

琉球大学学術リポジトリ

名護産陶磁器原料の利用開発に関する研究(1報)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2010-02-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 奥田, 実, 照屋, 善義, 嶋袋, 守成, 石倉, 一人, Okuda, Minoru, Teruya, Zengi, Shimabukuro, Morishige, Ishikura, Kazuto メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/15687

名護産陶磁器原料の利用開発に関する研究（1報）

奥田 実* 照屋善義** 嶋袋守成*** 石倉一人****

Study on the use and development of pottery raw materials in field Nago city of Okinawa prefecture (1)

Minoru OKUDA・Zengi TERUYA
Morishige SHIMABUKURO・Kazuto ISHIKURA

1 緒言

県内の陶器産業は、本土復帰から今日までの30年間に多くの変遷を遂げてきた。表1¹⁾は、S47年からH12年までの事業所と従事者及び生産額の推移である。

復帰時のS47年とH12年とを比較すると事業所数2.3倍、従事者数6.6倍、生産額10.0倍と大幅な増加を示している。また、5年ごとの指標が示すように平成12年度まで順調な伸びを示しているが、2001年9月に発生した米国の同時多発テロ事件以来落ち込んでいた観光入域数も回復しているもののデフレ不況の影響などもあって、厳しい経済環境下にある。

このような状況下にあっても新規事業者は増える傾向にあり、H14年現在200事業所をこす勢いである。

以上のように陶器生産業者が増えてくると、原材料の陶土の確保難が課題となってきた。沖縄本島の陶土に関する研究^{2) 3) 4)}は数多くあり、その利用開発が促進されている。

現在県下の坏土は陶器組合と2～3業者の製土によって供給されているが、良質な原土の確保難から坏土の品質が不安定となり、量的にも安定的な供給体制が望まれている。

名護セラミックス産業は、長期的な陶土の安定確保を図るために耐火粘土、長石、珪石に係る鉱業権を出願し、また赤土及び白土粘土も同時に確保し、これらの利用開発を促進したい考えである。

そこで、名護市郊外に産する8種類の陶器原料に関する基礎的研究と応用研究を実施し、その利用開発について検討したのでその結果について報告する。

なお該研究は、琉球大学地域共同センターのコー

表1 陶器産業の変遷

年 度	S47	S51	S56	S61	H 3	H 8	H12
事業所数(所)	52	60	93	98	110	118	122
従事者数(人)	66	223	401	347	352	440	440
生産額(百万円)	119	305	1,133	831	1,354	1,282	1,167

*琉球大学教育学部

**琉球大学地域共同センター 委嘱コーディネーター（工業技術センター嘱託研究員）

***名護セラミックス

****壺屋焼石倉窯

ディネーターによる琉球大学教育学部島嶼文化教育教室と名護セラミックスとの共同研究契約に基づいて実施したことを付記する。

2 原料の賦存地と性状

図1に名護市周辺と本部半島の地質図⁵⁾を示す。該研究の対象原土は、千枚岩と砂岩を基盤とする東江及び為又地域そして琉球石灰岩の風化帯と考えられる安部地域である。

これらの地域に賦存する原土名と成因及び特徴

を表2に示す。

写真1～写真6には、原土の露頭を示す。東江黄粘土は追加原土のため示していない。

東江カオリンと東江化粧土(黒)は、接触関係にあつて地殻のマグマの噴出によって基盤の粘板岩に貫入してできた熱水変質のカオリン鉱床と、この鉱床の接触によって変成し風化してできた風化残留性鉱床である。東江カオリンはメーガニクと呼称されている耐火粘土である。

東江化粧土(黒)は、砂礫が多く有機物が残留しているため黒色を呈するが、焼成によって白色

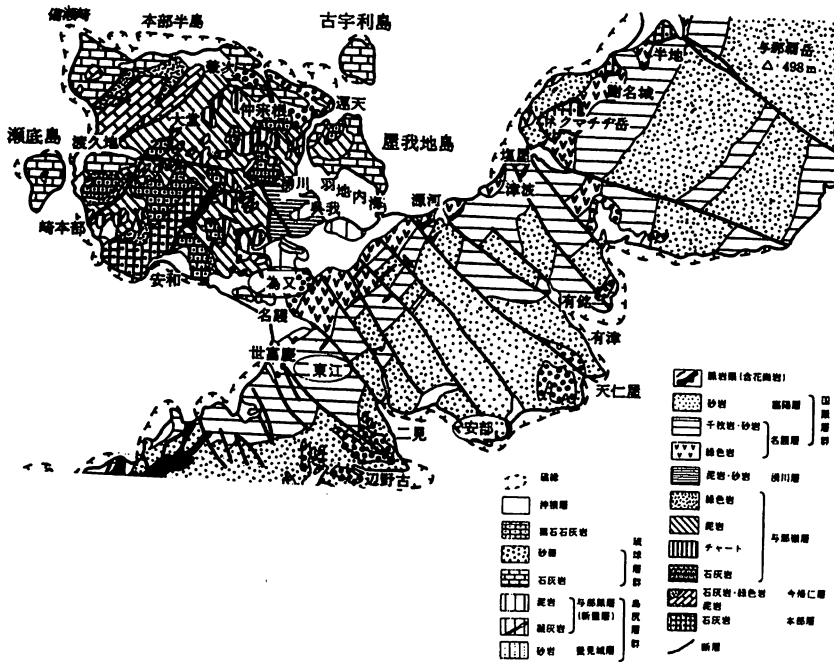


図1 名護市周辺の地質図

表2 原土の特徴

No.	原土名	成因分類	特徴
1	東江カオリン	熱水成粘土	淡黄色～白色の耐火粘土
2	東江化粧土(黒)	風化残留成粘土	石英粒を多く含む黒色粘板岩風化物
3	東江赤粘土	堆積成粘土	黄褐色～褐色の可塑性粘土
4	東江黄粘土	同上	黄色の砂質粘土
5	安部粘土	同上	赤褐色の石灰岩風化物
6	為又赤粘土	同上	赤、黄、白のまだら状の可塑性粘土
7	為又灰色粘土	同上	灰色の可塑性粘土
8	為又化粧土(白)	風化残留成粘土	白色の化粧土

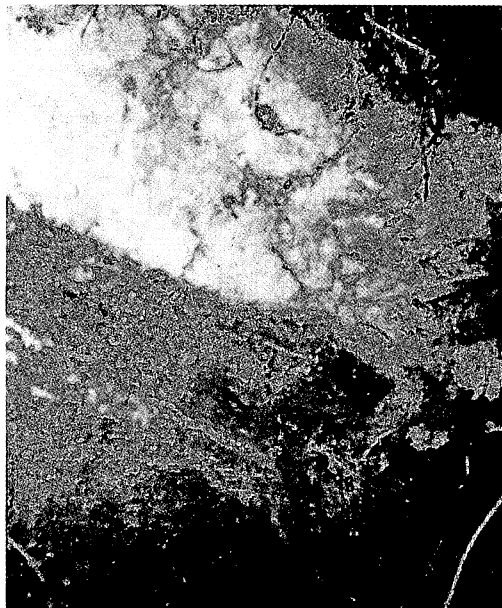


写真1 東江カオリンと東江化粧土（黒）



写真2 東江赤粘土



写真3 安部粘土

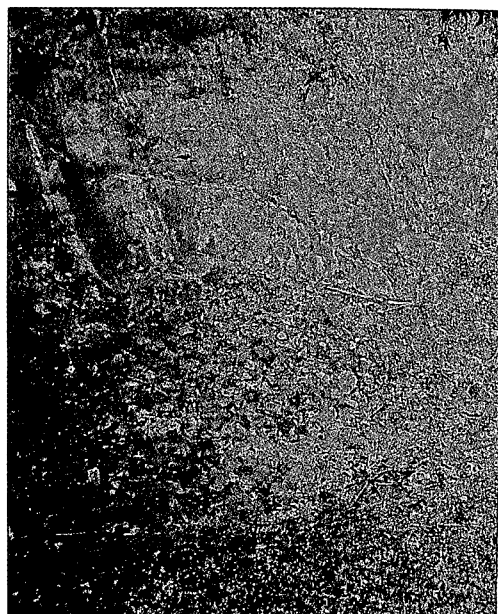


写真4 為又赤粘土

化する。

東江赤粘土は、東江カオリンと道路を隔てて賦存する国頭礫層中の堆積成粘土である。

安部粘土は、琉球石灰岩の風化物で島尻マーヅに相当し、小粒のマンガンノジュールを含有する。

為又赤粘土は、国頭礫層中の堆積成粘土層である。

為又灰色粘土は、為又赤粘土とは上下関係にあり灰色粘土の下層に相当する。為又化粧土（白）は、粘板岩風化物で風化残留成粘土である。



写真5 為又灰色粘土

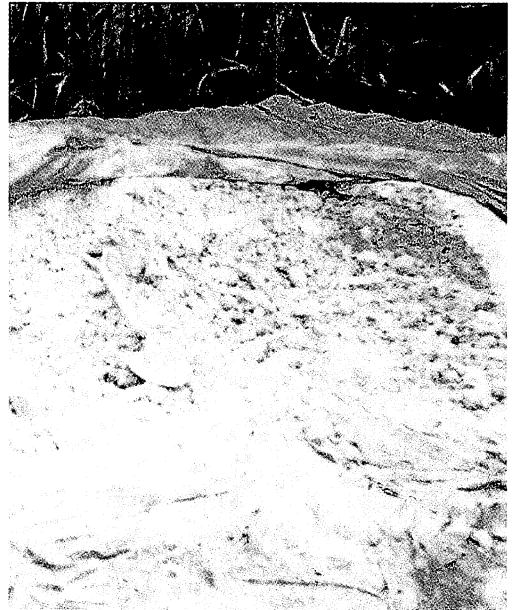


写真6 為又化粧土

3 実験方法

3. 1 原土の前処理

8種類の前土は、風乾後ボールミルで4時間粉碎し、60メッシュの篩を通したのちフィルタープレスで脱水し風乾原料とした。東江黄粘土は追加原土となったため以降の各種試験に供してない。

3. 2 篩分析

5.60mm、0.710mm、0.300mm、0.212mm、0.125mm、0.044mmの篩を目の粗い順に上からポリバケツ上に重ね合わせてセットする。予め試料原土50.00gをポリビーカーに秤り取り水道水を加えてよく攪拌し試料を分散する。各試料は1昼夜放置したのち、5.60mmフルイ上に流し入れ、水洗法によって順次篩い分けた。

フルイ上の各粒度分は、40℃の乾燥器でそのまま乾燥し、重量を測定して粒度分を算出した。

3. 3 組成鉱物

微粉碎試料について、X線回折装置（島津製作所、XD-DI型）を用いてCu管球、20mA-30kVの条件で測定した。

3. 4 化学組成

微粉碎試料を弗酸と塩酸で分解し、その溶液試料についてプラズマ発光分析装置（ICP-1000型）を用いて検量線法により測定した。

3. 5 原料配合系の検討

風乾原料を用いて坯土とする場合、図2に示すように耐火度、粘り、腰の三成分系の原土に区分し配合坯土とした。

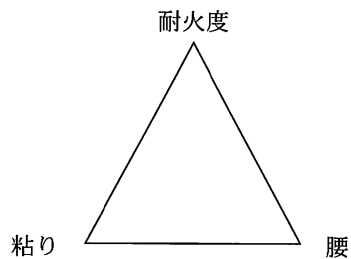


図2 配合系

耐火度成分原料として東江カオリン、粘り成分原料としては東江赤粘土、為又赤粘土、安部粘土、為又灰色粘土、腰成分として東江黄粘土をそれぞれ充当し、赤素地系統（3種）と白素地系統（1

種）を配合した。配合比は主原料（80%、70%、60%）に対し副原料の東江カオリン10%と東江黄粘土10~30%を加え、配合種4種類の3水準計12配合系とした。

3. 6 配合坯土の予備試験と試験体の作成

表3に配合系と配合比を示す。

風乾原料は表3の配合比（7kg合せ）により配合したのち、適当な柔らかさになるように水分調整し、土練機（ラクネール10型 大谷重化工業所）で20分間練り返し、その後菊揉みして約1ヶ月間ねかした。

配合坯土の予備試験にあたっては、主原料として東江赤粘土、為又赤粘土、安部粘土の60%~80%使用し、それぞれに対して耐火成分の東江カオリン10%と腰成分の東江黄粘土を10%~30%配合して赤土系坯土とした。

また、白土坯土は為又灰色粘土60%~80%に対し、腰成分の東江黄粘土10%~30%と耐火成分の東江カオリン10%配合することとした。

それぞれの配合坯土を用いて幅20mm×厚さ10mm

×長さ120mmのテストピースを同一試料につき3個ずつタタラ成形し、収縮率、強度及び焼成性状用の試験体とした。

3. 7 収縮率

成形した直後のテストピースにノギスを用いて100mmの印を付け、乾燥及び焼成後の長さを測定し収縮率を求めた。

3. 8 吸水率及び気孔率

40×40×7mmの焼成性状用テストピースを所定の温度で酸化及び還元焼成したのち、その焼成体を3時間煮沸し、JIS R2205に準拠して測定した。

3. 9 曲げ強度

収縮率測定後の試料をスパン80mm、ヘッドスピード0.5mm/min.の条件で（株）島津製作所精密卓上万能試験機（AGS-5KNG型）を用いて3点曲げ強度を測定した。

3. 10 成形性の評価

4kgの坯土を用いて直径12cmの円筒を縦方向に延ばし、そのときの最大伸びの高さと厚みを測定し坯土の腰「こし」の目安とした。

また、4kgの坯土を用いて高台の直径が12cmの皿を横方向に延ばし、そのときの最大伸びの皿の直径と厚みを測定し、坯土の粘り「ねばり」の目安とした。

3. 11 試作

表3の12種類の配合坯土を用いて壺、皿、コーヒークップをロクロ成形し乾燥した。素焼後施釉してガス窯で1,200℃の焼成温度で酸化焼成した。

4 本試験

4配合系3水準の12種類の配合坯土の基礎的性状と成形性の評価から、良好と不良の坯土原料が判別できたので、赤土系3配合系と木節粘土を配合する白土系4配合の計7配合について調製し本試験に供した。

表3 配合系の配合比

配合番号 原料名	I-1	I-2	I-3
東江カオリン	10	10	10
東江赤粘土	80	70	60
東江黄粘土	10	20	30
配合番号 原料名	II-1	II-2	II-3
東江カオリン	10	10	10
為又赤粘土	80	70	60
東江黄粘土	10	20	30
配合番号 原料名	III-1	III-2	III-3
東江カオリン	10	10	10
安部粘土	80	70	60
東江黄粘土	10	20	30
配合番号 原料名	IV-1	IV-2	IV-3
東江カオリン	10	10	10
為又灰色粘土	80	70	60
東江化粧土(黒)	10	20	30

5 試作開発

本試験の7配合のうち赤土系2配合と白土系2配合が良好な配合坯土として評価されたので、中間プラントで製土し、試作開発に供した。

6 結果

6.1 原土のフルイ分析

採取した原土のフルイ分析結果を表4に示す。
 原土の粒度組成は、0.044mm以下の細かい成分の多い原土（東江赤粘土、為又赤粘土、為又灰色粘土、為又化粧土（白））と比較的粗い砂礫を含む原土（東江カオリン、東江化粧土（黒）、安部粘土）に区別される。特に東江化粧土（黒）は、砂礫の多い原土である。

6.2 原土の組成鉱物

原土の組成鉱物を示すX線回折の結果を図3～図9に示す。

東江カオリンは、カオリン鉱物と石英が主成分で僅かにゲータイト（水酸化鉄）が確認できる。この種のタイプはメーガニクと称し耐火粘土の法定鉱物（SK31番以上）である。

東江化粧土（黒）は、砂礫を多く含有することから石英が多い、粘土鉱物として風化残留成粘土特有のセリサイト（絹雲母）とカオリン鉱物を含む。

東江赤粘土中には、クロライト（緑泥石）、イライト（雲母）、カオリンの粘土鉱物のほか、石英、ゲータイト（水酸化鉄）などの非粘土鉱物が確認できる。

表4 フルイ分析結果

(フルイ目単位 mm, %)

No.	フルイ目 原土名	5.60 ~ 0.71	~ 0.30	~ 0.212	~ 0.125	~ 0.044	>
		1 東江カオリン	1.2	1.0	2.2	7.4	25.4
2 東江化粧土（黒）	18.2	11.0	5.2	7.2	17.6	38.3	
3 東江赤粘土	8.6	3.4	1.6	2.4	3.6	76.6	
5 安部粘土	2.8	5.0	4.8	11.8	18.8	52.2	
6 為又赤粘土	1.6	1.0	0.8	1.2	5.0	84.4	
7 為又灰色粘土	7.2	2.6	1.6	2.8	6.0	73.6	
8 為又化粧土（白）	4.4	2.4	1.2	1.2	5.6	80.6	

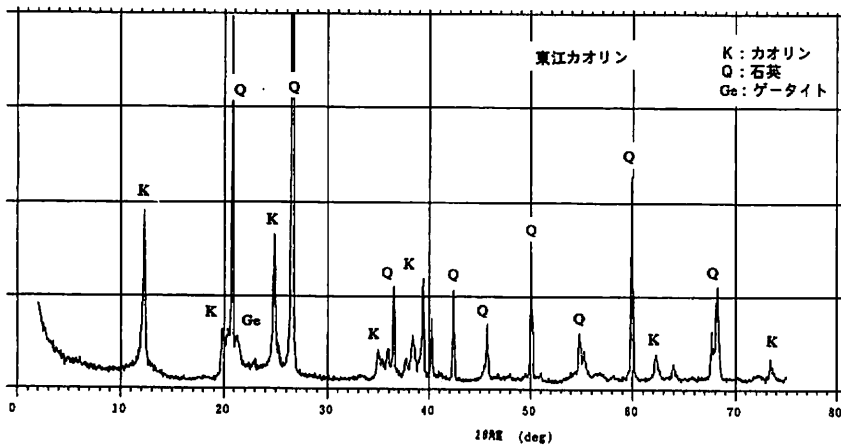


図3 東江カオリンのX線回折図

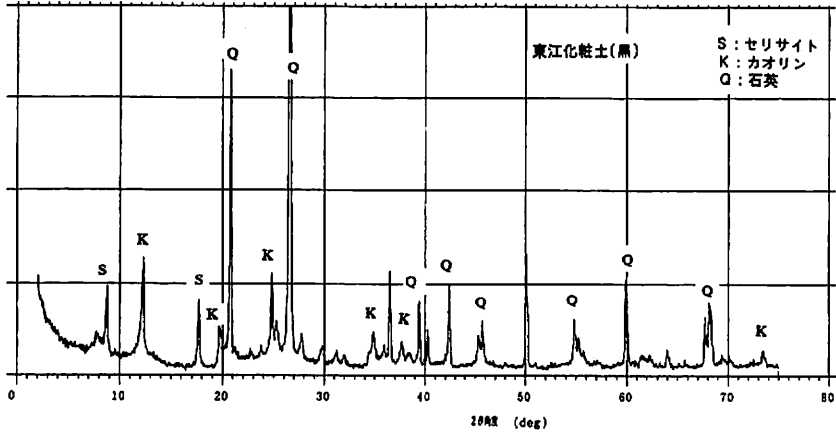


図4 東江化粧土（黒）

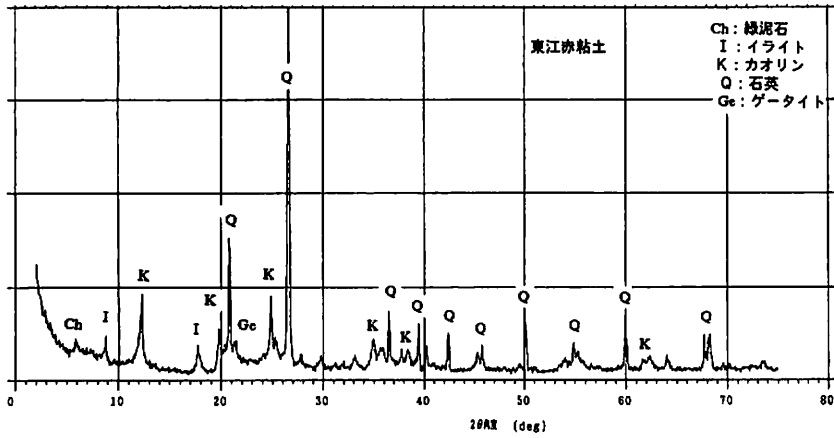


図5 東江赤粘土のX線回折図

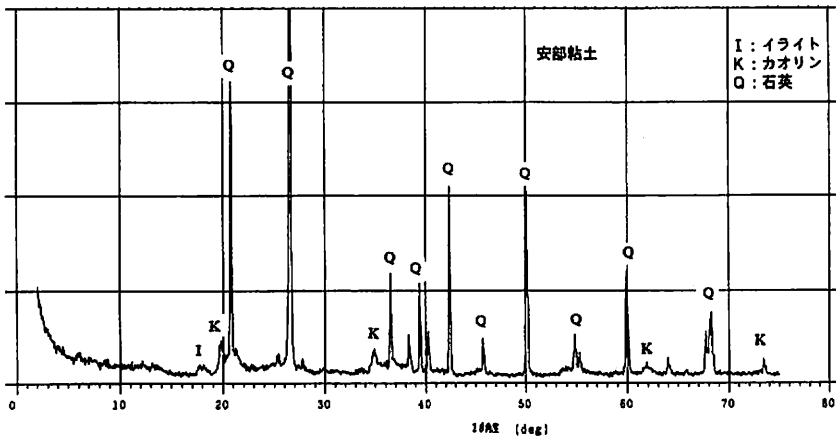


図6 安部粘土のX線回折図

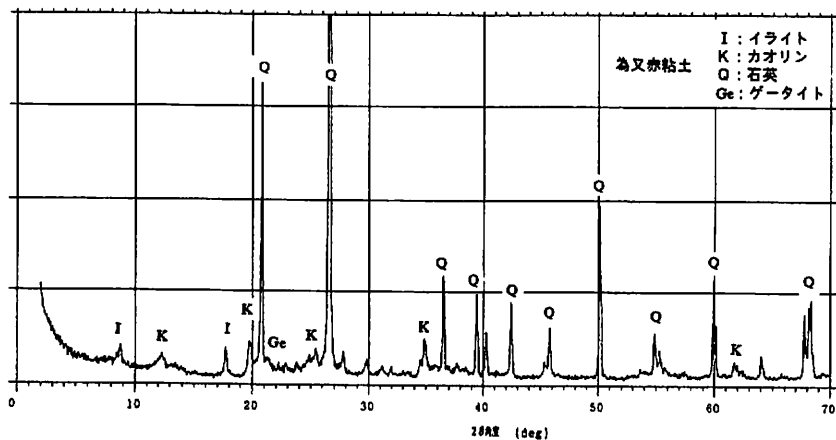


図7 為又赤粘土のX線回折図

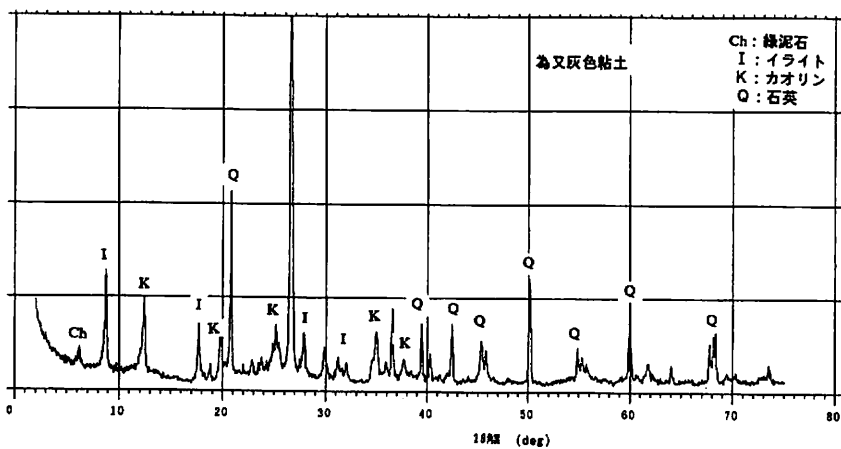


図8 為又灰色粘土のX線回折図

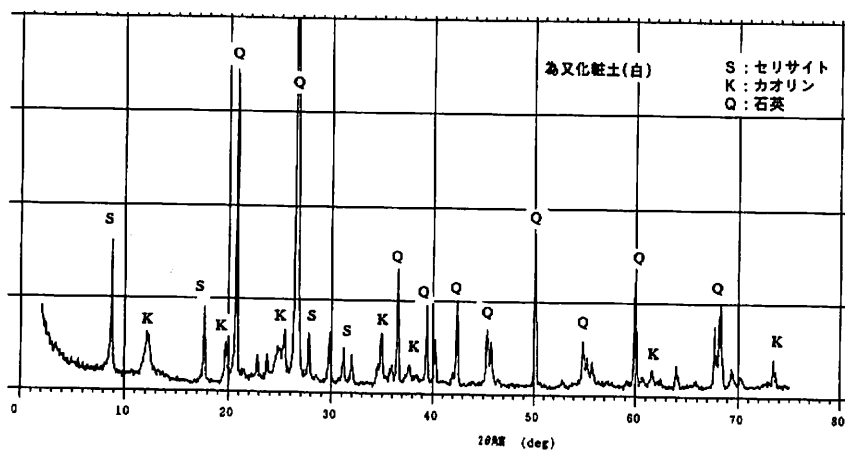


図9 為又化粧土(白)のX線回折図

安部粘土中には、結晶度の低いイライト（雲母粘土鉱物）やカオリン鉱物が確認できるが、全体的に非晶質の物質が多いことを示している。石英が比較的が多い。

為又赤粘土は、イライト（雲母粘土鉱物）とカオリン鉱物のほか比較的石英の多い粘土である。

為又灰色粘土中には、クロライト（緑泥石）、イライト（雲母）、カオリン鉱物が認められるほか、石英を含む。ゲータイト（水酸化鉄）は認められない。

為又化粧土（白）は、風化残留成粘土特有のセリサイト（雲母粘土鉱物）が多く、カオリン鉱物を含む粘土で石英も多い。ゲータイト（水酸化鉄）の含有は認められない。

6. 3 原土の化学組成

表5に原土の化学組成を示す。

耐火粘土の東江カオリンは、耐火成分の珪酸分（ SiO_2 ）とアルミナ分（ Al_2O_3 ）が主成分であるが、X線回折図においてゲータイト（水酸化鉄）の存在が確認できることから耐火粘土としては鉄分（ Fe_2O_3 ）が2%と高い値を示している。

赤土系原土の東江赤粘土、安部粘土、為又赤粘土は鉄分（ Fe_2O_3 ）が7.6%~3.9%と高い値を示していることから焼成色も赤色系素地になることを示唆している。

一方、白素地系の東江化粧土（黒）と為又灰色粘土及び為又化粧土（白）は、鉄分（ Fe_2O_3 ）が1.0%~2.2%と比較的少なく白色系の素地が予想されるが、磁器素地のような白色素地ではなくチタン分（ TiO_2 ）の影響により灰色化する傾向がある。

融材成分のうち、安部粘土中に石灰分（ CaO ）が0.13%含有するのは、成因的に琉球石灰岩の風化物であるためによるものと考えられる。マンガノジュールが認められるが、マンガノ成分は示していない。苦土成分（ MgO ）、ソーダ成分（ Na_2O ）、カリ成分（ K_2O ）は緑泥石、セリサイト、イライトを含む原土が高い値を示す傾向があることから、これらの値が高い原土は耐火度を低くする要因となる。

6. 4 原土の乾燥収縮

表6に原土の乾燥収縮を示す。

乾燥収縮は、赤土系の鉄分の多い原土ほど収縮率が大きい。カオリン質の東江カオリンと為又化粧土（白）及び東江化粧土（黒）は収縮率が低い。

6. 5 原土の焼成収縮率

表7に原土を電気窯で1,220℃の酸化焼成とガス窯で1,207℃の還元焼成したときの収縮率を示す。為又化粧土は試料成形が困難で破損したため

表5 原土の化学組成

No.	項目 原土名	(%)								
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Ig. Loss
1	東江カオリン	69.8	18.9	2.05	0.48	0.0	0.07	0.0	0.13	7.70
2	東江化粧土（黒）	69.8	17.4	1.53	0.47	0.0	0.74	0.03	2.85	5.40
3	東江赤粘土	57.4	22.2	7.63	0.70	0.0	0.50	0.07	2.04	8.15
5	安部粘土	72.4	11.1	5.31	0.48	0.13	0.55	0.14	1.34	5.88
6	為又赤粘土	71.9	13.8	3.91	0.54	0.0	0.42	0.06	2.36	4.50
7	為又灰色粘土	63.3	20.0	2.22	0.70	0.0	1.04	0.54	3.70	5.82
8	為又化粧土（白）	71.8	16.8	0.99	0.49	0.0	0.46	0.06	3.65	4.04

表6 原土の乾燥収縮

(%)						
東江カオリン	東江化粧土（黒）	東江赤粘土	安部粘土	為又赤粘土	為又灰色粘土	為又化粧土（白）
4.0	3.0	8.0	9.0	7.0	5.0	2.0

データが欠如となっている。

一般的に酸化焼成より還元焼成がより焼結し収縮率も大きくなるが、還元焼成が酸化焼成より13℃と低い焼成温度にも拘わらず収縮率は同等か酸化焼成より低い特性値を示す原土である。

東江カオリンは、1,200℃程度の焼成温度では焼結しないことを示している。安部粘土以外の赤土系粘土と白土系粘土は7%~11%の収縮率を示すが、安部粘土は6%~5%と低い値を示すのが特徴的である。

6. 6 配合系坏土の乾燥収縮

表8に表3に示した配合系坏土の乾燥収縮を示す。成形含水率は試験片作成と成形性評価及び試作時の含水率である。

成形に必要な最適の含水量すなわち成形含水率は、白土配合系が低く安部赤粘土系、為又赤粘土系、東江赤粘土系と高くなることは、原土の粒度組成や化学組成が関与しているものと考えられるが、本県のような赤色粘土は分散性が悪いため含水量が多くなる傾向⁶⁾がある。以上の結果から成形時の必要水分は、白土配合→安部赤配合→為又赤配合→東江赤配合の順に多くなる。

乾燥収縮率は、当然のことながら含水率が高くなるに従って大きくなり、赤土配合系において鉄分の多い原土ほど乾燥収縮率は大きくなっている。

6. 7 配合系坏土の焼成性状

表9に配合系坏土の焼成性状を示す。

試験体の酸化焼成は、電気炉 (ADVATEC ELECTRIC-FURNACE KM-13003型) を用いてSK8 (1,250℃) まで10時間かけて昇温し30分ねらし焼成した。

還元焼成は、0.3 M³ LPガス窯を用いて1,200℃まで20時間かけて焼成した。

無釉の硬質陶器の諸性状⁷⁾は吸水率が5%~20%、曲げ強さは230kg/cm² (22.54MPa) ~700kg/cm² (68.6MPa) である。

表9においていずれの配合坏土の吸水率も0.5%~11.2%の範囲内にあつて硬質陶器の性質を示しているが、曲げ強度の値は17.0MPa~51.7MPaを示しばらつきが大きい。

特に安部粘土配合の曲げ強度 (17.0MPa~21.7MPa) が低いのは、素地の膨化現象によるものと推定される。

東江赤粘土配合系では、東江赤粘土の44μm以下の粒度分が77%と高いため、同粘土が増すと乾燥性状と同様焼成収縮率が高くなる傾向を示す。陶器の焼結性の特性値を吸水率5%程度と仮定すれば、東江赤粘土が増し東江黄粘土が減る方向に焼結性が悪くなり、逆に東江黄粘土が増すと所定の酸化及び還元焼成温度において焼結する傾向を示す。

為又赤粘土配合系では、44μm以下の粒度分が84%と高いため、同粘土が増すと乾燥性状と同様焼成収縮率が高くなる傾向を示す。吸水率が、酸化及び還元の所定の温度で1.4%以下であり、ほぼ焼結していることを示唆している。

表7 原土の焼成収縮率

	東江カオリン	東江化粧土 (黒)	東江赤粘土	安部粘土	為又赤粘土	為又灰色粘土	為又化粧土 (白)
OF	1.0	9.0	9.0	6.0	7.0	9.0	---
RF	0.0	11.0	11.0	5.0	9.0	8.0	---

OF : 1,220℃電気窯焼成 RF : 1,207℃ガス窯焼成

表8 配合系坏土の乾燥収縮

(%)

配合No. 事項	I-1	I-2	I-3	II-1	II-2	II-3	III-1	III-2	III-3	IV-1	IV-2	IV-3
	東赤80	東赤70	東赤60	為赤80	為赤70	為赤60	安赤80	安赤70	安赤60	為灰80	為灰70	為灰60
成形含水率	27.8	27.5	26.5	25.2	23.5	24.6	21.9	22.5	22.9	21.5	20.9	21.1
乾燥収縮率	5.7	4.1	4.8	4.0	3.5	3.2	5.5	5.6	5.3	3.3	3.6	3.1

表9 配合系坏土の焼成性状

配合番号	I-1		I-2		I-3		II-1		II-2		II-3	
	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF
収縮率 (%)	14.6	15.4	13.1	14.0	14.5	14.6	14.2	13.0	13.1	12.7	12.8	12.4
気孔率 (%)	14.4	11.4	13.0	8.8	9.8	6.0	3.6	3.1	3.3	2.9	3.2	2.3
吸水率 (%)	6.6	5.2	6.0	4.1	4.4	2.7	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.0
曲げ強度 (MPa)	29.6	27.2	28.4	30.2	24.2	29.3	40.9	33.8	45.2	37.2	39.8	37.2

配合番号	III-1		III-2		III-3		IV-1		IV-2		IV-3	
	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF
収縮率 (%)	9.3	10.5	11.8	10.5	12.4	11.1	12.1	11.6	13.2	12.4	12.0	11.7
気孔率 (%)	20.3	22.3	15.8	19.7	11.3	13.2	1.3	1.8	1.3	1.8	2.4	2.4
吸水率 (%)	9.9	11.2	7.3	9.5	5.1	7.1	0.5	0.7	0.7	0.5	1.0	1.0
曲げ強度 (MPa)	18.4	17.0	21.7	19.9	21.1	18.4	44.4	51.7	37.1	43.2	38.7	47.6

OF：1,250℃電気炉焼成 RF：1,200℃ガス窯焼成

表10 配合系坏土の成形性評価

配合系	東江赤配合系			為又赤配合系			安部赤配合系			白土配合系		
	配合番号	I-1	I-2	I-3	II-1	II-2	II-3	III-1	III-2	III-3	IV-1	IV-2
延びの高さ (mm)	314	324	309	316	309	319	316	310	312	308	299	297
延びの厚み (mm)	9	7	9	7	8	8	9	8	8	8	8	9
拡がりの径 (mm)	349	365	326	346	385	383	398	386	389	413	366	392
拡がりの厚み (mm)	10	11	11	11	9	10	9	9	9	9	9	8
官能評価	3.0	3.5	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.5
総合評価	3.0	3.5	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0

官能評価：良い（5点）、普通（4点）、悪い（3点）

安部赤粘土配合系は、乾燥収縮が大きい割には焼成収縮率は高くない。安部粘土が増すに従って吸水率と気孔率が高くなり、膨化現象の傾向を示す。

白土配合系は、焼成収縮率が12%～13%程度であるが、また吸水率が1%以下と低いため酸化及び還元の所定温度でほぼ焼結していることを示している。

以上の特性値から、全配合系の焼結性は白土配合→為又赤配合→東江赤配合→安部赤配合の順に悪くなるが、1,250℃酸化焼成より1,200℃と低い温度での還元焼成がより焼結する傾向を示す。

また、焼成曲げ強度は、吸水率が低い配合坏土

ほど高い値を示し、焼結性の白土配合→為又赤配合→東江赤配合→安部赤配合の順に悪くなる傾向と一致している。

6. 8 配合系坏土の成形性評価

表10に評価の結果を示す。

東江赤配合系は、他の配合系と比較して成形性が悪い。この配合系では東江赤70%、東江黄20%、東江カオリン10%の原土配合が延び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。

為又配合系は、為又赤60%、東江黄30%、東江カオリン10%の原土配合が延び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。



写真7 試作品

安部赤粘土配合系は、安部赤80%、東江黄10%、東江カオリン10%の原土配合が伸び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。

白土配合系は、為又灰80%、東江黄10%、東江カオリン10%の原土配合が伸び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。

6. 9 試作

予備試験の12種配合坯土による壺、8寸皿、コーヒーカップの試作結果を写真7に示す。

試作品は白化粧掛け後素焼きし、石灰1号釉を施し、0.3M³ガス窯で1,200℃の19時間焼成した。

7 本試験

7. 1 本試験の配合坯土

表11に予備試験の結果を受けて本試験に供した原土及び配合比を示す。

成形性の良い粘土は、①粘土粒子表面に形成される水膜が厚いこと、②粒径が0.5μm以下の微粒子であること、③粒子の形態が扁平であることなどが条件⁸⁾とされている。

この条件を満たしているのが木節粘土であり、

白土坯土は概して成形性が悪かったため、成形補助剤として木節粘土を10%配合することにした。

本試験の配合坯土は、成形性の良い安部赤粘土と為又赤粘土の赤土配合3種と白土系の原土である為又灰色粘土、為又化粧土(白)、東江化粧土(黒)それに成形性の補助剤として市販木節粘土を加えた配合坯土4種について検討し評価を行った。

7. 2 本試験配合坯土の焼成性状

表12に本試験配合坯土の焼成性状の結果を示す。

赤土配合3種及び白土配合4種のいずれの配合坯土は、吸水率が5%以下であり焼結素地となっていることを示しており、硬質陶器の部類に相当する。

7. 3 本試験配合坯土の成形性評価

表13に本試験配合坯土の成形性の評価結果と、写真8には配合系坯土の成形性の評価状況を示す。

赤粘土配合系では、No. 2 配合の安部赤粘土80%と為又赤粘土20%とNo. 1 配合の安部赤粘土50%と為又赤粘土50%の原土配合が伸び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。

白土配合系は、No. 6 為又灰色粘土80%、為又

表11 本試験の配合坯土

配合No.	安部粘土	為又赤粘土	為又灰色粘土	為又化粧土	東江化粧土（黒）	木節粘土
1	50	50	—	—	—	—
2	80	20	—	—	—	—
3	20	80	—	—	—	—
4	—	—	80	20	—	—
5	—	—	80	—	20	—
6	—	—	80	10	—	10
7	—	—	80	—	10	10

表12 配合坯土の焼成性状

事項	配合番号 焼成雰囲気	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6		No.7	
		OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF
収縮率（%）		15.7	13.0	13.8	14.2	17.1	14.3	13.3	12.3	13.4	11.8	13.4	13.2	13.7	13.3
気孔率（%）		2.9	2.9	3.6	3.6	0.7	0.7	0.2	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3
吸水率（%）		3.4	3.4	1.8	1.8	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

OF：1,230℃（0.5³ガス窯酸化焼成） RF：1,230℃（0.5³ガス窯還元焼成）

表13 本試験配合坯土の成形性評価

事項	配合番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
伸びの高さ（mm）		324	331	291	282	312	310	324
伸びの厚み（mm）		6	6	8	7	6	7	6
拡がりの経（mm）		408	413	385	395	391	416	415
拡がりの厚み（mm）		7	6	8	7	7	6	6
官能評価		4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0
総合評価		4	5	3	4	4	5	5

官能評価：良い（5点）、普通（4点）、悪い（3点）

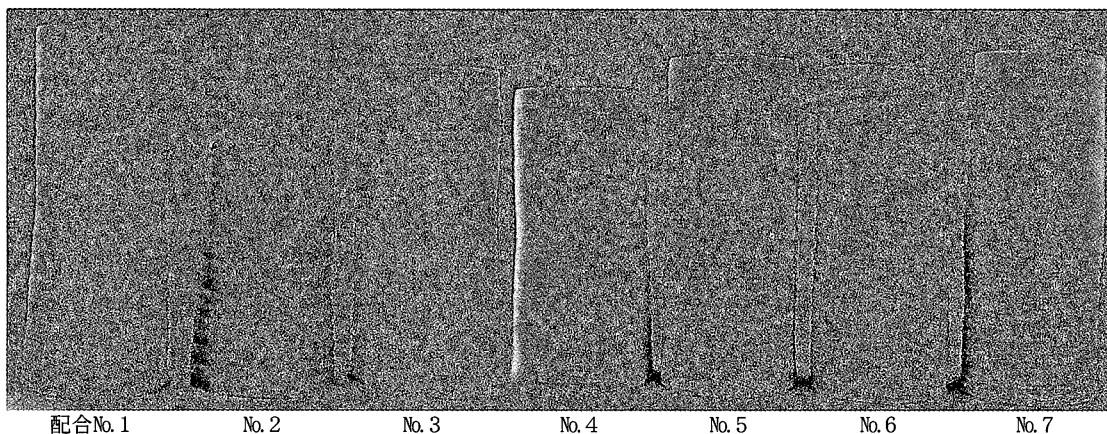


写真8 成形性の評価（高さ方向への伸び）

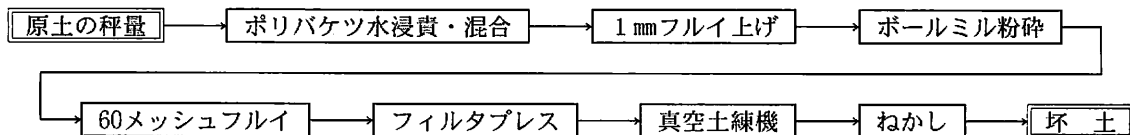


図10 製土技術のフロー

表14 試作品のアイテムと内容

種類	釉薬の種類	加飾等
壺類	鉛釉	白化粧
鉢類	黒釉	黒化粧
碗類	上野銅緑失透釉	線彫り
皿類	織部釉	絵付け
カップ類	コバルト・呉須釉	
蓋物	土灰釉 1号石灰釉	

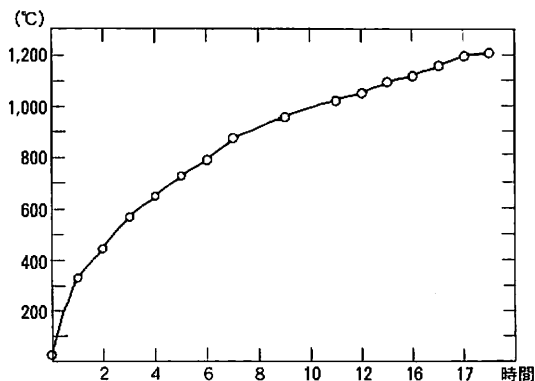


図11 本焼の焼成曲線

化粧土(白) 10%、木節粘土10%とNo.7為又灰色粘土80%、東江化粧土(黒) 10%、木節粘土10%の原土配合が延び、拡がり、官能評価とも良く成形性が評価された。

8 試作開発

8.1 坯土の試作開発

本試験の結果から良好な坯土と評価された配合坯土4種について中間プラント的に製土し試作開発を行った。製土技術のフローを図10に示す。製土の規模は赤土杯土80kgと白土坯土60kg程度であった。

8.2 陶器の試作開発

表14に試作開発のアイテムと内容等を示す。また、図11には本焼の焼成曲線を示す。

8.3 化粧土の調製

試作品に使用した化粧土の調合は①～③のとおりである。

① 白化粧土

- 蛙目粘土 40 (%)
- 天草陶石 20
- 蠟石 20
- 珪石 20

② 色化粧土

- 白化粧土に市販高火度顔料を外割10%添加
- ア) 黒色 …… 大正黒 (顔料)
- イ) ひわ色 …… ひわ (顔料)
- ウ) ピンク …… 陶試紅 (顔料)
- エ) 茶色 …… チョコレート (顔料)

③ 変わり化粧土

- 白化粧土に市販シャモットを適量添加

8.4 釉薬の調合

使用した釉薬の種類と調合例を①～⑫に示す。

8.5 試作開発例

写真9から写真14に試作開発例を示す。
唐草紋象嵌壺など
銅青釉輪花鉢など

① 透明釉	
市販1号石灰釉	

② 織部釉	
市販土灰釉	100
酸化銅	5
ルチル	3

③ 飴釉	
市販土灰釉	100
弁柄	5

④ 藍薄色釉	
市販1号石灰釉	100
酸化コバルト	1

⑤ 藁灰乳濁釉	
福島長石	30
合成土灰	30
合成藁灰	40
焼亜鉛華	2

⑥ 銅青釉	
福島長石	65
炭酸バリウム	25
焼亜鉛華	5
炭酸リチウム	5
酸化チタン	6
酸化銅	3

⑦ 上野緑釉	
福島長石	30
合成土灰	30
合成藁灰	40
酸化銅	5

⑧ 亜鉛結晶釉	
福島長石	67
炭酸バリウム	12.5
石灰石	12.5
焼亜鉛華	8
ルチル	10

⑨ 伊羅保釉	
黄土	40
石灰石	25
合成土灰	35

⑩ トルコ青	
福島長石	38
炭酸バリウム	18
石灰石	11
炭酸リチウム	6
珪石	27
酸化銅	2

⑪ 黒マット	
市販白鳳釉	100
大正黒	10

⑫ 緋色釉	
炭酸リチウム	

トルコ青釉足付碗など

唐草紋染付皿など

唐草白・黒化粧搔落コーヒークップなど

伊羅保釉菱形蓋物など

8. 6 試作品の評価

配合番号No.2及びNo.1の赤土坯土と配合番号No.6及びNo.7の白土坯土についてロクロ成形とタタラ成形を行い焼成した結果それぞれ次のことが判った。

① 赤土杯土について

ア. 白土坯土と比較して成形性は劣るが、ロクロ成形において十分な延びと腰があり、薄挽きも可能である。但し薄すぎると口縁部に縦状のひび割れが生じやすい。

イ. 1,207℃の焼成においても十分な耐火性を有するため、タタラ成形の貼り合わせ物を焼成しても、ひずみや接着面の疵は全くない。

ウ. 白化粧の乗りもよく、剥落や縮れもない。

エ. 焼成素地は明るい赤茶色を呈し、良好な焼成

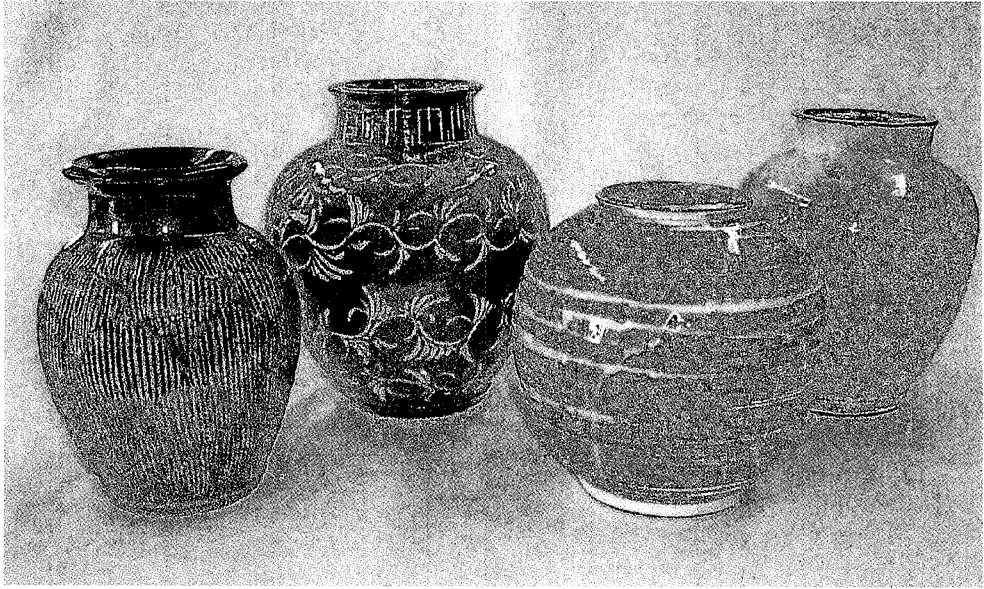


写真9 「唐草紋象嵌壺」他

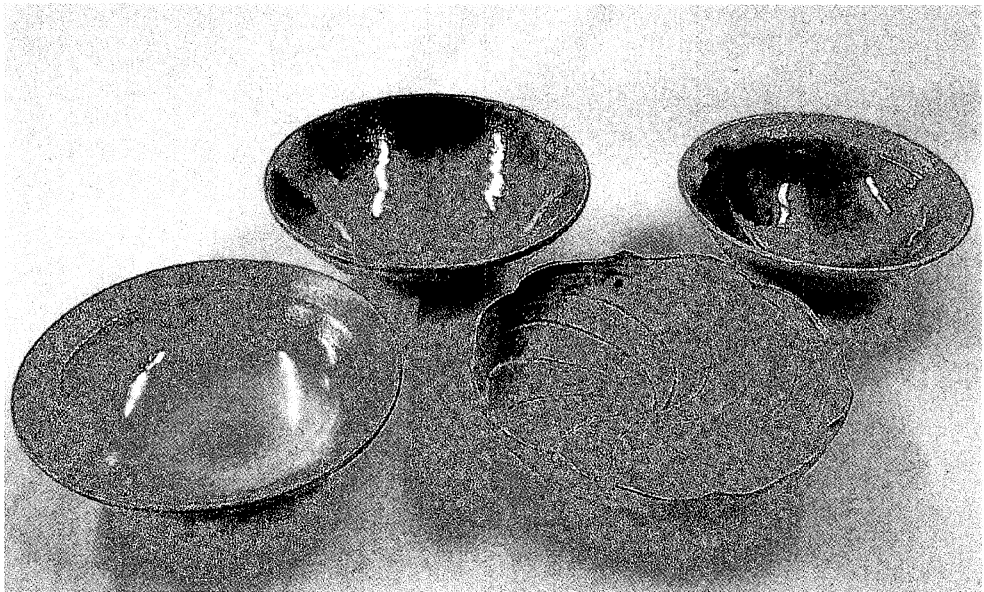


写真10 「銅青釉輪花鉢」他

色である。

② 白土坏土について

- ア. ロクロ成形において非常に延びと腰があり、薄く挽くことができる。
- イ. 肌理も細かく、削りも滑らかに削ることがで

きる。

- ウ. 成形性に富み、カップの取っ手などの細工もしやすい。成形後の接着面のひびもなく、加工性に優れている。
- エ. 1,207℃の焼成においても十分な耐火性があり、皿や鉢などのような高台が小さくても垂れ



写真11 「トルコ青釉足付碗」他



写真12 「唐草紋染付皿」他

ることがない。
オ. No.6及びNo.7の白土坏土の焼成素地は、白色というよりは暗い黄灰色を呈する。

9 まとめ

名産陶磁器原料8種類について基礎性状を把握し、それぞれの利用開発に関する研究を行った結果、以下の成果が得られた。

1) 8種類の原土は耐火粘土1種、白土系粘土3



写真13 「唐草白・黒化粧搔落コーヒーカップ」他

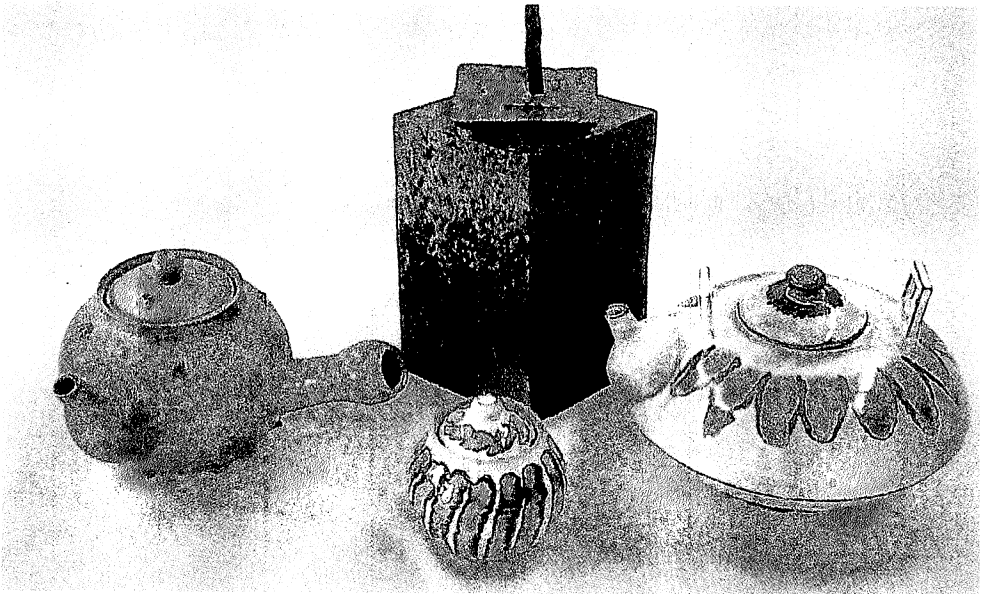


写真14 「伊羅保釉菱形蓋物」他

種、赤土系粘土4種である。これらの原土を耐火性、粘り、腰の3成分にそれぞれ分類し配合坯土に供した。配合坯土は、予備及び本試験を経て原土の試作開発を促進した。

2) 8種類の原土のうち44 μ m以下の細かい粒土分を含む原土は東江赤粘土、為又赤粘土、為又灰

色粘土及び為又化粧土(白)である。東江化粧土(黒)は珪石や母岩碎屑物の粗粒分が多く含有している。

3) 組成鉱物において熱水成鉱床の東江カオリンはカオリン、石英、ゲータイトを含み、風化残留成鉱床の東江化粧土(黒)と為又化粧

土（白）にはセリサイト、カオリン及び石英を含む。堆積成鉱床の東江赤粘土、安部粘土、為又赤粘土、為又灰色粘土は緑泥石、イライト、ゲータイト、石英から成っている。

- 4) ゲータイトを含む原土は鉄分が多く、島尻マーヅに類似する安部粘土には石灰分を含むのが特徴的である。
- 5) 原土の乾燥及び焼成性状は、概して鉄分が多く細かい原土ほど収縮率が大きい。
- 6) 予備試験の結果から東江赤、為又赤及び為又灰色粘土配合系の焼成性状は、吸水率と強度の特性値において硬質陶器に相当するが、安部粘土は膨化現象により吸水率が高く、強度も低くなっている。
- 7) 予備試験配合系の成形性は、安部粘土、為又粘土及び為又灰色粘土の配合系が高く評価された。
- 8) 本試験の結果と評価から、安部赤一為又赤粘土系と為又灰色一為又白一東江化粧土（黒）一木節粘土の白土配合系について検討した結果、安部赤粘土80%と為又赤粘土20%の赤土配合と為又灰色粘土80%に、為又化粧土10%、木節粘土10%の白土配合が焼成性状や成形性とも高く評価された。
- 9) 本試験の結果を受けて坏土とそれを用いた陶器の開発を行った。

赤土配合坏土は安部粘土50%～80%と為又赤粘土20%～50%の配合、白土配合坏土は為又灰色粘土80%に対し為又化粧土10%と木節粘土10%または東江化粧土（黒）10%と木節赤粘土10%の配合坏土が良好な坏土であった。

陶器の試作においては、ロクロ成形とタタラ成形を行い、一連の工程を経て施釉し、焼成した結果、赤土及び白土坏土とも欠陥なく良好に焼き上がった。

10 あとがき

島嶼県の沖縄は、我が国唯一の亜熱帯地域にあって歴史、風土、文化など他県とは異なる多くの特性を保有している。

沖縄で陶器焼物のことを“やちむん”という。この“やちむん”も島嶼県であるが故の歴史や風

土と深く関わりながら発達してきた。

“やちむん”の独自性の確立は、島々の自然や資源をどのように活かしていくかによって、限らない拡がり可能性をもたらすものとする。

沖縄島には、未踏（軍用地）で未開発の鉱物資源が多々あることが予想されている。「名産陶磁器原料の利用開発に関する研究」は、未利用になっている粘土資源を高付加価値化することによって、品質の高い坏土を安定的に供給することがねらいであった。

今回の産・学・官による共同研究は初めてのことであったが、それぞれのノウハウを活かして多くの成果が得られたものとする。

これらの共同研究の成果が県内陶器業界の振興と、新たな島嶼“やちむん”文化の創造に寄与するものと期待している。

謝 辞

本研究を実施するにあたっては、工業技術センターのご協力をいただいた。特に開発研究部セラミック部門の与座範弘主任研究員と同宮城雄二研究員には、化学分析や物性測定等種々ご指導いただいた、併せて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 第5次沖縄県伝統工芸産業振興計画策定関係資料 県商工労働部工業・工芸振興課、2002.3
- 2) 照屋善義著「沖縄の陶器」(有)平山印刷 2000.2 pp14-23
- 3) 照屋善義、与座範弘 沖縄県工業技術センター技術情報誌 Vol.4 No.2 2002.3. p4
- 4) 照屋善義、与座範弘、我如古彩子、高嶺英喜 沖縄県工業技術センター研究報告第4号 2002 pp123-132
- 5) 木崎甲子郎編著「琉球弧の地質誌」沖縄タイムス社 1985 pp93~106
- 6) 照屋善義著「沖縄の陶器」(有)平山印刷 2000.2 pp118-119
- 7) (財)日本セラミック協会編「セラミック工学ハンドブック」技報堂出版(株)1989 p1375
- 8) 日本粘土学会編「粘土の世界」(株)KDDクリエイティブ 1997 p 40