

水で油汚れが落ち易い陶磁器の開発

環境・機能材料科 秋月 俊彦、木須 一正
株式会社和山 廣田 和樹

要 約

本研究は、数十～数百ナノサイズの多数の突起を食器の釉薬表面に形成することで、食後に食器を洗浄する際、表面に付着した油分が少量の水で落ち易くなり、洗浄効果が向上することを意図したものである。本研究で使用する原料のシリカ粒子は、あらかじめ水簸を行うことで、粗大粒子を含まない微粒子のみを釉薬に添加することが可能となった。開発した釉薬を素地に施釉・焼成し、高濃度のアルカリ処理を施すことで、釉薬表面に意図した100nm以下の微細な突起物が多数確認された。得られた試験体について、流水による油汚れの落ち易さを確認したところ、市販の釉薬を施釉したものに比べ、油落ちが良好な結果となった。

キーワード：シリカ粒子、油落ち、食器洗浄、微細突起物、釉薬、ナノサイズ

1. はじめに

地球温暖化対策のため、温室効果ガスであるCO₂の排出量削減が国際的に重要な課題となっている。陶磁器食器における環境負荷量を定量化した河野ら¹⁾によれば、「原料調達」、「生産」、「流通」、「使用維持」、「廃棄・リサイクル」に至るまでのライフスタイル全体を通して排出される温室効果ガスの約80%を「使用維持」が占める。つまり、食器洗浄時に使用する水の量を少なくできれば、CO₂の排出量を大幅に削減することが可能となる。

更に、水だけで食器表面の油汚れをほぼ落とすことができれば、洗剤の使用量も削減できることが期待される。

そこで本研究では、釉薬の表面にナノサイズの微細な突起物を形成することで、少量の流水でも食器表面に付着した油汚れが落ち易い陶磁器の開発について検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 釉薬の開発

外食産業に限らず、一般家庭にも食器洗浄機が広く普及している。食器洗浄機は洗剤を含む60℃以上の温水で洗浄することから、手洗いで洗浄に比べ、食器に与えるダメージが大きい。そのため、食器表面の釉薬上に800℃程度の比較的低温で上絵転写やコーティング膜などを焼き付ける表面処理では、油汚れが落ち易い機能を付与できても耐久性の点で不安が残る。そこで、一般磁器と同様の1300℃で焼成する釉薬自体にそのような機能を持たせる方向で検討を行った。

原料には高純度のシリカ粉を使用した。ただ、シリカ粉の中には、粗大粒子や凝集体も少なからず含まれ、それらが焼成後の釉薬表面の平滑性を損なう恐れがある。それを防ぐため、水中での沈降速度を利用した分級法である水簸により、微粒なシリカ粒子のみを回収して使用することとした。

回収したシリカ粒子は、電子顕微鏡（日本電子製JSM-7100F）により粒径や形状等の観察を行った。

また、市販のフリット、タルク釉と長石をボールミルで湿式粉碎することで混合物も調製した。

これらの原料を、固形分濃度でシリカ粒子 40%、混合物 60%となるよう秤量後、攪拌機で十分に混合・攪拌を行ったものを釉薬とした。

得られた釉薬について、電気炉で 1,300℃の酸化焼成を行い、焼成後の試料を用いて、蛍光 X 線分析装置（スペクトリス製 Zetium）による成分分析と、熱分析装置（リガク製 Thermo plus EVO2）による熱膨張の測定も行った。

2.2 生地表面の溝加工

水流の力も活用し、油污れの流れ落ちを良くするため、生地表面に溝加工を施した。圧力鑄込みで成形した縦 100mm×横 50mm×厚み 5mm の天草陶土の陶板表面に、樹脂製のブラシをかけることで複数の溝を形成させた。その後、一般磁器製品と同様に、900℃で素焼きを行い、開発した釉薬を施釉し、1,300℃で焼成を行った。

2.3 焼結体のアルカリ処理

1,300℃焼成後の試料について、釉薬表面のシリカ粒子以外の部分をわずかに溶出させるため、高濃度のアルカリ溶液に浸漬した。処理条件は、室温で高濃度の NaOH 溶液に 16 時間浸漬、その後試料を取り出し、充分水洗した後、105℃の乾燥機で乾燥を行った。

2.4 試験体の評価

得られた試験体と、比較用の市販釉薬の焼結体について、電子顕微鏡による、釉薬表面の観察を行った。

また、釉薬の撥油性を確認するため、固液界面解析装置（クルス製 Easy Drop）により、幅 - 高さ法で食用油（キャノーラ油）の接触角を 5 点測定し、その平均値を求めた。その際、比較のために、市販の釉薬を施した天草磁器についても同様の測定を実施した。

さらに、流水による油污れの落ち易さについて評価を行った。この評価については、規格化された試験方法がないため、独自の方法で比較試験を行った。具体的には、油性の食紅で着色した食用油を、試験体と、比較用の市販釉薬を施釉した天草磁器に塗布し、30 分間静置する。その後、斜めに立て掛け、

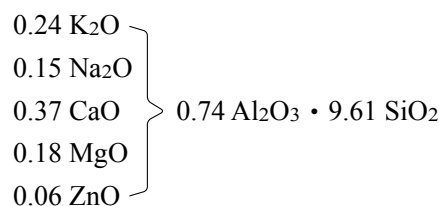
洗浄瓶により、できるだけ水を均等に流しかけて、油污れが落ちていく状況を比較することとした。試験の状況についてはビデオでの撮影も行った。

3. 結果と考察

3.1 釉薬原料の特性

高純度のシリカ粉を水簸し、回収したシリカ粒子を電子顕微鏡で観察した結果を図 1 に示す。これより、回収したシリカ粒子は、粗大粒子を含まない 100nm（1/10000 mm）前後程の微細なシリカ粒子であることが確認された。

さらに、回収したシリカ粒子に、市販のフリット、タルク釉と長石を加えた釉薬について、電気炉 1,300℃酸化焼成を行った。焼成後試料の成分分析から求めたゼーゲル式は下記のとおりであった。



また、熱膨張を測定した結果、700℃での熱膨張係数は 5.59×10^{-6} であった。

3.2 試験体の特性

開発した釉薬を施釉し、焼成後にアルカリ処理した試験体について、食用油による接触角の測定結果を表 1 に示す。比較用の市販釉薬を施釉したものに比べ、接触角が 10 度ほど大きく、やや撥油性が高い結果となった。

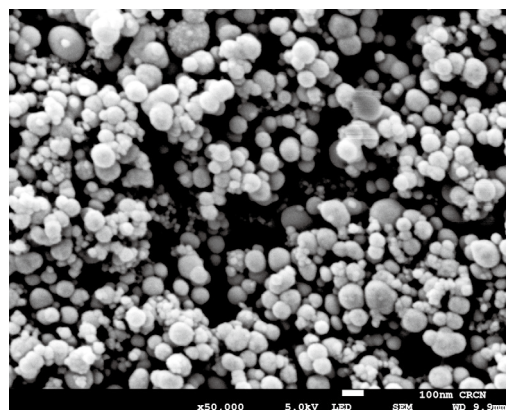


図 1 水簸により得られた微粒シリカの SEM 写真

表 1 食用油における接触角

市販釉	24.9°
開発釉	34.8°

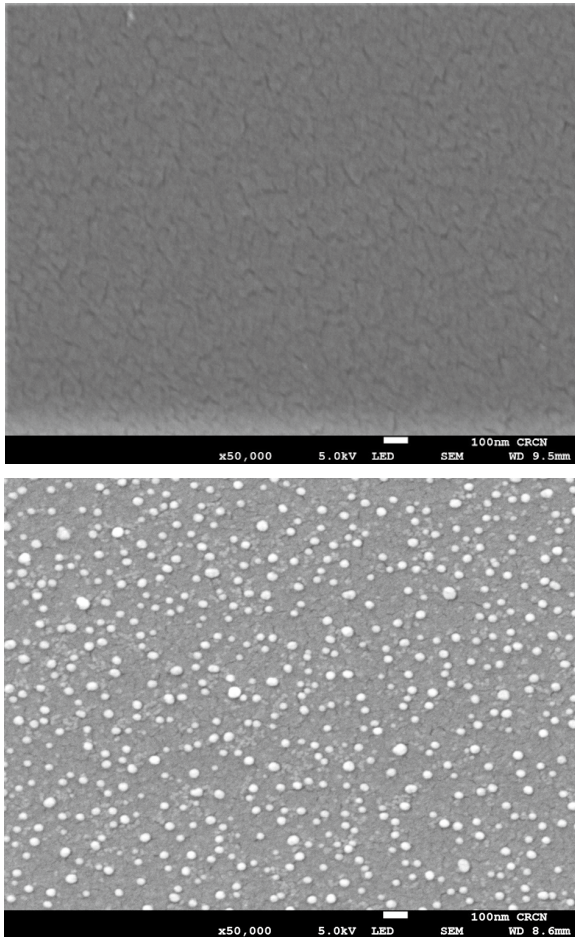


図 2 市販釉薬(上)と開発釉薬(下)表面の SEM 写真

また、釉薬表面を電子顕微鏡により観察したところ、図 2 に示すように、開発した釉薬表面には 100nm 以下の微細な突起物が多数確認された。図 1 の観察結果を合わせて考えると、釉薬表面の突起物は、釉薬に添加したシリカ粒子であることが推察されるが、それについては今後確認が必要である。

更に、開発した釉薬を施した試験体と、比較用の市販釉薬を施したものについて、流水による油污れの落ち易さについて試験した結果を図 3 に示す。洗浄瓶により水をできるだけ均等に流しかけたところ、開発した釉薬を施した右側の試験体の方が、赤く着色した食用油が容易に流れ落ちる結果となった。

また、各試験体を 20 回食器洗浄機で洗浄後に、同様の比較試験を行っても、開発した釉薬を施した

洗浄前 【市販釉薬】 【開発釉薬】



洗浄中



洗浄後



図 3 着色した食用油の流水による洗浄試験

試験体が、食用油が落ち易い結果となり、一定の効果が持続することも確認された。

4. まとめ

高純度のシリカ粉を原料に、水で油污れが落ち易い陶磁器を作製した。本共同研究で得られた知見は次のとおりである。

- (1) 高純度のシリカ粉を水簸により分級することで、粗大粒子を含まない 100nm 前後程の微細なシリカ粒子が得られることが分かった。
- (2) 開発した釉薬を施釉した試験体における食用油での接触角は、市販釉に比べ 10 度ほど大きく、やや

撥油性が高いことが分かった。

- (3) 電子顕微鏡による観察で、開発した釉薬表面には、多数の微細な突起物が確認された。
- (4) 開発した釉薬を施した試験体は、市販の釉薬を施したものに比べ、水で容易に油汚れを落とせることが分かった。

文 献

- 1) 河野将明、吉田 英樹、山口 英次、小林 孝幸、梶原 秀志、低温焼成磁器製品「湯飲み」のライフサイクルにおける環境負荷の定量化、長崎県窯業技術センター研究報告、No.60, 29-35 (2012).