

## 上東鑛床의 鑛物共生에 關한 研究

文 建 柱\*

## Study on Mineral Paragenesis in Sangdong Scheelite Deposit

Moon, Kun Ju\*

**Abstract**

Scheelite deposits in Sangdong mine are divided into three parallel vein groups, namely "Hanging-wall vein" which is located in the lowest parts of Pungchon Limestone, "Main vein" the most productive vein replaced a intercalated limestone bed in Myobong slate, "Foot-wall veins", a group of several thin veins parallel to main vein in Myobong slate. Besides the above, there are many productive quartz veins imbedded in the above veins and Myobong slate.

Molybdenite and wolframite are barren in the former three veins group but associates only in quartz veins. Both main vein and foot-wall veins show regular zonal distribution, quartz rich zone in the center, hornblende rich zone surrounding the quartz rich zone and diopside rich zone in the further outside to the marginal parts of the vein.

According to the distribution of three main minerals, quartz, hornblende and diopside the main vein can be divided into three zones which are in turn grouped into 7 subzones by distinct mineral paragenesis. They are summerized as follows:

## A. Diopside rich zone:

1. garnet-diopside-fluorite subzone
2. diopside-zoisite-quartz subzone
3. diopside-plagioclase subzone

## B. Hornblende rich zone:

4. hornblende-diopside-quartz subzone
5. hornblende-quartz-chlorite subzone
6. hornblende-plagioclase-quartz-sphene subzone

## C. Quartz rich zone:

7. quartz-mica-chlorite subzone

The foot-wall veins can similarly be divided by mineral paragenesis into 3 zones, 6 subzones as follows: A. diopside rich zone:

1. garnet-diopside-quartz-fluorite subzone
2. garnet-diopside-wollastonite subzone

## B. Hornblende rich zone:

3. quartz-hornblende-chlorite subzone

\* 大韓重石 上東鑛業所

- 4. hornblende-plagioclase-quartz subzone
- 5. hornblende-diopside-quartz subzone
- C. Quartz rich zone:
  - 6. quartz-mica subzone

The hanging-wall vein is generally grouped into 9 subzones by the mineral paragenesis which show random distribution. They are as follows:

- 1. diopside-garnet-fluorite subzone
- 2. diopside-zoisite-quartz subzone
- 3. diopside-hornblende-quartz-fluorite subzone
- 4. wollastonite-garnet-diopside subzone
- 5. hornblende-chlorite-quartz subzone
- 6. quartz-plagioclase-hornblende-sphene subzone
- 7. quartz-biotite subzone
- 8. quartz-calcite subzone
- 9. calcite-altered minerals subzone

Among many composing minerals, garnet specially shows characteristic distribution and optical properties. Anisotropic and euhedral grossularite is generally distributed in the hanging wall vein and lower parts of the main vein, whereas isotropic and anhedral andradite in the upper parts of the main vein. Plagioclase (anorthite) and sphene are distributed only near the foot-wall side of the aboveveins. wollastonite is a characteristic mineral in upper parts of the hang-wall vein. Molybdenite is distributed in the upper parts of quartz veins and wolframite in lower parts of quartz veins

1. 序 言

本 研究는 필자의 8年餘에 걸쳐 上同鐵山 현장에서 얻은 조사자료를 근거로 本脈 및 上, 下盤脈에 대한 광물공생군을 細分하고, 이에 따른 광물生成순서를 밝히므로써 鑛床成因糾明과 新 광체 발견을 위한 科學的인 기초자료를 제시하여 이에 따른 과감한 탐광을 시행할 수 있는 學術적인 근거를 구하려는 데 그 목적이 있다.

본 연구를 직접 지도해 주신 金玉準 박사께 深謝하며 본 논문작성중 많은 조언을 아끼지 않은 현장의 김태수씨와 아울러 기회를 준 상동광업소 운영백 부장, 김영주과장께 특히 謝意를 표하는 바이다.

2. 鑛床의 脈別分類 및 그 特性

상동광상은 3개의 灰重石 광물과 2개의 石英脈群으로 이루어져 있는바 이의 區分은 최초 稼行하기 시작한 本脈을 기준으로 그 上下位에 부존하는 맥을 上下盤脈이라 하고 石英脈은 함유하는 鑛種에 따라 輝水鉛石英脈과 黑重石石英脈으로 區分하여 別個의 광체로

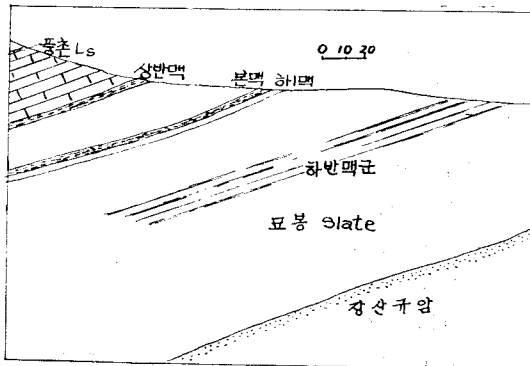
분류하고 있다.

이들은  $W_o_3$  品位의 차이를 보이고 있어 이들에 대한 특성 및 광물 분포의 差異등을 열거하면 다음과 같다.

2-1 脈別區分

가. 本脈

描峯層內上部, 즉 豊村石灰岩과 描峯層과의 境界部



제 1 도 上東鑛床脈別 부존位置圖

로부터 약 20m 下位에 있어 그 層理面에 平行하게 胚胎된 5~6cm 幅의 鑛床으로 水平延長 1.5km, 傾斜延長 1.7km 이상 계속 追跡되는 大鑛體를 이룬다.

나. 上盤脈

豊村石灰岩層 下部와 境界부인 描峯層內에 夾在한 石灰岩層內에 分布하는 鑛體로서 地表延長 1km 에 달하고 脈幅은 최소 10m 로 부터 30m 에 이르며 延長上 中心部에 발달된 膨大部는 그 폭이 80m (豊村石灰岩層內 鑛化帶)에 이르는 불규칙한 厚를 가진다.

深度延長은 계속 探鑛中이나 현재까지는 下 8 坑(456

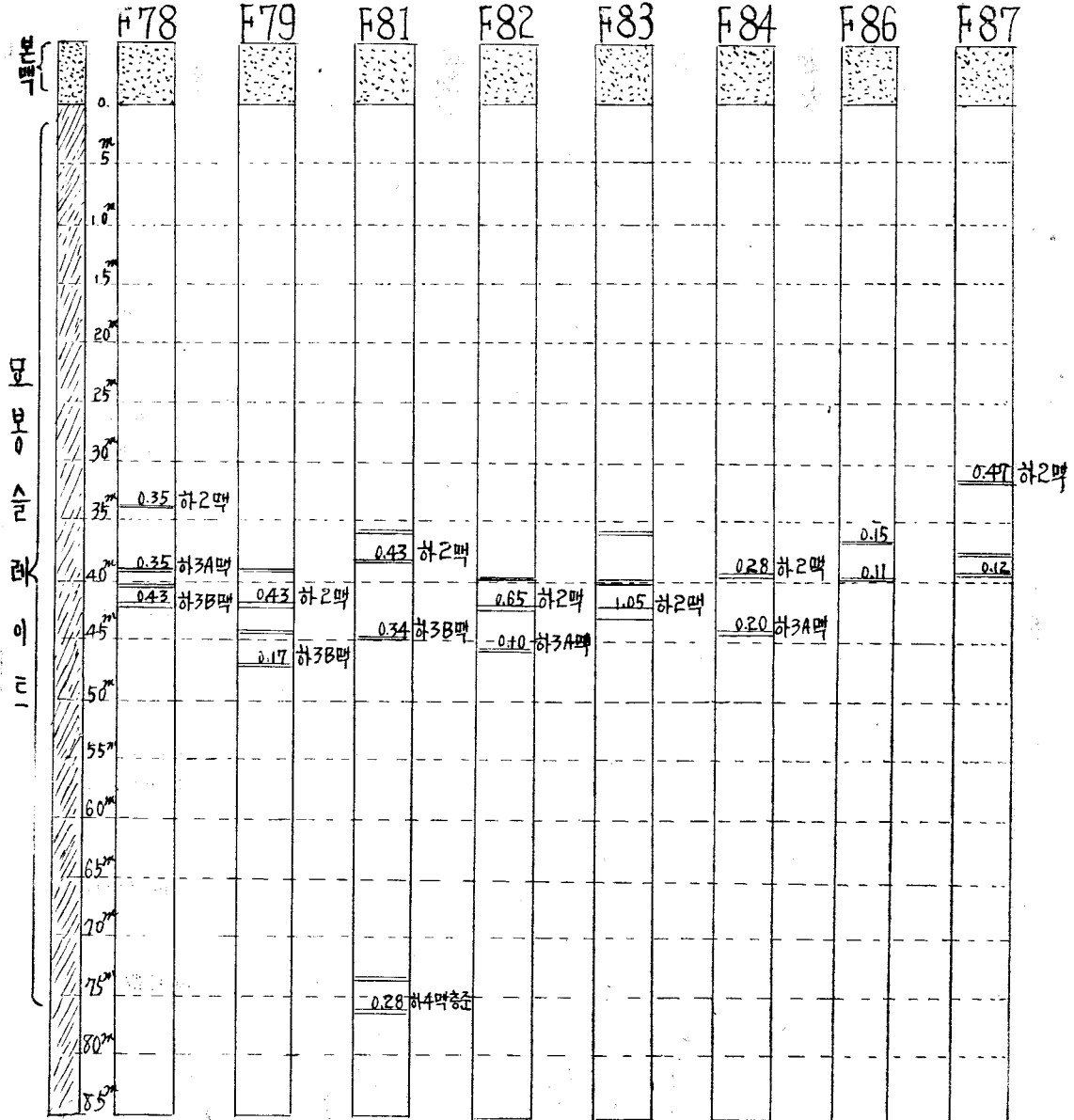
m Level)에 이르기 까지 그 延長性이 확인된 대규모의 鑛體를 이루고 있다. (제 1 도)

다. 下盤脈群

本脈 下位 描峯層內에 夾在한 數條의 鑛體로 現在까지 探鑛試錐結果 確認된 水平垂直分布는 本脈과 거의 같고 下位順位에 따라 1號脈으로부터 4號脈까지 脈別番號를 붙여 區分하고 있다. 이를 脈別位置 및 脈幅을 表示하면 제 2 도와 같다.

라. 含輝水鉛石英脈

上部坑으로부터 下 5 坑에 이르는 本脈의 下盤部에



제 2 도 下盤脈 부존 위치 표시도

主로 발달한 石英脈으로 輝水鉛石을 다량 함유한다. 脈幅은 主로 10~20cm 内外로 本脈에 거의 平行한 것과 이를 橫斷하여 비교적 급한 경사(45°~72°NW)을 이루는 두종류로 區分된다. 그 延長性은 불연속적이거나 下 5坑以內에서만 主로 발달하며 下部坑에서는 그의 발달을 거의 발견할 수 없다.

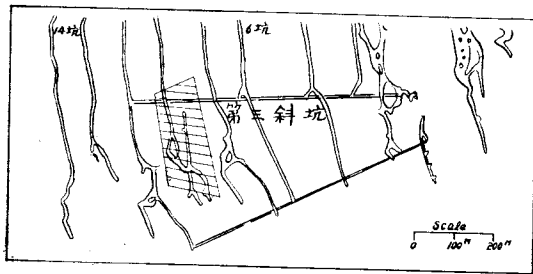
마. 黑重石 石英脈

本脈 水平坑道를 基準할때 第3斜坑以西의 下7坑水準으로 부터 下10坑水準에 이르는 延長 300餘m 幅 20~50cm 인 石英으로서 이는 N72°~73°W의 走向과 52°~55°NE의 傾斜를 가진 逆斷層을 따라 貫入되어 있다. 本脈과 本 黑重石 石英脈과의 位置關係를 圖示하면 제 4도와 같다.

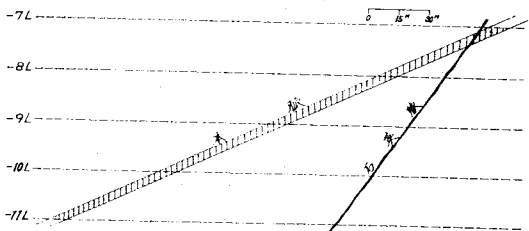
2-2 脈別共生群과 그 分布

1. 脈別共生群

石英脈群을 除外한 上東鑛床의 모든 鑛體는 대체로



제 3-1 도 含黑重石 石英脈 賦存 位置 表示圖



제 3-2 도 含黑石 石英脈 賦存 斷面圖

石英, 角閃石, 透輝石等 3種의 主要鑛物로 구성되며 이들의 구성비에 따라 鑛物共生을 달리하고 있다. 따라서 3 광물의 구성비에 따라 모든 鑛體는 石英富化帶 角閃石富化帶 透輝石富化帶로 크게 大別된다. 이중 本脈이나 下盤脈은 整然한 累帶分布를 보이거나 上盤脈은 不規則한 分布를 보인다. 各 富化帶는 다시 共生 鑛物群에 따라 다음과 같이 亞帶로 細分된다.

a) 本脈

ㄱ. 透輝石 富化帶

- ① garnet-diopside-fluorite 亞帶
- ② diopside-zoisite-quartz 亞帶
- ③ diopside-plagioclase 亞帶

ㄴ. 角閃石富化帶

- ④ hornblende-diopside-quartz 亞帶
- ⑤ hornblende-quartz-chlorite 亞帶
- ⑥ hornblende-plagioclase-quartz-sphene 亞帶

ㄷ. 石英富化帶

- ⑦ quartz-mica-chlorite 亞帶

b) 下盤脈

ㄱ. 透輝石富化帶

- ① garnet-diopside-quartz-fluorite 亞帶
- ② garnet-diopside-wollastonite 亞帶

ㄴ. 角閃石富化帶

- ③ quartz-hornblende (chlorite) 亞帶
- ④ hornblende-plagioclase-quartz 亞帶
- ⑤ hornblende-diopside-quartz 亞帶

ㄷ. 石英富化帶

- ⑥ quartz-mica 亞帶

- a) quartz-biotite-scheelite 亞帶
- b) quartz-muscovite-chlorite-scheelite 亞帶
- c) quartz-muscovite-biotite 亞帶
- d) quartz-plagioclase-biotite 亞帶

c) 上盤脈

ㄱ. 透輝石富化帶

- ① diopside-garnet-fluorite 亞帶
- ② diopside-zoisite-quartz 亞帶
- ③ diopside-hornblende-quartz-fluorite 亞帶
- ④ wollastonite-garnet-diopside 亞帶

ㄴ. 角閃石富化帶

- ⑤ hornblende-chlorite-quartz 亞帶
- ⑥ quartz-plagioclase-hornblende-sphene 亞帶

ㄷ. 石英富化帶

- ⑦ quartz-biotite 亞帶
- ⑧ quartz-calcite 亞帶

ㄹ. 기 타

- ⑨ calcite-altered minerals 亞帶

2. 脈別 共生群帶의 分布

a) 本脈

透輝石富化帶, 角閃石富化帶, 石英富化帶는 水平 및

垂直分布에 있어 整然한 累帶分布를 보이고 있다. 石英富化帶를 中心으로 左右로 角閃石 富化帶가 발달하고 그 外廓部에 透輝石富化帶가 賦存한다. 各 富化帶의 規模는 各坑에서 그 크기를 달리하여 上端部와 下部坑의 경우 中央部の 石英富化帶는 점차 쇠진하여 보이지 않는다.

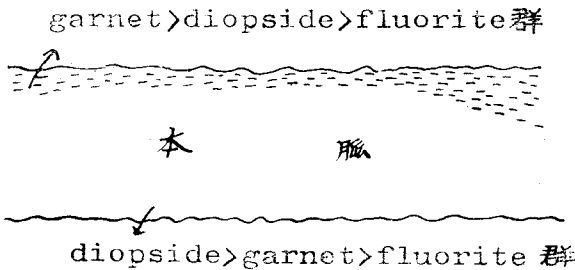
가. 透輝石富化帶

本帶에 屬하는 鑛體는 diopside 와 zoisite 에 의하여 壼은 灰綠色 diopside 以外에 garnet, fluorite 等에 依해 鑛物群을 달리하고 있는바 이에 따라 다음 3亞帶로 區分된다.

① garnet-diopside-fluorite 亞帶

透輝石富化帶의 主構成部分을 이루고 本脈兩端部에 주로 分布하고 있다. 下部坑에서 점차 그 領域을 넓리하여 本脈水平延長部의 中央部位에서도 鑛體 上盤部에 발달하며 더 하부로 갈수록 下盤部 까지도 차지하여 脈 全體를 이루는 경우도 있다.

本脈 水平斷面上的 本鑛物群은 上位部에서 garnet가 우세하고 下部에서 diopside가 우세하다.



제 4 도 G-D-F 亞帶의 分布狀況

② diopside-zoisite-quartz 亞帶

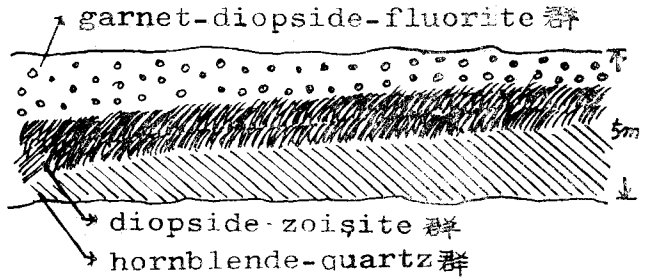
本脈延長部의 兩端에 발달한 garnet-diopside-fluorite zone 의 안쪽에 해당하는 部位에 주로 발달한다. 下部坑에 이를 수록 그 分布는 점차 증대하고 있다.

③ diopside-plagioclase 亞帶

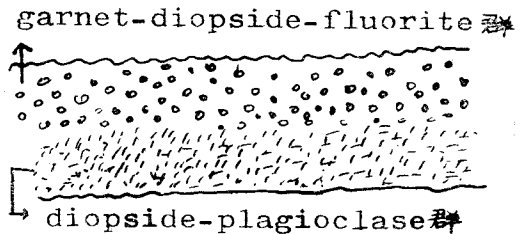
本脈下盤部의 hornblende가 優勢한 部分의 領域이 下部坑으로 갈에 따라 점차 감소하면서 diopside의 領域이 넓어 지는 部位의 下盤部에 주로 발달한다. 특히 下 12坑以下의 경우 本脈의 中央部에 이르기까지 上部坑의 경우라면 quartz-hornblende 亞帶로 된 脈의 中央部에 이르기까지도 quartz 대신에 plagioclase가 발달한다(제5, 6도 참조)

나. 角閃石富化帶

石英富化帶를 中心으로 그 兩外廓部에 발달한다. 石英富化帶 外廓部에서 水平延長은 주로 上部坑(順鏡坑)



제 5 도 하 10坑 東側部 cross 坑道에서 보이는 本脈上, 下의 鑛物亞帶의 分布變化



제 6 도 하12坑의 경우 제6도와 같은 水平上의 東端部에서 보이는 本脈上, 下鑛物亞帶의 分布變化.

에서 東西 약 160m 이던 것이 上東坑에서 下6坑에 이르기까지는 양쪽 합하여 350~370m를 유지하다가 그 以下坑에서는 quartz-mica-chlorite 群이 사라지면서 급작히 증대하여 500m 以上에 이른다. 本亞帶의 鑛體의 색은 暗黑(綠)色이다. hornblende의 多寡에 따라 다음과 같은 亞帶를 區分한다.

④ diopside-hornblende-quartz 亞帶

diopside 富化帶에서 hornblende 富化帶로 漸移해 가는 中間部位에 주로 발달해 있다.

本亞帶도 下部坑의 경우엔 diopside-quartz 亞帶만으로 구성되는 경향을 보이며 diopside와 hornblende의 比는 中央部에 가까운 쪽일수록 diopside는 감소하고 hornblende가 우세해 진다.

⑤ quartz-hornblende-chlorite 亞帶

quartz-mica-chlorite 亞帶 발달한 部分의 兩側外廓에 발달한 亞帶로서 本脈下 盤部에 주로 우세한 分布를 보여 透輝石富化帶에서도 本脈의 下盤部는 本亞帶를 이룬다.

本亞帶도 上部坑으로 갈수록 diopside-garnet-fluorite 亞帶를 交代하여 그 領域이 넓고 下部坑에 이를수록 그 分布는 크게 縮少되어 下12坑 以下부터는 극히 적

은 分布를 보인다.

#### ⑥ quartz-hornblende-plagioclase-sphene 亞帶

本脈의 角閃石富化帶에서 그 下盤部에 발달한 鑛物群으로 下部 “cherty rock” (母岩의 變質에서 後述)으로 漸移하거나 cherty rock 中에 貫入 발달하여 불규칙한 領域을 이룬다.

本亞帶이 발달한 部分은 坑內에서 그 上位部의 quartz-hornblende 亞帶와 區別하기 어려우나 대체로 本亞帶에 cherty rocks 이 點점이 보이고 있어 이에 依해 精確히 區分할 수 있다.

#### 다. 石英富化帶

雲母를 주로 隨伴하고 점차 外廓으로 가면서 hornblende 를 隨伴한다. 本富化帶는 가장 많은 scheelite를 含有하면서 本脈 累帶分布의 中央部를 이룬다. 本帶에 屬하는 鑛體는 白色을 띠운다.

#### ⑦ quartz-mica-chlorite 亞帶

가장 많은 scheelite 를 含有하는 本亞帶도 順鏡坑(해발 805m)에서 走向延長 약 100m 이나 白雲坑(해발 730m)에서 250m, 上東坑(해발 658m)에서 200m, 下3坑(해발 594m)에서 200m, 下5坑에서 70m, 下6坑에서 40m, 7坑에서 一部 部分的으로 보이나 8坑以下에서는 거의 漸減해 버린다.

本亞帶은 ore fluids 의 主通路를 이루거나 가장 가까운 部分으로 해석되는 部分으로 규칙적인 累帶分布 地域을 벗어나 東部側 1斜坑 部分에서 일부 날아나고 있어 深部鑛況變化에 多少의 希望을 갖게 한다.

#### 6) 下盤脈

下盤脈中 1, 2, 3, 號脈에 對한 鑛況把握은 8坑까지 探鑛에 依해 이루어졌으나 그 鑛物群의 共生 및 分布가 거의 類似하므로 各 細脈別로 區分하지 않고 單一脈처럼 記述하였다.

下盤脈에서의 鑛物의 累帶分布는 水平變化에서 거의 本脈과 같이 中央部에 quartz-mica-scheelite 亞帶가 발달하고 그 外廓部에 quartz-hornblende 亞帶 diopside-hornblende-quartz 亞帶으로 漸移하여 garnet-diopside-quartz 亞帶가 가장 外廓部에 발달한다.

本脈과 달리 全體적으로 quartz 의 발달이 顯著함이 特異하고 quartz-mica-scheelite 亞帶가 本脈의 경우보다 最長徑이 더 擴大되어 발달하고 深廣延長은 本脈보다 上位部 卽 4坑까지 繼續 存續한다.

또 hornblende 의 발달이 本脈처럼 넓은 範圍를 차지하지 못하고 大體로 diopside 와 함께 이를 交代한 狀態로 발달해 있다. 本脈의 경우 下盤部에만 발달하는 plagioclase, sphene 등이 下盤脈에서는 全般에 걸쳐 나타나 있고 本脈에서 보기 어려운 quartz-mica 帶內에

서의 交代되지 않은 garnet-diopside 의 一部가 남아 있음이 顯著히 本脈과 相異한 點으로 드러나 있다. 特히 garnet-diopside-wollastonite 亞帶가 quartz-hornblende 帶에서 一部 발달하고 있다. 下盤脈의 累帶分布와 本脈累帶分布를 比較 圖示하면 제 7도와 같다.

#### c) 上盤脈

上盤脈鑛物群은 本脈이나 下盤脈과 같은 整然한 累帶分布를 보이지 않으며, 또 垂直上下에 位置한 鑛物群도 一般의인 傾向을 보일 뿐 整然한 規則性을 찾아보기 어렵다.

다만, 鑛物群의 上下分布는 곳에 따라 다르나, plagioclase 또는 sphene 과 함께 共生하는 鑛物群은 大體로 下盤部에 局限 發達한다.

豊村石灰岩 下端部位에서는 slate relics 와 cherty rock 이 發達하며 豊村石灰岩 境界에서 4~5m 直下 描峯 slate 內에 鑛化帶夾層(幅 0.5m) 이 地表에서 diopside-garnet-quartz 亞帶로 觀察되고 있으나 坑內試錐 core 에서는 이를 確認하기 어려웠다. (實際 recovery 에 依한 未確認으로 看做됨).

一部 試錐結果에서 確認된 上下鑛物群의 一般의인 柱狀은 제10도와 같다.

또한 上盤脈의 上端部는 豊村 石灰岩으로 漸移하는데 描峯層과의 境界로 부터 순수한 石灰岩에 이르는 거리, 즉 脈幅은 위치에 따라 變化가 심하나 대체로 本脈의 ore shoot 에 해당하는 部分과 一致하는 위치에서 그 幅율이 가장 크며 이 部分이 “豊村 石灰岩層 광화대”로 別稱되고 있다.

### 3. 脈別共生群各論

#### 3-1 本脈

##### 1. 透輝石 富化帶

##### ① garnet-diopside-fluorite 群(사진-1참조)

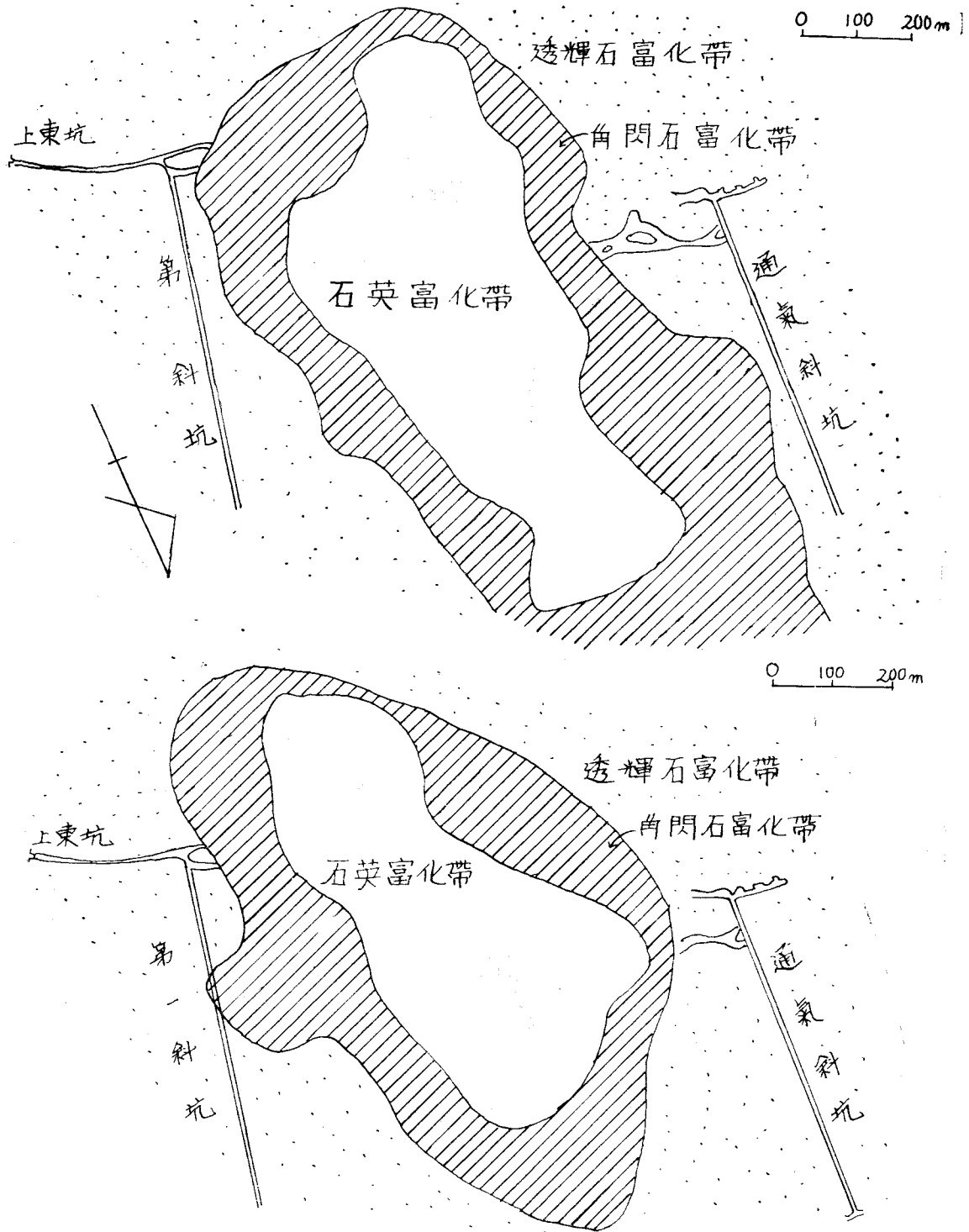
本亞帶는 本鑛物의 組合外에도 zoisite, chlorite, quartz, calcite, hornblende, opaque minerals 등으로 構成되어 있다.

garnet 은 주로 本脈 上盤部를 거의 차지하고 있으나, 部分的으로 diopside 가 優勢하기도 한다.

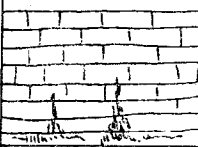
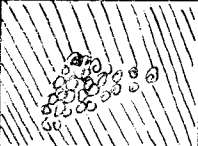
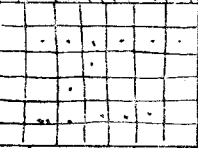



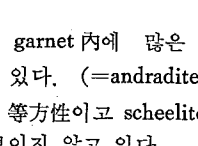
garnet 은 自形의 形態를 維持하며 그의 zoning structure 를 따라 diopside 에 依해 選擇交代되고 있어 最初生成된 鑛物인 것으로 斷定된다.

garnet 은 두가지로 分類되고 그의 形態, 光學的인 特性, 共生關係 등의 差異를 보여 그의 生成時期를 달리하고 있음을 推定케 한다.

그의 하나는 本鑛物群에서 大部分의 garnet 을 이루는 것으로 完全한 他形을 이루며 腐蝕狀으로 diopside



제 7 도 本脈과 下盤脈의 累帶分布 比較圖  
 上 : 本脈이 보이는 平面上的 累帶分布  
 下 : 下盤脈이 보이는 平面上的 累帶分布

厚	柱狀	Description.
		豊村石灰岩. 곳곳에 diopside-wollastonite-garnet 群으로 蝕化됨.
5 - 30 <sup>M</sup>		diopside-wollastonite-garnet 群을 바탕으로 quartz-diopside-garnet 群이 patch 상으로 散在한다.
3 - 25 <sup>M</sup>		quartz-diopside-garnet 群.
5 - 10 <sup>M</sup>		garnet-diopside-fluorite 群과 quartz-calcite 群 calcite-변종 광물群이 不規則하게 散在 발달.
1 - 5 <sup>M</sup>		diopside-hornblende-quartz-fluorite 群을 바탕으로 quartz-hornblende 또는 quartz-biotite 群이 곳곳에 따라 발달.
1 - 10 <sup>M</sup>		quartz-plagioclase-hornblende-sphene 群을 바탕으로 hornblende-diopside-fluorite-quartz 群과 slate가 交代한다.
		모퉁 slate

제 8 도 上盤脈의 一般의인 柱狀

와 境界를 이루며 garnet 內에 많은 diopside 또는 zoisite 를 捕獲하고 있다. (=andradite 사진-2 참조)

光學的으로 完全 等方性이고 scheelite 와는 直接的인 接觸發達을 전혀 보이지 않고 있다.

다른 하나는 드물게 存在하여 6坑以下 下部坑에서 부터 漸次 視察되기 始作한다. 14坑의 경우 一部 本鑛物群을 이루는 鑛體에서 大部分의 garnet 를 이루고 있는 것으로 이들은 거의 quartz 內에 晶出하고 있어 diopside 만으로 捕獲된 경우는 거의 視察할 수 없고, 大體로 半自形 自形の 形態를 가지며 一部 diopside 를 捕獲하고 있다.

光學的으로는 弱하게 異方性인 特性을 보이며 scheelite 와 흔히 共生한다. (=grossularite)

diopside 는 大體로 球形의 半自形 結晶을 이루며 0.05~0.15mm 의 거의 同一한 結晶만으로 mosaic texture 를 보이거나 0.1~0.5mm 의 比較的 큰 他形의 結晶을 갖는 seriate texture 를 보인다. 드물게 scheelite

와 함께 緻密한 組織을 이루고 있어 그 識別에 注意를 要한다.

scheelite 는 0.05~0.1mm 사이의 比較的 小粒으로 diopside 內에 드물게 散在하고 있는바 石灰岩의 skarn 化過程에서 diopside 와 同時生成된 것으로 본다.

fluorite 는 上部坑에서 優勢하나 下部坑에 이를수록 그 分布는 減少하는 傾向을 보이는데 이들은 diopside 結晶이 이룬 모퉁이를 주로 채우고 一部 diopside 를 交代하여 그의 relics 를 捕獲하고 있는 경우도 있다.

드물게 calcite chlorite 는 diopside, garnet 등을 交代하여 veinlets 狀態로 存在한다.

hornblende 는 quartz 와 隨伴해서 아주 드물게 視察되며 주로 自形의 單獨結晶을 보인다.

zoisite 는 주로 seriate texture 를 보이는 部分에서 比較的 길다란 形態로 diopside 와 對照的인 形態를 보인다.

② diopside-zoisite-quartz 群



diopside, epidote 가 主構成鑛物이고 一部 quartz 의 浸透交代作用을 받고 있다.

garnet (andradite)는 比較의 新鮮한 狀態로 交代되지 않은 他形結晶으로 드물게 觀察된다. 部分的으로는 diopside, zoisite 만으로 되어 있고 大體로 quartz 가 함께 共生한다.

主鑛物以外에 hornblende, chlorite, garnet, calcite 등이 少量 觀察된다.

diopside 는 比較的 둥근 半自形의 結晶들로 mosaic texture 를 보이며 zoisite 는 길다란 半自形의 結晶으로 大體로 diopside 와 함께 seriate texture 를 보인다.

hornblende, chlorite 또는 garnet (grossularite)이 一部 quartz 內에서 晶出되어 나타나고 있다.

下部坑에서 特히 garnet 은 드물게 hornblende 와 함께 diopside 를 交代하며 自形의 scheelite 를 捕獲하거나 또는 接觸發達을 보인다.

fluorite 亦是 quartz 內에서 晶出하여 diopside 를 一部交代, 그 殘餘部를 捕獲하기도 한다.

diopside 만으로 集約發達된 部分이 quartz 에 依해 大量 交代된 경우를 흔히 볼 수 있는 바(사진-3), 이때의 diopside 는 quartz 中에 球形으로 殘留하는 경우가 많다.

scheelite 는 garnet-diopside-fluorite 群에서와 같은 樣相으로 skarn 鑛物과 同時 生成된 것으로 diopside 또는 epidote (zoisite)와 共生하며(사진-4) 交代한 quartz 內에선 scheelite 의 發達이 그처럼 흔하지 않음을 알 수 있다.

opaque minerals 은 主로 pyrrhotite, pyrite 가 優勢하고 아주 드물게 bismuthinite 가 觀察된다.

### ③ diopside-plagioclase 群

上部坑에서 優勢하던 hornblende-quartz 群帶가 漸次 下部坑으로 감에 따라 그 領域이 減縮되면서 그 자리는 diopside 가 代置發達하고 있는바(10坑以下에서 부터) 이러한 部位의 下盤部에 主로 發達된 鑛物群으로 diopside plagioclase 가 主構成鑛物을 이루며 quartz, sphene, hornblende 가 若干씩 發達되고 아주 드물게 球形의 zircon 이 觀察되고 있다(사진-5).

12坑以下에서 부터는 上部坑의 경우 diopside-quartz-hornblende 를 보이는 區域에서 quartz 가 없는 代身에 거의 plagioclase 에 依해 diopside 를 交代하여 diopside-plagioclase 群을 이룬다.

이 鑛物群에서는 下盤部位에서만이 sphene 이 發達하며 上盤部로 갈수록 quartz 가 增加하고 下盤部일수록 plagioclase 가 增加하여 quartz 를 찾아 볼 수 없다.

特히 epidote 는 hornblende 富化帶로 漸移해 가는 部

分에 局限하여 나타나고 있다.

이들 鑛物群의 交代現象, 鑛物構成等은 前記한 diopside-quartz-hornblende 群과 quartz 자리에 plagioclase 가 代置된 것만 다를뿐 거의 類似한 樣相을 보인다.

scheelite 는 比較的 粒度가 작고 癖 드물게 點在한다.

### 2. 角閃石 富化帶

#### ④ diopside-hornblende-quartz 群(사진-6)

透輝石富化帶에서 diopside 密集部內로 貫入된 石英 細脈 周邊部에서 diopside 는 hornblende 에 依해 占據 交代되는 現象을 흔히 볼 수 있어 分明히 diopside 의 一部는 hornblende 로 交代되고 있음은 確實하다.

diopside 는 比較的 큰 半自形의 hornblende 에 依해 交代되고 또 同時에 quartz 에 依해 交代되어 交代되지 않은 diopside 가 quartz 結晶中 곳곳에서 보인다.

hornblende 는 大體로 半自形을 이루고 이들 hornblende 結晶사이에 흔히 chlorite 가 發達한다.

一部 hornblende 는 chlorite 化する 部分的變化를 보이고 fluorite 는 一部 diopside 와 hornblende 를 交代한다.

calcite 는 最終期에 注入하여 一部 hornblende 와 diopside 등을 不規則하게 또는 veinlets 狀으로 交代하거나 자르면서 發達하고 있다.

本 鑛物群에서 scheelite 는 diopside 와 가장 많이 共生하며 一部 quartz 中에서 흔히 보이고, 드물게 hornblende 內에 捕獲되어 發達하고 있다.

diopside 群中에 發達된 scheelite 는 diopside 와 함께 hornblende 에 依해 捕獲되어 있고 또 一部 scheelite 는 hornblende 를 relics 로 包含하고 있어 分明히 前後의 時代的 差異를 認定할 수 있다.

#### ⑤ quartz-hornblende-chlorite 群

hornblende, chlorite, quartz 가 主構成鑛物을 이루고 scheelite, apatite, fluorite, calcite, diopside, opaque minerals 가 附隨鑛物로 곳에 따라 그 分布를 달리하며 아주 드물게 sphene, plagioclase 가 나타난다. 他形의 hornblende 가 密集된 部分과 quartz 內에서 hornblende 가 針狀으로 나타나는 것도 흔히 視察되나 (tremolite 또는 actinolite 로 細分된다) 大部分의 hornblende 는 quartz 와 함께 待待히 晶出된 自形-半自形을 이루어 decussate texture 를 보이거나 또는 一部 quartz 에 依해 交代된 狀態로 남아 meshed fabrics 을 보인다.

scheelite 는 hornblende 보다 먼저 晶出된 小粒의 自形結晶으로 hornblende 內에 捕獲되거나 또는 그 境界部에 主로 發達하는 것과 quartz 中 또는 內에서 比較

의 큰 粒度로 半日形~自形을 이루는 比較的 後期에 晶出된 것으로 區分할 수 있다.

chlorite는 hornblende가 密集된 結晶사이에 주로 發達하거나 一部分의 또는 完全히 chlorite(pennine 또는 prochlorite)화 하고 있다.

opaque minerals는 주로 hornblende와 chlorite의 cleavage를 따라 後期에 交代注入한 狀態로 發達하고 있는데, 이들이 發達한 部分에서 特히 scheelite의 富化現象도 觀察할 수 있는바, 이는石英脈의 形成時期에 opaque minerals와 함께 scheelite의 再供給이 이루어짐으로서 된 結果라고 볼 수 있다.

opaque minerals中 가장 優勢한 鑛物로는 magnetite, pyrite, Bi minerals, chalcopyrite의 順으로 分布하고 있다. 比較的 큰 scheelite는 opaque mineral을 드물게 inclusion으로 가지는 바 이는, 石英脈內 以外的 本脈 바탕에선 發見되지 않고 있는 黑重石의 一種인 ferberite로 報告된바 있다.

apatite는 scheelite와 거의 같은 樣相으로 함께 共存하고 있으나 그 粒度面에서 크기가 scheelite보다 大體로 작고, quartz를 바탕으로 小粒의 結晶이 集約 晶出된 곳을 흔히 볼 수 있다.

fluorite는 上部坑에서 極히 드물게 半自形으로 結晶의 모서리를 보일뿐 거의 他形으로 hornblende 또는 chlorite 結晶사이를 채우거나 quartz 結晶사이에 發達하고 있다. 大體로 fluorite는 opaque minerals과 같은 時期에 晶出되어 hornblende를 交代하여 이를 含有하고 있다고 본다.

#### ⑥ hornblende-plagioclase-quartz-sphene 群

鑛物構成은 hornblende-quartz群과 거의 同一하나 plagioclase와 sphene의 發達이 相異할 뿐이다.

plagioclase는 部分的으로 發達되지 않은 部分로 觀察되나 sphene은 어느 곳에서나 存在하므로써 本鑛物群의 가장 뚜렷한 特徵을 이룬다.

大體로 chlorite와 hornblende는 自形보다는 他形에 가까운 形態가 優勢하고 scheelite亦是 他形을 이룬다.

scheelite는 hornblende와 連晶으로 또는 hornblende의 cleavage를 따라 注入發達한 것도 볼 수 있다.

sphene은 거의 自形~半自形으로 길다란 橢圓形의 均一된 形態를 보인다(사진-7).

plagioclase는 quartz와 같이 거의 他形을 이루며 드물게 twinning을 보인다.

化學分析 結果와 屈折率에 依한 鑑定結果 본 plagioclase는 anorthite임이 밝혀졌다.

#### 3. 石英 富化帶

##### ⑦ quartz-mica-chlorite 群

本鑛物群은 mica의 種類에 따라 quartz-biotite群, quartz-biotite-muscovite群, quartz-muscovite群, quartz-biotite-chlorite群 등으로 細分되나, 이미 採盡된 部分이다.

上部坑에서 quartz와 함께 muscovite, biotite가 優勢하고 下部坑에 이를수록 漸次 chlorite가 增加하여 6坑以下에서는 quartz-chlorite-scheelite群을 보이며 9坑以下에서는 本鑛物群은 찾아 보기가 어렵다.

白灰色의 岩色으로 가장 많은 scheelite를 含有한다.

上部坑의 경우 scheelite와 biotite는 小粒의 自形을 이루며 이중 粒度가 큰 scheelite는 小粒의 scheelite를 捕獲하고 있다.

fluorite는 quartz의 結晶境界部에 發達하고 prochlorite는 드물게 aggregate되어 나타난다.

biotite는 一部 quartz에 依해 浸蝕되어 있고 아주 작은 scheelite를 含有하기도 한다.

中部坑에서 本鑛物群은 quartz-muscovite-biotite-scheelite群으로 構成되며 scheelite는 粒度가 큰 半自形 他形의 것이 增大한다.

muscovite는 sericite화하여 放射狀의 配列을 가지며(사진-18) apatite와 opaque minerals가 比較的 큰 quartz의 結晶內에서 多量 發達한다.

下部坑에 이르러 biotite는 漸次 그 發達이 衰殘해지면서 自形은 거의 볼 수 없고 거의 他形으로 存在하며 chlorite가 增加하여 quartz-biotite-chlorite群을 이룬다.

opaque minerals는 大部分 biotite, chlorite, muscovite를 選擇交代하여 不規則한 樣相을 이루며 주로 bismuthinite, native bismuth로 구성되나 때로는 pyrrhotite, chalcopyrite, marcasite, pyrite, arsenopyrite, 등도 있다.

fluorite는 opaque minerals과 거의 同時에 晶出되어 mica를 交代하고 있음이 觀察된다.

全般的으로 本鑛物群은 本脈의 他鑛物群보다 後期에 生成된 것으로 본다.

#### 3-2 下盤脈

##### 1. 透輝石 富化帶

###### ① garnet-diopside-quartz-fluorite 群

本鑛物群은 部分的으로 garnet-diopside-quartz相, diopside-quartz-fluoreit相 또는 garnet-diopside-fluorite相, diopside-quartz相의 여러 형태의 鑛物組合을 보인다.

下盤脈의 透輝石富化帶는 本脈이나 上盤脈의 그것보다 현저하게 quartz가 증가하고 있다.

garnet은 本脈의 경우 발달된 두가지 형태의 garnet

中 quartz 와 함께 共生하는 自形~半自形的 garnet (grossularite)가 主로 存在한다. 비교적 둥근 형태를 보이는 garnet 는 거의 異方性이며 帶狀構造를 일부 보인다. 드물게 等方性 garnet 도 보이나 이는 quartz 에 의해 交代되어 半~他形을 갖는다. diopside 는 patch 상의 큰 것과 비교적 많은 수의 細粒인 둥근 결정으로 quartz 中에 부유된 상태로 散在해 있다. 部分的으로 diopside 만이 우세한 부분에서는 주로 fluorite 에 의해 交代되거나 또는 quartz 에 의해 交代되어 있다.

② garnet-diopside-wollastonite 群

garnet 은 주로 半自形的의 둥근 형태로 아주 작은 세립의 diopside 또는 길다란 blade 형의 wollastonite 결정들에 의해 둘러싸여 고립된 결정들로 散在한다. garnet 은 대부분 等方性이며 結晶内部에 많은 diopside 를 갖는다. garnet 을 둘러싼 광물중 diopside 만은 아주 微細한 粒子로 발달하여 점차 이에 밀어질수록 결정은 커지고 있다. diopside 는 클 경우 0.1mm 내외의 半自形을 이루며 이들 결정이 이룬 공간은 fluorite 에 의해 充填되어 있다. wollastonite 는 거의 自形~半自形을 이루며 일부 방사상 배열을 보인다.

本亞帶에 scheelite 는 거의 보이지 않는다.

2. 角閃石 富化帶

③ quartz-hornblende-(chlorite) 群

hornblende 는 주로 半自形을 이루며 密集 발달하고 quartz 內에는 針狀의 inclusion 으로 散在하고 있다. 드물게 hornblende 은 自形을 이루어 quartz 內에 고립된 결정으로 存在한다. hornblende 가 밀집된 부분에서 그결정들 사이를 fluorite 또는 calcite 가 채우고 있는 경우도 드물게 관찰되며 일부 hornblende 는 chlorite 化하고 있다. 대체로 scheelite 는 quartz 內에서 또는 hornblende 결정내에 포획된 상태로 나타나며 거의 半自形을 보인다.

apatite 는 아주 작은 粒子로 드물게 보이며 sphene 과 plagioclase 가 아주 드물게 관찰되고 있다. opaque minerals 는 本脈의 경우 보다 훨씬 드물게 관찰되는데 이들은 주로 pyrrhotite, pyrite 및 극히 少量의 bismuthinite 등으로 구성되어 있다. hornblende 에 발달된 cleavages 를 따라 quartz 가 注入하고 있는 부분을 관찰할 수 있으므로 흔히 hornblende 는 quartz 보다 먼저 生成되었음을 認知할 수 있다.

④ hornblende-plagioclase-quartz 群

hornblende-quartz 群과 거의 같은 fabrics 를 보이나 quartz 와 代置된 anorthite 의 발달이 큰 相異點이다.

주로 本 鑛物群이 발달한 部分은 灰白色과 暗綠色이 交互하는 部分으로 暗綠色部分은 주로 hornblende 가

우세하고 灰白色部分은 plagioclase 가 우세하게 分布되어 있다.

scheelite 는 거의 他形을 이루어 quartz 또는 plagioclase 內에 또는 hornblende 결정들 사이에 分布되며 이와 함께 많은 sphene 을 관찰할 수 있다.

apatite 는 아주 드물게 나타나며 半自形的의 muscovite 가 아주 드물게 plagioclase 內에 포획되어 있다.

anorthite 는 quartz 와 같이 주로 他形을 이루나 드물게 半自形을 이룬다.

⑤ hornblende-diopside-quartz 群

diopside 는 그周邊部가 hornblende 化되어 있기도 하고 hornblende 에 의해 침입 交代되어 quartz 를 바탕으로 quartz patch 상으로 殘留하고 있음을 흔히 관찰할 수 있다.

부분적으로 hornblende 가 密集되어 있는 hornblende 優勢部는 흔히 볼 수 있으나 diopside 만으로 밀집된 diopside 우세부는 거의 찾아볼 수 없다. hornblende와 diopside 가 함께 散在하고 있는 部分에서 이들 결정 사이를 부분적으로 메꾸고 있는 calcite 가 흔히 관찰되며 또 opaque minerals 가 이들 결정 사이를 채우고 있음을 볼 수 있다. 이들은 주로 pyrrhotite, pyrite, 드물게 chalcopyrite 로 이루어져 있다. apatite 는 自形을 이루워 quartz 와 hornblende 內에 散布되어 있으나 scheelite 만은 本脈의 本 鑛物群에서 보다 훨씬 미약한 分布를 보인다. 아주 희귀하게 나타나고 있는 allanite 결정이 本 鑛物群에서 발견되고 있다. (사진—9)

3. 石英 富化帶

⑥ quartz-mica-scheelite 群

本鑛物群은 mica 의 種類 또는 chlorite 의 수반여부에 따라 다음과 같은 여러 다른 相의 共生群으로 細分할 수 있다.

a) quartz-biotite-scheelite 群

scheelite 를 가장 多量 含有하는 鑛物群으로 biotite 는 自形~他形으로 비교적 細粒일 경우 radiating sheaves 또는 aggregates 로 存在한다. green biotite 는 대체로 自形을 이루나 chlorite 化한 部分이 많고 brown biotite 는 自形以外에 他形으로도 많이 나타나는데 주로 quartz 결정 사이를 메꾸고 있어 quartz 결정 生成直後에 이루어졌음을 알 수 있다.

scheelite 는 일부 biotite 의 cleavages 를 따라 注入된 他形의 결정을 흔히 볼 수 있고 (사진—10) 대체로 biotite 와 他形의 quartz 사이에 다량 발달하고 있다.

scheelite 가 비교적 작은 粒子를 보일때 대체로 自形을 이루고 있음은 本脈의 경우나 별 다를 바가 없다.

opaque minerals 로는 native bismuth, bismuthinite

가 특히 우세하고 pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite 등의 유화물이 biotite를 특히 교대하여 발달하고 있다.

apatite는 비교적 작은 粒子로 quartz中에 부분적인 집약발달을 보이거나 scheelite와 함께 배태되어 있다.

특히 본 共生群에서 apatite가 과도하게 다량 발달한 부분에서는 거의 scheelite가 발달하지 않고 있음이 특징을 이룬다.

fluorite는 biotite의 결정사이 또는 quartz 결정들 가운데 드물게 존재한다. 石英富化帶인 本群에서 garnet와 sphene이 共生하고 있는 것이 特異하다 garnet은 거의 半自形으로 quartz中에 우세하게 결정이 晶出 발달하고 weak birefringence를 보인다.

#### b) quartz-muscovite-chlorite-scheelite 群

半自形の 넓다란 muscovite 결정은 部分的으로 chlorite화한 green biotite를 교대하여 이들의 relics를 함께 가지며 일부 scheelite를 포획하고 있다. 他形の chlorite와 fluorite가 넓게 分布되고 있는 경우도 흔히 볼 수 있는데 이때는 quartz와 apatite가 이들에 의해 포획되어 있다.

scheelite는 自形の 小粒과 他形の 大粒이 散漫하게 分布하며 아주 드물게 sphene이 共生한다. opaque minerals의 발달은 chlorite部分에 주로 局限 발달하고 있는데 그중 가장 우세한 것은 pyrrhotite이고 native bismuth와 bismuthinite가 混晶으로 또는 單一결정으로 발달하며 일부 pyrrhotite내에 inclusion으로 包含되기도 한다. 또 arsenopyrite, pyrite, chalcopyrite 등이 bismuthinite와 함께 소량 수반되어 나타난다.

#### c) quartz-muscovite-biotite 群

半自形の muscovite flakes가 quartz 결정들 사이 또는 이들을 침투해서 多量 발달하고 있다. biotite는 주로 brown biotite로 거의 細粒을 이루며 quartz內에 포획되어 있다.

quartz는 비교적 다양한 크기의 입도를 보이며 작은 粒度의 apatite와 biotite를 inclusion으로 가진다. muscovite가 넓게 집약발달한 部位에서 小粒의 apatite는 多量 포획되어져 있고 아주 드물게 siderite를 관찰할 수 있다 scheelite의 발달을 거의 찾아 볼 수 없음이 특징이다.

#### d) quartz-plagioclase-biotite 群

biotite는 거의 dark brownish green biotite로 自形~半自形の 결정들이 집약적으로 또는 他形の 결정들이 quartz內에 불규칙하게 다량 발달한다. plagioclase (anorthite)는 일부 biotite를 交代하면서 quartz와 거의 같은 양상으로 他形으로 存在한다.

muscovite는 plagioclase에 포획되거나 일부 biotite

를 침투 발달하고 있다.

biotite는 일부 chlorite화하고 scheelite는 biotite내에 일부 注入한 상태로 他形을 이루며 대체로 큰 결정을 이루고 있다(사진-12) 小粒의 scheelite는 自形을 이루며 주로 quartz內에 存在한다.

apatite는 半自形の 형태로 plagioclase內에 散在하고 있다.

### C. 上盤脈

#### 1. 透輝石 富化帶

##### ① diopside-garnet-fluorite 群

本脈의 diopside-garnet-fluorite 群과 거의 같은 양상을 보인다. diopside 결정은 비교적 粒度가 큰 他形の 0.05~0.1mm 내외의 것과 粒度가 극히 작은 0.01~0.03mm의 둥근 粒子를 이루는 것으로 分類된다. 이 가운데 粒度가 큰 diopside는 garnet에 의해 교대되어 patch 상으로 남아 있고 일부 garnet中 relics로 殘留되어 있다. garnet는 等方性이 大部分이나 드물게 異方性을 보이며 이때 이런 결정은 대체로 自形을 이루며 이 경계부를 quartz 또는 fluorite가 채우고 있음이 특징이다.

epidote는 半自形~他形으로 비교적 粒度가 크며 本脈과는 달리 곳에 따라 本鑛物群도 드물게 sphene을 구성광물로 갖는다. plagioclase가 veinlets 상태로 本鑛物群에서 후기에 貫入한 상태로 발달하고 있음이 관찰되는 것도 本脈에서 볼 수 없는 特異現象이다.

scheelite는 0.05mm~0.2mm 사이의 粒度를 가지며 本脈의 本 diopside-garnet-fluorite 群 보다 훨씬 微弱한 발달을 보인다.

##### ② diopside-zoisite-quartz 群

diopside-garnet-fluorite 群이 quartz에 依해 大變交代된 狀態의 岩相을 보인다. 따라서 部分的으로 garnet의 relics와 fluorite를 관찰할 수 있다. diopside는 zoisite와 不規則한 他形으로 큰 粒度를 보이는 部分에서는 quartz의 발달이 微弱하나 quartz의 발달이 顯著한 部分에서 diopside는 대체로 0.05~0.2mm 내외의 둥근 결정으로 quartz에 의해 교대되어 quartz中에 다량 잔류하고 있음이 특징적이다. 本脈의 경우보다 fluorite의 量이 증가하며 diopside, garnet을 교대하여 이를 포획하고 있는 部分을 흔히 관찰할 수 있다.

또한 opaque minerals이 diopside 결정 사이를 大變 침투하여 이를 채우고 있는 경우를 흔히 관찰할 수 있는 바 이때의 불투명 광물은 주로 pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, bismuthinite의 順으로 構成되어 있다.

比較的 上盤脈의 下盤部에서 本 岩相이 발달할 때 sphene과 apatite가 드물게 共生하며 chlorite가 일부

diopside 결정사이에 발달하고 있다.

scheelite는 大體로 上部坑의 경우 微弱하나 下部坑의 경우 多量 발달하고 있다.

③ diopside-hornblende-quartz-fluorite 群

前記한 diopside-quartz 群이 hornblende 혹은 chlorite에 의해 交代발달된 鑛物群으로 上盤脈의 重要 구성원이 되고 있다.

본 광물군은 diopside > hornblende > fluorite 群과 diopside > hornblende > quartz 群으로 細分되나 實際 quartz와 fluorite가 共生하지 않는 部位는 아주 국부적인 현상일뿐으로 大體로 上盤部 즉 quartz-plagioclase-hornblende-sphene 群(흔히 cherty rock으로 불리우는 部分) 上位部에서 主로 quartz 보다는 fluorite가 우세한 diopside-hornblende-fluorite 群으로 漸移하는 경향을 발견할 수 있다.

hornblende는 diopside를 交代하여 殘留 diopside를 捕獲하거나 一部 diopside 결정의 가장자리만을 交代한 상태로 diopside와 共生하며 또 이들은 fluorite와 opaque minerals에 의해 곳에 따라 交代받고 있다.

本鑛物群이 下盤部に 위치할 경우 plagioclase가 quartz와 代置발달하며 quartz가 발달한 부분에선 quartz내에 不明確한 透明體의 inclusion을 많이 관찰할 수 있다.

scheelite는 本脈의 경우보다 훨씬 미약하며 대체로 0.07~0.2mm 사이의 粒度를 보인다.

④ wollastonite-garnet-diopside 群

上盤脈의 上部에 발달된 特徵인 skarn으로 현장에서 흔히 "altered limestone"으로 불리우는 鑛物群이나 石灰岩과 같은 白色 바탕을 이루는 wollastonite 결정과 斑點狀으로 散布된 diopside와 garnet으로 이루어져 있다. wollastonite는 거의 自形の 針狀결정을 보이며 garnet은 녹색을 띄고 있다.

scheelite는 본 鑛物群을 바탕으로 하는 부분에선 거의 찾아볼 수 없으나 이들을 貫入하고 있는 hornblende veinlets 中에 다소 함유되어 있다.

2. 角閃石 富化帶

⑤ hornblende-chlorite-quartz 群

本脈의 本鑛物群과 거의 類似한 共生群으로 上盤脈 下盤部に 主로 발달하며 가장 小規模의 分布를 보인다. 半自形~自形の hornblende가 quartz와 混在하거나 捕獲되어 있다. 이때 hornblende는 scheelite를 捕獲하거나 이와 intergrowth 상태를 보인다.

hornblende의 발달이 微弱한 部分에서 chlorite가 증가하며 一部 hornblende를 chlorite가 포획하고 있다.

quartz에 의해 hornblende 群이 交代 되어 망상으로

불규칙하게 잔류하는 部分도 흔히 관찰된다.

scheelite는 quartz와 함께 多量 散布하고 있다.

局部的으로 opaque minerals이 密集발달하고 있는 部分이 흔히 存在하며 이때 가장 主되는 鑛物은 bismuthinite이다.

⑥ quartz-plagioclase-hornblende-sphene 群

本脈에서 이미 記述된 hornblende-plagioclase-quartz-sphene 群의 경우와 거의 다를 바가 없다.

다만 scheelite의 발달이 本脈의 경우 보다 약간 微弱하며 hornblende의 발달이 다소 本脈에 비해 미약한 부분이 많을 뿐이다.

3. 石英 富化帶

⑦ quartz-biotite 群

本脈의 경우와 같이 scheelite를 多量 含有하는 鑛物群으로 上盤脈의 中盤部에 드물게 발달하고 있다.

biotite는 大體로 自形을 이루는 경우 green biotite가 優勢하고, 他形을 이루는 경우 brown biotite가 優勢하다. 드물게 anorthite가 quartz와 代置 발달하고 있으나 scheelite의 발달은 거의 變함없이 顯著한 富化를 이루고 있다.

scheelite는 대체로 0.05~0.1mm의 비교적 둥근 粒子로 biotite 또는 quartz와 함께 다량 散在되어 있다. apatite는 本脈의 경우보다 훨씬 감소한 상태로 작은 自形으로 드물게 存在한다.

opaque minerals은 거의 pyrrhotite, bismuthinite, chalcopyrite 등으로 구성된다. 部分的으로 chlorite와 fluorite가 관찰된다.

⑧ quartz-calcite 群

quartz만으로 거의 구성된 부분으로서 本脈의 東側 延長部에서 確認된 limestone 夾層이 quartzitic rock화한 경우와 유사하며 이는 부분적인 현상으로 볼 수 있다.

quartz는 0.1~0.5mm 內外의 粒度로 半自形—他形을 이루며 calcite 많이 含有하고 있다.

calcite는 quartz 결정에 의해 交代침식되지 않은 limestone의 殘餘部에서 보여 주는 calcite와 quartz와 함께 새로이 晶出된 自形の calcite 그리고 quartz 결정사이와 cracks을 따라 後期에 들어온 非晶質상태의 calcite, 3種으로 分類되고 있다.

quartz와 非晶質 calcite만으로 이루어진 部分은 大體로 brecciated texture를 보이는 壓碎帶에서 관찰되는 것으로 破碎된 quartz 결정 사이를 大部分 非晶質 calcite가 채우고 있다.

scheelite는 그 발달이 微弱하며 quartz 결정 사이에서 他形을 이루는 小粒의 것과 비교적 큰 粒度로 아주

드물게 散在하고 있음을 관찰할 수 있다.

#### ④ calcite 變種鑛物群

前記 鑛物群이 발달된 部分과 本鑛物群이 발달된 部分은 똑같이 brecciated fabrics 를 보이나 前者는 quartz 가 주 구성원이고 後者는 calcite 가 주 구성원이 된 部分으로 兩者가 모두 鑛化作用以後 構造的 變化에 따른 壓碎帶形成에 의해 생긴 裂隙이 非晶質상태의 물질로 채워진 岩相을 이루고 있다고 본다.

brecciated calcite 결정 사이가 brown materials 또는 serpentine 에 의해 채워져 있고 一部 calaite 는 變成되어 거의 garnet 과 같은 형태를 이루나 아무런 光學的 특성을 보이지 않고 있다. 드물게 非晶質의 calcite veinlets 도 관찰되나 기타 광물의 발달은 찾아 볼 수 없다. scheelite 가 전혀 보이지 않고 있어 上盤脈의 barren parts 을 이룬다.

### 4. 石英脈

石英脈은 주로 本脈 및 上, 下盤脈의 鑛化이후의 二次的인 scheelite 의 富化作用에 直接 관여하였다고 보기도 하나 石英脈이 含有하는 scheelite, molybdenite, wolframite 및 bismuthinite 등은 本脈, 및 上, 下盤脈과는 別個의 生成條件下에서 石英脈이 직접 含有晶出시켰으므로 前述한 脈과는 成因을 달리 하는 鑛物共生群을 갖는다.

많은 石英脈中 稼行對象이 되는 含輝水鉛石石英脈과 含黑重石 石英脈의 鑛物共生群은 다음과 같다.

#### 1. molybdenite-sericite-scheelite 石英脈

비교적 粒度가 큰 (0.1~0.5mm) 他形의 quartz 中에 molybdenite 는 큰 葉片狀으로 농집 散在한다. 이는 주로 石英脈의 上, 下盤部 또는 上, 下母岩과의 境界部에 발달한다. 기타 유화물은 현미경적 分布를 보이고 있어 molybdenite 결정의 발달에 비하면 무시해도 좋을 정도이다.

scheelite 는 Mo 을 含有하지 않는 것들이 大部分이다.

드물게 calcite veinlets 이 quartz 결정사이와 결정을 자르며 발달하고 많은 muscovite 결정이 국부적으로 집약되고 있다. sericite 는 molybdenite 처럼 肉眼으로 식별될 정도로 다량분포되고 있다.

주로 molybdenite 결정이 발달된 外廓部에 分布되고 있어 부분적으로 molybdenite 와 sericite 는 帶狀分布를 보인다.

이들 石英脈은 주로 quartz-mica zone 이 발달하는 中部에 가장 多數 발달하고 있다.

#### 2. wolframite-scheelite-bismuthinite 石英脈

wolframite, scheelite, bismuthinite 以外에 chalcocopyrite, pyrrhotite, native bismuth, galena 등이 少量 共生한다.

실제 가장 우세한 鑛物은 1cm 이상의 큰 半自形~他形의 quartz 결정내에 scheelite 가 他形으로 함유되어 있다. 自形의 muscovite 을 scheelite 는 inclusion 으로 가지며 주위의 muscovite 결정 사이를 注入한 양상의 돌출부를 갖는 他形으로 存在한다.

wolframite 는 scheelite 와 同時 晶出한 것으로 보인다.

wolframite 는 0.3cm×1cm~2cm×4cm 의 큰 blades 상의 粒子로 주로 石英결정중에 밀집 발달하고 또 chalcocopyrite 와 가장 밀집하게 분포하고 있다.

bismuthinite 는 針狀결정으로 石英결정 내에 밀집 발달하거나 pyrrhorite, pyrite 또는 chalcocopyrite 결정과 함께 他形으로 産出된다. 흔히 石英脈內에 存在하는 晶洞에서 그의 內壁에 많은 bismuthinite 의 針狀결정을 肉眼으로도 관찰할 수 있다.

native bismuth 는 bismuthinite 內에 inclusion 으로 많이 드물게 보일뿐 결정단독 발달은 찾아볼 수 없다.

pyrite 와 galena 가 아주 드물게 관찰된다.

scheelite 와 wolframite 가 가장 우세하고 또 거의 同一한 分布를 보이고 있지만 全體的으로 그 含量比는 1.3對1 의 比를 나타내고 있다.

### 5. 鑛物의 局部發達

#### 1. 휘수연과 흑중석

휘수연과 흑중석은 本脈, 上盤脈 및 下盤脈의 脈自體에서는 전혀 발견되지 않고 다만 이들을 貫入한 石英脈內에만 함유되어 있다. 흑중석에 관한 연구자료는 아직 찾아 볼 수 없었으나 휘수연의 脈不在 理由는 Hsu & Galli 에 의해 발표된바 있다. 上東鑛體는 "tactite" 라고 규정한 학자도 있지만 대체로 tactite 내에 휘수연은 수반광물로 산출되고 있으며 hematite 를 함유하는 tactite 에는 휘수연이 존재하지 않는 것으로 기록되고 있다. 이는 鑛化作用中的 산소와 유황의 逃散能(fugacity)에 따른 物理化學的 조건에 의한 결과라고 한다. Hsu & Galli 보고서에서 기술된 것처럼 上同鑛床을 形成케한 鑛化용액이 가지는 high  $fO_2$  이거나 또는 low  $fS_2$  상태의 조건을 유지하였으므로 鑛化용액중의 Mo 성분은 휘수연이 되지 않고 더욱 쉽게 powellite 로 됨으로써 上東鑛床의 광체 본바탕에는 Mo 를 함유하는 scheelite 즉 powellite 만이 부존하고 휘수연 결정은 발견되지 않고 있다고 해석할 수 있다. 石英脈에서 함유하는 휘수연은 다만 6 항 以上の 石英脈에서만이 우

세하고 7,8항의 경우는 아주 드물게 볼수 있으며 그 以下에선 거의 발견되지 않고 있다. 또 흑중석 역시 全鑛體에 걸친 石英脈에서 多少검출되고 있으나 輝水鉛과 相反되는 비율로 下部坑의 경우 우세하며 現 14坑에서도 계속하여 多量 石英脈에 含有되어 나타나고 있다.

石英脈內의 鑛物晶出은 母岩의 영향을 거의 받지 않고 다만 深部로 부터 上昇한 hydrothermal solution은 溫度不均配에 따라 上部에 molybdenite를 주로하고 下部에 wolframite를 주로 하는 zoning을 나타내고 있다.

이러한 현상은 결과적으로 本脈을 형성한 鑛化용액과 石英脈을 形成한 hydrothermal solution은 根本的인 成分의 差와 物理化學的 條件의 差가 있는 相異한 것이었음을 잘 나타내주고 있다.

### 3. wollastonite

上盤脈의 上部의 鑛體가 石灰岩으로 漸移해가는 부분에서 약간의 garnet과 함께 발달되어 현장에서 一名 altered limestone이라 불리우는 부분에 局限발달한다.

本脈의 경우는 下部 14坑 東側端에서 鑛體上端에 약간 보이며 下盤脈의 경우 東側端에서 단이 存在한다.

wollastonite가 발달한 變成帶內에서 흔히 變質되지 않은 limestone를 볼수 있음으로 石灰岩의 交代에 依해된 skarn의 一種임이 分明히 立證되고 있다. wollastonite-garnet으로된 skarn帶는 pneumatolytic metasomatism 과정에서 鑛化作用의 根源體로 부터 가장 遠距離에서 形成되어진 것으로 보며 거의 모든 元素들이 母岩과 反應소모되고 다만 SiO<sub>2</sub>만이 잔류하여 wollastonite-skarn帶를 形成하였다고 推理할 수 있다.

### 4. native bismuth

本脈의 경우 下 6坑 以下의 下部坑에서 주로 胚胎되어 있고 下盤脈의 경우엔 전반적으로 native bismuth가 bismuthinite에 비해 좀더 우세하다. 上盤脈의 경우 Bi 광물은 전반적으로 감소되며 native bismuth는 bismuthinite보다 훨씬 작게 分布되어 있다. 이는 ore source를 脈直下部로 보고 이로부터 上昇해 와다고 할 경우 上下 溫度의 差에 依해 native bismuth의 晶出程度에 差를 가져왔다고 볼수 있다.

### 6. 鑛體隣接의 火成岩體

대체로 上東鑛床을 조사한 報告書에서는 鑛體近接地에 火成岩이 發見되지 않는 것으로 언급되어 있으며 다만 Gabert & Vinken에 의해 鑛體 주변의 火成岩體로 keratophyre가 記載된바 있다. 최근에 발견된 脈岩은 地表의 경우 직접 本脈에 近接한 本脈東側 上端(바

로 脈 北쪽)에 해당하는 곳에 幅 2m 延長 100餘M이상 追跡되는데 (주향 N10°E)

이는 豊村 石灰岩中에 貫入되어 있고 坑內의 경우 下 14坑 下14坑東側 莫場部近 下盤 slate 坑道에서 slate를 貫入한 幅 3m 정도의 玢岩으로 그 경계는 확연치 않고 slate를 變成시켜 緩移的인 경계부를 보인다.

### 1. 대곡 含硫化合物脈岩

豊村石灰岩과의 接觸部の 變질작용은 극히 미약하며 脈岩의 中心部와 주변부에서 결정도의 差異가 있어 중심부는 細粒의 粒狀石理를 보여 주며 주변부는 유리질 石理를 보여주고 있다.

구성광물은 自形一半自形을 이룬 장석류와 角閃石, 綠泥石, 雲母類등이며 불투명광물로서 pyrite와 pyrrhotite가 散在하며 脈岩의 주변부에 硫化물의 농집부가 있어 산화되어 있다.

이 脈岩이 계속 深部로 延長된다면 本脈을 자르고 지나가게 되겠지만 本脈과石灰岩과의 접촉부의 상태가 아직 알려지지 않고 있다.

### 2. 坑內 14항의 玢岩

斑狀石理를 보이는 이 脈岩은 스테이트內에 발달하고 있다. 구성광물은 斑狀을 이루게 하는 半自形~他形의 褐色雲母(brown biotite)가 0.5mm~1mm의 粒度로 斑晶을 이루고 아주 細粒의 針狀~柱狀을 보이는 白雲母(0.1mm 이하)와 自形의 wollastonite (0.1~0.3mm)가 少量의 黑雲母와 함께 石基를 이루고 있다.

드물게 半自形의 apatite가 石基中에 나타나며 白雲母는 黑雲母를 침투하거나 이에 포획된 상태를 보인다.

### 7. 結 論

1. 上東鑛床을 이루는 鑛體의 鑛物共生群은 대체로 diopside, hornblende, quartz 세 主構成鑛物의 分布비에 따라 本脈은 7個의群, 下盤脈은 6個의群, 上盤脈은 9個의群으로 細分된다.

2. 本脈과 下盤脈은 서로 共通된 共生群이 이루는 帶狀配列이 거의 一致하고 거의 類似한 帶狀分布를 보인다. 다만 本脈과 下盤脈이 뚜렷이 相異한 點은 本脈의 경우 그의 外廓部 garnet-diopside zone에 quartz의 발달이 아주 貧弱한 反面 下盤脈의 경우는 quartz의 발달이 현저하여 대체로 garnet-diopside-quartz의 共生群을 이룬다.

3. 上盤脈은 本脈 및 下盤脈과 같이 整然한 帶狀分布를 보이지는 않지만 거의 類似한 共生群을 이룬다.

특히 本脈, 下盤脈의 母岩이 slate인 것과는 달리 上盤脈의 上部 母岩은 石灰岩이며 많은 비정질의 Calcite와 變종광물을 共生群으로 갖는다. 石灰岩과의 接觸部

에 특히 wollastonite가 발달하며 구성광물중 apatite와 scheelite는 他脈에 비해 현저하게 감소되어 있다.

4. garnet 中 等方性이며 他形을 이루는 것은 andradite이며 異方性 自形결정은 grossularite로 이는 상반맥의 하반부와 本脈의 深部坑(14항)에서 주로 quartz와 共生하면서 많은 scheelite를 수반하고 있다.

5. 石英脈은 本 광체와는 別個의 鑛脈으로 鈔榜 slate 中을 통과하면서도 많은 scheelite, molybdenite 및 wolframite를 함유한다.

本脈 및 上下盤脈의 바탕을 이루는 鑛體내에서 quartz vein 이외의 부분에서는 上記 molybdenite와 wolframite 결정은 찾아볼 수 없다.

6. 石英富化帶를 中心으로 角閃石富化帶와 透輝石富化帶는 外곽으로 對體的으로 累帶分布를 이루며 일부 鑛物의 局部的 발달 현상은 鑛體와 그 source와의 거

리상의 差가 비저년 溫度의 差에 의한 결과로 본다.

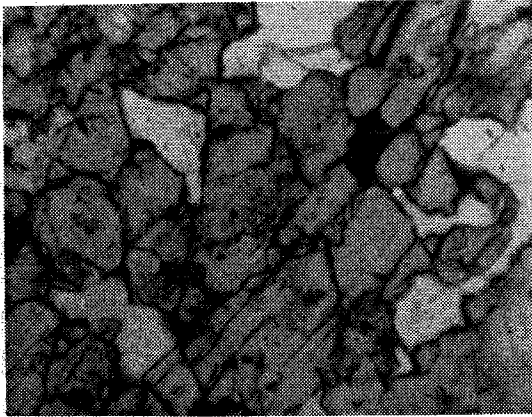
7. 主要鑛物의 晶出관계는 透輝石富化帶에 屬하는 鑛物群으로부터 →角閃石富化帶→石英富化帶로 漸近的인 變移를 보이는 累帶分布에 따라 garnet으로 부터 → diopide → hornblende-chlorite → mica → quartz의 順으로 대략적인 生成시기의 差를 보이며 이와 함께 scheelite는 造岩鑛物이 生成되는 초기부터 시작하여 점차 증가하여 최종기에 가장 다량 분출하였음을 나타내고 있다.

8. 상반맥 일부와 本脈의 深部坑에서 처음 보이는 grossularite-quartz-scheelite 群이 이루는 特異한 共生群은 鑛體의 上端部(ore shoot의 上限部)에 局限한다는 가정하에 本脈水平上의 分布가 이루는 累帶分布와 같은 새로운 鑛物의 共生群을 심부에서도 기대할 수 있다는 가능성을 찾아볼 수 있다.

### 參 考 文 獻

1. Klepper, M.R. 1947, The Sangdong tungsten deposits, southern Korea: Econ. Geol. V. 42.
2. Young Won John 1963: Geology and Origin of Sangdong Tungsten Mine. R.O.K. Econ. Geol. V. 58.
3. 鄭昌根, 1964: 上東鑛山主脈中的 累帶分布와 그 成因에 對한 考察 鑛山學會誌 Vol. 1. No. 1
4. Gabert & VinKen: 1962: The scheelite deposit of Sangdong
5. Chil-Sup So: 1968: Die Scheelit-Lagerstätte Sangdong
6. D. OWENS: 1997: Mineralogical Examination of a sample of tungsten ore from K. T. M. C.
7. 尹碩奎: 1966: 상동광산 및 그 부근의 지질구조와 중석광산의 광화작용과의 관계, 地質學會誌 제 2권 1호
8. 李大聲, 金瑞雲, 1969: 上東重石鑛床의 顯微鏡的研究 광산지질 1권 1호
9. 金玉準, 朴喜寅: 1970: 上東鑛山 地質鑛床 調查報告 광산지질 제 3권 1호
10. Stephen E. Kesler: 1968 Contact-Localizea Ore formation at the Meme Mine, Haiti. Econ. Geol. Vol. 63
11. H. Urban: 1971: Zur Kenntnis der schichtgebundenen Wolfram-Molybdän-Vererzung inn Örsdalen Norwegen, Mineral Deposta. 6.
12. Hsu & Galli: 1973: Origin of the Scheelite-Poweilite Series of Minerals Econ. Geol. 68.

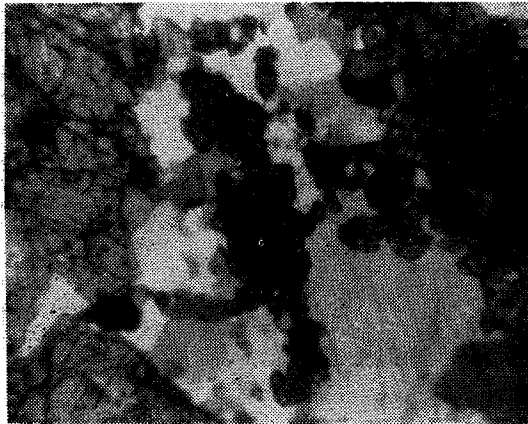




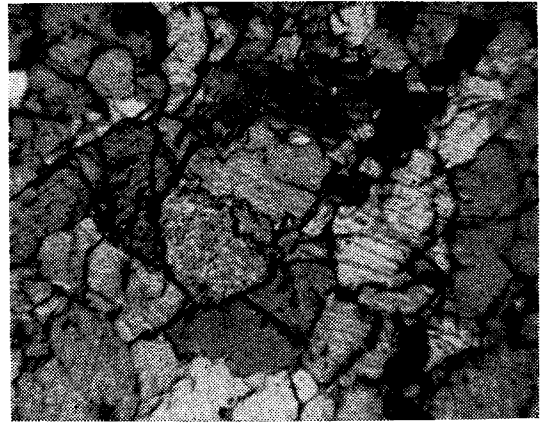
1. garnet-diopside-fluorite 의 일반적인 경향



2. 異方性 garnet 內에 함유된 scheelite



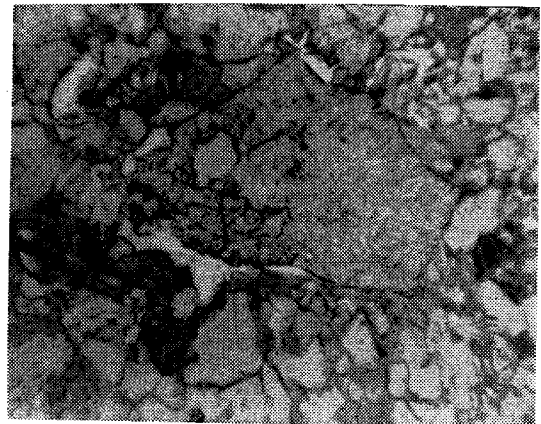
3. diopside 결정군의 quartz 에 의한 交代



4. zoisite-diopside 中에 胚胎된 scheelite, scheelite 는 diopside 와 intergranular implication 을 보인다.



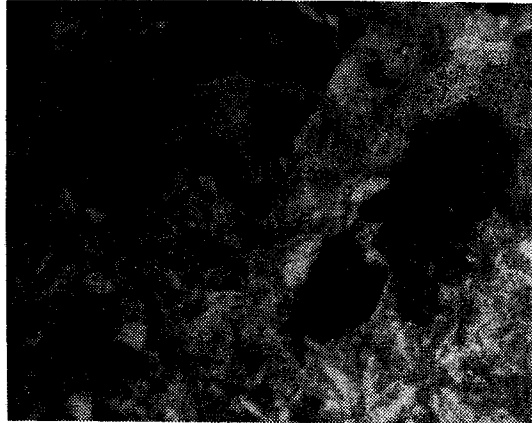
5. diopside-plagioclase 中에서 관찰되는 sphenes, apatite zircon



6. diopside-hornblende 에서 보이는 scheelite 와 hornblende 로 변성된 diopside



7. hornblende-quartz-plagioclase 中 scheelite, sphene, zircon 의 共生



8. quartz-muscovite 에서 大部分의 muscovite 는 sericite 化 하고 있다.



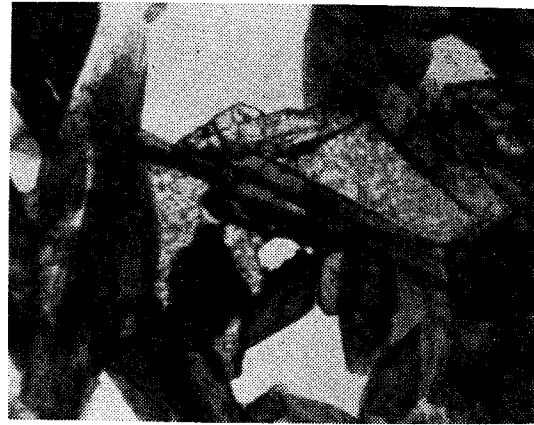
9. quartz-dioptside-hornblende 에서 아주 드물게 보이는 allanite



10. biotite 의 결정 경계부 또는 cleavage 를 따라 注入된 他形의 scheelite



11. quartz-biotite 에서 biotite 의 chlorite 化와 chlorite 에 주로 국한된 불투명 광물



12. quartz-biotite 에서 scheelite 는 biotite 결정의 사이를 따라 注入 발달함.