

木質系廃棄物と無機系廃棄物の混合焼成による傾斜機能材料の開発(1)

誌名	高知県工業技術センター研究報告 = Reports of Kochi Prefectural Industrial Technology Center
ISSN	09168729
著者名	河野,敏夫 山本,順 関田,寿一 甲斐,登起雄
発行元	高知県工業技術センター
巻/号	33号
掲載ページ	p. 29-32
発行年月	2002年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



木質系廃棄物と無機系廃棄物の混合焼成による 傾斜機能材料の開発（第1報）

～傾斜機能材料の材料設計～

河野敏夫 山本 順 関田寿一 甲斐登起雄*

*Development of Functionally Graded Materials Made from
Wood-base and Inorganic Wastes by Sintering (Part 1)*

Preparing Functionally Graded Materials

*Toshio KONO Jun YAMAMOTO Toshikazu SEKITA Tokio KAI**

1. はじめに

昨今、炭、特に木炭について吸着、吸湿、電磁波遮蔽等多くの機能が注目されている。また、建築廃材リサイクル法の整備によって、木質系廃材の有効な再利用方法が求められており、炭化プロセスは非常に注目されている。しかしながら木炭は形状をコントロールすることが困難であることから折角の機能を発揮させるためには、形状付与技術が必要とされる。そこで、東洋電化工業(株)が出願している特許を基本技術として、無機系材料と木質系材料を混合して焼成し、無機系材料による基本骨格を持った材料の開発について、東洋電化工業(株)と共同で検討を行った。

東洋電化工業(株)が市販粘土を原料として既に商品化している球状の複合焼成体ネオコールは、製造時において表面部分に位置する木質系原料は焼却されて消失し、内部に位置する木質系原料は木炭として残存することから、焼成体の表面から内部にかけて炭素含有率が異なり、さらに表面部分は木質系原料の消失に起因

するマクロポア、内部は木炭に起因するメソポア、ミクロポアを持つことから、炭素含有率および孔径について傾斜構造・機能を有する材料である。

本研究開発では、この傾斜構造・機能を効果的に活用するために、吸着性能を重視した壁材を開発対象品とし、原料として廃棄物を用い、研究初年度である平成13年度は傾斜機能材料の材料設計を目的として、使用する材料、混合条件、成型方法、および焼成条件について検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 無機系材料の選定

無機系原料として使用した廃ガラス、溶融スラグ、およびベントナイトについてその化学組成を分析し、表1に示す条件で、テストピースの作成・焼成を行い、吸水率を測定した。廃ガラスおよび溶融スラグはポットミルを用いて予め微粉碎を行い、乾燥後、無機系バインダーとして用いたベントナイトと配合比に従って

表1 廃ガラス、溶融スラグ製テストピースの作成条件

	廃 ガ ラ ス				溶 融 ス ラ グ
配合率 (wt%)	85	75	65	55	95
ベントナイト配合率 (wt%)	15	25	35	45	5
CMC水溶液配合率 (wt%)*					10～12
プレス圧力 (MPa)					20
焼成条件	目標温度 800～1050℃、昇温速度 5 K/min、一時間保持				

* CMC水溶液は外割配合

* 東洋電化工業(株)

表2 膨張率試験用テストピースの作成条件

	木	粉	粉	炭
配合率 (wt%)	25			7.7
ベントナイト配合率 (wt%)	3.75			4.62
熔融スラグ配合率 (wt%)*	71.25			87.68
CMC 水溶液配合率 (wt%)*	30			21
プレス圧力 (MPa)		10、20、30		

* CMC 水溶液は外割配合

混合した。成型は乾式プレス成型法を用い、カルボキシメチルセルロース（以下 CMC）0.2wt%水溶液を加えて所定圧力で行った。

2. 2 木質系材料の選定

木質系材料として、木粉および粉炭（250メッシュアンダー品）を用いて熔融スラグと表2に示す条件でテストピースを調整し、成形後の膨張率について評価を行った。

2. 3 傾斜構造の評価

ベントナイトと木粉を混合し、CMC溶液を用いてソフトボール大の試験片を作成した。

試験片を乾燥後、窒素雰囲気下によって900℃で焼成した。冷却後、再度雰囲気炉を用い、空気を約1L/minの流量で送りながら、900℃で3時間焼成を行った。

ダイヤモンド切削機によって試験片の赤道を切断し、中心位置から約7.5mmおきに6×6×6mm程度の解析用試料を切り出した（外側から順に1、2、3、4、5とした）。切り出した試料は超音波洗浄によって切断屑を取り除き、105℃の乾燥機で乾燥させた。

水銀圧入法による細孔分布測定を行い、細孔容積(cc/g)、指数容積分布(logcc/g)について評価した。

3. 結果および考察

3. 1 無機系原料の化学組成

表3に廃ガラス、熔融スラグおよびベントナイトの化学組成を示す。廃ガラスは蛍光X線分析装置によるFP法、熔融スラグはアルカリ熔融による湿式分析、ベントナイトは蛍光X線分析装置による検量線法によって測定した。

3. 2 無機系原料の選定

図1に廃ガラス、熔融スラグによって作成したテストピースの吸水率の測定結果を示す。図1において、Gはガラス、Sはスラグ、数値はそれぞれ配合割合を示す。図1から吸水率の減少を焼結の進行と判断すると、廃ガラスの系列では廃ガラスの配合量が増加するに連れて焼結温度は低くなることから、廃ガラスの配合率の増加によって、低温焼結性が発生するといえる。一方、熔融スラグに関しては、一連の配合のみしか試験を行っていないが、廃ガラスの系列と比較して、広い温度範囲で焼結性を示していることがうかが

表3 無機系原料の化学組成 (wt%)

	廃ガラス	熔融スラグ	ベントナイト
SiO ₂	72	44.43	73.96
CaO	11	31.46	1.03
Al ₂ O ₃	2	15.77	13.02
Fe ₂ O ₃	0.5	0.32	1.53
TiO ₂	—	—	—
MgO	—	1.83	1.85
Na ₂ O	13	1.89	2.62
K ₂ O	1.5	0.5	0.17
分析方法	FP法	湿式分析	ビード検量線
合計	100	96.2	94.18

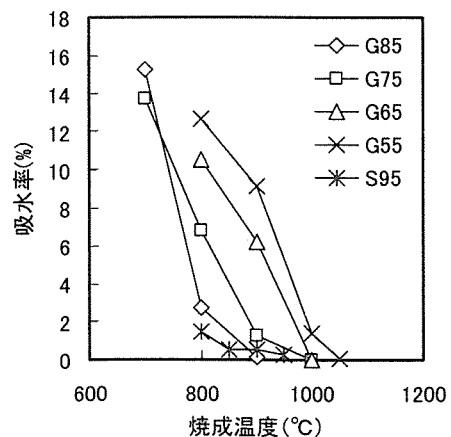


図1 各種配合における吸水率と焼成温度の関係

える。従って、開発対象とする傾斜機能材料に用いる無機系原料として、溶融スラグを選択することとした。

3. 3 木質系原料の選定

表2に示す条件で作成したφ50mmの円筒状のテストピースについて、以下の式に従って高さ膨張率(リバウンド)を評価した。

$$\text{Exp.} = (\text{Ht} - \text{H}_0) / \text{H}_0 \times 100$$

ここで、Exp. : 高さ膨張率(%)

Ht : t分後のテストピースの高さ(mm)

H₀ : 脱型直後のテストピースの高さ(mm)

である。

図2、3に木質系原料として、木粉、粉炭を用い、成型圧を変化させて作成したテストピースのリバウンド結果を示す。

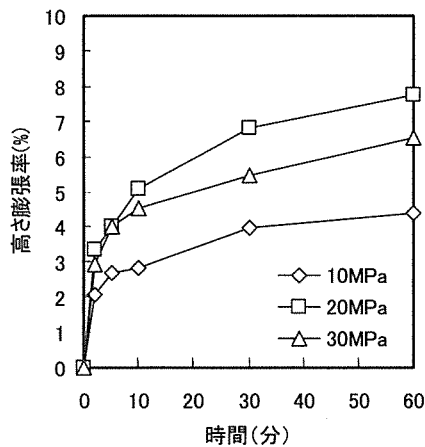


図2 木粉原料の膨張率の時間変化

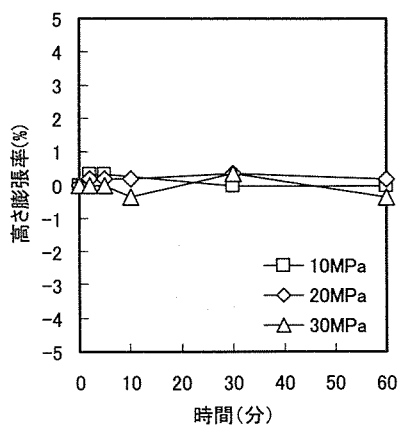


図3 粉炭原料の膨張率の時間変化

図2、3から明らかなように、木質系原料として木粉を選択した場合、成型後4%を超える膨張率を示す。壁材等の板状製品は成型後、焼成後の寸法精度が要求されることから、木質系原料として、木粉は不適

であり、成型後の膨張率がほとんど生じない粉炭を選択することとした。

3. 4 傾斜構造について

図4にそれぞれの試料の細孔容積を、図5に同じく指数容積分布を示す。

また、図4、5の結果を中心からの距離に対して再プロットしたものを図6に示す。図4、5、6から、ネオコールの細孔容積は、中心部から外側にかけて増加

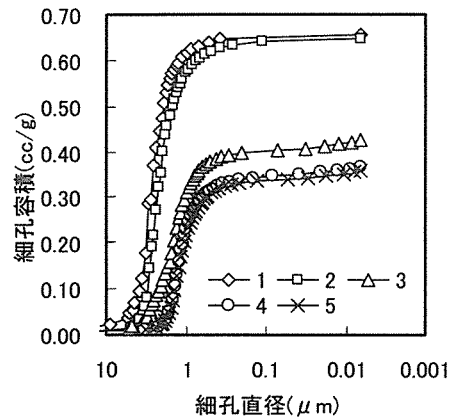


図4 細孔容積測定結果

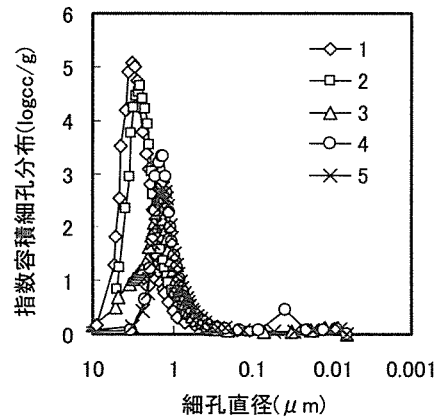


図5 指数細孔容積測定結果

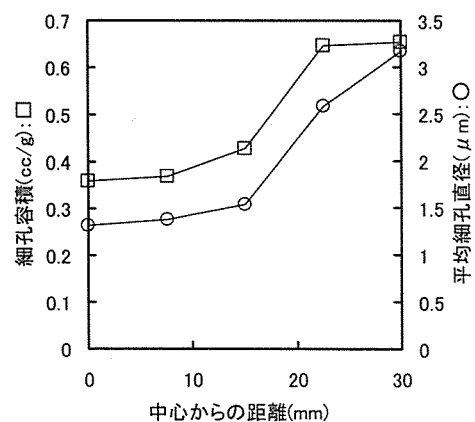


図6 中心から距離に対する細孔容積、平均細孔直径

し、平均細孔直径も徐々に大きくなる傾向を示すことが分かり、2（中心部から15mm）と3（中心部から22.5mm）の間で、前述の値は大きく変化することが分かる。以上の結果から、開発対象材料は細孔容積および平均細孔直径について、中心部から外側にかけて傾斜的な構造をとると言える。

3.5 板状製品の試作

先述の結果をもとに、図7に熔融スラグとベントナイトの混合物（重量比95：5）と粉炭をそれぞれ90：10、85：15、80：20の割合で配合し、作成したテストピースの焼成温度と吸水率の関係を示す。図7から、800℃の焼成温度では粉炭の配合割合における吸水率の差は小さいが、焼成温度が高くなるに連れて、粉炭の配合割合における吸水率の差が明確になる。ここで、吸水は試験片中の空隙に水が充填されることによって生じる現象であり、本件において、その空隙は熔融スラグの未焼結に起因する空隙と、表面酸化処理によって消滅する粉炭に起因する空隙、および粉炭中の空隙の3種類に分類される。それゆえ、粉炭の配合割合の低い（熔融スラグの配合割合の高い）試験片では、未焼結に起因する空隙量が支配的となり、逆に粉炭の配合割合が高い試験片では粉炭の消滅に起因する空隙量、粉炭中の空隙量が支配的となる。従って、そ

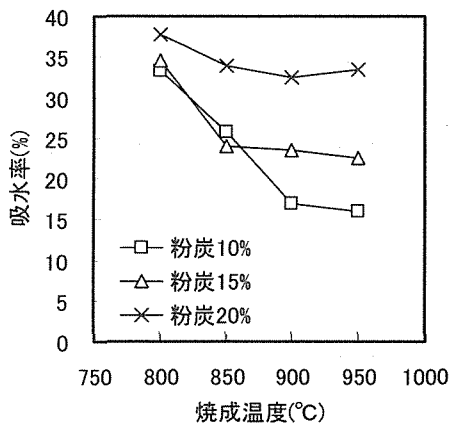


図7 板状焼成体の焼成温度と吸水率の関係

れぞれの吸水率は、焼成温度が高くなるに連れて、粉炭の配合割合の低い試験片は減少傾向を示し、配合割合による吸水率の差が明確となる。また、900℃以上で吸水率はほぼ一定となり、熔融スラグの焼結がこの温度において完了しているものと考えられる。

図8に粉炭配合率20%の焼成体の破断面写真を示す。図8から粉炭の消失した部分と残存している部分の差が明らかになる。

4. まとめ

傾斜機能材料の材料設計を目的として、使用する材料、混合条件、成型方法、および焼成条件について検討を行った結果を以下に示す。

- ・ 無機系廃棄物として廃ガラスと熔融スラグを比較した結果、焼結温度が低く、その幅も広いことから熔融スラグを選択することとした。
- ・ 木質系原料として、木粉と粉炭を比較した結果、成形後のリバウンド性から粉炭を選択することとした。
- ・ 開発対象材料は、細孔容積および平均細孔直径について、中心部から外側にかけて傾斜的な構造をとると言える。
- ・ 試作した焼成体から、木炭材料に無機系材料による基本骨格を付与することが可能であるといえる。

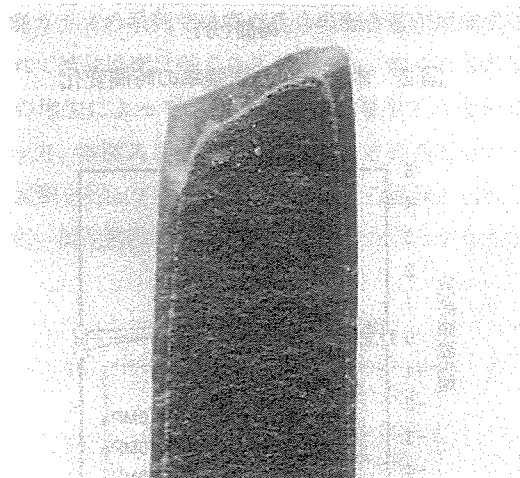


図8 20%粉炭配合焼成体の破断面