

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

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

目 次

経常研究

最新陶磁器デジタルデザイン技術の開発	1
陶磁器製品の配色デザインに関する研究	6
バイオガス直接利用燃料電池スタックの開発	11

支援事業

陶土関連支援事業	19
天草酸処理陶石を配合した細工用陶土および鑄込成形用陶土の実用性評価	
泉山陶石支援事業	23
泉山陶土による陶板モニュメント製作支援	

トピックス

佐賀県特許を活用した新商品開発の事業化支援	26
腕時計の文字盤に有田焼が採用されるに至る開発経緯	

最新陶磁器デジタルデザイン技術の開発

副島 潔、古田祥知子、江口佳孝
佐賀県窯業技術センター

本研究は、従来取組んできた陶磁器デジタルデザイン技術の高度化を目的として取組んでいる。粉末積層増形式 3D プリンターを利用した、有田焼と同じ天草陶石粉末による陶磁器生地直接造形技術について研究した。NC 切削による型制作技術の高度化にも取組み、工業製品としての高精度が要求される時計文字板の製作に協力した。デジタルデザイン技術の利点を生かした精密な表面彫刻を施した製品が数多く企画され、これらの実現に協力した。原型製作においても、3D プリンターを利用した方法と、NC 切削による方法の双方について研究した。

Development of Advanced Ceramics Digital Design Method

Kiyoshi SOEJIMA, Sachiko FURUTA, Yoshitaka EGUCHI
Saga Ceramics Research Laboratory

The purpose of this research is the advancement of the ceramics digital design method, which we worked on conventionally. We succeeded in direct molding of the ceramics body utilizing powdery laminating 3D printer. Utilizing ceramics powder the same with Arita-ware. We started the study of the molding by the Material Extruding method. We worked on the advancement of the model production technology by the CNC milling, and cooperated with a watch dial plate which required high accuracy as industrial production. Also we cooperated many of development of products with high-detailed surface texture. Additionally, we researched about master-model making method utilizing 3D printing and CNC milling.

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 年には非常に多くの新製品がデジタルデザイン技術を利用して開発された。本研究は、従来の陶磁器デジタルデザイン関連技術をさらに高度に発展させるために取組んだものである。



図 1 C3DPO:陶磁器ダイレクトプリントアウト技術の試作品。

2. 3D プリンターによる陶磁器製作技術の研究

2.1 粉末固着式 3D プリンターによる直接成形技術

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製品では、ここ数年で急速に研究が進んだ。

当センター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(図 1)。

当センターが取組んでいるのは、薄い層に伸展させた粉末に液体バインダーを噴霧して固着させる粉末固着方式の 3D プリンターを利用したものである。2015 年に発表した時点では、成形体を有田焼の主原料である天草陶石の粉末により 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。これ以降、天草陶土粉末や素焼粉末、釉薬粉末等を利用した研究を続けていたが、残念ながら本報告時点では磁器化したものが得られていない。しかしながら磁器ほどの強度を必要としないのであれば、食器としての利用も可能である。

当センターが実験に利用している 3D プリンターは米 Z Corporation 社(現在は 3D Systems 社に吸収されている) Z310である。この機種は既に製造中止であり、修理サポートも終了している。

開発した 3D プリンティング技術の研究を続け、業界への普及へ繋げるには、バインダー固着型粉末積層造形装置が必要である。

現在使用しているプリンターの開発元である 3D Systems 社は、2014 年上半期までに、陶磁器成形体をプリントアウトできる 3D プリンター「CeraJet」を 10,000 ドルで発売すると発表したものの、その後現在まで、実際に発売されることはなかった。

当センターは 3D プリンターそのものの開発を行っていないため、CeraJet が計画通り安価に販売されれば、当センターが開発した材料粉末と周辺技術により支援を行うことで、普及が進むと目論んでいたが、残念ながらその通りにはならなかった。

3D Systems 社は粉末式積層造形機の後継機種の開発を行っていない模様である。XYZ プリンティング社(台湾)が同方式の 3D プリンターを発表したほか、KWAMBIO 社(ウクライナ)もセラミックスの造形に特化した、同方式の 3D プリンターを販売している。

KWAMBIO 社のプリンターは比較的安価なこともあり、最も有望であるが、残念ながら現時点では日本で販売しておらず、今後の進展に期待したい。

その他、工業・医療系セラミックスの分野では、内閣府が主導した SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)において、TOTO、リタケを含む森村グループがセラミックスの 3D プリンティング研究に取組み、SLS(Selective Laser Sintering)方式で構造用セラミックスを直接で造形できる技術を開発した。

FormLabs 社(米)は光造形方式で安価で高性能な 3D プリンターForm2 を販売していたが、2019 年にセラミック造形材料の販売をアメリカ国内で開始した。

また当センターと同様の方式である粉末固着法により、陶磁器造形を可能とする材料を、リタケが 2017 年 6 月にテスト販売した。(これは市販も見据えたものであったが、その後市販には至っていない模様である。)

愛知県窯業技術センターや長崎県窯業技術センターも 3D プリンターを利用した陶磁器生地製造技術の研究に取組み始めた。

このように、セラミック系材料による 3D プリンティング技術は少しずつ広がりを見せている。当センターも継続して材料をはじめ周辺技術の熟成を続けているほか、技術を活用できる成型機を検討している。

2.2 3D プリンターの原型利用

陶磁器デジタルデザイン技術は、3D プリンターによる造形品を原型として利用できないか、という研究からスタートした。3D プリンター造形品は等高線状の段差が残り、原型として使用するためには、この段差を消すために研磨作業を行わなければならない、原型として利用することは推奨できない、という結論に至り、NC 切削により鑄込成型用の型(主に捨て型)を直接加工する技法を研究し、迅速かつ高精度な型製作が行えるようになった。現在最も利用されているのは、鑄込型の NC 切削による制作である。

一方で、NC 切削は加工に利用する刃物の長さに制限があり、垂直に近く高さが高い加工は難しい。例えばコップなどの型加工は制約があり、場合によっては一体で作ることが出来ず、高さ方向で複数分割する必要があることがある。また形状が複雑で分割した型加工を行わなければならない場合は、データ製作や型加工ともに非常に時間がかかることもあり、原型を作り、型加工は手作業で行った方が時間とコストの面で有利な場合もある。原型製作は手加工では難しい場合が多いものの、原型からの型加工は手作業で行うことはそれほど難しくなく、型加工専門業者の利用により、細分化された産地の業者を保全する意味からも、デジタルデザイン技術で原型を加工できないかという要求が絶えない。

3D プリンター造形品特有の段差は、造形したい形状をプリンターが造形できる加工高さで分割することにより生じるもので、理論的には加工高さが低くなれば段差が目立たなくなる。従来はこの高さが 0.1 mm 程度の機種が多

数であったが、現在では0.015 mm程度の機種も市販されている。このような高精度の 3D プリンター造形品であれば、原型としての利用も現実的なものになると考え、平成 29 年度に KEYENCE 製 AGILISTA3200 を導入した。

本機はインクジェット方式であり、UV 硬化型樹脂をインクジェットノズルから噴霧し、直後に UV 光を照射して硬化させる方式のもので、高精細な造形が可能である。当センターが導入した機種は、通常のアクリル系プラスチックのほか、シリコンゴム系材料でも造形が可能である。サポート材は水溶性で、大まかに除去した後、水槽に数時間浸けておくことで除去できるため、容易に行える。

ここ数年、デジタルデザイン技術を利用した新製品開発が一般化したことも関係し、表面に微細な彫刻を施したものが多数企画されるようになった。皿や碗類であれば、NC 切削による型製作のメリットを最大限に活かすことができるが、コップの側面にも同様に彫刻を施したいという要望も多くなった。

新規導入した 3D プリンターの高精細さを活かして、陶磁器型製作の原型に利用することを検討した。大きさは機械の造形可能領域に制限されるものの、高さ方向の制約が無い場合、コップなど高さが高いものでは利点がある。厳密には NC 切削による原型製作のほうが、精度や表面の平滑さで優れているが、前記のように NC 加工が難しい、高さが高く垂直に近い造形品の場合には、有力な代替案となりうる。このような背景から、実際の製品化で利用された。オランダ人デザイナー Tijmen Smeulders による「UTSUÀ(うつわ)」を一例に挙げる(図 2)。

またコップ等の成型は、排泥鑄込により行われる場合も多い。表面に彫刻が施されている場合には、従来からも

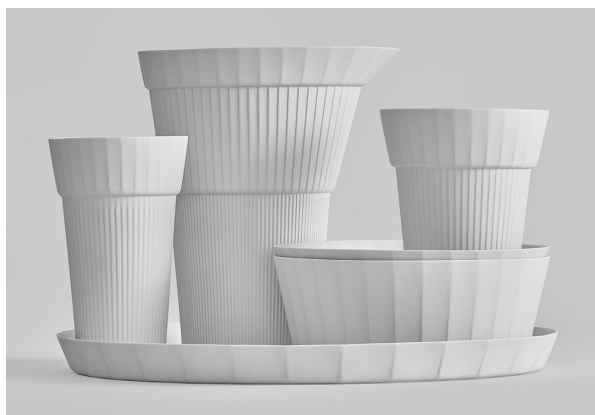


図 2 UTSUÀ(うつわ) Tijmen Smeulders.

シリコンゴムを型の複製に使うことがあった。排泥鑄込では、鑄込後の乾燥収縮を利用して、直径方向の 1%程度の高さであれば、逆勾配がある形状でも一体で成型が可能である。このような場合に、シリコンゴムで造形した原型を用意できれば、スムーズに型取りから成型まで行える。前記の AGILISTA3200 はシリコンゴム系材料による造形が可能であり、データから同材料で原型を出力し、鑄込用の型を作ることで、製品化に繋がった事例が数件ある。図 3 は、やま平窯による「Egg Shell」シリーズの一つで利用された例である。



図 3 インクジェット式 3D プリンターによる原型(左)と試作品(右)。

3. NC 切削による型製作の高度化

NC 切削における原型・型製作においても高度化に取り組んだ。以下に主な事例を紹介する。

3.1.5 軸制御モデリングマシンによる切削加工技術

平成 27 年度に 5 軸制御モデリングマシン(マシニングセンタ)DMG 森精機製 DMU60monoBlock を導入し、型製作高度化の研究に取り組んだ。これまで NC 切削による型製作技術の研究に利用してきたモデリングマシン(マシニングセンタ)は左右(X軸)前後(Y軸)上下(Z軸)の 3 軸制御であり、刃物を保持して回転させる主軸は切削対象に対して上下方向に動き、逆勾配(アンダーカット)部の加工は行えない。5 軸制御加工機は、種々の方式があるが、当センターが導入した DMU60 は上記 XYZ 軸に加え、テーブルの回転(C軸)と主軸のチルト(B軸)が加わったもので、傾斜ヘッド回転テーブル型と呼ばれる。加工領域

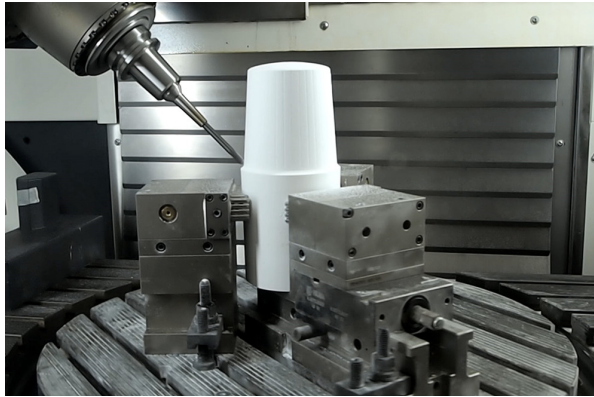


図 4 5 軸制御モデリングマシンによる切削加工の様子。

はφ560 mm、高さ560 mmで24本のATCを備える。テーブルは回転するものの水平状態を保つため、テーブルが傾斜するトラニオン型と比べ、材料の固定は相対的に弱い力でも可能である。固定には MATRIX 社(独) XCLAMP を使用している。想定以上に習熟に時間を要し、コップ原型の試作を行ったものの、現時点では特記できる成果を得るには至らなかった。前述のようにコップなど3軸加工機が苦手とする高さが高いものでメリットが発揮できるはずであり、今後も継続して研究を続け、高度化に取り組む計画である。

3.2 高精度な型製作

デジタルデザイン技術の普及により、表面に微細な彫刻を施した製品が数多く企画されるようになってきたほか、製品の寸法精度が向上したことで、異素材と組み合わせる製品も企画されるようになり、相応に要求も高度になってきている。

当センターが開発した世界最高強度磁器素材¹⁾を文字盤に使った腕時計が企画された。当素材の特許実施許諾



図 5 SEIKO プレサージュ プレステージライン 有田焼モデル
(提供: セイコーウォッチ株式会社)。

を受けた「しん窯」が大手時計メーカーであるセイコーウォッチ株式会社の委託を受け文字盤を製造するものである。デジタルデザイン技術を利用した型製作は、従来の手作業によるものにくらべ、遥かに高精度で行えることが大きなメリットの一つであるが、通常の陶磁器は寸法精度の要求はそれほど大きくなく、要求が厳しいものでも ± 0.2 mm 程度であった。これに対し時計文字盤は、従来の製品を遥かに超える 0.01 mm 単位の精度が求められた。また製作された2つのモデルのうちクロノグラは文字盤内に部分的に凹面があるが、このような凹面は珪瑯や漆などの伝統工芸要素による文字盤では実現が困難であり、磁器素材の独自性が感じられるものである。従来のデジタルデザイン技術ではこの精度の実現は困難だったが、切削加工材料の固定方法、粗取りから中仕上げ・仕上げに至るまでの切削加工条件の最適化、材料調整、型による成型回数上限の設定、焼成条件の最適化等、様々な条件を高度に管理することにより、要求された精度を達成できた。この腕時計は2019年3月にプレスリリースが行われ、同年9月から販売開始予定である。

3.3 NC 切削による原型製作の新技法

従来の手作業では製品形状と同一で乾燥・焼成収縮分を拡大した「原型」が不可欠だった。この原型を元に型取りし、テスト成型を行い量産型の原型となる「捨て型」を作り、量産型を反復生産するための「ケース型」を作るのが基本的な型製作のプロセスである。NC 切削では原型をスキップして捨て型を作ることで最も効率化が図れるため、捨て型を加工することが多いが、原型に手加工を加えたいなど、後工程の都合により原型を加工する場合もある。原型をNC加工するためには、片面を加工した後に反転させて、残る片面を加工する必要があるが、位置合わせを正確に行うため、原型を囲う枠を用意し、部分的に原型と繋いでおき、加工後に繋いだ部分を切断し、切断面を手加工で仕上げる、という工程で行っていた。この切断面を手加工で仕上げる際の不正確さ、切削加工面と手作業仕上げ面の違和感が問題であった。

この問題を回避するため、枠と原型部分を独立させて

おき、片面加工後に枠と原型の隙間を他の材料で仮固定しておき、両面を加工後、枠と仮固定部を取り外すことで、手加工を極力省き、きれいな原型を得る技法が、他の工業分野での試作加工で行われている。これを参考に、陶磁器への応用を試みた。

具体的には、石膏を加工する場合、石膏の強度や 60℃以上の温度で分解してしまう特性に配慮し、仮固定に使える適切な素材を探した。

結論として、50℃以下で溶融する低融点パラフィンワックスを使用することで、満足な結果が得られた。(図6)



図6 両面切削による原型の試作.

3.4 デジタルデザイン技術の高度化具体例～

NSX 磁器模型

株式会社本田技術研究所から同社の新型スポーツカーNSXの実車外装データの提供を受け、2016年3月から有田焼模型の実現に取組んだプロジェクトである。2016年末時点では白磁の完成品を発表していたが²⁾、実車に準じた彩色を施した模型(図7)を製作した。2016年時点では細いホイール部が通常の成型では困難で、前述のC3DPO技術で製作したものを使っていたが、実車のシャープな印象にそぐわないものであったため、圧力鋳込成型による生地製作を成功させ、最終的には置き換えることが出来た。ボディ色は赤・白・濃青の3色で製作した。彩色は、赤・濃青は上絵によるもので、マスキングによる塗分けを行ったほか、転写技術も利用し、5～10回の焼成を行った。赤色のものは2019年3月現在、佐賀県庁1階県民ホールで展示している。



図7 ホンダ NSX 有田焼磁器模型(彩色版).

4. おわりに

本研究は、平成26年度～30年度の5カ年間取組んだものである。この間、平成28年(西暦2016年)は、当センターが所在する佐賀県有田町で焼かれる有田焼が、日本で磁器を最初に焼いてから400周年を迎える記念すべき年であり、佐賀県も多くのプロジェクトを実施したが、プロジェクトに関連して開発された多くの商品で陶磁器デジタルデザイン技術が利用された。当センターは従来の技術に加え、研究途上の最新技術も投入して支援を行った。本技術を利用しなければ実現できなかった製品も数多くある。

陶磁器デジタルデザイン技術の有効性は業界に広く浸透し、有田焼創業400年を過ぎてもなお、多くの製品開発に利用されている。平成30年末には、新たに2社がモデリングマシンを導入した。

本技術の発展と業界への普及は一定の成果を挙げていると考えており、従来の技術とさらに高度化した技術を組み合わせ、今後もさらなる普及が見込まれる。当センターは本研究終了後も、この技術の高度化に関する研究と、業界への技術普及・啓蒙活動を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 蒲地伸明他, 佐賀県窯業技術センター平成28年度研究報告書, 1-4 (2017)
- 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, 5-12 (2017)

陶磁器製品の配色デザインに関する研究

松本 奈緒子、鮎川 祐太、川副 晶広
佐賀県窯業技術センター

肥前地区で使用されている無鉛上絵具について、各色の基準設定・測定を行い、データベースを作成した。また、色相・トーンによる分類、錯視効果の検証を行い、陶磁器製品のデザイン段階から活用できるカラーサンプルツールを作成した。それらを活用することによって、絵具メーカーの枠を超えた色のバリエーションを把握でき、デザイン工程における効率性向上が可能となり、配色デザインの広がりが期待できる。

Research of a Color Scheme Design in Ceramics Products

Naoko MATSUMOTO, Yuta AYUKAWA, Masahiro KAWAZOE
Saga Ceramics Research Laboratory

We have set the standards and determined about the colors of leads free pigments in this Hizen area. And we have made the database of them. Then we have also made the color sample tools by sorting about a hue and tone and testing for color trick. By utilizing them, we can know and find all colors made from other pigments makers. And it is possible to improve for efficiency in a process of design and for a spread of color scheme in ceramics.

1. はじめに

製品デザインにおいて、配色は非常に重要なデザイン要素の一つである。あらゆるものの開発の際には、その素材、目的やコンセプトに合わせて配色計画がなされる。陶磁器製品においても同じであるが、他と大きく異なっているのは、約 1300℃の焼成工程を経ることから、再現できる色の範囲が限られているということである。

また、当産地においては、産地内の絵具メーカーや陶磁器材料店などで絵具を購入できるが、販売している絵具の種類はそれぞれ異なっており、メーカーの枠を超えた色のバリエーションを把握することが難しい。他のプロダクト製品のように、一冊の色見本チャートをめくり、その中から自分の求める色番号を見つける、といったことが当産地においてはできるわけではない。例えば、産地外のデザイナーとの商品開発が行われる際等に、デザイナーが求める色が陶磁器では再現できないという事態が発生することもよくある。

磁器の商品開発の際には、求める色に近い色の絵具を探し、濃度などを調整し、絵付けや転写を行う。一旦テスト焼成を行い、色味の確認・調整を行う。窯元によって焼成温度や生地の色、釉薬等が異なるため、調整の回数

が多くなることも多々ある。

一部の窯元や商社、産地にある転写業者などは、独自の色見本を作成して商品開発に使用しているが、色見本作成にはある程度の時間とコストもかかることから、すべての窯元・商社等が自社で色見本を製作することは容易ではない。

このような背景から、産地で使用されている色のバリエーションが最大限把握できる環境があれば、商品開発において効率的であり、色をさらに有効にデザインに活用できるのではと考えた。

そこで、本研究では、海外への輸出や鉛規制の現状も踏まえ、産地内で使用されている無鉛上絵具のデータベースの作成を行うこととした。さらに、データベース化に加えカラーサンプルツールの開発を行うことで、より効果的・効率的な商品開発を促進することを目標とする。また、絵付け製品は近年減少傾向にあるが、当産地の伝統的な絵付けや加飾技術を、今後も維持し、さらには、上絵具が持つ色の美しさを産地内外へ伝えるためのツールとしても機能させたいと考えている。

2. 上絵具データベース作成

2.1 色の基準設定

色の基準設定においては、各色の最高彩度や最高明度だけでなく、一定範囲の明度や彩度が示されている方がカラーサンプルとしては有用であるが、各絵具の色味や明度はそれぞれ統一されてないため、各絵具を調整して彩度や明度を一定基準に揃えることは効率的でない。このようなことから、カラーサンプルは絵具1色につき3濃度の色幅を作成することとした。

使用した無鉛上絵具は合計121色(×3濃度=363色)、絵具メーカー3社分(イザワピグメント、エクセル、大串翠紅堂)で、色の再現性を高めるため、また色ムラを最小限にするために、シルクスクリーン転写で測定用色サンプルを作成することとした。

洋絵具の濃度調整方法は、絵具 100 g につき転写用オイルをそれぞれ 80 g、150 g、250 g とした。和絵具(盛り絵具)については、通常の盛り転写を行ったものを 1 枚、2 枚、3 枚と重ねて 3 濃度の表現を行った。版は洋絵具、和絵具共に 100 メッシュを使用した。スキージ硬度は 70 を使用した。

2.2 測定

作成した各色の転写紙をサンプル用生地(天草陶土、圧力鋳込み成形、1300℃還元焼成、石灰石釉)に貼り、約 790～820℃で酸化焼成を行った。1色につき 3 枚のサンプルを作成し、分光色彩計(日本電色工業株式会社製、SD7000)で測色を行い、3 枚の平均値をその色の値とした。測定用サンプルを図 1 に示す。



図 1 測定用サンプル。

2.3 分類

測定結果をもとに、色の分類を行った。各色をマンセル色相による分類整理、また、デザイン開発段階での使い易さを考慮し、PCCS(財団法人日本色彩研究所)のトーンに基づいた分類整理を行った。

また、色の分類整理をするにあたり、絵具の種類についての分類も行った。通常、産地内では「洋絵具」「和絵具」「赤絵」等の大まかな分類がされている。「和絵具」の中に「赤絵」が含まれる場合があるなど、絵具の性質による分類と、産地特有の伝統的・文化的呼称が混在している状態である。そこで本研究では絵具の性質による分類を主とした、『洋絵具』、『盛り絵具』、に加え、「赤絵」、「花赤」、「書き黒」等の伝統的要素がある『和絵具』とに分類を行った。データベースの一部を図 2 に示す。

通し 番号	色 番号		メーカー	名前	その他色名	備考	近似色	L*	a*	b*	Y ₅₀ H	Y ₅₀
1	Y1	- R	01	(1) Iizawa Pigments 36601	iron dark red			56.5	21.44	14.33	7.71R	
	Y1	- R	01	(2) Iizawa Pigments 36601	iron dark red			47.12	24.82	15.97	7.68R	
	Y1	- R	01	(3) Iizawa Pigments 36601	iron dark red			40.15	23.13	14.88	7.60R	
2	YE	- YR	01	(1) Excel EXM 9800				63.44	15.83	18.89	2.89YR	
	YE	- YR	01	(2) Excel EXM 9800				54.87	20.28	21.01	1.58YR	
	YE	- YR	01	(3) Excel EXM 9800				43.79	23.51	20.46	0.24YR	
3	Y1	- YR	01	(1) Iizawa Pigments 36602	iron red			78.88	9.25	12.81	3.89YR	
	Y1	- YR	01	(2) Iizawa Pigments 36602	iron red			74.89	15.24	18.01	2.89YR	
	Y1	- YR	01	(3) Iizawa Pigments 36602	iron red			66.62	24.53	25.51	1.41YR	
4	Y1	- YR	02	(1) Iizawa Pigments 36505	ochre			78.14	6.29	16.77	9.51YR	
	Y1	- YR	02	(2) Iizawa Pigments 36505	ochre			73.97	10.59	26.77	8.57YR	
	Y1	- YR	02	(3) Iizawa Pigments 36505	ochre			64.96	19.27	36.03	6.32YR	
5	YE	- Y	01	(1) Excel EXM 3811	黄			78.91	4.76	44.42	3.56Y	
	YE	- Y	01	(2) Excel EXM 3811	黄			75.39	10.97	54.73	2.00Y	
	YE	- Y	01	(3) Excel EXM 3811	黄			70.49	18.87	59	0.69YR	
6	Y1	- Y	01	(1) Iizawa Pigments 36521	yellow brown			79.7	4.14	37.07	3.37Y	
	Y1	- Y	01	(2) Iizawa Pigments 36521	yellow brown			77	9.59	49.11	2.10Y	
	Y1	- Y	01	(3) Iizawa Pigments 36521	yellow brown			71.56	17.45	55.75	0.82YR	
7	YE	- Y	02	(1) Excel EXM 3810	黄			83.81	-0.58	24.54	5.61Y	
	YE	- Y	02	(2) Excel EXM 3810	黄			81.65	2.21	34.1	4.05Y	
	YE	- Y	02	(3) Excel EXM 3810	黄			78.85	8.32	46.89	2.45Y	
8	Y1	- Y	02	(1) Iizawa Pigments 36305	orange yellow			85.17	-3.88	24.74	9.23Y	
	Y1	- Y	02	(2) Iizawa Pigments 36305	orange yellow			83.95	-2.7	24.76	7.38Y	
	Y1	- Y	02	(3) Iizawa Pigments 36305	orange yellow			80.88	0.48	47.14	5.39Y	
9	Y1	- GY	01	(1) Iizawa Pigments 36301	lemon yellow			87.27	-6.48	18.9	3.94GY	
	Y1	- GY	01	(2) Iizawa Pigments 36301	lemon yellow			86.67	-7.94	28.66	2.36GY	
	Y1	- GY	01	(3) Iizawa Pigments 36301	lemon yellow			85.05	-8.94	45.02	1.11GY	
10	Y1	- GY	02	(1) Iizawa Pigments 36302	yellow			87.73	-8.88	24.88	3.73GY	
	Y1	- GY	02	(2) Iizawa Pigments 36302	yellow			87.22	-10.49	34.92	2.81GY	
	Y1	- GY	02	(3) Iizawa Pigments 36302	yellow			86.05	-11.41	46.48	2.00GY	

図 2 データベース(エクセル表)の一部。

3. 上絵具サンプルソールの作成

3.1 カラーサンプルの作成

実際に手に取り色の比較や確認ができるよう、カラーサンプルの作成を行った。絵具1色3濃度を1枚の生地に転写したものを各色作成した。図 3 に盛り絵具、図 4 に用絵具のカラーサンプルを示すが、それぞれの色において、3濃度の違いが分かるカラーサンプルを作成することができた。また、サンプル一式を収納・持ち運びができるよう、カラーサンプル用の収納ケース(図 5、6)を製作し、外部での打ち合わせ等にも活用できるようにした。



図 3 盛り絵具のカラーサンプル.



図 4 洋絵具のカラーサンプル.



図 5 カラーサンプルをケースに収納した状態.

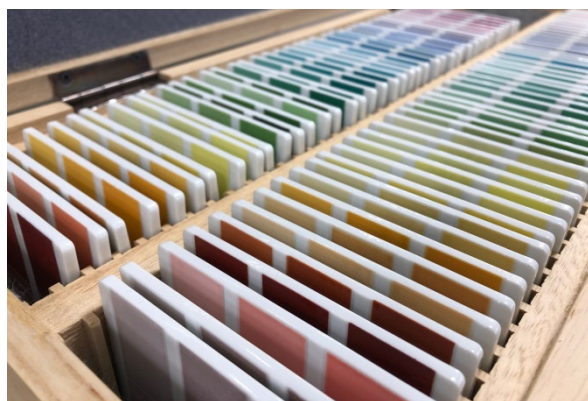


図 6 (拡大).

3.2 Illustrator 用カラーサンプルの作成

デザインソフトを使用して絵柄や図柄を作成する際や、転写紙のための図柄をデザインする際に、より実物に近い色を用いたデザイン作業を行うためには、有効なカラーズウォッチ(色見本)が必要である。そこで、今回測定したデータをおもとに、各色の数値を入力し、オリジナルの Illustrator (Adobe 社) 用のカラーズウォッチを作成した(図 7)。

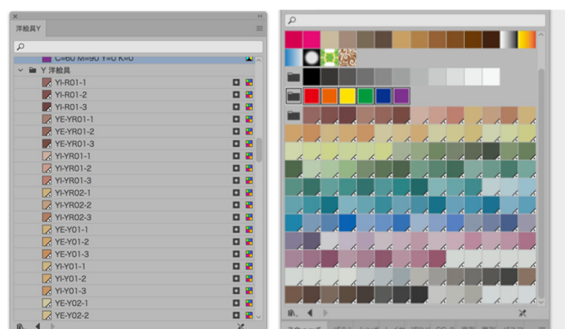


図 7 作成したカラーズウォッチの一部.

4. 錯視効果について

4.1 陶磁器における錯視効果について

磁器製品の生地(陶土)自体の色味(白さ)や、釉薬、絵付けの色等はその製品のデザイン性やブランディングに大きく影響する。釉薬や絵具の色味には、焼成の温度や熱量が影響を与えることから、各窯元で焼成温度等も管理がされている。

一方、わたしたちの身の回りでは様々な錯視効果が発生しているが、当然磁器製品においても同様な効果が発生している。生地と釉薬、絵具の組み合わせにより、例えば本来の生地の色(白)がやや色づいて見えたり、または色の組み合わせにより、絵柄が本来の色と異なった色味に感じられたりといった現象が起きていると思われる(図 8)。このことは、陶磁器製品の配色デザインの際に考慮すべき点であると同時に、色を最大限に表現するため、活用すべき効果でもある。

そこで、磁器製品における色の錯視効果の傾向を検証し、配色デザインの際の留意点としてのみならず、錯視効果を活用した発展的な配色方法を検討した。

4.2 同化効果と対比効果のパターン

色の錯視効果には、大きく分けて同化と対比の効果があり、それらには特に地の色に対する図や文様の色の明度差や面積が影響を与える。そこで、効果を検証するため、ストライプ幅 0.5 / 0.75 / 1.0 mm、ストライプ間のピッチを 0.5 / 1.0 / 2.5 / 5.0 / 10.0 mm と段階的に広げたパターンを作成した。色は、今回作成したデータベースから赤・青・緑・黒の上絵具を選択し、転写紙を作成した。65 mm 角の生地(天草陶土、圧力鋳込み成形、1300 °C 還元焼成、石灰石釉)に転写紙を貼り、約 790~820 °C で酸化焼成を行い、サンプルを作成した(図 9)。

4.3 錯視効果の検証

錯視効果は、目で見えた色や形が脳において変換されておこる効果であるため、その効果を機器で測定することは難しいと考えられるが、磁器素材の場合は、生地表面上での絵具の滲み等が影響を及ぼす可能性がある。そこで、ビジュアルアナライザー (IRIS、アルファ・モス・ジャパン製)を用いて、部分的な色の分布や色ムラの測定を試

みたが、思うような測定が出来ず、ビジュアルアナライザーによる検証は断念した。一方、サンプルの生地とストライプの重なる境界部分の滲み等の有無を確認するため、デジタルマイクロスコープ (DSX510、オリンパス製)でサンプルを撮影した(図 10)。その結果、絵具の滲み等は発生していないことが確認でき、錯視効果に影響していないことがわかった。



図 8 著者自身が錯視効果を実感するきっかけとなったサンプル生地。縦列ごとに下絵(呉須)の種類が異なる、横列ごとに焼成時の還元濃度が異なる。



図 9 錯視効果サンプル生地の一部

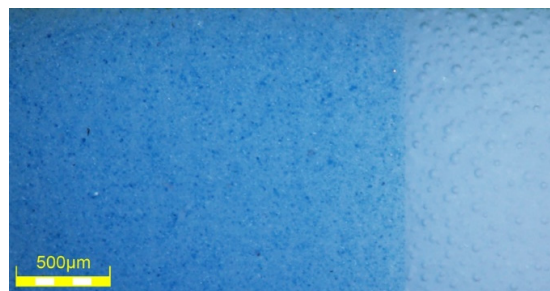


図 10 デジタルマイクロスコープによる画像(69 倍)。

4.4 パターンサンプル作成

今回の研究では、錯視効果の検証試験まで行うことができなかったが、錯視効果があると思われるパターンをカップの形状に落とし込んだ製品サンプルの作成を行った(図 11)。実際に見て、色の錯視効果を確認することができるよう、カラーサンプルと合わせて展示を行うこととした。



図 11 錯視効果のサンプルの一部。

5. 結果と考察

上絵具のデータベース作成と分類を行うことで、色の分布状態を把握することができた。今回作成したデータベースにおいては、マンセル色相の R:赤が洋絵具で 3 色、盛り絵具で 12 色と、洋絵具・盛り絵具ともに少なかった。また、洋絵具では計 153 色中、マンセル色相の G:緑が 3 色、P:紫が 6 色と少なかった。盛り絵具では、例えば計 180 色中、G:緑が 12 色に対して BG:青緑が 24 色、B:青が 6 色に対して PB:青紫が 18 色というように色の偏りが見られた。トーンでいうと、彩度の高い色が少なく、例えば洋絵具ではソフトトーン:35 色、ペールトーン:26 色に対して、ビビッドトーン:1 色、ディープトーン:2 色であった。また盛り絵具では、ソフトトーン:40 色、ペールトーン:46 色に対して、ビビッドトーン:0 色、ディープトーン:2 色であった。

色のバリエーションに偏りがあるという結果については、無鉛絵具が、従来の絵具にある伝統的な色をまず再現することを目標に絵具づくりを行ってきたことが関係していると考えられる。また、高彩度色が少ないという結果については、絵具の原料と焼成工程との関係により、以前から高彩度色の再現が難しいといわれていることから、想定通りの結果といえる。

また、作成したデータベース・カラーサンプルは、研究

途中から試験的に必要に応じて窯元等に貸し出しを行った。各窯元によって、使用する陶土や釉薬、焼成温度等は異なるため、データベースやカラーサンプルを使用しても一度はテスト焼成を行うことになる。しかし絵具を探しテスト焼成を繰り返すことを考えれば、大幅な時間短縮が可能となることがわかった。

6. まとめ

データベースやカラーサンプルを活用することによって、絵具メーカーの枠を超えた色のバリエーションを把握でき、デザイン工程における効率性向上や配色デザインの広がりが期待できる。今後さらに、産地内で情報共有を行い、絵具メーカーが色の開発を行う際や色のバリエーションを増やす際の指標として活用を促したい。また、デザイン開発段階においてトーン分類や錯視効果などを用いたより発展的な色の活用方法について広めたいと考えている。また、陶磁器ならではの色彩美を当産地内外の人に伝えるツールとしても今後活用を促したい。

参考文献

- 1) 三井直樹, 三井秀樹, 色彩デザイン学, 六耀社 (2009)
- 2) 錯視のカタログ,

<http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/catalog.html/>

バイオガス直接利用燃料電池スタックの開発

古田 祥知子¹、白鳥 祐介²

¹ 佐賀県窯業技術センター

² 九州大学大学院工学研究院機械工学部門

これまで我々は NiO-YSZ アノードの表面に、ガス改質反応に不活性な層のコーティングを行い、バイオガス供給時の温度勾配を緩和する技術を開発した。本研究ではこの技術をスタックセルに適用するため、これまでより薄型のセル作製条件を確立し、同様の温度勾配緩和効果を検証した。

また、運転時のセル変形量とコーティングパターンとの関係を調べ、等方的コーティングと比較して傾斜コーティングは変形抑制効果が大きいことを明らかにした。傾斜コーティングを施したセルは、模擬バイオガス供給下で 100 時間の定電流運転が可能で、コーティング無しのセルと比較して電圧劣化率は約 8 分の 1 に低減した。

Development of direct internal reforming SOFC stack running on biogas

Sachiko FURUTA¹, Yusuke SHIRATORI²

¹ Saga Ceramics Research Laboratory

² Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Kyushu University

Aiming at the reduction of temperature gradient generated in NiO-YSZ anode during the direct internal reforming SOFC running on biogas, the effect of the inert coating layer applied on the anode surface was investigated. In this study, we fabricated thinner cells to apply this technology to a real stack and confirmed the same temperature gradient relaxation effect as thicker cells used before. In addition, the relationship between the cell deformation during operation and the coating pattern was examined, and it was clarified that the graded-coating can more prevent the cell deformation as compared with the isotropic coating. Constant current operation using the cell coated with the inert layer succeeded for 100 hours under supplying simulated biogas, and voltage degradation rate of the cell was reduced by a factor of 8 compare to the uncoated cell.

1. はじめに

再生可能エネルギーであるバイオマス資源の利用手段のひとつとしてバイオガス利用燃料電池への活用は有望である。バイオガスを燃料とした場合、燃料ガスがセル内部で水素へと改質されるが、燃料改質反応が吸熱反応であるため、セルに大きな温度勾配が生じ、熱応力によるセルの変形・破壊が起こるという問題がある。

当センターでは以前より九州大学と共同で、バイオガスを直接燃料に用いることが可能な新しい SOFC の開発を行っている。これまでの研究¹⁾で、単セルにおいてアノード表面の燃料ガス流路側に、燃料ガスの改質に不活性な層(以下、改質反応抑制層)を、ガス入口側から出口側に向けて傾斜的にコーティングし、吸熱反応である燃料ガス

改質反応の発生部位を分散させることでセル内温度勾配の緩和となる SOFC セル構造を開発した(図1)²⁾。

実用化に向けたスタックセルにおいては数十枚のセルを積層させるため、できるだけセル一枚あたりの厚みをより薄くすることが望ましい。そこで本研究では、これまで試作を行ってきた 厚さ 0.9 mm セルを 2 分の 1 以下の約 0.4 mm に改良するため、薄型セル作製条件の確立を目指し、試作した薄型セルにおいてこれまで同様の温度勾配の緩和効果が得られるか検証した。

また、改質反応抑制層をコーティングしたセルの問題点として、燃料改質性能が低下してしまうことがあげられる。そこで本研究では、九州大学がシーズとして有するペーパー触媒と組み合わせることで、セル温度勾配の緩和に

よる安定性の確保と燃料改質性能を両立することができないか検討した。

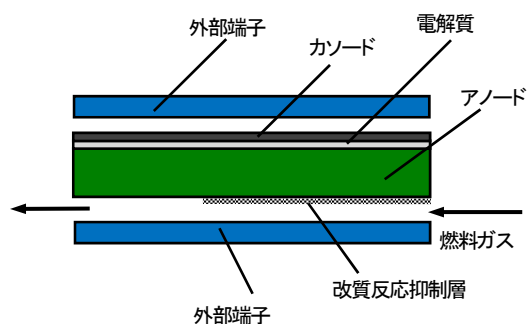


図1 改質反応抑制層を有する SOFC 単セルの構造(断面)。

2. 実験方法

2.1 改質抑制層をもつ薄型ハーフセルの作製

既報^{1,2)}と同様、図2に示すプロセスでハーフセルを作製した。第一稀元素化学工業製イットリア安定化ジルコニア(8mol%Y₂O₃-92mol%ZrO₂、以下 YSZ と略記)と関東化学製特級酸化ニッケル(NiO)を重量比 56:44 で 24 時間ポットミル混合し、アノード材料とした(以下、NiO-YSZ と略記)。電解質材料には同じく第一稀元素化学工業製の YSZ を用いた。

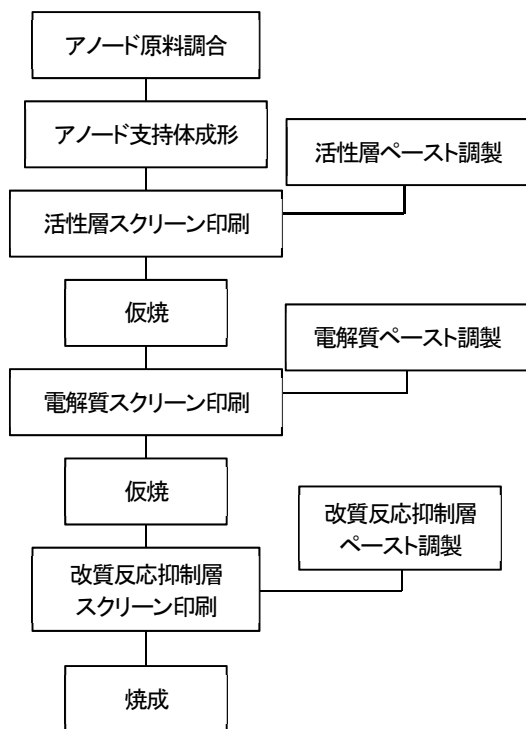


図2 ハーフセル作製プロセス。

NiO-YSZ 粉末に気孔形成材(綜研化学製アクリルパウダーMX-150)、成形助剤(ユケン工業製バインダーYB-80W)、水を加えて坯土を作製し、宮崎鉄工(株)の押出成形機(FM-P30H)で厚さ 0.52 mm のアノードシートを成形した。成形後はまずフローティングドライヤーで仮乾燥したのちにドラムドライヤーで両面を本乾燥し、巻き取りドラムでシートを巻き取った。配合条件を表1に示す。目的のセルはこれまで使用していたセルの半分以下の厚みとなるので、まず強度を確保するため気孔形成材の添加率を少なめの 10mass%の添加とし、その後、強度に問題ないことを確認したのちに 12mass%、15mass%と増加させた配合での成形を行った。

表1 アノード支持体の押出成形配合割合 (NiO-YSZ に対する外割添加率)。(単位: mass%)

使用した添加物	配合1	配合2	配合3
増孔材(MX-500)	10	12	15
バインダー(YB-80W)	12	12	12
水	17.5	18	18.5

成形したアノードシートは、温度分布測定用と発電特性評価用に 65×65 mm、31×70 mm の2種類にカットした。次に、カットしたシート上に、NiO-YSZ 粉末とプリンティングオイルを重量比 1:2 で配合して調製した活性層ペーストをスクリーン印刷した。プリンティングオイルには、互応化学製 OS-4530、KFA-824 を用いた。印刷したシートは 1050 °C で仮焼を行った。仮焼の際はシートの反りを防止するため、気孔率 37%の多孔質アルミナセッターでシートを上下から挟み込み上から重石で加重をかけた。次に、YSZ とプリンティングオイル(OS-4530)を重量比 1:2 で配合した電解質ペーストを、仮焼したシートの活性層の上にスクリーン印刷で積層させ、1000 °C で仮焼した。さらに電解質層と反対側の面に、燃料ガスに対する触媒活性を持たない YSZ をスクリーン印刷し、改質反応抑制層とした。改質反応抑制層の例を図3に示す。ガス入り口側から出口側に向けてコーティング面積が徐々に減少していくパターン①②に加え、空気流れ方向に対してコーティング面積を変化させたパターン③も作成した。

コーティング後のシートを 1420 °C で焼成し、温度分布測定用の 50×50 mm、および発電特性評価用の 24×54 mm (いずれも厚さ 0.41 mm) のハーフセルとした。

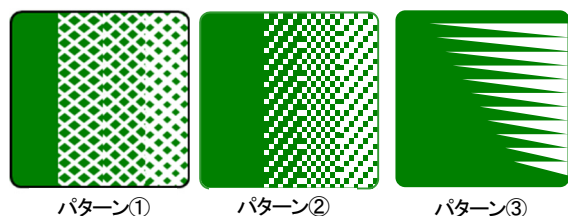


図3 改質反応抑制層のコーティングパターン。

2.2 ハーフセルの物性評価

作製したハーフセルの断面、電解質表面は、FE-SEM (日本電子製、JSM-6700FSS) で観察を行った。またアノード支持体部分の気孔特性は水銀ポロシメータ (島津製作所/Micromeritics 製、オートポア IV9520) で測定した。さらに、X線回折装置 (リガク製、Smartlab) を使い、X線応力測定法によるハーフセル電解質内の残留応力の測定を行った。YSZ の応力定数は鈴木らの文献³⁾に示された値を用いた。

2.3 ハーフセルの温度分布測定

上部から熱画像カメラ (NEC-Avio 製、TVS-8500) で温度分布を観察できる評価装置 (図 4) を用いてハーフセルの温度分布を計測した。燃料ガスはセルホルダの右側の管から供給され、アノード下面の通路を通りながら多孔質アノード内に拡散し、反応後のガスは左側から排出される構造となっている。

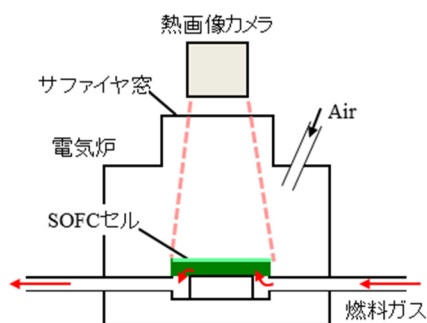


図4 温度分布評価装置。

電解質面を上にしてセルを装着したセルホルダを炉内にセットし、800 °C で N₂ ガスを約 15 分間パージしたのち、800 °C でキープしたまま H₂ ガスを 15 時間供給して、アノード中の NiO を Ni に還元処理した。その後、供給ガスを模擬バイオガス (CH₄/CO₂=1.5、CH₄-60 cm³/min、CO₂-40 cm³/min) に切り替えて温度分布を計測した。

2.4 発電特性評価および形状変化測定

ハーフセルに、カソード層を積層した SOFC 単セルを用いて発電特性の評価を行った。

カソードは活性層と集電体の 2 層構造とした。カソード活性層材料には、NexTech 社製 (La_{0.8}Sr_{0.2})_{0.98}MnO₃ (以下、LSM と略記) と YSZ を重量比 50:50 で配合したものを、カソード集電体材料には NexTech 社製 LSM を用いた。ハーフセルの電解質面にカソード活性層と集電体の層をスクリーン印刷し、1200 °C で焼成してアノード支持型 SOFC 単セルとした。

白金メッシュに白金線を接合した集電体をカソード側に、ニッケルメッシュに白金線を接合した集電体をアノード側に装着し、24×54 mm 角単セル用セルホルダにセットした。800 °C において模擬バイオガス (CH₄/CO₂=1.0) を供給し、改質反応抑制層を有する SOFC の発電特性評価を行った。使用したマニホールドは図 5 に示した 3 種のタイプである。Type I はコーティング無しの一般的なセル、Type II は改質反応抑制層を傾斜コーティングセル、Type III は、一般的なセルの下部に、九州大学で開発された厚さ 0.95 ~ 1.05 mm の 9wt% Ni 担持ハイドロタルサイト分散ペーパー触媒 (9Ni/HT-PSC) を適用したものである。

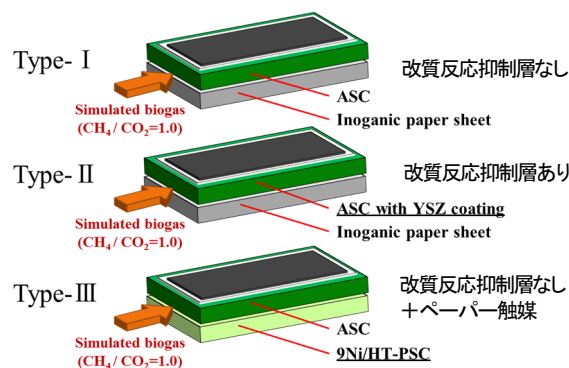


図5 発電特性評価に使用したマニホールド

Type I と Type II に対しては、アノード下部に、触媒担持無しが無機繊維ペーパーを挿入した。定電流試験は 0.2 Acm^{-2} で 100 時間行った。また、3 次元形状測定装置 (KEYENCE、VR-3100) を用いて 100 時間運転後のセルの凹凸形状の観察を行った。

3. 結果と考察

3.1 ハーフセルの作製プロセス

ハーフセルの作製プロセスは図 2 で示したとおりである。ここで、電解質層及び改質反応抑制層のスクリーン印刷は、強度の小さい仮焼セルに対して行うため、僅かでも仮焼セルに歪みがあると印圧によってセルが破損してしまう。そこで、仮焼時、多孔質のセッターでセルを上下から挟み込んで加重をかけるという方法をとったが、この方法では、仮焼後、印刷した活性層がセル表面から剥がれ、図 6 のようにセッター側に付着してしまうという問題が生じた。そこで、印刷に使用していたプリンティングオイル OS-4530 を見直し、数種類を検討した結果、より速乾性の高い KFA-824 を用いることで付着の問題を解消することができた。



図 6 セッターへの活性層の付着状況。

3.2 ハーフセルの物性評価

気孔形成材の添加率を 10、12、15mass% と変化させて作製したハーフセルの断面および電解質表面の SEM 画像を図 7 に示す。断面写真では、アノード支持体の層は気孔形成材に由来する球形の気孔が支持体全体に分散した多孔質構造になっており、その上に活性層と電解質層の緻密層が積層していることが観察される。支持体層と活性層、電解質層の密着性は良好でクラックなどは観察されなかった。電解質表面の焼結状態は良好で、緻密な電解質が形成されていることが確認された。また、改質反

応抑制層側の観察では、図 8 に示す通り多孔質支持体がコーティングした層で覆われていることが確認された。

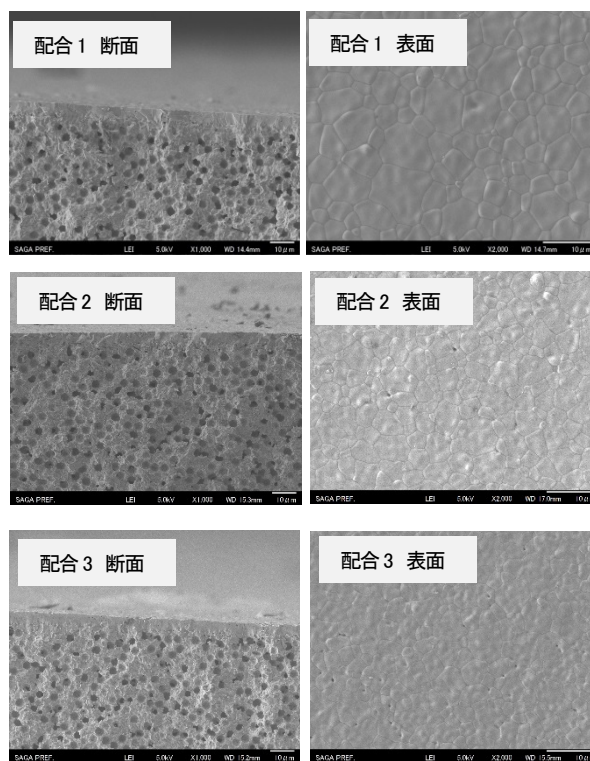


図 7 配合 1～3 で作製したハーフセル断面および電解質表面の FE-SEM 観察画像

配合 1: 気孔形成材添加率 10mass%
配合 2: 気孔形成材添加率 12mass%
配合 3: 気孔形成材添加率 15mass%

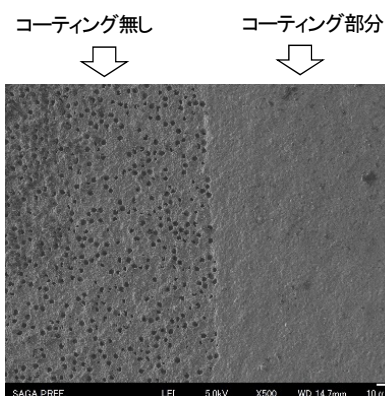


図 8 改質反応抑制層コーティング面。

細孔分布測定の結果では、気孔形成材の添加率が高いほど気孔直径、気孔率ともに大きくなる傾向が確認された (表 2)。またいずれのアノード支持体も気孔分布はシャ

ープで、均一な気孔を有していた(図 9)。従来の 0.9 mm セルは気孔直径が約 1.0 μm 、気孔率が約 32%であったが、今回作製した薄型セルにおいても気孔形成材 15mass%添加した配合で気孔特性を近づけることができた。

表 2 アノード支持体の気孔特性 (焼成温度：1420℃)。

気孔形成材 添加率	10mass%	12mass%	15mass%
気孔直径 (μm)	0.49	0.81	0.84
気孔率(%)	21	26	28

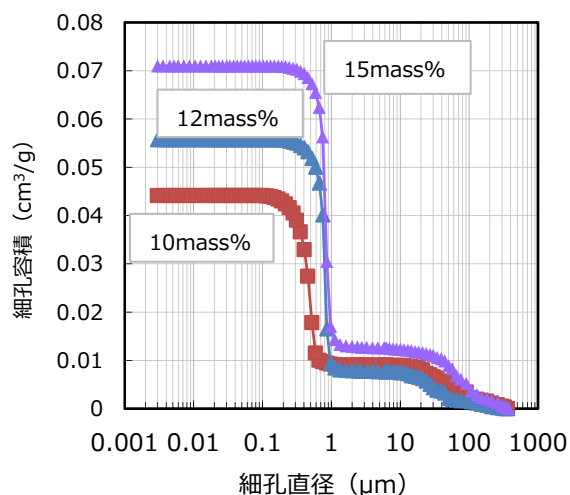


図 9 気孔形成材添加率の違いによるアノード支持体の細孔分布の比較 (焼成温度：1420℃)。

3.3 ハーフセルの温度分布測定

配合 1 で成形した 0.41 mm ハーフセルを用いた、800 $^{\circ}\text{C}$ における模擬バイオガス ($\text{CH}_4/\text{CO}_2=1.5$) 供給時の温度分布を図 10 に示す。従来の 0.9 mm ハーフセルと同様、温度勾配を抑制する効果があることが確認された。しかし今回使用したセルではバイオガスの供給初期 (～1 min) に一時的に温度勾配が生じるという現象が見られた(図 11)。これは、アノード支持体の気孔径及び気孔率が従来のものと比較して小さく、燃料ガスがアノード内に透過しにくかったためにガス入口のアノード表面に吸熱反応が集中したのではないかと考えられる。

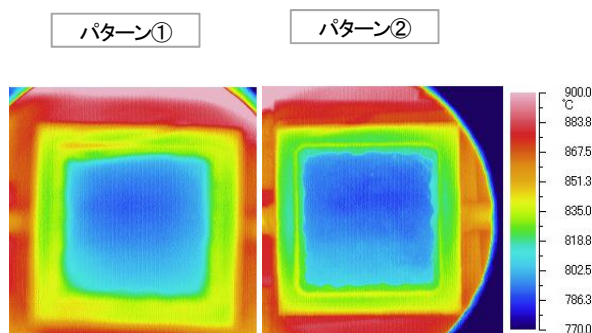


図 10 パターン①、②のコーティングで作製した厚さ 0.41mm のハーフセルを用いた、模擬バイオガス ($\text{CH}_4/\text{CO}_2=1.5$) 供給時の温度分布。

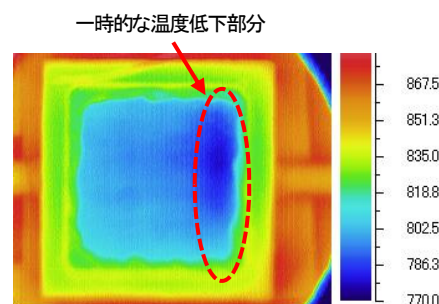


図 11 パターン②のコーティングで作製したハーフセルの温度分布測定における、模擬バイオガス供給初期の温度勾配。

次に、スタックセルの空気流れ方向の温度勾配改善の可能性を検討した。スタックセルでは、燃料ガスの流路と垂直な向きに空気の流路があり(図 12)、空気の入り口側で若干の温度低下が生じる。そこで空気流れ方向に対しても傾斜コーティングによる温度勾配の緩和が可能な検討した。現有装置では実際のスタックセルのように空気を流した状態での測定ができないため、今回は空気流れ方向に対してコーティング層の面積を傾斜させたセルを用い、空気流れ方向に温度分布の不均一が発生するかどうかを調べた。しかし図 13 に示すように、横方向の傾斜コーティングによる明らかな温度分布の変化は確認できなかった。

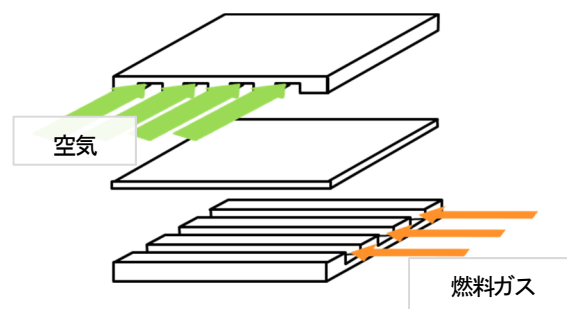


図 12 スタックセルにおける燃料ガス及び空気の流れ。

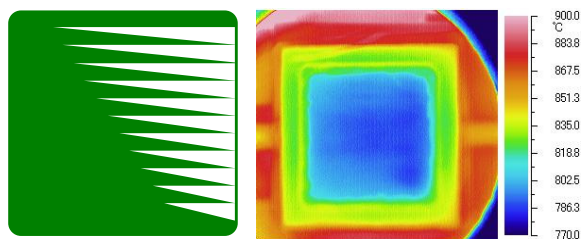


図 13 パターン③のコーティングで作製した厚さ 0.41mm のハーフセルを用いた、模擬バイオガス ($\text{CH}_4/\text{CO}_2=1.5$) 供給時の温度分布。

3.4 発電特性評価および形状変化測定

図 14 に 800 °C で模擬バイオガスを供給した際の Type I、II、III における初期の電圧電流特性を示す。いずれのタイプにおいても大きな差は確認されず、ほぼ同程度の性能を示した。この結果は、Type-II において改質反応抑制層のコーティングが、内部抵抗を著しく増加させることがなかったことを示している。

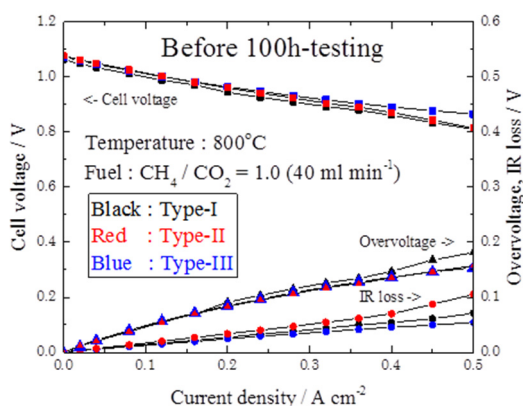


図 14 模擬バイオガス直接供給時の 800°C における Type I ～ III のセルの初期電圧電流特性。

次に、3 種類のセルで 100 時間定電流運転後の変形量を比較した。セル面内において、最も低い基準面を高さ 0 とし、中央部分、側端部分の基準面からの高さを 3 次元形状測定器で測定した結果を図 15 に示す。Type I では、やや燃料入り口寄りにカソード側が大きく凸になるような変形が生じた。Type II の場合は、Type I と比較してセル変形が緩和され、変形の頂点が中央側にシフトした。これは、アノード表面の傾斜コーティングによって、燃料入口

側で多孔質アノード内部への燃料供給が抑制され、改質反応場を下流側へと引き延ばすことができたことを意味している。Type III は最も変形が顕著で、中央部で凹み、出口側で再び凸となるような波形状の変形が生じた。この挙動の原因は明確にはなっていないが、改質性能の高いペーパー触媒の適用によって、局所的な温度低下がより顕著になったことが要因ではないかと考えられる。

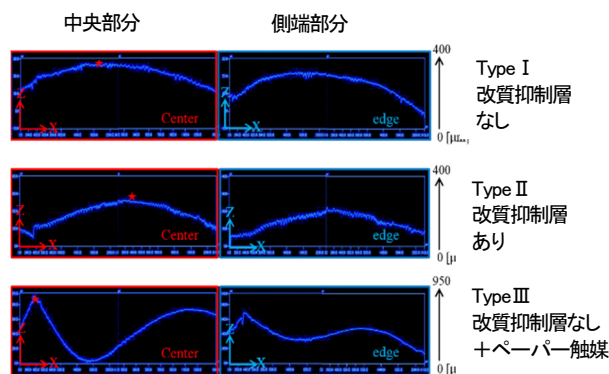


図 15 100 時間運転後の Type I ～ III のセルの変形量 (基準面からの高さの変位)。

このように、改質抑制層のコーティングは長時間運転後のセルの変形防止に効果があるということが分かった。この理由の一つには、セルの温度分布が均一になり熱応力が小さくなったことが考えられるが、別の要因として、多孔質アノードの電解質とは反対側の面にも緻密層がコーティングされたことにより、アノード支持体両面の収縮バランスが取れ、反りが抑えられた可能性も考えられる。そうであれば、燃料ガス出口側にはほとんどコーティングがされていない傾斜コーティングより、アノード面全体にわたるコーティングパターンの方が、変形防止効果が高くなる可能性もある。そこで、コーティングパターンによる反り防止の効果を確認するために、アノード面全体に格子を形成するようなコーティング (以下、等方的コーティングと表記) の効果について調べた。図 16 に示す、コーティングなし、傾斜コーティング、等方的コーティングの 3 種類のセルで、アルミナセルホルダを用い、100 時間定電流運転を行った。運転後のセルの変形量を計測したところ、予想に反して等方的コーティングを行ったセルではコーティ

ング無しのセルと比較して変形量は増大する結果となった(図 17)。この理由は明らかではないが、やはりセルの変形防止には、傾斜コーティングによる温度勾配の抑制が大きく効いていたものと推察される。傾斜コーティングセルは定電流発電試験においても 100 時間後の電圧劣化が極めて小さく、コーティング無しの場合と比較して電圧劣化率が約 8 分の 1 に低減された(図 18)。

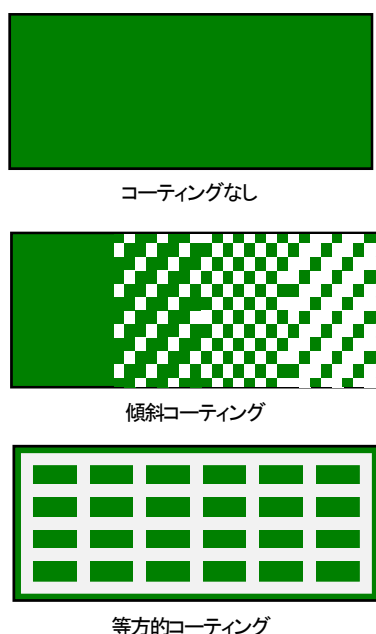


図 16 100 時間定電流試験に用いた 3 種類のセル。

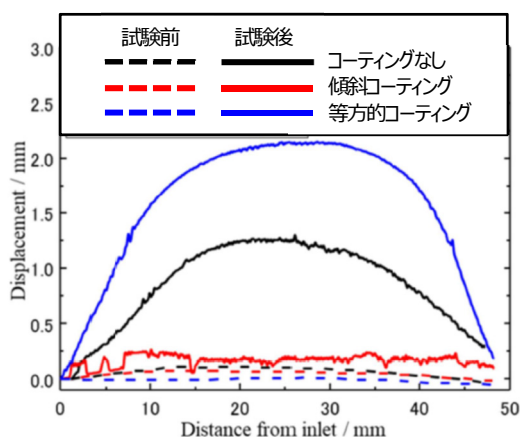


図 17 各セル形態における 100 時間発電試験前後の 3 次元形状測定結果。

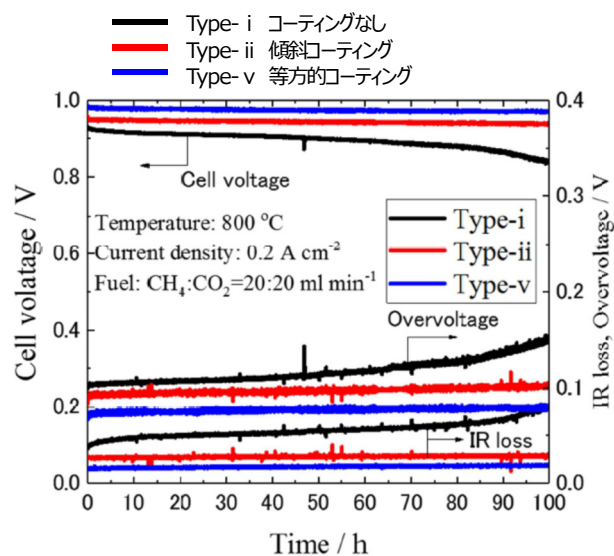


図 18 模擬バイオガス(CH4:CO2=1:1)供給時、0.2Acm⁻²における 100 時間の定電流試験結果。

3.5 X 線応力測定法による応力解析

ハーフセルの積層タイプの違いによる電解質内の残留応力を X 線応力測定法により調べた。X 線応力解析法とは、試料面と格子面法線の傾きを変えて回折角度の変化を調べ、式①により残留応力 σ を算出する方法である。法線の傾きが大きいほど θ が小さければ引っ張り応力が、法線の傾きが大きいほど θ が大きければ圧縮応力が働いていることを意味する。

$$\sigma = K \cdot \frac{\partial(2\theta)}{\partial(\sin^2 \phi)} \quad \dots\dots ①$$

K…応力定数
 θ …ブラッグ角
 ϕ …法線の傾き

図 16 のコーティング無しセル、傾斜コーティングセル、等方的コーティングセルを用い、800 °C で還元処理後、図 19 に示すようなセル電解質面の中央部と角部に X 線を照射し、残留応力を比較した。

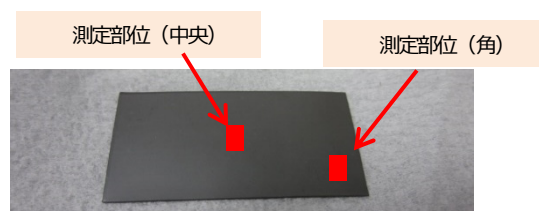


図 19 X 線応力解析法により測定を行ったセルの部位(電解質面)。

コーティング無しセル中央部を測定したときの回折線の例を図 20 に示す。法線の傾きが大きくなるにしたがい回折線は高角度側にシフトし、 d 値が減少しているの、圧縮応力が発生していることがわかる。3 種類のセルの比較結果を表 3 に示す。応力の値に大きな差はないものの、傾斜コーティングを行ったセルの圧縮応力が他の 2 種類より大きい結果となった。すべてのセルは電解質面側が膨らんだ形で反っていたが、傾斜コーティングセルは他の 2 種類より反りが小さかった。コーティング無しのセルおよび等方的コーティングセルは、セルの反りによって応力が解放されたことで、傾斜コーティングセルより残留応力が小さくなったのではないかと推測される。

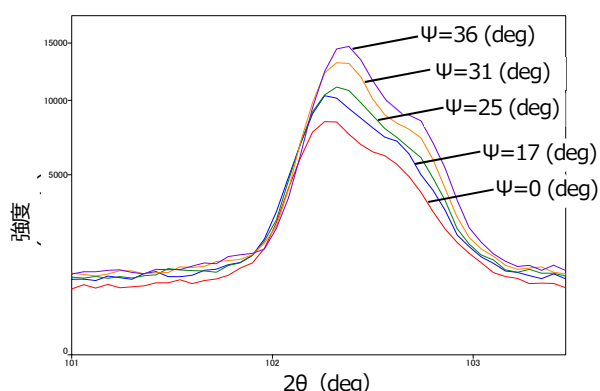


図 20 コーティング無しセル中央部の回折線の例。

測定波長: 1.54 nm (Cu-K α)
測定範囲(deg) : 101.00~103.46 (2 θ)
無歪 2 θ 角度(deg): 102.3 (333 面)
 ψ 角度(deg): 0、17、25、31、36
応力定数: -294 MPa/deg

表 3 X 線応力解析法による残留応力の比較

セル形態	応力値+/-信頼限界(MPa)	
	セル中央	セル端部
コーティング無し	-80 +/- 5	-85±23
等方的コーティング	-77 +/-17	-70±22
傾斜コーティング	-96 +/-1	-112±13

また、コーティング無しセルにおいて、アノード支持体の気孔特性の違いによる電解質内の在留応力の比較を行った。表 4 に示すように気孔率が大きいほど、圧縮応力の絶対値は小さくなっており、信頼限界値の誤差はあるものの、気孔率 28%のセルでは気孔率 21%のセルの約半分

の応力となっている。気孔率が大きいほどセルの反りも小さく、耐久性が高いと考えられる。

表 4 セルの気孔率の違いによる残留応力の比較

気孔率	応力値+/-信頼限界 (MPa)
21%	-80 +/- 5
26%	-58 +/- 12
28%	-40+/-16

4. まとめ

NiO-YSZ アノードの表面に改質反応抑制層を形成することでバイオガス供給時の温度勾配を緩和する技術をスタックセルに適用するため、スタック向け薄型セルの作製条件を確立し、同様の温度勾配緩和効果を検証した。また改質反応抑制層をコーティングしたセルは、模擬バイオガス供給下で 100 時間の定電流運転が可能で、運転後のセル変形抑制効果に優れていた。

本研究では、改質反応抑制層を形成したセルをスタックで使用するためのセルの改良と基礎的な発電特性評価を行った。今後は本技術を応用した燃料電池システムを構築するため、企業や大学と連携しながら実用化に取り組んでいきたい。

謝辞

本研究の一部は、「水素・燃料電池関連産業創出事業 (佐賀県)」の中で九州大学大学院工学研究院白鳥祐介准教授により実施されたものです。本研究を行うにあたり、多大なご指導、ご助言をいただきました、白鳥准教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 古田祥知子他, 佐賀県窯業技術センター平成 27 年度研究報告書, 5-11 (2016)
- 2) 古田祥知子他, 佐賀県窯業技術センター平成 25 年度研究報告書, 49-54 (2014)
- 3) 鈴木賢治他, J. Soc. Mat. Sci., Japan, 48, No.3, 308-314 (1999)

陶土関連支援事業

天草酸処理陶石を配合した細工用陶土および鑄込成形用陶土の実用性評価

志波 雄三、寺崎 信
佐賀県窯業技術センター

前年度に引き続き、酸処理陶石を配合した陶土の実用性評価を行った。本年度は撰上クラスの細工用陶土の実用性評価を行い、昨年同様使用において問題ないことが分かった。また鑄込成形用陶土の泥しょうの粘度測定と事業遂行のため各組合との調整を行った。鑄込成形用の泥しょう特性は酸処理陶石の割合が高くなるとやや粘度が高くなることが分かった。

Support project for porcelain clay industry

Evaluation of the practicality of porcelain throwing and slip casting clay mixed to acid-treated Amakusa porcelain stone

Yuzo SHIWA, Makoto TERASAKI
Saga Ceramics Research Laboratory

In this project, we evaluated the practicality of porcelain clay produced from acid-treated porcelain stone to last year. This year, we evaluated the practicality of Amakusa second-grade clay for wheel throwing with acid-treated porcelain stone, and we measured viscosity of slip casting slurry with acid-treated those, moreover we performed the adjustment with each association for this project. It turned out that there was no problem in using Amakusa second-grade clay same as last year. It turned out that slip casting slurry became slightly high in viscosity if a ratio of acid-treated porcelain stone for the slurry rises.

1. はじめに

近年、天草 2 等石以上の高品位陶石の入手状況が採掘現場の諸事情などから悪化している。特に特上・撰上陶土の生産が危ぶまれ、酸処理陶石の利用を拡大することが望まれている。そのため酸処理陶石の高配合陶土の特性の把握・利用技術の向上、さらには酸処理陶石を使った陶土が問題ないことを窯業界へ広く認識してもらうため、酸処理陶石で試作した陶土を陶磁器業界の関係者に試用していただき、実用性を評価する事業を行ってきた。前年度は酸処理陶石の割合が 100%(特上陶土クラス)の細工用陶土を試作して、主に有田陶芸協会会員の作家の方々から実用性に問題ないという評価を得た¹⁾。また、これらの成果は地元窯業関係者が集まる見本市等で紹介し、多くの方から酸処理陶石を利用する必要性とその可能性について理解をいただくことができた。

本年度はまず昨年度、評価協力者から要望があった撰上クラスの陶土を試作して、実用性評価を行った。また有田焼量産の主流である鑄込成形についても、酸処理陶石

を配合した泥しょうを試作し、実用性を評価する事業を進めた。

2. 酸処理陶石高配合陶土(撰上クラス細工用)について

2.1 本年度の活動内容

前年度に試験を実施した酸処理陶石 100%で試作した陶土は特上クラスの白さを目指したものであったが、有田陶芸協会の会員より、撰上クラスの白さの陶土で実用性を試したいという要望があったため、本年度も肥前陶土工業協同組合の協力のもと試験陶土を製作した。

なお、試験陶土は酸処理陶石を 70%配合とし、細工用としての各種酸処理なしの陶石の割合は委託した陶土業者に一任した。製作内訳を表1に示す。

表 1 試験陶土の製作内訳

陶土種	単位(kg)	本数
手ロクロ用	15	25
機械ロクロ用	15	5
ローラーマシン用	15	5

また、成形性評価は昨年度と同様に設問形式のアンケートを各協力者をお願いして回答を得ることとした。なおアンケートの設問は以下のとおりであるが、昨年度の評価ではその回答において「現行陶土と変わらない」とする評価基準が、明確でなかった(評価 3 or 評価 5)ため、今回は現行陶土変わらなければ評価 3 とするよう明記した。

・評価アンケートの設問内容

この陶土は酸処理陶石を 70% 調合した陶土です。陶土として感じられる評価・ご感想を率直にお願いします。
各項目 5 段階評価 良い 5 ⇔ 悪い 1 および簡単な感想など(なお、現行陶土と変わらなければ評価は 3、現行より良いと感じられれば 4 または 5 として下さい)

- 設問① 土をこねた時の状態はいかがでしたか？
設問② 陶土の伸びはいかがでしたか？
設問③ そのほか成形時の感触はいかがだったでしょうか？
設問④ けずりの感触はいかがだったでしょうか？
設問⑤ 陶土としての総合評価をお願いします。

2.2 試験陶土の評価結果

現時点での主な結果を述べる。

- ・試験陶土の配布先……10 箇所
- ・アンケート回答数……6 窯元(うち制作品提出者 4 窯元)
- ・評価内容……回答者全員が使用感について「現行陶土と変わらない」という感想であった
- ・陶土の主な特性……耐火度:27+、中心粒径:4.0 μ m、酸化鉄含有量:0.49%

評価協力者の制作品の一部を以下の図1～3に示す。



図 1 手ロクロ制作品①(協力者:奥川俊右衛門 氏)。



図 2 手ロクロ制作品②(協力者:庄村 健 氏)。



図 3 ローラーマシン制作品(協力者:(有)平川製陶所)。

評価のなかには、「土こねの感じはよい」、「ヘラでうすく伸ばしても作り腰は強かった」などのコメントがあり使用において特に問題ないと思われる。

3. 鋳込成形試験について

3.1 本年度の活動内容

現在、有田焼量産の主流は鋳込成形であり、その中でも圧力鋳込での製造法が多勢を占めている。よって鋳込成形における生地に着肉性や離型性などを業界技術者により検証してもらうことは大変重要と思われる。

事業を始めるにあたって、酸処理陶石の影響を十分調査することを踏まえ、まず肥前陶土工業協同組合と協議を行った結果、少なくとも酸処理陶石の配合割合は 3 段階

変化させて試験することが望ましいという意見があり、配合割合 50%、70%、90%の泥しょうを作製することにした。この 3 段階の陶土を製作するためにはスタンパーを用いた、陶石ベースでの調合方法では 100kg 程度の少量単位の製作は困難である。そこで酸処理陶石を高配合した陶土と低配合した陶土を製作し(例えば 100%陶土と 50%陶土)、泥しょうベースで 2 種の陶土を混合し、酸処理陶石が目標の割合になるよう試験陶土を調製することにした。

なお泥しょうの最適な調製条件を調べるため、回転粘度計(DVH-B II、トキメック製)を用い、解膠剤(水ガラス、ディーフ)添加量における粘度変化を観察した。

3.2 鑄込用泥しょうの粘度特性

図 4 に各泥しょうの水ガラス添加量と粘度の関係を示す。酸処理陶石 50%および 70%配合の泥しょう特性について 50%配合はガラス添加率が約 0.15%で、70%配合は約 0.20%で粘度が約 400 mPa・s となり水ガラス添加率がさらに増えてもほぼ変化はなかった。90%配合は 0.22%程度で粘度が低くなるが添加率が増えても他の 2 種よりやや高い粘度であった。

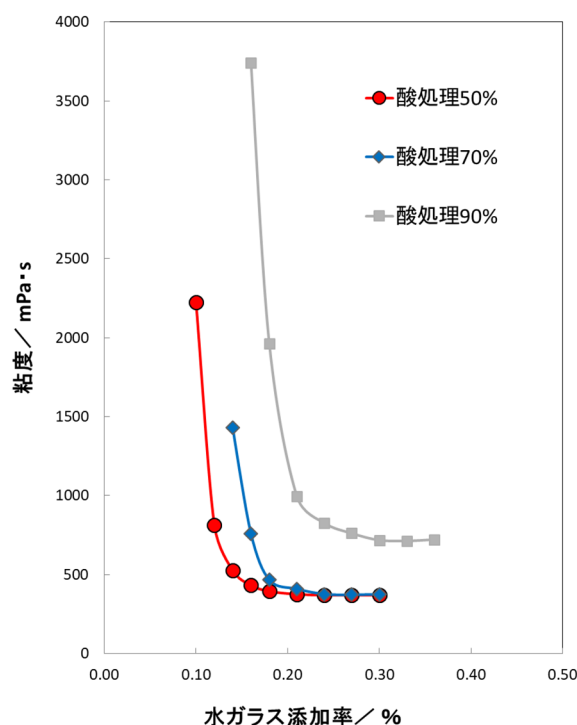


図 4 酸処理各泥しょうの粘度曲線

90%配合分についてさらに粘度を低くするため、水ガラス 0.2%を加えた後、ディーフを少量加えた結果を図 5 に示す。

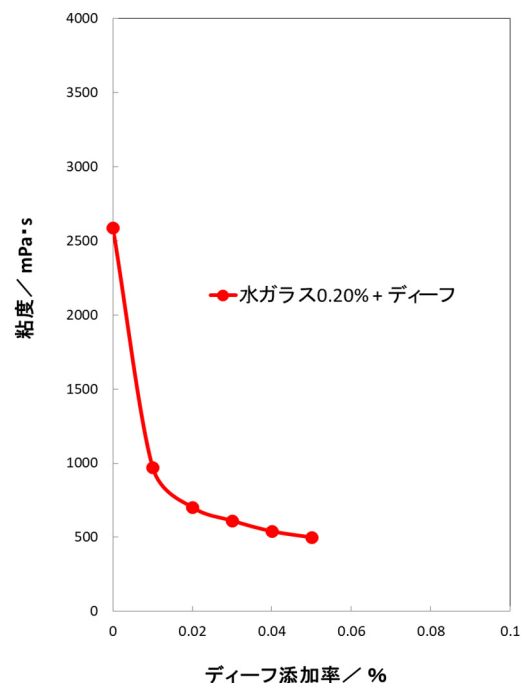


図 5 酸処理 90%泥しょうの粘度曲線

このように水ガラスとディーフを組み合わせることで、粘度を約 500 mPa・s まで下げることができ、泥しょうの状態を改善できることが分かった。

これらの結果を参考にして泥しょうを調製することにした。

鑄込試験を評価していただく業界従事者の選定については佐賀県陶磁器工業協同組合および肥前陶土工業協同組合を通じて生地業数社を紹介していただいた。また試験で使用する成型型は有田焼窯元数社のご厚意により提供いただいた。現在、図 6、7 に示すように当センター所有の圧力鑄込装置を使い、泥しょう調製、生地業との試験実施に向けた日程調整等行って成形試験を進めているところである。



図6 圧力鑄込装置



図7 生地業者の作業風景

どの各種データや生地業からの評価・感想を収集する予定である。なお、本事業の成果については積極的に広報し、酸処理陶石の利用拡大に続けていきたい。

参考文献

- 1) 志波雄三, 寺崎信, 平成 29 年度研究報告書・支援事業報告書, 8-11 (2018).

謝辞

本事業にご協力いただいた肥前陶土工業協同組合、有田陶芸協会、佐賀県陶磁器工業協同組合の各会員の皆様、ならびに協力いただいた方々に深く感謝申し上げます。

4. まとめ

前年度に続き酸処理陶石を配合した陶土について以下の実用性評価を行った。

- (1) 細工用陶土の試作およびその評価
- (2) 鑄込み成形における泥しょうの特性評価

(1) では酸処理陶石を 70% 配合した撰上程度の細工用陶土を試作し、有田焼作家や窯元関係者から、「現行陶土と変わらない」との評価を受けた。

(2) では肥前陶土工業協同組合と協議により試験条件を決定し、酸処理陶石の割合を変えた泥しょうの特性評価を行った。また試験実施のため佐賀県陶磁器工業協同組合および肥前陶土工業協同組合へ協力依頼や評価をいただく生地業との打合せなどを行った。

今後は、撰上クラス陶土についてはさらに評価数を増やしていき、また鑄込成形試験については成形体重量な

泉山陶石支援事業

泉山陶土による陶板モニュメント製作支援

藤 靖之、蒲地 伸明、鮎川 祐太
佐賀県窯業技術センター

有田町及び泉山磁石場組合から、泉山を多くの人に知ってもらうため、また町の観光名所の一つになるよう、数年前より寝かした泉山陶土を使用した陶板モニュメントを製作、設置したいとの要望があった。そこで当センターでは、陶板モニュメントの製作について、素地までの製作支援を行った。

The support for production of the monument by using Izumiyama porcelain clay

Yasuyuki FUJI, Nobuaki KAMOCHI, Yuta AYUKAWA
Saga Ceramics Research Laboratory

We carried out the support project for production of the monument by using Izumiyama porcelain clay to install in front of Izumiyama clay quarry. The clay was stored for several years at the quarry, followed by producing ceramic boards for the monument. The monument is one of sightseeing spots in Arita town and contributes to regional promotion of Izumiyama clay quarry.

1. はじめに

日本磁器発祥の地有田で、泉山陶石は原料として用いられた。有田焼創業 400 年を記念し、泉山磁石場展望場に、数年前より寝かした泉山陶土を使用した陶板による記念モニュメントの製作が有田町及び泉山磁石場組合で計画された。製作目的は、泉山磁器を一般の人たち、業界関係者等に再度知ってもらい、また有田町の観光名所の一つにしたいとのことである。この記念モニュメントの製作について当センターに製作支援の要望があり、本事業では生素地成形までの支援を行った。陶板製作は圧力鋳込みでの成形になるため、泉山陶土の泥漿の調整が必要である。そこで、泥漿調整方法について検証を行い、圧力鋳込みによる陶板(寸法 400×420×12 mm)を試みた。最終的に陶板を約 50 枚作製した。そのあとの作業は、有田町の委託により、岩尾エンジニアリング(株)で行われ、当センターが焼成温度、釉薬、イングレー等の技術支援を行いながら素焼、本焼き、イングレーズ工程を経て、陶板モニュメントが完成した。

2. 圧力鋳込み成形について

当センターでは平成 20 年に、泉山陶土を用い、男雛、

雌雛のひな人形を排泥鋳込みで製作したことがある。その時の泥漿調整では、解膠剤として水ガラスを用いたが、泥漿作製後、日にちが過ぎるほど粘性が増大し鋳込みづらかった経験があったことから、今回の鋳込成形では解膠剤の種類を検討した。

泉山陶土は、硫酸根を含んでいるため、土から酸を溶出する傾向にある。実際作られた直後の陶土は、pH5 程度で弱酸の傾向にある。このため、水ガラスの曹達分が酸と反応したことで解膠しづらくなったと考えられる。pH に作用されにくい解膠剤を検討した結果、耐イオン性の働きをする A-6012(東亜合成)が有効であることがわかった。これを中心に解膠力の大きいディーフを併用して、泥漿の調整を行った。

使用泉山陶土は、数年前に作られた陶土(pH 6、耐火度 SK17)を用いた。

泥漿調整において、水分 25%とし、A-6012 を徐々に添加すると、0.4%で最も良い粘性を示した。

これにディーフを添加し粘性状態を試験した。ディーフは、0.05%添加で、より良い状態を示したため、最終的に、水分 25%、A-6012 0.4%、ディーフ 0.05%で泥漿を調整した。

石膏型は、磁石場組合より提供してもらい、成形を行った。鑄込み時間は 30 分で行った。



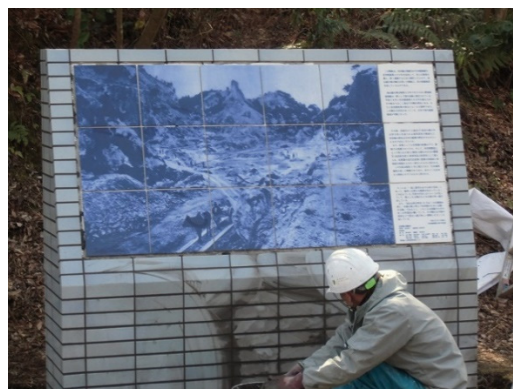
圧力鑄込みによる陶板作製

3. 素焼から本焼きイングレースについて

素地を 50 枚程度作製し、有田町、磁石場組合に報告した。そのあとの作業については、岩尾エンジニアリング(株)に委託された。泉山陶土は、天草陶土に比べ粘土鉱物が少なく、耐火度が低いため、独自の工程で行わなければならないので、素焼温度、本焼き温度、釉薬イングレース等の技術的相談を当センターと行いながら、製作された。

4. 泉山陶板モニュメント完成まで

モニュメントの大きさは、300 mm 角陶板、縦 3 枚、横 8 枚、計 24 枚で構成され、絵柄は昭和初期の泉山磁石場の風景をモチーフにされている。



モニュメント製作作業

5. 泉山陶土による陶板モニュメント完成除幕式

3 月 27 日、有田町、磁石場組合主催での除幕式が行われた。この式で当センターから、製作工程等の説明を行った。



6. 終わりに

今回、日本で最初に使われた磁器原料泉山陶石を用いたモニュメントを設置することにより、有田窯業界及び一般の人々に再度泉山陶石を再認識してもらい、また有田町の観光の目玉の一つになったと感じる。当センターでも、泉山陶土での製作の数々のノウハウが蓄積できた。今後泉山陶土を使った製品作りに生かしていきたい。



除幕式

佐賀県特許を活用した新商品開発の事業化支援

腕時計の文字盤に有田焼が採用されるに至る開発経緯

蒲地 伸明¹、副島 潔¹、松本奈緒子¹、浜野 貴晴²

¹ 佐賀県窯業技術センター

² promoduction (プロモダクション) / 佐賀県窯業技術センター 外部アドバイザー

SEIKO
SINCE 1881



有田焼
(有) しん窯

Supported by
佐賀県窯業技術センター
SAGA CERAMICS RESEARCH LABORATORY

<セイコー プレザージュ>

400 年を超える歴史を持つ有田焼をダイヤルに採用

～瑠璃・漆・七宝に次ぐ新たな匠の技～



1. 商品の紹介

<セイコープレザージュ>は、100 有余年にわたる機械式時計作りの伝統とノウハウを受け継ぎ、世界に向けて日本の美意識を発信するブランドです。瑠璃や漆・七宝等、日本の匠の技をとり入れたプレステージラインをはじめ、伝統とテクノロジーが融合した幅広い商品ラインアップで、2016 年からグローバル展開を開始し、世界中で高い評価を得ています。

《商品特徴》

有田焼は日本初の磁器として 1616 年に生まれました。それ以来、有田焼の職人技は 400 年にわたり受け継がれ、その独自の芸術性は多くの人を魅了しています。本作のダイヤルの魅力、それは有田焼によって生み出される印象的な色彩と立体的な形状です。初期の有田焼に多く用いられていた柞灰(いすばい)釉の淡く青みがかった白を再現しました。さらに、磁器の厚みを活かしたダイヤル上

面の大きなカーブ、多針モデルにおいてはサブダイヤルに柔らかなくぼみを与えることで、磁器特有の優美な表情を実現しています。

磁器の魅力とダイヤルとしての強度を両立させる、という難しい命題を従来の 4 倍以上の強度を持つ、新たに開発された高強度の磁器素材を用いることで解決しました。新素材によるこの腕時計のダイヤルは、180 年以上続く老舗「しん窯」に所属する伊万里・有田焼下絵付の伝統工芸士 橋口博之氏監修のもと制作されます。

ダイヤルを生み出す過程では多くの複雑な技術が必要となります。はじめに行われる鑄込み工程では、立体的なダイヤルの生地を作り上げます。この作業が完成品の立体感につながる、非常に重要な工程となります。職人の手作業で釉薬を施されたダイヤル生地は焼成により、表面に有田焼らしい淡く青みがかった美しい光沢が生まれるとともに、1,300℃もの高温で焼き上げることで固くなり、腕時計に相応しい強度が得られます。その後、針の軸穴やカレンダー部分を切り抜き、仕上げ焼きを行うことで断面がスムーズになり、磁器特有の質感と強度を兼ね備えたダイヤルのベースが出来上がります。さらに、国産初の腕時計「ローレル」の意匠を取り入れた印象的な赤と、有田焼の絵付けをイメージした青をインデックスなどに施し、ダイヤルは完成、本体に組み込まれます。(セイコーウオッチ株式会社のプレスリリースから抜粋の上、一部編集)



成形された有田焼ダイヤル。

2. 事業化までの流れ

2014 年 プロジェクトの立ち上げ

「有田焼創業 400 年事業」の一環にて、浜野が佐賀県窯業技術センターの任期付研究員に着任したのを機に、磁器素材の食器外分野への展開を模索し、セイコーウオッチ株式会社へコラボレーションの可能性を持ちかけ、プロジェクトが立ち上がった。

2015 年 可能性の検証

佐賀県窯業技術センターが過去に支援した腕時計の文字盤の製造方法や、文字盤の製品開発を経験していた窯元である有限会社しん窯の取り組みをセイコーウオッチ株式会社に紹介し、製造技術を検証するため、開発プロジェクトが始動した。

2016 年 試作品の制作

1 mm 以下の厚さ、ミクロン単位の製造公差が求められるイノベーティブな開発であることから、有限会社しん窯と佐賀県窯業技術センターとで技術指導契約を結び、蒲地が素材・製造技術開発支援、副島と松本がデジタルデザイン技術による開発支援、浜野がプロジェクトマネジメントおよび事業化支援を担う体制で、セイコーウオッチ株式会社(企画販売)およびセイコーインスツル株式会社(製造)と有限会社しん窯との開発をサポートし、新しい製造技術を検証してきた。

ほぼ時を同じくして、有田焼創業 400 年事業にて蒲地をプロジェクトリーダーとした「世界最高強度磁器の開発」が発表されたこともあり、同素材を用いることで、求められる強度や価格について実現可能性が高まった。

2017 年～2018 年 製品開発

2017 年に浜野の佐賀県窯業技術センターでの任期満了に伴い、セイコーウオッチ株式会社およびセイコーインスツル株式会社、有限会社しん窯、佐賀県窯業技術センターによる開発チームとなったが、引き続き、浜野が窯業技術センターの外部アドバイザーとして、当プロジェクトの支援にも参画。開発チーム一丸となって、量産のための作業工程の確立と製品としてのクオリティを検証し、製品化を進めた。また東京にてセイコーウオッチ株式会社

のデザインやマーケティング担当者との MTG などを通じて、販売戦略等のアドバイスをしない、「セイコー プレザージュシリーズ」での有田焼ダイヤルの採用が決まり、事業化に至った。

2019 年 新商品の発表

2019 年 3 月、スイスで毎年開催されている世界最大の国際的な時計見本市「バーゼルワールド 2019」にて、「セイコー プレザージュ プレステージライン 有田焼ダイヤルモデル」として発表、同年 9 月発売が決定した。

3. 特筆すべき成果

- イノベーティブな商品企画、かつニュース性の高いコラボレーションとすることで、有田焼のブランディングに寄与
- 佐賀県特許や佐賀県窯業技術センターの先進技術の活用による市場優位性の確立
- 発信力、販売力のある産地外の企業やクリエイター等との協働により、構想段階から出口まで一貫性のある事業化プロジェクトが実現
- 消費地と産地を繋ぐことで、消費者動向や市場性、生み出される新しい価値や作り手の想いなどを共有化する情報のロジスティックスを構築

4. 補足説明

《商品仕様》

＜セイコー プレザージュ＞ プレステージライン
有田焼ダイヤルモデル



品番	SARW049	SARX061
希望小売価格	200,000円 + 税	180,000円 + 税
ケース	ステンレススチール	
ストラップ	クロコダイル(ダークブラウン)	
ダイヤル	有田焼(ホワイト)	
国内取扱店	セイコーグローバルブランドコアショップ	
発売予定日	2019年9月7日(土)	

【共通商品仕様】

ガラス素材	デュアルカーブサファイアガラス(内面無反射コーティング)
裏ぶた	サファイアガラス(シースルー・スクリュノバック)
防水性能	日常生活用強化防水(10気圧防水)
耐磁性能	耐磁時計(JIS耐磁時計1種)
ケースサイズ	SARW049:[外径]40.6mm(リゅうず含まず)[厚さ]14.1mm SARX061:[外径]40.5mm(リゅうず含まず)[厚さ]12.4mm
アフターサービス	メーカー保証 保証期間1年間

参考資料

- 1) セイコーウオッチ株式会社 プレスリリース 2019.3.21.
- 2) セイコーウオッチ株式会社 公式 WEB サイト
＜セイコー プレザージュ＞有田焼ダイヤルモデル
特設ページ https://www.seikowatches.com/jp-ja/products/presage/special/arita_dial/

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
令和元年(2019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.scri.gr.jp/>
印刷：株式会社 三光