

表 3-22 から FB-1 の 1~5mm の粒状品を酸処理することにより、白色度の目安である L 値は、概略 60%から 71~73%程度に向上する。すなわち、高級陶磁器原料としては十分な白色度ではないが中級品としては十分である。

次に雲母を除去した微粉品の酸処理では、白色度の向上は期待できない。これはすでに白色度が 71%で鉄分が 0.3%と少ないことと、微粉部分の脱鉄が困難な雲母が混入しているためと判断される。酸処理により白色度は約 10%増加する。

なお、化学分析による鉄分の含有量の減少については試験していないので不明である。

### (3) FB-3 の試験結果

Banjarnegara 長石 (FB-3) の酸処理による脱鉄試験は原鉱を水洗粉碎し粒度範囲 1~2mm の粒状品について試験した。その結果は表 3-23 のとおりである。

FB-3 の粒状品を酸処理することにより白色度の目安である L 値は 72.9%から約 79.5%まで向上した。また、含有鉄分も 1%から 0.36%まで低下させることができた。唯一回の結果であるので確実なことはいえないが、粒状品を酸処理することにより白色度が要求される高級陶磁器原料の一つとして使用可能と判断される。

なお Banjarnegara 長石の粒度別の篩い分け試験で雲母を除去することにより焼成呈色が良くなることはわかっているが、溶けが悪くなることが問題である。

## 3.4.3 磁力脱鉄試験

### 3.4.3.1 試験方法

#### (1) 試験試料

150  $\mu$  以下に粉碎した試料 200~300g に水 1L を添加して懸濁液を作成し試験試料とした。

#### (2) 装置

脱鉄試験用の磁力選鉱機として日本磁力選鉱株式会社製の湿式高磁束試験機 (WFG 型) を使用した。なお、磁極ケースには 6.35mm  $\phi$  の鉄球 2kg を充填した。

#### (3) 方法等

- 1) 給鉱槽に試料懸濁液を注入し攪拌機を 500rpm で回転させながら試験試料の沈殿を防止した。
- 2) 電圧調整器により所定の電流を流して磁極ケース中の鉄球の表面に所定の磁力密度を発生させた。

なお、電流と磁力密度は下記のとおりである。

2 Ampere	5,000 Gauss
4 Ampere	10,000 Gauss
14 Ampere	25,000 Gauss

3) 給鉱槽の下部にある仕切弁を開き試料懸濁液を 0.5L/min の速度で磁極ケース内を通過させて受箱に脱鉄された試料懸濁液を回収した。

なお、磁極ケース内を通過させる方法として Over Flow Type を採用した。

4) 1)~3) の操作を 5,000Gauss、10,000Gauss、25,000Gauss でそれぞれ各 1 回、合計 3 回繰り返した。

5) 回収された試料懸濁液は 100℃以下の温度で加熱乾燥して脱鉄サンプルとして秤量し A (g)とした。

6) 磁極ケース内の鉄球に付着した磁性体を含む試料は電流を停止した後、水で洗い流し受箱に鉄含有付着物の懸濁液として回収した。

7) 鉄含有付着物の懸濁液は 100℃以下の温度で加熱乾燥して鉄含有付着サンプルとして秤量し B (g)とした。

8) 各々の収率は次式により計算した。

$$\text{脱鉄サンプルの収率 (\%)} = \frac{A}{\text{試料の重量}} \times 100$$

$$\text{鉄含有付着サンプルの収率 (\%)} = \frac{B}{\text{試料の重量}} \times 100$$

9) 評価は化学分析および焼成呈色試験で行った。

### 3.4.3.2 試験結果

磁力選鉱機による原料中の脱鉄試験については Sukabumi 粘土、Banjarnegara 長石、Lampung 長石の 3 種類について実施した。なお、Sukabumi 粘土については脱鉄条件や等級 (gradc) の差などで 5 回実施したので、試験回数は総計 7 回である。試験結果の一覧表を表 3-28 に示す。

#### (1) Sukabumi 粘土の試験結果

表 3-28 に示すように脱鉄条件を変えても鉄分の含有量の低下は認められなかった。焼成呈色試験での白色度 (L 値) も CSS については認められないが、CS-1 については 5%程度の向上が認められる。しかし、いずれも絶対値が 60%以下で白色陶磁器の原料としては使用できない。

これらの結果は、粘土の鉄分はすでに酸化されており、しかも、粒子が細かいので、鉄球に吸着されるほどまで十分に励磁されないためと判断される。なお、脱鉄試験によるロスは15%以下にすることは可能である。

## (2) Banjarnegara 長石の試験結果

表 3-28 の No.5 に示すように FB1/3 の磁力選鉱機による脱鉄試験の結果、鉄分の含有量は1~2%から、0.12%まで低下した。また、焼成呈色試験での白色度 (L 値) も 58.7%から 78.9%まで向上することができた。

以上の結果から白色度に関しては脱鉄試験により、白色陶磁器の補助原料として使用可能と判断される。なお、主要な長石原料として使用するためには、アルカリ量が7%程度と低めであるから、他の何らかの精製試験によるアルカリ量の増加対策が必要である。

## (3) Lampung 長石の試験結果

表 3-28 の No.7 に示すように FL3/4 の磁力選鉱機による脱鉄試験の結果、鉄分の含有量は0.51%から 0.27%まで低下させることができた。しかし焼成呈色試験での白色度 (L 値) の向上は認められなかった。白色度の向上には鉄分の含有量を 0.2%以下まで脱鉄することが必要と考える。そのために脱鉄条件を再検討するか、他の何らかの精製試験による鉄分含有量の低下とアルカリ量の増加対策が必要である。

なお、FL3/4 を脱鉄した原料の白色度 (L 値) の絶対値は 68%程度であるから、普通品の陶磁器原料の増量剤として他のアルカリ含有量の高い長石原料と併用する方法や調合量を考慮するなどの対策により十分使用可能と考えられる。

### 3.4.4 ウォーターサイクロンによる粘土の水簸試験

#### 3.4.4.1 試験方法

試料: Sukabumi 粘土 5 種類 (CS-1、CSS、CS 1 級、CS 2 級、CS 赤) および  
Monterado 粘土 1 種類 (CM-2) 計 6 種類

試験機: 日本分離技術社製 スーパー-50、25

試験条件: サンプル量: 5kg

固形分濃度: 10%

サイクロンタイプ: Super-50

ノズル径: 5mm (Sukabumi 粘土)、3mm (Monterado 粘土)

なお、上記試験条件は標準的なものであり、溶液濃度、液圧、ノズル径などの設定を変更することにより、分離状態を変えることができる。

#### 3.4.4.2 試験結果

表 3-29 に、分離比率、粒度構成比率、化学組成および分離した試料をピースに成形し、1,250℃酸化雰囲気中で焼成したものについて測定した色度を示した。

表 3-30 に各種の Sukabumi 粘土の焼成ピースについて測定した一般物性の測定値を示す。

#### 3.4.4.3 試験結果の評価

(1) ウォーターサイクロンは表 3-29 あるいは表 3-30 のデータ、例えば粒径、一般物性、色度（外観）などから見て、粘土成分と珪石を主体とする砂粒成分の分離にかなり効果があったことを示している。

(2) ただ CS-1、CS-First Grade のように、化学分析以外のデータでは、オーバーフローとアンダーフローとの間に判然とした差があるが、化学分析値においては余り差が認められない例もある。

これはウォーターサイクロンの分離機能からいって、粘土分と珪砂分とを完全に分離することはできないので、本来珪砂が主体であるべきアンダーフローの量が少ないところへ粘土系粗粒が混入し、 $Al_2O_3$ %を高めるケースとウォーターサイクロンの設定条件（液圧、ノズル径、粒度など）が不適なケースが考えられるが、後者であれば設定条件を変えて、分離状態の変化を確認する必要がある。

(3) 一般に窯業原料中の有害成分と見なされている、鉄化合物はデータを見てもオーバーフロー（粘土主体）の方に濃縮されると見るべきであろう。ただし CS-1 のアンダーフローに  $Fe_2O_3$  が 8.03%と異常に多いのは、粘土中に酸化鉄など鉄化合物が粗粒として存在する疑いがある。

(4) Monterado 粘土については次のように評価することができる。

- 1) 珪砂を主体としたアンダーフロー部分の比率は、わずかに 10%程度であり、これも微粒であって精製なしで使用しても、品質上特に問題ない。
- 2) 原土の  $Al_2O_3$ %は 36.28%（焼成ベース）あり、精製なしでも十分耐火原料として通用する。
- 3) 白磁用原料として有害成分とされている  $Fe_2O_3$  および  $TiO_2$  についてはそれぞれ含有%

は表 3-29 のとおりである。従って、精製処理することにより、有害成分が濃縮する形になり、その効果は認められない。

以上のような理由で、Monterado 粘土 (CM-2) についてはウォーターサイクロン処理は無用と判断する。

(5) ウォーターサイクロンによる分離効果を品質面で判定するためには、化学分析、粒度分析以外に焼成ピースによる一般物性テストが、焼結面から見た珪石と粘土の影響を判断できるので有効である。

色差計による測定値は、目視判定と一致する。色差計による判定は個人差、主観差の排除というメリットはあるが、焼成色を重要な判定要素とする窯業原料の判定方法としては力不足の点がある。やはり目視判定を平行させ補完することが望ましい。

#### 3.4.4.4 詳細データへの示唆

工業化（企業化）の基礎データを採取するという立場からは、次の点で留意することが必要である。

(1) 分級のメリット、デメリットを確認する裏付けテストを平行させること。

Sukabumi 粘土をウォーターサイクロンにより分級した場合、オーバーフロー分は粘土の比率が大きくなるため、可塑性は増大するが、鉄など有害成分が濃縮される結果、呈色は不良の方向へ向かう。一方、アンダーフロー分は珪砂の比率が大きくなるため、可塑性は全くなく焼成収縮はゼロ、あるいはプラスの方向に向かい、焼結性は不良、従って焼成強度は極端に減少するが焼成呈色は白に近づく。

簡単にいえば、分離精製することにより、ほとんど両極端の2種類の原料になる。

Sukabumi 粘土の需要サイトからいえば、このような現象は、坏土配合や成型焼成など製造条件の根本的な変更につながることになるので、ウォーターサイクロンによる分級テストは、焼成工程をともなう窯業分野においては坏土配合試験まで研究の裾野を広げないと、実効がない。

(2) 分級品のグレードアップと全量活用をはかること。

ウォーターサイクロンによる分級は、精製処理による歩留まり低下と、コストアップに対する対策が必要である。

前者については、アンダーフローに集まる珪砂の活用がポイントで、そのためには精製珪砂の用途開発と、ウォーターサイクロンに篩分け装置を組み合わせた精製分級技術の確立が

必要であろう。

コストアップに対しては、確実に 1 グレード上の用途に使用できることが条件で、例えば Sukabumi 粘土を精製することにより、少なくとも磁器坯土のメイン原料として安定使用できる品質の確立が必要になる。従って、中途半端なグレードアップは産業的な見地から見れば全く意味がない。

(3) どのようなケースで粘土あるいはカオリン類がウォーターサイクロンあるいはその他の水簸処理に値するか、実施例を研究すること。

カオリンあるいは蛙目粘土など石質あるいは砂粒部分と、カオリンあるいは微粒部を分離しないと、需要サイドが要求する品位に達しない時、はじめて精製の対象になる。精製処理しないでも、なんとか使用できる原料を精製するのは得策でない。

#### 3.4.5 浮遊選鉱試験

(1) 目的

Banjarnegara および Lampung 長石の精製テストは、これらの長石を、例えば良質のインド長石のように磁器坯土あるいは、釉薬原料として安定使用できるまでグレードアップすることを目的とする。

具体的にはアルカリ ( $K_2O + Na_2O$ ) 含有量 10-15%、着色有害成分としての  $Fe_2O_3$  の 0.3%以下を精製の目標値として念頭におかなければならない。

この点からすれば、インドネシアにおいては比較的良質ということで、今回取り上げた FB1/3 においても  $K_2O + Na_2O \approx 8.5\%$ 、 $Fe_2O_3 = 1.06\%$  であり FL3/4 においては  $K_2O + Na_2O \approx 7\%$ 、 $Fe_2O_3 = 0.35\%$  なのでアルカリを濃縮する手段としては Floatation に頼る他ないが、分離精度や経済性を高めるためには、原石の性状（風化度合い、鉱物組成、結晶構造など）に応じ、次のような前処理を Floatation と適宜組み合わせる必要がある。

- 1) できるだけ長石、珪石、雲母類、酸化鉄など構成鉱物が分離しやすい粒度に破碎、篩分け
- 2) 水洗による有害鉱物（雲母、酸化合物など）の除去
- 3) 浮選分離に適した粒度に微粉碎

ようするに、効率の良い Floatation の条件をつかむためには、まず、前処理の研究が大切である。なお、別表の試験条件、試薬などは標準的なものであり、粒度を含む前処理の方法、試薬の種類、処理時間などを変更することにより、分離効果を向上させる研究を進める必要がある。

## (2) 試験方法

試料: Banjarnegara 長石 (FB-1、2、3) および Lampung 長石 (FL-3、4)

試験機: 京大式 Floatation Test Machine

試験条件: 図 3-8 および 3-9 のとおり。

## (3) 試験結果

表 3-31 のとおり。

## (4) 試験結果の評価

試料 FB-2 によるテストは、トレーニングの意味で行っているもので、評価対象から除く。ただし、ロスを除く、1st、2nd Floatation の重量比率は表 3-31 のとおりで、あまり大きなブレはない。

なお、念のため、分離したサンプルについて Micro Scope により鉱物組成をチェックしたが、1st Floatation については Muscovite、2nd Floatation の Over Flow については Feldspar、Bottom については Quartz の存在が顕著であることがわかった。

以上により、今回設定した、テスト基準は正しいことが証明された。

正規テスト 3 件の中

- 1) FB-1/FB-3 を試料とし、BBK 在庫の試薬を使いテストしたケースについては Material Balance で First Floatation が 30.3% と非常に高く、2nd Floatation が 4.6% と非常に低いので、異常値として検討対象から除くことにしたい。
- 2) FB-1/FB-3 を試料とし、日本製試薬を使用したケースについては、 $K_2O + Na_2O \approx 9.8\%$  に達し、収率  $\approx 27.9\%$  なので、一応の成果があがったものと判断するが、色度において L 値が低いので、今後前処理条件の変更などにより、一層の鉄分除去、あるいは  $K_2O + Na_2O$  の濃縮を研究すべきであろう。
- 3) FL-3/FL-4 を試料とし、日本製試薬を用いたケースについては、事前に Magnetic Ferro Filter により脱鉄したものを供試したのでその効果を示すと表 3-31 のようになる。

表 3-31 の数値からいえば、前処理としての脱鉄効果は大きいといえない。次に 2nd Floatation の効果を見ると、 $K_2O + Na_2O$  は、脱鉄品が 6.62% なのに対し、2nd Floatation の Over Flow では 7.54% であり、鉄分も 0.36% なので、目標品質との間にかなり差がある。

収率は 25.1%で見かけ上は妥当といえるが、 $K_2O + Na_2O$  含有量が低いので  $K_2O + Na_2O$  量を加味した収率は Banjarnegara 長石より低い。一方、L 値は 70.6 と Banjarnegara 長石の 39.8 よりかなり高い。いずれにせよ、Banjarnegara 長石と同様、前処理条件を変更して追加テストを行い、収率アップの可能性をさぐる必要がある。これとともに、Lampung および Banjarnegara とも 2nd Floatation の Over Flow を溶融テストにかけ、上記呈色を含め評価するのが良いと考える。



表3-1 採集原料サンプルの明細

Sample No. <sup>1)</sup>	Quarrying Site	Name of Quarrying Company	Remarks	Quantity (kg)
1. Feldspar				
* FLS	Lodoyo		Standard feldspar of BBK	
O FP	Pangaribuan	PT. Mica Nic Maduma	( Collected by BBK )	40
O FB-1	Banjarnegara	Perusahaan Daerah (Kalitengah)	( Collected by BBK )	50
# FB-2	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# FB-3	-ditto-	-ditto-	( Collected by the Team )	50
# FB-4	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# FB-5	-ditto-	Mr. Agus Sunaryo (Kebon Dalem)	( -ditto- )	50
# FB-6	-ditto-	CV. Purwogiri (Kebutuh Jurag)	( -ditto- )	50
# FL-1	Lampung		Mixture of 5 samples ( Collected by BBK )	12
# FL-2	-ditto-		( -ditto- )	6
O FN-1	Narawita	Pusaka Jaya	( Collected by the Team )	50
# FN-2	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
FN-3/QN	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# FJ	Jepara		( Collected by BBK )	50
2. Clay				
O CP-1	Parungpanjang	Mr. H. Makmun	( Collected by BBK )	50
# CP-2	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# CP-3	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# CP-4	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# CM	Montirado	PT. Tarumanegara Bumi Yasa	( Collected by BBK )	2
CM-2	-ditto-	( Sent from PT. Sumberaya Kendimasindo )		
* CSS	Sukabumi		Standard clay of BBK	
# CS-1	-ditto-	Desa Sirmaesmi	( Collected by the Team )	50
O CS-2	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
O CS-3	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
O CC	Cipeundeuy	Bumi Kita	( Collected by the Team )	50
3. Kaolin				
* KBS	Belitung		Standard kaolin of BBK	
O KB	-ditto-		( Collected by BBK )	50
4. Toseki (China stone)				
TP-1	Pacitan	Mr. Misani (Ds. Karanggade)	( Collected by BBK )	50
TP-2	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	50
# TP-3	-ditto-	-ditto-	( Collected by the Team )	20
O TP-4	-ditto-	-ditto-	( -ditto- )	20
5. Quartz				
* QBS	Belitung		Standard quartz of BBK	

Note 1): The samples with mark O are those selected for cross test in Japan. Those with mark # are the samples to be tested for further clarification in Japan. Those with mark \* are standard sample of BBK.

表3-2 1次評価結果のまとめ (1) (焼成呈色)

Sample No.	Color before firing	Color after firing		Remarks
		at 1,000°C (electric kiln)	at 1,250°C (gas kiln) (with mix of Indian feldspar)	
1. Feldspar				
FLS	Light yellow	-	Light brack	Melt at 1,250°Cx1hr
FP	Light gray	White	Light gray	
FB-1	Light green- gray	Beige	Light brown	
FB-2	Light green	Beige	Beige	
FB-3	Yellowish gray	-	Beige	
FB-4	Beige	-	Light brown	
FB-5	Light green- gray	-	Beige	
FB-6	Yellowish brown	-	Beige	Melt at 1,250°Cx1hr
FL-1	Beige	Light red	Black	Melt at 1,250°Cx1hr
FL-2	Beige	Light orange	Gray with black spot	
FN-1	White	White	Gray (1)	
FN-2	Yellowish brown	Light orange	Black gray	
FN-3/QN	Yellowish brown	Light orange	Gray (2)	
FJ	Beige	Light red	Black	Melt at 1,250°Cx1hr
2. Clay				
CP-1	Gray	Light orange	Gray (2)	Gray
CP-2	Brown- gray	Light red	Brown	Black
CP-3	Light red	Light red	Reddish brown	Black
CP-4	Red	Red	Dark red	Black
CM	Light gray	-	Gray	-
CM-2	Light gray	-	Gray	-
CSS	Dark gray	-	Beige	-
CS-1	Orange- yellowish brown	Light red	Brown	Yellow - green
CS-2	yellowish brown	Red	Dark red	Dark red
CS-3	Beige	Light orange	Cream	Cream
CC	Light green - gray	Cream	Cream	Gray
3. Kaolin				
KBS	White	-	Cream	QBS (White→Cream)
KB	White	White	Light gray	Light gray
4. Toseki (China Stone)				
TP-1	White	White	Cream	Light gray
TP-2	White	White	Cream	Light gray
TP-3	Gray	-	Cream	-
TP-4	Yellowish Brown	-	Cream	-
5. Quartz				
QBS	White	-	Cream	-

表3-3 1次評価結果のまとめ (2) (鉱物組成分析)

Sample No.	Mineral Composition	Remarks
1. Feldspar		
FP	Microcline	Lesser quartz content
FB-1	Albite, Quartz, Microcline	
FB-2	Albite, Quartz, Microcline	
FB-3	Albite, Quartz, Microcline	
FB-4	Albite, Quartz, Microcline	
FB-5	Albite, Quartz, Microcline	
FB-6	Albite, Quartz, Microcline	
FL-1	Albite, Quartz, Microcline, Cristobalite	
FL-2	Albite, Quartz, Microcline, Mica	
FN-1	Sanidine, Tridymite, Cristobalite, Sericite(?)	
FN-2	Sanidine, Tridymite, Cristobalite	
FN-3/QN	Sanidine, Tridymite, Cristobalite, Quartz	High SiO <sub>2</sub> content
FJ	Albite	Lesser quartz content
2. Clay		
CP-1	Halloysite, Quartz, Montmorillonite, Cristobalite	A little mica content
CP-2	Halloysite, Quartz, Montmorillonite, Cristobalite	CP-1 and CP-2 have almost same quality in X-ray analysis
CP-3	Halloysite, Quartz, Montmorillonite, Cristobalite	
CP-4	Halloysite, Quartz	High quartz content
CM		
CS-1	Kaolinite, Sericite (Mica?), Quartz	
CS-2	Kaolinite, Sericite (Mica?), Quartz	
CS-3	Kaolinite, Sericite (Mica?), Quartz	High quartz content
CC	Kaolinite, Cristobalite, Sericite	
3. Kaolin		
KB	Kaolinite	Mica is contained a little
4. Toseki (China Stone)		
TP-1	Quartz, Sericite, Pyrophyllite	
TP-2	Quartz, Sericite, Pyrophyllite	
TP-3	Quartz, Sericite	
TP-4	Quartz, Sericite	TP-1 and TP-2 have almost same quality in X-ray analysis

表3-4 1次評価結果のまとめ (3) (粘土の可塑性評価)

Sample No.	Maximum percentage of silica sand without crack in bending of clay	Plasticity Evaluation by Silica Sand Content													Water content in powder clay	Residue on #325 screen	Remarks
		Quantity of powder peeled off when scrubbed by finger <sup>(*)</sup>															
		Silica Sand Content (%)															
		50	52	60	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78			
1. Clay	%																
CP-1	76											trace	△	△			9
CP-2	76											trace	△	△			0.24
CP-3	74									trace	△						3.21
CP-4	(66) <sup>(*)</sup>					trace	△	X				△					2.02
CM	-																14.97
CS-1	70							trace	△	△		△					0.34
CS-2	(46) <sup>(*)</sup>	△	X	X			X					X					6.32
CS-3	-																-
CC	64				trace	△	△					X					8.85
2. Kaolin																	
KB	68						trace	△	△								0.14

Notes: (\*) Estimate  
 (\*)2) △Significant

表3-5 焼成試験片の色調

Sample	1,250°C-OF E-Kiln in Japan			1,250°C-RF E-Kiln in Japan			1,300°C-RF G-Kiln in Japan			1,250°C-RF G-Kiln in BBK			Remarks
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	
FP	84.3	0.5	4.3	89.9	-0.3	1.0	80.8	-0.7	0.3	64.5	-0.7	0.2	O
FB-1	54.2	9.5	16.9	63.0	-1.4	0.7	61.0	4.0	16.5	58.6	3.2	8.4	O
FB-2										65.4	1.3	8.4	
FB-3	55.3	9.2	17.7	68.4	-1.2	10.8	62.3	4.9	19.0	70.5	1.3	5.6	#
FB-4	54.6	7.3	16.4	72.1	-1.3	9.5	56.4	13.1	24.3	71.5	0.4	6.3	#
FB-5	51.7	8.0	15.3	70.1	-1.2	9.1	50.1	10.2	24.1	64.6	0.2	9.4	#
FB-6	62.2	6.9	17.7	79.2	-1.7	9.0	69.7	6.1	21.3	59.5	-0.2	8.2	#
FL-1										34.3	0.1	1.0	
FL-2	63.8	3.6	11.6	72.0	-0.7	7.6	71.1	-0.8	6.6	70.9	0.3	7.1	#
FN-1	79.7	-0.1	13.0	80.4	-0.1	1.0	77.0	-0.9	2.5	65.7	-0.9	4.6	O
FN-2	56.2	5.8	18.7	64.7	-0.6	7.8	56.7	3.4	18.3	49.0	-0.1	3.0	#
FN-3/QN										59.3	-0.3	7.5	
FJ	32.7	8.6	21.2	19.1	1.5	6.6	26.1	3.1	12.0	25.0	-0.3	-2.6	#
FLS										40.4	0.8	4.0	
CP-1	72.8	0.2	16.8	60.4	1.7	3.5	56.8	0.3	8.7	61.5	0.1	10.9	O
CP-2	50.3	13.5	15.4	32.1	0.4	2.0	42.9	11.7	11.4	46.7	9.7	13.4	#
CP-3	46.3	14.7	13.6	33.3	0.7	2.9	43.2	7.8	3.8	42.9	7.3	8.2	#
CP-4	46.3	15.0	16.8	30.9	3.0	5.3	38.2	10.5	9.5	39.3	2.8	3.1	#
CM	87.1	0.0	15.0	72.7	1.2	14.1	88.3	0.8	12.7	70.5	0.1	6.2	#
CM-2										66.0	0.1	9.8	
CSS										60.5	0.6	14.9	
CSS-A										75.5	-1.0	10.8	
CSS-B										60.0	0.8	15.1	
CS-1	48.4	3.4	10.0	40.6	1.3	4.2	43.0	3.9	5.3	50.7	5.0	16.1	#
CS-2	41.3	18.3	20.1	26.7	0.3	-1.2	40.1	3.2	0.0	37.8	3.0	2.3	O
CS-3										80.0	0.7	10.8	
CC	88.0	0.0	12.5	60.6	1.3	4.6	85.4	2.1	17.1	87.9	0.1	11.7	O
KBS										77.3	0.6	1.9	
KB	96.9	-0.6	4.4	92.1	0.0	1.6	97.2	-0.7	4.4	96.0	-1.0	8.4	O
QBS										93.6	-0.7	9.6	
TP-1										87.3	-0.4	10.6	
TP-2	85.9	1.6	9.6	78.4	0.3	-0.2	83.9	1.7	8.9	84.3	0.0	9.7	#
TP-3										84.7	0.9	10.6	
TP-4	90.0	1.3	9.4	84.9	0.4	1.6	89.4	1.0	9.4	87.2	0.8	10.6	O

Notes: OF and RF mean firing condition, oxidation and reduction respectively. E-Kiln and G-Kiln mean electric and gas kiln.

The samples marked by O are cross check samples and marked by # are additional samples.

Samples are fired by Taiko Refractory Co. and measured by Saga Ceramic Research Laboratory in Japan, and fired and measured by BBK in Indonesia.

表3-6 BBK と日本における X線回折結果の比較

Sample	Analysis Results	
	in BBK	in Japan
FP	Micro.	Micro., Q., Albi.
FB-1	Albi. Q. Micro. (Sani.)	Q., Albi., Micro., Mica (Zinnwaldite)
FB-2	Albi. Q. Micro. (Sani.)	
FB-3	Albi. Q. Micro. (Sani.)	Q., Albi., Micro., Musco.
FB-4	Albi. Q. Micro. (Sani.)	Q., Albi., Micro.
FB-5	Albi. Q. Micro. (Sani.)	Q., Micro., Musco.
FB-6		Q., Albi., Micro.
FL-1	Albi. Q. Micro. Cris.	
FL-2	Albi. Q. Micro. Mica.	Q., Albi., Micro., Musco.
FN-1	Sani. Tri. Cris. Seri.	Tri., Sani., Cris.
FN-2	Sani. Tri. Cris. Seri.	Sani., Cris., Micro., Tri.
FN-3	Sani. Tri. Cris. Q.	
FJ	Albi.	Sani. Albi.
CP-1	Hall. Q. Mont. Cris.	Q., Kaol. (Hall.), Musco./Seri., Cris., Mont.
CP-2	Hall. Q. Mont. Cris.	Q., Kaol. (Hall.), Cris., Mont.
CP-3	Hall. Q. Mont. Cris.	Q., Cris., Kaol. (Hall), Mont.
CP-4	Hall. Q.	Q., Cris., Kaol. (Hall.)
CM		Q., Kaol. Gibb.
CS-1	Kao. Seri. (Mica), Q.	Q., Musco./Seri., Kaol.
CS-2	Kao. Seri. (Mica), Q.	Q., Musco./Seri., Kaol.
CS-3	Kao. Seri. (Mica), Q.	
CC	Kao. Cris. Seri.	Hall., Cris., Musco./Seri.
KB	Kao.	Kaol. (Kao.), Gibb.
TP-1	Q. Seri. Pyro.	
TP-2	Q. Seri. Pyro.	Q., Musco.
TP-3	Q. Seri.	
TP-4	Q. Seri.	Q. Musco. (Seri.)

Notes: Micro.: Microcline, Albi.: Albite, Q.: Quartz, Cris.: Cristobalite, Tri.: Tridymite  
 Sani.: Sanidine, Musco.: Muscovite, Seri.: Sericite, Mont.: Montmorillonite  
 Kao.: Kaolinite, Kaol.: Kaolin, Gibb.: Gibbsite, Pyro.: Pyrophyllite

表3-7 化学組成分析結果

Sample	Chemical Composition																				
	Ignition loss		SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		TiO <sub>2</sub>		CaO		MgO		Na <sub>2</sub> O		K <sub>2</sub> O		Total		
	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	BBK	Japan	
FLS	1.15		76.45		11.87		1.11		0.25												
FP	1.27	1.27	66.98	64.32	20.06	19.31	0.09	0.09	0.02	Tr.	0.09	0.04	0.29	Tr.	0.54	0.97	11.56	14.05	100.52	100.05	
FP-3*		3.87		73.42		14.15		1.90		0.09		Tr.		0.40		0.30		5.83		100.00	
FB-1	0.96	0.88	71.47	75.88	16.12	13.90	0.96	1.00	0.29	0.07	0.05	0.03	0.33	0.09	3.92	4.34	4.34	4.03	98.06	100.22	
FB-2																					
FB-3		1.56		73.28		15.52		1.12		0.08		0.03		0.04		3.88		4.80		100.31	
FB-4		2.76		69.96		17.06		1.46		0.09		0.07		0.09		3.21		4.85		99.55	
FB-5		2.29		75.55		13.84		1.61		0.25		0.08		0.36		1.29		5.15		100.42	
FB-6		2.33		71.08		16.97		0.99		0.09		0.11		0.12		3.24		5.07		100.00	
FL-1																					
FL-2		0.49		74.84		14.65		0.58		0.04		0.39		Tr.		4.77		4.52		100.28	
FL-3/4*		1.60		77.33		13.51		0.35		0.04		0.22		0.01		2.48		4.45		100.01	
FN-1	2.13	2.20	74.63	76.91	16.85	13.13	0.37	0.40	0.25	0.27	0.24	0.24	0.28	0.03	0.62	1.69	5.01	4.65	99.86	99.52	
FN-2		2.99		75.33		13.67		1.54		0.35		0.20		0.07		1.46		4.07		99.68	
FN-3																					
FJ		1.48		63.30		21.01		2.15		0.08		0.44		Tr.		5.62		6.64		99.72	
CP-1	9.83	8.31	58.59	56.84	27.36	28.01	1.76	2.06	0.67	0.76	0.37	0.36	0.44	0.85	0.55	0.27	1.87	2.10	101.49	99.56	
CP-2		8.51		56.64		22.86		8.38		0.98		0.66		1.07		0.11		0.50		99.71	
CP-3		8.70		54.91		22.79		10.88		0.89		0.50		0.91		0.09		0.72		100.49	
CP-4		8.25		59.41		17.77		12.72		1.18		0.18		0.39		0.04		0.33		100.27	
CM		11.55		51.39		32.40		1.14		1.29		0.04		0.23		0.19		1.28		99.51	
CM-2*		12.99		51.81		31.57		1.15		1.14		0.02		0.18		0.17		0.90		100.01	
CMK-2*		13.85		48.19		33.89		1.25		1.32		0.02		0.19		0.16		1.05		100.01	
CSS	6.29		69.62		20.23		1.40		0.74		0.09		0.76		0.35		2.57		102.05		
CS-1		6.38		63.62		20.90		4.18		0.89		0.03		0.69		0.16		2.74		99.59	
CS-2	11.84	11.35	46.31	48.21	23.85	23.40	9.84	14.91	1.26	1.27	0.05	Tr.	0.93	0.22	0.35	0.03	0.75	0.66	95.18	100.05	
CS-3																					
CC	11.70	11.38	63.41	54.98	26.91	29.66	1.92	2.28	1.12	1.21	0.06	Tr.	0.62	0.27	0.35	0.07	0.07	0.03	106.16	99.88	
KBS	13.90		44.17		38.39		0.64		0.22		0.03		0.30		0.56		0.56		98.77		
KB	14.80	14.25	44.16	44.26	38.64	39.53	0.63	0.62	0.22	0.22	0.03	Tr.	0.29	Tr.	0.56	0.10	0.54	0.56	99.87	99.54	
TP-1																					
TP-2		2.47		75.61		16.35		0.23		0.63		0.06		0.09		0.51		3.62		99.57	
TP-3																					
TP-4	2.09	1.83	73.09	81.04	19.61	12.79	0.09	0.08	0.28	0.43	0.06	0.04	0.28	Tr.	0.55	0.12	3.86	3.15	99.91	99.48	
QBS	0.40		96.41		2.72		0.09		0.19		0.29		0.46		0.36		0.31		101.23		

Note: The samples marked by \* are analyzed by Taiiko refractory Co. in Japan, and the other samples are by BBK and SCRL in Japan.

表3-8 粘土の粒度分布

Sample	Particle Size ( $\mu$ )													
	1	2	3	5	7	10	15	20	25	30	44			
CP-1	63.3	76.0	81.6	89.8	92.2	95.0	97.5	98.9	99.7	99.8	99.9			
CP-2	71.3	82.1	87.5	92.1	92.9	93.8	95.7	97.3	98.5	99.2	99.7			
CP-3	68.5	79.4	85.4	91.6	92.8	95.0	97.2	98.6	99.4	99.8	99.8			
CP-4	58.3	65.4	67.6	73.7	75.2	78.0	82.2	86.0	89.0	91.3	95.7			
CM	65.3	75.3	79.9	86.5	88.9	89.6	91.4	93.0	94.4	95.8	98.3			
CS-1	58.5	71.4	76.2	85.1	88.7	92.2	95.2	96.7	97.6	98.5	99.5			
CS-2	61.0	68.1	69.7	76.8	79.2	82.1	85.5	88.0	90.1	91.7	95.4			
CC	23.9	30.3	35.1	41.2	46.0	52.4	58.3	63.0	66.0	68.5	75.6			
KB	35.7	42.0	49.4	63.0	74.7	87.2	94.2	96.3	97.0	97.3	97.8			

Note: Specific gravity of clay are fixed as 2.6, measured by SCRL.





表 3-10 着肉試驗結果

Test No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 9	No. 7	No. 10	No. 11	No. 12	No. 8
Clay sample	C.S.S	KB	CS-1	CM 2	CP-1	CS-1W	CS-1/CP-1 (=1/2)	CM-K2	KB/CM-2 (=1/1)	Kiara Condong Slip	Plastic	Malang
Weight of mixture	5,000	5,000	5,000	6,000	5,000	5,000	4,000	6,000	4,600	2,000	2,000	4,000
Water	44	42	45	43	50	45	44	41	37	53	53	55
Water glass required	0.465	0.275	0.325	0.208	0.560	0.325	0.357	0.229	0.190	1.000	1.000	0.394
Slip temperature	27	25	23	26	25	24	26	25	27	25	25	24
Concentration	342	342	342	342	333	342	342	350	358	326	333	332
Viscosity	54	60	63	46	59	48	56	54	44	67	47	57
Viscosity after 30min.	78	90	77	87	82	51	75	114	111	101	100	59
Particle size under 10 $\mu$	47	43	53	75	62	64	64	66	70	-	61	46
Wall thickness 20min (20/30min)	6	8	4	6	3	4/4	3/4	3/4	3/4	x / x	5/6	4/5
Water content 20min (20/30min)	22	22	22	21	22	20/20	20/20	19/19	18/18	-	25/25	21/22
Dry shrinkage	2.0	2.5	2.5	3.5	4.0	2.5	3.0	3.0	3.75	-	-	2.5
Dry strength	15.2	13.6	19.4	19.5	29.0	24.5	16.8	14.0	17.5	-	-	18.0
Cast article condition	soft	soft	soft	Good	Good	Good	Good	a little hard	Good	too soft	soft	Good
Firing shrinkage	9.75	9.75	10.5	8	8.75	9.5	9.5	6.75	6.0	8.5	8.5	8.5
Firing strength	535	476	575	390	547	575	536	462	377	520	520	520
Bending test	24.5	30.5	25.5	12.0	22.5	20.0	22.0	13.0	9.0	17.0	17.0	17.0
Water absorption (ink test)												
for firing shrinkage test piece	22.0	26.0	3.5	42.5	11.5	4.0	16.5	44.0	31.0	40.0	40.0	40.0
for bending test piece	20.0	25.0	2.5	36.0	8.5	3.0	7.0	37.0	26.0	31.0	31.0	31.0
Firing coloration	70.6	75.0	63.3	84.1	71.6	65.5	66.8	85.4	83.1	78.2	78.2	78.2
	1.5	1.0	1.4	1.1	1.2	0.6	1.4	0.7	0.8	1.6	1.6	1.6
	14.3	14.1	14.4	13.5	14.3	14.2	15.0	12.6	14.9	13.9	13.9	13.9
Over all evaluation result	3	2	2	1	3							
	in order											

Notes: Body composition: FLS = 30%, CSS (Clay to be tested) = 20%, KBS (KB) = 30%, QBS = 20%. x means not to be able to obtain a casting article.

表3-11 原料調査比と分析値から計算した調査サンプルの化学組成

Sample No.	Ig loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CuO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	Total alkali
No.1 (CSS)	5.84	69.40	19.65	0.81	0.30	0.07	0.33	0.23	3.41	100.04	3.86
No.2 (KB)	6.11	69.38	19.13	0.80	0.34	0.07	0.32	0.23	3.41	100.39	3.87
No.3 (CS-1)	5.86	68.20	19.79	1.36	0.33	0.07	0.31	0.19	3.44	99.55	3.85
No.4 (CM-2)	7.18	65.84	21.92	0.76	0.38	0.06	0.21	0.19	3.08	99.62	3.51
No.5 (CP-1)	6.55	67.19	21.08	0.88	0.29	0.13	0.26	0.27	3.27	99.92	3.75
No.6 (CS-1W)	0.00	71.13	22.31					0.28	3.46		
No.7 (CM-K2)	7.36	65.11	22.38	0.78	0.42	0.06	0.21	0.19	3.11	99.62	3.55
No.8 (Malang)	0.00	70.28	24.15					0.20	3.35		
No.9 (CS-1/CP1)	6.03	67.94	20.07	1.23	0.32	0.06	0.30	0.18	3.40	99.53	3.80
No.10 (KB/CM-2)	0.00	72.29	21.35					0.19	3.61		
	6.99	67.35	20.55	0.86	0.56	0.05	0.18	0.19	3.15	99.88	3.58
	0.00	72.41	22.09					0.20	3.38		

Notes : 1) The data bellow in each column are the data when Ig. loss are deleted

2) The data for No.6 and 8 samples are to be excluded due to lack of analysis data.

表3-12 原料調合比と分析値から計算した $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  とアルカリ量 ( $Na_2O+K_2O$ )

Sample No.	Clay sample	$Al_2O_3$ %	$SiO_2$ %	$Na_2O + K_2O$ %	Sintered condition of fired pieces*1	Ink test (mm)		Bending test mm
						Bending test piece	Shrinkage test piece	
6	CS-1W				A	3.0	4.0	20.0
1	CSS	20.86	73.70	3.86	A	20.0	22.0	24.5
2	KB	21.01	73.88	3.87	A	25.0	26.0	30.5
3	CS-1	21.02	72.44	3.85	A	2.5	3.5	25.5
9	CS-1/CP-1	21.35	72.29	3.80	B	7.0	16.5	22.0
5	CP-1	22.31	71.13	3.75	B	8.5	11.5	22.5
10	KB/CM-2	22.09	72.41	3.58	C	26.0	31.0	9.0
4	CM-2	23.61	70.93	3.51	D	36.0	42.5	12.0
7	CM-K2	24.15	70.28	3.55	D	37.0	44.0	13.0
8	Malang				D	31.0	40.0	17.0

Note: \*1 A is the best and D is the worst in sintering. B and C are the middle in order.

Figure 1 Ink Test vs Total Alkali

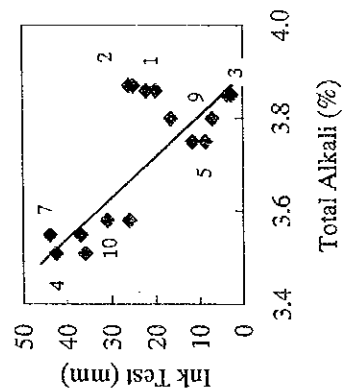


Figure 2 Ink Test vs Shrinkage

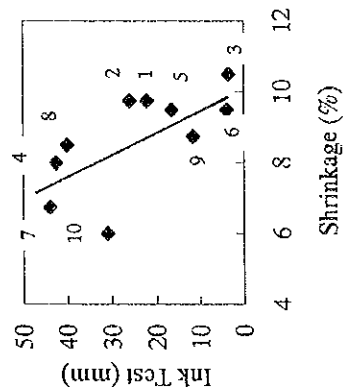


Figure 3 Ink Test vs Bending Test

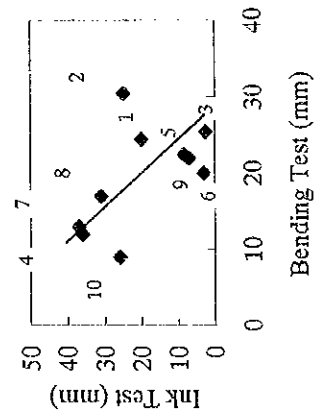


表3-13 粘土の粒度分布測定結果

Sample Particle size μ	KB						CC						CM						CS-1						CS-2					
	Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base			
	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)		
20.00<	33.9	100	2.9	100	16.7	100	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10.00-19.00	0	66.1	0	97.1	0	83.3	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19.00-18.00	0	66.1	0.6	97.1	0	83.3	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
18.00-17.00	0	66.1	0	96.5	0	83.3	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
17.00-16.00	0	66.1	0.5	96.5	0	83.3	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
16.00-15.00	0	66.1	0	96	0	83.3	0.1	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15.00-14.00	0	66.1	0.2	96	0	83.3	0.5	99.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
14.00-13.00	0	66.1	0.3	95.8	0	83.3	0.7	99.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13.00-12.00	0	66.1	0.2	95.5	4	83.3	0.6	98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
12.00-11.00	6.9	66.1	0.2	95.3	7	79.3	0.9	98.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
11.00-10.00	2.7	59.2	0.5	95.1	7.1	72.3	0.1	97.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10.00<	43.5	-	5.4	-	34.8	-	2.9	-	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0		
10.00-9.00	1.7	56.5	2.6	94.6	7.0	65.2	0.0	97.1	11.8	100.0	0.8	100.0	0.8	100.0	6.0	100.0	1.1	100.0	2.7	100.0	2.7	100.0	1.1	100.0	1.1	100.0	1.1	100.0		
9.00-8.00	2.2	54.8	1.2	92.0	2.1	58.2	0.8	97.1	11.4	89.0	2.4	99.2	2.4	99.2	5.9	94.0	1.6	98.9	9.8	97.3	9.8	97.3	0.7	98.9	0.7	98.9	0.7	98.9		
8.00-7.00	6.2	52.6	3.7	90.8	3.8	56.1	1.5	96.3	7.1	77.6	1.2	96.8	1.2	96.8	6.0	88.1	1.0	97.3	9.4	87.5	9.4	87.5	1.0	98.2	1.0	98.2	1.0	98.2		
7.00-6.00	4.3	46.4	0.8	87.1	5.4	52.3	1.5	94.8	4.5	70.5	0.5	95.6	0.5	95.6	4.9	82.1	1.7	96.3	7.0	78.1	7.0	78.1	1.0	97.2	1.0	97.2	1.0	97.2		
6.00-5.00	6.5	42.1	0.0	86.3	4.7	46.9	2.2	93.3	3.4	66.0	1.5	93.1	1.5	93.1	5.1	77.2	1.6	94.6	4.7	71.1	4.7	71.1	0.8	96.2	0.8	96.2	0.8	96.2		
5.00-4.00	2.5	35.6	1.0	86.3	5.0	42.2	3.3	91.1	4.7	62.6	2.0	95.6	2.0	95.6	9.3	72.1	1.8	93.0	6.0	66.4	6.0	66.4	0.9	95.4	0.9	95.4	0.9	95.4		
4.00-3.00	8.0	33.1	4.5	85.3	8.0	37.2	6.0	87.8	5.8	57.9	1.6	87.6	1.6	87.6	9.9	62.8	3.6	91.2	9.7	60.4	9.7	60.4	2.0	94.5	2.0	94.5	2.0	94.5		
3.00-2.00	8.4	25.1	8.4	80.8	10.8	29.2	8.0	81.8	10.6	52.1	5.2	90.0	5.2	90.0	14.8	52.9	7.6	87.6	14.6	50.7	14.6	50.7	7.2	92.5	7.2	92.5	7.2	92.5		
2.00-1.00	9.6	16.7	18.1	72.4	12.5	18.4	24.1	73.8	19.9	41.5	18.3	84.8	18.3	84.8	22.8	38.1	27.1	80.0	16.3	36.1	16.3	36.1	18.6	85.3	18.6	85.3	18.6	85.3		
1.00>	7.1	7.1	54.3	54.3	5.9	5.9	49.7	49.7	21.6	21.6	66.5	66.5	66.5	66.5	15.3	15.3	52.9	52.9	19.8	19.8	19.8	19.8	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7	66.7		
Center of size	7.58	-	0.92	-	6.75	-	1.01	-	2.80	-	0.75	-	0.75	-	2.81	-	0.95	-	2.95	-	0.95	-	0.75	-	2.95	-	0.75	-		

Sample Particle size μ	CP-1		CP-2		CP-3		CP-4		CM-K1		CM-K2		CM-K3	
	Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base		Area base		Volume base	
	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)	F(%)	U(%)
10.00<	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
10.00-9.00	7.3	100.0	1.7	100.0	9.8	100.0	0.9	100.0	9.8	100.0	0.9	100.0	4.2	100.0
9.00-8.00	8.1	92.7	1.6	98.3	4.6	90.2	1.3	99.1	5.8	90.3	1.0	99.0	6.2	95.8
8.00-7.00	5.0	84.6	0.8	96.7	2.7	85.6	1.1	97.8	6.0	84.5	1.1	98.0	8.8	89.6
7.00-6.00	7.4	79.6	1.8	95.9	4.2	82.9	0.0	96.7	3.6	78.5	1.3	96.9	5.5	80.8
6.00-5.00	4.4	72.2	2.1	94.1	4.6	78.7	0.8	96.7	5.9	74.9	0.6	95.6	5.6	75.3
5.00-4.00	7.2	67.8	2.6	92.0	6.3	74.1	1.8	95.9	4.9	69.0	2.5	95.0	7.0	69.7
4.00-3.00	9.9	60.6	4.4	89.4	8.3	67.8	5.9	94.1	8.2	64.1	3.3	92.5	8.4	62.7
3.00-2.00	14.8	50.7	9.0	85.0	10.9	59.0	6.1	88.2	11.5	55.9	8.9	89.2	9.7	54.3
2.00-1.00	21.9	35.9	27.6	76.0	24.0	48.1	18.6	82.1	24.0	44.4	20.2	80.3	23.2	44.6
1.00>	14.0	14.0	48.4	48.4	24.1	24.1	63.5	63.5	20.4	20.4	60.1	60.1	23.4	23.4
D-median	2.96	-	1.06	-	2.17	-	0.78	-	2.49	-	0.83	-	2.56	-
Notes:	F: Distribution		U: Accumulation		Measured by BBK									

表 3-14 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計の比較

Sample	1,250°C-OF E-Kiln						1,250°C-RF E-Kiln						1,300°C-RF G-Kiln					
	L		a		b		L		a		b		L		a		b	
	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK	SCRL	BBK
FP	84.3	82.8	0.5	0.1	4.3	4.5	89.9	87.7	-0.3	-0.3	1.0	2.2	80.8	70.1	-0.7	-0.6	0.3	1.1
FN-1	79.7	78.1	-0.1	0.0	13.0	12.4	80.4	79.1	-0.1	-0.3	1.0	2.4	77.0	73.8	-0.9	-1.0	2.5	2.9
FN-2	56.2	55.4	5.8	6.1	18.7	17.6	64.7	65.5	-0.6	-0.5	7.8	7.1	56.7	58.2	3.4	3.3	18.3	16.6
FB-1	54.2	55.5	9.5	8.9	16.9	14.8	63.0	64.0	-1.4	-1.3	0.7	1.9	61.0	60.0	4.0	4.3	16.5	15.9
FB-3	55.3	58.9	9.2	7.2	17.7	14.1	68.4	69.9	-1.2	-0.8	10.8	9.3	62.3	65.3	4.9	4.4	19.0	15.2
FB-4	54.6	53.6	7.3	7.5	16.4	15.5	72.1	70.9	-1.3	-1.0	9.5	9.8	56.4	58.9	13.1	10.3	24.3	17.0
FB-5	51.7	56.4	8.0	6.9	15.3	15.2	70.1	69.7	-1.2	-0.8	9.1	9.3	50.1	52.5	10.2	7.8	24.1	13.9
FB-6	62.2	60.5	6.9	6.6	17.7	15.7	79.2	77.3	-1.7	-1.3	9.0	9.9	69.7	70.6	6.1	5.8	21.3	19.0
FJ	32.7	37.6	8.6	7.2	21.2	14.6	19.1	15.1	1.5	0.5	6.6	10.4	26.1	55.2	3.1	3.4	12.0	11.1
FL-2	63.8	64.6	3.6	3.4	11.6	10.5	72.0	70.3	-0.7	-0.4	7.6	7.6	71.1	68.6	-0.8	0.0	6.6	7.2
TP-4	85.9	87.7	1.3	1.3	9.4	10.6	84.9	84.7	0.4	0.2	1.6	3.2	89.4	87.7	1.7	0.8	9.4	10.3
KB	96.9	98.2	-0.6	-0.6	4.4	6.3	92.1	90.7	0.0	-0.1	1.6	3.1	97.2	96.5	-0.7	-0.5	4.4	6.6
CC	88.0	87.2	0.0	0.2	12.5	14.5	60.6	62.3	1.3	1.2	4.6	5.5	85.4	85.0	2.1	2.8	17.1	18.2
CM	87.1	90.7	0.0	0.3	15.0	13.6	72.7	71.1	1.2	0.8	14.1	15.4	88.3	89.9	0.8	0.4	12.7	14.1
CS-1	48.4	49.9	3.4	2.8	10.0	9.2	40.6	45.3	1.3	1.0	4.2	4.1	43.0	49.9	3.9	3.6	5.3	5.2
CS-2	41.3	42.0	18.3	17.3	20.1	16.6	26.7	30.2	0.3	0.9	-1.2	0.6	40.1	38.8	3.2	3.6	0.0	1.1
CP-1	72.8	72.5	0.2	0.9	16.8	17.7	60.4	60.0	1.7	1.5	3.5	4.6	56.8	58.5	0.3	0.5	8.7	9.6
CP-2	50.3	44.0	13.5	9.6	15.4	9.3	32.1	33.2	0.4	0.2	2.0	3.3	42.9	41.6	11.7	12.3	11.4	12.7
CP-3	46.3	42.3	14.7	8.1	13.6	8.3	33.3	33.8	0.7	0.8	2.9	4.2	43.2	44.2	7.8	6.2	3.8	2.8
CP-4	46.3	46.5	15.0	15.1	16.8	15.1	30.9	33.7	3.0	3.2	5.3	6.1	38.2	38.0	10.5	9.8	9.5	8.2
TP-2	90.0	84.4	1.6	1.5	9.6	9.3	78.4	78.5	0.3	0.1	-0.2	0.8	83.9	86.5	1.7	1.5	8.9	10.1

表3-15 Banjarnegara長石品質改善試験サンプルの化学組成分析結果  
(蛍光 X線分析)

Sample No.	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Total
1	FB-1	Original	1.15	79.07	11.76	0.71	0.06	0.02	0.02	0.05	0.05	0.02	0.01	100.01
2	F-3	5-3 mm	0.47	82.66	9.97	0.43	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	tr	99.99
3	F-1	2-1 mm	0.51	80.21	11.33	0.48	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	100.01
4	F-325	#60-325	1.67	69.07	17.56	1.85	0.09	0.05	0.06	0.20	0.03	0.03	0.01	100.00
5	T-3	3-1 mm	0.20	83.51	9.44	0.21	0.02	tr	tr	3.26	tr	0.01	tr	100.00
6	T-4	-325	0.42	82.54	10.15	0.37	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	100.01
7	FT-1	FT-1	2.29	72.98	15.37	1.26	0.11	0.02	0.05	0.13	0.01	0.01	0.01	99.99
8	FT-2	De-iron	1.83	74.49	14.55	0.92	0.09	0.01	0.07	0.09	0.01	0.01	0.02	100.01
Reference	MF-100	Standard	1.08	72.05	16.09	0.25	0.01	-	0.18	8.63	-	-	-	100.11
	MF T	Special	0.96	66.32	18.59	0.07	tr	-	0.06	10.76	-	-	-	100.06

Notes: FP (Fundamental Parameter) method using glass bead

Research Institute of Technical Division, Talko Refractory Co. (Registered No. H. 8-1)

表3-16 長石の粒度分布と性状(水洗分級)

Test No.	Size	Silica (g)	Feldspar (g)	Sub total (g)	Ratio (%)	Silica (%)	Firing coloration	Sintering condition	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	L value
FB 1 Raw ore							×	△	79.07	0.71	7.13	
F 10	+10mm	1.6	3.2	4.8	0.3	33.0						
F 8	+8mm	9.5	26.7	36.2	2.4	26.2						
F 5	+5mm	34.5	263.0	297.5	19.8	11.6	▲	▲				
F 3	+3mm	38.1	362.0	400.1	26.7	9.5	▲	▲	82.66	0.43	6.35	
F 2	+2mm	6.5	91.0	97.5	6.7	6.5	▲	▲				
F 1	+1mm			325.0	21.7		▲	▲	80.21	0.48	7.35	
Sub total				1,161.1	77.4							
F 80	+60mesh			102.0	6.8		×	◎				
F 325	+325mesh			140.0	9.3		×	◎	69.07	1.85	9.41	
F -325	-325mesh			30.0	2.0		×	▲				
Loss				66.9	4.4							
Total				1,500.0	100.0							

Notes: 1) Firing coloration and sintering condition judged on the basis of MF100 are indicated as follows:  
better ◎, Same ○, a little worse △, worse ▲, much worse ×

				SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O
MF100	MASADA Feldspar	10mm		72.05	0.25	1.79	8.63	10.42
MF T	MASADA Feldspar	prime quality		66.32	0.07	3.26	10.76	14.02

- 2) Silica shows a good firing coloration, which is much whiter than that of Belitung silica sand.
- 3) Feldspar is not a simple substance but a combination of silica, mica and feldspar. Feldspar itself, however, is difficult to identify. When the feldspar is fired, silica and feldspar become apparent, though the reddish brown color of mica is more conspicuous. Mica exists not only on the surface but also inside the ore in a vein-like formation. Firing coloration of silica and feldspar are good.



表3-17 雲母除去テスト(球石を小さくして雲母の微粉化を抑える)

Test No.	Size	Silica (g)	Feldspar (g)	Sub total (g)	Ratio (%)	Silica (%)	Firing coloration	Sintering condition	L value
FB 1 Raw ore							×	△	
F <sub>2</sub> 10	+10mm	2.1	-	2.1	0.2	100.0			
F <sub>2</sub> 8	+8mm	7.0	8.6	15.6	1.5	44.9			
F <sub>2</sub> 5	+5mm	11.8	86.0	97.8	9.8	12.1	▲	▲	
F <sub>2</sub> 3	+3mm	14.4	112.0	126.4	12.6	11.3	▲	▲	
F <sub>2</sub> 2	+2mm	3.4	29.1	32.5	3.3	10.5	▲	▲	
F <sub>2</sub> 1	+1mm			80.0	8.0				
Sub total				354.4	35.4				
F <sub>2</sub> 80	+80days/inch			7.3	0.7		×	◎	
F <sub>2</sub> 120	+120days/inch			40.0	4.0		×	◎	
F <sub>2</sub> 200	+200days/inch			135.0	13.5		×	◎	
F <sub>2</sub> 325	+325mesh			190.0	19.0		▲	◎	
F <sub>2</sub> -325	-325mesh			170.0	17.0		▲	◎	
Sub total				542.3	54.2				
Loss				103.3	10.3				
Total				1,000.0	100.0				

Notes: 1) Preparation conditions

Raw ore FB-1 (not washed in water)...2kg pot, Amount pulverized: 1,000g

Spherulite stones: small 10-25g, Standard 10-100g, water 65%≒650cc

Pulverization time 30 minutes

2) 80-200 days/inch makes it possible to remove mica, but is not enough.

3) Many coarse-granules are left over.

表3-18 雲母除去テスト(球石を大きくして雲母の微粉化を抑える)

Test No.	Particle Size	Quantity (g)	Ratio (%)	Firing coloration	Sintering condition	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O
F 3 Original				▲	▲	82.66	0.43	6.35
T-1	+120days/inch	1.7	0.6	×	×			
T-2	+200days/inch	10.9	23.6	×	○			
T-3W	T-3 (Mica)	11.5	3.8	×	×			
Sub total		24.1	28.0					
T-3	+325mesh	80.0	26.7	◎	×	83.51	0.21	6.61
T-4	-325mesh	178.0	59.3	△	×	82.54	0.37	6.43
Sub total		258.0	86.0					
Loss		17.9	6.0					
Total		300.0	100.0					

Notes: 1) Eliminate mica from T-3 by the same method as collecting gold sand. The mica over 325mesh size could be eliminated with table separation method.

2) Milling condition

Original material: F1 109g, F3 191g, Total 300g

Pot mill: 500g Ball: 105~175g/ball = 670g (normally 10~50g)/ball

Water: 70% Milling time: 3 hours

3) Mica seems to be almost eliminated, because iron content in test sample becomes around 2%.

表3-19 珪石除去テスト(球石を小さくして珪石の微粉化を抑える)

Test No.	Sedimentation condition	Quantity (g)	Ratio (%)	Firing coloration	Sintering condition	L value	Preparation conditions
F1~F5 Raw ore				×	×		1) Raw ore F2-1, F, F2-2 2) Small number of spherulite stones (10-0-25)
A-0	325mesh residuum	80.0	2.0	-	-		3) Preparation amount 400g 4) Water 65% - 260cc
A-1	Sedimentation within 5 min	40.0	10.0	◎	×		5) A-0 +325mesh residuum (coarse grain and mica) after 6.5 hours of pulverization
A-2	Sedimentation within additional 20 min	112.0	28.0	◎	×		6) Twice as much water of 800℃ was added to fractionate the sedimentation after additional 30 hours of pulverization
A-3	Sedimentation within additional 1 hour	45.0	11.2	◎	△		
A-4	Supernatant liquid	195.0	48.8	○	○		
Total		400.0	100.0				

表3-20 乾式予備粉碎(200メッシュ)および湿式粉碎テスト

Test No.	Sedimentation condition	Quantity (g)	Ratio (%)	Firing coloration	Sintering condition	L value	Preparation conditions
F1~F5 Raw ore in powder				×	×		1) Raw ore F1~F5 Test powder to be fired (dry pulverization-200mesh) 2) Standard spherulite (10-50g) 3) Water 70% 4) Pulverization time 15 hours 5) After pulverization, add 800cc of water to fractionate the sedimentation
E 1	325mesh residuum	0.1	0.0	-	-		
E 2	Sedimentation within 5 min	75.0	15.0	◎	×		
E 3	Sedimentation within additional 20 min	225.0	45.0	◎	△		
Sub total		300.1	60.0				
E 4	Sedimentation within additional 1 hour	100.0	20.0	○	○		* Sintering condition Better sintering condition than the comparison -36% (estimate) Almost same sintering condition than the comparison -52% (estimate) Silica separation - good
E 5	Sedimentation within additional 5 hour	35.0	7.0	△	◎		
E 6	Sedimentation within additional 12 hour	25.0	5.0	△	◎		
E 7	Supernatant liquid	20.0	4.0	△	◎		
Sub total		180.0	36.0				
Loss		19.9	4.0				
Total		500.0	100.0				

表3-21 酸処理と珪石除去テスト(球石を大きくして珪石の微粉化を抑える)

Test No.	Sedimentation condition	Quantity (g)	Ratio (%)	Firing coloration	Sintering condition	L value	Preparation conditions
Mine ore F3H							1) Acid treated product of raw ore F3
D 1	325mesh residuum	0.9	0.9	×	×		2) Amount: 100% of 100gm water (because of a small amount)
D 2	Sedimentation within 5 min	12.0	12.0	◎	×		3) Spherulite stone: Large: 100-175g for 750g Standard: 10-50g
D 3	Sedimentation within additional 30 min	13.0	13.0	◎	×		4) Pulverization time: 6.5 hours. 325 meshcut is followed afterward
D 4	Sedimentation within additional 2 hour	17.0	17.0	◎	×		5) Cut product is pulverized for additional 11 hours
D 5	Supernatant liquid	56.0	56.0	○	○		6) Sedimentation after adding 800cc water
Loss		1.1	1.1				
Total		100.0	100.0				



表 3-23 FB-3の粉碎・水洗および酸処理による精製テスト結果

1. Crushing & water washing												
Sample	Material Balance					Chemical composition					Firing coloration	
	Feldspar	Quartz	Total (g)	Ratio (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b
	Original material is milled for 6 Hrs without ball.											
1. Original					75.88*	13.99*	1.00*	4.34*	4.03*	54.3	4.5	11.7
FB-3												
2. Screened after washing												
FNK 10	290	0	290	4.8						59.1	5.9	13.9
FNK 5	933	tr	933	15.6						65.3	3.8	10.7
FNK 2	1,276	tr	1,276	21.3						68.4	2.9	9.4
FNK 1	652		652	10.9	( 75.88*	13.99*	1.00*	4.34*	4.03* )	72.9	3.0	9.4
FNK 1S	1,242		1,242	20.7						76.3	1.0	5.7
(Sub-total of FNK 10 - 1S			4,393	73.3)								
FNK +230 #	326		326	5.4						43.3	13.0	15.1
FNK -230 #	1,184		1,184	19.7						42.2	12.1	12.1
loss			97	1.6								
Total			6,000	100.0								
2. Acid treatment												
Sample	Material Balance					Chemical composition					Firing coloration	
	Feldspar	Quartz	Total (g)	Ratio (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b
	Original material is milled for 6 Hrs without ball.											
1. Original					75.88*	13.99*	1.00*	4.34*	4.03*	72.9	3.0	9.4
FNK 1					( 75.88*	13.99*	1.00*	4.34*	4.03* )	72.9	3.0	9.4
FNK 1-2 mm												
2. After acid treatment												
FNK 1H					82.89	11.36	0.36			79.5	1.4	7.5

Note: The data marked with \* were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan. The others were by BBK.

表 3-24 粉碎・分級による雲母除去テスト結果

Sample No.	Size	Material balance		Chemical composition					Firing coloration			Mica content
		Weight (g)	Ratio (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b	
1. Original												
FNK 1-10												
2. Screened after crushing												
M 1	+100mesh	16.6	0.6						45.8	8.6	12.2	+++
M 2	+200mesh	293.0	10.3						74.2	1.1	7.9	++
M 3	+325mesh	712.0	25.0	84.63*	8.73*	0.19*	2.61*	3.68*	77.5	2.1	6.2	-
M 3M	*1	141.4	5.0									+
M 4	-325mesh	1,088.6	38.3	84.00*	9.10*	0.23*	2.65*	3.65*	66.6	0.3	7.5	-
M 4M	*2	338.4	11.9						59.0	0.6	14.0	+
loss		252.0	8.9									
Total		2,842.0	100.0									

Sample preparation condition:

1. The samples of FNK 1-10 in Table-1 are used as original material.
2. FNK 10-5 are crushed into 5 mm under, then mixed with FNK 2 and FNK 1.
3. 1,421 g of above sample mixture, 3 kg of large size ball (80-100 g/piece) and 995 cc of water (70% of material) are put in a pot mill.
4. The sample is milled for 3 Hrs.

Notes:

\*1: Upper layer of sedimentation of sample No. M 3.

\*2: Upper layer of sedimentation of sample No. M 4.

The data marked with \* were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan. The others were in BBK



表 3-25 沈降法による珪石除去テスト結果

1. Test - 1												
Sample No.	Size	Material balance		Chemical composition					Firing coloration			Quartz content
		Weight (g)	Ratio (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b	
(1) Original												
M 3				84.63*	8.73*	0.19*	2.61*	3.68*	77.5	2.1	6.2	
(2) Sedimentation												
Q 1	+325mesh	0.0	0.0									
Q 2	Bottom after sedimentation for 20 min.	186.4	28.1	85.71	9.19	0.27			71	-0.6	5.9	++
Q 3	Upper layer loss	434.1	65.6	83.00*	9.66*	0.21*	2.65*	3.81*	72.0	-1.1	6.5	+
Total		662.0	100.0									
2. Test - 2												
Sample No.	Size	Material balance		Chemical composition					Firing coloration			Quartz content
		Weight (g)	Ratio (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b	
(1) Original												
M 4				84.00*	9.10*	0.23*	2.65*	3.65*	66.6	0.3	7.5	
(2) Sedimentation												
Q 4	+325mesh	0.0	0.0									
Q 5	Bottom after sedimentation for 20 min.	322.0	30.8	85.93	9.05	0.31			67.3	-0.1	7.5	++
Q 6	Upper layer loss	656.7	62.8	82.87*	9.81*	0.25*	2.73*	3.81*	67.3	-0.9	8.7	+
Total		1,046.0	100.0									

Sedimentation condition:

1. The samples of M 3 and M 4 in Table-2 are used as original materials.
2. 662 g & 1,046 g of M 3 & M 4, 4 kg of small ball and 430 cc & 680 cc (65%) of water are put in a pot mill.
3. The samples are milled for 6 Hrs.

Note: The data marked with \* were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan. The others were in BBK.

表3-26 FL-4 の粉碎・水洗による精製テスト結果

Crushing & water washing

Original material is milled for 6 Hrs without ball.

Sample	Material balance <sup>*1</sup>		Chemical composition <sup>*4</sup>				Firing coloration			Sintering condition	
	Feldspar	Quartz	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a		b
1. Original											
FL-4			79.00	12.10	0.33	3.03	4.36	73.6	1.5	7.3	
2. Screened after washing											
FL4K 3 3-5 mm	0	21						81.7	1.1	6.2	X <sup>*2</sup>
FL4K 2 2-3	14	122						82.0	1.4	6.5	X <sup>*2</sup>
FL4K 2U -2	-	-	76.98	13.31	0.27	3.51	4.90	71.3	1.2	7.1	△ <sup>*3</sup>
loss		35									
Total		500									

Notes: \*1 Feldspar and quartz were visually separated and weighed by electric balance.

\*2 X means poor sintering condition.

\*3 △ means slightly poor sintering condition.

\*4 The samples were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan.

表3-27 Banjarnegara長石精製試験サンプルの焼成呈色

	Sample	L	a	b
1	Crush (200mm) + Water wash + Screen (2mm-#80)	67.2	0.5	11.4
2	Crush (200mm) + Water wash + Screen (#80-#325)	52.9	12.1	20.3
3	Acid treatment of No. 1 sample	71.9	-0.8	8.0
4	Acid treatment of No. 2 sample	66.1	2.6	13.7
5	Crush (#200)	51.4	12.3	22.8
6	Acid treatment of No. 6 sample	59.5	7.1	19.5
7	Crush (#60)	54.2	11.2	18.6
8	Crush (#60) + Water wash + Screen (#+325) + Elutriation (S)	60.7	7.5	15.5
9	Acid treatment of No. 8 sample	61.5	4.3	18.0
10	Crush (#60) + Water wash + Screen (#+325) + Elutriation (O)	54.2	10.5	18.2
11	Acid treatment of No. 10 sample	57.7	6.9	20.7
12	FP	65.6	-0.3	3.0
13	Crush (#80) + Acid treatment	69.6	-1.0	7.6
15	Crush (#80) + Acid treatment + Mill (#-325) + Settle (5min.)	75.8	-0.9	4.3
17	Upper layer of No. 14 sample	64.6	-0.7	11.7
19	Crush (#80) + Acid treatment + Mill (#-325) + Settle (15min.)	73.3	-0.6	5.2
20	Add dolomite to No. 19 sample	71.4	-1.2	8.4

表3-28 磁力選鉱による脱鉄試験結果

No.	Sample Name	Test condition	Material balance			Chemical composition*4								Firing coloration	
			Collected on magnetball	Deironed material	Loss	Total	Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	L	a	b
1.	Sukabumi clay (BBK standard) CSS	5,000 G x 1 pass	25.5	156.1	18.4	200	*1	65.83	24.38	2.47			58.0	1.6	12.2
			(12.7%)	(78.1%)	(9.2%)	(100%)	*2	65.02	22.15	3.08			47.3	1.7	8.2
							*3	66.74	24.55	2.26			59.1	0.4	11.8
2.	Sukabumi clay (BBK standard) CSS	24,000 G x 1 pass	38.1	150.9	11.0	200	*1	65.83	24.38	2.47			58.0	1.6	12.2
			(19.1)	(75.4)	(5.5)	(100)	*2	63.53	24.93	3.83			50.0	1.7	9.7
							*3	62.94	27.16	2.41			60.8	0.4	12.8
3.	Sukabumi clay (BBK standard) CSS	10,000 G x 1 pass	28.0	172.0	0.0	200	*1	65.83	24.38	2.47			58.0	1.6	12.2
			(14.0)	(86.0)	0.0	(100)	*2	67.24	21.54	3.30			53.3	2.0	10.8
							*3	65.76	24.97	2.28			57.5	0.6	12.8
4.	Sukabumi clay (collected by team) CS-1	5,000 G x 1 pass	27.6	261.5	10.9	200	*1	62.83	16.84	5.40			38.5	2.7	8.2
			(9.2)	(87.2)	(3.6)	(100)	*2	56.89	15.39	9.64			30.4	6.7	4.8
							*3	65.11	16.46	3.28			44.9	3.3	10.6
5.	Banjamegara (collected by team) FB-1/3	5,000 G x 1 pass	32.0	253.7	14.3	300	*1	81.25	11.70	1.99			58.7	4.9	10.7
			(10.7)	(84.6)	(4.7)	(100)	*2	60.12	21.25	5.59			41.8	9.6	11.8
							*3	83.24*	9.62*	0.12*	3.25*	3.58*	78.9	0.5	5.2
6.	Sukabumi CS-1, over flow of water cyclone test	5,000 G x 1 pass	17.7	276.5	5.8	300	*1	63.27	17.12	3.37			42.5	4.2	10.3
			(5.9)	(92.2)	(1.9)	(100)	*2	59.89	16.24	5.83			33.9	3.9	4.8
							*3	64.28	16.66	3.42			47.9	3.8	12.8
7.	Lampung feldspar (collected by team) FL-3/4	25,000 G x 1 pass	31.8	1,428.2	40.0	1,500	*1	78.14	13.95	0.51			68.5	0.0	6.8
			(2.1)	(95.2)	(2.7)	(100)	*2	56.65	25.06	5.65			38.1	4.6	8.5
							*3	79.73	11.88	0.27	2.24	4.38	68.9	-0.5	8.1

Notes: \*1 is original sample

\*2 is the sample collected on magnet ball

\*3 is the sample passed through magnetic box

\*4 Chemical composition analysis was conducted by DSM except the samples marked by \*, which were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan.

表3-29 粘土のウォーターサイクロン（液体サイクロン）試験結果

Clay sample	Material balance (%)		Particle size distribution		Chemical composition (%)			Firing coloration			Plasticity	
	(%)		+325# (%)	D-median (μ)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L	a	b	Quartz-%	
1. CS-1												
>2mm	0.0											Original: 70
Over flow	90.9		0.0	0.9	63.03	16.80	3.71	45.5	4.0	11.4		72
Under flow	9.1		29.7	0.8	65.41	12.16	8.03	37.8	5.8	7.3		
2. CSS												
>2mm	1.7											
Over flow	55.7		0.8	1.0				59.9	0.2	12.0		
Under flow	42.6		41.9	1.0				68.5	1.5	12.3		
3. Sukabumi 1st grade												
>2mm	9.0											
Over flow	38.2		1.2	0.9	62.90	17.55	3.32	44.4	2.9	10.4		
Under flow	52.7		62.5	0.9	71.06	14.86	3.3	58.4	4.8	12.9		
4. Sukabumi 2nd grade												
>2mm	11.8											
Over flow	71.6		0.4	0.8				43.6	4.5	11.5		
Under flow	16.6		59.5	0.9				50.4	8.0	12.8		
5. Sukabumi red												
>2mm	10.3											
Over flow	42.4		1.6	0.8				35.5	4.5	6.4		
Under flow	47.3		57.4	0.8				38.2	6.3	7.5		
6. CM-2												
>2mm	0.0											
Over flow	89.3											
Under flow	10.7		51.2	0.9								
					Original material		TiO <sub>2</sub>					
					( 51.81	31.57	1.15	1.14	)*			
					48.46	29.40	2.10	1.58	82.9	0.5	15.7	
					89.90	4.65	0.85	1.17	74.8	2.0	11.4	

Note: The data marked with \* were analyzed by Taiko Refractory Co. in Japan. The others were in BBK.

表3-30 ウォーターサイクロン試験サンプルの焼成試験結果

Clay sample	Physical characteristic				Shrinkage after firing		Firing coloration		
	Apparent porosity	Water absorption	Apparent density	Bulk density	(%)	Observation	L	a	b
1. CS-1									
Over flow	2.8	1.3	2.23	2.17	6.7	grayish brown	45.5	4.0	11.4
Under flow	15.8	7.1	2.64	2.22	3.9	black	37.8	5.8	7.3
2. CSS									
Over flow	1.0	0.4	2.35	2.33	8.7	light gray	59.9	0.2	12.0
Under flow	18.3	8.8	2.53	2.07	1.4	nearly white	68.5	1.5	12.3
3. Sukabumi 1st grade									
Over flow	2.7	1.2	2.27	2.21	5.1	grayish brown	44.4	2.9	10.4
Under flow	25.2	13.0	2.59	1.94	1.0	reddish white	58.4	4.8	12.9
4. Sukabumi 2nd grade									
Over flow	1.1	0.4	2.47	2.44	9.9	gray brown	43.6	4.5	11.5
Under flow	27.1	14.4	2.59	1.89	1.0	reddish white	50.4	8.0	12.8
5. Sukabumi red									
Over flow	2.0	0.8	2.44	2.39	8.7	dark brown	35.5	4.5	6.4
Under flow	27.0	13.6	2.72	1.98	0.3	more reddish whit	38.2	6.3	7.5

表3-31 浮遊選鉱試驗結果

Sample	Material balance		Chemical composition						Mineral observed by micro scope						Firing coloration		
	g	(%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Muscovite	Quartz	Feldspar	Magnetite	Limonite	Organic M.	L	a	b	
<b>Test 1 (FB-2, Japan-1)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	32.2	6.4					++++	++	-	+	+	+					
(3) 2nd floatation																	
Over flow	30.2	6.0	80.11	12.63	2.22		++++	++	-	+	+	+					
Over flow	94.5	18.9	70.31	16.01	4.47		++	++	++++	-	+	+					
Bottom	358.4	71.7	84.57	10.25	0.28		+	++++	+	-	+	-					
(4) Loss	16.9	3.4															
<b>Test 2 (FB-2, Japan-2)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	30.2	6.0	80.11	12.63	2.22		++++	++	-	+	+	+					
(3) 2nd floatation																	
Over flow	94.5	18.9	70.31	16.01	4.47		++	++	++++	-	+	+					
Bottom	358.4	71.7	84.57	10.25	0.28		+	++++	+	-	+	-					
(4) Loss	16.9	3.4															
<b>Test 3 (FB-2, BBK)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	25.5	5.1					++++	++	-	+	+	-					
(3) 2nd floatation																	
Over flow	108.7	21.7					++	++	++++	+	+	-					
Bottom	307.0	61.4					+	++++	+	-	+	-					
(4) Loss	58.8	11.8															
<b>Test 4 (FB-1/3, Japan-2)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	52.4	10.5	71.70	16.84	2.22												
(3) 2nd floatation																	
Over flow	139.6	27.9	72.08*	15.47*	1.23*												
Bottom	296.0	59.2	86.63*	7.62*	0.11*												
(4) Loss	12.0	2.4															
<b>Test 5 (FB-1/3, BBK)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	151.4	30.3															
(3) 2nd floatation																	
Over flow	22.9	4.6															
Bottom	295.1	59.0															
(4) Loss	30.6	6.1															
<b>Test 6 (FL-3/4, Japan-2)</b>																	
(1) Original	500.0	100.0															
(2) 1st floatation																	
Over flow	61.4	12.3	75.92	15.36	0.48												
(3) 2nd floatation																	
Over flow	125.5	25.1	75.50*	13.87*	0.36*												
Bottom	304.9	61.0	84.39*	8.89*	0.10*												
(4) Loss	8.2	1.6															

Note: The data marked with \* were analyzed by Taiho Refractory Co. in Japan. The others were in BBK.

図3-1 表3-5のL/b (1,250°C電気炉焼成)

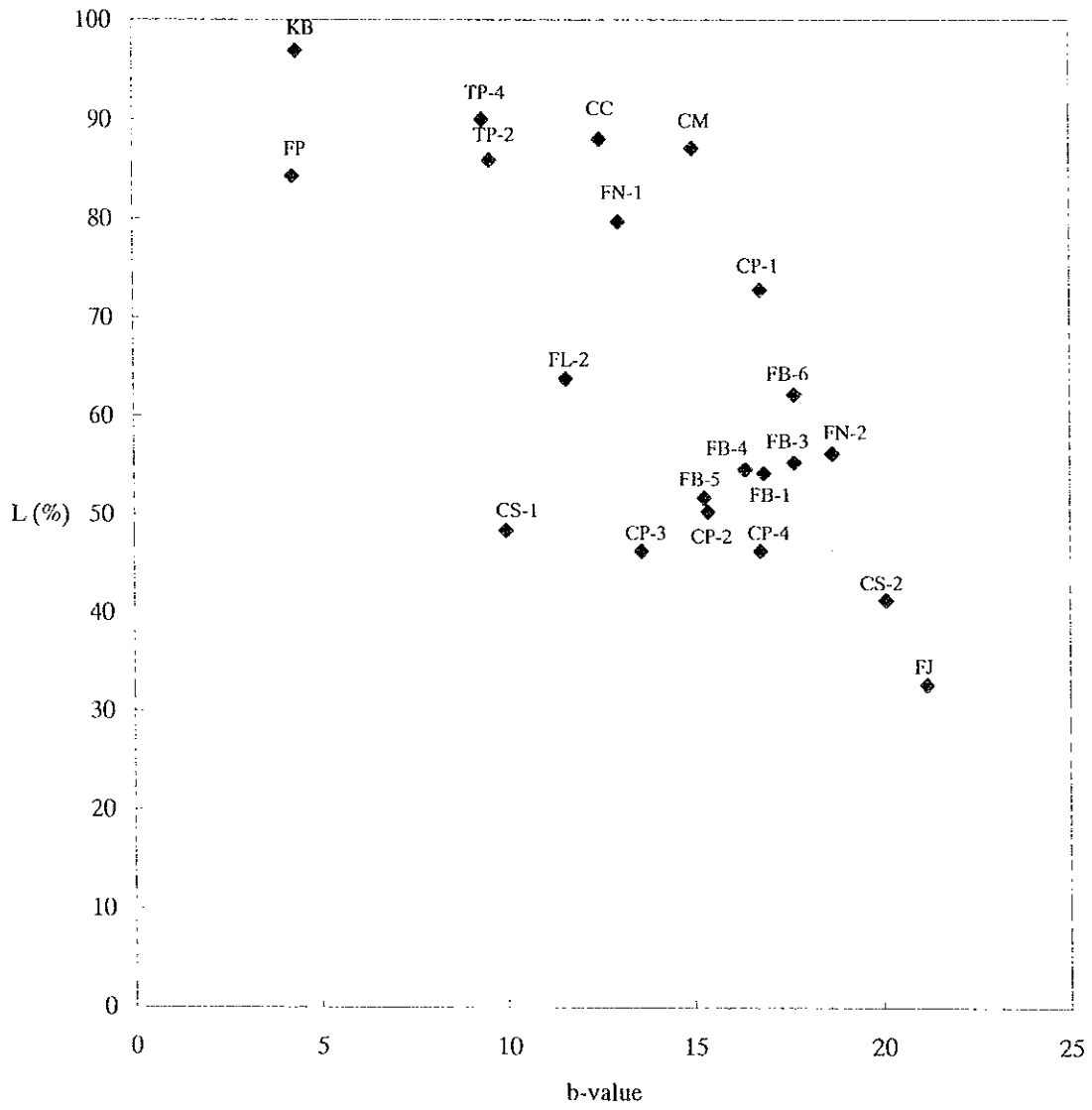




図3-2 表3-5のL/a (1,250°C電気炉焼成)

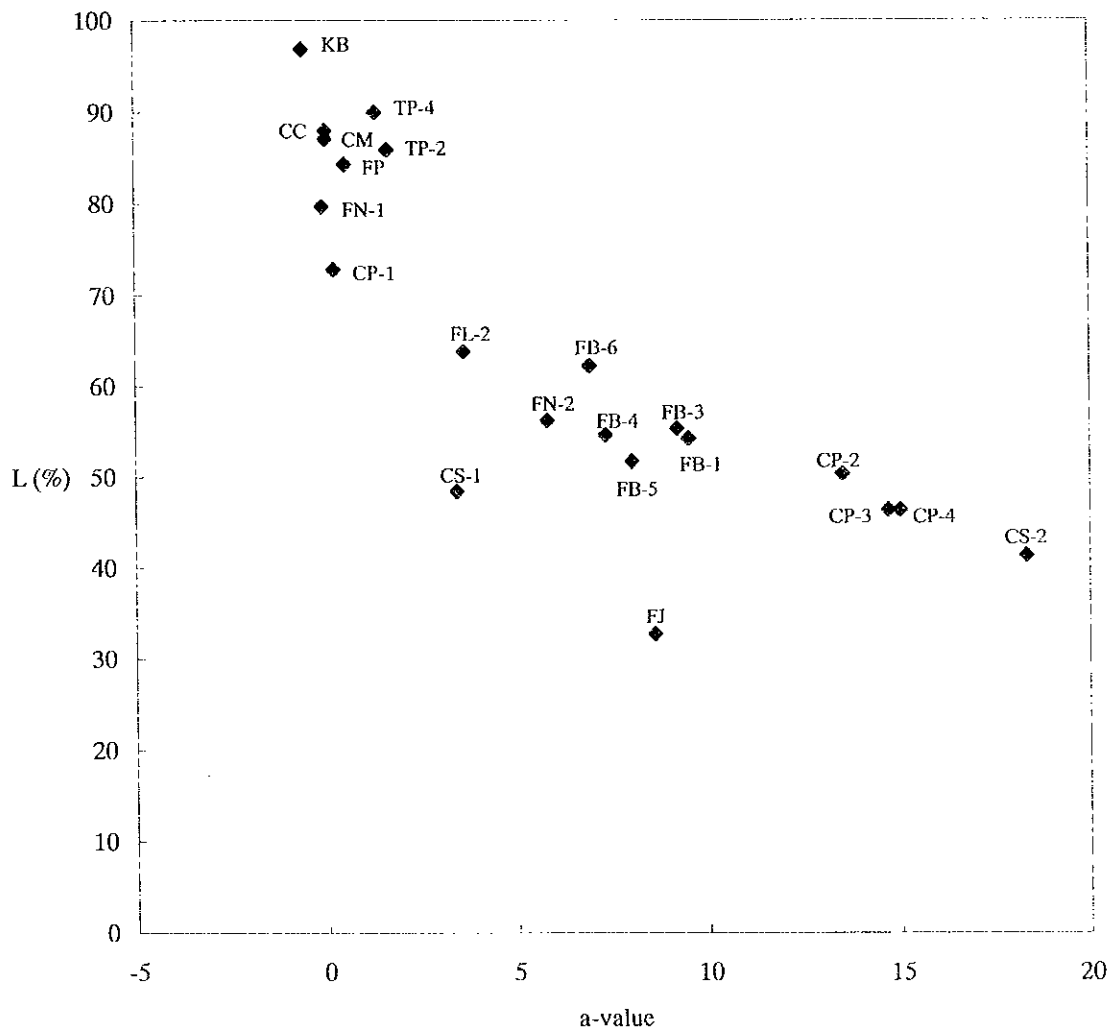


図3-3 (1) lg. loss

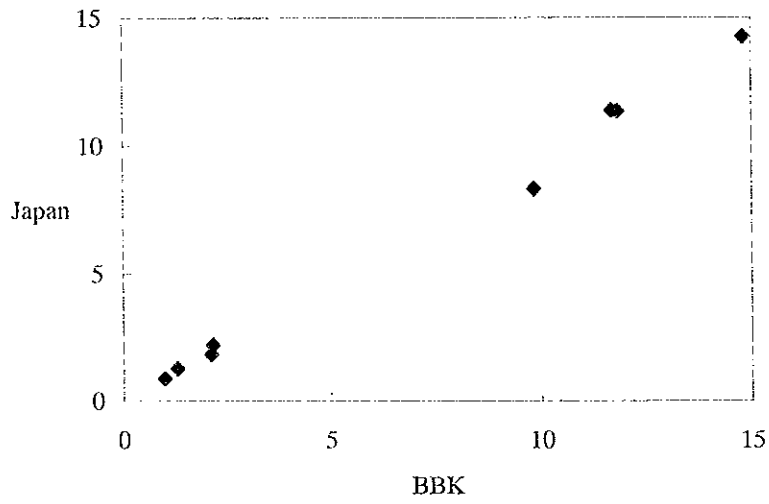


図3-3 (2) SiO<sub>2</sub>

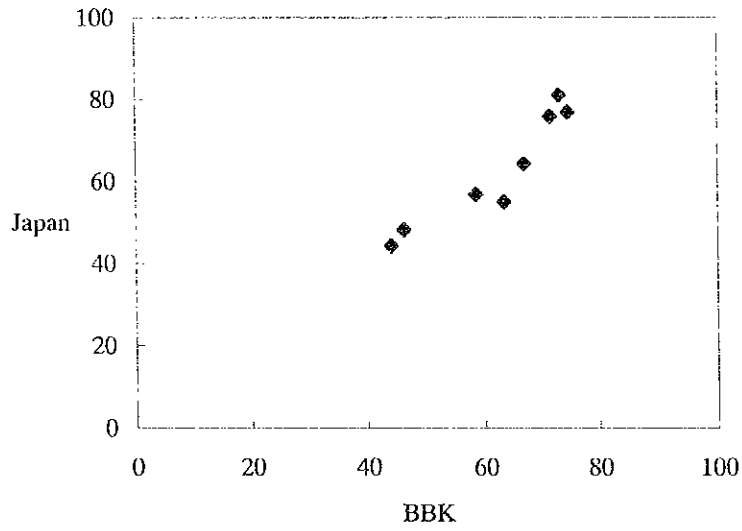


図3-3 (3)  $Al_2O_3$

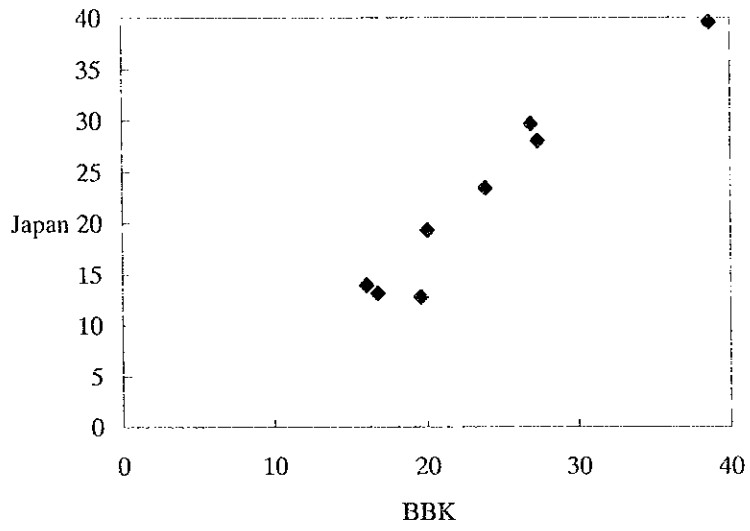


図3-3 (4)  $Fe_2O_3$

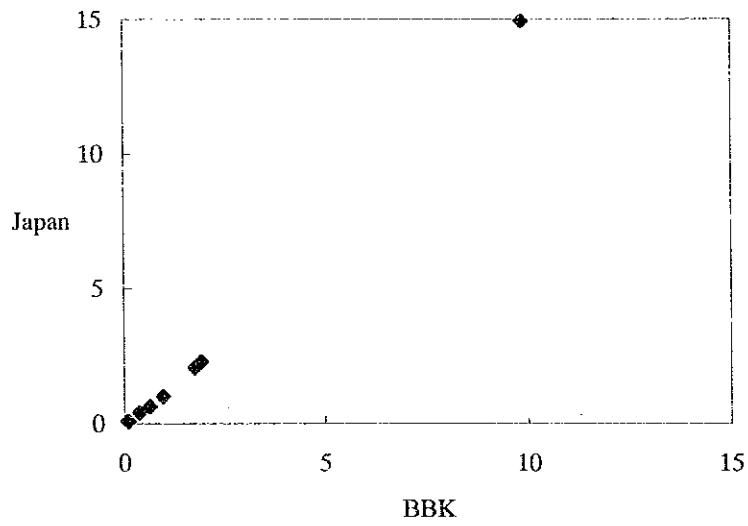


図3-3 (5) TiO<sub>2</sub>

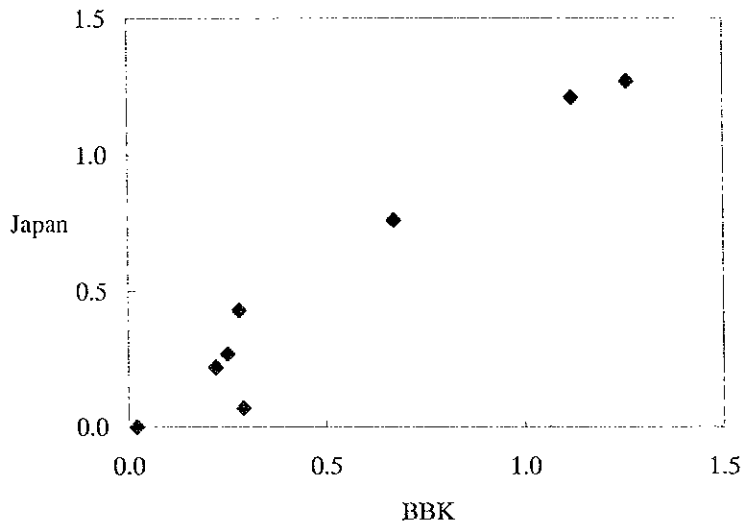


図3-3 (6) CaO

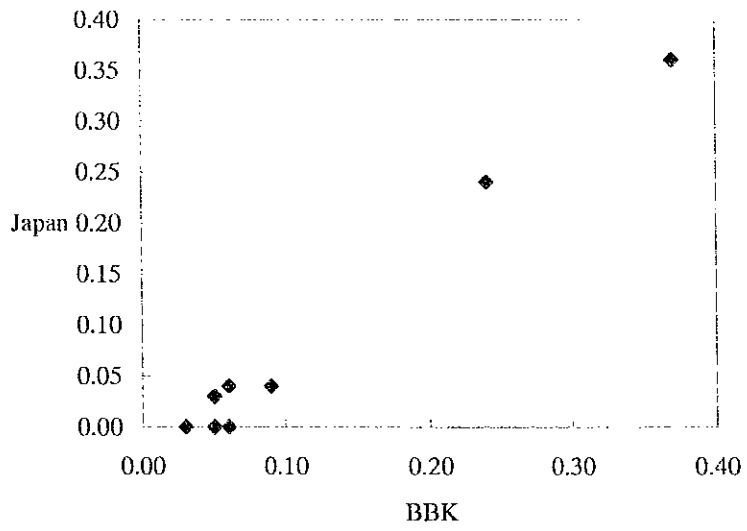


図3-3 (7) MgO

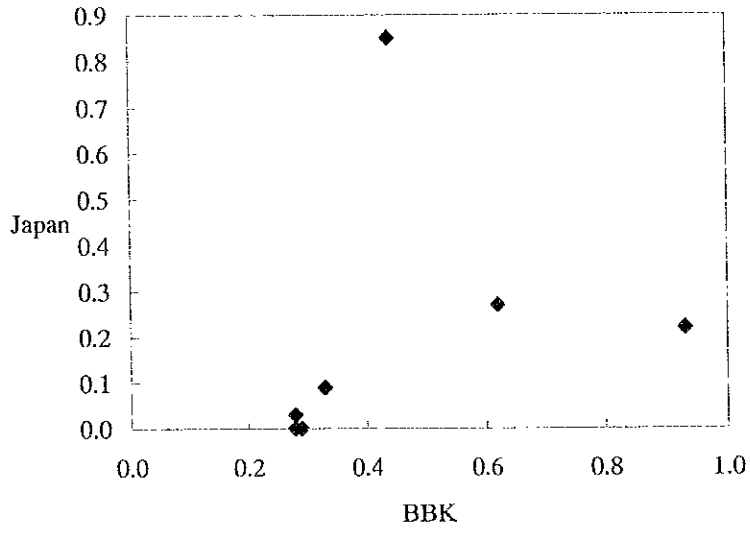


図3-3 (8) Na<sub>2</sub>O

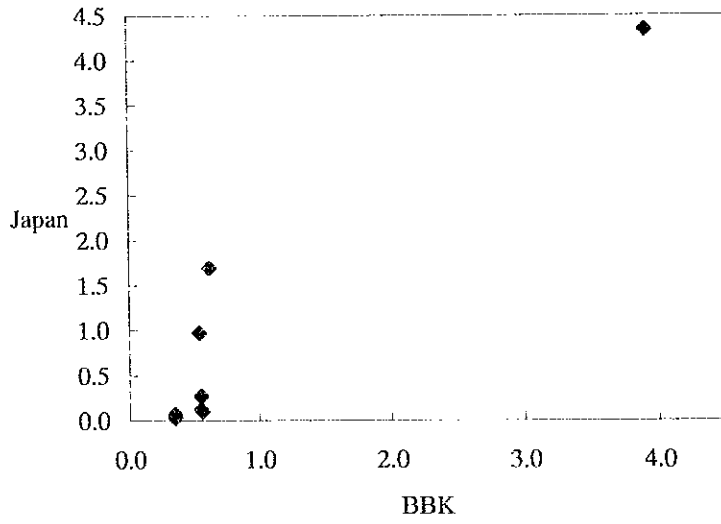


図3-3 (9)  $K_2O$

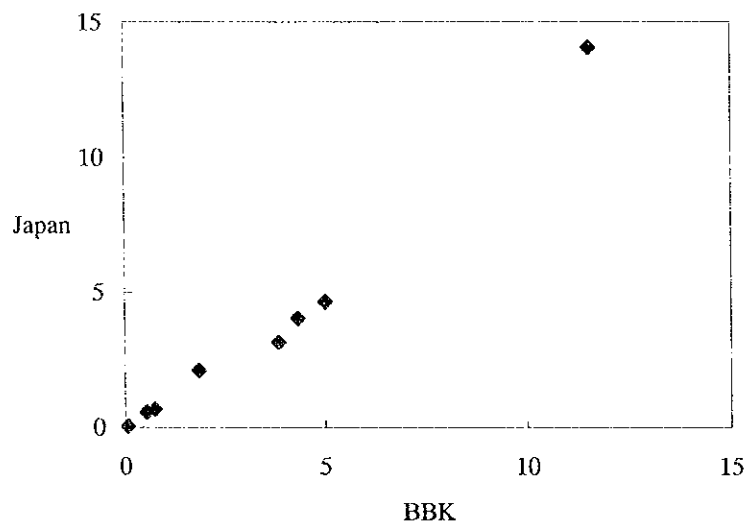


図3-4 (1) 日本とBBKのL値比較

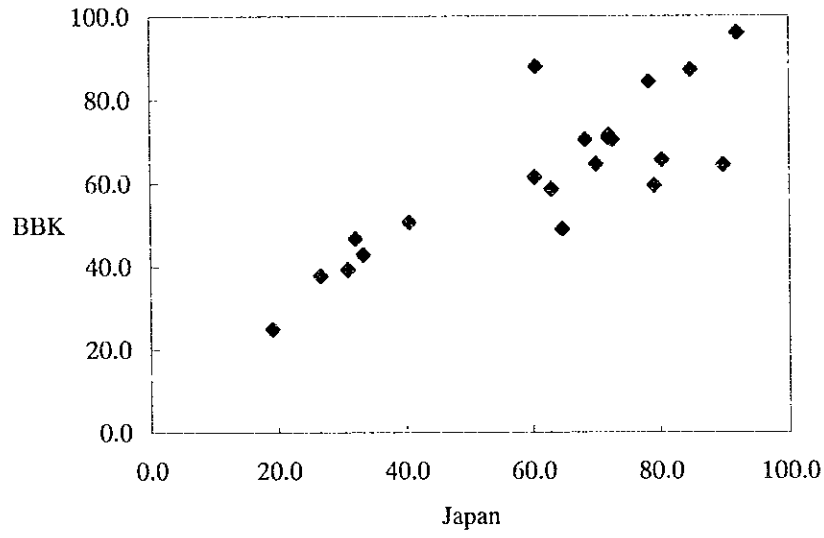


図3-4 (2) 日本とBBKのa値比較

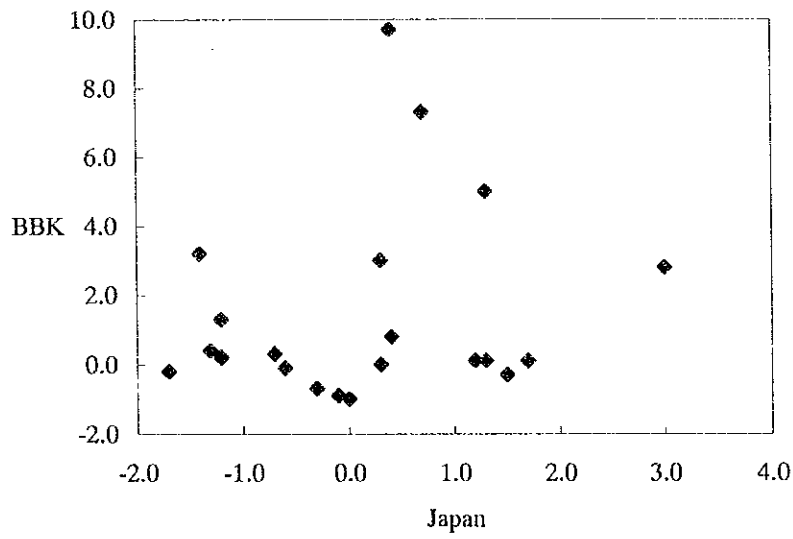


図3-4 (3) 日本と BBK の b 値比較

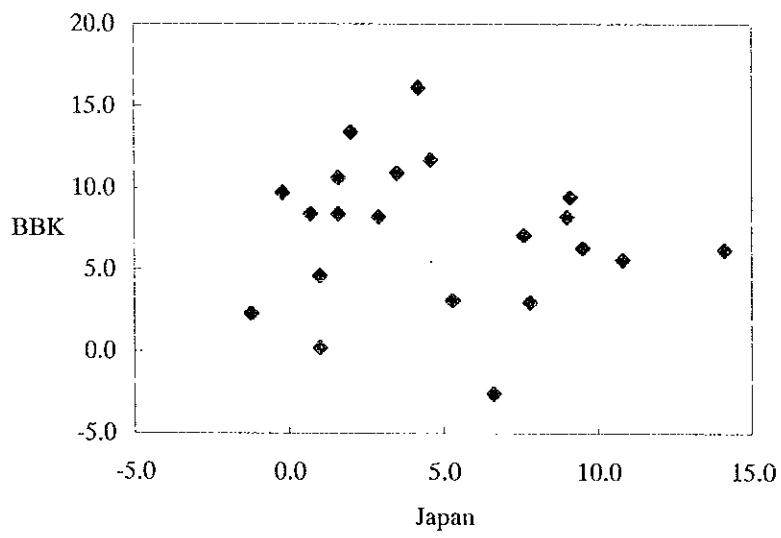




図 3-5 (1)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (L値/1,250°C電気炉による酸化焼成)

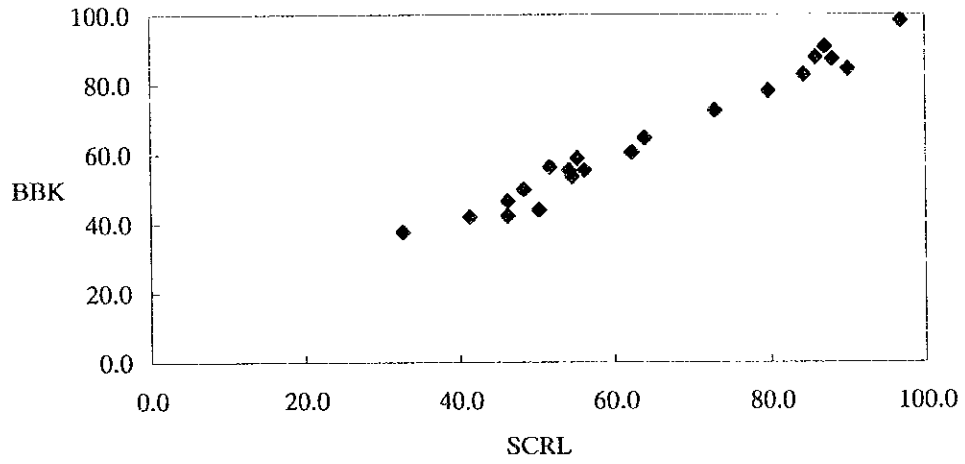


図 3-5 (2)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (a値/1,250°C電気炉による酸化焼成)

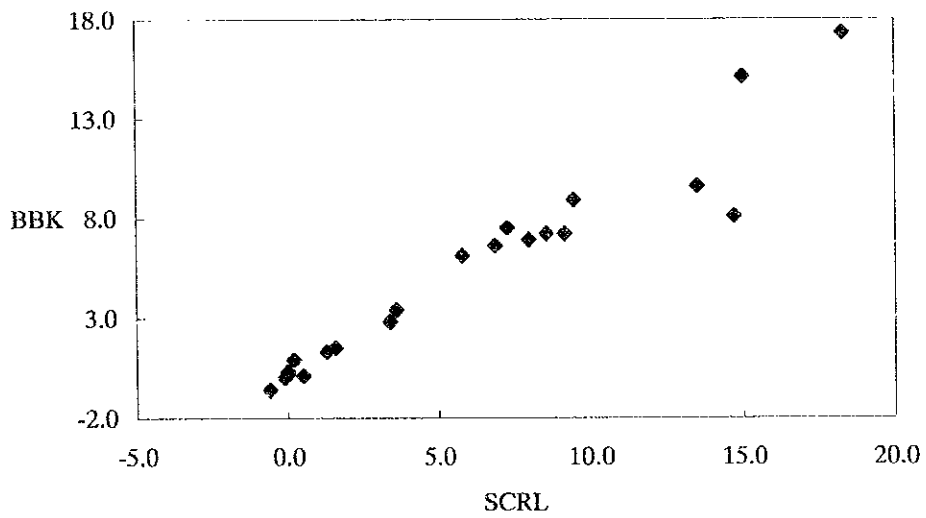


図 3-5 (3)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (b値/1,250°C電気炉による酸化焼成)

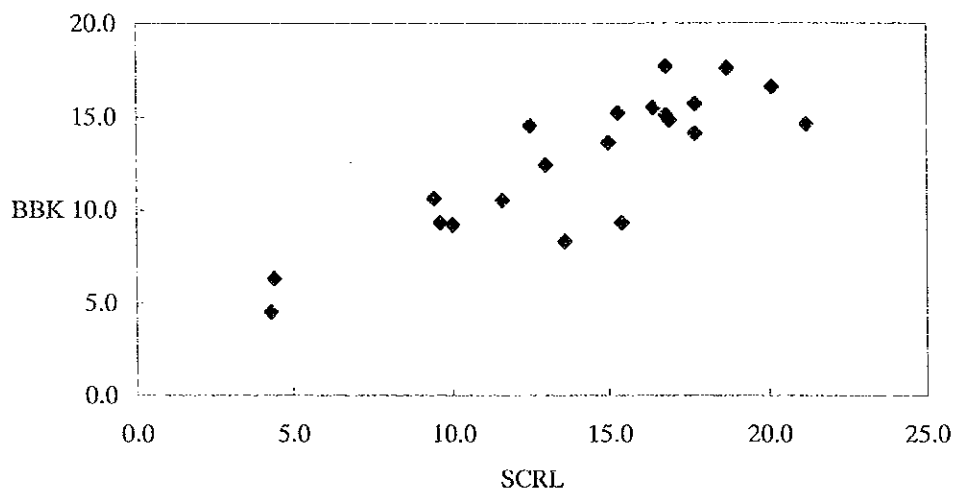


図 3-5 (4)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (L値/1,250°C電気炉による還元焼成)

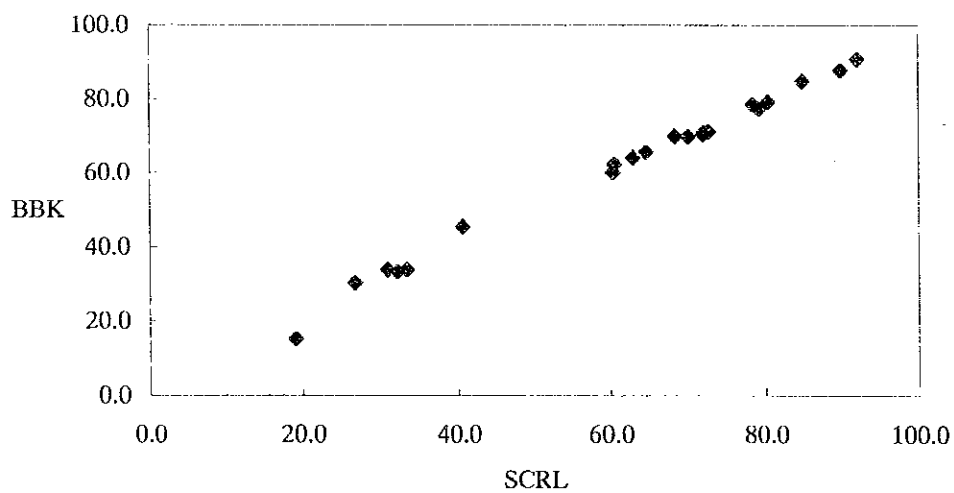


図 3-5 (5)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (a値/1,250°C電気炉による還元焼成)

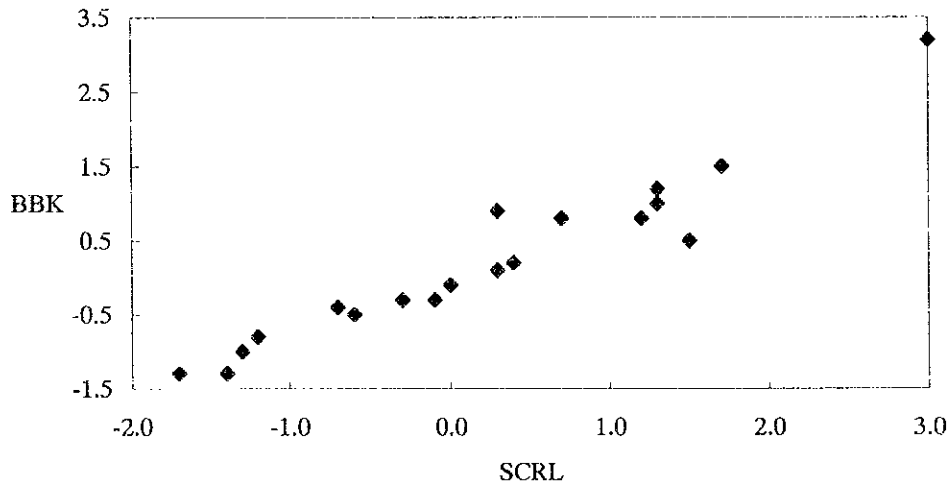


図 3-5 (6)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (b値/1,250°C電気炉による還元焼成)

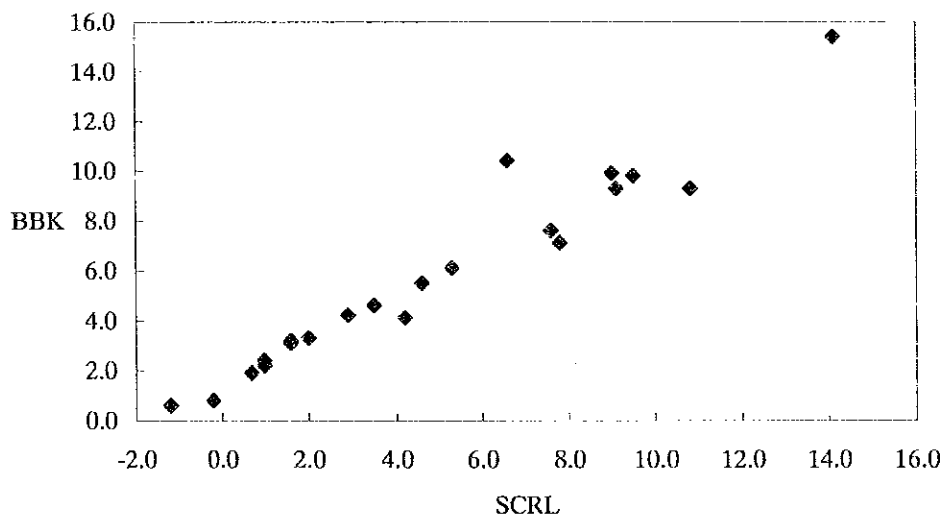


図 3-5 (7)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (L値/1,300°Cガス炉による還元焼成)

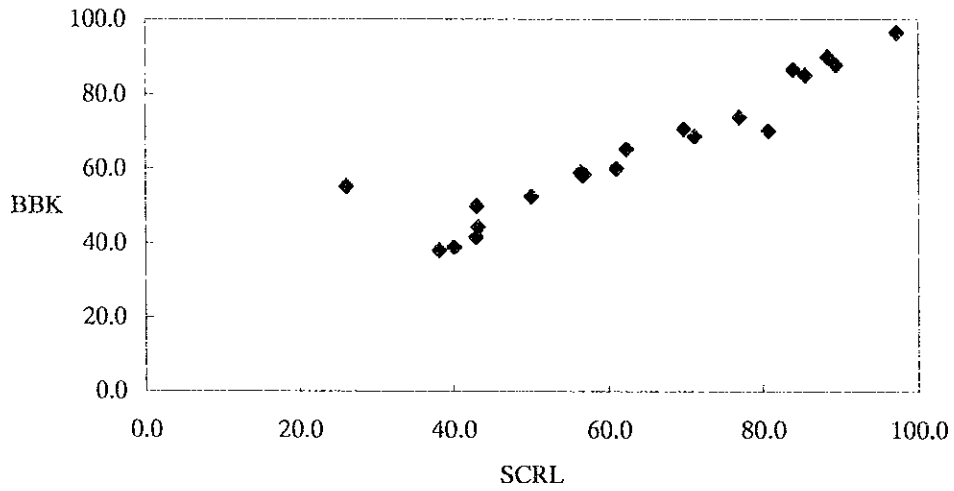


図 3-5 (8)  
 佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
 (a値/1,300°Cガス炉による還元焼成)

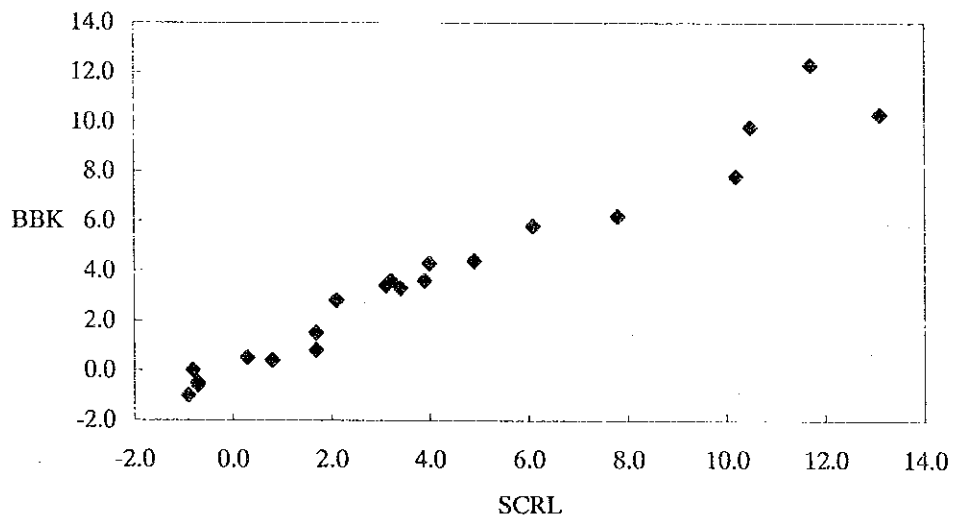


図 3-5 (9)  
佐賀県窯業技術センターとBBKの色差計比較  
(b値/1,300°Cガス炉による還元焼成)

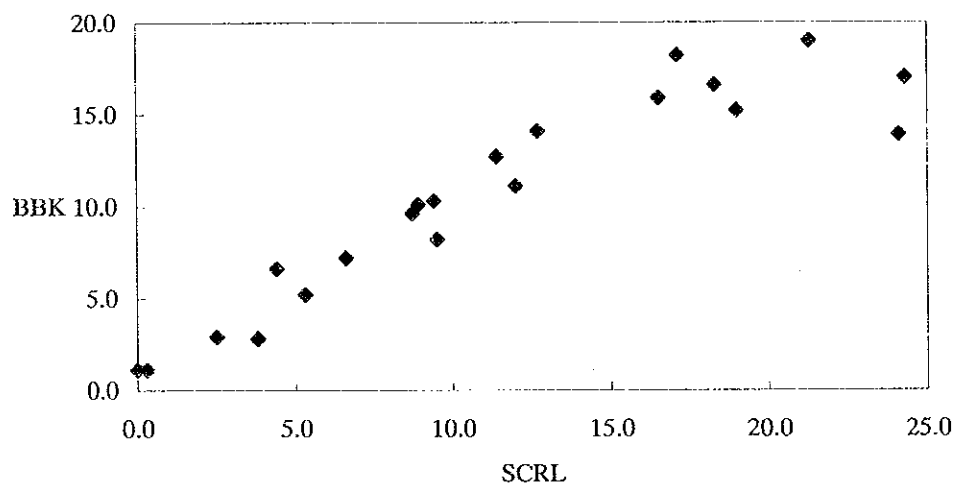
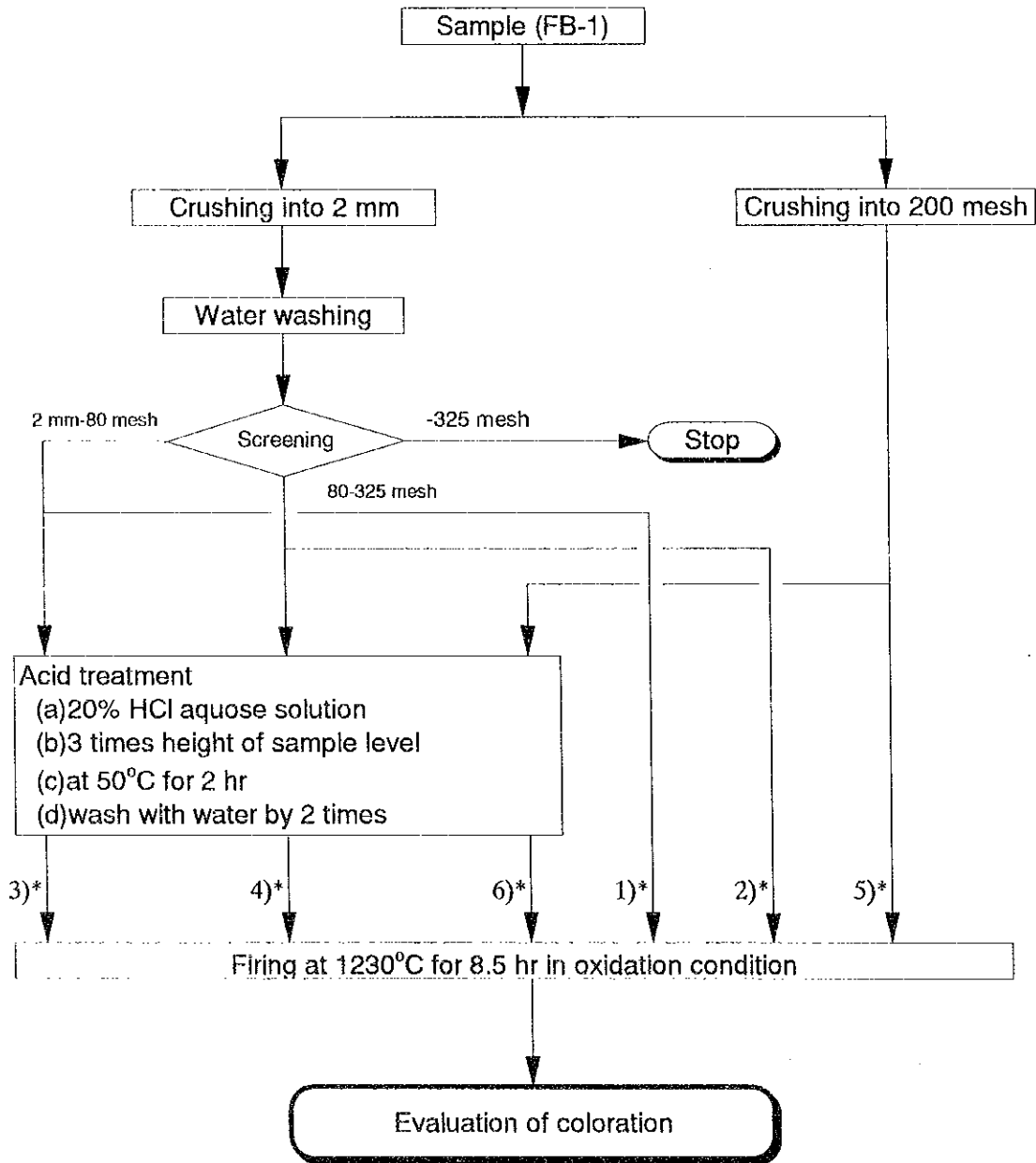


図3-6 Banjarnegara長石の品質改善試験手順

試験手順  
 (1) 水洗および酸処理



Note: \* No. are sample no. of Table 3-27.



図3-8 浮遊選鉱試験手順 (第1浮選)

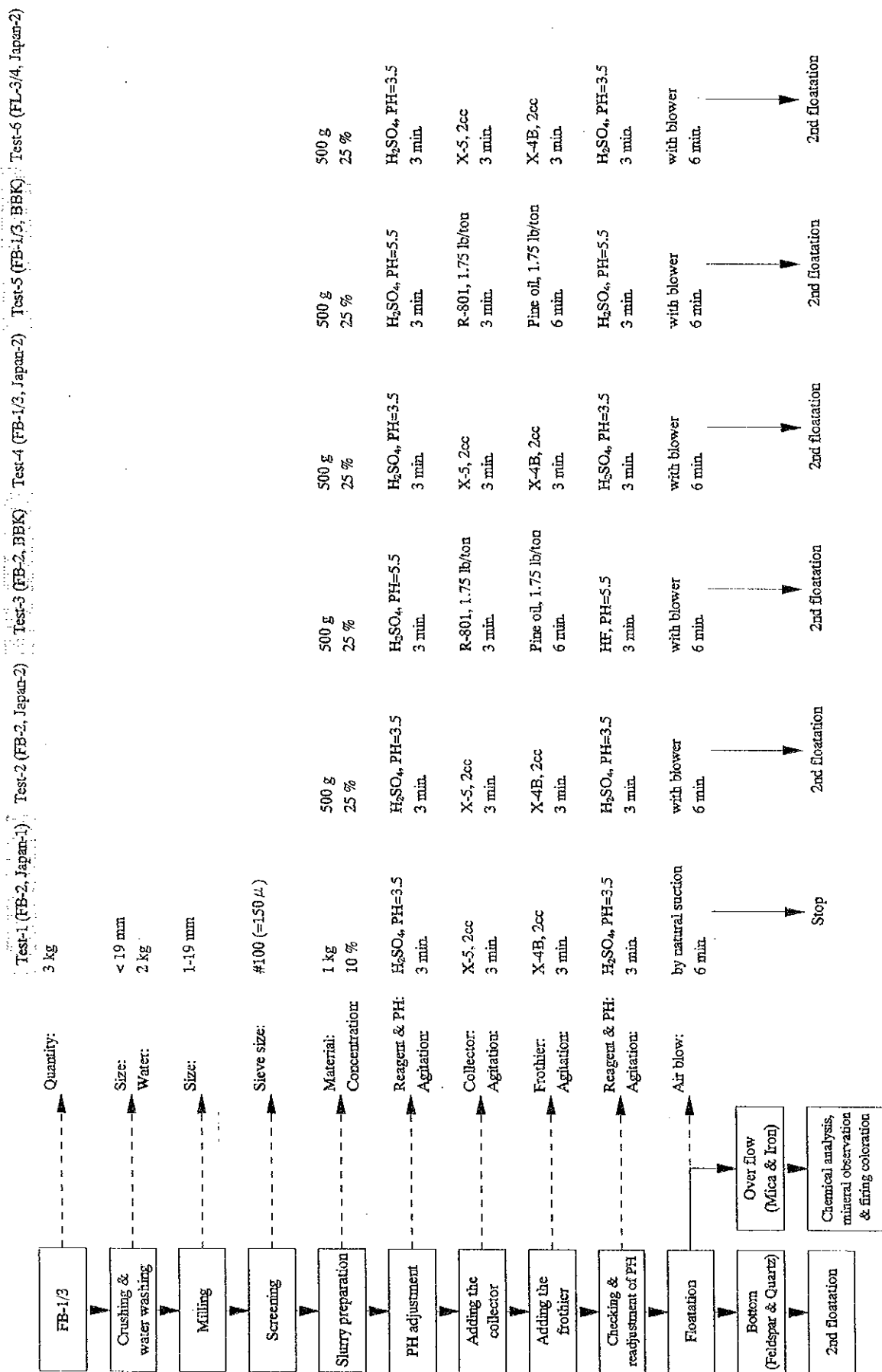
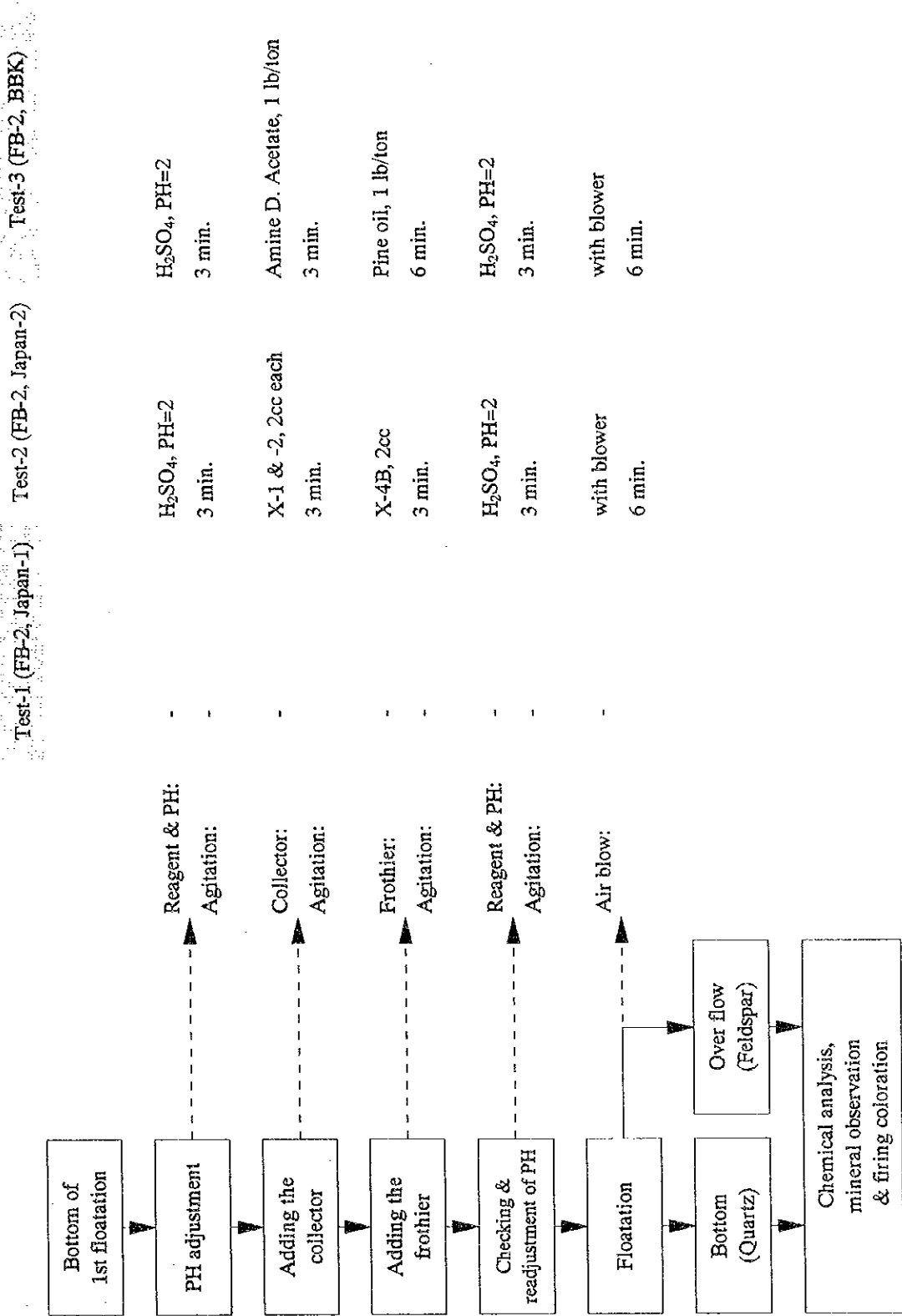




図3-9 浮遊選鉱試験手順 (第2浮選)





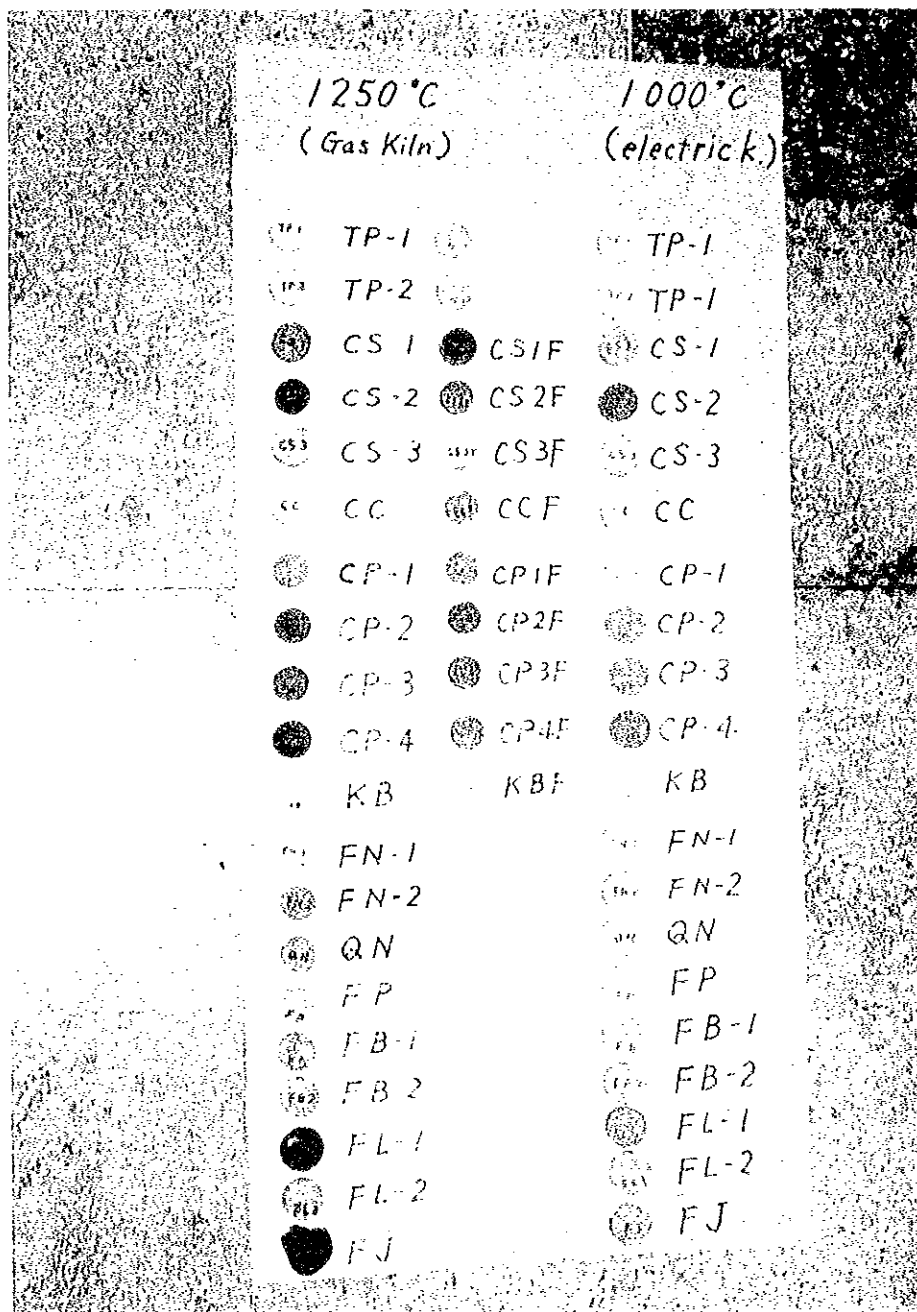


写真 3-1



## 4 製品別製造の視点から見た原料評価

国内（特にジャワ島）に賦存する原料利用という視点だけからは、新規の窯業製品の開発を期待できる原料は発掘できなかつた。インドネシアのセラミック産業（従来から生産されている製品を含む）が今後国内市場に拘束されない市場にターゲットを持ち発展しようとするれば、むしろ、有望な原料の賦存が期待できるカリマンタンやスマトラでの生産が有利である。既に述べたように、地質的にもジャワ島における原料には品位上の限界があり、この原料に依存する限り今後の発展はかなり制約されてくる。ジャワ島におけるセラミック産業は、むしろジャワ島の需要を満たす視点から発展することになると考えられる。この場合、必ずしも国内原料にこだわらずに展開することになる。他方、既にテーブルウエア業界に見られるように、セラミック産業の立地基盤が原料の存在でも国内需要もなく、労働力の存在に注目、輸入原料を使用し輸出指向で成立しつつあることも認識しておく必要がある。

以下の製品製造の視点からの原料評価では、テーブルウエア、サニタリーウエアなど、既存製品分野でも今後指向されるはずの、より高級グレード品への国内利用に視点を置いて評価している。また、未だ活発ではない分野で国内原料を活用できるケースとして、耐火物に対する利用を取り上げている。

### 4.1 サニタリーウエア製造の視点から

#### 4.1.1 評価の視点

##### 4.1.1.1 サニタリーウエア用原料の概要

サニタリーウエア素地に使用される主な原料は、カオリン、陶石、長石、石英である。サニタリーウエア用原料を評価するにあたっては、それぞれの原料の成因別特徴などについて把握する必要があるので、概要を述べる。

#### (1) カオリン質原料

サニタリーウエアで使用するカオリンの主成分はカオリナイトとハロイサイトという粘土鉱物である。カオリンは、成因別に次のように分けられる。

##### 1) 風化残留鉱床系カオリン

温暖、湿潤な気候下で花崗岩などが風化を受けると良質なカオリンが形成される。粒状の石英や雲母を混じえているが、選鉱の過程で除去される。産地は英国、チェコ、米国、中国などで輸入カオリンはこの種類に属するものが多い。

##### 2) 堆積鉱床系カオリン

花崗岩の風化によって形成されたカオリン質粘土が湖沼などに堆積したもので、石英粒

とカオリンからなる蛙目粘土、炭質物に富み、可塑性の強い木節粘土 (Ball clay) などがある。産地は米国、英国、中国、日本、インドネシアなどである。輸入の Ball clay はこの種類に属し、Belitung、Bangka、Kalimantan のカオリン、粘土もこの種に属するものである。

### 3) 熱水鉱床系カオリン

火山砕屑岩、火山岩、花崗岩などが熱水変質によりカオリナイトやハロイサイトに変化したもの。原岩や生成条件により鉱物組成は著しく変化する。産地は日本、インドネシアなどがある。ジャワ島の粘土はこれに属するものが多い。

以上に述べたようにカオリン質粘土中のカオリン、Ball clay、Clay の間には、はっきりした区別はない。

## (2) 長石原料

サニタリーウエア素地に使用される長石は主にカリ長石とナトリウム長石であり、これらの長石はほとんどの場合混在して産出する。長石は成因別に大別すると次のように分けられる。

### 1) ペグマタイト系長石

石英と長石の巨晶からなり、花崗中に岩脈状、塊状をなして産出する。産地は世界各地にあり、インドネシアでは Lampung など産する。輸入長石はこの種に属するものが多い。

### 2) アプライト系長石

細粒の長石、石英からなる優白質岩で、花崗岩に伴って岩脈、小岩株などとして産出する。産地としては米国、日本など。

### 3) 変質花崗岩、風化花崗岩系長石

熱水変質や風化作用により花崗岩中の鉄、マグネシウム鉱物が溶脱されたもの、産地としては米国、日本などで日本の砂婆または藻珪といわれるものもこれに属する。

### 4) 変質火山砕屑岩、火山岩および風化火山砕屑岩、火山岩系長石

熱水変質や風化作用により凝灰岩、流紋岩等の鉄、マグネシウム鉱物が溶脱されたもの。インドネシア・ジャワ島産の長石鉱床の多くはこれに属する。

## (3) 陶石原料

陶石は流紋岩等の火成岩が熱水変質を受けて長石分がセリサイトや、ときにカオリンに変質したもの。一般に塊状鉱床をつくるが、岩脈が原岩の場合、岩脈全体が陶石化し、脈状鉱床となる。産地としては日本、中国。

#### (4) 石英原料

石英原料として陶磁器に使用されるのは珪砂と珪石である。

##### 1) 珪砂

石英粒が水成層、風成層あるいは海浜砂として濃縮したもの、大規模な層状鉱床が世界各地に存在する。インドネシアの Belitung 島、Kalimantan 島にも存在する。またカオリンと共生する石英粒を分離して珪砂とするものもある。インドネシアの Belitung 島、日本の蛙目粘土からとれた水簾珪砂等これに属する。

##### 2) 珪石

ペグマタイト中に長石と共に産出するもの、熱水作用などで生成された脈状の石英がある。

#### 4.1.1.2 製品に要求される基本的性状

サニタリーウエアには大便器、小便器、洗浄タンク、洗面器、手洗器、掃除流しなどの製品があり、陶磁器製品の中では最も大型で複雑な形状をしている。衛生陶器は外観、品質、性能、寸法について規格が決められているのが通常である。これらの規格は製品の種類により細かく判定基準が決められているが、品質についてはすべて同一であり、現在サニタリーウエアメーカーは品種にかかわらず同一の調合素地を使用している。テーブルウエアのように耐熱性素地、高強度素地など製品により調合素地を分けることはない。

それぞれの項目について原料調合との関係について述べる。

#### (1) 外観検査

外観で不合格とされる欠点の中で素地調合に関係があるのは、切れ、曲り、ぶく、貫入、さめ切れがある。切れ、曲りは素地の成形性状に関係し、ぶく、貫入、曲りは焼成性状に関係する。貫入、さめ切れは焼成品の熱膨張率や吸水性に関係している。外観の中で製品の白さについては、規格では何も触れていない。現在サニタリーウエアは多くの色釉の製品があり、白色製品もその一つになっている。従ってテーブルウエアのように白さで製品のグレード分けをすることはない。またサニタリーウエア釉には、Zircon 乳白剤が使用されているため素地の呈色は昔ほど問題にされない。しかし素地の呈色が白いほど釉薬の中の Zircon 量は少なくでき、釉薬の厚さも薄くでき、また色釉の色の発色もよくなる。従って素地の中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の量は少ない方がよいことになる。日本ではサニタリーウエア素地中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  分は 0.5~1.2% となっている<sup>1</sup>。

---

<sup>1</sup> セラミックハンドブックより

## (2) 品質試験

品質についての試験項目には次の三つがあげられている。

### 1) インク浸透度

これは製品の焼結の程度（吸水性）を判断するためのもので、製品の強度や貫入の入り易さに関係するものである。調合素地中のフラックス成分である長石、ドロマイト、セリサイトとカオリン、粘土、石英との割合および調合素地粒度を適当に選び所定の焼成温度（1,200℃付近あるいは1,300℃付近）で焼結するようにしなければならない。

### 2) 耐急冷性

これは素地の熱膨張率および素地と釉薬の熱膨張率の差によって生じるクラックの発生をチェックするもので、製品のさめ割れに関係するものである。調合素地中の石英の量を適量に抑えることが必要である。

### 3) 耐貫入性

これは素地が水和膨張することにより起こる釉薬のクラック（貫入）をチェックするもので、長期間使用後に起こる釉薬のクラックの発生に関係するものである。素地の焼き縮まりをよくすることにより防止できるので、そのような調合を選ばねばならない。

## (3) 性能試験

性能試験項目には、洗浄性能、排出性能、水封性能があり、製品設計に対する規格であると同時に製造過程で生ずる欠陥の検査項目でもある。大型で複雑な形状の製品であるため成形工程での切れ、変形、焼成過程での切れ、変形、収縮量の変化などで欠陥が生ずることがある。調合素地の成形性状、焼成性状に関するもので原料の選択上最も大切な事項である。

## (4) 寸法検査

(3) の性能試験の場合と同様、製品の寸法に対する規格であり設計上の問題でもあるが、設計どおりに製品が焼き上がらないために起こる欠陥に対する検査項目でもある。その原因として成形工程での変形、焼成工程での収縮の過不足、熱間での荷重変形、割り掛けの不適切などによるものである。

調合素地の成形性状、特に焼成性状に関するもので調合素地のフラックス成分とカオリン、粘土、石英などとの割合、素地の粒度が適当になるよう原料を選び調合しなければならない。

サニタリーウエアの原料は、以上のように外観、品質、性能、寸法が所定の規格に合格する製品を生産性よく製造する素地に適したものでなければならない。



#### 4.1.1.3 調合素地に要求される基本的性状

サニタリーウエアは大形で複雑な形状をしているため、すべて鋳込成形でつくられる。また、形状の関係で切り取ったり接着したりの人手による作業も多く作業性のよい素地が要求される。

##### (1) 要求される主な性状

###### 1) 泥漿の性質

分散性、粘性、着肉性など

###### 2) 鋳込体の性状

水分、可塑性（保形性、撓変性、細工性）など

###### 3) 乾燥素地の性状

収縮、強度、充填度など

###### 4) 焼成性状

焼結性、焼成収縮、熱間強度など

###### 5) 焼成体の性状

強度、熱膨張係数、耐サメ割れ性、吸水性、呈色など

##### (2) 基本的な各原料の特性（役割）

1) カオリン、粘土、陶石： 品物の形を造り保ち、熱間の強度を保持する

2) 長石： 焼き縮めの役割、吸水を少なくする

3) 珪石（珪砂）： 製品の機械的強度を保ち、また熱膨張、収縮率を左右する

各製造メーカーは上記各原料の特性を活かし、最も成形性の良いもので、焼成結果も満足できるように配合調合して製品を造っている。

#### 4.1.1.4 サニタリーウエアメーカーでの評価手順

原料評価の手順として一般的に工場で採用されている方法の概要を述べる。

##### (1) 原料評価の手順

1) サプライヤーから、原料山の情報およびサンプルを入手する。

2) サンプルの試験として、鉱物組成、化学組成、粒度、耐火度、呈色などの項目を行なう。

3) 鉱山の鉱量、採掘状況、品質管理、バラツキなどを調査し、サンプリングする。

4) 単味のサンプル数を増やしてバラツキ等も検討する。2) サンプル試験での不足分を補う。試験結果から調合原料として使用する価値がありそうか、どうかの判断をする。

(第一次評価)

- 5) 現行素地（現在工場で使用している調合素地）の中の一部原料をテスト原料と代替して、小口調合試験を行なう。必ず現行素地も比較として小口調合し、Slip 性状、成形性状、焼成性状、焼成品の性質を比較検討する。小口試験結果で代替の可能性、適当な調合割合、代替によるメリットの有無を検討する。（第二次評価）
- 6) 大口調合試験として製品を数個造れる程度の調合を行い、工場で製品を製造し、現行素地と比較検討する。（第三次評価）
- 7) 切替試験として代替原料を現行素地に組み込み使用してみて、歩留まりの変化を調べる。現行と比べ異常なく、あるいは良好ならば合格と判断し使用を継続する。

本調査では、4) の第一次評価までを実施した。4.1.2 の評価では、上記に加え、メーカーでの使用実績のあるものについてはそのメーカーのコメントなども参考にして、評価を行っている。

以上の評価手順から一般的にメーカー・サイドでの原料採用、不採用のポイントは次のようになる。

(2) 原料採否のポイント

- 1) 鉱量があり、安定供給ができて、しかも適正評価である。
- 2) 単味の原料試験において、鉱物組成、化学分析、呈色等が有望と判断できる。
- 3) 素地の調合試験において、対象原料による代替試験を行い、基礎試験を経て最終的には製品を造り、その結果で適・不適を判定する。通常、窯業原料は鉱物組成、化学成分が同じでも、産地および成因により性状が違ってくるので、最終的には素地の調合試験により判定している。

しかし、このメーカーの調合試験は、各メーカーにより素地組成（原料の組合せ）が違いため、各メーカーごとに、また同一メーカーでも工場ごとに評価に差がでてくる。

これらメーカーによる原料評価を行う際の適否判断のめやすとしての一例を表 4-1 に示す。

4.1.1.5 原料選択のポイント

調合原料の選択には、まず焼成性状の点から主成分であるカオリン、長石、セリサイト、石英の量が所定の割合になるようにする必要がある。これらの割合は製造する製品の種類、焼成温度等によって違ってくるもので、各製造メーカーによりそれぞれノウハウがある。次に成形性の点からカオリン粘土類、長石類、石英類の種類・量を決めることになる。

### (1) カオリン質粘土の選定

カオリン質粘土は成因、産地により性質が異なり、それぞれ特有の性質を持っている。従って一つの種類の粘土で要求される性質を満足させる事は難しく、一般に品質の安定性、供給の安定性、価格等を併せ考え幾種類もの原料を組み合わせて使用する。欧米ではカオリンと Ball clay が使い分けられ、日本では蛙目粘土、木節粘土および陶石からのセリサイト粘土の組み合わせで原料の選定がなされる。

インドネシアでは、Belitung 島、Bangka 島、Kalimantan 島からのカオリン質粘土が使用されているが、それだけでは満足する性質が得られないので輸入のカオリンと Ball clay が併用されている。

### (2) 陶石原料の選定

日本系の企業では陶石を使用した素地を採用している。陶石を使用するのは焼成性状、成形性に及ぼすセリサイトの効果を利用したものである。陶石の主成分は石英とセリサイトであるため、粉碎してセリサイトが充分分散され、粘土として働くものを選ばなければならない。また主成分が石英であるため、陶石の使用が多くなると他の原料からくる石英量をおさえなければならない。そのため石英量の多い粘土やアルカリ量の少ない長石の使用は制限される。

インドネシアでは良質な陶石が安定供給されないため、現在は全量輸入に頼っている。

### (3) 長石類の選定

調合に使用される長石には、アルカリ量が 14%以上の石英の混入の非常に少ないものから、アルカリ量が数パーセントの石英の混合量の多い長石があり、またその中間のものもある。長石は素地の中で溶融剤として使用するものであり、素地には必要な長石の絶対量がそれぞれある。アルカリ含量の少ない長石は使用量を増やさねばならない。そのためには他の原料からくる石英量を減らさねばならない。この点に限るとカオリン・長石・石英だでの調合では、低アルカリ長石使用の可能性は、陶石だでの調合に比べ大きい。しかし、安価で品質の安定した石英の使用を減らして低アルカリ長石を使用するには、価格と品質、品質の安定性を兼ね合わせて考えねばならない。

以上、主原料について述べたが、不純物、特に鉄分は焼成呈色を悪くするので、注意しなければならない。ジルコン乳白釉の使用により素地の呈色はかなりカバーされるが、素地中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含有量は 1.2%程度以下にしなければならない。このように調合は幾種類もの原料を組み合わせて行うため、少量であれば多くの原料が使用できることになる。しかし現実には国産の原料で使用できる種類は限られており、大手サニタリーウエア・メーカーでは国産原

料の使用量は 50%程度である。

#### 4.1.2 評価

サニタリーウェアの製造方法は先ほども述べたように鋳込み成形方式である。サニタリーウェアは一般的に大型高級品 High grade と小型低級品 Low grade とに分けられ、それぞれ製造の方法は若干異なっているので、原料の調合においても異なった性状を要求される。小型低級品は小形で、形状も簡単なものである所以工場規模も小さく、全量国産の原料でまかなわれている。大型高級品は形も大きく、また複雑な形状をしているため、単一成形は無理で分割して成形した後、貼り合わせたり部分的に接着補強して製品を造っている。また穴あけ、その他加工することが多いため、成形性の良否が歩留まりを左右する。なかでも粘土の可塑性（成形のしやすさ）が一番重要である。

##### 4.1.2.1 試験方法等

###### (1) 対象原料

今回の原料評価は、High grade のサニタリーウェアを対象に、インドネシア国内産出原料について行った。

###### ・カオリン質原料

1) Belitung 島 Kaolin、2) Bangka 島 Kaolin、3) Kalimantan 島 Ball clay  
ジャワ島 4) Parungpanjang Clay、5) Sukabumi Clay、6) Cipeundeuy Clay

###### ・長石質原料

スマトラ島 7) Pangaribuan 長石、8) Lampung 長石  
ジャワ島 9) Banjarnegara 長石、10) Narawita 長石、11) Jebara 長石

###### ・陶石および蠟石

12) Pacitan 陶石

インドネシア国内産出原料として今回上記 12 種類の原料を評価検討した。

###### (2) 調査・試験項目

これらの原料について次のような調査・試験を行った。

###### ・鉱山調査

地形・地質の概況、資源賦存状況、採掘と精製・利用の現状など

###### ・サンプリング試料の分析試験

鉱物組成分析、化学組成分析、粒度分析、焼成呈色試験、可塑性の試験、泥漿性状試験、

乾燥強度試験、焼成性状試験、

・精製試験

分級、磁選脱鉄、浮遊選鉱による可能性の検討

以上の調査・試験方法および結果の詳細は、3.1～3.4 に示す。

#### 4.1.2.2 評価

各原料を評価した結果としては、良質の粘土と良質長石は見当たらなかった。高級サニタリーウエアの製造では、成形性をよくするために、良質粘土、また焼き縮まりをよくするために良質長石（アルカリ分が多いもの）が必要である。成形性の良いことは製品歩留まりの向上となり、原料価格よりも製品歩留まりの向上の方が効果は非常に大きい。

インドネシアにこのような原料が見当たらない現状では、その不足分は良質の輸入原料を使用せざるを得ないものとする<sup>2</sup>。

以下、各原料別に評価する。

##### (1) Belitung カオリン

Belitung 島の水簸カオリンで鉱量も大きく品質の安定性もある。カオリナイトを主成分としカオリンの純度も高くまたカオリンとしては可塑性もあり鉄分の少ない良質カオリンである。鑄込み用泥漿作成にも支障がないので粘土と併用使用することでサニタリーウエアの主体原料となり得るものである。

##### (2) Bangka カオリン

Bangka 島の水簸カオリンで Belitung カオリンと同様に鉱量も大きく品質の安定性もあり、主成分はカオリナイトでカオリン純度も高く鉄分の少ない良質カオリンである。鑄込みテストはしていないが単味性状その他から粘土と併用使用することでサニタリーウエアの主体原料になり得るものと推察する。

なお、Belitung カオリンはよくないが Bangka カオリンは良いとか、また逆に Belitung カオリンが良いとの評価を聞くが、それは併用する原料の性状や製造条件その他により Bangka カオリンの方が使いやすい、あるいは Belitung カオリンが使いやすいということであって本質的なカオリンの評価ではない。

---

<sup>2</sup> Banjarnegara 長石、Lampung 長石等はアルカリ分が少ない。アルカリ分が 10%以上になるような精製方法を研究することが必要である。

### (3) Parungpanjang 粘土

ジャワ島西部に産出し鉱量は大きい。場所により鉄分含有量が2~12%と大きく変動するため品質安定に不安がある。採掘場における厳重な品質管理が必要である。主成分はハロイサイト石英で副鉱物としてモンモリロナイト、クリストバライトを含有している。アルミナ含有量からみると中級以下の粘土であるがモンモリロナイト含有のため可塑性は大きい。可塑性の面だけでみると国内産粘土では最上のものであろう。上質の Super Clay (CP-1) について鑄込みテストの結果ではモンモリロナイト含有のために分散性が悪く、適正な泥漿ができなかった。サニタリーウエアの原料としては不向きである。

### (4) Sukabumi 粘土

西部ジャワ島に産出し鉱量は大きい安定品質や安定供給に不安がある。採掘位置により鉄分の含有が4~15%と大きく変動する。採掘粘土の品質管理をすることはもちろんであるが、特に採掘方法に問題がある。現在の個人採掘を止め、近代的な合理的採掘方法を採用する必要がある。

主成分はカオリナイト、セリサイト、石英である。アルミナの含有量からみると低品位に近い粘土でしかも鉄分が非常に多い。鉄分の少ない粘土 (CS-1) について鑄込みテストを行なった結果、分散性は良いが可塑性 (特に細工性) および着肉性に難点がある。また鉄分 (4.18%) も多い。この状態ではサニタリーウエアの原料としては不向きである。将来採掘方法を改善し下部の良質粘土 (Super White Clay) が安定的に採掘できるようになれば、サニタリーウエアとして使用の可能性もある。

### (5) Cipeundeuy 粘土

バンドン市東南に産出し鉱量も大きく品質も安定している。採掘場は山の中腹にあり、採掘した粘土の搬出路は田畑のあぜ道と山林のそばの狭い山道を利用しているために、山麓まで人力により運搬している。搬出に車両が使えないのは、出荷増量の大きなネックとなっている。主成分はカオリナイト、クリストバライトに若干のセリサイトを含んでいる。アルミナの含有量からみると中程度の粘土である。鑄込みテストは行っていないが単味試験の結果、粒子も粗く可塑性も低い。またクリストバライトを含有しているなどのことからサニタリーウエア用原料としては不向きである。Cipeundeuy 粘土は外観その他から粘土というより、むしろカオリンに属するものと思われ、耐火物用原料に適しているものと推察する。

#### (6) Monterado 粘土

産地は西 Kalimantan にあり、鋳量も大きく品質も安定している。主成分はカオリン、石英で特にカオリン純度は高く、鉄分などの有色不純物の混入は少ない。粒子は粘土としては若干粗いが可塑性は良好である。鋳込みテストの結果も分散性はすぐれ、可塑性も充分あって、テストした原料の中では最も良好な性状を示した。サニタリーウエアの主体原料となりうるものである。現在 Clayindo 社 (WBB の合弁会社) が大規模に採掘開発中であり、良質な粘土の産出が大いに期待できる<sup>3</sup>。

#### (7) Pacitan 陶石

産地は東ジャワで、現在採掘中の鉾石の下部の露頭より試料を採取したものである。サンプルの単味試験の結果から推定すれば、主成分は石英、セリサイトであるが、セリサイト分が少なく低品位の陶石である。鉄分 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 0.08%、チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 0.28%と少なく呈色の良い原料である。陶石単味を粉碎して小物(湯呑み)を鋳込んでみた結果、品物ができたので、その程度の可塑性は持っていることがわかった。サニタリーウエア用原料としては補助原料程度の利用も考えられるが、需要地との距離によっては運送コストがかさむので使用の可能性は少ない。しかしながら陶石がない現状では、鋳体の奥の方に良質な陶石が賦存している可能性も多少あるので、更に鋳量の調査を行うことを薦める。

#### (8) Pangaribuan 長石

産地は北スマトラにあり、主成分はほとんど純粋に近い微斜長石で、サンプルを分析試験したところ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.09%、 $\text{TiO}_2$  Trace と呈色が良い品質と判断できる。しかし、長石はすでに掘りつくされている。新たに良品の鋳脈が発見開発されれば利用の可能性は高い。

#### (9) Jepara 長石

産地、鋳量などは不明、入手したサンプルの試験結果により評価する。主成分は玻璃長石 (Sanidine) でほとんど純粋な長石であるため熔けはよいが、鉄分 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 2.15%と多いため呈色が非常に悪い。長石の成分としては良質の部類に入るが、あまりにも鉄分が多く呈色が悪いので、サニタリーウエア用原料としては、補助的に使用できる程度と判定する。

<sup>3</sup> 唯一良質の Monterado 粘土も英国の Ball Clay、また日本の蛙目粘土に比べれば、可塑性は若干劣るものと推察する。

(10) Narawita 長石

産地はバンドン市東方約 65km にあり、山は広く鉱脈が四方へ 1~2km ほど伸びていると言われているので鉱量は大きいとみられる。しかし採掘の方法は、トンネル状に良質と思われる部分のみを抜き掘りしており、現状では呈色良好な層は少なく、外見上は白く見えても呈色不良部分が入り混じっているため安定性に欠け、全体からみると数パーセント程度の量しか見込めない。主成分はサニディン、クリストバライトで一部セリサイトも混在している。長石の主成分であるアルカリ ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 量は 6%程度と少ないため熔けが悪い。サニタリーウエアの原料としては不向きである。

(11) Banjarnegara 長石

産地は中部ジャワにあり鉱量は大きい。主成分は曹長石、石英、微斜長石である。長石の主成分であるアルカリ量は 7~8%と少なく熔けが悪い。鉄分が多いので呈色も悪いが、磁力選鉱や精製テストにより脱鉄可能のデータは出ている。15km の範囲に 3 鉱山を有しており、3 鉱山それぞれ多数カ所のサンプリング結果をみると、バラツキが少なく品質は安定している。サニタリーウエアの原料としては、カオリン・長石・珪石だて調合の場合使用できる可能性は充分ある。

(12) Lampung 長石

産地はスマトラ島南部に位置し、鉱量は大きい。鉱床には塊状の部分と砂質部分がある。出荷比率は、30 : 70 程度であり、塊状部分は床タイル用に使用されている。

サンプルの化学分析結果は、アルカリ量 7%、鉄分 0.35%程度であり、サニタリーウエアの原料としてカオリン・長石・珪石だて調合の場合には使用できそうである。しかし、アルカリ量が少ないので焼き締まりが悪く、品質は輸入品と比べるとかなり劣る。輸入品はアルカリ量 14%程度あり、価格は 1kg 130 ルピアである。アルカリ量 7%の Lampung 長石の場合、輸入品に比べ量を二倍必要とするので、価格は  $\text{Rp.95/kg} \times 2 = \text{Rp.190/kg}$  となり、価格面でも輸入品の方が有利となる。将来輸入長石資源がひっ迫してくることも考えられるので、今後精製処理など何らかの対策を進めておく必要がある。また品質の安定化には採掘の方法を考慮すべきである。

以上全体をまとめると表 4-2 のとおりである。



## 4.2 タイル製造の視点から

### 4.2.1 評価の視点

#### 4.2.1.1 タイル製造用原料の概要

タイルの種類は、素地の質によって陶器質、セッ器質、磁器質に分けられる。素地の質による分類のほかに、呼び名によっても分類されている。素地の質による分類と呼び名による分類との関係は次のようになっている。

<u>素地の質</u>	<u>呼び名</u>
磁器質	内装タイル、外装タイル、床タイル、モザイクタイル
セッ器質	内装タイル、外装タイル、床タイル
陶器質	内装タイル

内装、外装、床タイルは主な用途によって名付けた呼び名であって、内装タイルは主に屋内の壁または床に外装タイルは主に屋外の壁に、床タイルは主に屋外の床に用いられる。以上は JIS による区分であるがインドネシアでは床タイル、壁タイル、モザイクタイルという呼び名で分けられ、生産高の比率は床タイル 70%壁タイル 30%で、モザイクタイルは極少量である。素地の質からみると、床タイルはセッ器質と陶器質の中間付近であり、壁タイルは陶器質である。

タイル素地に使用される原料は、床タイルでは粘土・長石・石英、壁タイルでは粘土・長石・カオリン・蛭石・石灰石・石英、モザイクタイルは長石、粘土であり、すべて国産の原料でまかなわれている。次に使用される原料について概要を述べる。

#### (1) 粘土

タイル原料として使用されている粘土は、火山砕屑岩、または火山岩が熱水変質してできたカオリナイト、ハロイサイト系の粘土と石英との混合物で、セリサイトを含むものもある。鉄分の混在が多い。代表的なものに Sukabumi 粘土がある。

#### (2) 長石

タイル原料として使用されているものは、火山砕屑岩、または火山岩が熱水、あるいは風化変質してできたもので、カリ長石とソーダ長石と石英の混合物である。代表的なものに Banjarnegara 長石がある。

### (3) カオリン

タイル原料として使用されているものは、花崗岩の風化によって形成されたカオリン質粘土が、湖沼などに堆積した、堆積鉱床の粘土を水簸し、石英・雲母類を除去した精製カオリンである。代表的なものに、Belitung 島、Bangka 島のカオリンがある。

### (4) 石英

タイル原料として使用されているものは珪砂であり、花崗岩類、または砂岩に由来するものが、海浜珪砂、または内陸の沖積平地に賦存しているもので、代表的なものには、Bangka 島・Belitung 島・Kalimantan 珪砂がある。

### (5) 石灰石

石灰石は広い範囲に分布しており、最も豊富な資源の一つである。主に西部および中部ジャワに分布する第三紀後期の石灰岩が開発利用されている。

### (6) 蠟石

流紋岩等の火山岩が酸性熱水により変質を受け、ピロフィライトと石英とからなる蠟石になったものである。代表的なものに Pacitan 蠟石がある。

#### 4.2.1.2 製品に要求される基本的性状

インドネシアで製造されているタイルは、床タイルおよび壁タイルがほとんどで、他にわずかではあるが、モザイクタイルが造られている。床タイルおよび壁タイルの代表的な調合 (ASAKI の情報) と、モザイクタイルの調合 (メーカーの情報) は次のようになっている。

	<u>床タイル (%)</u>	<u>壁タイル (%)</u>	<u>モザイクタイル (%)</u>
粘土	58	46	30
長石	32	7	70
石英	10	21	
カオリン		10	
石灰石		16	

床タイルは粘土、長石、石英からなり、吸水率は 3~10%のものが多い。壁タイルは長石を少なくし、石灰石を多用しており、吸水率は 10%以上になっている。また壁タイルは床タイ

ルに比べ素地中の鉄分が少なく、吸水率も高いため色が白く White Body と呼んでいる。これに対し、床タイルは色が赤いので Red Body と呼んでいる<sup>4</sup>。

モザイクタイルは吸水率を 1.0%以下にするため、長石を多く使用し、1,300℃の高温で焼成している。床タイル、ならびに壁タイルの焼成温度は 1,150～1,200℃が一般的である。

次にこれらのタイル製品に要求される品質、形状、寸法、外観について原料調合との関連性も併せて述べる。

## (1) 品質

### 1) 反りおよびばち

反りはタイルの湾曲の総称である。ばちは相対する二辺における不揃いをいう。その原因は、焼成中の部分的な温度の違いによる収縮差によるものと、成形工程で生じる素地の密度差による収縮差に起因するもので、原料の品質のバラツキ等から造粒粉体の流動性等に変化が起きることが原因の一つになる。

### 2) 吸水率

吸水率について JIS では次のように決められている。

磁器質	1.0% 以下
セツ器質	5.0% 以下
陶器質	22.0% 以下

これは吸水率により使用場所の適・不適があるからである。陶器質は屋内の壁および床用に限られている。インドネシアでは、同じ床タイルでもメーカーにより製品の吸水率は多少異なっており、3～6%、4～6%、6～10%のところがあった。ASAKI の示す代表的な床タイル調合と、1,150℃～1,185℃の焼成温度から考えて、一般的な床タイルの吸水率は 3～10%付近と考えられる。壁タイルは 10%以上の一社と 17%の一社しか判らないが、日本で一般的陶器素地の吸水率は 11.0～16.0%<sup>5</sup>となっている。原料調合を決める場合、吸水率は焼成温度とともに最初に設定されなければならない条件である。吸水率の大きい陶器質では、長石を少なく、石灰石あるいはタルクの多い素地調合になり、セツ器質に近い吸水率の小さい素地にするには、長石を多くした粘土、長石、石英だての調合にする。

### 3) 耐貫入性

---

<sup>4</sup> ASAKI による

<sup>5</sup> セラミック工学ハンドブックより

施釉タイルの釉に生ずる貫入についての検査である。貫入の一つは素地の膨張係数に比べ、釉の膨張係数が大きいときに、冷却過程で釉に引張応力が働き、発生する貫入でこれを直接貫入という。

これに対して、焼成後何年か経ってはじめて発生する貫入がある。これを経年貫入という。これは素地が吸水し、長期間経って水和膨張し、釉に引張応力を与え貫入が生ずるものである。耐貫入試験は、経年貫入のための検査である。経年貫入は吸水率の大きい素地に生じやすく、磁器質の場合は発生しない。従って、陶器質のように吸水率の大きいタイルの調合を考える場合、水和膨張を起しやすい Na イオン・K イオンが少なくなるように長石を減らし、石灰石やタルクを加えた素地とするのが一般的である。インドネシアや日本では、石灰石を多く使用する調合が使われている。

#### 4) 耐摩耗性

JIS では屋外で使用される床タイルでは耐摩耗検査を行なう。日本の場合、床タイルはセッ器質、磁器質であるが、インドネシアの場合の床タイルはセッ器質から陶器質にまたがっているので、屋外用に使用する製品は、耐摩耗性の点で屋内用床タイルと区分する必要がある。屋外用床タイルの場合、吸水率が 5%以下のセッ器質になる原料調合にすべきである。

#### 5) 曲げ強さ

タイルの曲げ強さについて JIS では次の基準がある。

呼び名による区分	幅 1cm 当たりの 曲げ破壊荷重 (N/cm (kg-f/cm) 以上)	
内装タイル		
壁用	12	(1.23)
床用	60	(6.12)
外装タイル		
寸法 155mm 以下の場合	80	(8.16)
寸法 155mm を超える場合	100	(10.20)
床タイル	120	(12.24)
モザイクタイル	60	(6.12)

タイルの曲げ強さは、製品そのものの曲げ強さを示すもので、材質の曲げ強さではない。

材質の強さは同じでも、厚さにより製品の強さは大幅に違う。材質そのものの強度が弱い場合、厚さを増すことでカバーできる。強度は吸水率が大きくなると弱くなるので、床に使用する場合、吸水率の小さい素地にするか、厚さを厚くしなければならない。

## (2) 形状寸法および許容差

タイルの形状寸法は製作設計上の規格であるが、許容差はそのバラツキについての検査である。許容差は同じ寸法のもので比較して、セッ器質や磁器質に比べ、陶器質は非常に厳しくなっている。形状寸法のバラツキは、主として調合素地の変動による。粘土の場合、カオリンと石英の割合の変動、および混入している長石類の量の変化があり、長石については、長石と石英の割合のバラツキが調合素地のバラツキの原因になる。その他入荷時の水分の変動が、調合素地のバラツキの原因になることも考えられる。また、焼成条件の変化に起因することもある。

## (3) 外観

外観上の検査項目として次のものがある。

割れ、貫入、切れ、層剥離、欠け、小穴、でこ、ぼこ、反り、ばち  
色調の不揃い、光沢の不揃い

割れ、切れ、欠けは素地の強度、特に乾燥素地の強度に関係するもので、バインダーとなる可塑性粘土量でコントロールする。貫入反りばちについては先に述べたとおりである。

色調の不揃いは、無釉タイルでは焼成条件の変動にもよるが、原料中の有色鉱物、特に  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  分の変動によることが多い。また、素地の変動による焼き縮まりに変化が生じる場合でも起きる。

タイルはサニタリーウエアと同様、素地の白さで分類されることはない。また Zircon 乳白剤の使用により、釉薬で素地の色がカバーされ、また色釉による彩色も行われるため、鉄分の多い Red Body が床タイル壁タイル共に使用される。市販されているインドネシアの床タイルの一例では、素地中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は 3.3%となっていた。しかし、一方では素地の色が白いほど表面の色彩も鮮明になり、繊細な紋様もできるので、白色 (White Body) の壁タイルも造られている。

### 4.2.1.3 調合素地に要求される基本的性状

インドネシアで造られているタイルは、吸水率が 3~10%の床タイルと 10%以上の壁タイルで、いずれも造粒した粉体を使用したプレス成形で成形される。焼成は、新しい工場ではローラーハースキルンで焼成されている。タイルは工程が簡単であり、素地性状に対する要

求はサニタリーウエアほどシビアではない。

(1) タイル素地調合原料に要求される基本的性状

1) 造粒性状

泥漿の粘性、造粒粉体の形状の均一性、流動性など

2) プレス素地性状

乾燥強度、充填度、クラックなど

3) 焼成性状

焼結性、熱間変形、収縮率、温度に対する敏感性など

4) 焼成体の性状

形状、寸法精度、吸水率、強度、熱膨張係数、耐貫入性、呈色など

これらの必要な性状をコントロールするための各原料の役割は次のようになっている。

(2) 基本的な各原料の役割

- |               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| 1) 粘土         | 造粒粉体および成形時の製品の強度を出すバインダーの働き    |
| 2) 粘土、カオリン、蠟石 | 焼成時の強度を保つ                      |
| 3) 長石         | 焼成時の焼結を促進する                    |
| 4) 珪砂         | 乾燥および焼成収縮を小さくし、焼成素地の熱膨張収縮を左右する |
| 5) 石灰石        | 焼成素地の水和膨張を防止する                 |

4.2.1.4 タイルメーカーでの評価手順

一般にメーカーサイドでの原料評価は次の3段階を経て採用となる。

- (1) 鉱量があり、安定供給ができて、しかも適正価格である。
- (2) 単味の原料試験において、鉱物組成、化学分析、呈色等が有望と判断できる。
- (3) 素地の調合試験において、対象原料による代替試験を行い、基礎試験を経て最終的には製品を造り、その結果で適・不適を判定する。通常、窯業原料は鉱物組成、化学組成が同じでも、産地および成因により性状が違ってくるので、最終的には素地の調合試験により判定している。しかし、このメーカーの調合試験は、各メーカーにより素地組成が違うため、各メーカーごとに、また、同一メーカーでも工場ごとに評価に差が出てくる。

#### 4.2.1.5 原料選択のポイント

インドネシアの床タイルは焼成温度 1,150℃～1,185℃で焼かれて、吸水率が 3～10%の範囲にあるものが多い。これらのタイル素地の代表的調合は粘土 58%、長石 32%、石英 10%とされている Red Body である (ASAKI)。壁タイルは締め焼きをして、さやに入れ焼成する旧来型のところもあったが、締め焼きをし、釉焼きをローラーハースキルンで行なっているところもある。また、二度ともローラーハースキルンで焼成するところもある。ASAKI によると壁タイルの代表的調合は、粘土 46%、長石 7%、石英 21%、カオリン 10%、石灰石 16%となっている。床タイルについては、調査工場では、ほとんど ASAKI の示す代表的な調合に近い原料の使用量になっている。しかし、壁タイルのメーカーでは、ASAKI の代表的調合とかなり異なった調合になっていた工場も見られる。日本の代表的陶器質タイル素地の化学組成 (セラミック工学ハンドブック) と、インドネシアの床タイル製品の化学組成の一例を示す。

	日本の陶器質タイル (%)	インドネシアの床タイル (%)
SiO <sub>2</sub>	66～72	73.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18～20	14.86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.7～0.9	3.34
CaO	6.0～8.0	1.47
MgO	0.4～0.5	1.60
K <sub>2</sub> O	1.0～1.5	2.50
Na <sub>2</sub> O	0.1～0.5	1.88
TiO <sub>2</sub>	0.4～0.5	0.52

陶器質タイルは ASAKI の代表例のように床タイルに比べると長石が少なく、石灰石が多くカオリン分が多い、そして鉄分の少ない原料調合にしなければならない。

##### (1) 粘土原料の選定

粘土原料としては、鉱量的に全く心配ないといわれる Sukabumi 粘土がジャワ島西部にあり、この原料を上手に使うことができれば、床タイル用粘土原料としては充分である。しかし、壁用タイルの White Body 用としては鉄分が多すぎるので、鉄分の少ない安定した産出量の原料が要求される。Belitung 島の粘土が壁タイルメーカー 2 社で使用されている。これは Sukabumi 粘土に比べ鉄分が少ないためと推定される。

## (2) 長石原料の選定

長石原料も、量的に非常に大きいといわれる Banjarnegara 長石がジャワ島にあり、床タイル用としては特に問題なく使用できると考えられる。壁用タイル (White Body) としては  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  分が 1% 台でやや多いが、使用量が少ないので使用可能である。

## (3) 石英原料の選定

石英原料は、良質の珪砂が Belitung 島、Bangka 島、Kalimantan 島、その他で産出しているため、安価に入手できるものを探すことが要点になる。

## (4) カオリンの選定

カオリン原料としての水簸カオリンは、量的に問題ないが、高価である。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  分の高い粘土があれば、それを使用すればよいが、日本の陶器質タイル調合のように陶石、蠟石を使用し、カオリン、石英と置き換えるのも一法である。それには安価に供給できる陶石、蠟石山の開発が必要になる。

## (5) 陶石、蠟石原料の選定

インドネシアでは現在、タイル素地に陶石、蠟石を使用している工場は非常に少ないが、タイル用の鉄分の少ない原料としては、陶石および蠟石は有望な原料である。日本では、陶器質素地には陶石、蠟石が使われており、セッ器質素地には陶石が使われている。

### 4.2.2 評価

#### 4.2.2.1 試験方法等

##### (1) 対象原料

今回調査したインドネシア国内産出原料は、次の 12 種類である。

##### ・カオリン質原料

1) Belitung 島 Kaolin、2) Bangka 島 Kaolin、3) Kalimantan 島 Ball clay  
ジャワ島 4) Parungpanjang clay、5) Sukabumi clay、6) Cipeundeuy clay

##### ・長石質原料

Sumatra 島 7) Pangaribuan 長石、8) Lampung 長石  
ジャワ島 9) Banjarnegara 長石、10) Narawita 長石、11) Jebara 長石

##### ・陶石および蠟石

12) Pacitan 陶石



## (2) 調査試験項目

これらの原料について次の調査試験を行なった。

### 1) 鉱山調査

地形、地質の概況、資源賦存状況、採掘と精製、利用の現状など

### 2) サンプル試料の分析試験

鉱物組成分析、化学組成分析、粒度分析、焼成呈色試験、可塑性の試験、泥漿性状試験、乾燥強度試験、焼成性状試験

### 3) 精製試験

分級、磁選脱鉄、浮遊選鉱による可能性の検討

## (3) 適否の判定方法

上記調査試験結果、および工場訪問調査結果をもとに、床タイル用原料については ASAKI の示した代表的調合（粘土 58%、長石 32%、珪砂 10%）で代表的な床タイル原料である Sukabumi 粘土と、Banjarnegara 長石と珪砂を使用した原料調合を基本として、試験原料で代替した場合の問題点の有無を検討し評価した。壁タイルについては、ASAKI の示した代表的調合（粘土 46%、長石 7%、石英 21%、カオリン 10%、石灰石 16%）と、前記した日本の陶器質タイル素地の化学組成を基本として、試験原料を使用した場合の問題点を検討し、評価した。

### 4.2.2.2 評価

#### (1) Belitung 島カオリン

花崗岩の風化堆積鉱床のカオリンを水簸分離したもので、主成分はカオリナイトで鉄分が少なく純度も高いが、品質的にはタイル用として使用できるが、価格が高いため床タイル用には不向きである。壁タイル素地には少量であるが使用されている。できれば、もっと安い原料で代替することを考えるべきである。

#### (2) Bangka 島カオリン

Belitung 島カオリンと同じである。

#### (3) Parungpanjang 粘土

産地はジャカルタの西 60km のポゴール県にあり、場所的には有利な地点にある。Parungpanjang 粘土は火山碎屑岩が熱水、および風化変質して生成したハロイサイトを主成分

とする粘土で、モンモリロナイトを含む。粒度は細かく、可塑性が大きい特徴がある。全体的に鉄分が多い。床タイル用の粘結剤として少量使用できるが、モンモリロナイトを含んでいるため主原料にはならない。また壁タイルには鉄分が多く不適である。

#### (4) Sukabumi 粘土

Sukabumi 粘土の産地は、ジャカルタの南方約 80km、バンドンの西方約 80km に位置し、西ジャワ地区に集中しているタイルメーカー、および中部ジャワ地区のメーカーにとって有利である。Sukabumi 粘土は火山砕屑岩類が熱水、および風化変質してできたカオリン質粘土と、石英の混合したもので、セリサイトが混じっていることもある。粒度は細かく可塑性も強い。化学分析では鉄分が多く、壁タイル用としては問題があるが、床タイル素地用としては充分使用可能である。代表的な壁タイル調合の粘土に Sukabumi 粘土を使用し、長石に Banjarnegara 長石、カオリンに Belitung 島カオリンを使用したとして、素地中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を計算すると 2.24% となった。白さを要求する White Body には適しない。鉍量については、各タイルメーカーは将来とも問題がないとの見解である。また、DSM によると鉍区面積は 500ha、既採掘面積 20ha、層厚は 20m とある。以上の点から床タイル用としては、質・量・価格の点で問題なく、現在年間数十万トンが使用されている。しかし、問題点として各タイルメーカーは、品質のバラツキと供給の不安定を指摘している。量的に将来とも最も頼りにしている原料であるので、伝統的採掘出荷法から脱却し、大規模で合理的な採掘法、合理的な選別法、品質管理法を取り入れ、品質の安定、供給の安定をはかるとともに、原料の温存をはかるべきである。

#### (5) Cipeundeuy 粘土

産地はバンドン東南東、約 60km の所にあり、火山砕屑岩が熱水、および風化変質した鉍床で、鉍物組成はカオリナイト、ハロイサイト、クリストバライト、セリサイトである。化学分析値、粒度、可塑性、鉄分等から判断して、床タイル原料として使用可能な品質であるが、壁タイル用としては鉄分が多く適さない。更に採掘・搬出に問題があり、鉍量も少ないので、タイル用原料には不向きである。

#### (6) Monterado 粘土

Monterado 粘土は Kalimantan 島 Pontianak 市から北へ 120km の地区に産出する。花崗岩の風化により生成されたカオリン質粘土で、堆積鉍床の粘土である。現在ここの粘土は WBB との合弁企業、Clayindo 社で採掘出荷されており、品質管理、輸送ルートも確立している。分析結果から床タイル用として使用可能と判断される。また壁タイル用として、代表的調合の

粘土 46%に Monterado 粘土を使用し、長石 7%に Banjarnegara 長石、カオリン 10%に Belitung 島カオリンを使用したとして、調合素地の化学組成を計算すると  $\text{SiO}_2$  63.08%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  23.00%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.75%となった。Monterado 粘土は、粘土 46%、石英 21%、カオリン 10%の組み合わせを動かすことにより、充分使用可能と判断される。また、計算から代表的壁タイル調合に使用されている粘土の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  分はおよそ 23~27%の範囲の粘土と推定される。壁タイルの原料として使用されている Belitung 粘土の価格は、Belitung 島の工場で Rp.23/kg、西ジャワの工場では Rp.51/kg であった。それに対し Monterado 粘土は西ジャワの工場では Rp.100/kg であった。価格の点に問題がある。

#### (7) Pacitan 蠟石および陶石

産地はジャワ島東部 Pacitan 県にあり、Yogyakarta 市から約 200km 東の山奥にある。火山岩等が酸性の熱水で変質され、ピロフィライト、セリサイトに変質した蠟石と、火山岩等が熱水変質してセリサイトに変化した陶石からなっている。蠟石の鉱量は DSM で約 500 万  $\text{m}^3$  の埋蔵量とみているが、1984~87 年に 6,000 トン/月の生産があり、タイル用に使用された後、タイル用には出荷されていない。Pacitan 蠟石および陶石は、サンプル分析結果では、いずれもセリサイト質陶石にピロフィライトが混じった陶石であった。鉄分が少なく、 $\text{K}_2\text{O}$  3%台で、タイル用原料としては主原料としても使用できる品質である。問題は採掘・搬送条件が非常に悪い点と、Sukabumi 粘土のように安価な競合品があることである。将来壁タイルの生産量が増し、鉄分の少ない White body の需要が多くなると、鉄分が少なく鉱量も多い蠟石、陶石の需要が多くなる可能性は考えられる。現在壁タイル用に使用されている Argomulyo 産蠟石等との競合も考えられる。

#### (8) Pangaribuan 長石

産地は北スマトラの Medan 市の南南東、約 180km に位置し、ベグマタイト系の長石鉱山である。良質の長石が産出されたといわれているが、現在は掘りつくされて風化花崗岩のみが残っている。風化花崗岩は水洗・篩分け等の精製を行い、品質が安定していればタイル用に使用可能であるが、搬送費がかかるので、ジャワ島のタイル工場向けには不向きである。

#### (9) Jebara 長石

BBK 採取のサンプルについての分析結果であるが、鉱物組成はサニディンと少量の石英からなり、アルカリ含量 ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 12.26%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.15%で呈色は悪い。その他、米国系サニタリーウエア一社で使用しているとの調査結果がある。情報不足でタイル用としての評価はできない。

#### (10) Banjarnegara 長石

産地はジャワ島中部 Banjarnegara 市の南部に位置し、交通事情は比較的良好な地点にある。ここの長石は火山砕屑岩が一部風化したもので、鉱物組成はアルバイト（曹長石）、マイクロクリン（微斜長石）、石英からなっている。アルカリ含量は 8%前後で、鉄分は 1%台である。品質的には床タイル用、壁タイル用に使用可能である。DSM によると鉱山は Kalitengah 鉱山と、Kebon Dalem 鉱山だけでも約 700ha、層厚 50~60m とされて鉱量は多い。タイル用長石原料として Sukabumi 長石につぎ、多量に使用されている重要原料である。今後採掘、搬出の合理化と、品質管理を充実し、品質の安定性と供給の安定性をはかるべきである。

#### (11) Narawita 長石

産地はバンドン東方 65km に位置し、火山砕屑岩が一部風化したもので、鉱物組成はサニディン、トリジマイト、クリストバライト、石英でアルカリ含量は 6%程度で、鉄分は白色のものでは 0.5%程度、有色部で 1.5%となっている。成分上はタイル原料として使用可能であるが、産地が中部ジャワのバンドン東方である点と、鉱量も Banjarnegara 鉱山に比べ少なく、床タイル用としての利用価値は少ない。

しかし、鉄分 0.5%程度のものが安定して出荷できれば壁タイル用には適している。

#### (12) Lampung 長石

産地は、スマトラ島最南の Bandar Lampung 市から西北約 60km に位置して、港までの搬送路も良好である。ここの長石鉱山は、風化花崗岩で、長石の多い塊状品と、珪石の多い砂質品が産出されている。砂質品のアルカリ量は 7%程度、鉄分は 0.3%程度である。砂質品についてはタイル用として品質的に使用可能である。DSM によると鉱区 1,250 万 m<sup>3</sup>が見込まれているので鉱量は大きい。しかし、価格的には問題がある。

### 4.3 テーブルウエア製造の視点から

#### 4.3.1 評価の視点

##### 4.3.1.1 テーブルウエアに要求される特性

テーブルウエアの製造方法は、ローラーマシン成形やジガーリング、プレス成形、鋳込み成形などが主な成形方法である。これらの成形方法において、工業的に成形性の良否、至っては焼成後の合格率を左右する材料面における究極の特性は可塑性である。この特性（可塑性）は、テーブルウエア製造に限ったことでなく、全てのセラミック製造（ニューセラミック

クも含む)に共通している工業的に重要な特性である。

しかし、日本ではセラミック産業における成形機械、焼成窯の躍進的な発達により、近年、素材(素地)そのものが有する特性も、ある面では、あまり厳しくなくなってきた。これに対しテーブルウエアに要求される特性としては、破壊強度、熱衝撃に強い等の物理的特性、芸術的な感性を含む白さ、色合いなどの外観的特性が重視されるようになってきている。

#### 4.3.1.2 評価の視点

テーブルウエアを製造する上において、ある原料が良いか悪いかの評価を行うにあたっては、まず目的とする製品の最終製品像をできるだけ明確にし、その製品を作るための使用原料の概略調合割合を決定、その調合において評価したい原料の置換試験を行なって比較する。

テーブルウエア製造での原料評価は、次の3つの視点からそれぞれ別々に評価される。すなわち、物理的特性、生産性向上、および、外観である。実際にはこの3つの視点が絡みあった状態で各々の原料評価を考えなければならないのが普通であり、加えて機械設備による生産技術を加味した上でのコスト面の問題、至っては目的とする製品への価値観(どの特性を重要視するか)により、原料の評価結果というものが変わってしまう。

目的とする最終製品に物理的特性をもたせることを優先させる場合、例えば、ホテルやレストラン向けの業務用高強度の製品を目的とするならば、原料にアルミナを使用する方法が有効であったり、そもそも素材自体をよく焼き締めて硬くする磁器組成にする事を主な方法とすることもできる。また、熱的に強い製品を目的とするのであれば、できるだけ熱膨張率の低い素材が有効であるが、そうなれば出発原料もある程度限定されてくることになる。このように目的としている製品がどのようなものかを描いているかによりまず出発原料が大きく異なるため、製品になってしまった結果として、この原料は高強度材料をつくるのには向いていないが低膨張材料には有用であるとか、あるいは、高強度材料になるが、その成形性が悪いといったような結果が生ずることになる。

最終目的製品に外観を優先させる場合、例えば、白色度の高い高級磁器を目標とする場合は、原料中に鉄やチタン等の不純物が少なくなくてはならないが、中級品市場をターゲットにおいた一般磁器であれば原料中のある程度の不純物の混入は許されるであろう。更にカラーグレースを用いたり、白色乳濁釉などを用いて素材の色を隠してしまうつもりであれば、不純物含有量はさほど気にする必要もないということになる。これらの場合でも原料中の有色不純物含有量が製品の種類を変えてしまうため、ある原料が鉄、チタンが多いから良くない、逆に不純物がすくないから良いとはいちがいには言えないことになる。焼成呈色はよい

が可塑性が無くそれだけでは成形不可能なカオリナイト質粘土がその例である。

次に、すでに食器の生産をしてはいるが、可塑性が不足で成形性が良くないとか、あるいは、焼成後の合格率が悪いといった事が理由で生産性向上を目標に素地調合を改善する場合は、まずその原因究明を行ない、改善の目的に合った原料を選択することになる。例をあげれば、あるひとつの原料があったとして、色は良くないが、可塑性が良いためこの原料の使用比率を上げる事により生産性が向上するということになれば、色を度外視してでもこの原料を使用することが良い、言い換えればこの原料が良いということになる。

上述した 3 つの視点のうち、物理的特性を優先して考える場合と生産性向上を優先して原料を評価する方法は基本的にはタイル、サニタリーウエアの原料評価と共通することになる。ここでは、テーブルウエア製造に特に必要な原料評価の視点である外観上からの原料評価を行う。

#### 4.3.2 評価

##### 4.3.2.1 試験方法等

###### (1) 原料配合の基本組成

外観上の特性を評価するため、基本的な酸化磁器組成を題材とし、その基本組成として陶石 (Pacitan) 30%、長石 (Pangaribuan, Banjarnegara, Narawita) 30%、粘土原料 (カオリン含む: Belitung, Sukabumi, Parungpanjang, Monterado) 40%を設定した。

###### (2) 試料準備

配合原料のうち、TP4、FP、FB1、FB1W、FN、FI については予めポットミルにて適宜乾式粉碎し、150 メッシュパスしたものを、可塑性原料である CP1、CS2、CM2 については乾燥の後、60 メッシュパスしたもの、また KB、KN は製品の状態 (パウダー) そのままを使用した。

###### (3) 調合

各種素地の調合割合は表 4-3 に示したとおりである。またそれらの素地の代表的な化学分析値 (計算値) を表 4-4 に示した。表 4-3 の調合で示すとおり、1 水準 15g になるように秤量し、秤量した粉体はそれぞれ乳鉢にて約 15 分間充分乾式混合した。

#### (4) 成形

混合粉体から 7g を秤りとり  $\phi$  30mm の金型にて成形圧 200kg/cm<sup>2</sup>にて乾式プレス成形した。

#### (5) 焼成

焼成には、アドバンテック製電気炉 KS 1503 を用い図 4-1 に示すヒートカーブに従って 1,250℃まで昇温した。

##### 4.3.2.2 評価

焼成後のテストピースは、東京電色製色差計 ERP80WX にて Lab を測色した後、吸水率を測定した。表 4-5 に測定結果および各々の鉄含有量をしめした。また、測色結果と鉄含有量を図 4-2～図 4-6 に示した。

ここで、L 値は大きいほど白色度が高く、低い程黒い事を示す。a 値は高いほど赤く、低いほど緑であることを示す。b 値は高いほど黄色く、低いほど青いことを示す。

鉄含有量が増えるに従って L 値は減少し、b 値は増加するが、a 値は特に傾向を示さない。L 値が減少し、b 値が増加することは、鉄含有量が、呈色を悪くすることを示したものであり、この実験条件では Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量が概ね 0.4%以下でなければ L 値 80 を上回らないことがわかる。ちなみに L 値 80 の素材といえは、いわゆる中級程度の製品であり高級といわれる製品にするためには少なくとも L 値 85 ぐらいは必要であろう。

逆に L 値 85 以上にするには、少なくとも Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量 0.2%～0.15%以下でなくてはならないと推定できる。インドネシア国内の可塑性原料でこれらの条件を満たす原料は無い。また長石では Pangaribuan の長石が唯一条件を満たすものである。

外観状の呈色から評価した各グレード別への可能性を推定した結果を表 4-6 に示した。中級、高級品に向けた原料は Belitung カオリン、Pangaribuan 長石のみである。

外観上の呈色は基本的に鉄含有量に依存するものであり、呈色を良くするには、原料中の鉄含有量を低くする以外道はない。

Banjarnegara 長石や、Lampung 長石等の長石類は精製処理により中級製品から高級製品にも使用可能となる可能性をもっていると思われるが、粘土原料ではその期待は薄い。せいぜい Monterado の粘土が中級レベルで使用可能というレベルである。

##### 4.3.2.3 国内原料の個別評価

###### (1) Belitung カオリン

比較的鉄分の少ない良質なカオリンである。カオリンとしてはある程度の可塑性を持って

いるものの、これをテーブルウエアの可塑性原料、すなわち粘土として素地を構成しようとする問題がある。色の白い高火度成分である。高級品にもある程度使用可能と思われる。

#### (2) Bangka カオリン

比較的鉄分の少ない良質なカオリンである。カオリンとしてはある程度の可塑性を持っているものの、これをテーブルウエアの可塑性原料、すなわち粘土として素地を構成しようとする問題がある。色の白い高火度成分である。高級品にもある程度使用可能と思われる。

#### (3) Parungpanjang 粘土

副成分にモンモリロナイトを含有し、これは可塑性を持っていることにはなるが反面、スラリー調整を相当困難にするため、湿式の製造工程（ボールミルで湿式粉碎したり、鋳込み成形等をする場合）では、使用困難である。

鉄分が多いため、中級品以上では不向きと思われる。

#### (4) Sukabumi 粘土

可塑性のあまりない粘土であることと、鉄含有量がたいへん多く、呈色が悪いので、テーブルウエア用粘土としてはメリットがない。

赤色の陶器質素材（テラコッタの様）には使用可能である。

#### (5) Cipeundeuy 粘土

可塑性はあまりないが、鉄含有量がそれほど多くないためテーブルウエアにも使用可能と思われる。耐火度が高いことから、陶器質の素材への用途にその可能性があるが、クリストバライトを含むため使用時には注意が必要である。

#### (6) Monterado 粘土

適度な可塑性を有し、鉄含有量が比較的少ないためテーブルウエア用の粘土として適しているといえる。現状のレベルでは、その呈色から判断して中級品レベルに使用可能と思われ、期待できる粘土である。

#### (7) Pacitan 陶石

高品質の陶石とはいえないが（セリサイト量が低いので）鉄分が低く呈色が良好なため、テーブルウエアの主原料となりうる。色の白い陶石ではあるものの、陶石としての可塑性もあまりないため、呈色良好な可塑性粘土との併用ができなければ、この陶石の使用効果は半



減してしまう。中級レベルのテーブルウエアには十分使用可能である。

(8) Pangaribuan 長石

鉄分の少ない呈色良好なカリ長石であり、テーブルウエアに大変適した長石である。しかし、現在、すでにこのタイプの長石は掘つくされてしまっている。

(9) Jebara 長石

鉄分が多く呈色が悪いいため、中級品以上のテーブルウエアには不向きである。しかしながら、溶けが良いため、多少色のついた良いようなストーンウエア、カラーグレーズを施すような素材には十分使用できる。

(10) Narawita 長石

鉄分がそれほど多くないものの、長石としてはアルカリ含有量がたいへん低いので、その利用価値は低い。呈色が悪くはないので、中級レベルでも使用可能だが、磁器質な素材を目標とする時は相当量の添加が必要なため、実質的には、この長石だけで長石の役割を果たすのは困難である。

(11) Banjarnegara 長石

品質が安定した長石であり、テーブルウエアの原料として十分使用の可能性はある。問題は、色を悪くする成分である雲母の存在であり、これが精製によりうまく除去できれば用途も拡がると考えられる（高級品向けも夢ではない）。

(12) Lampung 長石

現在掘っている上層の砂質部分は、長石含有量があまり多くはないが、今後採掘されていくであろう下層になれば、アルカリ含有量も増え、また鉄分もそれほど多くないことからテーブルウエアにも十分使用可能である。

(13) Banjarnegara 精製長石

調合原料の焼成試験結果では、調合 I (FB-3 使用) の焼成呈色 L 値 79 に対して、調合 II (T-9F 使用: FB-3 のマグネチックフェローフィルター通過) の L 値が 86.6 と白색度が向上している。このことは、FB-3 原鉱単味の L 値 54、T-9F 単味の L 値 79 となっている傾向と一致し、また、酸化鉄含有量が FB-3 が 1.12%なのに対して、T-9F の酸化鉄含有量が 0.12%と減少していることから呈色が向上することと一致している。調合 III (FNK-1S: 粉碎 1mm Pass)

調合 IV (1:NK-1: 1~2mm) についても同様に焼成呈色 L 値が大きく (白く) なっている。

問題点は、精製原料のアルカリ含有量にある。精製前の FB-3 はアルカリ含有量が 8.68% に対して、精製後の T-9F は 6.83% と 2% 近く減少している。そもそも、長石原料としてのアルカリ含有量は通常 12% 以上、低くても 10%、願わくば 14% 以上が望ましい。アルカリ含有量 6.83% では、素地調合において長石の割合を相当多くしなければならず、特に磁器組成を作る上では、実質上調合不可能と思われる。

呈色のみでの評価では、テーブルウエアの高級品に使用可能レベルであっても、その低いアルカリ含有量のため使用は困難であるといえることができる。

#### 4.3.3 輸入原料の使用

精製処理により長石原料が中高級向けに使用可能となったとしても、可塑性原料特に粘土原料はインドネシア国内のものでは鉄含有量が多く、品質が極めて低いため、高級品を製造する際には可塑性のある低鉄含有量の粘土を輸入する必要があると思われる。

### 4.4 ノベルティ製造の視点から

#### 4.4.1 評価の視点

##### 4.4.1.1 ノベルティに要求される原料特性

ノベルティ製造面では原料そのものの品質よりも、その坯土の配合組成とか配合方法、成形方法、焼成方法および条件を最適化することによって、黒ボツ、切れ、歪み、色斑などの欠点を減少し、製品の歩留まりを向上させることが重要な課題となる。

ノベルティ製品は土産物のような小物から、花瓶や置物のような中型の物、庭園に置かれる置物や鉢・壺類などの大型の物、日用雑貨に類する安物から芸術作品的な物まで多種多様である。原料についてはその土地で産出する粘土を主体にして、カオリンや長石、珪砂を他から入手して使用しており、製品はその土地で産出する赤粘土とか白粘土などの特性を生かして大物・小物などさまざまなものが作られている。デザインもインドネシア風、中国風、ヨーロッパ風、中近東風などさまざまで、絵付けも施釉のもの、無釉のもの、ペイント塗りのもの、調合釉薬を使用するもの、天然釉薬を使用するもの、合成カラーを使用するもの、呉須を使用するものなど産地によって異なり一定していない。

また製造方式も鑄込み成形やロクロ成形などその製品によって異なっている。焼成炉も登り窯を使用しているところもあれば、簡単な自然滴下式重油炉を使用したり、中にはシャト

ル窯を使用しているところもあり、定まっていない。しかし製造方式は異なっている、その方法は伝統的な手作業による部分が多く、従って工業製品のような一定品質の製品は得られない状況にある。逆にノベルティ製品においてはこのように品質が変動することによって、画一的ではなく工芸的意味合いを持った製品が得られ、好まれる場合がある。

原料そのものを絶対的に品質はこうであらねばならないと決めつけて単純に良質原料に切り替えたり、精製などにより品質改善を行うことはできない。例えば Plered では有色不純物を多く含む粘土を使用して、その色合いを生かして大物から小物まで各種製品を生産しており、日本の常滑焼きと同じように Plered の焼き物として愛好されている。Plered で原料を切り替えて白磁を作っても、それはもう Plered の焼き物ではなく、別のノベルティ製品ということになる。また Kiara Condong の白磁製品といわれるもの（現実には陶器質）においても、日本の並素地の白磁と比べてもその白さの面では劣り、若干黒ずんだ色合いであり、表面にも有色不純物による黒ボツ（通常は欠点）が認められる。しかしこれらの色合いや欠点も、むしろ古典的風合いがあって好まれる場合がある。

もちろん白磁の場合は素材が白ければ白いほど、加飾する際、多種多様な色を使用でき、またその色彩もあざやかとなるので、白い素材が要望されることは間違いはない。

#### 4.4.1.2 評価の視点

ノベルティ製造のために原料を評価する際、その視点は基本的に、テーブルウエアおよびサニタリーウエア製造の視点の両方をあわせて考えることになる。すなわち鋳込み成形の場合はサニタリーウエアの視点から見た原料評価と一致し、ロクロ成形の場合はテーブルウエアの視点から見た原料評価と一致する。ただしノベルティの場合は鋳込みであってもロクロであっても作る製品はまちまちであり、その製品によって評価の方法が異なることは先に述べたとおりである。本来は製品を作って見て初めて評価するべきであるが、本調査では、一般的な（共通的な）評価として化学組成分析、粒度分布、鋳込み成形性、可塑性、焼成呈色の評価を行った。

評価対象としては、付加価値の高い白磁製品製造を念頭において、Kiara Condong の坯土 2 品種（鋳込み成形用、ロクロ成形用）および Malang の坯土 1 品種（ロクロ成形用）を代表として選定した。両サンプルとも各工程で使用しているものを入手したが、鋳込み用もロクロ用も基本調合の組成は同じとのことである。評価および試験の方法は次のとおりである。

##### (1) 化学組成分析

日本の大光炉材（株）で蛍光 X 線分析法で行った。

## (2) 粒度分析

3.1.5 に記載した方法で BBK の新型粒度分布測定器（堀場製作所製、CAPA-300）で粒度分布を測定した。

## (3) 焼成呈色試験

3.1.1 に記載の焼成呈色の試験方法に従って、BBK の新型電気炉（ADVANTEC 社製、KS-1530T）で焼成し、同じく BBK の新型色差計（東京電色技術センター製、ERP-80WX）で色調測定を行った。比較として日本の美濃地区の並素地用坏土サンプルの焼成呈色試験を行った。

## (4) 鋳込み成形性の評価

3.1.8 調合試験による粘土原料の鋳込み成形性の評価に記載した方法で評価した。

## (5) 可塑性の評価

坏土の場合は既にカオリン、長石、珪石などが配合されているため、3.1.6 に記載されている粘土の可塑性試験方法で評価することはできない。従って従来から BBK で採用している方法（紐状に伸ばした坏土の紐を約 10cm の直径の円状に曲げ、坏土表面に発生する亀裂の程度で可塑性を評価する）を採用した。

### 4.4.1.3 評価

Kiara Condong の坏土についていえば、問題点の多くは坏土の製造方法（伝統的な手作り）と坏土の調合割合に起因するものであり、坏土製造設備を新たに導入し、更に調合条件を検討して最適化を図ることによって製品欠点の減少と歩留まりの向上は可能と考えられる。

また、Kiara Condong でより白い白磁を生産するには、Monterado のような可塑性が高く、白度も高い粘土を使用し、長石としては Narawita 長石よりアルカリ分の高い長石を使用して、できるだけ珪石の割合を増やすことにより、白度の高い白磁が得られることになる。しかし、このような原料変更を行えばコスト高となることは避けられず、Kiara Condong で事業としても成り立たなくなる。更に、インドネシアの原料には、粘土にしても長石にしてもチタンの含有量が高く、この不純物のチタンは酸化焼成の場合はそれほど問題とはならないが、鉄分による発色を抑えるような還元焼成の条件下では発色して黒ずんでくるため、製品の白さにも限界があり、せいぜい日本の並素地程度までと考えられる。

輸入原料を使って高級白磁製品を作ることは当然可能であるが、品質の良い原料を使って品質の良い製品を作ることは Kiara Condong でなくても何処でも可能なことであり、価格競争において品質の良い原料の産地の近く（インドネシアに限らず）の製品に勝つことはできない。タイルやサニタリーウエア、テーブルウエアなどは製造の技術力や資金力（設備規模）、製品に機能を付与するための技術などで価格競争をする領域が大きく、原料価格に多

少の差があっても吸収可能であるため、これらのメーカーでは多少高価な原料でも品質の良い原料が求められるが、ノベルティは技能の世界であり、原料の価格はそのまま製品のコストに大きく反映されるため、安価に入手できるその地区で産出される原料を使用している。

従って、原料を変更することによる開発よりも、デザイン等で競争し、市場の要求をいち早く把握して（要求の変化も含め）時勢に遅れないように新しい製品を適時市場に出していきける柔軟な生産対応が求められる。

以下、評価の詳細を述べる。

各サンプルの試験結果を表 4-7 にまとめた。

#### (1) 化学組成分析結果

Kiara Condong の坏土については、現地訪問調査で原料構成は判明したが、その配合割合は明らかにされなかった。この坏土は化学組成分析結果（表 4-7）から、カオリン（Belitung）40-30%、長石（Narawita）35%、珪石（Narawita）0-10%、粘土（Sukabumi）25%と推定される。この配合組成を Malang の坏土と比較して特徴的にいえる点は次のとおりである。

- 1) 灼熱減量 (Ig. Loss) が高く、これは粘土分（カオリン、粘土）の割合が 2/3 と多いためである。これは結果として焼成時に切れなどの欠点につながることになる。
- 2)  $Al_2O_3$  の含有量が Malang の坏土に比べて高い。これも粘土分（カオリン、粘土）の割合が多いためである。
- 3) この調合の場合、例えば 1,250℃焼成では磁器までは焼き締まらず、陶器質な素材と考えられる。

#### (2) 粒度分析結果

Kiara Condong と Malang の坏土の粒度分布を比較した結果は次のとおりである。

- 1) Kiara Condong の方が平均粒径としては小さい。これは粘土分の割合が多く、珪砂分の割合が少ないことに起因している。
- 2) 一方 325mesh の篩い残分は Kiara Condong の坏土の方が多く、これは粗粒分を多く含む原料を使用しているか、または調合時の粒度管理が不十分である（粒度調整が行われていない）ためである。Kiara Condong では購入した原料を混ぜ合わせて、ロクロ成形の場合はそのまま使用しており、鋳込み成形の場合は 120mesh の篩いを通して木屑や石ころなどの混入異物を除く程度で、坏土の調合で積極的に粒度調整は行っていない。一方 Malang の場合は一連の坏土製造設備を有しており、ボールミルで粉碎するなど粒度管理も行われている。この調合方法の差が粒度分布評価結果にそのまま現れている。

### (3) 焼成呈色

1,250℃における焼成呈色試験結果では Kiara Condong および Malang の坏土は日本の美濃地区の並素地用坏土に比べ L 値は高い値を示した。L 値の数値だけの比較では Kiara Condong の坏土が最も明るく、美濃の坏土が最も明るさが劣る結果であるが、着色成分である鉄分（チタン分も呈色に影響を与えるが、酸化焼成の場合はほとんど影響ない）の含有量を比較すると、Kiara Condong や Malang の坏土は 1%以上の鉄分を含んでいるのに対して、美濃の並素地坏土は一般的には 0.4%程度であり、呈色試験結果と鉄分含有量の関係は 4.3 で述べた結果（鉄分と焼成品の白さは逆相関にある）と矛盾する。この矛盾については次のとおり考えられる。

- 1) 前述したように Kiara Condong の坏土調合組成では 1,250℃では焼き締まりが不十分であり、焼成試験片からも各試験片の焼き締まり状態の差が観察される。4.3 の配合試験結果（表 4-5）からも焼き締まった場合と不十分な場合で L 値に 5-10%の差があり、このような関係が数値上の矛盾を引き起こしていると考えられる。
- 2) 一般に L 値は明るさを表し、b 値は黄み/青みを表す（+の数値が高い方が黄みが強く-の場合は青みが強い）が、目で見た色目は明るくて（L 値が高く）着色のない（b 値が+の場合は小さい）方が白く見える。従って白さは L 値に比例し、b 値に反比例する。この関係は図 4-7 に示すとおりであり、美濃の並素地坏土の方が白いと判断される。

なお、経験上からも白度の高い素地は焼き締まっても L 値は高く、a 値、b 値は小さいのが一般的であり、総合的に見て Kiara Condong や Malang の坏土は白さにおいて日本の美濃地区の並素地坏土に比べ劣ると判断される。Kiara Condong や Malang の配合組成を見ると、Belitung のカオリンを 40%も使用しており、その目的は一定の可塑性を保ちながら白を基調とする製品を得ることにあると思われる。これらの地区のノベルティ製品が「色の白さ」を売り物とするのであれば、可塑性のある白い粘土（例えば Monterado 粘土）を使用しない限り、欠点（切れ、へゴ）のない製品を作ることは困難である。

### (4) 鋳込み成形性

Kiara Condong および Malang の坏土の鋳込み成形試験の結果（表 4-7）Malang の坏土ではほぼ良好な成形体を得られた。一方 Kiara Condong の坏土では一見石膏型に坏土が着肉しているように見えるが、成形体が柔らかくて、軽く力を加えただけで崩れる状態であった。ノベルティの鋳込み成形による製品はサニタリーウエア製品に比べてその成形体がそれほど肉厚ではなく、また小さいために、サニタリーウエアを製造する時のような厳格な原料条件は必要とされない。従って現状の原料調合条件でも製造は可能であるが、基本的には鋳込み成