佐賀県窯業技術センター

令和 7 年度　研究報告書・支援事業報告書

目　次

経常研究

パッド印刷に関する研究……1

陶磁器のマスキング手法に向けたデジタル 3D 技術の開発……7

次世代転写加飾技術の開発……16

SDGs に対応した陶磁器の製品化技術の開発……23

支援事業

陶石利用技術支援事業……30

天草陶石の品質調査と泉山陶土の特性改善への取り組み

低温焼成磁器普及支援事業……36

陶磁器デザインアプリ「iroe」・「iroe2」運用への支援……40

磁器のものづくりを伝える「工程展示」の有用性……46

プリプロダクションのコンテンツによるプロモーション戦略

その他　令和 7 年度に取り組んだ事業の概要

……52

パッド印刷に関する研究

関戸 正信
佐賀県窯業技術センター

陶磁器産業におけるパッド印刷等の工程では、作業環境の安全性確保（VOC 削減）や廃液処理コストの低減が課題となっており、現像プロセスの環境改善が求められている。
従来のアルコール現像から水現像へ移行するにあたっては、水温、浸水時間、および積算光量の最適化が必要である。今回、光源にLEDモジュールを採用して安定した光量を確保することで、精度の高い安定した画像形成が可能となった。
キーワード:陶磁器印刷、パッド印刷、水現像、UV-LED、紫外線感光樹脂、凹版印刷

Research on pad printing

SEKIDO Masanobu
Saga Ceramics Research Laboratory

In the ceramics industry, improving the environment for printing processes, such as pad printing, has become essential from the perspectives of ensuring workplace safety (VOC reduction) and reducing waste liquid treatment costs.
In transitioning from conventional alcohol-based development to water-based development, it was necessary to optimize parameters such as water temperature, immersion time, and cumulative light exposure. By adopting LED modules as the light source to ensure a stable output, consistent and high-quality image formation has been achieved.
Key Words: : Ceramic printing, pad printing, water development, UV-LED, UV-sensitive resin, intaglio printing

1. はじめに

陶磁器が私たちの日常生活に広く普及した要因として、明治期以降に銅板転写をはじめとして、ゴム印、シルクスクリーン印刷、パッド印刷などの印刷技術の発展があったことがあげられる。

主な印刷の変遷時代ごとにみると次のとおりである。

・明治 20 年～30 年代:銅版転写
・昭和 10 年～20 年代:ゴム印
・昭和 30 年～40 年代:シルクスクリーン印刷
・昭和 40 年～50 年代:パッド印刷

陶磁器における印刷技術は現在も有効な手法として利用されているが、一部の技術を除き、銅板転写はシルクスクリーンを利用した印刷に、ゴム印はシリコンゴムを利用したパッド印刷など、多くの場面で利用されるようになった。

一般に陶磁器の印刷(シルク・パッド印刷)では、パソコンでデザインを作れるようになった現在でも、インクを転写する「版」を作る工程が不可欠である。

この工程では、光で固まる特殊な樹脂にデザインを焼き付け、洗浄剤で不要な部分を洗い流すことで、精密な凹凸や穴を作る。

近年、パッド印刷の工程においては、現像過程で扱う洗浄剤(メチルアルコール)の取り扱いが、安全上問題となってきており、企業においては、専用の設備整備や安全対策を講じる必要が出てきた。

さらに肥前地区では 2021～2022 年にかけてアルコール現像タイプの樹脂版の供給が停止され、産地では水洗いタイプへの移行を急いだが、業界がこれまでに習得したアルコール現像（手現像）の経験や技術では、良好な結果が得られない状況であった。

水現像樹脂版については 1977 年、(株)東洋紡がパイオニアとして市場を切り拓き、同時期に(株)タカノ機械製作所による専用製版機の製造も開始された。しかし、水現像樹脂版は水による膨潤速度が速いという特性を持つため、手洗いを主体とする肥前地区においては、精度の維持が困難であり、今日まで導入が進んでこなかった。

現在、肥前地区では繊細な線画や手描き特有の「濃淡

(だみ)」の表現が求められており、金属版(エッチング)ではこうした階調表現の再現が不可能であるため、今後も樹脂(フォトレジスト)による製版技術は不可欠である。アルコール現像タイプ樹脂版の供給停止が懸念される現状において、水現像タイプへの移行は、産地にとって避けては通れない唯一の選択肢といえる。

そこで本研究は年間を通じ、製版に関する評価や助言が行えるよう新規に現像機の整備を行い、水現像の環境を整えた。また、従来の光源(ケミカルランプ)が生産を終了(2027 年)することから、光源には、単一波長の直行光を持つ UV-LED(365nm)を採用し、適正な積算光量を得るため、装置の制御条件の検討を行った。

2. 実験方法

本研究では評価すべき製版工程の項目との検討を要する点は以下のとおりとした。

・原稿及び版下:濃度管理と適正な画像処理
・主露光:紫外線強度、積算光量の掌握
・洗い出し:水温管理、適正な露光時間
・乾燥:適正な温度管理と速やかな水の分除去
・後露光:完全硬化のための再露光
・後乾燥:長期保管のための完全乾燥

以下、整備した機器、各条件等を説明する。図1に製版機(アプトン株式会社製、DX-A2neo)を示す。



図1 製版機

表1に評価に使用する素材を示す。水現像の中では最も硬い硬度67° (ショア D)のものを使用した。

表1 評価に使用した素材

	硬度	ベース	版厚	深度
アナログ	67°	スチール	0.43	0.2
			0.73	0.43
			0.95	0.65
			1.52	1.22

2.1 原稿、版下データ

器等の立体物へパッド印刷を行う際、手書き原稿を正確にデジタル化するには「鉛筆転写(リバース)」が不可欠である。この手法は、曲面のデザインの歪みを最小限に抑えて平面へ展開する上で極めて有効となる。

転写原稿を基に Illustrator 等で製版データを作成する際は、出力設定に細心の注意を払う必要がある。特にベクターデータの書き出しやラスタライズ処理においては、ドキュメントの「ラスタライズ効果設定」を、標準の 2 倍以上(1200dpi 以上推奨)の高解像度に指定しなければならない。

これは、出力機が持つ本来の再現性を引き出し、微細な網点やエッジの鋭利さを担保するために避けて通れない工程である。

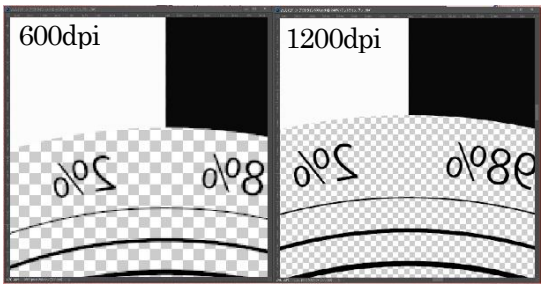


図2 解像度の設定による線描の違い.

また、手描きの「ダミ」のような滑らかな階調を得るためにはあらかじめ、網点出力の校正作業を行う必要があり、事前にテストパターンを出力し、印刷の結果から網点の濃度補正を行うとよい。通常肥前地区では 85 線から 100 線ほどの解像度が好まれて使用されているが、ソフト(Photoshop)のフィルターによる非破壊編集、調整レイヤーとして追加できるので、後から何度でも編集が可能となる(図3)。

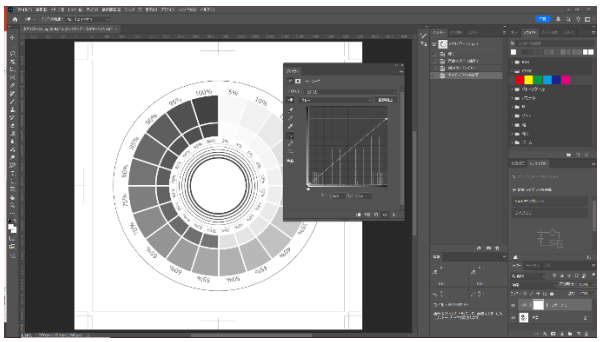


図 3　Photoshop によるトーンカーブ補正

2.2 主露光

パッド印刷で使用される感光性樹脂版は波長 300～400nm の紫外線により硬化する。従来の紫外線ランプでは光が広範囲に拡散するのに対し、UV-LED は直進性が高く非常に鋭いピーク特性を持っており、同じ積算温度でも樹脂層の表と深部では樹脂の硬化バランスが崩れ、網点形成に大きな影響を与える。

現在、使用されているケミカルランプ(20W)の特徴は、中心部が最も強く、中心部から離れるにつれ強度が低く設計されており、安定した領域は約 300mm の範囲内とされている(図4)。

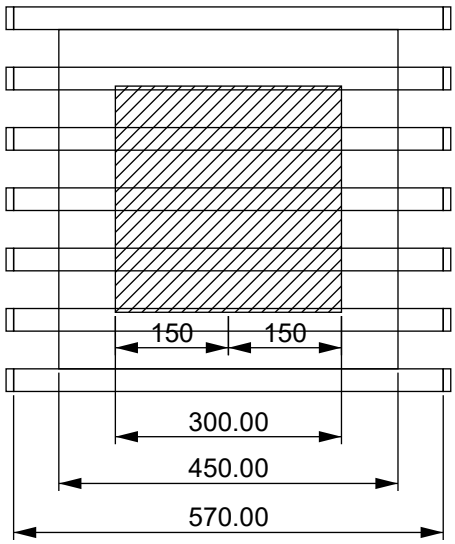


図 4　従来光源を利用したときの安定する照度の範囲

そこで、正確に現状を把握するために、紫外放射照度計による測定を行った。図5は現場に直接出向き計測している様子である。ケミカルランプ光源下では図 6 の様な結果を示した。ケミカルランプの光源直下(距離＝約 50mm)では 1.6 mW/cm^2 を示し、フィルムの下では、照度 0.4 mW/cm^2 の値を示した。本来であれば届くはずの紫外線は約 75%遮光カットされ十分な光量が確保されなかった。十分に光量が届かない場合、適正に現像することは困難なことから、より透過性の高いフィルムの選択が望ましい。



図 5　積算光量計による測定の様子.

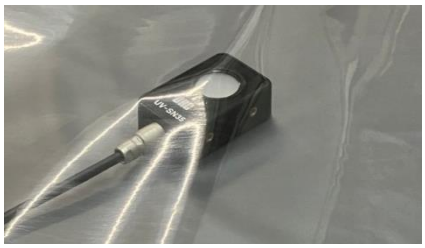




図 6　照度測定値結果、右の値がフィルム下の値

版面強度と積算光量の関係は以下の式で求められる。

(ケミカルランプ)

強度(mW/cm^2)×時間(s)＝積算光量(mj/cm^2)

・強度:1.6mW/cm^2

・時間:180s

・積算光量:1.6×180＝288mj/cm^2

↓透過性の高いフィルムへの交換(透過率＝78%)

・強度:1.6mW/cm^2×0.78＝1.248mW/cm^2

・積算光量:1.248×180＝224.64mj/cm^2

透過率が高まることで、十分な硬化が期待でき、耐刷強度が向上、樹脂深層の安定した形成につながると考えられる。ケミカルランプの特徴として波長範囲が広く拡散する性質から光が回り込みやすくハイライトの領域は浅くなることから注意が必要である。

2.2 版下(ポジフィルム)

ポジフィルムは、製版の「設計図」となり、印刷したい絵柄部分が黒(遮光)、それ以外が透明(透過)になっている。樹脂版の上にこのフィルムを重ねて紫外線を照射すると、透明な部分だけが硬化し、黒い部分が未硬化のまま現像で洗い流されて「インクが入る凹み」になる。

製版の成否は、フィルムと樹脂版の密着性で決まるが、隙間があると光が回り込み、エッジがぼやけたり網点が潰れたりすることから、図 7 のよう様に主露光にかける前処理として膜面を乳剤面と合わせ空気をかき出しながら密着させていく必要がある。また、この時の膜面はフィルム下、鏡像処理されなくてはならない

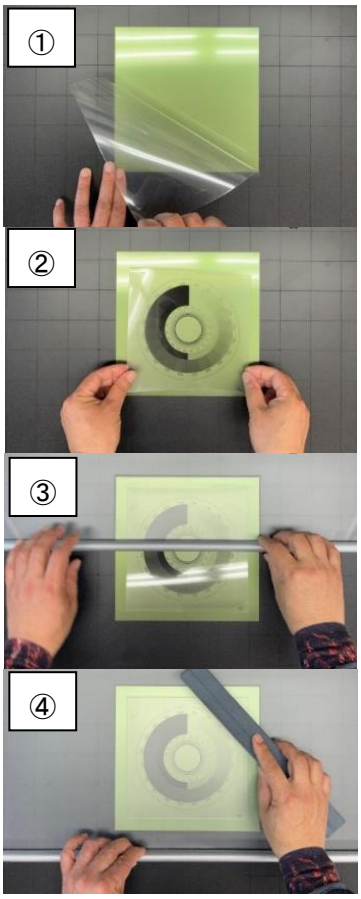


図7 主露光前処理工程(①カバーフィルムを剥離, ②③④ポジフィルムの真空引き作業

3. 製版条件の最適化

具体的な補正値を求めるために、以下の要素を含んだテストターゲット(チャート)を作成し、版に焼き付け・現像を行った。スキージーで掻き取る際、個々の網点が規則正しく形成されることが最も重要である。網点はハイライト～シャドウ域(5～100%)を 5%ごとに刻み出力値とした。

・線数:100lpi

・版厚:0.43mm

4. 考察、機械現像

図 8 にタカノ機械製作所(現、株式会社アプトン)製による機械現像の様子を示す。現像(水洗い洗浄)は装置上部に配置された専用のブラシにより 40 秒洗浄される。UV-LED 光源により積算光量 300mj/cm^2 を確保、10%の出力で 56 秒の露光、10 分の乾燥後に後露光を 4 分が、0.43mm の樹脂版の限界であった。

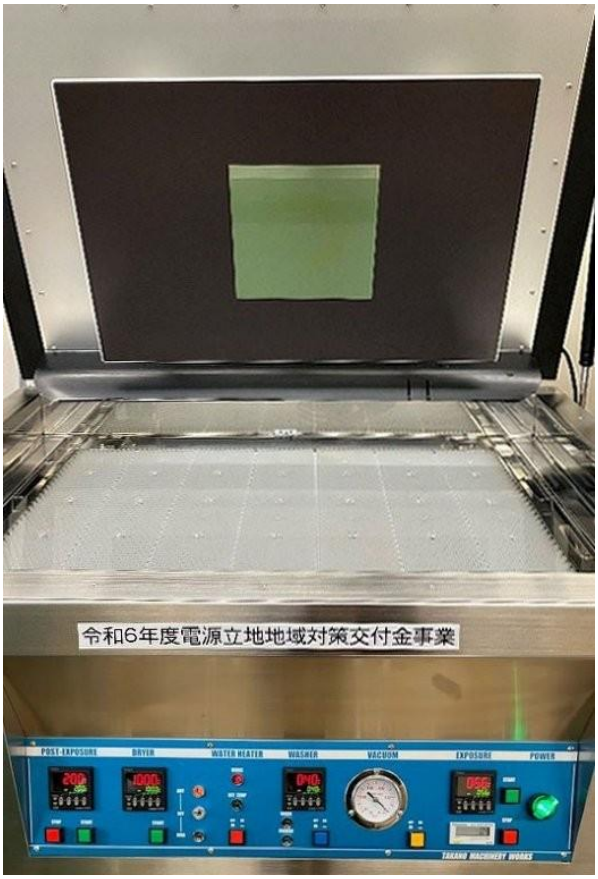


図 8 機器による洗浄 (上蓋が稼働し水槽内のブラシにて洗浄).

洗浄直後は樹脂が水に溶解しており、速やかに洗浄を行わないと図 9 のように溶けだした樹脂により凹みがふさ

がれてしまう。なお、この図は補正前の版のため、100%の領域の落版が生じている様子である。

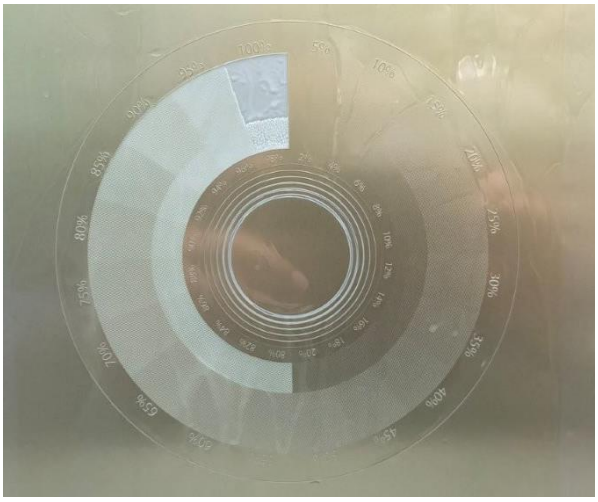


図 9 洗浄直後の樹脂が溶け出した状態

これは、速やかに洗い流すほか、十分な乾燥と後露光による樹脂の硬化が必要であった。

網点の最高濃度(100%=ベタ)は、完全に遮光されず、洗浄時には樹脂の溶解が進行することが確認されたことから、 調整レイヤーによる補正(図10)を行い、テスト用のターゲットとした。図 11 に補正後の樹脂版を示す。

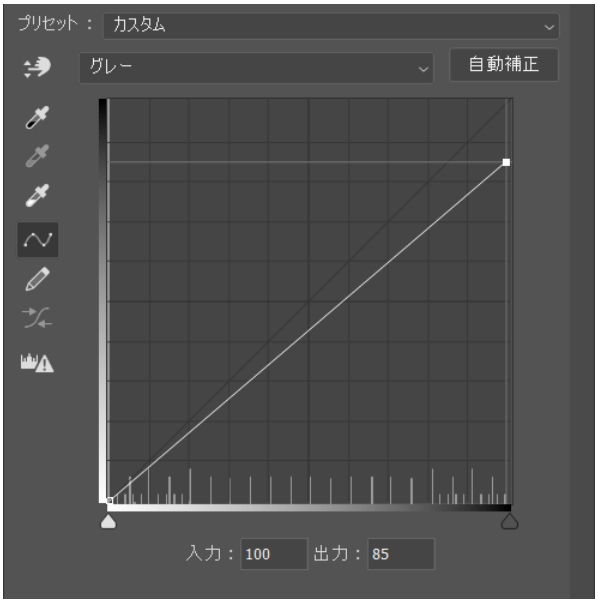


図 10 調整レイヤーによる補正

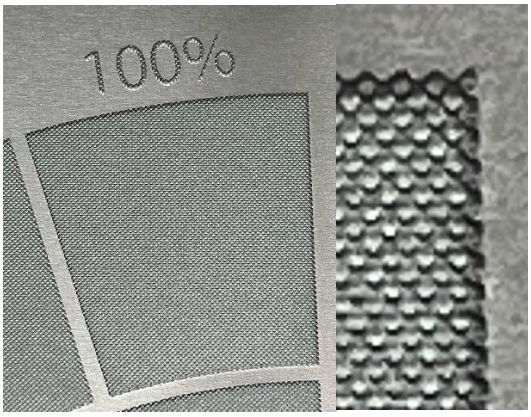


図 11 補正後の樹脂版

洗い出しによる損傷はなくなっており、網点は規則正しく配置され、きれいなグリッドを描いている。表 2 は網点の出力補正と版の深度の計測値であり、シャドウ域では約 100μm の深さが確保されていた。これ以上の深度が必要な場合には、主露光の時間を相対的に短くするとよい。(参考:版厚 0.43mm の樹脂層は 200μm である)

表 2 網点の出力補正と版の深度

入力値 (%)	出力補正(%)	深度(μm)
20	17	36.5
25	22	53.6
40	34	77.2
50	42	89.0
60	51	96.2
80	68	109.5
95	81	110.3
100	85	125.3

5. 結果

補正にはいくつかの手段がある。

・デザイン段階での修正(デザインの段階で、出力値を補正するとイメージに支障をきたす)

・トーンカーブによる補正(オリジナルデータを壊さず、製版のみの補正が容易に可能)

・出力 RIP による補正(専用のソフトと知識が必要。コストの負担が大きい)

ソフトウェアによる補正は低コストかつ確実性が高い。そこで、トーンカーブによる補正を行うことで、遮光性を

15%低下させた版下（ネガ）を容易に得ることができ、現像時の落版を抑制する技術が確立した。補正された版による印刷結果を図 12 に示す。

網点指示 100%の領域のまで十分な濃淡が得られ、水現像タイプ樹脂版の制御が可能となった。

この結果を基に、産地内の企業へテスト用の樹脂版を配布し求評を行い、従来の印刷手法よりも発色が安定していると高い評価を得ることができた。

これは、使用した LED 光源の波長特性により網点の凹凸形状がシャープに形成された結果、転写される絵具（インク）量が十分に確保されたためと考えられる。

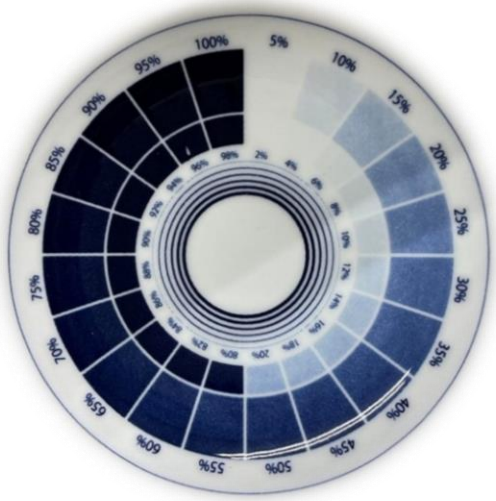


図 12 補正された版による印刷結果（1300℃ 焼成後）.

6. まとめ

本研究で様々な製版条件を検討した結果、水洗浄タイプの樹脂版でも良好な製版ができる装置条件を見出すことができた。また、肥前地区の窯元 10 数社を訪問し現状を調査した結果、共通の課題として、現像時間の長時間化および硬化時間の検討不足が確認された。これについては本研究の成果を基に現在、物性テストの実施を継続しており、現場での微調整を進めている段階である。

水現像タイプの樹脂版は、従来のアルコールタイプと異なり溶媒（水）に溶解しやすく、より丁寧な洗浄工程を要する。今後、品質を安定させるためには、熟練した人材の確保を必要とするが、それに加えて、迅速な処理を可能にする製版機の整備や最適な作業環境の構築が進められるよう本研究成果を普及していきたい。

陶磁器のマスキング手法に向けたデジタル 3D 技術の開発

下田 華与、江口 佳孝
佐賀県窯業技術センター

陶磁器製造工程の中でマスキングを要する工程において、万能液、鉛板製吹き型に代わるマスキング技法をデジタル 3D 技術によって開発した。これにより、反復生産での万能液を塗る作業の短縮と鉛板製では量産できなかった吹き型の量産が可能となる。
キーワード:陶磁器、加飾技術、マスキング、デジタル 3D 技術

Application of Digital 3D Technology to Ceramic Masking Techniques

SHIMODA Kayo, EGUCHI Yoshitaka
Saga Ceramics Research Laboratory

For ceramic manufacturing processes that require masking, we have developed a masking technique using digital 3D technology to replace latex masking fluid and lead sheet stencils. This innovation reduces the time required to apply universal masking solutions in repetitive production and enables the mass production of molds that could not previously be produced using lead sheet stencils.
Key Words: Ceramics, Decorating Techniques, masking, digital 3D technology

1. はじめに

有田の製造工程でマスキングを要する箇所があり、現在では主に「万能液」と呼ばれるゴム液を器物に塗ってマスキングを行っている。万能液を塗る作業は筆で 1 つずつ器物面を塗っており、就労者不足のなか手間がかかり負担となっている。就労者不足以外にも、コストの面から有田焼らしい加飾が減少しシンプルな器が増えてきているため、現在絵具の消費量も減少してしまっている。絵の具消費を増やすためにはコストがかからず加飾効率の良いマスキング方法が必要である。そこで注目したのが有田の伝統技術吹き型である(図1)。吹き型は器物に被せてスプレーで吹付を行うと加飾ができる。そのため作業効率が非常に高い。しかし従来使用されていた吹き型は加工の容易さから鉛板を素材としており、現在では加工できる職人も少なくなったため、一つひとつ手作りする鉛型は量産が困難である。そして鉛の使用も有害性の問題から現実的ではない。そこで今回着目したのが、デジタル技術を活用したマスキングの方法である。スキャナーと3D プリンターを使用すれば鉛板製の吹き型の代替品を作製できると考える。さらに 3D 技術を活用できれば量産も細やかな出力もできるためマスキングによる加飾の幅も広げることができ新製品開発の糸口にもなる。



図 1 鉛板製吹き型.

2. 実験方法

2.1 吹き型の 3D データの作成

3D プリンターで吹き型を作成するために、加飾する器物をスキャナーにより 3D データ化した。スキャンすることで器物に添った吹き型を容易に作成することができる。当センターが所有するスキャナー(アメテック(株)製:

HandySCAN700)を使用し、テストピース用に作成したそば猪口、ボール、皿をそれぞれスキャンした。スキャンデータの修正は VXelements 9.0.1.2934(Creaform 社製)と Design X 2020.0.4.15((株)データ・デザイン社)を使用し、吹き型のデータ作成は Rhinoceros 7(Robert McNeel& Associeates 社製)を使用した。

2.2 吹き型の出力

Rhinoceros で作成したデータを STL データに変換し、熱溶解積層方式(通称 FDM 方式)の 3D プリンター(日本 3D プリンター製:Raise3D E2(図 2))と Raise3D 専用スライスソフトウェア(ideaMaker)を使用して出力を行った。フィラメント材料は比較的安価で加工も容易な PLA 樹脂を使用した。



図 2 日本3D プリンターRaise3D E2.

2.3 器物への吹付工程

吹き作業は 3D プリンターで作成した吹き型をかぶせた素焼きに対し重力式スプレーガン((株)明治機械製作所製:FS)と多色吹き用に重力式エアーブラシ(iwata 製:TP-TH)を用いて行った。含水率 90～98%に調整した絵具をエア圧(0.1～0.3MPa)で吹き付け作業性を確認した。

2.4 サンドブラスト加工

型吹き技法同様のマスキングによる加飾技法であるサンドブラスト加工への適用を検証した。3D プリンターで作成した吹き型をかぶせた素焼きに対しサンドブラスト加工機(三共理化学株式会社製:ブロワブラスト AB-1)を用いサンド(ホワイトアルミナ 220 番)をエア圧 0.016～0.02MPa で吹き付け、彫の状態を確認した。

3. 結果と考察

3.1 吹き型の 3D データの作成

3.1.1 図柄の曲面変形による吹き型データ作成

データの作成は主に吹き型のベースのデータから、図柄のデータを抜き取るイメージで作成した。主にそば猪口の吹き型の作成は Rhinoceros の FlowAlongSrf という曲面(サーフェス)に沿って図柄を変形させるコマンドを使用した。このコマンドを使うことでそば猪口の面に沿った形状で図柄を変形配置することができる(図 3)。まずは七宝文様と青海波の文様を配置して吹き型の作成を行った。この FlowAlongSrf という変形コマンドは面の一部に図柄がある場合は問題ないが、繰り返しの配列により全面に図柄を配置したデザインを作成した際に図柄のデザインの崩れと間隔のずれが生じることが分かった。全面に図柄を配置する場合、FlowAlongSrf のコマンドでは、Rhinoceros 側でサーフェスに合わせるため、全体の図柄を作成してから合わせるのではなく、1 部分を確実に合わせてから全面に展開した方が図柄のデザインの崩れと間隔のずれを極力抑制できることが確認できた。

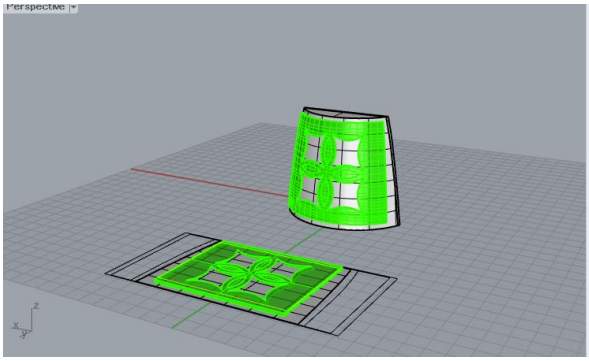


図 3 平らなピースを FlowAlongSrf を使って変形.

3.1.2 回転体への図柄配列の展開

回転体への図柄の幾何配列を行う場合には絵付けの際に文様デザインを考えるときと同じように割り線を意識して、吹き型のデータを作成した。ボウル形状では縦で割った場合の一部分のデータを大まかに作成して FlowAlongSrf を使用し曲面(サーフェス)に沿って変形、次いで図柄の調整を行った(図 4)。

その後に ArrayPolar という、選択したデータを、環状配

列するコマンドを使用し割った数分の配置をすれば図柄のデザインの崩れと間隔のずれもなく配置することができた(図 5)。Rhinoceros のコマンドのヒストリ記録を使用することで、変形させたものでもデザインの修正が行える。

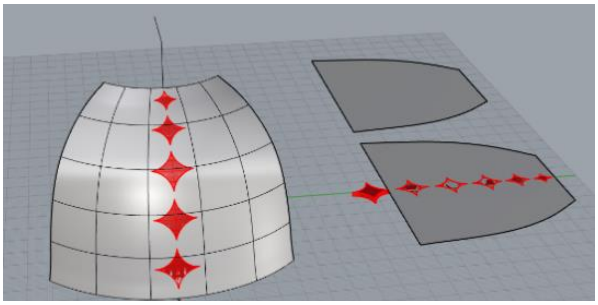


図 4 FlowAlongSrf を使用して器物の曲面に沿って変形.

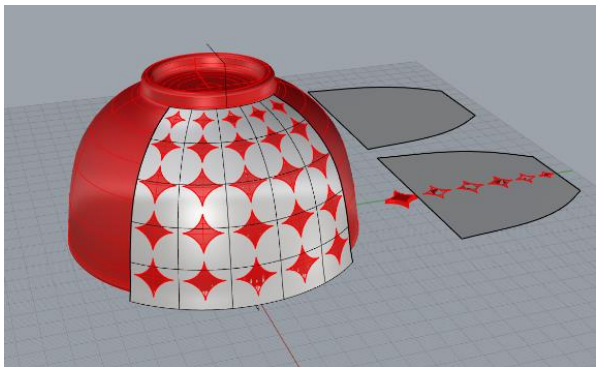


図 5 ArrayPolar を使用して環状に配置.

3.1.3 図柄の曲面投影によるデータ作成

前記のコマンド以外で Project というコマンドがある。線を曲面(サーフェス)に投影できるコマンドで、使用例としてはタイルやプレート等の平らなものでは使用しやすいと感じた。投影する角度によっては線を投影する場所が変わり、図柄のデザインが変形してしまうが、デザインが小さいものであればそば猪口等にも使用できると感じた。

3.2 吹き型の出力

3.2.1 出力テスト

器はオーバーハングとなる形状が多いため、サポートが付く形状でテスト用のぐい呑みを作成し、ideaMaker の出力のテンプレート(高精度、標準、速度重視)を比較した(表 1、図 6)。高精度のものは比較的サポートの付く部分がきれいに出力されているが、他の 2 つに比べ造形時間がかなり長くなっていた。

表 1 テンプレートでの出力.

	高精度	標準	速度重視
レイヤーの厚み	0.10mm	0.20mm	0.25mm
材料の使用量	27.2g	32.4g	32.5g
造形時間	6 時間 58 分	3 時間 50 分	2 時間 51 分



図 6 テンプレートの比較 (左から高精度、標準、速度重視).

3.2.2 サポートについて

サポートが付く部分は、造形の表面が荒れやすいため、吹き型の器物面に接する部分にサポートを生成すると、荒れた面に絵具が伝って付着してしまう。そのため、吹きつけ時に影響のない部分にサポートを作成する必要がある。ideaMaker 内でデータの向きを変え、吹付で影響が出ないように調整を行った。

図柄と器形状によっては、サポートでの支えだけでは穴となる図柄形状を正確に出力できない場合があったため、サポートの代わりとなるパーツを作成した。データ内で図柄パターンを 0.2mm オフセットしたパーツを作成し、一体で出力を行った(図 7)後、パーツを切り離すことで吹き型を作製した。



図 7 オフセットしたパーツを一体で出力..

その結果パターンの形状がきれいに出力できていることが確認できた。(図 8)

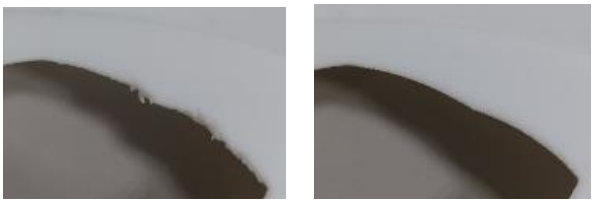


図 8 出力の比較
(左が通常サポーターでの出力、右が切り離しパーツ作成).

3.3 器物への吹付工程

3.3.1 吹き型の液だまり軽減のための検証

FDM 方式の吹き型の場合、吹き付けた絵具を弾いて水滴が全面に付着するため、液だまりができやすい。液だまりは垂れていくと連鎖的に流れてしまうため、器物を汚してしまう場合がある。さらに 3D プリンターの吹き型は出力する際には厚みを必要とするため、エッジの部分にも溜まりができてしまいそのまま裏面まで伝ってしまう。それらを軽減するためには吹き型表面に絵具が留まる、または器物のほうに流れないように工夫するか、若しくは流れても汚れないようにする必要がある。そのため吹き型の表面の加工とエッジの形状、器物との隙間の調整と加飾雰囲気の確認を行った。

吹き型の表面の水はじきを軽減させるため、表面をわざと荒いやすりで擦り、毛羽立たせることで吹き付けた絵具の弾きをなくした(図 9)。図 9 の吹き型の左側が加工有り、右側は加工無しとなっている。加工無しは溜まりができてすぐに流れていくが、加工有りは弾かず全体的に絵具が付着することが確認できた。網やすりは荒いものでも毛羽立たせるまでにはいかないので、金ブラシを使って傷をつけるようにした方が効果的であった。

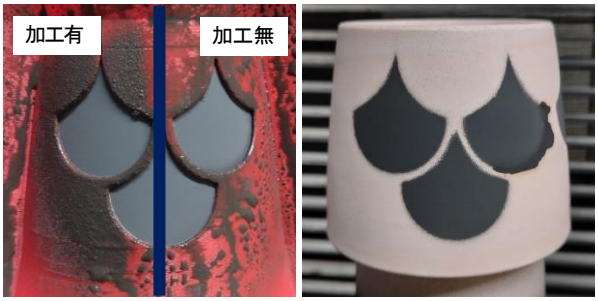


図 9 吹き型表面加工の効果
(左 吹き型の液だまりの様子 右 吹付結果).

表面を加工しなくても吹き付ける絵具が溜まりにくく、削ったものと同様に表面に付着できれば加工の手間を削減できると考え検証を行った。水滴として留まるのは、表面張力の影響があると考え、表面活性剤の役割がある洗剤とドライウェルを使用した。スプレーで水を吹きかけるテストのため、吹き付けた後の状態がわかりやすいように着色した水にそれぞれを添加した。添加無しのものは液だまりが全面にできてしまっているが、残り2つは液だまりができることなく吹き型の表面を流れており、少量の吹きかけでも溜まりはできなかった(図 10)。水に添加物を入れることで液だまりが防げることを確認できた。



図 10 左から水、水＋食器用洗剤、水＋ドライウェル.

吹き型のエッジ形状を直角、テーパー、楕円、逆テーパーの4種類作成しそれぞれ吹きかけを行った。それぞれの図中の左上に素焼きと吹き型の断面を示す。

1) 直角

吹き型の厚みがあるほど、端や角に吹き残しができやすい。角に溜まりすぐ流れる。(図 11)



図 11 エッジ直角の吹き型の吹付結果.

2) テーパー

比較的にかけやすい、角のほうに溜まりができるが場所によっては流れにくい。(図 12)



図 12 エッジテーパーの吹き型の吹付結果.

3) 楕円

器物からエッジを浮かせているため、溜まりからの流れによる汚れは少ない。浮いたところに絵具が薄くかかる。(図 13)



図 13 エッジ楕円の吹き型の吹付結果.

4) 逆テーパー

器物から斜め上にむけてのエッジを作成、角に溜まりはできるが丸と同じで、浮かせているため溜まりから流れによる汚れは少なかった(図 14)。



図 14 エッジ逆テーパーの吹き型の吹付結果.

楕円や逆テーパーは他のエッジに比べて吹き垂れによる失敗が軽減できた。この2種類のエッジは器物から浮いた形状のため、回り込んだとしても付着しにくいと考えられる。そのため吹き垂れによる汚れの軽減策として吹き型を器物から少し浮かせることが有効だと分かった。

次にテストピース(タイル)と簡易な吹き型を用いて、0~3.0mm まで隙間を広げ、白抜き具合の変化を確認した(図 15)。0～0.75mm までは白抜きははっきりと見えるが 1.0mm 以降になると全体的にぼやけていき、隙間が 3.0mm 近くなると白抜きの部分も薄く青色になってしまうが模様としては認識できる。隙間の調整を行うことで加飾の雰囲気を変えられることが分かった。

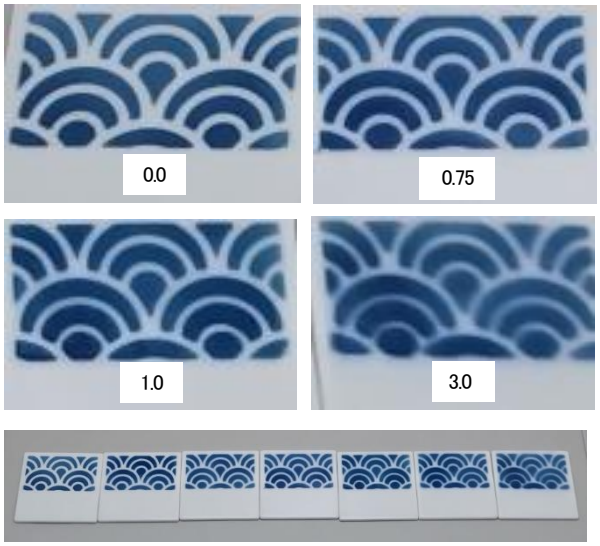


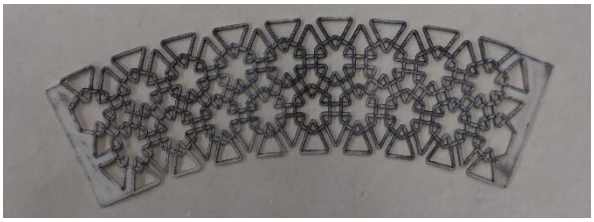
図 15 隙間検証 (左から 0.0、0.25、0.5、0.75、1.0、2.0、3.0).

3.3.2 感温性フィラメントを用いた吹き型の作製

繊細部パーツまたは細長いパーツのついた吹き型を 3D プリンターで出力する場合、サポート材の支えがあってもきれいに出力することは難しい。そこで造形後に温めると変形することができる UNITIKA 社の感温性フィラメント「TRF」を使って出力を試みた(図 16)。

最初から器に沿った形状を出力するのではなく、板状に出力したものを造形後に変形させ、吹き型として使用した。造形後に吹き型を変形させるため、サポートのない細い部分は変形が生じる可能性がある。変形後の歪みの確認を行うために、厚みは吹き型に合わせて 1.5mm に固定、幅は 1.0mm から 0.5mm ずつ広くした半円と直線のデザイ

ンを作成し歪みを確認した。吹き型の変形後の歪みは曲線とストライプの幅1.0mm以下では顕著で、形状を保つことができなかった(図17)。形状や長さによっては1.0mm以下でも歪みが起きないことが分かった。細かい表現をするには一体での出力より、平らに出力した後で加工できるフィラメントのほうがきれいな仕上がりになることが分かった。しかし昨年度末に研究で主に使用していたフィラメントが廃盤となってしまったため、類似仕様のフィラメントで再度検証する必要がある。



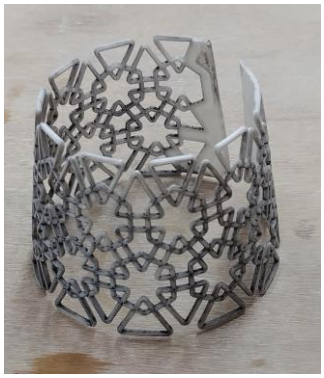


図16 上が変形前、下が変形後.

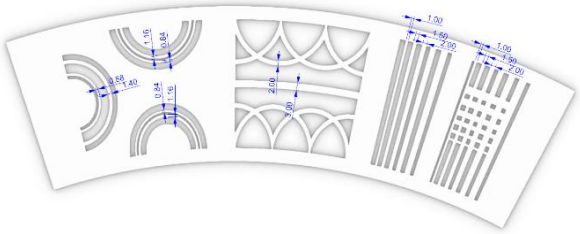




図17 感温性フィラメントの検証.

3.3.3 白ヌキ用マスキング手法の検証

図柄を白ヌキする部分のマスキングは固定する場所がないため万能液でのマスキングが主であるが、型を固定できれば絵柄の幅が広がり、万能液を塗る手間も省けるため効率もよくなる。作業時に簡易に取り外しができ固定ができる方法として磁石での固定の検証を行った。

直径5mm×2mm、表面磁束密度は0.32Tの粒磁石を吹き型裏面に固定し、器物側にも粒磁石を設置することできちんと固定することができた(図18)。



図18 粒磁石使用の吹き型.

器内側に仕込む粒磁石の固定にはホームセンターでも販売しているマグネットペイントを使用した。マグネットペイントを素地内側に仕込む型に塗ることで、内側に仕込む粒磁石を任意の位置に固定することができる。マグネットペイントはあくまで粒磁石を付けるためのものでペンキ事態が磁石ということではない。粒磁石のN極とS極をわざとそろえずに吹き型と内側の型に配置することで、任意の場所に固定ができることを確認した。磁石同士のマスキングでは細工の部分が分かりにくいため、目印となるものを配置し、作業性を向上させた。

3.3.4 型の細工

器の形状によっては、吹き型を取り外す際に絵付けした面に型を擦ってしまい絵が掠れる現象が起きる。このため、器物表面を擦らずに吹き型を取り外すための細工を試行した。吹き型を制作するときは産地で使われていた鉛の型を見本として作成しているが、保有している数が少ないため、現在も型吹きが実施されている株式会社香蘭社にご協力をいただき、吹き型の視察を行った。数点を

見本としてお借りし、似た形状を3Dプリンターで作成する場合の形状調整や治具の作成を行った。また、型形状の製作と合わせて多色吹きの吹き型の位置合わせについての検証も行った。複数の色をパーツ毎に分けて吹付を行うことで多色吹きをすることができる。しかし吹き型の位置がずれてしまうと印刷ミスのように模様がずれてしまうため、簡単に吹き型の位置合わせができる方法を検証した。

1) ストライプ(図 19)

中央の持ち手を押すことでアームのように開くことができる。



図 19 ストライプ.

2) ＋と×(図 20)

マスキングのマスキング用の型を作成。高台部のパーツに差し込む位置を変えることで片絵柄ずつの吹付を行えるため、それぞれの色を変えることができる。



図 20 ＋と×.

3) 椿の多色吹き型(図 21)

感温性フィラメントを使ったパーツを使用したもの。パーツを着け替えることで模様を変えることができる。



図 21 椿の多色吹き型.

4) 二つ割り立涌(図 22)

ストライプの応用で、逆に開くようにデータを作成した。器物の中に吹き型をつけるためのパーツを作成。湿台(シッタ)若しくは陶枕に被せて使用する。器物は動かさずにパーツ部分を付け替えるだけで模様を変えられるため、位置合わせも簡単に行える。



図 22 立涌の多色吹き型.

細工を施した吹き型を作成し、吹き型の細工はアイデア次第でいろいろと改良可能であると感じた。位置合わせが必要なものは主に高台を基準としたが、実際に吹き付けるものの向きや形状によって基準となる部分が変わるためそれに合わせた基準パーツの作成が必要となる。

3.3.5 吹き型を用いた釉薬掛け分け

有田の加飾には釉薬を数種類使用して、加飾を行う掛け分けと呼ばれる技法がある。地の色を青磁、花の部分を石灰釉で白く加飾したものなどがある。掛け分けは最初に吹き付ける方に撥水剤を混ぜて加飾することで、地の色の釉薬をかける際にその部分が撥水されて色分けをすることができる。掛け分けする際もマスキングを施して加

飾を行う。掛け分けについて飴釉と石灰釉、青磁釉と石灰釉について加飾雰囲気の検証を行った。

吹き型を使用して掛け分けの加飾を行ったところ、掛け分けの境目に太めの境界線が入ってしまった(図 23)。

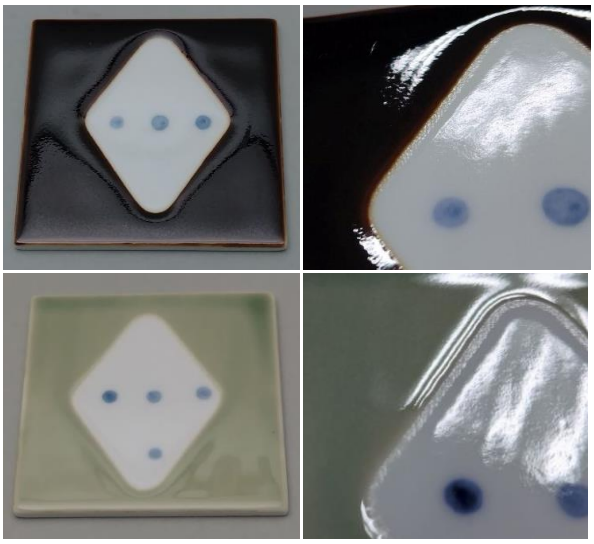


図 23 飴釉と石灰釉（上段)、青磁釉と石灰釉（下段).

これは吹き型と器物の隙間の部分に薄く撥水入り釉薬が付着したことが原因である。そのため吹き型と器物の隙間を無くすべく、エッジの形状を直角とし器物と吹き型の隙間を無くした吹き型で検証を行った。直角の吹き型では太めの境目がなくなっていることを確認した(図 24)。

多少の釉溜まりは焼成で溶けてしまうため、さほど問題とはならなかった。しかし撥水剤が入っている釉薬が少量でも素地につくと、その部分を撥水してしまう。そのため掛け分けの場合は、吹き型の隙間を開けずに作成する必要がある。器物と吹き型が接しているため、釉薬が垂れる前に適宜スポンジ等で吹き型の表面の釉薬を吸い取る必要がある。

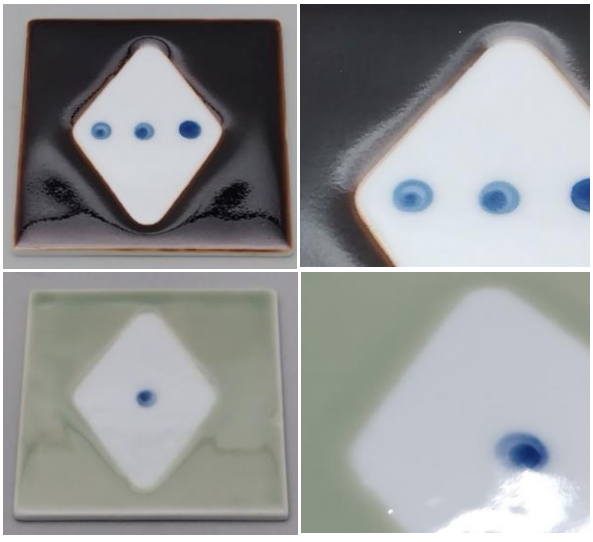


図 24 飴釉と石灰釉（上段)、青磁釉と石灰釉（下段).

3.4 吹き型を用いたサンドブラスト加工

熱溶解積層方式のメジャーな材料である PLA はサンドブラスト加工で使用しても摩耗が少なくマスキングとして有効であると考え、検証を行った。通常サンドブラストを使用する場合は、ゴム素材のカッティングシートを必要な形状にカッティングプロッターを使用して切り抜き器物に貼り付けて加工を行う。ゴム液を使用した絵付けと同様に加工する器物の数だけ加工したシートが必要となる。3D プリンターでの吹き型が使用できれば、効率よくサンドブラスト加工ができ、なおかつ加飾の幅も広がると考える。

3.4.1 ＋と×の吹き型

まず初めに型の細工で使用した「＋」と「×」の吹き型を使用してサンドブラスト加工を行った。サンドブラスト加工を行う際に器物を回しながら全体的に加工を行っていくのだが、途中で吹き型がずれてしまった(図 25)。



図 25 +と×の吹き型での加工.

吹き型と器物の少しのサイズ差が原因で回す際にずれてしまうと考えられる。外れやすい吹き型はサンドブラストで使用するとずれやすく、ずれないよう加工するのは難しいと感じた。回しても動かないように固定する必要がある。

3.4.2 二つ割り立涌の吹き型

二つ割り立涌の吹き型は内側と外側から固定されているため、素地とのずれが少ないと考え加工を行ったところ、ずれることなく加工することができた(図 26)。



図 26 立涌吹き型での加工.

「＋」と「×」の吹き型の場合は微妙なサイズ差もあったが、ブラスト加工の際に吹き型と器物の縁を掴んで回すため、外側の吹き型と内側の器物の回るタイミングの差で図柄がずれていたと考えられる。二つ割り立涌の吹き型の場合はしっかりと固定されており、型の部分にしか触れることがないため、外側の吹き型と内側の器物との回転のずれも起きない。そのため、きれいに図柄を掘ることができた

4. まとめ

今回の研究で素焼きから吹き型のデータの作成方法、3D プリンター製吹き型の調整と性能調査を行い、デジタル 3D 技術を使って吹き型を使用したマスキング技術を開発した。この技術によってマスキング工程のコストを抑えつつ、効率よく加飾を行えるようになる。

今後は吹き型を組み合わせた加飾についても実験を行いつつ、今回の加飾技法の勉強会や普及事業等を行い、産地普及を目指す。

5. 謝辞

本研究の実施にあたり、多大な協力を賜りました株式会社香蘭社の皆様に深く感謝いたします。

次世代転写加飾技術の開発

松本 奈緒子
佐賀県窯業技術センター

本研究では、陶磁器における加飾技術の幅を広げるため、スクリーン印刷技術を活かした新たな転写技法や定量塗布装置（ディスペンサー）を使用して絵具や釉薬を塗布する方法について検証した。釉薬のスクリーン印刷や濃淡印刷の検証を行い、釉薬転写の方法を確認することができた。また、スクリーン印刷の工程中に絵具の塗布工程を加えることで敢えて絵具を滲ませる方法や、カバーコートの変形を加えることで絵柄の配置をランダムに動かすことが可能な印刷技法を見出すことができた。さらにディスペンサー装置を上絵具や釉薬の印刷装置として使用する新たな印刷手法を見出した。
キーワード：陶磁器、加飾技術、スクリーン印刷

Development of New Transfer Decoration Technology

MATSUMOTO Naoko
Saga Ceramics Research Laboratory

In this study, to expand the range of decorative techniques in ceramics, we investigated new transfer methods utilizing screen printing technology, as well as methods for applying pigments and glazes using quantitative dispensing equipment (dispensers). We conducted tests on screen printing of glazes and gradient printing, and were able to confirm methods for glaze transfer. Furthermore, we discovered printing techniques that allow for intentional bleeding of pigments by incorporating a pigment application step during the screen printing process, as well as methods that enable the random shifting of design placement by deforming the cover coat. We also developed a new printing method that utilizes a dispenser as a printing device for overglaze pigments and glazes..
Key Words：Ceramics, Decorating Techniques, Screen printing

1. はじめに

上絵付けなどを代表とする表面加飾技術は、絵付けを特徴とする佐賀県の陶磁器産地の伝統的な技法である。しかし近年は、食器洗浄機の普及や文様を必要としないデザインニーズの傾向などにより、上絵具による加飾は減少の一途をたどっている。その結果として、他産地と比較した際の佐賀県の陶磁器としての特徴が減少しているといえる。また、上絵加飾を量産する際に使用するスクリーン印刷などの技術は確立されているが、特に和絵具（盛絵具）を印刷する際に絵具を厚く盛ったり、濃淡表現をしたりするために版を複数用いて印刷することによって、コストや欠点が増加するといった細かな課題がある。このようなことから、特に絵具の厚みや濃淡表現を特徴とする「盛絵具」の魅力を活かした商品開発や新たなデザイン開発にブレーキがかかっている現状がある。

以前に当センターで開発したスクリーン印刷による濃淡印刷技術[1)]については上絵具（和絵具）に関する検証を行ったが、この技術は釉薬の印刷にも応用が可能である。そこで今回、釉薬の濃淡印刷に関する検証を行った。また、上絵の転写紙は、現在、スクリーン印刷で作成されていることから量産が可能であり、その絵柄も安定した品質が得られるが、手描きによる絵付けと比較すると「味気ない」「均一的」と評価されることがある。そこで、スクリーン印刷においても、不均一で唯一性がある絵柄を量産できないかと考え、通常のスクリーン印刷工程の前後に新たな工程や加工を加えて、絵具の滲みやランダムな絵柄配置

を可能とする方法を検討した。

一方、現在様々な分野において使用されている印刷機器で、被印刷物に対して材料を直接塗布できる定量塗布装置(以下、ディスペンサー装置)がある。転写紙作成におけるスクリーン印刷では、版のメッシュ孔サイズによって絵具の厚みや印刷量が制限されるのに対して、この装置は、絵具の厚みを吐出量により制御することができ、また塗布する形状もドット状や線状など自由にデザインすることが可能である。

このようなことから、本研究では、産地特有の上絵具(和絵具)などの特徴を活かした絵柄表現や加飾方法の選択肢を広げるため、これまで表現できなかった新たな転写加飾技法を開発することを目的とし、スクリーン印刷やディスペンサー装置を使用した上絵や釉薬の印刷技法について次の 4 つについて検証を行った。

① 上絵具の濃淡印刷技術[1]を用いた、釉薬の濃淡印刷に関する試験
② 上絵転写紙のカバーコートの形状に関する試験
③ 絵具を滲ませる印刷に関する試験
④ ディスペンサー装置を用いた転写紙作成に関する試験

2. 実験方法

2.1 釉薬の濃淡印刷技法への応用

2.1.1 釉薬転写紙の作成

釉薬の濃淡印刷を検証するための印刷ペーストは、釉薬粉末と印刷用オイルを用いてスクリーン印刷に適した調合を検討した。まず、釉薬(石灰釉)は液状のものを一旦乾燥させて、120 メッシュの篩を通した粉末を使用した。次に、この釉薬粉末と印刷用オイル(OS-4334)をハイブリッドミキサー(株式会社シンキー製、ARE-310)及び 3 本ローラーミル(アイメックス株式会社製、BR-100VⅢ)で均一混合し、これを釉薬ペーストとした。なお、釉薬粉末と印刷用オイルの配合は、重量比(粉末:オイル)で 1:0.5, 1:0.8, 1:1.5 の 3 種類を調合した。得られたペーストは 100 メッシュのスクリーン版を用いて専用の台紙(転写台紙)にスクリーン印刷し、それぞれの釉薬転写紙を作成した。

2.1.2 撥水加工の方法

素地へ転写貼りを行う際は、素地の吸水性を止めるため、撥水剤を使用する必要がある。釉薬転写に適した撥水剤を確認するため、陶磁器用撥水剤 CP-E(有限会社新昭和コート社製)とグレーズタイト(伊勢久株式会社製)の 2 種類を使用して検証した。素地上に CP-E とグレーズタイトをそれぞれ刷毛塗りし、乾燥後に前項で作成した釉薬の各配合の転写紙を貼り付けた。それらを撥水剤やグレーズタイトの成分を焼き飛ばすために約 800℃で焼成を行うものと、焼き飛ばし焼成を行わないものを作成した。それぞれを 1300℃で本焼成し、焼成後の状態についてめくれやちぢれの発生の有無を確認した。

2.1.3 釉薬の濃淡印刷

スクリーン印刷の版に加工を行うことで上絵具(和絵具)の濃淡印刷を可能とした技術[1]を応用し、釉薬での濃淡印刷の検証を行った。2.1.1 で調合した釉薬ペーストを用い、濃淡印刷用に加工を行った 100 メッシュのスクリーン版を用いて転写台紙上にスクリーン印刷を行った。この転写紙を素地と太白のサンプルにそれぞれ転写貼り後、1300℃で本焼成し、濃淡表現の状態を確認した。

2.2 上絵転写紙のカバーコート形状

通常、陶磁器用絵具を転写台紙上にスクリーン印刷する工程では、絵柄を転写台紙上へ印刷した後に絵柄同士がばらばらにならないようにカバーコートを最上面に面状に印刷するが、面状ではなく絵柄同士を線でつなぐようにカバーコートを塗布し、貼り付け時の絵柄のスライドのし易さを検証した。まず器面に対して複数の絵柄が点在するようなデザインへ利用することを想定し、テスト用のデザインとして直径 10mm のドットを、15mm 間隔でグリッド状に配置したドット(配置①)、またはそれを交互にずらして配置したドット(配置②)の上絵転写紙を準備した。絵具は上絵具(和絵具)を使用した。その転写紙上のドットの絵柄に対して、カバーコートの形状を「縦・横」「斜め」「縦・横・斜め」「縦のみ」の 4 パターンとし、スポイトを使用し 3～4mm 幅の線状に塗布した(図 1)。完成した転写紙をフラットな器面上へ絵柄をスライドさせながら貼り付け、その作業性を確認した。

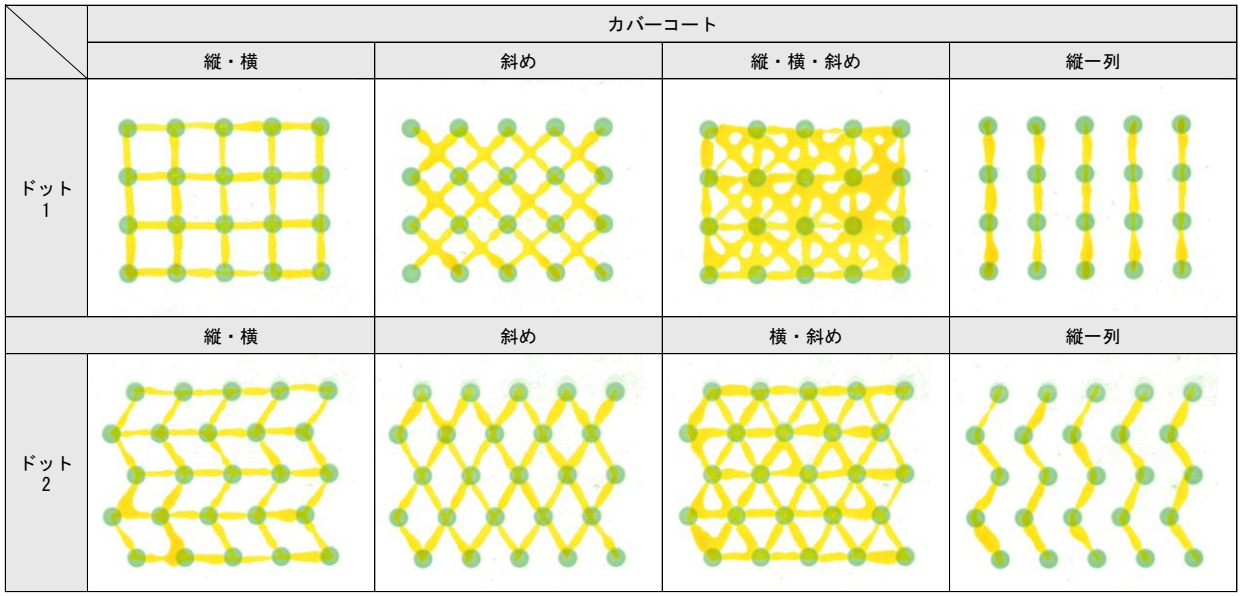


図1 カバーコートの形状

2.3 滲み表現のための絵具の積層方法とその条件

スクリーン印刷の工程では印刷を重ねる場合、1回目の印刷が乾いてから2回目の印刷を重ねるのが通常であるが、それを敢えて滲ませるため、1回目の印刷後にその絵具が乾く前に上に絵具を重ねる方法について検討した。まず70メッシュの版を使用し通常のスクリーン印刷の方法で上絵具(色:きいろ)を転写台紙上に四角形状に印刷した。その上に、絵具が乾燥する前に別の上絵具(色:茶もよぎ)をシリンジで 0.02～0.03mlずつ点状に塗布した。また、滲みをより促進できるかを比較検証するため、1回目の四角形状の印刷後にテレピン油を筆塗りした後に上絵具をシリンジで塗布したものを作成し、違いが出るかどうかを確認した。1 回目の四角形状に使用した上絵具と、その上に点状に塗布する上絵具は、絵具(粉末)と印刷用オイルの配合は重量比(粉末:オイル)で、1:0.8, 1:1.5, 1:2.5 の 3 種類を準備し、それぞれの組み合わせで転写紙を作成した。転写紙の乾燥後に、絵具の滲み具合や焼成後の状態を確認した。また、太白サンプルに転写貼りを行い、上絵焼成(約 800℃)を行い、その状態を観察した。

2.4 ディスペンサー装置の塗布条件

陶磁器の加飾で用いられる転写紙の作成や陶磁器表面上にダイレクトに塗布する加飾において、ディスペンサー装置を用いることを提案し、その塗布条件を検討した。今回使用したディスペンサー装置(武蔵エンジニアリング製、ML-5000XⅡ、SHOTmini200Ω)を図 2 に示す。ディスペンサー装置の塗布条件は数種類のノズル(内径:0.8～1.5mm)のパーツを選択し、吐出圧(Mpa)を機器側のダイアル(0.05～0.25MPa)で調整を行った。また各種軌跡、吐出時間(0.1～0.5sec)、スピード(15～20mm/sec)等は専用 CAD ソフト(MuCAD)上で設定した。塗布する材料は、上絵具や釉薬の粉末材料と印刷用オイルを幾つかの重量比で調合、混錬されたペーストとし、参考のためペーストの粘性をＲ型回転粘度計(東機産業株式会社製、RE-85型)で測定した。これらのペーストを用いて各条件で転写台紙上に塗布テストを繰り返し行い、各材料と用途に適した各種条件を確認した。また最後に、各材料に適した条件をもとに、各種デザインサンプルの作成を行った。



図2 ディスペンサー装置

3. 結果と考察

3.1 釉薬転写と濃淡印刷技法への応用

3.1.1 釉薬転写紙

調合した3種類の釉薬ペーストを転写台紙上にスクリーン印刷した時の作業性を確認した。結果、重量比(粉末:オイル)1:0.5 のペーストが最も扱いやすく、問題なく印刷ができた。1:0.8 は少し緩めで印刷時に裏にじみがやや発生しやすかった。また、1:1.5 は非常に緩くにじみが酷く、きれいな印刷がほとんどできなかった。

3.1.2 素地への撥水加工と焼成結果

撥水剤の種類について、撥水剤 CP-E とグレーズタイトの 2 種類について、それぞれ焼き飛ばし工程を行うものと行わないものとに分けたサンプルの焼成結果を図 3 に示す。なお、釉薬ペーストは前項で良好であった重量比(粉末:オイル)1:0.5 のペーストを用いた。釉の表面状態から明らかなように、撥水剤はグレーズタイトを使用し、焼き飛ばし工程を行う、という工程で制作したサンプルがちぢれなどの発生が少ない最も良好な結果であった。

		(配合) 釉薬 : オイル= 1 : 0.5	
		焼き飛ばし無	焼き飛ばし有
撥水剤種類	陶磁器用撥水剤 CP-E		
	グレーズタイト		

図 3 釉薬転写の焼成結果.

3.1.3 釉薬の濃淡印刷

濃淡印刷用のスクリーン版を用い、釉薬の粉末と印刷用オイルを重量比 1:0.5、1:0.8 で調合し転写紙台上にスクリーン印刷を行った。釉薬粉末と印刷用オイルの割合が 1:0.5 の場合の結果を図 4 に示す。版に加工しているドット形状が転写された状態となり、濃淡表現もできていなかった。一方、図 5, 6, 7 に示すように、1:0.8 の場合は、印刷結果は良好で、ドット形状はほぼ見えなかった。焼成後の状態も 1:0.8 は良好であり、1 回の印刷で濃淡表現ができていることが確認された。



図 4 釉薬濃淡印刷の焼成結果(1:0.5 の配合)(左は焼成前、右は焼成後).



図 5 釉薬濃淡印刷の焼成結果(左は太白に転写貼り、
右は素地に転写貼り後、1300℃で酸化焼成したもの).



図 6 釉薬濃淡印刷の焼成結果(太白に転写貼り後、
1300℃で酸化焼成したもの).

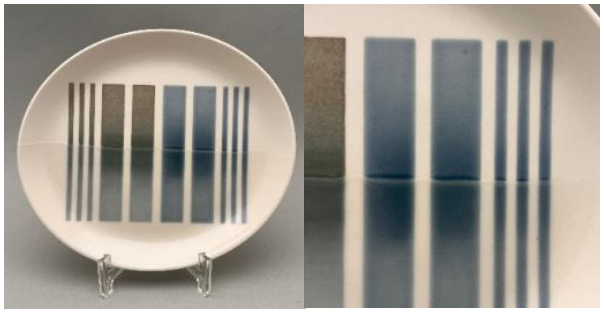


図 7 釉薬濃淡印刷の焼成結果
(下半分は透明釉を掛けて酸化焼成したもの).

3.2 カバーコート形状と絵柄の配置パターン

絵柄に対してカバーコートの形状を「縦・横」「斜め」「縦・横・斜め」「縦のみ」の 4 パターンの転写紙を作成し、貼り付け時のスライドのしやすさについて検証した。貼り付け

時に数 mm～1cm 程度、絵柄をランダムに動かすことを意識して作業性を確認した。グリッド配置のドット①と交互配置の②ともに、「斜め」は比較的動かしやすく感じた。また、「縦・横・斜め」のカバーコートは動かしにくかった。「縦一列」は縦列ごとにつながっており全体が結合していないため動かしやすいが、全体のバランスが取りづらく感じた。これらの転写紙パターンをそれぞれを太白の平皿に貼り付け、800℃で焼成した結果を図 8 に示す。全体のドットのバランスを見た際に、比較的自然な散らばりに見えた絵柄の並びはドット②の方であった。これらの結果から、絵柄をスライドしやすいカバーコートは「斜め」に絵柄をつなぐ形状で、より自然でランダムに見えやすい絵柄の配置はドット②のように交互に並べる配置であることがわかった。

3.3 絵具とオイルの調合による滲みの程度

上絵具を転写台紙上に四角形状に印刷し、その上に、別の上絵具をシリンジで点状に塗布したサンプル、及び四角形状印刷後にテレピン油を筆塗りした後、上絵具を点状に塗布したサンプルについて、それぞれの焼成試験の結果を図 9 に示す。四角形状部分(色:きいろ)は、印刷用オイルの割合が多い配合ほど、その上に乗せる点状の部分(色:茶もよぎ)の滲みが多くなった。また、点状部分の印刷用オイルの配合が多いほど滲む効果が高かった。テレピンを刷毛塗りした場合は、とくに点状部分の絵具の配合が 1:2.5 の場合に滲みが促進されていた。しかし四角形状部分の絵具の配合が 1:1.5、もしくは 1:1.25 の場合はテレピンにより四角形状部分の色むらが発生していた。これらのことから、テレピンで滲みを促進させる場合、下地の絵具濃度が 1:0.8 であることが良いことがわかった。

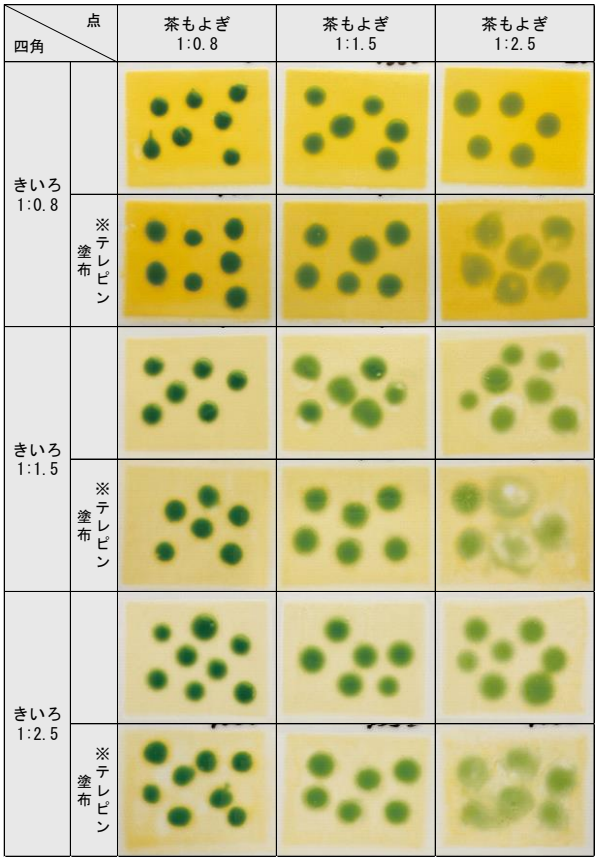


図 9 滲みの確認のためのサンプル(焼成後).

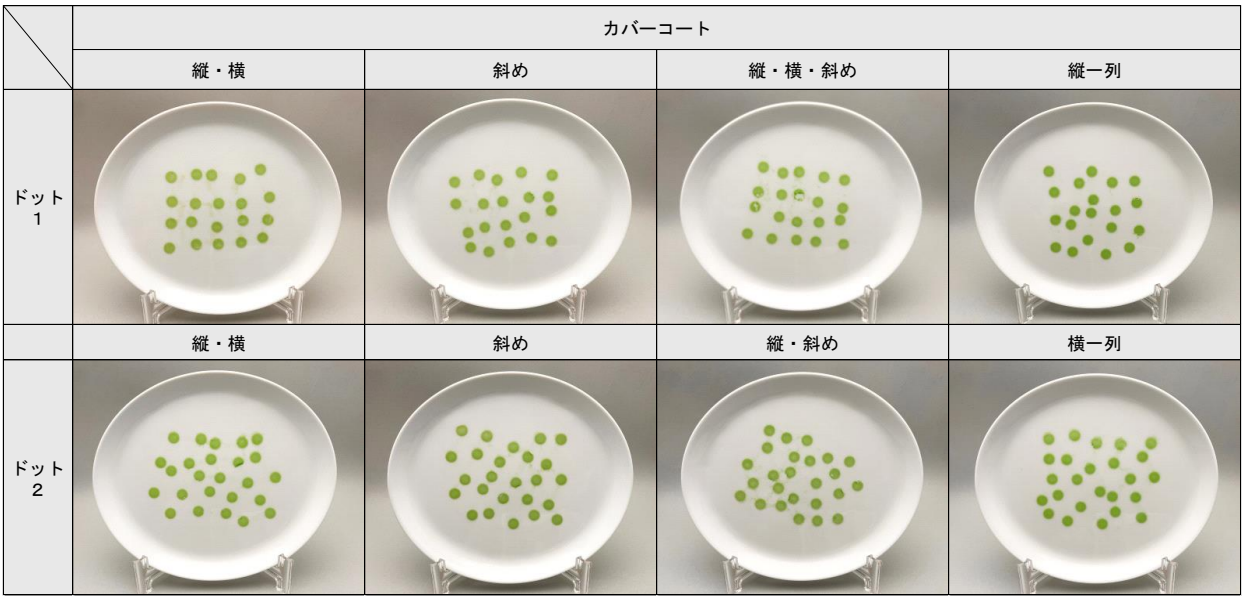


図 8 ランダムに配置したサンプル(焼成後).

3.4 ディスペンサー装置の塗布条件とデザイン表現の可能性

ディスペンサー装置や MuCAD 上で条件を調整しながら、各種材料を転写台紙上に塗布するテストを繰り返した。材料の粘性が取り扱いに問題なく、またノズルの詰まりが発生せず、一定程度安定した吐出ができた条件をまとめて示したものを表 1 に示す。通常の絵付けと同様のデザイン開発がしやすいよう、上絵具と釉薬についてそれぞれ線描きとだみという 2 つの加飾の種類を検討した。また、厚く塗布できることを生かした点字用の条件も確認した(図 10)。塗布する材料の配合とディスペンサー装置等の各条件を調整することで、上絵具と釉薬のそれぞれ線描きからだみ表現まで多様な吐出パターンが可能であった(図 11,12,13)。ただし、塗布する軌跡が線状の場合は、塗布の始まりまたは終わりの部分で絵具の溜まりが発生しやすかった。溜まりが発生する場合は、吐出の開始と終了の前後に数ミリ単位で空走りを行うことで、溜まりをほぼ解消できた(図 14)。

また、MuCAD 上では、繰り返しパターンや手描きのデザイン等の多様な塗布パターンが設計でき、その出力ができることから、制作したサンプル転写紙を太白サンプル上に転写貼りを行い、いろいろなデザインサンプルを作成することができた。今回作成したデザインサンプル(800℃焼成)の一部を図 15 に示す。上絵具や釉薬の色、線描きやだみ等の表現の種類、様々なデザインと各種条件の組み合わせにより、多種多様なデザイン表現ができる可能性を確認した。



図 10 点字用条件での塗布(焼成後).

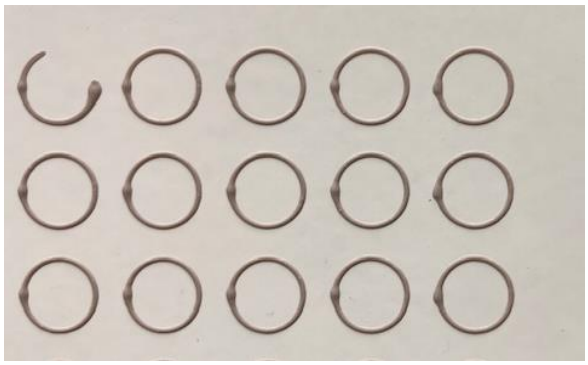


図 11 上絵具を線描き状に塗布した様子(転写台紙上).

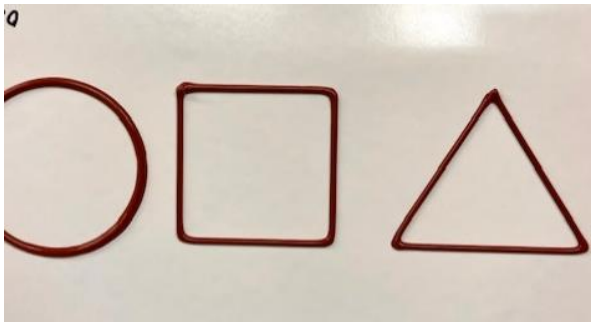


図 12 釉薬を線描き状に塗布した様子(転写台紙上).

表 1 材料の配合と粘度、ディスペンサー装置、MuCAD の条件.

		配合(重量比)				粘度 Pas	ペーストの状態	ディスペンサー条件		MuCAD条件			塗布後厚み μm
		粉末		オイル				ノズル内径 mm	吐出圧 Mpa	軌跡	吐出時間 sec	スピード mm/s	
上絵	点字用	白盛	1	OS-550G	0.45	211.4	○硬めだが扱える	0.84	0.14	点	0.3	-	760
	線描き(いっちん)	和絵具		OS-721	0.5	54.2	○やや硬めだが扱える		0.1-0.25	線	-	15-20	280-530
					0.6	21.2	◎扱いやすい						
	だみ	和絵具			1	2.8	◎扱いやすい	1.52	0.05-0.2	点／線	0.1-0.5		370-660
					1.5	1.4	○緩めだが扱いやすい						
釉薬	線描き	各種釉薬		OS-4334	0.5	67.6	○やや硬めだが扱える	1.52	0.05-0.15	線	-		400-600
					0.75	12.5	◎扱いやすい	0.84					
	だみ				1	3.1	◎扱いやすい	1.52	0.1-0.2	点／線	0.1-0.5		320-590
					1.5	1.3	○緩めだが扱いやすい						

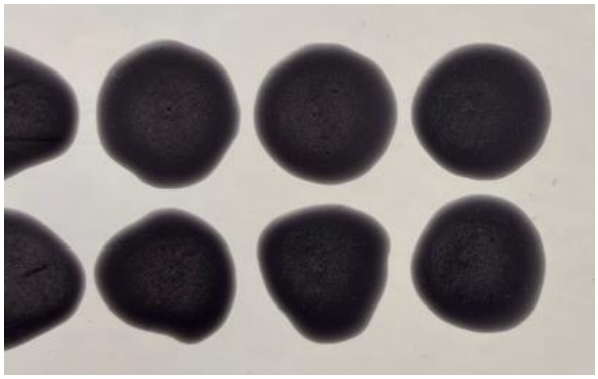


図 13 釉薬をだみ状に塗布した様子(転写台紙上).

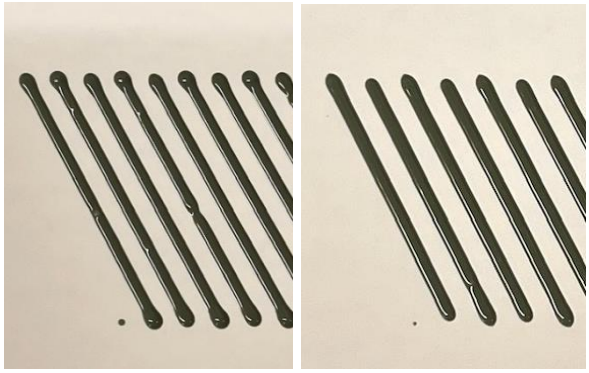


図 14 溜まりの状態(左)と解消した状態(右).

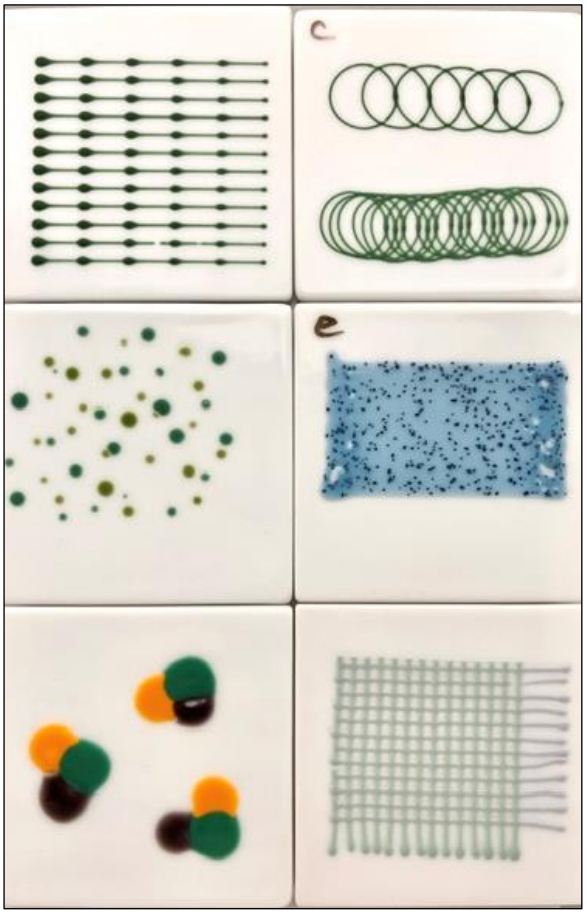


図 15 ディスペンサー装置を用いたデザインサンプルの一部.

4. まとめ

今回の研究では、加飾方法の幅を広げるため、スクリーン印刷やディスペンサー装置による各種技法の検証を行った。スクリーン印刷に関連する技法では、濃淡印刷を含め、唯一性のある絵柄の量産方法を見出すことができた。また、ディスペンサー装置を使用した塗布による加飾の検証を行い、上絵具や釉薬を用いた新たな加飾デザインの方法を示すことができた。今後は、具体的なデザインサンプルを作成し、実際の製品化に向けて提案していきたい。

参考文献

1) 松本奈緒子, 佐賀県窯業技術センター令和 5 年度研究報告書・支援事業報告書, 1-7 (2023).

SDGs に対応した陶磁器の製品化技術の開発

中溝 祐志、白石 敦則
佐賀県窯業技術センター

産地に流通している低温焼成磁器について各温度における焼曲、吸水率及び嵩密度試験を行い適正な焼成温度を検証した。得られた結果から低温素地の焼成幅を決定し、その温度帯における素地の熱膨張係数から低温焼成磁器用の透明釉の開発を行った。開発した釉薬は 1200℃で十分に熔融され、素地から圧縮応力のかかる熱膨張率を示した。また、開発した透明釉を基に結晶性マット釉の開発を行った。開発した釉薬による下絵の発色について検証し、1200℃で焼成したものは従来の磁器よりも高彩度の加飾が可能であることがわかった。
キーワード：SDGs、温室効果ガス、釉薬開発、高彩度

Development of production technologies for porcelain aligned with the Sustainable Development Goals

NAKAMIZO Yushi, SHIRAISHI Atsunori
Saga Ceramics Research Laboratory

The water absorption, bulk density and firing defamation were evaluated at various temperatures for low-temperature sintering porcelain currently distributed in production regions, to determine the optimal firing temperature. Based on the results obtained, the firing range was established. Furthermore, a transparent glaze suitable for low-temperature sintering porcelain was developed by considering thermal expansion within this temperature range. The developed glaze exhibited sufficient melting at 1200℃ and was suitable for low-temperature sintering porcelain, where compressive stress from the body. In addition, a crystalline matte glaze was developed based on the transparent glaze. To promote the use of low-temperature sintering porcelain, test pieces for underglaze color development were prepared using the developed transparent glaze, and the enhancement of color saturation was investigated. As a result, it was demonstrated that the use of low-temperature sintering porcelain enables higher color saturation in decoration compared to standard porcelain.
Key Words: ：SDGs, carbon dioxide, glaze development, higher color saturation

1. はじめに

地球温暖化や気候変動といったグローバルな課題に直面する現代社会では、持続可能な発展目標（SDGs: Sustainable Development Goals）が国際的な取り組みの指針として広く認知されている。特に、目標 13「気候変動に具体的な対策を」と目標 7「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」は、二酸化炭素（CO_2）の排出削減を通じて持続可能な未来を実現する上で重要な柱となっている。

以前から地球温暖化の問題が危惧されており、当センターでは 1200℃程度の低温で焼成可能な陶土を開発した [1)]。この低温焼成陶土は、未利用資源であった天草低火度陶石を配合することで、従来の 1300℃で焼き締まる磁器に対して温度を 100℃下げた 1200℃で素地が磁器化する。これにより、CO_2 を最も排出する高温時の焼成時間を短縮することができ、焼成に用いる燃料ガスの節約や CO_2 排出量の大幅な削減が可能となる。

本研究では、産地にこの技術を普及することを目的とし、この低温焼成陶土に適合した釉薬開発及び下絵具（以下、呉須とする）の発色試験を行った。また、1200℃焼成による呉須の発色域の拡大や高彩度化による新たな加飾表現についても併せて検討した。

2. 実験方法

各種試験における陶土は市販品（有限会社渕野陶磁器原料）の低温焼成陶土を用いた。焼曲試験用のテストピースは陶土に水と分散剤を加え含水率30%の泥しょうとし、

鋳込み成形によって 120×20×7 ㎜の角棒を成形した。乾燥後、電気炉を用い 1100℃から 1350℃の範囲で 50℃ずつ設定温度を変えて焼成を行った。焼成は 100℃/hの昇温速度でそれぞれの設定温度まで昇温した後、所定の温度で 1 時間保持し自然冷却するパターンで行った。なお焼成温度の確認は共通熱履歴センサー(JFCC 製)を用いて行った。以下、焼曲、吸水率及び嵩密度試験の結果において焼成温度は設定温度ではなく共通熱履歴センサーの指示値を用いた。

吸水率、嵩密度の測定は焼曲試験用の素地を切り出し、ASTM C373-88 によって測定した。X 線回折試験は試料を粉砕後 X 線回折測定((株)リガク製、Smart Lab)にて結晶相を確認した。また、熱膨張係数はダイヤモンドカッターで約 5 ㎜×20 ㎜の角棒に切り出した試料を、熱分析装置(SHIMAZU 製、TMA-60)で測定した。

釉薬の熱膨張測定用試料は石膏型を用いて脱水成形後、アルミナ粉の上に載せ、1200℃の酸素濃度-2.0%で還元焼成を行った。得られた釉塊は素地同様、ダイヤモンドカッターを用いて切り出し測定を行った。なお、開発したマット釉の質感評価は板状テストピース(45mm 角)に施釉を行い、光沢度計(日本電色製、VG8000)を用いて測定を行った。

3. 結果及び考察

3.1 低温焼成陶土の焼結特性

3.1.1 焼曲試験

図 1 に各温度で焼成したときの素地の焼曲試験の結果を示す。低温側の 1150℃、1175℃では焼成変形量は最小の 4 ㎜を示し、それ以降の温度では温度上昇に伴い、軟化変形が進行し焼成変形量は大きくなった。特に 1345℃では試験架台の底に試料が到達しており、変形量は 20 ㎜以上あったことが推測される。比較として 1300℃焼成の天草磁器の焼成変形量は 8 ㎜であったため、焼曲試験の結果から低温焼成陶土の焼成範囲は 1240℃までが妥当であることが示唆された。

温度 / ℃	焼曲 / mm
1345	20 以上
1273	12
1239	7
1189	5
1175	4
1150	4

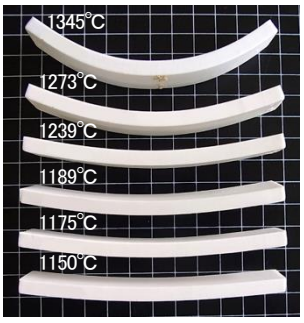


図 1 各焼成温度における焼成変形量.

3.1.2 吸水率及び嵩密度試験

図 2 に低温焼成陶土を各温度で焼成したときの吸水率と嵩密度の関係を示す。まず吸水率は、1103℃で 4.55%を示し、温度上昇に伴い 1175℃で 0.10%と吸水性がほぼなくなり素地は磁器化していることが確認された。その後、1273℃まで吸水率を 0.1%以下に保った後、1345℃で急激に吸水率が増加し 5.12%を示した。嵩密度は 1103℃で 2.21g/cm^3 を示し、温度上昇に伴い素地の緻密化が進み 1189℃で 2.40g/cm^3、1239℃で最も高い 2.41g/cm^{3}を示し、1345℃で 2.00g/cm^3 と低下した。1345℃における急激な吸水率の増加と嵩密度の低下は、過熱により素地中のガラス相で気泡が膨化する“ブローティング”という現象が起きたと推察される [2)]。以上の結果から、低温焼成陶土の適正な焼成温度幅は、素地が磁器化し吸水率がなくなる 1170℃以上、ブローティングが発生しない 1240℃以下であることが示唆された。

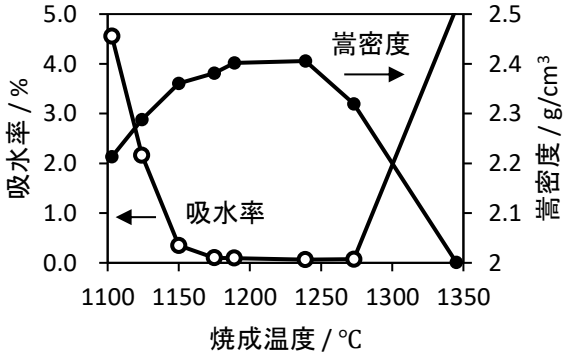


図 2 焼成温度における吸水率と嵩密度の関係.

3.1.3 熱膨張率試験

1200℃で焼成した低温焼成磁器と 1300℃で焼成した従来の天草磁器の熱膨張曲線を図 3 に示す。熱膨張曲線から、どちらの素地も 200℃以下で異常膨張を示すクリストバライトの体積変化は観察されず、573℃付近に石英による α － β 転移を示す急激な体積変化が起きている。

低温焼成磁器の 30℃～650℃間における熱膨張係数は 7.82×10^{-6} /K であり、天草磁器の 7.45×10^{-6} /K と比べ高い熱膨張係数を示した。

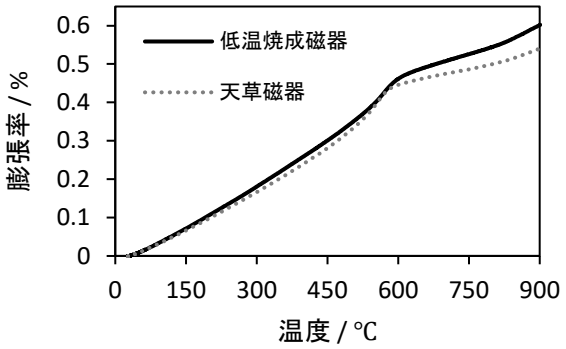


図 3 1200℃焼成の低温焼成磁器と 1300℃焼成の天草磁器の熱膨張曲線

3.2 低温焼成磁器用の釉薬開発

一般に天草磁器における石灰釉の線膨張係数は 6.0×10^{-6} /K 付近であるが、これは素地から釉に圧縮応力をかけて磁器を強化することを目的としたものであり、素地に対する熱膨張係数を意図的にやや小さくした値である。そこで、今回の低温焼成磁器用の釉薬においても、素地の 7.82×10^{-6} /K に対して少し小さい $6.5\sim7.0\times10^{-6}$ /K を適正な範囲として 1200℃で十分に熔融する釉薬の開発を行った。

3.2.1 釉の低融点化

低融点化に寄与するとされる $SrCO_3$、ZnO[3]及び $BaCO_3$ の添加剤による低融点化の効果について検証した。前述した添加剤の全く入っていない釉薬を基礎釉とし、釉薬にそれぞれ添加剤を外割で重量比 3wt%ずつ加えた場合の釉のガラス転移点(Tg: Glass transition temperature)、軟化点を表 1 に示す。表 1 から添加剤によって Tg 及び軟化点がそれぞれ低くなり、釉が低融点化していることがわかった。特に、ZnO を添加した釉は基礎釉に対して Tg で −46℃、軟化点で−94℃と最大の効果を示した。

表 1 各添加剤によるガラス転移点と軟化点の変化

	ガラス転移点 (Tg) / ℃		軟化点 / ℃	
基礎釉	757	ΔT	899	ΔT
$SrCO_3$	737	-20	869	-30
$BaCO_3$	747	-10	889	-10
ZnO	711	-46	805	-94

3.2.2 ゼーゲル式による釉薬調合

前項の結果から ZnO を用いることが効果的であったため、ZnO を用いた石灰亜鉛釉の調合を行った。調合割合は文献のゼーゲル式[4]を参考に、釉調合アプリケーションソフト[5,6]を用いて算出した。

表 2 に今回調合した透明釉(A, B, C)の調合割合及びその物性を示す。なお、原料に用いた長石は Na_2O を多く含むネフェリン(釉薬 A)と K_2O を多く含む益田長石(釉薬 B)でそれぞれ調合し、熱膨張係数と光沢度を比較した。

表 2 から、釉薬 A は熱膨張係数が 6.84×10^{-6} /K であり、3.2 で示した $6.5\sim7.0\times10^{-6}$ /K の範囲内であった。また光沢度も釉薬 B より高い値であり良好な結果であった。しかし釉薬 A の調合には、粘土質原料が含まれておらず、施釉後の釉の密着性や乾燥強度から現場での作業性が悪くなると推察された。そこで、生原料を入れた上で Al_2O_3 の含有量がネフェリンに比べて少ない益田長石を併用することで、熱膨張係数が範囲内になるように調合割合を微調整した釉薬 C を調合した。

表 2 透明釉(A,B,C)の調合割合及び物性値

		釉薬 A	釉薬 B	釉薬 C
原料	益田長石	-	69.5	16
	ネフェリン	54	-	35
	ﾏﾚｰｼｱｶｵﾘﾝ	-	2	4
	珪石	28	10	26
	石灰石	10	10.5	11
	亜鉛華	8	8	8
物性	熱膨張係数 (計算値) $\times10^{-6}$ /K	6.84	7.11	6.60
	光沢度(Gs60)	84.4	77.1	82.2

図 4 に釉薬 C 及び従来の 1300℃石灰釉の熱膨張曲線を、また熱膨張曲線から得られた熱分析の結果を表 3 に示す。釉薬 C の Tg 及び軟化点は一般の石灰釉と比較して約 60℃低くなっており、石灰釉より低い温度で釉が熔融することが確認できた。また、熱膨張係数(30℃～

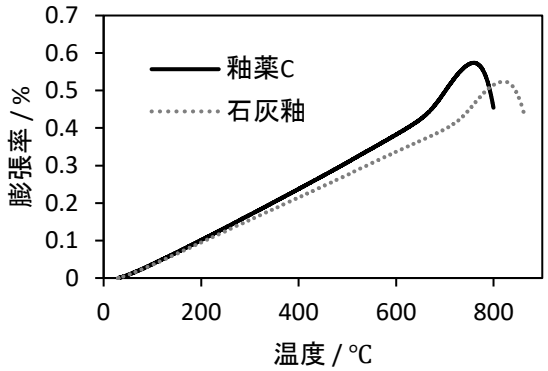


図 4 釉薬 C と一般的な石灰釉の熱膨張曲線の比較

表 3 釉薬 C と石灰釉の物性比較

	釉薬 C	石灰釉
ガラス転移点（Tg） / ℃	663	726
軟化点 / ℃	760	822
熱膨張係数（実測値）×10^{-6} / K	6.83	5.90

650℃）は 6.83×10^{-6} /K であり、素地から圧縮応力が適度にかかる良好な数値であった。このことから、釉薬 C を本研究における低温焼成磁器用の透明釉とした。なお、調合におけるゼーゲル式は(1)のとおりである。

$$\left.\begin{matrix}0.33\ KNaO\\0.35\ \ CaO\\0.01\ \ MgO\\0.31\ \ ZnO\end{matrix}\right\}\ 0.39Al_2O_3\ \cdot\ 3.15\ SiO_2 \quad \cdots(1)$$

3.2.3 結晶性マット釉の開発

今回開発した透明釉を基に結晶性マット釉の開発を行った。マット釉は釉中に何らかの結晶が析出することで得られるもので、釉の熱膨張は析出する結晶析出状態に左右されると推測される。そこで、高熱膨張を示す Celsian 結晶を析出させることを目標とした釉調合を検証した[7,8]。

まず、開発した透明釉に対して $BaCO_3$ を外割で添加（2.5%、5.0%、10%、15%、20%）し、釉中における結晶の析出具合を光沢度及び目視で評価した。

表 4 に釉の光沢度及び釉の表面状態をそれぞれ示す。$BaCO_3$ を 2.5%、5.0%添加したものは釉の熔けが良く、高い光沢度であったが、10%、15%では光沢度が急に低くなった。これは釉中に細かい気泡が見られたことが原因と考えられる。20%添加では呉須が滲み、釉中に結晶の析出が確認できた。

次に $BaCO_3$ を 20%添加した釉薬から、ゼーゲル式で Al_2O_3（0.30、0.33、0.36）と SiO_2（1.8、2.0、2.2）のモル比を変化させ、調合（M01～M09）を行った（表 5）。

各サンプルにおける熱膨張係数と光沢度の結果を表 6 に示す。表 6 から、M07 以外の釉では光沢度は一桁台を示し、マットの質感を示した。ただし、光沢度が低いもの

表 5 Al_2O_3 と SiO_2 のモル比とサンプル名の関係

Al_2O_3	1.8	2.0	2.2
0.36	M07	M08	M09
0.33	M04	M05	M06
0.30	M01	M02	M03
	SiO_2		

表 4 $BaCO_3$ 添加による釉の光沢度及び表面状態

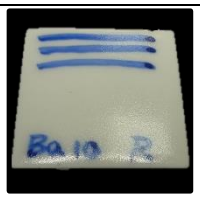
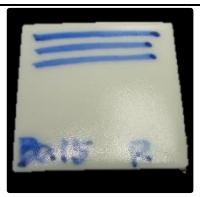
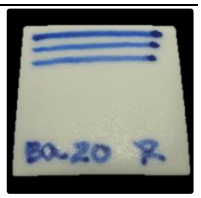
$BaCO_3$ 添加割合 / %	2.5	5.0	10	15	20
光沢度(Gs60)	77.1	86.2	34.9	34.2	8.8
釉の表面状態					
	平滑	平滑	気泡　多	気泡　多	結晶析出

表 6 サンプルごとの熱膨張係数と光沢度の結果.

サンプル名	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09
熱膨張係数 $\times 10^{-6}$ / K	6.47	6.26	6.63	7.01	5.96	6.21	5.96	6.50	6.12
光沢度 (Gs60)	8.5	6.4	5.3	6.2	7.5	6.6	39.6	2.8	2.9

は釉中に気泡の跡が見え、表面が荒れていたため、本研究では試験した中でも光沢感の少しある M01 を低温焼成用マット釉とした。

また、マットの質感が目的とした結晶の析出によるものか確認するため、マット釉の X 線回折測定を行った。測定結果を図5に示す。図5から釉中に析出していた結晶は、Celsian 結晶の回折ピークと一致していることが確認できた。ゼーゲル式は(2)のとおりである。

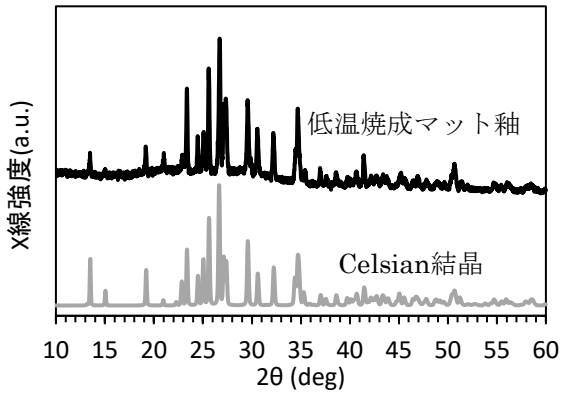


図 5 低温焼成マット釉と Celsian 結晶の X 線回折パターン.

$$\left.\begin{matrix} 0.25\ KNaO \\ 0.24\quad CaO \\ 0.20\quad ZnO \\ 0.31\quad BaO \end{matrix}\right\} \quad 0.30Al_2O_3 \quad \cdot \quad 1.79\ SiO_2 \quad \text{---(2)}$$

3.3 下絵加飾サンプルの作製

低温焼成磁器用の透明釉において、呉須の濃度違いによる発色を確認するために下絵具の転写紙を用いたテストピースを作製した。転写紙は呉須に対してオイルの混合比率を変え、呉須の薄い濃度から 250%、150%、80%の 3 濃度とした。目止め処理を行ったテストピースに下絵転写を行い、電気炉で昇温速度 100℃/hの 900℃焼成で糊剤を焼き飛ばした。施釉は開発した透明釉(釉薬 C)を用い、1200℃で還元焼成(酸素濃度-2%)した。テストピースは呉須の発色が確認できるサンプルとして、合計 77 色分を作製し、木箱に収納した(図 6)。



図 6 作製した下絵加飾サンプル及び収納箱.

3.3 新規発色

1200℃焼成されているイングレ―ズ用の絵具を下絵加飾に利用することによる、高彩度化を検討した。イングレ―ズは一度焼成したものに上絵加飾を行い、再度1200℃焼成することで絵柄が釉中に沈みこむ手法である。イングレ―ズ用の絵具は今回の 1200℃本焼成にも耐える可能性があり、下絵付け用絵具としての検証を行った。市販のイングレ―ズ用の絵具を水で溶くだけでは素焼きのテストピース上で筆が引っかかってしまい、うまく描くことができなかった。

そこで、水で溶いた絵具に液体のアラビアゴムを少量加えることで、筆の滑りがよくなり、従来よりも彩度の高い加飾を得ることができた(図 7)。しかし、アラビアゴムによって絵具が釉を少し弾いてしまい、絵柄の部分に釉薬が付かず、均一に施釉することができなかった。また、絵具に含まれるフリット(ガラス成分)によって絵具と素地の密着性が悪く、有田焼の特徴であるダミ加飾も困難であった。

次に、発色剤である顔料とアラビアゴムの代替に蛙目粘土を乳鉢で混ぜて絵具を試作した。このとき、顔料と粘土を重量比で 4:1 になるように混合した。試作した絵具は、粘土が入ったことで絵具に可塑性が生まれ、アラビアゴムを混ぜた絵具と遜色なく描くことができた。図 8 に下絵加



図７ イングレ―ズ用の絵具を用いた下絵加飾

飾のサンプルを示す。サンプルはそれぞれ 1200℃、1300℃で焼成したものと市販品を比較したものである。市販品の下絵具では焼成温度の違いで彩度に違いがあり、1200℃焼成が明るく発色していた。また、試作絵具は市販品よりも彩度が高く、従来と比べて彩度の高い下絵加飾が可能であることがわかった。

4. まとめ

・産地で流通されている低温焼成陶土の焼結特性を確認し、焼曲及び吸水率、嵩密度の結果から焼成範囲は1170～1240℃であることを確認した。

・1200℃焼成における低温焼成陶土の熱膨張は 7.82×10^{-6} /K であり、開発釉の熱膨張を6.5～7.0×10^{-6} /K の範囲内が好ましいことがわかった。

・低融点化には ZnO が効果的であり、ゼーゲル式を基に石灰亜鉛釉の開発を行った。開発した透明釉は 6.84×10^{-6} /Kと目標の範囲内であり、1200℃でも十分な熔け具合であった。

・透明釉を基に $BaCO_3$ を用いた低温焼成用の結晶性マット釉を開発し、熱膨張係数は 6.47×10^{-6} /K であった。

・開発した釉薬を用いて呉須の発色を確認し、色見本を作製した。

・彩度の高い下絵具についてイングレ―ズ用の絵具を用いて試験を行い、顔料と粘土を混ぜた絵具で試作した



図８ 市販絵具及び試作絵具の焼成温度による発色の違い

結果、問題なく手描きすることができ、発色の良い下絵加飾が可能であった。

参考文献

1) 寺崎信, 佐賀県窯業技術センター平成 12 年度業務報告書, 47-51(2001).
2) 蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 25 年度研究報告書, 1-8(2014).
3) 高橋宏, 若林数夫, 石川県工業試験場平成 18 年度研究報告 No.56, 79-82(2007).
4) 加藤悦三, 釉調合の基本,窯技社, 73-78(1970).
5) 蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 23 年度研究報告書, 11-15(2012).
6) 蒲地伸明, セラミックス, 48[11], 879-884(2013).
7) 小林雄一, Journal of Ceramic Society of Japan. 107[7], 657-661(1999).
8) 宮川直通 他, Journal of Ceramic Society of Japan 107 [6], 555-560(1999).

陶石利用技術支援事業

天草陶石の品質調査と泉山陶土の特性改善への取り組み

志波 雄三、嘉村 翔太郎、堤 靖幸
佐賀県窯業技術センター

天草陶石の利用技術に資することを目的に現状の酸処理陶石等の品質調査を行ない、各種陶石の塩素濃度と pH 測定、及び事業開始からのデータとの比較検討を行った。本年度も pH はおおむね 7～8 で推移しており塩素濃度と pH の間に相関性は認められなかったが、現行市販陶土の耐火度は、SK26 と通常の値を示し問題なかった。
泉山陶土の性状改善の対策として陶石中の硫酸痕を低減させることが知られている。令和 7 年 10 月から 泉山陶石中の硫黄分除去を目的として一定期間流水がある河川に浸漬させる試験を開始した。陶石のサンプリングを行って硫黄分の変化を調べた。
キーワード：酸処理天草陶石、塩素濃度、pH、耐火度、泉山陶石、硫黄含有量

Support for The Porcelain stone utilization

Investigation of the quality of Amakusa acid-treated porcelain stone and Efforts to improve the Properties of Izumiyama porcelain clay.

SHIWA Yuzo, KAMURA Shotaro, TSUTSUMI Yasuyuki
Saga Ceramics Research Laboratory

In order to contribute to technical application of Amakusa porcelain stone, we conducted a quality survey of current acid-treated porcelain stone and others, measured the chlorine concentration and pH of various types of porcelain stone, and compared the results with data from the start of the project. This year, pH levels generally remained between 7 and 8, and no correlation was observed between chlorine concentration and pH; however, the refractoriness of the currently commercially available porcelain clay was SK26, a normal value, and presented no issues.
It is known that reducing sulfuric acid traces in porcelain stone is an effective measure for improving the properties of Izumiyama porcelain clay. To remove sulfur content from Izumiyama porcelain stone, we began a trial in October 2025 involving immersion in a river with a flow of water for a specified period. We collected samples of the porcelain stone to examine changes in sulfur content.
Key Words：Amakusa acid-treated porcelain stone, Chlorine concentration, pH, Refractoriness, Izumiyama porcelain stone, Sulfur content

1. 酸処理天草陶石の品質調査

1.1 支援の背景

天草陶石は数年来、鉄分が少ない高品位陶石の採掘量が減り、また、採掘現場の人手不足の現状から、一定量の陶石の確保に長期間を要する状況が続いている。中でも天草特上陶土・撰上陶土の安定した製造には鉄分の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減させた酸処理陶石を目的に応じて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[1]されている化学処理法であるが、以前陶土の性状変化を酸処理陶石の洗浄不足とされた時期があり、現在でも一部の利用者においては、酸処理陶石にマイナスイメージが根強く残っている。こうした状況を改善するために、当センターは陶磁器業界の各組合等の協力を得ながら平成 29 年度(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[2-4]。

肥前地区の白磁の需要に今後も応じていくためには、

業界に対して酸処理陶石が問題なく利用できることを伝えていく必要があり、裏付けのために酸処理陶石の性状確認を継続して実施する必要がある。本事業では令和 3 年度(2021 年度)から酸処理陶石の定期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[5-8]。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。

1.2 調査原料

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 2026 年 1 月にサンプリングした。その原料は皿山系の酸処理陶石及び低火度酸処理陶石、海岸脈系の浜平酸処理陶石、木山酸処理陶石、木山低火度酸処理陶石、同じく海岸脈系の共立マテリアル酸処理陶石及び低火度酸処理陶石である。比較用の陶石として、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、共立マテリアル 4 等陶石を用いた。また、現行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。なお、市販陶土は上述の陶石をサンプリングした陶土業者に協力を依頼し提供していただいた。

1.3 調査項目

原料物性として、耐火度及び化学組成について調査した。耐火度測定は耐火度測定装置(戸田超耐火物製、TODA'S ミニファーネス)により行い、化学組成分析は蛍光X線分析装置(Rigaku 製、ZSX PrimusII)を用いてガラスビードによる検量線法で行った。

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を行った。まず原料陶石を小型スタンプミル(日陶科学製、ANS143 型)により粒子が 1mm 以下程度になるまで粉砕し、粉砕粉末 30g を量り採ってビーカーに入れ、蒸留水を加えて 300g とし 30 分間撹拌した後、一昼夜程度静置させて上澄み液を採取した。陶土についても粉末 30g を量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 200mL 分取し、冷却高速遠心機(コクサン製、H-2000A2)により回転数 5000rpm 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、pH は pH メータ(東亜ディーケーケー製、HM-42X)により測定した。

1.4 天草酸処理陶石の性状結果

表 1 に各原料上澄み液の塩素濃度及びpHを示す。塩素濃度の比較サンプルとして当センターの水道水の値も併せて示す。

最も高い塩素濃度を示したのは水道水の 10.4ppm で、次に木山低火度酸処理陶石の 4.9 ppm であった。水道水は例年と変わらず 10ppm 程度で、昨年度の木山酸処理陶石の 18.0ppm のような突出した値はなかった。その他の原料の値は比較的低く 2ppm 以下であった。最も低い値は浜平酸処理陶石が 0.2ppm であったが、ほかの酸処理陶石、無処理陶石との差はあまり見られず0.7～2.0ppmの間で推移した。市販陶土は昨年度と同程度で細工用が 2.3ppm、鋳込用が 0.7ppm であった。

pH は、昨年度のような 6 未満の突出した値はなく全体で 7.1～8.3 の間で推移し、酸処理陶石、無処理陶石間で特徴的な傾向は見られなかった。

表 1 各陶石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	0.7	0.3	7.5	5.8
皿山低火度酸処理陶石	1.8	0.9	7.6	7.1
浜平酸処理陶石	0.2	1.0	8.0	7.5
木山酸処理陶石	1.9	18.0	8.3	8.3
木山低火度酸処理陶石	4.9	2.5	7.3	7.4
共立酸処理陶石	1.1	1.6	8.3	8.2
共立低火度酸処理陶石	0.9	3.4	7.1	8.0
皿山低火度 4 等陶石	1.0	0.8	7.5	8.1
木山 3 等陶石	0.8	0.8	7.7	8.2
共立 4 等陶石	0.9	0.2	8.0	8.2
市販撰上陶土(細工用)	2.3	2.2	7.4	7.8
市販撰上陶土(鋳込用)	0.7	0.3	7.4	7.9
水道水	10.4	11.4	7.3	7.4

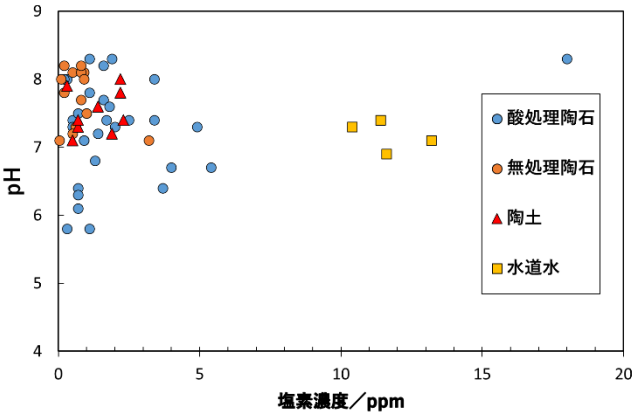


図 1 各サンプルの塩素濃度と pH の関係.

塩素濃度と pH の値の調査を始めてから昨年度まとめたデータ [8]に、さらに今年度得られたデータを追加して、酸処理陶石、無処理陶石、陶土、水道水についての塩素濃度と pH の値の関係を整理した。その結果を図 1 に示す。無処理陶石は、今回のデータを加えても塩素濃度はほとんどが 1 ppm 以下で、pH はすべて 7 以上であることから、ややアルカリ性側であった。酸処理陶石は処理液である塩酸の影響を考慮すると、塩素濃度が低いと pH が高くなり、塩素濃度が高くなると pH が低くなるという予測に反し、その傾向は今回も変わらず見られなかった。pH はおおむね7～8 で推移しており、特徴的な相関性は見られなかった。市販陶土は昨年度とほぼ同じく塩素濃度が 0.5～2.2ppm、pH が 7.0～8.0 で推移している。また、ほとんどの陶土・陶石の塩素濃度は水道水と比較すると特段に低いことから、使用における問題はないことが確認できた。この傾向は今後も大きく変動しないと予想されるので、酸処理陶石等のサンプリングの間隔を伸ばし、隔年程度に変更してもよいかと思われる。

表 2 に酸処理陶石 7 種及び現行市販撰上陶土 2 種の化学組成値及び耐火度の結果を示す。化学組成値の傾向は昨年と大差なかった。低火度ではない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が、市販の陶土 2 種は SK26 と通常の耐火度であった。これらの陶土には、酸処理陶石が一定の割合で使用されている。今回の耐火度測定の結果においても、陶石から陶土へ精製により、通常の陶土と変わらない耐火度になっていることが確認された。

2. 泉山陶石特性改善試験

2.1 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、元和年間以降長年にわたり利用されてきた [9]が、明治以降は良質な天草陶石の利用が増え、現在肥前地区で流通している陶土はほぼ天草陶石から調製されている。泉山陶石は現在、ほとんど流通していないが 2016 年の有田焼創業 400 年を機に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。これまで有田磁石場組合の主催により令和 2 年度、令和 4～6 年度には製品開発及び展示会が行われ、当センターでは泉山陶石の特性調査を行う

表 2 各陶石等の化学組成(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	2.61	79.68	13.83	0.31	Tr.	0.04	0.04	0.16	2.95	SK20	SK19$^+$
皿山低火度酸処理陶石	2.30	77.38	14.65	0.33	0.01	0.04	0.05	1.28	3.49	SK18	SK17$^+$
浜平酸処理陶石	3.33	79.10	14.05	0.32	0.01	0.08	0.03	0.17	2.41	SK19$^+$	SK20-
木山酸処理陶石	3.70	78.46	14.42	0.35	Tr.	0.19	0.03	0.21	2.25	SK20	SK18
木山低火度酸処理陶石	2.48	77.93	14.57	0.28	0.01	0.04	0.04	1.06	3.28	SK15	SK15$^+$
共立酸処理陶石	3.36	78.59	14.34	0.31	0.01	0.16	0.04	0.33	2.41	SK20-	SK19
共立低火度酸処理	2.58	77.74	14.69	0.33	0.01	0.04	0.04	1.28	2.98	SK16-	SK15$^+$
市販撰上陶土(細工用)	3.41	76.25	16.03	0.46	0.01	0.07	0.07	0.17	3.14	SK26	SK26
市販撰上陶土(鋳込用)	4.01	73.27	18.00	0.48	0.01	0.08	0.06	0.51	3.14	SK26	SK28

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[10-13]。今後もこのような動向は続くものと思われる。しかしながら泉山陶土は、特に鋳込成形において泥しょうが安定しないことが課題とされている。以前の調査[13]でこの原因は陶石中の硫酸痕に起因することが明らかになっており、このとき脱硫処理を十分に考慮する必要性を提案してきた。かつては、泉山鉱床では陶石を放置し風化による黄鉄鉱の消失、二次富鉱化を待って利用したとも伝えられている[14]。こうしたことから今回、有田磁石場組合の主導で、陶石を一定期間流水がある河川に浸漬することで陶土性状改善に取り組むこととなり、当センターは陶石を定期的にサンプリングして硫黄分の含有量変化を調査することになった。本報告では令和 7 年 10 月から開始された経過と現状得られているデータについて報告する。



図 2 泉山陶石の採取箇所Ⓐ及び河川水採取箇所..

2.2 調査原料と浸漬状態について

調査原料は、有田磁石場組合所有の泉山陶石約 2 トンを陶土業者により数 cm 大まで粉砕し、濾布製の袋に小分けしたものが 、図 2、3 に示すように泉山磁石場構内の河川水に浸漬された。また図 2、3 に陶石および河川水の採取箇所を示す。



図 3 泉山陶石の採取箇所Ⓑ、Ⓒ.

2.3 調査項目

令和 7 年 10 月に浸漬を開始したことについて磁石場組合から報告を受け、陶石および河川水をサンプリングした。本報告での陶石試料は開始時の原鉱陶石、1 ヵ月後(令和 7 年 11 月)に浸漬場所から 3 カ所、同じく 3 ヵ月後(令和 8 年 1 月)も同様にサンプリングした。また河川水もそれぞれ同時採取した。調査項目として陶石中の硫黄分と採取水の硫黄分を ICP 発光分光分析装置(島津製作所製、ICPS-8100CL)により定量分析した。また陶石の耐火度を耐火度測定装置(戸田超耐火物製、TODA'S ミニファーネス)で測定した。

表 3 採取した各泉山陶石の硫黄(三酸化硫黄)含有量(mass%).

	原鉱	1 ヵ月後			3 ヵ月後		
		Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
SO_3	0.24	0.30	0.06	0.07	0.27	0.09	0.13

2.4 結果および考察

表 3 に各泉山陶石の硫黄(三酸化硫黄)の含有量を示す。原鉱陶石が 0.24 mass%であった。1 ヵ月後、3 ヵ月後の値は、採取箇所でⒶで 0.30 mass%、0.27 mass%であった。Ⓑ、Ⓒの場所では 0.06～0.13 mass%と低下した。既報[13]にお いても陶石中の三酸化硫黄は 0.29 mass%であり、原鉱陶石と同等であった。採取箇所により差が出る結果となった

が、以後継続して含有量の推移を調査する。

表 4 に採取した河川水の硫黄の濃度を示す。100～130 ppm 程度であり通常の河川より比較的高いと思われる。この理由は泉山磁石場構内にあるため硫酸塩の溶出があることが考えられる。

表 5 に各陶石の耐火度を示す。SK16 程度であり、既報[13]と大差なかった。いずれにしても今後 1 年程度定期的に陶石のサンプリングを行い、各種調査を実施しデータ推移を見ていく。

表 4 採取した各河川水の硫黄含有量(ppm).

採取時期	開始時	1ヵ月後	3ヵ月後
含有量	109	134	111

表 5 採取した各泉山陶石の耐火度.

採取時期	開始時	1ヵ月後	3ヵ月後
耐火度	$SK16^{-}$	$SK16^{-}$	$SK15^{+}$

3. まとめ

天草陶石の利用技術について今後も続くと思われる業界支援に資することを目的に、現状の酸処理陶石の性状を引き続き調査した。その結果、無処理陶石はややアルカリ性側に分布していることが分かった。また、塩素濃度と pH の相関は今回も変わらず確認できず pH はおおむね 7～8 で推移していた。なお、今回の pH の変動範囲では酸処理陶石の使用は全く支障がなく、また陶土を含めた耐火度においても影響はなかった。以上のような傾向は今後も大きく変動しないと予想される。

泉山陶土の扱いにくさを改善するため、陶石中の硫酸痕を低減させる脱硫処理として 泉山陶石を一定期間流水がある河川に浸漬する試験を有田焼磁石場組合と連携して始めた。令和 7 年 10 月より開始し、1ヵ月後、3ヵ月後サンプリングし陶石中の硫黄分などを調査した。陶石中の硫黄分の低下する変化が一部見られたが、採取箇所によってばらつきがあり、今後調査を続けていく予定である。

謝辞

本事業にご協力いただいた肥前陶土工業協同組合、各会員の皆様、有田磁石場組合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) 林文雄, 永田正典, セラミックス 14, No.4, 333-338 (1979).
2) 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).
3) 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).
4) 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).
5) 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).
6) 志波雄三, 嘉村翔太郎, 蒲地伸明, 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, 20-24 (2023).
7) 志波雄三, 嘉村翔太郎, 堤靖幸, 佐賀県窯業技術センター令和 5 年度研究報告書・支援事業報告書, 29-32 (2024).
8) 志波雄三, 嘉村翔太郎, 堤靖幸, 佐賀県窯業技術センター令和 6 年度研究報告書・支援事業報告書, 18-21 (2025).
9) 中島浩気, “肥前陶磁史(復刻版)”, 名著出版, 85-99 (1974).
10) 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).
11) 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).
12) 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).
13) 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).

14) 上野三義, 地質調査所月報, 11, 155-172 (1960).

低温焼成磁器普及支援事業

中溝 祐志、堤 靖幸
佐賀県窯業技術センター

持続可能な社会の実現に向け、温室効果ガスの排出量削減が期待される技術として当センターで開発した低温焼成磁器がある。この磁器は未利用資源である天草低火度陶石を配合することで、従来の磁器に比べ 100℃温度を下げた 1200℃で焼成が可能である。今年度はこの技術を産地へ普及するための準備として、量産化に向けた各種条件の洗い出しやサンプルづくりに取り組んだ。
キーワード：SDGs、温室効果ガス、未利用資源

Promotion program for low-temperature sintering porcelain

NAKAMIZO Yushi, TSUTSUMI Yasuyuki
Saga Ceramics Research Laboratory

In pursuit of a sustainable society, we have developed the low-temperature sintering porcelain technology that is expected to reduce carbon dioxide emissions. By mixing the Amakusa low-temperature porcelain stone, which is an unused resource, this porcelain is sintering at 1200°C—100°C lower than standard porcelain. In this year, as preparation for promoting this technology in production regions, we worked on identifying various conditions for mass production and producing sample products.
Key Words: ：SDGs, carbon dioxide, unused resource

1. 支援の背景

2015 年に持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）が国連サミットにて採択され、各国で目標達成に向け積極的な取り組みが求められている。特に、温室効果ガスによる気候変動は以前から問題視されており、日本は2030年までに温室効果ガス排出量を2013年度比 46%削減と高い目標を掲げている[1)]。

一方、磁器の量産現場においてはガス炉を用いた高温焼成の工程が必要不可欠であるため、現在の技術では温室効果ガスの排出を“0”に抑えることは非常に困難である。温室効果ガス排出量を可能な限り抑える一つの取り組みとして、平成 12 年にセンターで開発した低温焼成磁器が挙げられる[2)]。この磁器は未利用資源であった天草低火度陶石を配合することで、従来の天草磁器の1300℃焼成に対して温度を 100℃下げた 1200℃で素地が磁器化する。これにより、最も負荷の大きい高温下での焼成時間を短縮でき、温室効果ガス排出量の大幅な削減が期待される。また、焼成の省エネルギー化によりガス消費量も抑えられるため、年々高騰しているガス代の節約にも繋がる。しかしながら、この技術の開発から 25 年近く経過した現在、未だ産地に普及していないという現状があり、その原因として磁器の生産現場に幾つかの課題が残されているものと考えられる。そこで、本支援事業では、これらの課題を解決しながら窯業界の新たな SDGs の取組である低温焼成磁器の役割を生産関係機関に広く認知・利用してもらい、産地の持続可能な社会を目指すことを目的とした。

本年度は、普及に向けた準備として、低温焼成磁器の泥しょう調製や釉薬調製、色釉のサンプルづくりを行った。

2. 実験方法

2.1 泥しょう調製及び成形条件

低温焼成磁器の泥しょうの調製条件を確認するため、市販陶土（有限会社渕野陶磁器原料）を用いて水ガラス（解膠剤）を添加した際の粘性の変化について、粘度曲線を作成した。粘度曲線は陶土の乾燥重量に対し、希釈した水ガラスを一定量加えていき、粘度変化を B 型粘度計（英弘精機製、DV2T）で確認した。泥しょうの粘度は測定時間によって変化するため、測定開始から 3 分後の値を粘度として記録した。成形試験は圧力鋳込みで行い、圧

力は 2.0kgf/cm^2、鋳込み時間は 15 分とした。

2.2 釉薬の特性評価

開発した低温焼成磁器用の透明釉で量産化に向けた試験を行った。量産品は地元の製造業者に調合(2 斗)していただき、当センターの試作釉薬との比較を行った。調合した釉薬の化学組成は蛍光X線分析装置(Rigaku 製、ZSX PrimusII)の FP(ファンダメンタルパラメータ)法による半定量値で確認した。また粒度分布はX線透過式粒度分析装置(マイクロメリティックス社製、SediGraph Ⅲ PLUS)を用いて測定した。焼成試験は 0.2 m^{3}の小型ガス焼成炉(高砂工業製)を用いて図 1 の焼成パターンで 1200℃還元焼成を行い、釉表面の様子や色味などについて観察した。

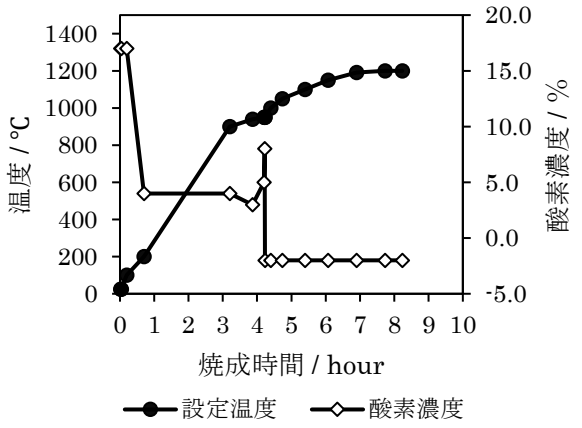


図 1 1200℃焼成における焼成パターン.

3. 結果と考察

3.1 泥しょう調製及び圧力鋳込み成形

低温焼成素地の粘度曲線を図 2 に示す。泥しょうの含水率はそれぞれ 27%、29%に調製した。含水率 27%の泥しょうは高い粘性を示し、同条件では測定が困難であったため、事前にディーフ(解膠剤)を陶土乾燥素地重量に対して 0.01wt%添加した。

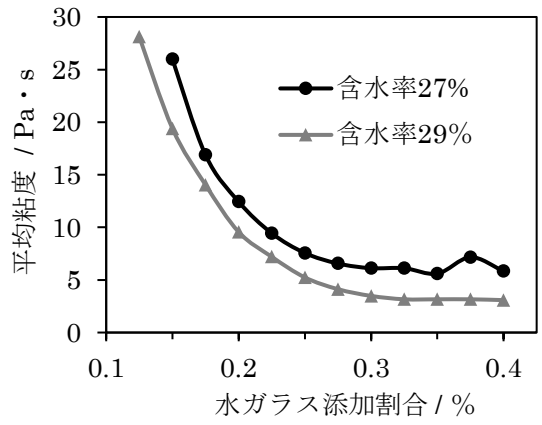


図 2 含水率の違いによる泥しょうの平均粘度の変化.

素地の含水率に因らず水ガラスを添加することでゆるやかに粘度が低下し、水ガラスを 0.3%以上添加すると粘度はほぼ一定となった。また、含水率によって最低粘度に違いがみられ、含水率27%と含水率29%では、29%の方が粘度は低い値を示した。粘度曲線から、低温焼成素地の解膠剤の添加量は水ガラス 0.25wt%、ディーフ 0.01wt%とした。含水率は素地の収縮率に影響するため、圧力鋳込み成形は含水率 25.5%で行った。成形結果は図3に示す抜け角が小さな形状でも問題なく成形を行うことができ、従来の素地と遜色なく成形できることがわかった。ただし、石膏型によっては、高台位置に沿って生地が凹む現象(通称、ヒケ)がみられた(図 4)。これは、肉厚となる高台部において泥しょうの充填不足が原因となっており、今後は泥しょうの調泥条件や、圧力鋳込み成形時の圧力や鋳込み時間などの条件についても引き続き検討していく予定である。



図 3 抜け角の小さい圧力鋳込み成形品.

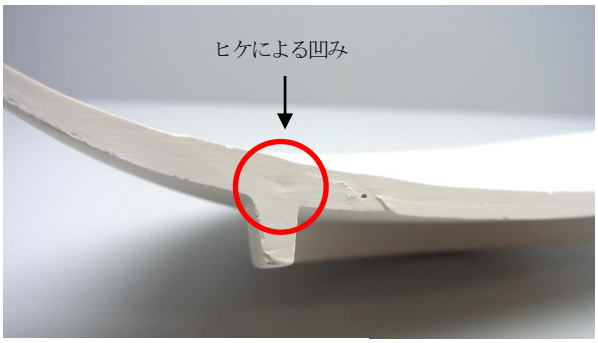


図 4 高台部に生じたヒケの様子.

3.2 釉薬の量産試験

試作釉と量産釉の溶け具合を焼成品で確認したところ、量産釉は試作釉に比べて釉の溶けが悪く、表面光沢もよくなかったため、試作釉と量産釉の化学組成の比較を行った。各釉薬の化学組成及び平均粒子径を表 1 に示す。

表 1 FP 法による釉薬の化学組成および平均粒径

成分名	分析値 / mass%	
	試作釉	量産釉
C	2.7	2.9
SiO_2	61.0	60.1
Al_2O_3	12.9	13.9
Fe_2O_3	0.1	0.1
CaO	7.2	7.6
MgO	-	0.1
Na_2O	4.4	4.2
K_2O	3.5	3.6
ZnO	8.1	7.4
平均粒子径	3.3 μm	9.0 μm

各成分において大きな違いはなかったが、釉の溶けに大きな影響を与える酸化亜鉛が試作釉に比べ、量産釉は少ないことがわかった。また、粒度分析の結果から、量産釉は試作釉に比べ平均粒子径が大きいことがわかった。

そこで、量産釉の溶けを改善するため、現行の量産釉に酸化亜鉛 0.5wt%を外割で添加し、アルミナ製のボールミルによる混合粉砕を 2 時間行った。改良後の化学組成及び平均粒子径を表 2 に示す。再調製したことで酸化亜鉛の割合は増加し、量産釉の平均粒径も小さくなり、試作釉の化学組成にかなり近くなったことが確認できた。改良した釉薬を 1200℃で焼成したところ、釉薬の溶融性が向上し、釉表面の反射による映り込みがより鮮明となり改善がみられた。

表 2 改良後の化学組成および平均粒径

成分名	分析値 / mass%
C	2.8
SiO_2	60.2
Al_2O_3	13.8
Fe_2O_3	0.1
CaO	7.2
MgO	3.5
Na_2O	4.3
K_2O	3.5
ZnO	8.0
平均粒子径	6.6 μm

3.3 色釉サンプルの作製

低温焼成磁器用に開発した透明釉を基に産地で利用の多い天目、瑠璃、青磁で発色サンプルを作製した。天目釉は釉薬の乾燥重量に対してベンガラ(酸化第二鉄)を外割で 10wt%、瑠璃釉は酸化コバルトを外割で 3wt%添加したものを作製した。また青磁釉は外割で珪酸鉄を 3wt%混合したものと、基礎釉を酸化亜鉛から炭酸バリウムに変更し珪酸鉄を同様に添加したものの 2 種類を作製した。焼成した色釉サンプルの形状は有田焼サンプルコレクション [3]を参考に作製した。焼成後サンプルを図 5 に示す。

作製した色釉サンプルはすべて問題なく発色しており、青磁釉については基礎釉の違いで異なる発色を示した。しかし、天目釉は釉厚の薄い箇所で茶色の結晶性のものが析出しており、安定した発色に至らなかった。



図 5 色釉サンプル
（左上:天目釉(ベンガラ)、左下:瑠璃釉(酸化コバルト)、
右上:青磁釉(珪酸鉄)、右下:青磁釉(炭酸バリウム)）

4. まとめ

低温焼成磁器の普及に向け泥しょう調製や釉薬の量産試験、色釉サンプルの作製を行った。現状の泥しょう調製条件では問題なく成形できる型と厚肉部に凹みの生じる型が確認され、調泥条件や鋳込み条件のさらなる検討が必要である。

量産釉では原料による組成のばらつきを考慮し調合割合の調製、釉薬の平均粒子径を小さくすることで釉の熔け感に改善がみられた。

色釉サンプルは、天目、瑠璃、青磁のサンプルを作製し、発色を確認した。天目釉は釉の厚みで発色が安定しなかったため、別の鉄原料を用いて検討を行っていく。

参考文献

1) 外務省 Ministry of Foreign Affairs of Japan, https//www.mofa.goj/ic/ch/page1w_000121.html.
2) 寺崎信, 佐賀県窯業技術センター平成 12 年度業務報告書, 47-51 (2001).
3) 江口佳孝、副島潔、松本奈緒子、蒲地伸明, 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, 19-24 (2020).

陶磁器デザインアプリ「iroe」・「iroe2」運用への支援

松本 奈緒子
佐賀県窯業技術センター

当センターでは、令和 4 年度に県内の陶磁器産地内で使用されている絵具の色見本とそ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ケーション「iroe」を開発し、令和 5 年 4 月にリリースした。今年度は引き続きアプリ内の絵具データや文様データ、形状データの追加を行った。さらに、ふるさと納税を通して一般ユーザーが実際にデザインした器を 手にできるための、アプリの改修や産地内の体制づくりを関係部署と協力して行い、「iroe2」の運用をスタートした。人気アニメとのコラボ等を行い、アプリを通してユーザーと伝統工芸をつなげる取り組みをスタートした。
キーワード::陶磁器、デザイン、アプリケーション、伝統工芸、産地支援

Support for the project of the ceramic design app “iroe” and “iroe2”

MATSUMOTO Naoko
Saga Ceramics Research Laboratory

In the fiscal year 2022, our center developed ‘iroe’, an application that allows users to view color samples of pigments used in the prefecture’s ceramics-producing regions and to create color and decorative designs using those colors, and released it in April 2023[1]. During the current fiscal year, we have continued to add pigment, pattern and shape data to the app. Furthermore, in collaboration with relevant departments, we carried out modifications to the app and established systems within the production areas to enable general users to acquire the vessels they have designed through the ‘Furusato Nozei’ (Hometown Tax Donation) scheme, and launched the operation of ‘iroe2’. We have also initiated initiatives to connect users with traditional crafts through the app, including collaborations with popular anime series.
Key Words: Ceramics, Design, Application, Traditional Crafts, Production Area Support

1. はじめに

アプリケーション「iroe（いろえ）」は、佐賀県の伝統的な陶磁器産業において、絵付加飾製品の継承と発展、及び利便性の向上やデジタル化等を目指し、絵具のカラーチャートとその色で絵付けデザインができるツール系アプリとして開発されたもので、令和 5 年 4 月にリリースされた[1]。リリース以降、アプリの充実化のため、絵具データ、形状データ、伝統文様データの追加を行うとともに、ウェブサイトの作成や SNS での情報発信、展示協力などの支援を実施してきた[2,3] 。

このような取り組みを進める中で、アプリ上でデザインしたものを現実品として購入したいというユーザーからの要望が聞かれるようになった。そこで、今年度はアプリの充実化や展示協力等を引き続き行いながら、関係者と連携しアプリ上でデザインしたものをユーザーが実際に現品として購入できるための体制づくりとアプリの改修を実施し、産地内での運用をスタートした。それらの内容について報告する。

2. アプリの充実化のための各種データの追加

2.1 下絵具データの追加

アプリの主な機能として、色見本コンテンツと、絵付け体験コンテンツを搭載している。色見本コンテンツでは、

表 1 追加した 5 色の下絵具データ.

	絵具名	メーカー	近似色	ﾏﾝｾﾙ H	ﾏﾝｾﾙ V	ﾏﾝｾﾙ C
1	黒茶	岸川絵具		8.11YR	2.25	1.11
2	黒茶	岸川絵具		8.44YR	3.74	2.21
3	黒茶	岸川絵具		9.54YR	5.17	2.35
4	新オレンジ	岸川絵具		7.68YR	7.02	5.43
5	新オレンジ	岸川絵具		9.37YR	7.72	3.11

令和6 年度に下絵具を追加し、下絵具(呉須)は 17 色、上絵具(無縁上絵具)は 144 色の色データを掲載していた。今回はさらに下絵具データを 5 色追加し(表 1)、合計で、下絵具 22 色、上絵具 144 色となった。

2.2 形状データの追加

アプリ内の絵付け体験コンテンツでは 、絵付けを行う器の形状は当初は 2 形状(湯呑み、平皿)であったが、これまでに茶碗と角皿の 2 形状を追加し、計 4 形状としていた。今回はさらに 1 形状(長皿)を追加し(図 1)、合計 5 形状となった。

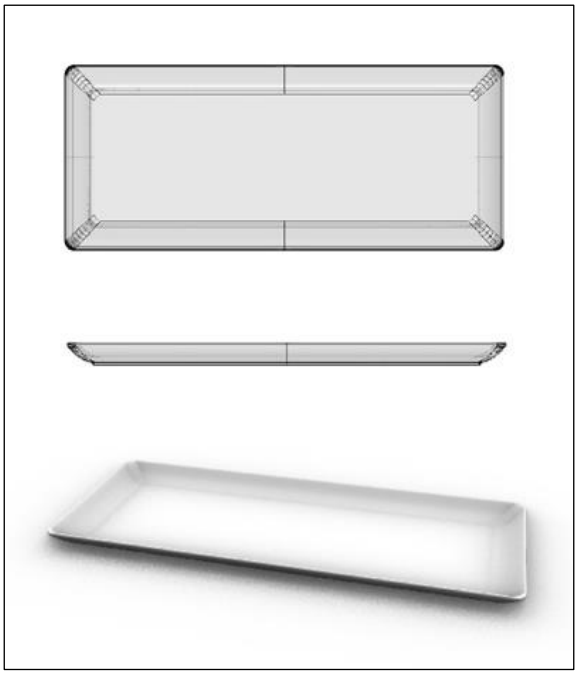


図 1 追加した長皿の形状.

2.3 伝統文様スタンプの追加

アプリ内の絵付け体験コンテンツでは、佐賀県陶磁器産地の伝統文様をスタンプにしてデザインに使用できる機能を搭載しているが、今年度は新たに伝統文様スタンプ計 10 種(下絵付用 4 種、上絵付用 6 種)を追加した(図 2,3)。伝統文様のデータは、これまでと同様、佐賀県立九州陶磁文化館の協力のもと撮影した収蔵品の画像から文様を編集し、新たなスタンプとして追加した。使用できる伝統文様スタンプは、合計で下絵付用34種、上絵付用30種となった。

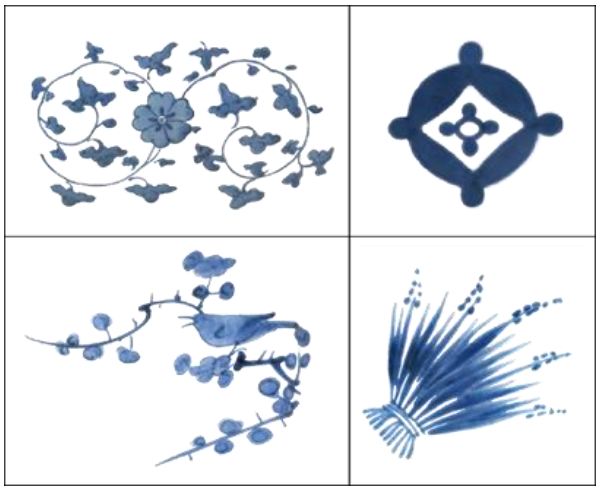


図 2 追加した文様(下絵 4 種).



図 3 追加した文様(上絵 6 種).

3. PR 展示・関連する展示への協力等

3.1 有田陶器市での iroe アプリ PR 展示

iroe アプリについて、一般ユーザーへの周知を促し利用者を増やすため、第 121 回有田陶器市においてブースを出展し、アプリに関する情報の周知を行った(図 4)。

【実施内容】

第 121 回有田陶器市 iroe ブース出展

令和 7 年 4 月 29 日(火・祝)～30 日(水) ※陶器市期間中のうち 2 日間

ブースにおける iroe アプリの PR 内容

① 来場者へのチラシ及び PR 品の配布
② 希望者へのアプリダウンロードおよびアプリ操作のサポート

会場では、ブース訪問者へチラシの配布やアプリダウンロードを促し、その場でダウンロードいただけた方には、配布用に作成していた「iroe シール」(図 5)をお渡しするなどして PR を行った。陶器市会場の電波環境が悪く、その場でのダウンロードや SNS フォローがスムーズに行えなかったことは想定外であったが、ブースへの来訪者にはおおむねアプリを好意的に受け取っていただくことができた。



図 4 有田陶器市に出店したブースの様子.



図 5 ブース訪問者に配布した iroe シール.

3.2 佐賀県陶磁器工業協同組合による展示協力

陶器市期間中は、佐賀県陶磁器工業協同組合にも展示協力をお願いし、同組合の展示スペース内に今回の iroe アプリの展示スペースを設けていただいた(図 6)。なお、佐賀県陶磁器工業協同組合内のギャラリースペースは令和 7 年 11 月 13 日に「MONO・NO・SU Ceramists' Gallery&Shop」としてリニューアルオープンとなったが、引き続き展示協力をしていただき、その一画に今回の iroe アプリも常時展示としていただいた。



図 6 陶磁器工業協同組合での展示の様子.

3.3 戸栗美術館の企画展への展示協力

戸栗美術館から依頼を頂き、古伊万里の色に関する企画展に関連して、当センターで作成した上絵具カラーサンプル[4]と iroe アプリ等の展示協力を行った(図 7)。

【展示概要】

名称:古伊万里カラーパレット―絵具編―



図 7 戸栗美術館 企画展フライヤー.

会期:2025 年 10 月 10 日(金)～12 月 21 日(日)
会場:戸栗美術館(東京都渋谷区松濤 1-11-3)

展示会場では、内容に関連した流れでカラーサンプル等の展示をしていただき、アプリは使い方を含めたパネルの展示と、その場でアプリの体験ができるようにタブレットの展示をしていただいた(図 8,9)。来場者にも好評だったとのことで、多くの方にアプリを知って触れていただく機会となった。



図 8 カラーサンプル展示の様子.



図 9 アプリの展示の様子.

4. 「iroe2」のリリースと運用

4.1 「iroe2」の機能

アプリの中でデザインしたものをユーザーが陶磁器の現品として実際に購入できるような仕組みとして、まずは佐賀県のふるさと納税で取り組みを行うこととして準備を進めた。「iroe」は、絵具のカラーチャートとその色で絵付けデザインができる機能を搭載しているが、ユーザーがデザインした器を手にすることができるようにするためには、産地側の体制づくりとアプリの機能改修が必要であった。体制としては、佐賀県陶磁器工業協同組合、伊万里・有田焼伝統工芸士会と協力し、デジタル上のデザインを製品として実際に絵付けをして完成させるために必要な手順や図面の要素等について、様々な打合せを重ねて準備を進めた。アプリの機能としては、器の形状をまずはマグカップ形状 1 種に設定し、3D 画面でデザインができるように改良を行った。また、ユーザー登録やコード入力の機能など、必要な要素を構成した。そして「iroe2」として、令和 7 年 10 月 24 日にリリースを行った。
(※「iroe」初期バージョンはそのまま使用が可能。)
※iroe2 アプリのダウンロード URL

(google play)　　(app store)

4.2 アニメとのコラボレーション実施

「iroe2」のリリースに合わせ、佐賀県を舞台にしたアニメ作品「ゾンビランドサガ」の劇場版『ゾンビランドサガ ゆめぎんがパラダイス』とのコラボ企画を実施した(佐賀県産業労働部 流通・貿易課、さが県産品流通デザイン公社との協働企画)。「iroe2」アプリ上で、ゾンビランドサガのオリジナル描き下ろしキャラクター1 体と伝統文様スタンプ 3 点を自由に組み合わせてマグカップをデザインすることができ、完成したデザインをもとにキャラクター部分はスクリーン転写、伝統文様部分は伝統工芸士が手描きで仕上げ、作品を寄附者の元へ届ける、という企画であった(図 10,11)。映画の公開と同時に受付を開始し、1 月末の締切りまでに最終的に 100 件を超える申込みをいただいた。

実際の製造時にはスクリーン印刷でのキャラクターの転写紙制作において色や細部の再現に時間がかかったことや、申込者の自由な文様配置の絵付けのデザインを再現することに苦労する等の課題があったが、伝統工芸士の方々の工夫や巧みな技術によって、無事に作品が

仕上げられた。また、注文を受けて制作工程を管理し発送までを行う、といった一連のオペレーション対応を佐賀県陶磁器工業協同組合の担当者の協力のもと実施し、運用が無事に進められた。熱烈な「ゾンビランドサガ」ファンにも好評いただき、「アプリでデザインしたものを、伝統工芸士が絵付けをして作品にし、ユーザーに届ける」という最初の取り組みとしては良い実施例となった（ゾンビランドサガコラボのふるさと納税申し込みは令和 8 年 1 月 31 日まで、アプリ上でのコラボは令和 8 年 3 月 31 日までで終了した）。



図 10 ふるさと納税ページのサムネイルの一部.
（@劇場版ゾンビランドサガ製作委員会）



図 11 ゾンビランドサガとのコラボ用マグカップサンプル.
（@劇場版ゾンビランドサガ製作委員会）

4.3 伝統文様バージョンを公開

令和 8 年 3 月 3 日に、アニメとのコラボバージョンに引き続き、伝統文様と自由な線描きでデザインができるようアプリの機能のさらなるアップデートと、伝統文様バージョンのふるさと納税返礼品としての取り組みを開始した。本バージョンでは、マグカップに加え、平皿 2 サイズ（15cm/21cm）の 3 形状から選択ができ、手描きも含めて 3 文様までデザインを可能とした（図 12,13,14）。この取り組みでは、手描きの自由な線描きが可能となることから、伝統工芸士の方がデザインを再現する際の煩雑さを避けるため、上絵具の色と、上絵付けの筆の太さを絞り込み、運用性を高めてスタートした。今後、イベント等での周知を行いながら取り組みを進めていくところである。

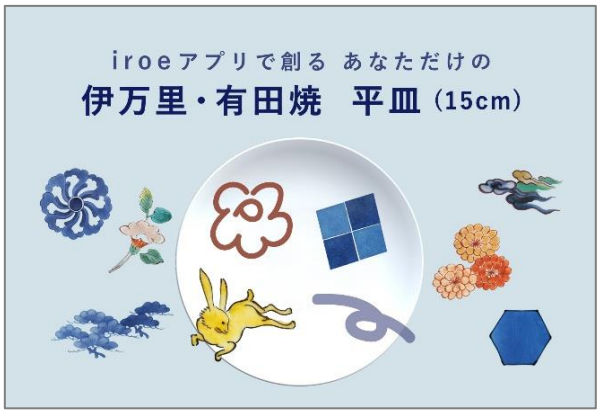


図 12 伝統文様バージョンのふるさと納税ページのサムネイルの一部.



図 13 伝統文様バージョンのふるさと納税ページのサムネイルの一部.



図 14 伝統文様バージョンのふるさと納税ページのサムネイルの一部.

5. 今後の課題とまとめ

今年度は、iroe アプリの充実化や普及活動、展示協力を行うとともに、iroe2 のリリースを行った。それによりユーザーがアプリでデザインをし、それを産地にある職人の技術で作品にしてユーザーに届けるという、ユーザーと伝統産地をつなぐ取り組みをスタートすることができた。認知度が低いなどまだ今後の課題は多くあるが、運用を進めながら改良に取り組み、産地の伝統文化や職人の技術がより評価されるためのさらなる取り組みへつなげていきたい。

参考文献

1) 松本奈緒子, 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, 12-14 (2022).
2) 松本奈緒子, 佐賀県窯業技術センター令和 5 年度研究報告書・支援事業報告書, 23-25 (2023).
3) 松本奈緒子, 佐賀県窯業技術センター令和 6 年度研究報告書・支援事業報告書, 22-26 (2024).
4) 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).

磁器のものづくりを伝える「工程展示」の有用性

プリプロダクションのコンテンツによるプロモーション戦略

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

伊万里・有田焼をはじめ日本の磁器のものづくりは、400年におよぶ職人たちの技や美の研鑽と国内外からの新しい技術や道具、原材料の導入などを経て、進化・発展してきた。未だなお多くを職人の手仕事に支えられているものの、大量生産や品質の向上・安定化を確立するため、分業制による生産体制とすることで、市場のニーズに応えるものづくりを行っている。

分業制による磁器のものづくりは、原材料となる陶石から陶土を精製し、多くの職人の手を経て完成品に至る工程が複雑かつ多岐にわたり、窯業に関わる人でないとものづくりの理解が難しいという声もよく聞かれる。焼きものの一連のものづくりをいかに伝え、理解を促せるかという課題から、「工程展示」の有用性について述べたい。

2. 背景

伊万里・有田焼は、日本初の磁器として誕生以来、400年の歴史を誇る焼きものである。佐賀県有田町を中心とした産地では、伝統的な絵付けやろくろなどの手仕事の技から、量産のための製造技術まで、豊かなものづくりの文化と多様な技術を包括した魅力あるものづくりを継承してきた。

しかしながら近年、全国各地の伝統工芸品産業と同様、人材や後継者不足、売上げの減少、原材料や燃料の高騰やサプライチェーンの不確実性が顕著となり、磁器産業の持続可能性が危ぶまれている。

ここ数年、特に主原料となる天草陶石の利用量の減少、すなわち磁器の生産量の減少傾向が続き、陶石の採掘事業や陶土製造事業の継続のため、令和7年（2025年）、

大凡25%におよぶ陶石および陶土の値上げが実施、さらに2年後にも同等の値上げが予定されている。

分業制の製造・販売体制をとる産地の商慣習に基づき、原料となる陶土の値上げは、生地製造業者の生地価格、窯元による完成品下代、そして商社による商品上代へと連鎖し、結果としてエンドユーザーに負担いただくことになる。陶土の値上げは一つのきっかけであり、近年のエネルギー供給の不安定化に伴う焼成ガス代や運送費の上昇、その他様々な製造道具類も一律値上げが続く。加えて国の政策による年率5%程度の最低賃金の上昇がここ数年続いていることで、製造や販売での人件費も商品価格に転嫁されることとなる。

特に大企業ではバブル崩壊以後、ほぼ横ばいだった初任給の急激な上昇など株価や企業業績の好調さが給料に反映されはじめている。しかしながら窯業のように成熟から停滞・衰退産業に関わる中小・個人経営が多数を占める地方の伝統産業の事業者においては、長い歴史の弊害とも言えるが、急激な社会変化に即座に対応できない要因も多く、まだまだ給料や福利厚生、働き方改革などが遅れており、都市部との格差が大きくなってきている。

こうした遅れは、価格に対する認識にもずれを生じ、商品としての相場観が捉えづらく、結果、商品価格の設定も他の工業製品に比べ臆病にすら思えるほど、価格転嫁に躊躇する傾向も強い。さらに分業制により正確な原価の共有が難しいのに加え、利益分配にも公正さを確保しにくく、製造工程において弱い立場の事業者に価格転嫁できない皺寄せがあるのが現状である。

様々な商品の値上げがエンドユーザーの消費心理にも大きく影響していることは言うまでもないものの、値上げが行われたとしても国内外の経済が周り、結果所得の向上に繋がる正のスパイラルが起きている他の先進主要国のように、近い将来、国内においても適度なインフレーションにより物価スライドしていくことに期待したいが、そのスライドするまでの間、焼きものへの購買意欲を維持させ、伊万里・有田焼産業がいかに生き残るか、そのための値上げ調整と利益の確保・分配のための方策が直近の課題となっている。

値上げとは、その商品の貨幣価値が上がることを意味する。すなわち購入者は、その商品価値と価格が見合っているか、納得できるかによって購買行動を起こす。もの余りと言われる昨今において、陶磁器のように長年使用できる耐久消費財の買い足し、買い替え需要を促すことも難しくなっている中、消費者にいかに商品の価格に納得してもらえる価値を提示できるか、伝えられるかが重要なプロモーション戦略となっている。

3. プリプロダクション、ポストプロダクション

これまで商品に関する情報発信は、販売促進を目的とし、販売を担う販社の仕事として行われてきた。そのため商品の価値を伝える情報としては、商品の仕様に加え、その商品をどのように見せるかに注力することとなり、結果、テーブルコーディネートのような使い方提案といった完成した商品を用いる、すなわち商品ができた後のポストプロダクションのコンテンツが一般的であった。

しかしながら、プロダクトの価値と価格の相関関係を伝える上では、ポストプロダクションのコンテンツは力を持たない。商品を気に入ってもらった上で、プロダクトの対価として適当かどうかをエンドユーザーの自己判断に委ねる他、購入へと至る道はない。

一方、近年、生活工芸品やクラフト系の作家が人気を博しているように作り手の顔が見えるプロダクトが喜ばれることには、そのプロダクトが生まれてくるバックグラウンドや作り手の想い、さらにその製作風景などプリプロダクションや実際の製造作業（プロダクション）への興味・共感・リスペクトの高まりが見て取れる。

プリプロダクションを伝えられる有用なコンテンツを持つことが、これからのプロモーション戦略と考えられ、そのためには、これまで販社に委ねてきたプロモーションに、作り手である窯元の「言葉」が必要となる。

4. 製造工程を説明する

伊万里・有田焼の製造工程において、ある程度の標準化された方法論は、産地内で共有されるとともに、後継者育成の課程等でも教示されてきた。しかしながら、焼成という一つの工程をとってみても、焼成窯の性質の違いはもちろんのこと、窯元の経験に基づく運用方針などにより、焼成温度や時間などにかなりの差異がある。

結果としてその一つの工程を説明したとしても、伊万里・

有田焼産地としての一般論とは言えず、産地として標準化した工程の説明資料がないのが実情であった。

特に外部のクリエイターや協働企業とのものづくりにおけるコミュニケーションのためには、複雑多岐にわたる工程を説明するための資料づくりは直近の課題であった。

そこで平成28年(2016年)度に実施した「肥前吉田焼デザインコンペティション」や平成29年(2017年)度の「肥前吉田焼デザイン・スクール」、平成31年(2019年)度に招いた法政大学デザイン工学部システムデザイン学科の学生向け講義資料、令和5年(2023年)度の産地のものづくりに興味のある若手を招聘し、ものづくり体験研修を行なった有田焼産地に関するトーク番組「伝トーク!!」といった筆者の関わる事業機会を通じて、伊万里・有田焼のものづくりを体系化、説明する工程資料を作成、更新していった。工程資料は、伊万里・有田焼の一般的な量産の製造工程について以下の10のプロセスについて説明する資料とした。

01 陶土を選ぶ
02 原型を作る
03 石膏型(成形型)を作る
04 生地を成形する
　−1 ロクロによる成形
　−2 水ゴテ(機械ロクロ)による成形
　−3 ローラーマシンによる成形
　−4 排泥鋳込み成形
　−5 圧力鋳込み成形
05 素焼きする
06 下絵付け
　−1 下絵付け(染付)を施す
　−2 下絵転写する
　−3 銅版転写する
　−4 その他の下絵付けの技法
07 釉掛け(施釉)する
08 本焼成する
09 上絵付け
　−1 上絵付け(赤絵)を施す
　−2 上絵転写する
10 上絵焼成する

この資料によって、これまで焼きものづくりに関わったことのない外部者に、伊万里・有田焼のものづくりへの理解を促すとともに、コミュニケーションのきっかけを生んだ。


NEXTRAD Tier Exhibition　Go Forward　−磁器のものづくりに関わる"3Z"の挑戦−
22-23, Dec. 2021

CONFIDENTIAL

有田焼の製造工程　Process of manufacturing Arita porcelain

有田焼を含む、肥前地区（佐賀県・長崎県）の磁器製造は、基本的に分業制にて行われています。

量産品の磁器の製造工程は、原料となる陶石から陶土の精製、成形のための土練設備の導入、さらに焼成後の生地の生産を経て、窯元による絵付や業により、完成体となります。

さらに新製品開発の際、製造に伴う治具や機械や道具類のメーカーといったものづくりを支える事業体や商社を国内外へと販売する問屋様の存在、パッケージメーカー、開発を支える試験研究機関などと連携することで、作業としての裾野が広がっています。

現在、有田近郊の窯元は、大小合わせて 200 もはありますが、それら窯元と連携する多数の事業体があり、協働して開発や生産を行うサプライチェーンのシステムが構築されており、どの工程が欠けても、１つの商品を生み出すことはできません。

商品開発を行うには、磁器の製造工程を理解し、その工程に伴う素材特性を活かすことを念頭に置き、関係者間の円滑な意思疎通と複雑な工程管理を行うプロジェクト・マネジメントが欠かせません。

PROCESS 01　陶土を選ぶ

有田では、主に磁器が製造されており、良質な磁器の原料として、長石質の天草陶石が使われています。天草陶石をスタンパーで粉砕、水簸（すいひ）工程を経て精製することで陶土になります。陶土を専門につくる会社は、嬉野市塩田地区を中心に現在７社。有田窯をはじめ、伊万里焼、肥前吉田焼（嬉野市）、波佐見焼（長崎県波佐見町）、三川内焼（長崎県佐世保市）といった産地ごとに特徴のある陶土を使っています。

Point of Creation　使う陶土によって焼き締まり方が異なります。陶土は、天然素材であるがゆえに、毎年同じ品質（きめ細かさ、粘り具合など）の陶土であるとは言いきれません。そのため、陶土ごとの特性を把握し、焼き上がりの白さを高くするために、精製工程を工夫した陶土もあります。完成をイメージして、自分の作りたいものに適した原料を探すのも大切な作業です。

PROCESS 02　原型を作る

構想した製品や作品の形状を石膏で形作ります。近年は 3D データを駆使し、NC 切削機を活用した最先端の技術も用いられています。乾燥や焼成時に起きる収縮と変形を予測しながら、寸法を調整します。

一般的には、原型や石膏型を作る専門の事業者「型屋」に製作を依頼します。形状の設計から石膏型の製作までを自社で賄う窯元もあります。

PROCESS 03　石膏型（成形型）を作る

最終の場合、乾燥・焼成の工程を経ると、一般的な石膏型は原型の約 1.5％～1.8％収縮した大きさになるように、重さの影響などを受け、変形も起こります。そのため、原型にそれら収縮や変形を見越した大きさ・形状に作る必要があります。石膏の製作方法も、型取・試作品用の抜き型（試作型）や、スリップ・量産用など、用途といくつもの工程を重ね、量産体制が整います。工程や使用する陶・土によって使う石膏の種類も異なります。

Point of Creation　石膏型は、成形を繰り返すことで摩耗します。量産に用いる石膏型は、数百個から数千個と作ることができるように、おかなくてはなりません。一つ一つは、一度に型を成形するための型であり、基本的に石膏でできています。この石膏を削り、同じ製品を作り続けることができるのです。

© 2023 Promotion Action, All Rights Reserved.


CONFIDENTIAL

PROCESS 04　生地を成形する

陶土を成形したものを「生地」と呼びます。生地の成形方法は複数あり、求めるプロダクトの形状、ロット、コストなどから最適な方法が選ばれます。

PROCESS 04-1　ロクロによる成形

回転台の上に置かれた陶土を職人の手によって引き伸ばし、成形する方法です。熟練の技が必要であり、理想に近いものを作るのに非常に困難ですが、人の手の生み出す有機的な風合いは変えがたい魅力があります。

PROCESS 04-2　水ゴテ（機械ロクロ）による成形

石膏型を回転させながら、鉄製のヘラで余分な陶土を削り出すことで生地を成形する方法です。ロクロの様に土と直接ヘラなどが回転体の型を作るとともに、安定した形状と量産性に優れています。機械化されているとはいえ、窯具のセッティング、ヘラなどの切れ具合、陶土の引き伸ばし方など、指の感覚にならうことで生地の厚みを微妙に調整しながら削る作業は、見た目以上に技術が求められます。

PROCESS 04-3　ローラーマシンによる成形

完全に機械化されたロクロ成形の一種で、もっとも量産性に優れます。回転させた石膏型に、ヘッドと呼ばれる金属製のコテを回転させながら押し当て、その間に陶土と熱を加えながら圧縮み込ませて成形します。数百個の生地を短時間に成形することができるとともに、圧力と熱により生地が締まるため、焼成変形も抑えられますが、初期コストがかかるため、大量生産品に用いられます。

PROCESS 04-4　排泥鋳込み成形

泥漿（でいしょう）を石膏型に流し込む成形方法。石膏は吸水性があるため、時間の経過とともに石膏に接した泥漿が、空隙で固まる原理で成形します。薄肉な厚みなどにすることも、シャープな彫り・抜けなど、生地をある程度乾燥させた後、ケガキ入れます。また、流延、と呼ばれる花瓶や急須など、開口部に向かって狭まる一定な複雑な形状の量産に用いられます。

PROCESS 04-5　圧力鋳込み成形

鋳込み同様に石膏型の吸水性を利用して成形する方法。鋳型に泥漿を注入し、圧力をかけて石膏型に押しつけるため、生地が締まり、変形しにくくなるのが特徴。一般的には、上下に割れる構造の石膏型を用い、主に食器などの量産に用いられます。生地の厚みも自由に設定できますが、型から生地が外れやすくなるよう勾配を付けなくてはならないため、薄まった形状は成形できません。

参考：ここでは、湯口、湯口跡ができるくらい流動性のある泥漿を「泥漿（でいしょう）」と呼びます。

Point of Creation　量産品の製造において、回転体には水ゴテやローラーマシン、変形物には排泥鋳込みや圧力鋳込みが用いられますが、製造上の長所・短所が異なるため、その特性を活かした形状開発が重要です。

© 2023 Promotion Action, All Rights Reserved.





10 のプロセスごとに紹介した有田焼の製造工程の説明資料
特に作り手の視点から、作業の難しさや工夫について紹介

5. 工程展示のコンテンツ化

資料は、各工程の説明文とともに作業風景などの画像を添付したものであり、主に講義形式での教材として用いることが多い。その上で、現場の視察などを行い、資料と照らし合わせながら工程の理解を促すことを実施してきた。

外部の見学者からは、職人の手慣れた作業の様子、現場の空気感や歴史に裏打ちされた工場の雰囲気などへのリスペクトや感銘、またエンターテインメントとしての楽しさといった感想が多く聞かれ、オープンファクトリーが伊万里・有田焼産地のブランディング上で有用なコンテンツであることを関係者一同感じ取ってきた。

伊万里・有田焼の魅力やものづくりをより広く一般のエンドユーザーまで伝え、ファンづくりや関係人口を増やしていくことが、今後の産地のブランディングに重要であり、販売促進に繋がるのではないかという思いから、伊万里・有田焼の若手窯元有志によるチームNEXTRADは、令和3年(2021年)から、エンドユーザー向けのオープンファクトリーとものづくりを伝える展示・体験・対話イベントを毎年開催。そのメイン会場での展示物として独自に製作したのが、「工程展示」のコンテンツである。

オープンファクトリーでは、窯元の作業場の見学ツアーを実施してきたが、分業制がゆえ一般には陶土の精製や生地の製造は別の事業者に委託しており、窯元の工場のみですべての工程の見学を完結することは難しい。そのため、前述の工程説明資料をベースとし、原料となる陶石から完成品へと至る工程展示として以下の9つのプロセスにまとめ、原材料や道具を集め展示物とし、一連の流れを紹介できるコンテンツとした。

01 陶石・陶土
02 原型
03 石膏型
04 生地成形
05 素焼き
06 下絵付け
07 施釉
08 本焼成
09 上絵付け

さらに展示物を持ち運びできる使い勝手を考え、工程ごとの作業風景の画像と説明文を掲示する9枚のタペストリーにまとめた。

原材料や道具を見ながら、窯元等による説明を聞いたり、タペストリーを読んだりすることで、焼きものができるまでの一連の流れについての理解を促すことができるが、博物館の展示のようにあまり学術的でなく、見て楽しめる展示物を目指している。



順を追って展示する伊万里・有田焼の工程展示


「本焼成」の工程を紹介する展示品の例

NEXTRADでは、15～30分程度で全体の工程を説明できるようイベントを通じ、メンバー各人が修練している。



窯元自ら各工程と焼きものができるまでの流れを説明

加えて、実際の「陶土に触る体験」、「筋車を用いた筋引きの体験」、「下絵付けの線描き、濃みの実演」などを工程展示内に含め、観るだけでなく参加できる仕組みも取り入れている。





展示品を用いた製造工程の体験や実演

NEXTRADのイベントでは、まずこの工程展示を用いて、焼きものが完成品に至るまでの説明を聞いていただいてから、各窯元のファクトリーツアーに参加していただくことをプログラムとしており、窯元での仕事が一連の製造の流れの中でどこを担当している作業であり、場なのかがわかりやすいとの評価も得てきた。

有田焼産地のものづくりを伝える有用なコンテンツとして認知され、多くの展示依頼を受け、これまで佐賀や有田はもとより、東京、大阪、鯖江、さらに台湾の台北での展示を行っている。

見学者からの主な感想としては、

・伊万里・有田焼の特徴をつかみやすくなった
・天然原料を用い、ほぼ手仕事で製造されていることを初めて知った
・分業制による多くの職人が作業を繋いで、1つの商品が生まれていることに驚いた

・より良いものを効率よく生み出すための長年の努力と叡智を感じられた
・「下絵付け」と「上絵付け」の違いやその手間の多さが価格に反映されていることが理解でき、より価格に納得感をもって購入できた
・伝統的な技法や美の上で、デジタルデザインの活用やSDGsへの新しい取り組みが行われていることにも関心が持てた

といった好意的な声を多く聞くことができ、かつものづくりに対する深い理解や作り手へのリスペクトも感じられる。工程展示を通じて伊万里・有田焼の魅力やものづくりを伝えることが、ファンづくりに繋がり、さらに昨今の値上げにも負けない価格への納得感を生み出せるものと期待する。

6. 今後の展開

商品ができるまでのプリプロダクションや実際の製造風景を伝えるための「工程展示」は、商品価値に相関する価格への納得感を高めることに有益なコンテンツと言える。その商品がエンドユーザーの生活の中でどのような機能性を発揮し、豊かさを提供できるのかといったユーザーシーンを想起させるポストプロダクションのコンテンツと合わせて、魅力を伝えていくことが、今後のプロモーションとして販売促進ばかりでなく、ファンづくりにも寄与できる。

さらに産地ならではのコンテンツでもあり、イベント時のみならず常態的に工程展示を見ることができるよう、産地内各所での意見交換や佐賀県陶磁器工業協同組合のショールームでの常設展示を行うにも至っている。

一般のエンドユーザーにもわかりやすく、楽しめる工程展示とは何か？という第三者の目線での客観性を考えながら、さらなるブラッシュアップにも努めていきたい。

7. 特筆すべき成果

- 陶磁器の製造工程の理解を促すコミュニケーションツールの開発
- 産地内で供用できる工程説明の標準化
- 工程展示のコンテンツ化による一連の製造作業の見える化
- 体験や実演といった展示の閲覧者が参加できる仕組みの導入による学びの深さ、楽しさの提供
- 伝統技術への興味を掘り起こし、陶磁器の購入者から、ものづくりの担い手に至る関係人口の創出・拡大

その他 令和 7 年度に取り組んだ事業の概要

戦略的試験研究

① 陶磁器上絵の耐アルカリ性改善（令和 5 年度～令和 7 年度）

堤 靖幸、 白石 敦則

業務用食器洗浄機で使われるアルカリ洗剤に対して高い耐久性を持つ上絵用フリットを開発した。上絵付きの食器を業務用食器洗浄機で繰り返し洗浄すると 1000 回程度で表面光沢が低下することが多いが、このフリットに着色剤を加えた上絵具を用いることで陶磁器上絵の洗浄耐久性が向上し、業務用食器洗浄機による 2000 回洗浄後も表面光沢や発色を維持できる。

経常研究

② 環境材料としての多孔質セラミックスの特性制御に関する研究（令和 7 年度～令和 8 年度）

古田 祥知子

アルミナ（AES-12）及び当センターが開発した高精度多孔質素材（HPC）を原料として気孔径、気孔率の異なる種々の多孔体試料を作製し、気孔特性や材質の違いと吸水性、蒸発特性との関係性について検討した AES-12、HPC とも気孔率が高くなると吸水量は増加し、同程度の気孔率を有する試料で比較すると、アルミナ系より HPC の方が吸水量が大きい傾向が見られた。一方、試料から水分が放出される際の蒸発速度は、材料の違いや気孔特性の違いとの明確な相関は見られなかった。

③ 各種陶土に適した石膏型に関する研究（令和 7 年度～令和 9 年度）

嘉村 翔太郎

現在、業界では天草陶土以外に様々な種類の陶土が使用されている。天草陶土及び当センターで開発した強化磁器陶土、多孔質陶土、CA 陶土について粘度、粒度、吸水量などの物性を評価した。また、広口瓶形状の簡易的な型を用いて成形の際の作業性を評価した。また、石こう型の形状及び鋳込み時の条件と曲げ強度の関係を評価した。より複雑な形状でも評価するためポットの型を作製した。

④ 水ゴテ成形の高度化に関する研究（令和 7 年度～令和 9 年度）

田村 伊吹、 蒲地 伸明

水ゴテ成形に関わる機械ろくろ、石膏型、へらなどについて肥前地区における実態調査を行い、同時に成形で必要となる材料(コテ、石膏型等)の調達を行った。研究担当者が基礎となる内ゴテ成形技術の訓練を行い、来年度以降予定している成形因子の洗い出しや、より高度な技術である外ゴテ成形技術習得のための検討を行った。

その他 令和 7 年度に取り組んだ事業の概要

⑤ 特殊形状製品の設計・型製作技術の開発（令和 7 年度～令和 9 年度）

松本 奈緒子、 金田 紘弥

ネジ蓋に使用されるネジ形状や茶漉しなどのメッシュ状の生地の制作方法について検証を行った。ネジ形状について、3D プリンターによるパーツを利用して圧力鋳込み型を作成し、鋳込み作業の作業性を確認した。また、メッシュ形状については、シリコンを用いた中子を作成し鋳込み方法の検証を行った。

⑥ 酸化物系全固体電池材料合成における化学組成の分析技術に関する研究（令和 7 年度～令和 9 年度）

志波 雄三、 古竹 佑太朗

研究材料として固体電解質材料 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$：ランタンジルコン酸リチウム（LLZ）を対象にした。溶液化にはマイクロ波水熱前処理装置を使用した。溶液化の溶媒には LLZ 作製における微量添加剤の成分種によって溶媒種に違いがあることが分かった。LLZ 及び LLZ に Al 等の微量成分を加えた材料は塩酸及び硫酸系混合溶媒で溶液化できたが、タンタル（Ta）を含む材料では少量のフッ化水素酸を加える必要であることが分かった。市販 LLZ を定量分析したところ Li が組成式の値よりやや高く、Zr はやや低い値であった。

共同研究

⑦ 酸化物系全固体電池の成形・焼結技術に関する研究（令和 6 年度～令和 11 年度）

釘島 裕洋、 志波 雄三、 秋山 将人、古竹 佑太朗

九大開発の固体電解質と正極活物質を用い、テープ成形による各部材のシート化・積層化技術の開発に取り組んだ。各部材のグリーンシートを貼り合わせた後、一括焼結することで、固体電解質/正極積層シートの作製を行った。

佐賀県窯業技術センター
令和７年度　研究報告書・支援事業報告書
令和８年（2026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