

全南과 河東地域에서 産出하는 窯業 및 粘土 鑛物資源과 成因에 關한 研究

朴鴻鳳* · 朴培榮* · 申相垠* · 許民*

A Study on the Ceramic and Clay Mineral Resources and its Genesis in Cheonnam Province and Hadong Area

Hong Bong Park, Bae Young Park, Sang Eun Shin, and Min Huh

Abstract : This is a study on the mineral compositions, SK numbers of refractoriness and the genesis of the clay mineral deposits in Cheonnam Province and Handong area.

1. Jindo kaolin deposits : Chief clay minerals of the deposits are kaolinite, quartz and alunite. The SK number of the ore is from 34⁺(the highest) to 27(the lowest). On the genesis of the deposits some geologists believe that the deposits were formed by the alteration of the siliceous tuff. But the deposits seems to be formed by the hydrothermal alteration of the rhyolite lava beds. This area is formed by alternative beds of tuffs and kaoline deposits.

2. Hadong area : Chief mineralogy of Hadong kaolin area is 10Å halloysite and kaolinite. The SK number of some of the ore is up to 36⁺. The theoretic SK number of kaolinitic composition is 35. So one of the highest alumina minerals of gibbsite is formed in the ores of 36⁺ SK numbers.

3. Hampyong kaolin deposits : Most of kaolin has black color. The chief minerals are kaolinite, quartz and muscovite. Some of the kaoline contains rutile crystals. SK number ranges from 30 to 17. The kaolin deposit is formed by the transported sedimentation in lower part of the seashore.

4. Jangsan kaoline deposits : Chief minerals of the kaolin is kaolinite, quartz and muscovite. Some kaoline contains small crystals of pyrite. This area consists almost of the tuffs. Kaolin deposits also would be formed by the alteration of the tuffs.

5. Nohwado pyrophyllite deposits : Quartz and pyrophyllite are chief minerals. SK number of the ore ranges from 32 to 30. The pyrophyllite deposits would be formed by the hydrothermal alteration of the rhyolitic lava beds. This area consists of alterative beds of tuffs and rhyolitic lavas.

6. Songsuk pyrophyllite deposits : Chief minerals are quartz, kaolinite, pyrophyllite and iron oxides. In the pyrophyllite deposits egg-like inclusions of diaspore and kaolinite in composition. This area almost consists of tuffs. Several faults are developed and along the fault the tuff would begin to alter to pyrophyllite and some parts to diaspore and kaolinite nodules by the acts of hydrothermal solution.

序 言

全南地方과 이와隣接한 地域에서 産出하는 窯業 및 粘土鑛物 産地中 問題點이 있다고 判斷되는 10個 地域을 選定하여 調査했으나, 그中 2個地域인 岩泰島의 粘土와 도초도의 珪砂는 그 鑛量이 極히 적고 開發價値가 없는 것으로 判斷되어 이의 記述을 省略했고 和順의 高아루미나 鑛石에 對해서는 이미 最近에 研究가 된 바 있어(이동진, 이성록; 1986) 이를 省略했다. 그리고 咸平郡 손불면 산남리 粘土와 손불면 교촌부락 粘土는 같은 地域이므로 이것을 묶어서 記述하면 六個地域으로 된다.

珍島郡 郡內面 竹田里의 粘土와 咸平郡 손불면 산남리와 교촌부락의 粘土는 그 鑛物造成이 未詳이어서 選定했고, 河東의 粘土는 過去 많은 사람들이 研究한 바 있으나 耐火度 測定과 耐火도와 關聯된 鑛物의 研究가 未洽하다고 判斷되어 選定했고, 新安郡 長山島의 粘土는 主構成鑛物이 납석으로 記載되어 있어 이것을 確認하기 爲해서, 그리고 蘆花島에 있는 莞島鑛山은 서로隣接된 납석産地인데 그 成因이 莞島鑛山은 流紋岩이 變質되어 납석을 이루었고 蘆花鑛山은 凝灰岩이 變質하여 납석이 이루어진 것으로 되어 있다. 이것을 確實하게 究明코져 選定했다. 和順郡 梨陽面 五柳里의 납석鑛體에는 球狀 또는 타원체狀의 다이아스포어(diaspore) 集合體를 含有하고 있다. 이 集合體의 成因을 究明코져 選定한 것이다.

研究方法

六個地域에서 各各 20個에서 50個以上の 試料를 鑛體와 周邊岩石에서 採取하고 地質構造調査, 地質調査, 鑛體 調査를 했다. 採取한 試料는 薄片製作, X-線回折圖作成, 耐火度測定, 化學分析을 하였다.

薄片製作이 可能한 모든 試料는 薄片을 製作해서 32倍, 64倍, 100倍 倍率로 현미경 관찰을 하였고 모든 粘土試料는 200mesh 篩下粉末로 만들어 X-線回折圖를 作成하여 解析하였다. 이때 X-線回折機의 作動條件은 $Cu-k\alpha$, $\lambda=1.5418\text{\AA}$, 電壓 30KV, 電流 15mA, Scanning speed $2^\circ/\text{min}$, Chart speed $20\text{mm}/\text{min}$, Ni-filter로 하였다. 一部 回折圖는 Scanning speed $1^\circ/\text{min}$, Chart speed $10\text{mm}/\text{min}$ 로 作成하여 解析하기도 했다. 耐火度測定은 50mesh 篩下粉末로 試料를 만들어서 朝鮮耐火에 依賴해서 測定했고, 化學分析은 英國의 London大學校 Royal Holloway and Bellford New College에 있는 Conference Centre에 依賴해서 分析하였다.

實驗結果 및 考察은 各 地域別로 論하기로 한다.

珍島郡 郡內面 竹田里의 粘土

地質과 鑛床

珍島의 竹田鑛山은 良質의 高령토 産地이다. 鑛山周邊의 地質은 大部分 凝灰岩이고 牛項里層(李大聲, 李河榮, 1976; 이대성, 윤현수, 1979), 流紋岩層이 分布되

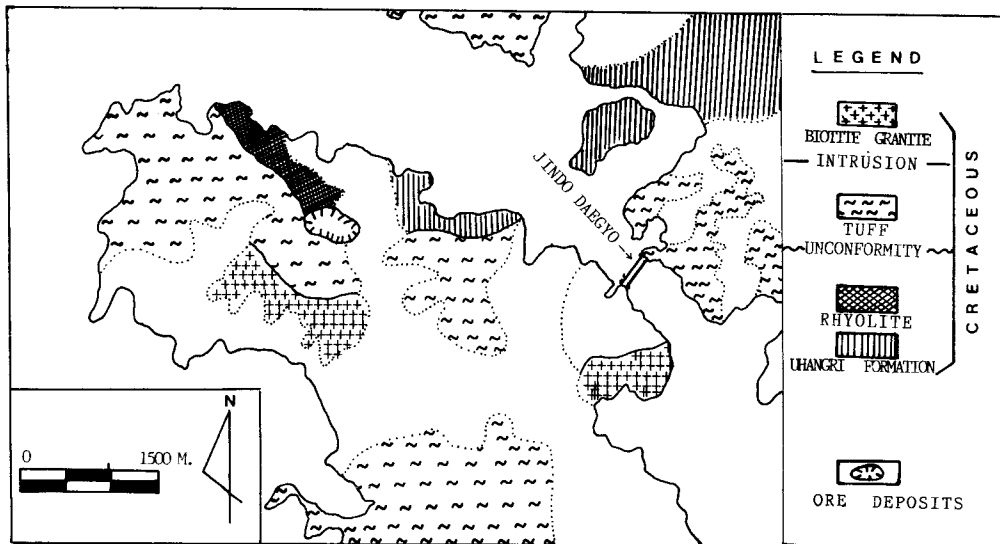


Fig. 1 Geologic map of northern Jindo.

어 있고 後期에 貫入한 黑雲母花崗岩이 存在한다(Fig. 1). 高嶺土 鑛床은 수 10m에 達하는 두터운 層에서 부터 수m에 이르는 것 까지 여러層으로 形成되어 있다. 石英과 凱奧利나이트(kaolinite)가 主成分 鑛物이지만 明반석이 多量 含有된 곳도 있다.

고령토 鑛床의 鑛物組成

고령토를 鑛物組成別로 分類하면 다음과 같다. 1. 거의 大部分이 凱奧利나이트集合體이고 若干의 石英이 含有된것(現場에서 A級으로 取扱) 2. 石英과 凱奧利나이트가 混合되어 있는 것(現地에서 B級으로 取扱) 3. 石英과 明반석으로 이루어져 있는것(現場에서 明반석으로 取扱) 4. 석영, 凱奧利나이트 및 明반석으로 이루어진 것(現場에서 B級으로 取扱). 以上の 4종이 있다. 거의 凱奧利나이트이고 若干의 石英이 含有된 試料의 X-線 回折圖는 Fig. 2-a와 같다.

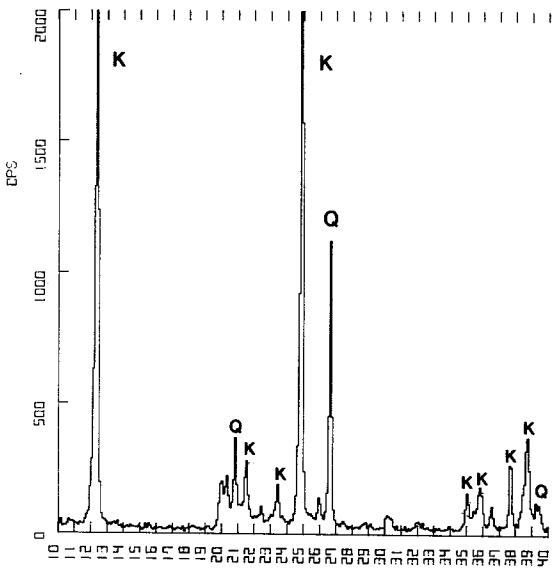


Fig. 2-a X-ray diffractometer patterns of [A] sample from Jindo kaolin deposit. (K : kaolinite, Q : quartz)

가장 혼한 것이 石英과 凱奧利나이트가 混合된 B級인데 이 試料의 X-線 回折圖는 Fig. 2-b와 같다. 石英의 量이 凱奧利나이트 量보다 훨씬 많다.

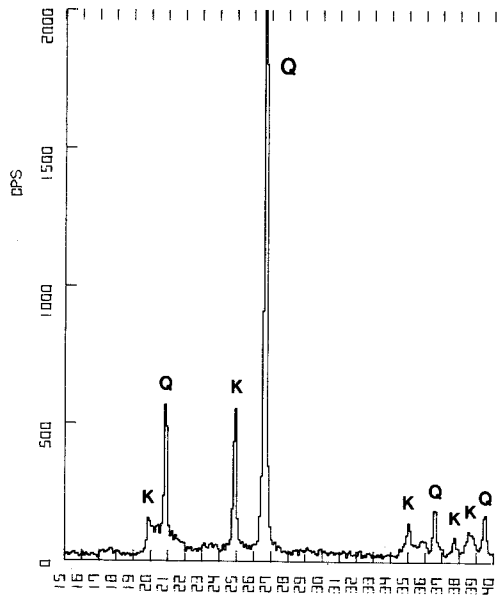


Fig. 2-b X-ray diffractometer patterns of [B] sample from Jindo kaolin deposit. (Q : quartz, K : kaolinite).

石英, 凱奧利나이트 및 明반석이 混合된 것도 많은데, 어떤 것은 石英과 明반석만으로 이루어진 것도 있다. 이 試料의 X-線 回折圖는 Fig. 2-c와 같다.

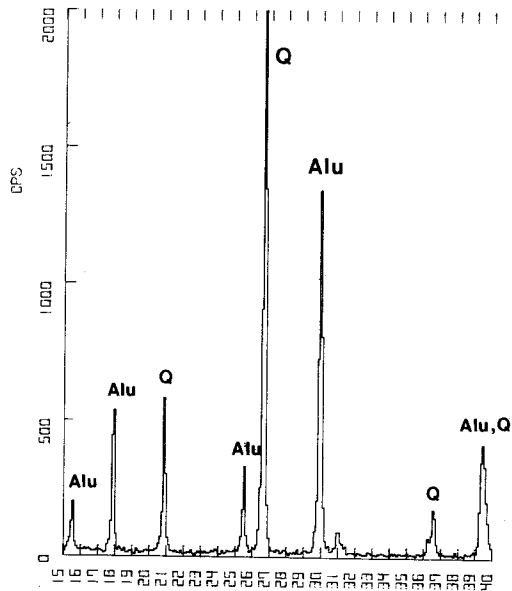


Fig. 2-c X-ray diffractometer patterns of [C] sample from Jindo kaolin deposit. (Q : quartz, Alu : alunite).

고령토 鑛床에서 5~6km 떨어진 곳에 白色流紋岩이 많이 分布되어 있는데 타일용으로 臺灣에 輸出하고 있다.

이 流紋岩은 현미경下에서 正長石의 球狀(spherulitic) 구조가 많이 관찰되며(Fig.3) 이 岩石의 X-線 回折圖는 Fig.4와 같다. 주로 石英, 正長石 및 曹長石으로 이루어져 있다.

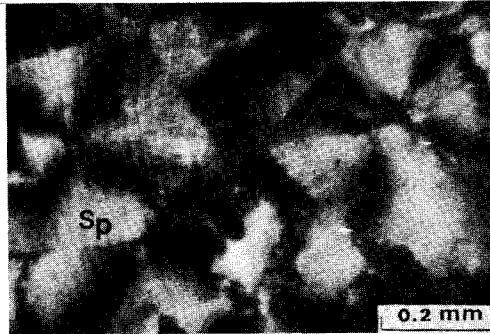


Fig. 3 Spherulitic structure of Jindo rhyolite(10×10).

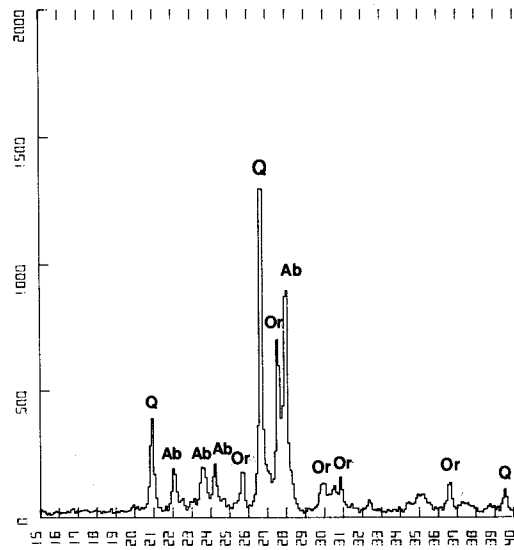


Fig. 4 X-ray diffractometer patterns of Jindor hyolite. (Q : quartz, Or : orthoclase, Ab : albite)

Table 1 Chemical analysis and SK number of the Jindo kaolins.

	A ₁	A ₂	B	流紋岩
Al ₂ O ₃	38.16	34.53	11.21	15.67
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	0.21	0.34
MgO	0.00	0.00	0.00	0.03
CaO	0.10	0.10	0.04	0.10
Na ₂ O	0.04	0.70	0.10	4.46
K ₂ O	0.11	5.03	1.88	4.95
TiO ₂	0.23	0.55	0.20	0.11
P ₂ O ₅	0.37	0.44	0.07	0.02
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
耐火度	34*	34	27	15
Ba	968	138	161	618
Co	3	3	3	4
Cr	31	19	370	358
Cu	2	3	16	8
Li	53	49	5	8
Nb	12	21	9	15
Ni	31	6	178	174
Sc	8	15	3	4
Sr	3,186	2,301	348	46
V	39	52	17	3
Y	7	23	4	26
Zn	6	7	13	25
Zr	163	297	96	94
La	139	170	30	55
Ce	247	273	47	95

Nd	58	73	13	34
Sm	4.9	9.2	1.9	5.6
Eu	0.5	1.4	0.3	0.6
Dy	2.0	4.1	1.0	3.7
Yb	0.8	3.0	0.6	2.4

고령토의 化學分析値와 耐火度

고령토의 A級 두 試料과 B級試料 그리고 現場에서 "사바長石"이라고 하는 白色流紋岩의 化學分析値와 耐火度 SK値는 다음 Table 1과 같다. 주원소는 重量%이고 미량원소는 ppm이다.

流紋岩이 變質해서 白色高嶺土가 生成되었다고 간주할 때 流紋岩에 含有된 成分보다 白色高嶺土에 含有된 成分이 特히 增加한 것은 Al_2O_3 , Sr, Ba, Zr, La, Ce 등이며, 特히 減少된 것은 Fe_2O_3 , Na_2O , Cr, Ni 등이다. 流紋岩의 化學分析値에 Na_2O , K_2O 가 4.46%, 4.95% 含有된 것은 正長石, 曹長石이 含有되어 있기 때문일 것이다.

鑛床成因

고령토의 成因은 鑛山附近에 많이 分布되어 있는 凝灰岩이 變質되어 이루어진 것으로 알고 있으나 結論적으로 말해서 이것은 凝灰岩層 및 셰일(shale)層 사이에 挾在하고 있는 流紋岩層이 熱水變質을 받아서 長石이 캐올리나이트 또는 명반석으로 變質된 것으로 思料된다. 熱水溶液을 공급한 岩石은 後期에 貫入한 黑雲母花崗岩으로 짐작된다.

流紋岩層이 熱水變質을 받아서 白色粘土層이 形成되었다고 말할 수 있는 理由는 白色粘土內에 熱水作用을 받았을 때 생기는 명반석이 많이 이루어져 있다는 (Fig. 2-c) 사실과 Fig. 5에 表示한 柱狀岩石分布圖에서 찾을 수 있다. 이 柱狀圖는 白色流紋岩이 產出되는 신기리 附近에서 地表로부터 100m 깊이까지 試錐한 코아 試料에 依해서 作成한 것이다. 表2(約 3m) 밑에서 부터 牛項里層인 셰일, 白色粘土層, 凝灰岩層이 互層을 이루고 있는데 白色粘土層은 10m 두께에서 부터 1m 未滿까지 總 7個層이다. 白色粘土層과 接하고 있는 牛項里셰일層 및 凝灰岩層은 變質되어 綠泥石, 絹雲母 등의 變質鑛物이 含有되어 있다. 特히 下部쪽 細白色粘土層과 細凝灰岩層이 交代되어 있는 凝灰岩은 그 變質度가 더욱 甚하다. 이러한 現狀들로 미루어 보았을 때 白色粘土層은 原來 流紋岩層이었던 것이 熱水變質에 依해서 白色粘土層으로 變質되었다고 볼 수 있다. 그럼 왜 流紋岩層만 熱水 變質되었는가? 이것은 筆者의 생각으로는 流紋岩層은 強層(competent bed)에 속하고, 셰일이나 凝灰岩層은 弱層(incompetent bed)에 속하므로 어떠한 構造의 힘(tectonic force)이 作用했을 때 流紋

岩層에 많은 균열이 發達하여 熱水溶液의 좋은 通路가 되어 長石이 캐올리나이트 또는 명반석으로 變質된 것으로 思料된다. 많이 分布되어 있는 白色流紋岩은 熱水 變質을 받지 않은 流紋岩으로 간주된다.

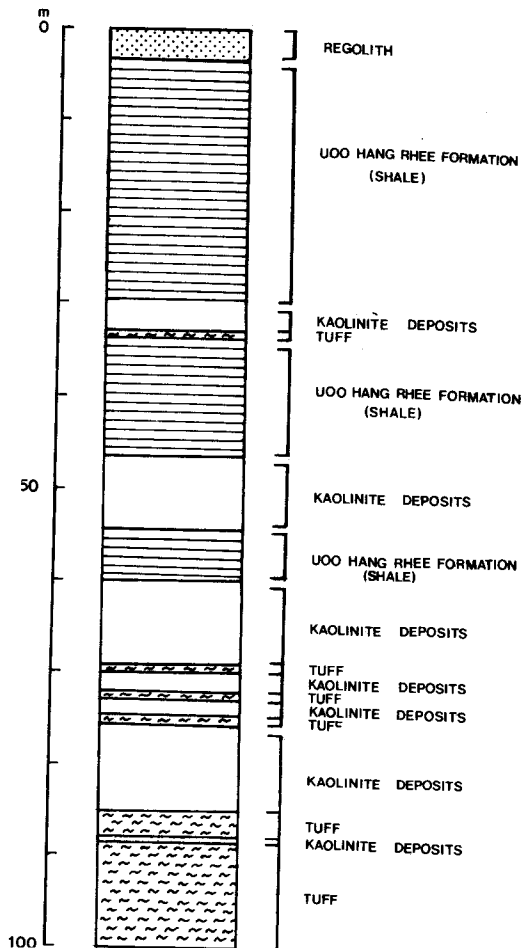


Fig. 5 Columnar distribution of the rocks(by boring core samples).

河東地方의 고령토 鑛床

地質과 鑛床

이 地域은 Fig. 6의 地質圖에서 보는 것과 같이 여러 종류의 片麻岩(縞狀片麻岩, metatectic gneiss, migmatic gneiss, 花崗片麻岩)과 이들을 貫入한 灰長岩과 閃長岩으로 이루어져 있다. 고령토層은 灰長岩이 風化 變質되어 形成된 것이다. 灰長岩은 南北 方向으로 帶狀을 이루고 그 幅은 1km에서 5km 程度가 大部分이고 길이는 50km가 넘는다. 灰長岩은 灰白色 또는 淡綠色이며 含有 鑛物은 大部分이 灰長石質 斜長石이고 少量의 角閃石, 黑雲母등이 含有되어 있다. 灰長岩의 顯微鏡 사진

은 Fig. 7과 같다. 고령토鑛床은 灰長岩 地域에 잘 發達되어 있다.

本 域의 고령토층은 1m에서 6m 程度의 表土 바로 下部에 3~10m程度의 두께로 形成되어 있는데 現場에서는 고령토의 等級別로 다음과 같이 區分하고 있다(Fig 6).

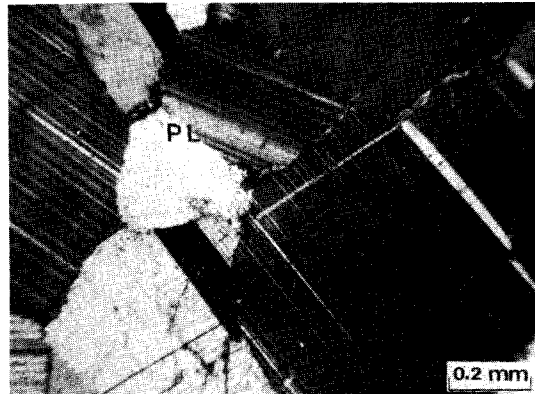


Fig. 7 Photomicrograph of the Anorthosite. (PL : aggregates of plagioclase crystal)

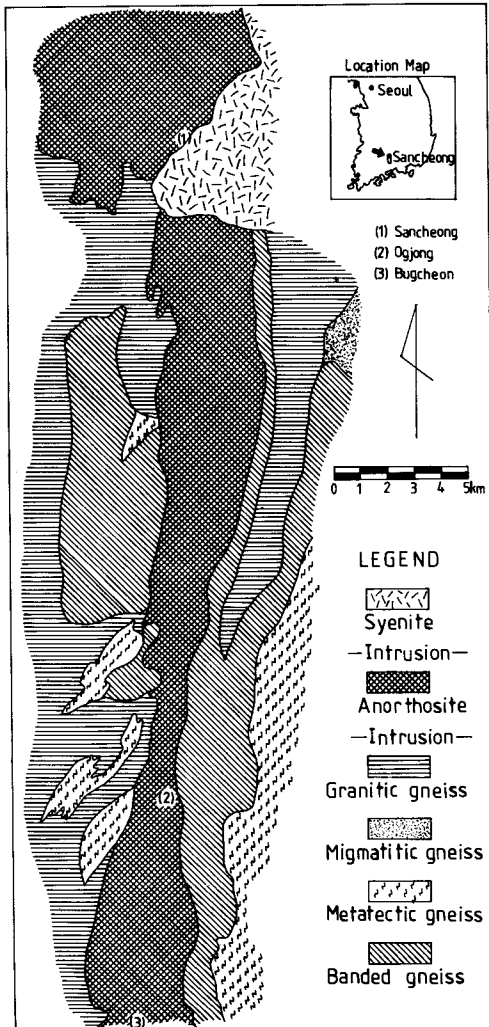


Fig. 6 Geologic map of Hadong kaolin deposit area.

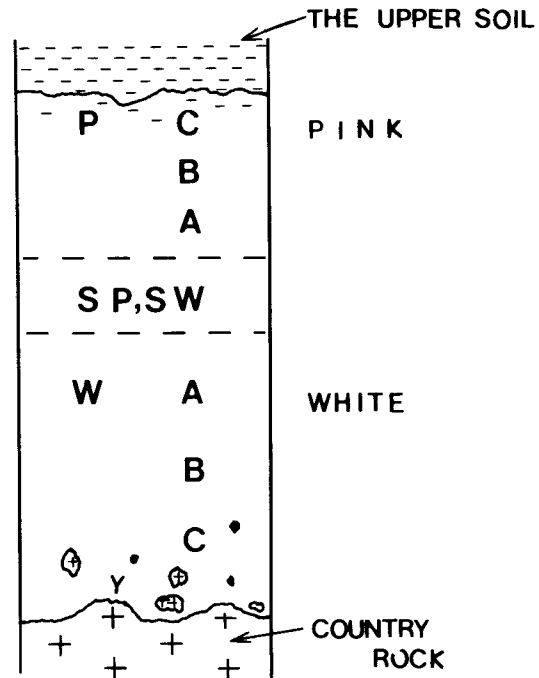


Fig. 8 One district of Hadong kaolin deposits.(PC, PB, PA : pink C, pink B, pink A ; WA, WB, WC : white A, White B, white C ; SP : special pink ; SW : special white)

고령토의 色으로 上下部層으로 區分되는데 上部層은 분홍색, 下部層은 白色을 하고 있다. 분홍색과 白色의 境界인 中央部가 가장 良質의 高령토가 形成되어 있다. 이 部分을 SP(special pink) 그리고 SW(special white)라고 하고 上部쪽으로 핑크 A, B, C, 下部쪽으로 화이트 A, B, C로 區分한다. 이에 따라서 試料番號도 SP(special pink), SW(special white), PA(pink A), PB(pink B), PC(pink C), WA(white A) WB(white B), WC(white C)로 定했다. 이것은 모든 粘土地域이 이렇게 區分되는 것은 아니다. 곳에 따라서는 中央部の SP(special pink)나 SW(special white)가 없고 바로 핑크(pink) A, B, C와 화이트(white) A, B, C로 存在하기도 한다.

고령토層의 主構成鑛物 및 耐火度와의 關係

고령토層의 主鑛物은 凱奧里나이트(kaolinite)와 할로이사이트(halloysite)이다.

할로이사이트에는 10Å 할로이사이트[Al₂Si₂O₅(OH)₄·2H₂O]와 7Å 할로이사이트[Al₂Si₂O₅(OH)₄] (이것을 halloysite라고도함)의 두 종류가 있는데 이 중에서 本 고령토層에 存在하는 할로이사이트는 10Å 할로이사

이트이다. 即 化學式에 물分子가 含有된 할로이사이트이다. 모든 試料에 나타난다. Fig. 9-a는 SP(special pink) 試料의 X線 回折圖이다. 10Å 할로이사이트와 凱奧里나이트로 이루어져 있다. 다른 試料도 이와 비슷한 X線 回折圖를 나타내는데 WB(white B), WC(white C) 試料(白色下部層 粘土)에서는 10Å 할로이사이트와 灰長石이 나타나는 것도 있다. 灰長岩의 灰長石이 아직 變質되지 않고 남아 있는 것이다. 灰長石이 많이 나타나는 WC(white C) 試料의 X線 回折圖는 Fig. 9-b와 같다. 많은 灰長石과 少量의 10Å 할로이사이트로 이루어져 있다. 上部層으로 올라갈수록 凱奧里나이트의 量이 增加하는 傾向이 있다. 最上部層인 PC(pink C) 試料에는 若干의 石英도 含有되어 있다.

良質이라고 하는 中央部の SP(special pink)나 SW(special white) 試料는 그 耐火度 SK 値가 36°에 達한다. 이 값은 凱奧里나이트나 할로이사이트 集合體로서는 너무나 過한 값이다. 不純物이 없고 純粹한 凱奧里나이트 集合體라고 해도 耐火度 SK 値는 35를 넘을 수는 없다. 더구나 水分이 含有된 10Å 할로이사이트가 含有되어 있으니 最高값이 34이어야 하는데 耐火度 SK 値가 36°이 된다는 것은 다른 高알루미나 鑛物을 含有한다는

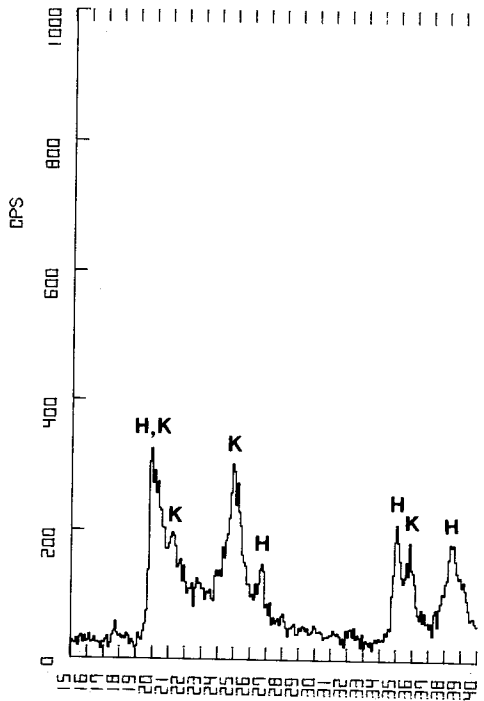


Fig. 9-a X-ray diffractometer patterns of SP sample (high-grade kaolin). (H : 10Å halloysite, K : kaolinite)

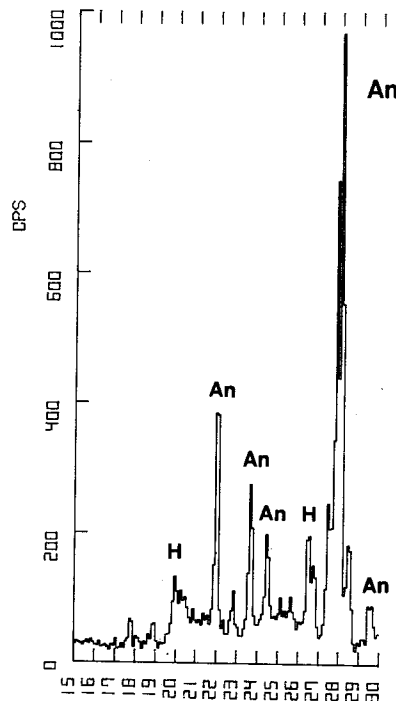


Fig. 9-b X-ray diffractometer patterns of WC sample (low-grade kaolin). (An : anorthite, H : 10Å halloysite)

것을 意味한다. SK值가 36+인 試料에는 깃사이트 (gibbsite)가 含有되어 있다. 깃사이트(gibbsite)의 X-線 回折圖 피크(peak)가 比較的 적어서 Fig. 9-a 回折圖에는 잘 나타나지 않았지만 다른 回折圖를 검토한

結果 d값 4.85, 4.37, 4.32, 2.454Å에서 確認했다.

고령토層의 化學分析値와 耐火度

化學分析値와 耐火度는 表2와 같다.

Table 2 Chemical analysis and SK number of the Hadong kaolins.

Sample No.	PC	PB	PA	SP	SW	WA	WB	WC
Al ₂ O ₃	36.37	36.97	37.68	39.27	37.90	36.07	34.42	33.50
Fe ₂ O ₃	1.57	0.77	0.36	0.35	0.35	0.44	0.30	0.16
MgO	0.36	0.30	0.10	0.18	0.31	0.25	0.20	0.10
CaO	0.27	0.51	0.07	0.31	0.22	0.55	6.90	9.82
Na ₂ O	0.06	0.11	0.08	0.27	0.18	0.13	1.82	2.29
K ₂ O	0.47	0.56	0.35	0.30	0.93	0.25	0.26	0.36
TiO ₂	0.18	0.11	0.08	0.06	0.04	0.08	0.06	0.03
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05
MnO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SK number	35+	36	36+	36+	36	30+	27	17
Ba	111.0	161	101	75	203	103	85	81
Co	6	5	3	3	3	4	7	8
Cr	82	35	19	22	16	24	19	14
Cu	5	5	2	3	2	2	2	2
Li	19	13	8	14	27	10	10	5
Nb	2	2	1	1	1	1	1	1
Ni	57	12	10	29	5	13	12	10
Sc	6	2	1	1	1	1	1	0
Sr	171	252	362	136	137	446	402	349
V	23	13	7	5	6	7	5	5
Y	4	3	6	1	5	4	1	1
Zn	17	14	9	11	9	10	9	9
Zr	4	2	1	1	1	1	1	1
La	6	5	5	3	5	4	9	6
Ce	8	7	7	4	4	5	7	6
Nd	6	5	6	4	5	5	7	6
Sm	1.0	0.9	1.2	0.6	0.9	0.8	0.1	0.2
Eu	0.3	0.6	0.9	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
Dy	1.7	1.8	2.0	1.6	1.8	1.7	0.2	1.2
Yb	0.3	0.3	0.5	0.2	0.4	0.2	0.1	0.0

化學分析値에서 WB(white B), WC(white C)試料에 CaO가 各各 6.9%, 9.82%, Na₂O가 各各 1.82%, 2.29% 含有된 것은 灰長石이 含有되어 있기 때문일 것이다. 耐火度 SK 値는 WA(white A)以上の 上部層은 35~36의 값을 갖는데 WB(White B), WC(White C)인 下部層은 27 또는 그 以下の 값을 갖는다. 이것은 灰長石이 含有되었기 때문에 K₂O, Na₂O가 耐火度를 低下 시키기 때문이다.

前述한대로 耐火도가 36+가 되는 中央部 粘土層에는 케올리나이트나 할로이사이트 以外에 高알루미나 鑛物

인 깃사이트를 含有하고 있다.

咸平郡 손불면 산남리와 교촌부락의 고령토

地質과 鑛床

이 地域의 地質은 片麻岩類(花崗片麻岩, 斑狀變晶片麻岩)와 雲母片岩이 分布되어 있고 이들을 貫入한 花崗岩과 酸性岩脈으로 이루어져 있다(이윤중외, 1971). 粘土鑛體가 存在하는 周邊地域은 花崗岩地帶이며 鑛體는 海邊에 隣接된 곳이다. 粘土의 色은 大部分 黑色이며

其他 黄色, 灰色, 黑褐色인 것도 있다. 粘土層의 두께는 3~5m 程度이며 約 6m 程度의 表土下에 存在한다. 現場에서는 粘土層을 上中下로 區分하여 上部層을 “용기質”, 中部層을 A級, 下部層을 B級으로 區分하고 있었다. 粘土下部層 밑에는 砂質粘土層이다.

粘土層의 鑛物組成

粘土層의 主成分鑛物은 石英, 凱奧利나이트와 白雲母이다. 若干의 루틸(rutile)이 含有된 것도 있다. 現場에서 A級으로 取扱하는 試料는 石英과 凱奧利나이트로 이루어진 것이며, 一般的인 試料의 X線 回折圖는 Fig. 10과 같이 凱奧利나이트, 白雲母, 루틸(rutile)로 이루어져 있다.

粘土層의 化學分析値와 耐火度

粘土의 化學分析値와 耐火度는 表3과 같다. 一般적으로 Al_2O_3 含有量이 낮아서 良質의 高령토 라고는 할 수 없다.

耐火度 SK 値도 最高 30程度이며 白雲母나 其他 鐵分の 含量에 따라 20 以下로 下降한다.

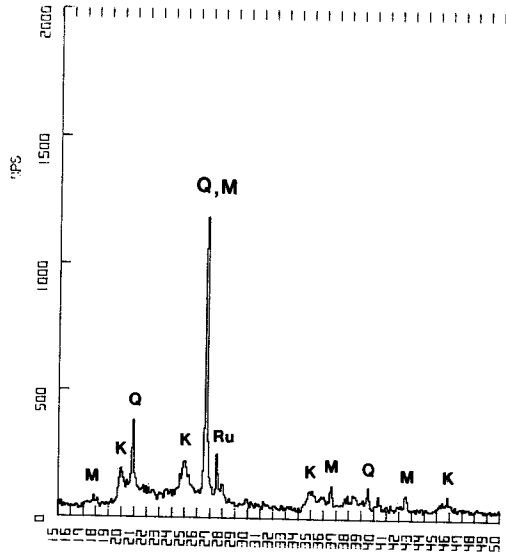


Fig. 10 X-ray diffractometer patterns of Hampyeong kaolin. (Q : quartz, M : muscovite, K : kaolinite, R : rutile)

Table 3 Chemical analysis and SK number of Hampyeong kaolins.

Sample No.	B ₁ (용기용)	A	특A	B
Al ₂ O ₃	18.14	18.34	19.34	12.08
Fe ₂ O ₃	1.21	1.57	1.16	0.83
MgO	0.48	0.70	0.56	0.41
CaO	0.19	0.61	0.46	0.40
Na ₂ O	0.14	0.37	0.27	0.63
K ₂ O	1.93	1.60	1.57	1.72
TiO ₂	0.73	0.62	0.59	0.73
P ₂ O ₅	0.03	0.04	0.03	0.02
MnO	0.01	0.01	0.00	0.01
S. K number	16	26	30 ⁻	17 ⁺
Ba	445	486	407	473
Co	5	7	26	5
Cr	57	75	70	56
Cu	10	18	24	11
Li	34	58	50	30
Mo	11	18	15	13
Nb	18	14	14	17
Ni	21	27	110	13
Sc	10	13	11	9
Sr	54	93	70	89
V	58	78	113	60
Y	12	33	86	20
Zn	37	47	143	29
Zr	78	70	58	71
La	33	58	105	42

Ce	85	191	95	73
Nd	25	89	44	32
Sm	5.0	19.3	8.4	6.4
Eu	0.6	3.0	1.2	0.9
Dy	2.5	13.1	5.2	3.5
Yb	1.2	6.2	2.3	1.6

粘土層의 成因

花崗岩으로 이루어진 이 地域에서 風化作用에 依해 생긴 高령토가 海岸의 低地帶에 運搬堆積되어 形成된 粘土鑛床이다. 粘土層의 下部는 高령토를 含有하는 砂質層이며 上部는 表土이다. 모래가 堆積한 다음 粘土層이 堆積하고 相當期間 植物이 繁盛한 後 表土가 덮은 것으로 간주된다. 粘土의 色이 黑色을 띠고있는 것은 유기물의 함유로 기인된 듯하다.

新安郡 長山島 粘土

地質과 鑛床

유천군層에 속하는 酸性火山岩(流紋岩)과 凝灰岩 및 安山岩이 分布하는 地域이다. 海岸에 分布된 岩石은 大部分 凝灰岩이며 牛項里層의 세일도 分布하고 있다. 鑛體는 白色粘土이며 塊狀 상태에서는 若干의 褐色을 띠기도 한다. Fig. 11은 粘土層의 사진이다. 木浦 行남사에서 도자기용으로 사용하고 있다.



Fig. 11 Kaolin deposits in Jangsan-do.

粘土層의 鑛物組成

粘土層은 五音里 내머리(竹頭)에 수100m 두께로 存在하며(鑛振에서 100m 깊이까지 試鑛했으나 粘土層을 鑛을 수 없었다)鑛物組成은 多量의 石英과 少量의 凱올리나이트로 이루어져 있다. 곳에 따라서는 石英만으

로 이루어진 곳도 있다(現場에서는 高구마 形態로 含有되어 있음). 石英粒子는 極히 微細하며 鑛物粒子 사이 사이에 空隔이 많이 있었지 않았는가 생각된다. 왜냐하면 硬質인 것도 地表에 며칠 露出시키면 부슬 부슬하게 軟化되어 버리기 때문이다.

거의 石英粒子만으로 이루어진 것 또는 若干의 凱올리나이트가 含有된 것을 여기서는 A級으로 取扱하고 있다. 이러한 試料의 X-線 回折圖는 Fig. 12-a와 같다. 많은 石英과 少量의 凱올리나이트로 이루어져 있다. 여기서 B級, C級으로 取扱하고 있는 試料에는 石英, 凱올리나이트外에 白雲母와 黃鐵石이 含有되어 있다. 黃鐵石이 含有된 C級 試料의 X-線 回折圖는 Fig. 12-b와 같다. 石英, 凱올리나이트 外에 白雲母와 黃鐵石이 含有되어 있다.

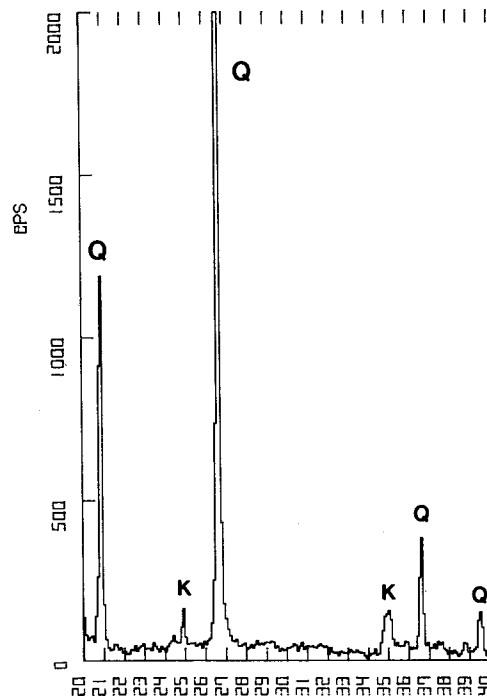


Fig. 12-a X-ray diffractometer patterns of Jansan kaolin(A). (Q : quartz, K : kaolinite)

上盤과 下盤이 모두 變質된 凝灰岩이다. 下盤을 특히 現場에서는 “무늬석”이라고 하는데 적은 角礫을 含有하며 變質이 上盤보다 甚하다.

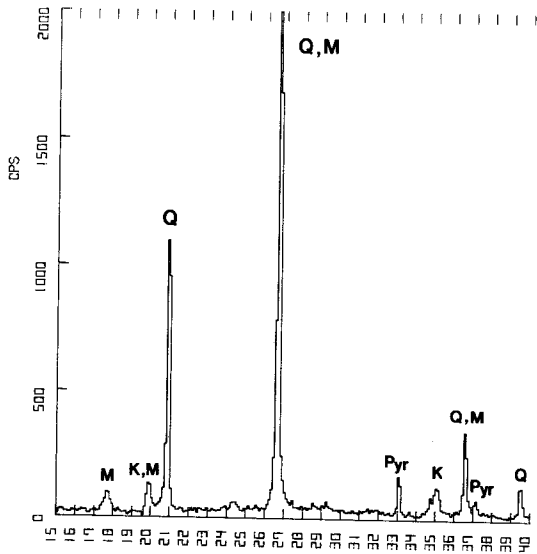


Fig. 12-b X-ray diffractometer patterns of Jangsan kaolin(B). (Q : quartz, M : muscovite, K : kaolinite, Pyr : pyrite)

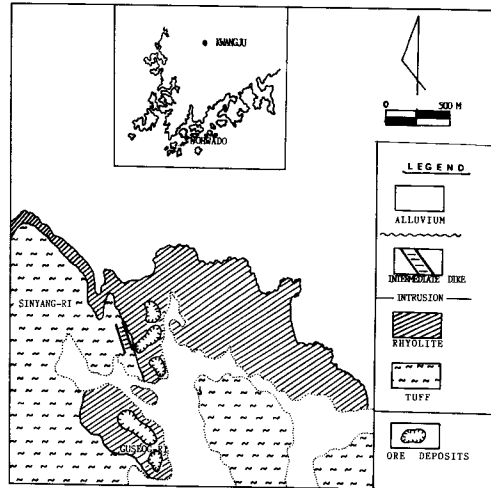


Fig. 13 Geologic Map of Nohwa ore deposit area.

長山島 고령토의 化學分析值

比較的 좋은 質이라고 하는 粘土 두 試料과 鐵分이 含有되었다는 C級 粘土의 化學分析值는 Table 4와 같다. 鐵分(黃鐵石)이 含有된 C級 試料에는 Fe_2O_3 成分이 1.77% 含有되어 있다.

長山 粘土層의 成因

粘土가 납석으로 이루어져 있다고 報告되어 있고, 또 납석이 變質된 것이라고 알려져 왔었다. 그러나 이 地域에서 납석은 發見할 수가 없었고 粘土內에도 납석은 含有되지 않았다. 粘土層의 周邊에는 많은 凝灰岩이 分布되어 있고, 凝灰岩 分布 地域內에 白色粘土鑛體가 存在하고 또 黃鐵石이 含有된 것으로 미루어 凝灰岩이 變質되어 粘土鑛體가 이루어진 것으로 간주된다.

蘆花島 납석鑛床

鑛山周邊의 地質과 鑛床

鑛山周邊의 地質은 Fig.13과 같이 流紋岩, 凝灰岩 및 安山岩이 分布되어있고 後期의 黑雲母花崗岩이 貫入되어 있는데 이것은 노화도 바로 옆섬인 보길도에서만 관찰할 수 있다. 납석鑛床은 수10m에서 수m 두께이며,

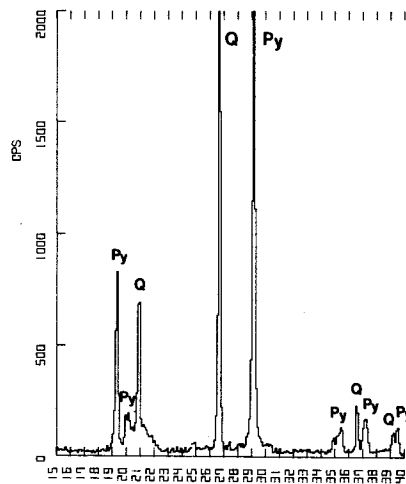


Fig. 14-a X-ray diffractometer patterns of Nohwa-Do pyrophyllite ore(A sample). (Q : quartz, Py : pyrophyllite)

납석鑛床의 鑛物組成

납석 鑛床은 주로 石英과 礫납석(pyrophyllite)으로 이루어져 있다. 石英과 礫납석의 含量에는 많은 變化가 있지만 代表的인 납석試料의 X-線 回折圖는 Fig.14-a와 같다.

그리고 거의 열납석으로 이루어져 있고 少量의 石英이 含有된 試料의 X-線回折圖는 Fig. 14-b와 같다. 거의 葉 鉛석으로 이루어진 試料이다.

납석鑛石의 化學分析値와 耐火度

現場에서 鉛석鑛石을 手選으로 4종류로 大約 分類하 고 있다. “크래이”, “내화용”, “타일용”, “도석”이다 (이것은 現場에서 使用하는 말이지만 鑛物組成에 差가 있지않을까해서 그대로 이 말을 사용한다).

鉛석의 理論耐火度는 32이며 石英이 若干 含有된 鉛 석試料의 耐火度 SK值 31 또는 30정도일 것인데 32*로 나타난 것은 試料內에 少量의 다이아스포어(diaspore) 가 含有된 것으로 간주된다(박홍봉 외, 1982).

납석의 成因

鉛석 鑛體가 賦存하는 이 地域에는 流紋岩과 凝灰岩 이 넓게 分布하고 군데군데 安山岩脈이 貫入하고 있다. 鉛석鑛體는 流紋岩과 凝灰岩의 接境地帶의 流紋岩分布

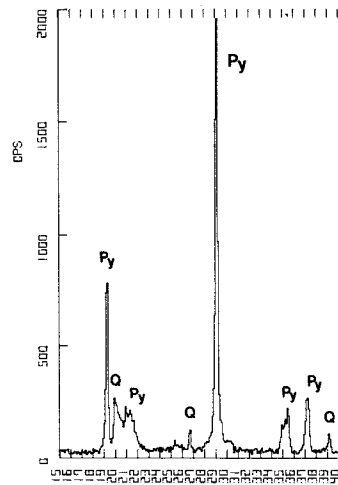


Fig. 14-b X-ray diffractometer patterns of Nohwa-do pyrophyllite ore(B sample). (Py: pyrophyllite. Q : quartz)

Table 4 Chemical analysis of Jangsan kaolins.

Sample No. Analysis	A ₁ (M ₁)	H ₂ (M ₂)	C (M ₃)
Al ₂ O ₃	16.45	13.86	13.94
Fe ₂ O ₃	0.02	0.02	1.77
MgO	0.10	0.08	0.17
CaO	0.12	0.09	0.30
Ma ₂ O	0.05	0.03	0.03
K ₂ O	3.27	2.69	3.41
TiO ₂	0.27	0.29	0.10
P ₂ O ₅	0.08	0.05	0.16
MnO	0.00	0.00	0.00
Ba	2,926	1,808	105
Co	2	1	6
Cr	20	10	34
Cu	4	5	8
Li	8	11	8
Nb	8	9	2
Ni	9	6	20
Sc	1	1	2
Sr	808	471	47
V	14	17	24
Y	7	5	7
Zn	6	6	6
Zr	46	46	66
La	22	18	27
Ce	47	33	60
Nd	17	9	23
Sm	1.4	0.3	2.0
Eu	0.4	0.2	0.4
Dy	2.0	1.6	1.6
Yb	0.5	0.5	0.7

地域內에 含有되어 있다. 납석鑛體는 一見 塊狀으로 보이나 두께가 두터운 脈狀이며 鑛體의 上盤과 下盤은 반드시 甚히 變質된 凝灰岩層이다. 납석鑛體가 凝灰岩層 사이에 끼여 있다. 이 地域도 珍島白色粘土層이 牛項里層 및 凝灰岩層과 互層을 이루고 있는 것과 같이 납석층과 응회암층에 互層을 形成하고 있지 않는가 생각되나 確認하지는 못했다.

납석鑛體가 甚히 變質된 凝灰岩사이에 끼여 있다는 事實은 凝灰岩層의 中間部分만 變質해서 납석으로 되었다고 說明하기 보다는 凝灰岩層 사이에 끼여든 流紋岩層이 變質되어 납석鑛體를 形成했다고 보는 것이 타당

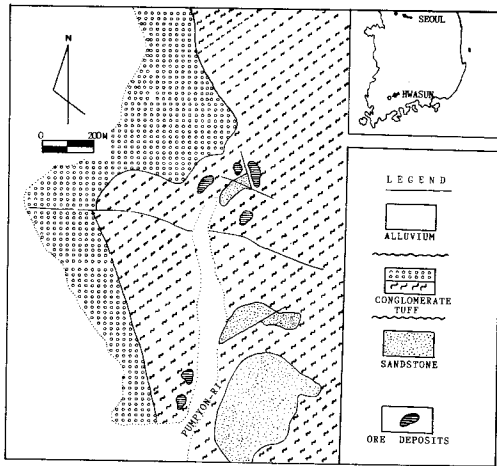


Fig. 15 Geologic map of Songseok ore deposit area.

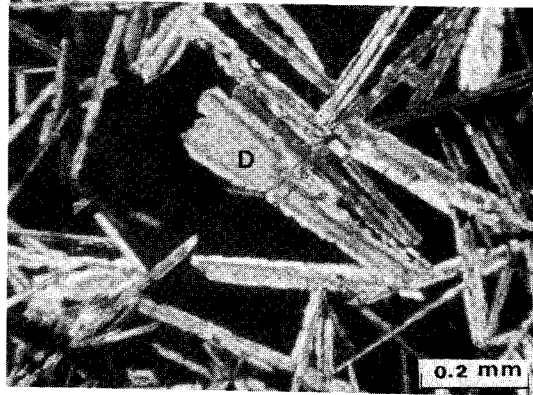


Fig. 16 Diaspore crystals and kaolinite aggregates (black).

성이 있을 것 같다. 流紋岩層內에 含有된 長石成分이 凱奧利나이트化해서 이것이 납석으로 變質했고(Akiho Miyashiro, 1973) 다시 流紋岩에 含有된 石英은 그대로 남아 있어 主構成鑛物이 납석과 石英인 現 납석鑛體가 이루어진 것으로 간주된다.

Table 5 Chemical analysis and SK number of Nohwa-do pyrophyllite ores.

Sample No. Analysis	N16(크래이)	N17(내화용)	N18(타일용)	N19(도 석)
Al ₂ O ₃	23.31	15.54	16.14	11.28
Fe ₂ O ₃	0.21	0.11	0.04	0.12
MgO	0.01	0.02	0.01	0.01
CaO	0.13	0.10	0.10	0.07
Na ₂ O	0.13	0.09	0.08	0.04
K ₂ O	0.01	0.01	0.00	0.02
TiO ₂	0.46	0.26	0.17	0.17
P ₂ O ₅	0.14	0.13	0.11	0.08
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
SK number	32 *	31	31	30
Ba	137	316	143	3,072
Co	1	2	2	4
Cr	4	87	0	120
Cu	9	9	9	7
Li	9	8	13	8
Mo	7	7	5	11
Nb	12	6	5	4
Ni	18	49	25	87

Sc	3	4	3	5
Sr	536	475	707	537
V	31	29	21	37
Y	3	10	3	4
Zn	11	0	11	9
Zr	25	68	60	50
La	54	41	43	37
Ce	121	96	77	66
Nd	48	52	28	17
Sm	6.4	6.8	4.2	2.3
Eu	1.2	1.6	1.0	0.3
Dy	0.7	1.9	0.3	1.2
Yb	0.2	0.2	0.3	0.5

松石鑛山の 납석鑛床

地質과鑛床

이 지역의 지질은 Fig. 15과 같이 天雲山層이 下部에 있고 그 위를 凝灰岩이 덮고 있다. 그리고 後期の 黑雲母花崗岩이 이들 岩石을 貫入하고 있다(李商萬, 金享植; 1960).

납석은 凝灰岩이 熱水變成作用을 받아서 이루어진 것으로 믿어진다. 납석 속에 球狀 또는 타원체形의 白色 含有物이 散在하고 있는데 크기는 직경 2cm에서 10cm 程度까지 있지만 3~4cm인 것이 가장 많다. 납석의 색은 赭色인데 含有物은 白色이다.

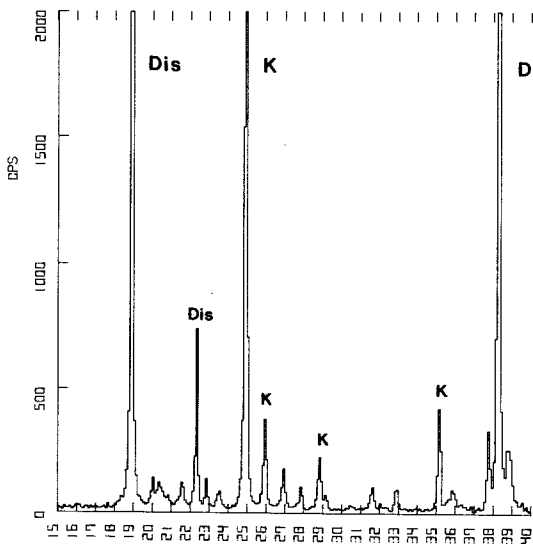


Fig. 17 X-ray diffractometer patterns of diaspore and kaolinite aggregates in pyrophyllite deposits. (Dis : diaspore, K : kaolinite)

납석과 白色含有物의 鑛物組成

납석의 主成分鑛物은 葉납석, 캐올리나이트와 石英이고, 球狀含有物의 主構成鑛物은 다이아스포어와 캐올리나이트이다. 이 試料의 현미경 사진은 Fig. 16과 같이 다이아스포어와 캐올리나이트의 集合體이다. 그리고 X-線 回折圖도 Fig. 17과 같이 다이아스포어와 캐올리나이트로 이루어져 있다. 납석 試料에는 酸化鐵이 含有되어 있다. 赭色을 하고 있는 것도 酸化鐵의 영향으로 간주된다.

납석鑛體와 球狀含有物의 成因

이 지역은 天雲山層과 凝灰岩 分布 地域인데 몇 개의 斷層面이 發達되어 있다. 後期에 貫入한 黑雲母花崗岩에서 供級된 熱水가 이 斷層面으로 上昇해서 凝灰岩層을 납석으로 變質시킨 것으로 간주된다. 白色含有物도 斷層面에서 멀지 않은 곳에 分布하고 있다. 凝灰岩內에 含有된 어떠한 成分만을 選擇적으로 熱水가 交代한 것이 아닌가 생각된다.

結 論

1. 珍島郡 郡內面 所在 粘土 : 고령토의 主構成鑛物은 石英, 캐올리나이트, 명반석이며 上品은 거의 캐올리나이트로 이루어져 있다. 現場에서 “사바長石”이라고 하는 타일용 鑛石은 白色流紋岩으로 石英과 正長石, 曹長石으로 이루어져 있다. 고령토의 成因은 流紋岩層, 세일層, 凝灰岩層의 互層으로 이루어진 이 지역의 流紋岩層이 變質되어 形成된 것으로 간주된다.

2. 河東粘土 : 10A 할로이사이트(halloysite)와 캐올리나이트(kaolinite)가 主鑛物成分이다. 耐火度 SK值는 最高 36+가 되는 것이 있는데 이것은 이들 主成分鑛物 外에 高 알루미나鑛物인 깁사이트(gibbsite)가 含有

되어 있다.

3. 咸平粘土 : 石英과 캐올리나이트, 白雲母가 主成分鑛物이며 루틸(rutile)이 含有된 것도 있다. 黑色인 이 粘土는 有機物을 많이 含有하며 花崗岩이 風化해서 生成된 高령토가 海岸의 低地帶에 운반 퇴적되어 이루어진 것이다.

4. 長山島粘土 : 粘土의 主成分鑛物은 납석이 아니라 石英, 캐올리나이트, 白雲母였다. 少量의 黃鐵石을 含有한 것도 있다. 凝灰岩으로 이루어진 地域이므로 凝灰岩이 變質되어 이루어진 것으로 간주된다. 硬質粘土도 며칠 地上에 露出되면 부슬부슬하게 軟化되는 것이 특징이라 한다.

5. 노화도 납석 : 石英과 납석이 主成分鑛物이지만 거의 납석으로 이루어진 것도 있다. 莞島鑛山에서는 凝灰岩이 變質되어 납석이 이루어진 것으로 되어 있으나 납석鑛體는 流紋岩 分布地域內에 심히 變質된 流紋岩層 사이에 挾在되어 있다. 凝灰岩사이에 挾在된 流紋岩層이 變質해서 납석鑛體를 形成했을 것으로 생각된다.

6. 和順납석 : 납석, 캐올리나이트, 鐵酸化合物이 主成分鑛物이다. 납석內에 직경4~5cm되는 球狀 또는 타원體狀인 白色含有物이 散在하고 있다. 이것은 다이아스포어와 캐올리나이트의 集合體이다. 이것은 原來 凝灰岩內에 含有된 어떠한 成分만을 熱水溶液이 選擇的으로 交代해서 생긴 것이 아닌가 생각한다.

參 考 文 獻

공업진흥청(1975) 한국의 요업원료.

김옥준 외(1971) 활성점토 자원탐사와 개발방안에 관한 연구. 과학기술처(단행본), p. 28-34.

朴鴻鳳 外(1982) 高耐質 鑛石鑛物의 分布와 成因에 關한 研究. 광산지질, v. 15, No. 2, p. 89-102.

상기남 외(1971) 하동 산청지역의 고령토 및 점토광상 조사 보고서. 과학기술처, 국립지질조사소(단행본), p. 1-48.

孫致武, 鄭址崑(1972) 河東-山淸地域의 아노르도사이트의 成因에 關하여. 광산지질, v. 5, No. 1, p. 1-20.

李大聲, 李河榮(1976) 韓國西南海岸地域에 分布하는 含油質物層에 對한 地質學的 및 地質化學的 研究. 鑛山地質, v. 9, No. 1 p. 45-73.

李大聲, 尹顯秀(1979) 海南地域에 分布된 牛項里層內 黑色세일의 有機地化學的 研究. 鑛山地質, v. 12, No. 4, p. 207-221.

李大聲, 李文遠(1984) 地質化學原論. p. 233.

李東鎭, 李晟錄(1986) 全南和順地域產 高아루미나 鑛石에 對한 鑛物學的 研究. 非金屬鑛床調查研究(II), p. 103-127.

李商萬, 金亨植(1966) 한국지질도 부내도폭 說明書.

李商萬, 金洙鎭, 鄭址崑(1977) 河東-山淸地域 粘土鑛床에 關한 鑛物學的 및 成因的 研究. 지질학회지, v. 13, No. 1, p. 1-14.

이윤중 외(1971) 한국지질도 망운도폭. 國立地質調查所.

Ralph E. Grim(1968) Clay mineralogy. p. 571, p. 497.

