

長崎県窯業技術センター

CERAMIC RESEARCH CENTER of NAGASAKI

令和 5 年度研究報告

ANNUAL REPORT 2023

71号

No. 71

研究報告

2023

71

CRCN

## 長崎県窯業技術センター 令和5年度研究報告

## 目次

71

## 02 研究の概要

## 04 経常研究（報告）

高機能セラミックス製品の3Dプリンティング技術開発

研究企画課 依田 慎二  
環境・機能材料科 秋月 俊彦

## 10 経常研究（報告）

陶磁器関連製造技術を活用した多孔質素材の開発（その3）

環境・機能材料科 浦郷 寛康、高松 宏行、秋月 俊彦

## 15 経常研究（報告）

陶磁器と異業種とのコラボレーションによる商品開発の研究（その2）

戦略・デザイン科 桐山 有司、久田松 学、中尾 杏理  
長崎県立大学 経営学部経営学科 准教授 大田 謙一郎

## 23 経常研究（短報）

陶磁器分野におけるAI,IoT活用技術の開発

陶磁器科 稲尾 恭敬、吉田 英樹

## 研究の概要

### （報告） 経常研究（令和3年度～令和5年度）

#### 高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発

研究企画課 依田慎二  
環境・機能材料科 秋月俊彦

チューブポンプとスクリーポンプ付プリンタヘッドを組み合わせた新たなセラミックス用の 3D プリンタシステムを開発した。本システムでは、天草陶土やアルミナを原料に、セルローズナノファイバーを添加することで、原料スラリーの安定した移送と、成形時の保形性に優れ、プリンタヘッドの吐出口径1mm以下でも吐出が安定し、格子構造のセラミックス成形体が造形できることが確認された。その際、3Dデータ作成には、中空空間をサポートするインフィルの生成機能が備わっているスライサーソフトを利用することで、様々な格子構造を生成可能であった。また、造形した成形体を焼成したところ、変形や切れ等は確認されず、積層した層間には、規則正しい隙間が焼成後も残存することが確認された。

### （報告） 経常研究（令和3年度～令和5年度）

#### 陶磁器関連製造技術を活用した多孔質素材の開発（その3）

環境・機能材料科 浦郷寛康、高松宏行、秋月俊彦

県内の陶磁器業界で一般的に行われている素焼き（900℃程度の低温域）と本焼き（1300℃程度の高温域）の工程で焼成可能な多孔質素材の製造プロセスについて検討した。低温域においては、珪砂にメチルセルローズとガラスフリットを配合することで、乾燥保形性と焼成強度の安定化を図り、透水性と保水性を有する多孔質素材が得られ、この素材による多孔質植栽鉢を試作した。また高温域においては、シリカ系素材で耐熱衝撃強さと気孔率を評価し、軽量で高強度な多孔質素材が得られることを明らかとした。この素材による直火用の多孔質耐熱調理器具を試作した。

### （報告） 経常研究（令和4年度～令和6年度）

#### 陶磁器と異業種とのコラボレーションによる商品開発の研究（その2）

戦略・デザイン科 桐山 有司、久田松 学、中尾 杏理  
長崎県立大学経営学科准教授 大田 謙一郎

食器が各家庭に行き渡り、需要が減少している中、食器単体での差別化も困難となっている現状では、企業間コラボレーションも含めた新たな顧客、市場の獲得が求められている。本研究は、陶磁器関連企業が異業種とのコラボ商品の開発により、両者の顧客、市場を共有することで、新たな販路開拓を目指すものである。今年度は、昨年度に長崎県立大学と実施したネット調査の結果から、陶磁器製品と特徴や性質が近い異素材、異なる異素材とのコラボレーションを開発アイテムとして、5名程度のグループ合計28名に対してグループインタビュー調査を実施した。陶磁器製品やコラボ商品について、購入の可否や価格、要望等について自由に会話してもらい、それをもとに開発をするアイテムを絞り込んだ。また、陶磁器と性質や特徴が近い異素材とのコラボとして宝飾品を選び、三川内焼の窯元と永田宝石店と共同でコイン型ネックレスを試作開発した。

### （短 報） 経常研究 （令和4年度～令和6年度）

陶磁器分野におけるAI、IoT活用技術の開発（その2）

陶磁器科 稲尾恭敬、吉田英樹、山口英次

焼成炉内温度分布のリアルタイム可視化技術を確立するため、本研究では0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉の上段、中段、下段で各5点ずつ、計15点にR型及びK型熱電対を配置し、接続したラズベリーパイ及びデータロガーにて多点温度データのリアルタイム可視化とデータ蓄積を行うことができた。また蓄積した多点温度データは遠隔にてパソコンやスマートフォンでリアルタイムに閲覧できることを確認した。

# 高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発

研究企画課 依田 慎二  
環境・機能材料科 秋月 俊彦

## 要 約

チューブポンプとスクリーポンプ付プリンタヘッドを組み合わせた新たなセラミックス用の 3D プリンタシステムを開発した。本システムでは、天草陶土やアルミナを原料に、セルロースナノファイバーを添加することで、原料スラリーの安定した移送と、成形時の保形性に優れ、プリンタヘッドの吐出口径 1mm 以下でも吐出が安定し、格子構造のセラミックス成形体が造形できることが確認された。その際、3D データ作成には、中空空間をサポートするインフィルの生成機能が備わっているスライサーソフトを利用することで、様々な格子構造を生成可能であった。また、造形した成形体を焼成したところ、変形や切れ等は確認されず、積層した層間には、規則正しい隙間が焼成後も残存することが確認された。

キーワード：セラミックス用 3D プリンタ、スライサーソフト、天草陶土、アルミナ、格子構造、セルロースナノファイバー、チューブポンプ、スクリーポンプ付プリンタヘッド

## 1. はじめに

近年、3D 技術は、陶磁器製品の新製品開発において、広く実用化されている。当センターにおいても、これまで石膏や樹脂素材の 3D プリンタや、モデリングマシンなど、3D 技術を活用した陶磁器製品や試作品の作製を数多く行い、技術を整備してきた。そのような流れの中、経常研究<sup>1)~4)</sup>において継続して取り組んでいる 3D プリンタによる造形技術は、石膏型を使わずに製品を直接造形できることから、廃石膏を排出しないサステナブルな成形方法と考えられる。その他、多品種、少量生産、短納期という市場の要望への対応はもとより、従来は成形できなかった新形状・新機能製品の開発、また成形設備の低コスト・省スペース化、労働力や技能の簡素化など多くのメリットが考えられる。

そこで本研究では、押出法で造形できる比較的低価格なセラミックス用 3D プリンタの開発と安定した積層が可能な原料スラリーを開発し、各種格子構造のセラミックス焼結体を試作した

ので報告する。

## 2. 研究内容

### 2.1 3D プリンタシステムの構築

これまでの研究<sup>1)~3)</sup>で、チューブポンプ、スクリーポンプそれぞれ単独での原料移送と吐出成形を検討してきたが、いくつかの問題点が確認された。まず、チューブポンプ単独では、自動的に原料が吸引され、長い樹脂チューブ内を原料移送するには適しているが、吐出成形時の原料の脈動や、回転停止後も数秒間は原料が吐出するといった問題点が確認された。一方、スクリーポンプ単独では、そのような問題はないが、原料を導入するためのコンプレッサーまたは、何らかの加圧装置が必要であることや、長い樹脂チューブ内を原料移送する際、逆流が発生しやすく吐出が困難となることが問題点として確認された。

そこで本研究では、これまでの研究結果を基に、図 1 に示すチューブポンプとスクリーポ



図1 試作した3Dプリンタシステム



図2 原料タンク

ンプ付プリンタヘッドを組み合わせた、セラミックス用の3Dプリンタを試作した。この開発した3Dプリンタを構成する各パーツについて説明する。

### 2.1.1 原料タンク

原料スラリーをプリンタへ供給するための容器である原料タンクを図2に示す。

原料タンクは、3D CADソフト（Robert McNeel & Associates製 Rhinoceros5）で設計して、3Dプリンタ（ストラタシス社製 Object Eden260V）を利用してUV硬化アクリル硬質樹脂で作製した。

原料タンクの形状は、原料スラリーを投入し易いように投入口を広くとり、チューブポンプの吸い込み口に最短の距離で供給できるよう、装置に接する箇所を凹ませた形状に設計した。

### 2.1.2 チューブポンプ

チューブポンプ外観を図3に示す。

チューブポンプは、ローラーがチューブを押し潰しながら回転することで、原料タンク内の原料スラリーを吸引し、吸引された原料スラリーはローラーの回転により、出口に接続された樹脂製のチューブ内を通して、プリンタヘッドへ連続的に送り込むことができる。



図3 チューブポンプ

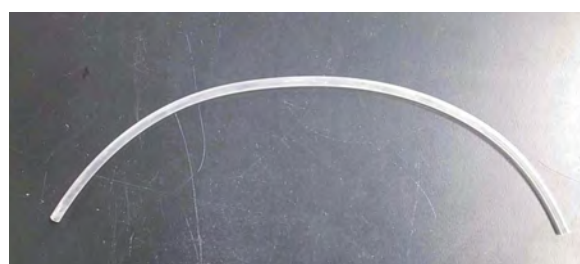


図4 チューブ

原料スラリーの流動性の違いにより、移送される速度が変化するため、ポンプの回転速度を微調整できるようにインバーターを設置した。

### 2.1.3 チューブ

原料スラリーをチューブポンプ出口からプリンタヘッドに移送するためのチューブを図4に示す。

既報<sup>3)</sup>でチューブの材質が原料スラリーの移送距離に影響を及ぼすことが確認されたことから、使用するチューブには透明フッ素系のアラムフロン（内径3mm）を、3Dプリンタのプリンタヘッド動作範囲を考慮し、長さ330mmに切断したものを使用した。

### 2.1.4 モーターユニット

モーターユニットはモーターアンプ（図5）とモーター（図6）で構成されている。モーターは、小型で軽量のモーター（オリエンタルモーター株式会社製 PKP223D15A-SG36）を利用し、プリンタヘッド内のスクリーを回転させるため、プリンタヘッド直上に接続した。アンプとの接続ケーブルは、モーターの動作範囲を考慮した長さとした。



図5 モーターアンプ

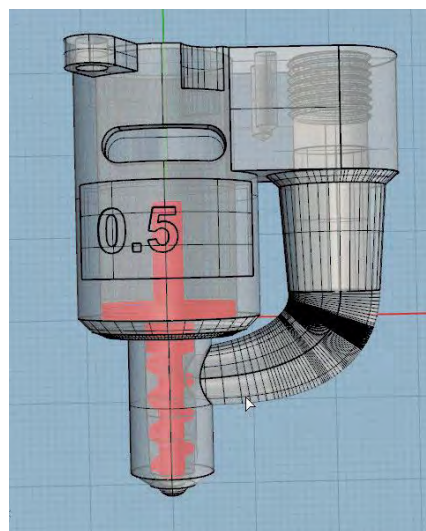


図7 プリンタヘッド設計画像

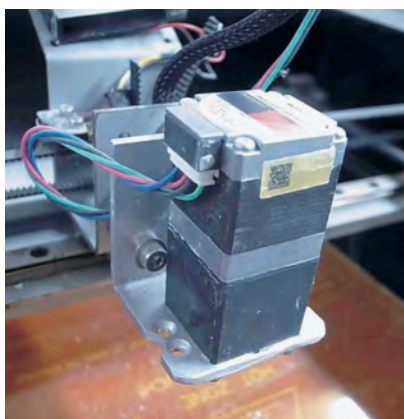


図6 モーター



図8 プリンタヘッドの構成パーツ

また、モーターアンプにも回転速度を調整することが出来るようインバーターを設置した。

### 2.1.5 プリンタヘッド

プリンタヘッドは、3D CADソフト(Robert McNeel & Associates製 Rhinoceros5)で設計して、3Dプリンタ(ストラタシス社製Object Eden260V)を利用してUV硬化アクリル硬質樹脂で作製した。

プリンタヘッドの設計画像を図7に示し、実際に作製したプリンタヘッドを構成するパーツを図8に示す。スクリューは直径5mm、長さ15mmの小型のものであり、アルミ製のモーターカップリングに取り付けて、プリンタヘッド内に収納した。プリンタヘッドは、先端の原料スラリーを吐出する口径が、1.0mmと0.75mmの2種類のサイズを作製した。

### 2.1.6 テーブル

原料スラリーを3Dプリンタで造形する際のテーブルを図9に示す。テーブルは、陶磁器型材用の石膏を原料として、3DプリンタのXY軸動作範囲内である150mm×150mm 厚さ5mmのサイズのものを作製した。

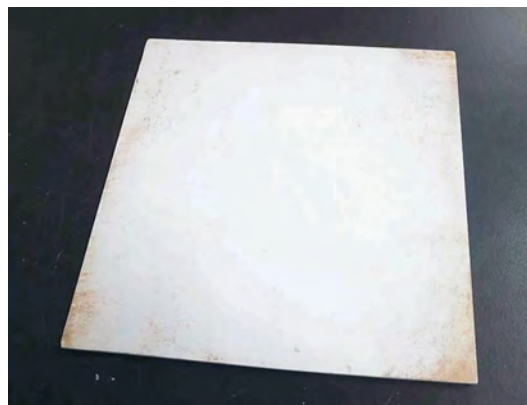


図9 テーブル

## 2.2 原料の調製

天草陶土とアルミナについて原料スラリーを調製した。

### 2.2.1 天草陶土の調製

既報<sup>2)</sup>での結果を基に、市販の天草選上陶土に分散剤（珪酸ソーダ）0.2mass%、水分 24mass%と、更にチューブ内移送中の流動性と、吐出後の保形性を得るため、セルロースナノファイバー（日本製紙株式会社製 セレンピア）0.2mass%を添加し、十分に攪拌・混合を行い、スラリー状に調製した。

### 2.2.2 アルミナの調製

市販のアルミナ粉末（昭和電工製 AL-170）にセルロースナノファイバー（日本製紙株式会社製 セレンピア）1.5mass%と、分散剤（東亜合成製 A-30SL）0.4mass%、水分 14mass% を添加し十分に攪拌・混合を行い、スラリー状に調製したものを使用した。

## 2.3 3D プリンタによる造形試験

既存のセラミック製品製造技術では作製が困難な形状として、格子構造の積層物の成形体について造形試験を行った。

### 2.3.1 格子構造の 3Dデータ作成

装置に利用するFFF方式（FDM方式）の3Dプリンタのスライサースoftwareには、中空空間をサポートするためにインフィルの生成機能が備えられている。通常はインフィルの充填密度の選択や造形パターンを選択ができるようになっていることから、構造体であるCADデータを基に様々な格子構造を自動的に生成することができる。

構造体のCADデータの例を図10に、自動生成した格子構造の例を図11に示す。

本研究ではSIMPLIFY3D社のスライサースoftware「SIMPLIFY3D Version3.0.0」を利用して、格子構造の作成と 3D プリンタの動作制御を行った。

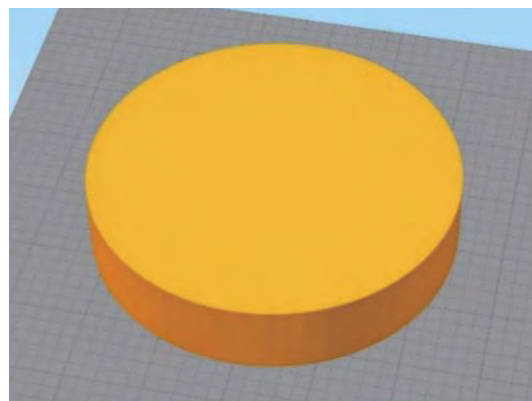


図 10 構造体のCADデータ

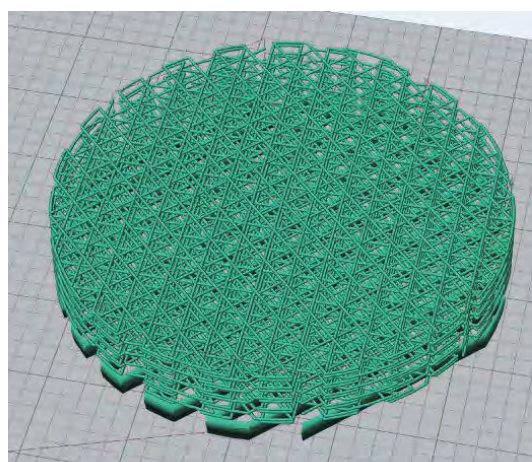


図 11 自動生成した格子構造

### 2.3.2 造形試験

2.2.1と2.2.2で調製した原料を用いて、3D プリンタで各種格子構造の造形試験を行った。

その際、プリンタヘッドのモーター回転数は最大値に固定し、一方チューブポンプの回転数は、プリンタヘッド先端の吐出口径（1.0mmもしくは0.75mm）ごとに、吐出量が安定する回転数に微調整した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 3Dプリンタシステムによる造形試験

開発した3D プリンタシステムを使用し、調製したセラミックス原料による造形試験を実施した。

#### 3.1.1 天草陶土での造形試験

原料タンクに入れた天草選上陶土のスラリーをチューブポンプで吸い上げ、接続したチューブを通じてプリンタヘッドへ移送した。その後

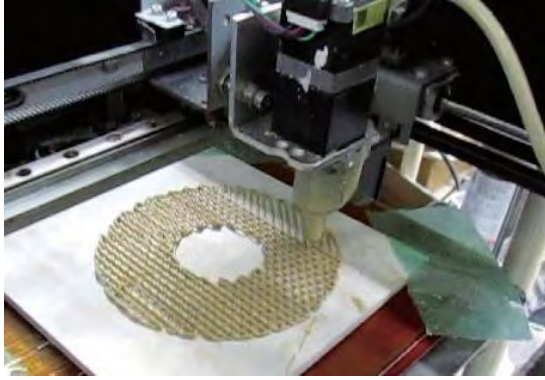


図 12 天草選上陶土での造形状況

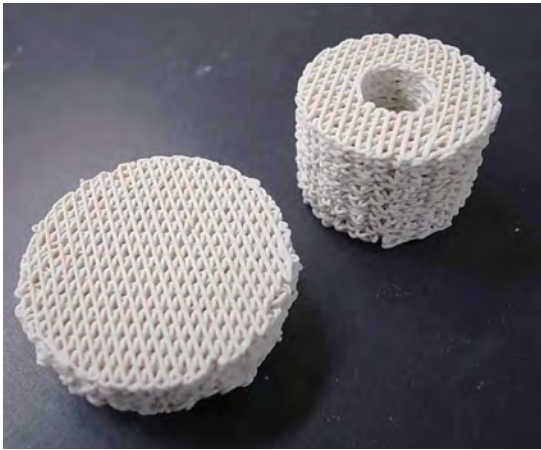


図 13 天草選上陶土の焼結体

プリンタヘッド内に設置したスクリーンで、プリンタヘッド先端の吐出口径 1.0mm 穴から陶土スラリーを吐出した。吐出が安定したことを確認の後、造形テーブル上に格子構造の立体物を造形した。造形中の状況を図12に示す。その際、奇数層と偶数層で積層方向を揃える、あるいは各層ごとにずらす等様々な条件で造形試験を行った。

造形物を乾燥後、電気炉1300℃で焼成したものを図13に示す。図13より、乾燥や焼成時の、変形や切れ等の問題もなく、格子構造の焼結体を得られた。

### 3.1.2 アルミナでの造形試験

3.1.1 の天草陶土の試験と同様に、原料タンクに入れたアルミナのスラリーをチューブポンプからプリンタヘッドへ移送し、プリンタヘッド先端の吐出口径 0.75mm 穴からアルミナのスラリーを吐出した。吐出が安定したことを確認の後、造形テーブル上に格子構造の立体物を造形した。その際、奇数層と偶数層で積層方向を揃える、

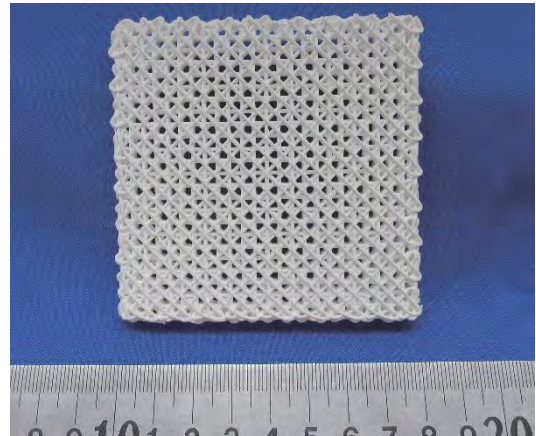


図 14 アルミナ焼結体

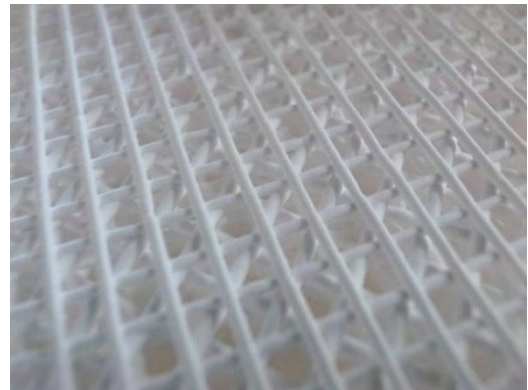


図 15 アルミナ焼結体表面の拡大画像

あるいは各層ごとにずらす等様々な条件で造形試験を行った。

造形物を乾燥後、電気炉 1600℃で焼成した焼結体を図14に示す。また、焼結体の内、各層ごとにずらしながら積層したものについて、表面を拡大した写真を図15に示す。図14、図15より、アルミナにおいても、乾燥や焼成における変形や切れ等の問題もなく、格子構造の焼結体を得られ、また 1 層ごとに積層方向が異なる規則正しい構造物も得られることが確認された。

さらに、規則的に奇数層と偶数層で角度を揃えて積層したものを、焼結後ダイヤモンドカッターで切断し、その断面を観察した結果を図16に示す。図16より、上下の各層間にも規則正しい隙間が、焼成後も残存することが確認された。



図 16 アルミナ焼結体の断面画像

#### 4. まとめ

- (1) チューブポンプとスクリュウポンプ付プリンタヘッドを組み合わせることで、安定した成形を可能とするセラミックス用の 3D プリンタシステムを開発した。
- (2) 天草選上陶土やアルミナを原料に、セルローズナノファイバーを添加することで、原料タンクからプリンタヘッドまでの安定した原料スラリーの移送と、成形体の保形性も良好となることが確認された。
- (3) 積層した層間の隙間は、焼成後も規則正しく残存していることが確認された。
- (4) 各層間の積層方向をずらすことで、3 次元的につながった規則的で複雑な空間を有する、表面積の大きい格子構造のセラミックス焼結体が得られることが判明した。

#### 文 献

- 1) 依田慎二、秋月俊彦、3D プリンタを利用した陶磁器生地製造技術の開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No.67 pp.17-18
- 2) 依田慎二、秋月俊彦、3D プリンタを利用した陶磁器生地製造技術の開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No.68 pp.19-23
- 3) 依田慎二、秋月俊彦、高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No.69 pp.17-19
- 4) 依田慎二、秋月俊彦、高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No.70 pp.3-5

# 陶磁器関連製造技術を活用した多孔質素材の開発(その3)

環境・機能材料科 浦郷 寛康、高松 宏行、秋月 俊彦

## 要 約

珪砂に低温(900℃程度)で溶融するガラスフリットを加え作製した多孔質素材において、原料粒子径と細孔径を調整することによって、透水性と保水性を制御できるようになり、植栽鉢への適応を可能とした。また、高温(1300℃程度)焼成条件に適応した耐熱素材として、耐熱衝撃特性を有し、軽量且つ高強度なシリカ系多孔質素材の気孔率を明らかにし、この素材を用いることで直火用耐熱調理器具へ応用できることがわかった。

キーワード: 透水性、保水性、焼成温度、耐熱衝撃特性、軽量

## 1. はじめに

陶磁器製品(和飲食器)の出荷額は生活様式の多様化による消費行動の変化や労働者人口減少など、様々な社会的要因により、現在はピーク時の1/4程度となっており、出荷額の拡大は今後も難しいものと考えられる。特に本県の陶磁器産業は、他産地と比較して食器製品の製造に特化した産業構造となっているため、陶磁器産地の製品売上拡大を図るためには、食器以外の新分野への進出が必要とされる。そこで、当センターでは食器以外の機能性を活かした製品開発を行うため、生活用製品等に利用されている素材として、多孔体に注目した。多孔体は、原料粒子間で形成する気孔をもつ素材であり、気孔構造の違いによって種々の機能を発現できる。多孔体を利用した製品を、産地が長年培ってきた陶磁器製造技術や既存の製造設備を多孔体製造に活用することで、比較的容易に新分野進出を行うことができると考えられる。

本研究では、やきものの製造工程における素焼き(900℃程度の低温域)と本焼き(1300℃程度の高温域)の温度で焼成可能な多孔質セラミックス素材の開発を目標とした。低温焼成にお

いては、水分制御機能(透水性・保水性)を有する多孔質素材の製造プロセスを開発し、植栽鉢に応用した。高温焼成では、シリカ系素材における耐熱衝撃特性と軽量性について検討し、耐熱調理器具へ応用した。

## 2. 実験方法

### 2.1 多孔質素材の水分制御機能(透水性・保水性)について

第二報<sup>1)</sup>では、低温域(900℃程度)で製作可能な多孔質素材として、珪砂に低温で溶融するガラスフリットを配合することで、透水性を有するおこし状の多孔質素材が得られた。本稿では、異なる粒子径の珪砂を用いて、多孔質素材を作製し、透水性に加え、保水性について市販の植栽用土と性能を比較し、植栽鉢への適応性について検討した。

#### 2.1.1 多孔質素材及び土の透水性試験

表1に示す異なる粒子径の珪砂に10mass%のガラスフリットと1mass%のメチルセルロース、約14mass%の水を加え、袋内で混合した。混合した坏土をアクリル製の押型(上部オープン型)

表 1 各珪砂の粒度

|      | D10<br>(mm) | D50<br>(mm) | D90<br>(mm) |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 3号珪砂 | 0.548       | 1.217       | 1.630       |
| 4号珪砂 | 0.476       | 0.775       | 0.915       |
| 5号珪砂 | 0.252       | 0.480       | 0.552       |
| 6号珪砂 | 0.105       | 0.199       | 0.267       |
| 7号珪砂 | 0.057       | 0.106       | 0.136       |

に入れ、押し具を用いて、上方から手で加圧し、約100×200×60mmの成形体を作製した。各成形体を自然乾燥し、電気炉で昇温速度100℃/hで900℃まで昇温し、900℃で1h酸化焼成した。

各焼成体は、インターロッキングブロック透水試験器（KC-344，㈱関西機器製作所製）を用いて、JIS A5371により透水試験を各3回行い、焼成体の透水係数を算出した<sup>1)</sup>。また、比較対象として、市販されているサボテン・多肉植物用土と観葉植物用土について、インターロッキングブロック透水試験器を模倣した自作の透水試験機（図1）を用い、JIS A1218に準拠して透水試験を各15回行い、各用土の透水係数を算出した。

### 2.1.2 多孔質素材及び植物用土の保水量測定

2.1.1で使用した焼成体を約40×40×10mmに切断し、(1)式より保水量を算出した。供試体を110℃の乾燥機で24時間乾燥した後、常温まで冷却したものを絶乾質量とした。また供試体を20℃程度の水中に24時間浸漬した後、湿った布で表面の水膜を拭き取ったものを湿潤質量とした。



図 1 自作した透水試験器

また、植物用土の保水量は、土を110℃の乾燥機で24時間乾燥した後、常温まで冷却したものを透水試験機内にタッピングにより充填した質量を絶乾質量とした。試験機内に水を導入し、4時間程度浸漬したものを湿潤質量とし、(1)式より各土の保水量を算出した。

$$W_r = (m_w - m_d) / V \quad \dots \dots (1)$$

$W_r$  : 保水量 (g/cm<sup>3</sup>)

$m_w$  : 湿潤質量 (g)

$m_d$  : 絶乾質量 (g)

$V$  : 供試体の体積 (cm<sup>3</sup>)

### 2.1.3 多孔質素材の気孔径測定

2.1.1で作製した6号珪砂及び7号珪砂による焼成体の一部を用いて、水銀圧入法（PoreMaster 60GT，アントンパール社製）により、細孔径分布を測定した。比較的大きな孔径であった3号、4号、5号珪砂による焼成体については、X線断層撮影装置（NAOMi-CT 3D-L，アールエフ社製）を用いて、内部の気孔構造を撮影した。撮影した画像は、フリーソフトのImageJを用いた画像の最適化及び気孔部分を抽出し、細孔径分布を求めた（図2）。細孔径は、画像処理した孔の長径と短径の平均値とした。

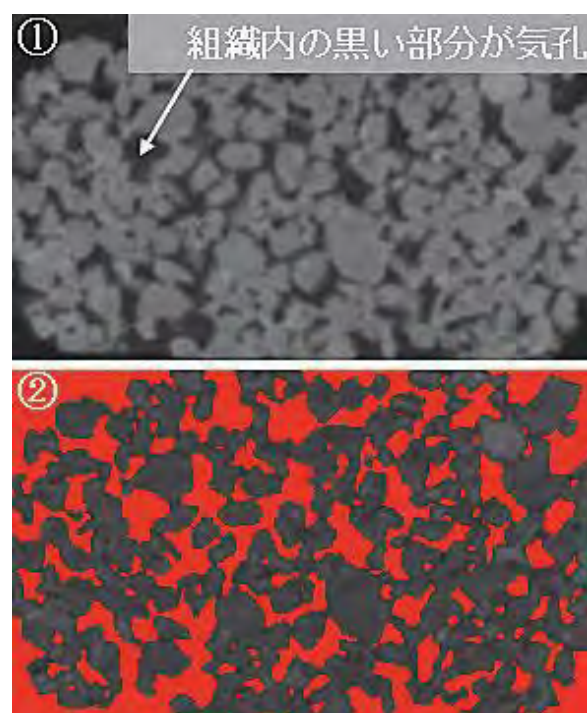


図 2 X線断層撮影画像(①)とImageJで最適化した画像(②)

表2 主原料の粒径と配合割合

|      | 中心粒径<br>( $\mu\text{m}$ ) | 配合  |     |     |    |     |
|------|---------------------------|-----|-----|-----|----|-----|
|      |                           | ①   | ②   | ③   | ④  | ⑤   |
| シリカA | 6.63                      | 100 |     |     |    |     |
| シリカB | 7.46                      |     | 100 |     |    |     |
| シリカC | 3.18                      |     |     | 100 |    |     |
| シリカD | 18.2                      |     |     |     | 50 |     |
| シリカE | 0.60                      |     |     |     | 50 | 100 |

## 2.2 多孔質素材の熱的特性と軽量性について

高温域（1300℃程度）で製作可能な多孔質素材として、耐熱衝撃特性が期待されるシリカ系原料を用いた素材を作製し、一般的な耐熱素材であるペタライト系素材と諸物性値を比較することで、耐熱調理器具への適応の可能性を検討した。

### 2.2.1 多孔質素材の作製及び評価

表2に示す異なる粒子径の溶融シリカ原料（デンカ㈱製）に3.5mass%のメチルセルロースと約30mass%の水を加え、袋内でそれぞれ混合・混練した。この坯土を石膏ボード上に置き、高さ10mmの亚克力製スペーサー2本を介して、押し棒も用いて坯土を10mmの厚さに引き延ばし、たたら成形した。各成形体を自然乾燥し、電気炉で昇温速度100℃/hで1280℃まで昇温し、1280℃で1h保持による酸化焼成を行った。各焼成体は、幅約7mm、厚み約5mmに切り出し、アルキメデス法により嵩密度と開気孔率を測定した。また同供試体についてスパン20mm、クロスヘッドスピード0.5mm/minの条件で曲げ強度を測定した。焼成体の一部を用いて、直火用(高耐熱)における熱衝撃強さ350℃以上(JIS S2400)にて、耐熱衝撃試験を行った。また比較用として、市販の耐熱調理器具の素地部分(ペタライト系)についても上記同様の測定及び試験を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 多孔質素材の透水係数と保水量及び気孔径の関係について

珪砂で作製した多孔質素材の粒子径に対する透水係数及び中央細孔径の関係を図3に示す。横軸の粒子径については、基準をD<sub>50</sub>とし、D<sub>10</sub>

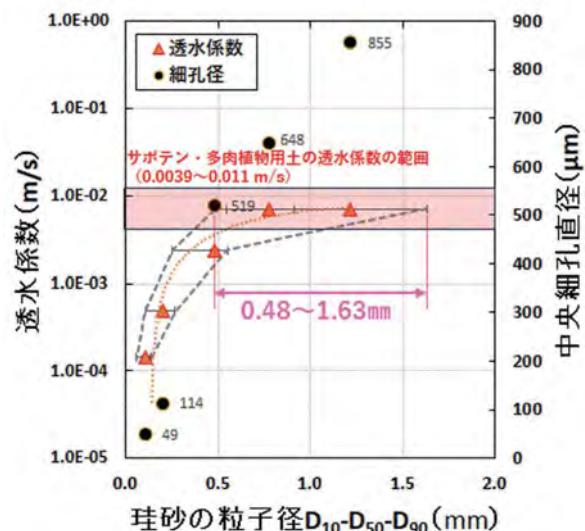


図3 粒子径と透水係数及び細孔径の関係

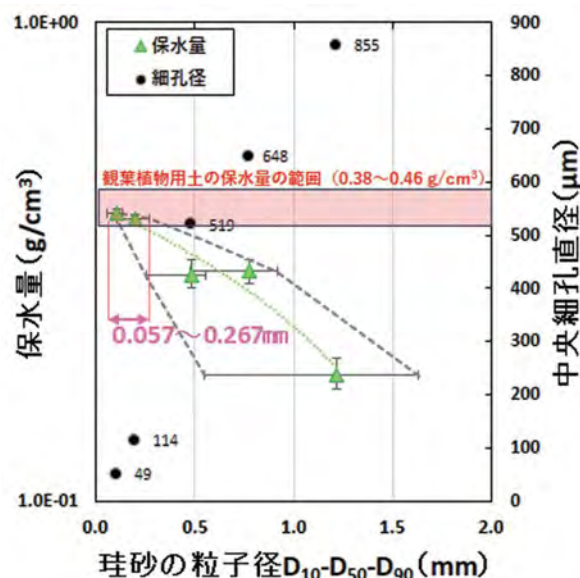


図4 粒子径と保水量及び細孔径の関係

及びD<sub>90</sub>の範囲をそれぞれ示した。粒子径が大きくなるに従い、細孔径も増大し、透水係数も指数関数的な増加が見られた。これは、粗大粒子のほうが、微小粒子よりも粒子同士で形成する空隙が大きくなるため細孔径が増大し、また細孔径が増大するにつれて、水が通過する空間が広がるため、透水係数も増加することが示唆される。

次に、市販の土と多孔質素材の透水係数を比較した。サボテン・多肉植物用土の透水係数範囲は0.0039~0.011m/sであった。この範囲に相当する珪砂の粒子径D<sub>50</sub>は、3号珪砂と4号珪砂のみであることから、3号珪砂及び4号珪砂を合わせた粒子径範囲である0.48~1.63mmにおいて、サ

ポテン・多肉植物用土と同じ透水係数を有する多孔質素材を作製できることが示された。図4に、珪砂で作製した多孔質素材の粒子径に対する保水量及び中央細孔径の関係を示す。粒子径が小さくなるに従い、細孔径は減少し、保水量は増加した。これは、透水係数の場合とは相反し、微小粒子のほうに粒子間で形成する空隙が狭くなったためと考えられる。この気孔は、水の表面張力の影響が強く働くことで、気孔内の水の流動性が低下し、気孔内に残存する水分量が増加したものと考えられる。

次に、市販の土と多孔質素材の保水量を比較した。観葉植物用土の保水量の範囲は  $0.38 \sim 0.46 \text{ g/cm}^3$  であった。この範囲に相当する珪砂の粒子径  $D_{50}$  は、6号珪砂と7号珪砂のみであることから、6号珪砂及び7号珪砂を合わせた粒子径範囲である  $0.057 \sim 0.267 \text{ mm}$  において観葉植物用土と同じ保水量を有する多孔質素材を作製できることが示された。

以上のことから、市販の植物用土と同等の水分制御機能を有する植栽鉢の設計には、骨材の粒子径と細孔径を調整することによって制御可能であることが明らかとなった。骨材の粒子径を  $0.48 \sim 1.63 \text{ mm}$  の範囲にすることで細孔径が約  $648 \sim 855 \mu\text{m}$  (図3) に制御できるようになり、この細孔径の範囲によって透水に寄与した多孔質素材を作製できる。

一方、骨材の粒子径を  $0.057 \sim 0.267 \text{ mm}$  の範囲にすることで細孔径が約  $50 \sim 110 \mu\text{m}$  (図4) に制御できるようになり、保水性の高い多孔質素材を作製できる。

### 3.2 多孔質素材の熱的特性と軽量性及び強度について

シリカ系素材及び市販品（ペタライト系素地）の開気孔率と嵩密度及び曲げ強度の関係を図5に示す。シリカ系素材において、開気孔率が増加するにつれて、嵩密度と曲げ強度は減少傾向を示した。開気孔率が約30%のシリカ系素材は、ペタライト系素材と比べ、気孔量が多いにもかかわらず、高い強度値を示した。また、嵩密度は、シリカ系素材のほうが、より低い値を示し、軽量性にも優れていた。耐熱衝撃強さは、シリカ系素材及び市販品（ペタライト系）どち

らも試験温度差  $350^\circ\text{C}$  の基準を満たし、耐熱衝撃特性を有する素材であることを確認した。

以上のことから、耐熱調理器具に適応可能な、耐熱衝撃特性と軽量性且つ高強度な多孔質素材の製造条件を明らかにした。

### 3.3 応用例の紹介

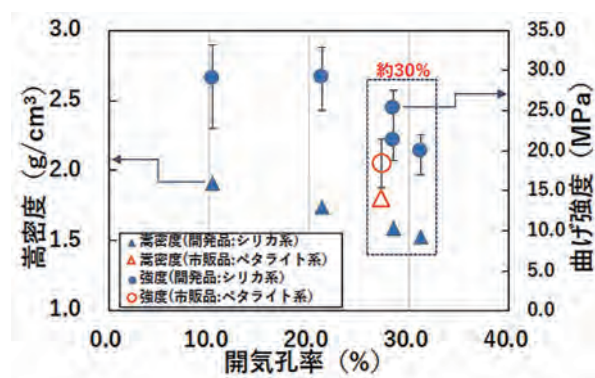


図5 開発品及び市販品の諸物性値の比較



図6 試作事例（上段：(左)サボテン・多肉植物向け (右)観葉植物向け 下段：直火用耐熱調理器具）

本研究で確立した多孔質素材の製造条件に基づき、水分制御機能（透水性・保水性）を有する植栽鉢と、軽量性を有した耐熱調理器具をそれぞれ試作した（図6）。植栽鉢については、サボテン・多肉植物向けの透水性を付与できるものと観葉植物のような保水性を付与できるものを作り分け、実際に植栽することで、10か月の期間において植物の生育に問題ないことを確認できた。また、耐熱調理器具については、直火で破損することなく調理できることを確認した。

#### 4. まとめ

本研究では、陶磁器産地の製造条件に適したプロセスによる素材開発を行い、次の知見が得られた。

- (1)低温域（900℃程度）においては、原料に非可塑性の無機素材である珪砂を用い、ガラスでおこし状に焼き固めた多孔質素材を開発した。本素材は、粒子間で形成される気孔の大きさの違いによって、透水性や保水性といった水分制御機能を付与することができた。また、原料粒子径及び細孔径のコントロールにより、市販の各種植物用土と同等の機能を有する植栽鉢を作り分けることができた。
- (2)高温域（1300℃程度）においては、シリカ系素材を用いて検討したところ、直火用耐熱製品に求められる耐熱衝撃強さ 350℃の基準を満たすことが分かった。また、同素材に約 30% 気孔を導入した場合、一般的な耐熱素材であるペタライト系素材よりも高強度且つ軽量となることが示された。

#### 文 献

- 1) 浦郷寛康、高松宏行、秋月俊彦、陶磁器関連製造技術を活用した多孔質素材の開発（その2）長崎県窯業技術センター研究報告、No.70,6～11（2022）.

—経常研究—

## 陶磁器と異業種とのコラボレーションによる 商品開発の研究(その2)

戦略・デザイン科 桐山 有司、久田松 学、中尾 杏理

長崎県立大学経営学科准教授 大田 謙一郎

### 要 約

食器が各家庭に行き渡り需要が減少している中、食器単体による差別化が困難となっている現状においては、企業間コラボレーションも含めた新たな顧客、市場の獲得が求められている。本研究は、陶磁器関連企業が異業種とのコラボレーションによる商品開発によって、両者の顧客、市場を共有することにより新たな販路開拓を目的としている。今年度は、昨年度に実施した長崎県立大学とのネット調査の結果から、陶磁器製品と特徴や性質が近い異素材とのコラボレーションと異なる異素材とのコラボレーションを開発アイテムとして、ターゲットと同等の被験者に対してグループインタビュー形式の調査を実施した。5名程度の6つのグループ合計28名に対して、グループ毎に、陶磁器製品の購入状況やコラボレーション商品、ギフトについて等、購入の可否や価格、要望等について自由に会話してもらい、その内容をもとに絞り込んだアイテムとして陶磁器と性質や特徴が近い異素材とのケーススタディとして宝飾品を選び、三川内焼の窯元と永田宝石店とともに、三川内焼の伝統的な技法を活用したコイン型ネックレスを試作開発した。

キーワード：デザイン、インタビュー調査、陶磁器製品、ギフト、異業種コラボ、商品開発

### 1. はじめに

#### 1.1 コロナ禍における消費の変化

総務省の令和3年の情報通信白書には、新型コロナウイルスの感染防止のため、3密の回避、身体的距離の確保、外出自粛や営業時間の短縮等、日常生活や経済活動に大きな制約が生じている中、スマートフォンを活用したオンラインによる商品等の注文・購入可能な「巣ごもり消費」が増加しており、ネットショッピングを利用する世帯の割合は、2020年3月から急増し、二人以上の世帯の約半数以上が利用する状況が続いている。eコマースにおいても、自らが開設したウェブサイトを通じて自ら企画・生産した商品を消費者に対して直接販売するD2C(Direct to Consumer)

の動きが加速しており、このような消費行動の変化は、単なる一過性のものではなく、今後の産業構造が大きく変化することに繋がる可能性がある<sup>1)</sup>と述べられている。

また、異業種間コラボレーションについて、柴田らは、日本マーケティング学会のワーキングペーパーにて、2010年代以降、他社と差別化を図るために積極的に自社と異なる業種の企業と提携し、新たな顧客層の獲得、脱コモディティ化、パブリシティ効果を期待して、企業間コラボレーションが増加していったと述べられている<sup>2)</sup>。

#### 1.2 陶磁器業界の現状

このような中、陶磁器業界においても、ECモールへの商品の出展や自社のネットショップ

開設等、一部の企業は既にネットビジネスに参入して自社の商品を販売しているが、主戦場となっている企業は多くはない。また、異業種とのコラボレーションについても、陶磁器が部材の一部となっているものや版権元のキャラクターを施した商品等、製造元、販売元へ提供している場合が多く、コラボ先と相互に売場や顧客を共有している事例はほとんど見かけない。陶磁器の和飲食器市場の出荷額や需要が減少している状況においては、新たな市場と顧客の獲得が喫緊の課題となっている。

本研究は、陶磁器業界の販路開拓のため、異業種とのコラボレーションによる商品開発を行い、両者の顧客と売場を共有することにより、市場開拓を図ることを目的に、陶磁器と特徴や性質が近い異素材と、異なる異素材の2つのケーススタディについて製品化に取り組む。

## 2. 方 法

### 2.1 陶磁器の購入および陶磁器と異素材とのコラボ商品に関するインタビュー調査

昨年度は、長崎県立大学の大田謙一郎准教授と共同研究を結び、インターネットのモニター調査を委託し、回答者の属性、陶磁器製品の購入状況、購入動機、購入目的、ギフトの状況、ギフトの理由、コラボ商品の購入、今後購入したい陶磁器製品等について調査を行った<sup>3)</sup>。昨年度の調査結果において、陶磁器と異素材とのコラボレーションとして好ましいとされた異素材の中から、コラボ先企業や相互販売等も可能と想定される異素材について検討を行い、陶磁器と特徴や性質が近い異素材については、宝飾品（アクセサリ）類をケーススタディとして選び、異なる異素材については、雑貨類を選んだ。

今年度は、日頃から陶磁器製品に興味があり購入経験がある被験者（女性）を対象に、陶磁器と特徴や性質が近い異素材と、異なる異素材の2種類のコラボ商品開発を目的に、陶磁器製品

と組み合わせる素材やアイテムの可否、要望等を把握するために、それぞれ5名程度の6グループ、28名に対して、グループインタビュー調査を行った。属性（被験者の年代）、陶磁器製品のポジティブなイメージ、ネガティブなイメージ、陶磁器製品の購入について、頻度、目的（理由）、主な購入者、購入先、購入額、購入歴等の質問について各自順番に自由に回答してもらった。次に、陶磁器と異素材とのコラボレーション商品について、昨年度の調査の際に使用した4種類の既存の商品画像を見せ、同種のコラボ商品の購入の有無、購入目的（自分用なのか家族や友人等へのギフトなのか）をこちらも各自順番に自由に回答してもらった。次に、陶磁器と特徴や性質が近い異素材とのコラボ商品として選んだ宝飾品（アクセサリ）類、異なる異素材とのコラボ商品として選んだ雑貨類について、11種類の陶磁器と組み合わせた製品のイメージ画像をそれぞれ作成して、購入の可否、その理由、購入可能な金額について自由に回答してもらった。

### 2.2 陶磁器と特徴や性質が近いコラボ商品の開発

陶磁器と特徴や性質が近い異素材とのコラボ商品のケーススタディとして選んだ宝飾品類の中から、比較的に価格帯が高価なジュエリーを想定し、ジュエリーと価格帯やターゲットが近い陶磁器として三川内焼を選び、三川内焼の窯元数社と佐世保市の永田宝石店と共同でコラボ商品の開発を実施した。陶磁器製の宝飾品を開発するため勉強会を複数回開催して、開発するアイテム等について検討を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 陶磁器の購入および陶磁器と異素材とのコラボ商品に関するインタビュー調査

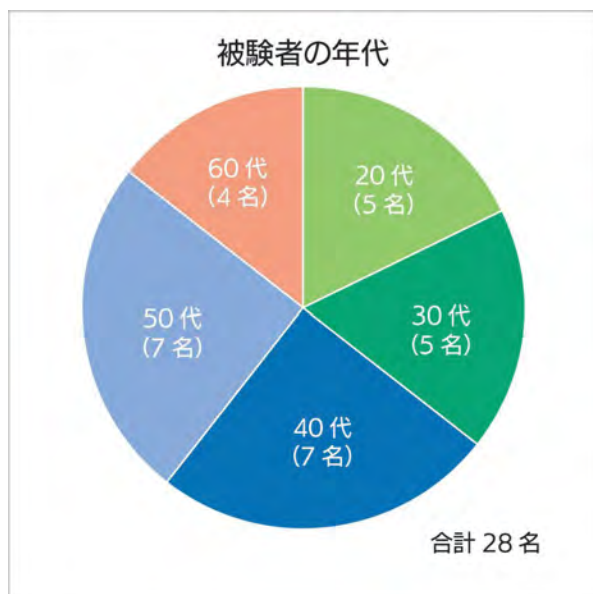


図1 被験者の年代毎の人数割合

グループインタビューには、日頃から陶磁器製品に興味があり購入経験がある合計28名の被験者(女性)に参加してもらった。年代の内訳は、20代が5名、30代が5名、40代が7名、50代が7名、60代が4名だった(図1)。同じ職場の年代もそれぞれ様々な6つのグループに対して、グループ毎にインタビューを行った。

陶磁器のイメージについては、ポジティブなイメージの主な回答は、「オシャレ」「カワイイ」が8件、「美味しく見える」が5件、「高級感がある」が4件、「きれい」が3件、「カラフル」「白い」が2件、「使いやすい」が1件、その他の意見として「生活が豊かになる」「大切に使いたくなる」等があった。ネガティブなイメージの回答は、「割れる」が11件、「重い」が10件と多く、「高価な」が3件、その他「デリケートなイメージ」等の意見があった。陶磁器のイメージについては、食器に対するイメージが多かったが、ポジティブなイメージについては、「オシャレ」「カワイイ」等の形容表現や「カラフル」「白い」等の外観の色味に関するイメージが多い中、「生活が豊かになる」「大切に使いたくなる」等価値や心情を表現した回答もあった。ネガティブなイメージは、陶磁器のデメリットとされる「割れる」「重い」が多くあげられた。「高級感」

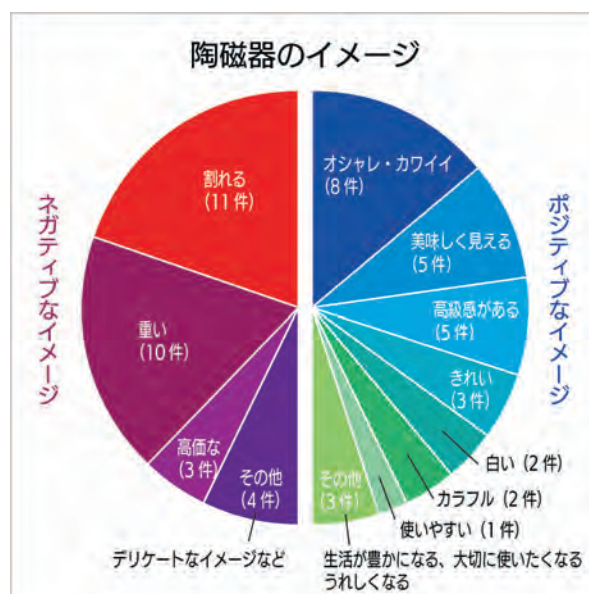


図2 陶磁器のポジティブおよびネガティブなイメージ

「高価な」はポジティブ、ネガティブなイメージの両方の意見としてあげられていた(図2)。陶磁器の購入については、主たる購入者は、「自分」が24件、「家族」が7件だった。購入の頻度については、「普段からよく買う」が6名、「たまに買う」が10名、「買ったことがある」が12名だった。年間の平均購入回数は、「年1回位」が12名、「年2回位」が10名、「年3回以上」が6名だった。上記の「普段からよく買う」「年3回以上」は同一の回答者だった。購入する理由については、「割れた時」が7件、「お店で気に入った時」が18件、「ネットで気に入った時」が2件、「誰かのプレゼントとして」が8件、その他の意見として「陶器祭等のイベントの時」「お土産として」等の意見があった。主な購入先については、「専門店、雑貨店等のお店」が15件、「陶器祭等のイベント」が10件、「ネット」が2件、「旅行先」が1件だった。現状は、まだまだ店舗の購入が多い状況だが、購入する理由の「ネットで気に入った時」、購入先の「ネット」はどちらも20代の回答者と、若年層はネット購入の傾向が伺えた(図3)。また、1回あたりの購入金額については、「1,000～2,000円」が6件、「2,000～3,000円」が9件、「5,000～10,000円」が9件、「10,000円～」が4件だった。購入金額の内訳は、

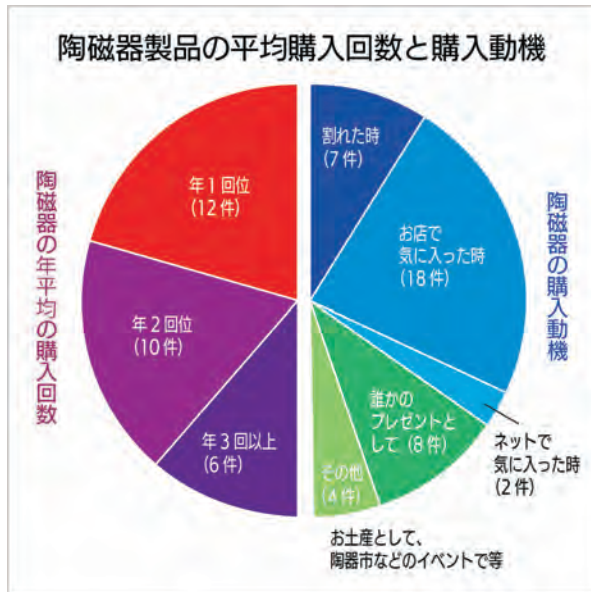


図3 陶磁器製品の年間平均購入回数と購入動機

複数の商品をまとめて買った金額の場合や、高額な商品を1点購入する場合等、購入する商品によって様々だった(図4)。普段使いの商品は、ある程度価格も購入の可否に関わるとの回答だったが、気に入った商品については、価格は購入の可否に関係しないとの回答も得た。また、これ迄に購入経験がある陶磁器製品の回答については、「食器」が28件、「アクセサリ」が10件、「インテリア用品」が6件、「オブジェ」が4件、「キッチン用品」が4件、「バス・トイレ用品」「文具・卓上用品」、「ガーデン用品」が各1件だった。これ迄の購入歴は「食器」が最も多いが、20代～40代においては、「アクセサリ」を購入したと回答された方も多かった。

次に、陶磁器製品と異素材製品とのコラボについての質問を行った。最初に昨年度の調査時にも使用した既存のコラボ商品の画像を事例に、「食べ物等の容器」「陶磁器製のボタン類」「ピアス等のアクセサリ」「キャラクター商品」の4点の画像を見てもらい、これらに類似する商品について、これ迄に購入経験があるか、また、購入した際の目的等について質問した。この中の「食べ物等の容器」および「キャラクター商品」は、1.2にて述べたように、販売元等へ提供しているケースが多い商品の組み合わせとなって

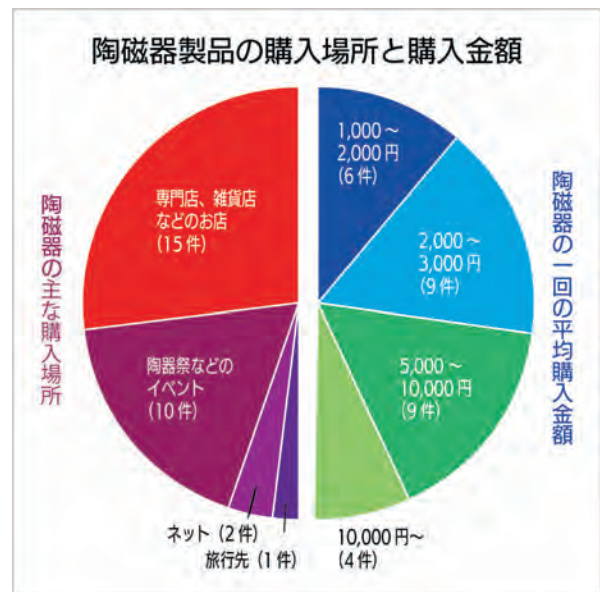


図4 陶磁器製品の主な購入場所と1回あたりの購入金額

いる。これらの回答については、「食べ物等の容器」が5件、「ピアス等のアクセサリ」が5件、「キャラクター商品」が3件、「陶磁器製のボタン類」が0件となっており、購入したことがないが12件だった。購入の目的については、「自分用」が5件、「家族や友人へのプレゼントとして」が8件だった。陶磁器製品の購入については、食器単体としての購入が主体となっており、まだまだコラボ商品の購入は少ないのが現状だが、「自分用」や「家族や友人用」として装飾品の「アクセサリ」を購入した事例や、「家族や友人へのプレゼント」として「食べ物等の容器」や「キャラクター」とのコラボ商品を購入した事例も見られた。今回の研究は、前述したように、相互の売場において展開が可能と想定される素材や企業と、陶磁器製品と異素材とのコラボ商品を開発し、両社の売場と顧客を共有することにより、新たな市場と顧客を獲得することを目的に行っている。そのため、コラボ商品に関する設問は、陶磁器製品と特徴や性質に近い異素材、異なる異素材として選んだ、宝飾品類、雑貨類についても、今後開発するコラボ商品のアイテムやニーズのヒントを得るため、陶磁器と宝飾品類、雑貨類を組み合わせたイメージ画像を作成して、実際にあったらほしいかほしくないか、その理由

| 画像名            | A              | B            | C         | D            | E                   | F              |
|----------------|----------------|--------------|-----------|--------------|---------------------|----------------|
| アイテムイメージ       | 陶磁器製のネックレス     | 陶磁器製のイヤリング   | 陶磁器製のブローチ | 陶磁器製の宝飾箱     | 陶磁器製ボタンの藤製トート       | 陶磁器製ボタンの布製ポーチ  |
| あったらほしい        | 16件 (59%)      | 7件 (26%)     | 3件 (11%)  | 14件 (52%)    | 20件 (74%)           | 12件 (44%)      |
| どちらでもない        | 10件 (37%)      | 16件 (59%)    | 21件 (78%) | 11件 (41%)    | 7件 (26%)            | 13件 (48%)      |
| ほしくない          | 1件 (4%)        | 4件 (15%)     | 3件 (11%)  | 2件 (7%)      | 0件 (0%)             | 2件 (7%)        |
| 主な意見           | 「きれい」「デザインが良い」 | 「重そう」「落としそう」 | 「重いイメージ」  | 「プレゼントに良さそう」 | 「カワイイ」「ツウウェイ等で使えそう」 | 「好きなブランドならほしい」 |
| 購入価格 (～1,000円) | 0件             | 0件           | 0件        | 0件           | 0件                  | 0件             |
| 購入価格 (～2,000円) | 6件             | 1件           | 0件        | 0件           | 5件                  | 5件             |
| 購入価格 (～3,000円) | 3件             | 1件           | 2件        | 7件           | 4件                  | 4件             |
| 購入価格 (3,000円～) | 6件             | 7件           | 2件        | 3件           | 0件                  | 0件             |

| 画像名            | G              | H                 | I                  | J                 | K                 |
|----------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| アイテムイメージ       | タイル状の陶磁器の布製の巾着 | タイル状の陶磁器のタブレットカバー | タイル状の陶磁器のシステム手帳カバー | タイル状の陶磁器の段ボールボックス | 幾何学模様の段ボールの陶磁器製花瓶 |
| あったらほしい        | 6件 (22%)       | 15件 (56%)         | 10件 (37%)          | 3件 (11%)          | 19件 (70%)         |
| どちらでもない        | 19件 (70%)      | 10件 (37%)         | 14件 (52%)          | 24件 (89%)         | 7件 (26%)          |
| ほしくない          | 2件 (7%)        | 2件 (7%)           | 3件 (11%)           | 0件 (0%)           | 1件 (4%)           |
| 主な意見           | 「重そう」          | 「鞆にしまうから有り」       | 「面白い」「重そう」         | 「予備のピースを貼り替えられたい」 | 「面白い」「いろんなパターン」   |
| 購入価格 (～1,000円) | 0件             | 0件                | 0件                 | 0件                | 1件                |
| 購入価格 (～2,000円) | 0件             | 0件                | 5件                 | 0件                | 9件                |
| 購入価格 (～3,000円) | 3件             | 7件                | 4件                 | 3件                | 3件                |
| 購入価格 (3,000円～) | 0件             | 3件                | 0件                 | 0件                | 0件                |

表1 インタビューに使用したイメージ画像に対する回答結果

や、購入してもよいと思う価格帯等を回答してもらった(表1)。

**画像A**は、陶磁器製のネックレスをイメージした画像を提示した。あったらほしいが16件(59%)とかなり高評価を得た。主な意見として「デザインが良い」「きれい」等が得られた。価格帯は、～2,000円と3,000円～が6件と意見が分かれた。**画像B**は、陶磁器製のイヤリングをイメージした画像を提示した。どちらでもないが16件(59%)だった。主な意見は「重そう」「落としそう」等が見られた。価格帯は3,000円～が7件と一番多かった。**画像C**は、陶磁器製のブローチをイメージした画像を提示した。どちらでもないが21件(78%)だった。こちらの評価も「重いイメージ」との意見があった。**画像D**は、陶磁器製の宝飾箱をイメージした画像を提示した。あったらほしいは14件(52%)だった。主な意見は「プレゼントに良さそう」等が得られた。価格帯は～3,000円が7件と一番多かった。**画像E**は、籐製のトートバッグに陶磁器製のボタンを施したイメージの画像を提示した。あったらほしいは20件(74%)だった。こちらでも高評価を得、「カワイイ」「ツウウェイ等に使えそう」等の意見が得られた。価格帯は～2,000円が5件と一番多かった。**画像F**は、布製の

ポーチに陶磁器製のボタンとブランドロゴのプレートを施したイメージの画像を提示した。どちらでもないが13件(48%)だった。これについては「好きなブランドならほしい」の意見があり、ブランドロゴを配したことによってブランドイメージが先行したことが結果に影響したと思われる。価格帯は～2,000円が5件と一番多かった。**画像G**は、布製の巾着に、2cm四方のタイル状のカラフルな陶磁器を何列かに並べたイメージの画像を提示した。どちらでもないが19件(70%)だった。色の組合せや割れにくさ、フレキシブルさをイメージしていたが、主な意見として「重そう」等の意見があった。**画像H**は、タブレットカバーに同様のカラフルなタイルを施したイメージの画像を提示した。あったらほしいが15件(56%)だった。同じ素材を使用したイメージだが、こちらは「鞆にしまうから有り」等の意見が得られた。価格帯は～3,000円が7件と一番多かった。**画像I**も、同様にカラフルなタイルをシステム手帳の片面に施したイメージの画像を提示した。どちらでもないが14件(52%)だった。「面白い」等の意見もあったが、こちらでも「重そう」という意見が見られた。価格帯は～2,000円が5件と一番多かった。**画像J**は、段ボール製の収納ボックスの全面部分に同じく

カラフルなタイルを施したイメージの画像を提示した。どちらでもないが24件(89%)だった。ほしいという評価の件数は低かったが、「予備のピースを貼り替えられたら面白い」等の意見が得られた。価格帯は～2,000円が5件と一番多かった。画像Kは、陶磁器製の花瓶と幾何学的な折り目が入った段ボールを組み合わせたイメージの画像を提示した。あったらほしいが19件(70%)だった。こちらは「色んなパターンが考えられそう」「面白い」等の意見が得られた。価格帯は～2,000円が9件と一番多かった。

これらの調査から、陶磁器と宝飾品類、雑貨類とのコラボ商品については概ねプラスの評価が得られ、アイデア、要望等も得られた。前段の質問の中にも、陶磁器製品には「割れる」「重い」等のネガティブなイメージがあったが、コラボ商品のイメージ画像も同様の意見が見られた。陶磁器と組み合わせるため「割れる」「重い」等のリスクを軽減して、陶磁器のポジティブなイメージを活かして、商品の付加価値として提案できるコラボ商品を開発する必要がある。

### 3.2 陶磁器と特徴や性質に近いコラボ商品の開発

3.1のインタビュー調査において、陶磁器製品と特徴や性質に近い異素材とのケーススタディとして選んだ宝飾品類とのコラボ商品イメージのうち、最も好評を得たのが画像Aの陶磁器製のネックレスだった。宝飾品のアイテムについては、永田宝石店からも、指輪等はサイズがあり、またピアス等は性別によって対象が偏るため、性別や年齢、サイズ等、ターゲットを広範囲に設定するためには、ネックレス等が良いとの意見もあり、参加企業の三川内焼の窯元、永田宝石店と検討し、開発アイテムをネックレスと設定して開発を実施した。今回参加する三川内焼の窯元は、繊細な染付による絵付けや、菊花飾細工や置き上げ、透かし彫り等、それぞれ得意とする高度な技法を有している。これらの技法を用いて、各社の特徴

を活かした高品質のジュエリーを製作することにより、これ迄にない新たな宝飾品を開発することとした。開発するネックレスについては、陶磁器をそのままトップの部分に使用した場合に、破損等のおそれがあることから、一定の人氣があり形式や男女問わず着用されていて、定形のフレームがあるコインネックレスをベースとして検討を行った。コインネックレスは、素材、サイズ、チェーンの長さ等様々あり、金貨等をモチーフにデザインされていて、重さを基準に大きさが設定されているものが多い。今回は、「メイプルリーフ金貨」を参考にして陶磁器製のトップ部分を製作した。金貨の大きさは、1オンス(直径約30mm)、1/2オンス(直径約25mm)、1/4オンス(直径約20mm)、1/10オンス(直径約16mm)、1/20オンス(直径約14mm)の大きさがあり、(図5)本研究では、1/2オンスと1/4オンスの2種類のサイズを試作した。簡易的に捨て型を製作して、2種類の生地を作り、その生地には各窯元が絵付けや細工を施し、本焼成した製品を試作した。試作した製品の中から3種類の試作品を選び、2サイズのコイン型用のフレーム、チェーン等を着け、永田宝石店の2店舗の得意客各25名合計50名に試作製品のテストマーケティングを行った。

(図6)設問は、三川内焼について、また3種類の

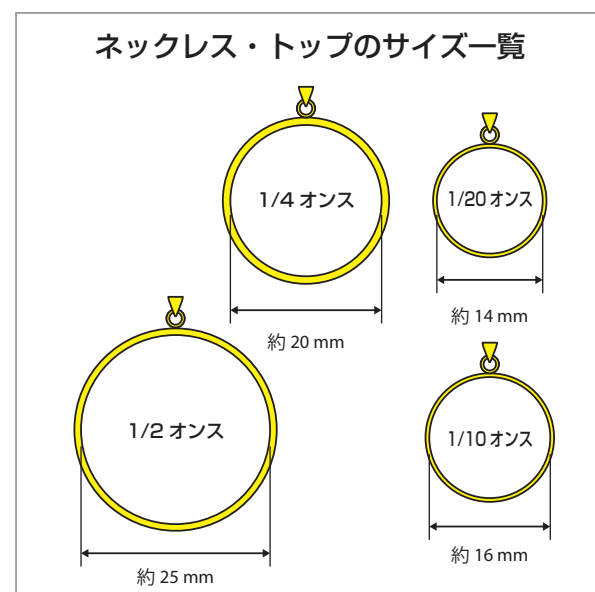


図5 ネックレス・トップのサイズ例一覧

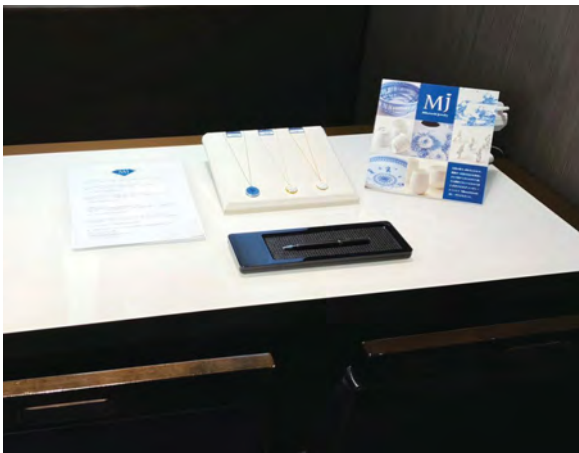


図 6 テストマーケティング（於：永田宝石店）

試作品について、購入したいか、どのネックレスがほしいか、いくらなら購入したいか等、実際に試作品を手にとって評価してもらった。今回、三川内焼の地元である佐世保市と長崎市の2カ所の店舗にてテストマーケティングを行ったが、三川内焼の認知度、好みのデザインについては、両市の回答の傾向が異なっていた。購入したい価格については、試作品に15万円との価格を提示してアンケートに回答してもらったが、33名から具体的な回答があり、10万円程度が13名（39%）、7～8万円程度が10名（30%）との回答を得た。価格については、想定していた価格はやや高いとのことだが、要望された価格に近く、これらの価格をベースに、実際の価格を決定する。また、その他の意見としては「サイズが大きい」「少し重く感じる」等の意見もあった。今回は、絵付けや細工等を施すことや、技術を表現したいとの要件から現状の2サイズに決め試作を行ったが、前述の意見から1/4オンス及び1/10オンス、1/20オンス相当の大きさの陶板を試作し、デザイン、加飾を含め再検討を行った。今後は、修正したサイズのネックレスを製作して、テストマーケティングを経て、永田宝石店および各窯元にて商品化の上、販売を開始する予定である。

#### 4. まとめ

陶磁器と異業種とのコラボ商品の開発を目的に研究を行い、以下の結果を得た。

- (1) 陶磁器製品のポジティブなイメージは、「オシャレ」「カワイイ」等の形容表現や「白い」「カラフル」等の色味のイメージが多い中、「生活が豊かになる」「大切に使いたくなる」等価値や心情を表現した回答もあった。ネガティブなイメージは、「割れる」「重い」が多く、「高級感」「高価な」は、両方の意見があった。
- (2) 陶磁器の購入理由は、「お店やネットで気に入った時」が最も多く、「プレゼントとして」、「割れた時」等の意見があった。購入先は「専門店、雑貨店等」が最も多く、購入理由・購入先の「ネット」はどちらも20代だった。1回あたりの購入金額は、「2,000～3,000円」、「5,000～10,000円」が最も多く、気に入った商品なら、価格は関係ないとの回答も得た。これ迄の購入は「食器」が最も多く、20代～40代は「アクセサリ」との回答も多かった。
- (3) コラボ商品の購入歴は、「自分用」「家族や友人用」として「アクセサリ」を購入した事例や、「家族や友人へのプレゼント」として購入した事例も見られた。
- (4) コラボ商品のイメージについては、特徴や性質が近い異素材の宝飾品類は、ネックレスが比較的高い評価を得たが、ピアス等は「重そう」等の意見があった。特徴や性質が異なる異素材の雑貨類は、布類とのコラボのトートバッグやタブレットカバー、紙類とのコラボの花瓶等が比較的高い評価が高かった。
- (5) インタビュー調査等の結果から、今年度は陶磁器と特徴や性質が近い異素材の三川内焼と宝飾品類とのコラボに取り組み、アイテムとして選んだコインネックレスのサイズの検討後、各窯元が加飾・技法を施し、永田宝石店にてテストマーケティングを行い、結果をもとに試作品のサイズ等を修正した。

## 参考文献

- 1) 総務省.“令和3年 情報通信白書 第1部  
特集 デジタルで支える暮らしと経済 第2章  
コロナ禍で加速するデジタル化”.  
[https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/  
whitepaper/ja/r03/html/nd120000.html](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/nd120000.html).  
参照 2024-08-08.
- 2) 柴田 典子, 傳田 有彩. 日本マーケティング  
学会ワーキングペーパー Vol.6 No.2 “異  
業種間コラボレーション店舗に対する消費者  
の評価 ―評価基準の探索と心理的特性に  
よる差異に関する研究―”. 2019-11-08.  
[https://www.j-mac.or.jp/wp/dtl.php?wp\\_  
id=83](https://www.j-mac.or.jp/wp/dtl.php?wp_id=83). 参照 2024-08-08.
- 3) 桐山有司, 陶磁器と異素材とのコラボレー  
ションによる商品開発の研究(その1), 長崎  
県窯業技術センター研究報告 No.70, 18(2022)

## 陶磁器分野におけるAI、IoT活用技術の開発(その2)

陶磁器科 稲尾恭敬、吉田英樹、山口英次

### 要 約

焼成炉内温度分布のリアルタイム可視化技術を確立するため、本研究では0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉の上段、中段、下段で各5点ずつ、計15点にR型及びK型熱電対を配置し、接続したラズベリーパイ及びデータロガーにて多点温度データのリアルタイム可視化とデータ蓄積を行うことができた。また蓄積した多点温度データは遠隔にてパソコンやスマートフォンでリアルタイムに閲覧できることを確認した。

キーワード：ガス焼成炉、温度センサー、熱電対、ラズベリーパイ、データロガー、リアルタイム可視化

### 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>において、0.1m<sup>3</sup>ガス焼成炉内の上段、中段、下段の3点温度分布およびCO濃度のリアルタイム可視化システムを構築した。

今年度は、温度分布のリアルタイム可視化システムのスケールアップを図るため、当センターが保有する0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉に対して15点同時に温度分布測定可能なシステムの構築を試みた。

### 2. 実験方法

温度測定対象として強制バーナー2本を有する0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉（炉内寸法：幅850mm、高さ700mm、奥行き850mm）を選定し、図1の丸数字部分の温度を取得できるように窯積みしながら熱電対を配置し、ラズベリーパイ及びデータロガーに接続した。

上、中、下段の中心（図1中③、⑧、⑬、以下丸数字は図1中の配置場所を示す）にR型熱電対を配置し、それ以外の12カ所にはK型熱電対を配置した。データロガー（グラフテック製GL200A）には前記R型熱電対3本とK型熱電対6本（①、②、④、⑤、⑥、⑨）を接続し、2台のラズベリーパイにはK型熱電対を3本ずつ（No.1：⑦、⑩、⑮ No.2：⑪、⑫、⑭）、計6本を接続した。

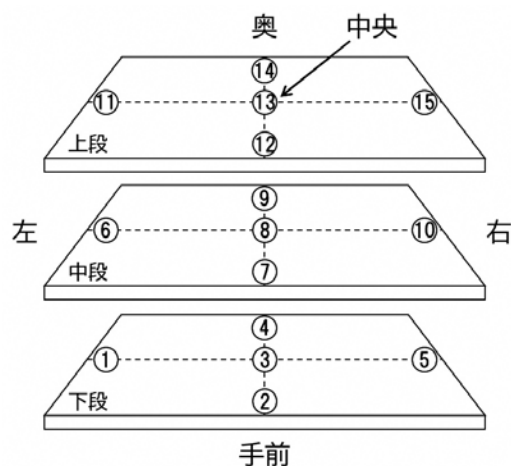


図1 熱電対の配置図

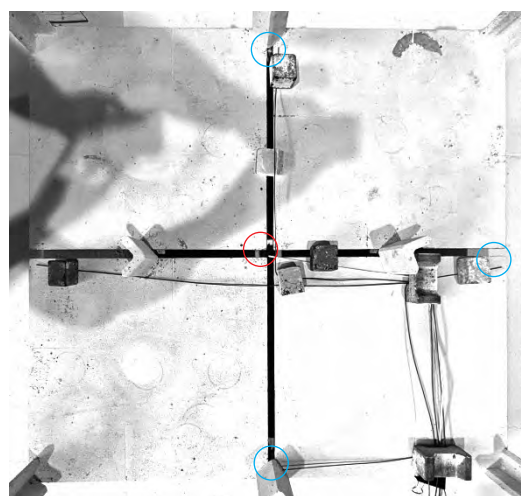


図2 熱電対の配線例（上方から撮影）  
（○はK型、○はR型の配置場所を示す）

図2に熱電対を実際に配置した様子(上方から撮影)を示す。焼成物の配置に極力影響を与えないように考慮しながら、手前と奥、及び左右にK型熱電対を配置し、中心にはR型熱電対を配置した。

窯積みを完了した様子を図3に示す。今回は焼成品のダミーとして碗形状の焼成体と5寸皿の焼成体を配置した。1段目(下段)は碗25個と熱電対を配置し、2～3段目は碗28個、4段目(中段)は碗25個と熱電対、5段目は碗28個、6～7段目は5寸皿20枚、8段目(上段)は5寸皿17枚と熱電対をそれぞれ配置した。

図4にセッティングを完了した測定機材の全体像を示す。データロガーはネットワークに直接接続できなかったため、図中に示すようにデータロガーの温度表示画面をノートPCに接続したwebカメラで映像入力した。

図5は、図4のセッティングのうちラズベリーパイ2台及びwebページ確認用ノートPCを示す。ラズベリーパイには、ブレッドボードを介して

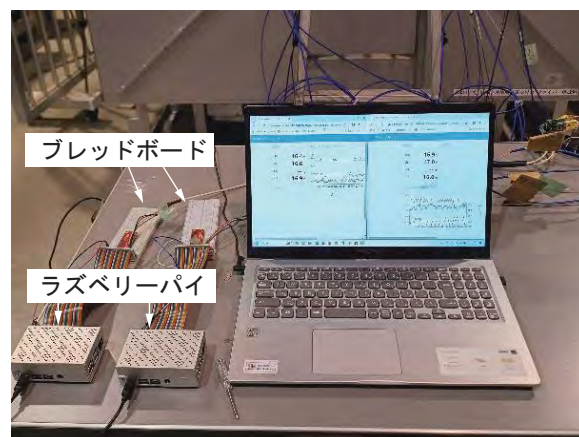


図5 ラズベリーパイとモニタリング用PC部分

熱電対を接続した。各種データは、PCやタブレットなどのwebブラウザからラズベリーパイ上のNode-REDで生成したwebページにアクセスすることで、リアルタイムに取得データを閲覧できるか確認した。

以上のようなセッティングのもとで、SK10(1300℃)還元焼成で温度計測試験を実施した。

### 3. 結果と考察

各配置場所で示された最高温度の比較を図6に示す。最も高くなった場所は中段の中央⑧と奥⑨、最も低くなった場所は上段奥⑭であった。従来、焼成炉の中心は燃焼炎から最も遠く、また周囲を製品で囲まれているため一般的に最も低くなると考えられているが、今回の試験ではそれに反する結果となった。

図6中の赤枠で囲った配置場所の温度データ(⑦、⑩、⑪、⑫、⑭、⑮)はラズベリーパイ+K型熱電対で取得したもので、1258～1278℃

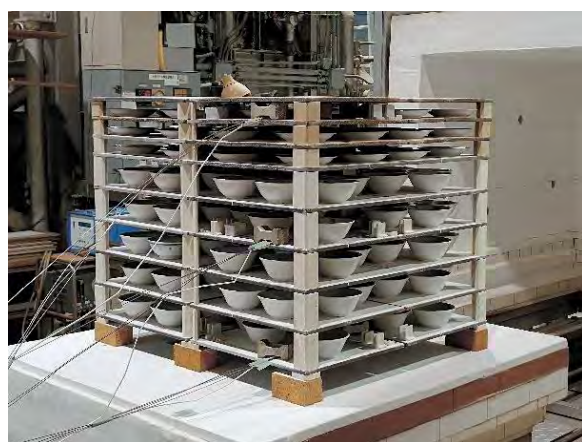


図3 窯積みの様子



図4 測定機材セッティングの様子(全体)

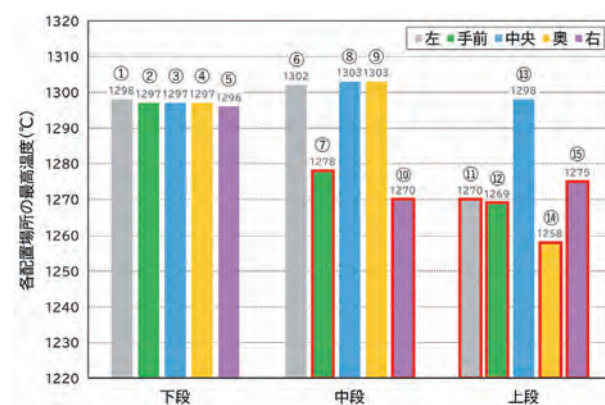


図6 各配置場所の最高温度の比較  
(赤枠はラズベリーパイで取得したデータ)

と軒並み1280℃を下回る結果であった。一方、上中下段の中央部に配置したデータロガー+R型熱電対(③、⑧、⑬)は1297~1303℃、データロガー+K型熱電対(①、②、④、⑤、⑥、⑨)は1296~1303℃の範囲で、ラズベリーパイとデータロガーでは得られた温度データに明らかな差異が認められた。

図7にデータロガー及びラズベリーパイで取得した温度グラフの一例を示す。データロガーで取得した温度グラフはなめらかな温度変化を示しているのに対し、ラズベリーパイの温度グラフには段差や細かい上下動などが記録されており、データロガーのデータとは明らかに異なる挙動が認められる。この原因は現段階では不明であるが、ラズベリーパイ本体と熱電対モジュールは、図5に示すようにブレッドボードと呼ばれる容易に端子を抜き差し可能な基板を介して簡易的に接続していることから、接続端子がむき出し状態となっている。そのため、端子部分の接触不良や電氣的ノイズなどが入り込んだ可能性が考えられる。

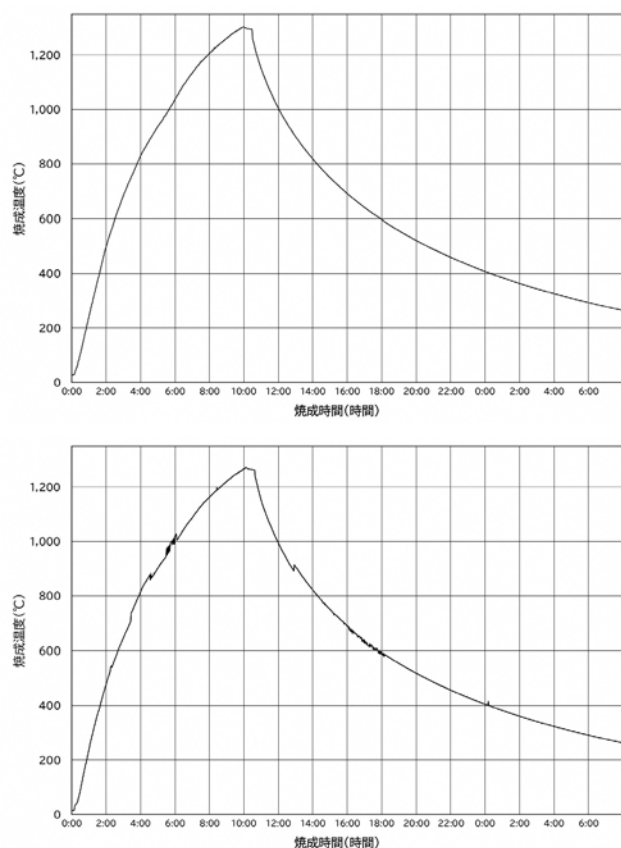


図7 取得した温度グラフ  
(上：データロガー⑨、下：ラズベリーパイ⑩)

今後継続的に温度試験していく中で、ラズベリーパイの接続端子の改善やR型、K型の配置場所変更などを行いながら、測定機材の特性差の影響についても検討したい。

以上、ラズベリーパイの取得データに不確定要素はあるものの、ラズベリーパイで取得したデータは、PCやタブレットなどのwebブラウザからラズベリーパイ上のNode-REDで生成したwebページにアクセスすることで、リアルタイムに取得データを閲覧できた。また、データロガーとwebカメラを組み合わせることによりリアルタイムで多チャンネルの温度を監視することができ、窯の上段、中段、下段に対して炉内温度分布の15点同時リアルタイム可視化システムを構築できた。本システムを用いて窯の多点温度分布データが収集できれば、製品の積み方の最適化や製品品質の安定化に役立つことが期待できる。

今後、産地企業が所有する量産用ガス焼成炉への適用も引き続き検討を進めたい。

#### 4. まとめ

本研究では、0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉の上段、中段、下段にK型及びR型熱電対を合計15カ所に設置し、SK10還元焼成を行った結果、以下の知見を得た。

(1) 各熱電対配置場所で作された最高温度を比較した結果、最も高くなった場所は中段の中央と奥、最も低くなった場所は上段奥であった。

(2) 各測定機材で得られた温度データを比較した結果、ラズベリーパイはデータロガーに比べて20℃ほど低い温度を示した。

(3) データロガーとラズベリーパイでそれぞれ取得した温度グラフを比較したところ、ラズベリーパイの温度グラフには段差や細かい上下動など、データロガーのデータとは明らかに異なる挙動が認められた。これはラズベリーパイと熱電対の接続に用いたブレッドボードや熱電対モジュールの特性が影響していることが考えられる。

(4) ラズベリーパイの取得データに不確定要素はあるものの、0.5m<sup>3</sup>ガス焼成炉内の上段、中段、下段の温度分布を15点同時にリアルタイムで可視化できるシステムを構築することができた。

今後は、接続端子の改善などを行いながら、測定機材の特性差の影響についても検討したい。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、IoT支援キットをご提供頂いた福岡県工業技術センター各位、IoT支援キットの操作方法及び温度センサー接続用の回路作成に御協力頂いた長崎県工業技術センター各位に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 稲尾恭敬、吉田英樹、長崎県窯業技術センター研究報告、No.70、20-23（2022）

長崎県窯業技術センター 令和 5 年度 研究報告（第 71 号）

令和7年（2025年）1月発行

発行所

長崎県窯業技術センター

〒859-3726 長崎県東彼杵郡波佐見町稗木場郷 605-2

発行者 小田口 裕之

TEL (0956) 85-3140

FAX (0956) 85-6872

URL <https://www.pref.nagasaki.jp/yogyo/>

※許可なく転載・転用を禁ず

---

**Published by**

Ceramic Research Center of Nagasaki (**CRCN**)

605-2 Hiekoba-go, Hasami-cho, Higashisonogi-gun, Nagasaki

859-3726, Japan

**PHONE** (0956) 85-3140

**F A X** (0956) 85-6872

**U R L** <https://www.pref.nagasaki.jp/yogyo/>

※Copyright Ceramic Research Center of Nagasaki All Right Reserved.

---

印刷所 : (有)タイセイ印刷

