

再生紙スラッジ等を原料にした機能性建築資材の開発*

高橋 克嘉^{*1}・福地 哲郎^{*1}・山内 博利^{*1}

Development of Functional Building Materials
utilizing Recycled Paper Sludge as Raw Materials

Katsuyoshi TAKAHASHI, Tetsuro FUKUCHI and Hirotochi YAMAUCHI

現在、主に埋め立て処分されている再生紙スラッジの有効利用について検討を行った。再生紙スラッジは、水分が無くなると硬く固化する性質があることより、プレス成形によるボード状成形体の作成を試みた。金型に金網と布を組み合わせてプレス成形することにより、スラッジに含まれる水を効率よく脱水出来、プレート状に成形可能となった。成形体はスラッジのみで作成すると、大きな乾燥収縮を示したが、粉碎した炭を混合することにより収縮を押さえることが出来た。また、炭を混合することにより、悪臭成分(NH₃, H₂S)の吸着性能が付加されることも確認された。

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。そこで本研究では、主に埋め立て処分されている再生紙スラッジ(以下スラッジという)を有効利用するために、木炭等の機能性材料を混合して、壁材等の建築資材を開発することを目的に研究を行った¹⁾。

2 実験方法

2-1 試料採取

スラッジは県内の再生紙製造工場より採取した。また、混合する機能性材料としての木・竹炭は、県内の炭製造業者より提供していただいた。

2-2 物性評価

スラッジの組成を調べるため、各種測定を行った。化学組成は蛍光X線分析装置(株リガク製、3270)を用いて分析を行った。Ig. lossは1,000加熱での強熱原料を風乾重量基準で求めた。鉱物組成はX線回折装置(フィリップス製、APD-15型)を用い、CuK α 、30kV、20mA、走査速度1.5°/min

で測定した。

2-3 プレス成形による試験体の作成

プレス成形によりスラッジを成形する際、各種条件による試験体の変化を調べるため、条件(脱水方法、スラッジの含水率、プレス圧)を変化させて試験体を作成し検討した。

金型は80mm×74mmの物を使用し、インバーターホットプレス(株モトヤマ製、NPa-5001)を用いてプレス成形した。成形した物の形状、乾燥収縮率、曲げ強度よりその性状を評価した。

2-4 木・竹炭を混合した試験体の作成

木・竹炭を微粉にし、スラッジに混合した原料を用いて、条件(混合割合、含水率)を変化させ試験体を作成した。性状の評価は2-3と同じ方法で評価した。

2-5 吸着試験

5000mlのテドラーバック容器に、乾燥させた試料0.5gを入れ、窒素ガス5000mlを入れて密栓後、H₂S及びNH₃を加えて一定濃度になるように調整した。残存ガス濃度の経時変化を、ガス検知管を用いて測定した²⁾。

* 廃棄物の有効利用に関する研究(第1報)

*1 資源環境部

3 結果及び考察

3 - 1 物性評価

採取したスラッジの含水率を測定したところ70~76%と、かなり高い値を示した。また、乾燥過程においてかなりの体積の減少が見られた。

化学組成分析の結果を酸化物に換算し、表1に示す。Ig. lossが6割近くあり、その他の無機成分が4割ほどであった。無機成分はSiO₂、Al₂O₃、CaO、MgOが主体であった。またX線回折図を図1に示す。Calcite、Talc、Kaoliniteのピークが観察された。

表1 スラッジの化学組成

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
17.1	11.6	8.42	3.50	0.67	0.46
SO ₃	K ₂ O	Cl	P ₂ O ₅	ZnO	Ig. loss
0.30	0.13	0.12	0.083	0.069	57.4

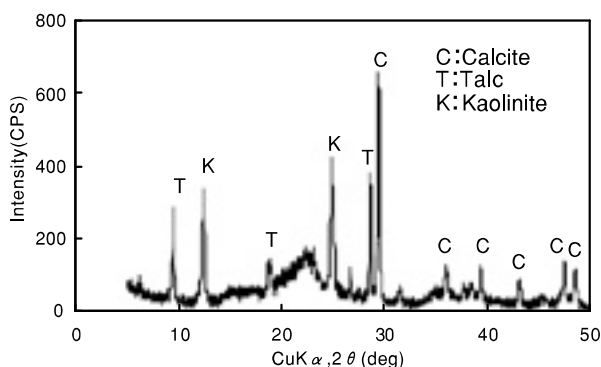


図1 スラッジのX線回折図

Ig. lossの内訳としては、再生紙の製造工程において利用できなかった短いセルロースと、表面に修飾されていたCalciteのCO₂およびその他の無機鉱物の結晶水が考えられるが、化学組成の割合から見てセルロースの割合が高いことが予想された。そこでTG-DTAを測定したところ、Ig. loss中の約7割が有機物であると予想された。

スラッジの成分は、数回行った採取の間で変動が見られた。Ig. lossが52~58%の間で変化し、化学組成、鉱物組成とも、存在する成分自体は変わらないが、存在比が多少変動した。

3 - 2 プレス成形による試験体の作成

プレス成形による試験体の作成は、当初、スラッジに含まれる大量の水によって困難であった。しかし、金網と布を併用することによって成形可能となった。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。

原料の含水率の違いによる成形体の変化を調べるため、原料に水を添加し含水率を変化させた。含水率を76~90%に調整した原料より試験体を作成し、その乾燥収縮率、曲げ強度を比較したが、ほとんど変化は見られなかった。この結果より、原料の含水率の違いによって成形体に差が出ることは少ないと考えられる。ただし、原料の混合や、金型に注ぐ際などは、含水率が85%以上あった方が取り扱いやすいと感じられた。

プレス圧の違いによる成形体の変化を調べるため、原料の含水率を一定とし、プレス圧を20~100kgf/cm²の間で変化させて試験体を作成した。成形した試験体の乾燥収縮率、曲げ強度を図2に示す。プレス圧が高いほど乾燥収縮が小さく、曲げ強度が強くなっている。しかし、プレス圧が60kgf/cm²付近になると変化が少なくなっている。また、成形直後の試験体の含水率を測定してみると、プレス圧60kgf/cm²以上の物はほぼ一定であった。このことから、60kgf/cm²のプレス圧をかければ脱水がほぼ限界に達し、それ以上の加圧はあまり意味が無いと考えられた。

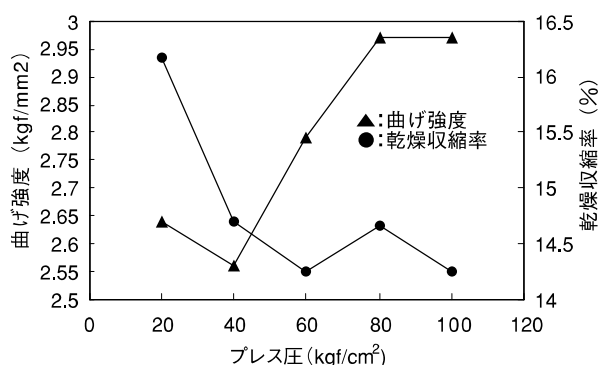


図2 プレス圧の違いによる乾燥収縮率、曲げ強度の変化

3-3 木・竹炭を混合した試験体の作成

試験体に機能性を付加させるために、木・竹炭を原料に混合し試験体を作成した。木・竹炭はジョークラッシャー、ロールクラッシャー、高速度微粉砕機を使用して0.5mm以下に粉碎した。再生紙スラッジの量を25g、含水率85%とし、そこに炭を一定量添加して均一に混合、プレス成形し試験体を作成した。プレス圧は50kgf/cm²とした。

杉炭を混合した試験体の乾燥収縮率、曲げ強度を図3に示す。杉炭の添加量が増加するに連れ乾燥収縮率が減少し、スラッジ単体では14~17%であった収縮率が、スラッジと等量の杉炭を混合することによって2%付近まで減少した。杉の微粉炭の添加は乾燥収縮率の減少に有効であると考えられる。

しかし、曲げ強度も杉炭の添加とともに減少する傾向が見られた。これは収縮率の低下とほぼ同じカーブを描いた。試験体一枚あたりの曲げ強度は、杉炭の添加量が変わってもほぼ同じであり、杉炭の添加量が増えて収縮が小さくなった分だけ断面積あたりの曲げ強度が低下している事を示している。このことより曲げ強度は、ボード中に存在するスラッジの体積量に比例すると考えられた。

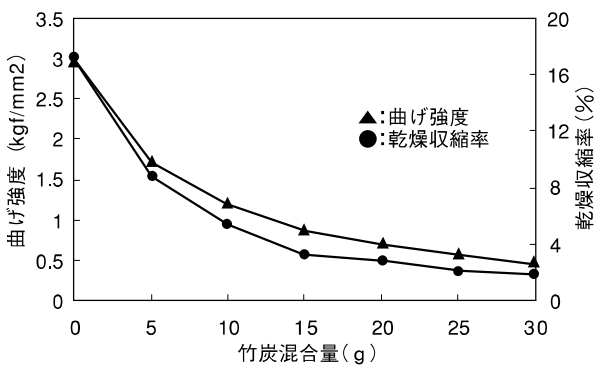


図3 杉炭添加量変化による乾燥収縮率、曲げ強度の変化

竹炭を混合した試験体の乾燥収縮率、曲げ強度を図4に示す。杉炭の場合とほぼ同じ傾向を示したが、杉炭の場合よりも乾燥収縮率の低下が小さく、そのかわり同じ添加量における曲げ強度は竹炭の方が高かった。これは、竹炭の方が杉炭より密度が高いことが原因であると考えられる。竹炭

と杉炭を同重量スラッジに添加すると、竹炭の方が体積が小さいため、乾燥収縮防止の効果が薄く、曲げ強度は強くなる結果になったと思われる。

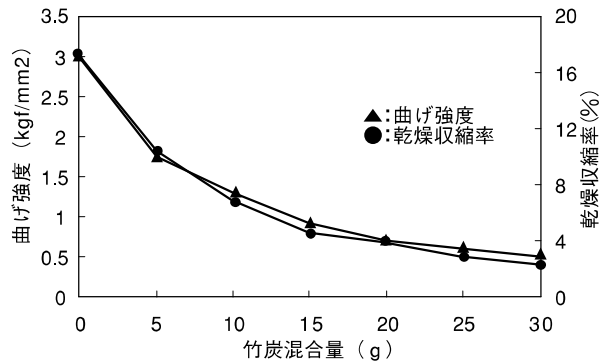


図4 竹炭添加量変化による乾燥収縮率、曲げ強度の変化

炭を混合した場合の、プレス圧の違いによる成形体の変化を調べるため、原料の含水率を一定とし、プレス圧を20~100kgf/cm²の間で変化させて試験体を作成した。混合する炭は杉炭とし、混合量はスラッジと等量とした。成形した試験体の乾燥収縮率、曲げ強度を図5に示す。

スラッジ単体の時と同様に、プレス圧が60kgf/cm²付近になると変化が少なくなっている。このことから、炭を混合した場合においても60kgf/cm²のプレス圧はあまり意味が無いと考えられる。

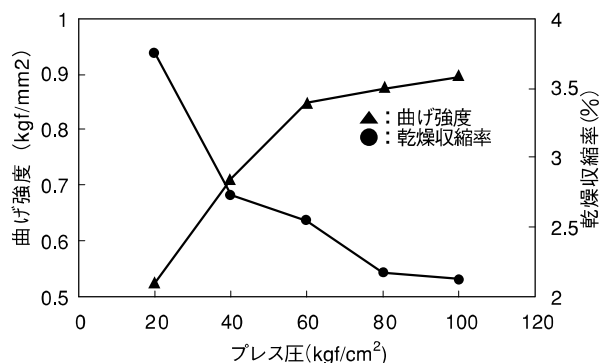
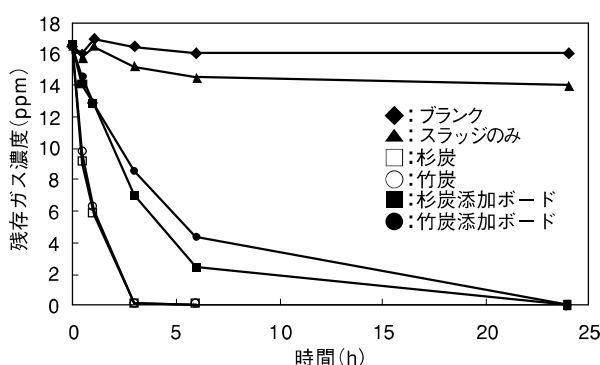


図5 プレス圧の違いによる乾燥収縮率、曲げ強度の変化（杉炭添加）

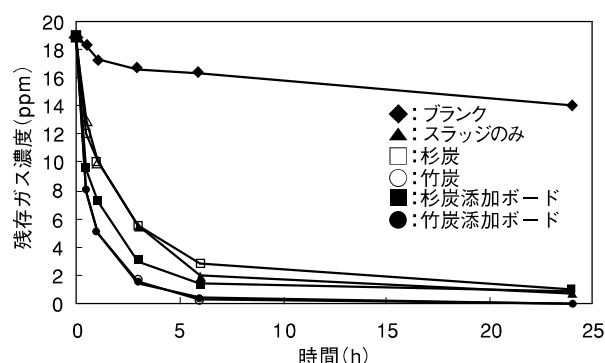
3 - 4 吸着試験

悪臭成分の吸着性能を確認するために、 H_2S 及び NH_3 の吸着試験を行った。試料はスラッジ、杉炭、竹炭、杉炭混合ボード、竹炭混合ボードとした。混合ボードの混合割合は、スラッジと炭、等量とした。

H_2S の吸着試験の結果を図6に示す。スラッジ単体ではほとんど吸着性能を示さなかったが、炭と混合した物では杉炭、竹炭とも吸着性能を示した。このことより、スラッジに添加した場合でも、炭の吸着性能が失われずに発揮されることが分かった。

図6 H_2S の吸着試験結果

NH_3 の吸着試験の結果を図7に示す。 H_2S の場合と比べ、スラッジ単体の物でも杉炭とほぼ同じ性能を示した。そのため、スラッジ単体、炭、炭混合ボードの3種がほぼ同じ様な推移を示し、 NH_3 の場合はスラッジ単体でもある程度の効果が期待出来ると考えられた。しかし、スラッジ単体の物は硬く締まり、気孔が少ないため吸着効果の持続性は低いのではないかと考えられる。

図7 NH_3 の吸着試験結果

4 まとめ

- 1) スラッジ単体でのプレス成形は可能であるが乾燥収縮率は14~17%であった。
- 2) 微粉炭を添加することにより乾燥収縮率が減少し、スラッジと等量の添加で2%付近まで減少した。
- 3) NH_3 はスラッジのみでも吸着効果を示したが H_2S は添加した炭の効果により吸着効果を示した。

5 参考文献

- 1) 坂田 正, 藤田修身, 森 学: “製紙スラッジの利用研究, 製紙スラッジボードの試作”, 静岡県工業試験場報告(1972), 27
- 2) 黒木幸英, 中田一則, 小田 誠, 山内博利; 宮崎県工業試験場報告(1996), 41, 1