

高耐火度 鑛石礦物의 分布와 成因에 關한 研究†

—全南地域을 中心으로—

朴鴻鳳* · 權肅汝* · 朴培榮* · 申相垠*

A Study on the Genesis and Distribution of High Refractory Ore Minerals in Jeonnam Province, Korea

Hong Bong Park · Sook Moon Kwon · Bae Young Park · Sang Eun Sin

Abstract: Several mines in Jeonnam produce the ores of having high SK number of refractoriness. Among those for 5 mines, this paper deals with the relationship between SK number and mineral composition of the ore, and with the genesis of the deposits.

1. Byok-Song and Chon-Un Mine: Mineral compositions of the ores are chiastolite, chloritoid(monoclinic), kaolinite, sericite, diasporite, corundum, and quartz. The ores having SK number of 36 or 37, consist chiefly of chiastolite and diasporite and a little amount of kaolinite, sericite, corundum, chloritoid, and quartz. The ores having SK number of 33 or 34 consist of chloritoid, sericite, kaolinite, chiastolite, and diasporite. With increasing the amount of chloritoid and sericite, and decreasing the amount of diasporite and chiastolite, the SK number of the ores decreases.

The deposit, originally high alumina-bearing shale of Chon-Un San formation, seems to be formed by contact metamorphism(forming of chiastolite), regional metamorphism(forming of monoclinic chloritoid), and hydrothermal replacement(forming of large crystal of diasporite veinlets).

2. Song-Sauk Mine: Mineral compositions of the ores are chiefly pyrophyllite and quartz and a little amount of kaolinite, dickite, diasporite, and pyrite. Many spherical inclusions containing in pyrophyllite deposits, consist chiefly of diasporite and kaolinite. The inclusions have the high SK number of 38. Amount of spherical inclusions is about 5% to the whole pyrophyllite ores. The SK number of other pyrophyllite ore is less than 32. Quartz and pyrite are chief minerals lowering the SK number of the ore.

The deposits have been formed by hydrothermal processes by replacing the siliceous tuff of Mesozoic age. Spherical inclusions consisting of diasporite and kaolinite, show the selective replacement of hydrothermal solutions to the materials of feldspar in tuff.

3. Seung-San Mine: Mineral compositions of the ores are chiefly kaolinite, dickite, diasporite, and quartz. But some part of the mine consists of alunite deposits. The ores having SK number of 35 or higher consist chiefly of kaolinite and diasporite and a little amount of quartz. With increasing the amount of quartz and decreasing the amount of diasporite, the SK number of the ore decreases.

The deposits have been formed by hydrothermal processes by replacing the siliceous tuff and quartz porphyry.

4. Wan-Do Mine: Mineral compositions of the ores are chiefly pyrophyllite and quartz. But some ore contains a little amount of diasporite, kaolinite, pyrite, and chloritoid. The ores having high SK number of 36 consist chiefly of diasporite and pyrophyllite. Pyrophyllite ore has a SK number of 32 or lower. Amount of quartz and pyrite decreases the SK number of ores in this mine.

Rhyolite was replaced by the action of hydrothermal solutions forming the pyrophyllite deposits.

I. 序 論

本研究는 全南地方에 많이 賦存되어 있는 鐵石礦의 產地 및 磁土頁岩產地中에서 五個產地를 選定하여 그 鐵山에서도 比較的 높은 耐火度를 갖는 鐵石의 矿物組成, 分布狀況 및 鐵床成因等을 究明한 論文이다. 調查한 鐵山은 八個鐵山인데 이것은 碧松鐵山, 天雲鐵山(和順郡 南面) 聲山白岩鐵山(海南郡 黃山面), 縣山鐵山(海南郡 縣山面), 莊島鐵山(莊島郡 芦花島) 大德鐵山(長興郡 大德面), 玉出鐵山(珍島郡 加沙島) 및 松石鐵山(和順郡 梨陽面)이다. 이들 八個鐵山에서 總計 百餘個의 試料를 採取하여 薄片製作, X-ray 回折圖作成 및 分析, 耐火度測定 및 化學分析등을 하였다.

그中에서 耐火度 SK 值가 36 以上이 되는 鐵石을 產出하는 五個鐵山即 碧松鐵山, 天雲鐵山, 松石鐵山, 莊島鐵山 및 聲山白岩鐵山에 對한것만을 記述코자 한다.

이들 鐵山의 位置는 Fig. 1 과 같다.

이들 五個鐵山에서 產出되는 主礦物의 理論化學成分과 耐火度 SK 值는 表 1¹⁾과 같다.

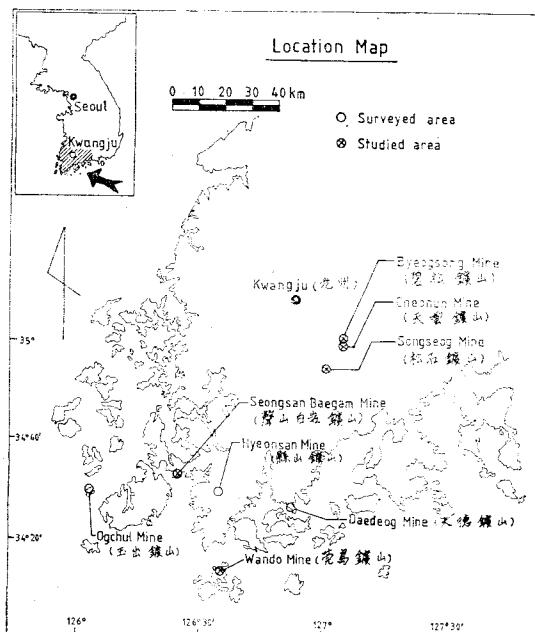


Fig. 1 Location map of surveyed and studied area

Table. 1 Theoretical chemical composition and SK number of the minerals.

Minerals	Chemical formula	Chemical Composition (%)					SK
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	FeO	H ₂ O	
Chiastolite(andalusite)	Al ₂ O ₃ · SiO ₂	62.9	37.1				38
Kaolinite, dickite	Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O	39.5	46.5			14.0	35
Diaspore	Al ₂ O ₃ · H ₂ O	85.0				15.0	42
Corundum	Al ₂ O ₃	100					42
pyrophyllite	Al ₂ O ₃ · 4SiO ₂ · H ₂ O	28.3	66.7			5.0	32
Muscovite	K ₂ O · 3Al ₂ O ₃ · 6SiO ₂ · 2H ₂ O	35.9	45.2	11.8		7.1	30
Chloritoid	FeO · Al ₂ O ₃ · SiO ₂ · H ₂ O	40.5	23.8		28.5	7.2	28 以下

※ Chloritoid의 化學式은 보통

FeO · Al₂O₃ · SiO₂ · H₂O로 表示하지만 Fe²⁺ 대신 Mg²⁺, Mn^{2+o} 代置되어 있으며 또 Al³⁺ 대신 Fe^{3+o} 若干 代置되어 있는 경우가 있다. 이것을 綜合해서 表示하면,

(Fe²⁺, Mg, Mn)₂ (Al, Fe³⁺) Al₂O₃ (SiO₄)₂ (OH)₄로 表示되고, Mg-rich variety을 sismondine Mn-rich variety를 ottrelite 라고 稱한다.

(더 詳細한 것은 參考文獻 6) 參考)

II. 各鐵山의 地質과 鐵床

II-1 碧松鐵山과 天雲鐵山

碧松鐵山과 天雲鐵山은 다같이 和順郡南面에 位置하고 있으며, 같은 地層인 天雲山層內에 鐵床이 이루어 있다. 鐵山에 進入하는 入口는 그 方向이 크게 다르지만 鐵區가隣接해 있고, 鐵床은 같은 種類型이다. 本地域은 平安系 또는 大同系 堆積岩이라고 알려진 天雲山層과 慶尚系의 壯東里 凝灰岩이 分布되어 있다.

高耐火度를 갖는 鐵石은 이 天雲山層內에 賦存되어 있다. 天雲山層의 年代에 對해서는 意見들이 一致되지 않고 있다. 1965年 大韓石炭公社에서 發刊한 “湖南炭田 地質調查報告書”²⁾는 岩石性質이 紅店統과 비슷하지만 和順炭層의 上部를 不整合으로 袋고 있다고 했고, 1966年 李商萬³⁾ 등은 平安系地層이라 認고, 1975年 A. J. Reedman⁴⁾는 岩石學의 으로는 高坊山統과 비슷하지만 實際는 盤松層(大同系)에 該當한 것이 아닌가 推定하였다.

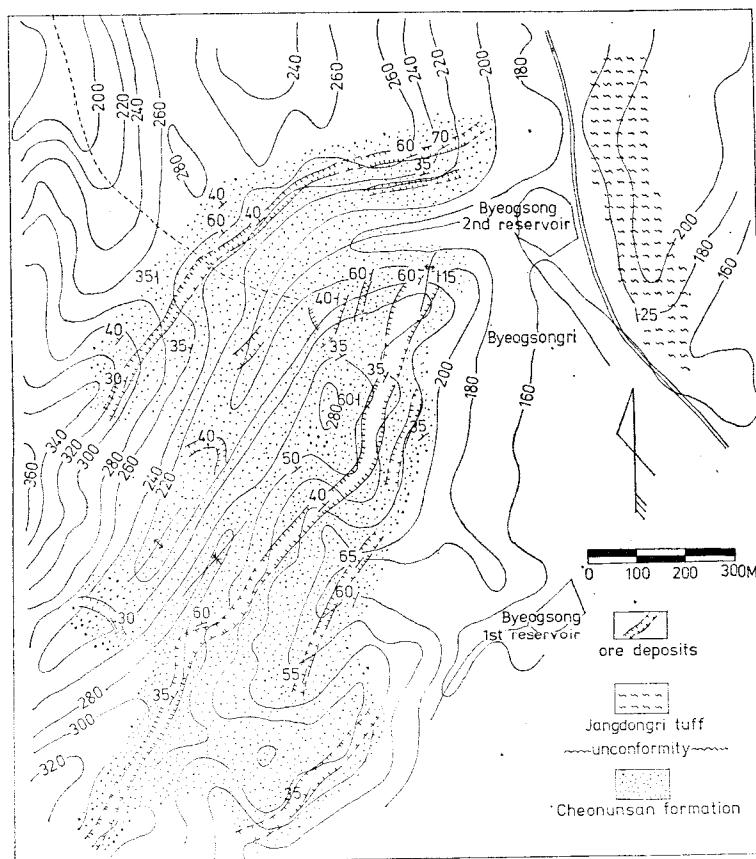


Fig. 2 Geological map of Byok-song Mine area

이地域에 分布하는 天雲山層은 主로 砂岩과 세일이다. 이 天雲山層을 不整合으로 덮은 癢灰岩이 군데군데 散在한다.

天雲山層은 褶曲되고 또 斷層이 發達되어 있다. 이地域의 地質圖는 Fig.2 와 같다. 砂岩의 石英粒子는 壓力에 依해서 타원형으로 길어진 것 또는 粒子의 形態가 일그러져 波狀消光을 나타내는 것이 많다. 鎌床을 形成하는 鎌物은 鎌石에 따라 差가 많지만 主로 空晶石(chiastolite), 單斜晶系에 속하는 chloritoid ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 絹雲母, kaolinite, diaspor 등이고 여기에 石英, 鋼玉, 蠟石등이 含有된 것도 있다. 空晶石 即 紅柱石은 壓力作用과는 關連이 없는 鎌物이다⁵⁾. 이러한 鎌物이 많다는 것은 接觸變成作用에 依해서 이루어졌다는 것을 意味하며 單斜晶系에 속하는 chloritoid 가 많이 이루어졌다는 것은 壓力を 많이 받았다는 것을 意味한다. 이 鎌物은 stress 作用下에서 生기는 鎌物이기 때문이다⁶⁾. 比較的 結晶이 큰 diaspor 結晶이 (2mm 以上인 것도 있음) 細脈狀으로 浸透되어 있다는

것은 熱水變質作用에 依해서 이루어졌다는 것을 意味한다. 이런 關係로 이 鎌床은 廣域變成作用, 接觸變成作用 및 熱水變質作用을 고루 받아 生成된 것으로 간주된다. 大部分의 鎌石은 黑色炭質物이 多量含有되어 있고, 甚히 단단하다. 곳에 따라선 hornfels 的 樣相을 띠는 것도 있다. 鎌床은 天雲山層內에 層狀으로 賦存한다.

II-2 松石礫山

和順郡 陽梨面 品坪里와 五柳里에 걸쳐 位置한 蠟石礫山이다. 이 地域도前述한바 있는 天雲山層과 癢灰岩으로 이루어져 있다. 天雲山層은 主로 砂岩과 세일이고 褶曲되어 있으며 여기서도 砂岩內에 含有된 石英粒子는 甚히 壓力を 받은 흔적이 엿보인다. 이 地域의 地質圖는 Fig. 3 와 같다. 鎌床을 形成하는 主鎌物은 蠟石이며 여기에 石英, kaolinite 등이 含有되어 있다. 鎌床은 主로 塊狀이며 大體의 으로 赭色을 띠고 있다. 鎌床내에 球狀인 含有物이 散在하고 있는데 白色이고 硬度가 높으며 크기는 직경 5~10cm 程度인 것이 많다.

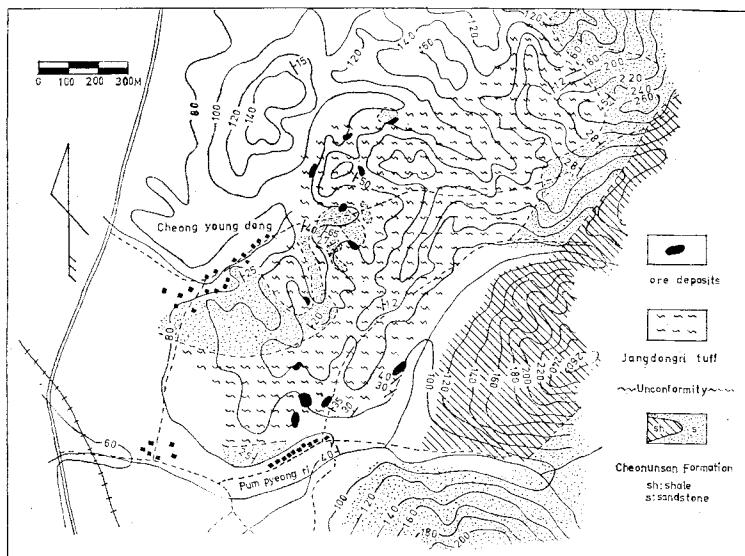


Fig.3 Geological map of Song-Seok Mine area

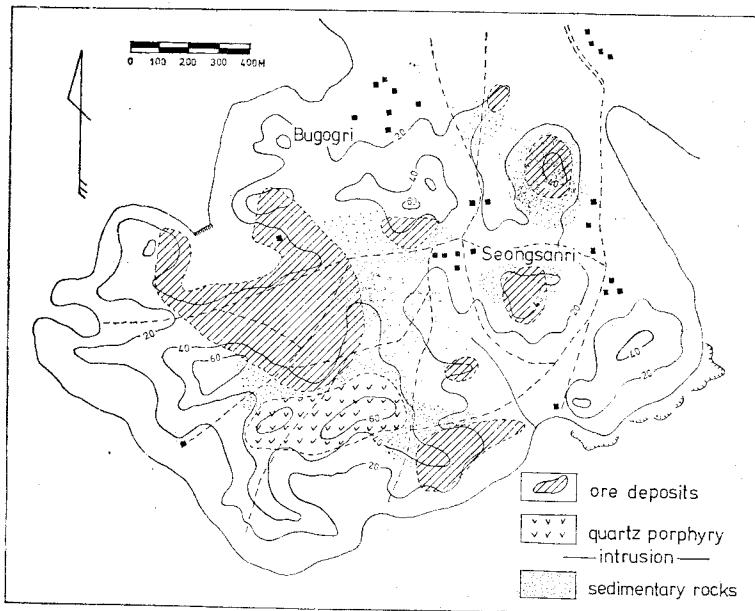


Fig.4 Geological map of Seong-San Mine area

이 球狀含有物은 主로 diaspore, Kaolinite 的 集合體이
며 若干의 鋼玉 蠟石등을 含有하고 있다.

이 鎳床은 热水變質作用에 依해서 凝灰岩의 一部가
變質되어 이루어진 것으로 간주된다. diaspore⁷⁾, pyro-
phyllite⁸⁾는 主로 热水作用에 依해서 이루어지는 鎳物
이기 때문이다. 球狀인 diaspore, kaolinite 集合體는
热水溶液의 選擇的인 交代作用에 依해서 凝灰岩의 長
石質物質이 交代되어 이루어진 것으로 간주된다.

II-3. 聲山白岩礦山

海南郡 黃山面 부곡리에 位置한 明礬石 및 粘土質礦物產出地이다. 聲山礦山은 日帝時代부터 明礬石礦山으
로 有名했던 鎳山이다. 이 地域은 慶尚系 堆積岩類,
凝灰岩 및 이들을 貫入한 石英斑岩등으로 이루어져 있
다. 이 地域의 地質圖는 Fig.4 와 같다. 堆積岩은 砂岩
과 세일이 主이며 凝灰岩은 堆積岩의 層理사이에 끼어
있다. 凝灰岩은 甚하게 變質되어 kaolinite dickite,

diaspore 등의 鎌物이 이루어졌지만 아직도 微粒의 유리質이 含有되어 있다. 鎌床은 明礬石鎌床과 粘土質鎌床으로 區分되지만 여기서는 高耐火度鎌石이 含有된 粘土質鎌床만을 取扱하였다. 粘土質鎌床의 主鎌物은 kaolinite, dickite, diaspore, 石英등이다. 大部分의 粘土質鎌床은 陶石으로 稱하여지며 白色岩石質로 產出된다. 1970年⁹⁾, 1975年¹⁰⁾鎌業振興公社와 工業振興廳에서 發刊한 報告書에는 이곳 鎌山이 鐣石鎌山으로 되어 있지만 本人等은 이곳에서 鐣石(pyrophyllite)의 存在를 確認할 수는 없었다. 粘土質鎌床은 層狀 또는 塊狀을 이루고 있으며, 主로 熱水變質作用에 依해서 凝灰岩의 長石質物質 및 石英斑岩의 長石들이 變質되어 形成된 것으로 간주된다. 이것은 主로 熱水變質作用에 依해서 生기는 鎌物들 明礬石¹¹⁾, dickite¹²⁾, diaspore⁷⁾, kaolinite¹²⁾등이 이 鎌床의 主鎌物들이기 때문이다.

II-4. 莞島鎌山

本鎌山은 莞島郡 芦花邑 新良里와 久石里에 位置한다. 芦花島北端에 存在하는 이 鎌山은 年間 20萬ton以上의 鐣石을 產出하는 큰 鎌山이다. 이 地域은 流紋岩이 많이 分布되어 있으며 若干의 安山岩과 凝灰岩이 存在하고 또 石英斑岩이 貫入되어 있다. 이 地域의 地質圖는 Fig. 5와 같다. 鎌床은 두터운 塊狀으로 되어 있고 主鎌物은 鐣石이다. 鐣石外에도 곳에 따라 石英, Chloritoid, Kaolinite, 鋼玉, diaspore, 黃鐵鎌等의

鎌物이 含有되어 있다. 鐣石의 色은 多樣하지만 淡青色, 또는 淡紫色인 것이 보통의이다. 鐣石鎌床은 主로 熱水作用에 依해서 流紋岩의 長石質이 變質된 것으로 간주된다.

III. 實驗方法과 實驗結果 및 考察

III-1. 實驗方法

各鎌山에서 採取한 百餘個試料의 薄片製作 및 偏光顯微鏡觀察, 그中 四拾餘個試料의 X-ray 回折圖作成 및 分析, 耐火度測定 및 化學分析을 하였다. 薄片製作 X-ray 回折圖作成은 全南大學校에서, 耐火度測定은 朝鮮耐火와 光州工產品檢查所에서 그리고 化學分析은 動力資源研究所에서 主로하고 現場에 保管된 資料도 一部參考하였다. X-ray 回折圖作成 및 化學分析用 試料는 200 mesh 筛下粉末로 耐火度測定用 試料는 50 mesh 筛下粉末로 準備했다. 薄片은 32倍로 觀察하고, X-ray 回折圖作成時 X-ray Diffractometer의 作動條件은 Cu-K α , $\lambda=1.5418\text{\AA}$, 電壓 35 KV, 電流 15 mA, Scanning Speed 2°/mm, Time cons 1sec., Full scale Range 4000 CPS, Chart speed 20mm/min, Ni-filter로 했는데 B-12-1試料은 Full Scale Range 200CPS, Time Cons 0.5 Sec.로 하였고 다른 條件은 같다.

Table 2. Mineral and chemical composition and SK number of the ores in Byok-Song and Chon-Un mines.

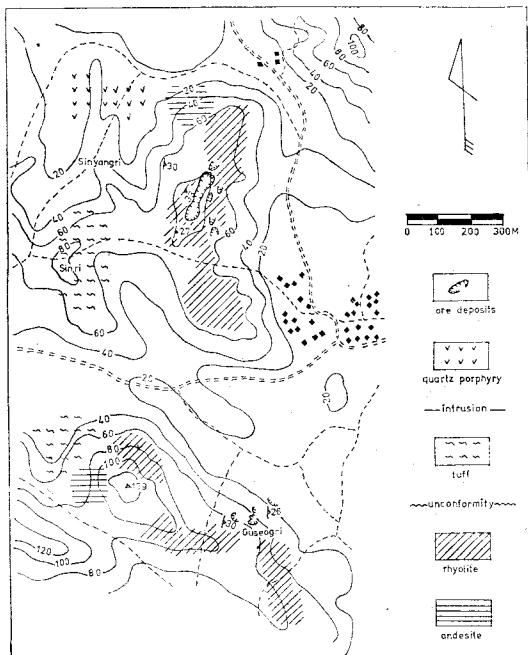


Fig. 5 Geological map of Wan-do Mine area

Sample number	mineral composition	Chemical Composition (%)			SK
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
B-3	Chiastolite, Kaolinite, Sericite, Diaspore	43.1	42.9	0.71	36
B-12-1	almost chiastolite	39.9	60.2	0.85	37+
B-12-2	Chiastolite, Chloritoid, Kaolinite, Sericite, Diaspore	31.2	57.2	2.95	37-
B-12-3	Diaspore, Kaolinite, Corundum, Chloritoid	38.6	51.6	2.50	37
B-15	Chiastolite, Chloritoid, Kaolinite, Sericite, Diaspore	34.9	43.9	6.50	36
B-16	Chiastolite, Kaolinite, Sericite, Diaspore, Quartz	40.7	48.7	0.81	36
B-19	Chiastolite, Kaolinite, Sericite, Diaspore, Quartz	46.0	40.3	0.81	36
B-20	Chiastolite, Kaolinite, Sericite, Diaspore, Quartz	47.5	38.9	0.95	36
B-22	Chiastolite, Diaspore, Chloritoid, Kaolinite, Sericite	43.3	40.0	1.14	36+
B-23	Chiastolite, Diaspore, Kaolinite, Sericite, Quartz	44.1	41.3	0.76	36+
B-7	Chloritoid, Kaolinite, Sericite, Chiastolite, Diaspore, Quartz	33.9	47.4	9.80	34

III-2. 碧松礦山과 天雲礦山試料의 實驗結果

가장 耐火度가 높은 鐵石이 나오는 產地이다. 最高 耐火度는 37° 에 達하고 最高 Al_2O_3 舍有量도 60%以上 이 되는것도 있다. 鐵石의 主礦物은 空晶石(chiastolite)과 chloritoid이고, 이를 鐵物의 變質物인 kaolinite, 絹雲母等이 舍有되어, 여기에 石英, diaspore, 鋼玉, 蠟

石等의 鐵物들이 含有된 것이 있다. 가장 耐火度가 높은 SK 37인 鐵石도 大約 3種類가 있다. 여기에 耐火度 SK 值 36以上되는 鐵石과 鐵石中에서 下位의 耐火度를 갖는 SK 34인것 하나만을 들어 鐵物組成 및 化學分析值을 表示하면 Table 2과 같다.

耐火度가 37° 인 B-12-1試料의 X-ray回折圖는 Fig. 6

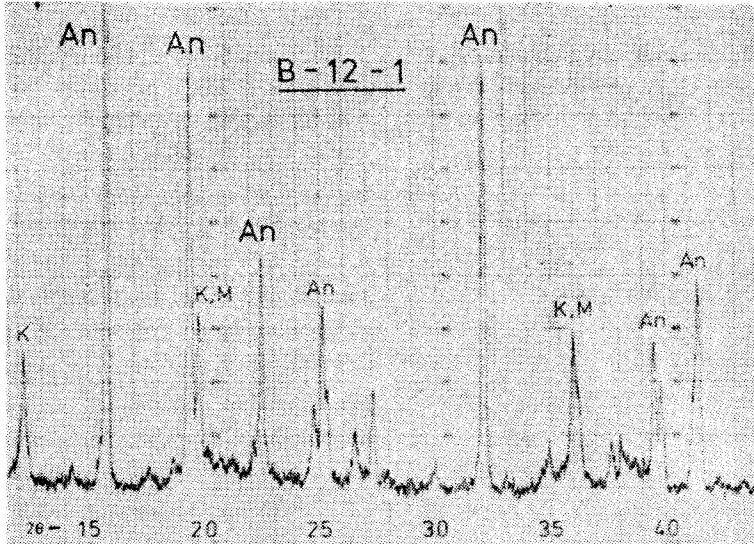


Fig. 6 X-ray powder diffraction pattern (B-12-1) An: andalusite (chiastolite), K:kaolinite, M: muscovite (sericite)

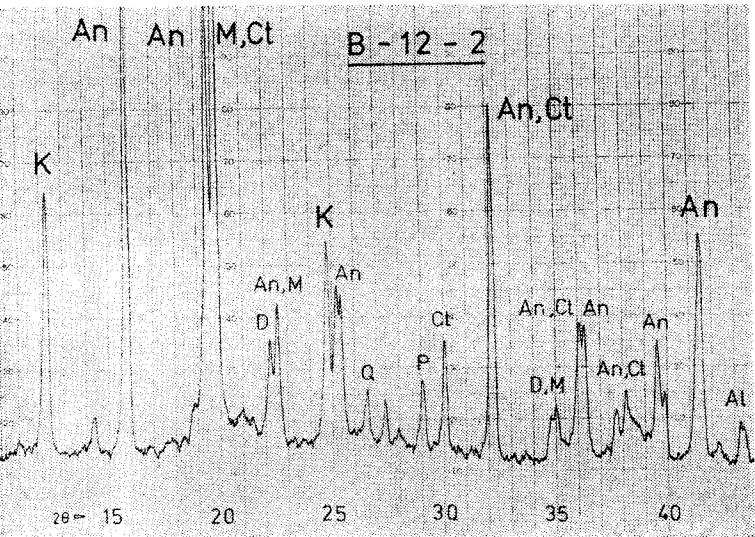


Fig. 7 Andalusite (chiastolite) aggregates (B-12-1)
+nichols, 4×8

과 같다. 이 X-ray回折圖에서 불때 d 값 5.57, 4.55, 3.95, 3.52, 2.78, 2.28, 2.26, 2.18 Å에서 空晶石의 特性 peak 가, d 값 7.18, 4.48, 3.58, 2.50 Å에서 kaolinite의 特性 peak 가, d 값 10.08, 4.49, 3.36 2.50 Å등에서 白雲母即 絹雲母의 特性 peak 가 나타난다. 그러나 거의가 空晶石集合體이다. 若干의 kaolinite, 絹雲母가舍有되어 있을 뿐이다. Fig. 7는 이 鐵石의 현미경사진인

데 純空晶石集合體이다.

耐火度 37° 인 B-12-2試料의 X-ray回折圖는 Fig. 8과 같다. 이 X-ray回折圖에서 불때 d 값 5.57, 4.55, 3.95, 3.53, 3.50, 2.77, 2.48 2.47 2.38, 2.35, 2.27, 2.26, 2.17 Å에서 空晶石特性 peak 가, d 값 4.47, 2.96, 2.77, 2.489 2.367, 1.581 Å에서 單斜晶系의 chloritoid特性 peak 가 d 값 4.47, 3.95, 2.56, 2.38 Å에서 白雲母의 特性 peak 가, d 값 7.18, 3.58, 2.565, 2.386, 1.494 Å에서 kaolinite의 特性 peak 가 나타난다. 其他 diaspore의 特性 peak 가 d 값 4.71, 3.99, 2.386 Å에서 나타나고, 石英, 鋼玉, 蠟石은 主 peak 만이 각각 d 값 3.343, 2.09, 3.08 Å에서 나타난다. 耐火度 37° 인 또하나의 B-12-3試料의 X-ray回折圖는 Fig. 9와 같다. 이 X-ray回折圖에서 불때 d 값 4.71, 3.99 2.558, 2.317, 2.131 Å에서 diaspore의 特性 peak 가, d 값 7.18, 3.58, 2.56, 1.432, 1.375 Å에서 kaolinite의 特性 peak 가, d 값 2.552, 2.379, 2.09, 1.60 Å에서 鋼玉의 特性 peak 가, d 값 4.47, 2.963 2.367, 1.581 Å에서 單斜晶系의 chloritoid特性 peak 가 나타난다. 이 외에 少量의 石英과 蠟石이舍有되어 있다. Fig. 10-1과 Fig. 10-2는 이 鐵石의 현미경사진이다. Fig. 10-1는 큰 diaspore結晶集合體이고 Fig. 10



95

Fig. 8 X-ray powder diffraction pattern (B-12-2)
 An: andalusite (chiastolite) D: diaspore
 K: kaolinite Al: corundum
 Ct: chloritoid Q: quartz
 M: muscovite(sericite) P: pyrophyllite

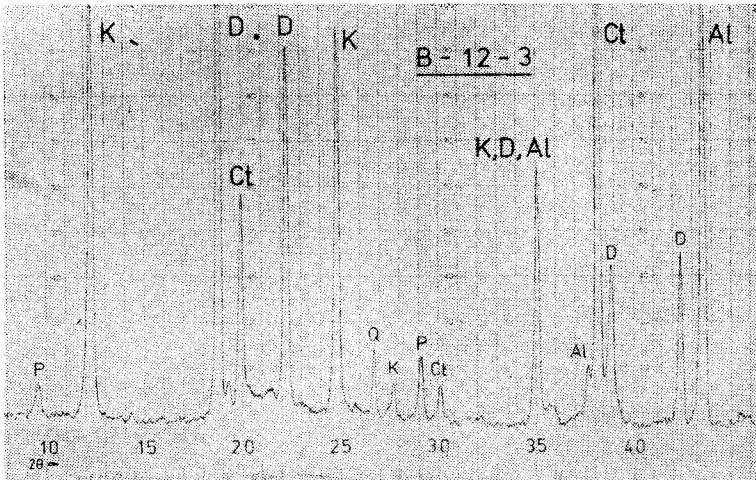


Fig. 9 X-ray powder diffraction pattern (B-12-3)
 D: diaspore Al: corundum
 Ct: chloritoid Q: quartz
 K: Kaolinite P: pyrophyllite



Fig. 10-1 Large diaspore crystals (B-12-3) —Nicol, 4×8



Fig. 10-2 Chloritoid replaced by diaspore remaining black iron materials —nicol, 4×8

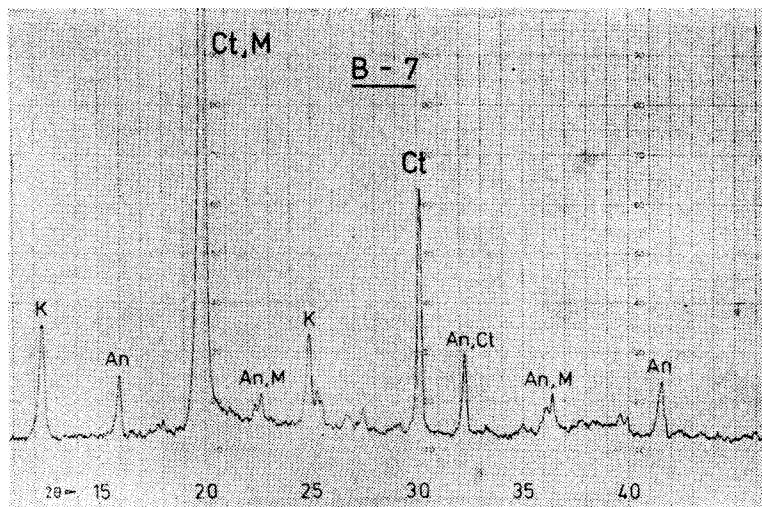


Fig. 11 X-ray powder diffraction pattern (B-7)
 Ct: chloritoid M: muscovite (sericite)
 K: kaolinite An: andalusite (chiastorite)

-2는 chloritoid가 交代되어 diaspore가 生成되면서 chloritoid의 鐵分이 남아 있는部分이다.

熱水溶液이 浸透하여 chloritoid를 交代하면서 diaspore를 生成하여 이루어진 細脈이 大部分의 鐵石에서 볼 수 있다. 耐火度 36인 鐵石도 耐火度 37인 鐵石의 鐵物組成과 비슷하다. 耐火度 35, 34인 鐵石도 全體 鐵物組成은 비슷하지만 chloritoid, 絹雲母의 量이 많고 空晶石과 diaspore의 量이 減少된다. 여기에 參考로 耐火度 34인 B-7試料의 X-ray 回折圖를 表示하면 Fig. 11과 같고 이 鐵石에 含有된 Chloritoid結晶의 현미경 사진은 Fig. 12-1, 12-2 및 12-3과 같다. X-ray의 回折圖에서 볼때 chloritoid와 絹雲母의 높은 peak를 볼 수 있다. 空晶石과 diaspore의 peak는 相對的으로 낮다는 것을 알 수 있다. 그리고 少量의 石英이 含有되어 있다.

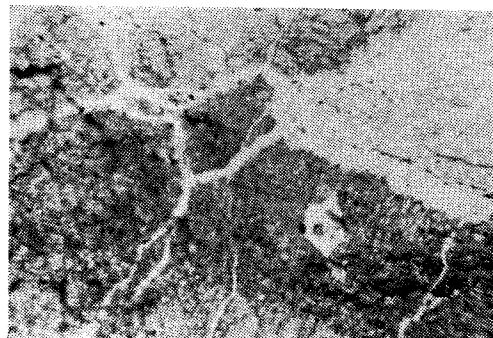


Fig. 12-1 chloritoid crystals (-nicol), 4×8



Fig. 12-2 chloritoid crystals (+nicol) 4×8



Fig. 12-3 altered chloritoid
 black: altered chloritoid
 white: sericite (-nicol), 4×8

III-3. 碧松鐵山 天雲鐵山 試料의 實驗結果 考察
 碧松鐵山과 天雲鐵山에서 나오는 鐵石의 主礦物은 앞의 Table 1과 같이 紅柱石(空晶石), 單斜晶系에 속

하는 chloritoid, 이들 鎌物의 變質物인 絹雲母 및 kaolinite, 그리고 細脈狀으로 淬透한 diaspose, 鋼玉이다. 여기에 石英과 蠟石이 含有된것도 있다. 紅柱石과 같은 化學式을 갖는 藍晶石, 珪線石은 全然 含有되어 있지 않다.

이들 鎌物中에서 高耐火度를 左右하는 鎌物은 紅柱石(空晶石), diaspose, 鋼玉이고 低耐火度에 影響을 주는 鎌物은 chloritoid 와 絹雲母이나 特히 chloritoid가 決定的인 役割을 하게 된다. 理論耐火度¹⁾가 紅柱石(空晶石)은 SK 38, diaspose 와 鋼玉은 SK 42이며, chloritoid 는 SK 28 以下이고, 絹雲母는 SK 30이다. chloritoid 와 絹雲母의 耐火度 SK 値는 Schuen's formula¹³⁾에 依한 計算值이다.

여기에서 產出하는 鎌石은 많고 痕이 간에 chloritoid를 含有하고 있다. chloritoid는 Table 1에서와 같이 FeO成分을 28.5%나 含有하는 鎌物이기 때문에 鎌石의 耐火度 SK 値를 甚히 低下시킨다. 耐火度 SK 値를 低下시키는 鎌物은 또하나 絹雲母가 있다. 絹雲母는 K₂O成分을 11.8% 含有하고 있기 때문에 이로 因해 亦是 鎌石의 耐火度 SK 値를 低下시킨다. 이 두 鎌物이 耐火度 SK 値를 低下시키지만 反對로 耐火度를 上昇시

키는 鎌物이 含有되어 있다. diaspose 와 鋼玉이다. 순수한 이들 鎌物의 耐火度는 SK 42에 達하기 때문에 이들 鎌物이 chloritoid 나 絹雲母에 依한 耐火度 SK 値低下를 막고있는 것으로 진주된다. 鎌石의 平均 耐火度 SK 値가 35에 達하는 것도 이들 두 鎌物 即 diaspose 와 鋼玉의 役割이라 생각된다. 또하나 耐火度의 低下를 촉진시키는 鎌物은 石英이다. 순수한 石英自體의 耐火度 SK 値는 35이지만 SiO₂-Al₂O₃系에서¹⁴⁾ SiO₂가 約89%, Al₂O₃가 約11%일 때에는 耐火度 SK 値는 27이고 SiO₂成分이 減少하고 Al₂O₃成分이 增加하면 耐火度 SK 値는 增加한다.

SiO₂成分이 約90% 程度까지는 SiO₂의 含有量이 많으면 많을수록 耐火度 SK 値는 減少된다. SiO₂成分이 90%가 넘으면 耐火度 SK 値는 增加하여 순수한 SiO₂成分의 耐火度 SK 値는 35에 達한다. 여기에서 產出하는 鎌石은 石英이 90% 程度 또는 그 以上 含有된것은 없기 때문에 石英의 含有量이 많으면 많을수록 耐火度 SK 値는 低下된다. 碧松鎌山 및 天雲鎌山에서 產出하는 鎌石의 耐火度 SK 値를 左右하는 鎌物中에서 SK 値를 높이는데 作用하는 鎌物은 diaspose, 紅柱石(空晶石), 鋼玉등이고 SK 値를 低下시키는데 作用하는

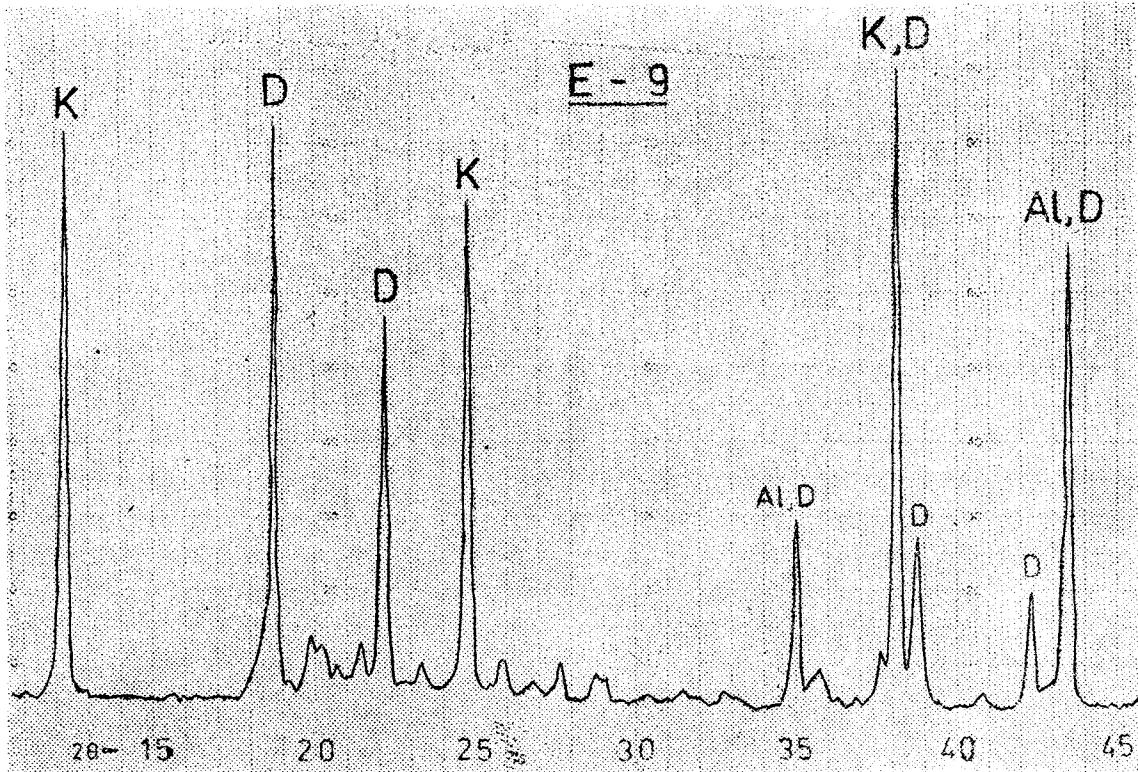


Fig. 13 X-ray powder diffraction pattern (E-9)
D: diaspose K: Kaolinite Al: Corundum

礦物은 chlortoid, 石英, 絹雲母이다. Kaolinite, dickite 등은 耐火度 SK 値 그 自體가 35 입으로 (Table 1) 鐵石의 耐火度 SK 値의 高低에는 影響을 주지 않는다.

碧松礦山 및 天雲礦山의 鐵床은 生成된 鐵物종류로 미루어 볼 때 接觸變成作用, 動力變成作用, 热水交代作用을 고루받아서 이루어진 것으로 간주된다. 接觸變成作用에 依해서 생기는 紅柱石⁵(空晶石)이 많이 이루어졌고, 또 動力變成作用에 依해서 생기는 單斜晶系에 속하는 Chloritoid⁶가 이루어져 있으며, 細脈狀으로 鐵石에 浸透되어 Chloritoid를 交代하여 (Fig.10-2) 形成된 比較的 큰 diasporé結晶集合體는 热水交代作用을 받았다는 것을 意味한다.

Diasporé 細脈內에 鋼玉이 共存하는 것은 (Fig. 5 참조) 热水交代作用에 代해서 生成된 diasporé 가 다시 热을 받아 一部 鋼玉으로 變한 것으로 간주된다.

IV-4. 松石礦山試料의 實驗結果

蠟石礦石이 產出되는 데 이 蠟石礦床內에 球狀으로 diasporé kaolinite集合體가 이루어져 있다. 蠟石礦의 主礦物은 pyrophyllite 와 石英이다. 여기에 若干의 Kaolinite 와 黃鐵礦이 含有되어 있는 것도 있다. 耐火度 SK 値 38에 達하는 鐵石은 diasporé, korolianite集合體이나 若干의 鋼玉, pyrophyllite가 含有되어 있다. Fig. 13는 耐火度 SK 値 38인 diasporé 鐵石의 X-ray 回折圖이다. d 값 4.71, 3.99, 3.214, 2.558, 2.317, 2.131, 2.077, 1.712, 1.633 1.570Å에서 diasporé 特性 peak 가, d 값 7.18, 3.58, 2.565, 2.341, 1.488Å에서 Kaolinite의 特性 peak 가, d 값 2.09, 2.55 1.60Å에서 鋼玉의 特性 peak 가 나타나며, 其他 pyrophyllite의 特性 peak 가 d 값 9.21, 3.08, 1.65Å에서若干 나타난다. Fig. 14는 이 鐵石의 현미경 사진이다. Diasporé 結晶이 lath-shape로 나타나 있다. 이 鐵石의 化學分析值는 $\text{Al}_2\text{O}_3 : 38.34\%$, $\text{SiO}_2 : 44.56\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 : 1.17\%$ 이다. 一般 蠟石礦의 耐火度는 SK 32가 最高值이나 보통 그以下の



Fig. 14 Diasporé crytals (lath-shaped) (-Nical) 4×8

값을 가지며 Al_2O_3 含有量은 20~35%, SiO_2 含有量은 50~60%, Fe_2O_3 含有量은 4~10% 程度이다.

III-5. 松石礦山試料의 實驗結果考察

蠟石礦石 및 球狀 diasporé 鐵石은 凝灰岩分布地域에 이루어져 있다. 그리고 蠟石(pyrophyllite)이나 diasporé는 主로 热水交代作用에 依해서 生기는 鐵物이기 때문에 여기 蠟石礦은 凝灰岩이 热水交代되어 이루어진 것으로 간주된다. Diasporé의 球狀 集中體는 热水溶液의 選擇的인 長石類集合體에 對한 交代作用에 依해서 形成된 것으로 간주된다. 蠟石礦石이 赤色을 띠고 있는 것은 蠟石礦內에 含有된 若干의 黃鐵礦이 酸化해서 이루어진 色이라고 간주된다. 球狀 diasporé 鐵石內에는 黃鐵礦이 全然 含有되어 있지 않다. 때문에 이 鐵石만은 大體으로 白色을 하고 있다. diasporé 鐵石의 耐火度 SK 値은 diasporé 와 kaolinite의 含有量과 少量 含有된 蠟石의 含有量에 依해서 理論的으로 SK 42에서 SK 35 사이의 값을 갖겠지만 보통 SK 38 前後의 값을 갖게된다.

III-6. 聲山白岩礦山試料의 實驗結果

聲山白岩礦山은 明礬石礦石과 粘土質礦石으로 크게 나눌 수 있는데 여기서는 粘土質礦石에 對해서만 記述코자 한다. 粘土質礦石은 kaolinite, dickite, 石英, diasporé, 黃鐵礦등으로 이루어져 있다. 그러나 黃鐵礦이 含有된 鐵石은 極히 制限되어 있다. 鐵石의 耐火度 SK 値은 30~36까지 存在한다. 耐火度 SK 値 30인 것과 36인 것의 化學分析值와 鐵物組成을 表示하면 Table 3과 같다.

Table. 3 Mineral and chemical composition and SK value of the ore

Sample no.	Mineral Composition	Chemical Composition(%)			SK
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	
S-10-1	Kaolinite, dickite, diasporé	46.43	39.63	0.20	36
S-13	Qdantz, Kaolinite, dickite	62.18	23.56	2.20	30

耐火度 SK 36인 S-10-1 試料 鐵石의 X-ray 回折圖은 Fig.15와 같다. X-ray 回折圖에서 볼 때 d 값 7.18, 4.48, 3.58, 2.265, 2.502, 2.386, 2.341, 1.488Å에서 kaolinite의 特性 peak 가 d 값 3.799, 3.58, 2.51, 1.489Å에서 dickite의 特性 peak 가 d 값 3.99, 2.56, 2.39, 2.317Å에서 diasporé의 特性 peak 가 나타나 있다. 耐火度가 가장 낮은 SK 30인 鐵石은 石英, Kaolinite로 이루어져 있고 少量의 dickite가 含有되어 있다.

III-7. 聲山白岩礦山試料의 實驗結果考察

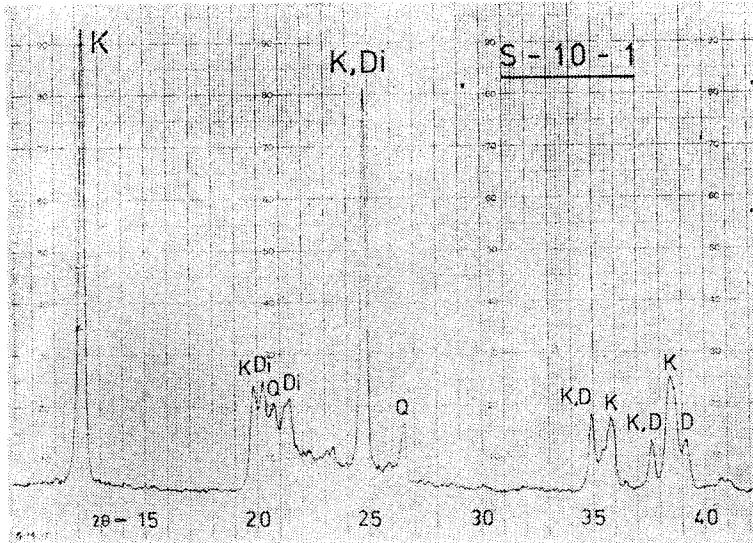


Fig. 15 X-ray powder diffraction pattern (S-10-1)
K: Kaolinite Di: dickite D: diaspore Q: quartz

聲山白岩礦山의 粘土質礦石은 主로 Kaolinite, 石英으로 이루어져 있고 少量의 dickite, diaspore, 黃鐵礦등이 含有되어 있다. 主礦物이 Kaolinite 이기 때문에 耐火度 SK는 35 以下의 値을 갖는 것이 보통이다. 耐火度 SK 35 以上된 것은 Kaolinite 外에 diaspore 가 含有되어 있는 경우이고, 耐火度 SK 가 35 以下로 下降하는 것은 石英의 含有量에 依해서決定된다. 石英의 含有量이 많을수록 SK 値는 낮아진다.

聲山白岩礦山에 있어서 鑛石의 耐火度 SK 値는 diaspore 的 含有量에 따라 上昇하고, 石英含有量에 따라 下降하게 된다. 또하나 明礬石이 含有되는 경우도 耐火度는 下降하게 된다. 鑛床은 熱水變質作用에 依해서 生기는 diaspore, 明礬石等의 鑛物生成으로 보아 灰岩 및 石英斑岩등의 長石質이 熱水交代되어 形成된 것으로 간주된다.

III-8. 莊島礦山試料의 實驗結果

莊島礦山은 蠟石礦의 產地이다. 鑛石에 含有되어 있는 鑛物은 pyrophyllite 가 主이며 少量의 石英을 含有하고 있다. 石英의 含有量에는 變化가 많다. 耐火度가 높은 鑛石은 極히 드물고 보통 SK 32 以下의 値을 갖는 것이 많다. 耐火度 SK 36-인 鑛石과 組成礦物이 若干式 다른 蠟石礦의 鑛物組成, 化學分析 및 耐火度 SK 値를 表示하면 Table 4 와 같다.

莊島礦山의 鑛石은 主로 獵石과 石英으로 이루어져 있지만 表 3 과 같이 곳에 따라서 diaspore, kaolinite, corundum, chloritoid, pyrite 등의 鑛物을 含有하고 있

Table. 4 Mineral and chemical composition and SK number of the ores in Wan-Do Mine.

Sam- ple No	Mineral Composition	Chemical Composition			SK
		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	
N-6	Pyrophyllite diaspore,	56.92	35.06	0.15	36-
N-3	Pyrophyllite Kaolinite, Chloritoid Corundum	59.46	33.23	0.53	34-
N-4	Pyrophyllite quartz, Corundum	67.06	26.92	0.32	32+
N-8	Pyrophyllite quartz, pyrite	67.23	24.82	2.45	30
N-11	Pyrophyllite quartz	69.01	25.82	0.15	30+

다. 耐火度 SK 36-인 鑛石의 X-ray 回折度는 Fig. 16 과 같다. 이 X-ray 回折圖에서 볼때 d 值 9.21, 4.58, 3.08, 2.55, 2.44, 1.848, 1.492 Å에서 蠟石(pyrophyllite)의 特性 peak 가, d 值 4.71, 3.99, 2.56, 2.317, 2.131, 2.077, 1.633, 1.48 Å에서 diaspore 의 特性 peak 가 나타난다. 현미경 사진은 Fig. 17 과 같다. Lath-shaped diaspore 結晶과 밀바탕을 形成하는 蠟石으로 이루어져 있다.

III-9. 莊島礦山試料의 實高結果考察

莊島礦山에서 鑛石의 耐火度 SK 値를 決定하는 要素는 蠣石礦內에 含有된 diaspore, 鋼玉, 石英, 黃鐵礦의 含有量이다. 純粹한 蠣石(pyrophyllite)의 耐火度 SK 値

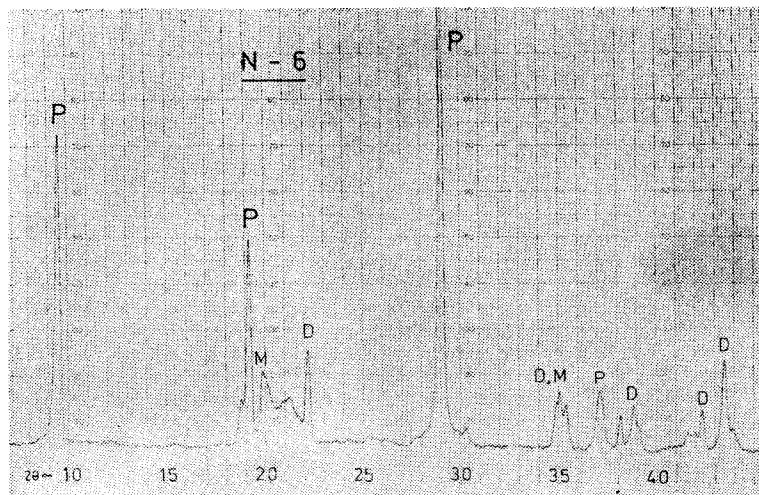


Fig. 16 X-ray powder diffraction pattern (N-6)
P: pyrophyllite D: diaspore M: muscorite(sericite)

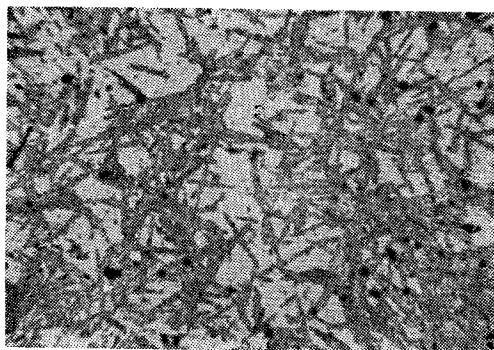


Fig. 17 Diaspore crystals (lath-shaped) (-Nicol) 4×8

가 32임으로 이보다 높은 값을 갖는 鐵石에는 蠟石外에 diaspore 또는 鋼玉이 含有되어 있고, 少量의 石英, 黃鐵礦이 含有되거나 또는 含有하지 않는다. 耐火度 SK 値가 32以下가 되는 鐵石은 蠟石外에 石英 또는 黃鐵礦의 含有量이 많아진다.

莞島礦山에서 耐火度 SK 値를 32보다 높이는 鐵物은 diaspore 또는 鋼玉이고 耐火度 SK 値를 32보다 低下시키는 鐵物은 石英과 黃鐵礦이다. Kaolinite도 耐火度를 높이는 鐵物이고 Chloritoid는 耐火度를 低下시키는 鐵物이지만 그 含有量이 적고 制限되어 있다.

莞島礦山의 蠟石礦床은 热水交代作用으로 이 地域에 많이 分布된 流紋岩이 交代되어 이루어 졌다고 믿어지고 또若干의 動力變成作用도 받은 것으로 짐작된다. 왜냐하면 主로 热水作用에 依해서 이루어지는 蠟石이

主礦物이고, Stress作用과 關連이 있는 單斜晶系의 Chloritoid, 그리고 鋼玉등이 生成되어 있기 때문이다. 蠟石과 共存하는 比較的 큰 diaspore 結晶(0.5mm程度) 生成도 热水交作作用에 依해서 이루어졌다는 것을 나타낸다.

IV. 結論

IV-1. 碧松礦山 및 天雲礦山

1. 鐵石를 이루는 鐵物은 紅桂石(空晶石) kaolinite, 絹雲母, diaspore, chloritoid, 鋼玉, 石英등이다.

2. 鐵石의 最高耐火度 SK 値는 37⁺ 最下值는 33이다. 鐵石의 平均耐火度 SK 値는 35이다. 耐火度 SK 値를 35以上으로 上昇시키는 鐵物은 紅柱石(空晶石), diaspore, 鋼玉이고, 35以下로 下降시키는 鐵物은 chloritoid, 絹雲母, 石英이다. 特히 chloritoid의 含有量이 耐火度 SK 値에 큰 影響을 준다.

3. 鐵床은 天雲山地層의 세일層이 接觸交代作用(空晶石形成), 廣域變成作用, (chloritoid形成), 热水交代作用(diaspore形成)에 依해서 이루어진 것으로 간주된다. 耐火度 SK 値 35 以上되는 鐵床의 埋藏量이 大約 250 萬 ton 으로 推算되고¹⁶⁾, 37 以上된 것도 수십萬 ton 으로 推算된다.

IV-2. 松石礦山

1. 鐵石의 鐵物組成은 主로 蠟石(pyrophyllite)와 石英이다. 其他 kaolinite, dickite, diaspore, 黃鐵礦이 含有되어 있다.

2. 鐵石의 最高耐火度 SK 値는 38인데 이것은 主로

diaspore 와 kaolinite 로 이루어졌고, 球狀으로 蠕石 内에 含有되어 있다. 普通 蠕石 鑽은 耐火度 SK 值 32 以下이다. SK 值를 低下시키는 鑽物은 石英과 黃鐵鑽이다.

3. 鑽床은 蠕石 과 diaspore 가 含有된 것으로 보아 熱水 交代作用에 依해서 凝灰岩의 長石質物質이 交代되어 形成한 것으로 간주된다. 耐火度 SK 38이 되는 鑽石은 蠕石 鑽의 約 5%에 達한다.

IV-3. 聲山白岩鑽山

1. 粘土質鑽石의 鑽物組成은 主로 kaolinite, dickite, diaspore, 石英이다.

2. 高耐火度를 갖는 鑽石은 SK 值는 36 인데 主로 kaolinite, diaspore, 이고 少量의 石英이 含有되어 있다. 普通鑽石은 耐火度 SK 值 34 前後의 値을 갖는다. 耐火度를 SK 值 35 以下로 降低시키는 鑽物은 石英 黃鐵鑽 明礬石이다.

†本論文은 產學協同財團에서 1981年度 支給된 研究費에 依해서 수행된 것이다.

*全南大學校 地質學科

3. 鑽床은 diaspore 나 明礬石등의 鑽物이 含有된 것으로 보아 熱水 交代作用에 依해서 凝灰岩 및 石英斑岩의 長石質이 交代되어 이루어진 것으로 간주된다.

IV-4. 莊島鑽山

1. 鑽石의 鑽物組成은 主로 蠕石과 石英이고, 뜻에 따라 diaspore, kaolinote, 黃鐵鑽, chloritoid 를 含有한다.

2. 高耐火度를 갖는 鑽石은 耐火度 SK 值 36-인데 主로 蠕石과 diaspore 로 이루어져 있다. 普通鑽石은 耐火度 SK 值 32 以下이다. 耐火度 SK 值를 32 以上으로 높이는 鑽物은 diaspore, kaolinite 이고 32 以下로 降低시키는 鑽物은 主로 石英, 黃鐵鑽이다.

3. 鑽床은 蠕石이 主鑽物이고, diaspore 등이 含有된 것으로 보아 熱水 交代作用에 依해서 그 地域에 많이 分布된 流紋岩의 長石이 交代되어 이루어진 것으로 간주된다.

參 考 文 獻

- 1) 日本窯業協會 (1966) 窯業工學ハンドブック技報堂, 1301p.
- 2) 李敦永外四名 (1965) 湖南炭田地質調查報告書, 大韓石炭公社, p. 12~20
- 3) 李商萬, 金亨植 (1966) 福內圖幅說明書, 國立地質調查所.
- 4) Reedman, A.J., Um, S. H. (1975) Geology of Korea. KI. GAM, p 63~65.
- 5) Phillips, W. R., Griffen, D. J. (1981) Optical Mineralogy. W. H. Freeman Co. 120 p
- 6) Halferdahl, L. B. (1961) Chloritoid, its Composition, X-ray and optical properties, stability, and occurrence. Jour. Petrol., 2, p. 49~135.
- 7) Phillips, W. R. Griffen, D. J. (1981) Optical Mineralogy. W. H. Freeman Co. 45p.
- 8) M Phillips, W. R. Griffen, D. T. (1981) Optical Mineralogy. W. H. Freeman Co., p. 304
- 9) 大韓鑽業振興公社 (1970) 韓國의 鑽床 第 2 號.
- 10) 工業振興廳(1975) 한국의 요업원료. 국립공업표준시험소, p. 274~275.
- 11) Botinelly, T. (1976) A review of minerals of alunite-jarosite, beudantine, and plumbogummite group. Jour. Res. U.S. Geol. Surv. V.4, p 213~216.
- 12) Ross, C. R. and P. F. Kerr (1931) The kaolin minerals U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 165-E, p.151~176.
- 13) 日本窯業協會(1966) 窯業工學ハンドブック. 技報堂 1294p.
- 14) 古木文平(1968) 鑽物工學. 技報堂, 436p.
- 15) A.S.T.M. card (1960) X-ray powder data file. sets 1~5.
- 16) 오준칠(1981) 벽송광산 조사보고서 대한광업진흥공사.