜寅, 張浩完, 陣明植 (1988) 太白山地域內 鑛床의 生成年令. 鑛山地質 vol.21, p.57~67.
- Shikazono, N. (1985) A comparison of temperature estimated from the electrum-sphalerite-argentite-pyrite assemblage and filling temperature of fluid inclusions from epithermal Au-Ag vein type deposits in Japan, *Econ. Geol.*, vol. 80, pp.1415~1424.
- Shikazono, N. (1986) Au/Ag total production ratio and Au-Ag minerals from vein type and disseminated type deposits in Japan, *Mining Geol.*, vol. 36, pp. 411-424.
- 孫致武, 金洙鎮 (1963) 春陽圖幅, 국립지질조사소.
- Streckeisen, A.L. (1967) Classification and nomenclature of igneous rocks, in *Barker igneous rocks*, Prentice Hall Inc.