

炭のVOC吸着性能に関する研究

化学・環境部 小幡 透, 田島英俊*, 森田慎一**, 神野好孝***

Study on the VOC Adsorption Performance of Charcoal

Toru OBATA, Hidetoshi TAJAMA, Shin-ichi MORITA and Yoshitaka KAMINO

木炭, 竹炭, 炭化物ボード, 市販の吸着性ボード等を用いて, VOCや悪臭物質の吸着試験を行った。その結果, 木・竹炭は炭化温度による吸着性能の違いが見られ, また炭化物ボードは各種ガス吸着試験において市販の吸着性ボード等と同等またはそれ以上の吸着速度でガスを吸着した。特にトルエン, キシレン等の吸着試験ではその吸着能力の高さがうかがえた。これらの吸着試験結果から, 炭化物ボードが室内汚染物質を低減・除去するのに有用な材料であることが示唆された。

Keyword: 木炭, 竹炭, 炭化物, シックハウス, VOC, 吸着

1. 緒言

近年, ホルムアルデヒド等のVOC (Volatile Organic Compound: 揮発性有機化合物) が原因とされるシックハウス症候群が急増しており, これらの化学物質の低減・除去が急務となっている。各省庁は表1のように様々なシックハウス対策を実施しており, 法律として施行されているものもある。例えば, 厚生労働省は表2のように室内濃度指針値を策定し, 室内環境の改善を促している^{1)~4)}。また, 国土交通省は建築基準法を改正し, 新築住宅からのシックハウス原因物質の放出量の基準を設け, 法律として施行している。しかし, 居住者が住宅内に持ち込むもの, 例えば家具等については現在のところ規制がなく, これらのもの

からのシックハウス原因物質の放出により室内は汚染されるため, シックハウス問題はまだ解決していない。

ところで, 炭は燃料・土壌改良材等の他に, 脱臭材としての利用方法が従来より知られている。最近では, 炭が持つ吸着作用を利用して化学物質を取り除こうという動きもあり, VOC対策用の商品も開発されている。鹿児島県内でも, 製材時に出るチップを炭化しボード化した木炭ボードや, 県内に豊富に存在するモウソウチクを炭化してボード化した竹炭ボードが製造されている。本研究では, 木・竹炭や木炭および竹炭ボードを用いてVOC吸着試験を行い, 木・竹炭およびこれらの炭化物ボードのVOC吸着性能を明らかにすることにより, 室内環境をはじめとする生活環境の改善へ貢献することを目的とした。

表1 シックハウス問題に関する各省庁の取り組み

機 関	取 り 組 み
厚生労働省	室内濃度指針値の策定 (13物質。他に2つの暫定値。表2参照) 室内空気捕集方法のマニュアル化
国土交通省	建築基準法の改正 (平成15年7月1日施行) ・ホルムアルデヒド放出量の規制 ・クロロピリホスの全面使用禁止 ・新築住宅における強制換気装置取り付けの義務化
経済産業省	JISの制定, 改正 ・JIS A 1901 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放出測定方法 - 小形チャンパー法
農林水産省	JASの改訂

表2 室内濃度指針値 (厚生労働省 2002年3月現在)

物 質 名	指 針 値	
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)
ホルムアルデヒド	100	0.08
トルエン	260	0.07
キシレン	870	0.20
パラジクロロベンゼン	240	0.04
エチルベンゼン	3800	0.88
スチレン	220	0.05
クロロピリホス (小児の場合)	1 0.1	0.00007 0.000007
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	220	0.02
テトラデカン	330	0.04
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120	0.0076
ダイアジノン	0.29	0.00002
アセトアルデヒド	48	0.03
フェノブカルブ	33	0.0038
ノナール (暫定値)	41	0.0070
総揮発性有機化合物量 (暫定値)	400	-

*木材工業部, **県林業振興課, ***企画情報部

表3 試験体一覧

試験体	表面積(cm ²)	原料	接着剤	炭化方法
木炭	-	スギオガ屑		ロータリーキルン
竹炭	-	モウソウチク		ロータリーキルン
木炭ボード	116	木炭, 不織布(表面)	グルコマンナン	
竹炭ボード	116	竹炭	セルコラーゼ	
セラミックボード	118	セラミック, 土	non VOC接着剤	
石膏ボード	116	石膏, 紙		

2. 試験方法

2.1 試験用試料

木・竹炭, 木炭ボード, 竹炭ボードの原料は以下の通りである。

木炭: スギの製材時に出るチップやオガ屑を集めて, ロータリーキルンで炭化した炭

炭化温度: 500~600

竹炭: 伐採・乾燥したモウソウチクを破碎し, ロータリーキルンで炭化した炭

炭化温度: 約800

木炭ボード: 上記木炭を用い, グルコマンナンをバインダーとして成型したボード

竹炭ボード: 上記竹炭を用い, セルロースとコラーゲンをバインダーとして成型したボード

セラミックボード: 市販のもので, セラミック, 土を non VOC接着剤で接着し, 成型したもの

石膏ボード: 市販のもの

2.2 ガス吸着試験方法

試験体の概要を表3に示す。木炭, 竹炭はシャーレに1.00gずつ量り取ったものを用い, ボードについては, 試験体の表面積が約120cm²になるように加工したものを用いた。吸着ガスはホルムアルデヒド, トルエン, キシレン, スチレン, エチルベンゼン, パラジクロロベンゼン, アンモニアの7種類を用いた。吸着試験はこれらの試験体を5Lテドラーバッグに封入し, これにあらかじめ所定の濃度に調整したガスを導入した時点を試験開始とし, ガス濃度の経時変化はガス検知管により追跡した。上述の操作を7種のガスについて行った。また, 吸着試験はそれぞれ3試験体ずつ行った。

3. 結果および考察

3.1 木炭, 竹炭の吸着試験

木炭および竹炭のホルムアルデヒド吸着試験の結果を図1に示す。吸着の初期段階は竹炭の方が吸着速度が速く, 初期濃度10ppmのホルムアルデヒドが1時間後には2ppm以下

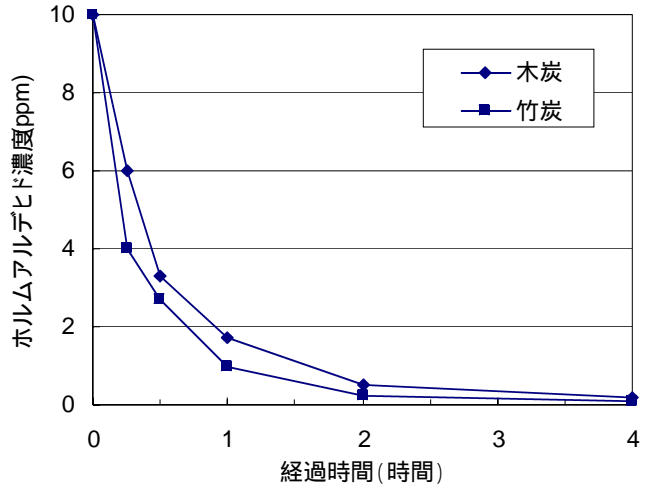


図1 木・竹炭のホルムアルデヒド吸着試験

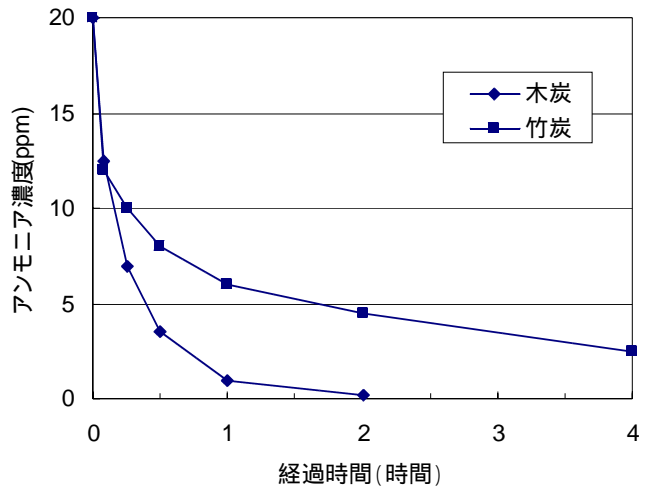


図2 木・竹炭のアンモニア吸着試験

下, 4時間後にはガス検知管の検知限度の0.03ppm以下になった。木炭も初期段階の吸着速度は竹炭より遅いものの, 4時間後には竹炭と同様に検知限度以下まで低減した。

次に, 木炭および竹炭のアンモニア吸着試験の結果を図2に示す。アンモニアの場合には, 木炭のほうが吸着速度が速く, 初期濃度20ppmのアンモニアが30分で約3ppm, 2時間後には検知限度以下になった。一方, 竹炭は木炭よりも吸着速度が遅く, 4時間経ても約3ppm残存した。

炭は一般的に低温で炭化したものは塩基性の物質を吸着

しやすく、高温で炭化したものは酸性物質を吸着しやすいと言われている。今回の吸着試験で用いた木炭は500~600℃、竹炭は約800℃で炭化されており、上記の結果からも今回用いた木炭と竹炭は、木炭の方が低温で炭化され、竹炭の方が高温で炭化されたことが示唆された。

また、トルエンおよびキシレンの吸着試験を行った結果を図3に示す。トルエンとキシレンでは、木炭と竹炭で大きな相違はなく、初期濃度10ppmのガス濃度が徐々に減少し、4時間後にガス検知管の検出下限以下まで低減した。トルエン、キシレンに関しては炭化温度における吸着性の差は見られなかった。

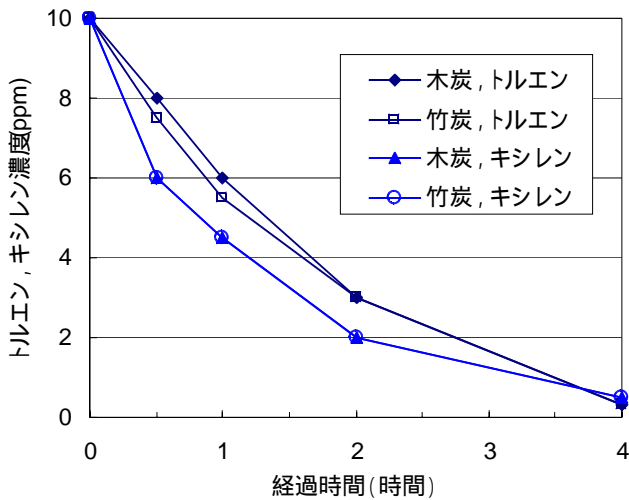


図3 木・竹炭のトルエンおよびキシレン吸着試験

3.2 炭化物ボードのVOC吸着試験

3.2.1 ホルムアルデヒド吸着試験

炭化物ボード、セラミックボードおよび石膏ボードへのホルムアルデヒド吸着試験の結果を図4に示す。初期濃度20ppmのホルムアルデヒドガスを用いて吸着試験を行った結果、木炭ボード、竹炭ボードでは試験開始1時間後に1ppm以下まで低減したのに対し、セラミックボード、石膏

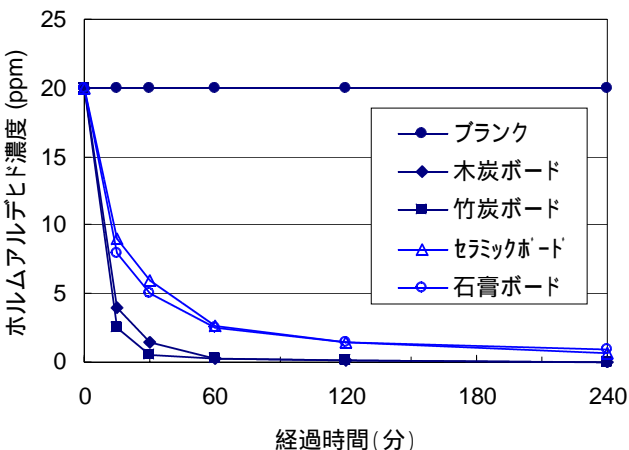


図4 各種ボードのホルムアルデヒド吸着試験

ボードは1ppmまで低減するのに4時間を要した。単位面積当たりの吸着速度、特に短時間での吸着速度は炭化物ボードの方が市販の吸着性ボード等よりも速いことが明らかになった。各試験体の比表面積、細孔分布は未測定であるが、炭化物ボードの方が市販のボードよりも比表面積が大きいのか、またはホルムアルデヒドが吸着しやすい大きさの細孔が多かったのではないかと推察される。

3.2.2 トルエン吸着試験

各種ボードのトルエン吸着試験の結果を図5に示す。初期濃度30ppmのトルエンが木炭ボードでは試験開始1時間後、竹炭ボードでは2時間後には検知限度以下になったのに対し、セラミックボードは2時間後以降は5ppmで一定になった。石膏ボードに至っては初期段階でわずかに低減した後はほとんど濃度減少は見られなかった。炭化物ボードと市販の吸着性ボードとは吸着性に顕著な差が現れ、トルエンの吸着性に対して炭化物ボードの吸着性が優位であった。ホルムアルデヒドの試験と同様に、炭化物ボードの方がトルエンの吸着しやすい細孔が多かったか、または、炭化する際に発達する炭特有の構造とトルエンとの相互作用によりトルエンが吸着しやすかったと推察される。

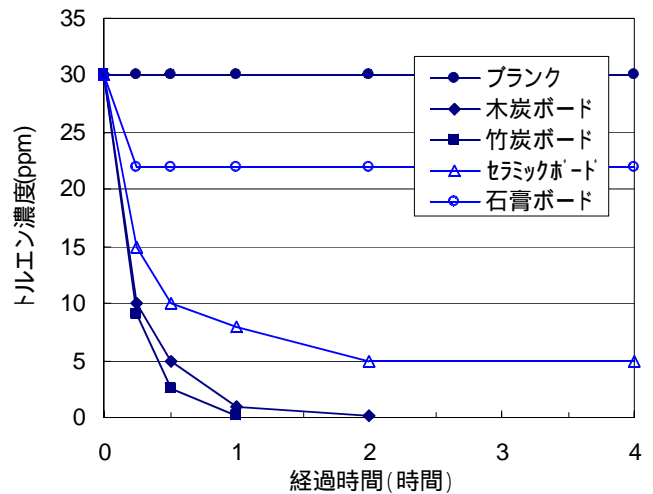


図5 各種ボードのトルエン吸着試験

3.2.3 キシレン吸着試験

各種ボードのキシレン吸着試験の結果を図6に示す。キシレンの吸着試験においても各種ボードでの吸着速度の差が見られた。初期濃度30ppmのキシレンガスが、木炭ボードおよび竹炭ボードでは1時間後には検知限界の1ppm以下まで低減したのに対し、セラミックボードは4時間後に約1ppm、石膏ボードは15ppmで濃度一定となり、トルエンの時と同様に炭化物ボードのほうが優位であった。キシレンはトルエンと類似の分子構造を有しているため、トルエンと同様の結果を示したと推察される。

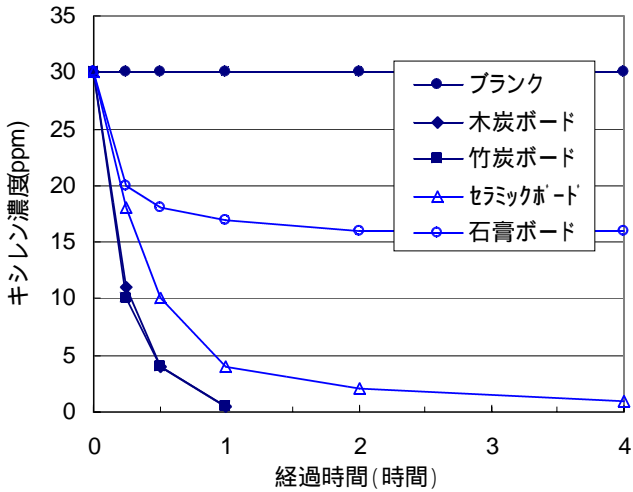


図6 各種ボードのキシレン吸着試験

3.2.4 スチレン吸着試験

各種ボードのスチレン吸着試験の結果を図7に示す。初期濃度20ppmのスチレンガスが竹炭は1時間後、木炭は2時間後には検出下限の1ppm以下まで低減したが、セラミックボード、石膏ボードでは1時間以降は吸着速度が緩やかになり、特に石膏ボードでは1時間以降はほぼ一定の濃度であった。スチレンもトルエンと類似の構造であるために、トルエンと同様の吸着性の差が見られたと推察される。家庭用電化製品などの内部にはスチレンを発生するような材料が用いられているが、これらから発生したスチレンを低減、除去するには市販の吸着性ボードよりも炭化物ボードの方が効果が期待できることが示唆された。

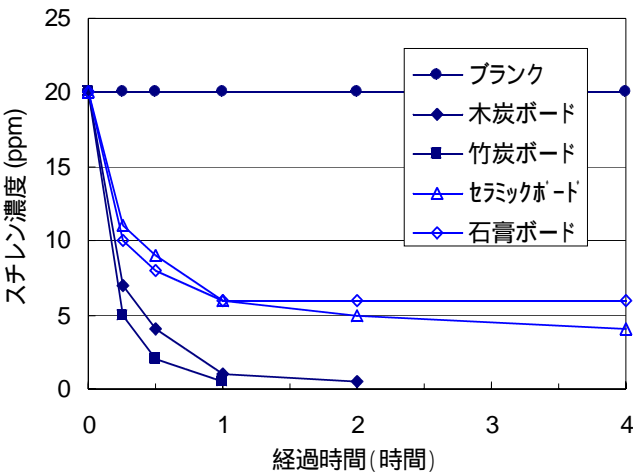


図7 各種ボードのスチレン吸着試験

3.2.5 エチルベンゼン吸着試験

各種ボードのエチルベンゼン吸着試験の結果を図8に示す。初期濃度50ppmのエチルベンゼンを吸着させた結果、初期段階は各試験体で差は見られなかったが、試験開始後30分以降で吸着速度に差が見られ、木炭および竹炭ボード

では、1時間後には1ppm以下まで低減したが、セラミックボードは4時間後に2ppm、石膏ボードは7ppmまでしか低減しなかった。エチルベンゼンもトルエンと類似の骨格であるために、炭化物ボードの方が吸着速度が速かったと推察される。

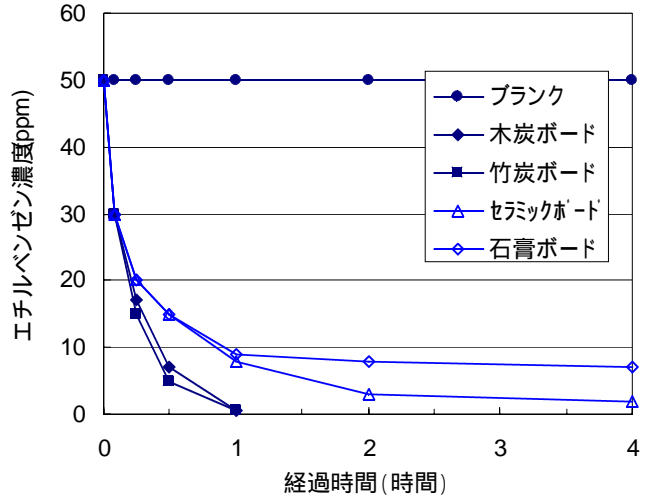


図8 各種ボードのエチルベンゼン吸着試験

3.2.6 パラジクロロベンゼン吸着試験

各種ボードのパラジクロロベンゼン吸着試験の結果を図9に示す。初期濃度300ppmのパラジクロロベンゼンを吸着させた結果、木炭および竹炭ボードでは試験開始1時間後には検出下限(2.5ppm)まで低減し、セラミックボードは2時間後に検出下限まで、石膏ボードでは4時間後に10ppmまでしか低減しなかった。パラジクロロベンゼンも他の物質と同様にベンゼン骨格を有しているために、他のベンゼン誘導体の場合と同様に炭化物ボードの方が吸着速度が速かったと推察される。

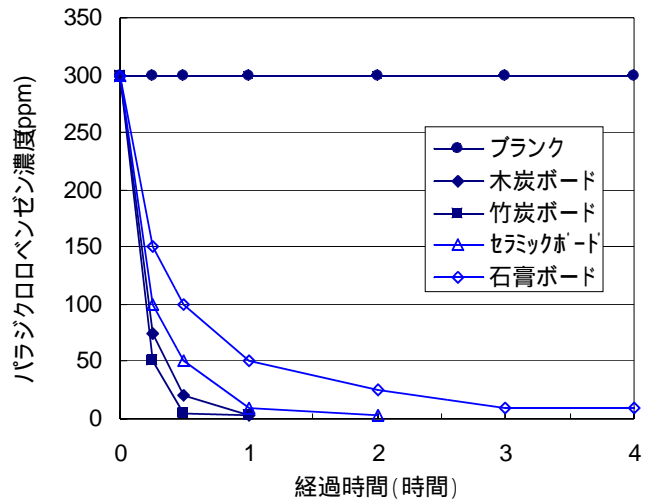


図9 各種ボードのパラジクロロベンゼン吸着試験

3.2.7 アンモニア吸着試験

各種ボードのアンモニア吸着試験の結果を図10に示す。ガス検知管の検出下限に達するまでの時間はセラミックボード、石膏ボードが1時間要したのに対し、木炭ボード、竹炭ボードは4時間要したが、吸着速度にそれほど差はなく、木炭ボード、竹炭ボードは市販のボードとほぼ同等の吸着能力を有すると推察される。なお、ブランク値の減衰はテドラバッグへの吸着があったためと考えられる。

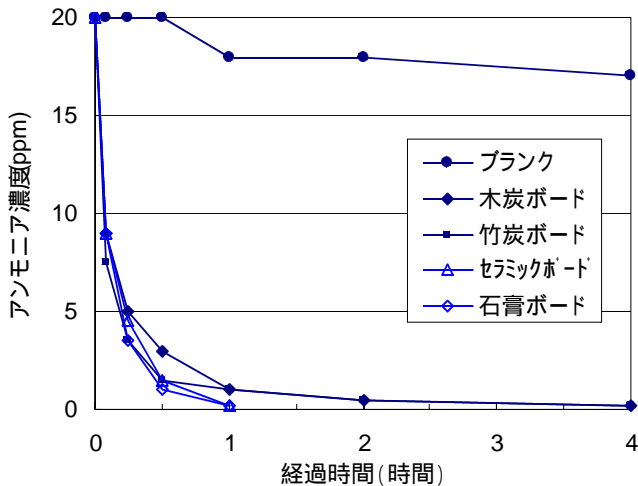


図10 各種ボードのアンモニア吸着試験

4. 結 言

木・竹炭、炭化物ボード、セラミックボードおよび石膏ボードのVOC吸着試験を行い、以下の結果が得られた。

(1) 木・竹炭のホルムアルデヒドおよびアンモニア吸着試験では、炭化温度の高い竹炭の方がホルムアルデヒドの吸着速度が速かった。一方、炭化温度の低い木炭はアンモニアの吸着速度が速かった。これらの結果は炭化温度について言われている一般論と合致する結果であった。ただし、炭化温度、炭化時間等の詳細な条件設定の元で

の試験結果ではないので、これらの条件を踏まえた試験が必要である。

- (2) 炭化物ボードのホルムアルデヒド吸着試験では、市販のセラミックボードおよび石膏ボードよりも吸着速度が速く、ホルムアルデヒド吸着に対して炭化物ボードのほうが優位であった。
- (3) トルエン、キシレン、スチレン、エチルベンゼン、パラジクロロベンゼンの吸着試験では、炭化物ボードと市販のボードとの吸着性能の差異がはっきり見られ、これらの除去には炭化物ボードがより適していることが示唆された。
- (4) アンモニアの吸着試験においても炭化物ボードはセラミックボード、石膏ボードとほぼ同等の吸着速度でアンモニアを吸着した。

以上の結果から、木・竹炭および炭化物ボードはVOC等の大気汚染物質を吸着する能力があり、建築材料として用いることにより市販の建築材料よりも効果的に室内汚染物質等を除去できることが明らかになった。今後は炭化条件等の検討により、目的に応じた用途を開発することが課題である。

参 考 文 献

- 1) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書 - 第1回～第3回(2000)
- 2) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書 - 第4回～第5回(2000)
- 3) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書 - 第6回～第7回(2001)
- 4) 厚生労働省：シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書 - 第8回～第9回(2002)