

— 経常研究 —

非可塑性原料（エコ）を用いた乾式成形法による大形タイルの開発

陶磁器科 大串邦男・矢野鉄也・小林孝幸・諸隈彰一郎
研究開発科 山口英次

要 約

磁器タイルの焼成は一般に1250℃以下であるが、食器とタイルを相詰めで焼成するため、当産地の食器の焼成温度1280～1300℃、還元とした。タイル用坯土は、陶磁器製造工程から廃棄される素焼き素地と本焼き素地、また窯業原料精製工程から廃棄される珪石粉をエコ原料として50%以上とし蛙目粘土や長石を用い坯土を調整した。その坯土を用いプレス成形機（250t）で二丁掛けタイルを成形し、シャトルキルンで焼成したタイルの収縮率、吸水率、曲げ強度などJIS規格にそって基礎データを求め坯土の配合割合を決定した。そのデータを元に収縮率を割掛けした大形タイル用金型（325mm角：モルタル用、ポンド用）でプレス圧200kg/cm²で成形した。他産地との差別化を図るため、手書きとスクリーン印刷により下絵加飾を施した。またレリーフタイルは樹脂板を使用し成形した。

キーワード：大形タイル、プレス成形、白化粧土、乳濁釉、エコ原料、レリーフタイル、下絵加飾

1. はじめに

近年、陶磁器業界は景気低迷、海外製品の参入など厳しい状況である。また、環境に関する国際基準や循環形社会への対応が企業に求められている。このため、環境に配慮し、飲食器以外の新製品分野の開拓を目指し、陶磁器廃棄物や窯業原料廃棄物を使用した大型タイルの開発を行った。

2. 実験方法

2.1 原料

本焼き素地（本焼セルベン）は、非常に硬く粉碎しにくい為、クラッシャーで粗粉碎後、遠心ローラーミルで2～3mmまで粉碎した。素焼き素地（素焼セルベン）は、配合行程を考慮しジョークラッシャーで粗粉碎した。また、精製工程から廃棄される珪石粉を使用した。

2.2 坯土調整

各種製造工程から廃棄される珪石の量は、陶磁器業界から出る量より多いため、肥前地区坯土に近い値で配合した。その配合は、長石-カオリン-石英（FKQ）で、長石21～22%、カオリン30～34%、珪石45～50%とした。エコ原料は、素焼き素地5

～10%、本焼き素地15～20%、廃珪石25～30%で、それに蛙目粘土、長石、陶石粉を用い4種類配合した。それをボールミルで約14時間粉碎した。その後、フィルタープレス（以下プレスケーキ）で脱水し、室温で約8～9%まで乾燥させた。

2.3 原料解砕

半乾燥状態のプレスケーキをベルトコンベアで原料解砕機（図1）へ投入し、上部にて数十mmに、さらに、アームで原料を網に圧接し1mmアンダーの顆粒状に調整した。

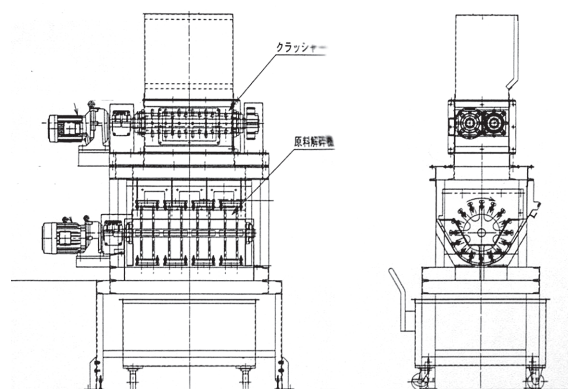


図1 原料解砕機

2.4 プレス成形

原料の配合割合を決定した後、含水率、プレス圧などを固定因子とし既成の金型により予備成形し、素地の全収縮率等を求めた後、大型タイルの金型寸法を決定した。本研究では、既存の金型で二丁掛けタイル用金型（60×230mm）を用い、プレス圧180～250kg/cm²で成形し1280～1300℃で焼成した。そのタイルの焼成収縮率などをJIS A 5209に沿って評価した。最終的に、収縮率を9%とし、300mm角の金型（モルタル用、ボンド用）図2を製作し、それを用いて大型タイルを成形した。またレリーフタイルの製作に当たっては、模様を付けた石膏型に二液性ポリウレタン樹脂を流し込み、レリーフ樹脂版を作成し、成形を行った。

2.5 加飾

下絵加飾は、900℃で素焼成した素地に市販の絵具を用い古陶磁調で描画した。またスクリーン印刷は、生地直接印刷する直刷りで草をアレンジした模様を印刷した。

2.6 化粧タイル（トンネル用）

拡散反射率と鏡面光沢度の向上を図るため、白化粧土（カオリン、長石、珪石にジルコニアを配合）を調整し、スプレーガンで素地に被覆した。この化粧土層の上に石灰釉にジルコンを添加して調整した乳濁釉を上記と同様にスプレーで施釉した。

2.7 焼成

二丁掛タイルは当地区で稼働中のローラーハースを用い、食器焼成と同じ1,280～1,300℃の還元炎で4時間焼成した。また大形タイルはシャトルキルンとローラーハースによりいずれも還元炎で焼成を行った。このように産業界で稼働中の焼成炉を用いると、焼成温度が安定しており、また将来の実用化のためにも有利である。

3. 結果及び考察

3.1 素地の熱膨張

シャトルキルンで焼成した素地の熱膨張を測定し図3に示す。素地の熱膨張係数（40～700℃）は、各素地共、5.23～5.60×10⁻⁶の範囲にあり、石灰釉とほぼ同じ値であった。しかし、200℃付近の伸びは素地中にクリストバライトが生成したことを示している。従って伸びの変化の小さい配合坯土を選ん

だ。若干のクリストバライトが見られる素地でもタイル製品には、異常は見られなかった。

3.2 成形

金型への原料供給方法により焼成後のタイル寸法精度のバラツキが発生したため、以下の動作により金型（30cm角）へ均一に原料供給を行った。1mmアンダーの顆粒をベルトコンベアで、原料ホッパーへ供給。①粉マスを最前方へ移動 → ②粉マスを途中まで戻す → ③粉マスを前方へ移動 → ④粉マスを途中まで戻す → ⑤粉マスを前方へ移動 → ⑥粉マスを原料ホッパーの下へ移動させる。原料供給後、プレス成形圧は180～250kg/cm²で大形タイルを成形した。

レリーフタイルは、樹脂板（図4）をタイル用金型の上型に両面テープで貼り付け、成形した。その結果、エッジが鋭角の場合、成形体の凸部に剥離する傾向があり、緩やかな凸凹は剥離は起こらなかった。

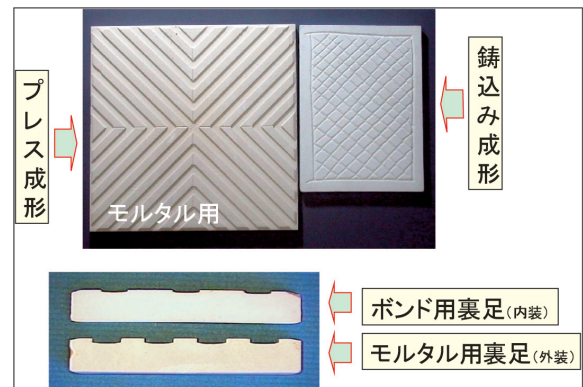


図2 モルタル、ボンド用裏足

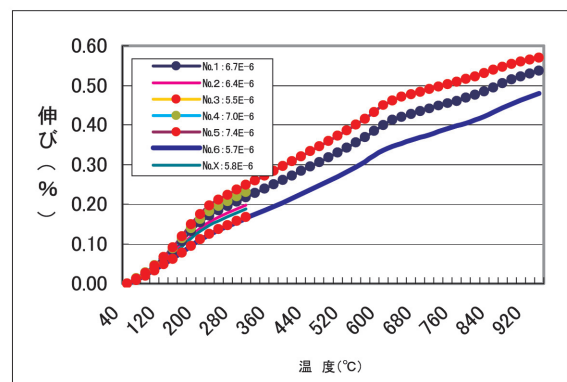


図3 熱膨張曲線

3.3 タイルの寸法

二丁掛タイル80枚の寸法を測定した結果、長辺の長さ $226.58\text{mm} \pm 0.45\text{mm}$ 、短辺の長さ $60.67\text{mm} \pm 0.24\text{mm}$ であった。寸法精度を更に高めるため、プレス圧を高め、他の製造工程を見直し成形した結果、タイル寸法は若干大きくなったが、許容誤差は $\pm 0.25\text{mm}$ 以内の公差に収めることができた。大形タイルをシャトルキルンで焼成したタイルの寸法を測定したところ、縦、横とも 298mm で概ね目的の寸法が得られが、炉内の温度差によっては寸法誤差が生じることもあった。

3.4 拡散反射率と鏡面光沢度

トンネル用タイルは、高レベルの反射率や光沢度が求められている。全国タイル検査協会規格では、拡散反射率（JIS Z 8722）が71.3%以上、鏡面光沢度（JIS Z 8741）は90.1%以上の値が求められている。石灰釉にジルコンを添加した乳濁釉をスプレー掛けしタイルを試作し、タイル表面の拡散反射率と鏡面光沢度を測定したところ、拡散反射率の値が高いと鏡面光沢度は逆に低下する結果となり、満足する目標値は得られなかった。そこで、拡散反射率、鏡面光沢度共に高める為にタイル生地に白化粧土をスプレーガン被服した上に、乳濁釉をスプレーで施した結果、拡散反射率が80%前後に、鏡面光沢度が90%前後になった。目標値より高い値を示すタイルと、低い値を示すものが出来る原因を見出すため、供試タイルを切断研磨し、デジタルマイクロスコープで観察した結果、化粧土と乳濁釉の厚みにバラツキがあることが分かったので、その厚みを一定（図5）にしたところ、目標値である拡散反射率80.0%以上、鏡面光沢度90.0%以上の結果が得られた。その結果を元に大形タイルに化粧土と乳濁釉を施したタイル図6を試作した。

3.5 加飾

タイルの加飾は上絵加飾が一般的であるが、本研究では当産地の得意とする下絵加飾（染め付け）を生かし他産地との差別化を図った。素焼き（ 900°C ）した素地に市販の絵具を用い、手書きによる加飾大形タイル図7を試作した。またスクリーン印刷は、直接生地に印刷する直刷りで加飾した。

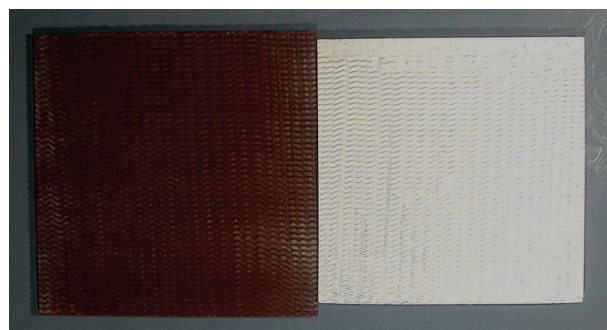


図4 樹脂板とレリーフ大形タイル

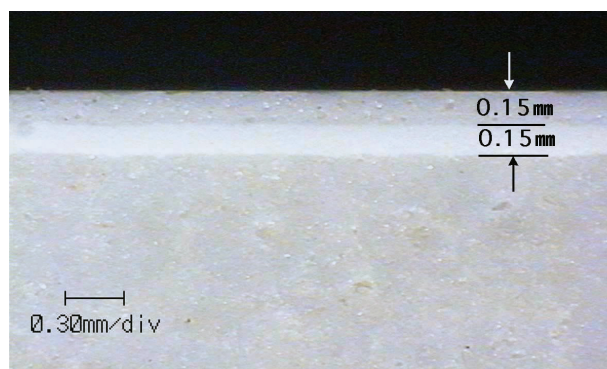


図5 化粧土と乳濁釉の厚み

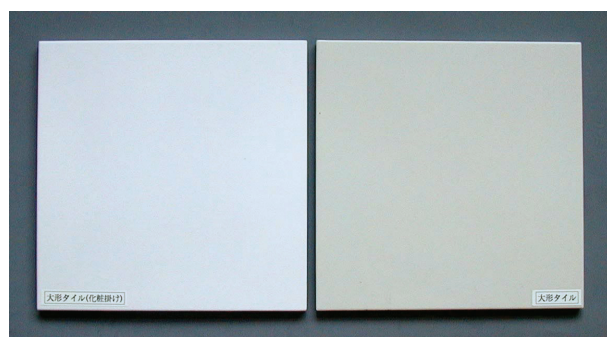


図6 化粧掛と石灰釉を施した大形タイル

4. まとめ

陶磁器業界への技術移転を考慮し、二丁掛タイルで基礎的なデータを求め、大形タイル制作方法について検討した。

- ① 坯土の製造ロットの違いによるタイルの物性は安定しているが、製造ロットが異なると、特に寸法が変化しやすかった。配合する原料の変動は基より、坯土の含水率管理が重要である。
- ② タイル用坯土は食器用坯土より可塑性を下げることでラミネーションを防止することができた。
- ③ タイルの寸法は、プレス圧により若干の調整は可

能である。しかし、低いプレス圧で成形すると曲げ強度や吸水率等に影響が出易い。

- ④タイル寸法が大きくなるほど、成型時の金型への原料充填が均一でないと焼成品のタイルが台形になりやすい。

尚、本研究での技術移転*により製造された、二丁掛タイル（装飾用外装タイル、トンネル用タイル）はエコマークを取得し、長崎県内のトンネル（図8）や公共施設に使用された。（*協力：聖栄陶器（有））



図7 染付と印刷加飾の大形タイル



図8 長崎バイパス：オランダ坂トンネル