

ウッドセラミックスを用いた床暖房システム

住居環境科 小川 和彦 住居環境科 (平成 28 年度卒業) 佐々木 隆文
千葉職業能力開発促進センター 秦 啓祐 芝浦工業大学 岡部 敏弘

Eco-Floor heating system by woodceramics

Kazuhiko OGAWA, Takafumi SASAKI, Keisuke HATA, Toshihiro OKABE

概要 ウッドセラミックスは、木材、木質材料などの木質原料にフェノール樹脂を含浸し、高温下で焼成して製造される新しい多孔質炭素材料である。その性質は導電性、摺動性、耐熱性、耐食性に優れ、電磁シールド材、摺動部材、発熱体、耐熱材、耐食材、クラフト素材等の用途が期待されている¹⁾。また、これからの建築物は建築時、使用時、解体時に環境負荷が少ないことが求められる。このため解体後の木材の再利用は不可欠であり、ウッドセラミックスも注目されるその1つのリサイクル方法である。本研究ではこのウッドセラミックスの遠赤外性能に注目して、建築廃材をウッドセラミックスとして床暖房に利用し、約9%の省エネ効果を確認することができた。

1. はじめに

ウッドセラミックス (以下 WCS とする) は図1に示されるように木質材料にフェノールを含浸させ、減圧高温 (500~1200℃) 下で焼成した材料である。WCSは硬質のガラス状炭素からなる一種の複合材料であり、焼成温度で性質が異なり、電波吸収材やセンサーなどの用途で注目されている¹⁾。また、黒体に近い遠赤外線特性を持つ、本研究ではこの特性に注目し、床暖房に使用した場合の省エネ効果について検証を行った。

2. 実験家屋・WCSの制作と実験方法

2.1 WCSパネルの制作

ウッドセラミックスは、木材にフェノールを減圧下でしみこませ含浸法 (図1上) と、フェノール

ールの粉黛を木質材料に混ぜて成型を行う粉黛法 (図1下)²⁾がある。本実験では図2に示すように、粉黛法を用い、15cm角の厚みが3cmのWCSを粉体法で作成し、住宅の床下に敷き詰め床暖房とすることを想定したボードの作成を行った。作成したWCSは、炭とフェノールの割合3:1とし、ガラス繊維を炭に対して7%入れ補強を行った。なお水分は炭に対して56%とした。原料を混ぜた後にフェノールの硬化のため、140℃の恒温器で約4時間加熱し成形を行った。また、本ボードはコストダウンのため一時焼成のみとした。なお炭は一般的な備長炭 (共同産業(株)製 備長オガ炭)

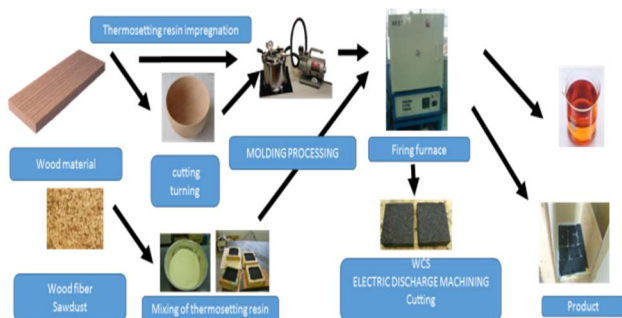


図1 WCSの製造方法



図2 WCSボードの作成

を製粉機（㈱國光社製 A-8 型）で微粉碎したものを使用した。

2.2 実験家屋の作成

まず、実験を行う実験用家屋の制作を行った。現在の多くの建築物は高断熱住宅であるため、図 3 に示すようにグラスウールや発泡ポリスチレンを用い高い断熱性を持つ実験用家屋（図 4）を 2 棟作成し実験を行った。また実験前に、2 棟を同じ条件で床暖房を行い、2 つの実験用家屋でほぼ同じ断熱性を持つことを確認し各実験を行った。

2.3 実験家屋と WCS ヒータ

図 5 に示すように、市販のホットカーペット（580×520mm 72W）を熱源として使用し、図 6 に示すようにヒータ面と床面、室内に温度センサーをつけ、電源コードにクランプ型電流計を付けて消費電流の測定を行った。なお、測定には温度・電流共に日置電機（株）のデータミニを使用し 1 分ごとの温度変と電流変化を記録した。また、ヒータと WCS の位置関係は図 7 に示すように WCS をヒータの上に置いた場合と下に置いた場合で検討を行い最も有効な WCS とヒータの位置関係について検証を行った。また、WCS にアルミ箔を巻き、アルミ箔の有効性についても検証を行った。



図 3 グラスウールと発泡ポリスチレンボード



図 4 実験に使用した模擬家屋
(床面 900×900mm 高さ 1800mm)

3. 実験結果

3.1 WCS 床暖房と温度と消費電流

図 8 は床暖房に用いたヒータと床の材の接触面の温度を示したものである。初期は WCS(30mm 厚)を入れることで、WCS に熱を奪われるため、WCS を入れたものは、ヒータとの接触面の温度が低いが、約 5 時間後にはほぼ差がなくなっている。また電源を OFF にしても WCS に蓄熱しているため急激に温度が下がらないことが確認できた。図 9 は床暖房の消費電力の変化を WCS の有無で比較した図である。なおこの図は、横軸は日中と夕方以降を比較するため時刻で表記をした。電源投入後から夕方 5 時間を経過するまで WCS を入れると消費電力が多くなることが確認できた。また、夕方 (16:00) 以降気温が下がってくると、日中 WCS に蓄熱した熱のため消費電力が増えないことも確認できた。これは電力が蓄熱に使われてい

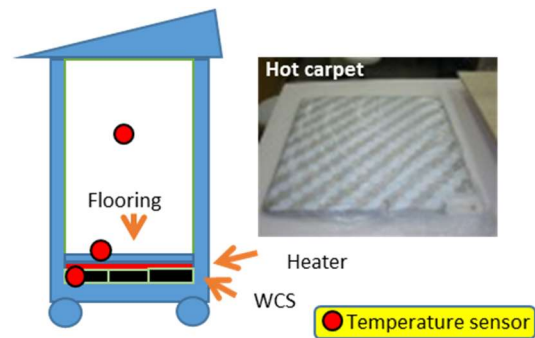


図 5 実験で用いた床暖房システム

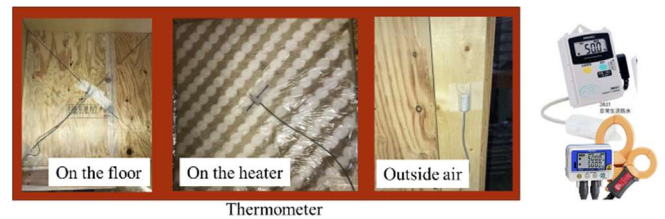


図 6 温度計と電流計

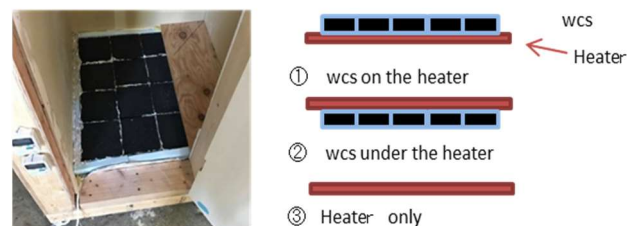


図 7 ヒータとフローリング材の組み合わせ

るためである。図 10 はサーモスタットの入り方を分単位の消費電流で比較を行った図である。WCS を入れたものは、蓄熱効果があるためサーモスタットの ON/OFF は WCS が無いものより頻繁に起きないことが確認できた。このため床面の温度変化が小刻みに動かず緩やかであることがわかる。ただし、WCS を入れたものはサーモットが ON の時間が長く消費電流が電源投入後は多い。また、WCS とヒータの位置関係は WCS をヒータの上においた場合が初期の温度の立ち上がりは遅いが、WCS の効果が高いことが確認できた。

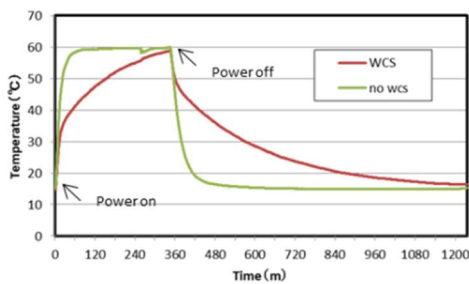


図 8 初期のヒータ面温度

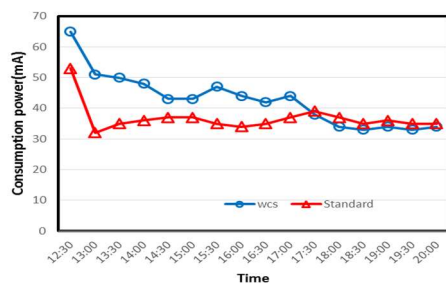


図 9 WCS の有無による消費電力の違い

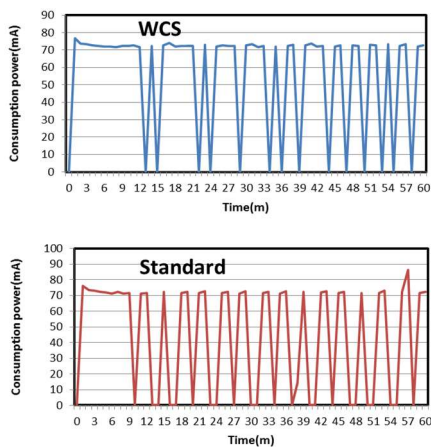


図 10 サーモットの ON/OFF の比較
(上 WCS 下 WCS 無し)

3.2 WCS の厚みの効果

WCS の適切な厚みを確認した。図 11 は、床面を一定な温度になるようにサーモスタットを調整し、30mm、15mm の 2 つの厚みの WCS で消費電流を比較したグラフである。図 12 は各温度センサーの温度を示したものである。この 2 つのグラフより、消費電流を比較すると、始めは 30mm 厚の方が多いが、20 時間の平均において、わずかに 30mm の方が消費電流(平均 0.98mA)少ない結果が得られた。また、温度の立ち上がりは薄い 15mm の方が早い結果が得られた。WCS を入れることにより、床暖房の電源を入れると WCS を暖めるためにエネルギーを使うため、厚みのある WCS では温度の上昇が緩やかであることが確認できた。

3.3 アルミ箔の効果

ヒータの下部にアルミ箔を敷き詰め、熱の損失を少なくし、WCS の省エネの有効性を再度検証した。図 13 に温度変化、図 14 に消費電流を示す。図 13 より約 10 時間の測定の結果平均 0.4mA の省エネ効果があることが確認できた。このように省エネ効果はアルミ箔を用いることで向上することが確認できた。また気温の低い夜間などでは WCS+アルミ箔を入れたものが温度の変化が少なく省エネであることが確認できた。同時に深夜の気温の低い時間帯は、WCS に蓄熱されたエネルギーで消費電力が少ないことも確認できた。また、図 13 ではサーモスタットの位置をフロア上面に設置したところ、WCS を用いたものは緩やかな温度変化であったが、WCS を入れていないものは小

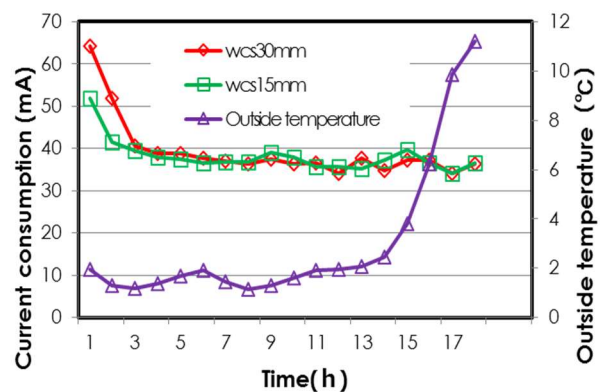


図 11 WCS の厚みの違いによる消費電流の差

刻みに温度が変化していることが観察された。これは WCS の蓄熱効果で温度変化が少なくなっているためである。

3.4 省電力効果

最も差のすくないアルミ箔を巻いて実験したデータから WCS を使用したモデルは消費電流が約 4 mA 少ないことが分かったので 1 時間あたりの消費電力を求め、1 時間に 0.4W の省エネ効果を得ることができた。平均的日本の住宅 (138.2 m²) の場合 1 日 8 時間で 3 ヶ月使用するとして年間に 53kw で 1431 円 (1kw あたり 27 円で計算) の省エネ効果を得ることができる事が確認できた。

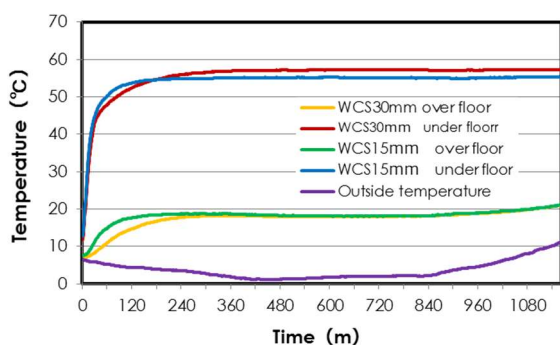


図 12 WCS 厚みの違いによる床面温度の変化

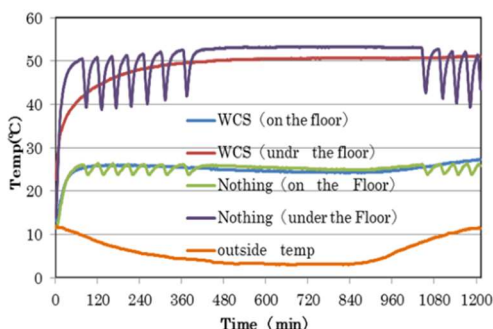


図 13 アルミ箔を使用したヒータの温度変化

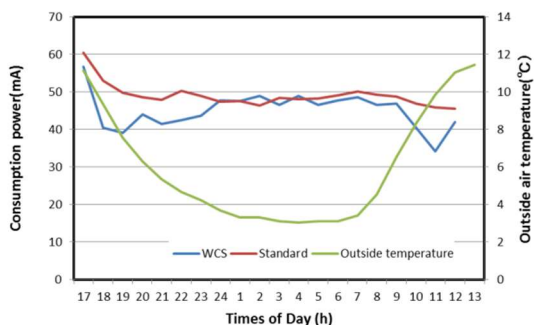


図 14 アルミ箔を使用したヒータの消費電流

模擬家屋 (省電力効果) 0.75m ² (0.5畳)	→	138.2 m ² (床面積) (省電力) 1時間あたりの電気代 73.7w/h(¥2)
0.4w/h		1日あたりの電気代(毎日8時間使用) 589.7w(¥15)
		1年あたりの電気代(年に3ヶ月使用) 53kw (¥1,431)

図 15 電気代の換算

4. 結論

WCS を床暖房に用いた場合で以下の事が確認できた。

(1)WCS は蓄熱性があるため、短時間の床暖房では省エネ効果を確認できない。長時間の使用には多少効果が見込める。またスイッチを切っても温度が下がるまで時間がかかる。

(2)3時間以上の使用では2~3%程度の省エネ効果を見込める。

(3)ヒータ周りの断熱を十分に行わない場合、熱の放熱面積が増え WCS を用いない方が省エネである。

(4)コタツ等のヒータに比べて WCS の効果は少ない。(ヒータの温度が低いため遠赤効果が低い)

(5)短時間の運転では省エネは期待できないが、24時間床暖房では少エネ効果が期待できる。また厚みのあるほうが蓄熱効果を期待できる。

(6)高温で2次焼成を行っていないため、省エネ効果が期待値より小さかった。(2次焼成を行っているものはロードヒーティングで 30%近い省エネ効果をもたらしている)

参考文献

- 岡部敏弘 監修、木質系多孔質炭素材料 ウッドセラミックス 内田老鶴圃 (1996/05)
- 小川和彦 環境福祉学会大会概要集 (2017/11)