

自然災害時に大量発生する廃石膏ボードの再生利用向上に向けた取組み -豪雨災害由来で発生した廃石膏ボードの分離回収試験-

Efforts to Improve Recycling of Waste Plasterboard Generated in Large Quantities in the Event of Natural Disasters - Separation and Recovery Test of Recycled Gypsum Powder from Waste Plasterboard Generated by Torrential Rain Disaster -

吉岡 由郎*1 大山 将*2 松生 隆司*3
Yoshiro Yoshioka Sho Oyama Takashi Matsuike

要旨

大規模自然災害で発生する膨大な量の災害廃棄物を適切に分別し、積極的に再生利用することは、最終処分量を低減し、資源循環に繋がる。しかしながら、災害時の建物解体により大量に排出される廃石膏ボードの再生利用は十分に図られていない。本報告では、廃石膏ボードの再生利用向上に向けた取組みとして、国土交通省のマニュアルに準じた適正解体で分別回収したりサイクル可能な状態の廃石膏ボードに対して、仮置場でさらに分離分別して純度の高い石膏粉を回収することを目的として実施した分離回収試験の結果について報告する。

キーワード：大規模自然災害 仮置場 廃石膏ボード 廃石膏粉 再生利用 資源循環

1. はじめに

大規模自然災害により発生する膨大な量の災害廃棄物を適切に分別し、積極的に再生利用することは、最終処分場の負荷を低減し、循環型社会の実現に貢献するものである。

石膏ボードは建築物の壁や天井などさまざまな場所に使用されており、災害時には建物解体により廃石膏ボードとして大量に排出される。熊本県¹⁾は平成29年度「災害廃棄物対策に関するシンポジウム」において、熊本地震では石綿を含有しない石膏ボードの再生利用が進まなかったことを報告している。また、環境省²⁾が平成30年度に行った調査においても、災害時に発生した廃石膏ボードの再生利用が図られていないことが明らかとなり、再生利用促進に向けた取組みが進められている^{3) 4)}。

廃石膏ボードは建物解体現場でフレコンバックに梱包されて仮置場に搬入・集積される。水濡れの無いリサイクル可能な状態のものは中間処理施設に搬出され、リサイクル不可能な状態のものは管理型最終処分場に搬出される。

しかしながら、大規模災害では廃石膏ボードが短期間に大量に発生するため、仮置場での雨養生やリサイクル不可の判別作業が煩雑となり、リサイクル可能な状態の廃石膏ボードであっても管理型最終処分場に搬出されてしまうことや、中間処理施設への受入れが制限されることも懸念される。したがって、平時より廃石膏ボードの再生利用向上に向けた検討が重要であると考えられる。

本報告では、廃石膏ボードの再生利用向上に向けた取組みとして、適正解体⁵⁾により分別回収された再生利用可能

な状態の廃石膏ボードに対して、仮置場でさらに分離分別して、純度の高い石膏粉を回収することを目的として実施した廃石膏ボード分離回収試験の結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 使用試料

分離回収試験は、豪雨災害により全半壊した建物を適正解体した際に分別回収された廃石膏ボードを使用した。仮置場に搬入・集積されたフレコンバックの状況を写真1に、使用試料2袋（試料A約170kg、試料B約165kg）を写真2に示す。事前の前処理として、異物（壁紙）、鉄類（画鋸・木ねじ・釘）、3mm以下石膏粉（以下「回収石膏粉」と記す）を選別除去した。その際の重量を表1に、試料Aの選別除去物を写真3に示す。前処理後に、石膏ボード分離回収設備に投入する直前の廃石膏ボード試料A、試料Bを写真4に示す。



写真1 豪雨災害時の仮置場に集積された廃石膏ボード

2.2 使用設備

試験は(株)細田企画社製の石膏ボード分離回収設備（デモ

*1 環境エンジニアリング本部 環境ソリューション部

*2 技術研究所 大阪テクノセンター

*3 環境エンジニアリング本部 環境技術部



写真2 仮置場から搬出される廃石膏ボード（試料A・B）

表1 前処理時の分離物重量

前処理分離物	試料A (kg)	試料B (kg)	A+B (kg)
回収石膏粉	3.51	3.33	6.84
異物（壁紙）	7.44	0.00	7.44
鉄類（画鋸・木ねじ・釘）	0.04	0.03	0.07



写真3 選別回収した試料Aの回収石膏粉（左）・異物（中央）・鉄類（右）



写真4 石膏ボード分離回収設備投入直前の廃石膏ボード試料A（左）・試料B（右）

機、処理能力0.5t/h）を使用して実施した。石膏ボードの分離原理を図1に、廃石膏ボードの投入状況を写真5に示す。投入された石膏ボードは、つぶしロールにより石膏が破碎され石膏粉となり、同時に表面のボード原紙が剥離・回収される。分離回収設備の仕様を表2に、分離回収フローを図2に、設備全景と分離物回収部を写真6に、主要設備の外観を写真7～写真14に示す。

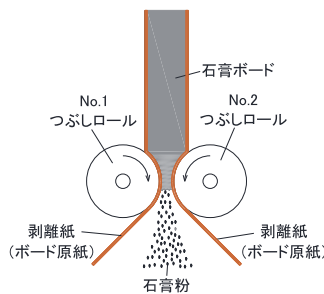


図1 石膏ボード分離原理



写真5 廃石膏ボード投入状況

表2 石膏ボード分離回収設備仕様（デモ機、処理能力0.5t/h）

番号	設備名	規格等	数量	単位	動力(kW)
1	投入作業台	手投入	1	台	—
2	分離装置	H I ブラスターボ、0.5t/h、ロール間隔最小約6mm、粉分離スクリーンφ11	1	式	12.6
3	石膏粉タワー	スクリューコンベア スクリュー外径φ100、傾斜角45度	1	台	0.75
4	剥離紙搬送装置	スクリューコンベア スクリュー外径 紙φ140、粉φ115	1	台	1.5
5	パウダートロンメル	パウダーZ1、外筒φ350穴径φ3、内筒外径φ190穴径φ8	1	式	1.24
6	回収石膏粉(3mm以下)搬送装置	スクリューコンベア、スクリュー外径φ100	1	台	0.75
7	3~8mm残渣搬送装置	スクリューコンベア、スクリュー外径φ78	1	台	0.06
8	H I ブラスターボ制御盤	220V	1	台	—
9	パウダーZ1制御盤	220V	1	台	(計16.9kW)

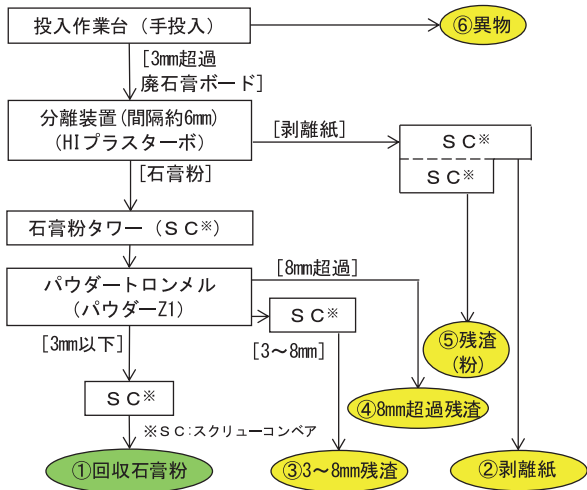


図2 分離回収フロー



写真6 設備全景と分離物回収部



写真7 投入作業台

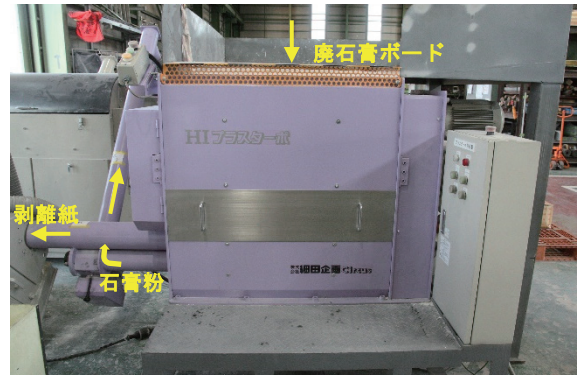


写真8 分離装置



写真9 石膏粉タワー (スクリュウコンベア)



写真10 剥離紙(上)と残渣(下)搬送スクリュウコンベア



写真11 パウダートロンメル (カバー開)



写真12 回収石膏粉(3mm以下)搬送スクリュウコンベア



写真13 3~8mm 残渣搬送スクリーコンベア



写真14 HI プラスターボード制御盤

3. 試験結果と考察

3.1 分離回収物

試料A・Bの分離回収物重量、重量割合、かさ密度を表3に、分離回収物を写真15に示す。

3.1.1 分離回収物の重量割合

分離回収物の重量割合は、試料Aと試料Bの平均で、回収石膏粉が約77%、剥離紙（ボード原紙）が約10%、それ以外に残渣が約13%となり、細田企画より参考に示された

過去の納入機実績（石膏粉7：残渣2：紙1）と比較して、石膏粉の重量割合がやや多い結果となった。これは、投入する廃石膏ボード材料の差によるものと考えられる。

なお、実設備では3~8mm残渣（約11%）は破碎して、再度3mmでふるうため、その約半分は3mm以下の石膏粉となる。これらの状況をふまえ、前処理と実設備での処理を考慮した重量割合を表4に示す。今回の試験結果より、実設備では重量割合として廃石膏ボードの約80%が回収石膏粉として回収されることが判明した。

表3 分離回収物重量・重量割合・かさ密度

項目 分離物	試料A 重量 (kg)	重量 割合 (%)	試料B 重量 (kg)	重量 割合 (%)	試料 A+B (kg)	重量 割合 (%)	かさ 密度 (t/m ³)
① 回収石膏粉	121.98	77.1	124.74	76.1	246.72	76.6	0.59
② 剥離紙（ボード原紙）	15.12	9.6	17.56	10.7	32.68	10.1	0.05
③ 3~8mm残渣	18.34	11.6	18.44	11.2	36.78	11.4	0.54
④ 8mm超過残渣	0.70	0.4	0.48	0.3	1.18	0.4	0.18
⑤ 残渣（剥離紙側）	2.00	1.3	2.70	1.6	4.70	1.5	0.40
①~⑤ 合計	158.14	100.0	163.92	100.0	322.06	100.0	—
⑥ 異物（木片、投入前に除去）	0.26	—	0.04	—	0.30	—	—

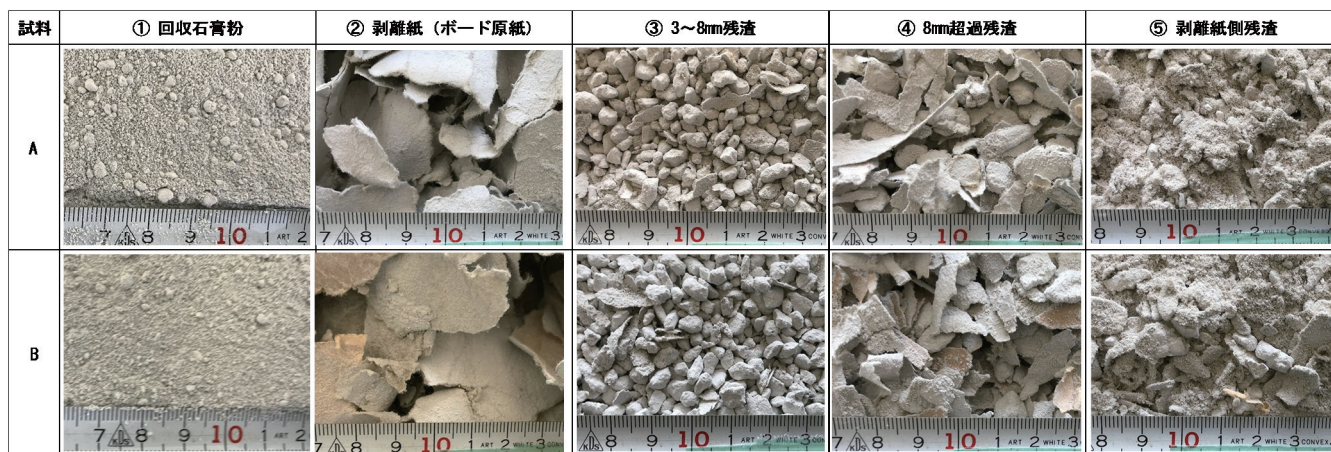


写真15 分離回収物

表4 前処理と実設備を考慮した分離回収物重量割合

分離物	重量 (kg)	重量割合 (%)
回収石膏粉	271.95	80.77
剥離紙	32.68	9.71
残渣	24.27	7.21
異物 (木・壁紙等)	7.74	2.30
鉄類 (画鋸・木ねじ・釘等)	0.07	0.02
小計	336.71	100.00

3.1.2 分離回収物のかさ密度

回収石膏粉のかさ密度は、分離直後で0.59t/m³であった。試料返送のトラックによる運搬後は0.67t/m³となり、運搬中の振動により多少締固まったものと考えられる。

剥離紙のかさ密度は排出時には0.05t/m³、ビニール袋内で圧縮しても約0.1t/m³であった。ここで回収石膏粉と剥離紙を体積で比較すると、回収石膏粉：剥離紙＝80.77/0.59:9.71/0.05＝1:1.42と剥離紙の体積の方が大きい結果となり、剥離紙の保管や運搬の効率化のためには圧縮梱包等による強制的な減容化学手法の適用が必要である。

3.2 回収石膏粉の粒度分布

試料A・Bの回収石膏粉の粒度加積曲線を図3に示す。試料A・Bとも、回収石膏粉は、ふるい目4.75mmを100%通過し、ほぼ同じ粒度分布であった。

3.3 再生石膏粉の品質管理項目の検査

「再生石膏粉の有効利用ガイドライン」⁶⁾に記載されている再生石膏粉の品質管理項目と検査方法に準じて、回収石膏粉について実施した検査結果を表5に示す。

なお、上記ガイドラインは、基準値を設けるものではな

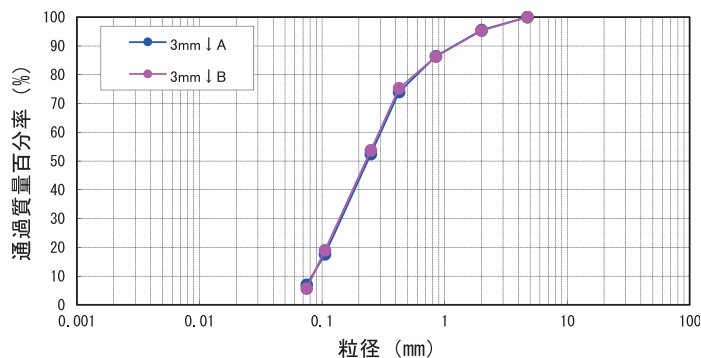


図3 回収石膏粉の粒度加積曲線

く、測定データは、出荷先への品質保証に資することを目的としている。

3.3.1 夾雑物の定量

目視観察では夾雑物の混入は認められなかった。夾雑物の定量では、繊維分と不溶解残渣の合計含有率は、試料Aが0.97%、試料Bが1.15%であった。適切に製造された再生二水石膏粉の紙分は2~3%程度以下⁶⁾とされる。また、全国から収集した再生石膏粉を用いて実施された夾雑物量の試験結果⁷⁾では、不溶解繊維（主に紙分）と不溶解沈殿物（主に土砂）の合計量は0.64~8.06%であった。今回試験で得られた回収石膏粉中の夾雑物量は、これらの数値と比較しても、十分に低いレベルであったと考えられる。

3.3.2 水分量

自由水量は試料Aが0.17%、試料Bが0.18%でどちらも1%以下であった。

また、化合水量は試料Aが19.13%、試料Bが18.56%となり、どちらも18%以上となった。

表5 再生石膏粉の品質管理項目と回収石膏粉の検査結果

区分	品質管理項目	分析方法	試料A	試料B	
自主検査	夾雑物の混入状況	目視観察	無	無	
	水分量(自由水量)	「せつこうの化学分析法」(JIS R 9101)に準じる	0.17%	0.18%	
	水分量(化合水量)	同上	19.13%	18.56%	
	最大粒径	「土の粒度試験分析法」(JIS A 1204)に準じる	4.75mm	4.75mm	
	水素イオン指数(pH)	「せつこうの化学分析法」(JIS R 9101)に準じる	6.68	6.37	
定期検査	夾雑物の定量	「再生石膏粉の有効利用ガイドライン」(P26)	繊維分	0.18%	0.15%
			不溶解残渣	0.79%	1.00%
			含有率計	0.97%	1.15%
	石膏の種類	X線回折分析による方法	相対的含有量	二水石膏が多量 半水石膏は少量 無水石膏はごく少量	
化合水量による推定含有量の算定式			二水石膏推定含有量	約92%	約89%
	水素イオン指数(pH)	「せつこうの化学分析法」(JIS R 9101)に準じる	6.68	6.37	

3.3.3 最大粒径

試料A・Bとも回収石膏粉は仕様通り、ふるい目4.75mmを100%通過した。

3.3.4 水素イオン指数 (pH)

水素イオン指数 (pH) は、試料Aが6.68、試料Bが6.37となり、どちらもpH6~8の範囲内(中性域)であった。

3.3.5 石膏の種類

石膏粉中の石膏の種類をX線回析分析により確認した。試料A・BともX線回析分析による相対的含有量は二水石膏が多量、半水石膏が少量、無水石膏がごく少量、という結果であった。また、炭酸カルシウムも少量検出された。

次に、化合水量による二水石膏の推定含有量算定式から、二水石膏の推定含有量は、試料Aが約92%、試料Bが約89%と算出された。

3.3.6 評価

3.3.1~3.3.5の結果より、豪雨災害由来の廃石膏ボードでも、被災した建物の適正解体⁵⁾による分別回収により石綿含有石膏ボードの除外や事前の異物除去が適切になされれば、再生利用可能な品質の石膏粉が回収可能であると評価できる。また、分離物である剥離紙は再生紙として、残渣はセメント原料として、それぞれ再生利用可能な性状で分離回収されることを確認した。

仮置場などの現場で実際に廃石膏ボードの分離回収を実施するにあたり、収集された廃石膏ボードや分離回収された廃石膏粉、剥離紙の保管は、仮設テントや養生シートなどを使用して水濡れさせないよう留意する必要がある。

なお、東北地方では1973年から1997年まで、カドミウムやヒ素を含有する石膏ボードが製造・販売されたため⁵⁾、再生利用先に応じて、適切な頻度で分離回収した廃石膏粉の重金属含有量分析⁶⁾を行い、一般的に流通している再生石膏粉と同等の含有量であることを確認するなどの配慮が必要である。

4. まとめ

災害時の建物解体により大量に排出される廃石膏ボードの再生利用が十分に図られていない現況を鑑み、仮置場などの現場において、リサイクル可能な状態の廃石膏ボードを分離分別して純度の高い石膏粉を回収するプロセスを検討している。本報告では、実際に豪雨災害で被災し、適性解体により分別回収されたリサイクル可能な状態の廃石膏ボードに対して実施した分離回収試験の結果について報告した。

災害由来の廃石膏ボードでも、家屋解体時における石綿含有石膏ボードの除外等の適正解体や、事前に異物等の除

去がなされれば、所要の品質が確保された再生石膏粉の回収が可能であることが判明した。これにより、将来的にはボード to ボードによる再生石膏粉のリサイクルの実現が期待できる⁸⁾。また、分離物である剥離紙は製紙メーカー、残渣はセメント会社での受け入れが可能な状態で分離回収できる結果を得ることができた。本報告が廃石膏ボードの再生利用向上に寄与し、循環型社会実現に貢献できると期待したい。

最後に、本試験実施に際し、石膏ボード分離回収設備を提供して頂いた株式会社細田企画の皆様、試験実施に御協力頂いた太洋マシナリー株式会社の皆様、試験結果全般に助言を頂いた国立研究開発法人 国立環境研究所 福島地域協同研究拠点 廃棄物・資源循環研究室 遠藤和人氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 熊本県循環社会推進課災害廃棄物処理支援室：「平成28年熊本地震における災害廃棄物処理に係る支援の概要」、p64、2017.12.14、
http://kouikishori.env.go.jp/guidance/download/pdf/020_gi2-3-5.pdf (2022.4 閲覧)
- 2) 環境省 環境再生・資源循環局 災害廃棄物対策室：災害時に発生する廃石膏ボードの再生利用について、2021.3、
http://kouikishori.env.go.jp/document_video/pdf/teaching_material_03.pdf (2022.4 閲覧)
- 3) 西川美穂、野口真一、遠藤和人ほか：災害時に発生する廃石膏ボードの再生利用について、第32回廃棄物資源循環学会研究発表会、2021.10、
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmcwm/32/0/32_59/_pdf/-char/ja (2022.4 閲覧)
- 4) 西川美穂、野口真一、遠藤和人：災害時に発生する廃石膏ボードの再生利用促進に向けて、都市清掃、2022.1
- 5) 国土交通省：廃石膏ボード現場分別解体マニュアル、2012.3、
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/pdf/recyclehou/manual/sekkou_syousai.pdf (2022.4 閲覧)
- 6) 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター：再生石膏粉の有効利用ガイドライン(第一版)、2019.5、
https://www-cycle.nies.go.jp/jp/report/recycled_gypsum_powder_guidelines.pdf (2022.4 閲覧)
- 7) 国立研究開発法人国立環境研究所：廃石膏ボードリサイクルの品質管理の在り方と社会実装、p45、2019.5、
https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/pdf/seika_1_r01/3-1702_2.pdf (2022.4 閲覧)
- 8) 石膏ボード工業会：ボード to ボードでの新築系・解体系の区分解消へ、循環経済新聞、2022.2.21