

再生紙スラッジ等を原料にした機能性建築資材の開発*

福地 哲郎^{*1}・高橋 克嘉^{*2}・山内 博利^{*1}・小玉 義和^{*3}

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

Tetsuro FUKUCHI, Katsuyoshi TAKAHASHI, Hirotochi YAMAUCHI and Yoshikazu KODAMA

主に埋め立て処分されていた再生紙スラッジの有効利用について検討を行った。平成13年度は、スラッジの元素成分、鉍物組成の測定、炭を混合した成形体の基本的な製造技術の確立、成形体の悪臭ガス吸着除去性能の評価を行った。本年度は、建築資材として使用するための中型試験体の作製と断熱性能の評価を行った。その結果、中型試験体のプレス成形は小型試験体と同様に金型の上下に濾布と金網を敷くことにより可能であった。また、杉炭の混合量が多いものほど熱伝導率が低い、すなわち断熱性能が高いという結果が得られた。

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。本研究で扱う再生紙スラッジ（スラッジ）は再生紙製造の廃棄物であり、有効利用が期待されている。スラッジの水分が無くな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製を試み、壁材などの建築資材の開発を目的に研究を行った¹⁾²⁾。

2 実験方法

2-1 試料採取と調製

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杉炭は、県内の炭製造業者より提供していただいた。杉炭は、ジョークラッシャー（㈱吉田製作所、1023B）、スタンプミル（有第一宮崎鉄工所、ST-1）を使用して破碎と粉砕を行い、粒径が0.5mm以下と0.5～2mmの2種類を使用した。

2-2 プレス成形による中型試験体の作製

断熱性能試験などの大型の試験体が必要となる試験及び壁材としての成形法の検討のために、24cm角の金型を調整し、中型試験体を作製した。平成13年度に80×74mmの金型で作製した試験体と同様に、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い、試験体を作製した。スラッジの使用量を乾燥重量換算で400gとし、これに水を加えて含水率85%になるようにした。そこに炭を一定量添加してオムニミキサー（千代田技研㈱、OM-5）を用いて均一に混合、インバーターホットプレス（㈱モトヤマ、NPa-5001）を用いて脱水プレス成形した。プレス圧は50kgf/cm²とした。

2-3 断熱性能試験

作製した中型試験体の断熱性能を評価するため、熱伝導率の測定を行った。炭の混合割合を変化させながらその変化を検討した。また、添加した材料の依存性の検討のため、110℃で乾燥したスラッジ（乾燥スラッジ）、1000℃に加熱したスラッジ（焼却灰）、シラスとの混合試験体についても測定を行った。既存の資材との比較のため、市販の石膏ボードについても測定を行った。測定には熱伝導率計（京都電子工業㈱、QTM-500）を用

* 廃棄物の有効利用に関する研究（第2報）

* 1 資源環境部

* 2 現 小林保健所

* 3 現 衛生環境研究所

いた。

2-4 ホルムアルデヒド吸着試験

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、ホルムアルデヒド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³⁾。

3 結果及び考察

3-1 プレス成形による中型試験体の作製

中型試験体のプレス成形は、小型試験体と同様に金型の上下に濾布と金網を敷くことにより可能であった。しかし、小型試験体では含水率を85%程度にすることで均一な成形が可能であったのに対し、同程度の含水率ではスラッジの流動性が不足し、成形が困難であった。特に、杉炭を200%添加したスラッジはさらに水を加えて、含水率を87.5%に上げる必要があった。また、添加する杉炭の粒径の違いでは、成形の難易度にはほとんど差がなかった。杉炭を混合しないスラッジのみの中型試験体は乾燥後の収縮によるそりが大きく、平面状の試験体の作製を行うことができなかった。

3-2 断熱性能試験

杉炭を混合した試験体の熱伝導率を図1に示す。熱伝導率が低いほど断熱性能が高いことになる。グラフ中の数字は添加した杉炭の粒径である。

杉炭の添加量を増加させると熱伝導率が減少し、断熱性能が向上するという結果が得られた。また、添加する杉炭の粒径を大きくすると、熱伝導率の低下が多少大きくなるということが分かった。同量の杉炭を添加する場合には、粒径を大きくすることが効果的であることが分かった。

添加した材料を変化させた場合と、比較のため測定した市販の石膏ボードの熱伝導率を図2に示す。杉炭、乾燥スラッジ、焼却灰及びシラスはすべてスラッジの乾燥重量に対して100%添加した。

乾燥スラッジでは熱伝導率が市販の石膏ボードの約1.5倍であった。杉炭は熱伝導率が市販の石膏ボードとほぼ同等であり、同等の断熱性能が得られた。また、添加量を同量にすると、シラス及び焼却灰でも大きな違いは見られなかった。この結果から、熱伝導率については添加する材料より

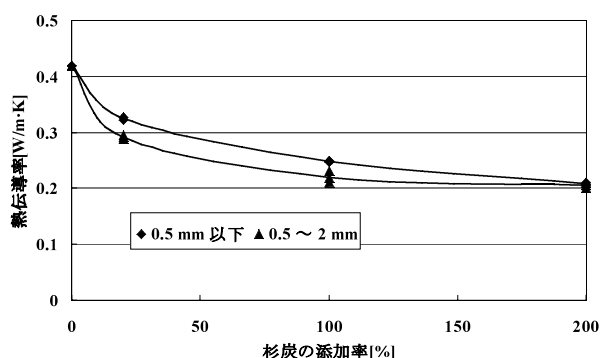


図1 杉炭の添加率の違いによる熱伝導率の変化

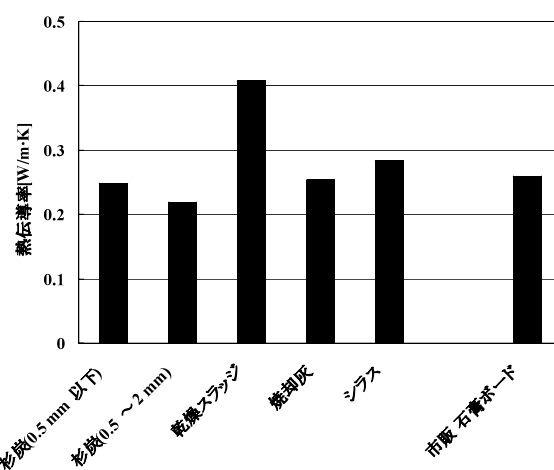


図2 添加した材料の違いによる熱伝導率の変化

も添加量の依存性が大きいと推察された。

表1に作製した試験体などの見掛けの密度を示す。試験体の体積は、縦、横、厚さの寸法測定により求めた。スラッジのみの試験体は小型試験体で測定した。

表1 作製した試験体の見掛けの密度

添加した材料	密度 [g/cm ³]
杉炭(0.5 mm 以下)	0.67
杉炭(0.5 ~ 2 mm)	0.60
乾燥スラッジ	1.08
焼却灰	1.04
シラス	1.00
-----	-----
スラッジのみ	1.20
市販 石膏ボード	0.75

乾燥スラッジの密度はもっとも大きな値であった。また、熱伝導率が杉炭、焼却灰、シラスに比べて非常に高かったことから、乾燥スラッジの添加は試験体の性状に与える影響が小さいと推察さ

れる。杉炭の熱伝導率は市販の石膏ボードとほぼ同等であったが、実際に用いる場合に同じ断熱性能で、より軽い建築資材として用いる事ができる。また、同じ重量であれば、市販の石膏ボードより高い断熱性能を得ることができる。また、焼却灰、シラスと比較するとさらに差は大きく、杉炭を添加した試験体が他に比べて有利な点である。

次に、熱伝導率の低下が試験体内部に存在する気孔によるものと推定し、杉炭を添加した場合について気孔量の評価を試みた。スラッジと杉炭は混合しているだけで、互いに溶解していることはないと仮定し、次の式により余剰体積を求めた。この余剰体積が、杉炭を添加することによって増加する試験体内部の気孔体積の総和に相当すると考えられる。

$$\Delta V = V_{\text{mix}} - \left(V_s + \frac{m_c}{\rho_c} \right)$$

ΔV : 余剰体積[cm³]

V_{mix} : 杉炭を添加した試験体の体積[cm³]

V_s : スラッジのみの試験体の体積[cm³]

m_c : 添加した杉炭の重量[g]

ρ_c : 杉炭の真密度 = 1.62 g/cm³

ここで、 $\frac{m_c}{\rho_c}$ は杉炭の体積である。杉炭の真密度は固体比重測定法 (JIS Z8807) に準じて、キシレンを用いた比重瓶法により粒径0.5mm以下の杉炭について測定した。求めた余剰体積をスラッジ1gあたりに換算した結果を図3に示す。グラフ中の数字は添加した杉炭の粒径である。

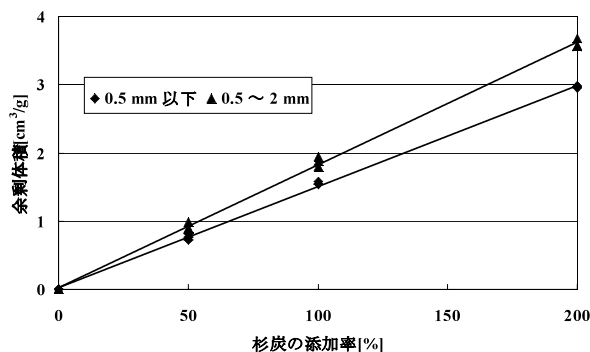


図3 杉炭の添加率の違いによる余剰体積の変化

杉炭を添加すると、添加量に比例して余剰体積が増加することが分かった。また、杉炭の粒径を大きくすると、余剰体積の増加割合が大きくなることが分かった。スラッジのみの試験体の体積は1gあたり0.825cm³、杉炭は1gあたり0.617cm³(真密度より)であり、余剰体積は全部が気孔体積の総和でないとしても、気孔が多く存在していると推察される。例えば、添加率100%の試験体では0.5mm以下の杉炭を用いた場合、スラッジと杉炭の体積の合計が1.44cm³(スラッジ1gあたり)であるのに対し、余剰体積は1.55cm³(スラッジ1gあたり)である。さらに、添加する杉炭の粒径を大きくすると余剰体積の増加が大きくなることは、図1に示した熱伝導率での粒径依存性と対応している。これらのことから杉炭を添加することで、試験体内部に気孔が生成し、熱伝導率の低下がおこるとということが明らかになった。

3-3 ホルムアルデヒド吸着試験

ホルムアルデヒドの吸着試験の結果を図4に示す。試料はスラッジのみの試験体、杉炭の粒、杉炭を添加した試験体(粒径0.5mm以下、0.5~2mm)とした。杉炭はスラッジの乾燥重量に対して100%添加した。

市販の石膏ボードはほとんど吸着性能を示さなかったが、スラッジのみの試験体は吸着性能を示した。また、杉炭を添加した試験体はさらに高い吸着性能を示した。このことより、スラッジに添加した場合でも、硫化水素やアンモニアと同様に杉炭の吸着性能が失われないことが分かった。

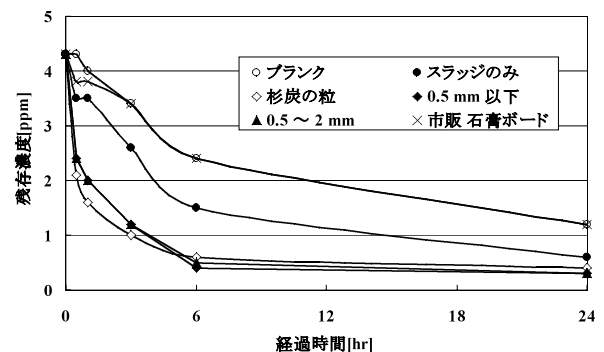


図4 ホルムアルデヒドの吸着試験結果

4 まとめ

- 1) 杉炭を添加すると添加量が多くなるほど、また、添加する杉炭の粒径が大きくなるほど、気孔が多くなり、断熱性能が向上する。
- 2) ホルムアルデヒドについては、スラッジのみでも吸着性能を示したが、杉炭を添加することでさらに高い吸着性能を示した。

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) 坂田 正, 藤田修身, 森 学, 静岡県工業試験場研究報告, **24**, 27 (1972)
- 3) 黒木幸英, 中田一則, 小田誠, 山内博利, 宮崎県工業試験場研究報告, **41**, 1 (1996)

謝辞

熱伝導率の測定において京都電子工業株式会社九州研究所の田口博幸氏、羽田るみ子氏、米崎隆氏、同社福岡営業所の尾野島親利氏に協力をいただいたことに対して謝意を表します。