

研究論文

熱間発泡タイルの試作研究

竹内繁樹^{*1}、鈴木陽子^{*1}、松下福三^{*2}

Fabrication of Hot Foaming Tile

Shigeki TAKEUCHI^{*1}, Yoko SUZUKI^{*1} and Fukuzo MATSUSHITA^{*2}Tokoname Ceramic Research Center, AITEC^{*1*2}

近年、住宅関連市場では建材の軽量化や断熱性能の向上が求められるようになってきた。このようなニーズに対応するため、熱間発泡により多孔化させた軽量、断熱タイルの試作を行った。タイルの基材に廃ガラスカレットを用い、発泡剤には炭化ケイ素（SiC）を選定した。ガラスカレットに対して、外割りで炭化ケイ素を 0.5%、炭酸リチウムを 2%添加した粉体を 840℃で焼成して試作タイルを作製した。その結果、かさ比重 0.9、熱伝導率 0.4W/mK の特性値を有する軽量・断熱タイルを開発することができた。

1. はじめに

窯業建材に対するニーズとして、施工性向上やリフォーム市場への用途拡大の観点からも軽量化が求められている。また、次世代省エネルギー基準等により、住宅建材に対する断熱性向上のニーズはさらに高まることが予想される。

そこで本研究では、このニーズに対応する外壁用タイルを開発するため熱間発泡法による多孔化タイルの試作を行った。

焼成条件は、昇温速度 200℃/h、保持時間 0h とし、最高温度 800、820、840 及び 850℃で行った。粉体 20g を、**図 1** に示す内径 6cm のステンレス製カップにタッピング操作により充てん後、焼成した。なお、焼成時の融着を防止するためにカップに耐熱性離型剤（スプレータイプ）をコーティングして用いた。また、発泡挙動を比較するために、同寸法のカップを粉体の上に被せた状態（**図 2**）でも同様に焼成し、発泡挙動の変化を調べた。

2. 実験方法

2.1 物性測定

2.1.1 かさ比重

かさ比重の測定は、アルキメデス法により行ったが、かさ比重が 1 以下のものについては、各試験体を直方体に切り出し、その重量を外形寸法から求めた体積で除して求めた。

2.1.2 熱伝導率

熱伝導率は非定常熱線法により測定した。

2.2 発泡挙動実験

タイルの基材には廃ガラスカレットを用い、発泡剤には炭化ケイ素（以下 SiC）を選定した。SiC はその粒度により、酸化が発生する温度が異なること¹⁾から、本実験では、ガラスカレットの焼結が始まる 800℃付近で酸化が起きる平均粒径 0.7 μm （大平洋ランダム社製 NISSORUNDUM GMF15S）を使用した。試料調整は、ガラスカレットに対して、SiC を外割りで 0.5%添加後、らいかい機により混合・粉碎を行い、目開き 0.5mm のふるいを全通する粒度に調製した。

**図 1** 焼成用カップ(被せなし)**図 2** 焼成用カップ(被せあり)

^{*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 三河窯業試験場長（現常滑窯業技術センター開発技術室長）

2.3 熱間発泡タイルの試作

試作タイル焼成用容器を図3に示す。内寸 18×23cm のステンレス容器に、SiC 添加ガラスカレットを 400g 充てんし、同寸法の容器を被せた状態で焼成してタイルの試作を行った。

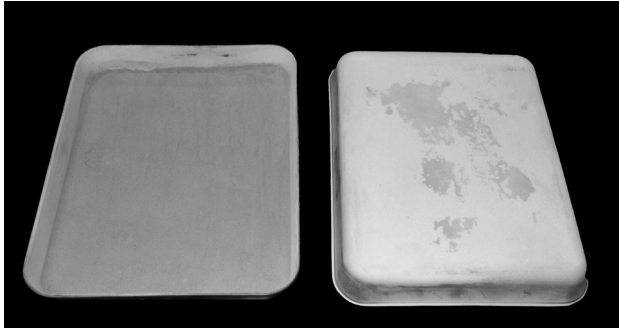


図3 試作タイル焼成用容器

充てん用容器（左）。被せ用容器（右、同寸法の容器）

3. 実験結果及び考察

3.1 SiC 添加ガラスカレットの発泡挙動

各焼成温度における試料の発泡状況を上面及び側面から観察した写真を表1に、焼成温度とかさ比重の関係を図4に示す。表1の上段は、被せなし状態で焼成した試験体、下段は、原料粉体の上にカップを被せて焼成した試験体（被せあり）を示す。表1及び図4から明らかなように、いずれの焼成方法によっても、焼成温度 840℃ 以上で、熱間発泡による素地の膨張が顕著になり、急激にかさ比重が減少した。被せなしの試料は、焼成体の中央が盛り上がるような傾向を示した。これに対して、試験体に上面を加圧した被せありの試験体の上面は平坦になり変形が抑制できていることがわかった。これは、加圧により、形状や発泡率をある程度制御できることを示唆する結果と言える。

表1 SiC 添加ガラスカレットの発泡状況

	800℃	820℃	840℃	850℃
被せなし				
被せあり				

なお、焼成体の離型はいずれの焼成温度でも良好であった。

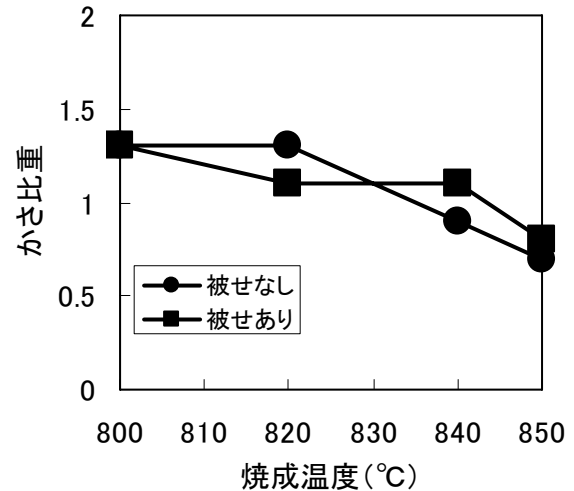


図4 焼成温度とかさ比重の関係

3.2 熱間発泡タイルの試作

SiC 添加ガラスカレット 400g を、図3に示した容器を用いて焼成した試作タイルを図5に例として示す。図から分かるように、不均一な溶融が原因と考えられる「ちぢれ」が発生した。そこで、この欠点を防ぐ目的で、ガラスカレットの熔融時の粘性を低下させる効果²⁾がある、炭酸リチウムを助剤として、SiC 添加ガラスカレットに対して、外割りで 1,2 及び 5%添加して焼成実験を行った。なお、焼成温度は発泡が顕著に起きる 840℃とし、保持時間を 0, 0.5 及び 1h の3段階とした。その焼成性状を表2に示す。その結果、いずれの添加量においても図5に示した「ちぢれ」は見られなかった。

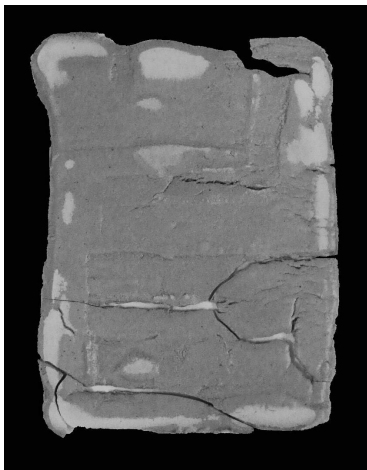


図5 ちぢれが発生した試作タイル

また、発泡による焼成体の膨張を比較すると、炭酸リチウム 1.0%添加では、発泡による膨張は少なく、2.0%添加から発泡による顕著な素地の膨張が確認できた。しかし、5.0%添加の焼成体表面には、開口した気孔が多数見られた。また、5.0%添加焼成タイルは、過剰発泡によりステンレス容器と融着を起こし、離型時に試作タイルに欠けが生じた。

表2 炭酸リチウムを添加した試作タイルの焼成性状
(保持時間 0h)

添加量:1.0%	2.0%	5.0%
		

次に、良好な試作タイルが得られた、炭酸リチウムを2%添加した SiC 添加ガラスカレットを用いて、保持時間と発泡状況の関係を調べた。なお、焼成温度は 840℃とした。保持時間を 0.5、1h とし、試作タイルをそれぞれ焼成した。これらの試作タイル（保持時間 0、0.5、1h）を三点曲げ試験により破壊した破断面の写真を、図6に示す。保持時間 0h では、破断面に見られる気泡は全体に小さくその径がそろっていたが、保持時間の延長に伴い、大きな気泡が増える傾向を示した。特に、1h では試作タイル表面に大きな気泡が開口していた。これは、熱間発泡により発生した気泡が時間とともに合体し、大きくなったためと考えられる。タイル表面の欠点防止から

保持時間については 0h が望ましいと考えられる。

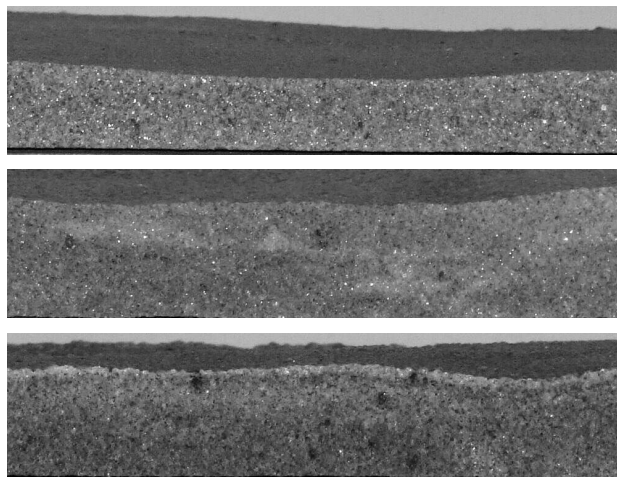


図6 三点曲げ試験後の試作タイル破断面
(上:保持時間 0h、中:0.5h、下:1.0h)

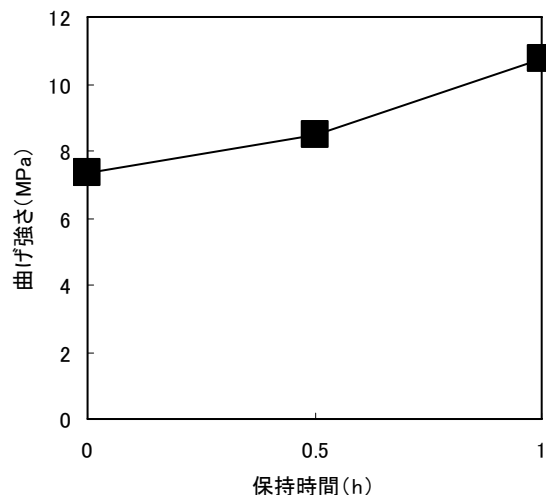


図7 三点曲げ強さと保持時間の関係

三点曲げ強さと保持時間の関係を図7に示す。

試作タイルの曲げ強さは、保持時間の延長に伴いわずかに高くなる傾向を示した。しかし、試作タイルの形状が発泡により中央部が厚く端部が薄くなる傾向があり、その形状を平板とみなして曲げ強度を算出したことによる誤差を考慮すると、保持時間の延長による強度向上は期待できないと考えられる。

なお、今回の実験で最も良好な焼成体は、焼成温度 840℃、炭酸リチウム 2%添加、保持時間 0h の試作タイルであった。そのかさ比重は 0.9 であり、熱間発泡による軽量化が確認できた。また、熱伝導率は 0.4W/mK で、一般のタイルの熱伝導率が 1.0~1.4W/mK であることから、試作タイルは断熱性を有することが確認できた。

4. 結び

本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) SiC 添加ガラスカレットは 840℃以上で、熱間発泡による顕著な膨張を示した。また、原料粉体の上に離型剤をコーティングしたステンレス型を被せることにより、発泡による著しい変形を抑制できることがわかった。
- (2) SiC 添加ガラスカレットによるタイルの試作では、焼成時に発生するちぢれが炭酸リチウムの添加で防止

できることがわかった。炭酸リチウム外割り 2%添加で良好な試作タイルが得られ、そのかさ比重は 0.9、熱伝導率は 0.4W/mK であった。

文献

- 1) 山崎, 山口, 伊藤:愛知県常滑窯業技術センター報告, **20**, 1 (1993)
- 2) 長谷川, 山崎, 松下:愛知県常滑窯業技術センター報告, **7**, 23 (1979)