

7) 窯業廃棄物を利用した食器等の開発

堤 靖 幸

大有田焼振興協同組合への事業支援として原料の半分以上に磁器製造工程から排出される廃棄物を利用した「エコポーセリン50」用陶土を開発した。圧力鑄込み成形が可能で、焼成品の白色度や曲げ強度等の諸物性は天草撰中陶土のそれと同水準であり、肥前地区で一般的に使用されている珪灰石釉等の石灰系の釉薬に適合する。この陶土で作った試作品を東京ドームで開催されたテーブルウェアフェスティバルで展示発表した。

1. はじめに

環境破壊は大きな社会問題となっており産業界でも環境負荷の軽減として廃棄物削減の取り組みは必須課題である。陶磁器産業においても工場でのゼロミッションや一般家庭からの廃棄陶磁器を回収して食器として再生した岐阜県東濃地区のGL（グリーンライフ）21がある。県内窯業界でも大有田焼振興協同組合が中心となって「循環型社会に対応したリサイクル商品の開発」という事業を立ち上げた。これは生産工程からの排出物をエコポーセリンという食器として再生しようというものである。「土色彩生」のGL21との差別化として「白磁再生」を謳い、当センターも廃棄物利用率21wt%のエコポーセリン21の開発に関わった。平成14年度は廃棄物利用率をより高めたエコポーセリン50への支援を要請され、陶土開発と試作品展示に協力した。

2. 実験方法

2. 1 窯業廃棄物の検討

陶磁器の製造工程から排出される廃棄物は磁器屑、素焼屑、窯道具屑および碓子屑などがある。白磁再生というコンセプトから色釉はもちろん上絵、染付などの加飾がされた有色の廃棄物は除外した。昨年度エコポーセリン21で利用した廃棄物として太白屑、ハマセルベンおよび素焼屑がある。

このうち太白屑と素焼屑は下絵加飾のないものを選別して用いているため利用できるものは少ない。他に排出量が多い廃棄物は碓子屑、ケイ（天草陶石をスタンパー粉砕して陶土を作る際に排出される石英主体の残滓）および底土がある。このうち底土はほぼ全量が再資源化されている。そこでハマセルベンと碓子屑とケイをエコポーセリン50で利用する廃棄物とした。表1に使用した廃棄物の蛍光X線分析を用いた化学組成を示す。

表1 使用した廃棄物の化学組成 (wt%)

	ハ マ	碓子屑	ケ イ
LOI	0.13	0.10	1.02
SiO ₂	77.93	66.61	93.51
Al ₂ O ₃	18.00	27.66	4.80
Fe ₂ O ₃	0.77	0.97	0.15
TiO ₂	0.12	0.37	0.01
CaO	0.17	0.32	0.04
MgO	0.11	0.37	0.03
Na ₂ O	0.26	1.05	0.08
K ₂ O	2.39	2.15	0.80
Total	99.90	99.60	100.44

2. 2 陶土の配合試験

前述の廃棄物のうち碓子屑とハマは焼成工程を経たもので、ケイの主成分は石英であり、これらには陶土の成形に必要な可塑性が大きく欠けている。そこで廃棄物以外の原料として粘土類を使用する。他に融材として長石を用い、骨材として石英が必要である。ケイ中の石英分は焼成により溶融し易く焼成体の熱膨張係数の調節を難しくするため、別に珪石を加える。今回は粘土類として蛙目粘土（本山特級）、ニュージーランドカオリン（以下NZカオリン）を用い、長石は益田長石を使用した。これらの原料を廃棄物の配合割合が50 wt%以上となるように調合した。各原料の配合範囲を表2に示す。テストピーススケールの試験は

表2 各原料の配合範囲

原料名	wt%
碓子屑	5 ~ 25
ケイ	0 ~ 41
ハマセルベン	0 ~ 25
蛙目粘土	10 ~ 31
NZカオリン	0 ~ 20
珪石	0 ~ 10
益田長石	10 ~ 15

予め粉碎した各原料を1ロット300g調合で秤量しミキサーを用いて水分率26wt%、水ガラス0.1~0.3wt%の条件で混合し泥漿とした。この泥漿で20×7×125mmの柱状のテストピースを鋳込成形し、SK10還元雰囲気で締め焼きしてX線回折や諸物性の評価を行った。白色度、曲げ強度、ベンドイング、吸水率の試験で天草撰中陶土の水準を満たして、さらに珪灰石釉に適合するため熱膨

張係数が $6.5 (\times 10^{-6} / K)$ 程度を目標とした。テストピーススケールの試験で良好な結果を得た配合について1ロット50kgにスケールアップした試験を行った。秤量した原料に等量程度の水を加えトロンミルで15時間湿式粉碎した。粉碎後に250目のフルイを通しフィルタープレスで脱水してケーキとした。これを水分率24wt%、水ガラス0.25wt%で泥漿に調製した。試作品は圧力鋳込成形、珪灰石釉施釉、焼成SK10還元雰囲気の中で作成した。

3. 結果と考察

3. 1 試験陶土の評価

粘土類としてNZカオリンと蛙目粘土を併用したものは可塑性が少なく成形が困難であった。さらに焼成体にはクリストバライトの生成が見られた。クリストバライトは焼成後の冷却時に冷め割れを発生させたり、焼成品の耐熱衝撃性を低下させる要因となる。これらのことから粘土類は蛙目粘土のみ使うことにした。碓子屑とハマセンベンを多く含む陶土の焼成体は白色度が低下した。これはこれらの廃棄物中には鉄とチタンを多く含むためである。「白磁再生」のコンセプトから、この2つの廃棄物を多く利用することは望ましくない。表3に示す物性を持つ試験体が得られたので、

表3 試験体の諸物性

焼下がり (mm / 10cm)	8.2
曲げ強度 (MPa)	78.19
吸水率 (wt%)	0.06
白色度W (LAB)	83.19
熱膨張 ($\times 10^{-6} / K$)	6.78

スケールアップして試作品の成形焼成を行った。
表4に試作品用陶土の配合を示す。

表4 試作品用陶土の配合

原 料 名	wt%
碓子屑	5
ケイ	35
ハマセルベン	10
蛙目粘土	30
珪石	5
益田長石	15
合 計	100

3. 2 試作品展示

表4の配合で作った陶土で圧力鑄込成形により試作品を作成し珪灰石釉薬を施釉して焼成した。この試作品は平成15年2月に東京ドームで開催された2003テーブルウェアフェスティバルで展示発表された。



図1 エコポーセリン50試作品

3. 3 環境負荷定量について

エコポーセリンは環境負荷の軽減が大きな目的であることから、廃棄物を利用しても製造に掛かるエネルギーが増大しては結果として環境負荷を増すことになる。そこで原料輸送から焼成までの製造に係る環境負荷を二酸化炭素排出量換算によ

り定量し、従来の有田焼とエコポーセリン50 (E C O 50) で比較した。それぞれの製造工程を表5に示す。有田焼では上絵をされているものも多いがエコポーセリンとの比較のために本焼成までの工程で算出した。表6に各工程における二酸化炭素排出量を示す。

表6 磁器製造に係る二酸化炭素排出量

kgC / t	既存有田焼	E C O 50
採掘・輸送	11.00	4.21
廃棄物粉碎	-	0.30
杯土調製	34.87	25.79
成形・乾燥	10.56	10.56
焼 成	406.39	406.39
計	462.82	447.25

これは磁器製品1トンを生産する際に消費するエネルギーを二酸化炭素排出量に換算したものである。エコポーセリン50は使用原料の半分が産地内廃棄物のため原料輸送が少なく、杯土調製の際の粉碎もトロンミルのみのため、従来の有田磁器より採掘・輸送と杯土調製の工程での二酸化炭素排出量が少ない。成形以降はどちらも同じ工程なので、そこでの排出量は変わらない。総工程での排出量は既存有田磁器が462.82kgC / tでエコポーセリン50が447.25kgC / tであり、3%程度の排出量軽減となる。

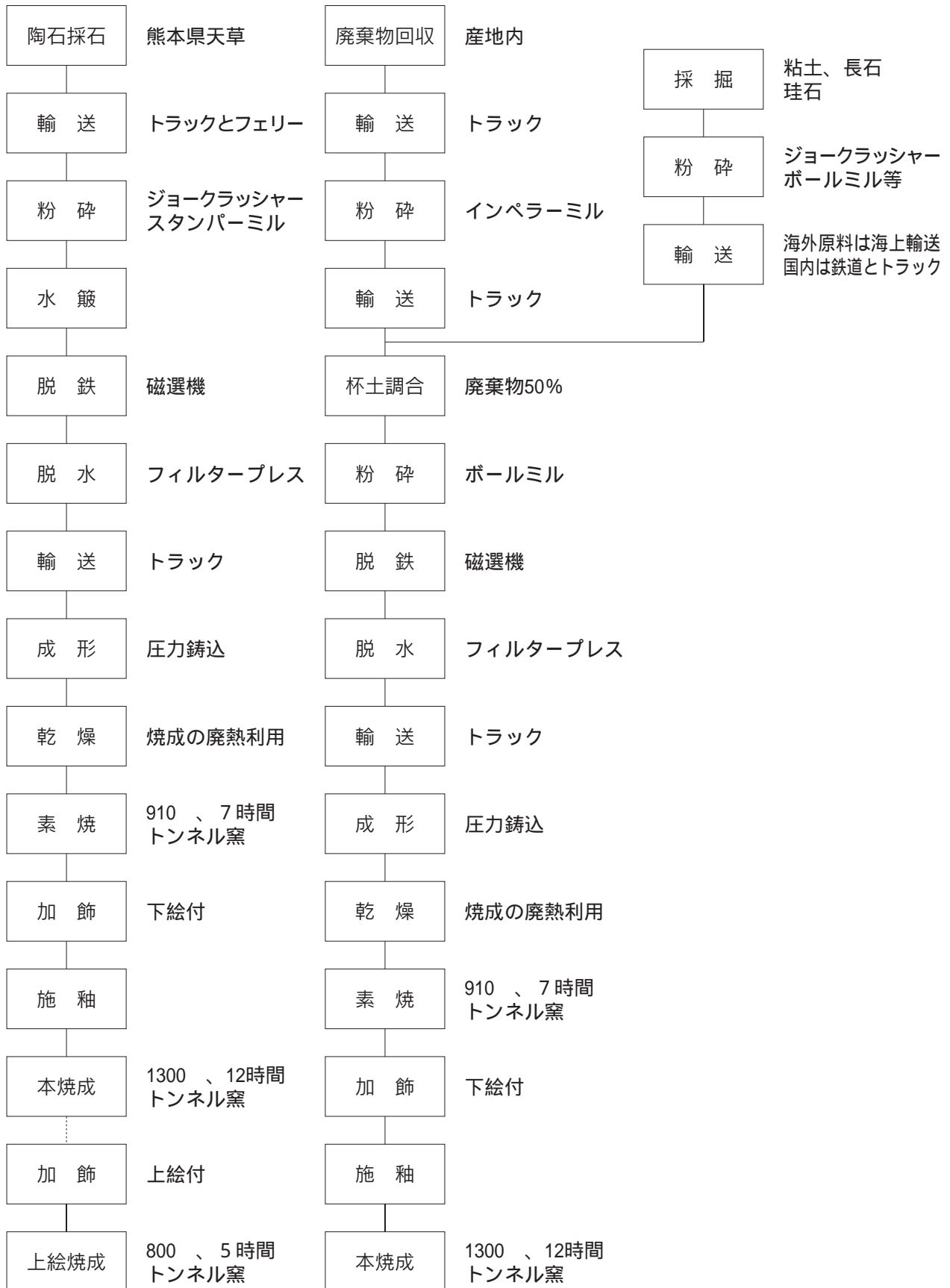
4. まとめ

原料中の50wt%に産地内の磁器製造工程から排出される廃棄物を利用した食器用の白磁陶土を開発した。この陶土を使った磁器の製造工程に係るエネルギー消費も従来磁器より少なく、廃棄物削減と二酸化炭素排出削減の両方を満たし環境負荷

表5 既存有田焼とエコポーセリン50の製造工程

●既存有田焼

●エコポーセリン21



の軽減に貢献できる。焼成品の物性は天草撰中陶土のそれと同水準であった。今回は大有田焼振興協同組合の事業への協力ということで「白磁再生」の食器に限定したため、廃棄物の大半を占める有色の廃棄物を利用できなかった。今後は一般廃棄物の回収再生まで視野に入れ、有色の窯業廃棄物の活用まで考えていきたい。

参考文献

- 1) 志波雄三ほか、平成13年度佐賀県窯業技術センター業務報告書、102-107
- 2) 長谷川善一ほか、セラミックデータブック 2000・別刷、64-67