

# 木材の化学物質吸着・脱着特性

小幡 透\*, 田島英俊\*\*, 安藤浩毅\*, 日高富男\*, 新村孝善\*, 神野好孝\*\*\*, 森田慎一\*\*\*\*

## Adosorptive and Desorptive Behavior of Volatile Chemical Substances on Wood

Toru OBATA, Hidetoshi TAJIMA, Hiroki ANDO, Tomio HIDAKA, Takayoshi SHINMURA, Yoshitaka KAMINO  
and Shin'ichi MORITA

スギ, ヒノキの無垢板(心材・辺材)への化学物質吸着試験およびこれらの無垢板からの化学物質再放散試験を行った。その結果, 化学物質は木材に吸着されるが, 木材に化学物質が吸着しても通気を良くした状態で数日から数週間放置しておく, 吸着した化学物質が再放散され, 化学物質を吸着しなかった木材と同様の状態まで戻ることが明らかになった。

**Keyword:** シックハウス, VOC, 吸着, 再放散, テドラーバッグ法, 小形チャンバー法

### 1. 緒言

近年, 建築材料等から発散する化学物質による室内空気汚染等により, 居住者等の様々な体調不良が生じる「シックハウス症候群」, 「シックビルディング症候群」が多数報告され, 社会問題となっている。

厚生労働省では室内空気汚染の原因となる化学物質について, 表1のような室内濃度指針値を策定している<sup>1)~4)</sup>。また, 国土交通省は「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく住宅性能表示制度において, ホルムアルデヒド等の対策や室内濃度の実測値等についての表示制度を開始している。さらに, シックハウス問題に対応した建材, 換気設備等の建築基準のあり方について, 近年建築基準法が改正され, すべての建築物において内装材等に対する規

制が導入されている。

これを受けて, 木質建材についてもホルムアルデヒドの放散を減らした製品の開発が進んでいる。これまで, 化学物質の室内濃度に及ぼす木質建材の影響は, 建材からの放散量のみで議論されている。

しかしながら, 木質建材の材料となる木材への化学物質の吸着特性については検討されておらず, 建築現場などの環境から木材が受ける影響については明らかでない。

本研究では無垢の木材を用い, 厚生労働省により室内濃度指針値が策定された化学物質について小形チャンバー法により放散・吸着特性を解明することを目的とした。

### 2. 試験方法

#### 2.1 試験用試料

放散・吸着および再放散試験の材料は鹿児島県産のスギ, ヒノキの心材および辺材(気乾材)を用いた。これらの板材は試験直前に板材表面を飽掛けて新しい面を露出させ, 放散および再放散試験では165×165mm, 吸着試験では147×147mmに切断した。また, 放散, 吸着, 再放散を行わない5面についてはアルミテープでシールして試験に用いた。これらの試料を放散および再放散試験では1回の試験で2枚, 吸着試験では1枚用いた。

#### 2.2 小形チャンバー法による放散試験

本研究における放散試験および再放散試験は「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カルボニル化合物放散測定方法 - 小形チャンバー法」に基づき, 28±0.5, 50±5%RH, 換気回数0.5回/h(約167ml/min), 試料負荷率2.2m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>で行った。小形チャンバーシステムの写真を図1, 構成図を図2に示す。

表1 室内濃度指針値(厚生労働省 2002年3月現在)

物質名	指針値(μg/m <sup>3</sup> )
ホルムアルデヒド	100
トルエン	260
キシレン	870
パラジクロロベンゼン	240
エチルベンゼン	3800
スチレン	220
クロロピリホス (小児の場合)	1 0.1
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	220
テトラデカン	330
フタル酸ジ- <i>n</i> -エチルヘキシル	120
ダイアジノン	0.29
アセトアルデヒド	48
フェノールカルブ	33
ノナール(暫定値)	41
総揮発性有機化合物量(TVOC)(暫定値)	400

\* 化学・環境部

\*\* 化学・環境部(現 木材工業部)

\*\*\* 化学・環境部(現 企画情報部)

\*\*\*\* 化学・環境部(現 林業振興課)



図1 小形チャンバーシステム (ADPAC SYSTEM)

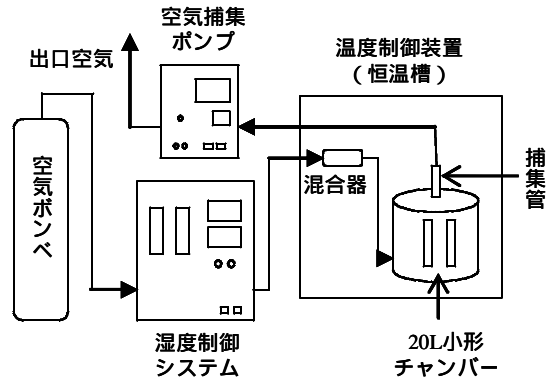


図2 小形チャンバーシステム構成図

表2 小形チャンバー法における気体の捕集・分析方法

	アルデヒド・ケトン類 (ホルムアルデヒド)	VOC (トルエン, キシレン, スチレン)
捕集媒体	アクティブサンプラー LpDNPH (SUPELCO)	アクティブサンプラー ORBO-101 (SUPELCO)
捕集速度	約167ml/min (10L/h)	約167ml/min (10L/h)
捕集量	10L	5L
抽出方法	溶媒抽出	溶媒抽出
抽出溶媒	アセトニトリル	二硫化炭素
分析装置	HPLC (Agilent 1100)	GC/MS (島津製作所 QP2010)
定量方法	検量線法	内標準法 (トルエン-d <sub>8</sub> )

2.3 テドラーバッグ法による吸着試験

2.1項で準備した試料を10Lのテドラーバッグ内に封入・脱気した後、あらかじめ所定の濃度に調整したガスを約10L導入して吸着試験を行った。吸着ガスはホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、スチレンを用いた。テドラーバッグ内のガス濃度の経時変化はガステック製ガス検知管を用いて追跡した。

2.4 小形チャンバー法による再放散試験

2.3項と同様の方法で再放散させるガスを試料に吸着させ、テドラーバッグ内のガスをすべて捕集後、試料をチャンバー内にセットし、2.2項と同条件で再放散試験を行った。

3. 結果および考察

3.1 無垢板からの放散試験

スギおよびヒノキの無垢板(心材, 辺材)からのホルムアルデヒド放散試験の結果を図3に示す。スギ, ヒノキともにホルムアルデヒドを放散しており, その放散量は時間の経過とともに徐々に減少した。放散試験開始1日後の気中濃度がスギで10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下, ヒノキで30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後であった。厚生労働省の指針値が100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であることから, 無垢の木材においてはホルムアルデヒドの放散量は問題なかつ

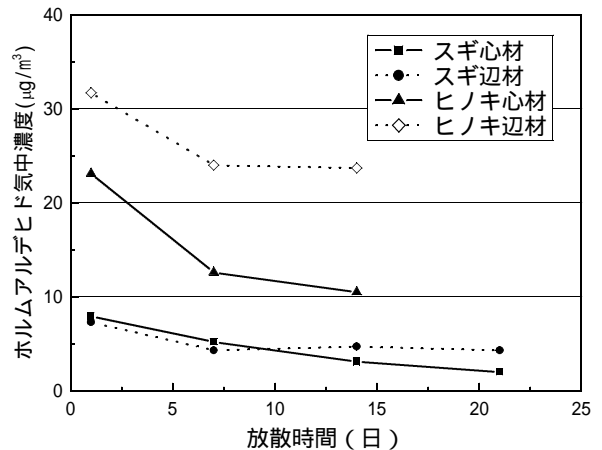


図3 無垢板からのホルムアルデヒド放散試験

た。また, 木材が本来含有しているテルペン成分は放散されていたが, 厚生労働省が策定したアルデヒド・ケトン類以外のVOC(トルエン, キシレン等)は検出されなかった。

3.2 無垢板への化学物質吸着試験

3.2.1 ホルムアルデヒド吸着試験

スギ材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10ppmのホルムアルデヒドガスを吸着させた結果, 吸着開始後急速な濃度減少が見られ, その速度は辺材の方が心材よりも速かった。この理由は, 辺材の方が心

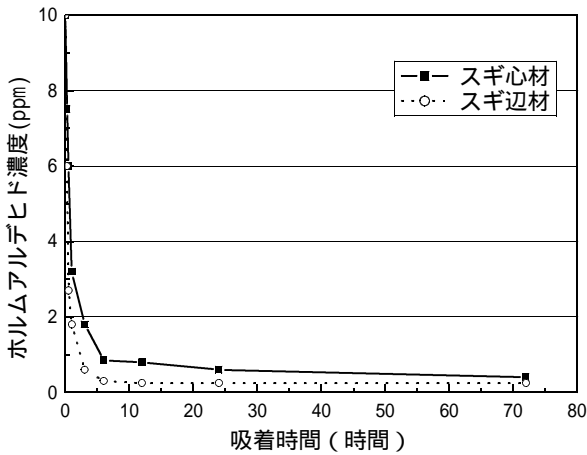


図4 スギ材へのホルムアルデヒド吸着試験

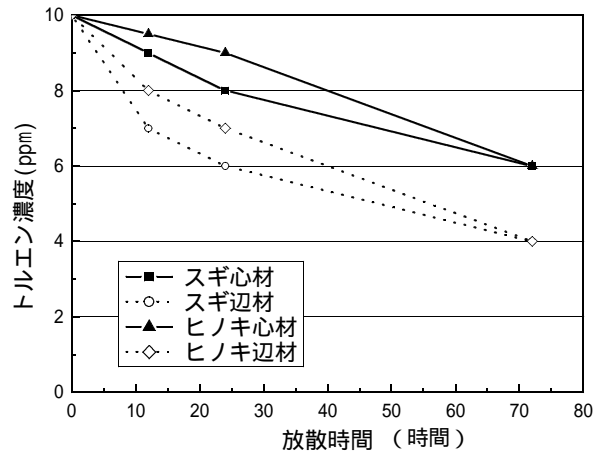


図6 無垢板へのトルエン吸着試験

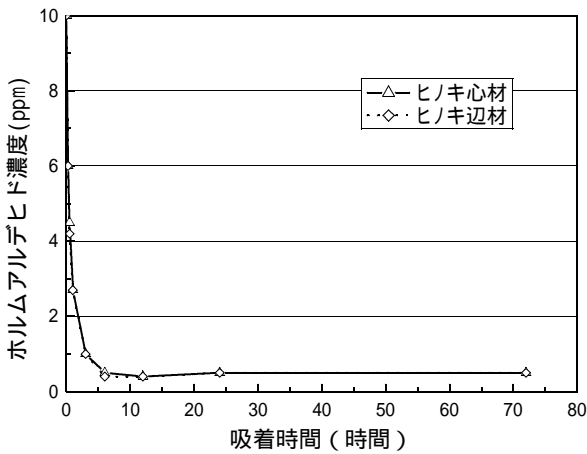


図5 ヒノキ材へのホルムアルデヒド吸着試験

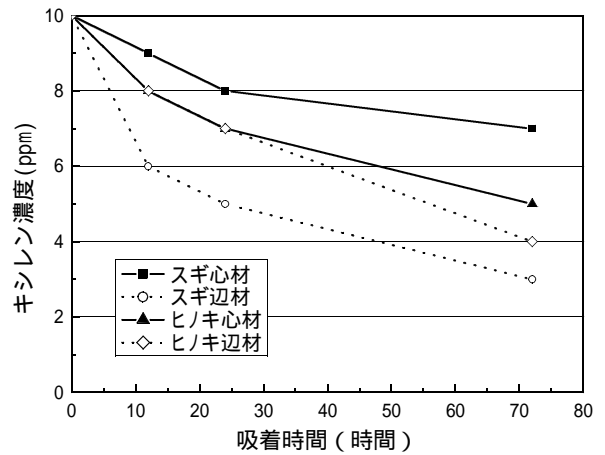


図7 無垢材へのキシレン吸着試験

材よりも多くの空隙を組織内に有しており、その空隙内にホルムアルデヒドが入り込んだために、辺材の方がより濃度が減少したと推察された。また、ヒノキ材へのホルムアルデヒド吸着試験の結果を図5に示す。スギ材と同様に短時間での急速な濃度減少が見られたが、心材と辺材の差はほとんど見られなかった。スギ、ヒノキ共に24時間以降は濃度がほとんど変化せず、吸着速度と放散速度が見かけ上平衡状態にあることが示唆された。

### 3.2.2 トルエン吸着試験

スギおよびヒノキへのトルエン吸着試験の結果を図6に示す。ホルムアルデヒド吸着試験のような急速な濃度減少は見られず、時間と共に徐々に濃度が減少した。心材と辺材を比較すると、3.2.1項と同様に辺材の方が濃度減少が速かった。

### 3.2.3 キシレン吸着試験

スギおよびヒノキへのキシレン吸着試験の結果を図7に示す。トルエン吸着試験と同様に、時間と共に徐々に濃度が減少し、辺材の方が心材よりも吸着速度が速かった。

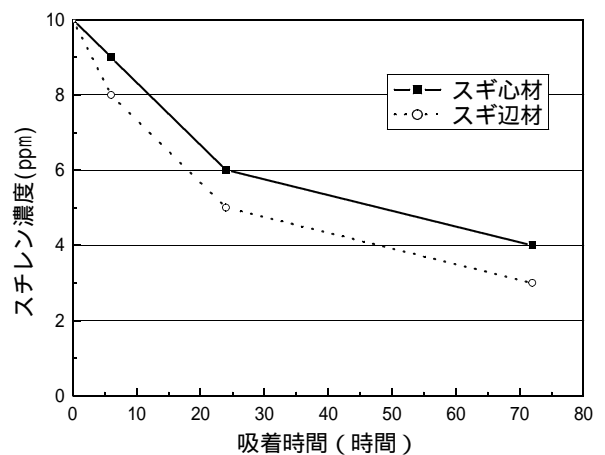


図8 スギ材へのスチレン吸着試験

### 3.2.4 スチレン吸着試験

スギ材へのスチレン吸着試験の結果を図8に示す。トルエン、キシレンの時と同様に、時間の経過と共に徐々に濃度が減少しており、辺材の方が心材よりも吸着速度が速か

った。ヒノキ材へのスチレン吸着試験においては、ヒノキから放散される物質とスチレン濃度を測定するガス検知管の反応試薬とが反応し、正しい濃度を測定することができなかった。

吸着物質による吸着速度の相違について考察すると、木材はセルロース、リグニン等から構成されており、これらは酸素原子や極性官能基を有している。ホルムアルデヒド分子はカルボニル基を持つために、これらと静電的相互作用を持ちやすいと考えられる。一方、芳香環を核とするトルエン、キシレン、スチレンは一部相互作用は考えられるが、ホルムアルデヒドほどの相互作用は考えにくい。したがって、ホルムアルデヒドの場合には木材の空隙内に入り込むことによる物理吸着および相互作用による化学吸着により急速にガス濃度が減少し、トルエン、キシレン、スチレンの場合には物理吸着のみのために緩やかな濃度の減少であったと推察される。

3.3 無垢板からの化学物質再放散試験

3.3.1 ホルムアルデヒド再放散試験

10ppmのホルムアルデヒドガス約10L中にスギ材を入れて約2時間吸着させ、小形チャンバー内で再放散させた結果を図9に示す。1日後の気中濃度は約60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であったが、7日後、21日後には約10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低減していた。何も吸着していない無垢のスギ材と比較すると、7日後、21日後はほとんど差がなかった。また、ヒノキ材においても同様に吸着・再放散試験を行った結果、気中濃度は減少傾向にあった。厚生労働省の室内濃度指針値は100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるが、高濃度のホルムアルデヒドガスを吸着させたにも関わらず、スギ、ヒノキともに1日後には既に指針値を下回っており、数週間後には無垢の木材と同等の状態にまで戻ることが明らかになった。

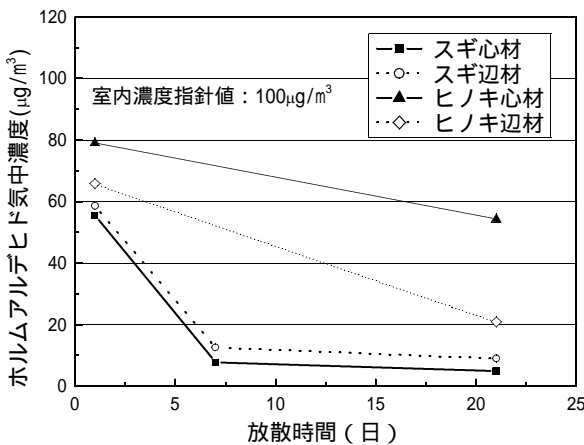


図9 無垢板からのホルムアルデヒド再放散試験

3.3.2 トルエン再放散試験

10ppmのトルエンガス約10L中にスギ材を入れてトルエンを約1日吸着させ、小形チャンバー内で再放散させた結果を図10に示す。再放散開始直後から急速にトルエンが放散され、数時間後には厚生労働省の指針値である260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回り、7日後には検出されなかった。また、ヒノキ材について同様の方法で吸着・再放散試験を行った結果を図11に示す。1日後には既に指針値を下回っており、21日後には検出されなかった。これらの結果から、トルエンについては1週間程度すればほとんど放散しなくなることが明らかになった。

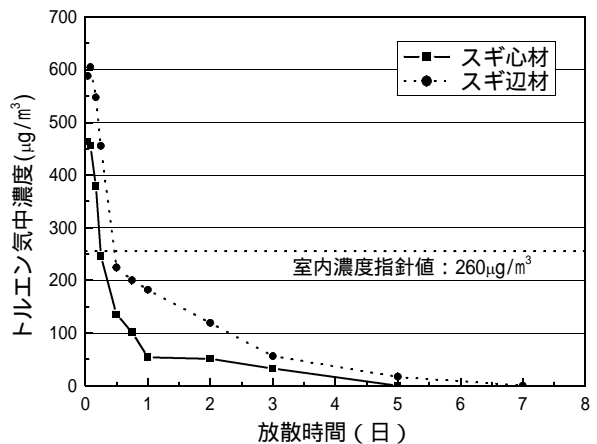


図10 スギ無垢板からのトルエン再放散試験

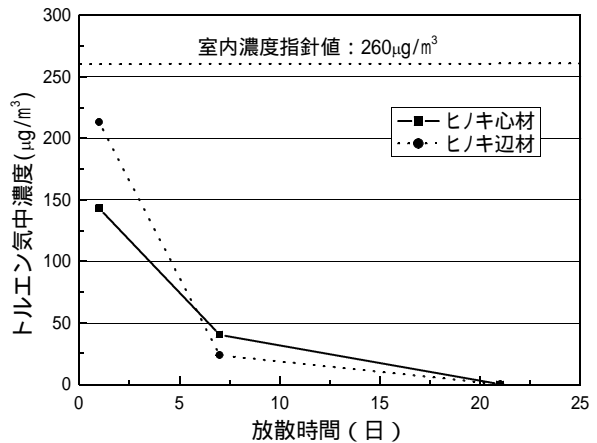


図11 ヒノキ無垢板からのトルエン再放散試験

3.3.3 キシレン再放散試験

10ppmのキシレンガス約10L中にスギ材を入れてキシレンを約1日吸着させた後、小形チャンバー内でキシレンを再放散させた結果を図12に示す。トルエンの再放散の時と同様に、放散試験開始後急速にキシレンが放散されており、数時間後には厚生労働省の指針値である870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回り、7日後には検出されなかった。また、ヒノキ材につい

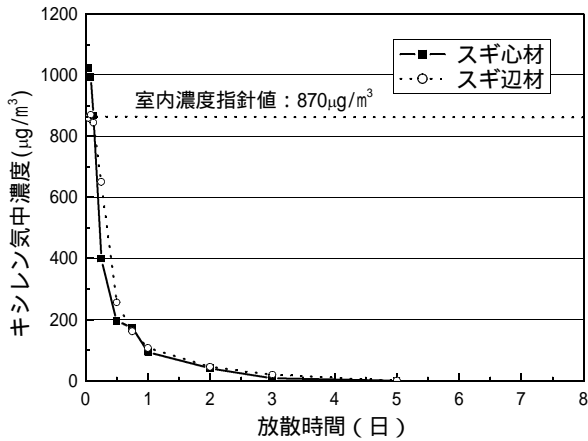


図12 スギ材からのキシレン再放散試験

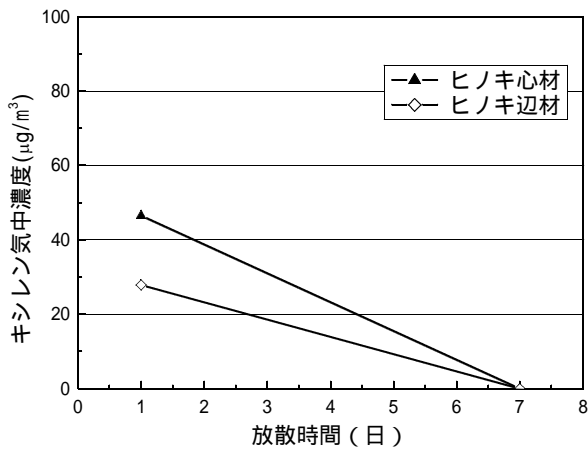


図13 ヒノキ材からのキシレン再放散試験

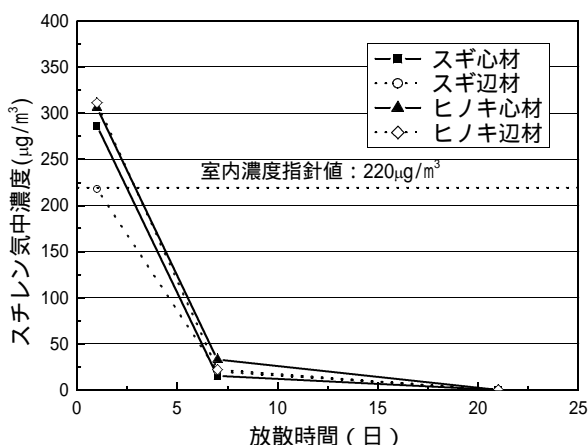


図14 無垢板からのスチレン再放散試験

ても同様の試験を行った結果を図13に示す。1日後にはチャンパー内の気中濃度が $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下になっており、7日後には検出されなかった。

### 3.3.4 スチレン再放散試験

10ppmのスチレンガス約10L中にスギまたはヒノキ材をを

入れてスチレンを約1日吸着させ、小形チャンパーで再放散させた結果を図14に示す。1日後の気中濃度は厚生労働省の室内濃度指針値である $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えていたが、7日後にはスギ、ヒノキ共に $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にまで減少し、21日後には検出されなかった。これらの結果から、数日すれば指針値を下回り、問題のない濃度にまで減少することが示唆された。

## 4. 結 言

スギ・ヒノキの無垢材への化学物質吸着試験およびこれらからの化学物質再放散試験を行い、以下の結果が得られた。

- (1) ホルムアルデヒドの吸着試験では、急速な濃度の減少が見られ、スギ材では心材よりも辺材の方が吸着速度が速かった。ヒノキでは心材、辺材の差は見られなかった。
- (2) トルエン、キシレンおよびスチレンの吸着試験では、急速な濃度の減少は見られず、徐々に濃度が減少した。
- (3) ホルムアルデヒドの再放散試験では、時間の経過と共に徐々に気中濃度が減少し、数週間後には無垢材と同程度まで低減した。また、1日後には厚生労働省の室内濃度指針値以下になっていた。
- (4) トルエン、キシレン、スチレンの再放散試験では、放散試験開始直後から急速な放散が見られ、数時間から数日で指針値を下回る気中濃度になり、1週間から数週間で検出されなくなった。

以上のことから、木材に化学物質が吸着されても、換気の良い状態で1週間から数週間放置しておくで、何も吸着していない無垢の木材と同様の状態に戻ることが明らかになった。

## 謝 辞

本研究は、平成14年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業・研究領域設定型プロジェクト「シックハウス対策としての特定の木質建材に関する化学物質の放散特性の解明」(平成14～16年度)の一部として行った。

## 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)

