

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（2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/20.500.12000/15688

名護産陶磁器原料の利用開発に関する研究 (2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 (2)

Minoru OKUDA* Zengi TERUYA**
Morishige SHIMABUKURO*** Kazuto ISHIKURA****

1 緒言

筆者等は、前報¹⁾において名護市郊外に産する7種類の陶器原料に関する基礎的研究と応用研究を行い、その利用開発について詳細に検討し一定の成果を得ることができた。名護市東江地域に長石資源の賦存することが、工業技術センター²⁾によって確認された。長石資源が埋蔵することは、沖縄本島で初めて磁器製品と長石釉の可能性を示唆するものであり極めて興味のある研究課題であった。

県産磁器素地と長石釉に関する初めての研究開発は、石垣島に賦存する川平陶石の利用開発^{3) 4)}であった。川平陶石は、石垣市内の業者によって石垣産磁器として照明器具、壺、皿などの製品に開発されている。

本報告では名護市東江地域に陶器原料と隣接して賦存する長石について基礎的研究と応用研究を行い、磁器素地への可能性について検討したのでその結果について報告する。該研究は、琉球大学

地域共同研究センター(コーディネーター)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

名護市東江に産する長石質砂岩のことを東江長石と呼称する。東江長石は千枚岩に貫入した岩層が変質し、長石と珪石及びカオリンなどの随伴鉱物を含む砂岩質の鉱物である。東江長石を含む岩層の中で著しく熱水変質を受けカオリン化したものがある、これが東江カオリン(メーガネター)と考えられる。東江カオリンには、非常に硬い岩層を成すものと軟弱なものそして完全に陶土化したものなど多種多様に賦存している。

長石砂岩層には多くのクラックがあり、そのクラックに沿って鉄分が沈積し褐鉄色を呈している。

写真1に、インパクト法によって試掘された東江長石の現場を示す。

*琉球大学教育学部

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

***名護セラミックス代表者

****壺屋焼石倉窯研究員



写真1 東江長石の試掘場

3 実験方法

3.1 原料の前処理

東江長石は、クラック表面の沈積鉄を除去して処理したものと、搬出されたままの無処理の二種類に区分した。処理物は釉薬、無処理物は素地原料として使い分けた。

処理物と無処理物は、5Kgのポットミルで8時間湿式粉碎し脱水、乾燥後配合試験に供した。

3.2 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。

3.3 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。

3.4 素地と釉薬配合の検討

一般的に磁器素地には、陶石立てと長石立てがある。長石立ては、長石に可塑性粘土を配合する方法であるが、本研究においては東江長石と蛙目粘土を配合して調製した。

釉薬配合は、東江長石、為又化粧土、琉球石灰

岩の三成分系の調合比で検討した。

3.5 配合坯土の調製と試験体の作成

風乾原料は表1の配合比(5Kg合せ)により配合したのち、適当な練り土となるように水分調整し、土練り機(ラクネール)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。また、比較対照として沖縄県立芸大使用の天草磁器土を試験に供した。

表-1 配合系の配合比と含水率

	東江長石	蛙目粘土	含水率
No.1	80%	20%	22.7%
No.2	70	30	22.0
No.3	60	40	23.1
No.4	天草磁器土		21.4

それぞれの配合坯土と市販磁器土を用いて40mm×40mm×7mm及び幅20mm×厚さ10mm×長さ120mmのテストピースを同一試料につき3個ずつ石膏型で押型成形し、焼成性状、収縮率、強度等の試験体とした。また、透光性の簡易測定法として45mm×45mmの底面が10mmで先端の厚さが2mmの試験片を石膏型で押し型成形し、簡易的に透光度を測定した。表1の含水率は、試料成形時の含水率である。

3. 6 試験体の焼成

試験体は10KWの電気窯を用いて所定の温度で、LPガス還元焼成した。図1に焼成温度曲線の一例を示す。

上万能試験機(AGS-5KNG型)を用いて測定した。

3. 10 透光度

試験片に2.2V-0.25Aのペンライト(National-BF-

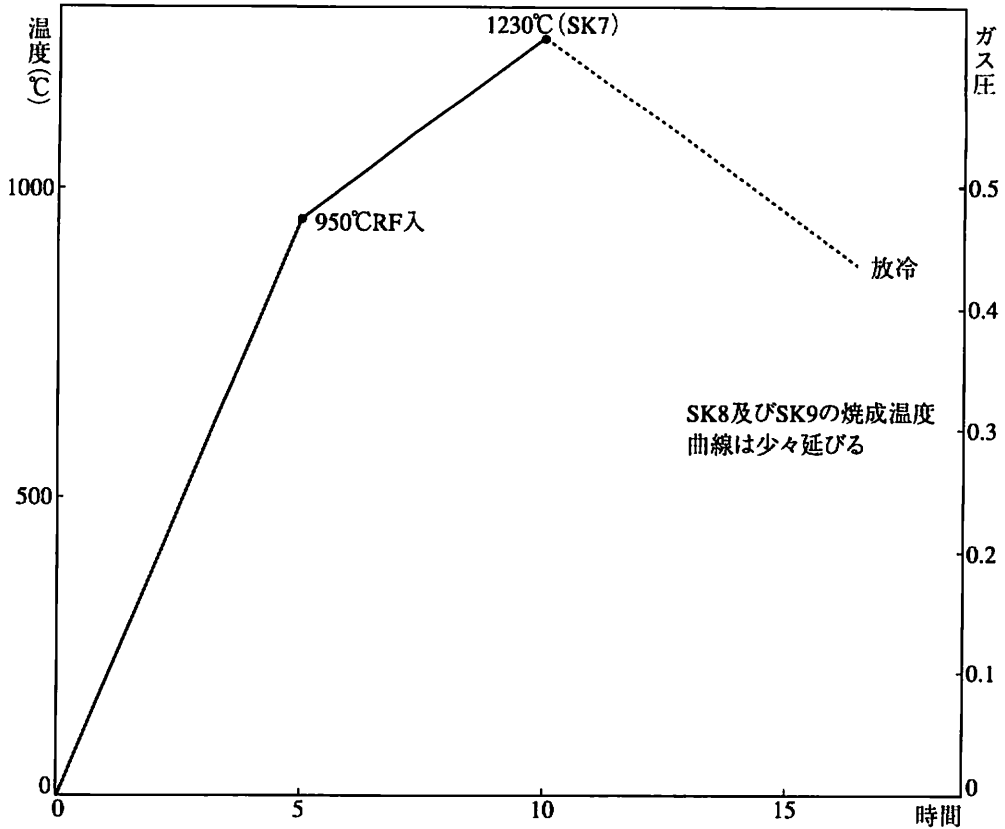


図1 焼成温度曲線

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。

411型)を照査し、透光の最大厚みをノギスで測定し透光度とした。

3. 8 吸水率及び気孔率

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

3. 11 成形性の評価

3 Kgの配合坯土を用いて直径12cmの円筒を縦方向に伸ばし、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。

3. 9 曲げ強度

焼成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

また、3 Kgの配合坯土を用いて高台の直径が12cmの皿を横方向に伸ばし、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。

4 試作用坏土の調製

風乾原料を用いて表1の配合比(46Kg合せ)により計量し、図2の工程で処理し試作用坏土とした。

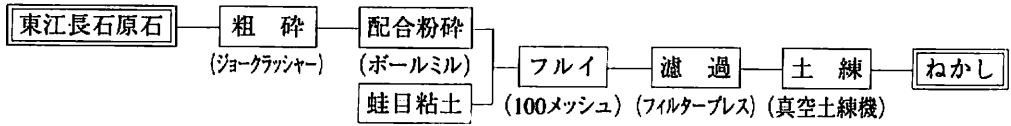


図2 坏土の調製

5 試作開発

試作用坏土(表1のNo.2、No.3)と天草磁器土を用いて碗、皿、鉢、瓶などをロクロ成形した、No.1坏土は、泡盛容器などの鋳込成形に供した。それぞれの成形品は乾燥後素焼し、施釉して電気窯でLPガス還元焼成した。

物が確認できる。

6.2 原料の化学組成

表2に釉薬原料に使用した東江長石と、その他の原料の化学組成を示す。

東江長石は、ガラス成分となる Na_2O 2.5%、 K_2O 2.53%含み、ノルム計算の結果から鉱物組成はカリ長石14.9%、ソーダ長石21.2%、カオリナイト28.0%、珪石31.2%、その他4.7%とみなすことができる。加仙蛙目粘土は、カオリン鉱物を主成分とする水箨物で、可塑性粘土であると同時に耐火度がSK36の

6 結果

6.1 東江長石の組成鉱物

東江長石のX線回折の結果を図3に示す。

東江長石中には、長石、珪石のほかカオリン鉱

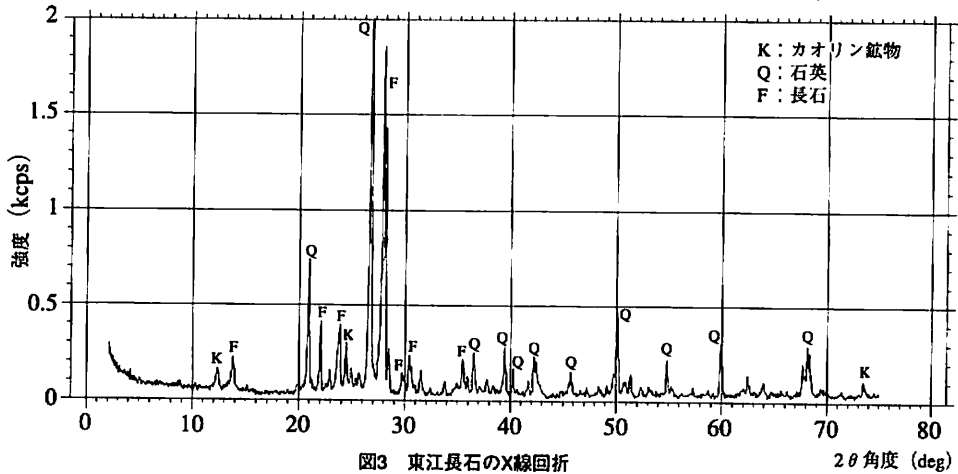


図3 東江長石のX線回折

表一2 原料の化学組成

No.	原料名	項目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig. Loss (%)
1	東江長石		68.5	17.9	0.92	0.09	0.00	0.26	2.50	2.53	6.19
2	加仙蛙目粘土 ⁹⁾		48.40	34.49	1.14	0.52	0.11	0.27	0.02	1.17	13.6
3	為又化粧土(白)		71.8	16.8	0.99	0.49	0.0	0.46	0.06	3.65	4.04
4	安部石灰石		1.97	0.75	0.22	0.01	55.2	0.39	0.34	2.67	43.4

耐火粘土である。

為又化粧土(白)は前報¹⁾で明らかにしたセリサイトとカオリンを主成分とする比較的鉄分の少ない白色粘土である。安部石灰石は琉球石灰岩のことで石灰成分(CaO)の高い石灰石である。

6. 3 坏土の乾燥収縮

表3に坏土の乾燥収縮を示す。

乾燥収縮は蛙目粘土の多い坏土ほど大きくなり、天草坏土は蛙目粘土20%配合坏土と同等程度である。

焼成色は、天草素地が白色を呈するのに対し東江長石配合系は黄土色を呈する。

表4に坏土の焼成温度の違いによる焼成収縮率、気孔率、吸水率、曲げ強度、透光性などの特性値を示す。

「一般に磁器と呼ばれるものは、粘土-石英-長石-陶石(その他花崗岩の半分解物など)の配合素地を1300~1450℃付近の高温度で溶化するまで十分に焼締めたものである。その素地はおおむね白色、ガラス質で吸水性がなく、透光性があり、打てば金属音を発し、機械的強度が大きくその破断

表-3 坏土の乾燥収縮 (%)

項目	配合比	東江長石(80)	東江長石(70)	東江長石(60)	天草
	蛙目粘土(20)	蛙目粘土(30)	蛙目粘土(40)		
乾燥収縮率	4.3	6.1	7.1	4.2	

6. 4 坏土の焼成性状

写真2に試験体の形状と、焼成温度の違いによる焼成呈色の変化を示す。

面は貝殻状を呈する。釉薬には石灰釉、タルク釉などをほどこしたものが多く、電気的不良導体で、強度のみならず、化学的、耐食性、耐熱性などに

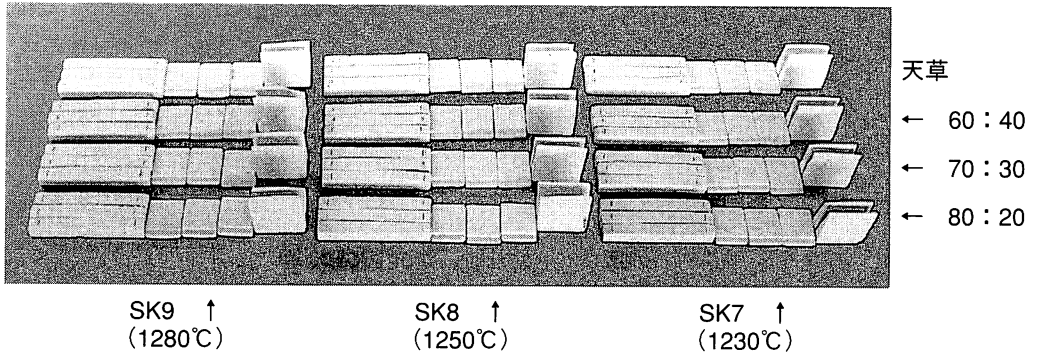


写真2 試験体の形状と焼成呈色の変化

表-4 坏土の焼成性状

項目	配合比	東江長石(80)	東江長石(70)	東江長石(60)	天草
	温度	蛙目粘土(20)	蛙目粘土(30)	蛙目粘土(40)	
焼成収縮率 (%)	1230℃	10.0	8.9	8.6	9.3
	1250℃	9.8	9.1	8.9	9.6
	1280℃	9.6	8.2	8.2	9.7
気孔率 (%)	1230℃	0.3	0.1	0.2	2.8
	1250℃	0.3	0.1	0.1	0.6
	1280℃	0.3	0.1	0.1	0.1
吸水率 (%)	1230℃	0.2	0.1	0.1	1.3
	1250℃	0.1	0.1	0.0	0.3
	1280℃	0.1	0.1	0.1	0.0

表-4 坏土の焼成性状

強 度 (Mpa)	1230℃	33.2	43.4	51.7	44.2
	1250℃	34.2	45.6	49.4	48.2
	1280℃	25.3	36.8	61.0	79.0
透 光 度 (mm)	1230℃	5.68	4.50	4.13	5.20
	1250℃	5.38	4.58	4.00	5.40
	1280℃	5.25	5.10	4.38	6.28

表-5 標準磁器の性質

種類	項目	乾燥収縮 (%)	焼成収縮 (%)	全収縮 (%)	吸水率 (%)	嵩比重	曲げ強度(無釉素地) (Mpa)
家庭用品 長石素地	乾燥収縮 (%)	5.0	10.0	15.0	0~0.02	—	—
	焼成収縮 (%)	—	—	—	—	—	—
食 器 長石素地	乾燥収縮 (%)	4.6	7.4	12.0	0~0.02	2.4	58.3
	焼成収縮 (%)	—	—	—	—	—	—

富む¹⁰⁾と定義されている。また、表5には標準磁器の性質¹¹⁾を示す。

表4の東江配合坏土の特性値と表5の標準磁器の性質を比較すると東江配合坏土は、家庭用品の長石質磁器の性質をおおむね満足していると同時に、一部食器の長石質素地をも満足していることから、以下東江磁器と呼称する。

東江磁器は、粘土と東江砂岩中の長石と石英の三成分配合素地と見なすことが出来る。

図4に乾燥収縮と焼成温度の違いによる配合素地の焼成収縮の変化を示す。

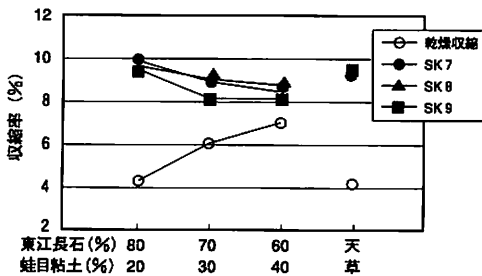


図4 配合素地の乾燥収縮と焼成収縮

乾燥収縮は当然のことながら細かい粘土分の多い素地ほど大きくなるが、焼成収縮は焼成温度が高く粘土分が多くなるほど小さくなる傾向を示す。このことはカオリナイトを主成分とする蛙目粘土

が焼成過程のより高い温度において長石の熔化に伴い素地中に針状のムライトの合成が促進されることによるものと考えられる。天草素地の乾燥収縮は4.2%程度である、焼成温度の違いによる焼成収縮の変化は見られず9.5%程度である。

図5に配合素地の焼成温度の違いによる気孔率と吸水率の変化を示す。

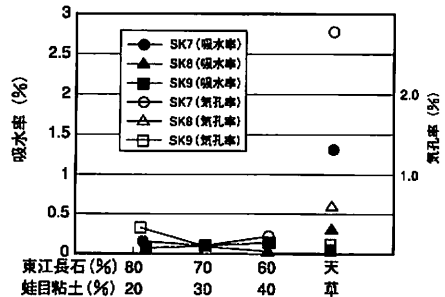


図5 配合素地の焼成温度と気孔率及び吸水率との関係

いずれの配合素地の吸水率も0%に近くそれぞれの焼成温度において焼結していることを示している。天草素地はSK9において焼結性を示す。

図6に配合素地の焼成温度と曲げ強度との関係を示す。

焼成温度が高く粘土分の多い配合素地ほど強度が高くなる傾向を示すのは、ムライト合成の多少と関係しているものと考えられる。天草素地はSK9において最大強度を示す。

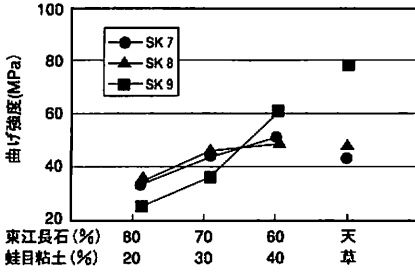


図6 配合素地の焼成温度と強度との関係

図7に焼成素地の透光度を示す。

素地の透光性は長石分が多く、焼成温度の高い素地ほど透光性が良くなる傾向を示している。天草素地も焼成温度の影響が強くSK9焼成物が透光性は最も良かった。

磁器の透光性は長石が生成するガラス層の性質に依存するとされている。長石が少なく粘土分の多い素地は、ガラス層の粘性が高くムライトの合成も少ないことから透光性や強度に影響を及ぼすことが知られている。

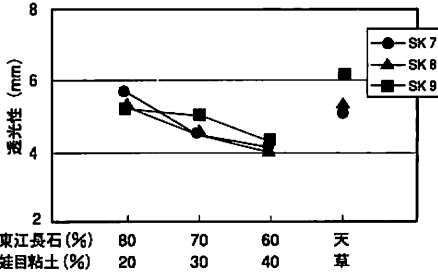


図7 素地の焼成温度と透光度の関係

図8に焼成素地のX線回折図の一例を示す。

焼成素地中にはムライトと石英の生成が認められる。

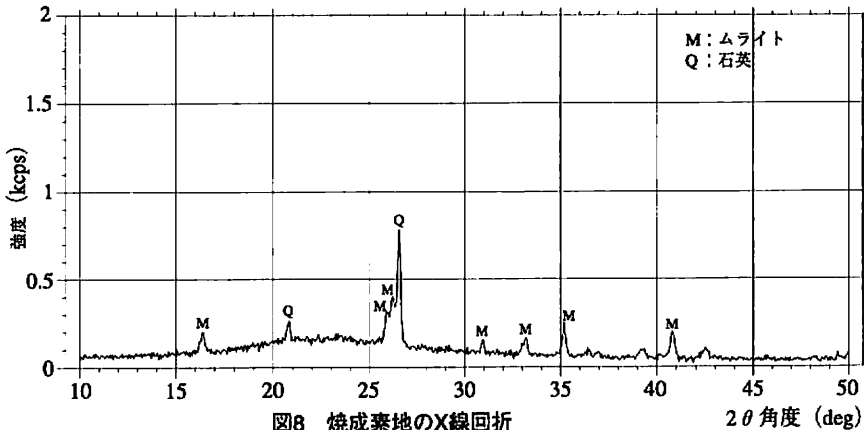


図8 焼成素地のX線回折

図9は配合素地の焼成温度の違いによる $2\theta = 16.443^\circ$ におけるムライトのX線強度の変化を定性的に示したものである。

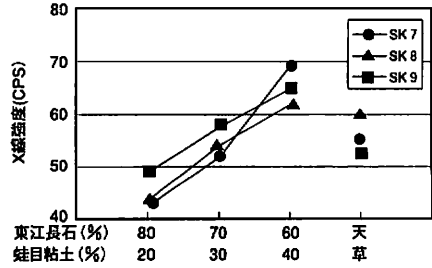


図9 配合素地の焼成温度とムライトのX線強度との関係

いずれの配合素地も焼成温度が高くなるに従ってムライトのX線強度が高くなることからムライトがより多く合成されることを示唆している。

図10にムライトのX線強度と曲げ強度との関係を示す。

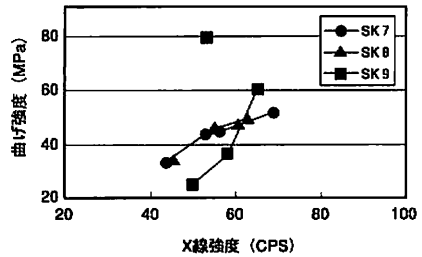


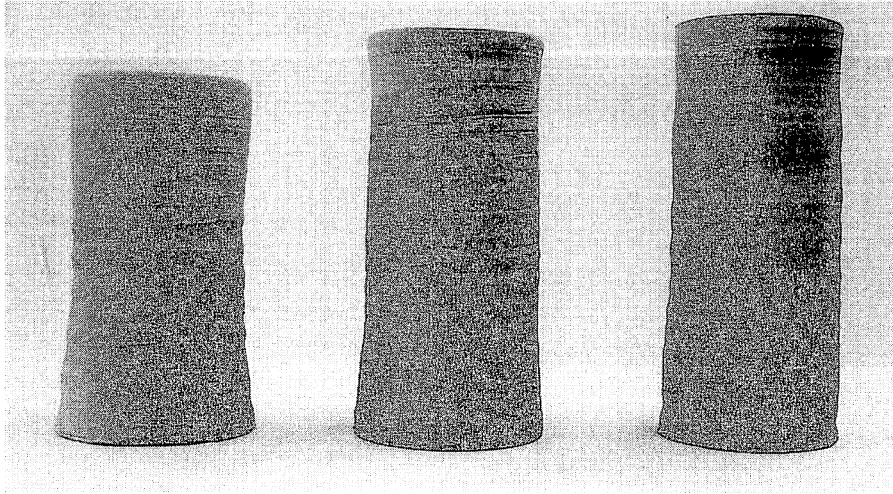
図10 ムライトのX線強度と曲げ強度との関係

ムライトのX線強度と曲げ強度との関係はほぼ相関関係にあり、ムライトの多少が磁器素地の強度に影響を及ぼすことが推定できる。

6. 5 坏土の成形性評価

写真3と写真4に坏土の成形性の評価状況と表5に評価結果を示す。

長石が多く粘土の少ない配合坏土ほど成形性が悪い、坏土の伸びや広がり成形性を満足させるためには蛙目粘土を20%以上配合する必要がある。

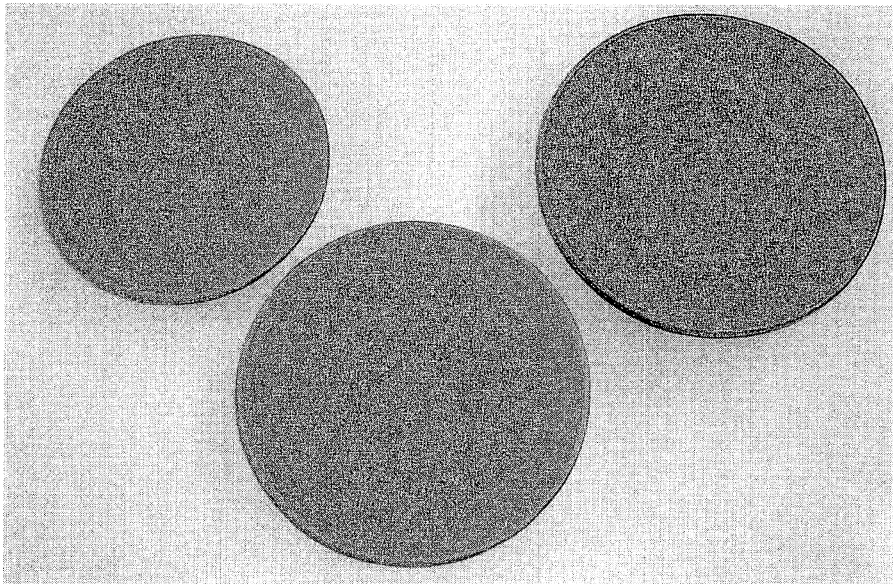


東江長石80
蛙目粘土20

東江長石70
蛙目粘土30

東江長石60
蛙目粘土40

写真3 坏土の成形性の評価（高さ方向）



東江長石80
蛙目粘土20

東江長石70
蛙目粘土30

東江長石60
蛙目粘土40

写真4 坏土の成形性の評価（横方向）

表一六 坯土の成形評価

(mm)

	東江長石(80):蛙目粘土(20)	東江長石(70):蛙目粘土(30)	東江長石(60):蛙目粘土(40)
延びの高さ	236	270	289
延びの厚み	10	9	8
拡がりの径	312	348	382
拡がりの厚み	10	8	7
官能評価	3	4	5

官能評価:良い(5点)、普通(4点)、悪い(3点)

6. 6 長石釉の調査試験

写真5に長石釉の焼成結果と図11~図14には東江長石-安部石灰石-為又化粘土配合系の釉性状を示す。

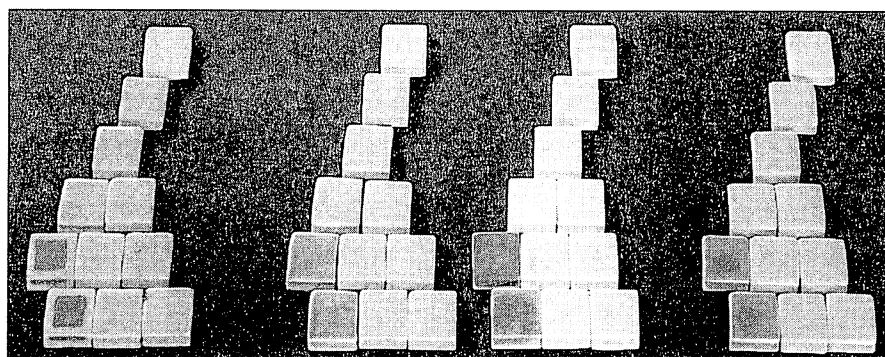


図11↑

図12↑

図14↑

図13↑

写真5 焼成素地と焼成温度の違いによる釉調の変化

図11に東江長石80:蛙目粘土20素地のSK7焼成の釉性状を示す。

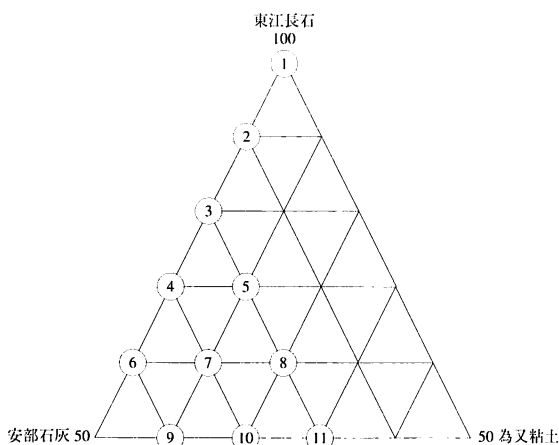


図11 東江長石80:蛙目粘土20素地のSK7焼成の釉性状

No.1の東江長石単味では不溶の状態、これに石灰を10%配合(No.2)すると半溶、20%配合(No.3)すると青磁風の透明釉となる。東江長石に石灰を30%配合(No.4)すると貫入が発生し、40%配合(No.6)では不溶性による鉄分溜まりができ黒褐色を呈し貫入も発生している。

No.3、No.5、No.8、No.11の配合は、石灰を20%と一定とし長石80%~50%、粘土0%~30%配合した場合の釉であるが、いずれの配合も透明感のある無貫入釉である。

No.4が貫入釉であったようにこの釉に粘土10%(No.7)と20%(No.10)配合しても全て貫入釉になった。No.9の釉調もNo.6と同じ傾向を示した。

図12に東江長石70：蛙目粘土30素地のSK 8 焼成の釉性状を示す。

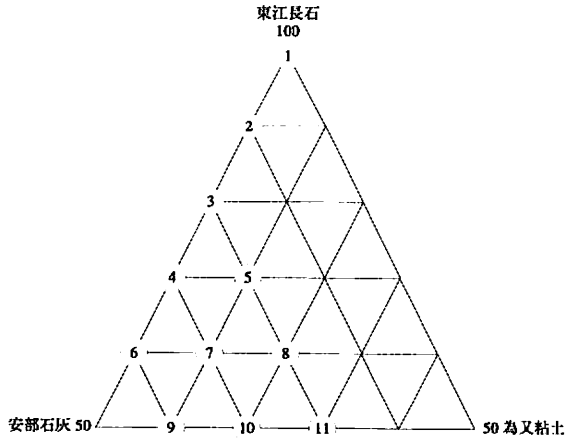


図12 東江長石70：蛙目粘土30素地のSK8焼成の釉性状

釉調は東江長石80：蛙目粘土20素地のSK7焼成の釉性状と同じ傾向を示すが、焼成温度が1番(20℃)高いために溶融性が良くなっている。

図13に東江長石60：蛙目粘土40素地のSK 9 焼成の釉性状を示す。

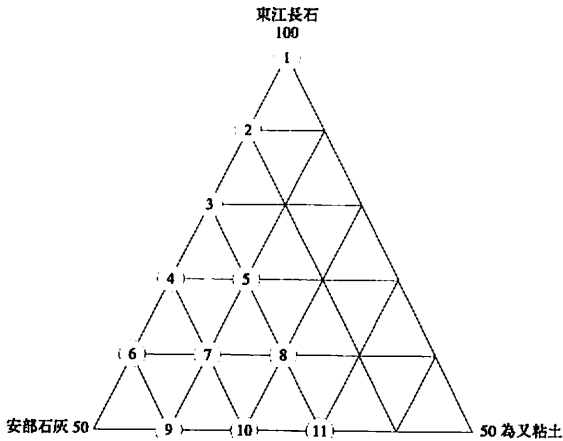


図13 東江長石60：蛙目粘土40素地のSK9焼成の釉性状

釉調は東江長石80：蛙目粘土20素地のSK7焼成の釉性状と同じ傾向を示すが、焼成温度が2番(50℃)高いために溶融性は良くなったが、全てに貫入が発生した。

図14に天草素地のSK 8 焼成の釉性状を示す。

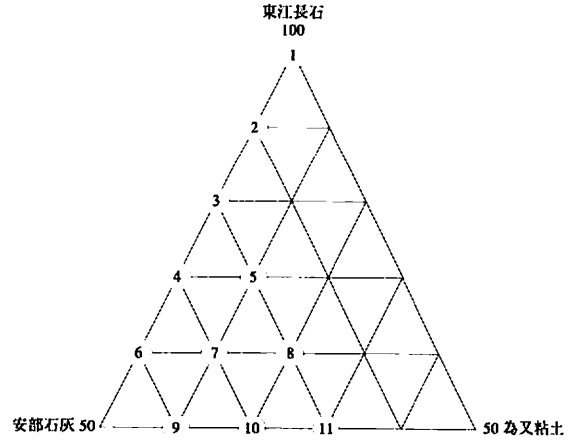


図14 天草素地のSK8焼成の釉性状

釉調は東江長石80：蛙目粘土20素地のSK7焼成のNo.1とNo.2の不溶と半溶及びNo.6とNo.9の鉄溜まり貫入釉は同じ傾向を示すが、その他の配合釉は青磁風の無貫入釉となった。

以上の結果から試作開発に使用する釉は、東江長石80%石灰20%配合とすることとした。

8 試作開発

8.1 ロクロ成形による試作

良好な坏土と評価された東江長石70－蛙目粘土30と東江長石60－蛙目粘土40配合坏土を用いて鉢などのロクロ成形を行い、施釉した後電気窯でSK 8 (1,250℃)のガス還元焼成した。写真6に試作例を示す。

なお施釉した釉薬は下記の調査に依った。

いずれの配合素地もロクロ挽や削り仕上げも容易であった。焼成素地は鉄分の影響を受けて黄色色になっており本土産の白色素地と比較して劣るが、沖縄の風土が醸し出す独特な風合いのある磁器として評価できる。東江長石釉も呉須やコバルトとよく調和し、沖縄の新規磁器釉として注目に値する。



写真6 ロクロ成形による試作例

釉1 辰砂釉(深鉢)	釉2 青白磁釉(角瓶他)	染付け顔料4種
福島長石 20%	土灰釉(市販) 100%	① 酸化コバルト 50%
石灰石 17	弁柄 3	弁柄 50
炭酸バリウム 13	釉3 染付透明釉I	② 酸化コバルト
亜鉛華 5	東江長石 80%	③ 新呉須
朝鮮カオリン 13	安部石灰 20%	④ 旧呉須
珪石 32	釉4 染付透明釉II	
酸化銅 1	一号石灰釉 100%	
酸化錫 3		
骨灰 2		

8. 2 鑄込成形による試作

東江長石80-蛙目粘土20配合坯土に対し1号珪酸ソーダ10%W/V液と水を用いて適当に調泥し、石

膏型による排泥鑄込み成形を行った。その結果を写真7に示す。



写真7 鑄込成形による試作例

8. 3 試作品の評価

配合坏土を用いてロクロ成形と鑄込成形を試みた結果、次のことが判った。

- 1) 蛙目粘土30%と40%の配合坏土は、土揉みが容易で、磁器土のための特別な揉み方を修得する必要がない。
- 2) ロクロ成形で薄く挽くことが可能であり、そのため外側を総削りする手間が省ける。
- 3) 半乾燥で削ることができるため、完全乾燥で削る磁器土に比べて早く削られ、専用のカナを必要としない。
- 4) タタラ成形において、半乾燥の時点で張り合わせが可能で、接着面の疵もない。
- 5) 紐作り成形も可能で、従来少なかった手捻りによる磁器製品の制作が容易である。
- 6) 蛙目粘土20%配合坏土を用いた鑄込成形において、泥漿の流動性、曳糸性、着肉性も良く、容易に脱型し成形できた。
- 7) 焼締作品は、黄土色あるいは薄いベージュ色を呈しそれなりの雰囲気醸し出している。
- 8) 透明釉はやや灰色がかかるが、一号石灰釉を掛けた場合最も白い。青磁釉や辰砂釉の発色は

良好である。

9 まとめ

名護産磁器原料の東江長石について基礎性状を把握し、磁器素地への利用開発を行った結果以下の成果が得られた。

- 1) 東江長石の産状は砂岩質で多くのクラックを伴う、クラック部は褐色の砂鉄が沈積し鉄分が高い。
- 2) 東江長石はアルカリ成分(K_2O 、 Na_2O)がそれぞれ2.5%程度含有しアルカリ長石を示唆している。
- 3) X線回折の結果からアルカリ長石の他、珪石、カオリン鉱物の存在が確認された。ノルム計算によるとカリ長石14.9%、ソーダ長石21.2%、カオリナイト28.0%、珪石31.2%その他4.7%の鉱物組成であることが判った。
- 4) 可塑性粘土として蛙目粘土による配合坏土を検討した結果、東江長石に対して蛙目粘土20%以上の配合坏土が良好な成形性を示した。
- 5) 蛙目粘土20%、30%、40%配合坏土をSK7、

SK8、SK9で還元焼成した素地の性状は以下のとおりであった。

- ①焼成温度が高く粘土分が多くなるほど焼成収縮は小さくなる。
- ②いずれの配合素地の吸水率は0%に近くほぼ焼結性を示している。
- ③焼成素地中にはムライトと石英が認められるが、焼成温度が高く粘土分の配合割合が多い素地ほどムライトの合成量が多い。またムライトの多い素地ほど強度も高い。
- ④素地の透光性は、長石分が多く焼成温度の高い素地ほど向上する。
- ⑤配合坯土の成形性は、長石が多く粘土の少ない坯土ほど悪くなる、良好な成形性を満足させるためには蛙目粘土を20%以上配合する必要がある。
- ⑥東江長石-安部石灰-為又化粧土による長石釉をSK7、SK8、SK9で焼成した結果、東江長石80%-安部石灰20%配合で青磁風の透明釉になった。東江長石に石灰を30%配合すると貫入釉、40%配合すると黒褐色を呈し不溶性の貫入釉となる。石灰を20%と一定にし長石80%~50%、化粧土を0%~30%配合するとうす緑の透明感のある無貫入釉が得られた。
- ⑦ロクロ成形、タタラ成形、鑄込み成形により皿、瓶、酒器などを試作し、SK7(1,250℃)で焼成した結果、成形性がよく釉調も安定した作品が開発できた。

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。

沖縄県で始めて磁器製品が開発されたのは、石垣島の川平陶石による県産磁器であった。沖縄本島で地域資源を活用して磁器素地が開発された例は記録にない。

「名産陶磁器原料の利用開発に関する研究」において、東江磁器が開発されたことは画期的な

ことであり、県内陶磁器業界は下より関連業界に与える影響も大きいものと考ええる。

今後島々の自然や資源をどのように活かして特化していくか課題も多いが、産・官・学共同研究の成果が、県内陶磁器業界の振興と新たな島嶼文化の創造に寄与できれば幸甚である。

謝 辞

本研究を実施するにあたっては、沖縄県立芸術大学美術工芸学部助教授 丸太憲良氏にはテストピースや試作焼成に多大なご協力を頂いたことに対し深甚なる敬意を表します。工業技術センターセラミックス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協力頂いた、併せて謝意を表します。

参考文献

- 1) 奥田実、照屋善義、嶋袋守成、石倉一人 琉球大学教育学部紀要 第62集 PP247~265 2003,3
- 2) 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
- 3) 宜野座俊夫、与座範弘、照屋善義 沖縄県工業試験場研究報告第10号pp87-136 1982
- 4) 与座範弘、花城可英、宜野座俊夫、照屋善義 沖縄県工業試験場研究報告第11号pp101-119 1983
- 5) 与座範弘、花城可英、宜野座俊夫、照屋善義 沖縄県工業試験場研究報告第12号pp85-100 1984
- 6) 与座範弘、花城可英、宜野座俊夫、照屋善義 沖縄県工業試験場研究報告第15号pp25-44 1987
- 7) 花城可英、中村英二郎、与座範弘 沖縄県工業技術センター研究報告第3号pp67-70 2001
- 8) 与座範弘、花城可英 沖縄県工業技術センター研究報告第4号pp93-96 2001
- 9) 日本の窯業原料 工業技術連絡会議窯業連合部会編 (株)ティー・アイ・シー p196 1992
- 10) 窯業工学ハンドブック(新版) 窯業協会編 (株)技報堂 pp1064-1080 1966