

目次 Contents

●戦略プロジェクト研究（ノート）

- 01 新規リン吸着材による排水高度処理システムの構築と回収
ー環境と調和した持続可能な農業・水産業の実現に資する研究ー

●経常研究（報告）

- 06 高輝度蓄光製品の量産製造技術の確立
- 11 新陶土による「軽量食器」の開発
- 18 デザインプロセスにおける陶磁器分野に特化した立体作成デザインツールの開発
- 26 新製品開発のためのデザイン手法の開発
ー「感性」価値を指標としたユーザー意識調査によるデザインプロセスの提案ー

●経常研究（ノート）

- 32 無機廃棄物を活用した機能性材料の製品開発

●受託研究（報告）

- 34 粘土鉱物系抗菌剤による温浴水中のレジオネラ属菌抑制（第2報）

●受託研究、他（ノート）

- 40 廃石膏のリサイクル技術と適正処理技術の開発
- 43 低炭素社会に対応した新規な耐熱磁器開発のための可能性試験

●調査報告

- 46 低温焼成磁器（エコ磁器）に関する市場調査

研究の概要

戦略プロジェクト研究

●新規リン吸着材による排水高度処理システムの構築と回収リンの循環利用技術の開発

ー環境と調和した持続可能な農業・水産業の実現に資する研究ー

環境・機能材料科 高松宏行、阿部久雄

本研究は、長崎県諫早市の中央干拓地から排出される農業排水より、リンを除去する技術の開発を目的としている。平成 23 年度は、1 日に 500 リットルの農業排水を処理する小型のリン吸脱着システムを構築し中央干拓地に設置した。

経常研究

●高輝度蓄光製品の量産製造技術の確立

陶磁器科 吉田英樹

高輝度蓄光製品の量産体制の構築を目的として量産製造技術を検討した。大型油圧プレス機で成形し大型電気炉で焼成することで量産可能な寸法精度が保証でき、輝度、吸水率ともに開発目標値を達成した。本研究により、月産 5 万個まで生産できる量産技術が確立できた。

●新陶土による「軽量食器」の開発

陶磁器科 河野将明、環境・機能材料科 山口典男、研究企画課 武内浩一

ケイ酸鋇物の一種であるトリジマイトを配合した陶土による軽量食器の量産化技術の確立を目的とし、トリジマイトの大量合成と配合陶土の製造および焼成試験を行なった。その結果、トリジマイトと配合陶土の量産試作に成功し、通常为天草磁器よりも軽い磁器を製造することができた。

●デザインプロセスにおける陶磁器分野に特化した立体作成デザインツールの開発

戦略・デザイン科 依田慎二、桐山有司

陶磁器デザイナーが、容易な操作で立体形状データを作成できるデザインツールの開発を目的に、市販の 3 次元 CAD ソフトをカスタマイズした。基本形状データを準備し専用メニューによる操作の簡易化を図ることで、陶磁器専用の 3 次元 CAD ソフトを開発した。

●新製品開発のためのデザイン手法の開発

ー「感性」価値を指標としたユーザー意識調査によるデザインプロセスの提案ー

戦略・デザイン科 桐山有司、依田慎二

新製品開発の割合が減少している現在、開発のリスクを低減し失敗の少ないデザイン手法の提案を目的に、新たに感性価値を機能的要素と感覚的要素に分けた評価マップを開発。商品開発を通しマップの有効性を確認した。

研究の概要

●無機廃棄物を活用した機能性材料の製品開発

環境・機能材料科 永石雅基、山口典男

県内で排出される溶融スラグの活用促進を目的に、ジオポリマー技術による多孔体の固化・成形と、水熱処理による多孔体表面のゼオライト生成について検討した。その結果、ジオポリマー多孔体によるハニカム形状の試作と、水熱処理によるジオポリマー多孔体表面のゼオライト生成を確認した。

受託研究・調査報告、他

●粘土鉱物系抗菌剤による温浴水中のレジオネラ属菌抑制（第2報）

環境・機能材料科 阿部久雄

循環風呂におけるレジオネラ属菌の長期抑制を目的として、粘土鉱物のモンモリロナイトと有機金属錯体を複合化した粘土鉱物系抗菌剤（以下抗菌剤）の適用効果を調べた。5ヶ所の温泉水にレジオネラ属菌を接種して抗菌剤造粒体を接触させた結果、カフェイン銀錯体を複合化した抗菌剤は、すべての温泉水中のレジオネラ属菌を、13日目までに検出下限（10cfu/100ml）以下に抑制できることが明らかとなった。

●廃石膏のリサイクル技術と適正処理技術の開発

環境・機能材料科 永石雅基

県内の廃石膏型のリサイクル促進を目的に、廃石膏型の中間処理方法の検討と廃石膏型のセメント原料へのリサイクル実証試験を行った結果、中間処理の品質管理手法の構築と試作セメントの品質が優良であることが確認でき、廃石膏型をセメント原料にリサイクルするビジネスモデルの構築が可能となった。

●低炭素社会に対応した新規な耐熱磁器開発のための可能性試験

陶磁器科 秋月俊彦

平成23年度に開発した耐熱衝撃性磁器の、低温焼成による可能性について試験した。その結果、従来の1300℃の還元焼成より低い1250℃の酸化焼成により、急冷温度差（ ΔT ）280℃以上の熱衝撃にも耐える、吸水性のない白色の耐熱磁器食器が得られた。

●低温焼成磁器（エコ磁器）に関する市場調査

陶磁器科 河野将明

エコ磁器に対する消費者の意識調査のためWebアンケートを行った結果、消費者のエコ商品への意識は低かった。従来品の購入ポイントは、デザイン、価格、色で、購入したい商品は、碗、丼、皿、カップであった。エコ磁器を市場へ導入するには、従来品との明確な差別化と、環境への配慮が見える商品を創る必要性が示された。

ー戦略プロジェクト研究ー

新規リン吸着材による排水高度処理システムの構築と 回収リンの循環利用技術の開発

ー環境と調和した持続可能な農業・水産業の実現に資する研究ー

環境・機能材料科 高松宏行、阿部久雄

要 約

本研究は、長崎県諫早市の中央干拓地から排出される農業排水中のリンを除去する技術の開発を目的とし、1日に500Lの排水を処理可能な小型リン吸脱着システムの開発、中央干拓地でのフィールド試験を行なうものである。平成23年度は、リン吸脱着システムを構築した。構築したシステムを稼働させ、農業排水からのリンの吸着を行なう「リン吸着工程」、リンが吸着飽和になった際に電磁弁により流路を切替え、アルカリ水溶液を通水して吸着されたリンを脱着する「リン脱着工程」、また、電磁弁により流路を切替えて酸を通水し、残存したアルカリ水溶液を中和する「中和工程」を自動制御可能であることを確認した。

キーワード: リン除去、吸着、諫早干拓地、リン回収

1. はじめに

近年、長崎県の諫早中央干拓地において大規模な営農が開始されている。干拓地より排出される農業

排水は遊水池(図1)に集積され、やがて、いさはや新池に放流されるが、これら農業排水には栄養塩であるリンと窒素が多く含まれる。よって、いさはや

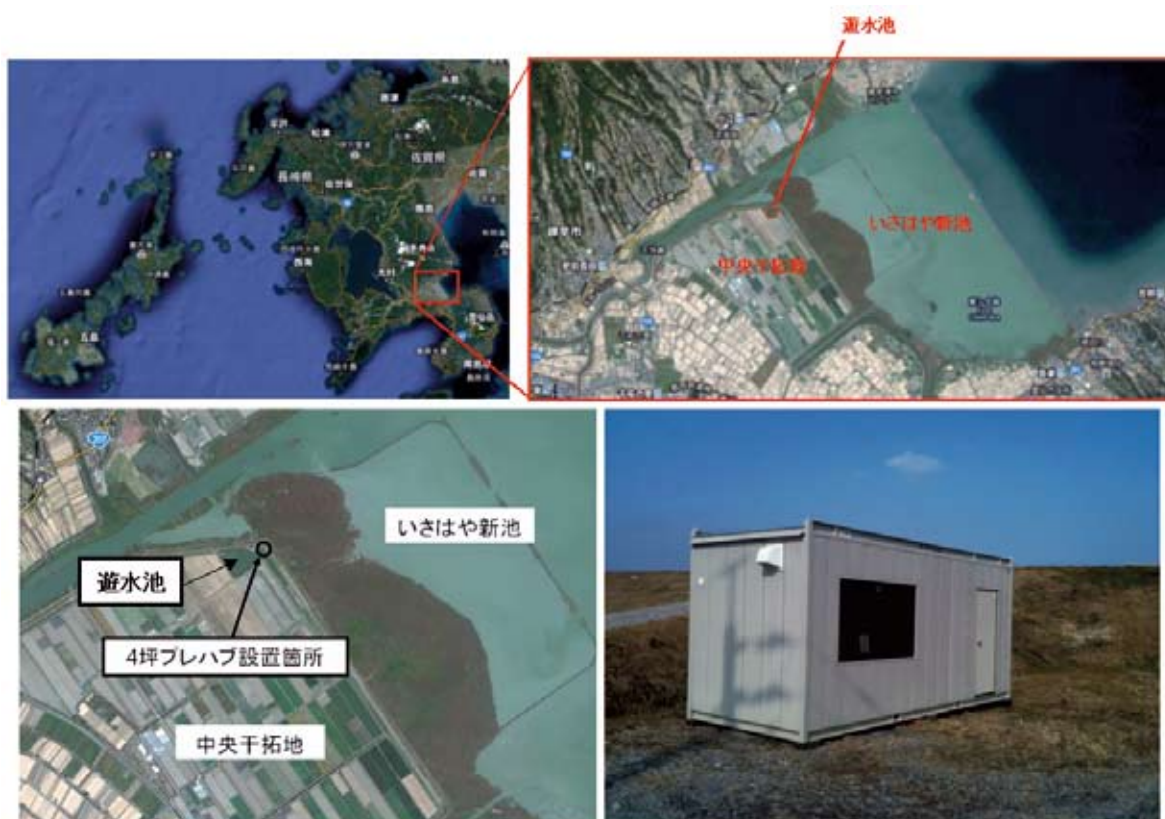


図1 実験プレハブ設置箇所

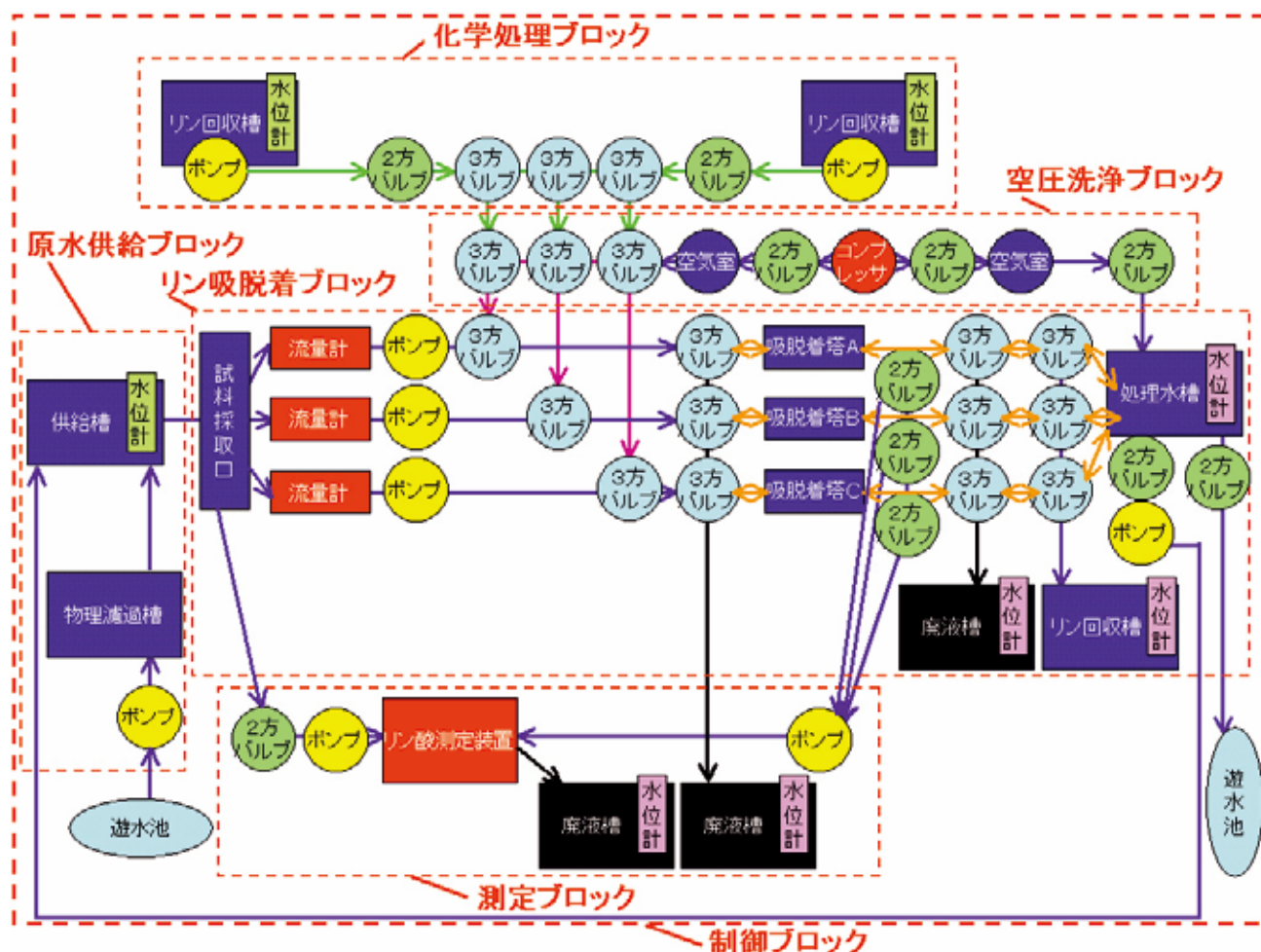


図2 リン吸脱着システムの作動概念図

新池の富栄養化問題を改善するためには、いさはや新池に放流する前に農業排水から栄養塩を除去することが必要である。

一方、リンは肥料や工業製品に利用される資源として重要であるが、近年、採掘量の減少により、価格が高騰するなどリン資源の安定供給が世界的に危惧されている。そのような背景から、窯業技術センターでは、各種排水中からリンを吸着・回収するためのリン吸着材^{1)~3)}を開発してきた。開発材は、その表面にオルトリン酸イオンを吸着し、吸着飽和となった際にはアルカリ水溶液で吸着されたリンを脱着することで、繰り返し吸着材を利用できただけでなく、吸着したリンを資源として回収することができるものである。

以上の社会的、技術的背景から、窯業技術センターでは、中央干拓地から遊水池に集積され、いさはや新池に排出される農業排水を浄化対象とし、これまでに開発したリン吸着材を適用して、農業排水中

のリンの除去およびリン資源の回収を目的とした研究を実施している。

平成23年度は、1日に500Lの排水を処理可能な小型リン吸脱着システムの設計を行い、遊水池畔の実験プレハブ内(図1)にシステムを構築した。

2. リン吸脱着システムの設計

1日に500Lの排水を処理可能なリン吸脱着システムの作動概念図を図2に示す。図2は、システムの機能毎に7つのブロックに分けたものである。

2. 1 原水供給ブロック

原水供給ブロックは、農業排水の取水および浮遊物質の除去を行い、吸着試験に用いる原水を貯留する機能が必要であり、原水取水管、原水排水管、取水ポンプ、物理濾過槽、供給槽、水位計で構成される。

2. 2 リン吸脱着ブロック

リン吸脱着ブロックは、吸着材を充填した吸脱着

塔において、リン吸着工程とリン脱着工程を行なうブロックである。リン吸着工程は、吸脱着塔に原水を導き、農業排水からのリン吸着処理を行い、その処理水を貯留したり、環境に戻したりする機能が必要である。またリン脱着工程は、リンの吸着が飽和した際に吸脱着塔に脱着液（アルカリ水溶液）を導き、吸着材表面のリンを脱着・回収し、貯留する機能が必要である。これらを実現するために、リン吸脱着ブロックは、流量計、送水ポンプ、バルブ（2方弁、3方弁）、吸脱着塔、水位計、リン回収槽、処理水槽、廃液槽で構成される。

2. 3 化学処理ブロック

化学処理ブロックは、リンの吸着が飽和した際に吸脱着塔に導く脱着液やリン脱着工程後の中和工程において吸脱着塔に導く中和液（酸性水溶液）を貯留したり、送液したりする機能が必要であり、中和液槽、脱着液槽、送液ポンプ、水位計、バルブで構成される。

2. 4 空圧洗浄ブロック

空圧洗浄ブロックは、流路内に残存した脱着液や中和液、廃液等を空圧で押し出す機能が必要であり、コンプレッサ、バルブ、空気室より構成される。

2. 5 逆圧洗浄ブロック

逆圧洗浄ブロックは、処理水槽に貯留した処理水をリン吸着工程と逆向きに圧力をかけて流すことにより、吸脱着塔内に充填した吸着材の閉塞を解消する機能が必要であり、コンプレッサ（空圧洗浄ブロックと共用）、バルブ、空気室で構成される。

2. 6 測定ブロック

測定ブロックは、リン吸着工程において、原水と各吸脱着塔で処理された処理水のリン濃度を定期的に自動測定する機能が必要であり、リン濃度測定装置、バルブ、送水ポンプ、廃液槽、水位計で構成される。

2. 7 制御ブロック

制御ブロックは、上記6つのブロックを全自動で制御するブロックであり、リン濃度変化に応じてリン吸脱着工程、中和工程、各洗浄工程を統括する機能が必要である。制御ブロックは、シーケンサおよび制御盤で構成される。



図3 リン吸脱着システム外観(全体)

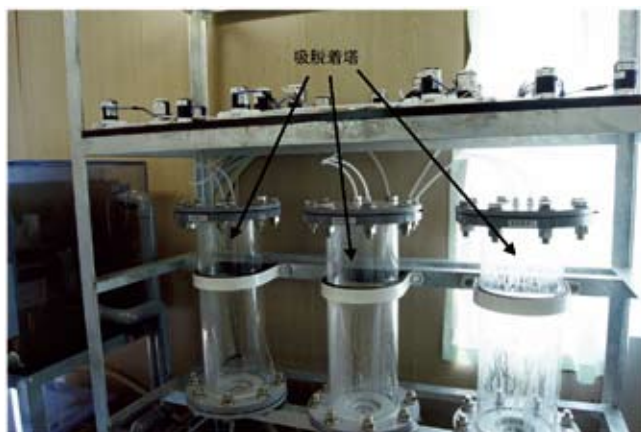


図4 リン吸脱着システム外観（吸脱着塔部）



図5 リン吸脱着システム外観
(自動リン酸イオン濃度測定装置)

3. リン吸脱着システムの構築

仕様を基に、諫早中央干拓の遊水池の畔に設置した4坪のプレハブ内にリン吸脱着システムを構築した。構築したシステムの外観を図3に示す。

リン吸着工程では、プレハブから約65m離れた遊



図6 システム警報メール



図7 リン吸脱着システムの制御盤

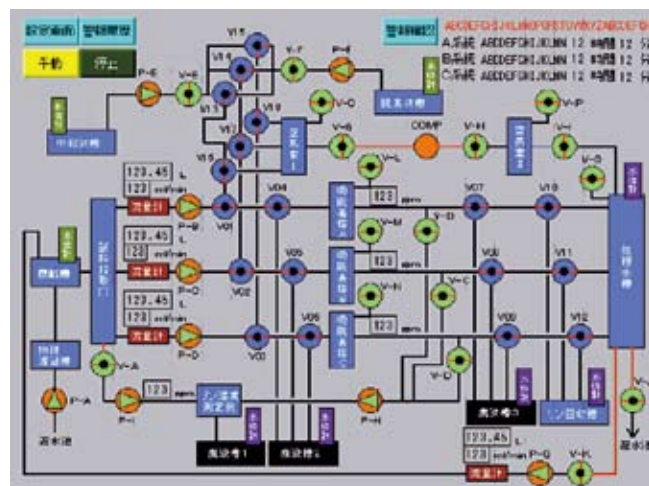


図8 タッチパネル画面

水池の農業排水をポンプで引き上げ、物理濾過槽に導入し、排水中の大きな浮遊物質を除去した後、排水を吸脱着塔（図4）に導いて吸着処理を行い、処理水を遊水池に戻す。原水と処理水のリン濃度を定期的に自動リン酸イオン濃度測定装置（図5）でモニタリングして比較し、吸着能力が低下するとリン脱着工程に移る。

リン脱着工程では、脱着液槽より脱着液（アルカリ性水溶液）を吸脱着塔に導いて吸着材表面に捕捉されたリンを脱着させる。

また、流路を酸性水溶液で洗浄する中和工程、流路に満たされた液体を空圧で押出す空洗工程を備えた。

その他、システムに異常が発生した際に図6に示すとおりメールで警報が発信される警報装置を加え、全体のシステムを構築した。

リン吸脱着システムの制御盤を図7に示す。システムの操作は、制御盤に設置した図2の作動概念図と同様の図を採用したタッチパネル（図8）で行なうことができる。

4. おわりに

今後は、リン吸脱着のフィールド試験を実施しながら構築したリン吸脱着システムの稼動条件の最適化を図る。また、脱着されたリンの資源化、資源化したリンの物性評価等についても検討する。

付記

本研究は、科学技術振興局（現・産業労働部産業技術課）、長崎県農林技術開発センター、長崎県環

境保健研究センター、長崎県総合水産試験場と共同で実施している戦略プロジェクト研究「環境と調和した持続可能な農業・水産業の実現に資する研究」のうち、窯業技術センター担当の研究課題について実施したものである。

参考文献

- 1) 高松宏行、阿部久雄、平成17年度長崎県窯業技術センター研究報告、pp. 46-49 (2005).
- 2) 高松宏行、阿部久雄、平成18年度長崎県窯業技術センター研究報告、pp. 6-11 (2006).
- 3) 高松宏行、阿部久雄、リン吸着材、特開2008-023401.

— 経常研究 —

高輝度蓄光製品の量産製造技術の確立

陶磁器科 吉田英樹

要 約

蓄光セラミックスの市場拡大に対応できる量産体制の構築を目的に、製造設備のスケールアップによる蓄光製品の品質への影響因子の把握と、QC工程表および作業標準書の策定を行った。その結果、製品寸法精度 $39.3\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ を保証できることが確認できた。また励起光照射60分後の輝度が $100\text{mcd}/\text{m}^2$ 以上、吸水率が0.1%以下という目標性能を満足できた。本研究の量産製造における最終的な歩留まりは83%であった。今回検討した製造設備のスケールアップにより、従来は月産2千個程度であった生産能力を月産5万個まで拡大できる量産技術が確立できた。

キーワード：高輝度蓄光製品、量産製造、品質管理、QC工程表、作業標準書

1. はじめに

図1に示す高輝度蓄光セラミックス製品「エコほたる」は、20時間以上の残光特性と耐候性を有することから、夜間に災害が発生した場合の避難所までの道標としての活用が期待されており、実際に利用する場合は、道路や岸壁などに1千個あるいは1万個単位での需要が見込まれる。しかし、図2に示す現状のエコほたるの成形設備では手作業により1個ずつ製造するため、月産2千個程度が限界であり、そのような大量受注には対応が困難である。

そこで、本研究では蓄光セラミックスの市場拡大に対応できる量産体制の構築を目的として、製造設備のスケールアップによる品質への影響因子の把握、量産時の品質管理に不可欠なQC工程表および作業標準書の策定を行い、量産製造技術の確立を目指した。

2. 実験方法

蓄光材には、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ の組成を有する市販のルミノーバ（根本特殊化学(株)製）を用いた。



図1 高耐候性・高輝度蓄光製品「エコほたる」
(左：明視野像、右：暗視野像)

蓄光材との複合化に用いたガラス粉末の組成およびルミノーバとガラス粉末の混合割合は、既報¹⁾にて最も輝度が高くなった条件のものを用いた。試料の成形は、大型油圧プレス機（HYPER-250S、(株)後藤鉄工所製）を用い、図2に示す当センターで開発した直径45mmの円板状試料を12個同時にプレス可能な金型を取り付けて行った。プレス圧300MPaにてプレス成形して直径45mm、高さ約10mmの円板状の成形品を得た。成形品を目視により外観検査するとともにノギスを用いて寸法（直径、厚さ）計測を行った。

焼成には炉内寸法が縦67cm、横88cm、奥行51cmの大型電気炉を用い、高さ約10cm間隔で棚を組んで試料を並べ、780℃で30分間焼成した。焼



図2 手動油圧プレス機と金型



図3 大型油圧プレス機に取り付けた12個取り金型

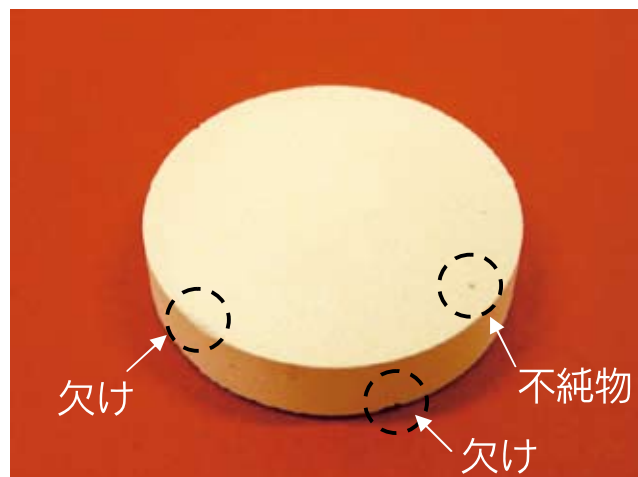


図4 成形体の欠点発生の一例

成品の外観検査および寸法計測も成形品同様に行った。

焼成体の輝度および吸水率は、全数ではなく各棚からのサンプリングにより評価した。それぞれの測定は、既報と同様の方法で行った。

量産型工コはたるの各品質（外観、寸法、輝度、吸水率）の目標値は、以下のとおりとした。

表 1 成形品の直径及び厚さ

	直径(mm)	厚さ(mm)
平均	45.17	9.72
標準偏差	0.02	0.08
最大値	45.20	9.80
最小値	45.15	9.55
最大最小の差	0.05	0.25

- <外 観> 割れ、欠け、汚れ、不純物がないこと
- <寸 法> (実機による寸法精度を確認)
- <輝 度> 励起光照射60分後に100mcd/m²以上
- <吸水率> 0.1%以下

3. 結果および考察

3-1 成形品の外観および寸法

成形品に発生した欠点の例を図4に示す。欠点としては、不純物の混入および角部分の欠けがほとんどである。不純物の混入経路としては、①原料受入および保管時、②混合機を用いた原料混合時、③大型油圧プレス機による成形時、④それらの工程間の運搬時、などが推測される。したがって、不純物の混入を防ぐためには、まず原料受入および保管時に各原料の目視検査を実施し、保管場所の清掃を実施するとともに、原料使用前にも改めて目視検査を実施する必要がある。

また、混合時の不純物は、混合機からの混入が考えられるため、混合機の始業前、終業後の清掃を実施するとともに、攪拌翼の接続部などを中心とした定期的な腐食状況のチェックが必要である。

成形時の不純物は、大型油圧プレス機のホッパー

や金型のサビ等の混入によるものがほとんどであったため、混合機同様、プレス機の清掃や腐食状況のチェックが必要である。

一方、欠けは、成形品を金型から手で取り出して所定の場所まで運搬・配置する間に発生するケースがほとんどで、特に握り方、持ち方によって角をつぶしてしまうことが多かった。したがって、欠けの発生を防止する対策としては、成形品の取り出しおよび運搬時に吸引器など専用の治具の使用を検討する必要がある。

3-2 成形品の寸法

成形品の直径及び厚さを測定し、まとめた結果を表1に示す。

量産製造時の品質管理では、製品の品質特性値、例えば直径を考えた場合、そのバラツキは正規分布に従い、分布の中心にある平均を μ 、標準偏差を σ とすると、 $\mu \pm 1\sigma$ には全体の68%、 $\mu \pm 2\sigma$ には95%、 $\mu \pm 3\sigma$ には99.7%が入る。すなわち、本研究の結果から、成形品の直径は 45.17 ± 0.06 に99.7%が入り、高精度であることがわかる。一方、厚さは $\pm 3\sigma$ で 9.72 ± 0.24 とややバラツキが大き

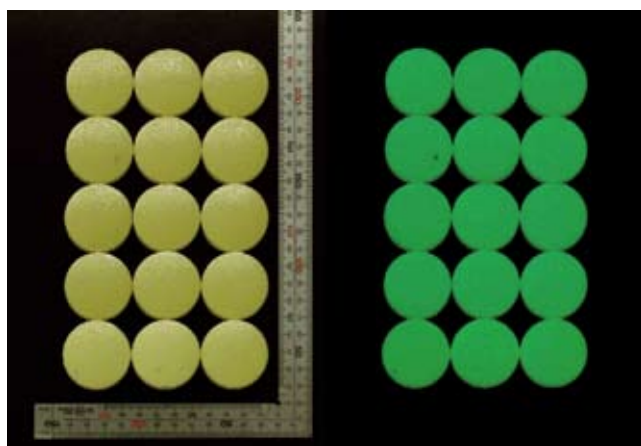


図5 焼成品の外観写真
(左：明視野像、右：暗視野像)

いことがわかった。これはホッパーから金型への供給量が一定していないことが原因と考えられる。この対策としては、原料を造粒することにより流動性を高めることが必要である。

以上の成形段階において正常品の歩留まりは87%であった。

3-3 焼成品の外観および寸法

図5に焼成品の外観写真を示す。写真左の明視野像において不純物および欠けが確認された。これらは成形段階では確認できず、焼成により顕在化したものである。この不純物については、ふたつの原因が考えられる。ひとつは、表面よりもわずかに内部にあったもので、成形品検査では見つからず、焼成によりガラスフリットが溶けて透明化したことで顕在化したと思われる。もうひとつは、焼成炉内で何らかの不純物が試料表面に落下、付着した可能性がある。内部にある不純物は、成形段階での発見は困難なため、前述の不純物混入防止対策を徹底することで解決を図る必要がある。一方、焼成炉内での付着は、炉内の清掃、棚板両面の清掃を実施することで不純物混入の防止が可能である。

また、外光で試料を励起したのち、暗室にて確認した図5右の暗視野像では主に輝度のバラツキを目視で確認する。本研究では、目視レベルでの輝度のバラツキは認められなかった。

3-4 焼成品の寸法

表2に焼成品のサンプリング場所と直径の関係を示す。なお、1段目が最下段である。

表2 焼成品のサンプリング場所と直径の関係

(単位：mm)

棚積み	左手前	左奥	中央	右手前	右奥
5段目	-	39.45	39.43	39.17	-
4段目	39.55	-	39.24	-	39.03
3段目	-	39.48	39.11	39.55	-
2段目	39.22	-	39.24	-	39.22
1段目	-	39.48	39.54	39.36	-

表3 焼成品の直径

	直径(mm)
平均	39.34
標準偏差	0.17
最大値	39.55
最小値	39.03
最大最小の差	0.52

焼成炉内の温度分布は、大型になるほど上下の温度差が大きくなる傾向にある。焼成温度が変わると焼結状態が変わるため、温度分布が寸法のバラツキを発生させかねないが、本研究においては、炉内温度のバラツキを最小限に止める措置を講じたため、試料の配置場所と直径には特に相関は見られなかった。焼成品の直径についてまとめた結果を表3に示す。

成形品と同様に $\pm 3\sigma$ で検討すると、 $39.34 \pm 0.51\text{mm}$ となり成形品に比べてバラツキが大きくなった。これは成形品の充填密度が異なることに起因すると考えられる。すなわちこの現象もプレス機においてホッパーから金型への原料供給量のバラツキによるもので前述と同様の対策により解決は可能と思われる。

以上の焼成プロセスを検討した結果、大型油圧プレス機および大型電気炉を用いて「エコはたる」を生産した場合、 $39.3 \pm 0.3\text{mm}$ の寸法精度を保証できることを確認した。また、焼成までの全プロセスを通した歩留まりは83%であった。

3-5 焼成品の輝度および吸水率

表4に焼成品のサンプリング場所と輝度の関係を示す。

輝度に関しても焼成温度の影響を受けやすい性質があるが、焼成品の直径と同様に配置場所との相関は見られなかった。輝度についてまとめた結果を表5に示す。±3σで検討すると、 $119.7 \pm 8.1 \text{ mcd/m}^2$ となり、目標値である 100 mcd/m^2 以上をほぼ全数が十分に満足する結果となった。

吸水率も同様にサンプリングして測定したが、いずれも0.01~0.02と非常に低い値となり、目標値の0.1%を十分に満足した。

3-6 品質への影響因子

原料の受入から焼成に至るまでのプロセスを検討し、各工程において品質に影響を及ぼす因子をまとめたものを表6に示す。

一定品質の製品を安定に生産するためには、これらの因子を管理項目として標準化し、その管理方法と品質目標を明確にする必要がある。

表4 焼成品のサンプリング場所と励起光照射停止60分後の輝度の関係

(単位: mcd/m^2)

棚積み	左手前	左奥	中央	右手前	右奥
5段目	-	122	120	119	-
4段目	118	-	115	-	119
3段目	-	120	118	114	-
2段目	121	-	122	-	120
1段目	-	122	124	121	-

そのため、多くの企業で用いられているのがQC工程表である。本研究でも試験の結果を反映させたQC工程表の策定を行った。その一部を抜粋したものを図6に示す。

3-7 歩留まりへの影響因子

各製造工程において歩留まりに影響する因子とし

表5 焼成品の輝度

輝度(mcd/m^2)	
平均	119.7
標準偏差	2.7
最大値	124
最小値	114
最大最小の差	10

表6 各工程における品質への影響因子

工 程	影響因子
①原料	
蓄光材	色、化学組成、粒度分布、輝度特性
ガラス	色、化学組成、粒度分布、熱特性
②混合	処理量、回転数、混合時間
③成形	金型の寸法精度、仕込量 プレス圧、プレス速度
④焼成	窯詰め数量、昇温速度、最高温度 キープ時間、冷却速度

QC 工程表		製品名	エコはたる (埋込式)	製品 No.	TF-42D15H	
No.	工程名	管理点		管理方法		
		管理項目	品質特性	製造基準	検査方式	記録様式
10	原料受入 (蓄光材)		色 異物 化学組成 粒度分布 残光輝度	作業標準書 No. EH-TF-01-10	目視	受入記録表
20	原料受入 (ガラスフリット)		色 異物 化学組成 粒度分布 熱分析	作業標準書 No. EH-TF-01-20	目視	受入記録表
30	原料保管	湿度		作業標準書 No. EH-TF-01-30	目視	入庫記録表
40	混合	回転数 混合時間 水添加量		作業標準書 No. EH-TF-01-40		製造記録表
50	成形	プレス圧 プレス時間	外観 重量 寸法	作業標準書 No. EH-TF-01-50	目視 n=5 電子天秤 n=5 ノギス n=5	
60	焼成	窯詰め数量 昇温速度 最高温度 キープ時間 冷却速度		作業標準書 No. EH-TF-01-60		

図6 QC工程表 (一部抜粋)

作業標準書	
<製品名> エコはたる (埋込式)	<製品番号> TF-42D15H
<工程番号> 70	<工程名> 製品検査
<使用原料・部品> 蓄光材・ガラスフリット焼成品	<使用機械・治工具> 標準光源 Des、照度計、色彩輝度計 真空デシケータ、電子天秤
作業手順	主なポイント
1. 残光輝度の検査	JIS Z 9107:2008 の 6.3.2 の測定方法に準拠
1-1 光に当てないように電気炉から取り出し	
1-2 暗室にて標準光源 Des 200lx で 20 分間照射	
1-3 照射停止後 10、20、60 分後の残光輝度を測定	各経過時間の輝度が以下であること 10 分後: $\geq 800 \text{ mcd/m}^2$ 20 分後: $\geq 350 \text{ mcd/m}^2$ 60 分後: $\geq 110 \text{ mcd/m}^2$
2. 吸水率の検査	
2-1 電気炉から取り出してすぐに乾燥質量を計量	
2-2 真空デシケータ内に静置して 15 分間真空引き	
2-3 真空引きのまま試料が完全に浸るまで水を注入	
2-4 大気圧に戻し、30 分間静置	

図7 製品検査工程の作業標準書 (一部抜粋)

表 7 歩留まりへの影響因子とその対策

工 程	欠 点	発 生 要 因	対 策
原料受入	不純物	納入時にすでに混入 保管時に混入	受入時および使用前に十分な目視検査実施
混 合 成 形	不均一性	混合条件のバラツキ	混合量と混合方法、時間等を常に一定にする。
	欠 け	取り出し、運搬時に発生	取り出し、運搬方法の改善（専用治具の検討）
	不純物	原料から混入	原料の再確認
		混合時に混入 プレス機から混入	混合機の十分な始業前清掃 プレス機、金型の十分な始業前清掃
焼 成	欠 け	棚積み時に発生	棚への移し替え方法の改善（専用治具の検討）
	不純物	事前工程で混入 炉内で付着	従前の対策を徹底する。 炉壁、棚板の十分な始業前清掃

て実験で認められた欠点とその要因および対策を表7に示す。

表中の対策は、歩留まりを向上させるために必要となる標準化すべき作業内容ということになる。これらの対策を反映させた作業標準書の策定を行った。例として一部抜粋した製品検査工程の作業標準書を図7に示す。

4. まとめ

蓄光セラミックスの市場拡大に対応できる量産体制の構築を目的に、製造設備のスケールアップによる蓄光製品の品質への影響因子の把握とQC工程表および作業標準書の策定を行った。その結果、

- (1) 製品直径の寸法精度 $39.3\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ を保証できることが確認できた。
- (2) 励起光照射60分後の輝度が 100mcd/m^2 以上、吸水率が0.1%以下という目標性能を満足できた。
- (3) 最終的な歩留まりは83%であった。
今回検討した製造設備のスケールアップにより、従来は月産2千個程度であった生産能力を月産5万個まで拡大できる量産技術が確立できた。

参考文献

- 1) 吉田英樹、藤野茂、梶原稔尚、福田太一、福田友和、長崎県窯業技術センター研究報告、No.58、pp.17-22(2010)。

— 経常研究 —

新陶土による軽量食器の開発

陶磁器科 河野将明
環境・機能材料科 山口典男
研究企画課 武内浩一

要 約

トリジマイト軽量食器を開発するために、トリジマイトの合成技術とそれを用いた陶土の製造および食器の製造について量産化技術の検討を行なった。アモルファスシリカに炭酸カリウムを鉱化剤として添加して作製した造粒体を県内企業が保有しているロータリーキルンを用いて1400℃で焼成することにより、トリジマイトを30トン合成することができた。合成したトリジマイトを粉碎後、約50μm以下に水び分級した天草陶石のスタンパー粉碎品の懸濁水と混合することにより、可塑性が備わった陶土を製造することができた。製造した陶土を用いてローラマシンと圧力鋳込みの成形法で4アイテム(小鉢、フリーカップ、茶付け、楕円皿)の生地を作製した後、陶磁器製造メーカー保有のシャトル窯を用いて、還元雰囲気により1260℃で焼成を行った結果、全てのアイテムを歩留まり100%で焼成することができた。そのアイテムの一つである楕円皿は、市販の天草撰上陶土で製作した楕円皿より約10%軽量化することができた。

キーワード: トリジマイト、ロータリーキルン、トリジマイト配合天草陶土、軽量化

1. はじめに

食器の「軽量仕上げ」は、現在求められている機能のひとつであり、高齢社会を反映して消費者ニーズの高い商品である。これまでの軽量食器は、食器製造時に生地を肉薄にしたり、有機物を陶土に添加して焼成することで、素地を多孔質にすることで軽量化されている。しかしながら、そのような軽量食器は、軽量と引き替えに強度が損なわれる可能性があり、軽さと強さは二律背反である。この両者を満足することが出来れば、食器市場に大きなインパクトを与えることができる。その食器の市場は、かるがる茶碗のような付加価値の高いものが売れ筋であるという報告¹⁾から非常にニーズの高い商品であることがわかる。また、軽量食器は日用食器にとどまらず業務用食器や航空食器の分野などにも展開が見込まれる。

過去の研究において、シリカの多形の一つであるトリジマイトを天草陶土に配合して軽量でかつ強度も兼ね備えた素材が長崎県セラミックス研究会により開発されている²⁾。しかしながら、安定した品質のトリジマイトを量産化できる技術を開発すること

ができなかったこと、さらにはトリジマイトと配合する陶土の粒度調整技術が難しいため、トリジマイト配合陶土を量産製造するまでには至らなかった。

前述のように軽量食器は、売れ筋商品であり、消費者に望まれている商品であることから、軽量食器を量産化するためのトリジマイトの合成技術の確立や陶土の開発をすすめる必要がある。

本研究では、トリジマイトの商業的合成とそのトリジマイトを用いたトリジマイト配合陶土の安定的な製造を検討し、トリジマイト軽量食器の量産製造試験を行った。

2. 実験方法

2.1 トリジマイトの大量合成

トリジマイト粉末の製造フローを図1に示す。シリカ源として、ケイ酸質るつぼの廃棄物であるアモルファスシリカを用い、鉱化剤として炭酸カリウム(K_2CO_3)を用いた。アモルファスシリカ30トンに K_2CO_3 2.25トンをボールミルで4h混合した。なお、1回あたりの混合量は全量で約500kgとした。次に、混合した原料を大型のパン型造粒機で造粒し、

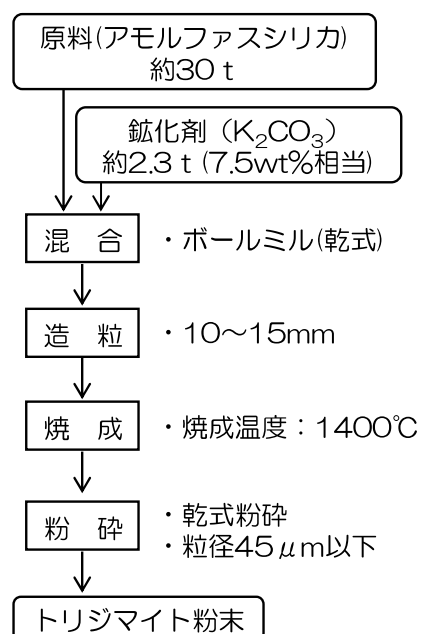


図1 トリジマイト粉末の製造フロー

約10～15mmに成形した。作製した造粒体を約3日間かけて、ロータリーキルンにて焼成した。焼成

温度は、昨年度の研究³⁾より1400℃で行なった。また、焼成したクリンカーを1時間毎にサンプリングし、クリンカーの結晶相の解析には粉末X線回折装置(XRD; Philips製MPD1800)を用い定性的に確認した。

焼成で得られたクリンカーは、乾式粉砕により約45μm以下の粒径まで粉砕して陶土の作製に用いた。

2.2 クリンカーの分析

得られたクリンカーの特徴を明らかにするため、1時間毎にサンプリングした試料のうち、7つを任意に選択し、(a)結晶相、(b)化学組成、(c)組織観察、(d)かさ密度等を解析および分析した。結晶相の解析にはXRDを用い、化学組成分析には蛍光X線分析装置(XRF; Philips製MagiXPro)を用い、クリンカーの組織観察には走査型電子顕微鏡(SEM; JEOL製JM-6300F)を用いた。

2.3 トリジマイト配合天草陶土の作製

トリジマイト配合陶土の作製は陶土メーカー保有の製造設備を利用して行った。その工程を表1に示す。

表1 トリジマイト配合陶土の製造工程

製造工程	作業内容
(1) 粗粉砕	天草陶石をジョークラッシャーで粗粉砕。
(2) 配合	天草2等石を所定の撰上陶土グレードに応じて配合。
(3) 微粉砕	粗粉砕した陶石を、スタンパーで微粉砕。 
(4) 水簸	陶石の微粉砕粉と水を攪拌槽に入れて懸濁液を水簸槽に流し、約50μm以上の粒子を沈殿させて除去。 
(5) 自然沈降	懸濁水に含まれる約50μm以下の粒子を沈殿タンクに投入。投入後、1～2日放置して、タンク底に粒子を沈殿分離。 
(6) トリジマイトの混合	ボールミルで粒度調整した沈殿分離した粒子とトリジマイト粉体を混合。

(7) ふ る い	懸濁液中の異物を振動篩いで除去。
(8) 除 鉄	原料中およびこれまでの工程で混入した鉄分を除鉄機で除去。
(9) フィルタープレス	除鉄した懸濁液をフィルタープレス機で脱水。 (ケーキ状の陶土を製造)

2.4 トリジマイト配合天草陶土を用いたアイテムの試作

波佐見町内の生地製造および陶磁器製造メーカーにてローラーマシン成形、圧力鋳込み成形の2種類の成形方法で生地成形を実施した。その成形したアイテムは、圧力鋳込み成形では、小鉢、茶付け、フリーカップを、圧力鋳込み成形では、楕円皿を作製した。各アイテムは45個～60個を試作した。

2.5 量産製造における歩留まりの検討

2.4で成形したアイテムの焼成は、陶磁器メーカーのシャトル窯(0.2m³)を利用し、焼成温度は1260℃の還元雰囲気で行った。焼成後各アイテムを目視により変形や鉄粉、亀裂などの欠点の有無を調べた。また、焼成後のアイテムは、模様が印刷された上絵転写紙を貼り、焼成温度860℃の電気炉で焼き付けた。焼成後のアイテムは、焼き付けた転写紙の剥離や縮れなどの問題がないか目視で検査した。焼成歩留まりは1260℃焼成と上絵焼成をあわせて評価した。

3. 結 果

3.1 トリジマイトの大量合成

ロータリーキルンにおけるトリジマイトの製造時の焼成管理をXRD測定で結晶相のピーク強度を把

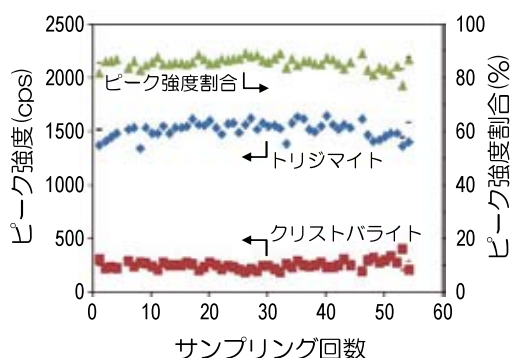


図2 トリジマイトクリンカー製造時の品質確認

握することで行なった。結晶相として検出したトリジマイトとクリストバライトのメインピーク強度についてサンプリング毎の変動を図2に示す。また、右軸にトリジマイトのピーク強度をトリジマイトとクリストバライトのピーク強度の和で割った値をピーク強度割合としてプロットした。各プロットは多少変動しているものの大きな変動はみられず、トリジマイトの生成は安定しており、現場での焼成が良好に行なわれたことが推察された。

3.2 クリンカーのキャラクタリゼーション

ロータリーキルンで焼成し得られたクリンカーの外観の一例を図3に示す。どのサンプリング段階においても、図3のような白色で表面がやや融けたような状態となっていた。以下、1時間ごとにサンプリングした試料から任意に選択した7つのサンプルに関して分析した結果を説明する。

(a) 結晶相

XRDにより結晶相の分析を行なった結果を図4に示す。トリジマイト(T)のピークが確認できる。また、クリストバライト(C)のメインピーク(21.9°)がトリジマイトのピークとともに小さいなショルダーピークとして確認された。そこで、20.5°のトリジマイトのピーク強度と21.9°のクリストバライトのピーク強度からトリジマイトの生成割合を算出し



図3 トリジマイトクリンカーの外観

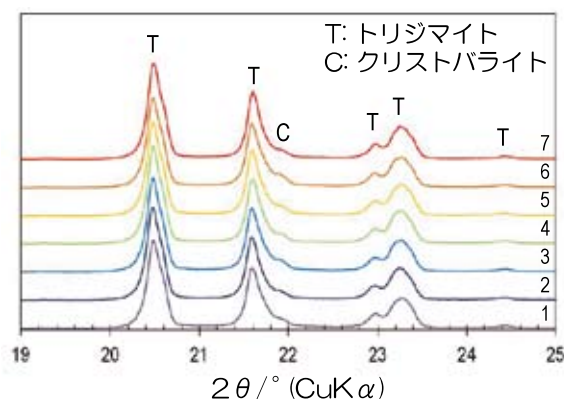


図4 トリジマイトクリンカーの粉末X線回折パターン

た結果を表2に示す。どのサンプルにおいてもトリジマイトが92mass%以上の生成割合となった。7回の平均は94.5mass%となった。ロータリーキルンでの焼成条件を決めるための事前に行なった電気炉による短時間焼成試験の結果³⁾と比較して、非常に高い生成率で得られたことがわかった。以上より、ロータリーキルンを用いて30トンもの造粒体を焼成しても安定的にトリジマイトを合成できることが明らかとなり量産製造が可能なことを確認した。

(b)化学組成

焼成前後における化学組成の変動や不純物の混入を確認するために、XRF(ピード法)により化学組成を分析した。クリンカーの分析値とあわせて焼成前の造粒体の分析値を表3に示す。主要成分である K_2O は焼成後にわずかに減少しており、若干揮発したものと推測されるが、著しい配合のずれは焼成前後で確認されない。また、微量成分である Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO は焼成前後でほぼ同じ値を示しており、焼成にともなう不純物の混入は確認されなかった。これらのことから、トリジマイトがロータリーキルンにより量産できることを確認できた。

(c)組織観察

クリンカーをエポキシ樹脂に埋入し、切断面をダイヤモンド砥粒($1\mu m$)で研磨した試料をSEM観察した結果の一例を図5に示す。熔けて密になっている組織と多孔質状になっている組織から構成されていることが確認された。この状態はどの試料においても同様な組織が観察された。熔けた部分を高倍率で観察した結果の一例を図6に示す。SEM像から2相で構成されていることが確認された。この組織において元素マッピング分析を行なった結果を図6にあわせて示す。SEM像で色調の薄い部分にはカリウ

ム(K)が濃集していることが明らかとなった。一方、色調の濃い部分では、角状粒子が確認できることから、トリジマイトの結晶であると推測される。XRDの結果と併せて考えるとKが多い相はアモルファス相であると推測される。

そこで、アモルファス相を定量するために、ロータリーキルンにて大量合成して $45\mu m$ 以下に乾式粉碎した試料を $150^\circ C$ 、12h水熱処理した。また、このとき容器内の粉末と水の比は1:0.1とした。水熱処理物を遠心分離後、洗浄し重量測定を行なった。水熱処理は4回繰り返した。水熱処理による重量変化を図7に示す。4回水熱処理を繰り返すことで重量変化は小さくなり、重量減少量は約10%であることが分かった。この結果とXRDの定量結果を考慮すると、今回作製したクリンカー中にトリジ

表2 XRDより算出したトリジマイトの生成割合 (mass%)

1	2	3	4	5	6	7
95.0	94.7	93.5	94.8	95.1	92.1	96.0

表3 焼成前後の化学組成

	SiO ₂	K ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
焼成前	94.3	4.45	0.58	0.094	0.016
1	94.7	4.49	0.63	0.091	0.021
2	95.0	4.20	0.59	0.111	0.019
3	95.2	4.08	0.59	0.091	0.013
4	95.2	3.99	0.61	0.083	0.024
5	95.2	4.01	0.61	0.073	0.029
6	95.1	4.12	0.56	0.102	0.013
7	95.1	4.10	0.58	0.095	0.018
平均	95.1	4.14	0.60	0.092	0.020

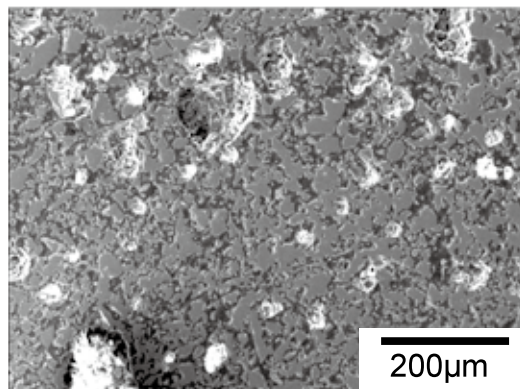


図5 トリジマイトクリンカーの断面組織

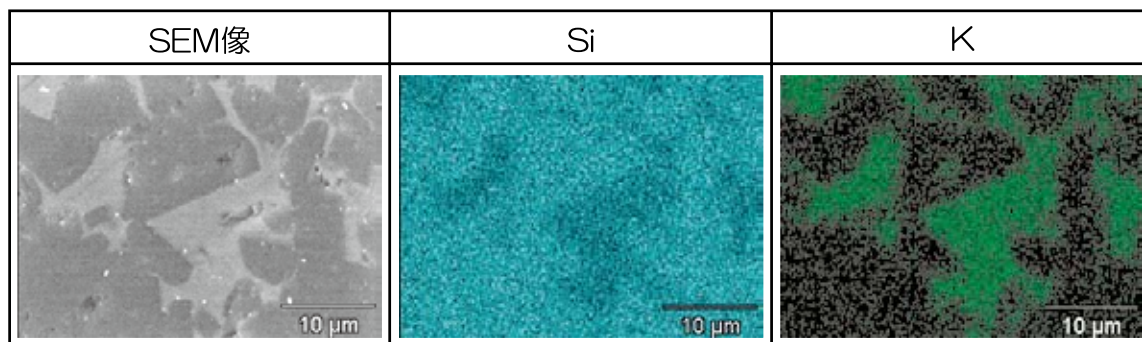


図6 トリジマイトクリンカーの断面組織と元素マッピング

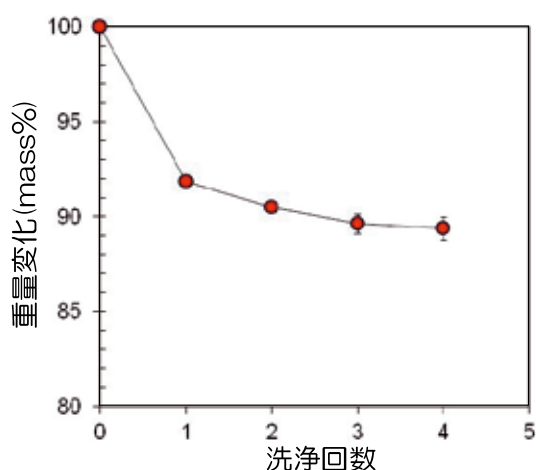


図7 トリジマイト粉末の水熱洗浄による重量変化

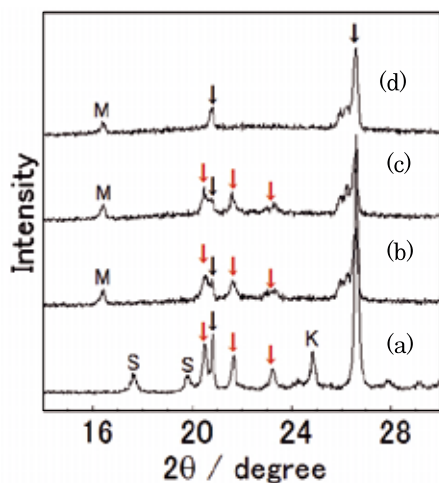


図8 トリジマイト配合素地の加熱による鉱物相の変化

(a)トリジマイト配合陶土、(b)1250℃焼成、(c)1280℃焼成、(d)1300℃焼成したトリジマイト配合素地
(S:セリサイト、↓:トリジマイト、↓:石英、M:ムライト
K:カオリン)

マイトは約85mass%、クリストバライトは約5mass%、アモルファス相は約10mass%存在することが分かった。

3.3 トリジマイト配合陶土の作製

トリジマイトを配合する天草陶土の粒度調整は、表1に示す(5)の工程で行った。この陶土の鉱物組成は、XRDよりセリサイト、長石、石英、カオリンとトリジマイトが検出された(図8(a))。

製造した陶土は、焼成温度1250℃、1280℃、1300℃、還元雰囲気下で焼成を行った。1250℃、1280℃のそれぞれの焼成温度における配合素地の結晶相は、ムライト、石英とともに配合したトリジマイトが検出された。さらに焼成温度を上げた1300℃ではムライトと石英の鉱物相しか検出されず、この配合素地の焼成温度の上限は1280℃であることがわかった。また、3つの焼成温度の素地の吸水率はいずれも0.1%であったことから、焼成温度1250℃でも磁器化することがわかった。焼成温度1250℃、1280℃、1300℃で焼成したトリジマイト配合素地の曲げ強度は、いずれも平均80~85MPaであり、天草素地のそれとほとんど変わらなかった。トリジマイト配合素地の強度は天草素地に比べ強度は高い²⁾と報告されているが、本研究で作製した配合素地の曲げ強度は天草素地と同等であった。強度発現について、現在、詳細に検討中である。

XRDの結果と磁器化温度を考慮すると、この配合陶土の焼成温度域は1250℃から1280℃であった。

3.4 トリジマイト配合素地による量産試作の検討

表4に成形方法、アイテム、歩留まりと聞きとりした現場での評価をまとめた。

ローラーマシン成形法において、トリジマイト配合陶土は従来の天草撰中陶土と比較した場合、使用

表4 各成形方法によるアイテム、成形歩留まり、現場での評価

成形法	アイテム	成形歩留まり/%	現場での評価
ローラーマシン	茶付け	100	・天草陶土より粘りがよい ・切削加工が容易 ・陶土の必要が天草陶土より少なくて良い
	フリーカップ	100	
	小鉢	100	
圧力鋳込み	楕円皿	100	・泥しよう水分を高めに調整 ・成形(着肉)時間が天草陶土と同等



図9 4種のアイテムを棚積みした様子(点線囲み部分)

する陶土量が約20%少なくてよい、陶土の伸びが良い、切削加工が容易であるなど、現場の評価は好評であった。

楕円皿の圧力鋳込み成形では、泥しよう水分が通常の天草撰中陶土より少し高めに調製をする必要はあったが、着肉時間も型離れも良好であったことから、成形における問題はとくに無いことが確認できた。

3.5 量産製造における歩留まりの検討

歩留まりを評価するために、陶磁器製造メーカーの0.2m³シャトル窯で焼成温度1260℃、還元雰

囲気下で焼成試験を行った。図9に棚積みの様子、図10に焼成後のアイテムの外観写真を示す。

試作したどのアイテムとも焼成による変形、亀裂のような欠点は見当たらず焼成歩留まりは100%であった。天草素地の楕円皿とトリジマイト配合素地のそれと重量を比較すると10%の軽量であった。焼成歩留まりはいずれのアイテムも100%であり、シャトル窯で量産製造が出来ることを確認した。

また、図10の各アイテムに上絵転写紙をはり、電気炉で焼成を行ったところ、焼成後の欠点が無いことを確認した(図11)。

ローラーマシン成形			圧力鋳込み成形
小鉢	茶付け	フリーカップ	楕円皿

図10 各アイテムの焼成後の外観写真

小鉢	茶付け	フリーカップ	楕円皿

図11 上絵転写したアイテムの外観写真

4. まとめ

軽量食器を製造するために、トリジマイト配合陶土の作製とその陶土を用いた軽量食器を開発し、次の知見を得た。

- (1)県内より排出されるアモルファスシリカと鉱化剤からロータリーキルンで焼成温度1400℃、操業時間72hで約30トンのトリジマイトを合成することが出来た。
- (2)合成したトリジマイトの生成量は水熱処理法から処理前後の重量変化で検討したとき、トリジマイトは85mass%、クリストバライトは約5mass%、アモルファス相は約10mass%存在すると見積もられた。
- (3)トリジマイトを配合した陶土による生地の変産試験において、生地製造業者から「使いやすい陶土」との評価を得た。

- (4)ローラーマシンおよび圧力鋳込み成形法により成形した4種のアイテムは焼成温度1260℃還元雰囲気下で本焼成したところ、焼成歩留まりは100%であった。楕円皿において天草素地のそれと比較すると10%軽量化することが出来た。また、これらのアイテムの素焼き、本焼成、上絵焼成までの焼成歩留まりは100%であった。

参考文献

- 1) 日本陶磁器産業協会ニュースレター, No.108(2008)
- 2) 軽量強化磁器の製造法、特開2002-362963
- 3) 山口典男、武内浩一、河野将明、長崎県窯業技術センター研究報告、58、pp.37-39(2011)

— 経常研究 —

デザインプロセスにおける陶磁器分野に特化した立体作成デザインツールの開発

戦略・デザイン科 依田 慎二、桐山 有司

要 約

近年、多くの産業でデジタルデータの活用によって効率的なデザイン開発が行われている。しかし、陶磁器産業では市販の3次元CADソフトの操作が複雑で難しいことから、デジタルデータの活用が進んでいない。

本研究は、市販の3次元CADソフトを陶磁器設計用にカスタマイズ開発して、ベースモデルとなる形状データの作成と陶磁器製品設計専用メニューにより操作を自動化することで、陶磁器デザイナーが容易な操作でデジタルデータを作成できる陶磁器専用の3次元CADソフトを開発した。

キーワード：3次元CAD、陶磁器デザイン、ベースモデル

1. はじめに

陶磁器の新製品開発におけるデザイン検討に必要な試作品製作は、デザイナーの描いたスケッチや図面を基に熟練した職人の手作業による形状の製作がほとんどで、デザイナーと職人との間にデザインに対する共通の認識が必要となる。また、分業で作業を行うことから開発期間や経費がかかり、十分な検討を行うことができないまま商品化されることがある。

市場や顧客のニーズをいち早く商品化することが求められている現状において、デザイン開発期間の短縮は重要な課題となっている。この課題解決のためには、多くの工業製品の開発に活用されている、3次元CADを用いた設計・造形シミュレーション技術の導入が必要となっている。これら技術の導入で様々な装置を活用した十分なデザイン検討を行うことが可能となり、デザイン開発の省力化および開発期間の短期化、開発経費の削減も可能となる。

近年の工業デザインにおいては、3次元CAD技術の発達と工業デザイナーへの普及により高度なデザイン開発が行われるようになってきている。しかし、3次元CADソフトは専門的な操作や知識を必要とすることから、従来のデザインに慣れている陶磁器業界のデザイナーには受け入れにくいといった現状がある。

また、産地内では分業体制が確立されており、各

業種における後継者不足も重要な課題となっている。現状では、手作業による型製作などの高度な技術の習得に長い期間を必要としている。しかし、3次元CADをはじめとする3次元シミュレーション技術やCADデータを利用する装置を活用することで、製造の一部を機械化することができる。このことにより、技術の習得をこれまでよりも短期間で行うことができるようになり、幅広い人材から後継者を確保することも可能となる。

県内陶磁器産業のデザイン開発において新しい技術や装置を活用するためには、その基盤技術となる3次元CADデータを扱うことができる人材の育成が必須である。

本研究では、3次元シミュレーション技術の県内陶磁器業界への導入と普及を目指し、市販の3次元CADソフトをカスタマイズすることで、3次元CADデータを容易に扱うことができるデザインツールの開発を目的とした。

2. 開発内容

2.1 カスタマイズした3次元CADソフト

陶磁器専用3次元CADのカスタマイズを行うために、基本となるソフトウェアの選定を行った。ソフトウェアの基本機能と開発の容易さを検討した結果、以下の理由によって(株)C&Gシステムズ製の「CG eModeler」(図1)に決定した。

- ①豊富なデザイン機能を搭載している
- ②直観的な設計環境を有している
- ③データの互換性に優れている
- ④カスタマイズすることが許可されている範囲が広い

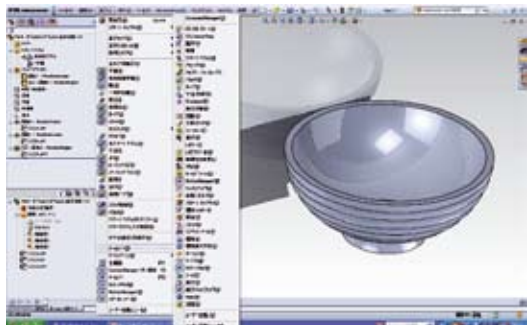


図1 (株)C&Gシステムズ製の「CG eModeler」の画面

2.2 対応可能な陶磁器製品の検討

開発する試作ソフトで対応可能な陶磁器製品は、県内で製造されている主要なアイテムである「茶碗」、「皿」、「湯呑み」、「マグカップ」、「ティーポット」のうち、器本体が回転体形状のものを対象とした。

なお、ソフトの操作性を複雑にする可能性があることから、今回は回転体形状ではない製品については除外した。

2.3 陶磁器のデザインに必要な要素

カスタマイズする要素を選定するために、陶磁器のデザイナーが従来行っているデザインの方法について調査を行った。多くのデザイナーは器形の断面形状を描いており(図2)、調査したほとんどのデザイン画で以下の要素が含まれていた。これらの条件をソフトウェアに反映するように開発を行った。

- ①厚さの指示
- ②口径、高さなど主要な個所の大きさの指示

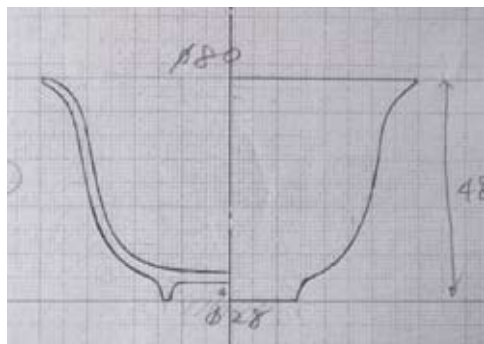


図2 陶磁器デザイナーによるデザイン画

- ③断面の曲線は半径など細かい指示がない

2.4 断面曲線の作成

陶磁器のデザインに必要な要素である器形の断面形状を、CAD画面内にスケッチできれば、容易に画面内で立体データを作成することができる。しかし、従来のソフトの機能をそのまま利用する場合、1本の断面曲線を作成するだけでも非常に多くの条件設定が必要となる。そこで、あらかじめ陶磁器の断面曲線を分類して、ベースモデルを作成し、ソフト内に組み込むことで、作業を簡略化できるようにした。

ベースモデルを構成する断面曲線は「直線」と「円弧」による組み合わせ(図3)によって作成できるものとした。

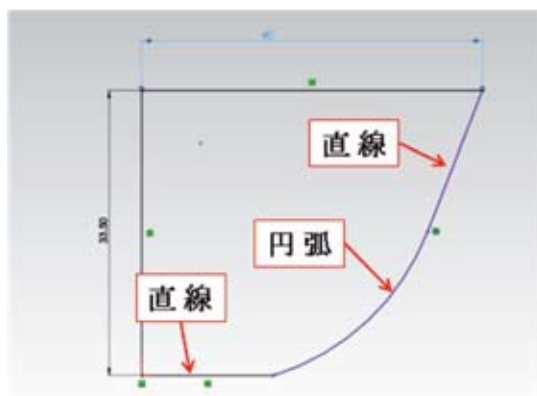


図3 「直線」と「円弧」を組み合わせた断面曲線の例

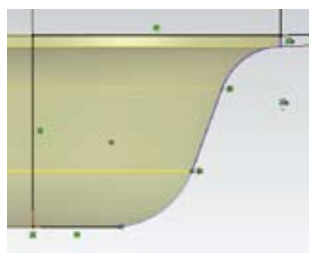
2.5 ベースモデルの作成

陶磁器製品の各種類に対応したベースモデルの構成について検討を行った。

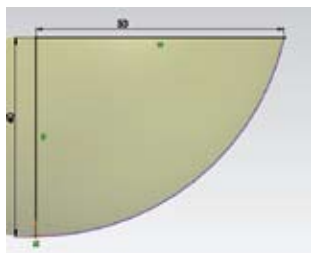
「茶碗」(図4)、「皿」(図5)、「湯呑み」(図6)は「器部」と「高台」(図7)の組み合わせで構成するようにベースモデルを作成した。また、「マグカップ」(図8)、「ティーポット」(図9)は「器形」に「取っ手」(図10)や「注ぎ口」(図11)、「蓋」(図12)、「つまみ」(図13)などのパーツが必要であるため、各パーツのベースモデルを作成した。

なお、ベースモデルの名称は、断面曲線の組み合わせを示したもの、または特徴的な形状を単語で表現するものとし、縁に反りかえりのある器形の名称には「(縁)」と表記した。

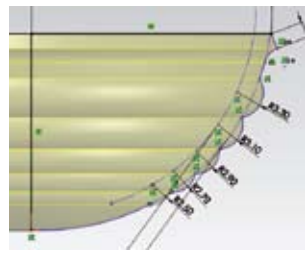
なお、「取っ手」、「注ぎ口」は縮小版のアイコンで形状が容易に判断できるため、名称を省略した。



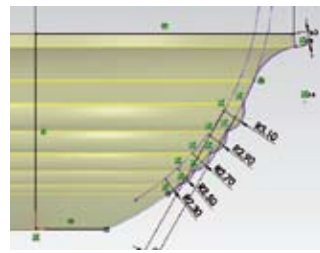
①器部 - 直線 - 円弧 - 直線(縁)



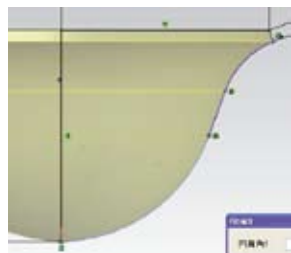
②器部 - 直線 - 円弧



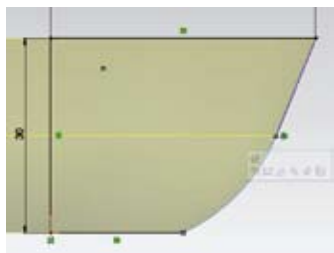
⑬器部 - 円弧5(外) (縁)



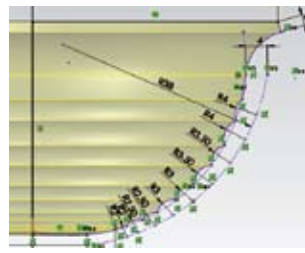
⑭器部 - 円弧5(外) - 直線(縁)



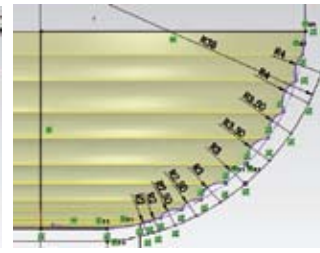
③器部 - 直線 - 円弧(縁)



④器部 - 直線 - 円弧 - 直線

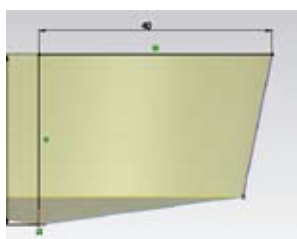


⑮器部 - 円弧10 - 直線(縁)

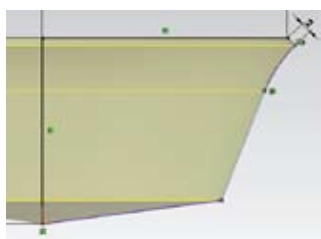


⑯器部 - 円弧10 - 直線

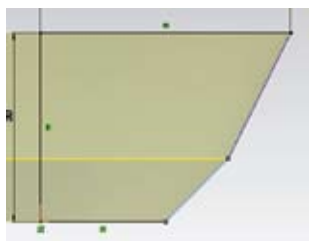
図4「茶碗-器部」のベースモデル



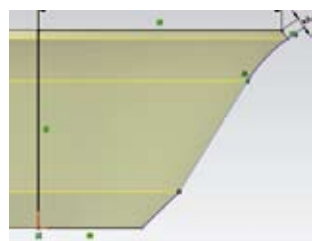
⑤器部 - 直線 - 直線



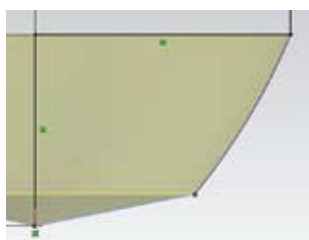
⑥器部 - 直線 - 直線(縁)



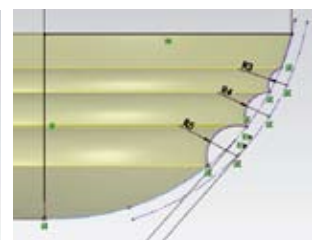
⑦器部 - 直線 - 直線 - 直線



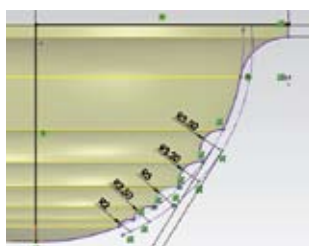
⑧器部 - 直線 - 直線 - 直線(縁)



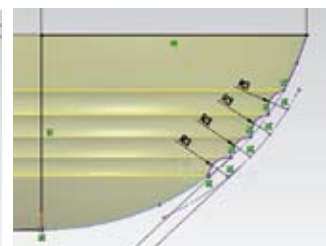
⑨器部 - 円弧 - 直線



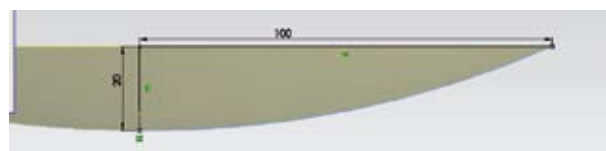
⑩器部 - 円弧3



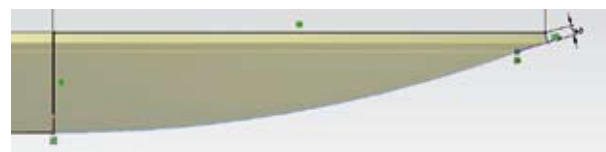
⑪器部 - 円弧5(縁)



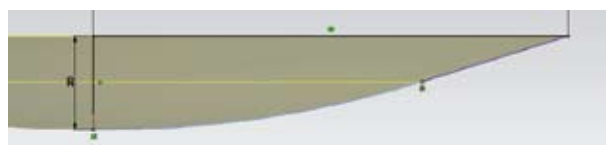
⑫器部 - 円弧4



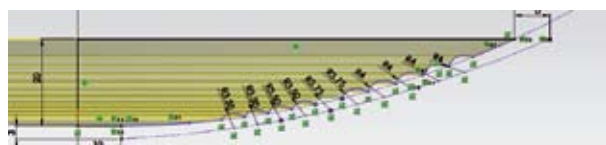
①器部 - 円弧



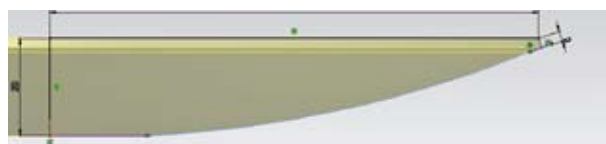
②器部 - 円弧(縁)



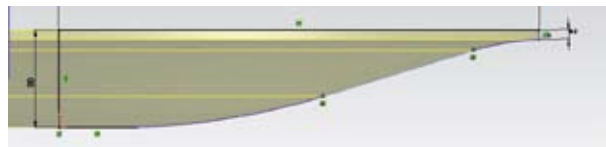
③器部 - 直線 - 円弧



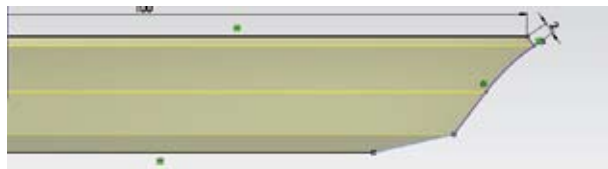
④器部 - 円弧10 - 直線



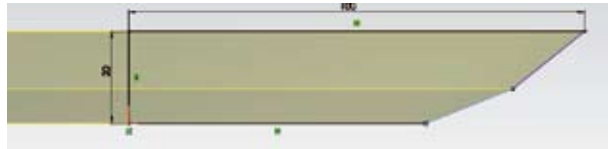
⑤器部 - 円弧 - 直線(縁)



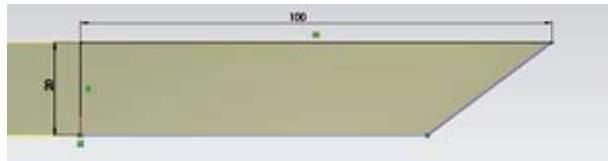
⑥器部 - 直線 - 円弧 - 直線(縁)



⑦器部 - 直線 - 直線 - 直線 (縁)



⑧器部 - 直線 - 直線 - 直線



⑨器部 - 直線 - 直線

図5「皿-器部」のベースモデル



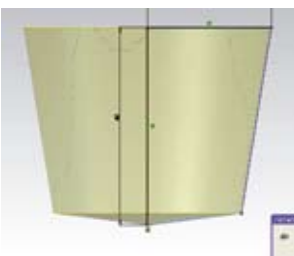
①器部-直線-直線-直線(縁)



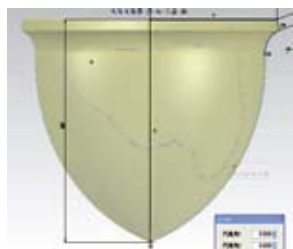
②器部-直線-直線-直線



③器部-直線-直線(縁)



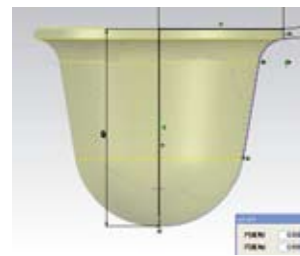
④器部-直線-直線



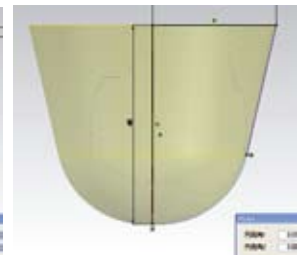
⑤器部-円弧(縁)



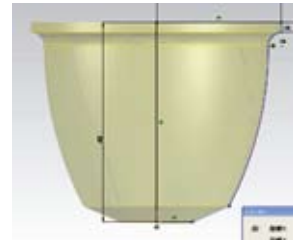
⑥器部-円弧



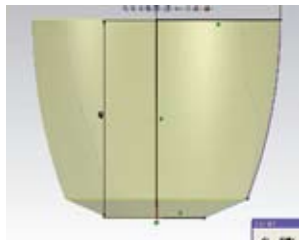
⑦器部-直線-円弧(縁)



⑧器部-直線-円弧



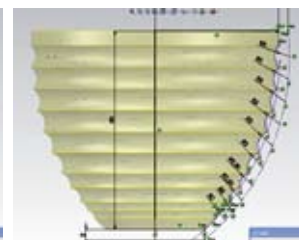
⑨器部-円弧-直線-直線(縁)



⑩器部-円弧-直線-直線



⑪器部-円弧-直線

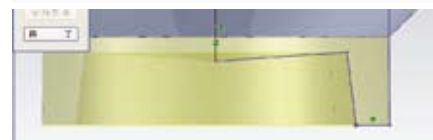


⑫器部-円弧10-直線

図6「湯のみ-器部」のベースモデル



①高台-円弧



②高台-直線



③高台-円弧(外)

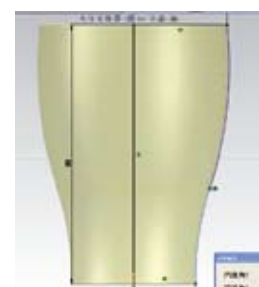


④高台-楕円

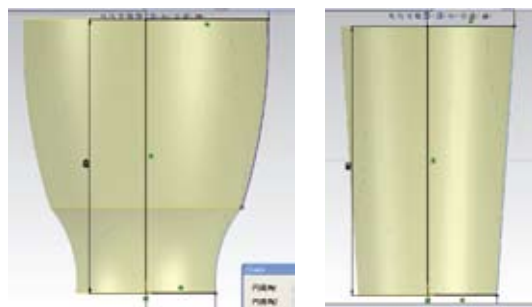
図7「高台」のベースモデル



①器部-円弧-円弧-直線

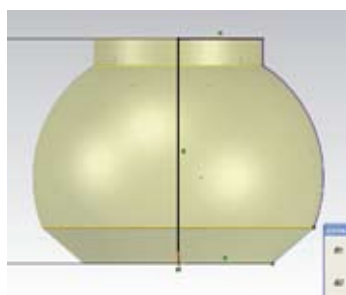


②器部-円弧-円弧(外)-直線

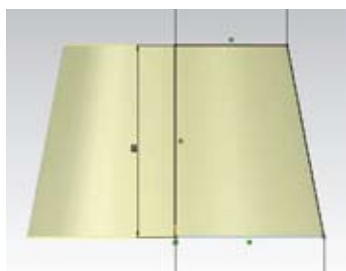


①器部-円弧-円弧-直線2 ②器部-直線-直線

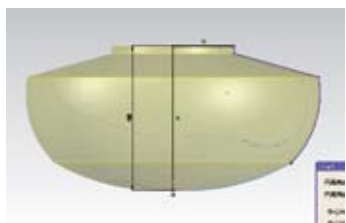
図8「マグカップ-器部」のベースモデル



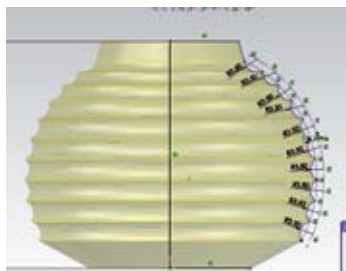
①器部-円弧-直線-直線



②器部-直線



③器部-直線-円弧-円弧

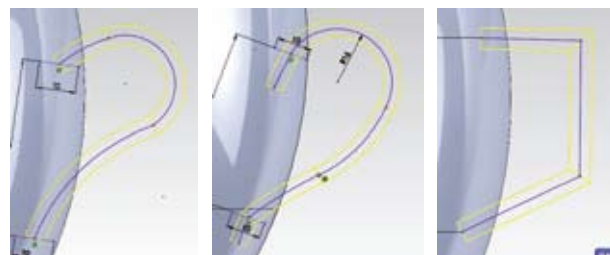


④器部-10円弧

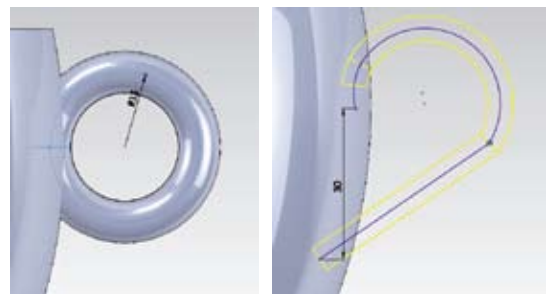


⑤器部-楕円弧

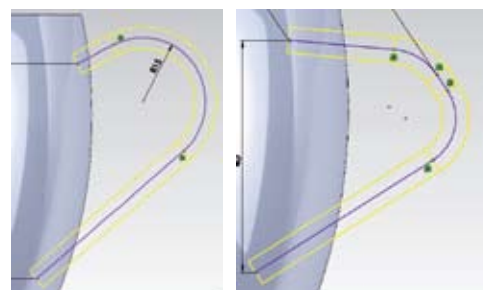
図9「ティーポット-器部」のベースモデル



①取っ手1 ②取っ手2 ③取っ手3

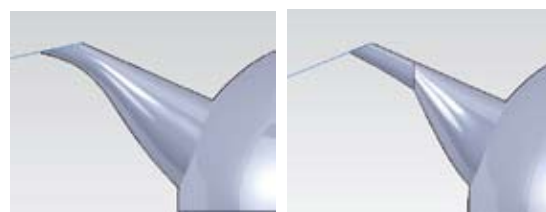


④取っ手4 ⑤取っ手5

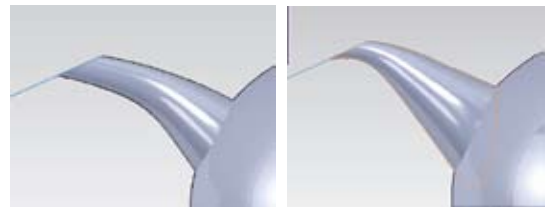


⑥取っ手6 ⑦取っ手7

図10「マグカップ-取っ手」、「ティーポット-取っ手」(共通)のベースモデル



①注ぎ口1 ②注ぎ口2



③注ぎ口3 ④注ぎ口4

図11「ティーポット-注ぎ口」のベースモデル

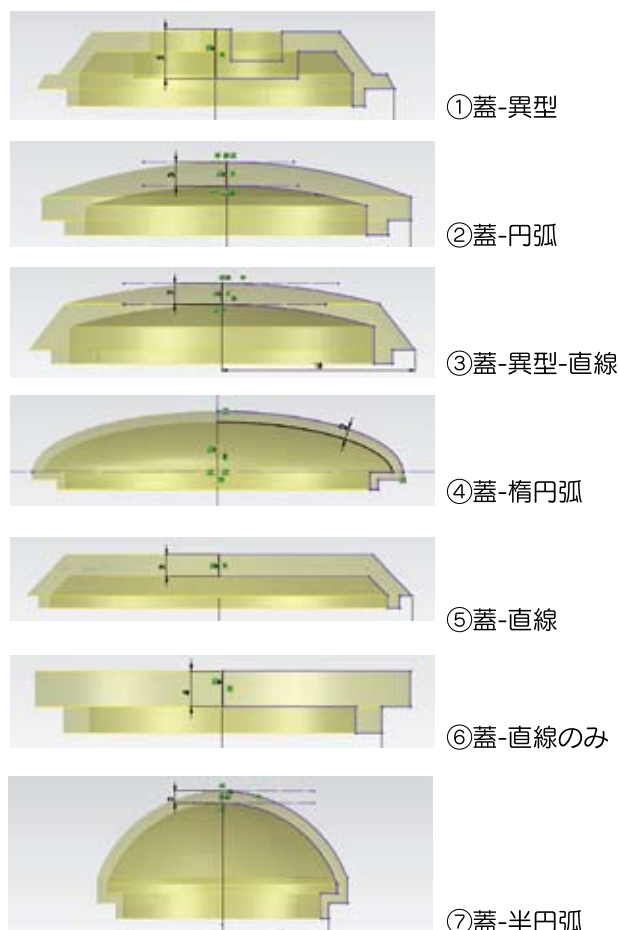


図12 「ティーポット-蓋」のベースモデル

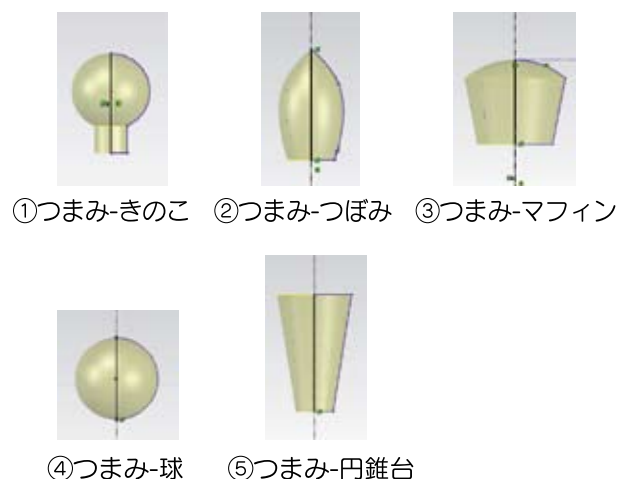


図13 「ティーポット-つまみ」のベースモデル

2.6 デザインの方法

各形状のデザインは、専用のメニュー（図14）から本体のベースモデルを呼び出して、デザインしたい形状と、連続する断面曲線の組み合わせが一致するモデルを選択する。選択したモデルの口径や高さなど主要な寸法は、変形を開始する前に寸法を拘束

る（図15）。このことによって、変形するとき寸法を気にすることなく作業できる。次に、円弧曲線上にマウスポインターを重ねてドラッグすることで円弧の半径を変更することができる。また、曲線同士を結ぶ点の位置を同様の方法で変更することで断面曲線を変形してデザイン（図16）を行う。円弧と直線又は円弧と円弧の結合する曲線は自動的に滑らかになるように設定されている。このような断面曲線の変形によって陶磁器の本体の大まかな形状を作成することができる。

「高台」やマグカップの「取っ手」などのパーツもベースモデルから必要な形状を選択して、本体と同様の方法で変形をすることができる。

それぞれのベースモデルの変形によって本体とパーツの重なり合った部分のうち、不必要になった個所のデータは自動的に削除される。

変形が完了したらマージ（融合）を選択することで、データ（図17）を完成することができる。



図14 「茶碗」デザイン専用のメニュー



図15 専用ダイアログで寸法を拘束

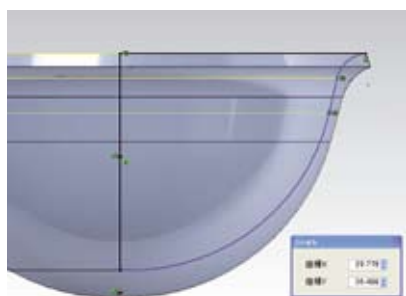


図16 変形した茶碗の断面形状



図17 「器部」と「高台」を融合した「茶碗」のCADデータ

2.7 編集機能

編集機能を使うことで、ベースモデルの変形により完成したデザインについて、さらに詳細な加工をすることができる。

陶磁器製品のデザインの編集に必要な機能として「肉盛り」、「削り」、「フィレット」、「面取り」(図18)を簡単な操作で自動的に処理できるようにした。

「肉盛り」、「削り」(図18(a) (b))は、「丸」、「四角」、「楕円」のベース形状(図19)のうちひとつを選択して、ベース形状の変形作業を行う機能で、変形した形状を器の断面に重ねるように移動すると、自動的に器の周囲に編集作業が適用される。

「フィレット」、「面取り」(図18(c)(d))は、融合面や他の編集作業によってできた角を滑らかにするために使用する。「フィレット」の半径や、「面取り」の距離や角度は、専用ダイアログでその大きさを指定することで、形状を確認しながら調整ができる。



(a)「肉盛り」

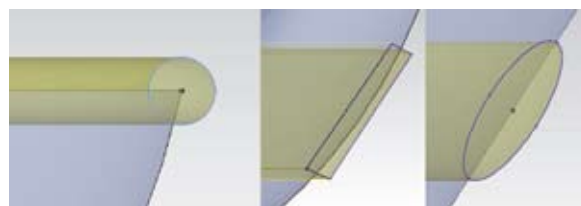
(b)「削り」



(c)「フィレット」

(d)「面取り」

図18 編集機能の例



①「丸」

②「四角」

③「楕円」

図19 「肉盛り」、「削り」のベース形状

2.8 解析機能

3次元CADソフトを利用したデザインの利点として、種々の特性を簡単に見積もることができる。そこで、陶磁器のデザインに必要な「寸法」、「厚み」、「器の容量計算」、「素地の重さ計算」を専用メニューで容易に行えるようにした。

「器の容量計算」(図20)は、器内部の指定した高さまでの容量の確認をすることができる。これは、ティーポットや業務用食器など容量精度を必要とする陶磁器製品に対して有効となる。

「素地の重さ計算」(図21)は、原料の比重を入力することで、デザインした製品の素地の重さを自動的に表示することから、製造原価を計算することができる。

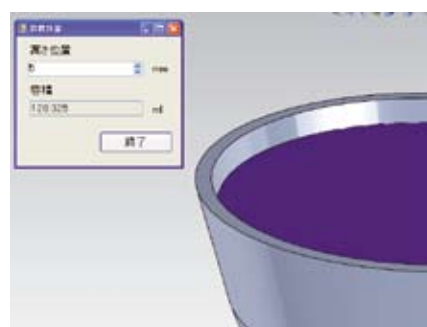


図20 計算した液体の容量(青い部分)



図21 比重の変更が可能な専用メニュー

3. まとめ

本ソフトには、陶磁器製品の断面形状の分類によるベースモデル50種類以上を作成し、非回転体などの特殊な形状の製品でなければデザインすることが可能となった。

市販の3次元CADソフトは、断面曲線の1本を変形するだけでも、複数の機能と定められた法則に従って作業を行う必要があったが、カスタマイズしたソフトは、多くの機能から陶磁器デザインに必要な機能だけを抽出して専用のメニューにまとめた。このことによって、作業者はひとつの作業に対して、必要とする作業のメニューを選択すれば、簡単な入力やマウスの操作のみで容易に設計をすることができるようになり、図22のティーポットのような複雑な形状の陶磁器も作成が可能となった。

これまで、市販の3次元CAD用いた陶磁器デザイナーの技術の習得には、約8日から16日間という長期間の研修期間を必要としていたため、多くのデザイナーが技術の習得をあきらめていた。

しかし、本研究で開発したソフトをマニュアルに従って操作することにより、約1時間から3時間程度で陶磁器のデザインが行え、容易に3次元CADデータの利便性を実感してもらうことができるようになった。

今後は、本ソフトの利用で、多くの県内陶磁器業者が3次元CADデータを扱うことができるようになり、CADデータを利用した3次元プリンタやモデリングマシンなどの機器で試作品を作製することや、PC画面でのプレゼンテーションをすることで、デザインの効率的な開発を行うことが可能となる。



図22 開発したソフトによるデザイン例

— 経常研究 —

新製品開発のためのデザイン手法の開発

— 「感性」価値を指標としたユーザー意識調査によるデザインプロセスの提案 —

戦略・デザイン科

桐山 有司

依田 慎二、中原 真希

要 約

中小製造業の製品開発における新製品の割合は年々減少の傾向にあり、喫緊の対応が必要である。また従来の「価格」等の価値観だけでは、市場の優位性も保てなくなっており、新たな価値観によるデザインが求められている。本研究では、新たな価値観として「感性」価値を導入したデザイン手法の提案を目的に実施した。長崎県立大学との共同研究で、インターネットを利用したユーザー意識調査を実施し、ユーザーの商品購入時の主たる購入者や購入動機などについて調査した。また、感性を指標としたデザイン手法として、要求工学の定義を応用し、「感性」を機能的要求と感覚的要求とに分けることを検討した。さらに、両者を軸としたマップを開発しその有効性について検討、開発したマップを用い実際に新商品開発を実施した。結果、作り手と使い手のズレを修正することで、ユーザーが望む失敗の少ないデザイン手法を提案した。

キーワード：デザイン手法、商品開発、感性、ユーザー意識調査、感性マップ

1. はじめに

「感性」とは、広辞苑によると外界の刺激に応じて感覚を生ずる感覚器官の感受性と書かれている。筑波大学の山中教授¹⁾は、感性は、思考や判断に先立つ感覚的な体験であると述べている。また、長町三生氏は、「感性工学」²⁾の中で、感性とは、人間の感覚やイメージをデザインに翻訳して商品进行設計すること。感性なくしては、世の中が求めているニーズに合う商品を開発できないとも述べている。

「感性」については、国や大手企業でも既に取り組まれており、経済産業省では、2008年から3力年、「感性価値創造イニシアティブ」³⁾として「感性」に重点をおいた事業を実施している。また、TOTOでは、感性工学の手法を用いて、「浴び心地」の良さを向上させた「新エインシャワー」を開発⁴⁾、アサヒビールでは、感性工学や人間工学を導入し、「飲みやすさ」「注ぎやすさ」を追求した缶ビールの飲み口を開発している⁵⁾。

このように、近年、「感性」を導入する企業も増加しており、「技術」から「感性」を前面に出した

プロモーションを展開している。

一方で、我々が主としてサポートしている、陶磁器産業や中小製造業では、中小企業庁の「平成22年中小企業実態基本調査速報」⁶⁾によると、平成22年度の製品出荷における新製品の割合は製造業で7.7%と低く、新製品開発の件数は減少傾向にある。長崎県の陶磁器産業においても同様に、製造出荷額とともに年々減少している傾向である。

本研究の目的は、長引く経済の低迷、市場の成熟化・二極化、振興国の輸入増加などによる製品の量的需要の減少や、コスト増による新規製品開発も減少している中で、新製品開発のリスクを軽減し、失敗の少ない商品開発を実現するため、新たな価値観である「感性」を導入し、「価格」や「技術」だけに頼らない「感性」に働きかける商品開発が可能となるようなデザイン手法の開発を行うものである。

本研究の特長は、ひとつには要求工学の中で、カール・E・ウィガーズ⁷⁾が分類している「なすべき必要な要求（機能的要求）」と「付加的に必要な要求（非機能的要求）」の定義を応用して、「感性」を

機能的要素(本質的要素)と感覚的要素(表層的要素)の2種類に分類し検討したことである(図1)。また、デザインで用いるイメージマップ(図2)は、軸を「ソフト⇔ハード」などとし、製品の傾向をプロットする定性的なものだが、前述の2つの要素を両軸とし採点した数値をマップにプロットし定量化した「感性マップ」(図3)を作成し検討したことも特長である。

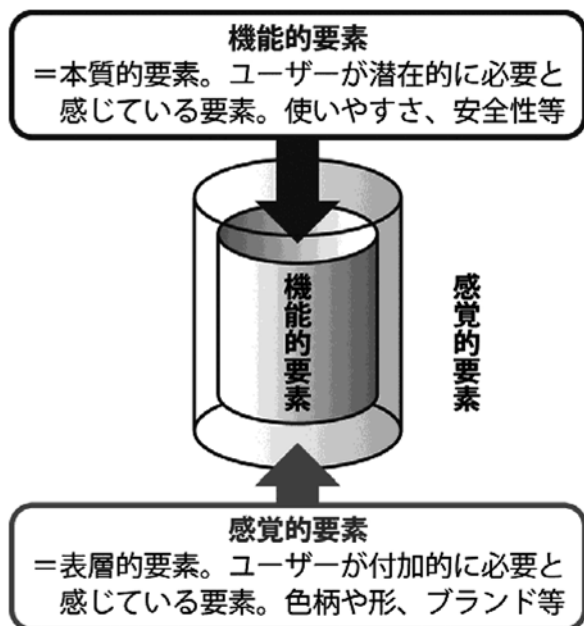


図1 感性の要素による分類

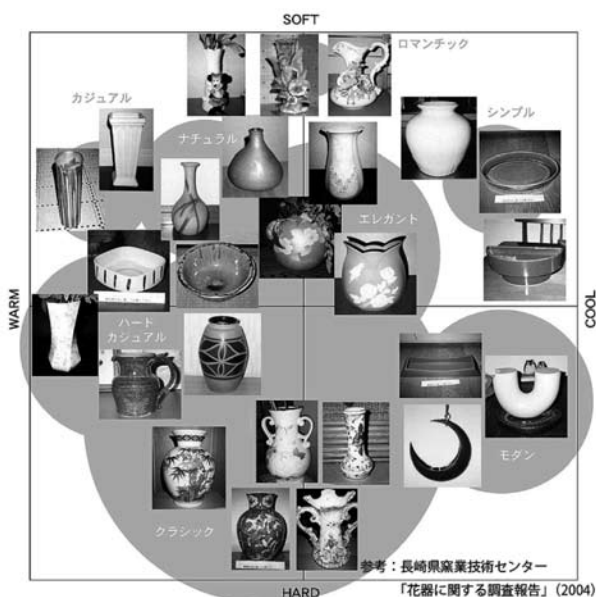


図2 従来のイメージマップ

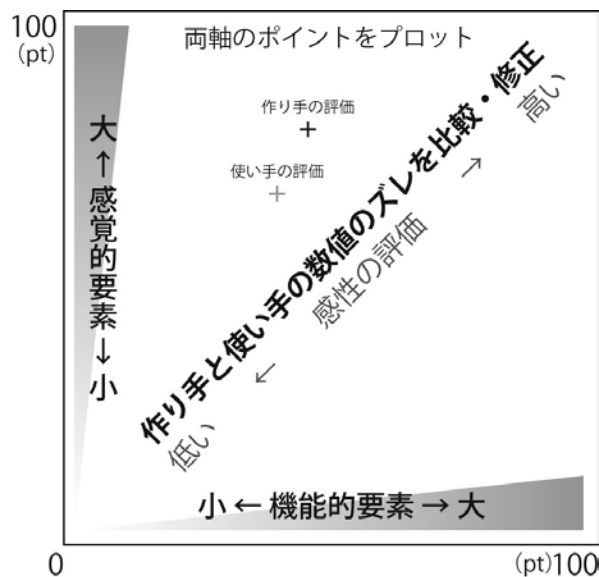


図3 開発した感性マップ

2. 方法

2.1 ユーザー意識調査の実施

平成22年度および23年度に、長崎県立大学との共同研究および委託事業で、「感性」という価値が“購入の主たる要因になっているのではないか”ということ調査するため、「新製品開発のためのユーザー意識調査」を実施した。調査は、インターネットを利用し、回答者は、長崎県内および長崎県外(東京、愛知、大阪)で、有効回答総数420サンプルで実施した。回答者の属性は、男女比、県内・県外比それぞれ1:1(N=各210)とし、年代比も20代~60代以上と各年代同数とした。調査項目は、購入時の主たる購入者、購入動機、購入の際に重視している点などの項目に回答してもらった。

また、「感性」を見た目の好みやブランドなどの感覚的な要素と、使い勝手や安全性などの機能的な要素に分け、購入時にどちらの要素を重視しているかなどの調査も行い、それらの割合や相関について検討した。

2.2 感性マップの作成と有効性の検討

前述した「感性マップ」とは、両軸に機能的要素と感覚的要素をとり、回答者に項目毎に採点し、回答の合計をマップにプロットするものである。点数による「作り手」と「使い手」の「ズレ」を検討し、その「ズレ」を修正することで、ユーザーの感性により近い、失敗の少ない商品開発を実現することを目的としている。インターネットの調査をもとに、

機能的要素と感覚的要素の回答数の多いものから5項目を選び、上位から傾斜配点を付け、その合計をマップにプロットすることとした。

2.2.1 感性マップの検証（既製品）

「感性マップ」の有効性を検証するため、既に市場で販売されている商品の中から、日頃からデザインに注力し評価の高い企業の商品と、一般的な百元ショップの商品について、被験者（女性：大学生、平均年齢20.7歳）に採点させ、マップにプロットし、両者の位置付けについて比較検討を行った。

2.2.2 感性マップの検証（新製品）

これから開発する商品について、同じアイテムの既製品数種を事前に被験者（同上）に採点させた。開発者は、被験者が採点した評価をもとにコンセプトを立て事前に開発品の点数を付けて、マップにプロットし試作品を製作する。出来上がった試作品を再び被験者に採点させた。マップにプロットした位置と、事前に開発者がプロットした位置の「ズレ」を確認した。そして、採点差の大きかった項目を重点にデザインを再構築し製品化を行った。修正後の製品についても、被験者にモニターさせ評価した。

3. 結果

3.1 ユーザー意識調査の結果

「感性」の要素を「見た目」などの感覚的要素と「使いやすさ」「安全性」などの機能的要素とに分け、主たる購入者、購入時にどちらの要素を重視するかなどの調査を行い、集計、比較を行った。主に生活用品である日用使いの食器については、主たる購入者を自分と答えた回答者の約79%が女性で、配偶者と答えた回答者の約90%が男性であった。このことから、日用食器の主たる購入者はほとんどが女性であることが示された（図4）。

次に、日用食器の年代別における購入の際に重視する要素の割合を図5に示す。若年層では、感覚的要素と機能的要素がほぼ同ような割合であるが、高齢層になるほど、機能的要素を重視している傾向にあった。

また、図6には、日用食器の購入時に重視する感覚的要素と機能的要素の項目を示す。日用食器における機能的要素の上位は「使い勝手」「IH対応などの付加機能」「収納性」などで、感覚的要素では、好み

の色・柄、形をはじめ、「生活スタイルに合う」なども多く挙げられた。両要素で、点数の多かった上位5項目を拾い上げ、これらに傾斜配点を付け、開発するマップの採点項目とした。

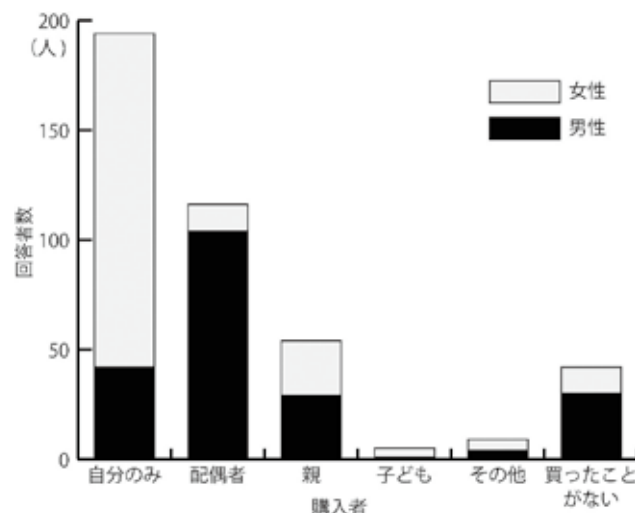


図4 日用品の主たる購入者

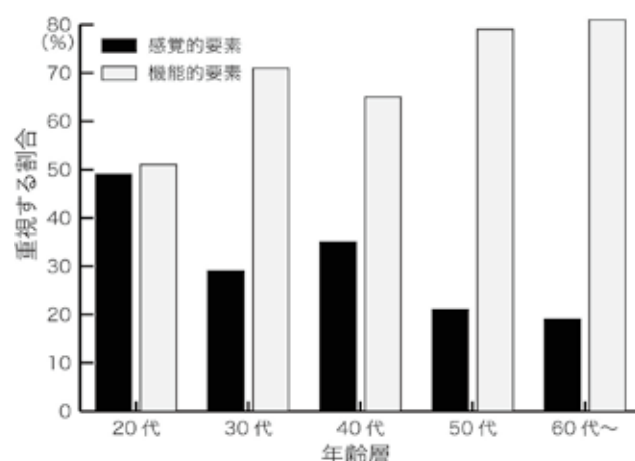


図5 年代別の傾向

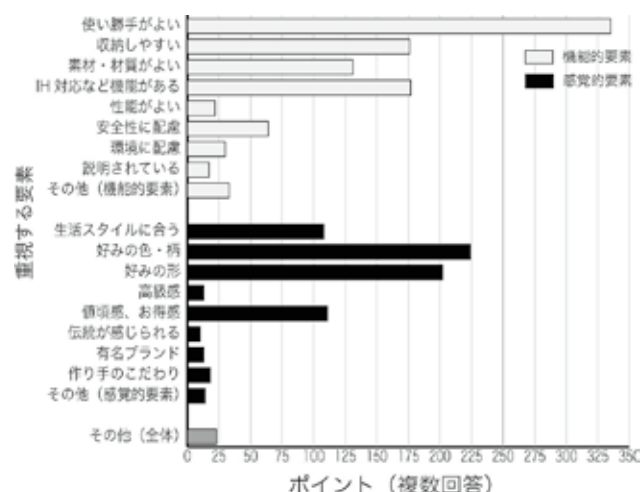


図6 購入時重視する項目

3.2 感性マップの作成と有効性の検討

3.2.1 感性マップの検証(既製品)

デザインの評価が高い企業Aの茶碗と小鉢、一般的な百円ショップBの標準的な茶碗と小鉢をそれぞれ取り上げ、被験者に採点してもらった。項目は2-1のインターネットで調査した図6の項目の中で上位に位置した各5項目について、5段階で点数を選び傾斜配点を付け評価した。購入時の重視項目に「高級感」「値頃感」などがあるため、価格は表示したが、企業名や百円ショップのものであることは伏せて評価させた。図7は、被験者の回答の平均値である。各サンプルの機能的要素と感覚的要素の平均点は、企業Aの茶碗が72.9:67.1、同小鉢が75.6:70.5、百均Bの茶碗が66.5:59.1、同小鉢が64.6:61.4となった。機能的要素で点数の差が大きかった項目は「素材・造りがよい」「軽い・盛りやすい」、感覚的要素では「生活スタイルに合う」「作り手のこだわり」などに差が出ていた。企業Aの商品は、市場でもデザインの完成度が高い商品として認知されており、無地の白磁でシンプルかつモダンなデザインが評価されたと思われる。百均Bの商品は、ごく一般的な形状や柄のものを選んだが、一部可愛いなどの声もあり、100円で買えるという「値頃感(お手軽感)」での評価もあった。

本実験によって、ひとつの事例ではあるが、マップの評価と一般的な評価を比較検討した結果、大きな差もなく、さらにマップの有効性について検証するため、次の実験を実施した。

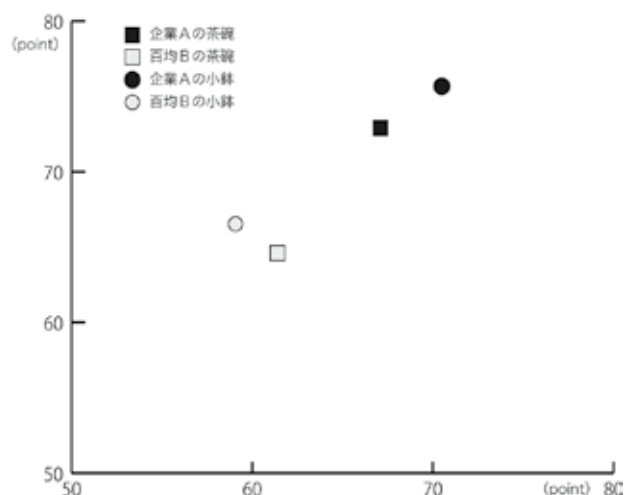


図7 既存品によるマップの検証

3.2.2 感性マップの検証(新製品)

マップの次の検証事例として、これから開発する新商品について検討した。今回は、当センターと企業との共同研究で商品化したユニバーサルデザインのマグカップ用の、ポットをケーススタディとして取り組んだ。開発する商品のコンセプトは、ユニバーサルデザインであることから、「持ちやすさ」「注ぎやすさ」などの使いやすさや「軽さ」などの項目について重点的に検討することとした。事前に市販されている数種類のポット(図8)を事例に被験者に機能的要素と感覚的要素について点数を付けさせた。



図8 評価に使用した既製のポット

被験者の回答から、ユーザーが望んでいるポットの要素を把握し、それに「作り手」である開発者の要望と使いやすさなどのコンセプトを総合的に検討して、項目に点数を付けた上で試作品の製作に取りかかった。試作品の設計には、配点した「感性」の手法に加え「使いやすさ」に配慮するため、人間工学的な評価も行い、ポットの重心位置やハンドルの形状、持つ動作、注ぐ動作などを考慮し試作品を作製した(図9)。

設計には、3次元CAD(Robert McNeil & Associates社製Rhino4.0)を用い、形状の検討には3次元プリンター(Z Corporation社製 Z printer 310 Plus System)を用いた。また試作のための石膏型の作製には、石膏型の切削加工を当センターで研修した型製造業に発注し、3次元NC加工機(岩間工業所製 MM1000)を使って製作した。

完成した試作品を被験者にモニターさせ、機能的要素と感覚的要素の合計点をマップにプロットし、事前に開発者が配点していた点数と被験者が採点した点数の平均値を比較した(図10)。

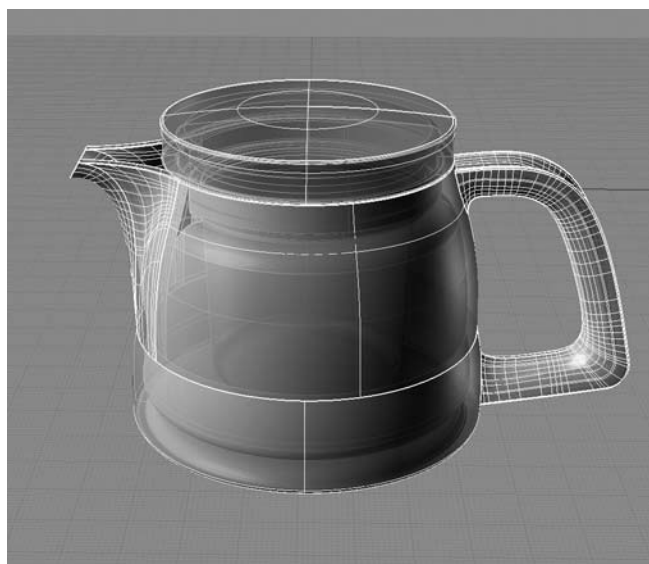


図9 3次元CADで検討したポット

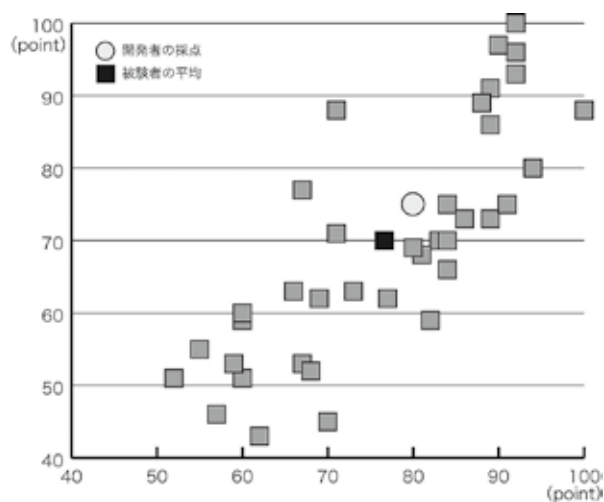


図10 開発者と被験者の採点グラフ

グラフからは、開発者のポイントと被験者の平均値のポイントには大きな「ズレ」はなかったが、採点結果の差が大きい項目について検討した。表1に各要素の点数を示す。上段が前もって付けた設計者の点数で、下段が被験者の平均点である。開発者の点数より被験者の点数が低い項目は、機能的要素では「使い勝手」「IH対応等付加機能」などで、感覚的

表1 各要素の配点表

	機能的要素				
	使い勝手	性能	素材材料	付加機能	収納性
設計者点数	30	20	12	12	6
被験者点数	24.3	19.6	15.0	10.9	7.0
	感覚的要素				
	好みの色	好みの形	スタイル	値頃感	こだわり
設計者点数	24	20	16	9	6
被験者点数	21.9	17.3	13.9	9.8	7.1

要素では、「好みの形」「好みの色・柄」などであった。今回の開発品のコンセプトは、ユニバーサルデザインのポットであるため、「使い勝手」については、事前の配点を満点にしたこともあるが、被験者の中から6名に聞き取り調査を実施した結果、機能的要素については、「取っ手の大きさが指3本ではやや余り、4本ではやや窮屈である。」という意見が6名中5名からあった。そのため、この意見を反映させ、取っ手の長さを長くし、その分ボディも長くするなど形状について再検討した。また、取っ手の形状、ボディとの距離など、重心位置や把持範囲など人間工学的な評価も行い、デザインに修正を加え再度試作品を製作した(図11)。開発品について再度被験者に聞き取り調査した結果、前述の指摘事項がほぼ解消され、使いやすくなったとの意見であった。製作したポットは現在、セレクトショップ、雑貨店、専門店などでの販売を予定している。



図11 改良し商品化した開発品

4. まとめ

新商品を開発するためのデザイン手法の検討として、「感性」価値を指標とした新たな評価方法を検討した。今回の研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) インターネットによる調査結果では、日用食器を購入する際の主たる購入者の約9割が女性であった。
- 2) 日用食器では、若年層では機能的要素と感覚的要素の重視する割合は同程度だが、高齢層になる程、機能的要素を重視している。
- 3) 日用食器において、機能的要素では「使い勝手がよい」、「IH対応などの機能」「収納しやすい」などを重視しており、感覚的要素では「好みの色

・柄」、「好みの形」、「生活スタイルに合う」などを重視していた。

4) 要求工学で用いられている、ウィガーズが分類している「なすべき必要な要求（機能的要求）」と「付加的に必要な要求（非機能的要求）」の定義を応用して、「感性」を機能的要素（本質的要素）と感覚的要素（表層的要素）の2種類に分類し、これらを両軸としたマップを作成した。このマップを既存製品および新規開発製品によって検証した結果、本マップが新製品開発に有効であることが示された。

今後は、今回の研究結果をもとに、さらにケーススタディとしての新製品開発を実施し、本研究のマップを含めたデザイン手法の精度を高め、対象となる県内陶磁器産業および中小製造業にプロセスを提案する。

参考文献

- 1) 「新しい時代の感性とデザイン」, 山中俊正, 長崎総合科学大学公開講演会, 2011
- 2) 「感性工学－感性をデザインに活かすテクノロジー」, 長町三生, サイエンス・らいぶらい海文堂, 1989
- 3) 「感性価値創造イニシアティブー第四の価値軸の提案」, 経済産業省, 2010
- 4) 「浴び心地と節水を両立させた新エアイン技術を開発」, <http://www.toto.co.jp/company/press/2010/02/26.htm>, 2010
- 5) 「新しい飲み口の『うまくち缶』を開発 “感性工学” の考え方を導入し “飲みやすさ” “注ぎやすさ” を徹底追求」, <http://www.asahigroup-holdings.com/research/group/result/report/report01.html10/02/26.htm>, 2010
- 6) 中小企業庁事業環境部企画課調査室: 「平成22年中小企業実態基本調査速報」, 2010
- 7) 「Software Requirements」, Kerl E. Wiegers, 2003

謝辞

本研究の実施にあたり長崎県立大学の山口教授には、データの調査、解析についてご指導をいただき、本研究に関して貴重なご意見をいただきました。人間生活工学研究センターの畠中氏、活水女子大学の浜谷准教授および同学生の皆様には、ご支援・ご協

力をいただきました。これらの皆様方に深く感謝申し上げます。

付記

本研究で使用したデータは、長崎県立大学との共同研究「新製品開発のためのユーザー意識調査」において、山口教授が実施した調査結果によるものである。

— 経常研究 —

無機廃棄物を活用した機能性材料の製品開発

環境・機能材料科 永石雅基、山口典男

要 約

県内で排出される溶融スラグの活用促進を目的に、ジオポリマー技術による多孔体の固化・成形と水熱処理による多孔体表面のゼオライト生成について検討した。その結果、 $63\mu\text{m}$ 以下の粉末にした溶融スラグを用い、スラグ粉末と硬化液の重量比(L/S)を0.45とし、発泡剤を溶融スラグの重量に対して0.5mass%添加したスラリーを型枠に流し込み、温度 80°C 、相対湿度100%で48h養生することによりジオポリマー多孔体が試作できた。このジオポリマー多孔体を5Nの水酸化ナトリウム水溶液中で 180°C で24hの水熱処理することにより、表面にアナルサイム型ゼオライトが生成することを確認した。

キーワード: 溶融スラグ、ジオポリマー、水熱処理、ゼオライト

1. はじめに

長崎県内の廃棄物処理事業所における一般廃棄物を処理した焼却灰は、減容化等の目的のため溶融処理により溶融スラグとして年間約12,000トンが排出されている。これら溶融スラグのうち、アスファルト骨材や路盤材等として利用されているのは65%であり、残りの35%(4,300トン/年)の溶融スラグは利活用されず、年々貯留量が増加している。しかも、各事業所から排出される溶融スラグは化学組成や物性等が異なるため、同じ条件での利活用が難しい現状である。

このような状況から環境への負荷が少ない低温、省エネ、低コストのプロセスを用い、これら無機系廃棄物を有効活用できる技術開発が、県内の廃棄物処理事業所や電力事業所から求められている。

当センターは、無機粉末に硬化液(水ガラスと苛性ソーダの混合水溶液)を加えることで、ブロック状の固化体を作製する「ジオポリマー技術」を保有している。また、当センターでは高温・高圧の水蒸気等が存在する条件のもとで、無機イオンを反応させて鉱物を合成する「水熱処理技術」も有しており、これら技術を用いた溶融スラグやフライアッシュなどの無機系廃棄物の有効利用の研究を行っている¹⁾。

本研究では無機廃棄物の利用促進を目的に、溶融スラグを活用した水質浄化用吸着材の開発を検討し

た。今年度は、(1)無機廃棄物のジオポリマー技術による多孔体としての固化・成形、および(2)ジオポリマー多孔体を水熱処理することで表面にゼオライトが生成するかについて検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 ジオポリマー多孔体の作製

長崎県内で排出された溶融スラグを用いたジオポリマー多孔体の固化成形試験は、下記方法で実施した。原料粉末は、溶融スラグをボールミルで乾式粉碎し、目開き $63\mu\text{m}$ の篩を通過したスラグ粉末(S)を用いた。また、硬化液(L)は1号水ガラスを蒸留水で希釈し、嵩比重が約 $1.27\text{g}/\text{cm}^3$ とした水ガラス水溶液と10N NaOH水溶液を体積比でそれぞれ3:1となるように混合したものを用いた。多孔体の固化成形はスラグ粉末と硬化液の重量比(L/S)を0.45とし、発泡剤を溶融スラグの重量に対して0.5mass%添加した。これら混合物を粘性が出るまで混練したスラリーを、 $70\times 70\times 20\text{mm}$ の型枠に流し込み、養生温度 80°C 、相対湿度100%で48hの処理を行ってジオポリマー多孔体を作製した。

2. 2 ジオポリマー多孔体の水熱処理と評価

このジオポリマー多孔体の表面にゼオライトを生成させるため水熱処理を実施した。水熱処理では添加材として $\text{Al}(\text{OH})_3$ を10mass%加えるとともに、

5N NaOH水溶液を300ml添加し、180℃で24hの水熱処理を行った。

これらの処理により作製したジオポリマー多孔体について、粉末X線回折(XRD)による結晶相同定と電子顕微鏡による形状観察を行った。

3. 結果および考察

3. 1 ジオポリマー多孔体

県内の都市ゴミ溶融スラグの63 μm 以下粉末に発泡剤を添加し、乾式で予備混合した後、硬化液を添加・混練したスラリーを型枠に流し込み図1のようなジオポリマー多孔体を得た。

3. 2 ジオポリマー多孔体の水熱処理

3. 1で作製したジオポリマー多孔体に水熱処理を施したところ、図1に示すようにジオポリマー多孔体の表面が白色に変色した。表面の白色部分のXRDパターンを図2に示す。この結果から、ジオポリマー多孔体の表面にアナルサイム型のゼオライトが生成したことが確認された。

また、表面の白色部分を電子顕微鏡観察した結果を図3に示す。粒状の結晶がジオポリマー多孔体の表面に生成していることが確認された。これは、XRDで測定されたアナルサイム型ゼオライトが立方晶系であることから、観察された粒状の結晶は成長過程の粒子ではないかと推察される。

4. まとめ

- 1) ジオポリマー多孔体の作製を行った。
- 2) 作製したジオポリマー多孔体を水熱処理することによりジオポリマー多孔体の表面にゼオライトが生成することが確認できた。

今後は作製した試料のアンモニア吸着能力の測定等により、活魚輸送用水質浄化材としての可能性を評価する予定である。

参考文献

- 1) 永石雅基、山口典男、木須一正、池田政、中邑義則、低温反応プロセスを用いた無機系廃棄物からの機能性材料の開発、長崎県窯業技術センター平成22年度研究報告、第58号、pp1-6 (2012)

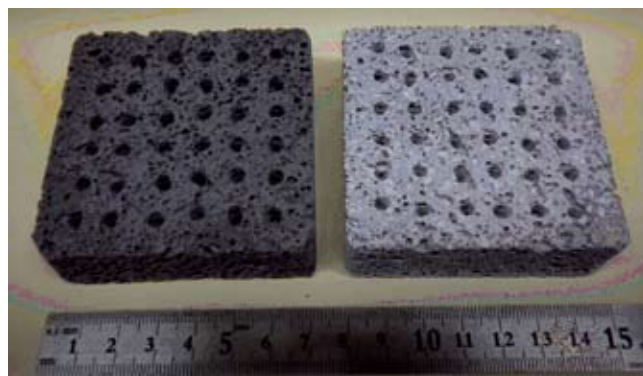


図1 ジオポリマー多孔体
(左：水熱処理前、右：水熱処理試料)

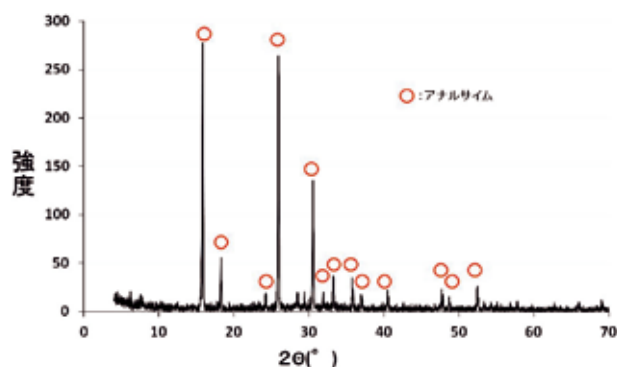


図2 溶融スラグを原料としたジオポリマー多孔体の水熱処理試料のXRDパターン

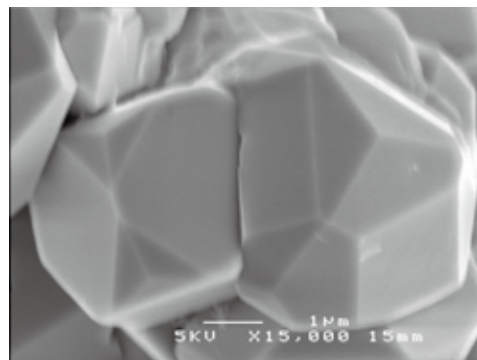


図3 溶融スラグのジオポリマー多孔体の水熱処理試料の電子顕微鏡写真

—受託研究—

粘土鉱物系抗菌剤による温浴水中のレジオネラ属菌抑制(第2報※) (安全性と快適性を兼ね備えた温泉水等の衛生保持技術の開発)

環境・機能材料科 阿部 久雄・木須 一正・増元 秀子
環境保健研究センター 田栗 利紹

要 約

実際の温泉水など循環水中のレジオネラ属菌の増殖を1カ月以上に亘り連続的に抑制するために、粘土鉱物のモンモリロナイトと有機金属錯体を複合化した粘土鉱物系抗菌剤の適用効果について検討した。粘土鉱物系抗菌剤(粘土/カフェイン銀錯体複合)を水懸濁液(1,000mg/L)中で水と接触させると、水中の溶出銀濃度は1時間後に4mg/Lに達した。塩素イオンが10~500mg/L共存すると溶出銀濃度は0.1~1mg/Lに止まるものの、同条件下の硝酸銀水溶液における銀濃度0.01~0.1mg/Lと比べると約10倍安定であることが分かった。レジオネラ属菌を接種した各種温泉水5種において粘土鉱物系抗菌剤4種の抗菌活性を評価したところ、カフェイン銀錯体を導入した抗菌剤の活性が最も強く、最小殺菌濃度は炭酸水素塩泉で3.12mg/L、塩化物泉で6.25mg/Lであった。カフェイン銀錯体導入試料を造粒し、1週間毎に換水する条件で温泉水等に接触させたところ、5種すべての温泉水等においてレジオネラ属菌が接触から13日目までに検出下限(10cfu/100ml)以下まで抑制された。

キーワード：銀、カフェイン、抗菌、レジオネラ、温浴、循環水

1. はじめに

近年、冷却塔やプール、浴場など、循環水中のレジオネラ属菌の感染によるレジオネラ症(肺炎・ポンティアック熱)が社会問題化しており、その対策技術が必要とされている。関連施設では、通常、塩素処理による殺菌が行われるが¹⁾、配管や濾過装置などでの発生を完全に抑制することは難しく、一定時間が経過するとレジオネラ属菌がしばしば検出される。長崎県で開発された粘土鉱物系抗菌剤^{2)~4)}は水中における抗菌力の持続性に優れており、レジオネラ属菌に対しても有効なことから、循環水中にはじめから投与し塩素殺菌と併用することにより、水循環設備中でレジオネラ属菌の発生を抑制することが期待される。

著者らは既報⁵⁾において、レジオネラ属菌を実際に接種した冷却水、温浴水の模擬循環水に、粘土鉱物系抗菌剤を接触させ、24~48時間以内に検出限界以下にまで抑制できることを明らかにした。一方、実際の循環水には抗菌剤の能力を阻害する成分が含まれることも予想される。また、循環水は一定

期間毎に換水が行われ、循環水中に溶解している銀イオンなどの抗菌成分は換水により初期状態に戻されるため、抗菌剤の持続性が求められる。さらに循環水へ抗菌剤が流出しないようにする工夫が必要であるが、循環水と抗菌剤の接触が長期に及ぶ場合には、接触方法の最適化が必要である。本研究では循環水中のレジオネラ属菌に対する抗菌剤の適用が、30日を越えるような比較的長期に及ぶ際に必要となる、抗菌剤の溶出特性、安定性、循環水との接触方法等について検討したので報告する。

2. 実験方法

2-1 抗菌剤及び温泉水

実験には粘土鉱物のモンモリロナイト(以下粘土)の層間にカフェイン銀錯体、イミダゾール銀錯体、ヒノキチオール銅錯体及びヒノキチオール銀をそれぞれ導入して作製した粘土鉱物系抗菌剤(以下抗菌剤)を用いた。また実際の温泉水として、わが国で一般的な炭酸水素塩泉、塩化物泉、酸性泉の各温泉水と、その他に井水、水道水を用いた。温泉水

※平成22年度長崎県窯業技術センター研究報告、pp.23-27(2011)を第1報とする。

等の物性等は後述する。

2-2 抗菌剤の溶出特性及び溶出成分の安定性評価

抗菌剤（粉体）及びその造粒試料の溶出特性評価に当たっては、抗菌剤を純水に懸濁させて基本的な溶出特性を調べた。また、抗菌剤を循環水中に流出させない方法として、抗菌剤を透水性の不織布包材に封入し、包材を通して純水もしくは温泉水等と接触させた。実際の消毒環境や温泉水中の塩素イオンを想定し、種々の濃度の塩素イオン、次亜塩素酸ナトリウムを加えた水溶液中において抗菌剤の溶出特性を調べた。水中の水溶性の銀濃度測定に当たっては、試料溶液中の不溶成分を孔径 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターで除粒子し、原子吸光分光光度計で測定した。

2-3 実際の温泉水における抗菌剤の評価

各種温泉水に対する抗菌剤の抗菌活性は、温泉水等にレジオネラニューモフィラ（*Legionella pneumophila* American Type Culture Collection 33152。以下レジオネラ属菌）を懸濁させ、最小殺菌濃度（Minimum Bactericidal Concentration, MBC）として評価した。また、抗菌剤の長期安定性（1カ月以上）を検証するために、温泉水等を 40°C に加温し、次亜塩素酸ナトリウムを所定濃度に維持したものに、抗菌剤の粉体もしくは造粒体を透水性不織布包材を通して接触させ、水中の銀濃度と抗菌活性の推移を観察した。温泉水等を7日間隔で換水することにより、換水を伴う場合の抗菌剤の持続性を評価した。

3. 結果及び考察

3-1 抗菌剤の溶出特性

(1) 塩素イオンが共存するときの抗菌剤の銀溶出

抗菌剤によるレジオネラ属菌抑制が有効なことを既に確認しているが、抗菌剤からの有効成分の溶出特性やその安定性については不明の点が多く、はじめに抗菌剤からの溶出特性について検討した。

抗菌剤のうちカフェイン銀錯体導入試料（タイプC）、ヒノキチオール銅錯体導入試料（タイプHCU）、ヒノキチオール銀錯体導入試料（タイプHAG）を、純水中にいずれも 1000mg/L の濃度で分散させ、塩化ナトリウムを塩素イオンとして $10\sim 500\text{mg/L}$ 添加したときの銀溶出の変化を、それぞれ図1～図3に示す。タイプCからの銀溶出に及ぼす塩素イオン濃度の影響は小さく、銀濃度は $0.1\sim 1\text{mg/L}$ の範囲にあったが、タイプHAGの溶出銀濃度は、塩素

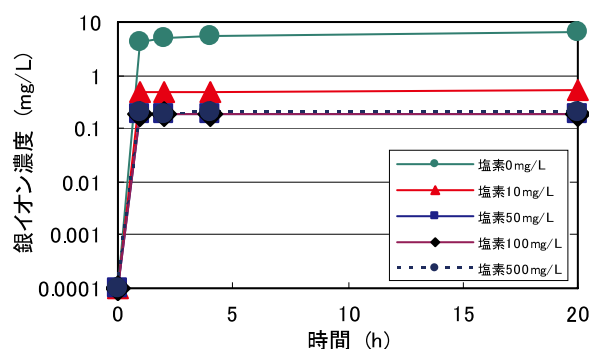


図1 塩素イオン共存時の銀濃度（抗菌剤タイプC）

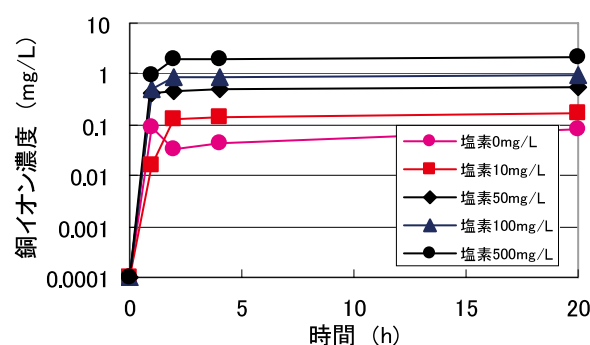


図2 塩素イオン共存時の銀濃度（抗菌剤タイプHCU）

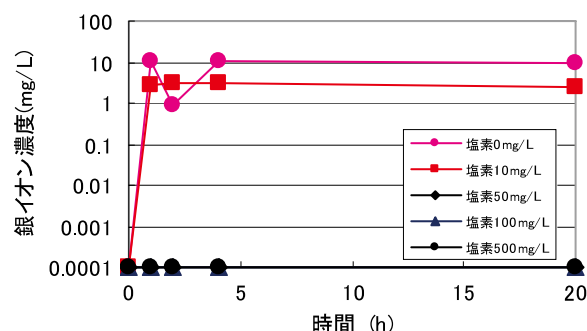


図3 塩素イオン共存時の銀濃度（抗菌剤タイプHAG）

イオン 10mg/L のとき $2\sim 3\text{mg/L}$ であったが、塩素イオンが 50mg/L 以上共存すると銀濃度はほぼ 0mg/L となった。また、タイプHCUからの溶出銅濃度は、塩素イオン 10mg/L のときの 0.2mg/L から、塩素イオン 500mg/L のとき 2mg/L になるなど、塩素イオン濃度の増加により高くなる傾向を示した。このように、供試金属錯体/粘土複合材料のなかでは、カフェイン銀錯体、ヒノキチオール銅錯体による溶出金属濃度が安定していた。

(2) 抗菌剤の溶出成分の安定性

抗菌剤タイプCの有効成分であるカフェイン銀錯体水溶液（銀イオンとして 10mg/L ）に塩化ナトリウム水溶液を塩素イオンとして $10\sim 500\text{mg/L}$ の範囲で添

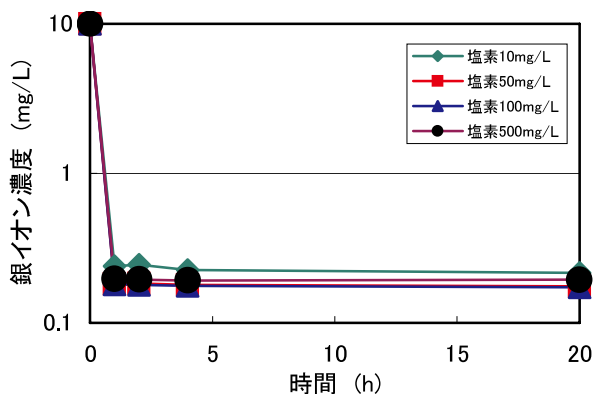


図4 カフェイン銀錯体水溶液の銀濃度
(塩素イオン10～500mg/L共存時)

加したときの水溶液中の銀濃度の変化を図4に示す。

銀イオン濃度はいずれも約0.2mg/Lへ減少し、その後安定した。また、銀イオンとして100mg/Lを含むカフェイン銀錯体水溶液に塩化ナトリウム水溶液を塩素イオンとして1000～8000mg/Lの範囲で段階的に加えると、銀イオン濃度は0.2～0.7mg/Lへ減少したが(図5)、この濃度は4日後まで維持されることを確認した。一方、硝酸銀水溶液(銀として10mg/L)に塩素イオンを10～500mg/Lの範囲で段階的に加えたときの水溶液中の銀濃度の変化を図6に示す。銀イオン濃度は0.01～0.1mg/Lへ大幅に減少した。この銀イオン濃度は同条件でのカフェイン銀錯体水溶液中の銀濃度の1/10であることから(図6)、銀イオンは単独で存在するよりも錯体(カフェイン銀錯体)として存在する方が塩素イオンに対して安定であるのではないかと考えられる。

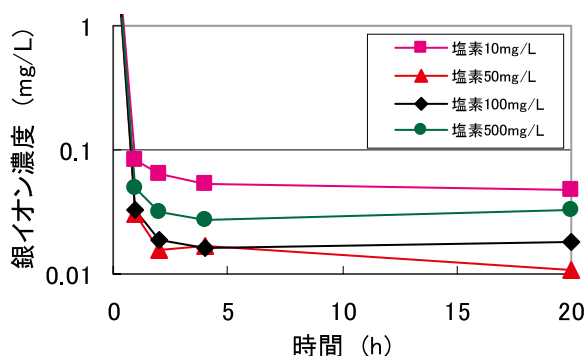


図6 硝酸銀水溶液の銀濃度
(塩素イオン20～500mg/L共存時)

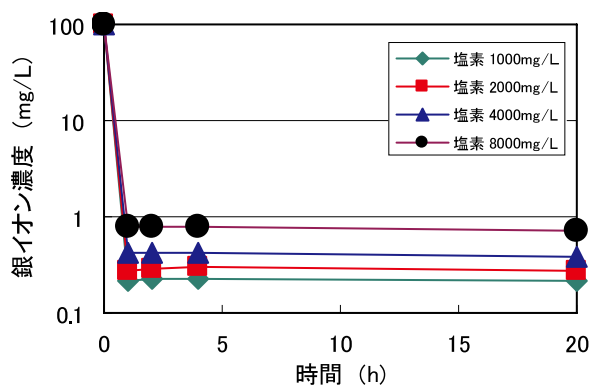


図5 カフェイン銀錯体水溶液の銀濃度
(塩素イオン1000～8000mg/L共存時)

(3)抗菌剤の長期徐放性

抗菌剤タイプCを純水中に1000mg/Lの濃度で懸濁させたときの、水中の銀濃度の変化を図7に示す。銀濃度は初期段階で約2.5mg/Lを示し、時間の対数に対して概ね直線的に増加し、30日後に7.5mg/Lに達した。このようにカフェイン銀錯体を導入した抗菌剤タイプCの純水への溶出は徐々に安定的に進行する。一方、同条件で求めた抗菌剤タイプHCU(ヒノキチオール銅錯体を導入)の懸濁液における銅濃度変化を図8に示すが、銅濃度の増加は少なく不安定であることが分かる。

3-2 循環水と複合材料の接触方法の検討

(1)透水性包材を通した温泉水等への接触

前項までの実験は水中に抗菌剤粉体を分散させて

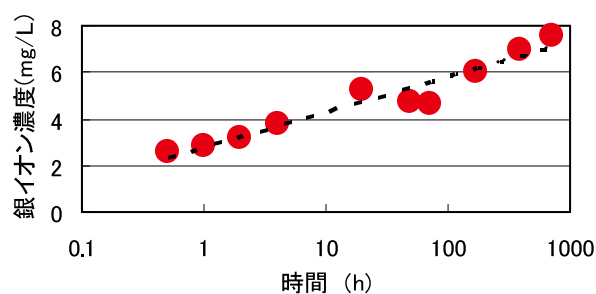


図7 抗菌剤タイプCからの純水への銀溶出

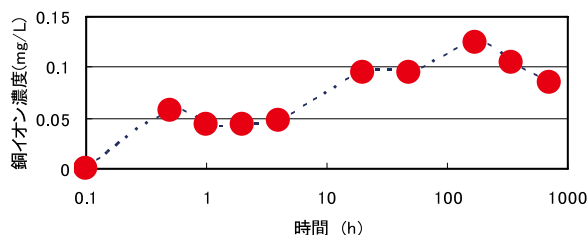


図8 抗菌剤タイプHCUから純水への銀溶出

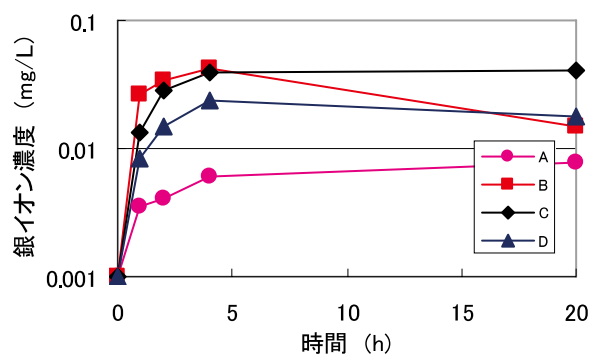


図9 抗菌剤タイプHCUから純水への銀溶出

行われたが、関連施設では抗菌剤粉体が流出することは施設の管理上望ましくない。また、定期的に水換えが行われることから、抗菌剤は一定の場所に止まり繰り返し利用することが望ましい。そこで、抗菌剤からの溶出成分のみを水中に循環させるため、抗菌剤を透水性包材を通して循環水に接触させる既報⁵⁾の方法により評価した。タイプC粉体0.5gを透水性の異なる4種類の包材(A,B,C:不織布-PE系、D:不織布-PET系)袋にヒートシールにより封入し、純水中に懸吊・接触させたときの銀濃度の変化を図9に示す。抗菌剤粒子からの銀溶出は、純水との接触直後は比較的速やかに起こったが、やがてどの包材の場合も銀濃度の増加が停止した。包材の種類により20h後の銀濃度は0.006~0.04mg/Lであった。銀濃度は各包材の違いを反映したものであるが、同じ条件の懸濁液の銀濃度である約5mg/Lの1/100に過ぎず、いずれの包材も溶出銀の透過を阻害していることが考えられる。

(2)粘土複合材料の造粒による効果

前記のように包材が溶出銀の透過を阻害したと考えられたため、溶出銀の透過を早める一方法として、

水透過が早い不織布と抗菌剤粉体の造粒の組合せを試みた。すなわち抗菌剤タイプCにシリカ及びセメントを加えて造粒した試料を、透水速度が早い包材(不織布PE系:E)に封入し、純水接触後の銀濃度を測定した。造粒体中の抗菌剤量が1,000mg/Lになるように包材袋に封入し、比較のため抗菌剤粉体を同様に封入して求めた水中の銀濃度変化を併せて図10に示す。粉体、造粒体ともに接触開始から1日後の銀濃度は低いが、粉体では2~3日後に銀濃度が2.7mg/Lに達したのに比べ、造粒体は3日後に0.7mg/Lと初期の立ち上がりが遅いものの、10日後の換水直前にはそれぞれ3.7、2.2mg/Lに達した。一方、換水後は造粒体の銀溶出が早くなり、換水10日後に造粒体からの溶出銀が6.2mg/Lに達したのに比べ、粉体からの溶出銀は0.3mg/Lに止まった。このように抗菌剤粉体を造粒し、透水速度が早い不織布包材に封入することにより、換水を行う関連施設の循環水に適用することができると考えられる。

(3)塩素イオン及び次亜塩素酸イオンの影響

図10には前項の実験結果と併せ、塩素イオン100mg/Lまたは次亜塩素酸ナトリウム50 μ g/Lを共存させたときの、前記抗菌剤粉体または造粒体からの溶出銀濃度の変化を示した。塩素イオンが共存すると、粉体及び造粒品からの溶出する銀濃度は換水と関係なく0.1mg/Lに満たなかった。一方、次亜塩素酸ナトリウムが50 μ g/L共存するときの溶出銀濃度は、換水前は粉体が1.2mg/L、造粒体が1.7mg/Lであったが、換水後は粉体0.35mg/L、造粒体4.9mg/Lと、純水接触のときと同様の傾向を示し、次亜塩素酸ナトリウムの影響は小さいことが分かった。

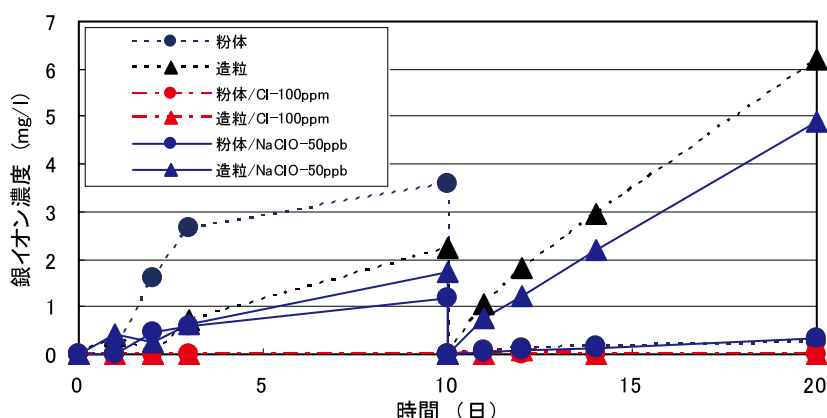


図10 塩素イオン、次亜塩素酸イオン共存時における水中の銀濃度の変化(造粒の効果)

3-3 実際の温泉水におけるレジオネラ属菌抑制

(1) 温泉水における供試抗菌剤の抗菌活性

実験に用いた各種温泉水の水質を表1に示す。各種温泉水のうち炭酸水素塩泉、塩化物泉には10,000～15,000mg/Lの塩素イオンを含む。これらの温泉水等に懸濁させたレジオネラ属菌に対する4種類の抗菌剤及び市販抗菌剤の最小殺菌濃度(MBC)を表2に示す。抗菌剤のタイプC(カフェイン銀錯体導入)、タイプH(ヒノキチオール銅錯体導入)は、水道水中の抗菌活性はいずれも6.25mg/Lであったが、塩化物泉ではそれぞれ6.25mg/L、12.5mg/L、炭酸水素泉では3.12mg/L、25mg/L、アルカリ泉で6.25mg/L、>25mg/Lなど、いずれもタイプCが優れていた。銀イオンのみを溶出する市販抗菌剤のMBCは、水道水においては粘土鉱物系抗菌剤との差は僅かであったが、炭酸水素塩泉で100mg/L、塩化物泉で25mg/Lと、効果が著しく減退することが分かった。以上の結果から、その後の実験はタイプCを主に用いて実施した。

(2) 換水を伴う長期に亘るレジオネラ属菌抑制

40℃に加熱し次亜塩素酸濃度を0.2～1.0mg/Lに維持して温泉水等5種(炭酸水素塩泉、塩化物泉、単純アルカリ泉、井水及び水道水)各12Lに対して、抗菌剤タイプCを透水性包材に封入して適用したところ、包材の表面に有色の不溶物が沈積し、温泉水中の銀イオン濃度を測定しても検出限界以下になるなど、包材の閉塞が懸念された。そこで、抗菌剤からの溶出成分の透過が阻害されないように、抗菌剤にシリカ、セメント等を加えて造粒し、これを目開

きが大きな不織布の袋に入れて以後の実験に用いた。抗菌剤3gを含む造粒体を、上記と同条件で各種温泉水に接触させたときのレジオネラ属菌抑制効果を図11に示す。いずれの温泉水も7日ごとに全量を換水して抗菌剤からの溶出成分を一旦排除し、抗菌剤を新たな温泉水と接触させているが、抗菌剤との接触0～13日後にはレジオネラ属菌が検出されなくなった。試験は1カ月間以上に亘り実施されたが、抗菌剤によるレジオネラ属菌の抑制はその後も継続することを40日目まで確認した。このように、タイプCの造粒体を実際の温泉水に接触させることにより、長期のレジオネラ属菌抑制が可能となることが明らかとなった。

4. まとめ

温泉水など実際の循環水等において、レジオネラ属菌を長期に抑制することを目的として、粘土鉱物系抗菌剤の適用効果について検討し以下の知見が得られた。

(1) 粘土鉱物系抗菌剤のうちカフェイン銀錯体、ヒノキチオール銅錯体を導入した試料は、供試料中、レジオネラ属菌に対する抗菌活性が優れていたが、特に前者は実験に用いた温泉水等すべてにおいて優れており、最小殺菌濃度は炭酸水素塩泉：3.12mg/L、塩化物泉：6.25mg/Lであった。

(2) 硝酸銀水溶液中の銀イオンは塩素イオンが存在すると、10mg/Lから0.01～0.1mg/Lまで減少したが、同条件でカフェイン銀錯体水溶液の銀濃度は0.1～1mg/Lと1桁安定であった。

表1 各種温泉水の成分

試料名	炭酸水素塩泉	塩化物泉	アルカリ泉	単純酸性泉	井水	水道水
pH ^a (20℃)	8.6	7.4	8.3	2.2	7.9	7.8
TOC ^b (mg/L)	1.9	5.3	1.5	1.4	6.3	0.5
アンモニア態窒素 ^c (mg)	2.4	5.4	0.0	13.0	0.03	<0.01
ヨウ化物イオン(mg/L)	3.7	1.1	0.1	0.3	NT ^e	NT
臭化物イオン(mg/L)	4.0	4.9	<0.1	<0.1	NT	NT

^aガラス電極法、^b全有機炭素計測定法、^cインドフェノール法、^d未鉱泉分析法、^e未試験(not teste)

表2 各種温泉水中のレジオネラ属菌^aに対する抗菌活性^b

試料名	有効成分	炭酸水素塩泉	塩化物泉	アルカリ泉	井水	水道水
抗菌剤(タイプC)	カフェイン銀	3.12	6.25	6.25	6.25	6.25
抗菌剤(タイプI)	イミダゾール銀	12.5	12.5	6.25	NT ^c	12.5
抗菌剤(タイプHCU)	ヒノキチオール銅	25	12.5	>25	NT	6.25
抗菌剤(タイプCU)	カフェイン銅	100	200	>25	NT	25
市販抗菌剤	銀	100	25	>25	NT	12.5

^aLegionella pneumophila ATCC 33152、^b最小殺菌濃度(MBC)、LA：Laboratory Accident、^c未試験(not tested)

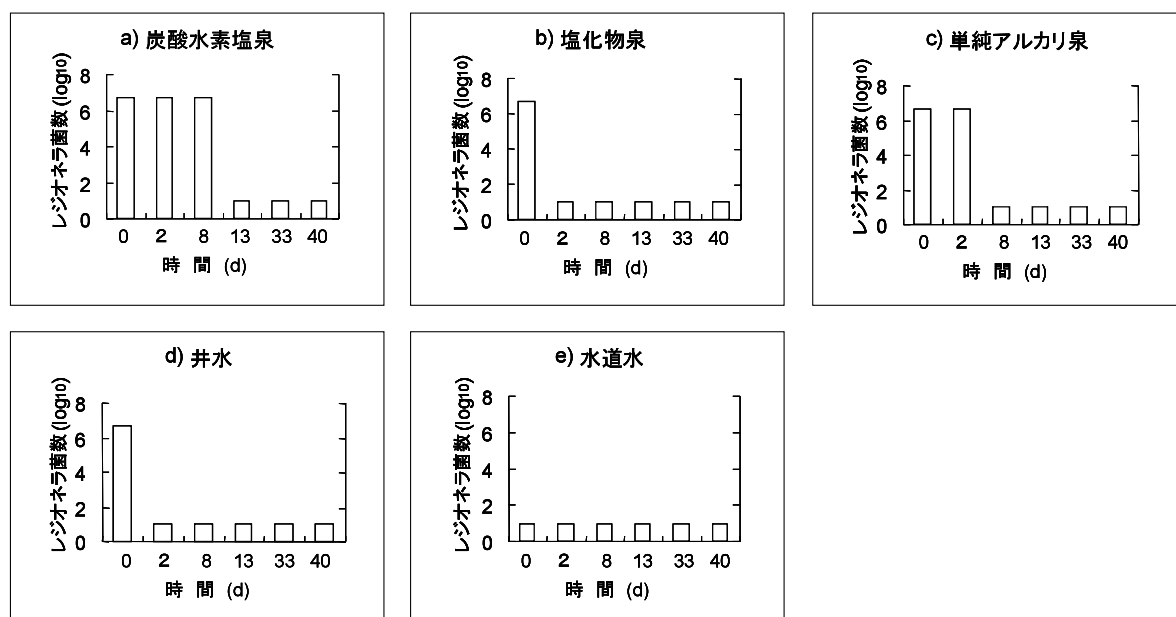


図11 抗菌剤（タイプC）による各種温泉水におけるレジオネラ属菌抑制

(3) 抗菌剤粉末を透水性不織布包材に封入すると、水中への初期の銀溶出は速やかであるが、換水後は極端に低下した。一方、抗菌剤の造粒体を透水性の早い包材に封入すると、換水後の銀溶出を安定化することができた。

(4) 造粒したカフェイン銀錯体／粘土複合試料を、1週間毎に換水する条件で5種類の温泉水等に接触させたところ、すべての温泉水等において、接触から13日目までにレジオネラ属菌を検出下限以下まで抑制することができた。この効果はその後も30日以上持続した。

謝 辞

本研究は（独）科学技術振興機構の平成23年度研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディ【FS】「安全性と快適性を兼ね備えた温泉水等の衛生保持技術の開発」の一部として行われたことを記し、深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 厚生労働省健康局生活衛生課、「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアルについて」（健衛発第95号）、2001年9月11日
- 2) 阿部久雄、田栗利紹、大橋文彦、陶磁器製品用抗菌剤の製造方法、特許第3579636
- 3) 阿部久雄、木須一正、田栗利紹、他3名、生理活性機能をもつ粘土鉱物系複合材料の製造方法、特許第4759662
- 4) 阿部久雄、田栗利紹、松尾和敏、他4名、粘土鉱物系抗微生物材料、特開2009-242337
- 5) 阿部久雄、木須一正、増元秀子、田栗利紹、「抗菌・防カビ機能をもつ粘土鉱物系複合材料の作製と循環水におけるレジオネラ属菌抑制」、平成22年度長崎県窯業技術センター研究報告、23-27、2011

—行政要望課題—

廃石膏のリサイクル技術と適正処理技術の開発

環境・機能材料科 永石雅基

要 約

県内陶磁器産業から排出される廃石膏型のリサイクル促進を目的に、廃石膏型の品質管理方法の検討と廃石膏型のセメント原料へのリサイクル実証試験を行った。地元の産業廃棄物収集・中間処理企業との共同研究の結果、廃石膏型への異物混入防止のための品質管理手法が構築できた。また、廃石膏型を原料としたセメント生産の実証試験と品質評価の結果では、試作したセメントが市販品としての品質基準を満たすことが確認できた。これらの取組により、陶磁器用廃石膏型をセメント原料にリサイクルするビジネスモデルが構築できた。

キーワード：廃石膏、リサイクル、セメント原料、実証試験

1. はじめに

県内陶磁器産業の大きな問題となっている石膏型は、陶磁器の製造工程で素地を成形する際に使用されるが、80回程使用すると表面が荒れて、きれいな成形品ができなくなるため、年間数百トンが廃棄されるが有効な処理方法が確立できていないため、各事業所の外に野積みされている状態である。

この廃石膏型はリサイクルが難しく、ほとんどが安定型の産廃処分場などに埋められている。しかしながら、埋められた廃石膏型に有機物が付着し、酸素が少ない状態となった場合に、嫌気性菌の作用で石膏から有毒な硫化水素ガスが発生することがあり、大きな社会問題となることがある。そこで、廃石膏型の有効利用について、セメントの原料に使用できないか検討することにした。

セメントは、石灰石、珪石、粘土、酸化鉄などの原料を高温で焼き固めた小石ほどの粒子（クリンカー）に、仕上工程で3～5%の石膏を凝結調整材として添加して粉砕機で細かく粉にして製品となる。この仕上工程で用いる石膏に陶磁器用の廃石膏型が使用できれば、先述の問題点を改善し、廃石膏型を有効に活用できるようになる。以上の観点から、本研究では廃石膏型をセメント原料として利用が可能なかを実際のセメント生産工程にて検討した。

2. 実験方法

県内の陶磁器関連企業の各事業所から排出される廃石膏型のリサイクルシステムを図1に示す。

まず、各事業所から廃石膏型を回収し、ストックヤードで外観や異物の有無を目視にて検査するとともに、手作業で廃石膏型を破砕し、内部にポリプロピレンバンドや針金等の補強材が入っていないかを確認する抜き取り検査を行った。

受け入れ検査で合格した廃石膏型はクラッシャーで粉砕した後、10mmと30mmの網が施されたトロンメル分級機で10～30mmとなるよう分級した。作製した石膏製品は、異物が混入していないか目視で検査を行った後、ストックヤードに保留した。

そして、30トン程度の量が確保できた後に北九州市のセメントメーカーへ運搬した。セメントメーカーでは、石膏製品の目視の受入検査を行い、メーカー保有設備でセメント生産の実証試験を検討し、セメント用石膏としての成分確認やセメントとしての種々の品質を確認した。

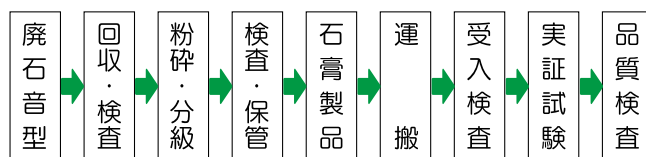


図1 廃石膏型リサイクルのフロー

3. 結果

陶磁器用石膏は石膏ボードなどに用いる石膏に比べ品質が良いためセメントの原料に活用できると考えたが、セメントの最終の仕上工程で添加するため、異物が混入しないように適正に管理する必要があった。そこで、地元の産業廃棄物収集・中間処理企業と数ヶ月間の共同研究を行い、図2の廃石膏型の粉碎・分級工程における異物の種類や混入経路を分析し、異物混入防止のための廃石膏型の品質管理手法を構築した。また、セメント生産の実証試験と品質評価を回収した約1000トンの廃石膏型から作製した約500トンの石膏製品を用いて北九州市のセメント工場で行った。その結果、石膏製品の成分として確認項目である酸化硫黄(SO₃)分は46%以上(受入基準40%以上)であり、有機物含有量(TOC)は0.01%以下(受入基準0.07%以上)であり良好であった。また、セメントとしての品質試験結果を表1に示すが、詩作した今回のセメントは凝結時間と強

度が従来生産しているセメントに比べ遜色なく、品質が基準の許容範囲であることが確認できた。

4. まとめ

以上の取組により、陶磁器用廃石膏型をセメント用の凝結調整材にリサイクルできる廃石膏型の中間処理システム(回収・検査・粉碎・分級・検査管理)による石膏製品の生産とセメント製造への利用による廃石膏型の有効活用するビジネスモデルが構築できた。このビジネスモデルの継続的推進を図ることにより、今後の産地から排出される廃石膏型の削減に多大に寄与することができる。

5. 謝辞

なお、本研究は産業廃棄物税収活用事業の一環として実施したものであり、関係各位に深く感謝いたします。

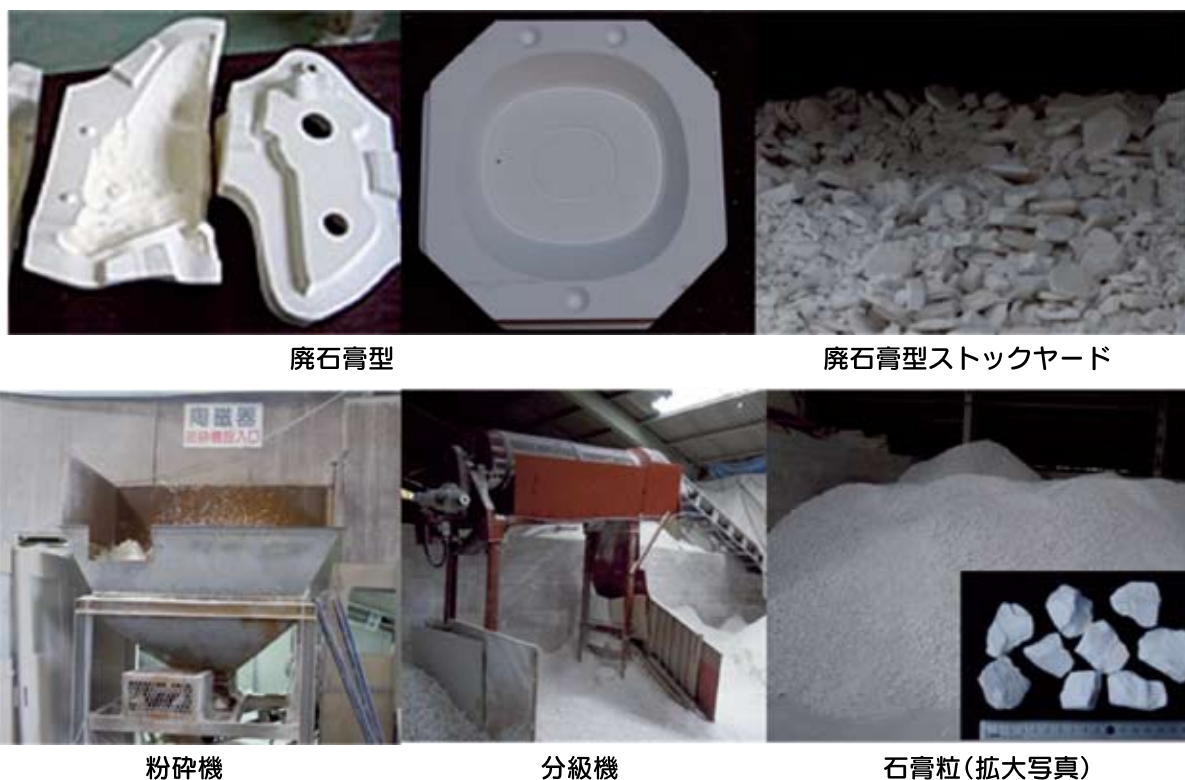


図2 廃石膏型の粉碎・分級

表 1 試作セメントの品質評価結果(セメントメーカーにおける測定)

		比表面積※1 (cm ² /g)	凝結試験※2					モルタル試験			
			水量	5分後	10分後	始発	終結	曲げ強さ (N/mm ²)		圧縮強さ (N/mm ²)	
								3日	7日	3日	7日
廃石膏試験1※3		3160	25.40%	31mm	29mm	1時間 45分	3時間 4分	6.0	7.9	27.7	44.3
廃石膏試験2※4		3150	25.80%	32mm	31mm	1時間 53分	3時間 22分	6.1	7.7	27.7	44.7
従来品		3130	25.40%	33mm	32mm	1時間 47分	2時間 55分	5.8	8.0	27.1	44.0
判 定	廃石膏試験1※3			良	良	良	良			良	良
	廃石膏試験2※4			良	良	良	良			良	良
許容範囲		3150		<15	<15	±20分	±30分			±2.5	±3.0

※1:ブレン空気透過法による測定結果

※2:ビカー針法による凝結測定結果

※3:廃石膏 100%使用

※4:廃石膏 30%、脱硫石膏 60%、リン酸石膏 10%の配合

ー可能性試験ー

低炭素社会に対応した新規な耐熱磁器開発のための可能性試験

陶磁器科 秋月俊彦

要 約

低炭素社会に対応するため、コーディエライト質耐熱磁器の低温焼成の可能性について検討を行った。その結果、素地は1200℃以上で吸水性のない磁器となり、熱膨張率は焼成温度の上昇と共に小さくなる傾向を示した。また、釉薬の熱膨張率も素地と同様の傾向であった。さらに、試験坯土の量産化試験を製土企業で行ない、その試験坯土による試作品（施釉）は、1200℃焼成においては亀裂が認められたが、1250℃以上の焼成では亀裂の発生は認められず、吸水性のない耐熱磁器を得られることが確認された。また、耐熱衝撃性も急冷温度差（ ΔT ）280℃以上あることが確認され、これまでより50℃低い1250℃で、特性として問題のない耐熱磁器を得ることができた。

キーワード：コーディエライト質、耐熱磁器、低温焼成、耐熱衝撃性

1. はじめに

国内における電子レンジの普及率は95%を越え、オーブンや過熱水蒸気などの機能が付加されたものも多数販売されている。それに伴い、使用する陶磁器製の食器も、より高温からの急冷に耐える耐熱磁器製品が市場から求められている。当センターでは平成21年度から平成22年度の2年間で、これまで報告されている文献¹⁾をもとに、普通磁器と同じ1300℃還元焼成で得られるコーディエライト（ $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ）質の耐熱磁器製品を開発した²⁾。本研究では、試験坯土の量産化試験を製土企業で行うと共に、今後の低炭素社会に対応するため、どこまで焼成温度を下げ、耐熱磁器が製造できるのか、その可能性について検討した。

し込み、試験体（10mm×70mm×4mm）を作製した。試験体は乾燥後、電気炉により1150℃、1200℃、1250℃、1300℃で酸化焼成した。焼成後の試験体を用いて、吸水率と熱機械分析装置（リガク製 TMA8310）により熱膨張率を測定した。また、X線回折装置（Philips製MPD1800）を用いて、試験体の鉱物相を同定した。

表1 素地の原料配合

(mass%)

焼タルク	37.0
アルミナ(A-13)	16.9
ペタライト(#200)	9.1
益田長石(特級)	9.5
蛙目粘土	27.5

2. 実験方法

2.1 素地の作製

今回検討した耐熱素地の原料配合を表1に示す。表1の配合割合で原料を秤量の後、水を加え、ポットミルで湿式粉碎を行った。その後、ポットミルから泥漿を取り出し、脱水処理を行い試験坯土とした。この試験坯土に水と珪酸ソーダを加えて泥漿粘度1000mPa・s以下に調整を行った後、石膏型に流

2.2 釉薬の作製

今回用いた釉薬の原料配合を表2に示す。表2の配合割合で原料を秤量の後、水を加え、ポットミルで湿式粉碎を行った。その後、ポットミルから釉薬泥漿を取り出し、必要量を脱水処理後、塊状にして乾燥した。乾燥後、電気炉により1200℃、1250℃、1300℃で酸化焼成を行ない、得られた塊状の

釉薬焼結体から試験片を切り出し、熱膨張を測定した。また、X線回折装置を用いて、試験体の鉱物相を同定した。

表2 釉薬の原料配合
(mass%)

珪石	42.5
益田長石(特級)	9.5
アルミナ(A-13)	6.7
焼タルク	6.1
ドロマイト	5.2
ベタライト(#200)	30.0

2. 3 量産化試験

素地については、製土企業において表1の原料配合割合で、ボールミルにより湿式粉碎し、試験坯土150kgを作製した。その試験坯土を用いて、圧力鑄込みにより、試作用の皿を成形した。成形体を乾燥の後、900℃で素焼きを行い、釉薬を施し、電気炉により1200℃、1250℃、1300℃で酸化焼成を行った。得られた焼結体について、目視による釉薬の状態や亀裂の有無を確認した。さらに、JIS-S2400に準拠した方法で熱衝撃試験を行った。

3. 結果及び考察

3. 1 素地の焼結体特性

焼成した試料の吸水率を図1に示す。焼成温度1150℃では吸水性が認められたが、1200℃以上で吸水性のない磁器質となることが確認された。また、1200℃以上で焼成した試料について測定した熱膨張曲線を図2に示す。焼成温度が高くなるに従い、熱膨張率は小さくなる傾向が認められた。また、試験体のX線回折結果は、図3に示すように、焼成温度が高くなるに従い、コーディエライトのピーク強度がやや増加する傾向を示した。これら図2と図3より、焼成温度が高くなる程、コーディエライトの生成量が増加することで、熱膨張率が小さくなったと考えられる。

3. 2 釉薬の特性

釉薬について焼成後試料の熱膨張曲線を図4に示す。釉薬の熱膨張も素地と同様、焼成温度が高くなるに従い、熱膨張率は小さくなる傾向を示した。

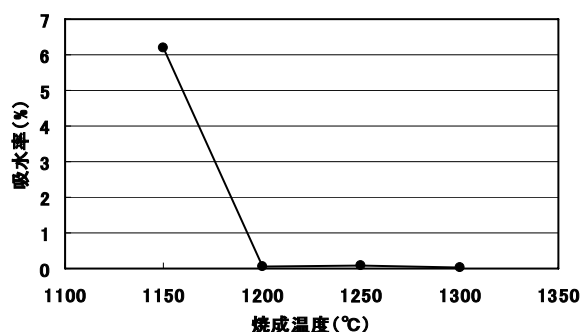


図1 素地の吸水率

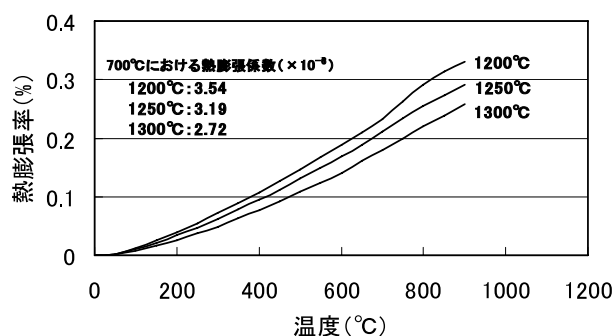


図2 素地の熱膨張曲線

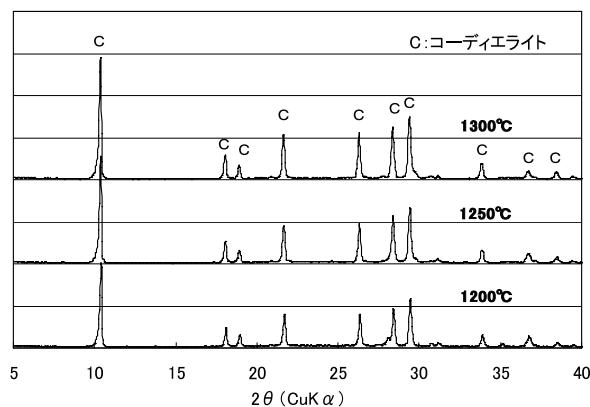


図3 素地の鉱物

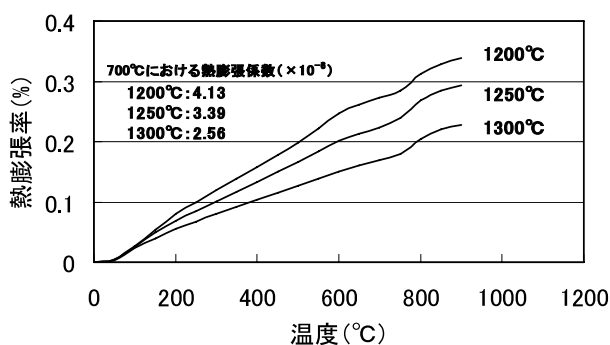


図4 釉薬の熱膨張曲線

3.3 量産化試験による試作品の評価

今回の試験坯土150kgから試作した皿の各温度で焼成後の表面状態を図5に示す。



図5 焼成温度による表面性状



図6 1200℃焼成品の高台部分の亀裂
(赤丸で示した箇所)

図5より、1200℃焼成品の表面は、光沢のないマット状態であるが、焼成温度が高くなるに従い釉薬が溶け、光沢のある表面となった。また、図6に示すように、1200℃焼成品に限り、高台の釉薬部分に微細な亀裂が数箇所認められた。その原因として、図2に示した700℃における、素地の熱膨張係数と、図4に示した釉薬の熱膨張係数を比較すると、1200℃焼成では、素地よりも釉薬の熱膨張係数が

かなり大きく、引っ張り応力により、釉薬層に貫入が発生したと考えられる。一方、1250℃と1300℃焼成品については、素地と釉薬の熱膨張係数の差が小さくなり、亀裂の発生には至らなかったものと考えられる。最後に、1200℃焼成品は焼成時に亀裂が発生したため、1250℃と1300℃焼成品について熱衝撃試験を行った。その結果、1250℃と1300℃焼成品のどちらも、280℃以上の温度差に耐えることが確認できた

4. まとめ

- (1) 当センターで開発した耐熱素地は、1200℃以上の酸化焼成で、吸水性のない磁器質となることが確認された。
 - (2) 耐熱磁器の素地と釉薬はどちらも、焼成温度が高くなるに従い、熱膨張率は小さくなることが明らかとなった。
 - (3) 試作品による焼成試験の結果、1250℃以上の焼成で、亀裂のない焼結体が得られることが確認された。
 - (4) 1250℃以上での焼成品は、280℃以上の耐熱衝撃性をもつことが明らかとなった。
- 以上、今回の結果から、開発したコーディエライト質の耐熱磁器は、これまでの1300℃焼成よりも50℃低い1250℃で、特性として問題がなく焼成可能であることが確認できた。

参考文献

- 1) 井上元之、特許第599661号公報
- 2) 秋月俊彦、梶原秀志、小林孝幸、山口英次、井上元之、「新規な耐熱素材の開発」、平成22年度長崎県窯業技術センター研究報告、7-10、2012.

低温焼成磁器(エコ磁器)に関する市場調査

陶磁器科 河野 将明

要 約

低温焼成磁器(エコ磁器)に関する市場調査をWebアンケート調査により日本在住の満20歳以上の男女1000人を対象に実施した。エコマーク認定商品の調査結果から、消費者が購入したエコマーク認定商品はトイレトペーパーやティッシュペーパーなど日用品が多かった。しかし、消費者が商品を購入する際に、エコマーク認定商品を意識して購入するという回答は約25%と少なく、エコマーク認定商品の存在も良くわからないという回答も約50%を占め、エコマーク認定商品に対する消費者の意識は大きく2極化していた。エコ磁器の調査について、消費者が陶磁器購入のポイントは、デザイン、価格、色であった。購入したい商品として、お椀・丼、皿、カップが上位を占めた。エコ商品は、従来品との差別化が明確にしなければ大半の消費者は従来品を選ぶ結果であったことから、従来品にはない付加価値が必要であることがわかった。

キーワード：エコマーク認定商品、低温焼成磁器、エコ磁器

1. はじめに

エコマーク認定商品の市場規模は、2001年4月に施行されたグリーン購入法により拡大傾向にある。このような市場ニーズに対応するため、当センターでは天草陶石を活用して環境に配慮した低温焼成陶土を開発し、これを1200℃で焼成し得られた陶磁器を低温焼成磁器(以下、エコ磁器)として商品開発を進めている。この磁器は、焼成工程においてガス使用量は約20%削減できることから1)、二酸化炭素削減効果がある。このような商品を店頭で展示したとき、商品からは環境に配慮して製造されたことは消費者にはほとんど伝わらない。そのため商品を購入する消費者が、環境に配慮した商品についてどのような意識を持っているのか知らなければ環境に配慮した優れた技術を有する製品であってもその市場は無いに等しい。そこで、エコマーク認定商品やエコ磁器について環境に配慮した商品の購買意識、動機などの実態を把握するためにWeb調査を実施した。

2. 調査方法

低温焼成磁器(以下、エコ磁器)に関する調査方法を表1に示す。

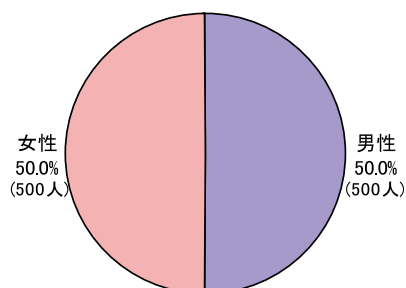
表1 調査概要および方法

1 調査地域	日本国内全域
2 調査対象者	満20歳以上の男女
3 標本数	1000人
4 調査方法	Web(インターネット)によるアンケート調査
5 調査実施期	平成24年3月7日~3月12日

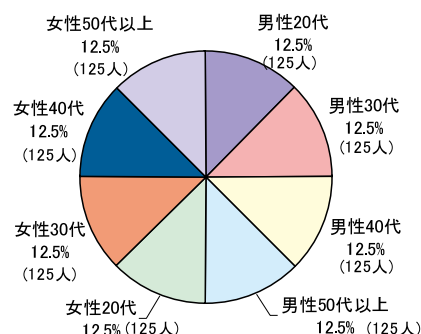
3. 結果

3.1 回答者属性 回答者の属性は、次の1)～7)に示した。

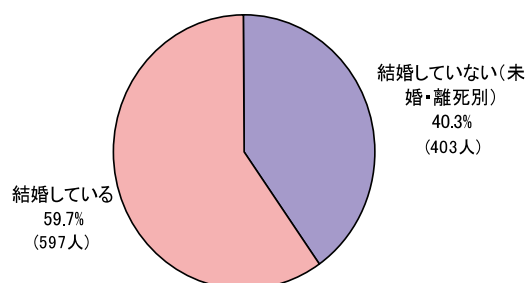
1) 性別 (N=1000)



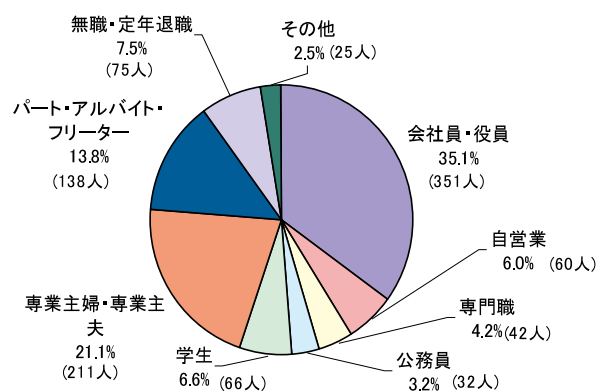
2) 性別・年代



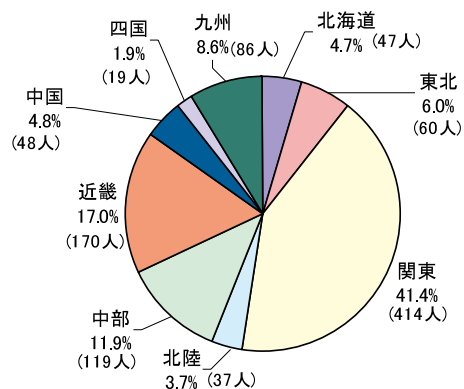
3) 結婚の有無 (未既婚別)



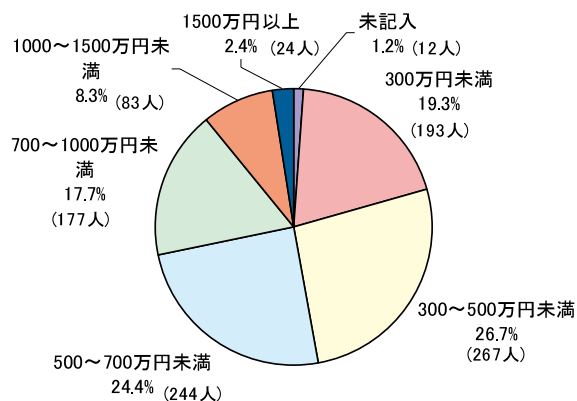
4) 職業



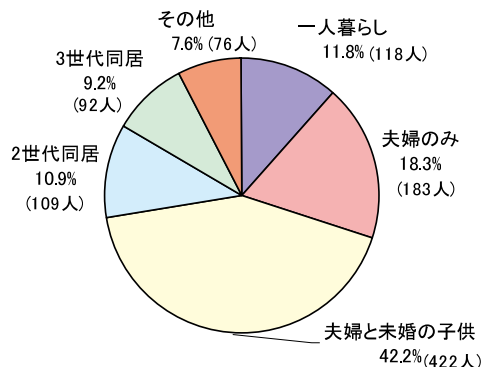
5) 地域



6) 世帯年収



7) 家族形態



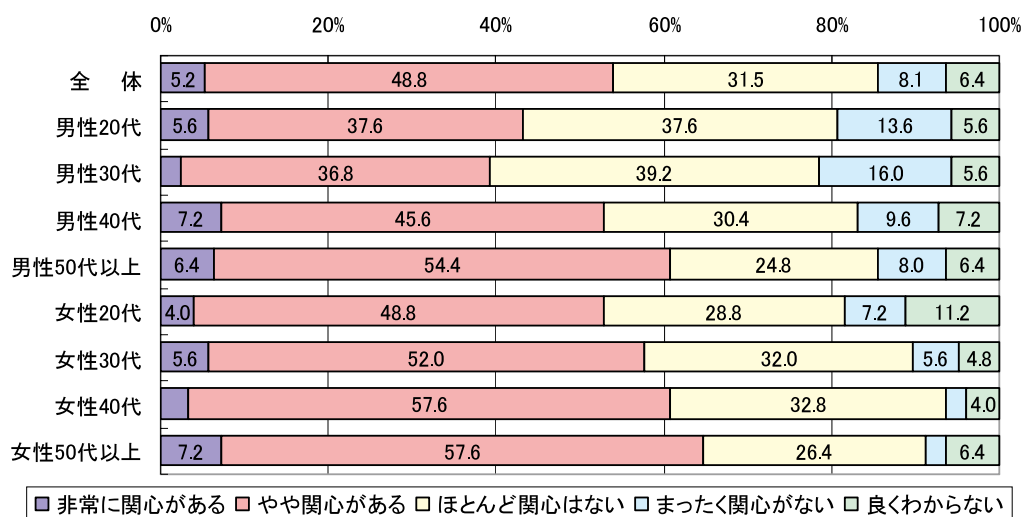
3.2 設問ごとの個別結果

Q1～9までは、「エコマーク認定商品」の認知度について質問したものである。質問内容とその個別結果について示す。

Q1. あなたは「エコマーク認定商品」について、関心がありますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、『関心がある(「非常に関心がある」+「やや関心がある」)』は54.0%、『関心がない(「ほとんど関心はない」+「まったく関心がない」)』は39.6%、「良くわからない」は6.4%となっている。

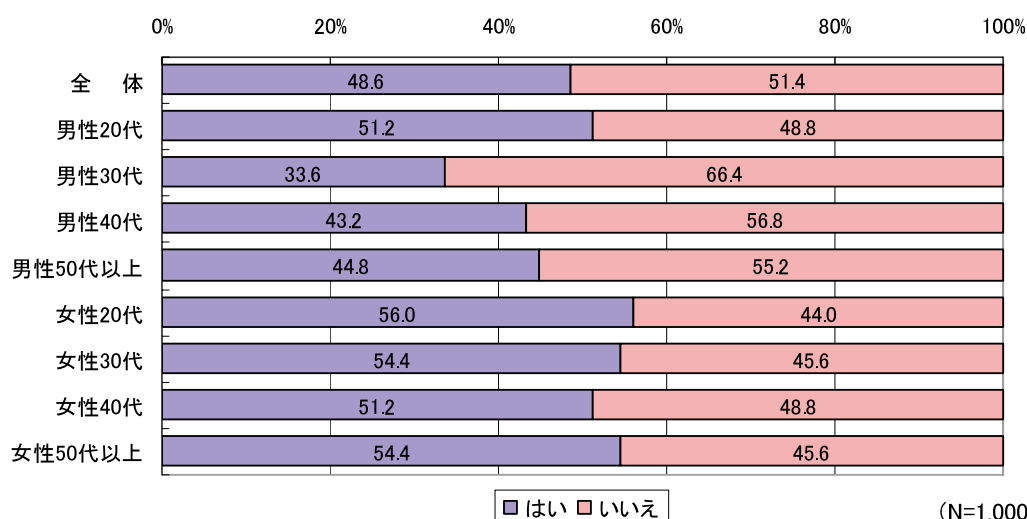


(N=1,000)

Q2. あなたは「エコマーク認定商品」をご存知ですか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、知っているが48.6%、知らないが51.4%となっている。



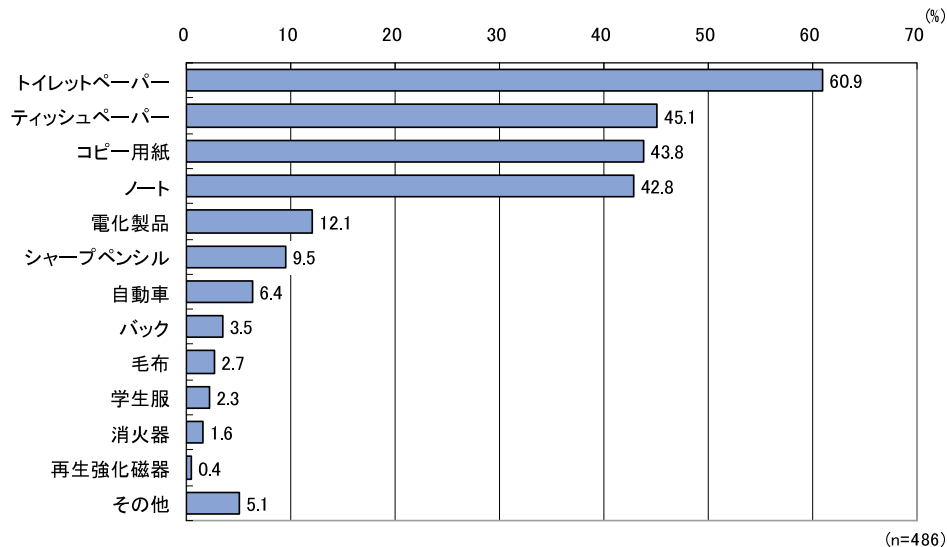
(N=1,000)

■Q3～Q9は、Q2で「エコマーク認定商品」をご存知とお答えの方にお伺いします。

Q3.「エコマーク認定商品」のうちどのような商品をご存じですか。ご存じの商品とその知った理由を最大5つまで
 選び回答欄に番号をご記入ください。Q3. また、その他を選択された際は具体的にご記入ください。(複数回答)

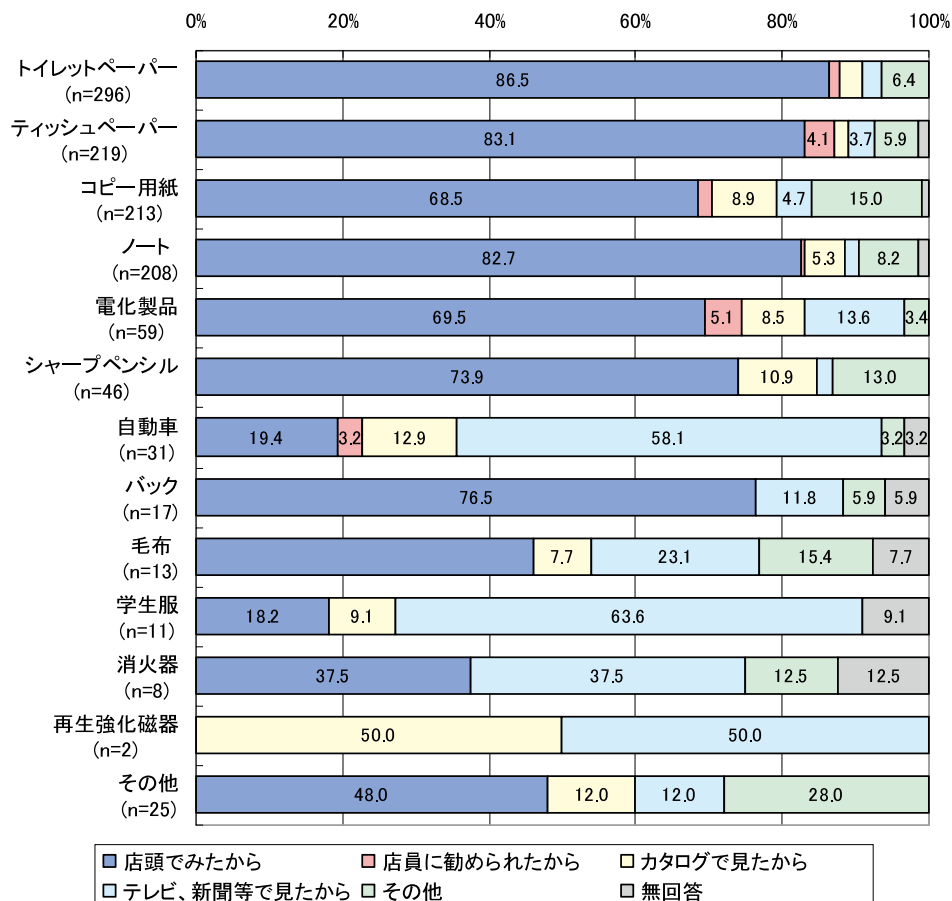
【調査結果】

エコマーク認定商品の認知度については、「トイレトペーパー」が最も高く60.9%で、次いで、「ティッシュペーパー」(45.1%)、「コピー用紙」(43.8%)、「ノート」(42.8%)と、上位4つが他の商品を大きく上回る結果となっている。



【商品を知った理由 調査結果】

認知度が高い上位4つの商品の情報源としては、「店頭でみたから」が最も高く、7～9割となっている。

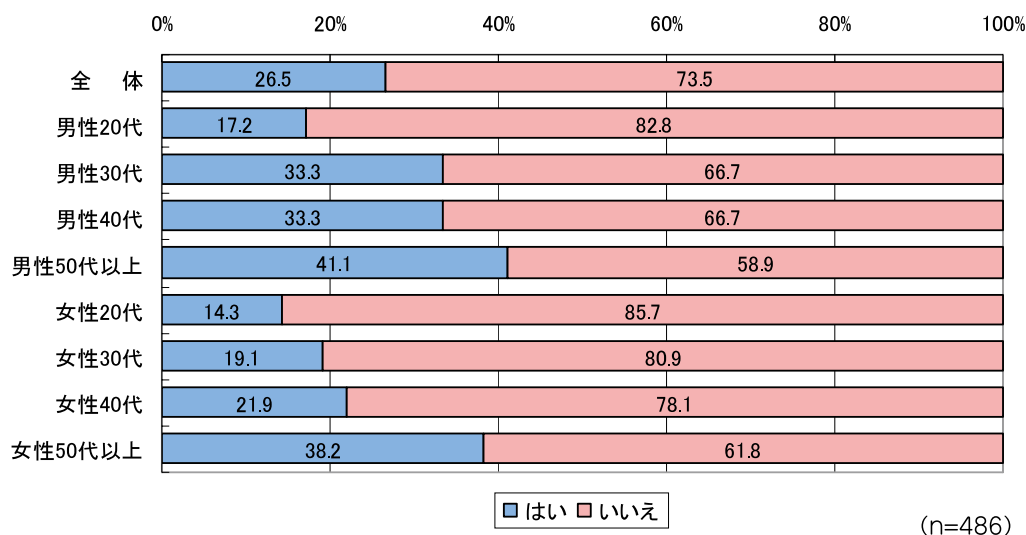


■Q3～Q9は、Q2で「エコマーク認定商品」をご存知とお答えの方にお伺いします。

Q4. あなたは日頃、商品を購入する際に、その商品が「エコマーク認定商品」であるかどうかを確認したことがありますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、確認したことがあるが26.5%、したことがないが73.5%となっている。

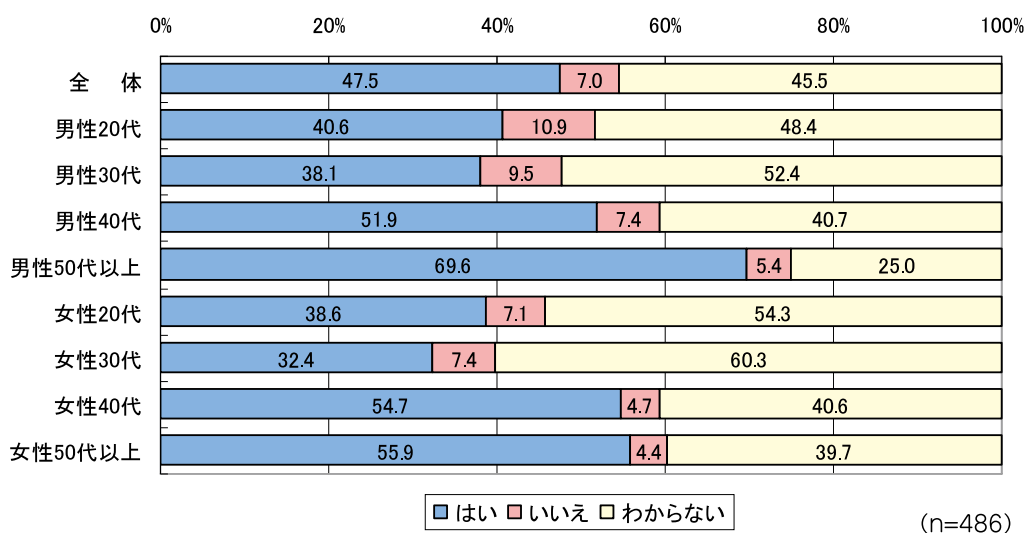


■Q3～Q9は、Q2で「エコマーク認定商品」をご存知とお答えの方にお伺いします。

Q5. あなたは「エコマーク認定商品」をお持ちですか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、エコマーク認定商品を持っている割合は47.5%で、持っていないまたはわからないと回答した割合をあわせると52.5%となっている。

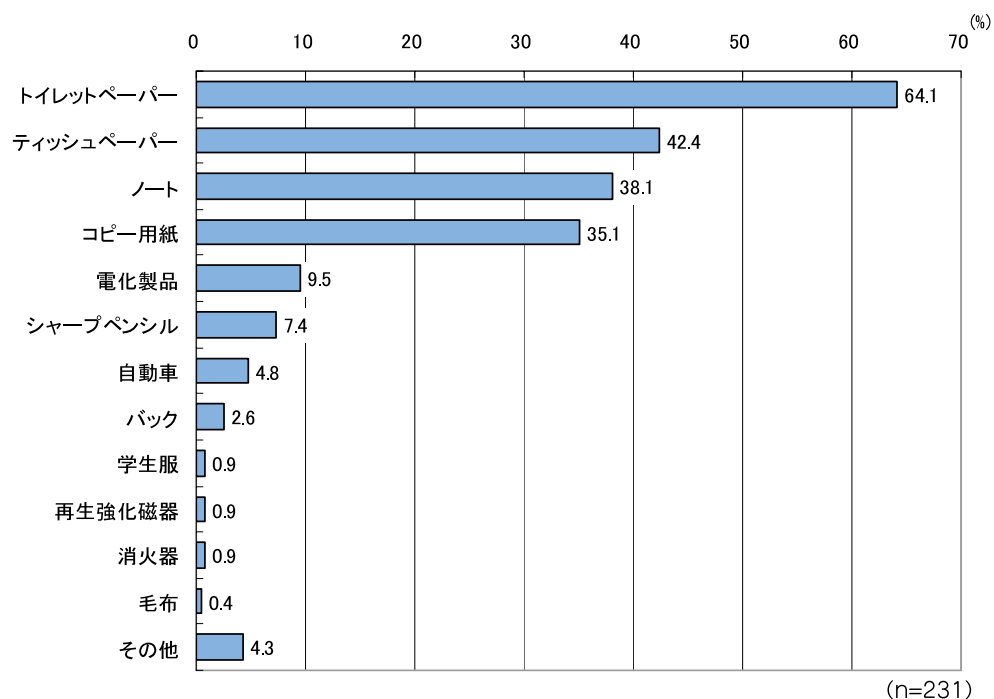


■Q6～Q9は、Q5で「エコマーク認定商品」をお持ちとお答えの方にお伺いします。

Q6. どのような商品をお持ちですか。また、お持ちの商品及び購入場所、購入（使用開始）時期についてお伺いします。(複数回答)

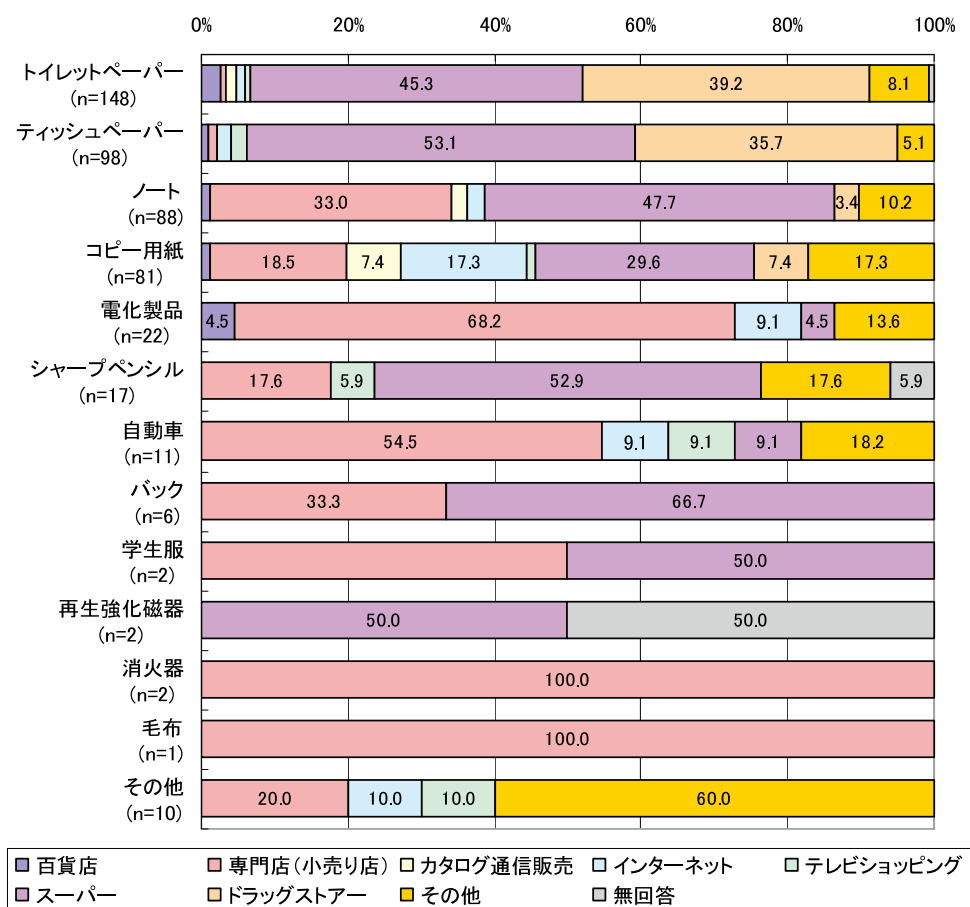
【調査結果】

全体の結果として、エコマーク認定商品の所持については、「トイレトペーパー」が最も高く64.1%で、次いで、「ティシュペーパー」(42.4%)、「ノート」(38.1%)、「コピー用紙」(35.1%)と、上位4つが他の商品を大きく上回る結果となっている。



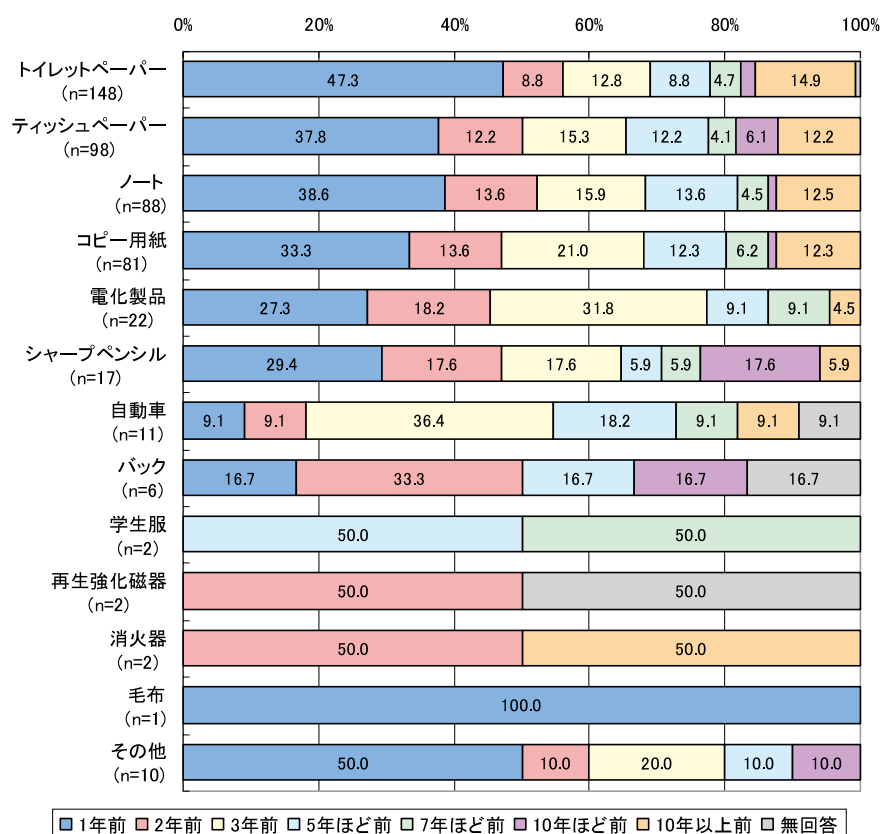
【購入場所・方法 調査結果】

「トイレtpーパー」、「ティッシュペーパー」の購入場所としては、「スーパー」、「ドラッグストア」が約9割を占めています。



【購入時期 調査結果】

上位4つの商品の購入（使用開始）時期としては、「1年前」が最も高くなっている。

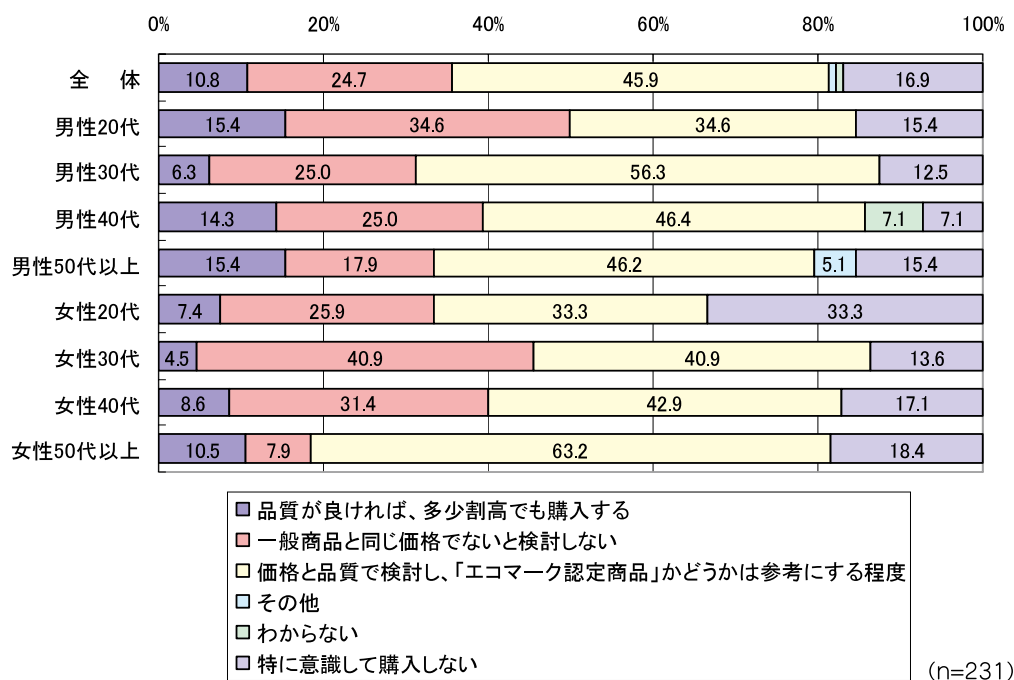


■Q6～Q9は、Q5で「エコマーク認定商品」をお持ちとお答えの方にお伺いします。

Q7. 「エコマーク認定商品」を購入する際についてお伺いします。（単一回答）

【調査結果】

全体の結果として、エコマーク認定商品を購入する際の基準については、「価格と品質で検討し、「エコマーク認定商品」かどうかは参考にする程度」が最も高く45.9%で、次いで、「一般商品と同じ価格でないと検討しない」（24.7%）、「特に意識して購入しない」（16.9%）となっている。

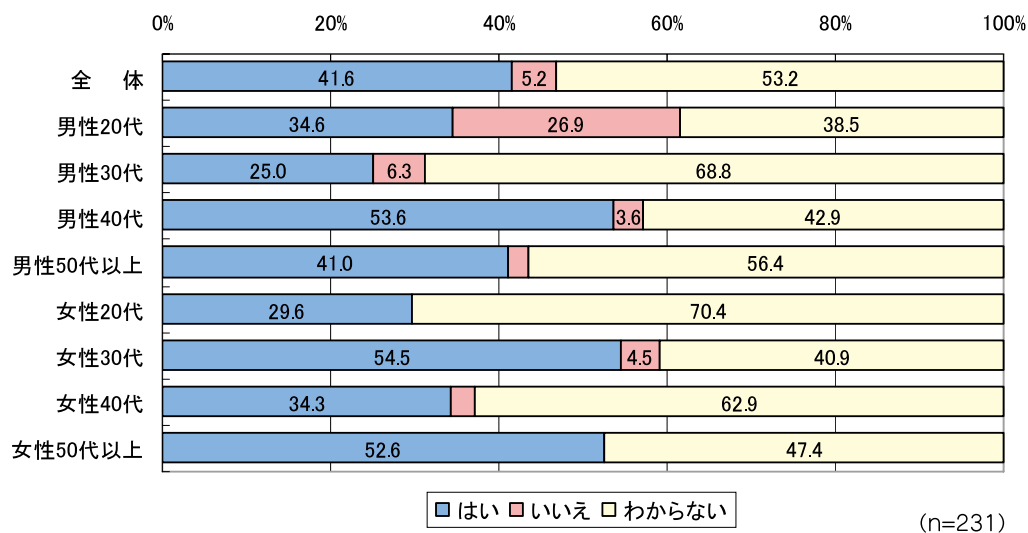


■Q6～Q9は、Q5で「エコマーク認定商品」をお持ちとお答えの方にお伺いします。

Q8. 「エコマーク認定商品」を、今後、積極的に購入したいと思いますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、エコマーク認定商品の積極的な購入については、わからないと回答した方が最も高く53.2%で、次いで、積極的に購入するが41.6%、積極的に購入しないが5.2%となっている。



■Q6～Q9は、Q5で「エコマーク認定商品」をお持ちとお答えの方にお伺いします。

Q9. 「エコマーク認定商品」を、今後、積極的に購入したいと思う商品をご記入ください。(自由記述)

【調査結果】

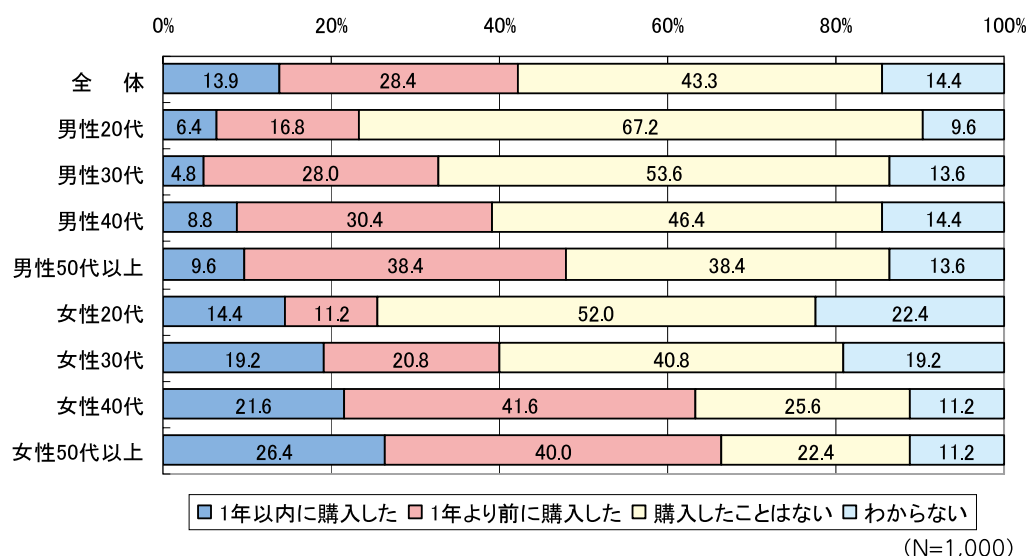
項目	人数
トイレtpーパー	26 人
ティッシュ	19 人
紙類全般	8 人
すべての製品	7 人
ノート	6 人
消耗品・日用品	6 人
電化製品	6 人
コピー用紙	5 人
衣料品	3 人
文房具	2 人
再生プラスチック製品	2 人
食器類	1 人
家具	1 人
食品	1 人
使い捨てのもの	1 人

Q10～Q12は、陶磁器の購入実績についての設問である。

Q10. あなたは陶磁器を購入したことがありますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、陶磁器の購入については、「購入したことはない」が最も高く43.3%で、次いで、「1年より前に購入した」が28.4%、「1年以内に購入した」が13.9%となっている。



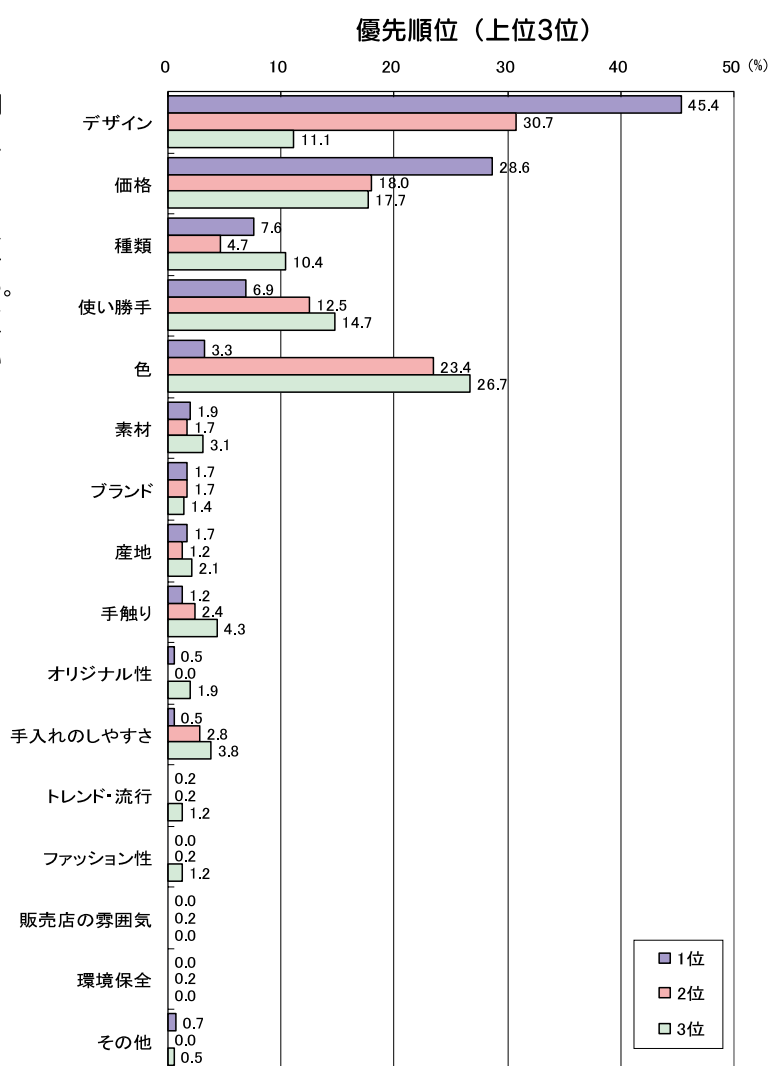
■Q11は、Q10で陶磁器を購入したことがあるとお答えの方にお伺いします。

Q11. 陶磁器を購入する際の重視点についてお伺いします。優先順位に当てはまる重視点をお答えください。(順位回答)

【調査結果】

全体の結果として、優先順位の上位に挙がる項目は「価格」、「デザイン」、「色」等となっている。

一方、優先順位の低い項目は「環境保全」、「販売店の雰囲気」、「トレンド・流行」等となっている。

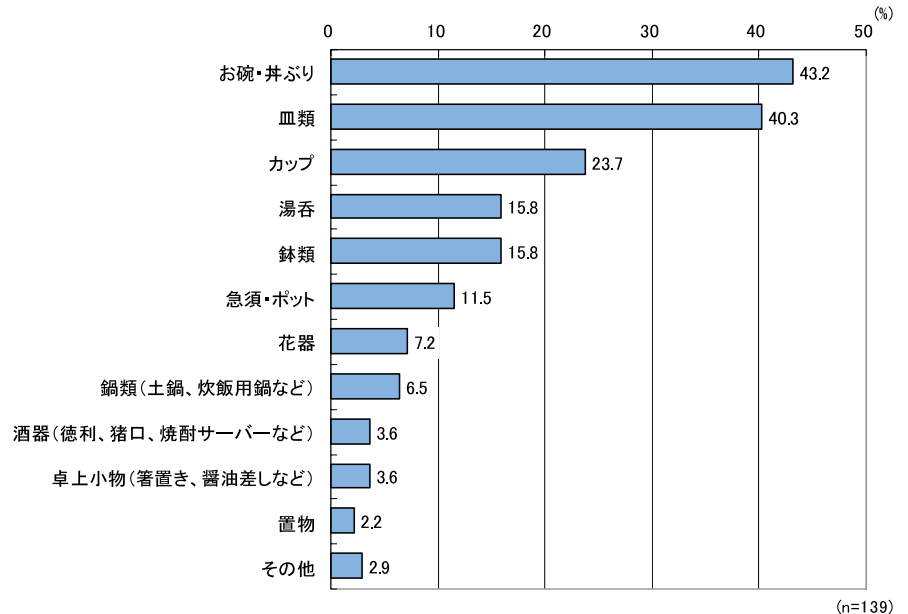


■Q12は、Q10で1年以内に陶磁器を購入したとお答えの方にお伺いします。

Q12. どのような商品を購入されましたか。また、購入された場所はどちらでしょうか。商品及び購入場所（方法）を5つまでお選びください。また、具体的な商品名及び購入場所（方法）もご記入ください。（複数回答）

【調査結果】

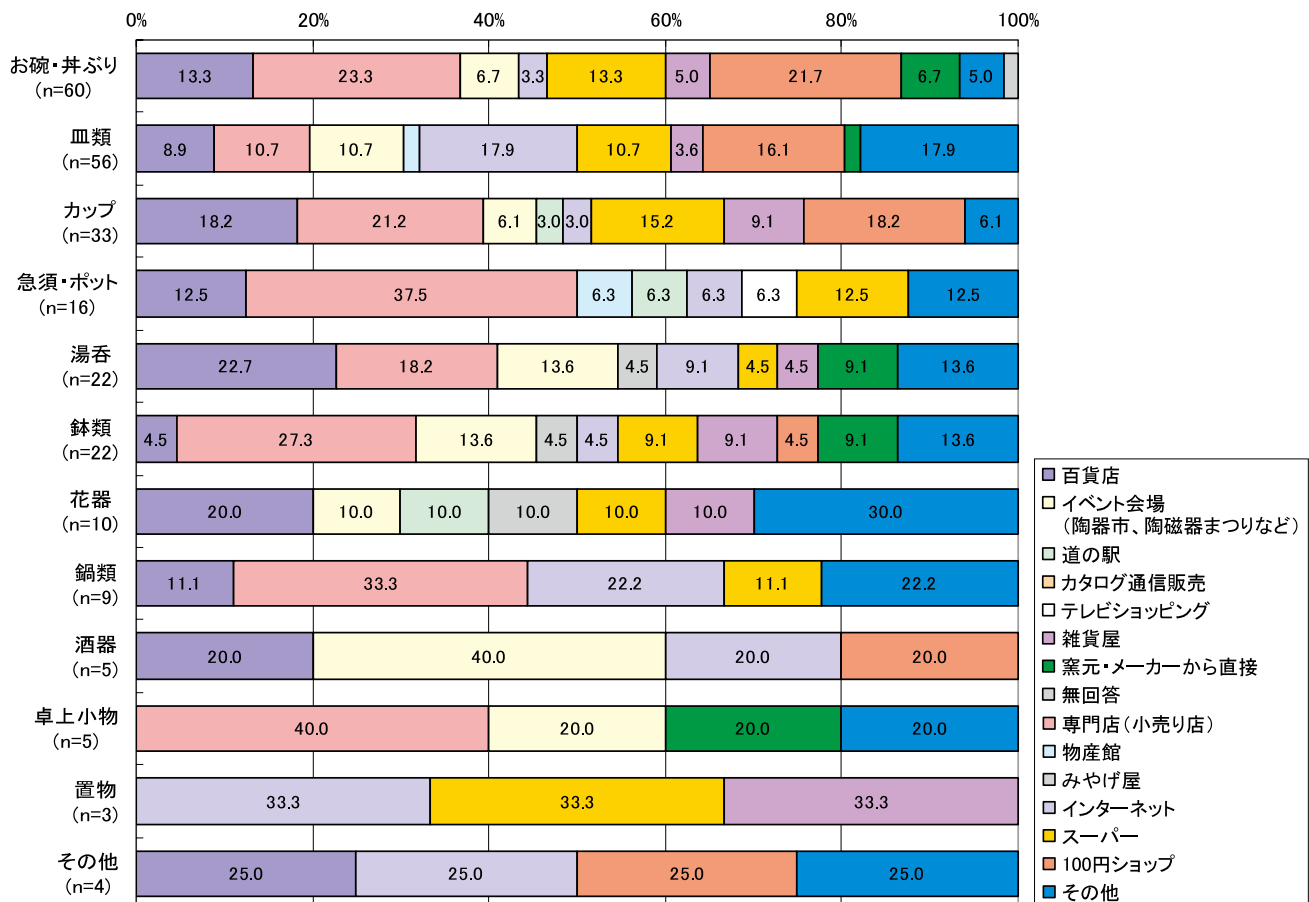
全体の結果として、購入した陶磁器の商品については、「お碗・丼ぶり」が最も高く43.2%で、次いで、「皿類」が40.3%、「カップ」が23.7%となっている。



【購入場所・方法 調査結果】

購入者の多い「お碗・丼ぶり」の購入場所としては、「専門店（小売り店）」が最も多く23.3%となっており、次いで「100円ショップ」が21.7%となっている。

「皿類」の購入場所としては、「インターネット」が最も多く17.9%となっており、次いで「100円ショップ」が16.1%となっている。

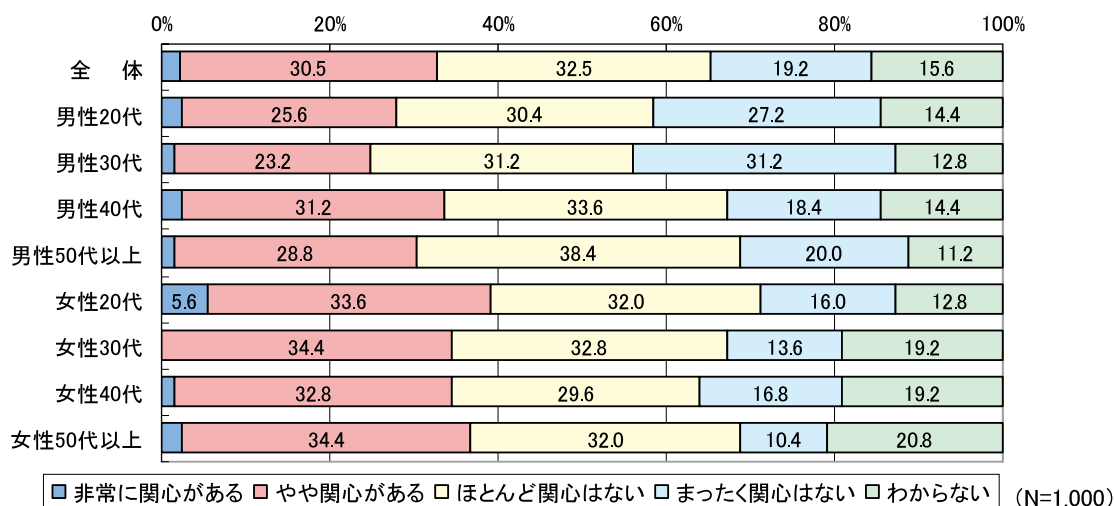


Q13～Q16までの設問は、「エコ陶磁器」の購入についての質問である。

Q13. 「エコ陶磁器」について関心がありますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、『関心がある(「非常に関心がある」+「やや関心がある」)』は32.7%、『関心がない(「ほとんど関心はない」+「まったく関心がない」)』は51.7%、「わからない」は15.6%となっている。

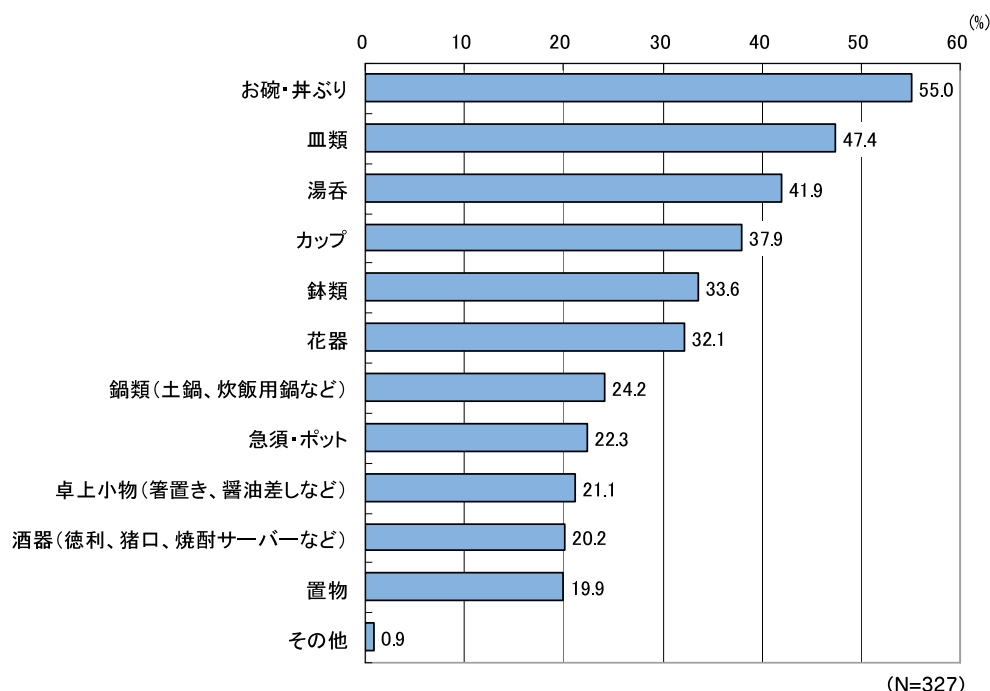


■ Q14は、Q13で「1 非常に関心がある」「2 やや関心がある」とお答えの方にお伺いします。

Q14. どのような商品でしたら購入を検討されますか。(複数回答)

【調査結果】

全体の結果として、購入を検討する商品については、「お碗・丼ぶり」が最も高く55.0%で、次いで、「皿類」が47.4%、「湯呑」が41.9%となっている。



Q15. 「エコマーク認定商品」、「エコ陶磁器」についてご意見があればご自由にお書きください。(自由記述)

「エコマーク認定商品」に関する主な意見

<肯定的な意見>

- エコに関係なく、安くてよいものなら購入すると思う。
- エコマークがある事で意識して買い物が出来ると思う。
- エコマーク認定の商品は店頭ではとても分かりづらいし、なかなかチェックして見ることはありません。エコを考えることはとてもいいことなので、もう少し認知度を上げる必要があると思います。

<否定的な意見>

- エコといっても普通の製品より割高では買う気がしない。同じ値段かむしろ安いくらいにして欲しい。
- リサイクルが必ずしもエコとは限らないのではないかな。
- 企業の販促的な使われ方は好ましくない。あくまで環境のためにという意識を持っている企業の姿勢を認定する側に意識してもらいたい。
- 購入する側にメリットがあるのかわからない。
- 再利用できるものはした方がいいと思うが、再利用するためのコストがかかり、商品の価格があがるのならば購入を考えてしまうかもしれない。
- 品質は大丈夫か心配。
- エコマークの認定基準を知らない。エコマークの認知度が低いと思う。
- エコマークがわかりにくい気がする
- エコマークが付いている商品と言われても思いつかない。

<その他>

- あまり日常的に意識して見ないのでよくわからない。
- エコだと謳う必要がないぐらいに商品を広く普及させて欲しい。
- エコマークが付いていても、付いていなくても自分にメリットが無ければ買わないと思う。価格と品質が釣り合えば買います。
- エコマーク認定商品がどの程度エコになっているのか数量的に説明してほしい。
- エコ商品が手頃な価格になるともっと買いたくなる。
- エコマーク認定の商品は店頭ではとても分かりづらいし、なかなかチェックして見ることはありません。エコを考えることはとてもいいことなので、もう少し認知度を上げる必要があると思います。

エコ陶磁器に関する主な意見

<肯定的な意見>

- エコ陶磁器という言葉は初めて聞きましたが、いい発想だと思います。使用するうえでは全然気になりません。
- エコ陶磁器は壊れやすければ困るが、丈夫で使いやすければ積極的に使いたい。
- どんどん開発して行ってほしい。
- 価格が安くデザイン、使い勝手がよければ購入すると思う。
- 最近陶磁器を購入することがないので、あまりエコ陶磁器については関心がないが、給食等で利用できるのは良いと思う。
- 面白い試みだと思う。安全面など心配な部分もあるので品質保証に関してはきちんと発信して欲しい。

<否定的な意見>

- エコマーク認定商品だと環境にやさしいイメージがあるが、エコ陶磁器は古い感じがしてイメージが悪く感じる。
- エコといっても普通の製品より割高では買う気がしない。同じ値段かむしろ安いくらいにして欲しい。
- エコ陶磁器はどこが、何が、エコかよくわからない。
- 再生されたものに有害な成分は入ってないのか不安。
- エコに繋がる点については賛同するが、使わなくなった食器や壊れた食器を使用してと聞いてしまうと、実際に口に入れる物を盛る皿や湯呑等を購入するかは考えてしまう。
- 品質が心配。
- 強度が不安。

<その他>

- エコ陶磁器はもっと別の言い方はないのかと思います。とても安っぽい名前になってしまっている。もっと陶磁器に合う言葉を付けて欲しい。
- エコ陶磁器でどんなものがあるのかわからない。
- エコ陶磁器に特に興味があります。家で不要になった陶器類を回収してもらえるような場所があれば知りたいです。
- エコ陶磁器の値段はどのくらいなのか。
- エコ陶磁器はどんな場所に売っているのか知りたい。
- デザインや色など好みに合えばエコでもなんでもよい。
- 割れた食器をそのまま捨てるのはもったいないから、もっとすすめるべきだと思う。
- 環境によいならぜひ続けてほしい。
- 金額がエコマーク認定以外の商品と比較して同等であること。エコだからと言って金額が高いと買わない。エコを理由により高い商品を購入できる人はそれなりの所得層と考えている。その様な所得階層をターゲットにするならば相対的に高くなっても良いと思うが、日常品として買ってもらう場合には、価格が同等であることが全てと考える。その上でのデザインやアイデアかと。
- 見た事が無いので、一度触ってみたい。
- 商品をエコ認定することもいいと思うけれど、製造の過程でのエコを考えてほしい。
- 陶器にエコ商品があることを知らなかったのでものを機会に調べてみようと思いました。
- 陶磁器が環境に与える影響をもっと知らせたほうがよい。
- 普通の食器との違いが知りたい。

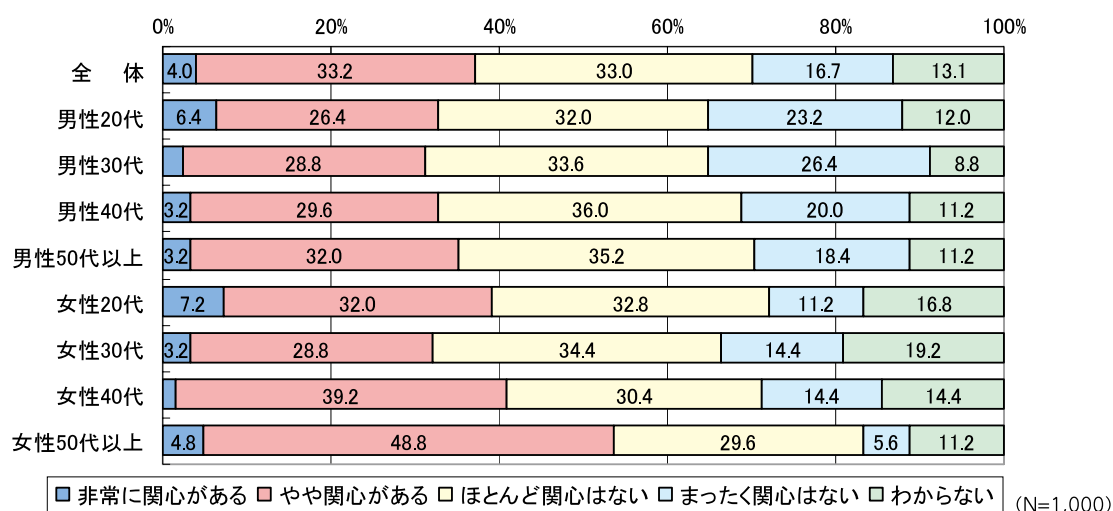
エコマーク認定商品・エコマーク陶磁器の周知に関する主な意見

- エコ陶磁器をコンビニエンスストアなどのノベルティグッズにしたら普及すると思う。
- もっとコマーシャルなどで存在をアピールしてほしい。
- もっとたくさんの売り場で売ってれば購入しやすい。
- もっと印象に残るようにマークの色を改善した方がいいかもしれません。
- 今の時代エコには感心ある人が増えていると思うから、もっとアピールしたらよい。
- 地球にやさしい商品でたくさん認知されればいいと思いました。これからは、物を買う時パッケージを見たいと思います。
- 認知度を考えた場合、もっとテレビ等でアピールしても良いのではないのでしょうか。
- 販売品種・販売チャネルがもっと広がれば今まで以上にエコ商品の認知度が上がると思います。
- 有意義な活動だと思うが、押し付けがましい感じもするので、あまりエコを前面に押し出さないほうが印象はいいのではないだろうか。

Q16. 長崎県窯業技術センターでは、磁器を製造する際に、窯で焼く温度を低く抑え、製造段階で二酸化炭素の排出量を約3割減少させた商品を開発中です。このような商品に関心がありますか。(単一回答)

【調査結果】

全体の結果として、『関心がある(「非常に関心がある」+「やや関心がある」)』は37.2%、『関心がない(「ほとんど関心はない」+「まったく関心がない」)』は49.7%、「わからない」は13.1%となっている。



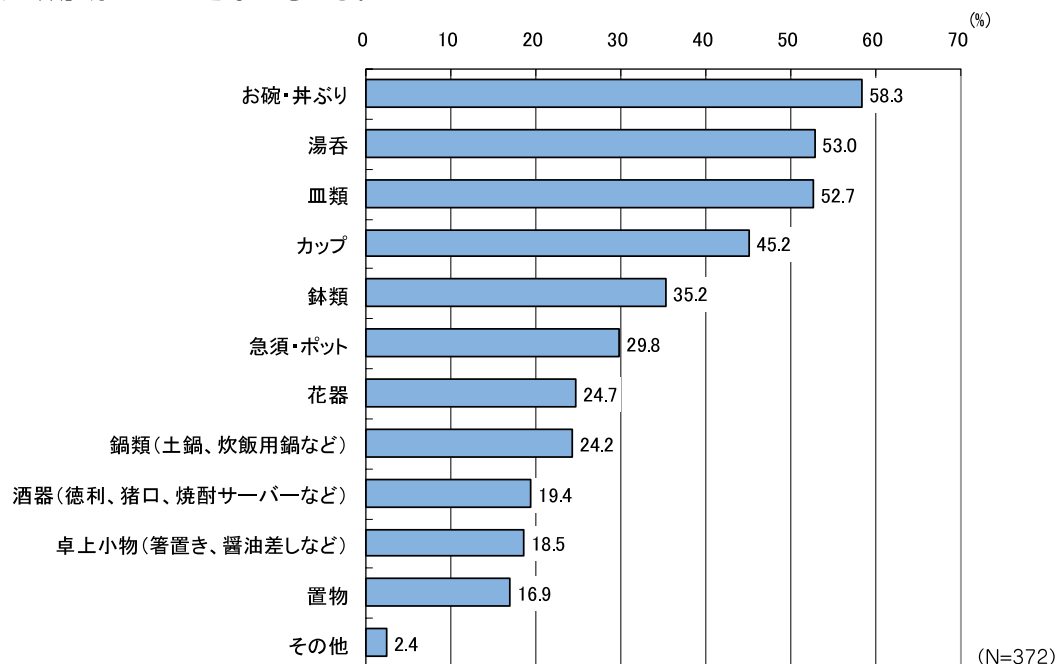
■Q17は、Q16で「1 非常に興味がある」「2 やや興味がある」とお答えの方にお伺いします。

Q17. どのような商品でしたら購入を検討されますか。

(複数回答)

【調査結果】

全体の結果として、購入を検討する商品については、「お碗・丼ぶり」が最も高く58.3%で、次いで、「湯呑」が53.0%、「皿類」が52.7%となっている。



4. 考 察

本調査結果から、エコマーク認定商品について、全体の54.0%の方が関心を示し、トイレトーパーやティシュペーパー、ノート、コピー用紙の日用品は、3割以上の方が認知していることがわかった。

しかしながら、商品を購入する際、エコマーク認

定商品であるかを確認したことがある割合は、エコマーク認定商品を知っていると応えた48.6%び回答者の中の26.5%となっており、エコマーク認定商品に関心がある方でも36.4%となっている。

エコマーク認定商品を持っている方に限定して、エコマーク認定商品を購入する際の基準についてたずねたところ、「品質が良ければ、多少割高でも購入す

る」と回答した方は、全体の10.8%と低く、ほとんどの消費者が、価格を優先し、エコマーク認定商品であるかについては参考にする程度であることがわかった。

エコマーク認定商品については、エコマーク認定商品を持っている方の41.6%が、今後、積極的に購入していきたいと回答しており、主な理由は環境保全に配慮していきたいといった意見であった。

また、エコマーク認定商品に関心がある割合が全体の54.0%であったのに対し、エコ陶磁器について関心を示す割合は全体の32.7%と、やや低かった。アンケートの自由回答でも「本アンケートを通してエコ陶磁器をはじめて知った」、「陶磁器までエコ商品があることを知らなかった」という意見が見られたことから、エコ陶磁器の認知度の向上を図ることが必要である。

一般陶磁器の購入については全体の43.3%が購入したことはないと回答しており、1年以内に購入した方は13.9%となっている。陶磁器の購入は積極的に購入まで至っていないことがわかる。

1年以内に購入した商品は、日常生活で用いる「お碗・丼ぶり」が最も高く43.2%で、次いで、「皿類」が40.3%、「カップ」が23.7%、普段の生活で使用する飲食器が中心であった。これらの購入場所をみると、皿類はインターネットが多く、そのほかはスーパー、100円ショップ等と、百貨店、専門店（小売り店）であった。今回の調査においては母数が少ない影響もあり、これらの購入場所からさらに深く消費者の動向を見ることはできないが、食器のアイテムによって購入先が異なることが明らかになった。

陶磁器を購入する際の優先順位としては、「デザイン」、「価格」、「色」が重要視されており、「トレンド・流行」や「ブランド」、「産地」については、あまり優先されないことがわかった。

エコ磁器については全体の32.7%が関心を示しており、購入を検討したい商品の種類としては、「お碗・丼ぶり(55%)」、「湯呑(41.9%)」、「皿類(47.4%)」、「カップ(37.9%)」といった飲食器が上位に挙げられた。この結果は1年以内に購入した商品の順位とあまりかわりない。消費者が求めている食器のアイテムはこれらのニーズが高いことを示唆している。

以上のことから、エコを意識している消費者やエコ商品を購入する消費者が存在していることが明ら

かになった。すなわち、食器であってもエコであれば購入するという市場があると言える。しかし、消費者が手にするのは商品であり、その製造工程を知って購入することはまず無いので、自由記入の意見に見られるように、通常品と違った付加価値をつけたエコ商品を提供しなければエコを意識した消費者を増やすことができない。

5. まとめ

消費者は、エコへの関心は、ある程度あるものの、現時点ではエコマーク商品を意識して購入する消費者は多くなかった。しかし、エコ商品への意識がある消費者の2人に1人は関心があるため、消費者に対し、通常品とエコ商品の違いが何かを明確にする必要がある。たとえば、環境負荷低減量を定量化した製品を市場に出すことで消費者に通常品との違いを明示し、環境に配慮した商品の購入意識が高まるとされる。また、認知度がほとんどないエコ磁器においても通常品との違いを明確にすることで市場があることが本調査で明らかになった。

付記

本調査報告は、平成23年度に（株）九州みらい研究所に依託して作成された調査報告書を再編集したものである。

参考文献

- 1) 長崎県窯業技術センター研究報告(平成20年度)
pp.8