광산지질 12권 4호(1979) pp. 181-195

玉房 重石鑛床의 成因에 關한 硏究
—特히 南部鑛體에 對하여—

尹 正 守*

On the Genesis of Okbang Tungsten Deposits

Jeung Su Youn

Abstract: The Nambu orebodies of the Okbang tungsten mine are hosted in the Precambrian amphibolite and Weonnam formation. These orebodies can be classified into two types; The scheelite-bearing ore vein occurring in the amphibolite (the Nambu 1, 2 adits) and tungsten-bearing quartz vein along the contact between the amphibolite and the Weonnam formation (the Young-ho, -1, -2, -3 levels). The scheelite-bearing ore vein in the amphilbolite is discontinuous, narrow, and highly irregular in geometry, occurring only within the amphibolite with which of the vein is graduational. Based on these feature of the mode of occurrence, the origin of this ore type might be attributed to a potential segregation of tungsten ore fluid in situ from hornblenditic basic magma of the host rock.

Tungsten-bearing quartz vein, however, is considered to have deposited along the N30~60E trending fractures as a later hypothermal vein after the hornblendite was emplaced. The principal ore mineral is scheelite with minor amount of wolframite, and the gangue minerals are quartz, and small amounts of fluorite, pyrrhotite, chalcopyrite and calcite. Fluid inclusion study of minerals from the Nambu orebody reveals that the fluids in fluorite of the scheelite-bearning ore vein attained a temperature range of 208~256°C and those in quartz from the tungsten-bearing quartz vein a temperature range of 220~357°C. The real formation temperatures can be somewhat higher than filling temperatures, if pressure correction is made. Chemical analysis of 8 amphibolite samples on major and some trace elements indicate that the amphibolite is igneous origin.

On a Niggli diagram (al-alk) versus c, the analytical values are plotted on an igneous field, and on a Niggli diagram mg versus c they follow a karroo igneous trend line. According to the Ba, Cr, and Ni versus Niggli mg plots suggested by Leake (1964), Okbang amphibolite fall outside a pelitic field and compare favorably with his plots form ortho-amphibolites. Analitical values of MoO_3 of 8 samples of scheelite minerals from the Nambu orebody indicate that the tungsten-bearing quartz vein (type Ⅱ) of Nambu orebody shows a range from 1.69% to 4.38% which is higher than 0.94% ~3.25% MoO_3 for the scheelite-bearing ore vein (type Ⅰ).

This fact indicates that the type Ⅱ was deposited in a lower fO_2/higher fO_2 environment and under lower temperature than the type Ⅰ.

Analysis of major components WO_3, MnO, and FeO of 6 samples of wolframite from the type Ⅱ veins revealed that they contain 73.35~76.2% WO_3, 7.94~11.63% MnO, and 10.53~14.82% FeO. MnO/FeO ratios of wolframite shows the range of 0.85~1.17 which suggests a slightly higher temperature type of deposits than other major tungsten deposits in the country.

Ⅰ. 序 言

玉房重石鑛床은 慶北奉化郡 汾川里와 蔚珍郡 廣回里 경계에서 兩郡에 걸쳐 있으며 鑛山事務所 위치는 巨應洞부락 즉 北緯 36°51′23″ 東經 129°08′20″에 위치하며 巨應洞에서 河川上流에 연하여 개설된 도로를 따라 1.5km 남쪽으로 가면 現場에 이르게 된다.

本鑛山은 1939年에 金, 銀鑛床으로 등록되었으나 1941月 日本人 阿部和雄에 依해 重石이 發見되어 現在까지 小規模로 稼行하고 있다. 本鑛山에 關한 調査報文은 1963年 韓國地質圖 1/50,000 三斤里圖幅(金玉準外 3人)에서 調査報告된 이래로 李商萬(1967), 金玉準(1969), 안승철(1969)과 崔裕久(1971)等 國內 地質學者들에 依해 硏究된바 있다.

*延世大學校 地質學科

本鑛床의 成因問題에 對하여 調査者들은 見解를 달리하고 있다. 李商萬은 pegmatite鑛床이라 했으며 灰重石을 胎胎한 pegmatite脈은 오직 角閃岩內에만 存在한다고 하였고 金玉準은 角閃岩의 주요 構成鑛物과 鑛石의 産出狀態로 보아 角閃岩이 源岩이였든 鹽基性 岩石에서 分化된 岩漿分化 鑛床이라하였고 崔裕久는 裂罅充塡鑛床이라 하였다.

本 硏究는 主로 지금까지 調査資料를 參考로하여 最近에야 (1974~현재) 개발된 南部鑛床에 對하여 流體包有物 및 地化學的 硏究를 통하여 南部鑛體의 成因을 糾明하는데 目的을 두었다. 數 차례에 걸친 地表 및 坑內 地質調査를 하여 鑛山周邊의 地質과 鑛床의 부존상태 및 母岩을 調査하였고 岩石과 鑛石 試料를 採取하여 室內에서는 (1) 鑛物의 共生關係와 鑛床의 類型을 검토하였고 (2) 重石을 胎胎하는 石英脈中 石英과 空洞內에 結晶한 螢石을 採取하여 流體包有物에 依한 充塡溫度實驗을 통하여 本鑛床의 生成溫度에 對한 硏究를 하였고 (3) 鑛床의 鑛化作用과 密接한 關係가 있는 角閃岩에 對하여 完全化學分析을 하여 Niggli-Value를 계산하여 그 成因을 검토하였고 (4) 灰重石—鐵망간重石을 化學分析하여 灰重石內의 molybdenum 含量과 鐵망간重石에 對하여는 MnO/FeO ratio를 구하여 國內에서 여러 型으로 産出되는 他重石鑛床과 비교함으로써 鑛化作用과 鑛床의 起源을 검토하였다.

Ⅱ. 地 質

本鑛床 附近의 地質은 變性堆積岩인 遠南層과 角閃岩 및 汾川花崗片麻岩과 이를 貫入한 石英斑岩 및 珪長岩脈으로 構成되어 있다. 金玉準外 三人(1963)의 硏究에 依하면 이 地域의 地質系統은 다음과 같이 綜合된다.

時代未詳 ⟨鹽基性岩脈 / 酸性岩脈⟩
—貫入—
先캠브리아紀 ⟨汾川花崗片麻岩 / —貫入接觸— / 角閃岩 / —貫入接觸— / 遠南層⟩

2-1 遠南層

變成堆積岩類인 本層은 本調査地域 全域에 分布한다 (Fig. 1). 本層은 柘榴石黑雲母片麻岩 및 砂質源黑雲母片麻岩의 互層을 이루어 구성되어 있으며 그 時代는 先캠브리아紀로 알려져 있다(金玉準外 三人 1963). 이들은 심한 變質交代作用을 받아 그 境界를 區分할 수 없으며 本域에 分布하는 角閃岩과 汾川花崗片麻岩은 本岩에 貫入 接觸하고 있다.

本岩은 葉理가 잘 發達하며 葉理의 走向傾斜는 대체로 N30~70E, 30~50NW가 主이다. 本岩中 柘榴石黑雲母片麻岩은 中粒灰色이며 柘榴石이 곳곳에서 斑狀變晶으로 産出되며 그 粒度는 顯微鏡的 크기에서 直徑이 4 cm인 것도 있다. 鏡下에서는 主로 葉理方向으로 elongate된 石英, 斜長石, 黑雲母, 柘榴石 等으로 구성되어 있고 斜長石은 Albite 雙晶을 나타내고 또 일부는 점토광물화, 견운모(sericite)化되었고 黑雲母의 일부는 綠泥石化되었다. 砂質源黑雲母片麻岩은 灰色粗粒質이며 equi-granular을 나타내며 主成分鑛物은 石英, 斜長石, microperthite, 黑雲母等이다.

2-2 角閃岩

本岩은 本鑛床의 母岩을 이루며 鑛床全域에 걸쳐 6~7帶가 斷續的으로 分布하고 있으며 그 幅은 30M~180M로 變하고 있다. 南部鑛體 北西쪽과 玉房國校地域에서 汾川花崗片麻岩에 依하여 貫入되고 遠南層을 貫入하고 있으며 그 時代는 先캠브리아紀로 알려져 있다(金玉準外 三人(1963). 이들은 一般的으로 葉理構造가 잘 發達하며 葉理의 方向과 傾斜는 N25~70E와 30~50NW로써 遠南層의 그것과 거의 일치하고 있다. 本層은 暗灰色내지 暗色인 中粒質이고 片麻岩相 構造가 잘 發達하여 어떤 곳에서는 半花崗岩物質이 ptygmatic 褶曲構造를 보이기도 한다. 花崗片麻岩과 接觸되어 있는 곳에서는 花崗岩化作用에 依하여 完全히 片麻岩相으로 變하여 花崗片麻岩과 흡사한 外樣을 보이기도 한다. Table 2에 表示한 $A_3, B_2, B_3, C_2, E_2, D_3$의 分析을 平均하면 角閃石 32%, 斜長石 (oligoclase) 20%, 石英 18%, 黑雲母 14%와 小量이 柘榴石, 綠泥石, sphene, magnetite 等도 包含한다. 斜長石은 Ab_{72}~An_{28}이며 그 일부는 粘土鑛物化, 견운모화되었고 黑雲母의 일부는 綠泥石化되었다.

角閃石은 主로 idioblastic texture가 잘 발달하며 그 사이에 綠泥石이 狹在되어 있기도 한다.

2-3 汾川花崗片麻岩

本岩은 南部鑛體의 北西쪽과 北쪽에 分布하며 角閃岩帶를 貫入接觸하고 있다. 本岩의 葉理의 走向傾斜는 北쪽에 分布하는 것은 대체로 N60E~EW와 50NW이고 北西쪽에 分布하는 것은 N25~60E와 45NW이다. 本岩은 粗粒내지 中粒質이고 葉理構造도 發達한다. 鏡下에서 觀察하면 主構成鑛物은 石英, 斜長石, 微斜長石, 正長石, 黑雲母 等으로 構成되어 있다. 黑雲母는 elongate된 石英과 평행하게 發達되어 있으며 foliated되어 있다.

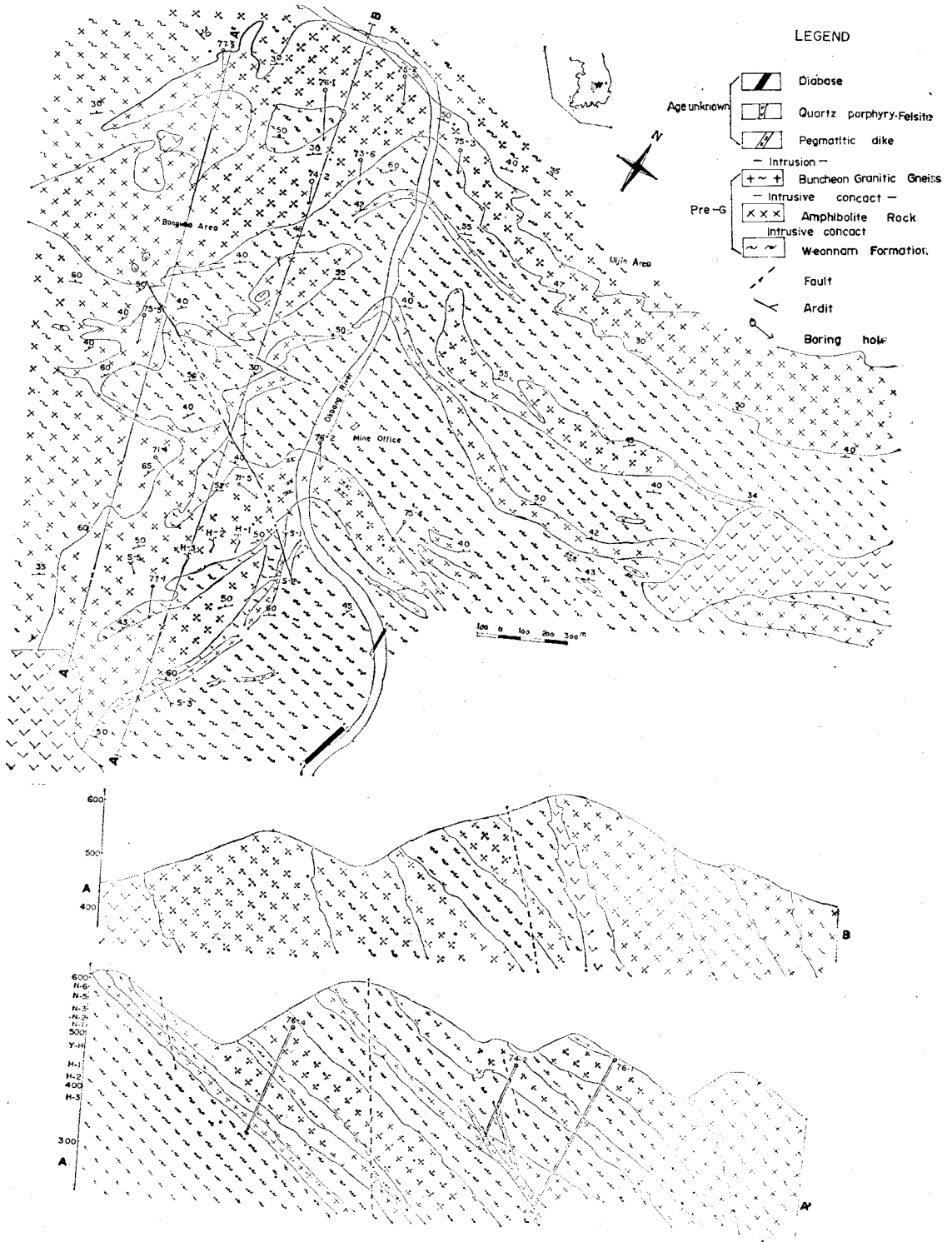

Fig. 1 Geological map of the Okbang Tungsten Mine District

2-4 石英斑岩 및 기타 脈岩類

石英斑岩이 本域 여러곳에 分布하는데 脈幅이 70M ~80M인 것은 대체로 東北내지 南西쪽으로 뻗쳐있다. 기타 珪長岩脈과 輝綠岩脈이 地表와 坑內 여러 곳에서 觀察된다. 特히 坑內에서 觀察한바에 依하면 石英斑岩脈은 含重石 石英脈을 끊거나 同一한 方向으로 發達한 點으로 보아 含重石 石英脈이 充塡時期보다 後期에 貫入한 것이 確實하다(Fig. 2). 珪長岩은 pyrite를 많이 含有하고 있기도 하다.

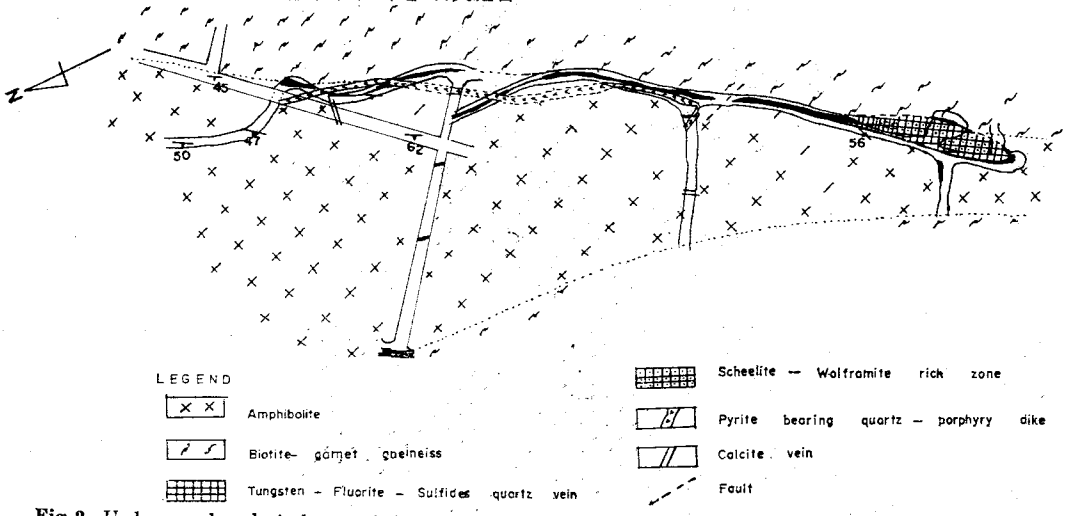

Fig. 2. Underground geological map of the Nambu orebody on -3 level.

Ⅲ. 鑛 床

3-1 鑛床의 區分

금번 調査된 南部鑛體는 先캠브리아紀에 속하는 角閃岩內에 胚胎하는 몇條의 含灰重石脈과 遠南層內나 角閃岩과 遠南層接觸部에 발달한 裂罅을 따라 胚胎하는 몇條의 含重石(灰重石—鐵망간重石)脈으로 大別된다.

3-1-1 角閃岩內에 胚胎하는 含灰重石脈

角閃岩內에 胚胎하는 含灰重石脈은 主로 南1,2號坑이며 과거 主로 採掘하였고 現在에도 南1號坑에서 斷續的으로 採掘하고 있다. 母岩인 角閃岩과 비교적 明確한 경계를 갖는 南1號의 2番脈은 角閃岩의 片理方向과 平行하게 胚胎되어 있으나 角閃岩과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 充塡된 含重石 石英脈처럼 단일脈도 아니고 여러 細脈이 角閃岩內에만 散在되어 있고 母岩을 벗어나 다른 岩石을 끊지도 않고 連續치 못하고 斷續的이다.

特히 母岩인 角閃岩과 漸移的인 境界를 갖는 細脈인 경우는 그 産出狀態와 脈의 延長性이 아주 不規則하여 그 幅이 수 cm에서 70cm인 것도 있다. 양호한 灰重石은 일반적으로 中心部쪽이나 벽쪽에 發達胚胎하며 脈의 接觸部에는 中粒質인 黑雲母가 두껍게 濃集되어 있다. 脈內에 胚胎하는 灰重石은 lens狀, pocket狀, veinlet等 여러 型으로 集中되어 있으며 이중 lens狀이 가장 흔하며 螢石이 같이 수반되는 경향이 많다. 螢石의 우세하게 胚胎되어 있는 곳에서는 소량이 灰重石이 細脈을 이루어 수반되는 경향이 많다.

鑛石鑛物은 主로 灰重石과 螢石이며 脈石鑛物로는 斜長石(Ab_{72}~An_{28})이 灰重石脈 사이에 狹在되어 있으며 소량이 磁硫鐵石, 黃銅石도 수반된다.

鑛石의 品位는 일반적으로 富鑛帶에서는 WO_3가 2% 정도이고 貧鑛帶에서는 WO_3가 0.5% 內外이다(鑛山報告書 1972). 위에 說明한 것과 같이 鑛脈과 母岩과의 관계 構成鑛物의 集合形態 脈幅 및 延長性이 不規則性等으로 보아 이는 角閃岩이 貫入될 當時에 원래 가지고 있는 Tungsten鑛化溶液이 局所的으로 그자리에서 分化하여 晶出된 分化鑛體로 思慮되며 이는 金玉準 敎授가 過去 調査한 蔚珍鑛體의 경우와 일치한다.

3-1-2 角閃岩과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 充塡된 含重石 石英脈

含重石 石英脈脈은 遠南層內나 角閃層과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 發達하며 용호항, 下1,2,3番坑에서 觀察되며 대체로 走向 N30~55E, 傾斜 45NW인 脈으로 약 620m정도 延長되고 있다. 下3番坑에서 현재 採掘하고 있는 2條의 含重石 石英脈은 그 幅이 6~7 m이고 母岩의 葉理方向과 거의 平行한 N30~60E 方向으로 발달하고 있다. 이 石英脈은 角閃岩이 貫入後 角閃岩과 遠南層의 接觸部에 形成된 fracture에 充塡된 것으로 思慮된다. 含重石 石英脈은 일반적으로 石英脈

을 中心으로 하여 重石鑛物은 母岩의 벽쪽에 主로 發達胚胎하는 경향이 많고 脈의 上部쪽으로 감에 따라 硫化鑛物이 많이 수반되며 下部로 내려감에 따라 鐵망간重石이 증가하는 경향이 있으며 barren石英脈中에는 많은 磁硫鐵石과 黃銅石이 包含되어 있음이 觀察된다. 石英脈中에 胚胎된 灰重石과 鐵망간重石은 pocket狀, lens狀, 或은 石英과 硫化鑛物과 함께 散在하여 있으며 特히 角閃岩 벽쪽 空洞內에 發達하는 石英脈中에는 螢石脈과 鐵망간重石이 灰重石을 싸고 있는 것이 많이 관찰되는데(사진 1) 이는 鐵망간重石이 灰石보다 나중에 結晶된 것으로 思慮된다. 鑛石의 品位는 일반적으로 富鑛帶에서는 WO_3가 1%內外이고 貧鑛帶에서는 WO_3가 0.1% 이하이다(鑛山報告書 1975).

용호항 上盤脈 黑雲母片麻岩內에서 50 ton 이상이나 重石을 採掘하였다는 點(本鑛山 고석진 소장)과 수반鑛物 石英의 流體包有物考察 等으로 미루어보아 이들 鑛體와 角閃岩內에 細脈으로 아주 不規測하게 斷續的으로 胚胎하는 分化鑛體와는 同時에 形成된 同一鑛體가 아니고 이들 角閃岩이 貫入後 形成된 裂罅을 따라 熱水溶液이 充塡한 裂罅充塡熱水鑛體로 思慮된다. Table 1에서 4,5番은 下3番坑 富鑛帶에서 採取한 灰重石의 試料를 分析한 값이며 이는 蔚珍鑛體에서 産出된 灰重石의 分析値와 다소 差가 있다.

Table 1 Analyses of Scheelite from Okbang mine

Sample No.	1	2	3	4	5
WO_3	76.18	77.73	78.02	76.05	74.0
Sn	tr	tr	tr	0.01	0.02
As	tr	tr	tr	0.02	0.02
S	0.04	0.04	0.2	0.02	0.04
Cu	tr	tr	tr	0.01	0.01
P	0.01	tr	tr	0.04	0.06
Sb	tr	tr	tr	—	—
Mo	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01
Mn	0.01	0.10	tr	0.08	0.09
Bi	0.01	tr	tr	—	—
Pb	tr	tr	tr	tr	tr
Zn	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe	0.21	0.08	0.05	0.57	1.48
CaO	—	—	—	18.03	18.65
SiO_2	—	—	—	1.62	2.95

Samples of 1, 2 and 3 are quoted from Sang Man, Lee 1967 (Uljin Ore body), and those of 4 and 5 taken from Nambu Ore body from Okbang Mine office.

3-2 鑛化作用과 母岩變質

角閃岩이 貫入과 鑛化作用과의 관계를 보면 遠南層을 基盤으로 해서 角閃岩의 東西方向으로 emplace되었으며 그後 汾川花崗片麻岩이 貫入하였다. 角閃岩이 貫入될 당시에 원래 가지고 있든 W溶이 局所的으로 그 자리에서 segregation에 依하여 灰重石이 晶出되어 角閃岩內에 細脈으로 不規則하게 散在하며 양호한 灰重石은 脈의 中心部쪽에 發達 胚胎하고 鑛脈과 母岩의 接觸部에는 中粒質인 黑雲母가 두껍게 濃集되어 있을뿐 鑛體와 母岩 사이에 뚜렷한 變質現象이 觀察되지 않는다.

한편 角閃岩이 貫入後 角閃岩과 遠南層 接觸部에 裂罅이 發達하였으며 鑛液의 통로를 제공하였다. 이 裂罅을 따라 含重石 石英脈이 充塡되었으며 그후 晶洞을 이루면서 螢石, 硫化鑛物이 晶出된 것으로 思慮된다. 含重石 石英脈이 充塡된 角閃岩과 遠南層 接觸部의 母岩變質과 鑛物共生關係를 sketch 해보면 Fig. 3과 갔다.

石英脈의 充塡時期에 母岩이 變質도 약간 수반되었는데 坑內관찰에 依하면 石英脈接觸部의 角閃岩은 약간 珪化作用을 받고 있는 반면 黑雲母片麻岩接觸部에서 母岩은 약간의 絲泥石化作用, 견운모화작용을 받고 있으나 石英脈과의 관계는 뚜렷한 境界를 이룬다(사진 2). 南部鑛體의 鑛物組成과 그 産出狀態의 變化를 調査하기 위하여 各 坑道 level別로 試料를 採取 鏡下에서 model 組成은 Table 2와 같다.

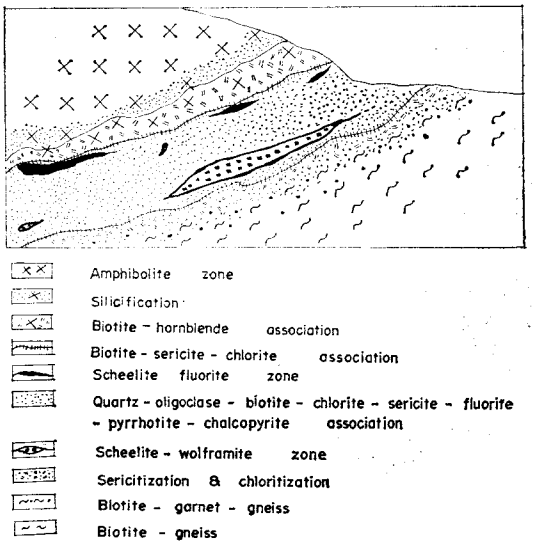

Fig 3. Schematic sketch of the scheelite wolframite bearing ore vein which occur between amphibolite and biotite gneiss.

이 圖表에 依하면 南1號坑에서 角閃岩內에서 産出되는 分化鑛體인 경우 黑雲母의 量이 角閃岩쪽으로 감에 따라 감소하며 鑛脈의 接觸部에서는 32%이고 接觸部에서 20~80cm 멀어져 감에 따라 11~3%로 감소

Table 2. Model composition of Rock Samples from the Nambu Ore body

Sample No.	1			2				3			4				5		
	A_1	A_2	A_3	B	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3	E	E_1	E_2	E_3	D_1	D_2	D_3
Quartz	11	7	5	62	21	31	22	41	13	16	47	25	27	20	48	17	15
Plagioclase	29	17	14	29	40	42	11	44	12	22	46	31	16	14	36	42	27
Hornblende	14	28	49	4	16	13	36	7	52	46	3	12	24	36	0.6	29	47
Biotite	32	11	5	—	12	9	10	5	15	12	1	28	25	26	4	8	9
Garnet	—	—	23	—	—	—	20	—	1	—	—	—	—	2	—	—	—
Sericite	—	—	—	—	29	—	—	—	—	2.3	—	—	—	—	—	—	—
Calcite	—	—	—	1	2.2	4	—	—	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—
Sphene	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.5	2	1.7	0.4	—	—
Magnetite	2	4	4.5	1.5	—	1	—	—	3	0.3	—	1	6	4	—	2	1.2
Sulfides	1	—	—	2.2	—	—	—	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Scheelite	0.9	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—	—

Note 1 Samples taken at 120m from the adit in Nam 1 Ho level (foot-wall side of No. 2 vein)
A_1: at the contact of scheelite-sulfides bearing ore vein
A_2: at 20cm away from the contact
A_3: at 80cm away from the contact
2 Samples taken at 132m from the adit in Ha-2 Hang level (foot-wall side No. 24 vein)
B: at the contact of scheelite-wolframite-sulfides bearing quartz vein
B_1: at 10cm away from the contact
B_2: at 20cm away from the contact
B_3: at 90cm away from the contact
3 Samples taken at 126m from the adit in Ha-1 Hang level (hanging wall side No. 5 vein)
C_1: at the contact scheelite-wolframite bearing quartz vein
C_2: at 10cm away from the contact
C_3: at 50cm away from the contact
4 Samples taken at 134m from the adit in Young-Ho Hang lebel (hanging-wall side of No. 4 vein)
E: at the contact of scheelite-wolframite-fluorite bearing quartz vein
E_1: at 7cm away from the contact
E_2: at 15cm away from the contact
5 Samples taken at 64m from the adit of Ha-3 Hang level (hanging wall side of No. 7 vein)
D_1: scheelite-wolframite-fluorite bearing quartz vein
D_2: at 20cm away from the contact
D_3: at 70cm away from the contact.

한다. 角閃石은 接觸部에서 母岩쪽으로 감에 따라 14~49%로 증가하며 斜長石(An 28)은 鑛脈쪽으로 감에 따라 14~29%로 증가한다. 한편 角閃岩과 遠南層 接觸部에 充塡된 石英脈인 경우(용호항, 下1, 2, 3番坑)는 斜長石은 대략 母岩과 接觸部에서 증가하는 경향을 보이며 黑雲母는 角閃岩쪽으로 감에 따라 증가하고 石英이 많이 含有되어 있다.

3-3 鑛物 共生關係

南部鑛體 坑內에서 採取한 鑛石標品의 육안감정 및 反射顯微鏡에 依한 ore texture 觀察과 아울러 石英脈에서 나타나는 皮殼狀構造, 空洞等을 觀察하여 檢討된 主要鑛物의 共生關係는 Fig. 4라 같다.

3-3-1 Scheelite-fluorite-chalcopyrite-pyrrhotite assemblage

이는 主로 南1, 2號坑 角閃岩內에 細脈으로 不規則하

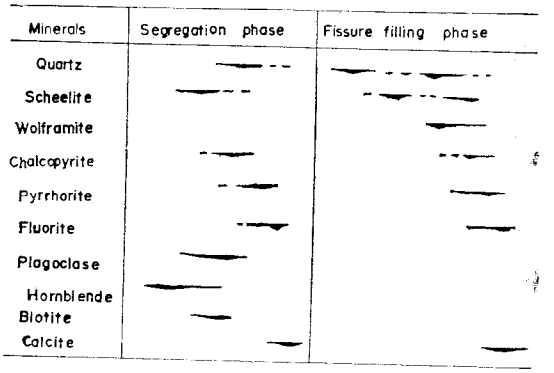

Fig. 4. Mineral paragenesis in the Okbang tungsten deposits.

게 양호한 灰重石과 螢石을 수반하는 광체이다. 坑內觀察에 依하면 灰重石이 螢石脈에 依해 포획되었으며

螢石은 灰重石보다 後期에 晶出되었다. 一般的으로 양호한 灰重石을 脈의 중심부쪽으로 胚胎하는 경향이 많고 硫化鑛物은 母岩가까이나 母岩內에도 胚胎하는 경향이 많다.

反射顯微鏡 觀察에 依하면 黃銅石內에 磁硫鐵石이 exsolution texture을 나타내며 ore texture에 依해 灰重石, 黃銅石, 磁硫鐵石의 共生關係가 잘 나터난다(사진 3). 斜長石과 黑雲母內에 自形인 角閃石이 含有되어 있어 斜長石(An 28%)과 黑雲母는 後期에 晶出되었다.

3-3-2 Scheelite-wolframite-chalcopyrite-pyrrhotite-fluorite assemblage

이는 含重石石英脈의 主要한 mineral assemblage 이며 主로 용호항, 下1, 2, 3番坑內에서 角閃岩과 遠南層 접촉부의 裂罅을 따라 充塡된 石英脈內에서 觀察된다.

坑內 觀察에 依하면 鐵망간重石을 싸고 있는 경향이 많이 觀察되어 鐵 망간重石이 灰重石보다 後期에 晶出되었다(사진 1).

一般的으로 石英脈中에 鐵 망간重石은 脈의 外測에 많이 胚胎하는 경향이 있고 螢石과 方解石을 空洞에서 主로 産出된다. 石英脈中에 散在하고 있는 硫化鑛物은 灰重石을 짜르거나 含有하고 있어 灰重石보다 後期에 晶出되었다. 反射顯微鏡 觀察에 依하면 灰重石이 鐵망간重石에 依해 replaced되었다. 위에서 說明한 黃銅石, 磁硫鐵石의 共生關係가 잘 나타난다(사진 4).

3-4 流體包有物考察

試料採取는 採取가 가능한 過去 採掘跡과 現在 作業中인 地域中 角閃岩地域에서 灰重石과 같이 수반되는 螢石試料와 角閃岩과 遠南層 接觸部地域에서 灰重石과 鐵망간重石을 胚胎하는 石英과 空洞에 主로 發達하는 螢石試料를 各坑 level 別로 採取하였다(Fig. 5).

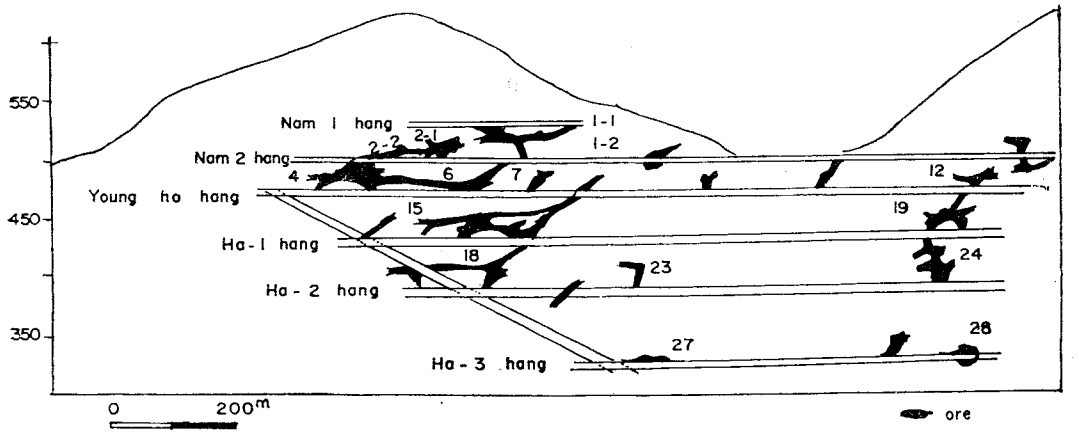

Fig. 5 . Location map of sampling for fluid inclusion study (longitudinal section A-A′ in Fig. 1)

選別된 試料을 벽개편을 쪼개서 使用했으며 加熱實驗은 microscope heating stage model 350을 使用했으며 昇溫 溫度는 5～10°C/min로하고 氣包가 空隙의 변두리로 이동되어 完全소멸될 순간의 溫度를 측정하여 均一化 溫度를 기록하였다.

流體包有物은 初生(primary), 假二相(pseudosecondary), 二次(secondary)로 分類되나 南部鑛體産 石英과 螢石中에는 初生인 gas와 液體로 充塡된 二相包有物이 대부분이며 가끔 空洞內에 螢石中에는 假二相 包有物도 共存하였다.

本實驗에서는 初生인 氣相과 液相인 二相包有物을 使用했으며 液相充塡度가 대개 60～70% 이상인 것으로 加熱時 液相으로 充塡되는 均一化 溫度를 測定하였다. 가끔 70% 이상이 液相, 氣相의 空隙이 30%인 方向性을 갖는 包有物도 있었으나 加熱時 100°C 이하에서 氣包가 소멸되고 再現되지 않음을 보아 假二相包有物임에 틀림없다.

各鑛物의 充塡溫度를 보면 角閃岩內에서 양호한 灰重石脈이 接觸部에 共存하는 연록色 내지 백色인 螢石의 充塡溫度는 208～256°C 이고 角閃岩과 遠南層 接觸部裂罅을 따라 發達하는 石英脈中 灰重石과 鐵망간重

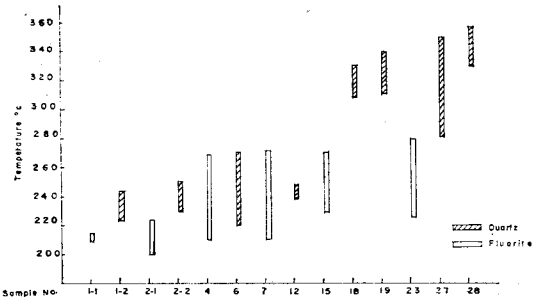

Fig. 6. The range of filling temperature determined by fluid inclsion.

Table 4 Filling temperature of fluid inclusion in Quartz and Fluorite from the Nambu Ore Body.

Sample No.	Color of Sample	Minerals contained Fluid inclusion	Kind of inclusion	Fiilling Temp. (°C)	Size	Type of Vein
1-1	light-purple	F	p. ps	208~217	0.02~0.07	
1-2	light-pinkish	F	p	223~247	0.03~0.05	Scheelite-bearing
2-1	light-green	F	p. ps	200~223	0.01~0.10	Fluorite Vein
2-2	smoky	F	p	230~256	0.01~0.05	
4	light-green	F	p	212~270	0.02~0.06	
6	milky	Q	p	220~272	0.02~0.05	Tungsten-bearing Quartz
7	light-green	F	p	213~274	0.01~0.02	Vein and Fluorite Vein
12	milky	Q	p	240~247	0.02~0.05	
15	white	F	p·ps	207~272	0.01~0.06	
18	smoky	Q	p	305~336	0.02~0.07	
19	milky	Q	p	212~340	〃	
23	white	F	p	225~280	0.01~0.04	
27	milky	Q	p	280~350	0.02~0.06	
28	milky	Q	p	330~357	〃	

Note : F: Fluorite, Q: Quartz, P:Primary inclusion, Ps: Pseudosecondary inclusion

石을 胚胎하고 있는 石英의 充塡溫度는 220~357°C이고 空洞中에 胚胎하는 螢石의 充塡溫度는 212~280°C 로써 石英보다 낮은 溫度를 보여준다(Table 4)와 (Fig. 6). 또한 비교적 地表가까운 용호항인 경우 石英의 充塡溫度는 220~340°C로써 深部보다 약간 낮은 溫度를 보여준다.

國內外 tungsten鑛床産 石英과 螢石의 流體包有物의 充塡溫度를 비교해 보면 Table 5와 같다.

Table 5 Comparison of filling temperature of some Tungsten Deposits

Mine	Minerals contained Fluid inclusion	Filling Temp. (°C)	Freezing Temp. (°C)	NaCl equiv. Conc. (wt%)	Host Rock
Takatori. Japan	quartz	225~320	−0.5~−3.2	1.0~9.0	Sedimentary strata
Takenouchi and	cassiterite	300~350	−5.3~−6.4	8.5~10.0	(Sandstone, chert,
Imai (1971)	topaz	330~350	−1.1~−2.3	2.0~4.0	slate)
	fluorite	215~270	−3.6~−4.3	6.0~7.0	
Ohtani. Japan	quartz	225~270	−2.3~−3.9	4.0−6.5	Granitic rock, Rhyolite
Takenouchi and	cassiterite	285~340	−3.0~−5.7	5.1~9.0	
Imai (1971)	scheelite	270~330	−3.6~−5.3	6.0~8.5	
Pasto Buena	quartz	175~290		2.0~17	
Peru	wolframite	215~238			Chicama Formation
Landis ans Rye	fluorite	157~204		1.5~11.8	Qz-monzonite stock
Dae Wha	quartz	205~314			
S. Korea	fluorite	170~295			Gneiss
Park, H.I. (1974)					
Chongyang	quartz	200~355			
S. Korea	fluorite	160~253			Biotite Gneiss
Kim, K.H. (1977)	beryl	280~348			Granite-porphyry
	rhodochrosite	283~295			
Okbang	quartz	220~357			Amphibolite
S. Korea	fluorite	200~280			Biotite-garnet gneiss
Youn J.S.	fluorite	208~256			Granitic gneiss

玉房鑛床 南部鑛體에서 石英과 螢石의 充塡溫度를 國內 大華鑛床의 것과 비교해 보면 그들보다 약간 높은 溫度를 나타낸다. 日本의 Takatori과 Ohtani 重石鑛床인 경우는 初期 vein stage에는 cassiterite과 topaz를 包含한 石英脈은 300~350°C이고 後期 veinlet와 vug時期에 形成된 螢石의 充塡溫度는 215~270°C이며 重石, cassiterite, topaz는 主로 初期 vein時期 鑛物이라 했다(Takenouch and Imai 1971).

페루의 Pasto Buena 鑛床의 tungsten 鑛化作用은 greisen (depositionol 60~70%), vein(deposition이 25~30%), vug (deposition이 5%이하)로 區分하고 greisen과 初期 vein時期의 石英과 螢石의 充塡溫度는 400~500°C이고, 主 vein時期에서 石英과 鐵망간重石은 175~290°C이며 vug時期에는 螢石, 方解石, rhodochrosite는 133~245°C이다. 이로 보아 pasto Buena鑛床의 Tungsten鑛化作用은 主 vein時期에 비교적 낮은 溫度인 175~290°C에서 일어났다 (Landis and Kye 1974). 玉房鑛床 南部鑛體中 角閃岩內에 胚胎하는 分化鑛體는 角閃岩의 貫入될 당시에 원래 가지고 있는 tungsten鑛化溶液이 segregation에 의한 分化時期에는 主로 양호한 灰重石이 晶出되었고 灰重石脈과 共存하는 螢石의 充塡溫度는 208~256°C이고 角閃岩의 貫入後 角閃岩과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 含重石 石英脈이 充塡된 vein時期에도 灰重石과 鐵망간重石이 晶出되었고 重石을 含有하는 石英의 充塡溫度는 220~357°C이다. 그後 形成된 空洞內에 螢石, 硫化鑛物이 晶出되었고 螢石의 充塡溫度는 200~280°C이다.

Ⅳ. 角閃岩의 成因에 대한 地化學的 考察

本域의 角閃岩은 主로 角閃岩과 斜長石으로 構成되고 角閃岩相에 속한다. 角閃岩의 起源에 대한 문제는 여러해 동안 많은 地質學者들의 關心거리였다. Wilcox와 Poldervaart(1958)은 角閃岩의 變成堆積岩인 珪岩, 大理岩, 片岩, 片麻岩과 같이 産出되며 특히 이들과 帶狀으로 産出되므로 準角閃岩(para-amphibolite)으로 區分하였다.

그러나 Leake(1960)은 West Frend Connemara 地域의 變成堆積岩과 帶狀으로 産出되는 角閃岩을 化學分析結果 化學成分의 玄武岩과 같으며 成分變化가 鹽期性岩의 分化傾向과 類似함을 밝혀 野外 産出狀態에 의한 起源區分에 타당치 못함이 確認되었다.

Walker(1960)은 變成作用 및 變成交代作用이 심하여지면 起源을 달리하는 角閃岩도 化學組成 및 諸特徵이 갖게 되는 경향이 있다고 하여 化學分析에 의한 起源問題解決에 疑問을 제기하였다. 그러나 Leake(1964)은 角閃岩의 化學組成 變化傾向과 微量元素의 分布狀態에 의해 起源을 區分할수 있다고 제안하였고 Orville(1969)은 carbonate free shale, calcite, dolomite混合堆積物의 化學組成 角閃岩의 化學組成 및 鹽基性火成岩의 化學組成을 비교한 結果 火成岩이든 堆積岩이든 Hornblende-plagioclase assemblage는 鹽基性 火成岩과 같은 化學組成을 가지며 pelitic-dolomite이 混合狀態의 化學組成과 角閃岩의 化學組成과 같아서 主元素의 化學組成으로 角閃岩의 起源을 밝히는데 問題性이 있으나 Ni, Cr, Ti, Ba같은 微量元素의 含量에 의하여 區分할 수 있다고 밝혀졌다.

Leake(1964)에 의하면 正角閃岩(ortho-amphibolite)인 경우 Niggli-k 값이 낮으며 Cr, Ni, Ti, Ba等 微量元素의 含量의 많으며 準角閃岩인 경우 Niggi-k 값이 높으며 Cr, Ni, Ti, Ba 含量이 적은 경향을 나타낸다.

Table 6 Chemical Composition of Amphibolite from the Ha-3 Hang Core Samples. (wt%)

Samples	A-1	A-5	H-1	H-2	H-7	H-8	H-9	H-14
SiO_2	44.66	45.77	49.91	47.99	48.11	70.00	48.93	48.41
TiO_2	0.62	0.38	0.09	0.98	1.04	0.31	2.18	1.39
Al_2O_3	20.79	8.10	21.06	11.85	13.16	16.68	12.08	13.40
Fe_2O_3	13.09	17.13	7.95	16.29	15.81	7.05	20.10	17.91
MnO	0.32	0.41	0.06	0.44	0.26	0.08	0.33	0.34
MgO	4.88	12.29	0.91	7.27	6.28	1.66	4.54	6.19
CaO	6.25	11.85	11.31	10.69	9.43	6.99	8.15	9.65
K_2O	3.93	0.99	3.01	1.12	1.70	1.67	0.61	0.65
Na_2O	2.37	0.95	2.24	1.18	2.50	5.83	2.15	0.21
P_2O_5	0.32	0.16	0.07	0.26	0.15	1.47	0.25	0.54
H_2O	2.32	1.61	2.64	2.14	1.54	2.18	1.02	0.54
Total	99.55	99.64	99.75	100.17	99.98	99.92	100.34	100.90

Table 7 Minor elements of Amphibolite from the Ha-3 Hang Core Samples (in ppm)

Sample	A-1	A-5	H-1	H-2	H-7	H-8	H-9	H-14
Ba	67	49	55	78	109	40	52	120
Nb	13	—	—	—	—	18	—	—
Y	113	42	84	42	27	27	33	30
Sr	106	11	147	55	110	172	88	90
Cr	52	36	40	37	45	53	96	160
W	2,055	—	26	—	—	26	—	—
Rb	493	69	178	105	37	148	24	25
Zr	148	25	6	48	43	15	68	69
Ni	182	105	121	141	141	176	132	92
Sn	30	323	17	113	38	11	69	130
As	—	16	86	218	64	45	12	181
Cu	—	—	49	14	152	124	228	—
Zn	190	1,202	32	175	75	101	98	131
Pb	32	20	48	21	20	100	17	19

本王房鑛床의 tungsten 鑛化作用과 成因的으로 直接的 關係를 갖고 있는 角閃岩에 對하여 Leake에 의한 方法으로 檢討하였다. 試料採取는 下3番坑에서 실시한 시추 core에서 8個를 採取하여 分析은 資源開發研究所 分析室에서 spectro-chemical analysis에 의하여 半定量法으로 微量元素도 分析하였다(Table 6과 7).

Table 8. Niggli Numbers

	A-1	A-5	H-1	H-2	H-7	H-8	H-9	H-14
Si	127.9	90.6	138.7	109.7	112.3	219.7	120.9	115.7
al	17.5	9.43	34.5	15.9	18	30.8	7.6	18.4
fm	49.5	62.4	20.5	53.7	50.2	24.6	54.8	55
c	19.24	25.1	33.7	26.16	23.6	23.5	21.6	24.7
alk	13.74	3.07	11.4	4.24	8.1	21	6.1	1.5
k	0.52	0.41	0.47	0.38	0.32	0.16	0.16	0.67
mg	0.42	0.58	0.18	0.46	0.44	0.32	0.31	0.4
ti	1.33	0.50	0.19	1.69	1.82	0.73	4.04	2.49
al-alk	3.76	6.36	23.1	11.7	9.9	9.8	11.5	16.9

分析値에서 Niggli-values를 計算하였다(Table 8).

Leake(1964)는 세계 여러곳의 正角閃岩을 Niggli mg-c 圖에 plot한 結果 karroo dolerite trend에 plot되었고 準角閃岩은 낮은 Niggli mg값을 갖어 이 trend 上部에 plot되었다.

玉房鑛床地域의 角閃岩을 Niggli mg-c圖에 plot한 結果 karroo igneous trend에 plot된다(Fig. 7).

Leake(1960)와 Van de Kaunp(1968)에 의한 Niggli (al-alk)-c 圖에서는 igneous field에 plot 되고 (Fig, 8), Niggi 100mg-c-(al-alk)圖에는 late mafic rock에 plot 되었다(Fig. 9).

또한 微量元素인 Ni, Cr, Ba Niggli mg 對圖에서는 pelitic field 바깥쪽에 plot되어 이는 正角閃岩 (ortho-amphibolite)임을 나타낸다(Fig. 10).

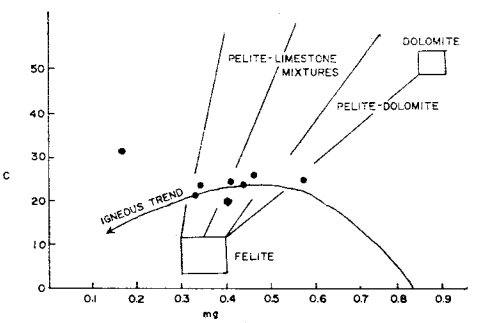

Fig. 7. Niggli mg versus c plat for Okbang amphibolites.

이상의 結果는 玉房鑛床地域에서 分布하는 角閃岩은 火成起源임을 시사해 준다.

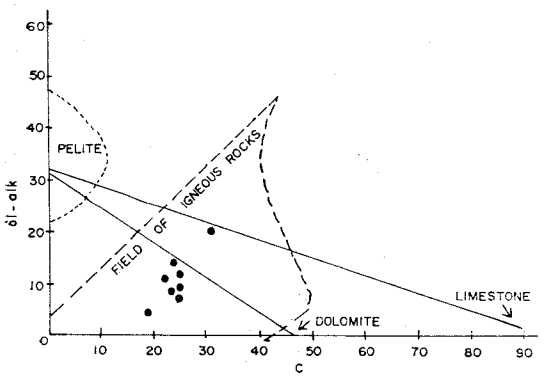

Fig. 8. Niggli c versus al-alk plot for Okbang amphibolites.

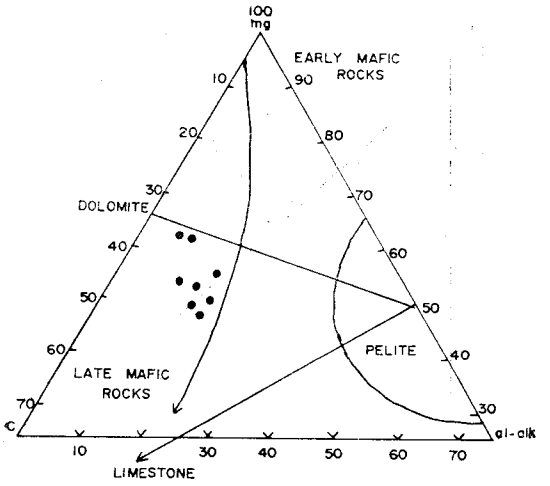

Fig. 9. Niggli c versus 100mg versus al-alk plot, Okbang amphibolites.

Fig. 10에 의하면 Ni는 比較的 含量이 높아 pelitic field 윗부분에 plot 되는데 이것은 mafic igneous rock 임을 나타낸다. 一般的으로 Niggli mg와 Cr의 變化는 相互 密接한 관련성이 있는데 Mg가 풍부한 硅酸鹽火成岩에서는 Cr 含量이 높지만 堆積岩에서는 火成岩처럼 肯定的인 관련성을 갖지 않는다. (Leake 1964, Herz and Banejee 1973).

以上의 結果는 蘇七燮, 金肖明(1975)이 小白山 變成帶의 玉房, 善山, 知禮, 舟成一帶의 角閃岩을 鹽基性貫入岩에서 유래된 것이라는 實驗結果와도 一致한다.

V. Tungsten 鑛物의 地化學的 考察

Tungsten 鑛物은 自然界에서 主로 oxide form, tungstate compounds 形態로 나타나며 Fe, Mn, Ca가 優勢한 곳에서는 wolframite [(Fe, Mn)WO_4], huebnerite

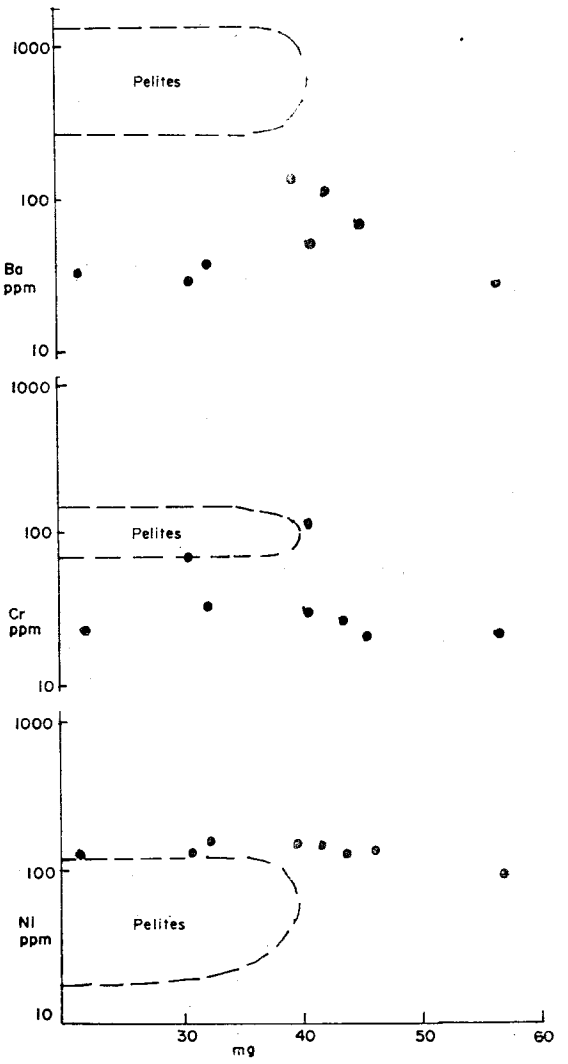

Fig. 10. Niggli mg versus Ba, ppm; versus Cr, ppm; and versus Ni, ppm; Okbang amphibolies

($FeWO_4$), seyrigite[$Ca(MoW)O_4$], scheelite($CaWO_4$), powellite($CaMoO_4$), cuproscheelite[$Ca(MoW)WO_4$]等의 形態로 産出되나 가끔 S가 優勢한 環境下에서는 硫化鑛物인 Tungstenite(WS_2)形態로 産出되기로 한다. 그러나 이들중 scheelite와 wolframite가 가장 主要한 W鑛物이다. Hsu와 Galli(1973)는 Nevada, California, Utah 等地에서 여러型으로 産出되는 scheelife-powellite series에 對해 X-ray spectrometry와 Atomic absorption spectrometry에 의한 分析結果를 檢討한바 低溫型인 接觸交代起源이나 酸化環境下에서는 scheelite內에 powellite($CaMoO_4$)가 5~53.5mole%까지 넓은 범위로 含有되며 비교적 高溫型인 Pegmatite나 Hydrothermal

vein에서는 $CaMoO_4$가 0.05～4 mole% 以下의 含量을 갖는다는 사실을 밝혔다.

특히 L.C Hsu(1977)은 實驗에 의하여 Mo가 풍부한 鑛液에서 $CaWO_4$, $CaMoO_4$, MoS_2의 形成은 주위 熱水溶液의 物理-化學的環境 즉 oxygen과 sulfur의 fugacities(fO_2/fS_2)에 의해 그 安定度가 다양하게 變化함을 밝혔다.

비교적 高溫型인 Pegmatite나 Hydrothermal vein에서는 low fO_2/high fS_2 環境이 되어 많은 量이 Mo가 鑛液에 含有되어 있고 주위에 硫化物이 共在하더라도 $CaMoO_4$가 形成되는 대신에 순수한 $CaWO_4$와 MoS_2가 共存된다.

實驗結果 Pf=1000bar, T=577°C에서 그 安定관계는 다음과 같다.

$$\underset{\text{scheelite}}{CaWO_4} + \underset{\text{quartz}}{SiO_2} + S_2 = \underset{\text{wollastonite}}{CaSiO_3} + \underset{\text{tungstenite}}{WS_2} + 3/2O_2 \quad (1)$$

$$\underset{\text{powellite}}{CaMoO_4} + \underset{\text{quarsz}}{SiO_2} + S_2 = \underset{\text{wollastonite}}{CaSiO_3} + \underset{\text{molybdenite}}{MoS_2} + 3/2O_2 \quad (2)$$

한편 接觸交代岩石이나 酸化環境下에서는 high fO_2/low fS_2인 環境이 되며 Mo가 풍부한 鑛液은 순수한 scheelite와 molybdenite가 분리되어 形成되기 보다는 scheelite-powellite가 固容體로 共存하게 된다.

實驗結果 Pf= 1 atm, T=25°C, AGr=32.77kal/gfw에서 安定관계는 다음과 같다.

$$\underset{\text{scheelite}}{CaWO_4} + \underset{\text{molybdenite}}{MoS_2} = \underset{\text{powellite}}{CaMoO_4} + \underset{\text{tungstenite}}{WS_2} \quad (3)$$

玉房鑛床 南部鑛床産 灰重石試料 9個를 坑別로 選別하여 KIST分析室에서 X-線廻析分析과 Atomic absorption spectrophotometry에 의해 分析하였다. 그 結果에 의하면 含重石 石英脈(−2, −3 level)으로부터 灰重石內에 MoO_3 含量은 1.09～4.38%이고 分化鑛體인 含灰重石脈(南2號坑)으로부터의 灰重石內의 MoO_3 含量은 0.94～3.25로 變하고 있다.

國內 다른 重石鑛床과 비교해 보면 Table 9와 같다. 이 分析値를 Hsu와 Galli(1973), Hsu(1977)의 實驗結果와 비교할 때 둘다 low fO_2/high fS_2 環境下인 비교적 高溫型 鑛床임을 시사하며 前者보다 後者가 高溫型임을 나타낸다.

이 表에 의하면 上東, 일광, 수중 鑛床과는 다른 類型의 鑛床임을 암시해 주기도 한다.

김상엽(1976)은 國內 몇 重石鑛床産 灰重石의 MoO_3 含量을 分析한 結果 上東鑛床産인 경우는 그 含量이 0.22～14.13%로 變함을 밝히고 上東産 灰重石은 그 含量이 높아 high fO_2/low fS_2 環境인 底溫型鑛床에 속한다고 하였다. 그리고 WO wt%를 橫軸, MoO_3 wt%를 縱軸으로 plot하면 Fig. 11과 같으며 이들 값이 모두 直線上에 plot 된다.

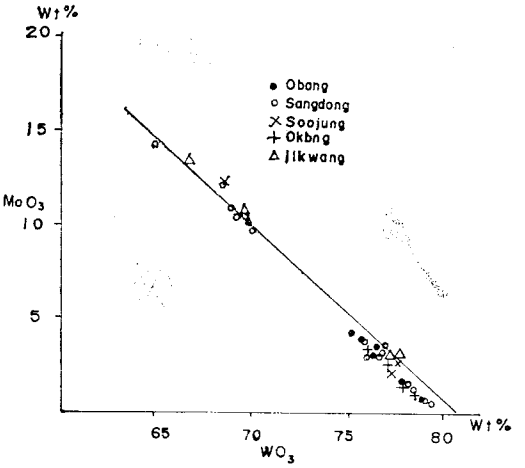

Fig. 11. Variations in MoO_3 against WO_3 of Sceelites from Okbang and Various Localities

한편 鐵망간重石은 Ferberite ($FeWO_4$)과 Hubnerite ($MnWO_4$)의 固容體이며 兩鑛物의 比 즉 MnO/FeO

Table 9 Molybdenum Contents in Scheelite from Okbang and other mines (MoO_3 wt%)

Sample No. Range	1 Sangdong				2 Soojung	3 Okbang	4 Ilkwang	5 Okbang*		
	6,102	60,072	1,010	1,043	9,221	9,251	9,261	−3 level	−2 level	S-2
0～2	1.43	—	—	0.22	—	1.15	—	—	—	0.94
	1.74	—	—	0.76	—	1.50	—	—	1.69	1.85
2～5	3.36	—	3.38	3.02	2.31	3.03	2.47	3.57	3.64	2.78
	3.76	—	3.83	3.97	3.82	3.71	3.02	4.38	3.95	3.25
10～15	10.68	13.62	9.81	10.19	11.92	—	10.57	—	—	—
	11.37	14.13	10.67	10.91	12.46	—	13.53	—	—	—

1, 2, 3 and 4 from Kim (1976), 5 analized at KIST.
*Samples taken at Nambu ore body.

Table 10 Analytical results of wolframite from Okbang and other mines (after S. Y. Kim, 1976)

minds	types	host rock	WO_3%	MnO%	FeO%	Nb	Sc	Mo	Y	Sn	As	MnO/FeO ratio
Dalseong	breciated pipe with quartz Vein	andesite rhyolite	76.19	14.36	9.23	810	260	20	10	10	190	1.56
Soojung	hydrothermal quartz vein	granite	71.98	15.68	12.15	590	110	30	10	20	130	1.29
Sangdong	〃	slate	77.86	5.24	16.39	10	—	180	110	40	20	0.32
Wolak	〃	phyllite	75.73	8.23	15.86	50	10	60	70	—	60	0.52
Okbang	pegmatite	amphibolite	76.34	12.48	10.84	490	80	40	20	10	110	1.15
Ilkwang	hydrothermal net work quartz vein	granite	71.46	10.47	16.90	140	50	50	30	10	150	0.62
Okbang*	magmatic segregation	amphibolite	75.57	10.21	11.12							0.92
	hypothermal	biotite-garnet	76.21	11.35	10.53							1.17
	quartz vein	gneiss	73.35	11.92	12.55							0.95
			74.42	7.94	14.82			n. d.				0.95
			75.40	11.63	11.97							0.98
			75.43	9.08	10.67							0.85

* Analized by KIST, n. d. : not determined, Samples were taken at Nambu Ore body.

ratio은 鐵망간重石의 成因과 溫度와 密接한 관계가 있음이 確認되었다. MnO/FeO 比는 鐵망간重石 source에서 거리가 멀어 질수록 減少하며 Pegmatite나 "normal" Hydrothermal vein과 같은 비교적 高溫型 鑛床에서는 MnO/FeO比가 增加하는 경향을 갖는다(Berman and Compbell 1957, Taylor and Hosking 1970). 이와는 대조적으로 Barabanor(1971)와 Clark(1970)은 鐵망간重石 形成에는 溫度가 主要하지 않고 鑛化溶液의 Fe/Mn ratio와 oxygen fugacity에 依해 좌우된다고 하였다. 南部鑛體(Type Ⅱ)産 鐵망간重石 試料 6個를 選別하여 K I S T에서 X-線廻折分析과 Atomic absorption spectrophotometry에 依하여 分析하였다.

그 結果를 보면 WO_3는 73.35~76.2%, MnO는 7.94~11.63%, FeO는 10.53~14.82%이며 MnO/FeO ratio는 0.85~1.17이라(Table 10).

Table 10에 依하면 MnO/FeO比가 0.32인 上東, 0.52인 월악, 0.62인 일광보다 높으나 南部鑛體産 鐵망간重石의 鑛化는 source로부터 멀리서 이루어졌음을 가리키며(Groves and Baker 1972, p. 327)이들과 비교해볼 때 비교적 高溫型鑛床임을 나타낸다.

Ⅵ. 結 論

玉房 重石鑛床中 南部鑛體는 先캠브리아紀로 思慮되는 角閃岩과 遠南層을 母岩으로 하며 稼行대상이 되는 主鑛體는 角閃岩內에만 胚胎하는 含重石脈(南1, 2號坑)과 遠南層內나 角閃岩과 遠南層의 裂罅을 따라 胚胎하는 含重石 石英脈(용호항, 下1, 2, 3番坑)으로 大別된다. 角閃岩에만 胚胎하는 含重石脈은 母岩과의 關係, 構成鑛物의 集合形態, 脈幅및延長이 不規則性 그리고 鑛脈이 角閃岩 以外의 他岩層內에 不存하는 點等으로 보아 이는 角閃岩이 貫入될 당시에 이로부터 원래 가지고 있던 tungsten鑛化溶液이 그자리에서 segregation에 依한 分化鑛體이고 遠南層內나 角閃岩과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 發達하는 含重石 石英脈은 角閃岩의 貫入後 形成된 N30~60E 方向의 裂罅을 따라 magma 起源의 熱水溶液이 充塡한 脈狀의 裂罅充塡熱水鑛床이다.

主稼行鑛物은 灰重石으로 소량의 鐵망간重石도 包含되며 脈石鑛物로는 石英, 螢石, 磁硫鐵石, 黃銅石, 方解石 等이 수반된다.

鑛物의 流體包有物에 依한 充塡溫度를 보면 角閃岩內에서 양호한 灰重石脈의 接觸部에 共存하는 螢石의 充塡溫度는 208~256°C이고, 한편 角閃岩과 遠南層 接觸部의 裂罅을 따라 發達하는 含重石 石英脈中의 石英의 充塡溫度는 220~357°C 범위로 後者의 경우 Lindgren에 依한 鑛床分類에 依하면 Hypothermal 鑛床에 속한다. 空洞內에 發達하는 螢石의 充塡溫度는 200~280°C 이다.

南部鑛床의 tungsten 鑛化作用의 時期는 角閃岩이 貫入될 당시에 원래 가지고 있던 Tungsten 鑛化溶液이 그 자리에서 segregation에 依해 角閃岩內에만 灰重石이 晶出된 分化時期와 角閃層이 貫入後 角閃岩과 遠南層 接觸部에 形成된 裂罅을 따라 含重石 石英脈이 充塡된 vein時期로 나누어지며 後者의 경우는 空洞內에 螢石, 硫化鑛物이 晶出하는 時期도 있었다.

本 鑛床의 tungsten鑛化作用과 成因的으로 관계를

갖고 있는 母岩인 角閃岩試料 8個를 完全化分析하여 Niggli value를 計算하여 Niggli c-(al-alk)圖에서는 igneons field內에 plot되고 Niggli mg-c圖에서는 karroo igneous frend line을 따르고 微量元素인 Ni, Cr, Ba, 對 Niggli-mg圖에서는 pelitic field 바깥쪽에 plot되어 이들 結果로써 角閃岩은 火成起源임이 밝혀졌다.

灰重石 試料 9個에 對한 MoO_3分析結果에 依하면 含重石 石英脈인 TypeⅡ로부터 灰重石內 MoO_3 含量은 1.69~4.38%이고 分化鑛體인 TypeⅠ으로부터 灰重石內 MoO_3含量은 0.94~3.25%로 前者보다 낮은 범위를 가져 low fO_2/high fS_2 環境下에서 形成된 高溫型 鑛床임을 나타낸다.

南部鑛體産(TypeⅡ) 鐵망간重石의 分析結果는 WO_3가 73.35~76.2%, MnO는 7.94~11.63%, FeO는 10.53~14.82%로 變하며 MnO/FeO ratio는 0.85~1.17의 범위를 가져 國內 및 重石鑛床과 比較해볼때 比較的 高溫型 鑛床에 속한다.

References

Berman, T. and Campbell, W.J., 1975, Relationship of Composition to thermal stability in the huebnerites-ferberite series of tungsten: U.S. Rept. Invest. No. 5300, p. 1~14.

Groves, D.I. and Baker, W.E., 1972, The Rigional Variation in Composition of Wolframite from Tasmania: Econ. Geol. Vol. 67, p. 362-368.

Hsu, L.C. and Galli, P.E., 1973, Origin of the Scheelite-Powellite Series of Minerals: Econ. Geol. Vol. 63, p. 681-696.

Hsu, L.C., 1977, Effect of Oxygen and Sulfur Fugarcities on the Scheelite-Tungstenite and Powellite-Molybdenite Stability Relation: Econ. Geol. Vol. 72, p. 664-670.

Herz, N. and Banejee, S., 1973, Amphibolites of the Lafaiete, Mines Gerais, and the Serra Do Navio Manganese Deposit, Brazil: Econ. Geol. Vol. 68, p. 1289-1296.

Kim, O.J., 1971, Metallogenic epochs and Provinces of South Korea: Jur. Geol. Soc. Korea, Vol. 7, p. 37-59.

Kim, S.Y., 1976, Geology, mineralogy and geochemistry of tungsten deposits of the sangdong-okbang area, Southern Korea: Unpub. Ph. D. thesis, Univ. of Leeds, England, p. 317-324.

Landis, G.P. and Rye, R.O., 1974, Geologic, fiuid inclusions, and stable istope studies of the Posto Buena Tungsten-Base metal Ore Deposit Northern Peru: Econ. Geol. Vol. 69, p. 1025-1059.

Leake, B.E., 1964, Chemical Distinction of Ortho- and Para-Amphibolites: Tour. Petrology, Vol. 5, p. 237-254.

Nash, J.J. and Cunningham, C.G., 1973, Fluid-Inclusion studies of the Fluorspar and Gold Deposits, Jamestown District, Colorado: Econ. Geol. Vol. 68, p. 1247-1262.

Shibata, K. and Ishihara, S., 1974, K-Ar Ages of the Major Tungsten and Molybdenum Deposits in Japan: Econ. Geol. Vol. 69, p. 1207-1214.

Takenouchi, S. and Imai, H., 1971, Fluid Inclusion study of Some Tungsten-Quartz Vein in Japan: Soc. Mining Geol. Japan, Spec. Issue 3, p. 345-350.

金奎漢, 1977, 靑陽重石鑛床의 地質과 流體包有物에 의한 溫度測定에 關한 硏究, 광산지질, 10권 1호, p. 1-18.

金玉準, 洪萬燮, 金起源 및 朴喜寅, 1963, 三斤里地質圖說明書

金玉準, 1969, 玉房重石鑛床의 成因에 關하여, 광산지질, 2권 2호, p. 73-75.

蘇七燮, 金肖明, 1975, 小白山 變成帶와 玉房 및 上東重石鑛床內의 角閃石質岩의 地化學的 및 成因에 關한 硏究, 광산지질, 8권 3호, p. 147-164.

李商萬, 1967, 玉房重石鑛床의 地質과 成因, 地質學會誌, 3권 1호, p. 1-19.

李文遠, 1974, 春川附近에 分布하는 角閃岩의 成因에 關한 硏究, 地質學會誌, 10권 3호, p. 149-168.

尹碩奎, 1973, 螢石鑛床의 地質溫床測定硏究, 광산지질, 6권 4호, p. 195-200.

池楨夢, 1975, 南韓의 螢石鑛床의 成因에 關한 硏究, 광산지질, 8권 1호, p. 25-56.

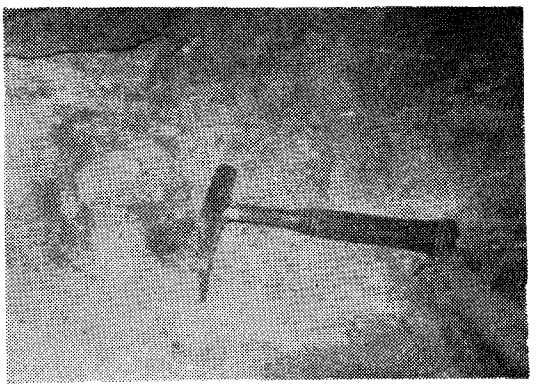

사진 1. 下3番坑 空洞內에 發達하는 石英과 螢石脈 Wolframite가 Scheelife를 싸고 있는 것이 관찰됨.

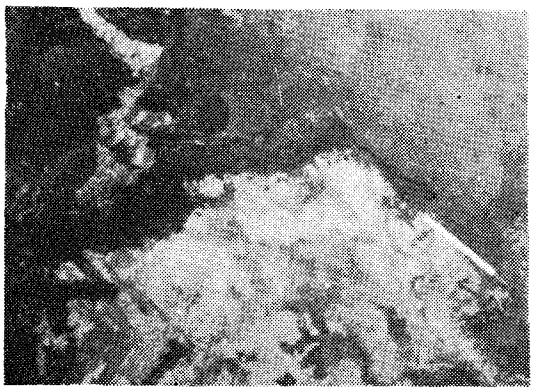

사진 2. 下3番坑 角閃岩과 遠南層 接觸部에 發達하는 含重石 石英脈 Wolframite가 수반됨

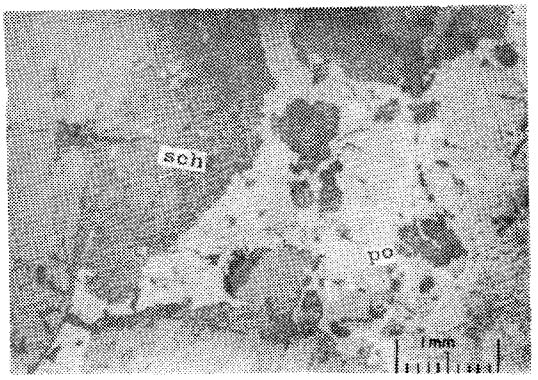

사진 3. Scheelite內에 發達하는 Pyrrhotite와 Chalcopyrite. Chalcopyrite內에 Pyrrhotite의 exsolution texture가 보임.

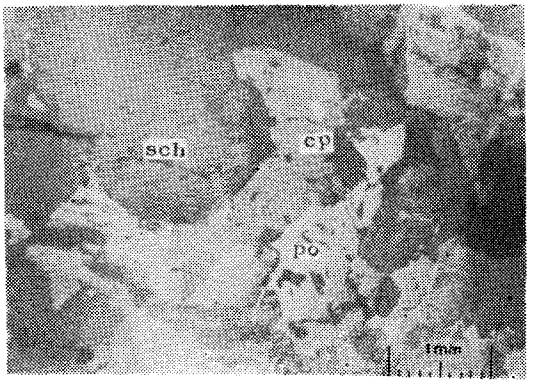

사진 4. Scheelite, Wolframite, Chalcopyrite, Pyrrhotite의 共生關係, Anhedral scheelite가 Chalcopyrite에 依해서 replacement되었음.

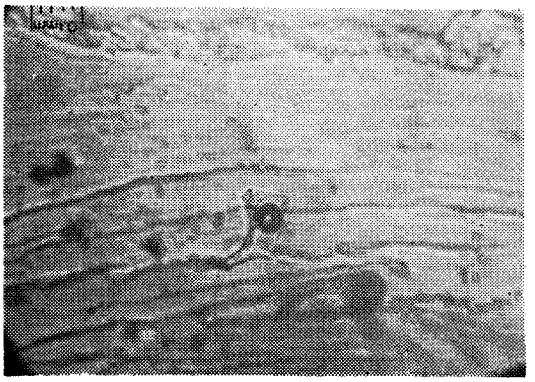

사진 5. 石英內에 一次二相包有物

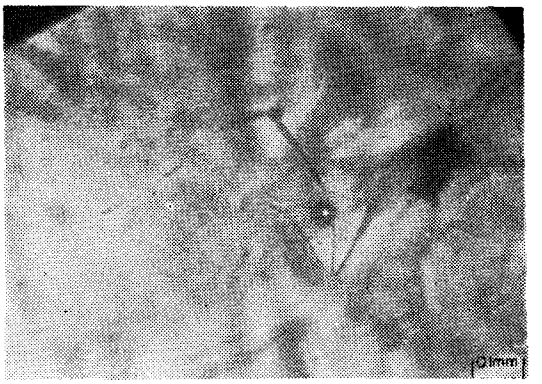

사진 6. 螢石內에 一次二相包有物