

研究論文

三州瓦シャモットの利用率向上研究

竹内繁樹*1、福原 徹*1、宮田昌俊*2、星 幸二*2

Improvement of the Utilization of Chamotte Made from SanShu Clay Roofing Tiles

Shigeki TAKEUCHI*1, Toru FUKUHARA*1, Masatoshi MIYATA*2 and Koji HOSHI*2

Tokoname Ceramic Research Center*1*2

三河地区では、規格外瓦を微細なシャモットに粉碎処理し瓦用配合粘土へ添加してリサイクルを行なっている。このリサイクルにおいて課題となっているのが、回収された規格外瓦への炭化ケイ素製棚板などの混入である。炭化ケイ素が混入すると瓦の焼成工程で釉面に著しい発泡痕が残る大量の不良品を発生させる。そこで、炭化ケイ素の粒度、混入濃度を変えて仮焼シャモットや瓦用配合粘土に添加して、シャモット工場で実施している出荷前試験と瓦焼成時の発泡現象との関係について検討した。その結果、両者の発泡現象には SiC 混入濃度との相関がみられたことから、発泡の予測が可能となり、シャモット利用率の向上が期待できる。

1. はじめに

三河地区は全国の粘土瓦生産の約 67%を生産する日本最大の瓦産地である。このため、愛知県陶器瓦工業組合は、瓦の生産に伴い発生する廃棄物の減量にもシャモット工場を整備するなど積極的に取り組んでいる。

シャモット工場は、瓦メーカーから持ち込まれた規格外瓦を 500 μ m 以下の微細なシャモットに粉碎処理し、配合粘土メーカーに供給する。配合粘土メーカーは、瓦用配合粘土にシャモットを添加して瓦メーカーに出荷するという循環システムを通じてリサイクルを行っている。

現在、このリサイクルシステムにおいて課題となっているのが、瓦工場から回収される規格外瓦への異物の混入である。特に問題となっているのは、炭化ケイ素（以下、SiC）製の棚板などの窯道具類の混入である。シャモットに SiC が混入すると瓦の焼成工程で釉面に著しい発泡痕が残るため大量の不良品が発生する。

そのため、シャモット工場では品質管理として出荷前試験を実施しているが、瓦焼成工程で起こる発泡現象との相関が明らかではないため、混入事故の起きたシャモットは大量廃棄している。そこで、SiC の粒度及び混入濃度を変えて、出荷前試験及び瓦焼成の発泡実験を行い、両者の相関について定量的に調べた。

2. 実験方法

2.1 発泡の観察

本研究では、瓦の釉面において目視で観察できる図 1 に示すような気泡がはじけた痕跡を発泡とした。その他の微小な穴（ピンホール）や膨れは発泡として計数しなかった。これは、正常な製品でも釉面にピンホールや膨れが観察されることがあり、これらと SiC の発泡によるものとの判別が困難なためである。



図 1 釉面に発生した発泡(目盛りは 1mm)

2.2 SiC の調製

耐火物用 SiC（大太平洋ランダム株式会社製 NISSO-RUNDUM RC100F）を湿式ふるいにより、500-100 μ m、100-45 μ m、45 μ m 以下の 3 段階の粒度に分級した。そ

*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場（現 常滑窯業技術センター 材料開発室） *2 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場

それぞれの粒度の SiC を用いて、シャモットへの混入濃度（シャモット 1 トン当たりの SiC の濃度として、以下 SiC g/ton と表記する）を変えて、発泡実験に用いた。

2.3 発泡実験

2.3.1 出荷前試験における発泡現象

シャモット工場で実施している出荷前試験では、シャモットを定期的に採集し、ふるいにより 100 μ m 以上のシャモットを分級する。このシャモット 50g を釉薬スリップ 120g に混合したものを瓦白地に施釉した後、電気炉で焼成して釉面に生じた発泡痕の観察を行い、出荷の可否を判定（発泡痕が 5 個以上の場合出荷停止）している。

この出荷前試験における発泡現象と SiC の粒度及び混入濃度との関係について調べるため、**図 2** に示すような発泡実験を行った。シャモット工場から提供された正常品のシャモット（以下、現行シャモット）を電気炉で 60 $^{\circ}$ C/h、最高温度 1130 $^{\circ}$ C、1h 保持の条件で仮焼し SiC 混入の可能性を除去した。この仮焼物を乳鉢で目開き 500 μ m のふるい全通となるように解砕した。この仮焼シャモットに SiC を**表 1** に示す条件で添加・混合したものをを用いて、出荷前試験と同様に釉薬スリップに混合し施釉した。このとき、瓦製品と同等の 1 枚あたり 80g の施釉重量となるように施釉を行った。この試験体を出荷前試験と同じ焼成条件となるように電気炉で昇温速度 200 $^{\circ}$ C/h、最高温度 1140 $^{\circ}$ C、1h 保持の条件で焼成を行った。焼成体の釉面を目視で観察し、発泡痕を計数した。

2.3.2 瓦焼成時の発泡現象

瓦焼成時に起こる発泡現象について**図 3** に示す発泡実験を行った。シャモットを外割り 4.5% 添加して製造されている瓦用配合粘土を風乾により乾燥した後、ロールクラッシャーで目開き 1mm のふるい全通となるように粉砕した。この瓦用配合粘土に含まれるシャモットの重量を基準として、**表 2** に示す混入濃度となるように、500-100 μ m の粒度の SiC を添加して、アイリッヒミキサーにより混合・混練を行った。得られた練土を押出成形機により、45 \times 15 \times 200mm の寸法となるように平板状に成形した後、110 $^{\circ}$ C で 24h 乾燥した。この試験体に対して、瓦製品と同等の施釉重量となるように施釉し、電気炉で瓦焼成時と同等となるように 60 $^{\circ}$ C/h、最高温度 1130 $^{\circ}$ C、1h 保持の条件で焼成を行った。焼成体の釉面の観察を行ない、発泡痕を計数した。このとき、試験体 11 本分の施釉面積が和形棧瓦の釉面の面積とほぼ等しいことから、試験体 11 本の発泡痕の個数を合計して瓦 1 枚あたりの発泡痕の個数として評価した。

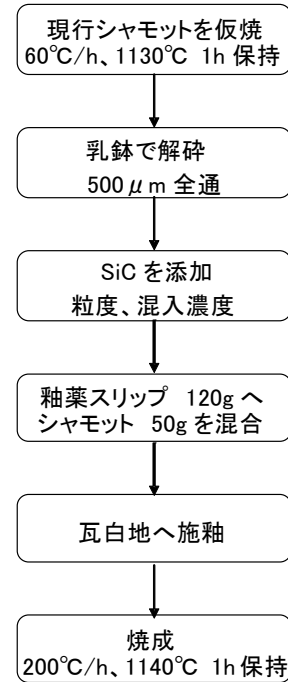


図 2 出荷前試験の発泡実験

表 1 仮焼シャモットへの SiC の添加条件

粒度(μ m)	混入濃度(SiC g/ton)					
	0	10	20	40	100	300
500-100						
100-45				60	100	300
45 以下					100	300

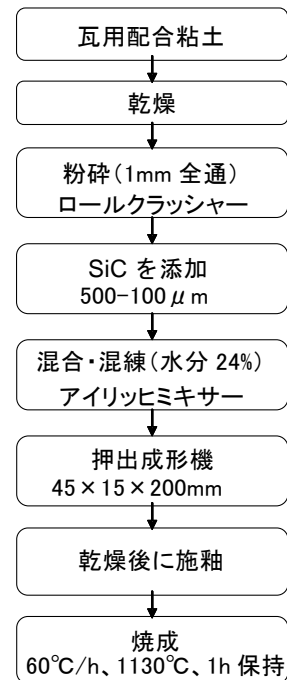


図 3 瓦焼成時の発泡実験

表2 瓦用配合粘土に含まれるシャモットへの
SiCの混入濃度

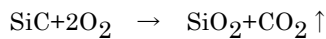
粒度(μm)	混入濃度(SiC g/ton)			
	42	105	233	2326
500-100	42	105	233	2326

3. 実験結果及び考察

3.1 出荷前試験における発泡現象

出荷前試験の発泡実験結果を、SiCの粒度ごとに**表3**に示す。

この結果から、45μm以下の粒度で発泡が見られなかったことについては、以下のように考えられる。SiCは、加熱されると酸化され、次式の反応を起こしガス(CO₂)を発生する。この発生したガスが、熔融した釉薬層の中で気泡を形成して、釉表面で弾けて発泡痕を残す。



この酸化反応は、SiCの粒度が細くなるに従い、より低い温度から早く進行することが知られている¹⁾。このことから、シャモットに添加した45μm以下の粒度のSiCは、焼成において釉薬が熔融する最高温度に到達する前に酸化反応が終了して発泡痕を残さなかったと考えられる。

500-100、100-45μmの粒度における混入濃度と発泡痕の数との関係についてみると**図4**に示すように、500-100μmでは混入濃度と発泡痕の数は比例関係にあった。また、**図5**に示すように、100-45μmでは発泡痕の数は混入濃度にはほぼ比例した。

500-100μmでの発泡実験は、シャモット工場の出荷前試験に相当することから、出荷の判定基準である発泡痕の数5個は10SiC g/tonの混入濃度に相当することがわかった。

3.2 瓦焼成時の発泡現象

瓦焼成時の発泡実験の結果を**表4**に示す。**図6**から明らかかなように、発泡痕の数は混入濃度と比例関係にあった。

そこで、この結果と出荷前試験の結果から、両者の相関について調べた。混入濃度が0~300SiC g/tonまでのデータを用いて、それぞれ直線回帰を行い比較した。その結果、同じ混入濃度に対する発泡痕の数は出荷前試験に比べ、瓦焼成時は約8分の1となることがわかった(**図7**)。この発泡挙動の違いは、出荷前試験では釉層の中でSiCがガスを発生し発泡痕を残すのに対して、瓦焼成時には配合粘土中に分散したSiCから発生するガスが釉層に到達した場合に発泡痕を残し、釉層から離れたSiC

表3 SiCの粒度及び混入濃度と発泡痕の数
(出荷前試験の発泡実験)

粒度(μm)	混入濃度(SiC g/ton)						
	0	10	20	40	60	100	300
500-100	0	5	14	32	/	123	504
100-45	/	/	/	/	44	161	285
45以下	/	/	/	/	/	0	0

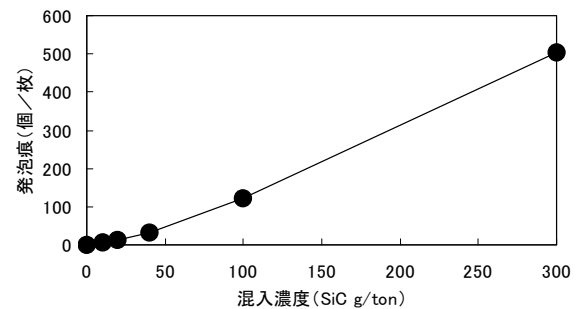


図4 SiC混入濃度と発泡痕の数
(粒度 500-100μm)

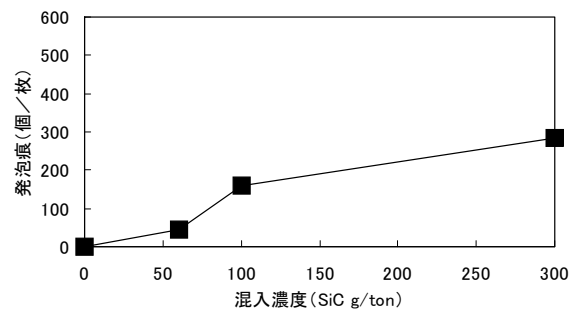


図5 SiC混入濃度と発泡痕の数
(粒度 100-45μm)

表4 SiC混入濃度と発泡痕の数
(瓦1枚あたりの発泡数に換算したもの)

粒度(μm)	混入濃度(SiC g/ton)			
	42	105	233	2326
500-100	8	21	48	162

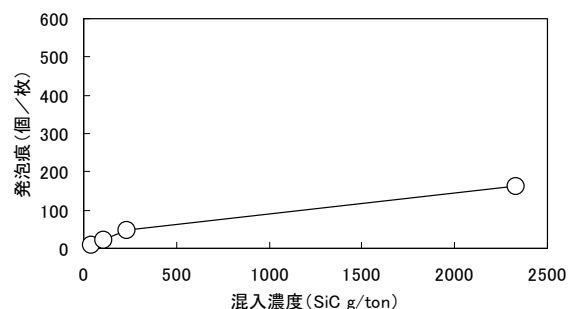


図6 SiC混入濃度と発泡痕の数(瓦焼成時の発泡実験)

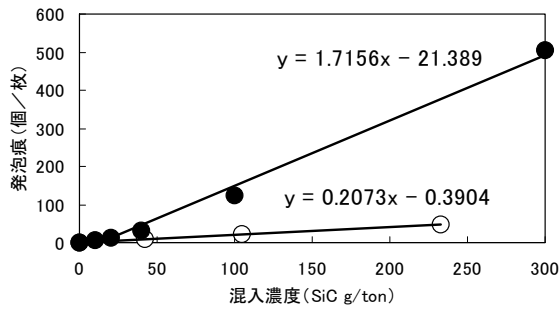


図7 出荷前試験と瓦焼成時の発泡の相関について
(SiC 500-100 μ m)

は発泡への寄与が小さくなるためである。

図7の結果を用いれば、SiC混入を出荷前試験で検出した場合、その発泡個数から瓦焼成時の発泡個数が推定できるため、SiC混入シャモットの大量廃棄を避けることが可能となり、シャモットの利用率向上が期待できる。

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) 出荷前試験の発泡実験から、発泡痕の数はSiCの混入濃度に比例することが明らかとなった。また、出荷の判定基準である発泡痕の数5個は、10SiC g/tonの

混入濃度に相当することがわかった。

- (2) 瓦焼成時の発泡痕の数も混入濃度に比例することがわかった。
- (3) 出荷前試験及び瓦焼成時の再現試験の結果から、混入濃度が0~300 SiCg/tonまでのデータを用いて、それぞれ直線回帰を行い比較した。その結果、同じ混入濃度に対する発泡個数は出荷前試験に比べ、瓦焼成時は約8分の1となることがわかった。この結果を用いれば、SiC混入を出荷前試験で検出した場合、その発泡個数から瓦焼成時の発泡個数が推定できるため、SiC混入シャモットの大量廃棄を避けることが可能となり、シャモットの利用率向上が期待できる。

謝辞

本研究にあたり、ご協力頂いた愛知県陶器瓦工業組合の皆様へ深謝いたします。

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)