

世界最高精度・世界最高強度磁器の開発

蒲地 伸明、堤 靖幸、藤 靖之、志波 雄三、桑田 和文、山崎 加奈、西山 勝章
佐賀県窯業技術センター

2016 年に有田焼は創業 400 年の節目を迎えた。当センターでは有田焼創業 400 年事業プロジェクトの一つとして新しい陶磁器素材の開発を実施した。本研究の目的はより強い強化磁器素材の開発と、焼成時の軟化変形を防止する磁器素材の開発の 2 つであった。結果、曲げ強さ 350MPa をこえる強化磁器の開発と、焼成時の収縮・軟化変形のほとんど無い陶磁器の開発に成功した。本稿では開発した 2 つの素材の特性を中心に報告を行う。

Development of high strengthened porcelain and high precision porcelain.

Nobuaki KAMOCHI, Yasuyuki FUJI, Yasuyuki TSUTSUMI, Yuuzo SHIWA, Kazufumi KUWATA,
Kana YAMASAKI, Katsuaki NISHIYAMA
Saga Ceramics Research Laboratory

In the year 2016, Arita-ware was celebrated its 400th anniversary. This work was one of the projects of "Saga Prefectural Project to Commemorate the 400th Anniversary of the Founding of Arita Ceramics". Two purposes of this project were to develop the high strengthened porcelain and high precision porcelain. As the result, the flexural strength of the newly developed strengthened porcelain reached 350 MPa, and we were success to develop the no-shrinkage no-firing deformation porous ceramics.

1. はじめに

肥前地区の磁器製造は、工程分業が発達しており今後とも産地が継続して発展していくためには商社、窯元だけでなく産地を支える陶土製造業、生地製造業も維持成長する必要があり、高付加価値製品だけでなく量産品の市場での伸びが必要である。そこで、ロット数の多い商品製造へ向けた 2 種の磁器開発を行った。

一つは強化磁器である。強化磁器食器は学校や病院、介護施設等の給食食器としてまとまったロット数の商品となることが多い。当センターでは以前より強化磁器の研究開発および業界への技術支援を行っており、現在、曲げ強さ 220MPa～260MPa 程度の製品が量産されている。本研究では更なる強化磁器の品質向上を図り市場における競争力を高めるために、曲げ強さ 330MPa を目標に強化磁器の開発を行った。

2 つ目は高精度磁器である。磁器は焼成工程において軟化変形するために高精度製品の製造のためには焼成温

度の厳密な管理が必要である。特に高台径の広い洋皿等の製造においては、軟化変形は歩留まりに直結し、比較的炉内温度差の大きいベンチュリー式の焼成炉では安定した生産を行うことが困難である。炉内における焼成温度のムラを無くするためにはローラハースキルンや強制対流炉等の窯の導入が有効な解決策ではあるが、設備投資のハードルは高い。本研究では、従来のベンチュリー式の窯を用いて高精度磁器製品を製造できるようにするために、磁器化後の軟化変形を防止し、焼成温度が変化しても製品形状が一定となる新しい磁器素地の開発を目指した。

2. 成果

2.1 強化磁器開発

図 1 に平成 15 年度業務報告書で紹介した従来型強化磁器(凡例:SPH15)、平成 17 年度に発表した強化磁器(SPH17)と本研究により開発した新強化磁器(SPH28)に対

して JCRS 203 によって行った曲げ強さ試験結果のワイブルプロットを示す^{1,2)}。SPH15 及び SPH17 は施釉試料、SPH28 は無釉試料である。いずれの試料も焼成は 1300℃還元雰囲気で行った。

SPH15 及び SPH17 の平均曲げ強さがそれぞれ 238MPa、300MPa に対して新しく開発した SPH28 は平均曲げ強さ 347MPa と大幅に向上した。一般に強化磁器においては釉層に圧縮応力を発生させることにより無釉素地よりも 10～20%曲げ強さを向上させることが可能である²⁾。SPH28 は無釉素地の試験結果であり、施釉素地においては従来型強化磁器の 1.5 倍以上の曲げ強さを発現した。

図 2 に従来型強化磁器及び新強化磁器焼成体の鏡面研磨試料を金属顕微鏡で観察した結果を示す。図 2 から明らかなように新強化磁器では従来型強化磁器に散見される 20 μm を超えるような粗大な気孔がほとんどないことが判る。強化磁器における主要な破壊源の一つである粗大気孔を、焼結プロセスにおいてほとんど残さないことが新強化磁器の曲げ強さが大幅に向上した要因のひとつである。なお、新強化磁器陶土の中心粒径は 3.3 μm であった。

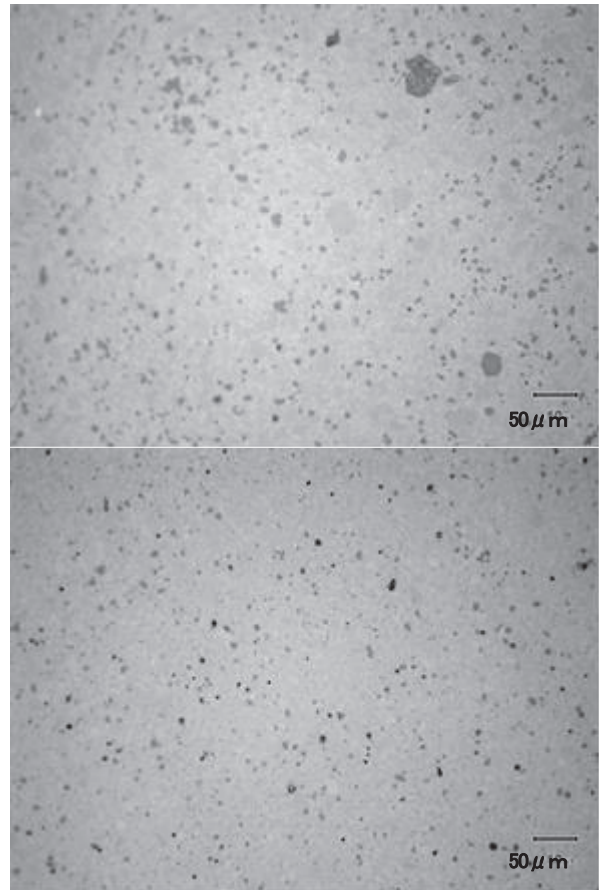


図 2 鏡面研磨試料の金属顕微鏡観察結果。
(上段: 従来型強化磁器、下段、新強化磁器)

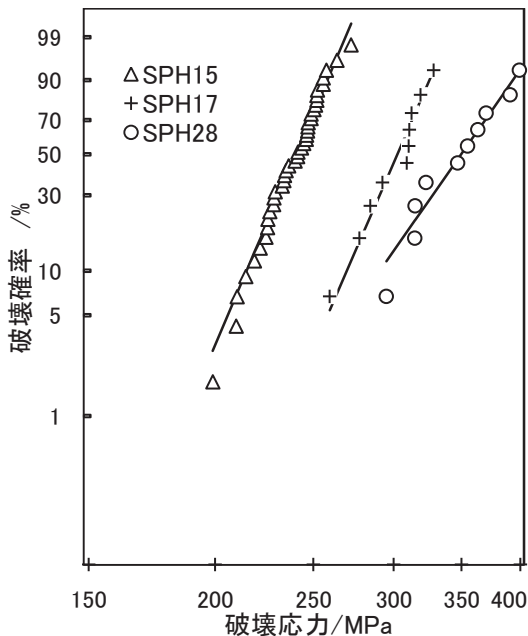


図 1 曲げ強さ試験結果のワイブルプロット。
SPH15: 従来型強化磁器 (施釉; 平均 238MPa)
SPH17: 平成 17 年開発強化磁器 (施釉; 平均 300MPa)
SPH28: 新強化磁器 (無釉; 平均 347MPa)

2.2 高精度磁器開発

高精度磁器の一例として平成 15 年度業務報告書で紹介し、平成 25 年度研究報告書でその焼結機構を報告した耐熱磁器がある^{3,4)}。この耐熱磁器は 1220℃で磁器化後 150℃を超える過焼成においても焼成変形量が変化しない、すなわち軟化変形量がこの温度帯で一定である。従って焼成温度や雰囲気が多少変化しても常に同じ形状の製品を得ることが出来る。本研究では、この耐熱磁器を高熱膨脹化することにより有田の多彩な加飾に対応出来る高精度磁器の開発を目指した。

本研究の中で、肥前地区の一般的な焼成温度帯である 1250～1320℃において焼成収縮が無く、焼成変形もほとんどない多孔質セラミックスの開発に成功した。図 3 に開発した多孔質セラミックスの 1300℃における焼成収縮の様子を、図 4 に 1300℃における焼成変形試験の結果を示す。本研究の目的である磁器ではないものの、従来の有田焼と同じ窯で混焼可能な多孔質セラミックスで無収縮、

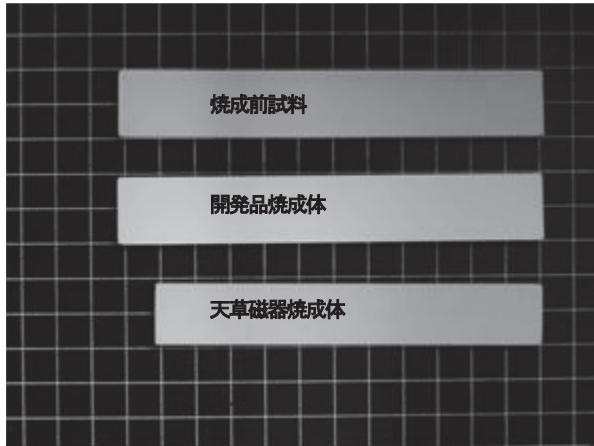


図3 焼成収縮の比較 (1300°C酸化焼成)

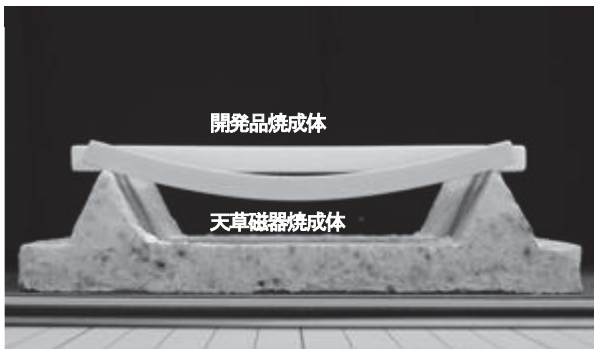


図4 焼成変形の比較 (1300°C酸化焼成;スパン 100mm)

極低変形という極めて特殊な焼成特性を持つことから、この素材も大きな市場性があると判断し製品化へ向けた開発を進めた。

図5に細孔分布測定結果の一例を示す。平均 $13\mu\text{m}$ に鋭いピークを示しており、開発した多孔質セラミックスにおける開気孔の大きさが非常に揃っていることが判る。この試料の気孔率は33%であった。また、その他の条件で作成した多孔質セラミックス(A及びB)の細孔分布特性を図6に示す。このように今回開発した多孔質セラミックスは

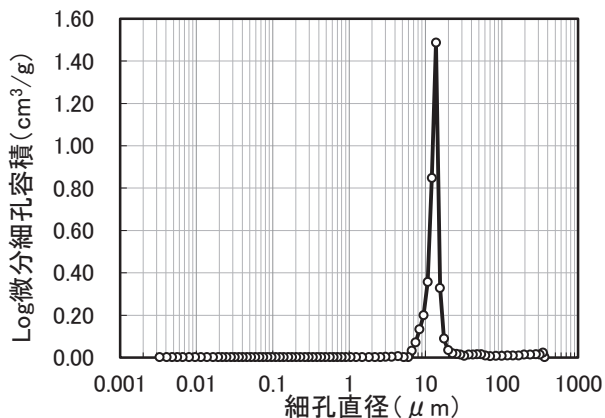


図5 開発した多孔質セラミックスの細孔分布測定結果例 (1300°C酸化焼成)

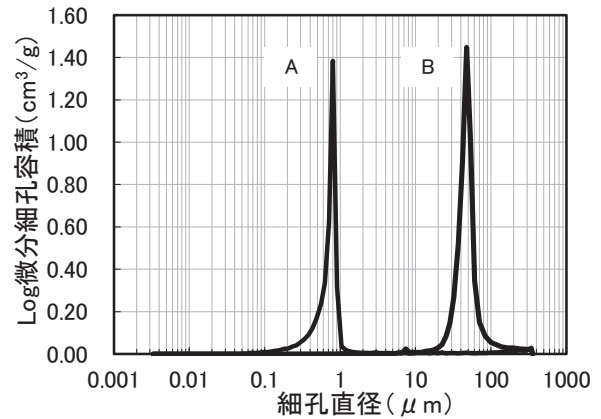


図6 多孔質セラミックス A、B の細孔分布測定結果

A: 平均細孔径 $0.6\mu\text{m}$; 気孔率 33%

B: 平均細孔径 $40\mu\text{m}$; 気孔率 45%

原料の粒子径や配合比、焼成温度を変えることで気孔径や気孔率を広範囲に制御可能であることが判った。

4. おわりに

県産陶磁器の新しい市場開拓を目指し、新規陶磁器材料の開発を行った。結果、高い曲げ強さを持つ強化磁器と、極めてユニークな焼結特性を持つ多孔質セラミックスの開発に成功した。

これらの新素材に対する企業の関心は高く、発表直後から多くの問い合わせがあった。現在、強化磁器、多孔質セラミックス共に10社近くが商品化に取り組んでおり、その一部はすでに販売が開始されている。

従来の有田焼にはない特性を持ったこれらの素材は、今後の県内陶磁器産業の競争力向上に大きく寄与するものと期待される。

参考文献

- 1) 蒲地 伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 15 年度業務報告書, 51-55 (2004).
- 2) 蒲地 伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 17 年度研究報告書, 15-17 (2006).
- 3) 蒲地 伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 15 年度業務報告書, 33-36 (2004).
- 4) 蒲地 伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 25 年度研究報告書, 1-8 (2014).