

# フォルステライトの実用化研究

## - フォルステライト陶磁器の透光性について -

デザイン・工芸部 桑原田 聡, 山田 淳人\*, 寺尾 剛, 澤崎 ひとみ

### The Practical Study of Forsterite Ceramics - The Translucent of Pottery Body using the Forsterite Ceramics -

Satoru KUWAHARADA, Atsuhito YAMADA, Tsuyoshi TERAOKI, Hitomi SAWASAKI

フォルステライトを用いた透光性陶磁器の開発を目的として、フリットの添加量に対するフォルステライト素地の鉱物組成、焼成特性、透光性について検討した。フリットの添加量が増えるにしたがい、生成するガラス量の増加、素地中の気泡の減少等により透光率が向上する。またフォルステライト：フリットが 7:3, 6:4 のときに吸水率が 1%以下で透光性に優れた素地を得ることが出来た。しかし、フリットガラスの軟化に伴い焼成収縮率も増大するために配合等の最適条件については、焼成歪みや変形も検討する必要があることがわかった。

#### 1. 緒言

近年各陶磁器産地において、製品の高級化、差別化を目指し、従来にない特性を持たせた素地が研究開発、製品化されている。本県においても、アルミナ( $Al_2O_3$ )系着色セラミック製品の開発を行い、高級工芸品や透光性装飾材等への利用が行われている<sup>1)~3)</sup>。しかし、透光性アルミナ磁器は、焼成温度が1700~1800℃と高く、また真空焼成炉等の設備が必要であるため、一般の陶磁器製造企業では導入しにくい材料であった。

フォルステライト( $2MgO \cdot SiO_2$ )は、高熱膨張性などアルミナと類似した性質を持ち、焼成温度がアルミナよりも低いいためフリット等の溶剤原料を添加・調整することで、通常の陶磁器の焼成温度(1250℃前後)での焼成で透光性を有する材料となる。よって、本研究では、フォルステライトを用いた透光性陶磁器の開発を目的として、フォルステライトとフリットとの配合比について吸水率や透光性等による評価を行い、最適条件の検討を行った。

#### 2. 実験

原料としては、フォルステライトが共立マテリアル(株) KYORIX MSI-B, フリットが日本フェロー(株)製12-3979Mを用いた。フォルステライト及びフリットを10:0, 9:1~6:4と重量比で10%の割合で変化をさせ配合した。これらの配合原料に20~25wt%の水と有機解膠剤2wt%を添加し、ポリ広口瓶中でアルミナボールを用いて粉碎、混合を行った。約15時間混合した後、結合剤を5wt%添加し真空脱泡機で攪拌を行いスラリーを作製し、石膏型に鑄込み成形体を得た。

成形体は、超高速昇温電気炉(アドバンテック製 KSH-2)を用いて90℃/minで1250℃まで昇温、1時間保持した後、炉内で自然冷却した。

成形体の熱膨張収縮は、リガク製thermo plusシステムを用いて室温~1250℃まで、5℃/minの昇温速度で測定した。焼結体の吸水率は、水を用いたアルキメデス法により測定を行った。焼成体素地の透光率の測定はミノルタ製CM-3600dを用いて行った。このときの試料は、焼成体を平面研削盤で1~3mmの厚さに研削した後、平滑平面を得るために#600砥粒で研磨した。また焼成体の微細構造をSEM(日本電子(株)製 JSM-6330F)を用いて観察した。

#### 3. 結果と考察

##### 3.1 原料および焼成体の鉱物組成

図1にフォルステライト及びフリットのX線回折パターンを示す。フォルステライトは、微量の石英を含むが、主要な鉱物組成としてはほぼフォルステライトのみであり、フリットは非結晶のガラス質物である。

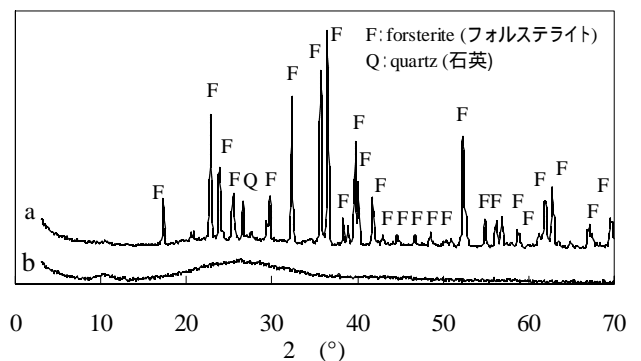


図1 原料のX線回折パターン  
(a:フォルステライト, b:フリット)

\*大島紬技術指導センター

各配合の焼成体のX線回折パターンを図2に示す。構成される鉱物組成としては、フォルステライト以外に少量の石英が含まれる。フリットの添加量が増えるにしたがって、回折パターンのブロード化および灰長石の回折線が確認される。これは、配合原料に含まれるフリットの融解により、焼成体中の非結晶のガラス相が増加したことと使用したフリット(Si-B-Ca-Ba系)に含まれるCaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>成分の固溶体鉱物が結晶化されたと考えられる。

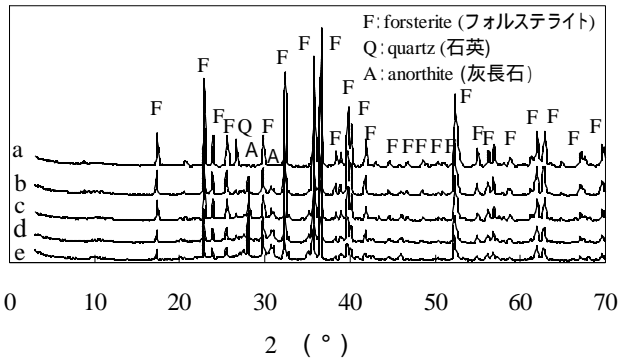


図2 1250 焼成後のX線回折パターン(フォルステライト:フリット=a:10:0, b: 9:1, c:8:2, d: 7:3, e:6:4)

3.2 焼成特性

鋳込み成形体の焼結収縮挙動を図3に示す。フリットを添加した試料は、約900 以上で収縮が大きくなっており、フリットが軟化しガラス相が増大したものと考えられる。また、このときの収縮率はフリットを添加していない試料(a)で約0.3%,フリットの添加量が増えるにしたがって5.3, 8.5, 12.6, 18.0%と大きくなり、素地の焼結が約900 から進行し、添加量に応じた収縮率を示すことがわかる。

次に1250 焼成における吸水率を図4に示す。原料中のフリット量が増加することにより、吸水率の低下し、焼結が進行しているがわかる。またフリットの添加量が30%以上で吸水率が1%以下となることからほぼ焼結したと認められる。

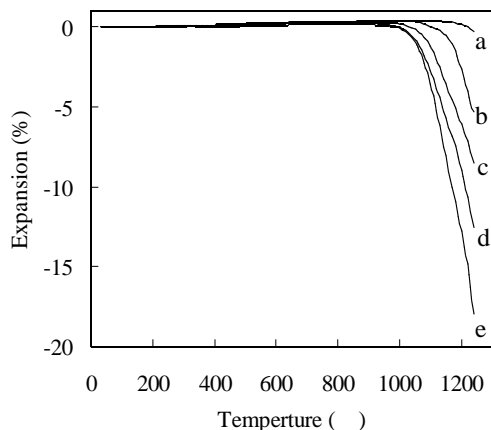


図3 成形体の熱膨張収縮(フォルステライト:フリット =a:10:0, b: 9:1, c:8:2, d: 7:3, e:6:4)

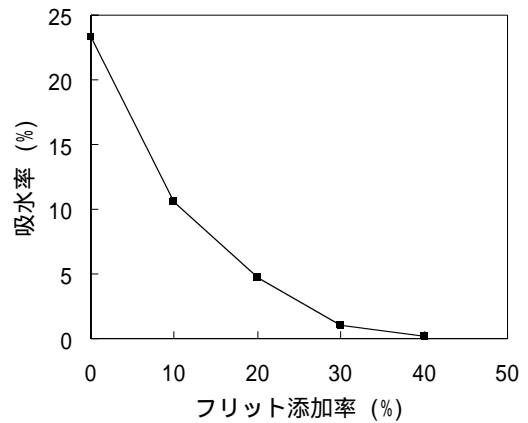


図4 1250 焼成後の吸水率

3.3 素地透光性

透光率と試料厚さの関係は(1)式で表される<sup>4), 5)</sup>。

$$(I / I_0) = A / B^x \cdots (1)$$

ここで、I / I<sub>0</sub>: 透光率(%), x: 試料厚さ(mm), A, B: 定数である。(1)式のとると

$$\log(I / I_0) = \log A - x \cdot \log B \cdots (2)$$

各配合試料の透光率(対数)と厚さの関係を図5に示す。これより、フリットの添加量の増加に伴い、透光率が増加しており、焼成体中のガラス相の増加および素地中の気孔率(吸水率)が影響していると考えられる。またフリット無添加の試料については、透光率が低すぎるために測定不可能であった。

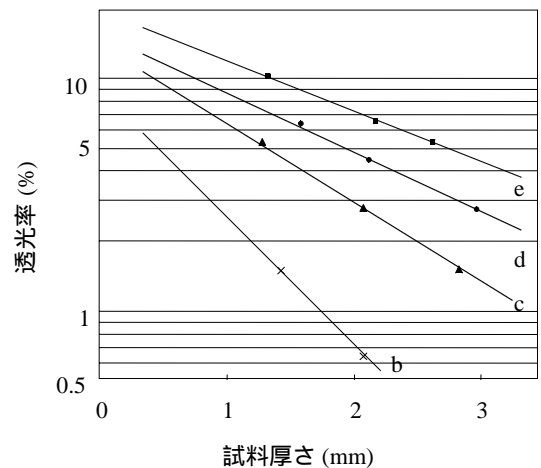


図5 焼成体の透光率と厚さの関係(フォルステライト:フリット=b:9:1, c:8:2, d: 7:3, e:6:4)

3.4 微細構造

焼成体の電子顕微鏡写真を図6に示す。フリット無添加ではフォルステライトの各粒子の形状が確認でき、素地中の気孔が多い(図6 a)。しかしフリットを添加することでフォルステライトガラス相へ融解されている(図6 b)。この傾向は添加量の増加に伴い顕著となっており、素地の焼結が進行し、気孔も減少している。

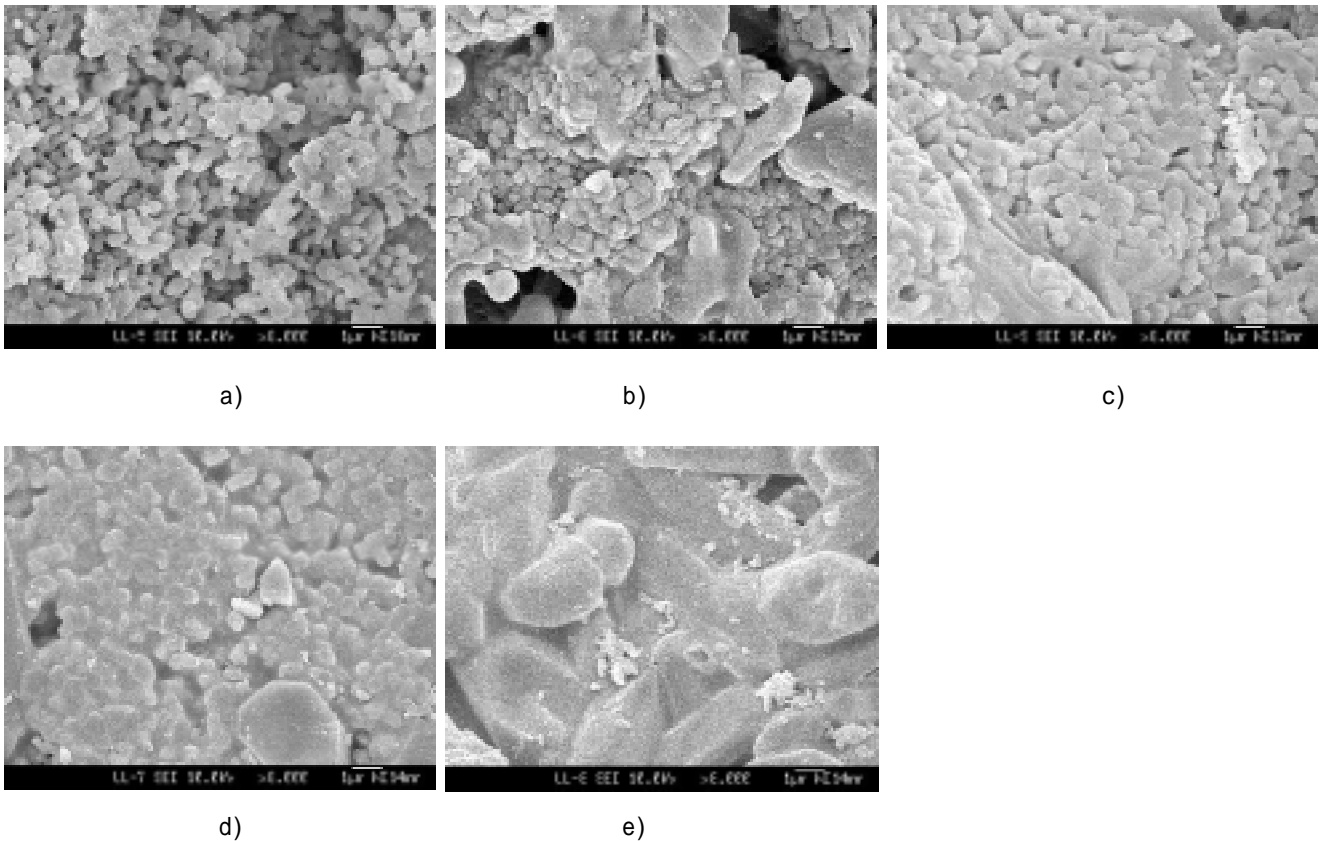


図6 1250 焼成体の電子顕微鏡写真 (フォルステライト：フリット=a:10:0, b: 9:1, c:8:2, d: 7:3, e: 6:4)

4. 結 言

フォルステライトを用いた透光性陶磁器の開発を目的として、フォルステライトとフリットとの配合比について吸水率や透光性等による評価を行い、最適条件の検討を行ったところ以下の知見が得られた。

- (1) フォルステライトへのフリット添加量が増えるにしたって、焼成後の素地中に生成するガラス相が増加する。
- (2) フォルステライト：フリットが7:3, 6:4のときに吸水率が1%以下となり素地中の気孔が減少し焼結が進行される。
- (3) 成形体の焼結収縮挙動は、フリットの軟化およびガラス相の増大によって約900 から急激な収縮がおこり、添加量に応じた収縮率を示す。
- (4) 以上より、原料中のフリットの増加により、透光性は

向上するが、焼成収縮率も増大するために配合等の最適条件については、焼成歪みや変形も検討する必要があることがわかった。

参 考 文 献

- 1)中重朗, 間世田春作, 園田徳幸: 鹿児島県工業試験場年報, 32, 31-41 (1986)
- 2)中重朗, 肥後盛英, 國生徹朗, 園田徳幸: 鹿児島県工業試験場年報, 33, 51-58 (1987)
- 3)中重朗, 園田徳幸: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 1, 61-71 (1988)
- 4)今井寛治, 浅見薫: 京工試研究報告, 19, 68-75 (1991)
- 5)中道俊久, 中山寿, 横山忠: 昭和 63 年石川県九谷焼試験場業務報告, 5-24 (1988)

