

## 県内未利用資源の活用による陶磁器 製品の高級化に関する研究

窯業室 与座範弘  
花城可英  
宜野座俊夫  
照屋善義

### 1 はじめに

県内の陶業界では良質な原料の安定確保と陶磁器の高級化に関して強い要望があった。原料については当該組合で確保に努めているが、なかには性状が十分に明らかにされておらず、その有効利用がなされていない状況にある。また、一方では消費者の生活様式の変化により、従来にない陶磁器製品が要求されるようになった。特に、食生活では電子レンジや電磁調理器の普及により、急熱、急冷に耐える食器の開発が望まれている。

ところが、業界では①伝統技術による土産品製造志向が強い、②量産化が困難である、③磁器製造技術が確立されていない、などの問題点を抱えており、製品の高級化を図ることについて困難な状況にある。

本研究ではこれらの状況を踏まえ、沖縄島北部や石垣島に賦存する未利用資源を活用するために、原料の基礎性状や素地に関する諸試験を実施し、磁器素地及び耐熱衝撃性素地の開発を図ったので報告する。

### 2 原 料

沖縄島及び石垣島の窯業原料に関する研究は、これまで継続実施されている<sup>1), 2), 3), 4)</sup>。本研究では、沖縄島北部と石垣島の窯業原料について調査し試料の採取を行った。原料の採取地を図1、その特徴を表1に示す。

### 3 磁器素地の開発について

本研究では、採取した原料のうち、喜瀬カオリン、大湿帯粘土、大嵩セリサイト、大嵩ハロイサイト、川平長石等の基礎性状を明らかにし、磁器素地として活用することを検討した。

#### 3.1 実験方法

##### 3.1.1 原料の処理と基礎性状試験

喜瀬カオリン及び大湿帯粘土は115 mesh 篩を通した後、ボールミルで24時間粉碎して供試料とした。また、大嵩セリサイト、大嵩ハロイサイト、川平長石及び釜戸長石はボールミルで24時間粉碎して用いた。土岐口蛙目はそのまま供試料とした。基礎性状試験の方法は次の通りである。

化学組成 蛍光X線装置を用い、蛍光X線定量法<sup>5)</sup>により測定した。

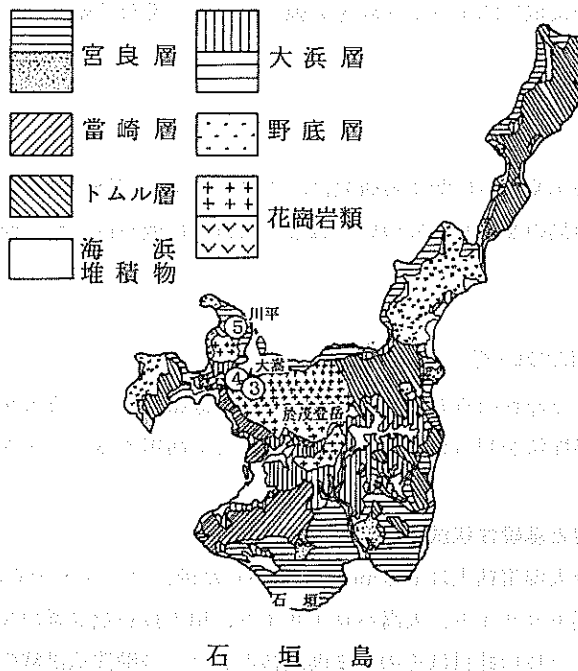
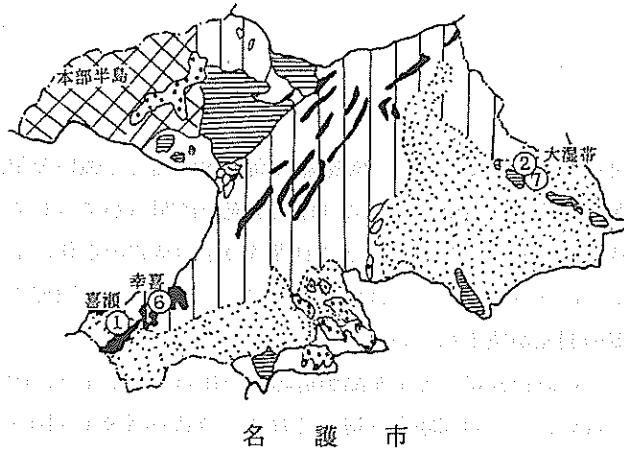
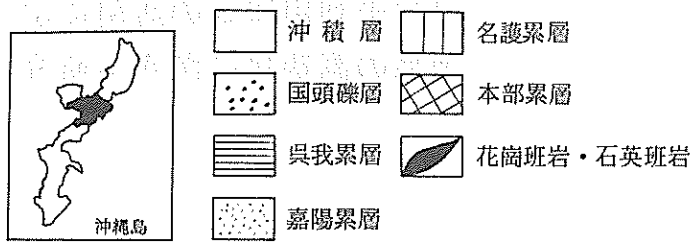


図1. 原料の採取地と周辺の地質

表1 原料の採取地と特徴

No.	原料名	採取地	特徴
1	喜瀬カオリン	名護市喜瀬	火成岩体（黒雲母石英安山岩）がシート状に貫入している地域に賦存する白色粘土で可塑性に乏しい。石英や雲母の粗粒を含んでいる。
2	大湿帯粘土	名護市大湿帯	粘板岩の風化残留物で可塑性のある白色粘土、粘板岩の未風化物が見られる。
3	大嵩セリサイト	石垣市大嵩	可塑性のある白色粘土で、流紋岩の熱水変質物である。賦存地は陶石鉱床の形態をしている。
4	大嵩ハロイサイト	〃	変質の度合いが低く、可塑性に乏しい淡黄色粘土である。
5	川平長石	石垣市川平	多様な於茂登岩の一部と思われ、花崗岩の風化物である。
6	幸喜陶土	名護市幸喜	赤色の堆積成粘土で、可塑性に乏しい。
7	大湿帯陶土	名護市大湿帯	淡黄色の堆積成粘土で、可塑性がある。

耐火度 耐火度測定用酸素プロパン炉（東工試式）により、JIS M 8512 に準じて測定した。

X線回折 X線回折装置によりCu管球、20 mA-30 kvの条件で測定した。

熱分析 熱分析装置により試料の水箴物の熱重量変化及び示差熱分析について、昇温速度10℃/minの条件で測定した。

粒度組成 粒度分布測定装置（島津、SA-CP 3L型）を用い、光透過法により測定した。

### 3.1.2 鑄込性試験

表2に試料の配合割合を示す。鑄込泥漿は解膠剤として水ガラスを外割添加し、水分と鑄込性状の変化を調べた。泥漿は一昼夜放置した後、流動性及び着肉量を測定した。流動性は泥漿50ml

表2 試料の配合比と水分及び水ガラスの添加量

	北部配合 (HA)	北部配合 (HB)	石垣配合 (I)
大湿帯粘土 (%)	60	60	—
喜瀬カオリン	20	20	—
大嵩セリサイト	—	—	60
大嵩ハロイサイト	—	—	20
川平長石	20	—	20
釜戸長石	—	20	—
土岐口蛙目粘土	20	20	20
水分	41 ~ 44	41 ~ 44	33 ~ 36
水ガラス	0.35 ~ 0.7	0.35 ~ 0.7	0.2 ~ 0.6

の流出時間(秒)を求め、着肉量は鑄込時間10分間での成形体(コップ状、40 $\phi$ /30 $\phi$ ×50 mm)の乾燥重量と肉厚を測定した。また、曳糸性、排泥性、脱型性及び24時間後の泥漿の状態を観察した。

### 3.1.3 試験体の作製

表3に示す形状について鑄込成形し、試験体とした。

表3 試験体の形状

測定項目	形状( )内は石膏型内寸法
収縮率、曲げ強度、鋳物組成、S. E. M 観察	棒状(10 $\phi$ ×100 mm)
吸水率、嵩比重、白色度	板状(37×37×9 mm)
透光度	くさび型(53×53×最大厚み12 mm)
熱膨張率	棒状(9 $\phi$ ×5.0 mm)

### 3.1.4 鑄込素地の試験方法

収縮率 試験体に基準線を印し、その間隔の変化を求めた。

強度 スパンを80 mmとし、オートグラフを用いて3点曲げ法により測定した。

### 3.1.5 焼成

850 $^{\circ}$ Cで試験体を素焼した後、ガス窯(0.2 m<sup>3</sup>)を用いて1,240 $^{\circ}$ C、1,260 $^{\circ}$ C、1,280 $^{\circ}$ C、1,300 $^{\circ}$ Cの各温度で還元焼成した。焼成曲線の例を図2に示す。所定温度での保持時間は30分間とした。

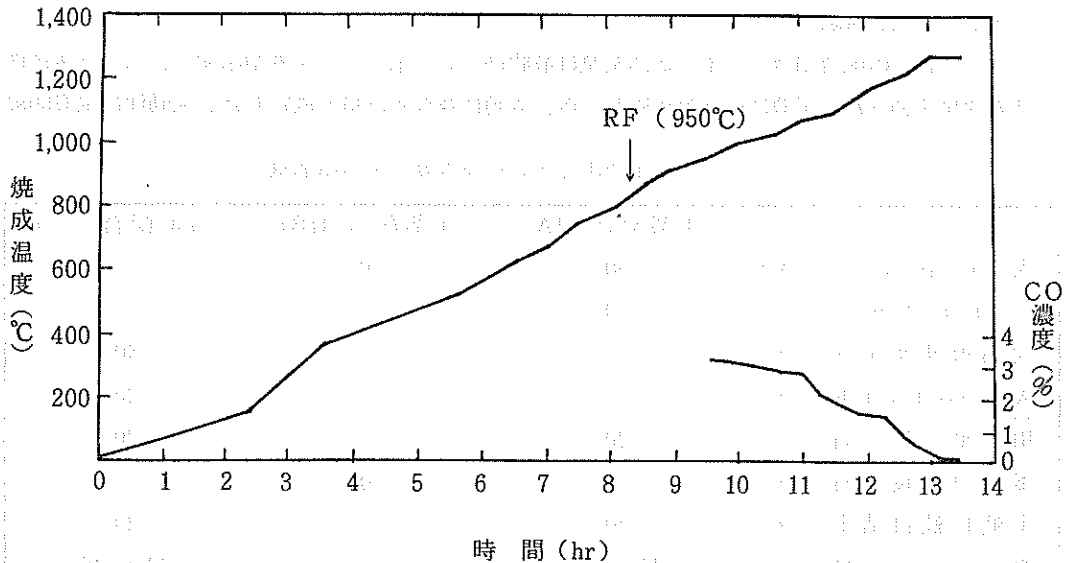


図2 焼成曲線の1例(1,280 $^{\circ}$ C)

吸水率、嵩比重	試験体を3時間以上煮沸し、JIS R 2205に準じて測定した。
白 色 度	測色色差計により試験体のL、a、bを測定し、JIS L 1015のC法（ハンターの方法）によって求めた。
透 光 度	白熱球（30W）を円筒容器に入れ、白熱球より3cm離れた2mmφの穴から出てくる光を光源とし、試験体をスライドさせて光源が見え始めた時の試験体の厚み（mm）を透光度とした。
微 構 造	試験体の破面やフッ酸処理した試料の微構造を走査型電子顕微鏡により観察した。
熱 膨 張 率	全自動熱膨張計により、昇温速度5℃/min、室温～950℃の範囲で測定した。

### 3.1.6 試作試験

各配合について排泥鑄込成形及び加圧鑄込成形により試作を行なった。

## 3.2 結果及び考察

### 3.2.1 試料の基礎性状

試料の化学組成と耐火度を表4、X線回折及び水箒物の熱分析の結果をそれぞれ図3と図4に示す。

表4 試料の化学組成と耐火度

No.	試 料 名	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	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ig. Loss	耐火度
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	喜瀬カオリン	72.5	17.2	0.15	0.18	0.01	—	1.38	1.12	6.93	SK.30 <sup>+</sup>
2	大 湿 帯 粘 土	57.9	26.2	0.75	1.27	—	1.60	3.82	1.95	5.96	SK.32 <sup>+</sup>
3	大 嵩 セリ サイト	77.9	13.8	1.02	0.11	—	0.59	3.88	0.23	2.28	SK.17
4	大 嵩 ハロイ サイト	67.8	20.8	1.09	0.16	—	0.12	2.12	0.98	5.82	SK.27 <sup>+</sup>
5	川 平 長 石	75.4	12.7	0.27	0.11	—	1.41	5.69	1.72	1.63	SK.13 <sup>+</sup>
6	釜 戸 長 石	77.8	13.4	0.30	0.06	0.50	1.22	4.37	1.63	0.60	—
7	土 岐 口 蛙 目	46.2	34.0	1.54	0.94	0.10	0.08	0.60	1.11	15.3	—

喜瀬カオリンはハロイサイトの他、石英及び長石を含む粘土である。鉄分やチタン分が比較的少なく、耐火度はSK 30<sup>+</sup>と高い。

大湿帯粘土はセリサイトやカオリナイトの他、石英を含み、鉄分の他チタン分が1.27%と多いのが特徴で、耐火度はSK 32<sup>+</sup>と高い粘土である。

大嵩セリサイトはセリサイトと石英からなり、鉄分を1%含み耐火度がSK 17の粘土である。

大嵩ハロイサイトはハロイサイトやセリサイトの他、石英、長石からなり、耐火度はSK 27<sup>+</sup>を示す。

川平長石はカリ長石であるが、風化物中にカオリン鉱物やセリサイト、石英を含むため、耐火

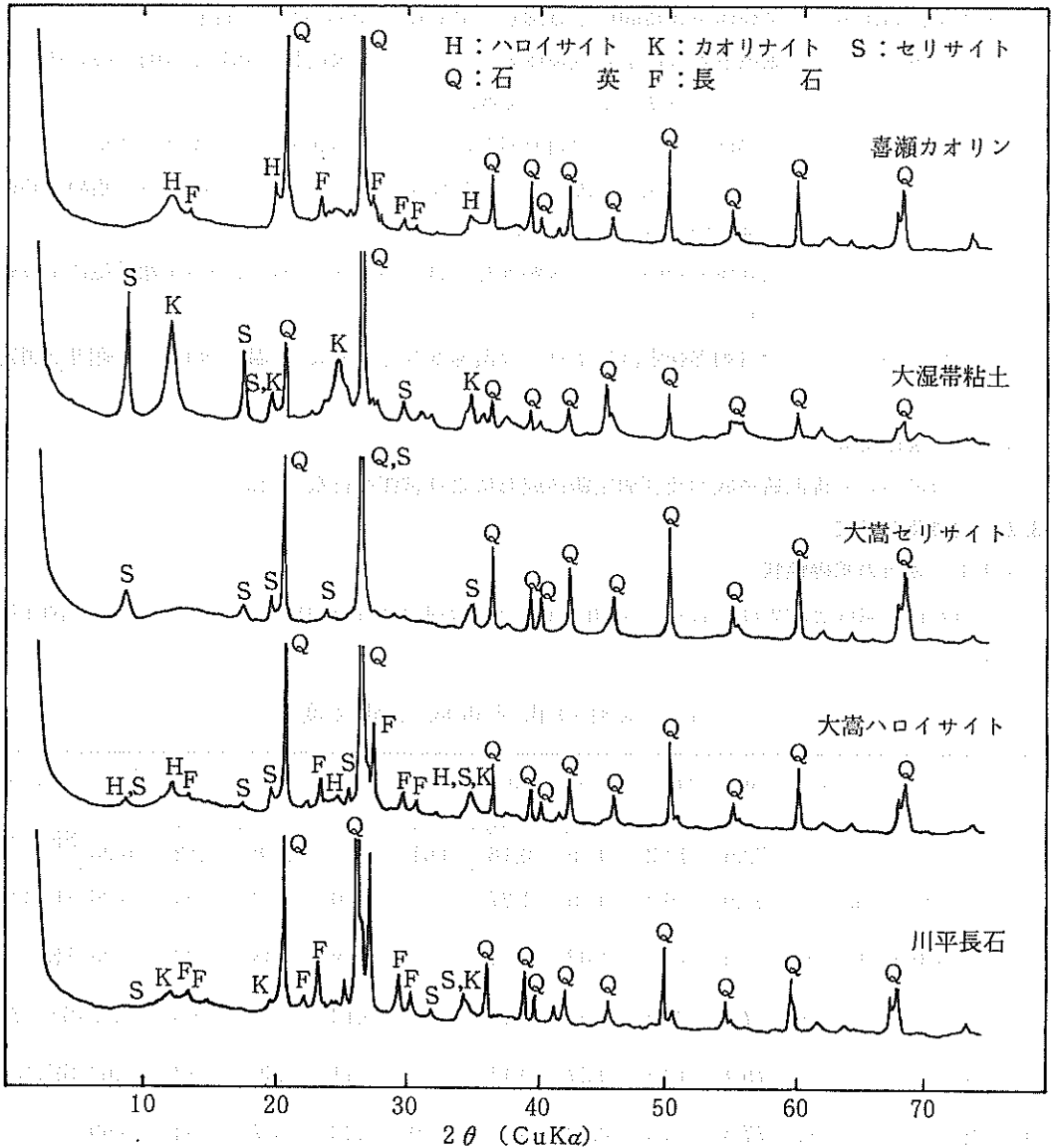


図3 試料のX線回折図

度はSK13<sup>+</sup>と長石質原料としては比較的高い値を示している。

試料の粒度組成を図5に示す。大湿帯粘土、大嵩セリサイトは2μm以下の粘土分が19%程度であるのに対して大嵩ハロイサイトは15.8%、喜瀬カオリンは7.1%と少なく、X線回折の傾向とも一致している。また、川平長石が釜戸長石より粘土分が多いのは、試料の熱分析結果からもわかるように、川平長石が粘土鉱物を含むためである。

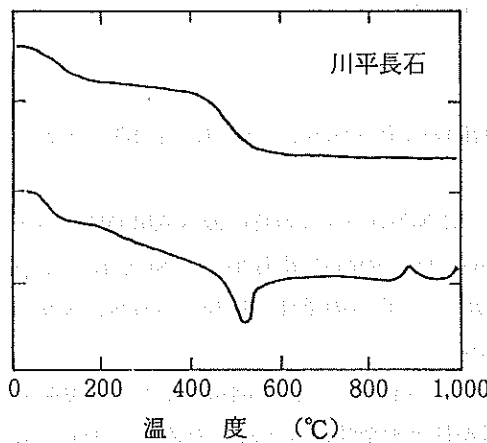
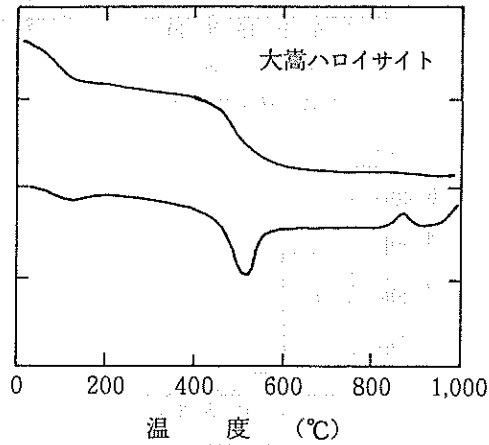
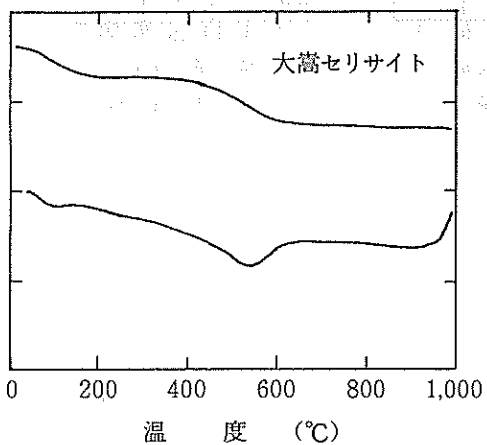
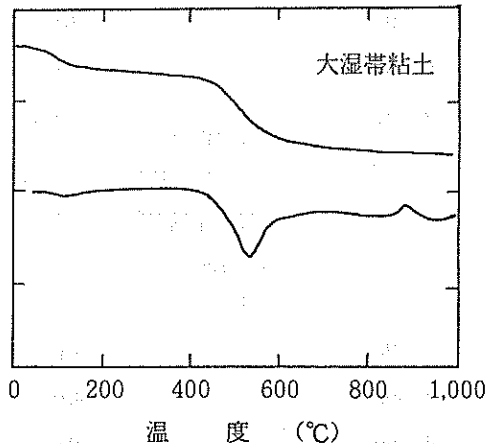
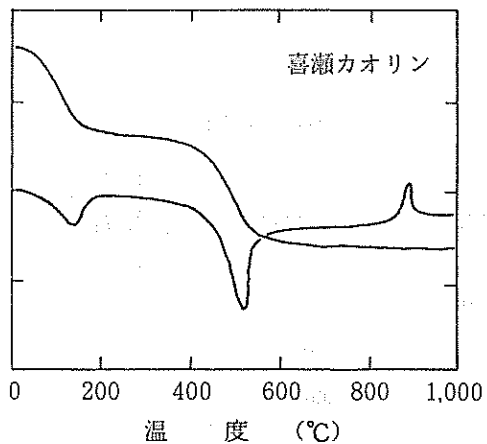


図4 試料（水箴物）のTG—DTA曲線

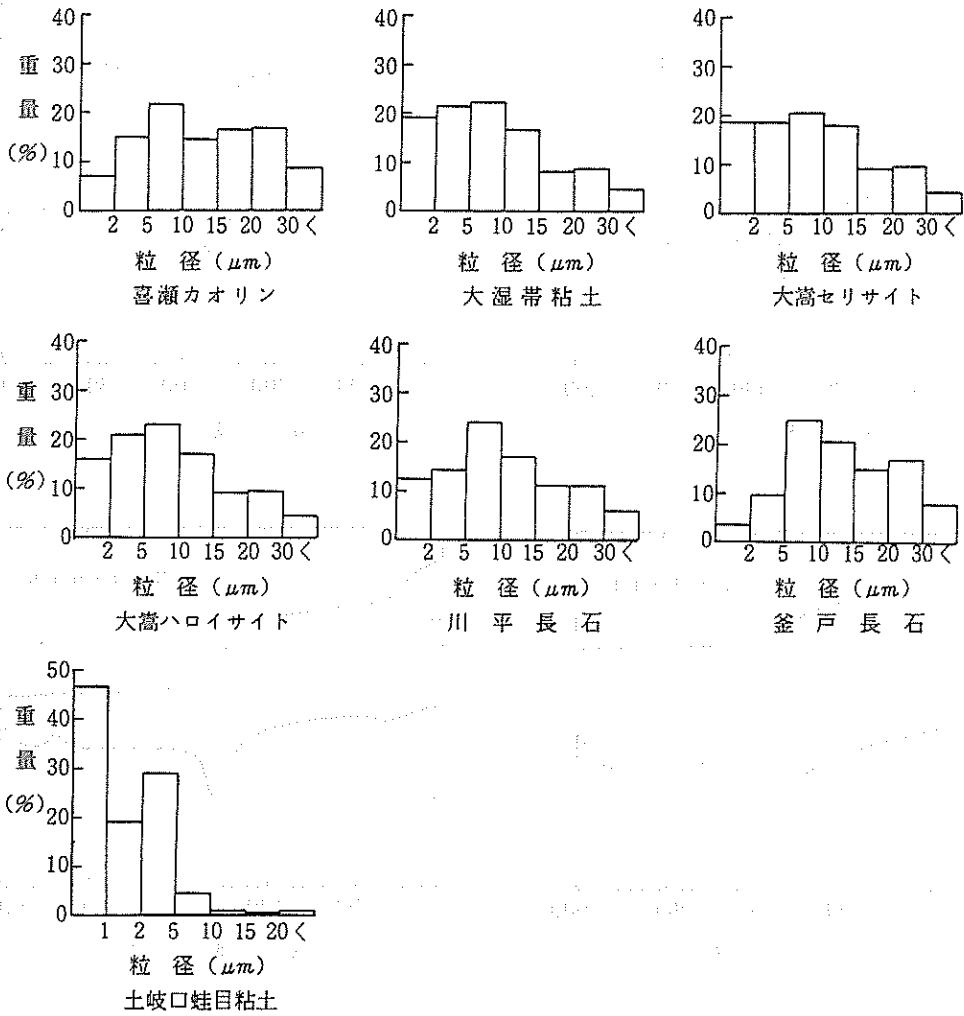


図 5 試料の粒度組成

### 3.2.2. 鑄込性状

各配分の水分と水ガラス添加量の違いによる流出時間の変化を図6、その他、着肉性等を表5～表7に示す。

北部配合(HA)では、いずれの水分量でも水ガラス添加量が0.5%の時に最も流出時間が短かく、流動性が良い。同様に、着肉量は水ガラス添加量が0.6%の時に最も小さい値を示している。排泥性及び脱型性は水分が42%以上、水ガラスが0.4%以上の条件で良好であるが、水ガラス添加量が0.5%または0.6%以上で凝集する傾向がある。

北部配合(HB)は北部配合(HA)と同様な流出時間の変化を示し、着肉量は水ガラス添加量が0.5%の時に最も小さい値を示している。また、排泥性と脱型性はほとんどの条件で良好な結果が得られたが、水ガラス添加量が0.5%または0.6%以上になると凝集する傾向がある。

石垣配合(I)では、いずれの水分量においても水ガラス添加量が0.3%の時に流出時間が最も



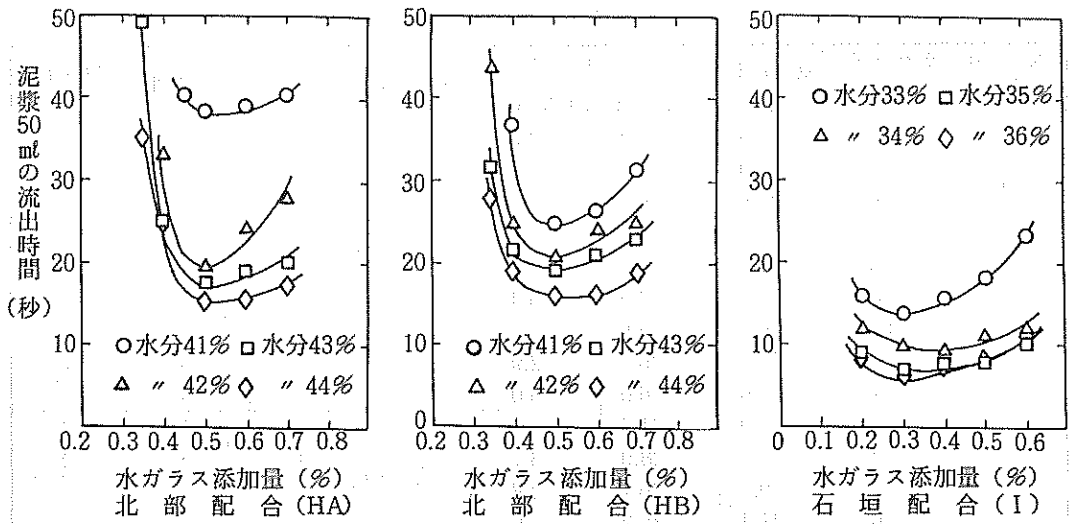


図6 水分と水ガラス添加量の違いによる流出時間の変化

表5 北部配合 (HA) の鑄込性状

水分添加量 (%)	水ガラス添加量 (%)	流動性 (秒)	着肉性		曳糸性	排泥性	脱型性	24時間後の分散性
			着肉量(g)	肉厚(mm)				
41	0.45	40.6	28.9	3.7	×	×	○	○
	0.5	38.7	28.1	3.5	×	△	○	△
	0.6	39.2	27.6	3.5	×	×	○	△
	0.7	40.1	33.2	4.2	×	×	○	△
42	0.4	33.0	30.6	3.6	△	△	△	△
	0.5	19.6	28.4	3.1	△	○	○	△
	0.6	24.6	26.4	2.7	○	○	○	×
	0.7	27.7	27.9	3.0	○	○	○	×
43	0.35	49.5	48.3	4.6	×	×	×	○
	0.4	24.7	31.3	3.9	○	○	○	○
	0.5	17.5	24.4	2.6	○	○	○	△
	0.6	19.1	25.1	2.8	○	○	○	×
	0.7	20.1	26.6	3.0	○	○	○	×
44	0.35	34.4	30.0	3.2	△	×	×	△
	0.4	20.0	29.6	3.5	○	○	○	○
	0.5	15.6	27.2	3.0	○	○	○	×
	0.6	15.6	26.4	3.0	○	○	○	×
	0.7	17.6	26.7	3.1	○	○	○	×

○:良 △:可 ×:不可

表 6 北部配合 (HB) の鑄込性状

水分添加量 (%)	水ガラス添加量 (%)	流動性 (秒)	着肉性		曳糸性	排泥性	脱型性	24時間後の分散性
			着肉量(g)	肉厚(mm)				
41	0.4	36.8	29.2	3.3	×	○	○	○
	0.5	24.9	25.8	2.7	○	○	○	×
	0.6	26.5	26.2	2.7	○	○	○	×
	0.7	31.4	27.3	3.2	○	○	○	×
42	0.35	43.9	34.9	4.1	×	△	○	○
	0.4	24.6	28.9	3.4	○	○	○	○
	0.5	20.9	25.8	2.7	○	○	○	△
	0.6	24.3	26.3	2.9	○	○	○	×
	0.7	24.5	26.0	3.0	○	○	○	×
43	0.35	31.9	31.9	3.9	△	○	○	○
	0.4	21.7	28.9	3.1	○	○	○	○
	0.5	19.3	26.1	2.8	○	○	○	△
	0.6	21.4	26.2	3.0	○	○	○	×
	0.7	23.1	28.2	3.0	○	○	○	×
44	0.35	21.8	32.8	4.2	○	○	○	○
	0.4	18.3	26.9	2.9	○	○	○	○
	0.5	16.1	24.4	2.9	○	○	○	×
	0.6	16.2	24.5	2.7	○	○	○	×
	0.7	19.0	25.2	2.9	○	○	○	×

○：良 △：可 ×：不可

表 7 石垣配合 (I) の鑄込性状

水分添加量 (%)	水ガラス添加量 (%)	流動性 (秒)	着肉性		曳糸性	排泥性	脱型性	24時間後の分散性
			着肉量(g)	肉厚(mm)				
33	0.2	16.1	26.5	2.7	△	△	○	△
	0.3	13.7	24.7	2.5	○	○	○	○
	0.4	15.8	22.3	2.2	○	○	○	○
	0.5	18.1	22.3	2.1	○	○	○	×
	0.6	23.5	22.9	2.7	○	○	○	×
34	0.2	12.4	26.3	2.7	○	○	○	○
	0.3	9.6	21.0	2.1	○	○	○	○
	0.4	9.5	18.7	1.9	○	○	○	△
	0.5	11.2	19.9	2.0	○	○	○	×
	0.6	11.8	20.3	2.1	○	○	○	×
35	0.2	8.6	26.5	2.8	○	○	○	○
	0.3	6.7	21.9	2.3	○	○	○	○
	0.4	7.6	18.7	2.0	○	○	△	△
	0.5	8.0	18.8	2.1	○	○	○	×
	0.6	10.5	20.4	2.2	○	○	×	×
36	0.2	7.9	22.9	2.5	○	○	○	○
	0.3	6.9	21.0	2.1	○	○	○	○
	0.4	7.3	20.1	2.1	○	○	○	△
	0.5	8.8	21.6	2.1	○	○	○	×
	0.6	10.3	21.3	2.1	○	○	○	×

○：良 △：可 ×：不可

短かく、流動性が良い。同様に、着肉量は水ガラス添加量が0.4%の時に最も小さい値を示した。排泥性及び脱型性は、ほとんどの泥漿で良好であるが、水ガラス添加量が0.5%以上では凝集する傾向がある。

以上のように、北部配合(HA)と北部配合(HB)とは同じ傾向を示すが、両者と石垣配合(I)とは大きな違いがある。このことは、各配合の粘土分の違いによるものと考えられる。以上の結果から、適当な水分と水ガラスの添加量を表8に示す。

表8 各配分における水分と水ガラスの適量

配 合 名	水 分 (%)	水 ガ ラ ス (%)
北部配合(HA)	43	0.5
北部配合(HB)	42	0.5
石垣配合(I)	33	0.3

### 3.2.3 鑄込素地の粒度組成、乾燥収縮率、乾燥強度及び耐火度

図7に示す粒度組成を有する鑄込素地について、乾燥収縮率、乾燥強度、耐火度を測定した。その結果を表9に示す。なお、試験体は表8に示す結果の泥漿を調製し、鑄込成形した。

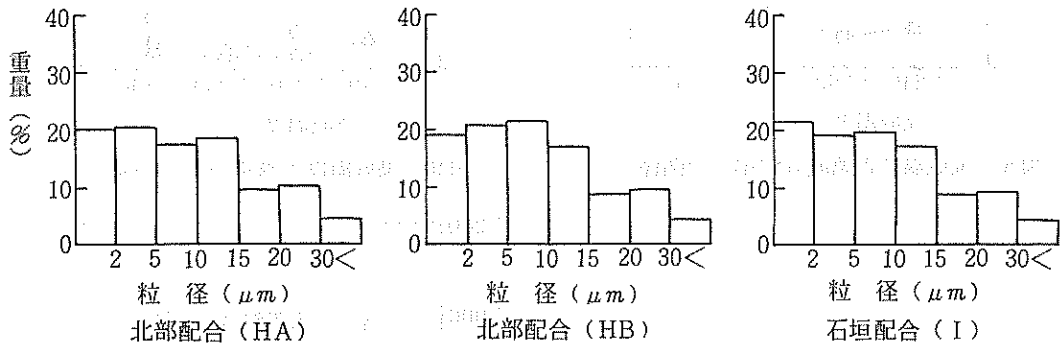


図7 鑄込素地の粒度組成

表9 鑄込素地の乾燥収縮率、乾燥強度及び耐火度

配 合 名	乾燥収縮率 (%)	乾燥強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	耐 火 度
北部配合(HA)	4.20	32.7	SK. 31
北部配合(HB)	2.89	28.6	SK. 30
石垣配合(I)	2.73	35.2	SK. 27

各配合中で、北部配合(HA)は乾燥収縮率が最も大きい。これは、泥漿の水分量に帰因するものと考えられる。乾燥強度は石垣配合(I)、北部配合(HA)、北部配合(HB)と高くなっている。また、石垣配合(I)は一般的な磁器素地の耐火度を示すが、北部配合(HA)と北部配合(HB)の耐火度はそれぞれSK31<sup>#</sup>とSK30<sup>#</sup>を示し、磁器素地としては比較的高い値を示している。

3.2.4 焼成素地の収縮率、吸水率、曲げ強度、白色度、透光度

焼成素地の収縮率、吸水率、曲げ強度、白色度、透光度の変化を図8～図13に示す。

北部配合(HA)と北部配合(HB)の焼成収縮率は9%程度であるが、石垣配合(I)は6.5%と低い値を示している。この違いは、原料中の粘土分に帰因しているものと考えられる。

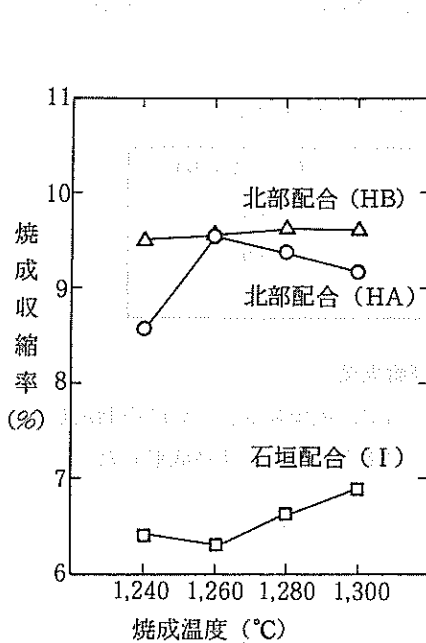


図8 焼成温度と焼成収縮率との関係

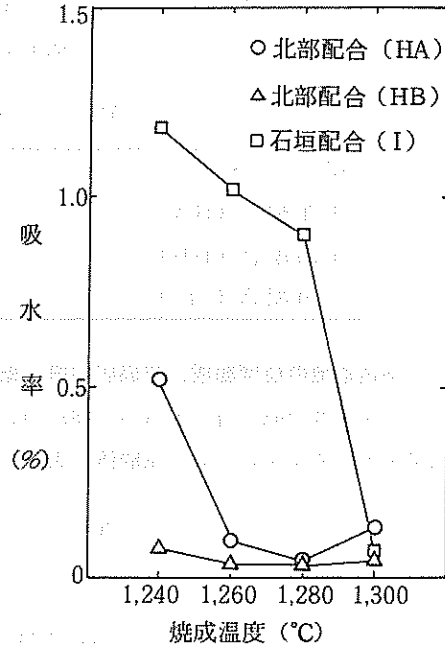


図9 焼成温度と吸水率との関係

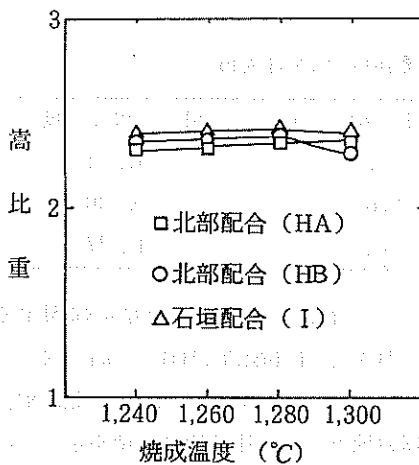


図10 焼成温度と嵩比重との関係

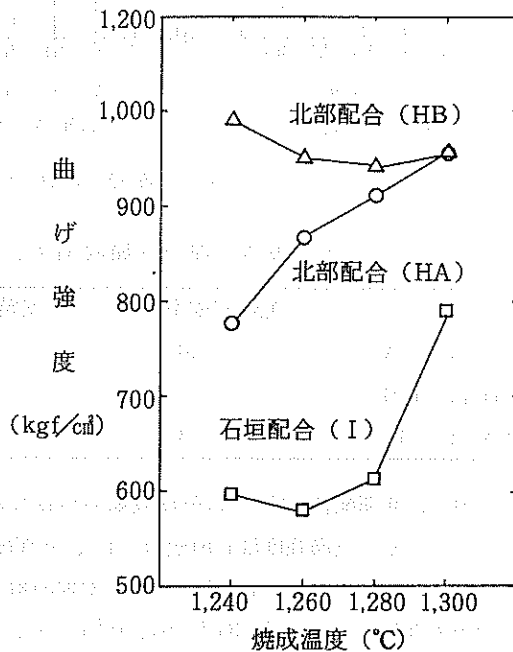


図11 焼成温度と曲げ強度との関係

吸水率と嵩比重の関係から、北部配合(HB)はすでに1,240℃で磁器化する傾向にある。この傾向は1,300℃まではほぼ同じで、焼成幅の広い素地といえる。北部配合(HA)は1,260℃で磁器化する傾向がみられるが、石垣配合(I)は1,280℃まで吸水率が高く、1,300℃において始めて磁器化する傾向が見られる。

曲げ強度は焼成素地の磁器化を反映して、吸水率の変化と一致している。すなわち、北部配合(HB)はそれぞれの焼成温度で強度が高く、940kgf/cm<sup>2</sup>前後の値を示している。北部配合(HA)は、焼成温度が高くなるにつれて強度が増す傾向にある。また、石垣配合(I)は、いずれの焼成温度でも比較的低い強度を示した。以上の結果から、北部配合(HB)、北部配合(HA)、石垣配合(I)の順に磁器化しやすいことがいえる。

磁器の白色度は、一般的に65~75とされている。県産原料による焼成素地では70~75の値を示しているが、焼成成色は灰色の色調を呈している。これは、焼成雰囲気による影響の他、素地中の鉄分やチタン分が影響しているものと考えられる。

透光度は石垣配合(I)が最も良く、北部配合(HB)、北部配合(HA)の順となっている。

以上の焼成性状の結果から、一般的な磁器素地の特性を備えるための焼成温度は北部配合(HA)で1,260℃、北部配合(HA)では1,280℃、石垣配合は1,300℃であり、配合によって各々の焼成温度が異なることがわかる。

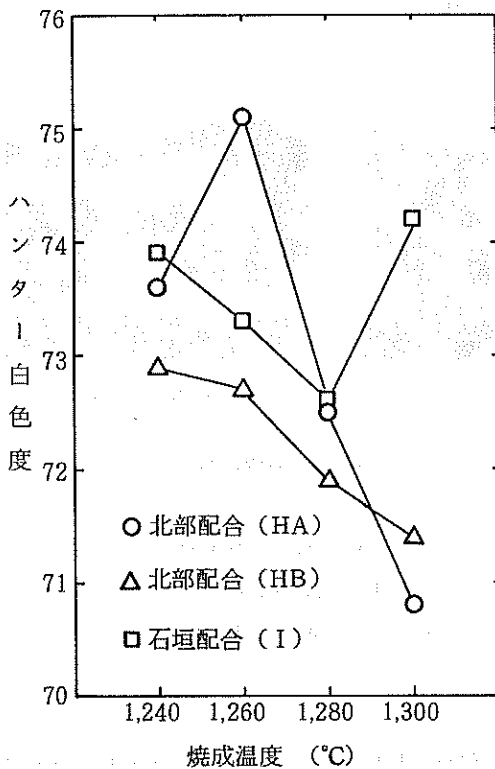


図12 焼成温度と白色度との関係

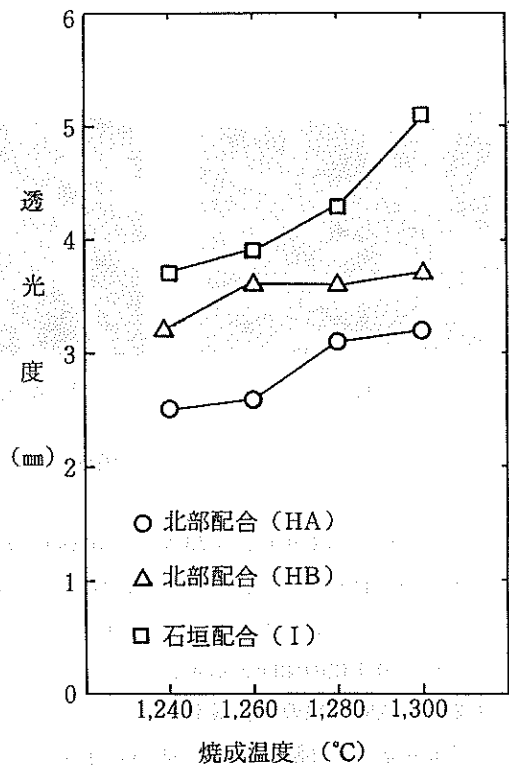


図13 焼成温度と透光度との関係

3.2.5 焼成素地の鉱物組成と微構造

図14に1,280℃焼成素地のX線回折図、写真1にはフッ酸処理した焼成素地の電子顕微鏡による観察結果、写真2には各温度における焼成素地の微構造の観察結果を示す。

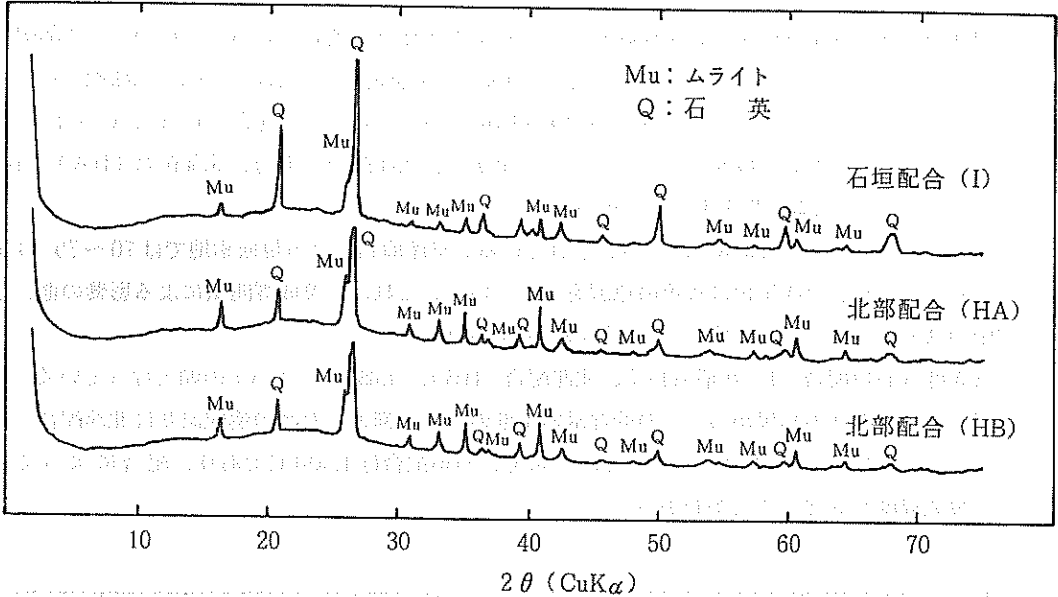
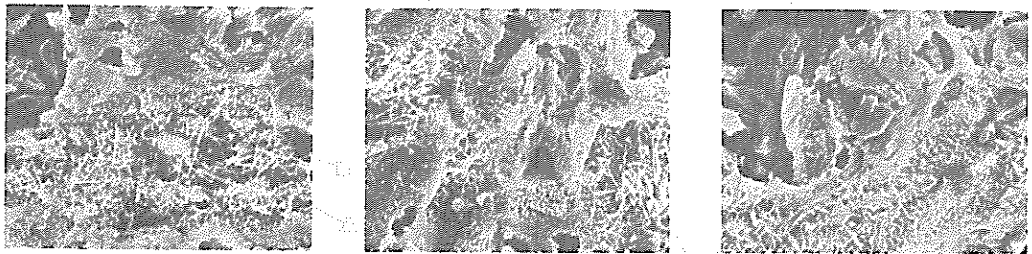


図14 1,280℃焼成素地のX線回折図



北部配合 (HA)

北部配合 (HB)

石垣配合 (I)

10 μm

写真1 フッ酸処理した1280℃焼成素地の電子顕微鏡写真

X線回折の結果から、4.29Å、3.35Åの石英の主ピークと5.39Å、3.39Åのムライトの主ピークが認められる。また、電子顕微鏡写真からはムライトの針状結晶が認められる。焼成素地の微構造では、いずれの配合でも1,240℃において空隙が観察でき、焼成温度が高くなるほど空隙は減少し、磁器化の傾向を示す。

3.2.6 焼成素地の熱膨張率

各焼成素地の熱膨張曲線を図15に示す。100℃から570℃付近までは直線的な膨張を示すが、570℃付近で石英の転移と考えられる急激な熱膨張がみられる。また、焼成温度が高くなると、熱膨張率が減少する傾向がみられる。

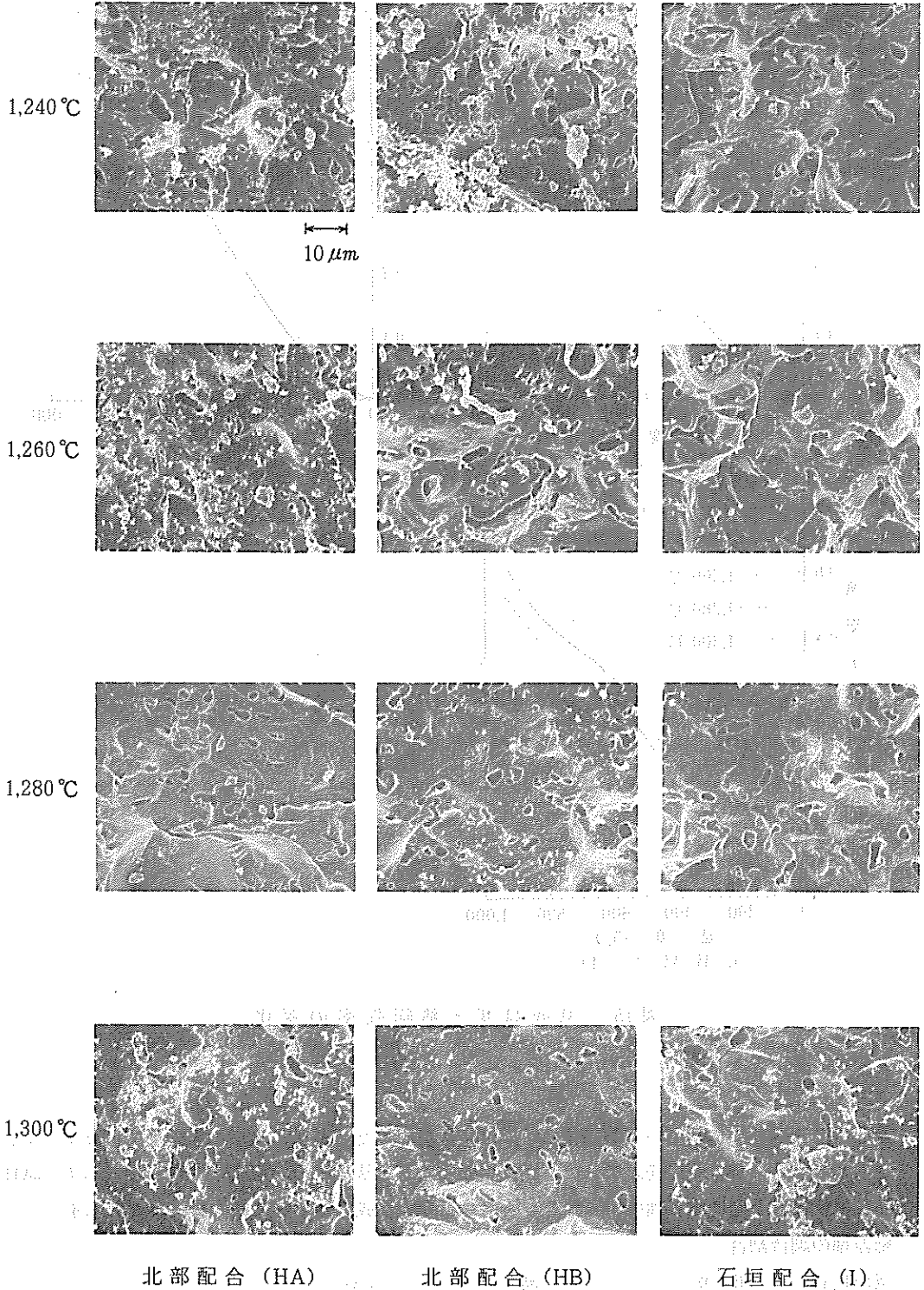


写真2 各焼成素地の電子顕微鏡写真

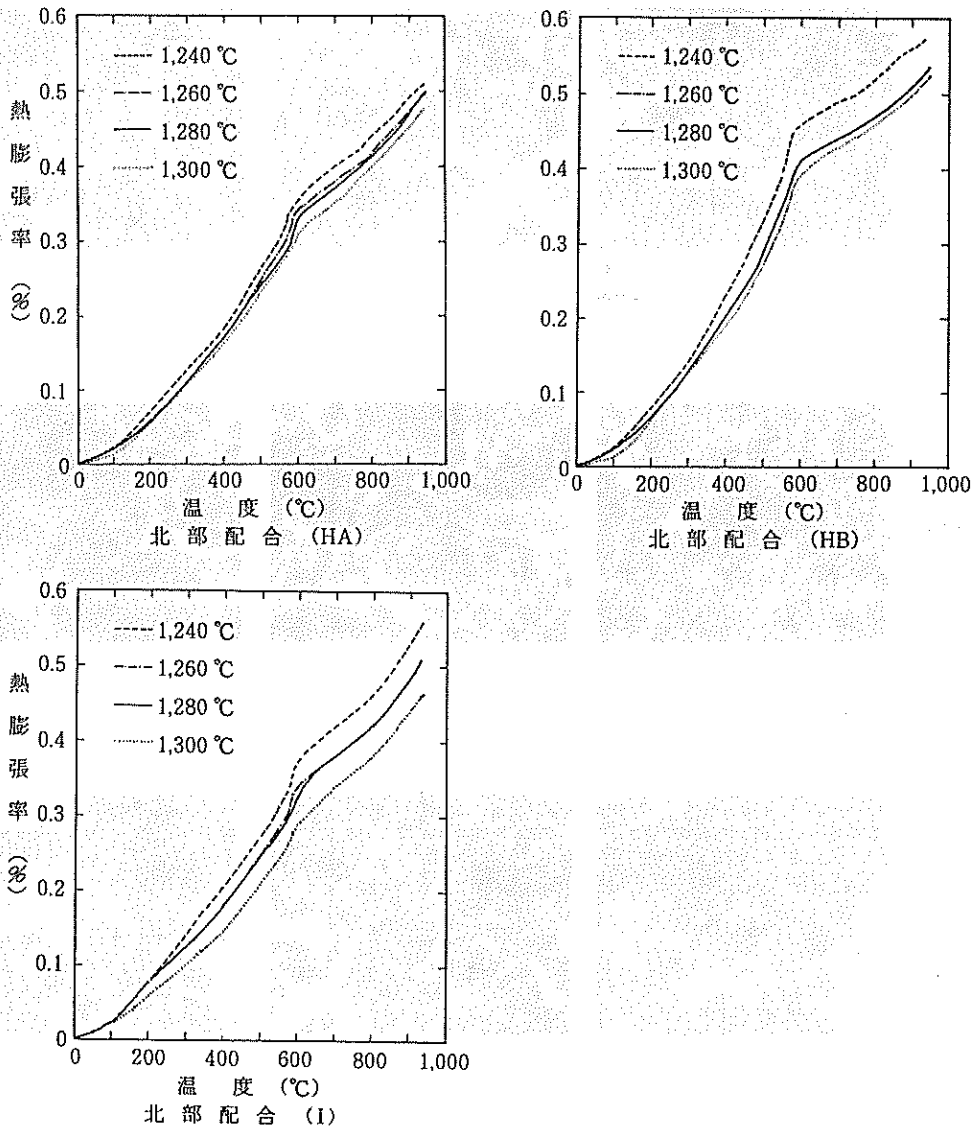


図 15 焼成温度と熱膨張率の変化

### 3.3 試作試験

本研究の実験結果に基づいて製品化のための試作を行った。表4に示した水分及び水ガラスを添加し、各配合の鑄込泥漿を調製した。試作品の種類と形状及びその鑄込条件を表10に示す。試作品は素焼後、下記に示す釉薬を施釉し、所定の温度で焼成した。その結果を写真3に示す。

磁器釉の調合割合

釜戸長石	63%	焼タルク	13%
珪石	5%	亜鉛華	5%
カオリン	14%		



表10 試作品の形状と鑄込条件

成形法	試作品の種類、形状	鑄込時間	鑄込圧力	備考
排泥鑄込成形	酒器(2合)	20分	—	
	カラカラ(2合)	—	—	
	花瓶(中、小)	—	—	
	シーサー(体高75mm)	10分	—	
	その他	—	—	
圧力鑄込成形	小鉢(100×100×高さ75mm)	10分	2kg/cm <sup>2</sup>	圧力鑄込装置
	サンマ皿(幅140×長さ395×高さ32mm)	50分	1kg/cm <sup>2</sup>	"



北部配合(HA)



北部配合(HB)



石垣配合(I)

写真3 試作の結果

### 3.4 まとめ

以上、試料の基礎性状試験や鑄込性試験、焼成試験及び試作試験等から次のような結果が得られた。

- (1) 沖縄島北部と石垣島の窯業原料について、その基礎性状を明らかにすることができた。その結果、大湿帯粘土、大嵩セリサイト及び大嵩ハロイサイトはチタン分または鉄分を若干多く含んでいるものの、全体的には磁器原料として充分使用可能であることがわかった。
- (2) 鑄込性試験では、各配合での適当な水分及び水ガラス添加量を把握することができた。その結果、石垣配合(I)に比べて、北部配合(HA)と北部配合(HB)は、より多くの水分と水ガラスを必要とすることがわかった。両北部配合については、できるだけ水分を低く抑える意味で、

泥漿の粒度組成、解膠剤の種類と添加量等について検討する必要があると考えられる。

- (3) 焼成試験の結果、配合によって磁器化の傾向が異なり、北部配合 (HB) は 1,240℃、北部配合 (HA) は 1,260℃、石垣配合は 1,300℃ で磁器化することがわかった。したがって、各配合はそれぞれに適した温度で焼成する必要がある。
- (4) 試作試験では、幾種類かの試作品を鑄込成形し、所定の温度で焼成したところ、若干灰色を帯びた特徴ある磁器を試作することができた。

#### 4. 耐熱衝撃性素地に関する実験

耐熱衝撃性陶器は、熱膨張の小さい原料 (ベタライトまたはコーディエライト) に粘土等を配合し、低熱膨張の耐熱衝撃性素地としている産地が多い。

本研究は、表 1 に示す県産原料のうち、幸喜陶土と大湿帯陶土を用いてそれぞれの陶土に対してベタライトを配合する方法について検討し、耐熱衝撃性素地の開発を試みた。

##### 4.1 実験方法

###### 4.1.1 原料

県産原料は、予めボールミルで 5 時間粉砕し 115 メッシュふるいを通したのち、脱水・乾燥し以下の実験に供した。ベタライトは、ブラジル産の市販品をそのまま用いた。

表 11 と表 12 に試料の粒度組成と化学組成等を示す。また、図 16 は県産原料とベタライトの X 線回折の結果である。

表 11 原料の粒度分布

粒 径 ( $\mu\text{m}$ )	>30	20	15	10	5	2	>	平均粒径 $\mu\text{m}$
幸 喜 陶 土	3.3%	6.6%	6.5%	12.6%	18.7%	26.6%	25.6%	4.69
大 湿 帯 陶 土	2.2	4.4	4.3	8.4	20.5	28.1	31.9	3.73
ブラジルベタライト	18.5	19.0	11.6	13.3	17.7	13.8	6.0	14.7
本 山 木 節 粘 土	0.2	0.5	0.4	0.8	4.5	28.9	64.6	1.17

幸喜陶土の  $2\mu\text{m}$  以下の粘土分は 26% であるが、大湿帯陶土は 32% もあることから、幸喜陶土と比較して細かい粘土である。市販原料のベタライトは、 $30\mu\text{m}$  以上の粒度分が 20% 程度あり比較的あら目の原料である。

幸喜陶土は、触感的にも珪砂が多く、赤色を呈し、可塑性に乏しい粘土である。大湿帯陶土は、淡赤色の可塑性のある粘土である。

幸喜陶土と大湿帯陶土の違いは、化学組成と耐火度の結果からも明らかである。すなわち、幸喜陶土は、遊離石英のために  $\text{SiO}_2$  分が高く、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  分が低い、また、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  分が 4.2% と高いため耐火度を低くしている。大湿帯陶土は幸喜陶土と比較して  $\text{Al}_2\text{O}_3$  分が高く、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  分が少ないため耐火度も高くなっている。ベタライトの  $\text{Li}_2\text{O}$  分は 4.0% である。

表12 原料の化学組成

	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	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	Ig. Loss	耐火度
幸喜陶土	67.4%	17.7%	4.20%	0.82%	—	0.65%	2.04%	0.70%	—	6.33%	SK17#
大湿帯陶土	60.0	21.2	2.51	1.04	—	1.25	3.08	1.52	—	8.94	SK20#
ブラジルベタライト	77.7	16.4	0.04	—	—	—	0.17	0.72	4.0%	—	—
木山木節粘土	47.4	34.0	1.32	1.04	0.14%	0.06	0.60	0.80	—	14.3	—

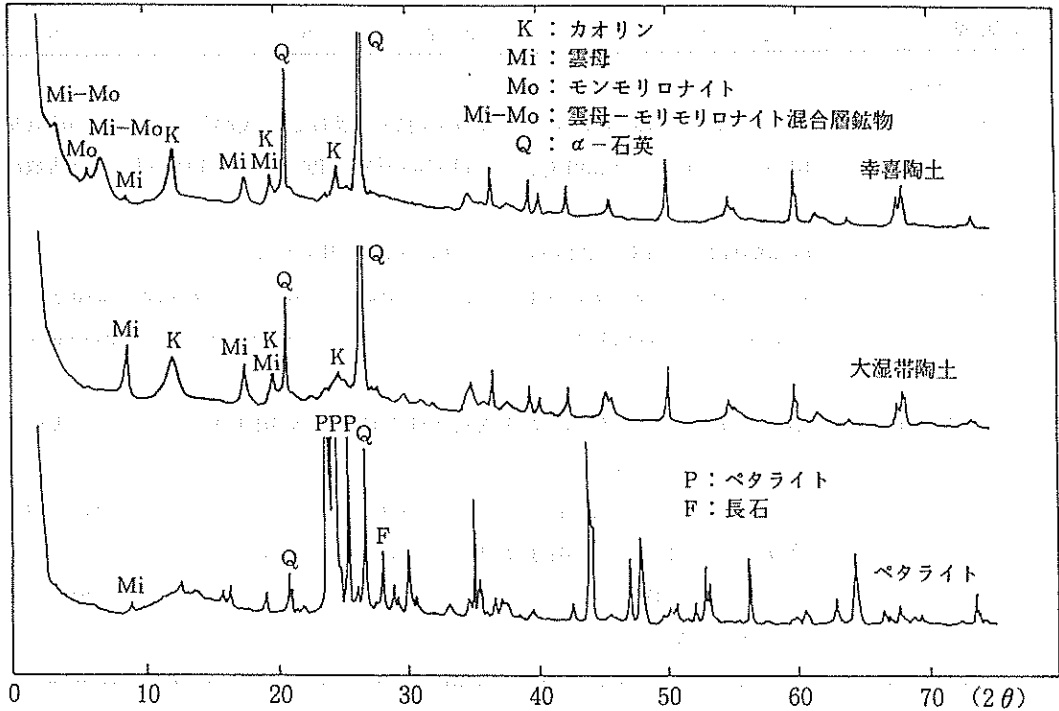


図16 試料のX線回折図

幸喜陶土は、カオリン、雲母、モンモリロナイト、それに雲母・モンモリロナイト混合層鉱物が認められるほか、石英やゲータイトを含んでいる。

大湿帯陶土はカオリンと雲母粘土鉱物のほか石英とゲータイトを含むが、いずれの陶土もいわゆる鉄分の多い雑粘土である。

ブラジル産ベタライトは、主成分のほか雲母（レピドライト？）、曹長石、石英などを含んでいる。

#### 4.1.2 試料の作製と試験法

##### 1) 原料配合

耐熱衝撃性陶器の原料配合は、ベタライト（60）、木節粘土（30）、カオリン（10）などの例<sup>6)</sup>がある。本実験では、県産原料をなるべく多く用いて耐熱衝撃性素地の開発を目的としているため、表13に示す配合比について検討した。試作開発にあたっては機械ろくろ成形を予定してい

るため、木節粘土を幸喜陶土に20%、大湿帯陶土には15%それぞれ外割添加した。

配合は、ポットミルで混合攪拌し、脱水・乾燥して坯土とし、2週間ねかしたのち、試験片を作製した。

表 13 試料の配合割合

	幸喜陶土—ベタライト配合系				大湿帯陶土—ベタライト配合系		
幸喜陶土	50	60	70	大湿帯陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30	ベタライト	50	40	30
木節粘土	20	20	20	木節粘土	15	15	15

## 2) 試験法

**焼 成** 50mm×50mm×5mmの試験片を石膏型を用いて型おこし成形し、15Kwの電気炉を用いて1,200℃、1,230℃、1,250℃の所定温度で30分間保持し、自然放冷した。

焼成試験体は、JIS R 2205により焼成性状を測定した。

**強 度** 10mm×10mm×120mmの試験体を石膏型で型おこし成形し、焼成後に収縮率と強度を測定した。強度はオートグラフを用いて、スパン80mmの三点曲げ強度である。

**X線回折** 理学ガイガーフレックスにより焼成素地と釉薬のX線回折を行った。測定条件、Cu管球、20mA-30KV

**熱膨張** 長さ20mmの試験片を切り出し、理学電気サーモフレックスTMA装置により、石英ガラスを標準とし昇温速度10℃/minで測定を行った。

**釉 調 合** ベタライト、炭酸カルシウム、炭酸バリウム、焼タルク、蛙目粘土を用いて配合し、焼成した。

**熱衝撃試験** 表13の配合素地を用いて直径125mm×高さ40mm×厚さ8mmの碗型試験体を機械ろくろ成形し、素焼したのち施釉し、1,200℃で電気炉焼成し、30分間保持し放冷した。焼成試験体はJIS S 2400「陶磁器耐熱食器」の試験法に基づいて熱衝撃強さの試験を行ない、素地の亀裂と釉の貫入などを実体顕微鏡で観察した。

## 4.2 試験結果及び考察

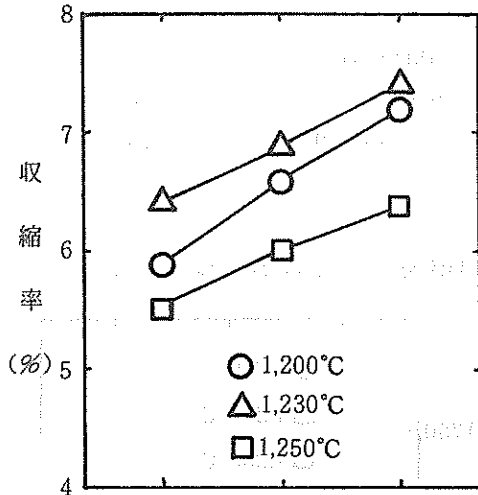
### 4.2.1 焼成収縮率

幸喜配合系と大湿帯配合系の焼成温度と焼成収縮率の関係をそれぞれ図17と図18に示す。

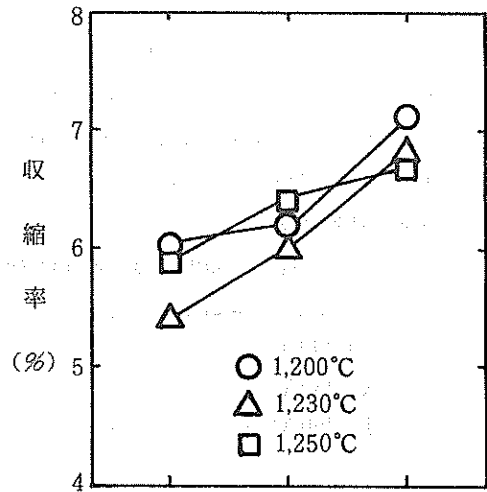
幸喜配合系は、ベタライトが少なく幸喜陶土の多い配合ほど収縮が大きい。また、焼成温度が高いほど収縮が大きくなることが予想されるが1,250℃焼成では逆に小さくなっている。このことは、素地の溶化とともに発泡していることを示しており、この傾向は幸喜陶土の増す方向に著しい。

大湿帯配合系は、大湿帯陶土の多い配合ほど収縮が大きくなるが、焼成温度の違いによる焼成収縮率の差は見られない。概して1,230℃の焼成収縮率が、1,200℃及び1,250℃の焼成収

縮率より小さくなっていることが特徴的である。



幸喜陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	20	20	20



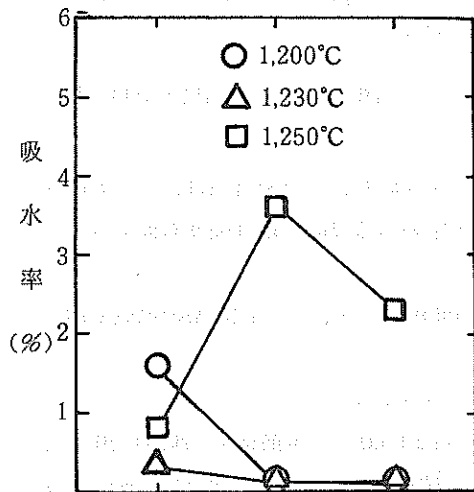
大湿帯陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図17 幸喜配合系の焼成温度と収縮率の関係

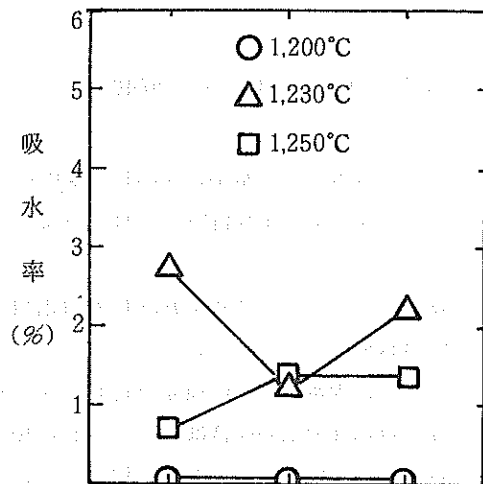
図18 大湿帯配合系の焼成温度と収縮率の関係

#### 4.2.2 吸水率

幸喜配合系と大湿帯配合系の焼成温度と吸水率の関係をそれぞれ図19と図20に示す。



幸喜陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	20	20	20



大湿帯陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図19 幸喜配合系の焼成温度と吸水率の関係

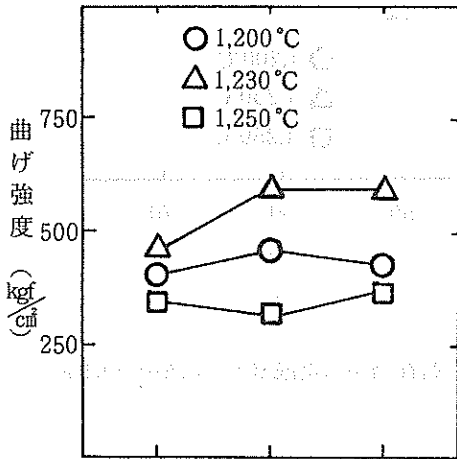
図20 大湿帯配合系の焼成温度と吸水率の関係

幸喜配合系は、1,200℃と1,230℃の焼成温度において、ペタライトが少ない配合比ほど、吸水率が0%に近くなっているが、逆に1,250℃の焼成温度では、どの配合でも吸水率が高くなっている。このことは、ペタライト40%以下の配合では膨化傾向にあることを示している。

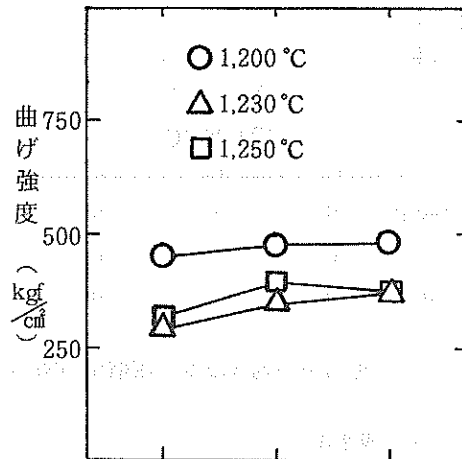
大湿帯配合系は、いずれの配合比でも1,200℃で吸水率が0%に近く、焼結化傾向にある。1,230℃と1,250℃の焼成温度では、いずれの配合比でも吸水率が1,200℃焼成よりも高く、焼結する傾向を示さず膨化現象を裏づけている。

#### 4.2.3 焼成素地の強度

幸喜配合系と大湿帯配合系の焼成温度と曲げ強度との関係をそれぞれ図21と図22に示す。



幸喜陶土	50	60	70
ペタライト	50	40	30
木節粘土	20	20	20



大湿帯陶土	50	60	70
ペタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図21 幸喜配合系の焼成温度と強度の関係

図22 大湿帯配合系の焼成温度と強度の関係

両配合系とも強度は、吸水率と対応して変化している。すなわち、幸喜配合系は、いずれの配合でも1,230℃焼成が強度も高い。吸水率が高く、膨化現象のある焼成素地は強度も低くなっている。

大湿帯配合系は、1,200℃焼成がいずれの配合比でも強度が高いが、幸喜配合系の焼成素地と比較して強度は低くなっている。

以上の収縮率、吸水率、曲げ強度の結果からつぎのことがいえる。

幸喜配合系で焼結性のよい配合は、ペタライト40%、幸喜陶土60%、本節粘土(外割)20%であり、焼成温度1,230℃において焼成性状が最も良い。大湿帯配合系では、1,200℃焼成におけるペタライト50%、大湿帯陶土50%、木節粘土(外割)15%配合の焼成素地が良好である。

#### 4.2.4 X線回折

図23と図24に幸喜配合系と大湿帯配合系の1,200℃焼成におけるX線回折の結果を示す。以下では、β-石英とβ-スポジュメンのX線回折の主ピークが重なるため、Cu Kαの2θ:19.9°(β-石英)、2θ:22.9°(β-スポジュメン)、2θ:21.8°(クリストパライト)、2θ:20.8°(α

—石英)の回折線について考察する。

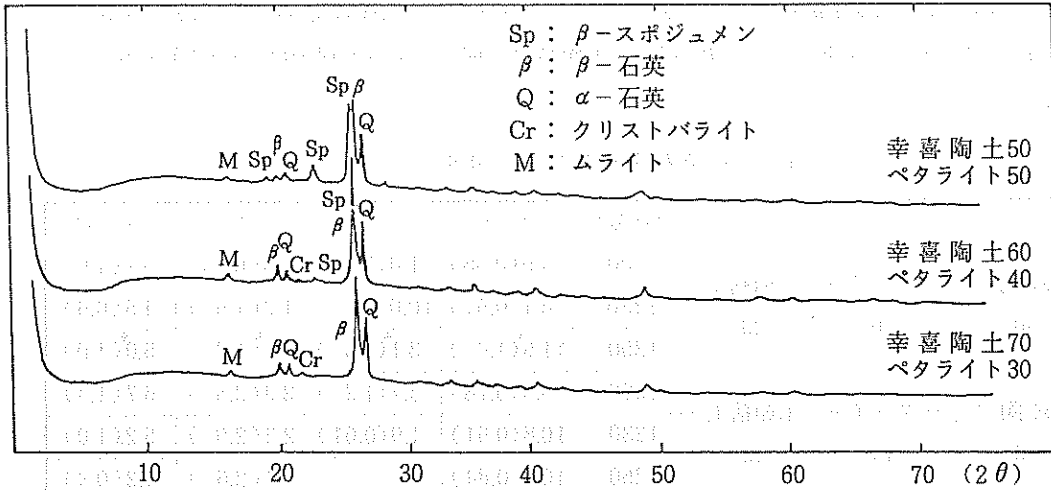


図23 幸喜配合系の1,200℃焼成素地のX線回折図

幸喜配合系の1,200℃焼成素地は、ムライト(2θ:16.3°)のほか、β-石英、クリストバライト、α-石英が確認できるが、β-スボジュメンはペタライトの配合比が少なくなるに従ってそのピークは減少し、30%のペタライト配合ではほとんど確認できない。

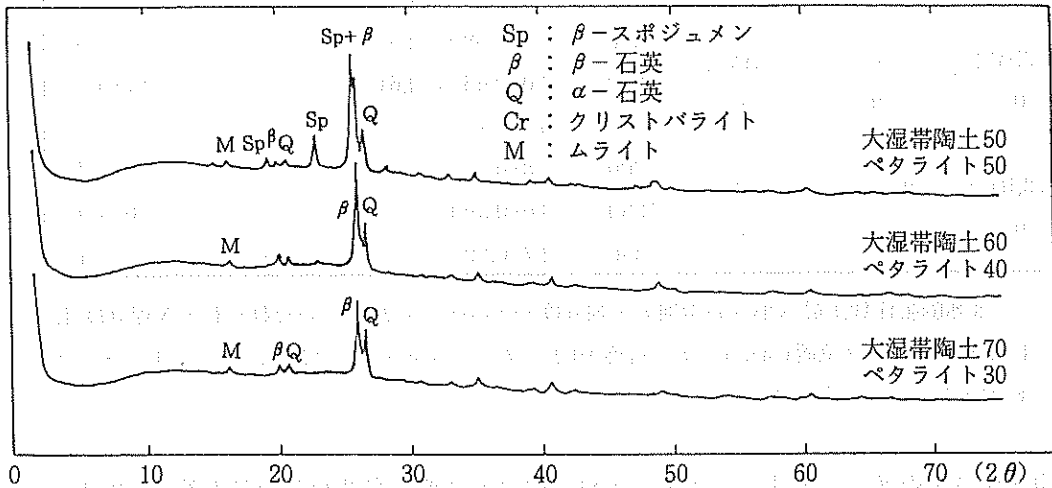


図24 大湿帯配合系の1,200℃焼成素地のX線回折図

大湿帯配合系の1,200℃焼成素地は、ムライトのほかβ-石英とα-石英のピークが明瞭であるが、β-スボジュメンはペタライト50%配合素地だけに認められ、それ以下の配合素地では確認できない。また、クリストバライトは全ての焼成素地中に認められない。

このように、耐熱焼成素地中の構成鉱物は原料の配合比によって異なるほか、焼成温度によってもかなり変化することが報告<sup>7)</sup>されている。

表14に各配合系の焼成温度と構成鉱物のX線強度(比)との関係を示す。また、図25と図26は、表14に示す低膨張鉱物( $\beta$ -石英、 $\beta$ -スポジュメン)と転移温度付近で異常膨張を起こす鉱物(クリストパライト、 $\alpha$ -石英)について配合比の違いによるX線強度との関係を示したものである。

表14 配合系の焼成温度とX線強度との関係

			焼成温度	$\beta$ -Q	S.	Cr.	$\alpha$ -Q
幸喜陶土 50	ペタライト 50	木節粘土 20	1200	4.5(0.38)	11.0(3.5)	0.5(0.63)	5.1(1.0)
			1230	6.1(0.51)	10.0(3.2)	1.2(1.5)	4.5(0.9)
			1250	11.9*(1.0)	3.1*(1.0)	0.8*(1.0)	5.0*(1.0)
幸喜陶土 60	ペタライト 40	木節粘土 20	1200	9.3(0.78)	3.7(1.2)	2.0(2.5)	6.7(1.3)
			1230	10.8(0.91)	1.9(0.61)	2.3(2.9)	5.2(1.0)
			1250	10.0(0.84)	—	2.1(2.6)	4.2(0.8)
幸喜陶土 70	ペタライト 30	木節粘土 20	1200	7.9(0.66)	—	2.7(3.4)	6.7(1.3)
			1230	9.5(0.80)	—	5.0(6.3)	6.5(1.3)
			1250	7.5(0.63)	—	4.9(6.1)	5.2(1.0)
大湿帯陶土 50	ペタライト 50	木節粘土 15	1200	3.0(0.32)	12.1(10.0)	—	3.5(1.6)
			1230	4.9(0.53)	9.7(8.1)	—	3.0(1.4)
			1250	9.3*(1.0)	1.2*(1.0)	—	2.2*(1.0)
大湿帯陶土 60	ペタライト 40	木節粘土 15	1200	5.4(0.58)	2.5(2.0)	—	3.2(1.5)
			1230	6.0(0.65)	0.6(0.5)	—	2.7(1.2)
			1250	6.6(0.71)	—	—	2.8(1.3)
大湿帯陶土 70	ペタライト 30	木節粘土 15	1200	3.8(0.41)	—	—	3.8(1.7)
			1230	3.6(0.39)	—	—	3.0(1.4)
			1250	2.7(0.29)	—	0.5	2.5(1.1)

※ ( )は熱膨張係数が最も小さい素地のX線強度を(1.0)としたときのそれぞれのX線強度比、但しX線回折ピーク位置CuK $\alpha$ 、 $\beta$ -石英19.9°、 $\beta$ -スポジュメン22.9°、 $\alpha$ -クリストパライト21.8°、 $\alpha$ -石英20.8°

幸喜配合系の $\beta$ -石英は、ペタライト50%配合では焼成温度が高いほど多く晶出する傾向を示す。この傾向はペタライト40%配合の1,200℃と1,230℃焼成において顕著に見られるが、ペタライト30%配合では減少する傾向にある。一方、 $\beta$ -スポジュメンは $\beta$ -石英と逆の傾向にある。すなわち、ペタライト50%配合では、焼成温度が低いほど $\beta$ -スポジュメンの晶出量が多くなっている。この傾向は、ペタライト40%配合においても同様である。ペタライト30%配合では、どの焼成温度でも殆んど $\beta$ -スポジュメンの存在は認められなくなる。

一方、幸喜配合のクリストパライトと $\alpha$ -石英との関係は、幸喜陶土の配合比が高いほどクリストパライトの晶出量が増し、また、焼成温度が高いほどその傾向がみられる。 $\alpha$ -石英も同様



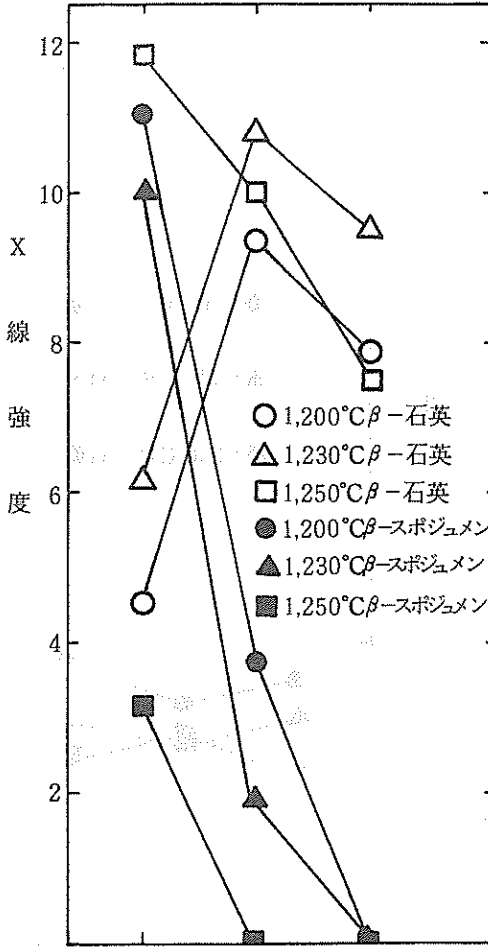


図25 幸喜配合系の焼成温度と構成鉱物の X線強度との関係

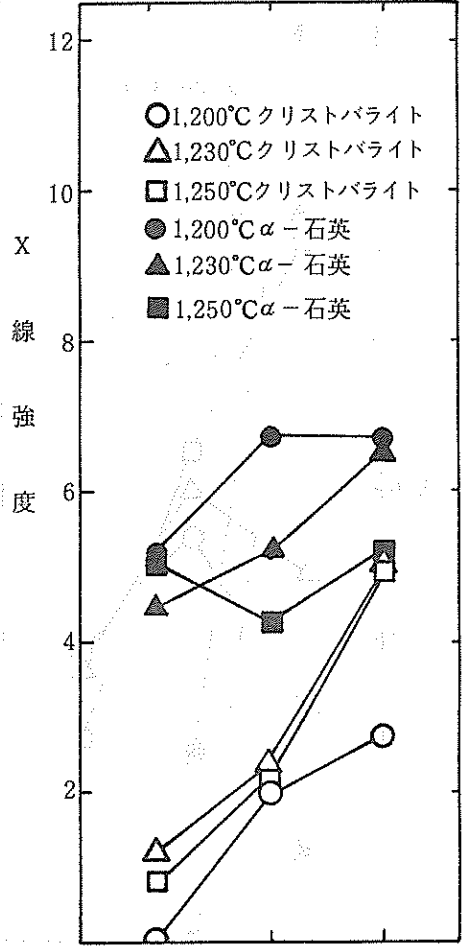


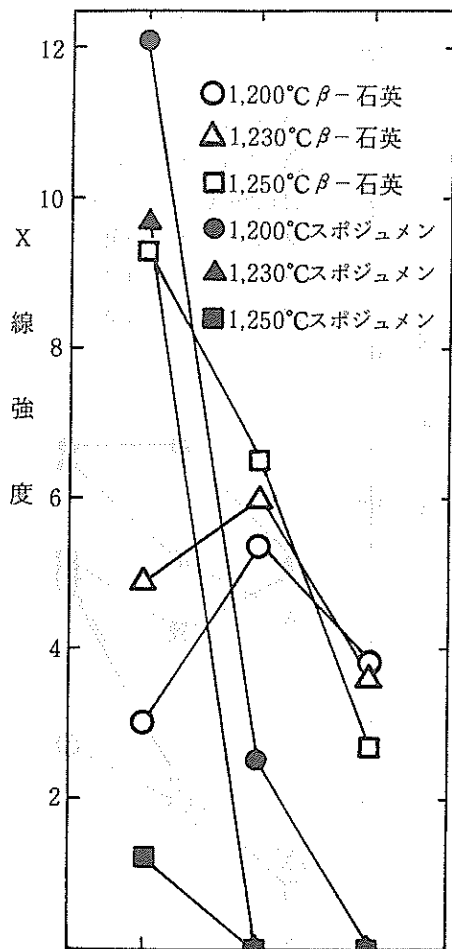
図26 幸喜配合系の焼成温度と構成鉱物の X線強度との関係

に幸喜陶土が多くなると増加する傾向にあるが、焼成温度が高くなると逆にその量は減少する。

大湿帯配合系は、ベタライト 50% 配合では焼成温度が高いほど β-石英の回折線が強く認められる。この傾向は、ベタライト 40% 配合でも認められるが、ベタライト 30% 配合では減少する傾向にある。一方、β-スフェンは、ベタライト 50% 配合の 1,200°C 焼成で強いピークを示すが、それ以上の温度又はいずれの配合でもほとんど消失する。

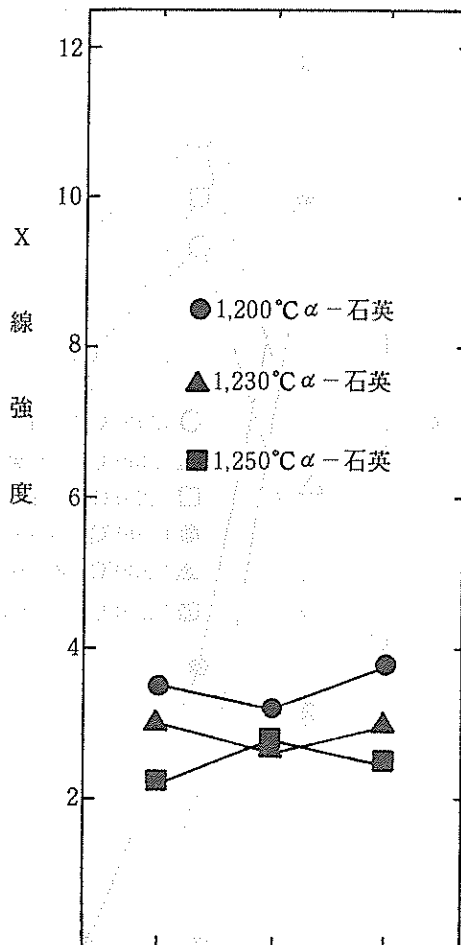
大湿帯配合系の焼成素地中には、クリストバライトの存在は認められず、α-石英の回折線を認めるのみである。

国枝<sup>8)</sup>らは、ブラジル産のベタライトは、焼成過程において粉碎粒度に関係なく β-石英に転移し 1,150°C で最大量に達するとしている。また、南アフリカ産ベタライトと粘土（木節粘土



大湿帯陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図27 大湿帯配合系の焼成温度と構成鉱物のX線強度との関係



大湿帯陶土	50	60	70
ベタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図28 大湿帯配合系の焼成温度と構成鉱物のX線強度との関係

等)類を30:70の混合について、1,200°Cでの焼成実験を行ない、次の結果<sup>9)</sup>を得ている。

- (1) 粘土類のクリストベライトの晶出温度と、ベタライトのβ-石英への転移は無関係である。
- (2) β-石英への転移は、ベタライトの粉碎粒度と関係し、細かい粒度の場合に、より多く転移する。
- (3) 焼成温度上昇に伴い、β-スポジューメンの量が増加する。

これらの結果と今回の実験結果とは、明らかに違いが見られる。その違いは、アフリカ産ベタライトとブラジル産ベタライトの違いもあるが、県産原料の配合量が大きく関与しているものと考えられる。

一方、朽名<sup>10)</sup>らは、石英とベタライトの混合物の焼成物から、β-石英、β-スポジューメンと石

英及びクリストバライトを確認している。そして、 $\beta$ -スポジュメンは高温側で $\beta$ -石英に転移することを認め、さらに石英が半減しクリストバライトが増加することを確認している。

この結果は、石英を含む県産原料とペタライトと木節粘土の配合焼成体のX線結果と一致しており、県産原料中の石英が $\beta$ -石英やクリストバライトの晶出に関与しているものと考えられる。

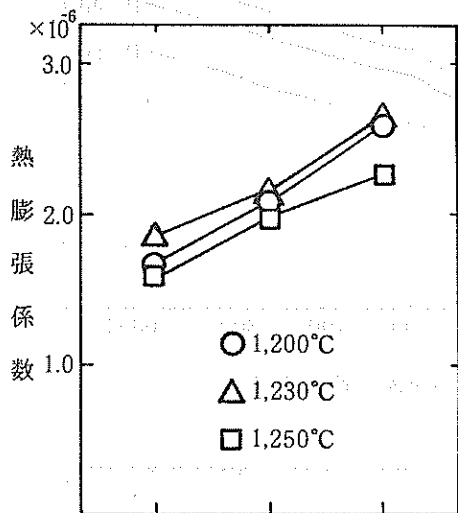
県産原料を用いて耐熱衝撃性素地を開発する場合、X線回折の結果は次のことを示唆している。

幸喜陶土の原土中には、石英粒を多く含むため、前処理(水ひなど)によって石英粒を除去しておく必要がある。それによって、耐熱衝撃性に影響を与えるクリストバライトや $\alpha$ -石英の晶出を少なくすることができる。幸喜配合焼成素地に低膨張性鉱物の $\beta$ -石英と $\beta$ -スポジュメンを晶出させるためには、ペタライトの量は40%~50%必要とし、1,200℃焼成が適当な条件と考える。

また、大湿帯配合素地は、ペタライト50%配合の1,200℃焼成が適当な条件と考えられる。

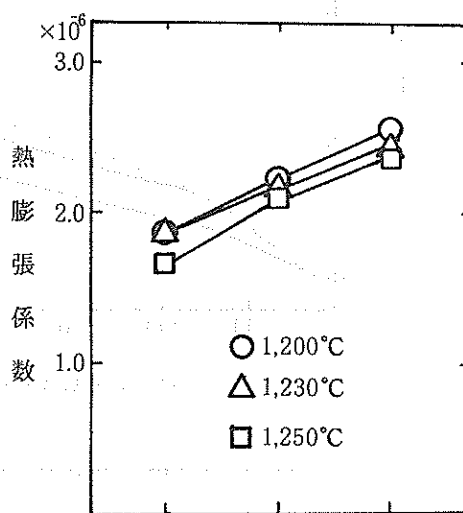
#### 4.2.5 熱膨張

図29と図30は各配合系の焼成温度と熱膨張係数との関係を示す。図31から図36は、各焼成温度における焼成素地の熱膨張曲線である。



幸喜陶土	50	60	70
ペタライト	50	40	30
木節粘土	20	20	20

図29 幸喜配合系の焼成温度と熱膨張係数との関係



大湿帯陶土	50	60	70
ペタライト	50	40	30
木節粘土	15	15	15

図30 大湿帯配合系の焼成温度と熱膨張係数との関係

幸喜及び大湿帯の両配合系とも同様な傾向を示している。すなわち、ペタライトの配合比が多いものほど熱膨張係数は小さい。幸喜陶土60%とペタライト40%と木節粘土(外割)20%の1,230℃における熱膨張係数(100~500℃)は $2.19 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、大湿帯陶土50%とペタライト50%と木節粘土(外割)15%の1,200℃における熱膨張係数(100~500℃)は $1.86 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であ

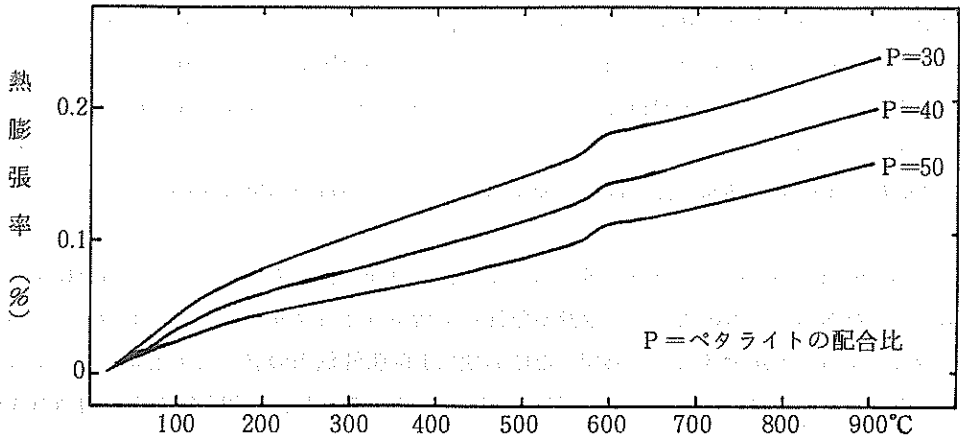


図31 幸喜配合系の 1,200 °C焼成素地の熱膨張曲線

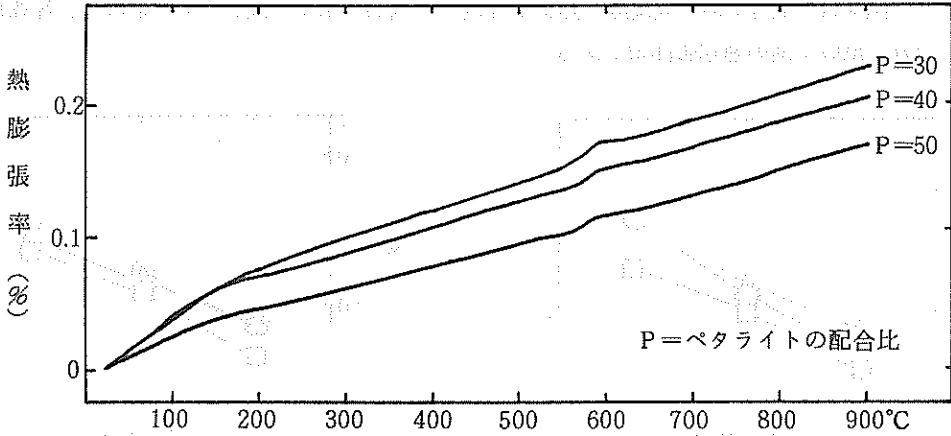


図32 幸喜配合系の 1,230 °C焼成素地の熱膨張曲線

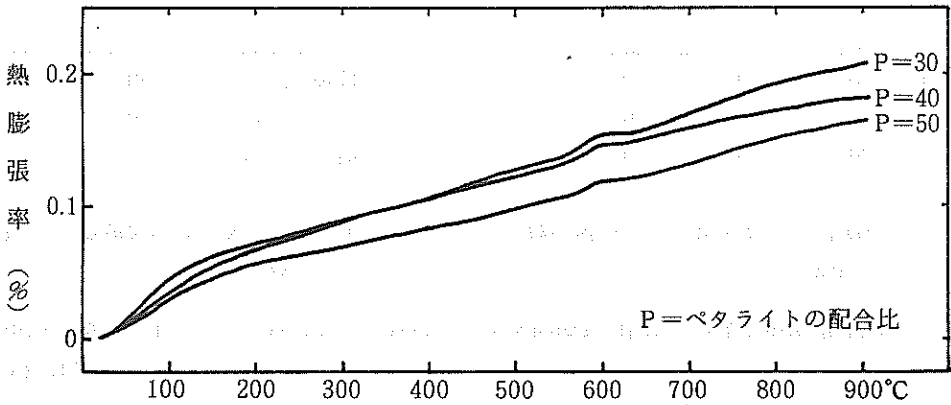


図33 幸喜配合系の 1,250 °C焼成素地の熱膨張曲線

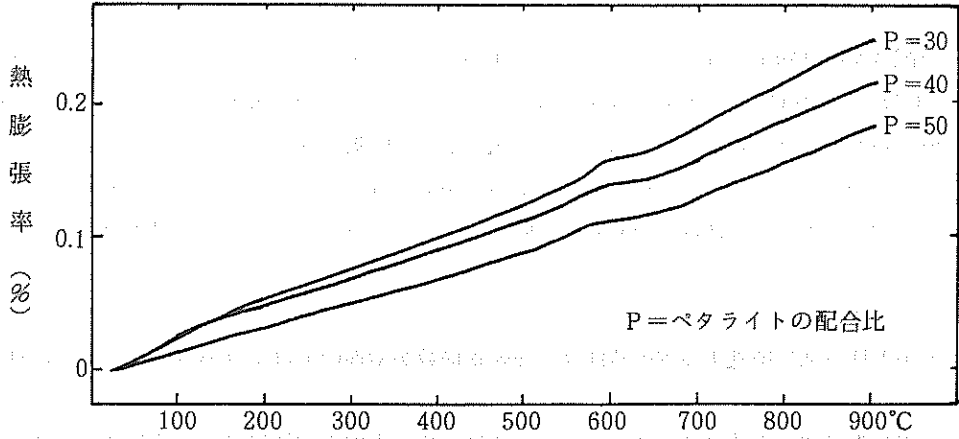


図34 大湿帯配合系の1,200°C焼成素地の熱膨張曲線

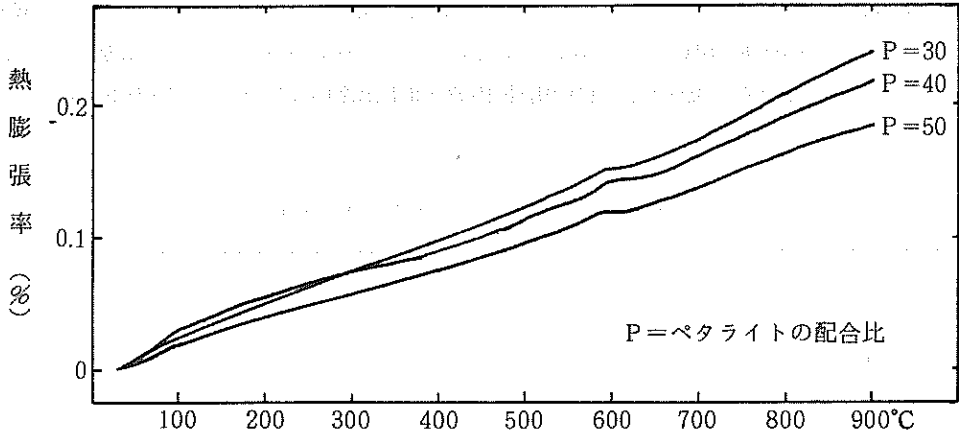


図35 大湿帯配合系の1,230°C焼成素地の熱膨張曲線

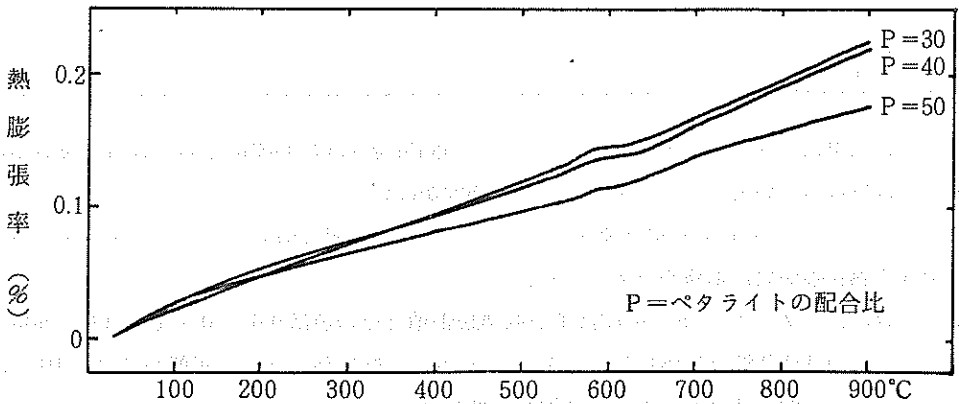


図36 大湿帯配合系の1,250°C焼成素地の熱膨張曲線

る。

幸喜配合系の熱膨張率はベタライトの配合比が多いほど小さい。また、幸喜配合系の60%と70%配合の1,230℃と1,250℃焼成試料は、クリストバライトの影響と考えられる膨張が100℃～200℃間に現われている。幸喜陶土ほどの配合系も熱膨張率は小さく、0.2%以下である。大湿帯配合系もベタライトの増加により熱膨張率が低くなっており、その値は0.2%以下である。幸喜配合系と違う特性は、100℃～200℃間にクリストバライトによる異状膨張が認められないことである。

#### 4.2.6 釉薬調合

耐熱衝撃性素地に施釉する釉の特性は、熱膨張係数が素地のそれより小さいものでなければならない。

釉の熱膨張係数を素地より小さくするためには、焼成素地と同様にβ-石英及びβ-スボジュメンを釉中に晶出させる必要がある。低膨張釉の調製法については、国枝<sup>11)</sup>の詳細な報告がある。

本研究では、ベタライト75%～70%の主原料に対し、炭酸カルシウム15%～5%、炭酸バリウム15%～5%の融剤を用い、蛙目粘土と仮焼タルクをそれぞれ5%と一定量添加し、表15の配合比について1,200℃で焼成し、釉の熱膨張係数と析出鉱物を調べた。表15の下覧にその結果を示す。

表15 釉薬の配合比と熱膨張係数及び組成鉱物のX線強度

	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
ベタライト	75	75	75	70	70	70
蛙目粘土	5	5	5	5	5	5
炭酸カルシウム	10	7.5	5	15	10	5
焼タルク	5	5	5	5	5	5
炭酸バリウム	5	7.5	10	5	10	15
β-石英固溶体	7.0	5.8	3.5	—	—	1.8
β-スボジュメン	16.8	14.0	16.7	—	—	5.9
線熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}$ )	0.68	0.60	0.63	—	—	1.78

X線回折の結果は、β-石英とβ-スボジュメンの回折線強度に明瞭に認められる。焼成素地の晶出度とは異なっていて、β-スボジュメンの強度が高い。

また、ベタライトが70%の配合釉は、ベタライト75%の配合釉よりβ-スボジュメンの晶出度が少なく熱膨張係数に影響を与えている。

熱膨張係数は、ベタライト75%の配合釉が低熱膨張釉でその値は $0.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  (100～500℃)である。つぎの耐熱衝撃性試験体には、ベタライト75%、蛙目粘土5%、炭酸バリウム10%、仮焼タルク5%、炭酸バリウム5%の配合釉を施釉した。

かみりん

4.2.7 熱衝撃試験

熱衝撃試験の結果を表16に示す。

表16 1,200℃焼成試験体の急熱急冷試験結果

配合番号	種別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備考	水漏れ (48時間放置)
幸喜50 ペタライト50 木節20	素地	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	異常なし	○
	釉薬	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	異常なし	
幸喜60 ペタライト40 木節20	素地	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	異常なし	○
	釉薬	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	細かい貫入	
幸喜70 ペタライト30 木節20	素地	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	異常なし	○
	釉薬	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	やや貫入あり	
大湿帯50 ペタライト50 木節15	素地	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	底部に亀裂あり	○
	釉薬	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	貫入あり	
大湿帯60 ペタライト40 木節15	素地	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	底部に亀裂あり	○
	釉薬	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	貫入、釉薬のハジキ	
大湿帯70 ペタライト30 木節15	素地	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	亀裂あり	×
	釉薬	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	貫入あり	

幸喜配合系は、いずれの配合素地も熱衝撃性に優れた素地である。ペタライト50%配合素地上の釉薬は異常を認めないが、ペタライト40%と30%の配合素地の釉薬は4回～5回の急熱急冷試験において細かい貫入が認められる。

大湿帯配合系は、一般的に熱衝撃性が弱く、5回目の急熱急冷試験において、底部に亀裂が発生する。素地と同様に、素地上の釉薬にも貫入のほか、はじき現象も見られる。

4.3 試作開発

以上の実験結果に基づいて耐熱衝撃性陶器の土鍋を試作した。

4.3.1 試作品の概要

形状、寸法：直径187mm、高さ68mm

使用素地：幸喜配合、ペタライト40%、幸喜陶土60%、木節粘土(外割20%)

釉薬：ペタライト75%、蛙目粘土5%、炭酸バリウム10%、仮焼タルク5%、炭酸バリウム5%

成形：24時間粉砕物泥漿、ひたし掛け

焼成：15Kw電気炉焼成、焼成温度1,200℃、焼成時間12時間、自然放冷

4.3.2 試作品の結果

焼成色：黄褐色

全収縮率：径10.2%、高さ11.4%

吸水率：0.56%

釉性状：半マット

熱衝撃性：JIS-S 2400 合格

写真4に試作品の結果を示す。

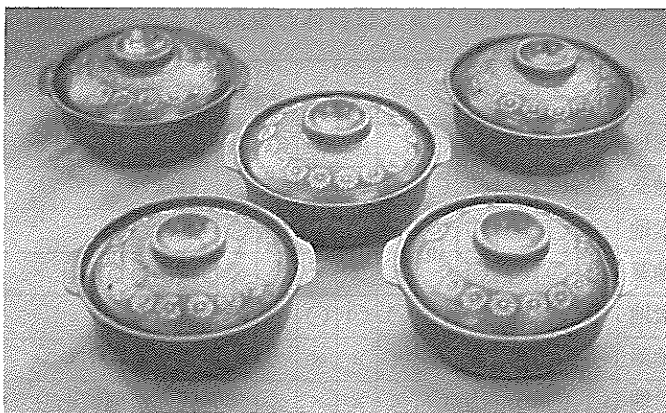


写真4 試作の結果

#### 4.4 まとめ

県内未利用資源のうち、幸喜陶土と大湿帯陶土の活用を図るために耐熱衝撃性素地について検討した。

耐熱衝撃性素地は、幸喜陶土と大湿帯陶土に対してペタライトと木節粘土を配合する方法で配合比と焼成温度の違いにおける焼成性状、晶出鉱物、熱膨張係数、熱衝撃性等の変化について検討した。

- 1) 幸喜配合系で焼成性状の良い配合比は、ペタライト40%、幸喜陶土60%、木節粘土(外割)20%で焼成温度は1,230℃である。大湿帯配合系では、1,200℃焼成におけるペタライト50%、大湿帯陶土50%、木節粘土(外割)15%の配合比が最も良好な焼成素地である。
- 2) 幸喜配合焼成素地中には、 $\beta$ -石英、 $\beta$ -スポジュメン、クリストパライト、 $\alpha$ -石英の晶出鉱物が確認できた。そのうち、 $\beta$ -石英は幸喜陶土の配合比が増すほど晶出度が高い傾向を示す。また、 $\beta$ -スポジュメンは逆に幸喜陶土が少なくペタライトの配合比が多いほどその晶出度は多いが、焼成温度が高くなるとほとんど消失する傾向を示した。
- 3) 大湿帯配合焼成素地中には、 $\beta$ -石英、 $\beta$ -スポジュメン、 $\alpha$ -石英等が認められた。クリストパライトが確認できないことと結晶の晶出度が概して低いことは、幸喜配合との大きな違いである。 $\beta$ -スポジュメンは、大湿帯陶土が多く、焼成温度が高いほど消失化の傾向を示した。
- 4) 熱膨張係数は、幸喜配合及び大湿帯配合ともペタライトの配合比が多いものほど小さい。焼成性状の良好な配合比における熱膨張係数は、幸喜配合で $2.19 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  (100~500℃)、大湿帯配合では $1.86 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  (100~500℃)であった。
- 5) 幸喜配合系はいずれの配合素地も優れた耐熱衝撃性を示したが、大湿帯配合系は急熱急冷試験において亀裂などの欠陥が見られた。
- 6) 耐熱衝撃性陶器として幸喜配合による土鍋を試作開発した。試作品は料理用の鍋として直火性に耐え得る機能性を保持することができた。



## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、御指導を頂いた工業技術院名古屋工業技術試験所セラミックス応用部の高嶋廣夫氏に深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 照屋善義、仲村三雄、与座範弘、宜野座俊夫、朝武士靖雄：石垣島・西表島の窯業原料について、沖縄県工業試験場業務報告、Vol. 8、P 55～69、1980.
- 2) 与座範弘、宜野座俊夫、花城可英、照屋善義：石垣産磁器原料について、沖縄県工業試験場業務報告、Vol. 12、P 101～109、1984.
- 3) 与座範弘、宜野座俊夫、花城可英、照屋善義：石垣産磁器素地の特性について、沖縄県工業試験場業務報告、Vol. 13、P 85～100、1985.
- 4) 藤井紀之、照屋善義、仲村三雄、宜野座俊夫：沖縄島の粘土資源、地調月報、Vol. 30、P 1～26、1979.
- 5) 照屋善義：蛍光X線定量法による粘土の定量分析、沖縄県工業試験場業務報告、Vol. 7、P 23、～31、1979.
- 6) 佐波平三郎、国枝勝利：三重県窯業試験場年報、Vol. 15、20～22、1977.
- 7) 今井町作、不二門義仁、水野修：愛知県瀬戸窯業技術センター研究報告、33～42、1973.
- 8) 国枝勝利：三重県窯業試験場年報、10、10～19、1977.
- 9) 国枝勝利ほか：三重県窯業試験場年報、21、4～7、1986.
- 10) 朽名重治ほか：第6回窯業技術担当者会議研究報告集、103～115、1971.
- 11) 国枝勝利：セラミックス12、No 6、526～531、1977.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。