

再生紙スラッジ等を原料にした機能性資材の開発*

福地 哲郎*¹・中山 能久*²・山内 博利*²・藤田 芳和*²

Development of Functional Materials utilizing Recycled Paper Sludge as Raw Materials

Tetsuro FUKUCHI, Yoshihisa NAKAYAMA, Hirotochi YAMAUCHI and Yoshikazu FUJITA

現在、主に埋立処分されている再生紙スラッジについて検討を行った。平成13、14年度は、スラッジの元素成分、鉱物組成の測定、炭を混合した成形体の基本的な製造技術の確立、成形体の悪臭ガス除去性能の評価及び断熱性能の評価を行った^{1) 2)}。平成15年度は、杉炭以外の添加材を加えた曲げ試験、比表面積、細孔径分布の解析、溶出試験を行った。

キーワード：廃棄物、再生紙スラッジ、ボード、木炭

1 はじめに

現在、膨大な量の廃棄物が全国で排出されている。これら廃棄物の処分は社会的に大きな関心を集めている。本研究で扱う再生紙スラッジ（スラッジ）は再生紙製造工程において排出され、現在は主に焼却後埋立処分されている廃棄物である。本研究では、スラッジの乾燥すると硬化する性質を利用して、木炭などの機能性材料を添加したプレス成形によるボード状成形体の作成を試み、壁材などの建築資材の開発を目的に研究を行った。

2 実験方法

2-1 試験体の作成

スラッジは、県内の再生紙製造工場より採取した。杉炭は、県内の炭製造業者より購入したものをスタンプミル（㈱第一宮崎鉄工所、ST-1）を用いて粉碎した後、ふるい振揺機を用いて粒径が0.5mm以下の粉炭と、粒径が0.5～2mmの粒炭の2種類の炭を作成した。

試験体は、スラッジに添加材（杉炭など）を添加した後、含水率を調整して均一に混合したものをインバータホットプレス（㈱モトヤマ、NPa-5001）を用いて50kg/cm²にてプレス成形し

て作成した。

2-2 曲げ試験

曲げ試験は、スラッジ単体による試験体、スラッジに添加材（粉炭、粒炭、スラッジ焼却灰、シラス、消石灰）を添加した試験体及び市販の石膏ボードに対して行った。

試験は、オートグラフ（㈱島津製作所、AG-10TD）を用いて支点間距離30mm、クロスヘッド速度0.5mm/minにて三点曲げ強さを測定した。

2-3 比表面積、細孔径分布の解析

比表面積、細孔径分布の解析は、スラッジ単体による試験体、粉炭及びスラッジに粉炭を乾燥重量で20%添加した試験体に対して行った。試験体については、ジョークラッシャー（㈱吉田製作所、1023-B）を用いて破碎し、5mmのふるいを通させたものを測定試料とした。

解析は、ガス吸着測定装置（CE-INSTRUMENTS、Sorptomatic1990）を用いて、液体窒素温度で測定試料に窒素ガスを吸着させて得られた吸着等温線を用いて行った。

2-4 溶出試験

溶出試験は、スラッジ単体による試験体、スラッジに添加材（粉炭、粒炭、スラッジ焼却灰、シラス）を乾燥重量で等量添加した試験体及び市販の石膏ボードに対して行った。試験体は、ジョークラッシャーを用いて破碎し、2mmのふるいを通

* 廃棄物の有効利用に関する研究（第3報）

*¹ 現 宮崎県環境森林部環境管理課

*² 資源循環部

過させたものを試料とした。

試験は、まず、試料（単位g）と溶媒（純水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数が5.8以上6.3以下となるようにしたもの）（単位ml）とを重量体積比10%の割合で混合し、振とう機で6時間振とうし、これをメンブランフィルターでろ過して得られたろ液を検液とした。この検液に含まれているカドミウム、クロム、銅、及びほう素の濃度をICP発光分光分析装置（セイコー電子工業㈱、SPS-1500VR）を用いて、砒素及びセレンを水素化物発生原子吸光分析装置を用いて、水銀の濃度を還元気化原子吸光分析装置を用いて測定した。

3 結果及び考察

3-1 試験体の作成

プレス成形による試験体の作成は、金網と布を併用することにより行った。原料の上下を布、その外側をさらに金網で挟み込み、金型にセットしてプレスを行うと、金型の隙間より水のみが排出され、ある程度の強度を持った試験体が作成された。

3-2 曲げ試験

まず、スラッジに粉炭、粒炭をさまざま割合で添加した試験体、及び市販の石膏ボードに対して行った結果を図1に示す。曲げ強さは、杉炭の添加率が増加するに従って減少した。これは、相対的に試験体中のスラッジの量が減少するにつれて、スラッジの乾燥すると硬化する性質が発現しにくくなったものと考えられる。また、粉炭を添加した試験体は、粒炭を添加した試験体よりも高い曲げ強さが得られた。これは、添加材（粉炭、粒炭）を混合する際に、粉炭ではスラッジと均一に混合されるのに対し、粒炭では炭とスラッジが偏在しているのが目視で確認でき、炭の粒子同士をスラッジが接着剤様の働きをしてつなぎ止めているためと考えられる。なお、粉炭、粒炭とも添加率200%の試験体は、くずれやすく資材としての使用は難しいと考えられる。

次に、スラッジに添加材（粉炭、粒炭、スラッジ焼却灰、シラス、消石灰）を乾燥重量で等量添加した試験体及び市販の石膏ボードに対して行った結果を図2に示す。添加材を添加した成形体で

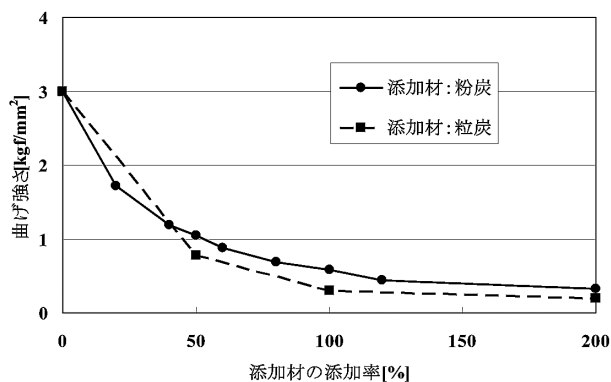


図1 粉炭・粒炭を添加した試験体の曲げ強さ

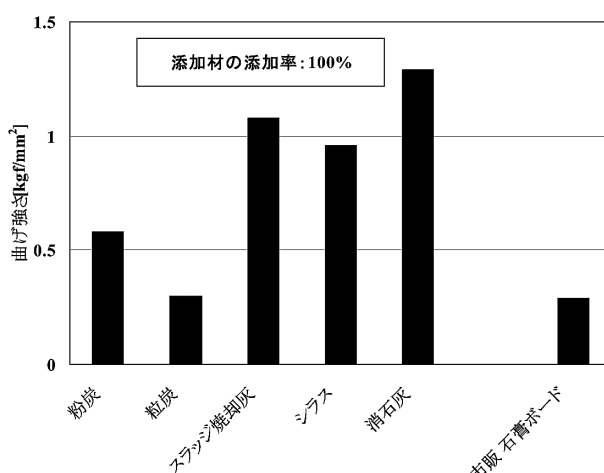


図2 添加材を添加した試験体等の曲げ強さ

は、スラッジ単体（ $2.99\text{kgf}/\text{mm}^2$ ）に比べて曲げ強さの減少が見られたものの、いずれの添加材を添加した試験体においても市販石膏ボードよりも高い曲げ強さを得ることができた。

3-3 比表面積、細孔径分布の解析

スラッジ単体による試験体、粉炭、及びスラッジに粉炭を乾燥重量で20%添加した試験体に対して行った解析結果を、図3及び表1に示す。粉炭においては、 20\AA 付近にピークのある細孔径分布が得られた。このピークは、スラッジ単体の試験体においてはほとんど見られていない。一方、粉炭を添加した試験体においては、この 20\AA 付近のピークが残存していることが確認できた。また、粉炭の比表面積と、粉炭を添加した試験体の比表面積を比較すると、試験体の比表面積は杉炭の6分の1弱であり、この低下はスラッジとの混合による希釈によるものと考えられる。以上のことから、粉炭のもつ細孔がスラッジにより塞がれるこ

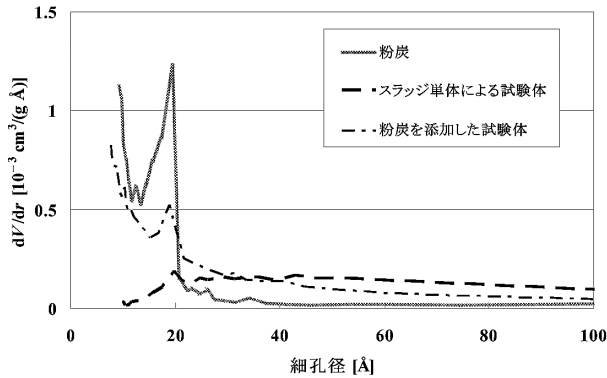


図3 細孔径分布

表1 比表面積

試験体等	比表面積 [m ² /g]
粉炭	387
スラッジ単体による試験体	6
粉炭を添加した試験体	55

表2 溶出試験

	カドミウム	クロム	砒素	水銀	銅	セレン	ほう素
スラッジ単体による試験体	0.01未満	0.01未満	0.001未満	0.0005未満	0.05未満	0.002未満	0.1未満
粉炭を添加した試験体	0.01未満	0.01未満	0.001未満	0.0005未満	0.05未満	0.002未満	0.1未満
粒炭を添加した試験体	0.01未満	0.01未満	—	—	0.05未満	—	0.1未満
スラッジ焼却灰を添加した試験体	0.01未満	0.01未満	—	—	0.05未満	—	0.1未満
シラスを添加した試験体	0.01未満	0.01未満	—	—	0.05未満	—	0.1未満
市販石膏ボード (環境基準 ^{*1})	0.01未満	0.01未満	—	—	0.05未満	—	0.1未満
	0.01	0.05 ^{*2}	0.01	0.0005	125 ^{*3}	0.01	1

(単位: mg/l)

※1: 土壤環境基準 (平成三年環境庁告示第四十六号) より抜粋

※2: 六価クロムの基準

※3: 単位mg/kg

となく試験体にも残存しており、粉炭のもつ吸着性能は粉炭を添加した試験体にも付与されていると考えられる。そのために、以前報告した¹⁾²⁾アンモニア、硫化水素及びホルムアルデヒドの吸着性能が発現したものと考えられる。

3-4 溶出試験

スラッジ単体による試験体、スラッジに添加材(粉炭、粒炭、スラッジ焼却灰、シラス)を乾燥重量で等量添加した試験体及び市販の石膏ボードに対して行った結果を表2に示す。いずれも検出されることはなく、試験体の安全性を確認することができた。

4 まとめ

1) 作成した試験体における曲げ試験では、市販石膏ボードと比較して同等以上の曲げ強さを得ることを確認した。

- 2) 以前報告したアンモニアなどの吸着性能は、杉炭の細孔が、作成した試験体においても塞がれることなく残存しているために発現したものであることを確認した。
- 3) 溶出試験を行い、製品の安全性を確認した。

5 参考文献

- 1) 高橋克嘉, 福地哲郎, 山内博利, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 46, 17 (2001)
- 2) 福地哲郎, 高橋克嘉, 山内博利, 小玉義和, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 47, 5 (2002)

謝辞

溶出試験において、衛生環境研究所環境科学部水質科のみなさまに協力を頂いたことに対して謝意を表します。