

# 軽量粘土瓦の実用化研究

福原 徹\*<sup>1</sup>、竹内繁樹\*<sup>1</sup>、鈴木陽子\*<sup>2</sup>、川本直樹\*<sup>3</sup>

## Practical Study of Light Weight Clay Roofing Tiles

Toru FUKUHARA\*<sup>1</sup>, Shigeki TAKEUCHI\*<sup>1</sup>, Yoko SUZUKI\*<sup>2</sup> and Naoki KAWAMOTO\*<sup>3</sup>

Tokoname Ceramic Research Center, AITEC \*<sup>1</sup>\*<sup>2</sup>\*<sup>3</sup>

既報<sup>1)</sup>では現行の瓦用配合粘土の高度化（粗粒除去）と添加剤により高強度化素地を開発した。本研究はこの研究成果を基に、粗粒除去した高強度素地を用いて瓦の厚みを変更した試験を行った。その結果、250 $\mu$ m以上の粗粒除去品を用いて厚みを80%に薄くした試料の曲げ破壊荷重は、現行の配合粘土を用いた現行厚さの瓦よりも大きくなった。また、実サイズの瓦として18%軽量化した薄肉の軽量瓦の試作を行い、曲げ破壊荷重や吸水率などの品質低下がないことを確認した。

### 1. はじめに

粘土瓦は金属屋根材や化粧スレートに比べて重量があり、住宅の躯体や土台に対する負担が少ない軽量粘土瓦が求められている。またコスト面から考慮すると、現行の形状を大幅に変更することなく、軽量化を図る必要がある。そこで、現行の三州陶器瓦素地（配合粘土）の高度化（粗粒除去）と添加剤により高強度化素地を開発した<sup>1)</sup>。本研究はこの研究成果を基に高強度化素地を用いた軽量粘土瓦の試作開発研究を行い、粘土瓦の製品品質を低下させることなく、20%軽量化した薄肉の粘土瓦を開発した（図1）。

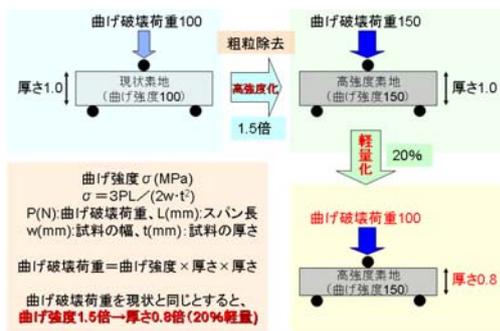


図1 高強度素地による軽量粘土瓦モデル

### 2. 実験方法

#### 2.1 配合粘土と試料の作製方法

瓦用粘土製造メーカーより入手した配合粘土を風乾した後、ロールクラッシャーとらいかい機で解砕し、所定のふるい（目開き 500 $\mu$ m 及び 250 $\mu$ m）を用いて乾

式でふるい分けし、粗粒を除去した。そして、500 $\mu$ mと250 $\mu$ m全通粉末に水を加え、混練して坏土を調製し、押出成形、乾燥後、1130 $^{\circ}$ Cで焼成した（図2）。



図2 試料の作製工程

成形には厚みの異なる口金3種類（高浜工業株式会社製、厚さ23.0, 18.0, 15.5mm：図3）を用い、幅120×長さ225mmの試料を作製した。

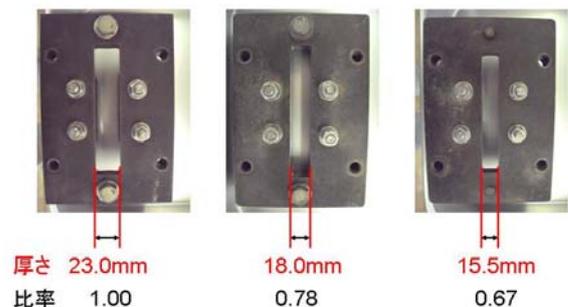


図3 使用した口金

\*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場 \*2 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場（現基盤技術部） \*3 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場（現瀬戸窯業技術センター長）

また、実サイズの軽量瓦では、配合粘土に水を加えて、トロンメルを用いて泥しょうを作製した後、目開き250 $\mu\text{m}$ のふるいを通して粗粒を除去し、フィルタープレス中でケーキを作製した。このケーキの水分を調整し、高浜工業㈱の真空押出成形機、プレス成形機及び大型乾燥器を用いて、平板瓦を試作した。試作した瓦の厚みは現状比80%の薄肉を目標とした。なお、比較として現状の配合粘土を用いて、現状の厚さと現状比80%の薄肉の瓦も試作した。そして、瓦メーカーの焼成炉にて、無釉瓦、施釉瓦及びびいぶし瓦を焼成した。

## 2.2 特性評価

### 2.2.1 粒度分布

現行の配合粘土及び粗粒を取り除いた試料の粒度は、45 $\mu\text{m}$ 以上は湿式ふるい分け法により測定し、45 $\mu\text{m}$ 未満はレーザー回折散乱法により測定し、粒度分布を求めた。

### 2.2.2 収縮率

各種坯土を押出成形した後、乾燥時及び焼成時に押出方向の長さを測定し、乾燥収縮率、焼成収縮率及び全収縮率を求めた。

### 2.2.3 吸水率

焼成体の吸水率は、JIS A 5208 5.4により測定した。

### 2.2.4 曲げ破壊荷重と曲げ強度

焼成体の曲げ破壊荷重と曲げ強度の測定は、前報<sup>1)</sup>と同様に行った。

### 2.2.5 耐凍害性

焼成体の耐凍害性は、JIS A 5208 5.5により評価した。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1 粗粒の除去

配合粘土を乾式でふるい分けして粗粒を除去し、粒度測定を行った(図4)。配合粘土には250 $\mu\text{m}$ 以上の粗粒が5%含まれており、500 $\mu\text{m}$ 全通では3.4%と少なくなり、250 $\mu\text{m}$ 全通では全く無くなっていた。また、ふるい目開きが小さいと、粒径の小さい粒子が多くなっていた。

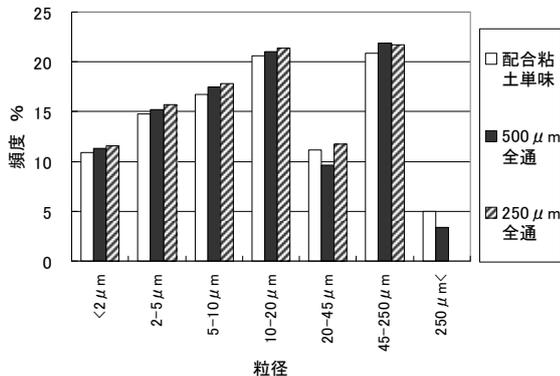


図4 粒度測定結果

### 3.2 瓦の厚みを変更した試験

収縮率の結果を図5に示す。いずれの成形厚さでも、ふるい目開きが小さくなくても乾燥収縮率はあまり変わらないが、焼成収縮率がやや大きくなり、全収縮率は若干大きくなった。

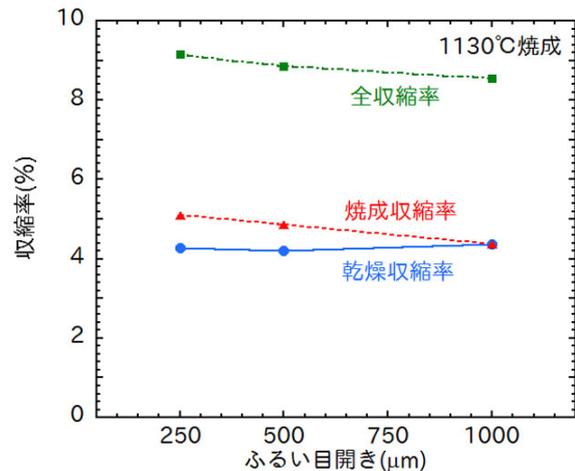


図5 粗粒除去品の収縮率

吸水率の結果(図6)、いずれの成形厚さでも、現行配合土の場合が約6.5%であった。ふるい目開きが小さくなると吸水率が小さくなり、250 $\mu\text{m}$ 全通品では約4.9%であった。このことから、粗粒除去を行っても、吸水率は大きく低下しないことがわかった。

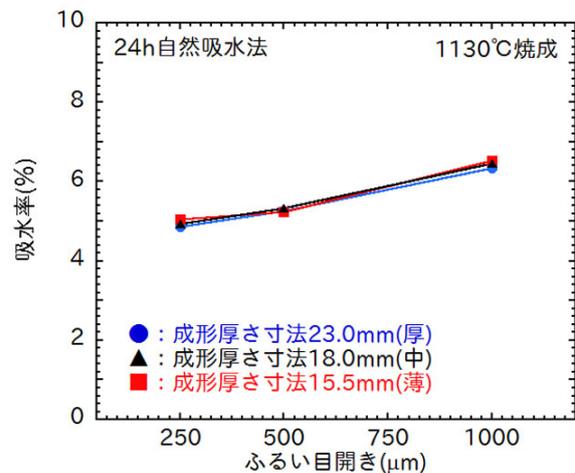


図6 粗粒除去品の吸水率

曲げ試験の結果(図7)、配合粘土単味の曲げ強度が15.1MPaに対し、500 $\mu\text{m}$ 全通品では18.9MPa、250 $\mu\text{m}$ 全通品では24.1MPaと大きくなった。250 $\mu\text{m}$ 以上の粗粒を除去すると、曲げ強度は現状と比べて約60%強度向上となった。

瓦の厚さと曲げ破壊荷重(幅100mmとして算出)をプロットした結果(図8)、瓦の厚さが厚くなると曲げ破壊荷重が大きくなった。現行の配合粘土単味(厚さ21.1mm)では2330Nであったが、250 $\mu\text{m}$ 全通粉末を用いて20%軽量化に相当する試料(厚さ17.0mm)では

2590Nとなり、現状より曲げ破壊強度が大きくなった。

このことから、本研究で開発した高強度素地を用いると、薄肉による軽量化が可能が確認できた。厚みを変えて試作した瓦の外観と厚さ、重量、曲げ破壊強度の値を図9に示す。

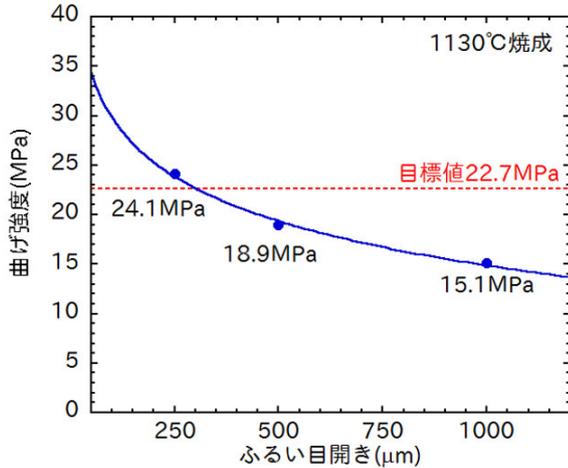


図7 粗粒除去品の曲げ強度

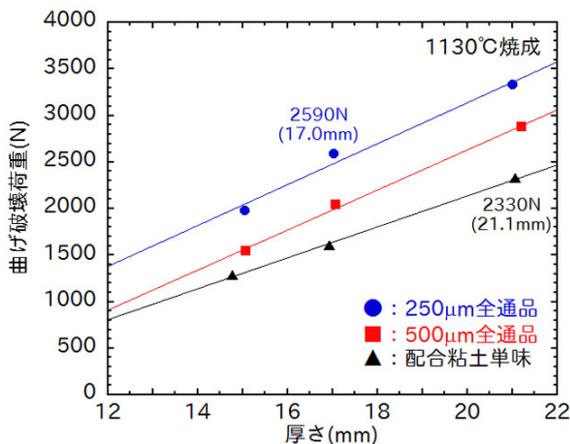


図8 粗粒除去品の曲げ破壊荷重

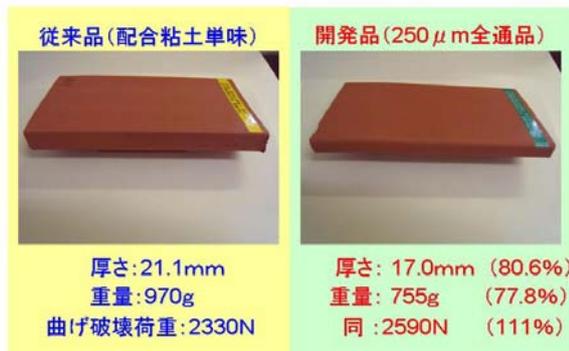


図9 厚みを変えて作製した試料

### 3.3 実サイズの軽量粘土瓦の試作

実サイズの軽量瓦を試作するには大量の坏土が必要なため、粗粒除去の方法を乾式から湿式に変更した。配合粘土に水を加えてトロンメルにて解こうした後、目開き250 μmのふるいを通し、フィルタープレスにより脱水してケーキを作製した(図10)。



図10 湿式による粗粒除去

湿式で粗粒除去した試料の粒度測定を行った結果を図11に示す。湿式250 μm全通でも乾式の場合と同様に、250 μm以上の粗粒が全く無くなっていた。また、湿式の方が乾式の場合よりも粒径の小さい粒子が多くなっていた。

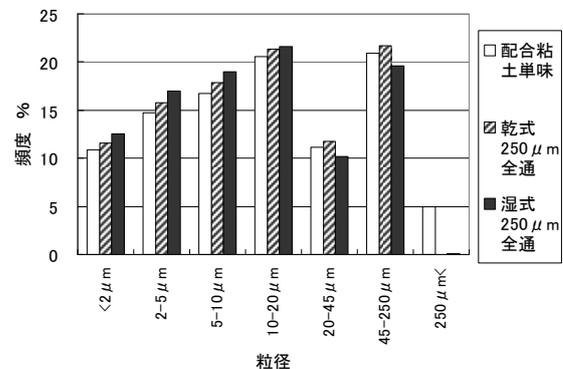


図11 粒度測定結果

次に、湿式で粗粒除去したケーキを用いて水分調整した後、実サイズの薄肉瓦を成形、乾燥した(図12)。成形時の厚さは現状比80%を目標とし、比較として配合粘土でも成形した。



図12 実サイズの瓦の成形と乾燥

乾燥した瓦の断面写真を図13に示す。現状品の断面は凹凸が大きく粗大粒子も認められるが、250 μm粗粒除去品では非常に滑らかな断面であった。現状の配合粘土を用いて、現状の厚さで成形した瓦の厚さは15.3mmで、重量は4090gであった。250 μm粗粒除去品の薄肉

成形した瓦の厚さは 12.7mm で現状比 83.0%、重量は 3360g で現状比 82.1%であり、ほぼ目標の 80%となっていた。

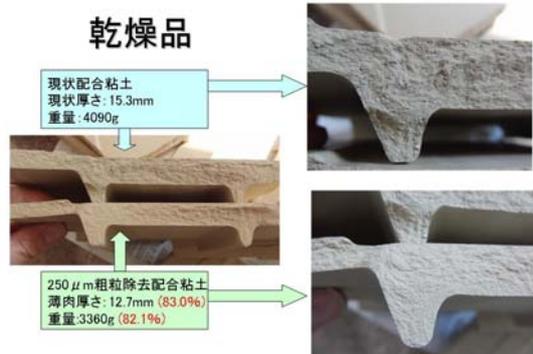


図 13 乾燥品の断面

そして乾燥品を瓦メーカーにて、施釉・焼成した。焼成した瓦の断面写真を図 14 に示す。現状品の断面も乾燥品と同様に凹凸が大きく粗大粒子も認められた。一方 250 μm 粗粒除去品では非常に滑らかな断面であった。現状の配合粘土を用い、現状の厚さで成形・焼成した瓦の厚さは 14.6mm で、重量は 3780g であった。250 μm 粗粒除去品の薄肉成形・焼成した瓦の厚さは 11.8mm で現状比 80.8%、重量は 3090g で現状比 82.2%であり、ほぼ目標の 80%となっていた。

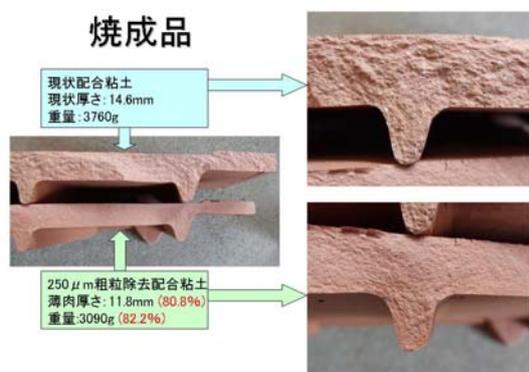


図 14 焼成品の断面

今回試作した瓦（無釉品と施釉品）の吸水率と曲げ破壊荷重を図 15 に示す。まず無釉品では、現状配合粘土で現状厚さで成形・焼成した瓦の吸水率は 4.9%、曲げ破壊荷重は 1870N であった。250 μm 粗粒除去品の薄肉成形・焼成した瓦の吸水率は 3.9% で現状より若干小さくなり、曲げ破壊荷重は 1890N で現状とほぼ同等であった。一方施釉品では、現状配合粘土で現状厚さで成形・施釉・焼成した瓦の吸水率は 4.6%、曲げ破壊荷重は 1960N であった。250 μm 粗粒除去品の薄肉成形・施釉・焼成した瓦の吸水率は 4.1% で現状より若干小さくなり、曲げ破壊荷重は 2090N で現状より若干大きくなった。

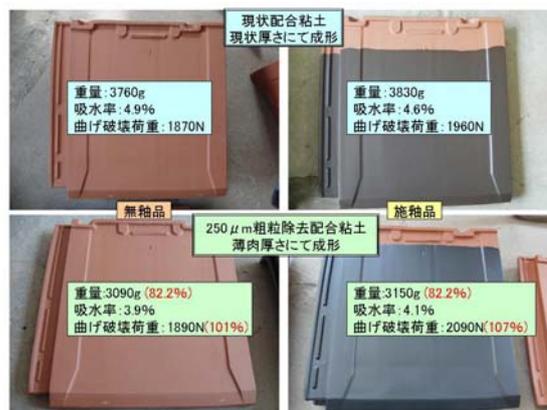


図 15 実サイズの試作品の吸水率と曲げ破壊荷重

今回試作した実サイズの瓦（無釉品と施釉品）の耐凍害性試験を行ったが、異常は認められなかった

#### 4. 結び

粗粒を除去することによる高強度素地を用いて、20% 軽量化した薄肉粘土瓦の開発を行った。本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 既報<sup>1)</sup>とは異なる配合粘土を使用し、粗粒除去を行った結果、250 μm 全通品の曲げ強度は 24.1MPa で、現行配合粘土の曲げ強度 (15.1MPa) と比べて約 60%の強度向上となった。
- (2) 瓦の厚みを変更した試験では、瓦の厚みが厚くなると曲げ破壊荷重は大きくなり、現行配合粘土 (厚さ 21.1mm) では 2330N、250 μm 全通品の 20% 軽量化に相当する試料 (厚さ 17.0mm) では 2590N となり、現状よりも曲げ破壊荷重は大きくなった。
- (3) また、実サイズの軽量瓦の試作として、湿式での 250 μm 粗粒除去・フィルタープレス、薄肉瓦の成形・乾燥、実際の工場での施釉・焼成した。得られた軽量瓦は現状比 82%の重量 (厚さ 81%) で、曲げ破壊荷重は現状以上、吸水率は現状より若干小さかった。

#### 謝辞

本研究を遂行する際、特に実サイズの軽量瓦の試作を行うにあたり水野製陶園(株)、高浜工業(株)、新東(株)及び丸栄陶業(株)に協力いただきました。ここに深く感謝いたします。

#### 文献

- 1) 福原 徹ほか: 愛知県産業技術研究所研究報告, 9, 52(2010)