

川平陶石及び富崎粘土を利用した陶磁器素地の開発に関する研究

開発研究部 与座 範弘
宮良 断*

1. 緒言

石垣島には磁器原料をはじめ特徴的な窯業資源が賦存していることが以前より知られており、これまでに原料の特性や磁器素地の開発に関していくつかの報告がなされている^{1)・2)・3)}。また、平成9年度及び平成10年度には八重山支庁による窯業資源調査により川平陶石や富崎粘土、大嵩粘土などの賦存量が明らかにされるなど^{4)・5)}、既存業界の振興や新規企業の立地、さらには窯業の産地形成へ向けての気運が高まっている。

しかし、原材料の安定供給や磁器製品などの新製品開発、業界全体の技術向上など、対応すべき課題も多く、課題解決のためには原料の特性やこれら窯業資源を利用した陶磁器素地の開発など、基礎的な研究を行う必要がある。

そこで、本研究では川平陶石及び富崎粘土の基礎性状を明らかにするとともに、これらの原料を利用した陶磁器素地の開発について検討したので報告する。

2. 実験方法及び実験条件

2.1 試料

試験に使用した原材料の賦存地及び特徴について表1に示す。

川平陶石は花崗岩質の岩石が熱水変質を受けて生成されたもので、当初、カリ長石を含むことから長石質原料とされていたが、近年の調査により準陶石質の原料であることがわかった⁴⁾。また、富崎粘土は比較的良好な可塑性を有する粘土で、泥質千枚岩の風化により粘土化したと推測される原料である⁴⁾。

これらの原料は図1に示す方法で処理し、供試料として以下の試験に用いた。なお、蛙目粘土は市販品をそのまま使用した。

表1 原材料の賦存地と特徴

原材料名	採取地	乾燥呈色	可塑性	特徴
川平陶石	石垣市川平地	白色	無し	準陶石質原料、比較的もろい
富崎粘土	〃 富崎地	淡黄色	良好	砂礫分が少なく、粒子が細かい
蛙目粘土	市販品	灰色	極めて大	

*宮良 断 沖縄県立芸術大学陶芸コース学生 (現、石垣市アンパル窯)

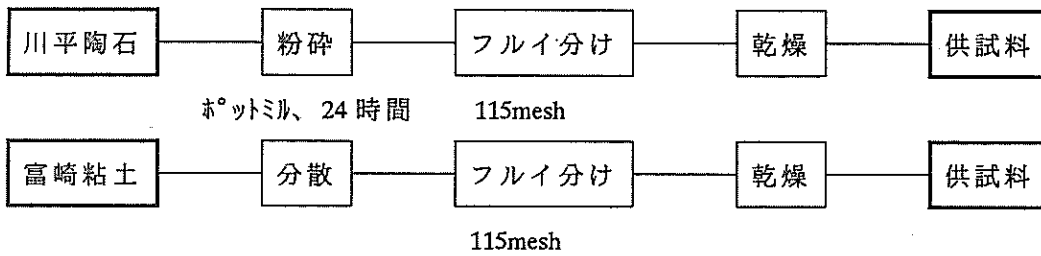


図1 原料の処理方法

2. 2 素地の調製方法及び試験体の作成方法

川平陶石、富崎粘土を主原料に成形助材として蛙目粘土を用いた4種類の配合系について素地を調製した。それぞれの配合割合を表2～表5に示す。また、素地の特性を検討するために各試験体を作成した。素地の調製方法及び試験体の作成方法を図2に示す。

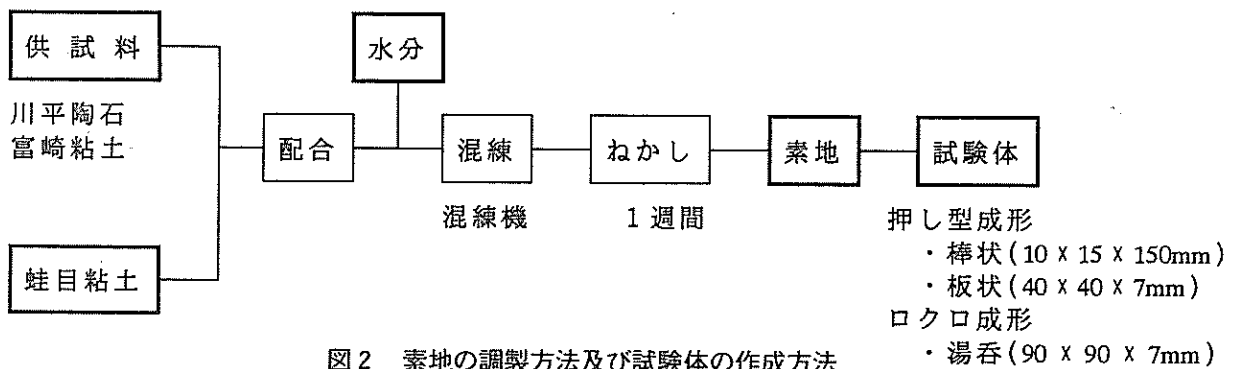


図2 素地の調製方法及び試験体の作成方法

表2 川平陶石-蛙目粘土配合系

配合番号	1	2	3	4
川平陶石 (%)	90	80	70	60
蛙目粘土 (%)	10	20	30	40

表3 富崎粘土-蛙目粘土配合系

配合番号	1	2	3
富崎粘土 (%)	90	80	70
蛙目粘土 (%)	10	20	30

表4 川平陶石-富崎粘土配合系

配合番号	1	2	3	4	5	6
川平陶石 (%)	10	20	30	40	50	60
富崎粘土 (%)	90	80	70	60	50	40

表5 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系

配合番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
川平陶石 (%)	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
富崎粘土 (%)	90	80	70	60	50	40	90	80	70	60	50	40
蛙目粘土(外割%)	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20

2. 3 焼成方法

ガス窯（大和工業、0.15m³）を用いて1,180℃、1,200℃及び1,230℃の各温度で酸化焼成及び還元焼成した。焼成時間は10時間～11時間、保持時間は30分で行った。

2. 4 測定方法

(1) 化学組成

蛍光X線装置（リガク、RIX-3000）を用いて検量線法により測定した。

(2) 耐火度

電気炉（モトヤマ、SUPER BURN）を用いてJIS M 8512に準じて測定した。

(3) 鉱物組成

X線回折装置（島津製作所、XD-D1）を用いてCu管球、20mA-30kvの条件で測定した。

(4) 粒度分布

粒度分布測定装置（島津製作所、SA-CP3L）で光透過法により測定した。

(5) 収縮率

試験体の乾燥後及び焼成後の寸法の変化を測定して収縮率とした。

(6) 成形性

90mmφ×90mm（成形寸法）の湯呑みをロクロ成形したときの素地の成形性について官能評価した。

(7) 吸水率等

試験体を3時間以上煮沸した後に測定した水中重量及び飽水重量と105℃における乾燥重量から算出した。

(8) 曲げ強度

オートグラフ（島津製作所、AG-50kND）を用いて3点曲げ法により測定した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 原料の基礎性状

表6に試料の化学組成と耐火度、また、図3にX線回折図、図4には粒度分布を示す。

川平陶石の主成鉱物は石英、カリ長石などで、そのほかカオリン鉱物を含んでいる。化学組成の特徴としてはカリウム分が比較的多く、また、鉄分が少ないことから磁器原料としての利用が

表6 試料の化学組成と耐火度

試料名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-Loss	耐火度
川平陶石	71.4	15.0	0.42	0.12	0.06	0.11	0.59	5.02	7.13	SK.20
富崎粘土	63.2	22.4	2.84	1.35	0.07	0.86	0.45	3.58	3.89	SK.17*
蛙目粘土	49.8	33.7	1.37	0.77	0.13	0.29	1.25	0.14	12.3	SK.35

可能と考えられる。粒度分布からわかるように2 μm 以下の粒度分は8.9%と少なく、原土及び粉砕物の成形性は低い。

富崎粘土は雲母粘土鉱物、石英等の他、カオリン鉱物や斜長石⁴⁾からなる粘土で、若干の鉄分を含んでいることから焼成素地は有色素地になることが予想される。また、2 μm の粒度分が36.7%と比較的細かい原料であり、成形性も高い。

市販品の蛙目粘土は、メーカー資料によると表6に示す化学組成のほか、5 μm 以下の粒度分は93%以上、耐火度はSK.35の性状を有する粘土である。

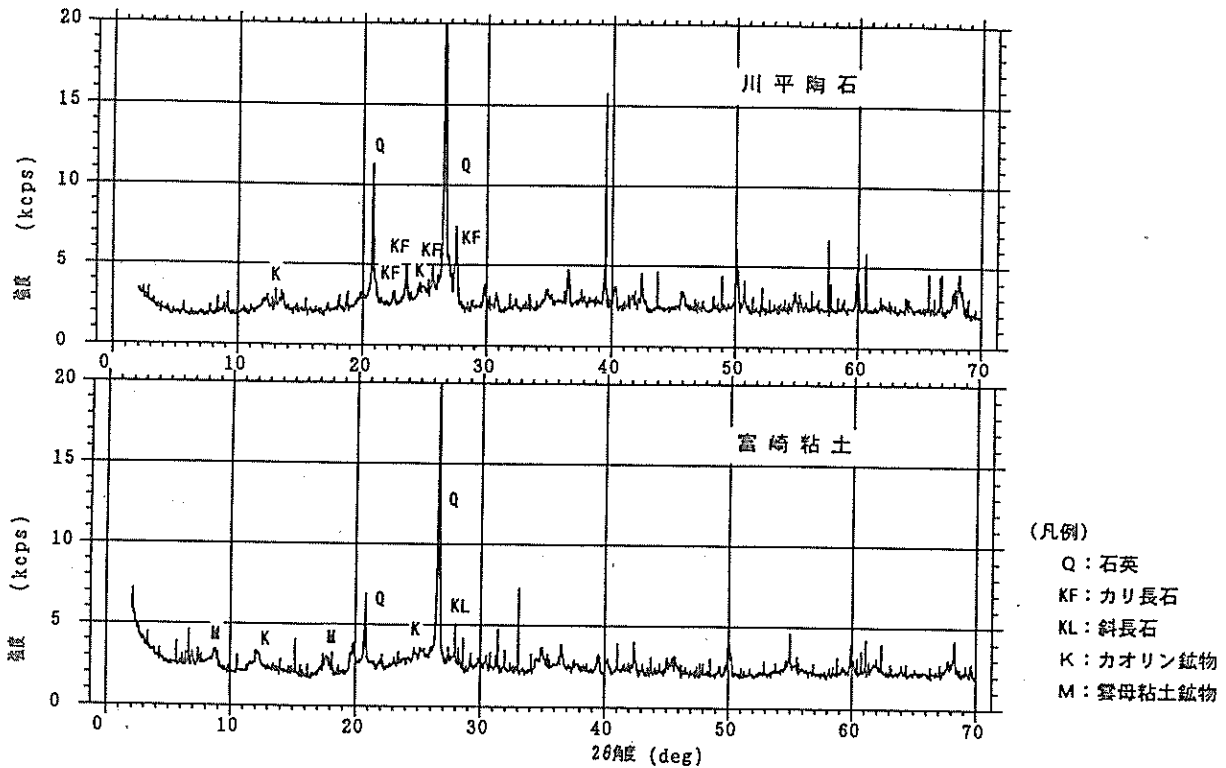


図3 試料のX線回折図

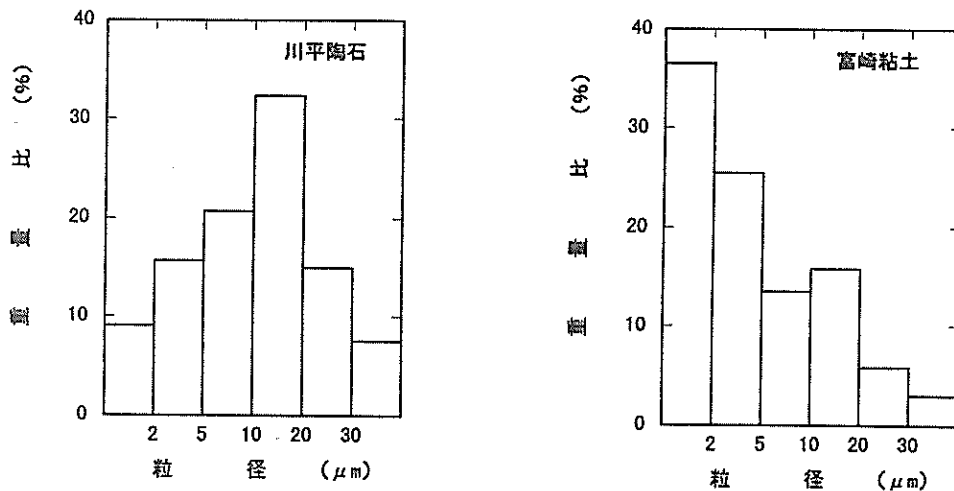


図4 試料の粒度分布

3. 2 素地の成形性及び乾燥性状

(1) 川平陶石—蛙目粘土配合系の基礎性状

この配合系の配合割合の違いによる成形性の変化を表7に、また、乾燥収縮率及び乾燥強度の変化を図5にそれぞれ示す。

川平陶石90%—蛙目粘土10%の素地ではロクロ成形が困難であり、乾燥強度も他の配合素地と比較して低い値を示している。これは、川平陶石に含まれる粘土分や $2\mu\text{m}$ 以下の粒度分が少ない比較的粗な原料であることに原因しており、この配合系において良好な成形性を得るためには蛙目粘土を20%以上配合する必要がある。

また、この配合系の乾燥収縮率は蛙目粘土の配合割合が増えると大きくなる傾向があり、乾燥強度は川平陶石の配合割合が80%以下の素地ではいずれも約0.8MPaとほぼ同じ値を示した。

表7 川平陶石—蛙目粘土配合系の成形性

配合番号	1	2	3	4
川平陶石(%)	90	80	70	60
蛙目粘土(%)	10	20	30	40
成形性	×	○	○	○

凡例 ○;良好 △;可 ×;不可

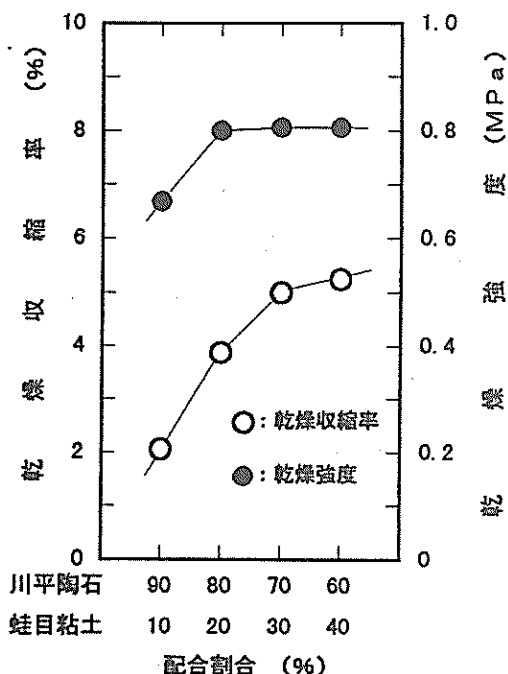


図5 川平陶石—蛙目粘土配合系の乾燥収縮率及び乾燥強度の変化

(2) 富崎粘土—蛙目粘土配合系の基礎性状

この配合系の配合割合の違いによる成形性の変化を表8に、また、乾燥収縮率及び乾燥強度の変化を図6にそれぞれ示す。

この配合系ではいずれの配合割合も良好な成形性を示すが、蛙目粘土の配合割合が30%の素地では粘性が強すぎるため、ロクロ成形には留意が必要である。

また、乾燥収縮率及び乾燥強度とも蛙目粘土の配合割合が増えるとやや大きくなる傾向が認められる。

表8 富崎粘土—蛙目粘土配合系の成形性

配合番号	1	2	3
富崎粘土(%)	90	80	70
蛙目粘土(%)	10	20	30
成形性	○	○	○

凡例 ○;良好 △;可 ×;不可

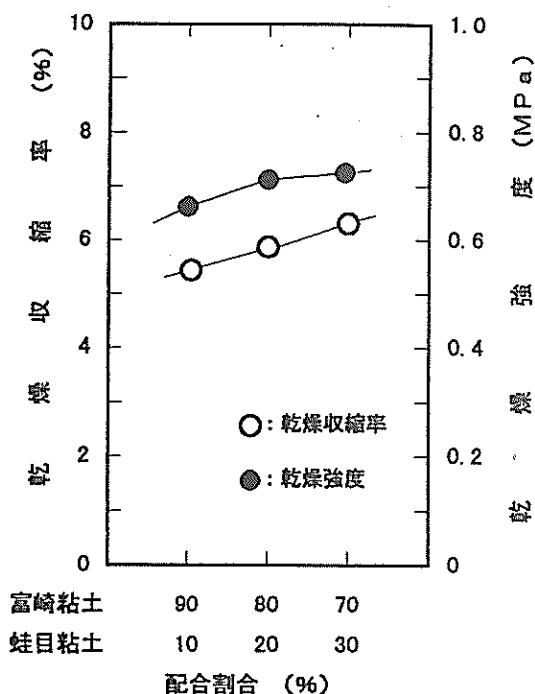


図6 富崎粘土—蛙目粘土配合系の乾燥収縮率及び乾燥強度の変化

(3) 川平陶石—富崎粘土配合系の基礎性状

この配合系の配合割合の違いによる成形性の変化を表9に、また、乾燥収縮率及び乾燥強度の変化を図7にそれぞれ示す。

この配合系では川平陶石の配合割合が増えると成形性が悪くなる傾向にあり、良好な成形性を得るためには川平陶石の配合割合を30%以下にする必要がある。

また、乾燥収縮率及び乾燥強度とも川平陶石の配合割合が増えると小さくなる傾向が認められる。

表9 川平陶石—富崎粘土配合系の成形性

配合番号	1	2	3	4	5	6
川平陶石(%)	10	20	30	40	50	60
富崎粘土(%)	90	80	70	60	50	40
成形性	○	○	○	△	×	×

凡例 ○;良好 △;可 ×;不可

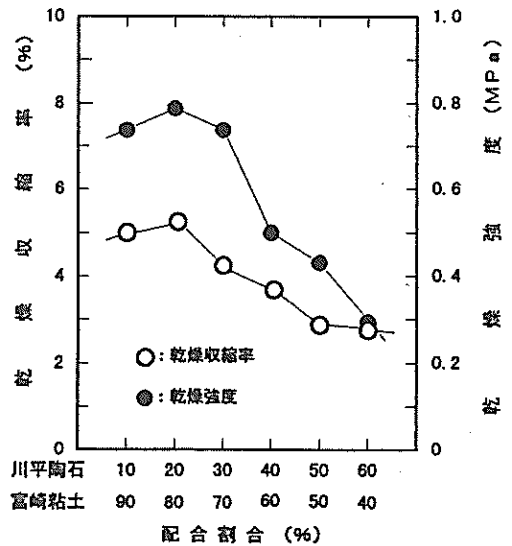


図7 川平陶石—富崎粘土配合の乾燥収縮率及び乾燥粘土強度の変化

(4) 川平陶石—富崎粘土—蛙目粘土配合系の基礎性状

この配合系の配合割合の違いによる成形性の変化を表10に、また、乾燥収縮率及び乾燥強度の変化を図8にそれぞれ示す。

この配合系でも川平陶石の配合割合が増えると成形性が悪くなる傾向を示すが、蛙目粘土を10%または20%配合した素地ではそれぞれ川平陶石の配合割合が40%または50%の素地でもロクロ成形が可能になり、蛙目粘土の配合により成形性が向上している。

また、乾燥収縮率及び乾燥強度とも全体的に川平陶石の配合割合が増えると小さくなる傾向が認められる。

表10 川平陶石—富崎粘土—蛙目粘土配合系の成形性

配合番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
川平陶石(%)	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
富崎粘土(%)	90	80	70	60	50	40	90	80	70	60	50	40
蛙目粘土(外割%)	10	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	20
成形性	○	○	○	○	△	×	○	○	○	○	△	×

凡例 ○;良好 △;可 ×;不可

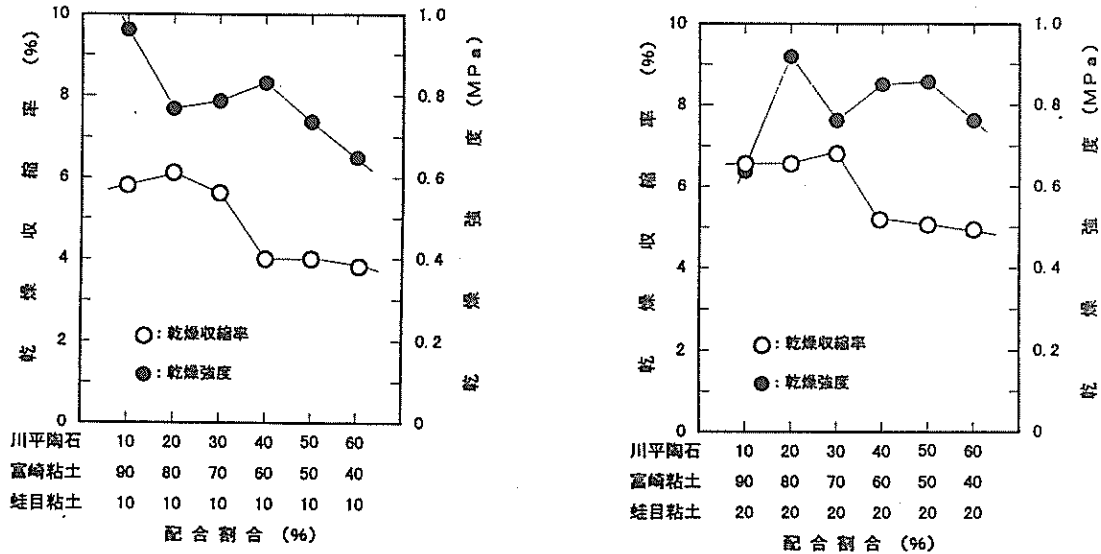


図8 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の乾燥収縮率及び乾燥強度の変化

3.3 素地の焼成性状

(1) 川平陶石-蛙目粘土配合系の焼成性状

この配合系における配合割合及び焼成条件の違いによる焼成収縮率、吸水率、嵩比重及び曲げ強度の変化をそれぞれ図9～図12に示す。

この配合系では、焼成温度が高くなると焼成収縮率は大きくなる傾向を示す。また、焼成収縮率の変化は4.77%～10.5%の範囲にあり、他の配合系と比較して全体的に小さな値を示している。吸水率は川平陶石の配合割合が少ない素地ほど低い値を示すが、焼成温度が高くなると配合の違いによる変化は小さくなり、いずれの素地も1,230℃酸化焼成においてはおよそ5%程度、1,230℃還元焼成においてはほぼ0%の吸水率を示している。また、嵩比重は1.88～2.32、曲げ強度は15.4MPa～37.3MPaの範囲にあり、焼成温度が高くなるに従っていずれの値も大きくなる傾向を示している。

また、酸化焼成では黄色～黄白色、還元焼成では灰白色～白色の焼成呈色を示し、磁器素地としての可能性が認められる。

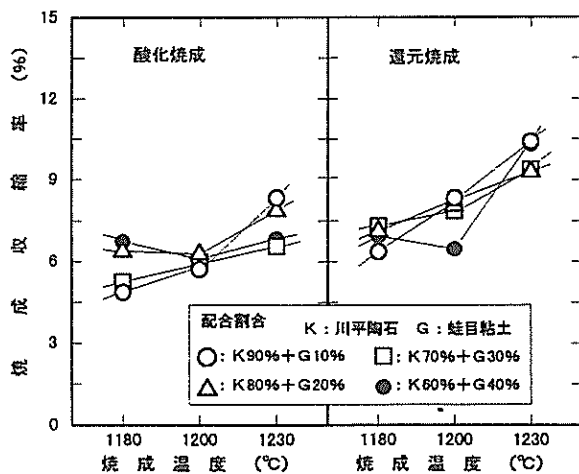


図9 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の焼成収縮率変化

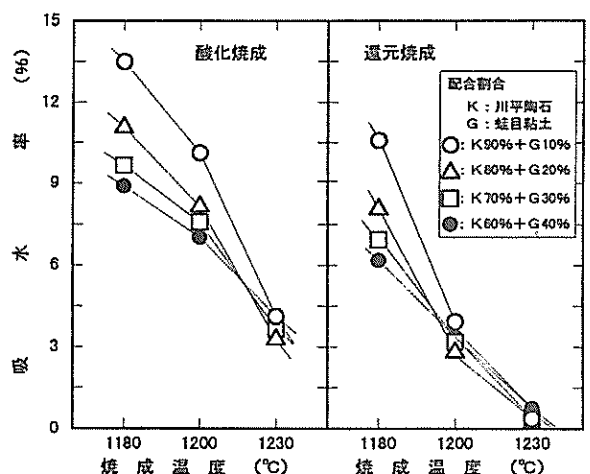


図10 川平陶石-蛙目粘土配合系の吸水率の変化

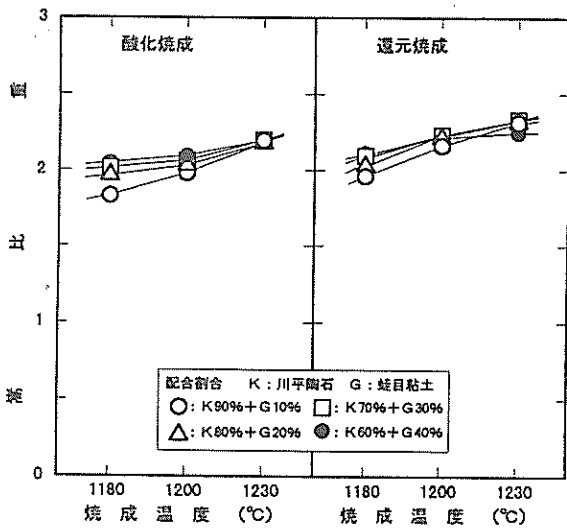


図11 川平陶石-蛙目粘土配合系の
嵩比重の変化

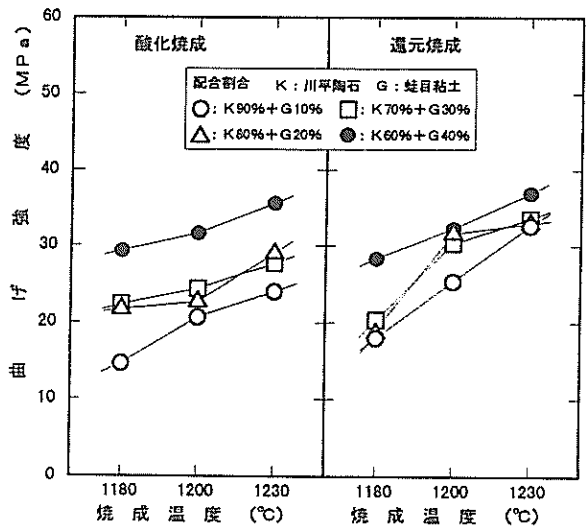


図12 川平陶石-蛙目粘土配合系の
曲げ強度の変化

(2) 富崎粘土-蛙目粘土配合系の焼成性状

この配合系における配合割合及び焼成条件の違いによる焼成収縮率、吸水率、嵩比重及び曲げ強度の変化をそれぞれ図13～図16に示す。

この配合系における焼成収縮率は8.84%～11.51%、嵩比重は2.22～2.38の範囲にあり、配合割合や焼成条件の違いによる顕著な変化は認められない。吸水率も配合比の違いによる変化は小さく、また、1,180℃酸化焼成においては5%以下、1,180℃還元焼成では1%以下の値を示し、比較的低い焼成温度で焼結が進行している。曲げ強度は22.9MPa～44.6MPaの範囲にあり、蛙目粘土の配合割合が多い素地ほど、また、焼成温度が高いほど大きな値を示している。

また、酸化焼成では赤褐色～灰褐色、還元焼成では灰褐色～茶褐色の焼成呈色を示す。

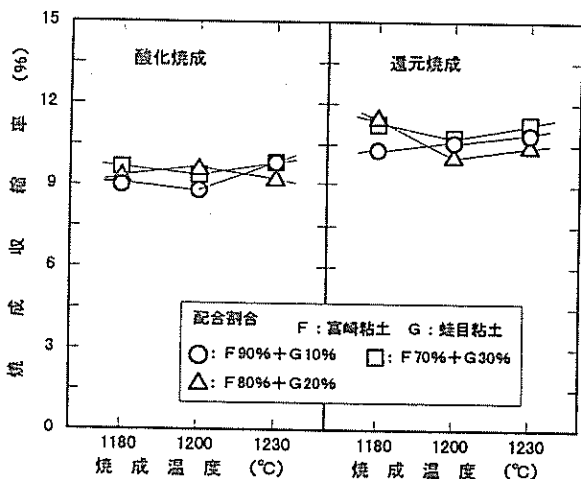


図13 富崎粘土-蛙目粘土配合系の
焼成収縮率

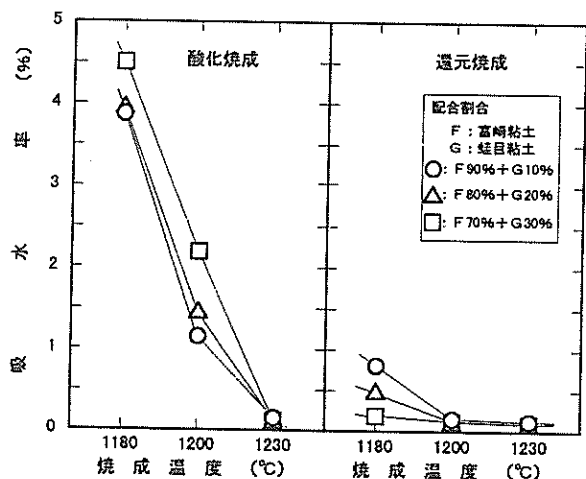


図14 富崎粘土-蛙目粘土配合系の
吸水率の変化

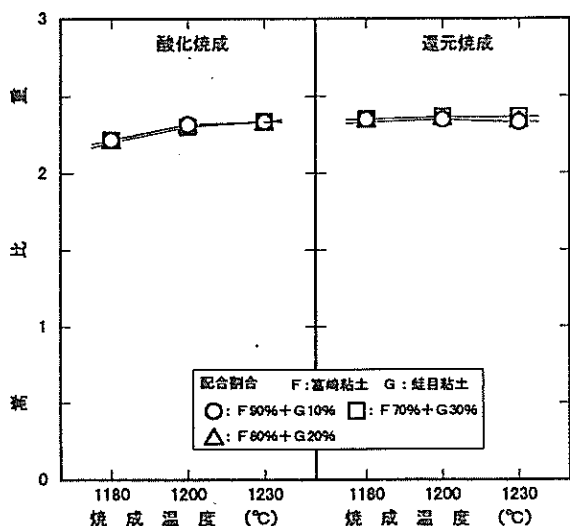


図15 富崎粘土-蛙目粘土配合系の嵩比重の変化

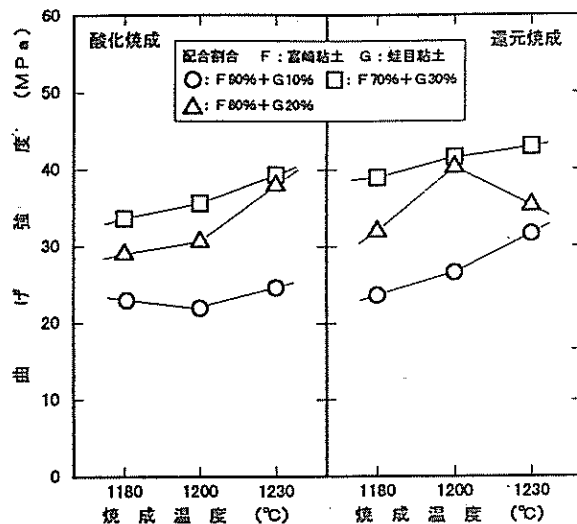


図16 富崎粘土-蛙目粘土配合系の曲げ強度の変化

(3) 川平陶石-富崎粘土配合系の焼成性状

この配合系における配合割合及び焼成条件の違いによる焼成収縮率、吸水率、嵩比重及び曲げ強度の変化をそれぞれ図17～図20に示す。

この配合系の焼成収縮率は6.59%～12.5%の範囲にあり、川平陶石の配合割合が増えると小さくなり、焼成温度が高くなるに従って大きくなる傾向を示している。吸水率は1,180℃及び1,200℃酸化焼成において1.93%～10.6%、1,180℃還元焼成において1.26%～6.48%の値を示し、富崎粘土の配合割合が多い素地ほど低い値を示す。また、酸化焼成では1,230℃、還元焼成では1,200℃においていずれの素地もほぼ0%に近い吸水率を示し、焼結していることが認められる。しかし、1,230℃還元焼成では嵩比重及び曲げ強度がやや低下しており、製品によってはこの条件における焼成には配慮が必要である。

この配合系の焼成呈色は、酸化焼成では赤褐色～灰褐色、還元焼成では灰褐色～茶褐色を呈する。

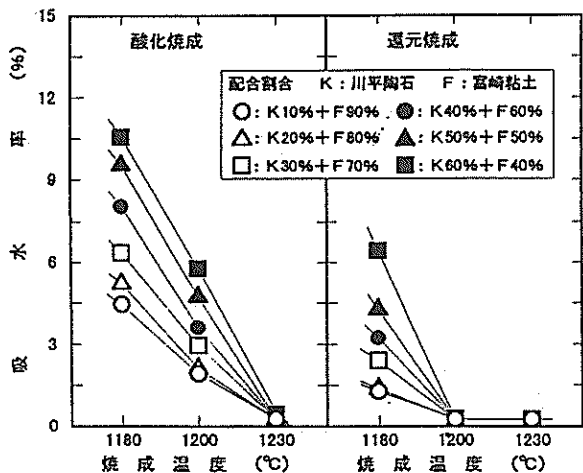


図17 川平陶石-富崎粘土配合系の焼成収縮率の変化

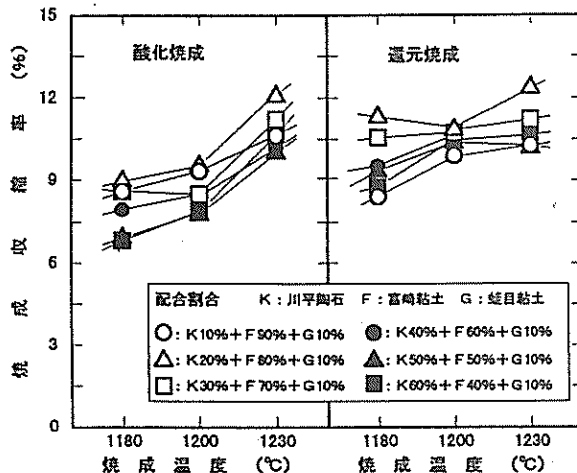


図18 川平陶石-富崎粘土配合系の吸水率の変化

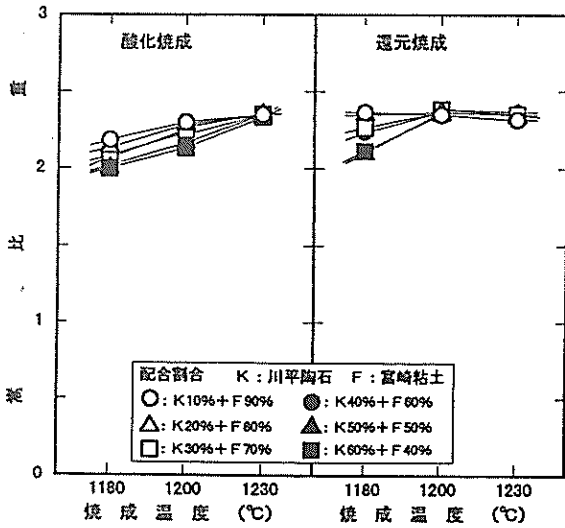


図19 川平陶石-富崎粘土配合系の嵩比重の変化

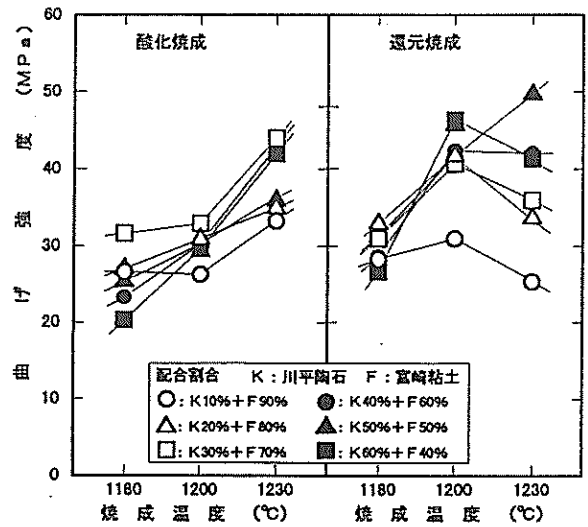


図20 川平陶石-富崎粘土配合系の曲げ強度の変化

(4) 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の焼成性状

この配合系における配合割合及び焼成条件の違いによる焼成収縮率、吸水率、嵩比重及び曲げ強度の変化をそれぞれ図21～図24に示す。

蛙目粘土を10%配合した素地と20%配合した素地とを比較すると、各焼成特性ともほぼ同様な変化を示し、蛙目粘土の配合割合の違いによる顕著な差は認められなかった。

この配合系の焼成収縮率は6.64%～12.8%の値を示し、川平陶石の配合割合が増えると小さくなる傾向を示している。吸水率は1,230℃酸化焼成及び1,200℃還元焼成においてほぼ0%に近い値を示し、この焼成条件で焼結している。しかし、1,230℃還元焼成では嵩比重、曲げ強度ともほぼ同じか、または低い値を示す傾向が認められることから製品によってはこの条件における焼成には配慮が必要である。

また、この配合系の焼成呈色は、酸化焼成では淡赤色～灰褐色、還元焼成では灰褐色～茶褐色を呈する。

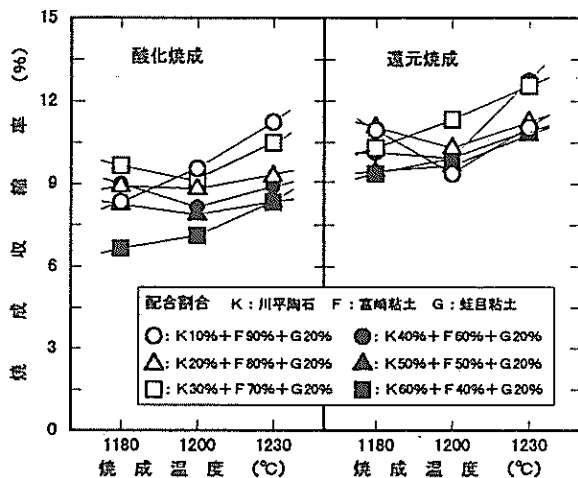
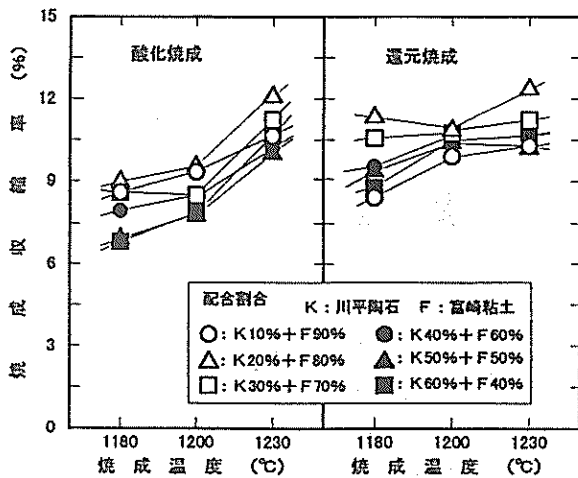


図21 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の焼成収縮率の変化

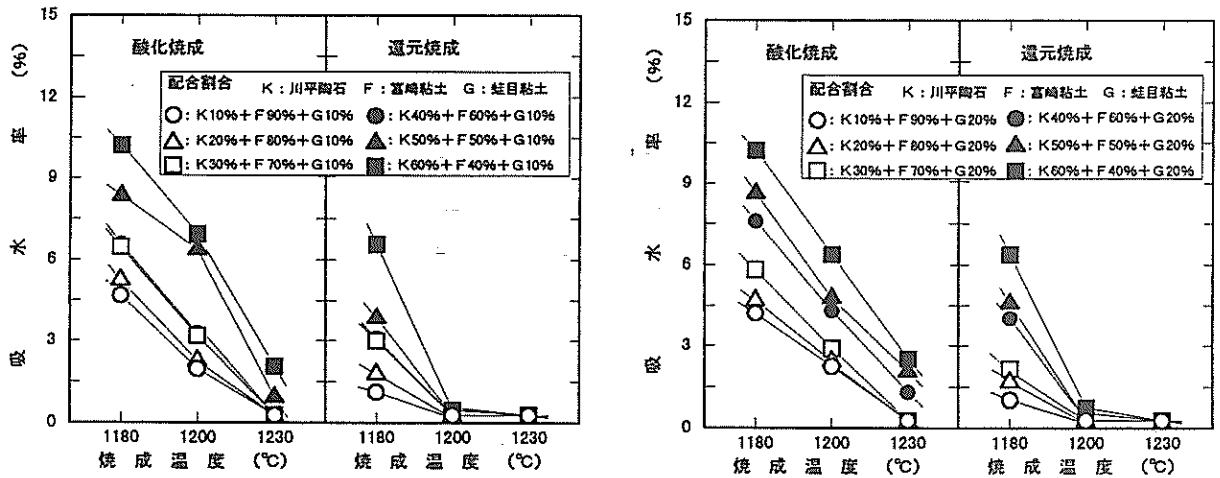


図22 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の吸水率の変化

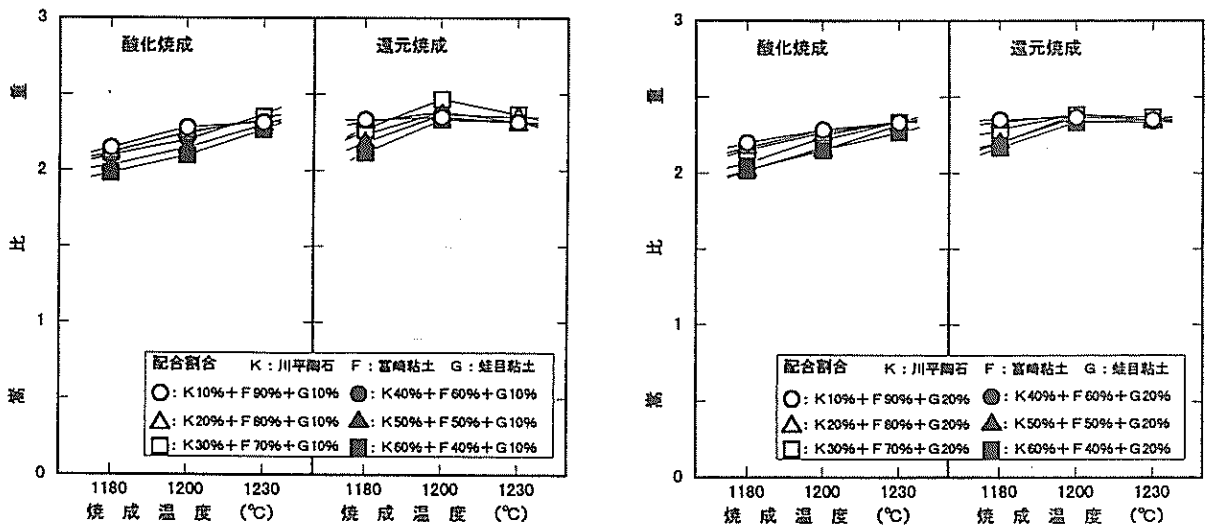


図23 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の嵩比重の変化

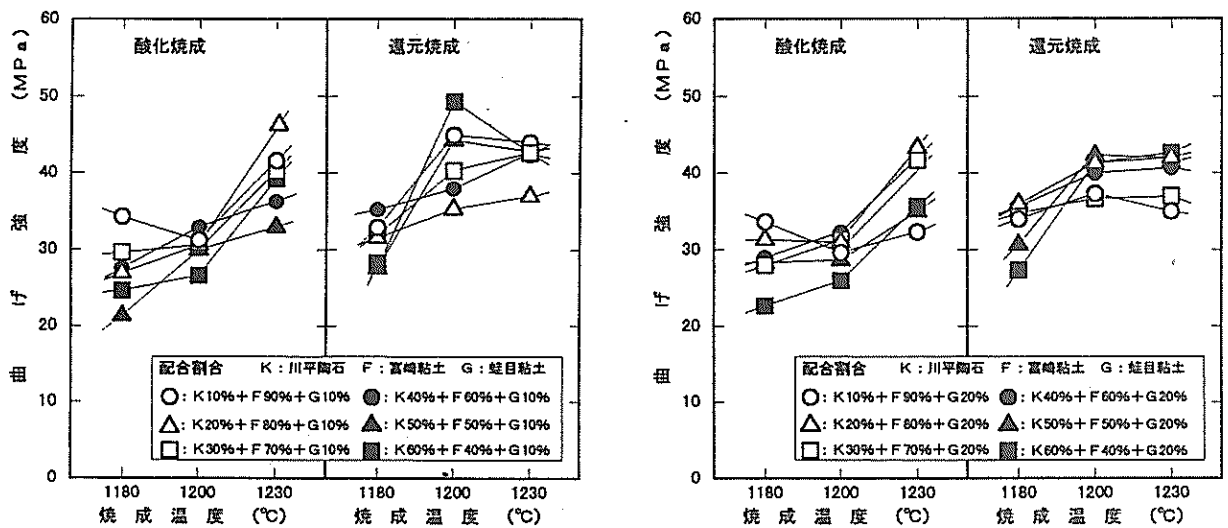


図24 川平陶石-富崎粘土-蛙目粘土配合系の曲げ強度の変化

4. 結 言

石垣島に賦存する川平陶石と富崎粘土の基礎性状及びこれらを用いた陶磁器素地の配合割合や焼成条件の違いによる特性の変化について試験した結果、以下に示す知見が得られた。

- (1) 川平陶石はカリ長石、石英を主成鉱物とする原料で、鉄分が比較的少ないため陶器原料だけでなく磁器原料としての利用が可能である。しかし、単味では成形性が低く、成形助材として蛙目粘土のような粘土質原料を配合する必要がある。
- (2) 富崎粘土は雲母粘土鉱物、石英を主成鉱物とする粘土で、鉄分を含むために陶器原料としての利用が適当と思われる。また、 $2\mu\text{m}$ 以下の粘土分が比較的多く、成形性が良い。
- (3) 川平陶石—蛙目粘土配合系では川平陶石の配合割合が増えると成形性が悪くなるため、蛙目粘土を20%以上配合（内割）する必要がある。また、 $1,230^{\circ}\text{C}$ 還元焼成において吸水率はほぼ0%、焼成呈色は白色を示し、磁器素地として十分使用可能である。
- (4) 富崎粘土—蛙目粘土配合系では全体的に成形性が良好で、 $1,180^{\circ}\text{C}$ 焼成において吸水率が5%以下になるなど、比較的低い温度で焼成可能な陶器素地として使用可能である。
- (5) 川平陶石—富崎粘土配合系においても陶器素地としての使用が可能であり、成形性の良い素地を得るには、川平陶石の配合割合（内割）を30%以内にする必要がある。また、この配合系の $1,230^{\circ}\text{C}$ 還元焼成では嵩比重、曲げ強度が低下する傾向があることから、製品によってはこの条件における焼成について配慮する必要がある。
- (6) 川平陶石—富崎粘土—蛙目粘土配合系では川平陶石—富崎粘土配合系と同様、陶器素地として使用可能である。川平陶石—富崎粘土配合系と比較して蛙目粘土の配合により成形性が向上するものの、 $1,230^{\circ}\text{C}$ 還元焼成で嵩比重、曲げ強度が同じかまたは低下する傾向があることから、製品によってはこの条件における焼成について配慮する必要がある。

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第8号(1980)、P55—P69
- 2) 与座範弘、花城可英、宜野座俊夫、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第11号(1983)、P101—P119
- 3) 与座範弘、花城可英、宜野座俊夫、照屋善義、県内未利用資源の高級化に関する研究、沖工試業務報告第15号(1987)、P25—P57
- 4) 平成9年度石垣島窯業資源調査報告書、沖縄県八重山支庁、玉野総合コンサルタント株式会社(1998)
- 5) 平成10年度石垣島窯業資源調査報告書、沖縄県八重山支庁、玉野総合コンサルタント株式会社(1999)

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。