

低温焼成リサイクル磁器の開発

堤 靖幸・寺崎 信

天草低火度陶石を活用した低温焼成リサイクル陶土の開発を行い、鑄込用陶土については圧力鑄込成形で良好な成形性が得られ、1160 還元焼成体は天草撰中と同等の性状を有した。細工用陶土については機械ろくろ成形ができ、1200 焼成に適する素地を得た。釉薬については天目釉など 15 種類の色釉で十分な溶解性と発色性を確認できた。

1. はじめに

昨今、地球温暖化やごみ問題など環境問題への関心は高まっており、当産地でも環境対策は課題となっている。当センターではこれまでに低温焼成磁器やリサイクル陶土を開発した。低温焼成磁器については現行の焼成作業温度の変更にとまない、製造プロセスの変更が必要だが、行政的な助成制度が整っていないことなどから実用化がすすんでいない。またリサイクルについてはリサイクル製品認定制度などが有り、販売も上向きだが、さらに競争力を高めるため、付加価値の向上が求められている。この2つの技術を応用することでより一層の環境負荷軽減を行い、商品価値の向上を目指す。なお今年度よりこの研究は九州知事会で承認された佐賀県、長崎県および熊本県の三県共同研究「天草陶石を活用した環境対応型次世代陶磁器の開発」の分担課題となっている。

表1 試験素地 (No.32) の原料割合

原料	mass%
ハマセルベン	15
低火度酸処理陶石	35
益田長石	20
SPカオリン	10
本山蛙目粘土	20
合計	100
再生原料利用率	15

2. 実験方法

2.1 鑄込用陶土の開発

リサイクル原料として陶磁器製造工程からの排出物のうち有色不純物の混入が少ない窯道具のハマを15%用いエコマーク取得の基準配合率¹⁾を満たした。原料は前述のハマ以外には天草低火度陶石の酸処理品(H19)、益田長石、SPカオリンおよび本山蛙目粘土(特級)を用いた。500g程度の小スケールで試験をした後、圧力鑄込用として20kg程度の泥漿を調製した。表1に配合割合と再生原料利用率を示す。泥漿の調製条件は含水率25%、珪酸ソーダ0.2%で行い、20kgボールミルで粉碎混合した。この泥漿で圧力鑄込み成形を行いガス炉により1160で還元焼成して得られた焼成体の諸物性を評価した。

2.2 細工用陶土の開発

良質な天草陶石に随伴して産出する低火度陶石は未利用であり、エコマークの基準配合原料では採石

表2 試験素地 (L6) の原料割合

原料	mass%
低火度陶石(H18木山)	35
酸処理陶石(H10上田)	30
天草撰上陶土	30
SPカオリン	5
合計	100
再生原料利用率	35

廃棄物と見なすことができ、35%以上の配合で同基準を満たすことができる。前年、低火度陶石を利用し細工用陶土の開発試験を行った¹⁾。比較的良好な結果であったL6 調合物について、スタンパーによる粉碎を行い、水簸、混合し、フィルタープレスによりケーキを得た。さらに、真空土練機により細工用の陶土を作製した。この陶土により機械ろくろ成形を行い、成形性状を調べた。また、鋳込み成形により20×7×125mmの形状のテストピースを作製し、焼成性状を調べた。

2.3 低温焼成用釉薬の開発

1200 用の釉薬試験をする。白釉については以前行ったことがあり²⁾、その応用で調合試験をする。また、色釉については市販のものを利用可能か焼成試験を行う。ガス炉により還元焼成する釉薬を21種類、電気炉により酸化焼成する釉薬を9種類選定した。テストピースに施釉後、各々の炉により焼成し、焼成体を得た。外観観察、色差計及び光沢度計の測定により釉の焼成性状を評価した。

3. 結果と考察

3.1 鋳込用陶土の生性状

調製した陶土の粒度分布を図1に示す。天草陶土と比較して平均粒径はさほど変わらないが分布は大きく異なり狭い分布となっている。粘土を配合した一般的な陶土の分布と比べると細かい粒径範囲が少

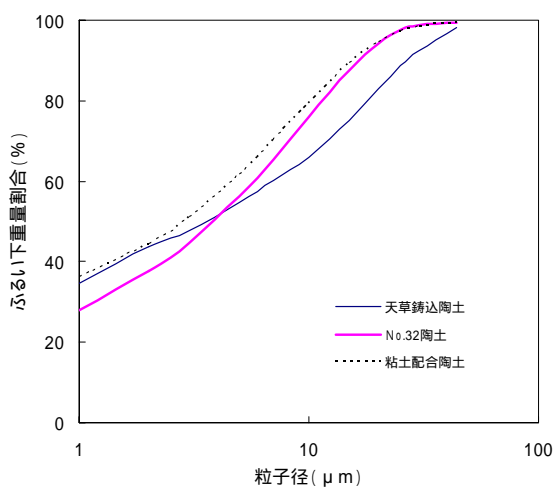


図1 陶土の粒度分布

ない。これは粉碎時間を長くすれば近い分布にすることが可能である。圧力鋳込みにより角皿、八角鉢を成形した。歪みや切れ等の欠点はなく良好な成形性を示した。

3.2 鋳込用陶土の焼成性状

鋳込みで成形したテストピース焼成体の物性試験を行った。3点曲げ強度、吸水率、嵩比重、白色度、熱膨張係数、X線回折による鉱物組成および10cmスパンでの焼き下がり測定した。表3に諸物性を、図2にX線回折パターンを示す。

表3 試験素地 (No.32) の焼成性状

曲げ強度(MPa)	74.4
吸水率(%)	0.09
嵩比重	2.37
白色度(LAB)	81.97
熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	7.28
焼き下がり(mm/10cm)	4.4
鉱物組成	-石英 ムライト

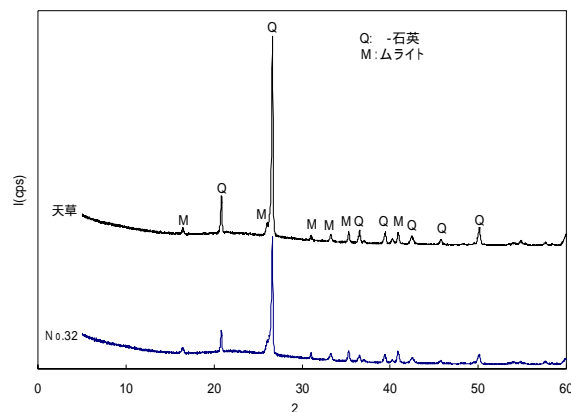


図2 試験素地焼成体のX線回折パターン

曲げ強度、吸水率、嵩比重および白色度は天草素地の 1300 での焼成性状と同等であった。熱膨張係数も通常の天草素地並みで粘土やセルベンを配合した素地としては高くなっており低温焼成用釉薬と適合させやすい。焼き下がりや天草素地より小さく、十分な焼腰がえられた。X線回折パターンからムライトの生成が認められ 1160 でも焼結が十分進んでいることがうかがえる。図 3 に角皿と八角鉢の焼成品を示す。



図 3 圧力鋳込み成形による試作

3.3 細工用陶土の物性試験

機械ろくろ成形は、少量多品種生産に向き、有田焼の製陶所でも多く用いられており、この成形法により成形できる意義は高い。図 4 に示すような湯飲みと茶付を成形したが、陶土の延びや成形後の離型性や保形性に問題は無く、陶土の調整は良好であったと判断できる。本焼はガス炉により 1220 まで 8 時間で行ったが、軟化変形も認められず、透光性も有する白磁に焼きあがっていた。白色度 W(Lab) は前年の試験データと同程度で、81.5 であった。天草陶土の撰中から撰下クラスの白さであるが、採石廃棄物の再利用であることを考えるとこの程度が限界かとおもわれる。

また、今回製作した陶土により棒状のテストピースを作製し、電気炉により 1175 ~ 1275 まで焼成した。素地の吸水率及び嵩密度を測定し、図 5 に示す焼成性状を評価した。1195 から磁器化していることがわかる。また、1280 までは嵩密度の変化も小さく、焼成による軟化変形も問題ないと考えられる。この温度範囲が本焼温度の目安であり、ガス炉によ



図 4 機械ろくろ成形による試作

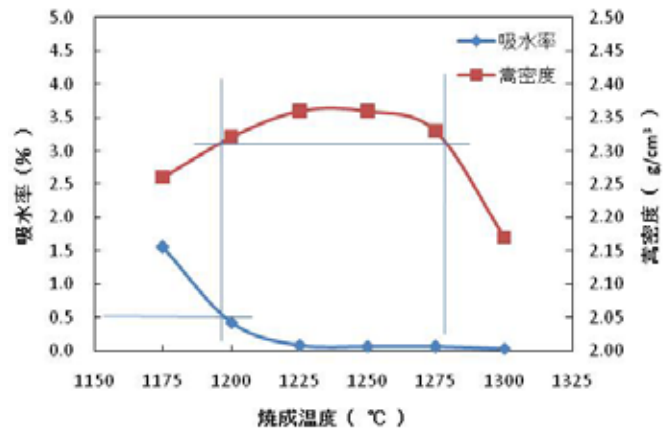


図 5 試験素地 (L6) の焼成性状

り本焼をした温度 1220 は適正であったと判断される。

3.4 低温焼成用釉薬の発色試験

色釉は試験をした 30 種類のうち、15 種類が溶解不足であったが、他の 15 種類については十分溶解していた。溶解の良かった釉薬について 1300 焼成と 1200 焼成で比較したものを表 4 に示す。表中、上段 10 種類は還元焼成用釉薬で、下段 5 種類が酸化焼成用釉薬である。色差計により Lab* を測定し、1300 焼成体と 1200 焼成体の色差 E* を調べた。

E* < 3 では目視による感覚的な差も小さく、同じような発色を示すことがわかる。また、E* が 4 以上の大きかった釉薬について色の变化を調べるため、図 6 の ab 色度図に示した。赤ワラ灰釉、ブルー釉、黄磁マット釉では低温焼成により彩度が向上していると判断される。イラホ釉、ルリ釉では彩度が低下しているが、還元の影響と別な要因も考えられる。緑系の釉薬はいずれも色相が青味が增加するほうへ变化した。低温焼成により色の变化が大きかつ

表4 色釉のLab*表色系による発色と光沢

No.	Name	1300			1200			E*	光沢の変化
		L*	a*	b*	L*	a*	b*		
4	トルコ青磁釉	54.7	-15.1	-2.8	50.8	-16.0	-7.3	6.0	同程度
5	黄磁マット	79.7	-10.0	32.1	76.1	-9.4	35.4	4.9	向上
7	黒釉	28.9	-0.9	1.0	26.6	-0.7	1.3	2.3	同程度
8	赤ワラ灰釉	61.9	14.8	5.6	48.5	20.9	5.1	14.8	同程度
9	イラホ釉	55.3	-0.7	26.3	50.7	-5.1	15.6	12.5	同程度
13	グリーン釉(LT)	41.9	-13.9	7.6	52.8	-17.9	-3.8	16.2	同程度
15	YB-15	65.0	-17.2	5.7	61.6	-17.6	1.1	5.7	同程度
18	ルリ釉	36.0	21.8	-39.8	33.3	21.4	-36.4	4.4	低下
20	ブルー釉	60.4	-10.6	-11.4	48.9	-8.5	-23.2	16.6	同程度
	天目釉	30.2	-0.7	-0.2	30.4	-0.8	2.5	2.7	同程度
21	赤釉	57.0	35.9	29.4	56.8	35.8	29.4	0.2	同程度
22	ゴールド釉	83.3	-2.2	59.7	83.1	-1.1	60.3	1.2	同程度
25	トルコグリーン	54.9	-25.5	0.9	58.4	-22.7	1.2	4.4	同程度
27	マリンブルー	62.7	-21.4	-12.2	64.5	-19.3	-9.8	3.7	同程度
28	ワインレッド	28.6	9.5	0.5	29.0	8.7	2.3	2.0	同程度

た釉薬についても溶融性は良く、利用はできるものと考えられる。

テストピースの平面性が良くないせいか、光沢計による測定では良い結果を得ることができなかった。表4に示す光沢の変化は目視による外観観察である。低温焼成でも1300焼成と同程度の光沢が得られた。

白釉については、伝統釉薬のような釉調を望むニーズがあるが、今回の試験では乳濁や呉須の発色が明るすぎるなど十分な結果はまだ得られなかった。

4. まとめ

鑄込用陶土については圧力鑄込成形において良好な成形性が得られ、焼成性状も天草撰中焼成品と同等であった。

細工用陶土については機械ろくろにより湯のみ、茶付けの成形ができ、可塑性に問題はないことがわかった。また、焼成性状の結果により

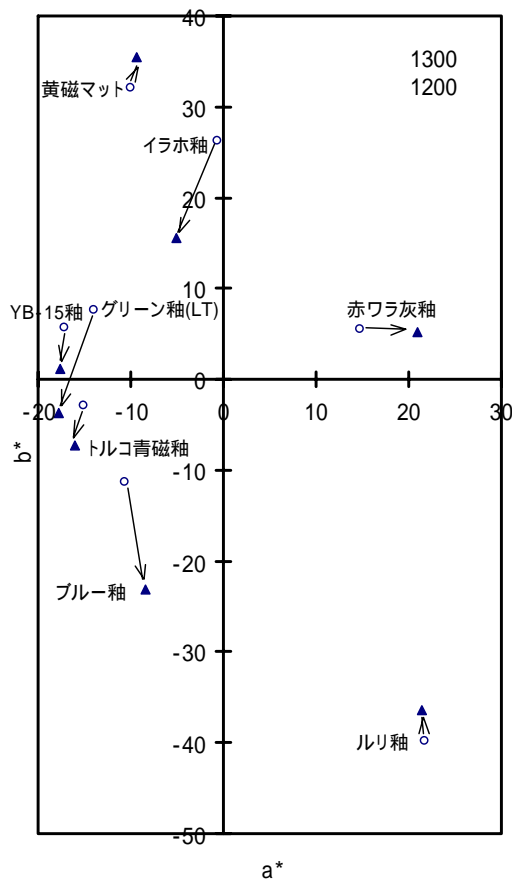


図6 色釉の発色を示すab*色度図

1200焼成に適するものと判断される。

釉薬については天目釉など15種類の色釉で十分な溶融性と発色性を確認できた。有田焼では割烹食器などで色釉は多く使われており、低温焼成でも利用できるものと思われる。

参考文献

- 1) 堤 靖幸、寺崎 信、佐賀県窯業技術センター 平成18年度業務報告書、6-9 (2006)
- 2) 寺崎 信、佐賀県窯業技術センター 平成9年度業務報告書、67-71 (1997)