

### 3) 易熔化性磁器の研究開発

寺崎 信

天草低火度陶石を配合した陶土により 1200℃でも磁器化する熔化しやすい磁器を開発している。圧力鑄込成形では成形体のキレ、泥漿のタレなどの欠点は認められず問題ない。ガス炉による本焼焼成では、1130℃でも磁器化しており、焼成温度の更なる低温化が図れている。焼成体は通常の磁器物性を有しており、燃料の削減も、35%の省エネルギーが達成できる。

#### 1. はじめに

二酸化炭素による地球温暖化が社会問題になっているが、本研究は陶磁器産業におけるガス炉焼成に伴う燃料の削減を目指す研究であり、本年度は二年目である。

昨年度の研究では、普通の磁器よりも低温で、なおかつ、短時間で熔化して磁器化する素地の開発に目処を立てた。本年度は成形性を改善するため、原料組成を見直し、圧力鑄込による成形試験、ガス炉による本焼試験を行い、製造プロセス技術の検討を行った。

#### 2. 実験方法

易熔化性磁器の成形性状、焼成性状を改善するため、ポットミルによる 500g 調合試験を行い、鑄込成形、本焼焼成を行った。その結果、表 1 に示す素地 A40 で良好な結果を得ている。

素地 A40 をボールミルで 20kg 湿式調合し、振動ふるい、フィルタープレス処理を経て、ケーキを得た。圧力鑄込、固形鑄込により碗、120mm×10φの棒状テストピースおよび 50mm角の板状テストピースを作成した。その後、0.1m<sup>3</sup>ガス炉により本焼焼成試験を行った。

ガス炉により 1120～1200℃で還元炎焼成を行い、吸水率、嵩密度など種々の焼成性状を調べた。湾曲度は丸棒状のテストピースの焼き下

表 1 磁器素地 A40 の原料組成(%)

	A40
天草低火度(H10)	35
益田長石	30
珪石	5
NZカオリン	10
SPカオリン	10
本山蛙目粘土	10
合計	100

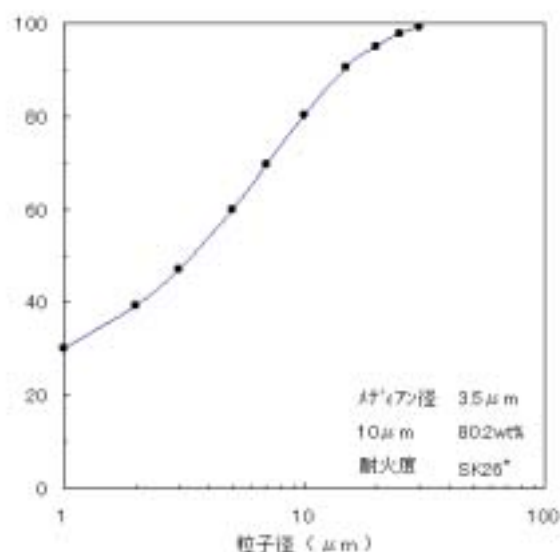


図 1 磁器素地 A40 の粒度分布及び耐火度

がり量を測定し、次式により湾曲度  $B$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) を求めた。

$$B = f \times d^2 / L^4 \quad (1)$$

$f$  : 焼成後の焼き下がり量( $\text{cm}$ )

$d$  : テストピースの直径( $\text{cm}$ )

$L$  : テストピース支持のスパン( $\text{cm}$ )

燃料のLPガスは、次式により使用量を算出した。

$$W = K \times \rho \times Q \quad (2)$$

$W$  : 燃料使用量( $\text{kg}$ )

$K$  : 補正係数(-) 1.586

$\rho$  : ガス密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 2.44

$Q$  : ガス流量( $\text{m}^3$ )

### 3. 結果と考察

#### 3.1 原料調整と生性状

原料調整は表1に示す素地A40の配合をボールミルによる湿式混合で行った。得られた陶土の粒度分布及び耐火度を図1に示す。粒度分布はX線透過式重力沈降法（マイクロメリティッ

クス社製 Sedigraph-5100) によるものであり、耐火度は JIS-R2204 「耐火物及び耐火物原料の耐火度試験方法」によるものである。いずれも妥当な結果と考えられる。

圧力鑄込試験には含水率 24%の陶土ケーキを使用した。硬さなどケーキの状態は普通のものとは変わらない。泥漿は含水率 26%、水ガラス 0.30%の条件で調整し、適切な粘調性が得られた。鑄込圧  $2.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 、鑄込時間 30 分で、脱型が良好でキレも発生しない成形が行えた。碗の圧力鑄込成形では特に問題なかった。

固形鑄込試験、排泥鑄込試験のため、含水率 28%、水ガラス 0.30%の条件で泥漿を調整した。酒器は 15 分で適切な肉厚のものが得られ、脱型性など生性状も普通のものとは変わらない。また、棒状、タイル状テストピースの固形鑄込においても特に問題はなかった。

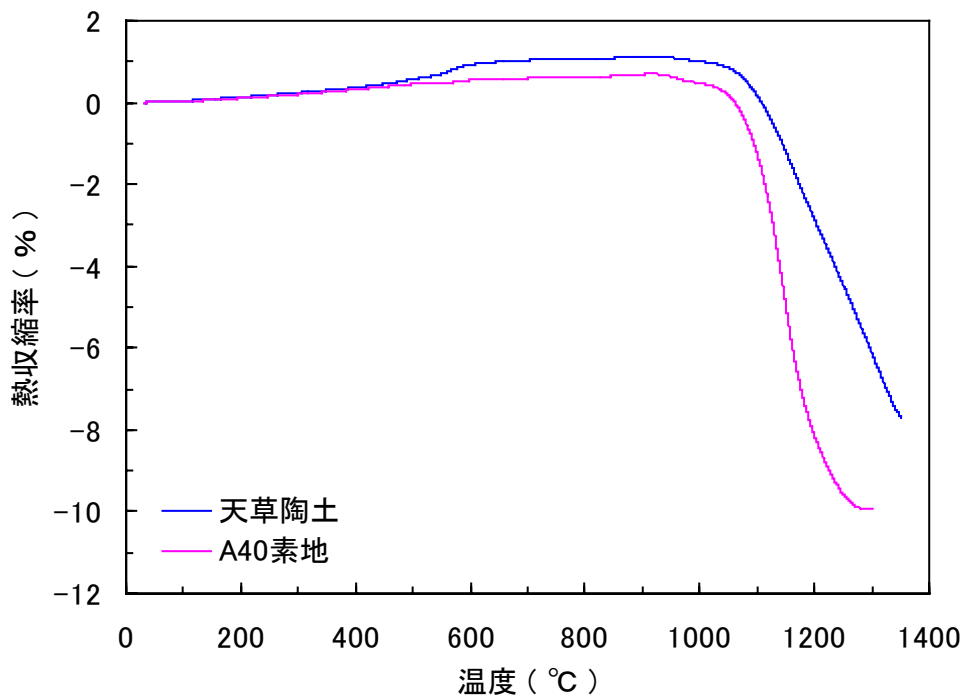


図2 熱膨張計による磁器素地 A40 の加熱収縮変化

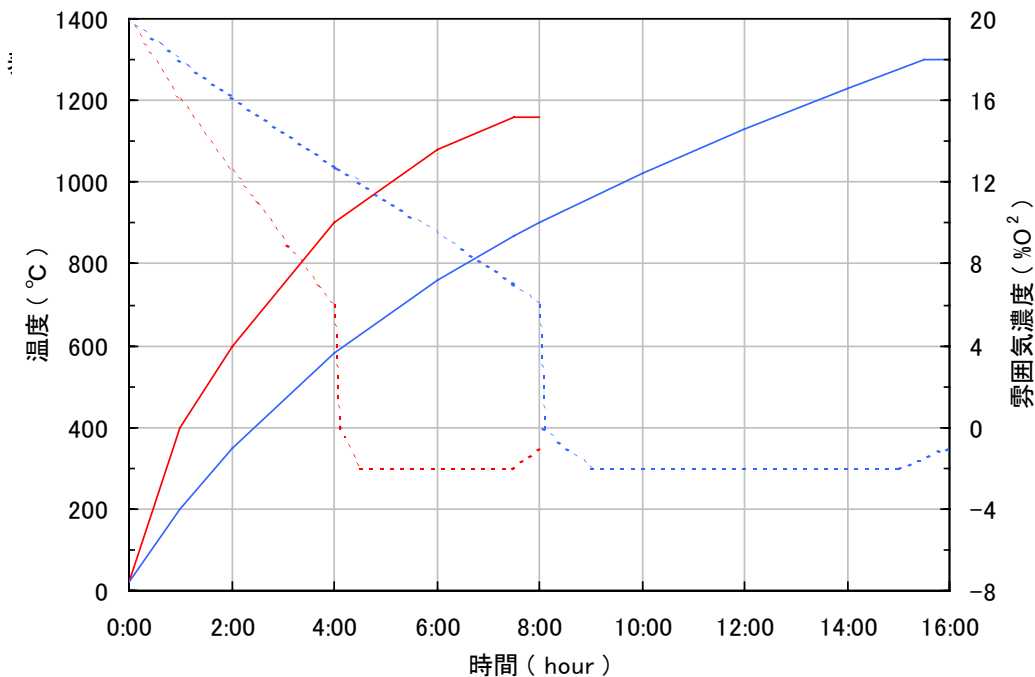


図3 ガス炉による本焼成のヒートパターン(赤：易熔化性磁器 青：普通磁器)

表2 0.1m<sup>3</sup> ガス炉による本焼成の試験結果

設定温度 (°C)	リファサーモ 上段(°C)	リファサーモ 下段(°C)	時間 (hour)	LPガス量 (kg)	削減率 (%)
1300	1300	1279	16:00	6.77	-
1300	-	-	8:00	8.94	基準
1200	-	-	8:00	4.10	54%
1200	1197	1175	8:05	6.46	28%
1180	1181	1160	8:00	4.49	50%
1160	1149	1134	7:00	7.28	19%
1120	1119	1102	6:50	6.62	26%
平均					35%

### 3.2 易熔化性磁器の本焼

素地 A40 を低温で本焼するために、熱膨張計（マックスサイエンス社製 DILATO5020）により焼成過程の熱収縮挙動を調べた。図2にその結果を示す。素地 A40 の収縮開始温度は 1000°C 程度と天草陶土と変わらないが、1200°C までの過程では急速に熱収縮をしている。素地 A40 の熔化温度が低だけでなく、熔化速度も速いことがわかる。この結果から、還元開始温度は 900°C

とし、最終温度は 1100~1200°C の間で試験することとした。

図3には本焼試験のヒートパターンを示す。青線は普通磁器のヒートパターンの一例であり、赤線は素地 A40 の試験ヒートパターンの例である。表2には 0.1m<sup>3</sup> ガス炉により本焼成をした結果を示す。設定温度はプログラムで設定した最終温度である。炉内温度はリファサーモ（Lタイプ）により棚組の上段と下段の温度

表3 低温で本焼成をした磁器素地 A40 の焼成性状

焼成温度 (°C)	嵩密度 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	湾曲度 (10 <sup>-5</sup> cm <sup>-1</sup> )	全収縮率 (%)	曲げ強度 (MPa)	熱膨張係数 (at650°C)	白色度 W(Lab)
1102	2.22	4.27	0.83	-	60	-	酸化
1119	2.31	1.66	1.46	10.3	61	-	酸化
1134	2.39	0.09	2.04	-	107	7.78	87.6
1149	2.42	0.03	2.67	11.9	112	7.93	85.6
1181	2.44	0.03	4.12	-	120	7.47	84.9
1197	2.44	0.01	6.37	13.5	112	6.97	82.7

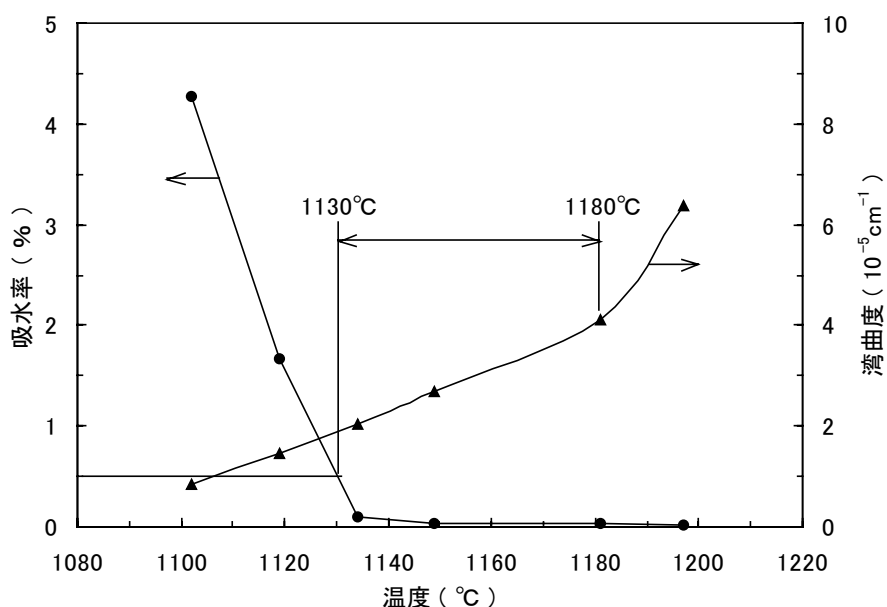


図4 磁器素地 A40 の吸水率及び湾曲度に本焼温度の及ぼす影響

を測定した。炉内温度は 10~20°C 程度の差が生じている。当然、炉圧、雰囲気濃度も上段と下段で差が生じるので、炉内の雰囲気濃度を均質化するため、調整を行った。その結果、雰囲気濃度は-1.5~-2.5%O<sub>2</sub> の間で安定した状態を得ることができた。普通磁器の 1300°C RF、8 時間焼成を基準に燃料使用量の変化を調べた結果、素地 A40 の低温焼成では平均で 35% の燃料削減を達成できる。なお、短時間焼成はバーナー出力が大きくなり、必ずしも燃料削減には寄与し

ないようである。

### 3.3 易熔化性磁器の焼成性状

所定の温度で本焼成をした素地 A40 の焼成性状結果を表 3 に示す。焼成温度はリファサーモで測定した温度である。素地の軟化変形を表す湾曲度及び吸水率の焼成温度に対する変化を図 4 に示す。吸水率 0.5% を磁器化温度としたときに素地 A40 のそれは 1130°C であることがわかる。普通磁器の 1300°C 本焼における軟化変

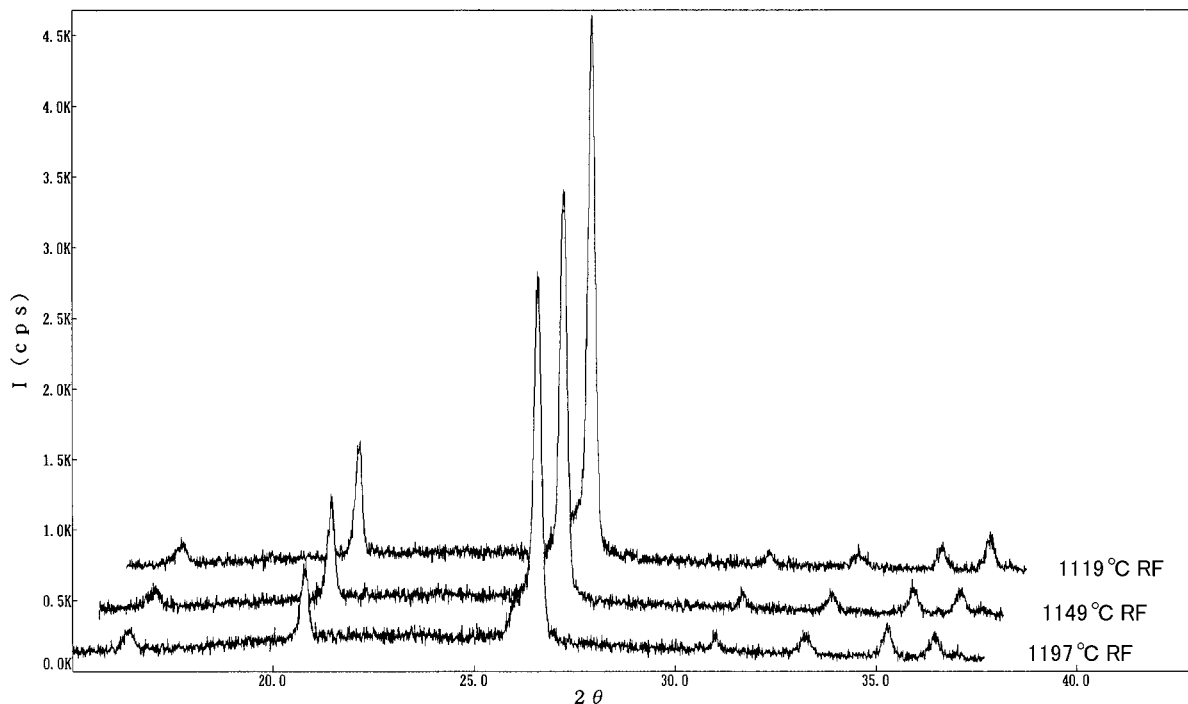


図5 磁器素地 A40 の本焼成体の X 線回折パターン

形は  $4 \times 10^{-5} \text{cm}^{-1}$  程度であるが、同等の湾曲度を示す素地 A40 の温度は  $1180^\circ\text{C}$  であった。以上のことから、易熔化性磁器の本焼においては  $1130 \sim 1180^\circ\text{C}$  の範囲が適切な焼成温度範囲と判断される。

また、曲げ強度、焼成収縮率、熱膨張係数は普通磁器と同程度のものが得られている。素地の白色度は天草撰上陶土と同等である。素地 A40 焼成体の X 線回折パターンを図 5 に示す。ムライトは  $1119^\circ\text{C}$  の低温でも認められる。また、焼成温度が高いほど残留石英のピークは低くなっているが、クリストバライトなどの結晶は生成していない。

#### 4. まとめ

生性状を改善するため、素地組成を変えた結果、原料調整、圧力鑄込成形など良好な結果であった。この他には素地 A40 を元に、機械ろくろ成形など評価したい。

$0.1\text{m}^3$  ガス炉により本焼試験をした結果、 $1130$

$\sim 1180^\circ\text{C}$  の温度範囲で本焼が可能であると分かった。このことにより、35%の燃料削減が可能であり、二酸化炭素の排出削減にもつながる。今後はより大きな焼成炉で実証試験をすすめる。

実用化のためには、釉薬の開発、絵具の発色試験、製造プロセス技術の評価、陶磁器製品の試作試験などが必要であり、今後の課題としたい。

#### 参考文献

- 1) 寺崎 信、佐賀県窯業技術センター 平成 4 年度業務報告書、43-47(1992)
- 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)