

佐賀県窯業技術センター

令和2年度 研究報告書・ 支援事業報告書

佐賀県窯業技術センター

令和2年度 研究報告書・支援事業報告書

目 次

経常研究

農産物鮮度保持用セラミックス材料の開発	1
熱伝導特性向上を目的としたセラミックスフィラー粒子の構造改良に関する研究	8
現代の磁器製造工程における技術・技能の集積事業化にかかる可能性研究	13

支援事業

陶石活用支援事業	18
「泉山陶石 一輪花入れ」展支援	
有田焼産地の未来を話し合う場の創出と情報発信	23
「伝トーク!! 令和二年有田場所」の開催支援	

農産物鮮度保持用セラミックス材料の開発

釘島 裕洋、大竹 亜紗美
佐賀県窯業技術センター

ペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤の利用範囲拡大を目指し、農産物の梱包材として広く利用されているポリスチレン(PS)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリプロピレン(PP)基板上への TiO_2 成膜方法及び膜の特性評価を行った。アミノシラン系カップリング剤による PS、PET、PP 基板表面の処理効果について検討した結果、表面処理によってペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤に対する濡れ性が大きく向上することがわかった。さらに、表面処理した各樹脂基板上へ TiO_2 コーティングを試みた結果、透明性、剥離耐性、耐水密着性に優れた TiO_2 膜(膜厚: $1\mu\text{m}$)を作製できた。また、樹脂基板上に作製した光触媒 TiO_2 膜を用い、実際の農産物に対する鮮度保持効果について検討を行った。

Study of ceramic materials for keeping the freshness of agricultural products

KUGISHIMA Masahiro, OTAKE Asami
Saga Ceramics Research Laboratory

We have reported on the preparation and properties of peroxotitanium complex which can be coated onto various materials because of their neutral pH and excellent adhesion to various substrates. In this study, we investigated a method to prepare photocatalytic TiO_2 thin films on polystyrene (PS), polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) substrate using peroxotitanium complex and silane coupling agent as substrate surface-modified agent. TiO_2 thin films (film thickness: $1\mu\text{m}$) coated on surface-modified resin substrates exhibited high transparency, water resistance and adhesion to substrates. The effectiveness to keep the freshness of agricultural products was examined using the prepared TiO_2 thin film.

1. はじめに

酸化チタン(TiO_2)をはじめとする光触媒材料は、抗菌、汚れ分解、セルフクリーニング、脱臭、大気浄化、水質浄化など、様々な分野で実用化が進んでいる。特に TiO_2 は、安全、安定、さらに比較的安価であることから、幅広い分野で利用されている。さらに、それらの特徴を活かし、生物化学テロ現場の除染方法として TiO_2 光触媒を利用する研究報告¹⁻²⁾もなされている。そのような中、当センターで開発したペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤³⁾は、高い可視光透過性を有し、低温熱処理で緻密膜の作製が可能、水系で取り扱いがしやすいといった特徴から、県内メーカーを中心に生産が行われており、主に光触媒材料として県内外の企業に利用されている。

一般的に、光触媒材料をプラスチック等の有機基材上へ直接コーティングすると、基材表面と光触媒材料の密

着部分が光触媒の酸化作用で破壊され、光触媒膜自体が剥離してしまう問題がある。一方、当センターで開発したペルオキシチタン液を用いて作製した膜は、 250°C 以上で加熱処理しなければ非晶質の状態であり、この膜を有機基材と光触媒層の中間層として積層すれば、耐紫外線を有する光触媒膜が作製できると考えられる。しかしながら、プラスチックや塗膜のような有機基材表面は疎水性の場合が多く、水系のコーティング剤を均一に塗布し難いという問題がある。これらの問題を解決するため、前研究課題では、ペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤と水性樹脂やシランカップリング剤等の有機系材料とを組み合わせ、樹脂基板上への成膜技術を開発⁴⁾した。

近年、食の安全、安心への関心の高まりや、国内外への長距離、長時間輸送の増加等の理由から、農産物の鮮度保持技術の向上が求められている。農産物の鮮度保持

のためには、カビの増殖抑制や農産物自体から発生するエチレングス濃度の制御が必要であり、抗菌作用やガス分解活性を有するペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤を利用できる可能性がある。

そこで本研究では、これまで開発した樹脂上への成膜技術を応用し、農産物の梱包材として広く利用されている PS、PET、PP 樹脂上への成膜方法及び膜の特性評価を行うとともに、それらを用いて農産物鮮度保持効果を検討した。

2. 実験方法

2.1 シランカップリング剤を用いた樹脂基板表面処理

シランカップリング剤として、幅広い種類の樹脂材料に効果を発揮するとされるアミノシラン系カップリング剤(信越シリコーン製、KBE-903)を用いた。シランカップリング剤溶液は、シランカップリング剤濃度が 10vol.%となるようエタノール(富士フイルム和光純薬製、純度 99.5%)に添加・溶解させて調製した。シランカップリング剤による樹脂基板の表面処理は、表面を洗浄した各種樹脂基板上に、シランカップリング剤溶液を適量エアスプレー塗布した後、 50°C で 20 分間乾燥させることで行った。

シランカップリング剤による表面処理効果は、未処理及び表面処理を行った樹脂基板を用いて、水に対する接触角(濡れ性)の変化で評価した。接触角測定は、接触角計(協和界面科学製、DMe-211)を用い、 $2\mu\text{L}$ のイオン交換水を各基板表面の 5 箇所に滴下してそれぞれの接触角を測定し、5 箇所の平均値及び標準偏差を算出することで行った。

2.2 TiO_2 膜の作製

TiO_2 コーティング剤としては既報³⁾の手法で調製したペルオキシチタン液(PTA 液)及び PA ゾルを用いた。基材にはシランカップリング剤により表面処理した PS、PET 及び PP 樹脂基板を用いた。作製した TiO_2 膜の概念図を図 1 に示す。1 層目のコーティング液には PTA 液(TiO_2 : 0.89mass%)を用い、2 層目には PTA 液+PA ゾル混合液(3:7、0.89mass%)を用いた。コーティング液の塗布は、1、2 層目ともにエアスプレー塗布により行い、室温で乾燥後、ブラックライト($2\text{mW}/\text{cm}^2$)を 48 時間照射して膜中のペル

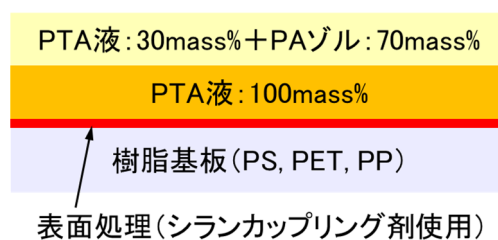


図1 PS, PET, PP 各基板上に作製した TiO_2 膜の概念図

オキシ基を分解させた。最終的に、アモルファス TiO_2 及びアナターゼ型 TiO_2 から成る膜厚約 $1\mu\text{m}$ の TiO_2 膜を作製した。

2.3 TiO_2 膜の特性評価

基板及び TiO_2 膜の光透過率は、紫外・可視分光光度計(島津製作所製、UV-3150)を用い、波長範囲 250～800nm において測定した。膜表面及び断面の微構造は、電界放射型走査電子顕微鏡(FE-SEM)(JEOL 製、JSM-6700FSS)を用いて観察した。膜の耐水密着性評価は、各種樹脂基板上に作製した TiO_2 膜を室温($20\sim 25^\circ\text{C}$)で 120 時間水に浸漬させた後、 60°C の温水に 2 時間浸漬させ、試験前後の膜表面を目視及びデジタルマイクロスコープ(オリンパス製、DSX510)により観察することで行った。 TiO_2 膜の剥離に対する耐性評価は、JIS K5600-5-5「付着性(クロスカット法)」を参考として、次の方法で行った。まず、単刃切り込み工具を使用し、カッターナイフにより1mm 間隔で TiO_2 膜を格子状にカットした。次に、セロハン粘着テープを貼り付け、塗膜が透けて見えるようにしっかり指でこすりつけた直後にテープを引き剥がし、 TiO_2 膜表面の状態をデジタルマイクロスコープで観察し評価した。

2.4 農産物鮮度保持効果

農産物である果実は、成熟に伴い呼吸量が増加し、エチレングスを生成するクライマクテリック型(バナナ、リンゴ、アボカド等)と、呼吸量が増加しないノンクライマクテリック型(イチゴ、ブドウ、イチジク等)に大別される。クライマクテリック型果実では、エチレングスの生成が果実中の酵素による果肉軟化、酸の減少、香気成分の増加などを引き起こし、鮮度低下をもたらすと言われ⁵⁾、エチレングスの作用抑制による鮮度保持方法も検討されている^{6,7)}。一方、

ノンクライマテリック型果実の場合、鮮度低下を引き起こす要因として、細菌やカビの増殖による腐敗、変敗が挙げられる⁸⁾。そこで本研究では、クライマテリック型に分類されるバナナと、ノンクライマテリック型に分類されるイチゴについて鮮度保持実験を行った。また、クライマテリック型における鮮度保持の予備実験として、光触媒TiO₂膜付PPシートによるエチレングス分解試験を行った。

エチレングス分解試験の反応容器には5dm³(注入ガステ積3dm³)テドラーバッグを用いた。反応ガスとしてエチレングス(ジーエルサイエンス製標準ガス、純度99.5%)を用い、エチレングスの希釈には合成空気を用いた。エチレングス濃度は、ガス検知管(ガステック製、エチレン172L)を用いて測定した。紫外線光源としてBLBランプ(東芝製、20W×2本)を用い、紫外線強度は紫外線強度計(トプコン製、UVR-2)を用いて測定した。ガス分解試験用の光触媒材料にはTiO₂膜(膜厚約1μm)を塗布したPPシート(600cm²)を用いた。

バナナを用いた鮮度保持実験は、次の手順で行った。市販のバナナ1房から切り離れた6本のバナナを無作為に3本ずつに分け、別々のテドラーバッグ中に設置、密閉後に3dm³の合成空気を注入した。その際、一方のテドラーバッグには、エチレングス分解試験で用いたTiO₂膜付PPシートを同梱した。それらのテドラーバッグを紫外線光源下、紫外線強度0.5mW/cm²の位置に設置し、バナナ表面の経時変化(シュガースポットの出現状況)を目視により観察した。なお、実験は室温22~25℃、相対湿度40~50%の条件下で行った。

イチゴを用いた鮮度保持実験は、市販のイチゴ(同一パック、事前に水道水で表面を洗浄)を用い、次の方法で行った。TiO₂膜(膜厚約1μm)を塗布した発泡スチロール製容器及び無塗布の発泡スチロール製容器を用い、同一パック中から無作為に抽出した5個のイチゴをそれぞれの容器内に設置し、水分の蒸発を抑制するため開口部をラップで被覆した。それらを紫外線強度0.5mW/cm²の位置に設置し、イチゴ表面の変色やカビの発生状況を目視により観察した。なお、実験は室温22~25℃、相対湿度40~50%の条件下で行った。

3. 結果と考察

3.1 シランカップリング剤による樹脂表面処理効果

PS、PET、PP基板及びシランカップリング剤により表面処理した各樹脂基板を用い、水に対する接触角を測定した結果を図2に示す。未処理のPS、PET、PP基板では水に対する接触角がそれぞれ86.7°、89.3°、77.4°であったのに対し、シランカップリング剤で表面処理した樹脂基板では、水に対する接触角が62~63°程度まで低下し、濡れ性が大きく向上していることが確認された。これらの結果から、本研究で用いるペルオキシチタン系TiO₂コーティング剤も有機溶剤を全く含まない水系のコーティング剤であることから、シランカップリング剤による表面処理は、樹脂基板上へのTiO₂コーティングに対しても有効な手法であると考えられる。

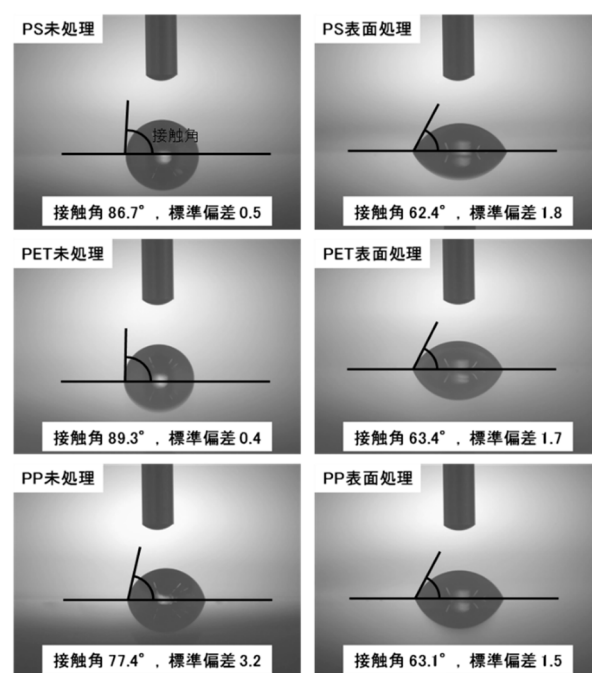


図2 PS、PET、PP未処理及びシランカップリング剤を用いて表面処理を行った基板の水に対する接触角。

3.2 樹脂基板上へのTiO₂膜作製と評価

シランカップリング剤で表面処理した樹脂基板上に1層目としてPTA液のエアスプレー塗布を試みたところ、コーティング液のはじきは見られず、問題なく塗布することが可能であった。また、1層目上への2層目塗布も問題なく行うことができた。図3に、表面処理したPS基板上に作製したTiO₂膜のFE-SEM写真を示す。表面観察の結果からTiO₂微粒子の存在が確認され、断面観察の結果からPS

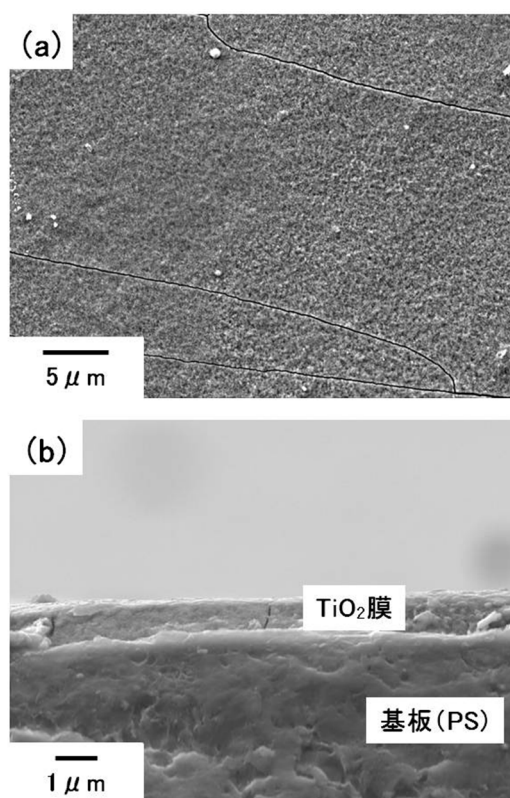


図3 PS基板上に作製したTiO₂膜の表面(a)及び断面(b)のFE-SEM画像

基板に密着した膜厚約1 μm のTiO₂膜を形成できていることが確認できた。

図4に、PS、PET、PP基板と各基板上にTiO₂コーティングを行った試料の紫外・可視光透過率測定を行った結果を示す。TiO₂コーティングを行ったどの樹脂基板においても、可視光線領域(>400nm)では、高い光透過率(>75%)を示した。一方、紫外線領域ではTiO₂コーティングによる紫外線吸収が確認できた。

次にTiO₂膜の耐水密着性試験を行った。図5に試験前後におけるTiO₂膜表面のデジタルマイクロスコープ画像を示す。試験後のTiO₂膜表面では、試験前の状態と比較して、大きな変化は見られず、基板からの膜の剥離は観察されなかった。このことから、比較的良好な耐水密着性を有していることが確認できた。

図6に同様の条件で作製したTiO₂膜を用い、基板からの剥離に対する耐性評価を行った結果を示す。試験前後でTiO₂膜の部分的な剥離等は観察されず、今回検討を行ったどの樹脂基板に対しても、良好な剥離耐性を有していることが確認された。

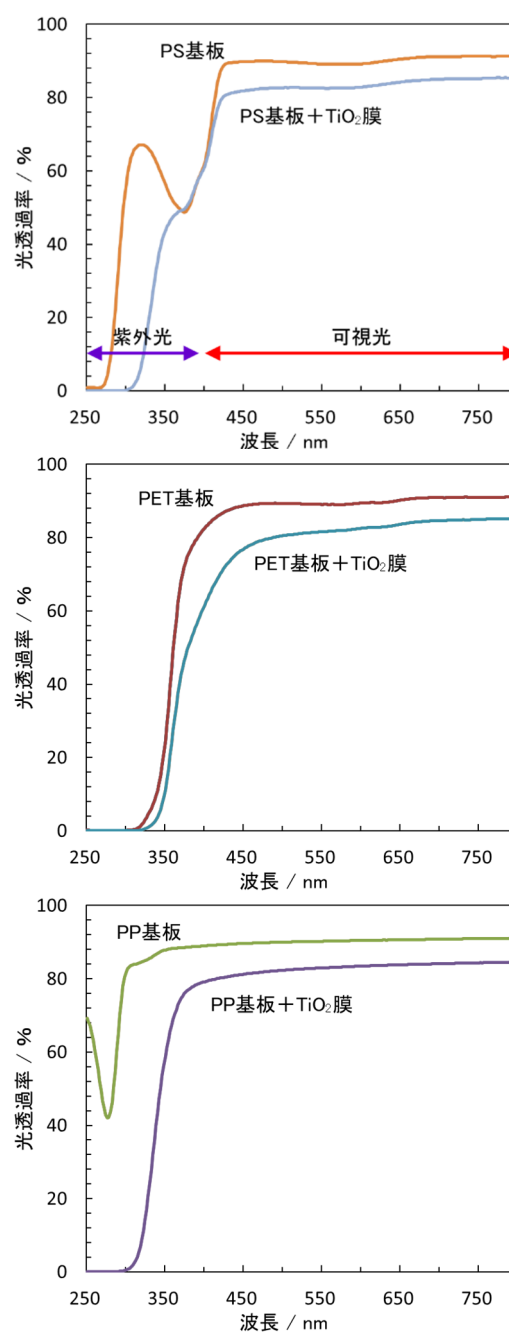


図4 PS、PET、PP基板及び各基板上にTiO₂コート(膜厚約1 μm)を行った試料の紫外・可視光透過率

3.3 農産物鮮度保持効果

光触媒TiO₂膜付PPシートによるエチレングス分解試験の結果を図7に示す。紫外線照射後、光触媒作用によるエチレングス濃度の低下が観察され、約180分で30 ppmのエチレングスを分解できることが確認された。

このTiO₂膜付シートを用いてクライマクテリック型果実であるバナナの鮮度保持実験を行い、バナナから生成するエチレングスを継続的に分解することで鮮度低下を抑

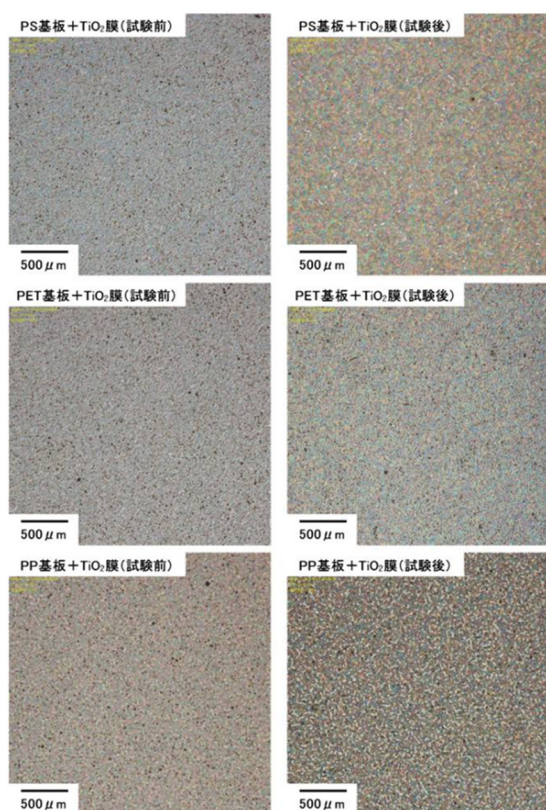


図5 耐水性試験前後のTiO₂膜表面のデジタルマイクロSCOPE画像

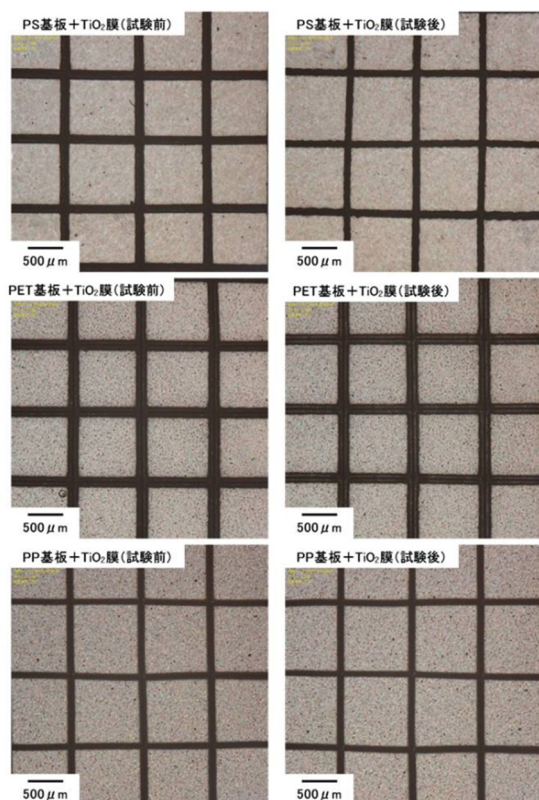


図6 基板からの剥離に対する耐性試験前後のTiO₂膜表面のデジタルマイクロSCOPE画像

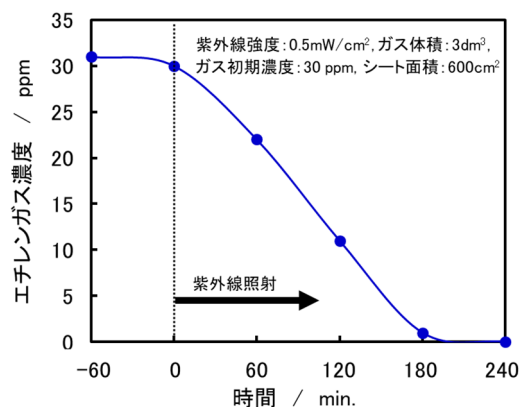


図7 光触媒TiO₂膜付PPシートのエチレンガス分解試験
(紫外線強度:0.5mW/cm²、ガス体積:3dm³、
ガス初期濃度:30 ppm、膜面積:600cm²)

制できるか検討した。図8に、実験1日目及び10日目のバナナの外観を示す。10日目の画像からわかるように、今回行った実験条件では、TiO₂膜付シートの有無による明確な違いは見られず、どちらも同程度のシュガースポットが発現していた。また果肉についても、明確な違いは観察されなかった。なお、10日経過後のテドラーバッグ内のエチレンガス濃度を計測したところ、TiO₂膜付シートの有無に関わらず、どちらも100 ppmを超えていた。このことから、今回用いた光触媒TiO₂シートのエチレンガス分解速度が、バナナからのエチレンガス生成量に対し、不十分であったことが示唆された。予備実験においては、TiO₂の光触媒作用によるエチレンガス分解が確認されているので、クライマクテリック型果実の鮮度保持効果を得るためには、果実の量に対応するTiO₂コートの適切な表面積など、試験条件を検討する必要があると考えられる。

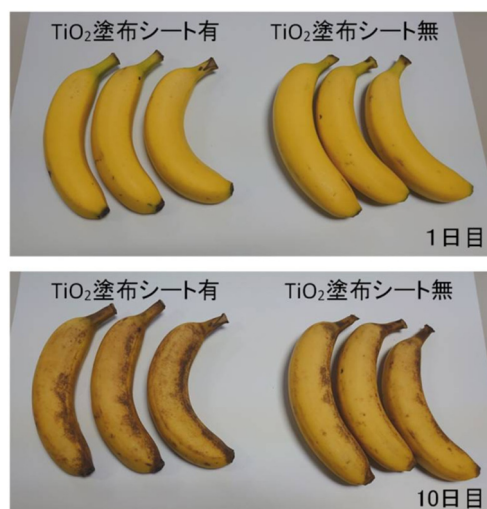


図8 バナナを用いた鮮度保持効果の検証結果

次に、ノンクライマクテリック型に分類されるイチゴを用いて鮮度保持実験を行い、容器内面に光触媒 TiO_2 コートを行うことで、細菌やカビの増殖を抑制し、イチゴの鮮度低下を抑制できるか検討した。図9に実験の様子と、イチゴの経時変化を示す。4日目の時点においては、 TiO_2 コート無のものと比較して、 TiO_2 コート有の容器内で保存したイチゴ表面のカビ繁殖が抑えられているようにも見えたが、7日目では双方ともカビが多く繁殖しており、明確な違いが認められなかった。光触媒作用は、 TiO_2 コート表面で起こるため、イチゴ表面のカビ繁殖抑制には明確な効果が表れなかった可能性がある。ノンクライマクテリック型果実に対する鮮度保持効果を得るためには、 TiO_2 コート面と果実の接触面積を増やす容器の工夫や、梱包方法の検討が必要と考えられる。

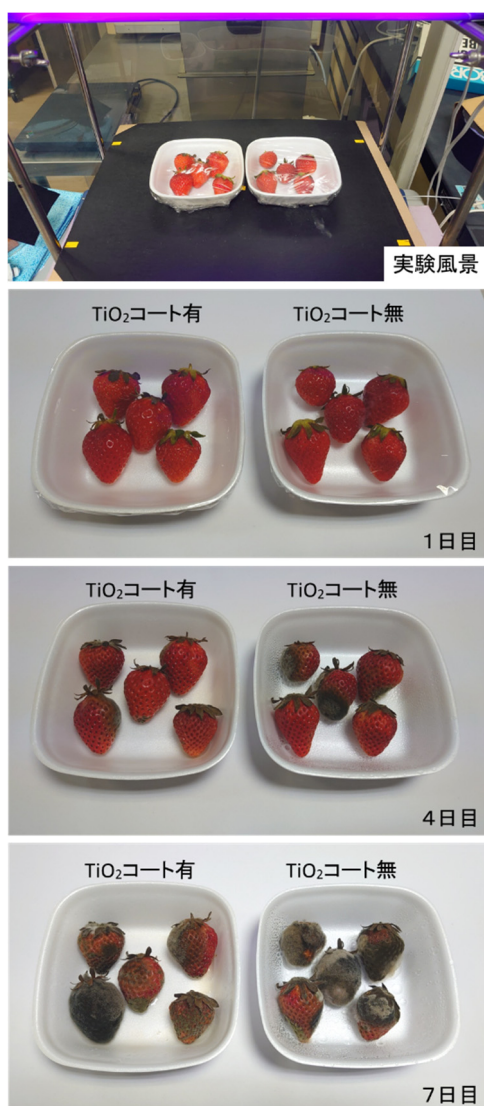


図9 イチゴを用いた鮮度保持効果の検証結果

4 まとめ

本研究では、これまで開発した樹脂基板上への TiO_2 成膜技術を応用し、農産物の梱包材として広く利用されている PS、PET、PP 基板上への TiO_2 成膜方法及び膜の特性評価を行った。まず、アミノシラン系カップリング剤による PS、PET、PP 基板表面の処理効果について検討したところ、表面処理によってペルオキシチタン系 TiO_2 コーティング剤に対する濡れ性が大きく向上する結果が得られた。また、実際に表面処理を行った PS、PET、PP 基板表面上に TiO_2 膜の作製を試みたところ、どの樹脂基材においても、容易に TiO_2 コーティングが行えることがわかった。さらに、作製した TiO_2 膜は比較的高い可視光透過率(>75%)を示すとともに、良好な耐水密着性及び剥離耐性を示した。次に、この樹脂上に作製した光触媒 TiO_2 を用いて、農産物の鮮度保持効果を検討した。光触媒 TiO_2 シートによるエチレングス分解試験においては、エチレングス分解の効果が確認されたが、バナナを用いた鮮度保持試験では、エチレングス分解の効果が確認されたが、本研究で行った条件下においては、明確な鮮度保持効果は認められなかった。次に、イチゴを用い、光触媒作用による抗菌効果による鮮度低下を試みたが、この場合においても、今回行った実験条件下では明確な鮮度保持効果は認められなかった。農産物の鮮度低下を引き起こす原因として、エチレングス、細菌やカビだけでなく、温度や湿度等の保存環境、雰囲気ガス組成(酸素、二酸化炭素)、農産物の種類、個体差など多数の要因が挙げられる⁹⁾ことから、鮮度保持技術分野への TiO_2 利用を考えた場合、それらの要因も踏まえた条件下での更なる検討が必要であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、接触角測定に関してご指導、ご助言をいただきました佐賀県工業技術センター 帆秋圭司氏ならびに平井智紀氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) K. Sato, T. Hirakawa, A. Komano, S. Kishi, C. K. Nishimoto, N. Mera, M. Kugishima, T. Sano, H. Ichinose, N. Negishi, Y. Seto, K. Takeuchi, Appl. Catal. B, 106,

- 316-322 (2011).
- 2) A. Komano, T. Hirakawa, K. Sato, S. Kishi, C. K. Nishimoto, N. Mera, M. Kugishima, T. Sano, N. Negishi, H. Ichinose, Y. Seto, K. Takeuchi, Appl. Catal. B, 134, 19-25 (2013).
- 3) H. Ichinose, M. Terasaki and H. Katsuki, J. Ceram. Soc. Jpn., 104, 715-718 (1996).
- 4) 釘島裕洋, 佐賀県窯業技術センター令和元年度研究報告書, 25-30 (2020).
- 5) M. Tatsuki, Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci., 6, 11-22 (2007).
- 6) 中村ゆり, 農産物流通技術 2013, 79-84 (2013).
- 7) 野村啓一, “青果物の鮮度評価・保持技術” 阿部一博監修, NTS 出版, 197-201 (2019).
- 8) 田中史彦, 田中良奈, “青果物の鮮度評価・保持技術” 阿部一博監修, NTS 出版, 93-107 (2019).
- 9) 椎名武夫, 野菜情報 2016 年 9 月号, 44-56 (2016).

熱伝導特性向上を目的としたセラミックスフィラー粒子の構造改良に関する研究

放熱シートにおける窒化アルミニウムフィラーの充填に関する研究

志波 雄三、川原 昭彦
佐賀県窯業技術センター

本研究では放熱シートの作製における基礎的データの収集を目的として、フィラーの混合条件がシート作製や熱伝導特性に及ぼす影響を検討した。粒子径が異なる3種類(1.5 μm 、10 μm 、15 μm)の窒化アルミニウムフィラーをシリコン樹脂に混合(50-70mass%)する場合、シート化するためのペーストの最適粘度は約80Pa $\cdot$ s以下であった。フィラー混合を80mass%とし、2種配合(1.5 μm : 10 μm = 10:90)の条件で作成したシートは放熱シートとして柔軟性を有し、熱伝導率は1.90 W/m $\cdot$ Kであった。

Study of structural improvement of ceramics filler particles to improve high thermal conductivity

Study of filling of aluminum nitride filler in thermal dissipation sheets

SHIWA Yuzo, KAWAHARA Akihiko
Saga Ceramics Research Laboratory

The purpose of this study was to collect basic data for the fabrication of thermal dissipation sheets. We investigated the influence of filler mixing conditions on sheet fabrication and thermal conductivity. The optimal viscosity of the paste for forming sheets was below 80Pa $\cdot$ s, when three types of AlN fillers with different particle sizes (1.5 μm , 10 μm , and 15 μm) were mixed with silicone resin from 50mass% to 70mass%. Test sheets fabricated by mixing the fillers at 80 mass% and blending two kinds of fillers (1.5 μm : 10 μm = 10 : 90) showed flexibility and the thermal conductivity was 1.90 W/m $\cdot$ K.

1. はじめに

近年、スマートフォンやパソコンなどの小型薄型化・高集積化により電子デバイスの発熱量が高まり、この影響による機能低下や製品寿命の短命化などが問題となっている。こうした中で、発生熱に対する対策として発生源に密着させて利用する樹脂性の放熱シートが数多く実用化されているが、近年では更なる放熱効果向上のために樹脂に高熱伝導セラミックスフィラーを混合した有機無機複合の材料開発が盛んに行われている¹⁻⁵⁾。また、放熱シートに関する世界市場規模は2021年度にはおよそ700億円にも上ると試算されており⁶⁾、佐賀県内企業においてもこのような放熱材料に対する関心が非常に高まっている。高熱伝導セラミックスフィラーには材料として、アルミナ(Al_2O_3)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、窒化ホウ素(BN)、窒化アルミニウム(AlN)などが注目されているが、中でも窒化アルミニウムは非常に高い熱伝導率(100 ~ 200 W/m $\cdot$ K以上)を有しており、これまでに基板としての研究など、高熱伝

導特性を論じた報告⁷⁻¹²⁾が数多くされている。本研究では市販の窒化アルミニウムをフィラーとして用い放熱シートを作製する中で、粒径が異なるフィラーの配合割合による成形シートの性状や熱伝導率を評価し、セラミックスフィラーの混合に関する基礎的データを収集した。

2. 実験方法

2.1 放熱シート材料

放熱シートの母材となる樹脂は2液混合の加熱硬化性シリコンゴムKE1283 A及びB(信越化学工業製)を用いた。フィラーに用いる窒化アルミニウムは高い熱伝導率を有するが比較的容易に加水分解し、熱伝導率が低下するという問題がある。そこで本研究では耐水処理化された高純度窒化アルミニウム粉末トールナイト(東洋アルミニウム製)TFZ-A02P、TFZ-A10P、TFZ-A15P(以後順にA02P、A10P、A15Pと表記)の3種をフィラーとして用いた。それぞれ中心粒径(メジアン径)は1.5 μm 、10 μm 、

15 μ m であった。

2.2 試料ペーストの調製およびシートの作製方法

材料となる樹脂とセラミックスフィラーを自公転ミキサー (M-50 型、キーエンス製) で均一混合及び脱泡を行い、ペーストを調製した。その際、混合物をシート化するための流動性が十分に得られない場合は、希釈材としてトルエンを適量添加することでその粘性を調整した。ペーストの粘度は R 型粘度計 (RE-85R 型、東機産業製) で測定した。得られたペーストは、フィルムアプリケーター (1806/50、BEVS 社製) で厚みを 1.5~2.5mm に調整しながら基材 (PP 製シート) 上にスライドさせてシート状に成形した。シート作製の様子を図 1 に示す。このシートを定温恒温器 (DKN402、ヤマト科学製) で加熱 (80℃×8 時間) し、硬化させたものを本研究での放熱シートとした。

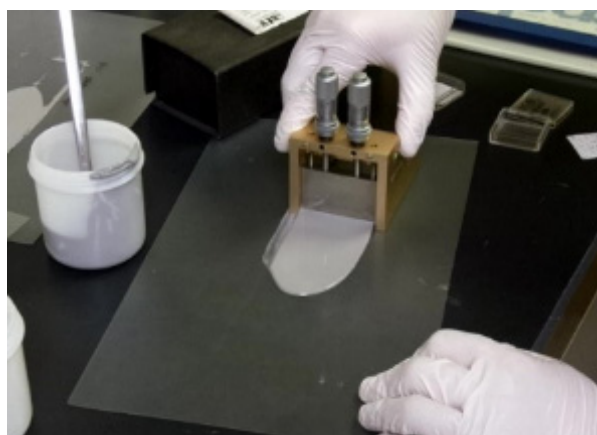


図1 フィルムアプリケーターによるシート作製の様子。

2.3 シートの評価

放熱シートの硬化後の状態は表面の気泡や割れの具合を目視により確認し、微構造組織は走査型電子顕微鏡 (JSM-7900F、日本電子製) により観察した。また熱伝導率はレーザーフラッシュ法熱伝導率測定装置 (LFA457 型、NETZSCH 製) で測定した。

3. 結果と考察

3.1 フィラー単独混合によるシート作製と熱伝導特性

まず 3 種類のフィラーを単独で樹脂と混合し、ペースト状態を観察した。表 1 に全量に対するフィラー混合割合とペースト調製時の流動性を示す。フィラー混合割合が 60mass% までは全てのフィラーでシート化可能なペース

トが得られたが、A02P では 70mass% 以上、また A10P、A15P では 80mass% 以上では良好なペーストは得られずシート化は困難であった。図 2 にフィラー単独混合時の各ペーストの粘度を示す。A15P においてフィラー混合割合が 50mass%、60mass% ではそれぞれ 3.5 Pa・s、6.0 Pa・s であり、70mass% では 18.1 Pa・s であったがそれ以上ではペーストに流動性が全くなく測定することができなかった。A10P においても 70mass% 混合までは測定可能 (72.3 Pa・s) であったが、それ以上は測定不可であった。またペーストの粘性をフィラー粒径の違いという点から比較するとフィラーの粒径が小さくなるほど粘性が高くなることが分かった。この理由は粒径が小さくなることで、ペースト内における粒子 (フィラー) 同士の接触点が多くなり、ペーストの流動性を抑制したためではないかと考えられる。このように調製するペーストの粘度はシート作製の一つの指標となるが、今回の研究ではペースト状の粘度が 80 Pa・s 程度以下であればシート化は可能であることが分った。

なお、A15P において 80mass% および 90mass% 混合ペーストは流動性がほとんどない状態であったが、熱伝導率測定用のシートを得るために、希釈材 (トルエン) を添加して強制的にシート化を試みた。しかしながら、加熱硬化後のシート表面にヒビ割れ等が生じ、最終的に良好なシートを得ることはできなかった。

表 1 シート全量に対するフィラー混合割合とペーストの流動性

フィラー混合割合 (mass%)	50	60	70	80	90
フィラー					
A02P (1.5 μ m)	○	○	×	×	×
A10P (10 μ m)	○	○	△	×	×
A15P (15 μ m)	○	○	△	×	×

○・・・流動性あり、△・・・流動性ややあり、×・・・流動性なし

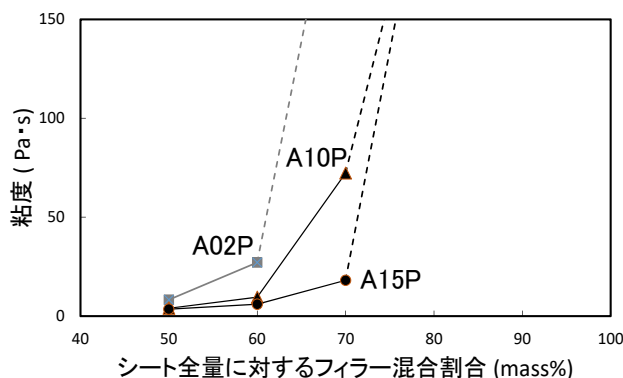


図2 フィラー単独混合時のペースト粘度。

ファイラー単独混合シートにおいて熱伝導率の測定が可能であったシートの熱伝導率を表 2 に示す。ファイラー 70mass%混合ではいずれの試験体シートも熱伝導率は 1.00 W/m・K 以下であった。A15P のファイラー90mass%混合のシートはヒビ割れが生じていたものの熱伝導率は 2.00 W/m・K であり以後の試験における特性目標とした。

表 2 ファイラー単独混合時シートの熱伝導率.

ファイラー ファイラー混合割合 (mass%)	ファイラー混合割合 (mass%)		
	70	80	90
A02P(1.5μm)	0.83	-	-
A10P(10μm)	0.83	-	-
A15P(15μm)	0.75	1.34	2.00

(単位: W/m・K)

3.2 ファイラー2 種配合によるシート作製と熱伝導特性

さらなる熱伝導率向上にはファイラーの充填率を高くし熱伝導パスを増やす必要がある。そこで粗粒ファイラーの隙間を微粒のファイラーで充填することを目的としてファイラー2 種による配合試験を行いシート状態の確認および熱伝導率の測定を行った。

3 種のファイラーの中心粒径は A02P に対して A10P と A15P はそれぞれ 7 倍、10 倍程度と大きいことから、2 種配合試験は A02P と A10P 及び A02P と A15P の組み合わせで行った。またシート全量に対するファイラーの混合割合は 70、75、80mass%とした。ファイラー2 種を使用した時の各配合割合とシート成形後の状態を表 3 に示す。

ファイラー70mass%混合において気泡や割れのない良好な状態のシートは No.3、4、6、7、8 であり、ファイラー 75mass%混合では No.12、15、16 であった。ファイラー 80mass%混合ではそのほとんどに気泡や割れが見られたが、No.20 及び No.24 はシートとしての形を得ることができた。結果としてシート化できた試料は A02P と A10P の組み合わせでは 4 種であったのに対し、A02P と A15P の組み合わせでは 6 種作成できたことから、ファイラー2 種配合においては A02P と A15P の組み合わせの方が良好であることが分かった。

表 3 ファイラー2 種使用時の各配合割合とシート成形後の状態.

No.	ファイラー混合割合 (mass%)	ファイラー2種配合割合 (mass%)			シート成形後の状態		
		A02P (1.5μm)	A10P (10μm)	A15P (15μm)	表面観察		シート化可否
					気泡	割れ	
1	70	70	30	-	有	有	×
2		50	50	-	有少	—	×
3		30	70	-	—	—	○
4		10	90	-	—	—	○
5		70	-	30	有	有	×
6		50	-	50	—	—	○
7		30	-	70	—	—	○
8		10	-	90	—	—	○
9	75	70	30	-	有	有	×
10		50	50	-	有少	—	×
11		30	70	-	有少	—	×
12		10	90	-	—	—	○
13		70	-	30	有	有	×
14		50	-	50	有少	—	×
15		30	-	70	—	—	○
16		10	-	90	—	—	○
17	80	60	40	-	有	有	×
18		50	50	-	有	有	×
19		30	70	-	有	有	×
20		10	90	-	有少	—	○
21		60	-	40	有	有	×
22		50	-	50	有	有	×
23		30	-	70	有	有	×
24		10	-	90	有少	—	○

図 3 にファイラー2 種配合時の熱伝導率変化を示す。シート全量に対するファイラー混合割合が増加するにしたがって熱伝導率が向上したのは単独混合時と同様であるが、ファイラー単独混合と比較すると 70mass%、80mass%ともに 2 種配合の方が高かった。これは単独配合より 2 種配合の方が充填率が向上し熱伝導パスが増えたためと考えられる。特に A02P との組み合わせでは A10P の方が A15P より熱伝導率が高くなる傾向が見られ、ファイラー割合が高くなるにしたがい A10P と A15P の差は広がっていた。このことから A02P と組み合わせでは A10P の方が A15P より

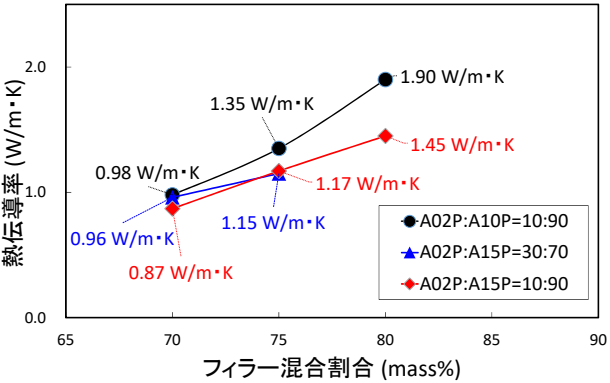


図 3 ファイラー2 種配合時のシートの熱伝導率.

充填率を向上させたと推察される。なお、フィラー2 種配合時の熱伝導率の最大値は No.20 (A02P:A10P=10:90、フィラー80mass%混合) の 1.90 W/m・K であった。

3.3 フィラー3 種配合によるシート作製と熱伝導特性

微粒の A02P と他 2 種のフィラーの組み合わせではペースト性状は A15P の方が良好で、シートの熱伝導率は A10P のほうが高かった。そこでペーストの取り扱い易さとシートの熱伝導率が両立する条件を見出すため 3 種のフィラーを組み合わせた配合試験を行った。

またフィラー2 種の配合試験において A02P フィラー割合が 10mass%において、いずれの条件でも良好なシートを成形することが出来たことから 3 種配合時の A02P の配合割合は 10mass%に固定した。なお、フィラー混合割合は 75、77.5、80mass%とした。フィラー3 種を使用した時の各配合割合とシート成形後の状態を表 4 に、また図 4 にフィラー3 種配合時の熱伝導率変化を示す。フィラー割合

が増加するにしたがって熱伝導率が向上したのは単独および 2 種配合時と同様であったが、フィラー2 種配合を上回るには至らなかった。

3.4 シートの微構造組織

今回作製した試料の中で比較的熱伝導率の値が高かったシート(フィラー80mass%混合)No.20、24、31、33 の SEM 写真を図 5 及び 6 に示す。2 種配合の図 5 において No.20 と 24 の両試料とも樹脂マトリックス中の粗粒子の隙間には A02P と思われる微粒子が分散している様子が確認できる。しかしながら、No. 20 に比べ No.24 では微粒子の分散が一部均一でない箇所があり、特に粗粒子の周辺部(図 5No.24 中○印)に多く見られることが分かる。これはおそらく2種類のフィラー粒径の差が大き過ぎるために十分な混合ができなかったと考えられ、このことが No.20 と No.24 の熱伝導パスの相違となり、結果として熱伝導率の差が生じたと考えられる。

表 4 フィラー3 種使用時の各配合割合とシート成形後の状態

No.	フィラー混合割合 (mass%)	フィラー3種配合割合 (mass%)			シート成形後の状態		
		A02P (1.5μm)	A10P (10μm)	A15P (15μm)	表面観察		シート化可否
					気泡	割れ	
25	75	10	27	63	有少	—	○
26		10	50	50	有少	—	○
27		10	63	27	有少	—	○
28	77.5	10	27	63	有少	—	○
29		10	50	50	有少	—	○
30		10	63	27	有少	—	○
31	80	10	27	63	有少	—	○
32		10	50	50	有少	—	○
33		10	63	27	有少	—	○

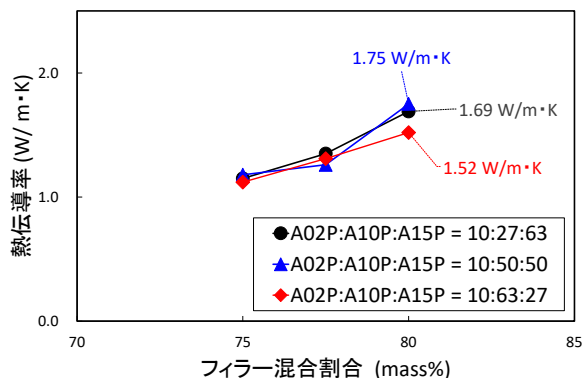


図 4 フィラー3 種配合時のシートの熱伝導率

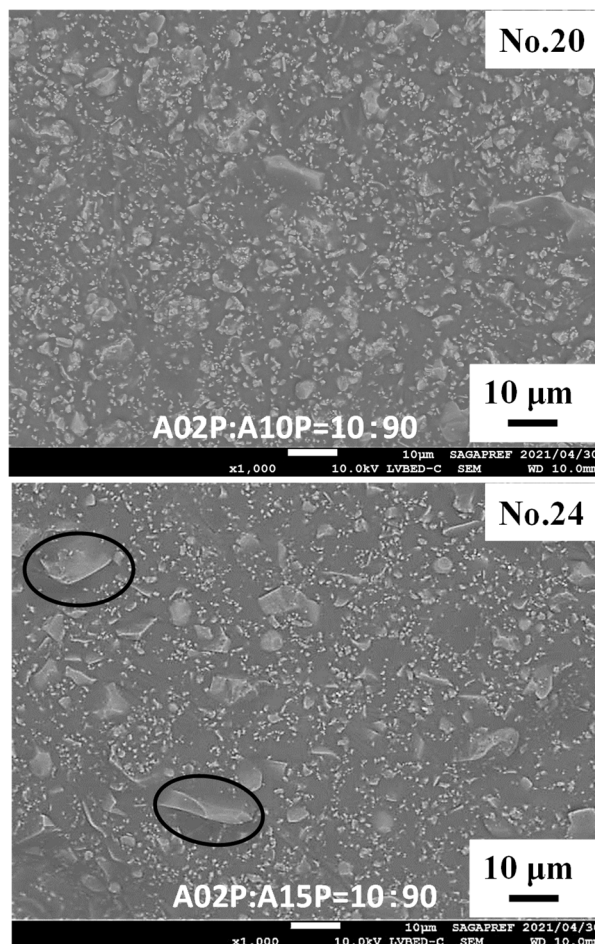


図 5 フィラー2 種配合シートの SEM 写真(フィラー80mass%混合)。

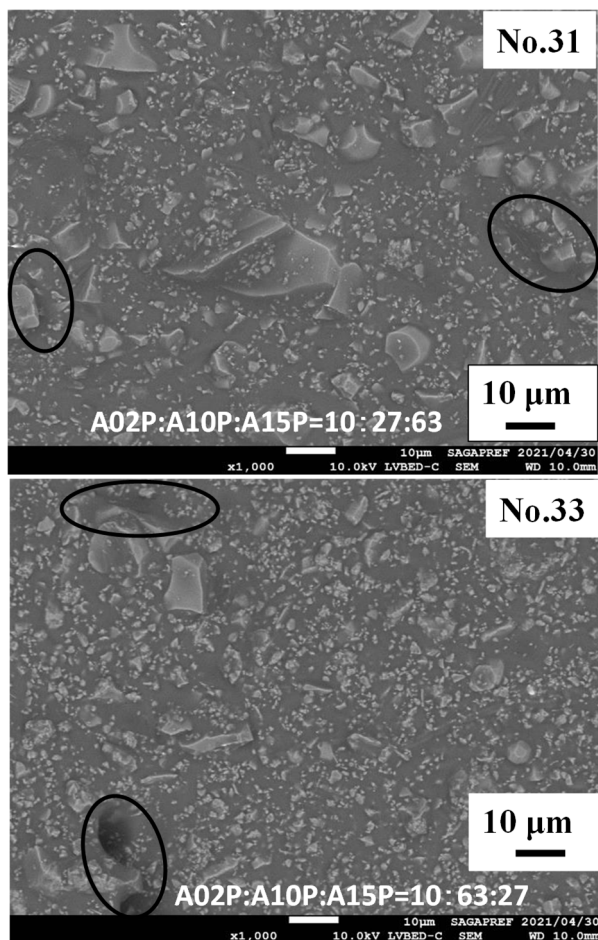


図6 フィラー3種配合シートのSEM写真(フィラー80mass%混合)。

また、3種配合の図6では2種配合と同様に粗粒子間に微粒子が分散されているが、不均一の箇所は増えており、さらに図6中○印箇所に見られるように、気泡や亀裂も確認された。3種配合を行っても熱伝導率の向上が得られなかったのは、樹脂中でのフィラーの充填が難しく、図6のような微構造であったことが理由と考えられる。

図7にNo.20試料シートの状態を示す。作製したシートは放熱シートに必要な特性である柔軟性を有しており、ゴムとしての弾力性も良好であった。

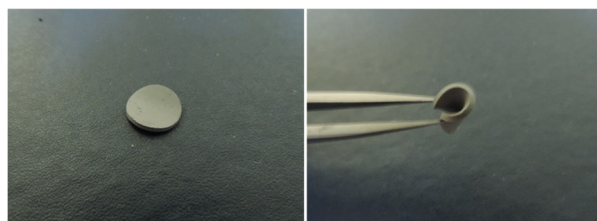


図7 No.20試験体シートの状態。

4. まとめ

本研究では、放熱シートの作製における基礎的データとして、フィラーの混合条件がシート作製や熱伝導特性に及ぼす影響を検討した。フィラーには粒子径が異なる3種類(A02P:1.5 μm、A10P:10 μm、A15P:15 μm)の窒化アルミニウムを用い、シリコーン樹脂に混合した時のペーストの性状やシート成形時の状態観察及び熱伝導率を測定した。試作した放熱シートの中では、フィラー混合割合を80mass%とし、2種配合(A02P:A10P=10:90)の条件で作製したシート(No.20)が比較的良好であり、ゴムとしての柔軟性も十分であった。なお、熱伝導率は1.90 W/m・Kであった。今回、窒化アルミニウム本来の高熱伝導特性を十分引き出した結果には至らなかったが、放熱シートの特性向上を追求することにおいて異粒子径フィラーの組み合わせや配合比を検討することは非常に有意義であることが分かった。今後は、これらの知見を参考にしながら、放熱分野や関連技術の開発分野に役立てていく予定である。

参考文献

- 1) 川原昭彦, 佐賀県窯業技術センター平成27年度研究報告書・支援事業報告書, 12-18 (2016).
- 2) Sang-Kee LEE, et al., J. Inor. Mater. Jpn., 14, 429-436 (2007).
- 3) Y. NAGAI, J. Ceram. Soc. Jpn., 105, 197-200(1997).
- 4) 村野耕平, 長野県工技センター研報, No.15, M5-M9 (2020).
- 5) 大橋優喜, 頼高潮, セラミックス, 39, 629-695 (2020).
- 6) 株式会社富士経済プレスリリース, 第17066号 (2017).
- 7) R. Kobayashi, H. Okazaki, M. Sasaki, E. Fukushi, Netsu Sokutei, 46, 122-127 (2019).
- 8) 山本泰幸, 表面技術, Vol.62, 443-447 (2011).
- 9) H. Okazaki, R. Kobayashi, R. Hashimoto, E. Fukushi, J. Tatami, J. Ceram. Soc. Jpn., 126, 991-994 (2020).
- 10) 白井隆雄, 宮下公哉, セラミックス, 39, 684-687 (2004).
- 11) 平尾喜代司, セラミックス, 45, 444-447 (2010).
- 12) 渡利広司, 中野裕美, セラミックス, 39, 678-683 (2004).

現代の磁器製造工程における技術・技能の集積事業化にかかる可能性研究

江口 佳孝
佐賀県窯業技術センター

有田焼製造業は、製造種別工程ごとに分業化され、業種ごとに高度な技能を有しているが、後継者不足によりその継承が困難になっている。磁器製造工程における技術・技能を次世代へ継承するためには、各業種が有する現状の技能や技術を記録、集積する必要がある。本研究では、機械ろくろ成形をモデルケースとして、データ集積方法のマニュアル構築を行った。

Research for document creation of porcelain manufacturing production skills and technology

EGUCHI Yoshitaka
Saga Ceramics Research Laboratory

Arita porcelain manufacturing industry is divided into labor for each process and it requires high degree of production skills in each process. However, the lack of successors makes it difficult to pass on production skills. In order to pass on the technologies and production skills in the porcelain manufacturing process to the next generation, it is necessary to record and accumulate the current technologies and skills of each process. In this study, we made a manual of data accumulation method using mechanical potter's wheel molding as a model case.

1. はじめに

郷土の地縁芸能は、過疎化のために受け継がれず消滅している現状がある。これらは、笛や太鼓など音楽を基にしているが、そのほとんどに楽譜はなく、耳伝えで継承されてきたため、一度消滅すると復興は不可能である。

これは、伝統的なものづくり産業においても同様であり、産業の中で培われた技術や技能は一度失われてしまうと復興は不可能で、産業そのものの衰退につながる。

有田焼製造業は、製造種別工程ごとに、陶土製造業、型製造業、生地製造業、釉薬・絵具製造業など細かく分業化している。低利潤による低賃金、高齢化に伴う後継者不足などにより、分業化された有田焼製造各工程の中で、高度な技能保持就業者の減少が起こっている。このことにより、各工程での製造物の歩留まり率の低下、製造物の品質の低下が目立ち始めている。また、次世代に引き継ぐべき技能のノウハウが引き継がれずに廃業されていく現象がすでに生じつつある。

磁器製造工程における製造技術・技能を次世代に的確

に継承するためには、現時点でこれらの高度なノウハウ及びテクニックを動画としてアーカイブ化し、そこで扱われている道具や原材料の性質等の技術情報を集積し連携させる資料の構築が急務である。

当センターでは、令和3年度より、現代の磁器製造工程におけるこれらの技術・技能を集積化する事業を行うこととしている。各工程における技術・技能の集積を行うに当たり、まず個別の集積方法を検討し、マニュアル化する必要がある。そこで本研究では、事業化に向けた可能性研究として、製造工程の代表例をモデルケースとして抽出し、実際の動画データや技術資料の収集など実践を通じて、事業化のためのマニュアル構築及び問題点の検証を行った。

2. 資料化のための取材

2.1 モデルケースの抽出

現状、生産ロットの低下に伴い、従来は機械ろくろで成形されていた丸物の生地も比較的低ロットで製造できる圧力鑄込成形が主流になりつつある。このため機械ろくろ成形の割合が減ってきており、技術・技能の集積の必要性についても優先度が高いと考えられる。そこで、「機械ろくろ外ゴテ成形」をモデルケースとして抽出した。

2.2 技術資料の取材

有田町内の生地業者の協力のもと、機械ろくろ外ゴテ成形の様子を工程ごとに動画撮影した。

成形に使用する機材について、機械については動力の調査、ろくろ回転数の計測を行った。

また、成形時に使用された型、道具類については撮影（静止画）、実測、複写等を行った。

3. 取材事項の資料化

3.1 撮影した動画の編集

へら(コテ)合わせ、成形、脱型、仕上げの4編を撮影編集し、キャプチャーとした。(図1)

動画撮影において、微妙な小手裁きを捉えるために後方からの撮影となったが、編集を行ってみると現場での空間の問題、アングルの問題など多様な課題があることが分かった。



図1 キャプチャー2 成形の静止画

3.2 成形機器仕様

成形に使用した3連式機械ろくろは、図2に示すダブルアーム、真空式ダブルペダル仕様

のものである。

ろくろ回転の仕組みを以下に記載する。

1馬力モーターの回転軸からVベルトで奥にある1本のシャフト軸に連結し回転させる。(図3)

その動力は、平ベルトにより3連あるろくろ軸に伝達され、各々の軸を回転させる。(図4)

平ベルトを外しておけば、使用しないろくろ軸は回らない仕組みになっている。(図5)



図2 3連機械ろくろ
ダブルアーム、真空式ダブルペダル仕様



図3 動力
0.75kw モーター×1、Vベルト式駆動1本シャフト。



図4 動力の伝達
平ベルトによりシャフト軸からろくろ軸へ。

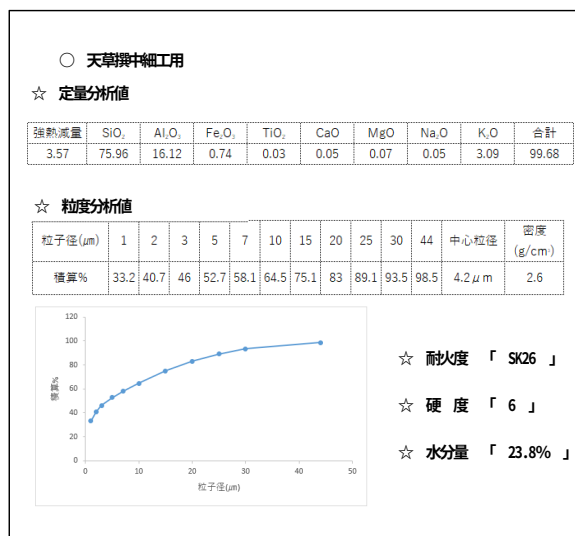


図6 天草撰中陶土の各物性値。



図5 動力の伝達
平ベルトは簡単に装着、脱着ができる。

3.3 陶土物性

動画撮影時成形に使用した陶土はサンプルとして持ち帰り、化学分析(定量分析)、粒度分析、耐火度測定、水分量測定を行った。(図6)

3.4 型図面

成形に使用した型はその場で計測を行い、記録し型図面として製図を行った。(図7、8)



図7 使用型。

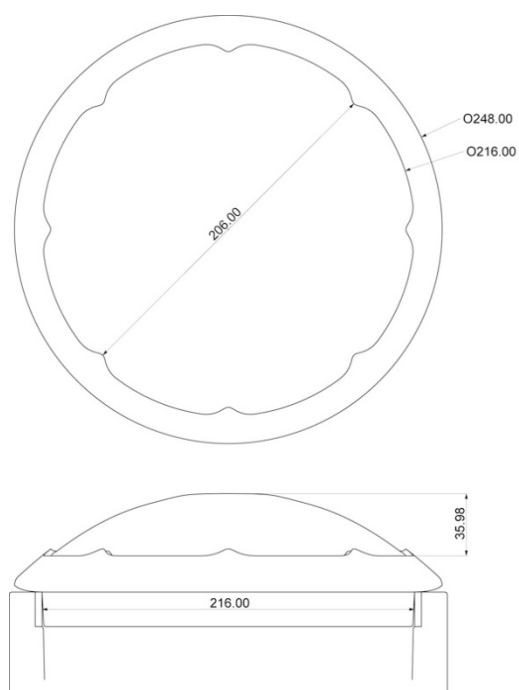


図8 型図面.

3.5 コテ(ヘラ)図面

コテ、ヘラの大きさと勾配を記録するために、実測と和紙による複写を行い道具の図面として製図を行った。(図9、10)



図9 撮影時使用したコテとヘラ
コテは鉄板5mm厚、ヘラは松材.



図10 撮影時使用したコテとヘラ
コテは鉄板5mm厚、ヘラは松材.

3.6 削り仕上げ

削り仕上げに使用される道具は、市販の万年ガナであった。これらは、当センター内にも同様のものを数種類保持しているために製図は行わなかった。(図11)



図11 削り仕上げ道具
万年ガナ (左) 陶枕(トチミ)(右).

3.7 資料集フォーマット

記録資料をPDFにより資料集とするためのフォーマットを作成した。(図12)



図 12 フォーマット(PDF).

4. まとめ

本研究では、磁器製造工程における技術・技能の集積に向けた可能性研究として、「機械ろくろ外ゴテ成形」をモデルケースとし、実際の動画データや技術資料の収集など実践を通じて、事業化のためのマニュアル構築を行った。

製造過程の動画撮影を行う上で、製作者がスムーズに違和感なく作業できるように動線などを確保し、機材を設置する必要があることがわかった。また、限られた作業空間の中では撮影自体が困難であることも少なからず感じられた。

今後の取組においては、様々な形態の現場での撮影機の設置空間、アングルの確保など、固定機材の調達が必要であり、また、固定機材を製作(既存器具のカスタマイズとアッセンブリ)する必要がある。

今回、モデルケースを実践して、製造機器や道具、原材料などの調査方法と記録方法をチェックリスト化しこれらをマニュアル化することができたため、令和3年度からの事業としての取組に応用する。

陶石利用技術支援事業

「泉山陶石 一輪花入れ」展支援

蒲地 伸明

佐賀県窯業技術センター

有田磁石場組合事務所にて開催された「泉山陶石 一輪花入れ」展の支援を行った。泉山陶石のみを原料とする陶土を手ろくろにて成形することから、泉山陶土と天草陶土の違いについて検証した。泉山陶土は硫黄の影響により酸性土であり、成形体の密度は天草陶土に比べ低くなった。又、陶土中に長石鉱物を含み耐火度が低いことが確認できた。得られたデータと過去に泉山陶土を取り扱った経験から、工程上の注意点を指導した。又、素焼き、本焼きの温度を泉山陶土に合わせ調整する必要があったため焼成支援を行った。

Support for The Porcelain stone utilization

“Izumiyama porcelain stone a single-flower vase” exhibition

KAMOCHI Nobuaki

Saga Ceramics Research Laboratory

We supported “Izumiyama porcelain stone a single-flower vase” exhibition held by Arita zisekiba kumiai. The works were made from Izumiyama clay containing only Izumiyama porcelain stone. We confirmed the difference between Izumiyama clay and Amakusa clay. Izumiyama clay is acid clay due to the influence of sulfur, thus the green density is lower than Amakusa clay. Izumiyama clay showed low refractoriness since it contained feldspar. From the obtained data and educated guesses, we supported manufacturing.

1. はじめに

2020年11月19～23日、有田磁石場組合事務所にて有田磁石場組合主催の「泉山陶石 一輪花入れ」展が開催され、泉山陶石のみを原料とする陶土を用い、手ろくろにより成形した31の窯元や作家の作品が展示された。開催案内にある本展の趣旨を以下に抜粋する。

「今回、有田焼の原点である泉山磁石場の陶石のみで作品を制作・展示することにより、先人の偉業を讃えとともに、有田焼の付加価値とは何かを考える機会といたしました。この企画展で得られた知識や経験を生かし、ブランド土『泉山陶石』の開発を行い、未来の有田焼の可能性を追求することを目的としております。」

案内にあるように、泉山陶石は日本初の磁器原料とされ元和年間以降長年にわたり利用されてきた¹⁾。しかし明治以降、天草陶石の利用が増え、現在、肥前地区で流通している陶土のほとんどは天草陶石を原料とした天草陶土であり、泉山陶石を主原料として一般に流通している陶土は無い。必然的に泉山陶土を用いた製陶経験者も少なく、仮に天草陶土に適化された製造方法で泉山陶土を取

り扱った場合、問題が生じる可能性は高い。

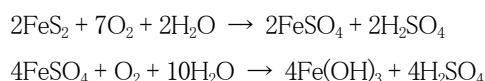
当センターは以前より、泉山陶石の現状確認を行ってきた²⁻³⁾。また、今回、参加者に配布された泉山陶土は製土から5～10年程度寝かしたもので、センターが圧力鋳込み成形の支援を行い2019年3月に泉山磁石場に設置された陶板モニュメントの製作に用いられた陶土と同じものである⁴⁾。そこで有田磁石場組合から泉山陶土の取り扱いに関して当センターへの協力の依頼があり支援を行った。

2. 泉山陶石と天草陶石

泉山鉱床、天草鉱床共に多くの調査報告がある。それぞれの陶石から製土した泉山陶土、天草陶土の性状の違いを説明するためにこれらの調査報告を抜粋する。両陶石ともに主成分鉱物は石英、絹雲母であり副成分鉱物として、カオリナイト、長石類を含む。磁器原料として用いられる陶石は長石類が殆ど含まれないものが選別される。

白磁を製造する上で問題となるのが不純鉱物として含まれる鉄系の鉱物であり、黄鉄鉱(FeS_2)、褐鉄鉱(FeOOH)、菱鉄鉱(FeCO_3)等がある。このうち黄鉄鉱は泉山陶石のみに確認され、流通する天草陶石には含まれていない。上野による天草鉱床の調査によると天草鉱床でも深部においては黄鉄鉱の密度が増すが、採掘の対象となる浅部においてはほとんど認められないと報告されている⁵⁾。一方で、同じ上野の泉山鉱床の調査では泉山鉱床が全体に著しい黄鉄鉱化作用を受けており、陶石中に常に若干の黄鉄鉱が含まれることを報告している⁶⁾。

黄鉄鉱は酸素と水と反応し、以下のような化学反応により最終的に水酸化鉄と硫酸を生じる。



陶石は流紋岩が熱水変質を受けることにより形成されるが、泉山鉱床の陶石化の時代は K-Ar 年代測定等により 2.4~2.6Ma (Ma は 100 万年前を示す単位)、天草鉱床の陶石化の時代は 13~16Ma と推定されている⁷⁻⁸⁾。従って泉山鉱床は天草鉱床に比べ形成された年代が 1,000 万年以上若いため黄鉄鉱の風化が進行しておらず、陶石中に多く残っていると考えられる。かつては、泉山鉱床では陶石を放置し風化による黄鉄鉱の消失、二次富鉄化を待つて利用されたと伝えられている⁹⁾。

3. 泉山陶土及び素地の諸物性

支援にあたり、今回参加者に配布された泉山陶土及び素地の物性を確認した。

レーザー回折式粒度分析装置(セイシン企業製、LMS-2000e)を用いて測定した泉山陶土の粒度分布を図1に示す。中心粒径は $5.4\mu\text{m}$ で 100% 粒子径が $75\mu\text{m}$ と標準的な肥前地区の磁器用陶土の粒度分布を持つことが判った。

表1 泉山陶土と天草陶土の化学分析値(mass%)

原料名	LOI	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3
泉山陶土	3.24	76.32	14.82	0.68	0.05	0.04	0.05	0.04	4.27	0.29
天草撰上陶土	3.65	74.18	17.42	0.47	0.01	0.08	0.06	0.11	3.63	--

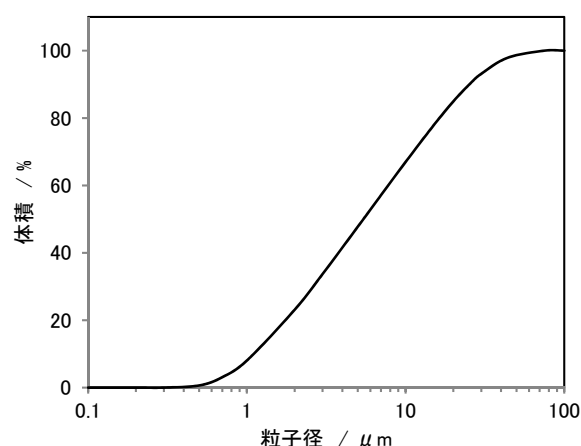


図1 泉山陶土の粒度分布。

蛍光X線分析装置(Rigaku 製、ZSX PrimusII)を用いて検量線法により定量分析した泉山陶土及び比較試料の天草撰上陶土の化学組成を表1に示す。ただし SO_3 については FP 法による定量値である。表から明らかなように泉山陶土は天草撰上陶土と比較して SiO_2 及び K_2O の含有量が多く Al_2O_3 は少ない。また SO_3 換算で 0.29mass%の硫黄成分が確認された。

X 線回折装置(リガク製、SmartLab)により測定した泉山陶土及び天草撰上陶土の X 線回折パターンを図2に示す。両陶土とも主構成相は α -Quartz, Muscovite, Kaolinite であるが、泉山陶土には Microcline 等のカリ長石のピークも明確に認められた。本来、高い耐火度を必要とする磁器用の原料としては長石を含む陶石は避けるべきであるが、以前報告したように³⁾ 泉山陶石の選鉱を実施するのは困難な現状があり長石の混入は避けられない。なお、黄鉄鉱に関しては陶土の回折パターンでは確認できなかった。黄鉄鉱が陶土中に残った場合、焼成後に黒点となって現れるが、今回展示された作品において黒点はほとんど認められなかった。このことから、ほとんどの黄鉄鉱は製土工程における水篩および篩(粒度分析における最大粒子径から 200mesh と推定される)によって除かれたと考えられる。

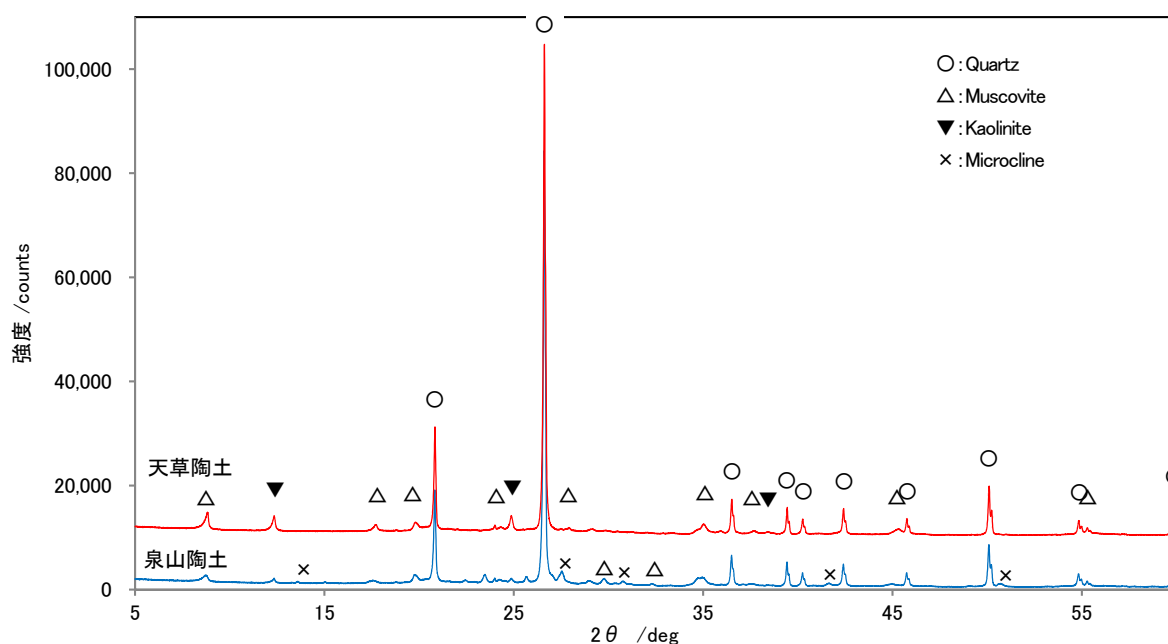


図2 泉山陶土と天草陶土のX線回折パターン。

JIS R2204による耐火度測定(戸田超耐火物製、TODA'S ミニファーマス)の結果はSK16(熔倒温度 1460℃)と天草撰上陶土のSK28(熔倒温度 1630℃)と比較してかなり低いものとなった。

昇温速度 10℃/min の条件でディラトメーター(Bruker Corp 製、TD5000SA)により測定した生地膨張収縮曲線を図3に示す。泉山、天草生地共に1080℃付近から急激に収縮を開始しており、焼結開始温度はほとんど差がないことが分かる。収縮の進行は泉山生地が早く1365℃で最大の収縮率を示した後ブローティングによる膨化に転じている。一方、天草生地は焼結が緩やかであり1400℃

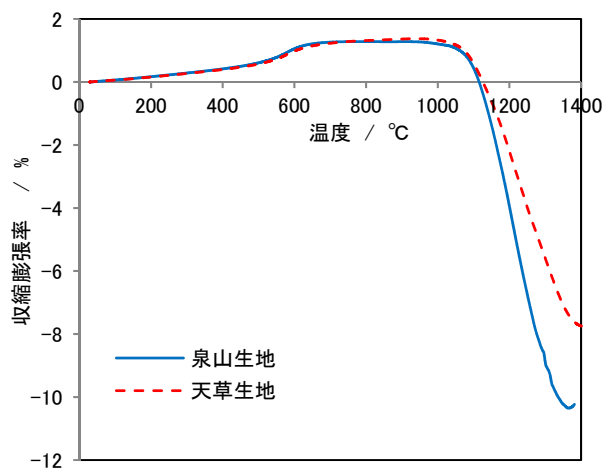


図3 泉山陶土と天草陶土の膨張収縮曲線。

までの測定ではブローティングは確認できなかったが、1400℃で収縮の進行はほぼ停止した。今回のロットの泉山生地の焼成は天草生地よりも30～40℃低い温度が望ましいことが明らかとなった。なお、酸化雰囲気かつ急速昇温の計測結果であるため、実際のガス窯による昇温速度 100℃/h 程度の焼成と比較し膨張収縮曲線は高温側にシフトすることに注意が必要である。

泉山陶土は硫酸根の影響により酸性土になり易い。そこで、粘土ハンドブックの粘土浸出液のpH測定方法⁹⁾を参考に、陶土10gに蒸留水50mLを加え2時間攪拌後、陶土浸出液のpHをpHメーター(東亜DKK製、HM-30R)にて測定した。天草撰上陶土浸出液はpH6.8と中性であったが泉山陶土の浸出液のpHは4.9と弱酸性を示した。

乾燥生地の締りを確認するために、手の感覚で同程度の硬さに練り上げた陶土を押し型で成型し乾燥後、3mm程度に粉碎し、水銀圧入法(島津製作所製、オートポアIV9520)により細孔分布を測定した。結果を図4に示す。細孔直径0.3μm以下の領域で明確な差が表れており泉山生地の細孔容積が大きい。両陶土の見かけ密度は共に2.59g/cm³であったが嵩密度は天草生地で1.84 g/cm³、泉山陶土で1.66 g/cm³と泉山生地は天草生地に比べ締まりが悪いことを示した。なお、気孔率は天草生地の29%に対して泉山生地は36%であった。

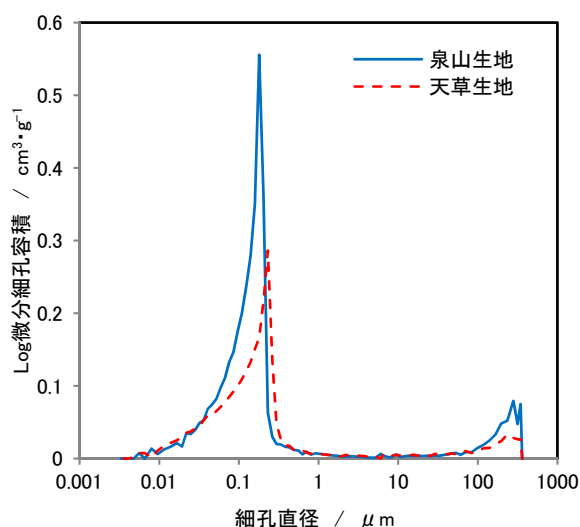


図4 泉山生地と天草生地の細孔分布

4. 泉山陶土の取り扱い

以上の泉山陶土と天草陶土の諸物性の違いをふまえ、泉山陶土使用方法の支援を行った。以下、工程別に泉山陶土使用における注意点と支援内容を記す。

4.1 成形

今回の泉山陶土はpH4.9と弱酸性を示したが酸性領域では粘土鉱物は端面電荷がプラス電荷となるため、層面のマイナス電荷との関係で層面－端面結合状態であるカードハウス構造をとり易くなり可塑性が低下する。又、生地の細孔分布で明らかになったように成形体密度が上がりにくく力が陶土に伝わりにくい。天草陶土と同じ感覚でろくろ成形を行った場合、表面の陶土だけが移動している状態になり、表面と内側で粗密差が生じやすく乾燥割れが生じやすくなる。特に高台内では中心にS字クラックが発生し易く注意が必要である。陶土に水ガラス等のアルカリを添加し酸を中和することで陶土の締りは改善するが、入れすぎた場合、成形腰が無くなるためアルカリの添加には慎重を要する。

4.2 乾燥

泉山陶土成形体は生地の締りが悪く、気孔が多いため乾燥速度は天草生地に比べ速くなる。よって生地の乾燥むらによる乾燥割れが生じやすい。生地をビニールで覆うなど乾燥速度が遅くなるように気を付ける必要がある。

4.3 素焼

天草生地は900～950℃で素焼きを行う場合が多いが、生地の嵩密度が低い泉山生地の場合、天草生地と同じ温度での素焼きでは素焼き強度が不足する。表面がザラザラとした粉っぽい状態となる上に、気孔率が高いことで施釉時の吸水に素地が耐えられず釉薬中で爆発し破損することが多い。特に大物になるとその傾向が顕著となる。素焼き強度を高めるために1000℃以上での素焼きを推奨した。

通常の素焼き温度よりも高いことから、対応できない展示会参加者へ1,000℃による素焼きの支援を行った。1,000℃素焼き泉山素地の表面状態はざらつきもほとんどなく、900℃素焼きの天草素地と同じ程度の質感であった。

4.4 本焼成

本焼成における最高到達温度は素地の熱膨張に大きな影響を与える。耐火度の低い泉山陶土を天草陶土と同じ1,300℃前後で焼成した場合、石英粒子の熔融が進み熱膨張が低くなる。当センターの過去の泉山陶土を用いた試作では焼成体の線膨張係数が $6.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を下回った例もある。 $7.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 前後である天草素地に合わせて $6.0 \sim 6.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で調整されている一般的な肥前地区の釉を用いた場合、貫入が生じる恐れがある。そこで今回は膨張収縮曲線から判断し通常より30～40℃低い1260～1270℃程度での本焼成を推奨した。素地の焼締りだけを考えるとさらに20℃程度低い温度でも問題は無いと思われるが、今回の展示会での作品は一輪花入れと比較的焼成変形に強い形状であったことと、参加者で様々な釉が使用されることから釉の融け不足を生じない温度ということで判断した。

また、硫黄成分が残留した素地は還元焼成開始時に煤を巻き込み易くなり本焼成後の素地は灰色となり易い。この現象は酸化焼成時に温度が上がりにくい窯の棚組の下段、さらに棚板に近く温度が上がりにくい生地の下部で特に発生し易い。したがって下段の製品も十分に温度が上昇してから還元焼成を開始する必要がある。天草生地の焼成においては900～950℃で還元焼成に移行するが、泉山陶土では1,000℃以上で還元焼成を開始することが必要となる。

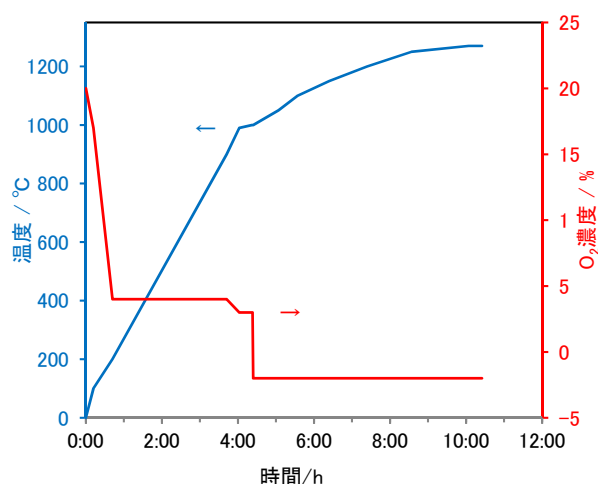


図5 本焼成の焼成パターン。

センターで焼成支援を行った焼成パターンを図5に示す。焼成体に貫入や、煤の巻き込みは確認されず、良好な状態であった。しかし一部の作品では焼成変形が認められたため釉の熔け等を考慮した上で、さらに低い温度での本焼きが望ましいと思われる。

5. まとめ

「泉山陶石 一輪花入れ」展を支援するにあたり、改めて泉山陶土の性状の確認を行った。前回、同ロットの陶土による陶板モニュメントの製作を支援した際には、泉山陶土としては比較的低含水率となる含水率25%の圧力用泥漿が調整可能で、圧力鋳込み成形も問題なく実施できた⁴⁾。さらに製土から5年以上の寝かしが行われている本ロットの泉山陶土は近年にない良質なものであるが、天草陶土との作業性の差は大きいものであった。

素焼き温度や本焼き温度、還元焼成に移行するタイミングを泉山陶土に合わせることで、焼成による不具合は一部の作品で変形が生じた程度で、焼成呈色や焼締りについては良好な結果を得ることができた。

泉山陶土の扱いにくさの原因のほとんどが硫酸根に起因することが明らかになったことから、今後の泉山陶石の活用のためには脱硫処理を十分に考慮する必要がある。陶石を小粒程度まで粉碎し、放置し雨水にさらして、脱硫の進行速度を確認する等の検証を今後実施していきたい。

謝辞

本支援事業を行うにあたり、泉山陶土をご提供いただいた有田磁石場組合に、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 中島浩気, “肥前陶磁史(復刻版)”, 名著出版, 85-99 (1974).
- 2) 寺崎信, 蒲地伸明, 白石敦則, 川原昭彦, 釘島裕洋, 佐賀県窯業技術センター 平成20年度 研究報告書, 84-88 (2009).
- 3) 寺崎信, 蒲地伸明, 吉田秀治, 佐賀県窯業技術センター 平成23年度 研究報告書, 16-22 (2012).
- 4) 藤靖之, 蒲地伸明, 鮎川祐太, 佐賀県窯業技術センター 平成30年度 研究報告書・支援事業報告書, 23-25 (2019).
- 5) 上野三義, 地質調査所月報, 3, 405-420 (1952).
- 6) 上野三義, 地質調査所月報, 11, 155-172 (1960).
- 7) 濱崎聡志, 地質調査所月報, 47, 201-206 (1996).
- 8) 三浦千佳, 大平寛人, フィッション・トラック ニュースレター, 24, 75-78 (2011).
- 9) 大沼正吉, “粘土ハンドブック”, 日本粘土学会編, 519-523 (1967).

有田焼産地の未来を話し合う場の創出と情報発信

「伝トーク!! 令和二年有田場所」の開催支援

浜野 貴晴

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



「伝トーク!! 令和二年有田場所」公式ビジュアル

1. 目的と経緯

有田焼産地は、日本初の磁器を生み出して以来、時代に即しながら、市場のニーズに応えた商品づくりを行ってきたことによって400年にわたり磁器を生産、提供し続け、今日までその技術や伝統を受け継ぐに至っている。

しかしながら、生活様式の多様化による消費動向の変化、IoTの普及、流通の進化、後継者や職人、従業員不足など、有田焼産地を取り巻く状況が大きく変わろうとしている昨今、「有田という場所でものづくりを続ける意義」が問われている。さらに、新型コロナウイルス感染拡大の影響下で注文は激減し、分業による製造・販売体制を基本とする産地存続も危機に瀕している。そのような中、今の危機をどう乗り越え、5年、10年後の未来をどう描き、次の世代に引き継ぐのかについて、事業者自らが考え、そして行動に移していくために、意見交換を通じた知見の共有と、関係者同士を連携させる取組が求められる。

そこで、産地を支援する有田町、有田商工会議所、有田観光協会を中心に有志が集い、どのような取組を行うことが今後の産地のためになるか検討を重ね、有田焼業界で活躍する若手事業者自らが、地域や有田焼、自社のものづくりに対する思いを熱く語り、ディスカッションする「場」を企画することとした。

テーマは「有田×仕事×私」とし、有田ケーブル・ネットワークの協力のもと、まずは有田町民が視聴し、産地について自らも考えてもらうような4回シリーズのトーク番組を制作するとともに、インターネット配信を実施し、広く全国にありのままの有田焼産地の実情と動きを伝える。

この事業から産地のあり方を真剣に考える気運を町の中に醸成し、さらに、有田焼を支えていただいている全国の有田焼・焼きものファンの方々の力を借り、他の工芸の産地の方々とも手を取り合いながらこの動きを広げ、活性化のための様々な事業に展開させていくことを目指したい。

2. 出演者(登壇者)および関係団体

ライバル関係にもある同業者同士が、お互いの意見を時にはぶつけ合い、また胸を借りて高め合うことを期待して、有田にも馴染みのある「相撲」をモチーフとしたトークイベントとし、その登壇者を「力士」ならぬ「話士」、ファシリテーターを「行司」、先輩および仲間として話士を支える方々を「応援団」として、以下の各人が登壇した。

話士 徳永 弘幸 氏 (徳幸窯)
前田 洋介 氏 (皓洋窯)
岩永 真祐 氏 (親和伯父山)
西山 美春 氏 (西富陶磁器)
山口 紘史 氏 (ヤマト陶磁器)

行司 浜野 貴晴 (promoduction)

応援団 鈴田 由紀夫 氏 (九州陶磁文化館)
十四代 今泉今右衛門 氏 (今右衛門窯)
金子 真次 氏 (金照堂)
藤本 浩輔 氏 (藤巻製陶)

実施に伴う関係団体は以下のとおり。

主催 伝トーク!! 実行委員会(委員長: 原田 元
佐賀県陶磁器工業協同組合 理事長)

事務局 有田商工会議所

P R (プレス対応、公式サイト/SNS 制作、運営)
有田観光協会

協力 (番組制作、放送、インターネット配信)
有田ケーブル・ネットワーク

後援 有田町
有田町教育委員会
肥前陶磁器商工協同組合
佐賀県陶磁器工業協同組合
有田焼卸団地協同組合
佐賀県陶磁器商業協同組合
国立大学法人 佐賀大学

3. 実施内容と放送スケジュール¹⁻³⁾

1 回およそ 40 分番組×4 回シリーズのトークバトルとして、令和2年8月に毎週複数回の放送を実施した。

1 回の番組(放送)につき1つの質問(お題)を出し、それに対して話士はフリップに書いて答える。フリップの答えをもとに、行事がファシリテーションし、トークバトルを展開していく番組構成とした。

【第1回 場所前】

放送日 : 令和2年8月3日 ~ 9日

テーマ : イントロダクション

場所 : 九州陶磁文化館 蒲原コレクション前

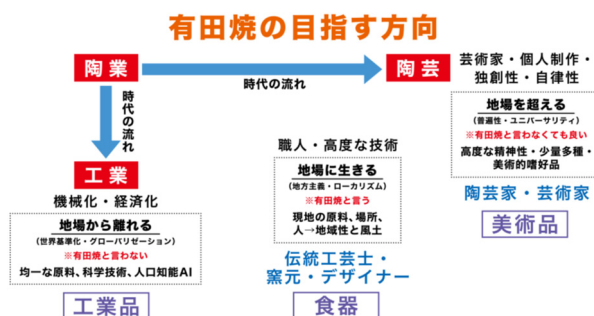
出演者 : 応援団、行司(話士は聴講)

主な内容および考察

- ・有田焼の売上や事業規模等の変遷、現状説明のセッション
- ・鈴田由紀夫氏による基調講話「産地としての有田をどう考えるか」を軸に行司、応援団で話を展開した。
- ・原材料、生産者、技術が有田という地域から広がりを見せている現状での「有田焼」の定義の不確定さや、「工業」と「陶芸」という生産の変化に伴う有田という地場でものづくりを続ける意義について議論した。



【第1回 場所前】の様子



【第1回 場所前】鈴田由紀夫氏による基調講話の資料

【第2回 初日】

放送日 : 令和2年8月10日 ~ 16日
 テーマ : 有田×仕事×私×WEB 陶器市※1
 場 所 : ヤマト陶磁器(商社) ショールーム
 質 問 : 「(コロナの影響で開催された)WEB 陶器市で有田が得られたものは何でしょう？」
 出演者 : 話士、行司 + 前田真一氏(有田商工会議所 WEB 陶器市データ分析担当) + 金子真次氏(応援団)

主な内容および考察

- ・WEB 陶器市の結果から流通、お客様の動向などに関して考察した。
- ・多くの事業者がオンラインビジネス参入を試み、有田焼産地にとってオンライン元年とも呼べる変革をもたらした事業となった。
- ・有田焼をはじめ焼きものの購買層の高齢化が課題とされる中、特に大都市圏の若い女性層(F1、F2 層※2)と繋がるきっかけを得た。
- ・販売方法、顧客対応など有田焼産地全体として情報を共有することが重要である。
- ・今後の WEB とリアルとの関係、個社(窯元・商社等)、産地としての販売やPRを考えるヒントを導き出した。



【第2回 初日】の様子

第2回「有田×仕事×私×Web陶器市」まとめ **伝トーク!!**

お題「(コロナの影響で開催された)Web 陶器市で有田が得られたものは何でしょう？」

有田にとっての貴重なデータ！ ・Webでの売れ筋商品 ・定価販売の商品も売れた ・クレームや顧客対応の難しさ ・不慣れな梱包、発送が大変	従来の陶器市とは違う、若い客層の獲得！	窯元も直販を！ 窯元はもっと露出を！！	「陶器市」と「Web陶器市」両方必要なのは？
--	---------------------	------------------------	------------------------

● データを産地で共有！
● 産地としても個社としても、次の一手を考える！
● 産地全体での露出を増やしたい！
● Webとリアルのあり方を検討！
● 有田焼を「伝える」努力！

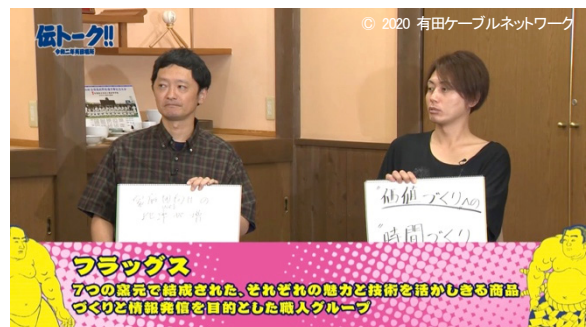
【第2回 初日】のトーク内容のまとめ

【第3回 中日】

放送日 : 令和2年8月17日 ~ 23日
 テーマ : 有田×仕事×私×コロナ禍
 場 所 : 泉山磁石場組合 事務所
 質 問 : 「コロナ禍によって、自社のものづくりや売り方で大きく変えたこと、変わったことはありますか？」
 出演者 : 話士、行司 + 藤本浩輔氏(応援団)

主な内容および考察

- ・第1回のWEB 陶器市について考察したように、オンラインでの小売販売が加速、オンラインからの問い合わせも急増している。
- ・巣籠もり需要、レストランでの個別提供等に伴い、需要のあるアイテムに変化が見られる。
- ・商社に限らず、窯元も直販等を通じて、有田焼の露出に努めていくことが望ましいのではないかと。
- ・新しい生活様式に対する企画力が問われている。
- ・自社のものづくりや売り方が大きく変われば、自社の周りの人たち(型屋、生地屋、消費地卸、小売等の業者)への影響が少なからずあることを意識させられた。
- ・「自社が生き残るためにすること」だけでなく、「産地存続のために自分にできること」を考える機会となった。



【第3回 中日】の様子

第3回「有田×仕事×私×コロナ禍」まとめ **伝トーク!!**

お題「コロナ禍によって、自社のものづくりや売り方で大きく変えたこと、変わったことはありますか？」

ネット販売に活路！ 業務用の人もWebを！	売れるアイテムの変化！ ・家庭用ウンプレート ・業務用は小分けの器の需要増	企画提案を産地側に求めはじめた！ 産地の企画力が求められる。	他社にはない自社の強みが今後より一層求められる。	型屋、生地屋さんとのより良好なパートナーシップ構築！	他窯元・他産地から学ぼう！ 例) 東道は陶社がグループを組み、共同でカタログを作り、スクールメリットを生かしている。
--------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------	----------------------------	---

● 提案の仕方を工夫し産地として収益増を！
● 産地の多様性やスクールメリットを活かす！
● 小ロット取引を逃さないような対応！
● 分業制だからこそ、みんながきちんと仕事ができる体制を！
● コロナ禍もチャンスと捉え、変化しよう！

【第3回 中日】のトーク内容のまとめ

【第4回 千秋楽】

- 放送日 : 令和2年8月24日～30日
- テーマ : 有田×仕事×私×未来
- 場所 : 有田町役場 町民ロビー
- 質問 : 「5年後、10年後、自分の会社をどうしたいですか？その時産地はどうなっていてほしいですか？」
- 出演者 : 話士、行司 + 鈴田由紀夫氏、金子真次氏、藤本浩輔氏(応援団)

主な内容および考察

- ・有田焼産地の強みである「多様性」を活かすこと、そのために日頃行なっている活動を紹介した。
- ・産地全体が一事業体的存在として成立しており、共同体という認識で行動していきたい。
- ・人を惹きつけるためには、面白さ、笑いのある取組が大切である。
- ・情報発信、PRを個社および産地全体、有田町として実施していくことによる、有田焼のファンづくり、さらにものづくりに共感した人材の集積を促したい。
- ・多様性とは、個社のキャラが立っているからこそ成立するものであり、自社の強みをより活かし、対外的に自身のキャラを発信することが重要である。



【第4回 千秋楽】の様子

第4回「有田×仕事×私×未来」まとめ

お題「5年後、10年後、自分の会社をどうしたいですか？その時産地はどうなっていてほしいですか？」

仕事の本質からふれない 商社として即先 と共に成長！	ニュートラルに！ 時代に合わせた 商品、売り方など 柔軟に対応！	人材をいかに呼び込むか 自分たちのものづくりの 良さを伝え、共感を促す	個社の枠を超え、 有田として 注文を受ける	有田焼の ファンづくり SNSなどを活用 したPR 知ってもらおう努力
----------------------------------	---	---	-----------------------------	---

●若い人材が集まる町(面白い町、笑いのある町)
●多様性を活かす
●キャラを立てる(会社、社長、商品)
●情報の共有、そして発信＝有田全体のPR

●産地全体が一事業体的存在
●仲間が集まることで大きな力に
●個人の努力と全体での協力
●知恵を使って果敢に取り組む勇氣

【第4回 千秋楽】のトーク内容のまとめ

4. 次年度以降の展開

これまで事業者単独もしくは有志、または同業者組合として、製造者のみや販売者のみで行う動きが中心であった産地の活動を、製造・販売事業者および組合、さらに支援団体や有田町、佐賀県を巻き込み、横断的かつ広範囲な関係者にまたがった動きに展開していくことで、有田町内での盛り上がりを促したい。そのために、まずは様々な立場の窯業関係者が集い、産地活性化や販路拡大、産地の課題解決のため、さらに将来の産地のあり方を考え、今何をすべきかを話し合う場の常態化が重要となる。

「伝トーク!!」という意見交換および公開討論の仕組みを継続して実施していくことで、より活発かつ斬新なアイデアを共有していくことができ、そのアイデアを元に新たな取組の事業化に繋げることも可能となる。

また、ライバル関係にある同業他社として、これまで教えることを敬遠するくらいであったが、こうした場を通して、可能な限りの情報共有・分析を共に行うこと、さらに自らの意見を整理発表する経験を積むことで、個社および産地全体としてのスキルアップや利益分配、リーダーシップ向上も期待でき、風通しのよい関係性構築を目指す。

次年度以降、「伝トーク!!」は、有田商工会議所の継続事業となることが決まり、産地の抱える課題や新しい取組に関する意見交換の継続的な実施を行いながら、様々な知見のアーカイブと共有、情報発信していくための仕組み、体制づくりに取り組んでいく。

5. 特筆すべき成果

- 同業者が集まり、産地の課題や今後の取り組みに関して、意見交換する「場」の創出
- 製造から販売に至る様々な事業者および同業者組合、有田町他支援組織などを横断した連携構築
- 「伝トーク!!」という番組やイベントを通じ、楽しく、関心を呼び起こしながら情報発信する仕組みの構築とその継続的な運用

参考資料

- 1) 「伝トーク!!」 公式WEB サイト

<https://www.arita.jp/dentalk/>

- 2) 「伝トーク!!」 Facebook 公式アカウント

<https://www.facebook.com/dentalkarita/>

- 3) YouTube 有田ケーブル・ネットワーク公式チャンネル

「伝トーク!! ～令和二年有田場所～」

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLYx7G2Mb9vjvUUac0FB5eXxavWfrD4gRp>

脚注

※1 有田商工会議所が主催した「Web 有田陶器市」。新型コロナウイルス感染拡大の影響にて延期(後に中止)となった第117回 有田陶器市に代わり、2020年4月29日(水・祝) 9:00 ～ 5月5日(火・祝) 17:00の期間中、オンラインによる販売イベントとして開催された。商社や窯元など129の事業者が参加、各社のECサイトへと誘導するポータルサイトを構築、総数1万点におよぶ商品が出品された。さらに有田町の支援にて、1社につき2,000円以上のお買い上げで送料無料となるサービスも実施し話題を呼んだ。全国から46万人を超えるユニークユーザーがアクセスし、約3万件の取引、総額約2億4,500万円を売り上げ、全国屈指の盛況なオンラインイベントとなった。

※2 F1、F2層とは、マスコミや広告業界などを中心に企業のマーケティング用語として使われる言葉で、F1層は20～34歳の女性、F2層は35～49歳の女性を指す。



SAGA CERAMICS RESEARCH LABORATORY