平木カオリンの鉱床と鉱物組成の研究

平木カオリンの基礎的研究 (第1報)

田 中 稔・谷 波 正 三・大 谷 力

(兵庫県丹波窯業指導所)

(服部鉱業株式会社)

Fundamental Studies on the Hiraki Kaolin (I)

On the Geology Ore Deposit and Mineral Constitution

By

Minoru TANAKA*, Shyozo TANINAMI**, and Isao ŌYA**

(*Ceramic Institute of Hyōgo Prefecture, Tanba., **Hattori Mining Co. Ishikawa Prefecture)

The Hiraki Mine is situated in the northwest of Sanda City, Hyōgo Prefecture. This district is composed of the Arima Group (Paleogene or Cretaceous) and the Kōbe Group (Middle Miocene).

The Arima Group is widely exposed in this area, and is composed of rhyolite lava, pyroclastics, such as tuff, tuff breccia and welded tuff; and is divided into upper and lower formations.

The lower formation is subdivided into three members. The Kōbe Group covers The Arima Group unconformably and is composed of sedimentary rocks, such as zeolitic tuff, mudstone, sandstone and conglomerate.

Zeolite in the zeolitic tuff is identified as clinoptilolite by means of X-ray diffraction, D.T.A. and microscopic methods.

The ore deposit of the Hiraki Mine is massive kaolin deposit and was formed by hydrothermal alteration of tuff and tuff breccia of the lower formation in Arima Group. Mineral constitution is identified by means of X-ray analysis, D.T.A., thermo-balance and electron micrographs; crystalline kaolinite composes about 30~60% of the ore and the remaining 70~40% consists of quartz along with small amounts of dickite, a long-spacing clay mineral, pyrite, iron oxide and others.

Dickite was found from veinlets, globular aggregates and walls of fissures.

Surrounding the ore body, there are zones of weak alteration which are characterized by quartz and green clay mineral.

The mineralization of the Hiraki Kaolin deposit took place immediately after the eruption of rhyolitic lava and pyroclastic of the lower formation, and ended before the deposition of rhyodacitic welded tuff of the upper formation. [Received Jan. 16, 1963]

I. 緒 言

平木カオリン鉱床は、兵庫県加東郡砂町平木において、昭和 35 年、地元の吉田喜一氏が発見し、服部鉱業株式会社がその権利を譲り受けて開山に着手、昭和 36 年 5 月より出鉱を開始、国鉄福知山線相野駅より、約 3,000 t/月 を出荷するに至った。

現在、陶磁器原料とくにタイル、衛生陶器、白雲陶器、硬質陶器などの原料に加えられ、また若干の硫化鉄を含む低品位のものは白色セメントの原料として使用されているが、本鉱床は、埋蔵量の豊富なことと露天採鉱の好条件などよりして、鉱石の基礎的研究が今後の利用上特に重要であると考えて諸種の試験を実施し、報告するものである。

なお、本報の内容は鉱床および鉱石の組成についての報告である。

II. 位置と地形

平木鉱山は兵庫県三田市の北西約 15 km にあり、福知山線相野駅より北西約 8 km に位置する。

この地域は、南方の六甲山塊と北方の篠山盆地との中間にある、比較的ゆるやかな丘陵性の地形を呈する。当地域では、清水寺の位置、海拔 570 m が最高で、300 m 前後のゆるやかな起伏を呈する所が多い。

清水寺以東に広く発達する熔結凝灰岩が分布する地域では、一段と高い地貌を呈し、とくに下位にくる地層との境界付近では、著しく突出した岩崖がみられる。

Fig. 1. Index map showing the localities of the Hiraki Kaolin Deposit.

III. 地質概要

この地域の主体を構成している火山碎屑物および熔岩は、有馬層群（古第三紀～白亜紀）¹⁾ として一括されるものである。これを不整合に被覆して砂岩、泥岩、礫岩、含沸石凝灰岩からなる堆積岩類が発達する。この堆積岩類は神戸層群（中新世）²⁾ とされているもので、東条湖付近、西戸方面に小規模に分布している。

地質図（図-2）に示すとおり、著者らはこの有馬層群を、上部累層と下部累層に分けている。すなわち下部累層は、流紋岩質火山碎屑岩類と熔岩より構成され、これを被覆する上部累層は、石英安山岩質熔結凝灰岩であり、岩質において、また分布上明瞭に相違する。さらに、この下部累層を、岩質上、流紋岩質凝灰岩、角礫凝灰岩、流紋岩質熔結凝灰岩で特徴づけられる3つの部層に分類した。

IV. 鉱床

鉱床は、現在採掘している滝ヶ谷鉱床（平木第一鉱床）と、この地点から約 1.2 km SSW にある桧バエ鉱床である。

この調査は滝ヶ谷鉱床について重点的に行った。

図-4 に鉱床分布を示すが、これは 1/500 の地図をもとにした露頭調査と、

鉱山のボーリング（約 20 本、延 800 m、水平、垂直）の結果にもとづくものである。この鉱山は、露天掘りを主としており、そのほか探鉱坑道の一部実施している程度である。

鉱床は滝ヶ谷火山噴出物層の凝灰岩、角礫凝灰岩中に胚胎する熱水性の塊状のカオリン質鉱床である。

現在採掘場所では、幅 60 m で N 40°E 方向に約 200 m 鉱床がのびており、鉱床部の周辺は下盤、上盤ともに緑色ないし淡緑色を呈し、特に下盤は鉱床部の白色層と明瞭に識別出来、上盤と鉱床部の境界は漸移している。

鉱床の厚みは約 35 m 内外で、鉱床部は一般に優白色であるが、地表近くでは褐色に汚染されている。

鉱床 100 段レベルの西尾部では層理が認められ、礫を多く介在する部分と緻密凝灰質部との互層が認められる。一般に変質が著しいが礫が流紋岩の痕跡を残している部分もある。

層理の走向は、N 20°~12°E で東へ 20° 傾斜する。坑道の存在する正面東側の山頂部、および正面 90 段レベル西尾部に、局部的ではあるが珪化の著しい部分がある。

正面に発達する 3 本の主要裂隙は、いずれも N 70°W の方向の平行脈で、厚さ 10 cm のほとんど純粋なカオ

Fig. 2. Geological maps showing the Hiraki Kaolin Deposit and its neighborhood. H : V = 1 : 25 Cross section.

リナイトから成るが、このほか、デイッカイト、硫化鉄も少量認められる。硫化鉄は裂隙のほかに白色高品位中にも鉍染しているところがある。

鉍体の落しはボーリングの結果、鉍体下盤側が約20°、上盤側が約50°の東南落ちである。→

Fig. 3. Whole view of the Hiraki Kaolin Deposit.

Fig. 4. Geological map of the Hiraki Kaolin Deposit.

→ 鉍床の生成に関しての考察は、総括して次の通りである。

1. 鉍床の母岩である凝灰岩、角礫凝灰岩は著しく変質を受けているが、100 段レベル西尾部で母岩の構造、組織が比較的良く保存されており、正面100 段レベルのカオリナイトの裂隙の発達する部分では保存は良くない。

2. カオリナイトの裂隙脈の存在は、熱水溶液の上昇を推察させるものであり、またこの地点からの垂直ボーリングは、下盤まで到達していない。このことから、この地点が熱水鉍化作用の中心で、鉍液の通路であったと考えられる。

3. カオリナイトに比較して結晶度が高く、より高温において安定である³⁾といわれているデイッカイトが存在していることは、本鉍床が熱水性の鉍床であることを裏付けている。

4. 鉍床の生成時期については、上位部層の石英安山岩質熔結凝灰岩がほとんど変質を受けていない事実から、上位火山砕屑岩層の堆積前であると考えられる。鉍床は下位の火山噴出物層の流紋岩熔岩の近くに限定されており、鉍床母岩には流紋岩の礫が含まれているから、流紋岩熔岩の噴出後の鉍化作用によるものと考えられる。そして、鉍液の通路となったものが現在見られるカオリン脈であり、それを中心に変質帯ができたものであろう。その場合、凝灰岩の緻密な部分では変質が弱く、比較的浸透性の強い凝灰岩、角礫凝灰岩は最も変質の程度が高く、現在の鉍床を形成したものと考えられる。

総延長1,300 m におよぶ21本の試錐の結果、着鉍率80%で、延長170 m、幅60 m、厚み35 mの鉍床を確認したが、確定埋蔵鉍量は70 万tである。さらにその後の調査により鉍床賦存範囲が拡大されつつある。

また、現在調査されている滝ヶ谷の平木第一鉍床以外の桧バエ鉍床、その他の地域を予想すると、賦存予想150 万tを超えるものと考えられる。

V. 鉍 石

鉍石は優白色の緻密塊状鉍、または軽質粉状鉍で、その鉍物組成は以下の各試験結果からも明らかのように、主成分鉍物がカオリナイト、石英で極く微量の長周期粘土鉍物が混在し、細脈状にデイッカイトがある。平均原鉍白度は85である。不純物としては割目に皮膜あるいは、汚染する水酸化鉄と微細な硫化鉄鉍が含まれる。

現在出鉍しているものを粉末にして顕微鏡観察を行ない、不純物である水酸化鉄、硫化鉄の含有量を判定し、平木カオリン特級、1級、2級、C級、の品位に選別している。なお、C級は硫化鉄を含有する鉍石の品種名で、その他の品種には硫化鉄はほとんど含まれない。

(1) 化学分析値, 比重, 耐火度, 焼成呈色

表-1 の化学分析値に示すように, Fe_2O_3 の値は C 級では 2 級より少ない. 表-2 に比重, 耐火度, 焼成呈色を示す.

Table 1. Chemical composition (%) of the Hiraki Kaolin.⁷⁾

Sample mark	Special class	1st class	2nd class	C class
Composition				
SiO_2	72.00	73.50	78.56	78.90
Al_2O_3	19.86	19.15	14.56	15.50
Fe_2O_3	0.16	0.20	0.28	0.22
CaO	0.10	0.17	0.16	0.20
MgO	0.03	0.02	0.02	0.03
K_2O	0.11	0.14	0.14	—
Na_2O	0.14	0.08	0.17	—
Ig. Loss	7.39	6.82	5.82	5.70
Total	99.79	100.08	99.71	100.55

Table 2. Specific gravity, refractoriness and coloration after burned of the Hiraki Kaolin.⁴⁾

	Specific gravity	Refractoriness	Coloration after burned
Special class	2.58	SK 31±	Pure white.
1st class	2.56	SK 31±	White, but is little red brown.
2nd class	2.51	SK 31-	White, but is a little red brown.
C class	2.51	SK 31±	White, but some are dotted with red brown.

図-5 は横軸にカオリナイトならびに石英の組成割合をとり, 縦軸には灼熱減量とこれに相当する理論的な SiO_2 および Al_2O_3 の重量比をとった. 実線は灼熱減量とカオリナイト並びに石英の組成の理論値との関係を示し, また破線は, 理論的な SiO_2 および Al_2O_3 の値と灼熱減量, カオリナイト, 石英などとの関係を示したものである.

次に黒点は, 鉢床で約 5~10 m おきに採集した試料 132 個についての灼熱減量と, 後述の X 線定量分析の結果との関係を示したものである (図-8 と表-3).

試料の耐火度は, 実測の結果, 図中の斜線の範囲にある.

現在, 平木鉢山では灼熱減量 3% 以下のものは廃石とし, 10% 以上のものはカオリナイトの含有量が多いものとして, 特に K 級と呼んでいる.

(2) 鉱物組成

各品位の鉢石を相当広範囲に採取粉碎してそれぞれの試料とし, X 線および熱分析による考察を行なった. X 線分析の結果, 2θ ($6^\circ \sim 50^\circ$) の間に図-6 のように, 高品位のものではカオリナイトの強いピークがみられるが, 低品位になるに従ってこれらの回折線は弱まっている.

3.35 Å, 4.21 Å などの強いピークは石英の特徴線であり, 7.1 Å, 3.57 Å などはカオリナイトの特徴ピークを現わしているのである.

また 7.1 Å, 4.43 Å, 3.57 Å のピークはナクライト, デイッカイト, カオリナイトも同付近で同様の回折 →

The solid and broken lines show the theoretical value of ignition loss, Al_2O_3 and SiO_2 contents. The dots stand for the relation between the ignition loss and the kaolinite-quartz ratio determined by X-ray diffraction analysis on 132 samples. The kaolinite-quartz ratios were corrected by the calibration curve given in Fig. 8.

The hatched area stands for the range of refractoriness.

Fig. 5. Relations between Ignition Loss, SiO_2 - Al_2O_3 ratio (%) and Kaolinite-Quartz ratio (%) of the Hiraki Kaolin.

→ ピークを示すので, X 線回折のみでは判別し難いために^{5), 6)} 後述のようにカオリナイトを同様に別試料で試験をすることによって, デイッカイトの存在を明らかにした.

14.7 Å および 5.0 Å 附近に認められるピークについてはモンモリロナイトの検討を必要とし, 9.9 Å, 9.6 Å 附近の弱いピークには雲母型の粘土鉱物が考えられるので^{3), 7)}, 後述の試験を行なった.

また, 30 Å 附近の回折線を伴う長周期粘土鉱物の存在が認められるが, なお今後の研究を要する点が多い.

示差熱分析では 500~600°C にカオリナイトの結晶水の脱水による吸熱ピークがあり, 980°C に発熱ピークがみられる.

X 線によるカオリナイトと石英の定量は試料粒子の方位配列, X 線強度の変動, 測定誤差などによって影響されるが⁸⁾, 著者らが行なった結果, 図-8 のようにカオリナイト 20~80% の間で大体直線的な検量線が得られた. この量比はカオリナイト (001) 面と, 石英 (10 $\bar{1}0$) 面のピークの高さの比によって測定したものである⁹⁾.

図-8 を用いて, 前述した 132 個の試料について X 線分析を行なった結果を表-3 に示した.

これにより, 本鉢床にはカオリナイト 30~60% のものが最も多いことがわかる.

(i) カオリナイト 平木カオリンのうち, カオリナイトが 60% 以上のものはいずれも優白色を呈するが蠟感が強くなりやや透明度を増す. 鉢体の正面裂罅に→

Hiraki Kaolin

(1) Special class K: Kaolinite

(2) 1st class Q: Quartz

(3) 2nd class L: Long-spacing clay mineral

(4) C class

CuK α Ni-Filter

35 kV 15 mA

Scale factor 16 slits 1°-1°-0.2

Multiplier 1

Time const. 2

Fig. 6. X-ray diffraction patterns of the Hiraki Kaolin.

Fig. 7. D.T.A. curve of the Hiraki Kaolin 1st class.

→ 発達するこれら蠟感を呈する試料についてさらに示差熱分析，電子顕微鏡により考察を加えた。これは同一化学成分のナクライト，デイッカイトがカオリナイトと良く似た回折ピークを示すために，X線回折のみで →

Table 3. Kaolinite Contents of 132 samples of the Hiraki Kaolin as determined by X-ray diffraction analysis (Fig. 10)

(collected at every 5~10 min the Hiraki Kaolin deposit).

Kaolinite (%)	0~30	30~60	60~80	80~100
K/Q	0.55-	0.55~1.22	1.22~1.68	1.68+
Number of Sample	12	108	7	5
(%)	9.1	81.8	5.3	3.8

Standard Specimen;

Quartz-Yagoya Mine

Kaolinite-Hiraki Mine,

CuK α 30 kV 15 mA

Ni-Filter

Scale factor 16

Multiplier 1

Time const. 2

Slit 1-1-0.2

Scanning speed 1°/min

Chart speed 1 cm/min

Scanning range

2 θ Q: 19°~23°

K: 11°~14°

Fig. 8. Calibration curve for the determination of the Kaolinite contents in the Hiraki Kaolin by X-ray diffraction.

→ は識別が不可能であるからである。

X線分析の結果をわが国で最も結晶度が高いものの一つとされている¹⁰⁾山口県蔵田鉱山のカオリナイトと比較した。

この試料では $d=4.48\text{Å} \sim 4.22\text{Å}$, $d=2.57\text{Å} \sim 2.50\text{Å}$

Table 4. X-ray data of Kaolinite (called the Hiraki Kaolin K class) as compared with the Kurata Kaolinite.

hkl	Hiraki Kaolinite		Kurata Kaolinite	
	$d(\text{Å})$	I	$d(\text{Å})$	I
(001)	7.24	100	7.15	105
	4.48	40	4.45	40
	4.39	50	4.35	45
	4.22	40	4.26	35
	3.86	20	3.84	10
(002)	3.60	80	3.57	10
	3.39	10	3.35	35
	3.36	10	3.12	5
	2.57	30	2.55	25
	2.54	20	2.52	20
(003)	2.50	30	2.49	30
	2.39	20	2.37	10
	2.34	50	2.33	40
	2.29	30	2.29	20
	2.19	10	2.20	5
(004)	1.99	20	1.98	15
	1.93	10	1.95	5
	1.84	10	1.85	5
	1.79	10	1.79	5
	1.68	20	1.68	10

Cu K α Ni-Filter 30 kV 15 mA

Fig. 9. D.T.A. Curve of the Hiraki Kaolin (called K class).

$d=2.39\text{Å} \sim 2.29\text{Å}$ にそれぞれ 3本の著しいピークを示し、これはカオリナイトの特徴と一致する⁹⁾

示差熱分析では 610°C に吸熱ピークを示し (図-9)、デイッカイト (図-12) に比べて対称的である。発熱ピークは 995° → 1,000°C 付近に現われてカオリナイトの特徴を良く示しており、上記 3本の回折ピークと 600°C

($\times 12,500$)

($\times 10,000$)

Fig. 10. Electron micrographs of the Hiraki Kaolin (K class).

付近の吸熱反応がナクライト、デイッカイトに較べて左右対称であることから¹³⁾、本試料はカオリナイトであることは間違いなく、また 100°C 付近の吸熱反応が認められいことと、X 線における 10.1 Å のピークがなく、図-10 に示した電子顕微鏡写真でも六角板状および不定形の薄い板状結晶が認められることから、棒状結晶で特徴づけられるハロイサイトの存在は考えられない。

(ii) デイッカイト 肉眼的には白色不透明で軟かく、指で摩擦すれば著しい絹糸光沢を呈する滑性に富む鉱物が、鉱体部正面の裂隙 N 40°E 方向に垂直に、最大厚み 3 cm 位の細脈として N 50°W 方向に存在する。また、同様鉱物がこぶし大の塊状としても散在しているのが認められる。

これらについて X 線、熱分析、加熱重量変化、電子顕微鏡などにより調べた。

試料としては小塊状のものをを用いた。

(1) Dickite found in the Hiraki Kaolin Deposit
(2) Dickite from Tomi¹²⁾
CuK α Ni-Filter 30 kV 15 mA

Fig. 11. X-ray diffraction patterns of dickite.

Fig. 12. D.T.A. curve of dickite found in the Hiraki Kaolin Deposit.

Fig. 13. Thermo balance curves of dickite.

本試料の X 線回折像は、従来報告^{9), 13), 15), 16)} されているデイッカイトに良く一致し、 $d=2.32$ Å 付近に強いピークを示しており、 $d=2.42$ Å 付近に最大を示すナクライトとは明らかに相違がある。

示差熱分析では 図-12 に見られるごとく 500°C より始まり、620°C 付近に小さなピークを示し、670°C で最大となり 700°C で終る大きな吸熱ピークと、980°C で始まり 1,000°C で最大、1,010°C で終る発熱ピークを示した。

これらはデイッカイトの特徴と一致し、河嶋により報告されている勝光山産のデイッカイトと非常に良く似ている¹⁴⁾。

加熱重量変化(図-13)では 500°C までは 1% 以下の重量減を示すが、500°C より結晶水の脱水が急激に始まり 650°C 前後で終わっている。100°C から 450°C 付近ではカオリナイト、ハロイサイトなどに比べてはるかに脱水量が少なく 0.5~1.0%，また 500°C~700°C 付近の結晶水の分解開始温度も明らかに高く、またその脱水速度も極めて緩慢である。

電子顕微鏡では明瞭な六角板状の結晶が見られ、大きさとしては図-14 のように 5 μ 位のものが多く。

以上の実験結果を総合して、本試料は少量の石英を含む以外はほとんど純粋なデイッカイトであることが明らかである。

しかしこのデイッカイトは、本鉱床において全体の分布から見れば極めて微量であり、鉱床的には何等問題にならないと考える。

Fig. 14. Electron micrograph of Dickite found in the Hiraki Kaolin Deposit.

(iii) 長周期粘土鉱物 これは副成分鉱物として混在するもので、X 線的には 30 Å, 15 Å 付近に特徴的な回折ピークを示す。図-6 の各品位の回折像においても 14.7 Å にピークが認められるが、軽質粉状の原石を試料として X 線分析を行なったところ、このピークが弱かったので、この粉砕後 200 メッシュを通過せるもの

を水簸し、これで定方位試料を作製して測定した。(表-5)。

水簸および定方位の試料では石英のピークは弱まりカオリナイトと長周期粘土の回折線が明瞭に現われてくる。定方位試料の 30.4 Å や 15 Å は原石と水簸試料の対応する反射の網面間隔と誤差の範囲で極めて良好な一致を示す。仮りに 30.4 Å を (001) 面の回折線とするならば、表-5 に示したような面指数 (001) が得られる。

しかし、以上の X 線分析ではその鉱物組成が解明できないので、さらにエチレングリコール処理を行なった。この場合 30.4 Å は 31.5 Å に、15 Å は 15.7 Å に転移したのみで、モンモリロナイトの特徴である 15 Å → 17 Å の転移^{(3), (16), (17), (18)}は認められなかった。

しかし、須藤による^{(16), (19), (20), (21)} 山口県蔵田鉱山、青森県上北鉱山、秋田県花岡鉱山(堤沢)の長周期を示す粘土鉱物、モンモリロン石-緑泥石の規則混合鉱物のような混合層鉱物は推定出来るが、今後の研究による追求が必要である。

Table 5. X-ray data of a long-spacing clay mineral found in the Hiraki Kaolin Deposit.

Mineral	hkl	Crude specimen		elutriated specimen		orientated specimen	
		$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I/I_1
L	001	30.4	0.18	29.4	0.67	30.4	0.80
L	002	15.2	0.14	14.7	0.95	15.0	1.00
L	003	—	—	9.6	0.27	9.7	0.36
L	—	—	—	7.9	0.24	8.0	0.20
K	—	7.2	0.69	7.2	1.00	7.2	0.90
L	006	—	—	4.9	0.35	4.9	0.60
K	—	4.48	0.17	4.48	0.18	—	—
K	—	4.39	0.17	4.35	0.18	—	—
LQ	007	4.27	0.46	4.27	0.28	4.27	0.05
K	—	4.00	0.16	3.97	0.16	3.97	0.10
K	—	—	—	3.86	0.13	—	—
L	008	3.70	0.14	3.67	0.28	3.69	0.30
K	—	3.59	0.57	3.59	1.00	3.59	0.90
Q	—	3.35	1.00	3.35	0.55	3.35	0.50
L	009	—	—	3.26	0.25	3.29	0.30
L	00,10	—	—	2.93	0.24	2.93	0.24
K	—	2.57	0.11	2.57	0.10	—	—
K	—	0.54	0.09	—	—	—	—
K	—	2.51	0.11	2.51	0.10	—	—
Q	—	2.46	0.18	2.46	0.12	—	—
K	—	2.39	0.11	2.39	0.21	2.39	0.25
K	—	2.33	0.14	2.33	0.12	—	—
K	—	2.28	0.19	2.28	0.12	—	—
Q	—	2.24	0.10	—	—	—	—
Q	—	2.13	0.13	2.13	0.07	—	—
K	—	1.98	0.11	1.98	0.10	—	—
Q	—	1.82	0.22	1.82	0.10	—	—
K	—	1.79	0.05	1.79	0.10	1.79	0.10
Q	—	1.67	0.12	—	—	—	—
K	—	1.66	0.09	1.66	0.10	—	—
Q	—	1.54	0.18	1.54	0.10	—	—
K	—	1.49	0.09	1.49	0.08	—	—
Q	—	1.45	0.05	—	—	—	—
Q	—	1.38	0.11	—	—	—	—
Q	—	1.37	0.16	—	—	—	—

Cu K α 30 kV 15 mA

L: Long-spacing clay mineral, K: Kaolinite,

Q: Quartz.

(iv) その他鉱体上盤、下盤の緑色粘土鉱物および→

→ 西戸、廻淵白色凝灰岩の沸石 鉱体の上盤、下盤には共に角礫凝灰岩、凝灰岩を母岩とする微変質帯、弱変質帯があり、両変質帯に緑色を呈する粘土鉱物がみられる。

この粘土鉱物は顕微鏡では緑色繊維状に見られ、二次的に生成されたものと考えられる。原石では石英を多量に含むため水簸、遠心分離により出来るだけ純粋にし、X 線分析を行なった。

表-6 のように $d=13\text{\AA}$ から $9\text{\AA}$ にわたって幅広い弱いピークが見られる。分離試料では $10\text{\AA}$ にやや明瞭なピークが認められる。このような $10\text{\AA}$ 付近の回折線を示すものには、セラドナイト、アタパルジャイトなどが考えられるが⁽¹²⁾、これは全体の回折線と一致しない。

また、エチレングリコール処理によってもほとんど変化がなく、現在までの試験結果では黒雲母型の粘土鉱物で、かつ単一鉱物ではないと推定し得るのみで、著者らはその組成を決定するに至っていない。

Table 6. X-ray data of green clay minerals in the wall rocks of the ore body of the Hiraki Kaolin Deposit.

crude specimen		elutriated specimen		orientated specimen		separated specimen	
$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I
12.5~11.0	b	13.5~9.3	b	11.4	b	10.0	b
—	—	6.60	0.30	6.65	0.44	—	—
—	—	—	—	5.47	0.39	—	—
5.06	0.13	5.06	0.37	5.06	0.71	—	—
4.53	0.26	4.48	0.45	4.59	0.37	4.45	b
4.27	0.33	4.27	0.54	4.27	0.66	4.27	s
—	—	3.98	0.31	3.98	0.44	—	—
3.80	0.20	3.80	0.62	3.80	0.63	—	—
3.70	0.18	3.64	0.35	3.64	0.45	3.70	ms
—	—	3.49	0.50	3.49	0.52	—	—
3.36	1.00	3.36	1.00	3.36	1.00	3.36	vs
3.25	0.20	3.25	0.79	3.25	0.85	—	—
3.00	0.13	3.00	0.49	3.00	0.55	3.09	s
2.92	0.12	2.92	0.35	2.92	0.45	—	—
—	—	2.77	0.25	2.77	0.31	—	—
2.59	0.22	2.59	0.46	2.59	0.37	2.59	ms
—	—	—	—	2.53	0.32	—	—
2.46	0.16	2.46	0.22	2.46	0.23	2.46	w
2.40	0.09	2.40	0.22	2.40	0.27	2.40	w
2.28	0.13	—	—	—	—	2.28	w
2.24	0.09	—	—	—	—	2.24	w
2.17	0.10	2.17	0.25	2.17	0.25	—	—
2.13	0.11	2.13	0.25	2.13	0.27	2.13	w
2.01	0.09	2.01	0.20	2.01	0.30	—	—
1.98	0.10	1.98	0.22	1.98	0.30	1.98	ms
—	—	1.93	0.20	1.93	0.20	—	—
1.82	0.19	1.82	0.20	—	—	1.82	vw
—	—	1.80	0.23	1.80	0.17	—	—
1.66	0.08	—	—	—	—	1.66	vw
1.54	0.13	1.54	0.20	—	—	1.54	vw
1.49	0.12	1.49	0.20	1.49	0.17	1.49	vw

Cu K α 30 kV 15 mA

また西戸および廻淵付近にある白色緻密な凝灰岩に含まれる沸石を X 線、示差熱分析によりクリノプテル沸石と断定した^{(22), (23)}。

図-16 の顕微鏡写真ではクリノプテル沸石の柱状結晶が、火山ガラスを交代して集合しているのがみられる。

Table 7. X-ray data of clinoptilolite found in zeolitic tuff exposed in the Saido and Mawaribuchi districts, Hyōgo Pref.

① Saido clinoptilolite		② Mawaribuchi clinoptilolite	
$d(\text{\AA})$	I/I_1	$d(\text{\AA})$	I/I_1
9.01	0.7	9.01	0.6
8.03	0.4	—	—
—	—	6.86	0.4
6.65	0.39	6.70	0.3
6.10	0.35	—	—
5.82	0.35	—	—
5.27	0.39	5.27	0.36
5.14	0.44	5.15	0.36
4.66	0.38	4.67	0.35
4.54	0.38	—	—
4.26	0.44	—	—
—	—	4.09	0.7
4.00	1.0	4.00	1.0
3.93	0.7	3.93	0.6
3.57	0.39	3.56	0.35
3.50	0.55	3.47	0.52
3.43	0.56	3.43	0.51
3.36	0.4	3.35	0.37
3.22	0.52	3.22	0.46
3.18	0.58	3.18	0.48
—	—	3.12	0.36
2.99	0.55	2.98	0.50
2.81	0.40	2.81	0.35

CuK α , Ni-Filter, 25 kV 15 mA

Fig. 15. D.T.A. curves of heulandite and clinoptilolite.

Fig. 16. Micrograph of clinoptilolite found in the Saido district, Hyōgo Pref.

VI. 結 語

以上、平木カオリン鉱床付近の性質、鉱床および鉱石

の鉱物組成について研究を行なったが、総括して次のようなことが明らかになった。

1. 平木カオリン鉱床は、地質上、有馬層群に胚胎し、鉱床付近には流紋岩熔岩、流紋岩質石英安山岩の熔結凝灰岩、角礫凝灰岩が広範に分布している。有馬層群は上部、下部の二累層にわけられる。さらに下部累層は3つの部層に分類される。

2. 鉱床はこれら凝灰岩にたいして流紋岩の貫入にともなう熱水性交代作用により、変質交代されたカオリン質鉱床で、ほぼ北東～南西の方向に連続する鉱床である。

3. 鉱石は優白色を呈し、やや軟質の塊状および粉状鉱である。その鉱物組成は、結晶度の高いカオリナイト(30～60重量%程度)、および石英を主成分とし、長周期粘土鉱物および微量のデッカイイトが認められ、硫化鉄は極く一部に鉱染し、鉄分は比較的少く、焼成呈色は白色、耐火度はSK 31±である。

4. 鉱量は確定70万t、賦存予想150万tを超える。

文 献

- 1) 兵庫県。兵庫県地質鉱産図説明書(1961)
- 2) 松下 進。近畿地方、日本地方地質誌、朝倉書店(1953)
- 3) 須藤俊男。粘土鉱物(1953) 岩波書店
- 4) 田中 稔。兵庫県丹波窯業指導所研究報告[S-36] 73-76(1961)
- 5) 窯業原料協議会編。窯業原料第2集(1950)
- 6) Molly, M.W. and Kerr, P.F. *Amer. Mineral.*, **46** [5-6] 583-606(1961)
- 7) 久保輝一郎、加藤誠範。X線回折による化学分析(1955) 日刊工業新聞社
- 8) 飯高洋一。粘土雑誌, **3** [4] 244-65(1957)
- 9) 岩井津一、宇田川重和。窯協, **62** [703] 753-57(1954)
- 10) 須藤俊男。粘土雑誌, **3** [4] 286-300(1957)
- 11) R.C. Mackenzie, *Differential Thermal Invest of Clay Mineral*: Soc. London. (1957)
- 12) 岩生周一。粘土科学の進歩(1) 57-77(1959), 技報堂
- 13) 杉浦精治、中野 寿。粘土科学の進歩(2) 107-14(1960) 技報堂
- 14) 河嶋千尋。粘土とその利用 64-108, 112-27(1958)(朝倉書店)
- 15) 湊 秀雄、岩井津一、武司秀夫。粘土とその利用, 143-59(1958)(同上)
- 16) 須藤俊男。粘土とその利用, 173-201(1958)(同上)
- 17) Grim, R.E., *Clay Mineralogy* (1953)
- 18) 田中信也。九州粘土学会誌, **28** [6] 235-53(1960)
- 19) 須藤俊男。地質雑誌, **61** [716] 200-208(1955)
- 20) 須藤俊男。Mineralogical Study on Clay of Japan (1959)
- 21) 須藤俊男。粘土科学の進歩(1) 33-53(1959)(技報堂)
- 22) 小泉光恵、桐山良一。粘土雑誌, **1** [5] 334(1954)
- 23) Mumpton, F.A., *Amer. Mineral.*, **45** [3-4] 351-69(1960)

(1/16/63 受付)