ISSN 2432-2628

佐賀県窯業技術センター

令和4年度 研究報告書・
支援事業報告書

SAGA
CERAMICS
RESEARCH
LABORATORY
2022

佐賀県窯業技術センター

令和４年度　研究報告書・支援事業報告書

目　次

経常研究

複雑形状陶磁器成形技術の開発……1

異素材を組み合わせた食器外製品の研究……7

（産業労働部チャレンジ枠）

デザインツールとしてのアプリケーション「iroe」の開発事業……12

共同研究

産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会……15

第 65 回分析技術共同研究　無機分析（シラス）への参加

支援事業

陶石利用技術支援事業……20

泉山陶石を使った製品制作の支援と酸処理天草陶石の品質調査

「茶わん供養」から「べんじゃらプロジェクト」へ……25

アリタセラのイベントの見直しから環境整備までの企画立案及び事業化支援

その他　令和４年度に取り組んだ事業の概要……30

複雑形状陶磁器成形技術の開発

副島 潔、江口 佳孝
佐賀県窯業技術センター

陶磁器の量産では生地の成形に石膏で作られた型を使用する。皿のように上下 2 分割の型で成形できる形状は圧力鋳込成形で行い、花瓶のような袋状の形状は排泥鋳込成形で行うのが、従来の常識である。しかし、排泥鋳込成形では外側は型に沿った形状が得られるものの、内側はコントロールできない。本研究は、袋状の形状でも圧力鋳込み成形で行うための技術を開発する。袋形状では成形後の乾燥収縮前に内側の型を取り出す必要があり、解決が難しかったが、ワックスによる中子と組み合わせ、溶出させることで実現できた。

Development of technology for molding complex ceramic shapes

SOEJIMA Kiyoshi, EGUCHI Yoshitaka
Saga Ceramics Research Laboratory

In ceramic mass production, plaster molds are used for molding. It is conventional practice to use pressure casting molding for shapes such as plates, which can be formed in a two-part upper and lower mold, and slip casting molding for balloon-shape such as vases. However, in slip casting, the outside of the mold can be formed in accordance with the mold, but the inside cannot be controlled. This research aims to develop a technology to perform pressure casting molding of balloon-shaped. The balloon shape requires removal of the inner mold before drying and shrinkage after molding, which was difficult to solve, but we were able to achieve this by combining with wax cores and elution.

1. はじめに

当センターでは、陶磁器のデザインから製造に至るプロセスに 3D デジタル技術を応用する研究[1)]を 30 年近く続けており、「陶磁器デジタルデザイン技術」として陶磁器業界への普及を図ってきた。業界への認知も進み、2016 年の有田焼創業 400 年では非常に多くの新製品が 3D デジタル技術を利用して開発された。本研究は、陶磁器デジタルデザイン技術をさらに発展させ、従来の技法では困難だった複雑な形状の成形技術、特に袋形状の圧力鋳込成形の実現を目指したものである。

2. 3D プリンターによる複雑形状成形技術の研究

3D プリンターにより製品を直接製造する手法は、Additive Manufacturing（AM:付加製造技術）として、金属とプラスチックを材料とした造形技術に関する研究が進み、デザイン検討時の形状確認ではなく、実際の製品を作ることが一般的になりつつある。少量の生産であれば、型コストを考慮することなく生産できるため、有効な手段となりうる。しかし、製品で必要な材質で製造できることが前提である。

当センターでは、陶磁器素材による 3D プリンティング技術に関する研究の成果を陶磁器 3D ダイレクトプリントアウト技術(C3DPO: Ceramic 3D-Direct Print-Out)として 2016 年 3 月に発表した。有田焼の主原料である天草陶石の粉末を利用して成形体を 3D プリンターで造形し、焼成して陶磁器を得るものであった。当初は成形後の強度が弱く、概ね 10 cm 程度を超えると崩れてしまっていた。

本研究では、さらに大きな造形物を得るため、バインダーの配合や造形後の処理法を見直して実験を重ね、プリンターの造形エリア（約 290 mm×200 mm）の

大きさであれば造形物が得られるようになった。(図1)

図 1 C3DPO:陶磁器ダイレクトプリントアウト技術による試作品.

3. 石膏型の鋳込み口形状の検討

複雑な形状を石膏型で成形するにあたり、形状が複雑になるほど鋳込み口から端部への泥漿の充填が難しくなることから、一般的な鋳込み口形状と、当センターで近年多用している形状を比較し、充填の度合いについて比較検討した。

図 2 の 4 種の形状の断面を用意し、1辺 50 mm の正方形で厚さ 3 mm のタイルを圧力鋳込み成形し、焼成後に重量を比較することで、良好に充填できる形状を判定することとした。

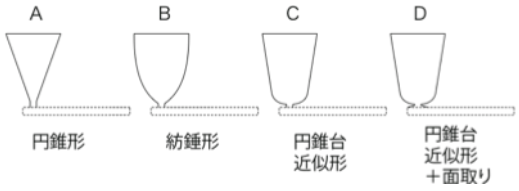

図 2 テストを行った鋳込み口の断面図.

A は最も単純かつ作りやすい形状で、以前は多く見られたが、鋳込み口付近が固まりやすく充填性が悪いことから、近年はあまり用いられない形状である。B は肥前地区で現在最も一般的に見られる形状である。C・D は逆円錐台の鋭角部を丸めた形状で、成形時に鋳込み口近辺の湿潤性を長く保持することで、鋳込み口近辺が固まって充填を妨げることを極力回避することを意図し、鋳込み口付近の薄い部分を広くとったものである。当センターでは、近年 C の形状を多用して試作を行なっている。さらに、D は成形物側から面取り加工を施し、より湿潤性を長く保持することを意図した形状である。

焼成したテストピースの重量測定結果一覧が表1である。この表から、B、C、D は比較的近い数値を示しているが、D で最も重量が大きく、充填が良好であることが推察される。成形時から焼成後まで、成形品の表面性状を観察したが、鋳込み口の各形状における違いを認めることはできなかった。しかしながら、重量差から推察されるように、D 形状が最も良好な形状であろうと考えられる。このほか当センターの試作では、鋳込み口だけではなく、縦方向のパイプ穴から鋳込み口に至る経路で極力鋭角部を作らないよう配慮しており、当産地の事業者にも推奨している。

表 1 テストピースの重量測定結果.

	30 枚平均値/ g
A	15.6
B	15.9
C	16.0
D	16.2

4. 圧力鋳込みによる袋形状の成形に関する研究

4.1 中子を利用した圧力鋳込み成形の可能性

石膏型を利用した成形では、袋形状は圧力鋳込み成形で成形できないため、排泥鋳込み成形で行うことが常識であった。しかし、排泥鋳込み成形では、成形体の厚さは鋳込み時間によって調整するしかなく、また、基本的に全体が均一の厚さになる。泥漿を排出する際に流れる跡が内側に残り、平滑な面を得ることが難しい、という問題がある。内側の形状は外側を均一にオフセットしたものになる。袋形状を圧力鋳込みで成形できれば、ある程度の範囲で厚さを部分的に変えたり、外側と内側が異なった形状でも作ることが出来るようになる。例えば、ポットでは胴体部と注口の厚さを変えて作ることが出来る。本研究では、ハンドルと注口、胴体が一体となったポットを成形した(図 3)。

袋形状を圧力鋳込みで成形する場合、中子が必要となる。成形体は成形後の乾燥時に収縮するため、収縮を起こす前に中子を何らかの方法で取り出す必要がある。以前の研究では、外側と同じく石膏で中子

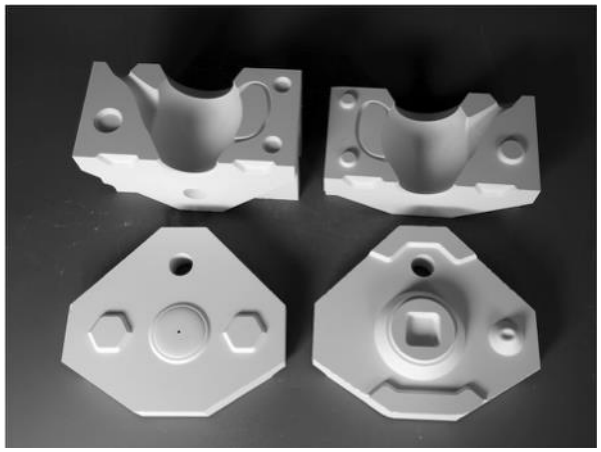

図 3 袋形状の圧力鋳込み型、ハンドル一体のポット.

を作り、組み合わせたパズルを分解するように取り出すことで、逆勾配がある袋形状に類似した自動車ボディ形状を圧力鋳込みで成形した[2)]。本研究では、石膏以外の材料で中子を作り、何らかの方法で取り出す方法を模索した。

まず、3D プリンターで中子を作り、成形が可能なことを確認するための実験を行なった。実験で使用した 3D プリンターは、特殊な石膏粉末を液体バインダーで固める方式のもので、材質は石膏ではあるが、パラフィンワックスを含浸させる処理により吸水性はほぼ無い状態である(図 4)。

図 4 3D プリンターにより製作した中子.

この 3D プリンター製中子を用いて、成形が可能か実験を行なったところ、成形は良好に行えることが確認できた(図 5、6)。また乾燥収縮を起こす前に取り出すことで、ひとまずは良好な成形体を得ることができた。予想通りではあるが、中子を取り出せないままの成形体は、乾燥収縮でヒビ割れを起こしてしまい、以後は利用できなかった(図 7)。

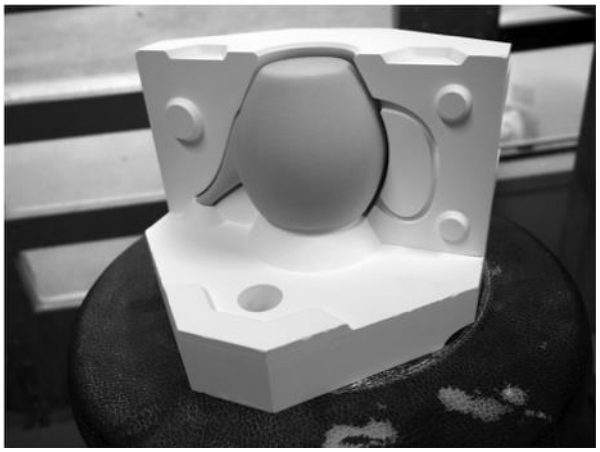

図 5 3D プリンター製中子を圧力鋳込型にセットした様子.

図 6 プリンター製中子での成形は問題なく可能であった.

図 7 成形体が乾燥収縮に耐えられずヒビ割れを起こした様子.

4.2 乾燥収縮前に中子を取り出す材料と工程の研究

事前に想定していたことではあるが、前記のように、成形後、乾燥収縮を起こす前に、何らかの方法で中子を取り出す手段が必要となる。出来るだけ特別な設備を必要とせず、容易に入手でき、コストも低廉な材料と方法を模索した。様々な材料と工程を検討した結果、パラフィンワックスを利用することが良い解決策であると考えた。

中子を成形するために、鋳込み型を用意した。排泥鋳込みに利用する場合と同様のものである(図 8)。

図 8 中子成形用の型.

この型を利用して、パラフィンワックスによる鋳込み成形を試みた。約 60 ℃で溶解させたパラフィンワックスを型に流し入れ、室温である程度放置し、外側からワックスが固化して数 mm の肉厚が得られた時点で溶解したままのワックスを排出するという、泥漿をパラフィンワックスに置換した工程である。パラフィンワックスは冷却・固化する時点での体積収縮が大きいため、収縮を抑える手段が必要であったが、これは溶解したままのワックスを排出した直後、砂を充填させることで解決できた。ワックスの収縮を抑えるためと圧力鋳込み成形時の圧力に中子が耐えるために有効な解決策である(図 9)。

このパラフィンワックス製中子を利用して、前記の工程で圧力鋳込み成形を行った。成形体を取り出したのち、成形体が乾燥する前に中子を取り出すための方法であるが、全体をプラスチック製の袋で覆い、恒温器で約 60 ℃に保温したまま放置して溶解・溶出させる方法で解決した(図 10)。この際、一部のワックスが内部に付着、あるいは成形体表面に湿潤した状態で残るなど、全ては溶出できなかったが、このワックス分は通常の素焼焼成時に焼失させることで、通常の素地を得ることができた(図 11)。以降は、通常の工程で、焼成まで行うことができた。

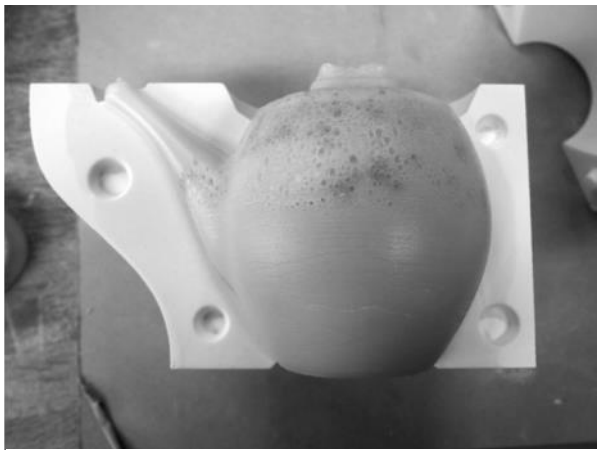

図 9 鋳込み成形したパラフィンワックス中子.

図 10 恒温器内でワックスを溶出させる様子.

図 11 素焼きが終わった素地.

以上のような工程で圧力鋳込みによる袋形状の成形を行うことはできたが、ワックス中子の表面の気泡がそのまま成形体表面に転写される、という問題が残った(図 12)。この気泡は、パラフィンワックスで作られるキャンドルの製造法を参考に、ステアリン酸を 10 %程度混入することと、中子の鋳込み時に型を 40 ℃程度に温めておくこと、型にワックスを注入する際の器具と手順の工夫で気泡の発生を極力低減させるなどの方法で、大幅に軽減させることができた(図 13)。

また、石膏型によるワックスの鋳込み作業で、硬化後の脱型が著しく困難であった。通常の陶土泥漿による鋳込み作業ではさほど問題にならないが、ワックスによる鋳込みでは硬化したワックスが型へ強く貼りつくことが多く、各種の離型法を試した。型表面にベビーパウダーを塗布しておくことで、比較的離型性は改善したものの、さらに良い解決策は見出せなかった。

図 12 成形体内部に転写されたワックス製中子の気泡.

図 13 気泡が低減されたパラフィンワックス製中子.

また、型と硬化したワックスが共に柔軟性に乏しいことも要因であると思われたため、一部をシリコンゴムに置換することで、離型性が大きく向上した(図 14)。焼成まで行った試作品を図 15 に示す。

図 14 型の一部をシリコンゴムに置換し離型性が向上.

図 15 型の一部をシリコンゴムに置換し離型性が向上.

5. おわりに

本研究は、当センターが長年取り組んできた、3D デジタルデザイン技術を陶磁器分野に導入し変革するための「陶磁器デジタルデザイン技術」の可能性をさらに拡充するためのものであった。

3D プリンターを使って直接陶磁器生地を造形する「陶磁器 3D ダイレクトプリントアウト技術」は、強度を向上させるには至らなかったが、造形物の大きさと精密さについては向上させることができた。しかしながら、バインダーを噴射して固着させる方式による 3D プリン

ターは市場から消えつつあるのが現状で、現段階の想定では、この方式での今後の発展は困難であろう。

セラミック材料により 3D プリンターで直接造形できる技術は、光造形方式によるものが市場で見られるようになってきたが、非常に高価でエンジニアリングセラミックス分野ではコストに見合うとしても、一般の陶磁器分野では高価すぎて現実的ではないようである。将来の低コスト化に期待したい。

陶磁器デジタルデザイン技術は、圧力鋳込み成形では技術の利点を最も活かすことができ、実際の製品でも数多く利用され実績も豊富であるが、袋形状を成形できる排泥鋳込み成形では 3D データを正確に反映できるのは外形のみであった。また、生地表面に型に施した細かい彫刻を転写したい場合、排泥鋳込み成形では転写する能力が圧力鋳込み成形に比べて大幅に劣る。過去の研究試作 [2)] では車のボディ形状など袋形状に類似した場合でも内部の型を複雑に分割して取り出すことで圧力鋳込み成形を行なったが、これはメッシュ部分など型の微細な加工が排泥鋳込みでは転写できなかったことも要因であった。本研究の実験段階で、ワックス中子表面の気泡が生地に転写されてしまったことも、圧力鋳込み成形では型の形状が正確に転写されることを示している。

本研究の結果として得られたワックス中子を用いた圧力鋳込み成形法は図16 に示す工程である。前例のない方法であるが、簡易な設備と安価な材料で実現することができた。単なる 2 分割の型による成形よりも複雑な工程ではあり大量の生産には不向きであろうが、袋形状でも圧力鋳込み成形が可能であることを実証できた意義は大きい。

また、副次的な成果として、型の片面が吸水性の無い素材であっても、圧力鋳込み成形が可能であるという知見が得られた。片側に石膏型では成形できない形状がある場合、例えば部分的に逆勾配がある場合にシリコンゴムの型を用いる、あるいは石膏では微細な表現が摩耗してしまう場合に金属や樹脂の型を使う、などの方法が考えられる。本研究が今後の陶磁器デザイン、また造形技術の一助になれば幸いである。

参考文献

1) 副島潔他, 佐賀県窯業技術センター平成 30 年度研究報告書・支援事業報告書, 1-5 (2019).
2) 副島潔他, 佐賀県窯業技術センター平成 28 年度研究報告書・支援事業報告書, 5-12 (2017).

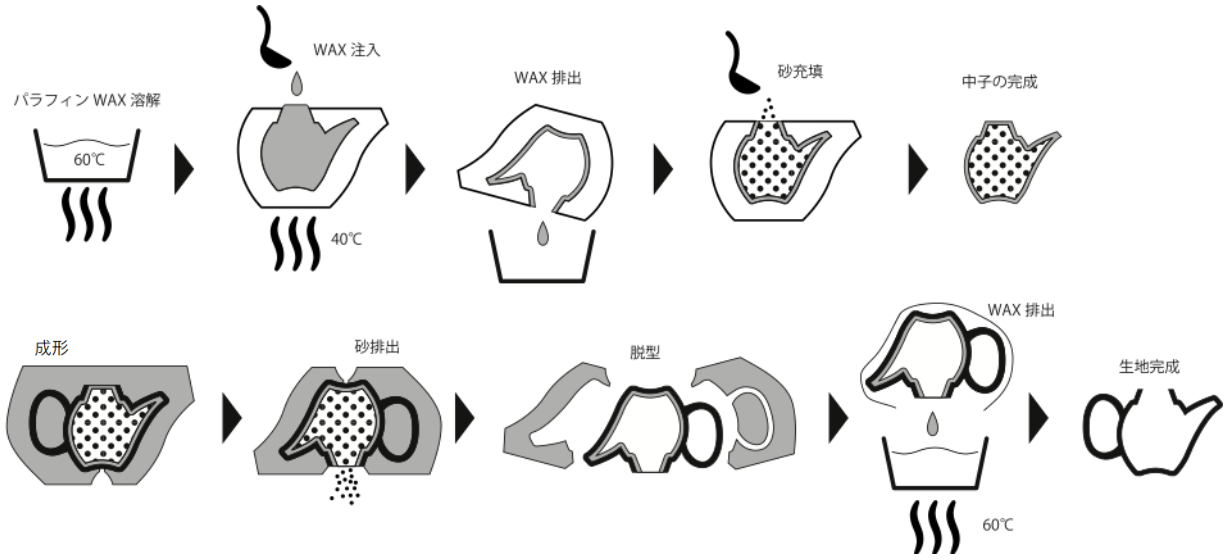

図 16 本研究で成功させたワックス中子による圧力鋳込み成形法.

異素材を組み合わせた食器外製品の研究

江口 佳孝、下田 華与
佐賀県窯業技術センター

磁器素材と視覚的、組成的性質上対極にある木材に着目し、商品開発検討時に有用な形状サンプルを製作した。また、これらサンプルを基に筒形状の蓋物等モックアップを行った。一方、施工により空間として成立するエクステリア分野に向け製品開発を行っているが、より施工業の興味を深めるため木材、モルタル材、金属等異業種とのコラボ製品を製作した。

Research on non-tableware products combining different materials

EGUCHI Yoshitaka, SHIMODA Kayo
Saga Ceramics Research Laboratory

Focusing on wood, which is visually and structurally opposite to porcelain, we produced samples of shapes useful for product development. Based on these samples, mock-ups such as cylindrical lids were made. Furthermore, we have developed products for the exterior home decor field, in which the placement of the product creates a certain space. In order to deepen the interest of construction companies, we produced products that combine porcelain with different materials such as wood, mortar, and metals.

1. はじめに

近年、窯業技術センターが開発した新しい陶磁器素材[1-2]の普及により、OEM や企業とのコラボ商品の依頼が以前よりも増加傾向にあり、特にジュエリーやディフューザーなどの食器外製品に関する異業界からの案件が増加している。

このような中、産地内での調査を行ったところ、食器外製品を主力商品にしている企業は僅かであり、異素材を組み合わせた製品を製造している企業は更に少ないことがわかった。これは、食器外製品の製造においては、異素材との接合等、これまでに経験がない工程が必要であることから、その商品化までの課題が多く、産地内企業の多くは、自発的な商品開発に消極的になっていることが考えられる。そのため、クライアントが持ち込んだ依頼の条件を受け入れることができず、結果的に、外部の需要に対して内部の供給体制が整っていないという現状が見受けられる。今後、多種多様な商品開発が望まれていく中、業界において異素材を組み合わせた食器外製品にも対応できる体制を築いていくことは、更なる販路拡大が期待できるものと思われ、業界としてもその対応に取り組む必要があると考えられる。

そこで、本研究では、新規市場の獲得を目指すことを目的として、磁器素材と異素材を組み合わせたサンプル及び試作品を製作し、今後の商品化に向けた各種製作条件について検討を行った。

2. 材料の選定及び試作

2.1 木材との組み合わせ

商品開発における製作検討に活用するため、磁器素材と性質が対極にある木材を組み合わせたサンプルの製作として、CAD によりパーツの製作を行い、磁器部分についても CAD による石膏型の製作を行った(図 1 及び図2)。木材は、濃色系としてウォールナット材、淡色系としてホワイトアッシュ材を選定し比較要件とした。なお木材の加工は CAD による製作データを元に CNC ミーリングにより切削加工した(図 3)。

磁器部分は鋳込み圧 0.18 MPa、鋳込み時間 10 分間の条件で圧力鋳込成形を行った。圧力鋳込用石膏型製作についても CNC ミーリングを活用した。接着剤としては、接着後も弾力性が継続する、スチレンブタジエンゴム系、

シリル化ウレタン樹脂系、変性シリコーンゴム系の 3 種類を選定し、塗料としてつやけしウレタン塗料、光沢ウレタン塗料、オイルステインの 3 種類を選定した。

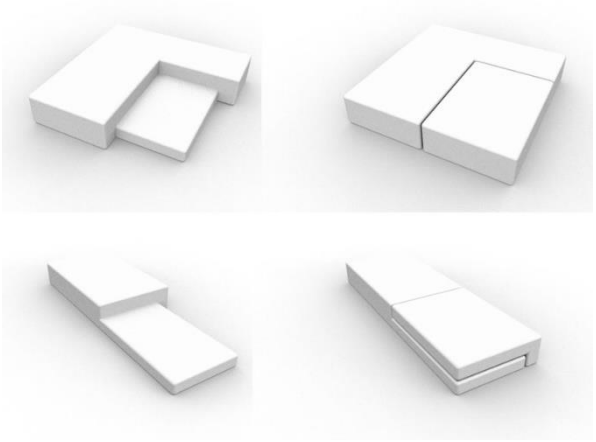

図 1 CAD によるサンプルパーツの製作.

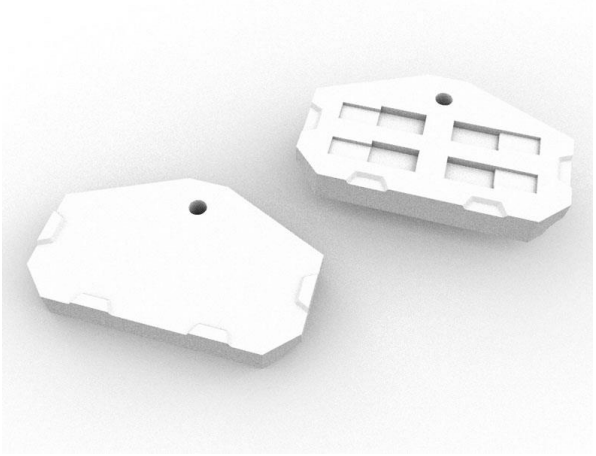

図 2 CAD による石膏型の製作.

図 3 CNC ミーリングによる木材の切削.

次に、製作したサンプルを基に木材と接合した蓋物のモックアップを行った。蓋物の形状については、蓋、胴部、台部に分割した CAD データを基に、木材を CNC ミーリングで直接加工し、磁器素材をロクロ成形によって製作した。

これらは、デザイナーの発想に形状的なバイアスをかけないようにシンプルなものとして製作した(図 4)。

図 4 CAD による蓋物各パーツの製作.

2.2 コルク材、木材との組み合わせ

提案型の試作品として、コルク材、木材、磁器素材を接合したコースターの試作を行った。

コルク材部分は抜型により作成し、木材を CNC ミーリングで直接加工、磁器素材はサンプルと同条件により圧力鋳込み成形で製作した(図 5)。

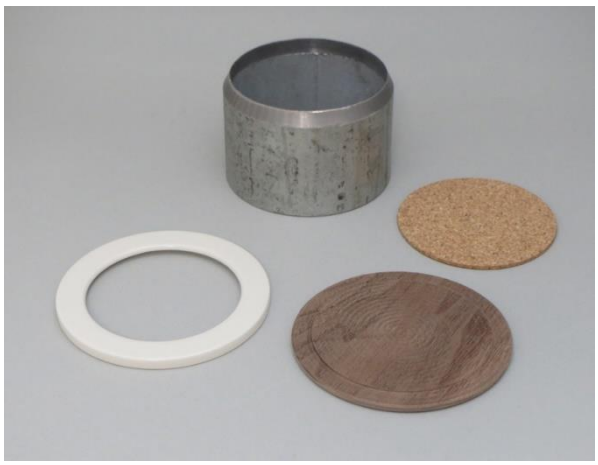

図 5 コースター各パーツとコルク抜型(上).

2.3 ボーダータイル製作

押出し成形のベセラ素地(岩尾磁器工業株式会社クラフト素地)による既存のボーダータイルについて、有田焼産地内の加飾のバリエーションを広げる目的で、磁器製造に対応させるため圧力鋳込成形で試作を行った(図 6)。

天草陶土による通常圧力鋳込み成形では、成形時の

着肉の限界が 15 mm 程度であり、今回は成形時に 23 mm の着肉を目指す必要があったことから、本研究では、竪穴の鋳込みバイパスから直接泥漿を注入するスタイルの石膏型を製作した(図 7)。

鋳込み圧 0.14 MPa で泥漿を硬化させるため 40 分間放置し、脱型することで 23 mm 厚の成形体を得た。

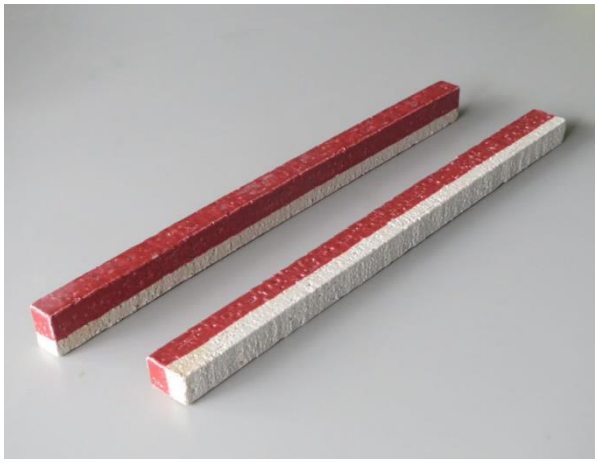

図 6 ベセラ素材ボーダータイル(岩尾磁器工業株式会社製).

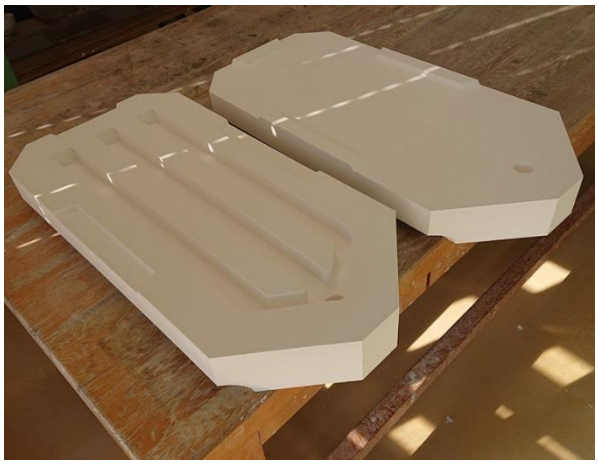

図 7 ボーダータイル用圧力鋳込み石膏型

3. 結果と考察

3.1 木材との組み合わせによる製作

製品開発時の検討における選択肢に幅を持たせるため、木材と磁器を対比させたサンプル及び試作品の製作を行った。

サンプルにおいては 2 アイテム共に本体と貼り付け部を入れ替えた 2 パターンを製作し、質感を比較することができた(図 8 及び図 9)。

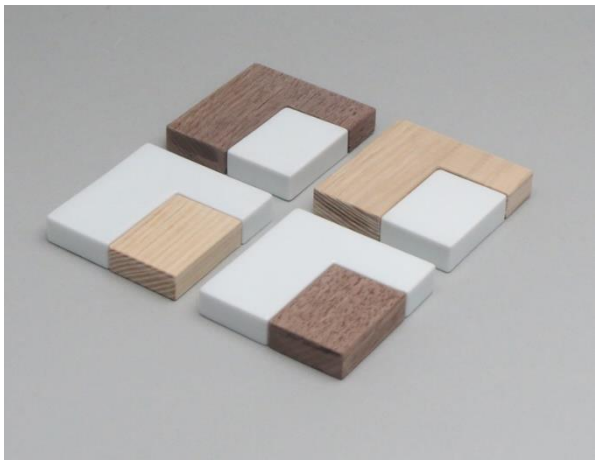

図 8 サンプル A

図 9 サンプル B

蓋物についても、胴部を入れ替えた対比を用いることで質感等の比較検討材となった(図 10)。

木材については、淡色系、濃色系の堅木材 2 種類を選定し、塗料については、木工芸で多用されているウレタン塗料、オイルステインを塗布しこれらも対比要件とした。

接着剤については、木材が経年で若干収縮することを踏まえ、接着後弾力のあるもの 3 種類を選択し接合した。

対比による視覚効果を検証することを目的としたサンプル作製および試作により、木材と磁器を結合した製品の開発において、有効に機能する資材となった。

また、視覚効果の検証以外に木材と磁器の重量差による器物の重量感、重心等の確認にも効果があるものとなった。

図 10 蓋物のプロトタイプ.

図 11 コースターのプロトタイプ.

3.2 エクステリア市場に向けた取り組み

有田焼エクステリア製品として、既存のボーダータイルがベセラ素材、磁器素材ともに押出し成形で生産されており、現時点では釉彩による製品を展開しているところである。本研究では有田焼特有の加飾のバリエーションを木製品とのコラボ商材に展開していくために、一般的に多く用いられている成形手段として、圧力鋳込みによる成形を試みた。

成形において、肉厚の問題などいくつかの課題はあったが、鋳込み口の形状の工夫により、押出し成形品と差異なくボーダータイルを製作することができた(図 12)。

また、近年ガーデンデザイナーの提案において、ガーデニングのシーンにおけるアイテムの一つに鉄製の柵やロートアイアンを利用したものが多く見られ、特にハンギングバスケットやつる性の植物を針金などでじかに巻き付けた提案が多くある。そこで今回ロートアイアン製作者とのコラボ製品としてハンギングハンガーを提案し、これを排泥鋳込み成形により製作した。石膏型の立面図とハンギングハンガーのプロトタイプを図 15 及び図 16 に示す。

図 12 圧力鋳込成型によるボーダータイル.

図 13 ボーダータイルと木材製品の施工例.

図 14 ロートアイアン調フェンス.

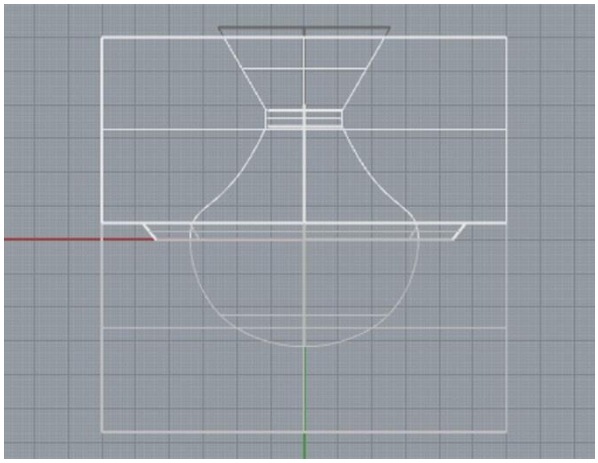

図 15 ハンギングハンガープロトタイプ型立面図.

図 16 ハンギングハンガーのプロトタイプ.

4. まとめ

企業とのコラボ製品や OEM の増加、産地外デザイナーの起用等による商品開発の多様化に伴い、磁器だけでは完結しない案件が増加してきている。商品開発の場において、サンプルとなるアイテムや試作品を用意することは、デザインの広がり、可否の判断など検討材料となるため、非常に有意なことである。特に、エクステリア製品分野においては、施工現場での商材アイテムの組み合わせが主流であるため、今後は連携する製造異業種とのコラボ製品の展開を見据えた上でのサンプルや試作品の提示が必須となると思われる。

本研究では、各材料の組み合わせによる試作を行ない、それを提示することでの有意性を提案したが、これを基に、今後、業界において異素材とのコラボ製品の開発が進むことを期待したい。

参考文献

1) 蒲地伸明他, 佐賀県窯業技術センター平成 29 年度研究報告・支援事業報告書, 1-7(2018).

2) 白石敦則, 佐賀県窯業技術センター令和元年度研究報告・支援事業報告書, 31-36(2020).

デザインツールとしてのアプリケーション「iroe」の開発事業

松本 奈緒子
佐賀県窯業技術センター

肥前窯業圏における磁器の特色である上絵付け(色絵、赤絵)と下絵付け(染付け)の「色」と、その色を用いて行う「デザイン」に着目し、産地内で実際に使用されている絵具の色を用いたカラーデザインや絵付けデザインを行うことができるアプリを開発した。今後、商品開発の効率化や産業の活性、伝統デザインの継承と進化へつながることを期待している。

Development of "iroe" application as a design tool

MATSUMOTO Naoko
Saga Ceramics Research Laboratory

Focusing on the "colors" of overglaze painting (iroe and akae) and underglaze painting (sometsuke), which are characteristics of porcelain in the Hizen ceramics area, and the "designs" made using these colors, we developed an application that enables color and painting designs using the colors of paints used in the production area. We hope that this application will lead to more efficient product development, revitalization of the industry, and the inheritance and evolution of traditional design.

1. はじめに

肥前窯業圏の磁器には様々な特色があるが、器面に絵付けが施されることや、その絵具の色や文様は大きな特色のひとつである。陶磁器の絵具の色は、焼成の工程を経るため全体的に彩度の高い色が少なく、一般的なインク等のバリエーションと比較すると、色数は少ない。しかし、むしろ深みのある色や伝統的なルーツに基づいた色のバリエーションによって、そのデザイン性や加飾表現が強調され、この産地の磁器のブランド性や価値をつくる大きな要因となっているともいえる。

当センターでは、以前、絵具の色という点に着目し、産地におけるカラーデザインの利便性を向上させることを目的として、肥前窯業圏において扱われている無鉛上絵具の色について、バリエーションの分析とデータベース化の研究を行った[1)]。その後、カラーチャートやカラーサンプルを制作し、産地における商品開発のデザイン工程や製造工程において活用していただくために、産地関係者に対して資料の提供を行ってきた。しかしながら、紙媒体での配布やデータを提供するだけでは効率性に限界があることもわかってきた。一方、色の情報を提供するだけでなく、その色を用いた伝統文様による加飾サンプルも提案できないものかと考えた。そこで、本事業では、加飾文様のデザインという専門的な領域のハードルを少し下げて、様々なデザインが生み出し易くなるツールを作ることを目的として、一般ユーザー向けのアプリケーションの開発を行った。

2. アプリ開発の概要

事業企画、色データ・資料提供 ： 窯業技術センター
開発委託先 ： ピノー株式会社
アプリ名称 ： iroe(いろえ)
リリース日 ： 令和５年４月１日
対応デバイス ： Android 及び iOS
アプリ価格 ： 無料

図１ アプリアイコンイメージ.

3. 主な搭載コンテンツ内容

3.1 色見本

色見本は、産地内で使用されている上絵具(無鉛上絵具)は 48 色をそれぞれ 3 段階の濃度で調合した計 144 色について、また下絵具(呉須)は 7 色をそれぞれ 3 段階の濃度で調合した計 21 色について、各色の表示、絵具名、絵具メーカー名、色の RGB 値等を掲載した(図 2～5)。アプリ内ではお気に入りフォルダに色を登録することができ、ユーザー独自のカラーパレットを作成することができる仕様とした。

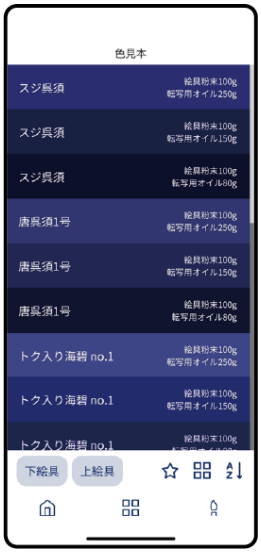

図 2 下絵具(呉須)色見本画面.

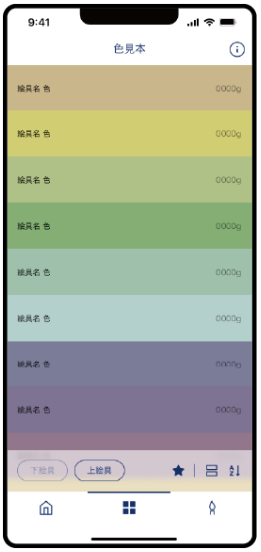

図 3 上絵具色見本画面 1.

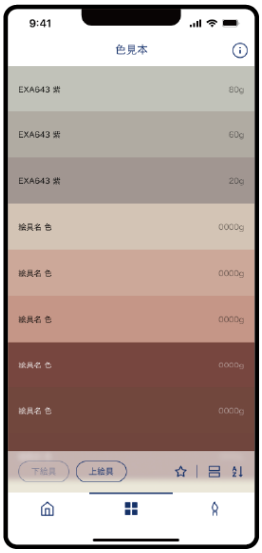

図 4 上絵具色見本画面 2.

図 5 上絵具詳細画面.

図 6 形状選択画面.

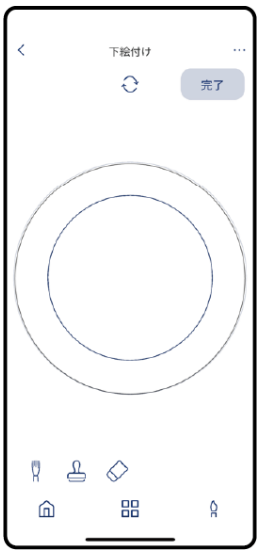

図 7 絵付け画面.

図 8 筆の種類の選択画面.

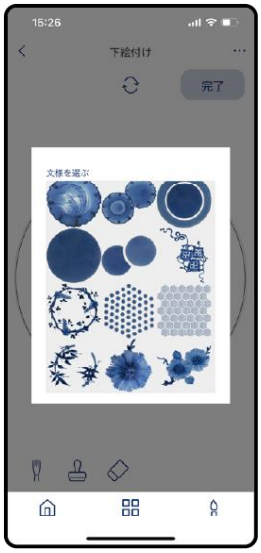

図 9 伝統文様(下絵)の選択画面.

図 10 描画中の画面.

図 11 伝統文様(上絵)の選択画面.

3.2 絵付け体験

色見本コンテンツ内で掲載している色を使用して、画面上で下絵付けと上絵付けそれぞれのデジタル絵付けやデザインができる機能を搭載した。器の形状として 2 種(皿、カップ)から選択し、その器面上の表と裏にそれぞれ絵付けを行うことができる(図 6～7)。筆の太さは 2 種(線描き用、だみ筆)から選択し、一定程度複雑な絵柄の描写が可能となるようにした(図 8)。

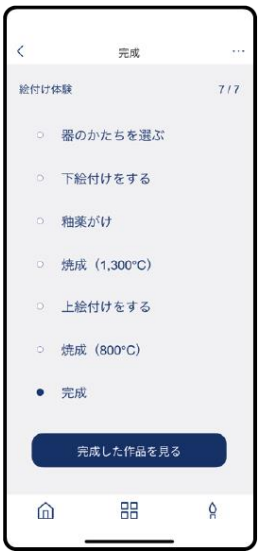

図 12 工程の表示画面.

図 13 釉掛けの説明画面.

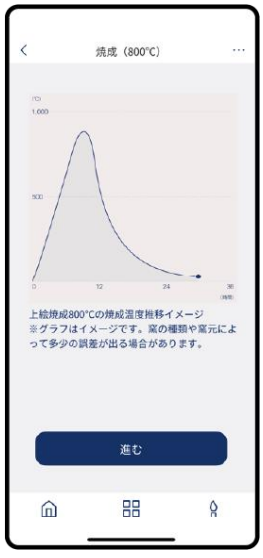

図 14 焼成温度のイメージ画面.

図 15 作品完成画面.

また、スタンプ機能として、伝統文様の下絵付け 24 種類、上絵付け 14 種類から選択して自由に配置できる機能を搭載した(図 9～11)。伝統文様は、佐賀県立九州陶磁文化館所蔵の収蔵品から作品を選定し、1 点ずつ撮影して画像編集ソフトで文様部分の切り取り作業を行い画像データの作成を行った。

各絵付け工程は、作品の完成まで実際の磁器製品の製造工程に沿って、下絵付け、上絵付けの順に進み、各工程の間には釉掛け、本焼成、上絵焼成等の解説場面が表示され(図 12～14) 、磁器製造の一連の流れを体感できる内容となっている。

4. まとめ

本事業では、肥前窯業圏内で実際に使用されている絵具の色を用いたカラーデザインや絵付けデザインを行うためのアプリケーション開発を行った。絵具の情報や絵付け機能をアプリ化することにより、ツールとしてより手軽に活用することができ、絵具の情報へのアクセスや簡単なデザイン作業を容易に行うことが可能となった。また、一般ユーザーが利用することで、産地におけるものづくりへの関心が増すことや興味を持つきっかけになることを期待している。今後は、コンテンツの充実や改善を行い、さらに産業の発展へとつなげるための運用を進めていきたい。

※アプリのダウンロード URL

Android:

https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.pino.iroe

iOS:

https://apps.apple.com/jp/app/いろえ/id1669667403

参考文献

1) 松本奈緒子他, 佐賀県窯業技術センター平成 30 年度研究報告書・支援事業報告書, 6-10 (2019).

産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会

第65回分析技術共同研究　無機分析（シラス）への参加

松永　祐一、中溝　祐志、志波　雄三
佐賀県窯業技術センター

産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会が主催する分析技術共同研究に参加し、本年度の共同分析試料である「シラス（火砕流噴出物）」の分析を行った。当センターの依頼試験で通常行っている手法（JIS M 8853）で前処理を行い、ICP 発光分析法により測定を実施した。報告した値は当分科会事務局が定める z スコアにおいて「満足」の範囲内と判定され認定証を受領し、当センターの分析技術は妥当性があるとの評価を受けた。

Industrial technology cooperation promotion council intellectual infrastructure committee chemical analysis subcommittee

Participation in the 65th joint research on chemical analysis technology, Inorganic analysis (Shirasu)

MATSUNAGA Yuichi, NAKAMIZO Yushi, SHIWA Yuzo
Saga Ceramics Research Laboratory

We participated in the joint research on chemical analysis technology held by the chemical analysis subcommittee of industrial technology cooperation promotion council. This year's joint analysis sample was "Shirasu (pyroclastic flow ejecta)". The sample was dissolved in solution using the method (JIS M 8853) that is usually used in requested tests at our laboratory, and measured by the ICP emission spectrometry. The reported values were judged to be within the "satisfactory" range in the z-score determined by the secretariat, and we received a certificate of approval. The analytical technique of our center was judged to be generally valid.

1. はじめに

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」と表記）が中心となって運営する産業技術連携推進会議は、全国の公設試相互及び公設試と産総研が連携し、試験研究の推進、企業等への技術開発支援を通じて、我が国の産業技術力の強化を図ることを目的とした会議である [1]。その技術部会の一つである知的基盤部会分析分科会は、化学分析に係わる共通の課題について、情報交換や研究に取り組み、時代の要求に沿った国際的に通用する分析技術の確立を図ることを分科会の目的としている [2]。分析分科会では、1957 年より「分析技術共同研究」を実施しており、本年度で 65 回目を迎える。本共同研究は、同一試料を参加した公設試で分析した報告値を収集し、統計的に処理することにより、分析操作上留意すべき点を洗い出し、各機関の技能向上に資することを主たる目的として実施してきている。本年度の共同研究では、「シラス（火砕流噴出物）」が分析試料として選定され、36 機関、72 名が参加した。

本年度の共同分析試料である「シラス（火砕流噴出物）」は、当センターにて依頼試験で取り扱うことの多いケイ酸塩鉱物であり、分析方法の妥当性の検証及び情報収集を行うことで分析技術の向上を図ることを目的として本共同研究に参加した。また、分析方法においては、その作業工程や測定する機器においても様々であることから、分析方法の違いによる測定値比較についても、今回、併せて検討を行った。

2. 実験方法

2.1 共同研究における分析

2.1.1 共同分析試料及び分析項目

分析試料であるシラス(火砕流噴出物)は、粒径を 150 μm 以下に調整し均質化された粉末状態で産総研から約 100 g 提供された [3]。分析項目は、シラス(火砕流噴出物)の主要成分である SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO の 4 元素と強熱減量(L.O.I)の合計 5 項目であり、JIS M 8853(セラミックス用アルミノけい酸塩質原料の化学分析方法)に準じた方法で実施した。

2.1.2 強熱減量の測定及び前処理(溶液化)方法

測定試料は、110 ℃の乾燥機で 24 時間乾燥後、シリカゲル入りのデシケーター中で放冷し、この試料を 0.1 mg 単位で白金るつぼに約 0.5 g 秤量して、1025 ℃の電気炉で 1 時間強熱したときの減量から強熱減量を算出した。

前処理(溶液化)のフローを図 1 に示す。まず、試料を 0.1 mg 単位で約 0.5 g 白金皿 に秤量し、炭酸ナトリウム 2 g、ほう酸 0.4 g を混合後 900 ℃の電気炉に約 5 分入れ、試料を融解した。次に、塩酸(1+1) 20 mL、硫酸(1+1) 1 mL を加え、水浴上で蒸発乾固を行った。この乾固物に濃塩酸 5 mL、蒸留水(温水)を適量添加し、水浴上で 10 分程度加熱した後ろ過し、残渣を白金るつぼに移し入れた。この残渣を強熱して恒量とし重量をはかり、次にフッ化水素酸を加えて二酸化ケイ素を揮散させた。その後、再び強熱して恒量とし、重量をはかり、その減量から主二酸化ケイ素量を求めた。白金るつぼ内の残渣については再びアルカリ融剤を使用して融解処理を行い、ろ液と混合して最終的に試料を完全に溶液化した。この溶液を 200 mL メスフラスコで定容を行い、希釈倍率 10 倍に調製したものを測定用の実試料溶液とした。

2.1.3 測定方法

各元素の測定には ICP 発光分析装置(島津製作所製、ICP-8100CL)を用い、調製した実試料溶液から各元素(SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO)の定量を行った。

装置の測定条件を表 1 に、元素の分析波長及び波長の種類を表 2 に示す。定量分析は各元素の市販標準液から検量線用標準溶液を調製し、検量線法により実試料溶液の各元素濃度を測定した。この場合の標準溶液は、マトリックス(共存元素)を合わせるために塩酸(1+1)及び炭酸ナトリウムとホウ酸を同様に添加したものを用いた。なお、SiO_2 に関しては ICP 発光分光分析法により得られた溶存 SiO_2 の量と、主二酸化ケイ素量との和から含有率を算出した。

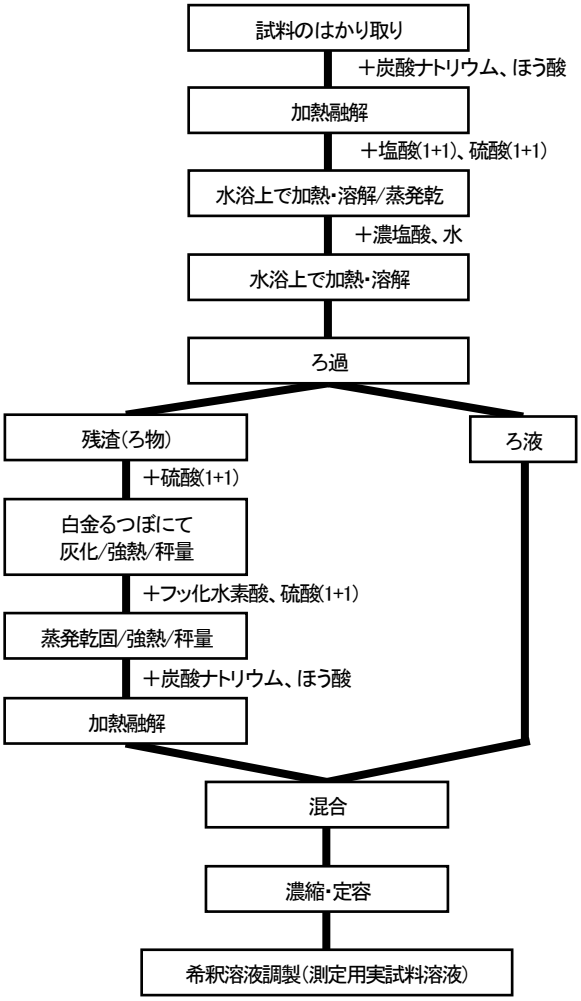

図 1 試料の前処理(溶液化)フロー.

表 1 ICP 発光分光分析装置の測定条件.

項目	条件等
方式	ツインシーケンシャル
高周波出力	1.2 kW
プラズマガス流量	14 L/min
補助ガス流量	1.2 L/min
キャリアガス流量	0.7 L/min
ネブライザー	同軸型
チャンバー	サイクロンチャンバー
測光方向	横方向

表 2 元素の分析線波長と種類.

元素	波長(nm)	波長の種類
Si	251.612	中性原子線
Al	396.153	中性原子線
Ca	393.366	イオン線
Mg	279.553	イオン線

2.1.4 分析結果の評価について

得られた定量分析の結果は、報告書として分析分科会に提出し、その評価を依頼した。分析分科会における報告値の解析は、全報告値の中から極端な値の影響を受けにくいように考慮した統計手法(ロバストな方法)が用いられ、そのような値は各元素で棄却されている。中央値は各参加機関から報告された値を昇順に並べたときの 50 %の順位に相当する値(メディアン)である。分散指標は報告値から棄却値を除いて求めた標準偏差である。各機関からの報告値が満足できるものか判定する基準としては、(1)式で算出される z スコアというものが用いられている[4,5]。

$$z\ スコア = \frac{測定値 - 付与値}{ばらつきの標準値} \quad (1)$$

この z スコアの判定の目安は|z|が 2.0 以下を「満足」、2.0 を超え 3.0 未満は「疑わしい」、3.0 以上を「不満足」とされている。表 3 に分析分科会事務局に報告した当センターの分析値及び事務局集計による発表値を示すが、(1)式の測定値は表 3 の分析報告値、付与値は中央値、ばらつきの標準値は分散指標にあたる。

表 3 シラス(火砕流噴出物)の分析値及び分析分科会事務局集計による発表値.

元素	分析報告値 ICP (mass%)	事務局発表値		
		中央値 (mass%)	分散指標	z スコア
L.O.I.	2.089	2.085	0.062	0.1
SiO_2	72.12	71.47	0.91	0.7
Al_2O_3	14.09	13.89	0.29	0.7
CaO	2.424	2.375	0.075	0.7
MgO	0.4682	0.4475	0.0277	0.9

2.2 測定方法の違いによる分析

シラスの構成成分は共同研究にて分析した 5 成分以外に Fe_2O_3、TiO_2、Na_2O、K_2O 等を含むため、これらの成分を含めた 9 成分については、ICP 発光分光分析法及び蛍光 X 線分析法(XRF)による定量分析を行い、その分析値の比較検討を行った。

2.2.1 ICP 発光分析による Fe_2O_3、TiO_2、Na_2O、K_2O の分析

Fe_2O_3 と TiO_2 の分析は、2.1.2 項及び 2.1.3 項と同様の方法で ICP 発光分光分析法にて定量を行った。Na_2O、K_2O の分析は、前処理として試料を 0.1 mg 単位で約 0.5 g 白金るつぼに秤量し、フッ化水素酸 10 mL、硫酸(1+1) 1 mL を加え、電気コンロ上で蒸発乾固を行った。この乾固物に塩酸(1+1) 10 mL、蒸留水を適量添加し、試料を溶解した。その溶液を 100 mL メスフラスコで定容を行い、希釈倍率 10 倍に調製したものを測定用の実試料溶液とした。前処理のフローを図 2 に示す。この実試料溶液から 2.1.3 項と同様の方法で ICP 発光分光分析法にて定量を行った。元素の分析波長及び波長の種類を表 4 に示す。

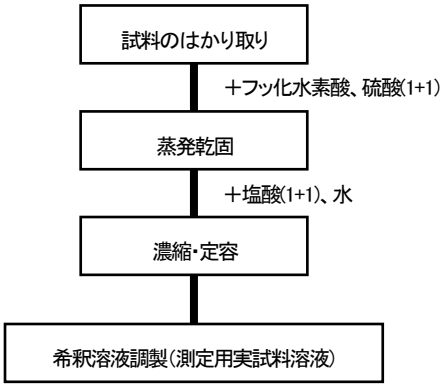

図 2 試料の前処理(溶液化)フロー.

表 4 元素の分析線波長と種類.

元素	波長(nm)	波長の種類
Fe	259.940	イオン線
Ti	334.941	イオン線
Na	588.995	中性原子線
K	766.491	中性原子線

2.2.2 蛍光 X 線分析法による定量分析

試料を 0.01 mg 単位で約 0.4 g 秤量し、四ホウ酸リチウム約 3 g と混合後、ビードサンプラー(アメナテック製、TK-4100)にて熔融し、ガラスビードを作製後、蛍光 X 線分析装置(Rigaku 製、ZSX Primus Ⅱ)にて各元素の定量を行った。測定出力を管電圧 50 kV、管電流 50 mA とし、分光結晶は PET、LiF、RX25 の 3 種類を、検出器はシンチレーションカウンターとプロポーショナルカウンターの 2 種類を使用した。なお、検量線の作成には耐火物技術協会の標準物質 JRRM121-135 を使用した。

3. 結果と考察

3.1. 共同研究における分析値の評価

3.1.1 共同研究分析の報告値と z スコアについて

分析分科会事務局に報告した当センターの分析報告値は表 3 のとおりである。事務局によると本年度は参加機関 36、報告者数 72 名、延べ報告データ数は 74 件であった。今回の報告値はすべて|z|が 1.0 以下となり「満足」の範囲内であったことから、当センターは今回の認定証(図 3)を受領することができ、シラス(火砕流噴出物)に対する当センターの分析手法が妥当であることが確認された。

認定証

第 1670 号

佐賀県窯業技術センター

松永 祐一 殿

分析試料：シラス (Ig.loss, Si, Al, Ca, Mg)
分析方法：重量分析法、ICP 発光分析法

あなたは産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会の第 65 回分析技術向上研究における上記項目において良好な分析結果であったことを認めいたします

2022 年 12 月 15 日

知的基盤部会分析分科会
会長 細川 喜孝

図 3 分析分科会発行の認定証

3.1.2 前処理(溶液化)及び測定方法に関する考察

事務局から報告されたデータをもとに、参加機関の中で測定方法として ICP 発光分析法を用いた件数を表 5 に、さらに ICP 発光分析法における試料前処理(溶液化)方法ごとの件数をまとめたものを表 6 に示す。ここでは棄却されたデータ分の機関数も省かず含めている。まず ICP 発光分析による測定を行った機関の割合は 70 %程度で当センターも含め多数を占めた。Si、Al 成分の前処理方法はアルカリ融解法による前処理が最も多い一方で、Ca、Mg 成分は酸分解法による前処理を行った機関が多かった。当センターではすべての元素をアルカリ融解による前処理にて行ったが、試料は完全に溶解し、残渣のない透明な測定溶液を得ることができた。事務局報告の解説資料にて、Ca、Mg 成分における酸分解法とアルカリ融解法の分析値の差を検定されているが有意差はみられておらず、当センターからの分析報告値についても z スコアを満足する範囲内であった [6]。酸分解法に比べ、アルカリ融解法では操作やマトリックス(共存元素)が複雑となり、汚染についても影響を受けやすいと考えられるが、これらを十分に留意して測定溶液を調製すればアルカリ融解法でも前処理方法として問題はないものと思われる。

表 5 ICP 発光分析法を行った機関の件数

元素	全件数	ICP 発光分析件数	ICP 発光分析利用の割合(%)
Si	71	50	70.4
Al	73	49	67.1
Ca	73	53	72.6
Mg	73	53	72.6

表 6 ICP 発光分析法における試料前処理方法の件数

元素	前処理(溶液化)方法			
	酸分解	加圧分解	酸分解・アルカリ融解併用	アルカリ融解
Si	0	1	0	49
Al	8	2	1	38
Ca	32	2	1	18
Mg	32	2	1	18

3.2 測定方法の違いによる分析値の評価

表 7 に ICP 発光分光分析法及び蛍光 X 線分析法による定量値を比較した結果を示す。蛍光 X 線分析法による SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO の定量値は、ICP 発光分光分析法の定量値並びに分析分科会事務局発表の値とも近い値であった。また、Fe_2O_3、TiO_2、Na_2O、K_2O については分析法による顕著な定量値の差はみられなかった。それぞれの定量結果の合計は 100 mass%程度であり本手法による結果で組成のほとんどが構成されていることが確認された。

表 7 ICP 発光分光分析法及び蛍光 X 線分析法によるシラス（火砕流噴出物）の定量値の比較

元素	ICP (mass%)	XRF (mass%)
L.O.I.	2.089	2.110
SiO_2	72.12	72.05
Al_2O_3	14.09	13.83
CaO	2.424	2.357
MgO	0.4682	0.4446
Fe_2O_3	2.303	2.314
TiO_2	0.2471	0.2429
Na_2O	3.697	3.593
K_2O	2.835	2.773

4. まとめ

産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会が主催する分析技術共同研究に参加した。当センターが通常依頼試験で行っている手法（JIS M 8853）で溶液化を行い、ICP 発光分析法により測定を実施した。報告値は分析分科会事務局が定める z スコアが「満足」の範囲内で判定され認定証を受領することができ、今回の「シラス（火砕流噴出物）」の分析においては、当センターの分析技術は妥当性があると評価された。当センターの化学分析業務については県内企業を中心に高純度試料の微量分析など、今後あらゆるニーズが求められていくと思われる。今後も引き続き本分科会の共同研究に参加し、情報収集、分析技術の向上に努めていきたい。

参考文献

1) 産業技術連携推進会議事務局. “産業技術連携推進会議運営規程”. 2018-03-02. https://regcol.aist. go.jp/file/sgr/1612493123486.pdf. (参照 2023-05-26).
2) 分析分科会運営委員会. 2018-03-02. “産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会ウェブサイト”. https://unit.aist.go.jp/nmij/collab/bb_kai/. (参照 2023-05-26).
3) 共同分析試料 シラスの概要, 産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会, 2022 年度分析分科会年会総合資料, pp240 (2022).
4) 分析技術共同研究の z スコアよる解析, 産業技術連携推進会議知的基盤部会分析分科会, 2022 年度分析分科会年会総合資料, pp241-246 (2022).
5) 城野克広, 津越敬寿, ぶんせき 2014 [4], pp152-160 (2014).
6) 令和 4 年度分析分科会年会 第 65 回分析技術共同研究検討会 無機解説資料, pp32-46 (2022).

陶石利用技術支援事業

泉山陶石を使った製品制作の支援と酸処理天草陶石の品質調査

志波　雄三、嘉村　翔太郎、蒲地　伸明
佐賀県窯業技術センター

有田磁石場組合が主催する「泉山酒器展」の支援を行った。泉山陶土の特性に合わせて素焼及び本焼温度を調整する必要があったため、前回の「一輪花入れ展」で支援した内容をもとに焼成支援を行った。また、天草陶石利用技術支援に資することを目的に、現状の酸処理陶石の品質調査を昨年度から引き続き行った。その結果、昨年度と同様に塩素濃度について酸処理陶石は無処理物よりやや高く、pH も酸処理陶石は酸性側であることが分かった。

Support for The Porcelain stone utilization

Support for production of products using Izumiyama porcelain stone and Investigation of the quality of amakusa acid-treated stone

SHIWA Yuzo, KAMURA Shotaro, KAMOCHI Nobuaki
Saga Ceramics Research Laboratory

We supported "Izumiyama porcelain Sake cup exhibition" held by Arita zisekiba kumiai. As it was necessary to adjust the biscuit firing and firing temperatures based on the characteristics of Izumiyama clay, we supported the firing based on the support we had provided for the previous " a single-flower vase exhibition". A quality investigation of the current acid-treated porcelain stone was conducted from the previous year in order to contribute to future support for the utilization of Amakusa stone. The results showed that, as in the previous year, the chlorine concentration of acid-treated porcelain stone tended to be slightly higher than that of the untreated material, and the pH value was also acid side.

1. 泉山陶石を使った製品製作支援

1.1 支援の背景

泉山陶石は日本初の磁器原料として佐賀県有田町で発見された。元和年間以降長年にわたり利用されてきたが、明治以降は良質な天草陶石の利用が増え、現在は肥前地区で流通している陶土はほぼ天草陶石を原料としている。泉山陶石は現在、ほとんど流通していないが数年前より泉山陶石を用いた陶土を産地の「ブランド土」として見直す機運が業界で高まり、製品開発がなされている。2020 年には、泉山陶石のみを原料とする陶土を用いた「一輪花入れ展」が開催され、当センターは製作支援を行った[1)]。今年度も有田磁石場組合の主催により 2022 年 11 月 19～23 日以下のような趣旨で「泉山酒器展」が開催された。

「今回は【酒器】をテーマに製作し、より身近な生活のなかの器として作品展示をしております。この企画展を通し、有田焼の発展に寄与してきた先人達の偉業をたたえるとともに、製作・展示を経て得られた知識や経験を生かし、さらなる付加価値として、ブランド土『泉山陶石』の開発を行い、未来の有田焼の可能性を追求する事を目的としております。」

当センターではこれまで泉山陶石の特性調査を行うとともに、泉山陶石を用いた製品の製作支援を行ってきた[1~3)]。泉山陶石は結晶相や化学組成などを天草陶石と比較すると若干の違いがあり、焼成においては業界で通例的に行われている天草陶土に最適化された操作では作品に欠陥を発生させる恐れがある。2019 年 3 月は泉山磁石場に設置された陶板モニュメントについて圧力鋳込成形

の支援 [4]、2020 年の「一輪花入れ展」は素焼及び本焼成の支援を行った [1]。本年度も有田磁石場組合より「泉山酒器展」への協力依頼があり支援を行った。

1.2 焼成支援

前回同様、泉山陶土を原料にした作品製作にあたり、当センターでは成形生地の素焼及び本焼成を行った。

泉山陶土生地は天草陶土生地よりかさ密度が低いため、通常焼かれる天草生地の素焼温度の 900～950 ℃では素焼強度不足が生じる恐れがある。そこで、焼成温度は、既報 [1]にもとづき 1000 ℃(昇温速度:100 ℃/hr)とした。

また、本焼成については、耐火度の低い泉山陶土を天草陶土と同じ 1300 ℃前後で焼成した場合、石英粒子の熔融が進み熱膨張が低くなるため、一般的な肥前地区の釉を用いると、貫入が生じる可能性がある。そこで、既報 [1]を参考にして今回も通常より 30～40 ℃低い 1260～1270 ℃程度での本焼成を行った。実際の本焼成の温度・酸素濃度パターンを図 1 に示す。また、天草生地の焼成における還元焼成は 900～950 ℃付近から移行するが、泉山陶土では、素地中に残留した硫黄成分が還元焼成開始時に煤を巻き込み易くなり本焼成後の素地が灰色となり易いため、1000 ℃に設定して還元焼成を行った。

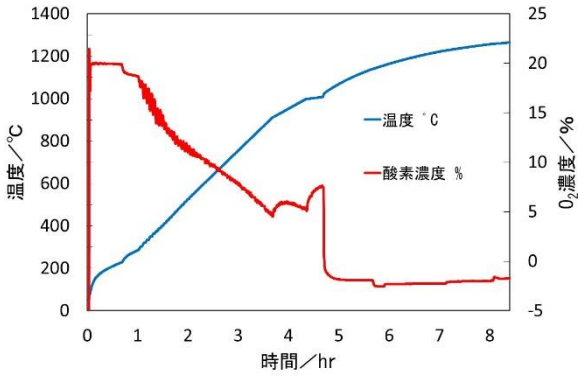

図 1 本焼成パターン.

1.3 作品展示会

有田町泉山の有田磁石場組合事務所において2022年11月19～23日に開催された泉山酒器展の模様を図2及び図3に示す。焼成された作品は変形や煤巻き込みの変色等もなく良好な出来栄えであった。

図 2 製品展示会のエントランス.

図 3 展示場内概観

2. 酸処理天草陶石の品質調査

2.1 支援の背景

近年、天草陶石は採掘状況の悪化や採掘現場の人手不足から高品位陶石の入手が難しい状況が続いている。天草特上陶土及び撰上陶土の安定した製造には、鉄分が少ない陶石が必要なため陶土製造業では塩酸処理により陶石中の鉄分の含有量を低下させた酸処理陶石を目的に応じ配合することが行われている。低品位陶石から鉄分を少なくする塩酸処理は 1970 年頃から実用化 [5]されている化学処理法である。しかしながら、一時期、酸処理陶石の洗浄不足によると思われる陶土の性状変化が発生したことがあり、現在でも一部の利用者に酸処理陶石のマイナスイメージが残っている。こうした状況から、当センターは陶磁器業界の各組合等の協力を得て、2017 年度から現在まで酸処理陶石を使用した陶土の利用拡大のための支援事業を行ってきた [6~8]。

今後も肥前地区の白磁の需要に応じていくには、酸処理陶石利用の重要性を伝えていくことが必要であり、そのためには酸処理陶石の性状確認を長期的に実施していく

必要がある。本事業では昨年度(2021 年)から酸処理陶石の検査方法の確立を目的とし、化学組成及び耐火度、酸処理陶石を蒸留水に浸漬したときの塩素濃度及び pH の測定を実施している [9]。本年度もこれらの測定を実施したので、その結果について報告する。

2.2 調査原料について

調査原料は、肥前陶土工業協同組合ほか陶土製造企業の協力を得て、現在流通している天草酸処理陶石を 2022 年 12 月にサンプリングして用いた。サンプリングしたのは皿山系の酸処理陶石と低火度酸処理陶石、海岸脈系の浜平酸処理陶石と木山酸処理陶石及び海岸脈系の共立マテリアル酸処理陶石と低火度酸処理陶石である。比較物の陶石として、酸処理を行っていない皿山系低火度 4 等陶石、海岸脈系の木山 3 等陶石及び共立マテリアル 4 等陶石を用いた。また、現在流通中の陶土として市販天草撰上陶土(細工用及び鋳込用)の性状も調べた。

2.3 調査項目

物性として、耐火度及び化学組成について調査した。耐火度は耐火度測定装置(戸田超耐火物製、TODA'S ミニファーネス)により測定した。化学組成は蛍光X線分析装置(Rigaku 製、ZSX PrimusII)を用い、ガラスビードによる検量線法で定量分析を行った。

また、原料試料を蒸留水に浸漬させた上澄み液の pH 及び塩素濃度の調査も行った。まず原料陶石を小型スタンプミル(日陶科学製、ANS143 型)により、粒子径が 1 mm 以下になるまで粉砕し、粉砕粉末 30 g を測り採ってビーカーに入れ、300 g の蒸留水を加えて 30 分間撹拌した後、一昼夜静置させて上澄み液を採取した。陶土についても粉末 30 g を測り採り同様の操作によって上澄み液を採取した。静置させた上澄み液は約 200 mL 分取し、冷却高速遠心機(コクサン製、H-2000A2)により回転数 10000 rpm で 20 分間遠心分離を行い、これを測定用溶液とした。

塩素濃度は、ICP 発光分光分析装置(島津製作所製、ICPS-8100CL)を用いて検量線法により測定した。pH は pH メータ(東亜ディーケーケー製、HM-30R)により測定した。

2.4 天草酸処理陶石の性状結果について

表 1 に各原料上澄み液の塩素濃度及び pH の結果を示す。塩素濃度の比較用のサンプルとして当センターの水道水の結果も併せて示す。なお、一部昨年度(2021 年)のデータ(イタリック体)も併記した。

表 1 各原料上澄み液の塩素濃度及び pH.

原料名	塩素濃度 (ppm)	昨年度 塩素濃度 (ppm)	pH	昨年度 pH
皿山酸処理陶石	1.1	*0.7*	5.8	*6.1*
皿山低火度酸処理陶石	0.7	*0.7*	6.3	*6.4*
浜平酸処理陶石	2.0	—	7.3	—
木山酸処理陶石	1.6	*1.3*	7.7	*6.8*
共立酸処理陶石	1.7	—	7.4	—
共立低火度酸処理	5.4	—	6.7	—
皿山低火度 4 等陶石	0.9	—	8.1	—
木山 3 等陶石	0.5	—	8.1	—
共立 4 等陶石	0.5	*0.2*	7.2	*7.8*
市販撰上陶土(細工用)	1.9	—	7.2	—
市販撰上陶土(鋳込用)	0.7	—	7.3	—
水道水	11.6	*8.6*	6.9	—

最も高い塩素濃度を示したのは今回も水道水で 11.6 ppm であった。各原料の値はこの値よりも低く 0.2～5.4 ppm であった。酸処理陶石では最も高かったのは共立マテリアル低火度酸処理陶石の 5.4 ppm であった。他は皿山低火度酸処理陶石を除いて 1～2 ppm の間で値を示した。酸処理無しの陶石の 3 種はいずれも 1 ppm 未満の値であった。この傾向は昨年度と同等であった。陶土においても水道水よりも低い値ではあったが細工用で 1.9 ppm、鋳込用で 0.7 ppm とこれら 2 種は多少値の開きがあった。昨年度同様、今回の調査分でも塩素濃度が極端に高い酸処理陶石はなく特徴的な傾向も見られなかった。いずれにしても水道水より低い濃度レベルで推移しており使用において問題はないが、今後も傾向を探るために一定期間ごとのサンプリング調査を継続していく予定である。

一方、酸処理した陶石の pH は 5.8～7.7 であり、無処理の陶石はややアルカリ性側の 7.2～8.1 と昨年度と同様の傾向がみられた。現在市販されている陶土は 7.2、7.3 と

表 2 原料陶石等の化学組成(mass%)及び耐火度.

原料名	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	耐火度	昨年度耐火度
皿山酸処理陶石	2.33	79.27	14.20	0.32	0.01	0.05	0.02	0.02	3.57	SK20	SK20$^-$
皿山低火度酸処理陶石	2.51	78.50	14.70	0.37	0.01	0.04	0.03	0.46	3.20	SK19$^+$	SK16$^+$
浜平酸処理陶石	3.18	78.83	14.44	0.34	0.01	0.06	0.03	0.16	2.64	SK20	―
木山酸処理陶石	3.38	78.68	14.58	0.35	0.01	0.09	0.02	0.06	2.48	SK20$^+$	SK20$^+$
共立酸処理陶石	3.05	78.88	14.48	0.32	0.02	0.06	0.02	0.15	2.77	SK19$^+$	―
共立低火度酸処理	2.58	77.97	14.75	0.28	0.02	0.03	0.03	0.87	3.31	SK16	―
市販撰上陶土(細工用)	3.48	75.53	16.63	0.47	0.02	0.07	0.07	0.10	3.28	SK27	―
市販撰上陶土(鋳込用)	4.25	73.53	18.17	0.48	0.01	0.08	0.04	0.11	3.00	SK27	―

ほぼ中性であった。

表 2 に酸処理陶石 6 種及び市販撰上陶土 2 種の化学組成値及び耐火度の結果を示す。低火度でない皿山酸処理陶石と木山酸処理陶石においては、耐火度が昨年度と同様 SK20 程度という結果であった。低火度でない酸処理陶石は耐火度が SK26 以上ではないかと業界では通常いわれているが、今年度もそれより低い耐火度であった。しかしながら、天草陶石性状データベース[10]に掲載されている陶石データによると、化学組成値で近いもので比較するとSK20 程度のデータもあり本データは特に問題ないと考えられる。

市販撰上陶土 2 種は SK27 と通常の耐火度であった。これらの陶土は酸処理陶石を一定の割合で配合されているが、陶石から陶土へ精製した時点では問題ないレベルの耐火度になっている。

4. まとめ

今回の「泉山酒器展」の支援においては、2020 年の「一輪花入れ」製作時に得られた泉山陶石の特性データをもとに、素焼及び本焼成の支援を行った。焼成についてはおおむね前回と同じ条件で問題なく対応することができた。今後も同様な案件については随時、支援していくことにしている。

また、天草陶石の利用技術の支援に資することを目的に、昨年度同様、現状の酸処理陶石の性状の調査を行った。その結果、酸処理陶石の塩素濃度は 1 ppm 以下程度の無処理陶石よりもおおむね高く、それにともない pH も 5.8～7.7 程度と酸性側にシフトする傾向は昨年度とほぼ同様である事が明らかとなった。現在流通している市販陶土の特性は特に異常なく、現時点において、酸処理陶石の塩素濃度及び pH のこのような値の変化は陶土の性質に大きな影響を及ぼさないと考えられる。しかし、今後も定期的に調査を行い、陶石、陶土の性状の変化に注視しながら、引き続き業界への支援を行っていく予定である。

謝辞

本事業にご協力いただいた肥前陶土工業協同組合の皆様、並びに協力いただいた方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

1) 蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター令和 2 年度研究報告書・支援事業報告書, 18-22 (2021).
2) 寺﨑信, 蒲地伸明, 白石敦則, 川原昭彦, 釘島裕洋, 佐賀県窯業技術センター平成 20 年度研究報告書, 84-88 (2009).
3) 寺﨑信, 蒲地伸明, 吉田秀治, 佐賀県窯業技術センター平成 23 年度研究報告書, 16-22 (2012).
4) 藤靖之, 蒲地伸明, 鮎川祐太, 佐賀県窯業技術センター平成 30 年度研究報告書・支援事業報告書, 23-25 (2019).
5) 林文雄, 永田正典, セラミックス 14, No.4, 333-338 (1979).

6) 志波雄三, 寺﨑信, 佐賀県窯業技術センター平成29 年度研究報告書・支援事業報告書, 8-11 (2018).
7) 志波雄三, 寺﨑信, 佐賀県窯業技術センター平成30 年度研究報告書・支援事業報告書, 19-22 (2019).
8) 志波雄三, 寺﨑信, 嘉村翔太郎, 佐賀県窯業技術センター令和元年度研究報告書・支援事業報告書, 51-55 (2020).
9) 志波雄三, 寺﨑信, 嘉村翔太郎, 佐賀県窯業技術センター令和 3 年度研究報告書・支援事業報告書, 42-46 (2022).
10) 木村邦夫, 天草陶石の性状／データベース, 2016年3 月.
http://www.kumin.ne.jp/vsi/pspdb/.(参照 2023-03-31).

「茶わん供養」から「べんじゃらプロジェクト」へ

アリタセラのイベントの見直しから環境整備までの計画立案及び事業化支援

浜野 貴晴
promoduction（プロモダクション） 代表 ／ 佐賀県窯業技術センター 外部アドバイザー
国立大学法人 佐賀大学 肥前セラミック研究センター 客員研究員 ／ 有田町 クリエイティブアドバイザー

1. はじめに

有田焼卸団地協同組合（山本 幸三 代表理事）は、「茶わん供養」の一環として、令和3（2021）年春より、供養後の茶わん等の器をチップ状に粉砕加工し、植栽足元の敷材として再利用する取り組みを始めた。

焼きものへの感謝の気持ちを込めて、40年の長きにわたり毎年11月に行ってきた「茶わん供養」では、欠けたり割れたりしてしまい役目を終えた愛用の茶わんを広く一般から奉納いただき、供養を執り行ってきた。

これまで供養した後の茶わんは、産業廃棄物として処分してきたが、その有効活用を考えた結果、細かく砕いた陶磁器片に加工することで、同組合が運営するショッピングモール「アリタセラ」の中央大通りの植栽の足元に敷き詰めるグランドカバー材として再利用することが可能となった。まさに有田焼産地らしい景観材料としてアップサイクルされる。

有田焼の商社組合として、販売した後においてもその焼きものの行く末を見据え、さらに愛着を持って長年使っていただいたお客様の器への想いに応え、そして日々の生活を豊かにしてくれた道具としての焼きものへの感謝や大切にする心を醸成していこうという「茶わん供養」を発展させたSDGsへの取り組みである。

2. 目的と経緯

平成28（2016）年の有田焼創業400年事業を機に、アリタセラ（旧・有田陶磁の里プラザ）も、有田焼の販売を担ってきた拠点という位置づけから、さらなる産業基盤整備が求められ、外部のクリエイターやシェフなど食と器文化に関わる専門家や、広く観光客までを迎え入れられる滞在型の交流及び情報発信を強化するべく、敷地内の空き店舗を活用し、レストランを併設した宿泊施設を開業することが決まるなど、新たな展開が始まった。

そこで平成30（2017）年より、事業化推進とPR支援のため、筆者がアリタセラのクリエイティブディレクターに就任し、もっと魅力的な場所に自分たちの手で変えていき、発信していくための体制として「魅力創出プロジェクト」を立ち上げ、場づくりとしての環境整備、イベント等の見直し、情報発信のための事業推進を月例にて行ってきた。

その一つの対象が、「茶わん供養」の内容見直しと認知向上であった。

有田焼卸団地協同組合では、昭和55（1980）年より、秋の自主開催イベントとして、「有田のちゃわん祭り」を開催している。その中心となる行事が「茶わん供養」である。

アリタセラのシンボルとして南館に常設展示している「茶わん神輿」は、平成3（1991）年、有田焼の窯元62社の協力のもと、総数679個の茶わんを積み上げられて制作され、焼きものの神様として地域に親しまれる「陶山神社」の分霊が座す御神体として長らく祀られてきた。

御神体として祀られる「茶わん神輿」

陶磁器商社が集うアリタセラでは、有田のちゃわん祭りにて、この茶わん神輿を前に陶山神社宮司による「茶わん供養神事」を粛々と執り行ってきた。令和4（2022）年の開催で40回を数える歴史ある神事であり、当日は組合員はもとより、佐賀県、有田町、関連団体などから多くの窯業関係者等が集い、焼きものへ一年の感謝の気持ちを示す地域の神事として地元に親しまれている。

茶わん供養神事の様子

有田焼産地らしい取り組みとして好意的な評価がある一方、一般には茶わん神輿の存在すらあまり知られておらず、組合としてその価値を明確に伝えられてこなかった。

そこで、まず令和元（2019）年より2か年にわたり、経済産業省の「商店街活性化・観光消費創出事業」の採択を受け、茶わん神輿周辺の環境整備に着手した。来街者に神輿が祀られている意図を理解してもらえるよう、五色幕やしめ縄、本坪鈴と賽銭箱を設置し、神社らしい設えとした。

「茶わん供養」では、毎年多くの方々から、欠けたり、割れたりして役目を終えた愛用の茶わんを奉納いただいてきた。日々に豊かさを与えてくれた器との別れを惜しみ、供養することは、「厄災消除」の身代わり祈願となり、さらには代々に渡り食べることに困らない「子孫繁栄」にご利益があるとされる。これまでは供養を目的に茶わんを持参いただき、納めていただくのみであった奉納の所作も見直し、陶山神社宮司からの助言のもと、新たに「茶わん絵馬」を用意し、茶わん供養奉納時に、茶わんの形をした絵馬に御霊を移し、感謝の気持ちを書き添え、新設した「絵馬掛け処」にご奉納いただく取り組みを始めた。

茶わん絵馬

これにより、茶わん神輿がどのような意図で、アリタセラに鎮座しているのか理解が進むとともに、これまで、11月の有田のちゃわん祭り期間中のみ受け付けていた茶わん供養奉納も、茶わん神輿の傍で、一年を通して承れるようになり、以来毎年250ほどの絵馬を奉納いただくとともに、茶わん神輿を参拝する観光客の姿も頻繁に目にするようになった。

さらに、毎年2月末にアリタセラにて、「茶わん絵馬 お焚き上げ神事」を執り行い、過去1年間にご奉納いただいた茶わん絵馬を丁寧にお焚き上げして供養する神事も新たに始めるとともに、パネルにて茶わん供養の流れを紹介している。

「茶わん絵馬」お焚き上げ神事の様子

3. 茶わん供養の発展

令和2(2020)年には、アリタセラの中央大通りの舗装改修を行うにあたり、茶わん神輿をアイストップにまっすぐと通りが伸びることから、石張り風の景観舗装を採用し、茶わん神輿へと誘う参道を思わせる整備を行った。

茶わん神輿への参道を思わせる中央大通りの石張り風舗装

加えて、これまで鬱蒼と茂り、見通しの悪かった両脇の中低木の植栽も一新し、通りの対岸からも店舗のショーウ

インドウや行き交うお客さまの姿も見える風通しのよい景観形成を行い、植栽の足元もすっきりと見えるようになった。そこで植栽足元の地面を覆うグランドカバーの施工を行うこととなり、その材料検討にて、有田焼産地らしい敷材として、陶石とともに陶磁器片の活用案が上がった。これまで供養した後の割れた茶わんは廃棄処分していたが、それらを細かく砕いてチップ状の「べんじゃら（陶磁器片を意味する有田の方言）」に加工し、植栽足元のグランドカバー材として利用できないか可能性を検証した。

産業廃棄物であることから、有田町と協議し、敷材として地域内にて活用することに問題がないこと、また佐賀県窯業技術センターは、ハンマークラッシャーを用いた粉砕加工の協力と、土壌に撒いた場合の環境への影響が基準以下であることへの助言を行った。サイズについても、セルベンのように細かく粉砕にするにはコストがかかり、見た目も白い砂のようになってしまうことで、陶磁器らしさがなくなってしまうことや、風等による飛散もあることから、ある程度の大きさが望ましい。しかしながら陶磁器片であることから、粉砕部が鋭利となり危険であることから、チップのサイズは、5～10mm程度にすることとした。

ハンマークラッシャーにより「べんじゃら」に粉砕加工する様子

べんじゃらは、遠目には小さな白い砕石の化粧石に見えるが、釉薬面が日の光を反射してきらきらと輝くとともに、下絵付けや上絵付け、釉薬の鮮やかな色味も所々に見られ、有田焼産地らしい景観材料であるとともに、アップサイクルな建材としての魅力を放つ。

植栽足元のグランドカバー材として敷き詰められた「べんじゃら」

「茶わん供養」神事では、「べんじゃら」を撒く儀式も加えられた

陶山神社の宮田宮司曰く、「有田の地から生まれた焼きものが、人々の暮らしを豊かにし、役目を終えた後、再び有田の地へと還る」ように、有田にて製造され、道具としての役目を果たした陶磁器の一生を伝えるイベントや場作りを通じて、愛用されてきたお客様の器への想い、焼きもの

への感謝やものを大切にする心の醸成を試みている。「茶わん供養」から「べんじゃらプロジェクト」へと繋がる新たな展開は、まさにSDGsの「つくる責任、つかう責任」への取り組みとも言えよう。

こうした取り組みを遂行していく中で、有田焼卸団地協同組合としても、SDGsへの意識が高まり、令和4(2022)年11月の第40回 茶わん供養・有田のちゃわん祭りにて、組合として「SDGs宣言」を発出するに至った。

「べんじゃらプロジェクト」の他、すでに実施している主な取り組みとしては、平成27(2015)年9月から稼働している組合員有志16社事業所の屋根に設置した「太陽光発電所の整備・運営」による「脱炭素社会に向けたクリーンエネルギーへの転換」、平成30(2018)年4月に開業したホテル・レストラン「arita huisの運営」による「食と連携した器文化の発信／クリエイティブプラットフォームの構築」がある。

事業所の屋根に取り付けられた大規模なソーラーパネル

オープンキッチンと広々としたダイニングの arita huis のレストラン

SDGs宣言では、「〈ひと〉と〈まち〉が繋がり、持続可能な陶磁器文化の発展に向けて」と題し、伝統ある有田焼産業の持続可能性を目指した取り組みを、組合及び組合員が実施していこうという意思表明となった。

4. 今後の展開

べんじゃらプロジェクトの発表を通じ、べんじゃらの建材としての可能性への問い合わせも多数あり、素材提供の依頼から試用試験が行われた結果、令和4(2022)年5月に運用を開始したNHK佐賀放送局の新会館の受付の壁面や屋外に敷かれたコンクリートタイルにアリタセラより提供したべんじゃらが用いられた。コンクリートの骨材としてべんじゃらを用い、硬化した後、表面をサンディングすることで、陶磁器片が露出する研ぎ出し仕上げの技法が用いられ、佐賀県らしい表現として高評価であると聞く。

NHK 佐賀放送局でのべんじゃらの建材への活用事例

今後のべんじゃらの取り扱いについては、敷材の他、建材としての利用も考え、有田焼卸団地協同組合が主導し、窯元や商社など、産地から排出される産業廃棄物のアップサイクルの事業化を検討していく予定である。

5. 特筆すべき成果

- 商社組合として、産地の課題や今後の取り組みに関して、意見交換や情報共有する場の創出
- 有田焼産地らしい取り組みの実施と一貫性のある魅力的な場づくり
- 計画された情報発信による対外的な認知の向上
- 実施にともなう関係者の意識の向上と新たな事業への展開

参考資料

「アリタセラ」 公式WEBサイト SDGs特設ページ
https://www.arita.gr.jp/sdgs/

その他 令和 4 年度に取り組んだ事業の概要

経常研究

① SDGsに対応した陶磁器の製品化技術の開発（令和 4 年度～令和 7 年度）

研究企画課　中溝 祐志、 白石 敦則

研究の基礎となる市販の低温焼成陶土の物性（吸水・嵩密度、焼曲がり、熱膨張）を確認するため、1350℃、1300℃、1250℃、1200℃、1150℃、1100℃における各温度でそれぞれ測定し、焼成可能な温度について検討した。また、熱膨張試験の結果から、素地の熱膨張が天草に比べて少し高く、市販の石灰釉より熱膨張を高く調整しなければならないことが判明した。この結果を基に、低温焼成陶土用の透明釉開発を行った。

② 排泥鋳込みにおける成形技術の研究（令和 4 年度～令和 6 年度）

技術開発課　嘉村 翔太郎、蒲地 伸明、関戸 正信

排泥鋳込みの重要な要素のひとつである泥漿調整条件について、解膠剤と含水率に対する粘度の測定を行い、各条件における泥漿の状態を確認した。成形テストを行うため、簡単な形状の石膏型（ケース型含む）を作製した。作製した石膏型を元に鋳込みの試験を行い、泥漿と着肉量や速度などの関係を評価した。

③ ろくろ成形のための NC 旋盤加工技術の確立（令和 4 年度～令和 5 年度）

技術開発課　関戸 正信、蒲地 伸明

NC 旋盤による金型加工では切込み、切削送りの条件により成形ローラーの表面粗さのコントロールが可能となり、成形テストに移行する環境が整った。凹形状となる皿などの端面加工では、高台など加工面の R 径が小さく幅が狭い形状加工は、ならい旋盤と同様に総形バイト（姿バイト）のような専用のバイトが用意できると、加工工程の簡略化や加工時間の短縮が見込めるかについて検討した。

④ 次世代転写加飾技術の開発（令和 4 年度～令和 7 年度）

事業デザイン課　松本 奈緒子

スクリーン印刷前後の二次加工技法の検証として、版の加工による印刷技法の応用と、各二次加工技法の検証を行った。また、ディスペンサー装置を用いた直接印刷のための試験として、和絵具（盛絵具）の印刷に適した絵具の粘度、ノズル径、吐出圧、吐出スピード等の試験を行い、基本的な印刷条件について検討した。

その他 令和 4 年度に取り組んだ事業の概要

戦略的試験研究

⑤ 新世代磁器の開発（令和 4 年度～令和 6 年度）

技術開発課　蒲地　伸明

低変形と低収縮実現の基礎となる高温安定結晶の晶出について、タルク添加量、粒度及び焼成条件の影響を確認した。この焼結系の陶土に関しては焼成変形に与える粒度の影響は極めて小さいことが明らかになった。

共同研究

⑥ SOFC 型ポータブル発電機用セルの開発（令和元年度～令和 5 年度）

副所長　古田　祥知子
技術開発課　釘島　裕洋、秋山　将人

県内事業者（1 社）及び県外事業者（1 社）と共同で、アウトドア電源、災害等非常時電源として有用な、ポータブル発電機に適した燃料電池セル開発を目指した。市販カセットボンベを燃料源として迅速な発電を可能にするためのセル構造の構築を目標に、電極及び電解質材料の選定、製造プロセスの検討とセルの試作・特性評価を行った。

⑦ セラミックスを基材とした次世代二次電池の開発（令和 3 年度～令和 5 年度）

技術開発課　釘島　裕洋、志波　雄三

次世代二次電池として高性能な全固体リチウムイオン電池の開発が望まれているが、実用化のためには固体電解質のイオン伝導度の向上、電極活物質/固体電解質界面におけるイオン・電子輸送特性の改善などが必要である。本研究では、九州大学の渡邉賢准教授と共同で、優れた特性を有する酸化物系全固体二次電池の開発を目指した。本年度は、イオン伝導度の向上及び焼結温度の低温化のため、固体電解質材料の開発を行うとともに、得られた粉末を用いて成形用スラリーを調製し、ドクターブレード法によって固体電解質シートを作製した。また、ICP 発光分析法により、合成した電池材料の定量分析を行った。

その他　令和 4 年度に取り組んだ事業の概要

支援事業

⑧　現代の磁器製造工程における技術・技能の集積事業（令和 4 年度）

事業デザイン課　　江口　佳孝

有田焼産地での分業化された業種の中には、後継者不在、就業者不足等により現世代で廃業を決めている事業者が現在も増えつつある。佐賀県内で消滅を危惧する業種も視られ、これらが有する技術・技能を継承することが困難になっている。

このことにより動画を伴う技術・技能資料の編纂が必要である。令和 4 年度は、機械ろくろ内ゴテ成形及び機械ろくろ外ゴテ成形用の型製作の資料の構築に取り組んだ。

佐賀県窯業技術センター
令和４年度　研究報告書・支援事業報告書
令和５年（2023年）7月1日発行
ISSN 2432-2628

発行：　佐賀県窯業技術センター
〒844-0022 佐賀県西松浦郡有田町黒牟田丙3037-7
TEL : 0955-43-2185　FAX : 0955-41-1003
URL : https://www.scrl.gr.jp/
印刷：　株式会社 三光