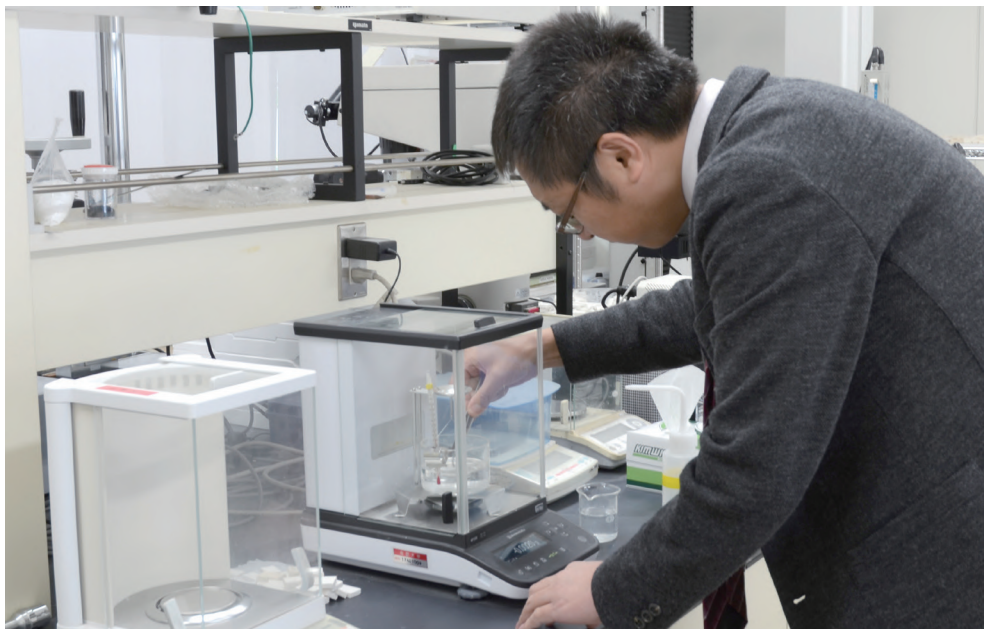




国立大学法人 佐賀大学  
学内共同教育研究施設



肥前セラミック  
研究センター

活動報告書



令和元年度版

## 目次

|   |    |
|---|----|
| これまでの取り組み                                   | 1  |
| 令和元年度活動報告                                   | 13 |
| 1. 研究組織                                     | 14 |
| 1.1 組織                                      |    |
| 1.2 構成員                                     |    |
| 2. 研究成果                                     | 16 |
| 2.1 研究成果概要                                  |    |
| 2.2 研究実績                                    |    |
| 2.2.1 研究課題名と共同研究相手                          |    |
| 2.2.2 研究概要                                  |    |
| 2.2.3 論文                                    |    |
| 2.2.4 著書、解説                                 |    |
| 2.2.5 学会、会議における発表                           |    |
| 3. 人材育成                                     | 65 |
| 3.1 講演会・シンポジウム                              |    |
| 3.2 学生教育活動                                  |    |
| 3.2.1 概要                                    |    |
| 3.2.2 実施活動                                  |    |
| 3.2.3 肥前セラミック研究センターの研究に関連して<br>教育した学生と研究テーマ |    |
| 4. 地域協働                                     | 73 |
| 4.1 情報発信                                    |    |
| 4.2 地域行事等出店協働等                              |    |
| 5. 国際交流                                     | 74 |
| 6. 会議等                                      | 76 |



佐賀大学  
肥前セラミック研究センター

これまでの取り組み

## 有田町における地域貢献活動

焼き物産地有田の景観作りに対する寄与と共に、肥前セラミック研究センターの研究・教育活動の紹介のために、佐賀大学有田キャンパス正面玄関前の道路脇200mにガラスのショーケースによる成果物を展示しています。



ショーケース配置図





## 国際的陶磁器研究・教育のネットワーク形成

SPACE-ARITAの留学生教育支援による欧州でのプロダクトデザイン教育のネットワーク形成は、留学期間後の留学生のヨーロッパにおける成果発表が評価されるなどで着実に進展しています。



"SPACE-ARITA"プログラムの留学生  
Ms. Shaakira Jassat  
(Design Academy Eindhoven,  
Netherlands) が有田で制作した作品  
『Local is Lekker』が  
デジタル版ミラノデザインウィークに  
出展しました！

## 国際的陶磁器研究・教育のネットワーク形成

SPACE-ARITAの留学生教育支援による欧州でのプロダクトデザイン教育のネットワーク形成は、留学期間後の留学生のヨーロッパにおける成果発表が評価されるなどで着実に進展しています。

今年度前期 SPACE-ARITA programに参加した、ドイツのBurg Giebichenstein University of Art and Design Halle からの留学生 Lotte が、消費財ビジネスにおける世界最大級の国際見本市 Ambiente (Messe Frankfurt) のtalentes部門に有田キャンパスで制作した作品等を出品し、German Design Council においても800人のうちの60人に選出されました。

SPACE-ARITA program の留学生  
Ms. Lotte Schlör  
(BURG/Halle, Germany) が  
有田で制作した作品 "fitted space"が  
Ambiente と German Design Council  
で受賞しました！

**fitted space** Share



**Product Facts**

|                              |                    |                             |                    |
|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| Project name<br>fitted space | Award year<br>2019 | designed as<br>Seminar work |                    |
| Length<br>21 CM              | Width<br>15 CM     | Height<br>14 CM             | Weight<br>1.152 KG |

**Designer**



Lotte Schlör, Germany  
Burg Giebichenstein Kunsthochschule  
Halle, Germany  
Year of graduation: 2020  
[Website](#)

**Description**

fitted space is inspired by the Japanese « Futamono », a bowl with a lid used for soups and rice dishes. The lid keeps heat and flavours inside the bowl. I redesigned the Futamono by cutting two parallel sides on the bowl. With this intervention, the fitted space loses its bulky round shape and can now be better stored in small flats, houses, and kitchens. Valuable in space-saving Japanese homes! Lastly, when turned around, the lid becomes a plate, while the bowl serves as a cover.

**Images**





## 新素材を用いた造形表現研究

佐賀県窯業技術センターが開発した焼成無収縮磁器素材を用いて教員、留学生、研究生、大学院生、学部生などそれぞれのポジションから応用研究の成果を出しています。



大物排泥鑄込み成型による成果物  
(田中右紀)



異素材と磁器の融合表現  
(田中右紀)



圧力鑄込み製品と排泥鑄込みパーツの  
焼成後再焼成接着実験作品  
(留学生 / マリアック)

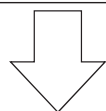


排泥鑄込みによる薄いパーツの集合による  
造形表現 (学部3年 / 丹沢小雪)

# アルミナ強化磁器の強化メカニズムの解明と焼成変形抑制

磁器の共通技術課題である、強度のさらなる向上と焼成時の変形抑制について、肥前陶磁器の原材料である天草磁器土をベースとした原料での実現に向けて、H30年度より、赤津教授、新ヶ江非常勤研究員、郝（Hao）非常勤研究員が協力し、佐賀県窯業技術センターとの共同研究（一部、TOTO㈱との共同研究）を推進しています。本研究の成果は、国際学会（The 13<sup>th</sup> Pacific Rim Conference of Ceramic Societies、The 11<sup>th</sup> Asian Ceramic Materials Symposium）や国内学会（（公社）日本セラミックス協会年会・秋季シンポジウム、（一社）日本機械学会年会）で発信するとともに、Journal of the Ceramic Society of Japan、International Journal of Applied Ceramic Technology等の学術誌で数報の論文として発表しています。

- ① Prestress説による強化の検証
- ② Prestress以外の強化メカニズムの解明
- ③ タルク添加による焼成変形抑制メカニズムの解明
- ④ ペタライト添加による焼成変形抑制の実現

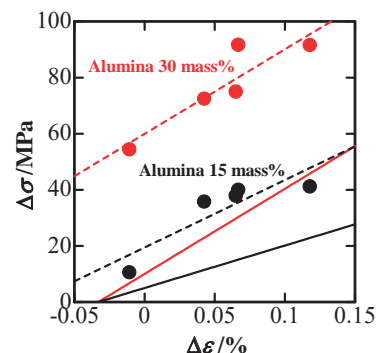


最終目標・将来性

- ・ 強化メカニズムの基づいた材料設計による新規強化磁器の開発
- ・ 焼成後の形状の精度が高い強化磁器の開発と生産性向上
- ・ 超薄肉、超軽量、シャープな形状などこれまでできなかった磁器デザインの実現化
- ・ 磁器の新規用途開拓

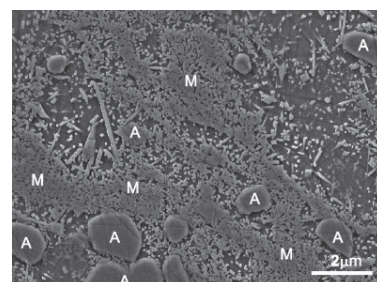
用語集

アルミナ強化磁器：アルミナ（酸化アルミニウム、 $Al_2O_3$ ）を磁器に添加すると強度が飛躍的に大きくなることは、1946年のAustinらの研究（C. R. Austin et al., J. Am. Ceram. Soc., 29, 341-354 (1946)）で報告されていますが、なぜ高強度化するのか？については諸説混沌としていました。



アルミナ強化磁器におけるPrestress（実線）と強度向上（プロット）の関係

→冷却中での石英粒子周囲のマイクロクラック発生がアルミナ添加によって抑制されることがPrestress以外の強度向上の原因であることを明らかにしました。



焼成変形が小さなペタライト添加アルミナ強化磁器の微細構造

→Li+ドーブで適正化されたガラス相の量と高温での粘性、および蛙目粘土添加で促進されたムライト化（上図中の“M”）

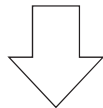
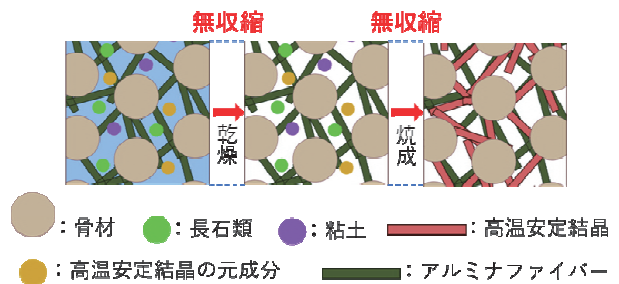


# 革新的セラミックス成形法の開発と応用

有田焼や衛生陶器の鋳込み成形における問題点（①乾燥収縮・焼成収縮、②厚みや形状制限、③コストパフォーマンス）を解決するために、H30年度より、一ノ瀬教授、矢田教授、成田准教授、磯野助教が協力して、①自硬性鋳込み成形、②乾燥無収縮鋳込み成形、③有機物／陶磁器ハイブリッド材料を開発しています。本研究の一部は（株）香蘭社との共同研究に発展し、R2年度中に知財を取得し、製品化を目指しています。R2より(公社)日本セラミックス協会での学会発表を始め、論文化します。

- ① 石膏型を用いない金型やシリコン型による成形が可能
- ② 従来の鋳込み成形の全工程で0.2%以下の超低収縮率を達成
- ③ 有機物と陶磁器の複合化による機械的特性の向上

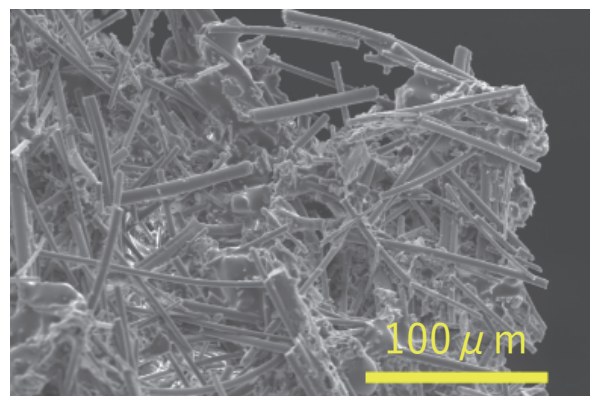
陶磁器の組織制御により  
収縮率1%以下（従来は十数%）の  
超低収縮率を達成



最終目標・将来性

- ・ 形状無制限の革新的成形法
- ・ 石膏型を用いない新成形方法
- ・ 従来より10倍寸法精度に優れた新規セラミックス製造法
- ・ デジタル技術との融合による世界的セラミック製造技術
- ・ 陶磁器の新用途創出

陶磁器とアルミナファイバーの複合化  
↓  
超低収縮率化



用語集

従来の有田焼や衛生陶器は「鋳込み成形」という石膏型の吸水を利用した成形法により製造されていますが、必ず製造工程で十数%の収縮が生じるために、収縮による亀裂発生による歩留まりの悪さや低寸法精度となり、金属やプラスチックと比べた際の欠点となっていました。

# 陶磁器の原料、上絵具、釉薬の新しい分析技術の開発

## ー ラマン分光法及びシンクロトロン光分析の応用 ー

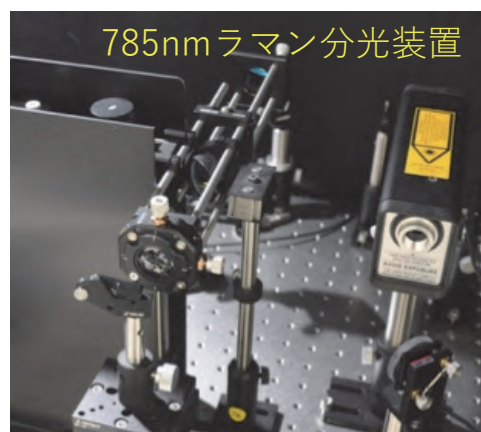
有田焼などの陶磁器の原料や上絵具、陶磁器表面を覆うガラス質の釉薬などを対象に、ラマン分光法(海野教授)とシンクロトロン光(田端名誉教授)を利用した非破壊分析法の開発に取り組んできた。本研究は、佐賀県立窯業技術センター、佐賀県立九州陶磁文化館、有田町歴史民俗資料館の協力をえて取り組んでいます。陶磁器原料や上絵具の分析・同定、釉薬の焼成状態に鋭敏な現象の発見に成功しています。釉薬の新規分析技術に関しては関連する基礎及び応用研究を進めると同時に、その成果をまとめた論文を執筆中です。

532、785、1064 nm励起

ラマン分光装置の開発と陶磁器への応用

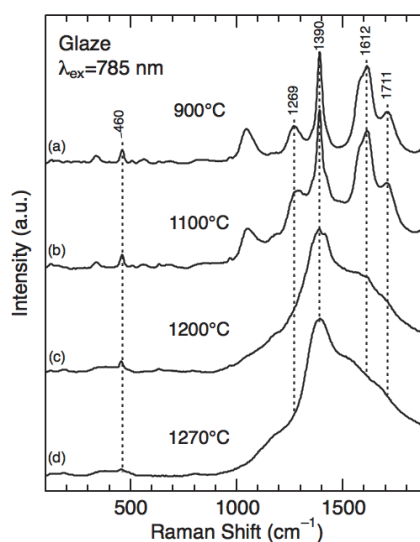
- ① 陶磁器原料や上絵具のラマン測定  
：原料成分の分析・特定
- ② 釉薬に由来する発光の発見：  
産地や焼成温度の分析・特定

- ・ 陶磁器の釉薬に由来する発光を785nm励起で観測
- ・ この発光バンドの形状から釉薬の焼成温度を非破壊でモニター可能



最終目標・将来性

- ・ 陶磁器の原料や素地、上絵具、下絵具（呉須）、釉薬の新規分析法の開発
- ・ 古陶磁器の産地・年代決定
- ・ 陶磁器の新規品質評価法の開発とセラミックス産業への応用



用語集

物質に光を照射した際に観測される散乱光には入射光とは異なったエネルギーの光が含まれており、ラマン散乱とよばれています。入射光とラマン散乱光のエネルギー差は物質に固有の振動エネルギーに相当し、物質の非破壊での同定などが可能になります。



# 伝統的な有田陶磁器に電磁気学効果を取り入れた 機能的陶磁器材料・製品の開発と応用

伝統的な有田陶磁器に、電磁気学的効果を取り入れることで、耐久性、機能的を持つ新規の有田陶磁器食器を開発することを目指しています。具体的には、一般的に普及しているIH調理器で使用可能な陶磁器材料を、より安価、高耐久性なものとして改良、新規開発することで、実用的なIH対応有田陶磁器を新製品として開発します。本研究は、三沢助教と中心として、渡教授と赤津教授の協力のもと、佐賀県有田町の業務用食器メーカーである（株）匠との共同研究として実施されています。令和2~3年度中に関連技術の出願および製品化を目指しています。

誘導加熱（IH）調理器  
導電性調理器具をIHで発熱

<特徴>  
①引火の危険が少なく、安全  
②高い加熱効率、早い加熱スピード  
③誰でもどこでも使える容易さ

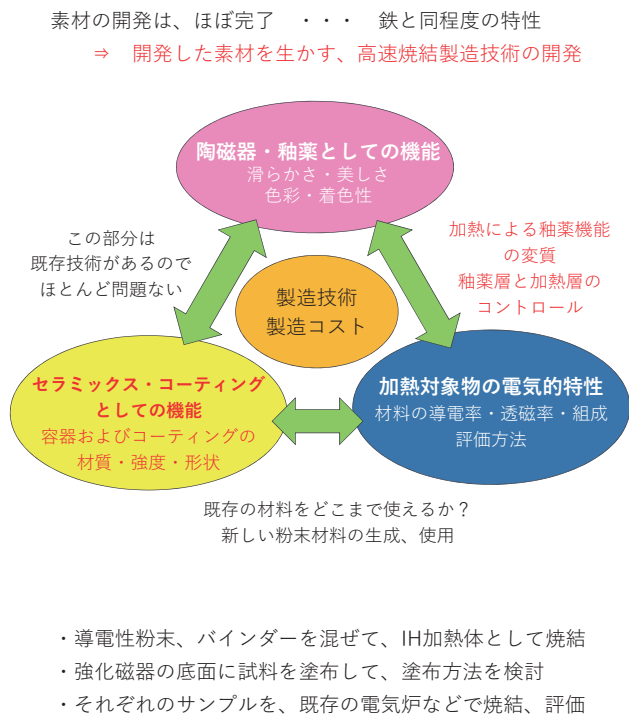
↓

家庭、レストラン、病院

-----

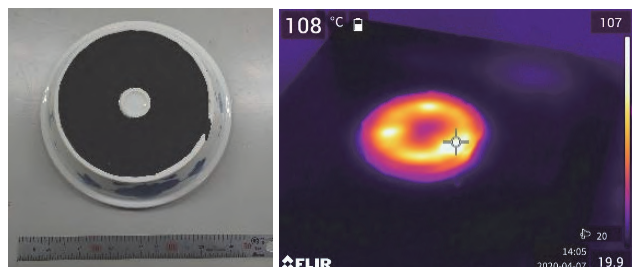
基本的に陶磁器は加熱不可  
鉄系材料（鉄など）、銀厚膜

陶磁器用銀厚膜は低強度のため  
業務用としての使用は難しい



最終目標・将来性

- ・ IH対応可能な陶磁器材料を開発
- ・ 有田磁器を機能的、高付加価値化
- ・ 高耐久性の業務用食器などを開発



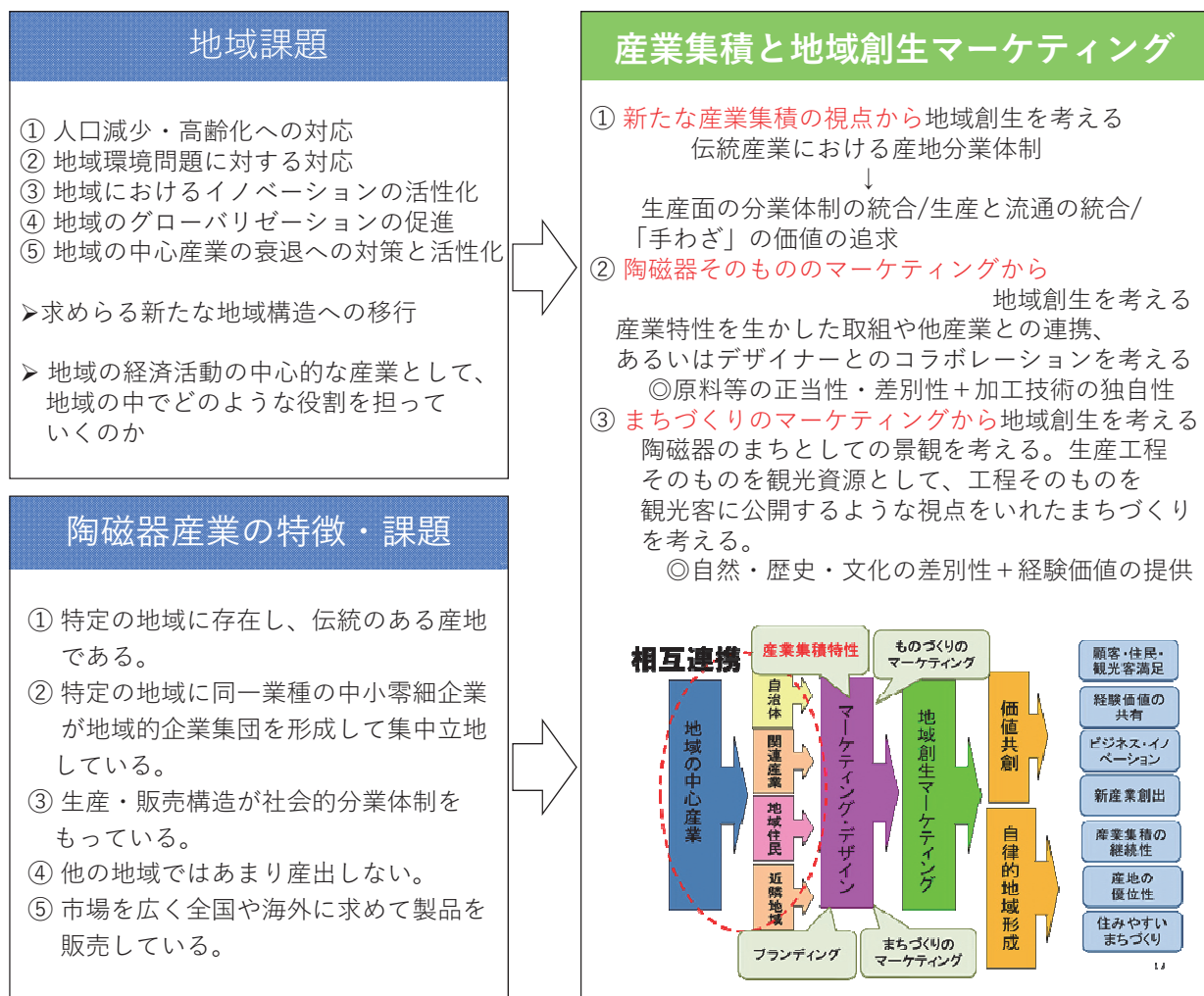
粉末を塗布、焼結したサンプル      IH加熱中の焼結サンプルの温度分布

## 用語集

誘導加熱(IH)対応調理器具：電磁誘導によって導電性容器(鉄鍋など)に電流を流し、容器の自己発熱によって加熱します。  
陶磁器では加熱が不可能の為、導電性材料を複合化することで対応しています。既成品では銀が使われますが、耐久性、価格の点で、業務用への利用が不可能でした。

# 伝統的産業としての陶磁器産業集積課題と地域創生

陶磁器産業は産地や製品のもつ特性によって市場での評価を受ける一方で、その特性に縛られる結果、新たな市場を見出すことが難しい産業でもあります。地域に埋め込まれた制度的条件がブランド力として強い力をもって地域振興を推進するときもあれば、後退することもあります。また地域のなかに埋め込まれた制度的条件が、若者を中心とする消費者層には従来の商品を中心としたものでは受け入れてもらえません。ここに産地としての矛盾が内包されるのです。伝統産業としての「個性」や「価値」を大切にしながら、新しい「個性」や「価値」を伝統産業や地域社会の中に見出していくためのマーケティング論の視点から理論的フレームワークを構築します。



最終目標・将来性

## 陶磁器産業振興と地域活性化・地域創生へ貢献

用語集

「地域創生」とは、地域ごとにより付加価値の高い産業集積や企業・団体、商品・サービスなどを育成することを通じた、雇用の創出、住民の意識向上、地域経済社会の活性化やその魅力向上を担う方策全般を目指します。

# 大学と地域の連携による地域課題解決を目的とした 実践的まちづくり教育法の開発

各地の大学において地域創生やまちづくりをテーマとした新設学部・学科が増加していますが、本分野は新領域であることから地域創生やまちづくりの明確な教育法が確立しているとは言い難いと言えます。また一方では、それぞれの地域では固有の特徴や課題を有することから、学生の学びにはリアルな現場への参画が必要です。本研究では、大学の地域が連携することによって、大学が地域にアウトリーチ的に入り込み、地域住民と活動することによって地域課題の解決に取り組み、そのリアルな取り組みを通して、学生がまちづくりの手法を実践的に学びます。このような教育方法の改善を繰り返しながら、教育方法の開発・発展を試みています。

大学と地域の連携による教育タイプ

## 地域主導

- ① 地域まちづくり活動への大学生の参画  
「有田うちやま百貨店への参画からみた  
ソーシャルキャピタルと地域資源」

## 大学主導

- ② 大学教育の地域展開  
「学生によるまちづくり提案を通して  
みた地域特性・課題の発見」

## 地域・大学協働

- ③ 地域住民と大学生の協働的活動  
「モノづくり実践活動を  
テーマとした教育法」

地域  
主導



地域の行事「うちやま百貨店」に大学生が参画

大学  
主導



大学の教育を出的に地域で実践

地域  
大学  
協働



地域の課題に地域の商工会と大学が連携

最終目標・将来性

- ・ 実践的まちづくり活動を通して  
地域活性化・地域創生へ貢献
- ・ 臨床的なまちづくり活動の経験  
を重ねて教育方法を充実

用語集

アウトリーチ：英語で「手を伸ばす」という意味。元は社会福祉の分野で、助けが必要な人に支援を届けることを目指しました。  
現在では、「積極的に対象者の居る場所に向いて働きかけること」を示し、大学でも、学生が地域に出向き活動することに大きな教育的効果があると指摘されています。





佐賀大学  
肥前セラミック研究センター

令和元年度 活動報告

肥前セラミック研究センター(Ceramic Research Center of Saga University)は、平成29年4月、佐賀大学有田キャンパス内に設置された。

本センターでは、市場調査等の陶磁器産業研究の分析に基づき、有田焼、伊万里焼、唐津焼、波佐見焼などの肥前陶磁の『伝統的技術・工芸』とファインセラミックスの“先進技術”要素を組み合わせた素材開発、やきもの表現活動、プロダクトデザイン研究開発を行い、人材育成及び地域活性化に貢献することを目的とする。

また学内外における異分野教員が横断的に協力し、さらに、佐賀県窯業技術センター、佐賀県立九州陶磁文化館、地元陶磁器関連企業、海外の陶磁器関連大学等との連携により、“やきものイノベーション”の創出を図ることも重要である。

## 1. 研究組織

### 1.1 組織

本センターは、研究分野によって分けられたセラミックサイエンス研究部門、プロダクトデザイン・アート研究部門、およびマネジメント研究部門の3部門体制で運営されており、各部門内では密接に情報交換を行いながら研究を推進している。

#### 【プロダクトデザイン・アート研究部門】

セラミックサイエンス研究部門の研究に基づき、これまで困難だった造形や参入の薄い分野にセラミックの可能性を開拓し、焼き物での美術表現の領域を広げることやプロダクトの領域で他分野でのセラミックの利用などの付加価値をデザインすると共に、マネジメント部門と協働し芸術的思考やデザイン力で有田の街にアイデアを投げかけ、街の活性に焼き物を中心に何ができるかを考えていく。

また、ヨーロッパやアジアの国々のデザイナーや造形作家、セラミックの研究機関や大学と交流しながら新しいものの考え方を取り入れ、多面的なものづくりやデザインを進め、プロトタイプを生産実験や研究発表などにより産地に貢献する。

#### 【セラミックサイエンス研究部門】

肥前陶磁の原料から製品までを科学的視点から研究する。肥前産業界のニーズ、芸術家やデザイナーやプロダクトアート・デザイン部門のニーズ、マネジメント部門の調査に基づくニーズをもとに、天草陶土や泉山陶土の特性評価と改良、鋳込み成形技術の高度化、焼成過程の解析・制御、新規顔料・釉薬の創製、陶磁器の特性向上、最新の機器分析を用いた陶磁器の構造解析、陶磁器関連素材のリサイクル技術の開発などを目指す。これらの成果を新しい“やきもの”として製品に活かす。

さらに、ニーズに基づく研究だけではなく、新しい陶磁器やファインセラミックス、また、それらの製造技術や応用技術を発信・提案し、肥前地区の持続的な発展に貢献する。

#### 【マネジメント研究部門】

肥前窯業圏では少子高齢化や人口減少の問題に直面しており、陶磁器産業の持続性や地域の活性化にむけた対策が求められている。

マネジメント研究部門は、経済学及びマーケティングの視点から肥前窯業圏の産業構造と市場特性を分析するとともに、陶磁器の生産・流通・消費に関わる様々な業界・団体との異業種交流の結節点としての機能を果たしながら、地域の課題を解決し、地域経済を活性化するためのヒントを探っていく。

また、まちづくりに関しては、従来のマスタープラン型まちづくりから脱却し、小さな点の変化がつながり共鳴しあって起こるネットワーク型まちづくりを目指して、肥前窯業圏の魅力と課題をフィールドワークにより再発見し、肥前地域におけるまちづくり活動に貢献する。



1.2 構 成 員 (2019.4.1～2020.3.31)

センター長: 小坂 智子 教授 併任 芸術地域デザイン学部 博物館学, 美術史

副センター長: 矢田 光徳 教授 併任 理工学部 無機材料科学

|                       | 氏 名        | 役 職                | 専任/併任   | 所 属        | 専 門 分 野                    |
|-----------------------|------------|--------------------|---------|------------|----------------------------|
| プロダクトデザイン・<br>アート研究部門 | 部門長: 田中 右紀 | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 窯芸・造形                      |
|                       | 湯之原 淳      | 講 師                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 窯芸・造形                      |
|                       | 甲斐 広文      | 講 師                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 窯芸・装飾成形                    |
|                       | 三木 悦子      | 講 師                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 陶芸, プロダクトデザイン              |
| セラミックサイエンス研究部門        | 部門長: 矢田 光徳 | 教 授                | 併 任     | 理工学部       | 無機材料科学                     |
|                       | 一ノ瀬 弘道     | 特任教授               | 専 任     | 理工学部       | 無機材料科学                     |
|                       | 赤津 隆       | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | セラミック工学                    |
|                       | 近藤 文義      | 教 授                | 併 任     | 全学教育機構     | 農業農村工学・土壌物理学・地盤工学          |
|                       | 海野 雅司      | 教 授                | 併 任     | 理工学部       | 物理化学・分子分光学                 |
|                       | 川喜田 英孝     | 准教授                | 併 任     | 理工学部       | 分離工学・化学工学                  |
|                       | 成田 貴行      | 准教授                | 併 任     | 理工学部       | 高分子材料・コロイド界面化学             |
|                       | 渡 孝則       | 教 授                | 協力教員    | 理工学部       | 無機材料 (～2019.9)             |
|                       | 根上 武仁      | 講 師                | 協力教員    | 理工学部       | 地盤工学・環境地盤工学                |
|                       | 三沢 達也      | 助 教                | 協力教員    | 理工学部       | プラズマ                       |
|                       | 磯野 健一      | 助 教                | 協力教員    | 理工学部       | 無機材料科学                     |
| HAO DONG              | 非常勤研究員     | 専 任                | 研究機関研究員 | セラミックス     |                            |
| マネジメント研究部門            | 部門長: 西島 博樹 | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 商学                         |
|                       | 有馬 隆文      | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 都市デザイン                     |
|                       | 山口夕妃子      | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 芸術経営・流通論 (マーケティング論)        |
|                       | 山下 宗則      | 教 授                | 併 任     | 芸術地域デザイン学部 | 人文地理学, 地理学 (～2019.9)       |
|                       | 宮崎 卓朗      | 教 授                | 併 任     | 経済学部       | 商学, 経済政策                   |
| 客員研究員                 | 副島 潔       | 佐賀県窯業技術センター事業デザイン課 |         |            | 陶磁器デジタルデザイン                |
|                       | 白石 敦則      | 佐賀県窯業技術センター特別研究員   |         |            | 陶磁器科学                      |
|                       | 蒲地 伸明      | 佐賀県窯業技術センター特別研究員   |         |            | 陶磁器科学                      |
|                       | 浜野 貴晴      | promoduction 代表    |         |            | 陶磁器事業化支援                   |
|                       | 田端 正明      | 佐賀大学名誉教授           |         |            | 分析化学, 溶液化学, 環境化学 (2019.8～) |

事務補佐員: 一瀬 千香子 (～2020.2)

## 2. 研究成果

### 2.1 研究成果概要

#### 【プロダクトデザイン・アート研究部門】

①サイエンス部門で開発された新素材のデザイン面における活用の具体化と、②それらを行う実践を通じた人材の養成により、地域の産業有田焼の活性化に貢献すること。更に、③留学生の交流・教育と海外の焼き物に関する教育・研究機関との交流により、国際的な焼き物の交流ネットワークを形成することを目指した活動を行った。

#### 1) 佐賀県窯業技術センター新技術素材による研究試作

平成30年成果の検証と新展開、・学生・研究生・留学生等のプロトタイプ制作実践

#### 2) 肥前陶磁器産地との協働

陶交会×佐大PROJECT 有田陶交会、佐賀県陶磁器工業協同組合と佐賀大学学生が協働し、制作プロセスの情報交換を行い研究製作2月、九州陶磁文化館で製作研究発表

#### 3) 佐賀大学有田キャンパスストリートギャラリーの設置運用

#### 【セラミックサイエンス研究部門】

#### 1) 完全無収縮陶磁器の開発と応用(重点研究)

##### ・完全無収縮陶磁器原料の開発(矢田、一ノ瀬、蒲地)

アルミナファイバーもしくはアルミナセメントをスラリーに添加することにより、全工程での収縮率を大幅に低下することに成功した。

##### ・有機無機ハイブリッド陶磁器の開発と応用(成田、磯野、矢田、一ノ瀬)

真空法や電解重合法による多孔質陶磁器への有機物の充填に成功したが、充填率に問題がある。

##### ・陶磁器成形技術の開発と応用(一ノ瀬、矢田)

スラリーにアルミナセメントと添加することで石膏型を用いない成形ができることを明らかにした。

#### 2) 陶磁器素材の開発

##### ・新規顔料・釉薬の開発(渡、矢田)

ウレマイト結晶釉に均一に発光性を付与することに成功した。また、シリカ/酸化鉄赤色顔料のシリカコート相の厚みと耐熱性・分散性の関係を明らかにした。

##### ・強化磁器の強化メカニズムの解明と新規強度設計(赤津、HAO)

Prestress以外で強度が向上する原因として、冷却中の石英粒子周囲のマイクロクラック発生がアルミナ添加によって抑制されていること、であることが明らかとなった。

##### ・焼成変形しにくい磁器素地の開発(赤津、HAO)

ペタライト添加によってアルミナ強化磁器の焼成変形が、タルク添加よりも幅広い焼成温度範囲で抑制できることが明らかとなった。

##### ・泉山陶石の有効利用に関する研究(川喜田)

マイクロバブル水が陶石中の硫酸根を高効率に浸出できることが明らかになった。

#### 3) 陶磁器、陶磁器素材、セラミックスの分析

##### ・ラマン分光法による陶磁器釉薬の新規分析技術の開発と古陶磁器への応用(海野)

迷光の影響が無い良質のラマンスペクトルの測定が可能で近赤外785nmラマン分光装置を開発した。また785nm励起の測定では、釉薬に由来する発光が観測されることを明らかにした。

##### ・流れを用いた溶液分散性セラミックス粒子の簡易分析(川喜田)

数学モデルを構築し、粒子の分析だけでなく分離装置として利用できる可能性を見出した。

##### ・泉山粘土と天草粘土の物理・化学性および可塑性の比較検討(近藤)

泉山粘土はNaClによって配向構造から綿毛構造へと変化する挙動を明らかにした。また、泉山粘土には僅かながら膨潤性の粘土鉱物が含まれていると推定した。

#### 4) 高機能セラミックスの開発

- ・コロイド粒子を導入した多孔性膜による粒子や高分子の分離(川喜田)  
数学モデルを作成し、膜+シリカ層が分離に対する影響を明らかにしつつある。
- ・セラミック系電極材料の開発(磯野)  
酸素中で焼成するとCuがより酸化された状態で酸化物が合成され、H29年度は解釈が間違っていたことが確認できた。酸素中で合成しても、CoやFeも若干ながら高電圧部で充放電が起きるが、空気中との大きな差は見られなかった。
- ・高機能多孔質セラミックスの開発(矢田)  
アルミナ/水酸化アルミニウム複合粒子/PTA錯体複合粒子の焼結温度と機械的特性と細孔特性の関係を明らかにした。
- ・佐賀の知的財産を利用した機能材料の開発(矢田)  
PTA溶液を用いて得られたリン酸チタン粒子の中で高分散する粒子を見出し、APTESを結合できたが、かえって分散性が低下した。
- ・環境保全型コンクリートであるジオポリマーの開発(近藤)  
自硬性を有するフィラー材料であるステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマーの強度特性について実験的に明らかにした。
- ・陶磁器廃材・廃素焼き片・廃石膏型枠の有効利用に関する研究(根上)  
作製した低環境負荷型藻礁への海藻の活着が見られ、藻礁としての有効性が確認できた。水中ドローンを導入し、作製した藻礁を設置した周辺の海藻の繁茂状況を調べた。佐世保市の設置場所では、岸壁から2m以内、もしくは満潮時の水深が1m以浅までの範囲で海藻が確認できたが、その範囲を外れると極端に海藻の数は少なかった。
- ・IH(誘導加熱)に対応する有田磁器製の病院・介護施設給食用食器の開発(三沢)  
共同研究先との共同研究契約締結、JST・A-STEP補助金の採択により、実用化に向けた基礎研究を進めた。有田の大型炉を用いて小型の試作品を製作したが、加熱特性については十分ではなく、さらなる検討が必要となった。

#### 【マネジメント研究部門】

##### 1) まちづくり研究(有馬・山下)

まちづくり研究においては、有田町の事例からコミュニティにおけるソーシャル・キャピタルつまり信頼関係、規範、相互扶助、人的ネットワークなどの人と人や組織などとの連携を資本資源として捉え、まちづくりを持続可能な都市形成という視点から構築していくことの重要性を明らかにすることができた。また持続可能な都市形成において居住持続性を表現する新たな指標を提案しており、中山間地域の今後の集落計画への応用が見出すこともできた。

##### 2) 窯業産業構造分析と消費者ニーズ調査に基づくブランディング研究(山口・西島・宮崎)

窯業産業構造分析から近年の傾向として窯業産業従事者の大規模化傾向を指摘することができ、また流通における状況は商社の減少傾向や流通チャネルの変化が小売り構造分析から明らかになった。このような産業構造変化に対して地域活性化の方法としてブランド論の援用を試み、地域ブランドとして地域を捉えることの可能性と課題を指摘した。またこれらの課題はまちづくり研究との連携の重要性も明らかになり、今後実証研究を共同で行うことにより、より地域に則した課題や解決法の提示ができるのではないかと考える。

マネジメント研究部門は、各研究員の専門領域での肥前地区の地域活性化・まちづくり・産産業振興の観点から研究を進めつつ、部門間連携としてマネジメントの重点研究として位置づけられてきた研究を実行できていない。部門間連携として重要であるにも関わらず未実行であった市場調査をR2年度に実行するべく、現在佐賀県庁産業労働部と連携を模索し、実行にむけて協議を進めている。



## 2.2 研究実績

### 2.2.1 研究課題名と共同研究相手

| 教員                |                 | 研究課題                                 | 共同研究相手                             |
|-------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| プロダクトデザイン・アート研究部門 | 田中              | 焼き物による表現活動の指導、地域焼き物産業との連携            | 有田陶交会（佐賀県陶磁器工業協同組合）、佐賀県立九州陶磁文化館    |
|                   | 三木              | 石膏型成型技法研究、地域産業との連携、海外大学とのデザイン交流と人材育成 | 有田陶交会（佐賀県陶磁器工業協同組合）                |
|                   | 湯之原             | 焼き物作家養成、地域焼き物産業との連携                  | 佐賀県陶磁器工業協同組合                       |
|                   | 甲斐              | 伝統技術及び、ろくろ成型指導とやきもの産業人材育成            | 有田陶交会（佐賀県陶磁器工業協同組合）                |
|                   | 田中              | 焼成時無収縮磁器土による成形法開発と造形表現への応用／重点研究      | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 湯之原             | 異素材を用いた新たな磁器表現の研究                    | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 甲斐              | 焼成無収縮陶土の手造り（ロクロ等）による利活用の研究／重点研究      | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 三木              | 新素材と3Dデジタルデザインツールを用いた陶磁器製品開発／重点研究    | 佐賀県窯業技術センター                        |
| セラミックサイエンス研究部門    | 赤津              | 強化磁器の強化メカニズムの解明と新規強度設計               | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 赤津              | 焼成変形しにくい磁器素地の開発                      | 企業1社、佐賀県窯業技術センター                   |
|                   | 海野              | ラマン分光法による古陶磁器および新規開発陶磁器の発色顔料の解析      | 佐賀県立九州陶磁文化館<br>有田町歴史民俗資料館          |
|                   | 川喜田             | 流れを用いた溶液分散性セラミックス粒子の簡易分析             | 企業1社                               |
|                   | 川喜田             | コロイド粒子を導入した多孔性膜による粒子や高分子の分離          |                                    |
|                   | 川喜田             | 泉山陶石の有効利用に関する研究                      | 佐賀県窯業技術センター<br>泉山磁石場組合             |
|                   | 近藤              | 泉山粘土と天草粘土の物理・化学性および可塑性の比較検討          | 佐賀県窯業技術センター<br>長崎県窯業技術センター<br>企業1社 |
|                   | 成田              | 粘弾性流動体中に溶存した気体に関する研究                 | 企業1社                               |
|                   | 矢田              | 酸化物ナノ粒子を用いた新規顔料の開発                   | 佐賀県窯業技術センター<br>企業1社                |
|                   | 矢田              | 高機能多孔質担体の開発                          | 企業1社                               |
|                   | 矢田・一ノ瀬          | 完全無収縮陶磁器の開発／重点研究                     | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 矢田・成田<br>磯野・一ノ瀬 | 有機無機ハイブリッド陶磁器／重点研究                   | 佐賀県窯業技術センター                        |
|                   | 一ノ瀬・矢田          | 佐賀の知的財産を利用した機能材料の開発                  |                                    |

|                | 教員  | 研究課題                               | 共同研究相手                    |
|----------------|-----|------------------------------------|---------------------------|
| セラミックサイエンス研究部門 | 根上  | 磁器廃材粉末を用いた強化セメントの開発                |                           |
|                | 三沢  | IH（誘導加熱）に対応する有田磁器製の病院・介護施設給食用食器の開発 | 企業1社                      |
|                | 渡   | 発光特性を有する機能性釉薬の開発                   |                           |
|                | 一ノ瀬 | 陶磁器成形技術の開発と応用／重点研究                 | 企業1社                      |
|                | 根上  | 陶磁器廃材・廃素焼き片・廃石膏型枠の有効利用に関する研究       | 長崎県窯業技術センター<br>企業2社       |
|                | 磯野  | セラミック系電極材料の開発                      |                           |
| マネジメント研究部門     | 有馬  | まちなか回遊に関する研究                       |                           |
|                | 有馬  | 既成市街地に変化をもたらす都市触媒に関する研究            |                           |
|                | 西島  | 地域商業構造とまちづくりに関する研究                 |                           |
|                | 宮崎  | 地域ブランド研究、地域商業研究                    |                           |
|                | 山口  | 地域ブランディングと人材育成（PBL 教育実践）に関する研究     |                           |
|                | 山口  | 地域創生マーケティングに関する研究                  | 甲南大学                      |
|                | 山下  | 橋渡型ソーシャル・キャピタルの形成                  |                           |
|                | 山下  | スマート・シュリンク時代に適応した地方都市の中心市街地の在り方    | 有田町<br>特定非営利活動法人<br>「灯す屋」 |
| 客員研究員          | 蒲地  | 強化磁器、高精度磁器等の新規機能性陶磁器の開発            |                           |
|                | 白石  | 陶磁器用加飾材料の開発                        |                           |
|                | 副島  | 3D デジタル技術を利用した陶磁器製造技術の高度化          |                           |
|                | 浜野  | 肥前窯業圏における事業化デザインに関する研究             |                           |
|                | 田端  | シンクロトロン光を用いる陶磁器の化学組成と産地推定法の研究      |                           |

# 焼成無収縮磁土の排泥鑄込み成形の実践

プロダクトデザイン・アート研究部門 田中右紀

## 1. はじめに

平成29年3月佐賀県窯業技術センターより発表された、焼成収縮が無く焼成変形が極めて少ない多孔質の陶磁器材料を使い、新たな用途の陶磁器製品の開発を念頭に、その中で美術の表現方法としての陶磁器成形及び加飾実験を行ってきた。新しい陶磁器素材の実践的な可能性について、佐賀大学芸術地域デザイン学部の学生とセンター教員による実践例を挙げる。

## 2. 本焼成後の接合成形

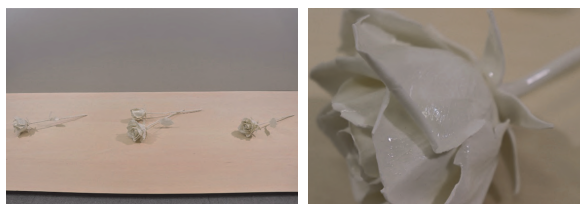
焼成無収縮磁土で排泥鑄込み成形し、乾燥した生地を無釉又は一部施釉して本焼成し作品のパーツを作る。本焼成後のパーツの無釉の部分と同じ磁土の生の泥漿で接合する。接合の要領は、コーヒーカップの取っ手を生の生地同士で接合する要領と同じ。できるだけ物理的荷重を避け再度本焼成する。焼成時無収縮のため、接合部がズレなく焼成接合する。



アイントホーフデザインアカデミー留学生  
Marieke Van Schijndel 作品

## 3. 排泥鑄込み成型による薄作りの造形表現

焼成無収縮磁土で排泥鑄込み成形した生地パーツを、乾燥前の半生の状態で接合造形する。生地が薄いため取り扱いに注意を要するが、半生状態での可塑性は良好である。花の部分と茎の部分に分けて1.275°Cで本焼成した。茎に上向きに付けた葉っぱ等が焼成変形（へたり）により下向きになるなどが見られた。花部と茎部を接合するため、同磁土の生の泥漿をグルーとした。必要以上の焼成変形を避けるため1.230°Cの本焼成で接合。必要な接合部の強度を得た。



芸術地域デザイン学部3年 丹沢 小雪「バラ」

## 4. 大物排泥鑄込みによる造形と加飾

### ①大物排泥鑄込みによる成形

16パーツで構成する（写真1）の石膏型に、高所に置いた泥漿タンクから一定の速さで途切れなく泥漿を注ぐ。泥漿を充填して2時間で凡そ6mmの生地の厚みを得る。汲み取り排泥した後12時間後に型から外し、自然乾燥する。1か月後乾燥した生地の表面の研磨仕上げと水拭きを行い無釉にて1.275°Cで本焼成する。適度な焼成変形（へたり）を伴った直径46cm、高さ68cm造形を得た（写真工）。



（写真1）

（写真工）

### ②乾燥時無収縮磁土の収縮割合

- ・水分率30%の生の生地成形直後の高さ 69.cm
- ・1か月後乾燥した生の生地の高さ 66.4cm
- ・本焼成後の作品の高さ 66.5cm

乾燥収縮95.4%、本焼成時収縮無し（乾燥生地と本焼成後の1mmの違いは、測定位置の誤差と思われる）

### ③本焼成後の加飾—青磁釉

1275°Cで本焼成した多孔質の素地に青白磁釉をスプレーガンにより2mmほど塗布して再度1.275°Cの本焼成を行った。温度帯選択の根拠は、施釉した青白磁の適正に溶ける焼成温度帯を優先した。本焼成後の無釉多孔質白磁の吸水性は、素焼き生地に比較し半分程度に感じ取れた。一部釉薬の厚掛けのため生地と釉薬が剥離し釉はげを生じた部分があるが、生地と釉薬層の境は混然としており、剥離することは考えにくいと思えた。釉表面全体に無数の貫入が現れた。この貫入は加飾として受け入れられる質と感じられる（写真3）（写真4）。特筆すべきは、本来釉薬を片掛け（板形状や見込みのある器物に対し表・裏の内、片方のみ）に施釉したものとした焼き物は、本焼成冷却時に673°C±50度付近又はそれ以下の温度帯で生地と釉薬の収縮率の違いから割れを生じることがあるが、一遍60cm程の大きなものに関しても割れを生じることが無かった。おそらく多孔質の生地がガラス層の収縮による引っ張りを吸収していると同時にスポンジに水が浸透するように、ガラスは多孔質の生地の表面から内側に浸透して混然としているためではないかと考える。





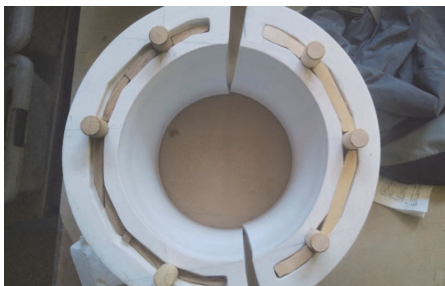
(写真エ)



(写真ウ)

#### ④異素材オブジェの一部を成す焼成無収縮磁土

厚さ15cmにスライス乾燥させたクスノキを使った寄木作りによるオブジェ(写真キ.ク)。その内、造形的かつ構造的に重要な位置に磁土による焼き物パーツを組み込む。寄木造り作りの造形と複数のジョイント(ダボ)にて接合する(写真オ)。焼成時の収縮が無いため、生の生地を乾燥状態の加工し易い過程で、クスの寄木構造と厳密なサイズや形状のつながり、接合の仕組みを調整できることは有効である。



(写真オ)



(写真キ)

#### 5. 現状の焼成時無収縮磁土の理解

以前、佐賀県窯業技術センターによる新たな製品開発の可能性として期待される効果として挙げられていた、以下の項目に対応しつつ更に成果物の積み上げが必要である。

- ①細くて薄い形状の製品
- ②複雑或いはシャープな形状の製品
- ③1mを超えるような大型の製品
- ④寸法精度の高い製品
- ⑤多孔質の性質(軽量・保温・断熱・吸音・透水等)を生かした製品

ア.①細くて薄い形状の製品②複雑或いはシャープな形状の製品については、生の生地状態で天草磁土に比べ強度がなく、扱いに注意を要する。【焼成前生地：脆い、欠け易い】

イ.①細くて薄い形状の製品、④寸法精度の高い製品についても制作は容易で可能であると同時に天草磁土に比べ、焼成後の胎土は多孔質のため軽い。【焼成後：薄く精密加工が可能】【多孔質で軽い】

ウ.釉薬による加飾は、収縮率の調整なく掛けることが可能で、一方の面のみを掛ける片掛けも可能。ただし細かな貫入が入る。【加飾は天草磁土のものを転用できる】

エ.焼成後の強度を上げる、透水性を止めるための釉掛けは容易である。【釉による強度、透水性調整が可能】

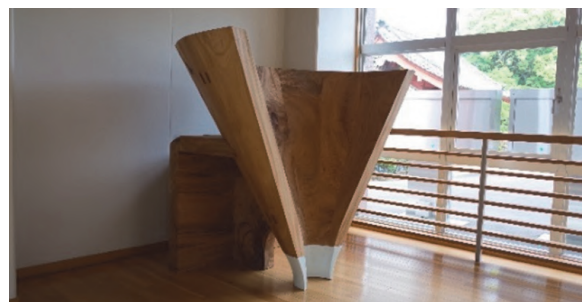
オ.焼成前の生の生地は天草磁土に比べ柔らかいので彫刻作業等加工はやりやすい。【生地の加工容易】

カ.焼成時変形(へたり)は、1,275°C付近では大きく天草磁土とあまり変わらないが、天草磁土は1,200°C前後からへたりが現れるのに対し、1,230°C付近まで抑えられる。

#### 6. おわりに

現状の焼成無収縮磁土の理解を基本に、更に表現作品の類例を制作することで、素材の特徴を生かしていく。

(写真ク)



# 異素材を用いた新たな陶磁器表現の研究

プロダクトデザイン・アート研究部門 湯之原 淳

## 1. はじめに

有田焼創業400年事業において招聘されたデザイナーの作品群の中には、今日までの磁器制作にとらわれない器も多く見受けられた。それらはすべてデザイナーの表現意識の表れでもあり時代のニーズを読み取ったものである。今日、機能美をベースとした器だけではなく、趣味性が強くても力のある器を嗜好し所有したいという欲求を持った消費者も多い。伝統的な手法に固執するのではなく、新しい表現の切り口で表現活動をする作家が産地に生まれることは、次世代のデザイナーと呼応し産地の活性化へとつながる。本研究は既存概念にとらわれない新たな磁器表現の可能性を生み出すことを目的としている。

## 2. プロジェクトの背景

佐賀県窯業技術センターで開発された焼成無収縮陶土の特性を活かし、有田で用いられている天草陶土では不可能な陶磁器表現の可能性を探ることができないかと考え、焼成時に収縮変形しないという特性に着目し再現性を利用した表現を試みている。

## 3. 成形

### ① 紙による造形

紙と麻繊維による基本形態を作り、それを貼り合わせて作品化する。制作するにはボンドなどでは乾燥までに時間がかかり、接着部が離れてしまうためグルーガンで仮止めをしながら制作を行う。またグルーガンで貼り合わせるだけでは強度がなく、作品としてもそれぞれの基本形態が目立ち、全体としてのまとまりがなくバラバラな印象が拭えないので一体感を出すために基本形態同士の繋ぎ目に水に溶かした紙と麻繊維を混ぜた成形材料を貼付け全体のバランスを見ながら形作る。

前回の研究から基本形態に泥漿を塗布する際に、泥漿が中まで浸み込まず表面に薄くつくだけで焼成後の強度が保てなかった経験より焼成後の強度を保つために繋ぎ目に使用する材料を泥漿に浸した紙と麻繊維に代える。



ア. 基本形状



イ. 貼り合わせる



ウ. 繋ぎ目補強



エ. 泥漿に浸した紙と麻繊維

### ② 紙による成形体に泥漿を施す

繋ぎ目に泥漿に浸した紙と麻繊維を貼り付ける際は、一度に貼り付けていくと一旦乾いて強度を持っていた基本形態が再度水を吸って接合部から柔らかくなり崩れてしまう。そのためスポンジや布で作品を支えながら乾燥を繰り返し少しずつ全体を完成させていく。

繋ぎ目に泥漿に浸した紙と麻繊維を用いるもう一つの利点としては、貼り付けた材料が一旦乾燥すると中に含まれる粘土分により焼成前作品の強度も保つことができ制作ごとの作業も容易になるためである。ここで重要なのは、集合体としての一体感であり、それぞれの基本形態との自然な繋がりを作り出すように制作する。

泥漿 乾粉陶土：100%、水：25%、  
分散材：0.25% (東亜合成 アロンA-6114)



オ. 繋ぎ目



カ. 一度に補強後崩れる



キ. 乾かしながら徐々に補強



ク. 補強後乾燥

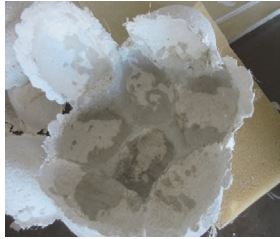


ケ. 内部補強後



コ. 型崩れ防止





サ. 乾かしてから補強



シ. 内部全体

制作手順は、オ・外部接着部⇒乾燥⇒サ・内部接着部⇒乾燥⇒シ・内部全体⇒乾燥⇒外部全体。  
内部全体を先に仕上げるのは、内部を先に乾燥させることで作品としての強度を保つためである。

工程ごとに乾燥させることが全体の形状を保つためにも重要である。基本形態が水を吸いすぎて弱くなった場合は洗濯ばさみなどを利用することで型崩れを防ぐことも可能である。外側の表情は作品の雰囲気や左右するものであるため、焼成後をイメージし「刷毛塗り」、「コンプレッサー掛け」、「泥漿直付け」の3つの方法を試みた。

#### 4. 焼成 (1250°C酸化焼成)

##### ① 刷毛塗り

泥漿の量や濃さなども調整し易く作業性が良い。紙の繊細な質感もほど良く残り、強度もある。



ス. 焼成前



セ. 焼成後

##### ② コンプレッサー掛け

紙の質感はあるが、コンプレッサー塗布により表面だけに泥漿が着いて中間に隙間ができ脆い。



ソ. 焼成前



タ. 焼成後

##### ③ 泥漿直付け

泥漿と紙を混ぜて表面に着けたので強度はあるが、泥漿の表情が前面に出て紙の繊細さがなくなった。



チ. 焼成前



ツ. 焼成後

#### 5. 今後の展開と表現の可能性

昨年より引き続き、異素材による基本形状を繋ぎ合わせた紙立体に泥漿を施し焼成し作品化することを試みている。これまでの研究により紙を用いた場合、その表面だけに泥漿が付いた状態で、紙の質感はあるが作品としての強度がないなど作品化するにあたって紙の繊細な質感と強度をいかに保つか苦慮した。

表現としては、強度のない作品の危うさも一つの表現であるが、ここでは作品の取り扱いも含め、作品が他の支持体などを用いず自立することを念頭に置き制作を進める。

今回の結果より①「刷毛塗り」が作品としての強度もあり、紙の質感も効果的に表れていて制作をする際のストレスも比較的少なく行うことができた。陶磁器制作に限らず作品制作の際に行う行為としての心地よさを持ち続けることは重要であり、それは制作者のモチベーションになり喜びでもある。

本研究において最終作品に対して重要なのは紙作品としての魅力によるところが大きい。それは、焼成による質感と形状がそのまま焼成体となって現れる再現性が高い焼成無収縮陶土を使用するからでもある。今後は、作品サイズも含め魅力的な構成なども試みるとともに、焼成後に感じる細部の表情と乾いた白色による危うさの表現を念頭に置きながら研究を進める。

また、焼成無収縮陶土は焼成後も素地に吸水性があるため焼成後に加飾を施すことも可能である。陶磁器制作においては、乾燥後に素焼きを行い加飾を施すのだが紙を躯体とした場合、素焼きをすることで強度がなくなり、そのタイミングでの加飾は不可能である。しかし、焼成無収縮陶土の特性を活かし焼成後に色を着けるなど素材の可能性を探りながら陶磁器表現を深めていきたい。

# 焼成無収縮陶土を用いた伝統的成形法の研究

プロダクトデザイン・アート研究部門 甲斐広文

## 1. はじめに

前年度に引き続き、佐賀県窯業技術センターで開発された焼成無収縮陶土の利用方法の新たな可能性を従来の伝統的な成形法によって探ることを試みた。

昨年度は水挽きロクロによるカップ&ソーサーを制作した。結果は成形方法として十分に利用できることがわかった。

土練り…手のひらの中で力が分散していく感覚を覚えたが、十分に捏ねることができた。

ロクロ…普段使っている陶土に比べると少し厚めに形作らないと形を保つことができなかった。削りも含めると、少し感覚が違うがロクロ成形は十分できると分かった。

焼成…乾燥時に収縮があるが、完全乾燥からの収縮はほとんど無かった。しかし、1300°Cでの高温焼成時に釉薬とうまく合わなかった。

今年度は前年度からの2つの課題と他の成形方法を探るという3つの視点から研究を行った。

- 1、焼成物の吸水性が高いこと
- 2、釉薬が高温焼成時に素地に染み込んでいく問題
- 3、他の伝統的な成形方法の検証（板作り）

## 2. 吸水率試験

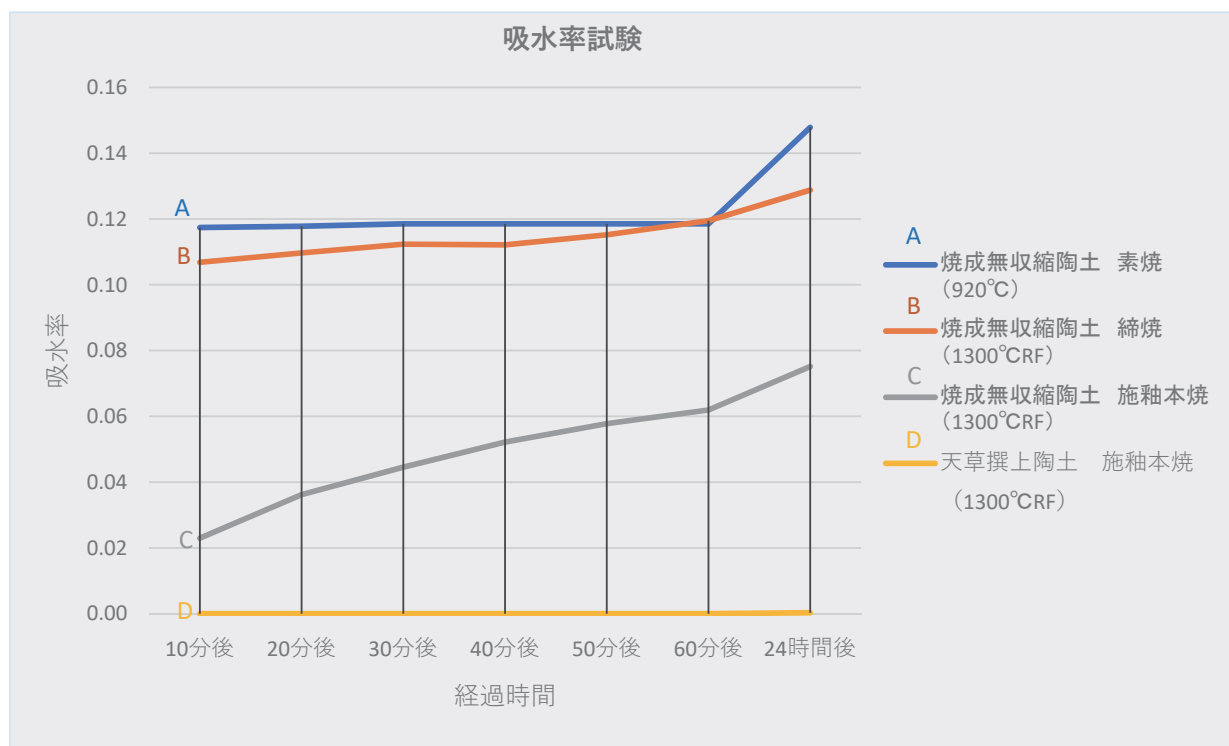


グラフから、無釉で本焼成された物（締焼）Bも素焼Aに近い吸水力があるということがわかる。

素焼Aは短時間で吸水し、飽和状態になる。したがって釉掛けが容易なのは素焼A。しかし、締焼Bも本焼成後であっても施釉できることがわかる。ただし、乾きにくい。

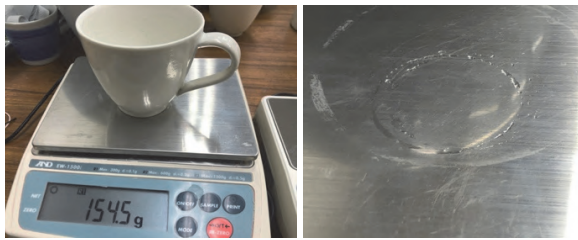
天草陶土本焼Dはほぼ吸水性が無かったが、無収縮陶土施釉本焼Cは吸水性があった。これは焼締Bと同様に高温焼成しても多孔質であるため吸水性が高い結果となった。

無収縮陶土施釉本焼Cの吸水は高台部の畳付の無釉部分からと高温焼成によって釉薬が染み込んで薄くなった部分からあった。





今回発見できたことは、1日後に水から出した物は置いた端から水がでて、水たまりを作った事象だった。多孔質の素地を染み込んだ釉薬のガラス層で挟まれたことにより、水の移動がスムーズになったものと考察する。焼締Bの場合は、全体的に気化（蒸発）するからか、水のはなまりはなかった。



### 3. 釉薬の実験

釉薬がうまく合わない問題を解決するには、専用の釉薬の開発を待つか、既存の釉薬で焼成する場合の対処法になる。

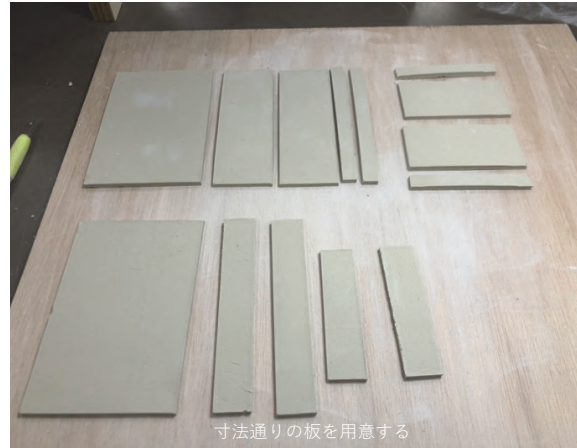
今回は対処法として、一度本焼成をして焼締をし、その後に施釉して1250°Cのやや低めの温度で焼成する方法と、素焼・施釉後に1250°Cで焼成する方法で試験中。

### 4. 板作り（タタラ成形）の検証

板作はもともと変形が付きまとう成形法であり、特に磁器の陶土では難しい成形方法である。



タタラを作り石膏ボードで変形しないようにする



タタラを用意する時点で、切り糸で切る方向への力の作用が土に記憶され、後々、乾燥時に変形する元になった。また、ロクロ成形時よりも土練での土の均一化、脱泡が影響しやすいと思った。

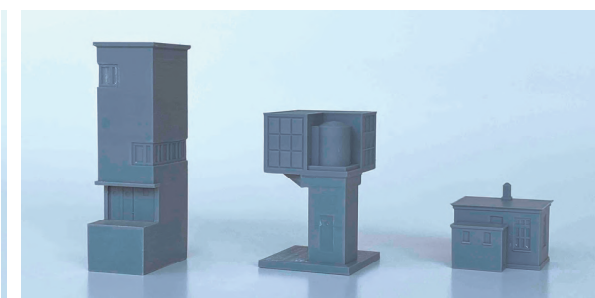
無収縮は焼成時であって、乾燥時に変形があるため向いていない成形法だと感じた。

# 陶磁器開発プロジェクトと国際交流事業

プロダクトデザイン・アート研究部門 三木悦子

## 1. オランダ設計集団“Space&Matter”との陶磁器商品開発プロジェクト(進行中)

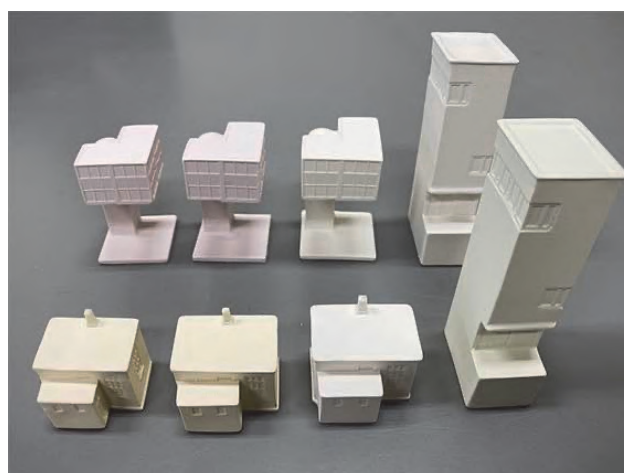
平成29年度より進めているプロジェクト。昨年度に引き続き“Space&Matter”(\*1)との‘SWEETS’プロジェクト(\*2)を進行中。彼らの‘SWEETS’プロジェクトのコンセプトから、カラフルな色のボディを求めており、色泥漿での色のバリエーション試験が必要。昨年度は‘SWEETS’プロジェクトの3つのモデル(15B357, 23B173, 2B278)を取り上げ、手作業による原形・使用型制作と天草撰中陶土を用い、排泥鑄込みによりプロトタイプを製作した。昨年度末よりデジタルデザイン設計に移行し、納入した RAISE 3D Pro2 Plus により3Dプリンターにて原形を出力。また佐賀県窯業技術センター副島氏のアドバイスを得ながら、中でも難しい三ツ割モデルの使用型を窯業技術センターにて切削。同時に古千景にて強化磁器酸化焼成による色泥漿のバリエーションと強度試験を行い、3つのモデルの大小を試験焼成した。



▲ 3Dプリンターによる原形小3種 ※3Dモデルは以降、表記以下の順(フィラメント / 積層ピッチ / 造形時間 / フィラメント重量 / infill)  
【左】モデル 15B357 : PLA樹脂 / 0.1mm / 13:30min / 38.6g / 15%  
【中】モデル 23B173 : PLA樹脂 / 0.1mm / 14:05min / 42.8g / 15%  
【右】モデル 2B278 : PLA樹脂 / 0.1mm / 05:20min / 17.6g / 15%



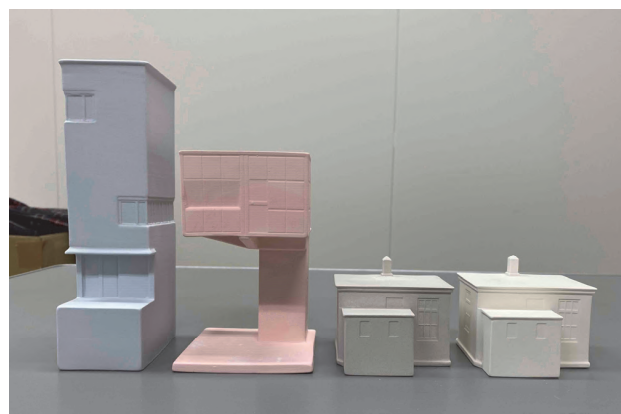
▲ 3Dプリンターによる原形【モデル 15B357】とそこから作成した使用型(PLA樹脂 / 0.05mm / 107:34min / 295.4g / 15%)



▲ 強化磁器色泥漿による顔料の含有量による色味試験  
上段：赤，下段：黄

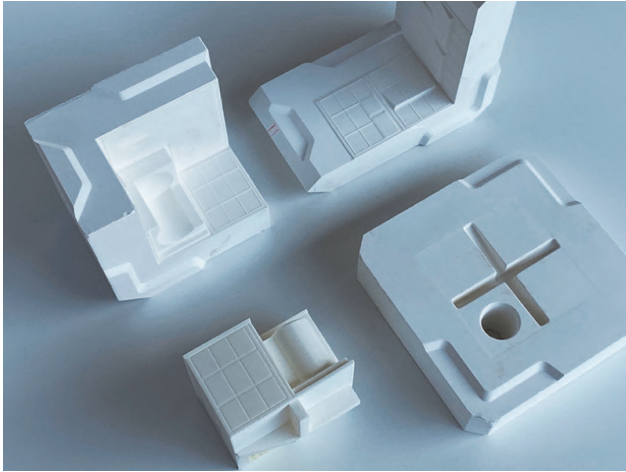


▲ 3Dプリンターによる原形【モデル 23B173】とそこから作成した使用型

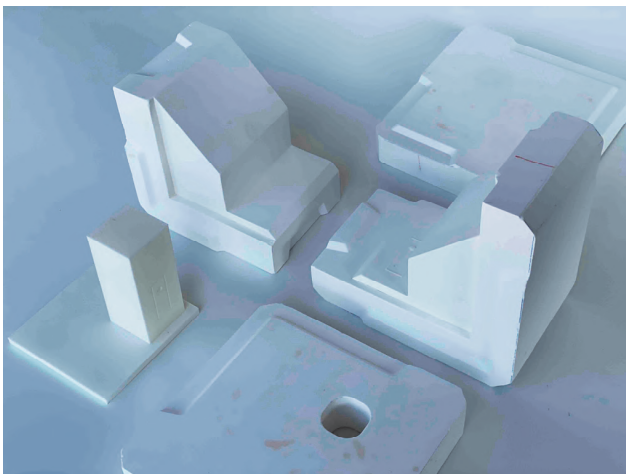


▲ 強化磁器色泥漿によるカラーバリエーション試験  
左から モデル 15B357 : 青，モデル 23B173 : 赤，モデル 2B278 : 黒・白





▲ 3D プリンターによる原型 [モデル 23B173上部] と CAM による使用型の切削 : PLA樹脂 / 0.05mm / 39:50min / 137g / 15%



▲ 3D プリンターによる原型 [モデル 23B173下部] と CAM による使用型の切削 : PLA樹脂 / 0.05mm / 17:10min / 74g / 15%



▲ 3D プリンターによる原型 [モデル 2B278] と CAM による使用型の切削 : PLA樹脂 / 0.05mm / 37:48min / 114.9g / 15%

\*1 “Space&Matter” : 2009 年に設立された、オランダのアムステルダムを拠点に活動している設計集団。新規的で興味深いプロジェクトや、オランダの様々なリノベーションプロジェクトを多く手がけている。

\*2 ‘SWEETS’ プロジェクト : 運河の街として知られるアムステルダムには多くの橋や跳開橋がかかっており、かつて船舶航行の際に昇降していた跳開橋の袂にある管理棟は、オートメーション化された現代では使われなくなった。‘SWEETS’ は、その管理棟を点在型ホテルにリノベーションするプロジェクト。アムステルダム市街地という菓子箱に、甘くてキュートなキャンディーが散らばっているというコンセプト。それを陶磁器フィギュアとして有田で生産することを目標に、全 28 棟中3棟を、現在プロトタイプを制作しながら試験的に進めている。

## 2. 国際交流事業

### CRAクリエイターによるレクチャーとワークショップ

佐賀県の Creative Residency in Arita で招聘しているクリエイターによる、有田セラミック学生へのレクチャーやワークショップを有田キャンパスにて行った。



### 中韓日陶磁器デザイン交流展・シンポジウム参加

中国陶磁工業協会・韓国陶磁器デザイン協会・日本陶磁器デザイン協会の陶磁器デザイン交流展とシンポジウムで陶磁器デザインの情報交換と交流を行った。



# 陶磁器素材の開発 ～完全無収縮陶磁器原料・結晶釉～

セラミックサイエンス研究部門 矢田光徳 一ノ瀬弘道 蒲地伸明 渡孝則

## 1. はじめに

我々のグループでは陶磁器に関わる素材、すなわち、①素地（完全無収縮陶磁器原料の開発）、②釉薬（発光性結晶釉の開発）、③顔料（機能性赤色顔料の開発）に関する研究を行った。R1年度の研究成果報告として、①と②について詳しく紹介したい。

①に関しては、一般的に用いられている陶土を用いて石膏型を用いた鋳込み成形により作成した成形体は、乾燥及び焼成時に一般的に十数%の収縮変形を生じる。そのため、高寸法精度製品及び大型製品の製造には、焼成時の変形予測や焼成温度の厳密な管理等が必要となり、それらの製造は困難である。一方、佐賀県窯業技術センターの蒲地ら<sup>1)</sup>は、焼成時に無収縮となる陶土の開発に成功しているが、石膏型から脱型して成形体を乾燥する際に約3~4%の収縮が生じる。本研究では、蒲地らが開発した陶土を用い、スラリーにアルミナファイバーを混合することによりスラリーの構造を制御し、成形体の乾燥から焼成までの全行程で完全に無収縮となる陶磁器原料の開発を目指した。

②に関しては、陶磁器の有望な装飾技術として、結晶釉が挙げられる。結晶釉は原料であるSiO<sub>2</sub>やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>や塩基性成分などの化学組成を変化させることによって、釉特有の色彩や結晶形態をコントロールすることができる。結晶釉の中でも装飾性の高いWillemite (Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) は数mmから数cmの球晶状結晶へと成長することで知られ<sup>2)</sup>、陶磁器への加飾を検討する報告も存在する。本研究では、焼成条件による釉中のZn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>結晶の成長挙動とMn<sup>2+</sup>ドープによる蛍光特性について調べた。

## 2 実験操作

### 2.1 完全無収縮陶磁器原料の開発

焼成無収縮陶土と水と分散剤をミキサーで混合してスラリーを作製した。その後、アルミナファイバーを0~30 wt%添加後、24時間静置した。スラリーを石膏型に鋳込み、2時間静置した後に脱型し、24時間の自然乾燥、1時間の100°C乾燥、1時間の1300°C焼成を行い、それぞれの操作後に次の式で示される収縮率の測定を行った。

$$\text{収縮率}[\%] = \frac{(\text{脱型直後の長さ}[\text{mm}]) - (\text{操作後の長さ}[\text{mm}])}{(\text{脱型直後の長さ}[\text{mm}])} \times 100[\%]$$

なお、アルミナファイバー添加率はスラリー中の固形成分のうちアルミナファイバーが占める割合とし、分散剤含有率は固形成分に対する割合とした。生成物はXRDとSEMで評価した。

### 2.2 発光性結晶釉の開発

素地の原料には天草撰中陶土を用いた。石膏鋳型で押し込み成形を行い、その後50°Cで24時間、520°Cで2時間、920°Cで1時間それぞれ保持し、仮焼体を得た。この仮焼体に結晶核ペースト (ZnO : 水=1 : 0.25) を0.01 g付与した。その後、亜鉛結晶釉薬の施釉を行った。亜鉛結晶釉薬の調整には、益田長石、石灰石、酸化亜鉛、酸化マンガン(II)を用い、その組成はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.19 mol、SiO<sub>2</sub> 1.24 mol、KNaO 0.20 mol、CaO 0.20 mol、ZnO (0.60-x) mol、MnO x molである。施釉した仮焼体は電気炉を用いて、1250°Cで1時間、1050°C~1150°Cで0時間~3時間それぞれ保持することにより、α-Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>の結晶を成長させた。得られた結晶はXRDとSEMで評価した。また、MnOを添加した試料については紫外線照射下での発光強度測定を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 完全無収縮陶磁器原料の開発

図1にアルミナファイバー添加率と生成物の収縮率の関係を示す。100°C乾燥後の収縮率は、アルミナファイバー無添加では3.0%であったが、アルミナファイバーを10%添加することで急激に0.48%まで低下し、さらに、40%添加することで0.15%まで低下した。これらの成形体を1300°Cで焼成しても収縮率は非常に小さいままであった。いずれのアルミナファイバー添加率においても焼成収縮率が乾燥収縮率より低いという結果になっているが、これは、本研究で用いた陶土が1300°C焼成では若干膨張する性質を持つためである。なお、1300°C焼成試料のXRD測定を行うと、アルミナとムライトとアノーサイトの混合相が生成していることが確認された。

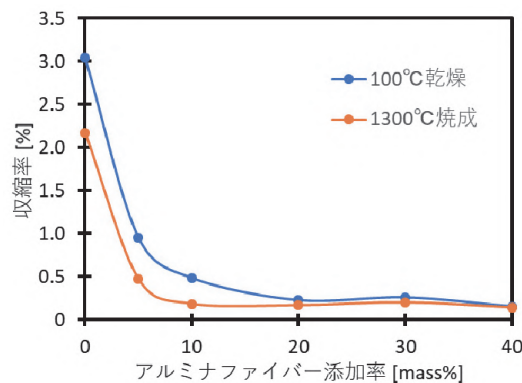


図1 アルミナファイバー添加率と収縮率の関係



図2に1300°C焼成後の成形体の破断面のSEM画像を示す。アルミナファイバー無添加試料における孔の直径は約10～30 μmであった。一方、アルミナファイバーを30 %添加した試料では、大量のアルミナファイバーとそれらに基づく細孔が観察された。

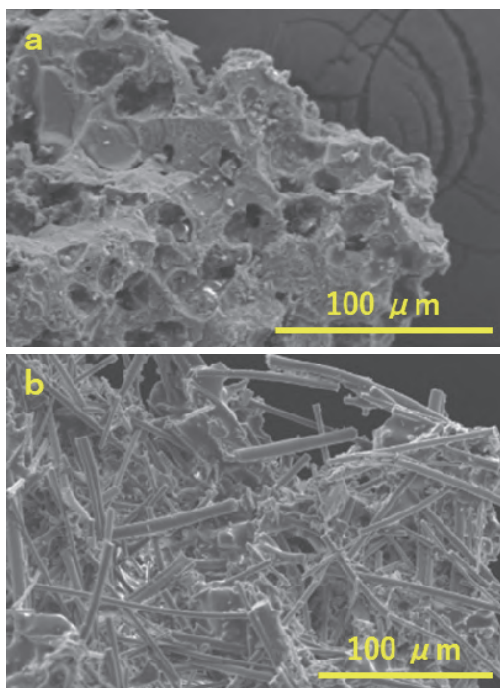


図2 1300°C熱処理後の生成物のSEM写真  
(a) アルミナファイバー無添加試料、  
(b) アルミナファイバー30 mass%添加試料

### 3.2 発光性結晶釉の開発

本実験条件下では、すべての試料で球晶状結晶が観察された(図3a)。各結晶成長保持温度がWillemite結晶の成長に及ぼす影響を調べたところ、保持温度1100°Cと1150°Cの試料は1050°Cの試料よりも結晶が大きくなり、

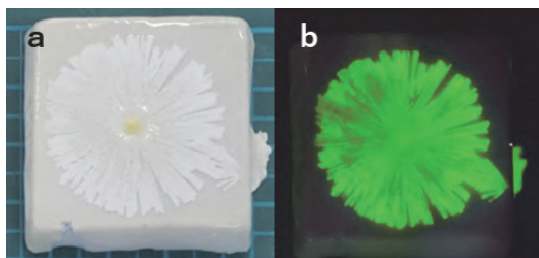


図3 MnOを添加したWillemite結晶釉(a)とその紫外線照射時の試料(b)のデジタルカメラ写真

成長速度も大きかった。これは、釉を溶かす温度である1250°Cに近いほうが、結晶を構成するのに必要な成分が容易に移動できたためだと考えられる。また、1100°Cと1150°Cの結晶の大きさと成長速度に大きな差はみられなかった。これは保持温度1150°Cが本実験の釉の融点に比較的近く、結晶が析出しにくい環境になっていたことにより、結晶成長が阻害されたためであると考えられる。図4はMnO添加量と $\alpha$ -Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup>の発光強度の関係を示す。MnOの添加により緑色発光が観察され(図3b)、3 mol%添加した試料で発光強度は極大を示し、それ以上MnO添加量を増やすと発光強度は減少した。これはMn<sup>2+</sup>の $\alpha$ -Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>への固溶量が3%を超えると、濃度消光を起こしたためだと考えられる。

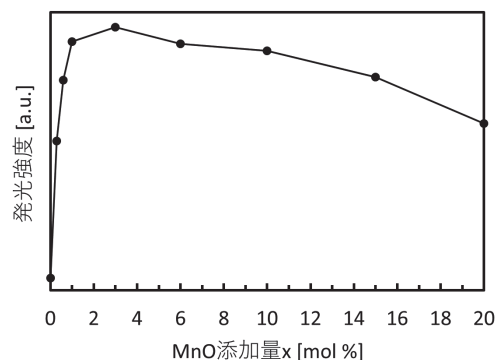


図4 種々のMnO添加量における試料の発光強度

### 4. おわりに

R1年度は、成形から焼成までの全工程で約0.2%しか収縮しない超低収縮陶磁器原料の開発に成功した。来年度は、アルミナファイバーが各工程での収縮率に及ぼす影響をより詳細に調べるために、蒲地氏が開発した焼成無収縮陶土<sup>1)</sup>だけでなく、一般的な天草陶土に対してアルミナファイバーを添加する実験も行う予定である。また、最終生成物の強度や靱性等の機械的特性やマイクロレベルでの構造や細孔特性等についても調べる予定である。発光性結晶釉の開発に関しては、異なる発光色を有する結晶釉を得るために、Diopside (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)結晶釉への発光特性の付与等を検討したい。

### 5. 参考文献

- 1) 蒲池伸明, 佐賀県窯業技術センター 平成29年度報告書, 2017, 1-3.
- 2) Zhan H., Yang X., Jiang X., Zhu M., Li X., Luo Z., *J. Chin. Ceram. Soc.*, 2014, **42**, 1571-1578.

# 自硬性鑄込み成形技術の開発と実用化

セラミックサイエンス研究部門 一ノ瀬弘道 矢田光徳

## 1. 陶磁器産業の新市場展開を阻む成形技術の限界

鑄込み成形は、肥前地区窯業界で最も広く利用されている多品種少量生産に適した成形法である。一方、最近では国内可塑性粘土の減産が懸念されており、非可塑性原料にも対応できる技術として重要性が増している。

窯業における鑄込み成形は主に石膏型の吸水性を利用した湿式成形であるため、金属や樹脂等の鑄込み成形に比べて形状や精度に大きな制限があり、陶磁器の耐熱、耐蝕、耐絶縁、高硬度等の優れた特性を生かした市場への参入を阻んでいる。つまり、吸水に頼った成形法のため極厚、極薄、極小品が成形困難（厚みの限界）、表面近傍と内部の密度差（均一性の限界）、成形時収縮（精度の限界）等が原因で欠点が発生する。樹脂を用いた自硬性鑄込みや射出成形等の方法があるが脱脂や製造価格の問題があり陶磁器には適用できない。

本研究の目的は、少量の無機物質添加と温度差で制御する自硬性鑄込み成形技術を確立し、これまで量産困難であった複雑形状や高精度製品の製造を可能にし、新しい市場獲得を目指す地域窯業界で実用化することである。

## 2. 研究概要と成果

天草陶土スラリーを主原料としてアルミン酸カルシウムを含む高純度アルミナセメント（AC）を添加し自硬性鑄込み成形を行うことを試みた。常温でAC1%以上を加えると溶出イオンCa<sup>2+</sup>やAl<sup>3+</sup>による粒子凝集が直ちに起こり粘度が増大、AC2mass%以下では成形性は柔かく降伏応力（保形性）が低かった。そこで、イオン吸着物質としてシリカゲルを0~1mass%、ACを5mass%以上加え、さらに混合温度及び鑄込み温度をそれぞれ10°C以下及び20°C以上とすることにより、スラリーを低粘度に維持しかつ鑄込み成形時に急激に硬化させることに成功した（Fig.1）。硬化体は2時間以上で十分な降伏応力を有し（図2）自硬性鑄込み成形が可能であることが判明した。

常温ではACは急激にアルミン酸カルシウムが溶解し水和物が3時間で生成したが、混合温度を5°Cとし、ACに対しシリカゲルを10mass%添加するとACの溶出速度が1/2以下に抑制され、24時間後でも水和物の生成が確認されないことが粘度上昇抑制メカニズムとして確認された。また、1300°Cで焼成した焼結体のかさ密度や曲げ強度等の物性は天草陶土のみの場合とほぼ同じであった。

成形体は硬化時点で収縮しないため、シリコン樹脂等の非吸水型を用い、これまで一発成形で量産ができなかった複雑形状品や肉厚品の製造が可能となった（図3）

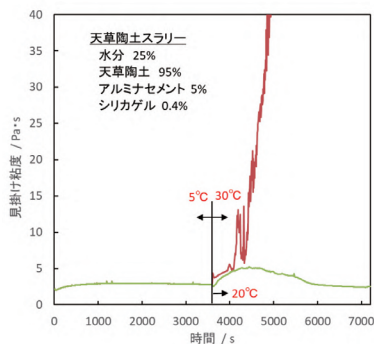
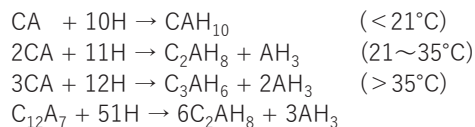


図1 一定せん断応力下での温度差による粘度の継時変化

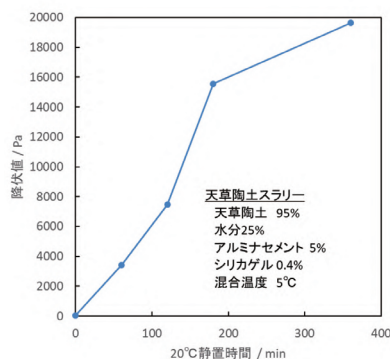


図2 静置時間と降伏応力。



図3 自硬性鑄込みによる成形体（φ90mm円柱）と焼成品（手）。

## 3. 今後の方針

この全く新しい技術は、完全無収縮陶磁器等の開発と並行して進めており、陶磁器、工業用陶磁器、ファインセラミックスへの実用化も検討中である。また、既に肥前地区に根付いている陶磁器デジタルデザイン技術との融合によって形状・精度の自由度をさらに広げたいと考えている。今後の研究としては、他の主原料を対象に、水和反応、イオン吸脱着物質添加と温度制御の効果、焼成体物性等について詳細に調べる予定である。

なお、この研究は令和1年から有田地区企業と共同研究を推進している。

# ペルオキシチタンの酸化作用解明と実用化

セラミックサイエンス研究部門 一ノ瀬弘道 矢田光徳

## 1. ペルオキシチタンの新機能発見

中性ペルオキシチタン (PTA) 水溶液は、1995年に筆者が発明し、同液から低温で誘導される異方性アナタースゾルと共に国内外で環境浄化用光触媒透明コーティング剤として広く実用化されている。PTAの乾燥膜は透明性と密着性に優れており、200°C以上で緻密なアナタース薄膜へ結晶化するなど、数少ない安全安価な無機薄膜材料として貴重な材料である。一般式は  $Ti_2O_5(OH)_x^{2-x}$  ( $x=2\sim6$ ) の無定形で、合成時から徐々に酸素を放出しペルオキシチタン水和物とチタン水和物の混合体ゾルになると考えられる。昨年度までの研究で、PTA水溶液やその乾燥膜が紫外可視光や100°C以下の低温加熱によって有機物を酸化分解することがわかってきた。その研究成果の一部を以下に述べる。

## 2. 研究概要と成果

過去の常法に従ってTi0.1M、NH<sup>4+</sup>500ppmのPTA水溶液を合成した。実験時のペルオキシ化率は約50%である。PTAへの光照射や加熱が行われると酸素ラジカルが生成するため強い酸化作用を示すと考えられる (図1)。

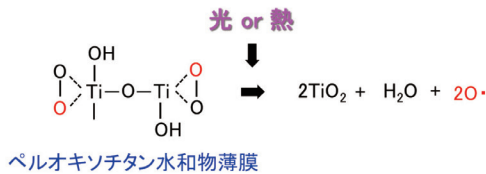


図1 ペルオキシチタン (PTA) 薄膜の分解反応式

紫外線照射でアセトアルデヒドを酸化分解して生成したCO<sub>2</sub>の濃度を測定しPTA中の過剰酸素に対して83%の高効率が確認された (図2)。また、可視光や加熱でも色素や有機ガスの酸化分解が確認された (図3, 4)。PTAは安定で近傍に有機物がない場合はペルオキシ基の分解速度が非常に遅いことから、有機物がPTAに拡散吸着し電子授受を行い有機物の酸化が進むと考えられる。一方、PTAと光触媒 (TiO<sub>2</sub>) の混合膜では光触媒反応が加速される現象が確認されており、この場合も図5に示すような酸化チタンとPTA間の電子授受が起こっていると推定される。

## 3. 今後の方針

今後は、照射光の波長依存性や温度依存性等を明らかにし、その酸化効率を向上させる予定である。さらに、感染症リスク拡大対応も含め、紫外線がない場所でも抗菌・鮮度保持、空気浄化などに使える安全安価な新しい材料及び二次製品としての実用化を令和1年度より肥前地区企業と推進している。

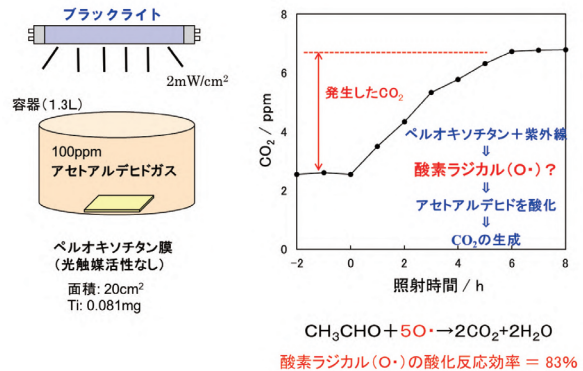


図2 紫外線照射されたPTA薄膜による有機ガスの酸化分解効率

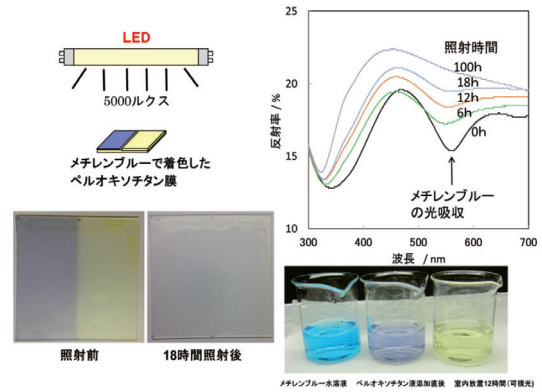


図3 可視光照射されたPTA薄膜及びPTA水溶液の色素分解挙動

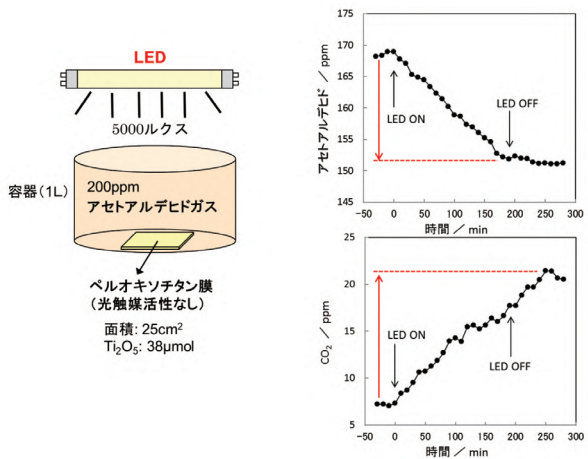


図4 可視光照射されたPTA薄膜による有機ガス分解

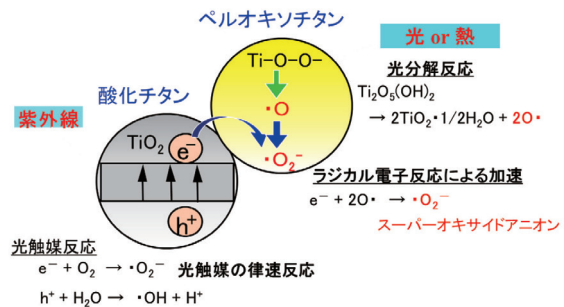


図5 PTAの酸素ラジカル生成による酸化チタン光触媒反応の加速概念



# タルク添加によりアルミナ強化磁器の焼成変形を制御する

セラミックサイエンス研究部門 郝 棟 (HAO, Dong) 赤津 隆 蒲地伸明

## 1. 研究の目的

軽量で強い磁器としてアルミナ強化磁器が開発され、業務用食器などに実用化されている。アルミナ強化磁器に限らず、陶磁器は焼成による緻密化によって、機能（強い、水を吸い込まない、など）が発現する。このように、焼成は陶磁器にとって必要不可欠なプロセスであるにもかかわらず、焼成による収縮が均等でないと陶磁器は変形し、①製品の寸法・形状の精度を悪くする、②①が著しくなると製品の歩留まりが悪くなる、③そもそも変形し易そうなシャープで肉薄な製品をデザインできない、といった悪影響が生じる。機能発現と変形は、それぞれ焼成によってもたらされる正の面と負の面であり、両者を同時に実現させること（緻密で変形しない陶磁器をつくること）は、二律背反となる。本研究の目的は、材料設計に基づく特性の最適化によって二律背反を克服すること、つまり、緻密で変形しないアルミナ強化磁器をつくること、である。さらに、製造現場で用いられる焼成炉は大型であるため、炉内の温度分布はある程度大きなものにならざるを得ない。したがって、実際の磁器製品の製造を考慮すれば、二律背反克服を“幅広い焼成温度範囲で”実現しなければならない。

## 2. 二律背反を克服するには？

焼成変形しない陶磁器をつくるには、単純に言えば、焼結収縮しない磁器素地を用いればよい。しかし、それでは機能（強い、水を吸い込まない、など）が発現しない（多孔質な陶磁器になってしまう）。したがって、ポイントとなるのは、焼結収縮を阻害する因子と促進する因子をうまくバランスさせること、である。陶磁器の場合、液相焼結によって緻密化するので、高温における液相（室温ではガラス相）の量と粘性が焼結収縮を決定付ける因子となる。一般には、液相の量が多いほど、粘性が低いほど焼結収縮が大きい。一方、陶磁器の焼成過程（1000～1100°C）において液相中に絡み合うように析出する（またはガラス相中に晶出する）針状のムライト結晶が構築する剛直な構造は、焼結収縮を阻害する。本研究では、アルミナ強化磁器に対し、蛙目粘土添加による焼結収縮阻害効果（ムライト結晶化の促進）と、タルク（滑石、 $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ）添加による焼結収縮促進効果（高温における液相量の増加と粘性の低下）をバランスさせることで、緻密で変形しないアルミナ強化磁器を幅広い焼成温度範囲でつくることにチャレンジした。

## 3. タルク添加アルミナ強化磁器の緻密化と焼成変形

表1に作製したアルミナ強化磁器の原料組成を示す。通常のアルミナ強化磁器（STD）には蛙目粘土が含まれていない。それ以外の磁器ではタルク以外の原料割合が一定となるように調整した。図1はアルミナ強化磁器の焼成変形の焼成温度依存性である。PIは曲げ試験で評価される焼成変形指標（Pyroplastic deformation Index）で、この値が大きいほど焼成変形が大きいことを意味する。通常のアルミナ強化磁器（STD）は焼成温度の上昇とともに変形が顕著に大きくなることがわかる。一方、蛙目粘土が添加されたアルミナ強化磁器（0T～22T）では、ムライト結晶化により、1250°C以上では変形量の増加が小さくなることが明らかとなった。タルク添加量が増加すると、低粘性の液相量が増加することにより、焼成変形が大きくなるので、焼成変形抑制の観点から言えば、タルク添加量は少ないほど良い。図2にアルミナ強化磁器の吸水率の焼成温度依存性を示す。焼成温度が上昇すると、焼結による緻密化により、吸水率が急激に減少する。蛙目粘土の添加はアルミナ強化磁器の焼結を阻害するため、吸水率が減少する焼成温度が上昇するが、タルク添加による焼結促進（低粘性液相量の増加）により、タルク2mass%添加（2T）で通常のアルミナ強化磁器（STD）とほぼ同じ吸水率の焼成温度依存性となり、それ以上タルクを添加すると吸水率が減少する焼成温度がますます低下するので、緻密化の観点から言えば、タルク添加量は多いほど良い。吸水率が0.5%以下であれば磁器は十分に緻密化していると言える一方、PI値が $1.5 \times 10^{-6}/mm$ 以下であれば変形量が十分に小さいとすることができ。タルク2mass%添加したアルミナ強化磁器（2T）において、上記の条件（十分に緻密化し、かつ変形量が十分に小さい）が比較的幅広い焼成温度範囲（1240～1384°C）で成立することがわかった。

表1. アルミナ強化磁器の原料組成

|        | Amakusa clay /mass% | Motoyama gairome clay /mass% | Masuda feldspar /mass% | Calcined talc /mass% | Alumina /mass% |
|--------|---------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|----------------|
| STD    | 60                  | 0                            | 10                     | 0                    | 30             |
| 0T     | 43.9                | 12.2                         | 7.3                    | 0                    | 36.6           |
| 2T     | 43.0                | 12                           | 7.2                    | 2                    | 35.9           |
| 6T     | 41.3                | 11.5                         | 6.9                    | 6                    | 34.4           |
| 18TC&F | 36                  | 10                           | 6                      | 18                   | 30             |
| 22TC&F | 34.3                | 9.5                          | 5.7                    | 22                   | 28.5           |
| 32TC&F | 29.8                | 8.3                          | 5.0                    | 32                   | 24.9           |
| 37TC&F | 27.7                | 7.7                          | 4.6                    | 37                   | 23.0           |



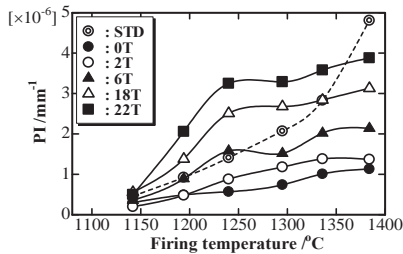


図1. アルミナ強化磁器の焼成変形に及ぼす焼成温度の影響

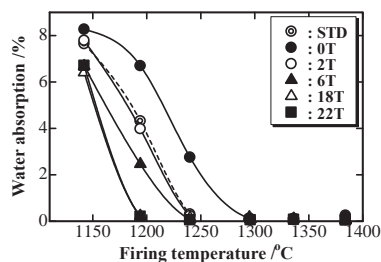


図2. アルミナ強化磁器の吸水率に及ぼす焼成温度の影響

#### 4. コーディエライト結晶化はアルミナ強化磁器の焼成変形を抑制するか？

ある程度以上のタルクを添加すると（前節3の例では18T以上）、1240°C以上の焼成でコーディエライトが液相中に析出する。前節3の例では、コーディエライト結晶化がアルミナ強化磁器の焼成変形に及ぼす影響は確認できなかったが、コーディエライト結晶化は、①高温での液相量を減らす、②高温での液相の粘性を高める、ことが期待できるので、コーディエライト結晶化をさらに低温で促進できれば、前節3の例とは異なる焼成温度範囲で十分に緻密化し、かつ変形量が十分に小さいアルミナ強化磁器が作製できる可能性がある。前節3の例では、ボールミル混合後のタルクの平均粒径がおおよそ14μmであったのに対し、混合前のボールミル粉砕で平均粒径がおおよそ7μmまで微細化したタルク粉末を原料に用いることで、コーディエライト結晶化の促進を図った。その結果（図3）、タルク粒子の微細化により、1240°C以下でもコーディエライトが結晶化することが明らかとなった。図4はタルクを添加したアルミナ強化磁器の焼成変形の焼成温度依存性である。試料名末のCは粗粒タルク粉末を用いたもの、Fは微粒タルク粉末を用いたもの、にそれぞれ相当する。タルク32mass%添加したアルミナ強化磁器（32TCと32TFの比較）において、タルク粒子微細化による焼成変形抑制が顕著に確認できた。図5にタルクを添加したアルミナ強化磁器の吸水率の焼成温度依存性を示す。ここでも前節3と同じ条件（0.5%以下の吸水率と $1.5 \times 10^{-6}/\text{mm}$ 以下のPI値）を満たすものを探して

みると、微細化したタルクを32mass%添加したアルミナ強化磁器（32TF）において、1194~1336°Cの焼成温度範囲で成立し、タルク粒子微細化によって特性が最適化する焼成温度範囲が低温側にシフトすることがわかった。ちなみに、コーディエライトは微細な等軸状の結晶粒子として液相中に析出するので、ムライト結晶のような剛直な構造を構築するとは考え難い。

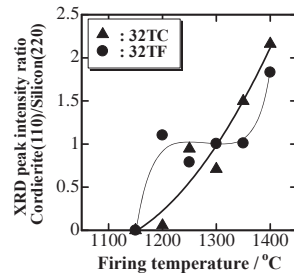


図3. タルクを添加したアルミナ強化磁器におけるコーディエライト結晶化に及ぼす焼成温度の影響

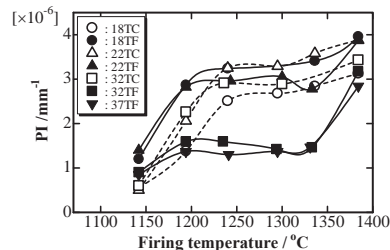


図4. アルミナ強化磁器の焼成変形に及ぼす焼成温度の影響

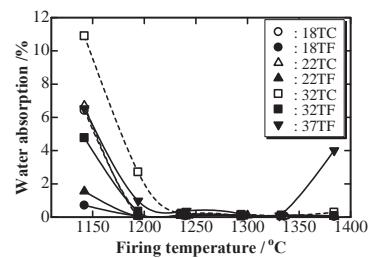


図5. アルミナ強化磁器の吸水率に及ぼす焼成温度の影響

#### 5. まとめ

本研究の取り組みによって、焼結収縮阻害効果（蛙目粘土添加とコーディエライト結晶化）と焼結収縮促進効果（タルク添加）がうまくバランスする条件を定量的に明らかにし、緻密で変形しないアルミナ強化磁器が幅広い焼成温度範囲で作製することに成功した。今後は $\text{Mg}^{2+}$ とは異なるアルカリ/アルカリ土類イオンを用いて、緻密で変形しないアルミナ強化磁器の材料開発に挑戦する予定である。本研究は、科学研究費補助金 基盤研究(C) (18K04753)、TOTO(株)との共同研究、および東京工業大学フロンティア材料研究所共同利用研究に支援された。

# アルミナ強化磁器はなぜ強いのか？

セラミックサイエンス研究部門 赤津 隆 新ヶ江貴仁 蒲地伸明

## 1. 研究の目的

軽量で強い磁器が業務用食器などに望まれている。1946年のAustinらの研究報告（「磁器にアルミナ粒子を添加すると強度が飛躍的に向上する」, C. R. Austin, H. Z. Schofield, and N. L. Haldy, *J. Am. Ceram. Soc.*, **29**, 341-354 (1946)）を嚆矢として、通常磁器の1.5倍以上の強度を示すアルミナ強化磁器の研究・開発が精力的に行われてきた。しかし、「なぜ、アルミナ添加によって磁器が強くなるのか？」という強化メカニズムについては、様々な強化説が提唱されているものの、定説として明言できるものは未だない。さらなる強度向上や軽量化に向けた新しい磁器を材料設計するには、信頼できる強化メカニズムを知ることが重要である。本研究の目的は、「アルミナ強化磁器の強度向上が何によってもたらされているのか？」を定量的に明らかにし、強化メカニズムに基づいた新しい強化磁器を材料設計すること、である。

## 2. 提唱されてきた強化メカニズム

アルミナ強化磁器の強化メカニズムは全く五里霧中というわけではなく、これまでに提唱されてきた強化説は幾つかある。最も有力視されているのが「プリストレス説」である。これは、アルミナ粒子と磁器マトリックスの冷却過程での熱収縮差（ミスフィットひずみ）に起因して磁器マトリックスに作用する圧縮残留熱応力（プリストレス）によって強度が向上する、というものである。鉄筋コンクリートの1つであるPC（プレストレストコンクリート）の強化原理はこれと同じである。他に提唱されてきた強化メカニズムには、磁器の焼成過程（1000～1100°C）において液相中に絡み合うように析出する（またはガラス相中に晶出する）針状のムライト結晶が剛直な構造を構築することによって磁器の強度が向上する、という説もある。その他、微細なアルミナ粒子添加による磁器組織の微細化、弾性率の高いアルミナ粒子を弾性率が低い磁器マトリックスに添加することによる磁器マトリックスの引張応力の減少（アルミナ粒子への応力伝達）、なども強化メカニズムとして考えることもできる。

## 3. プリストレス説の検証

本研究は、「プリストレス説が本当に正しいのか？」を確かめることからスタートした。そのためには、プリストレスを変化させて、それに対応して強化磁器の強度が変化するか、どうかを確かめる必要がある。

コーディエライトが析出・晶出しないように、アルミナ強化磁器の原料にタルク（滑石、 $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ）を微量添加することで磁器マトリックスの熱収縮量を変化させた（このとき、天草磁器土：（益田長石+タルク）=6:1となるように調整した）。その結果、図1（アルミナ無添加磁器の熱膨張・収縮曲線）に示すように、タルク添加量が0.1mass%までは熱収縮量は増加する（ $Mg^{2+}$ による $SiO_4$ 四面体ネットワークの切断）が、それ以上の添加では熱収縮量は逆に減少する（促進された石英の溶解によるガラス相の増加）という、一見奇妙な変化を示すことがわかった。

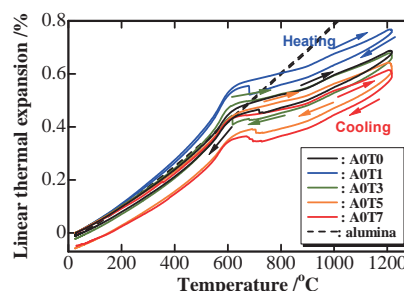


図1. アルミナ無添加磁器の熱膨張・収縮曲線  
AxTy: xは添加したアルミナのmass%、  
yは添加したタルクのmass%の1/10

一方、磁器の強度はタルク添加によって図2のように変化する。タルク添加による熱収縮量の変化（図1）と強度変化（図2）は対応するのだろうか？それを確認するため、アルミナ添加による強度向上分 $\Delta\sigma$ をミスフィットひずみ $\Delta\varepsilon$ に対してプロットした（図3）。ここで問題となるのは、冷却過程において $\Delta\varepsilon$ が何°Cから発生するかがハッキリしないことである。図1の冷却曲線において、マイクロクラック（微小亀裂）発生・進展によると思われる段差が700°C付近で観察されることから、 $\Delta\varepsilon$ 発生温度は少なくとも700°C以上である。本研究では、図1において、ガラス転移によると思われる屈曲がおおよそ850°Cに微かに見て取れることから、 $\Delta\varepsilon$ 発生温度を850°Cとして $\Delta\varepsilon$ を見積もった。その結果（図3）、 $\Delta\varepsilon$ の増加とともに $\Delta\sigma$ が増加することから、タルク添加による熱収縮量の変化が強度変化をもたらすことが明らかとなった。 $\Delta\varepsilon$ が見積もられると、マイクロメカニクス計算でプリストレスが推定できる。その結果を図3の実線（黒はアルミナ15mass%添加、赤がアルミナ30mass%添加に対応）で示した。 $\Delta\sigma$ の $\Delta\varepsilon$ 依存性とアルミナ添加量依存性が非常によく表現されていることから、アルミナ強化磁器の強度向上は主にプリストレスによって

もたらされていることが明らかとなった。しかし、特にアルミナ30mass%添加磁器の強度において、推定したプリストレス（実線）は実際の $\Delta\sigma$ （プロット）より小さい。このことは、プリストレスだけでは、アルミナ強化磁器の強度向上は説明しきれないことを意味している。

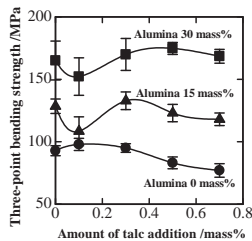


図2. 磁器の曲げ強度に及ぼすタルク添加の影響

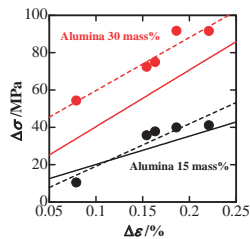


図3. アルミナ添加による磁器の強度向上 $\Delta\sigma$ とアルミナ粒子と磁器マトリックスのミスフィットひずみ $\Delta\varepsilon$ の関係

#### 4. プリストレス以外の強化メカニズム

プリストレスに重畳する強化メカニズムは一体何なのか？ここで、図1に振り返ってみる。冷却曲線の700°C付近に段差が見て取れるが、これは多数のマイクロクラックの発生・開口によるものと考えられる。マイクロクラックは主に石英粒子周囲に発生するが、 $\beta$ -石英がこの温度付近でほとんどゼロに近い熱収縮を示すため、石英粒子周囲のガラス相に引張応力が作用することで発生する。図4に示すように、アルミナを添加すると、段差が発生する温度が低下する、もしくは段差そのものが消失することがわかった。このことは、熱収縮の大きなアルミナ粒子添加がガラス相の引張応力を減少させたことに対応する。つまり、アルミナ粒子添加がマイクロクラック発生・進展を抑制することによって、プリストレス以上の強度向上をもたらしたことが明らかとなった。ちなみに、アルミナ無添加磁器の潜在亀裂サイズは強度と破壊靱性から37 $\mu\text{m}$ と見積もられる（石英粒子の大きさに相当）が、アルミナ15mass%添加ではおよそ3.0 $\mu\text{m}$ 、アルミナ30mass%添加ではおよそ10.5 $\mu\text{m}$ 、潜在亀裂サイズが減少すれば（クラック進展が抑制されれば）、図3における推定したプリストレス（実線）と実際の $\Delta\sigma$ （プロット）の差はほぼ解消される。さらに、高強度

のデータほどワイプ係数が大きくなる（データの信頼性が高くなる）傾向が認められたが、これもアルミナ粒子添加によってマイクロクラック発生・進展が抑制されたことで説明できる。

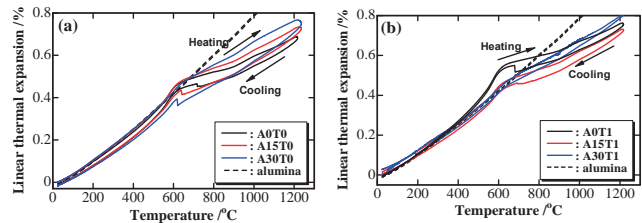


図4. アルミナ強化磁器の熱膨張・収縮曲線  
(a)：収縮曲線上の段差が生じる温度が低下、  
(b)：収縮曲線上の段差が消失

#### 5. 「プリストレス+マイクロクラッキング抑制」が強化メカニズム？

アルミナ粒子添加によるプリストレス発生とマイクロクラッキング抑制がアルミナ強化磁器の強化メカニズムであるということを実験で定量的に証明した。それでは、他の強化メカニズムは強度向上に貢献しないのだろうか？タルク添加量を変化させても、アルミナ粒子添加量を変化させても、磁器全体に占めるムライト結晶の割合はほぼ同じであることがX線回折で明らかになった。このことは、ムライト結晶化ではタルク添加やアルミナ粒子添加による強度変化を説明できないことを意味する。アルミナ粒子添加量を増加させても磁器の組織が顕著には微細化しないことが走査型電子顕微鏡観察で明確になり、組織微細化もアルミナ強化磁器の強度向上を基本的に説明できない。最後に、アルミナ/磁器素地の弾性率差によるアルミナ粒子への応力伝達が強度に及ぼす影響をマイクロメカニクス計算で推定したところ、強度向上の約10%に過ぎないことが明らかとなった。

#### 6. まとめ

本研究の取り組みによって、長年の謎であった「アルミナ強化磁器はなぜ強いのか？」という疑問を定量的に明らかにすることができた。端的に言えば、熱膨張率の大きな粒子添加によって、①圧縮のプリストレスが磁器マトリックスに作用する、②石英粒子周囲のマイクロクラックの発生・進展を抑制する、ことが原因である。この知見を基に、新しい強化磁器の材料設計を行う予定である。本研究は、科学研究費補助金 基盤研究(C) (18K04753) および東京工業大学フロンティア材料研究所共同利用研究に支援された。

# ステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマー硬化体の圧縮強度特性

セラミックサイエンス研究部門 近藤文義 / 佐賀大学農学部 溝田浩太郎 長尾千尋

## 1. はじめに

近年、セメント系材料の代替となり得る新しいリサイクル材料として盛んに研究が行われ<sup>1)~4)</sup>、実用化が期待されているジオポリマーのベースとなるフィラー材料は石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ（微細石炭灰）である。これまで、フライアッシュをジオポリマーのフィラー材料とした研究は多数行われている（例えば引用文献参照）。しかし、一般的なJISフライアッシュはCaOやSO<sub>3</sub>の含有量が少ないため自硬性に乏しく、初期強度の発現も遅いという問題がある。本報は、フライアッシュとは異なり、CaOやSO<sub>3</sub>に富み自硬性を有するフィラー材料であるステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマーの強度特性について実験的に検討したものである。

## 2. 実験方法

実験には、ステンレス製鋼の際に排出されるスラグ（ミルパウダー）およびJIS II種として出荷されているフライアッシュを使用した。Table 1は、これらの化学組成である。ジオポリマーのアクティベーター（活性材）として、珪酸ソーダ3号溶液と48%苛性ソーダ溶液を質量比2:1で混合したものを使用した。モルタル用のフロー試験器で測定したフロー値が約200mmであれば供試体作製に良好なワーカビリティが得られるため、水粉体比については、スラグ・ジオポリマーでは31.7%、フライアッシュ・ジオポリマーでは47.5%とした。練混ぜは手練りまたはミキサー練りで約5分行き、練混ぜたペースト状のジオポリマーを内径50mm、高さ100mmのプラスチック型枠に充填した。供試体の養生は、著者ら<sup>2)</sup>の既往の養生方法に準拠し、初期加熱（60°C）と恒温養生（約25°C）にて行った。一軸圧縮試験は土質試験の方法をベースにし、ひずみ速度1mm/minによって行った。

## 3. 実験結果と考察

Fig. 1とFig. 2が、実験結果（応力-ひずみ曲線）を示したものである。フィラー材料としてスラグのみを使用したスラグ・ジオポリマーの場合、材齢（d）14日で圧縮強度は最大値を示し、それ以降は低下した。また、圧縮強度自体も低く、材齢14日での平均値は約5,500kPaであり、同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度（約14,000kPa）の半分にも及ばなかった。スラグ・ジオポリマーを含め、フィラー材料中にCa分が多く含まれる場合、硬化後の供試体表面にFig. 3に示すよう

Table 1 スラグとフライアッシュの化学組成

|                                |   | スラグ  | フライアッシュ |
|--------------------------------|---|------|---------|
| CaO                            | % | 58.4 | 2.5     |
| SiO <sub>2</sub>               | % | 25.3 | 56.4    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % | 5.0  | 29.0    |
| MgO                            | % | 3.2  | 1.3     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % | 2.8  | -       |
| TiO <sub>2</sub>               | % | 1.7  | 1.5     |
| MnO <sub>2</sub>               | % | 1.5  | -       |
| SO <sub>3</sub>                | % | 1.0  | -       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % | 0.5  | 2.6     |
| BaO                            | % | 0.3  | -       |
| NbO                            | % | 0.2  | -       |
| K <sub>2</sub> O               | % | -    | 0.8     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | % | -    | 0.4     |
| Na <sub>2</sub> O              | % | -    | 0.3     |
| Others                         | % | 0.1  | 5.2     |

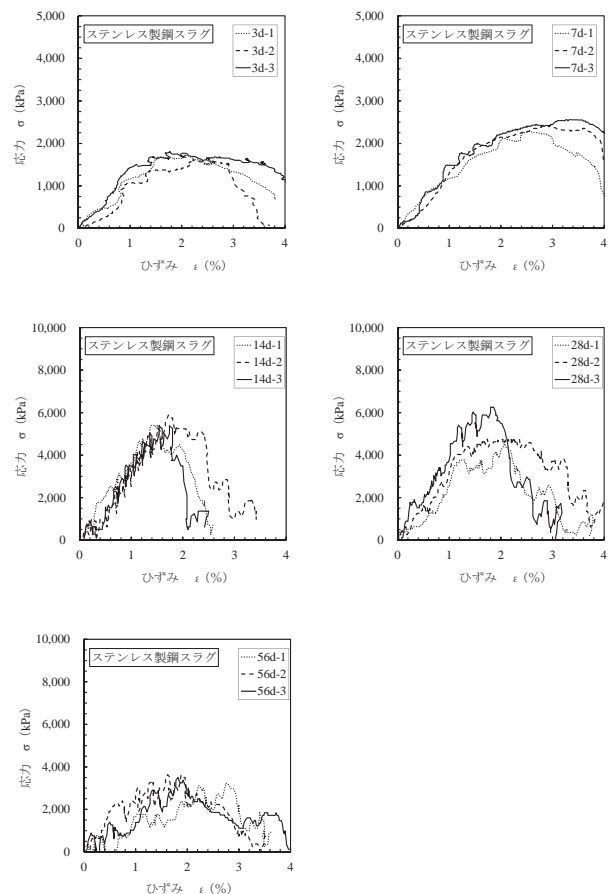


Fig. 1 ジオポリマー硬化体の応力-ひずみ曲線（スラグのみ）



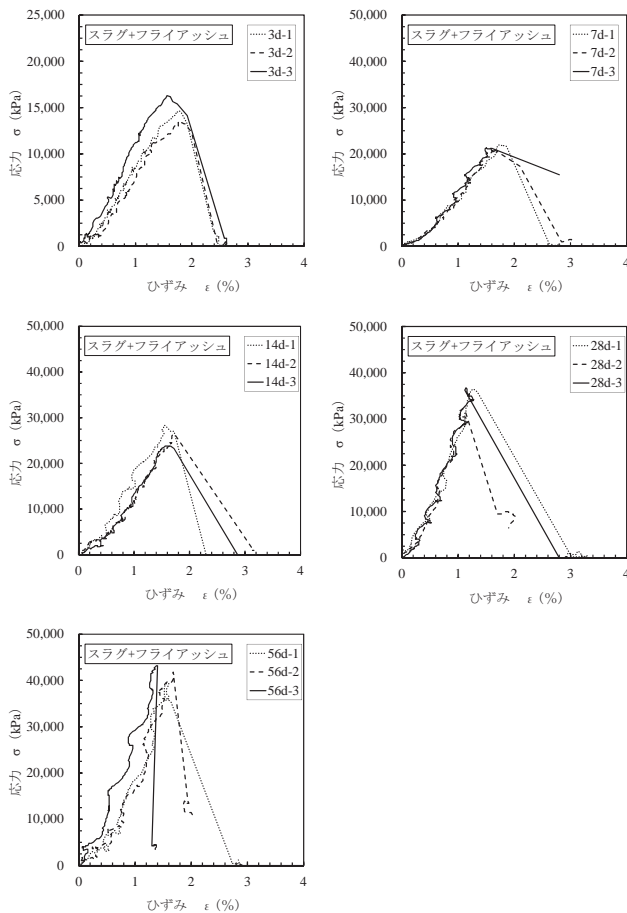


Fig. 2 ジオポリマー硬化体の応力-ひずみ曲線  
(スラグの半量をフライアッシュ置換)



Fig. 3 硬化体表面の白華（エフロレッセンス）

な白華（エフロレッセンス）が発生する傾向があることを著者らは既に確認している。しかし、ジオポリマーの強度低下と白華との関わりについては未解明の問題であるため、今後検討していきたい。一方、スラグの半量をフライアッシュ置換した混合ジオポリマーの場合、材齢経過と共に圧縮強度は増加し、材齢28日で約36,000kPaを示した。この値は、同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度（約15,000kPa）の約2倍以上である。混合ジオポリマーの場合、フィラー材料としてスラグおよびフライアッシュをそれぞれ単独で使用した場合よりも顕著な強度発現が明らかとなった。この理由は、Ca成分によるセメントと同様の水和反応およびNa成分による脱水縮重合反応（ジオポリマー反応）の相乗効果による強度発現であると推定されるが、そのメカニズムが不明であるため引き続き検討していきたい。

#### 4. まとめ

- 1)スラグのみを使用したスラグ・ジオポリマーの場合、材齢（d）14日で圧縮強度は最大値を示し、それ以降は低下した。また、圧縮強度自体も低く、材齢14日での平均値は約5,500kPaであった。
- 2)スラグの半量をフライアッシュ置換した混合ジオポリマーの場合、材齢経過と共に圧縮強度は増加し、材齢28日で約36,000kPaを示した。この理由は、Ca成分による水和反応およびNa成分による脱水縮重合反応の相乗効果による強度発現であると推定される。

#### 謝辞

本研究は、JSPS科研費18K05884による助成を受けた。記して謝意を表す。

#### 引用文献

- 1)池田 攻（1998）：ジオポリマーバインダーによる鉱物質粉体の常温固化と材料化，資源と素材，114(7)，497-500.
- 2)八谷英佑・近藤文義（2019）：初期加熱および養生条件の違いがジオポリマー硬化体の圧縮強度に及ぼす影響，農業農村工学会論文集，308，II\_39-II\_45.
- 3)原田耕司ほか（2014）：ジオポリマーの高炉スラグの影響に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，36(1)，2236-2241.
- 4)上原元樹（2008）：ジオポリマー法による環境負荷低減コンクリートの開発，鉄道総研報告，22(4)，41-46.

# 近赤外ラマン分光法を用いた釉薬の新規分析法の開発

セラミックサイエンス研究部門 海野雅司

## 1. はじめに

ラマン分光法は気体、液体、固体などさまざまな形態の試料について、分子や結晶、ガラス等を構成する原子の振動を観測する振動分光の一つである。ラマン分光はさまざまな分野で応用されているが、非破壊、非接触で高感度な微小分析が行えることから、美術品や遺跡の顔料分析等にも活用されている。陶磁器分野において、ラマン分光法は陶片や素地、釉薬、発掘品の評価などに活用されてきたが[1]、未だ研究例は少ない。特に釉薬はガラス質であり、そのラマン信号強度が小さく観測が容易ではなかった。我々は近赤外領域の785 nm励起で測定したラマンスペクトルが高波数領域(1200~1800  $\text{cm}^{-1}$ )に釉薬に由来する顕著なラマンバンドを示すことを見出し、焼成条件などに関する有用なマーカーとして使用できる可能性があることを明らかにしたので報告する。

## 2. ラマン分光法

ラマン分光法は光の非弾性散乱に基づく分光法で、物質にエネルギー  $h\nu_L$  ( $h$  はプランク定数、 $\nu_L$  は光の振動数)の光を照射したときの散乱光を観測する。散乱光の多くはエネルギーを変えず(弾性散乱)にレイリー散乱( $\nu_L$ )となるが、一部は試料と入射光の電場との相互作用によって振動数が変化したラマン散乱光( $\nu_S$ )となる。このとき入射光と散乱光の振動数の差( $\nu_L - \nu_S$ )がラマンシフト(通常は波数  $\text{cm}^{-1}$ の単位で表す)と呼ばれ、分子または結晶に固有の振動数( $\nu_M$ )に対応する(図1)。従って、試料に照射したレーザー光からの散乱光を観測し、その振動数と強度を調べることで分子・結晶振動に関する知見が得られる。振動スペクトルは分子構造や結晶構造に敏感であり、ラマンスペクトルを解析することで試料分子の同定などをすることができる。

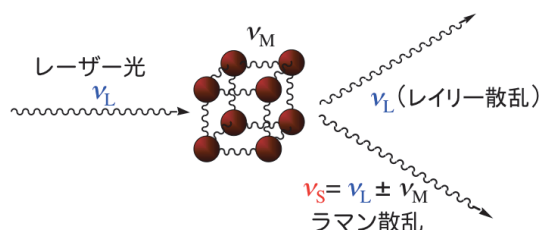


図1. ラマン分光法の原理

## 3. 実験方法

ラマンスペクトルの測定には陶磁器サンプルなどの測定用に開発した3つのラマン分光装置(励起波長532、785、1064 nm)を用いた。例として、図2には可視光(532 nm)励起の顕微ラマン分光装置の概略図と装置の外観を示した。

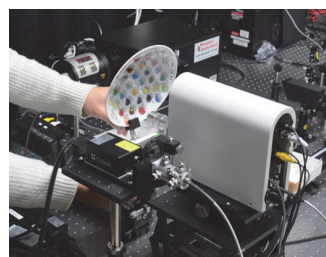
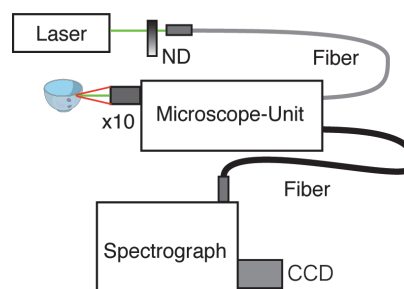


図2. 顕微ラマン分光装置の概略図(励起波長532 nm)と外観の写真。陶磁器サンプルはさまざまな大きさ、形状をしているため、測定光学系の自由度の高い光ファイバーを用いたシステムを構築した。

## 4. 素地と釉薬のラマンスペクトル：励起波長依存性

試験体(焼成温度1270°C)について、その断面の素地と釉薬部分のラマンスペクトルを3つの励起波長で測定した。次ページの図3Aの素地のラマンスペクトルは励起波長によらずほぼ同じで、461  $\text{cm}^{-1}$ に $\alpha$ -石英に帰属されるラマンバンドが観測された。一方、釉薬(珪灰石釉)のラマンスペクトルは顕著な励起波長依存性を示した。(a')に示した532 nm励起で観測したスペクトルは300~500  $\text{cm}^{-1}$ にガラス質に特徴的なブロードなバンドを示し、既報の結果と一致した[2]。一方、(b')に示した励起波長785 nmで観測したスペクトルは300~500  $\text{cm}^{-1}$ のブロードなバンドに加え、1200~1800  $\text{cm}^{-1}$ の高波数領域に顕著なバンドを示した。この1200~1800  $\text{cm}^{-1}$ のバンドは素地の部分では観測されなかったことから、釉薬に特徴的なラマンバンドであることがわかった。またこの高波数バンドは1064 nm励起(trace c)では見られず、785 nm励起に特徴的な信号であることがわかった。

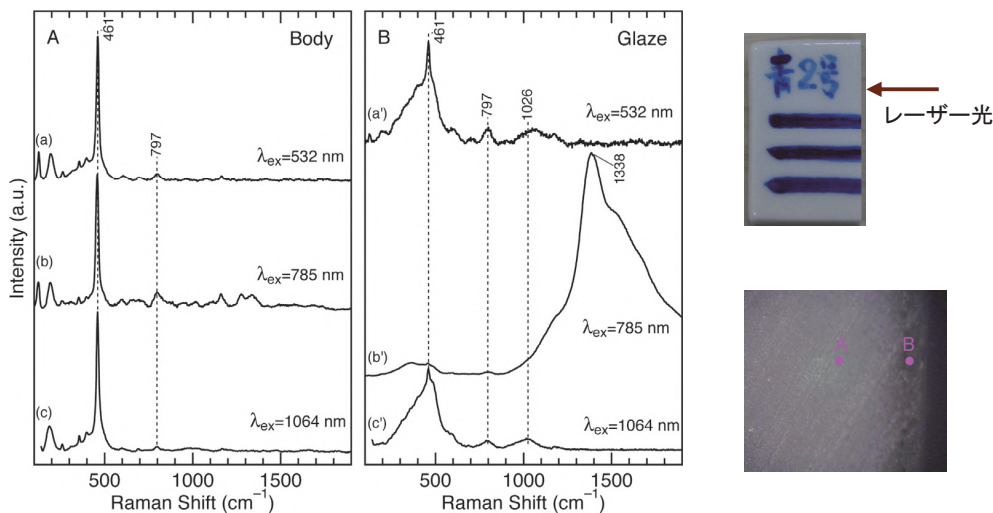


図3. 焼成温度1270°Cで製作した試験体の(A)素地と(B)釉薬部分のラマンスペクトルに対する励起波長(532、785、1064 nm)依存性。右図は試験体の断面の画像。

### 5. 釉薬のラマンスペクトル：焼成温度の効果

焼成温度を900~1270°Cの範囲で変えた試験体について、その断面の釉薬部分のラマンスペクトルを測定した(図4)。785 nm 励起で観測された高波数領域(1200~1800 cm<sup>-1</sup>)のラマンスペクトルは焼成温度によって大きく変化し、釉薬の性状を示すマーカーになりうることがわかった。

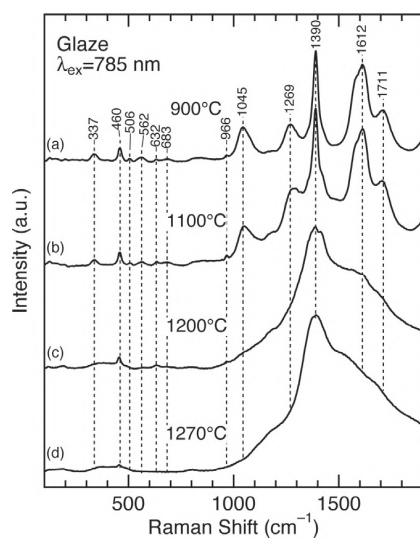


図4. 珪灰石釉試験体のラマンスペクトル。焼成温度を変えて(900、1100、1200、1270°C)作成した試験体の断面を励起波長785 nmで測定した。

### 6. 近赤外(785 nm)励起ラマンスペクトル：産地による違い

6種類の陶磁器サンプル(試験体、有田1650~1670年代の陶片、瀬戸、マイセン、中国・景德鎮、唐津)について、励起波長785 nmでラマンスペクトルを測定した。すべてのサンプルから釉薬に由来する顕著な高波数バンドが観測され、その形状は陶磁器の種類によって異なった。

### 7. おわりに

励起光として近赤外光(785 nm)を用いた陶磁器のラマンスペクトルは高波数領域(1200~1800 cm<sup>-1</sup>)に顕著なラマンバンドを示した。この高波数領域のラマンバンドは釉薬に由来し、焼成温度によってスペクトルの形状が明瞭に変化することがわかった。また、この高波数領域のラマンバンドは可視光(532 nm)やより長波長の近赤外光(1064 nm)では観測されず、785 nm 励起でのみ観測された。釉薬に含まれた希土類元素などが785 nm 励起での信号強度の増強に関与しているのかもしれない。今回、発見した高波数領域のラマンバンドは陶磁器の産地によっても異なり、釉薬の焼成状態だけでなく、成分の違いなどに関するマーカーとして利用出来る可能性がも示唆された。

### 参考文献

- [1] 松尾, 海野, セラミックス 51, 550-552 (2016)
- [2] P. Colomban *J. Non. Cryst. Solids* 323, 180-187 (2003)



# 球状ゲル粒子層の弾性を用いた粒子分離

セラミックサイエンス研究部門 川喜田英孝

## 1. はじめに

セラミックス、結晶、細胞および微生物などの様々なかたちをもつ粒子分離の研究が行われてきた。分離のためには粒子の比重やサイズ、そして形状が重要な性質であり、さらに粒子の形状は球状だけでなく楕円形や多角形など様々な形状をとる。これらの粒子に対して、できるだけ精密で簡便な粒子の分離技術を開発する必要がある。

カラム内に充填したゲルは、ゲルパーミエーションクロマトグラフィーや酵素の固定担体として利用されている。変形しやすいゲルをカラムに充填し水を透過すると、圧力、せん断応力、およびカラムの壁の影響を受けて内部のゲルは変形する。ゲルが変形すると、ゲル間隙の距離が小さくなるために、一定流量で透過した場合にはその圧力は指数的に増加する。カラム内部のゲル層の変形挙動について、Östergrenによって流体とゲル変形の効果を取り入れた解析が行われている<sup>1)</sup>。また、ろ過膜の上部にゲルの層を形成させる研究は、ろ過の分野で圧密として研究されてきた。特に、食品に含まれるたんぱく質や糖をろ過する場合には、外部の力によって変形が起こるために、ろ過膜上では圧密構造が形成される。ゲル層の下部になるほど高い圧力を受けるためにゲルの変形度合いは増加し、ゲルは球状から楕円状や多角形状へと変形し、ゲル同士の接触性が高まる。さらに、ゲルの変形はカラムに透過する流体の種類や流量によって変化し、流体の透過流量によって非定常にゲルの変形は進行する。

これまでに、球状ゲルからなる層の非定常な変形を用いた粒子分離システムを提案してきた。カラムに充填された球状ゲルは、カラムの上部から流体を透過すると下部が圧力を受けるために球状から流体によって変形したゲル同士の間の距離はそれに伴い変化するために、分離粒子の移動度はゲル層の下部になるほど低下する。このゲル層の上部にサイズや形状の異なる粒子分散液を注入し流体を上部から透過すると、サイズの大きな粒子はゲル層上部のゲル間隙で捕捉され、小さいサイズの粒子はゲル層の下部で捕捉される。これまでモデル粒子である球状のシリカ粒子分散液<sup>2)</sup>や酸化グラフェンのサイズや形状ごとの分離<sup>3)</sup>に成功してきた。しかしながら、ゲル層の内部にはゲル間隙で捕捉された粒子が残存しており、捕捉粒子を取り出す方法が必要である。

この粒子の分離方法では、高さ方向のゲル間隙のサイズ、つまり‘孔’のサイズが変化する。さらに操作条件に

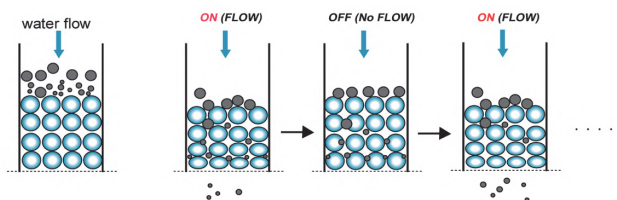


図1 流れのon-offによってゲル層の圧縮と開放が起こり、捕捉された粒子が徐々に流出する

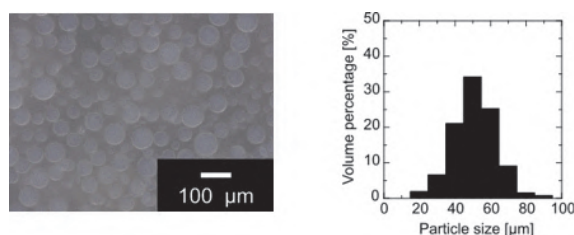


図2 高分子重合法で調製した球状ゲルの画像と粒径分布

よって非定常にその‘孔’のサイズが変化する。ゲル層の高さを増加すると蒸留塔の段数を増加する効果があり、粒子のサイズや形状ごとの分離性能が増加することが期待できる。

そこで、ゲル層の圧縮と復元を繰り返す行うことでゲル層の内部に残存している粒子を流出・獲得する手法を提案する。図1にその模式図を示す。変形可能なゲルをカラムに充填しゲル層を形成する。そして分離対象粒子群（ここではシリカ粒子）をゲル層の上部に注入し、水を透過すると小さい粒子はゲル層を通過し、中ぐらいの粒子は内部に、さらに大きな粒子はゲル層の上部に残存する。ここで、透過圧力を開放してゲル層を復元し（つまり、ゲル層の高さを戻し）水を透過すると、再び水の対流によってゲル間隙に捕捉された粒子はカラムの外部に溶出される。つまり、ゲル間隙の空間が復元によって拡大するために、捕捉粒子が移動することができ、ゲル層による粒子の分離と回収を実現できる。

## 2. 球状ゲルの調製と純水透過による圧力

球状のゲルは油と水の二相系を用いた高分子重合法によって調製した。得られた球状ゲルの形状および粒径分布を図2に示す。平均粒径は46 μmであり、ゲルが密に充填されていると仮定すると、ゲル間隙で形成される孔径は6.9 μmと算出された。

調製したゲルをカラムに高さ1.0 cmに充填し、水を透過したときの圧力損失の経時変化を図3に示す。ここで、流量は15 mL/h、25 mL/h、および50 mL/hで変化させた。流量の増加に伴い圧力損失の傾きが増加した。

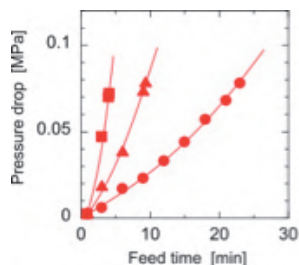


図3 ゲル層に水を透過したときの圧力損失の経時変化  
○ 15 mL/h、△ 25 mL/h、□ 50 mL/h

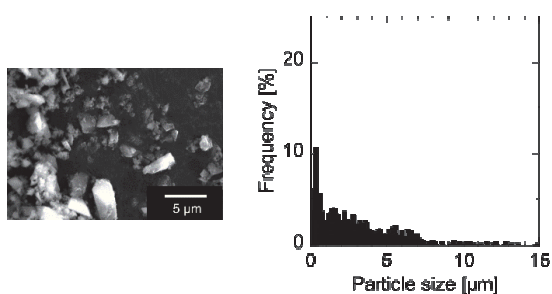


図4 分離対象物質である不定形粒子の画像および粒子分布

これは、カラムに充填されたゲル粒子の変形により、ゲル粒子の間隙が狭小化し、圧力損失が指数的に上昇したためである。圧力が定常状態とならず、ゲル層の下部が大きな圧力を受けて変形したことがわかった。

### 3. 不定形粒子のゲル層による分離

サイズや形状に分布をもつ分離対象物のろ過を行い、ゲル粒子層の変形に伴う粒子分離を行う。まず、不定形粒子群をゲル層の上部に注入し、水を透過する。つぎに、流体の透過と圧力の開放つまりゲル粒子層の変形と復元を繰り返し行い、カラム内に捕捉されていた分離対象物の回収を試みる。

図4に使用する粒子のSEMの画像および粒径分布を示す。粒子は半導体封止用を使用されるシリカ粒子である。形はランダムであり、粒径分布もばらばらである。セラミックスの業界では、このような分布をもつ粒子を水簸によって分離されてきたが、今回ゲル層を用いた分離方法を提案する。

ゲル層に図4の粒子群分散液を注入した後に、流量を375 mL/h → 325 mL/h → 225 mL/h → 75 mL/hの順で低下させて、ゲル層の変形を徐々に開放しながら水の対流によって粒子を流出・回収した。流出液中の600 nmの吸光度による流出シリカ粒子の経時変化を図5に示す。高流量の場合はゲル層の変形が大きく孔が狭小化しているためにほぼ流出しないが、流量が低下すると徐々に

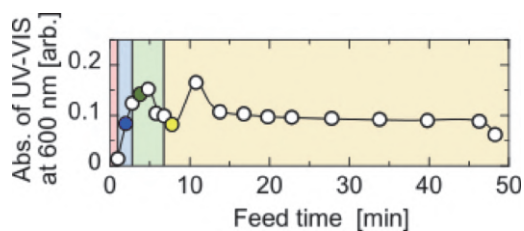


図5 流量変化によって流出してきたシリカ粒子の濃度の経時変化

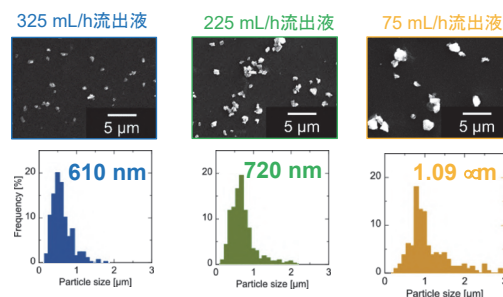


図6 ゲル層に捕捉された粒子の流量変化による流出  
青：325 mL/h、緑：225 mL/h、黄色：75 mL/h  
色は図5の流出液に対応している

粒子が流出した。つぎに、図5で色を付けた各流出液中の粒子をSEMで観察し、粒子分布を求めた。その結果を図6にまとめる。325 mL/hで水を透過したときの流出液中のシリカ粒子（青色）のサイズは610 nmであり、225 mL/h、75 mL/hで水を透過したときの粒子サイズはそれぞれ720 nmおよび1.09 μmであった。つまり、水の流量を低下させることでゲル層の粒子間隙が大きくなり徐々に大きなサイズのシリカ粒子を流出できることがわかった。

### 4. おわりに

ゲル層の圧縮と復元を利用した半導体封止用シリカ粒子の精密分離に成功した。今までは、水簸によって粘土成分のサイズ分離を行ってきたが、これからはゲル層変形によって精密な分離ができる可能性がある。本研究は平成29年度 JST A-Step 地域産学バリュープログラムよりご支援いただきました。また、佐賀大学肥前セラミックセンターでも一部支援いただきました。

### 5. 参考文献

- 1) K. C. E. Östergren, C. Trägårdh, *Chem. Eng. J.*, 72, 153 (1999), 2) Y. Takaoka, S. Morisada, K. Ohto, H. Kawakita, *J. Chem. Eng. Jpn.*, **50**, 815-820 (2017), 3) Y. Takaoka, S. Esaki, K. Sakaguchi, T. Fujisawa, M. Unno, S. Morisada, K. Ohto, H. Kawakita, *Sep. Sci. Technol.*, (2019) <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1586726>

# 焼結無収縮磁器へのエラストマーの充填

セラミックサイエンス研究部門 成田貴行 大崎俊輔 矢田光徳 一ノ瀬弘道 大石祐司

## 1. 研究背景

家庭用食器においては、プラスチック製品よりもセラミック磁器の需要の方は多い。その理由として、セラミック磁器は重量感や質感が良いだけでなくプラスチック材料に比べ耐熱性・耐摩耗性・耐腐食性を有することが挙げられる。一方、衝撃によって割れやすい。また、熱が伝わりやすい特性を持つため、プラスチック製品の食器に比べ火傷のリスクが高い。上記に示した割れやすい性質は力学的な負荷が加わったときの破壊に対する抵抗力を示す破壊靱性が低いことにある。また熱が伝わりやすい理由は、熱伝導率がプラスチックに比べ高いことに起因する。このような課題を解決するために、セラミック磁器の内部へエラストマーを充填することを着想した。エラストマーとは粘弾性と呼ばれる粘性と弾性を併せ持った性質の材料であり、特に「粘性」の性質が衝撃の際のエネルギーを外部へ分散する役割を果たすため、衝撃を和らげる性質を有している。セラミック磁器にエラストマーをハイブリッドできるならば、衝撃耐性を向上させることができるとともに、もし破壊がなされた際にも、陶磁器の破片の飛散は極力防ぐことが可能になる。セラミック磁器の内部へエラストマーを充填することのさらなる利点は、器の熱伝導率の低下が見込める点である。エラストマーは、0.10~0.20 W/m·Kと小さい熱伝導率を有しており、代表的なセラミックの熱伝導率が約1.5~6.0 W/m·Kであることから、エラストマーに置き換えることにより、火傷リスクを低下させることが可能になる。以上のように、今までの磁器に比べ破壊特性および熱伝導特性に優れた安全性能の高い画期的な磁器を、磁器内にエラストマーを充填することで達成することを本研究の目的とする。

しかし、以上のような優れた特性が見込まれるにもかかわらず、磁器内へエラストマーを充填を試みた例は見当たらない。その理由は、磁器内にエラストマーを封入するための空隙率が少ない事が挙げられる。一般のセラミック磁器内の空隙率は1%未満であり、エラストマー充填による熱伝導性および耐衝撃性の向上は非常に限られたものになることが予想できる。この問題を解決するために我々は、磁器材料に焼成無収縮セラミックを今回用いた。焼成無収縮セラミックは、蒲地らにより近年、佐賀窯業技術センターで開発された焼結収縮がほとんど無く、焼成変形が極めて小さい磁器である<sup>1)</sup>。高精度の製品の製造を容易にするとともに、表面から10 $\mu$ mほどの孔が無数に貫通するオープンポア構造をしており、

気孔率約30%の多孔質構造を有する。この大きな気孔率とオープンポア構造は、焼結後におけるエラストマーの磁器内への注入と磁器のマクロ的な物性変化を可能にすると期待している。

## 2. 充填液の粘度および毛細管力がエラストマー充填率に与える影響

エラストマーの充填方法を模索するためにまず、充填剤の粘度および充填剤とセラミック試料との親和性がその充填率の値に与える影響を明らかにした。方法は、焼成後の磁器へのさまざまなプレエラストマー液の充填率を求め、各充填液の粘度および毛細管力との関係を明らかにすることで検討を行った。磁器は焼成無収縮セラミック、充填液は、蒸留水、墨汁（コクヨ）、二液型エポキシ樹脂TB2023（Three Bond社製）、二液型エポキシ樹脂Rot Fix（System Three製）、ABS接着剤（セメダイン製）を用いた。充填方法は焼成無収縮セラミックをそれぞれの充填液に30分浸漬させた。充填液の充填率は、浸漬前の試料内の気孔率を30%と仮定し、浸漬前後の重量差から算出した。粘度は文献値および製品の物性値を参考にした。毛細管力は、表面張力 $\gamma$ と液体の接触角 $\theta$ に比例する。接触角 $\theta$ は清浄なセラミック試料に各液体を1 $\mu$ l滴下し、充填液の形態を顕微鏡カメラを用いて撮影し、画像解析により得た。表面張力は各充填剤を懸滴法に基づき算出した。

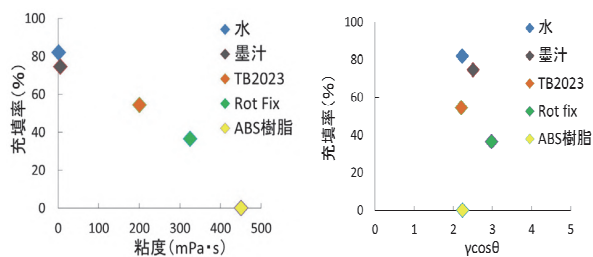


図1: プレエラストマー液に焼結無収縮磁器を浸した際の (a) 充填率と粘度の関係 (b) 充填率と $\gamma \cos \theta$ の関係

図1(a)は充填液の粘度と充填率の関係を示している。液体の粘度が高くなるほど充填率の値が小さく、ほぼ直線関係にあることがわかる。この関係はHagen-Poiseuilleの式に一致し、充填率の大小は粘度によりほぼ決定されることがわかった。ABS樹脂は上記の関係では少量の充填が可能であるはずだが、充填率が0%であった。この結果は充填率が低い際には粘度以外の因子が関わっている可能性を示唆している。図1(b)は各充填剤に対する充填率と表面張力 $\gamma$ と $\cos \theta$  ( $\theta$ は各充填剤のセ



ミックス素材に対する接触角)の積との関係を示している。この相関はほとんど確認できなかった。この結果は、毛細管現象から受ける寄与は比較的小さいことを示しており、充填剤とセラミックス試料との親和性が充填率に与える影響は比較的小さいことが示唆された。以上のことから浸漬での焼結無収縮セラミックス材料へのエラストマーの充填では、充填剤の粘性や浸漬時に生じる液圧が強く影響することが示唆された。

### 3. 減圧法による磁器へのエラストマーの充填

2の検討から、プレエラストマーの無収縮磁器への充填には、プレエラストマーの粘度と強い相関を持ち、Hagen-Poiseuilleの関係が支配的であることが分かった。一方で、プレエラストマーの充填率は水等の粘性の低い液体に比べ低く、磁器の改質向けて充填率の向上が必要である課題が示された。一方でHagen-Poiseuilleの関係から空洞内部に流れ込む液体の量は、粘性の低下だけではなく空洞のサイズおよび圧力差に強く影響されることが示唆される。そこで減圧器内でプレエラストマーの充填を試みた。樹脂の充填方法はPP(ポリプロピレン)製の試験管内を、エポキシ樹脂(Three bond)と硬化剤を2:1で混合したプレエラストマー溶液を半分ほど満たし、無収縮磁器を5cm浸漬したものを減圧器に入れ、1kPaで1時間処理した。充填率は、各試料について水銀圧入法による細孔分布測定で得られた気孔率から評価した。また、SEM観察より、エラストマー充填前後の形態を観察した。

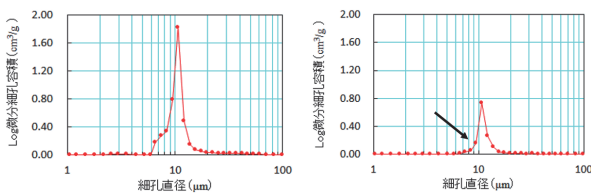


図2; 水銀圧入法による細孔分布  
(a)エラストマー充填前, (b)エラストマー充填後

図2は細孔分布測定の結果を示している。図から充填前の磁器の平均細孔直径は約10 μmであり気孔率は約40%であった。また、充填後の試料の気孔率は約15%であり、これらの値から算出した樹脂の充填率は約63%であった。SEM観察の画像(図3)から、充填前の磁器は約10 μm程の気孔が磁器内部に点在しており内部を貫通していることが確認された。一方、樹脂を充填した磁器では存在していた気孔が樹脂でほぼ塞がれており、気孔部への充填が示唆された。

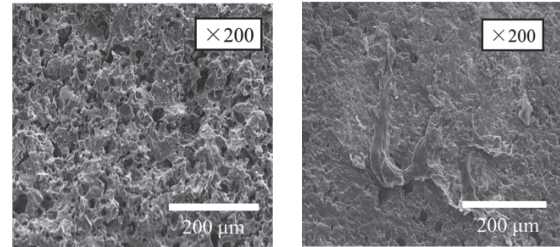
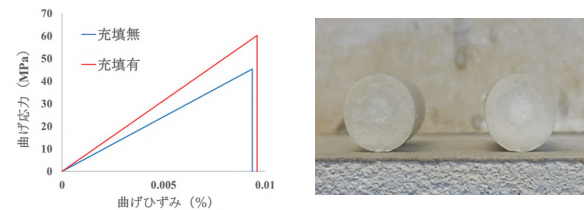


図3; SEM観察の画像  
(a)エラストマー充填前, (b) エラストマー充填後

### 4. 減圧法で得たエラストマー充填磁器の曲げ特性

エラストマー充填の有無で各5本の試料に対し、3点曲げ試験から得られた荷重変位曲線を基に作成した応力-ひずみ曲線を用いて曲げ特性を評価した。



左: 図5; 応力-歪曲線  
右: 図6; エラストマーを充填した磁器の破断面

図5に曲げ試験で得られたエラストマー充填の有無の試料に対する応力-ひずみ曲線を示す。破断時の最大応力・最大ひずみは各試料5本の平均値を示している。樹脂を充填した磁器は最大応力が約30%増加し、応力-ひずみ曲線内の面積値も36%増加していることから破壊韌性が増加したことが伺えた。一方で、破断面から内部にエラストマー未装填の部分が確認された(図6破断中心部分)。

### 5. まとめ

曲げ試験の結果より、エラストマー充填磁器は破壊までの応力が30%増加し、破壊強度および韌性が向上した。ことから、空隙に対する充填率が60%程度であっても磁器本来の物性を十分に換え得ることが明らかになった。このことは、磁器の空隙率を上げるとともにエラストマーの充填率を上げることで、磁器の性質とエラストマーの性質を併せ持つ材料を生み出す新規な方法としてエラストマー充填法が有効であることを期待させる。今後、このように磁器とエラストマーが混在した材料がどのような物性特性を持つのか、熱伝導測定等もおこなうことで明らかにしてゆく予定である。

### 6. 参考文献

- 1) 蒲地伸明ら, 佐賀県窯業技術センター 平成29年度業務報告書, 1-3

# 廃陶磁器と廃石膏型枠を用いた低環境負荷型藻礁

セラミックサイエンス研究部門 根上武仁

## 1. はじめに

佐賀県から長崎県の肥前地区と呼ばれる地域では窯業が盛んである。近年、窯業において窯業施設から発生する廃棄物の処理が問題となっている。特に成型の際に用いられる石膏型枠は、廃棄の際に管理型埋め立て処分場での埋立て処理が必要であり、コスト面で大きな負担となっている。著者らはこれまでに、廃陶磁器や廃石膏型枠をリサイクルしたマテリアルを用いた低環境負荷型藻礁の作製と設置を行い、これらの有効利用に取り組んできている<sup>1),2),3)</sup>。本研究では、陶磁器廃材と廃石膏型枠、廃陶土を主材とした低環境負荷型藻礁、陶磁器破砕片（粒径 2~4mm と0.9mm を使用）と廃石膏を用いたもの、木質バイオマス発電から排出される流動砂および陶磁器破砕片（粒径 2~4mm）と廃石膏を主としたものを作製した。一部の藻礁には、鉄分として使い捨てカイロを使用し、より低環境負荷型となるように工夫した。本報告では、新たに作製した低環境負荷型藻礁についての力学試験結果と、過去に設置した藻礁も併せたモニタリング結果について述べる。

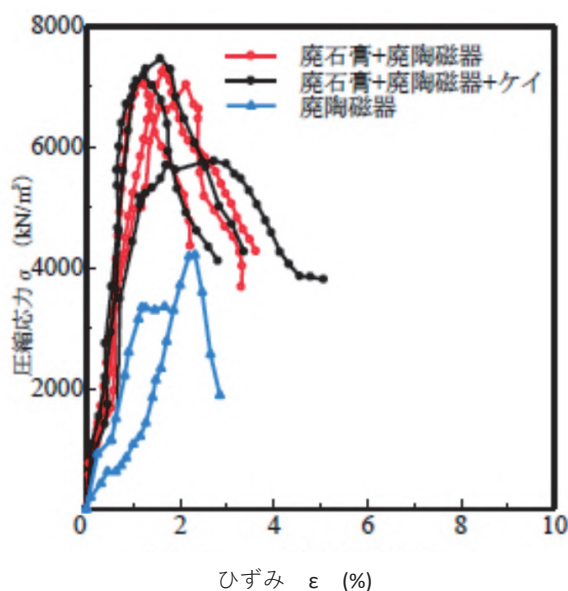
## 2. 用いた試料と試験方法

低環境負荷型藻礁の材料として使用したのは、廃陶磁器、廃石膏型枠（以降は再生石膏）、廃陶土（以降ケイと呼ぶ）、廃鉄粉、流動砂、セメントである。これらの材料を表-1 のような割合で配合した。また、有害物質の溶出については、環境庁告示13号法によって検討を行い、六価クロム等の溶出がないことを確認した。

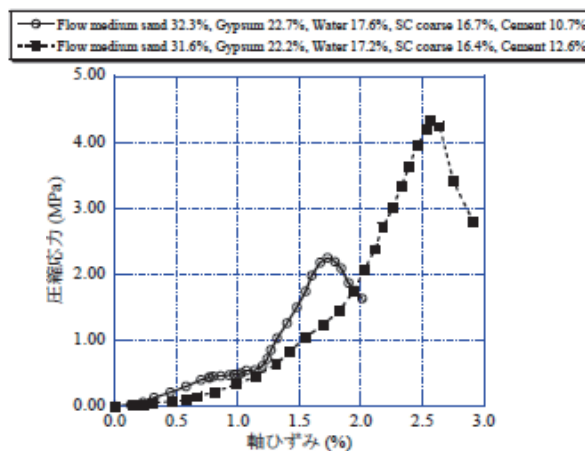
配合に際しては、廃陶磁器や再生石膏の割合が高くなるように心がけたが、これまでの研究結果からセメント量が約8%前後の場合、波浪の影響などで藻礁表面が容易に削られる傾向があることがわかっているため、今回はセメントの配合量を従来よりも多くした<sup>3)</sup>。また、藻礁の作製と同時に、強度を確認するため、直径50mm×高さ100mmの円柱型のテストピースを作製し、28日養生後に一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮試験結果を図-1 に示す。再生石膏と廃陶磁器とセメントを混合したものの、これにケイを加えたものの一軸圧縮強さはほぼ同じであることがわかる。また、廃陶磁器とセメントを混合した場合は、再生石膏を加えた場合よりも、一軸圧縮強さは低くなった。流動砂を用いた場合は、ケイを用いた場合よりもセメント混合量が低いためか、一軸圧縮強さはやや低い結果となった。

表-1 配合割合

| 供試体  |         | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 |
|------|---------|------|------|------|------|------|
| 配合割合 | 廃石膏     | 24   | 24   | 47   | 22.7 | 22.2 |
|      | 廃陶磁器(粗) | 23   | 30   | 29   | 16.7 | 16.4 |
|      | 廃陶磁器(細) | 12   | 12   |      |      |      |
|      | ケイ      | 7    |      |      |      |      |
|      | 流動砂     |      |      |      | 32.3 | 31.6 |
|      | セメント    | 16   | 16   | 12   | 10.7 | 12.6 |
|      | 鉄粉      | 2    | 2    | 6    |      |      |
|      | 水       | 16   | 16   | 6    | 17.6 | 17.2 |



(a) No.1~No.3の供試体の試験結果



(b) No.4およびNo.5の供試体の試験結果

図-1 各配合割合での一軸圧縮試験結果

### 3. モニタリング結果

図-2 および図-3 は、10 月および 12 月のモニタリング結果を示したものである。波浪等の影響でやや破壊が進んでいるが、海藻の活着が確認できた。なお、海藻の成長が進んでいないため、種類の判別はできなかった。本研究では水中ドローンを用いてモニタリングも実施した。目的は、モニタリング時の人体への負担軽減である。図-4 に用いた水中ドローン (gladius mini) を示す。この水中ドローンは、385×226×138mm、2.5 kg、潜航可能深度 100m、速度；2m/s である。また使用した水中ドローンは、本体前面に撮影用カメラを搭載しており基本的には進行方向正面の映像の録画と写真撮影が可能である。図-5 は、作製した低環境負荷型藻礁を設置直後の状況を、水中ドローンで撮影したものである。周囲の岩の表面には海藻が確認できる。紙面の都合上省略するが、水温が高い夏季には見られなかったムラサキウニが散見された。水温の低下に伴い、より浅瀬に移動したものと考えられる。

図-6 は、水中ドローンによるモニタリング結果 (2019 年12 月) を示したものである。藻礁の真上あるいは上部からの撮影が困難であったため、側面部の画像となっている。表面には海藻の活着が確認できた。これまでに実施してきたモニタリングでは、実際に海中に入り、設置した藻礁のほぼ真上からのアングルで写真撮影を行い、海藻の活着の確認をしている。過去に設置した藻礁は、波浪等の影響で破壊が進んでいるため自然石と区別がつきにくくなっている。設置場所を正確に把握していないと、設置した藻礁を見過ごす可能性があることがわかった。また、推進・姿勢制御用のモーターに藻が絡まり操作不能になる可能性があることもわかった。

図-7 (a) は海中設置直後で、藻礁の色が灰色であることがわかる。図-7(b) および(c) は設置後 1 カ月および2か月経過したものである。設置した海域が異なるため、少し差はあるが、特に図-7(b) の場合は藻礁表面への藻の活着が顕著であることがわかる。

### 4. まとめ

モニタリングの結果から過去に設置した藻礁には藻の活着が確認でき、作製した藻礁の有効性が確認できた。水中ドローンのモニタリングへの導入については、その有用性が確認できたが、藻礁の設置場所の正確な把握の必要性や、海藻が繁茂している場合のモーターへの巻き込みなどの問題もあることがわかった。

今後も水中ドローンを併用したモニタリングを継続する予定である。



図-2 モニタリング結果  
(R1年10月)

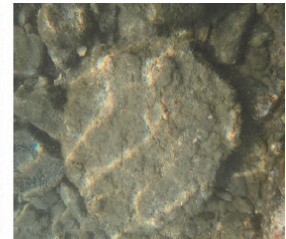


図-3 モニタリング結果  
(R1年12月)



図-4 水中ドローン



図-5 設置直後  
(No.1-No.3, R1年12月)



図-6 水中ドローンによる  
モニタリング結果 (R1年12月)



図-7(a) 設置直後 (No.4, No.5)



図-7(b) 設置後1か月  
(No.4, No.5)

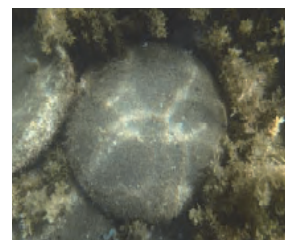


図-7(c) 設置後2か月  
(No.4, No.5)

### 5. 参考文献

- 1) 山本健太郎、根上武仁、中島常憲、島佳奈子、桜島火山灰とリサイクルを有効利用した藻場基盤材の開発とそのモニタリング、第50回環境工学研究フォーラム講演集、(2013)。
- 2) 烏潟愛美、根上武仁、山本健太郎、溝口直敏、平瑞樹：窯業関連産業からのリサイクルマテリアルを用いた藻礁の作製とモニタリング、平成30年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2019。
- 3) 根上武仁、山本健太郎、溝口直敏：海中緑化の試みー低環境負荷型藻礁の作製と設置ー、地盤工学誌、Vol.67, No.1, Ser. No.732, pp.24-27, 2019。



# 電磁気学効果を取り入れた新しい陶磁器技術の開発

セラミックサイエンス研究部門 三沢達也 赤津隆 渡孝則

## 1. はじめに

現在、伝統的な有田陶磁器に電磁気学的効果を取り入れることによって、新たな付加価値を持つ陶磁器製品及び陶磁器の製造技術の開発を行っている。有田の陶磁器産業の産業規模は、高度経済成長からバブル期と比較して、1/6程度に低迷していると考えられる。また、製品のコモディティ化、消費者ニーズの多様化、中国に代表される競合生産地との価格競争なども重なり、長期の低迷によって、有田地域を起点とする新規の取り組みやムーブメントが起りにくくなっていると考えている。

本研究では、陶磁器に電磁気学的効果を付与、利用することによって、新機能を持つ陶磁器技術の開発することを目指している。具体的には、誘導加熱（IH）調理器に対応する高耐久性の実用的な業務用陶磁器食器の開発と、通電焼結の一種である放電プラズマ焼結を用いた焼結プロセスのメカニズム解明について、研究を進めている。

## 2. 誘導加熱（IH）調理器に対応する高耐久性の実用的な業務用陶磁器食器の開発

誘導加熱（IH）方式は、時間的に変動する磁界中に導電性の加熱体（主に鉄製の加熱対象物）を置くことで、電気的に加熱することが出来る非接触加熱である。裸火を使わない為、火災の危険が低く、老若男女を問わず使える、ヒーター式などに比べて加熱スピードが格段に速い、通常形状のガス式に比べて加熱効率が高い、などの利点がある。オール電化住宅の普及などに伴って、一般家庭用の加熱調理器具として普及が進んでいるのに加え、裸火の使用が制限される地下街や高層ビルの厨房、などでの利用など、年々、使用用途が広がっている。また、安全性や利便性と合わせることで、病院、介護施設、航空機の加熱カートでの利用など、新規用途での利用が広がりつつある。

IH方式の特性上、導電性を持つ調理器具しか加熱することが出来ず、鉄製フライパンの様な導電性、磁性を持つ鉄系材料に最適化されたIH調理器具が市販されているアルミ製フライパンの様な非磁性のものは、底面に導電性や磁性を持つ素材を接合あるいは溶射することで、IH加熱特性を持たせている。

それに対して、一般的な陶磁器（土鍋など）は十分な導電性がないことから、利用することが出来ない。そのため、陶磁器の外側底面に、加熱体として、銀厚膜やグラファイトの貼り付けや、鉄系材料の溶射などの方法で、

導電性や磁性材料を持つ材料を配置したものが、一般家庭用の製品として開発、販売されている。しかし、耐久性、機械的強度、材料や製造のコストなどの問題で、業務用の調理器具、食器等については、十分な製品開発が行われていない。

本研究では、実用的な高耐久性を持つIH対応の有田陶磁器の開発を目的として研究を進めている。研究では、①強度、外観など有田陶磁器が持つ本来の特長（有田陶磁器の利点）に加え、②IH特性を持つ陶磁器用素材を開発できるか（IH素材開発）、③実用的な生産技術になりうるか（生産技術）、という異なる技術を両立することが必要である（図1）。これまでに、比較的安価な材料を用いたIH対応加熱体の試料（IH釉薬）を開発してきた。加熱性能は、鉄系材料と比較して同等あるいは良好な結果であり、製品に使用できる加熱体が得られている。

2019年度は、有田の陶磁器メーカーである株式会社匠と共同研究を実施し、IH加熱特性に加えて、機械的強度、耐久性、製造技術について評価を行った。製造技術については、有田に存在する既存の加熱炉及び新規の加熱炉の使用を想定して、有用性について検討を行った。

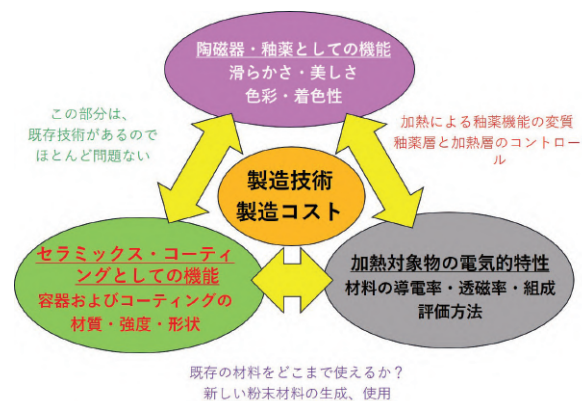


図1 IH対応陶磁器の開発コンセプト

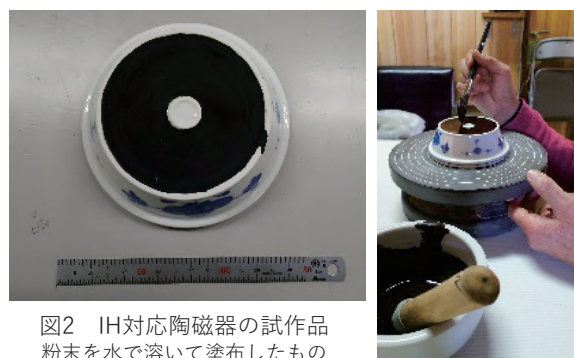


図2 IH対応陶磁器の試作品粉末を水で溶いて塗布したもの

図2に、製作した試作品の一例を示す。粉末試料を水で溶いたものを、IH対応容器の底面に塗り、電気炉で焼結したものである。これに加え、粉末試料をシール材にしたものも、製作を行った。

この素材を、有田で一般的に用いられている通常的气体式大気炉で焼結を行うと、素材が酸化してIH特性が失われることが分かった。有田陶磁器では、ガス炉による焼結時の還元雰囲気によって、釉薬の美しい白色が発色すると考えられているが、この素材に対しては不十分であった。本件に関わる調査より、過去に国内の陶磁器産地において、磁器と一緒に、木炭や無煙炭、樟脳、砂糖などを電気炉に入れて、還元雰囲気を制御していた例があることが分かった。そこで、過去に陶磁器産地の一部で行われていた還元雰囲気の制御方法を取り入れることで、この素材が通常の炉でも焼結できる様な条件について検討を行った。

図3に、還元雰囲気の制御を行った場合の電気炉の実験方法を示す。実験では、炉内の陶磁器容器付近に一酸化炭素源である木炭や練炭を入れた場合（図3(a)）と、電気炉外部に一酸化炭素源を配置してチューブを用いて

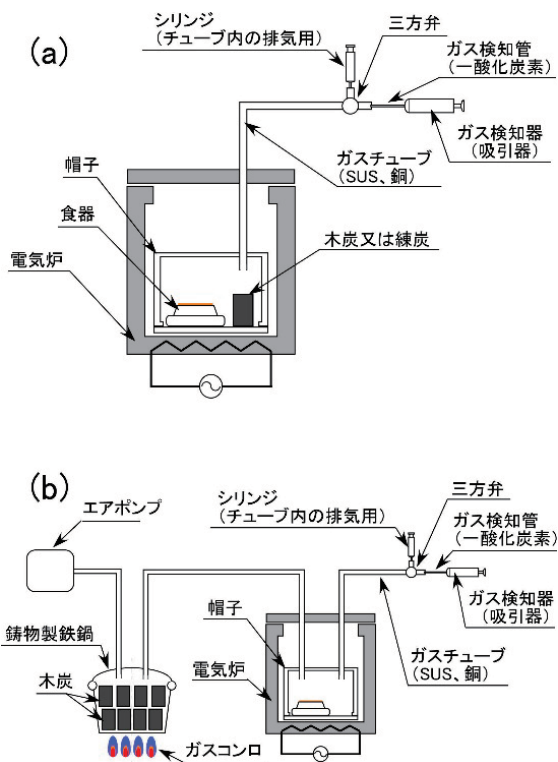


図3 一酸化炭素源を追加した電気炉による還元雰囲気の制御方法

炉内に供給する場合（図3(b)）について実験を行った。焼結試作品は、上記の水で塗布したものに加え、開発したIH対応素材をシール材にしたものを磁器に貼り付けたものも用いた。

炉内に炭を入れた場合には、加熱中もCO濃度が保持され、最高で7.6%、焼結温度の800°Cでも5.2%で維持された。それに対して、外部から導入した場合、550°C付近からCOが熱分解され、急激にCO濃度が減少した。いずれの場合でも、このIH素材の酸化を防止した状態で焼結することが出来なかった。

貼り付けた加熱体の機械的強度を評価する為に、塗装などの評価に用いられる付着性試験機を用いた強度試験を行った。測定子（ドリル）を表面に接着させ、引張強度を評価したところ、開発した試作品では、加熱体が剥がれる前に、磁器が破損し、十分な接着強度があることが分かった。付着強度は、2.5MPa以上と見積もられた。

### 3. おわりに

本研究は、(株)匠との共同研究として、西山典秀氏のご協力の下、実施いたしました。また、本研究の一部は、令和元年度公益財団法人佐賀県地域産業支援センターの“さが「きらめく」ものづくり産業創生応援事業”の支援の下、遂行されました。ここに感謝いたします。



図4 付着性試験を行った後のサンプル  
左：開発シール材、右：既存の銀厚膜の製品

# セラミック材料の電気化学的応用

セラミックサイエンス研究部門 磯野健一 一ノ瀬弘道 矢田光徳

## 1. はじめに

我々のグループでは、セラミック材料を用いた電気化学的な研究を行っている。主な内容は(1)多孔質陶器への導電性ポリマーの充填、(2)電池用電極材料の開発である。

(1)に用いる多孔質陶器は、佐賀県窯業技術センターの蒲地らが開発した、焼成時に無収縮となる陶土を用いて作成した焼結体で、焼結後は微細孔を多数有する。この微細孔は毛管現象により水などの液体を吸収できる。導電性高分子であるポリアニリンは高い導電性と空気中での安定性を持ち、二次電池の正極材料や帯電防止剤等への応用が期待されている。本研究では、多孔質陶磁器の内部に毛管現象によりアニリンを導入後、電解重合によりポリアニリンに変換することによりポリアニリンを複合させることで新たな機能性材料を合成出来るのではないかと考えた。

(2)については、スピネル構造のマンガン酸リチウムを主体とし、そのマンガンの一部を他の金属元素に置換することで、サイクル特性の向上や、高温安定性が検討されている。これまでの研究は4.3Vまであるいは4.5Vまでの充電での研究が主であった。我々は、一部の金属はもっと高い電圧領域で充放電が可能であることを見出し、その詳細な研究を行った。

## 2. 実験操作

### 2.1 多孔質陶器への導電性ポリマーの充填

ポリアニリンの重合液として0.5 mol dm<sup>-3</sup>アニリン-2.0 mol dm<sup>-3</sup>過塩素酸溶液を調製した。作用電極に陶磁器を対極にステンレス板(SUS430)を接続し、1.4 Vで定電圧電解を行った。陶磁器の外側が黒くなるとその部分を割って内側にポリアニリンが重合されているかを確認した。生成物の評価はTG-DTA、水銀圧入法による細孔径分布測定、XRD等で行った。

### 2.2 電池用電極材料の開発

スピネル系正極材料は固相法により合成した。リチウム、マンガンおよび各種金属(Al, Fe, Co, Ni, Cu)の酢酸塩の酢酸塩を所定比で混合し、仮焼成した。その後電気炉内(空气中)と酸素流通下により、800°Cで10時間焼成を行い、目的試料である金属置換スピネル型マンガン酸リチウムを得た。評価はXRD、充放電試験で行った。電池特性評価はコインセルで行い、正極に活物質:TAB2 = 20 mg :10 mg、対極に金属リチウム、電解液に1 M LiPF<sub>6</sub>/EC:DMC (1:2)を用いた。測定条件は、電圧範囲

3.00 V-4.99 V、電流密度20 mA/g、室温(冬期は30°C)とした。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 多孔質陶器への導電性ポリマーの充填

実験を始めるにあたり、最初は通常金属製クリップで陶器を挟み電解を行った。ところがこの方法では陶器側面の表面のみにポリアニリンが合成され、陶器内部まで充填することはできなかった。このような現象は、無電解メッキ浴を用いた金属銅との複合を試みた際にも見られた。陶器の表面と内部で細孔の量が違うなどの原因が考えられるが、確認はしていない。このことを踏まえ、電極には鉛筆の芯をグラファイトとして用い、陶器の頭部に強く押し付けることで代用した。

95時間電解した試料、合計141時間電解した試料、合計564時間電解した試料のデジタルカメラの写真をそれぞれ図1(a), (b), (c)に示す。電解時間が長くなるにつれて、外側が黒くなる面積が大きくなった。電解した試料の上から1 cmで切った断面の写真をそれぞれ図1(d)に示す。断面が濃緑色になっていたので試料の内側にもポリアニリンが重合したと考えられる。

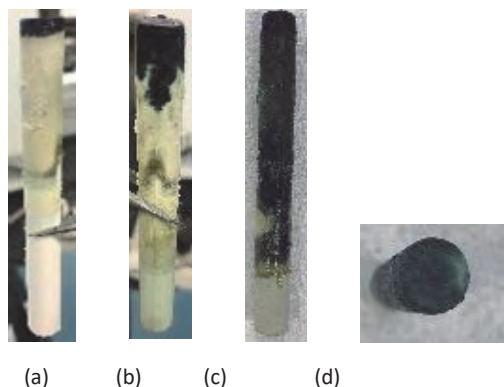


図1 陶器中に合成されたポリアニリン

材料である陶器と、ポリアニリンを複合させた陶器のXRDを比較すると、 $2\theta = 10^\circ - 30^\circ$ の間にブロードのピークが存在し、ポリアニリンが複合されていることが確認できた。

多孔質陶磁器とポリアニリン複合体のTG曲線を図2に示す。ポリアニリン複合体では全体の重量減少は約7.9%であった。100°Cまでに約2.3%重量減少しており、これは細孔内の水もしくはアニリンや過塩素酸の蒸発による減少だと考えられる。一方多孔質陶磁器では重量減少が



約1.4%であった。よってポリアニリンの燃焼による重量減少は約4.2%と考えられる。よって、作成した複合体には電解重合したポリアニリンが約4.2%含まれる

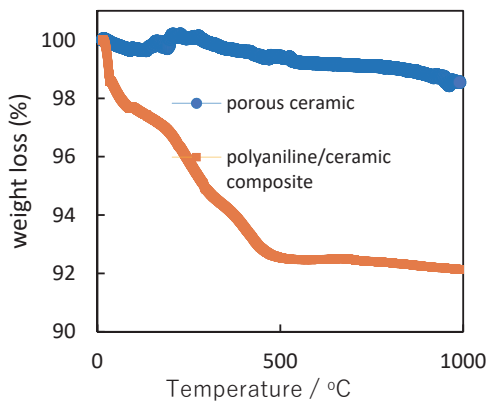


図2 陶器と複合体の熱重量分析

### 3.2 電池用電極材料の開発

今回合成した金属置換したスピネル型マンガン酸リチウム酸リチウムのうち、Ni置換物は以前から高電圧部での充放電が確認されていた。ここでは我々が発見したCu置換物についておもに結果を示す。CuもNiほどではないが、高電圧での充放電が可能である。また、Fe置換物やCo置換物でも若干ながら高電圧での充放電が可能であった。Al置換物では充放電は認められなかった。今回は、空气中で焼成した場合と酸素中で焼成した場合を比較した結果も示す。

合成した $\text{LiCu}_x\text{Mn}_{2.0-x}\text{O}_4$  ( $x=0-0.3$ )のXRD図を図3に示した。合成したすべての試料はFd3mに帰属されるスピネル構造特有の回折パターンを示し、全て単一相で存在していることがわかった。また、Cu置換量の増加に伴いピークは高角度側にシフトしており、格子定数は小さくなった。

得られた $x=0.3$ の試料の1cycle目の充放電曲線を図4

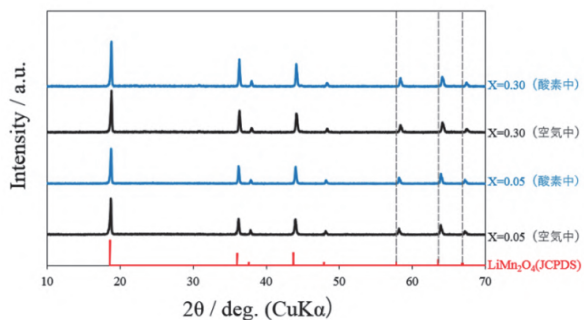


図3 銅で置換したマンガン酸リチウムのXRD図

に示した。Cu置換量の増加に伴い、4.8V付近の放電容量が大きくなった。また、酸素中で焼成した試料の方が4.8V付近での容量は小さくなり、これは銅の酸化還元が起こりにくい状態で合成されていることを示している。4V付近を含めた容量は酸素中で焼成した試料の方が大きくなった。これは昨年示されたLi-Ni-Mn-O系スピネル化合物の場合と同様であった。

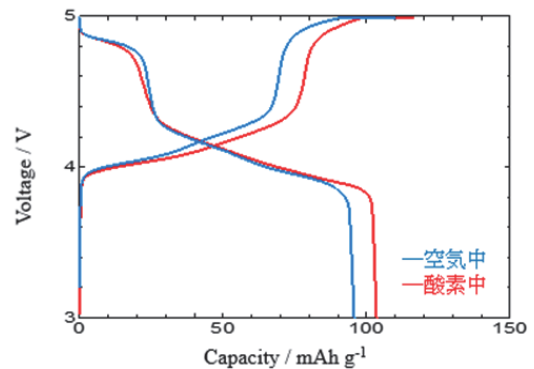


図4  $\text{LiCu}_{0.3}\text{Mn}_{1.7}\text{O}_4$ の充放電曲線

図5に異なる焼成雰囲気での $\text{LiCu}_x\text{Mn}_{2.0-x}\text{O}_4$  ( $x=0-0.3$ )のサイクル特性を示す。Cu置換量0ではサイクル毎に放電容量の低下が見られるが、Cuで置換したことで放電容量の低下が改善されたと言える。つまり、Cuを添加した物質は劣化を抑制することができた。

また、Cuの置換量の増加に伴い、空气中で焼成を行った試料の方が、酸素流通下で焼成を行った試料より放電容量が大きくなったことが見て取れる。

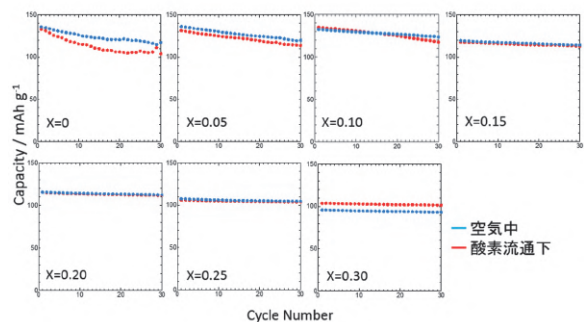


図5  $\text{LiCu}_x\text{Mn}_{2.0-x}\text{O}_4$  ( $x=0-0.3$ )のサイクル特性

### 4. おわりに

R1年度は陶器と導電性高分子の複合体の作成に成功した。R2年度は、複合速度を上げるとともに、金属銅との複合を目指す。

電極材料についてはさらに研究を進める。

# 大学と地域の連携による地域課題解決を目的とした実践的まちづくり教育法の開発

マネジメント研究部門 有馬隆文

## 1. はじめに

各地の大学において地域創生やまちづくりをテーマとした新設学部・学科が増加しているが、本分野は新領域であることから地域創生やまちづくりの明確な教育法が確立しているとは言い難い。また一方では、それぞれの地域では固有の特徴や課題を有することから、学生の学びにはリアルな現場への参画が必要である。本研究では、大学の地域が連携することによって、大学が地域にアウトリーチ的に入り込み、地域住民と活動することによって地域課題の解決に取り組み、そのリアルな取り組みを通して、学生がまちづくりの手法を実践的学ぶ。このような教育方法の改善を繰り返しながら、教育方法の開発・発展を試みた。

R1年度の研究成果報告として、筆者と学生たちが協働で実践した肥前窯業圏である佐賀県江北町におけるまちづくり活動の事例について詳しく紹介したい。

## 2. 対象地域

佐賀県江北町は「さかのへそのまち」を自称している。その言葉の通り、江北町は地理的には佐賀県の中央に位置し、歴史的にみてもこれまで交通の要衝としての役割を担ってきた。江北町のJR駅である肥前山口駅は、東は佐賀・福岡方面へ、南は長崎方面へ、西は有田・佐世保方面へ向かう鉄道の分岐駅であるとともに、物流の主役が鉄道からトラック輸送に代わると、いち早く町内に高幅員のバイパス道を整備し、各種の大型商業施設を誘致して地域拠点としての性格を強めてきた歴史がある。

しかし、近年では、周辺自治体における、新たな商業施設や集客施設の立地、長崎新幹線や新幹線駅の建設など、江北町を取り巻く現状は大きく変化を遂げつつあり、このことに危機感を抱いた江北町の商業従事者たちと佐賀大学においてまちづくりを学ぶ学生たちの協働によるまちづくり活動の取り組みは平成30年度から始まった。

## 3. 実践型まちづくり教育法とは

筆者らが目指している教育法は実践型まちづくり教育法である。この方法で最も重要なことは、あくまでも教育であることを忘れないことである。このような取り組みでは、まちづくりへの熱量が高い地域住民がリーダーシップをとってしまい、学生が完全にお手伝い、言い換えると単なる労働力になりがちである。それでは、教育と言えない。学生にとって創造的作業があり、まちづくり特有の合意形成の機会があり、協働しながら実践の現

場での学びが必要と考える。

そのためには、前提条件として、地域住民と学生が対等にものを言える環境をつくる必要がある。幸い本取り組みの協力者である、江北町のひふみ通り振興会前年度から学生と協働の取り組みを実践した経験を持ち、地域組織と大学との信頼関係をうまく築けており、相互に対等にものを言えるパートナーであった。

実際に取り組みを行うにあたっては、次のような具体的な目標を整理した。

- ①学生の創造的作業の機会を必ず含むこと
- ②地域へのプレゼン・合意形成の機会を設けること
- ③地域住民と協働の機会を設けること
- ④地域にとって取り組み自体が地域の課題解決に結びつくこと
- ⑤学生にとって取り組み自体が教育となっていること
- ⑥取り組みの合間に交流の機会をもうけること
- ⑦継続的なまちづくりの観点から、前年度の取り組みと関係する取り組みであること

## 4. 具体的な取り組みテーマと実践期間

具体的なテーマの決定は、前年度のまちづくり活動内容への理解がある「ひふみ通り振興会」の代表者と大学教員が相互に意見交換を行って具体的テーマを設定した。

令和1年度の取り組みのテーマは「江北町みんなの公園オープニングイベントへの出店企画：マルシェのデザインからイベントの運営まで」をテーマとした。

江北町みんなの公園（図1）は江北町に中央に建設予定の公園であった。丁度、ひふみ通り振興会には公園のオープニングを盛り上げるための依頼があっており、1つの課題となっていた。また一方、前年度の学生のまちづくり提案の取り組みでは、江北町は車利用中心のまちであるために人々の活動が見えない、マルシェなどを大



図1 江北町みんなの公園完成模型

駐車場に設置してはどうか、という提言をおこなっており、そのような背景から、学生にマルシェそのもののデザインを提案・制作してもらい、みんなの公園オープン時に、学生とひふみ通り振興会が主体となって、マルシェの運営や子供向けワークショップの企画・運営をおこなうこととなった。

スケジュールは以下のとおりである。

- 4月 全体企画
- 5月 マルシェ企画、学生はCGソフトトレーニング
- 6月 マルシェデザイン案検討 その1  
 <マルシェデザイン案中間発表@大学にて>
- 8月 マルシェデザイン案検討 その2  
 <マルシェデザイン案最終発表@江北町にて>
- 9月 学生提案をもとに実現案にブラッシュアップ  
 マルシェ制作、子ども向けWS企画
- 10月 マルシェ制作、子ども向けWSテスト
- 11月 マルシェお披露目、子ども向けWS実践

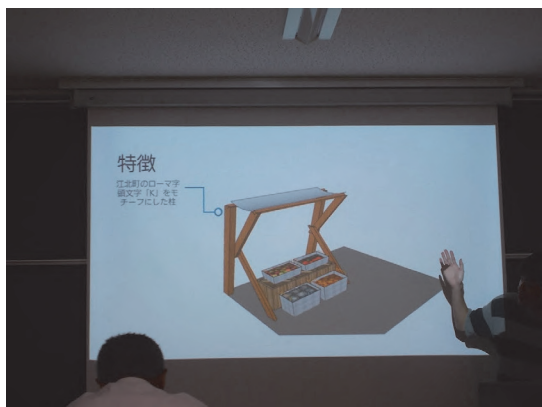


図2 学生によるデザイン案最終発表／江北町の町長をはじめとする住民の前で発表・ディスカッション

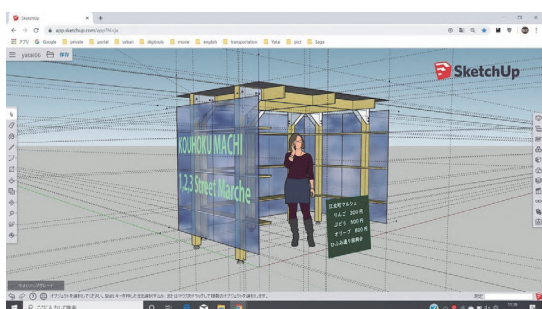


図3 学生提案をもとに実現案にブラッシュアップした／ひふみ通りの家具職人からアドバイスをえて制作



図4 マルシェ「ボックスタイプ」



図5 マルシェ「Kタイプ」

R1年11月17日の2つのタイプのマルシェをお披露目できた。当初の予定通りにひふみ通り振興会メンバーと学生の役割分担はうまくできた。両者の関係がうまくいった秘訣は、1) ひふみ通り振興会メンバーが大学の学生たちと粘り強く付き合ってくれたからである。そのような関係をもてたのも、前年度の実績があったからであろう。それから、2) パートナーであったひふみ通り振興会メンバーがまちづくり活動を楽しんで実践しているスタンスが学生とコラボレーションに適していた。

## 5. おわりに

実践的まちづくり教育法を試行して多くの教育効果が得られたが、一方では幾つかの課題も明確になった。結果として次のことが指摘できる。

- 1) 地域と大学の継続的まちづくり活動の実践が相互の信頼を形成し、互いの役割分担がうまくできた。
- 2) 相互の得手不得手の部分を上手に補いながら協働作業を行った。
- 3) 大学のカリキュラムと地域事情のスケジュールが難しかった。



# 肥前窯業圏の地域ブランド構築にむけて

マネジメント研究部門 山口夕妃子

## 1. はじめに

2016年に陶器生産の技を活かした各地で歴史と伝統が培った技と美、景観を五感で感じる陶器のふるさととして佐賀県の唐津市、伊万里市、有田町、武雄市、嬉野市と長崎県の平戸市、佐世保市（三川内）、波佐見町の8つの市町が「肥前窯業圏」の日本遺産認定を受けた。日本遺産は、歴史的な価値や意義をわかりやすく伝えるストーリー性やその魅力を海外にも発信できることを基準としたものである。

伝統産業の振興が厳しいなか、日本遺産認定は地元の地域活性化に一役を担う出来事である。しかし、伝統工芸品の生産額は1983年の5.410億円とピークをむかえ、2015年は1,020億円にまでになり、1/5の水準にまで落ち込んでいる。従業員数も1979年の28.8万人がピークであり、2013年には6.5万人と生産額と同じく最盛期の1/5の水準にまで落ちこんでいる（伝統的工業審産業振興協会調査）。工業統計によれば、特に「漆器」「陶磁器」「眼鏡」は落ち込みが顕著である。ここでは、衰退・停滞している伝統産業振興とその産業を主要産業としている地域に焦点を当て、地域創生の方向性を地域ブランド論の紹介を行いたい。

## 2. 地域ブランドとは

地域ブランドとは、地域の製品、産品の競争力を高めるための（1）「モノのブランド化」と、地域トータルの暮らしの価値を高めて、その価値を共有する「支持者、賛同者」を広げていく（2）「地域ブランド化」＝場所のブランド化という2つの方向がある。近年、この地域ブランドに注目が集まっている理由の一つには（2）の地域特性を活かして他の同種の商品・サービスとの差別化を図ることにより、地域活性化や地域再生の足がかりとする試みが背景にある。つまり、その商品・サービスに対する消費者の認知を高めるとともに、その地域自体のイメージを向上させることを試みる取り組みのひとつである。

## 3. 地域ブランド取組ポイント

地域ブランドへの取組のポイントとして金子和夫氏は、以下のように示している。

① 地域にこだわった商品づくりを行う

- ② 消費者に直結した流通チャンネルをつくる
- ③ 生産者の顔と名前と想いを伝えるプロモーション
- ④ ビジネスモデルづくり
- ⑤ 地域イメージの形成

地域ブランドの形成要素の重要な点として

- ①地域を愛する発信者を明確にする
- ②送り手のビジョンを明確にする
- ③地域の範囲を整備する
- ④地域の魅力・シンボルを明確に打ち出すことをあげている。

## 4. 地域ブランドにおけるヒトの重要性

地域ブランドの構築は、企業のブランドのように、組織がひとつではない。様々な利害関係者が集まり、地域ブランドを構築していく。この利害関係者には、地場産業はもちろんのこと、地域住民、そこを訪れる観光客、自治体など多くの組織と人々が介在する。そのなかでどのように地域ブランドを構築し、マネジメントしていくのかといったことが問題となる。そこでは、それらの利害関係者をまとめる「ヒト」が重要になってくる。それが、時には自治体の長であったり、地場産業の方であったり、利害を全く持たない「よそ者、若者、ばか者」と呼ばれるヒトであったりする。

つまり、地域の外から地域の良さを再発見したり、理解できるよそ者、その良さを認識し伝承していく情熱をもった若者、〇〇ばかといわれるほど地域のことに熱中し情熱をそそいでくれるばか者と呼ばれる「ヒト」が集まり、「ヒト」がその地域資源を再発見し、認識し、どのように評価するのが地域ブランド構築には重要となってくる。つまり、地域のことを愛し、考え、行動する人たちがたくさん集い、形にしていくことが地域ブランド構築において重要である。

## 5. 地域とのシナジー効果

伝統産業振興において、「伝統工芸品」はその伝統技術を温存し、発展させていく必要がある。また、その一方で生活様式が洋風化してきている現代の生活の中で「伝統工芸品」を活かすことを考えた取り組みが求められている。

しかし、伝統産業は産地や製品のもつ特性によって市場での評価を受ける一方で、その特性に縛られる結果、

新たな市場を見出すことが難しい産業でもある。つまり、地域に埋め込まれた制度的条件を背景としてブランド展開を進めてきた。「有田焼」と言えば、消費者が思い出す文様、色柄、絵柄などの要件を満たさなければ、「有田焼」と認知されないといったことが産地ブランドとして求められてきた。地域に埋め込まれた制度的条件がブランド力として強い力をもって産業振興を推進するときもあれば、後退することもある。

この地域に埋め込まれた制度的条件を地域ブランドという考え方で肥前窯業圏のブランディングを考えてみたい。

## 6. 肥前窯業圏におけるブランディング

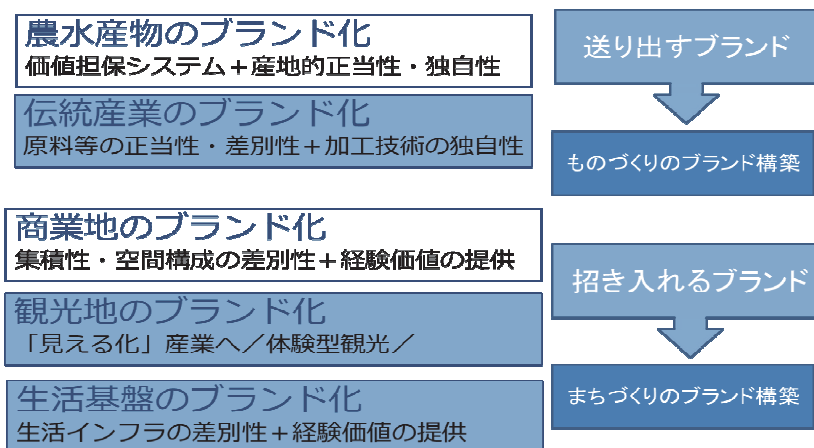
地域ブランド構築にあたって、青木幸弘氏は次のように指摘している。「地域ブランド化は、魅力ある地域資源に相対的稀少価値を付与する仕組みをどう構築するかにかかっている。地域に産出される農水産物や加工品などは地域の外部に送り出すブランド化、また商業集積地や観光地などは地域の内部に招き入れるブランド化の考え方で構築すべき」であり、「相対的希少価値」を付与できるかどうか重要である。つまり、肥前窯業圏であれば、伝統産業のブランド化には、原材料の正当性や他の産地との差別性にさらに、肥前窯業圏それぞれの産地特性を活かしたか伝統技術を地域内外に示すことがものづくりのブランド構築には重要になってくる。

日本遺産として認定を受けた肥前窯業減として観光資源としての魅力を観光客にどのようにアピールしていくかと考えると、ものづくり産業としての伝統産業の工程を「見える化」することによって、観光資源とすることもひとつの戦略であろう。あるいは「ろくろ体験」や「絵つけ体験」も窯業産業のまちだから提供できる観光資源となるだろう。地域創生の議論で考えなくてはいけないことは、従来の中心産業である伝統産業を従来通りのものづくり産業として位置づけるのではなく、新たな価値をもった魅力なる産業として位置づけ、地域と一体となった産業振興、まちづくりをおこなうことが「地域創生」としての一つの方向性として考えることができる。

## 7. おわりに

従来から言われている「産地」や「特産品」といった商品としての魅力をアピールするだけではなく、新しい価値を「地域」特性という魅力を付加させた「地域ブランド」の構築を行っていくことが、地域産業や地域そのものに新しい価値を創り出していく「地域創生」へとつながっていく。つまり窯業産業は地域特性によって発展してきたが、今まさに新しい価値を創り出すことが求められている。日本における窯業全体が同じ問題を抱え、解決策を模索しているのである。地域にある他の資源や文化・風習などをどのように従来のモノづくり産業に新しい価値を創り出し、地域に新たな価値を創り出していくのが求められている。

図1 肥前窯業圏におけるブランディングの方向性



(出所) 青木幸弘 (2007) 「地域ブランド地域活性化の切り札に」『地銀協月報』(560) 全国地方銀行協会年 2~8頁。加筆・修正

# 肥前地区の焼きものの魅力発信と 需要創出のための活性化事業

客員研究員 浜野貴晴（promoduction代表、佐賀県窯業技術センター外部アドバイザー）

## アリタセラ「魅力創出プロジェクト」による集客事業の見直しとPR

＜有田焼卸団地協同組合＞

### 【目的と経緯】

肥前地区の陶磁器を扱う商社で構成される有田焼卸団地協同組合では、2017年11月よりショッピングモールとなっている当該卸団地エリア「アリタセラ（旧有田陶磁の里プラザ）」への一般消費者の集客事業とPRを見直す「魅力創出プロジェクト」を立ち上げ、浜野が同プロジェクトのディレクターに着任した。

組合員の有志約10名が毎月プロジェクトMTGに参加し、「茶わん供養・有田のちやわん祭り」や「有田陶器市」といった年間を通じて数多く開催しているイベントについて、その内容とPR方法について検証し、改善してきた。加えて、新たな集客を見込める催しとして、屋外で料理とお酒を楽しむ「Dining Bar in Arita Será / ダイニング・バル」、2018年4月に開業したホテル・レストラン「arita huis」と連携した食と器のイベント企画、冬の新たな風物詩を目指す「Winter Illumination / ウィンター・イルミネーション」を企画・実施してきた。

また「有田陶磁の里プラザ」という名称がこれまで定着せず、組合員自ら「卸団地」と呼んでいた状況下において、「ここでは業販が中心で一般購入できない」と勘違いされうるという認識から、名称の見直しが決まった。一般公募による名称コンペを開催したところ、全国から450を超える応募があり、厳正なる審査の結果「アリタセラ/AritaSerá」に決定、2017年4月をもって新名称に改称した。改称に伴い、ロゴタイプ、看板・サイン類、PRツール（WEBサイト、ショッピングバック、案内リーフレット等）を一新、浜野がデザインも担当してきた。

改称やイベントの見直しを通じ、自らの属する「アリタセラ」という場をどのようにしていきたいか、有田焼産地内にある、商社が集積した販売の拠点として、どのようにお客様を迎え、楽しんでいただける場にするべきか、ここならではのイベントとは何なのかを考える必然性が高まり、アリタセラのブランディングに繋がっている。

アリタセラへの来訪者数は、aritamuisの開業効果もあり着実に増加。インバウンドの観光客も増えている。当プロジェクトは、アリタセラの方向性を考える組織としての確立を目指す。

### 【事業概要】

#### 1. 集客事業（イベント）の見直しと新規立ち上げ

年中無休にて営業しているアリタセラでは、正月の「新春初売り」からはじまり、季節ごとほぼ毎月、何かしらのイベントを実施している。しかしながら、長きに渡り継続して実施してきたことが仇となり、本来の集客目的である「肥前地区の焼きものの魅力発信」や「多様化するライフスタイルに即した食・器文化の提案」「有田焼産地ならではの陶磁器に囲まれた空間で過ごす楽しみ」といった趣旨が曖昧となり、来場者へのプレゼント企画や、食や器とはかけ離れた見世物企画が乱立し、何から集客効果のありそうな事業を遂行することが目的となってしまっていた。

そこで、各イベントの内容、開催時期から、それぞれにテーマを持たせ、それに即した企画を検討、実施することとした。年間を通したイベントおよびそのテーマは以下の通りである。

|           |  |
|-----------|--|
| 1月        | ：「新春初売り」   |
|           | ・ハシの器、縁起物の提案   |
| 2月～3月     | ：「有田 雛のやきものまつり」  |
|           | ・ひな人形飾りの提案<br>・お菓子・桃の花と器のコラボレーション企画                      |
| 4月～5月（GW） | ：「有田陶器市」   |
|           | ・有田焼の物量、種類の豊富さを見せる圧倒感                                    |
| 8月        | ：「サマーフェア」  |
|           | ・旅行や帰省客をターゲットとしたお土産物の提案                                  |
| 9月        | ：「秋の感謝祭」   |
|           | ・有田棚田米の新米プレゼントと連携したお茶碗の提案<br>・農作物の収穫期に合わせたファーマーズマーケットの実施 |
| 10月       | ：「アリタセラ ダイニング・バル」  |
|           | ・1日限りの屋外レストラン（非日常的空間）の体験                                 |
| 11月       | ：「茶わん供養・有田のちやわん祭り」                                       |
|           | ・道具として使用してきた器に感謝する「神事」と「祭祀」                              |
| 11月～翌年2月  | ：「ウィンター・イルミネーション+有田サンタプロジェクト」                            |
|           | ・有田の冬の風物詩を目指す夜の観光提案                                      |

### 【具体的な実施内容】

#### 「茶わん供養・有田のちやわん祭り」

「有田のちやわん祭り」は、有田の秋のイベントとして37年の歴史を誇る。本来、道具としての「器」への感謝を示し、割れたり欠けたりした「茶わん」を供養する「茶わん供養」の祭祀として始まった。

しかし、近年「おまつり」としての「販売イベント」の様相が強くなり、「供養」や「感謝」に対する意識が薄れ、秋の「陶器市」となってしまう傾向があった。

そこで、今一度初心に立ち戻り、「茶わん供養」のあり方を見直すことから始めた。陶山神社と連携し、アリタセラのシンボルでもあり、「茶わん供養」の御神体でもある「茶わん神輿」の環境整備を行い、しめ縄や五色幕、本札鈴や賽銭箱を用意し、来訪者がお参りできるよう神社としての設えを整えた。

加えて、「器」への感謝の気持ちを表せる仕掛けとして「茶わん絵馬」を新規に制作、割れた茶わんの供養にお参りした方々が感謝の気持ちを記した絵馬を奉納いただき、後日、陶山神社にてお焚き上げを行い、茶わんの御霊を弔う。「有田の地から生まれた焼きものが、人々の生活の道具として役立ち、豊かにしてくれたことに感謝し、そして割れたり欠けたりしてその役目を終えた焼きものを供養することで、再び有田の地にその御霊を帰す」という、モノへの感謝と大事にする心の醸成、焼き物の一大産地である有田らしい取り組みとして、生まれ変わった。



「茶わん神輿」周辺環境の設え



「茶わん絵馬」による供養の見直し

#### 2. PRツールの一新による効率化と魅力の向上

これまで、各イベント毎にチラシやポスターを制作し、配布を実施してきたが、伝えるべき情報の整理、紙面デザインのトーン・マナーの統一などが図られておらず、アリタセラとしてのブランディングに寄与するものではなかった。とはいえ、数多くのイベントのPRツール制作のデザインコントロールを実施するためのコストも多大となる。加えて、各イベントが終了してしまえば、残部は不良在庫となるばかりであり、紙資源の無駄使いという課題もあった。

そこで、イベント毎にPRツールを制作することをやめ、季刊のフリーペーパーとして、年4回タブloid版の新聞「Arita Será TIMES」を発行し、そこにイベント情報を集約させることで、大幅に印刷物の制作点数を減らし、コンテンツやデザインに費用をかける方法に変更した。さらに新聞であるため、掲載しているイベント終了後も次号発行までの間、配布し続けることやバックナンバーの提供も可能であるため、継続的な情報発信ツールになるとともに、不良在庫軽減にも繋がる。

有田町内をはじめ、近隣や北九州の主要観光施設などでも配布を実施しており、アリタセラの認知度の向上やイメージアップに寄与したPRツールとして好評を博している。



年4回、季刊にて発行を開始した「Arita Será TIMES」

### 【特筆すべき成果】

- ・関係者が集まり意見交換やディスカッションを行う「情報共有する場」の常態化
- ・自ら考え、主体的に行動しなければならぬ必要性を生み出すことによる当事者としての意識改革と実績が伴うことでのモチベーションの向上
- ・コスト意識、費用対効果を検討しながら、来訪者に魅力的な施設と認識してもらうためのトータルデザインの必要性の認識とその実施
- ・売り上げ、来訪者数、メディアでの掲載数や取材実績、WEBサイトのアクセス数、SNSなどのコメントや口コミなど、活動効果の見える化
- ・活性化事業を「実施すること」ではなく、「実施し続けられること」を目的とした運営体制の構築とオペレーションの確立



# 地方商業者の集客及び観光消費創出のための 活性化事業とブランディング

客員研究員 浜野 貴晴 (promoduction代表、佐賀県窯業技術センター外部アドバイザー)

## 「肥前・有田 箸置きプロジェクト」の事業化 ＜佐賀県陶磁器商業協同組合＞

### 【目的と経緯】

有田町および近隣の陶磁器商社で構成される佐賀県陶磁器商業協同組合は、「肥前・有田 箸置きプロジェクト」を立ち上げ、今年度キャンペーン事業として「肥前・有田 箸置きを使うキャンペーン」を令和元年10月4日(陶器の日)より実施した。当該プロジェクトのクリエイティブ・ディレクターに浜野が就任し、事業計画の立案および事業内容のディレクションを行った。

肥前・有田 箸置きプロジェクトは、日本の食文化における「箸置き」の意義を見直し、日々の食卓で箸置きを使うことによる、丁寧な暮らしを提案する取り組みである。

「箸置き」をキーアイテムとして、有田焼をはじめ、肥前地区の陶磁器(伊万里焼/唐津焼/肥前吉田焼/波佐見焼/三川内焼等)の紹介を通じて、作り手が生み出す多種多様な表現の焼きものの魅力を発信することとし、SNSを活用し、新たな顧客へのアプローチを試みるとともに、肥前地区の陶磁器のファン獲得を目指した。

また専門家による、箸置きを使った学校給食でのマナー講座等、箸置きの使用を促進する様々な活動を行い、将来の需要創出につながる日本の食・器文化の啓蒙活動に努めた。

### 【実施期間と主なスケジュール】

令和元年8月～令和元年11月(立ち上げから実働まで)～令和2年3月(告知のみの継続)

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 7/26     | プロジェクトの実施に関する組合員へのキックオフミーティングの開催 |
| 9/1      | Instagram運用スタート                  |
| 10/4     | 陶器の日 プレス発表を行い、プロジェクトの正式スタートを告知   |
| 11/8     | 有田小学校にて「卓育授業」を実施                 |
| 11/20～24 | 「肥前・有田 箸置き市」の開催                  |
| 11/22    | 有田小学校の「誕生給食会」にて箸置きの使用体験開始        |
| 12/20    | プロジェクト報告会                        |

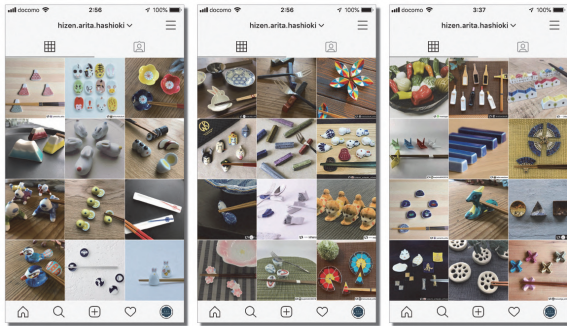
### 【事業概要】

#### 1. SNSによる情報発信

##### ■ 公式 Instagram: 肥前・有田箸置きプロジェクト (@hizen.arita.hashioki)

Instagramにて各組合員が取り扱う「箸置き」の画像を集約し、産地内の箸置きを網羅したカタログのようなアカウントページを構築した。

多種多様な肥前地区の箸置きの「可愛らしさ、美しさ、面白さ」をアピールし、フォロワーの獲得および情報提供の実施、ファンづくりを努めた。(フォロワー数: 439 / 令和2年3月17日時点) 各組合員は、自社のInstagramアカウントにキャンペーンのハッシュタグ「#肥前有田\_箸置きを使う」をつけた箸置きの画像を投稿し、公式アカウントがリポストを行うかたちで公開した。



公式Instagram

##### ■ 公式 facebook: 肥前・有田箸置きプロジェクト (@hizen.arita.hashioki)

Instagramと連動させ、facebookにて当プロジェクトの紹介、キャンペーン事業やイベント等の告知を行った。

メディアでの紹介など掲載実績を告知し、活動効果の見える化に努めた。



公式ビジュアル

#### 2. 「肥前・有田 箸置きを使う」キャンペーンの実施

##### ■ 学校給食で箸置きを使う

共催 : 有田町

協力 : NPO法人 食空間コーディネート協会

令和元年11月から実施

有田町立有田小学校と連携し、日本の食文化における器やお箸などについて考え、学校給食で実際に箸置きの使い方を学ぼうという企画である。

NPO法人 食空間コーディネート協会公認の卓育インストラクターによる、家族で囲む食卓の楽しさ、食文化、感性、思いやり、もてなしの心を育む「卓育授業」も開催した。

KEB九州朝日放送やNHK佐賀放送局、STSサガテレビなど4社がニュース等にて放映した他、佐賀新聞、西日本新聞、読売新聞など多数の紙面、WEBニュースにて紹介された。

#### 【具体的な実施内容】

##### ● 有田小学校での「卓育授業」の開催

・有田小学校にて、食空間コーディネート協会 九州支部長の平田美鈴氏による「卓育授業」を有田町と共催した。

・4年生を対象として11月8日(金)の4時限目に「箸置きを使うー箸の使い方/箸と箸置きと食卓の関係ー」をテーマに授業を実施し、その後の給食にて、箸置きを実際を使って食事してもらった。



##### ● 有田小学校の「誕生給食会」での箸置きの体験学習

・有田小学校にて隔月開催している「誕生給食会」において、生のおよび保護者、先生方参加のもと「箸置き」を使ってもらい、箸置きの意義について体験学習してもらった。

・第1回目として、11月21日(木)の給食時に実施、以後継続。



卓育授業の様子

##### ● 有田小学校への「箸置き・スプーンレスト」の寄贈

・「誕生給食会」等で使用する「箸置き・スプーンレスト」は、佐賀県陶磁器商業協同組合および組合員より有田小学校へ寄贈された。

#### ■ 肥前・有田箸置き市

共催 : 有田焼卸地協同組合

令和元年11月20日(水)～24日(日)

有田のちゃん祭り、秋の有田陶磁器まつり期間中、有田焼および肥前地区の陶磁器(伊万里焼/唐津焼/肥前吉田焼/波佐見焼/三川内焼等)の箸置きを一堂に集めた「肥前・有田箸置き市」をアリタセラ内のギャラリー 青磁、および有田町内の組合員店舗等にて開催した。

アリタセラ では、300種類におよぶ箸置きの展示販売とともに、箸置きを使うことの意義を紹介するパネル展示、さらに窯元の協力のもと、製造工程を紹介する写真パネルや生地成形に用いる石膏型や素焼き生地なども展示し、ものづくりを伝えた。期間中、約1000個の販売実績を生むとともに、来場者から箸置き選びを楽しみ声が多数上がった。



アリタセラにて開催された「肥前・有田 箸置き市」の様子

石膏型と素焼き生地の展示

#### 3. 次年度以降の将来的な事業展開

当プロジェクトは、多くのメディアで紹介されるなど、本年度事業の盛り上がりやその成果が内外から高い評価を受け、次年度以降も数年間の継続を検討することとなった。「箸置きを使う」をキャッチコピーとした消費地の店舗、展示販売会イベント、箸屋でのポップアップショップなど、組合員の事業展開にも柔軟に活用できる仕組みの構築を目指す。

#### 【特筆すべき成果】

- ・同業者が集まり新たな需要創出のためのプロジェクトの共同実施を行うことによる1社では達成が難しい費用対効果が生みだすスケールメリットの実感
- ・肥前地区の焼きもの認知のための取り組み、食・器文化の普及に繋がる啓蒙活動、直接的な収益を生む展示販売をセットに行うことによるメディア等での取材実績、WEBサイトのアクセス数、SNSなどのコメントや口コミの増大
- ・実績が伴うことでのモチベーションの向上と事業を継続しようとする意識の向上



# 高精度陶磁器

客員研究員 蒲地伸明 (佐賀県窯業技術センター)

## 背景

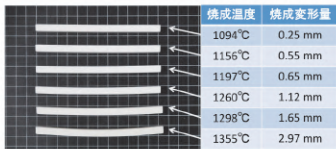


高精度陶磁器商品 (左,中:ディフューザー 右:フラワーベース(内側施釉))

佐賀県窯業技術センターが平成29年に発表した高精度陶磁器は、従来の有田焼と同様の製造工程で高精度の製品を得ることが出来るため、気孔特性を生かしたディフューザーを中心に多くの製品が開発、販売されている。

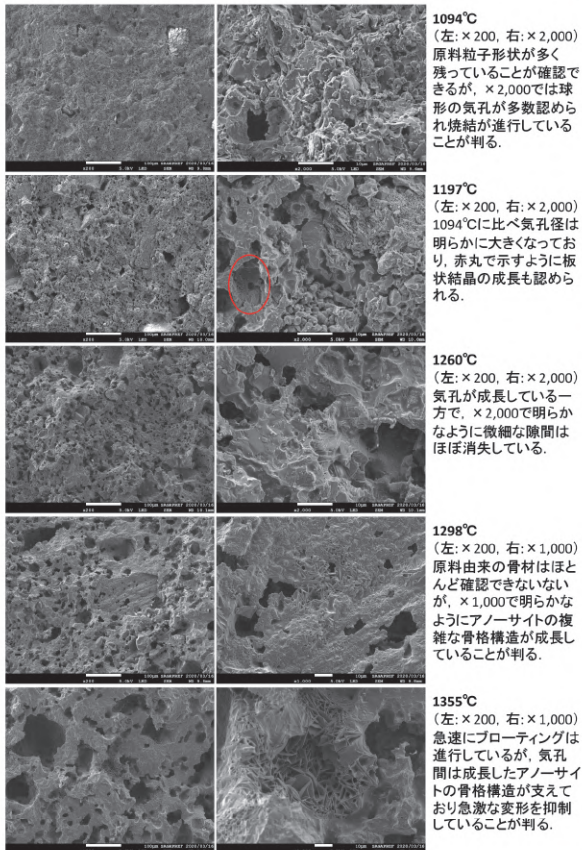
一方で非常に焼成収縮、変形が小さいという特徴のみを利用し、食器等の開発を行いたいという希望も多い。食器としての利用のためには防汚の点から表面の封孔技術の開発が必要である。釉開発や高台部分の封孔技術の開発の足掛かりとするために高精度陶磁器の焼結機構の調査を行った。

## 焼成温度と焼成変形の関係



焼成変形量は昇温と共に僅かに増加し、1300℃以上で加速する。また1298℃、1355℃焼成体では素地の明らかな膨化が確認された。

## 焼成温度による組織変化



## まとめ

極めて焼成変形、収縮が小さいことを特徴とする高精度陶磁器を対象にその焼結機構の解明を行った。焼成温度の上昇により元来の骨材であるQuartzとCorundumは減少するが、同時にAnorthiteが複雑に絡み合った骨格構造が成長することにより、特異な焼結特性を発現していることが、XRDやSEM観察により明らかとなった。

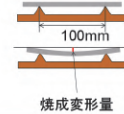
## 実験方法

原料 市販多孔質セラミックス用陶土 同等品

成形 石膏型への鑄込み成形  
(含水率25%:分散剤 0.20% ケイ酸ナトリウム;日本化学工業)  
試料形状(120×20×7mm)

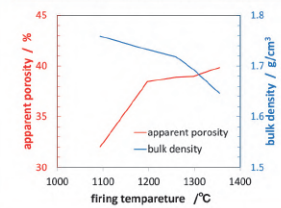
設定温度: 1100, 1200, 1250, 1300, 1350℃  
焼成 (昇温200℃/h 各設定温度で1時間保持後自然冷却、  
リファサーモにより温度確認)

焼成試験(スパン100mm)  
見かけ気孔率・嵩密度測定 ASTM C373-88  
細孔分布測定(島津製作所製 オートポア 9420)  
組織観察(JEOL製 JSM-7900F) 破断面試料  
X線回折(株式会社リガク製 SmartLab)

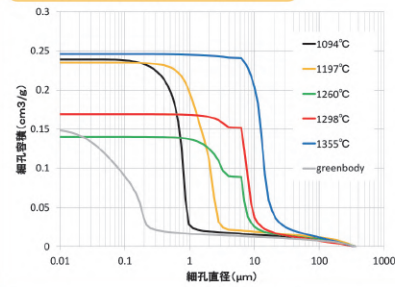


焼成変形量

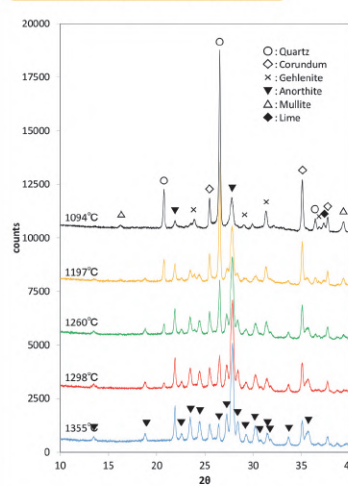
## 焼成温度と吸水率、見かけ気孔率の関係



## 焼成温度と細孔容積の関係



## 焼成温度によるXRDパターン変化

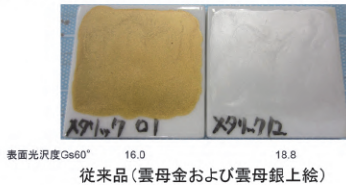


# 光彩上絵

客員研究員 白石敦則（佐賀県窯業技術センター）

## 背景

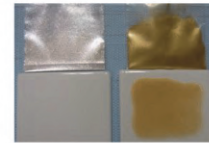
車、スマートフォン、家電品など身の回りの製品はメタリックと呼ばれる光彩加飾の製品が増えている。製品によってはメタリックカラーが主流であるが、陶磁器製品にこれに相当する加飾は無い。塗装における「メタリック」調の製品は、基材の樹脂に雲母などの光彩顔料を添加して作製したもので、この光彩顔料が樹脂中でキラキラと(ラメ状に)光り、独特の光彩と塗料の樹脂による表面の光沢性によって、いわゆるメタリック塗装の質感を出している。光彩顔料はもとも、塗料などの用途に開発されたもので、高温のガラス中では溶けてしまい、光彩特性が失われてしまう。このため、市販品等の一般的な陶磁器上絵用ガラス(フリット)を用いてこの「メタリック」調の上絵製作を試みても焼成時に光彩顔料がガラスに溶けてしまい「メタリック」調の上絵にはならない。陶磁器上絵加飾においてこの光彩顔料を用いた雲母金や雲母銀上絵が存在しているが、光彩顔料に対するガラスの添加量を極力減らし、光彩顔料がガラスに溶けにくくしている。このため雲母金、雲母銀上絵は塗装と同じ光彩顔料を用いても、ガラスの量が少なく、光沢(表面のつや)が少なくマット状になり、塗装における「メタリック」調とは異なった質感になる。



従来品(雲母金および雲母銀上絵)

なぜ、メタリック塗装と同様の表現ができないのか

市販の光彩顔料はガラスに溶けやすい。



市販のフリットに光彩顔料を少量添加し焼成した試料(光彩顔料がガラスに溶けて光彩性がない)

## 目的

「メタリック」調の今までにない光彩上絵を開発する

光彩材をできるだけ溶かさない  
「顔料熔融力が低い新規無鉛フリットの開発」

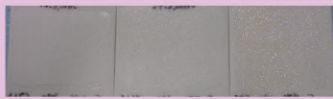
## 開発手段

従来の無鉛フリット組成より

1. アルカリ金属→Li, Naの添加量を減らし、Kを増やす。
2. アルカリ土類金属→Baの添加量を減らし、Caを増やす。
3. SiO<sub>2</sub>およびB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の割合を増やす。

## 結果

光彩顔料がガラスに溶けず、光彩特性を維持でき、「メタリック」調の質感を持つ新規の光彩上絵(ガラス)を作製できた。



表面光沢度Gs60° 74.8 88.2 78.7

- ・表面光沢があり且つ光彩性がある。(従来の上絵にない質感)
- ・焼成温度も従来の無鉛上絵と同じ(800°C)。
- ・光彩顔料の粒径によって光彩感の変化をつけられる。
- ・4%酢酸溶液に24時間浸漬後も表面光沢変化なし。



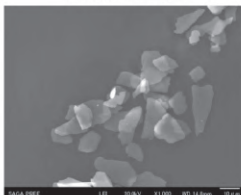
知財化  
特許6635610号

佐賀県内企業14社  
特許実施契約中



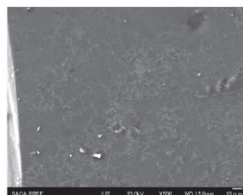
## 上絵(ガラス)中の光彩顔料の状態確認

光彩顔料(SEM像)



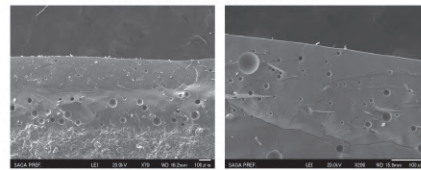
厚みは1μm以下

光彩上絵のSEM像(表面)

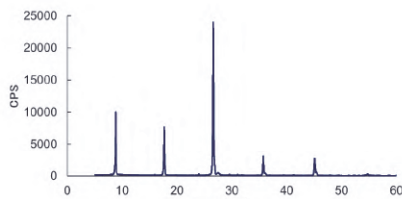


上絵ガラス中に光彩材らしきものが分散しているようだが、形体から光彩顔料と特定は困難。

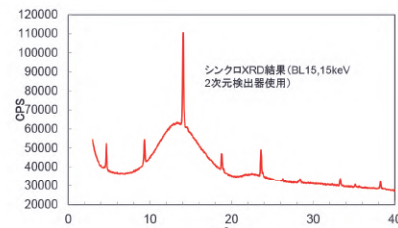
光彩上絵のSEM像(断面)



上絵層の所々に板状亀裂入っているのは確認できるが、これが光彩材(雲母)であることは、確認できない。



光彩顔料のX線回折結果



光彩上絵のX線回折結果

汎用X線回折装置結果より明確な結果が得られた。(上絵中に光彩顔料の存在が確認できた。)  
上絵ガラス中の光彩顔料(雲母ベース)はきれいに配向しており、00X面のピークが出ていない。



# 陶磁器デジタルデザイン技術の高度化に関する研究

客員研究員 副島 潔（佐賀県窯業技術センター）

筆者は、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、有田焼創業400年にあたる2016年には多くの新商品が開発に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。

本稿では、陶磁器デジタルデザイン技術の高度化を図るため取り組んだ成果の一部を紹介する。

## 1. 3Dプリンターによる陶磁器生地造形技術の研究

3Dプリンターにより製品を直接製造する手法は、新たなAdditive Manufacturing (AM: 付加製造技術) 技術として注目されている。特に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。

筆者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)

筆者が取り組んでいるのは、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ものである。粉末による造形方法では、固着されていない粉末が造形物を支えてくれるため、他の3Dプリンティング方式と比較して、形状の自由度が最も高い。従来の型を使った成型方法では得られなかった形状の陶磁器が製造できるようになる可能性がある。

## 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プリンターによる造形品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段差が生じるため、原型として利用するためには問題となるが、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0.1mm程度の機種が多数であったが、現在では0.015mm程度の機種も市販されており、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。

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り、中でもコップの側面に彫刻を施

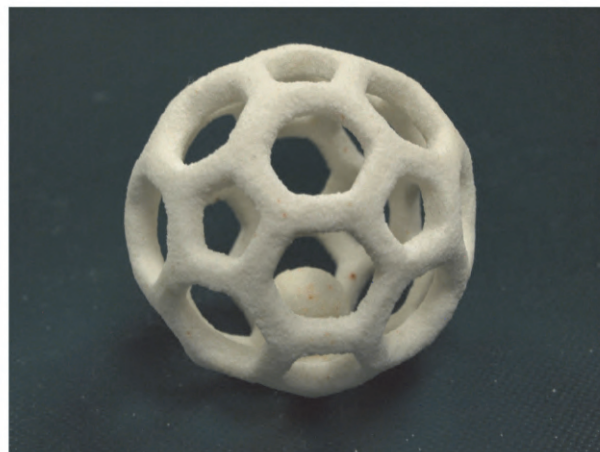


図1 C3DPO:陶磁器ダイレクトプリントアウト技術の試作品。

したいという要望も多くなった。

3Dプリンターは、機械の造形可能領域に制限されるものの、高さ方向の制約が少ない。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、加工に用いる刃物の長さ以上の高さは加工できないため、高さが高く垂直に近い造形品の場合には、3Dプリンターによる造形が有力な代替案となりうる。

図2は、オランダ人デザイナーTijmen Smeuldersによる「UTSUÀ (うつわ)」である。佐賀県窯業技術センターが2018年に導入したKEYENCE製AGILISTA3200により原型を製作し、製品化されたものが2019年4月のミラノサローネで発表された。

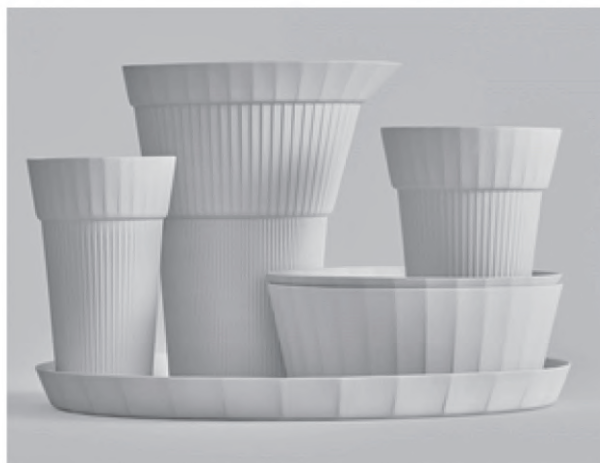


図2 Tijmen Smeulders UTSUÀ (うつわ)

## 2. 2. 2 論文

- 1) 山口夕妃子,  
“肥前窯業圏における窯業産業振興と地域創生”,  
日本産業科学学会学会誌(25)PP.100-104(2020.3)
- 2) Emi Kawai, Hideki Kakisawa, Atsushi Kubo, Norio Yamaguchi, Taishi Yokoi, Takashi Akatsu, Satoshi Kitaoka and Yoshitaka Umeno,  
“ CrackInitiation Criteria in EBC under Thermal Stress”,  
*coatings*, 9, 697; doi:10.3390/coatings9110697 (10.2019)
- 3) 田端正明, 上田晋也, 綾部達也, 矢田光徳,  
“色素染色による災害廃棄建材中のクリソタイトルの簡便, 迅速, 低コスト検出・識別法”,  
分析化学, 68, 401-409(2019.6)
- 4) 八谷英佑, 近藤文義,  
“初期加熱および養生条件の違いがジオポリマー硬化体の圧縮強度に及ぼす影響”,  
農業農村工学会論文集, 第308号, II\_39~II\_45(2019.6)
- 5) Takashi Akatsu, Keisuke Yokota, Yutaka Shinoda, Fumihiro Wakai,  
“ Effect of the friction between a point-sharp indenter and an indented elastoplastic solid on the load and depth sensing indentation”,  
*materials today: Proceedings*, 16, 119-123 (5.2019)
- 6) Michiyuki Yoshida, Takahiro Shimotsuma, Osamu Sakurada and Takashi Akatsu,  
“ Indentation Size Effect and Hardness Anisotropy in  $Ti_3AlC_2$  with tailored microstructures”,  
*materials today:Proceedings*,16[1],109-118; doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.307> (5.2019)
- 7) Manoka Miyoshi, Kosuke Takayanagi, Shintaro Morisada, Keisuke Ohto, Hidetaka Kawakita, Shoichiro Morita,  
“ Size separation of silica particles using a magnetite-containing gel-packed column”,  
*processes*, 7, 201, DOI: 10.3390/pr7040201(4.2019)

## 2. 2. 3 著書、解説

- 1) 矢田光徳,  
“ 金属チタン表面上でのリン酸チタンナノ・マイクロ構造体薄膜の形成と応用”,  
PHOSPHORUS LETTER, 97巻, 31-40. (2.2020)
- 2) 山口夕妃子(共著),  
“ 欧米小売企業の国際展開—その革新性を検証する—”  
中央経済社, 2019年10月(担当:「アマゾン:プラットフォーム小売業の創設と成長」)
- 3) 相楽隆正/海野 雅司:共編著,  
“ 理工系の大学基礎化学”,  
培風館2019.9, ISBN978-4-563-04629-3

## 2. 2. 4 学会・会議における発表

- 1) 田中 剛, 磯野健一, 成田貴行, 矢田 光徳, 一ノ瀬 弘道, 蒲地 伸明,  
“アルミナファイバーを用いた低収縮陶磁器原料の開発”,  
(公社)日本セラミックス協会 2020年年会, 明治大学(駿河台キャンパス)2020.3.18
- 2) 梅野 翔太, 渡 孝則, 矢田 光徳, 松尾 英之, 川原 昭彦,  
“結晶核ペーストを用いた $\alpha$ -Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>結晶の釉中での成長挙動と蛍光特性”,  
(公社)日本セラミックス協会 2020年年会, 明治大学(駿河台キャンパス)2020.3.18
- 3) HAO Dong, 赤津隆, 蒲池伸明,  
“Promoting the cordierite crystallization by using fine talc particles for suppressing the pyroplastic deformation of alumina strengthened porcelain”,  
(公社)日本セラミックス協会 2020年年会; 明治大学(駿河台キャンパス)2020.3.18
- 4) 石陽・有馬隆文,  
“都市との関係性から分類したまちめぐりアニメイベントの特徴”,  
日本建築学会九州支部研究報告集, pp.459-452, 2020.3
- 5) 徐吟秋, 山本健太郎, 根上武仁, 溝口直敏, 平瑞樹  
“九州地域での流動砂を活用した藻礁基盤材の開発とそのモニタリング”,  
令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2020.3.7
- 6) 根上武仁, 宮崎圭介, 上田将生,  
“固化材の違いが改良土の強度と乾湿くり返し特性に及ぼす影響”,  
令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2020.3.7
- 7) 中村健人, 根上武仁,  
“廃陶土(ケイ)を用いた低環境負荷型の藻礁作製・設置”,  
令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 2020.3.7
- 8) 大崎俊輔, 矢田光徳, 一之瀬弘道, 大石祐司, 成田貴行,  
“焼結無収縮多孔質磁器への樹脂充填”  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会, (長崎県窯業技術センター)2020.2.20.
- 9) 福木彰吾・磯野健一・矢田光徳・一ノ瀬弘道,  
“電気化学的手法を用いた陶磁器/ポリアニリン複合体の作成”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会, (長崎県窯業技術センター)2020.2.20.
- 10) 梅野翔太, 渡孝則, 矢田光徳, 松尾英之, 川原昭彦,  
“釉中 $\alpha$ -Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>結晶形態とMn<sup>2+</sup>ドープ効果”, 第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会,  
(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 11) 田中剛, 磯野健一, 成田貴行, 矢田光徳, 一ノ瀬弘道, 蒲地伸明,  
“アルミナファイバーを用いた低収縮陶磁器原料の開発”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会, (長崎県窯業技術センター)2020.2.20



- 12) Dong HAO、赤津隆、蒲地伸明、  
“ Preventing the pyroplastic deformation of alumina-strengthened porcelain with talc addition ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 13) 根上武仁、中村健人、山本健太郎、溝口直敏、  
“ 廃陶土(ケイ)を用いた低環境負荷型藻礁について ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 14) 近藤文義、溝田浩太郎、長尾千尋、  
“ ステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマー硬化体の圧縮強度特性 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 15) 川喜田英孝、  
“ 球状ゲル粒子層の弾性を用いた乾式製造セラミックス粒子の分離 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 16) 谷拓巳、松尾英之、藤澤知績、海野雅司、  
“ 近赤外ラマン分光法を用いた釉薬の新規分析法の開発 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 17) 田端正明、上田晋也、  
“ 三重津海軍所跡出土磁器の産地推定 一波佐見産磁器との比較 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 18) 一ノ瀬弘道、蒲地伸明、矢田光徳、  
“ 陶磁器湿式成形技術に関する研究 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 19) 三沢達也、  
“ IH 調理器に対応可能な有田磁器材料の強度評価 ”,  
第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会、(長崎県窯業技術センター)2020.2.20
- 20) 有馬隆文、  
“ AR技術を活用したまちづくり支援ツール ”,  
都市再生 データによるまちづくりシンポジウム、2020.1.24
- 21) 有馬隆文、  
“ 都市構造可視化技術のまちづくりへの応用、最先端技術のまちづくりへの応用  
～まちづくりと ICT 活用によるスマートシティの形成～ ”,  
建設コンサルタンツ協会九州支部主催セミナー、2020.1.24
- 22) 矢田光徳、  
“ セラミックス研究室研究紹介 ”,  
CIREn電気化学研究分科会 第1回電気化学分科会、(佐賀大学)2020.1.21
- 23) 磯野健一、  
“ 磯野研究グループ研究紹介 ”,  
CIREn電気化学研究分科会 第1回電気化学分科会、(佐賀大学)2020.1.21

- 24) Reo Yasunaga, Kenich Isono, Takanori Watari, Mitsunori Yada,  
“Synthesis of Porous Alumina Membrane”,  
The 10th Joint Seminar between Saga University and Liaoning University, (佐賀大学)2020.1.6
- 25) 湯之原淳,  
“第27回アジア現代彫刻家協会作品展展示”,  
台北華山1914文化創意産業園區西五館(台湾), 2019.12.19~21,
- 26) Emi KAWAI, Hideki KAKISAWA, Atsushi KUBO, Norio YAMAGUCHI, Taishi YOKOI, Takashi AKATSU,  
Satoshi KITAOKA, Yoshitaka UMENO,  
”Criteria of interface crack initiation and propagation in environmental barrier coating with columnar layer  
under thermal stress”,  
Materials Research Meeting (MRM2019), December 10th-14th, 2019, Yokohama, Japan
- 27) 大崎俊輔, 矢田光徳, 一之瀬弘道, 大石祐司, 成田貴行,  
“樹脂を充填した焼結無収縮磁器の物性評価”,  
物理化学インターカレッジセミナー, (第一薬科大) 2019.12.7
- 28) AKATSU, Takashi, HAO, Dong, KAMOCHI Nobuaki,  
“Suppression of the pyroplastic deformation of alumina-strengthened porcelain with talc addition”,  
The 11th Asian Ceramic Materials Symposium, November 29-December 1st, 2019, Chongqing, China
- 29) 田中右紀ほか,  
“CLSS—CGIS2019( GCIC グラス・陶芸国際シンポジウム2019)”, 講演及びワークショップ公開,  
(タイ・バンコク・王立チュラロンコン大学)2019.11.26-12.3
- 30) 矢田光徳,  
“肥前セラミック研究センターセラミックサイエンス研究部門研究紹介”,  
2019 佐賀大学理工学部見学会, (佐賀大学)2019.11.20
- 31) HAO DONG,  
中国 重慶・上海「Belt and Road International Ceramic Summit」での研究発表,  
Zhu氏研究室ワークショップ参加と学術交流, (上海第二工業大学)2019.11.29~12.4
- 32) 近藤文義, 溝田浩太郎, 長尾千尋,  
“ステンレス製鋼スラグとフライアッシュを混合したジオポリマー硬化体の圧縮強度特性”,  
令和元年度農業農村工学会九州沖縄支部大会講演会, (トキハ会館, 大分県) 2019.11.14
- 33) 安永怜央, 吉永大起, 渡孝則, 矢田光徳,  
“アルミナ粒子を原料とした多孔体の合成”,  
2019年度日本セラミックス協会九州支部 秋季研究発表会・九州環境セラミックス討論会, (九州大学)2019.11.12
- 34) 足達由文, 永長久寛, 渡孝則,  
“亜鉛釉におけるZn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>の結晶成長メカニズムの解析”,  
2019年度 日本セラミックス協会九州支部 秋季研究発表会・九州環境セラミックス討論会  
(九州大学 筑紫キャンパス)2019.11.12

- 35) 西島博樹,  
“ 肥前窯業圏の産業構造分析 ”,  
日本消費経済学会西日本大会, (愛知学院大学) 2019.11.9
- 36) 三沢達也, 坂巻巧, 遠藤楓, 川上雄士,  
“ 川原正和「放電プラズマ焼結プロセスにおける試料・ダイ内部電流の分布と焼結挙動」 ”,  
粉体粉末冶金協会2019年度秋季大会, (名古屋大学 豊田講堂) 2019.10.24
- 37) 山口夕妃子  
“ 伝統産業の集積の特徴と地域創生の方向性 ”,  
日本マーケティング学会全国大会, (法政大学) 2019.10.20
- 38) Tatsuya Misawa, Takumi Sakamaki, Kaede Endo, Yuji Kawakami, Masakazu Kawahara,  
“ Sintering behavior of Spark Plasma Sintering with control of current distribution ”,  
SPS 2019, Centre Europeen de la Ceramique, Limoges, France, 17-18 October 2019
- 39) Shunsuke Osaki, Mitsunori Yada, Yushi Oishi, and Takayuki Narita,  
“ High porous ceramics filling with elastomers ”,  
The 3rd Tri-U Saga-Daegu-Soochow University International Joint Symposium, (佐賀大学) 2019.10.12
- 40) 山口夕妃子  
“ プラットフォーマー小売業の国際展開と課題 ”,  
日本商業学会九州部会報告, (九州産業大学) 2019.9.28
- 41) Hidetaka Kawakita, Kaori Yokoyama, Shohei Esaki, Shintaro Morisada, Keisuke Ohto ,  
“ Separation of colloidal particle using elastic-gel-packed column ”,  
APCChE 2019, (Sapporo Convention Center) 2019.9.23-27
- 42) 近藤文義, 浅野将太郎, 小塩祥平, 村岡洋美,  
“ 石灰およびセメント改良土のスレーキングに伴う一軸圧縮強さの変化 ”,  
令和元年度農業農村工学会大会講演会, (東京農工大学, 東京都) 2019.9.4-6
- 43) 三木悦子, 湯之原淳, 他韓国の作家2名,  
「KOREA・JAPAN Ceramic Exchange Exhibition 2019 in BUSAN - NOW & HERE」セミナー  
韓国, 釜山広域市 (釜山市役所 第3ギャラリー) 2019.8.18-20, 8.24-26
- 44) 山口夕妃子,  
“ 肥前窯業圏における窯業産業振興と地域創生 ”,  
日本産業科学学会, (中部大学) 2019.8.30
- 45) 山口夕妃子,  
“ 地域ブランド構築における企業の役割 ”,  
九州ファインセラミックス・テクノフォーラム第20回特別講演会, 九州産業技術センター (福岡市) 2019.8.20
- 46) 山口夕妃子,  
“ 地域ブランド構築における特産品パッケージの役割 ”,  
日本広告学会九州部会, (九州産業大学) 2019.7



- 47)大崎俊輔, 矢田光徳, 大石祐司, 成田貴行,  
“多孔質磁器へのエラストマー充填方法の検討”,  
第56回化学関連支部合同九州大会, (北九州国際会議場) 2019.7.13
- 48)三木悦子, 北海道教育大学 前田英伸氏, 多治見市衣装研究所 山下奈穂, 他韓国及び中国の作家6名,  
“2019中・韓・日陶磁デザイン交流展”, 約60名参加,  
中国・北京市(国中陶磁芸術館) 2019.7.4-11
- 49)西島博樹,  
“有田町と波佐見町における陶磁器産業構造の比較分析”,  
日本産業科学学会令和元年度第一回九州部会, (沖縄県立図書館) 2019.6.15
- 50)川喜田英孝, 早田美咲, 三好麻香, 森貞真太郎, 大渡啓介,  
“磁性粒子導入ゲル層によるセラミックス粒子の分離と回収”,  
分離技術会年会2019, 2019.5.24-25(名古屋工業大学)

#### 2. 2. 4 研究会の開催

- 1) 2020.2.20 長崎県窯業技術センター  
“第2回 肥前地区研究機関合同研究発表会”44名,企画:矢田,一ノ瀬(セラミックサイエンス研究部門)
- 2) 2019.11.22 甲南大学, 甲南大学ビジネスイノベーション研究所・佐賀大学肥前セラミック研究センター  
共同研究会  
“地域創生時代の地域活性化を考える”小坂智子, 山口夕妃子, 甲南大学・シュレスタ教授  
(マネジメント研究部門)

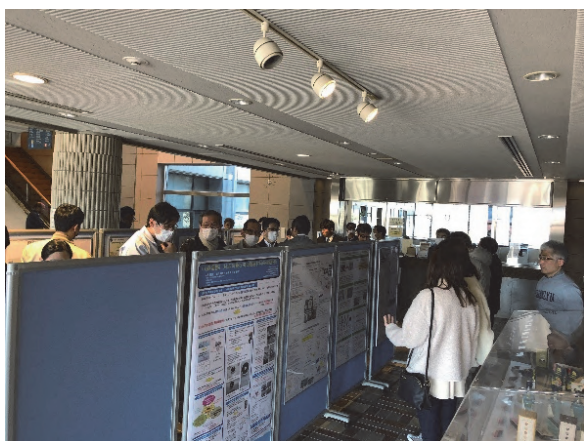
### 3. 人材育成

#### 3.1 講演会・シンポジウム

##### 1)「第1回陶磁器部会九州地区講演会」

主催 日本セラミックス協会陶磁器部会  
共催 日本セラミックス協会九州支部  
日本セラミックス協会珪瑯部会  
佐賀大学肥前セラミック研究センター  
日時:2020.2.20  
場所:長崎県窯業技術センター  
参加人数:44名  
企画:矢田,一ノ瀬(セラミックサイエンス研究部門)

- ①「岐阜の量産品の製造事情」  
株式会社 深山 松崎英之氏
- ②肥前地区研究機関ポスターセッション
- ③「伝統産業の中にデザインの活用を」  
白山陶器株式会社 松尾慶一氏



##### 2)「窯業地域における文化的景観の保存と活用」 (マネジメント研究部門主催)

日時:2020.1.11  
場所:佐賀大学有田キャンパス  
参加人数:31名

- ①「窯元の風景／訪問者の景観」  
:小鹿田と小石原の事例  
九州産業大学 教授 山下三平氏
- ②「文化的景観と観光」  
久留米工業大学 教授 大森洋子氏
- ③パネル・ディスカッション  
パネリスト:九州産業大学 山下三平氏  
久留米工業大学 大森洋子氏  
アルセッド建築研究所佐賀事務所長  
清水耕一郎氏  
コーディネーター:佐賀大学 有馬隆文



##### 3)「佐賀大学・韓国国民大学校 大学間交流」講演会, 日時:2019.11 場所:韓国,ソウル市(韓国国民大学校)

参加人数:参加 約50名  
(韓国国民大学校学生・教授)  
企画:三木,田中  
(プロダクトデザイン・アート研究部門)

##### 4)「海外交流実習」座談会

日時:2019.10  
場所:Beeldenstorm  
担当:三木,柳  
参加人数:約15名(DAE学生・教授)

##### 5) ICCROM夏季セミナー ～文化財の保存と科学のための コミュニケーションと教育スキル2019～

日時:2019.9.9～20  
場所:佐賀大学有田キャンパス等  
担当:小坂,石井  
参加人数:44名

##### 6)「佐賀大学有田キャンパス野老朝雄特別講義」 (プロダクトデザイン・アート研究部門主催)

日時:2019.9.3  
場所:佐賀大学有田キャンパス  
参加人数:43名



7)2020.3.12~17

プロトタイプ発表作品

有田陶交会×佐大PROJECT(8件)

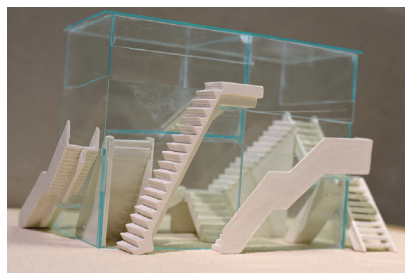
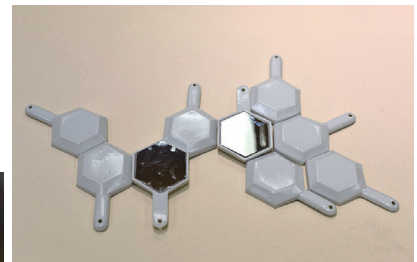
テーマ「TOUCH!」

場所:佐賀県立九州陶磁文化館

内容:有田陶交会とのコラボレーション展示

参加:学生10名

企画:プロダクトデザイン・アート研究部門





### 3.2 学生教育活動

#### 3.2.1 概要

##### 【プロダクトデザイン・アート研究部門】

本センターで研究している焼成無収縮磁土等新素材を学部生、大学院生、研究生、留学生に提供し、授業で造形化や製品化に取り組み、活用の実践研究に当たっている。

（“有田キャンパスプロジェクト”“肥前陶磁器産業体験Ⅲ”“2陶磁成型技法Ⅲ”）

（授業科目外：SPACE=ARITA留学生支援、鹿島高等学校同窓会依頼オブジェ制作、展覧会への出品等）

海外からの留学生の有田キャンパスでの制作製品がヨーロッパの商品見本市等で入賞を勝ち取るなど当センターの人材育成の成果といえる。SPACE-ARITAの留学生教育支援による欧州でのプロダクトデザイン教育のネットワーク形成は、留学期間後の留学生のヨーロッパにおける成果発表が評価されるなどで着実に進展している。また留学生の受け入れ願いが海外から更にきており対応すると共に、地域の活性化に更に寄与するために、有田キャンパスストリートギャラリーなどの展示など地域での発信に力を入れて行く。

##### 【セラミックサイエンス研究部門】

地元企業と共同研究を実施したり、また、共同研究を模索したりする中で企業と親密になり、それにより、学生をインターンシップで受けれてもらったり、当部門で実施した「肥前地区キャリア教育プログラム」における学生・教員の工場見学を受け入れてもらったりすることができ、学生に対して、単なる教室での座学や実習では得られない実践的な教育を提供することができた。また、共同研究に学生が参画すること自体も、将来、企業に就職する学生にとっては貴重な経験であると思われる。

##### 【マネジメント研究部門】

肥前地域の江北町を対象地とした「実践的ものづくり作業を取り入れた公民学連携による地域密着型まちづくり教育法の開発」の研究では、芸術地域デザイン学部の演習科目「フィールドデザインⅡ」の取り組みを地域へ公開して、地域貢献とまちづくり教育の双方を実践することを試みた。ここで得られた知見やノウハウは、今後の地域と協働する大学演習の在り方に大きな示唆を得た。

また3年次の選択必修科目である「地域創生フィールドワーク」において地域としてH29年より毎年実施しており、3年次の学生が1年間有田地域で、今まで学んだ理論を地域交流を通じて実践する場となっており、その成果として有田町の人はもとより近隣地域の方も参加していただき、好評頂いている。

#### 3.2.2 実施活動

##### 1) 有田オープンキャンパス

日時：2019.8.7

場所：佐賀大学有田キャンパス

担当：田中・赤津・湯之原・甲斐・三木ほか

参加者：高校生35名

有田セラミック分野紹介と入試説明会（施設見学・進学相談会・やきもの制作体験（鋳込み・ロクロ体験）・ティーブレイク座談会を行う。



The poster for ARITA OPEN CAMPUS 2019 8/7 is a colorful flyer with a pink border. At the top, it says '佐賀大学芸術地域デザイン学部' and 'ARITA OPEN CAMPUS'. Below that, it states '2019 8/7 [水] in 佐賀大学有田キャンパス 要事前申込'. The poster lists several activities with their times: '有田セラミック分野紹介 入試説明会 (プロダクトルーム)' from 10:30-11:30, '施設見学' from 11:00-11:40, and 'やきもの制作体験' from 13:00-14:30. It also includes a map of the campus and contact information for SAGA UNIVERSITY. The text is in Japanese and English.

## 2) 2019肥前地区キャリア教育プログラム

①(株)佐賀LIXIL製作所鹿島工場見学(2020.1.8)

②日本タングステン(株)基山工場見学(2020.1.22)

担当: 矢田

参加者: 25名

肥前セラミックス研究センターと肥前地区窯業関連企業等が連携し、佐賀大学学生に肥前地区の“企業のよさ”を知ってもらい、肥前地区企業への就職を後押しするプログラム。



2020.1.8 (株)佐賀LIXIL製作所 鹿島工場



2020.1.22 日本タングステン(株)基山工場

## 3) 第43回全国高等学校総合文化祭

自然科学部門 / Jコース「やきもの」のサイエンス」

日時: 2019.7.28

場所: 佐賀大学本庄キャンパス

担当: 海野・成田

参加者: 24名



3. 2. 3 肥前セラミック研究センターの研究に関連して教育した学生と研究テーマ

| 在籍学科                     | 学年       | 学生氏名                                      | 研究テーマ<br>または 論文題目                                 | 指導教員            | 備考                       |
|--------------------------|----------|---|---|-----------------|--------------------------|
| プロダクトデザイン・アート研究部門        |          |   |   |                 |                          |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>4年 | 古賀 亘                                      | 一人暮らしのための器セット                                     | 湯之原             | 卒業制作展展示                  |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>4年 | 下司 美紀                                     | 移ろいゆく形をテーマとしたインスタレーション                            | 湯之原             | 卒業制作展展示                  |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>4年 | 川端 杏佳                                     | 目に見えないモノへの畏敬の念を形にする                               | 湯之原             | 卒業制作展展示                  |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>4年 | 和田 菜月                                     | ハムスターのための快適な家                                     | 湯之原             | 卒業制作展展示                  |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>3年 | 小森 さくら                                    | カラーリングを楽しめるマグカップ                                  | 湯之原             | 九州陶磁文化館展示                |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>3年 | 太田 龍雅                                     | タイラギ貝をモチーフとした刺身皿                                  | 湯之原             | 九州陶磁文化館展示                |
| 有田セラミック分野                | 学部<br>3年 | 豆塚 由菜                                     | 私の日常をテーマとした陶画                                     | 湯之原             | 九州陶磁文化館展示                |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>4年 | 向窪 梨乃                                     | 『異素材の工芸の技法(“空目金”)を陶磁器に用いることにより表現の可能性を探る』          | 三木              | 卒業制作展(本庄・有田キャンパス)へ出展している |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>4年 | 奥田 美帆                                     | 『な子(nasu) -多種多様な志向の中で一緒に食事を楽しむ器』                  | 三木              | 卒業制作展(本庄・有田キャンパス)へ出展している |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>3年 | 黒江 果歩                                     | 焼き物に布のシワ(記憶)を落とし込む(仮)                             | 三木              | ゼミ学生                     |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>3年 | 鷲見 夏樹                                     | テクスチャを用いたやきものパズル(仮)                               | 三木              | ゼミ学生                     |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>3年 | 谷口 華奈子                                    | 装飾品による谷口華奈子改造計画(仮)                                | 三木              | ゼミ学生                     |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース      | 学部<br>3年 | 小早川 智里                                    | 人の人生に寄り添う蓋物(仮)                                    | 三木              | ゼミ学生                     |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース(DAE) | 留学生      | Moonseop SEO                              | 「間」 釉面接着における光が透ける表情の魅力をも器として表現する                  | 三木・湯之原<br>田中・甲斐 | 研究発表として成果報告会を開催(学内発表展示)  |
| 芸術地域デザイン学部<br>表現コース(DAE) | 留学生      | Marieke Maria<br>Johanna VAN<br>SCHIJNDEL | 「A sence of the season」 石膏に泥漿を流した時に生じる表情の魅力を用いた立体 | 三木・湯之原<br>田中・甲斐 | 研究発表として成果報告会を開催(学内発表展示)  |



| 在籍学科                         | 学年       | 学生氏名   | 研究テーマ<br>または 論文題目   | 指導教員 | 備考 |
|------------------------------|----------|--------|---|------|----|
| セラミックサイエンス研究部門               |          |        |   |      |    |
| 理工学研究科<br>理工学専攻<br>機能材料化学コース | 修士<br>1年 | 兼元 楓   | Na イオン電池用のナノセラミックス材料の開発   | 矢田   |    |
| 理工学研究科<br>理工学専攻<br>機能材料化学コース | 修士<br>1年 | 清田 隼利  | 結晶成長温度による Diopside (CaMgSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) 結晶形態への影響 | 渡    |    |
| 理工学研究科<br>理工学専攻<br>機能材料化学コース | 修士<br>1年 | 北島 武   | アルミナセメントを用いたスラリーの制御による完全無収縮磁器材料の開発                                | 矢田   |    |
| 工学系研究科<br>先端融合工学専攻           | 修士<br>2年 | 田中 宏樹  | セラミックス粒子への SiO <sub>2</sub> 及び ZrO <sub>2</sub> コーティングと特性評価       | 矢田   |    |
| 工学系研究科<br>先端融合工学専攻           | 修士<br>2年 | 安永 怜央  | アルミナ粒子を原料としたアルミナ多孔体の合成と特性   | 矢田   |    |
| 工学系研究科<br>先端融合工学専攻           | 修士<br>2年 | 梅野 翔太  | 釉中 α-Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> 結晶の成長挙動と蛍光特性                | 渡    |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 江口 智彦  | Diopside 結晶釉の制御   | 渡    |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 福元 康平  | ホスホノ酢酸修飾によるリン酸チタン粒子の分散性の向上  | 矢田   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 宮原 奨平  | Diopside 結晶釉の発光特性   | 渡    |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 碓 瑞希   | 酸化チタンナノ/マイクロ階層構造体粒子の合成と Li イオン電池用負極材料への応用                         | 矢田   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 田添 翔一郎 | 3-aminopropyltriethoxysilane を用いたリン酸チタンナノ粒子の表面修飾と分散性の制御           | 矢田   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 田中 剛   | アルミナファイバーを用いた低収縮陶磁器原料の開発  | 矢田   |    |
| 農学部<br>生物環境科学科               | 学部<br>4年 | 長尾 千尋  | セメント・石灰改良土の養生方法および再攪乱に伴う圧縮強度の変化                                   | 近藤   |    |
| 農学部<br>生物環境科学科               | 学部<br>4年 | 溝田 浩太郎 | ステンレス製鋼スラグの配合によるフライアッシュ・ジオポリマーの強度向上                               | 近藤   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科              | 学部<br>4年 | 谷 拓巳   | ラマン分光法を用いた陶磁器釉薬の非破壊分析法の開発   | 海野   |    |

| 在籍学科               | 学年       | 学生氏名   | 研究テーマ<br>または 論文題目                                   | 指導教員 | 備考 |
|--------------------|----------|--------|---|------|----|
| 理工学専攻<br>機能材料化学コース | 修士<br>1年 | 大崎 俊輔  | 焼結無収縮磁器への樹脂の充填及び物性評価                                | 成田   |    |
| 理工学部<br>都市工学科      | 学部<br>4年 | 沖本 優也  | 陶土の使いまわしがコンシステンシーにおよぼす影響                            | 根上   |    |
| 理工学部<br>都市工学科      | 学部<br>4年 | 中村 健人  | 廃陶土(ケイ)を用いた低環境負荷型の藻礁作製・設置                           | 根上   |    |
| 理工学専攻<br>電気電子工学科   | 学部<br>4年 | 武井 将司  | 放電プラズマ焼結における電流及び温度分布の制御                             | 三沢   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科    | 学部<br>4年 | 佐藤 真裕香 | Li-Cu-Mn-O系スピネル化合物の合成と電気化学特性—焼成雰囲気—の検討              | 磯野   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科    | 学部<br>4年 | 多田 祐紀子 | Li-M(Fe,Co,Al)-Mn-O系スピネル化合物の合成とリチウム電池正極特性—焼成雰囲気—の検討 | 磯野   |    |
| 理工学部<br>機能物質化学科    | 学部<br>4年 | 福木 彰吾  | 電気化学的手法を用いた陶磁器/ポリアニリン複合体の作成                         | 磯野   |    |
| マネジメント研究部門         |          |        |   |      |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 小田 萌加  | 地域ブランドのアクター戦略におけるよそ者についての考察                         | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 川頭 祐美  | 聖地巡礼からみる観光とアニメツーリズム                                 | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 栗原 菜緒  | ソーシャルメディアを活用した地域ブランドの情報拡散と消費者の認知                    | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 齊藤 二葉  | 地域ブランディングにおける住民の幸福度向上                               | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 中村 歩未  | プロスポーツチームからみるスポーツが地域にもたらす効果                         | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 宮崎 優衣  | インターネット上の口コミの地域による購買行動に対する有効性についての考察                | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 吉田 妃那乃 | 「地域名×商品名」による地域ブランド構築—地域団体商標制度の活用—に焦点をあてて            | 山口   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 池田 汐里  | 企業活動から見る無印良品の思想                                     | 西島   |    |
| 芸術地域デザイン           | 学部<br>4年 | 谷口 巧恭  | Jリーグと地域活性化  | 西島   |    |

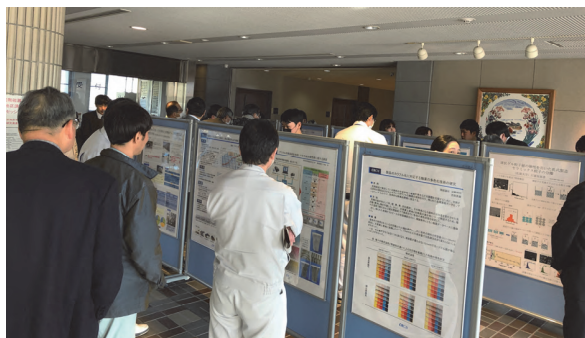
| 在籍学科                 | 学年       | 学生氏名   | 研究テーマ<br>または 論文題目  | 指導教員 | 備考          |
|----------------------|----------|--------|--|------|-------------|
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 水江 芙由奈 | インド市場の覇者スズキの発展と課題  | 西島   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 大串 由貴枝 | パブリック・イメージからみる街のかたち<br>ー佐賀市中心市街地を対象にー                          | 西島   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 岡上 みすゞ | アジア都市景観賞の受賞作品の特徴と傾向  | 西島   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 金子 華之  | コンバージョン物件で店舗経営するオーナーの持つつながりと集客への影響                             | 西島   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 高瀬 麻里江 | 商業施設における女性トイレ空間のデザイントレンド及び、デザインが生み出すもの                         | 有馬   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 武井 梨香  | 観光客と住民の評価の差異にみる歴史的町並み地区の観光地化について<br>ー重要伝統的建造物群保存地区朝倉市秋月地区を事例にー | 有馬   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 寺園 かれん | 音楽都市福岡における音楽産業振興と地域創生<br>ーFukuoka Music Monthをケーススタディとしてー      | 有馬   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 宮地 若那  | 佐賀県の仮設対面型マルシェによる効果と展望  | 有馬   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 田畑 汐織  | 運営方式の違いから見る旧唐津街道に位置する宿場町のまちづくり                                 | 有馬   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 金子 朋美  | 舞踏を止めた骸骨ーホルバイン作『死の舞踏』（1538年刊）は、何故踊っていないのかー                     | 山下   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 永本 はるか | 水前寺江津湖公園広木地区の利用行動と利点・改善点について                                   | 山下   |             |
| 芸術地域デザイン             | 学部<br>4年 | 古川 茉奈  | オープンデータとフィールドワークを活用した福岡県福岡市中央区の人身事故の分析                         | 山下   |             |
| 工学系研究科<br>システム創成科学専攻 | 博士<br>2年 | 石 陽    | 新興コンテンツを活用したツーリズムとまちづくり  | 有馬   |             |
| 工学系研究科<br>システム創成科学専攻 | 博士<br>2年 | 肖 栄    | 「持続可能都市形成を目指した経済活性化の新たな視点」                                     | 有馬   | 西日本短期大学紀要   |
| 工学系研究科<br>システム創成科学専攻 | 博士<br>2年 | 肖 栄    | 「観光資源化アプローチにおける伝統工芸品産業振興の可能性」（査読付）                             | 有馬   | 日本産業科学学会学会誌 |
| 工学系研究科<br>システム創成科学専攻 | 博士<br>2年 | 肖 栄    | 「有田町における地域資源を観光への利活用による地域価値の創造」（査読付）                           | 有馬   | 日本都市学会学会誌   |



#### 4. 地域協働

##### 4.1 情報発信

- 1) H30年度活動報告書発行(2019.7)
- 2) ホームページ常時更新(4月～3月)  
URL: <http://www.hizen-cera.crc.saga-u.ac.jp/>
- 3) パンフレット  
肥前セラミック研究センターパンフレット発行
- 4) 研究成果合同発表会 (ポスター発表)  
日時: 2020.2.20  
場所: 長崎県窯業技術センター  
発表者: セラミックサイエンス研究部門 12件  
佐賀県窯業技術センター 4件



##### 4.2 地域行事等出展協働等

- 1) 「SAGAものスゴフェスタ5」への出展  
～ 鋳込み成形で“カッチーくん”をつくろう! ～  
主催: 佐賀県  
日時: 2019.8.24～25  
場所: SAGAサンライズパーク総合体育館  
担当: 赤津、湯之原、甲斐、三木  
参加人数: 小中学生や一般住民50名
- 2) 佐賀県主催「SAGAものスゴフェスタ5」への出展  
～ 化学を感じたり化学で作ったりしてみよう～  
担当: 川喜田、成田  
日時: 2019.8.24～25  
場所: SAGAサンライズパーク総合体育館  
参加人数: 小中学生や一般住民50名

## 5. 国際交流

### 1) 「KOREA-JAPAN Ceramic Exchange Exhibition 2019 in BUSAN - NOW & HERE」

への参加・交流

日時:2019.8.18～20

場所:韓国釜山市庁展示室

担当:湯之原、三木



### 2) ICCROM 夏期セミナー

～文化財の保存と科学のための  
コミュニケーションと教育スキル2019～

日時:2019.9.9～20

場所:佐賀大学有田キャンパス等

担当:小坂、石井



### 3) タイ バンコク「CLSS-CGIS2019」

講演及びワークショップ公開

日時:2019.11.26～12.3

場所:王立チュラロンコン大学(タイ バンコク)

担当:田中他



### 4) 「Belt and Road International Ceramic Summit」

での研究発表、  
上海第二工業大学Zhu氏研究室  
ワークショップ参加と学術交流

日時:2019.11.29～12.4

場所:中国重慶市Rongcang Riel Hotel

上海市 上海第二工業大学

担当:HAO



5)「第27回アジア現代彫刻家協会作品展展示」等

日時:2019.12.29~21

場所:1914文化創意産業園區 西五館(台湾)

担当:湯之原



6) Space&Matter

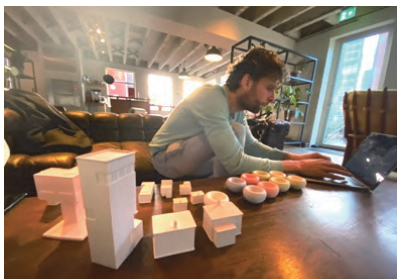
「有田陶磁器フィギュア制作打合せ」  
及びSundaymorning@EKWC Ranti所長  
「交流について会談」

日時:2020.1.5~9

場所:オランダ アムステルダム

担当:三木

交流者:Heringa/Van Kalsbeek,Amsterdam,Space&  
Matter,Amsterdam,Sundaymorning@EKWC  
Ranti所長,De Pont museum Tilburg



7)その他の主な来所視察交流者

(連携交流現状視察、調査、意見交換等)

①米国スリッパリーロック大学学生(2019.5.21)



②メキシコNational School of Ceramics(2019.5.23)



③Creative Residency in Arita(2019.6.10)

アーティスト、デザイナー



④香港 中文大学学生(2019.6.28)





## 6. 会議等

### 6.1 運営委員会

出席者:肥前セラミック研究センター  
運営委員会委員

列席者:研究協力課課長、副課長、係長、  
事務補佐員

開催日:第1回 2019.6.12  
第2回 2019.10.25  
第3回 2020.1.9  
第4回 2020.1.31  
第5回 2020.3.24

内容:各種連絡、協議等

### 6.2 部門長会議

出席者:小坂、矢田、西島、田中、草場

開催日:第1回 2019.6.5  
第2回 2019.8.5  
第3回 2019.10.17  
第4回 2019.11.14

内容:各種連絡、協議等

## 7. 2019年度活動指標の達成状況

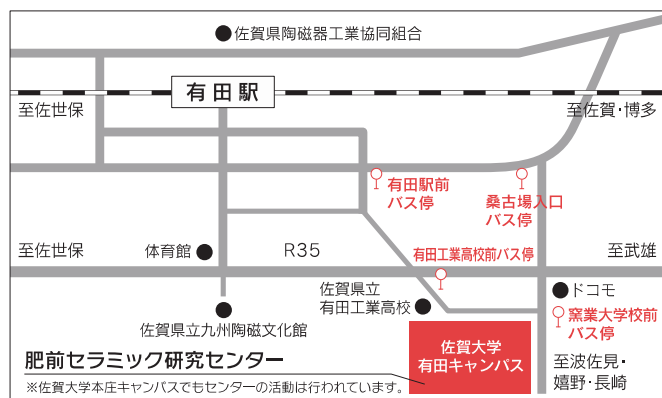
- 1) 共同研究契約 5件  
2016年度～佐賀県窯業技術センター  
2017年度～有田窯業大学校  
企業 3件
- 2) 受託研究契約 2件
- 3) 地域連携協定 1件  
2017年度～九州陶磁文化館  
佐賀県窯業技術センター  
有田窯業大学校  
芸術地域デザイン学部  
肥前セラミック研究センター
- 4) 国際研究交流MOU 1件  
2019年1月3日～韓国窯業技術院Incheon分院
- 5) 研究連携協定 1件  
2019年4月1日  
～甲南大学ビジネス・イノベーション研究所
- 6) 学術発表 50件  
学会発表  
学術講演  
当該センター主催の成果発表会等
- 7) 学術論文等掲載 10件
- 8) プロトタイプ発表 16件  
教員の外部発表作品及び  
指導学生と有田陶交会との協働試作品
- 9) 業界技術相談、技術指導 104回
- 10) 地域協働活動回数 のべ 86回

令和元年度  
肥前セラミック研究センター  
研究活動報告書

2020年12月発行

国立大学法人 佐賀大学  
肥前セラミック研究センター

〒844-0013  
佐賀県西松浦郡有田町大野乙2441-1  
TEL：0955-29-8888 FAX：0955-43-3033  
Mail：hizenceric@mailto:admin.saga-u.ac.jp





国立大学法人  
佐賀大学



佐賀大学  
肥前セラミック研究センター