

# 將軍礦山의 鉛·亞鉛·銀 및 鐵 鑛床의 成因과 地質構造와의 關係 — 鑛床 生成의 地質構造 規制와 母岩의 變質 —

李 玄 具\* · 高 錫 淩\*\* · 今井直哉\*\*\*

## Genesis of the Lead-Zinc-Silver and Iron Deposits of the Janggun Mine, as Related to Their Structural Features Structural Control and Wall Rock Alteration of Ore-Formation

Hyun Koo Lee\*, Suck Jin Ko\*\* and Imai Naoya\*\*\*

**Abstract:** The lead-zinc-silver-iron deposits from the Janggun mine are of hydrothermal-metasomatic origin, characterized by the marked hydrothermal alteration of the wallrocks, such as hydrothermal manganese enrichment of carbonate rocks, silicification, chloritization, sericitization, montmorillonitization and argillic alteration. The ore deposits have been emplaced within the Janggun Limestone of Cambro-Ordovician age at the immediate contacts with apophyses injected from the Chunyang Granite plutons of Late Jurassic age. They have been structurally controlled by fractures in the carbonate rocks and the irregular intrusive contacts of granitic rocks, and are closely associated with hypogene manganese carbonate deposits. In the mine nine separate orebodies are being mined. On the basis of the petrological study, hydrothermal alteration zone of this mine may be divided into the following four zones from wallrock to orebody. (I) Primary calcite and dolomite zone → (II) dolomitic limestone zone → (III) dolomitic zone → (IV) rhodochrosite zone → orebody. There was not recognized Mn and Fe elements in the primary calcite and dolomite zone. But, in the dolomitic limestone and dolomite zone, calcite and dolomite were subjected to weak hydrothermal manganese enrichment and the grade of the manganese enrichment increase oreward. By means of electron probe microanalysis, it was found that manganese dolomite occurred between primary dolomite grains, cross the cleavage of the primary dolomite and around the dolomite grains. Above these result supports that the Janggun manganese carbonate deposits are of hydrothermal metasomatic origin.

### 序 言

將軍礦山은 1943年부터 망간을 採掘하기 始作하여, 1975년 대규모의 새로운 鉛·亞鉛·銀鑛床을 發見, 活發하게 가행되어 오는 동안 많은 調査, 研究結果가 報告되어 왔다.

鑛山周邊의 廣域地質調查(金玉準外 1962), 망간鑛山에

대한 地質 및 鑛床 (李大聲, 1967; 黃仁典 1968; 黃德煥과 A. J. Reedman, 1975; Imai et al., 1982), 망간광상에 隨伴되는 不透明礦物(망간 酸化物) 및 炭酸鹽岩에 대한 鑛物學的, 鑛床學的研究(Imai et al., 1980a; Kim. S. J., 1968a, b, 1970, 1974, 1975a, b, c, 1976, 1979) 및 鉛·亞鉛·銀鑛床에 대한 많은 鑛物學的 및 鑛床學的研究가 發表되었다(Imai et al., 1980b, 1981, 1982; 李玄具, 1985; 李玄具等, 1982, 1986, 1990). 망간鑛床 成因에 대하여는 後生設과 同生設(Kim, 1975b, c, 1976, 1979)이 提起되어 서로 다른 見解가 對立되어 있다.

그러나 以上과 같은 많은 研究가 報告되어 있음에도 불구하고 鑛床生成의 地質構造 規制나 母岩의 變質에 대한 研究는 아직 發表되어 있지 않다.

\* 忠南大學校 地質學科 (Department of Geology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

\*\* 東邦鑛業株式會社 將軍鑛業所 (Dongbang Mining Co., Janggun, Bonghwa, Gyeongbug)

\*\*\* 日本 早稻田大學 理工學部 資源工學科 (Department of Mineral Industry, School of Science and Engineering, Waseda University, Ohkubo 3-4-1, Tokyo 160, Japan)

따라서, 본論文에서는 鎌床周邊의 地質構造와 鎌床生 成의 地質構造規制 및 本鎌床의 母岩인 將軍石灰岩에 대한 染色法, 腐蝕法, X線回折分析 및 EPMA를 利用하여 廣域變成作用에 의한 變成溫度를 推定하고, 鉛·亞鉛·銀鎌床周邊의 將軍石灰岩의 原岩과 热水變質을 받은 變質炭酸鹽岩중의 망간의 分布와 產狀을 主로 研究한 結果를 報告하고자 한다.

### 地質概要

本鎌山地域의 廣域地質에 대하여는 앞에서 언급한 바와 같이 많은 연구결과가 報告되어 있으므로 여기서는 簡單히 그概要만을 要約하고자 한다.

本域의 地質은 韓國의 大地質構造의 側面에서 보면, 嶺南陸塊(小白山陸塊)의 東北方에, 그리고 白堊紀慶尙盆地의 北쪽沿邊部附近에 位置한다. 本鎌山周邊을 構成하는 岩層은 先 кам브리아紀의 遠南層, 栗里層群, 카브로~오도비스紀의 壯山珪岩層, 斗音里層, 將軍石灰岩層, 石炭~二疊紀의 東水谷層, 才山層 및 이들 變成堆積岩類를 貫入한 中生代花崗岩類로 構成되어 있다(Fig. 1,2).

遠南層은 本鎌山의 南部에 東西로 帶狀分布하고 있으며, 그 片麻狀構造 및 片理의 一般적인 走向, 傾斜는 N60°E~EW, 70°S~80°N이 고, 繖片麻岩, 眼球狀片麻岩, 雲母片岩, 結晶質石灰岩, 角閃片岩 등으로 構成되며, 栗里層群은 本鎌山의 東北側에 널리 分布된다. 그 層面, 片理(S<sub>1</sub>面)

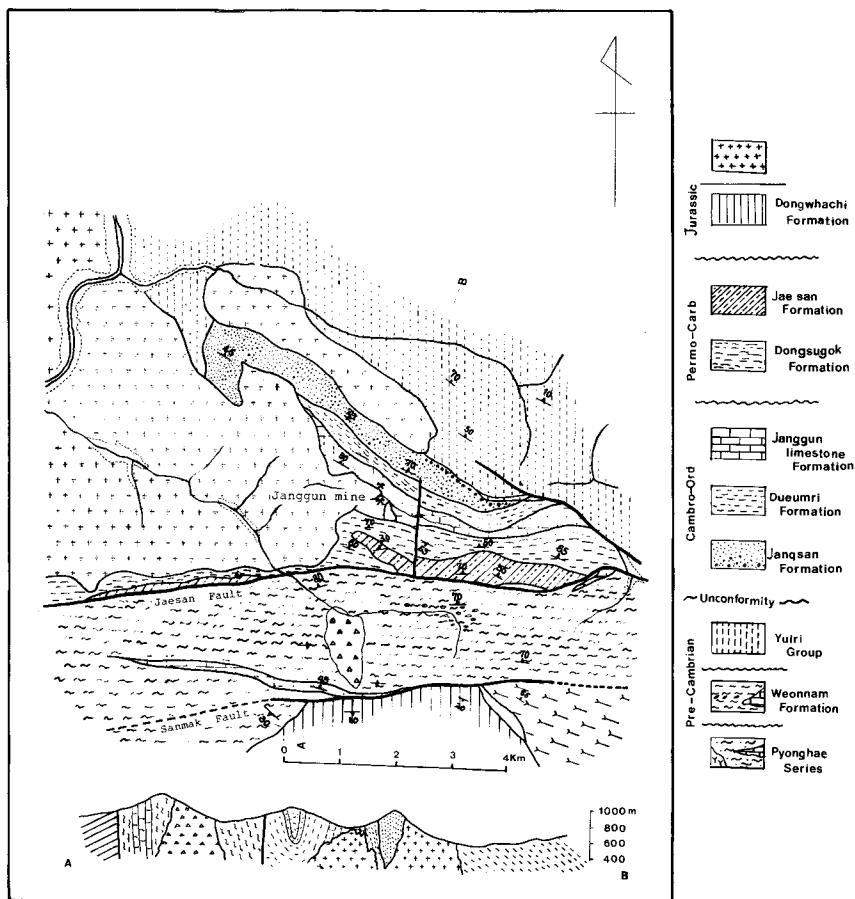


Fig. 1. Geologic map of the Janggun mine area.

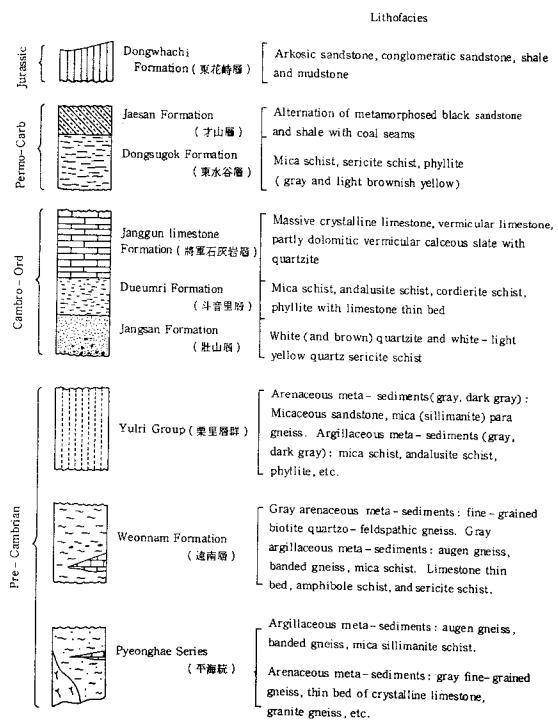


Fig. 2. Schematic columnar section of the Janggun mine area.

의一般走向, 傾斜은  $N30^{\circ} \sim 50^{\circ}W$ ,  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}NE$ 이고, 構成岩類는 泥質~砂質千枚岩과 結晶質石灰岩等으로 되어 있다. 壯山珪岩層은 白色, 淡黃色, 淡褐色의 白雲母를 含有한 堅固한 珪質岩으로 構成되어 있고, 곳에 따라서는 片理가 잘 發達되어 白雲母~石英片岩으로 되어 있다. 이 壯山珪岩層의 基底 가까이에는 綠色雲母를 含有하여 全體의 으로 綠色을 띠는 珪質岩이 發達한다. 筆者等의 研究에 의하면, 이 綠色雲母는 含바나디움 白雲母(polytype 2M1)로서 含바나디움 電氣石을 密接하게 隨伴하고 있음이 밝혀졌다 (Imai et al., 1980c). 斗音里層은 그 層面, 片理面( $S_1$ 面)의一般走向, 傾斜은  $N40^{\circ} \sim 80^{\circ}W$ ,  $45^{\circ} \sim 75^{\circ}NE$ 이다. 構成岩類는 細粒의 泥質片岩, 砂質片岩을 主로하고, 數條의 結晶質石灰岩의 薄層이 挾在된다. 將軍石灰岩層은 東西로 伸張된 帶狀分布를 나타내며, 東쪽으로 감에 따라 그 幅이 점점 줄어들어 栗里層과의 界境部에서는 斷層에 의해 切斷되고, 西쪽에서는 春陽花崗岩과 接한다. 本層의 層理面, 葉理面의走向, 傾斜은, 南鑛床地域에서는  $N70^{\circ}E \sim N70^{\circ}W$ ,  $80^{\circ} \sim 90^{\circ}NW \sim NE$ 이나, 北鑛床地域에서는  $N40^{\circ} \sim 60^{\circ}$

W,  $80^{\circ} \sim 90^{\circ}NE$ 이다. 本層의 岩質은 下部에서 上部로 감에 따라 變化가 심하여, 珪質石灰岩, 灰色, 白色石灰岩이나 褐色, 綠色의 半點을 含有한 石灰岩("Tiger limestone"), 塊狀緻密石灰岩, 蟲蝕狀石灰質泥岩뿐 아니라, 一部 繹狀을 나타내는 돌로마이트岩, 돌로마이트質石灰岩等 마그네슘이 豐富한 碳酸鹽岩으로 構成되어 있다. 鑛化帶附近의 本層의 一部는 热水性 幾간交代作用을 받고 있다. 東水谷層은 將軍石灰岩層을 平行不整合으로 被覆하고 있고, 南쪽에서는 才山斷層으로 遠南層과 接하고 있다. 本層의 層理, 片理面( $S_1$ 面)의 一般走向 傾斜은  $N60^{\circ}E \sim N45^{\circ}W$ ,  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}NW \sim NE$ 이다. 構成岩石類는 比較的 粗粒의 泥質片岩으로 되어 있다. 才山層은 東水谷層위에 整合으로 놓여 있고, 平安系의 寺洞統에 對比된다(金玉準外, 1962). 本層에는 2條의 含炭層이 挾在하나, 走向이 거의 EW의 軸을 갖는 軸面이 거의 垂直에 가까운 等斜向斜構造에 의해 하나의 炭層이 反復된 것으로 생각되어 진다. 本層의 構成岩類는 珪質~泥質岩起源의 變成岩으로서, 砂岩, 貨岩, 黑鉛-石英片岩, 白雲母-黑鉛-石英片岩, 十字石-白雲母-黑雲母-石英片岩等으로 되어 있다.

上記의 諸 變成堆積岩類를 後期에 貫入한 中生代 春陽花崗岩類가 本 鑛山西쪽에 넓게 發達하고 있다. 春陽花崗岩 Pluton을 構成하는 것으로는 粗粒~中粒의 複雲母花崗岩, 黑雲母花崗岩, 優白質白雲母花崗岩, 粗粒의 角閃石花崗岩等이다. 이 花崗岩類에 含有된 黑雲母의 K-Ar年代는 133Ma(金玉準, 1971)으로 報告된 바 있으나, 筆者等이 最近 測定한 春陽花崗岩中の 白雲母의 K-Ar年代는  $140 \pm 2$ Ma였다(今井等, 1981). 그外에 鹽基性安山岩質岩脈이 變成堆積岩類뿐 아니라 春陽花崗岩 中에도 多數 貫入하고 있어, 本地域에서 가장 後期의 岩石으로 생각된다.

## 地質構造

將軍 鑛山 地域의 地質을 構成하는 것은 先캄브리아時代로 부터 三疊期까지 堆積한 堆積岩類에서 由來된 變成岩類, 白堊紀 慶尚堆積盆地를 構成하는 東北峙層 및 中生代 侏羅紀에 貫入한 花崗岩類(春陽花崗岩)로 되어 있지만, 日月山을 中心으로하는 白堊紀 東花峙層 分布地域의 以北에는 東西方向의 構造가 優勢하다.

本 鑛床地域의 地質構造를 規制하는 構造線에는 두 가지가 있다. 그 하나는 東西를 달리는 才山斷層(아마도 急傾

斜逆斷層)과 그 南쪽에 거의 이것과 같은走向을 갖고 發達하는 山幕斷層은 推定斷層으로서, 그 露頭는 아직 觀察되지 않지만, 日月山을 향하는 國道 31호 線上에서는 南쪽의 白堊紀 東花峙層의 아르코스 砂岩, 砂岩, 貞岩 互層과 遠南層의 片麻岩類와를 境界짓고 있다. 또 하나의 才山斷層은 그 北쪽에 있는데, 片麻岩類를 주로하는 遠南層과 北部의 先 кам브리아 栗里層과 그 위에 被覆되는 카브리아紀에서 二疊期에 이르는 古生層과를 境界짓는 것이다.

以上의 두개의 重要構造線의 存在를 基準으로 本 地域의 地質構造를 1) 才山斷層 以北 地域, 2) 才山斷層과 山幕斷層 사이의 地域, 3) 山幕斷層 以南 地域으로 나누어 說明하고자 한다.

(1) 才山斷層 以北 地域은 將軍鑛床 地域을 包含하며, 北에서 南으로 向하여 先 카브리아 原生代 後期의 栗里層群과 그 위에 被覆되는 카브리아紀에서 二疊紀 才山層에 이르는 古生代의 分布 地域이다. 이 地域에는 地層의 層面 또는 片里面( $S_1$ 面)의走向은 거의 E-W 내지 NW-SE, 傾斜은 垂直이거나  $80^\circ\text{N} \sim 80^\circ\text{NE}$ 로서, 全般的으로 北쪽으로 急傾斜를 나타내고, 堆積構造等으로 보아 이 構造에 대해 層位는 逆轉되어 있음을 알 수 있다.

또 才山斷層에 가까운 才山層 分布地域의 거의 中央部를 가로 지르는 E-W 方向의 軸은 南北 急傾斜를 갖는 向斜構造(才山 向斜)가 認知된다. 即 才山斷層은 그 才山 向斜構造의 軸部에 가까운 南쪽에 發達한 것이다. 이 才山 向斜 軸部에 分布하는 才山層은 심하게 扰亂을 받아, 地層의走向, 傾斜가 심한 變化를 보인다.

(2) 才山斷層과 山幕斷層에 狹在된 幅 約 3km의 東西로 伸張된 帶狀地域을 構成하는 것은 遠南層의 片麻岩類를 主로하는 高度 變成岩類로서, 片麻構造의走向은  $N60^\circ\text{W-EW}$ ,  $70^\circ\text{-}80^\circ\text{NW-N}$ 을 나타내고 있다. 眼球狀 片麻岩에서 칼리 長石의 眼珠의 長軸은 거의 片麻構造와 平行하게 配列되어 있다.

(3) 山幕斷層의 南部 地域의 日月山을 향하는 國道 31號線을 따라서는, 山幕斷層은 백악기의 東花峙層과의 境界를 이루고, 그 以南에서는 백악기의 廣大한 慶尙 堆積 盆地가 分布된다. 이 國道를 따라 發達하는 東花峙層은 아르코스 砂岩, 砂岩, 貞岩 互層으로, 全體의 構造는 緩慢하여 地層의走向은  $N80^\circ\text{W-EW}$ , 傾斜은  $10^\circ \sim 20^\circ\text{SW-S}$ 를 나타내고 있다.

그러나, 이 地域의 東쪽, 西쪽에서는 先 카브리아紀의 가

장 오랜 岩層으로 遠南層 보다 下位에 該當하는 始生代 평해통의 高度 變成岩類를 부정합으로 被覆하고 있다. 즉 慶尙盆地는 全體의으로 南쪽으로 열리는 盆狀 構造를 나타내고 있다.

上記의 主 斷層 外에 다음과 같이 4가지의 附隨的인 斷層이나 裂隙이 發達된다. (1)走向이 N-S性~ $N20^\circ\text{W}$ , 傾斜는 垂直인 것 (2)走向이 E-W~ $N80^\circ\text{E}$ , 傾斜는 垂直인 것 (3)走向이  $N40^\circ \sim 50^\circ\text{E}$  傾斜는  $50^\circ \sim 60^\circ\text{NW}$ 인 것 (4)주향  $N30^\circ \sim 50^\circ\text{W}$  경사는  $60^\circ \sim 70^\circ\text{SW}$ 인 것. 上의 斷層이나 裂隙은 (4)를 除外하고는 大部分 0.5~2m幅의 安山岩脈이 貫入하고 있다. 이 安山岩脈은 本 地域에 分布하는 쥬라기 春陽花崗岩類를 包含하는 모든 岩類를 貫入하고 있는 점으로 보아 가장 後期에 生成된 것으로 判斷된다.

### 將軍鑛山의 鉛·亞鉛·銀 및 鐵鑛床

#### 鑛床概要

將軍鑛山의 鑛床은 망간 鑛床과 鉛·亞鉛·銀鑛床 및 鐵鑛床으로 나누어 진다(Fig.3). 망간鑛床은 初生, 炭酸망간鑛床과 이것이 淩成變質(酸化作用)에 의해 富化된 酸化망간鑛床으로 나누어 지나, 이들 망간광상에 대해서는 Kim, (1968a, b, 1970, 1974, 1975a, b, c, 1976, 1979)과 李大聲(1967), 黃仁典(1968)等에 의해 仔細히 報告되어 있으므로 鉛·亞鉛·銀鑛床과 鐵鑛床에 대하여만 既述하기로 한다. 將軍鑛床에서는 深成熱水性망간鑛化作用과 鉛·亞鉛·銀鑛床의 形成에 關與한 热水性金屬鑛化作用과의 關聯을 無視할 수가 없고, 一連의 鑛化作用으로 볼 수 밖에 없으므로 必要에 따라 热水性 망간鑛化作用을 母岩의 變質作用의 一環으로써 取及하고자 한다.

將軍鑛山 南鑛床 地域의 “망간角礫狀파이프” (“Manganese breccia pipe”)의 周邊部에는 小量이지만 黃化物, 黃鹽鑛物이 鑛染되어 있다는 事實은 오래전부터 알려져 왔고, 이들에 대한 仔細한 鑛物學的研究도 隨行되었다 (Kim, 1969; 金洙鎮, 1977). 1976年 試錐探鑛에 의해 南鑛床, A鑛體가 發見되어, 大切坑準(海拔 591m)의 南쪽 坑道에서 西쪽으로 採鑛坑道가 挖進되어 파이프狀 形態를 한 A鑛體의 水平斷面의 輪廓이 確認되었다(Fig.4). 이어서, 이 鑛體의 開發을 위해서 壓坑을 내려, 이보다 60m 下部에 下1番坑(海拔 533m)이 挖進되었고(Fig.5.6), 1980년까지 下2番坑(海拔 483m)(Fig.7), 下3番坑(海拔 443m)이 開設

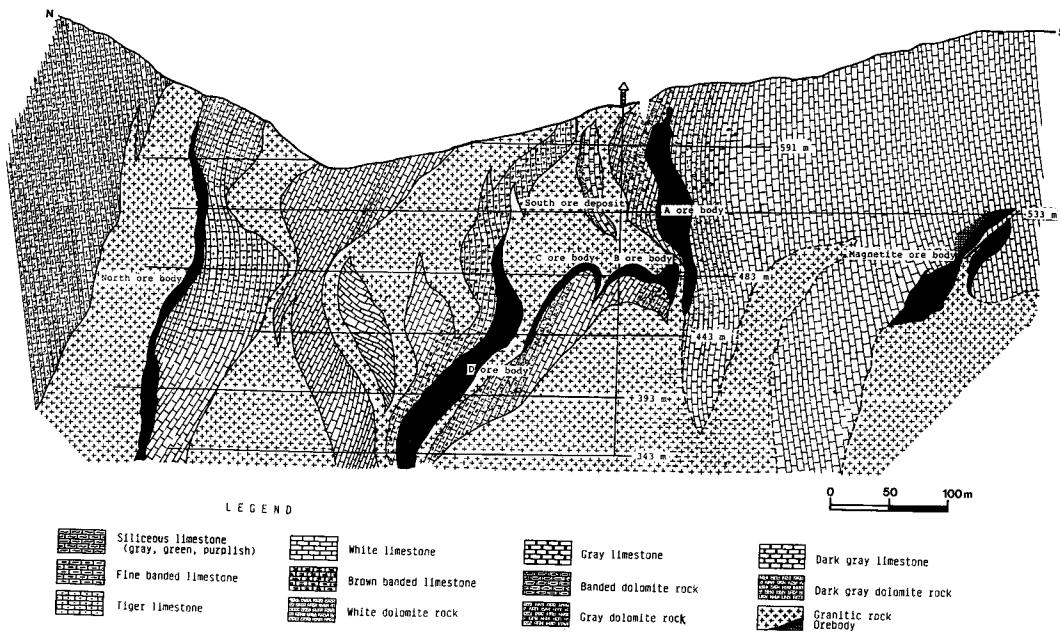


Fig. 3. Idealized N-S geological section of the Janggun mine.

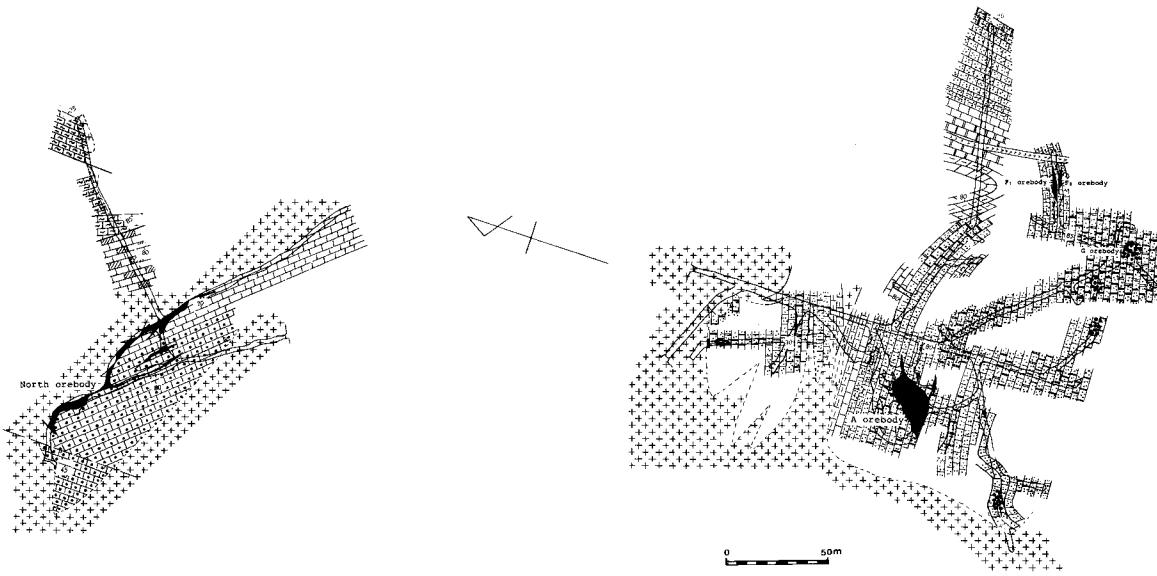


Fig. 4. Underground geological map in the main adit(591m) of the Janggun mine.

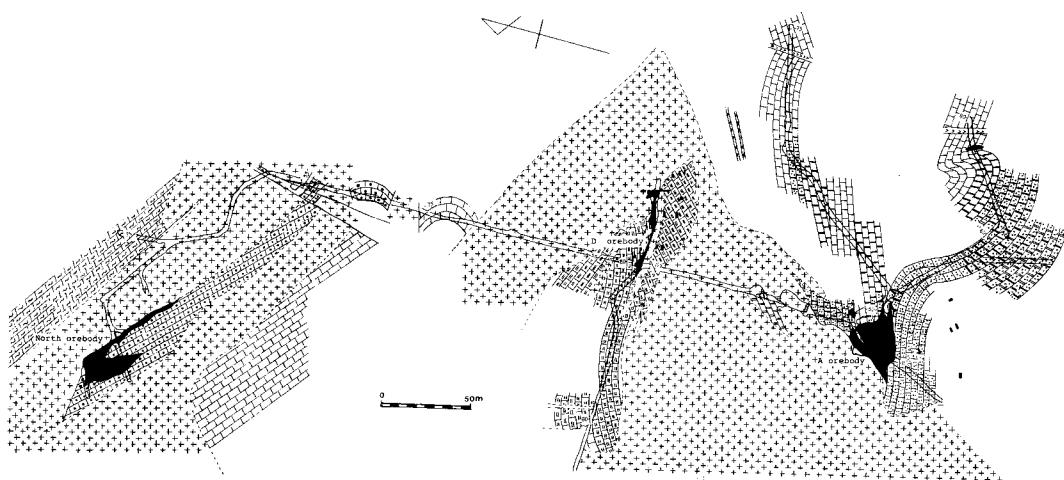


Fig. 5. Underground geological map in 533m level of the Janggun mine.

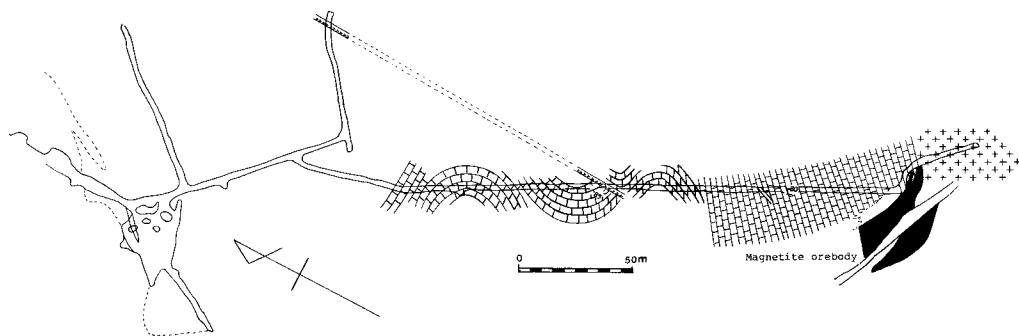


Fig. 6. Underground geological map in 533m level of the Janggun mine. (magnetite ore body).

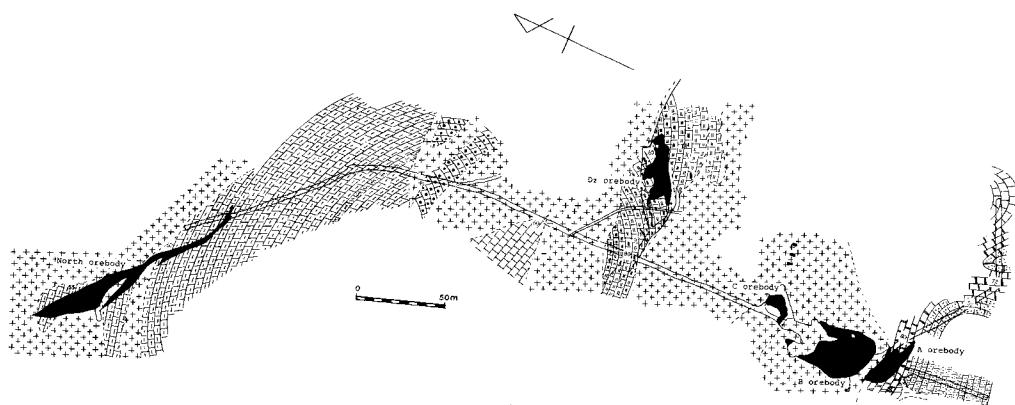


Fig. 7. Underground geological map in 483m level of the Janggun mine.

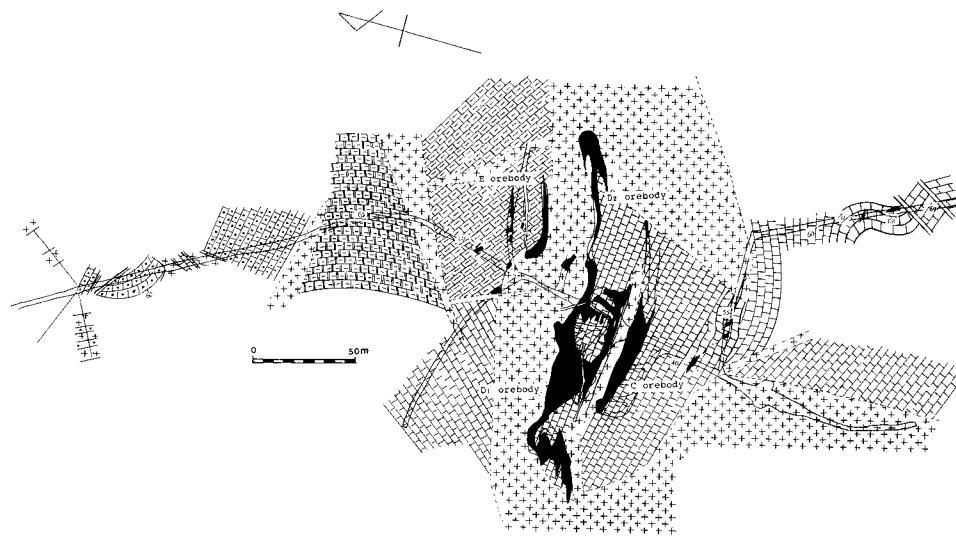


Fig. 8. Underground geological map in 443m level of the Janggun mine.

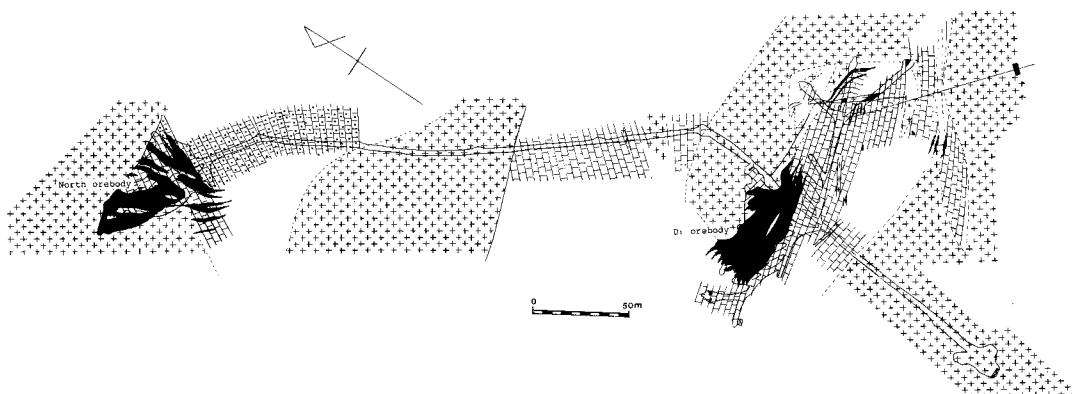


Fig. 9. Underground geological map in 393m level of the Janggun mine.

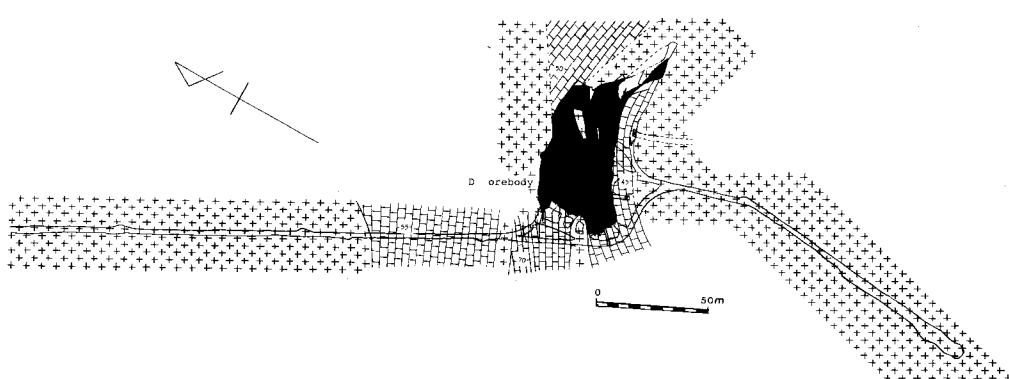


Fig. 10. Underground geological map in 343m level of the Janggun mine.

되어 (Fig.8), A礦體는 거의 採盡되었다. 한편, 北礦床의 輪廓도 標高 574.7m準 坑道의 掘進에 의해 明確하게 亂과 同時에 (Fig.4) 下1番坑準에서 北礦床의 下부까지 掘進되어 北礦床의 下部延長이 確認되었다. 그 後 繼續된 採礦掘進作業은 下4番坑(海拔 393m) (Fig.9), 下5番坑(海拔 343m) 이 南礦床에서 北礦床 下부까지 掘進되었으며 (Fig.10), 現재 下6番坑(海拔 293m)掘進을 위한 積坑作業이 進行되고 있다.

이와 같은 採礦掘進作業의 進展과 더불어 試錐探礦도 活發하게 進行되어 南礦床에서는 海水準面 以下까지 鉛·亞鉛·銀礦床의 賊存이 確認되어 있으며, 南礦床 A礦體에서 東南쪽 300여 m 地點에서 上當한 規模의 鐵礦體가 捕捉되어 下1番坑에서 採礦掘進과 坑內試錐에 의해 그 輪廓이 確認되었다 (Fig.6).

앞에서 提示한 礦床地質圖를 보아 알 수 있듯이, 將軍鉛·亞鉛·銀 및 鐵礦床은, 대국적으로 春陽花崗岩 東緣部의 將軍石灰岩層에 胚胎한 熱水性 交代礦床으로서, 礦床形成은 이 花崗岩 및 이로부터 派出된 岩脈의 貫入接觸面과 石灰岩層中에 發達한 小斷層, 裂隙에 의해 뚜렷한 規制를 받고 있으며, 礦床의 形態는 다양하여 파이프狀, 板狀, 不規則 塊狀의 形態를 갖고 있다. 또 이들 礦床周邊의 炭酸鹽岩(石灰岩, 돌로마이트岩, 돌로마이트質石灰岩, 대리암)은 顯著한 熱水性 交代作用을 받고 있고, 一部의 鉛·亞鉛·銀礦床은 炭酸鹽岩 礦床으로 바뀐다.

本 礦山의 坑內에는 몇개의 “角礫狀 pipe”나 “角礫狀岩脈”的 發達이 顯著하다. 世界의 热水性 交代礦床의 分布地域에는 이와 같은 “角礫狀岩體”나 “小角礫狀岩體” (“Pebble dyke”)의 存在가 때때로 報告되고 있다. 이와 같은 “角礫狀岩”的 成因에 대하여는 後에 言及하겠지만, 本礦山에서는 이와 같은 “角礫狀岩”은 때때로 炭酸 망간 礦化作用이나 鉛·亞鉛 礦化作用을 받고 있다. 南礦床地域에는 5개의 크고 작은 “含망간 角礫狀 Pipe”가 存在하는데, 이들은 모두가 “角礫狀 Pipe” 중에 注入된 热水溶液에 의한 炭酸 망간 礦化作用의 結果로 생각된다. 그리고 地表 가까이에 存在하는 酸化 망간 礦床은 이들 “망간 角礫狀 Pipe”나 망간이 豐富한 變質炭酸鹽岩이 淩成酸化作用을 받아 生成되었다는 事實은 疑心의 餘地가 없다.

### 礦床과 地質構造의 關係

將軍鉛·亞鉛·銀 및 鐵礦床은 앞에서 言及한 바와 같이 春陽花崗岩 周邊部의 構造에 規制되어 있지만, 그 形成된 場所는 將軍石灰岩層으로서 그 構造, 즉 內部에 發達하는 節理, 裂隙, 小斷層도 礦床形成에 주요한 役割을 하고 있다. 따라서, 여기서는 그 內容에 대하여 간단히 言及하고자 한다. 南礦床의 大切坑은 本 石灰岩層의 構造를 거의 直角으로 끊고 있고, 거기에는 그 上부層이 連續的으로 露出되고 있다. 전체적으로 그 走向, 傾斜은 E-W, 80°~90°N 으로 急傾斜하고 있으나, Fig.4에 나타난 바와 같이 그 水平斷面은 완만한 波狀褶曲을 나타내고 있다. 그리고, 下位(北側)에서 上位(南側)로 감에 따라 珪質石灰岩, 斑狀石灰岩 (“Tiger limestone”), 縞狀石灰岩, 白灰色石灰岩, 白色돌로 마이트 質石灰岩, 縞狀돌로마이트岩, 灰色돌로마이트岩, 白色돌로마이트岩 順으로 쌓여 있다. 즉, 將軍石灰岩層의 上位는 돌로마이트의 마그네슘이 豐富한 炭酸鹽岩이 優勢하다.

이에 대해, 將軍石灰岩層의 下位層이 發達하는 北礦床地域에서는, 그 構造가 南礦床의 그것과相當히 달라, N40°~70°W의 走向을 갖고 傾斜은 거의 垂直이다. 그 層狀, 岩相에 있어서도 南礦床地域의 그것과 달라, 돌로마이트岩이나 돌로마이트質石灰岩이 缺如되고 주로 石灰岩으로 되어 있다. 이 地域의 將軍石灰岩層의 下位層을 構成하는 것은,

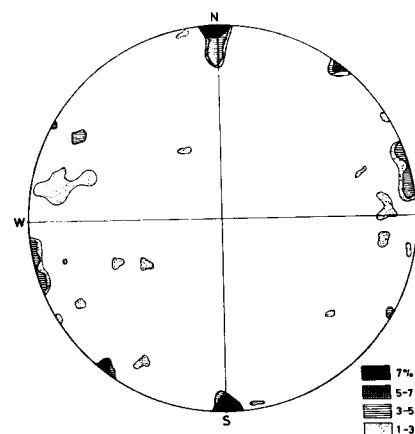


Fig. 11. Fissure pattern in carbonate rocks in the South mineralized area.

茶色의 Patch를 갖는 “斑狀石灰岩”(“Tiger limestone”), 黑色石灰岩 및 綠色, 紫色, 黑色을 갖는 繖密質石灰岩으로 되어 있다(Fig.4)

이들 炭酸鹽岩은 全面的으로 再結晶作用을 받아, 대리암으로 부를 수 있는 것으로서, 變成礦物로서는 뒤에 言及하는 마그네슘方解石, 金雲母등을 隨伴하고 있다. Fig.16.B에 提示된 縞狀構造를 갖는 石灰岩은 炭質物이 많은 層과 그렇지 않은 層과의 薄은 互層으로서, 層理 또는 Lamina를 나타내는 것으로 생각된다. 이들 變成炭酸鹽岩은 때때로 片狀構造를 나타내고, 層面과 거의一致하는  $S_1$ 面이 發達하며, 이것과 斜交하는  $S_2$ 面의 存在에 의해 이  $S_1$ 面上에 線構造가 認知되기도 한다.

南礦床의 大切坑 Level에서 本石灰岩層에 發達하는 裂隙의 Schmidt net에 의한 頻度分布圖는 Fig. 11과 같다. 여기서 보면, 거의 垂直에 가까운 E-W性 및 N-S性의 裂隙이 優勢함을 알 수 있다.

### 礦床形成의 地質構造規制

將軍礦山의 鉛·亞鉛·銀礦床은 將軍石灰岩層에 胚胎되는 典型적인 熱水性交代礦床으로서, 그 形成을 規制하는 地質構造의 要素는 石灰岩層中에 發達하는 裂隙과 春陽花崗岩 및 이로부터 派生된 岩脈의 不規則한 貫入 接觸面이다. 특히 貫入接觸面이 單調롭지 않고, 水平斷面, 垂直斷面에 대해 만곡된 部分이 礦床形成에 重要한 役割을 하는 境遇가 많다. 또 一部礦床은 春陽花崗岩中の 石灰岩捕獲岩과 小斷層과의 交差部가 礦化된 것도 있고, 또 “角礫狀部”가 礦化된 것도 있다. 따라서, 礦床의 構造規制도 礦床마다 上當히 다르기 때문에 각 礦床別로 記述하기로 한다(Fig.3).

### 南礦床地域 A礦體

이 礦體는 將軍礦山에서 가장 먼저 發見되어 이미 採礦이 完了된 礦體이다. 礦體는 Pipe狀形態를 취하고 있으며,大切坑準의 水平斷面에서는 長軸이 約25m에 達하고. 이坑準에서는 花崗岩과 直接 接하지는 않지만(Fig.4), 이보다 60m 下부의 下1番坑準에서는 花崗岩을 下盤으로 하여 좀더 擴大되어, 長軸은 30m를 넘는다(Fig.5). 그리고, 이 두坑準 사이에서는, 礦體의 Ore shoot 方向은 70°SSE이나, 그보다 50m下부의 下2番坑準에서는 花崗岩을 上盤으로 하여 礦體의 規制가 縮小되고, 그 長軸이 20m로 된다

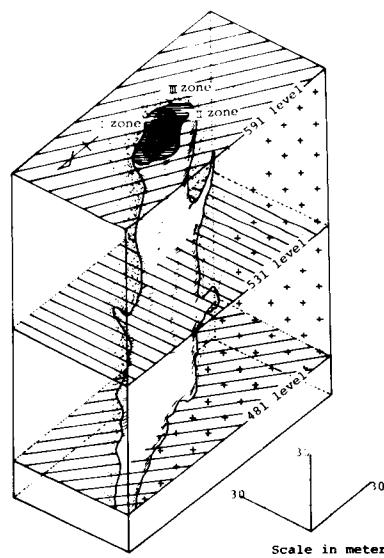


Fig. 12. Isometric drawing of the “A orebody (ore pipe)” in the South ore deposits.

(Fig.7). 이 下2番坑과 下3番坑 사이에서는 礦體의 Ore shoot 方向이 70°SSE에서 70°NNW로 逆轉되고 있다.

이 Pipe狀 礦體의 中心部와 周邊部는 礦石礦物의 共生關係가 서로 다르고, 또 礦體周邊部의 炭酸鹽岩은 顯著하게 熱水性 망간 富化作用을 받고 있어, 礦體를 둘러 싸 變質 Halo를 形成하고 있다. A礦體의 Block diagram은 Fig.12와 같다. 이 그림에 나타나듯이, 礦物帶의 帶狀分布가 明瞭하여, 中心部의 第 I 帶는 早期에 晶出하였다고 생각되는 磁硫鐵石, 黃鐵石, 硫砒鐵石을 主成分 礦物로 하여 閃亞鉛石·方鉛石·黃銅石을 隨伴하는 繖密鐵石으로 構成된다. 外側의 第 II 帶는 閃亞鉛石·黃銅石·方鉛石을 主成分 礦物로 하여 硫砒鐵石·黃鐵石·磁硫鐵石을 隨伴한 塊狀礦石으로 構成된다. 여기서 特記할 事項은 第 II 帶의 外側에는 黃錫石, 含銀四面銅石~Freibergite系 礦物, 車骨石, 보울란자라이트等 含錫 안티몬礦物이 方鉛石, 閃亞鉛石, 黃銅石과 密接하게 共存하고 있다는 점이다.

그러나, 이들 含錫 안티몬礦物은 이 “Ore pipe”的 下部로 감에 따라 점차 減少해 가는 傾向이 있어, 下2番坑準에서는 거의 發見되지 않는다. 또, 이 第 II 帶에는 晶洞構造가 잘 發達되고 있어, 그속에는 自形石英의 結晶, 보울란자라이트의 “Feather ore”, 때로는 鱗片狀의 單斜型 磁硫鐵石 및 葉片狀의 망간方解石 및 菱망간石을 隨伴하는 境遇가 있

다. 第Ⅲ帶는 “Ore pipe”的外側에 分布하는 热水性方鉛石富化作用에 의한 變質炭酸鹽岩帶로서, 菱方鉛石, 마그네슘 Kutnahorite 및 方解石等으로 된 基質에 硫化物, 硫鹽礦物이 散在해 있는 鑛染狀礦石를 形成하고 있다.

이 鑛染狀礦石에는 閃亞鉛石·方鉛石에 隨伴되어 黃錫石·車骨石·보울란저라이트 合銀四面銅石-Freibergite系礦物, 自形의 硫砒鐵石·黃鐵石-Alabandite等이 觀察된다. 또 大切坑準의 A礦體附近의 菱方鉛石 細脈(幅 10cm 內外)中에는 PbS-Ag<sub>2</sub>S-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>系 未決定礦物(李鉉具와 今井直哉, 1990)이 合銀四面銅石~Freibergite系礦物, 方鉛石, Boulangerite等과 함께 鑛鹽狀으로 散在되어 있다. 이 제Ⅲ帶도 A礦體의 上부에서는 鑛體周邊部에 넓게 分布(수m~십 수m)하고 있으나 下部로 갈에 따라 점차 減少되어 下2番坑準에서는 아주 좁게 (1m이내)縮小되어 있을 뿐만 아니라, 合錫, 안티몬礦物의 產出頻度도 顯著하게 低下되고 있다.

#### 南鑛床地域 B· 및 C·礦體

이 두 鑛體는 모두 花崗岩體中에 捕獲된 大形의 炭酸鹽岩의 捕獲岩上部을 交代하여 形成된 鑛體로서 Fig.7에서 보는 바와 같이 花崗岩體中の 小斷層, 裂隙과의 交叉部에 胚胎된다. 이들 鑛體는 下2番坑準에서 捕捉된 것으로 B礦體는 N30°W 方向으로 약간 伸張된 不規則塊狀으로 產出되고, 이 坑準에서 20m 上부까지 延長이 確認되며, 上부는 花崗岩이 帽岩(Cap rock)으로 이 鑛體를 被覆하고 있다. 下부로는 약 20m의 延長을 보이다가 消滅된다. 이 B礦體中에는 A礦體와 같이 多數의 晶洞이 發達하여 보울란저라이트의 깃털狀의 集合體(Feather ore), 片狀의 單斜型磁硫鐵石 및 葉片狀의 方解石과 더불어 多量의 自形石英의 結晶이 成長되어 있다. 이 B礦體도 中心部는 磁硫鐵石·黃鐵石·硫砒鐵石을 主成分으로 하고 方鉛石·閃亞鉛石·黃銅石등을 隨伴하는 細密塊狀礦石으로 構成되지만, 鑛體周邊部에는 方鉛石이 많아지는 傾向이 있고, 花崗岩과의 接觸部附近에는 幅이 1m에 달하는 方鉛石 濃集帶의 發達이 認知된다. 또, 이 鑛體의 東北쪽의 境界附近의 花崗岩中에는 幅約 1m의 菱方鉛石의 鑛染帶가 發達되고, 黃化物의 鑛染을 隨伴하고 있다.

C礦體는 B礦體의 北쪽에 位置하며, B礦體와 類似한 產狀을 보이는데, 이 鑛體周邊의 花崗岩은 粗粒의 巨晶質白雲母花崗岩으로 白雲母는 수cm에 달하는 大形結晶으로 構

成되어 있다. 이 鑛體中에는 A, B礦體에 비해 小規模의 晶洞이 發達하고 있어 깃털狀의 보울란저라이트, 葉片狀의 方解石, 菱方鉛石 및 少量의 石英結晶이 觀察된다. 產出되는 鑛石礦物로는 磁硫鐵石, 黃鐵石, 硫砒鐵石, 閃亞鉛石, 方解石등으로 된 細粒緻密狀礦石으로서, 合錫, 안티몬礦物은 稀貴하게 認知될 뿐이다. C礦體는 下3番坑準下 20여m에서 消滅된다.

上述한 B礦體 및 C礦體形成의 地質構造 要素로는 小斷層 및 裂隙이 重要한 役割을 하고 있고, 花崗岩이 帽岩(Cap rock)을 形成하고 있다. 鑛體周邊에 發達하고 있는 小斷層 및 裂隙系는 크게 3方向으로 나눌 수 있다. 즉, 走向 N10°E, 傾斜 80°W, 40°NE; EW, 70°~80°N으로서, 이들 裂隙中에는 菱方鉛石 및 硫化物로 된 細脈이 發達하고 있고, 때로는 보울란저라이트의 針狀~깃털狀集合體가 發達되고 있다.

#### 南鑛床地域 D·礦體

下1番坑準의 堪坑에서 北쪽 약 110m 位置에는 將軍石灰岩層中에 花崗岩, 炭酸鹽岩의 長徑이 最大 1m에 달하는 크고 작은 角礫~亞角礫으로 된 E-W方向의 “角礫狀岩脈”이 發達하고 있다(Fig.13). 그幅은 最大 2m로서, 延長은 10數m에 달하고 傾斜은 거의 垂直에 가깝다. D<sub>2</sub>礦體는 이 “角礫狀岩脈”的一部가 鑛化된 것으로서, 그 鑛化部의 스케치(天盤 및 東·西兩壁의 3面스케치)는 Fig.14와 같다. 이 그림에서 알 수 있듯이, 炭酸鹽岩이 優勢한 部分에서는 이것이 選擇的으로 交代되어, 角礫狀礦石를 形成하나, 花崗岩礫이 優勢한 部分에서는 鑛石은 그들의 幅이 좁은 間隙을 충진하여 網狀構造를 나타내고 있다.

이 “角礫狀岩脈”的 東쪽 延長部에는, 花崗岩의 岩脈(岩枝)이 E-W方向으로 貫入하고 있어, 이 貫入面을 上盤으로 하는 D<sub>2</sub>礦體가 發達하고 있다. 鑛體의 延長은 20m에 달하고 扁平한 形態를 이루지만, NS性裂隙과 貫入接觸面과

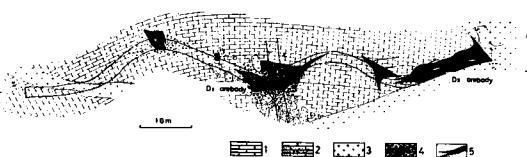


Fig. 13. Geologic plan view of D-orebody on 531m level.

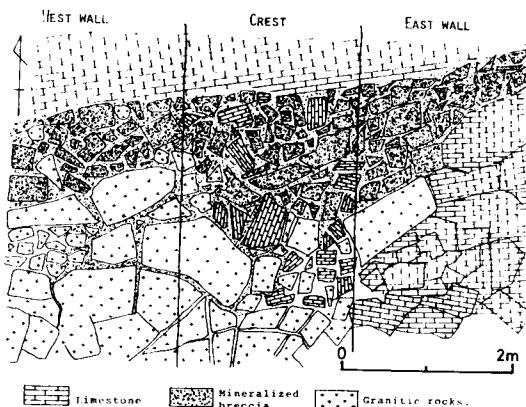


Fig. 14. Sketch of crest and adit-walls of mineralized breccia(D orebody) on 531m level.

의 交叉部에서는 鑛體가 顯著하게 肥大하고 있다. 이 D鑛體의 鑛石은 南鑛床地域의 다른 鑛床와 比較해 보면, 鑛物造成이 달라, 뚜렷한 對照를 보여, 黃鐵石, 閃亞鉛石, 方鉛石이 豐富하고, 약간의 硫砒鐵石, 黃銀石, 磁硫鐵石을 隨伴하고 있고, 含錫 안티몬 鑛物이 缺如되어 있다.

D<sub>1</sub>鑛體는 下2番坑準에서는 그 規模가 더욱 縮小되지만 下3番坑準에서는 顯著하게 肥大해져 短徑은 最大 25m, 長徑은 E-W方向으로 110m에 달하고 下4番坑準에서는 短徑은 下3番坑準과 거의 같은 規模이나, 長徑은 E-W方向으로 約 75m로 약간 縮小되며, 下5番坑準에서는 短徑이 35m, 長徑은 N25°E方向으로 約 85m의 延長을 보인다. 이 鑛體는 試錐코아에 의하면 下5番坑準下 約 500여m 深部까지 그 鑛體의 延長發達이 確認되고 있으나 鑛體의 規模는 점차 分枝되어 縮小된 듯 하며. 鑛石鑛物은 深部로 감에 따라 磁硫鐵石이 顯著하게 增加되고 있음이 認知되고 閃亞鉛石은 약간 減少하나, 方鉛石, 硫砒鐵石, 黃鐵石은 懸隔하게 減少해 가고 있다. 또 含錫, 안티몬 鑛物은 거의 觀察되지 않는다.

D<sub>2</sub>鑛體는 下2番坑準에서는 下1番坑準에서보다 약간 增大하여 短徑은 最大 10m, 長徑은 N30E 方向으로 約 35m로 伸張되어 있고, 下3番坑準에서는 短徑은 最大 10m, 長徑은 N20°E 方向으로 約 60m 延長되며, 下4番坑準에서는 約 5m×10m로 顯著하게 縮小를 보여 下5番坑準에서 消滅된다.

以上의 D鑛體는 B, C鑛體와 正反對로 下盤이 花崗岩으로 되어있고 上盤의 將軍炭酸鹽岩과의 界界部를 따라 交代되어 있다. 이 D鑛體는 南鑛山地域에서 下番鑛準 下部 採鑛의 主 對象이 되고 있다.

#### 南鑛床地域 E鑛體

下3番坑準 D<sub>2</sub>鑛體 北方 約 20여m~40여m 사이에 나타나는 鑛體로서 N20°E 方向으로 發達하는 裂隙을 따라 2~3m 幅을 갖고 30~40m의 延長을 갖는 2條의 鑛脈이 平行하게 胚胎되어 있다. 上下 延長은 30여m로서 下2番坑準과 下4番坑準에서는 觀察되지 않는다. 晶洞의 發達이 거의 없는 塊狀緻密한 鑛石으로 黃鐵石, 閃亞鉛石, 方鉛石을 主成分으로 產生되고 硫砒鐵石, 磁硫鐵石, 菱芒간石은 少量으로 產生되며, 含錫 안티몬 鑛物은 거의 觀察되지 않는다.

#### 南鑛床地域 F 및 G鑛體

이들 두 鑛體는 모두 南鑛床地域의 大切坑準 A鑛體에서 東南쪽으로 約 120m 地點에 胚胎되는 鑛體로서, “망간角礫狀파이프”의 周邊部에 發達하는 것으로서 그 一部가 鉛, 亞鉛, 金, 銀鑛化作用을 받고 있다.

F 鑛體는 Fig.15 과 같이大切坑準에서는 2개의 小鑛體(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>)로 되어 있고, 모두 E-W 方向으로 伸張된 脈狀을 취하고 있으며, 菱芒간石脈을 密接하게 隨伴하고 있다. 이 F鑛體의 下부는 下1番坑準에서 捕促되고 있는데, 그곳은 이 鑛體의 直下에 該當되어 鑛體는 거의 垂直으로 發達된다. 어느쪽도 E-W 性의 裂隙에 規制된 鑛體로서, 鑛體의 周邊의 編狀石灰岩은 热水性망간 交代作用을 받고 있어, 顯著하게 淡色化해 淡紅色을 띤 黃色—白色의 變質

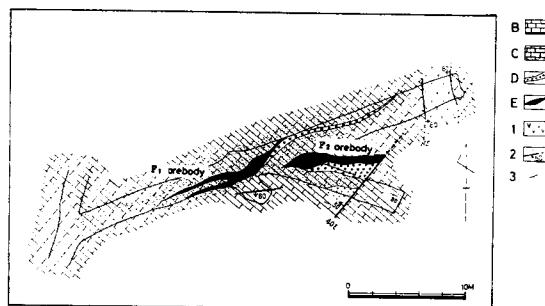


Fig. 15. Geologic plan view of the F orebodies. B ; Dolomite limestone, C ; altered carbonate rocks, E ; sulfide ore, 1 ; porphyryite vein, 2 ; fault showing dip, and 3 ; strike and dip.

炭酸鹽岩으로 되어 있고, 이 鎌體의 周邊은 變質 Halo를 形成하고 있다. 이 鎌體는 多量의 硫砒鐵石과 黃鐵石, 閃亞鉛石, 方鉛石으로 된 粗粒塊狀鎌石으로 構成되고, 豐富한 硫砒鐵石의 存在로 特徵지어진다. 이 鐵石에는 특히 金이 多量含有되어 어떤 部分에서는  $155\text{g/t}$  Au의 높은 分析值를 보이지만, 오랜동안의 顯微鏡 觀察과 EPMA에 의한 化學分析에서도 金粒子가 發見되지 않음은 自然金이나 예렉트럼등의 含金鎌物로 晶出되지 않고, 原子나 分子 크기로 다른 鎌物의 結晶構造內에 들어간 것으로 判斷되어 鎌物學的으로 매우 興味있는 現象이다.

F鎌體에서는 또하나의 注目되는 事實이 있다. 그것은 Fig.15의 東北側의 坑道에 거의 N-S性의 走向을 갖고 直立에 가까운 鹽基性安山岩(粉岩)의 岩脈이 露出되는데, 이 貫入面의 兩側을 따라 輕微하지만 鎌化의 痕跡이 엿보인다는 것이다. 만약, 將軍鎌山의 鉛·亞鉛·銀 鎌化作用과 여기서 認知되는 鎌化作用이 같은 時期의 것이라면, 이 鎌床의 主鎌化時期는 大賓花崗岩(春陽花崗岩)의 時代보다 훨씬 後期일 것으로 判斷된다.

G鎌體는 長徑 약 15m의 “방간角礫狀파이프”的 北쪽 緣邊部에 鉛·亞鉛·銀 鎌化作用이 重複된 것으로, 鎌化作用도 微弱하고 E-W方向으로 幅 1m, 延長 약 5m가 鎌化된 것에 不過하다. 이 坑準에서는, 鎌石이 대부분 硫砒鐵石의 自形結晶集合體로 이루어 지지만, 이보다 上部에서는 方鉛石·閃亞鉛石과 더불어 含錫·안티몬鎌物이 多量 隨伴된다.

### 北鎌床

北鎌床은 佳川溪谷의 北쪽에 賦存되고, 將軍石灰岩層의 下部에 속하는 石灰岩層이다. 이 鎌床地域은 春陽花崗岩의 東北端에 속하고, 이 鎌床도 花崗岩에 둘러 쌓여 NE-SW方向으로 伸張된 꽤 큰 規模의 石灰岩捕獲岩의 東北측이 花崗岩의 下盤에 따라 鎌化된 것이다. Fig.4에 나타난 바와같이 標高 475m準에서 坑道가 掘進되어 있어 鎌體의 水平斷面에서 鎌體의 形態가 確認되어 있다.

鎌床은 走向  $N50^{\circ}\sim70^{\circ}W$ , 傾斜  $70\sim80^{\circ}NE$ 의 花崗岩 貫入接觸面을 따라 下盤의 石灰岩이 交代되어 生成된 것으로서 大局的으로 보아 板狀의 形態를 취하고, 平面的으로 볼 때 鎌化의 延長은 약 100m에 달하고, 鎌脈의 幅은 1~3m 정도이지만 貫入接觸面의 弯曲部 및 N-W方向과 NW-SE方向의 石灰岩層中の 裂隙과의 交叉部에서는 鎌體가 顯著하게 肥大해 鎌化의 幅은 10m까지 擴大되어 發達한다. 또

이들 裂隙을 따라서도 微弱하지만 鎌化의 痕跡이 確認된다.

이 鎌床直下 約 40m의 下1番坑道에서는 Fig.7에 나타난 바와 같이 역시 花崗岩에 둘러 싸인 石灰岩層에 그 延長이 確認 되는데 走向은  $N50^{\circ}W$ , 傾斜는 거의 垂直으로 發達하며 鎌體의 延長은 約 50m에 달하고 그 幅은 5~8m로서 “ㄷ”字 模樣으로 胚胎되어 있다.

下2番坑準에서는 走向은 거의 같은  $N50^{\circ}W$ 이나 傾斜는  $70^{\circ}NE$ 로 發達하는 裂隙과 花崗岩의 貫入接觸面을 따라 延長을 보이는데 鎌體의 延長은 約 120여m에 달하고 그 幅은 5~10m에 이른다.

이 北鎌床의 深部 延長은 현재 下4番坑準에 까지 確認되어 있는데 그 下部로도 上當히 繼續될 것으로 推測된다. 下4番坑準에서는 花崗岩中에 V字 模樣으로 捕獲된 石灰岩을 交代하여 生成된 鎌體로서 長徑이 60여m 短徑이 30여m에 달하는 鎌體로 移化되어 있다.

以上의 北鎌床을 構成하는 鎌石鎌物은 南鎌床의 그것과는 上當한 對照를 보여 黃鐵石, 閃亞鉛石, 方鉛石이 主成分鎌物을 이루고, 少量의 硫砒鐵石, 磁硫鐵石, 黃洞石을 隨伴하는 塊狀鐵石으로 構成된다. 이들 鐵石中에는 閃亞鉛石과 熔離組織을 보이는黃錫石이 稀貴하게 觀察되지만 含안티몬鎌物은 거의 觀察 되지 않고, 菱芒尖石도 南鎌床에 비해 매우 적은 量으로 產出될 뿐이다.

### 南鎌床地域의 磁鐵石鎌床

將軍鎌山 南쪽 山 頂의 才山層내에서는 過去부터 鐵망간鎌床의 賦存이 알려져 왔으며, 露頭一部에서는 Trench에 의해 小規模의 鎌體가 確認되었고, 將軍石灰岩과 東水谷片岩層境界附近에서도 鐵鎌化帶가 小規模로 露出되어 鐵鎌床의 賦存이豫見되어 왔던 것을 1985년試錐에 의해 下1番坑準에서 下3番坑準에 이르는 꽤 큰 規模의 磁鐵石鎌床의 賦存이 確認되었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 下1番坑에서 鐵鎌體가 捕捉되었고 坑內 水平試錐에 依해 鐵鎌體의 形態와 規模가 밝혀졌다. 鐵鎌體는 鉛·亞鉛·銀鎌體와 같이 石灰岩中에 貫入한 春陽花崗岩의 貫入接觸面에 規制되어 走向  $N70^{\circ}W$ 方向과  $50^{\circ}NE$ 의 傾斜를 갖는 平行한 2개의 鎌體가 確認되어 있으며, 모두 レンズ狀의 形態를 취하고 있다. 이들 鎌體내에는 後期의 酸性 岩脈類가 이를 다시 貫入하고 있는 것을 볼 때 이 鎌體들은 鉛·亞鉛·銀床生成보다 前期에 生成된 것으로 推測된다.

이 鑛體를 構成하는 鑛石礦物은 上부에서는 磁硫鐵石이 豐富하고 下部로 감에 따라 磁鐵石이 豐富해지는데, 部分으로는 磁鐵石과 磁硫鐵石이 互層을 이루며 小褶曲構造를 이루고 있다. 磁鐵石은 本鑛體 上부와 下부에서 서로 다른 產狀을 보이는데 上부에서는 半自形을 이루며 細密塊狀礦石으로 磁硫鐵石과 密接하게 隨伴되어 나타나고 있으며, 下부에서는 Cataclastic deformation을 받아 많은 Fracture가 發達되어 있고, 이곳을 磁硫鐵石과 黃鐵石이 充填하고 있다. 또한 細密塊狀礦石中에는 後記에 磁硫鐵石을 隨伴한 方解石脈이 충진하고 있는 境遇가 있다. 한편 磁硫鐵石과 方解石內에는 鉛·亞鉛·銀 鑛床에서는 發見되지 않은 自然蒼鉛이 晶出되고 있는 곳이 있다.

### 鑛化作用과 母岩의 變質

#### 鑛化作用

本 鑛山의 鑛化作用은 金·銀·銅·鉛·亞鉛·안티몬·砒素·망간·비스므스·鐵等의 多金屬鑛化作用의 產物로 되어있다. 따라서 鑛石은 多種 多樣한 金屬礦物을 含有하고 있으며, 그 代表의인 鑛種에 따라 鉛·亞鉛·銀鑛床·鐵鑛床 및 望간鑛床으로 나눌 수 있다.

本鑛山의 鉛·亞鉛·銀 鑛床은 앞에서 言及한 바와 같이大小 8개의 鑛體가 胚胎되고 있다. 主成分 鑛物로는 黃鐵石·磁硫鐵石·硫砒鐵石·閃亞鉛石·方鉛石 및 黃銅石과 副成分 鑛物로는 黃錫石·보울란자라이트·車骨石·含銀四面銅石·알라반다이트·濃紅銀石·白鐵石·큐바나이트· $PbS \cdot Ag_2S \cdot Sb_2S_3$ 系 未決定鑛物 등으로 構成되어 있다.

이상의 金屬鑛物들은 그 種類와 量比가 鑛體별로 相異할 뿐만 아니라 鑛體의 深度帶에 따라 漸移의 變하며, 또 單一鑛體에서도 中心部에서 周邊部로 감에 따라 帶狀分布를 보이고 있다. 그 代表의인 예를 들면, 南鑛床地域의 A·B·C·D·E鑛體에 比較해 北鑛床을 構成하는 金屬鑛物들은 硫砒鐵石·磁硫鐵石·黃錫石 및 含銀四面銅石의 顯著한 減少와 黃鐵石의 增加를 보이며, 보울란자라이트·車骨石·농홍은석·규반라이트·알라반라이트·백질석 및  $PbS \cdot Ag_2S \cdot Sb_2S_3$ 系 未決定鑛物 등은 그 產出이 지금까지 確認되지 않는다는 점이다.

深度帶에 따른 變化는 海拔 약 630m 地點의 望간 角礫狀 파이프 周邊 露頭에서 부터 下 5番坑(海拔 434m)까지의 坑內外에서 採取한 試料와 海水準面下 약 150m까지의

試錐코아에 대한 檢討 結果 다음과 같은 特徵이 있음을 確認할 수 있었다. (1) 磁硫鐵石의 顯著한 增加, (2) 硫砒鐵石·方鉛石의 減少, (3) 含錫·안티몬 鑛物의 漸移의 인減少.

單一鑛體 内에서의 變化는 南鑛床 A鑛體가 가장 뚜렷하게 鑛體 中心部에서 周邊部로 향해 3帶로 나눌 수 있는데 (Fig. 12). 中心部의 第Ⅰ 帶는 磁硫鐵石·黃鐵石·硫砒鐵石·閃亞鉛石·方鉛石 등으로 된 塊狀·細密塊狀으로 構成되지만, 그 外側의 第Ⅱ帶는 閃亞鉛石·方鉛石·硫砒鐵石과 더불어 含錫·안티몬 鑛物로 된 粗粒質의 鑛物로 構成되며, 가장 外側의 第Ⅲ 帶는 주로 농망간석으로 構成되지만, 여기에는 含錫·안티몬 鑛物의 鑛染이 顯著하다.

磁鐵石 鑛化作用은 鉛·亞鉛·銀 鑛化作用에 앞서 일어난 것으로 生覺되며 構成礦物은 磁鐵石·磁硫鐵石·黃鐵石이 主成分 鑛物을 이루며 方鉛石·閃亞鉛石·黃銅石이 少量으로 產出되고 磁硫鐵石과 密接하게 공生하는 微量의 自然蒼鉛이 晶出된다.

#### 鑛床 母岩의 變質

將軍鑛山의 初生 望간 鑛床 및 鉛·亞鉛·銀 鑛床의 特徵은 後者의 多金屬鑛化作用과 顯著한 鑛床母岩의 热水變質作用이다. 즉, 複雜한 多金屬鑛化作用에 앞서 主要한 鑛床母岩인 將軍石灰岩層을 構成하는 炭酸鹽岩에 미친 热水性 望간 交代作用 및 热水性 돌로마이트化作用에 의한 望간, 마그네슘 침가이다. 言及한 바와 같이, 本 鑛床의 热水性 돌로마이트는 그것이 存在한다고 해도 副次의인 것으로 오히려 热水性 含망간炭酸鹽岩이 變質炭酸鹽岩의主流를 이루고 있다. 以外에 热水變質作用으로는 火成岩類의 粘土化("견운모화作用": 스멕타이트化作用, 녹나석화作用等)硅化作用이 優勢하고, 多金屬鑛化作用의 末期에는 농홍색의 농망간석에 의한 炭酸鹽化作用이 認知된다. 또 將軍石灰岩層을 貫入한 規則型 混合層 粘土鑛物을 包含한 粘土脈의 發達이 觀察된다.

本 鑛床의 鉛·亞鉛·銀 鑛床周邊의 將軍石灰岩層의 炭酸鹽岩類(돌로마이트岩, 돌로마이트質石灰岩, 灰岩—대리암)은 廣範圍하게 热水性 望간, 마그네슘 交代(附加)作用을 받고 있어 變質 Halo를 形成하고 있다. 热水性 돌로마이트에 대하여는 黃仁典(1968)이 指摘한 바와 같이 넓은 領域에 걸쳐 分布하고 있는지는 確實하지 않지만, 鑛體에서 不變質 炭酸鹽에 이르는 사이에 狹小하지만 돌로마이트

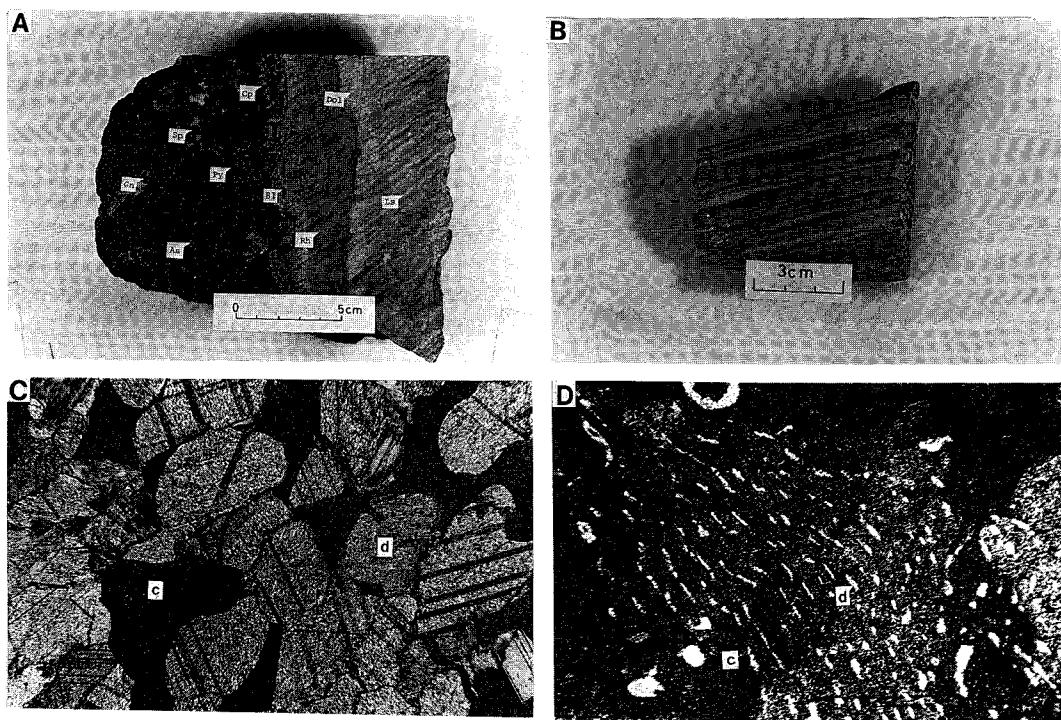


Fig. 16. A) Photograph of the polished surface of altered carbonate rocks adjacent to lead-zinc-silver ore. B) Photograph of the polished surface of fine banded limestone. C) White marble-like dolomite rock. Plarizer only. The rock consist almost entirely of equigranular dolomite, showing "granoblastic" structure. The dolomite grains(d) have somewhat rounded form. The development of cleavage traces and lamellar twining in dolomite is prominent. D) Rods and blebs of fine grained dolomite in calcite. This dolomite has probably been exsolved from magnesian calcite. Abbreviation, Ls ; dolomitic limestone, Dol ; dolomite, Rh ; rhodochrosite, Bl ; boulangerite, Cp ; chalcopyrite, Py ; pyrite, Sp ; sphalerite, As ; arsenopyrite, Gn ; galena.

化帶가 原岩層을 明瞭하게 끊고 發達하는 것은 매우 重要 한 事實이다. 따라서, 먼저 热水性 變質作用을 받지 않는 (또는 無視할 수 있는) 原岩層(礦床形成 以前의 變成碳酸 鹽岩層을 指稱)에서 부터 살펴보기로 한다.

#### 將軍石灰岩層의 原岩層

캄브리아기에서 오도비스기에 걸쳐 堆積된 將軍石灰岩層은 다른 古生代 泥質~砂質岩이나 Ortho quartzite와 더불어 “大寶 變動”에 의한 廣域 變成作用 및 春陽花崗岩 貫入에 의한 热 變成作用을 받고 있어, 이 石灰岩層은 分明히 變成碳酸鹽岩이다. 將軍石灰岩層은 朝鮮系 大石灰岩層과 같

이, 下部의 石灰岩層과 上부의 돌로마이트質岩層으로 나누어지는 데, 그後 鑛床形成에 隨伴되어 热水變質作用을 받지 않는 것은 再結晶을 나타내는 Granoblastic texture가 特徵的이고(Fig.16-C), 方解石 대리암, 돌로마이트 대리암, 돌로마이트 質 대리암의 特有한 組織을 갖고 있다. 變成礦物로서는 再結晶 方解石(마그네슘 方解石을 包含), 돌로마이트, 石英外에 금운모, 흑운모 等이 있다.

炭酸鹽岩의 主要 構成礦物인 方解石과 돌로마이트岩의 肉眼, 顯微鏡下에서의 識別法은 지금까지 여러 가지 方法이 提案되어 있지만, 本 研究에서는 岩石 시료에 대하여 Arizarin red S에 의한 染色法 (Friedman, 1959), 박편 觀

察에는 硝酸銀-크롬酸溶液에 의한 染色法(Winchell, 1931) 및 연마면 觀察에는 稀醋酸溶液에 의한 腐蝕法(Van der Veen, 1965)을 利用했다. 變成 돌로마이트質 대리암에는, 方解石中에 微小한 돌로마이트 粒子가 存在하는 것이 一般的의(Fig. 16-D), 이것은 高溫에서 均質했던 마그네슘 方解石에서 離溶生成物로 晶出한 것으로, 이와 같은 方解石은 마그네슘을 上當量 고용했던 마그네슘 方解石이었음을 나타내고 있다(예 : Van der Veen, 1965; Carpenter, 1967; 今井直哉 등, 1977; Imai et al., 1980a).

또 돌로마이트 方解石의 微細한 연정조직의 觀察에는 稀醋酸에 의한 腐蝕시험이 유효하므로 (Van der Veen, 1965) 이와 같은 方法을 利用해 많은 碳酸鹽岩에 대하여

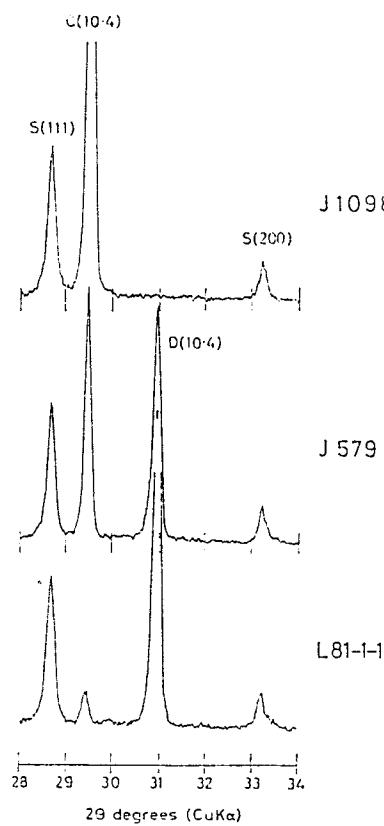


Fig. 17. X-ray diffraction patterns for calcite and dolomite mixed with  $\text{CdF}_2$  as an internal standard.

染色法과 더불어 연마면에 腐蝕法을 適用했던 바, 大切坑 및 下1番坑準의 돌로마이트質 대리암(Dolomite marble)에서 돌로마이트-方解石의 微細한 연정조직을 觀察할 수 있었다. 이상의 諸事實은, 將軍石灰岩中の “돌로마이트質 대리암”중에 마그네슘 方解石의 存在를 示唆하는 것이다. 따라서 이와 같은 岩石 시료에 대해서  $\text{CdF}_2$ 를 內部標準으로 하는 X선 回折分析法에 의해 方解石中の  $\text{MgCO}_3$  含有量을 測定했다(Fig.17). 즉 方解石의  $|10\cdot4|$  회절선을  $\text{CdF}_2$ 의  $(100)$  회절선 및  $(111)$  회절선에 內挿해,  $\Delta 2\theta = 2\theta_c |10\cdot4| - 2\theta_s |(111)|$  的 角距離를 測定하고, 그로부터 Harker and Tuttle(1955)가 作成한 圖表를 根據로 今井直哉(1960b)가 제시한 式을 이용하여  $\text{MgCO}_3$  含有量을 구했다. 이 경우 Mn이나 Fe의 고용이 Mg의 고용과 같은 結果를 招來 하므로 재차 이들 方解石에 대해서는 EPMA에 의한 定量分析을 實施하여 Fe, Mn의 함량이 거의 無視 할 수 있는가를 確認했다. 그 결과 “돌로마이트質 대리암”중의 方解石은  $\text{MgCO}_3$ 를 3-4mole %含有한 마그네슘 方解石이 存在함을 確認했다.

$\text{CaO-MgO-CO}_2$  系  $\text{CaCO}_3-\text{MgCO}_3$  Binary join solvus 曲線의 左側의 “Limb”을 나타내는 근사식은 Goldsmith and Newton(1969)에 의해 作成되어있지만 本研究에서는 그들의 Solvus data를 基礎로해서 더욱 精密化한 아래의 小笠原義秀등(1978)의 式 I과  $T < 400^\circ\text{C}$  領域에서는 小澤被次(1980)의 式 II를 利用해 Solvus 温度를 구했다.

$$\log(X_{\text{MgCO}_3}) = -2.746 + 3.308 \times 10^3 T - 1.068 \times 10^6 T^2 \quad (I)$$

$$(T = 400^\circ \sim 100^\circ\text{C})$$

$$\text{MgCO}_3 \text{ mole\%} = 2.1861 \times 1861 \times 10^5 T^2 (\text{C}) + 7.2042 \times 10^4 T \quad (II)$$

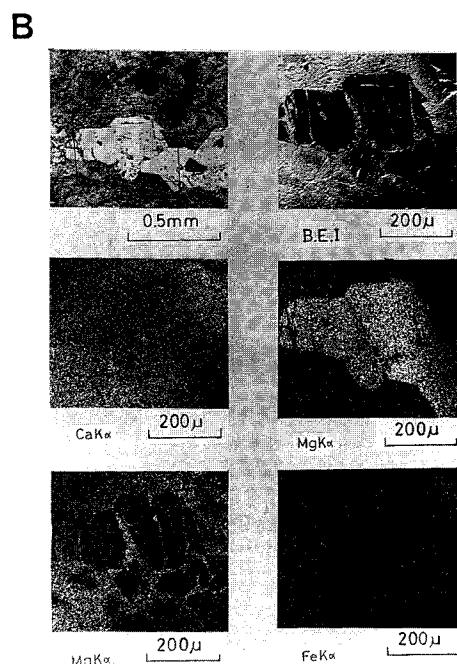
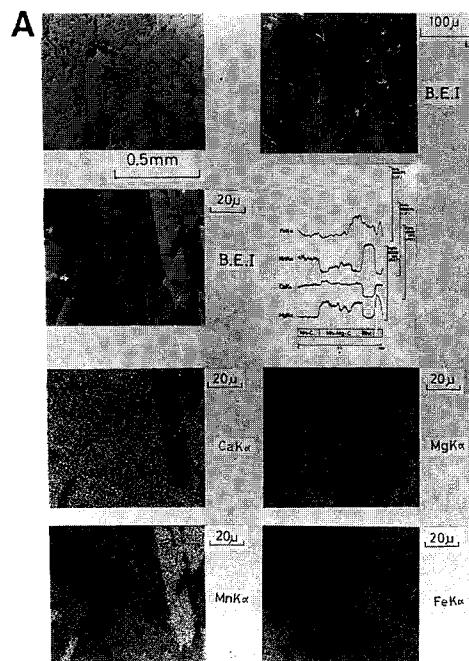
$$(T < 400^\circ\text{C})$$

여기서  $X_{\text{MgCO}_3}$ 는 方解石 상에서  $\text{MgCO}_3$ 의 Mole分率를 나타낸다. 이식에서 구한 Solvus 温度는 最高值가  $520^\circ\text{C}$ 이다(Table.1). 이와 같은 事實은 將軍石灰岩層의 變成溫度가 적어도  $520^\circ\text{C}$ 以上이었음을 나타내고 있고, 變成溫度에서 推定해보면 變成相은 각섬석상에 屬하고 泥質 變成岩類의 研究結果와 잘 조화 된다.

熱水性 망간(마그네슘)交代作用의 產物로서의  
變質碳酸鹽岩

**Table 1.**  $MgCO_3$  mole percent in magnesian and the corresponding solvus temperature.

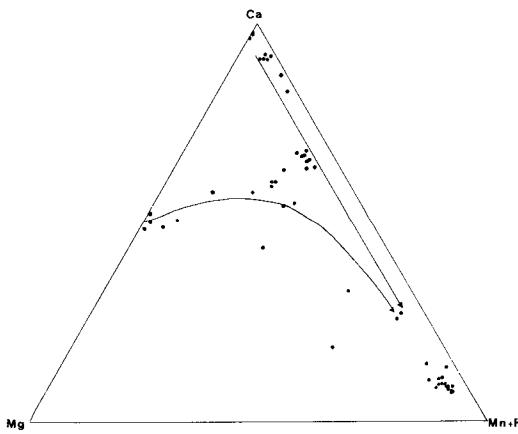
Sample No.	$\Delta 2\theta$	$MgCO_3$ (mole%)	Temp(°C)
J106	0.799	2.89	420
J108	0.775	2.01	370
J139	0.765	1.66	350
J142	0.769	1.78	360
J167	0.777	2.08	380
J171	0.788	2.49	400
J190	0.841	4.39	500
J307	0.825	3.82	470
J407	0.778	2.12	379
J432	0.789	2.52	402
J460	0.774	1.97	371
J508	0.801	2.97	430
J519	0.786	2.41	400
J533	0.801	2.95	425
J579	0.791	2.59	406
J631	0.779	2.215	381
J1092	0.808	3.21	438
J1098	0.841	4.40	495
J1100	0.823	3.75	465
J1157	0.820	3.64	459



南鑛床地域의大切坑에서는 含 망간 變質炭酸鹽岩이 A鑛體를 둘러싸고 넓게 分布되며, 몇개의 層準에도 배태되는데 이것을 東쪽으로 追跡해보면 어느것도 地層의 走向方向으로 連續되지 않는다. 만약, 이 炭酸망간 鑛床이 Kim (1975 C, 1976, 1979)이 생각했던 것과 같은 堆積性鑛床이 아니고, 多金屬 鑛化作用以前의 热水性망간(마그네슘)交代作用의 產物로서, 이것이 鉛·亞鉛·銀 鑛床을 둘러싸던가 아니면 獨立的으로 分布하는 變質帶라면, 이들 變質炭酸鹽岩의 原岩으로서 적어도 石灰岩, 돌로마이트質 石灰岩(대리암)을 假定하지 않을 수 없다. 따라서 각각의 構成礦物(方解石, 돌로마이트)이 導入된 含 망간 热水溶液과 反應해 어떤 變質過程을 거치는가를 밝히지 않으면 안된다.

炭酸 망간 鑛床의 成因에 대하여 後生說을 支持하는 境遇에는 이 說의 命題는 어떻게 해서라도 解決되지 않으면 안되겠지만, 이점에 대해서는 아직 研究가 不充分하다. 그러나 筆者들은 지금까지의 研究結果에서 이들 두 鑛物의 變質過程을 다음과 같이 생각하고 있다. 즉, 方解石 또는 마그네슘 方解石은 方解石型 構造(空間群 R3)를維持하면서 먼저 마그네슘의 망간에 의한 置換이 시작되고, 이어서 칼슘의 망간에 의한 置換이 進行되어 결국 능망간석의 單成分을 向해 組成의 變化가 進行되었다고 생각된다. 또, 가장

**Fig. 18.** Photographs, back scattered electro image and the corresponding characteristic X-ray images of altered carbonate rock.



**Fig. 19.** Triangle diagram of the system  $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3\text{-(Mn+Fe)CO}_3$ , showing the trends of manganese enrichment from carbonate of dolomite-type structure and that of calcite-type structure. Final product represents rhodochrosite. The plots of composition for carbonates expressed atomic percent.

早期에 方解石에서 形成된 热水性 돌로마이트(공간군  $R\bar{3}c$ )는 망간의 침가와 더불어 결국 쿠트나호라이트 單成分을 向해 組成이 變해가지만, 나아가 망간의 침가와 더불어 方解石구조로 轉移하고, 결국 그 組成은 능망간석의 單成分을 向해 變해갔다고 생각한다. 이에 대해서 “初生 돌로마이트”(热水性 돌로마이트에 대해 使用한 用語로서, 여기서는 變成 炭酸鹽岩中の 돌로마이트를 稱함)는, 그 初期에는 마그네슘의 망간에 의한 망간돌로마이트(Mangnesian dolomite)에서 마그네슘 쿠트나호라이트(Manganoan kutnahorite)로 變化했지만, 망간의 침가가 進行됨에 따라 方解石型 構造로 轉移 되어, 칼슘 菱망간석으로 되고 菱망간석의 單成分을 向해 組成이 變해갔을 것으로 생각한다(Fig. 19). 즉, 이와같은 热水性 망간 交代作用의 化學的 過程은 누진적인 망간의 침가, 初期의 마그네슘의 용탈 및 後期의 칼슘의 용탈에 의해 特徵 지워진다고 생각한다. 이와 같은 論理를 妥지하는것으로 다음 두가지의 研究結果를 記述한다.

#### 鉛·亞鉛·銀 鑛床의 周邊部에 나타나는 變質炭酸鹽岩의 帶狀分布

南鑛床의 파이프狀 A鑛體의 周邊部에는 热水性돌로마이

트化作用, 热水性 망간 交代作用에 의한 變質帶가 돌로마이트質石灰岩(돌로마이트質 대리암)中에 넓게 發達되는데, 이 鑛體의 南쪽에는 이것이 幅이 좁은 範圍에 集約된, 하나의 大形시료(J7608138)에 대하여, 主로 EPMA를 使用하여 仔細한 檢討를 한 結果를 여기에 소개하고자 한다. 이 연마면의 寫眞은 Fig.16-A와 같다. 肉眼的으로 鑛石의 外側에 몇개의 帶가 구별되는데 Arizarin red S 溶液으로 染色하면, 外側의 輕微한 망간 부화 作用을 받은 돌로마이트質石灰岩帶(I帶)에서 鑛石層을 向해, 热水性 돌로마이트化 作用의 痕跡이 보이는 II帶, 热水性 돌로마이트化에 의해 方解石을 缺如한 III帶, 능망간석을 主로하는 IV帶 및 菱화鑛物로 되는 V帶(鑛石帶)로 나눌수가 있다.

가장 바깥쪽의 弱變質을 받은 I帶는 Fig.16-A에 나타난 바와 같이 아마도 層理를 나타낸것으로 보이는 紹狀構造를 나타내고 이 構構는 上記의 帶狀構造를 斜交하고 있다. 이 岩石은 돌로마이트質 대리岩으로서 鏡下에서는 等粒狀의 方解石, 돌로마이트로 된 典型의 Granoblastic 組織을 나타내고, 變質의 痕跡은 보이지 않지만, EPMA에 의한 Mnka의 特性 X線 像을 보면, Fig.18-B에 보이는 바와 같이 돌로마이트 粒子의 周邊에 망간의 침가가 일어나고 있어 热水性 망간 交代作用의 影響을 받고 있다. II帶는 더욱 망간의 침가가 進行된 곳으로, 돌로마이트 粒子의 周邊部나 壊開面에 따라 망간 및 鐵( $Mn < Fe$ )이 濃集되고, 舍 망간 돌로마이트의 反應Rim이 認知된다. 또 方解石 粒子도 망간이 높은 部分과 마그네슘이 높은 部分으로 된 組成의 不均質성이 認知되어, 特性 X線 像을 보면 마그네슘과 망간과의 濃度가 逆의 相關을 나타내는 것이 있다(Fig.18-A). III帶는 热水性 돌로마이트化를 받은 部分에 더욱 망간의 침가가 進行된것으로 생각되며, 大部分 돌로마이트로 構成되지만, 극히 少量의 方解石의 存在가 認知된다. 돌로마이트는 망간의 침가에 의해 망간 돌로마이트-마그네슘 쿠크나호라이트로 變해 가고, 方解石 粒子에는 累帶構造의 發達이 뚜렷하여, EPMA의 정성分析에 의하면 망간은 칼슘, 마그네슘과 置換되지만, 망간에 의한 마그네슘의 置換쪽이 망간에 의한 칼슘의 置換쪽보다 뚜렷하다. 이 累帶構造는 돌로마이트를 피해 마그네슘方解石에서 망간方解石을 거쳐 菱망간석에 이르는 變質 經路를 나타내는 것으로 생각된다. IV帶는 망간 方解石-菱망간석으로 構成되는데, 망간 方解石 中에는 累帶構造를 나타내는 것이 있어, 中心部는 망간이 豐富하고 周邊部는 마그네슘, 鐵이 높은 傾向을 보

Table .2. Electron microprobe analyses of carbonate minerals

Sample No.	Atomic proportion as $\text{CO}_2=1$				Minerals
	$X_{\text{Mg}}$	$X_{\text{Ca}}$	$X_{\text{Fe}}$	$X_{\text{Mn}}$	
J138-1 I p=1 p=4 p=7 p=12	0.024	0.134	0.034	0.809	Ca-Rhc
	0.079	0.102	0.051	0.768	Ca-Mg-Fe-Rhc
	0.053	0.094	0.048	0.804	Ca-Mg-Fe-Rhc
	0.050	0.093	0.053	0.805	Ca-Fe-Mg-Rhc
	0.064	0.143	0.035	0.758	Ca-Mg-Fe-Rhc
J138-2 I p=2 p=4 p=6 p=8 p=13 p=15	0.174	0.592	0.118	0.116	Mg-Fe-Mn-C
	0.070	0.258	0.036	0.637	Ca-Mg-Fe-Rhc
	0.062	0.091	0.052	0.796	Ca-Mg-Fe-Rhc
	0.271	0.435	0.038	0.256	Mn-D
	0.070	0.086	0.048	0.797	Ca-Mg-Fe-Rhc
	0.033	0.965	0.002	0.001	C
	0.034	0.907	0.009	0.050	Mn-C
J138-3 I p=1 p=3 p=7 p=9 p=15 p=19 p=22 p=25	0.027	0.905	0.003	0.065	Mn-C
	0.461	0.490	0.008	0.042	Mn-D
	0.507	0.484	0.005	0.003	D
	0.065	0.667	0.012	0.256	Mn-C
	0.078	0.632	0.016	0.274	Mn-C
	0.224	0.572	0.009	0.194	Mn-D
	0.473	0.524	0.003	0.000	D
J138-4 II p=2 p=3 p=4	0.014	0.914	0.006	0.067	Mn-D
	0.021	0.978	0.001	0.001	C

$X_i$  : indicates the atom. fraction of cation.

인다.

이들 I, II 帶를 構成하는 碳酸鹽 鑽物의 21點에 대한 EPMA 定量分析 結果는 Table.2와 같다. 여기서 이들 組成은  $\text{CO}_2=1$ 로 한 境遇의 各 元素의 原子 分率로 나타났다.

돌로마이트岩(돌로마이트 대리암)中에 分布하는 變質帶 앞에서 言及한 바와 같이 南鑽床의 各 鑽體周邊部에는 熱水性 變質帶가 發達하는데 이들 變質帶의 周邊部에서 몇 개 시료 (南鑽床 大切坑準의 A 鑽體 北측 約 5m, 東측 約 10m 및 南大切坑 맨 南쪽을 向한 坑道中의 능망간석의 細脈에서 約 2m 떨어진 地點)에 대하여 檢討를 했다.

이들은 “初生돌로마이트”가 豐富한 熱水性 망간交代作用을 나타낸 것으로 鏡下에서는 이 岩石은 거의 等粒狀의 돌로마이트 粒子로 構成되고, 典型的인 Granoblastic 組織을 나타내며, 돌로마이트질 原構造를 잘 保存하고 있다. 이것에 대한 X선 回折 Pattern을 보면, 돌로마이트의 [10.4] 回折線 가까이의 底角度쪽에 몇개의 回折線이 나타나고 있어, 方解石 構造를 나타내는 망간 方解石-능망간석이나 돌로마이트型 構造를 나타내는 含 망간 돌로마이트-마그네슘 쿠크나호라이트가 混合되어 있음을 나타낸다.

原 鑽物인 “初生돌로마이트”的 망간 교대作用을 나타내는 組織을 들어보면 다음과 같다. a) 原岩의 組織을 갖고 있다고 생각되는 돌로마이트 粒子와 그 間隔을 매꾸고 있는 마그네슘 方解石의 共生體에서 돌로마이트 粒子의 境界에서 粒子의 周邊部를 따라 망간의 교대가 일어나고 있다. b) 거의 돌로마이트 粒子로만 된 部分에서는 이 粒子의 境界에 따라 망간과 극히 少量의 鐵이 교대되고 있다. c) 돌로마이트 粒子의 邊界에 따라 망간이 교대되고 있다 (Fig.18).

以上 說明한 諸事實은 적어도 망간의 교대가 變成岩으로서의 돌로마이트질 대리암이 形成된 後에 일어났던 것으로서, 碳酸망간鑽床이 堆積性 鑽床이 아니라 熱水 鑽床임을 나타내는 重要한 證據라고 생각한다.

#### 將軍 石灰岩層을 關入한 粘土脈에 대하여

南鑽床 地域의 下1番坑準 東坑道에서는 將軍石灰岩層을 貫入해 走向  $N70^\circ \sim 80^\circ W$ , 傾斜  $80^\circ N$ , 幅 20-80cm의 粘土脈이 發達하고 있다. 이들을 構成하는 것은 滑石 粘土를 연상케하는 淡灰色 粘土로서, 最近 研究에 의하면 그것은 石英 및  $30^\circ\text{A}$  장주기 粘土鑽物을 包含한 것임이 밝혀졌다. 이

粘土에 대한 X線回折分析에 의하면 강한 回折線은  $29.6\text{\AA}(001)60$ ,  $14.7\text{\AA}(002)100$ ,  $7.28\text{\AA}(004)35$ ,  $4.83\text{\AA}(006)30$ ,  $4.58\text{\AA}(020)$ ,  $20.36\text{\AA}(008)25$ ,  $1.535\text{\AA}(060)17$ 등이고, 化學分析에서 計算된 構造式은  $(\text{Ca} / 2_{0.25}\text{H}_2\text{O})(\text{Mg}_{2-47}\text{Fe}^{2+}_{0.18}\text{Fe}^3_{+0.08})_{4.73}(\text{Si}_{5.57}\text{Al}_{2.22}\text{Ti}_{0.03})_{20}(\text{OH})_{10}$ 인 알루미늄이 豐富한  $30\text{\AA}$ 長周期를 나타내는 線泥石-Smectite 規則型 混合層 粘土鑛物로서 所謂 Corrensite(須藤俊男, 1967)와 Tosudite의 中間種 粘土鑛物이다.

### 討論 및 結論

將軍鑛山의 鉛·亞鉛·銀 및 鐵鑛床 生成의 地質構造規制 및 母岩의 熱水變質에 대한 研究結果를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 將軍鑛山 周邊을 構成하는 岩層은 선캄브리아기의 遠南層, 栗里層群, 캄브로-오도비스기의 壯山硅岩層, 斗音里層, 將軍石灰岩層, 그리고 石炭紀一二疊紀의 東水谷層, 才山層과 이들 變成堆積岩類를 貫入한 侏羅紀의 春陽花崗岩類로 構成되어 있다.
- 2) 본 地域의 地質構造를 規制하는 主斷層으로는 東西 方向으로 平行한 才山斷層과 山幕斷層이 있고, 附隨的인 斷層이나 裂隙의 代表적인 것으로는 다음의 4가지 系統이 있다. (a) 走向이 N-S~N $20^\circ\text{W}$ 로 傾斜가 垂直에 가까운 것. (b) 走向이 E-W~ $80^\circ\text{E}$ 이고 傾斜가 垂直에 가까운 것. (c) 走向이 N $40^\circ$ ~ $50^\circ\text{E}$ 이고 傾斜가  $50^\circ$ ~ $60^\circ\text{NW}$ 인 것. (d) 走向이 N $30^\circ$ ~ $50^\circ\text{W}$ 이고 傾斜가  $60^\circ$ ~ $70^\circ\text{SW}$ 인 것.

또 褶曲構造로는 栗里層群 南쪽 壯山硅岩層에 가까운 곳에 NWW-SEE方向의 軸을 갖고 北쪽으로 傾斜하는 軸面을 갖는 非對稱의 等背斜構造의 存在와, 才山層 分布 地域의 거의 中央部에 E-W方向의 軸을 갖는 軸面에 거의 垂直에 가까운 等向斜構造를 갖는 才山向斜가 존재한다.

- 3) 본 鑛山의 鑛床形成을 規制하는 地質構造 요소로는 將軍石灰岩層中에 發達하는 E-W, N-S方向의 裂隙과 小斷層, 그리고 春陽花崗岩과 이로부터 派生된 岩脈의 불규칙한 接觸面이 중요한 역할을 한다. 그러나 北鑛床과 磁鐵石 鑛體는 NW方向과 N-S方向의 小單層과 裂隙, 그리고 春陽花崗岩과 이로부터 派生된 岩脈의 불규칙한 貫入接觸面에 規制되어 있으며, 傾斜는 대개 N~NE方向의 傾斜를 이루고 있다.
- 4) 將軍石灰岩層의 原岩層은 石灰岩, 돌로마이트岩, 돌로

마이트質石灰岩, 石灰岩~대리암으로 構成된다. 이 岩層은 전반적으로 廣域變成作用을 받고 있어, 方解石과 돌로마이트의 連晶組織이 發達하는데 그 形태, 方向性을 갖는 배열로 보아 이 돌로마이트는 고온에서 균일한 마그네슘 方解石에서 溶離現象에 의해 생성된 것으로 생각된다. 이와같은 시료에 대하여  $\text{CdF}_2$ 를 內部標準으로 한 X線回折analysis을 실시하여 方解石中の  $\text{MgCO}_3$ 함유량을 구해, Solvus 온도를 계산하였다. 이때 方解石의 (10.4)면 回折線의 Peak가 高角度 쪽으로 Shift하는 경우가 있는데, 이것은 Mg의 固溶에 의한結果겠지만,  $\text{Mn}^{2+}$ 이나  $\text{Fe}^{2+}$ 의 치환이 화질선의 Peak shift에 미친 영향은 Mg에 의한 置換과 같은 효과를 나타내므로, 方解石을 EPMA에 의해 定量分析을 실시하여 Fe나 Mn의 함유량이 무시할 수 있는 양인가를 확인해야 한다. 이와같은 방법으로 얻어진 方解石-돌로마이트 Solvus 온도의 최고치는  $520^\circ\text{C}$ 이었다. 이와같은 結果는 춘양화강암과 접하는 將軍石灰岩의 變成온도가 적어도  $520^\circ\text{C}$ 以上이었을 것으로 생각되며, 이 온도에서 추정해 보면 將軍石灰岩層의 變成相은 角閃石相에 속하고 泥質 變成岩類의 研究結果와 잘 조화된다.

- 5) 將軍鑛山 形成에 隨伴된 母岩의 變質로는 將軍石灰岩層을 構成하는 碳酸鹽岩에 미치는 热水性 망간交代作用 및 돌로마이트화 作用에 의한 망간, 마그네슘의 첨가이다. 後者는 부차적인 것으로, 前者が 热水變質의 主流를 이루고 있다. 그 외에 화성암류의 粘土化(絹雲母化 作用, 스메타이트화 作用, 線泥石化 作用)과 硅化作用 및 末期의 능망간석에 의한 炭酸鹽化 作用이 있다. 또 將軍石灰岩層을 貫入한 粘土脈이 發達하는데, 이것은 알루미늄이 豐富한  $30\text{\AA}$  장주기를 나타내는 녹니석-스메타이트 規則型 混合層 粘土鑛物로 Corrensite와 Tosudite의 中間種 粘土鑛物이다.

- 6) 南鑛床地域의 대부분의 鑛體 주변에는 热水性 망간交代作用 및 热水性 돌로마이트화 作用에 의한 變質帶가 帶狀分布를 보인다. 즉 母岩쪽에서 鑛體를 향하여 I에서 IV까지 4개의 Zone으로 나누어 진다. I帶는 돌로마이트질 대리암으로 輕微한 망간의 交代作用을 받고 있으나, IV帶로 감에 따라 더욱 망간의 交代가 진행되는 특징을 갖는다. II帶는 돌로마이트 粒子周邊부나 脊開面을 따라 망간 및 철이 濃集되고 含망간돌로마이트의 反應 Rim이 發達한다. III帶는 돌로마이트가 망간의 交代에 의해 돌로마이트-마그네슘 쿠트나호라이트로 변하고 方解石 입자내에는 累帶構

造가 發達한다. IV 帶는 망간 方解石—능망간석으로 構成되는데, 망간 方解石중에는 累帶構造를 보이며 中心部는 망간이 높고, 주변부에는 마그네슘 및 철이 높은 경향을 보인다.

이와같이 망간이 豊富한 炭酸鹽岩은 대부분 多金屬礦體를 들러싼 變質炭酸鹽岩(熱水變質 Halo)의 연장부에 해당하고, 이 層準을 동쪽으로 追跡하면 非礦化帶에서는 망간의 존재는 거의 무시 할 수 있는 原岩의 變成炭酸鹽岩으로漸移的으로 변하여 同一層準에서도 그 연속성이 없다.

7). 이상과 같은 연구結果로 볼때 多金屬 鑛床을 形成한 多金屬 鑛化作用과 탄산망간 鑛化作用과를 별도로 생각하는 것은 도저히 불가능하다. 즉 시간적으로 볼 때 多金屬 鑛化作用은 炭酸鹽岩 母岩의 热水性 망간 交代作用을 시작으로 黃化物, 硫鹽의 晶出은 능망간석의 그것과 밀접한 관계를 갖고 있다.

또 공간적으로 보아도 多金屬 鑛體는 상부를 向해 탄산망간礦體로 변하고 있으며, 이것이 淺成變質에 의해 망간 산화물, 수산화물로 변해 산화망간礦體로 移化하고 있다.

8) 본 鑛山의 數個所에 發達하는 角礫狀파이프, 角礫狀岩脈, 망간角礫狀파이프나 角礫狀礦體( $D_1$ 礦體)는 成因의으로 매우 흥미있는 문제로서, 필자들은 현 단계에서 다음과 같이 생각하고 있다. 즉, 鑛床形成에 앞서  $H_2O$ 를 主體로 하는 상당히 高溫의 流體가 岩石의 裂隙을 따라 上昇하고, 이것이 地下水層附近에서 地下水와 만나, 一種의 水蒸氣爆發을 일으켜, 그 結果 角礫狀部가 形成되었다. 이것이 現在 이鑛山의 여러곳에서 보이는 角礫狀파이프, 角礫狀岩脈이다. 그리고 “망간角礫狀 파이프”는 이것이 재차 炭酸망간 鑛化作用을 받아 形成된 것이고, 또  $D_1$ 礦體와 같은 “角礫狀礦體는 이것이再次 金屬礦化作用을 받아 形成된 것으로 생각된다. 이런 見解는 “망간角礫狀파이프”가 下部로 連續되지 않는 事實로 부터도 支持된다.

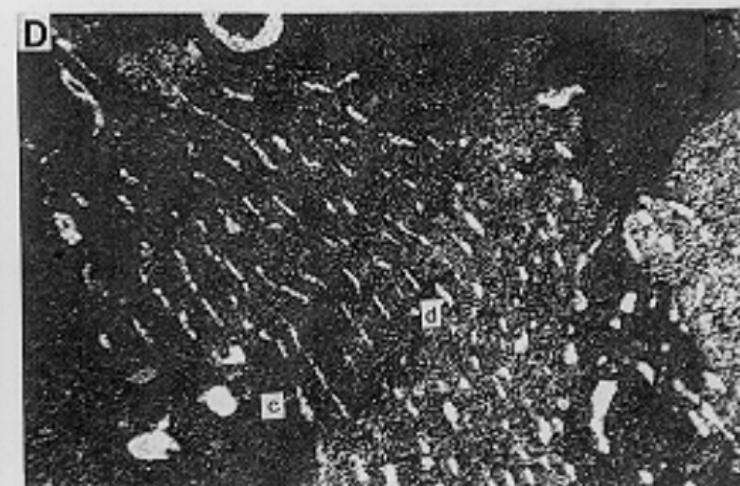
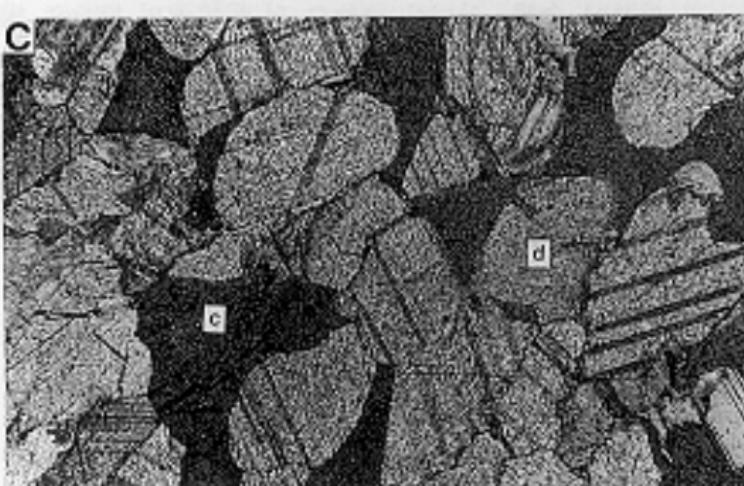
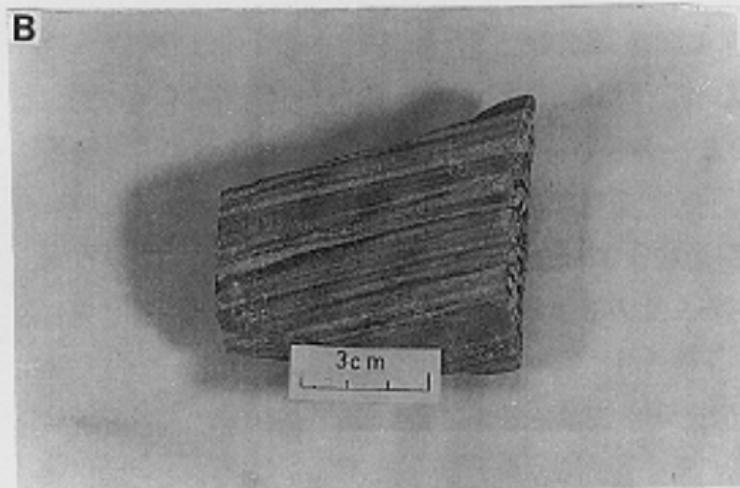
## 謝 辭

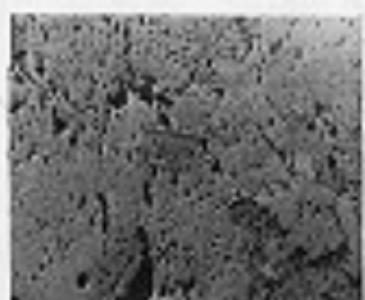
本研究는 韓國學術振興財團 研究費 支援에 의하여 수행되었으며 當財團에 감사를 드린다. 本研究를 수행하는 동안 現地調査에 적극적으로 協力해준 동방광업 이성호 前社長과 장지봉 現社長께, EPMA분석에는 早稻田大學 教育學部 木ノ内嗣郎氏와 延世大學校 이영석씨에게, 그리고 논문 작성에 협조해준 忠南大學校 地質學科 韓英洙, 崔鎮宇, 康鳳哲, 金玉圭에게 심심한 感謝를 드린다.

## 참고문헌

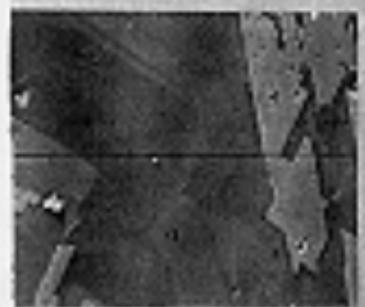
- 今井直哉(1960a) 東北日本內帶に分布する2.3のいねる接觸交代鑛床にねける鑛床と變質帶(とくに Mg 濃集帶)との關係. 鑛山地質, v.10, p.210-226.
- 今井直哉(1960b) 東北日本內帶 の 2.3 の 热水性交代鑛床に伴う热水性苦灰岩について 鑛山地質, v.10, p.281-299.
- 今井直哉(1979) 苦灰岩化作用と 鑛床形成との關係. 鑛山地質, v.28, p.52-53.
- 今井直哉, 李錦具, 板谷徹丸 (1981) 韓國春陽花崗岩中の雲母粘土鑛物 および 白雲母の K-Ar年代により示される將軍多金屬鑛床の生成時期と關係火成岩. 日本三鑛學會昭和56年秋期連合學術講演會, 講演要約集, 138 pp.
- 金洙鎮(1975a) 慶北 奉化郡 將軍鑛山產 新種鑛物 將軍石에 대한 鑛物學的研究. 鑛山地質, 8권, p. 117-124.
- 金洙鎮(1975b) 將軍鑛山 망간鑛床에 關한 鑛物學的研究. 學術院論文集, 14권, p.21-175.
- 金洙鎮(1977) 將軍鑛山 亞鉛精鑛 低品位現象의 原因과 品位上昇方案에 대한 鑛物學的研究. 鑛山地質, 10권, p.99-106.
- 金玉準, 洪萬燮, 金起泰, 朴喜寅(1962) 1 / 50,000 三斤里地質圖幅, 國立地質調查所.
- 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, 4권, p. 1-9.
- 小笠原義秀, 今井直哉, 櫻井定司, 増池俊和(1978) 何武의變成帶에 おける炭酸鹽鑛物について 日本地質學會 第85年學術大會 講演要旨, p. 309pp.
- 小澤坂次(1980) 韓國 將軍鑛山地域に 分布ある 將軍炭酸鹽岩層 および づの 热水變質形成物 の 鑛物學의岩石學的研究. 早稻田大學 理工學部 資源工學 卒論, 61pp.
- 須藤俊男(1967) Corrensite, Tosudite の 化學成分. 柴田秀賢教授 退官記念 論文集, p. 187-197.
- 李大聲(1967) 將軍 망간鑛山의 地質과 鑛床 地質學會誌 3권, p. 51-59.
- 李錦具, 尚基南(1982) 將軍鑛山의 鉛, 亞鉛, 銀鑛石에 대한 鑛物學的研究, 82-鑛物研究-2-12, 非金屬鑛床研究. 韓國動力資源研究所, p.97-131.
- 李錦具(1985) 將軍鑛山 부근에 分布하는 將軍炭酸鹽岩의 热水變質作用. 忠南科學研究誌, 12권, p. 99-114.
- 李錦具, 今井直哉(1986) 韓國 將軍鑛山의 黃錫石에 대하여 一將軍 鉛, 亞鉛, 銀 鑛石鑛物 認識에의 寄與(3). 鑛山地質, 19권 特別號, p.121-130.
- 李錦具, 今井直哉(1990) 將軍鑛山產  $Pb_8(Ag, Cu)_2Sb_8S_{21}$ 鑛物. 大韓鑛山地質學會 第23次 定期總會 및 學術 發表會 講演要約集 9pp.
- 黃德煥, A. J. Reedman(1975) 三韓將軍鑛山調査報告書. 韓國地質鑛物研究所, 地質鑛物 調査報告書, p.187-216.

- 黃仁典(1968) 三韓將軍嶺山 調查報文. 嶺山地質, 1권, p. 9-34.
- Carpenter, A. B. (1967) Mineralogy and petrology of the system CaO-MgO-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O at Crestmore, California. Am. Miner., v. 52, p. 1314-1363.
- Friedman, G. M.(1959) Identification of carbonate minerals by staining methods. Jour. Sed. Petrol., v.29, p.87-97.
- Goldsmith, J. R. and Heard, H.C. (1961) Subsolidus phase relations in the system CaCO<sub>3</sub>-MgCO<sub>3</sub>. Jour. of Geol., v. 69, p.45-74.
- Goldsmith, J. R. and Newton, R.C. (1969) P-T-X relations in the system CaCO<sub>3</sub>-MgCO<sub>3</sub> at high temperatures and pressures. Am. Jour. Sci., v.267, p. 160-190.
- Harker, R. I. and Tuttle, O.F. (1955) Studies in the system CaO-MgO-CO<sub>2</sub> Part I: The thermal dissociation of calcite, dolomite and magnesite. Am.Jour. Sci., v. 253, p.209-224.
- Imai, N. and Lee, H.K. (1980b) Complex sulphide-sulphosalt ores from the Janggun mine. Republic of Korea, Complex sulphide ores, p. 248-259.
- Imai, N., Lee, H.K. and Machida, M. (1980c) Vanadium-bearing green mica from the Jangsan quartzite in the Janggun mine area, Republic of Korea. Clay Sci., v.5, p.221-236.
- Imai, N., Lee, H. K. , Sakai, T. and Park N.Y. (1982b) Boumonite from the Janggun mine. Republic of Korea-Contributions to the knowledge of ore-forming minerals in the Janggun lead-zinc-silver ores(1). J. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol., v. 77, No. 9 p.310-321.
- Imai, N., Park, N.Y., Lee H. K. , Machida, M. and Higashihara, Y. (1982a) Geology and Metamorphic rocks in the environs of the Janggun mine, Republic of Korea-With some comments relating to the Unazuki metamorphic rocks in Japanese Island Arc.In Geology of Japan Sea. p. 227-255 (in Japanese).
- Imai, N., Ogasawara, Y., Lee, H.K. and Sakurai, J.(1980a) Micromorphological features of exsolved dolomites from the host magnesian calcites in some metamorphic carbonates, as revealed by scanning electron microscopy. Memo'Sch'1. sci. & Eng'ng. Waseda Univ. No. 44. p. 71-89.
- Kim, S.J.(1968a) Manganese oxide minerals from Janggun mine, Korea. J. Geol. Soc. Korea, v. 4, p. 57-76.
- Kim, S. J. (1968b) Formation of manganese carbonate minerals in Janggun manganese mine, Korea. J. Geol. Soc. Korea, v. 4, p. 167-188.
- Kim, S. J.(1969) Mineralographic study on the sulfide minerals associated with manganese ores from Janggun mine, Korea. J. Geol. Soc. Korea, v. 5, p.83-101.
- Kim, S. J.(1970) Mineralogy and genesis of the manganese ores from Janggun mine, Korea. J. Geol. Soc. Korea, v. 6, p.135-186.
- Kim, S. J.(1974) Mechanisms of formation of manganese oxide ores from Janggun mine, Korea. N. Jb. Miner. Mh., Jg. v. 8, p. 371-384, stuttgart. Sept.
- Kim, S. J. (1975b) Rhodochrostite-A new sedimentary rock from the Janggun mine, Korea. J. Korean Inst. Mining Geol., v.8, p.63-71.
- Kim, S. J.(1976) Geology, Chemistry and genesis of the Manganese Carbonate deposits at the Janggun mine, Korea. Proc. Coll. Natur. Sci. SNU, v. 1, p.169-180.
- Kim, S. J. (1979) The stratabound manganese carbonate deposits of the Janggun mine area, Korea. Monograph series on Mineral deposits. No. 18.
- Pitcher, W. S. and Reed H.H.(1963) Contact metamorphism in relation to manner of emplacement of the granites of the Donegal, Ireland. J. Geol., v. 71, p.261-296.
- Reedman, A. J. and Fletcher, C.J.N.(1973) Geology of the Hwangani Mining district; Anglo-Korean Mineral Exploration Group.
- Van der Veen, A.H.(1965) Calcite-dolomite intergrowths in high temperature carbonate rocks. Am. Miner., v.50, p.2070-2076.
- Winchell, A. N.(1931) Element of optical mineralogy, part II (4th edition).

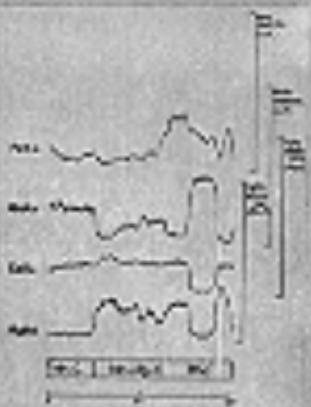


**A**

0.5mm

20 $\mu$ 

B.E.I

100 $\mu$   
B.E.I20 $\mu$ Ca K $\alpha$ 20 $\mu$ Mg K $\alpha$ 20 $\mu$ Mn K $\alpha$ 20 $\mu$ Fe K $\alpha$

B



0.5mm



B.E.I

200μ



Ca K $\alpha$

200μ



Mg K $\alpha$

200μ



Mn K $\alpha$

200μ



Fe K $\alpha$

200μ