

上東重石鑛床의 顯微鏡的 研究

李 大 聲* · 金 瑞 雲**

Microscopic Study of Sangdong Tungsten Ore Deposit, Korea.

Lee, Dai Sung and Kim, Suh-Woon

Abstract

In the Sangdong Mine area, Taebaegsan series (Pre-Cambrian) and Chosun System (Cambro-ordovician) are widely distributed. The Chosun System consists of Yangdug Series (Jangsan Quartzite and Myobong Slate) and The Great Limestone Series (Pungchon Limestone, Shesong Shale, Hwajeol Formation and Dongjeom Quartzite). The mineralized zone containing the main ore body of the Sangdong Mine was developed in the Myobong Slate formation.

The result of the field and microscopic study on the mineral paragenesis and its wall rock alteration in the tungsten ore deposit shows the following features. The orogenic movements of the Post-Chosun System in the Hambaeg Geosyncline are closely related to the tungsten ore deposition in the area, the ore minerals are composed mainly of scheelite, powellite molybdenite and sulfide minerals, and gangue minerals are hornblende, diopside, garnet, quartz, phlogopite, tremolite, biotite, muscovite, fluorite, etc., main ore body was enriched by scheelite bearing quartz vein filling into interstices of formerly mineralized zones, and the minor faults, faults of N 60°-70°W, 45°-60° NE and joints, which were formed at the end of the mineralization and the slate. Country rock of the ore body was altered into the following several zones from the outside to the inside; lowgrade recrystalline aureole, silicified sericite zone, and diopside-hornblende zone.

Under the microscopic observation of 195 samples taken from throughout ore body can be classified into 10 different groups by their mineral paragenesis as shown in table 2.

The garnet-diopside group is primary skarn and it shows gradational change to the groups of later stage by the successive processes of metasomatism. From the stage of quartz-bearing group, the dissemination of scheelite is seen.

The crystallization of scheelite in the bed started with the quartz deposition and continued to the last stage when quartz vein intruded into the main ore body.

In the field and the under ground investigation a durable limestone bed in thickness about 20 meters and their remnants in ore body are observed and under microscope calcite remnants are recognized.

Hence it is postulated that the ore material moved up through the faults, shear zones or feather cracks and was assimilated with the interbedded limestone, after that the body was affected by the successive differentiated ore solution by gradational increasing in SiO_2 , K_2O and H_2O . Evidently this ore deposit shows the features resulted from pyrometasomatic processes.

* 延世大學校 理工大學 地質學科 教授 ** 陸軍士官學校 地學科 教授

目 次

1. 序 言
2. 鑛床의 地質
3. 鑛 化 帶
4. 鑛床의 構成鑛物과 共生關係

5. 母岩의 變質
6. 變成帶의 累帶配列과 鑛化物質의 性質
7. 結 言

1. 序 言

上東鑛床은 江原道 寧越郡 上東面 九來里 一帶에 分布하며 이는 所謂 西北西方向의 咸白向斜山脈 南麓에 該當한다.

本鑛床에 對하여는 1930年 以來 國內外 여러 地質學者와 鑛山學者들에 의해서 調查研究된 바 있으나 아직 그의 成因과 形成過程에 關해서 異論이 많다.

本研究은 筆者들에 의해서 1965年에 數次에 걸쳐 上東重石鑛山區域內에서 實施된 地表 및 坑內 調查 結果와 特別히 顯微鏡下에서 觀察된 鑛床의 構成鑛物의 組織을 根據로 하여 鑛物 共生關係를 分類하고 鑛物 生成順序를 推理함으로써 鑛床 形成의 機構와 成因의 考察에 一助를 加하려는 데 그 目的이 있다.

本研究에 있어 助言을 아끼지 않은 金玉準博士, 洪萬燮, 朴喜寅 諸氏에게 深謝하며 現場 調查에 便宜를 圖謀하여 준 大韓重石鑛業株式會社의 關係諸位에게도 謝意를 表하는 바이다.

2. 鑛床의 地質

上東鑛山區域에는 先캄브리아紀에 屬하는 栗里統, 舊古生代의 朝鮮系 및 新古生代의 平安系가 分布하며 火成岩類로서 栗里統을 貫入한 電氣石巨晶質 花崗岩과 栗里統과 朝鮮系를 隔은 玢岩脈과 石英脈이 있다. 이들을 表示하던 第1表와 같다.

第1表 上東鑛床附近의 地質系統

地質時代	地質과 相互關係	
時代未詳	電氣石巨晶質 花崗岩, 玢岩, 石英脈 貫入接觸	
트라이아스紀 — 上部石炭紀	平安系	紅店統 不整合
오도뷔스紀	朝鮮系	大石灰岩統 莫洞石灰岩層 斗務洞層 銅店珪岩層 花折層
캄브리아紀		細松層 豐村石灰岩層
		陽德統 傾斜不整合 壯山珪岩層
先캄브리아紀		栗里統 古善里層

重石鑛床은 크게 先캄브리아紀岩層內에 發達하는 것과 朝鮮系內의 것으로 區分된다. 先캄브리아紀內의 鑛床은 鑛山事務所 西南 3km 餘에 떨어져 있는 봉우계 部落附近에 分布하는 古善里層의 下部인 點紋雲母珪質 粘板岩內에 胚胎되어 있다.

이곳의 鑛床은 含黃鐵石·黃銅石石英脈과 含綠礫石·角閃石·方解石·黃化鑛物石英脈으로서 重石鑛物은 主로 黑重石이고, 灰重石은 微弱하게 含有되어 있다.

봉우계 部落地下에는 火成岩이 있고 이의 貫入을 받은 栗里統에는 放射狀의 裂罅와 斷層으로 된 破裂帶가 形成되어 이 間隙을 따라 前記石英脈들이 注入되었을 것으로 보인다. 이곳의 火成岩은 隣接하고 있는 含電氣石花崗岩일 것으로 推測된다.

本鑛床은 規模가 작아 現在 稼行되고 있지 않다.

朝鮮系內의 鑛床은 壯山珪岩層, 貓峯層, 豐村石灰岩層 및 細松層內에 發達하는데 그中 貓峯層內의 것이 가장 重要한 것으로 本文은 이에 對해서 論하였다.

3. 鑛 化 帶

貓峯層內의 重石鑛床은 本層의 上位에 夾在하며 얇으나 連續性이 있는 石灰岩層內에 發達하는 主脈을 비롯하여 그의 上位에 있는 上盤脈, 그의 下位 粘板岩質部分에 胚胎하는 下盤 1號, 2號, 3號, 및 4號等 6條의 平行脈이 過去부터 알려져 왔다.

貓峯層內의 走向을 따라 露頭나 轉石이 發見된 鑛化帶의 最大延長은 約 6.5km 에 達하며 이中에서 主脈의 範圍는 “신대골”溪谷을 中間線으로하여 約 1,500m의 部分이다. 1,500m 餘의 主脈部分은 坑內에서도 連續性이 있는 鑛化帶로서 確認되며 그中 約 700m가 富鑛帶에 該當한다.

主鑛脈은 大體로 堆積岩層의 層理面을 따라서 거의 平行하게 形成된다. 그러나 下部坑에서는 鑛體의 傾斜가 地層傾斜보다 急하여 斜交하는 곳도 있다. 富鑛帶는 平均 4.5~5.0m 厚와 斜距離 1,570m(9坑까지)以上에 達하는 板狀體를 이룬다.

主脈의 下 7, 8 및 9坑의 調查와 過去에 調查된 結果를 綜合한 坑內地質의 特徵을 要約하면 다음과 같다.

i) 鑛體는 초코레이트色 슬레이트를 上盤과 下盤으로

가지며 鑛脈附近的 下盤은 珪化 및 角閃石의 網狀注入
으로 因하여 淡靑灰色으로 變質하였으며 角閃岩과 恰似
하다. 上盤도 同一한 變質을 받았으나 그 範圍가 좁고
shearing에 依해서 tectonite 化된 部分이 많다.

ii) 鑛體의 主要脈石鑛物은 角閃石, 透輝石, 柘榴石,
石英이며 金雲母, 黑雲母, 白雲母, 螢石을 隨伴한다. 鑛
體의 兩端과 上盤附近的 母岩은 主로 柘榴石과 透輝石으로
成되어 있고 中央의 富鑛部는 角閃石(一部 陽起石)과 石英
을 主成分으로 하며 金雲母, 白雲母, 螢石을 包含한다.

iii) 母岩과 鑛體內 各部分들 사이의 漸移的으로 變하
기 때문에 明確한 邊界線을 設定하지 못하는 경우가 많
다. 그러나 各部分에서 採取한 試料에 包含된 鑛物組合
에 의하여 鑛體를 富鑛帶와 柘榴石—透輝石帶로 大分
하고 變質母岩의 分布狀態를 表示하여 鑛體의 狀態를
推定할 수 있다. 即,

1) 富鑛帶는 兩側에 있는 柘榴石, 透輝石帶內로
舌狀 注入하여 복잡한 境界를 나타낸다.

2) 上東坑 水準以上에서의 富鑛帶의 넓이는 最
大 900 m이고 그 以下水準에서는 600~800 m 程度
이다.

3) 富鑛帶의 中心線은 高位水準으로부터 下位水
準을 向해서 $N40^{\circ}W-N22^{\circ}E-N30^{\circ}W-N52^{\circ}E-N$
 $20^{\circ}W$ 方向의 Z字形으로 變化하며 全體的으로는
 $N2^{\circ}\sim 10^{\circ}W$ 方向을 보인다. 따라서 鑛化物質이 注
入한 方向은 大略 $N2^{\circ}\sim 10^{\circ}W$ 일것으로 推測
된다.

4) 下 6 坑以下에서는 紅色의 緻密, 堅固한 石灰
質의 變成粘板岩이 中心線 東側에 나타나는데 柘榴
石帶도 內側으로 더욱 延長되고 鑛物配合에 의해
區分되는 帶狀構造의 現象도 微弱하나마 찾아볼 수
있다.

iv) 鑛脈附近的 母岩은 珪化作用을 현저하게 받았으
며 鑛脈에서 멀어짐에 따라서 漸次 弱화되고 上盤에 比
해 下盤이 더욱 珪化되어 있다.

v) 鑛脈과 接하는 上下盤 및 6 條에 達하는 上盤脈과
下 1, 2 號脈等에 接해서 나타나는 緻密堅固한 혼펠스
는 0.5~3.0 m의 厚를 가지며 8.5~10.5 m 幅으로 珪
化된 초크레이트色 粘板岩으로 漸移한다. 이들은 原岩
의 成分에 따라서 石灰, 苦土質粘板岩으로 變質하였
을 것이다. 細松層이나 花折層內에서 交互하는 一次의
층位와는 相異한 것으로 보인다.

4. 鑛床의 構成鑛物과 共生關係

鑛體의 構成鑛物과 그 共生關係를 究明하기 위하여
上東坑 水準以下の 各坑內에서 採取한 試料 195 個에

對하여 顯微鏡 觀察을 實施하였다.

各 試料는 構成鑛物의 組合에 의하여 觀察되었는데
母岩에 對하여는 3 個共生群으로 鑛體에 對하여는 10 個
의 共生群으로 分類하였다. 이들은 大體로 鮮명한 境
界없이 漸移的現象을 나타내고 있다. 鑛體에 對한 共生
群의 顯微鏡觀察結果를 記述하면 다음과 같다.

1) 柘榴石—透輝石 共生群

이는 主로 柘榴石과 透輝石으로 構成되었으며 若干의
螢石을 隨伴한다. 角閃石은 稀少하고 灰重石은 없다.
이는 鑛物含量의 組合에 의하여 다시 4 段階의 相으로
區分된다.

i) 柘榴石相

粒狀 또는 六角形의 淡褐色, 自形의 柘榴石 結晶이
密集되고 이들 사이를 채워서 少量의 透輝石結晶이 間
在한다. 柘榴石結晶中에는 典型的인 帶狀構造를 나타
내는 粒이 많으며 包裹物도 帶狀으로 配列되어 있다.
이 帶를 따라서 一部가 透輝石으로 變質하고 있다(寫眞
1). 透輝石의 交代는 그 外에도 柘榴石結晶全般에 걸
쳐서 梯狀構造 또는 微脈狀으로 이루어졌으며, 透輝石
의 交代가 進展된 部分內에는 柘榴石의 殘留體가 있다.

ii) 柘榴石—透輝石相

이는 柘榴石이 透輝石으로 交代되었으나 아직도 相當
量의 柘榴石이 殘留하고 있는 漸移相이다. 全般的으로
淡綠色의 透輝石結晶의 集合體로 되어 있다. 間間히
鑛物들 사이에 螢石이 채워져 있고 透輝石은 매우 破
裂되어 있어 이 裂罅를 따라서 網狀으로 透輝石의 形成
이 進行되어 있다(寫眞 2).

iii) 柘榴石—透輝石—珪線石相

柘榴石이 透輝石 뿐만아니라 珪線石으로 化하였으며
柘榴石이 아직도 많이 殘留하고 있는 漸移岩相이다. 間
間히 螢石을 볼 수 있다.

iv) 透輝石相

거기 全部가 透輝石으로 交代되었고 柘榴石은 少量
殘留한다. 微粒의 角閃石結晶이 含有되어 있으며 이는
透輝石結晶들 사이에 一定한 方向性을 가지면서 配列되
어 있다(寫眞 3). 少量의 螢石을 볼 수 있다.

2) 透輝石—角閃石 共生群

이는 透輝石을 主로 하고 若干의 角閃石을 隨伴한다.
少量의 螢石을 볼 수 있고 前述한 柘榴石—透輝石群과
달리 石英을 包含하고 있으며 弱하게 珪化作用을 받고
있다. 그러나 灰重石은 없거나 또는 極微量으로 含有되
어 있다. 어떤 薄片에서는 角閃石보다 石英의 量이 많
은 것도 있으며 結晶의 크기도 다르다. 石英은 透輝石
의 裂罅를 따라서 浸透하였으며 이 石英을 따라서 灰重

石粒이 誘導되었음을 暗示한다. 어떤 薄片에서는 石英 微脈의 末端部나 그속에 捕獲된 透輝石이나 그 破片內에 灰重石粒이 보인다. 또 어떤 粒은 透輝石을 橫斷하는 경우도 있다(寫眞 4, 5).

3) 透輝石—角閃石—石英 共生群

이는 透輝石이 主가되거나 相當量의 透輝石이 角閃石으로 交代되어 있고 細脈狀의 石英이 貫入되어 있다.

螢石粒子는 다른 鑛物粒子사이에 드물게 散在하여 있다. 角閃石으로의 交代는 線狀 또는 斑點狀으로서 周邊으로부터 이루어졌다(寫眞 6). 灰重石粒은 透輝石粒사이 사이에 또는 石英과 角閃石이 混在하는 部分이나 石英粒의 緣邊部에 散在한다. 角閃石은 草綠色으로 變質된 우랄라이트나 陽起石도 있다. 그러나 이같은 部分에는 灰重石結晶을 볼 수 없다.

4) 角閃石—石英 共生群

이는 若干의 透輝石과 이를 交代하였거나 初生的인 角閃石 및 石英이 大部分을 차지하며 螢石을 隨伴한다.

不透明鑛物로서 磁硫鐵石을 包含하는데 그 含量은 部分에 따라 큰 差異가 있다. 角閃石類에는 透輝石을 交代한 深綠色의 陽起石이 많다(寫眞 6). 이는 石英에 依해서 切斷되어 있으며 淡灰色을 띤 灰重石의 自形微晶이 石英脈內와 그 周邊部에 散布되어 있다.

顯微鏡下에서 判別되는 鑛物生成은 透輝石, 角閃石, 石英, 磁硫鐵石의 順이며 灰重石은 石英의 生成과 時期를 같이 하는 것 같다. 螢石의 生成時期는 交代된 角閃石보다 後期이며 後者는 透輝石內에 생긴 微裂을 充填하고 있음을 흔히 볼 수 있다.

5) 角閃石—石英—灰重石 共生群

이는 本鑛床에서는 富鑛帶에 該當하는 鑛石이다. 主로 角閃石(一部는 陽起石)과 石英으로 構成되었으며, 多量의 灰重石과 螢石을 含有한다. 角閃石은 深綠色의 自形 乃至 半自形으로 密集 分布되며 이들 鑛物粒子사이에 石英이 充填되어 있고 部分에 따라서는 螢石과 方解石의 結晶도 볼 수 있다(寫眞 7).

灰重石은 圓滑한 모서리를 가진 粒으로서 石英內에, 石英과 角閃石結晶과의 境界部에, 또는 角閃石粒子內에 더욱 많이 包含되어 있다. 灰重石粒의 크기는 0.1~0.3 mm 程度가 一般의이며 角閃石內의 것이 작고 境界部の 것이 큰 傾向이 있다.

灰重石의 分布狀態를 보면 크게 두가지로 區分할 수 있는데 하나는 石英과 角閃石의 境界부나 角閃石의 破裂部, 劈開線을 따라서 이를 割開하여 들어간 것 또는 角閃石結晶이 破裂된 部分에 큰 灰重石粒이 들어가면서 無數의 小粒으로 分裂되어 있는 注入型이며, 다른 또 하나는 石英이나, 角閃石의 部分을 莫論하고 全體의

灰重石의 작은 結晶이 撒布되어 있는 撒布型이다. 後者가 特히 富鑛體를 形成한 것이다(寫眞 8).

灰重石分布에 關한 以上の 觀察은 石英과 함께 灰重石分이 導入된 것으로 보이며 灰重石이 石英보다는 먼저 結晶되었으며 早期에 形成된 灰重石結晶이 石英質液을 따라서 角閃石帶 特히 結晶이 큰 角閃石의 結晶粒子사이에 到達하여 角閃石內의 微細한 劈開나 裂罅을 充填하였다고 볼 수 있다.

6) 透角閃石—石英—灰重石 共生群

이는 主로 透角閃石과 石英으로 構成되었으며 少量의 黃化鑛物과 螢石을 隨伴한다. 粒狀의 灰重石은 部分에 따라 散在한다.

透角閃石은 粗粒의 放射狀組織을 나타내며 淡綠—淡褐色의 微弱한 多色性을 보인다. 劈開는 完全하고 劈開線을 따라서 螢石과 黃化鑛物이 舌狀으로 注入充填하고 있다(寫眞 10, 11).

石英은 透角閃石粒子사이를 充填하였으며 石英의 一部는 螢石으로 包圍되어 있다. 灰重石粒의 크기는 0.15~0.7 mm 로서 透角閃石內와 石英과 透角閃石과의 境界部 및 黃化鑛物內에 散在하며 어떤 것은 透角閃石粒들 사이에 걸려있는 것도 있다.

透角閃石은 角閃石으로부터 交代되었으며 (寫眞 12) 一部는 蛇紋石으로 交代되었다.

7) 透角閃石—黑雲母(一部金雲母)—石英—灰重石 共生群

이는 主로 透角閃石(一部는 角閃石), 黑雲母(一部는 金雲母) 및 石英으로 構成되었으며 相當量의 灰重石이 粒狀으로 分布되어 있다(寫眞 13). 黃褐色의 黑雲母와 淡褐色의 金雲母는 大體로, 微弱한 多色性을 보이는 것으로 角閃石이나 透角閃石의 周邊部를 交代하여 있다. 石英은 他形으로 金雲母, 灰重石 등과 連晶關係를 나타냄으로써 이들은 同時期에 生成된 것으로서 믿어진다.

螢石과 磷灰石의 自形結晶이 石英內에 包圍되어 있으며 後期生成物로 믿어지는 白雲母에 依해서 貫入된 石英을 볼 수 있다(寫眞 14).

이에도 灰重石이 撒布型인 것과 黑雲母, 角閃石의 劈開나 裂罅內를 注入한 注入型의 두가지가 있는데, 모두 粒子가 크고 量도 많다. 黃化鑛物은 透角閃石의 劈開를 따라 注入하여 集中的인 分布를 보이는 것이 있다.

8) 金雲母—石英—灰重石 共生群

이는 主로 金雲母(一部 黑雲母)와 石英으로 되었으며 粒狀의 灰重石을 隨伴한다. 金雲母는 無色 乃至 淡褐色을 띠우며 劈開의 發達이 顯著하다. 金雲母는 石英에 의해서 融蝕되었고 石英內에는 많은 小粒의 金雲母가 包裹物로 殘留하고 그의 一部는 絹雲母로 變하였다.

黃化鑛物의 微粒이 少量 散在하며 灰重石은 撒布狀으로 分布하며 어떤 薄片에서는 稠密한 群集狀態를 보이거나 다른 것에서는 間隔같은 間隔을 지니면서 골고루 撒布되어 있다.

9) 白雲母—石英—灰重石 共生群

이는 주로 白雲母와 石英으로 構成되었으며 多量의 灰重石을 包含하는 호른펠스이다.

白雲母는 巨晶質로서 放射狀組織을 나타내며 灰重石과 密接히 連晶關係를 나타낸다(寫眞 15, 16).

石英은 비교적 少量이며 白雲母結晶에 의해서 交代 및 貫入되어 있다. 따라서 白雲母가 本鑛床에 關係되는 脈石鑛物中 가장 後期의 것으로 보인다. 灰重石은 白雲母의 劈開를 따라 注入되어 있는데, 이는 灰重石이 石英의 生成時期에서 白雲母의 生成時期까지에 걸쳐서 이루어졌음을 推論케 한다. 灰重石粒子는 그 形狀으로 보아 두 種類로 나눌 수 있다. 卽 白雲母의 劈開를 따라 注入하는 렌즈狀 또는 注入狀의 것과 石英, 白雲母, 黃化鑛物을 切斷한 粒狀의 것이다. 粒狀의 灰重石은 注入狀보다 後期에 生成되었다. 따라서 灰重石의 形成은 白雲母 形成 以後에도 繼續되었음을 暗示한다.

이 共生群 역시 灰重石의 富鑛帶에 該當하며 鑛石으로서 매우 重要視되는 部分이다.

黃化鑛物도 白雲母와 같은 時期에 形成된 것이 있어 白雲母와 複雜한 連晶關係를 보인다.

10) 石 英 脈

石英脈은 坑內에서 鑛體와 母岩을 網狀으로 無數히

切斷하여 發達한다. 母岩의 兩壁에 가까운 部分에는 粗粒結晶이 形成되어 있고, 透明한 感을 보여주며, 이들은 灰重石을 비롯하여 硫砒鐵石, 黃鐵石, 輝水鉛石, 螢石, 黑雲母, 方解石을 隨伴한다. 때로는 磷灰石을 包含하기도하며 角閃石 透角閃石, 透輝石等을 包有物로서 含有한다.

石英細脈은 母岩兩壁에 아무런 影響도 주지 못하였고 隨伴되는 鑛物도 적다. 이와 같은 石英脈은 乳白色을 띠는 傾向을 보이고 輝水鉛石을 多量 隨伴하면서 一定한 方向性을 갖는 것과 輝水鉛石을 거의 隨伴하지 않으며 頻繁히 主鑛體를 切斷하는 傾向을 가진 것의 두가지를 볼 수 있다. 이들 石英細脈群은 主鑛體 形成後의 鑛化作用의 產物로 思料되며 그 形成時期도 몇 회에 걸쳐서 이루어진 것으로 보인다.

以上の 各共生群의 關係를 表示하면 第2表와 같다.

上述한 10 個群을 綜合하면 어느 程度 鑛物의 系統的인 生成順序를 推理할 수 있다.

다음은 鑛體를 構成하는 鑛物共生的 一般的인 몇가지 特徵이다.

i) 鑛體의 各 共生群은 } 柘榴石, 透輝石, 角閃石, 雲母類를 主成分鑛物로 하여 連續的으로 變移하는 하나의 系列을 나타낸다.

ii) 柘榴石—透輝石 共生群은 早期의 스텝으로서 이는 交代變質에 의하여 順次的으로 後期의 相으로 變移되었다. 石英이 많이 나타나는 後期에 이르러서는 灰重石의 鑛染을 볼 수 있다.

Table 2 Mineral Paragenesis of Sangdong Tungsten Ore Deposit

Mineral	Group	Ga-Di	Di-Hr	Di-Hr-Q	Hr-Q	Hr-Q-Sch	Tr-Q-sch	Tr-Ph-Q-sch	Ph-Q-sch	Q-sch-Mu	Q
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
Garnet	×××										
Diopside	×××	×××	×××	×							
Hornblende (partly act.)		×	××	×××	×××			×			
Tremolite						×××	×××				
Phlogopite (partly biotite)							××	×××			
Muscovite								×	×××		
Fluorite	×	×	×	×	×	×	×				×
Quartz		×	×	×××	×××	××	×××	×××	××	××	×××
Scheelite (powellite)			×	×	×	×××	××	×××	××	×××	×××
Other ore minerals				×	×	×	×	×	×	×	×

Ga-Garnet, Di-Diopside, Hr-Hornblende, Q-Quartz, Sch-Scheelite, Tr-Tremolite, Ph-Phlogopite, Mu-Muscovite, act-actinolite. ×××.....major constituent ××.....Intermediate ×.....minor constituent

iii) 螢石은 透輝石이 包含되는 共生群으로부터 그 後期의 群까지 계속 包含되며 後期의 群일수록 그 含量이 增加하는 傾向이 있다.

iv) 灰重石의 晶出은 石英과 거의 같은 時期이며, 脈狀石英이 貫入할 때까지 繼續되었다.

5. 母岩의 變質

鑛床生成에 앞서 母岩이 甚한 珪化作用을 받아 堅緻한 岩石이 되면 이것이 蓋岩이 되어서 그 下部에만 集中的으로 鑛脈을 만드는 傾向이 있다. 그러나 本鑛床에서는 特히 母岩自體가 不透過性인 粘板岩으로서 鑛化物質의 通過를 制限하는 蓋岩의 役割을 하였을 것이다. 그러기 때문에 母岩인 粘板岩의 片理를 따르는 剝離性과 咸白向斜地에 미친 계속적인 構造運動의 結果로 形成된 드러스트面 및 裂縫帶等이 鑛化物質의 通路로서 提供되었음을 推測케 한다. 또한 猫峰層에 夾在하는 石灰岩層은 鑛化作用을 받기 쉬운 岩石으로서 上昇한 鑛化物質이 이 石灰岩層을 同化하였을 것이며 同時에 그 過程에서 粘板岩마저 變質시켰다고 본다.

鑛體의 母岩인 粘板岩이 받은 變質은 鑛體와의 關係에 따라 相異하다. 卽

1) 鑛體로 부터 10 m 內外로 떨어져 있는 部分

이 部分의 粘板岩은 暗紫色 또는 초코레이트色으로서 顯著히 片理構造를 나타낸다.

鏡下에서 觀察하면 各 構成鑛物은 모자이크 構造를 이루며 主로 白雲母, 黑雲母, 石英으로 되어 있고 部分에 따라 白雲母로 된 斑狀變晶이 發達한다.

一般的으로 白雲母의 含量이 黑雲母보다 優勢하며 黑雲母를 거의 含有하지 않는 部分도 있다. 石英은 微脈狀으로 貫入하였을 뿐 全般的인 珪化는 일어나지 않았다.

全體적으로 보아 이 部分은 原岩自體의 低度再結晶變質이 主가 되고 이에 添加하여 比較的 微弱한 珪化作用이 이루어졌을 뿐이다. 그러나 鑛體에 가까워짐에 따라서 石英과 角閃石의 含量이 增加하여 細粒質 石英集合體가 되고 이들은 原岩의 片理方向을 따라서 線狀으로 配列되어 있다. 또한 一部에서는 石英-角閃石-磁鐵石의 細脈이 貫入되어 있고 이 中에는 角閃石이 放射狀으로 配列되어 그 中心部에 透輝石의 核이 殘留함을 볼 수 있다. 어떤 薄片에서는 透輝石이 많이 包含되어 있어 部分的으로 角閃石-透輝石호온펠스를 형성한다. 이는 다시 主鑛體內에서의 各 共生群으로 變移한다.

2) 鑛體와의 隣接部分

이 部分은 鑛體의 上下盤을 이루며 顯著한 珪化作用을 받은 絹雲母·石英·호온펠스이다. 片理와 이를 可

斷하는 方向을 따라서 透輝石, 黑雲母, 角閃石 호온펠스로 交代된 곳도 있다.

透輝石은 角閃石으로 交代되었으며 이는 角閃石內에 透輝石의 核이 殘留함과 透輝石細脈이 角閃石細脈으로 變移되어 있음을 鏡下에서 볼 수 있기 때문이다.

이 部分은 主로 珪化作用과 透輝石-角閃石의 注入을 받았다.

3) 鑛體內에 捕獲되어 있는 部分

이 部分은 主로 7, 8 坑의 角閃石帶內에서 볼 수 있다. 不規則한 小規模의 形態로서 部分的으로 石英脈과 같이 分布한다.

岩色은 淡灰褐色이며 淡赤紫色을 띠는 部分도 있다.

鏡下에서는 모자이크 組織의 石英粒 集合體를 바탕으로 하여 透輝石, 角閃石 및 이의 變質物인 黑雲母, 金雲母를 볼 수 있고 方解石의 殘留와 螢石을 隨伴하고 있다. 이 部分은 母岩이 甚한 珪化作用을 받아 變成된 部分과 柘榴石帶의 變成部로 생각할 수 있는 部分도 있다.

以上을 綜合하면 母岩인 슬레이트의 變成은 鑛體의 外廓部로부터 鑛體에 接近함에 따라서 低度 再結晶變質帶, 透輝石·珪化 絹雲母帶 및 角閃石(部分에 따라서 雲母) 注入帶로 大分할 수 있다.

6. 變成帶의 累帶配列과 鑛化物質의 性質

主鑛體內에서의 各 共生群의 變移關係와 母岩의 變成은 鑛體를 形成한 主鑛化作用의 前後에 일어났던 地質構造의 規制, 母岩의 性質, 鑛化物質의 分化 및 變質作用의 時期的 重複 乃至 先後關係와 密接히 關聯하여 이루어졌다.

鑛脈의 兩側의 母岩 및 鑛床을 中心한 母岩의 變質累帶配列은 어디까지나 母岩과 그속을 通過浸透한 鑛化物質과의 反應에 依해서 母岩의 一部分의 交代, 母岩內에서의 成分의 移動을 일으킨 結果로 生成된 것임에 틀림이 없다.

上述한 바와같이 鑛體는 構成鑛物의 組合에 依해서 10 個의 共生群으로 細分되나 이를 實際적으로 크게 3 個帶로 統合할 수 있다. 卽 (1) 柘榴石-透輝石帶로써 이는 鑛脈의 東西 兩端部와 鑛脈의 一部 上盤部를 構成하고 (2) 角閃石(黑雲母)-石英帶은 鑛脈의 走向 延長에서의 中間帶에 該當하며 (3) 石英-白雲母-灰重石帶은 鑛脈의 中央部인 富鑛帶에 該當한다. 縱的인 帶狀構造는 橫的인 構造보다 不明確하나 鑛石의 品位와 密接한 關係를 가지면서 分布하고 있다.

外廓部에서 高溫性鑛物이 主가 되는 現象은 鑛化物質 橫供給이 活潑했던 初期에는 母岩中의 化學的 親和力

이 강한 岩石의 分布範圍 全般에 걸쳐서 擴散浸透하여 母岩에 變質을 일으키고 그後 그 勢力이 弱화됨에 따라서 變質範圍를 縮小시키기에 이르렀다. 이 初期에 있어서는 壓力과 溫度가 比較的 높았으며 따라서 高溫性의 變質鑛物이 생긴데 反하여 後期에는 物理的, 化學的 條件의 鈍化로 低溫性鑛物로 交代晶出하게 되어 하나의 退行變質作用을 받은 것 같이 보이니 이는 鑛化溶液의 分化로도 解釋된다.

鑛物溶液의 上昇現象은 pumping system에서 볼 수 있는 것과 같이 강한 pumping에 뒤따르는 弱한 作用이 隨伴된 것으로 생각된다. 이 變質作用의 分布를 보면 外廓에서 内部로 감에 따라 變質交代作用이 低溫性으로 後退를 일으키게 된 것이다. 即, 初期의 外廓部에는 高溫性인 柘榴石, 透輝石의 帶를 볼 수 있고, 그後 內側으로 弱勢하여 감에 따라 後期에는 低溫性의 角閃石—白雲母—石英의 帶를 形成하게 된 것이다.

또한 變質帶의 配列順位와 鑛物生成의 順位로 보아서 酸性의 鑛化物質이 通路를 上昇하면서 石灰質岩石을 同化하여 그 成分은 石灰質이 增大하여져서 二次的 鑛化物質이 이루어지고, 다시 珪化帶를 中心하여 四方으로 浸透擴散하여 漸次로 化學成分의 變化를 가져오게 된 것으로 推定된다.

뿐만 아니라 鑛脈의 生成은 數次에 걸친 여러 段階의 鑛化作用의 結果이므로 時間經過에 따르는 鑛化物質의 成分變化도 이리났을 것이므로 곳에 따라서는 變質이 重疊되어 나타났다고도 생각할 수 있다.

따라서 貓峰層內의 分枝된 細脈들이 各各 그 鑛化作用에 差異가 있고 構成鑛物도 곳에 따라 다르다고 해서 이들이 全然 別途로 深部に 있던 마그마가 上昇分化하였거나 各 部分마다 特殊한 異質帶가 있었다고는 볼 수 없다.

7. 結 言

本鑛床에서 調査된 모든 事實과 上述한 顯微鏡觀察을 綜合하면 鑛床形式에 關하여 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

1) 後平安系에서 일어났던 咸白山地向斜運動에 의하여 貓峰層 및 그 上位의 地層들 사이에는 破裂帶와 드러스트 斷層面이 形成되고 大小의 feather crack도 생겨서 下部의 鑛化物質이 上昇浸透할 수 있는 通路를 提供하였다. 이같은 造山運動에 隨伴하는 火成活動이 本域에도 일어나서 鑛化에 主要役割을 하였다.

2) 鑛化物質은 朝鮮系보다 下位인 深處에서 起源하였을 것이며 高溫性의 熱水溶液으로 일기간의 揮發成分을 지니고 上昇하였다고 믿어진다.

3) 本域뿐 아니라 隣接地域에서도 貓峰層內에 石灰岩夾層을 볼 수 있고 主鑛體內에서도 石灰岩의 殘留體를 볼 수 있음으로서 上昇한 鑛化物質은 이들 石灰岩夾層을 交代하여 主鑛體의 柘榴石—透輝石帶를 形成하였으며 下部에서 同化된 鑛液은 主通路에서 分枝되는 各種의 裂罅를 따라 上部에로 繼續 移動하였을 것이다.

4) 下部로부터의 鑛液의 移動은 繼續되었으며 母岩과의 物質置換으로 石灰質成分을 早期에 晶出시키는 한편 多量의 SiO_2 , K_2O , 및 H_2O 를 放出하여 母岩에 珪化作用을 끼쳤으며 그 後 繼續하여 酸性鑛物이 形成되었다고 본다(第3表).

5) 鑛液이 包含하였던 過剩의 SiO_2 成分은 石英으로 結晶되었는데 이 時期에 灰重石도 晶出을 開始하여 主鑛化作用의 終了後인 含黃化鑛物石英脈의 注入時期까지 繼續되었다.

6) 主鑛體의 母岩은 粘板岩이고 鑛體外廓부대 鑛體에 接近함에 따라서 低度 再結晶變質帶, 珪化 絹雲母帶 및 透輝石—角閃石 注入帶로 漸移한다.

7) 上東坑 水準以下の 坑道에서의 鑛體試料의 顯微

(第3表) 構成鑛物의 化學成分比

分化方向	鑛物	成 分	K_2O	CaO	$(Mg, Fe)O$	Al_2O_3	SiO_2	H_2O	Mol 比
↓	Grossularite	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$		3			3		$CaO:SiO_2$ 1:1
	Diopside	$Ca(Mg, Fe)(SiO_3)_2$		1	1		2		
	Hornblende	$Ca_2(Mg, Fe \cdot Al)_5(OH)_2[(Si, Al)_4O_{11}]_2$		2	5		8	1	1:4
	Tremolite	$Ca_2Mg_5(OH)_2[Si_4(O_{11})_2]$		2	5		8	1	1:4
	Biotite	$K_2(Mg, Fe)_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$	2		4	1	6	2	$K_2O:SiO_2$ 1:3
	Phlogopite	$KMg_3Al(OH)Si_4O_{10}$	2		12	2	16	2	
		Muscovite	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	2			6	12	4

鏡觀察에 依하면 柘榴石, 透輝石, 角閃石(透角閃石) 雲母類를 構成員으로 하는 10個의 鑛物共生群이 鑑別되며 이들은 連續적으로 變移하여 하나의 系列을 나타낸다.

8) 柘榴石-透輝石 共生群은 鑛石鑛물이 없는 初生스카른 (primary skarn)에 該當하며 이는 交代變質에 依하여 順次的으로 後期 相의 二次스카른 (secondary skarn)으로 變移하였다. 灰重石 晶出은 石英과 거의 같은 때 부터 始作하여 脈狀石英脈 注入時까지 繼續되었다.

9) 野外 및 坑內에서 보는 石灰岩 夾層과 그 殘留物은 同一層準에 놓이며 顯微鏡下에서도 方解石의 殘留結晶이 觀察됨으로서 主鑛體의 鑛化物質은 高溫液體이였으며 이것이 上昇하면서 通路附近의 石灰岩層을 同化하여 主鑛體에 柘榴石-透輝石帶를 形成하고 漸次 SiO_2 , K_2O , H_2O 의 成分이 增加하는 方向으로 分化한 高溫熱水交代 鑛床의 樣相을 보인다.

參 考 文 獻

1) 大韓地質學會 (1962) 태백산지구 지질도(서벽리)

- 2) 李仁健 (1958) 上東 scheelite 鑛床의 富鑛帶에 對하여
- 3) 金玉準 (1964) 上東鑛山 地質鑛床 調查報告(豫報) 朴喜寅
- 4) 大韓地質學會 (1965) 上東鑛山 地質鑛床 調查報告
- 5) 鄭昌根 (1966) 上東鑛山 附近의 地質構造와 鑛床의 特性
- 6) 瀧本清 (1955) 鑛床學
- 7) 渡邊武雄 (1962) 鑛床學의 進步
- 8) 都城秋穗 (1965) 變成岩과 變成帶
- 9) BATEMAN, A.M. (1933) Mineral Deposits
- 10) EMMONS, W.H. (1940) Principles of Economic Geology
- 11) KERR, P.F. (1946) Tungsten Mineralization in the U.S.



사진 1
 帶狀構造를 가진 garnet의 일부가 diopside로
 交代되었음.
 primary skarn sample 3-40 \longleftrightarrow $\times 30$



사진 2
 Garnet(暗灰)의 裂罅를 따라 diopside(明)가 交
 代되어 있음. (garnet-diopside zone에서)
 sample 631-B 31 \longleftrightarrow $\times 30$

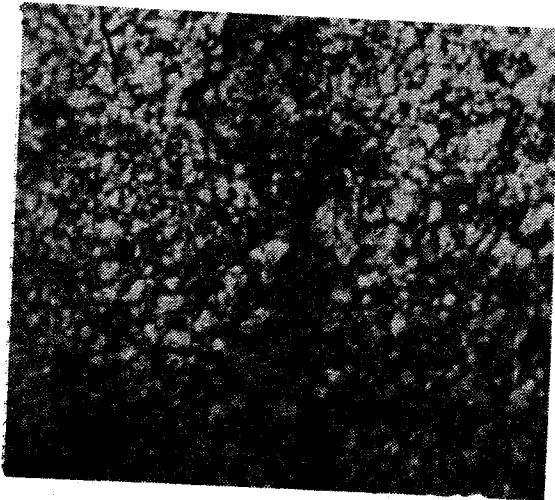


사진 3
 Garnet(中央暗黑)—Diopside(明)—hornblende
 (灰)—fluorite(다른 結晶들 사이를 채움) 共生群
 (garnet-diopside zone과 hornblende zone과 境界
 부에서)
 sample 9-5 D \longleftrightarrow $\times 30$

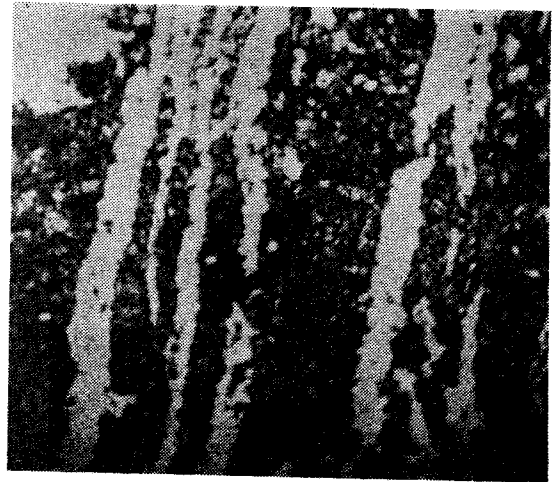


사진 4
 Diopside(暗灰色)에 石英(白色)의 微脈이
 貫入함.
 sample 4-20 \longleftrightarrow $\times 30$

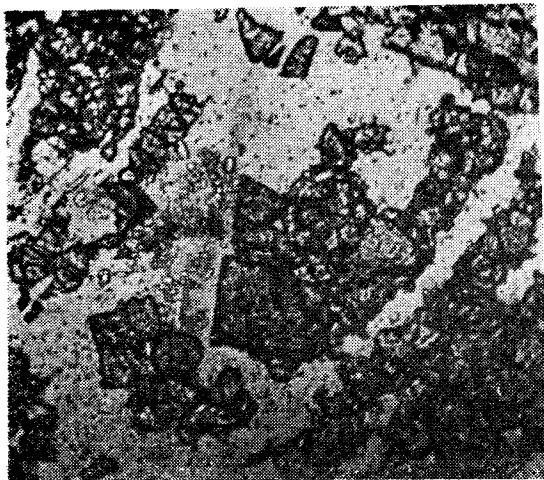


사진 5

Diopside(暗灰色)에貫入한石英微脈(白色)末端가까이에서결려있는scheelite粒(中央四角形形體의一部)

sample 4-20 ←→ × 90

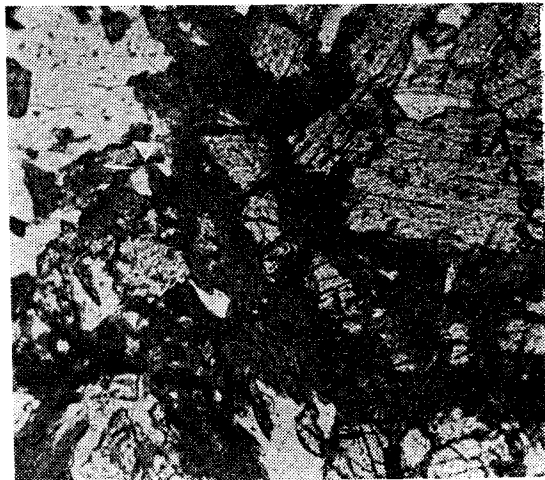


사진 6

Diopside(淡灰色)가Actinolite(暗灰色)에로部分的交代作用을받음.

sample 3-11 ←→ × 90



사진 7

hornblende(暗灰色)—石英(白色)—scheelite(粒狀體)共生群内に殘留하는calcite(中央조개집이보임).

sample 14-6L ←→ × 30

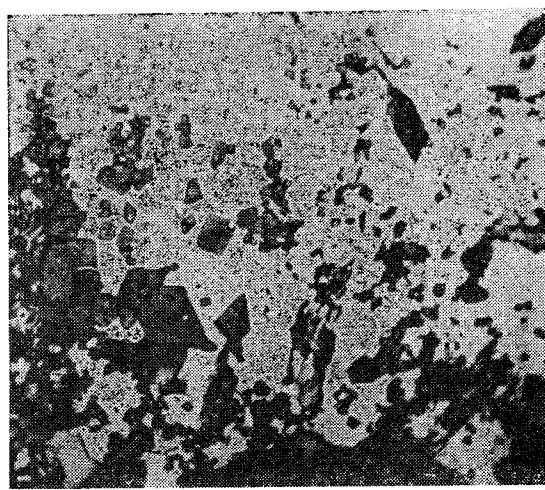


사진 8

石英(白色)内に發達하는Scheelite(暗灰色)의自形結晶으로그分布가shower같은.富鑛帶

Sample 2-15 ←→ × 30

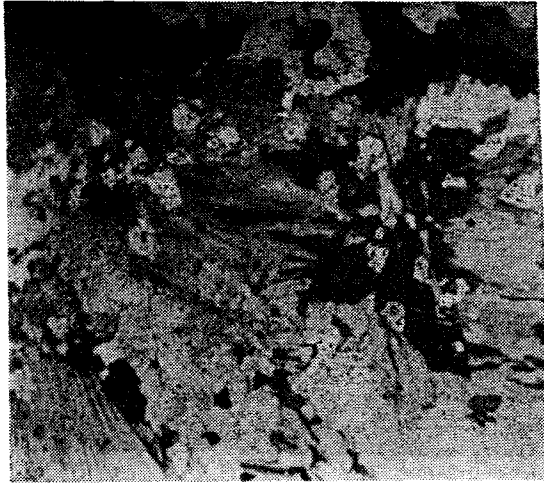


사진 9
Hornblende 結晶의 cleavage 를 따라 不透明鑛物 (pyrrhotite?)이 貫入 共生함.
Sample 12-5 L \longleftrightarrow $\times 30$

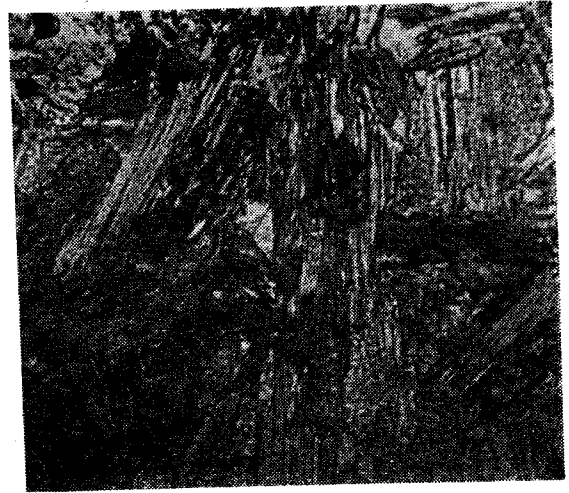


사진 10
Tremolite(섬유상 淡灰色)의 Cleavage 를 따라 scheelite(暗灰色)가 注入됨.
Sample A. \longleftrightarrow $\times 90$



사진 11
Tremolite(灰色)에 侵入한 Fluorite(淡灰色), 中央右에 Scheelite(暗灰色)粒이 있으며 左上부에 石英(灰色)이 있음.
Sample 12-5 L \longleftrightarrow $\times 90$



사진 12
Hornblende(暗灰色)가 Tremolite(淡灰色)로 交代變質됨. Hornblende-Tremolite-Quartz-Scheelite 共生群에서.
Sample 3-5 \longleftrightarrow $\times 90$



사진 13

Tremolite(cleavage 線이 있는 灰色部)가 phlogopite(暗灰)로 交代變質되었음. Scheelite(粒狀體)와 石英(白色)을 볼 수 있으며 石英에는 Apatite의 微晶이 있음.

Sample 1-4 ←→ × 90



사진 14

石英(暗黑色)이 白雲母(灰色)로 交代變質됨.

Sample 8-8 ←→ × 90

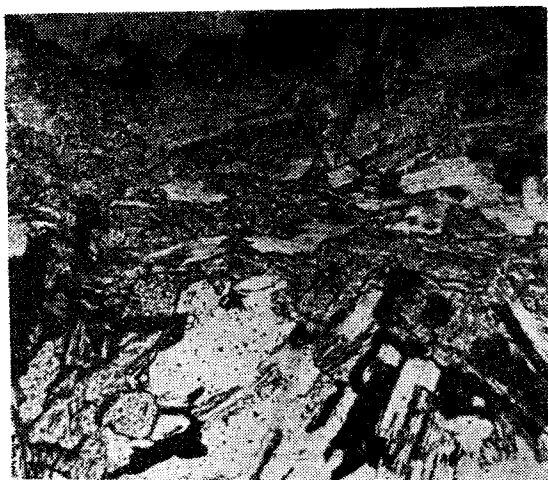


사진 15

Muscovite(暗色)와 Scheelite(暗灰色)와의 intergrowth, 石英과 不透明礦物도 包含되어 있음.

Sample 4-13 ←→ × 90

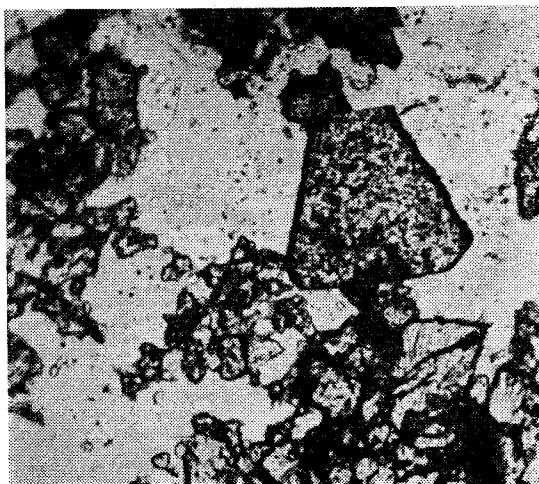


사진 16

Scheelite(中央自形結晶)가 Diopside 集合部를 貫入한 石英脈 내에서 Diopside 粒들 사이에 결려 있음. Diopside zone 內에 稀有하게 分布하는 Scheelite 粒子를 볼 수 있음.

Sample 3-11 ←→ × 90