

低温焼成磁器普及支援事業

中溝 祐志、堤 靖幸
佐賀県窯業技術センター

持続可能な社会の実現に向け、温室効果ガスの排出量削減が期待される技術として当センターで開発した低温焼成磁器がある。この磁器は未利用資源である天草低火度陶石を配合することで、従来の磁器に比べ 100℃温度を下げた 1200℃で焼成が可能である。今年度はこの技術を産地へ普及するための準備として、量産化に向けた各種条件の洗い出しやサンプルづくりに取り組んだ。

キーワード:SDGs、温室効果ガス、未利用資源

Promotion program for low-temperature sintering porcelain

NAKAMIZO Yushi, TSUTSUMI Yasuyuki
Saga Ceramics Research Laboratory

In pursuit of a sustainable society, we have developed the low-temperature sintering porcelain technology that is expected to reduce carbon dioxide emissions. By mixing the Amakusa low-temperature porcelain stone, which is an unused resource, this porcelain is sintering at 1200℃—100℃ lower than standard porcelain. In this year, as preparation for promoting this technology in production regions, we worked on identifying various conditions for mass production and producing sample products.

Key Words: :SDGs, carbon dioxide, unused resource

1. 支援の背景

2015 年に持続可能な開発目標 (SDGs : Sustainable Development Goals) が国連サミットにて採択され、各国で目標達成に向け積極的な取り組みが求められている。特に、温室効果ガスによる気候変動は以前から問題視されており、日本は2030年までに温室効果ガス排出量を2013年度比46%削減と高い目標を掲げている¹⁾。

一方、磁器の量産現場においてはガス炉を用いた高温焼成の工程が必要不可欠であるため、現在の技術では温室効果ガスの排出を“0”に抑えることは非常に困難である。温室効果ガス排出量を可能な限り抑える一つの取り組みとして、平成12年にセンターで開発した低温焼成磁器が挙げられる²⁾。この磁器は未利用資源であった天草低火度陶石を配合することで、従来の天草磁器の1300℃焼成に対して温度を100℃下げた1200℃で素地が磁器化する。これにより、最も負荷の大きい高温下での焼成時間を短縮でき、温室効果ガス排出量の大幅な削減が期待される。また、焼成の省エネルギー化によりガス消費量も抑えられるため、年々高騰しているガス代の節約にも繋がる。しかしながら、この技術の開発から25年近く

経過した現在、未だ産地に普及していないという現状があり、その原因として磁器の生産現場に幾つかの課題が残されているものと考えられる。そこで、本支援事業では、これらの課題を解決しながら窯業界の新たなSDGsの取組である低温焼成磁器の役割を生産関係機関に広く認知・利用してもらい、産地の持続可能な社会を目指すことを目的とした。

本年度は、普及に向けた準備として、低温焼成磁器の泥しょう調製や釉薬調製、色釉のサンプルづくりを行った。

2. 実験方法

2.1 泥しょう調製及び成形条件

低温焼成磁器の泥しょうの調製条件を確認するため、市販陶土(有限会社瀏野陶磁器原料)を用いて水ガラス(解膠剤)を添加した際の粘性の変化について、粘度曲線を作成した。粘度曲線は陶土の乾燥重量に対し、希釈した水ガラスを一定量加えていき、粘度変化をB型粘度計(英弘精機製、DV2T)で確認した。泥しょうの粘度は測定時間によって変化するため、測定開始から3分後の値を粘度として記録した。成形試験は圧力鑄込みで行い、圧

力は2.0kgf/cm²、鑄込み時間は15分とした。

2.2 釉薬の特性評価

開発した低温焼成磁器用の透明釉で量産化に向けた試験を行った。量産品は地元の製造業者に調査(2斗)していただき、当センターの試作釉薬との比較を行った。調査した釉薬の化学組成は蛍光X線分析装置(Rigaku 製、ZSX PrimusII)のFP(ファンダメンタルパラメータ)法による半定量値で確認した。また粒度分布はX線透過式粒度分析装置(マイクロメリテックス社製、SediGraph III PLUS)を用いて測定した。焼成試験は0.2 m³の小型ガス焼成炉(高砂工業製)を用いて図1の焼成パターンで1200℃還元焼成を行い、釉表面の様子や色味などについて観察した。

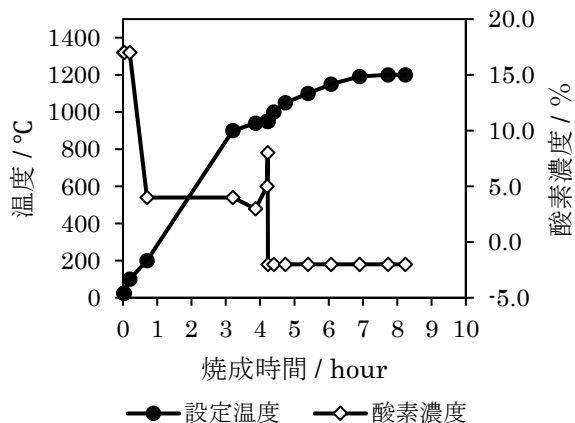


図1 1200℃焼成における焼成パターン。

3. 結果と考察

3.1 泥しよう調製及び圧力鑄込み成形

低温焼成素地の粘度曲線を図2に示す。泥しようの含

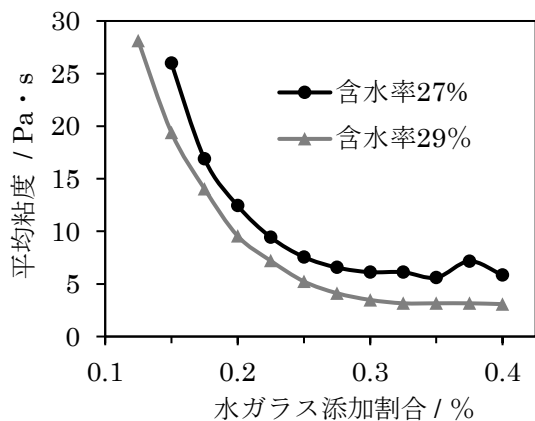


図2 含水率の違いによる泥しようの平均粘度の変化

水率はそれぞれ27%、29%に調製した。含水率27%の泥しようは高い粘性を示し、同条件では測定が困難であったため、事前にディーフ(解膠剤)を陶土乾燥素地重量に対して0.01wt%添加した。

素地の含水率に因らず水ガラスを添加することでゆるやかに粘度が低下し、水ガラスを0.3%以上添加すると粘度はほぼ一定となった。また、含水率によって最低粘度に違いがみられ、含水率27%と含水率29%では、29%の方が粘度は低い値を示した。粘度曲線から、低温焼成素地の解膠剤の添加量は水ガラス0.25wt%、ディーフ0.01wt%とした。含水率は素地の収縮率に影響するため、圧力鑄込み成形は含水率25.5%で行った。成形結果は図3に示す抜け角が小さな形状でも問題なく成形を行うことができ、従来の素地と遜色なく成形できることがわかった。ただし、石膏型によっては、高台位置に沿って生地が凹む現象(通称、ヒケ)がみられた(図4)。これは、肉厚となる高台部において泥しようの充填不足が原因となっており、今後は泥しようの調泥条件や、圧力鑄込み成形時の圧力や鑄込み時間などの条件についても引き続き検討していく予定である。



図3 抜け角の小さい圧力鑄込み成形品。

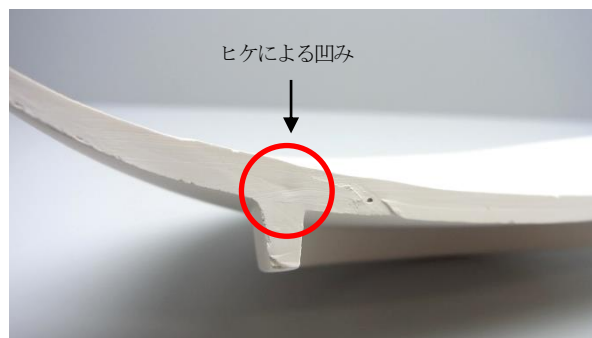


図4 高台部に生じたヒケの様子。

3.2 釉薬の量産試験

試作釉と量産釉の熔け具合を焼成品で確認したところ、量産釉は試作釉に比べて釉の熔けが悪く、表面光沢もよくなかったため、試作釉と量産釉の化学組成の比較を行った。各釉薬の化学組成及び平均粒子径を表1に示す。

表1 FP法による釉薬の化学組成および平均粒径

成分名	分析値 / mass%	
	試作釉	量産釉
C	2.7	2.9
SiO ₂	61.0	60.1
Al ₂ O ₃	12.9	13.9
Fe ₂ O ₃	0.1	0.1
CaO	7.2	7.6
MgO	-	0.1
Na ₂ O	4.4	4.2
K ₂ O	3.5	3.6
ZnO	8.1	7.4
平均粒子径	3.3 μm	9.0 μm

各成分において大きな違いはなかったが、釉の熔けに大きな影響を与える酸化亜鉛が試作釉に比べ、量産釉は少ないことがわかった。また、粒度分析の結果から、量産釉は試作釉に比べ平均粒子径が大きいことがわかった。

そこで、量産釉の熔けを改善するため、現行の量産釉に酸化亜鉛 0.5wt%を外割で添加し、アルミナ製のボールミルによる混合粉碎を2時間行った。改良後の化学組成及び平均粒子径を表2に示す。再調製したことで酸化亜鉛の割合は増加し、量産釉の平均粒径も小さくなり、試作釉の化学組成にかなり近くなったことが確認できた。改良した釉薬を1200℃で焼成したところ、釉薬の熔融性が向上し、釉表面の反射による映り込みがより鮮明となり改善がみられた。

表2 改良後の化学組成および平均粒径

成分名	分析値 / mass%
C	2.8
SiO ₂	60.2
Al ₂ O ₃	13.8
Fe ₂ O ₃	0.1
CaO	7.2
MgO	3.5
Na ₂ O	4.3
K ₂ O	3.5
ZnO	8.0
平均粒子径	6.6 μm

3.3 色釉サンプルの作製

低温焼成磁器用に開発した透明釉を基に産地で利用の多い天目、瑠璃、青磁で発色サンプルを作製した。天目釉は釉薬の乾燥重量に対してベンガラ(酸化第二鉄)を外割で10wt%、瑠璃釉は酸化コバルトを外割で3wt%添加したものを作製した。また青磁釉は外割で珪酸鉄を3wt%混合したものと、基礎釉を酸化亜鉛から炭酸バリウムに変更し珪酸鉄を同様に添加したものの2種類を作製した。焼成した色釉サンプルの形状は有田焼サンプルコレクション³⁾を参考に作製した。焼成後サンプルを図5に示す。

作製した色釉サンプルはすべて問題なく発色しており、青磁釉については基礎釉の違いで異なる発色を示した。しかし、天目釉は釉厚の薄い箇所では茶色の結晶性のものが析出しており、安定した発色に至らなかった。



図5 色釉サンプル

(左上:天目釉(ベンガラ)、左下:瑠璃釉(酸化コバルト)、
右上:青磁釉(珪酸鉄)、右下:青磁釉(炭酸バリウム))

4. まとめ

低温焼成磁器の普及に向け泥しよう調製や釉薬の量産試験、色釉サンプルの作製を行った。現状の泥しよう調製条件では問題なく成形できる型と厚肉部に凹みの生じる型が確認され、調泥条件や鑄込み条件のさらなる検討が必要である。

量産釉では原料による組成のばらつきを考慮し調合割合の調製、釉薬の平均粒子径を小さくすることで釉の熔け感に改善がみられた。

色釉サンプルは、天目、瑠璃、青磁のサンプルを作製し、発色を確認した。天目釉は釉の厚みで発色が安定しなかったため、別の鉄原料を用いて検討を行っていく。

参考文献

- 1) 外務省 Ministry of Foreign Affairs of Japan,
https://www.mofa.go.jp/ic/ch/page1w_000121.html.
- 2) 寺崎信, 佐賀県窯業技術センター平成12年度業務報告書, 47-51 (2001).
- 3) 江口佳孝、副島潔、松本奈緒子、蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター令和元年度研究報告書・支援事業報告書, 19-24 (2020).