

廃石膏ボードのリサイクル技術開発

工藤 和彦, 野村 隆文, 執行 達弘, 吉田 憲司

Development of Recycling Technology of Waste Gypsum Board

Kazuhiko KUDOH, Takafumi NOMURA, Tatsuhiro SHIGYO, Kenzi YOSHIDA

抄 録

本研究は、国内で年間100万トンを超えて発生すると推定される廃石膏ボードのリサイクル技術開発を目的とした。廃石膏の基本特性を明らかにし、セラミックタイルへの利用を検討した。粘土に廃石膏を配合したタイルを試作し、1050—1150℃において焼成試験を行い、吸水率、曲げ強度などの物性を測定した。その結果、廃石膏は、タイル原料として十分、実用化の可能性を見いだした。

キーワード：リサイクル, 廃棄物, 石膏ボード, X線回折, SEM, タイル, セラミックス

Abstract

The purpose of this paper is development of recycling technology of waste gypsum board which is generated over a million ton per year in Japan. The properties of waste gypsum board were investigated by XRD method, SEM observation and others. Furthermore an application to ceramic tile was attempted. Several mixtures of clay added waste gypsum were fired at 1050–1150 °C and fired bodies were characterized. As result of these experiments, a possibility of ceramic tile material was shown.

KEY-WORDS : recycling, waste materials, gypsum board, XRD, SEM, tile, ceramics

1. はじめに

全国で年間100万トンを超えて発生すると推定されている廃石膏ボードは、これまで、紙を取り除いた後、安定型処分場で埋め立て処理をされていた。ところが、処分場において、いくつかの条件が重なることにより、有毒な硫化水素ガスが発生することが判明¹⁾、管理型処分場での処理が必要となった。今後、解体系石膏ボードの増加が予測され(図1)、処分場の不足も懸念されていることから、早急なりサイクル技術開発が求められている。一方、全国的に良質粘土が枯渇化してきていることから、陶磁器、タイル、煉瓦業界では、新

たな原料開発を模索している。

本報告では、粘土代替原料としての石膏の利用の可能性について検討した。

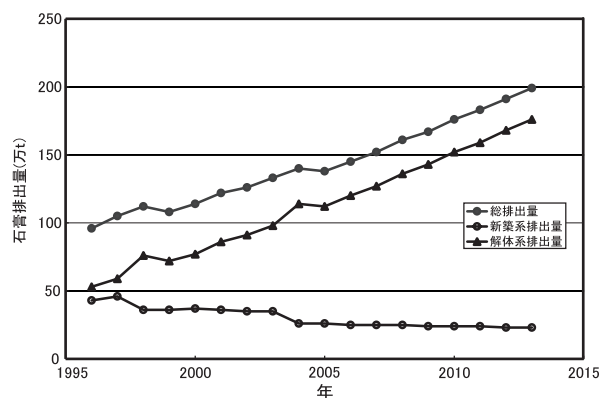


図1 廃石膏ボードの推定排出量 (社石膏ボード工業会HPデータを図にプロット)

事業名：重点領域特別研究

課題名：道内未利用資源を利用する建材開発と評価システムの提案

2. 廃石膏の特性

2.1 供試石膏

供試石膏は解体時に排出されるボードを粉砕し、紙等の付着物を除去したもので、1 mm以下に分級したものをを使用した。ただし、分級後の石膏中には、除去しきれなかった綿状の紙分が0.1mass%程度残存していた。図2に石膏のSEM(走査型電子顕微鏡)写真を示した。廃石膏は長さ5 μm程度の針状結晶の集合体であることが分かった。

表1に蛍光X線によるオーダー分析値(半定量値, 酸化物換算)を示した。また、粉末X線回折(XRD)結果から、供試石膏は、CaSO₄・2H₂Oであることが確認された。

2.2 供試石膏の熱特性

図3に供試石膏のTG-DTA(熱重量-示差熱分析)測定結

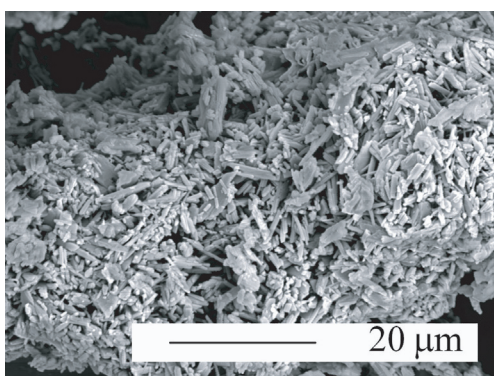


図2 廃石膏(粉体)のSEM写真

表1 廃石膏ボードの蛍光X線分析値

成分	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	SrO	その他
分析値	0.3	1.1	53.1	44.8	0.2	0.2	0.3

(mass%)

果を示した。廃石膏(CaSO₄・2H₂O)は200℃付近までに結晶水を脱離することが、DTAの吸熱ピーク及び重量減少から確認された。さらに、後述するXRD結果から、この重量減少は、2水塩→半水塩に対応することが分かった。また、

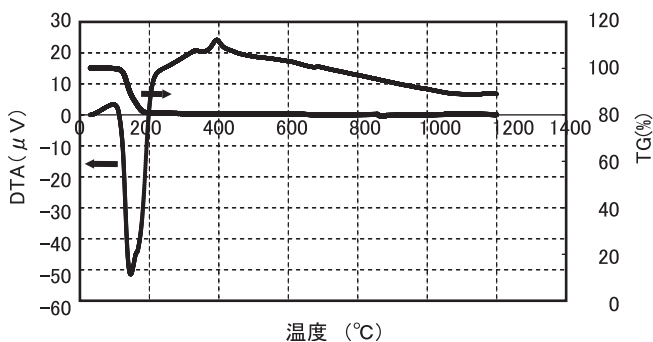


図3 廃石膏のTG-DTA曲線(昇温速度10°C/min)

400℃付近の発熱ピークは、重量減少を伴わないことから、CaSO₄の相転移²⁾に対応することが推察された。

2.3 焼成試験

アルミナるつぼに廃石膏(-1 mm)10 gを採取し、電気炉内で昇温速度200℃/hで昇温後、所定温度で1時間保持し、放冷後の重量を測定した。この操作を保持温度を100℃から1350℃まで変えて、繰り返し行った。その結果を焼成前の重量を100として、図4にプロットした。また、図5に焼成前及びいくつかの焼成温度での試料のX線回折パターンを示した。

200℃、1時間保持での重量減少は、前述したように、CaSO₄・2H₂Oの結晶水の脱離(2水塩→半水塩)に対応することがXRDによって確認された。400℃焼成後のXRDから、試料は無水CaSO₄となったが、半水塩の弱いピークも確認され、この温度でも一部、半水塩が残存していることが分かった。その後、1100℃付近まではほとんど重量減少も見られなかったが、1150℃付近から、再度の重量減少が始まった。これは、石膏の分解によるSO₃ガスの放出に対応すると考えられ、1300℃焼成試料では褐色～緑褐色へと色調の変化が認められた。石膏の通常の分解温度は1200℃以上であるが、加熱時間が長い場合、1200℃以下でも徐々に分解が進むことが文献³⁾に記されている。また、1350℃焼成試験後、取り出した試料は、るつぼ内で熔融凝固していた。これは、石膏の分解後、生成したCaOとCaSO₄との共晶生成による融解と考えられている²⁾。

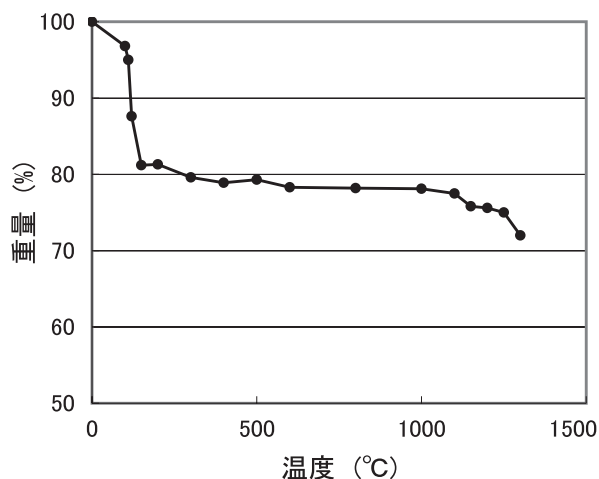


図4 廃石膏の焼成による重量変化

図6、図7に供試石膏を500℃及び1200℃で焼成した時のSEM写真を示した。500℃焼成(無水塩)のSEM写真と焼成前(図2)の写真には見かけ上、大きな違いはなかった。図6の中央部を横断している棒状のものは、石膏中の異物と思われる。図7から、この温度では前述したようにCaO-CaSO₄の共晶を作り熔融凝固が開始されているものと考えられた。

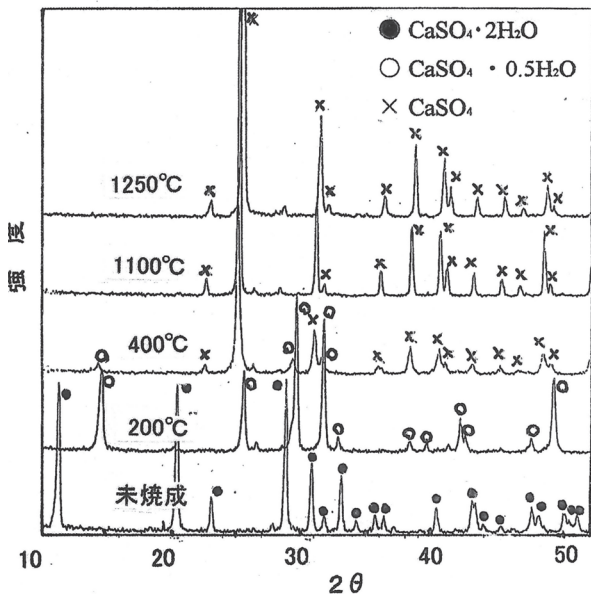


図5 種々の焼成温度における廃石膏のX線回折パターン

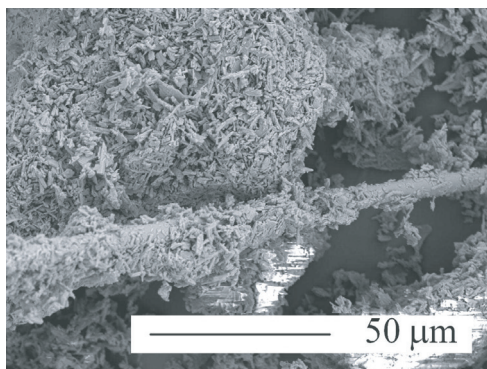


図6 500°C焼成廃石膏のSEM写真

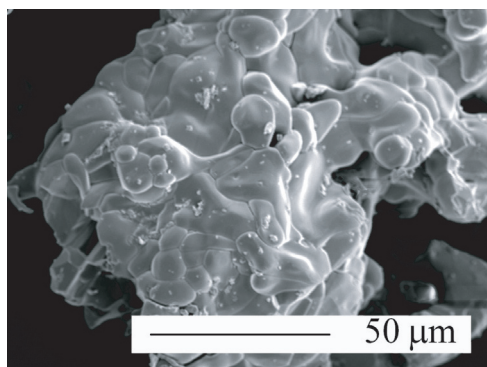


図7 1200°C焼成石膏のSEM写真

3. セラミックスタイルの試作試験

3.1 試験方法

粘土は、本道野幌地域に産出し、煉瓦、土管等に汎用されている原料を使用した。予備試験から、石膏の配合量が多くなると強度の低下が懸念されたことから、粘土に対して2割

以下に抑えて配合したタイルをプレス成形（200 kgf/cm²）で作製した。

タイルの配合は、以下の4種類とし、成形時の寸法は、110×65×10mmであった。

A：粘土/石膏=5，B：粘土/石膏=7

C：粘土/石膏=9，D：粘土のみ

(A～Cは、いずれも重量比)

タイルは、電気炉内で昇温速度200°C/hで所定の温度まで昇温後、1時間保持し作製した。焼成後のタイルは、各種物性を測定し、性能を評価した。

なお、吸水率及び曲げ強度は陶磁器質タイルの規格（JIS A 5209-1994）に基づき測定した。曲げ強度の測定には、オートグラフAG-50 KNG（島津製作所製）を使用し、支点間距離9 cm，荷重速度0.5mm/minとした。また、熱伝導率の測定には、非定常熱線法の原理に基づく迅速熱伝導率計（Kemtherm QTM-D3，京都電子工業㈱製）を使用した。

3.2 結果と考察

図8に試作タイルの焼成温度と吸水率との関係を示した。石膏を添加することにより、吸水率は増加した。この理由として、粘土内部に点在する石膏中の結晶水の脱離及び有機物の燃焼により生じた微細な空隙（気孔）の存在が推察された。そこで、タイルの見かけ気孔率を常法⁴⁾により測定した。その結果を図9に示した。1050°Cでは、30数%の気孔率を示したが、この気孔は焼成温度が高くなるにつれ、減少し、1150°Cでは、約10%小さくなった。また、石膏の配合量が高くなると気孔率も高くなることが確認された。

図10に試作タイルの焼成温度と曲げ強度との関係を示した。曲げ強度は、石膏を添加することにより低下したが、これは、2章で記したように、石膏が1100°C付近までは比較的安定な物質であり、焼結も進んでいないためと推察された。

上記結果から、石膏の配合は吸水率の増加と曲げ強度の低下をもたらすことが分かったが、本測定値は、陶器質内装タイルで要求される基本性能を十分満足するものであった。また、石膏配合量の増加が気孔率の増加に結びついたことから、多孔質材料への応用も今後、検討する必要がある。

図11に試作タイルの焼成温度と熱伝導率との関係を示した。建設材料の熱物性の一つである熱伝導率は、一般にその値が小さい方が断熱性が高いことを示す。石膏配合による熱伝導率の低下が認められたが、その主因は前述した気孔によるものと推察された。熱伝導率の測定値は、概ね、煉瓦、瓦などセラミックス製品の範疇にあった。

以上のことから、石膏の配合量、焼成温度等に留意することにより、タイルなどへの利用は十分可能と考えられる。

4. おわりに

我が国では、これまで石膏ボードは、廉価で耐火性、遮音性のある建設材料として大量に使用されてきた。今後、中古住宅の建て替えに伴い大量に発生する使用済みボードの安全なリサイクル技術開発は急務であり、本報で検討したタイルなどのほかセメント製品への利用も考えられる。製造メーカー、建設現場、リサイクル企業一体となった取り組みがますます重要となってくる。

引用文献

- 1) 井上雄三編, 安定型最終処分場における高濃度硫化水素発生機構の解明ならびにその環境汚染防止対策に関する研究, 国立環境研報第188号(2005)
- 2) 無機マテリアル学会編, セメント・セッコウ・石灰ハンドブック, 142p(1995)
- 3) 荒井康夫, 安江 任, 石膏と石灰, No.132, 28(1974)
- 4) JIS A 1509-2: 2008

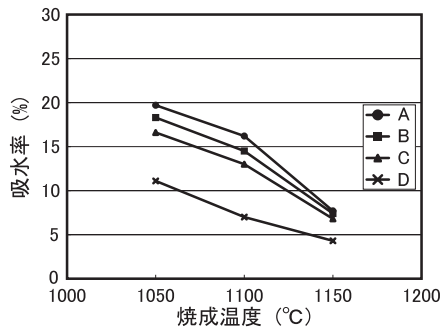


図8 タイルの焼成温度と吸水率との関係

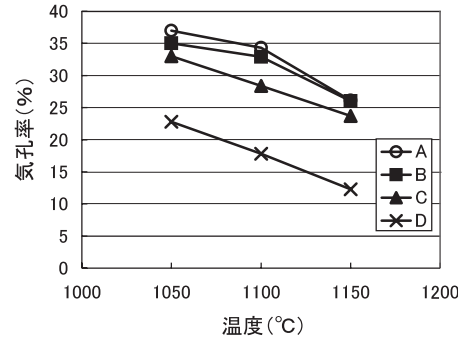


図9 タイルの焼成温度と気孔率との関係

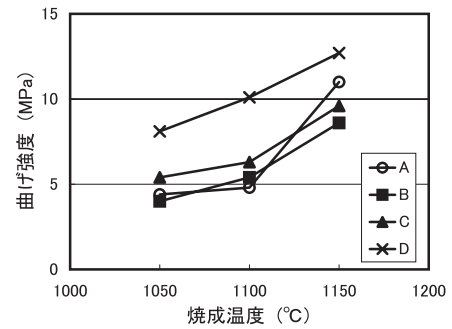


図10 タイルの焼成温度と曲げ強度との関係

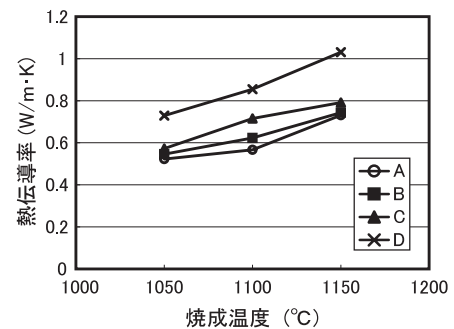


図11 タイルの焼成温度と熱伝導率との関係