

上東產 SCHEELITE의 特性研究

〈특히 Powellite 眞否 究明을 위하여〉

黃 在 雲*

ABSTRACT

The scheelite occurred in Sang Dong mine are disseminated with a fine grain, and showed pale blue or white color under the fluorescence.

But among them, We can often observe the yellow fluorescent color mineral grains, which were called the powellite from the past time without any detail mineral study.

I studied the characteristics of Sang-Dong scheelite and the so called powellite.

In the result, the so called powellite is proved to be the molybdenum bearing scheelite in the view of specific gravity, index of refraction, chemical composition, other microscopic properties, and dressing. Such a scheelite is contained usually 3% Mo, and oftenly 4 or 6% Mo, and fluorescent colors are pale yellow, lemon yellow and chrome yellow.

1. 序 言

上東產 scheelite原鑛石中에는 scheelite外에 여러가지 附隨鑛物이 30餘種 胚胎되고 있다. 特히 scheelite는 鑛石中에 微量 微粒으로 散布되어 있는 故로, 肉眼 識別이 어렵다. 故로 보통, mineral light下에서 pale blue 또는 white color의 fluorescent color mineral을 scheelite로 判別하고 있다(Gleason, 1960). 그 中에 yellow fluorescent color mineral을 powellite로 과거부터 일컬어 왔고, 여러 調查者들도 別 檢討 없이 powellite라 일컬어왔다. 그런데 近來부터는 深部坑 採鑛이 主가 되므로 原鑛石 品位가 低下되고 選鑛 操業에도 影響이 미치게 되어 選鑛 實收率이 低下되자, 이의 主原因이 powellite때문이 아닌가 의심 되기도 하였다. 故로 하여 上東產 powellite 眞否 鑑別의 檢討가 必要하게 되었다.

2. scheelite 및 소위 powellite라는 鑛物의 一般特性

*技術上(應用理學部門)

大韓重石鑛業株式會社 上東鑛業所, 研究室長

가. 賦存狀態

坑內 鑛況 調查에 依하면 鑛脈中에 scheelite (CaWO_4)가 微粒 散布되어 있는 것을 mineral light 下에서 잘 볼 수 있다.

勿論 powellite ($\text{Ca}(\text{MoW})\text{O}_4$)라고 불리우는 yellow fluorescent color mineral도 같은 鑛石中에 別個의 單體鑛物로 거의 大部分이 微粒散布되어 있다. 간혹 scheelite中에도 yellow fluorescent color mineral이 있어서, scheelite의 crystal中에 powellite가 들어 있다고 말 하기도 하였다. 이런 yellow fluorescent color mineral은 scheelite에 비해 分布된 量的 比로 볼 때 上部坑의 경우는 scheelite 分布量의 1/4乃至 1/5가량 되며, 深部坑의 경우는 1/3乃至 1/4 가량 보여서 밑으로 내려 갈 수록 증가하는 것 같이 생각되나, scheelite 品位가 下部에 갈 수록 低下되므로 yellow fluorescent color mineral이 증가한다고 볼 수는 없다. Grain size에 있어서는 scheelite보다 powellite라 불리우는 鑛物이 작은 것이 特徵이며, Scheelite의 경우는 200~300 mesh가 보통이나 後者の 경우는 325 mesh 內外된 것이 보통이다.

나. 比重對比

mineral light下에서 pale blue 또는 white color의 scheelite를 가장 순수하게 hand picking 하여 scheelite가 95~97%(WO₃, 77~78%)되게끔 試料를 調整하여 比重을 測定하여 보니 5.55乃至 5.97이었다. 이는 typical scheelite의 比重 5.9~6.1에 비해 약간 낮았나(Dana's mineralogy).

한편, 소위 powellite라고 불리우는 yellow 또는 chrom yellow fluorescent color의 鑛物도 같은 方法으로 試料를 採取하여 比重을 測定하여 보니 5.55內外이었다. typical powellite의 比重은 4.349이며(Dana's mineralogy), 이들 황색 형광 광물은 오히려 scheelite의 比重에 가까움을 알 수 있다.

다. 掘折率 測定對比

Typical scheelite의 掘折率は $\epsilon=1.918$, $\omega=1.934$ 이고 上東產 scheelite의 掘折率도 이와 거의 같았다. 한편 typical powellite의 掘折率は $\epsilon=1.974$, $\omega=1.984$ 로서 scheelite에 비해 훨씬 높으니, 上東產 powellite라고 불리우는 것의 掘折率을 測定해 본 結果 $\epsilon=1.910$, $\omega=1.930$ 로서 上東產 scheelite 또는 typical scheelite의 掘折率과 거의 같았다.

라. 化學成分 對比

typical scheelite의 化學成分은 CaWO₄ 가 CaO가 19.4%, WO₃가 80.6%이고 간혹 Mo가 8%까지 포함될 수 있다 하였다. 上東產 scheelite

〈제1표〉 특 성 대 비 표

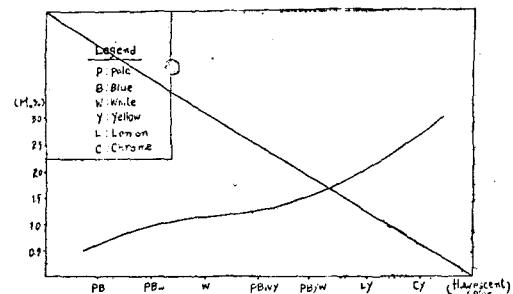
	typical scheelite	상동산 scheelite	typical powellite	상동산 powellite라는것	비 고
비 중	5.9~6.1	5.55~5.97	4.345	5.55	상동산 scheelite와 거의 같음
굴 절 율	$\epsilon=1.918$ $\omega=1.934$	$\epsilon=1.916$ $\omega=1.930$	$\epsilon=1.974$ $\omega=1.984$	$\epsilon=1.910$ $\omega=1.930$	"
화학성분	WO ₃ =80.6% 간혹 Mo=8% 까지 포함한다	WO ₃ =70~78% Mo=1.00%~1.30%	WO ₃ =10% Mo=60%?	WO ₃ =45~78% Mo=2~3% 간혹 5~6%	고로 moly bearing scheelite라 할 수 있다. 즉 scheelite이다.

의 完製品은 WO₃가 71% 內外이었고 Mo가 0.9~1.3%이다. 한편 typical powellite의 化學成分은 Ca(Mo, W)O₄中 WO₃가 10% 內外 포함될 수 있다 하였다. 그러면 Mo는 逆으로 約 60%까지 포함될 수 있다는 計算이 나온다. 그런데 上東產 powellite라 불리우는 鑛物의 化學成分은 WO₃가 45~78%이었고 Mo는 1.5~3%內外이었고, 간혹 5~6%까지 포함된 경우를 볼 수 있었다. 故로 化學成分上으로 볼 때도 powellite라기 보다는 scheelite라고 볼 수 있음이 타당하다. 以上の 結果를 종합 要約하면 第1表와 같다.

마. Mo含量과 fluorescent color의 變化

上東產 scheelite는 pale blue 또는 white color를 보여주는 것이 보통이고 物理重石 完製品을 mineral light에 비추어 보면 pale blue乃至 white color이나 그 中에 lemon yellow 또는 chrome yellow fluorescent color mineral이 1/3乃至 1/5

가량 混合되어 있는 경우도 볼 수 있다. 즉 坑內에서 볼 수 있는 量의 거의 大部分이 回收되는 셈이다. 한편 yellow series fluorescent color로는 white yellow, lemon yellow, chrome yellow 등을 볼 수 있다. 이들 Mo含量과 fluorescent color와의 關係를 圖表로 表示하면 第1圖와 같다.



第1圖 Mo含量과 fluorescent 관계도

3. 顯微鏡 觀察

scheelite는 一般 optical mineralogy에는 光學 的 特性이 記載되어 있지 않으므로 上東產 scheelite의 顯微鏡的 觀察 結果를 다음과 같이 記載 하고자 한다.

上東產 scheelite는 肉眼으로 觀察할 때 白色 이나 현미경下에서는 colorless이다.

form에 있어서는 흔히 subhedral이나 간혹 euhedral이 보이고, 대개 equant grain으로 散在 한다.

cleavage는 보이지 않으나 crack는 더러 發達 하며, relief는 매우 높다. birefringence는 0.07 ~ 0.017이다. interference color는 grayish white乃至 pinkish 또는 deep blue color이다. 그러나 대개 quartz와 비슷하게 보인다.

extinction은 angle이 20°内外로 oblique angle 을 갖는다. interference figure는 low axial angle 의 uniaxial, positive이다. 그리고 twinning된 것은 보기 힘들다.

scheelite原鑛石을 현미경下에서 觀察할 때 scheelite crystal은 quartz, mica group, hornblende group中에 가장 많이 散布되어 있으며 diopside, garnet中에도 간혹 보인다.

또한 石英脈中에 胚胎되어 있는 scheelite는 crystal끼리 서로 intergrowth하기도 하고 wolframite, molybdenite, fluorite中에도 들어 있음을 흔히 볼 수 있으나, sulfide mineral中에는 간혹 보인다.

한편 powellite라고 불리우는 mineral의 박편을 제작하여 觀察한 結果 scheelite와의 別 差異를 發見할 수 없었다.

4. 選鑛試驗

가. 目 的

上東產 scheelite와 소위 powellite라고 불리우는 yellow fluorescent color mineral을 선광 시험하였다. 앞서 말한 여러가지 試驗結果에 依하면 選鑛試驗 對比에서 特別한 成果를 期待할 수 없음을 豫想 못 하는 것은 아니나, 前記 두 試料를 個別 實驗함으로써, 微小한 差異나마 發見하여 보고자 함이 있다. 選鑛試驗 種類는 浮選試驗을 하

였으며 테반실험까지 하였으면 더욱 확실한 것이겠지만, 많은 試料를 求하기 힘들어서 테반실험을 생략하였다. 그러나 scheelite의 grain size 보다 powellite로 불리우는 것의 grain size가 大體로 작아 테반 성적도 다소 떨어질 것으로 예상할 수는 있다.

나. 試料採取

scheelite鑛石은 正常 가동되는 mill charge混合鑛中에서 yellow fluorescent color mineral을 可及的 除去한 sample이며 WO₃ 0.7%, Mo 0.024%되는 試料를 採取하였고, powellite로 불리우는 試料도 역시 mill charge鑛石中 mineral light下에서 yellow fluorescent color인 것만을 hand picking하고 보니 WO₃ 5.96%, Mo 0.28%인 고로 WO₃의 品位를 正常 가동 品位와 비슷하게 맞추기 爲해서 低品位 混合鑛을 配合하여 WO₃ 0.97%, Mo 0.031%가 되게 試料를 조정했다.

이들 試料를 各各 roll crushing하고 磨鑛하여 부선시험에 적합한 試料로 調製하였다. 그 結果 粒度 分布는 第2, 3表와 같다.

第2表 Scheelite原鑛石 粒度分布

Mesh	48	65	100	200	325	—325	total	비고
Wt %	2.1	6.9	12.2	25.0	17.8	36.0	100.0	

第3表 Powellite라고 불리우는 鑛石의 粒度分布

Mesh	48	65	100	200	325	—325	total	비고
Wt %	1.1	5.5	10.0	24.1	19.5	39.8	100.0	

다. 浮選試驗

(1) 使用한 기계(부선기)

浮選機名; Denver Sub-A Type.

R.P.M.; 1700

Cell Capacity; 3500ml

(2) 使用條件

濃度; 85%

온도; 25°C

Condition時間; 10分

浮選時間; 8分

(3) 使用試藥

Soda ash; 1600 gr/t

Oleic acid; 240 gr/t

第 4 表

Scheelite原鑛石의 浮選試驗結果表

	Head			Froth			Tailing			Recovery (%)
	Wt(gr)	品位(%)	cont	Wt(gr)	品位(%)	cont	Wt(gr)	品位(%)	cont	
WO ₃	1600	0.70	11.20	107	9.13	9.96	1493	0.087	1.30	88.96
Mo		0.024	0.384		0.26	0.278		0.0071	0.106	72.40

Water glass; 170 gr/t

Quebracho; 10 gr/t

Λ-18; 8gr/t

라. 試驗結果

(1) scheelite原鑛石의 부선시험 結果, 同上 試驗 結果로 Head品位 0.7%에 Froth品位 9.13%이며 Tailing 0.087%에 Recovery는 88.93%

이었다. (第 4 表)

(2) powellite라고 불리우는 原鑛石의 浮選 試驗 結果.

同上 試驗 結果 Head品位 0.97%에 Froth品位 15.39%이며 Tailing은 0.1%로서 Recovery는 90.34%이었다. (第 5 表)

第 5 表

	Head			Froth			Tailing			Recovery (%)
	Wt(gr)	品位(%)	cont	Wt(gr)	品位(%)	cont	Wt(gr)	品位(%)	cont	
WO ₃	1.600	0.97	15.52	91.1	15.39	14.02	1508.9	0.10	1.51	90.34
Mo		0.031	0.496		0.38	0.345		0.01	0.01	69.54

마. 對比檢討

(1) WO₃ 浮選對比

試驗結果를 보는바와 같이 powellite라는 鑛物이 scheelite原鑛 보다는 Head品位가 0.27% 높았고, Froth 品位도 WO₃가 6.26% 높았으며 Recovery도 1.41%가 높은 結果로 나타났다. 이는 勿論 powellite라 불리우는 原鑛石이 scheelite原鑛石보다 浮選 成績이 良好하다고 생각할 수 있지만 Head品位가 높은 점도 있으니, 大略 비슷한 結果로 해석함이 타당하다.

(2) Mo浮選對比

이는 powellite라고 불리우는 原鑛石은 scheelite原鑛石보다 Head品位가 0.007% 높았고 Froth品位도 0.12% 높았으나 Recovery는 오히려 scheelite原鑛石의 경우가 2.84% 높았다. 그러나 Mo의 source는 單體鑛物로서 혹은 scheelite中の solid solution으로서 含有된 것으로 判斷을 명확히 내 걸 수는 없는 단점이 있다.

5. 綜合 및 結言

가. 上東產 scheelite는 比重이 5.55~5.97되며 굴절율은 ε=1.910~1.916 ω=1.930內外된다.

나. scheelite의 化學成分은 WO₃ 71~78% 가량되고 物理重石 完製品은 Mo가 1.0~1.3%됨이 보통이나 간혹 2~3%, 드물게는 5~6% 가량 포함되는 것도 있다.

다. scheelite의 현미경 觀察 結果는 low angle uniaxial positive이었다.

라. mineral light下的 fluorescent color는 pale blue, white, lemon yellow, chrome yellow등으로 나타난다.

마. 以上の 實驗은 上東產 scheelite와 소위 종전부터 powellite로 불리우는 鑛物을 同時對比 實驗한 것이며 이들은 모두 같은 特性을 가진 것으로 powellite가 아니고 scheelite의 一種(Mo, bearing scheelite)임을 確言하게 되었다.

바. 選鑛試驗 結果도 거의 마찬가지 結果를 얻었다.

參考書籍

Dana; A Textbook of mineralogy

Gleason; Ultraviolet guide to minerals

Rogers & Kerr; Optical mineralogy