

有田焼製造工程から発生する窯業廃棄物(太白屑、ハマ、素焼屑)を 21wt%使用した強化磁器用陶土を開発し、それをスケールアップ調製して製品試作、圧力鋳込成形に対応するため配合組成変更した陶土の調製を行い、現行強化陶土と特性の比較検討を行った。碗状の製品試作では衝撃強さが、一般磁器より 2 倍以上高い強度を得えられた。スケールアップ調製したこの 2 種類の素地とも、施釉体では 3 点曲げ強度 200MPa を達成することができた。

1. はじめに

平成 13 年度より大有田焼振興協同組合は環境をキーワードとして有田焼業界の振興と活性化を目的として、窯業廃棄物(太白屑、ハマ、素焼屑)を使用したリサイクル食器「有田エコポーセリン」に係わる事業を立ち上げ、当センターは技術的支援を行ってきた。

エコポーセリン 21 商品の求評活動や販売による実績から「強化磁器食器も廃棄物利用の製品を」という要望が上記組合からあり、当センターは素地開発を主眼に技術的支援を担うことになり、平成 14 年度報告ではテストピースでの開発経過および物性などについて報告した。

本報告では昨年度研究で焼成素地の 3 点曲げ強度が 200MPa 以上を達成できた配合を基に、陶土をスケールアップ調製して、製品化を念頭においた試験等を行い、現行強化陶土と比較検討したことを報告する。

2. 実験方法

2.1 陶土のスケールアップ調製

陶土調製の配合比は、昨年度報告¹⁾したなかで 3 点曲げ強度が最高値を示した No.8 の配合を適用することにした。スケールアップする際、粒度分布等が変化することが経験的に分かっているため、配合組成を一部変更、追加した。その配合比を表 1 に示

表 1 エコポーセリン強化 1 の配合比(wt%)

	No.8 ¹⁾	エコポーセリン強化1
太白屑	1	1
ハマ	15	15
素焼屑	5	5
益田長石	23	22
NZカオリン	7	7
Mカオリン	9	9
本山蛙目粘土	16	17
アルミナ(A-31)	24	24
ベントナイト	0	0.2

表 2 エコポーセリン強化 2 の配合比(wt%)

	エコポーセリン強化2
太白屑	1
ハマ	10
素焼屑	10
益田長石	22
SPカオリン	8
本山蛙目粘土	25
アルミナ(A-42-2)	24
ベントナイト	0.2

す。この組成をエコポーセリン強化 1 とする。

当初の目的は強化磁器の主な用途として学校や病

院等の給食食器が想定されることから、成形方法はローラーマシン成形を念頭に置いていた。しかしながら、開発後、圧力鑄込成形による製品化の要望が県内窯元よりあり、陶土の可塑性を向上させるためさらに配合組成を変更することとした。このとき要望先の都合上、窯業廃棄物割合は

太白屑：ハマ：素焼屑=1:10:10

に戻した。その配合比を表2に示す。この組成をエコポーセリン強化2とする。

使用した原料について、窯業廃棄物成分は昨年度報告りと同一物を使用し合計21wt%とした。融剤成分は益田長石、粘土成分として本山蛙目粘土(特級)、ニュージーランドカオリン(NZカオリンと略称)、マレーシアカオリン(Mカオリンと略称)およびSPカオリン、アルミナは日本軽金属A-31(カタログ中心粒径:5μm)および昭和電工A-42-2(カタログ中心粒径:4.7μm)、ベントナイトは日本有機粘土のベンゲルを使用した。

陶土の調製については、窯業廃棄物はジョークラッシャーおよびロールクラッシャーで5mm程度以下まで粉碎し、その後1バッチ分50kgボールミルに全量(乾燥粉)50kgおよび水を投入して2バッチ所定の粒径まで微粉碎を行った。ボールミルから取り出して、フィルタープレスで余剰水分を除去し、ケーキを作成しエコポーセリン強化1は真空土練機にて硬度約11にして調製した。エコポーセリン強化2はケーキから泥しように調製した。

2.2 製品試作および特性評価

製品試作としてエコポーセリン強化1の陶土はローラーマシン(UR-50 KAJISEKI 製)を用いて、直径164mm高さ67mmの碗状に成形した。900°Cで素焼後、熱膨張係数が $4.2 \times 10^{-6}/K(30^{\circ}C-700^{\circ}C)$ の釉薬2)を施釉して、ガス炉にてSK10還元雰囲気中で本焼成した。この焼成した碗について衝撃強さを

ASTM C368型衝撃試験機(RA-112型 リサーチアシスト製)を用いて行った。このとき比較として天草陶土を用いて同一の形状で成形、焼成して調べた。

エコポーセリン強化2の陶土については泥しように特性を調べるため、粘度を回転粘度計(DVH-BII型 トキメック製)で測定した。測定時の条件は、泥しよりの濃度は28%、粘度計はロータ No.4で100rpmの条件で行った。このとき比較のため、現在業界で流通している強化磁器用陶土を用いて同様に行った。

両方の陶土について、石こう型により概寸法厚さ6×幅10.5×長さ80mmの成形体を作製し、上記の同様の方法で無釉体、施釉体をSK10還元雰囲気中で本焼成して、3点曲げ強度、吸水率およびかさ密度を調べた。

また、焼成温度の変化による特性を調べるため、電気炉を用いて酸化雰囲気1234°C~1439°Cで焼成して、3点曲げ強度、吸水率およびかさ密度を調べた。比較として現行の強化陶土と同様に行った。なお、焼成素地の3点曲げ強度の測定は島津製作所製オートグラフAGS-5kNDによりスパン30mm、クロスヘッドスピード5mm/min、支点到ゴムを敷いて行い、吸水率およびかさ密度は煮沸法により求めた。

3. 結果と考察

3.1 エコポーセリン強化1試作の特性

ローラーマシンによる碗状の成形は特に問題無く行えた。ただし脱型するとき、変形や割れが若干生じ易かった。このことは脱型までの時間を延ばすことで解決できた。

表3 碗の衝撃強さ

	衝撃強さ(J)
エコポーセリン強化1	0.29
天草磁器	0.13

表4 SK10還元雰囲気焼成したときの各特性

	無釉体3点曲げ強度(MPa)	施釉体3点曲げ強度(MPa)	吸水率(%)	かさ密度(g/cm ³)
エコポーセリン強化1	178.4	220.7	0.06	2.70
エコポーセリン強化2	155.4	205.5	0.07	2.72

表3に碗の衝撃強さの結果を示す。天草陶土を使った一般磁器より2倍以上高い値であった。また、表4にテストピース形状にしたときの3点曲げ強度等を示す。無釉体では200MPaに到達できなかったが、施釉体では220.7MPaと高い値を示した。昨年度の結果と比べると無釉体曲げ強度は16%程度低下した。吸水率をみると0.06%とほぼ焼き締まっているが、かさ密度が0.03 g/cm³も低い。このときのリファサーモによる指示温度は1286°Cであったが、やや焼成が進んでいないと考えられる。焼成スケジュールで改善できると考えられる。



図1 エコプロダクツ2003での展示模様1



図2 エコプロダクツ2003での展示模様2

この試作品については2003年12月東京ビッグサイトで開催されたエコロジー関連商品の展示会エコプロダクツ2003に出展し、(図1、2参照)。来場者から好評を得た。

3.2 エコポーセリン強化2の特性

この陶土については鑄込成形性が重要となるので泥しょうの粘度特性を前述の条件で調べた。図3にその結果を示す。現行の強化陶土と比べると明らかに低い粘性を示した。これは現行強化陶土の方は不明だが、使用されている粘土材料の違いによるものだと考えられるが、さらにエコポーセリン強化2の方は焼成済窯業廃棄物を使用しているため低い粘性になったと考えられる。この結果から、圧力鑄込成形を泥しょう濃度25%水ガラス添加量0.25wt%条件で問題なく行えた。

表4にテストピース形状による焼成体特性を示す。このときのリファサーモ温度は1310°Cであった。施釉体曲げ強度は200MPaを到達できたが、無釉体についてはエコポーセリン強化1よりさらに低下した。吸水率、かさ密度は開発当初の素地と同等である。

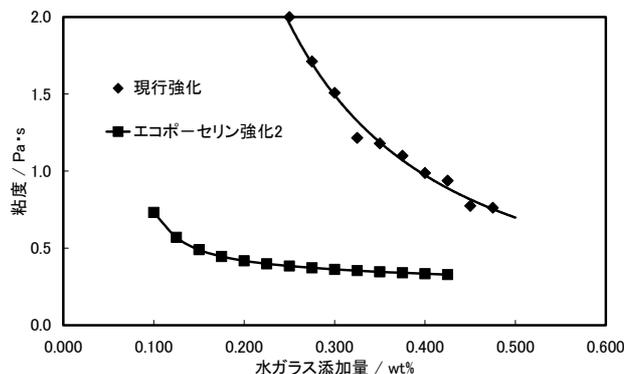


図3 泥しょうの水ガラス添加量と粘度の関係

これは陶土の可塑性を改善する目的で配合組成をかなり変更したため、開発当初の素地とは違った特性の素地になっているようである。

3.3 焼成温度の変化によるエコポーセリン強化素地の特性

図4～6にエコポーセリン強化1、エコポーセリン強化2および現行強化陶土の焼成温度による3点曲げ強度、吸水率およびかさ密度の結果を示す。曲げ強度はどの焼成温度でもエコポーセリン強化1が高かった。吸水率は3種ともほぼ同等の0.1%未満で充分磁器化している数値であった。かさ密度をみるとやや現行強化が高い値を示したが、焼成温度による変化は、ほぼ同等と判断できる。ただ約1380℃以上ではどれもかさ密度は低下しており、高温による素地の発泡現象から閉気孔が生成していると考えられる。昨年度の結果¹⁾によると同じ現行強化は、SK10還元雰囲気焼成ではかさ密度が2.77 g/cm³であり、本報告の最高値より0.03g/cm³も高い。現行強化は酸化雰囲気焼成では十分に緻密化できていないようである。

いずれにせよ当初の開発素地の配合組成に近いエコポーセリン強化1は、スケールアップ調製した陶土でも高強度を持つことが分かった。

4. まとめ

有田焼製造工程から発生する窯業廃棄物(太白屑、ハマ、素焼屑)を21wt%使用した強化磁器用陶土を開発し、それをスケールアップ調製して製品試作(エコポーセリン強化1)、圧力鑄込成形に対応するため配合組成変更陶土の調製(エコポーセリン強化2)を行い、現行強化陶土と特性の比較検討を行った。エコポーセリン強化1および2とも施釉体では3点曲げ強度200MPaが達成することできた。

エコポーセリン強化1はローラーマシンで直径

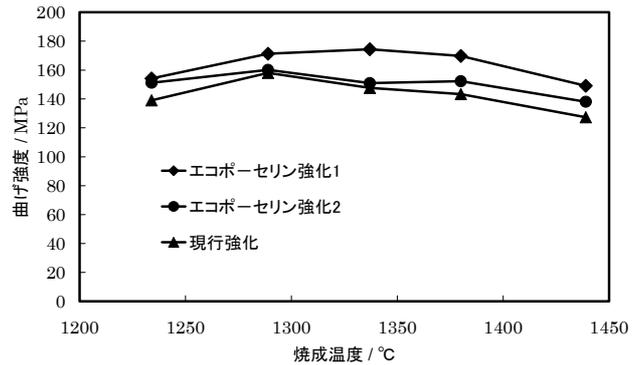


図4 酸化雰囲気における焼成温度と曲げ強度の関係

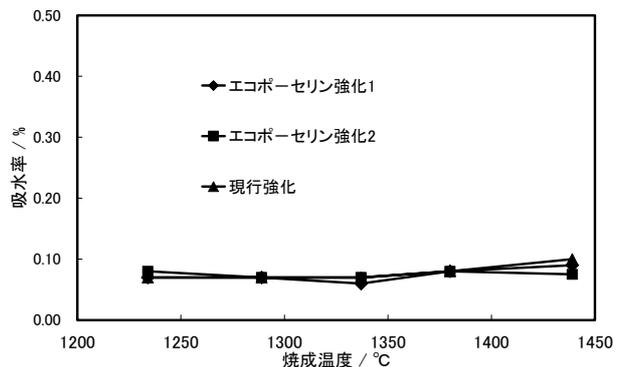


図5 酸化雰囲気における焼成温度と吸水率の関係

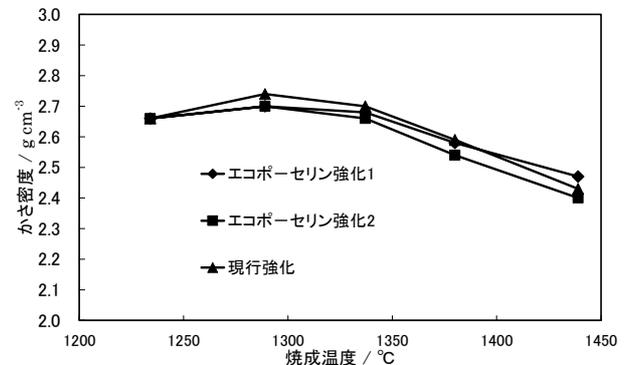


図6 酸化雰囲気における焼成温度とかさ密度の関係

164mm高さ67mmの碗状を試作し、衝撃強さを調べ、一般磁器より2倍以上高い強度を得ることができた。また同品を東京で開催されたエコロジー関連商品の展示会に出展し、来場者の好評を得た。

エコポーセリン強化2は圧力鑄込成形用にエコポーセリン強化1の配合組成を変更して調製した。粘性は現行強化陶土と比べて明らかに低かった。泥しよ濃度25%水ガラス添加量0.25wt%条件で問題なく成形が行えた。無釉体曲げ強度が開発当初の配

合組成分より低かった。これについては平成15年度の末頃、窯元より製作の依頼があったので、要望の動向次第では改善しなければならない。

エコポーセリン強化1および2とも施釉体では3点曲げ強度200MPaが達成できた。

参考文献等

- 1) 志波雄三, 佐賀県窯業技術センター平成14年度業務報告書, 77-81(2003).
- 2) 蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター平成15年度業務報告書, 「強化磁器製給食食器の高度化に関する研究」に使用されている釉薬