

# ウッドセラミックス及びTiO<sub>2</sub>塗料を塗布した ウッドセラミックスの吸着性について

近畿職業能力開発大学校

附属滋賀職業能力開発短期大学校 秦 啓 祐

Adsorption Properties of Porous Carbon Material Woodceramics and  
Woodceramics coated with TiO<sub>2</sub> Paint

Keisuke Hata

**要約** ウッドセラミックスは多孔質の炭素材料であることから、木炭と同じような吸着効果が期待できる。そこで、本実験では、ウッドセラミックスの吸着性について調査した。また、吸着作用に優れた効果を発揮する酸化チタンを付加したウッドセラミックスの吸着性についても調査した。その結果、ウッドセラミックスは多孔質構造を有することから吸着能力を示すことがわかった。さらに、酸化チタンとウッドセラミックスとの組み合わせは、ウッドセラミックスの持つ多孔性と酸化チタンの持つ吸着・分解作用により吸着能力を持続できることが明らかとなった。

## I 緒言

材料分野では、環境に優しい材料の開発が強く求められている。この環境に配慮した材料の一つに住宅空間で使用される建材の開発があり、人に優しい材料の開発が行われている。住空間における問題点を環境面から捉えると、かび、ダニの発生、さらには建材に含まれる化学物質等による空気汚染が挙げられる。これらの問題を改善するための方法として、建築工法、施工方法からの改善、あるいは新建材の利用が試みられている。この改善方法を建材の分野からみると、新規な材料の利用<sup>1)~3)</sup>があり、多孔質構造を有する木炭の建材への利用<sup>4)~6)</sup>がある。一方、この木炭と同じ多孔質構造の材料に、岡部らが開発したウッドセラミックスがある<sup>7)</sup>。ウッドセラミックスは遠赤外線効果、電磁波シールド効果、そして調湿効果等の多くの特性を有する材料である。この材料は多孔質構造を有することから、木炭と同じような吸着性、断熱性を期待できると考えられる。ところで、木炭の吸着能力は優れているが、吸着の持続性の面から考えると、持続性を有することはできず、飽和し、吸着効果は低くなると考えられる。ところが、吸着だけでなく、吸着したものをさらに分

解することができる酸化チタンの開発がある<sup>8)~10)</sup>。そこで、本実験では、ウッドセラミックス本体についての吸着性、そして酸化チタンをウッドセラミックスに付加させた場合の吸着性についても調べた。

## II 実験方法

### 2.1 ウッドセラミックスの吸着能力に関する実験方法

#### 2.1.1 供試材

MDF【中密度のファイバーボード (Medium Density Fiberboard)、密度：0.57g/cm<sup>3</sup>、(株)住建産業製】にフェノール樹脂 (PX-1600、ホーネンコーポレーション社製) を含浸【含浸方法：熱硬化性樹脂のフェノール樹脂を減圧方法で超音波振動を与えながら含浸。樹脂含浸率：68.9%《含浸率の求め方：樹脂含浸率は、木材の全乾質量 (100~105℃の乾燥機内で乾燥し、恒量に達したときの重量) に対して、注入された (含浸された) 樹脂の量をパーセントで表示したもの。》】し、真空炉にて焼成して得られたウッドセラミックス[東北化学システム社製]、焼成温度：600℃ (密度：0.81g/cm<sup>3</sup>)、焼成温度：800℃ (密度：0.88g/cm<sup>3</sup>)、そして焼成温度：1000℃ (密度：0.80g/cm<sup>3</sup>)] である。

なお、比較材として、フェノール樹脂を含浸していないMDFを焼成した炭素材料（以後、木炭と称す。木炭の焼成温度：800℃。密度：0.54g/cm<sup>3</sup>）と竹材を原料とした炭素材料（竹は炭化すると、内部表面積が300m<sup>2</sup>/g以上と大きく、ミクロ孔の多い材料。以後、炭素ボードと称す。炭化時の焼成温度：800℃。密度：0.57g/cm<sup>3</sup>。）を用い、ウッドセラミックスの吸着能力と比較した。実験に当たり、各供試材のマクロな表面積をほぼ同じ大きさ（1.07×10<sup>-2</sup>m<sup>2</sup>）となるように作製した。測定時における供試材個数は、それぞれ3個ずつである。測定回数は3回で、その平均値でもって表した。

### 2.1.2 吸着用ガス

吸着用ガス源として、10%アンモニア水（NH<sub>3</sub>）を以下の方法で用いた。

測定器の中にアンモニア水を適量入れ、30分ほど放置し、その後、アンモニア水を容器から取り出し、容器内に残っているアンモニアのガスを吸着用ガスとした。

### 2.1.3 吸着能力測定方法

測定装置の概略図を図1に示す。供試材①が入っている透明アクリル製の容器②（250×250×320mm）に吸着用ガス③を入れ、ガス検知管（ガステック製）及び検知管式気体測定器④（ガステック製）を用いて吸着用ガス濃度を経時的に測定した。吸着能力の評価は、以下のような方法で評価した。2.1.2で記述した吸着用ガスに対して、容器内に予め入れておいた攪拌子⑤[マグネティックスターラー（ケニス製）]を回転させることによって均一に充満させた。その約5分後に、容器内のガス濃度値を測定し、その時のガス濃度値を初期濃度値とした。そして、その後の各時間におけるガス濃度値を測定し、各時間のガス濃度値を初期濃度値に対しての比で表すことにした。

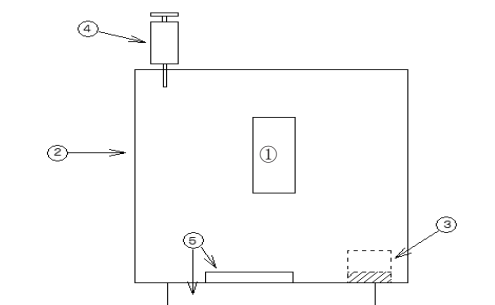


Fig.1 Schematic illustration of measuring apparatus

実験に先立って、供試材の内部に含まれている物質を除去するために、供試材を180℃に保った乾燥機内で3時間加熱処理した。容器周辺の環境は、気温20℃、湿度約55%であった。なお、ガス濃度や吸着速度は温度の影響を受けやすいといわれているが、容器内外の温度差は2度前後であったので本実験では無視することにした。

## 2.2 TiO<sub>2</sub>塗料を塗布したウッドセラミックスの吸着能力に関する実験方法

### 2.2.1 供試材

TiO<sub>2</sub>塗料をコーティングする材料（ベース材料）は、焼成温度800℃で焼成したウッドセラミックス（MDFを原料、以後WCSと称す）である。比較用として、2.1で使用した木炭（以後木炭と称す）を用いた。また、無孔質材料（アクリル板、密度：1.27g/cm<sup>3</sup>、以後アクリル板と称す）についても比較用として用いた。なお、供試材の大きさは、2.1.1で記述した供試材の大きさと同じ大きさに作製した。

測定時における供試材個数は、それぞれ1個ずつである。測定回数は3回で、その平均値でもって表した。

### 2.2.2 酸化チタン塗布方法

塗布する酸化チタンは、エコデバイス（株）製の酸化チタン（アナターゼ型タイプの可視光応答型光触媒含有塗料）を使用した。塗布方法は、以下の要領で行った。刷毛を使って、供試材の表面（全面）にTiO<sub>2</sub>を以下の工程で塗布した。

- 1) 下塗り一回【無希釈、3時間乾燥、100g/m<sup>2</sup>】
- 2) 中塗り二回【15%希釈（蒸留水で希釈）、3時間乾燥、150g/m<sup>2</sup>】
- 3) 上塗り一回【無希釈、50g/m<sup>2</sup>】

### 2.2.3 吸着用ガス

吸着用ガス源として、2.1.2と同じ10%アンモニア水（NH<sub>3</sub>）を用いた。

### 2.2.4 紫外線の種類

供試体に塗布されている酸化チタンは紫外線の照射によって吸着した有機物の分解反応を示す。そこで、本実験では、酸化チタンに照射させる紫外線として、ブラックライト（フナコシ（株）製）から照射される紫外線（TYPE I）、及び自然光と蛍光灯から照射される紫外線（TYPE II）をそれぞれ用いた。

## 2.2.5 測定方法

吸着方法については、2.1の場合とほぼ同じ方法であるが、ここでの測定は、紫外線を照射させながらの吸着測定である。一方、TiO<sub>2</sub>を塗布した材料の吸着性能の持続性について調べるために、前もって、別容器(850ml)内に10%アンモニア水を入れておき、その中に酸化チタンを塗布したウッドセラミックスを168時間の間入れておいた。比較用として、2.1.1で示した焼成温度800℃のウッドセラミックス及びアクリル板を同じ容器に入れ、同様にアンモニアを十分に吸着させておいた。

紫外線の照射方法については、以下の通りである。

ブラックライトによる照射では、吸着用をガスで満たした容器とブラックライトを暗い場所に置き、その状態でブラックライトを照射させた時の容器内のガス濃度を経時的に測定した。自然光と蛍光灯による照射では、測定室の室内窓際から奥へ2.7m、天井照明(蛍光灯)部分から真下(1.2m)のところに吸着用をガスで満たした容器を置き、ブラックライトの場合と同じ要領で測定した。なお、天井照明器具で照射したときの容器付近の照度は500lxである。供試材付近(容器内)の紫外線量は、それぞれ5.1 μWcm<sup>2</sup>(ブラックライト照射の場合)、1.2 μWcm<sup>2</sup>(自然光及び蛍光灯の場合)であった。

## III 実験結果及び考察

### 3.1 ウッドセラミックスの吸着能力

#### 3.1.1 アンモニアガスに対する吸着能力

図2はウッドセラミックスの吸着用ガス(アンモニア)に対する吸着能力について示したものである。アンモ

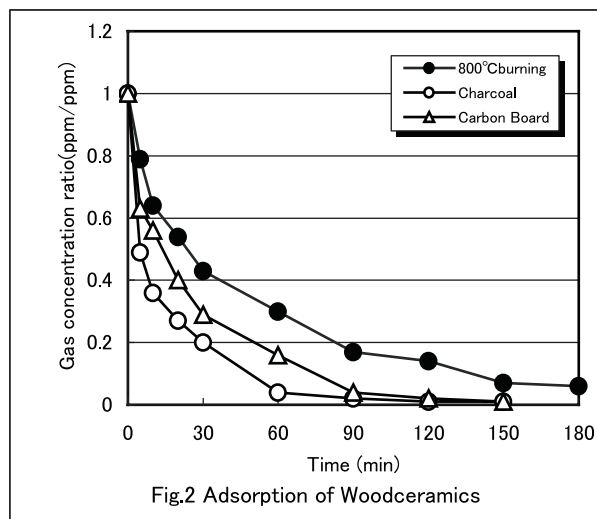


Fig.2 Adsorption of Woodceramics

ニアのガス濃度は時間の経過と共に指数関数的に減少傾向を示しているのが分かる。これより、ウッドセラミックスは吸着性能を有する材料の一つとみなすことができる。比較材と比べると、吸着性能は劣っている。この原因として、以下の事が考えられる。

ウッドセラミックスはフェノール樹脂によって孔部分が部分的に含浸されており、吸着面積は比較材料の木炭と比べると小さくなっている。この吸着面積の大きさは吸着能力のレベルを左右する要因となっていることから、ウッドセラミックスは木炭より吸着能力が低くなっているのではないかと考えられる。

#### 3.1.2 吸着能力に及ぼす焼成温度の影響

図3は、焼成温度の違いによる吸着能力への影響について示したものである。

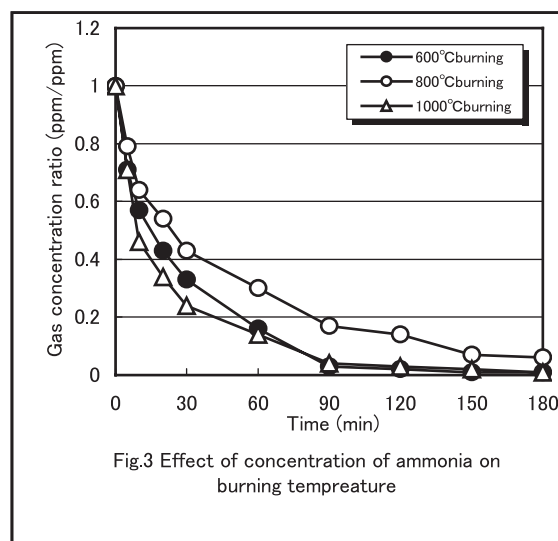


Fig.3 Effect of concentration of ammonia on burning temperature

図より、焼成温度800℃の材料と比べて、焼成温度600℃及び1000℃の材料は高い吸着能力を示している。一般に、吸着については、吸着材料の炭化温度の違いによって吸着能力が変化し、600℃以下の炭化温度で焼成した木炭はアルカリ性を有する物質を吸着でき、酸性を有する物質の吸着能力は低いとされている。さらに、600℃~700℃の炭化温度では中間的な性能、700℃以上となると酸性を有する物質の吸着能力が高まる<sup>11)</sup>とされている。これより、本実験で用いた吸着用ガスのアンモニア水は弱アルカリ性であることから、この物質を吸着しやすい炭化温度はほぼ700℃以下となる。しかし、本実験では、炭化温度の高い1000℃でも高い吸着能力を示している。800℃の材料は、1000℃の材料と比べて、低い吸着能力を示している。吸着能力の程度は吸着面積に影響を受けるが、本実験で用いた供試材のフェノール樹脂の含浸率は同じ

であることから、吸着面積は同程度と考えられる。今後、吸着面積の大きさ、異なる吸着用ガスでの吸着能力、等からの詳細な検討が必要である。

### 3.2 酸化チタン塗料を塗布したウッドセラミックスの吸着能力

#### 3.2.1 ブラックライトから照射される紫外線による効果

図4は、ブラックライトから照射される紫外線を、酸化チタンを塗布したベース材料に照射した時の吸着効果について示したものである。

図より、同一量の酸化チタンを塗布し、吸着そして分解反応が働いているにも関わらず、ベース材料の違いによって吸着能力に差が表れている。孔質材料の木炭やウッドセラミックスは、無孔質材料のアクリル板と比較して、高い吸着効果を示している。他方、木炭とウッドセラミックスを比較すると、木炭はさらに高い吸着効果を示している。これは、吸着面積の大きさが大きいことに起因しているものと考えられる。

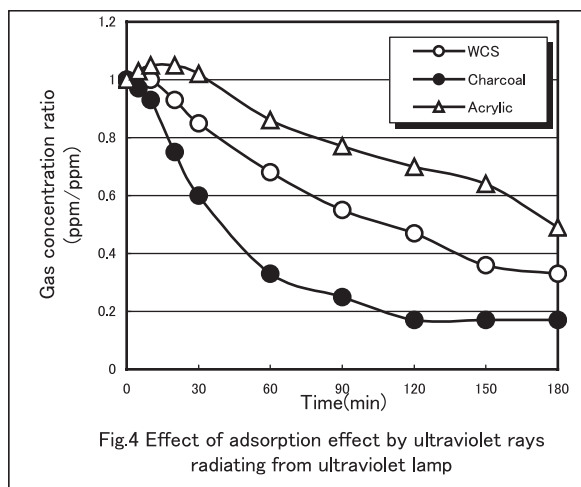


Fig.4 Effect of adsorption effect by ultraviolet rays radiating from ultraviolet lamp

#### 3.2.2 自然光及び蛍光灯から照射される紫外線による効果

図5は、自然光及び蛍光灯から照射される紫外線をベース材料に塗布した酸化チタンに照射した時の、吸着効果について示したものである。3.2.1で示したブラックライトによる紫外線の場合と同様の傾向を示した。自然光及び蛍光灯から照射される僅かな紫外線でもブラックライトの場合と同様な吸着能力を示している。

ウッドセラミックスは組織補強型材料であることから、木質繊維間の空隙部分がフェノール樹脂によって含浸されている。すなわち、木炭と比べると孔質部分の割合が低くなっているため、木炭と比べて吸着能

力は低くなるといえる。

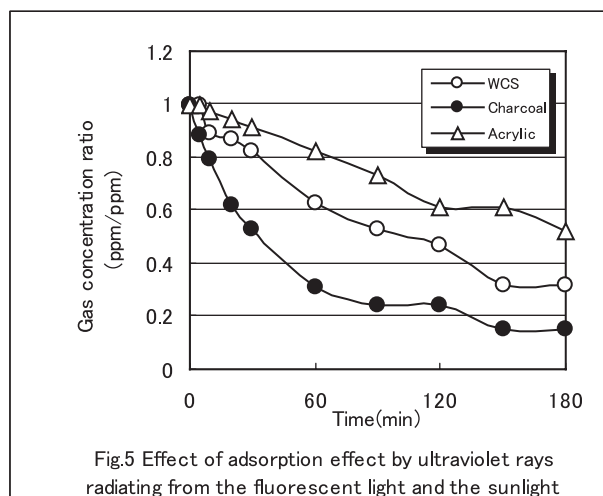


Fig.5 Effect of adsorption effect by ultraviolet rays radiating from the fluorescent light and the sunlight

#### 3.2.3 紫外線量の影響

図6は照射する紫外線量（ブラックライトによる照射と自然光及び蛍光灯による照射）の違いからみた孔質材料のウッドセラミックス（図中にWと記す）と無孔質材料のアクリル板（図中にAと記す）の吸着能力について示したものである。

ウッドセラミックスの場合と比べて、無孔質構造のアクリル板の吸着能力は小さい値を示した。これは、構造的な違い、すなわち孔部分の有無が原因ではないかと考えられる。同じ紫外線量であるならば、孔質構造のウッドセラミックスの方が有効である。一方、紫外線量の違いで見ると、本実験での紫外線量の比は約4であったが、その影響が顕著には表れなかった。

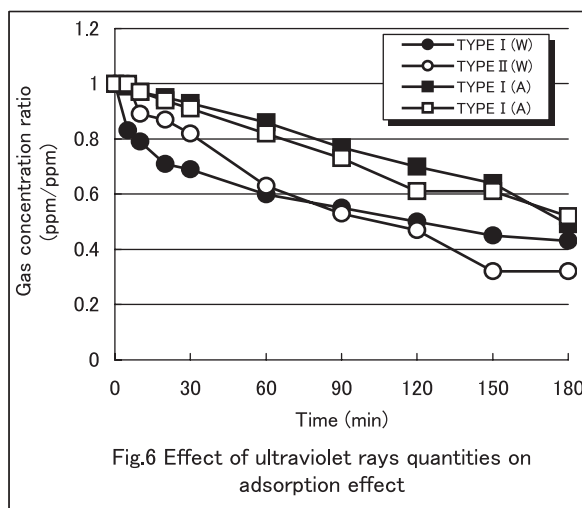


Fig.6 Effect of ultraviolet rays quantities on adsorption effect

### 3.3.3 酸化チタンコーティングによる吸着能力の持続性

図7は酸化チタン塗料を塗布したウッドセラミックス表面の状態を示す。

図より、ウッドセラミックスを構成する木繊維の上、あるいは木繊維と木繊維の間隙部分に酸化チタンが塗布されている。また、一方で、孔部分も残った状態となっている。

図8は、測定前に、予め168時間の間（7日間）アンモニア雰囲気中に曝しておいたウッドセラミックスと酸化チタン塗布のウッドセラミックスを使つての吸着能力の持続性について示したものである。表1は、各供試材をアンモニア雰囲気中に曝す前後での重量について示したものである。

図より、ウッドセラミックス単独の場合は吸着効果がほとんど現れていない。一方、TiO<sub>2</sub>を塗布したウッドセラミックスの場合は、吸着効果が表れており、ガス濃度が低下している。これは、ウッドセラミックスの表面に塗布された酸化チタンによる吸着、そして分解反応が行われたものと考えられる。このことは、表1に示したアンモニア雰囲気中に曝す前後での材料の重量の違いでも同様なことが現れている。ウッドセラミックスがアンモニアを吸着したときの重量増（重量比1.12）と比べると、酸化チタン塗料を塗布したウッドセラミックスの場合は重量増（重量比1.02）が小さい。ウッドセラミックス及び酸化チタン塗料を塗布したウッドセラミックスの多孔質部分では、アンモニアガスの吸着が行われる。一方、酸化チタンを塗布した材料では、日中はそれに加えて、酸化チタンと紫外線的作用による吸着ガスの分解作用も働いている。それ故に、酸化チタンを塗布した材料は重量増が小さくなったと考えられる。すなわち、酸化チタンと組み合わせたウッドセラミックスは、吸着能力の持続性に優れた材料と考えられる。

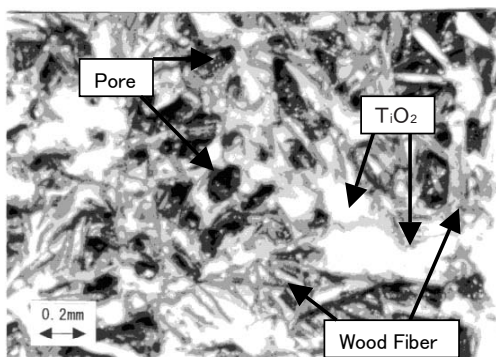
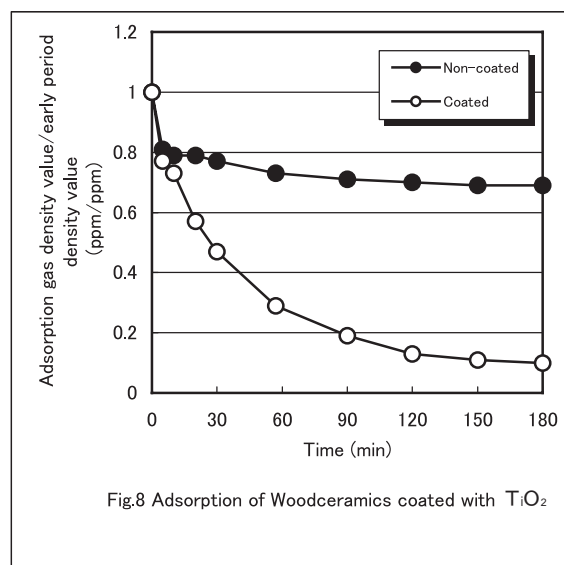


Fig.7 Microscopic views of woodceramics surface coated with TiO<sub>2</sub>

Table 1. Change of weight on before and after exposure.

	Before exposure	After Exposure (after 168 hours)
Non-coating	29.5g	32.9g
Coating	34.6g	35.5g



## IV 結言

ウッドセラミックスの吸着性について調べた結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) ウッドセラミックスは吸着能力を有する炭素材料である。
- 2) 酸化チタンとウッドセラミックスとの組み合わせは、ウッドセラミックスの持つ多孔性と酸化チタンの持つ吸着・分解作用により、吸着能力に持続性がある。

## 参考文献

- 1) 青山幹、堀長生：大林組技術研究所報、No.39, Page66-70(1989).
- 2) 則元京、山田正：木材工業、Vol.29-7,Page301-305(1974).
- 3) K.Shibano,K.kamiya,S.Yoshizawa,S.Goto and Y.Ogawa：M.R.S.-J,Vol.29 No.5,Page2459-2462(2004).
- 4) 立本英機著：おもしろい炭の話、日刊工業新聞社、2000.
- 5) 岸本定吉著：炭、創森社、1998.
- 6) 岸本定吉著：木炭の博物誌、総合科学出版、1984.
- 7) 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、内田老鶴園、1996.

- 8) 秋山司郎、埤田博史著：光触媒と関連技術、日刊工業新聞社、2000.
- 9) T.Tsumura,N.Kojitani,I.Izumi,N.Iwashita,  
M.Toyoda and M.Inagaki:J.Mater.Chem.12,  
Page1391-1396(2002).
- 10) 稲垣道夫、松永貴文、津村朋樹、豊田昌広：炭素、  
No.219,Page217-220 (2005) .
- 11) 立本英機著：炭のはなし、日刊工業新聞社、200