

木炭のホルムアルデヒド吸着特性

徳田迪夫^{*1} 内迫貴幸^{*1} 有瀧晶子^{*2}副田啓子^{*3} 細澤公樹^{*4}

Formaldehyde Removal Ability of Charcoal

Michio TOKUDA^{*1} Takayuki Uchisako^{*1} Akiko Aritaki^{*2}Keiko Soeda^{*3} Masaki Hosozawa^{*4}

Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu Mie, 514-8507

要 旨

ホルマリン系の接着剤を使った木質材料から放散されるホルムアルデヒド（HCHO）が、いわゆるシックハウス症候群とよばれるアレルギー様疾患の主原因と考えられ、その対策が急がれている。そこで本研究では、空気中に遊離しているHCHOを木炭で吸着することを考え、吸着能力および保持能力を他材料と比較検討した。

吸着材として各種の木炭、木材、パーティクルボード、無機質ボードを用いた。実験はデシケータ内に一定のHCHOを入れ、各種吸着材による吸着量または放散量を、検知管を用いて測定した。得られた主な結果は次の3点である。

- 1) HCHOの吸着能は木炭の種類によらなかったが、木炭の形状、および木炭量に大きく依存した。
- 2) 木炭を繰り返し使用すると吸着能力が低下したが、長時間の室内放置または温度を上げることによって元に近い吸着能力を回復した。
- 3) 木質材料や無機質ボードにもHCHO吸着能力が観測されたが、これらの材料は一旦吸着したHCHOを放散しやすい性質があった。それに比べて木炭は、吸着力に優れ、しかも放散しにくいという吸着材として優れた性質を持っていた。

キーワード：木炭、ホルムアルデヒド、吸着特性、シックハウス症候群

*1 三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507

*2 一条工務店 Ichijyo housing company

*3 大阪市立大学 Osaka municipal college

*4 三重大学生物資源学部学生 Mie University

ABSTRACT

Formaldehyde emission from formaldehyde containing materials leads to air contamination in houses, which is called "sick house syndrome". It is said that liberated formaldehyde is absorbed by wood charcoal. However, the capability of wood charcoal has not been fully known yet. In this study, the basic characteristics of wood charcoal were investigated. Wood charcoal or other absorbers were placed into a closed desiccator and the reduction of formaldehyde was measured. Formaldehyde analysis was performed by using a gas detecting tube.

- 1) The difference of liberation rate of formaldehyde between the wood charcoals was not significant, but particle size and volume affected measured adsorption rate.
- 2) Repeated use of wood charcoal showed the degradation of absorbing ability, but the ability was recovered by storing it at the room temperature two nights or at 39°C for eight hours .
- 3) Wood-based materials and inorganic materials could absorb formaldehyde no more than wood charcoal and wood bark, and their formaldehyde holding ability was poorer than that of wood charcoal.

Key words: Charcoal, Formaldehyde, Adsorbing characteristics, Sick house syndrome

1. 緒 言

シックハウス症候群(sick house syndrome)といわれるアレルギー様疾患が社会問題化している。その原因の第一は、過度の安全志向(難燃処理等)、清潔志向(抗菌処理等)あるいは快適化志向(消臭処理等)によって、種々の化学物質があらゆる身の回りの製品に使われている点であり、第二は、住宅工法と住まい方の変化で住宅の気密化が進み、放散された化学物質が室内に長時間停留するためと考えられる。快適で便利な生活を目指したはずが、意に反して、不健康でストレスの多い生活を強いられる結果となっている。解決策としては、まずは内装材にはできるだけ天然に近い材料を使って、有害物質の発生源を減らすことであるが、一方で、室内に放散された有害物質をすみやかに吸収あるいは分解することも大切である。本研究は建材等から放散される有害物質の一つであるホルムアルデヒドに注目し、この木炭による吸着特性を実験によって検討した。

ホルムアルデヒドの人体に対する影響は、短時間接する場合と、長時間接する場合とで分けて考える必要がある。短時間接する場合には表-1のような症状が現れる(1)。このことは、以前から明らかになっていたが、日本で住宅内のHCHOの気中濃度の指針値が公にされたのは、1997年になってからのことである。上部気道がんのリスクを無視しうる値として、WHOと同様の0.08ppmという指針値が提案された。長時間接する場合の重大な問題は、ホルムアルデヒドに発ガン性があるかどうかということであるが、今だ結論は得られていない(2)。

表一 1. ホルムアルデヒド濃度と人間への知覚状況

| 気中濃度 (ppm) | 知覚状況 |
|------------|------------------------|
| 0.2 | 臭気を感じるが、すぐになれて感じなくなる。 |
| 0.5 | 明らかに臭気を感じる。 |
| 1～2 | 不快感（目・鼻の刺激）がおこる。 |
| 3 | 刺激による苦痛を覚える。 |
| 5～10 | 目・鼻・喉に強い刺激。短時間耐えられる刺激。 |
| 10～20 | 涙・せきが出る。深い呼吸が困難になる。 |
| 50～100 | 5～10分で深部気道障害を招く。 |

この指針値の提案に伴って、業界では、各種の木質建材から放散されるホルムアルデヒド量を押さえる方向に向かいつつあり、「健康住宅」あるいは「環境共生住宅」という新たな言葉が生み出された。平成11年6月に「住宅の品質確保促進に関する法律」が制定され、12年の6月に施行されることになっている。この法律の空気環境性能には、より詳細なホルムアルデヒド対策等級が盛り込まれている。ちなみに現在新築の住宅の室内ホルムアルデヒド濃度は、0.2ppmから0.5ppm程度で、指針値を上回っているのが現状である。

今回HCHO吸着材として取り上げた木炭は、生産量は戦後まもなくには約200万トンあったが、化石燃料へのエネルギー移行により年々生産量が減少し、1970年代には3万トンにまで落ち込んだ(3)。しかし最近では木炭の燃料以外の優れた機能が見直されて、約7万トンまで生産量が回復し、輸入を含めた消費量は約16万トンに増えている。木炭の多孔性(250m²/g-400m²/gの内部表面積を有する)に基づく吸着性、透過性を利用した農業用、水処理用、ゴルフ場用の使用量が特に多くなっている。また木炭の生産システムも、従来の人手と時間をかけた焼き方から、新しい炭化炉へと変化しつつあり、原料も一部の限られた樹種から林地残材、工場廃材、建築解体材等へと広がっている。

最近の木炭の利用法には次のようなものがある(4)。

- a) 土壌改良剤：水はけ、養分や水をよく保持、有用土壌生物を増殖させ、地力を高める。植物の生長に必要なミネラル分を供給する。太陽熱をよく吸収し、地温を上げる。
- b) 調湿剤としての利用：床下、押し入れの調湿、腐朽防止、シロアリ対策
- c) 水浄化剤としての利用：家庭排水、河川
- d) 電磁波遮へい：木炭複合資材
- e) 揮発性有機化合物(VOC)の吸着材、油吸着材
- f) 趣味、健康

本研究では、木炭のHCHO吸着特性の概要をつかむための手始めとして、定性的性質を実験によって調べ、今後の研究課題の提供を試みた。

2. 既往の研究

ここ数年、シックハウス症候群が社会問題化するにつれて、建築や木材関係の学会での口頭発表の数が多くなってきている。主な内容は、建築材料から発せられるHCHO量の測定、新築住宅内あるいは実験棟内のHCHO気中濃度の測定ならびに軽減対策である。ここでは一例を掲げるにとどめる。木質材料は尿素系の接着剤が多用されてきたので、研究課題として大きく取り上げられている(5, 6, 7)。井上の考案した逆デシケータ法は試験体を切り出す必要がないため、現場で建材からのHCHO放散量の測定するのに便利である(8)。一方、住宅内での気中濃度の測定は居住者にとって早急に解決してもらいたい課題であるため、実験棟および、現場でのデータ収集が各地で行われ出した(9)。気中のHCHO濃度の測定には、HCHO検知管、HCHO吸着シート、ガスクロマトグラフィー等が使われている。軽減対策としては、吸着材料によるもの、バイクアウト方式(部屋をしめきって、一時的に室内を高温にする方式)、や機械的換気方式による方法が提案されているが、木炭による方法についての系統的な研究はまだ見当たらない。

3. 実 験

3. 1 実験項目

今回行った実験は、次の通りである。

(1) 木炭のホルムアルデヒド吸着特性

- 1) 木炭の種類と吸着特性
- 2) 木炭の形状と吸着特性
- 3) HCHO初期濃度と吸着の関係
- 4) 木炭の量と吸着特性
- 5) 木炭の吸着量減退と賦活方法

(2) 木炭と他材料との吸着性能比較

(3) HCHOをすでに吸着した吸着材からのHCHOの放散

3. 2 吸着材料

HCHOの吸着材として、表-2に示したものをを用いた。

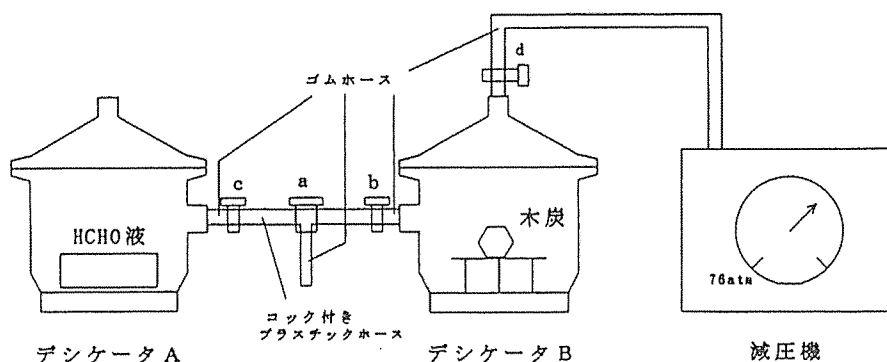
3. 3 実験方法

1) ホルムアルデヒドの吸着実験

実験は2つのデシケータ(A、B)を用意し、Aにはホルムアルデヒド水溶液を入れて一定濃度のホルムアルデヒドをためておく(図-1)。デシケータBには予め木炭等の吸着材を入れておく。コックa、b、cを締め、dをあけてデシケータBを減圧した後、コックdを締め、bとcをあけてA内のHCHOをBに取り込む。次にコックcを締め、コックa、bをあけてBを常圧にした後、再びa、b

表－２．実験に用いた吸着材

| | |
|------|--|
| 木炭 | 備長炭（紀州産および中国産）、ナラ炭（岩手県産）、クヌギ炭（三重県産）、 雑木炭（三重県産）、スギ炭（三重大学で焼成） |
| 活性炭 | 活性炭素粉末（和光特級） |
| 木材 | スギ |
| ボード類 | パーティクルボード（PB と略）、インシュレーションボード（IB と略）、 火山性ガラス質ボード（商品名、ダイライト）、石膏ボード |



図－１．木炭のホルムアルデヒドの吸着実験装置

を締める。こうすることによって、吸着実験スタート時に、B にほぼ一定の濃度の HCHO を保つことができる。

吸着実験は、ある時間経過後に、ホルムアルデヒド用検知管を用いて、コック a と b をあけることによって B 内の空気を吸引し、残存 HCHO の濃度を測定した。これによって、木炭等の吸着量が測定できる。吸引によって、B は多少減圧状態となり、 HCHO が初期に比べて減少するので、吸着材を入れない状態での吸引による HCHO の変化を常にブランク実験によって確認した。なお用いた検知管は（株）ガステック製の Na 91 L（測定範囲 0.1－5 ppm 用）および S B（測定範囲 1－35 ppm）の 2 種類である。

2）ホルムアルデヒドの放散実験

デシケータを一つ用意し、この中にホルムアルデヒドを吸着した試験体を入れて、試験体から放散されるホルムアルデヒド濃度の時間変化を検知管によって測定した。

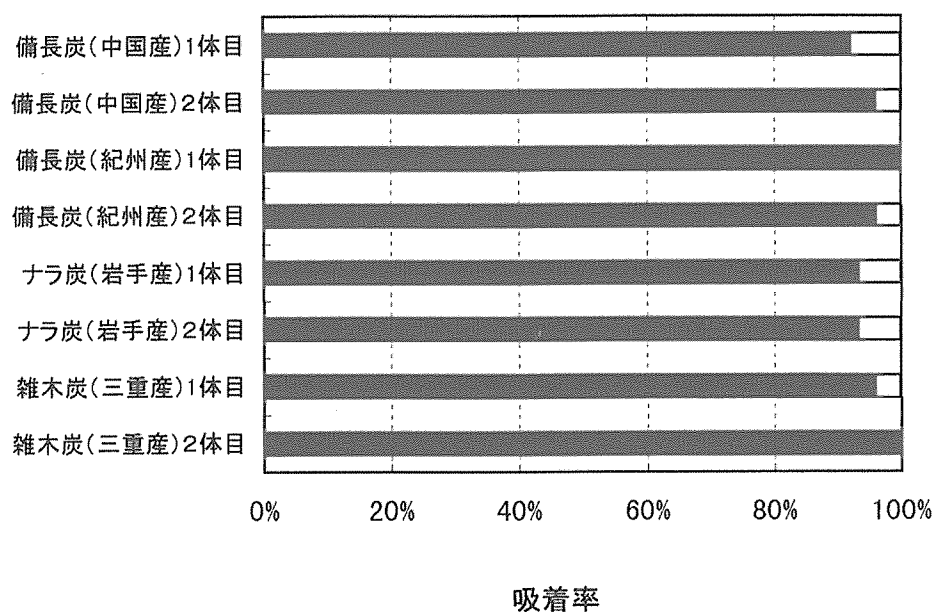
4．結果および考察

各実験項目ごとに実験材料と方法が異なるが、これらの条件および結果と考察をまとめて以下に示す。

4．1 木炭のホルムアルデヒド吸着特性

1）木炭の種類と吸着特性

木炭：備長炭（紀州産および中国産）、ナラ炭（岩手県産）、
雑木炭（三重県産）の 4 種類、木炭形状：固形、重量：10 g、初期 HCHO 濃度：2.5 ppm



図－２．木炭の種類と吸着率の関係

固形木炭 10 g H C H O 初期濃度 2.5ppm
 吸着時間 30分 同一条件で 2 回試験
 黒地：吸着率， 白地：残存率

吸着実験は同条件で 2 回ずつ行った。

吸着開始30分後の残存 H C H O 濃度を図－ 2 に示した。ここで用いた吸着率とは、木炭が所定時間内に吸着した H C H O 濃度の、初期濃度に対する百分比で、残存率は (100－吸着率) である。これを見ると、限られた実験条件ではあるが、木炭の種類による吸着能力に大きな有為差はないと考えられる。

2) 木炭の形状と吸着特性

クヌギ炭 (三重県産)、固形および粉末 (25メッシュ) 各10 g H C H O 初期濃度 2.5ppm、吸着時間60分以内 粉末木炭の吸着速度が固形木炭を上回った。吸着面積の差と考えられる (図－ 3)。

3) H C H O 初期濃度と吸着の関係

図－ 4 を見ると、単位時間当たりの濃度低下量は初期濃度に大きく依存していることがわかる。また、濃度が低い場合には、ほぼ一定速度で濃度が低下しているが、高濃度の場合は、吸着し始めの濃度減少が大きく、その後速度が漸減した。

4) 木炭の量と吸着特性

一辺 1 cm の立方体に加工したスギ木炭をデシケータ内に 1 ないし 10 個入れた。初期濃度は 5.2－6.5ppm で、吸着時間は60分である。

図－ 5 を見ると、木炭の個数増加とともに吸着速度が上昇した。なお、24時間後に測定したところ、3 個以上入れたものは、濃度が 0 であった。このことから、このデシケータの体積では 3 個程度の木炭で十分効果があることがわかった。実際の室内で、どのくらいの木炭が必要であるかは、部屋の大きさ、部屋の中に常時停留する H C H O 濃度、室内温度、H C H O を一旦吸着した木炭からの H C H O の放散特性等が複雑にからむので、さらに検討が必要である。

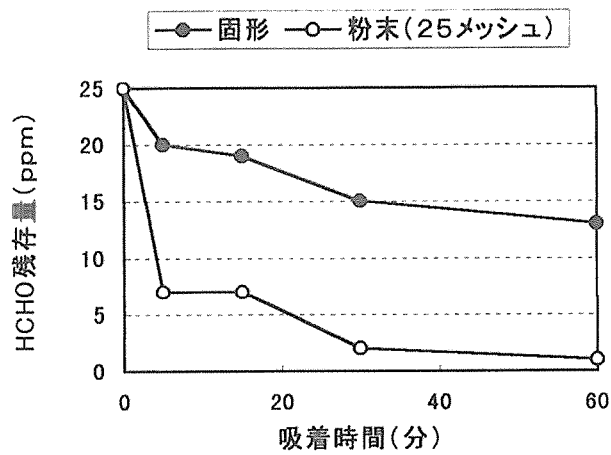
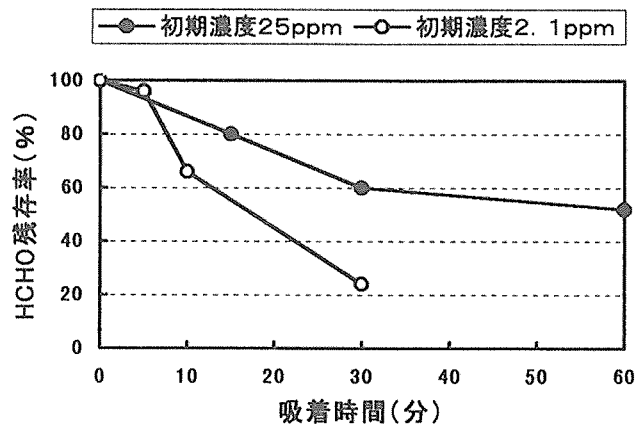
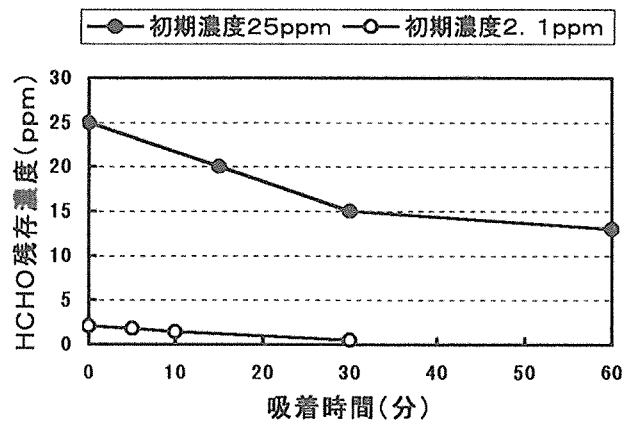
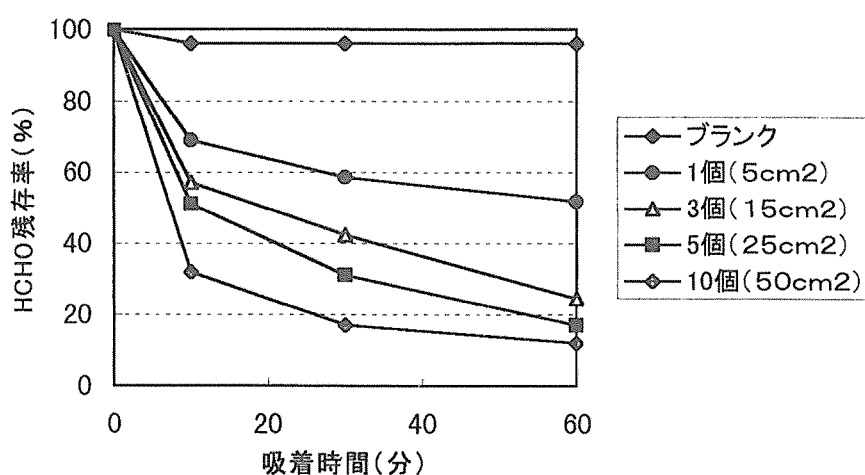


図-3. 木炭形状による吸着の相違

図-4. 初期濃度による吸着特性の相違
クヌギ炭(三重県産) 固形10g



図－５．木炭量と吸着特性の関係
スギ炭（ $1 \times 1 \times 1$ cm）

５） 木炭の吸着量減退と賦活

実験条件は、クヌギ炭（三重県産）固形10 g、初期濃度60ppm、吸着時間60分、吸着回数1－10回である。吸着実験は同一木炭を何回も使った。すなわち、第1回目は、初期濃度60ppmのHCHOを60分吸着させ、その後、吸着した木炭をデシケータから取り出し、ただちに、これを再び初期濃度60ppmのデシケータ内に入れ、60分間吸着試験を行った。同様の操作を次々と繰り返した。

図－６を見ると、繰り返し回数が増えると吸着能力がほぼ直線的に減少している。10回終了後にこの木炭を20℃の室内で48時間放置すると、5回連続使用程度まで、また39℃で8時間おくと、2回使用程度までに回復した。したがって、木炭を長期的に吸着材として使うには、温度をかける等の賦活方法が必要となる。この方法等についても今後の検討課題である。

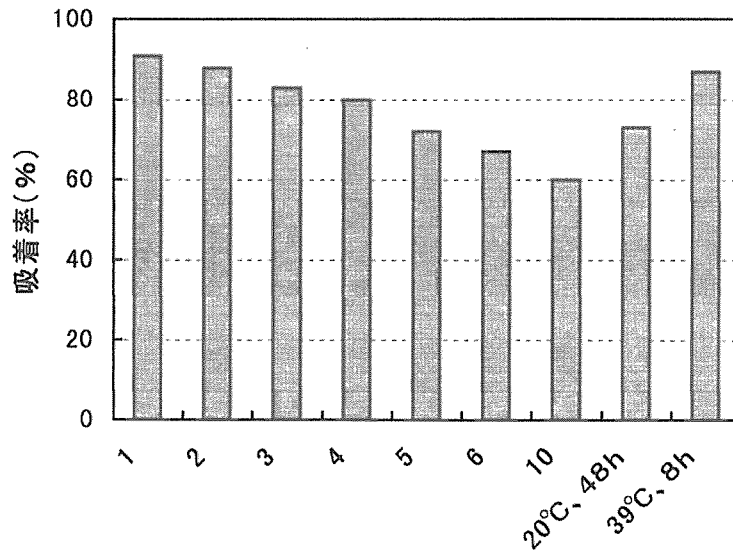
４．２ 木炭と他材料との吸着性能比較

備長炭（紀州産）、スギ木炭、活性炭、スギ樹皮、スギ板目、PB、IB、ダイライトの8種類である。活性炭以外は、一面が 11cm^2 となるような直方体に切り出し、 11cm^2 の面を除いた他の5面をパラフィンでシールした。活性炭は、パラフィンで作った直方体の箱の底に薄く均一にまぶし、見かけの表面積が 11cm^2 となるようにした。吸着時間は最大1500時間である。

図－７に吸着時間とHCHO残存率の関係を示した。活性炭が最も吸着効果が高く、木炭と樹皮がそれに続いた。ファイバーボードやダイライトは多孔質材料であるので、吸着性能が良い。スギ板目とPBは他より吸着能が劣った。

４．３ HCHOを吸着した吸着材からのHCHOの放散

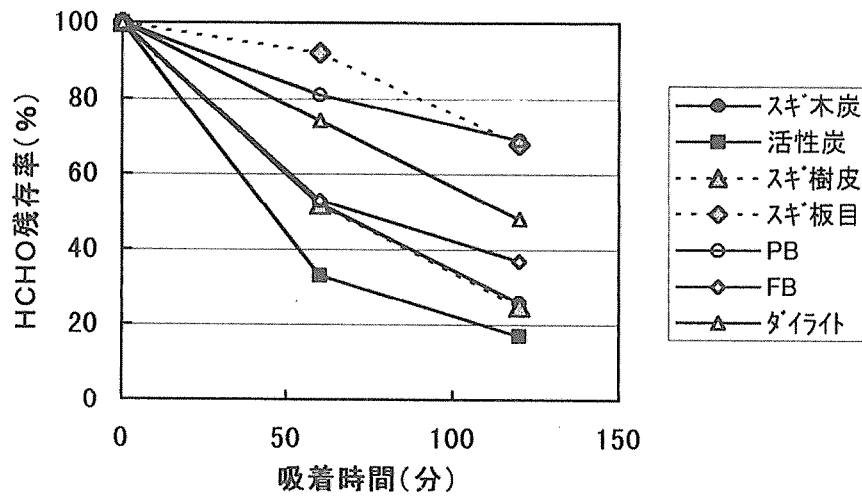
HCHO濃度8 ppmのデシケータ中に24時間放置した各種の吸着材を、デシケータ内に放置して、1時間後と24時間後のHCHOの放散濃度を測定した。用いた吸着材はスギ木炭、スギ樹皮、ヒノキ板目、パーティクルボード、インシュレーションボード、石膏ボード、ダイライトの7種類である。図－８を見ると、木炭と樹皮からの放散は極めて少量であるが、無機質ボード類はHCHOを遊離しやすく、濃度がすぐに上昇した。木材とPBはその中間となった。HCHOの吸着メカニズムの違いと考えられる。



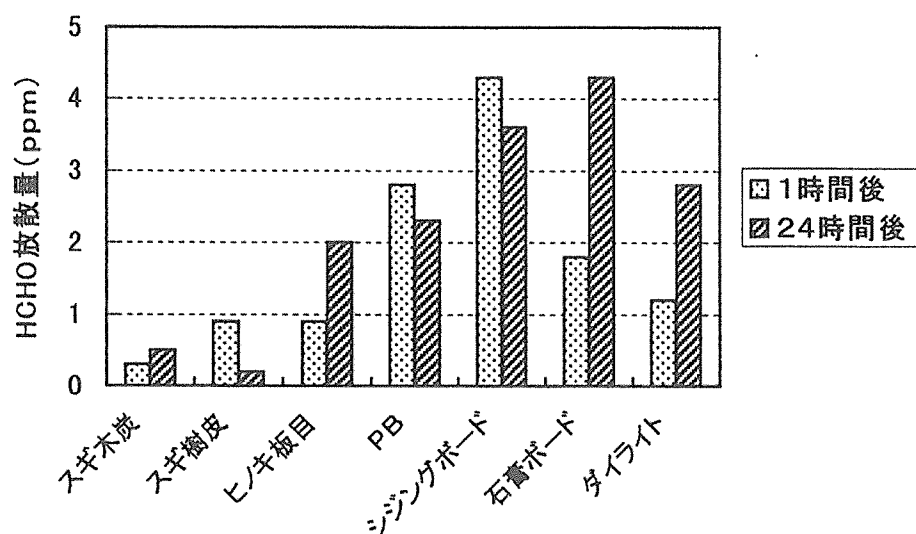
木炭の使用回数および賦活処理

図一六．木炭の繰り返し使用による吸着能力の低下，および賦活処理

クヌギ炭（三重県産），固形10g
HCHO初期濃度60ppm，吸着時間60分



図一七．木炭と他材料との吸着特性の比較
吸着面積一定（11cm²）



図一8. HCHOを吸着した各種吸着剤からのHCHO放散特性

5. 結 論

- 1) 木炭の種類と吸着能の関係はほとんどなかったが、木炭の形状、および木炭量は吸着速度に影響を与えた。
- 2) 木炭のHCHO吸着能力は繰り返し使用によって低下したが、温度をかけて休ませると、元に近い吸着能力を回復した。
- 3) 木質材料や無機質ボードにもHCHO吸着能が観測されたが、これらの材料は一旦吸着したHCHOを放散しやすい性質があった。それに比べて木炭は、吸着力が優れ、しかも放散しにくいという吸着材として優れた性質を持っていた。

引 用 文 献

- (1) 多田 治、(1968)、労働科学叢書25、労働科学研究所出版部、205
- (2) Edomone Roffael, Formaldehyde Release from Particleboard and Wood Based Panels, Malayan Forest Records 37, 231-247
- (3) 矢田貝光克、(1997)、木炭の特性とその利用、木材工業、52 (10)、472-477
- (4) たとえば 岸本他4名、炭・木酢液の利用事典、創森社、1997
- (5) 有馬孝禮、(1993)、リサイクル木質材料の適正化技術に関する研究、科学研究費補助金総合研究A研究成果報告書
- (6) 吉田弥明、(1998)、木質材料とホルムアルデヒド問題、木材工業、53 (9)、402-407
- (7) 富田文一郎、(1997)、ユリア樹脂のホルムアルデヒド放散の機構と対策を見直す、木材工業、52 (1)、2-8
- (8) 井上明生、(1997)、ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン対策、木材工業、52 (1)、9-14
- (9) 名波直道他5名、(1998) 木質材料からのホルムアルデヒドの放散(第1報) 実大実験棟におけるホルムアルデヒド気中濃度の経時変化、木材工業、53 (12)、595-600