

# 上東礦山 地質礦床 調査報告

金 玉 準\* · 朴 喜 寅\*\*

## Preliminary Report on the Geology of Sangdong Scheelite Mine

Ok Joon Kim and Hi In Park

### 目 次

序 言	5-2. Fissure pattern
1. 廣域地質	5-3. 礦床의 構成礦物과 共生
2. 既存地質礦床調査要約	5-4. 母岩變化
3. 上東礦床附近의 地質	5-5. 礦床의 成因
4. 坑內地質과 地質構造	6. 礦床發達에 對한 考察과 探礦方針
5. 礦 床	7. 結論과 提言
5-1. 礦床의 形態	

### Abstract

Very few articles are available on geologic structure and genesis of Sangdong scheelite deposits in spite of the fact that the mine is one of the leading tungsten producer in the world.

Sangdong scheelite deposits, embedded in Myobong slate of Cambrian age at the southern limb of the Hambaek syncline which strikes N 70~80° W and dips 15~30° northeast, comprise six parallel veins in coincide with the bedding plane of Myobong formation, namely four footwall veins, a main vein, and a hangingwall vein. Four footwall veins are discontinuous and diminish both directions in short distance and were worked at near surface in old time. Hangingwall vein is emplaced in brecciated zone in contact plane of Myobong slate and overlying Pungchon limestone bed of Cambrian age and has not been worked until recent.

The main vein, presently working, continues more than 1,500 m in both strike and dip sides and has a thickness varying 3.5 to 5 m. Characteristic is the distinct zonal arrangement of the main vein along strike side which gives a clue to the genesis of the deposits. The zones symmetrically arranged in both sides from center are, in order of center to both margins, muscovite-biotite-quartz zone, biotite-hornblende-quartz zone and garnet-diopside zone. The zones grade into each other with no boundary, and minable part of the vein stretches in the former two zones extending roughly 1,000 m in strike side and over 1,100 m in

\* 延世大 教授·理博·本會 副會長。

\*\* 東京教育大學

dip side to which mining is underway at present. The quartz in both muscovite-biotite-quartz and biotite-hornblende-quartz zones is not network type of later intrusion, but the primary constituent of the special type of rock that forms the main vein. The minable zone has been enriched several times by numerous quartz veins along post-mineral fractures in the vein which carry scheelite, molybdenite, bismuthinite, fluorite and other sulfide minerals. These quartz veins varying from few centimeter to few tens of centimeter in width are roughly parallel to the main vein although few of them are diagonal, and distributed in rich zones not beyond the vein into both walls and garnet-diopsid zone. Ore grade ranges from 1.5~2.5% WO<sub>3</sub> in center zone to less than 0.5% in garnet-diopsid zone at margin, biotite-hornblende-quartz zone being inbetween in garde. The grade is, in general, proportional to the content of primary quartz.

Judging from regional structure in mid-central parts of South Korea, Hambaek syncline was formed by the disturbance at the end of Triassic period with which bedding thrust and accompanied feather cracks in footwall side were created in Myobong slate and brecciated zone in contact plane between Myobong slate and Pungchon limestone. These fractures acted as a pathway of hot solution from interior which was in turn differentiated in situ to form deposit of the main vein with zonal arrangement.

The footwall veins were developed along feather cracks accompanied with the main thrust by intrusion of biotite-hornblende-quartz vein and the hangingwall vein in shear zone along contact plane by replacement. The main vein thus formed was enriched at later stage by hydrothermal solutions now represented by quartz veins. The main mineralization and subsequent hydrothermal enrichments had probably taken place in post-Triassic to pre-Cretaceous periods. The veins were slightly displaced by post-mineral faults which cross diagonally the vein.

This hypothesis differs from those done by previous workers who postulated that the deposits were formed by pyrometasomatic to contact replacement of the intercalated thin limestone bed in Myobong slate at the end of Cretaceous period.

## 序 言

江原道寧越郡上東面에 위치하고 있는 上東重石礦山은 第一次大戰頃부터 積行되어 왔으며 重石礦山으로서는 世界的으로 알려진 大規模礦山이다. 이와 같은 큰 鎌山에 있어서 現在까지 이렇다할 鎌床調査가 이루어 진 바 없다는 事實은 鎌山側뿐만 아니라 우리 地質學界로서도 大端히 부끄러운 일이다. 이러한 點을 切實히 느끼고 調査를 하여야겠다는 生覺을 가지고 있던 此際에 大韓重石礦業株式會社로부터 調査依賴를 받은 것은 大端히 기쁜 일이며 鎌床과 그 展望에 對한 어떤 結論에 到達할 수 있다면 그 以上 좋은 일이 없을 것이라고 믿고 調査에 着手하였다.

現地調査는 二次에 걸쳐 實施되었고, 1963年 1月

29日서부터 2月 28日까지 사이에 坑內地質調查가 實施되었고 同年 7月 18日부터 8月 1日까지 사이에 一部 地表地質調查가 이루어 졌든 것이다.

本鎌山과 같이 大規模이고 成因의으로 別로 類例 없는 鎌床에 對하여 短時日의 調査로서 結論을 얻기에는 大端히 힘든 일이다. 鎌物과 岩石에 對한 顯微鏡的 觀察은 現在 進行中에 있고 地表調查도 더 廣範圍하게 施行되어야 하겠고 또 必要에 따라서는 地化學的探査와 研究도 併行되어야 하겠으며 이들을 綜合함으로써만 最終的 結論이 내려질 줄 안다.

이러한 뜻에서 지금까지 觀察한 바를 要約하여 漢報로서 于先 發表하고 最終報告는 後日로 미루고자 하는 바이다.

本報文은 1963年에 作成된 것이나 坑內地質 조사를

처음으로 실시하여서 貴重한 資料를 얻어 鎌床成因에 對하여 세로운 提案을 하였다는 點에서 貴重한 資料이 므로 同學者의 批判을 받아 보는 것이 좋겠고 또 이 報文을 못본 분들은 잘못 引用된 그 後의 文獻을 通하여 그릇 判斷될 것 같으므로 늦은 感이 있으나 原文 그대로(埋藏量部分만은 削除하였음) 發表하는 바이다. 그러나 英文抄錄은 最近썼다는 點을 첨언하여 두는 바이다.

原報告에는 鎌山附近地質圖, 坑內地質圖와 坑內試錐計劃圖가 添附되었으나 鎌山附近地質은 이미 알려져 있고 坑內地質圖는 複雜하여 여기에는 게재하지 않는다.

### 1. 廣域地質

上東鎌山附近의 地質은 1930年에 三陟炭田의 地質調查를 實施한 以來 廣域의 地質의 概要가 알려졌다. 더욱이 1961年度에 實施한 太白山地區의 地質調查에 依하여 過去의 結果보다 더욱 細密히 되었다.

本鎌山附近을 構成하는 地質은 다음과 같이 綜合된다.

白堊紀	巨晶花崗岩 於坪花崗閃綠岩 貫～入～接～觸		
石炭紀 三疊紀	平安系地層		
을 드 비 스 紀	朝 鮮 系 大 石 灰 岩 統	平行不整合	
		莫洞石灰岩層	
		斗務洞層	
		銅店硅岩層	
		花折層(細松層包含)	
	豐村石灰岩層		
Cambrian 系	陽德統	貓峰層	
		壯山硅岩層	
先Cambrian 紀	不整合合		
	太白山統		

上東鎌山附近은 三陟西部炭田을 이루는 所謂 咸白向斜의 南翼에 該當한다. 地域南側에 分布하는 太白山統을 基盤으로 하여 上記 各 堆積岩層들은 下部層에서 上部層의 順으로 南側에서 北側으로 分布하며 向斜central에 平安系地層들이 分布한다. 壯山硅岩層은 太白山統 위에 不整合으로 被覆하고 平安系의 下部는 大石灰岩統 위에 平行不整合으로 덮고 있다. 이들 堆積岩層의 平均走向

은 N 70~80 W이고 傾斜는 NE 20~30를 보인다.

上東鎌山附近에서 보여지는 火成岩體로는 鎌山 東쪽 4km 떨어진 於坪의 花崗閃綠岩과 또 鎌山西南方 4km의 觀喜部落附近의 花崗岩 뿐이다. 其外는 鎌山 南南西 4km附近에大小無數한 Pegmatite가 發達하고 있으며 이中에는 Cassiterite를 包含하고 있는 것도 있다.

上東鎌山의 鎌床은 陽德統에 屬하는 貓峰層中에 胚胎하고 있고 壯山硅岩層과 太白山統에는 Wolframite의 Mineralization이, 그리고 豐村石灰岩層, 細松層中에는若干의 灰重石과 黃銅礦의 鎌化作用을 받은 곳이 있다.

### 2. 既存地質鎌床調査의 要約

上東鎌山의 鎌床成因에 對하여 調査한 사람도 많지 않았거나와 이형다할 結論을 내린 사람도 別로 없는 것 같다. 日政時代에도 여러 사람들에 依하여 調査된 것 같으나 發表된 報文은 없고 過去的 文獻을 綜合한 Gallagher 報告(1941)<sup>(1)</sup>에 依하면 鎌床은 灰重石을 包含하는 Tactite或是 Skarn層으로서 Mudstone, Siltstone或是 Calcareous bed가 接觸交代作用에 依하여 形成되었다고 하였다.

그리고 脈의 發達狀況을 다음과 같은 要約하고 있다.

貓峰層上部 부터의 距 離 (層厚)	走向	延長	層厚
上盤脈 10		700	7
主脈 40		1,550	4.5~5.0
下盤1號脈 50		150	0.8~1.0
下盤2號脈 100		450	0.5~0.6
下盤3號脈 160		200	0.3~0.5
下盤4號脈 200		200	0.5~0.6

1941年부터 1945年까지 主脈에서 採掘한 730,000 ton의 原鎌石의 平均品位는 1.73%였고 上盤脈은 脈幅은 넓으나 低品位이고 下盤脈들은 좁고 低品位라고 한다.

解放直後인 1947年에 筆者の 한 사람인 金玉準은 上東鎌山의 坑內를 視察하고 本鎌床은 貓峰層中에 夾在하는 石灰岩薄層이 接觸變質作用을 받어 形成된 것이라고 推測하였다. 이같은 接觸變質作用을 준 火成岩體가 附近에 分布하지 않는 것은 큰 問題點이 안되어 下部에 있는지도 모를 것이라고 生覺하였다 事實이 있다.

李仁健<sup>(2)</sup>에 依하여서도 同一한 結論이 誘導된 바 있다.

1947年 本鎌山을 調査한 바 있는 Klepper<sup>(3)</sup>는 鎌層은

(1) David Gallagher; Tungsten Deposits of Southern Korea, Mineral Resources of Southern Korea, (1948)

(2) 李仁健, 上東취리아트 鎌床의 富鎌體에 對하여(1958, 서울大學校 文理科大學 碩士論文).

(3) M.R. Klepper; The Sangdong Tungsten Deposits, Southern Korea, Econ. Geol. Vol. XLII, No. 5, 1947

어떤 地層이 Magma에서 온 溶液에 依하여 灰重石과 함께 同時に 變質되고 鑛化된 것이 後에 热水作用을 받았다고 하였다. 이 地層이 石灰質層이라면 交作作用이 主였을 것이고 硅質層이 있다면 再結晶作用이 主였을 것이라고 애매하게 말하고 이와 같은 交代作用이나 或은 再結晶作用에 依하여 Tactite가 形成된 것이라고 하였다.

以上 여러 사람들에 依하여 假想되었던 바 있는 石灰岩夾層의 接觸變質에 依한 鑛床이라는 論이 現在까지 容認되어 왔고 이는 더욱이 現場 技術者들이 認定하게 되었던 것이다.

이들의 調査報告書나 地質圖 또는 鑛山備置의 圖面等에 依하면 本脈以外에 下盤側에 4個의 平行脈이 그리고 上盤側에 1個의 平行脈이 賦存되어 있는 것으로 되어 있다.

前에 이와 같은 假說을 말한바 있던 筆者の 한 사람인 金玉準은 本鑛床이 石灰岩의 接觸變質에 依하여 形成되는 機構(mechanism)과 形成過程(Process)에 對하여 스스로 疑問을 갖게 되어서 今般調査에서는 새로운 角度에서 調査를 實施하였다. 이 結果 鑛床成因에 對하여根本으로 새로운 結論에 到達하였고 過去 認定된 上盤脈이나 下盤脈은 實地存在치 않는다는 事實을 把握케 된 것이다.

### 3. 上東鑛山附近의 地質

鑛山附近의 地質과 構造는 外見上 大端히 簡單하다. 1/1,200 實測地形圖로서 調査한範圍內에서 보면 鑛山附近은 下部로부터 陽德統에 屬하는 壯山硅岩層과 猫峰層, 그리고 大石灰層統에 屬하는 豐村石灰岩層과 細松層이 分布하고 있다. 이들 堆積岩層은 大體로 N 70~80° W로 走向하고 NE 20~35°로 傾斜하고 있다. (pp. 37, 圖 參照)

(1) 壯山硅岩層은 白色乃至 淡褐色의 硅岩으로 構成되어 鑛山附近에서는 斷崖絕壁을 이룬다.

(2) 猫峰層은 暗灰色, 초코레트色, 綠黑色等의 스퍼레이트로 構成되어 있고 곳에 따라서는(鑛山東便이며 本調查地域 밖에 있음) 薄은 石灰岩層, 千枚岩 및 쳐어트層을 夾在한다. 鑛床附近의 本層은 硅化作用을 받은 곳도 있고 Hornfels化된 곳도 있다.

鑛山附近에 있어서의 本層의 厚는 約 140~150 m로 测定되며 主脈은 大略上部 石灰岩과의 境界下位 35 m附近에 胚胎되고 있다.

上部 豐村石灰岩과의 接觸은 全域에 걸쳐 Shear zone이 發達하며 이 帶에柘榴石, 다이옵사이트 等 鑛物이 發達하고 있다. 이것이 過去 上盤脈이라고 認定되었던 것이며 後에 詳細히 說明하겠지만 이와 같은 Shear

zone이 變質된 곳은 上盤石灰岩中에는 여기 저기 있으며 一定한 Horizon에 沿하여 있는 것도 아니다. 筆者들은 이 帶를 脈으로 認定치 않고 若干의 鑛化作用을 받은 Shear zone으로 認定하는 바이다.

(3) 豐村石灰岩層은 白色, 灰色 또는 紅色의 結晶質石灰岩層으로 構成되어 있고 곳에 따라서는 돌로마이트의 狹層을 介在한다.

本層이 猫峰層과 接하는 附近은相當한 넓이(0~200m)에 걸쳐 變質을 받어서 때로는柘榴石等이 보인다. 上部細松層과 接하는 附近에는 돌로마이트 質石灰岩이 두껍게 分布하고 있다.

本層의 厚는 大略 500 m로 推定된다.

(4) 細松層은 灰色乃至 暗色의 세일로 構成되어나 石灰岩과 쳐어트層이 介在하고 있다. 石灰岩層은 所謂 "Vermicular limestone"으로서 特徵的인 外樣을 보이는 것이다. 세일은 곳에 따라 헤펠스化한 곳도 있다.

本層內에는 黃銅鑛脈을 胚胎하는 곳이 있다.

### 4. 坑內地質과 地質構造

層位學의 乃至 岩石學의 으로 본 坑內地質은 簡單하다.前述한 바와 같이 鑛床은 猫峰層스페이트中에 胚胎되어 있다. 다시 말하면 鑛床의 下盤과 上盤이 다 스퍼레이트로 되어 있다. 이들 스퍼레이트는 大體로 초코레트色을 띠나 下盤側 鑛脈附近은 硅化作用을 받어 淡青灰色을 보이고 外見上 Hornstone(角岩)과 性似하여 진다. 上盤側도 部分적으로 硅化作用을 받아 下盤側의 그것과 同一하나 幅이 좁다. 上盤側을 Cross 한 곳은 그다지 많지 않고 鑛脈과 上盤은 斷層接觸을 하며 또 坑道는 大略下盤境界를 따라 掘進하여 있기 때문에 觀察되는 部分이 그리 많지 않다.

鑛脈을 構成하는 主要脈石鑛物은 角閃石, 다이옵사이트 및柘榴石이며 鑛床兩끝과 上盤附近에는 다이옵사이트와柘榴石으로 되어 있고 中央富鑛部는 角閃石을 主로 하고 있다. 따라서 角閃石帶와 다이옵사이트帶로 区分할 수 있다. 角閃石帶中에 石英이 顯著하게 많고 黑雲母 또는 絹雲母가 많은 곳이 富鑛帶를 이룬다.

鑛脈과 下盤과의 境界는 減移的이어서 正確한 線을 그을 수 없다. 鑛脈의 一部分에서는 母岩의 層理와 一致하는 Laminae(葉理)가 發達되는 곳도 많다. 上盤과의 境界도 減次的인 것으로 觀察되는 곳이 있으나 大部分은 Post-mineralization 斷層으로 接하고 있다.

鑛脈은 스퍼레이트의 層理와 大體로 平行하여 N 60~80° W의 走向에 NE 18~30°로 傾斜한다. 그러나 脈은 Post-mineral 斷層에 依하여 數 없이 轉移하고 있으나 그 變位의 程度는 아주 적다.

坑內에서 보이는 斷層이나 節理는 거의 測定하여 보았으며 統計的으로 본 結果는 後에 說明코자 한다. 그러나 坑內에서 가장 많은 斷層의 方位는 N 60~70 W, NE 45~60 와 N 30~45 E, NW 45~50 的 두 Sets이다. 前者는 스퍼레이트層의 走向에 거의 平行하고 傾斜를 달리하는 것들이고 後者는 이와 거의 直交하는 것들이다. 이들 斷層들은 Post-mineralization 時期의 것들이나 Pre-mineralization fault pattern에 平行하고 있는 것으로 推測된다.

其他的 N 20 W 乃至 N 20 E의 走向에 西로 40°~60° 傾斜하는 節理가 發達하며 이들은 地層走向과 平行하는

節理와 함께 石英脈으로 充填되어 있다.

前者들의 fault pattern이 힘의 方向에 斜交하는 fault set라고 한다면 힘의 方向은 N 10~20 W가 되고 이 方向이 Ore solution이 上昇한 方向이 된다고 假定한다면 Ore shoot의 方向도 이와一致하게 될 것이다.

斷層의 特徵은 (1) 層理에 平行하는 斷層은 그림 1과 같이 成層面을 끊고 (2) 層理에 直交乃至 斜交하는 斷層은 斷層 끝이 走向方向으로 휘는 것이 많다. 이와 같은 fault behavior는 鎌脈과 母岩과의 關係 또는 鎌脈의 下部發達狀況을 判斷하는데 參考가 될 것이다.

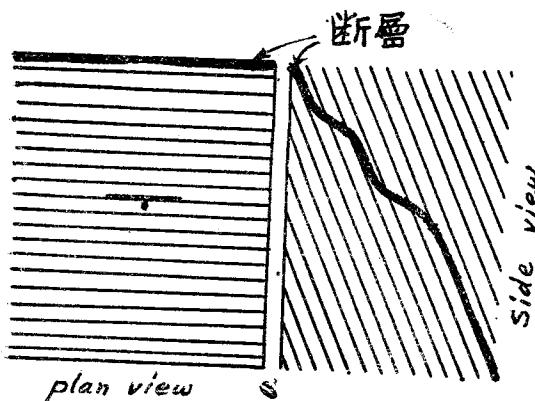


그림 1.

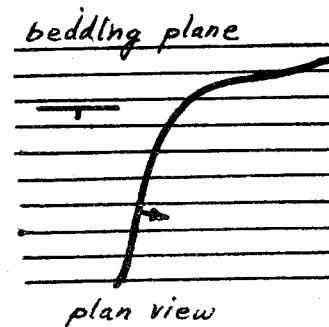


그림 2.

## 5. 鎌床

前述한 바와 같이 過去의 調査者들에 依하면 本鎌山의 灰重石鎌脈은 (1) 猫峰層中에 夾在한 石灰岩의 薄層이 接觸交代作用에 依하여 tactite로 變하고 이作用에 依하여서 一次의으로는 아주 低品位의 鎌床이 形成되었고 (2) 二次의으로 熱水作用에 依하여 (含灰重石石英脈)富化되었다고 生覺되어 왔다. 現地技術者들은 二次의으로 石英脈이 充填된 fissure들은 接觸交代作用을 받았을 時 高溫이었던 것이 冷却할 때 形成된 Cooling-cracks라고까지 生覺하고 있는 것 같다. 實際 Contact replacement에 依하여서는 高溫으로 되지도 않거나와 fault pattern으로 보아 S 10~20 E (N 10~20 W) 方向으로 온 force에 依하여 形成된 것이 틀림없다.

筆者들은 以上과 같은 鎌床成因에 關하여 그 機構과 生成過程에 對하여 많은 疑心을 가졌다. 即 첫째 4~5 m 두께를 가지고 1,500~2,000 m 延長하는 石灰岩薄層

이 接觸交代作用에 依하여 골고루 tactite로 變할 수 있는가? 왜 石灰岩이 남은 部分이 없는가? 둘째 接觸交代作用을 준 火成岩이 어디 있는가? 그리고 셋째 fracture의 形成過程이 무엇인가? 等에 對하여 Field evidence를 찾아야만 어떤 結論이 내릴 것이라고前提하였던 것이다. 다음에 이들의 點에 對하여 簡略히 說明한다.

### 5-1. 鎌床의 形態

猫峰層 스퍼레이트中에 夾在되어 있는 本鎌床에 있어서 特記할 만한 點은 (1) 平均厚가 4.5~5.0 m에 不過한데 그 延長이 1,500 m 乃至 2,000 m에 걸치고 富鎌帶만도 各坑에서 差가 있으나 600 m에 達하고 (2) 地表에서부터 試錐로 알려진 深度까지 傾斜距離가 無慮 1,500 m에 이른다는 事實이다.

現在까지 觀察된 바에 의하면 上下盤과 鎌脈과는 漸移的 關係에 있고 鎌脈附近의 母岩은 特司 硅化作用을 받았으며 鎌脈에서 멀어짐에 따라 漸次弱화하며 硅化

作用의 영향이 없어진다. 硅化作用은 鎌脈의 上盤에 比하여 下盤 쪽이 特히 顯著하다. 이는 鎌化作用이 鎌脈의 下盤쪽에 현저한 事實과 一致한다.

鎌脈과 接하는 上下盤에는 Cherty hornfels 帶를 가지 고 있으나 上盤쪽의 것은 Post-mineralization 的 斷層으로 切斷되고 있어 그의 狀況이 不分明하나 -6坑에서 上盤 쪽으로의 Cross cut 된 몇個所에서 보여진 바에 依하면 0.5~1.5 m 두께를 갖는다. 鎌脈下盤 쪽의 Cherty Hornfels 帶는 大體로 1~3.0 m의 두께를 갖는다. 또 鎌脈의 下盤쪽으로는 上東坑의 西端部와 -3坑의 下盤 쪽으로의 Cross cut에서 觀察된 바에 依하면 8.5~10.5 m 幅으로 초코레이트色 스티어트는 硅化되어 있다. 그러나 上盤 쪽에는 이와 같은 硅化된 초코레이트色 스티어트는 보여지지 않는다.

過去 下盤 1號脈에서 下盤 4號脈까지 4個의 脈을 認定하였던 것이나 現在는 이를 確認할 道理가 없다.

現場에서 指摘한 下盤 1號脈이라고 하는 곳은 現在 上東坑 西端部에서 75 m와 -1坑에서 2個所 18 m와 30 m 쪽 각各 追跡되며 또 -3 Level의 下盤 Cross cut 等地에서 볼 수 있다. 이와 같은 脈이라고 하는 部分은 主脈에서 大體로 2.6~2.8 m 下盤 쪽으로 0.7~0.8 m 두께의 硅化된 Cherty Hornfels 帶를 말하는 것이다. 이 帶는 主脈上下 接觸部의 各帶와 類似하며 角閃石과 石英의 紗狀細脈이 發達하여 微量의 Scheelite가 disseminate 되어 있다.

이는 大體로 硅化된 部分에 角閃石細脈이나 다이옵 사이드와柘榴石細脈이 貫入된 部分이며 따라서 鎌化作用을 받고 있는 部分이다. 이와 같은 事實은 脈이 交代作用에 依한 것이 아니고 貫入하여 온 證據의 하나가 되고 이 같은 部分이 下盤側에 흩어져 있어 不連續的이다.

이는 다음 그림에 表示한 것과 같이 主脈을 形成시킨 製號가 生成될 時에 이루어진 feather crack 으로서 이루어진 fissure pattern 으로서 簡單히 說明된다. 即

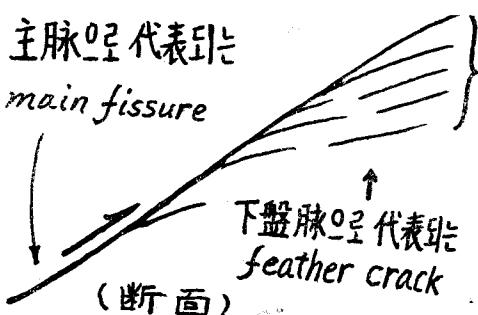


그림 3.

이들은 主脈으로 代表되는 fissure 形成時 feather crack 으로서 이루어진 fissure이며 이에 따라 鎌脈이 進入充填된 것이다. 따라서 이들은 연속성이 없고 군데 군데 있을 것이므로 脈이라고 할 수 없는 것이다.

過去 上盤脈이라고 한 脈은 平均幅을 7 m로 보았고 그品位를 0.3~0.5%로 推定한 것 같다. 이들은 猫峰層과 豐村石灰岩層과의 境界面에 있는 큰 Shear zone에 따라 形成된 것이다. 主脈과 같이 角閃石, 다이옵 사이드,柘榴石, 石英等으로 구성되고 若干의 灰重石을 包含하고 있다. 이와 같은 微弱한 鎌化帶는 主脈과 上盤脈이라고 하는 中間地點에도 있고 또 石灰岩內에도 間或 있다. (試錐結果와 坑內에서 觀察됨) 따라서 上盤脈 自體에도 規則的인 脈이라기 보다 Shear zone에 沿하여 군데 군데 若干鎌化된 不連續的 body로 生覺된다.

### 5-2. Fissure pattern

鎌脈은 Klepper가 指摘한듯이 純粹한 意味의 接觸交代作用에 依하여 된 것이 아니고 溶液(fluid)이 magma에서 올라와서 母岩을 交代 또는 再結晶 시켰다고 하든지 或은 筆者들이 後述한 바와 같이 ore magma에서 上昇하여 裂縫를 充填하였다고 하든 間에 이와 같은 溶液의 通路가 問題될 것이다.

本地域은 咸白向斜의 南翼에 該當된다 함은 이미 說明한 바이다. 咸白向斜가 褶曲을 받았을 時에 層理에 거의 平行하는 裂縫가 이루어 질것이고 이러한 裂縫는 層理에 平行하지만 때로는 走向方向이나 傾斜方向에 있어 끊을 수도 있을 것이고 또 Shear zone도 隨伴할 것이다. 走向方向에서 層理를 끊는 것을 下三番坑에서 볼 수 있다. 이곳에서는 紅色 石灰岩의 薄層이 鎌脈上下盤에서 觀察되고 Shrear zone은 特히 上盤脈이라고 하는 것으로 代表된다. 그리고 傾斜方向에서 裂縫이 層理를 끊는 것은 確認되지 않았으나 작은 fault pattern (그림 1)에서 볼 수 있고, No. 3 試錐孔에서 豫定地點에서 着脈치 못하였음은 이로 因하여 鎌脈이 下部로 치진 까닭이 아닌가도 생각된다.

本鎌床을 形成시킨 裂縫는 이와 같은 廣域的인 褶曲에 依하여 그 南翼에 形成될 것이라고 推理된다.

深部로부터 鎌液이 上昇하여 鎌床을 形成한 後同一 方向의 힘이 몇번 되풀이 하였던 것 같고 이 힘에 依하여 形成된 fault나 joint는 鎌床形成 以前의 것들과 同一한 方向을 取하였다. 이와 같은 fault pattern은 坑內 地質圖에서 明瞭하게 보이고 이들은 後期의 熱水作用의 通路를 이루고 一部는 石英脈으로 充填되고 있다.

### 5-3. 鎌床의 構成鎌物과 共生

鎌脈을 構成하고 있는 鎌物成分으로 보아 鎌脈은 아래의 i) 다이옵사이드—柘榴石帶, ii) 角閃石—石英帶

iii), 石英—白雲母(黑雲母)帶의 3個帶로 區分할 수 있다. 이들 各帶는 大體로 鮮明한 境界를 이루지 않고 漸移的이다.

i) 다이옵사이드—柘榴石帶; 이帶는 鎌脈의 東西兩端部와 또 鎌床의 一部 上盤部를 構成하고 있다. 이帶에는 磁硫鐵礦 黃銅礦의 dessemination이 比較的 顯著하며 一部 磁鐵礦을 包含하기도 한다. 主構成礦物은 다이옵사이드이나 柘榴石이 Patch, Stringer 또는 Mass로서 包含하기도 한다. 이外에 少量의 石英, 綠泥石, 方解石, 融石을 隨伴한다.

ii) 角閃石—石英帶; 이帶는 鎌脈의 走向延長上에서의 中間帶에 該當된다. 이帶는 現在 鎌石으로 採掘되고 있으며 鎌石의 品位面에서 보아도 中品位帶에 該當된다. 이帶의 兩端部에는 다이옵사이드의 Patch를 갖는 것이普遍的이다. 그리고 이帶中 上盤 쪽으로는 다이옵사이드와 柘榴石帶를 갖고 있는 곳이 많다. 이帶에 있어서도 下盤 쪽이比較的 硅質이며 品位가 높다.

角閃石—石英帶는 暗綠色을 띠우며 主要構成礦物은 角閃石, 石英이고 灰重石, 方解石을 갖는다. 黑雲母磁鐵礦, 綠泥石, 融石, 燐灰石 그리고 磁硫鐵礦等이普遍的으로 볼 수 있는 隨伴礦物들이다.

iii) 石英—白雲母—灰重石帶; 이帶는 鎌脈의 中央部 即 富礦帶에 該當된다. 이帶는 鎌脈의 傾斜方向으로 上位部에 比較的 發達이 優勢한 便이다. 灰色의 硅質인 이帶를 構成하는 主要礦物은 石英 白雲母와 灰重石이며 一部 方解石 黑雲母와 함께 綠泥石, 融石, 燐灰石과 磁硫鐵礦等의 硫化礦物을 隨伴한다.

石英脈系와 隨伴礦物; 위에 記述한 鎌脈에는 鎌脈內에와 上下盤에 無數한 石英脈과 이의 紗狀細脈이 發達되어 있다. 이들 石英脈의 두께는 顯微鏡的規模의 것에서 30 cm 되는 것까지 있다.

鎌脈을 中心으로 하여 上下盤으로의 石英脈의 胚胎範圍는 广大하며 上東坑에서 下盤으로의 Cross cut에서 보면 鎌脈에서 65 m 떨어진 地點에서까지 보여지고 있다. 地表에서의 舊採掘跡에서 보면 石英脈은 壯山硅岩層의 上位部에 까지 胚胎되어 있음을 確認할 수 있다. 그러나 鎌脈上盤 쪽은 下盤에 比하여 發達이 比較的 微弱하며 Cross cut에서 보면 鎌脈에서 40 m 까지 사이에 胚胎되어 있을 뿐이다.

石英脈群의 發達은 鎌脈과 接하는 下盤部에 特히 현저함은 鎌脈의 어느 部分에서고 共通의 으로 確認된다.

이와 같은 石英脈群이 차지하는 fissure pattern에 對하여는 統計的으로 整理하여 後日에 發表하겠으나 大體로 鎌脈이나 母岩의 層理에 平行하거나 若干 斜交하는 것과 이와 거의 直交하는 두系로 大別된다. 그리고 後

者는 大概가 前者를 若干씩 移動시킨 小斷層을 充填한 脈群들이다.

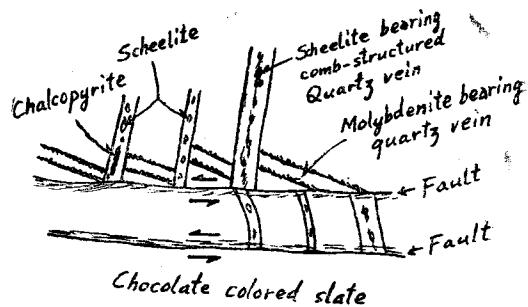


그림 4.

위의 그림은 上東坑에서 觀察된 것으로 위에 말한事實을 잘 說明하고 있다. 即 초코레이트色 슬레이트의 層理面에 거의 平行하게 胚胎된 輝水鉛礦과 黃銅礦을 隨伴하는 石英脈은 後에 黃銅礦과 灰重石을 隨伴하는 石英脈으로 充填된 Step fault로 切斷되고 있음을 보여 주고 있다. 위의 各脈은 後에 다시 層理面에 거의 平行하는 斷層에 依하여 切斷 移動되고 있다. 이와 같은 事實은 坑內에서 石英脈의 Wall에 沿하여 斷層을 볼 수 있는 事實과 함께 거의 비슷한 方向性을 갖는 斷層과 fissure의 形成이 主鎌脈의 形成期以後에도相當期間을 두고 여러차례 있었음을 말할 뿐 아니라 石英脈에 隨伴되는 鎌化作用도相當期間을 두고 여러차례 繼續되었음을 立證하고 있는 것이다. 脈石礦物로 보아 위의 石英脈은 石英脈과 石英一方解石脈으로 區分할 수 있다. 石英脈은 어떤一定한 方向性을 갖는 脈群에 한限하지 않는ly 反하여 石英一方解石脈은 比較的 鎌脈을 切斷하는 系에 많은 傾向을 보여 준다.

石英脈의 主要隨伴礦物은 輝水鉛礦을 代表로 하여 黃銅礦, 磁硫鐵礦, 黃鐵礦, Wolframite, 灰重石, Powellite, 融石, Bismuthinite等 여러 鎌物을 隨伴하고 있다. 한便 石英一方解石脈에 있어서는 輝水鉛礦을 隨伴하는 예는 거의 볼 수 없으며 主로 灰重石, Powellite, 融石, 黃鐵礦과 함께 黃銅礦 Wolframite를 隨伴한다. 그리고 Wall에 沿한 Sericitization이 현저하다.

#### 鎌石礦物과共生關係

主要鎌石礦物은 灰重石과 Powellite이다. Wolframite는 一部 石英脈에 隨伴되나 現在로는 採鎌對象이 되고 있지 않다.

灰重石과 Powellite는 主鎌脈에 있어서는 塵介狀에서 米粒 크기의 것이 散在하나 石英脈이나 石英一方解石脈에 있어서는 皺曲 粗粒으로 比較的 큰 結晶을 갖는 境遇가 많다.

灰重石이 Powellite 와 共存할 境遇 灰重石은 大體로 Powellite 를 中央에 두고 包圍하고 있으며 富礦部에서 보여지는 두 鑛物을 隨伴하는 石英細脈에 있어서도 Powellite 는 脈의 外帶에 그리고 灰重石은 內帶에 胚胎

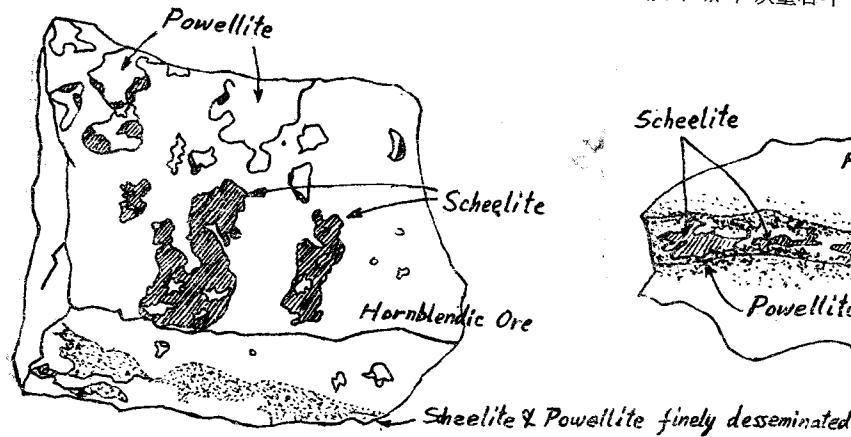


그림 5.

여 이는 上述한 바와 같이 鑛脈의 延長上에 있어 外帶로부터 內帶로 가며 增加하고 있는 것이다. 한便 灰重石, Wolframite 및 輝水鉛礦을 隨伴하는 鑛脈下盤의 石英脈에 있어서는 灰重石은 Wolframite 結晶을 包圍하고 있음을 볼 수 있다.

灰重石과 輝水鉛礦과는 下盤石英脈에 있어 다만 1) 輝水鉛礦이 脈의兩 Wall에 沿하여 胚胎함에 反하여 灰重石은 脈中에 胚胎되는 傾向이 있으며 또 2) 含灰重石石英脈이 含輝水鉛石英脈을 切斷하고 있는 事實로서 石英脈 形成期에 있어 輝水鉛礦은 灰重石 보다는 적어도 初期晶出物인 것으로 推定할 수 있을 뿐이다. 이外에도 主鑛脈과 石英脈에서 보여지는 磁硫鐵礦, 黃銅礦, 黃鐵礦, 硫砒鐵礦, Bismuthinite 等의 硫化鑛物과 함께 主要 脈石鑛物相互間의 共生關係에 對하여는 앞으로의 현미경 관찰 후로 미루기로 한다.

#### 品位의 分布와 變化

現在 採鑛對象이 되고 있는 灰重石과 Powellite 와 함께 輝水鉛礦 및 Bismuthinite 에 對한 品位의 分布와 變化狀況에 對하여는 規場에서 收集된 資料에 對하여 室內整理中이다.

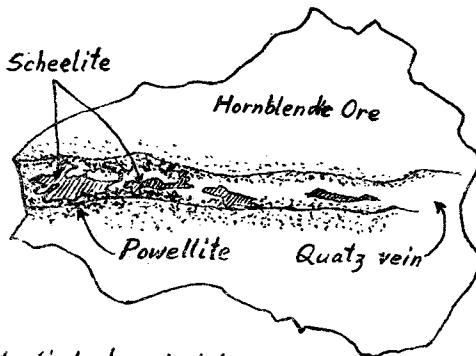
이 問題中에서도 特히 鑛脈이 下部로 갈수록 위의 各成分의 變化狀況에 對하여는 大端히 慎重히 檢討되어야 하기 때문이다. 이는 各鑛物의 共生關係에 對한 鑛物學의 充分한 檢討와 함께 各帶에 있어서의 微量成分에 對한 地化學的檢討를 行하여 보기로 한다.

#### 5-4. 母岩의 變質

母岩의 變質은 硅化作用과 絡雲母作用이 가장 현저하다.

하고 있음을 볼 수 있다. 이는 灰重石이 Powellite 보다 比較的 後期에 晶出한 것임을 말하는 것으로 생각된다. (그림 參照)

主脈에 있어 灰重石과 Powellite 는  $\text{SiO}_2$  量과 比例하



i) 硅化作用；硅化作用은 鑛脈의 上下盤 接觸帶와 함께 특히 下盤쪽에 廣範하게 받고 있다. 鑛脈의 上下盤直接接觸帶는 甚히 硅化된 Cherty 한 appearance를 갖는 호온펠스帶를 이루고 있으며 이帶의 幅은 下盤接觸帶에서는 1~3m 上盤에서는 0.5~1.5m 이다. 鑛脈이 胚胎된 猫峰層中 초코레이트色 스파이트는 鑛脈의 下盤 쪽에서 廣範하게 硅化되어 있다. 이 硅化帶는 호온펠스帶에서도 下盤으로 7.3~9.5m 의 幅을 갖는다. 그러나 上盤쪽에는 硅化된 초코레이트色 스파이트는 없다.

이 호온펠스帶에는 角閃石의 微細한 紗狀細脈이 發達되어 있음이 特徵이다. 그리고 一部 초코레이트色 스파이트의 殘留部(Relict)를 包含하고 있기도 한다. 이 岩石은 淡綠灰色을 띠우며 主要構成礦物은 石英이고 少量의 角閃石, 黑雲母와 함께 조이사이트(Zoisite), 에피도아이트(Epidote), 硫磁鐵礦, 일메나이트 및 류우카센(Leucoxene)等을 隨伴한다. 이岩石에 對하여는 現在進行中인 許多 試料에 對한 詳細한 顯微鏡觀察로서 앞으로 詳細히 記述하려 한다.

위에 記述한 硅化作用은 초코레이트色 스파이트中에도 현저하게 發達된 石英脈의兩 Wall이 전혀 影響받고 있지 않다. 이와 같은 事實로 미루어 보아 硅化作用은 主鑛脈形成期에 行하여진 것이지 後期의 石英脈群의 形成期와는 關連되지 않음을 알 수 있다.

ii) 絡雲母化作用；이作用은 石英脈의兩 Wall에 沿하여 行하여진 것으로 이中 特히 石英一方解石脈의 緣邊에서 顯著하다. 이와 같은 現象은 石英脈形成期中比較的 後期에 形成된 脈部에서 현저하였음을 말하는 것이다.

다음 그림은 -1坑의 西端에서 觀察된 것으로 裂縫에 沿하여는 融石를 主로 하고 部分的으로 少量의 石英이 充填되어 있다.

이 融石一石英細脈의 緣邊에는 5~20 cm 幅으로 絹雲母가 形成되어 있다. 이 絹雲母帶에는 融石과 方解石의 Knot가 包含되어 있으나 特히 灰重石이 濃集散在하고 있음은 注目할만 하다.

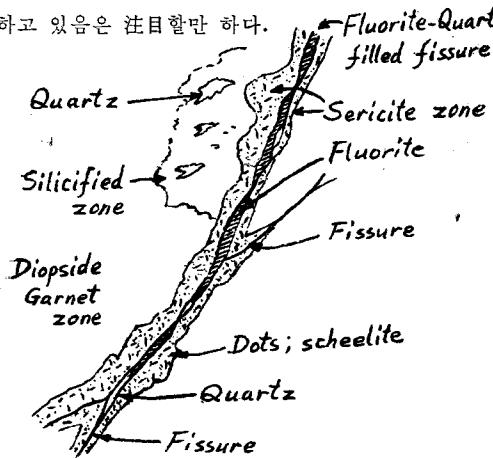


그림 6.

위에 말한 硅化作用과 絹雲母化作用外에도 鎌脈의 富鎌部에 있어 Hydromica의 形成과 緣泥石化作用을 볼 수 있으나 Hydromica의 形成에 對하여는 鎌脈構成鎌物의 共生關係에 對한 詳細한 檢討後에 다시 言及하기로 한다.

#### 5-5. 鎌床의 成因

위에서 觀察한 바를 綜合하여 보면 上東鎌山의 鎌床을 이루고 있는 岩石은 다이옵사이드—柘榴石一角閃石—石英—黑雲母를 主成分으로 하고 이와 隨伴한 鎌物은 灰重石, 磁鐵鎌, 磁硫鐵鎌, 黃鐵鎌, 黃銅鎌, 融石, 燐灰石 그리고 二次富鎌帶에는 蒼鉛鎌, 輝水鉛鎌과 黑重石, 絹雲母 等이다.

이와 같은 岩石은 純粹한 意味에서 Tactite나 또는 Skarn이 아니고(現在까지는 그렇게呼稱되어 왔지만) 有用鎌物을 隨伴한 岩石과 鎌脈과의 中間性質의 것이라고 보는 것이 適當할 것이다. 이와 같은 特殊岩石乃至鎌脈은 Magma에서 誘導되어 成白向斜形成時 이루어진 南翼의 裂縫을 따라 深部로부터 上昇하여 이곳에 充填함과 同時に 一部分分化作用을 일으켰다. 初期의 것은 다이옵사이드—柘榴石을 主로하는 岩石으로서 鎌脈兩端附近에 沈澱되었고 分化後期產物인 角閃石—黑雲母—石英은 鎌脈central部에 沈澱시키고 石英이 多은 이部分에 灰重石도 많이 沈澱되어 富鎌部를 이루었다.

鎌山北側 白雲莊附近에 舊地表試錐地點으로 가는 道路切取의 一部에서는 다이옵사이드—柘榴石脈이 確實이 花折層의 세일을 끊고 있는 것이 보이며 坑內 上盤

側 여러 곳에서 이와 같은 貫入現象이 있는 것으로 보아 틀림 없는 것이다.

이와 같이 貫入分化한 鎌脈은 굳어지고 後에 다시금 壓力이 作用하였다. 이 때의 힘에 依하여서 大體로 初期의 裂縫에 따라 다시 裂縫이 생긴 것 같다. 이 같은 힘에 依하여 鎌脈은 작은 斷層들에 依하여 轉位되고 一部는 熱水作用에 依하여 石英脈으로서 充填되었다. 이들 石英脈은 純粹石英脈, 輝水鉛鎌石英脈, 黑重石, 黃銅鎌, 輝蒼鉛鎌 其他 硫化鐵鎌物을 隨伴하는 石英脈等 여러 種類가 있다.

熱水性石英脈이 數次에 걸쳐 上昇한 痕跡은 있으나 어느 것이 먼저이고 어느 것이 後期인지는 共生關係에서 言及한以外는 確實치 않다. 이들 石英脈도 多量의 灰重石을 隨伴하고 二次的富鎌作用을 미친 것은 石英脈附近이 高品位라는 點으로 미루어 보아 確實하다.

#### 6. 鎌床發達에 對한 考察과 探鎌方針

鎌床의 形態, 裂縫의 分布모양, 鎌物의 共生, 母岩의 變化等으로서 筆者들은 上東鎌山의 鎌床成因에 對하여 새로운 假說을樹立하였다. 筆者들의 寡聞인지는 몰라도 重石鎌床의 成因에 對하여 이와 같이 大膽한 說을 論한 事實은 別로 들어보지 못하였다. 그러나 모든 事實과 現象이 이 같은 假說에 到達케 하여 之으로서 果敢히 學界에 發表하는 바이다.

筆者들이 觀察한 事實과 이로서 誘導된 成因說에 依하면 다음과 같은 特性이 있을 수 있다.

1) 鎌床은 既存 裂縫에 따라 上昇하였으며 이 裂縫는 큰 規模의 것이니 만큼 下部로相當히 계속될 것이고 既知鎌床以外의 地域에도 同一裂縫이 있을 수 있다.

2) 鎌床은 거의 猫峰層의 層理에 平行하나 局部의 으로는 走向方向이나 傾斜方向에서 層理를 끊을 수 있다.

實地坑內에서 鎌床이 走向方向을 약간 끊는 것은 既述한바 있다. 過去 地表에서의 試錐가 着脈치 않은 것은 鎌脈이 下部에서 層理를 끊고豫想地點보다 下부에 胚胎되어 있을지도 모른다.

3) 現在의 fissure pattern으로 推理하여 보면 이미 詳細히 論한 바와 같이 富鎌帶의 發達方向은 N 10~20 W이다. 過去는 오히려 NIOE로 생각하고 地表에서 試錐를 하였던 것이다.

4) 鎌床內에서의 다이옵사이드—柘榴石帶와 角閃石—石英帶의 分布를 보면 鎌床東側에서는 前帶에서 後帶로 漸變하고 있으나 西側에서는 後帶가 前帶를 끊는 것 같다. 이와 같은 現象은 一部 富鎌帶를 이루는 角閃石—黑雲母—石英으로 된 鎌床이 이미 下部에서 分化하여 貫入하지 않았나 하는 疑心을 준다. 萬一 이것이 事實

이라면 裂縫가 他處에도 있을 수 있다는 事實과 아울러 他處에도同一한 鎳床이 있을 수 있다는 것을 推理할 수 있는 것이다.

以上과 같은 理論的 根據에 依하여 鎳床의 下部發達이 좋을 것이라고 判斷하였으며 이를 確認키 為하여 下六坑 富鎳部에서 上盤側으로 坑道掘進하여 坑內 試錐를 할 것을 主張한바 있다.

試錐位置는 富鎳帶가 N 10~20 W로 떨어진다는 結論에 依據하고 于先 13~14番坑까지 보겠금 하는 것이 좋을 것 같으므로 別添 圖面과 같이 設計하였든 것이다.

다음은 細密한 地表地質調查를 施行하여 다른 鎳床을 찾는데 注力하여야 할줄 안다. 이와 같은 地表調查는 地化學探查도 包含되어야 하고 Positive indication 이 發見되면 試錐를 하여 보는 것이 좋을 것이다.

今般調查에서는 鎳床附近의 地表調查만 하였으므로 앞으로는 더 廣範圍하게 하여야 할 것이다.

## 7. 結論과 提言

各論에서 여러 가지로 論하였고 可能한限 筆者들의 結論까지 誘導한바 있다. 여기에 鎳床側으로서 가장 重視할 結論만 列舉하고자 한다. (學問的 部門은 後에 다른 機會로 미룬다.)

1. 上東鎳山의 重石鎳床은 過去 여러 사람들에 依하여 說明된 것과 같이 猫峰層內에 夾在한 石灰岩薄層이 接觸交代作用으로서 形成된 tactite脈이 아니다.

2. 鎳床을 胚胎하는 裂縫는 咸白向斜가 形成될 때 그 南翼인 猫峰層中에 이루어진 thrust面이며 이에 따른 feather fissure 들이 隨伴하였다.

3. 鎳脈을 形成한 다이음사이드—柘榴石一角閃石—黑

雲母 石英岩이 이 裂縫에 따라 深部로부터 上昇하여 分化沈澱하였다. 灰重石等 有用礦物은 同時に 沈澱되었고 石英이 豐富한 곳에 거의 沈澱한 것이다. 同時に 母岩에도 甚히 硅化作用을 주었다.

4. 裂縫는 鎳床生成後에도 形成되었고 이에 따라 热水鎳脈인 石英脈이 充填하였다. 이 石英脈에는 重石, 水鉛, 蒼鉛, 銅等 有用礦物을 隨伴하였다.

5. 鎳床의 富鎳體는 過去生覺하듯이 N10E 方向으로 떨어진 것이 아니고 N 10~20 W로 떨어지고 있다.

6. 鎳床의 下部로의 發達은 繼續할 것이나 그 品位에 關하여서는 앞으로 현미경 관찰을 完了한 후에야만 結論지어질 것 같다.

7. 本鎳床 以外에도 同一한 鎳床이 附近에 있을 可能性이 있다.

위의 結論에 依據하여 다음 段階의 調查를 推薦하는 바이다.

i) 下六坑 富鎳帶中心에서 N 15 W 方向으로 坑道를 堀進하여 坑內試錐를 하는 것이 좋을 것이다. 坑內試錐는 于先 13~14坑 下部를 보도록 함을 薦舉하는 바이다.

ii) 鎳床附近의 地表地質調查를 更廣範圍하게 그리고 細密히 하여야 한다. 이와 같은 調査는 地化學探査를 隨伴하는 것이 좋다. 이로서 他處에 鎳床이 賦存할 與否를 알아내고 万一 Positive indication 이 있을 때는 試錐를 하는 것이 좋을 것이다.

iii) 새로운 鎳床의 發見에는 長時日에 걸쳐 꾸준히 繼續 調査하며 모든 data가 綜合解釋되고 많은 專門家の 協力이 要望된다는 點을 잊어서는 안될 것이다.