

B2-3

再生石膏粉の形態変化に伴う化合水分量と密度特性について

○ (正) 小島淳一¹⁾, (正) 中村吉男²⁾, (正) 遠藤和人³⁾, (正) 西川美穂⁴⁾

1) (株) アイコ, 2) 愛知工業大学, 3) (国研) 国立環境研究所, 4) (一社) 泥土リサイクル協会

1. はじめに

石膏ボードは、その優れた性能から建築物の内装材として年間 400 万トン以上が生産使用¹⁾されているが、その一方で老朽化した建物等の解体工事に伴い発生する廃石膏ボードの排出量は増加の一途をたどっている。廃石膏ボードの内、分別解体マニュアル²⁾に準じて適正解体されたものは、中間処理を経て石膏粉（以下、再生石膏粉と呼ぶ）として再資源化されるが、そのリサイクル率は低迷しており更なる再生利用の拡大が喫緊の課題となっている。リサイクル材としての再生石膏粉の要求品質は、利用用途に応じて異なり、また、品質検査の項目は時勢と受け入れ先の要求にも依存し、焼成処理によって製造される再生石膏粉は相転移の状態を把握し、石膏の形態（半水、無水）に関する品質保証が求められる。本研究は、再生石膏粉の化合水分量と密度を指標とした再生石膏粉の形態評価を提案するものであり、具体的には、X線回折により再生石膏粉の相転移の状態を調べ、再生石膏粉の化合水分量および密度の合成値を理論的に求めて実験値と比較することにより再生石膏粉の形態について議論するものである。

2. 再生石膏粉の製造方法と実験試料の概要

石膏は、硫酸カルシウム (CaSO₄) の化学組成を持つ鉱物の総称であり、加熱・加水・吸湿に伴い相転移が生じ、無水和物と 0.5 水和物 (CaSO₄ · 1/2H₂O)、二水和物 (CaSO₄ · 2H₂O) が生成される。これらは、一般に無水石膏、半水石膏、二水石膏と呼ばれる。また、再生石膏粉の基本的な製造方法は図-1に示すとおりであり、排出された廃石膏ボードは石膏粉と剥離紙に破碎・分離するなどの中間処理を経て再生二水石膏が製造される。そして、150~185℃で加熱、焼成処理すると「再生半水石膏 (β型)」が、330℃以上で加熱、焼成処理することにより「再生無水石膏 (Ⅱ型)」が製造されることになる。本研究で対象とした再生石膏粉は、全国の中間処理業者の協力を得て、実際に流通している再生石膏粉を実験試料とした。実験試料における再生石膏粉の製造概要（破碎粒径、焼成方法、焼成温度等）を表-1に示す。

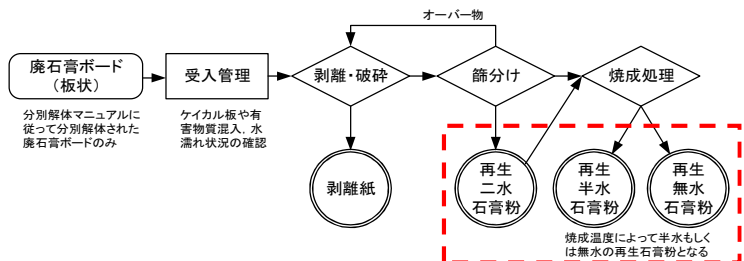


図-1 再生石膏粉の基本的な製造方法

表-1 実験試料一覧

試料名称	破碎粒径	焼成方法	焼成温度	試料数
再生二水石膏	D-1	3mm以下	—	6
	D-2	3mm以下	—	
	D-3	3mm以下	—	
	D-4	3mm以下	—	
	D-5	3mm以下	—	
	D-6	5mm以上	—	
再生半水石膏	H-1	3mm以下	ロータリーキルン	3
	H-2	4mm	ロータリーキルン	
	H-3	3mm以下	IH式ロータリーキルン	
再生無水石膏	A-1	4mm	ロータリーキルン	3
	A-2	5mm以上	ロータリーキルン	
	A-3	3mm以下	ロータリーキルン	

3. X線回折による再生石膏粉の形態評価

再生石膏粉の焼成過程において“焼きむら”が生じると形態（二水、半水、無水）の異なる再生石膏粉が混在して製造されることになる。石膏粉の形態は、X線回折分析における固有の回折角のピーク強度を比較することにより把握できるので、各形態の混在した再生石膏粉のX線回折と各形態の標準試料のピーク強度を比較すれば再生石膏粉の形態構成の成分比を概算することが可能となる。X線回折 (X線回折装置：リガク製 UltimaIV) から求めた各試料の成分比は図-2に示すとおりとであり、再生二水石膏粉製品 (D-1~D-6) では一部半水と無水が混在し、再生半水石膏粉製品 (H-1~H-3) では一部二水と半水が混在している。また、無水再生石膏粉製品の A-1 は 20%程度の二水石膏が混在していることがわかる。

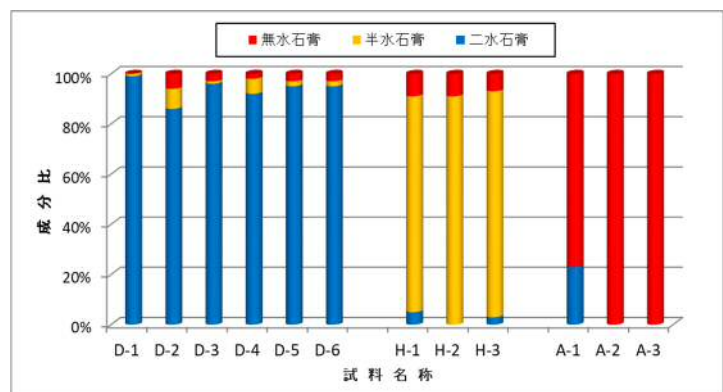


図-2 X線回折から求めた各試料の形態構成比

【連絡先】〒470-0356 愛知県豊田市八草町来姓 1250 番地 (株) アイコ 技術部
 小島淳一 Tel: 0565-48-6048 FAX: 0565-48-6058 e-mail: j-kojima@aico-ce.co.jp
 【キーワード】リサイクル、再生石膏粉、相転移、化合水分量、密度

4. 再生石膏粉の化合水量及び密度特性

石膏の相転移時に生ずる結晶水の離脱は、結晶構造の緻密化を促し、化合水量の低下と密度の上昇となって表れることから、両者を測定することによって再生石膏粉の形態変化を捉えることができるものと考えられる。本研究では、再生石膏粉の化合水量は、「土の含水比試験方法」(JIS A 1203)に基づく炉乾燥法(乾燥温度:110°C±5°C)によって求めた。なお、「せっこうの化学分析方法」(JIS R 9101)では、石膏の化合水量は、試料を240~260°Cで恒量になるまで加熱して求めることとされているが、別途実験を行い二水石膏および半水石膏を、110±5°Cで24時間の炉乾燥した場合においても、無水状態への形態変化が生じていることを確認し同条件での化合水量を本研究では再生石膏粉の化合水量として定義した。また、再生石膏粉の密度は、「セメントの物理試験方法」(JIS R 5201)に基づき、ルシヤテリエ密度ビンを用いて測定した。各形態における理論上の化合水量は分子量を基にして算定され、二水石膏粉:20.9%、半水石膏粉:6.2%、無水石膏粉:0.0%であり、標準試薬の密度試験を行い各形態の密度をそれぞれ求め、二水石膏粉:2.325 g/cm³(関東化学(株)試薬特級、純度規格98.0%)、半水石膏粉:2.686 g/cm³(関東化学(株)試薬鹿1級、純度規格99.0%)、無水石膏粉:2.930 g/cm³(関東化学(株)試薬鹿1級を1100°Cで焼成)を得た。これより、再生石膏粉の理論上の合成化合水量及び合成密度は、前章で示したX線回折による再生石膏粉の形態構成比を用いて、(1)、(2)式から算定することができる³⁾。図-3は、化合水量と密度の合成値と実験値の関係を整理したものであり、合成値と実験値の間には高い相関性が認められ、再生石膏粉の化合水量と密度を調べることで二水、半水、無水の形態を推定することが出来る。

5. 石膏粉と再生石膏粉の密度と化合水量の比較

図-4は、密度と化合水量の関係を整理したものであり、図中●印は標準試薬(純度の高い石膏粉)の状態(二水、半水、無水)を示している。また、○印は二水と半水および半水と無水がそれぞれで1:1(質量比)の割合で構成された場合の状態を表しており、各点を実線で結び表記した。破線は、実線に対して1%及び2%の紙片が混入した場合を想定して描いた密度と化合水量の関係であり、●、●、●は再生二水石膏粉、再生半水石膏粉、再生無水石膏粉の実験値をプロットしている。前述したとおり、再生石膏粉の化合水量および密度の実験値は、理論的に求めた合成値と高い相関性を示しているが、データを個々に比較すると実験値は合成値に比べて化合水量・密度ともに概して小さくなる傾向にある。これは紙片1~2%の混合に相当する密度と化合水量の低下に相当しており、理論値との差は、石膏粉の純度や紙分のような密度の異なる夾雑物の混入による影響が少なからず表われているものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 経済産業省:平成28年経済産業省生産動態統計年報 化学工業統計編、p. 79.
 - 2) 国土交通省:廃石膏ボード現場分別解体マニュアル、平成24年3月.
 - 3) 土質工学会:フィルダムの調査・設計から施工まで、pp. 87-88、1983年
- 謝辞:本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(3-1702)により実施された。

$$w_{(gd+gh+ga)} = w_{gd} \times P_{gd} + w_{gh} \times P_{gh} + w_{ga} \times P_{ga} \dots\dots(1)$$

ここに、 $w_{(gd+gh+ga)}$:再生石膏粉の化合水量(%)
 w_{gd} , w_{gh} , w_{ga} :二水, 半水, 無水の化合水量(%)
 P_{gd} , P_{gh} , P_{ga} :二水, 半水, 無水の含有率
 $(P_{gd} + P_{gh} + P_{ga} = 1)$

$$\rho_{(gd+gh+ga)} = \frac{1}{\frac{P_{gd}}{\rho_{gd}} + \frac{P_{gh}}{\rho_{gh}} + \frac{P_{ga}}{\rho_{ga}}} \dots\dots(2)$$

ここに、 $\rho_{(gd+gh+ga)}$:再生石膏粉の密度(g/cm³)
 ρ_{gd} , ρ_{gh} , ρ_{ga} :二水, 半水, 無水の密度(g/cm³)

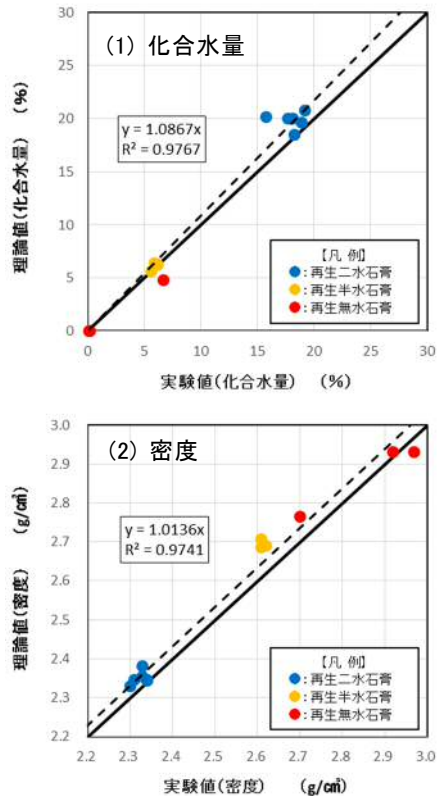


図-3 実験値と合成値の比較

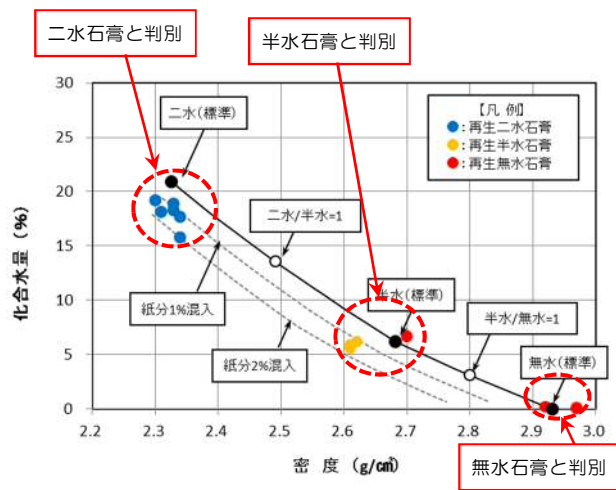


図-4 密度と化合水量の関係